

# 磁束透過型 非破壊検査装置

(原理と実例)



MFT 株式会社

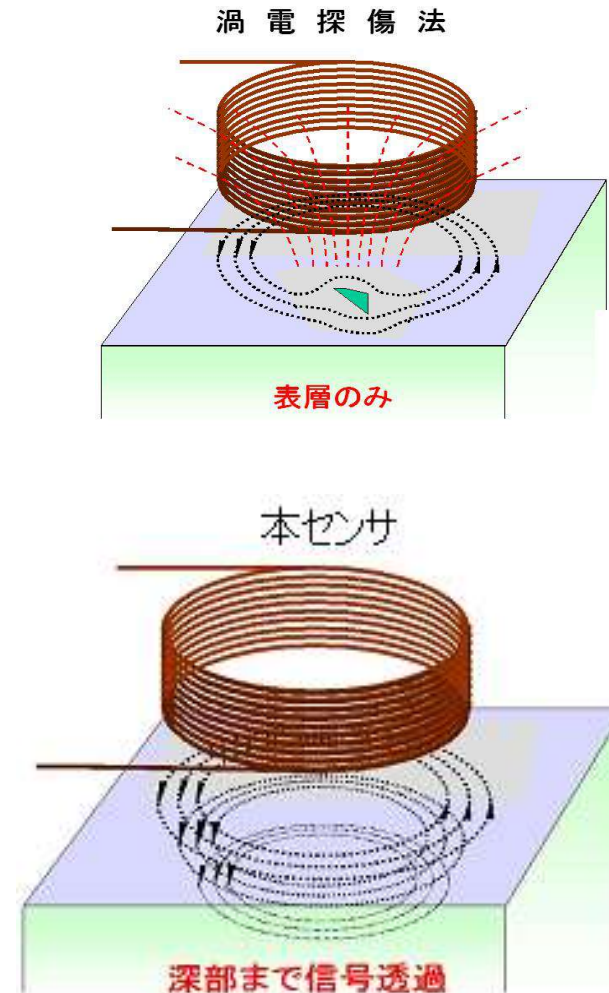
# 測定原理

- コイルから交流磁束を試験体に照射すると渦電流が発生し、発生した渦電流はコイルからの磁束を打ち消すような磁束を放出します。

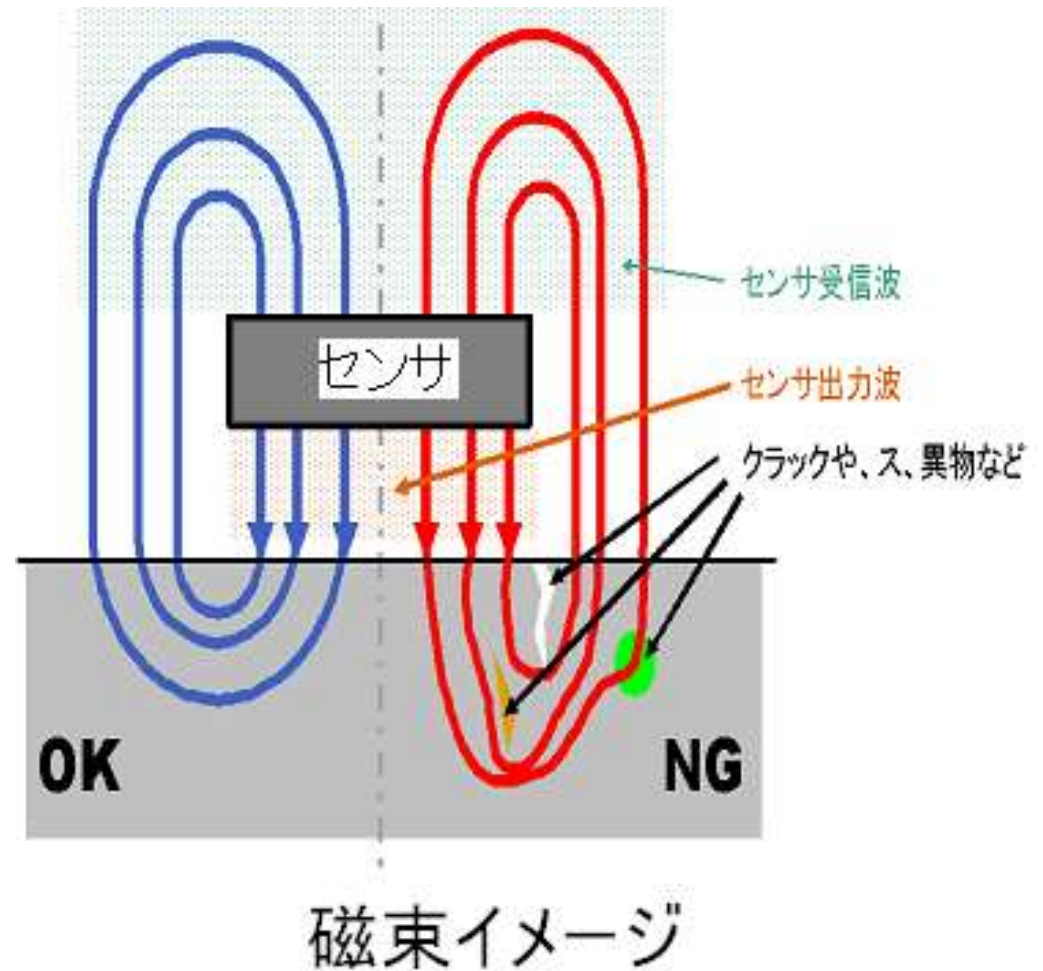
しかし、すべての磁束が打ち消されるわけではなく磁束の一部は金属の内部に浸透しています。

浸透した磁束は、金属内部に欠陥がある場合に屈折・散乱し、磁束に乱れが生じます。

本センサはその乱れを検出します。



- 本センサは電磁誘導センサの一種です。センサコイルで発生させた交流磁界は、試験体を透過して再びセンサに戻ってきます。試験体内外部にクラック・ス・金属疲労・メッキ剥離など不均一層が存在する場合、に透過する磁力線はこれらの影響を受けて、振幅と位相に変化を与えます。この振幅と位相のズレを検出することにより合否判定を行うことができます。



- 位相と振幅のズレは、それぞれ物質の3乗数である透磁率と導電率に比例しています。よって、物質の組成の違いを読み取ることが可能です。

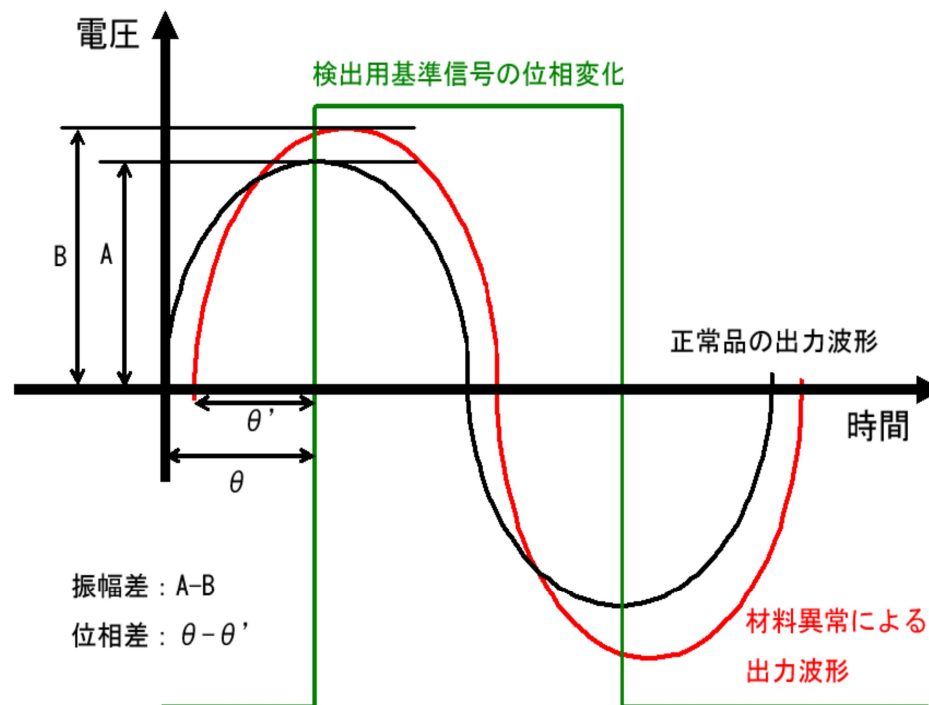
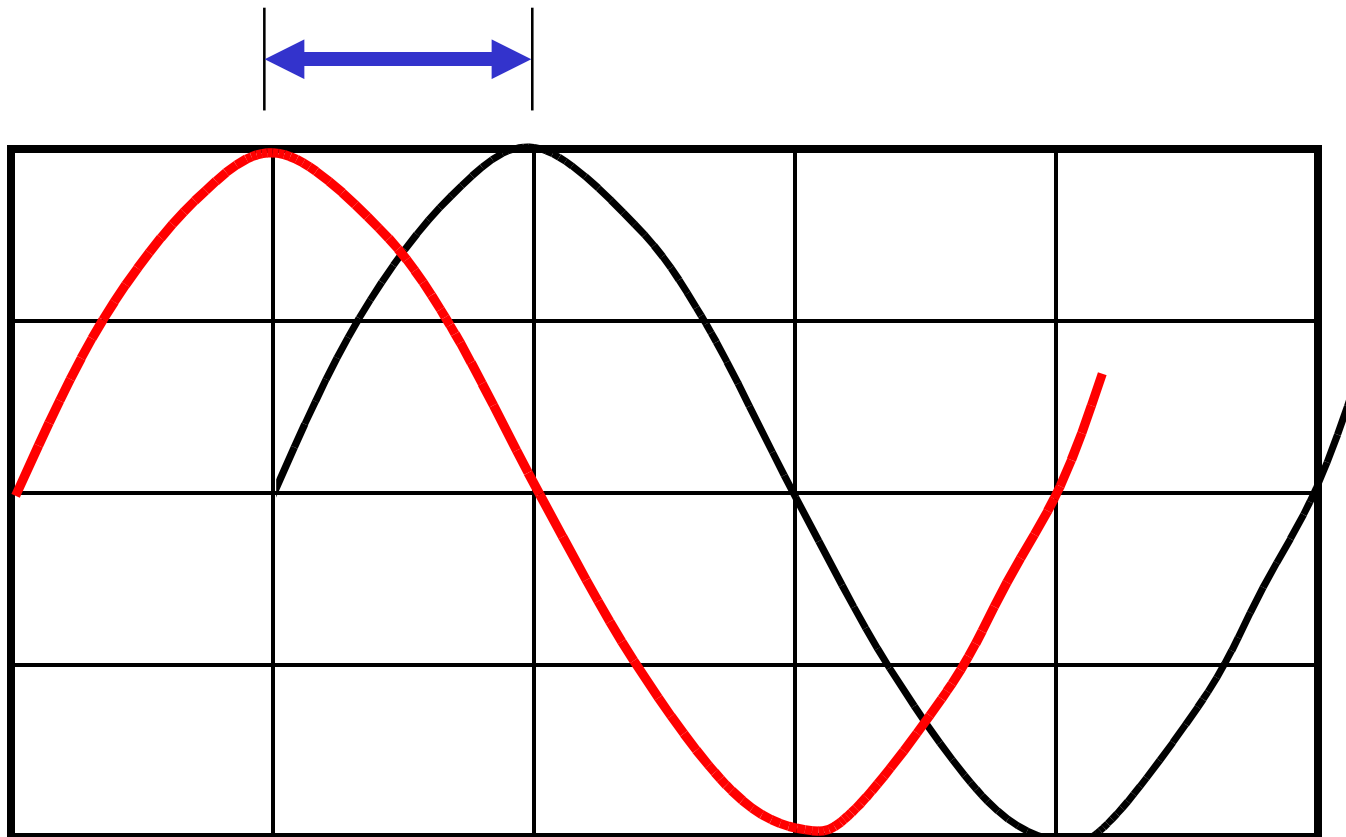


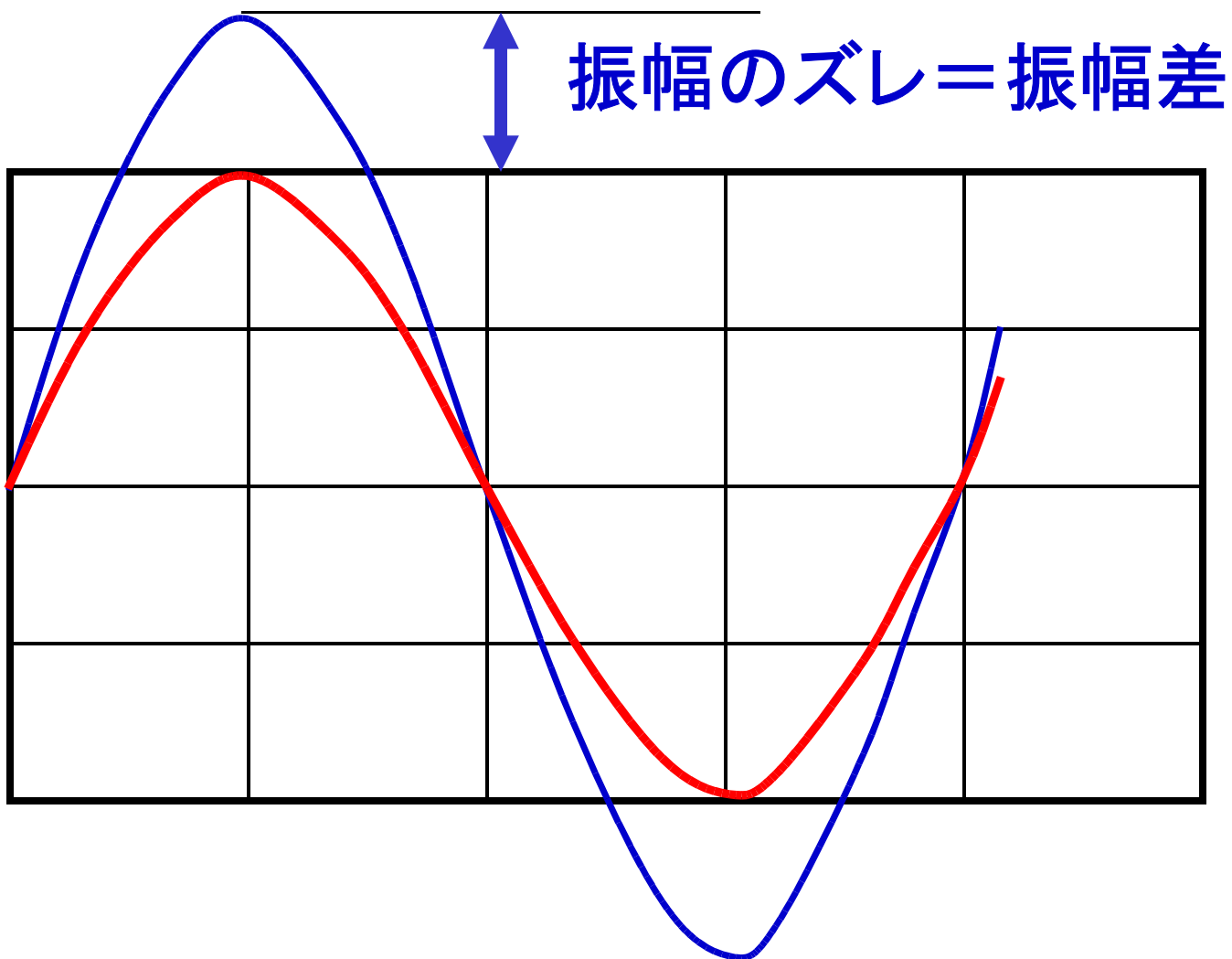
Fig 4

位相差 = 透磁率 = 磁気抵抗  
 振幅差 = 導電率 = 電気抵抗

## 位相のズレ(位相差)



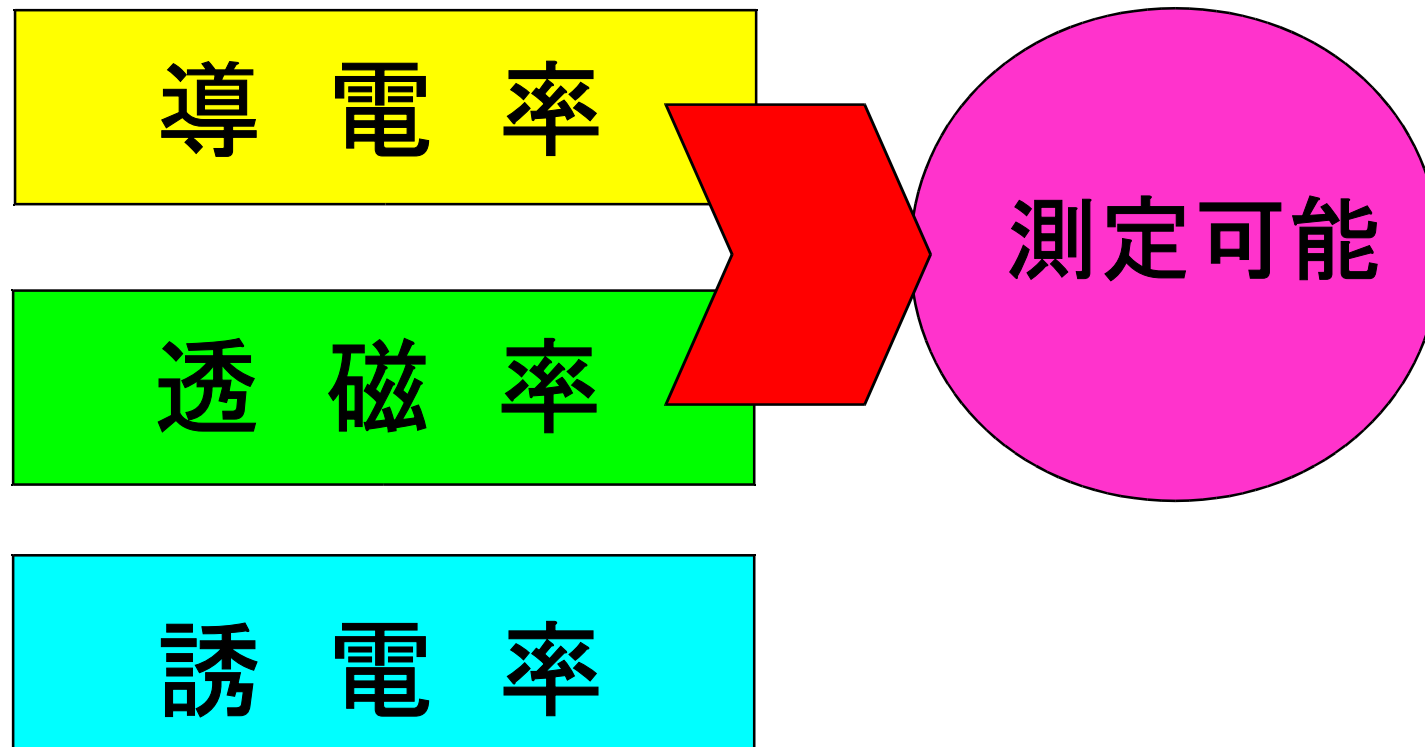
位相差 = 透磁率



振幅差 = 導電率

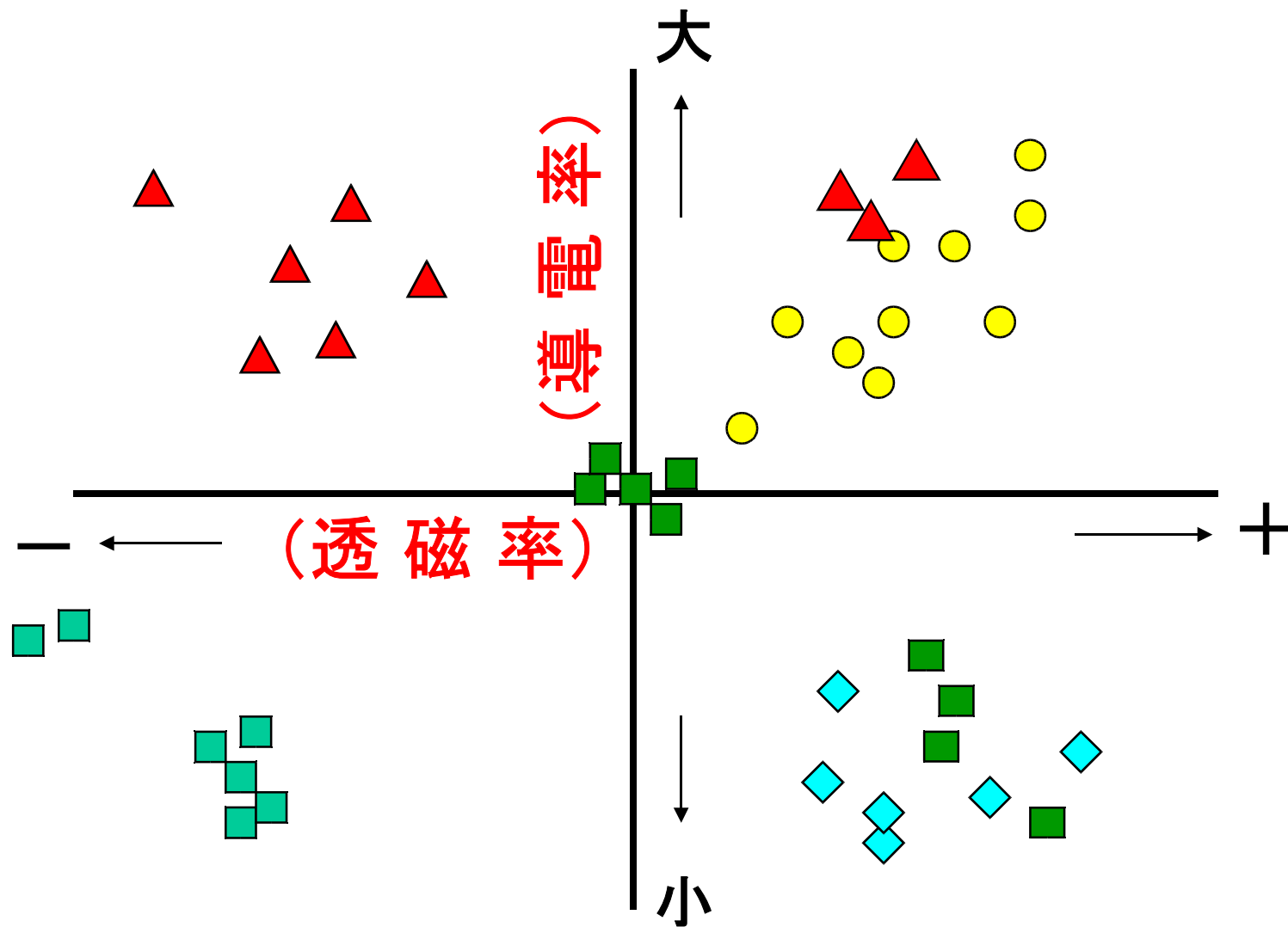
# 材料物性を調べる(1)

## 物性の主要3要素



※導電率＋透磁率＝材料物性

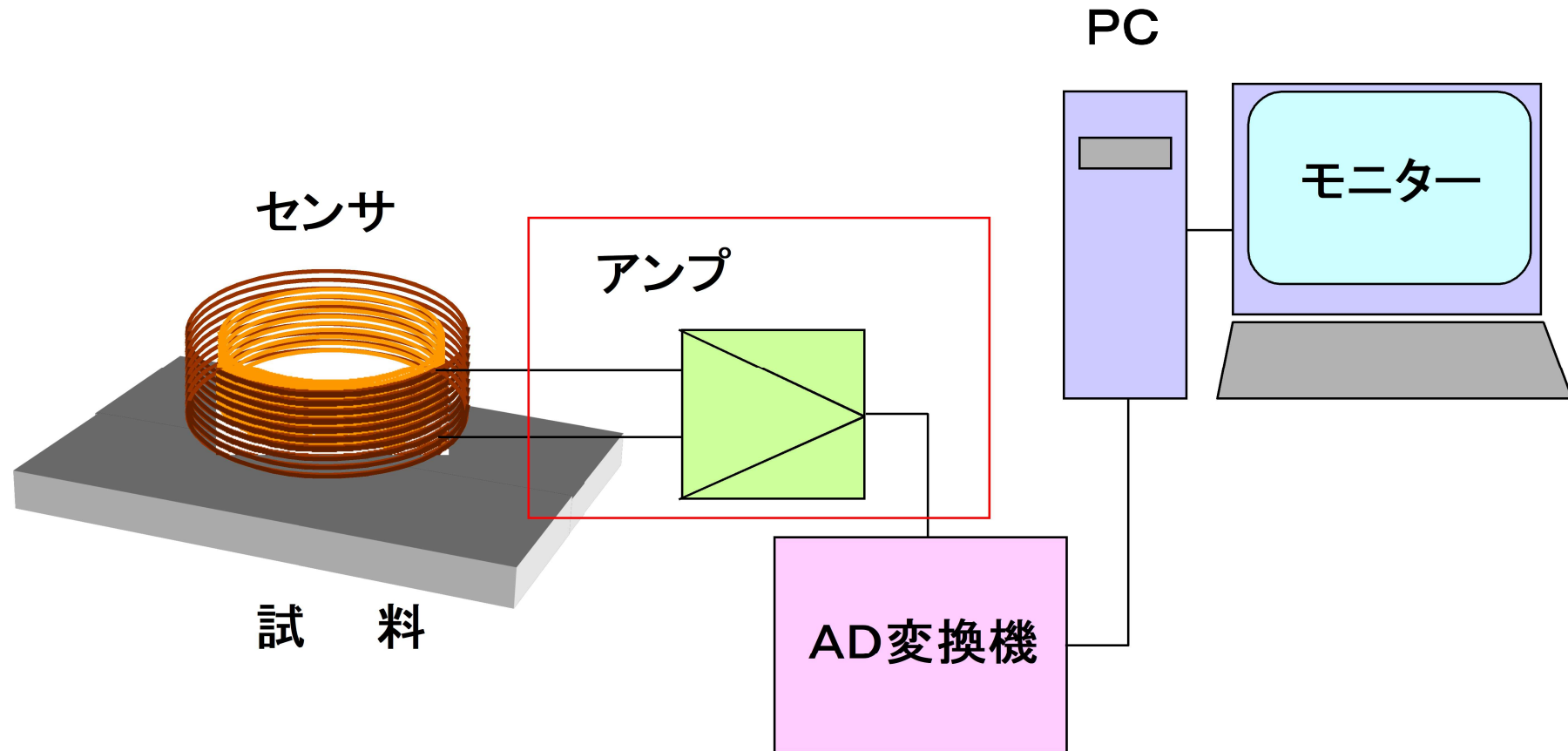
# 材料物性を調べる(2)



材料物性の違いを導電率と透磁率の座標により表す



# システム構成例(1)



# システム構成例 (2)



# センサの形状



# 検査可能なもの

- 欠陥……キズ、クラック、ピンホール等  
(内部欠陥の検出も可能です。)
- 異物……異物、介在物等
- 組成……材質、硬度、ス、金属疲労等
- その他……減肉、腐食、溶接の溶け込み量、溶接  
の位置ズレ、酸化皮膜の検出、部品の  
欠品、炭素繊維の検査、電子部品の検  
査  
等々

# 磁束透過型センサの特徴

- 検査時間が早い。
- 金属内部の検査が可能。
- 欠陥検出精度が高い。
- 表面の影響を受けにくい。
- 前処理・後処理の必要が無い。
- 金属組織の検査が可能。
- 金属疲労の検査が可能。
- 寿命が長い。

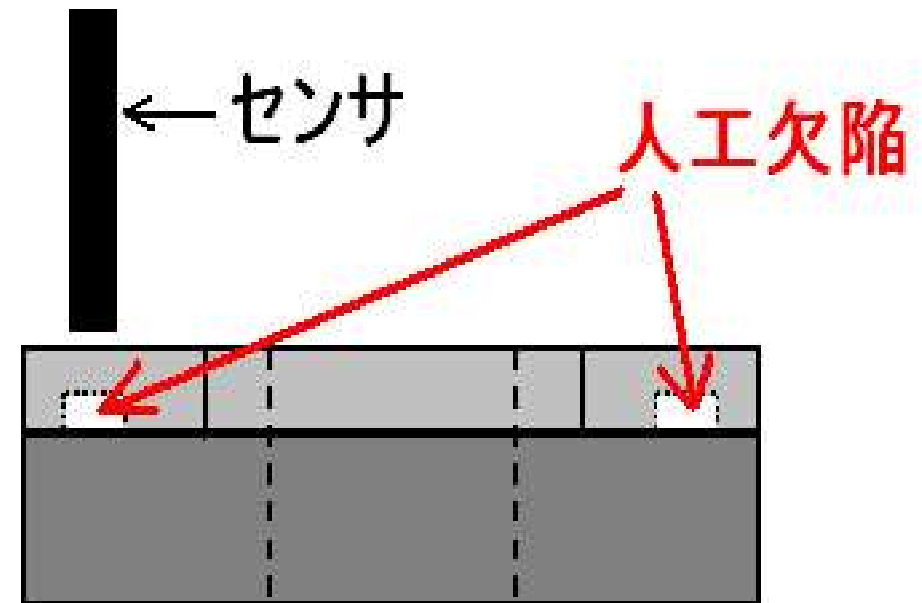
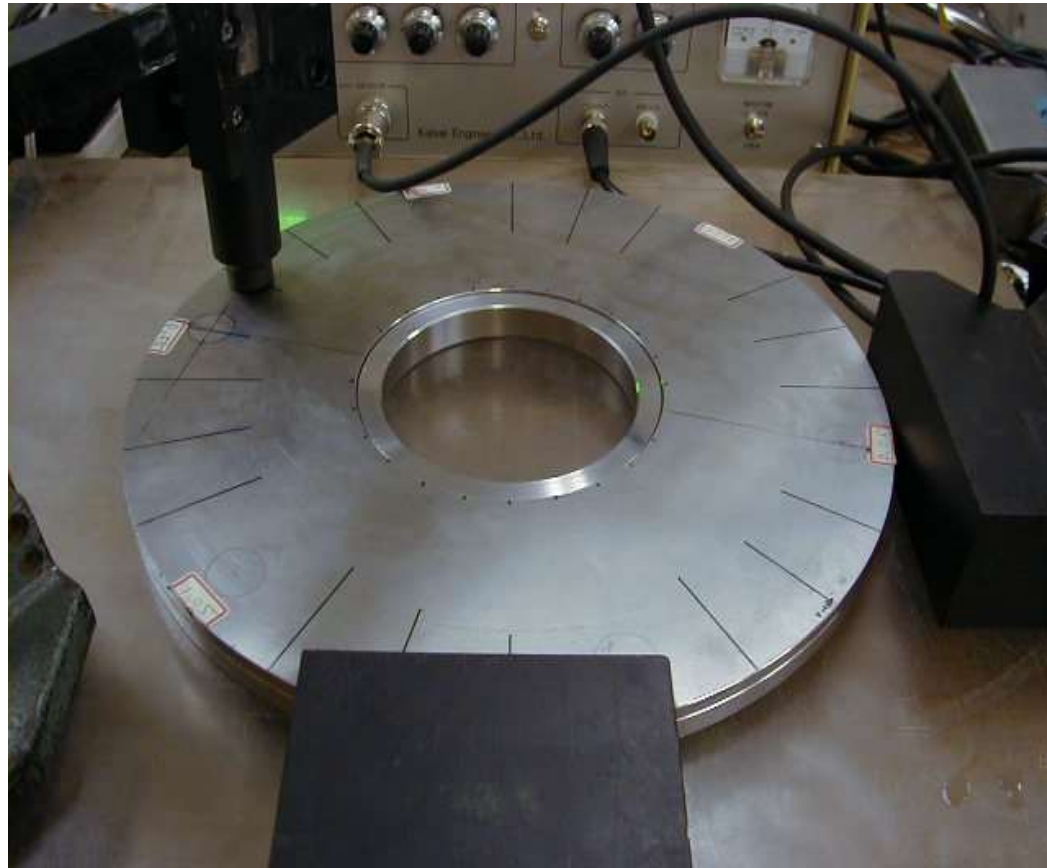
等々

	磁粉探傷	浸透探傷	X線探傷	超音波探傷	渦流探傷	磁束透過型
信号	磁粉吸着	液体浸透	透過X線	反射超音波	電磁誘導 渦電流	電磁誘導 磁束透過
欠陥位置	表層部	表面	内部	内部	表層部	深部
検出欠陥	割れ傷 ピンホール	表面の割れ ピンホール傷	割れ 接合不良 異物	割れ傷 接合不良 異物	割れ傷 ピンホール	割れ傷 ピンホール 材質 厚さ 疲労 応力
特質	後洗浄要 分解能悪	後洗浄要 分解能悪	試料制限 管理区域	溶媒要	分解能 悪	高速 高分解能

# 基礎実験

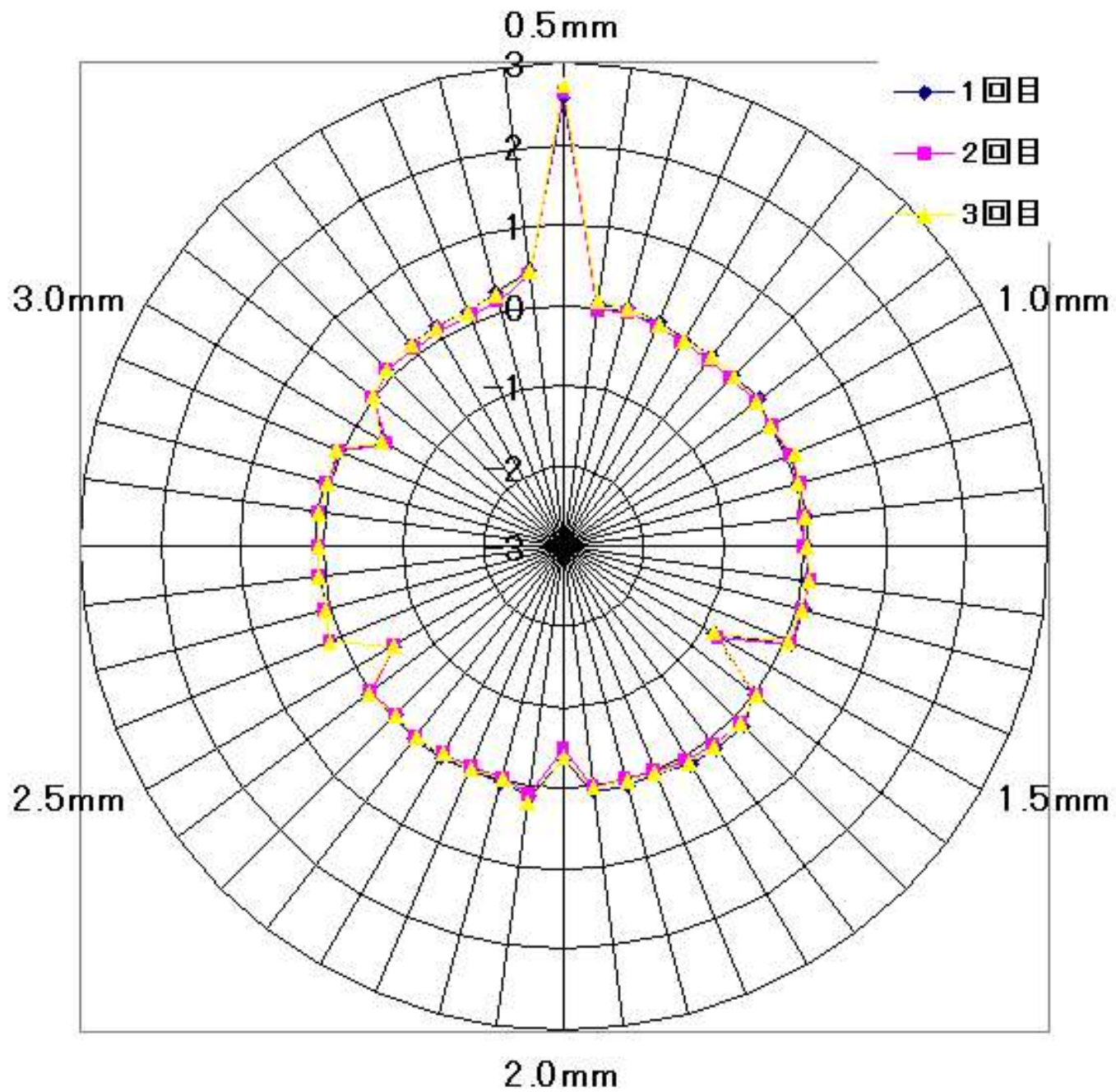
# ステンレス円盤の穴の検出

SUS円盤内部の穴(人工欠陥)を外部から検知します。



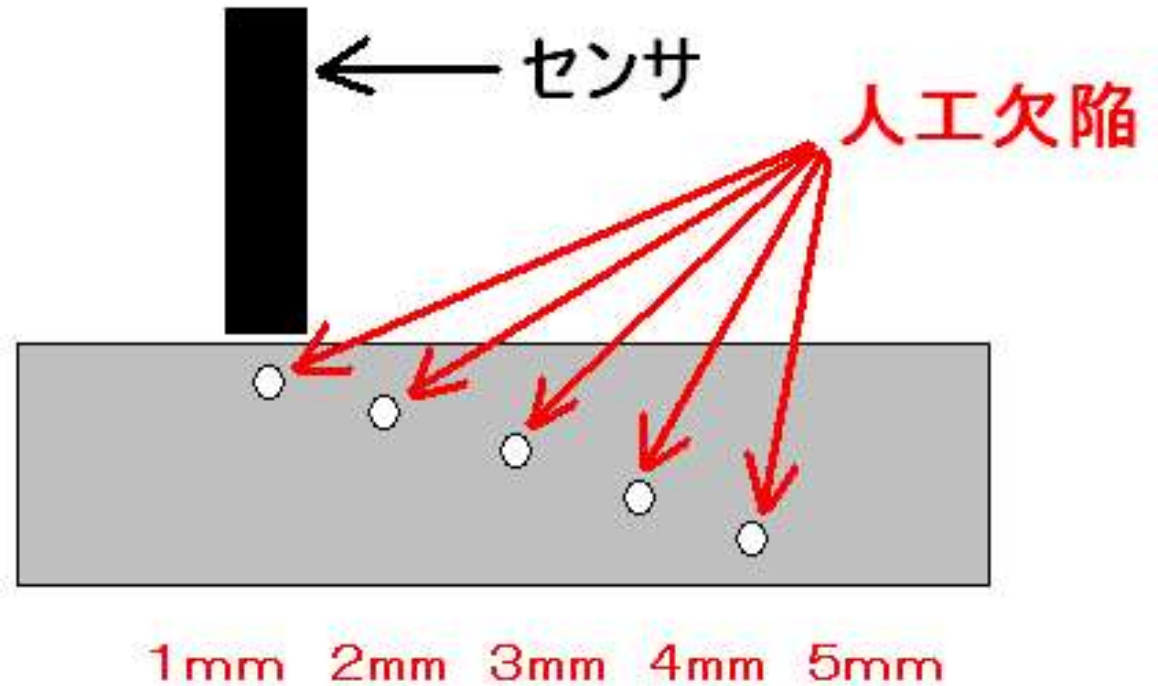
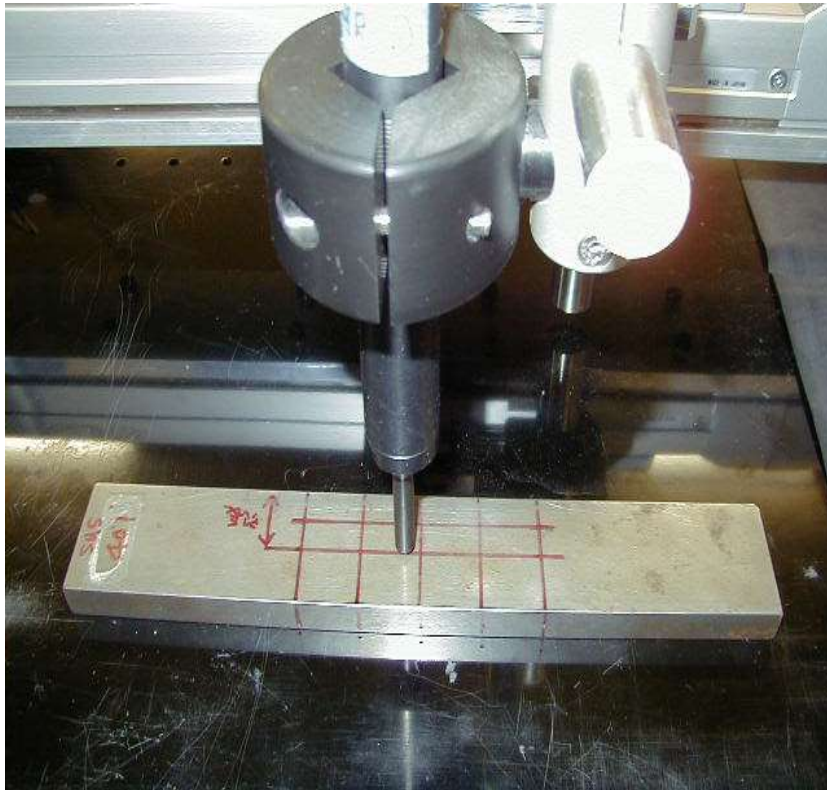


# 測定結果(接触)

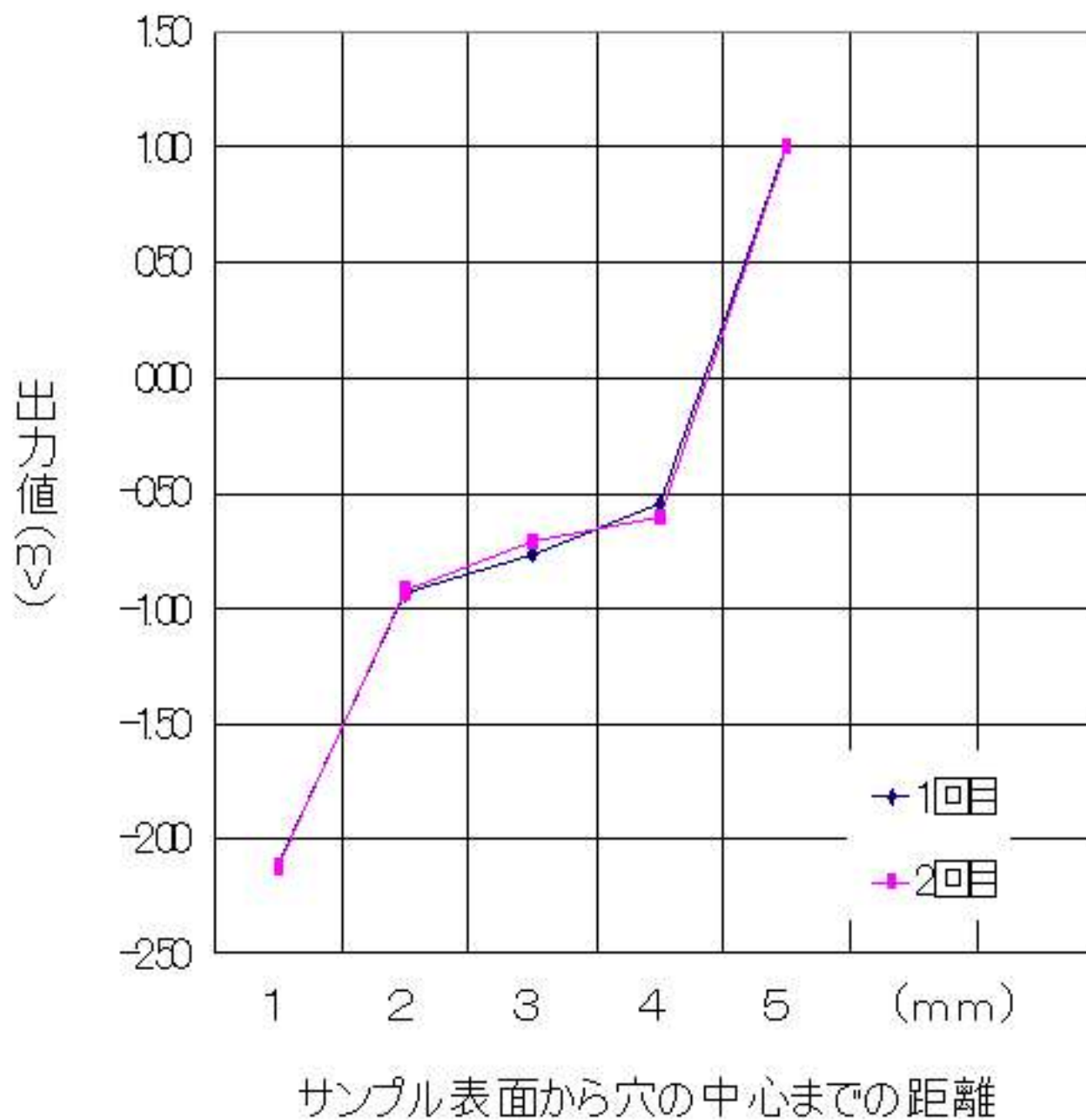


# ステンレス厚板の擬似欠陥の検出

厚板側面の穴を上面より検出します。



# テストピース表面から穴の中心までの距離と出力値の関係



# 入の検出

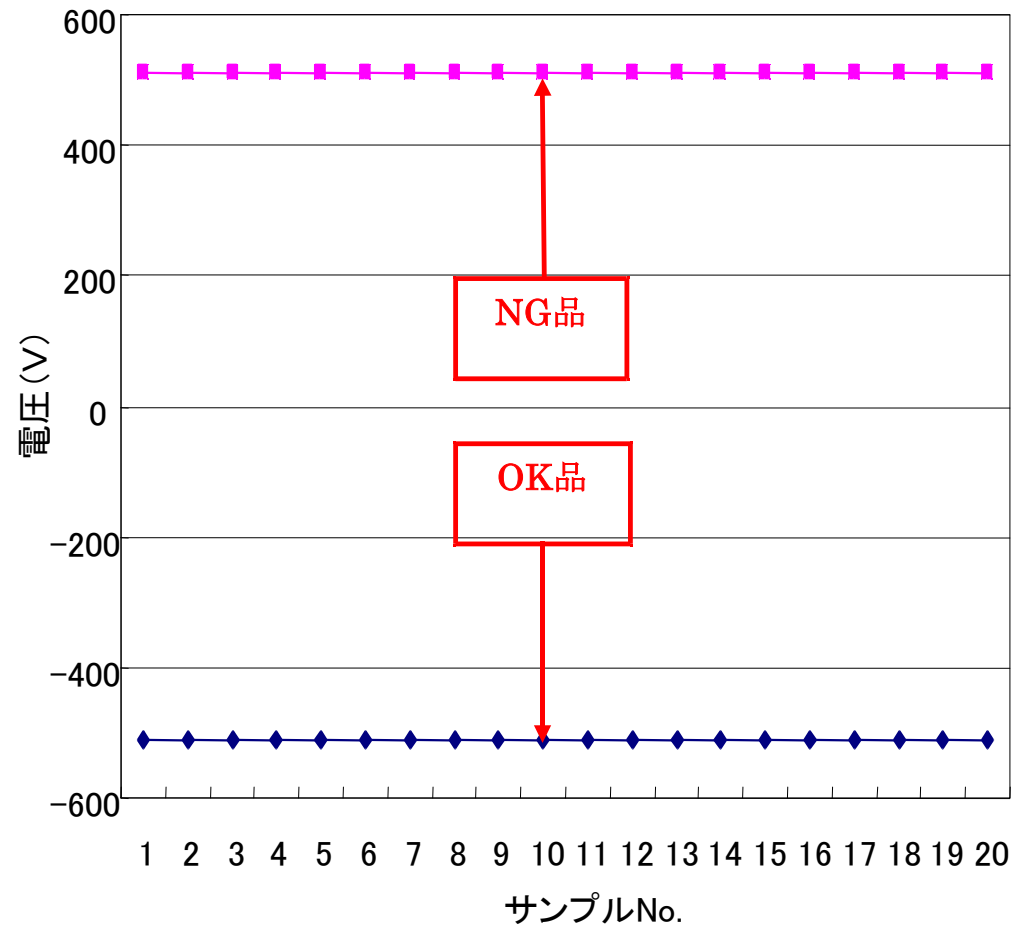
# クランクシャフトの鬆の検査

1対のリングセンサをクランクシャフトの一端にはめ込み、巢の検査を行っています。クランクシャフトは鋳造したあと、X線で不良が明確となったものを試験的にを行っています。左がOK品、右がNG品です。

本センサによる検査では、OK品はマイナス側へ、NG品はプラス側へと振り切っており、X線との照合でも非常に良好な結果が得られております。



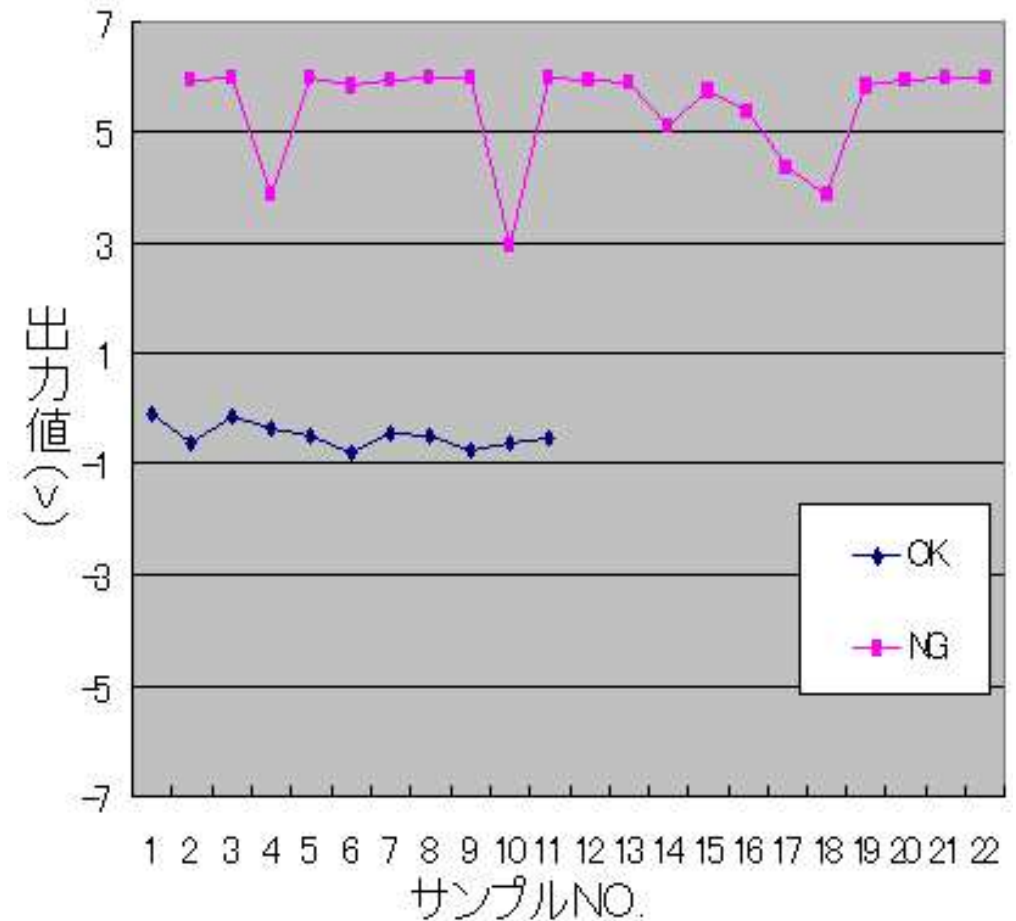
クランクシャフトの鬆の検査



# クラックの検出

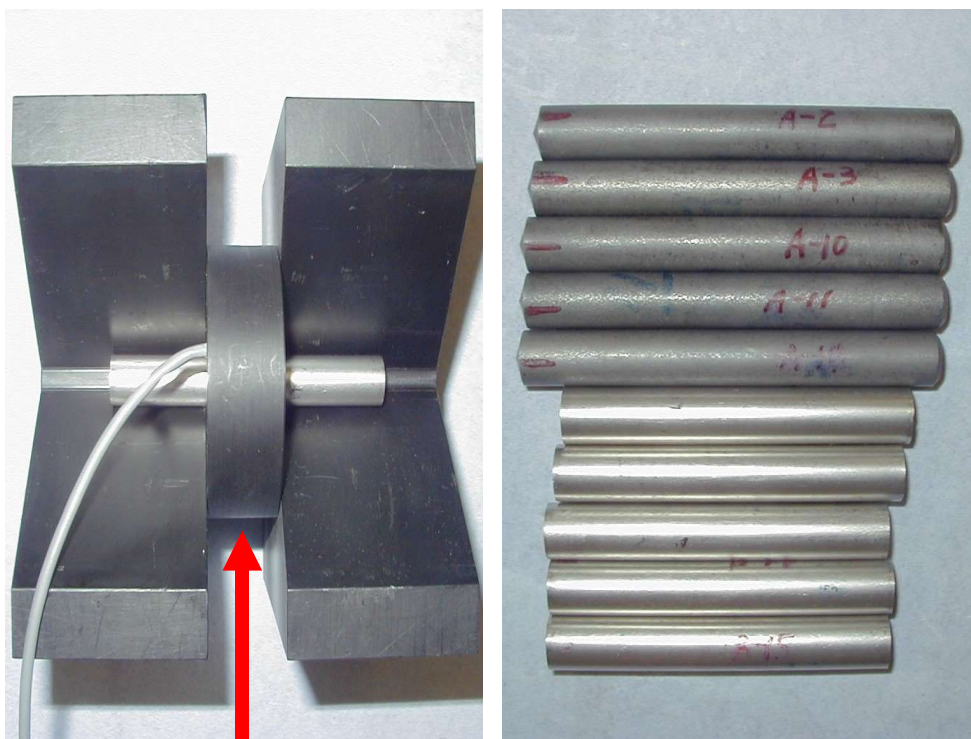
# フェライトのクラック検査

焼結後に研磨整形されたフェライトコア内部にあるクラックの検出を行っています。試験体穴部の口径にあわせた専用のセンサを差し込んで検査しています。フェライトコアは、帯磁させる前のものです。グラフから、OK品の出力値は-1V~1V付近になりNG品の出力は3V以上になっています。出力値の差が大きいいためOK/NG判別は良好に行えることが伺えます。

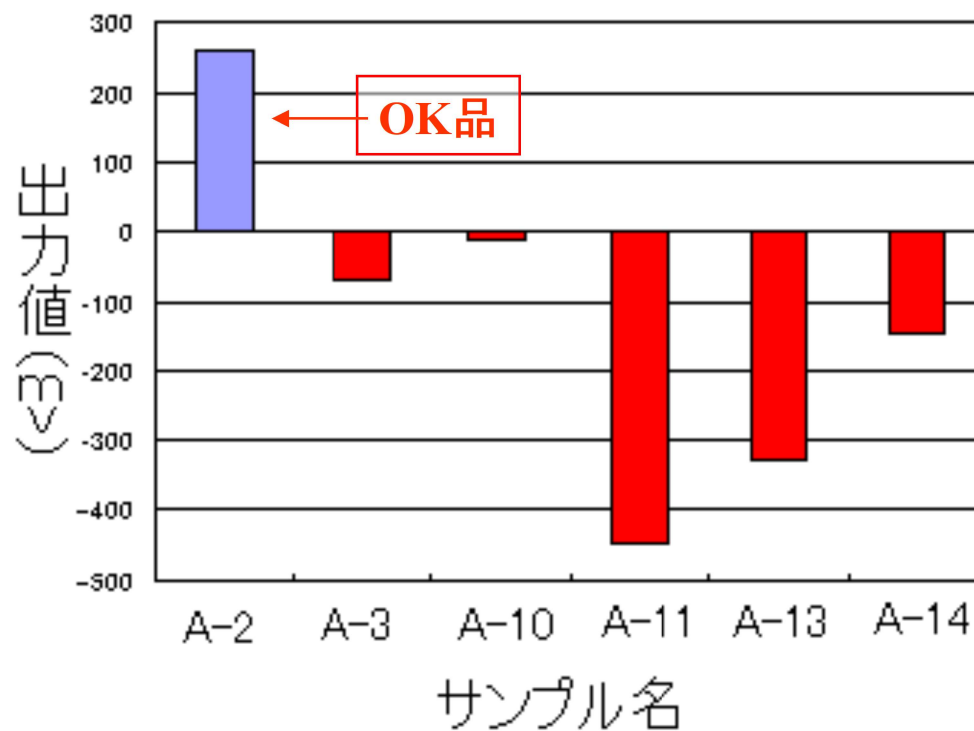


# 超硬金属のクラック検査

φ12×80の焼結金属柱を、リングセンサ中央部に通した状態で、クラックの有無検査を行っています。データ図右下からはOK品であるA-2で出力値が大きくプラス側の値を示しているのに対し、NG品はいずれにおいてもマイナス側の値を示しており、判別を良好に行うことができます。



リングセンサ





# 鑄鉄スリーブのクラック検査

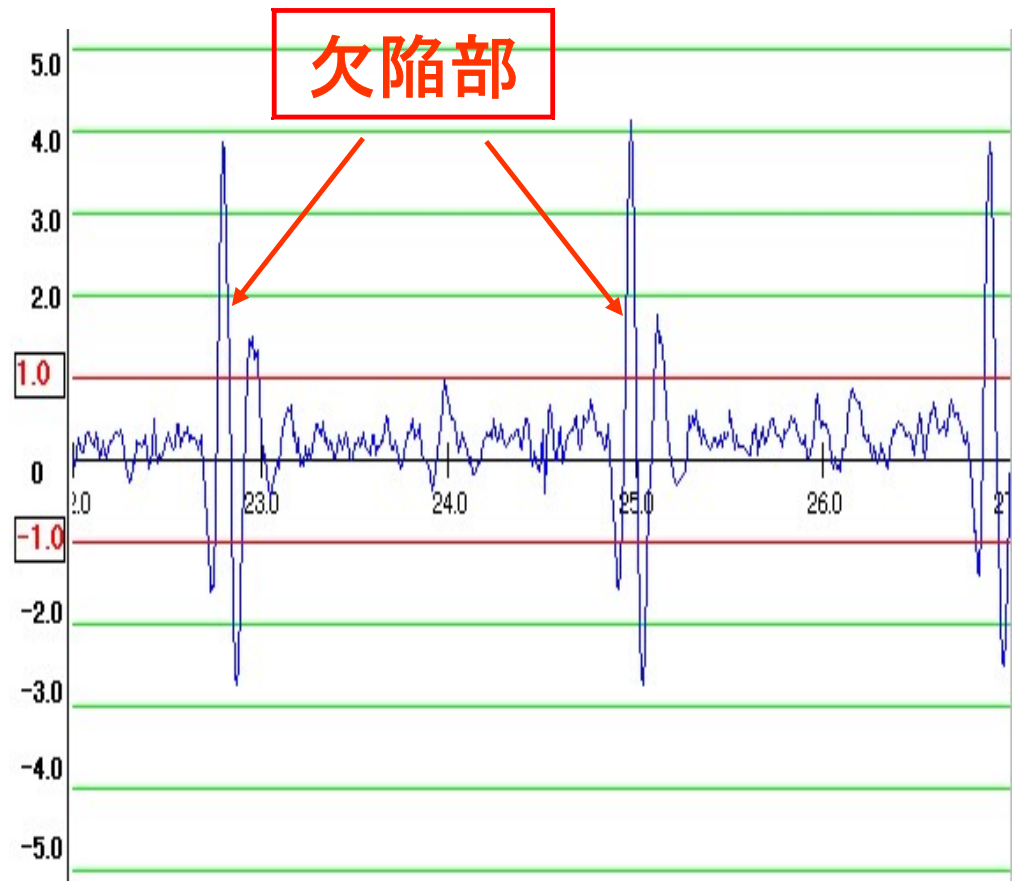
鑄鉄スリーブを回転台で回しながら(30rpm)、上口部をペン型センサで検査しています。試験体は未加工品です。1箇所大きく出力信号が変化している箇所がありますが、この箇所にクラックがあります。出力信号が変化した場所はカラーチェックでもクラックが確認されました。



# 溶接の欠陥検出

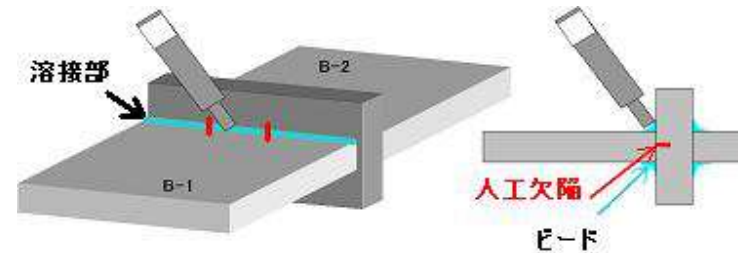
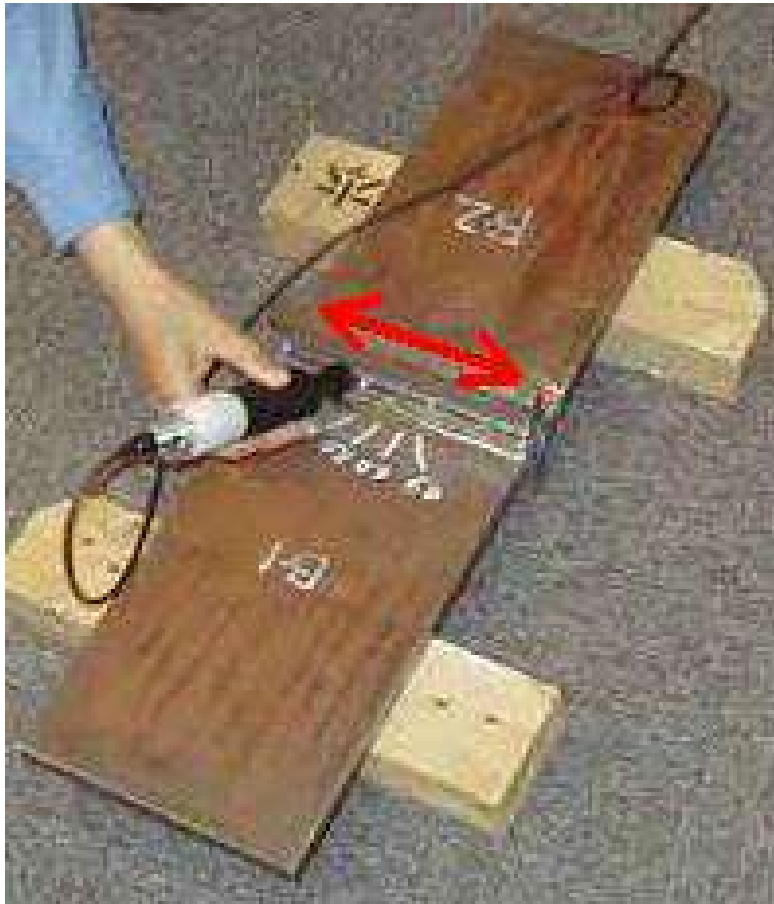
# トルクコンバータ溶接欠陥の検査

自動車のトルクコンバータ用フィンの溶接欠陥の検査

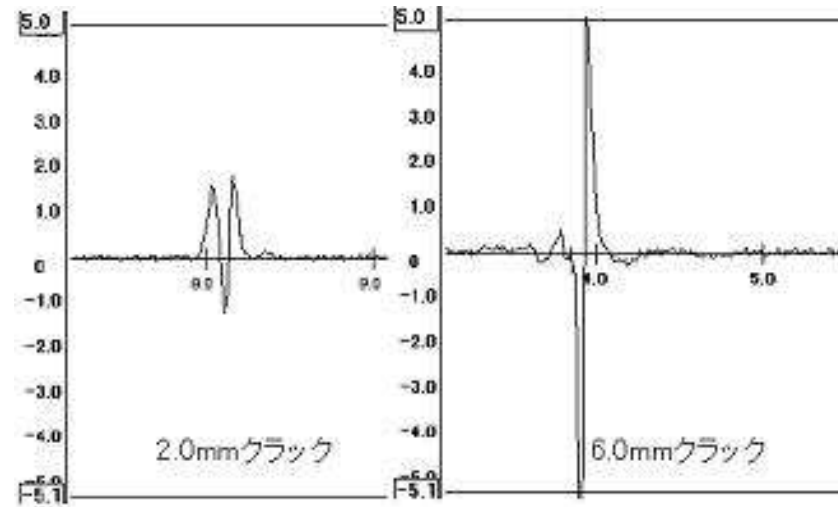


# 溶接部クラック検出(1)

- 鉄板板厚 : 20mm
- 人工欠陥サイズ: 1mm(幅)x2mm(深さ)及び1mm(幅)x6mm(深さ)
- 検査方法 : ビードに沿ってセンサを走査する。
- ※ビードの影響を受けずにS/N良く欠陥の検出が出来ます。

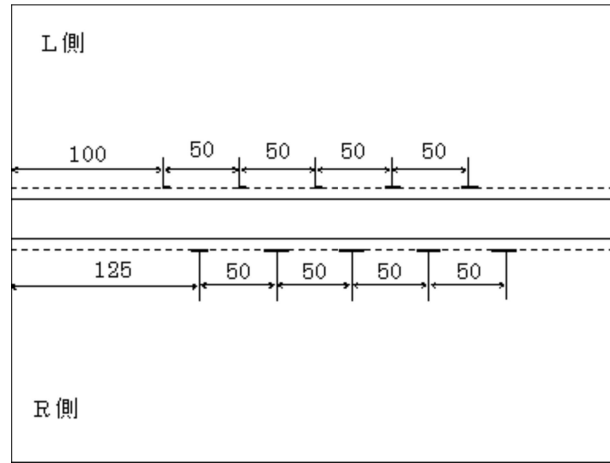
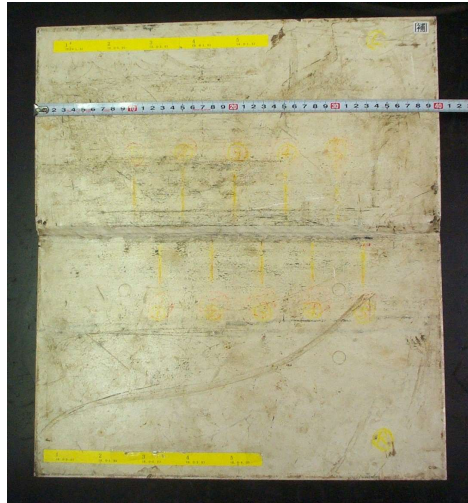


欠陥位置(内在)

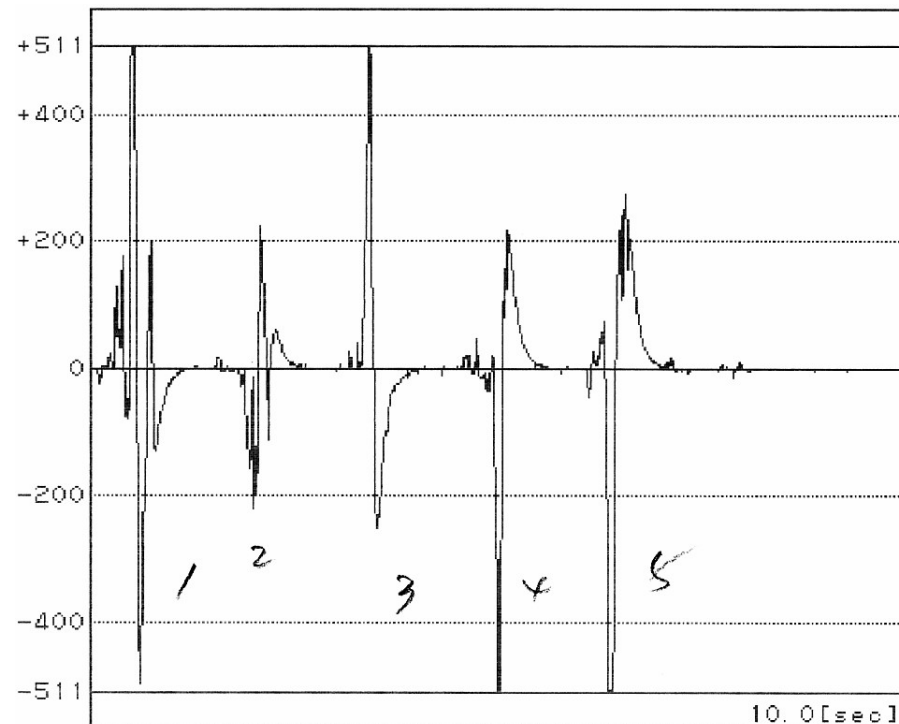
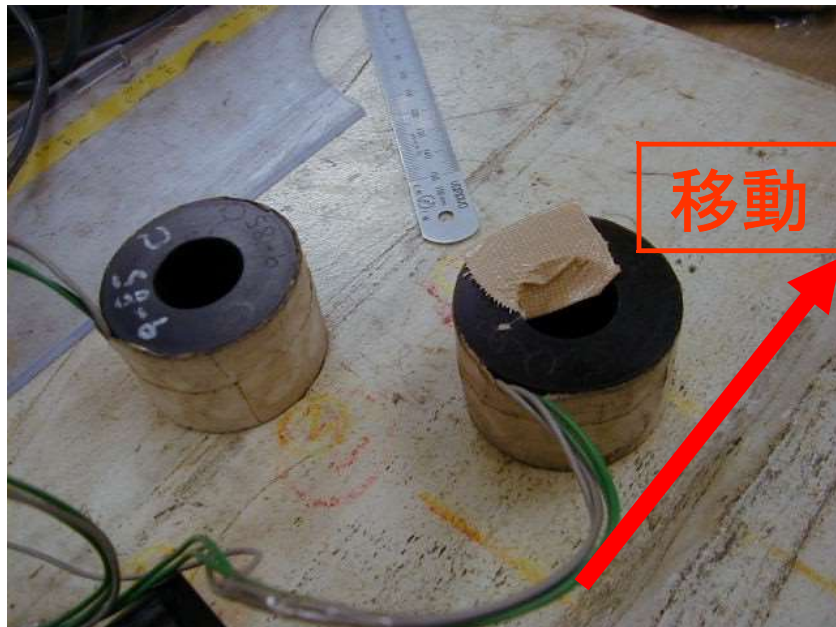


# 溶接部クラック検出(2)

放電加工による人工欠陥を施した隅肉溶接重ね継ぎ手試験片(t 9、400×450)をリング型センサで走査することにより、人工欠陥を検出可能である。



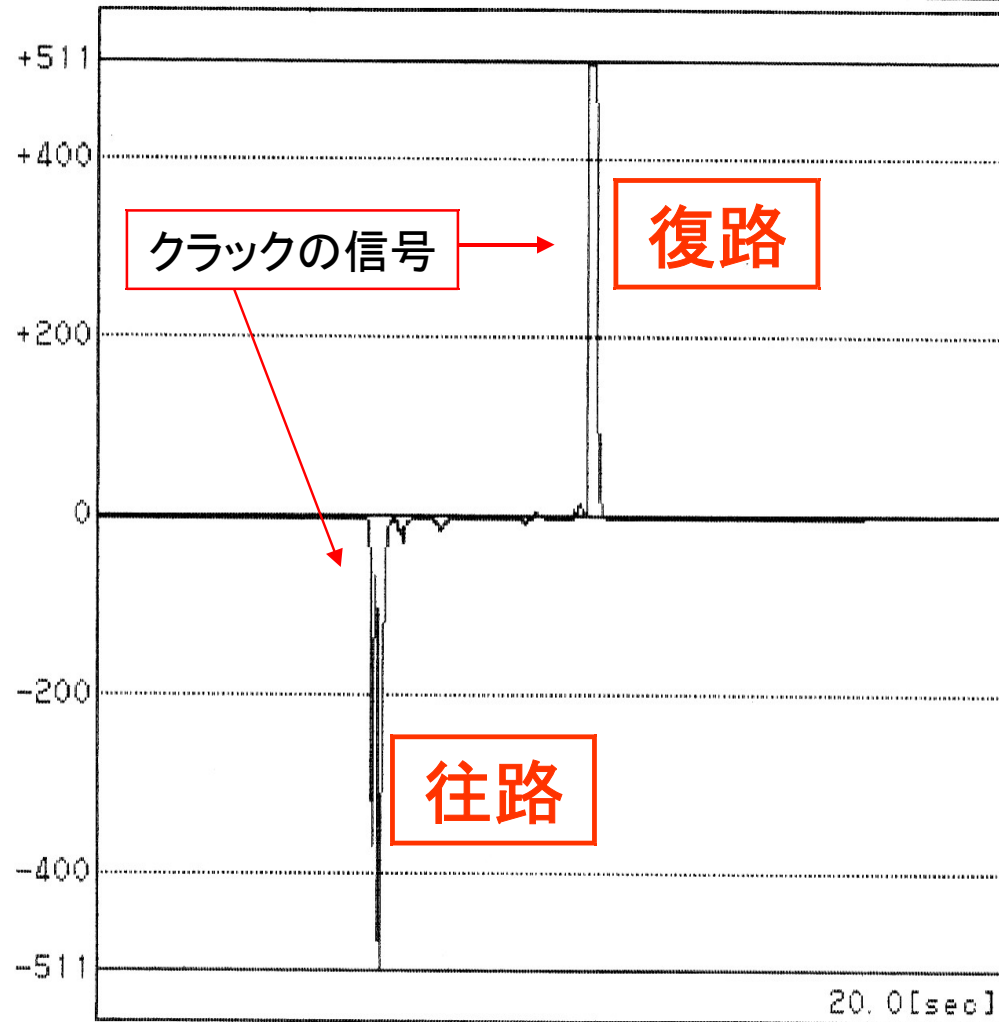
キズ記号	端面からの距離	寸法		
		長さ	深さ	幅
L-1	100	2	1.5	0.5
L-2	150	2	2	0.5
L-3	200	2	3	0.5
L-4	250	4	1	0.5
L-5	300	4	1.5	0.5
R-1	125	4	3	0.5
R-2	175	6	1	0.5
R-3	225	6	2	0.5
R-4	275	6	3	0.5
R-5	325	6	4	0.5



# 溶接ビードのクラック検出

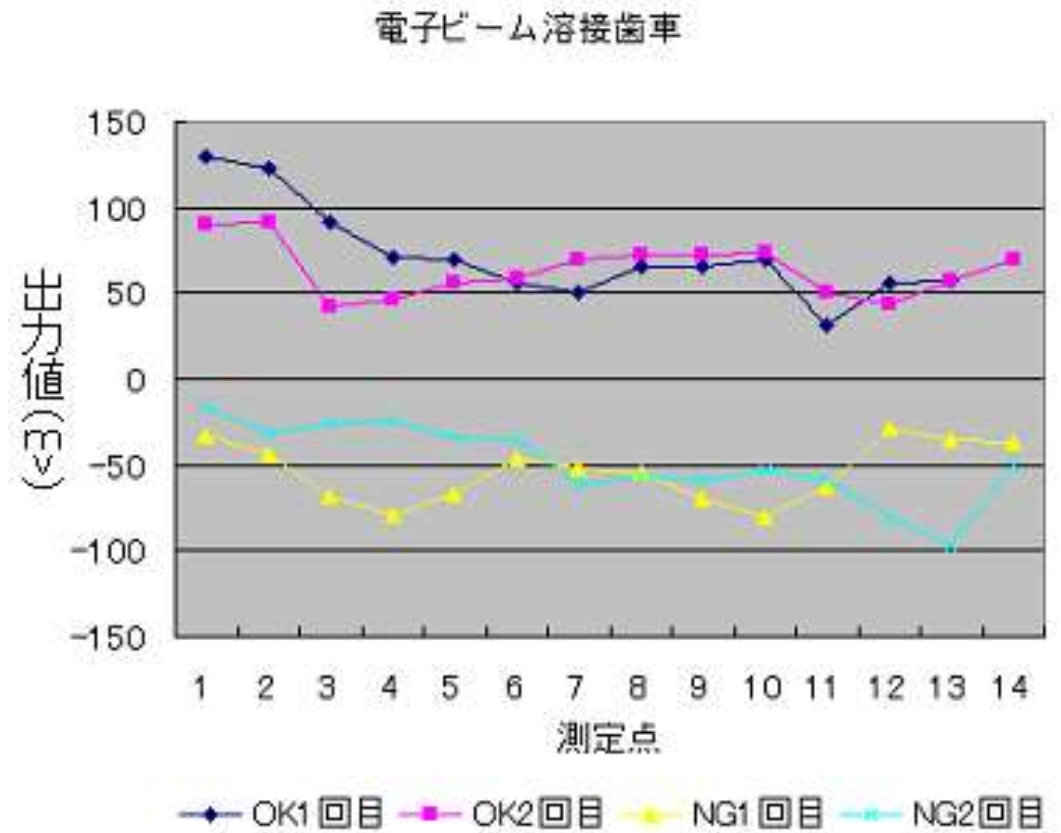
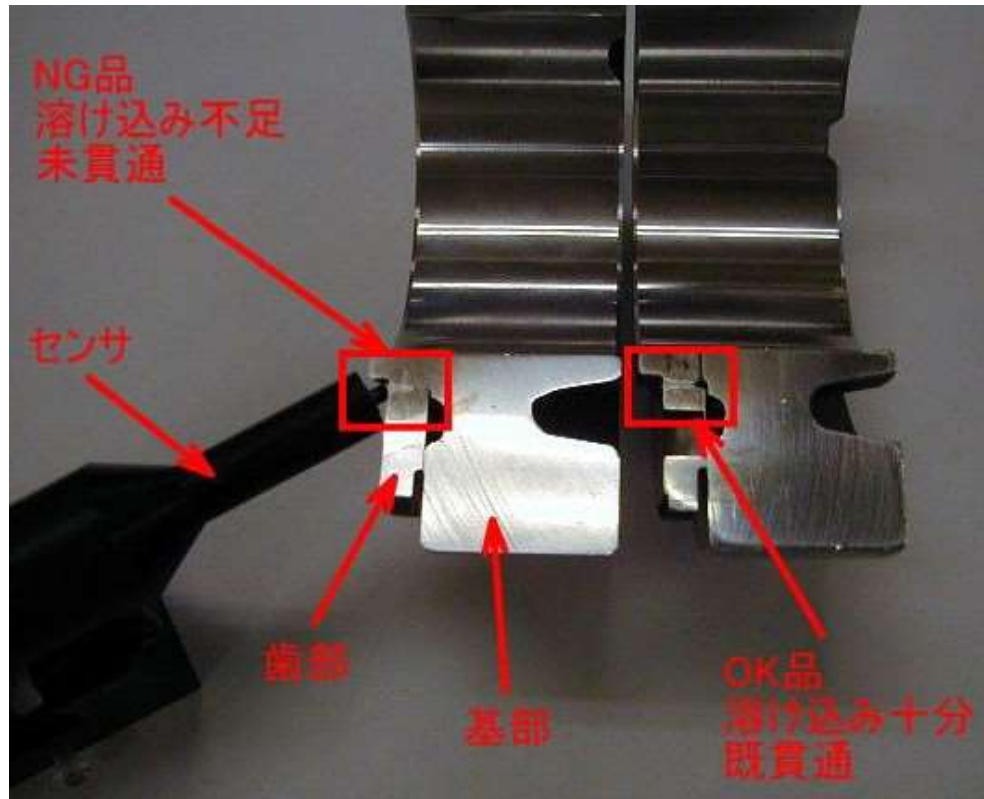


溶接ビード部の内部クラックを溶接表面から検出する。  
(スリットの大きさ: 2.0L×0.2W×5.0H)



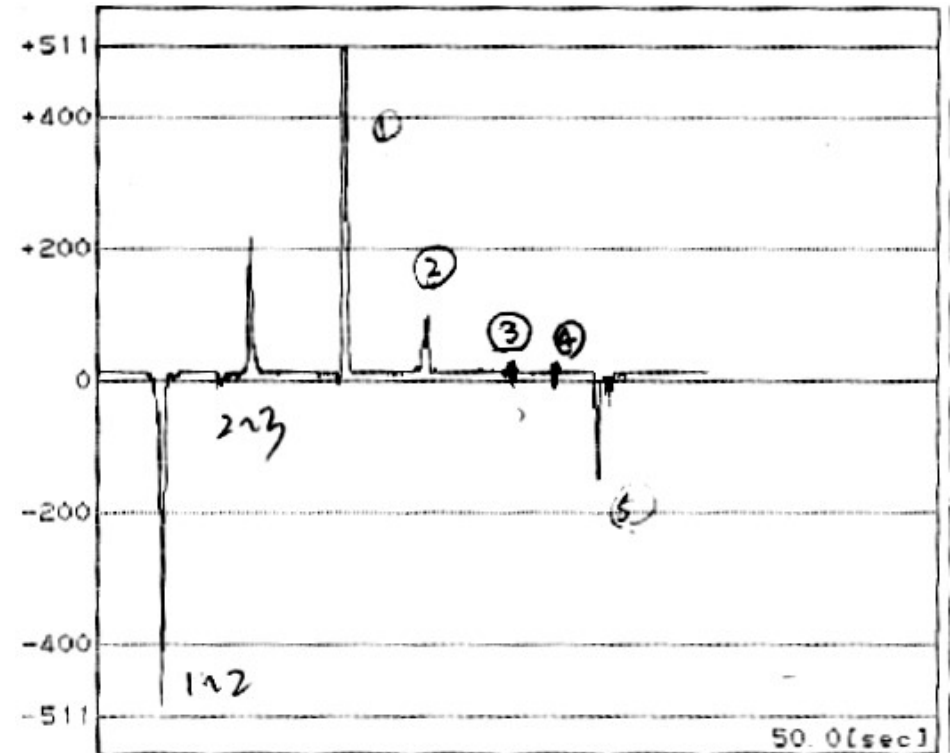
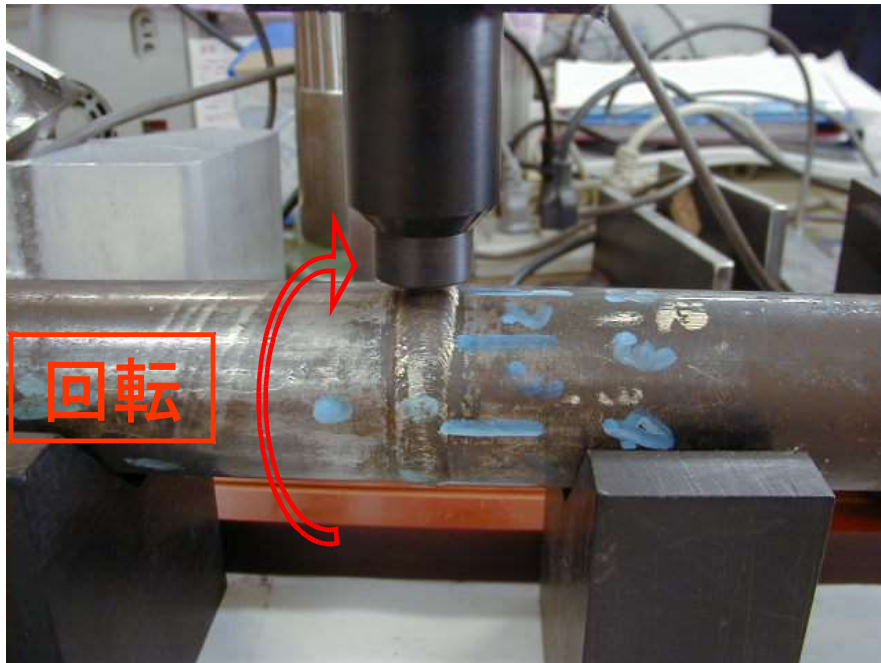
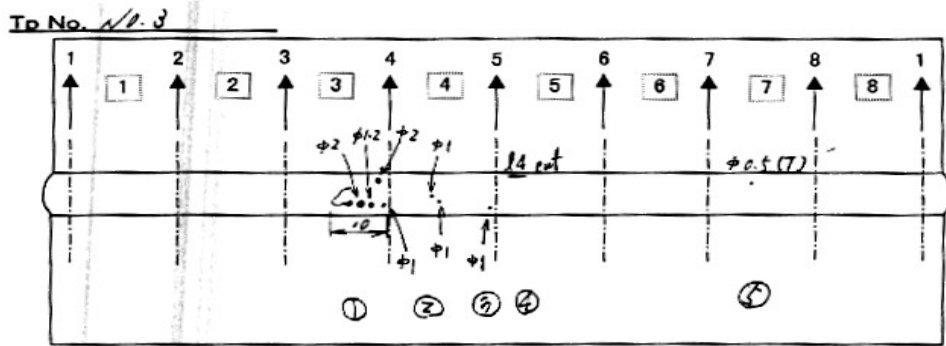
# 電子ビーム溶接溶け込み量検査

歯車の歯部と基部が電子ビーム溶接されています。  
溶接部にセンサをあてることにより、溶接の溶け込み具合が判ります。



# パイプ溶接部のブローホール検出

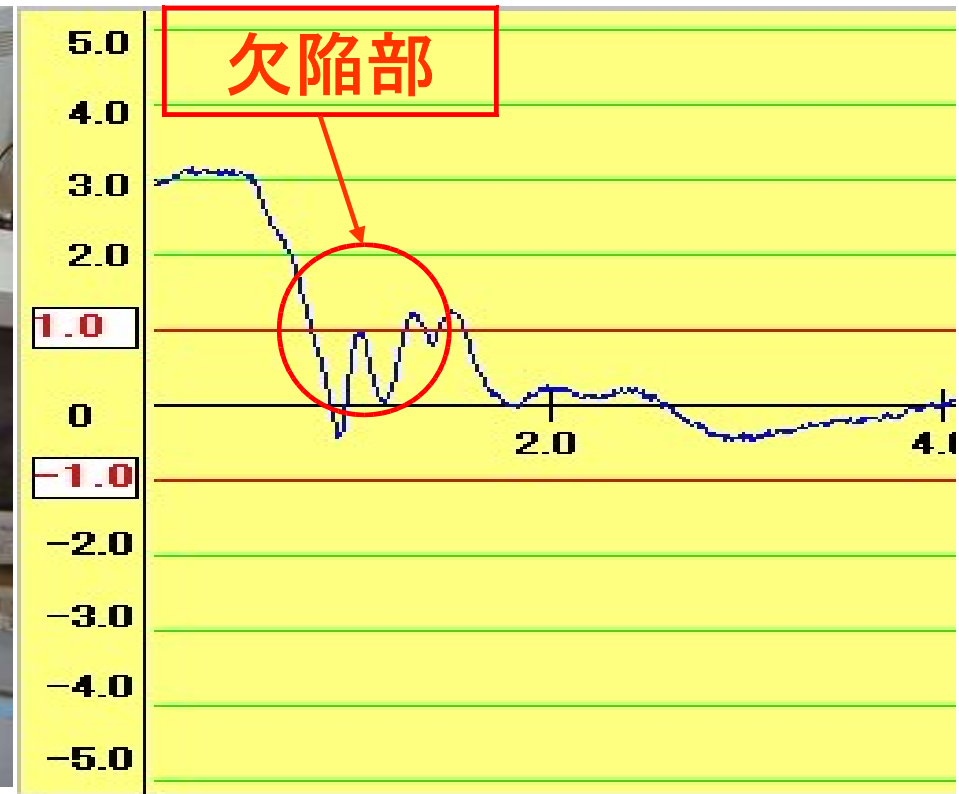
鉄パイプ( $\phi 43$ 、 $t 5$ 、L382)の突合せ溶接部を円周に沿って、センサで走査することにより、溶接部のブローホールを検出可能である。





# ドラム缶溶接部リーク検査

亜鉛メッキ鉄板を溶接して作ったドラム缶の溶接部ピンホールを検出できます。



# 隅肉溶接検査

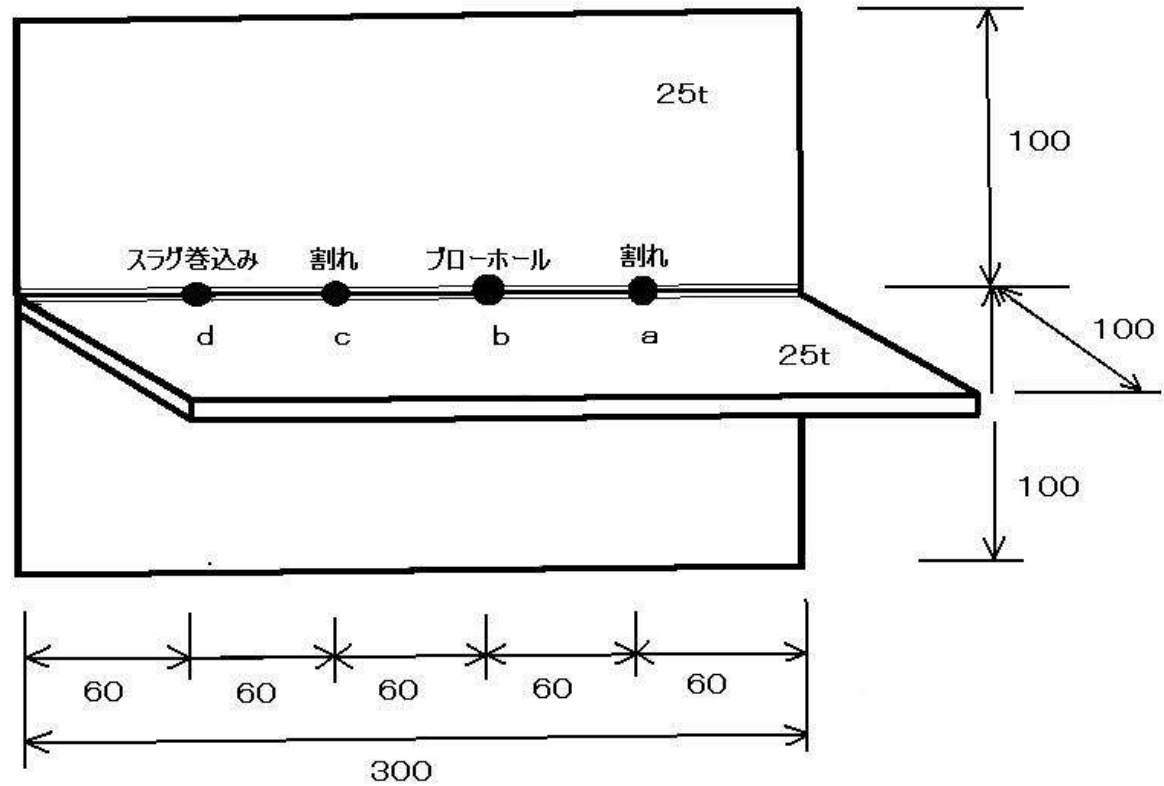
試験体 : 25t x 200w x 300L

欠陥内容 : a(割れ)、b(ブローホール)、c(割れ)、d(スラグ巻き込み)

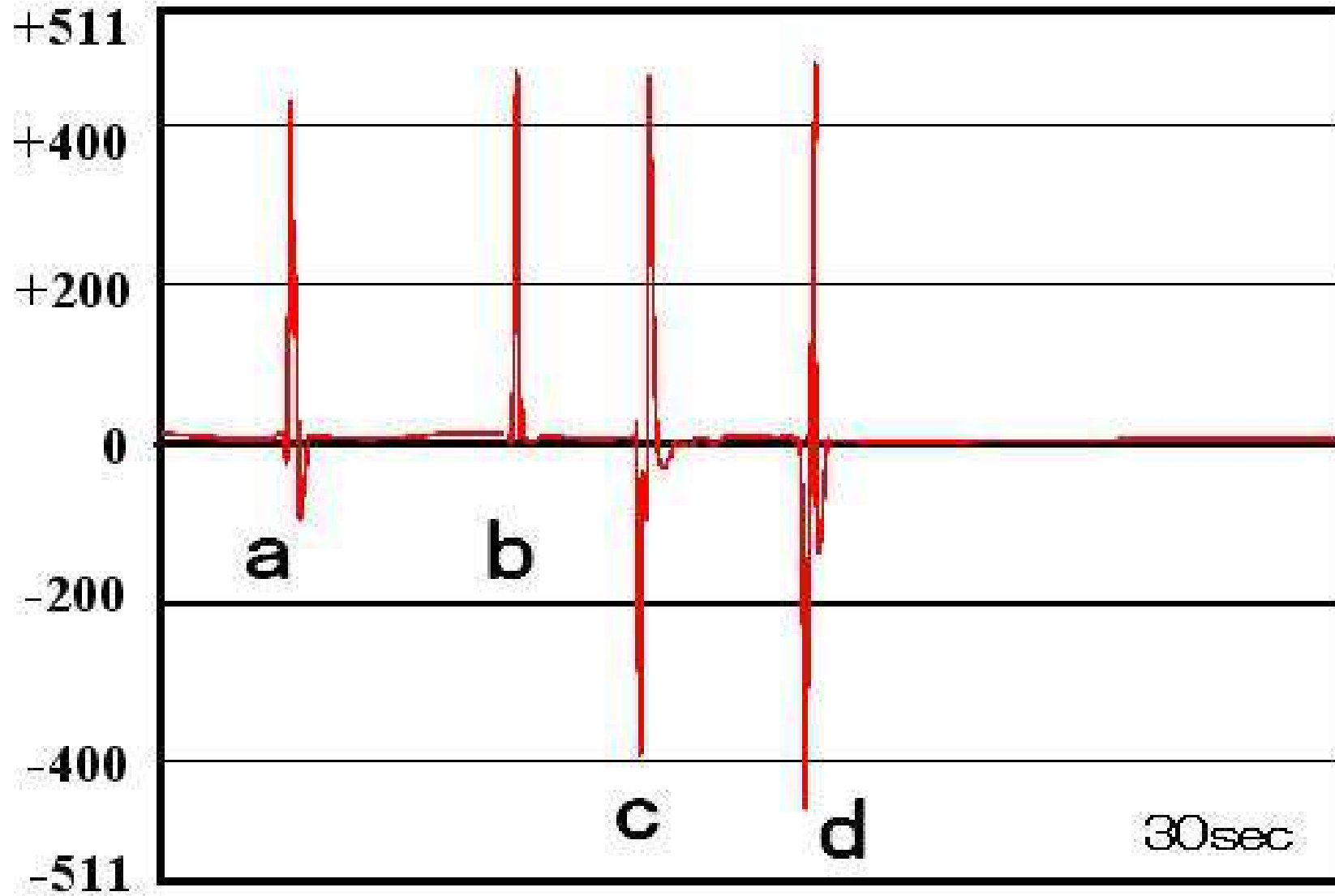
検出方法 : ビードに沿ってセンサを走査する。



移動

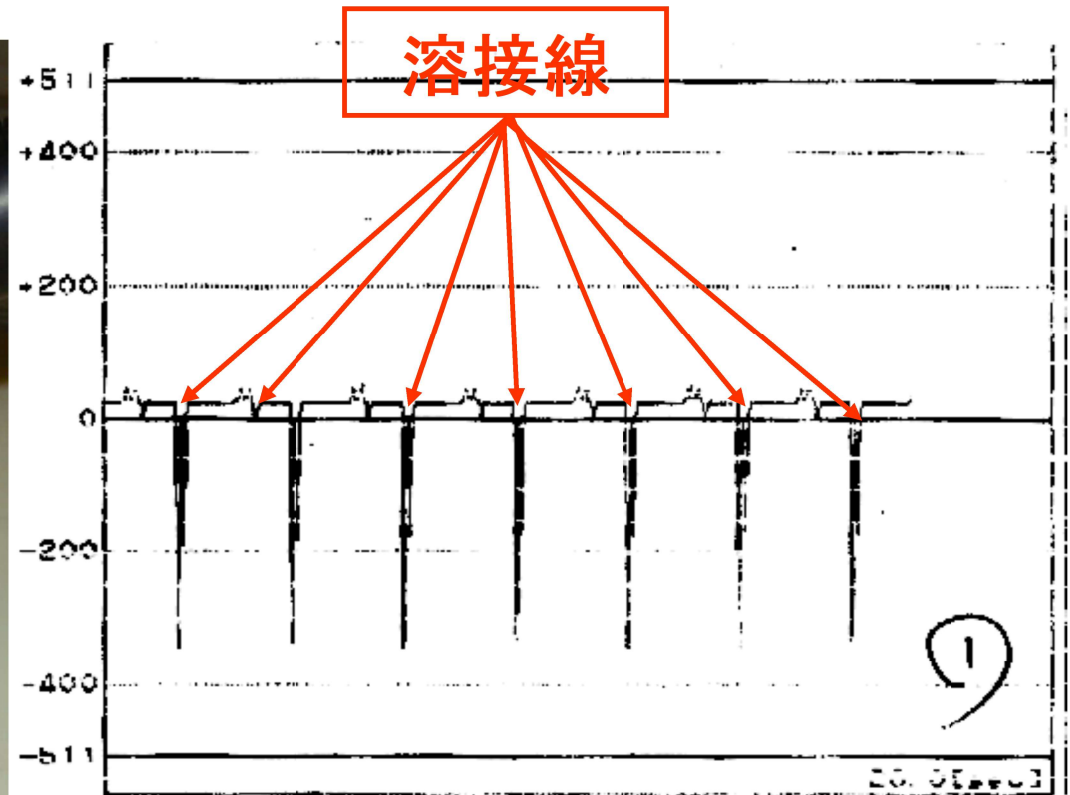
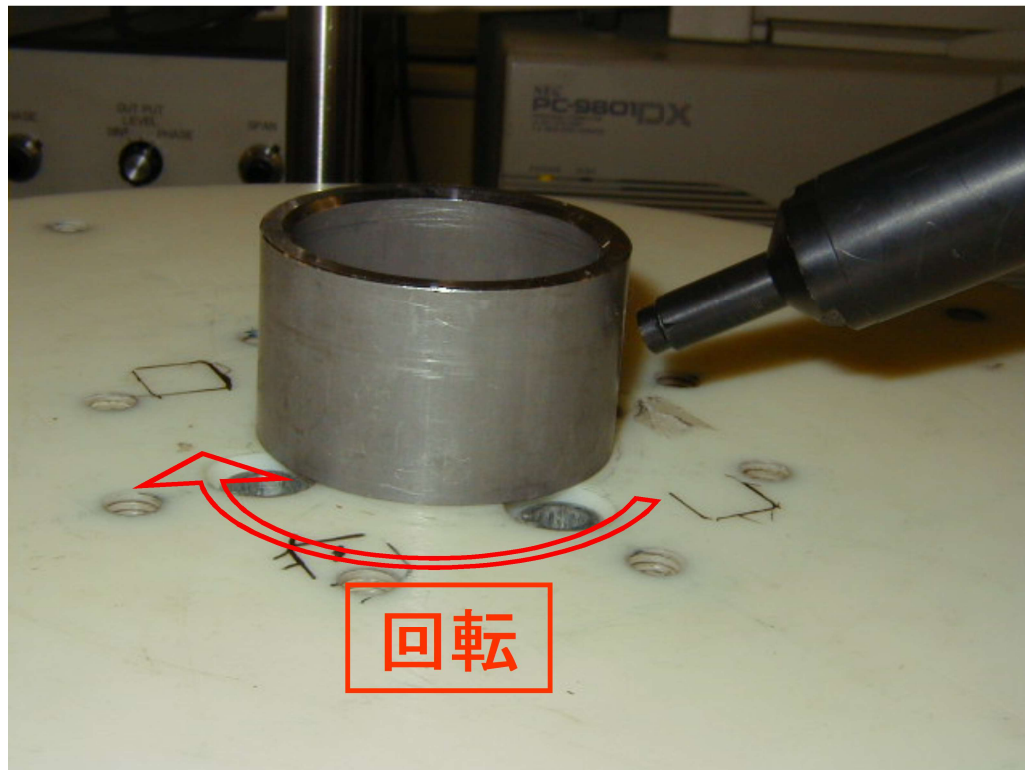


(検出波形)

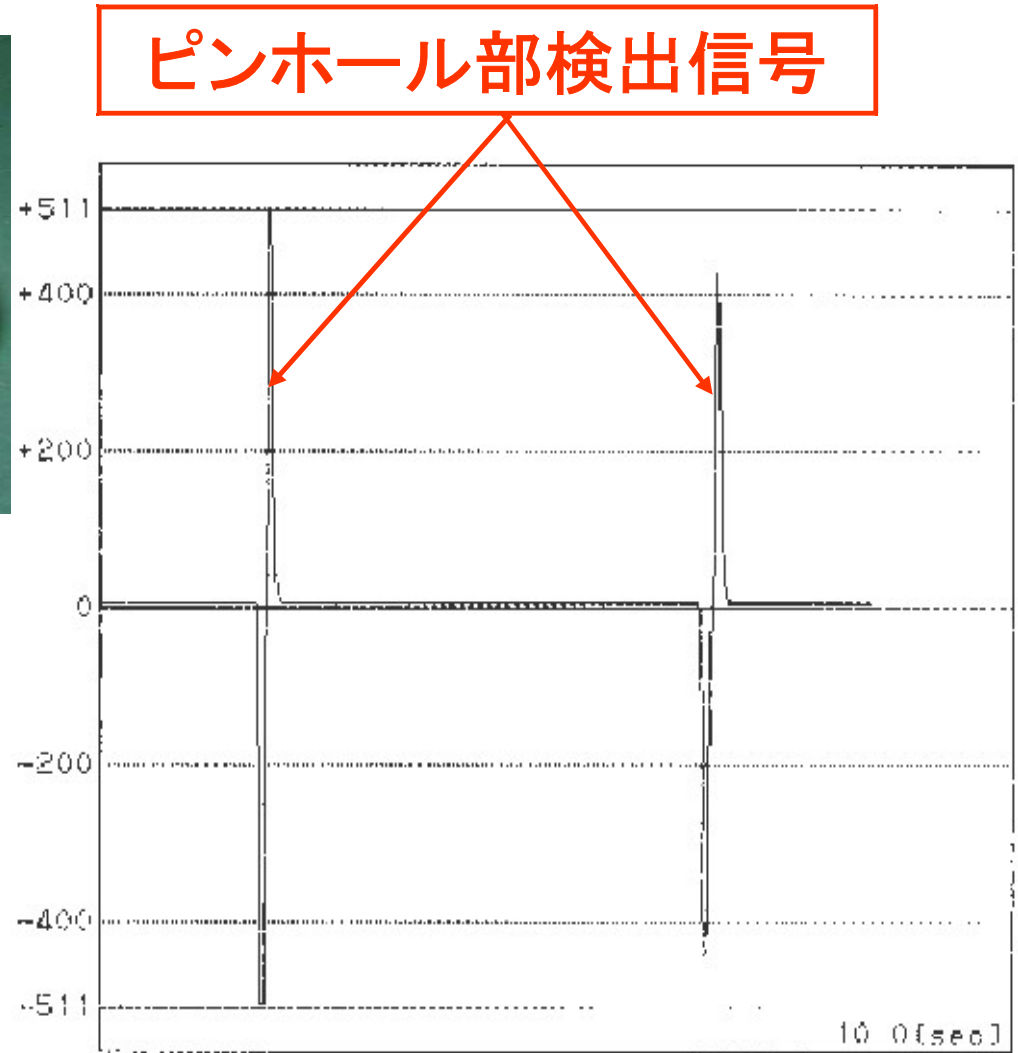
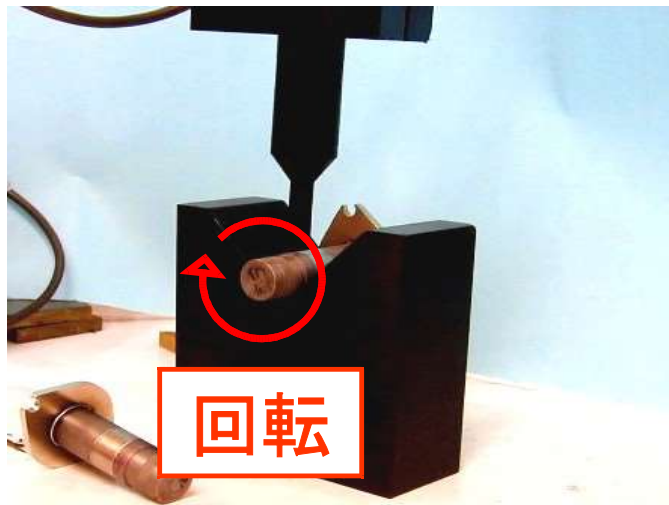
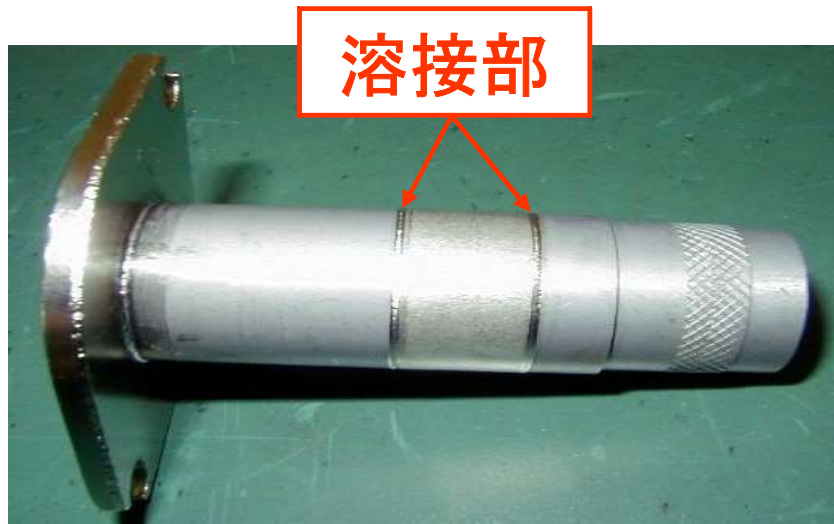


# パイプの溶接線検出

目視では確認できないシーム管の突合せ溶接部を検出する。  
試料一回転につき一回の溶接線が検出される。

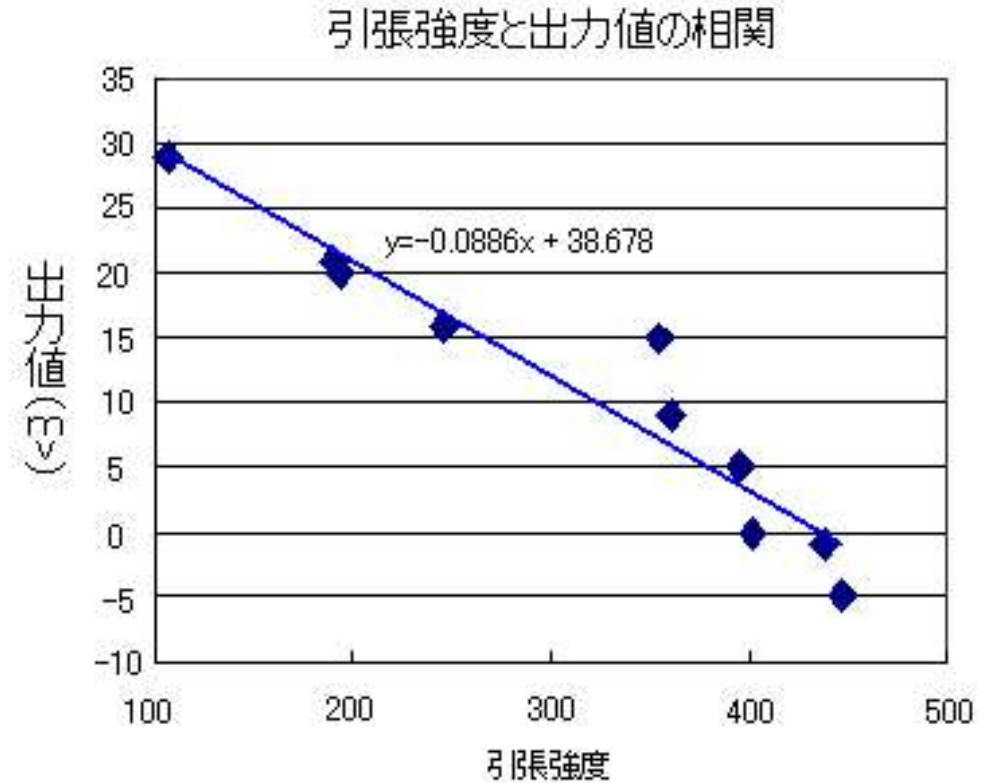


# 溶接部ピンホール検出



# スポット溶接部不良検査

スポット溶接の検査は、溶接ナゲットにペン型センサを当てて検査を行います。  
グラフより、引張強度と出力値との関係がほぼ直線関係にあり、引張強度を求めることが可能です。



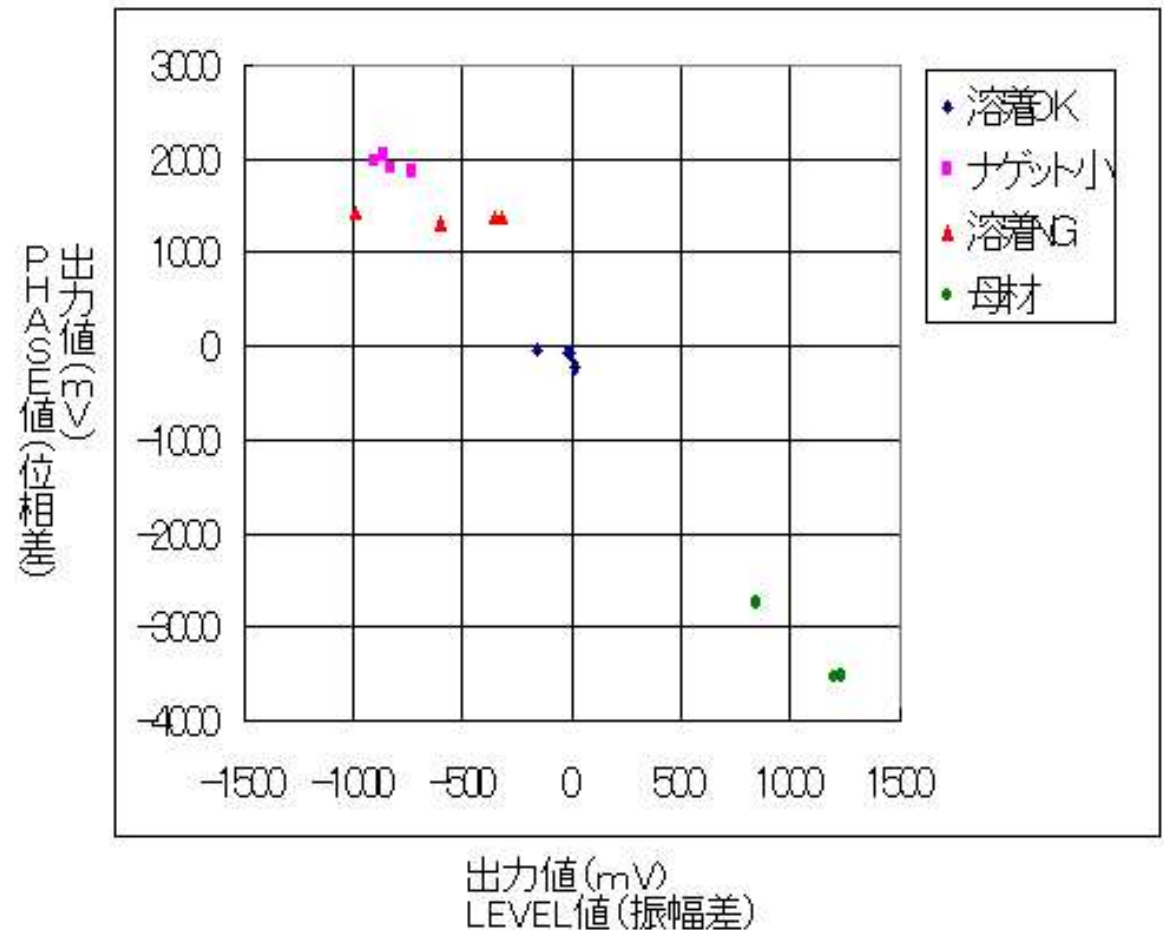
# スポット溶接の状態検査

形状125×40×2tの鋼板を2枚スポット溶接したものの溶着状態を検査しています。出力値より溶着状態を推量することができる。



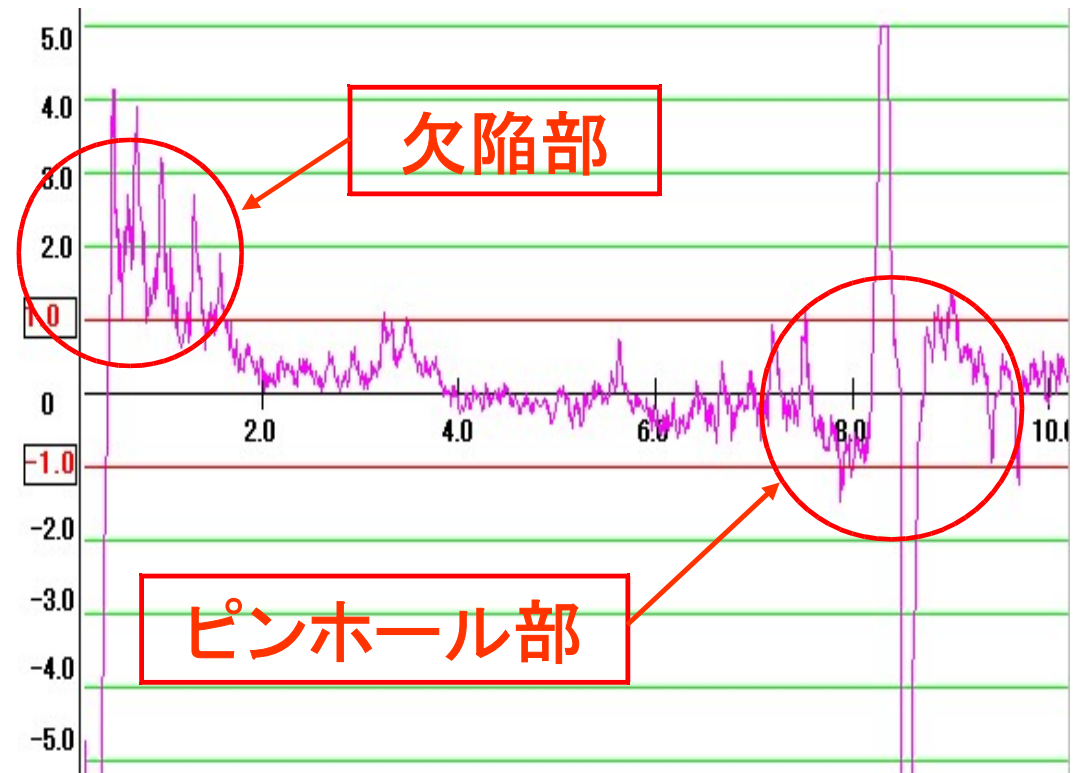
測定回数	各試料におけるMDK値(mV)							
	溶着OK		ナゲット小		溶着NG		母材	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	-10	-90	-730	1840	-320	1380	1240	-3530
2	-20	-60	-900	1980	-990	1410	840	-2760
3	-10	-80	-830	1890	-350	1380	1200	-3540
4	-150	-50	-860	2050	-600	1290		
5	10	-230						

PHASE値(位相差)とLEVEL値(振幅差)の座標



# レーザー溶接(テーラードブランク)欠陥検出

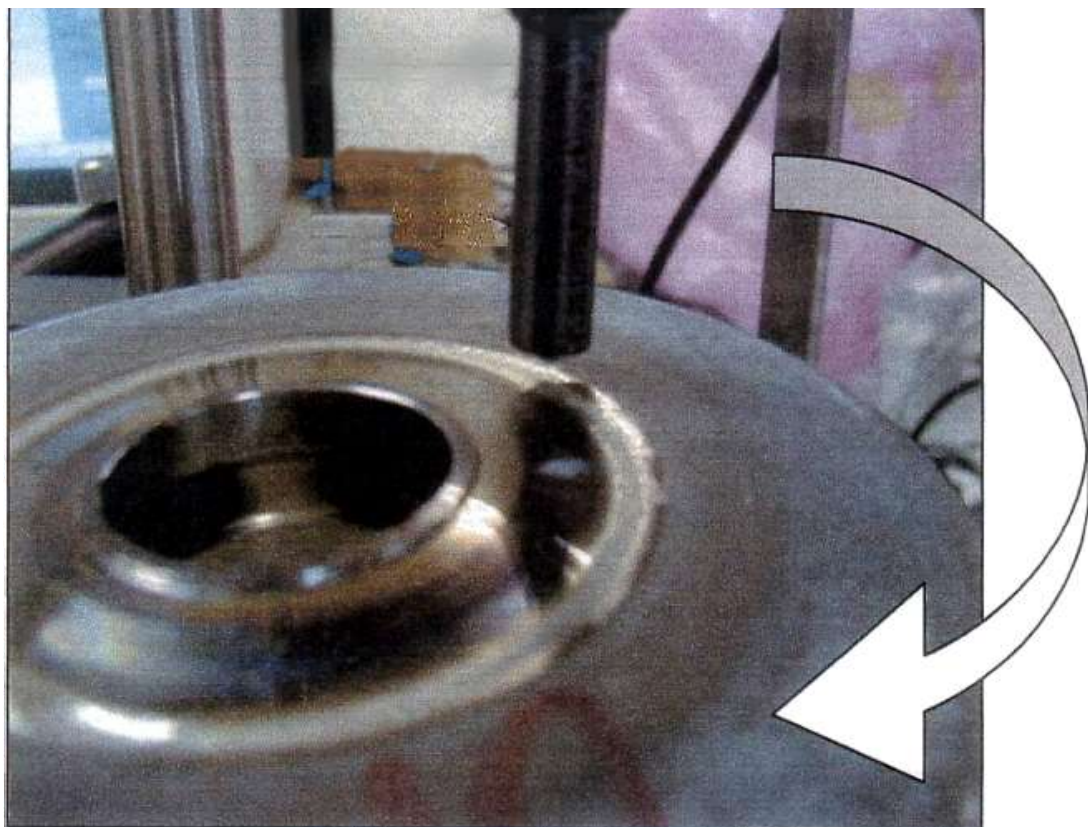
鉄板をレーザー溶接したテーラードブランク材(400×400×1.6)の溶接部分をセンサでスキャンすると溶接欠陥が検出可能です。



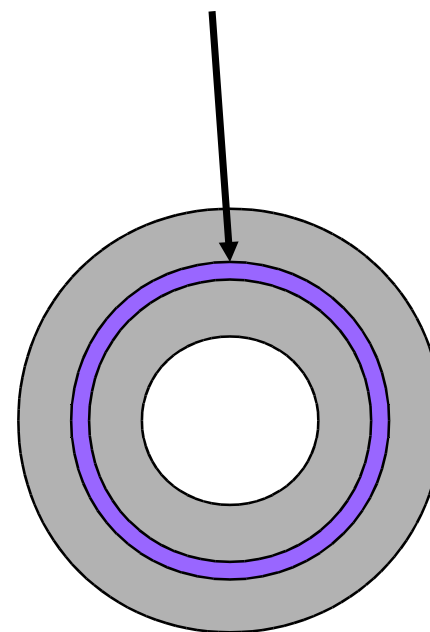


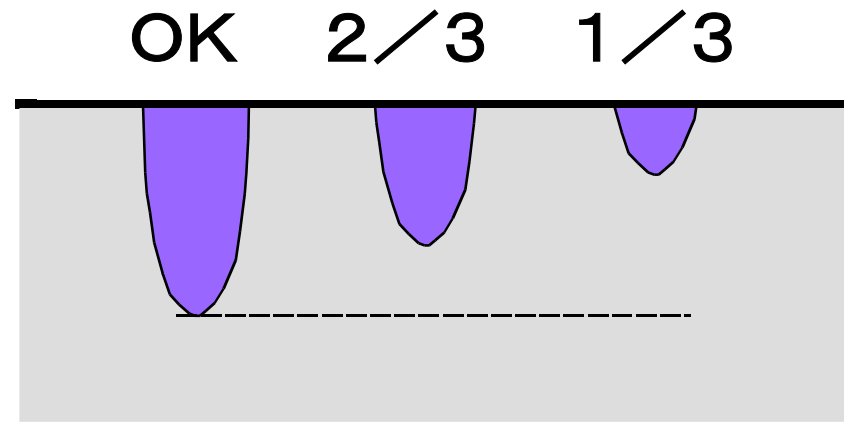
# 電子ビーム溶接検査

電子ビーム溶接部の溶け込み検査が可能である。

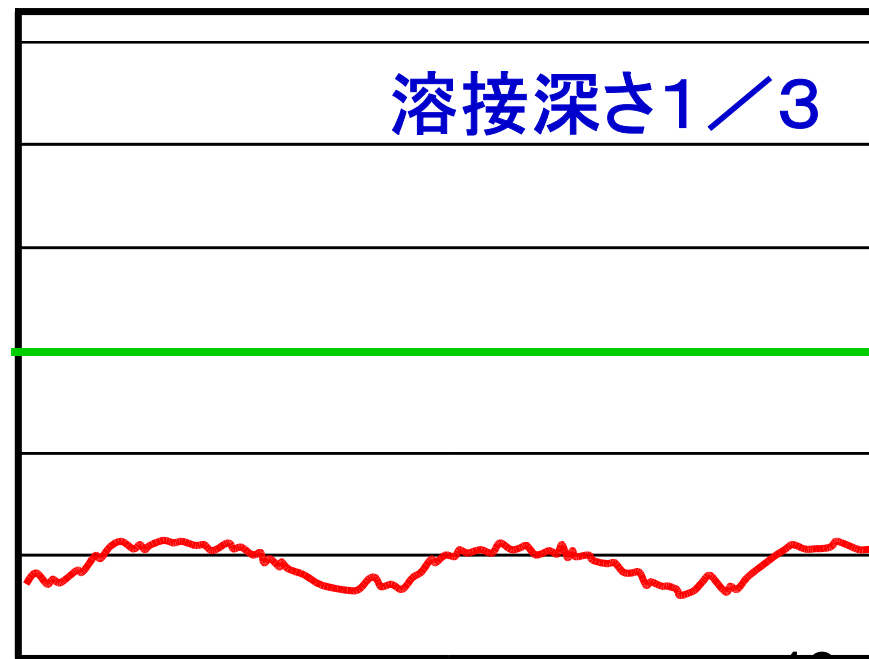
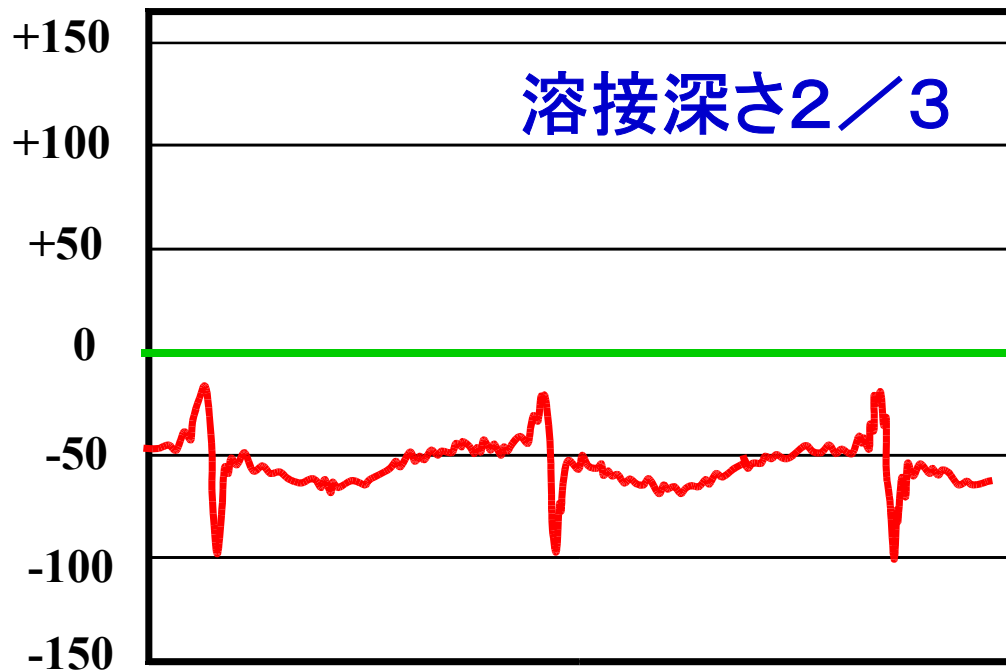


溶接部





※溶け込みが浅くなると電圧が下がる。

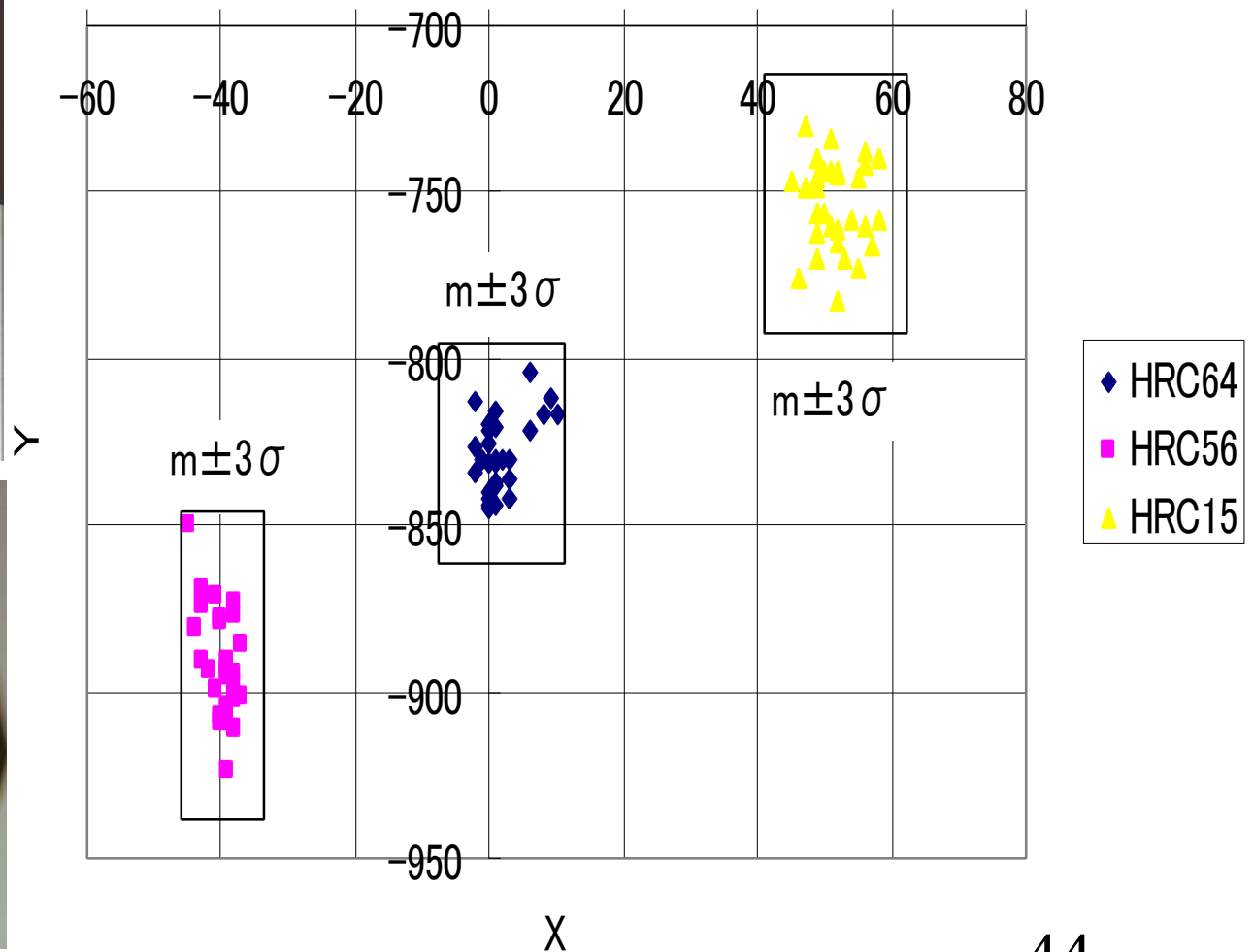


42  
10sec

# 焼入れの検査

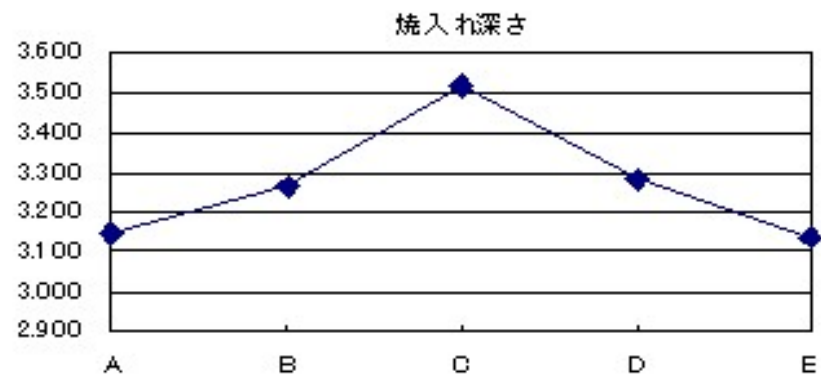
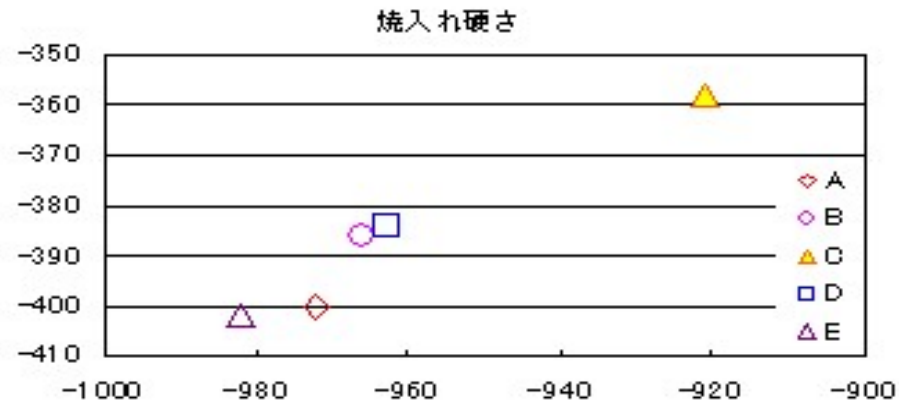
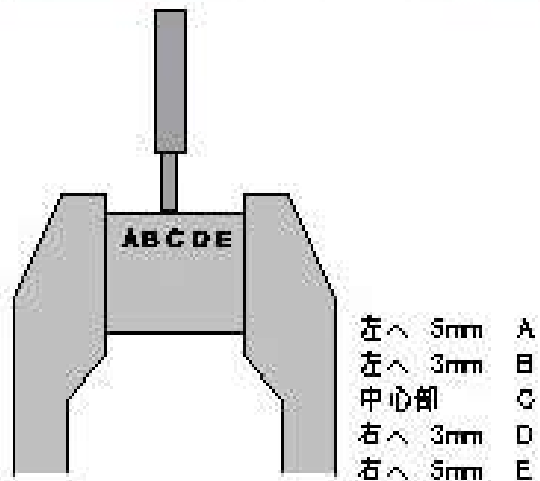
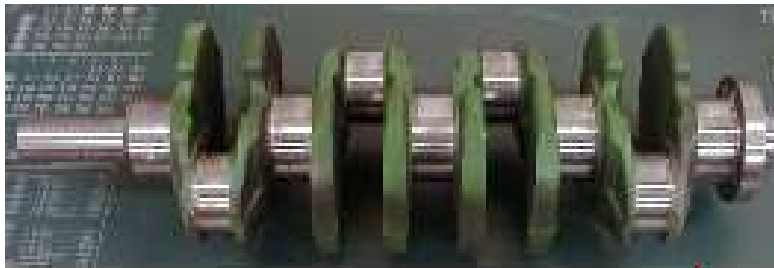
# ベアリング球の焼入れ硬さの検査

直径約1mmベアリング球の硬度測定は、球をブロック型センサに置くことで検査可能です。硬度測定は、位相と振幅それぞれの出力を座標に表すことで測定できます。グラフのX軸に振幅、Y軸に位相をとります。それぞれ硬度の異なる試験体が分かれて分布していることがわかります。



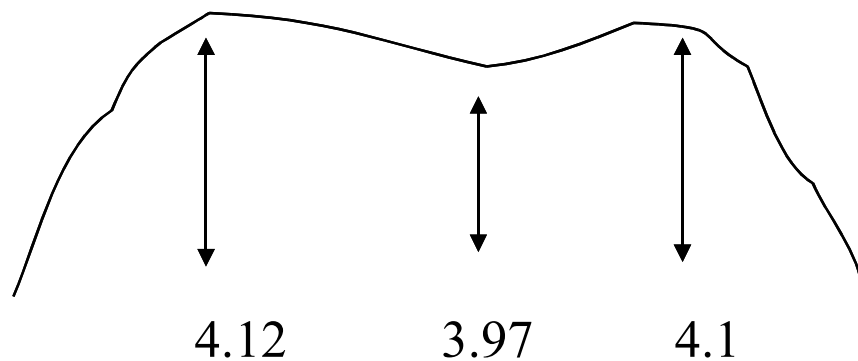
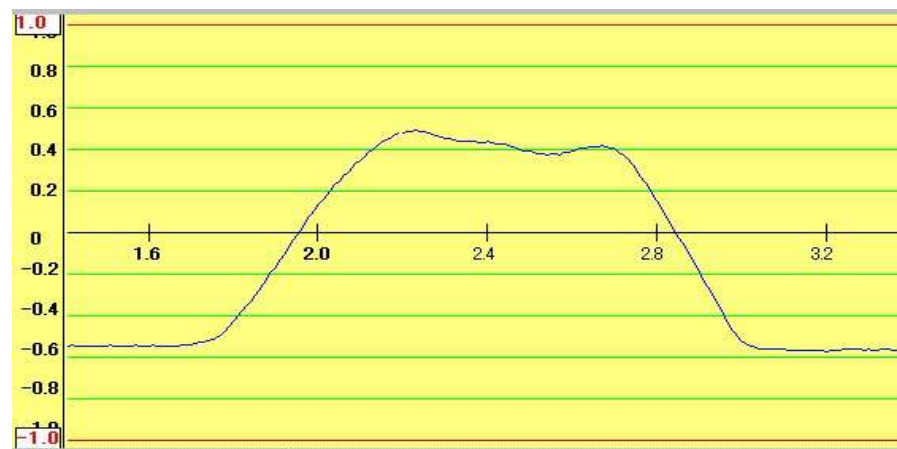
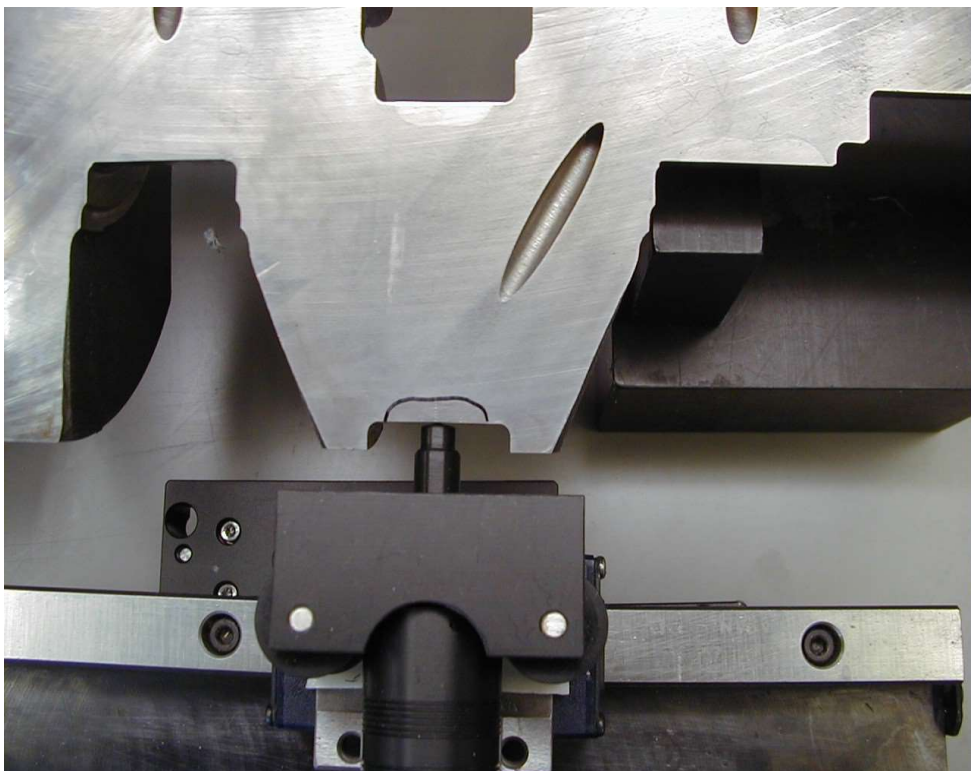
# クランクシャフトの焼入れ硬さ

クランクシャフト軸部にペン型センサを接触させて検査を行います。一度の走査で、焼入れ深さの測定と硬さの分布を測定することが可能です。軸の中心部にいくに従って焼入れが深くなり、また、硬度についても焼きの浅い両端部と中心部と差が現れています。



# クランクシャフトの焼入れ深さ

クランクシャフト軸部にペン型センサを接触させて検査を行います。下図のように硬化層境界の信号を読み取りパターンを描画させることができます。

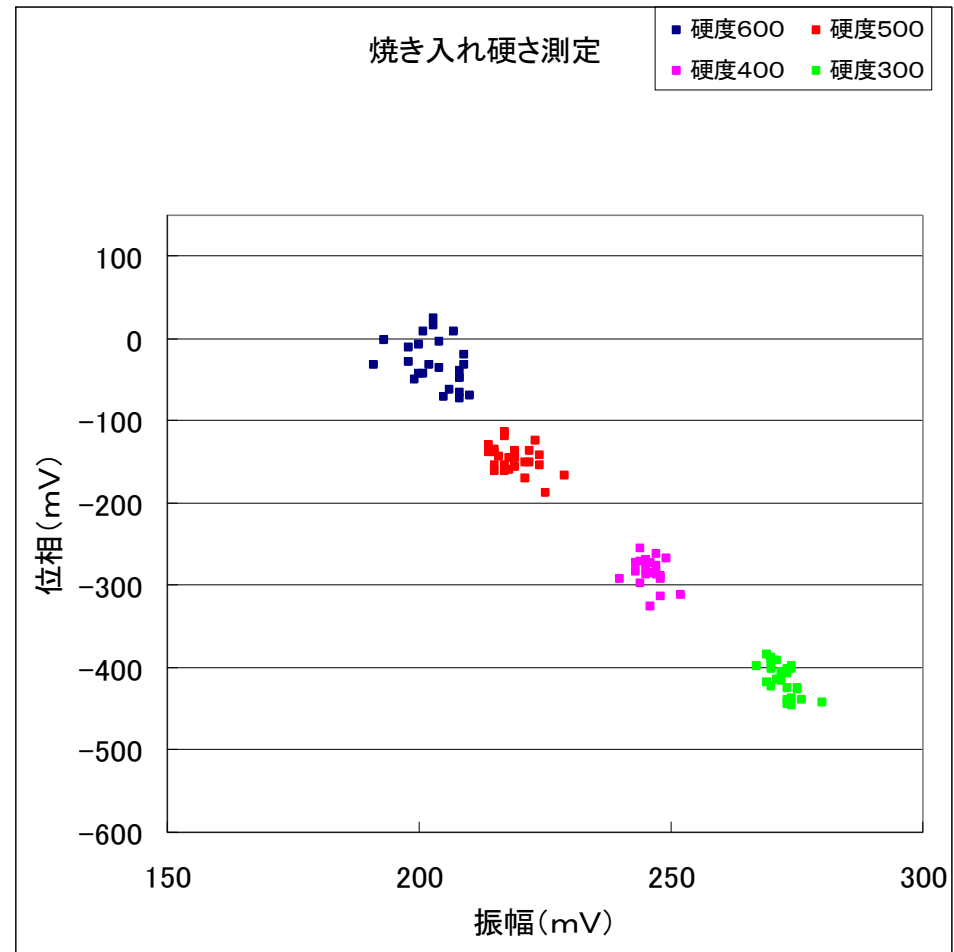


# 焼入れ硬さ測定

※焼入れ硬さの測定が可能です。



	硬度600		硬度500		硬度400		硬度300	
	位相	振幅	位相	振幅	位相	振幅	位相	振幅
1	199	-50	224	-141	245	-270	270	-402
2	191	-32	216	-143	243	-283	267	-398
3	193	-2	218	-159	240	-292	270	-395
4	200	-7	219	-146	245	-269	273	-439
5	198	-28	217	-118	246	-286	273	-402
6	198	-11	218	-146	246	-286	273	-424
7	208	-72	225	-188	252	-311	280	-443
8	202	-32	215	-134	245	-270	271	-392
9	201	-43	214	-138	245	-283	272	-416
10	204	-4	229	-167	248	-289	275	-424
11	200	-43	222	-136	249	-267	274	-402
12	201	8	221	-151	248	-293	274	-446
13	206	-62	217	-161	245	-287	269	-417
14	208	-48	215	-139	245	-274	270	-387
15	205	-71	215	-161	244	-297	271	-414
16	209	-32	221	-171	247	-276	273	-445
17	207	9	219	-136	246	-272	273	-408
18	209	-19	219	-156	246	-326	276	-439
19	208	-66	215	-154	243	-273	270	-423
20	208	-48	214	-130	244	-271	269	-385
21	210	-69	217	-155	248	-313	272	-406
22	204	-36	224	-155	247	-287	274	-437
23	203	24	223	-125	247	-262	274	-399
24	203	15	222	-150	247	-282	275	-426
25	208	-39	217	-113	244	-255	270	-391



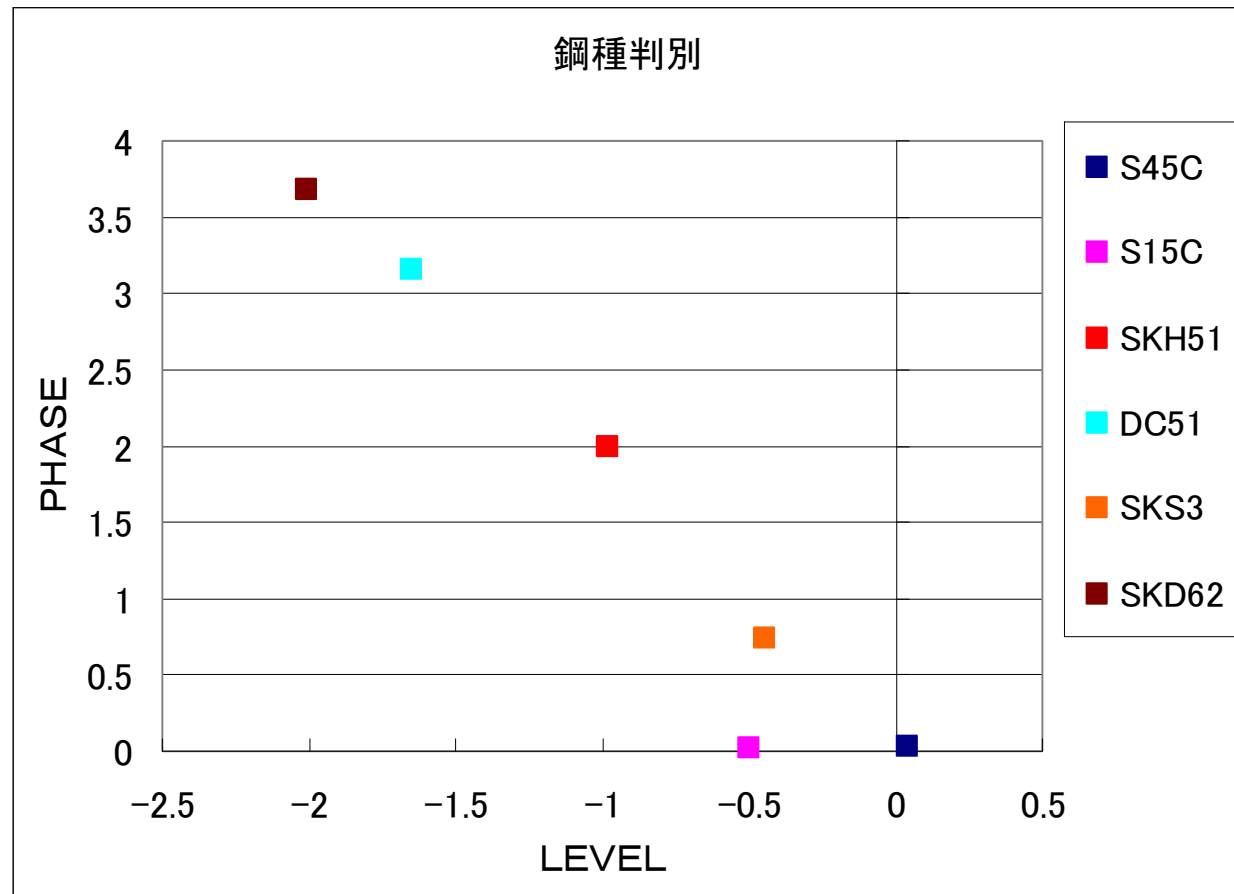
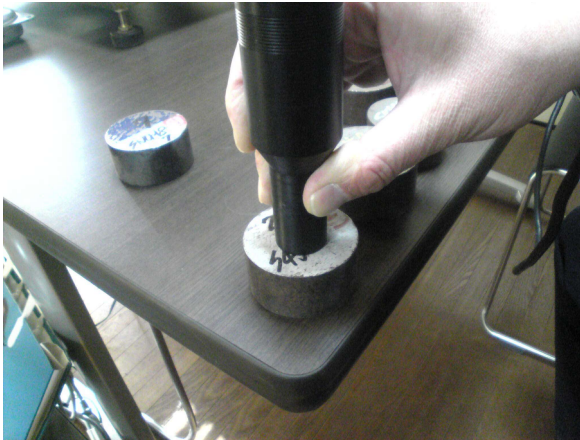
# その他事例



# 鋼種判別

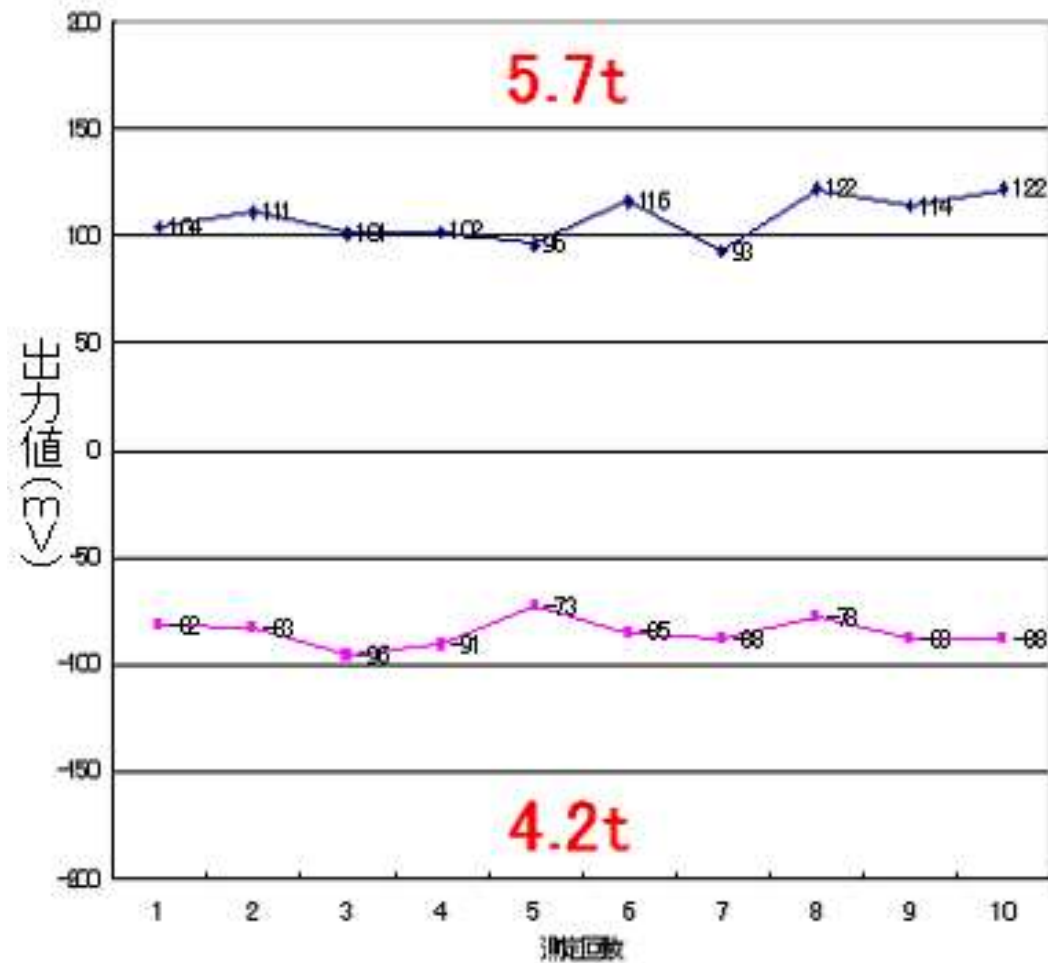
鋼種の判別が可能。

使用鋼材：S45C、S15C、SKH51、DC51、SKS3、SKD62。



# 鉄板厚さ判別

自動車のデファレンシャルギアケース(亜鉛メッキ鉄板)

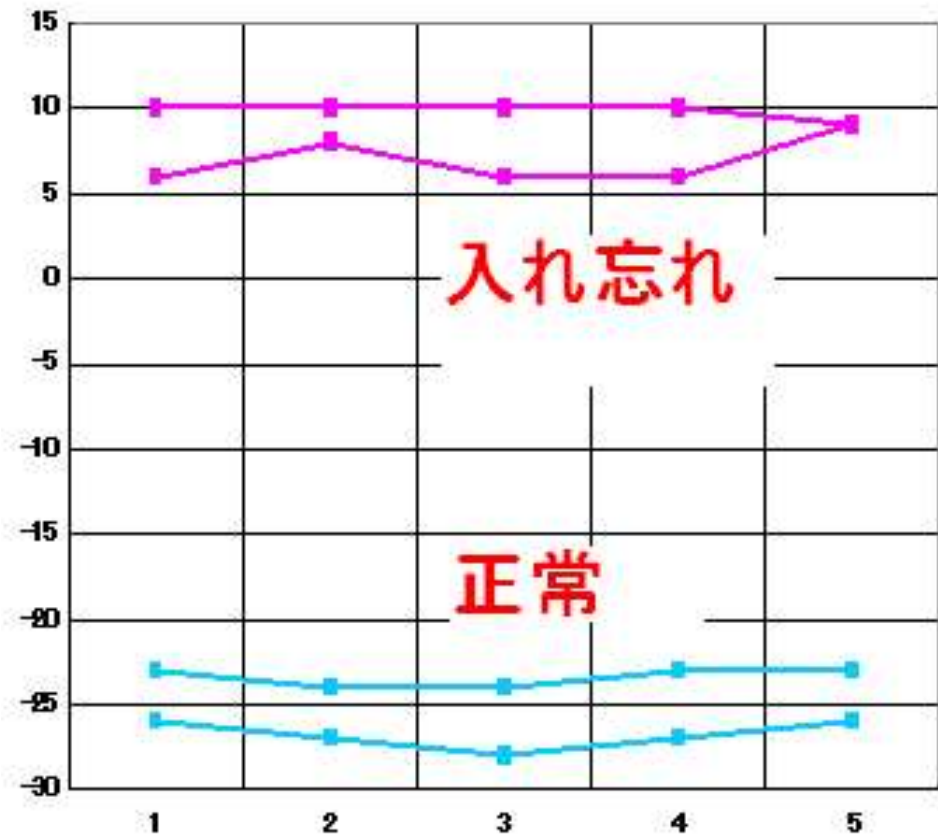
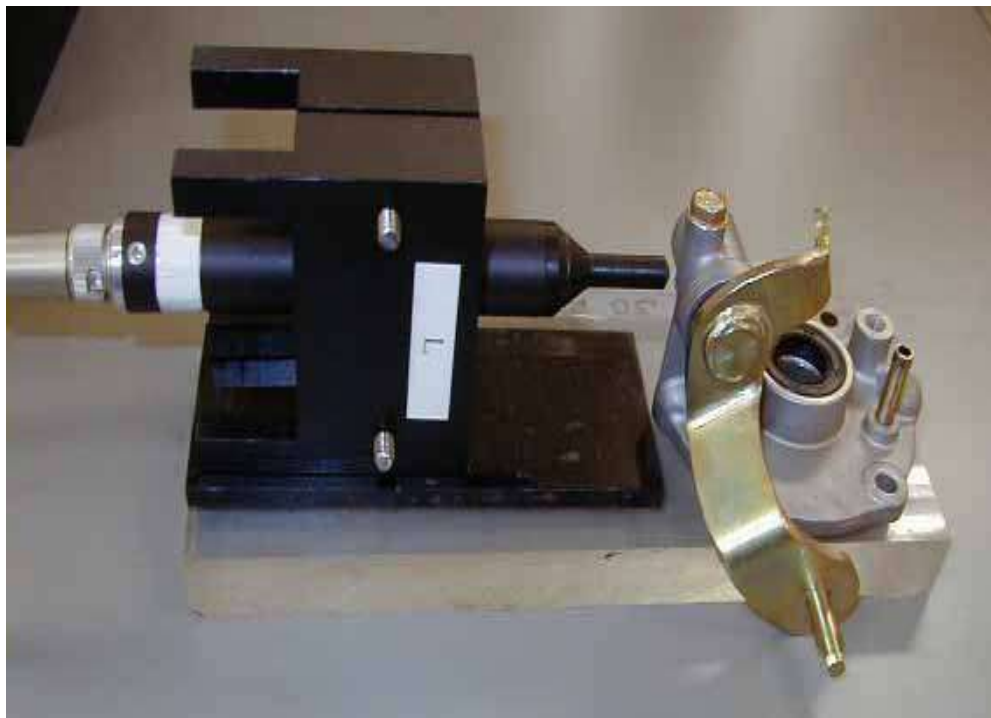


# 部品入れ忘れ検査

組立品のパーツ入れ忘れを検査できます。

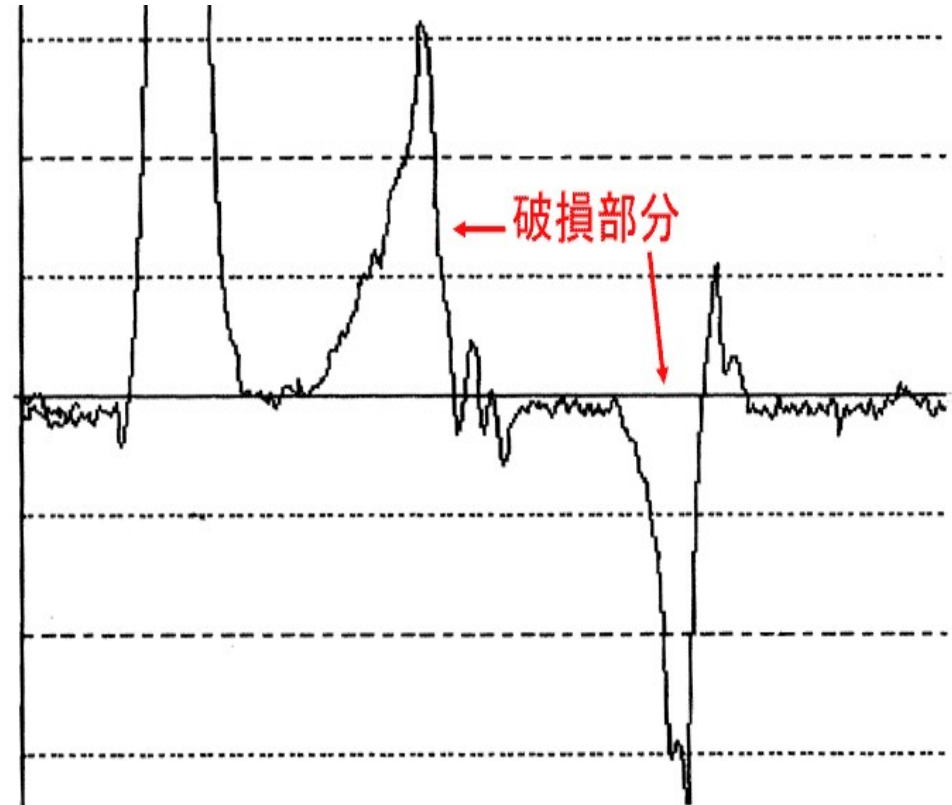
パーツ挿入箇所センサーを当て入れ忘れがあるかどうかを非接触で検査出来ます。

。



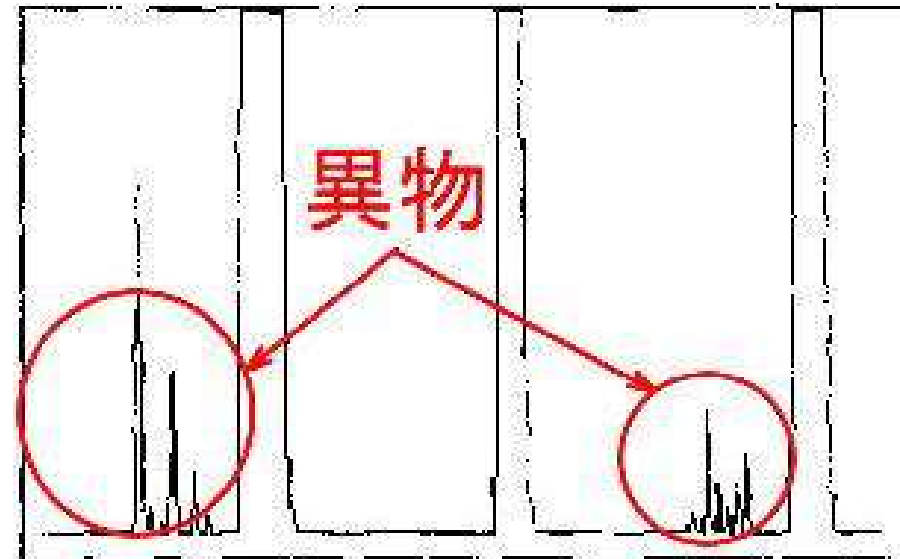
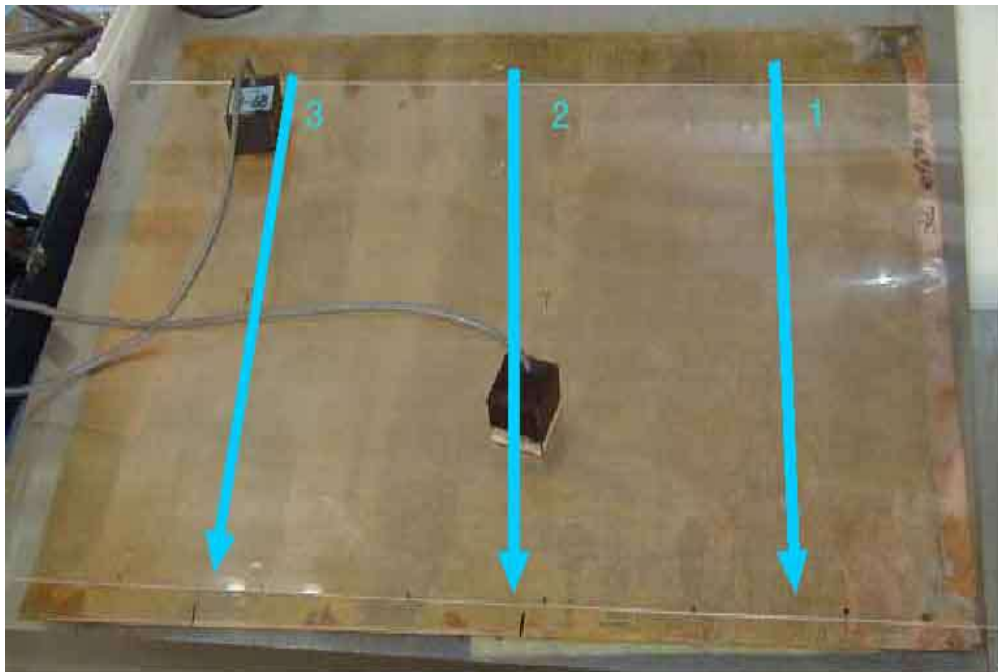
# 保温材付鋼管の欠陥検査

厚さ100mmの保温材の上から、大型ブロックセンサを用いて、鋼管部分にある欠陥の検査を行っています。保温材は約1mmの金属板でおおわれていますが、測定したグラフから2点の欠陥が確認でき、センサが発する磁気が確実に鋼管まで及んでいることがわかります。



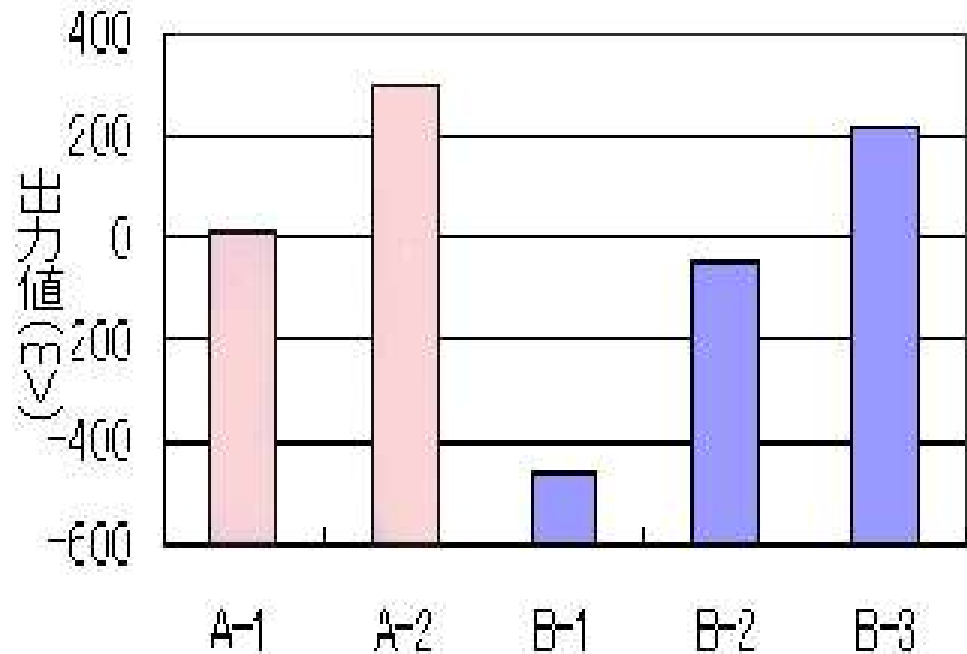
# 金属板異物検査

厚さ約0.5mmの金属板に厚さ1mmのアクリル板をのせ、その上をキューブ状のセンサを走査させて、異物(約10 $\mu$ m)のチェックを行います。左側のセンサは基準センサです。センサは写真矢印方向に、3回走査計測しています。



# 射抜きピン金属疲労検査

2種の射抜きピン金属疲労検査チェックを、リングセンサを用いて行っています。Aのピンは新品と2000回使用したものとの比較を。Bのピンは使用頻度による出力値の変化について検査を行っています。グラフから、いずれのピンにおいても使用頻度によって出力値が大きくなっていくことがわかります。



# 金属疲労検査

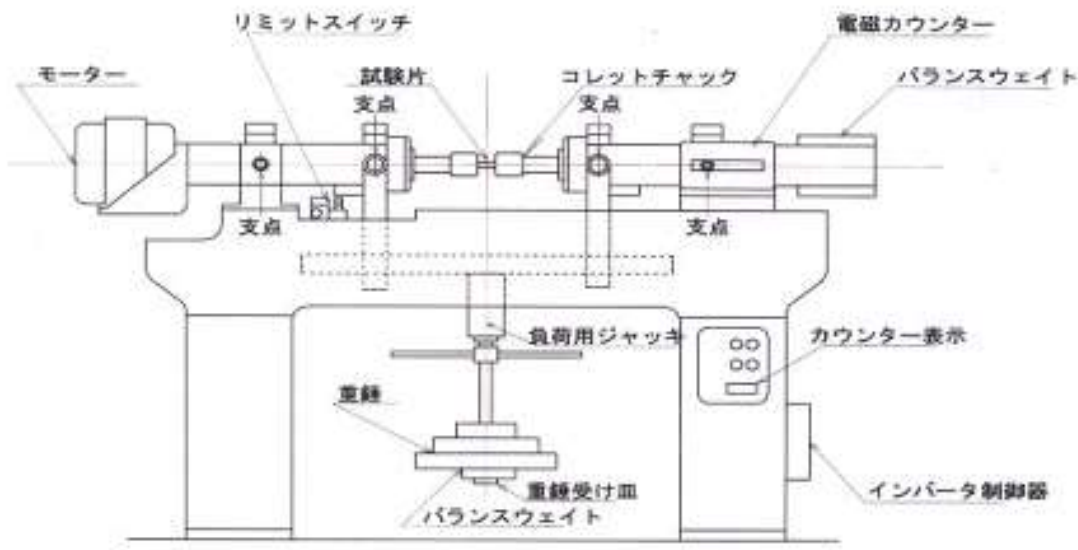
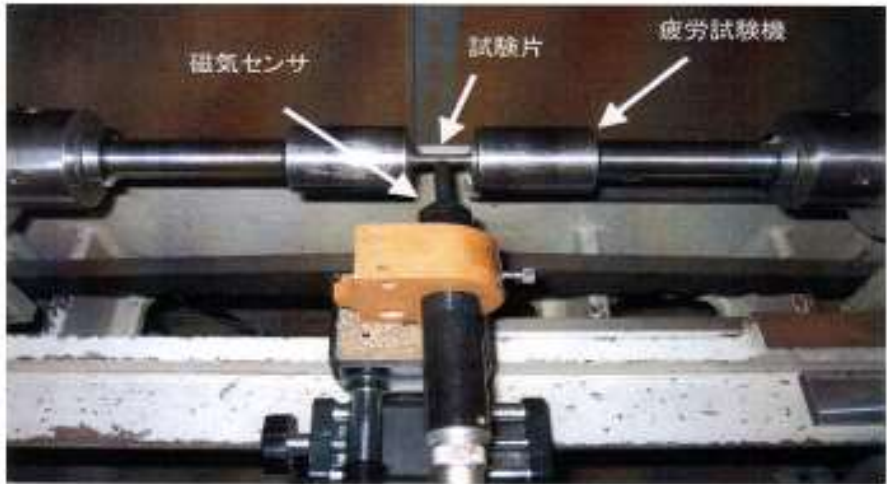
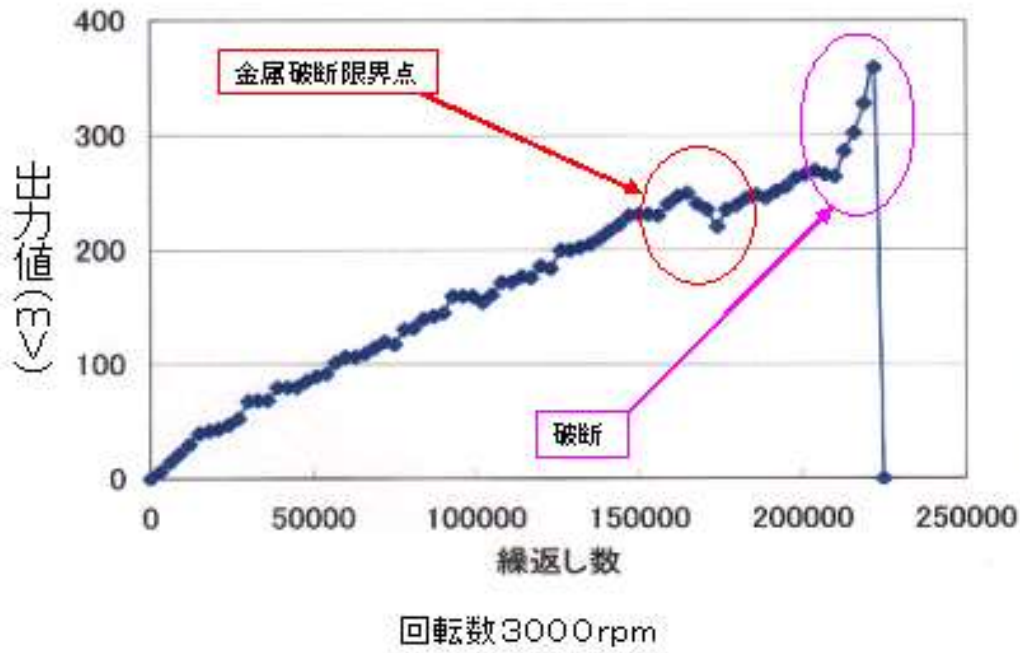
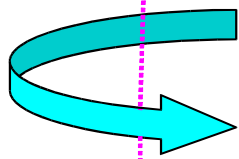


図 3-1 回転曲げ疲労試験機概略図

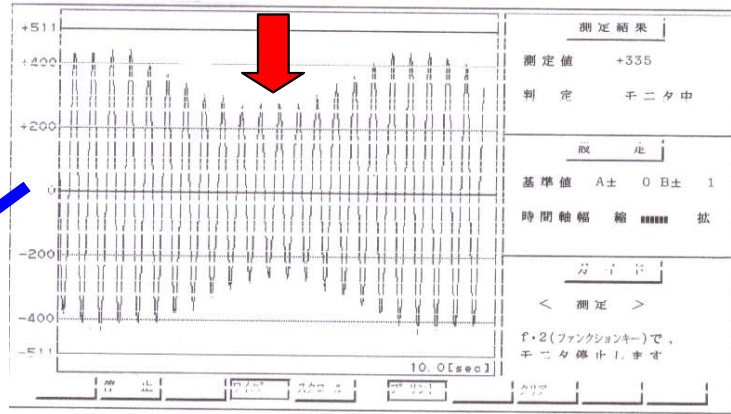
# 金属疲労割れ(クラック)検出

※下記検出は回転装置で回転させて検出しています。

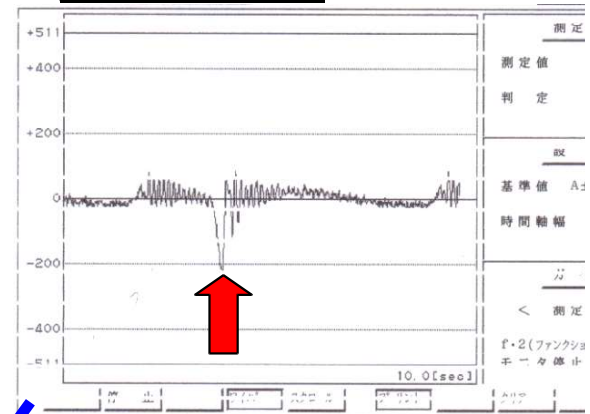


検体名:シャフト

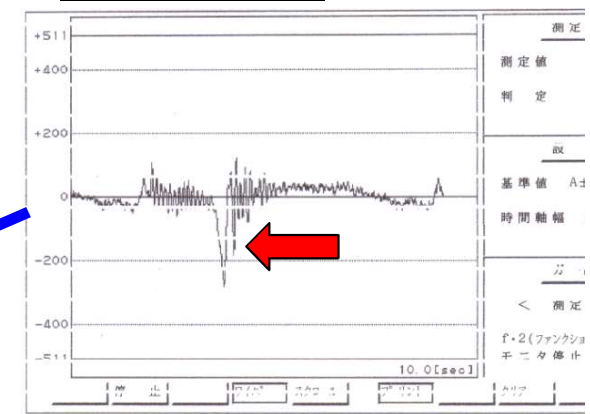
歯車部、内部クラック



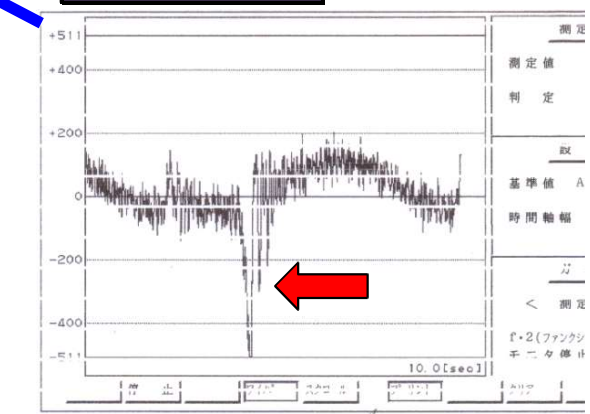
内部クラック



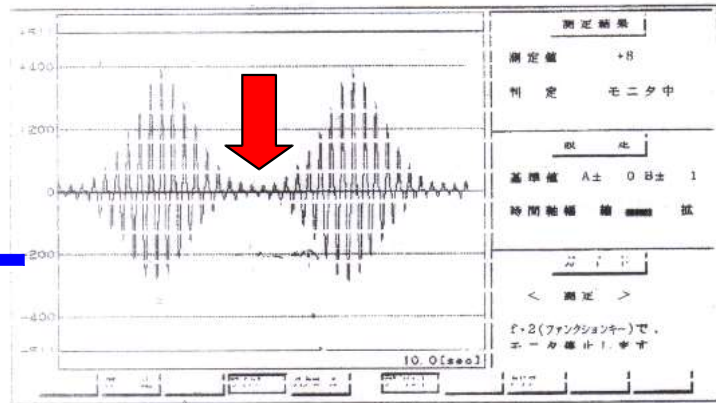
内部クラック



表面クラック



歯車部、表面クラック





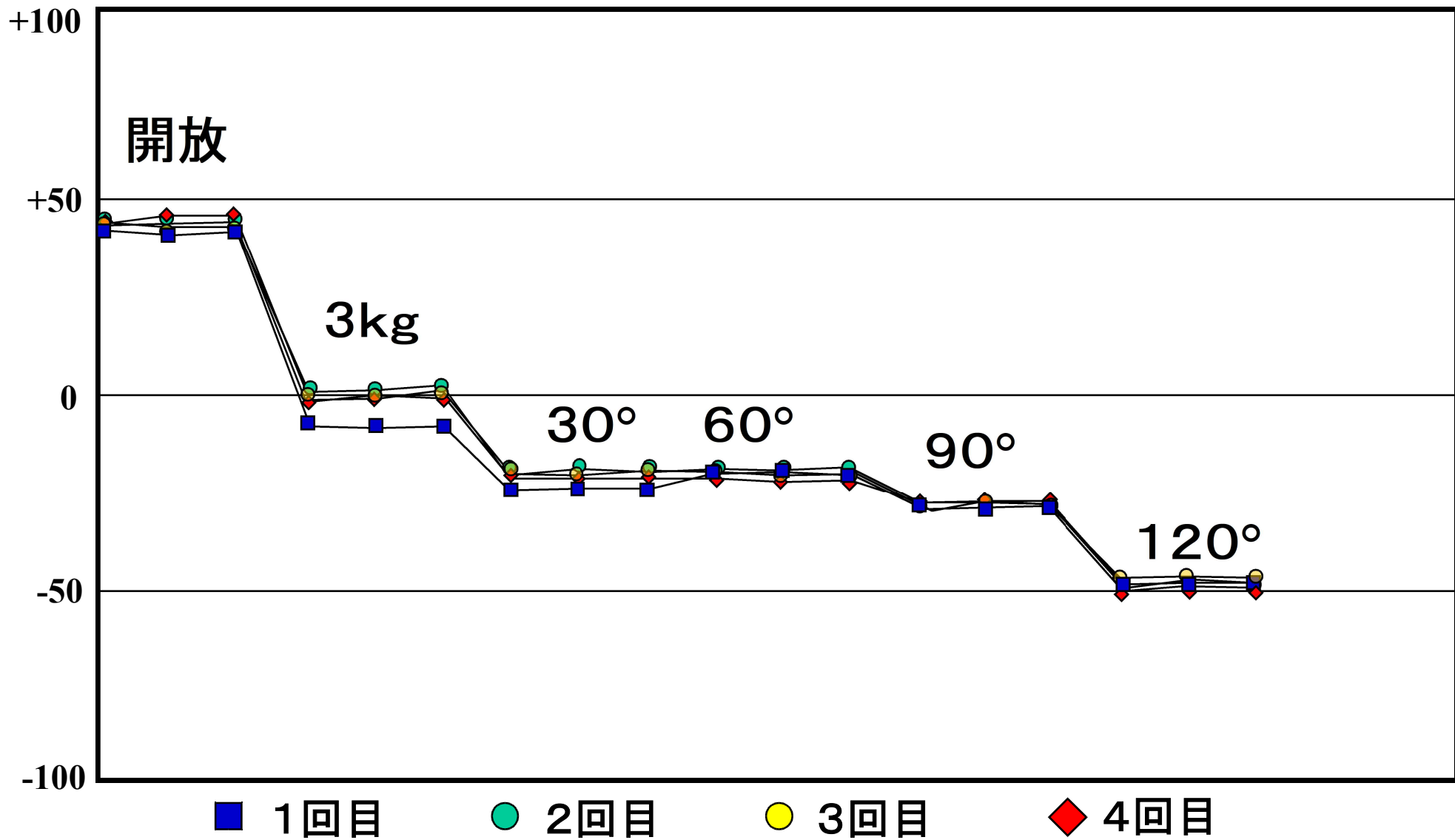
# 軸力測定



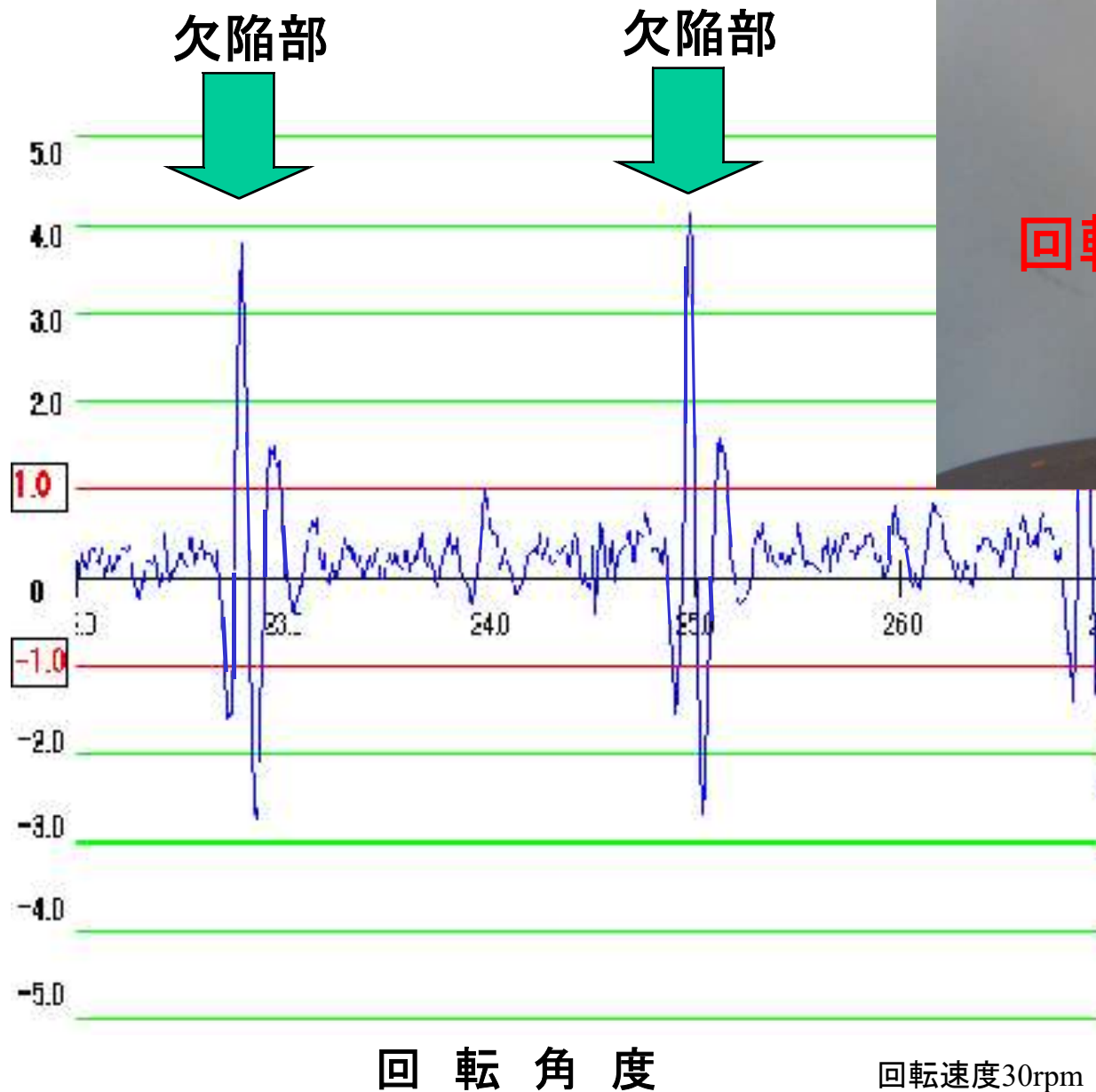
◎DATA No.: K2HDKF9cd1A021-8  
◎ボルト形状: フランジボルト  
◎ボルト材質: SCM435  
◎座金形状: 角度法座金(PCW)  
◎めねじ形状: 六角ナット  
◎潤滑条件: 油付き  
◎締付け回数: 締付け1回目

◎ねじの呼び: M10x60x26(P=L25)  
◎ボルト表面処理: テンパーカラー  
◎ボルト強度: 12.9  
◎座金表面処理: MFZn2-C  
◎めねじ表面処理: MFZn2-C  
◎締付け条件: 4rpmナット締め

# 軸力測定 n=4



# 配管継ぎ手湯境検出



# コンロッド巻き込み検査

