

室内試験結果



①対比試験片を使った検出性確認

SS400、SPV490Q及びSM400Aにおけるきずの検出性を比較した。

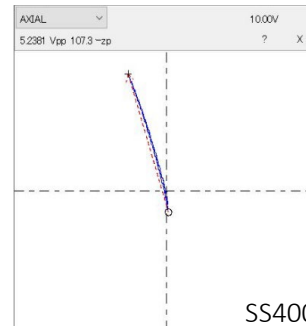
番号	材質	コーティング 厚さ(μm)	位置	きず性状	長さ (mm)	深さ (mm)	幅 (mm)
S6	SS400	0	平板表面	矩形スリット	4	1.5	0.5
S9	SPV490Q						
S21	SM400A						

3種類の探傷装置（3社）にて試験した結果を以下に示す。

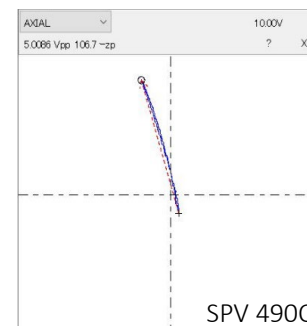
コーティング0mm	出力電圧 (mV)		
	材質		
	SS400	SPV490Q	SM400A
A社 アレイタイプ	5200	5000	5000
E社 ペンタイプ	2605	2553	2544
H社 ペンタイプ	4100	4100	4200

アレイタイプにより得られた試験データを抜粋し、以下に例として示す。

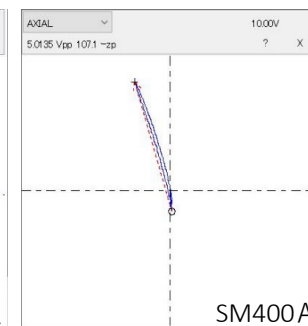
試験チーム		A社
渦電流探傷 装置	メーカー	SG NDT
	型式	S2G2-800
プローブ	種類	フレキシブルアレイ
	方式	差動方式
	メーカー	SG NDT
	型式	SHAPE-LS050
	周波数	100kHz



SS400



SPV 490Q



SM400A

図-1 波形データの例

きずから得られる検出信号の出力電圧は材質による差異はなかった。



②きずの評価方法の検証－1-1

基準きず（長さ4mm、深さ1.5mm、幅0.5mmの矩形スリット）により感度を設定し、長さや深さの異なる各種矩形スリットきずから得られた振幅（出力電圧）を評価した。

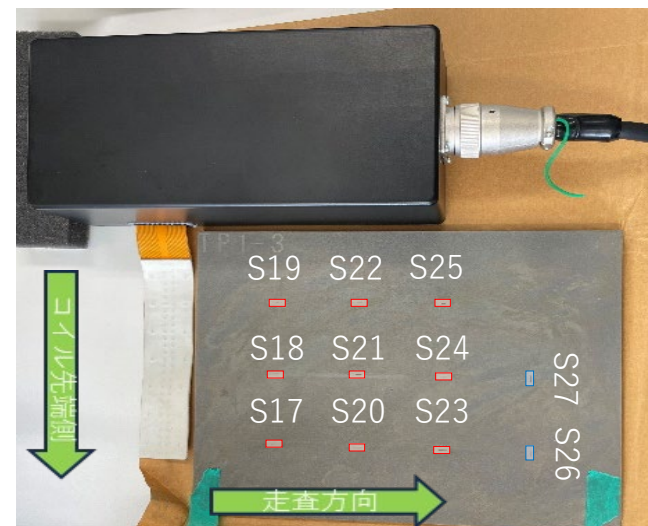
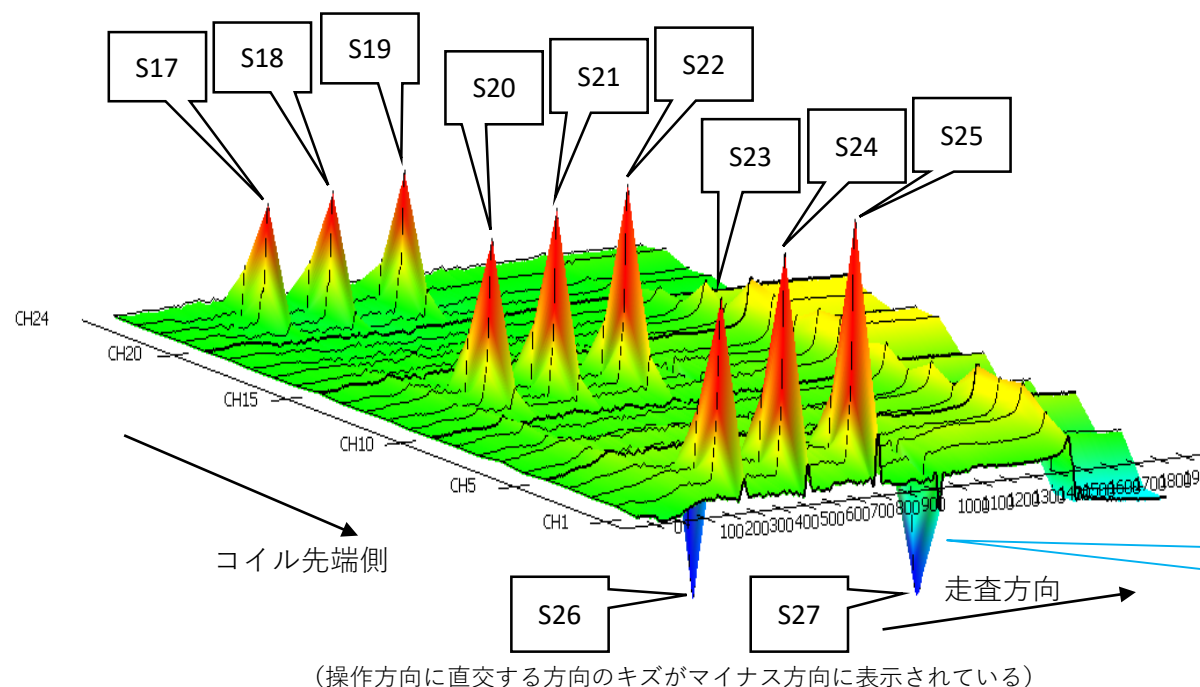


写真1-対比試験片の探傷走査の例
(アレイプローブ)

走査方向に直交するきずは
マイナス表示される

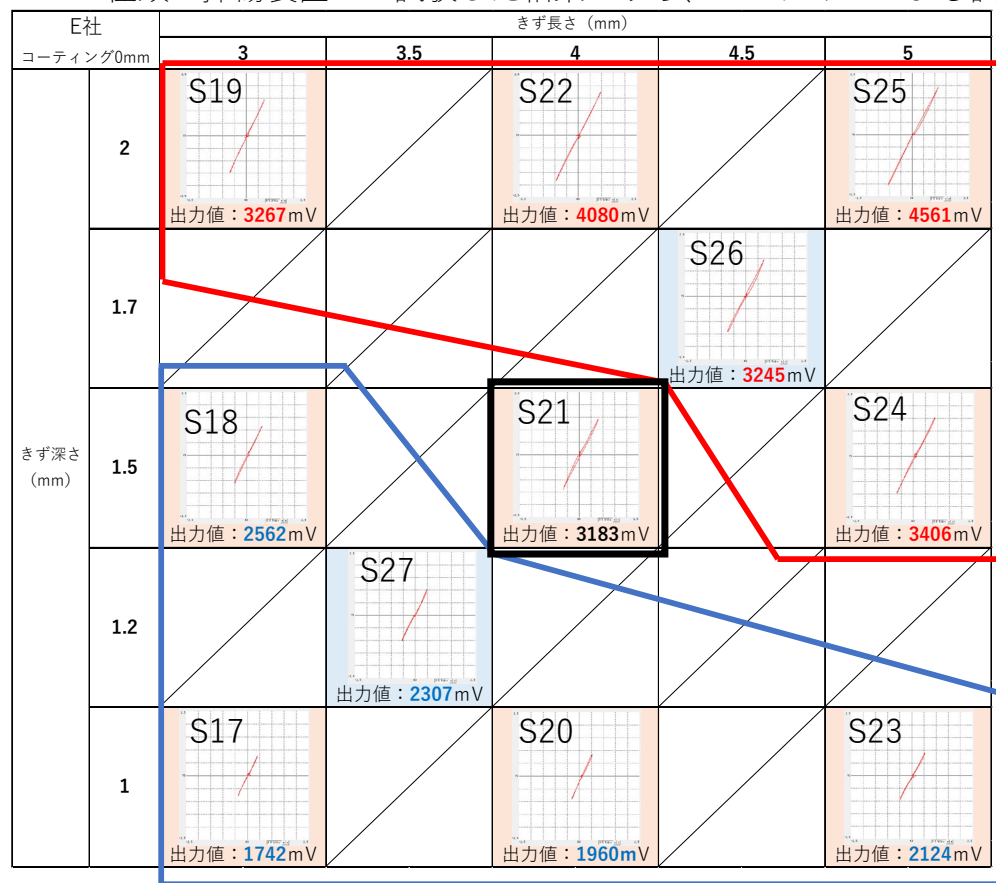
図-2 対比試験片から得られるデータの例（アレイタイプ）



②きずの評価方法の検証－1-2

基準きずと各種きずの振幅（出力電圧）を比較した。

3種類の探傷装置にて試験した結果のうち、ペンタイプによる試験結果を以下に例として示す。



- 基準きず
- 基準きずより大きいきず
- 基準きずより小さいきず

- 基準きずより大きなきずの出力電圧は大きく、小さなきずの出力電圧は小さく検出し、適切に評価する事が出来た。
- ただしコーティング（1mm、2mm）を有する場合では、コーティングが厚くなる（リフトオフ増加する）ほど、出力電圧に差異が生じなくなる傾向にある。

きずの評価は、振幅（出力電圧）による評価を行う方法が妥当と考えられる。

- 基準きずと各種きずから得られる出力電圧の傾向を把握できる試験片が必要である。
- 探傷可能なコーティングの厚さ（リフトオフ）を超えないよう、試験面におけるコーティングの厚さを事前に把握すること。



②きずの評価方法の検証－1-3

3種類（3社）の探傷装置による試験結果を以下に示す。

詳細データは、参考資料 2-2 9～45 ページを参照

A社（アレタイプ）： 基準きずを5000mVに設定

E社（ペンタイプ）： コーティング0mm時の基準きずに設定

H社（ペンタイプ）： コーティング0mm時の基準きずに設定

コーティング 0mm		出力値 (mV)				
		きず長さ (mm)				
		3	3.5	4	4.5	5
きず深さ (mm)	2	5600		6900		7700
	1.7				7000	
	1.5	4100		5000		5600
	1.2		3800			
	1	3000		3400		3100

コーティング 0mm		出力値 (mV)				
		きず長さ (mm)				
		3	3.5	4	4.5	5
きず深さ (mm)	2	3267		4080		4561
	1.7				3245	
	1.5	2562		3183		3406
	1.2		2307			
	1	1742		1960		2124

コーティング 0mm		出力値 (mV)				
		きず長さ (mm)				
		3	3.5	4	4.5	5
きず深さ (mm)	2	3300		4600		5200
	1.7				4600	
	1.5	3200		4200		4100
	1.2		3400			
	1	2600		3000		3200

コーティング 1mm		出力値 (mV)				
		きず長さ (mm)				
		3	3.5	4	4.5	5
きず深さ (mm)	2	5500		6400		6900
	1.7				5900	
	1.5	4200		5000		5700
	1.2		3500			
	1	2800		3200		3200

コーティング 1mm		出力値 (mV)				
		きず長さ (mm)				
		3	3.5	4	4.5	5
きず深さ (mm)	2	2390		2927		3394
	1.7				2599	
	1.5	1827		2250		2441
	1.2		1717			
	1	1300		1471		1551

コーティング 1mm		出力値 (mV)				
		きず長さ (mm)				
		3	3.5	4	4.5	5
きず深さ (mm)	2	1100		1300		1600
	1.7				1300	
	1.5	1000		1100		1200
	1.2		900			
	1	700		800		800

コーティング 2mm		出力値 (mV)				
		きず長さ (mm)				
		3	3.5	4	4.5	5
きず深さ (mm)	2	5000		6300		7300
	1.7				6000	
	1.5	4200		5000		5200
	1.2		3600			
	1	2600		3100		3100

コーティング 2mm		出力値 (mV)				
		きず長さ (mm)				
		3	3.5	4	4.5	5
きず深さ (mm)	2	2316		2883		3296
	1.7				2525	
	1.5	1751		2180		2406
	1.2		1628			
	1	1219		1384		1525

コーティング 2mm		出力値 (mV)				
		きず長さ (mm)				
		3	3.5	4	4.5	5
きず深さ (mm)	2	500		600		600
	1.7				500	
	1.5	400		500		500
	1.2		300			
	1	300		300		300

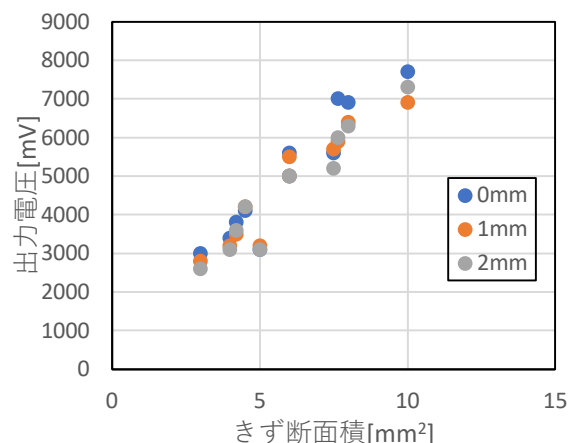
- ・きずの断面積と出力電圧には比例関係が見られる。
- ・コーティング（1mm、2mm）を有する場合は、コーティングが厚くなる（リフトオフ増加する）ほど、出力電圧に差異が生じなくなる傾向にある。



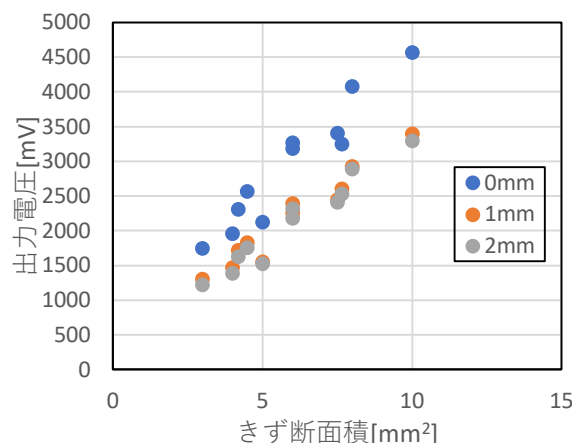
②きずの評価方法の検証－1-4

先に示した3種類（3社）の探傷装置による試験結果を、それぞれ以下の図に示す。

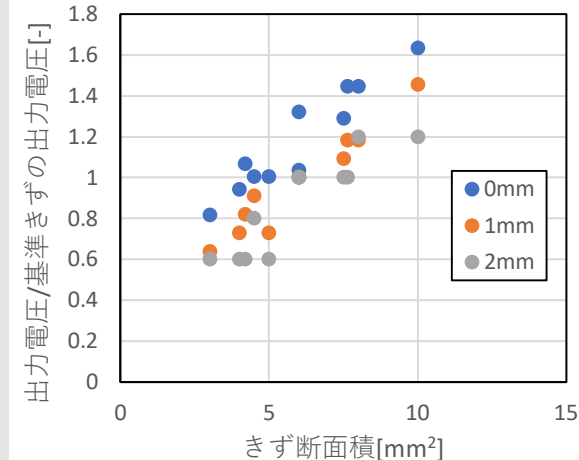
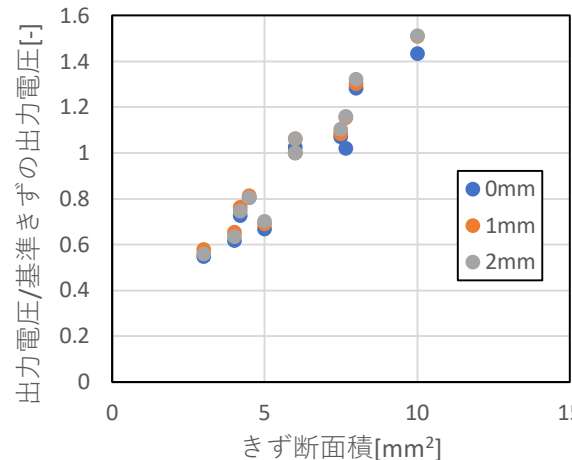
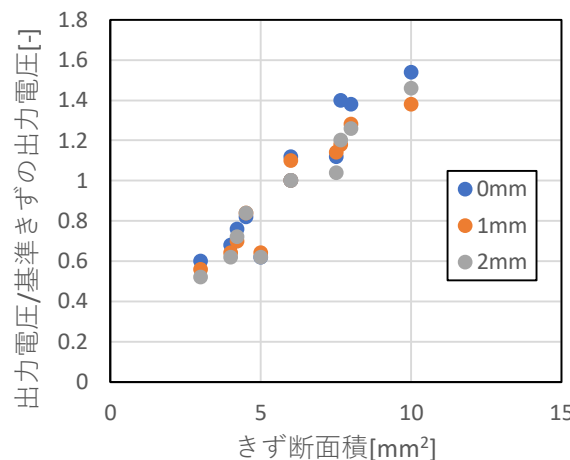
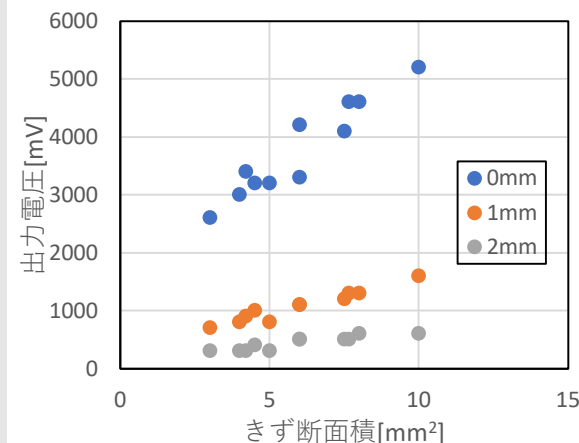
A社（アレイタイプ）



E社（ペンタイプ）



H社（ペンタイプ）



- 基準きず（長さ4mm×深さ1.5mm：断面積6mm²）の出力電圧をもとに、出力電圧の大小により評価する方法が適用可能と考える。
- JIS G 0583：2021 鋼管の自動渦電流試験検査方法の評価方法と同様である。



②きずの評価方法の検証－2

一般に販売されている機器を用いて、各種矩形スリットきずの検出信号から振幅-応答長さ (Fig. Cの分布図) による評価について、運用の可否を確認した。

3種類の探傷装置にて試験した結果のうち、ペンタイプによる試験結果を以下に例として示す。

H社（ペンタイプ）： コーティング0mm時の基準きずに設定

コーティング 0mm		指示長さ (mm)				
		きず長さ (mm)				
		3	3.5	4	4.5	5
きず深さ (mm)	2	5.0		4.0		4.5
	1.7				4.5	
	1.5	3.5		4.0		4.0
	1.2		3.0			
	1	3.0		3.0		3.0

コーティング 2mm		指示長さ (mm)				
		きず長さ (mm)				
		3	3.5	4	4.5	5
きず深さ (mm)	2	5.0		5.0		5.0
	1.7				5.0	
	1.5	4.0		5.0		4.0
	1.2		4.0			
	1	4.0		4.0		4.0

コーティング 1mm		指示長さ (mm)				
		きず長さ (mm)				
		3	3.5	4	4.5	5
きず深さ (mm)	2	5.0		5.0		5.0
	1.7				4.5	
	1.5	4.0		4.0		4.0
	1.2		3.0			
	1	3.0		3.0		3.0

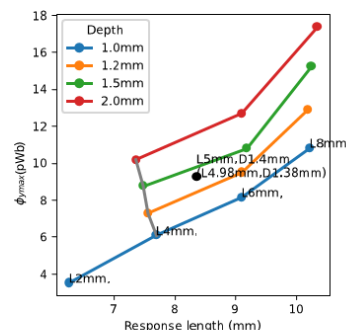


Fig. C. 振幅-応答長さ分布

第1回検討会
資料1-5より転載

0.1mm単位でデータ
を採取し、分布図を
作成したもの

- 一般に販売されている機器を用いた場合、応答長さでは評価が困難であり、指示長さ (Peak to Peak) による評価を実施したところ、測定値の精度は0.5mm単位であった。
- 今後、より詳細に探傷が可能な機器が開発された際には評価可能と考えられる。

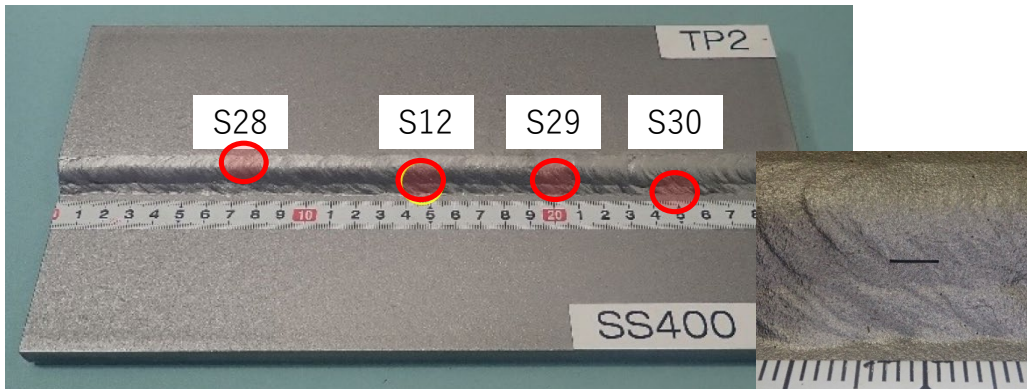


③溶接部のスリットきずの検出性確認

リフトオフが発生し易い隅肉溶接におけるきずの検出性について確認した。

検出対象：重ね継手の溶接部に加工した矩形スリットきず

※基準感度は対比試験片（平板）の基準きず



溶接、余盛形状		綺麗な手動				対比試験片
きず番号		S28	S12	S29	S30	S21
探傷感度		29.5dB	29.5dB	29.5dB	29.5dB	29.5dB
出力値 (mV)	V _x (Axial)	1083	1335	1438	1273	1202
	V _y (Transe)	2034	1932	385	1678	2242
	SQRT(V _x ² +V _y ²)	2281	2349	1489	2107	2544

- 参考資料 2-2 室内試験結果集 46～91 ページ参照
- コーティング1mm、2mm及び他の装置においても同様の結果。

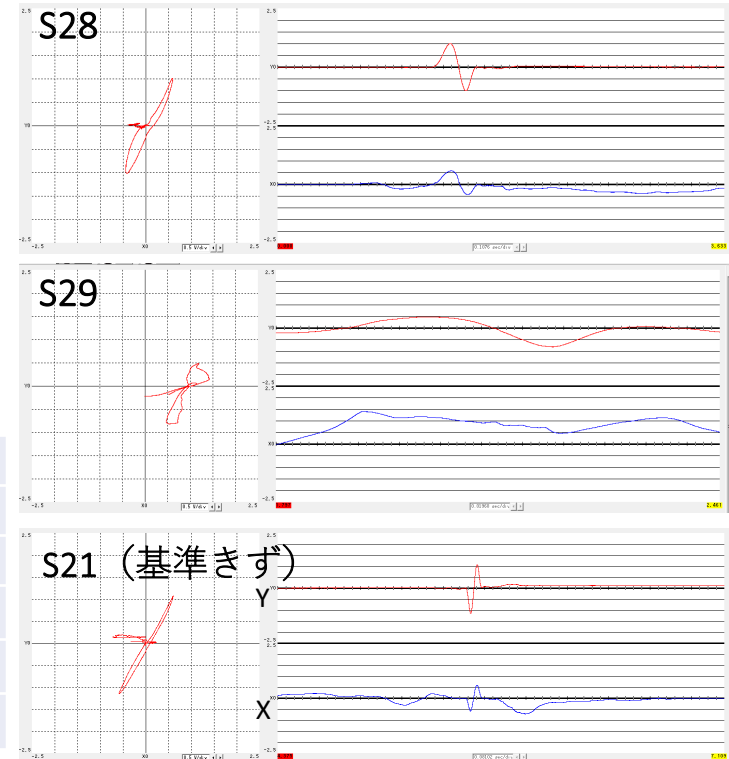


図-3 波形データの例

・試験面の凹凸が顕著な箇所では振幅（出力電圧）が低下した。

- ・試験面は滑らかな形状であることが望ましい
- ・コーティングを有する場合はコーティング厚さが均一であることが望ましい
- ・試験面の凹凸に応じた感度補正が必要



③溶接部のスリットきずの検出性確認

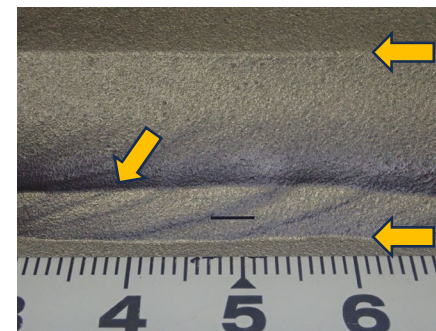
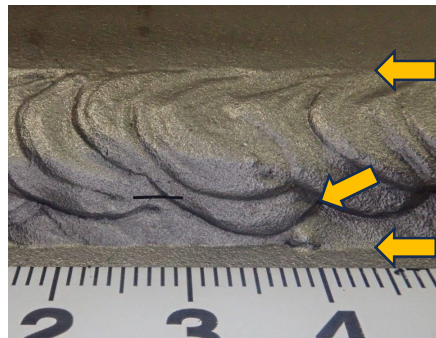
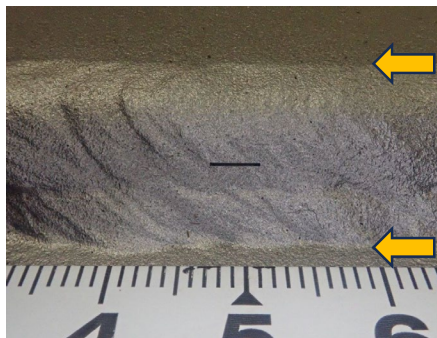
隅肉溶接部におけるリフトオフが発生し易い箇所の例

綺麗な手動

荒れた手動

サブマージ自動

試験片の
表面拡大



写真矢印部などは試験面に凹凸な形状を有している。
このような箇所においてはプローブと試験面に隙間（リフトオフ）が生じやすく、
振幅（出力電圧）が大幅に低下したと考えられる。

コーティングを有する場合はコーティング厚さが均一であること、
加えて試験面が滑らかな形状であることが望ましい。
その上で試験面の凹凸形状に応じた感度補正を適切に行う必要がある。



③溶接部のスリットきずの検出性確認

基準信号を同一として試験したアレイタイプによる試験結果を以下に示す。

A社（アレイタイプ）： 基準きずを5000mVに設定

コーティング0mm	出力値（mV）				
	基準信号	止端部上側	余盛部	余盛部	止端部下側
		4L×1.5D	4L×1D	4L×1.5D	4L×1.5D
綺麗な手動溶接	5000	4300	1400	3900	1200
荒れた手動溶接	5000	3900	1100	3900	1300
サブマージ溶接	5000	4100	3100	4300	3300

コーティング1mm	出力値（mV）				
	基準信号	止端部上側	余盛部	余盛部	止端部下側
		4L×1.5D	4L×1D	4L×1.5D	4L×1.5D
綺麗な手動溶接	5000	4400	2300	3500	700
荒れた手動溶接	5000	4400	700	4100	600
サブマージ溶接	5000	4800	2400	4000	2200

コーティング2mm	出力値（mV）				
	基準信号	止端部上側	余盛部	余盛部	止端部下側
		4L×1.5D	4L×1D	4L×1.5D	4L×1.5D
綺麗な手動溶接	5000	4600	2900	4000	1000
荒れた手動溶接	5000	3100	1300	4200	1100
サブマージ溶接	5000	4600	2200	4200	2100

溶接止端部の下側については、
総じて振幅（出力電圧）が低下
している。
試験面の形状に対してプローブ
が追従し難い箇所（リストオフ
が増加）において、振幅（出力
電圧）が低くなる傾向がある。

（※突合せ溶接用に市販されるアレイプ
ローブを、隅肉溶接に適用し検証してい
ることから、振幅（出力電圧）が低下し
ている。）

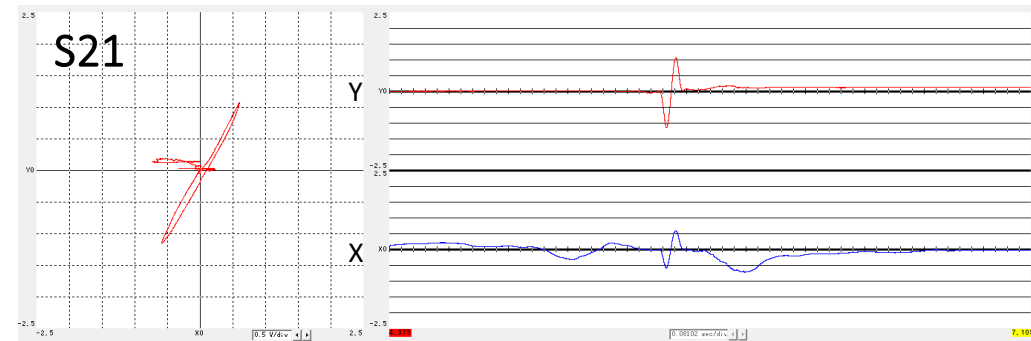
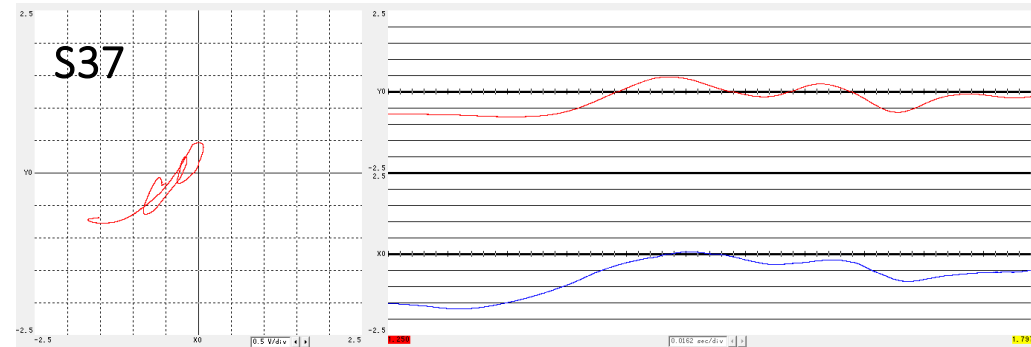
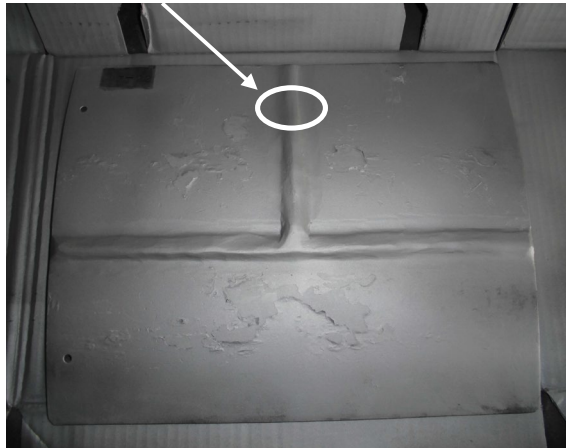
- ・ 試験面は滑らかな形状である
ことが望ましい
- ・ 試験面の形状に適したプロー
ブの選定が重要
- ・ 試験面の凹凸に 応じた感度補
正が必要



④割れきずの検出性確認

長さ7mm、深さ0.3mm※¹の割れに対する試験結果は以下である。

※¹：超音波探傷による結果（参考資料2-1）



材 質		SS400	対比試験片
きず番号		S37	S21
探傷感度		29.5dB	29.5dB
出力値 (mV)	V _X (Axial)	1768	1202
	V _Y (Transe)	1172	2242
	$SQRT(V_X^2 + V_Y^2)$	2121	2544

- 参考資料2-2 93～104ページ参照
- コーティング1mm、2mm及び他の装置においても同様の結果である。

図-4 波形データの例

割れきずを検出することが出来た。
突合せ溶接においても、振幅（出力電圧）が小さくなる傾向が見られることから、感度補正を行う必要がある。



試験片の材質

- 屋外貯蔵タンクの材質で多く用いられるSS400、SPV490Q及び SM400Aにおけるきずの出力電圧を比較したところ差異はなかった。試験片の材質はSM400材が適切と考えられる。

きずの評価方法

- 長さ4mm、深さ1.5mm、幅0.5mmの矩形スリットきずを基準きずとし、長さや深さの異なる矩形スリットきずから得られた出力電圧を比較することで、きずの大きさを適切に評価出来た。振幅－応答長さによる評価はより緻密にデータを取得可能な装置であれば評価は可能と考えられる。

きずの評価を行うことが出来る適切な対比試験片が必要

リフトオフ（コーティング厚さ及び試験面の凹凸）への影響

- コーティング厚さに応じたリフトオフによる出力電圧の低下のほかに、溶接止端部のように形状が急変する部位ではリフトオフによる出力電圧の低下が確認されたため、試験面の凹凸に合わせた感度補正が必要である。なお、試験面の表面性状はコーティング厚さが一定であること、及び表面が滑らかであることが望ましい（令和5年の考察（溶接表面の凹凸によるSN比の低下）と同様）。

リフトオフに応じた感度補正を適切に行うことが出来る対比試験片が必要