

電気技術規程

原子力編

軽水型原子力発電所用機器の  
供用期間中検査における  
超音波探傷試験規程

JEAC 4207-202X

一般社団法人

 日本電気協会

原子力規格委員会

# 軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における 超音波探傷試験規程

## 目 次

### 第1章 総 則

1000 総 則 .....	1
1100 目 的 .....	1
1200 適用範囲 .....	2
1300 用語及び略語の定義並びに関連規格.....	2
1310 用語及び略語.....	2
1320 関連規格.....	3
1321 引用規格.....	3
1322 参考規格.....	4
1400 記 号 .....	4

### 第2章 一般事項

2000 一般事項 .....	6
2010 事前確認 .....	6
2100 試験部に対する要求事項.....	6
2110 試験部の識別.....	6
2120 試験部の表面状態.....	6
2200 試験評価員及び試験員.....	6
2300 使用機材 .....	7
2310 超音波探傷器.....	7
2320 探 触 子 .....	7
2330 接触媒質 .....	7
2340 対比試験片.....	7
2341 対比試験片の材料.....	8
2342 垂直法及び斜角法の校正用反射体.....	8
2343 対比試験片の形状.....	8
2350 自動超音波探傷装置.....	9
2400 超音波探傷装置の校正.....	9
2410 超音波探傷器.....	9
2420 探 触 子 .....	9
2500 時間軸及び基準感度の調整.....	10

2510	一般事項	10
2520	調整方法	10
2600	探触子の走査	11
2610	走査方法	12
2620	走査範囲	12
2700	記録要領及びきず寸法測定	12
2710	記録要領	12
2711	記録, 採取手順	12
2712	試験結果に基づく反射源の位置及び種類の解析	14
2720	きず寸法測定	14
2730	試験結果の評価	15
2800	試験記録	15

### 第3章 容器の超音波探傷試験要領

3000	容器の超音波探傷試験要領	22
3100	適用範囲	22
3200	容器の突合せ溶接継手	22
3210	探傷方法一般	22
3211	一般	22
3220	垂直法による探傷方法	23
3221	基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm を超える場合)	23
3222	基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm 以下の場合)	23
3223	探触子の走査範囲	23
3230	斜角法による探傷方法	23
3231	基準感度の設定 (試験部の厚さが 51mm を超える場合)	24
3232	基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm を超え 51mm 以下の場合)	24
3233	基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm 以下の場合)	25
3234	基準感度の設定 (容器内面のクラッド面から 70° の縦波斜角法を用いて試験する場合)	25
3235	探触子の走査方向	26
3236	探触子の走査範囲	26
3300	胴とフランジとの溶接継手	26
3310	対比試験片	26
3320	探傷方法	27
3400	管台内面の丸みの部分	27
3410	対比試験片	27

3420	探傷方法	28
3500	フランジネジ穴のネジ部	29
3510	対比試験片	29
3520	探傷方法	29
3600	ボルト	30
3610	対比試験片	30
3620	探傷方法	30

#### 第4章 配管の超音波探傷試験要領

4000	配管の超音波探傷試験要領	53
4100	適用範囲	53
4200	配管の突合せ溶接継手	53
4210	対比試験片	53
4211	縦波斜角法の校正用反射体	53
4212	2次クリーニング波法の対比試験片の形状	53
4220	探傷方法一般	54
4221	一般	54
4230	垂直法による探傷方法	54
4231	基準感度の設定（試験部の厚さが25mmを超える場合）	54
4232	基準感度の設定（試験部の厚さが25mm以下の場合）	54
4233	探触子の走査範囲	55
4240	横波斜角法による探傷方法	55
4241	基準感度の設定（試験部の厚さが51mmを超える場合）	55
4242	基準感度の設定（試験部の厚さが25mmを超え51mm以下の場合）	55
4243	基準感度の設定（試験部の厚さが25mm以下の場合）	56
4244	探触子の走査方向	56
4245	探触子の走査範囲	57
4250	縦波斜角法による探傷方法	57
4251	基準感度の設定（試験部の厚さが25mmを超える場合）	57
4252	基準感度の設定（試験部の厚さが25mm以下の場合）	58
4253	探触子の走査方向	58
4254	探触子の走査範囲	59
4260	2次クリーニング波法による探傷方法	59
4261	探触子	59
4262	時間軸の調整	59
4263	基準感度の設定	60

4264	探触子の走査方向.....	60
4265	探触子の走査範囲.....	60
4266	記 録.....	60
4267	きず長さ測定.....	60
4270	フェーズドアレイ技術を用いた探傷方法.....	61
4271	基準感度の設定（セクタ走査の場合）.....	61
4272	基準感度の設定（リニア走査の場合）.....	61
4273	探触子の走査範囲.....	61
4274	記 録.....	61
4275	評 価.....	62
4300	容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手.....	78
4310	探 触 子 .....	78
4320	対比試験片.....	78
4330	探傷方法 .....	78
4331	基準感度の設定.....	78
4340	走査方法 .....	80
4350	記 録 .....	80
4360	きず長さ測定.....	79
4400	オーステナイト系ステンレス鋳鋼配管突合せ溶接継手.....	83
4410	探 触 子 .....	83
4420	対比試験片.....	83
4430	探傷方法 .....	83
4431	基準感度の設定.....	83
4440	走査方法 .....	84
4450	記 録 .....	84
4460	きず長さ測定.....	84
4500	オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷.....	86
4510	試験評価員及び試験員.....	86
4520	探 触 子 .....	86
4530	対比試験片.....	86
4540	探傷方法 .....	86
4550	時間軸の調整及び基準感度の設定.....	87
4551	時間軸の調整.....	87
4552	基準感度の設定.....	87
4560	走査方法 .....	87
4570	記 録 .....	88

## 解 説

### 第1章 総 則

(解説-1100-1)	超音波自動探傷装置への要求性能.....	解 1
(解説-1100-2)	フェーズドアレイ技術を用いたきず検出手法.....	解 1
(解説-1100-3)	炉心シュラウドに対する目視試験の代替試験として適用する 超音波探傷試験の要領.....	解 1
(解説-1100-4)	各章, 附属書の適用範囲.....	解 1
(解説-1322-1)	関連規格.....	解 2

### 第2章 一般事項

(解説-2010-1)	事前確認.....	解 3
(解説-2120-1)	表面の仕上げ.....	解 3
(解説-2200-1)	試験評価員及び試験員.....	解 3
(解説-2320-1)	超音波モードの選定.....	解 4
(解説-2340-1)	対比試験片.....	解 4
(解説-2341-1)	対比試験片に用いる材料.....	解 5
(解説-2341-2)	対比試験片の溶接部.....	解 5
(解説-2342-1)	突合せ溶接継手用対比試験片の校正用反射体.....	解 5
(解説-2342-2)	対比試験片の製作.....	解 6
(解説-2343-1)	対比試験片の曲率の有無.....	解 6
(解説-2350-1)	超音波自動探傷装置を使用する場合の原則.....	解 6
(解説-2420-1)	探触子の入射点及び屈折角を測定する際に用いる試験片.....	解 6
(解説-2420-2)	探触子の屈折角の選定.....	解 6
(解説-2420-3)	探触子の入射点及び屈折角の測定頻度.....	解 7
(解説-2510-1)	探傷装置の再調整.....	解 7
(解説-2510-2)	複数の試験員で探傷装置を共有する場合.....	解 7
(解説-2510-3)	探傷装置の調整及び確認.....	解 7
(解説-2510-4)	確認時のシミュレータの使用.....	解 7
(解説-2510-5)	メモリー機能を有した探傷器.....	解 8
(解説-2520-1)	DAC 曲線の作成方法.....	解 8
(解説-2520-2)	DAC 回路を使用して基準感度を調整する時の表示器の目盛上の エコー高さについて.....	解 9

(解説-2520-3)	DAC 回路を使用した場合の感度調整	解 9
(解説-2520-4)	手動探傷における DAC 回路の使用	解 10
(解説-2520-5)	対比試験片の超音波伝搬経路上の媒質	解 10
(解説-2520-6)	二振動子垂直探触子を使用する場合の感度校正の方法	解 10
(解説-2520-7)	感度が上がっていた場合の再試験	解 10
(解説-2520-8)	感度変化の考え方	解 11
(解説-2610-1)	手動探傷の場合の探触子の重なり及び走査速度	解 11
(解説-2610-2)	探触子の走査速度	解 11
(解説-2610-3)	走査時の感度	解 11
(解説-2620-1)	実質的に有効な探傷ができない場合の走査不可能の考え方	解 11
(解説-2711-1)	きずからのエコーの取り扱い	解 12
(解説-2711-2)	金属組織からのエコー及び全般的に確認される形状エコーの 取り扱い	解 12
(解説-2711-3)	探傷記録の電子データ化	解 12
(解説-2712-1)	反射源の位置の解析	解 13
(解説-2712-2)	反射源の種類	解 13
(解説-2720-1)	きず寸法測定を行う場合	解 35
(解説-2720-2)	きず長さ寸法の測定方法	解 35
(解説-2730-1)	追加の探傷	解 35
(解説-2730-2)	他の非破壊試験結果を含む総合的評価	解 36
(解説-2730-3)	有意な差	解 36
(解説-2800-1)	試験記録	解 38
(解説-2800-2)	探傷及び走査不可能範囲の考え方	解 38

### 第 3 章 容器の超音波探傷試験要領

(解説-3100-1)	オーステナイト系ステンレス鋼製容器の溶接継手	解 42
(解説-3100-2)	ボルトの定義	解 42
(解説-3211-1)	突合せ溶接継手に適用する斜角法の屈折角	解 42
(解説-3231-1)	0.5S 以上（一回反射）の試験を行う場合の DAC 曲線	解 42
(解説-3420-1)	容器の外側から管台内面の丸みの部分を試験する場合の 対比試験片	解 42
(解説-3420-2)	管台内面の丸みの部分を試験する斜角法の屈折角	解 42
(解説-3620-1)	ボルトの検査穴から斜角法で試験する場合の屈折角	解 43

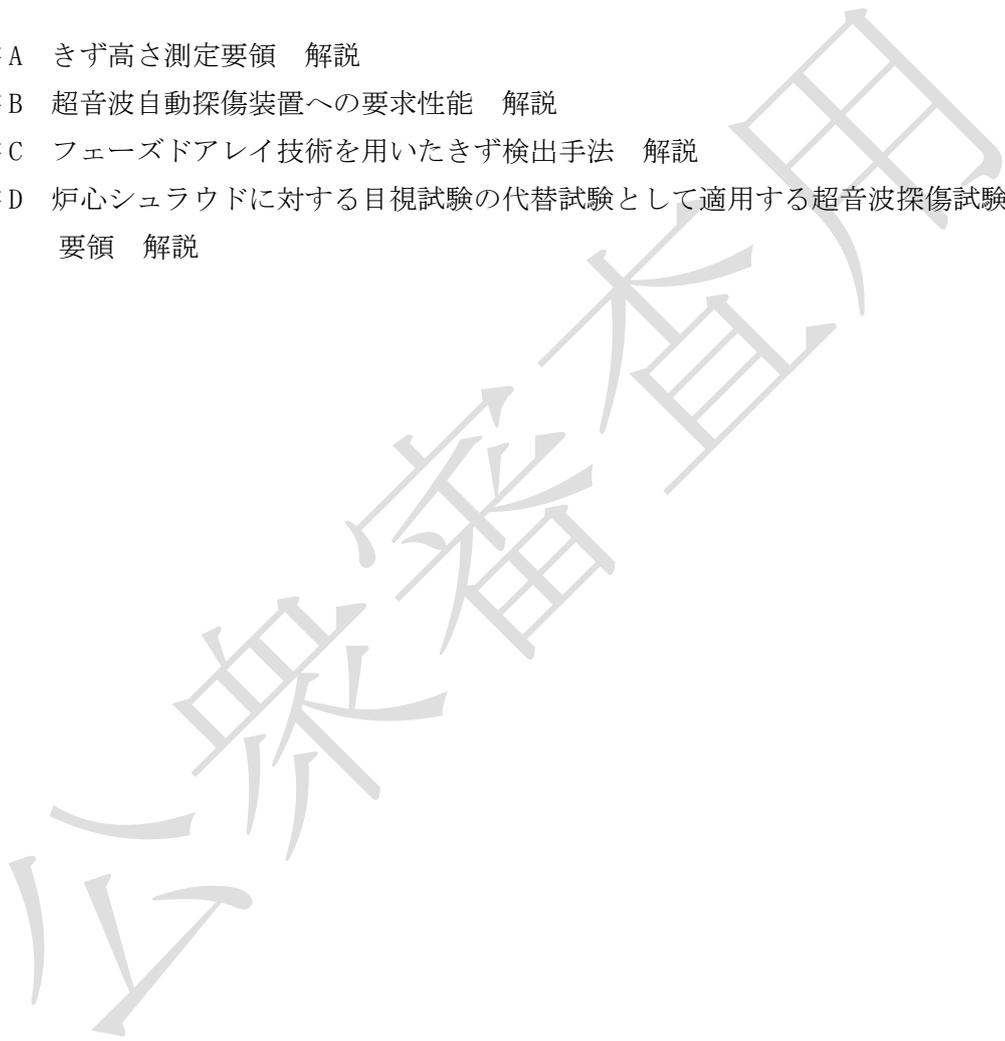
### 第 4 章 配管の超音波探傷試験要領

(解説-4212-1)	2 次クリーニング波法用の校正用反射体	解 44
-------------	---------------------	------

(解説-4221-1)	探傷方法の一般.....	解 44
(解説-4221-2)	周方向探傷の場合.....	解 44
(解説-4221-3)	斜角法においてきずであるかどうか疑わしい指示.....	解 45
(解説-4221-4)	きずであるかどうか疑わしい指示に対する追加の探傷方法.....	解 45
(解説-4244-1)	小口径の場合の周方向走査の注意事項.....	解 46
(解説-4244-2)	片側からの探傷の場合.....	解 46
(解説-4250-1)	縦波斜角法の基準感度の設定.....	解 46
(解説-4260-1)	2次クリーピング波の特異性.....	解 46
(解説-4262-1)	2次クリーピング波の場合の時間軸調整.....	解 46
(解説-4263-1)	2次クリーピング波の基準感度設定.....	解 46
(解説-4264-1)	探傷の方向.....	解 47
(解説-4265-1)	超音波ビーム方向の走査範囲.....	解 47
(解説-4266-1)	記録レベル.....	解 47
(解説-4267-1)	きず長さ.....	解 47
(解説-4270-1)	フェーズドアレイ技術を用いた探傷で使用する機材.....	解 48
(解説-4300-1)	容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手.....	解 48
(解説-4310-1)	周方向探傷を行う場合の屈折角.....	解 48
(解説-4320-1)	校正用反射体(ノッチ).....	解 48
(解説-4320-2)	試験体の曲率.....	解 49
(解説-4420-1)	校正用反射体(ノッチ).....	解 49
(解説-4500-1)	オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷.....	解 50
(解説-4520-1)	探 触 子.....	解 51
(解説-4530-1)	対比試験片.....	解 53
(解説-4540-1)	横波を用いた探傷の扱い.....	解 53
(解説-4540-2)	オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる場合の 探傷条件.....	解 53
(解説-4560-1)	走査方法.....	解 53
(解説-4560-2)	探触子の走査方向.....	解 54
(解説-4560-1)	記 録.....	解 54
(解説-4580-1)	記録方法及びエコー評価.....	解 54

- 附属書 A きず高さ測定要領
- 附属書 B 超音波自動探傷装置への要求性能
- 附属書 C フェーズドアレイ技術を用いたきず検出手法
- 附属書 D 炉心シュラウドに対する目視試験の代替試験として適用する超音波探傷試験の要領

- 附属書 A きず高さ測定要領 解説
- 附属書 B 超音波自動探傷装置への要求性能 解説
- 附属書 C フェーズドアレイ技術を用いたきず検出手法 解説
- 附属書 D 炉心シュラウドに対する目視試験の代替試験として適用する超音波探傷試験の要領 解説



## 附属書 A 目 次

### A-1000 総 則

A-1000 総 則	附 1
A-1100 目 的	附 1
A-1200 適用範囲	附 1
A-1300 対象とするきず	附 1
A-1400 適用手法	附 1
A-1410 用語の定義	附 1
A-1500 試験評価員及び試験員	附 2
A-1510 教育及び訓練	附 2
A-1511 教育及び訓練の内容	附 2
A-1512 技量の維持	附 3
A-1513 教育及び訓練の記録	附 3

### A-2000 一般事項

A-2000 一般事項	附 4
A-2100 探 触 子	附 4
A-2200 対比試験片	附 4
A-2300 超音波探傷装置の校正	附 4
A-2310 超音波探傷器	附 4
A-2400 きず位置のマーキング	附 4
A-2500 予備測定	附 5
A-2600 採取データの保存	附 5

### A-3000 きず高さ測定要領

A-3000 きず高さ測定要領	附 6
A-3100 試験部の厚さが 10mm 以上のフェライト鋼（クラッドなし）及び試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下のオーステナイト系ステンレス鋼の突合せ溶接継手に対するきず高さ測定	附 6
A-3110 適用手法	附 6
A-3120 モード変換波法による概略のきず高さの確認	附 6
A-3121 探 触 子	附 6
A-3122 対比試験片	附 6
A-3123 時間軸の調整	附 7

A-3124	基準感度の調整.....	附 7
A-3125	測 定.....	附 7
A-3126	記録及び解析.....	附 8
A-3130	タンデム法による概略のきず高さの確認.....	附 9
A-3131	探 触 子.....	附 9
A-3132	対比試験片.....	附 9
A-3133	時間軸の調整.....	附 10
A-3134	基準感度の調整.....	附 10
A-3135	測 定.....	附 10
A-3136	記録及び解析.....	附 10
A-3140	端部エコー法による測定.....	附 11
A-3141	関連規格.....	附 12
A-3142	探 触 子.....	附 12
A-3143	対比試験片.....	附 12
A-3144	探触子の入射点及び屈折角の測定.....	附 13
A-3145	時間軸の調整.....	附 13
A-3146	基準感度の調整.....	附 14
A-3147	測 定.....	附 14
A-3148	記録及び解析.....	附 15
A-3150	TOFD 法による測定.....	附 17
A-3151	関連規格.....	附 17
A-3152	探 触 子.....	附 17
A-3153	対比試験片.....	附 18
A-3154	探触子の入射点及び屈折角の測定.....	附 18
A-3155	時間軸の調整.....	附 18
A-3156	基準感度の調整.....	附 18
A-3157	測 定.....	附 19
A-3158	記録及び解析.....	附 19
A-3160	フェーズドアレイ技術による測定.....	附 20
A-3161	探 触 子.....	附 20
A-3162	対比試験片.....	附 21
A-3163	探触子の入射点及び屈折角の測定.....	附 21
A-3164	時間軸の調整.....	附 21
A-3165	基準感度の調整.....	附 22
A-3166	測 定.....	附 22
A-3167	記録及び解析.....	附 22

A-3200	試験部の厚さが 10mm 以上のフェライト鋼（クラッドあり）の突合せ 溶接継手に対するきず高さ測定.....	附 24
A-3210	適用手法.....	附 24
A-3220	端部エコー法による測定.....	附 24
A-3230	TOFD 法による測定.....	附 25
A-3240	フェーズドアレイ技術による測定.....	附 25
A-3300	管台内面丸みの部分に対するきず高さ測定.....	附 25
A-3310	適用手法.....	附 26
A-3320	端部エコー法による測定.....	附 26
A-3330	TOFD 法による測定.....	附 26
A-3400	容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手（バタリング部）に 対するきず高さ測定.....	附 28
A-3410	適用手法.....	附 28
A-3420	端部エコー法による測定.....	附 28
A-3430	TOFD 法による測定.....	附 29

## 附属書 B 目 次

### B-1000 総 則

B-1000 総 則 .....	附 30
B-1100 目 的 .....	附 30
B-1200 適用範囲 .....	附 30
B-1300 用語の定義 .....	附 30
B-1400 超音波自動探傷装置(走査装置)の区分 .....	附 31
B-1500 性能確認項目 .....	附 31

### B-2000 性能確認方法及び判定基準

B-2000 性能確認方法及び判定基準 .....	附 33
B-2100 外観目視 .....	附 33
B-2110 確認方法 .....	附 33
B-2120 判定基準 .....	附 33
B-2200 基本動作 .....	附 33
B-2210 確認方法 .....	附 33
B-2220 判定基準 .....	附 33
B-2300 位置決め単体作動精度 .....	附 33
B-2310 確認方法 .....	附 33
B-2320 判定基準 .....	附 34
B-2400 位置決め精度 .....	附 34
B-2410 確認方法 .....	附 34
B-2420 判定基準 .....	附 35
B-2500 探触子保持機能 .....	附 36
B-2510 確認方法 .....	附 36
B-2520 判定基準 .....	附 36
B-2600 きず検出再現精度 .....	附 36
B-2610 確認方法 .....	附 36
B-2611 モックアップの仕様 .....	附 36
B-2612 試験手順 .....	附 36
B-2620 判定基準 .....	附 37
B-2700 データ収録機能 .....	附 37
B-2710 確認方法 .....	附 37
B-2720 判定基準 .....	附 37

## B-3000 性能確認を行う時期及び程度

B-3000	性能確認を行う時期及び程度.....	附 38
B-3100	製作時試験.....	附 38
B-3200	使用前点検.....	附 38
B-3300	日常点検 .....	附 38
B-3400	性能確認を行う時期.....	附 38

全 景 審 査 用

## 附属書 C 目 次

### C-1000 総 則

C-1000 総 則 .....	附 39
C-1100 目 的 .....	附 39
C-1200 用語の定義並びに関連規格 .....	附 39
C-1210 用語の定義 .....	附 39
C-1220 関連規格 .....	附 39
C-1300 適用方法 .....	附 39
C-1400 適用区分 .....	附 39
C-1500 試験評価員及び試験員 .....	附 40

### C-2000 従来手法に準じた方法

C-2000 従来手法に準じた方法 .....	附 41
C-2100 一般事項 .....	附 41
C-2200 探傷装置 .....	附 41
C-2210 フェーズドアレイ超音波探傷器 .....	附 41
C-2220 フェーズドアレイ超音波探傷器の性能試験 .....	附 41
C-2230 フェーズドアレイ探触子 .....	附 41
C-2300 探傷方法一般 .....	附 41
C-2310 感度校正方法 .....	附 41
C-2320 走査方法 .....	附 41
C-2400 走査範囲 .....	附 42
C-2500 評価及び記録 .....	附 42

### C-3000 校正により従来手法と同等以上であることを示す方法

C-3000 校正により従来手法と同等以上であることを示す方法 .....	附 43
C-3100 一般事項 .....	附 43
C-3200 探傷装置 .....	附 43
C-3300 探傷方法一般 .....	附 43
C-3310 基準感度の設定 .....	附 43
C-3320 探傷有効範囲の確認 .....	附 43
C-3321 対比試験片 .....	附 43
C-3322 探傷有効範囲の確認方法 .....	附 43
C-3323 走査方法 .....	附 44

C-3400	走査範囲.....	附 44
C-3500	評価及び記録.....	附 44

#### C-4000 検出能力を実証する方法

C-4000	検出能力を実証する方法.....	附 45
C-4100	一般事項.....	附 45
C-4110	基本事項.....	附 45
C-4120	適用手法.....	附 45
C-4130	妥当性確認方法の原則.....	附 45
C-4200	要領書.....	附 45
C-4210	記載事項.....	附 45
C-4300	確認事項.....	附 46
C-4310	試験部の区分.....	附 46
C-4320	確認方法.....	附 46
C-4321	試験片.....	附 46
C-4322	人工きず.....	附 46
C-4400	確認手順.....	附 47
C-4410	事前準備.....	附 47
C-4420	確認試験.....	附 47
C-4500	適用可否の判断.....	附 47
C-4510	きず検出.....	附 47
C-4520	きず長さ測定.....	附 48
C-4600	超音波探傷装置の同等性.....	附 48
C-4610	超音波探傷器の同等性.....	附 48
C-4620	超音波探触子の同等性.....	附 48

## 附属書 D 目 次

### D-1000 総 則

D-1000 総 則 .....	附 49
D-1100 目 的 .....	附 49
D-1200 適用範囲 .....	附 49
D-1300 一般事項 .....	附 49
D-1310 探傷方法一般 .....	附 49

### D-2000 使用機材

D-2000 使用機材 .....	附 50
D-2100 超音波探傷器 .....	附 50
D-2200 探 触 子 .....	附 50
D-2300 対比試験片 .....	附 50
D-2310 校正用反射体 .....	附 50
D-2320 対比試験片の形状 .....	附 50

### D-3000 探傷方法

D-3000 探傷方法 .....	附 52
D-3100 基準感度の設定 .....	附 52
D-3110 基準感度の設定 .....	附 52
D-3120 適用制限 .....	附 53
D-3200 探触子の走査方向 .....	附 53
D-3300 探触子の走査範囲 .....	附 53

### D-4000 記録要領及びきず寸法測定

D-4000 記録要領及びきず寸法測定 .....	附 55
D-4100 試験記録 .....	附 55
D-4200 きず長さ寸法測定 .....	附 55

## 附属書 A 解 説

### A-1000 総 則

(解説 A-1100-1)	NDIS 0603 によるきず高さ測定を行う場合.....	附 56
(解説 A-1100-2)	きず高さ測定原則.....	附 56
(解説 A-1200-1)	適用範囲.....	附 56
(解説 A-1300-1)	対象とするきず.....	附 57
(解説 A-1400-1)	適用手法.....	附 58
(解説 A-1500-1)	試験評価員及び試験員の資格.....	附 61
(解説 A-1510-1)	教育及び訓練.....	附 61
(解説 A-1510-2)	教育及び訓練.....	附 61
(解説 A-1511-1)	試験体のきずと形状.....	附 61
(解説 A-1511-2)	教育及び訓練に対する成果の確認.....	附 61
(解説 A-1512-1)	技量の維持.....	附 62
(解説 A-1513-1)	教育及び訓練の記録.....	附 62

### A-2000 一般事項

(解説 A-2310-1)	超音波探傷器.....	附 63
(解説 A-2400-1)	きず位置のマーキング.....	附 63
(解説 A-2500-1)	予備測定.....	附 63

### A-3000 きず高さ測定要領

(解説 A-3121-1)	探 触 子.....	附 64
(解説 A-3122-1)	校正用反射体.....	附 64
(解説 A-3124-1)	基準感度の調整.....	附 64
(解説 A-3125-1)	探触子の走査.....	附 64
(解説 A-3126-1)	記 録.....	附 64
(解説 A-3126-2)	解 析.....	附 64
(解説 A-3134-1)	基準感度の調整.....	附 65
(解説 A-3140-1)	適用手法.....	附 65
(解説 A-3142-1)	探 触 子.....	附 65
(解説 A-3143-1)	対比試験片.....	附 67
(解説 A-3144-1)	探 触 子.....	附 68
(解説 A-3145-1)	時間軸の調整.....	附 68
(解説 A-3146-1)	基準感度の調整.....	附 68

(解説 A-3147-1)	測 定 .....	附 69
(解説 A-3148-1)	解 析 .....	附 69
(解説 A-3150-1)	オーステナイト系ステンレス鋼における適用範囲 .....	附 75
(解説 A-3152-1)	探 触 子 .....	附 75
(解説 A-3153-1)	対比試験片 .....	附 77
(解説 A-3154-1)	探触子の入射点及び屈折角の測定 .....	附 77
(解説 A-3157-1)	測 定 .....	附 77
(解説 A-3158-1)	解 析 .....	附 79
(解説 A-3163-1)	入射点及び屈折角の測定 .....	附 79
(解説 A-3167-1)	解 析 .....	附 80
(解説 A-3210-1)	適用手法 .....	附 80
(解説 A-3220-1)	超音波の伝搬モードの選定 .....	附 80
(解説 A-3220-2)	端部エコー法による測定 .....	附 80
(解説 A-3220-3)	内面側（クラッド付与側）からの探傷 .....	附 81
(解説 A-3230-1)	外面側からの探傷に適用する探触子の例 .....	附 81
(解説 A-3230-2)	内面側（クラッド付与側）からの探傷に適用する探触子の 例 .....	附 82
(解説 A-3320-1)	適用範囲 .....	附 82
(解説 A-3320-2)	探 触 子 .....	附 82
(解説 A-3330-1)	適用範囲 .....	附 83
(解説 A-3330-2)	探 触 子 .....	附 83
(解説 A-3420-1)	適用範囲 .....	附 84
(解説 A-3420-2)	探 触 子 .....	附 84
(解説 A-3430-1)	探 触 子 .....	附 85

## 附属書 B 解 説

### B-1000 総 則

- (解説 B-1300-1) エコー高さの表示を任意に設定する目的 ..... 附 86
- (解説 B-1400-1) 一般走査装置 ..... 附 86
- (解説 B-1400-2) 特殊走査装置 ..... 附 86

### B-2000 性能確認方法及び判定基準

- (解説 B-2310-1) 位置決め単体作動精度確認の目的 ..... 附 87
- (解説 B-2320-1) 判定基準の設定 ..... 附 87
- (解説 B-2510-1) 探触子保持機能の確認方法 ..... 附 87
- (解説 B-2611-1) モックアップの仕様 ..... 附 87
- (解説 B-2612-1) 再現精度の確認 ..... 附 88
- (解説 B-2620-1) 判定基準の根拠 ..... 附 88
- (解説 B-2720-1) データ収録機能 判定基準 ..... 附 88

### B-3000 性能確認を行う時期及び程度

- (解説 B-3100-1) 製作時試験を行う時期 ..... 附 90
- (解説 B-3100-2) 従来から使用している装置の製作時試験 ..... 附 90
- (解説 B-3200-1) 使用前点検の考え方 ..... 附 90
- (解説 B-3400-1) 位置決め精度の確認について ..... 附 90
- (解説 B-3400-2) 性能確認を行う時期 ..... 附 90

## 附属書 C 解 説

### C-1000 総 則

- (解説 C-1300-1) 従来手法との組み合わせ ..... 附 91
- (解説 C-1400-1) フェーズドアレイ技術適用する手順の区分 ..... 附 91

### C-2000 従来手法に準じた方法

- (解説 C-2220-1) フェーズドアレイ超音波探傷器の直線性の確認 ..... 附 94
- (解説 C-2320-1) 走査の重なり ..... 附 94
- (解説 C-2320-2) フェーズドアレイの電子的な走査速度 ..... 附 94
- (解説 C-2500-1) 従来手法に準じた手法でのきず長さ測定方法 ..... 附 95

### C-3000 校正により従来手法と同等以上であることを示す方法

- (解説 C-3320-1) フェーズドアレイ技術の探傷有効範囲の確認 ..... 附 96
- (解説 C-3323-1) 走査の重なり ..... 附 96
- (解説 C-3400-1) フェーズドアレイ技術の探傷有効範囲と走査範囲の関係 ..... 附 96
- (解説 C-3500-1) きず長さ測定方法 ..... 附 97

### C-4000 検出能力を実証する方法

- (解説 C-4130-1) 妥当性確認方法の原則 ..... 附 98
- (解説 C-4322-1) 人工きずの形状 ..... 附 98
- (解説 C-4322-2) きず長さ測定の実証に用いる人工きず ..... 附 98
- (解説 C-4420-1) 探傷条件の範囲 ..... 附 99
- (解説 C-4510-1) 適用可否の判断 ..... 附 99
- (解説 C-4520-1) きず長さ測定の実証 ..... 附 99

## 附属書 D 解 説

### D-1000 総 則

- (解説 D-1100-1) 本附属書の目的 ..... 附 100
- (解説 D-1200-1) 適用範囲 ..... 附 100
- (解説 D-1310-1) フェーズドアレイ技術の炉心シュラウドへの適用 ..... 附 101

### D-2000 使用機材

- (解説 D-2200-1) 超音波周波数の選定 ..... 附 102
- (解説 D-2200-2) 超音波モードの選定 ..... 附 102
- (解説 D-2310-1) ノッチの高さの設定根拠について ..... 附 102
- (解説 D-2310-2) ノッチの位置 ..... 附 102

### D-3000 探傷方法

- (解説 D-3120-1) 適用制限 ..... 附 103

# 第1章 総 則

## 1000 総 則

本章は、本規程の目的、適用範囲、使用される用語・略語及び関連規格の定義を示す。

## 1100 目 的

本規程は、維持規格に用いる超音波探傷試験についてその要領を示すもので、各々の章、附属書の規定事項は表-1100-1 のとおりである。(解説-1100-1~4)

また、本規程は、パルス反射法を使用する超音波探傷試験について定めたものであり、その他の超音波探傷試験技術は、その方法がパルス反射法により得られるものと同様以上の試験結果が得られるものであれば、前記方法に代えて使用してもよい。

表-1100-1 各章、各附属書の規定内容

構成	表題	概要
第1章	総則	本規程全体に関連する事項
第2章	一般事項	きず検出及びきず長さ測定に関する共通事項
第3章	容器の超音波探傷試験要領	容器に対する、きず検出及びきず長さ測定要領
第4章	配管の超音波探傷試験要領	配管に対する、きず検出及びきず長さ測定要領
附属書A	きず高さ測定要領	第3章、第4章にしたがって検出されたきずに対する、きず高さ測定要領
附属書B	超音波自動探傷装置への要求性能	本規程に則り、自動で超音波探傷試験を行う場合の超音波探傷装置に対する追加要求事項
附属書C	フェーズドアレイ技術を用いたきず検出方法	フェーズドアレイ技術を用いて、きず検出をする場合の探傷要領(附属書Cで記載されていない部分は、対象部位によって第3章、第4章、附属書Dに従う)
附属書D	炉心シュラウドに対する目視試験の代替試験として適用する超音波探傷試験の要領	炉心シュラウドの目視試験(MVT-1)の代替としての超音波探傷試験要領

## 1200 適用範囲

本規程は、軽水型原子力発電所用機器のうち、クラス1機器及びクラス2機器の供用期間中検査（供用前検査を含む）に適用する。

なお、上記以外の部位で本規程が適用できると判断される場合は、これを準用してもよい。

## 1300 用語及び略語の定義並びに関連規格

### 1310 用語及び略語

- (1) 試験評価員：非破壊試験結果を解釈し、評価する技術者をいう。
- (2) 試験員：非破壊試験を行う技術者をいい、試験補助員（無資格者）は含まない。
- (3) 校正用反射体：基準感度の調整をするため、対比試験片に機械加工等によって設けた反射体をいう。（具体的には、横穴、ノッチ、平底穴等が用いられる。）
- (4) 反射源：超音波探傷器の表示器に表示された指示の成因と考えられる材料及び溶接継手中のきず、形状及び金属組織を総じていう。
- (5) エコー：反射源（校正用反射体を含む）からの反射波のことをいう。
- (6) エコー高さ：反射源（校正用反射体を含む）から得られた表示器上のエコーの高さをいう。
- (7) DAC 曲線：校正用反射体のビーム路程によるエコー高さの変化を示す曲線（距離振幅補正曲線）のことをいう。
- (8) 最大エコー高さ：探触子を走査したとき、反射源（校正用反射体を含む）から得られるエコー高さの最大値のことをいう。
- (9) DAC%：DAC 曲線（距離振幅補正曲線）に対するエコー高さのパーセント値のことをいう。
- (10) DAC 回路：距離によるエコー高さの低下を電子的に補正する回路（距離振幅補正回路）のことをいう。
- (11) 手動探傷：試験員が直接探触子を走査させる探傷方法をいう。
- (12) 自動探傷：走査装置により探触子を自動で走査させる探傷方法をいう。
- (13) 半自動探傷：試験員が探触子を走査又は走査を補助しながら、A スコープ及び探触子の位置信号（情報）を記録できる探傷方法をいう。
- (14) 探傷面：試験部において探触子を走査する面のことをいう。
- (15) 2次クリーピング波法：2次クリーピング波法とは、試験体内部を伝ばする超音波が探傷面の反対側（底面）で反射する時に発生する2次クリーピング波を利用して、探傷面の反対側に存在するきずの有無に関する確認及びきず長さ測定を行う方法をいう。
- (16) 記録レベル：指示を記録するために定めた反射源の最大エコー高さのしきい値（距離振幅補正曲線に対するパーセント：DAC%）をいう。

- (17) シーニング加工部：突合せ溶接継手において、内面の食い違いを無くする目的で継手の両側を構成する材料又は部品の内面を機械加工等により切削し、厚さを薄くした範囲をいう。シーニングはシンニングと表現する場合もある。
- (18) ISI：In-Service Inspection（供用期間中検査）の略。供用期間中に設備の非破壊試験及び漏えい試験を行い、設備の経年変化を確認する行為をいう。
- (19) PSI：Pre-Service Inspection（供用前検査）の略。供用期間中検査の体積試験又は表面試験結果と比較するために、発電所の最初の運転開始前又は供用期間中における補修・取替後の運転開始までに、設備の基本データを採取する行為をいう。
- (20) UTS：平成4年度から15年度上期に発電設備技術検査協会が、それを引き継いで平成15年度下期から平成16年度に(独)原子力安全基盤機構が実施した、「原子力発電施設検査技術実証事業」のうち「超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度の確認」(Ultrasonic Test & Evaluation for Maintenance Standards)の略。
- (21) PLR 配管サイジング精度確性試験：発電設備技術検査協会が平成14年度から15年度に実施した「超音波探傷試験による再循環系配管サイジング精度向上に関する確性試験」の略。
- (22) NSA：平成15年度から平成17年度に(独)原子力安全基盤機構が実施した「低炭素ステンレス鋼の非破壊検査技術実証」(Nondestructive Inspection Technologies for Low-carbon Stainless Steel Integrity Assessment)の略。
- (23) NNW：平成14年度から15年度上期に発電設備技術検査協会が、平成15年度下期から平成16年度まで(独)原子力安全基盤機構が実施した「炉内構造物等特殊材料溶接部検査技術調査」、及び平成17年度から20年度まで同機構が実施した「ニッケル基合金溶接部の非破壊検査技術実証」(Nondestructive Inspection Technologies on the Ni Alloy Welded Joint)の略。
- (24) NDIS：一般社団法人日本非破壊検査協会規格(Standard of the Japanese Society for Non-Destructive Inspection)の略。
- (25) フェーズドアレイ技術：小さい振動子を複数並べた探触子を用い、個々の振動子に電圧を与えるタイミングを変えることにより、超音波ビームの屈折角、入射点位置、焦点深さ等を電子的に制御する技術。

## 1320 関連規格

### 1321 引用規格

次に掲げる規格は、この規程で明示的に引用することによって、その一部又は全部がこの規程の要求事項を構成する。

- (1) JIS Z 2305：非破壊試験技術者の資格及び認証（2013年版）

- (2) JIS Z 2345-1 : 超音波探傷試験用標準試験片—第 1 部 : A1 形標準試験片 (2018 年版)
- (3) JIS Z 2345-2 : 超音波探傷試験用標準試験片—第 2 部 : A7963 形標準試験片 (2018 年版)
- (4) JIS Z 2345-3 : 超音波探傷試験用標準試験片—第 3 部 : 垂直探傷試験用標準試験片 (2018 年版)
- (5) JIS Z 2345-4 : 超音波探傷試験用標準試験片—第 4 部 : 斜角探傷試験用標準試験片 (2018 年版)
- (6) JIS Z 2352 : 超音波探傷装置の性能測定方法 (2010 年版)
- (7) NDIS 0603 : 超音波探傷試験システムの性能実証における技術者の資格及び認証 (2015 年版)
- (8) ISO 9712 : Non-destructive testing-Qualification and certification of NDT personnel (2012)
- (9) ANSI/ASNT CP-189 : Standard for Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel (2016)
- (10) ASME Sec. XI : ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE SECTION XI (2019)

### 1322 参考規格

次に掲げる規格は、この規程が引用されることを想定した規格、及びこの規程を策定する際に参考とした規格である。(解説-1322-1)

- (1) 溶接規格 : 日本機械学会発電用原子力設備規格溶接規格
- (2) 維持規格 : 日本機械学会発電用原子力設備規格維持規格
- (3) 設計・建設規格 : 日本機械学会発電用原子力設備規格設計・建設規格
- (4) JIS Z 2350 : 超音波探触子の性能測定方法 (2002 年版)
- (5) JIS Z 3060 : 鋼溶接部の超音波探傷試験方法 (2015 年版)
- (6) NDIS 2418 : 端部エコー法によるきず高さの測定方法 (2005 年版)
- (7) NDIS 2423 : TOFD 法によるきず高さの測定方法 (2001 年版)
- (8) ASME Sec. V : ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE SECTION V (2019)

### 1400 記 号

T : 試験部の厚さ又は対比試験片の厚さ。

垂直法の基準感度の設定において、対比試験片の横穴の位置を示すために用いる。

例えば、探傷面から、試験片厚さの 4 分の 1 深さに位置する横穴を  $T/4$  で示す。

S : 探傷面と裏面が平行な材料の斜角法において、探傷面から入射した超音波は斜め方向に伝ばし、裏面で反射し、再び探傷面に到達する。この探傷面での超音波の到達点を 1 スキップ点といい、1S で略記する。斜角法の基準感度の設定において、

対比試験片の横穴の位置又はその横穴からのエコー高さが最大となる探触子位置を示すために用いる。例えば，探傷面から，試験片厚さの4分の1深さに位置する横穴を(1/8)Sで示す。

$\theta_n$ ：探触子の公称屈折角。

$\theta_t$ ：探触子の実測屈折角。

今泉審査専用

## 第2章 一般事項

### 2000 一般事項

本章は、容器及び配管の超音波探傷試験における試験要領の一般事項を示す。

#### 2010 事前確認

本規程を用いる場合、きず評価を行う上で、予めきず検出精度及びきず寸法測定誤差を確認する。

きず寸法測定誤差のうち、きず高さ測定誤差に関しては、附属書 A「きず高さ測定要領」で示す手法のうち適用したものについて確認し、記録として残す。(解説-2010-1)

#### 2100 試験部に対する要求事項

本項は、超音波探傷試験を適用する試験部に対する要求事項を示す。

##### 2110 試験部の識別

###### (1) 基準位置

試験においては、溶接継手の中心及び方位が識別できるように表示を行う。ただし自動探傷装置のように位置決め機構がある場合は除く。

###### (2) 基準位置の記録

溶接継手の中心及び方位は、恒久的な基準位置（ポンチマークあるいは隣接構造物等の基準となるもの）からの距離等を基に記録する。

###### (3) 過去の記録との整合

過去に基準位置の記録がされている場合には、原則としてそれに従って溶接継手の中心及び方位を表示する。

##### 2120 試験部の表面状態

探触子を走査する範囲の表面は、清浄で、かつ滑らかであるものとする。ただし、表面に固着したスケール又は塗料のある場合でも、表面が滑らかで、はく離するおそれがなく、かつ超音波の伝ばを妨げるおそれがないものは取り除かなくてもよい。

また、溶接部の余盛等は、探触子の走査に支障のない程度に滑らかに仕上げること。  
(解説-2120-1)

#### 2200 試験評価員及び試験員

- (1) 試験評価員は、下記の規格・基準のいずれかに従って所定の機関によって認証されたレベル 2 以上の有資格者、又はこれらと同等の技術レベルを有する者で ISI

について試験員として経験を有する者とする。(解説-2200-1)

- a. JIS Z 2305
  - b. ANSI/ASNT CP-189
  - c. ASME Sec. XI, Appendix VII
  - d. ISO 9712
- (2) 試験員は、前項に掲げる規格・基準のいずれかに従って所定の認定機関によりレベル1以上の有資格者、又はこれらと同等以上の技術レベルを有する者とする。(解説-2200-1)
- (3) きず高さ測定における試験評価員及び試験員については、附属書 A「きず高さ測定要領」に示すところによる。

### 2300 使用機材

本項は、超音波探傷試験に使用する機材について示す。

#### 2310 超音波探傷器

パルス反射式の超音波探傷器を用いる。

#### 2320 探触子

- (1) 探触子は、使用する探傷器の仕様に適合するものとする。
- (2) 探触子は、一振動子型、又は多振動子型を用いる。
- (3) 超音波の伝ぱを良くするために、くさび（探触子シュー）を用いてもよい。この場合、探傷中に使用するくさびをつけて校正を行う。
- (4) 周波数は、0.4～15MHz、超音波のモードは横波又は縦波とし、2520(2)項で規定する基準感度が得られるものを選択する。(解説-2320-1)
- (5) 屈折角及び振動子の大きさは、試験部の形状及び寸法に対して適合しており、超音波が十分透過するものを選択する。

#### 2330 接触媒質

水、油、グリセリン、ひまし油等超音波の伝ぱ性がよく、試験部に対して有害でないものを使用する。

#### 2340 対比試験片

本項は、突合せ溶接継手の超音波探傷試験に使用する対比試験片について示す。

ただし、従来から使用している対比試験片であって、本規程（改定版を含む）の発行以前に製作され使用してきているもので、かつ使用にあたって技術上問題ないと評価されるものについては、本規程に従わなくてもよい。(解説-2340-1)

#### 2341 対比試験片の材料

- (1) 対比試験片に用いる材料は、試験部の材料と超音波特性が同等なものとする。  
(解説-2341-1)
- (2) 試験部にクラッドが施されている場合において、走査をクラッド側から行う場合は、対比試験片にも試験部と超音波特性が同等なクラッドを設ける。
- (3) 異種金属溶接継手の探傷に用いる対比試験片の材料は、走査を行う側の材料と超音波特性が同等なものとする。走査を異種金属溶接継手の両側から行う場合は、各々超音波特性が同等な材料の組合せとする。
- (4) 厚さが 51 mm 以上のフェライト鋼の対比試験片には、試験部と同等の熱処理を行い、その試験片に溶接継手があるものについては、溶接後熱処理を行う。  
(解説-2341-2)
- (5) 対比試験片の表面状態は、探傷面と同程度とする。
- (6) 対比試験片に用いる材料には、底面反射波よりも大きな反射波がないものとする。

#### 2342 垂直法及び斜角法の校正用反射体

- (1) 校正用反射体の形状  
対比試験片に設ける校正用反射体は、原則として探傷面に平行に加工した横穴とする。ただし、縦波斜角探傷の場合には、横穴に加えてノッチあるいはノッチを模擬した段差とする。(解説-2342-1, 解説-2342-2)
- (2) 曲率を持つ対比試験片の反射体  
管等の曲率を持つ対比試験片に設ける垂直法及び斜角法の周方向探傷用反射体は、管軸方向に加工する。斜角法の軸方向探傷用反射体は、管周方向に加工する。

#### 2343 対比試験片の形状

- (1) 対比試験片の厚さ、穴の位置及び穴径  
試験部の厚さと対比試験片の厚さとの関係、対比試験片に設ける横穴の位置及び穴径は、表-2343-1 に従う。対比試験片の横穴の最も近い端面からの距離及び横穴の長さは、40 mm 以上とする。(解説-2342-2)
- (2) 対比試験片の曲率(解説-2343-1)
  - a. 探傷面の曲率半径が 254mm を超える場合  
探傷面の曲率半径が 254mm を超える場合に用いる対比試験片は、同じ曲率を持つもの、0.7~1.1 倍の曲率半径を持つもの又は平らなものとする。
  - b. 探傷面の曲率半径が 254mm 以下の場合  
探傷面の曲率半径が 254mm 以下の場合に用いる対比試験片は、同じ曲率又

は0.7～1.1倍の曲率半径を持つものとする。

- c. 平らな対比試験片を用いる場合の探触子の公称振動子寸法（長方形探触子の場合には短い辺の寸法）は接触媒質に応じて、次の値以下とする。

接触媒質	公称振動子寸法 (mm)
水又は油等液状のもの	$6.37\sqrt{R/f}$
グリセリン等のり状のもの	$8.84\sqrt{R/f}$

ここでRは、探傷面の曲率半径(mm)、fは周波数(MHz)とする。なお、2342項及び2343項に基づく対比試験片の形状及び反射体配置の例を図-2343-1に示す。

#### 2350 超音波自動探傷装置

超音波自動探傷装置は、附属書Bに従って、予め基本性能等を確認した上で使用する。(解説-2350-1)

#### 2400 超音波探傷装置の校正

本項は、超音波探傷装置の校正方法及び頻度について示す。

#### 2410 超音波探傷器

(1) 増幅直線性

探傷器の増幅直線性は、JIS Z 2352の6.2.2に従って測定し、 $\pm 3\%f_s$ 以内とする。

(2) 時間軸直線性

探傷器の時間軸直線性は、JIS Z 2352の6.1.1に従って測定し、 $\pm 1\%f_s$ 以内とする。

(3) 直線性の確認

探傷器の増幅及び時間軸直線性の確認は、その探傷器を使用する探傷の12カ月以内に確認されていること。

#### 2420 探触子

(1) 入射点の測定

入射点の測定は、JIS Z 2345-1、JIS Z 2345-2若しくはJIS Z 2345-4に規定する標準試験片又は幾何学的に入射点の測定が可能な試験片を用いて行い、1 mm

以下の値で測定する。(解説-2420-1)

(2) 屈折角の測定

屈折角の測定は、JIS Z 2345-1, JIS Z 2345-2 又は JIS Z 2345-4 に規定する標準試験片を用いて  $0.5^\circ$  以下の角度まで読み取る。これらの試験片と試験部の材料とで超音波の音速が異なる場合は、計算により補正するか、又は音速が同等な材料で製作した、幾何学的に屈折角の測定が可能な試験片を用いて確認する。(解説-2420-2)

(3) 測定頻度

探触子の入射点及び屈折角は、試験開始時に測定する。(解説-2420-3)

## 2500 時間軸及び基準感度の調整

本項は、超音波探傷器の時間軸及び基準感度の調整方法及び頻度について示す。

### 2510 一般事項

(1) 時間軸及び基準感度の調整は、試験開始時及び探傷装置（探傷器、探触子、くさび、接触媒質、ケーブル、部品等）の組合せが変わるごとに行う。(解説-2510-1)

(2) 時間軸及び基準感度の確認は、試験の終了時及び試験員が交替した時（自動探傷の場合を除く）に行う。

一連の探傷の途中で試験員の交替をする場合で、事前に複数の試験員で時間軸及び基準感度の調整を行い同一の調整結果となった場合には、試験員が交替するときの時間軸及び基準感度の確認は要しない。この場合の試験終了時の確認は全ての試験員で確認する必要はなく、代表1名でよい。(解説-2510-2, 解説-2510-3)

(3) 探傷の途中で時間軸及び基準感度の確認は校正確認用シミュレータ（シミュレータ）を用いて行ってもよい。シミュレータを用いた確認についても対比試験片を用いた確認と同等に扱う。(解説-2510-4)

(4) 探傷器の設定条件を電子的に記憶/呼び出しできるような機能（メモリー機能）を有した超音波探傷器（一般的にはデジタル探傷器）の場合には、複数の探傷条件を記憶させておき、探傷時に呼び出して探傷することができる。呼び出し時にはシミュレータ等を用いて確認するか、メモリー番号（ファイル名）の照合ができるようにしておく。(解説-2510-5)

### 2520 調整方法

(1) 時間軸の調整

a. 時間軸の調整は、JIS Z 2345-1, JIS Z 2345-2, JIS Z 2345-3 若しくは JIS Z 2345-4 に規定する標準試験片又は試験部の材料と超音波特性（主として音速及び減衰）の同等な材料で作られた既知の寸法を有する半円形等の試験片を用いて行

- う。時間軸の全幅は、試験に必要なビーム路程を含む必要最小限とする。
- b. 2510(2)項及び(3)項による時間軸の確認の結果、DAC曲線上のいずれかの点が、時間軸の全幅の3%を超えてずれていた場合、最後に2510(2)項及び(3)項で確認された時点以降の試験は無効とする。この場合は、新たな調整を行い、無効となった試験の範囲を再試験すること。
- (2) 基準感度の調整
- a. 基準感度の調整は、以下により行う。(解説-2520-1)
- (a) 基準感度の調整は、第3章及び第4章の規定に従って行う。この場合、調整を行う対比試験片の面(表面又は裏面)は、探傷面(外面又は内面)に相当する面とする。
- (b) 次章以降の規定で「表示器上80%(あるいは50%)」とあるものは、表示器上 $80\pm 5\%$ あるいは $50\pm 3\%$ の範囲とする。(解説-2520-2, 解説-2520-3)
- (c) 試験終了時における基準感度の確認は、対比試験片を用いる。
- (d) 探傷器の直線性に影響を及ぼすため、リジェクション機能は用いない。
- (e) 自動又は半自動の探傷装置でDAC回路を備えている場合には、試験に必要な時間軸上にわたって基準感度を調整したのち、使用する。(解説-2520-4)
- (f) 配管や容器の内部に水等がある場合での探傷であっても、感度校正時の対比試験片はこれを模擬することを要しない。(解説-2520-5)
- (g) 二振動子垂直探触子を使用する場合には、音響隔離面を対比試験片の横穴の軸方向に対して直交させるようにして感度校正を行うことを原則とする。(解説-2520-6)
- b. 2510(2)項及び(3)項による基準感度の確認の結果、DAC曲線上のいずれかの点が振幅の20%又は2dB以上下がっていた場合、あるいは20%又は2dBを超えて上がっていた場合には以下とする。(解説-2520-8)
- (a) 感度が下がっていた場合  
最後に基準感度が確認された以降の試験は無効とする。この場合は、新たな調整を行い、無効となった試験の範囲を再試験する。
- (b) 感度が上がっていた場合  
新たな調整を行い、最後に基準感度が確認された以降に記録が必要な反射波を検出していた位置に対して再試験する。このとき、感度の変化量を考慮した再評価を行った上で、形状エコー又は金属組織エコーと判断される部分については再試験は必要としない。(解説-2520-7)

## 2600 探触子の走査

本項は、超音波探触子の走査方法及び走査範囲について示す。

## 2610 走査方法

- (1) 探触子の走査の重なりは、振動子寸法の 50%以上にする。ただし、探触子のビームの拡がり considering -6dB のビームの重なりが保たれている場合には、この限りでない。(解説-2610-1)
- (2) 探触子の走査速度は、150mm/s 以下で行う。なお、全ての A スコープを記録するような自動探傷装置については、速度の影響を受けない範囲でこれを超過してもよい。(解説-2610-2)
- (3) 走査は、基準感度の 2 倍以上（自動又は半自動探傷装置を用いる場合を除く）の感度で行う。指示を記録する場合は、基準感度で走査を行う。ただし、ノイズや形状エコー等が観測され、識別が困難になると判断される場合には基準感度で探傷してもよい。(解説-2610-3)
- (4) 自動探傷の場合には、探触子の押付力等を調整し、探触子と試験体との音響結合がデータ評価に影響が無いように確実に行われていることを確認する。

## 2620 走査範囲

維持規格で規定した試験体積に超音波が透過するように行う。

例えば、胴と管台、胴とフランジ、管台とセーフエンド、管とエルボ又は弁、母管と管台等の溶接継手で構造上探傷できない場合は、実質的に有効な探傷できる最大範囲を走査し、試験する。(解説-2620-1)

## 2700 記録要領及びきず寸法測定

本項は、記録要領及びきず寸法測定について示す。

### 2710 記録要領

本項は、記録、採取の手順、及び試験結果に基づく反射源の位置及び種類の解析について示す。

### 2711 記録、採取手順

- (1) 以前の試験で DAC20%を超えるエコーが検出され、きずと分類されている場合は、エコー高さに関係なく、基準感度で探傷し、(3)項の要領で記録する。(解説-2711-1)
- (2) その他のエコーは、エコー高さが DAC20%を超える場合、基準感度で探傷し、(3)項の要領で記録する。ただし、エコーの出現に再現性がなく、雑エコーと特定できるもの（表-2712-1「UT 指示エコーの分類」による）についてはこの限りではない。

(3) 手動探傷の場合

手動探傷を行った場合の記録要領は次のとおりとする。(解説-2711-2, 解説-2711-3)

a. 最大エコー高さ

反射源からのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き, 探傷器の表示器上のエコー高さを DAC%で読み取る。エコー高さを表示器目盛で読み取った場合は, 計算又は線図により DAC%を求める。

b. 探触子と基準点 (又は線) との距離

反射源からのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き, 溶接長手方向基準点及び溶接中心基準点 (又は線) と探触子の入射点との距離を測定し, 記録する。

c. ビーム路程

反射源からのエコー高さが最大となるビーム路程を読み取る。

d. 指示長さ

反射源からのエコー高さが最大となる位置を中心に探触子を左右に移動させ, そのエコー高さが連続して記録レベルを超える範囲を探触子の移動距離で測定し, 記録する。

さらに, 反射源からの最大エコー高さが DAC100%を超える場合は, その範囲を探触子の移動距離で測定し, 記録する。

e. 配管の周継手に対して手動探傷を ISI として行う場合であって, DAC20%を超える裏波部エコー, 及び内面側の柱状晶伝搬エコーが連続して検出された場合は, 30° ごとにエコー高さを記録する。

また, 30° ごとの記録点間の最大エコー高さが, 前後の記録点のエコー高さをを超える場合は, その最大エコー高さも記録する。

なお, 配管の長手継手の場合は, 前記 30° を 100 mm と置き換えて同様に記録する。

f. 容器についても前記 e. 項に従いエコー高さを記録する。

g. ボルトの場合であって, 対比試験片を用いない探傷方法の場合には, 底面エコーが探傷器の表示器目盛の 20%以下になる範囲を記録する。

h. ボルトのネジ部からのエコー等定常的に検出され, 明確に形状エコーと判断できるものについては, その代表例と検出範囲を記録する。

(4) 自動探傷 (半自動探傷) の場合

全ての A スコープ及び位置信号 (情報) を記録し, かつ再現可能な場合にはエコー高さ, 指示長さ等の数値記録に代えて色調 (カラー階調及び白黒濃淡表示を含む) で示す記録とすることができる。

## 2712 試験結果に基づく反射源の位置及び種類の解析

### (1) 反射源の位置の解析

ビーム路程，屈折角，試験部の厚さ等から，図-2712-1 に例示する方法等により，反射源の位置の解析を行う。(解説-2712-1)

### (2) 反射源の種類解析

超音波探傷試験で検出されたエコーについて，その反射源がきずに基づくものか，試験部の金属組織的变化又は形状に起因するものかを判断するために，解析を行う。表-2712-1 以外のエコー名称を用いる場合には，その定義を明確にする。また，きずエコーについては，判断した理由を明確にする。(解説表-2712-1，解説-2712-2)

- a. 表面形状（例えば溶接裏波部形状）によるエコーであると判断された場合には形状エコーと，材料の金属組織的变化（例えば溶接金属と母材との境界部）によるエコーであると判断された場合には，金属組織エコーと評価する。
- b. 形状エコー又は金属組織エコーと判断する手段は次のとおり。
  - (a) 通常の試験要領によって反射源が存在する範囲を評価する。
  - (b) 反射源の座標をプロットし位置関係を確認する。反射源の位置及び裏波部やテーパ移行部等表面の不連続位置を図示した断面図を用意する。
  - (c) 製作図又は溶接開先図と照合して確認する。
  - (d) 反射源を分類するに当たり，表-2712-1 を用いる。
- c. これらの代わりに他の非破壊試験手法を用いて指示が形状又は金属組織によるものであることを判断してもよい。(例えば他の屈折角，放射線透過試験，内面又は外面の形状計測)

## 2720 きず寸法測定

ISI において超音波探傷試験を行った結果，反射源がきずに基づくものについては，2710 項に示す記録要領に従って超音波探傷試験の結果を記録するとともに，維持規格で必要とされる場合にはきず寸法測定を行う。(解説-2720-1)

きず寸法測定は，想定されるきずの性状に対して適切と考えられる方法による。垂直法で検出されるような探傷面に平行な面状の反射源の寸法測定は，探触子の記録レベルを超える指示長さ(移動距離)による。また，表面に開口し探傷面に直交する面状の反射源の寸法測定は，長さ測定は探触子の記録レベルを超える指示長さ(移動距離)による測定，高さ測定は附属書 A による測定とする。ただし，クラッド付き管台内面の丸みの部分及びオーステナイト系ステンレス鋼，異種金属溶接継手部(バタリング部に検出されたきずに限る)のきず長さ測定は，これによらず保守的と考えられる評価方法による。(解説-2720-2)

## 2730 試験結果の評価

必要に応じて追加の探傷を行い、それぞれの探傷結果や、過去の試験記録、他の非破壊試験結果等を総合的に考慮して反射源の評価を行う（解説-2730-1，解説-2730-2）。検出されたエコーは 2712 項に従って分類する。きずエコーについては、過去の試験記録と比較し、有意な差の有無を評価する（解説-2730-3）。

## 2800 試験記録

超音波探傷試験を行った後、次の事項を記録する。また全ての A スコープを記録し、かつ再現可能な場合にはエコー高さ、指示長さ等の記録を残すことを要しない。（解説-2800-1）

### (1) 試験条件

- a. 発電所名
- b. 試験箇所名（溶接継手番号）
- c. 試験年月日と試験評価員及び試験員（資格）
- d. 適用手法
- e. 校正記録
  - (a) 使用機材  
超音波探傷器，探触子，接触媒質，対比試験片
  - (b) 探触子の入射点，屈折角
  - (c) 基準感度及び時間軸調整時の探傷器の目盛
  - (d) 校正日時
- f. 測定方向
- g. 探傷面（容器の場合）
- h. 探傷感度
- i. 試験要領書番号
- j. 探傷不可能範囲及び走査不可能範囲（解説-2800-2）
- k. 自動測定の場合は以下を加えて記録しなければならない。
  - (a) ゲート設定範囲
  - (b) 探触子走査間隔
  - (c) 測定範囲

### (2) 試験結果

2711 項に従い採取した記録及び 2712 項に基づく反射源の位置及び種類の解析結果

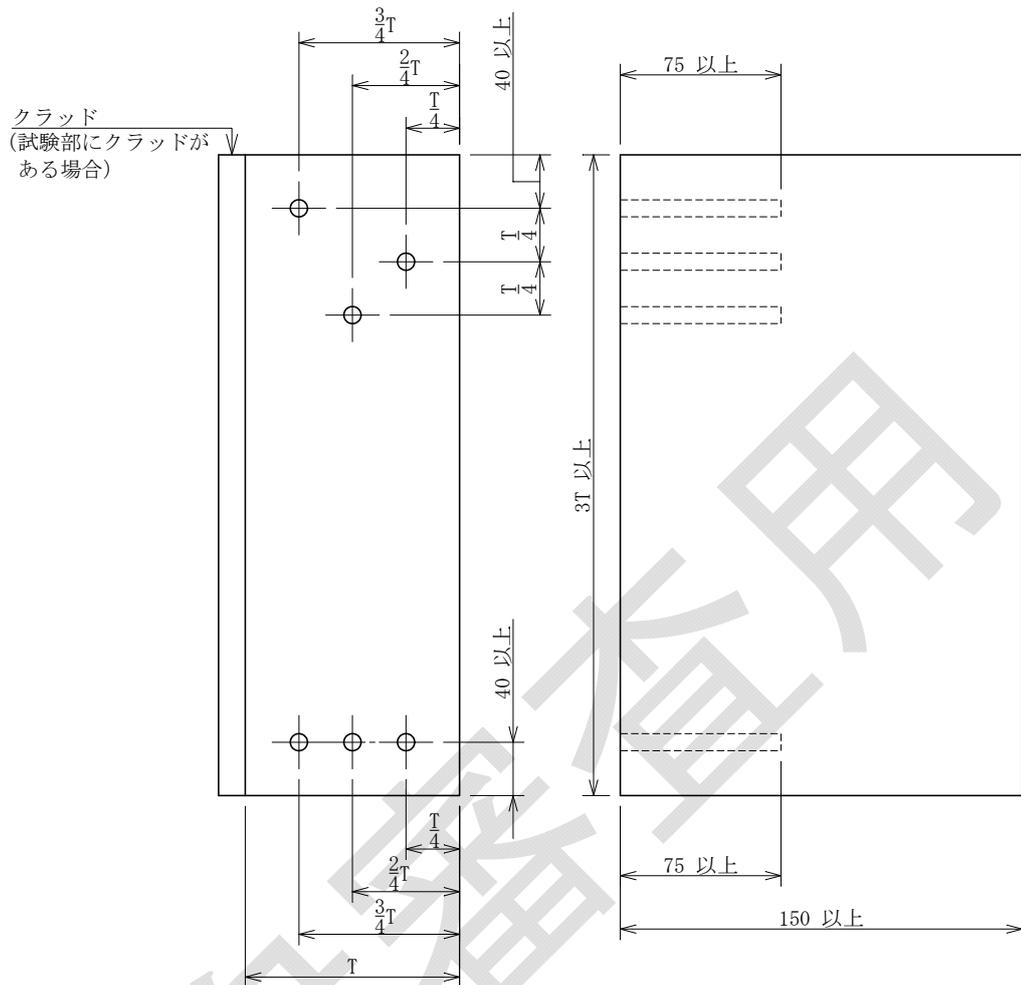
表-2343-1 対比試験片の厚さ、穴の位置及び穴径

試験部の厚さの区分 (mm)	対比試験片の厚さ T(mm)	穴の位置 (mm)	穴径 d(mm)
25 以下	試験部の厚さ又は 19	$T/2$	2.4
25 を超え 51 以下	試験部の厚さ又は 38	$3/4 T$ 又は $T/4$	3.2
51 を超え 102 以下	試験部の厚さ又は 76	$3/4 T$ 又は $T/4$	4.8
102 を超え 152 以下	試験部の厚さ又は 127	$3/4 T$ 又は $T/4$	6.4
152 を超え 203 以下	試験部の厚さ又は 178	$3/4 T$ 又は $T/4$	8.0
203 を超え 254 以下	試験部の厚さ又は 229	$3/4 T$ 又は $T/4$	9.6

(備考)

1. 曲率を持つ試験片であって厚さが 25mm を超える場合の横穴は、試験片の外表面及び内表面からそれぞれ $T/4$ の位置に設ける。
2. 試験部の厚さ：溶接継手の場合は、溶接部の厚さの実測値、シーニング加工部の図面寸法、接合される母材の公称厚さのいずれかとする。
3. 試験部の厚さが 254mm を超える場合の対比試験片の厚さは、試験部の厚さとし、穴の位置は、 $3/4 T$  又は  $T/4$  とする。

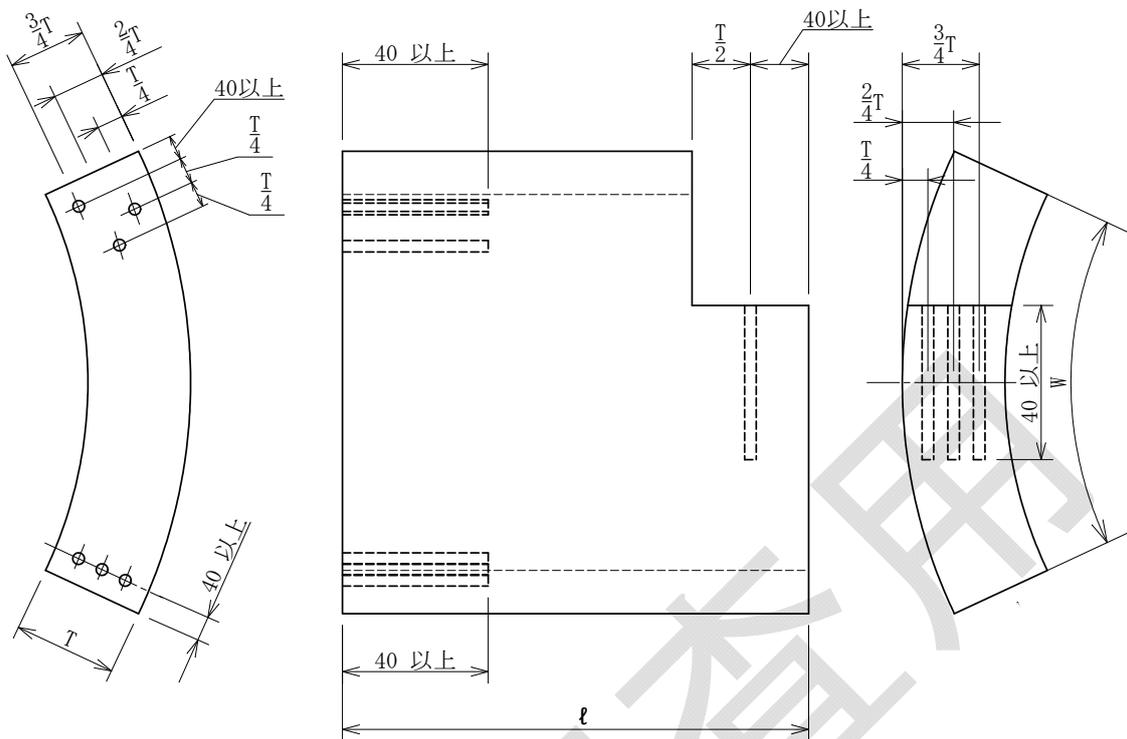
また、試験部の厚さ 254mm に対し板厚の増加量が 51mm 以下の場合、校正用反射体の穴径は、11.2mm とし、それ以降については、板厚の増加量が 51mm を超える毎に 11.2mm に 1.6mm を加えて決定する。



(備考)

1. 寸法の単位は, mm とする。
2. T は試験片の厚さとする。
3. 横穴に加えて, 必要に応じてノッチ等の反射体を追加して設けてもよい。ただし, 横穴を用いた基準感度の校正に支障のない位置に配置する。
4. 曲率を有する対比試験片の周方向に設ける横穴は, 校正に使用する位置(長さの約 $1/2$ となる位置)で所定の深さとなるようにする。

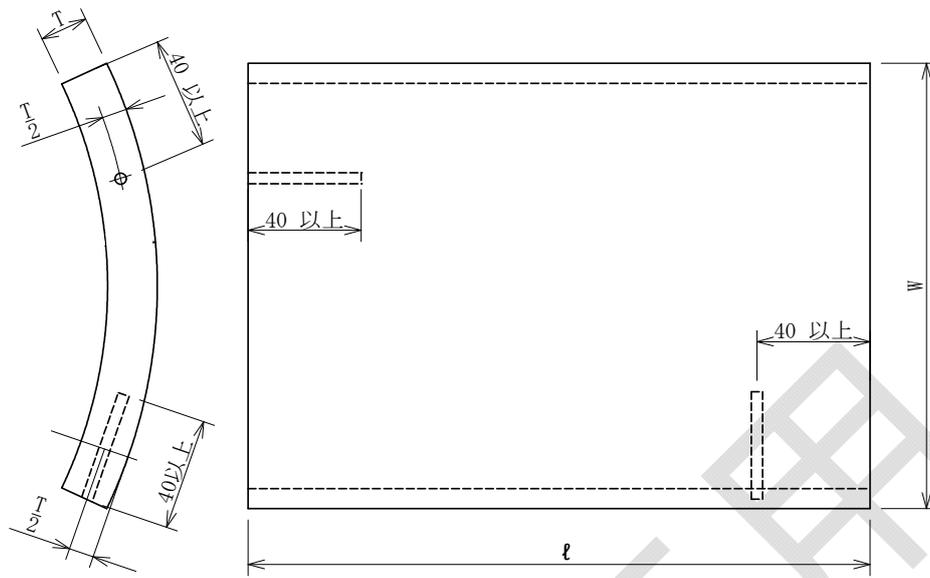
図-2343-1 (1) 突合せ溶接継手の対比試験片の例  
(試験片の厚さが 51mm を超える場合)



(備考)

1. 寸法の単位は、mm とする。
2. T は試験片の厚さとする。
3. 試験片の曲率は、探傷面と同じ曲率又は探傷面の曲率半径の 0.7~1.1 倍までの値とする。探傷面の曲率半径が 254mm を超える場合は、平らな試験片としてもよい。
4.  $l$ , W は試験に必要な長さとする。
5. 横穴に加えて、必要に応じてノッチ等の反射体を追加して設けてもよい。ただし、横穴を用いた基準感度の校正に支障のない位置に配置する。
6. 曲率を有する対比試験片の周方向に設ける横穴は、校正に使用する位置(長さの約 $1/2$ となる位置)で所定の深さとなるようにする。

図-2343-1(2) 突合せ溶接継手の対比試験片の例  
(試験片の厚さが 25mm を超え 51mm 以下の場合)



(備考)

1. 寸法の単位は, mm とする。
2. T は試験片の厚さとする。
3. 試験片の曲率は, 探傷面と同じ曲率又は探傷面の曲率半径の 0.7~1.1 倍までの値とする。探傷面の曲率半径が 254mm を超える場合は, 平らな試験片としてもよい。
4.  $\ell$ , W は試験に必要な長さとする。
5. 横穴に加えて, 必要に応じてノッチ等の反射体を追加して設けてもよい。ただし, 横穴を用いた基準感度の校正に支障のない位置に配置する。
6. 曲率を有する対比試験片の周方向に設ける横穴は, 校正に使用する位置(長さの約 $1/2$ となる位置)で所定の深さとなるようにする。

図-2343-1 (3) 突合せ溶接継手の対比試験片の例  
(試験片の厚さが 25mm 以下の場合)



表-2712-1 UT 指示エコーの分類（解説表-2712-1）

区分 1	区分 2	備考
A 形状エコー	a テーパ部エコー (シーニング部エコー)	
	b 裏波部エコー	
	c 表面エコー (モード変換エコー)	モード変換エコーは、反射によって超音波モードの変換があると考えられる場合に限る
	d 内表面エコー	
	e 底面エコー	記録対象外
	f 側面エコー	記録対象外
	g 端面エコー	記録対象外
	h 遅れエコー	記録対象外
B 金属組織エコー	a 溶接部エコー	
	b 林状エコー	
	c 境界面エコー	
	d 柱状晶伝搬エコー	
C 雑エコー	a クサビエコー	記録対象外
	b 残留エコー (ゴーストエコー)	記録対象外
	c 電気ノイズエコー	記録対象外
	d 水エコー (カプラントエコー)	記録対象外
D きずエコー	—	上記 A, B, C のいずれのエコーにも分類されず、反射源が不完全部又は不連続部からのエコーと推定されるもので、合格となるものと不合格になるものがある

(補足)

1. エコー名が2つ示されているものは、どちらのエコー名称を使用してもよい。
2. 明確に記録対象外に分類されるエコーと判断できる場合には、記録を要しない。
3. きずエコーの反射源が特定できる場合には、ブローホール、スラグ巻込み、非金属介在物等の分類を追記してもよい。

## 第3章 容器の超音波探傷試験要領

### 3000 容器の超音波探傷試験要領

本章は、容器に対する超音波探傷試験要領を示す。

#### 3100 適用範囲

本項は、クラス1及びクラス2容器のフェライト鋼突合せ溶接継手及び公称厚さが51mm以下のオーステナイト系ステンレス鋼突合せ溶接継手、管台内面の丸みの部分、フランジネジ穴のネジ部及びボルトの超音波探傷試験における試験要領について示す。本項に規定がなく第4章に規定のある探傷方法については、第4章の超音波探傷試験要領を準用する。(解説-3100-1)

なお、ボルトの試験要領は、ポンプ、配管及び弁のボルトに準用する。(解説-3100-2)

#### 3200 容器の突合せ溶接継手

本項は、容器の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験要領について示す。

#### 3210 探傷方法一般

本項は、容器の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験の一般事項を示す。

#### 3211 一般

- (1) 容器の突合せ溶接継手の試験は、垂直法及び斜角法により行う。斜角法の公称屈折角は、 $45^{\circ}$ 及び $60^{\circ}$ の2角度とするが、2つの公称屈折角あるいは試験対象部への入射角の差が少なくとも $10^{\circ}$ 以上ある場合は、他の角度の組合せを用いることができる。

なお、試験部の厚さが51mm以下の突合せ溶接継手の斜角法の公称屈折角は、原則として $45^{\circ}$ の1角度とするが、試験部の厚さ等の幾何学的形状のため $45^{\circ}$ が適さない場合は、他の屈折角を用いてもよい。

また、斜角探傷で検出した指示が、きずであるかどうか疑わしい場合は、他の屈折角や振動モード、あるいは周波数、周波数帯域、焦点の有無、2次クリーピング波法による試験、フェーズドアレイ技術、板厚方向に高さのある反射源か否かを確認するための高さ測定等を追加して行うことができる。(解説-3211-1, 解説-4221-3, 解説-4221-4) なお、他の屈折角等による追加の確認探傷は、きずかどうか疑わしいか否かにかかわらず行ってもよい。

- (2) 次の試験を行う場合、他の屈折角を用いてもよい。
  - a. 胴とフランジの溶接継手で、フランジシート面から試験する場合。

- b. 管台の突合せ溶接継手を容器の内面から試験する場合。
  - c. 支持部材取り付け溶接継手を試験する場合。
  - d. 2段テーパ部を試験する場合。
- (3) 厚さが 51mm を超える容器の突合せ溶接継手を、内面のクラッド面から試験する場合は、 $45^\circ$  と  $60^\circ$  に加え  $70^\circ$  (送信側  $70^\circ$  , 受信側  $50^\circ$  の前後分割も含む) の縦波斜角法も行う。ただし、 $70^\circ$  で試験を行う場合の試験体積は、容器内面のクラッド及び母材の境界部から母材側に 25mm の範囲に限ってよいものとする。

### 3220 垂直法による探傷方法

本項は、容器の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、垂直法に関する試験要領を示す。

#### 3221 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm を超える場合) (図-3200-1)

- (1) 対比試験片の  $T/4$  ,  $2/4 T$  (設けられている場合) ,  $3/4 T$  位置にある横穴からの最大エコー高さのうち、最も高いもののエコー高さを表示器の全目盛の 80% に調整し、そのままの感度で他の位置にある横穴からの最大エコー高さを求める。
- (2) これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。(解説-2520-1)
- (3) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。(解説-2520-2)

#### 3222 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm 以下の場合) (図-3200-2)

- (1) 対比試験片の  $T/2$  位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。
- (2) このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

#### 3223 探触子の走査範囲

探触子の走査は、維持規格で要求する試験の範囲全体に超音波が伝ばするように行う。(図-3200-10, 図-3200-11)

### 3230 斜角法による探傷方法

本項は、容器の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、斜角法に関する試験要領を示す。

**3231 基準感度の設定**（試験部の厚さが 51mm を超える場合）（図-3200-3）

- (1) 対比試験片の  $T/4$  位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置 [(1/8)S] に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で (3/8)S のエコー高さを求める。
- (2) 対比試験片の (2/8)S のエコー高さ ( $2/4$ T 位置に横穴が設けられている場合) あるいは、(3/8)S のエコー高さが (1/8)S のエコー高さより高い場合は、その最も高いエコーを表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で他のスキップのエコー高さを求める。（解説-3231-1）
- (3) これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- (4) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。
- (5) 試験部にクラッドが施されている場合も、上記(1)～(4)項と同様に基準感度の設定を行う。

**3232 基準感度の設定**（試験部の厚さが 25mm を超え 51mm 以下の場合）

（図-3200-4，図-3200-5）

- (1) 対比試験片の  $3/4$ T 位置の横穴からのエコー高さが最大となる位置 [(3/8)S] に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で (5/8)S, (7/8)S, 可能ならば (1/8)S, (9/8)S でのエコー高さを求める。
- (2) これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- (3) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。
- (4) 探傷面の反対面にクラッドが施されている場合等で、0.5S 以下で試験する場合には、 $T/4$ ,  $2/4$ T (設けられている場合),  $3/4$ T 位置の横穴からのエコー高さのうち最も高いエコー高さ [(1/8)S がとれない場合は、(2/8)S 又は (3/8)S の高い方のエコー高さ] を表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で他のエコー高さを求め DAC 曲線とする。

また、(1/8)S, (2/8)S, (3/8)S のうち一点しかとれない場合は、これを表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

なお、DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。

**3233 基準感度の設定**（試験部の厚さが 25mm 以下の場合）（図-3200-6，図-3200-7）

- (1) 対比試験片の  $T/2$  位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置 [(6/8)S] に探触子を置き，そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し，そのままの感度で (10/8)S，可能なら (2/8)S でのエコー高さを求める。
- (2) これらのエコー高さを線で結び，必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- (3) DAC 回路を使用する場合は，必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。
- (4) 探傷面の反対面にクラッドが施されている場合，又は縦波探触子を使用する場合等で，0.5S 以下で試験する場合には，(2/8)S のエコー高さを表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し，そのままの感度で他のエコー高さを求め DAC 曲線とする。

また，(6/8)S がとれない場合は，(2/8)S のエコー高さを表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し，必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

なお，DAC 回路を使用する場合は，必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。

**3234 基準感度の設定**（容器内面のクラッド面から  $70^\circ$  の縦波斜角法を用いて試験する場合）（図-3200-8）

- (1) 横穴を設けた対比試験片を用いて基準感度を設定する場合（図-3200-8(1)）
  - a. 対比試験片のクラッド面から 6mm あるいはクラッドと母材との境界部に位置する直径 3.2mm の横穴からのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き，そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。
  - b. 次に最大 13mm ずつ深さの異なる最低 2 個の直径 3.2mm の横穴からの最大エコー高さを表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように DAC 回路を使用して感度を調整する。
  - c. a. 項及び b. 項で校正した曲線を容器内面から 25mm 深さの範囲を満足するのに必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- (2) ノッチを設けた対比試験片を用いて基準感度を設定する場合（図-3200-8(2)）

ノッチを設けた対比試験片で，ノッチからのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き，そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整し，このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

- (3) (1)項又は(2)項以外でも、本規程の発行以前のPSI又はISIで適用していた対比試験片を用いて感度の調整を行ってもよい。

### 3235 探触子の走査方向

- (1) 探触子の走査は、超音波ビームが溶接線に対して直角方向及び平行方向に伝ばするように行う。(図-3200-9)
- (2) 溶接線に対して直角方向に探触子を走査する場合は、溶接線の両側(接合される両母材側)から超音波ビームを溶接線側に向けて行う。
- (3) 溶接線に対して平行方向に探触子を走査する場合は、超音波ビームが両方向から対向するように行う。
- (4) 試験部の幾何学的形状等のため溶接線の両側(接合される両母材側)からの探触子の走査が不可能な場合には、可能な側からの走査を行う。

### 3236 探触子の走査範囲

- (1) 探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求する試験の範囲全体に超音波が伝ばするように行う。(図-3200-10, 図-3200-11)
- (2) 試験範囲のうち溶接金属については、対向する2方向のいずれの方向からも超音波が伝ばするよう探触子を走査する。  
また、母材及び熱影響部については、少なくとも1方向から超音波が伝ばするよう探触子を走査する。
- (3) 試験部の幾何学的形状等の理由により、ある方向から十分な探傷ができない場合には、その反対側からの範囲を拡げて、探傷不可能範囲を低減するような走査を行う。
- (4) (2)項の規定が満足できない場合は、2800項に従い、走査不可能範囲及び探傷不可能範囲を記録する。

### 3300 胴とフランジとの溶接継手

本項は、胴とフランジとの溶接継手に対する超音波探傷試験要領について示す。

#### 3310 対比試験片

本項は、胴とフランジとの溶接継手の超音波探傷試験に使用する対比試験片について示す。

- (1) 校正用反射体  
対比試験片に設ける校正用反射体は、探傷面に平行に加工した横穴とする。
- (2) 対比試験片の形状
- a. フランジシート面から試験を行う場合

対比試験片の探傷面から横穴までの寸法は、フランジシート面から試験部までの超音波の伝ば距離に相当するものとする。

横穴の径は、胴体とフランジの溶接継手の厚さを、表-2343-1の試験部の厚さの区分として求めた穴径とする。

対比試験片の形状及び反射体配置の例を図-3300-1に示す。

b. 容器の外側から試験を行う場合

容器の外側から試験を行う場合の対比試験片の形状は、2343項「対比試験片の形状」を満足するようにする。

### 3320 探傷方法

胴とフランジとの溶接継手は、フランジシート面又は容器の外側から試験を行う。

(1) フランジシート面から試験を行う場合

垂直法又は屈折角が $20^\circ$ 以下の斜角法により試験を行う。

a. 基準感度の設定 (図-3300-2)

(a) 対比試験片の横穴からのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の80%になるように感度を調整する。このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長してDAC曲線とする。

(b) 探傷面からの距離が異なる横穴が設けられている場合は、最も大きいエコー高さを表示器の全目盛の80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他の横穴からの最大エコー高さを求める。それぞれの横穴からの最大エコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長してDAC曲線とする。

(c) DAC回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の80%又は50%になるように感度を調整する。

b. 探触子の走査範囲

探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求する試験の範囲全体に超音波が伝ばするように行う。

(2) 容器の外側から試験を行う場合

容器の突合せ溶接継手の探傷方法を適用して、容器の外側から試験を行う場合は、3200項に基づき試験をする。

### 3400 管台内面の丸みの部分

本項は、管台内面の丸みの部分に対する超音波探傷試験要領について示す。

### 3410 対比試験片

本項は、管台内面の丸みの部分の超音波探傷試験に使用する対比試験片について示す。

(1) 校正用反射体

対比試験片に設ける校正用反射体は、管台内面の丸みの部分を代表する位置に加工したノッチとする。

(2) 対比試験片の形状

対比試験片の探触子を当てる位置からノッチまでの寸法は、探触子を当てる位置から内面の丸みまでの超音波の伝ば距離に相当するものとする。ノッチの高さは、管台が取り付けられている胴又は鏡の母材厚の3%以下(クラッド厚さを除く)とする。

- a. 容器の外表面から試験する場合の対比試験片の形状及び反射体配置の例を図-3400-1に示す。
- b. 容器の内表面から試験する場合の対比試験片の形状及び反射体配置の例を図-3400-2に示す。

### 3420 探傷方法

管台内面の丸みの部分は、斜角法により容器の外表面又は内表面から試験を行う。試験部への超音波の入射方向は、胴又は鏡の内径と管台の内径とが丸みで交わる部分を管台の内径にそって結んだ円(以下「管台のコーナ円」という)に対して接線方向又は法線方向のいずれかとする。斜角法の屈折角は、対比試験片に設けられたノッチが検出でき、かつ、超音波が試験範囲に伝ばできるものとする。(解説-3420-1, 解説-3420-2)

(1) 基準感度の設定(図-3400-3)

- a. 対比試験片のノッチからのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の80%になるように感度を調整し、このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長してDAC曲線とする。
- b. 探傷面からの距離が異なるノッチが設けられている場合には、管台ごとに定めたノッチからの最大エコー高さが表示器の全目盛の80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他のノッチからの最大エコー高さを求める。それぞれのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長してDAC曲線とする。
- c. DAC回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の80%になるように感度を調整する。
- d. 容器の内表面から試験する場合は、対比試験片のノッチからのエコー高さが表示器の全目盛の50%になるように感度を調整する。(図-3400-4)

(2) 探触子の走査方向

- a. 管台のコーナ円の法線方向に超音波を入射させて試験する場合には、探触子を胴、鏡又は管台の外表面に置き、超音波が管台のコーナ円の中心軸に向かうように走査する。
- b. 管台のコーナ円の接線方向に超音波を入射させて試験する場合には、探触子

を管台のコーナ円に対して時計廻り及び反時計廻りに超音波が向かうように走査する。

(3) 探触子の走査範囲

探触子の走査は、維持規格で要求する試験の範囲全体に超音波が伝ばするように行う。

### 3500 フランジネジ穴のネジ部

本項は、フランジネジ穴のネジ部に対する超音波探傷試験要領について示す。

#### 3510 対比試験片

本項は、フランジネジ穴のネジ部の超音波探傷試験に使用する対比試験片について示す。

(1) 校正用反射体

対比試験片に設ける校正用反射体は、探傷面に平行に加工した横穴又はネジ底に加工したノッチとする。

(2) 対比試験片の形状

対比試験片の長さは、試験部の必要な時間軸範囲にわたって DAC 曲線が得られる長さとする。横穴を設ける試験片の穴径は、試験範囲の最大寸法を表-2343-1の試験部の厚さの区分として求めた穴径以下とする。また、ノッチを設ける試験片には、試験部と同等のネジを有し、ノッチの高さは、ネジ底から 3.2mm 以下とする。対比試験片の形状及び反射体配置の例を図-3500-1 に示す。

#### 3520 探傷方法

フランジネジ穴のネジ部は、垂直法によりフランジ面から試験を行う。

(1) 基準感度の設定 (図-3500-2)

対比試験片の横穴又はノッチからのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他の位置にある横穴又はノッチからの最大エコー高さを求める。これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80%又は 50%になるように感度を調整する。

(2) 探触子の走査範囲

探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求する試験の範囲全体に超音波が伝ばするように行う。

## 3600 ボルト

本項は、ボルトに対する超音波探傷試験要領について示す。

### 3610 対比試験片

本項は、ボルトの超音波探傷試験に使用する対比試験片について示す。

#### (1) 校正用反射体

対比試験片に設ける校正用反射体は、探傷面に垂直に加工した平底穴又はネジ底に加工したノッチとする。

#### (2) 対比試験片の形状

ボルトを試験する場合の対比試験片の形状及び反射体配置の例を図-3600-1 に示す。

### 3620 探傷方法

ボルトは、端面から垂直法又は検査穴から斜角法により試験する。(解説-3620-1)

#### (1) 基準感度の設定 (表-3600-1)

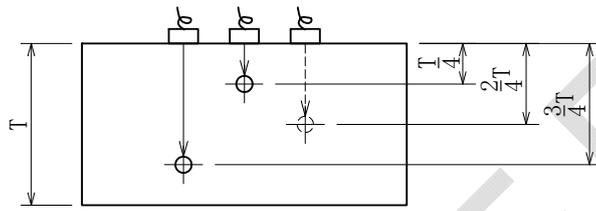
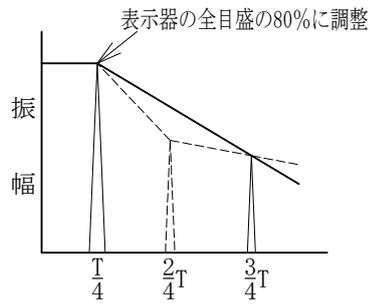
- a. 対比試験片を使用し垂直法により試験する場合は、平底穴を設けた対比試験片で平底穴からのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の80%になるように感度を調整する。そのままの感度で他の平底穴からの最大エコー高さを求め、各平底穴からの最大エコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長してDAC曲線とする。
- b. 対比試験片を使用せず垂直法により試験する場合は、探触子をボルト端面に当てたとき健全部における反対側端面からのエコー高さ(第一底面反射波)を表示器の全目盛の80%になるように感度を調整し、このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長してDAC曲線とする。
- c. 斜角法により試験する場合は、ノッチを設けた対比試験片でノッチからのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の80%になるように感度を調整する。このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長してDAC曲線とする。

#### (2) 探触子の走査範囲

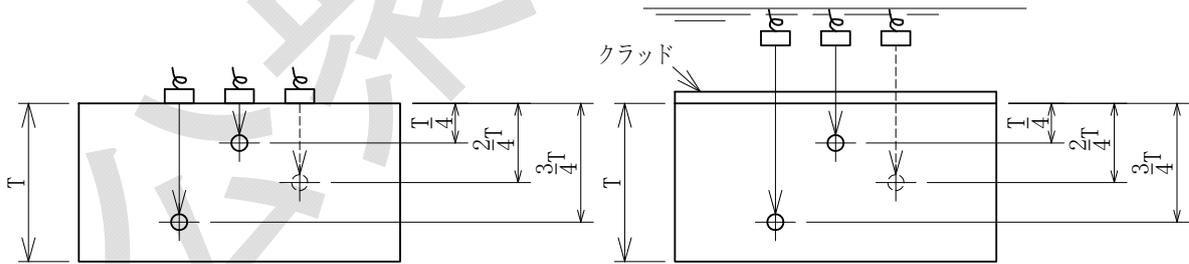
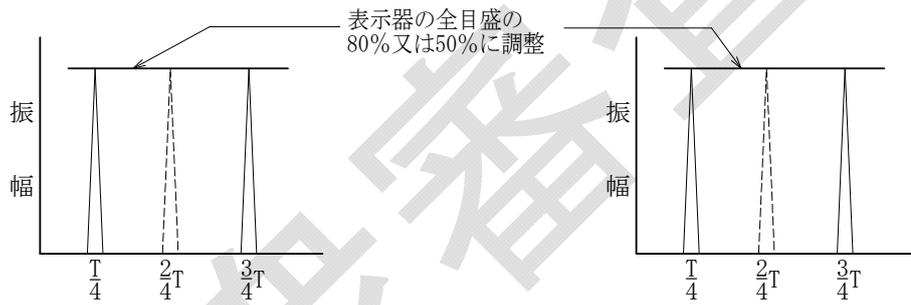
探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求する試験の範囲全体に超音波が伝ばするように行う。

表-3600-1 ボルトの探傷方法，基準感度の設定

探傷方法		基準感度の設定方法	ボルトの形状及び探傷要領
試験片方式	垂直法 試験体端面から探傷	<p>表示器の全目盛の80%に調整</p>	<p>ボルトの形状及び探傷要領 ボルトの両側から探傷する</p> <p>【ボルトが取り外された状態】</p> <p>【ボルトがフランジに取り付けられた状態】</p>
	斜角法 ボルト穴から探傷	<p>表示器の全目盛の80%に調整</p>	
底面エコー方式	垂直法 試験体端面から探傷	<p>表示器の全目盛の80%に調整</p>	<p>ボルトの片側から探傷する</p> <p>【ボルトが取り外された状態】</p> <p>【ボルトがフランジに取り付けられた状態】</p> <p>a. 両端解放の場合    b. 片側埋込の場合</p>



(1) DAC回路を使用しない場合



(i) 直接接触法 (局部水浸法を含む)

(ii) 水浸法

(2) DAC回路を使用する場合

(備考) 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-3200-1 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(垂直法で試験部の厚さが25mmを超える場合)

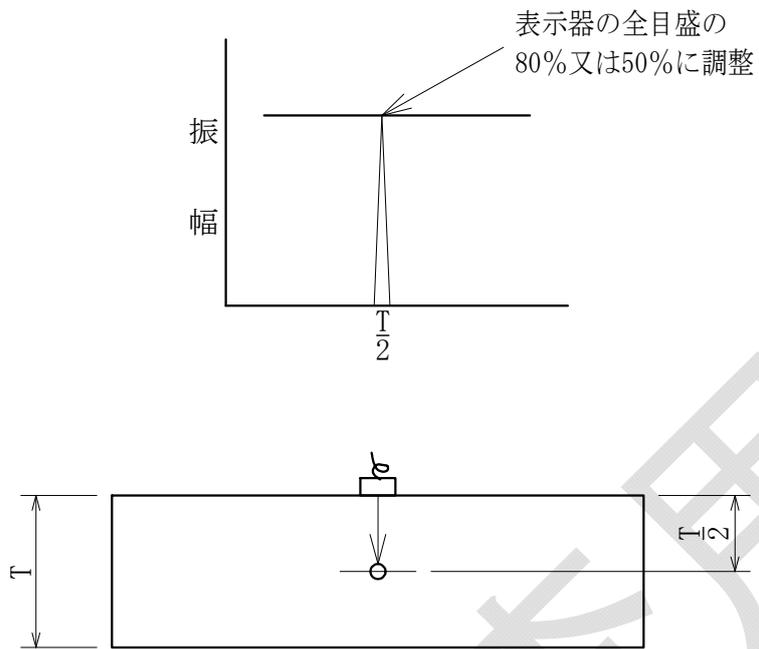
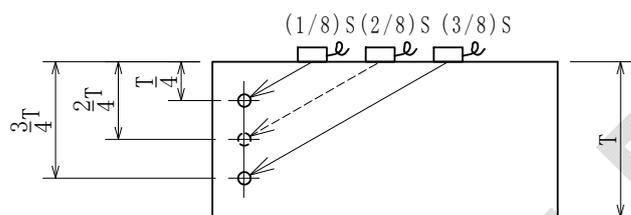
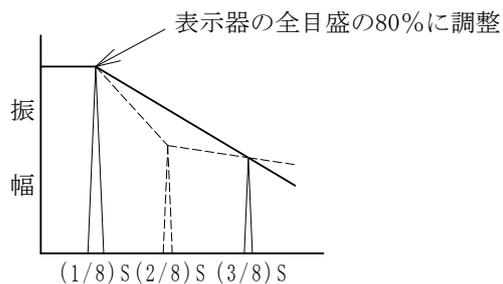
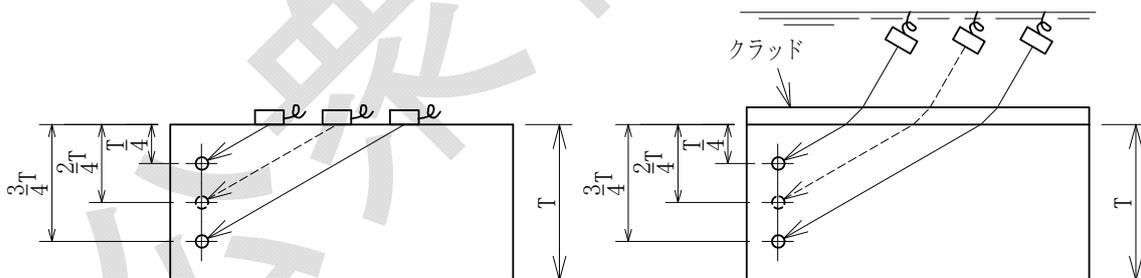
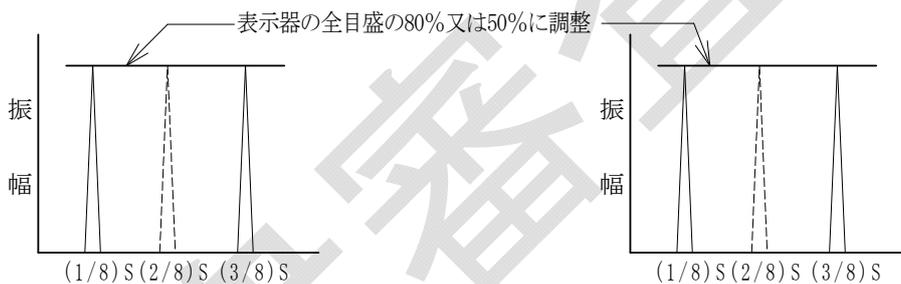


図-3200-2 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(垂直法で試験部の厚さが 25mm 以下の場合)



(1) DAC回路を使用しない場合



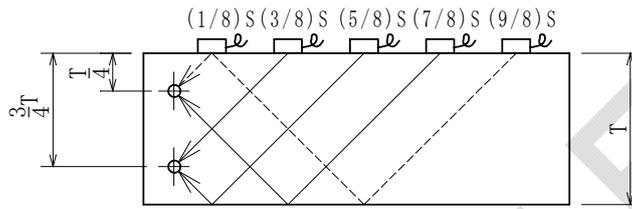
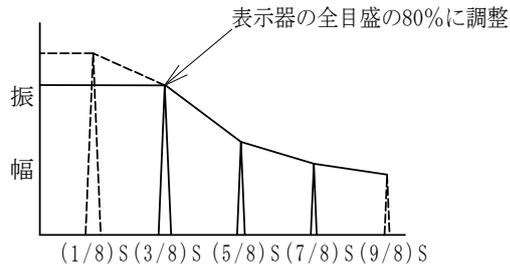
(i) 直接接触法

(ii) 水浸法

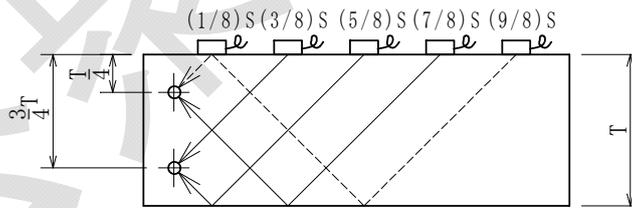
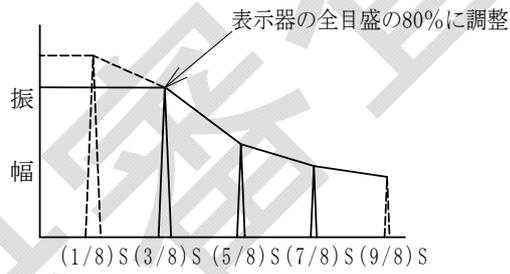
(2) DAC回路を使用する場合

(備考) 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-3200-3 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが51mmを超える場合)



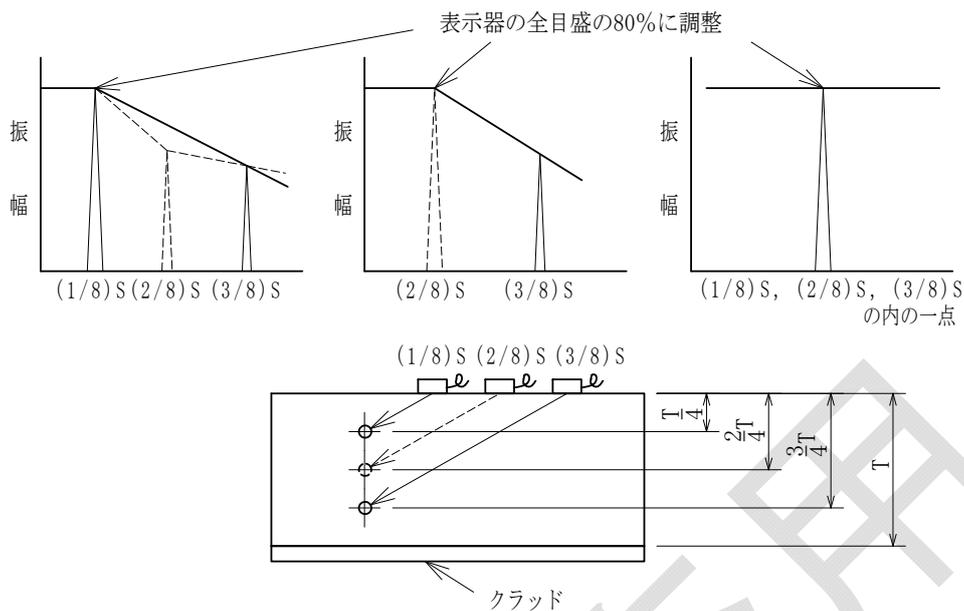
(1) DAC回路を使用しない場合



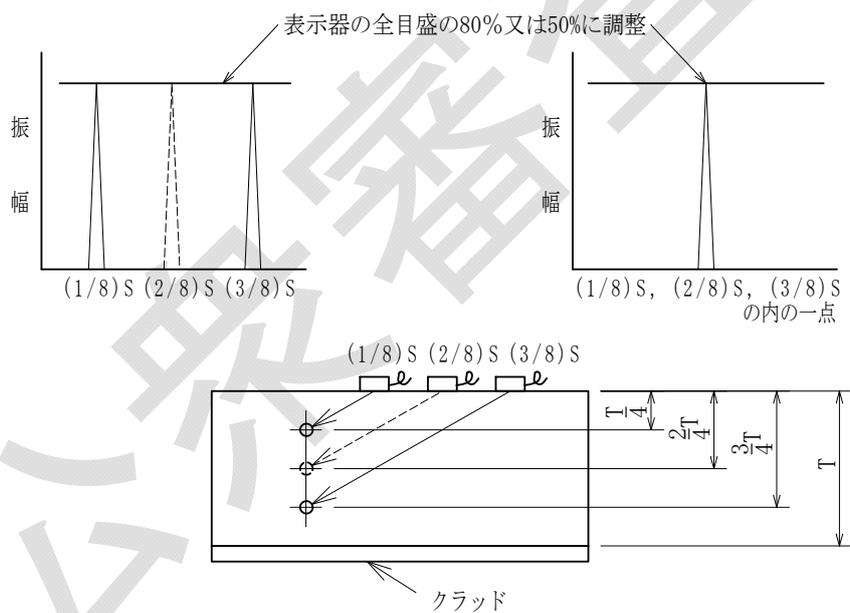
(2) DAC回路を使用する場合

(備考) 破線は、(1/8)S, (9/8)Sからのエコーが得られる場合とする。

図-3200-4 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが 25mm を超え 51mm 以下の場合)



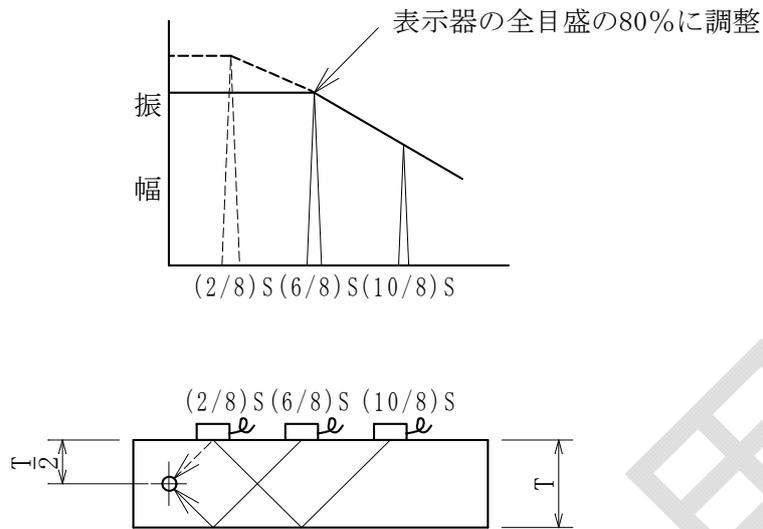
(1) DAC回路を使用しない場合



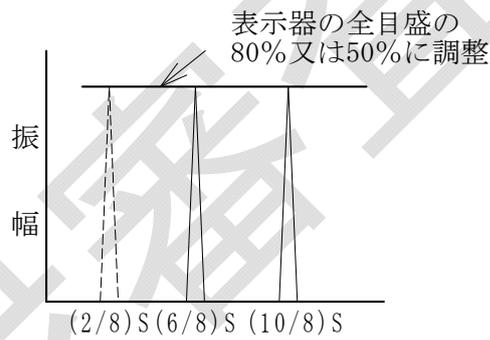
(2) DAC回路を使用する場合

(備考) 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-3200-5 クラッドが施された突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが 25mm を超え 51mm 以下の場合)



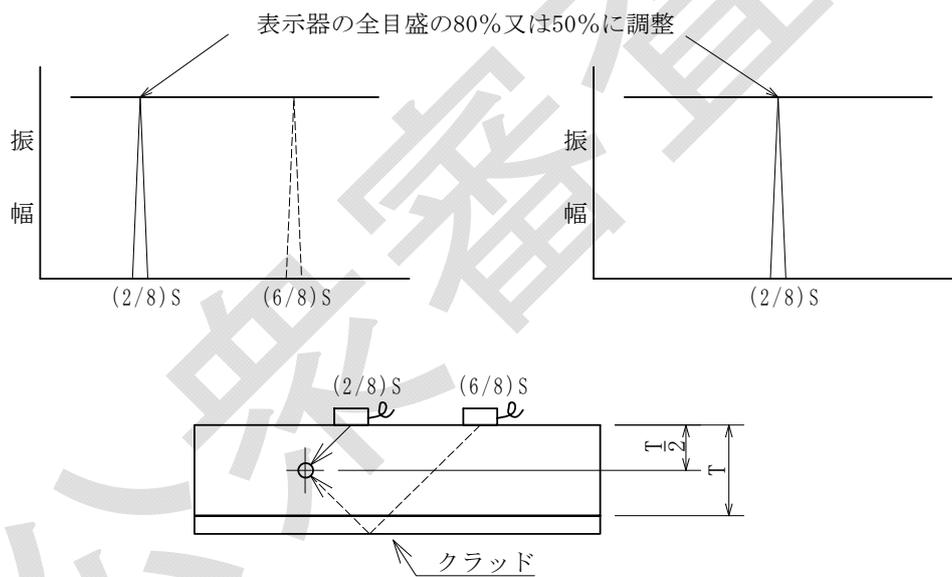
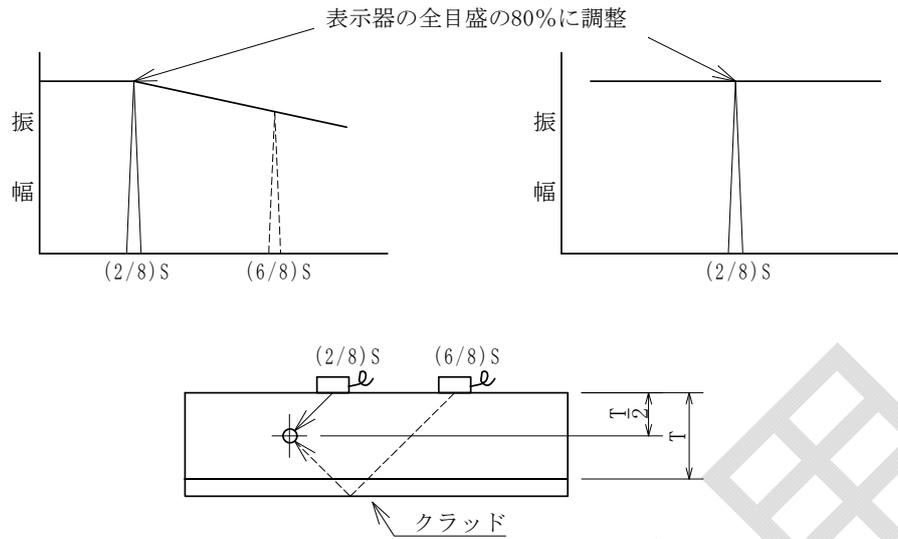
(1) DAC 回路を使用しない場合



(2) DAC 回路を使用する場合

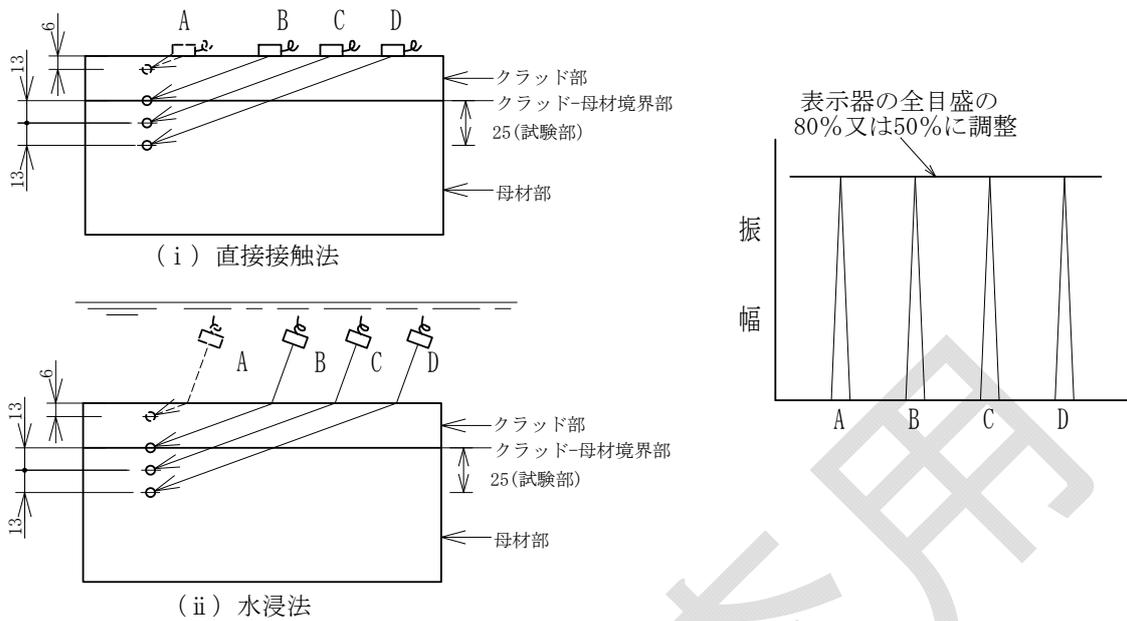
(備考) 破線は、(2/8)S からのエコーが得られる場合とする。

図-3200-6 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが 25mm 以下の場合)

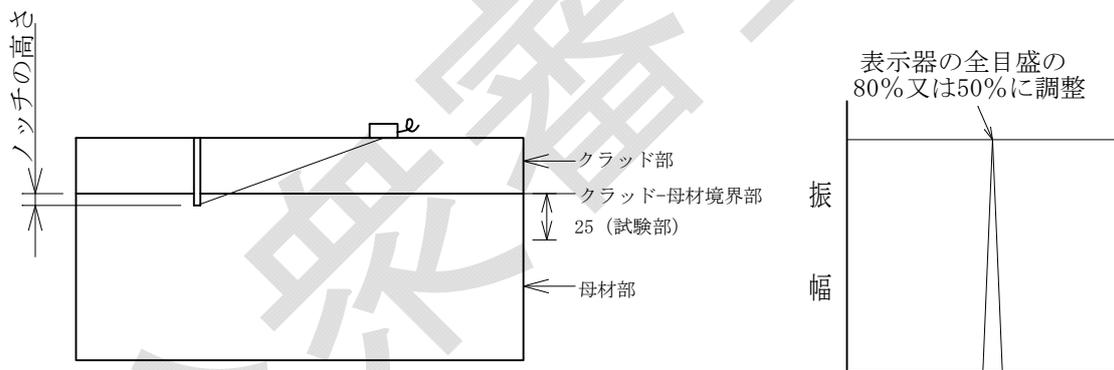


(備考) 破線は、(6/8)Sからのエコーが得られる場合とする。

図-3200-7 クラッドが施された突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが25mm以下の場合)



(1) 横穴による基準感度の設定 (DAC 回路を使用する場合)



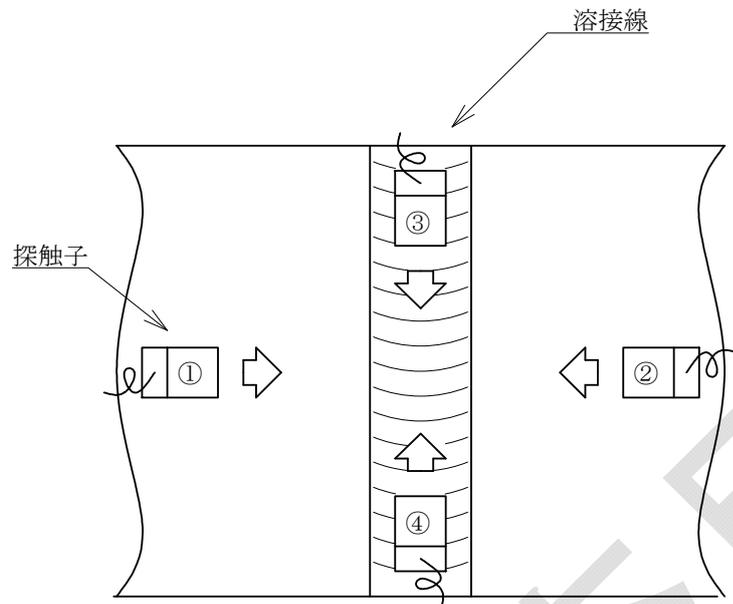
(2) ノッチによる基準感度の設定

(備考)

1. 寸法の単位は、mm とする。
2. ノッチの高さは、クラッドを貫通して母材側に胴の厚さの3%以下とする。

図-3200-8 突合せ溶接継手の基準感度の設定

(容器内面のクラッド面から  $70^\circ$  の縦波斜角法を用いて試験する場合)

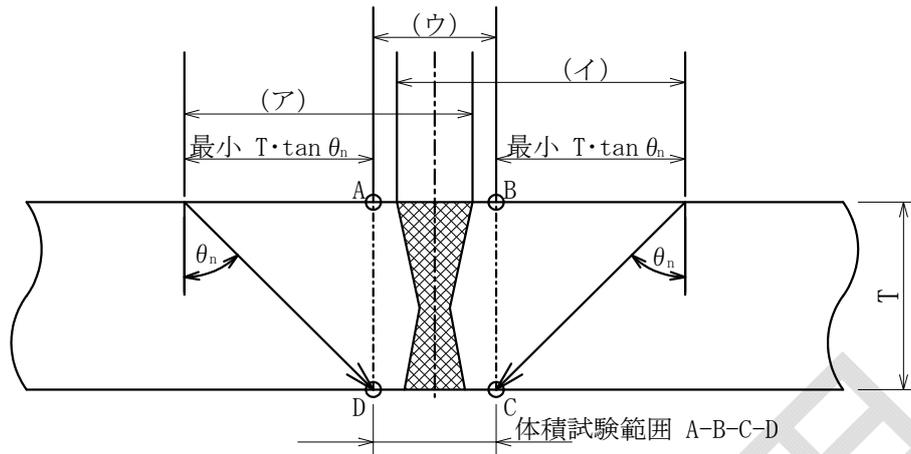


①②：溶接線に対して直角方向の走査

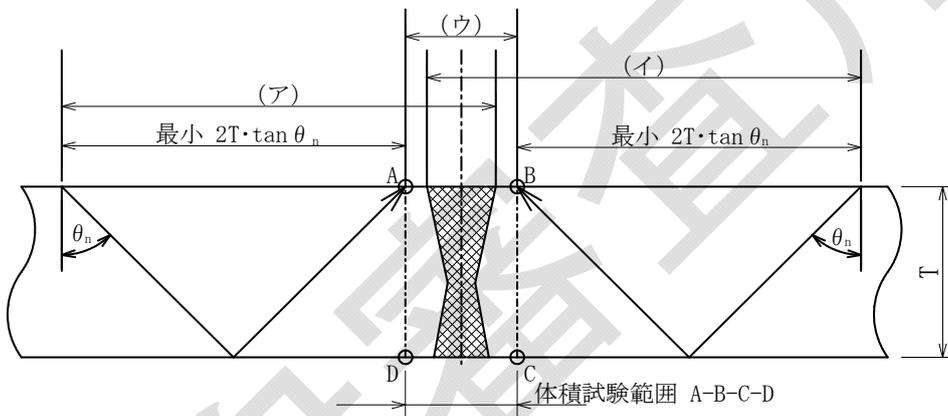
③④：溶接線に対して平行方向の走査

⇨：超音波ビームの方向

図-3200-9 突合せ溶接継手に対する走査方向



(1) 直射法 (0.5 スキップ) で試験する場合

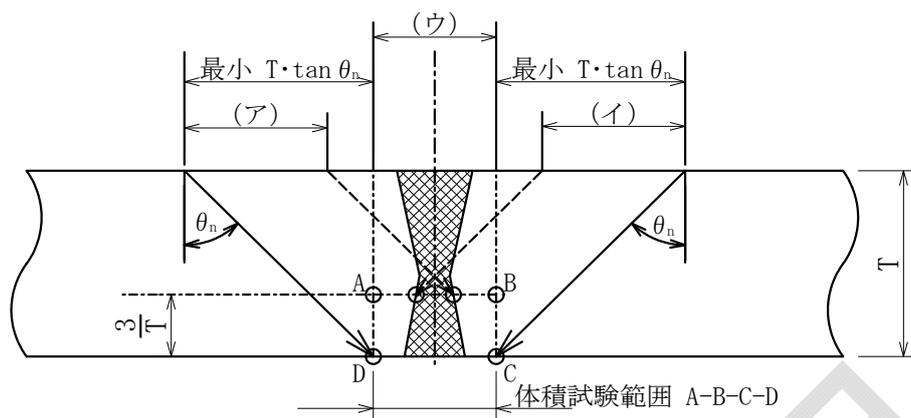


(2) 一回反射法 (1 スキップ) で試験する場合

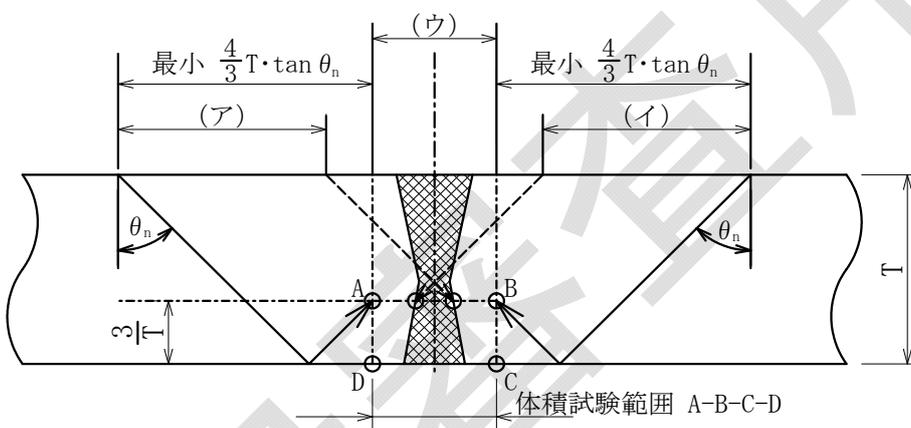
(備考)

1. (ア), (イ)は, 斜角法による溶接線に直角方向の走査範囲とする。
2. (ウ)は, 垂直法及び斜角法による溶接線に平行方向の走査範囲とする。
3. 溶接の余盛が削除されていないものについては, 図に示す走査範囲から余盛が探触子の正常な接触を妨げる範囲を除いてよいものとする。
4. Tは, 溶接継手の厚さの実測値, シーニング加工部の図面寸法, 接合される母材の公称厚さのいずれかとする。
5. 内面にクラッドが施されている場合で, 直射法で試験する場合のTは, クラッドの厚さを除いた母材の厚さとする。ただし, 内面から走査する場合のTはクラッド厚さを含むものとする。
6. 試験範囲は, 維持規格による。

図-3200-10 突合せ溶接継手に対する走査範囲  
(体積試験範囲の厚さがTの場合)



(1) 直射法 (0.5 スキップ) で試験する場合

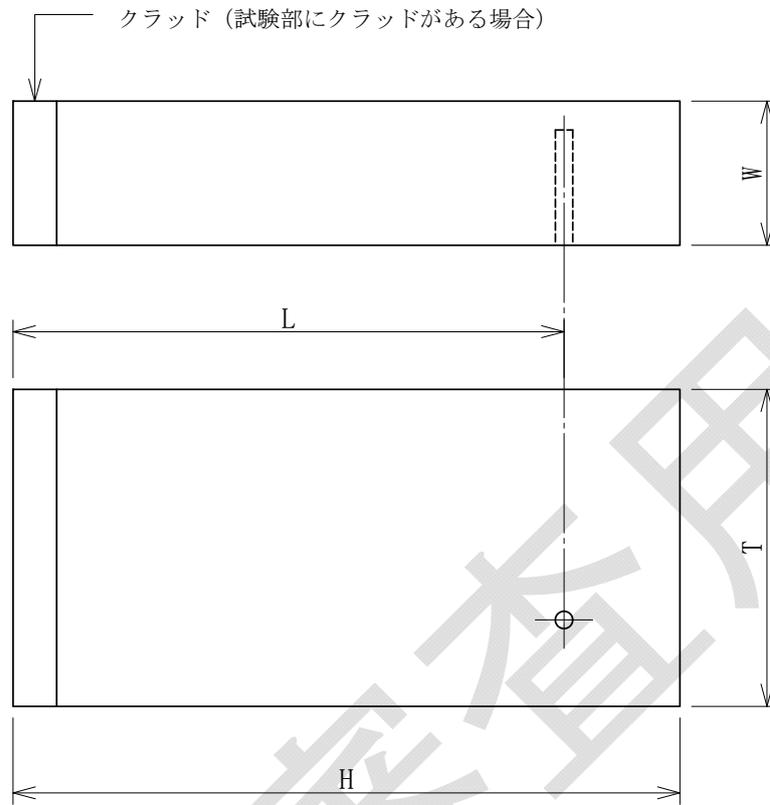


(2) 一回反射法 (1 スキップ) で試験する場合

(備考)

1. (ア), (イ)は, 斜角法による溶接線に直角方向の走査範囲とする。
2. (ウ)は, 垂直法及び斜角法による溶接線に平行方向の走査範囲とする。
3. 溶接の余盛が削除されていないものについては, 図に示す走査範囲から余盛が探触子の正常な接触を妨げる範囲を除いてよいものとする。
4. Tは, 溶接継手の厚さの実測値, シーニング加工部の図面寸法, 接合される母材の公称厚さのいずれかとする。
5. 内面にクラッドが施されている場合で, 直射法で試験する場合のTは, クラッドの厚さを除いた母材の厚さとする。ただし, 内面から走査する場合のTはクラッド厚さを含むものとする。
6. 試験範囲は, 維持規格による。

図-3200-11 突合せ溶接継手に対する走査範囲  
(体積試験範囲の厚さが $T/3$ の場合)

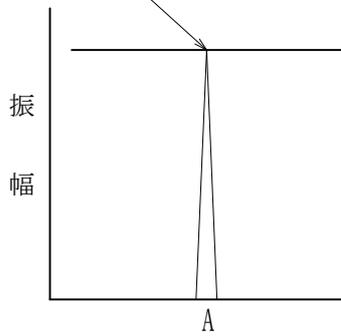


(備考)

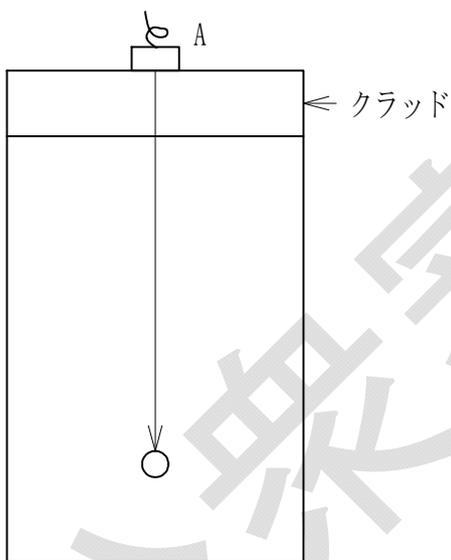
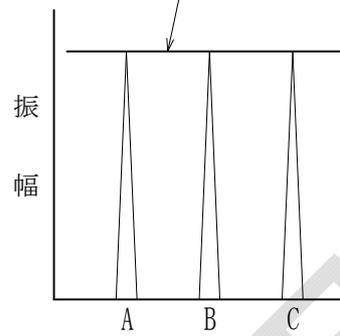
1.  $T$  は、胴とフランジの溶接部の厚さ以上とする。
2.  $L$  は、フランジシート面から溶接部の代表的な位置までの寸法と同じとする。
3. 横穴の径は、胴とフランジの溶接部の厚さを表-2343-1 の試験部の厚さの区分として求めた穴径とする。
4. 横穴の長さは、40mm 以上で試験に必要な長さとする。
5.  $W$ ,  $H$  は、試験に必要な長さとする。
6. 横穴は、試験範囲の他の位置に複数個設けてもよい。

図-3300-1 胴とフランジとの溶接継手の対比試験片の例

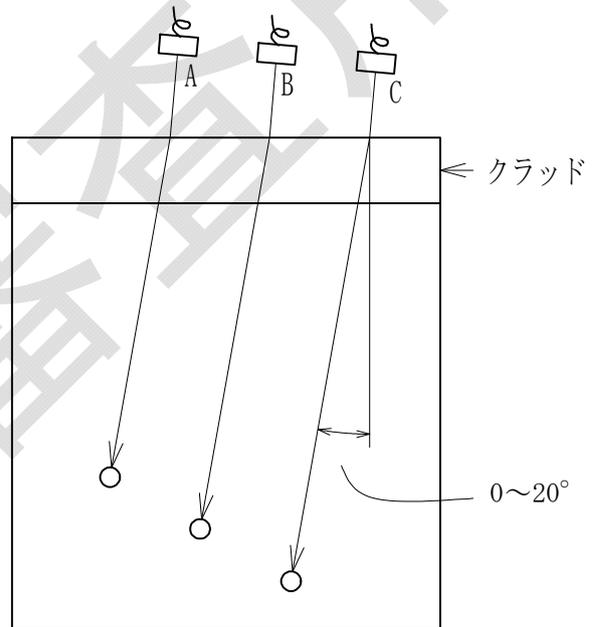
表示器の全目盛の80%に調整



表示器の全目盛の80%又は50%に調整

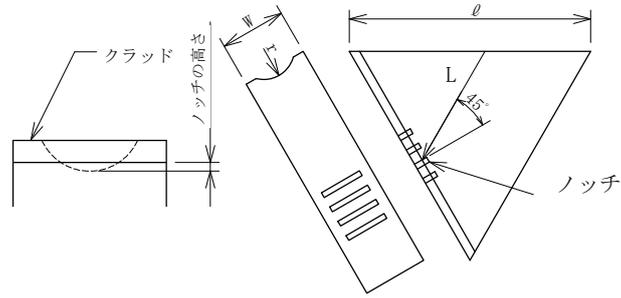


(i) 直接接触法

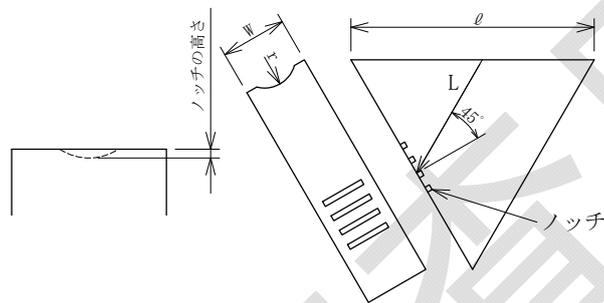


(ii) 水浸法 (DAC回路を使用する場合)

図-3300-2 胴とフランジとの溶接継手の基準感度の設定



(1) 容器の外側から試験する場合（クラッドが施されている場合）

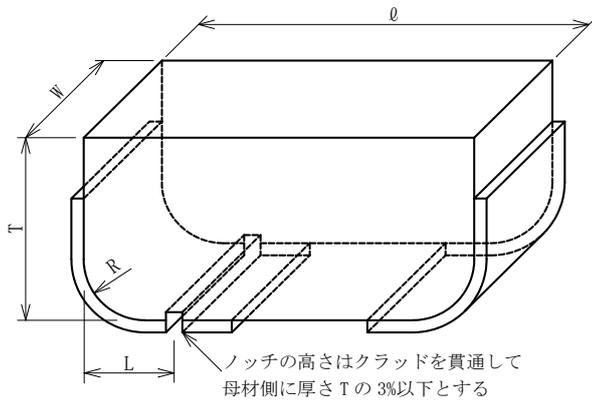


(2) 容器の外側から試験する場合（クラッドが施されていない場合）

(備考)

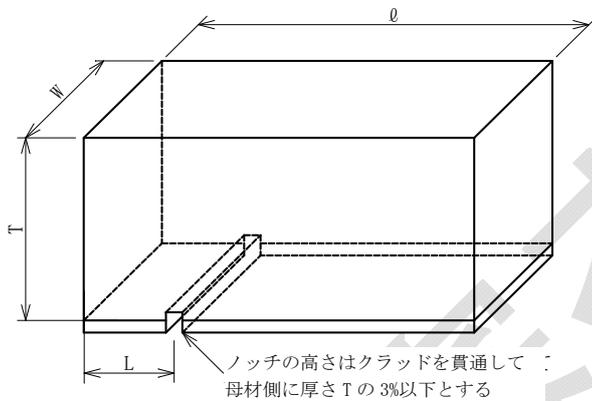
1.  $r$  は、探傷面の半径と同等とする。
2.  $l$ ,  $L$ ,  $W$  は、試験に必要な長さとする。
3. ノッチの高さは、クラッドを貫通して母材側に胴又は鏡の厚さの 3%以下とする。

図-3400-1(1) 管台内面の丸みの部分の対比試験片の例（容器の外側から試験する場合）



(備考)

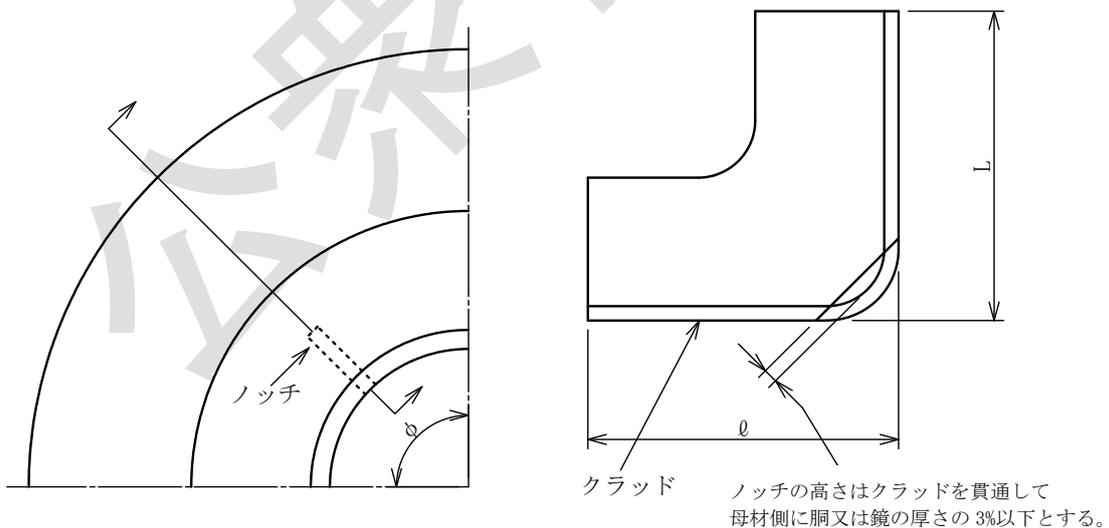
1. T は、接触部の厚さを代表する二種類以上の寸法とする。
2. R は、内面の丸みを代表する半径とする。
3. W, L,  $l$  は、試験に必要な長さとする。



(備考)

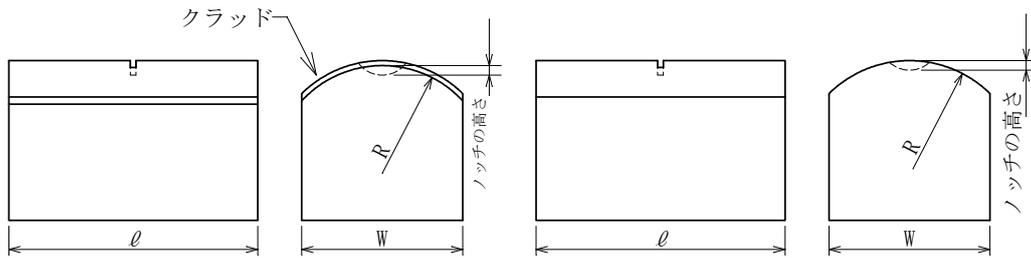
1. T は、接触部の厚さを代表する二種類以上の寸法とする。
2. W, L,  $l$  は、試験に必要な長さとする。

(3) 管台コーナ円の法線方向に超音波を入射させて試験する場合



(4) 対比試験片の代替例 (管台コーナ円の接線方向に超音波を入射させて試験する場合)

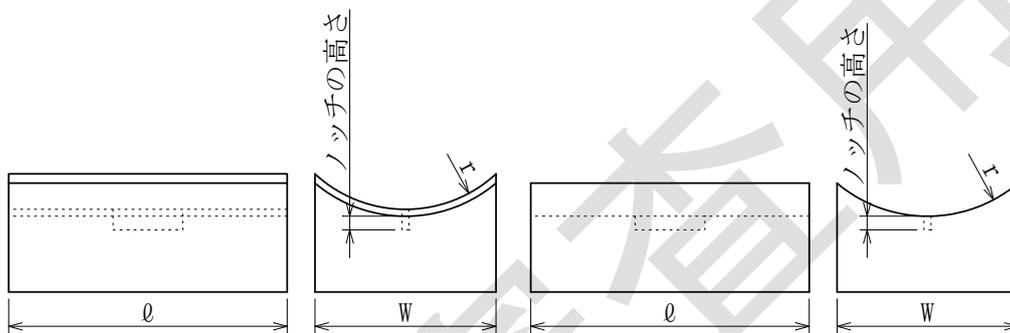
図-3400-1(2) 管台内面の丸みの部分の対比試験片の例 (容器の外面から試験する場合)



クラッドが施されている場合

クラッドが施されていない場合

(1) 容器の内面から試験する場合（内面の丸みの部分）

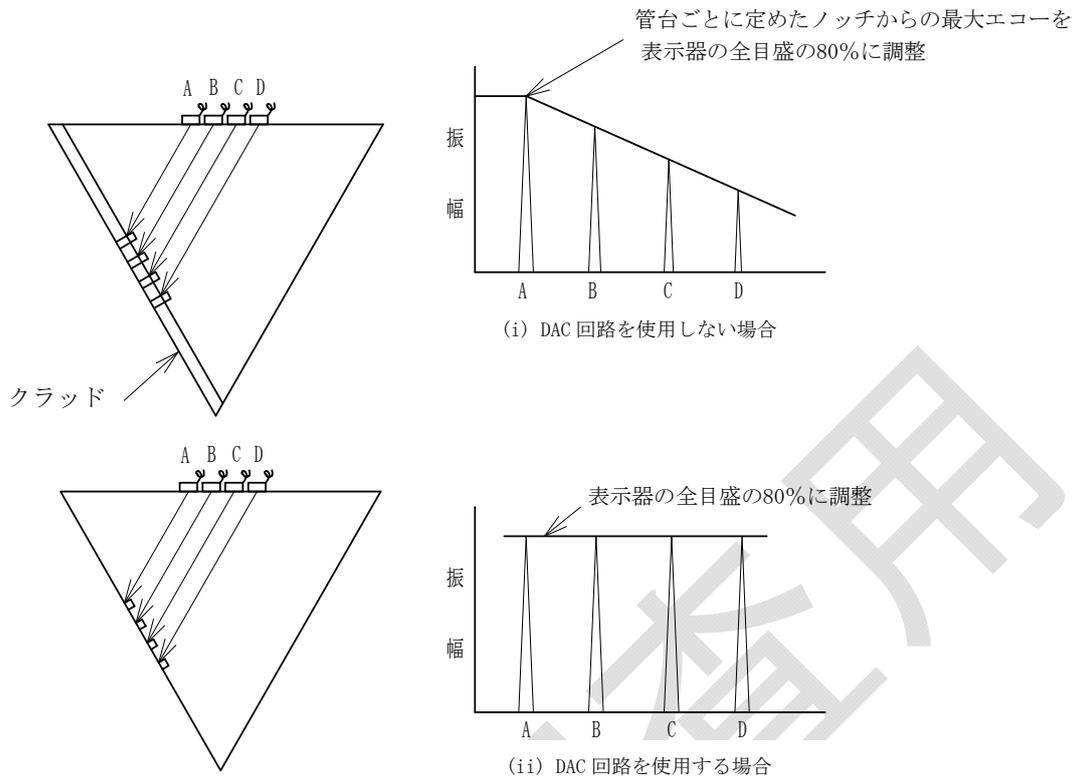


(2) 容器の内面から試験する場合（内面の丸みにつながる管内面の部分）

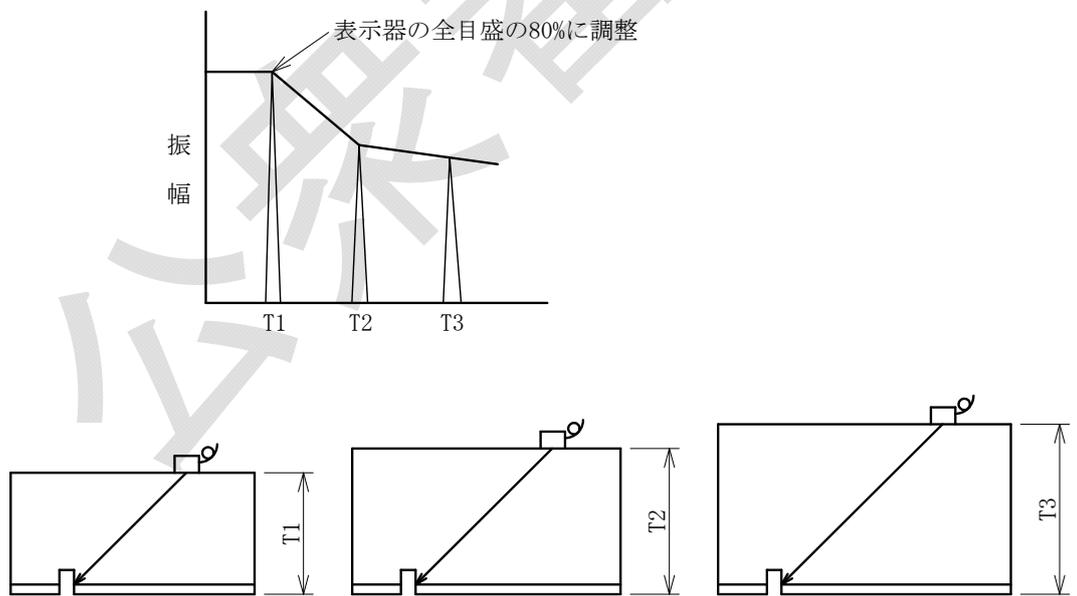
(備考)

1.  $R$  は、試験する管台内面の丸みの半径と同等とする。  
 $r$  は、探傷面の半径と同等とする。
2.  $\ell$ ,  $W$  は、試験に必要な長さとする。
3. ノッチの高さは、クラッドを貫通して母材側に胴又は鏡の厚さの 3%以下とする。

図-3400-2 管台内面の丸みの部分の対比試験片の例（容器の内面から試験する場合）

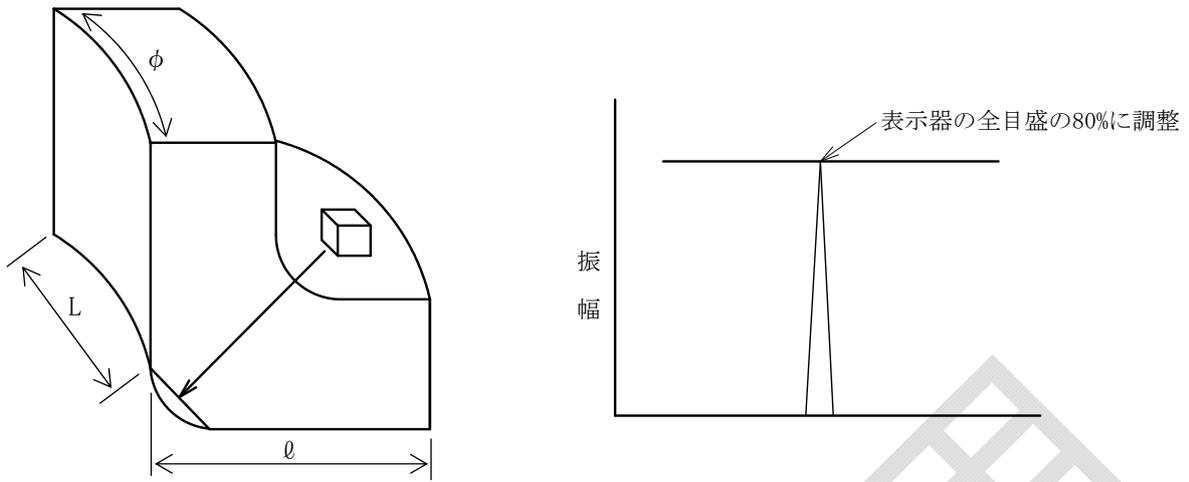


(1) 容器の外側から試験する場合



(2) 管台コーナ円の法線方向に超音波を入射させて試験する場合

図-3400-3(1) 管台内面の丸みの部分の基準感度の設定 (容器の外側から試験する場合)



(備考)

1. 試験片の断面形状, 厚さ, 丸みの半径は試験する管台と同等とする。
2.  $L, \ell, \phi$  は試験に必要な長さ又は角度とする。
3. ノッチの断面形状は, 円弧又は直線とする。

(3) 代替の対比試験片を用いる場合

図-3400-3(2) 管台内面の丸みの部分の基準感度の設定 (容器の外面から試験する場合)

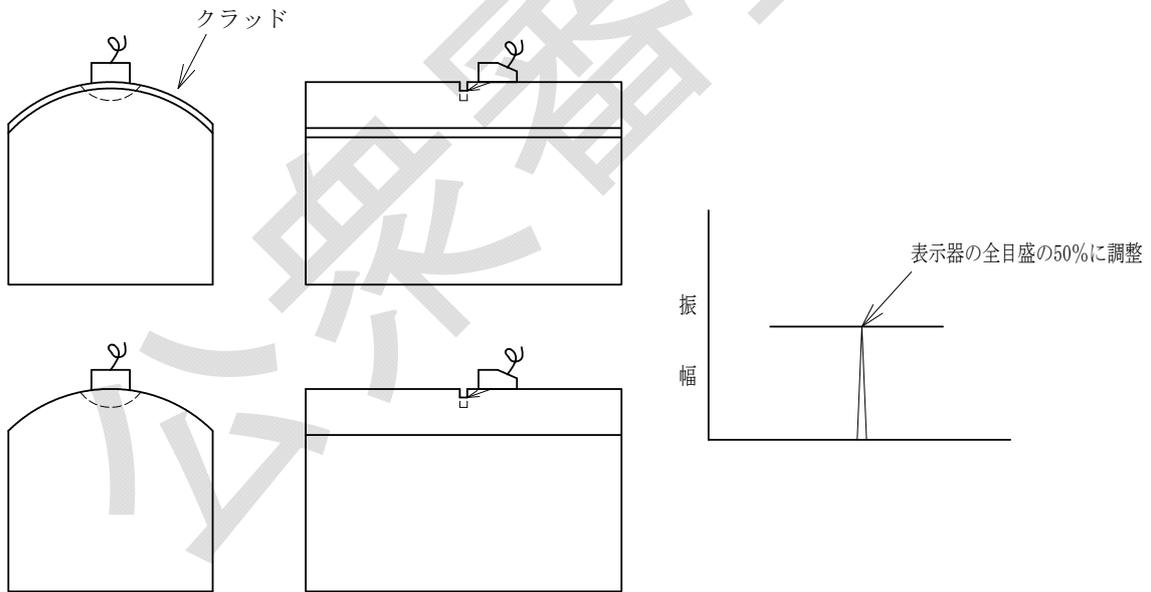
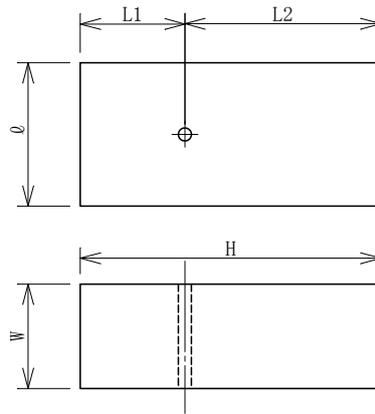


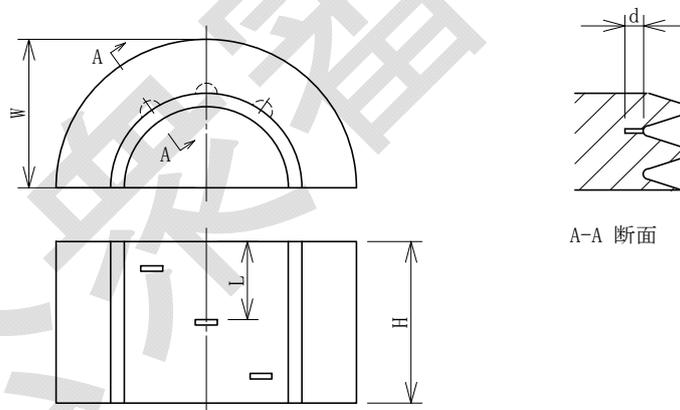
図-3400-4 管台内面の丸みの部分の基準感度の設定 (容器の内面から試験する場合)



(1) 横穴を設けたもの

(備考)

1. H は、試験範囲の最大寸法以上とする。L1, L2 は、試験範囲を代表する 2 種類の寸法とする。
2. 横穴の径は、試験範囲の最大寸法を表-2343-1 の試験部の厚さの区分として求めた穴径以下とする。
3. 横穴の長さは、40mm 以上で試験に必要な長さとする。
4. 横穴は、試験範囲の他の位置に複数個設けてもよい。
5. W, φ は、試験に必要な長さとする。

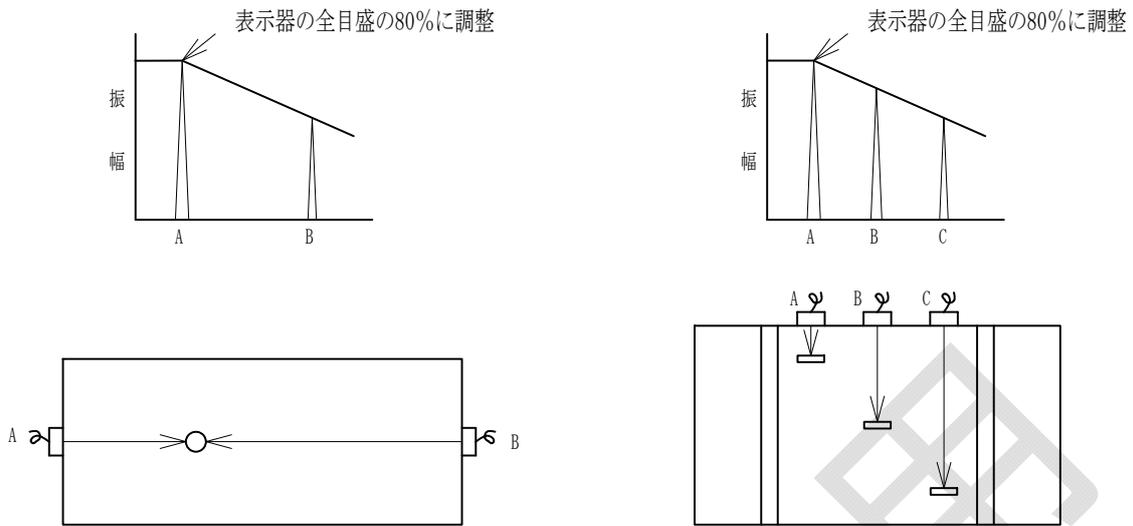


(2) ネジ底にノッチを設けたもの

(備考)

1. ネジの山径, 谷径, ピッチ, ネジ山角度は、試験部のネジと同等のものとする。
2. H は、試験部のネジの深さと等しい長さとする。
3. ノッチの高さ d は、3.2mm 以下、ノッチ断面形状は、円弧又は直線とする。
4. L は、試験部からネジの終端までの距離を代表する 2 種類以上の寸法とする。
5. H, W は、試験に必要な寸法とする。

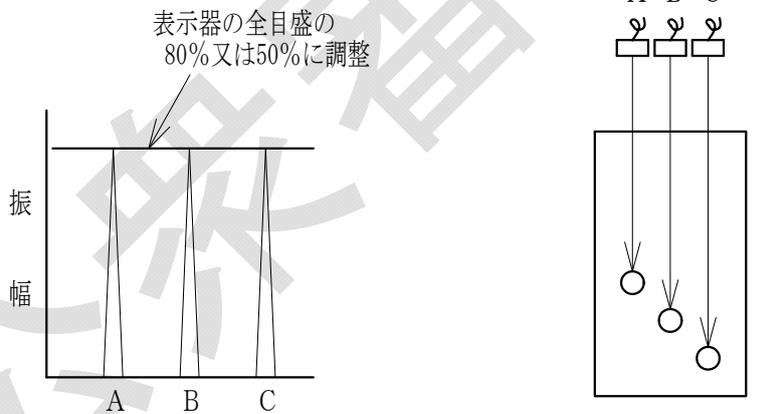
図-3500-1 フランジネジ穴のネジ部の対比試験片の例



(i) 横穴を設けた対比試験片による場合

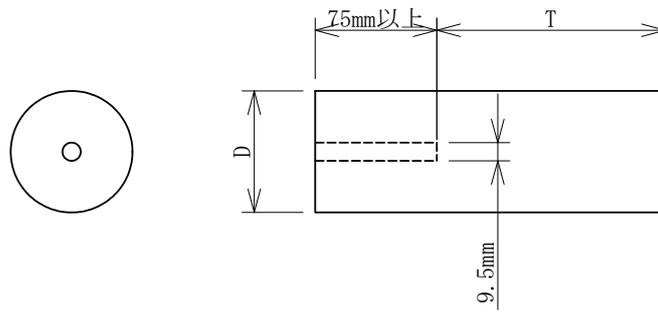
(ii) ノッチを設けた対比試験片による場合

(1) 直接接触法



(2) 水浸法 (DAC 回路を使用する場合)

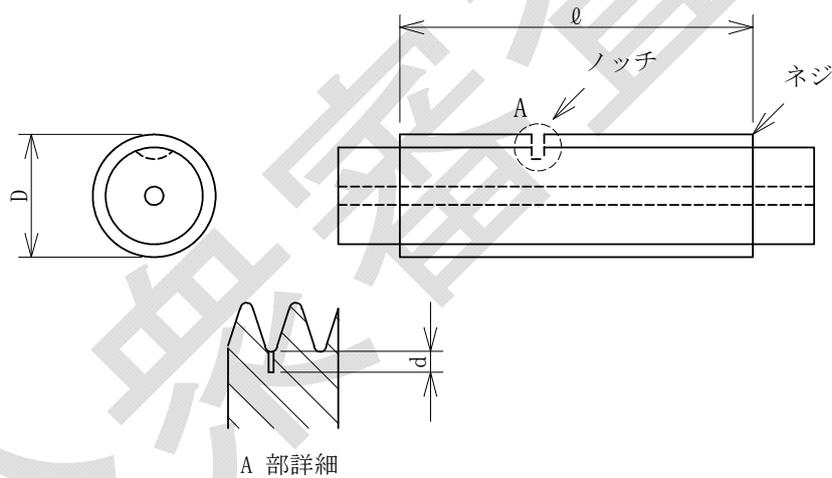
図-3500-2 フランジネジ穴のネジ部の基準感度の設定



(1) 平底穴を設けたもの

(備考)

1. Tは、それぞれ 75mm、試験される材料の $\frac{1}{4}$ の長さ及び試験される材料の $\frac{1}{2}$ の長さとする。
2. Dは、試験される材料の径と同等とする。



(2) ネジ底にノッチを設けたもの

(備考)

1. Dは、試験部のネジの山径と同等とする。
2. ネジの山径、谷径、ピッチ、ネジ山角度は、試験部のネジと同等のものとする。
3. ノッチの高さ d は、3.2mm 以下、ノッチ断面形状は、円弧又は直線とする。
4. ノッチの位置は、試験に支障のない位置とする。
5. l は、試験に必要な長さとする。

図-3600-1 ボルトの対比試験片の例

## 第4章 配管の超音波探傷試験要領

### 4000 配管の超音波探傷試験要領

本章は、配管の超音波探傷試験要領を示す。

#### 4100 適用範囲

クラス1及びクラス2の管の溶接継手、及び容器管台とセーフエンド溶接継手で、公称厚さが6mm以上150mm以下の突合せ溶接継手の超音波探傷試験における試験要領について示す。

なお、ボルトの試験要領は、3600項を準用する。

#### 4200 配管の突合せ溶接継手

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験要領について示す。なお、容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手については4300項、オーステナイト系ステンレス鋼配管突合せ溶接継手については4400項、オーステナイト系ステンレス鋼溶接部において溶接金属部を透過させて反対側の母材内面の周方向亀裂を検出することを目的とした探傷については4500項による。

#### 4210 対比試験片

対比試験片は以下に特に定める項目以外は2340項による。

#### 4211 縦波斜角法の校正用反射体

縦波斜角法による場合(オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷を除く)には、横穴に加えてノッチを使用し、高さは板厚の10%以内、長さは40mm以上とする。

#### 4212 2次クリーピング波法の対比試験片の形状

2次クリーピング波法で用いる対比試験片は以下のいずれかとする。ただし、従来から継続して使用している対比試験片がある場合にはこれを使用してもよい。

なお、基準とするノッチの高さは試験部の厚さの5%以下又は1.0mm、長さは使用する振動子寸法以上の長さを持つものとする。

- (1) 4210項で規定する対比試験片に、基準ノッチを設けたもの。
- (2) 平板試験片に基準ノッチを設けたもの。この場合の対比試験片の形状及び反射体配置の例を図-4212-1に示す。(解説-4212-1)

## 4220 探傷方法一般

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験の一般事項を示す。

### 4221 一般

配管の突合せ溶接継手の試験は、垂直法及び斜角法により行う。ただし、垂直法については、過去に、現在の校正方法・記録レベルが同一の条件で探傷した ISI 等の客観的記録があり、きずエコーが記録されていない部位については斜角法のみとする。(解説-4221-1)

斜角法の公称屈折角は、原則として  $45^\circ$  とするが、試験部の厚さ等の幾何学的形状のため  $45^\circ$  が適さない場合には、他の屈折角を用いてもよい。(解説-4221-2)

また、斜角探傷で検出した指示が、きずであるかどうか疑わしい場合は、他の屈折角や振動モード、あるいは周波数、周波数帯域、焦点の有無、2次クリーニング波法による試験、フェーズドアレイ技術、板厚方向に高さのある反射源か否かを確認するための高さ測定等を追加して行うことができる。(解説-3211-1, 解説-4221-3, 解説-4221-4)

なお、他の屈折角等による追加の確認探傷は、きずかどうか疑わしいか否かにかかわらず行ってもよい。

## 4230 垂直法による探傷方法

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、垂直法に関する試験要領を示す。

### 4231 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm を超える場合) (図-4200-1)

- (1) 対比試験片の  $T/4$ ,  $2/4 T$  (設けられている場合),  $3/4 T$  位置にある横穴からの最大エコー高さのうち、最も高いもののエコー高さを表示器の全目盛の 80% に調整し、そのままの感度で他の位置にある横穴からの最大エコー高さを求める。
- (2) これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。(解説-2520-1)
- (3) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。(解説-2520-2)

### 4232 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm 以下の場合) (図-4200-2)

- (1) 対比試験片の  $T/2$  位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。

- (2) このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

#### 4233 探触子の走査範囲

探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求する試験の範囲全体に超音波が伝播するように行う。(図-4200-9, 図-4200-10)

#### 4240 横波斜角法による探傷方法

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、横波斜角法に関する試験要領を示す。

#### 4241 基準感度の設定 (試験部の厚さが 51mm を超える場合) (図-4200-3)

- (1) 対比試験片の  $T/4$  位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置 [(1/8)S] に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で (3/8)S のエコー高さを求める。
- (2) 対比試験片の (2/8)S のエコー高さ ( $2/4 T$  位置に横穴が設けられている場合) あるいは、(3/8)S のエコー高さが (1/8)S のエコー高さより高い場合は、その最も高いエコーを表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で他のスキップのエコー高さを求める。(解説-3231-1)
- (3) これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- (4) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。

#### 4242 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm を超え 51mm 以下の場合) (図-4200-4, 図-4200-5)

- (1) 対比試験片の  $3/4 T$  位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置 [(3/8)S] に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で (5/8)S, (7/8)S, 可能なら (1/8)S, (9/8)S でのエコー高さを求める。
- (2) これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- (3) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。
- (4) 探触子を接触させる面の反対面にクラッドが施されている場合等で、0.5S 以下で試験する場合には、 $T/4$ ,  $2/4 T$ ,  $3/4 T$  位置の横穴からのエコー高さのう

ち最も高いエコー高さ[(1/8)S がとれない場合は、(2/8)S 又は(3/8)S の高い方のエコー高さ]を表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他のエコー高さを求め、DAC 曲線とする。

また、(1/8)S、(2/8)S、(3/8)S のうち 1 点しかとれない場合は、これを表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整し、必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

なお、DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80%又は 50%になるように感度を調整する。

#### 4243 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm 以下の場合) (図-4200-6, 図-4200-7)

- (1) 対比試験片の  $T/2$  位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置 [(6/8)S]に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整し、そのままの感度で(10/8)S、可能なら(2/8)S でのエコー高さを求める。
- (2) これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- (3) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80%又は 50%になるように感度を調整する。
- (4) 探触子を接触させる面の反対面に クラッドが施されている場合で、0.5S 以下で試験する場合には、(2/8)S のエコー高さを表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整し、そのままの感度で(6/8)S のエコー高さを求め、DAC 曲線とする。

また、(6/8)S がとれない場合は、(2/8)S のエコー高さを表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整し、必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

なお、DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80%又は 50%になるように感度を調整する。

#### 4244 探触子の走査方向

- (1) 探触子の走査は、超音波ビームが溶接線に対して直角方向及び平行方向に伝ばするように行う。(図-4200-8) (解説-4244-1)
- (2) 溶接線に対して直角方向に探触子を走査する場合は、溶接線の両側(接合される両母材側)から超音波ビームを溶接線側に向けて行う。
- (3) 溶接線に対して平行方向に探触子を走査する場合は、超音波ビームが両方向から対向するように行う。
- (4) 試験部の幾何学的形状等のため、溶接線の両側(接合される両母材側)から

の探触子の走査が不可能な場合には、可能な側からの走査を行う。(解説-4244-2)

#### 4245 探触子の走査範囲

- (1) 探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求する試験範囲全体に超音波が伝ばするように行う。(図-4200-9, 図-4200-10)
- (2) 試験範囲のうち溶接金属については、対向する2方向のいずれの方向からも超音波が伝ばするように探触子を走査する。また、母材及び熱影響部については、少なくとも一方向から超音波が伝ばするように探触子を走査する。
- (3) 試験部の幾何学的形状等の理由により、ある方向から十分な探傷ができない場合には、その反対側からの範囲を拡げて、探傷不可能範囲を低減するような走査を行う。
- (4) (2)項の規定が満足できない場合は、2800項に従い、走査不可能範囲及び探傷不可能範囲を記録する。また、(2)項の規程が満足できず4500項のオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷を適用した場合については、4500項に従い探傷不可能範囲及び走査範囲を記録する。

#### 4250 縦波斜角法による探傷方法

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、縦波斜角法に関する試験要領を示す。(解説-4250-1) ここで DAC 回路を使用する場合には、全ての A スコープを記録する探傷装置を使用する。

#### 4251 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm を超える場合) (図-4251-1)

- (1) 対比試験片の、 $T/4[(1/8)S]$ 、 $2/4 T[(2/8)S]$ 、 $3/4 T[(3/8)S]$ 位置にある横穴からのエコー高さのうち、最大となるエコーを検出する位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整する。そのままの感度で他のエコー高さを求める。これらのエコー高さを線で結び、 $(3/8)S$ に相当する時間軸範囲にわたって延長する。エコー高さが取れない場合や  $2/4 T$ 横穴がない場合等は、その間を直線で結ぶか、水平に延長する。
- (2) そのままの感度で対比試験片のノッチからのエコー高さが最大となる位置  $[(4/8)S]$ に探触子を置き、 $(3/8)S$ 以降の必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。この場合であって、DAC20%の線が周辺のノイズレベル以下になる場合には、識別可能なエコーを記録レベルとする。
- (3) DAC 回路を使用する場合は、上記(1)項に従って調整した後、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整する。そのままの感度で対比試験片のノッチからのエコー高さを最大となる位置に探触子を置

き、そのエコー高さと DAC100%との差異(補正值：dB)を記録する。探傷し、内在反射源によるエコーと判断した場合には通常の DAC 曲線を用いたエコー高さ評価、内面開口きずからのエコーと判断した場合には補正值を加算したエコー高さ評価とする。

#### 4252 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm 以下の場合) (図-4252-1)

- (1) 対比試験片の $T/2$ 位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置 [(2/8)S]に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整し、対象部の板厚の $2/3 T$ に相当する時間軸範囲まで水平に延長し、DAC 曲線とする。
- (2) そのままの感度で対比試験片のノッチからのエコー高さが最大となる位置 [(4/8)S]に探触子を置き、そのエコー高さを $2/3 T$ から必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。この場合であって、DAC20%の線が周辺のノイズレベル以下になる場合には、識別可能なエコーを記録レベルとする。
- (3) 全ての A スコープを記録する探傷装置を使用する場合には、対比試験片の $T/2$ 位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置 [(2/8)S]に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整し、必要な時間軸範囲にわたって DAC 曲線とする。そのままの感度で対比試験片のノッチからのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さと DAC 曲線との差異(補正值：dB)を記録する。探傷し、内在反射源によるエコーと判断した場合には通常の DAC 線を用いたエコー高さ評価、内面開口きずからのエコーと判断した場合には補正值を加算したエコー高さ評価とする。
- (4) (2/8)S のエコーがとれない場合は、ノッチからのエコー高さが最大となる位置 [(4/8)S]に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80%となるように感度を調整する。必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

#### 4253 探触子の走査方向

- (1) 探触子の走査は、超音波ビームが溶接線に対して直角方向及び平行方向に伝ばするように行う。(図-4200-8)
- (2) 溶接線に対して直角方向に探触子を走査する場合は、溶接線の両側(接合される両母材側)から超音波ビームを溶接線側に向けて行う。
- (3) 溶接線に対して平行方向に探触子を走査する場合は、超音波ビームが両方向から対向するように行う。
- (4) 試験部の幾何学的形状等のため、溶接線の両側(接合される両母材側)からの探触子の走査が不可能な場合には、可能な側からの走査を行う。

#### 4254 探触子の走査範囲

- (1) 探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求する試験範囲全体に超音波が伝ばするように行う。(図-4200-9, 図-4200-10)
- (2) 試験範囲のうち溶接金属については、原則として、対向する2方向のいずれの方向からも超音波が伝ばするように探触子を走査する。また、母材及び熱影響部については、少なくとも1方向から超音波が伝ばするように探触子を走査する。
- (3) 試験部の幾何学的形状等の理由により、ある方向から十分な探傷ができない場合には、その反対側からの範囲を拡げて、探傷不可能範囲を低減するような走査を行う。

なお、探傷不可能範囲がある場合に、これを低減することを目的に反対側からの探傷範囲を拡大する場合は、対象配管の内面部分の探傷不可能範囲を低減できる範囲とする。
- (4) (2)項の規定が満足できない場合は、2800項に従い、走査不可能範囲及び探傷不可能範囲を記録する。また、(2)項の規程が満足できず4500項のオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷を適用した場合については、4500項に従い探傷不可能範囲及び走査範囲を記録する。

#### 4260 2次クリーピング波法による探傷方法

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、4221項で規定する2次クリーピング波法に対する試験要領を示す。なお、2次クリーピング波による探傷は4230項、4240項で規定する垂直及び斜角法と異なる部分が多いため2320項、2420項、2500項及び2600項に代えて以下を適用する。ただし、従来から継続して適用している手法がある場合にはこれを使用することができる。(解説-4260-1, 解説-4221-3)

#### 4261 探触子

使用する探触子は、縦波 $60\sim 90^\circ$ の範囲の屈折角を有するものとし、管内面で2次クリーピング波を発生するような屈折角を選定する。なお、幾何学形状等の影響により他の屈折角が2次クリーピング波の発生に適している場合には、その屈折角を用いる。

#### 4262 時間軸の調整

表示器の時間軸は、探傷に必要な範囲に調整する。(解説-4262-1)

#### 4263 基準感度の設定 (図-4263-1)

4212 項に示す試験片に設けた、基準ノッチからのエコーを表示器の全目盛の 80% になるような感度に調整する。

なお、基準感度で試験対象継手の健全部(斜角探傷で明らかに疑わしい指示が検出されない部分)を探傷し、表示器の全目盛の 10%を超えるエコーが観察される場合には、これらのエコーを表示器の全目盛の 10%以下となるように感度を再調整し、探傷感度とする。この場合には斜角探傷で DAC20%を超えるエコーが検出されない部分あるいは明らかに疑わしいエコーではないと判断される部位とする。

基準感度と探傷感度が異なる場合には、それぞれの設定感度を記録する。

また、斜角探傷において全周にわたって指示が検出される場合は、試験対象継手の健全部の代わりに 2342 項及び 2343 項、又は 4212(1) 項に規定する対比試験片の溶接部で校正用反射体又は参考反射体のない部分を用いて探傷感度を設定する(解説-4263-1)。この場合で、全周に多数の反射源がある可能性を否定できない場合にあっては、2610(3) 項によらず、探傷感度を一定の値に固定して探傷を行うこと。

#### 4264 探触子の走査方向

探傷の方向は、超音波ビームがきずの長さ方向と直角になる方向のみとする。また、溶接部を介した方向からの探傷は要しない。(解説-4264-1)

#### 4265 探触子の走査範囲

探触子の走査範囲は、斜角探傷で検出された指示の範囲(DAC20%を超える指示範囲)にわたって走査し、2次クリーニング波が表示器の全目盛りの 10%以上で検出された場合には、消失する範囲まで走査する。

なお、ビーム方向の走査範囲は2次クリーニング波が観察できる範囲とする。(解説-4265-1)

#### 4266 記 録

記録は 2710 項に示す要領に準じて必要事項を記録する。ただし、ビーム路程については記録を要しない。また、反射源の位置及び種類の解析も要しない。ただし、記録レベルは表示器全目盛りの 10%を超えるエコーとし、指示長さ測定方法として 2次クリーニング波法を用いる場合は、記録レベルを超える長さを記録する。(解説-4266-1)

#### 4267 きず長さ測定

きず長さは、斜角法の DAC20%指示長さ及び 2次クリーニング波法の表示器の全目盛りの 10%を超える指示長さのいずれか長い方とすることを原則とする。ただし、

いずれかの手法で検出された指示の一部が、きず以外に起因すると考えられる場合には、それを考慮した指示長さとしてもよい。(解説-4267-1)

#### 4270 フェーズドアレイ技術を用いた探傷方法

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、きずであるかどうか疑わしい指示が検出された場合に確認のために行うフェーズドアレイ技術を用いた試験要領を示す。きず検出を目的としたフェーズドアレイ技術を用いた探傷方法は附属書Cによる。なお、フェーズドアレイ技術を使用する場合には、配管内表面開口あるいは内面近傍のきずの確認のために行う。

フェーズドアレイ技術を用いた探傷を行う場合は、画像表示等が可能なフェーズドアレイ探傷装置を用いるものとし、その性能は、あらかじめ個別に定めた要領にて確認する。(解説-4270-1)

#### 4271 基準感度の設定 (セクタ走査の場合) (図-4271-1)

対比試験片の1mmノッチからのエコー[(4/8)S]高さを記録する。記録する範囲は評価に使用する最大屈折角、最小屈折角及び5度毎に記録するものとし、使用する装置の表示可能範囲で適切に設定する。

#### 4272 基準感度の設定 (リニア走査の場合) (図-4272-1)

対比試験片の1mmノッチからのエコー[(4/8)S]高さを記録する。記録する範囲は評価に使用するエレメント範囲のいずれかとする。また別途エレメント範囲によるエコー高さの差異が±2dBの範囲内にあることを確認するか、補正する方法を定めて、補正する。

#### 4273 探触子の走査範囲

探触子の走査範囲は、斜角探傷で検出された指示の範囲(DAC20%を超える指示範囲)にわたって走査し、フェーズドアレイ技術を用いた探傷で疑わしいエコーが検出された場合には、そのエコーが消失する範囲まで走査する。

#### 4274 記 録

記録は2710項に示す要領に準じて必要事項を記録する。探傷画像(採取したデータを合成処理したデータ等)によりエコー高さ等がある程度記録されている場合には、数値による記録を要しない。

なお、指示長さについては、以下による。

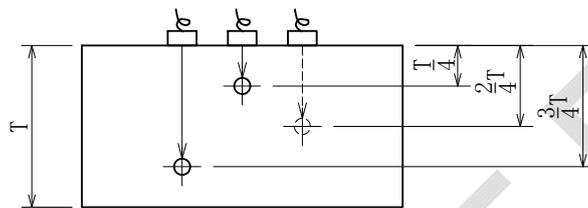
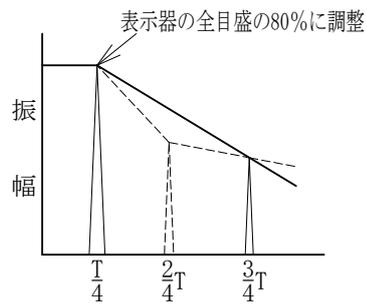
- (1) 最大エコー高さが基準ノッチのエコー高さの80%以上の場合

基準ノッチからのエコーの 20%の指示長さとする。

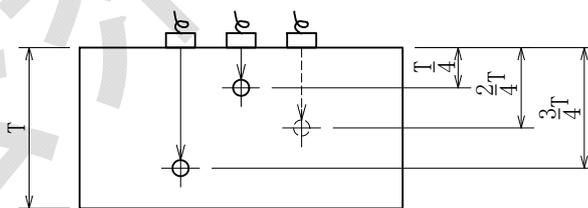
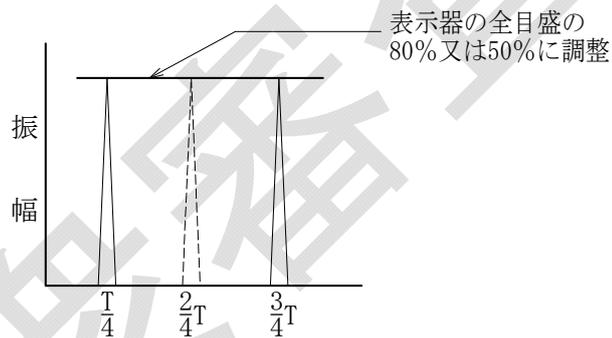
- (2) 最大エコー高さが基準ノッチのエコー高さの 80%未満の場合  
最大エコー高さの-12dB の指示範囲とする。

#### 4275 きず長さ測定

きず長さは、斜角法の DAC20%指示長さ及び 2 次クリーピング波法の表示器の全目盛の 10%を超える指示長さのいずれか長い方とすることを原則としているが、フェーズドアレイ技術を用いた探傷も行った場合は、これらの手法の結果のうち、最も長い長さとする。



(1) DAC回路を使用しない場合



(2) DAC回路を使用する場合

(備考) 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-4200-1 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(垂直法で試験部の厚さが25mmを超える場合)

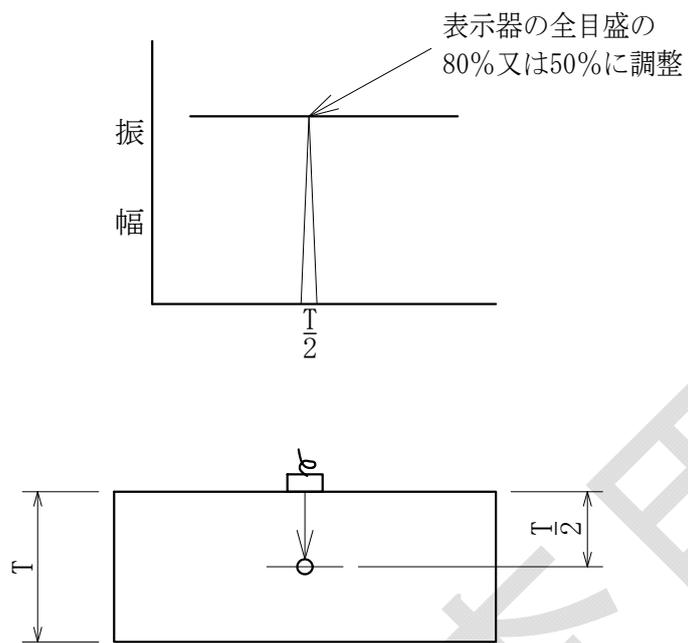
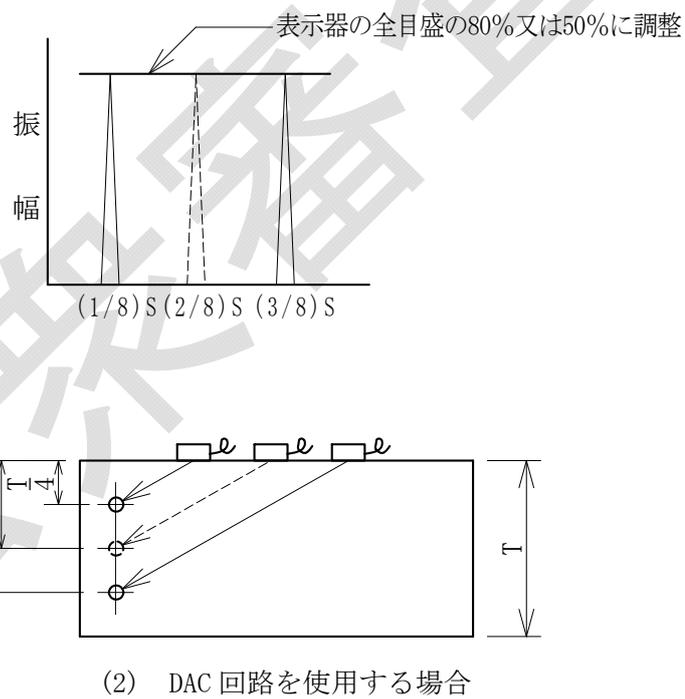
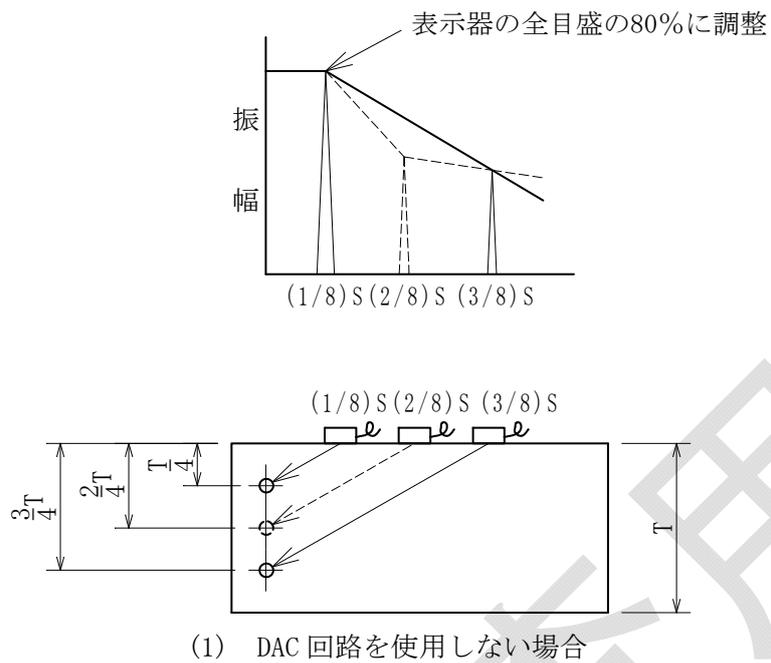
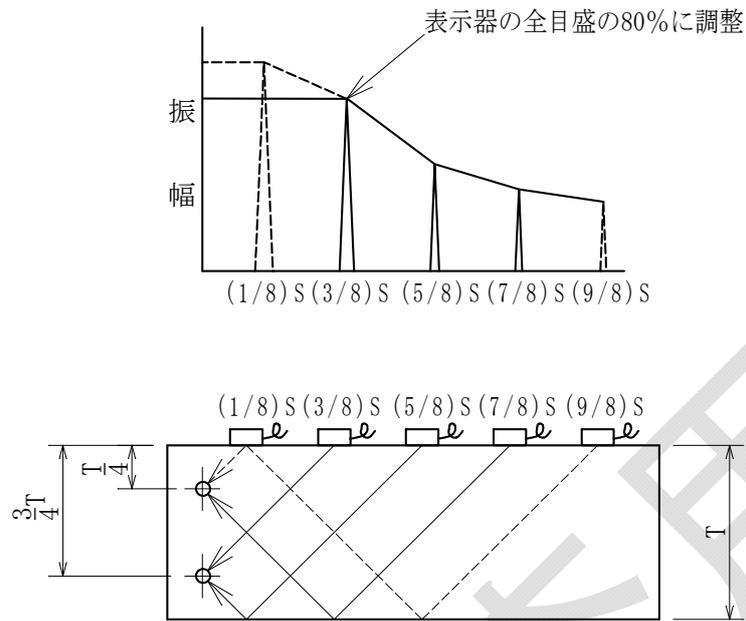


図-4200-2 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(垂直法で試験部の厚さが 25mm 以下の場合)

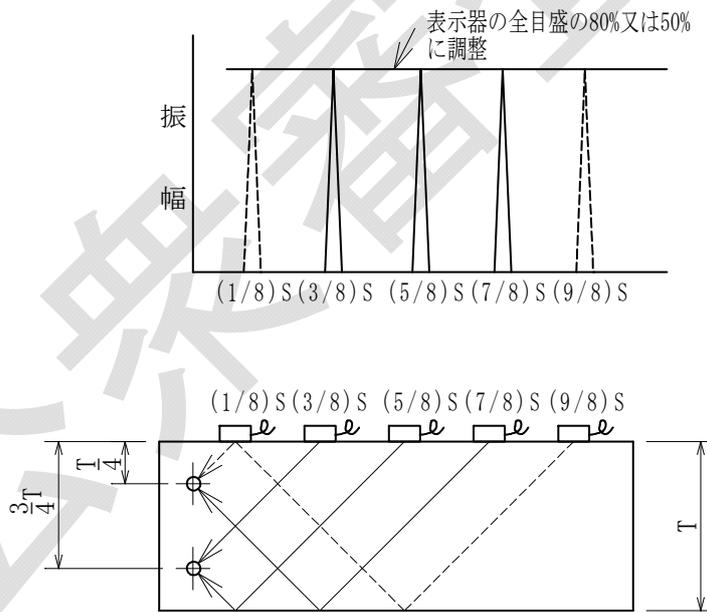


(備考) 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-4200-3 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが51mmを超える場合)



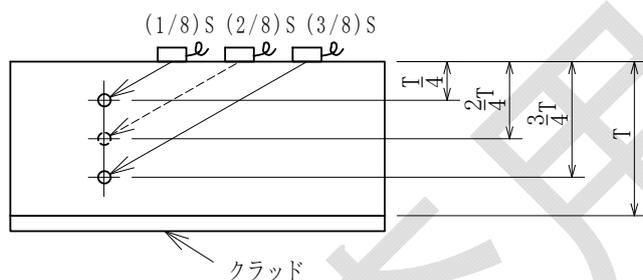
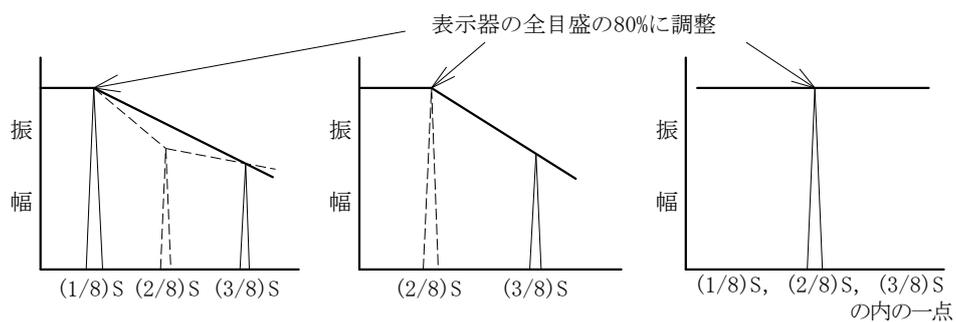
(1) DAC 回路を使用しない場合



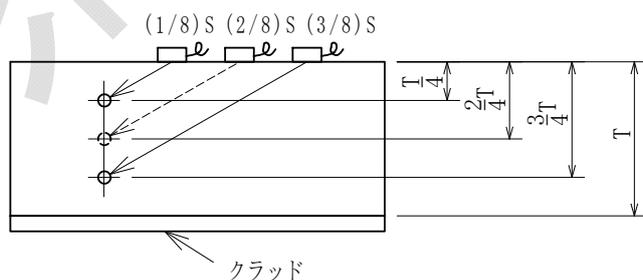
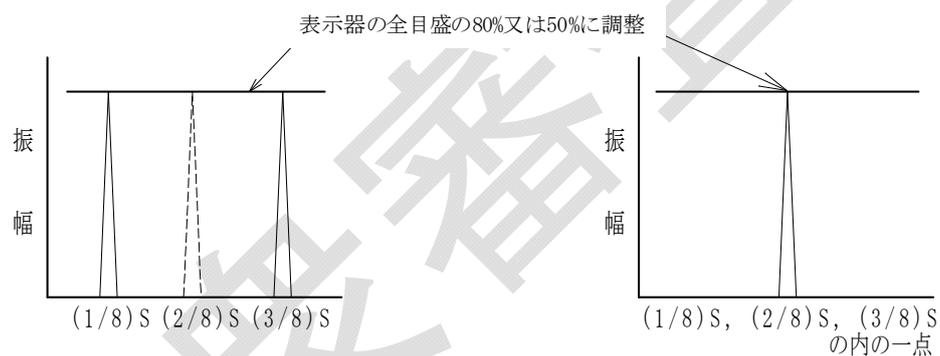
(2) DAC 回路を使用する場合

(備考) 破線は、(1/8)S 又は(9/8)S からのエコーが得られる場合とする。

図-4200-4 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが 25mm を超え 51mm 以下の場合)



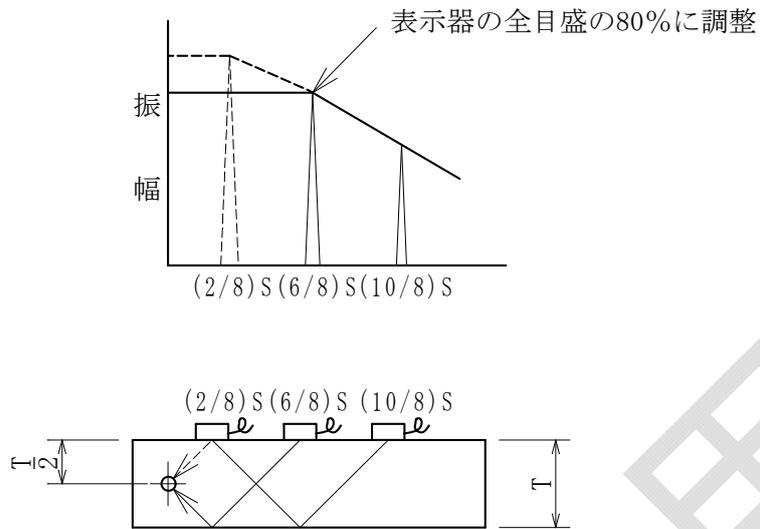
(1) DAC回路を使用しない場合



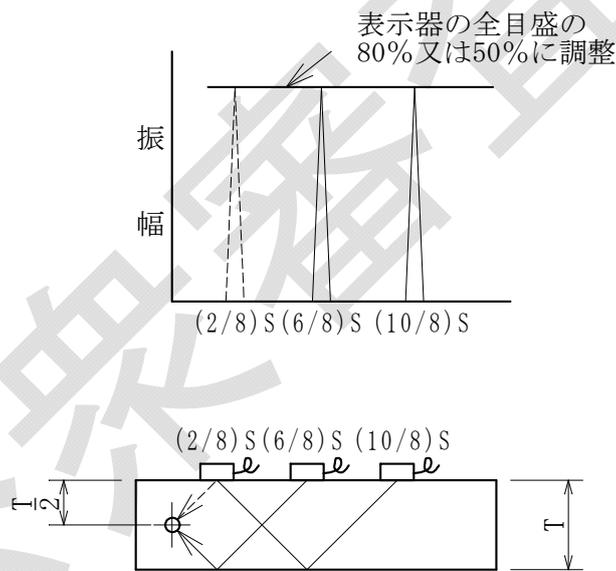
(2) DAC回路を使用する場合

(備考) 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-4200-5 クラッドが施された突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが25mmを超え51mm以下の場合)



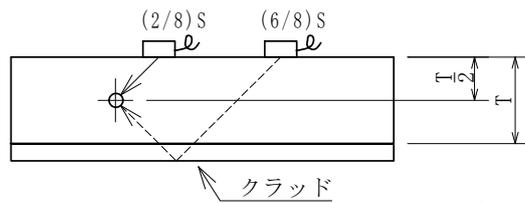
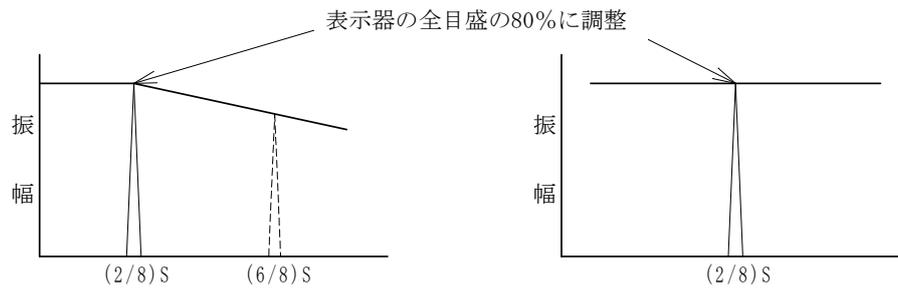
(1) DAC回路を使用しない場合



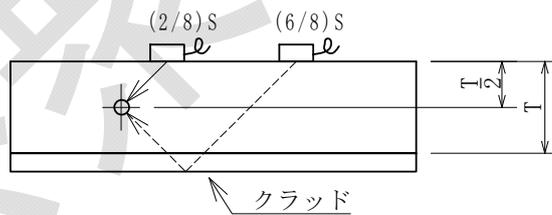
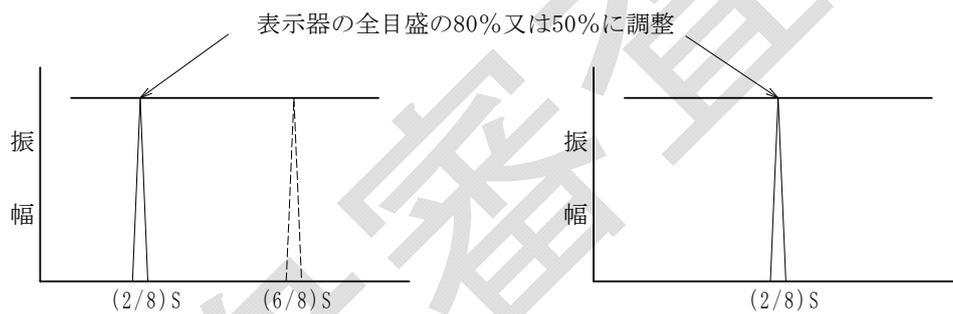
(2) DAC回路を使用する場合

(備考) 破線は、 $(2/8)S$ からのエコーが得られる場合とする。

図-4200-6 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが25mm以下の場合)



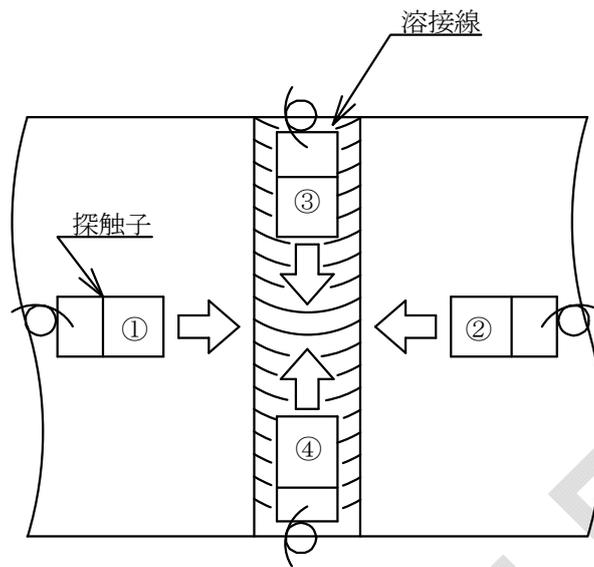
(1) DAC回路を使用しない場合



(2) DAC回路を使用する場合

(備考) 破線は、(6/8)Sからのエコーが得られる場合とする。

図-4200-7 クラッドが施された突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが 25mm 以下の場合)

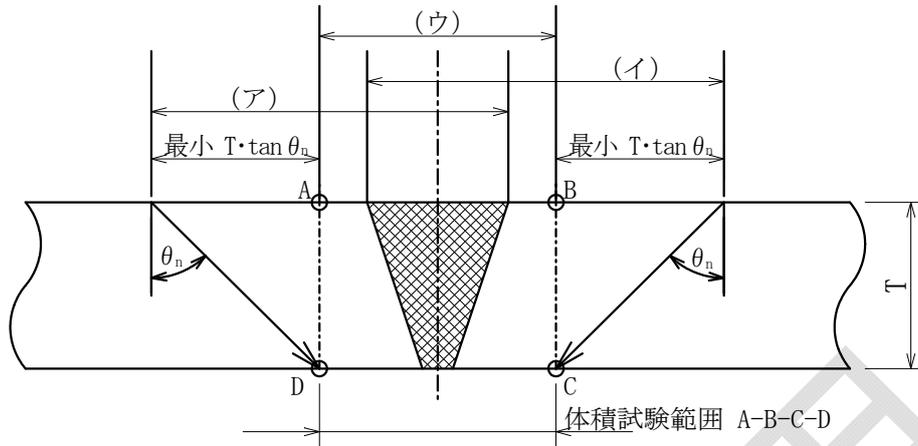


①②：溶接線に対して直角方向の走査

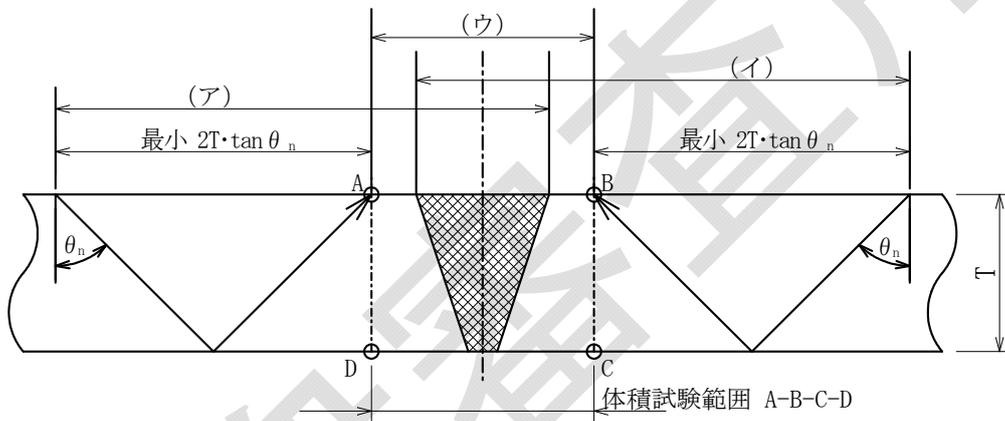
③④：溶接線に平行方向の走査

⇨：超音波ビームの方向

図-4200-8 突合せ溶接継手に対する探触子の走査方向



(1) 直射法 (0.5 スキップ) で試験する場合

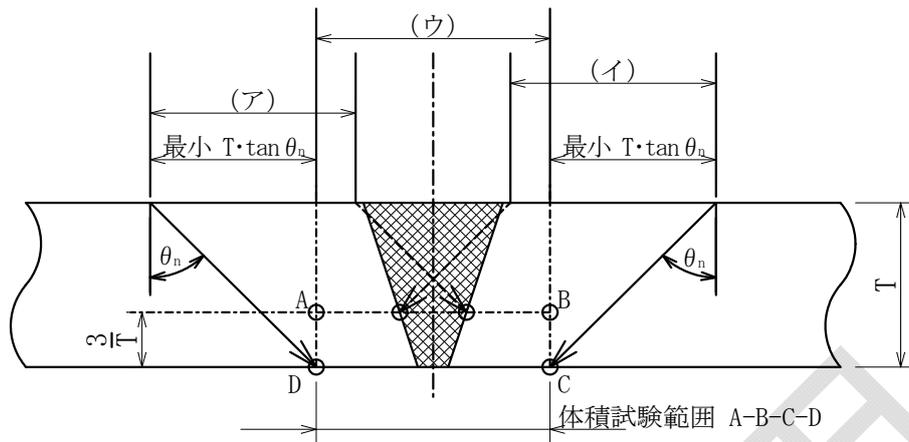


(2) 一回反射法 (1 スキップ) で試験する場合

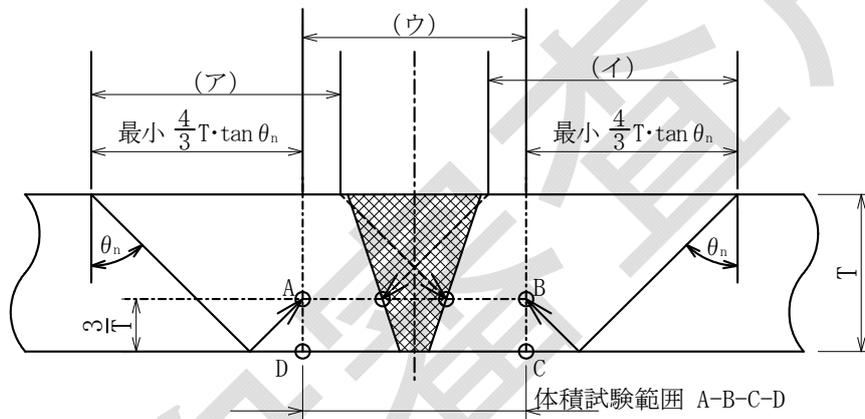
(備考)

1. (ア), (イ)は, 斜角法による溶接線に直角方向の走査範囲とする。
2. (ウ)は, 垂直法及び斜角法による溶接線に平行方向の走査範囲とする。
3. 溶接の余盛が削除されていないものについては, 図に示す走査範囲から余盛が探触子の正常な接触を妨げる範囲を除いてよいものとする。
4. T は, 溶接継手の厚さの実測値, シーニング加工部の図面寸法, 接合される母材の公称厚さのいずれかとする。
5. 内面にクラッドが施されている場合で, 直射法で試験する場合の T は, クラッドの厚さを除いた母材の厚さとする。ただし, 内面から走査する場合の T はクラッド厚さを含むものとする。
6. 試験範囲は, 維持規格による。

図-4200-9 突合せ溶接継手に対する走査範囲  
(体積試験範囲の厚さが T の場合)



(1) 直射法 (0.5 スキップ) で試験する場合

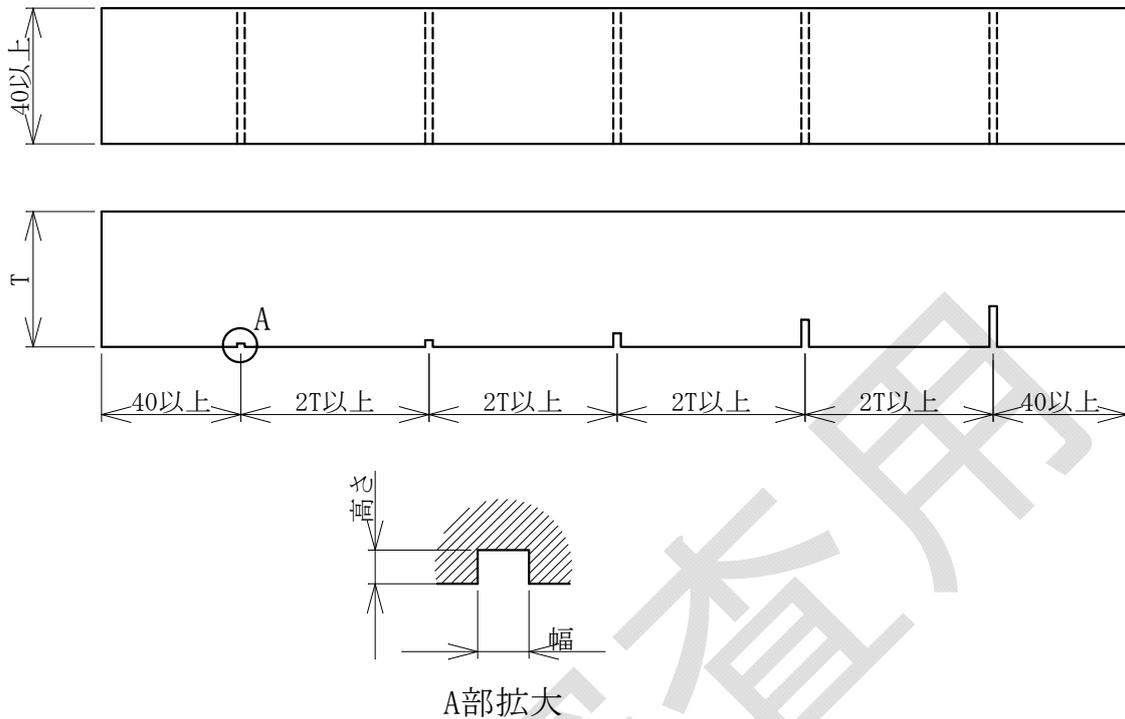


(2) 一回反射法 (1 スキップ) で試験する場合

(備考)

1. (ア), (イ)は, 斜角法による溶接線に直角方向の走査範囲とする。
2. (ウ)は, 垂直法及び斜角法による溶接線に平行方向の走査範囲とする。
3. 溶接の余盛が削除されていないものについては, 図に示す走査範囲から余盛が探触子の正常な接触を妨げる範囲を除いてよいものとする。
4. T は, 溶接継手の厚さの実測値, シーニング加工部の図面寸法, 接合される母材の公称厚さのいずれかとする。
5. 内面にクラッドが施されている場合で, 直射法で試験する場合の T は, クラッドの厚さを除いた母材の厚さとする。ただし, 内面から走査する場合の T はクラッド厚さを含むものとする。
6. 試験範囲は, 維持規格による。

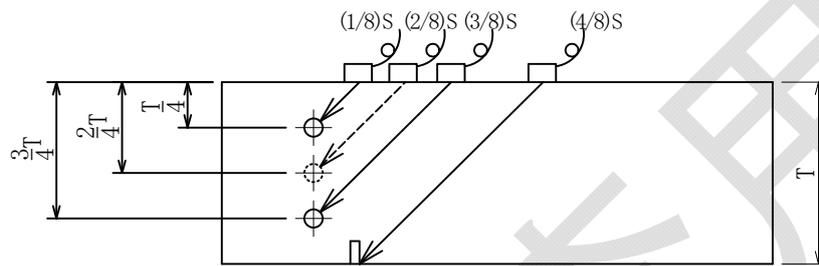
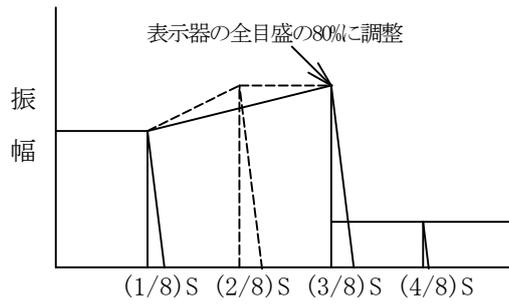
図-4200-10 突合せ溶接継手に対する走査範囲  
(体積試験範囲の厚さが $T/3$ の場合)



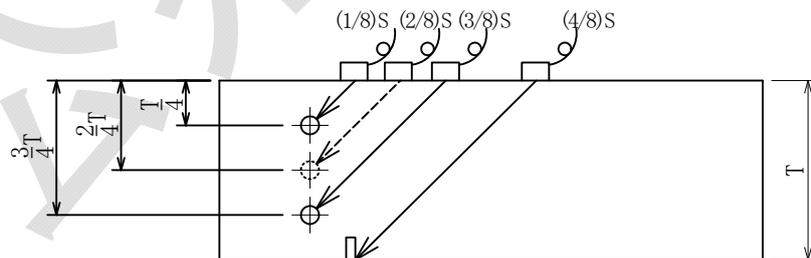
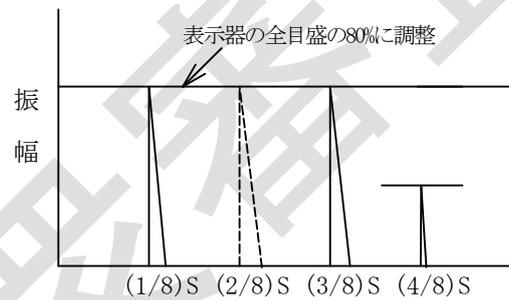
(備考)

1. 寸法の単位は、mm とする。
2. 2次クリーピング波法の感度調整に用いる基準ノッチは、高さは板厚の5%以下、又は1.0mm、長さは使用する振動子寸法以上の長さを持つものとする。また、高さの加工精度は±10%以内とする。
3. 基準ノッチ以外の参考として用いるノッチ高さの加工精度は公称値の±15%、又は±0.05mmのいずれか大きい方とする。
4. Tは表-2343-1に示すものとする。

図-4212-1 平板の対比試験片の例



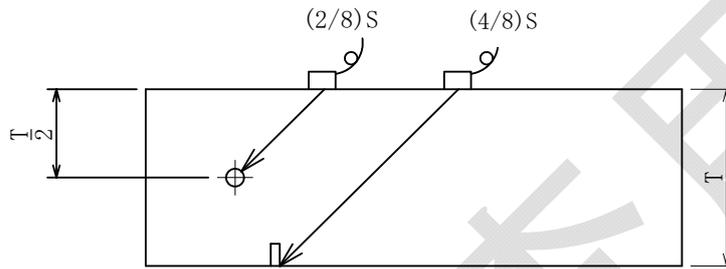
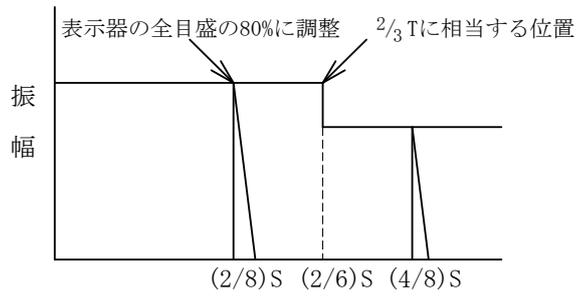
(1) DAC回路を使用しない場合



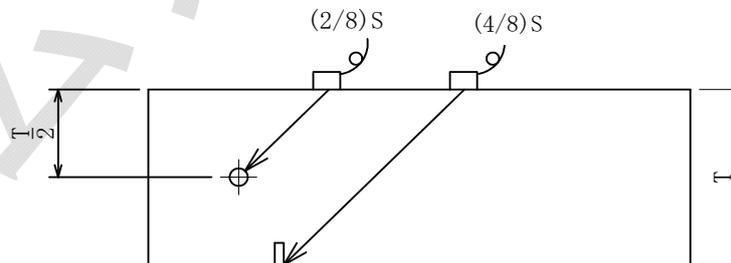
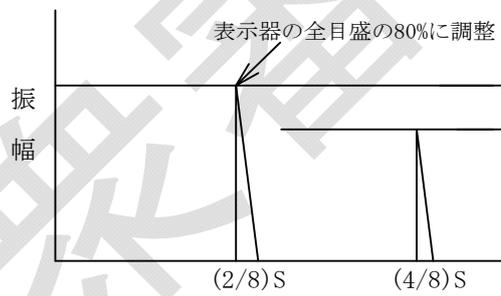
(2) DAC回路を使用する場合

(備考) 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-4251-1 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(縦波斜角法で試験部の厚さが 25mm を超える場合)



(1) DAC回路を使用しない場合



(2) 全てのAスコープを記録する探傷装置を使用する場合

図-4252-1 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(縦波斜角法で試験部の厚さが25mm以下の場合)

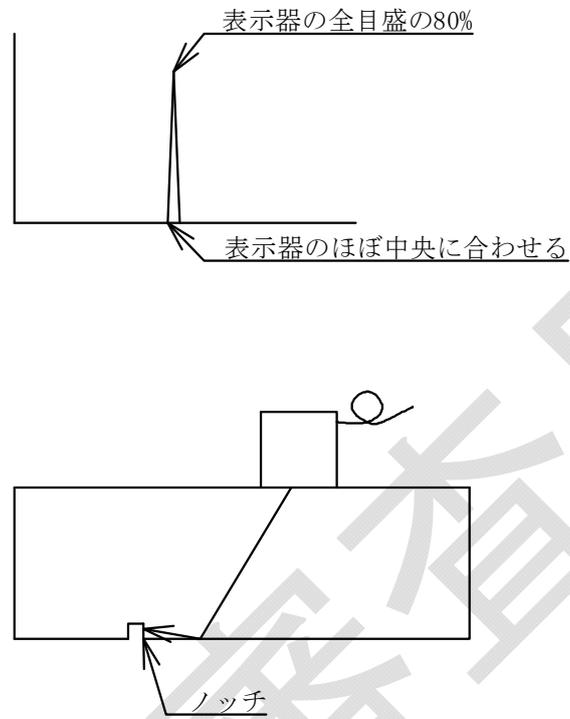


図-4263-1 基準感度の設定方法

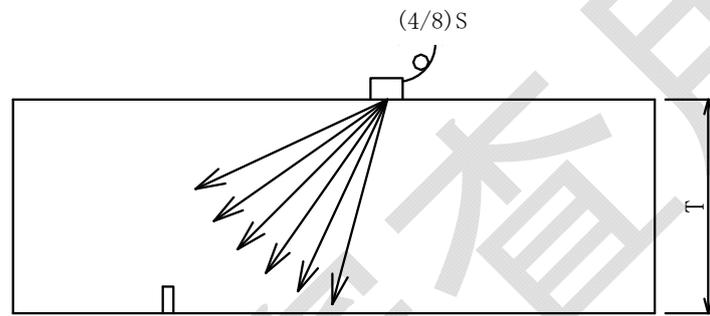
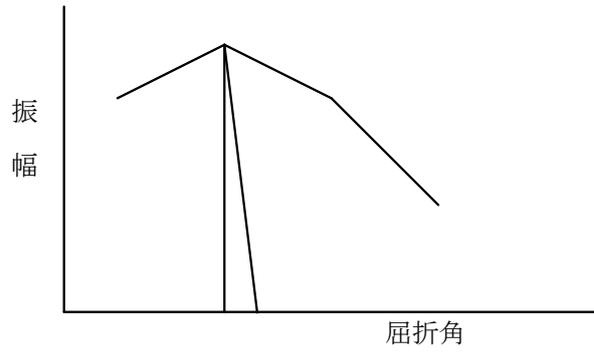


図-4271-1 基準感度の設定  
(フェーズドアレイ技術を用いた探傷法 セクタ走査の場合)

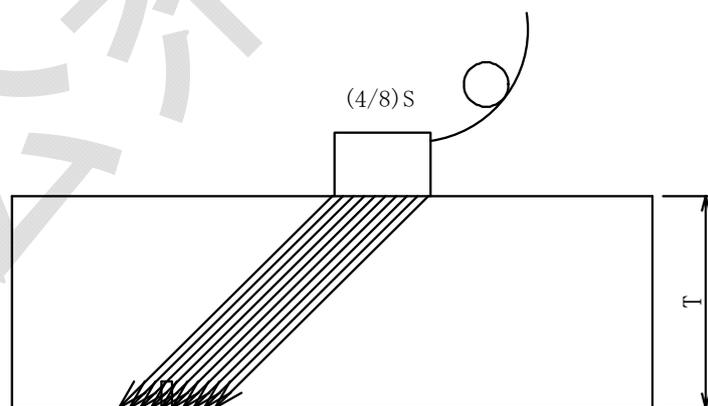


図-4272-1 基準感度の設定  
(フェーズドアレイ技術を用いた探傷法 リニア走査の場合)

#### 4300 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手

本項は、容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、縦波斜角法の試験要領について示す。(解説-4300-1)

ただし、本項に記載なき事項については、本文第2章及び第4章の規定に準じる。

#### 4310 探触子

屈折角が縦波 35～70° の範囲の探触子を使用する。なお、幾何学形状等の影響により他の屈折角が適している場合には、その屈折角を用いてもよい。(解説-4310-1)

#### 4320 対比試験片

対比試験片は、以下に定める項目以外は2340項に準じる。

- (1) 対比試験片は、校正用反射体としてノッチを設ける。ノッチの高さは最小で試験部厚さの10%として、感度校正が可能な高さまで高くする。長さは少なくとも使用する探触子の振動子幅以上とする。(解説-4320-1)
- (2) 周方向探傷(溶接線に平行方向の走査)を行う場合、探傷面の曲率半径が254mmを超える場合であっても、原則として対比試験片の曲率は、探傷面の曲率半径と同じ曲率のもの又は探傷面の曲率半径の0.7～1.1倍のものとする。(解説-4320-2)

#### 4330 探傷方法

容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手は、管外面又は内面から試験する。

#### 4331 基準感度の設定

- (1) 管外面から試験を行う場合(図-4331-1)

屈折角 35～70° の範囲の斜角法により、横穴及びノッチを用いて基準感度を設定し、試験する。

- a. 対比試験片の $T/4$ (試験部の厚さが25mm以下の場合には、 $T/2$ )位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置 $[(1/8)S$ 、試験部の厚さが25mm以下の場合には、 $(2/8)S]$ に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他の横穴からのエコー高さを求める。
- b. 試験部の厚さが25mmを超える場合であって、対比試験片の、 $T/2$ 位置に横穴が設けられている場合、あるいは、 $(3/8)S$ のエコー高さが $(1/8)S$ のエコー高さより高い場合は、その最も高いエコーを表示器の全目盛の80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他の横穴からのエコー高さを求め、これ

らのエコー高さを直線で結ぶ。

- c. そのままの感度で、対比試験片の内表面にあるノッチからのエコー高さが最大となる位置 $[(4/8)S]$ に探触子を置き、 $[(3/8)S]$ 、試験部の厚さが 25mm 以下の場合、 $(2/6)S$ 以降の必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- d. DAC 回路を使用する場合は、上記 a. 項及び b. 項に従って調整した後、必要な時間軸範囲にわたって表示器全目盛の 80%又は 50%になるように感度を調整する。そのままの感度で対比試験片の内表面にあるノッチからのエコー高さが最大となる位置 $[(4/8)S]$ に探触子を置き、そのエコー高さと DAC100%との差異(補正值：dB)を記録する。探傷の結果、内在反射源によるエコーと判断した場合には通常の DAC 曲線を用いたエコー高さ評価、内面開口きずからのエコーと判断した場合には補正值を加算したエコー高さ評価とする。

(2) 管内面から試験を行う場合 (図-4331-2)

屈折角  $35\sim 70^\circ$  の範囲の斜角法により、横穴及びノッチを用いて基準感度を設定し、各々試験する。

a. 横穴による基準感度の設定

(a) 対比試験片の $T/4$ (試験部の厚さが 25mm 以下の場合、 $T/2$ )位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置 $[(1/8)S]$ 、試験部の厚さが 25mm 以下の場合、 $(2/8)S$ に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他の横穴からのエコー高さを求める。

(b) 試験部の厚さが 25mm を超える場合であって、対比試験片の $T/2$ 位置に横穴が設けられている場合、あるいは、 $(3/8)S$ のエコー高さが $(1/8)S$ のエコー高さより高い場合は、その最も高いエコーを表示器全目盛の 80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他の横穴からのエコー高さを求め、これらのエコー高さを直線で結ぶ。更に $[(3/8)S]$ 、試験部の厚さが 25mm 以下の場合、 $(2/6)S$ 以降の必要な時間軸範囲にわたって延長し DAC 曲線とする。

(c) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器全目盛の 80%又は 50%になるように感度を調整する。

b. ノッチによる基準感度の設定(内表面近傍のきず検出を対象)

対比試験片の内表面ノッチからのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器全目盛の 80%又は 50%になるよう感度を調整し、このエコー高さを内面から 25mm 深さあるいは維持規格で要求する試験範囲のうち、いずれか小さい方を満足するのに必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

#### 4340 走査方法

走査方法は 2610 項によるものとするが、手動探傷を行う場合であって、外面から内表面近傍のきず検出を対象とする場合、走査(探傷感度)は、4331(1)a.～c. 項で求めた基準感度+ $\alpha$  dB とする。ここで、 $\alpha$  は任意とするが、表示器のノイズレベルを考慮し、可能な限り感度を上げる。

(1) 探触子の走査方向

探触子の走査方向は、4253 項によるものとする。

(2) 探触子の走査範囲

探触子の走査範囲は、直射法 (0.5 スキップ) にて 4254 項を満足するように走査する。

#### 4350 記 録

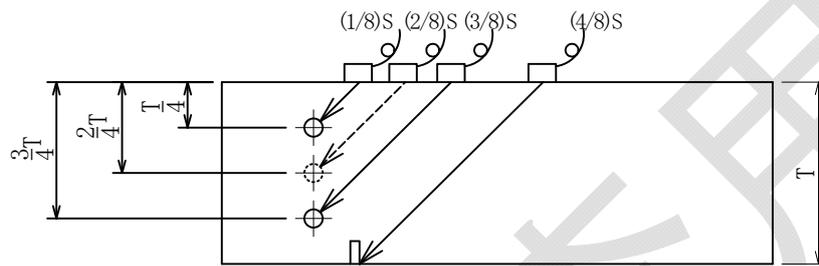
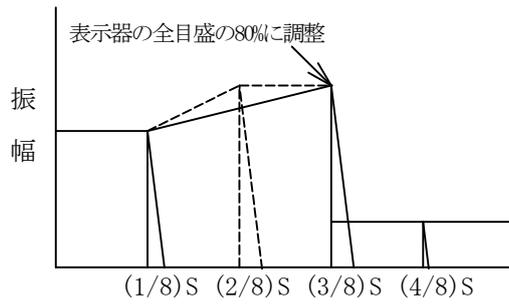
対比試験片の横穴で作成した DAC 曲線による探傷の場合は、記録は 2710 項に示す要領に準じて必要事項を記録する。

内表面近傍のきず検出を対象とする探傷の場合は、ノイズレベルを超えて検出された指示について、全ての指示を記録すること。指示長さは、指示が検出不可能となるまでの長さとする。

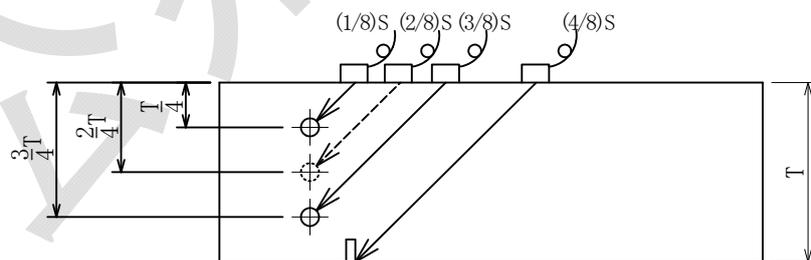
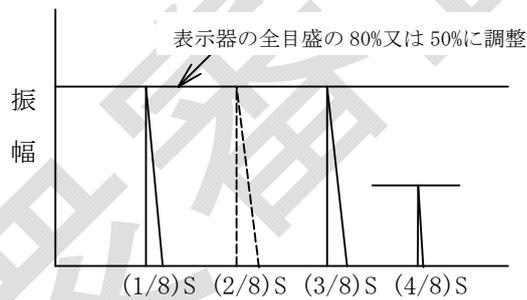
ここでノイズレベルを超えて検出された指示とは、健全部の探傷波形と比較して概ね 2 倍以上の信号 (SN 比 2 以上) とするが、それ以下であっても反射源として識別可能なものについては記録対象とする。

#### 4360 きず長さ測定

内表面近傍のきず検出を対象とする探傷において、対向する 2 方向から指示が検出されている場合は、指示長さの長い方をきず長さとするを原則とする。



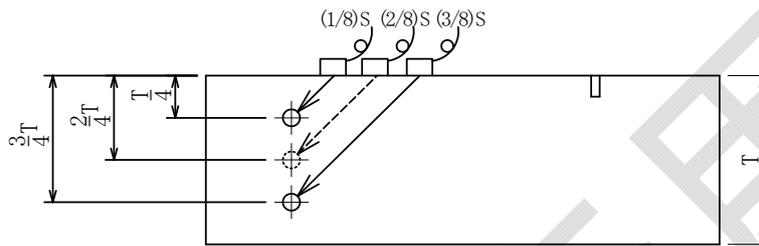
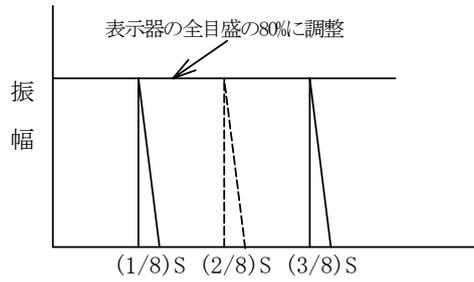
(1) DAC回路を使用しない場合



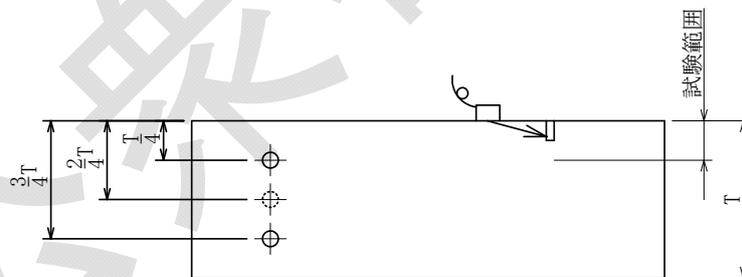
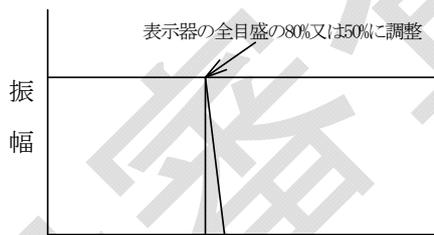
(2) DAC回路を使用する場合

(備考) 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-4331-1 突合せ溶接継手の基準感度の設定 (管外面から試験する場合)  
(試験部の厚さが25mmを超える場合)



(1) 横穴による基準感度の設定 (DAC 回路を使用する場合)



(2) ノッチによる基準感度の設定

(備考)

1. 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。
2. 試験範囲は、内面から 25mm 深さあるいは維持規格で要求される試験範囲の内、いずれか小さい方とする。

図-4331-2 突合せ溶接継手の基準感度の設定 (管内面から試験する場合)  
(縦波斜角法で試験部の厚さが 25mm を超える場合)

#### 4400 オーステナイト系ステンレス鋳鋼配管突合せ溶接継手

本項は、オーステナイト系ステンレス鋳鋼配管突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、縦波斜角法の試験要領について示す。ただし、本項に記載なき事項については、本文第2章及び4章の規定に準じる。

#### 4410 探触子

屈折角が縦波  $35\sim 50^\circ$  の範囲の探触子を使用する。なお、幾何学形状等の影響により他の屈折角が適している場合には、その屈折角を用いてもよい。(解説-4310-1)

#### 4420 対比試験片

対比試験片は、以下に定める項目以外は2340項に準じる。

- (1) 対比試験片は、校正用反射体としてノッチを設ける。ノッチの高さは試験部厚さの10%を目標とし、長さは少なくとも使用する探触子の振動子幅以上とする。(解説-4420-1)
- (2) 周方向探傷(溶接線に平行方向の走査)を行う場合、探傷面の曲率半径が254mmを超える場合であっても、原則として対比試験片の曲率は、探傷面の曲率半径と同じ曲率のもの又は探傷面の曲率半径の0.7~1.1倍のものとする。(解説-4320-2)

#### 4430 探傷方法

オーステナイト系ステンレス鋳鋼配管突合せ溶接継手は、横穴及びノッチを用いて基準感度を設定し、管外面から試験する。

#### 4431 基準感度の設定 (図-4431-1)

- (1) 対比試験片の $T/4$ (試験部の厚さが25mm以下の場合、 $T/2$ )位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置 $[(1/8)S]$ 、試験部の厚さが25mm以下の場合、 $(2/8)S$ に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他の横穴からのエコー高さを求める。
- (2) 試験部の厚さが25mmを超える場合であって、対比試験片の $T/2$ 位置に横穴が設けられている場合、あるいは、 $(3/8)S$ のエコー高さが $(1/8)S$ のエコー高さより高い場合は、その最も高いエコーを表示器の全目盛の80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他の横穴からのエコー高さを求め、これらのエコー高さを直線で結ぶ。
- (3) そのままの感度で、対比試験片の内表面にあるノッチからのエコー高さが最大となる位置 $[(4/8)S]$ に探触子を置き、 $[(3/8)S]$ 、試験部の厚さが25mm以下の場合、 $(2/6)S$ 以降の必要な時間軸範囲にわたって延長してDAC曲線とする。

- (4) DAC回路を使用する場合は、上記 a. 項及び b. 項に従って調整した後、必要な時間軸範囲にわたって表示器全目盛の 80%又は 50%になるように感度を調整する。そのままの感度で対比試験片の内表面にあるノッチからのエコー高さが最大となる位置[(4/8)S]に探触子を置き、そのエコー高さと DAC100%との差異(補正值：dB)を記録する。探傷の結果、内在反射源によるエコーと判断した場合には通常の DAC 曲線を用いたエコー高さ評価、内面開口きずからのエコーと判断した場合には補正值を加算したエコー高さ評価とする。

#### 4440 走査方法

走査方法は 2610 項によるものとするが、手動探傷を行う場合であって、外面から内表面近傍のきず検出を対象とする場合、走査(探傷感度)は、4431 (1)～(3)項で求めた基準感度+ $\alpha$  dB とすること。ここで、 $\alpha$ は任意とするが、表示器のノイズレベルを考慮し、可能な限り感度を上げる。

- (1) 探触子の走査方向

探触子の走査方向は、4253 項によるものとする。

- (2) 探触子の走査範囲

探触子の走査範囲は、直射法(0.5 スキップ)にて 4254 項を満足するように走査する。

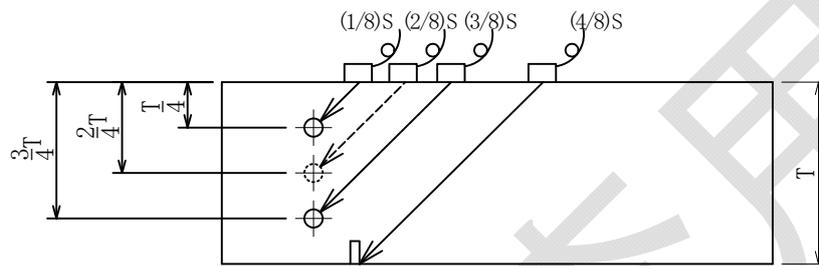
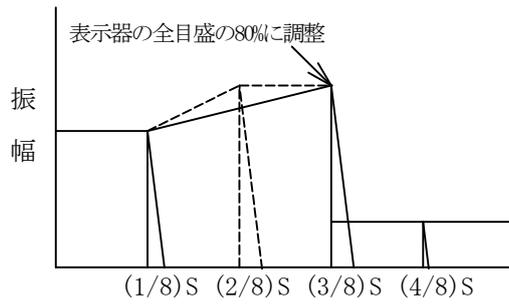
#### 4450 記 録

対比試験片の横穴で作成した DAC 曲線による探傷の場合は、記録は 2710 項に示す要領に準じて必要事項を記録する。

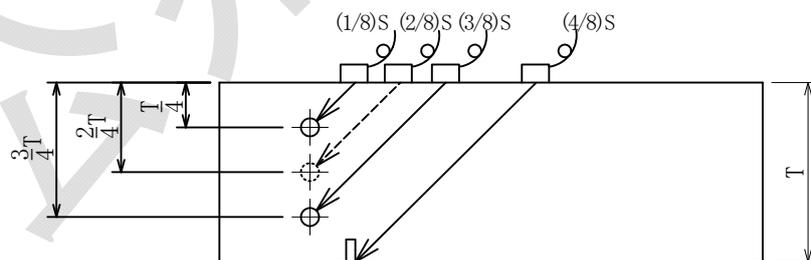
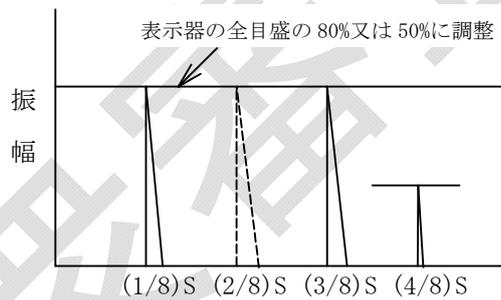
内表面近傍のきず検出を対象とする探傷の場合は、ノイズレベルを超えて検出された指示について、全ての指示を記録すること。指示長さは、指示が検出不可能となるまでの長さとする。

#### 4460 きず長さ測定

内表面近傍のきず検出を対象とする探傷において、対向する 2 方向から指示を検出されている場合は、指示長さの長い方をきず長さとするを原則とする。



(1) DAC回路を使用しない場合



(2) DAC回路を使用する場合

(備考) 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-4431-1 突合せ溶接継手の基準感度の設定 (管外面から試験する場合)  
(試験部の厚さが25mmを超える場合)

#### 4500 オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、試験部の厚さが40mm以下でオーステナイト系ステンレス鋼母材側からオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させ、超音波入射側の反対側の母材の内表面を試験することを目的とした場合の試験要領を示す。なお、本項に記載なき事項については、第2章及び第4章の規定に準じる。(解説-4500-1)

#### 4510 試験評価員及び試験員

オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷を実施する試験評価員及び試験員は、2200項に定める要件に加えて、実施する手法について経験のある者、若しくは講習等でその手法の特徴を理解した者とする。

#### 4520 探触子

探触子は以下に定める項目以外は2320項に準じる。(解説-4520-1)

- (1) 周波数は1~3MHzとし、広帯域型又はコンポジット型振動子を用いる。
- (2) 公称屈折角は、45°、60°又は70°を標準とするが、45~70°の範囲で選定してもよい。
- (3) フェーズドアレイ技術(セクタ走査)を用いる場合、屈折角は少なくとも35~70°の範囲を含めて設定するものとする。

フェーズドアレイ技術(リニア走査)を用いる場合、屈折角は(2)項に準じる。

#### 4530 対比試験片

対比試験片は、以下に定める項目以外は2340項に準じ、次に掲げるいずれかのものを使用する。

- (1) 対比試験片には、縦波を用いる場合はノッチを、横波を用いる場合は横穴を設ける。ノッチの高さは1mmとし、その加工精度は、ノッチの高さの±10%とする。ノッチの長さは少なくとも使用する振動子幅以上とする。なお、ここでいう横穴とは、本文の2340項で規定する横穴を指す。(解説-4530-1)

- (2) 横穴対比試験片

横穴は、試験部の厚さに相当する位置を含んで、厚さ方向に高さの異なる位置に設ける。

#### 4540 探傷方法

- (1) 縦波による探傷を標準とする。なお、縦波による探傷に加えて横波による探傷を行ってもよい。(解説-4540-1)
- (2) 少なくとも2つ以上の異なる探傷条件(超音波のモード、周波数、屈折角等が

異なるもの)で探傷を行う。(解説-4540-2)

## 4550 時間軸の調整及び基準感度の設定

### 4551 時間軸の調整

(1) フェーズドアレイ技術を用いる場合

JIS Z 2345-1, JIS Z 2345-2 若しくは JIS Z 2345-4 に規定する標準試験片かこれと同等の試験片, 若しくは 4530 項で規定する対比試験片を用いて調整を行う。

時間軸は, 表示画面上で, 表面から試験部底面までが直射法(0.5 スキップ)で観察できる範囲で適宜設定する。この時, 4530 項に規定する対比試験片に設けた校正用反射体を用いて, 時間軸調整に誤りがないことを確認する。なお, セクタ走査については評価に用いる屈折角振り幅のうち最大, 最小及び中心の三角度で確認する。

(2) フェーズドアレイ技術以外を用いる場合

2520 項に準じる。

### 4552 基準感度の設定

(1) 横波を用いる場合

試験部の厚さに応じて 4241 項, 4242 項又は 4243 項に準じる。

(2) 縦波を用いる場合 (図-4552-1)

対比試験片の高さ 1mm のノッチからのエコー[(4/8)S]高さが表示器の全目盛の 80%になるように感度を設定する。

(3) フェーズドアレイ技術(セクタ走査)を用いる場合

対比試験片の高さ 1mm のノッチからのエコー[(4/8)S]高さが, 評価に用いる最大及び最小屈折角の範囲の任意の一屈折角で表示器の全目盛の 80%になるように感度を設定する。そのままの感度で, 評価に用いる最大及び最小屈折角の範囲で少なくとも 5° ごとにエコー高さを記録する。

(4) フェーズドアレイ技術(リニア走査)を用いる場合

対比試験片の高さ 1mm のノッチからのエコー[(4/8)S]高さが表示器の全目盛の 80%になるように感度を設定する。基準感度を確認する範囲は評価に用いるエレメント範囲とする。また, 別途エレメント範囲によるエコー高さの差異が±2dB の範囲内にあることを確認するか, 補正する方法を定めて補正する。

## 4560 走査方法

走査方法は, 自動(又は半自動)探傷とし, 以下に定める項目以外及び横波を用いる探傷は 2610 項に準じる。(解説-4560-1)

(1) 探傷感度

4552 項で求めた基準感度 +  $\alpha$  dB とする。ここで、 $\alpha$  は任意とするが、表示器のノイズレベルを考慮した上で、可能な限り感度を上げる。

(2) 探触子の走査方向

探触子の走査は、4254 項に準じるものとするが、超音波ビームの方向は溶接線に対して直角方向のみとする。(解説-4560-2)

(3) 探触子の走査範囲

探触子の走査範囲は、4240 項に準じた横波斜角法による探傷において、探傷不可能範囲の配管内面部分について探傷が可能な範囲とする。

#### 4570 記 録

きず指示長さは、指示が検出不可能となるまでの長さとする。きず指示長さを除き、2710 項に示す要領に準じて、きずエコーに対する必要事項を記録する。なお、全ての A スコープ及び位置信号を記録し、かつ再現可能な場合には、エコー高さ、指示長さ等の数値記録に代えて色調(カラー階調及び白黒濃淡表示を含む)で示す記録とすることができる。(解説-4570-1)

#### 4580 きず長さ測定

きず長さは、複数の探傷条件による探傷結果のうち、最も長い指示長さとする。(解説-4580-1)

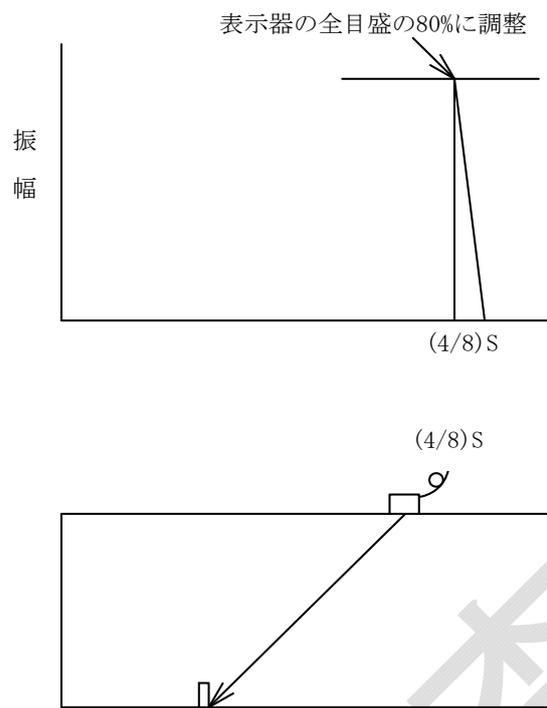


図-4552-1 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
 (縦波でオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷を行う場合)

[解 説]

全衆審査専用

## 第1章 総 則

### (解説-1100-1) 超音波自動探傷装置への要求性能

超音波自動探傷装置を用いる場合の、装置に要求される機能や性能、その確認方法、判定基準等を附属書Bとして規定した。

附属書Bは、本附属書発行後に製作された装置を想定した規定である。しかし、従来から使用してきている装置についても、適用が可能な部分については準用することが望ましい。

### (解説-1100-2) フェーズドアレイ技術を用いたきず検出手法

フェーズドアレイ技術は、従来の超音波探傷手法とは異なる部分も多い。このため、附属書Cとして規定した。

### (解説-1100-3) 炉心シュラウドに対する目視試験の代替試験として適用する超音波探傷試験の要領

炉心シュラウド溶接部については、目視試験(MVT-1)で点検するが、目視試験が困難な場合に渦電流探傷試験あるいは超音波探傷試験の適用が認められており、超音波探傷試験を適用する場合の要領について定めた。規程本文では体積検査として行う超音波探傷試験を対象としていることに対して、本要領は表面試験の代替としての扱いであり、試験対象範囲や感度が異なることから、附属書Dとして追加規定した。

### (解説-1100-4) 各章、附属書の適用範囲

本規程における対象箇所と目的によって適用される章、附属書の関係は解説表-1100-1のとおりである。附属書B及び附属書Cは代替規定であり、適用する場合には他の章、附属書の記載に代えて適用される。

解説表-1100-1 適用される章，附属書

対象箇所・目的		第1章	第2章	第3章	第4章	附属書A	附属書B	附属書C	附属書D
容器	きず検出・長さサイジング	○	○	○	—	—	※1	※2	—
	きず高さサイジング	○	○	—	—	○	※1	—	—
配管	きず検出・長さサイジング	○	○	—	○	—	※1	※2	—
	きず高さサイジング	○	○	—	—	○	※1	—	—
炉心 シュラウド	きず検出・長さサイジング	○	○	—	—	—	※1	※2	○

○：適用

—：適用外

※1：超音波自動探傷装置を用いる場合にのみ適用される

※2：フェーズドアレイ技術を用いる場合にのみ適用される

(解説-1322-1) 関連規格

本規程が参考とした規格については引用する年度を指定し，本規程が引用されることを想定した規格については，引用元の判断によるものとして年度を記載していない。

## 第2章 一般事項

### (解説-2010-1) 事前確認

適用する手法の能力[きず検出精度及びきず寸法測定誤差(きず長さ及びきず高さ)]を確認しておくものとした。

適用する手法と試験対象部位との組合せにおいて、過去に実施した公知の非破壊検査技術の実証試験(UTS, PLR 配管サイジング制度確性試験及びNSA等)と同等の探傷条件であれば、それらの成果を活用することができる。

ここで、同等の探傷条件とは、2320項探触子に規定される、周波数、超音波モード(横波又は縦波)、及び屈折角が同等であり、かつ基準感度の調整(DAC曲線の作成)が可能な場合をいう。

またNDIS 0603あるいは米国ASME Sec. XI等のPD資格試験に合格したもの(探傷装置、手順書、試験員の組合せ)であれば、PD合格基準の値を活用することができる。

### (解説-2120-1) 表面の仕上げ

プラント新設あるいは既設プラントの改造工事時等、新たに溶接施工する部位は、溶接部の余盛等は走査に支障のないように平滑に仕上げを要求した。

なお既設の溶接部で、斜角探傷で配管内面の探傷が十分可能である場合等は、溶接余盛を除去する改造工事を要求しているものではない。

### (解説-2200-1) 試験評価員及び試験員

試験評価員は、ISIについて試験員として経験を有し、必要な資格を保有している者である必要がある。また、試験評価員及び試験員は、試験を行うために教育、訓練を受け、原子力発電所に関する一般的な知識を有することが望ましい。

試験評価員、試験員及び試験補助員(無資格者)の実施可能な業務の例は以下である。(実際の運用ではこれに準じて解釈する)

なお、試験補助員(無資格者)が実施可能な作業は、探傷試験の結果に影響を与える作業も含まれるため、何れの作業であっても試験員の監督下で行われる。

試験補助員(無資格者)が実施可能な作業：試験面の処理(ミガキ等)、基準線のマーキング、データメモ、データ入力、後処理、機材の整備(探傷器の清掃、対比試験片の清掃・錆落とし等)、自動探傷の場合の装置設置・調整・操作(感度校正に関する部分を除く)

試験員：機材の点検・性能確認実施、感度校正、探傷、エコーの分類、記録作成

試験評価員：機材の点検・性能確認結果の承認、追加の確認探傷の要否の判断及び試験結果の承認

なお、探傷要領書・手順書の承認、本規程の記載範囲を超える代替手法を採用する場合等の判断やその結果の承認は、レベル3の資格保有者が行うものとJIS Z 2305で記載されている。

#### (解説-2320-1) 超音波モードの選定

斜角探傷の場合の超音波モード(横波/縦波等)の選択は、原則として解説表-2320-1に示す考え方で選択することが望ましい。このとき、過去のPSI又はISIで使用していた超音波モードと異なるモードで探傷を行った場合で、きずエコーが検出された場合には、過去の探傷で使用した超音波モードでも確認を行うことが望ましい。

解説表-2320-1 超音波モードの選定例

対象箇所		超音波モード
低合金鋼、炭素鋼等の超音波の伝ば性の良いもの		横波
オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手等の減衰の大きいもので溶接継手の両側から探傷可能な場合		横波*1
オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手等の減衰の大きいもので、片側からのみ探傷可能で、探傷不可能範囲を低減するために溶接線を透過した探傷を行う場合	通常の探傷範囲	横波
	溶接線を透過した探傷を行う範囲	縦波*2
オーステナイト系ステンレス鋼等の超音波の減衰の大きい材料の探傷を行う場合*3		縦波
ニッケル基合金溶接継手の探傷を行う場合*3	周方向探傷	縦波
	軸方向探傷	横波*4

\*1：厚肉部等、超音波の減衰が著しいものは縦波を用いてもよい。

\*2：内表面近傍のみを検出対象とする。

\*3：UTS, NNW で検出性が確認されているのは、オーステナイト系ステンレス鋼管(遠铸件, 静铸件)及びニッケル基合金溶接継手である。

\*4：縦波を用いてもよい。

#### (解説-2340-1) 対比試験片

ISIにおける超音波探傷試験は、設備の供用中に発生するきずを検出するために行われることから、PSI及びISI時に用いた対比試験片で基準感度を調整し、同一方法で試験して、その結果を比較することにより、きずの発生又は進展を確認する必要がある。

したがって、図示した形状・寸法と異なる試験片であっても、それがPSI又は以前のISI時に用いられていたものであれば、継続してその試験片を用いて試験することが望ましい。技術上問題があると考えられる場合には、従来から使用してきた対比試験片との感度差等を確認した上で、規定に合致した対比試験片を再製作することになる。

技術上問題ないと評価されるものの例として、以下のように感度校正結果に有意な差がないと評価される場合や、感度校正が保守側（探傷器設定感度が高くなる）となる場合が挙げられる。

- (1) 端面から校正用横穴までの距離が40mmよりも短い、使用する探触子を考慮すると横穴からのエコーを検出する位置で端面の影響を受けないと判断される場合。
- (2) 校正用横穴の長さが40mmよりも短い、使用する探触子を考慮すると、穴長さの影響が基準エコー高さに影響を与えないと判断される場合。
- (3) 試験部の厚さ25mm以下の穴径は2.4mmであるが、試験部の厚さによっては、保守側に2.4mm未満である場合。

#### (解説-2341-1) 対比試験片に用いる材料

“同等”とは材質が同じでなくても超音波の伝ば性（主として減衰）が同等であればよい。例えば、オーステナイト系ステンレス鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼及びフェライト系ステンレス鋼の母材はそれぞれ同等とみなす。

また、本対比試験片については規格名称又は規格番号等の正確な材質を確認する必要はなく、オーステナイト系ステンレス鋼あるいはフェライト鋼のような材料区分が確認できるものであれば使用できる。

#### (解説-2341-2) 対比試験片の溶接部

一般的に同一材料の継手に対する対比試験片に溶接部を設けることは必ずしも必要としない。しかし、裏波エコーや溶接部エコーの確認を目的として、明らかに健全な溶接部を設けることは有効である。この場合は、試験対象と同等の溶接部を設けることが望ましい。

特に、異材継手部は健全部でも溶接部エコー等が検出されることから、対比試験片に実機と同等の溶接部を設けることが望ましい。

#### (解説-2342-1) 突合せ溶接継手用対比試験片の校正用反射体

米国ではASME Sec. XIの1974年版で、校正用反射体として横穴を規定していたが、1977年版から角ノッチ反射体（約10%T深さ）に変更された。しかし、1984年になってNUREG-1061（US.NRC報告書）が発行され、角ノッチは、横穴に比べて探傷感度が低くなる場合があり（横波45°斜角法のコーナ反射で、試験部の厚さ10mmで約-6dB）、SCC等の検出には横穴を用いるか、角ノッチを用いる場合には感度補正するよう勧告を出した。日本ではUTS、NSA及びNNWの成果から、縦波斜角探傷の場合にはノッチあるいはノッチを模擬した段差を有する対比試験片を用いることが有効であることが報告されている。

なお、横穴以外の反射体を設ける場合は、横穴を用いて行う基準感度の調整に支障をきたすことがないように反射体を配置する。

#### (解説-2342-2) 対比試験片の製作

対比試験片の製作公差については、以下の基準を準用する。

##### (1) 対比試験片の厚さ

試験部（実機）の製作公差を準用する。

試験部の厚さが連続的に変化する場合や異なる厚さの部材を接合している場合等は、感度校正が保守側となる（探傷器の設定感度が高くなる）ような条件の対比試験片とすることが望ましい。

##### (2) 校正用反射体（横穴）の加工位置及び穴径

ASME Sec.V, Subsection A Article 4, Nonmandatory Appendix Jでは、加工位置については、 $\pm 1/8$  インチ、穴径については、 $\pm 1/32$  インチを製作公差としている。この値は、超音波の減衰及び反射率を考慮すると妥当と考えられるため、本規程では、加工位置の製作公差は、対比試験片製作後の実測厚さを基準として $\pm 3$  mm、穴径の製作公差については、 $\pm 0.5$  mmとして製作することが望ましい。

#### (解説-2343-1) 対比試験片の曲率の有無

対比試験片の曲率要否を判断する曲率は、試験対象部の実測値、シーニング加工部の図面寸法、接合される母材の公称径のいずれかを用いる。

#### (解説-2350-1) 超音波自動探傷装置を使用する場合の原則

超音波自動探傷装置は、予め基本性能等を附属書Bに従って確認することとした。これは探傷時に試験体積が適切に探傷されるように、その作動誤差を考慮してより広い範囲を走査する等の対処をすることを意図したものである。

#### (解説-2420-1) 探触子の入射点及び屈折角を測定する際に用いる試験片

入射点及び屈折角を測定する際に用いる試験片は、JIS Z 2345-1, JIS Z 2345-2 又は JIS Z 2345-4 を標準とするが、特殊な探触子を適用する場合は、探触子の入射点、屈折角の測定及び時間軸の調整が可能な形状の試験片を用意し、測定及び調整に適用してもよい。

#### (解説-2420-2) 探触子の屈折角の選定

斜角探傷の場合、公称屈折角と実測屈折角は完全に一致する必要はない。探触子の屈折角は対象物の特性（音速）や探触子のシュー（くさび）の磨耗等の影響を受け、変化するが、実際には探傷能力にはほとんど影響を与えない。具体的には炭素鋼に対し、公称屈折角が $45^\circ$ の探触子を使用する場合、探触子の屈折角は、JIS Z 3060によると、実測屈折角とSTB屈折角との差異は $\pm 2^\circ$ の範囲内と規定されているが、オーステナイト系ステンレス鋼中の実際の屈折角は音響特性（音速差）の影響を受けるため、炭素鋼の屈折角に対して $3^\circ$ ずれ、概ね $5^\circ$ 程度の差が生じ得る。しかしながらきず検出性上問題ない程度であるため、そのまま試験を行っても差し支えない。

一般的に横波 $45^\circ$ を使用する場合には、コーナ部での反射効率は約 $33\sim 57^\circ$ の範囲

で一定であり、縦波の場合にも  $20\sim 70^\circ$  の範囲でほぼ一定である。このことから、公称屈折角と実測屈折角が大きく異なっても問題ないと考えられる。

#### (解説-2420-3) 探触子の入射点及び屈折角の測定頻度

探触子の入射点及び屈折角は、時間軸及び基準感度の確認を通じて変化の有無を知ることができる。したがって、探触子の入射点及び屈折角の確認は、試験開始前に要求することとし、以降は要求しないこととした。

#### (解説-2510-1) 探傷装置の再調整

時間軸及び基準感度の再調整は、時間軸及び基準感度に影響を与えない部品については不要である。また、予め時間軸及び基準感度に関して等価であることが証明される場合に限り、探傷装置の組合せを変えてよい。

#### (解説-2510-2) 複数の試験員で探傷装置を共有する場合

試験員が途中で交替する場合でも、事前に各々の試験員が調整状態を確認している場合には交替時の確認は特に要しないものとした。例えば、被ばく線量等の問題で、複数の試験員で一連の探傷作業を分担するような場合には、探傷開始前に複数の試験員で時間軸及び探傷感度の調整を確認し、同一の感度調整結果になった場合には、その複数の試験員で1台の探傷器を共有していると考えることができ、交替時の時間軸及び基準感度の確認は必要としない。また、試験の終了時の確認は探傷中の探傷装置の故障・劣化・誤操作の有無を確認するものであり、個々の試験員全てが行う必要がないことから、代表者による確認でよいものとした。なお、1つの試験対象部を複数名で探傷する場合でも、通常の試験員の交替(前の探傷者の探傷終了時の感度確認、次の探傷者の感度調整)を行う場合にはこの限りではない。

なお、自動探傷の場合、探触子の押し付けが機械的に行われていることから、試験員の交替時の確認は不要とした。すなわち、試験の終了時の確認は、前述のとおり探傷中の探傷装置の故障・劣化・誤操作の有無を確認するものであることから、自動探傷の場合は交替した後の試験員が行うことを意図したものである。

#### (解説-2510-3) 探傷装置の調整及び確認

これまで探傷の途中において時間軸及び基準感度の確認を定めたのは、連続的に行った試験の結果が全て無効にならないことを配慮して規定しているものであり、手動探傷の場合には、管理区域への1日当たりの入域時間等と整合させた経緯がある。

調整から確認までの時間は、調整した値が規定値より変化していたときに、最後に確認された時点以降の試験について再試験を行わなければならない量に関係することになり、その間隔は試験を行う側の判断で定めるものとした。

#### (解説-2510-4) 確認時のシミュレータの使用

確認作業を容易にするため、探傷中の感度確認及び時間軸確認にシミュレータを用

いてもよいこととしている。まず、探傷開始前に対比試験片で基準感度の調整を行ったのち別途準備されたシミュレータ（中間感度校正用試験片）からの反射波の高さ及び路程を確認しておく。その後の探傷中における確認は、最初のシミュレータによる確認時との感度差及び路程差で確認する。

シミュレータは、対比試験片に近い反射エコーが得られるものであれば、対比試験片と異なる反射源や形状、材質を用いても問題ない。

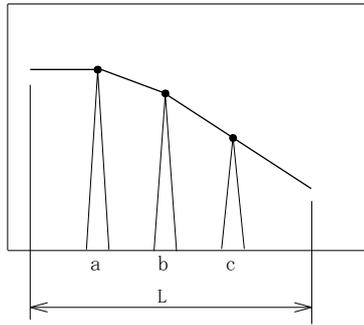
#### （解説-2510-5） メモリー機能を有した探傷器

1台の探傷器で複数の探傷条件を記憶/呼出しをすることができる探傷器が一般的になってきているが、それを使用する場合について新たに規定した。

メモリーの呼出時に、誤ったメモリー番号を呼び出してしまう等の誤操作を制限するために、シミュレータによる確認又は妥当な管理を行うこととした。

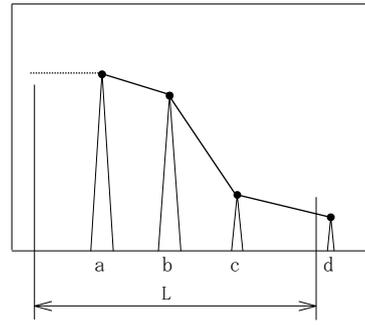
#### （解説-2520-1） DAC 曲線の作成方法

DAC 曲線の作成に当たっては、規定された探触子位置でプロットされたエコー高さのうちビーム路程が最小のものと最大のものとの間は原則として各点を直線で結ぶものとする。これを必要な時間軸範囲にわたって延長する方法を解説図-2520-1～解説図-2520-4 に示す（L は必要な時間軸，a, b, c は規定された探触子位置でのビーム路程を示す）。必要な時間軸範囲の記録レベルが、表示器の全目盛の 5%未満となる部分が生じた場合にあっては、時間軸範囲を分割して、分割された範囲ごとに表示器の全目盛の 5%以上になるように感度を調整して DAC 曲線を作成することができる。この場合、各時間軸範囲において基準となるエコーの表示器の目盛上の設定値及びその時の探傷器の設定感度を記録する。



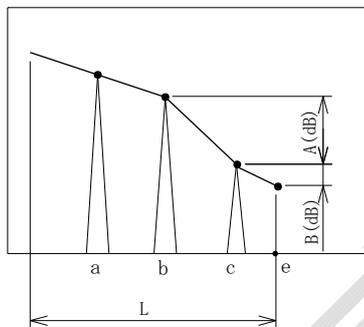
解説図-2520-1 隣合った2点を直線で結びそれを更に延長する方法

注) Lの始点並びに終点における記録レベルが、表示器上5%以上になる場合とする。



解説図-2520-2 規定外の探触子位置で更にエコー高さを求める方法

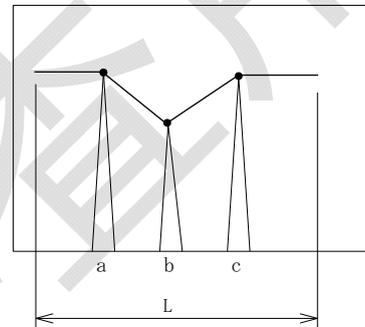
注) dのエコー高さを求めることが可能な場合であって、Lの終点における記録レベルが表示器上5%以上になる場合とする。なお、始点側にあっても同様な考え方で延長してもよい。



解説図-2520-3 減衰量を求めて延長する方法

$$B = \frac{A}{(c-b)} \times (e-c)$$

注) 解説図-2520-2のエコー高さを求めることが不可能若しくは不適切な場合であって、上の関係式から求めたLの終点における記録レベルが、表示器上5%以上になる場合とする。なお、始点側にあっても同様な考え方で延長してもよい。



解説図-2520-4 水平に延長する方法

注) 解説図-2520-1～解説図-2520-3でエコー高さを求めることが不可能若しくは不適切な場合とする。始点側にあっても同様な考え方で延長してもよい。

### (解説-2520-2) DAC回路を使用して基準感度を調整する時の表示器の目盛上のエコー高さについて

DAC回路を使用する場合、ASME Sec.V, Subsection A Article 4, Nonmandatory Appendix B and Cでは、表示器の全目盛の40～80%に調整することを規定している。使用する探傷器の増幅直線性が確認されていれば、そのエコー高さを表示器の全目盛の40～80%に調整しても問題はない。ただし本規程では、現行の使用実績を考慮して80%又は50%とした。

### (解説-2520-3) DAC回路を使用した場合の感度調整

DAC回路を使用した探傷を行う場合は、DAC回路を使用した状態で、表示器上80% (又は50%)に調整するもので、DAC回路を使用しない状態のエコー高さの確認は必要としない。

#### (解説-2520-4) 手動探傷における DAC 回路の使用

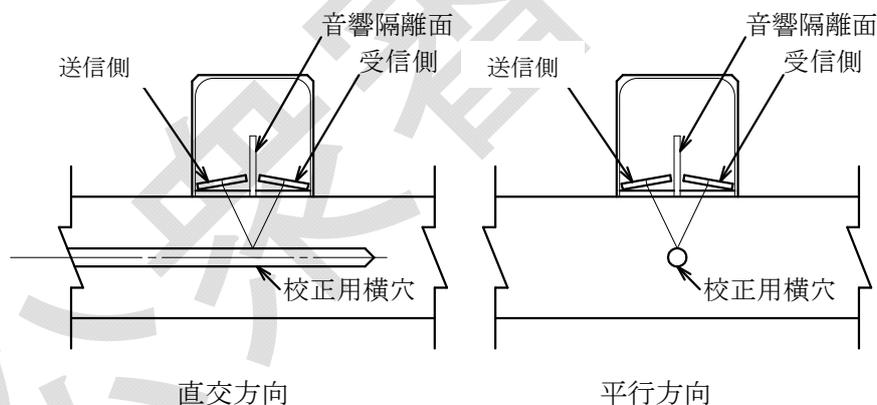
DAC 回路の性能が、基準感度の調整により確認されていれば、その使用は自動探傷に限定しているものではない。

#### (解説-2520-5) 対比試験片の超音波伝搬経路上の媒質

対比試験片の超音波反射面や、校正穴、ノッチの内部等が、水や油等で満たされている場合と空気等で満たされている場合とで、超音波の伝搬効率は多少の影響を受けるが、特に留意すべき差異はない。以前に行った PSI や ISI で行った感度校正と同等の方法で校正を行うことが適切である。

#### (解説-2520-6) 二振動子垂直探触子を使用する場合の感度校正の方法

二振動子垂直探触子を使用し、横穴を用いて基準感度校正した場合には、音響隔離面の向きによってエコー高さが大きく変化する。一般的には横穴の方向と音響隔離面の方向を直交させた方が基準エコー高さは低くなる（探傷器の設定感度が高くなる）ことから、直交させた感度校正を行うことを原則とした。ただし、従来から音響隔離面を平行にした校正を行っていることが感度校正記録や探傷要領書等で明らかな場合や、DAC 曲線の傾き等から証明できる場合は、従来と同様に平行にした校正を行うことが望ましい。



解説図-2520-5 二振動子垂直探触子を使用する場合

#### (解説-2520-7) 感度が上がっていた場合の再試験

ISI は、供用中に発生又は進展する亀裂等のきずの有無を確認し、経年劣化の兆候を把握することにある。

したがって、きずからのエコーについては、規定された基準感度の変動範囲内で評価するために再試験を行うことを求めている。一方で反射源位置の解析あるいは過去の記録 (PSI, 以前の ISI) との比較等から形状又は金属組織からのエコーと判断された部分については、再試験の必要性はないものとしている。

ただし、形状又は金属組織からのエコーと判断された部分が、以降の ISI できずエコ

一であるか否かの判断を行う場合に、過去のエコー高さ（DAC%）の情報を用いることがあるので、20%又は2dBを超えて上がっていた場合は、経緯を記録しておく観点から基準感度の変化量について記録しておくことが望ましい。

#### （解説-2520-8） 感度変化の考え方

感度確認時の許容変動範囲は、ASME Sec. XI、関連する JIS 等の多くは、2dB を” 超える” 変動を1つの目安としている。本規程においても2016年版で同様の基準に変更したが、原子力規制庁による技術評価(2021年7月21日原子力規制委員会決定)で「20%又は2dB以上下がっていた場合、20%又は2dBを超えて上がっていた場合」に読み替えるとされた。これを受け、探傷実施時の混乱を避けるために技術評価の結果を反映することとした。

#### （解説-2610-1） 手動探傷の場合の探触子の重なり及び走査速度

手動探傷の場合には探触子の重なり（50%以上）及び走査速度（150mm/s以下）を測定しながら探傷することは現実的ではない。探触子の重なりは接触媒質上の探触子走査の軌跡から探傷者がある程度確認ができること、2倍感度で走査しエコーが検出された場合には連続的にエコーピークを「探す」ことができることから、探触子の50%程度の重なりがあるように走査することで問題ない。走査速度については、150mm/sを超えるような走査では探傷器の波形の識別ができないことから、通常の探傷速度であれば150mm/s以下であると言える。

#### （解説-2610-2） 探触子の走査速度

探触子の走査速度の制限は、試験員が超音波探傷器の波形を観察する上で瞬間的なエコーを見逃す可能性を考慮した。このことから全てのAスコープを記録し保存する自動探傷装置を使用する場合には、走査速度の制限を超えてもよいものとした。

ここで速度の影響を受けない範囲とは、モックアップ試験体等で、実証的に速度の影響がないことが確認できた範囲と考えられる。

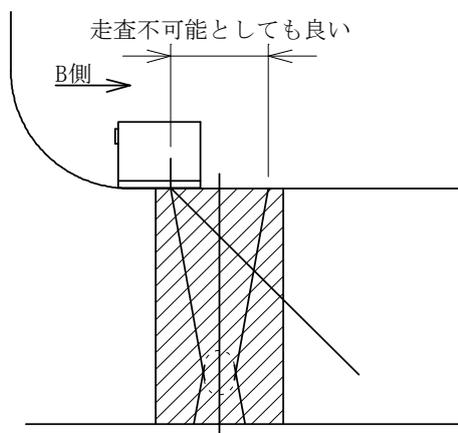
#### （解説-2610-3） 走査時の感度

手動探傷では探傷器の表示器に表示された反射波を試験員の目で認識し易いようにするため、探傷器の感度を基準感度の2倍以上に高めて走査を行うのが一般的である。自動又は半自動探傷装置を用いる場合は、データが自動収録され、反射波の高さは装置に内蔵されたDAC回路によって自動的に距離振幅補正されることから、基準感度のままで走査を行ってもよい。

#### （解説-2620-1） 実質的に有効な探傷ができない場合の走査不可能の考え方

ほとんど走査ができず、実質的に有効な探傷ができないような場合には、探傷不可能範囲として扱ってもよいとしている。これは解説図-2620-1のような形状においてB側からの探傷で試験体積の内表面に超音波が到達せず、実質的に有効な探傷ができて

いないと考えることができる。このような場合にあつては、試験員の被ばくを考慮し、B側からは走査不可能としてもよい。



解説図-2620-1 実質的に有効な探傷ができない場合の例

#### (解説-2711-1) きずからのエコーの取り扱い

過去のPSI又はISIの超音波探傷試験において、きずと分類された反射源については、継続監視していくことが重要である。そこで、過去の試験できずと分類された反射源については、その後の試験でDAC20%を下回るエコーが検出された場合においても、記録することを規定した。なお、この規定はASME Sec. XI, Division 1 Appendix III, Ultrasonic Examination of Vessels not Greater than 2 Inches (51mm) in Thickness III-4511の規定とも一致している。

なお、過去にきずと分類されていない反射源からのエコーについてはDAC20%以下のものを記録することを要求しているものではない。

#### (解説-2711-2) 金属組織からのエコー及び全般的に確認される形状エコーの取り扱い

記録レベルを超える指示の記録採取において、オーステナイト系ステンレス鋼溶接部を対象とした場合のように、試験部の金属組織に起因することが明らかな場合等で、再現性のないものについては、代表例について記録を採取することでよい。

同様にボルトのネジ部からのエコーのように、明らかに形状エコーと判断され、かつ試験範囲全体にわたって検出されるエコーについても、代表例及びその出現範囲の記録を採取することでよいものとした。

#### (解説-2711-3) 探傷記録の電子データ化

手動探傷においてはきずを見逃すことなく、かつきずであるかどうか疑わしい指示が検出された際には複数の試験員、試験評価員によって評価・判定が行えるよう、正確で再現性のある記録を採取する必要がある。よって、手動探傷は十分な経験と訓練された試験員が行うことを前提としている。また適用可能な部位については記録を電子データとして残す自動探傷(半自動探傷)を目指すことが望ましい。

#### (解説-2712-1) 反射源の位置の解析

反射源位置の作図において、その後行う反射源の種類分類に支障をきたすと判断される場合は、以下の手順に従うことが望ましい。

- (1) 表面形状が反射源の種類分類に影響を与えると判断される場合は、くし型ゲージ(シェイプゲージ)等により表面形状を考慮した上で、反射源位置の解析を行うことが望ましい。
- (2) 溶接継手中心が不明確で反射源の種類分類に影響を与えると判断される場合は、斜角法又は垂直法を用いて溶接継手中心を求めることが望ましい。
- (3) 内面形状変化がある場合で、反射源の種類分類に影響を与えると判断される場合は、詳細板厚測定を行うことが望ましい。このとき、オーステナイト系ステンレス鋼の詳細板厚測定を行う場合は、反射源の種類に必要な範囲にわたり、概ね2.5mm 間隔での測定が望ましい。

#### (解説-2712-2) 反射源の種類

表-2712-1 以外のエコー名称を用いる場合には、どのような反射源と判断したかを明確にし、次回の ISI でも確認できるようにしておくことを求めた。また、区分2でエコー名称が複数示されているものは、過去の ISI 記録、類似プラントとの連続性を考慮して適切なエコー名称を選択する。

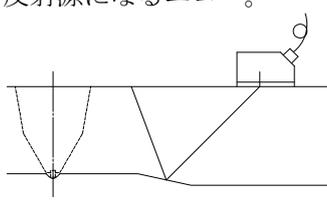
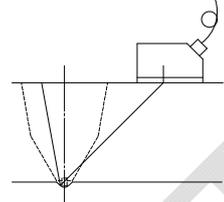
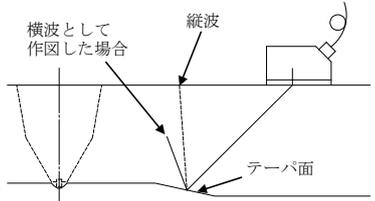
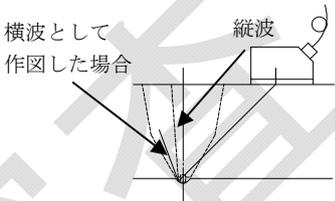
きずエコーのうち、他の試験手法や過去の試験結果等から具体的な反射源が推定可能な場合には、その分類を記述してもよいものとした。また、きずエコーについては、判断した理由を明確にしておくことで、次回の ISI でも確認できるようにしておくことを求めた。

解説表-2712-1 エコー分類(1/21)

A-a	
区分1：A 形状エコー	区分2：a テーパー部エコー
エコーの説明	エコー名表記：テーパー部エコー シーニング部エコー
<p>シーニング加工等の部分で配管内面にあるテーパー部とシーニング加工部，あるいはテーパー部と原配管との移行部分（テーパー移行部），テーパー面から反射されるエコー。一般的に最近のプラントではISI性を考慮し，45°斜角探傷を行う場合にはテーパー部は試験範囲外になるように設計されているが，古いプラントや設計上やむをえずシーニング部分を短くした場合等は記録される。</p>	
特徴/判別方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法：斜角探傷</li> <li>・対象物：シーニング加工のあるもの（材質問わず）</li> <li>・作図：反射源位置がテーパー（テーパー移行部，テーパー面等）からと特定できる。</li> <li>・特徴：周方向に連続性があり，通常はほぼ全周にわたって記録される。エコーは比較的明瞭で，エコー高さも高い場合がある。</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作図時にはテーパー部の位置を設計図面で確認すると共に，疑義のある場合等は必要に応じて垂直探傷等でテーパー部の位置を確認する。</li> <li>・JEAG4207-2004までは，テーパー面エコー及びテーパー移行部エコーと分類していたが，区分は困難であることからテーパー部エコーとした。</li> </ul>

解説表-2712-1 エコー分類(2/21)

A-b	
区分1：A 形状エコー	区分2：b 裏波部エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記：裏波部エコー
<p>溶接部裏波形状から反射されるエコー。裏波のある配管溶接部で一般的に記録される。 (裏波を除去してある容器等では記録されない)</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 斜角探傷</li> <li>・対象物： 溶接裏波のあるもの</li> <li>・作 図： 反射源位置が裏波形状部からと特定できる。</li> <li>・特 徴： 周方向に連続性があり，通常はほぼ全周にわたって記録される。エコー高さは様々で，非常に高いエコーが記録される場合もある。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・作図時には溶接中心の位置を注意して特定する。 (必要に応じて，外面ポンチマーク以外にも垂直探傷，斜角探傷の結果から溶接中心を特定する)</li> <li>・オーステナイト系ステンレス鋼溶接部の場合，柱状晶伝搬エコーとの区別は明確ではなく，作図で裏波形状になるものを裏波部エコーとしている。</li> </ul>	

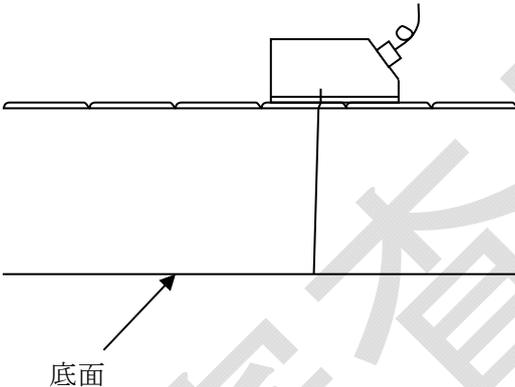
A-c	
区分1: A 形状エコー	区分2: c 表面エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 表面エコー モード変換エコー
<p>① 探傷面と反対面にあるシーニング加工部にあるテーパ部あるいは裏波部等で反射され、外表面が反射源になるエコー。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>② 探傷面と反対面にあるシーニング加工部にあるテーパ部あるいは裏波部等で反射され、反射時に横波→縦波へのモード変換をおこし、外表面が反射源となるエコー。(モード変換エコー)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>一般的に最近のプラントでは ISI 性を考慮し、45° 斜角探傷を行う場合にはテーパ部は試験範囲外になるように設計されているが、古いプラントや設計上やむをえずシーニング部分を短くした場合等はこれらのエコーが記録される。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: シーニング加工のあるもの、裏波形状のあるもの(配管等)</li> <li>・作図: テーパ面や裏波部で反射し、外表面に到達する。</li> <li>・特徴: テーパ面で反射し、縦波へのモード変換を考慮すると外表面に達する。モード変換を考慮しないで作図すると、対象物内部に作図される。(モード変換エコー)</li> </ul> <p>周方向に連続性があり、通常はほぼ全周にわたって記録される。外表面のダンピングによる確認で特定できる。モード変換エコーは、ビームがほぼ垂直に面にあたるため、エコー高さは非常に高い場合が多い。</p>	
<b>備考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・テーパ面でのモード変換のある場合とない場合を想定して作図検討を行う。テーパ部の位置を設計図面で確認すると共に、必要に応じて垂直探傷等でテーパ部の位置を確認する。</li> <li>・ダンピングによる確認を行う。</li> <li>・接触媒質が集まっていると高いエコーが得られることがある。</li> <li>・JEAG4207-2004 まではモード変換エコーと裏面エコーを区別していたが、反射源としては表面エコーと同等であることから、表面エコーに区分を統一した。</li> </ul>	

解説表-2712-1 エコー分類(4/21)

A-d	
区分1：A 形状エコー	区分2：d 内表面エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記：内表面エコー
<p>内面の小さな形状変化によって得られるエコー。一般的にエコー高さは低い。一般的に記録される。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 斜角探傷</li> <li>・対象物： 全て</li> <li>・作 図： 反射源位置が内表面に作図される。</li> <li>・特 徴： エコー高さは比較的低い。他の手法等で確認し、高さのある反射源（きずエコー）とは異なる探傷結果が得られる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・内表面からのきずエコーとの識別を行う必要がある。単一の探傷手法だけでは判断せず、過去の記録や複数の手法（例えば、詳細板厚測定や2次クリーニング波法、高さ測定手法等）から総合的に評価する必要がある。</li> </ul>	

A-e①	
区分1:A 形状エコー	区分2:e 底面エコー
エコーの説明	エコー名表記：“記録対象外”
<p>一般的に垂直探傷で，探傷面の反対面からの反射エコー。探傷面と反対面が平行でない場合にはエコーが得られない。</p>	
特徴/判別方法	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 垂直探傷</li> <li>・対象物： 全て</li> <li>・作 図： 一般的に作図は行わなくとも板厚値として特定可能。</li> <li>・特 徴： ほぼ常にエコーが得られる。多重反射によるエコーでも確認できる。</li> </ul>	
備 考	
—	

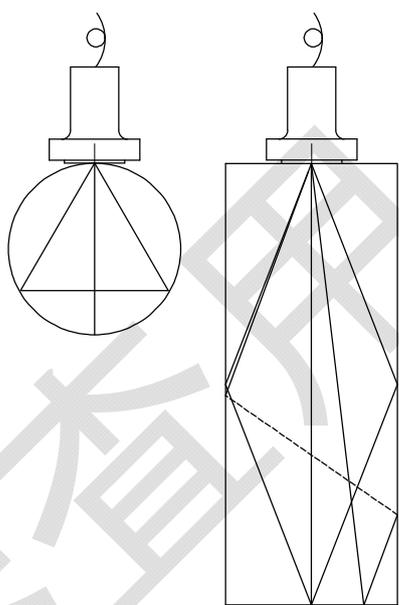
解説表-2712-1 エコー分類(6/21)

A-e②	
区分1:A 形状エコー	区分2:e 底面エコー
エコーの説明	エコー名表記：“記録対象外”
<p>斜角探傷で探傷面にクラッド部がある場合に、クラッド部と母材部との境界の急激な金属組織変化等により斜角探傷で入射された超音波の一部が屈折されて底面方向に垂直に反射されたエコー。</p>	
	
特徴/判別方法	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 斜角探傷</li> <li>・対象物： 試験探傷面にクラッド部があるもの</li> <li>・作 図： 通常の作図では反射源が試験体内部になる。</li> <li>・特 徴： <ul style="list-style-type: none"> <li>・他の探傷方向,屈折角で同じ反射源位置からの反射エコーがない。</li> <li>・ビーム路程が、横波音速における試験体板厚にほぼ相当する。</li> <li>・探触子を前後走査しても、ビーム路程の変動がない。</li> </ul> </li> </ul>	
備 考	
—	

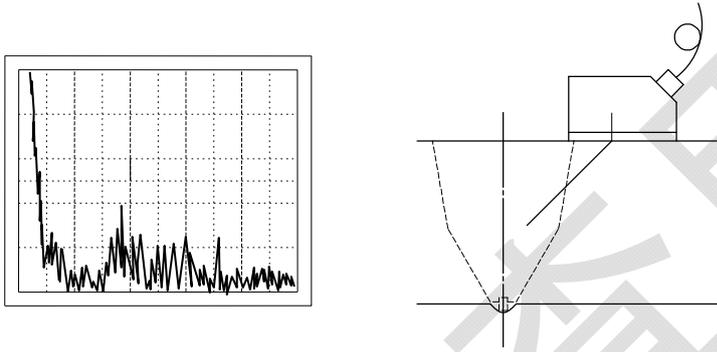
解説表-2712-1 エコー分類(7/21)

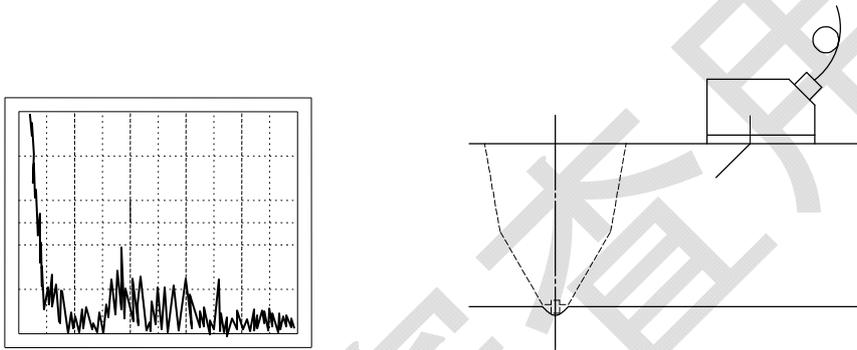
A-f	
区分 1 : A 形状エコー	区分 2 : f 側面エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記 : “記録対象外”
<p>一般的に垂直探傷で試験対象部の側面(探傷面及び底面を除いた面)からのエコー。側面近くを探傷した場合に得られることがある。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法 : 垂直探傷</li> <li>・対象物 : 一般的にボルト等の側面の影響を無視できないほど接近している場合の探傷を行ったときに多い</li> <li>・作 図 : ビームの拡がりを考慮すると側面に作図される。</li> <li>・特 徴 : 一般的に作図は実施しなくとも端面との位置関係で特定可能。側面に接近するとほぼ常にエコーが得られる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ビームの拡がりを考慮する場合には、理論式や文献等を参考に現実の範囲で作図する。</li> </ul>	

A-g	
区分1: A 形状エコー	区分2: g 端面エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: “記録対象外”
<p>一般的に斜角探傷等で, 対象物の端面のエコーが得られる場合で, 通常は試験体積外になる。ISI ではノズル胴溶接部等の探傷でノズルの内面コーナ部等を検出することが多く, この場合には"コーナエコー"あるいは"コーナからのエコー"と表現することが多い。</p> <p>屈折角が大きい探触子では, 試験体の端面そのものを検出する場合もある。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: 試験体端面が試験体積の近くにあるもの</li> <li>・作 図: 試験体端面に作図される。</li> <li>・特 徴: 明確なエコーとして得られる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
—	

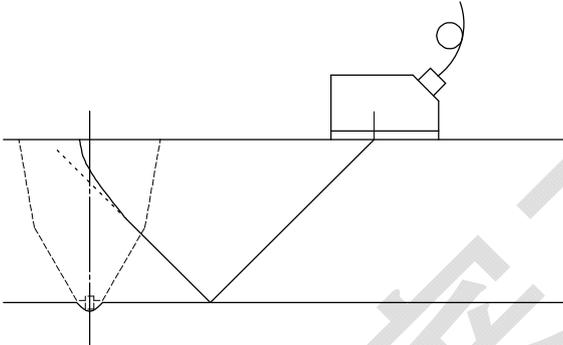
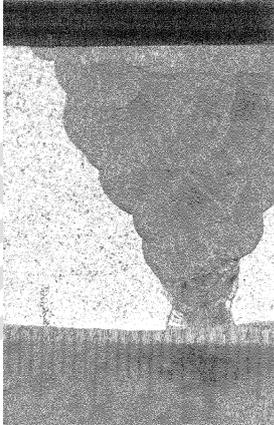
A-h	
区分1: A 形状エコー	区分2: h 遅れエコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: “記録対象外”
<p>垂直探傷等でボルト等の探傷を行う場合や、幅の狭い試験体の探傷を行う場合に見られることが多い。</p> <p>また柱状のものを側面から探傷する場合にも見られる。探触子のビームの拡がりにより、試験体の側面に超音波があたり、反射、モード変換により複雑なエコーを示す。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 垂直探傷, 斜角探傷</li> <li>・対象物: ボルトのような長さの長いものや柱状のものを探傷した場合が多い</li> <li>・作 図: 伝搬経路をそれぞれ考慮し, ビーム路程の確認を行っていく。</li> <li>・特 徴: はっきりしたエコーが得られる。第1回底面エコー以降に出現する例がほとんど。対比試験片で確認できる。</li> </ul>
<b>備 考</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・伝搬経路 (モード変換含む) を想定して路程を計算する。</li> </ul>

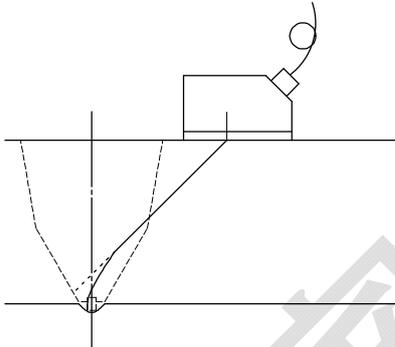
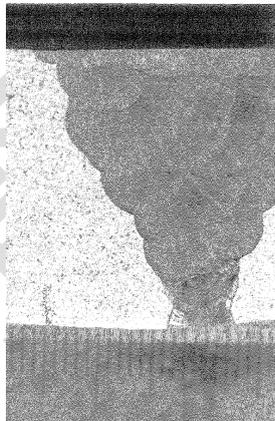
解説表-2712-1 エコー分類(10/21)

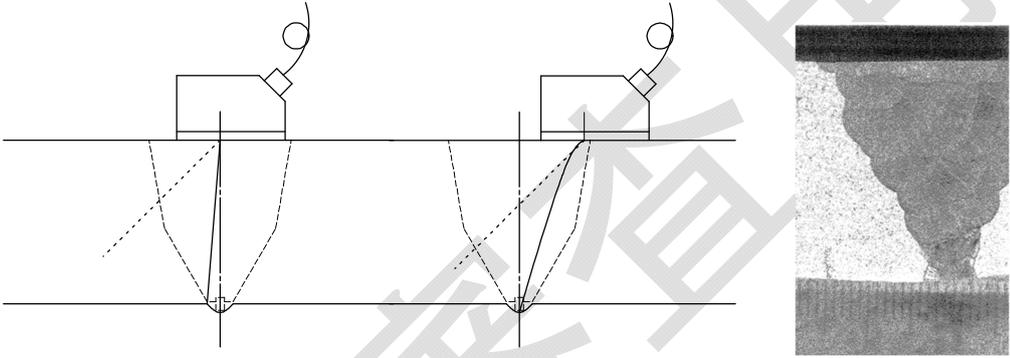
B-a	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: a 溶接部エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 溶接部エコー
<p>溶接金属中の金属組織内の結晶粒界や柱状晶組織からの反射エコー。結晶組織のその微細な組織の境界部や柱状晶組織の境界面からのエコーであるため、明確な反射源はない。波形も林状エコーと呼ばれる複数のピークのある波形を示すが、鋭いエコーを示すこともある。エコー高さはあまり高くない。</p>	
	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 垂直探傷, 斜角探傷</li> <li>・対象物: 溶接部 (オーステナイト系ステンレス鋼溶接部で顕著)</li> <li>・作 図: 作図により溶接金属内に反射源が作図される。</li> <li>・特 徴: 一般的に林状エコーと呼ばれる不明瞭なエコー形状を示す。エコー高さはあまり高くない。特定の屈折角でのみ検出されることが多い。不連続部ではないため、放射線透過試験では陰影はなく、掘削しても何もない。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・明らかな林状エコー形状の場合には記録対象外</li> <li>・従来の粒界エコー, 柱状晶エコー, 溶接部エコーを各々区分することは困難であり, 明瞭な判断はできない。オーステナイト系ステンレス鋼溶接部の場合には柱状晶組織となっていることが知られているので, 比較的是っきりしたエコーは柱状晶エコーとして記録している。</li> <li>・バタリングエコー, クラッドエコー等も溶接部からのエコーとして統一した。</li> </ul>	

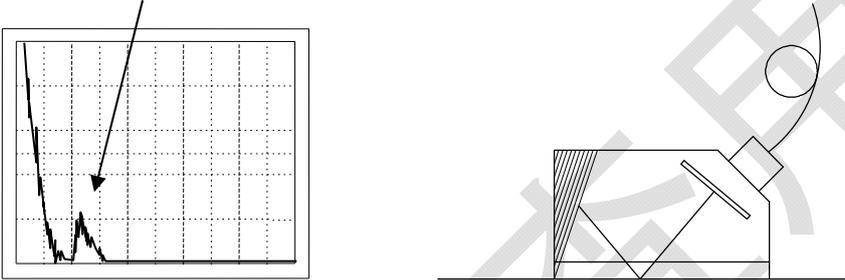
B-b	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: b 林状エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 林状エコー 又は金属組織エコー
<p>溶接金属ではない母材の金属組織からの反射エコー。材質の不均質によるその境界部からのエコーであるため、明確な反射源はない。波形も林状エコーと呼ばれる複数のピークのある波形を示す。エコー高さはあまり高くない。溶接部に反射源が作図される場合には溶接部エコーとなる。</p>	
	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 垂直探傷, 斜角探傷</li> <li>・対象物: 母材部</li> <li>・作図: 作図により母材に反射源が作図される。</li> <li>・特徴: 一般的に林状エコーと呼ばれる不明瞭なエコー形状を示す。エコー高さはあまり高くない。特定の屈折角でのみ検出されることが多い。不連続部ではないため、放射線透過試験では陰影はなく、掘削しても何もない。</li> </ul>	
<b>備考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・明らかな林状エコー形状の場合には記録対象外</li> </ul>	

B-c	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: c 境界面エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 境界面エコー 又は金属組織エコー
<p>溶接金属と母材部の境界面からのエコー。超音波特性の違いによりエコーとして得られる。母材と溶接金属で違う材質を使用している場合には比較的明確に測定できるが、同系統の材料の場合には不明瞭なエコーとなる。高感度で探傷を行うと境界面がわかる場合がある。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷, 垂直探傷</li> <li>・対象物: 溶接部</li> <li>・作図: 作図により溶接金属と母材の境界部に反射源が作図される。</li> <li>・特徴: 一般的にエコー高さはあまり高くない。不連続部ではないため、放射線透過試験では陰影はなく、掘削しても何もない。境界部に存在する融合不良の場合には鋭いエコーが得られ、反対からの探傷でも検出する。</li> </ul>
<b>備考</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・境界部の融合不良の場合には反対面からの探傷でも検出する。またエコーも鋭い形状をしている。</li> <li>・溶接境界面エコー, バタリング境界面エコー, クラッド境界面エコー等の区分は重要ではないので, 統一した。</li> </ul>

B-d①	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: d 柱状晶伝搬エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 柱状晶伝搬エコー
<p>オーステナイト系ステンレス鋼溶接部等の柱状晶組織(写真)によって、超音波の伝搬経路が偏向する。超音波は柱状晶組織の成長方向に偏向していく。これによって得られるエコーをいう。</p> <p>&lt;ケース1&gt;</p> <p>一回反射法(1スキップ)での探傷の範囲で超音波が偏向し、外表面で反射されるエコー。面反射エコーのため、非常に高いエコーが得られる場合がある。</p>	
 	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: オーステナイト系ステンレス鋼溶接部</li> <li>・作図: 作図により溶接金属外表面近傍に反射源が作図され、偏向を考慮すると外表面になる。</li> <li>・特徴: 一般的にエコー高さは高く、明確なエコーとなる。外面のダンピングで確認できる。周方向の連続性がある。</li> </ul>	
<b>備考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・狭開先溶接部の場合に、顕著に表れる。</li> </ul>	

B-d②	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: d 柱状晶伝搬エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 柱状晶伝搬エコー
<p>オーステナイト系ステンレス鋼溶接部等の柱状晶組織(写真)によって、超音波の伝搬経路が偏向する。超音波は柱状晶組織の成長方向に偏向していく。これによって得られるエコーをいう。</p> <p>&lt;ケース2&gt;</p> <p>直射法(0.5スキップ)での探傷の範囲で超音波が偏向し、裏波形状部(及び近傍)で反射されるエコー。面反射エコーのため、非常に高いエコーが得られる。裏波形状がなくとも内面にほぼ垂直に反射するため、同様のエコーが得られる。</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: オーステナイト系ステンレス鋼溶接部</li> <li>・作図: 作図により裏波形状部近傍に反射源が作図され、偏向を考慮すると裏波部(あるいはその周囲)になる。</li> <li>・特徴: 一般的にエコー高さは高く、明確なエコーとなる。周方向の連続性がある。他の屈折角での確認等が有効</li> </ul>	
<b>備考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・オーステナイト系ステンレス鋼溶接部の場合、裏波部エコーとの区別は明確ではなく、作図で裏波形状になるものは裏波エコー、偏向を考慮して裏波形状にあたるものを柱状晶伝搬エコーとしている。</li> </ul>	

B-d③	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: d 柱状晶伝搬エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 柱状晶伝搬エコー
<p>オーステナイト系ステンレス鋼溶接部等の柱状晶組織(写真)によって、超音波の伝搬経路が偏向する。超音波は柱状晶組織の成長方向に偏向していく。これによって得られるエコーをいう。</p> <p>&lt;ケース3&gt;</p> <p>探触子が溶接部の中心付近にある場合に、溶接金属で超音波が偏向し、内表面で反射されるエコー。面反射エコーのため、非常に高いエコーが得られる場合がある。</p>	
	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: オーステナイト系ステンレス鋼溶接部</li> <li>・作図: 作図により金属内部に反射源が作図され、偏向を考慮すると内表面になる。一般的にエコー高さは高く、明確なエコーとなる。</li> <li>・特徴: 周方向の連続性がある。反対側からの探傷や垂直探傷では検出されない。</li> </ul>	
<b>備考</b>	
—	

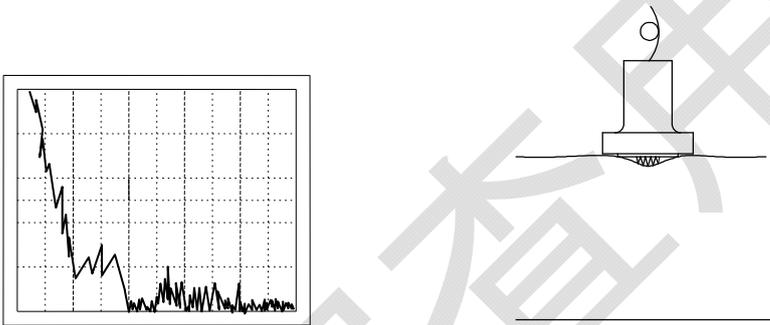
C-a	
区分1: C 雑エコー	区分2: a クサビエコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: “記録対象外”
<p>斜角探傷等で使用するクサビ（シュー，ウエッジともいう）内で反射されるエコーをいう。通常は発信パルスに連なって観測される。探触子を対象物から離しても定常的にエコーが観測される。</p>	
	
<b>特徴/判別方法</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 斜角探傷（垂直探傷でもシューを用いる場合にはある）</li> <li>・対象物： 全て</li> <li>・作 図： ー</li> <li>・特 徴： 定常的に観測され，探触子を対象物に接触させなくとも観測される。</li> </ul>
<b>備 考</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダンピング性能のあまりよくない探触子の場合には特に表れる。</li> </ul>

解説表-2712-1 エコー分類(17/21)

C-b	
区分1:C 雑エコー	区分2:b 残留エコー (ゴーストエコー)
エコーの説明	エコー名表記: “記録対象外”
<p>繰り返し周波数 (1秒間に発生させる超音波パルス数) が高すぎる場合に、1回前に発振したパルスの残像が出現する。対象物の超音波透過性が良い場合に観測される例がある。</p>	
特徴/判別方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 垂直探傷 (斜角探傷でも形状によってはありうる)</li> <li>・対象物: 超音波の透過性の良いもの</li> <li>・作 図: -</li> <li>・特 徴: 繰り返し周波数を変更できる探傷器であれば、繰り返し周波数を変化させることで確認できる。エコーは一定に得られ、底面エコー等と同じ動きをする。</li> </ul>
備 考	-

解説表-2712-1 エコー分類(18/21)

C-c	
区分1: C 雑エコー	区分2: c 電気ノイズエコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: “記録対象外”
<p>外乱による電気ノイズが記録されたもの。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 全ての探傷方法</li> <li>・対象物: 全て</li> <li>・作 図: ー</li> <li>・特 徴: 鋭いピークが表れ, 再現性がない。自動探傷で記録される場合には, 前後の スキャンとで連続性が全く無いことで確認できる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
—	

C-d①	
区分1：C 雑エコー	区分2：d 水エコー（カプラントエコー）
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記：“記録対象外”
<p>表面の凹凸により探触子接触面と探傷面との間に接触媒質の層ができる。その層で超音波が多重反射したもの。表面が平滑である場合にはあまり見られないが、凹凸のある面からの探傷の場合には大きいエコーが得られることがある。特に垂直探傷で顕著である。</p> <p>自動探傷等で記録された場合には、水エコー又はカプラントエコーと表記する。接触媒質として水を使用している場合には水エコー，その他の場合にはカプラントエコー等（グリセリンエコー等，カプラントと同等の用語でも可）と表記する。</p>	
	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 垂直探傷，斜角探傷</li> <li>・対象物： 表面凹凸の大きい対象物</li> <li>・作 図： ー</li> <li>・特 徴： 発信エコーが部分的に長く，高いエコー高さになる。手動探傷の場合には，探触子の接触状況を考慮することで確認できる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
ー	

C-d②	
区分1: C 雑エコー	区分2: d 水エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: “記録対象外”
<p>探傷面に塗布した接触媒質により, 1回反射のエコーが得られるもの。探触子の走査により接触媒質が部分的に盛り上がっている場合などに現れることが多い。表面のダンピングで容易に確認できる。</p> <p>また, 手動探傷の場合にはエコー源と思われる接触媒質を除去するとエコーが消失することでも確認できる。自動探傷で記録された場合には, 水エコー又はカプラントエコーと表記する。接触媒質として水を使用している場合には水エコー, その他の場合にはカプラントエコー等(グリセリンエコーなど, カプラントと同等の用語でも可)と表記する。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: —</li> <li>・作 図: 外表面(探傷面)に作図される。</li> <li>・特 徴: ダンピングで容易に確認できる。再現性は乏しく, 接触媒質を除去するとエコーも消失する。外表面側の柱状晶伝搬エコーと異なり, 再現性がない。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
—	

解説表-2712-1 エコー分類(21/21)

D-a	
区分1: D きずエコー	区分2: -
<b>エコーの説明</b>	<p>エコー名表記: きずエコー                  又は非金属介在物等                  (その他特定できた場合)</p> <p>他のいずれのエコーにも分類されず, 反射源が不全部又は不連続部であると推定されるもの。</p> <p>一般的に複数の探傷方法や他の非破壊試験手法の結果と合わせて総合的に判断する。このとき判断の経緯や考え方等を記録しておくことが望ましい。</p> <p>反射源の性状が推定できる場合には, 面状きず, 内在きず, ラミネーション状, 線状, 球状等の情報を記載してもよい。</p>
<b>特徴/判別方法</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: -</li> <li>・対象物: -</li> <li>・作 図: きずの発生する可能性のある部分に作図される。</li> <li>・特 徴: 複数の手法によって, その部分にきずのあることを示唆する結果が得られる。また推定される反射源が, 想定されるきず形状と合致する。</li> </ul>
<b>備 考</b>	—

#### (解説-2720-1) きず寸法測定を行う場合

ISI において、きずエコーが以前の記録と比較して有意な差がある場合等は、反射源のモデル化のためにきずの寸法を測定し、評価することが維持規格で求められている。

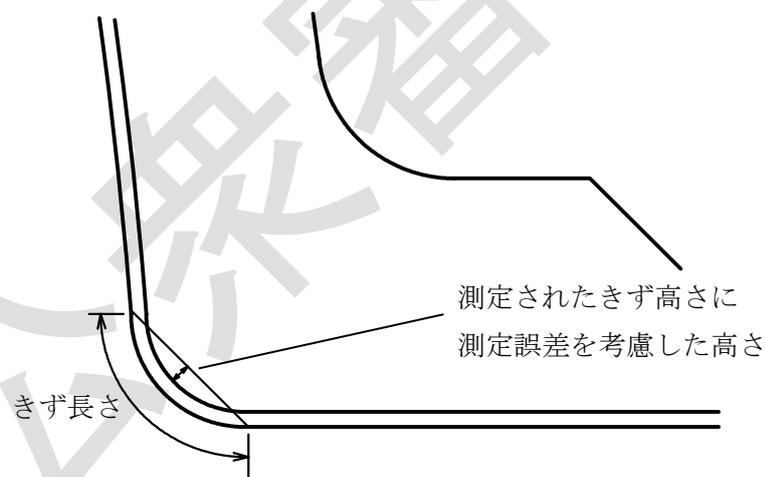
#### (解説-2720-2) きず長さの測定方法

表面開口きずの開口長さを測定する場合には、原則として DAC20%指示長さとするこ  
とで実際のきず長さに対して保守的に評価することができる。ただし、UTS の結果か  
ら、クラッド付きノズルコーナ部 (外面 R からの探傷、鏡部外面探傷)、異材継手バタ  
リング部 (外面探傷)、オーステナイト系ステンレス鋳鋼の場合には過小評価する可能  
性がある。例えばクラッド付ノズルコーナ部については、以下の考え方を参考として、  
保守的な評価を行うことが必要である。

なお、内在きずの長さ及び高さを測定する場合には、推定される反射源の性状や大  
きさ等を考慮して、エコー高さによる推定や附属書 A の方法を準用する等妥当と考え  
られる方法で行う。

##### ・クラッド付きノズルコーナ部：

きずの高さ測定を行い、その計測誤差を勘案した上で、想定されるきず形状から  
きず長さを推定する。



解説図-2720-1 クラッド付きノズルコーナ部のきず長さ測定例

#### (解説-2730-1) 追加の探傷

必要に応じて行う追加の探傷として、代表的なものとして以下が考えられる。

##### (1) 他の屈折角による確認

他の屈折角による探傷を行うことで、方向性のある反射源であるかどうかの推定  
や、どの方向に広がりがあるか等を推定することができる。

##### (2) 詳細な探傷ピッチでのデータ採取

自動探傷でデータ採取をした場合に、当該部について詳細なピッチでデータ採取

を行うことで、指示長さや最大エコー高さ等をより詳細に測定することができる。

(3) きず高さ測定

高さのある反射源か否かを判断するために、きず高さ測定を行い、亀裂状のきずであるか、なだらかな形状変化や微小な凹凸等であるかを推定することができる。

(4) ラミネーション状の反射源の傾きの確認

垂直探傷にて指示範囲の両端に対して反射源深さを測定し、その傾きが探傷面に対してどの程度傾いているかを推定することができる。

(5) 製造時の検査手法による探傷

製造時の検査手法による探傷を行い、変化の有無について確認を行うことができる。この時に各々の規格で要求されている探傷器等の性能試験（増幅直線性、時間軸直線性）については、本規程での要求を満たすことで代用できる。

**(解説-2730-2) 他の非破壊試験結果を含む総合的評価**

他の非破壊試験手法の結果を参照する等、本規程の範囲を超える試験結果を含めた総合的な判断を行うことは、解説-2200-1にもあるように、レベル3の資格保有者が行うものであると JIS Z 2305 に記載されている。

**(解説-2730-3) 有意な差**

以前の試験記録との比較においては、超音波探傷試験による検出性等の実証試験データや追加の探傷結果が参考となる。UTS では、解説表-2730-1 に示す結果が得られており、統計学上は  $2\sigma$  の範囲に約 96% のデータが含まれる。

解説表-2730-1 UTS で測定した標準偏差 (1 $\sigma$ ) の値

対象部位	最大 エコー高さ (dB)	X 方向位置 (mm)	Y 方向位置 (mm)	DAC20% 指示長さ (mm)
直管炭素鋼及び 平板炭素鋼クラッドなし試験体 *1	2.3	6.8	3	4.9
平板炭素鋼クラッド付試験体 (外面探傷) *2	4.2	10.3	9.2	20.6
直管オーステナイト系ステンレス鋼 疲労亀裂付与試験体 *3	3.0	10.9	2.4	7.0
直管オーステナイト系ステンレス鋼 SCC 付与試験体 *3	3.2	11.3	2.5	9.1
ノズルクラッド付試験体 (ノズルコーナ部) {ノズル外面 R 部探傷}	3.0	8.0	13.9	*6
ノズルコーナクラッド付試験体 (ノズルコーナ部) {鏡部外面探傷} *4	(8.5)	8.8	4.5	*6
ノズルセーフエンド異材継手試験体 (外面探傷) *5	6.4	7.9	3.7	13.1
主冷却配管 (オーステナイト系ステンレス鋳鋼) *4	(6.7)	(91.7)	(14.6)	*6

(注記)

探傷時間に制限はなく、一般の作業服を着用し、検査員が探傷し易い状態で試験を行った。

手動探傷で行い、5 チームが共通の機材 (探傷器、探触子等) を使用し、ほぼ同時期に行った。

\*1: ノズルクラッドなし疲労亀裂付与試験体の胴ノズル部を含む。なお、統計値は横波 45° を示す。

\*2: ノズルクラッド付疲労亀裂付与試験体の胴ノズル部及び容器胴 UCC 模擬試験体を含む。なお統計値は横波 45° を示す。

\*3: ノズルセーフエンド試験体のセーフエンド側 (オーステナイト系ステンレス鋼) に付与されたきずを含む

\*4: ノズルクラッド付試験体 (ノズルコーナ部) {鏡部外面探傷} 及び主冷却配管 (オーステナイト系ステンレス鋳鋼) の手動探傷のチーム数は 3 チームであり、一部の項目はデータ数が 5 個未満となることから、標準偏差は算出せず、最大値-最小値の最大値を括弧内に記載した。

\*5: ノズルセーフエンド試験体のバタリング部に付与されたきずが対象。統計値は縦波探触子の値を示す。

\*6: クラッドノズルコーナ部及び主冷却配管の指示長さの測定は統計値として削除した。

### (解説-2800-1) 試験記録

試験記録の各項目は全てを1枚の用紙に記録する必要はないが、各々の記録単位において、それぞれの項目が特定できることが必要である。複数枚にまたがる記録の場合には、個々の記録の識別番号や通し番号によって特定することが必要である。

### (解説-2800-2) 探傷及び走査不可能範囲の考え方

要求されている試験範囲に対して十分な走査ができない場合は、走査不可能範囲と探傷不可能範囲を記録することを求めている。一般的には図示し、その作図では超音波ビームの偏向等の考慮は必要ない。ここで各々の考え方を以下に示す。

#### ・走査不可能範囲

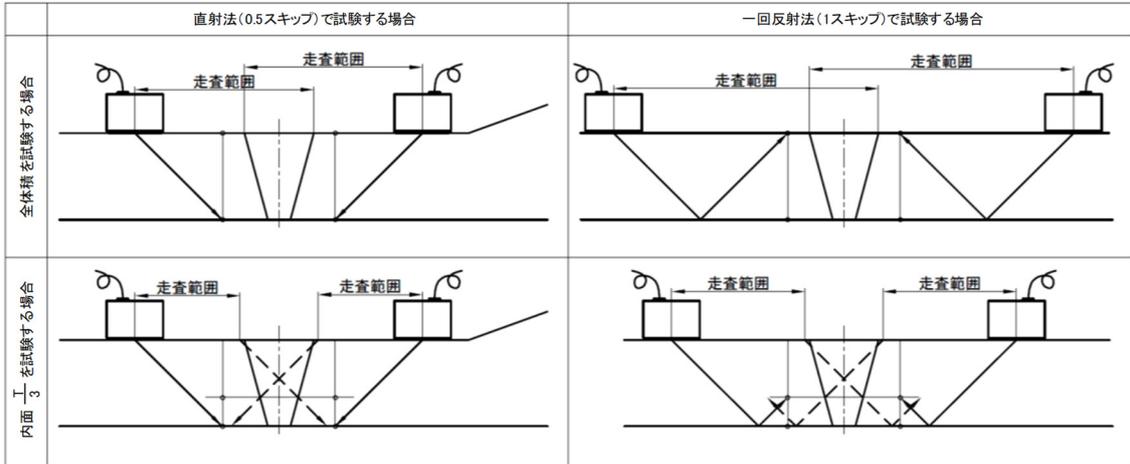
走査範囲内で、幾何学的形状等の理由により探触子が走査できない範囲を示す。

#### ・探傷不可能範囲 (解説表-2800-1)

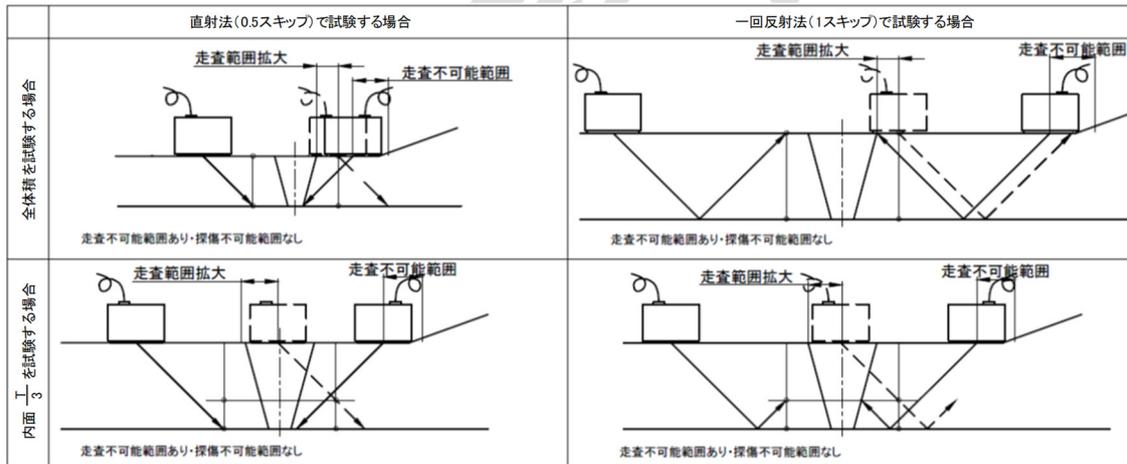
- (1) 炭素鋼, 低合金鋼等の溶接部で音波の透過性が良いもの  
3236 項, 4245 項又は 4254 項に従い探傷が不可能な範囲。
- (2) オーステナイト系ステンレス鋼等の溶接部で超音波透過性が悪いもの  
溶接金属内までは有効とみなすが、溶接金属を透過した探傷は無効とする。
- (3) オーステナイト系ステンレス鋼等の溶接部で超音波透過性が悪いものに対し、  
溶接線を透過した探傷をする場合  
4500 項に従い探傷した場合については、溶接金属を透過した内表面を有効として記録する。

解説表-2800-1(1) 走査範囲と探傷不可能範囲

- (1) 炭素鋼, 低合金鋼等の溶接部で音波の透過性が良いもの  
 a. 走査不可能範囲無し

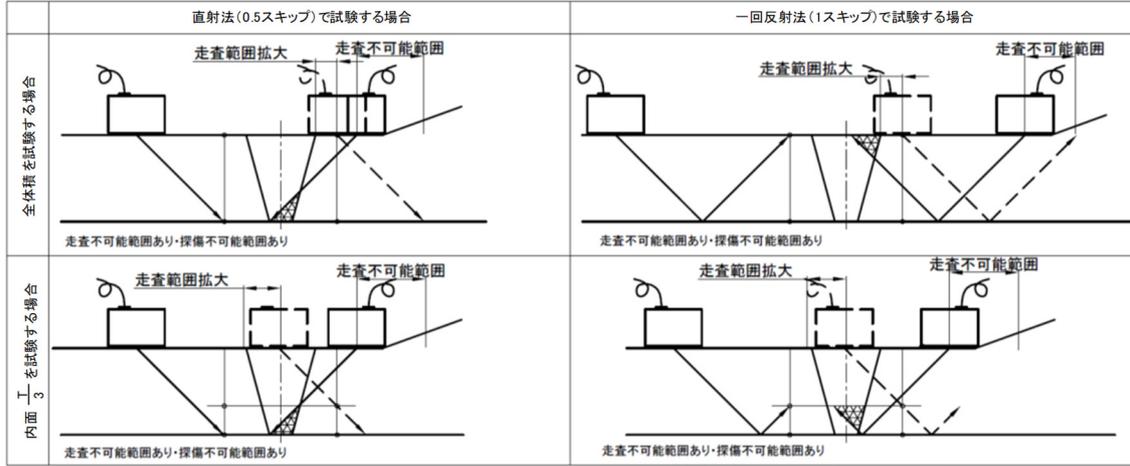


- b. 走査不可能範囲がある為, その反対側からの走査範囲を広げて探傷不可能範囲を削除した例

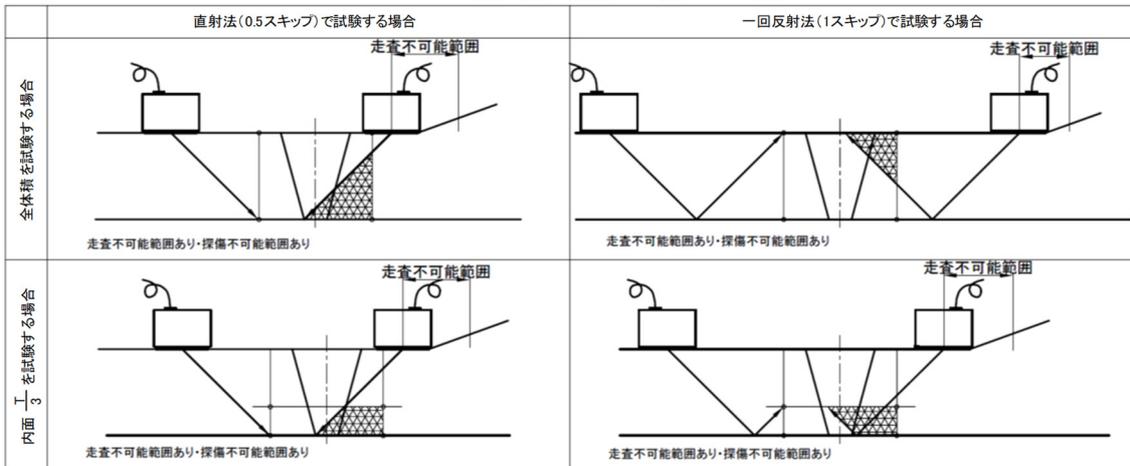


解説表-2800-1(2) 走査範囲と探傷不可能範囲

- c. 走査不可能範囲がある為、その反対側からの走査範囲を広げて母材の探傷不可能範囲を削減した例(両側から探傷が必要な溶接金属内に探傷不可能範囲が残る)



- (2) オーステナイト系ステンレス鋼等の溶接部で超音波透過性が悪いもの  
走査不可能範囲があり、溶接金属を透過したビームは無効とし探傷不可能範囲として作図した例



解説表-2800-1 (3) 走査範囲と探傷不可能範囲

- (3) オーステナイト系ステンレス鋼等の溶接部で超音波透過性が悪いものに対し、4500 項に従い溶接線を透過させた探傷を行った場合の例  
探傷不可能範囲図に溶接部を透過した探傷が実施されたことを追記する。

	直射法(0.5スキップ)で試験する場合	一回反射法(1スキップ)で試験する場合
全体積を試験する場合	<p>A側 走査不可能範囲 B側</p> <p>A側からオーステナイト系ステンレス鋼溶接部を透過しB側内表面の探傷を実施</p>	
内面 $\frac{1}{3}$ を試験する場合	<p>A側 走査不可能範囲 B側</p> <p>A側からオーステナイト系ステンレス鋼溶接部を透過しB側内表面の探傷を実施</p>	

## 第3章 容器の超音波探傷試験要領

### (解説-3100-1) オーステナイト系ステンレス鋼製容器の溶接継手

オーステナイト系ステンレス鋼製容器の溶接継手の試験要領において、本章に規定されていない2次クリーニング波法や縦波斜角法等による探傷を行う場合には、第4章の配管の超音波探傷要領を準用する。

### (解説-3100-2) ボルトの定義

本規程でいうボルトとは、軽水型原子力発電所用機器のうち、クラス1機器及びクラス2機器においてボルトとして使用するもので、スタッドを含むものとする。

### (解説-3211-1) 突合せ溶接継手に適用する斜角法の屈折角

突合せ溶接継手の斜角法の屈折角については、(財)原子力工学試験センター[後の(財)原子力発電技術機構]が昭和56～57年に行ったISI実証試験の報告から、 $45^\circ$ の1角度とした。なお、容器で厚さが51mmを超えるものにあつては、検出精度を上げるため、2角度で行うことを要求した。このとき、2角度の差は公称屈折角を基準に考えるが、厚さ(T)と径(D)の比(T/D)が大きい試験部の場合には、公称屈折角から計算される試験部内表面への入射角を基準に $10^\circ$ 以上の角度差とすることが望ましい。

### (解説-3231-1) 0.5S以上(一回反射)の試験を行う場合のDAC曲線

0.5S以上のビーム路程についても試験する場合には、更に(5/8)S、(6/8)S( $\frac{2}{4}$ T位置の横穴が設けられている場合)、(7/8)S及び(9/8)S[(9/8)Sからの反射波が得られる場合]のエコー高さを求めてプロットする。

### (解説-3420-1) 容器の外面から管台内面の丸みの部分を試験する場合の対比試験片

容器の外面から管台の内面の丸みの部分を試験する場合、超音波を丸みの部分に伝ばさせる方法として管台のコーナ円の法線方向から超音波を入射させる方法と接線方向から超音波を入射させる方法とがあり、そのいずれの方法を用いて試験してもよい。管台のコーナ円の法線方向から超音波を入射させる場合の対比試験片のノッチは、管台のコーナ円の接線方向に設けられ、管台のコーナ円の接線方向から超音波を入射させる場合には、法線方向のノッチが設けられる。したがって、使用する対比試験片は、超音波を入射させる方向と対応したものとする。

### (解説-3420-2) 管台内面の丸みの部分を試験する斜角法の屈折角

管台のコーナ円の法線方向に超音波を入射させて試験する場合については、屈折角度の異なる2種類以上の探触子で胴及び管台の外面を走査し、それらを組合せることによって試験範囲全体がカバーできるような屈折角を選定しなければならない。管台

のコーナ円の接線方向に超音波を入射させて試験する場合には，探触子位置と試験部との幾何学的位置関係からノッチからのエコーが十分検出できる屈折角を選定する。

**(解説-3620-1) ボルトの検査穴から斜角法で試験する場合の屈折角**

ボルトの検査穴から斜角法で試験する場合の屈折角は，ネジ底に加工したノッチからのエコーとネジの山，谷からのエコーとの間で有意差が出る屈折角を選定する。

一般的には， $40\sim 70^\circ$  の角度を用いる。

今泉審査専用

## 第4章 配管の超音波探傷試験要領

### (解説-4212-1) 2次クリーピング波法用の校正用反射体

2次クリーピング波の性質を考慮し、校正用反射体はノッチとした。高さについては、設計・建設規格の管における場合の標準試験片の校正用反射体を参考に設定した。

また、附属書の解説A-1200項で述べている超音波探傷試験によるPLR配管サイジング精度確性試験では、高さ1mmのノッチが適用されていることから、これを使用してもよいこととした。

なお、維持規格に規定されている評価不要きず寸法によると、板厚が10～50mmの範囲での最小評価不要きず寸法が1.5～2.0mm（板厚比で15～4%T）となる。

また、従来から継続して使用している対比試験片等がある場合には、試験結果の継続性を考慮し、その試験体を使用してもよいこととした。

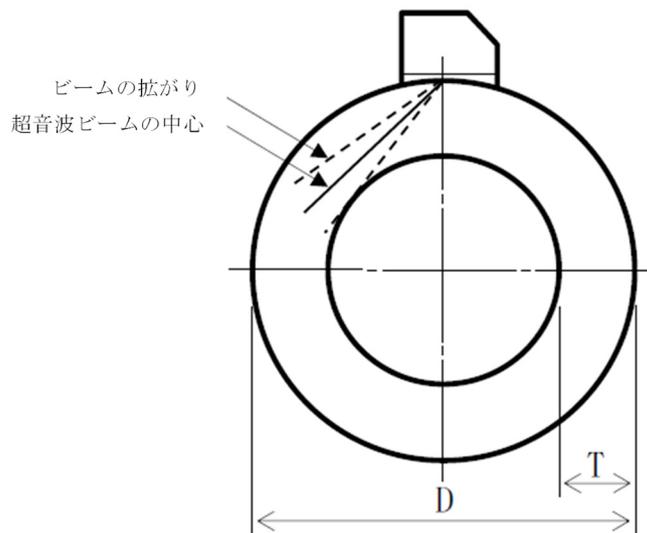
### (解説-4221-1) 探傷方法の一般

垂直法は、運転に伴って発生が想定される亀裂状の反射源についての検出能力は非常に低く、探傷の位置付けとして斜角探傷の妨害となる大きなラミネーション状の反射源の有無を確認するものである。このため現在の規定に照合して同等と考えられる探傷記録がある場合には垂直探傷を要求しないものとした。このときの記録については、ISIのように試験員の他にその試験内容・手順等を客観的に確認していることが必要である。実際にISIやそれに準ずる試験として行っている場合の他、PSIであっても第三者確認等を行っている場合はこれに含むものとする。なお、この場合であってもきずエコーの記録されている部位（溶接継手ではなく検出された反射源）については追跡監視を行う必要がある。

### (解説-4221-2) 周方向探傷の場合

配管周方向探傷等の場合には、厚さ(T)と径(D)の比(T/D)によって45°斜角探傷では内表面にビーム中心軸での探傷ができない場合がある。このような場合には、小さい屈折角（例えば屈折角35°）を用いた探傷を行うか、ビームの拡がりを見積もり、内表面部分の探傷が可能であることを確認する。

なお、超音波の減衰の大きい溶接継手の周方向探傷を行う場合には、管内表面に45°程度で入射する屈折角を選択することが望ましい。



解説図-4221-2 周方向探傷の超音波ビームの拡がり

(解説-4221-3) 斜角法においてきずであるかどうか疑わしい指示

斜角法による探傷を行い、DAC20%を超える指示が得られた場合は、2712 項に基づき、反射源の位置及び種類の解析を行い、「表-2712-1 UT 指示エコーの分類」で示すように分類する。これらの分類の結果から、明らかに形状エコー、金属組織エコー、雑エコー又は不連続部からのエコーと判断できる場合とそうでない場合がある。後者は、不連続部からのエコーである可能性を否定できないことから、このような場合の指示を“きずであるかどうか疑わしい指示”という。

きずであるかどうか疑わしい指示は、45° 以外の他の屈折角又は振動モードを用いた探傷方法で反射源の確認を行うことになる。2 次クリーピング波法もきずであるかどうか疑わしい指示の特定に用いる一つの手法である。

2 次クリーピング波法は、その原理から管内面の板厚方向に進展した開口亀裂状のきずに反応することから、管内面で裏波部の形状に起因するエコー、溶接金属組織からのエコーときずとの判断に不確実さが残る指示について用いることになる。

主にオーステナイト系ステンレス鋼配管溶接部の内面近傍で検出される DAC20%を超える指示で、過去の記録 (PSI, 以前の ISI) にない指示あるいは反射源の位置の解析上で不確実さ (位置の誤差) があると判断された指示に用いるのがよい。

(解説-4221-4) きずであるかどうか疑わしい指示に対する追加の探傷方法

きずであるかどうか疑わしい指示について、追加で行う探傷方法には以下がある。

- ・ 2 次クリーピング波法：内面開口きずに対して有効
- ・ 他の屈折角で探傷：反射源の面情報
- ・ 縦波斜角法：金属組織等のエコーの識別
- ・ 端部エコーの確認：亀裂状反射源の有無
- ・ 高分解能探触子による探傷：反射源の分離確認

・フェーズドアレイ技術：反射源の相対位置の画像表示，高さの有無の確認等  
これらの探傷方法を状況に応じて評価員が選択する。

#### (解説-4244-1) 小口径の場合の周方向走査の注意事項

小口径配管において，周方向に探触子を走査する場合（周継手溶接線に対して平行方向の走査）は，探触子を安定して走査させる必要がある。シューに適切なR加工を行うか，ジグ等により探触子を安定させる工夫を行うことが望ましい。

#### (解説-4244-2) 片側からの探傷の場合

幾何学的形状等のため，溶接線の両側（接合される両母材側）からの探傷が不可能で可能な側からの探傷を行うような場合で，減衰の大きな溶接継手（オーステナイト系ステンレス鋼等）を介した探傷をする場合には，縦波斜角法を行うことが望ましい。

#### (解説-4250-1) 縦波斜角法の基準感度の設定

縦波斜角法を用いた場合で，横穴のような反射源を用いて校正を行った場合には，亀裂状の反射源のコーナ部の反射エコー強度が低下する。ISI で主に対象とする表面近傍の亀裂状の反射源に対してはノッチを用いたエコー高さ評価とした。

#### (解説-4260-1) 2次クリーピング波の特異性

2次クリーピング波法では超音波の送信から受信までの間にモード変換により発生した縦波（2次クリーピング波）によるエコーの有無により管内面におけるきず（開口亀裂）の有無に関する情報を得るため，通常の垂直法及び斜角法とは異なる部分が多い。従って，共通事項である2320項，2420項，2500項及び2600項に代えて2次クリーピング波のみに適用する個別規定を設けた。

#### (解説-4262-1) 2次クリーピング波の場合の時間軸調整

2次クリーピング波法では，本来の2次クリーピング波の他に様々なエコーが得られる場合がある。これらのエコーは有用な場合もあるが，判断に迷うこともある。校正時にはノッチからのエコーで調整した後に，対象部により近い板厚の試験片の端面等を利用して，どの位置に2次クリーピング波が得られるかを確認してから探傷を行うとわかりやすい。

一般的には縦波探触子を用いて，板厚の4倍以上の時間軸に設定し，そのままの状態でクリーピング波探触子に付け替えて，ノッチからのエコーが画面の中央付近（ $1/3 \sim 2/3$ の範囲）になっていることを確認する。

#### (解説-4263-1) 2次クリーピング波の基準感度設定

2次クリーピング波法を長さ測定に用いる場合を考慮して基準感度の設定を要求した。

また，健全部（斜角探傷で疑わしい指示が検出されない部分）においても裏波形状

等によりエコーが検出される場合があるため、その場合は記録レベル(表示器の全目盛の10%)以下になるように感度を下げることとした。感度を下げた後は、他の複数の健全全部で確認することが望ましい。

なお、斜角探傷で全周にわたり指示があるような場合は、各プラントで準備されている対比試験片(2340項及び4210項で規定する対比試験片)に設けた溶接継手を利用し横穴等の校正用反射体又は参考反射体による影響を受けない部分を用いるか、又は探傷する溶接継手と同様な溶接施工条件で溶接された継手の健全全部で確認することが望ましい。

従来から適用している校正方法がある場合には、継続性を考慮しその手法を用いることができることとした。

#### (解説-4264-1) 探傷の方向

探傷は斜角法できずが検出された方向、すなわちきず長さ方向に対して超音波の伝ば方向が直角になる方向で、かつ母材側からの探傷のみとした。なお、2次クリーピング波法による確認は配管周方向のきずに対して適用する。なお、配管軸方向のきずに対してはその有効性が確認される範囲で使用することができる。

#### (解説-4265-1) 超音波ビーム方向の走査範囲

2次クリーピング波法では、クリーピング波を使うことや超音波の伝ば経路の中にモード変換が含まれることから、作図により幾何学的位置関係を把握することが困難である。このため、超音波ビーム方向の走査範囲は以下のいずれかとすることが望ましい。

- ・個別に2次クリーピング波が観測できる範囲を確認して、設定する。
- ・溶接線中心から2T程度離れた箇所から溶接線中心までとする。

通常は、きずが溶接熱影響部にある場合、溶接中心からT程度離れた位置で指示エコーが検出されることから、溶接中心から2T程度までを走査範囲とすれば十分と考えられる。

#### (解説-4266-1) 記録レベル

2次クリーピング波法をきず長さ測定の方法として使用する場合は考慮して記録レベルを定めた。4263項に従って基準感度を設定した場合、溶接部の裏波形状等に起因する形状エコーが概ね表示器の全目盛の10%以下となることから、記録レベルは表示器の全目盛の10%とした。

#### (解説-4267-1) きず長さ

2次クリーピング波法の記録レベルを超える指示長さと、斜角法のDAC20%指示長さが大きく異なる場合は、差異がある範囲についてきずではないと考えられる適切な理由がある場合、それを考慮した指示長さとし、その判断した経緯等を記録しておくことが望ましい。

なお、2次クリーニング波法により斜角法のDAC20%指示長さの測定誤差が改善される場合があることが報告されている<sup>(\*)</sup>。

(\*) 原子力安全・保安院 原子力発電設備の健全性評価等に関する小委員会(第6回：平成15年2月26日開催)

**(解説-4270-1) フェーズドアレイ技術を用いた探傷で使用する機材**

フェーズドアレイ技術を用いた探傷で使用する機材等については、従来の性能確認手順では確認が困難な部分が多いため、探傷目的に合致した性能を有していることをあらかじめ確認することを求めた。

**(解説-4300-1) 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手**

本項における容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手とは、ニッケル基合金溶接金属を用いた異種金属に対する突合せ溶接継手をいう。

**(解説-4310-1) 周方向探傷を行う場合の屈折角**

斜角法による探傷では一般的には横波 $45^\circ$ を用いた探傷を原則とするが、オーステナイト系ステンレス鋼やノズルセーフエンド部のような異材継手部(バタリング部)については外面から探傷する場合、縦波 $45^\circ$ を用いることが望ましい。また、このとき周方向探傷の場合には管内面における入射角が $45^\circ$ に伝ばするような屈折角を選択することが望ましい。

**(解説-4320-1) 校正用反射体(ノッチ)**

NNWにおいて、容器管台とセーフエンドとの異種金属溶接付き試験体に付与されたノッチの検出可能な最小高さは、一部を除き試験部厚さの10%である。内表面近傍のきず(開口亀裂)検出を対象とした感度校正を解説表-4320-1に示す。

解説表-4320-1 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手における  
検出可能な最小ノッチ (EDM スリット) 高さ (NNW)

区分	試験部位	試験部の厚さ; t (mm)	超音波モード及び屈折角	探傷面	欠陥種類	ノッチ付与面 (方向)	検出可能な最小ノッチ高さ mm (試験部厚さ; t の%)
容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手	PWR 原子炉容器出口管台セーフエンド溶接継手	87.7	縦波 45°	外面	EDM スリット*	内面 (周)	8.8mm (10%)
			縦波 45°, 36°			内面 (軸)	8.8mm (10%)
			縦波 70°	内面		内面 (周)	8.8mm (10%)
			縦波 70°			内面 (軸)	8.8mm (10%)
	BWR 原子炉再循環水入口管台セーフエンド溶接継手	31.5	横波 45°	外面	EDM スリット*	内面 (周)	3.2mm (10%)
			縦波 45°, 60°			内面 (軸)	7.9mm (25%)
	PWR 加圧器サージ管台セーフエンド溶接継手	46.0	横波 45°	外面	EDM スリット*	内面 (周)	4.8mm (10%)
			縦波 35°, 45°, 60°			内面 (軸)	
	PWR 加圧器安全弁管台セーフエンド溶接継手	29.6	縦波 45°, 60°	外面	EDM スリット*	内面 (周)	3.0mm (10%)
			縦波 45°, 35°			内面 (軸)	7.4mm (25%)

(注記) \* 溶接金属内に付与

出典：原子力安全基盤機構，“平成 17 年度 ニッケル基合金溶接部の非破壊検査技術実証に関する事業報告書(その 1)”平成 18 年 7 月

#### (解説-4320-2) 試験体の曲率

探傷面の曲率半径が 254mm を超える場合であっても、原則として曲率を有した対比試験片を使用することを求めている。その理由は、曲率を有する部位の周方向探傷においては、内面の反射源からのエコーは平板の場合に比べてビーム路程が長くなり、反射源位置を誤認するが生じるためであり、異種金属溶接継手に縦波斜角法を適用する場合は、探傷面の曲率半径と同じ曲率のもの又は探傷面の曲率半径の 0.7~1.1 倍のものを使用することが望ましいものとした。

#### (解説-4420-1) 校正用反射体 (ノッチ)

UTS において、オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手付き試験体に付与されたノッチの検出可能な最小高さは、一部を除き試験部厚さの概ね 10% である。内表面近傍のきず (開口亀裂) 検出を対象とした感度校正を解説表-4420-1 に示す。

解説表-4420-1 オーステナイト系ステンレス鋳鋼配管突合せ溶接継手における  
検出可能な最小ノッチ (EDM スリット) 深さ (UTS)

区分	試験部位	試験部の厚さ ; t (mm)	超音波モード及び屈折角	探傷面	欠種 陥類	ノッチ付与面 (方向)	検出可能な最小ノッチ深さ mm (試験部厚さ ; t の%)
オーステナイト系ステンレス鋳鋼継手	オーステナイト系ステンレス鋳鋼溶接継手	77.8	縦波 45°, 36°	外面	EDM スリット*	内面 (周)	12.1mm (15.5%t) (遠鋳材側からの探傷) 9.1mm (11.6%t) (静鋳側材からの探傷)

(注記) \* 熱影響部 (HAZ) に付与

出典：原子力安全基盤機構、「平成 16 年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書 (超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度の確認に関するもの) [総括版]」  
平成 17 年 4 月

(解説-4500-1) オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷

オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷は、下記に示す 2 つの電力共同研究 (以下、共研と称す) の成果を反映したものであり、実証された探傷条件に基づいて規定した。共研で実証した配管の突合せ溶接継手の母材と溶接金属の組み合わせを解説表-4500-1 に示す。

- (1) 「ステンレス鋼溶接金属を透過した UT (検出) 確認試験研究の成果」  
: 保全学 Vol. 9・No. 3・2010, 日本保全学会
- (2) 「ステンレス鋼溶接金属を透過した超音波探傷性能の確認結果 (第 2 報)」  
: 保全学 Vol. 14・No. 2・2015, 日本保全学会

解説表-4500-1 適用する母材と溶接金属の組合せ

区分	超音波入射側母材	溶接金属	超音波透過側母材
組み合わせ 1	オーステナイト系 ステンレス鋼	オーステナイト系 ステンレス鋼	オーステナイト系 ステンレス鋼
組み合わせ 2	オーステナイト系 ステンレス鋼	オーステナイト系 ステンレス鋼	オーステナイト系 ステンレス鋳鋼

本試験は配管の内表面に生じたきずを検出することが目的であることから、試験範囲は内表面に限定することとした。

試験部の厚さの範囲については、ASME Sec. XI Appendix VIII Supplement 2 において、実証しようとする手順書の最小厚さ+2.5mm 及び最大厚さ-13mm の試験体を含む 4 種類の試験体を使用することとしていること、一方で国内実績として板厚の 10% 程度の範囲において UT 特性は同等とみなされていること、対比試験片の代表厚さの規定等を考慮し、共研で使用した試験体の厚さ (最大 35mm) を参考に 40mm 以下とした。

(解説-4520-1) 探 触 子

オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷は、溶接金属部での超音波の減衰による SN 比の低下を考慮し、実証試験で実績のある 1~3MHz とした。

共研で用いられた探触子の仕様例を解説表-4520-1~解説表-4520-4 に示す。

解説表-4520-1 探触子の仕様例 (オーステナイト系ステンレス鋼同士の溶接継手の場合)

探触子				実証した 試験部の厚さ (mm)	
波モード		公称屈折角 (°)	周波数 (MHz)		振動子寸法 (mm)
縦	横				
○	—	45	2	13×6 <sup>*1</sup> (F20) <sup>*2</sup>	25
○	—			20×10 <sup>*1</sup> (F25) <sup>*2</sup>	35
○	—			10×18 <sup>*1</sup>	25 , 35
○	—		3	10×5 <sup>*1</sup>	10
○	—	60	1.5	8×14 <sup>*1</sup>	10
○	—			15×25 <sup>*1</sup>	25 , 35
○	—		2	20×10 <sup>*1</sup>	12.7 , 18.2
○	—			15×10 <sup>*1</sup> (F20) <sup>*2</sup>	25
○	—			29×15 <sup>*1</sup>	28.6 , 33.3
○	—		15×10 <sup>*1</sup> (F30) <sup>*2</sup>	35	
—	○		2.25	φ 12.7	10
—	○	70	2	φ 15	12.7 , 18.2
—	○		2	φ 25	28.6 , 33.3

\*1 : 送受信分割型, 片側のみの寸法を示す

\*2 : 括弧内は焦点深さを示す

解説表-4520-2 探触子の仕様例(オーステナイト系ステンレス鋼とオーステナイト系ステンレス鋳鋼の溶接継手において、オーステナイト系ステンレス鋼側から超音波を入射させる場合)

探触子				実証した 試験部の厚さ (mm)	
波モード		公称屈折角 (°)	周波数 (MHz)		振動子寸法 (mm)
縦	横				
○	—	70	2	20×10*	12.7 , 18.2
○	—			29×15*	28.6 , 33.3
—	○		1	φ 15	12.7
—	○			φ 20	18.2
—	○			φ 25	28.6
—	○			φ 30	33.3

\*：送受信分割型，片側のみの寸法を示す

解説表-4520-3 フェーズドアレイ探触子の仕様例  
(オーステナイト系ステンレス鋼同士の溶接継手の場合)

フェーズドアレイ探触子				実証した 試験部の厚さ (mm)	
波モード		電子走査 方法	周波数 (MHz)		振動子寸法 (mm)
縦	横				
○	—	セクタ	1.5	40×20*	10 , 25 , 35
○	—		2	40×20*	28.6 , 33.3
○	—			24×13	35
○	—		3	19.2×10	10 , 25
○	—			32×16*	12.7 , 18.2
—	○		1.5	16×11.8	10

\*：送受信分割型，片側のみの寸法を示す

#### 解説表-4520-4 フェーズドアレイ探触子の仕様例

(オーステナイト系ステンレス鋼とオーステナイト系ステンレス鋳鋼の溶接継手において、オーステナイト系ステンレス鋼側から超音波を入射させる場合)

フェーズドアレイ探触子 (全て送受信分割型)				実証した 試験部の厚さ (mm)	
波モード		電子走査 方法	周波数 (MHz)		振動子寸法* (mm)
縦	横				
○	—	セクタ	2	40×20	28.6 , 33.3
○	—	セクタ	3	32×16	12.7 , 18.2

\*: 片側のみの寸法を示す

#### (解説-4530-1) 対比試験片

共研では、対比試験片の校正用反射体は、縦波の場合、高さ1mmのノッチを用いて基準感度を設定し、横波の場合は横穴を用いて設定していることから、これを反映した。

#### (解説-4540-1) 横波を用いた探傷の扱い

共研では、横波によるオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷においても一部の条件で検出性は良好であることが確認されているが、DAC%エコー高さは低い傾向にある。また、一般的には、横波よりも縦波の方が溶接部における音波の透過性が高いことが知られている。このため、縦波による探傷に加えて横波による探傷を行ってもよいこととした。

#### (解説-4540-2) オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる場合の探傷条件

共研では、複数(少なくとも2つ以上)の試験条件における結果を総合的に判断することを推奨していることから、これを反映した。

なお、フェーズドアレイ技術(セクタ走査)は、屈折角を複数設定できることから、一つの設定で複数の屈折角のデータを確認することができる。このため、フェーズドアレイ技術(セクタ走査)で10°以上の異なる屈折角範囲で評価を行う場合には、2つ以上の異なる探傷条件とみなすことができる。

#### (解説-4560-1) 走査方法

オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷では、エコーを画像化することによる評価が有効であることが確認されている。従って、自動探傷やエンコーダー等を用いて連続的にデータを収録できるような走査を行うこととした。

#### (解説-4560-2) 探触子の走査方向

共研では、実機損傷事例を基に、溶接線に対し平行方向に長さをもつ割れの検出性について実証試験を行っていることから、超音波ビームの方向は溶接線に対して直角方向のみに限定した。

#### (解説-4570-1) 記 録

本探傷の目的は、オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させ、超音波入射側とは反対側の母材の内表面を確認することが目的であり、具体的には内表面に開口しているきずの有無を確認することである。

一般に確認される裏波部エコーや表面エコー等は、横波斜角法による探傷で確認される。したがって、本探傷で要求する記録は、きずエコーと分類されるエコーに対してのみとした。ただし、きずエコーと分類されるエコー以外のエコーも記録することを制限しているものではない。

#### (解説-4580-1) 記録方法及びエコー評価

オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷を行った場合、溶接金属等に起因するエコーが多数検出されるのが一般的である。このため、複数の探傷条件の結果を総合し、かつ探傷画像（採取したデータを合成処理したデータ等）、A スコープ波形の動き等を参照して、総合的に試験結果の評価を行うことを要求した。

[解 説]

全衆審査専用

## 第1章 総 則

### (解説-1100-1) 超音波自動探傷装置への要求性能

超音波自動探傷装置を用いる場合の、装置に要求される機能や性能、その確認方法、判定基準等を附属書Bとして規定した。

附属書Bは、本附属書発行後に製作された装置を想定した規定である。しかし、従来から使用してきている装置についても、適用が可能な部分については準用することが望ましい。

### (解説-1100-2) フェーズドアレイ技術を用いたきず検出手法

フェーズドアレイ技術は、従来の超音波探傷手法とは異なる部分も多い。このため、附属書Cとして規定した。

### (解説-1100-3) 炉心シュラウドに対する目視試験の代替試験として適用する超音波探傷試験の要領

炉心シュラウド溶接部については、目視試験(MVT-1)で点検するが、目視試験が困難な場合に渦電流探傷試験あるいは超音波探傷試験の適用が認められており、超音波探傷試験を適用する場合の要領について定めた。規程本文では体積検査として行う超音波探傷試験を対象としていることに対して、本要領は表面試験の代替としての扱いであり、試験対象範囲や感度が異なることから、附属書Dとして追加規定した。

### (解説-1100-4) 各章、附属書の適用範囲

本規程における対象箇所と目的によって適用される章、附属書の関係は解説表-1100-1のとおりである。附属書B及び附属書Cは代替規定であり、適用する場合には他の章、附属書の記載に代えて適用される。

解説表-1100-1 適用される章，附属書

対象箇所・目的		第1章	第2章	第3章	第4章	附属書A	附属書B	附属書C	附属書D
容器	きず検出・長さサイジング	○	○	○	—	—	※1	※2	—
	きず高さサイジング	○	○	—	—	○	※1	—	—
配管	きず検出・長さサイジング	○	○	—	○	—	※1	※2	—
	きず高さサイジング	○	○	—	—	○	※1	—	—
炉心 シュラウド	きず検出・長さサイジング	○	○	—	—	—	※1	※2	○

○：適用

—：適用外

※1：超音波自動探傷装置を用いる場合にのみ適用される

※2：フェーズドアレイ技術を用いる場合にのみ適用される

(解説-1322-1) 関連規格

本規程が参考とした規格については引用する年度を指定し，本規程が引用されることを想定した規格については，引用元の判断によるものとして年度を記載していない。

## 第2章 一般事項

### (解説-2010-1) 事前確認

適用する手法の能力[きず検出精度及びきず寸法測定誤差(きず長さ及びきず高さ)]を確認しておくものとした。

適用する手法と試験対象部位との組合せにおいて、過去に実施した公知の非破壊検査技術の実証試験(UTS, PLR 配管サイジング制度確性試験及びNSA等)と同等の探傷条件であれば、それらの成果を活用することができる。

ここで、同等の探傷条件とは、2320項探触子に規定される、周波数、超音波モード(横波又は縦波)、及び屈折角が同等であり、かつ基準感度の調整(DAC曲線の作成)が可能な場合をいう。

またNDIS 0603あるいは米国ASME Sec. XI等のPD資格試験に合格したもの(探傷装置、手順書、試験員の組合せ)であれば、PD合格基準の値を活用することができる。

### (解説-2120-1) 表面の仕上げ

プラント新設あるいは既設プラントの改造工事時等、新たに溶接施工する部位は、溶接部の余盛等は走査に支障のないように平滑に仕上げを要求した。

なお既設の溶接部で、斜角探傷で配管内面の探傷が十分可能である場合等は、溶接余盛を除去する改造工事を要求しているものではない。

### (解説-2200-1) 試験評価員及び試験員

試験評価員は、ISIについて試験員として経験を有し、必要な資格を保有している者である必要がある。また、試験評価員及び試験員は、試験を行うために教育、訓練を受け、原子力発電所に関する一般的な知識を有することが望ましい。

試験評価員、試験員及び試験補助員(無資格者)の実施可能な業務の例は以下である。(実際の運用ではこれに準じて解釈する)

なお、試験補助員(無資格者)が実施可能な作業は、探傷試験の結果に影響を与える作業も含まれるため、何れの作業であっても試験員の監督下で行われる。

試験補助員(無資格者)が実施可能な作業：試験面の処理(ミガキ等)、基準線のマーキング、データメモ、データ入力、後処理、機材の整備(探傷器の清掃、対比試験片の清掃・錆落とし等)、自動探傷の場合の装置設置・調整・操作(感度校正に関する部分を除く)

試験員：機材の点検・性能確認実施、感度校正、探傷、エコーの分類、記録作成

試験評価員：機材の点検・性能確認結果の承認、追加の確認探傷の要否の判断及び試験結果の承認

なお、探傷要領書・手順書の承認、本規程の記載範囲を超える代替手法を採用する場合等の判断やその結果の承認は、レベル3の資格保有者が行うものとJIS Z 2305で記載されている。

**(解説-2320-1) 超音波モードの選定**

斜角探傷の場合の超音波モード(横波/縦波等)の選定は、原則として解説表-2320-1に示す考え方で選択することが望ましい。このとき、過去のPSI又はISIで使用していた超音波モードと異なるモードで探傷を行った場合で、きずエコーが検出された場合には、過去の探傷で使用した超音波モードでも確認を行うことが望ましい。

解説表-2320-1 超音波モードの選定例

対象箇所		超音波モード
低合金鋼、炭素鋼等の超音波の伝ば性の良いもの		横波
オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手等の減衰の大きいもので溶接継手の両側から探傷可能な場合		横波*1
オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手等の減衰の大きいもので、片側からのみ探傷可能で、探傷不可能範囲を低減するために溶接線を透過した探傷を行う場合	通常の探傷範囲	横波
	溶接線を透過した探傷を行う範囲	縦波*2
オーステナイト系ステンレス鋼等の超音波の減衰の大きい材料の探傷を行う場合*3		縦波
ニッケル基合金溶接継手の探傷を行う場合*3	周方向探傷	縦波
	軸方向探傷	横波*4

\*1：厚肉部等、超音波の減衰が著しいものは縦波を用いてもよい。

\*2：内表面近傍のみを検出対象とする。

\*3：UTS, NNW で検出性が確認されているのは、オーステナイト系ステンレス鋼管(遠铸件, 静铸件)及びニッケル基合金溶接継手である。

\*4：縦波を用いてもよい。

**(解説-2340-1) 対比試験片**

ISIにおける超音波探傷試験は、設備の供用中に発生するきずを検出するために行われることから、PSI及びISI時に用いた対比試験片で基準感度を調整し、同一方法で試験して、その結果を比較することにより、きずの発生又は進展を確認する必要がある。

したがって、図示した形状・寸法と異なる試験片であっても、それがPSI又は以前のISI時に用いられていたものであれば、継続してその試験片を用いて試験することが望ましい。技術上問題があると考えられる場合には、従来から使用してきた対比試験片との感度差等を確認した上で、規定に合致した対比試験片を再製作することになる。

技術上問題ないと評価されるものの例として、以下のように感度校正結果に有意な差がないと評価される場合や、感度校正が保守側（探傷器設定感度が高くなる）となる場合が挙げられる。

- (1) 端面から校正用横穴までの距離が40mmよりも短い、使用する探触子を考慮すると横穴からのエコーを検出する位置で端面の影響を受けないと判断される場合。
- (2) 校正用横穴の長さが40mmよりも短い、使用する探触子を考慮すると、穴長さの影響が基準エコー高さに影響を与えないと判断される場合。
- (3) 試験部の厚さ25mm以下の穴径は2.4mmであるが、試験部の厚さによっては、保守側に2.4mm未満である場合。

#### (解説-2341-1) 対比試験片に用いる材料

“同等”とは材質が同じでなくても超音波の伝ば性（主として減衰）が同等であればよい。例えば、オーステナイト系ステンレス鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼及びフェライト系ステンレス鋼の母材はそれぞれ同等とみなす。

また、本対比試験片については規格名称又は規格番号等の正確な材質を確認する必要はなく、オーステナイト系ステンレス鋼あるいはフェライト鋼のような材料区分が確認できるものであれば使用できる。

#### (解説-2341-2) 対比試験片の溶接部

一般的に同一材料の継手に対する対比試験片に溶接部を設けることは必ずしも必要としない。しかし、裏波エコーや溶接部エコーの確認を目的として、明らかに健全な溶接部を設けることは有効である。この場合は、試験対象と同等の溶接部を設けることが望ましい。

特に、異材継手部は健全部でも溶接部エコー等が検出されることから、対比試験片に実機と同等の溶接部を設けることが望ましい。

#### (解説-2342-1) 突合せ溶接継手用対比試験片の校正用反射体

米国ではASME Sec. XIの1974年版で、校正用反射体として横穴を規定していたが、1977年版から角ノッチ反射体（約10%T深さ）に変更された。しかし、1984年になってNUREG-1061（US.NRC報告書）が発行され、角ノッチは、横穴に比べて探傷感度が低くなる場合があり（横波45°斜角法のコーナ反射で、試験部の厚さ10mmで約-6dB）、SCC等の検出には横穴を用いるか、角ノッチを用いる場合には感度補正するよう勧告を出した。日本ではUTS、NSA及びNNWの成果から、縦波斜角探傷の場合にはノッチあるいはノッチを模擬した段差を有する対比試験片を用いることが有効であることが報告されている。

なお、横穴以外の反射体を設ける場合は、横穴を用いて行う基準感度の調整に支障をきたすことがないように反射体を配置する。

#### (解説-2342-2) 対比試験片の製作

対比試験片の製作公差については、以下の基準を準用する。

##### (1) 対比試験片の厚さ

試験部（実機）の製作公差を準用する。

試験部の厚さが連続的に変化する場合や異なる厚さの部材を接合している場合等は、感度校正が保守側となる（探傷器の設定感度が高くなる）ような条件の対比試験片とすることが望ましい。

##### (2) 校正用反射体（横穴）の加工位置及び穴径

ASME Sec.V, Subsection A Article 4, Nonmandatory Appendix Jでは、加工位置については、 $\pm 1/8$  インチ、穴径については、 $\pm 1/32$  インチを製作公差としている。この値は、超音波の減衰及び反射率を考慮すると妥当と考えられるため、本規程では、加工位置の製作公差は、対比試験片製作後の実測厚さを基準として $\pm 3$  mm、穴径の製作公差については、 $\pm 0.5$  mm として製作することが望ましい。

#### (解説-2343-1) 対比試験片の曲率の有無

対比試験片の曲率要否を判断する曲率は、試験対象部の実測値、シーニング加工部の図面寸法、接合される母材の公称径のいずれかを用いる。

#### (解説-2350-1) 超音波自動探傷装置を使用する場合の原則

超音波自動探傷装置は、予め基本性能等を附属書Bに従って確認することとした。これは探傷時に試験体積が適切に探傷されるように、その作動誤差を考慮してより広い範囲を走査する等の対処をすることを意図したものである。

#### (解説-2420-1) 探触子の入射点及び屈折角を測定する際に用いる試験片

入射点及び屈折角を測定する際に用いる試験片は、JIS Z 2345-1, JIS Z 2345-2 又は JIS Z 2345-4 を標準とするが、特殊な探触子を適用する場合は、探触子の入射点、屈折角の測定及び時間軸の調整が可能な形状の試験片を用意し、測定及び調整に適用してもよい。

#### (解説-2420-2) 探触子の屈折角の選定

斜角探傷の場合、公称屈折角と実測屈折角は完全に一致する必要はない。探触子の屈折角は対象物の特性（音速）や探触子のシュー（くさび）の磨耗等の影響を受け、変化するが、実際には探傷能力にはほとんど影響を与えない。具体的には炭素鋼に対し、公称屈折角が $45^\circ$ の探触子を使用する場合、探触子の屈折角は、JIS Z 3060によると、実測屈折角とSTB屈折角との差異は $\pm 2^\circ$ の範囲内と規定されているが、オーステナイト系ステンレス鋼中の実際の屈折角は音響特性（音速差）の影響を受けるため、炭素鋼の屈折角に対して $3^\circ$ ずれ、概ね $5^\circ$ 程度の差が生じ得る。しかしながらきず検出性上問題ない程度であるため、そのまま試験を行っても差し支えない。

一般的に横波 $45^\circ$ を使用する場合には、コーナ部での反射効率は約 $33\sim 57^\circ$ の範囲

で一定であり、縦波の場合にも  $20\sim 70^\circ$  の範囲でほぼ一定である。このことから、公称屈折角と実測屈折角が大きく異なっても問題ないと考えられる。

#### (解説-2420-3) 探触子の入射点及び屈折角の測定頻度

探触子の入射点及び屈折角は、時間軸及び基準感度の確認を通じて変化の有無を知ることができる。したがって、探触子の入射点及び屈折角の確認は、試験開始前に要求することとし、以降は要求しないこととした。

#### (解説-2510-1) 探傷装置の再調整

時間軸及び基準感度の再調整は、時間軸及び基準感度に影響を与えない部品については不要である。また、予め時間軸及び基準感度に関して等価であることが証明される場合に限り、探傷装置の組合せを変えてよい。

#### (解説-2510-2) 複数の試験員で探傷装置を共有する場合

試験員が途中で交替する場合でも、事前に各々の試験員が調整状態を確認している場合には交替時の確認は特に要しないものとした。例えば、被ばく線量等の問題で、複数の試験員で一連の探傷作業を分担するような場合には、探傷開始前に複数の試験員で時間軸及び探傷感度の調整を確認し、同一の感度調整結果になった場合には、その複数の試験員で1台の探傷器を共有していると考えることができ、交替時の時間軸及び基準感度の確認は必要としない。また、試験の終了時の確認は探傷中の探傷装置の故障・劣化・誤操作の有無を確認するものであり、個々の試験員全てが行う必要がないことから、代表者による確認でよいものとした。なお、1つの試験対象部を複数名で探傷する場合でも、通常の試験員の交替(前の探傷者の探傷終了時の感度確認、次の探傷者の感度調整)を行う場合にはこの限りではない。

なお、自動探傷の場合、探触子の押し付けが機械的に行われていることから、試験員の交替時の確認は不要とした。すなわち、試験の終了時の確認は、前述のとおり探傷中の探傷装置の故障・劣化・誤操作の有無を確認するものであることから、自動探傷の場合は交替した後の試験員が行うことを意図したものである。

#### (解説-2510-3) 探傷装置の調整及び確認

これまで探傷の途中において時間軸及び基準感度の確認を定めたのは、連続的に行った試験の結果が全て無効にならないことを配慮して規定しているものであり、手動探傷の場合には、管理区域への1日当たりの入域時間等と整合させた経緯がある。

調整から確認までの時間は、調整した値が規定値より変化していたときに、最後に確認された時点以降の試験について再試験を行わなければならない量に関係することになり、その間隔は試験を行う側の判断で定めるものとした。

#### (解説-2510-4) 確認時のシミュレータの使用

確認作業を容易にするため、探傷中の感度確認及び時間軸確認にシミュレータを用

いてもよいこととしている。まず、探傷開始前に対比試験片で基準感度の調整を行ったのち別途準備されたシミュレータ（中間感度校正用試験片）からの反射波の高さ及び路程を確認しておく。その後の探傷中における確認は、最初のシミュレータによる確認時との感度差及び路程差で確認する。

シミュレータは、対比試験片に近い反射エコーが得られるものであれば、対比試験片と異なる反射源や形状、材質を用いても問題ない。

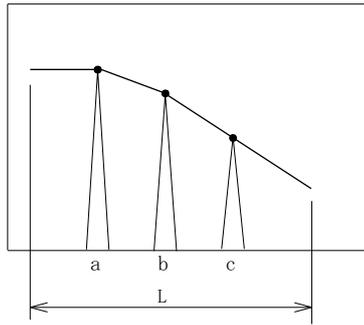
#### （解説-2510-5） メモリー機能を有した探傷器

1台の探傷器で複数の探傷条件を記憶/呼出しをすることができる探傷器が一般的になってきているが、それを使用する場合について新たに規定した。

メモリーの呼出時に、誤ったメモリー番号を呼び出してしまう等の誤操作を制限するために、シミュレータによる確認又は妥当な管理を行うこととした。

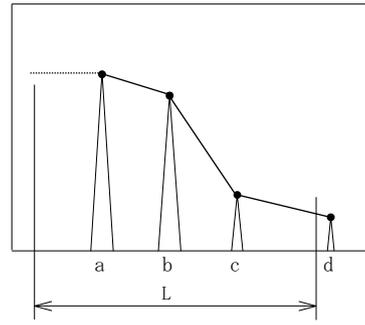
#### （解説-2520-1） DAC 曲線の作成方法

DAC 曲線の作成に当たっては、規定された探触子位置でプロットされたエコー高さのうちビーム路程が最小のものと最大のものと間は原則として各点を直線で結ぶものとする。これを必要な時間軸範囲にわたって延長する方法を解説図-2520-1～解説図-2520-4 に示す（L は必要な時間軸，a, b, c は規定された探触子位置でのビーム路程を示す）。必要な時間軸範囲の記録レベルが、表示器の全目盛の 5%未満となる部分が生じた場合にあっては、時間軸範囲を分割して、分割された範囲ごとに表示器の全目盛の 5%以上になるように感度を調整して DAC 曲線を作成することができる。この場合、各時間軸範囲において基準となるエコーの表示器の目盛上の設定値及びその時の探傷器の設定感度を記録する。



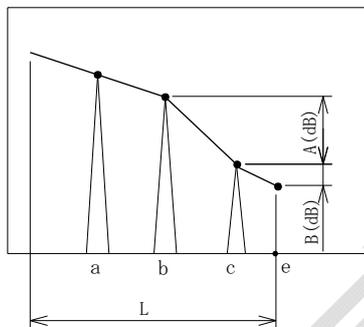
解説図-2520-1 隣合った2点を直線で結びそれを更に延長する方法

注) Lの始点並びに終点における記録レベルが、表示器上5%以上になる場合とする。



解説図-2520-2 規定外の探触子位置で更にエコー高さを求める方法

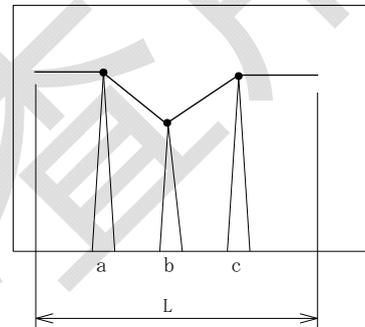
注) dのエコー高さを求めることが可能な場合であって、Lの終点における記録レベルが表示器上5%以上になる場合とする。なお、始点側にあっても同様な考え方で延長してもよい。



解説図-2520-3 減衰量を求めて延長する方法

$$B = \frac{A}{(c-b)} \times (e-c)$$

注) 解説図-2520-2のエコー高さを求めることが不可能若しくは不適切な場合であって、上の関係式から求めたLの終点における記録レベルが、表示器上5%以上になる場合とする。なお、始点側にあっても同様な考え方で延長してもよい。



解説図-2520-4 水平に延長する方法

注) 解説図-2520-1～解説図-2520-3でエコー高さを求めることが不可能若しくは不適切な場合とする。始点側にあっても同様な考え方で延長してもよい。

### (解説-2520-2) DAC回路を使用して基準感度を調整する時の表示器の目盛上のエコー高さについて

DAC回路を使用する場合、ASME Sec.V, Subsection A Article 4, Nonmandatory Appendix B and Cでは、表示器の全目盛の40～80%に調整することを規定している。使用する探傷器の増幅直線性が確認されていれば、そのエコー高さを表示器の全目盛の40～80%に調整しても問題はない。ただし本規程では、現行の使用実績を考慮して80%又は50%とした。

### (解説-2520-3) DAC回路を使用した場合の感度調整

DAC回路を使用した探傷を行う場合は、DAC回路を使用した状態で、表示器上80% (又は50%) に調整するもので、DAC回路を使用しない状態のエコー高さの確認は必要としない。

#### (解説-2520-4) 手動探傷における DAC 回路の使用

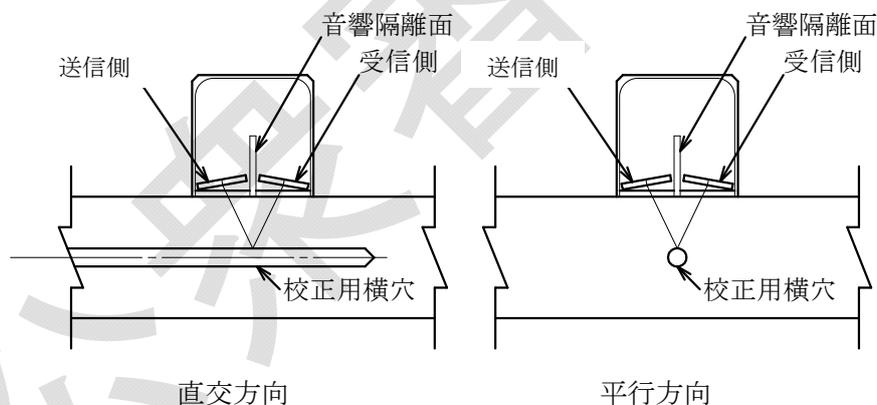
DAC 回路の性能が、基準感度の調整により確認されていれば、その使用は自動探傷に限定しているものではない。

#### (解説-2520-5) 対比試験片の超音波伝搬経路上の媒質

対比試験片の超音波反射面や、校正穴、ノッチの内部等が、水や油等で満たされている場合と空気等で満たされている場合とで、超音波の伝搬効率は多少の影響を受けるが、特に留意すべき差異はない。以前に行った PSI や ISI で行った感度校正と同等の方法で校正を行うことが適切である。

#### (解説-2520-6) 二振動子垂直探触子を使用する場合の感度校正の方法

二振動子垂直探触子を使用し、横穴を用いて基準感度校正した場合には、音響隔離面の向きによってエコー高さが大きく変化する。一般的には横穴の方向と音響隔離面の方向を直交させた方が基準エコー高さは低くなる（探傷器の設定感度が高くなる）ことから、直交させた感度校正を行うことを原則とした。ただし、従来から音響隔離面を平行にした校正を行っていることが感度校正記録や探傷要領書等で明らかな場合や、DAC 曲線の傾き等から証明できる場合は、従来と同様に平行にした校正を行うことが望ましい。



解説図-2520-5 二振動子垂直探触子を使用する場合

#### (解説-2520-7) 感度が上がっていた場合の再試験

ISI は、供用中に発生又は進展する亀裂等のきずの有無を確認し、経年劣化の兆候を把握することにある。

したがって、きずからのエコーについては、規定された基準感度の変動範囲内で評価するために再試験を行うことを求めている。一方で反射源位置の解析あるいは過去の記録 (PSI, 以前の ISI) との比較等から形状又は金属組織からのエコーと判断された部分については、再試験の必要性はないものとしている。

ただし、形状又は金属組織からのエコーと判断された部分が、以降の ISI できずエコ

一であるか否かの判断を行う場合に、過去のエコー高さ（DAC%）の情報を用いることがあるので、20%又は2dBを超えて上がっていた場合は、経緯を記録しておく観点から基準感度の変化量について記録しておくことが望ましい。

#### （解説-2520-8） 感度変化の考え方

感度確認時の許容変動範囲は、ASME Sec. XI、関連する JIS 等の多くは、2dB を” 超える” 変動を1つの目安としている。本規程においても2016年版で同様の基準に変更したが、原子力規制庁による技術評価(2021年7月21日原子力規制委員会決定)で「20%又は2dB以上下がっていた場合、20%又は2dBを超えて上がっていた場合」に読み替えるとされた。これを受け、探傷実施時の混乱を避けるために技術評価の結果を反映することとした。

#### （解説-2610-1） 手動探傷の場合の探触子の重なり及び走査速度

手動探傷の場合には探触子の重なり（50%以上）及び走査速度（150mm/s以下）を測定しながら探傷することは現実的ではない。探触子の重なりは接触媒質上の探触子走査の軌跡から探傷者がある程度確認ができること、2倍感度で走査しエコーが検出された場合には連続的にエコーピークを「探す」ことができることから、探触子の50%程度の重なりがあるように走査することで問題ない。走査速度については、150mm/sを超えるような走査では探傷器の波形の識別ができないことから、通常の探傷速度であれば150mm/s以下であると言える。

#### （解説-2610-2） 探触子の走査速度

探触子の走査速度の制限は、試験員が超音波探傷器の波形を観察する上で瞬間的なエコーを見逃す可能性を考慮した。このことから全てのAスコープを記録し保存する自動探傷装置を使用する場合には、走査速度の制限を超えてもよいものとした。

ここで速度の影響を受けない範囲とは、モックアップ試験体等で、実証的に速度の影響がないことが確認できた範囲と考えられる。

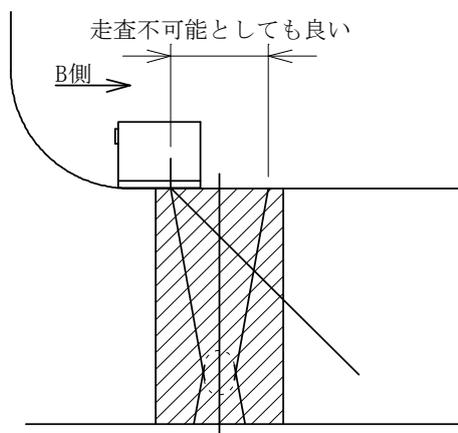
#### （解説-2610-3） 走査時の感度

手動探傷では探傷器の表示器に表示された反射波を試験員の目で認識し易いようにするため、探傷器の感度を基準感度の2倍以上に高めて走査を行うのが一般的である。自動又は半自動探傷装置を用いる場合は、データが自動収録され、反射波の高さは装置に内蔵されたDAC回路によって自動的に距離振幅補正されることから、基準感度のままで走査を行ってもよい。

#### （解説-2620-1） 実質的に有効な探傷ができない場合の走査不可能の考え方

ほとんど走査ができず、実質的に有効な探傷ができないような場合には、探傷不可能範囲として扱ってもよいとしている。これは解説図-2620-1のような形状においてB側からの探傷で試験体積の内表面に超音波が到達せず、実質的に有効な探傷ができて

いないと考えることができる。このような場合にあつては、試験員の被ばくを考慮し、B側からは走査不可能としてもよい。



解説図-2620-1 実質的に有効な探傷ができない場合の例

#### (解説-2711-1) きずからのエコーの取り扱い

過去のPSI又はISIの超音波探傷試験において、きずと分類された反射源については、継続監視していくことが重要である。そこで、過去の試験できずと分類された反射源については、その後の試験でDAC20%を下回るエコーが検出された場合においても、記録することを規定した。なお、この規定はASME Sec. XI, Division 1 Appendix III, Ultrasonic Examination of Vessels not Greater than 2 Inches (51mm) in Thickness III-4511の規定とも一致している。

なお、過去にきずと分類されていない反射源からのエコーについてはDAC20%以下のものを記録することを要求しているものではない。

#### (解説-2711-2) 金属組織からのエコー及び全般的に確認される形状エコーの取り扱い

記録レベルを超える指示の記録採取において、オーステナイト系ステンレス鋼溶接部を対象とした場合のように、試験部の金属組織に起因することが明らかな場合等で、再現性のないものについては、代表例について記録を採取することでよい。

同様にボルトのネジ部からのエコーのように、明らかに形状エコーと判断され、かつ試験範囲全体にわたって検出されるエコーについても、代表例及びその出現範囲の記録を採取することでよいものとした。

#### (解説-2711-3) 探傷記録の電子データ化

手動探傷においてはきずを見逃すことなく、かつきずであるかどうか疑わしい指示が検出された際には複数の試験員、試験評価員によって評価・判定が行えるよう、正確で再現性のある記録を採取する必要がある。よって、手動探傷は十分な経験と訓練された試験員が行うことを前提としている。また適用可能な部位については記録を電子データとして残す自動探傷(半自動探傷)を目指すことが望ましい。

#### (解説-2712-1) 反射源の位置の解析

反射源位置の作図において、その後行う反射源の種類分類に支障をきたすと判断される場合は、以下の手順に従うことが望ましい。

- (1) 表面形状が反射源の種類分類に影響を与えると判断される場合は、くし型ゲージ(シェイプゲージ)等により表面形状を考慮した上で、反射源位置の解析を行うことが望ましい。
- (2) 溶接継手中心が不明確で反射源の種類分類に影響を与えると判断される場合は、斜角法又は垂直法を用いて溶接継手中心を求めることが望ましい。
- (3) 内面形状変化がある場合で、反射源の種類分類に影響を与えると判断される場合は、詳細板厚測定を行うことが望ましい。このとき、オーステナイト系ステンレス鋼の詳細板厚測定を行う場合は、反射源の種類に必要な範囲にわたり、概ね2.5mm 間隔での測定が望ましい。

#### (解説-2712-2) 反射源の種類

表-2712-1 以外のエコー名称を用いる場合には、どのような反射源と判断したかを明確にし、次回の ISI でも確認できるようにしておくことを求めた。また、区分2でエコー名称が複数示されているものは、過去の ISI 記録、類似プラントとの連続性を考慮して適切なエコー名称を選択する。

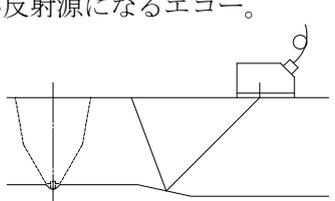
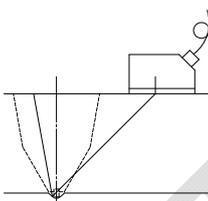
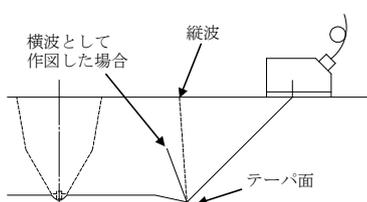
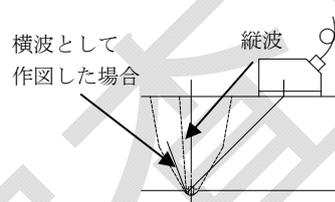
きずエコーのうち、他の試験手法や過去の試験結果等から具体的な反射源が推定可能な場合には、その分類を記述してもよいものとした。また、きずエコーについては、判断した理由を明確にしておくことで、次回の ISI でも確認できるようにしておくことを求めた。

解説表-2712-1 エコー分類(1/21)

A-a	
区分1：A 形状エコー	区分2：a テーパー部エコー
エコーの説明	エコー名表記：テーパー部エコー シーニング部エコー
<p>シーニング加工等の部分で配管内面にあるテーパー部とシーニング加工部，あるいはテーパー部と原配管との移行部分（テーパー移行部），テーパー面から反射されるエコー。一般的に最近のプラントではISI性を考慮し，45°斜角探傷を行う場合にはテーパー部は試験範囲外になるように設計されているが，古いプラントや設計上やむをえずシーニング部分を短くした場合等は記録される。</p>	
特徴/判別方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法：斜角探傷</li> <li>・対象物：シーニング加工のあるもの（材質問わず）</li> <li>・作図：反射源位置がテーパー（テーパー移行部，テーパー面等）からと特定できる。</li> <li>・特徴：周方向に連続性があり，通常はほぼ全周にわたって記録される。エコーは比較的明瞭で，エコー高さも高い場合がある。</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作図時にはテーパー部の位置を設計図面で確認すると共に，疑義のある場合等は必要に応じて垂直探傷等でテーパー部の位置を確認する。</li> <li>・JEAG4207-2004までは，テーパー面エコー及びテーパー移行部エコーと分類していたが，区分は困難であることからテーパー部エコーとした。</li> </ul>

解説表-2712-1 エコー分類(2/21)

A-b	
区分1: A 形状エコー	区分2: b 裏波部エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 裏波部エコー
<p>溶接部裏波形状から反射されるエコー。裏波のある配管溶接部で一般的に記録される。 (裏波を除去してある容器等では記録されない)</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: 溶接裏波のあるもの</li> <li>・作 図: 反射源位置が裏波形状部からと特定できる。</li> <li>・特 徴: 周方向に連続性があり, 通常はほぼ全周にわたって記録される。エコー高さは様々で, 非常に高いエコーが記録される場合もある。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・作図時には溶接中心の位置を注意して特定する。 (必要に応じて, 外面ポンチマーク以外にも垂直探傷, 斜角探傷の結果から溶接中心を特定する)</li> <li>・オーステナイト系ステンレス鋼溶接部の場合, 柱状晶伝搬エコーとの区別は明確ではなく, 作図で裏波形状になるものを裏波部エコーとしている。</li> </ul>	

A-c	
区分1: A 形状エコー	区分2: c 表面エコー
エコーの説明	エコー名表記: 表面エコー モード変換エコー
<p>① 探傷面と反対面にあるシーニング加工部にあるテーパ部あるいは裏波部等で反射され、外表面が反射源になるエコー。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>② 探傷面と反対面にあるシーニング加工部にあるテーパ部あるいは裏波部等で反射され、反射時に横波→縦波へのモード変換をおこし、外表面が反射源となるエコー。(モード変換エコー)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>一般的に最近のプラントでは ISI 性を考慮し、45° 斜角探傷を行う場合にはテーパ部は試験範囲外になるように設計されているが、古いプラントや設計上やむをえずシーニング部分を短くした場合等はこれらのエコーが記録される。</p>	
特徴/判別方法	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: シーニング加工のあるもの、裏波形状のあるもの(配管等)</li> <li>・作図: テーパ面や裏波部で反射し、外表面に到達する。</li> <li>・特徴: テーパ面で反射し、縦波へのモード変換を考慮すると外表面に達する。モード変換を考慮しないで作図すると、対象物内部に作図される。(モード変換エコー)</li> </ul> <p>周方向に連続性があり、通常はほぼ全周にわたって記録される。外表面のダンピングによる確認で特定できる。モード変換エコーは、ビームがほぼ垂直に面にあたるため、エコー高さは非常に高い場合が多い。</p>	
備考	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・テーパ面でのモード変換のある場合とない場合を想定して作図検討を行う。テーパ部の位置を設計図面で確認すると共に、必要に応じて垂直探傷等でテーパ部の位置を確認する。</li> <li>・ダンピングによる確認を行う。</li> <li>・接触媒質が集まっていると高いエコーが得られることがある。</li> <li>・JEAG4207-2004 まではモード変換エコーと裏面エコーを区別していたが、反射源としては表面エコーと同等であることから、表面エコーに区分を統一した。</li> </ul>	

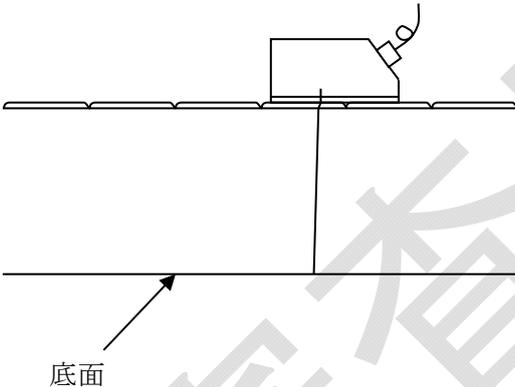
解説表-2712-1 エコー分類(4/21)

A-d	
区分1：A 形状エコー	区分2：d 内表面エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記：内表面エコー
<p>内面の小さな形状変化によって得られるエコー。一般的にエコー高さは低い。一般的に記録される。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 斜角探傷</li> <li>・対象物： 全て</li> <li>・作 図： 反射源位置が内表面に作図される。</li> <li>・特 徴： エコー高さは比較的低い。他の手法等で確認し、高さのある反射源（きずエコー）とは異なる探傷結果が得られる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・内表面からのきずエコーとの識別を行う必要がある。単一の探傷手法だけでは判断せず、過去の記録や複数の手法（例えば、詳細板厚測定や2次クリーニング波法、高さ測定手法等）から総合的に評価する必要がある。</li> </ul>	

解説表-2712-1 エコー分類(5/21)

A-e①	
区分1:A 形状エコー	区分2:e 底面エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記：“記録対象外”
<p>一般的に垂直探傷で，探傷面の反対面からの反射エコー。探傷面と反対面が平行でない場合にはエコーが得られない。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 垂直探傷</li> <li>・対象物： 全て</li> <li>・作 図： 一般的に作図は行わなくとも板厚値として特定可能。</li> <li>・特 徴： ほぼ常にエコーが得られる。多重反射によるエコーでも確認できる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
—	

解説表-2712-1 エコー分類(6/21)

A-e②	
区分1:A 形状エコー	区分2:e 底面エコー
エコーの説明	エコー名表記：“記録対象外”
<p>斜角探傷で探傷面にクラッド部がある場合に、クラッド部と母材部との境界の急激な金属組織変化等により斜角探傷で入射された超音波の一部が屈折されて底面方向に垂直に反射されたエコー。</p>	
	
特徴/判別方法	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 斜角探傷</li> <li>・対象物： 試験探傷面にクラッド部があるもの</li> <li>・作 図： 通常の作図では反射源が試験体内部になる。</li> <li>・特 徴： <ul style="list-style-type: none"> <li>・他の探傷方向,屈折角で同じ反射源位置からの反射エコーがない。</li> <li>・ビーム路程が、横波音速における試験体板厚にほぼ相当する。</li> <li>・探触子を前後走査しても、ビーム路程の変動がない。</li> </ul> </li> </ul>	
備 考	
—	

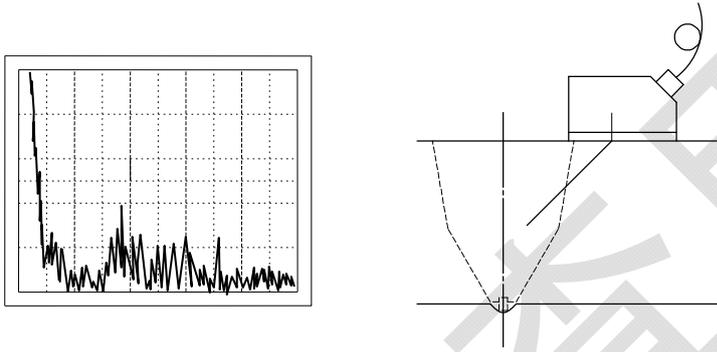
解説表-2712-1 エコー分類(7/21)

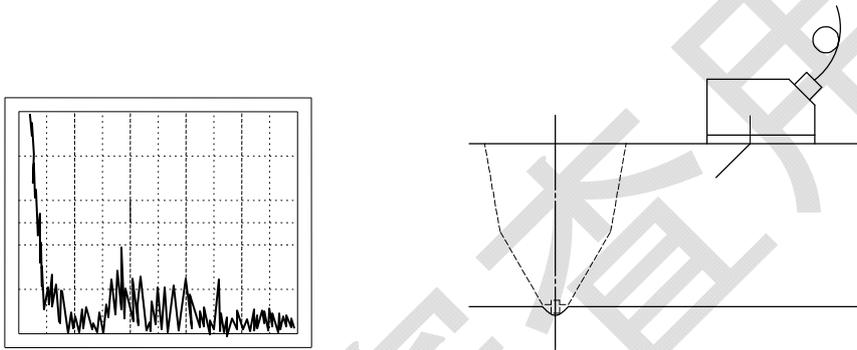
A-f	
区分 1 : A 形状エコー	区分 2 : f 側面エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記 : “記録対象外”
<p>一般的に垂直探傷で試験対象部の側面(探傷面及び底面を除いた面)からのエコー。側面近くを探傷した場合に得られることがある。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法 : 垂直探傷</li> <li>・対象物 : 一般的にボルト等の側面の影響を無視できないほど接近している場合の探傷を行ったときに多い</li> <li>・作 図 : ビームの拡がりを考慮すると側面に作図される。</li> <li>・特 徴 : 一般的に作図は実施しなくとも端面との位置関係で特定可能。側面に接近するとほぼ常にエコーが得られる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ビームの拡がりを考慮する場合には、理論式や文献等を参考に現実の範囲で作図する。</li> </ul>	

A-g	
区分 1 : A 形状エコー	区分 2 : g 端面エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記：“記録対象外”
<p>一般的に斜角探傷等で、対象物の端面のエコーが得られる場合で、通常は試験体積外になる。ISI ではノズル胴溶接部等の探傷でノズルの内面コーナ部等を検出することが多く、この場合には"コーナエコー"あるいは"コーナからのエコー"と表現することが多い。</p> <p>屈折角が大きい探触子では、試験体の端面そのものを検出する場合もある。</p>	<p>ノズルコーナ部</p> <p>端面を検出する例</p>
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 斜角探傷</li> <li>・対象物： 試験体端面が試験体積の近くにあるもの</li> <li>・作 図： 試験体端面に作図される。</li> <li>・特 徴： 明確なエコーとして得られる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
—	

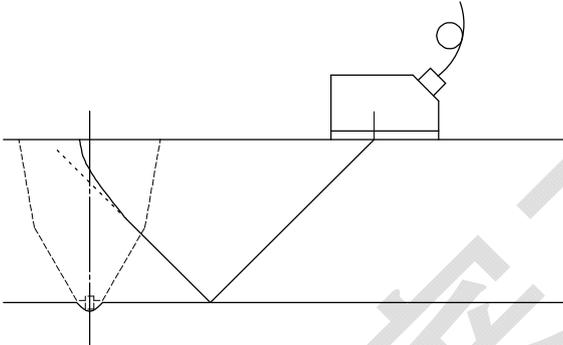
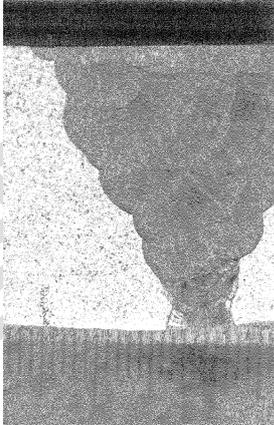
A-h	
区分1：A 形状エコー	区分2：h 遅れエコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記：“記録対象外”
<p>垂直探傷等でボルト等の探傷を行う場合や、幅の狭い試験体の探傷を行う場合に見られることが多い。</p> <p>また柱状のものを側面から探傷する場合にも見られる。探触子のビームの拡がりにより、試験体の側面に超音波があたり、反射、モード変換により複雑なエコーを示す。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 垂直探傷，斜角探傷</li> <li>・対象物： ボルトのような長さの長いものや柱状のものを探傷した場合に多い</li> <li>・作 図： 伝搬経路をそれぞれ考慮し，ビーム路程の確認を行っていく。</li> <li>・特 徴： はっきりしたエコーが得られる。第1回底面エコー以降に出現する例がほとんど。対比試験片で確認できる。</li> </ul>
<b>備 考</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・伝搬経路（モード変換含む）を想定して路程を計算する。</li> </ul>

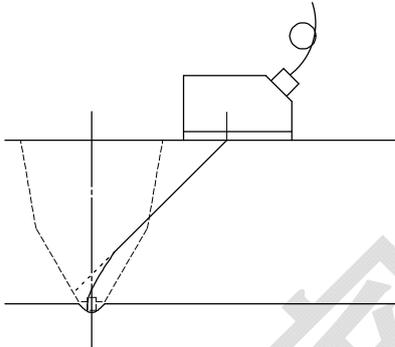
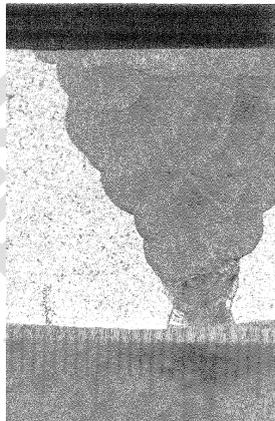
解説表-2712-1 エコー分類(10/21)

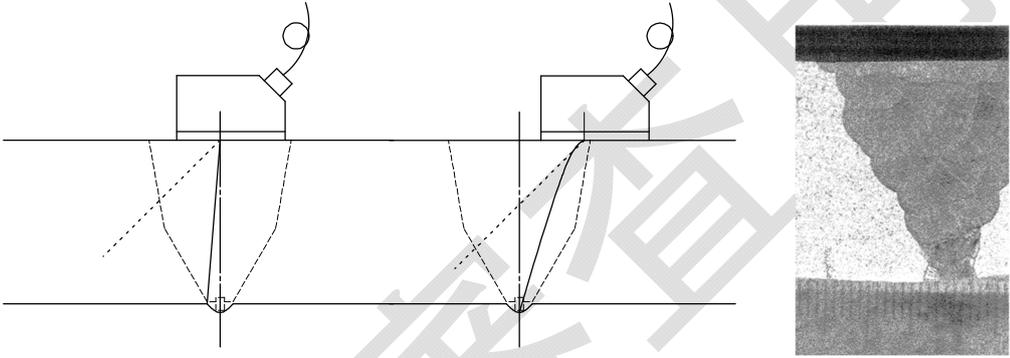
B-a	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: a 溶接部エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 溶接部エコー
<p>溶接金属中の金属組織内の結晶粒界や柱状晶組織からの反射エコー。結晶組織のその微細な組織の境界部や柱状晶組織の境界面からのエコーであるため、明確な反射源はない。波形も林状エコーと呼ばれる複数のピークのある波形を示すが、鋭いエコーを示すこともある。エコー高さはあまり高くない。</p>	
	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 垂直探傷, 斜角探傷</li> <li>・対象物: 溶接部 (オーステナイト系ステンレス鋼溶接部で顕著)</li> <li>・作図: 作図により溶接金属内に反射源が作図される。</li> <li>・特徴: 一般的に林状エコーと呼ばれる不明瞭なエコー形状を示す。エコー高さはあまり高くない。特定の屈折角でのみ検出されることが多い。不連続部ではないため、放射線透過試験では陰影はなく、掘削しても何もない。</li> </ul>	
<b>備考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・明らかな林状エコー形状の場合には記録対象外</li> <li>・従来の粒界エコー, 柱状晶エコー, 溶接部エコーを各々区分することは困難であり, 明瞭な判断はできない。オーステナイト系ステンレス鋼溶接部の場合には柱状晶組織となっていることが知られているので, 比較的是っきりしたエコーは柱状晶エコーとして記録している。</li> <li>・バタリングエコー, クラッドエコー等も溶接部からのエコーとして統一した。</li> </ul>	

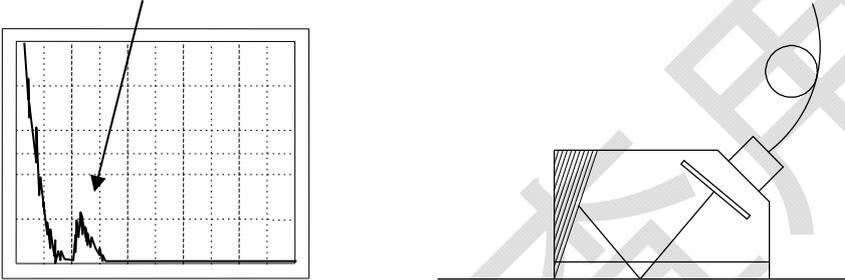
B-b	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: b 林状エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 林状エコー 又は金属組織エコー
<p>溶接金属ではない母材の金属組織からの反射エコー。材質の不均質によるその境界部からのエコーであるため、明確な反射源はない。波形も林状エコーと呼ばれる複数のピークのある波形を示す。エコー高さはあまり高くない。溶接部に反射源が作図される場合には溶接部エコーとなる。</p>	
	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 垂直探傷, 斜角探傷</li> <li>・対象物: 母材部</li> <li>・作図: 作図により母材に反射源が作図される。</li> <li>・特徴: 一般的に林状エコーと呼ばれる不明瞭なエコー形状を示す。エコー高さはあまり高くない。特定の屈折角でのみ検出されることが多い。不連続部ではないため、放射線透過試験では陰影はなく、掘削しても何もない。</li> </ul>	
<b>備考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・明らかな林状エコー形状の場合には記録対象外</li> </ul>	

B-c	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: c 境界面エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 境界面エコー 又は金属組織エコー
<p>溶接金属と母材部の境界面からのエコー。超音波特性の違いによりエコーとして得られる。母材と溶接金属で違う材質を使用している場合には比較的明確に測定できるが、同系統の材料の場合には不明瞭なエコーとなる。高感度で探傷を行うと境界面がわかる場合がある。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷, 垂直探傷</li> <li>・対象物: 溶接部</li> <li>・作図: 作図により溶接金属と母材の境界部に反射源が作図される。</li> <li>・特徴: 一般的にエコー高さはあまり高くない。不連続部ではないため、放射線透過試験では陰影はなく、掘削しても何もない。境界部に存在する融合不良の場合には鋭いエコーが得られ、反対からの探傷でも検出する。</li> </ul>
<b>備考</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・境界部の融合不良の場合には反対面からの探傷でも検出する。またエコーも鋭い形状をしている。</li> <li>・溶接境界面エコー, バタリング境界面エコー, クラッド境界面エコー等の区分は重要ではないので, 統一した。</li> </ul>

B-d①	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: d 柱状晶伝搬エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 柱状晶伝搬エコー
<p>オーステナイト系ステンレス鋼溶接部等の柱状晶組織(写真)によって、超音波の伝搬経路が偏向する。超音波は柱状晶組織の成長方向に偏向していく。これによって得られるエコーをいう。</p> <p>&lt;ケース1&gt;</p> <p>一回反射法(1スキップ)での探傷の範囲で超音波が偏向し、外表面で反射されるエコー。面反射エコーのため、非常に高いエコーが得られる場合がある。</p>	
 	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: オーステナイト系ステンレス鋼溶接部</li> <li>・作図: 作図により溶接金属外表面近傍に反射源が作図され、偏向を考慮すると外表面になる。</li> <li>・特徴: 一般的にエコー高さは高く、明確なエコーとなる。外面のダンピングで確認できる。周方向の連続性がある。</li> </ul>	
<b>備考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・狭開先溶接部の場合に、顕著に表れる。</li> </ul>	

B-d②	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: d 柱状晶伝搬エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 柱状晶伝搬エコー
<p>オーステナイト系ステンレス鋼溶接部等の柱状晶組織(写真)によって、超音波の伝搬経路が偏向する。超音波は柱状晶組織の成長方向に偏向していく。これによって得られるエコーをいう。</p> <p>&lt;ケース2&gt;</p> <p>直射法(0.5スキップ)での探傷の範囲で超音波が偏向し、裏波形状部(及び近傍)で反射されるエコー。面反射エコーのため、非常に高いエコーが得られる。裏波形状がなくとも内面にほぼ垂直に反射するため、同様のエコーが得られる。</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: オーステナイト系ステンレス鋼溶接部</li> <li>・作図: 作図により裏波形状部近傍に反射源が作図され、偏向を考慮すると裏波部(あるいはその周囲)になる。</li> <li>・特徴: 一般的にエコー高さは高く、明確なエコーとなる。周方向の連続性がある。他の屈折角での確認等が有効</li> </ul>	
<b>備考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・オーステナイト系ステンレス鋼溶接部の場合、裏波部エコーとの区別は明確ではなく、作図で裏波形状になるものは裏波エコー、偏向を考慮して裏波形状にあたるものを柱状晶伝搬エコーとしている。</li> </ul>	

B-d③	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: d 柱状晶伝搬エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 柱状晶伝搬エコー
<p>オーステナイト系ステンレス鋼溶接部等の柱状晶組織(写真)によって、超音波の伝搬経路が偏向する。超音波は柱状晶組織の成長方向に偏向していく。これによって得られるエコーをいう。</p> <p>&lt;ケース3&gt;</p> <p>探触子が溶接部の中心付近にある場合に、溶接金属で超音波が偏向し、内表面で反射されるエコー。面反射エコーのため、非常に高いエコーが得られる場合がある。</p>	
	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: オーステナイト系ステンレス鋼溶接部</li> <li>・作図: 作図により金属内部に反射源が作図され、偏向を考慮すると内表面になる。一般的にエコー高さは高く、明確なエコーとなる。</li> <li>・特徴: 周方向の連続性がある。反対側からの探傷や垂直探傷では検出されない。</li> </ul>	
<b>備考</b>	
—	

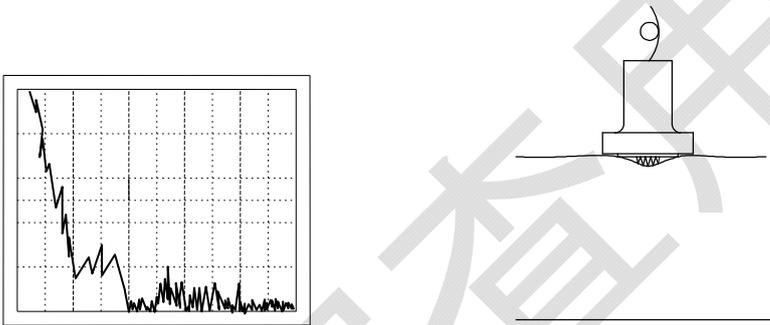
C-a	
区分1: C 雑エコー	区分2: a クサビエコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: “記録対象外”
<p>斜角探傷等で使用するクサビ（シュー，ウエッジともいう）内で反射されるエコーをいう。通常は発信パルスに連なって観測される。探触子を対象物から離しても定常的にエコーが観測される。</p>	
	
<b>特徴/判別方法</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 斜角探傷（垂直探傷でもシューを用いる場合にはある）</li> <li>・対象物： 全て</li> <li>・作 図： ー</li> <li>・特 徴： 定常的に観測され，探触子を対象物に接触させなくとも観測される。</li> </ul>
<b>備 考</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダンピング性能のあまりよくない探触子の場合には特に表れる。</li> </ul>

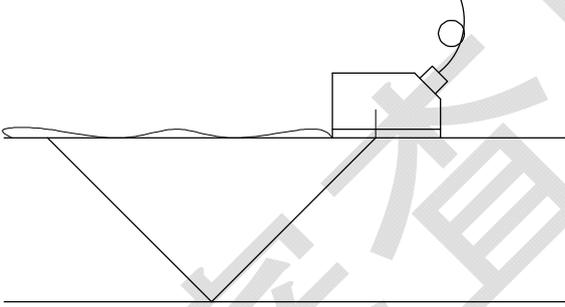
解説表-2712-1 エコー分類(17/21)

C-b	
区分 1 : C 雑エコー	区分 2 : b 残留エコー (ゴーストエコー)
エコーの説明	エコー名表記 : “記録対象外”
<p>繰り返し周波数 (1 秒間に発生させる超音波パルス数) が高すぎる場合に, 1 回前に発振したパルスの残像が出現する。対象物の超音波透過性が良い場合に観測される例がある。</p>	
特徴/判別方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法 : 垂直探傷 (斜角探傷でも形状によってはありうる)</li> <li>・対象物 : 超音波の透過性の良いもの</li> <li>・作 図 : -</li> <li>・特 徴 : 繰り返し周波数を変更できる探傷器であれば, 繰り返し周波数を変化させることで確認できる。エコーは一定に得られ, 底面エコー等と同じ動きをする。</li> </ul>
備 考	-

解説表-2712-1 エコー分類(18/21)

C-c	
区分1: C 雑エコー	区分2: c 電気ノイズエコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: “記録対象外”
<p>外乱による電気ノイズが記録されたもの。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 全ての探傷方法</li> <li>・対象物: 全て</li> <li>・作 図: ー</li> <li>・特 徴: 鋭いピークが表れ, 再現性がない。自動探傷で記録される場合には, 前後の スキャンとで連続性が全く無いことで確認できる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
—	

C-d①	
区分1：C 雑エコー	区分2：d 水エコー（カプラントエコー）
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記：“記録対象外”
<p>表面の凹凸により探触子接触面と探傷面との間に接触媒質の層ができる。その層で超音波が多重反射したもの。表面が平滑である場合にはあまり見られないが、凹凸のある面からの探傷の場合には大きいエコーが得られることがある。特に垂直探傷で顕著である。</p> <p>自動探傷等で記録された場合には、水エコー又はカプラントエコーと表記する。接触媒質として水を使用している場合には水エコー，その他の場合にはカプラントエコー等（グリセリンエコー等，カプラントと同等の用語でも可）と表記する。</p>	
	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 垂直探傷，斜角探傷</li> <li>・対象物： 表面凹凸の大きい対象物</li> <li>・作 図： ー</li> <li>・特 徴： 発信エコーが部分的に長く，高いエコー高さになる。手動探傷の場合には，探触子の接触状況を考慮することで確認できる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
ー	

C-d②	
区分1: C 雑エコー	区分2: d 水エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: “記録対象外”
<p>探傷面に塗布した接触媒質により、1回反射のエコーが得られるもの。探触子の走査により接触媒質が部分的に盛り上がっている場合などに現れることが多い。表面のダンピングで容易に確認できる。</p> <p>また、手動探傷の場合にはエコー源と思われる接触媒質を除去するとエコーが消失することでも確認できる。自動探傷で記録された場合には、水エコー又はカプラントエコーと表記する。接触媒質として水を使用している場合には水エコー、その他の場合にはカプラントエコー等（グリセリンエコーなど、カプラントと同等の用語でも可）と表記する。</p>	
	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: —</li> <li>・作 図: 外表面（探傷面）に作図される。</li> <li>・特 徴: ダンピングで容易に確認できる。再現性は乏しく、接触媒質を除去するとエコーも消失する。外表面側の柱状晶伝搬エコーと異なり、再現性がない。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
—	

解説表-2712-1 エコー分類(21/21)

D-a	
区分1: D きずエコー	区分2: -
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: きずエコー 又は非金属介在物等 (その他特定できた場合)  他のいずれのエコーにも分類されず, 反射源が不完全部又は不連続部であると推定されるもの。  一般的に複数の探傷方法や他の非破壊試験手法の結果と合わせて総合的に判断する。このとき判断の経緯や考え方等を記録しておくことが望ましい。  反射源の性状が推定できる場合には, 面状きず, 内在きず, ラミネーション状, 線状, 球状等の情報を記載してもよい。
<b>特徴/判別方法</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: -</li> <li>・対象物: -</li> <li>・作 図: きずの発生する可能性のある部分に作図される。</li> <li>・特 徴: 複数の手法によって, その部分にきずのあることを示唆する結果が得られる。また推定される反射源が, 想定されるきず形状と合致する。</li> </ul>
<b>備 考</b>	—

(解説-2720-1) きず寸法測定を行う場合

ISI において、きずエコーが以前の記録と比較して有意な差がある場合等は、反射源のモデル化のためにきずの寸法を測定し、評価することが維持規格で求められている。

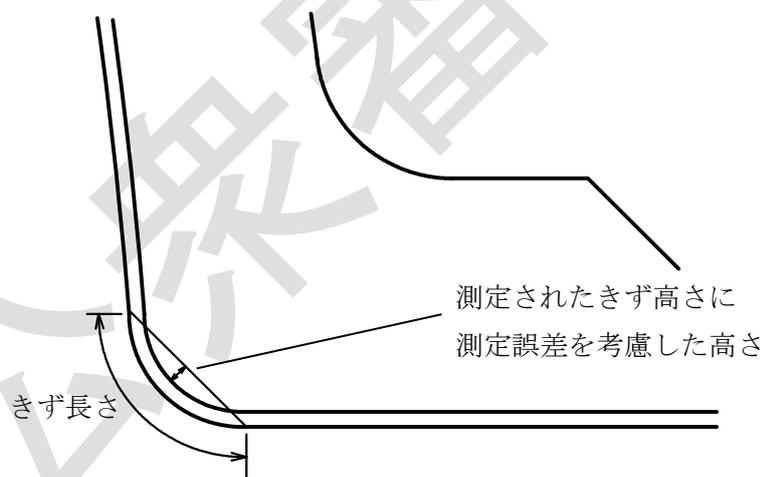
(解説-2720-2) きず長さの測定方法

表面開口きずの開口長さを測定する場合には、原則として DAC20%指示長さとするこ  
とで実際のきず長さに対して保守的に評価することができる。ただし、UTS の結果か  
ら、クラッド付きノズルコーナ部 (外面 R からの探傷、鏡部外面探傷)、異材継手バタ  
リング部 (外面探傷)、オーステナイト系ステンレス鋳鋼の場合には過小評価する可能  
性がある。例えばクラッド付ノズルコーナ部については、以下の考え方を参考として、  
保守的な評価を行うことが必要である。

なお、内在きずの長さ及び高さを測定する場合には、推定される反射源の性状や大  
きさ等を考慮して、エコー高さによる推定や附属書 A の方法を準用する等妥当と考え  
られる方法で行う。

・クラッド付きノズルコーナ部：

きずの高さ測定を行い、その計測誤差を勘案した上で、想定されるきず形状から  
きず長さを推定する。



解説図-2720-1 クラッド付きノズルコーナ部のきず長さ測定例

(解説-2730-1) 追加の探傷

必要に応じて行う追加の探傷として、代表的なものとして以下が考えられる。

(1) 他の屈折角による確認

他の屈折角による探傷を行うことで、方向性のある反射源であるかどうかの推定  
や、どの方向に広がりがあるか等を推定することができる。

(2) 詳細な探傷ピッチでのデータ採取

自動探傷でデータ採取をした場合に、当該部について詳細なピッチでデータ採取

を行うことで、指示長さや最大エコー高さ等をより詳細に測定することができる。

(3) きず高さ測定

高さのある反射源か否かを判断するために、きず高さ測定を行い、亀裂状のきずであるか、なだらかな形状変化や微小な凹凸等であるかを推定することができる。

(4) ラミネーション状の反射源の傾きの確認

垂直探傷にて指示範囲の両端に対して反射源深さを測定し、その傾きが探傷面に対してどの程度傾いているかを推定することができる。

(5) 製造時の検査手法による探傷

製造時の検査手法による探傷を行い、変化の有無について確認を行うことができる。この時に各々の規格で要求されている探傷器等の性能試験（増幅直線性、時間軸直線性）については、本規程での要求を満たすことで代用できる。

**(解説-2730-2) 他の非破壊試験結果を含む総合的評価**

他の非破壊試験手法の結果を参照する等、本規程の範囲を超える試験結果を含めた総合的な判断を行うことは、解説-2200-1にもあるように、レベル3の資格保有者が行うものであると JIS Z 2305 に記載されている。

**(解説-2730-3) 有意な差**

以前の試験記録との比較においては、超音波探傷試験による検出性等の実証試験データや追加の探傷結果が参考となる。UTS では、解説表-2730-1 に示す結果が得られており、統計学上は  $2\sigma$  の範囲に約 96% のデータが含まれる。

解説表-2730-1 UTS で測定した標準偏差 (1 $\sigma$ ) の値

対象部位	最大 エコー高さ (dB)	X 方向位置 (mm)	Y 方向位置 (mm)	DAC20% 指示長さ (mm)
直管炭素鋼及び 平板炭素鋼クラッドなし試験体 *1	2.3	6.8	3	4.9
平板炭素鋼クラッド付試験体 (外面探傷) *2	4.2	10.3	9.2	20.6
直管オーステナイト系ステンレス鋼 疲労亀裂付与試験体 *3	3.0	10.9	2.4	7.0
直管オーステナイト系ステンレス鋼 SCC 付与試験体 *3	3.2	11.3	2.5	9.1
ノズルクラッド付試験体 (ノズルコーナ部) {ノズル外面 R 部探傷}	3.0	8.0	13.9	*6
ノズルコーナクラッド付試験体 (ノズルコーナ部) {鏡部外面探傷} *4	(8.5)	8.8	4.5	*6
ノズルセーフエンド異材継手試験体 (外面探傷) *5	6.4	7.9	3.7	13.1
主冷却配管 (オーステナイト系ステンレス鋳鋼) *4	(6.7)	(91.7)	(14.6)	*6

(注記)

探傷時間に制限はなく、一般の作業服を着用し、検査員が探傷し易い状態で試験を行った。

手動探傷で行い、5 チームが共通の機材 (探傷器、探触子等) を使用し、ほぼ同時期に行った。

\*1: ノズルクラッドなし疲労亀裂付与試験体の胴ノズル部を含む。なお、統計値は横波 45° を示す。

\*2: ノズルクラッド付疲労亀裂付与試験体の胴ノズル部及び容器胴 UCC 模擬試験体を含む。なお統計値は横波 45° を示す。

\*3: ノズルセーフエンド試験体のセーフエンド側 (オーステナイト系ステンレス鋼) に付与されたきずを含む

\*4: ノズルクラッド付試験体 (ノズルコーナ部) {鏡部外面探傷} 及び主冷却配管 (オーステナイト系ステンレス鋳鋼) の手動探傷のチーム数は 3 チームであり、一部の項目はデータ数が 5 個未満となることから、標準偏差は算出せず、最大値-最小値の最大値を括弧内に記載した。

\*5: ノズルセーフエンド試験体のバタリング部に付与されたきずが対象。統計値は縦波探触子の値を示す。

\*6: クラッドノズルコーナ部及び主冷却配管の指示長さの測定は統計値として削除した。

### (解説-2800-1) 試験記録

試験記録の各項目は全てを1枚の用紙に記録する必要はないが、各々の記録単位において、それぞれの項目が特定できることが必要である。複数枚にまたがる記録の場合には、個々の記録の識別番号や通し番号によって特定することが必要である。

### (解説-2800-2) 探傷及び走査不可能範囲の考え方

要求されている試験範囲に対して十分な走査ができない場合は、走査不可能範囲と探傷不可能範囲を記録することを求めている。一般的には図示し、その作図では超音波ビームの偏向等の考慮は必要ない。ここで各々の考え方を以下に示す。

#### ・走査不可能範囲

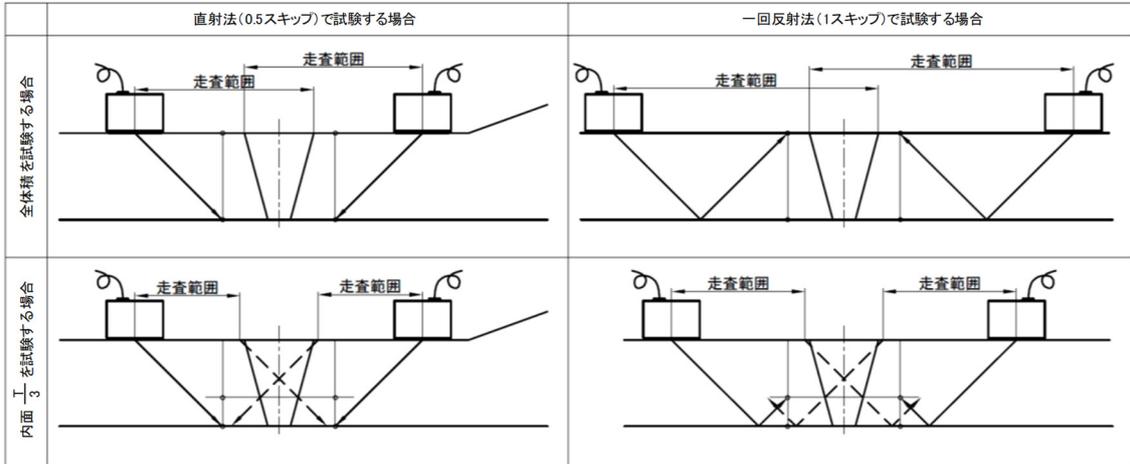
走査範囲内で、幾何学的形状等の理由により探触子が走査できない範囲を示す。

#### ・探傷不可能範囲 (解説表-2800-1)

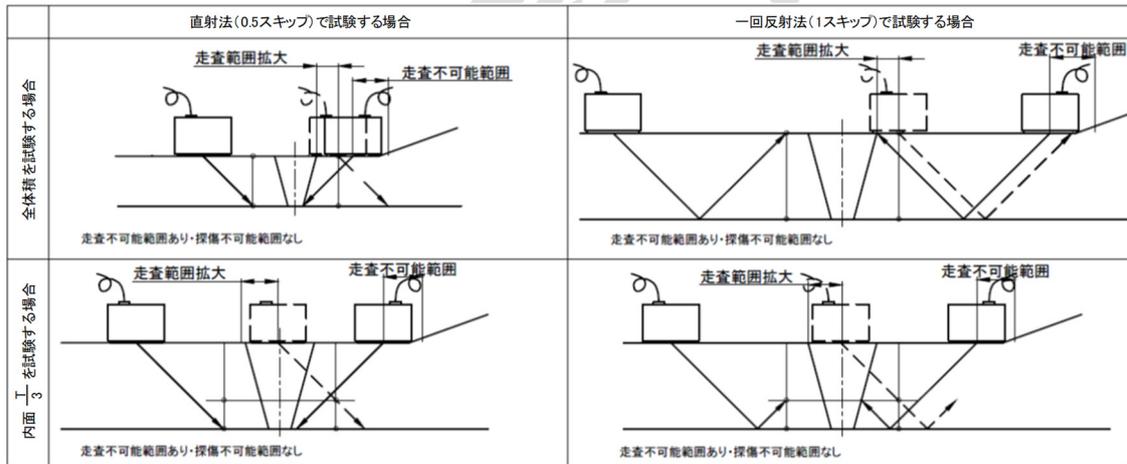
- (1) 炭素鋼, 低合金鋼等の溶接部で音波の透過性が良いもの  
3236 項, 4245 項又は 4254 項に従い探傷が不可能な範囲。
- (2) オーステナイト系ステンレス鋼等の溶接部で超音波透過性が悪いもの  
溶接金属内までは有効とみなすが、溶接金属を透過した探傷は無効とする。
- (3) オーステナイト系ステンレス鋼等の溶接部で超音波透過性が悪いものに対し、  
溶接線を透過した探傷をする場合  
4500 項に従い探傷した場合については、溶接金属を透過した内表面を有効として記録する。

解説表-2800-1(1) 走査範囲と探傷不可能範囲

- (1) 炭素鋼, 低合金鋼等の溶接部で音波の透過性が良いもの  
 a. 走査不可能範囲無し

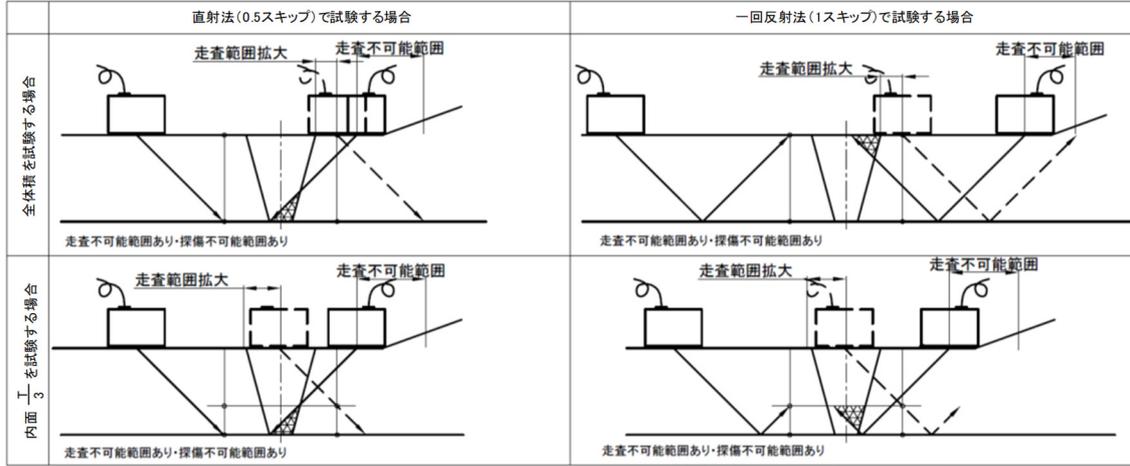


- b. 走査不可能範囲がある為, その反対側からの走査範囲を広げて探傷不可能範囲を削除した例

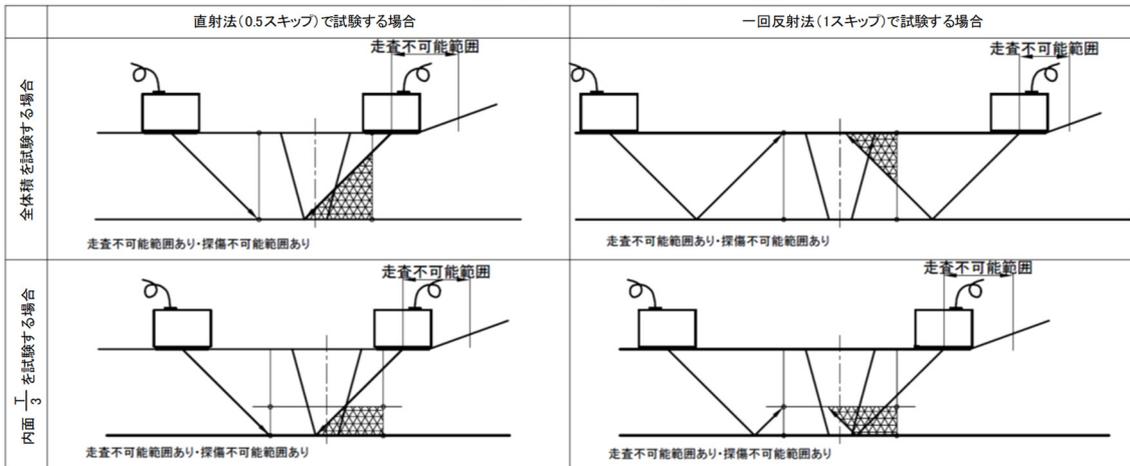


解説表-2800-1(2) 走査範囲と探傷不可能範囲

- c. 走査不可能範囲がある為、その反対側からの走査範囲を広げて母材の探傷不可能範囲を削減した例(両側から探傷が必要な溶接金属内に探傷不可能範囲が残る)

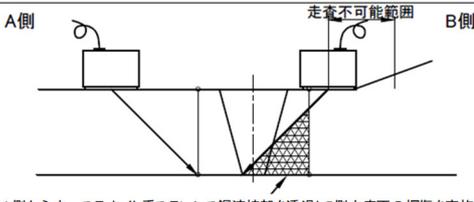
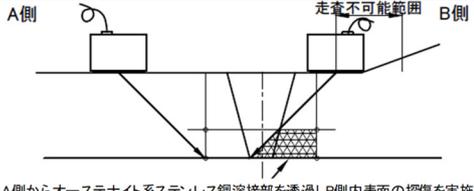


- (2) オーステナイト系ステンレス鋼等の溶接部で超音波透過性が悪いもの  
走査不可能範囲があり、溶接金属を透過したビームは無効とし探傷不可能範囲として作図した例



解説表-2800-1 (3) 走査範囲と探傷不可能範囲

- (3) オーステナイト系ステンレス鋼等の溶接部で超音波透過性が悪いものに対し、4500 項に従い溶接線を透過させた探傷を行った場合の例  
探傷不可能範囲図に溶接部を透過した探傷が実施されたことを追記する。

	直射法(0.5スキップ)で試験する場合	一回反射法(1スキップ)で試験する場合
全体積を試験する場合	 <p>A側 走査不可能範囲 B側</p> <p>A側からオーステナイト系ステンレス鋼溶接部を透過しB側内表面の探傷を実施</p>	
内面 $\frac{1}{3}$ を試験する場合	 <p>A側 走査不可能範囲 B側</p> <p>A側からオーステナイト系ステンレス鋼溶接部を透過しB側内表面の探傷を実施</p>	

## 第3章 容器の超音波探傷試験要領

### (解説-3100-1) オーステナイト系ステンレス鋼製容器の溶接継手

オーステナイト系ステンレス鋼製容器の溶接継手の試験要領において、本章に規定されていない2次クリーニング波法や縦波斜角法等による探傷を行う場合には、第4章の配管の超音波探傷要領を準用する。

### (解説-3100-2) ボルトの定義

本規程でいうボルトとは、軽水型原子力発電所用機器のうち、クラス1機器及びクラス2機器においてボルトとして使用するもので、スタッドを含むものとする。

### (解説-3211-1) 突合せ溶接継手に適用する斜角法の屈折角

突合せ溶接継手の斜角法の屈折角については、(財)原子力工学試験センター[後の(財)原子力発電技術機構]が昭和56～57年に行ったISI実証試験の報告から、 $45^\circ$ の1角度とした。なお、容器で厚さが51mmを超えるものにあつては、検出精度を上げるため、2角度で行うことを要求した。このとき、2角度の差は公称屈折角を基準に考えるが、厚さ(T)と径(D)の比(T/D)が大きい試験部の場合には、公称屈折角から計算される試験部内表面への入射角を基準に $10^\circ$ 以上の角度差とすることが望ましい。

### (解説-3231-1) 0.5S以上(一回反射)の試験を行う場合のDAC曲線

0.5S以上のビーム路程についても試験する場合には、更に(5/8)S、(6/8)S( $\frac{2}{4}$ T位置の横穴が設けられている場合)、(7/8)S及び(9/8)S[(9/8)Sからの反射波が得られる場合]のエコー高さを求めてプロットする。

### (解説-3420-1) 容器の外面から管台内面の丸みの部分を試験する場合の対比試験片

容器の外面から管台の内面の丸みの部分を試験する場合、超音波を丸みの部分に伝ばさせる方法として管台のコーナ円の法線方向から超音波を入射させる方法と接線方向から超音波を入射させる方法とがあり、そのいずれの方法を用いて試験してもよい。管台のコーナ円の法線方向から超音波を入射させる場合の対比試験片のノッチは、管台のコーナ円の接線方向に設けられ、管台のコーナ円の接線方向から超音波を入射させる場合には、法線方向のノッチが設けられる。したがって、使用する対比試験片は、超音波を入射させる方向と対応したものとする。

### (解説-3420-2) 管台内面の丸みの部分を試験する斜角法の屈折角

管台のコーナ円の法線方向に超音波を入射させて試験する場合については、屈折角度の異なる2種類以上の探触子で胴及び管台の外面を走査し、それらを組合せることによって試験範囲全体がカバーできるような屈折角を選定しなければならない。管台

のコーナ円の接線方向に超音波を入射させて試験する場合には、探触子位置と試験部との幾何学的位置関係からノッチからのエコーが十分検出できる屈折角を選定する。

**(解説-3620-1) ボルトの検査穴から斜角法で試験する場合の屈折角**

ボルトの検査穴から斜角法で試験する場合の屈折角は、ネジ底に加工したノッチからのエコーとネジの山、谷からのエコーとの間で有意差が出る屈折角を選定する。

一般的には、 $40\sim 70^\circ$  の角度を用いる。

今泉審査専用

## 第4章 配管の超音波探傷試験要領

### (解説-4212-1) 2次クリーピング波法用の校正用反射体

2次クリーピング波の性質を考慮し、校正用反射体はノッチとした。高さについては、設計・建設規格の管における場合の標準試験片の校正用反射体を参考に設定した。

また、附属書の解説A-1200項で述べている超音波探傷試験によるPLR配管サイジング精度確性試験では、高さ1mmのノッチが適用されていることから、これを使用してもよいこととした。

なお、維持規格に規定されている評価不要きず寸法によると、板厚が10～50mmの範囲での最小評価不要きず寸法が1.5～2.0mm（板厚比で15～4%T）となる。

また、従来から継続して使用している対比試験片等がある場合には、試験結果の継続性を考慮し、その試験体を使用してもよいこととした。

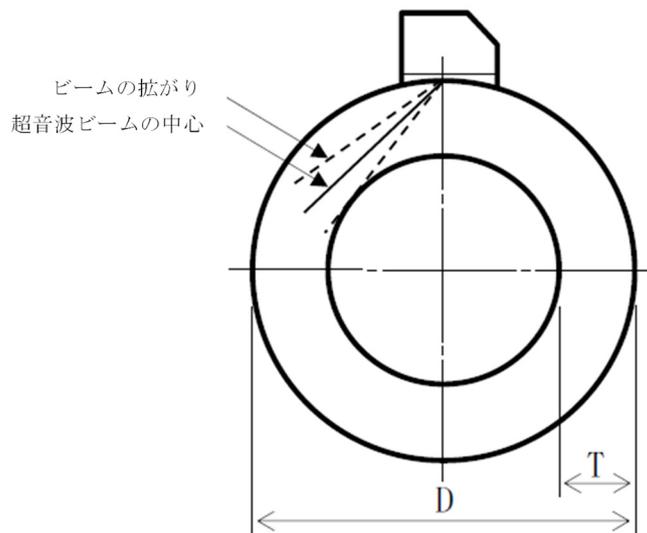
### (解説-4221-1) 探傷方法の一般

垂直法は、運転に伴って発生が想定される亀裂状の反射源についての検出能力は非常に低く、探傷の位置付けとして斜角探傷の妨害となる大きなラミネーション状の反射源の有無を確認するものである。このため現在の規定に照合して同等と考えられる探傷記録がある場合には垂直探傷を要求しないものとした。このときの記録については、ISIのように試験員の他にその試験内容・手順等を客観的に確認していることが必要である。実際にISIやそれに準ずる試験として行っている場合の他、PSIであっても第三者確認等を行っている場合はこれに含むものとする。なお、この場合であってもきずエコーの記録されている部位（溶接継手ではなく検出された反射源）については追跡監視を行う必要がある。

### (解説-4221-2) 周方向探傷の場合

配管周方向探傷等の場合には、厚さ(T)と径(D)の比(T/D)によって45°斜角探傷では内表面にビーム中心軸での探傷ができない場合がある。このような場合には、小さい屈折角（例えば屈折角35°）を用いた探傷を行うか、ビームの拡がりを見積もり、内表面部分の探傷が可能であることを確認する。

なお、超音波の減衰の大きい溶接継手の周方向探傷を行う場合には、管内表面に45°程度で入射する屈折角を選択することが望ましい。



解説図-4221-2 周方向探傷の超音波ビームの拡がり

(解説-4221-3) 斜角法においてきずであるかどうか疑わしい指示

斜角法による探傷を行い、DAC20%を超える指示が得られた場合は、2712 項に基づき、反射源の位置及び種類の解析を行い、「表-2712-1 UT 指示エコーの分類」で示すように分類する。これらの分類の結果から、明らかに形状エコー、金属組織エコー、雑エコー又は不連続部からのエコーと判断できる場合とそうでない場合がある。後者は、不連続部からのエコーである可能性を否定できないことから、このような場合の指示を“きずであるかどうか疑わしい指示”という。

きずであるかどうか疑わしい指示は、 $45^\circ$  以外の他の屈折角又は振動モードを用いた探傷方法で反射源の確認を行うことになる。2 次クリーピング波法もきずであるかどうか疑わしい指示の特定に用いる一つの手法である。

2 次クリーピング波法は、その原理から管内面の板厚方向に進展した開口亀裂状のきずに反応することから、管内面で裏波部の形状に起因するエコー、溶接金属組織からのエコーときずとの判断に不確実さが残る指示について用いることになる。

主にオーステナイト系ステンレス鋼配管溶接部の内面近傍で検出される DAC20%を超える指示で、過去の記録 (PSI, 以前の ISI) にない指示あるいは反射源の位置の解析上で不確実さ (位置の誤差) があると判断された指示に用いるのがよい。

(解説-4221-4) きずであるかどうか疑わしい指示に対する追加の探傷方法

きずであるかどうか疑わしい指示について、追加で行う探傷方法には以下がある。

- ・ 2 次クリーピング波法：内面開口きずに対して有効
- ・ 他の屈折角で探傷：反射源の面情報
- ・ 縦波斜角法：金属組織等のエコーの識別
- ・ 端部エコーの確認：亀裂状反射源の有無
- ・ 高分解能探触子による探傷：反射源の分離確認

・フェーズドアレイ技術：反射源の相対位置の画像表示，高さの有無の確認等  
これらの探傷方法を状況に応じて評価員が選択する。

#### (解説-4244-1) 小口径の場合の周方向走査の注意事項

小口径配管において，周方向に探触子を走査する場合（周継手溶接線に対して平行方向の走査）は，探触子を安定して走査させる必要がある。シューに適切なR加工を行うか，ジグ等により探触子を安定させる工夫を行うことが望ましい。

#### (解説-4244-2) 片側からの探傷の場合

幾何学的形状等のため，溶接線の両側（接合される両母材側）からの探傷が不可能で可能な側からの探傷を行うような場合で，減衰の大きな溶接継手（オーステナイト系ステンレス鋼等）を介した探傷をする場合には，縦波斜角法を行うことが望ましい。

#### (解説-4250-1) 縦波斜角法の基準感度の設定

縦波斜角法を用いた場合で，横穴のような反射源を用いて校正を行った場合には，亀裂状の反射源のコーナ部の反射エコー強度が低下する。ISI で主に対象とする表面近傍の亀裂状の反射源に対してはノッチを用いたエコー高さ評価とした。

#### (解説-4260-1) 2次クリーピング波の特異性

2次クリーピング波法では超音波の送信から受信までの間にモード変換により発生した縦波（2次クリーピング波）によるエコーの有無により管内面におけるきず（開口亀裂）の有無に関する情報を得るため，通常の垂直法及び斜角法とは異なる部分が多い。従って，共通事項である2320項，2420項，2500項及び2600項に代えて2次クリーピング波のみに適用する個別規定を設けた。

#### (解説-4262-1) 2次クリーピング波の場合の時間軸調整

2次クリーピング波法では，本来の2次クリーピング波の他に様々なエコーが得られる場合がある。これらのエコーは有用な場合もあるが，判断に迷うこともある。校正時にはノッチからのエコーで調整した後に，対象部により近い板厚の試験片の端面等を利用して，どの位置に2次クリーピング波が得られるかを確認してから探傷を行うとわかりやすい。

一般的には縦波探触子を用いて，板厚の4倍以上の時間軸に設定し，そのままの状態でクリーピング波探触子に付け替えて，ノッチからのエコーが画面の中央付近（ $1/3 \sim 2/3$ の範囲）になっていることを確認する。

#### (解説-4263-1) 2次クリーピング波の基準感度設定

2次クリーピング波法を長さ測定に用いる場合を考慮して基準感度の設定を要求した。

また，健全部（斜角探傷で疑わしい指示が検出されない部分）においても裏波形状

等によりエコーが検出される場合があるため、その場合は記録レベル(表示器の全目盛の10%)以下になるように感度を下げることとした。感度を下げた後は、他の複数の健全全部で確認することが望ましい。

なお、斜角探傷で全周にわたり指示があるような場合は、各プラントで準備されている対比試験片(2340項及び4210項で規定する対比試験片)に設けた溶接継手を利用し横穴等の校正用反射体又は参考反射体による影響を受けない部分を用いるか、又は探傷する溶接継手と同様な溶接施工条件で溶接された継手の健全全部で確認することが望ましい。

従来から適用している校正方法がある場合には、継続性を考慮しその手法を用いることができることとした。

#### (解説-4264-1) 探傷の方向

探傷は斜角法できずが検出された方向、すなわちきず長さ方向に対して超音波の伝ば方向が直角になる方向で、かつ母材側からの探傷のみとした。なお、2次クリーピング波法による確認は配管周方向のきずに対して適用する。なお、配管軸方向のきずに対してはその有効性が確認される範囲で使用することができる。

#### (解説-4265-1) 超音波ビーム方向の走査範囲

2次クリーピング波法では、クリーピング波を使うことや超音波の伝ば経路の中にモード変換が含まれることから、作図により幾何学的位置関係を把握することが困難である。このため、超音波ビーム方向の走査範囲は以下のいずれかとすることが望ましい。

- ・個別に2次クリーピング波が観測できる範囲を確認して、設定する。
- ・溶接線中心から2T程度離れた箇所から溶接線中心までとする。

通常は、きずが溶接熱影響部にある場合、溶接中心からT程度離れた位置で指示エコーが検出されることから、溶接中心から2T程度までを走査範囲とすれば十分と考えられる。

#### (解説-4266-1) 記録レベル

2次クリーピング波法をきず長さ測定の方法として使用する場合を考慮して記録レベルを定めた。4263項に従って基準感度を設定した場合、溶接部の裏波形状等に起因する形状エコーが概ね表示器の全目盛の10%以下となることから、記録レベルは表示器の全目盛の10%とした。

#### (解説-4267-1) きず長さ

2次クリーピング波法の記録レベルを超える指示長さと、斜角法のDAC20%指示長さが大きく異なる場合は、差異がある範囲についてきずではないと考えられる適切な理由がある場合、それを考慮した指示長さとし、その判断した経緯等を記録しておくことが望ましい。

なお、2次クリーニング波法により斜角法のDAC20%指示長さの測定誤差が改善される場合があることが報告されている(\*)。

(\*) 原子力安全・保安院 原子力発電設備の健全性評価等に関する小委員会(第6回：平成15年2月26日開催)

**(解説-4270-1) フェーズドアレイ技術を用いた探傷で使用する機材**

フェーズドアレイ技術を用いた探傷で使用する機材等については、従来の性能確認手順では確認が困難な部分が多いため、探傷目的に合致した性能を有していることをあらかじめ確認することを求めた。

**(解説-4300-1) 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手**

本項における容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手とは、ニッケル基合金溶接金属を用いた異種金属に対する突合せ溶接継手をいう。

**(解説-4310-1) 周方向探傷を行う場合の屈折角**

斜角法による探傷では一般的には横波 $45^\circ$ を用いた探傷を原則とするが、オーステナイト系ステンレス鋼やノズルセーフエンド部のような異材継手部(バタリング部)については外面から探傷する場合、縦波 $45^\circ$ を用いることが望ましい。また、このとき周方向探傷の場合には管内面における入射角が $45^\circ$ に伝ばするような屈折角を選択することが望ましい。

**(解説-4320-1) 校正用反射体(ノッチ)**

NNWにおいて、容器管台とセーフエンドとの異種金属溶接付き試験体に付与されたノッチの検出可能な最小高さは、一部を除き試験部厚さの10%である。内表面近傍のきず(開口亀裂)検出を対象とした感度校正を解説表-4320-1に示す。

解説表-4320-1 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手における  
検出可能な最小ノッチ (EDM スリット) 高さ (NNW)

区分	試験部位	試験部の厚さ; t (mm)	超音波モード及び屈折角	探傷面	欠陥種類	ノッチ付与面 (方向)	検出可能な最小ノッチ高さ mm (試験部厚さ; t の%)
容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手	PWR 原子炉容器出口管台セーフエンド溶接継手	87.7	縦波 45°	外面	EDM スリット*	内面 (周)	8.8mm (10%)
			縦波 45°, 36°			内面 (軸)	8.8mm (10%)
			縦波 70°	内面		内面 (周)	8.8mm (10%)
			縦波 70°			内面 (軸)	8.8mm (10%)
	BWR 原子炉再循環水入口管台セーフエンド溶接継手	31.5	横波 45°	外面	EDM スリット*	内面 (周)	3.2mm (10%)
			縦波 45°, 60°			内面 (軸)	7.9mm (25%)
	PWR 加圧器サージ管台セーフエンド溶接継手	46.0	横波 45°	外面	EDM スリット*	内面 (周)	4.8mm (10%)
			縦波 35°, 45°, 60°			内面 (軸)	
	PWR 加圧器安全弁管台セーフエンド溶接継手	29.6	縦波 45°, 60°	外面	EDM スリット*	内面 (周)	3.0mm (10%)
			縦波 45°, 35°			内面 (軸)	7.4mm (25%)

(注記) \* 溶接金属内に付与

出典：原子力安全基盤機構，“平成 17 年度 ニッケル基合金溶接部の非破壊検査技術実証に関する事業報告書(その 1)”平成 18 年 7 月

#### (解説-4320-2) 試験体の曲率

探傷面の曲率半径が 254mm を超える場合であっても、原則として曲率を有した対比試験片を使用することを求めている。その理由は、曲率を有する部位の周方向探傷においては、内面の反射源からのエコーは平板の場合に比べてビーム路程が長くなり、反射源位置を誤認するが生じるためであり、異種金属溶接継手に縦波斜角法を適用する場合は、探傷面の曲率半径と同じ曲率のもの又は探傷面の曲率半径の 0.7~1.1 倍のものを使用することが望ましいものとした。

#### (解説-4420-1) 校正用反射体 (ノッチ)

UTS において、オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手付き試験体に付与されたノッチの検出可能な最小高さは、一部を除き試験部厚さの概ね 10% である。内表面近傍のきず (開口亀裂) 検出を対象とした感度校正を解説表-4420-1 に示す。

解説表-4420-1 オーステナイト系ステンレス鋼配管突合せ溶接継手における  
検出可能な最小ノッチ (EDM スリット) 深さ (UTS)

区分	試験部位	試験部の厚さ ; t (mm)	超音波モード及び屈折角	探傷面	欠種 陥類	ノッチ付与面 (方向)	検出可能な最小ノッチ深さ mm (試験部厚さ ; t の%)
オーステナイト系ステンレス鋼継手	オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手	77.8	縦波 45°, 36°	外面	EDM スリット*	内面 (周)	12.1mm (15.5%t) (遠铸件側からの探傷) 9.1mm (11.6%t) (静铸件側からの探傷)

(注記) \* 熱影響部 (HAZ) に付与

出典：原子力安全基盤機構、「平成 16 年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書 (超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度の確認に関するもの) [総括版]」  
平成 17 年 4 月

(解説-4500-1) オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷

オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷は、下記に示す 2 つの電力共同研究 (以下、共研と称す) の成果を反映したものであり、実証された探傷条件に基づいて規定した。共研で実証した配管の突合せ溶接継手の母材と溶接金属の組み合わせを解説表-4500-1 に示す。

- (1) 「ステンレス鋼溶接金属を透過した UT (検出) 確認試験研究の成果」  
：保全学 Vol. 9・No. 3・2010, 日本保全学会
- (2) 「ステンレス鋼溶接金属を透過した超音波探傷性能の確認結果 (第 2 報)」  
：保全学 Vol. 14・No. 2・2015, 日本保全学会

解説表-4500-1 適用する母材と溶接金属の組合せ

区分	超音波入射側母材	溶接金属	超音波透過側母材
組み合わせ 1	オーステナイト系ステンレス鋼	オーステナイト系ステンレス鋼	オーステナイト系ステンレス鋼
組み合わせ 2	オーステナイト系ステンレス鋼	オーステナイト系ステンレス鋼	オーステナイト系ステンレス鋼

本試験は配管の内表面に生じたきずを検出することが目的であることから、試験範囲は内表面に限定することとした。

試験部の厚さの範囲については、ASME Sec. XI Appendix VIII Supplement 2 において、実証しようとする手順書の最小厚さ+2.5mm 及び最大厚さ-13mm の試験体を含む 4 種類の試験体を使用することとしていること、一方で国内実績として板厚の 10% 程度の範囲において UT 特性は同等とみなされていること、対比試験片の代表厚さの規定等を考慮し、共研で使用した試験体の厚さ (最大 35mm) を参考に 40mm 以下とした。

(解説-4520-1) 探 触 子

オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷は、溶接金属部での超音波の減衰による SN 比の低下を考慮し、実証試験で実績のある 1~3MHz とした。

共研で用いられた探触子の仕様例を解説表-4520-1~解説表-4520-4 に示す。

解説表-4520-1 探触子の仕様例 (オーステナイト系ステンレス鋼同士の溶接継手の場合)

探触子				実証した 試験部の厚さ (mm)	
波モード		公称屈折角 (°)	周波数 (MHz)		振動子寸法 (mm)
縦	横				
○	—	45	2	13×6 <sup>*1</sup> (F20) <sup>*2</sup>	25
○	—			20×10 <sup>*1</sup> (F25) <sup>*2</sup>	35
○	—			10×18 <sup>*1</sup>	25 , 35
○	—		3	10×5 <sup>*1</sup>	10
○	—	60	1.5	8×14 <sup>*1</sup>	10
○	—			15×25 <sup>*1</sup>	25 , 35
○	—		2	20×10 <sup>*1</sup>	12.7 , 18.2
○	—			15×10 <sup>*1</sup> (F20) <sup>*2</sup>	25
○	—			29×15 <sup>*1</sup>	28.6 , 33.3
○	—			15×10 <sup>*1</sup> (F30) <sup>*2</sup>	35
—	○		2.25	φ 12.7	10
—	○	70	2	φ 15	12.7 , 18.2
—	○		2	φ 25	28.6 , 33.3

\*1 : 送受信分割型, 片側のみの寸法を示す

\*2 : 括弧内は焦点深さを示す

解説表-4520-2 探触子の仕様例(オーステナイト系ステンレス鋼とオーステナイト系ステンレス鋳鋼の溶接継手において、オーステナイト系ステンレス鋼側から超音波を入射させる場合)

探触子				実証した 試験部の厚さ (mm)	
波モード		公称屈折角 (°)	周波数 (MHz)		振動子寸法 (mm)
縦	横				
○	—	70	2	20×10*	12.7 , 18.2
○	—			29×15*	28.6 , 33.3
—	○		1	φ 15	12.7
—	○			φ 20	18.2
—	○			φ 25	28.6
—	○			φ 30	33.3

\*：送受信分割型，片側のみの寸法を示す

解説表-4520-3 フェーズドアレイ探触子の仕様例  
(オーステナイト系ステンレス鋼同士の溶接継手の場合)

フェーズドアレイ探触子				実証した 試験部の厚さ (mm)	
波モード		電子走査 方法	周波数 (MHz)		振動子寸法 (mm)
縦	横				
○	—	セクタ	1.5	40×20*	10 , 25 , 35
○	—		2	40×20*	28.6 , 33.3
○	—			24×13	35
○	—		3	19.2×10	10 , 25
○	—			32×16*	12.7 , 18.2
—	○		1.5	16×11.8	10

\*：送受信分割型，片側のみの寸法を示す

#### 解説表-4520-4 フェーズドアレイ探触子の仕様例

(オーステナイト系ステンレス鋼とオーステナイト系ステンレス鋳鋼の溶接継手において、オーステナイト系ステンレス鋼側から超音波を入射させる場合)

フェーズドアレイ探触子 (全て送受信分割型)				実証した 試験部の厚さ (mm)	
波モード		電子走査 方法	周波数 (MHz)		振動子寸法* (mm)
縦	横				
○	—	セクタ	2	40×20	28.6 , 33.3
○	—	セクタ	3	32×16	12.7 , 18.2

\*: 片側のみの寸法を示す

#### (解説-4530-1) 対比試験片

共研では、対比試験片の校正用反射体は、縦波の場合、高さ1mmのノッチを用いて基準感度を設定し、横波の場合は横穴を用いて設定していることから、これを反映した。

#### (解説-4540-1) 横波を用いた探傷の扱い

共研では、横波によるオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷においても一部の条件で検出性は良好であることが確認されているが、DAC%エコー高さは低い傾向にある。また、一般的には、横波よりも縦波の方が溶接部における音波の透過性が高いことが知られている。このため、縦波による探傷に加えて横波による探傷を行ってもよいこととした。

#### (解説-4540-2) オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる場合の探傷条件

共研では、複数(少なくとも2つ以上)の試験条件における結果を総合的に判断することを推奨していることから、これを反映した。

なお、フェーズドアレイ技術(セクタ走査)は、屈折角を複数設定できることから、一つの設定で複数の屈折角のデータを確認することができる。このため、フェーズドアレイ技術(セクタ走査)で10°以上の異なる屈折角範囲で評価を行う場合には、2つ以上の異なる探傷条件とみなすことができる。

#### (解説-4560-1) 走査方法

オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷では、エコーを画像化することによる評価が有効であることが確認されている。従って、自動探傷やエンコーダー等を用いて連続的にデータを収録できるような走査を行うこととした。

#### (解説-4560-2) 探触子の走査方向

共研では、実機損傷事例を基に、溶接線に対し平行方向に長さをもつ割れの検出性について実証試験を行っていることから、超音波ビームの方向は溶接線に対して直角方向のみに限定した。

#### (解説-4570-1) 記 録

本探傷の目的は、オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させ、超音波入射側とは反対側の母材の内表面を確認することが目的であり、具体的には内表面に開口しているきずの有無を確認することである。

一般に確認される裏波部エコーや表面エコー等は、横波斜角法による探傷で確認される。したがって、本探傷で要求する記録は、きずエコーと分類されるエコーに対してのみとした。ただし、きずエコーと分類されるエコー以外のエコーも記録することを制限しているものではない。

#### (解説-4580-1) 記録方法及びエコー評価

オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷を行った場合、溶接金属等に起因するエコーが多数検出されるのが一般的である。このため、複数の探傷条件の結果を総合し、かつ探傷画像（採取したデータを合成処理したデータ等）、A スコープ波形の動き等を参照して、総合的に試験結果の評価を行うことを要求した。

[附属書 A きず高さ測定要領]

公衆審査専用

## A-1000 総 則

### A-1000 総 則

#### A-1100 目 的

本附属書は、超音波探傷試験によるきず高さ測定に適用可能な要領を示す。ただし、これ以外の方法であって、きず評価の保守性を考慮して十分な精度を有すると認められた方法により、きず高さ測定を行ってもよい。(解説 A-1100-1)

また、きず高さ測定は、複数の手法又は複数の測定条件で行い、総合的に評価する。(解説 A-1100-2)

#### A-1200 適用範囲

容器（管台内面の丸みの部分を含む。）及び配管（容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手を含む。）の突合せ溶接継手に適用する。

なお、上記以外の部位で本附属書が適用できると判断される場合は、これを準用してもよい。(解説 A-1200-1)

#### A-1300 対象とするきず

容器内面又は配管内面の開口きずを対象とする。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼配管及び容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手（バタリング部）で溶接線に対し直角方向に長さを有するものは、溶接金属を通過して超音波を伝ばさせる場合がある。このため、きずの位置に応じて、本附属書の適用可否を判断する。(解説 A-1300-1)

#### A-1400 適用手法

モード変換波法、タンデム法、端部エコー法、TOFD 法及びフェーズドアレイ技術によるきず高さ測定要領について示す。(解説 A-1400-1)

#### A-1410 用語の定義

- (1) 広帯域集束型探触子
  - a. 広帯域型探触子

波数が 3 波以下の短い超音波パルスを発生する探触子を言う。通常用いる探触子と比較して、周波数帯域幅が広いので広帯域型探触子と呼ばれ、分解能が高く、SN 比もよいと言われている。一般的にコンポジット型振動子を用いた場合には、広帯域型になる。

b. 集束型探触子

超音波ビームをある範囲で狭くする（集束させる又は焦点を持たせる）ことで、その範囲にあるきずからの反射波の強度を高める探触子をいう。広帯域集束型探触子とは、上記 a. 項を組み合わせた探触子をいう。

(2) アレイ探触子

多数個の振動子を配列し、各振動子を励振するパルス電圧の位相を変えることによって試験体中の超音波ビームを設定することができるようにした探触子をいう。振動子の配列、形状等によりリニアアレイ、デュアルアレイ、マトリックスアレイ、リングアレイ、アークアレイ探触子等がある。

(3) 探傷用対比試験片

本附属書でいう探傷用対比試験片とは、2340 項で規定する探傷（きず検出）を目的とした対比試験片をいう。

(4) 横穴対比試験片（RB-SDH）

横穴対比試験片は、JIS Z 2350 附属書 1 で規定しているもので、垂直探触子のビーム特性測定及び斜角探触子の縦断面ビーム特性測定に用いる試験片をいう。

**A-1500 試験評価員及び試験員（解説 A-1500-1）**

試験評価員は 2200 (1) 項に準じる。試験員は 2200 (1) 項におけるレベル 2 以上の有資格者又はこれと同等の技術レベルを有する者とする。

**A-1510 教育及び訓練**

きず高さ測定を行う試験評価員及び試験員は、2200 項に準じた者であって、A-1511～A-1514 項に定める教育及び訓練が適切に行われていることが確認された者とする。

（解説 A-1510-1）

なお、NDIS 0603 により認証された者又は海外における認証制度にて認証されている者は、その証明書を提示すればよく、本項に示す教育及び訓練は必要としない。（解説 A-1510-2）

**A-1511 教育及び訓練の内容**

試験評価員及び試験員は、適用手法及び適用範囲について、次に掲げる教育及び訓練を受ける。

- (1) 適用手法に関する原理、取扱方法及び試験結果の解釈方法の習得
- (2) 測定対象に関する知見（材料、溶接方法、形状、想定されるきずの種類及び形態等）及び測定対象の超音波特性に関する知見の習得
- (3) 原子力発電所用機器に適用される超音波探傷試験に関する規格及び基準の内容の習得
- (4) 測定対象に想定されるきず又はこれと同等な性状を模擬したきずを有し、か

つ、測定対象と類似形状の試験体を使用した実技訓練（解説 A-1511-1）

なお、試験評価員の実技訓練は、測定データの解析により代替することができる。

(5) 上記(1)～(4)項の教育及び訓練に対する成果の確認（解説 A-1511-2）

#### A-1512 技量の維持

試験評価員及び試験員は、きず高さ測定に関する技量を維持するため、A-1511 項に示す教育及び訓練を毎年受け、その成果を確認する。ただし、A-1511 項に示す教育及び訓練の(1)～(3)項のうち、その最新の知見又は内容が前回の教育及び訓練における内容と同じものについては、その受講を省略してもよい。（解説 A-1512-1）

#### A-1513 教育及び訓練の記録

少なくとも次の項目を含め、教育及び訓練に関する記録として保存する。

- (1) 実施年月日及び期間
  - (2) 教育及び訓練を受けた者の氏名並びに資格
  - (3) 教育及び訓練の実施者並びに責任者
  - (4) 教育及び訓練内容（A-1511 項に定めるもの）
  - (5) 実技訓練に用いた模擬試験体の形状、寸法、材質、模擬きずの種類（ノッチ、疲労亀裂、SCC 等）（ブラインド試験に用いる模擬試験体の場合を除く）
  - (6) 教育及び訓練の成果に関する確認結果
  - (7) 技量維持プログラムの実施状況
- （解説 A-1513-1）

## A-2000 一般事項

### A-2000 一般事項

本項は、容器及び配管のきず高さ測定要領の一般事項を示す。なお、本項に記載なき事項は2章に準じる。

### A-2100 探触子

- (1) 探触子は、使用する探傷器の仕様に適合するものとする。
- (2) 探触子は、一振動子型、又は多振動子型とし、適用手法に応じて適切なものを用いる。
- (3) 超音波の伝ばを良くするために、くさび（探触子シュー）を用いてもよい。この場合、探傷中に使用するくさびをつけて校正を行う。
- (4) 周波数は、0.4～15 MHz の範囲で、適用手法に応じて適切な周波数とする。超音波のモードは横波又は縦波とする。
- (5) 屈折角及び振動子の大きさは、試験部の形状及び寸法に対して適合しており、超音波が十分透過するものを選択する。

### A-2200 対比試験片

- (1) 対比試験片に用いる材料は、試験部の材料と超音波特性が同等なものとする。
- (2) 対比試験片の厚さは、試験部の厚さと同等の厚さとする。
- (3) 対比試験片は、平板、接触部と同じ曲率又は接触部の0.7～1.1倍の曲率半径とする。
- (4) 対比試験片の寸法は、適用手法に応じて探触子の走査に必要な寸法とする。

### A-2300 超音波探傷装置の校正

#### A-2310 超音波探傷器（解説 A-2310-1）

- (1) 超音波探傷器は、時間軸直線性に関して、JIS Z 2352 に従って測定し、±1%fs 以内でなければならない。
- (2) 時間軸直線性の確認は、その探傷器を使用する測定の12カ月以内に確認されていること。

### A-2400 きず位置のマーキング

2710 項で得られた反射源位置及びきず指示長さ範囲（DAC20%指示長さ又は2次クリーピング波法での指示長さ）を試験部位の表面にマーキングする。なお、自動探傷の位置情報できず位置が確認できる場合は除く。（解説 A-2400-1）

#### A-2500 予備測定

きず高さ測定に先立ち、次に掲げる確認を行うことが望ましい。(解説 A-2500-1)

- (1) モード変換波法による概略のきず高さの確認 (適用可能な場合)
- (2) 2710 項の規定に基づき採取した結果の確認又は再測定
  - a. エコー高さ (DAC%) の確認
  - b. エコー高さ分布, きずの傾き有無等の確認
  - c. 斜角  $45^{\circ}$  の一回反射法 (1 スキップ) でのエコー有無の確認 (適用可能な場合)
  - d. 必要に応じ, 他の屈折角による確認

#### A-2600 採取データの保存

採取データは, 測定結果の再評価及び第三者の確認が行えるよう, 探傷波形を保存する。

## A-3000 きず高さ測定要領

### A-3000 きず高さ測定要領

本項は、フェライト鋼突合せ溶接継手、オーステナイト系ステンレス鋼突合せ溶接継手、管台内面の丸みの部分及び容器管台とセーフエンドの異種金属溶接継手（バタリング部）におけるきず高さ測定要領を示す。

### A-3100 試験部の厚さが 10mm 以上のフェライト鋼（クラッドなし）及び試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下のオーステナイト系ステンレス鋼の突合せ溶接継手に対するきず高さ測定

#### A-3110 適用手法

次に示す手法を適用することができる。ただし、モード変換波法及びタンデム法は、試験部の厚さが 51mm 以下の場合のみ適用することができる。また、フェーズドアレイ技術を試験部の厚さが 51mm を超える場合に適用する場合は、適用性を確認した上で、本附属書の規定に準じて適用することができる。

- (1) モード変換波法
- (2) タンデム法
- (3) 端部エコー法
- (4) TOFD 法
- (5) フェーズドアレイ技術

#### A-3120 モード変換波法による概略のきず高さの確認

本手法は、モード変換波の有無及びその波形パターンにより概略のきず高さを把握し、端部エコー法等によるきず高さ測定のための補助情報を得ることを目的とする。

#### A-3121 探触子

探触子は、A-2100 項を満足し、かつ公称屈折角が縦波 60～90°（横波 28～33°）の範囲の屈折角を有するものとする。なお、幾何学的形状等の影響により他の屈折角が適している場合は、その屈折角を用いる。（解説 A-3121-1）

#### A-3122 対比試験片

対比試験片は、A-2200 項を満足する試験片又は 2340 項で規定する探傷用対比試験片に、(1) 項に示す校正用反射体を設けたものとする。

探傷用対比試験片を用いる場合は、本文中の基準感度の設定に支障がない位置に

校正用反射体を設ける。

また、本文中の図-2343-1 で示すノッチを校正用反射体として用いてもよい。なお、きずかどうか疑わしい指示の確認として2次クリーピング波法を適用し、一連の動作としてモード変換波法を行う場合は、4212 項に従った対比試験片を用いてもよい。

(1) 校正用反射体

次のような校正用反射体を設けるものとする。(解説 A-3122-1)

- a. 校正用反射体の種類は、ノッチとし、基準感度の調整に用いるノッチの高さは、試験部の厚さの5%以下とする。ただし、試験部の厚さの5%が1mm未満の場合は1mmとすることができる。
- b. モード変換波の有無及び出現パターンを確認するために、少なくとも対比試験片の厚さの20~30%の高さを有するノッチを設けるものとする。この他に1次クリーピング波あるいは横波1回反射波の確認のため、厚さの70%程度以上の高さを有するノッチを設けてもよい。

**A-3123 時間軸の調整**

- (1) 時間軸の調整は、JIS Z 2345-1, JIS Z 2345-2 若しくは JIS Z 2345-4 に規定する標準試験片又は試験部の材料と超音波特性（主として音速）が同等な材料で作られた既知の寸法を有する半円形等の試験片を用いて行う。
- (2) 時間軸の調整を行う試験片と試験部の音速が異なる場合は、音速補正を行う。
- (3) 表示器の時間軸は測定に必要な範囲に調整する。

**A-3124 基準感度の調整**

基準感度の調整は、次による。

- (1) 基準感度調整用のノッチからの2次クリーピング波が表示器の全目盛の80%になるように調整する。
- (2) 2510(2)項による基準感度の確認の結果、振幅の20%又は2 dB以上下がっていた場合、あるいは2 dBを超えて上がっていた場合は、再試験の可否を判断する。ただし、明らかな装置（超音波探傷器、探触子及び探傷ケーブル）の故障で再調整した場合は、無効となった試験の範囲を再試験する。(解説 A-3124-1)

**A-3125 測定**

(1) 感度

基準感度 +  $\alpha$  dB ( $\alpha$  は、通常 0, +6, +12……) とし、モード変換波が検出しやすく、また、ノイズと識別できる範囲で設定する。

- (2) 探触子の走査 (解説 A-3125-1)
- a. 超音波ビームがきずの長さ方向に直交する方向から伝ばするように走査する。この場合、必要に応じて首振り走査を行う。
  - b. 原則として、きずが位置する側の母材から走査する。
  - c. 2次クリーピング波のエコー高さが最大となる位置から探触子を前後走査させ、モード変換波の有無及び出現パターンを確認する。また、きず指示長さ全体にわたり、前後走査を伴いながら左右走査を行う。
  - d. 探触子の走査速度は、150 mm/秒以下とする。
  - e. 自動走査の場合は、上記 a.～d. 項を満足するように走査方向、走査範囲、走査パターン及び走査速度を定めるものとする。また、探触子の押付力等を調整し、探触子と試験体との音響結合がデータ評価に影響がないように確実に行われていることを確認する。

#### A-3126 記録及び解析

- (1) 記録
- 以下を記録する。
- a. モード変換波の有無
  - b. モード変換波が認められた場合は、モード変換波のエコー高さが最大となる探触子位置又はその出現範囲を記録する。
  - c. 1次クリーピング波又は横波1回反射波が認められた場合は、エコー高さが最大となる探触子位置又はその出現範囲を記録する。(解説 A-3126-1)
- (2) 解析
- モード変換波の出現有無及びその出現パターンから概略のきず高さを把握する。(解説 A-3126-2)
- (3) 試験記録
- 次の事項を記録し、その記録と試験部とが照合できるようにする。
- a. 試験条件
    - (a) 発電所名称
    - (b) 試験箇所名称 (溶接継手番号及びきず番号)
    - (c) 試験年月日と試験評価員及び試験員 (資格)
    - (d) 適用手法
    - (e) 校正記録
      - i. 使用機材  
超音波探傷器、探触子、対比試験片、接触媒質
      - ii. 探触子の入射点、屈折角 (必要な場合)
      - iii. 基準感度及び時間軸調整時の探傷器の目盛

- iv. 校正日時
- (f) 走査方向
- (g) 探傷感度
- (h) 試験要領書番号
- (i) 自動（又は半自動）探傷で行う場合は、(a)～(h)項に以下を加えて記録する。
  - i. 走査パターン
  - ii. 走査範囲（測定範囲）
- b. 試験結果
  - (a) モード変換波の有無
  - (b) モード変換波のエコー高さが最大となる探触子位置又は出現範囲（モード変換波が認められた場合）
  - (c) 1次クリーピング波のエコー高さが最大となる探触子位置又は出現範囲（1次クリーピング波が認められた場合）
  - (d) 横波1回反射波のエコー高さが最大となる探触子位置又は出現範囲（横波1回反射波が認められた場合）
  - (e) 概略のきず高さ（大，中，小の区分）
  - (f) 波形図（波形写真又は録画等）

#### A-3130 タンデム法による概略のきず高さの確認

本手法は、概略のきず高さを把握し、端部エコー法等によるきず高さ測定のための補助情報を得ることを目的とする。

#### A-3131 探触子

探触子は、A-2100項を満足し、かつ公称屈折角 $45^{\circ}$ の横波斜角探触子とする。

なお、幾何学的形状等の影響により他の屈折角が適している場合は、その屈折角を用いる。

#### A-3132 対比試験片

対比試験片は、A-2200項を満足する試験片又は2340項で規定する探傷用対比試験片に、(1)項に示す校正用反射体を設けたものとする。

##### (1) 校正用反射体

探触子間距離ときず高さの相関性を確認するため、校正用反射体を設ける。校正用反射体の種類はノッチとし、ノッチの高さは、試験部の厚さの50%以上とする。

### A-3133 時間軸の調整

時間軸の調整は、JIS Z 2345-1, JIS Z 2345-2 若しくは JIS Z 2345-4 に規定する標準試験片, 対比試験片又は試験部の底面（対象とするきずのない部分で底面が極力平行であること）を用いて、エコー高さが最大となるように送信側探触子と受信側探触子間の距離を調整し、超音波探傷器の表示器上で確認し易い位置にエコーが現れるようにする。

なお、標準試験片又は対比試験片を用いる場合は試験部の厚さと同等以上とする。

### A-3134 基準感度の調整

- (1) JIS Z 2345-1, JIS Z 2345-2 若しくは JIS Z 2345-4 に規定する標準試験片, 対比試験片又は試験部の底面（対象とするきずのない部分で底面が極力平行であること）を用いて、試験片上に送信側及び受信側探触子が向き合うように配置（V字配置）させ、最大エコーを得る。
- (2) この時の最大エコー高さが表示器上 80%になるよう感度を調整し、この時の感度を基準感度とする。（解説 A-3134-1）

### A-3135 測定

#### (1) 感度

基準感度 +  $\alpha$  dB ( $\alpha$  は、通常 0, +6, +12……) とし、きずからの反射波が検出し易く、ノイズと識別できる範囲で設定する。

#### (2) 探触子の配置及び走査

##### a. 受信側探触子の配置

(a) 深さ方向に設定する交点位置、使用する探触子の実測屈折角から受信側探触子の位置を決定する。

(b) 溶接線中心から受信側探触子の位置までの距離を求める。

(c) (b)項の位置に受信側探触子を固定する。

##### b. 送信側探触子の配置及び走査

受信側探触子を固定した後、送信側探触子を受信側探触子の後側（きずから遠ざかる方向）に配置し前後走査を行う。このとききずからのエコーが最大となる送信側探触子の位置を読み取る。

また、送信側探触子と受信側探触子間の距離を求める。この場合、受信側探触子と送信側探触子の位置が入れ替わる配置でも構わない。

### A-3136 記録及び解析

#### (1) 記録

以下を記録する。

- a. きずからのエコーの有無
- b. きずからのエコーが認められた場合は、そのエコー高さが最大となる送信側探触子位置及び受信側探触子位置を記録する。

(2) 解析

きずからのエコーの有無及び予め確認した探触子間距離ときず高さの相関性から概略のきず高さを把握する。

(3) 試験記録

次の事項を記録し、その記録と試験部とが照合できるようにする。

a. 試験条件

- (a) 発電所名称
- (b) 試験箇所名称（溶接継手番号及びきず番号）
- (c) 試験年月日と試験評価員及び試験員（資格）
- (d) 適用手法
- (e) 校正記録
  - i. 使用機材  
超音波探傷器、探触子、対比試験片、接触媒質
  - ii. 探触子の入射点、屈折角（必要な場合）
  - iii. 基準感度の探傷器の目盛
  - iv. 校正日時
- (f) 走査方向
- (g) 探傷感度
- (h) 試験要領書番号

b. 試験結果

- (a) きずからのエコーの有無
- (b) きずからのエコーのエコー高さが最大となる探触子位置  
（きずからのエコーが認められた場合）
- (c) 概略のきず高さ（大、中、小の区分）
- (d) 波形図（波形写真又は録画等）

#### A-3140 端部エコー法による測定

原則として、横波斜角端部エコー法とする。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼において、きずの先端がボンド部又は溶接金属内に進展する恐れのある場合は、横波斜角端部エコー法に加えて縦波斜角端部エコー法を用いる。（解説 A-3140-1）

#### A-3141 関連規格

- (1) JIS Z 3060
- (2) NDIS 2418

#### A-3142 探触子

探触子は、A-2100 項を満足し、かつ次の項目に適合するものとする。(解説 A-3142-1)

- (1) 広帯域型探触子とする。また、広帯域集束型探触子を用いる場合は、試験部の厚さ、A-2500 項で規定する予備測定あるいは他の手法による測定結果を考慮して、適切な集束範囲のものを選定する。
- (2) 試験周波数は、2~10MHz を標準とする。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼の場合は、厚さが 10mm 程度の薄肉の場合を除き、1.5~5MHz とする。
- (3) 屈折角は、45° を標準とし、他の屈折角を 45° と合わせて用いてもよい。なお、幾何学的形状等の影響により他の屈折角が適している場合は、その屈折角を用いることができる。
- (4) 振動子の大きさは、試験部の形状及び寸法に適合したもので、安定した超音波の伝ばが可能なものとする。
- (5) くさび(探触子シュー)は原則として加工しない。試験部の曲率に適合するようにくさびを加工する場合は、くさび加工後において探触子の性能測定(入射点及び屈折角)を行う。また、集束型探触子でくさびを加工した場合は、入射点及び屈折角の測定の他に集束範囲の確認を行う。
- (6) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書に記載する探触子を用いてもよい。この場合は、確認を得た適用範囲に限定される。

#### A-3143 対比試験片

対比試験片は、次に掲げるいずれかのものを用いる。(解説 A-3143-1)

- (1) ノッチ付き対比試験片  
A-2200 項を満足する試験片又は 2340 項で規定する探傷用対比試験片に、a.~d. 項に示す校正用反射体を設けたものとする。
  - a. 高さの異なる 2 個以上のノッチを設ける。
  - b. 探触子を走査する反対面にノッチを設ける。
  - c. 探傷用対比試験片にノッチを設ける場合、本文で規定する基準感度の設定に支障のない位置に設ける。
  - d. ノッチの形状は、長方形又は半楕円形のいずれでもよい。
- (2) 横穴対比試験片  
横穴は、試験部の厚さに相当する位置を含んで、厚さ方向に深さの異なる

位置に設ける。

(3) 探傷用対比試験片

探傷用対比試験片に設けられた横穴を用いてもよい。

**A-3144 探触子の入射点及び屈折角の測定**

(1) 非集束型探触子

a. 入射点の測定

JIS Z 2345-1, JIS Z 2345-2 若しくは JIS Z 2345-4 に規定する標準試験片を用いて, 1mm 以下の単位で測定する。ただし, 測定ができない場合は, 探触子の入射点の測定が可能な形状の試験片を製作し, 測定に適用してもよい。

b. 屈折角の測定

JIS Z 2345-1, JIS Z 2345-2 若しくは JIS Z 2345-4 に規定する標準試験片又はこれと類似形状の試験片を用いて  $0.5^\circ$  以下の単位まで読み取る。ただし, 測定ができない場合は, 探触子の屈折角の測定が可能な形状の試験片を製作し, 測定に適用してもよい。

(2) 集束型探触子

入射点及び屈折角の測定は, A-3143(2)項で規定する横穴対比試験片を用いて, それぞれ 0.5mm 以下の単位,  $0.5^\circ$  以下の単位で求める。測定方法は, A-3141(1)項又は(2)項に従うものとする。

(3) 測定頻度

探触子の入射点及び屈折角の測定は, 試験開始時に測定する。

(解説 A-3144-1)

**A-3145 時間軸の調整**

(1) 時間軸の調整は, JIS Z 2345-1, JIS Z 2345-2 若しくは JIS Z 2345-4 に規定する標準試験片又は試験部の材料と超音波特性(主として音速)の同等な材料で作られた既知の寸法を有する半円形等の試験片を用いて行う。ただし, JIS Z 2345-1, JIS Z 2345-2 若しくは JIS Z 2345-4 に規定する標準試験片と試験部の音速が異なる場合は, 音速補正を行う。

(2) 時間軸の全幅は, 少なくとも 試験部全体積を直射法(0.5 スキップ)で確認するのに必要な範囲とする。一回反射法(1 スキップ)で測定を行う場合は, 適宜, 観察に必要な時間軸範囲に調整する。

(3) 試験員がビーム路程を直接読み取るような場合は, 試験部全体積をカバーできるように時間軸の全幅を調整して, 端部エコーを確認した後, 端部エコーが測定し易いように時間軸を拡大する。

- (4) 時間軸の調整が正しく行われていることを A-3143 項で示す対比試験片のいずれかを用いて確認する。
- (5) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書で記載する調整方法を用いてもよい。
- (6) 2510 (2) 及び(3)項による時間軸の確認の結果、きず高さ算出値に影響があると判断される変動があった場合は、その試験を無効とする。この場合は、新たな調整を行い、無効となった試験の範囲を再試験する。  
(解説 A-3145-1)

#### A-3146 基準感度の調整

- (1) 基準感度の調整は、A-3143 項で示す対比試験片のいずれかを用いて行う。ただし、適用性の確認が得られた場合は、その要領書で記載する調整方法を用いてもよい。
- (2) 2510 (2) 及び(3) 項による基準感度の確認の結果、振幅の 20%又は 2dB 以上下がっていた場合、あるいは 2dB を超えて上がっていた場合は、再試験の要否を判断する。ただし、明らかな装置(超音波探傷器, 探触子及びケーブル)の故障で再調整した場合は、無効となった試験の範囲を再試験する。  
(解説 A-3146-1)

#### A-3147 測定

- (1) 感度  
基準感度 +  $\alpha$  dB ( $\alpha$  は、通常 0, +6, +12……) とし、ノイズと識別できる範囲で設定する。
- (2) 探触子の走査
  - a. 超音波ビームがきずの長さ方向に対して直角となる方向から伝ばするように行う。この場合、必要に応じて首振り走査を行う。
  - b. 原則として、きずが位置する側の母材から走査する。また、必要に応じて直交する反対の側から行う。
  - c. きず開口部を起点として、きず先端からの端部エコーが捉えられる範囲にわたって探触子を前後走査する。
  - d. 探触子の走査速度は、150mm/秒以下でかつ端部エコーの特定に支障がない程度とする。
  - e. 自動探傷で行う場合は、上記 a. ~d. 項を満足するように走査方向、走査範囲、走査パターン、走査速度及びデータ採取ピッチを定める。
  - f. 自動探傷で行う場合は、探触子の押付力等を調整し、探触子と試験体との音響結合がデータ評価に影響がないように確実に行われていること

を確認する。

(3) きず最深部の特定 (解説 A-3147-1)

きず最深部を特定するに当たり、次の手順で測定する。

- a. 2710 項の規定に基づき採取した最大エコー高さ位置、きず指示長さの中央近傍位置について測定する。ただし、最大エコー高さ位置ときず指示長さの中央位置が近接している場合は、どちらか一方の測定でよい。
- b. 上記 a. 項の位置及びこれをはさむ両側の任意の位置を含めて 3 点程度の測定を行い、最深部を特定する。ただし、端部エコーが得られない場合はこの限りでない。
- c. エコー高さ分布から複数の山谷が顕著に確認できている場合は、各山の位置で測定することが望ましい。
- d. 自動探傷で行う場合は、2710 項の規定にしたがって採取した結果から、きず範囲を十分満足するように走査し、最深部を特定する。
- e. きず指示長さが長い場合 (例えば、 $30^{\circ}$  以上にわたる場合等) は、個別に特定点を定める。

#### A-3148 記録及び解析

(1) 記録

以下を記録する。

a. きず開口部の記録

きず開口部ときず先端部とのビーム路程差を用いてきず高さを求める場合は、きず開口部からのエコー高さが最大となる探触子位置 (X, Y)、ビーム路程を記録する。

b. きず先端部の記録

きずの先端部からの端部エコーを捉えた位置 (X, Y) 及びビーム路程を記録する。

(2) 解析

(1) 項に従い採取した記録に基づき解析を行う。(解説 A-3148-1)

a. 作図による解析

作図上で解析する場合は、以下の情報に基づき作図を行う。

- (a) 使用した探触子の実測屈折角
- (b) きず開口部からのエコー高さが最大となる探触子位置 (X, Y) 及びビーム路程 (きず開口部の情報を用いる場合)
- (c) きずの先端部と推定されるエコーを捉えた探触子位置 (X, Y) 及びビーム路程
- (d) 溶接部の施工図 (開先形状図)

- (e) 試験部の厚さ
- (f) 表面形状（表面形状がきず高さの算出に影響を及ぼすと判断された場合）
- b. 画像に基づく解析
  - 自動探傷のように画像（A, B, C, D スコープ等）からきず高さを読み取ることができる場合は、専用の画像を解析結果と見なしてよい。
- c. きず高さの算出及び表示
  - きず高さは、作図、計算式又は画像から求め、次のいずれかの方法によって表すものとする。
    - (a) きず開口部ときず先端部の差で表す場合
      - 開口部までの深さは、板厚記録、探傷試験時の横波 45° で得たきず開口部の深さ、横波又は縦波での端部エコー法で得たきず開口部の深さのいずれかとする。
    - (b) 外表面又は探傷面からの深さで表す場合
      - 残存厚さで表してもよい。
- (3) 試験記録
  - 次の事項を記録し、その記録と試験部とが照合できるようにする。
    - a. 試験条件
      - (a) 発電所名称
      - (b) 試験箇所名称（溶接継手番号及びきず番号）
      - (c) 試験年月日と試験評価員及び試験員（資格）
      - (d) 適用手法
      - (e) 校正記録
        - i. 使用機材
          - 超音波探傷器、探触子、対比試験片、接触媒質
        - ii. 探触子の入射点、屈折角
        - iii. 基準感度及び時間軸調整時の探傷器の目盛
        - iv. 校正日時
      - (f) 測定方向
      - (g) 探傷面
      - (h) 探傷感度
      - (i) 試験要領書番号
      - (j) 自動（又は半自動）探傷で行う場合は、(a)～(i)項に以下を加えて記録する。
        - i. データ採取ピッチ
        - ii. 探触子走査間隔

- iii. 測定範囲
- b. 試験結果
  - (a) きず開口部の記録（記録が必要な場合）
    - i. 検出位置（探触子位置）
    - ii. ビーム路程
  - (b) きず先端部の記録
    - i. 検出位置（探触子位置）
    - ii. ビーム路程
  - (c) きず高さの算出値及び断面解析図（又は専用の出力図）
  - (d) 波形写真又は専用の出力図
  - (e) きずプロフィール：きず最深部特定にあたっての経緯（必要に応じて）

#### A-3150 TOFD 法による測定

オーステナイト系ステンレス鋼の突合せ溶接継手に適用する場合は、試験部の厚さが 20mm 以下の場合とする。ただし、試験部の厚さが 20mm を超える場合であっても、適用性を確認したうえで適用してもよい。（解説 A-3150-1）

#### A-3151 関連規格

- (1) NDIS 2423

#### A-3152 探触子

探触子は、A-2100 項を満足し、かつ次の項目に適合するものとする。（解説 A-3152-1）

- (1) 探触子は、広帯域型縦波探触子とする。  
また、特殊な場合を除き、非集束型探触子とする。
- (2) 送信側探触子と受信側探触子は、同じ仕様のものを原則とする。
- (3) 試験周波数は、2～10MHz を標準とする。
- (4) 屈折角は、45° を標準とするが、22～60° の範囲で選定してもよい。
- (5) 振動子の大きさは、試験部の形状及び寸法に適合したもので、安定した超音波の伝ばが可能なものとする。
- (6) くさび（探触子シュー）は加工してもよいが、くさび加工後において探触子の性能測定（入射点、屈折角）を行う。
- (7) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書に記載する探触子を用いてもよい。この場合は、確認を得た適用範囲に限定される。

#### A-3153 対比試験片

対比試験片は、次に掲げるいずれかのものを用いる。(解説 A-3153-1)

##### (1) ノッチ付き対比試験片

A-2200 項を満足する試験片又は 2340 項で規定する探傷用対比試験片に、a.～d. 項に示す校正用反射体を設けたものとする。

- a. 高さの異なる 2 個以上のノッチを設ける。また、連続的に高さが異なる一つのノッチを設けてもよい。
- b. 探触子を走査する反対面にノッチを設ける。
- c. 探傷用対比試験片にノッチを設ける場合、本文で規定する基準感度の設定に支障のない位置に設ける。
- d. ノッチの形状は、長方形又は半楕円形のいずれでもよい。

##### (2) 横穴対比試験片

横穴は、試験部の厚さに相当する位置を含んで、厚さ方向に深さの異なる位置に設ける。

##### (3) 探傷用対比試験片

探傷用対比試験片に設けられた横穴を用いてもよい。

#### A-3154 探触子の入射点及び屈折角の測定

A-3144(1)項に準じる。(解説 A-3154-1)

#### A-3155 時間軸の調整

- (1) 時間軸の調整は、JIS Z 2345-1, JIS Z 2345-2 若しくは JIS Z 2345-4 に規定する標準試験片、試験部の材料と超音波特性（主として音速）の同等な材料で作られた試験片あるいは A-3153 項で規定する対比試験片を用いて調整を行う。
- (2) TOFD 表示画面上で、表面から試験部底面までが観察できる範囲で適宜設定する。この時、A-3153 項で規定する対比試験片に設けた校正用反射体を用いて、時間軸調整に誤りがないことを確認する。
- (3) 2510(2)及び(3)項による時間軸の確認の結果、きず高さ算出値に影響があると判断される変動があった場合は、その試験を無効とする。この場合は、新たな調整を行い、無効となった試験の範囲を再試験する。

#### A-3156 基準感度の調整

- (1) 基準感度の調整は、A-3153 項で示す対比試験片を用いて行う。
- (2) 2510(2)及び(3)項による基準感度の確認の結果、振幅の 20%又は 2dB 以上下がっていた場合、あるいは 2dB を超えて上がっていた場合は、再試験の要

否を判断する。ただし、明らかな装置（超音波探傷器、探触子及びケーブル）の故障等で再調整した場合は、無効となった試験の範囲を再試験する。

#### A-3157 測定（解説 A-3157-1）

##### (1) 感度

基準感度 +  $\alpha$  dB ( $\alpha$  は、通常 0, +6, +12……) とし、ノイズと識別できる範囲で設定する。

##### (2) 探触子の走査

- a. 探触子の走査は、きず長さ方向に対して D-スキャン（平行走査）を行い、きず最深部と思われる位置について B-スキャン（直角方向走査）を行う。
- b. 探触子の走査速度は、150 mm/秒以下かつ TOFD 法のデータ採取に支障がない程度とする。
- c. 自動探傷で行う場合は、探触子の押付力等を調整し、探触子と試験体との音響結合がデータ評価に影響が無いように確実に行われていることを確認する。

##### (3) 送信側探触子と受信側探触子の間隔

試験部の厚さと適用する探触子の屈折角に応じて、送信側探触子と受信側探触子の間隔を適宜調整する。

送信側探触子と受信側探触子の間隔の調整は、試験部の厚さの  $\frac{2}{3}$  から試験部厚さの範囲に交軸点を合わせることを標準とする。ただし、A-2170 項で規定する予備測定等で、きず高さが高いと想定された場合は、交軸点を変更する。

##### (4) きず最深部の特定

少なくとも、D-スキャンの結果から、最深部と判断される位置で測定を行う。

なお、きず指示長さが長い場合（例えば、 $30^\circ$  以上にわたる場合等）は、個別に特定点を定めることが望ましい。

#### A-3158 記録及び解析

##### (1) 記録

以下を記録する。

- a. TOFD 法データ採取範囲又は採取位置
- b. D-スキャン画像
- c. B-スキャン画像
- d. RF 波形

(2) 解析

採取した記録に基づききず高さを算出する。

なお、きず高さの算出は、B-スキャン画像から読み取ることを原則とする。

(解説 A-3158-1)

(3) 試験記録

次の事項を記録し、その記録と試験部とが照合できるようにする。

a. 試験条件

(a) 発電所名称

(b) 試験箇所名称（溶接継手番号及びきず番号）

(c) 試験年月日と試験評価員及び試験員（資格）

(d) 校正記録

i. 使用機材

超音波探傷器，探触子，対比試験片，接触媒質

ii. 探触子の入射点，屈折角

iii. 探触子間隔

iv. 基準感度及び時間軸調整時の探傷器の目盛

v. 校正日時

(e) 測定範囲及び測定方向

(f) 探傷面

(g) 探傷感度

(h) 試験要領書番号

b. 試験結果

(a) D-スキャン画像

(b) B-スキャン画像

(c) RF 波形

(d) きず高さ算出値

### A-3160 フェーズドアレイ技術による測定

フェーズドアレイ技術は、TOFD 法と組み合わせて適用してもよい。

### A-3161 探触子

(1) 探触子は、振動子が直線状に並んでいるリニアアレイ探触子，デュアルリニアアレイ探触子，又は特別に配列してあるアレイ探触子のいずれかを用いる。

(2) 探触子には試験部の曲率や走査方向に応じて、測定に適したくさびを使用する。

- (3) 試験周波数は、1～10MHz を標準とする。
- (4) 振動子の大きさは、試験部の形状及び寸法に適合したもので、安定した超音波の伝ぱが可能なものとする。
- (5) 超音波ビームを集束させる場合の集束範囲は、試験部の厚さに相当する範囲を標準とするが、モード変換波等の情報からきず先端位置が集束範囲から外れると判断された場合は、想定されるきず先端位置に集束範囲を適宜調整する。
- (6) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書で記載する探触子を用いてもよい。この場合は、確認又は認証を得た適用範囲に限定される。

#### A-3162 対比試験片

対比試験片は、次に掲げるいずれかのものを用いる。

- (1) ノッチ付き対比試験片  
A-2200 項を満足する試験片又は 2340 項で規定する探傷用対比試験片に、a. 項及び b. 項に示す校正用反射体を設けたものとする。
  - a. 高さの異なる 2 個以上のノッチを設ける。
  - b. 探傷用対比試験片にノッチを設ける場合、本文で規定する基準感度の設定に支障のない位置に設ける。
- (2) 横穴対比試験片  
横穴は、試験部の厚さに相当する位置を含んで、厚さ方向に深さの異なる位置に設ける。
- (3) 探傷用対比試験片  
探傷用対比試験片に設けられた横穴を用いてもよい。

#### A-3163 探触子の入射点及び屈折角の測定

入射点及び屈折角が可変であるため、個別に定める方法より確認を行う。測定は、試験開始時に測定する。(解説 A-3163-1)

#### A-3164 時間軸の調整

- (1) 時間軸の調整は、JIS Z 2345-1, JIS Z 2345-2 若しくは JIS Z 2345-4 に規定する標準試験片かこれと同等の標準試験片、若しくは A-3162 項で規定する対比試験片を用いて行う。
- (2) フェーズドアレイ表示画面上で、表面から試験部底面までが直射法 (0.5 スキップ) で観察できる範囲で適宜設定する。この時、A-3162 項に規定する対比試験片に設けた校正用反射体を用いて、時間軸調整に誤りがないことを確認する。なお、セクタ走査については評価に用いる屈折角振り幅のうち最大、最小及び

中心の三角度で確認する。

- (3) 2510(2)及び(3)項による時間軸の確認の結果、きず高さ算出値に影響があると判断される変動があった場合は、その試験を無効とする。この場合は、新たな調整を行い、無効となった試験の範囲を再試験する。
- (4) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書で記載する調整方法を用いることができる。

#### A-3165 基準感度の調整

- (1) 基準感度の調整は、A-3162 項で規定する対比試験片を用いて行う。ただし、確証を受けた又は確立した調整要領に従う場合はこの限りではない。
- (2) 2510(2)及び(3)項による基準感度の確認の結果、振幅の 20%又は 2dB 以上上がっていた場合、あるいは 2dB を超えて上がっていた場合は、再試験の要否を判断する。ただし、明らかな装置（超音波探傷器、探触子及びケーブル）の故障等で再調整した場合は、無効となった試験の範囲を再試験する。  
(解説 A-3146-1)

#### A-3166 測定

- (1) 感度  
基準感度+ $\alpha$  dB ( $\alpha$  は、通常 0, +6, +12, …) とし、ノイズと識別できる範囲で設定する。
- (2) 探触子の走査
  - a. 探触子の走査はきずの長さ方向に対して平行又は直角方向、若しくはその両方を行う。
  - b. 超音波ビームの電子走査に関してはリニア走査、セクタ走査及び TOFD のいずれか若しくはそれらの組合せで行う。
  - c. 探触子の走査速度は、フェーズドアレイ技術によるデータ採取に支障がない速度とする。
  - d. 自動探傷で行う場合は、探触子押付力等を調整し、探触子と試験体との音響結合がデータ評価に影響が無いように確実に行われていることを確認する。
- (3) きず最深部の特定  
A-3147(3)項又は A-3157(4)項に準じる。

#### A-3167 記録及び解析 (解説 A-3167-1)

- (1) 記録  
探傷した複数のデータのうち最深部について、以下のデータを採取し、記録する。

- a. データ採取位置 (X, Y)
  - b. リニア走査画像 (リニア走査を行った場合, あるいはセクタ走査を行い, 特定の屈折角のデータをリニア走査画像で評価した場合)
  - c. セクタ走査画像 (セクタ走査を行った場合)
  - d. TOFD 画像 (フェーズドアレイ TOFD 法を行った場合)
  - e. 上記 b. 項及び c. 項の元となる A スコープ波形 (A スコープに基づききず高さを測定した場合)
- (2) 解析 (解説 A-3167-1)
- (1) 項に従い採取したデータに基づき, 以下のいずれかの方法により解析を行う。
- a. リニア走査, セクタ走査, TOFD の側面図 (板厚方向の断面で超音波ビームに対して平行な画像) あるいは端面図 (板厚方向の断面で超音波ビームに対して直交する画像) から指示の種別を分析し, 開口部エコー及び端部エコーの差若しくは探傷面からの端部エコーの深さを読み取りきず高さを求める。
  - b. A スコープ波形から, 開口部エコー及び端部エコーの路程を読み取り位置情報とあわせて, A-3148 (2) 項で規定する方法で計算若しくは作図によりきず高さを求める。
- (3) 試験記録
- 次の事項を記録し, その記録と試験部とが照合できるようにしておく。
- a. 試験条件
    - (a) 発電所名称
    - (b) 試験箇所名称 (溶接継手番号及びきず番号)
    - (c) 試験年月日と試験評価員及び試験員 (資格)
    - (d) 適用手法
    - (e) 校正記録
      - i. 使用機材  
超音波探傷器, 探触子, 対比試験片, 接触媒質
      - ii. 探触子の屈折角 (リニア走査, TOFD)
      - iii. 探触子の屈折角の範囲 (セクタ走査)
      - iv. 感度及び時間軸調整時の探傷器の目盛
      - v. 校正日時
    - (f) 測定方向
    - (g) 探傷面
    - (h) 探傷感度
    - (i) 試験要領書番号
    - (j) 自動 (又は半自動) 探傷で行う場合は, (a) ~ (i) 項に以下を加えて記録

する。

- i. データ採取ピッチ
- ii. 探触子走査間隔
- iii. 測定範囲

b. 試験結果

- (a) リニア走査画像（リニア走査を行った場合、あるいはセクタ走査を行い、特定の屈折角のデータをリニア走査画像で評価した場合）
- (b) セクタ走査画像（セクタ走査を行った場合）
- (c) TOFD 画像（フェーズドアレイ TOFD 法を行った場合）
- (d) A スコープ波形（A スコープに基づききず高さを算出した場合）
- (e) きず高さ算出値
- (f) きずプロファイル：きず最深部特定にあたっての経緯（必要に応じて）

**A-3200 試験部の厚さが 10mm 以上のフェライト鋼（クラッドあり）の突合せ溶接継手に対するきず高さ測定**

対象部位は、試験部の曲率半径が 254mm を超えるものとする。また、クラッドは内面側に施されているものとする。

**A-3210 適用手法**

次に示す手法を適用することができる。ただし、フェーズドアレイ技術は、適用性を確認した上で、本附属書の規定に準じて適用することができる。（解説 A-3210-1）

- (1) 端部エコー法
- (2) TOFD 法
- (3) フェーズドアレイ技術

**A-3220 端部エコー法による測定**

A-3140 項に準じる。ただし、以下を A-3140 項から読み替える。

- (1) 縦波斜角端部エコー法を標準とし、必要に応じて横波斜角端部エコー法を併用する。（解説 A-3220-1）
- (2) 探触子は、広帯域集束型探触子とする。
- (3) 試験周波数は、2～5MHz を標準とする。（解説 A-3220-2）
- (4) 内面側（クラッド付与側）から測定する場合は、縦波 70°（送信側 70°，受信側 50° の前後二分型を含む）を用いる。ただし、集束型（二分型）を用いる場合、集束範囲を予め把握して適用可能範囲を決めておく必要がある。集束範囲から外れる位置を想定した場合は、異なる屈折角あるいは異なる集束範囲を有す

る探触子を用いる。(解説 A-3220-3)

- (5) 内面側（クラッド付与側）から測定する場合の対比試験片は、試験部と超音波特性が同等なクラッドを設ける。対比試験片の厚さは、内面側から母材側 50mm の範囲を確認できる厚さとしてもよい。ただし、ノッチは内面側に設ける。
- (6) 内面側（クラッド付与側）から測定する場合の時間軸の全幅は、内面側から母材側 50mm の範囲を直射法（0.5 スキップ）で確認するために必要な範囲に調整する。
- (7) 内面側（クラッド付与側）から測定する場合の基準感度は、(5)項に示すノッチ付き対比試験片を用いて、内面側から探触子を走査して調整する。

#### A-3230 TOFD 法による測定

A-3150 項に準じる。ただし、以下を A-3150 項から読み替える。

- (1) 試験周波数は、2～5MHz を標準とする。(解説 A-3230-1)
- (2) くさびは加工しない。
- (3) 内面側（クラッド付与側）から測定する場合は、2MHz、縦波 45～60° を標準とする。(解説 A-3230-2)
- (4) 内面側（クラッド付与側）から測定する場合の対比試験片は、試験部と超音波特性が同等なクラッドを設ける。対比試験片の厚さは、内面側から母材側 50mm の範囲を確認できる厚さとしてもよい。ただし、ノッチは内面側に設ける。
- (5) 内面側（クラッド付与側）から測定する場合の基準感度は、(4)項に示すノッチ付き対比試験片を用いて、内面側から探触子を走査して調整する。
- (6) 交軸点は内面側から母材側 50mm の範囲で設定する。

#### A-3240 フェーズドアレイ技術による測定

A-3160 項に準じる。ただし、以下を A-3160 項から読み替える。

- (1) 内面側（クラッド付与側）から探傷する場合の対比試験片は、試験部と超音波特性が同等なクラッドを設ける。対比試験片の厚さは、内面側から母材側 50mm の範囲を確認できる厚さとしてもよい。ただし、ノッチは内面側に設ける。
- (2) 内面側（クラッド付与側）から測定する場合の時間軸の全幅は、内面側から母材側 50mm の範囲を直射法(0.5 スキップ)で確認するのに必要な範囲に調整する。
- (3) 内面側（クラッド付与側）から測定する場合の基準感度は、(1)項に示すノッチ付き対比試験片を用いて、内面側から探触子を走査して調整する。

#### A-3300 管台内面丸みの部分に対するきず高さ測定

対象きずは、管台コーナ円に対し法線方向の開口きずとする。

### A-3310 適用手法

次に示す手法を適用することができる。

- (1) 端部エコー法
- (2) TOFD 法

### A-3320 端部エコー法による測定

探触子の走査は管台の内面側から行うこととし、A-3140 項に準じる。ただし、以下を A-3140 項から読み替える。

なお、適用範囲は、探触子が接触する面の直径が 698.5mm (管台内径)、管台内面丸みの部分の曲率半径が 133mm のものとする。(解説 A-3320-1)

- (1) 探触子は、狭帯域前後分割型縦波斜角探触子とし、下記仕様を満足するものとする。

試験周波数：3MHz

公称屈折角：送信側 70° と受信側 50° の組み合わせ又は送信側 50° と受信側 40° の組み合わせ。(解説 A-3320-2)

振動子寸法：9.5mm×9.5mm

- (2) 入射点及び屈折角の測定は、A-3143(2)項で規定する横穴対比試験片を用いて、それぞれ 0.5 mm 以下の単位、0.5° 以下の単位で求める。測定方法は、A-3144(1)項又は(2)項に従う。測定頻度は A-3144(3)項に従う。(解説 A-3144-1)
- (3) 対比試験片は、A-3143(1)項に示すノッチ付き対比試験片とし、試験部と超音波特性が同等なクラッドを設ける。対比試験片の厚さは、内面側から母材側 50mm の範囲を確認できる厚さとしてもよい。ただし、ノッチは内面側に設ける。
- (4) 時間軸の全幅は、管台内面の丸みの部分から母材側 25mm の範囲を直射法 (0.5 スキップ) で確認するのに必要な範囲に調整する。確認後、端部エコーの検出範囲により、可能な限り時間軸を拡大する。(最小時間軸：25mm)
- (5) 基準感度は、(3)項に示すノッチ付き対比試験片を用いて、内面側から探触子を走査して調整する。
- (6) 探触子の走査は、超音波ビームがきずの長さ方向に対して直角となる 2 方向から伝ばするように行う。

### A-3330 TOFD 法による測定

測定は管台の外表面側又は内表面側から行うこととし、A-3150 項に準じる。ただし、以下を A-3150 項から読み替える。(解説 A-3330-1)

なお、適用範囲は、管台外面側から測定する場合は、探傷面 (管台外面 R 部) の直径 (管台肩の外径) が 199mm 以上、管台外面 R 部から容器管台内面の丸みの部分までの距離が 97~326mm 及び外面 R 部の曲率半径が 40mm のものとする。管台内面

側から測定する場合は、探傷面の直径（管台内径）が 698.5mm、管台内面丸みの部分の曲率半径が 133mm のものとする。

- (1) 探触子は、管台外面側から測定する場合は狭帯域又は広帯域型縦波探触子とし、管台内面側から測定する場合は広帯域型縦波探触子とする。  
また、特殊な場合を除き、非集束型探触子とする。（解説 A-3330-2）
- (2) 試験周波数は、管台外面側から測定する場合は 2～5MHz、管台内面側から測定する場合は 5MHz を標準とする。（解説 A-3330-2）
- (3) 屈折角は、管台外面側から測定する場合は 8～24.2° の範囲、管台内面側から測定する場合は 45° を標準とするが、22～60° の範囲で選定してもよい。（解説 A-3330-2）
- (4) 管台の外面側から測定する場合は、管台外面 R 部に追従するくさび（探触子シュー）を使用する。
- (5) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書で記載する探触子を用いてもよい。この場合は、確認を得た適用範囲に限定される。
- (6) 管台の内面側から測定する場合の対比試験片は、A-3153(1)項に示すノッチ付き対比試験片とする。対比試験片の厚さは、内面側から母材側 50mm の範囲を確認できる厚さとしてもよい。ただし、ノッチは内面側に設ける。
- (7) 管台の外面側から測定する場合の時間軸の全幅は、屈折角が小さいためにラテラル波が得られない場合があることから、対象試験体の既知寸法部又は垂直探傷で確認された外面 R 部から管台内面の丸みの部分の距離を用いて、時間軸調整に誤りがないことを確認する。確認後、TOFD 表示画面上で、内面から母材側 25mm までが確認できる範囲で適宜設定する。
- (8) 管台の内面側から測定する場合の時間軸の全幅は、TOFD 表示画面上で、内面側から母材側 25mm までが確認できる範囲で適宜設定する。このとき、対比試験片に設けられたノッチを用いて、時間軸調整に誤りのないことを確認する。
- (9) 管台の外面側から測定する場合の基準感度は、試験対象部の比較的形状が安定した位置の、管台内面の丸みの部分のノッチを用いて調整する。
- (10) 管台の内面側から測定する場合の基準感度は、(6)項に示すノッチ付き対比試験片を用いて、内面側から探触子を走査して調整する。
- (11) 管台の外面側から測定する場合の送信側探触子と受信側探触子の間隔は、以下とする。
  - a. 交軸点を管台内面の丸みの部分（クラッド付きの場合は、クラッドと母材の境界）とし、管台の形状を二次元（きずを挟んで管台の形状が対称）と考え、計算又は作図により、探触子間隔を設定する。
  - b. TOFD 用探触子と通常の超音波探傷器を用いて、測定対象のきずからのエコーが最大となる送信側、受信側各々の位置を測定し、探触子間隔を設定する。

- (12) 内面側から測定する場合の交軸点は、内面側から母材側 25mm の範囲で設定する。

#### A-3400 容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手（バタリング部）に対するきず高さ測定

バタリング部の材質は、オーステナイト系ステンレス鋼又はニッケル基合金とする。また、対象きずは、溶接線に平行なバタリング部内表面開口きずとする。

#### A-3410 適用手法

次に示す手法を適用することができる。

- (1) 端部エコー法
- (2) TOFD 法

#### A-3420 端部エコー法による測定

A-3140 項に準じる。ただし、以下を A-3140 項から読み替える。

なお、適用範囲は、外面側から測定する場合は、試験部の厚さが 22.1mm 以上 75.5mm 以下及び外径が 149mm 以上 850mm 以下のものとする。内面側（クラッド付与側）から測定する場合は、試験部の厚さが内面から母材側へ 12mm の範囲とし、探傷面の曲率半径が 254mm を超えるものとする。（解説 A-3420-1）

- (1) 探触子は、外面側から測定する場合は狭帯域又は広帯域左右分割型縦波探触子とし、内面側から測定する場合は狭帯域前後分割型縦波探触子とする。（解説 A-3420-2）
- (2) 試験周波数は、外面側から測定する場合は 2MHz、内面側から測定する場合は 3MHz を標準とする。（解説 A-3420-2）
- (3) 屈折角は、外面側から測定する場合は公称屈折角  $45^\circ$  又は  $55^\circ$  を標準とし、内面側から測定する場合は公称屈折角で送信側  $70^\circ$ 、受信側  $50^\circ$  を標準とする。（解説 A-3420-2）
- (4) 内面側（クラッド付与側）から測定する場合の対比試験片は、A-3143(1)項に示すノッチ付き対比試験片とし、試験部と超音波特性が同等なクラッドを設ける。対比試験片の厚さは、内面側から母材側 50mm の範囲を確認できる厚さとしてもよい。ただし、ノッチは内面側に設ける。
- (5) 入射点及び屈折角の測定は、A-3143(2)項で規定する横穴対比試験片を用いて、それぞれ 0.5mm 以下の単位、 $0.5^\circ$  以下の単位で求める。測定方法は、A-3144(1)項又は(2)項に従う。測定頻度は A-3144 (3)項に従う。
- (6) 外面側から測定する場合の時間軸の全幅は、少なくとも試験部全体積を直射法 (0.5 スキップ) で確認するのに必要な範囲とする。一回反射法 (1 スキップ)

を行う場合は、適宜、観察に必要な時間軸範囲に調整する。

- (7) 内面側（クラッド付与側）から測定する場合の時間軸の全幅は、内面から母材側 50mm の範囲を確認するのに必要な時間軸範囲とし、確認後、端部エコーの検出範囲により、可能な限り時間軸を拡大する。（最小時間軸:25mm）
- (8) 探触子の走査は、超音波ビームがきずの長さ方向に対して直角となる 2 方向から伝ばするように行う。

#### A-3430 TOFD 法による測定

測定は A-3150 項に準じる。ただし、内面側から行うこととし、以下を A-3150 項から読み替える。

なお、適用範囲は、試験部の厚さ（試験範囲）は、内面から母材側へ 12mm とし、探触子が接触する面の曲率半径が 254mm を超える場合とする。（解説 A-3420-1）

- (1) 試験周波数は、5MHz を標準とする。（解説 A-3430-1）
- (2) 屈折角は、45° を標準とする。（解説 A-3430-1）
- (3) 対比試験片には、試験部と超音波特性が同等なクラッドを設ける。
- (4) ノッチは、内面側（クラッド付与側）に設ける。
- (5) 時間軸の全幅は、内面から母材側 12mm の範囲を確認するのに必要な時間軸範囲とする。このとき、対比試験片に設けられたノッチを用いて、時間軸調整に誤りのないことを確認する。
- (6) 基準感度は、(3)及び(4)項に示すノッチ付き対比試験片を用いて、内面側から探触子を走査して調整する。
- (7) 交軸点は、内面側から母材側 12mm の範囲で設定する。

[附属書 B 超音波自動探傷装置への要求性能]

全衆審査専用

## B-1000 総 則

### B-1000 総 則

#### B-1100 目 的

本附属書は、超音波自動探傷装置に対する要求性能及びその確認方法を示す。ただし、これ以外の方法であって、本附属書で規定する要求事項と同等以上の性能要求を有すると認められた方法により、確認を行ってもよい。

なお、本附属書で定める項目以外は、第1章及び第2章の規定によるものとする。

#### B-1200 適用範囲

軽水型原子力発電所用機器のうち、クラス1機器及びクラス2機器のISI（PSIを含む）に使用する超音波自動探傷装置に適用する。

ただし、本規程2012年追補の発行以前に製作され従来から使用している超音波自動探傷装置にあつては、本附属書の適用対象外とする。

なお、従来から使用している装置であっても本附属書が適用できると判断される部分は、これを準用してもよい。

#### B-1300 用語の定義

(1) 超音波自動探傷装置

超音波自動探傷器、探触子、走査装置、制御装置及びデータ処理装置から構成される探傷装置をいう。

(2) 超音波自動探傷器

走査される探触子の各々の位置において、Aスコープ及び位置信号（情報）の記録が可能な探傷器をいう。

(3) 走査装置

1個又は複数個、送受1組又は複数組の探触子を自動で走査できる装置であつて、作動装置、デバイス、スキャナー又は案内装置ともいう。

(4) 制御装置

走査装置の動作を制御する装置をいう。

(5) データ処理装置

探傷画像を表示又は出力する装置であつて、データ解析装置ともいう。

(6) 探傷画像

収録したエコー高さの表示を任意に設定でき、反射源位置及びエコー高さ又は領域を座標上に表示させた画像をいう。（解説 B-1300-1）

(7) データ収録点

走査装置上のデータを収録する位置をいう。（図-B-1300-1）

(8) データ収録ピッチ

走査装置上の連続して走査を行う方向のデータ収録間隔をいう。（図-B-1300-1）

- (9) 走査ピッチ  
走査装置上の探触子の走査の間隔をいう。探触子走査間隔ともいう。  
(図-B-1300-1)
- (10) スキャン方向走査長  
走査装置上の連続して走査を行う方向の長さ（範囲）をいう。スキャン方向走査範囲ともいう。(図-B-1300-1)
- (11) ステップ方向走査長  
走査装置上の探触子の走査間隔方向の長さ（範囲）をいう。ステップ方向走査範囲ともいう。(図-B-1300-1)

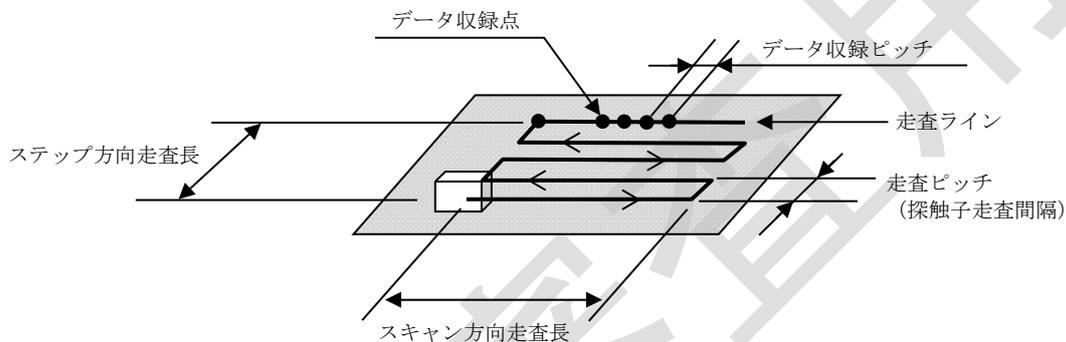


図-B-1300-1 自動探傷走査例

#### B-1400 超音波自動探傷装置（走査装置）の区分

走査装置を以下に区分する。

- (1) 一般走査装置：手動探傷に代わって探傷を行う走査装置（解説 B-1400-1）
- (2) 特殊走査装置：手動探傷が困難な部位，又は複雑形状部位に対し，適用される走査装置（解説 B-1400-2）

#### B-1500 性能確認項目

超音波自動探傷装置の機能及び精度に対する性能確認項目は以下とする。

- (1) 外観目視：装置全体の外観及び接続部の目視による確認
- (2) 基本動作：作動する各軸の動作状態の確認
- (3) 位置決め単体作動精度：探触子の走査に関する個別機器について要求される位置決め精度
- (4) 位置決め精度：探触子の走査を制御する各軸（走行部）又は探触子を任意の位置に作動させるための指定値と実際の作動量（位置）との差
- (5) 探触子保持機能：探傷面に対して，音響結合を適切に保つ機能

- (6) きず検出再現精度 : 実物大模擬試験片（モックアップ）等により，複数回繰り返して探傷を行い，検出されたエコー高さの最大値と最小値の差及びエコー高さが最大となる検出位置の最大ずれ量
- (7) データ収録機能 : データ評価に影響を及ぼすデータ異常，データ欠損がなく探触子の走査速度に追従し，データが収録できる機能

企業審査専用

## B-2000 性能確認方法及び判定基準

### B-2000 性能確認方法及び判定基準

本項は、超音波自動探傷装置における性能確認項目について、その確認方法及び判定基準を示す。

#### B-2100 外観目視

##### B-2110 確認方法

駆動部、コネクタ、ケーブル接続部及びケーブル被覆等の装置全体の外観について、目視により、異常の有無を確認する。

なお、外観目視以外であって、異常の有無が確認できる方法が他にあれば、それを用いてもよい。

##### B-2120 判定基準

- (1) 駆動部の変形、干渉及び損傷がないこと。
- (2) ボルト等の締結部に緩みがないこと。
- (3) ケーブル、コネクタ等が正しく接続、組込及び設置されていること。
- (4) ケーブル被覆に著しい損傷、剥離がないこと。
- (5) チューブ、カプラ等の接続部において、機能に影響を及ぼすようなエア、水等の著しい漏れがないこと。
- (6) その他、機能に影響する異常がないこと。

#### B-2200 基本動作

##### B-2210 確認方法

電気、エア又は水等を用いて探触子の走査、位置決め及び装置固定を行う各軸並びに駆動部を作動（例えば、シリンダの押出、収納、回転機構の運転、停止）させ、それらの動作状態を確認する。

##### B-2220 判定基準

探触子の走査、位置決め又は装置固定に使用する各軸及び駆動部が、干渉、異音等の異常がなくスムーズに作動すること。

#### B-2300 位置決め単体作動精度

##### B-2310 確認方法

探触子の走査、位置決めを行う作動機能のうち、作動する軸（シリンダ等の単純軸を含む）及び検出器等、複数の機器で組み合わされた作動機能に対し、個別の機器毎にその作動精度を確認する。ただし、B-2400 項により位置決め精度の確認を行う場合にあっては、本確認項目を省略してもよい。（解説 B-2310-1）

## B-2320 判定基準

予め定めた装置仕様（設計及び製作仕様上の精度）の範囲以内であること。

（解説 B-2320-1）

## B-2400 位置決め精度

### B-2410 確認方法

探触子の走査を制御する各軸（作動距離、角度を制御する軸）については、以下により、その精度を確認する。

(1) 図-B-2410-1 に示す直線的に距離（Y 方向）を制御する軸については、以下を確認する。

a. 確認範囲

装置仕様上の最大作動量及び最大作動量の 50%の範囲とする。

b. 確認回数

3 回以上とし、正（前進）方向又は逆（後進）方向のいずれかとする。

c. 確認手順

作動開始位置で位置表示をリセットあるいは表示値を記録し、その後所定の走査範囲を作動するように制御装置で操作する。作動開始位置と作動終了後の位置との距離（実作動量）を測定し、作動指定値と実作動量との差を確認する。

(2) 図-B-2410-1 に示す作動角度又は距離（X 方向）を制御する軸については、以下を確認する。

a. 確認範囲

装置仕様上の最大作動量又は利用可能なモックアップでの最大の作動可能量及びその 50%の範囲とする。

b. 確認回数

3 回以上とし、正転方向又は逆転方向のいずれかとする。

c. 確認手順

作動開始位置で位置表示をリセットあるいは表示値を記録し、その後所定の走査範囲を作動するように制御装置で操作する。作動開始位置と作動終了後の位置との距離（実作動量）を測定し、作動指定値と実作動量との差を確認する。

(3) 図-B-2410-2 に示す多軸構成の走査装置については、以下を確認する。ただし、多軸構成の走査装置であっても、(1) 項又は(2) 項の方法で確認を行ってもよい。

a. 確認範囲

予め定めた目標位置（X, Y, Z 座標）に対して移動を行う。

b. 確認回数

3 回以上とする。

c. 確認手順

目標位置に作動するよう制御装置で操作し、目標位置と実際の位置決め位置の差 ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ ) を確認する。

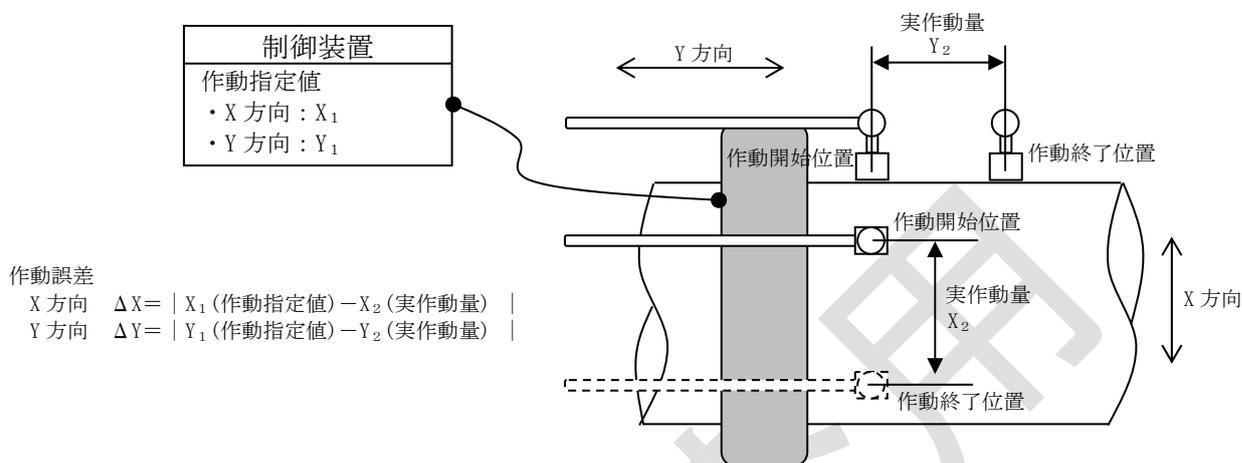


図-B-2410-1 2軸構成走査装置の位置決め精度（配管用の例）

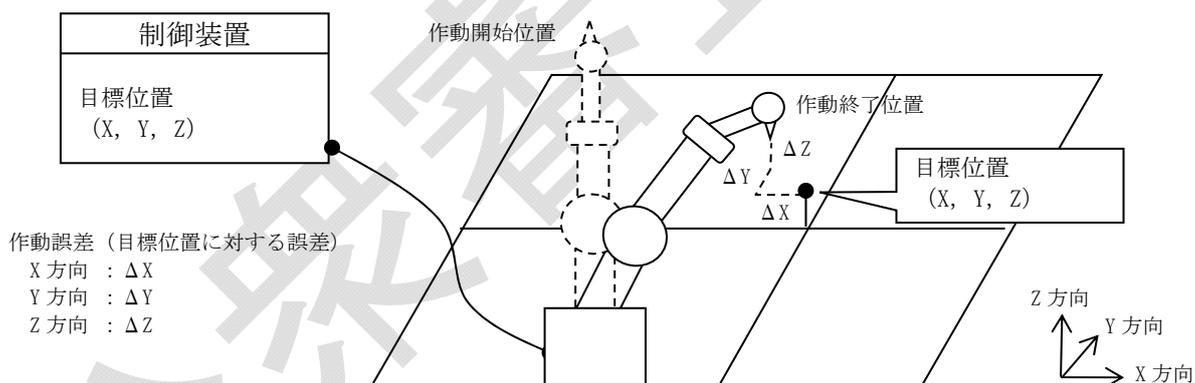


図-B-2410-2 多軸構成走査装置の位置決め精度

B-2420 判定基準

B-2410 項に従って確認した結果、探触子の走査を制御する各軸（走行部）又は探触子位置の指定値と実作動量（位置）との差が以下を満足すること。

(1) 一般走査装置

基準位置からの移動量（目標値）が、1000mm 以下の場合には $\pm 2.5\text{mm}$ 、1000mm を超える場合には、目標値の0.25%以内であること。角度については、距離に換算して目標値が上記範囲内であること。

(2) 特殊走査装置

予め定めた装置仕様（設計及び製作仕様上の精度）の範囲内であること。

## B-2500 探触子保持機能

### B-2510 確認方法

- (1) 試験部に対し、探触子の押付け及びその保持ができる構造となっていることを確認する。(解説 B-2510-1)
- (2) 探触子の押付け及びその保持は、予め確認された探触子の押付け力が保持されていることを確認する、又はモックアップ、標準試験片、対比試験片等を用いて探触子の接触時における波形により確認する。
- (3) 水ギャップ方式の場合には、水距離を一定に保つ機能を有していることを確認する。

### B-2520 判定基準

- (1) 探触子の押付け、保持を行う機能を有していること。
- (2) 探触子の押付け力が装置仕様（設計及び製作仕様上の精度）の範囲内であること。又は、試験片を用いて探触子が接触時、波形が安定していること。
- (3) 水浸法又は局部水浸法の場合には水距離を一定に保つ機能を有していること。

## B-2600 きず検出再現精度

### B-2610 確認方法

モックアップに付与した人工きずの検出再現性について確認する。

### B-2611 モックアップの仕様

- (1) 付与きず：既知の大きさのきずとし、原則として以下のいずれかとする。
  - a. 平底穴
  - b. 横穴
  - c. ノッチ（楕円形又は矩形）

### (2) モックアップの仕様

想定される実機の形状を可能な限り模擬したものとする。ただし、実機で想定される状況と同等と判断できる場合は、モックアップ寸法の短縮、又は代表形状の選定、あるいは従来から適用しているモックアップを使用してもよい。(解説 B-2611-1)

### B-2612 試験手順

- (1) 感度校正  
実機で想定される試験と同様の感度校正を行う。
- (2) 走査装置への探触子取り付け  
超音波ビーム方向を確認し探触子を取り付ける。
- (3) 走査装置の取り付け  
モックアップに走査装置を取り付ける。
- (4) 走査条件の確認

モックアップのきずを十分に試験できる走査範囲を設定する。

- (5) 基準位置への走査装置設定  
モックアップに設けている基準位置（原点）に走査装置を設定する。
- (6) 試験  
所定の範囲で走査装置を作動させ、モックアップ探傷データを収録する。
- (7) 走査装置の取り外し  
モックアップから走査装置を取り外す。
- (8) 上記(2)～(7)項の手順を3回以上繰り返す。
- (9) 再現精度の確認  
収録したデータを処理し、エコー高さ、エコーピーク検出位置の再現精度を確認する。（解説 B-2612-1）

#### B-2620 判定基準

- (1) エコー高さ  
最大値と最小値の差が、4dB 以下であること。
- (2) エコーピーク検出位置  
ステップ方向の軸上におけるエコー高さが最大となる検出位置の最大ずれ量が、B-2420 項に示す位置決め精度に探触子走査間隔幅の値を加算した寸法以下であること。  
スキャン方向の軸上におけるエコー高さが最大となる検出位置の最大ずれ量が、B-2420 項に示す位置決め精度にデータ収録ピッチの値を加算した寸法以下であること。（解説 B-2620-1）

#### B-2700 データ収録機能

##### B-2710 確認方法

B-2600 項で得られたモックアップ探傷データが欠損なく収録可能であることを確認する。

##### B-2720 判定基準

データ評価に影響を及ぼすデータ異常、データ欠損がなく探触子の走査速度に追従し、データが収録できること。（解説 B-2720-1）

## B-3000 性能確認を行う時期及び程度

### B-3000 性能確認を行う時期及び程度

本項は、超音波自動探傷装置の性能確認を行う時期及びその確認程度を示す。

#### B-3100 製作時試験

製作時試験は、装置の新規製作時及び位置決め精度に係る部分（ソフトウェアを含む）に改造を加えた場合に行う。（解説 B-3100-1，解説 B-3100-2）

#### B-3200 使用前点検

使用前点検は、装置の故障や劣化による性能低下の有無を確認するものであり、装置を使用する探傷の 12 カ月以内に確認されていること。（解説 B-3200-1）

#### B-3300 日常点検

日常点検は、実機での探傷試験期間中における装置の故障や劣化の有無を確認するもので、一般に試験前後に行う。

#### B-3400 性能確認を行う時期

性能確認項目及びその時期を表-B-3400-1 に示す。合理的な時期や確認手法が他にあれば、変えてもよい。（解説 B-3400-1，解説 B-3400-2）

表-B-3400-1 性能確認を行う時期

性能確認項目	製作時試験	使用前点検	日常点検
外観目視	○	○	○
基本動作	○	○	○
位置決め単体作動精度	○	○	—
位置決め精度	○	○ *1	—
探触子保持機能	○	○	—
きず検出再現精度	○	—	—
データ収録機能	○	—	—

\*1：確認範囲は走査に使用する範囲に限定してもよい。

また、確認が困難な場合には、位置決め単体作動精度の確認で代替できる。

[附属書C フェーズドアレイ技術を用いたきず検出方法]

公衆審査専用

## C-1000 総 則

### C-1000 総 則

#### C-1100 目 的

本附属書は、従来手法に代えて、フェーズドアレイ技術を用いた超音波探傷試験を適用する場合のきず検出及びきず長さ測定方法について示す。

他の技術に対して、きず検出能力を確認する手順として本附属書が適用可能であると判断される場合には、これを準用してもよい。

#### C-1200 用語の定義並びに関連規格

##### C-1210 用語の定義

本附属書で用いる用語は、1310 項に加え、以下による。

- (1) 従来手法：一振動子型又は二振動子型の探触子を用いた探傷方法

##### C-1220 関連規格

本附属書での関連規格は、1320 項に加え、以下による。

- (1) JIS Z 2351：超音波探傷器の電気的性能測定方法（2011 年版）

#### C-1300 適用方法

試験対象箇所に対して軸方向きず、周方向きずの各々についてきず検出性が確保される場合、フェーズドアレイ技術と従来手法を組み合わせ適用してもよい。

きず長さ測定については、フェーズドアレイ技術、従来手法のいずれを用いてもよい。（解説 C-1300-1）

#### C-1400 適用区分

フェーズドアレイ技術を従来手法に代えて適用する場合の方法を、以下の3つに区分する。（解説 C-1400-1）

- (1) 従来手法と同等の手順・判定及び考え方を用いて行う方法  
C-2000 項で定める手順に従う。
- (2) 従来手法とは若干異なるが、校正用試験片等により同等以上のきず検出能力があることを、校正によって確認した上で行う方法  
C-3000 項で定める手順に従う。
- (3) 従来手法に代えて、同等以上の試験結果が得られる手法であると予め確認した上で適用する方法  
C-4000 項で定める手順に従い、予め確認した上で適用する。

#### C-1500 試験評価員及び試験員

試験評価員及び試験員は、それぞれ 2200 項の規定に準じるとともに、フェーズドアレイ技術及び使用する装置について知識を有する者とする。

公衆審査専用

## C-2000 従来手法に準じた方法

### C-2000 従来手法に準じた方法

#### C-2100 一般事項

本項は、従来手法と同等の手順・判定及び考え方により、フェーズドアレイ技術を適用する場合の要領について示す。なお、C-2000 項で記載のない規定については、第 1 章、第 2 章、第 3 章及び第 4 章に準じる。

#### C-2200 探傷装置

##### C-2210 フェーズドアレイ超音波探傷器

パルス反射式の超音波探傷器でフェーズドアレイ機能を有するものとする。

##### C-2220 フェーズドアレイ超音波探傷器の性能試験

フェーズドアレイ探傷器の性能試験については、実際の使用を考慮した上で、2410 項に準じる。（解説 C-2220-1）

##### C-2230 フェーズドアレイ探触子

- (1) セクタ走査を用いる場合  
評価に使用する屈折角については、2420 項に準じる。セクタ走査で 3 つ以上の屈折角を評価に用いる場合には、評価に用いる最大、最小及び中間の 3 つ以上の屈折角について、屈折角、入射点の確認を行う。
- (2) リニア走査を用いる場合  
評価に用いるリニア走査範囲については、2420 項に準じる。リニア走査を行う、その両端及び中間の 3 つ以上で、屈折角、入射点の確認を行う。

#### C-2300 探傷方法一般

適用する探触子の屈折角、周波数、対比試験片及び感度校正方法については、第 2 章、第 3 章及び第 4 章に準じる。

##### C-2310 感度校正方法

第 2 章、第 3 章及び第 4 章で示す基準感度の設定方法に従い、DAC 曲線を設定する。この場合において、対比試験片等については第 2 章、第 3 章及び第 4 章に準じたものであること。

##### C-2320 走査方法

- (1) 探触子の走査の重なりは、機械的な走査を行う場合には振動子寸法の 50% 以上とする。フェーズドアレイ技術（リニア走査）を用いた場合にあっても各々のビーム間で励振した振動子の大きさの 50% 以上が重複するように行う。

ただし、超音波のビームの拡がりを考慮して、-6dB のビームの重なりが保たれている場合には、この限りではない。（解説 C-2320-1）

- (2) 探触子の機械的な走査速度については、2610(2)項に準じるが、電子的な走査であって、全ての A スコープを記録する場合は、この限りではない。  
(解説 C-2320-2)

#### C-2400 走査範囲

- (1) 維持規格で規定する試験体積に超音波が透過するように走査を行う。例えば、胴と管台、胴とフランジ、容器管台とセーフエンド、管とエルボ又は弁、管と管台の溶接継手で構造上探傷できない場合は、実質的に有効な探傷ができる最大範囲を走査し、試験する。
- (2) リニア走査によって探傷を行う場合にあっては、上記(1)項と同様に試験体積に超音波が透過するように行う。
- (3) セクタ走査によって探傷を行う場合にあっては、評価に用いる屈折角において、上記(1)項と同様に試験体積に超音波が透過するように行う。

#### C-2500 評価及び記録

2710 項に準じ、検出されたエコーの分類及び評価を行う。また、検出されたエコーについて記録する。きずが検出された場合のきず長さについても、第 2 章、第 3 章及び第 4 章（4270 項を除く）に準じる。（解説 C-2500-1）

## C-3000 校正により従来手法と同等以上であることを示す方法

### C-3000 校正により従来手法と同等以上であることを示す方法

#### C-3100 一般事項

本項は、従来手法とは若干異なるが、校正用試験片等により同等以上のきず検出能力があることを、校正によって確認した上でフェーズドアレイ技術を適用する場合の要領を示す。

なお、C-3000 項で記載のない規定については、第1章、第2章、第3章、第4章及びC-2000 項に準じる。

#### C-3200 探傷装置

C-2200 項に準じる。

#### C-3300 探傷方法一般

適用する探触子の周波数及び対比試験片は、第2章、第3章及び第4章に準じる。

#### C-3310 基準感度の設定

第2章、第3章及び第4章に準じた対比試験片等を用いて、探傷器の感度設定を行う。感度設定は任意に行ってもよいが、再現（再確認）可能な要領であること。

#### C-3320 探傷有効範囲の確認

適用する探傷方法（設定条件）及びエコー高さしきい値は、その有効範囲を以下の手順において探傷前に確認する。（解説 C-3320-1）

#### C-3321 対比試験片

探傷有効範囲の確認に使用する試験片は、第2章、第3章及び第4章に準じた対比試験片とする。この場合、縦波斜角法に使用するノッチを付与した対比試験片を用いる。

なお、フェーズドアレイ技術を用いるにあたり、技術的に妥当であることが明らかな場合は、対比試験片の寸法等についての要求事項を逸脱してもよい。

#### C-3322 探傷有効範囲の確認方法

適用する探傷方法（設定条件）及びエコー高さしきい値において、付与された人工きず（校正用反射体）が検出される範囲を確認する。

このとき、探触子位置と校正用反射体の位置関係を記録しておくこと。表示画面で探触子位置との関係が自動演算されるような装置の場合は、その妥当性を確認しておくこと。

セクタ走査を用いる場合は、付与された人工きずが検出可能な範囲が探傷有効範囲となる。実際の探傷におけるエコー高さしきい値は校正用反射体からのエコー高さの 20%となるため、ノイズレベルを考慮した上で検出可能であることを確認する。

#### C-3323 走査方法

- (1) フェーズドアレイ技術を用いて機械的な走査を行う場合は、探触子の走査の重なりを振動子寸法の 50%以上にする。  
リニア走査で行う場合は、各々のビーム間で励振した振動子の大きさの 50%以上が重複するように行い、セクタ走査で行う場合は、評価に用いるビーム路程の範囲内で、ビームが 50%以上重複するようにする。  
ただし、超音波のビームの拡がり considering、-6dB のビームの重なりが保たれている場合は、この限りではない。(解説 C-2320-1, 解説 C-3323-1)
- (2) 探触子の機械的な走査速度については、2610(2)項に準じるが、電子的な走査であって、全ての A スコープを記録する場合は、この限りではない。(解説 C-2320-2)

#### C-3400 走査範囲

維持規格で規定する試験体積に超音波が透過するように行う。フェーズドアレイ技術を用いて探傷を行う場合は、探傷に先立ってその探傷有効範囲を確認した上で走査範囲及び走査方法を設定することができる。(解説 C-3400-1)

#### C-3500 評価及び記録

2710 項に準じて、検出されたエコーの分類及び評価を行う。また、検出されたエコーについて記録する。

きずが検出された場合のきず長さは、以下による。(解説 C-3500-1)

- (1) 最大エコー高さがノッチのエコー高さの 80%以上の場合  
基準ノッチからのエコーの 20%のきず長さとする。
- (2) 最大エコー高さがノッチのエコー高さの 80%未満の場合  
最大エコー高さの-12dB の指示範囲とする。

## C-4000 検出能力を実証する方法

### C-4000 検出能力を実証する方法

#### C-4100 一般事項

##### C-4110 基本事項

本項は、C-2000 項、C-3000 項以外の探傷要領を設定した場合、その探傷要領が妥当であることを実証により証明する要領について示す。

なお、C-4000 項で記載がなく、かつ個々の要領書にも記載のない項目については、第 1 章、第 2 章、第 3 及び第 4 章に準じる。

##### C-4120 適用手法

本項は、フェーズドアレイ技術に対して、その妥当性を確認する手順について適用する。なお、その方法は、要領書に定めるものであり、適用できる範囲、使用する装置、試験評価員及び試験員の資格及び試験方法と結果の評価方法について明確に規定されているものとする。

また、本規定をフェーズドアレイ技術以外の手法に適用する場合は、その妥当性を確認した上で準用する。

##### C-4130 妥当性確認方法の原則

妥当性の確認方法は、以下のいずれかによる。（解説 C-4130-1）

- (1) 本項に従い、実際に検出能力があることを実証する方法
- (2) 従来手法以外の探傷方法であるが、論理的、あるいは数値解析、文献等により従来手法と同等以上の検出能力があることを証明する方法
- (3) 上記(1)項及び(2)項の組み合わせによる方法

#### C-4200 要領書

##### C-4210 記載事項

要領書には以下の事項を記載する。これらの記載内容は、試験員の判断によって選択可能となる部分は出来る限りないものとし、試験部位によって一意的に定められる。

下記に示す適用範囲において、幅を持って指定する部分については、その範囲(幅)を明確に記載する。

- (1) 適用範囲
- (2) 試験部の区分(対象部位、材質、試験部の厚さ、曲率、その他(特殊形状))
- (3) 試験評価員及び試験員
- (4) 超音波探傷装置
  - a. 超音波探傷器(メーカー、型式等)
  - b. 超音波探触子(メーカー、型式等)

- c. 探傷ケーブル
- d. 接触媒質
- e. その他（ソフトウェアを用いる場合等）
- (5) 感度校正方法
- (6) 探傷手順
- (7) 判定方法（具体的な例又は明確なフロー等）
- (8) きず長さ測定方法（きず長さ測定にも用いる場合）

## C-4300 確認事項

### C-4310 試験部の区分

試験部の区分は以下による。

- (1) 試験部
  - ・溶接部（熱影響部を含む）
  - ・母材部
  - ・異種金属溶接部
  - ・オーステナイト系ステンレス鋼
- (2) 材質

材質区分は、溶接規格の母材の区分による。この場合であって、P-1、P-3、P-4及びP-5は同等とみなしてよい。
- (3) 試験部の厚さ

試験部の厚さは表-2343-1に掲げる区分によるものとする。25mm以下の最小厚さについては、要領書で予め定められた厚さとする。
- (4) 曲率

曲率は、実証した試験片の曲率半径の0.7～1.1倍の範囲で有効とする。
- (5) その他

試験部の内面クラッドの有無等の音響伝搬性に影響のあるもの。

### C-4320 確認方法

#### C-4321 試験片

使用する試験片は、実証しようとする要領書のうち、対象とする試験部範囲の最大及び最小のものについて用意する。

また、溶接部（熱影響部を含む）、異種金属溶接部を対象とする場合は、実機相当の溶接部を設けた試験片とする。

#### C-4322 人工きず

試験片に付与する人工きずは、以下の条件を満たすものとする。

- (1) きず種類

疲労亀裂、SCC又はこれらと同等の反射効率を持つ反射源とする。（SCCは、その損傷が想定される場合に限る。）（解説 C-4322-1）

(2) 大きさ

維持規格で定める評価不要欠陥寸法以下の高さ及び長さとする。きず長さ測定の実証に用いる場合には、上記に加えて、長さの異なる複数の試験体を用意する。この場合、追加するきずは評価不要欠陥寸法を超える高さ及び長さであること。また、きずの種類はノッチであってもよい。（解説 C-4322-2）

(3) 方向

溶接線に平行方向及び直角方向とする。ただし、要領書で、想定するきず方向を限定している場合には、その付与方向のみでよい。

(4) 数量

各試験体、付与方向、きず種類毎に各 1 個以上を用意する。共用可能な場合には、共用してもよい。

## C-4400 確認手順

### C-4410 事前準備

確認試験の実施に先立ち、以下の事項について確認する。

(1) 要領書の記載内容

C-4210 項に準じており、かつ内容が具体的であることを確認する。

(2) 試験片

C-4320 項に準じていることを、試験片の外観及び製造記録等から確認する。

(3) 使用機材

確認に使用する機材が、要領書に記載されているものと合致していることを確認する。また、型式等で機器が特定できないような場合やその代替機を用いる場合には、C-4600 項の許容範囲内にあることを、記録等から確認する。

### C-4420 確認試験

準備された試験片において、人工きずが付与された範囲及び人工きずが付与されていない範囲を明確にした上で、要領書に従い探傷を行う。

このとき、要領書の探傷条件において、範囲（幅）を持って指定している項目については、その探傷条件の範囲で各々確認を行う。（解説 C-4420-1）

また、探触子の走査を手動で行う要領の場合には、同一手順で 3 回のデータ採取を行う。

## C-4500 適用可否の判断

### C-4510 きず検出

付与された人工きずが、要領書で記載した条件で検出できること。

また、探傷要領のうち、範囲をもって規定している項目については、その範囲の上限及び下限で同様に検出可能であること。手動で行う場合には、3 回の試験で同様に検出可能であること。（解説 C-4510-1）

#### C-4520 きず長さ測定

付与された人工きずの長さ（開口部長さ）が、要領書で指定した条件により測定可能であり、その長さ測定精度が UTS 等の成果と同等以上であること。

また、UTS 等の成果と比べて保守的な評価となる場合にもこれを用いてもよい。

（解説 C-4520-1）

#### C-4600 超音波探傷装置の同等性

##### C-4610 超音波探傷器の同等性

以下のいずれかに合致する場合には、それらの超音波探傷器は同等とする。

- (1) メーカー、型式が同一であること
- (2) 以下の電气的性能が各々の許容範囲内であること
  - a. 送信パルスの振幅  
送信パルスの振幅は、JIS Z 2351 に準じて測定し、 $\pm 10\%$ 以内であること。
  - b. 送信パルスの立ち上がり時間  
送信パルスの立ち上がり時間は、JIS Z 2351 に準じて測定し、 $\pm 10\%$ 以内であること。
  - c. 送信パルスの幅  
送信パルスの幅は、JIS Z 2351 に準じて測定し、 $\pm 10\%$ 以内であること。
  - d. 高周波増幅回路  
高周波増幅回路の中心周波数は、JIS Z 2351 に準じて測定し、 $\pm 10\%$ 以内であること。  
帯域幅は、JIS Z 2351 に準じて測定し、最大感度から 6dB 低下する周波数の上下限値が $\pm 0.2\text{MHz}$ 以内であること。

##### C-4620 超音波探触子の同等性

以下のいずれかに合致する場合には、それらの超音波探触子は同等とする。

- (1) メーカー、型式、振動子の大きさ及び公称周波数が同一であること
- (2) 以下の性能が各々の許容範囲内であること
  - a. 伝搬モード  
伝搬モードは、同じであること。
  - b. 周波数応答性  
周波数応答性を JIS Z 2350 に準じて測定し、中心周波数が $\pm 10\%$ 以内であること。
  - c. 時間領域応答性  
時間領域応答性を JIS Z 2350 に準じて測定し、サイクル数が $\pm 0.5$ であること。
  - d. 屈折角  
屈折角の実測値が $\pm 3^\circ$ 以内であること。

[附属書D 炉心シュラウドに対する目視試験の代替試験として  
適用する超音波探傷試験の要領]

公眾審査専用

## D-1000 総 則

### D-1000 総 則

#### D-1100 目 的

本附属書は、目視試験（MVT-1）の代替試験として超音波探傷試験により炉心シュラウドの表面きずの検出及び長さ測定を行う際の要領を示す。（解説 D-1100-1）

#### D-1200 適用範囲

炉心シュラウドの溶接継手に適用する。（解説 D-1200-1）

#### D-1300 一般事項

本附属書で定める項目以外は、第 1 章、第 2 章の規定によるものとする。

##### D-1310 探傷方法一般（解説 D-1310-1）

シュラウドの溶接継手の試験は、垂直法又は斜角法により行う。斜角法の公称屈折角は、原則  $45^\circ$  とする。対象部の幾何学的形状等を考慮して、適切な探傷方法及び屈折角を選択する。（解説-3211-1）

検出した指示が、きずであるかどうか疑わしい場合は、他の屈折角や振動モード、あるいは周波数、周波数帯域、焦点の有無、フェーズドアレイ技術、板厚方向に高さのある反射源か否かを確認するための高さ測定等を追加して行うことができる。（解説-4221-3）

なお、他の屈折角等による追加の確認探傷は、きずかどうか疑わしいか否かにかかわらず行ってもよい。

## D-2000 使用機材

### D-2000 使用機材

本項は、超音波探傷試験に使用する機材について示す。

#### D-2100 超音波探傷器

パルス反射式の超音波探傷器を用いる。

#### D-2200 探 触 子

周波数は、0.4～15MHz、超音波のモードは横波又は縦波とし、D-3100 項で規定する基準感度が設定できるものを選択する。（解説 D-2200-1，解説 D-2200-2）

#### D-2300 対 比 試 験 片

対比試験片は以下に定める項目以外は 2340 項による。

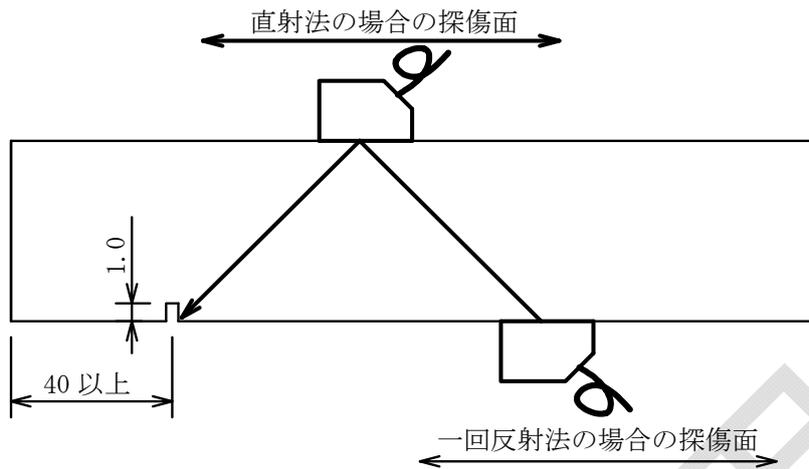
##### D-2310 校正用反射体

対比試験片に設ける校正用反射体はノッチとし、高さは 1.0mm、最も近い端面からの距離及び長さは 40mm 以上とする。（解説 D-2310-1）

試験範囲の側面を探傷面とする場合（図-D-2320-2），ノッチは実探傷における最大ビーム路程以上となる位置に設ける。（解説 D-2310-2）

##### D-2320 対 比 試 験 片 の 形 状

対比試験片の厚さは、溶接部の厚さの実測値，接合される母材の公称厚さのいずれかとする。対比試験片の例を図-D-2320-1，図-D-2320-2 に示す。

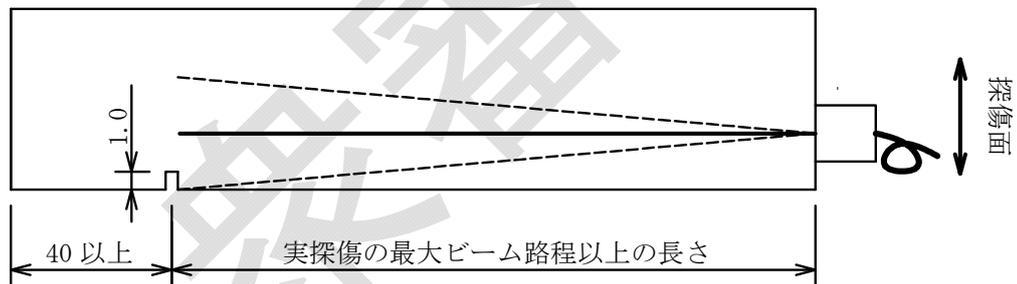


(備考)

1. 寸法の単位は、mm とする。
2. ノッチの長さは 40mm 以上とする。  
また、高さの加工精度は±10%以内とする。

図-D-2320-1 対比試験片の例

(試験範囲の反対側又は試験範囲側の面を探傷面とする場合)



(備考)

1. 寸法の単位は、mm とする。
2. ノッチの長さは 40mm 以上とする。  
また、高さの加工精度は±10%以内とする。
3. 本図は垂直法の場合を示しており、破線はビームの拡がりを示している。

図-D-2320-2 対比試験片の例

(試験範囲の側面を探傷面とする場合)

## D-3000 探傷方法

### D-3000 探傷方法

#### D-3100 基準感度の設定

##### D-3110 基準感度の設定

ノッチを設けた対比試験片で、ノッチからのエコー高さが最大となる位置[斜角法の場合は(4/8)S、又は、(8/8)Sの位置に相当]に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の80%又は50%になるように感度を調整し、このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長してDAC曲線とする。(図-D-3110-1～図-D-3110-3)

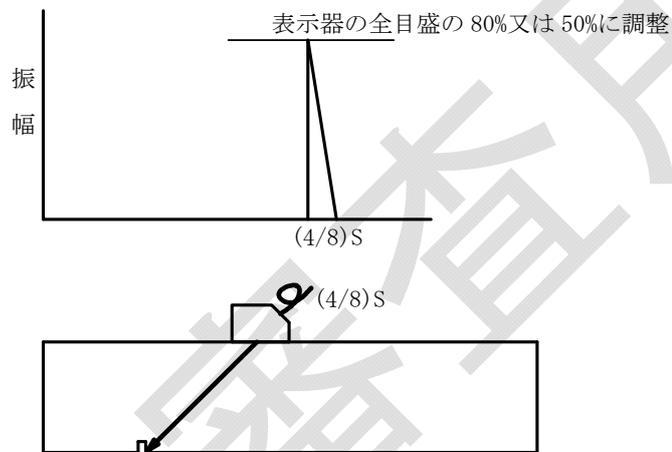


図-D-3110-1 直射法 (0.5 スキップ) による場合の基準感度の設定

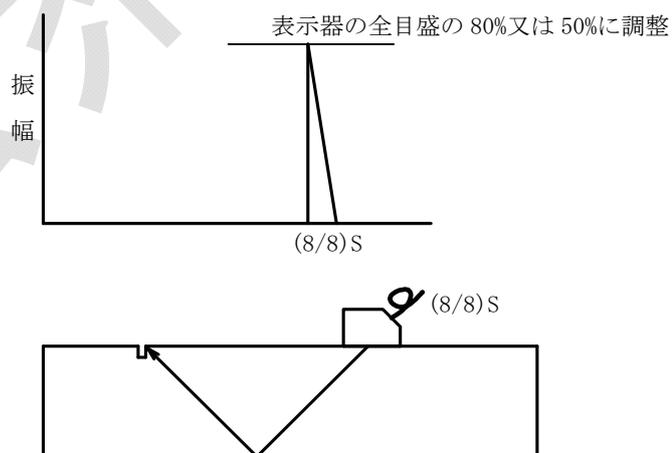


図-D-3110-2 一回反射法 (1 スキップ) による場合の基準感度の設定

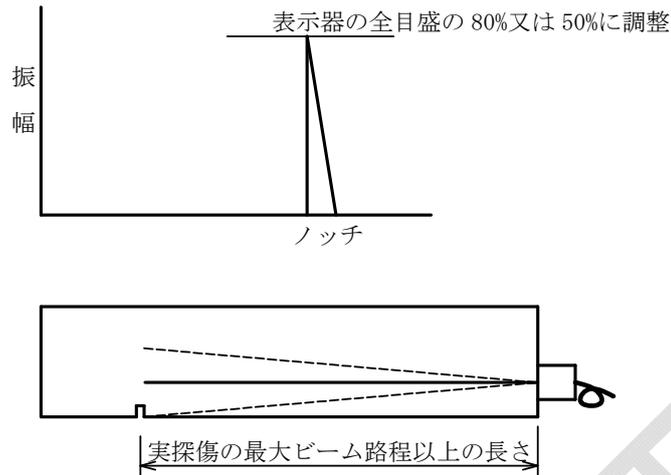


図-D-3110-3 試験範囲の側面を探傷面とする探傷を行う場合の基準感度の設定

#### D-3120 適用制限

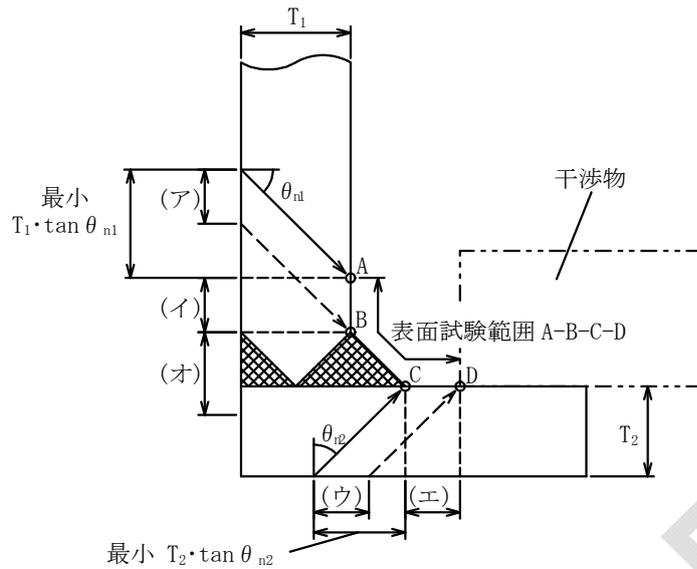
対比試験片に設けたノッチが検出できない場合、その探傷法は使用してはならない。（解説 D-3120-1）

#### D-3200 探触子の走査方向

- (1) 探触子の走査は、想定されるきずの長さ方向に対して超音波ビームが直角方向に伝ばするように行う。
- (2) 試験部の幾何学的形状等のため、(1)項の走査が不可能な場合には、可能な方向からの走査を行う。

#### D-3300 探触子の走査範囲

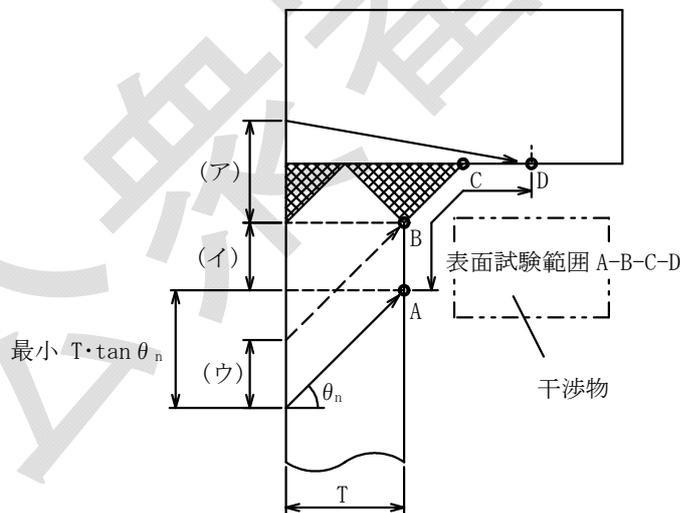
- (1) 探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求される試験範囲に超音波が伝ばするように行う。（図-D-3300-1, 図-D-3300-2）
- (2) 試験部の幾何学的形状等の理由により、(1)項の規定が満足できない場合は、2800項に従い、探傷不可能範囲を記録する。このとき、ある方向から十分な探傷ができない場合には、その反対側からの範囲を広げて、探傷不可能範囲を低減するような走査を行う。



(備考)

1. (ア), (ウ) は, 斜角法による溶接線に直角方向の走査範囲とする。
2. (イ), (エ) は, 斜角法による溶接線に平行方向の走査範囲とする。
3. (オ) は, 垂直法又は斜角法で C-D を探傷可能な走査範囲とする。
4. 表面試験範囲 A-B-C-D は, 維持規格による。

図-D-3300-1 走査範囲の例



(備考)

1. (ア) は, 垂直法又は斜角法で C-D を探傷可能な走査範囲とする。
2. (イ) は, 斜角法による溶接線に平行方向の走査範囲とする。
3. (ウ) は, 斜角法による溶接線に直角方向の走査範囲とする。
4. 表面試験範囲 A-B-C-D は, 維持規格による。

図-D-3300-2 走査範囲の例

## D-4000 記録要領及びきず寸法測定

### D-4000 記録要領及びきず寸法測定

以下に定める項目以外は 2700 項による。

#### D-4100 試験記録

DAC20%を超えるきずエコーが検出された場合は、2710 項の要領で記録する。

#### D-4200 きず長さ測定

超音波探傷試験を行った結果、反射源がきずに基づくものについては、2710 項に示す記録要領に従って超音波探傷試験の結果を記録するとともに、きず長さ測定を行う。

(解説-2720-1)

この場合において、きず長さは記録レベルを超える指示長さとする。

[附属書 A 解 説]

今泉審査用

## A-1000 総 則

### (解説 A-1100-1) NDIS 0603 によるきず高さ測定を行う場合

NDIS 0603 により認証された範囲については、これによるきず高さ測定を行うことが望ましい。

### (解説 A-1100-2) きず高さ測定の原則

きずの高さは、低いものから高いものまでを想定して、きず先端を厚さ方向全体にわたり確認する。このために複数の手法の組合せ又は複数の測定条件で総合評価することを要求した。

適用する手法の組合せ等については、適用部位、想定されるきず等に応じて個別に定めることとなるが、UTS、PLR 配管サイジング精度確性試験及び NSA においては、次のような手法の組合せが用いられており、これらを参考にしてもよい。

モード変換波法が適用可能な部位については、きず高さ測定に際し、モード変換波法によりきず高さをあらかじめ推定するものとする。ただし、NDIS 0603 又は海外できず高さ測定の認証を取得した手法、探傷装置及び有資格者によりきず高さ測定を行う場合は、モード変換波法によるきず高さの推定を省略することができる。

[適用する手法の組合せの例]

- (1) モード変換波法、タンデム法及び端部エコー法又は TOFD 法との組合せ
- (2) 端部エコー法（縦波、横波、複数の屈折角の組合せ）
- (3) フェーズドアレイ技術（焦点、屈折角等に関する任意の複数条件）
- (4) TOFD 法（複数の交軸の組合せ）
- (5) フェーズドアレイ技術と端部エコー法の組合せ

### (解説 A-1200-1) 適用範囲

本附属書の適用範囲は、容器及び配管の突合せ溶接継手であり、下記(1)～(3)項の範囲及びこれと同等なきず高さ測定要領が適用可能と判断した。

また、その他の部位（例えば、シュラウド等の炉内構造物）への適用についても本附属書の適用が可能と判断されれば用いてもよいこととした。

- (1) 原子力発電施設検査技術に関する試験研究事業の内、UTS における成果であって、
  - a. ～e. 項に示す範囲を対象とした。
    - a. オーステナイト系ステンレス鋼配管  
試験部の厚さが 10mm 以上 50mm 以下の配管で溶接線平行方向に付与した疲労亀裂及び SCC を対象としたもの
    - b. フェライト鋼配管及び容器（クラッドなし）  
試験部の厚さが 10mm 以上 50mm 以下の配管及び 80mm、160mm の容器で溶接線平

行方向の疲労亀裂を対象としたもの

c. 容器（クラッドあり）

試験部の厚さが 77mm 以上 253mm 以下のクラッドを施した部位で溶接線平行方向の疲労亀裂を対象としたもの

d. 管台内面の丸みの部分

試験部の厚さ（試験範囲）は内面から母材側へ 25mm とし、管台内面の丸みの部分のコーナ円に対して法線方向の疲労亀裂を対象としたもの

e. 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手（バタリング部）

試験部の厚さは 22.1mm 以上 75.5mm 以下（外面走査）、内面から母材側 12mm（内面走査）とし、溶接線バタリング部に平行方向の疲労亀裂若しくは SCC を対象としたもの

(2) 発電設備技術検査協会が行った PLR 配管サイジング精度確性試験の成果

オーステナイト系ステンレス鋼 (SUS316L 材) で、試験部の厚さが 19.8mm, 23.9mm 及び 36.4mm の範囲を対象としたもの

(3) NSA における成果

オーステナイト系ステンレス鋼配管 (SUS316L 材) で、試験部の厚さが 18.9mm, 23.1mm 及び 37.5mm の範囲を対象としたもの

**(解説 A-1300-1) 対象とするきず**

UTS では、熱影響部でかつ溶接線に対して平行方向の内面開口きず（疲労亀裂及び SCC）に限定して試験を行っているが、本附属書では、下記理由により、熱影響部、平行方向等の制約を設けず、内面開口きずを対象とする。

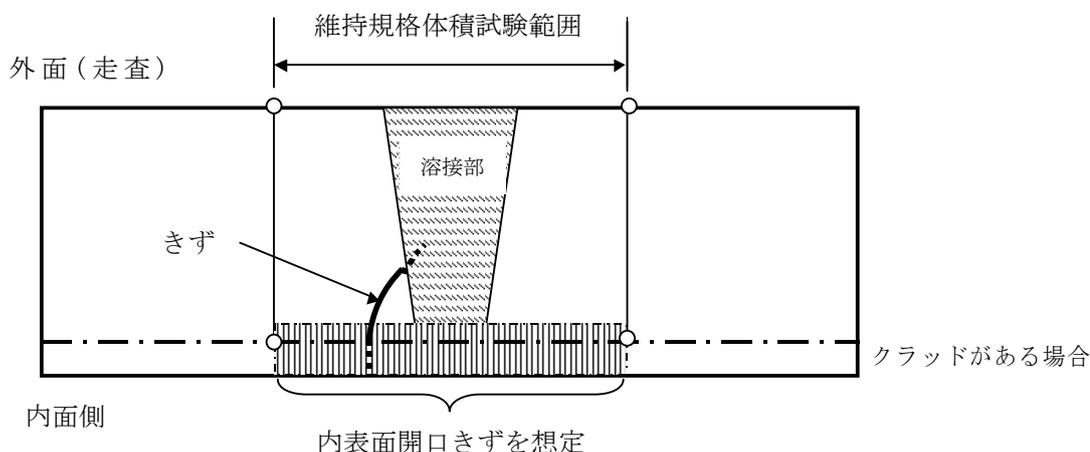
(1) 容器の場合、きずの長さが溶接線に対して平行方向の場合と直角方向の場合で差異は生じないものと判断し、きずの長さ方向は定めないこととした。

(2) 配管の場合、UTS では、維持規格で要求される体積試験範囲（解説図-A-1300-1）内の代表的な位置（裏波部及び溶接金属境界に近接した位置）に付与したきず（亀裂）を対象としているが、母材部及び溶接線に対して直角方向に長さを有するきずは、UTS の場合と比較しても、きず先端部からのエコーの識別性が同等以上（裏波部のような形状エコーの発生頻度が低く、平行方向きずより識別し易い）と判断されるため、対象に含めた。

(3) ただし、オーステナイト系ステンレス鋼配管で溶接線に対して直角方向に長さを有するきずは、溶接金属を通過して超音波を伝ばさせなければならない場合があり、きずの発生位置によっては、必ずしも平行方向に長さを有するきずと同じ扱いはできない。

UTS、PLR 配管サイジング精度確性試験及び NSA とともに溶接線に対して直角方向のきずに対する試験は行っていない。したがって、溶接線に対して直角方向に長さ

を有するきずの場合は、発生位置を勘案して（溶接金属を通過することによる超音波探傷試験性への影響）、本附属書の適用可否を判断することとした。



解説図-A-1300-1 対象とするきず

**(解説 A-1400-1) 適用手法**

UTS, PLR 配管サイジング精度確性試験及びNSA で用いた手法を適用するものとした。

(1) 適用手法の概要

a. モード変換波法

超音波の振動様式をモードと呼び、代表的なモードには、横波、縦波、表面波等がある。

超音波が隣接した二つの媒質の境界面やきず等で反射や屈折する際に、条件によって振動の様式が変わる場合がある。この現象をモード変換という。

モード変換波法は、屈折角が  $90^\circ$  に近い状態で伝ばする縦波（1次クリーピング波という）及び同時に発生している屈折角約  $30^\circ$  の横波が裏面で反射する際にモード変換した縦波（2次クリーピング波）に着目して、以下の波の出現性から概略のきず高さを把握する方法である。

送信された超音波がきず部で反射して受信されるまでの三つの経路（a. 2次クリーピング、b. 横波→縦波→縦波モード変換、c. 1次クリーピング）に着目し、総合的に判断する手法を総称して、本附属書では、モード変換波法と定義した。厳密に言えば、1次クリーピング波はモード変換波ではない。

また、2次クリーピング波のみに着目した場合は、4260 項で示すように2次クリーピング波法と定義される。

b. タンデム法

通常、同じ屈折角をもち、超音波ビームを探傷面上で同じ方向に向けた2個又は2個以上の探触子を必要とする探傷（走査）方法をいう。モード変換波が検出された場合に、概略のきず高さを把握する手法として有効である。

c. 端部エコー法

超音波ビームの中心軸がきず端部に入射した時、エコー高さがピークを示すことがあり、このエコーを端部エコーと呼ぶ。このエコーが得られた時のビーム路程を求め、幾何学的な計算によりきず高さを求める方法をいう。

d. TOFD 法

TOFD 法は、Time of Flight Diffraction Technique の略称であり、送信側探触子と受信側探触子とを一定距離だけ隔てて対向させ、探傷面を伝ばしてくる信号（ラテラル波）と、裏面に当たって反射してくる信号とを同時に受信する。もし、試験体内部にきずがあれば、きず端部での回折波も同時に受信する。これらの信号の伝ば時間差から、きずの位置及びきず高さを求める方法をいう。

e. フェーズドアレイ技術

幅の狭い振動子を複数並べた探触子を用い、個々の振動子に電圧をかけるタイミングを変えることにより、電子的に超音波ビームの方向又は焦点を変えて探傷又はきず高さを測定する技術をいう。なお、端部エコー法、TOFD 法及びモード変換波法の何れに対してもフェーズドアレイ技術を適用することができる。

きず高さ測定を行う場合に用いる主な電子走査として、セクタ走査、リニア走査等がある。

(2) 適用手法における測定限界及び測定精度

超音波探傷試験によるきず高さ測定では、測定限界及び測定誤差が存在する。ここでは、測定限界及び本附属書を用いることで期待できる測定精度について参考となる文献を a. 項及び b. 項に示す。ただし、測定限界及び測定精度は、標準偏差等の統計処理で示されており、保証値ではない。

a. 測定限界

(a) クラッドを施した容器

(独)原子力安全基盤機構：平成 16 年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版] 平成 17 年 4 月 (p. 308, 310)

クラッドを施した容器では母材側に 6mm 進展した場合、測定率が 100%に達するようになる。

(b) フェライト鋼配管

(独)原子力安全基盤機構：平成 16 年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版]  
平成 17 年 4 月 (p. 94, 97)

フェライト鋼配管では約 2mm を超えて進展した場合、測定率が 100%に達するようになる。

(c) オーステナイト系ステンレス鋼配管

(独)原子力安全基盤機構：平成 16 年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版]  
平成 17 年 4 月 (p. 776)

オーステナイト系ステンレス鋼配管では約 4mm を超えて進展した場合、測定率が 100%に達するようになる。

b. 測定精度

(a) クラッドを施した容器

(独)原子力安全基盤機構：平成 16 年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版] 平成 17 年 4 月 (p. 312)

(b) フェライト鋼配管

(独)原子力安全基盤機構：平成 16 年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版]  
平成 17 年 4 月 (p. 106)

(c) オーステナイト系ステンレス鋼配管

(独)原子力安全基盤機構：平成 16 年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版]  
平成 17 年 4 月 (p. 782, 805)

(独)原子力安全基盤機構：平成 18 年度 低炭素ステンレス鋼の非破壊検査技術実証に関する事業報告書 平成 19 年 4 月  
(p. 28～30)

総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会 原子力発電設備の健全性評価等に関する小委員会：(第 8 回)「(財) 発電設備技術検査協会“超音波探傷試験による再循環系配管サイジング精度向上に関する確性試験について

**(解説 A-1500-1) 試験評価員及び試験員の資格**

きず高さ測定に関わる試験評価員、試験員の業務は以下を基準とし、ここに記載なき事項は2200項の規定に従う。(実際の運用ではこれに準じて解釈する。)

- (1) 試験評価員：測定手法の確立，測定要領の承認，規格及び仕様書の解釈，きず高さの評価
- (2) 試験員：測定機器の調整及び校正，測定（実施することが認められた手法），測定結果の解析，きず高さの報告

**(解説 A-1510-1) 教育及び訓練**

きず高さ測定は、原子力プラントの運転継続可否に直接関わるもので、測定値に信頼性が求められる。

また、技術的に特殊な手順を踏むことから、原子力発電所用機器の超音波探傷試験に関する経験を有し、試験に必要な技量（技術，知識）を習得するための教育及び訓練を予め受けた者であることを要求した。

**(解説 A-1510-2) 教育及び訓練**

海外では、ISIにおける超音波探傷試験の認証制度が導入され実績を積んでいる。例えば、ASME Sec. XI Appendix VIIIあるいはENIQ (European Network for Inspection Qualification) のガイダンスに従って認証されている場合等である。

**(解説 A-1511-1) 試験体のきずと形状**

- (1) 想定されるきず又はこれと同等な性状を模擬したきずを付与した試験体での訓練と類似形状の試験体での訓練を求めた。前者と後者の双方の要件を満足する試験体で訓練する場合は、前者と後者を切り離し、それぞれの要件を満たした試験体で各々訓練してもよい。よって類似形状の試験体に関しては、必ずしも、想定されるきず又はこれと同等な性状を模擬したきずを付与したものでなくてもよい。
- (2) 類似形状とは、試験体の厚さ及び曲率の観点から超音波上同等に扱える形状をいい、例えば、以下のことを参考にして代表させることができる。
  - a. 試験部の厚さは、2343(1)項の対比試験片の厚さに関する規定
  - b. 曲率は、2343(2)項の対比試験片の曲率に関する規定

**(解説 A-1511-2) 教育及び訓練に対する成果の確認**

教育及び訓練の成果の確認は、試験評価員及び試験員が、きず評価の保守性を考慮し十分な精度できず高さ測定が行えるかどうかを確認することを目的としている。例えば、

PLR 配管サイジング精度確性試験では、測定誤差の下限值が UTS で得られた平均値－ $2\sigma$  ( $\sigma$  は標準偏差)の絶対値である 4.4mm を下回らないことが精度がよいことの基準としている。因みに NDIS 0603 附属書 A では、超音波探傷試験で測定した SCC 高さと同とする高さに対して 4.4mm を下回る結果が 1 つでもあってはならないことと、超音波探傷試験で測定した SCC 高さと同とする高さの RMSE (Root Mean Square Error) は 3.2mm を超えてはならないことの 2 項目を合格基準として規定している。

#### (解説 A-1512-1) 技量の維持

米国では、連邦規則 10CFR. 50.55a Codes and Standards. (b) (2) (xiv) 項により、ASME Sec. XI Appendix VIII の Performance Demonstration の認定を受けた者は、きずを付与した試験体による 8 時間の実地訓練を毎年受ける義務が課せられている。

#### (解説 A-1513-1) 教育及び訓練の記録

きず高さ測定に従事する者が、教育及び訓練を通じて所定の水準に達していることを確認できるよう、教育及び訓練の記録、保存を要求した。

なお、実技訓練はブラインド試験以外の実技も考えられ、その場合はどのような情報を与えて訓練を行っているかは重要な管理項目であることから、ブラインド試験以外の場合について、模擬試験体の情報の記録、保存を要求することとした。

また、(7) 技量維持プログラムの実施状況については、A-1512 項において毎年の教育及び訓練を義務づけていることから、実施状況の記録、保存を要求することとした。

## A-2000 一般事項

### (解説 A-2310-1) 超音波探傷器

TOFD 法及びフェーズドアレイ技術で用いる超音波探傷器の時間軸に関する測定方法は、規格等で定まっていない。

通常は、実際の測定で行う校正（時間軸の調整、基準感度の調整）時に、異なる高さ位置が正しく表示されればよい。ただし、時間軸直線性に限らず、各装置の性能確認は必要であり、この確認方法は、装置製作メーカーに点検を委ねるか、あるいは試験実施元で個別に性能測定要領を定めて行う。

### (解説 A-2400-1) きず位置のマーキング

きず高さ測定は、探傷結果に基づききずと判断された後に行われるもので、2710 項等の規定に基づき得られた情報は極めて重要であり、きずの位置情報を明確にしておくことは、測定精度向上（被ばく低減等の試験効率にも繋がる）に大きく貢献するものである。

### (解説 A-2500-1) 予備測定

詳細なきず高さ測定にあたっては、モード変換波法の他に事前に情報として得る検出情報（DAC%，指示長さ等）が、総合判断にあたって重要なものとなることから、きず高さ測定前の事前確認を予備測定として位置付けた。ただし、例えば、フェーズドアレイ技術のように検出ときず高さ測定を兼ねることができ、また任意に試験条件を変えることができる方法は、必ずしもこの規定に沿わなくてもよい場合がある。したがって、ここでは望ましいとした。

## A-3000 きず高さ測定要領

### (解説 A-3121-1) 探 触 子

本手法は、正しくクリーピング波が発生する探触子を選定することが必須条件であり、4261 項と同じ要求とした。

### (解説 A-3122-1) 校正用反射体

校正用反射体は、4212 項で規定する 2 次クリーピング波法用対比試験片と共用することのできる基準感度設定用の反射体とモード変換波の出現パターンが確認できる反射体を最小限の要求事項とした。

### (解説 A-3124-1) 基準感度の調整

モード変換波法の場合、エコー高さできず高さを直接評価するものではない。したがって、明らかな装置の故障による再試験の要求を除き、感度の変動による再試験の要否は、個別の判断に委ねることとした。

### (解説 A-3125-1) 探触子の走査

モード変換波法の場合は、きず指示長さ範囲にわたって、前後走査を伴いながら走査を行う。

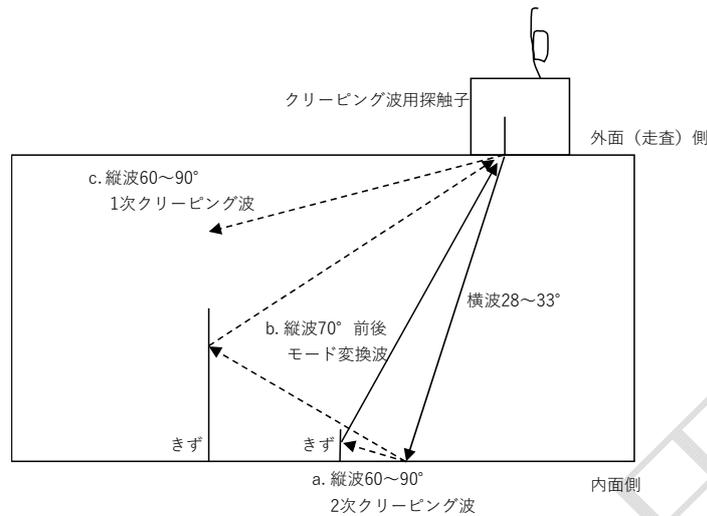
- (1) 2 次クリーピング波が最大となる位置から後（きずから遠ざかる方向）に探触子を走査させて、モード変換波の出現性を確認する。
- (2) モード変換波が出現した場合は、きず高さが高い可能性を考慮して、モード変換波を検出した位置から探触子を前進させて、1 次クリーピング波又は横波 1 回反射波の出現を確認する。

### (解説 A-3126-1) 記 録

モード変換波法は、出現性の確認が主体であり、出現位置又は出現範囲（溶接線方向又はきず長さ方向の範囲）を把握しておけばよい。

### (解説 A-3126-2) 解 析

解析は、エコーの伝ば経路を適切に把握することが必要である。参考となる伝ば経路を解説図-A-3126-1 に示す。



解説図-A-3126-1 モード変換波法におけるエコーの伝ば経路

**(解説 A-3134-1) 基準感度の調整**

タンデム法は、エコー高さできず高さを直接評価するものではない。したがって、明らかな装置の故障による再試験の要求を除き、感度の変動による再試験の要否は、個別の判断に委ねることとした。

**(解説 A-3140-1) 適用手法**

フェライト鋼の場合、金属組織によるノイズも低く端部エコーが比較的容易に識別できる。また、UTSにおいて横波で信頼性の高い結果が得られていることから、試験員が取扱いに馴染んでいる横波斜角端部エコー法とした。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼配管(SUS316L材)では、きずの先端が超音波の減衰が大きい溶接金属内に進展する場合がある。このような場合には、横波に比べ超音波の透過性が優れる縦波も用いることとした。

**(解説 A-3142-1) 探触子**

- (1) 端部エコー法での測定精度、測定限界を高めるためには、高分解能、高SN比及び高感度(きず先端からのエコー強度を十分確保する)の性能を有する探触子を適用することが必要である。このために広帯域型探触子を要求することとした。
- (2) 金属組織ノイズの少ないフェライト鋼の場合、分解能を高めることを目的として、4~10MHzを用いることが一般的である。しかし、広帯域型探触子であれば、2MHzでも高い分解能を得ることが可能と判断し、適用範囲に含むこととした。  
また、オーステナイト系ステンレス鋼は、フェライト鋼に比べ超音波の減衰が大きいため、薄肉の場合を除き1.5~5MHzを標準とした。
- (3) 公称屈折角は、UTSの結果から公称45°を標準とするが、実際に発生するきずの

形態によっては、他の屈折角を用いたほうが識別性に優れる場合が想定される。

また、複数の条件で確認を行うことが望ましい場合等がある。したがって、他の屈折角を用いてもよいこととした。

なお、PLR 配管サイジング精度確性試験では、屈折角 30～70° の範囲で複数個の探触子を用いて測定している例もあり、フェライト鋼でもこの考えが踏襲できるものと判断した。

- (4) 曲率の小さい配管の場合、試験部と探触子の接触性を考慮して、振動子寸法又はくさびの形状を選定することが必要となる。
- (5) UTS 及び PLR 配管サイジング精度確性試験で用いられた探触子の主な仕様例を解説表-A-3142-1～解説表-A-3142-3 に示す。
- (6) 適用性の確認が得られたものは、本附属書の規定にかかわらず、用いてもよいこととした。

なお、ASME Sec. XI App. VIII等の認定制度で認定されたもの、PLR 配管サイジング精度確性試験、NSA 又はこれと同等の試験を通じて確認されたものは、ここに含まれる。

解説表-A-3142-1 端部エコー法用探触子一覧  
(UTS で用いられた主な仕様例、フェライト鋼)

口径及び 試験部の厚さ	150A×10t	350A×25t	500A×35t	600A×50t	80t
型式	広帯域（コンポジット素子を含む）集束型				
振動モード	横波				
周波数(MHz)	5, 10				2, 5
公称屈折角 (°)	45				
振動子径(mm)	6	10～15	10～15	15～20	20～25
集束範囲(mm)	3～22	7～50	18～67	22～87	34～117
くさび	平坦				

解説表-A-3142-2 端部エコー法用探触子一覧

(UTS で用いられた主な仕様例, オーステナイト系ステンレス鋼)

口径及び 試験部の厚さ	150A×10t	350A×25t	500A×35t	600A×50t
型式	広帯域 (コンポジット素子を含む) 集束型			
振動モード	横波及び縦波			
周波数 (MHz)	5, 10	5		
公称屈折角 (°)	45			
振動子径 (mm)	6~10	13~15		20
集束範囲 (mm)	3~22	13~50	22~67	26~89
くさび	平坦			

解説表-A-3142-3 端部エコー法用探触子一覧

(PLR 配管サイジング精度確性試験で用いられた主な仕様例,  
オーステナイト系ステンレス鋼)

口径及び 試験部の 厚さ	300A×19.8t, 400A×23.9t, 600A×36.4t
A 社	2~5MHz 横波 45° (35~55°), 縦波 45° (35~55°) 広帯域集束型
B 社	同上
C 社	縦波 60° 集束型, 横波 45°
D 社	2~4MHz 横波 30~60°, 縦波 45~70° 広帯域集束型 (自動) 1.5~5MHz 横波 45~70°, 2~5MHz 縦波 45~70° 広帯域集束型 (手動)
備考	(1) 判明した範囲で整理した。 (2) アレイ探触子を用いたチーム等は除いた。

(解説 A-3143-1) 対比試験片

端部エコー法は、きず先端までの伝ば時間を知ることが目的であり、きず高さをエコー高さで直接評価するものではない。探傷用対比試験片と位置付けが異なり、端部エコー法用の対比試験片は、時間軸の校正が正しく行えることを目的として、深さの異なる校正用反射体を設けることを要求することとした。

また、各プラントで用意されている本文で規定する探傷用対比試験片を効率的に用いることができることとした。

#### (解説 A-3144-1) 探 触 子

- (1) 集束型探触子は、深さ方向で探触子の性能（屈折角等）が異なる。したがって、NDIS 2418 の規定に準じ横穴対比試験片を用いた測定方法を取り入れた。
- (2) JIS Z 3060 附属書 8 又は NDIS 2418 の解説より、一振動子集束型斜角探触子及び二振動子斜角探触子を用いる場合の入射点及び屈折角の測定は、横穴対比試験片を用いて、それぞれ 0.5mm 以下の単位、 $0.5^\circ$  以下の単位で求めなければならないこととした。横穴対比試験片を用いた測定の場合には入射点は 0.1mm、屈折角は  $0.1^\circ$  単位で算出することができるが、 $Y_1$ 、 $Y_2$  や  $W_{01}$ 、 $W_{02}$  の読み取り精度を考慮するとあまり意味はなく、実際は入射点で 0.5mm、屈折角で  $0.5^\circ$  程度の計測誤差を持つものと考えられる。
- (3) 探触子の入射点及び屈折角は、時間軸及び基準感度の確認を通じて変化の有無を知ることができる。したがって、探触子の入射点及び屈折角の確認は、試験開始前に要求することとし、以降は要求しないこととした。

#### (解説 A-3145-1) 時間軸の調整

- (1) 端部エコー法は、時間軸上での読み取りが重要である。試験部の厚さ方向全体を確認する時間軸範囲で直接試験員が読み取るような場合は、読み取り誤差がきず高さ測定値に影響することがある。したがって、時間軸を 50mm 又は 25mm 等に拡大して詳細に読み取ることを要求することとした。ただし、デジタル探傷器でビーム路程が自動的に表示される場合は必要ない。なお、これに先立ち、必ず試験部の厚さ方向全体にわたり端部エコーの所在を確認しなければならないことを合わせて要求した。
- (2) 適用性の確認が得られたものは、本附属書の規定にかかわらず、認定された要領に従ってもよいものとした。
- (3) 時間軸の変動は、2520 項で全幅の 3% までを許容している。しかし、端部エコー法の場合は、この変動が直接きず高さ測定に影響を及ぼすことがある。例えば、屈折角  $45^\circ$  で時間軸 100mm に設定して 3% 変動した場合、高さに換算して 2mm 程度の変動となる。したがって、設定した時間軸、屈折角等から個別にきず高さ測定値への影響を考慮することを要求した。

#### (解説 A-3146-1) 基準感度の調整

- (1) 適用性の確認が得られたものは、本附属書の規定にかかわらず、認定された要領に従ってもよいものとした。
- (2) 端部エコー法は、エコー高さできず高さを直接評価するものではない。したがって、明らかな装置の故障による再試験の要求を除き、感度の変動による再試験の要否は個別の判断に委ねることとした。この再試験の要否は、本文との整合の観点か

ら 2dB 又は 20%の変動が一つの目安となる。

#### (解説 A-3147-1) 測 定

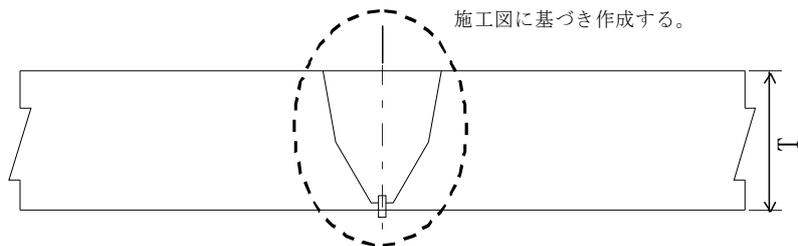
手動探傷で行う場合、きずプロファイルの作成を義務付けるものではないが、最深部を特定するにあたっての手順が必要であり、明確にした。自動探傷で行う場合は、きず指示範囲全体にわたるデータを採取することで最深部の特定は可能である。

#### (解説 A-3148-1) 解 析

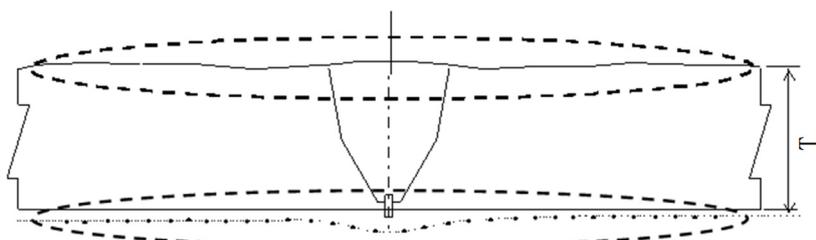
##### (1) 作図による解析

手動による端部エコー法は、測定結果に従った作図による解析を行い、きず高さを計算式から求めるか、あるいは作図から直接読み取ることが多い。以下に作図による解析手順の一例を示す。

- a. 施工図に記載されている溶接部の開先形状を確認し、作図する。(解説図-A-3148-1(a)参照)
- b. 試験部の厚さを確認する(実際に測定する、あるいは既存の測定値を使用する)。また、影響があると判断された場合は、表面形状をくし型ゲージで型取りし断面形状図に反映する。(解説図-A-3148-1(b)参照)
- c. ISIの基準線と溶接線のずれの有無(概略)を確認する。確認方法の一例を下記に示す。
  - (a) 板厚分布、垂直探傷での底面エコーの出現性から推定する。
  - (b) 直交する2方向からの裏波部エコーの交差点から推定する。
  - (c) ずれが認められた場合、ずれ量を考慮して断面解析図を作成してもよい。
- d. a.～c.項に基づき試験部の断面形状図を作成し、この図に測定結果(屈折角、ビーム路程及び基準線から探触子入射点までの距離)を重ね合わせる。(解説図-A-3148-1(c)参照)
- e. きず高さは、解析図から読み取るか、計算式で求めるかのいずれかとする。

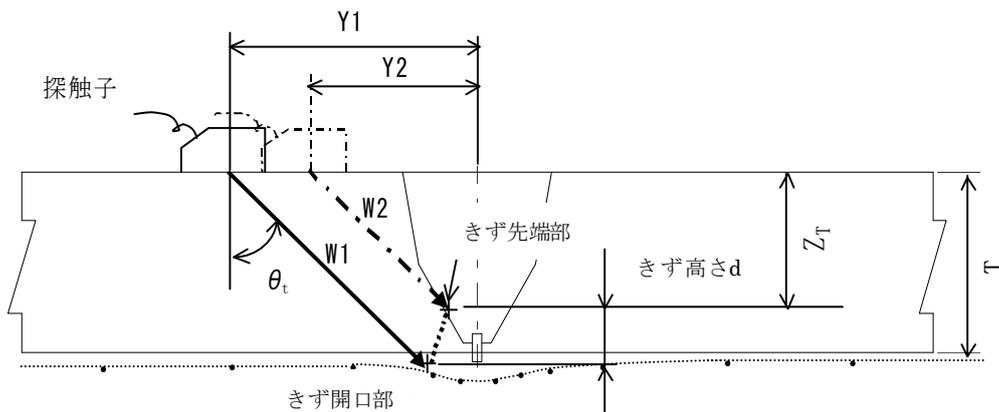


(a) 施工図による開先形状図の作成



解析上影響があると判断された場合は、表面形状を反映する

(b) 上記開先形状図への実測板厚及び表面形状反映



(測定結果の反映：ここでは表面形状の影響がない場合として示した)

$\theta_t$ ：実測屈折角       $Z_T$ ：探傷面からの深さ

[きず開口部の情報]

Y1：きず開口部からの最大エコー高さを得た探触子位置と溶接中心(基準線)までの距離(mm)

W1：きず開口部までのビーム路程(mm)

[きず先端部の情報]

Y2：きず先端部からのエコーを得た探触子位置と溶接中心(基準線)までの距離(mm)

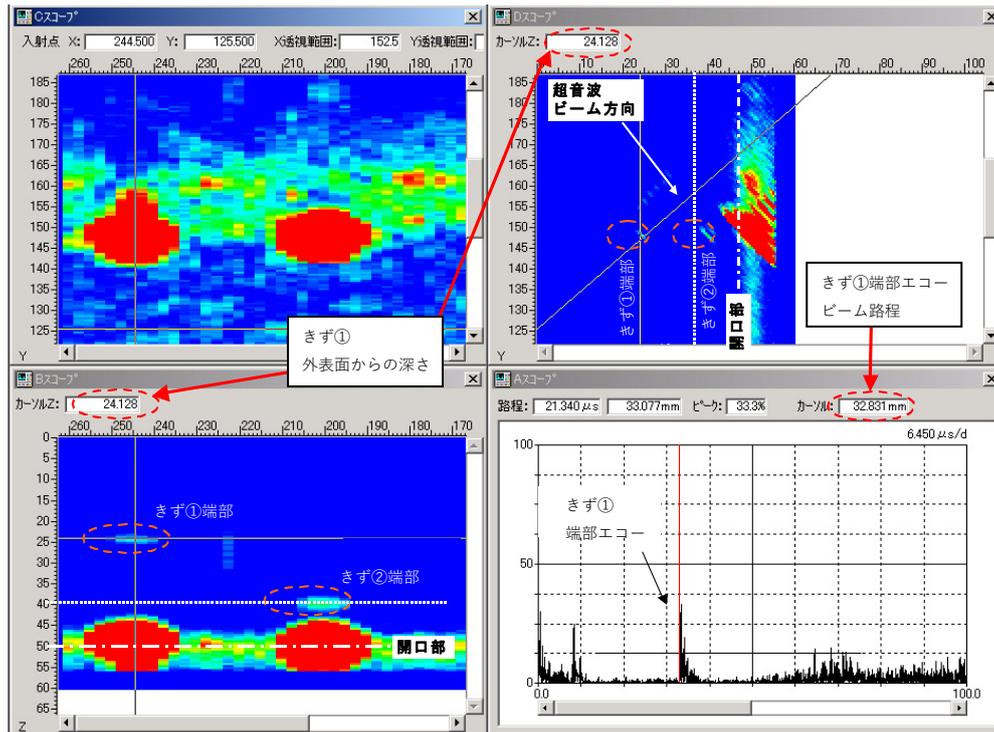
W2：きず先端部までのビーム路程(mm)

(c) 断面解析図への端部エコー法測定結果の反映

解説図-A-3148-1 作図に基づく解析手順 (例)

## (2) 専用画像データによる解析

端部エコー法を自動探傷で行う場合、採取したデータを専用の機能で処理して解析することが一般的である。したがって、上記(1)項の方法以外に専用の出力画像 (A, B, C, D スコープ) データからきず高さ求めてもよい。自動探傷で得られる専用画像データの例を解説図-A-3148-2 に示す。



解説図-A-3148-2 自動探傷結果の画像例

## (3) きず高さの算出

上記(1)項及び(2)項の手順で解析を行った後、次のいずれかの方法できず高さを求める。

なお、算出式の記号は、解説図-A-3148-1(c)に基づく。

- きず開口部ときず先端部との伝ば時間の差からきず高さ  $d$  を算出
$$d = (W1 - W2) \cdot \cos \theta_t$$
- 板厚測定記録 ( $T1$ : きず開口部近傍の板厚) を用いてきず高さ  $d$  を算出
$$d = T1 - W2 \cdot \cos \theta_t$$
- 探傷面からきず先端部までの高さ ( $Z_T$ ) で表す場合
$$Z_T = W2 \cdot \cos \theta_t$$
- 解析図 (作図) から直読する場合

(4) 留意事項

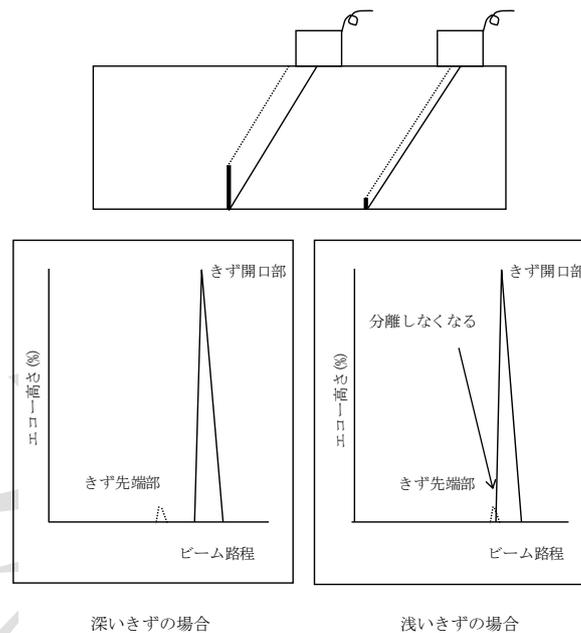
留意事項を下記に示す。

a. 測定限界

端部エコー法における測定限界値は、一般的にきず高さ 2～3mm 程度といわれている。

測定限界値は、きず性状、試験部の組織ノイズ等の因子により影響を受けるが、適用する探触子の周波数（波長）や解説図-A-3148-3 に示すようにきず開口部からの反射エコーと端部エコーとの分離性も大きく影響する。

微弱な信号である端部エコーに比べて、きず開口部からの反射エコーは比較的大きな信号であることが多い。したがって、きずが浅い場合は、きず開口部からの反射エコーときず先端からの端部エコーが分離できなくなる可能性がある。



解説図-A-3148-3 きず高さの測定限界に関する概念

なお、測定限界に関しては、解説 A-1400-1 で示した。

b. 測定誤差

解説 A-1400-1 で示したように、本附属書の測定要領に従うことにより UTS, PLR 配管サイジング精度確性試験及びNSA で得た精度が期待できる。一方で、常に測定誤差の発生を見込んでおく必要がある。

(a) きず性状に起因するもの

i. きずの段付き部

きずが板厚方向に進展していく過程で生じる段付き部（又は屈曲点）が反射源となり，これをきず先端部からの端部エコーと判断して測定する場合がある。

ii. きずの傾き

きずが進展していく過程で，全体的に溶接部側に傾く場合もある。このような傾きの影響で，端部エコーの識別性が低下することがある。

iii. きず先端位置

オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手（ボンド部及び溶接金属内）のように金属組織ノイズが発生し易い位置に，きず先端が存在した場合，端部エコーの識別性の低下とともに金属組織ノイズを端部エコーとして判断を誤る可能性がある。

これは，クラッドを施した容器の場合も同様で，クラッド境界面近傍で発生する金属組織ノイズを端部エコーとして判断を誤る可能性がある。

iv. きず先端位置におけるきずの間隙

きずの間隙が非常に狭くなると超音波が透過し易くなり，真の先端エコーが捉え難くなる場合がある。

(b) 手法による誤差

i. 屈折角の誤差

屈折角の測定誤差，試験部表面形状（凹凸）の影響による誤差が挙げられる。

ii. ビーム路程読み取り精度による誤差

きず先端あるいはきず開口部までのビーム路程（伝ば時間）の読み取り誤差が挙げられる。

iii. 超音波ビーム路程の拡がり

超音波ビームの拡がり，測定した屈折角ときず先端を捉えた時の屈折角が異なる場合がある。

c. オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手を対象とした場合の留意事項

SUS316L 材における損傷事例では，これまで端部エコーの特定が困難とされてきた，溶接金属内にきずの先端が進展した例が報告されて

いる。したがって、きず先端が溶接金属内に進展している可能性を考慮した対応が必要である。

解析手順の例を(1)項で示したが、更に下記事項にも注意して解析することが望ましい。

(a) 溶接時の入熱の影響で、施工図上の溶接部形状と実際の溶接部では次のような相違が認められる。

i. 開先が収縮することにより、実際の溶接金属幅は、図面の開先幅より狭くなる。

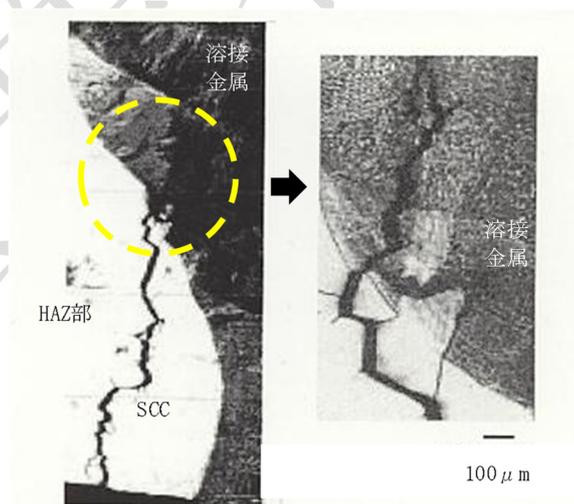
ii. 裏波部近傍の形状に変形（落ち込み）が生じる。

(b) 実機プラントのオーステナイト系ステンレス鋼 (SUS316L 材) の熱影響部で生じた SCC は、溶接中心線側に傾いて進展することもあり、この点も考慮する必要がある。(解説図-A-3148-4 参照)

(c) オーステナイト系ステンレス鋼の溶接金属内への横波端部エコー法の適用は、無効と判断することが妥当である。したがって、溶接金属内にきずが進展するおそれがある場合は、縦波端部エコー法を併用して測定する必要がある。

(d) 縦波端部エコー法で、きず開口部ときず先端部との伝ば時間の差できず高さを算出する場合、誤差が大きくなることがある。

これは、縦波の場合、きずコーナ部での反射率が著しく低下し、安定したコーナエコーが得られないことによる。



観察倍率：×50倍

ボンド部近傍

解説図-A-3148-4 オーステナイト系ステンレス鋼配管における SCC 形態 (例)  
(SCC 先端が溶接金属内に進展したケース)

### (解説 A-3150-1) オーステナイト系ステンレス鋼における適用範囲

オーステナイト系ステンレス鋼溶接部に対する TOFD 法は、溶接金属部を介した探触子配置になることから、フェライト鋼と比較してきず先端エコーの識別性が著しく低下する。UTS では、試験部の厚さ 10mm で適用でき、一方、25mm の厚さで適用できないことが判明した。しかし、平成 14 年度以降の UTS では、TOFD 法の改良が図られ（探触子の選定等）、疲労亀裂を対象として、探傷面から 20mm 程度の位置まで亀裂先端が進展している場合は、測定可能になる結果を得たことから、これを反映した。

### (解説 A-3152-1) 探触子

- (1) TOFD 法に用いる探触子は、高分解能、高 SN 比及び高感度（きず先端からのエコー強度を十分確保する）の性能を有する探触子を適用する。このため、広帯域型探触子を要求することとした。一方、TOFD 法は、超音波ビームを拡げて広い範囲できず先端を捉える方法であることから、一般的に端部エコー法のような集束型探触子是用いられていない。ただし、一定の深さに焦点を絞って測定するほうが好ましいと判断されることもあり、集束型探触子を用いてもよいこととした。
- (2) 振動子寸法、くさび形状については、試験部との接触性を考慮して個別に定めなければならない。特に曲率の小さい配管の場合は、試験部との接触性を考慮した探触子を選定することが必要となる。
- (3) UTS で用いられた探触子の主な仕様を解説表-A-3152-1, 2 に、PLR 配管サイジング確性試験で用いられたアレイ探触子（フェーズドアレイ TOFD 法）の仕様例を解説表-A-3152-3 に示す。ここで、UTS におけるオーステナイト系ステンレス鋼で用いられたコンポジット型振動子は、一般的に帯域幅が広く、従来振動子である水晶や圧電セラミックスに比べ SN 比も高いことから、オーステナイト系ステンレス鋼に限らずフェライト鋼に対しても適用可能である。

解説表-A-3152-1 TOFD 法用探触子一覧  
(UTS で用いられた主な仕様例, フェライト鋼)

口径及び 試験部の厚さ	150A×10t	350A×25t	500A×35t	600A×50t	80t
型式	広帯域型				
振動モード	縦波				
周波数(MHz)	10	5, 10			
公称屈折角 (°)	22~45	45~60	22~60	35~51	22~51
振動子径(mm)	5	6~12	5~12	5~20	12~20
くさび	平坦				
備考	送信側, 受信側とも同一仕様で構成				

解説表-A-3152-2 TOFD 法用探触子一覧  
(UTS で用いられた主な仕様例, オーステナイト系ステンレス鋼)

口径及び 試験部の厚さ	150A×10t	350A×25t
型式	広帯域(又はコンポジット)型	
振動モード	縦波	
周波数(MHz)	5, 10	2, 2.5, 5
公称屈折角 (°)	22.5~60	30, 45, 60, 60(集束)
振動子径 (mm)	6	6~13
備考	(1)対象: 10t は SCC と疲労亀裂, 25t は疲労亀裂とノッチ (2)25t では, 5MHz 縦波 30° と他の角度を組合せて行う。	

解説表-A-3152-3 TOFD 法用探触子一覧  
(PLR 配管サイジング精度確性試験で用いられた主な仕様例,  
オーステナイト系ステンレス鋼)

口径及び 試験部の厚さ	300A×19.8t, 400A×23.9t, 600A×36.4t
探触子	2MHz32 素子アレイ探触子

#### (解説 A-3153-1) 対比試験片

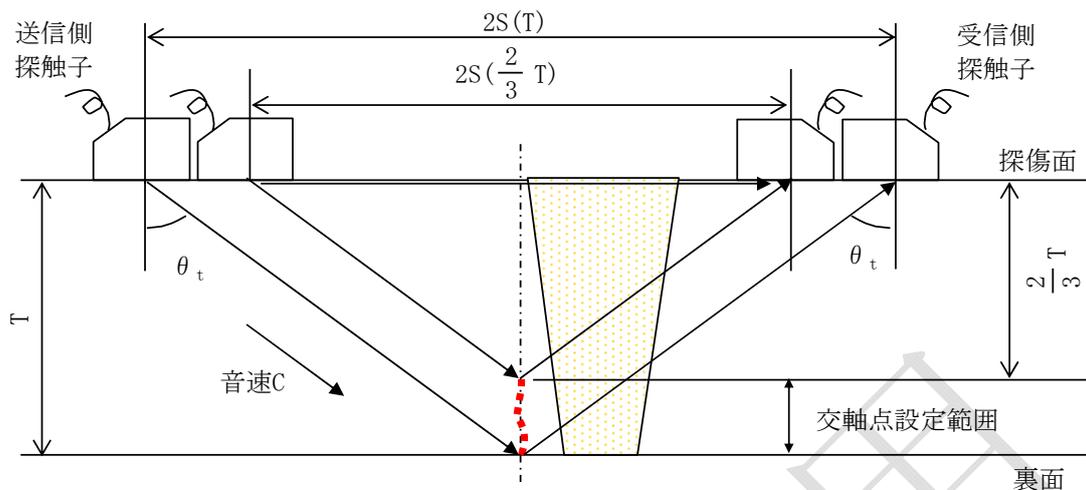
TOFD 法で用いる対比試験片は、端部エコー法と同様に①探傷感度の再現の手段、②測定分解能の検証、③時間軸（伝ば時間）の検証、④試験部のエコー強度分布の検証を目的としている。したがって、試験部の厚さを満足する範囲で時間軸が校正できる試験片であれば、校正用反射体は、ノッチあるいは横穴のいずれでもよいこととした。ただし、校正用反射体が送信側－受信側探触子の間隔の中心になるように対向させて配置できる幅、長さを有したものが条件となる。

#### (解説 A-3154-1) 探触子の入射点及び屈折角の測定

- (1) TOFD 法は、ビームを拡げて測定するのが一般的であり、また、きず位置あるいはきず高さを求める場合、送信側探触子－受信側探触子の間隔と材料の音速設定が最も重要である。このため、端部エコー法と異なり、屈折角の厳密な測定は不要である。ただし、交軸の設定に当たり、屈折角の把握が必要であることから、測定開始前は、他の手法と同様に屈折角の測定を要求することとした。
- (2) TOFD 法で用いる探触子の入射点及び屈折角は、それ自体の変動が、きず高さ測定に与える影響は少ない。したがって、測定頻度は設けないこととした。

#### (解説 A-3157-1) 測定

- (1) TOFD 法は、探触子の屈折角と送信側－受信側探触子の間隔で超音波の強度が最も強い交軸が求まる。一般的には、試験部の厚さの $\frac{2}{3}$ から試験部厚さの位置に合うように間隔を設定する。(解説図-A-3157-1 及び解説表-A-3157-1 参照)



$2S(T)$  : 探触子間隔 (試験部の厚さに交軸点を設定した場合)

$2S(\frac{2}{3} T)$  : 探触子間隔 (試験部の厚さの $\frac{2}{3}$ 位置に交軸点を設定した場合)

$\theta_t$  : 実測屈折角

$2S(T) = 2T \tan \theta_t$     $2S(\frac{2}{3} T) = \frac{4}{3} T \tan \theta_t$

解説図-A-3157-1 探触子間隔の設定

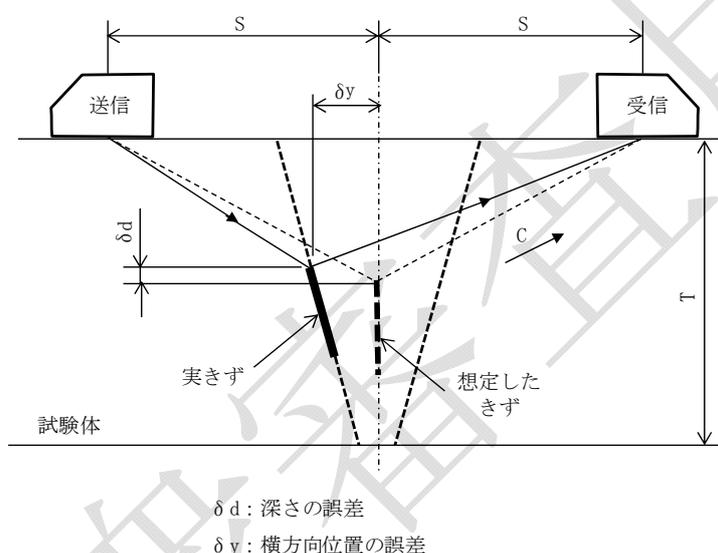
解説表-A-3157-1 探触子間隔の設定値 (例)

試験部位 及び 試験部の 厚さ	公称 屈折角 (°)	設定範囲	探触子間隔(mm)		
			$\frac{2}{3} T$ 又は ( $T-50$ )	$\frac{3}{4} T$ 又は ( $T-25$ )	$T$
配管(10mm)	45	$\frac{2}{3} T \sim T$	13.3 (=14)	15	20
	60		23.1 (=24)	26	34.6 (=34)
配管(20mm)	45	$\frac{2}{3} T \sim T$	26.7 (=26)	30	40
	60		46.2 (=46)	52	69.3 (=70)
配管(40mm)	45	$\frac{2}{3} T \sim T$	53.3 (=54)	60	80
	60		92.4 (=92)	103.9 (=104)	138.6 (=140)
容器(100mm)	30	$(T-50) \sim T$	57.7 (=58)	86.6 (=86)	115.5 (=116)
	45		100	150	200
容器(160mm)	30	$(T-50) \sim T$	127	155.8 (156)	184.7 (=184)
	45		220	270	320

TOFD法の場合, 超音波ビームを拡げて測定することから, 端部エコー法と異なり, 広い板厚範囲をカバーできる。しかし, 屈折角が小さい場合, 送信側探触子-受信

側探触子の間隔で定まる交軸点から外れると感度の低下が認められるようになり、有効な測定範囲が狭くなる。このような場合には、予備測定を行うことで、きず先端の見逃しあるいは誤認識防止に努める必要がある。

- (2) TOFD 法は、送信側探触子－受信側探触子間の中心にきずが位置した場合、正確なきず高さ情報が得られる。D スキャン（きずに対して長手方向（超音波ビームの方向に対して垂直の方向）の走査）では、最深部において必ずしも送信側探触子－受信側探触子間の中心にきずが位置するとは限らず、測定誤差に影響する場合がある。（解説図-A-3157-2）



解説図-A-3157-2 D-スキャンにおける横方向位置の誤差

したがって、まずきずの最深部と想定される位置を把握するために、探傷試験の結果で得たきず長さ範囲全体にわたり D-スキャンを行い、この結果によるきずの最深部と想定される位置で B-スキャン（溶接線又はきずに対して直角方向（超音波ビームと同じ方向）の走査）を行い、B-スキャンからきず高さを求める手順とすることが望ましい。

#### （解説 A-3158-1） 解 析

TOFD 法における解析については、A-3151 項に示す規格が参考になる。

#### （解説 A-3163-1） 入射点及び屈折角の測定

フェーズドアレイ技術は、設定により入射点や屈折角、超音波ビームの焦点（集束範囲）を任意に変えられることが利点となっている。

また、条件設定によってはフェーズドアレイ装置を利用して2次クリーニング波法やTOFD法を行うことも可能である。したがって、試験実施元で個別に探傷条件(設定条件)に見合う確認要領を定め探触子が設定条件に一致した超音波を発生していることを確認する。

#### (解説 A-3167-1) 解 析

フェーズドアレイ技術を用いた端部エコー法は、通常の端部エコー法と同様の測定原理であるため、解説 A-3148-1 項に示しているような留意事項がほぼそのまま当てはまる。

なお、探傷面が平滑でない場合、フェーズドアレイ技術に用いる探触子の方が通常の端部エコー法に用いる探触子より接触面積が大きくなるため影響を受けやすくなる。即ち、探触子と試験体の間に接触媒質による層が形成され、装置上の屈折角と実際の屈折角に差が生じるため、開口部エコー及び端部エコーの測定される位置が変動することが起こり得る。

また、探傷面からの深さによりきず高さを評価する方法の場合、直接的な影響があるため、エコーの測定位置に関する変動が評価に影響を与えると判断できる場合は、外面形状を採取して補正を行うことが望ましい。

#### (解説 A-3210-1) 適用手法

モード変換波法は、クラッドが存在する部位での効果が明らかにされていないことから除外した。

#### (解説 A-3220-1) 超音波の伝搬モードの選定

クラッドを施した容器は、クラッドと母材の境界から母材(低合金鋼)側へ進展したきずの測定が対象となるが、きず先端特定にあたり、クラッドと母材の境界からのエコーが阻害要因となる。UTSにおいては、縦波探触子と横波探触子を併用して測定が行われたが、縦波探触子の結果を主体とした報告であり、縦波の有効性が見出されている。したがって、本規定では、クラッドが存在するような部位において縦波を必須とすることとした。

#### (解説 A-3220-2) 端部エコー法による測定

UTS で用いられた探触子の主な仕様例を解説表-A-3220-1 に示す。

解説表-A-3220-1 端部エコー法用探触子一覧

(UTS で用いられた主な仕様例, 外面側から探傷する場合)

試験部の厚さ (mm)	100	160	180
型式	狭帯域 (又は広帯域) 集束型		
振動モード	縦波及び横波		
周波数 (MHz)	5	5 , 2.25	
公称屈折角 (° )	45		
振動子径 (mm)	25~50		
集束範囲 (mm)	93~189 (一例)		
くさび	平坦		

(解説 A-3220-3) 内面側 (クラッド付与側) からの探傷

UTS の成果に基づき, 縦波 70° (送信側 70° , 受信側 50° の前後二分割型を含む) を用いることとした。

(解説 A-3230-1) 外面側からの探傷に適用する探触子の例

解説表-A-3230-1 TOFD 法用探触子一覧

(UTS で用いられた主な仕様例, 外面側から測定する場合)

試験部の厚さ (mm)	100	160	180	250
型式	広帯域型			
振動モード	縦波			
周波数 (MHz)	3~5			2.25
公称屈折角 (° )	22.5~60			22.5
振動子径 (mm)	13~25			25

(解説 A-3230-2) 内面側 (クラッド付与側) からの探傷に適用する探触子の例

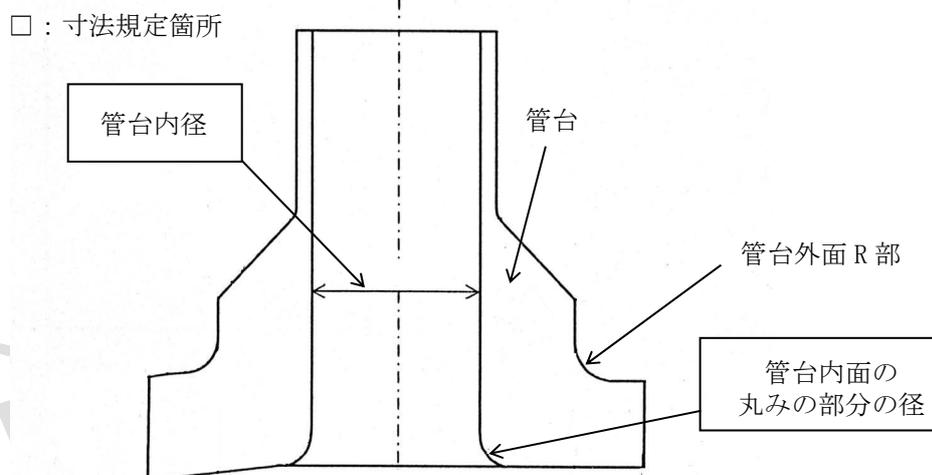
解説表-A-3230-2 TOFD 法用探触子一覧

(UTS で用いられた主な仕様例, 内面側から測定する場合)

試験部の厚さ (mm)	(100, 180, 250 亀裂開口側)
型式	広帯域型
振動モード	縦波
周波数 (MHz)	2, 2.5, 5
公称屈折角 (°)	45, 60
振動子径 (mm)	13

(解説 A-3320-1) 適用範囲

適用範囲は, UTS で確認されている範囲とした。ただし, ここで規定された寸法以外でも, 探触子の走査, 接触状態及び超音波特性が, 測定に支障を及ぼさず, UTS と同様の測定精度が得られることを事前に確認できれば, 適用可能である。(解説図-A-3320-1)



解説図-A-3320-1 管台内面の丸みの部分からの測定

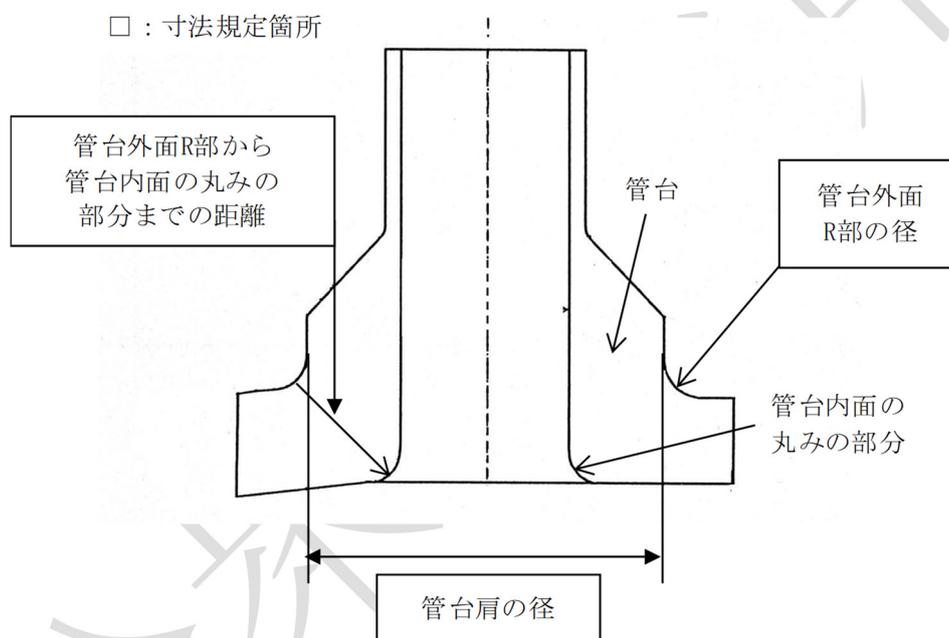
(解説 A-3320-2) 探触子

UTS の PWR RPV 入口ノズル試験体の管台内面の丸みの部分に対するきず高さ測定試験において, 管台内面の丸みの部分からの端部エコー法は, 対象きずのうち最も高さが高い EDM ノッチ (高さ 31.6mm) が過小評価となった。その原因の一つとして, 使用探触子 (3C9.5×9.5LAD70-50) の集束範囲が浅いため, きず先端からの回折波の識別性が低下したことが挙げられた。

そこで、集束範囲の深い探触子（3C9.5×9.5LAD50-40）で確認したところ、きず先端からの回折波を明瞭に識別することができた。このため、端部エコー法の測定値が集束範囲（今回の探触子は深さ 15mm 程度）を超える場合は、集束範囲の深い探触子で再測定を行うこととした。

#### （解説 A-3330-1） 適用範囲

適用範囲は、UTS で確認されている範囲とした。ただし、ここで規定された寸法以外でも、探触子の走査、接触状態及び超音波特性が、測定に支障を及ぼさず、UTS と同様の測定精度が得られることを事前に確認できれば、適用可能である。（解説図-A-3320-1，解説図-A-3330-1）



解説図-A-3330-1 管台外面 R 部からの測定

#### （解説 A-3330-2） 探触子

UTS で用いた探触子の主な仕様例を解説表-A-3330-2 に示す。探触子は、解説表-A-3330-2 に示すようにコンポジット型振動子による探触子を用いてもよい。

解説表-A-3330-2 管台内面の丸みの部分の測定に対する TOFD 法用探触子一覧  
(UTS で用いられた主な仕様例)

	管台外面側からの測定	管台内面側からの測定
型式	狭帯域又はコンポジット型	コンポジット型
振動モード	縦波	
周波数(MHz)	2~5	5
公称屈折角 (°)	8~24.2	45
振動子径 (mm)	12.7~25.4 相当	6.4
備考	対象きず：管台コーナ円に対し法線方向の開口きず（疲労亀裂を想定）	

(解説 A-3420-1) 適用範囲

適用範囲は、UTS で確認されている範囲とした。ただし、ここで規定された寸法以外でも、探触子の走査、接触状態及び超音波特性が、測定に支障を及ぼさず、UTS と同様の測定精度が得られることを事前に確認できれば、適用可能である。

(解説 A-3420-2) 探触子

UTS で用いられた探触子の主な仕様例を解説表-A-3420-1 に示す。

解説表-A-3420-1 容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手に対する  
端部エコー法用探触子一覧 (UTS で用いられた主な仕様例)

	外面側からの測定	内面側からの測定
形式	狭帯域又は広帯域左右分割型	狭帯域前後分割型
振動モード	縦波	
周波数(MHz)	2	3
公称屈折角(°)	45 又は 55	送信側：70 受信側：50
振動子寸法(mm)	20(15, 30)×10(15)	9.5×9.5
備考	対象きず：溶接線に平行なバタリング部内表面開口きず (疲労亀裂及び SCC を想定)	

(解説 A-3430-1) 探 触 子

UTS で用いた探触子の主な仕様例を解説表-A-3430-1 に示す。

解説表-A-3430-1 容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手の測定に対する

TOFD 法用探触子一覧 (UTS で用いられた主な仕様例)

	内面側からの測定
型式	広帯域型
振動モード	縦波
周波数(MHz)	5
公称屈折角(°)	45
振動子径(mm)	12.7
備考	対象きず：溶接線に平行なバタリング部内容面開口きず (疲労亀裂を想定)

[附属書 B 解 説]

公衆審査専用

## B-1000 総 則

### (解説 B-1300-1) エコー高さの表示を任意に設定する目的

例えば、PSI 又は過去の ISI の試験において、きずと判断された指示のエコー高さが、その後の ISI で DAC20%を下回った場合、収録したエコー高さ表示の設定を変更する（この場合、DAC20%以下のエコーであっても探傷画像上に表示する設定）ことにより、探傷画像上で容易に比較が可能となる。また、縦波斜角探傷において、ノイズレベルを超える指示を記録する場合、収録したエコー高さの表示を任意に設定、調整することにより、探傷画像上でノイズと検出されたエコーとの識別性向上が図れる。

### (解説 B-1400-1) 一般走査装置

一般走査装置は、手動探傷が適用可能な部位に対し、手動探傷に代え、装置により探傷を行うもので、機能及び性能は手動探傷に準じたものが要求される。

### (解説 B-1400-2) 特殊走査装置

特殊走査装置は、手動探傷が困難な部位に対し、装置を使用しなければ探傷を行うことができない場合を想定している。

例えば、水中からの探傷、狭あい箇所（試験員がアクセスできない場合や、安全上好ましくないと判断される場合も含む）、高線量部位、汚染区域等がある。

また、手動探傷であって、探触子を走査するためにジグを使用しなければ探傷ができないような複雑形状部位（例えば、管台内面の丸みの部分）に適用される装置についても、特殊走査装置の区分に含めることとした。

なお、特殊走査装置については、要求される機能及び運用方法を考慮した装置の設計及び製作上の基本仕様を基に、予め位置決め精度及びきず検出再現精度の判定基準を個別に定める必要がある。

## B-2000 性能確認方法及び判定基準

### (解説 B-2310-1) 位置決め単体作動精度確認の目的

本確認は、探触子の走査及び位置決めを行う機能に対し、個別の機器毎に精度の確認を行い、これら機器単体の作動精度確認結果から、装置全体の位置決め精度を評価するものである。このため、B-2400 項において位置決め精度の確認を行う場合は、本項で規定する確認試験を省略できるものとした。

### (解説 B-2320-1) 判定基準の設定

判定基準は、装置全体に要求される位置決め精度を満足するために必要な機器単体の作動精度を適切に設定する。

### (解説 B-2510-1) 探触子保持機能の確認方法

探傷面と探触子との接触面の音響結合を保持する押付け力の確認方法として、ばねばかり等による押付け力の確認、押付け力の保持に圧縮エアを用いている場合は、エア一元圧の確認、垂直探傷における底面エコーの確認等がある。

### (解説 B-2611-1) モックアップの仕様

まず検出再現精度の確認において、実機で想定される状況と同等と判断できる具体例を以下に示す。

#### (1) モックアップ寸法の短縮

実機で想定される作動範囲よりも短い作動量で装置仕様（設計及び製作仕様上の精度）が確認可能で、実機で想定される作動量に換算できる場合、又は実機で想定されるケーブルの質量等を模擬的に負荷した状態で確認が可能な場合には、モックアップ寸法（長さ）を短縮してもよい。

#### (2) 代表部位の選定

複数の対象部位、サイズで共用可能な走査装置のモックアップについては、走査装置の設置性、走査性を考慮し、試験条件が厳しい形状を選定してもよい。

#### (3) その他

過去に製作した装置との性能比較の観点から、従来から性能確認に使用してきたモックアップを用いてもよい。

#### (解説 B-2612-1) 再現精度の確認

きず検出再現精度の確認は、複数回における ISI 時の試験を想定し、複数回装置の取付け及び取外しを行い、探傷データを収録して、そのデータの再現性が本要求事項に適合していることを確認するものとした。

ここで確認する再現性は走査範囲の設定、また ISI にて収録した探傷データと過去の ISI 及び PSI の探傷データを比較した場合で、両者に位置ずれが生じていた際の定量的な位置の補正要否を判断するための指標として用いる。

#### (解説 B-2620-1) 判定基準の根拠

B-2600 項は、装置の設置状態が変動していることを想定した場合のきず検出再現性の確認要件であり、設置状態により探触子走査ラインの位置変動が想定されるため、付与きずのエコー高さ及び指示検出位置にばらつきが生じる可能性は否定できない。

このため、ステップ方向の軸上における検出位置の再現精度については、B-2420 項に示す位置決め精度判定基準の寸法に走査ラインの変動（探触子走査間隔の幅）を加えた値を採用した。スキャン方向の軸上における検出位置の再現精度についても、上記ステップ方向の考え方を踏襲した。

また、エコー高さの再現性については、2500 項における試験前後の感度変動の許容値（±2dB）を指標とし、最大値と最小値の変動幅（4dB）を判定基準として採用した。

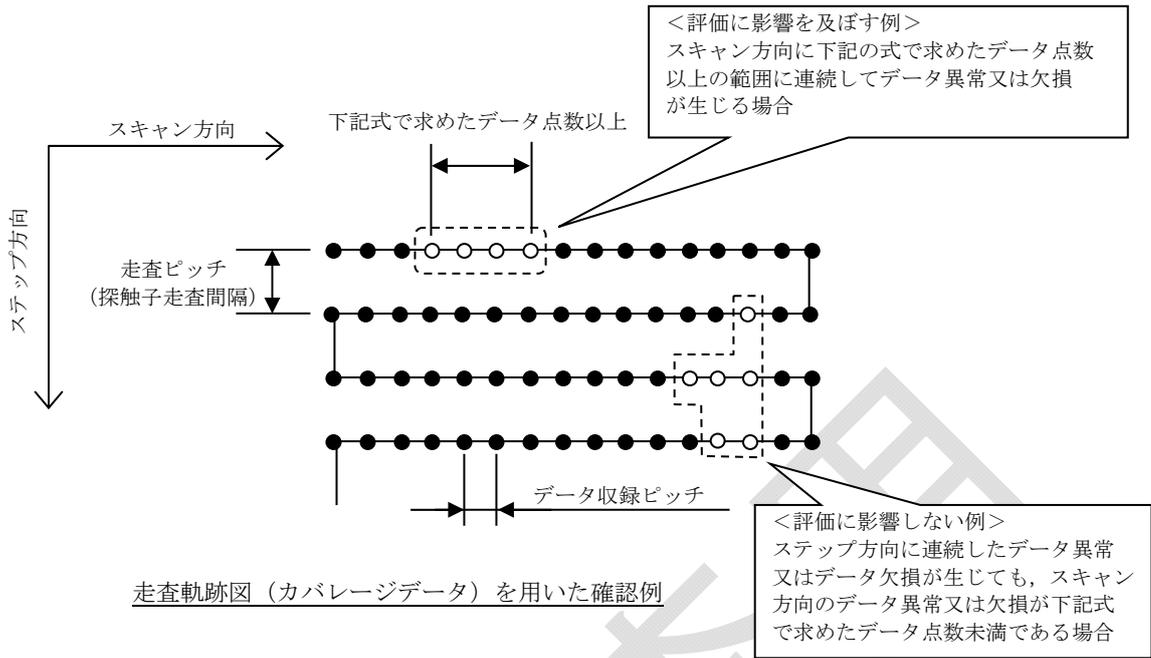
#### (解説 B-2720-1) データ収録機能 判定基準

超音波自動探傷器におけるデータ収録機能は、探触子の走査速度に関係しており、超音波自動探傷器のデータ収録処理能力を超える速度で探触子を走査し、データを収録した場合、データ欠損が生じる恐れがある。

探傷は、少なくとも振動子寸法の 50%以上ラップさせて走査を行い、データを収録することが基本条件である。よって収録したデータ上で連続的にデータ異常又は欠損が生じた長さ（＝連続的に異常又は欠損したデータ点数×データ収録ピッチ(mm)）が振動子寸法の 50%を超えてはならない（異常・欠損が生じた長さ ≤ 振動子寸法の 50%）ことが絶対条件であり、これらの考え方を解説図-B-2720-1 で示す式に示している。

このため、データ異常又は欠損が生じた場合におけるデータ収録機能の判定基準として、スキャン方向に連続し、解説図-B-2720-1 で示す式で求めたデータ点数以上の範囲にデータの異常、又は欠損が生じた場合、評価に影響を及ぼすものとした。

なお、データ異常及び欠損の確認は、走査軌跡図（カバレッジデータ）を用いて確認してもよい。



<評価に影響を及ぼすデータ欠損又はデータ異常の条件>

スキャン方向において、下記の式で求めた値 (データ点数) 以上に連続してデータ欠損又はデータ異常が認められた場合

$$\text{評価に影響を与えるデータ点数 (スキャン方向)} = \frac{\text{振動子寸法の 50\%}}{\text{データ収録ピッチ}}$$

解説図-B-2720-1 評価に影響を及ぼすデータ異常及び欠損範囲の考え方

## B-3000 性能確認を行う時期及び程度

### (解説 B-3100-1) 製作時試験を行う時期

性能確認項目のうちB-2300項からB-2700項に示す確認項目は、装置の新規製作時及び位置決め精度に係る部分（ソフトウェアを含む）に改造を加えた場合に行うことを要求している。

ただし、位置決め精度に係る部分であっても、同一型式、又は位置決め精度に係る仕様が同一の部品に交換を行う場合は、改造とは考えないものとした。

### (解説 B-3100-2) 従来から使用している装置の製作時試験

製作時試験は、本附属書発行以降に製作する装置を対象としており、本附属書発行以前に製作され、使用してきた装置（改造を行う場合も含む）に対して、新たに本規定による性能確認を要求しないものとした。

### (解説 B-3200-1) 使用前点検の考え方

装置は、試験の精度及び試験結果に影響を与える重要な機器であり、超音波探傷器と同等なものと考えられることから、これと同様の点検頻度（有効期限）とした。

### (解説 B-3400-1) 位置決め精度の確認について

発電所管理区域内で位置決め精度の確認を行う場合にあつては、試験を行うための設備及び環境（例えば、汚染区域）により、確認が困難となるケースもある。

このため、確認が困難な場合にあつては、装置全体の位置決め精度の確認に相当する位置決め単体作動精度の確認によって代替できるものとした。

### (解説 B-3400-2) 性能確認を行う時期

使用中の装置の性能は使用前点検、及びその後に行う日常点検にて確認可能であることから、使用後の精度確認は不要とした。

[附属書 C 解 説]

今泉審査用

## C-1000 総 則

### (解説 C-1300-1) 従来手法との組み合わせ

フェーズドアレイ技術と従来手法との組み合わせで、対象部位の探傷を行う場合には、溶接線に直角方向の探傷のみをフェーズドアレイ技術に置き換える方法、溶接線に直角方向の探傷のうち片側探傷のみを置き換える方法、あるいは探傷不可能範囲部分にのみ適用する方法等、様々な組み合わせが考えられる。

いずれの場合でもフェーズドアレイ技術と従来手法とで行う探傷範囲（試験体積）と想定さず方向とを明確に区別した上で試験を行うことが望ましい。

きずが検出された場合の長さ測定においても同様の考え方で、フェーズドアレイ技術を用いたきず検出を行った後に従来手法できず長さを特定する方法、フェーズドアレイ技術できず検出ときず長さを特定する方法がある。

### (解説 C-1400-1) フェーズドアレイ技術を適用する手順の区分

きず検出及びきず長さ測定にフェーズドアレイ技術を用いる場合に、その適用性を確認する手順を3つに分類した。各々の手順で想定する探傷方法は以下の通りである。

#### (1) 従来手法と同等の手順・判定及び考え方をを用いて行う方法

##### 適用例①：探傷の補助情報として、フェーズドアレイ画像を用いる場合

従来手法で配管溶接部等を探傷する場合のポイントは、裏波部エコーと熱影響部にある指示（一般的には割れ）の識別である。これを探傷時にフェーズドアレイ技術を用いて画像化することで指示の識別性を向上させる。（記録は一定の屈折角の情報のみを記録する。）

##### 適用例②：複数の屈折角、焦点距離の探傷を同時に行う場合

容器では複数屈折角の探傷を行っており、配管でも探傷不可能範囲の低減を目的として45°に加えて他角度での探傷を行うこともある。従来手法では屈折角の異なる探触子を複数用意して探傷を行うが、フェーズドアレイ技術を用いることで同時に探傷を行うことが可能である。

また、焦点距離を調整した探傷を行う場合においても、従来手法では焦点深さの異なる探触子を複数用意する場合もあるが、フェーズドアレイ技術を用いることで同時に探傷を行うことが可能である。

##### 適用例③：機械的走査の代替としてリニア走査を行う場合

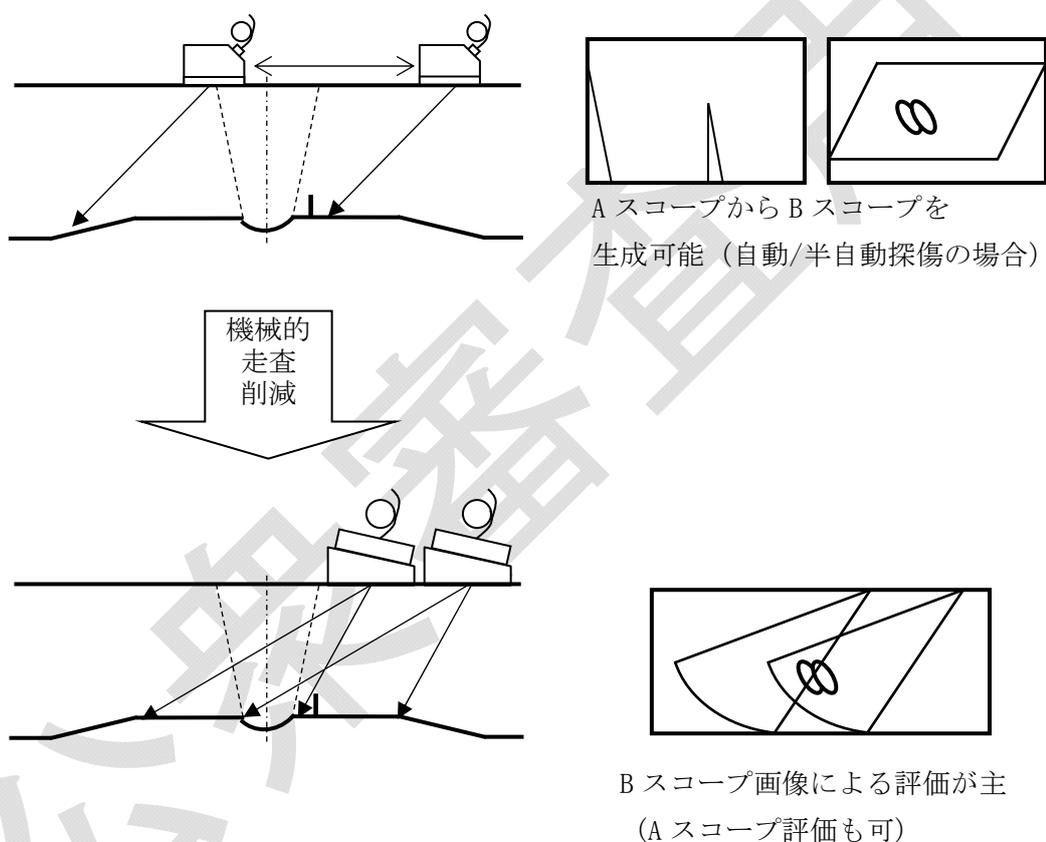
機械的走査の代替として、フェーズドアレイ技術を用いることで機械的走査を模擬している。

- (2) 従来手法とは若干異なるが、校正用試験片等により同等以上のきず検出能力があることを、校正によって確認した上で行う方法

対比試験片の校正用反射体が検出可能な手法や要領であれば、許容する。

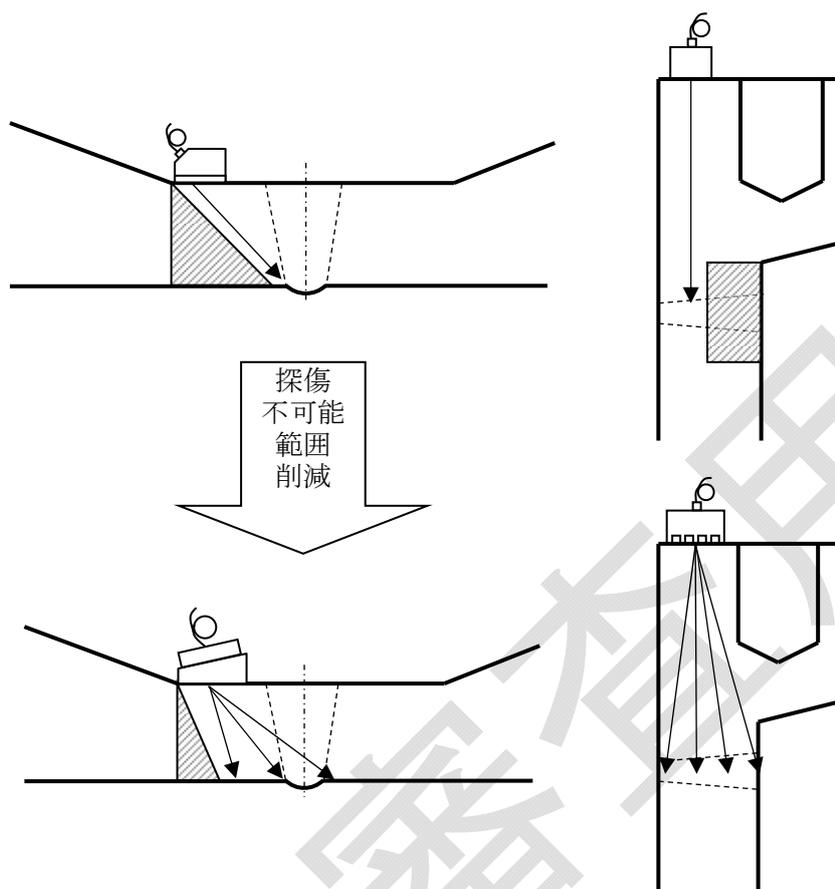
(1)項の適用例①～③にも適用可能であり、それらに加えて従来手法で適用されていない屈折角を用いるような以下の④⑤の例がある。

**適用例④：セクタ走査あるいはリニア走査を行い、機械的走査を削減した探傷を行う場合**



解説図-C-1400-1 校正によりきず検出能力を確認する適用例(1)

適用例⑤：セクタ走査を行い、複雑形状部や探傷不可能範囲の探傷を行う場合



解説図-C-1400-2 校正によりきず検出能力を確認する適用例(2)

- (3) 従来手法に代えて、同等以上の試験結果が得られる要領であると予め確認した上で適用する方法

検出能力を直接的に確認し、検出能力のある方法であれば、許容する。

適用例⑥：難検査部位への適用や、UTS等による実証データが整備されていない部位への、新検査技法の適用が可能な場合

<例>

- ・開発中あるいは今後開発される技術・手法を用いた検査
- ・オーステナイト系ステンレス鋼
- ・ニッケル基合金溶接部
- ・その他探傷不可能範囲対応

## C-2000 従来手法に準じた方法

### (解説 C-2220-1) フェーズドアレイ超音波探傷器の直線性の確認

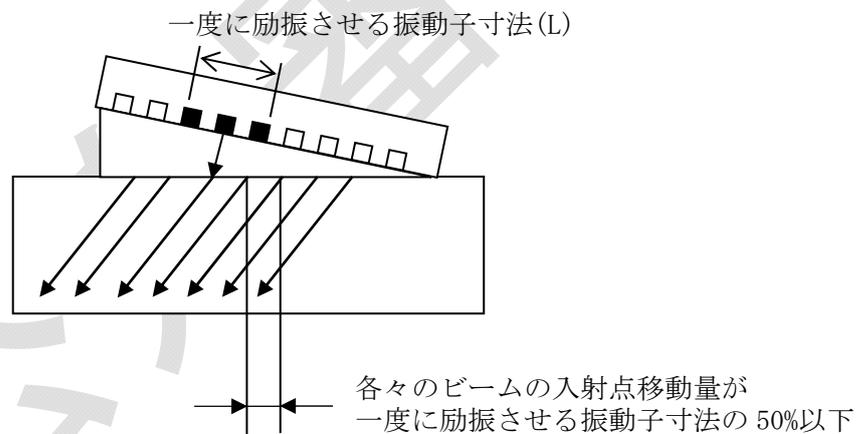
フェーズドアレイ探傷器の直線性の確認は、その使用方法を考慮して設定する。

例 1) 64 チャンネルのフェーズドアレイ探傷器であっても、その 1~32 チャンネルを用いてセクタ走査を行うような場合には、1~32 チャンネルを同時励振させて増幅直線性や時間軸直線性を確認する。

例 2) 128 チャンネルのフェーズドアレイ探傷器で 16 チャンネル同時励振のリニア走査を行うような場合には、1~16 チャンネル、17~32 チャンネル、33~48 チャンネル、・・・113~128 チャンネルというように、使用するチャンネル全てについて、同時励振の範囲で性能を確認する。

### (解説 C-2320-1) 走査の重なり

リニア走査を用いて探傷を行う場合では、従来手法による探傷（一般的には X-Y 方向の矩形走査）の 1 軸を電子的な走査に置き換えたものと考えられる。このため、各々のビームの入射点移動量が、同様に振動子（フェーズドアレイの場合には、一度に励振させる振動子寸法：L）の 50%以下の重複が必要である。



解説図-C-2320-1 リニア走査での探傷

### (解説 C-2320-2) フェーズドアレイの電子的な走査速度

2610 項に示す走査速度の制限及び超過を許容する場合に必要な実証は、解説 2610-2 に示すとおり探傷波形の見逃しの可能性と、探触子の接触性の低下を考慮したものである。フェーズドアレイの電子的走査で、全ての A スコープを記録するような場合は、波形の見逃し及び探触子の接触性の低下は考えられない。このため、フェーズドアレイの電子走査については、速度の制限を設けないものとした。

(解説 G-2500-1) 従来手法に準じた手法でのきず長さ測定方法

本項で示す手法では、探傷手順及び判定は従来手法と同じであり、きず長さ測定方法についても従来手法と同じとする。なお、4270 項で定めるフェーズドアレイ技術は、主としてセクタ走査を想定しており、きず長さの特定方法も若干異なるため、ここでは 4270 項を除外する。

公衆審査専用

## C-3000 校正により従来手法と同等以上であることを示す方法

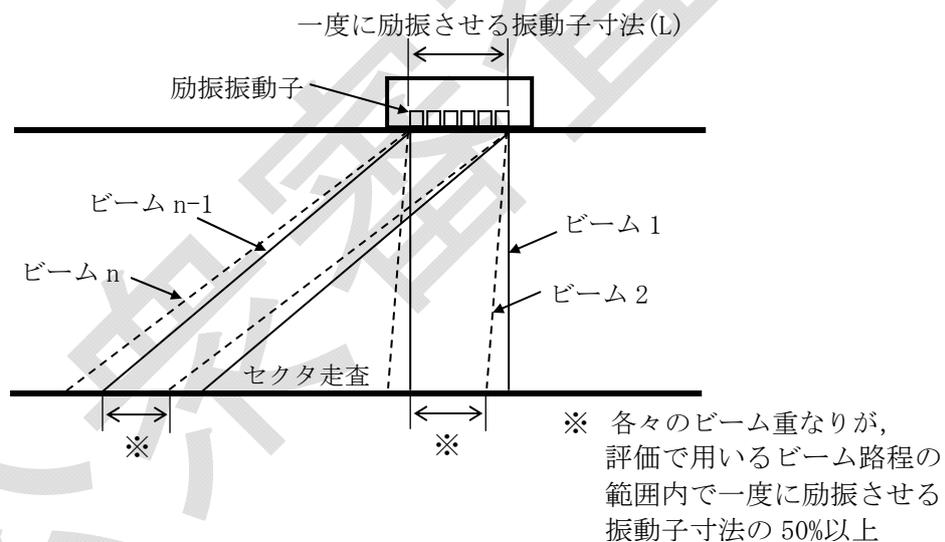
### (解説 C-3320-1) フェーズドアレイ技術の探傷有効範囲の確認

フェーズドアレイ技術において、セクタ走査を用いる場合は、従来手法による斜角探傷とは別の考え方が必要となる。

特に、横穴を用いた感度校正で調整した場合に内面開口きずが過小評価になる可能性がある（例えば、垂直に近い屈折角を用いる場合）。このため、内面開口きずについても十分な検出能力があることを示す必要があり、縦波斜角法で用いる内面側のノッチが検出可能であることを確認する。

### (解説 C-3323-1) 走査の重なり

セクタ走査を行う場合は評価で用いるビーム路程の範囲内で、振動子（フェーズドアレイの場合は、一度に励振させる振動子の大きさ :  $L$ ）の 50%以上の重複が求められる。



解説図-C-3323-1 セクタ走査での探傷

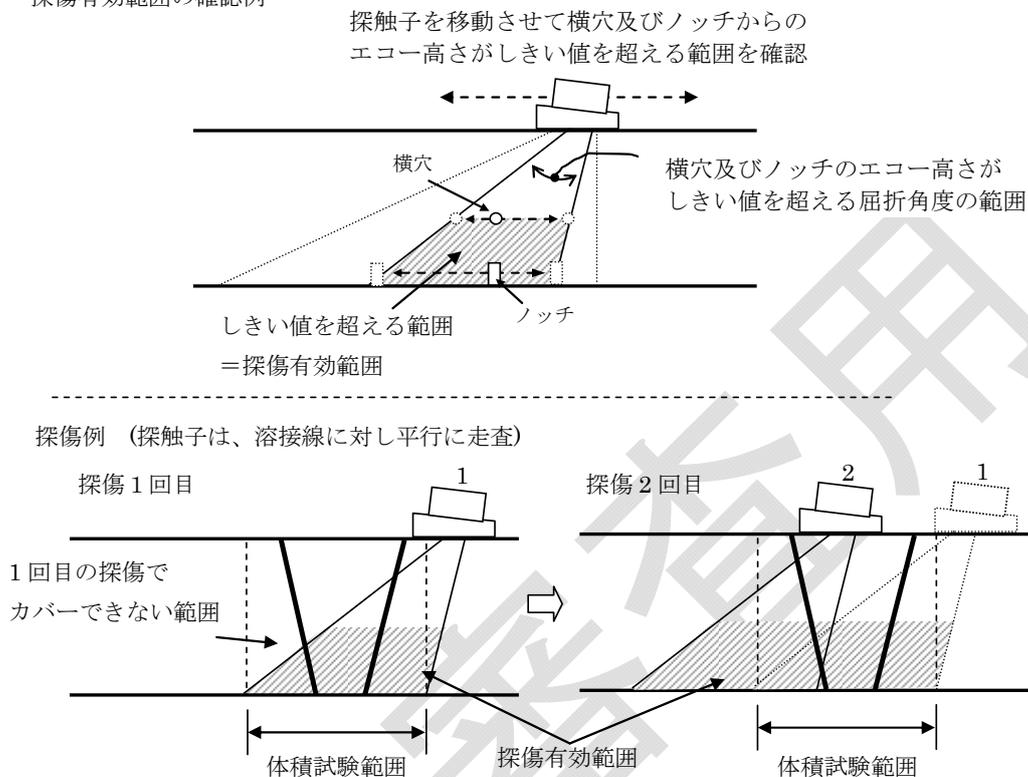
### (解説 C-3400-1) フェーズドアレイ技術の探傷有効範囲と走査範囲の関係

フェーズドアレイ技術を用いる場合は、セクタ走査やリニア走査を行うことで、ある程度の体積を探触子の機械的走査なしに探傷可能である。リニア走査の場合は、通常の探傷方法の概念でその範囲を設定することが可能であるが、セクタ走査の場合は、実際にその探傷有効範囲を確認し、走査方法を決定する必要がある。探傷有効範囲の設定方法の例を解説図-C-3400-1 に示す。

1 回の探傷では試験体積をカバーできない場合は、Y 距離を変えて 2 回以上の探傷を行う必要がある。

(表面近傍の検出性確認についても、同様に1スキップのビームを考慮し、探傷有効範囲を特定して走査方法を決定する。)

探傷有効範囲の確認例



解説図-C-3400-1 探傷有効範囲の確認例

(解説 C-3500-1) きず長さ測定方法

C-3000 項で示す方法では、従来手法とは異なる屈折角での評価が主として用いられる。このため、きず長さ測定方法については4274 項の規定を採用した。

## C-4000 検出能力を実証する方法

### (解説 C-4130-1) 妥当性確認方法の原則

探傷要領の妥当性を確認する方法としては以下のように客観的な証明ができる例が考えられる。

- (1) 本項に従い、実際に検出能力があることを実証する方法  
本項に従い検出能力を試験により実証し、その結果が学術的に妥当であることが確認された場合
- (2) C-2000 項、C-3000 項以外の探傷要領であるが、論理的、あるいは数値解析、文献等により従来手法と同等以上の検出能力があることを証明する方法
  - a. 規定する探傷感度よりもより高い感度で探傷する場合で、探傷後に規定の感度での評価も可能な場合
  - b. 検査技術の実証試験（例えば、中立委員や学識経験者を含む場で審議を受けたもの）に基づいてその技術の使用が妥当であると評価できる場合
  - c. 試験の実施方法及び合否基準が公開されている国内外の性能実証（PD：Performance Demonstration）試験に合格し、その結果が UTS 等の成果と同等以上であることが証明できる場合
  - d. 上記(1)項又は(2)a.～c.項で証明された技術を改良した技術で、改良部分の妥当性が理論的に証明できる場合
- (3) 上記(1)項及び(2)項の組み合わせによる方法
  - a. 上記(2)項で証明された範囲を超えてその技術を使用するため、その部分についてのみ試験を行い、試験結果が妥当と評価できる場合
  - b. 上記(2)項で証明された技術を改良した技術で、改良していることが試験で証明できる場合

### (解説 C-4322-1) 人工きずの形状

疲労亀裂又は SCC と同等の反射効率を持つ反射源としてノッチを使用する場合には、半楕円(半円)形状、矩形等の形状から想定損傷に近いと考えられるものを選択する。例えば、疲労亀裂のみが想定されるような場合には半楕円形状としてもよい。

### (解説 C-4322-2) きず長さ測定の実証に用いる人工きず

きず長さ測定の実証に用いる試験体は、長さ測定の妥当性を確認するために、評価不要欠陥寸法以下のきずと、評価不要欠陥寸法を超えるきずの少なくとも2点で確認する。このときの大きい方のきずは、検出能力の確認をするものではないことから、疲労亀裂や SCC のようなきずを模擬する必要はないものとした。

**(解説 C-4420-1) 探傷条件の範囲**

要領書で、探傷条件に幅を持って範囲を指定している場合については、その条件の範囲内で各々確認を行う必要があるとした。例えば、周波数を2～5MHzと記載している場合には、2MHz及び5MHzの各々で確認する。

**(解説 C-4510-1) 適用可否の判断**

適用可否の判断は、要領書で指定した方法に従って探傷した場合に、付与された人工きずが確実に検出できることが重要である。

探傷要領で範囲をもって規定している項目（例えば、周波数2～5MHz）がある場合には、その上限と下限について実証試験を行い、同様に検出できることが必要である。

この場合に、確認試験で要領書に記載されたある特定の条件できずが検出できなかった場合には、その条件を除外する要領書の改正を行った上で判断を行ってもよい。

**(解説 C-4520-1) きず長さ測定の判断**

きず長さ測定については、UTS等の成果と同等以上であることを求めることとした。

この場合の同等とは、設定した条件（対象物、厚さ及び材質等）に合致するUTS等のデータの $2\sigma$ の範囲内（解説表-2720-1）に実証データが入っているものと考えることができる。

また、きず長さがUTS等の成果と比較して、保守的な評価となる場合には、これを用いてもよいものとした。この場合には過大評価となることから、従来手法で測定したきず長さを用いる等、妥当な探傷方法の結果を採用することが望ましい。

[附属書 D 解 説]

今泉審査員用

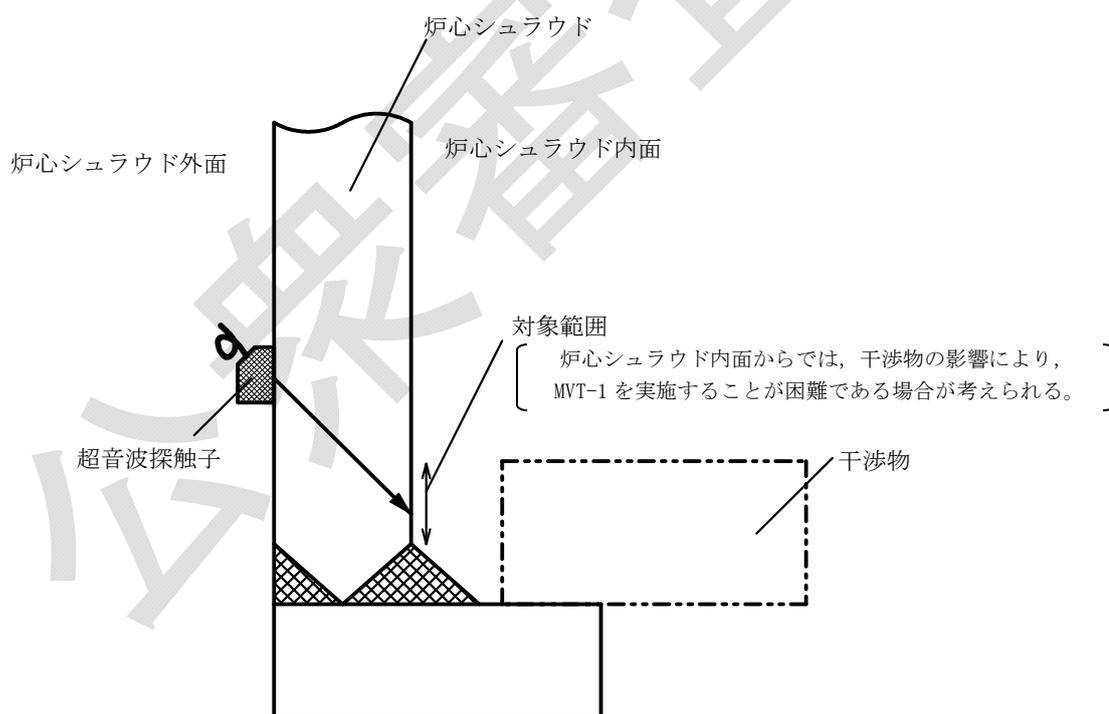
## D-1000 総 則

### (解説 D-1100-1) 本附属書の目的

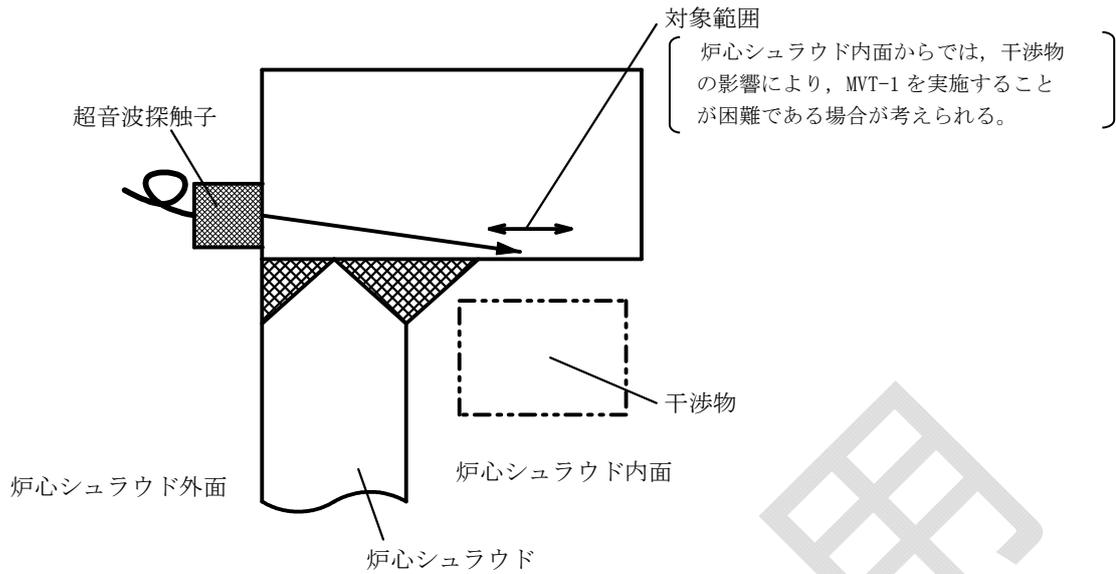
本附属書は、維持規格が規定する炉内構造物の個別検査において MVT-1 試験要求がある炉心シュラウドの溶接継手に関して、代替試験として許容されている超音波探傷試験についてきずの検出及び長さ測定を行う際の要領を示した。本附属書の適用により、接近性の制約から試験できない範囲を低減し試験範囲の拡大が期待できる。

### (解説 D-1200-1) 適用範囲

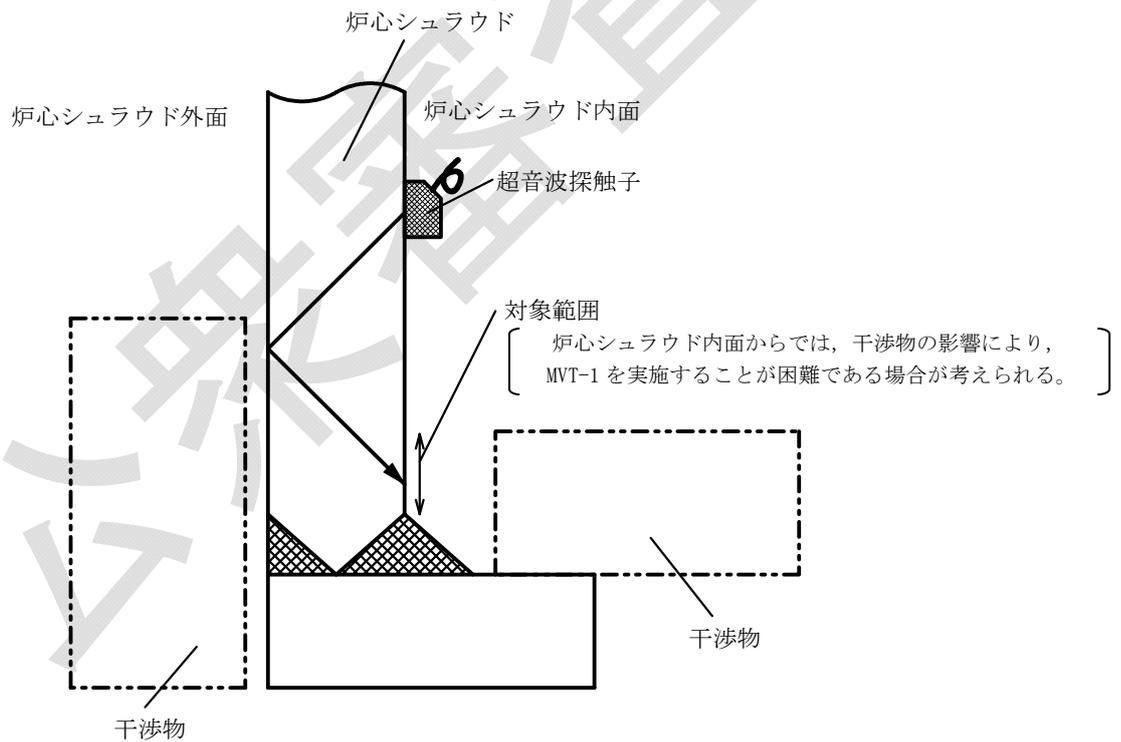
本附属書は、「MVT-1 が実施困難な部位」に対して適用されることを想定しており、「MVT-1 が実施困難な部位」に対しては、超音波探傷試験であってもきず開口部近傍に接近することは困難であると想定される。したがって、本附属書では、きずの反開口面（裏面側）からの超音波探傷、側面（対象部端面側）からの超音波探傷、及び、開口面側から一回反射法（1 スキップ）での超音波探傷に対する試験要領とした（解説図-D-1200-1～解説図-D-1200-3）。



解説図-D-1200-1 MVT-1 の代替試験として超音波探傷試験の適用が考えられる事例(1)



解説図-D-1200-2 MVT-1の代替試験として超音波探傷試験の適用が考えられる事例(2)



解説図-D-1200-3 MVT-1の代替試験として超音波探傷試験の適用が考えられる事例(3)

(解説 D-1310-1) フェーズドアレイ技術の炉心シュラウドへの適用

附属書Cに従ってその適用性を事前に確認できれば、フェーズドアレイ技術を炉心シュラウドのきず検出に適用することができる。

## D-2000 使用機材

### (解説 D-2200-1) 超音波周波数の選定

2320(4)項と同様に使用する周波数は0.4～15MHzとした。

なお、UTS及びNSAでは、2～5MHzの周波数で実証試験を行っている。

### (解説 D-2200-2) 超音波モードの選定

斜角探傷の場合の超音波モード(横波/縦波等)は、直射法(0.5スキップ)で試験する場合は縦波又は横波、一回反射法(1スキップ)で試験する場合は横波、母材に対する試験では縦波又は横波、溶接部に対する試験では縦波を用いることが望ましい。

### (解説 D-2310-1) ノッチの高さの設定根拠について

UTSによると、検出可能である最小きずは、炉心シュラウドの胴の代表的な板厚50mmの試験片の2%程度(約1mm)である。また、フェーズドアレイ技術をきず検出に適用する際の基準感度の調整には、1mm高さのノッチが採用されている。これらを考慮して、ノッチの高さは1mmと設定した。

### (解説 D-2310-2) ノッチの位置

炉心シュラウドのMVT-1代替試験として超音波探傷試験を用いる場合、校正用反射体はきずの検出性を確認するためにも用いられることから、試験範囲の側面を探傷面とする場合(図D-2320-2)のように想定されるきずの位置によってビーム路程が異なる場合は、ノッチは実探傷における最大ビーム路程以上となる位置に設けることとした。

## D-3000 探傷方法

### (解説 D-3120-1) 適用制限

炉心シュラウドの MVT-1 代替試験として超音波探傷試験を用いる場合、校正用反射体（ノッチ）はきずの検出性を確認するためにも用いられることから、ノッチが検出できない場合、その探傷法は使用してはならないこととした。

今泉審査専用

参考文献一覧(1/2)

JEAC4207-202X 引用箇所			参考文献	
箇所	項目番号	名称	発行者	名称
第2章	解説-2320-1	解説表-2320-1 超音波モードの選定例	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成17年4月
				平成17年度 ニッケル合金溶接部の非破壊検査技術実証に関する事業報告書(その1) 平成18年7月
第2章	解説-2342-1	突合せ溶接継手用対比試験片の校正用反射体	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成17年4月
				平成17年度 ニッケル合金溶接部の非破壊検査技術実証に関する事業報告書(その1) 平成18年7月
				平成18年度 低炭素ステンレス鋼の非破壊検査技術実証に関する事業報告書(その1) 平成19年4月
第2章	解説-2720-2	きず長さ寸法を測定する場合	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成17年4月
第2章	解説-2730-3	解説表-2730-1 UTSで測定した標準偏差(1σ)の値	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成17年4月
第4章	解説-4267-1	斜角法, 2次クリーピング波法の指示範囲とPT指示範囲との比較	原子力安全・ 保安院	総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会 原子力発電設備の健全性評価等に関する小委員会(第6回) 資料6-1 p.11 図13
第4章	解説-4320-1	解説表-4320-1 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手における検出可能な最小ノッチ(EDMスリット)深さ	(独)原子力安全 基盤機構	平成17年度 ニッケル合金溶接部の非破壊検査技術実証に関する事業報告書(その1) 平成18年7月
第4章	解説-4420-1	解説表-4420-1 オーステナイト系ステンレス鋼配管突合せ溶接継手における検出可能な最小ノッチ(EDMスリット)深さ	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成17年4月
第4章	解説-4520-1	解説表-4520-1,2 探触子の仕様例 解説表-4520-3,4 フェーズドアレイ探触子の仕様例	(一社)日本保全 学会	「ステンレス鋼溶接金属を透過したUT(検出)確認試験研究の成果」: 保全学 Vol.9・No.3・2010, 日本保全学会
				「ステンレス鋼溶接金属を透過した超音波探傷性能の確認結果(第2報)」: 保全学 Vol.14・No.2・2015, 日本保全学会
附属書A	解説A-3142-1	解説表-A-3142-1 端部エコー法用探触子一覧(UTSで用いられた主な仕様例, フェライト鋼)	(一財)発電設備 技術検査協会	「平成16年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成17年4月」 記載内容を再整理したもの
附属書A	解説A-3142-1	解説表-A-3142-2 端部エコー法用探触子一覧(UTSで用いられた主な仕様例, オーステナイト系ステンレス鋼)	(一財)発電設備 技術検査協会	「平成16年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成17年4月」 記載内容を再整理したもの
附属書A	解説A-3142-1	解説表-A-3142-3 端部エコー法用探触子一覧(PLR配管サイジング精度確認試験で用いられた主な仕様例, オーステナイト系ステンレス鋼)	(一財)発電設備 技術検査協会	「超音波探傷試験による再循環系配管サイジング精度向上に関する確証試験報告書」 記載内容を再整理したもの
附属書A	解説A-3148-1	解説図-A-3148-4 オーステナイト系ステンレス鋼配管におけるSCC形態(例)(SCC先端が溶接金属内に進展したケース)	原子力安全・保安 院	総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会原子力発電設備の健全性評価等に関する小委員会(第5回)(参考5-9 p.2)
附属書A	解説A-3152-1	解説図-A-3152-1 TOFD法用探触子一覧(UTSで用いられた主な仕様例, フェライト鋼)	(独)原子力安全 基盤機構	「平成16年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成17年4月」 記載内容を再整理したもの
附属書A	解説A-3152-1	解説図-A-3152-2 TOFD法用探触子一覧(UTSで用いられた主な仕様例, オーステナイト系ステンレス鋼)	(独)原子力安全 基盤機構	「平成16年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成17年4月」 記載内容を再整理したもの
附属書A	解説A-3152-1	解説図-A-3152-3 TOFD法用探触子一覧(PLR配管サイジング精度確認試験で用いられた主な仕様例, オーステナイト系ステンレス鋼)	(一財)発電設備 技術検査協会	「超音波探傷試験による再循環系配管サイジング精度向上に関する確証試験報告書」 記載内容を再整理したもの
附属書A	解説A-3157-1	解説図-A-3157-1 探触子間隔の設定	(独)原子力安全 基盤機構	「平成16年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成17年4月」 記載内容を再整理したもの
附属書A	解説A-3157-1	解説図-A-3157-2 D-スキャンにおける横方向位置の誤差	(一社)日本非破壊 検査協会	NDIS2423-2001 「TOFD法によるきず高さ測定方法」
附属書A	解説A-3220-2	解説表-A-3220-1 端部エコー法用探触子一覧(UTSで用いられた主な仕様例, 外面側から探傷する場合)	(一財)発電設備 技術検査協会	「平成16年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成17年4月」 記載内容を再整理したもの
附属書A	解説A-3230-1	解説図-A-3230-1 TOFD法用探触子一覧(UTSで用いられた主な仕様例, 外面側から測定する場合)	(独)原子力安全 基盤機構	「平成16年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成17年4月」 記載内容を再整理したもの

参考文献一覧(2/2)

JEAC4207-202X 引用箇所			参考文献	
箇所	項目番号	名称	発行者	名称
附属書 A	解説 A-3230-2	解説図-A-3230-2 TOFD 法用探触子一覧 (UTS で用いられた主な仕様例, 内面側から測定する場合)	(独)原子力安全基盤機構	「平成 16 年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成 17 年 4 月」 記載内容を再整理したもの
附属書 A	解説 A-3320-1	解説図-A-3320-1 管台内面の丸みの部分からの測定	(独)原子力安全基盤機構	原子力発電施設検査技術 JNES-SS レポート(JNES-SS-0404) 2005 年 3 月 (p. 55)
附属書 A	解説 A-3330-1	解説図-A-3330-1 管台内面の丸みの部分の測定	(独)原子力安全基盤機構	原子力発電施設検査技術 JNES-SS レポート(JNES-SS-0404) 2005 年 3 月 (p. 55)
附属書 A	解説 A-3330-2	解説図-A-3330-2 管台内面の丸みの部分の測定に対する TOFD 法用探触子一覧 (UTS で用いられた主な仕様例)	(独)原子力安全基盤機構	「平成 16 年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成 17 年 4 月」 記載内容を再整理したもの
附属書 A	解説 A-3420-2	解説表-A-3420-1 管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手に対する端部エコー法用探触子一覧(UTS で用いられた主な仕様例)	(独)原子力安全基盤機構	「平成 16 年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成 17 年 4 月」 記載内容を再整理したもの
附属書 A	解説 A-3430-1	解説図-A-3430-1 容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手の測定に対する TOFD 法用探触子一覧(UTS で用いられた主な仕様例)	(独)原子力安全基盤機構	「平成 16 年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの) [総括版] 平成 17 年 4 月」 記載内容を再整理したもの