

原子炉冷却系配管超音波探傷技術の 高度化・自動化と実機への適用

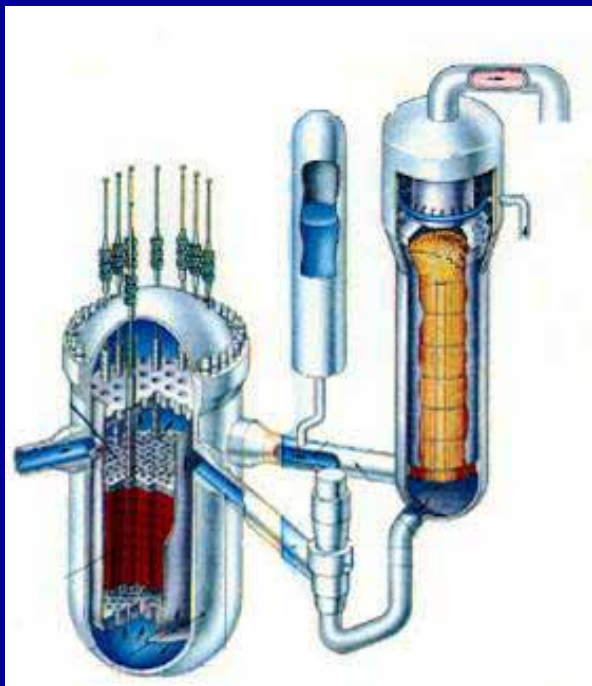


平成18年9月15日

原子力安全システム研究所

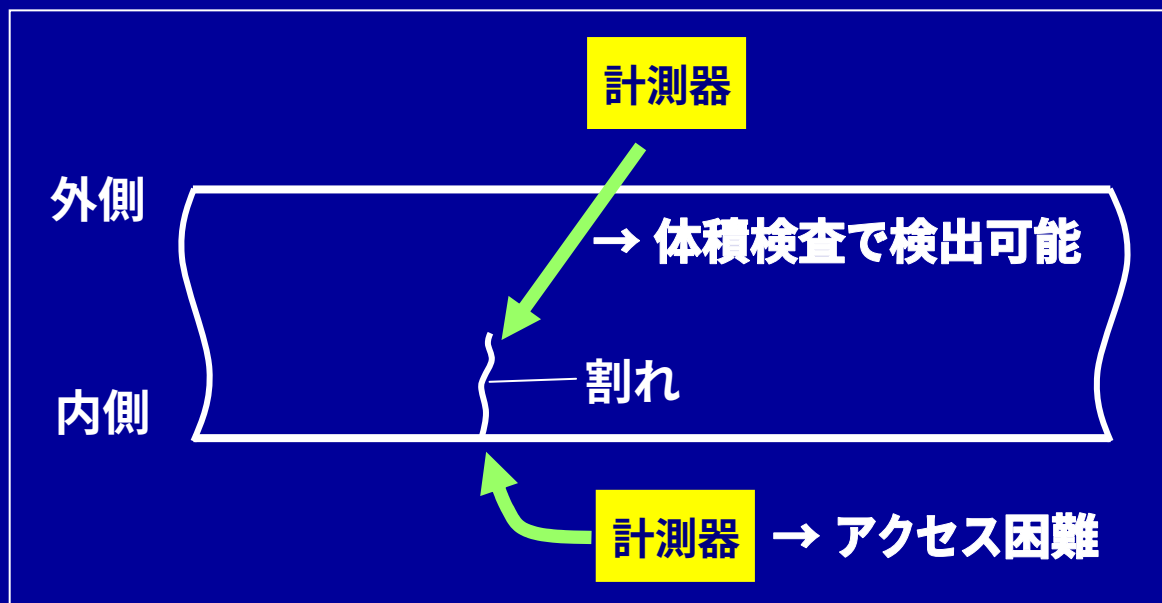
技術システム研究所 高経年化研究センター

検査技術グループ 黒住保夫



PWR1次冷却材系統機器

原子力プラントの高経年化においては、容器、配管内側の流体接触部から発生、進展する応力腐食割れ(SCC)、疲労割れが懸念される。



内側からの計測器のアクセスは困難なことが多い。

機器の外側から材料の内部を通過して割れ等を検出できる**体積検査**が必要である。

現在、体積検査として放射線透過試験(RT)、超音波探傷試験(UT)が利用されている。



放射線透過試験と超音波探傷試験の比較

	欠陥検出性		欠陥情報			
	体積欠陥 (ブローホール)	面状欠陥 (割れ)	形状	長さ	高さ	位置 (深さ)
放射線透過試験(RT)	◎	△	◎	○	△	△
超音波探傷試験(UT)	○	◎	△	○	○	○



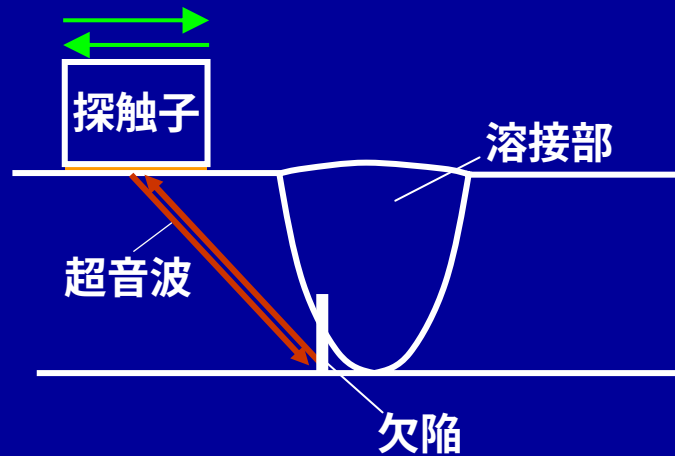
割れのような平面状欠陥に対しては、**超音波探傷試験が有効**である。



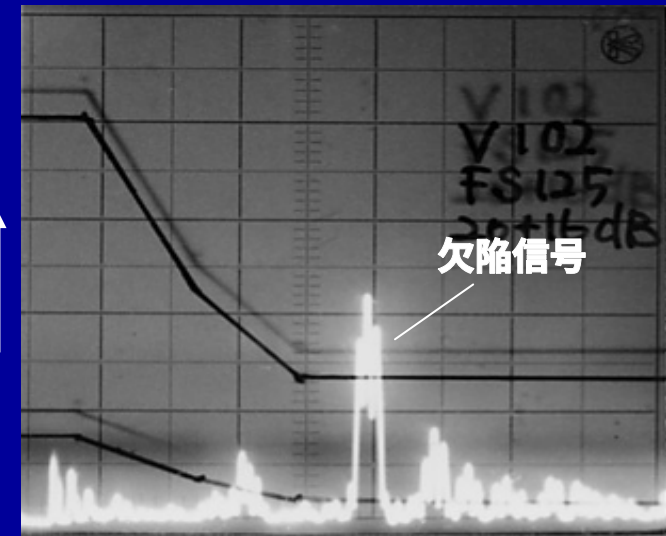
原子力プラント高経年化に対応し、定期検査中に行われる体積検査として主に超音波探傷試験(UT)が用いられている。



INSS検査技術開発の中心課題として超音波探傷試験取り組む。



振幅↑



時間→

Aスコープデータ



検査状況



原子力プラントでの試験環境

- ・放射線
- ・作業姿勢
- ・作業スペース
- ・防護服(手袋)
- ・他作業との干渉

1次冷却材管

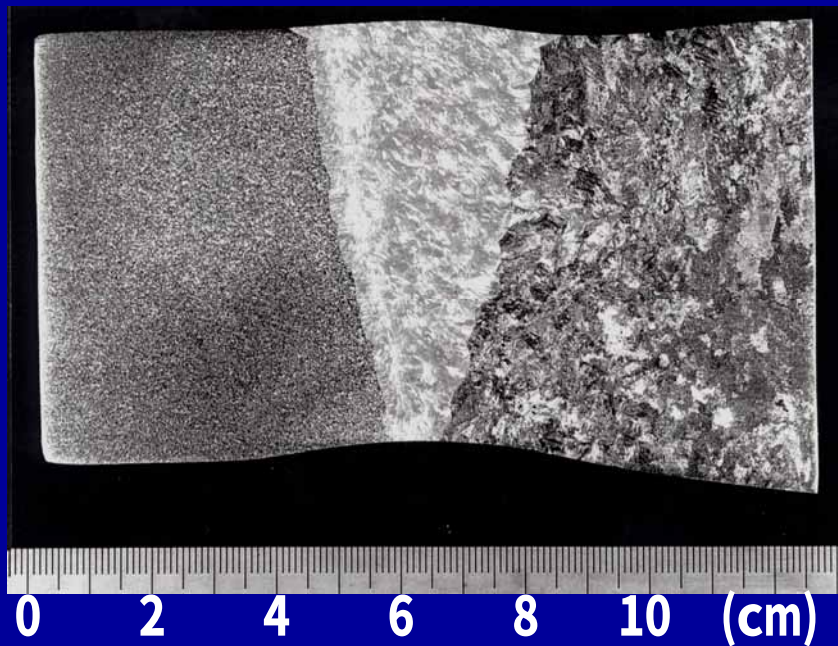
材料： 鋳造ステンレス鋼 CF-8M(ウェスチングハウス社設計加圧水型炉)

溶接箇所数： 数十箇所/1プラント

寸法： 外径830～930mm、板厚65～75mm

ISI(供用期間中検査)対象： 定検毎に超音波探傷検査を実施(手探傷)

ステンレス鋼 溶接金属 鋳造ステンレス鋼



溶接部断面マクロ写真

鋳造ステンレス鋼の特徴

1. 粗大結晶粒
2. 結晶異方性



1. 超音波の散乱、減衰
2. 超音波の偏向



1. 欠陥識別性低下
2. 欠陥位置誤認



超音波探傷が困難

高感度超音波探傷システムの開発

1. 探触子の最適化

- ・大口径集束2振動子探触子の開発による高感度化
 - 大型化による高エネルギー超音波の発信
 - 球面、2振動子型の採用による超音波の集束

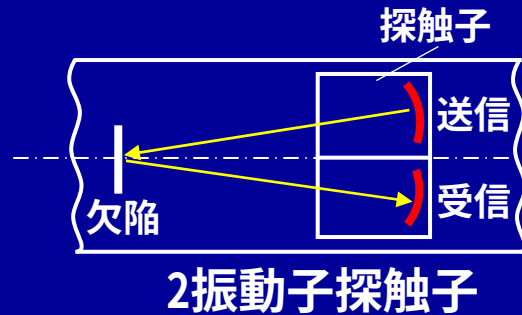
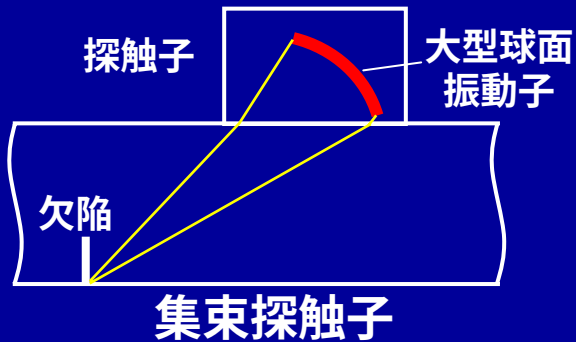
2. 自動超音波探傷システムの採用

- ・探傷作業時の被ばく低減
- ・探傷結果の画像表示による欠陥識別性向上
- ・作業現場から離れた探傷結果の評価

3. 実機1次冷却材管での検証試験

- ・自動超音波探傷システムの操作性、作動性確認
- ・作業被ばく量の評価

大口径集束2振動子探触子の開発



低周波数：0.5～1MHz

超音波を集束させる
ことにより、散乱減衰
を補償する。

高感度な探触子が
完成した。

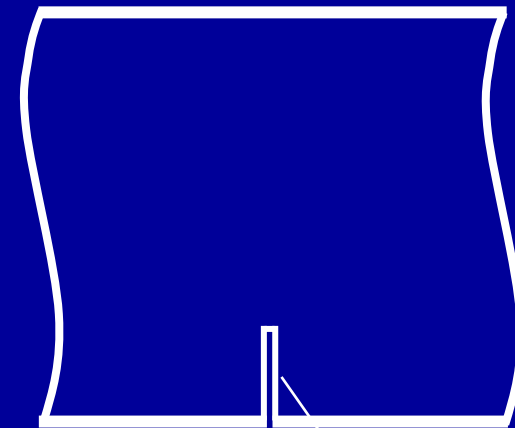
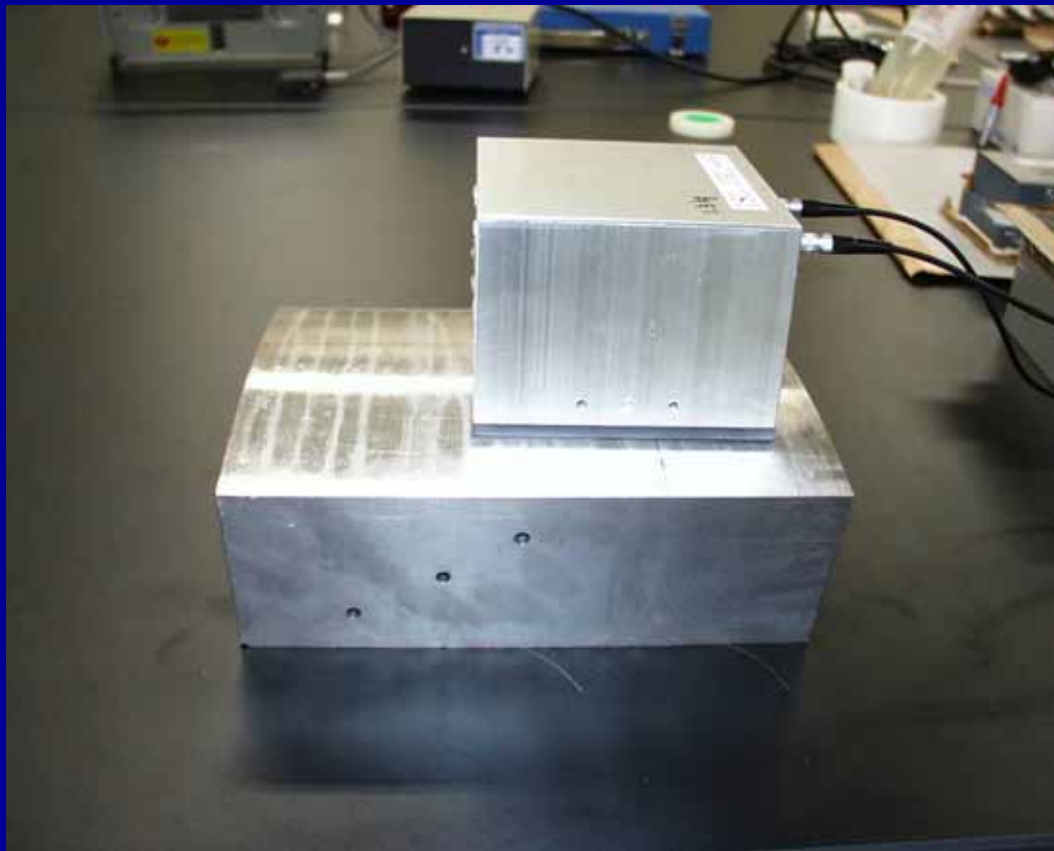
両方の長所を併せ持った探触子を開発



1. 放射線環境下での
手探傷は困難
2. 探傷結果の画像表示
による欠陥識別性の
向上

自動超音波探傷
を採用

厚さ70mmの鋳造ステンレス鋼較正試験片中の
深さ3.5mmの放電加工スリットに対する感度確認

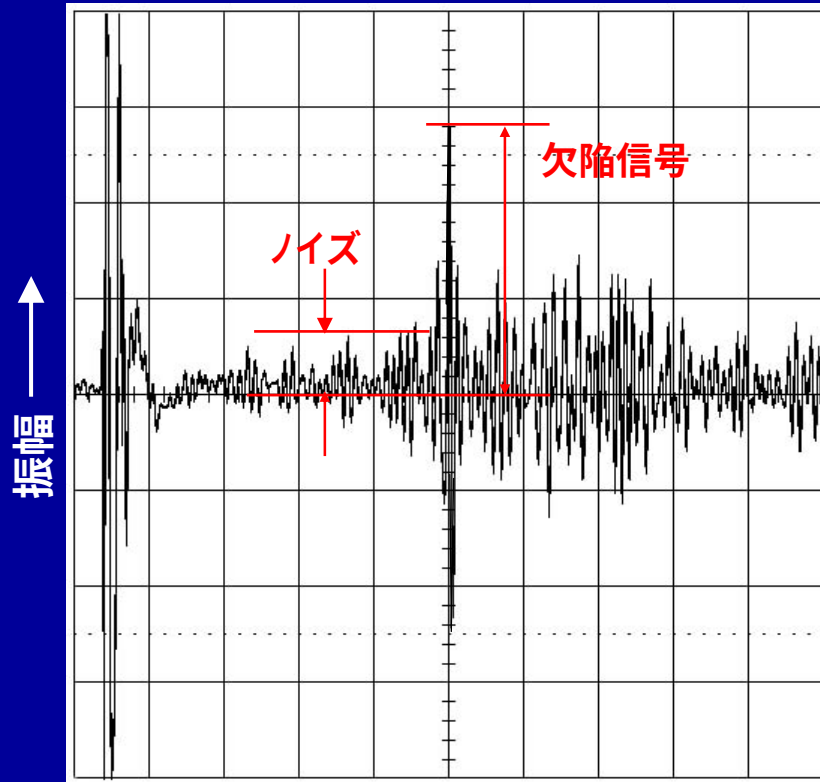


放電加工スリット

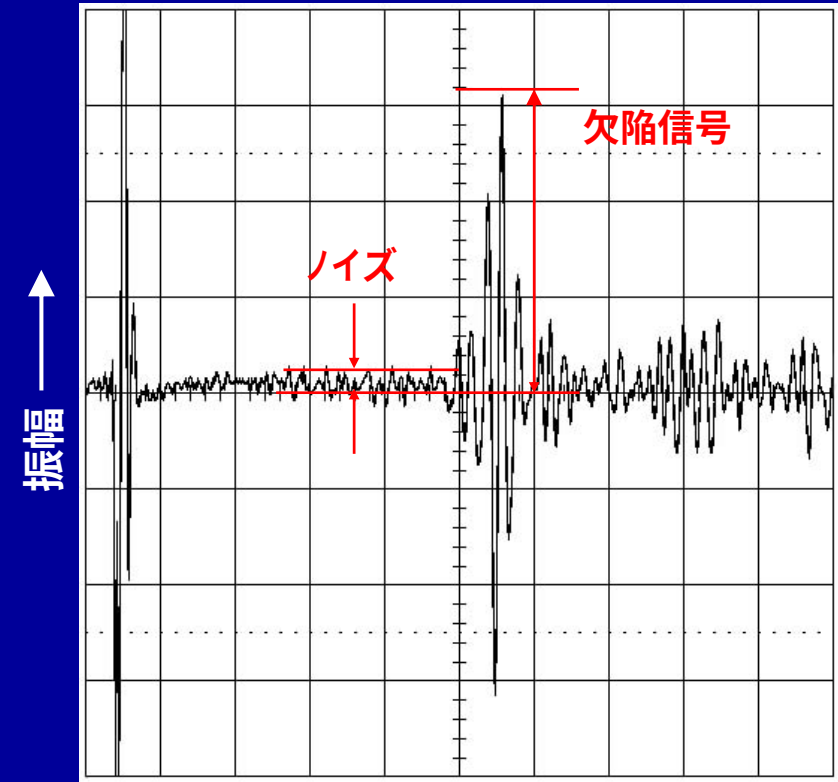
欠陥に対する探傷感度

8

厚さ70mmの鋳造ステンレス鋼試験片中の放電加工スリットに対する感度



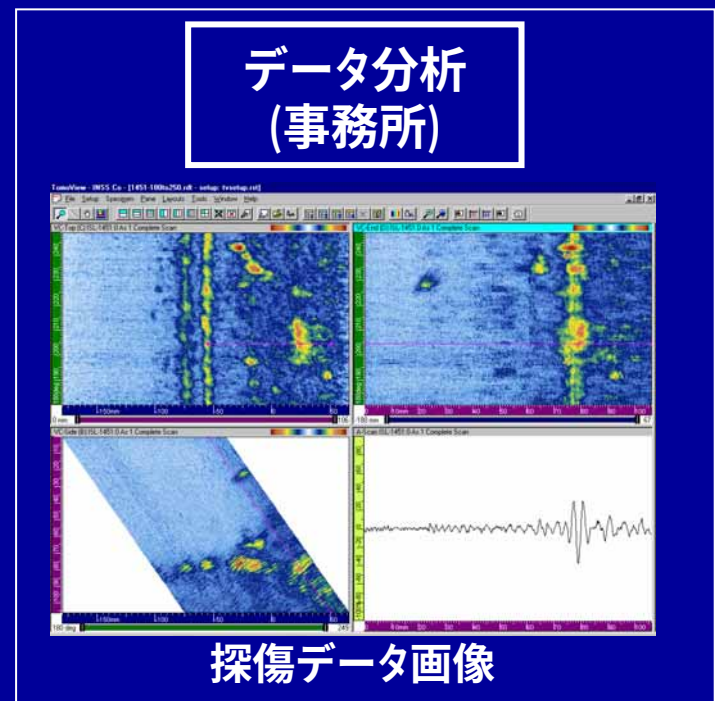
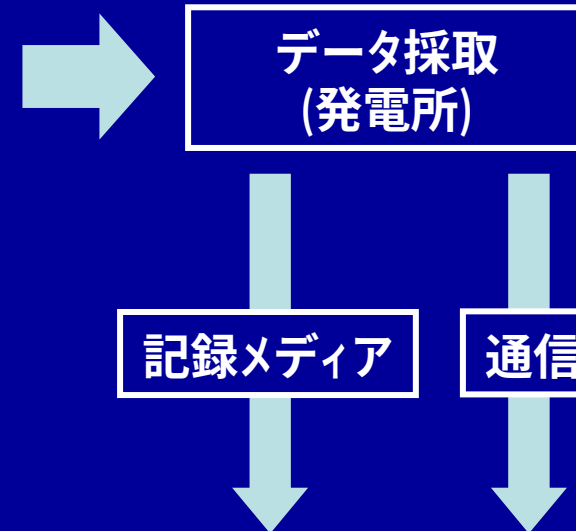
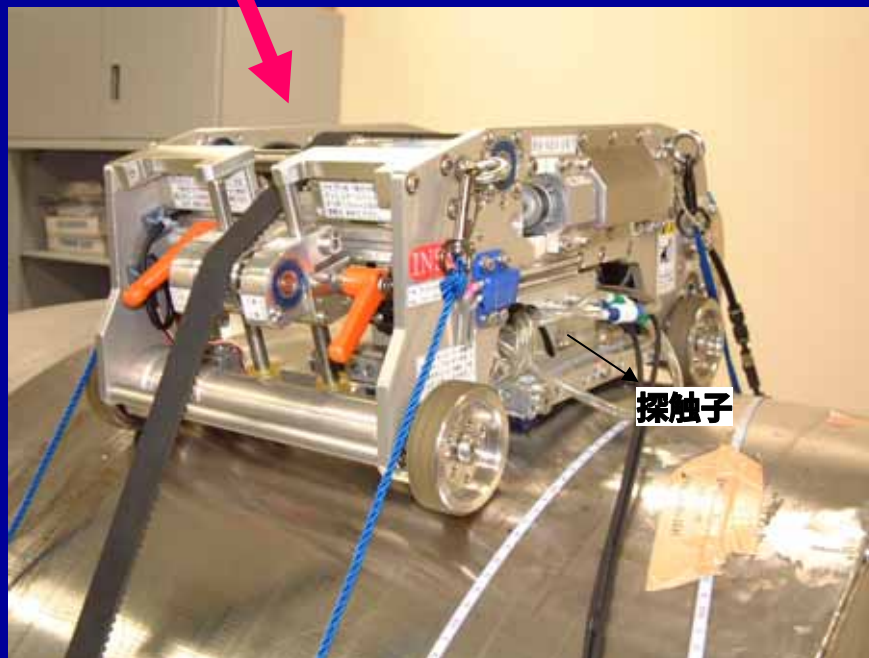
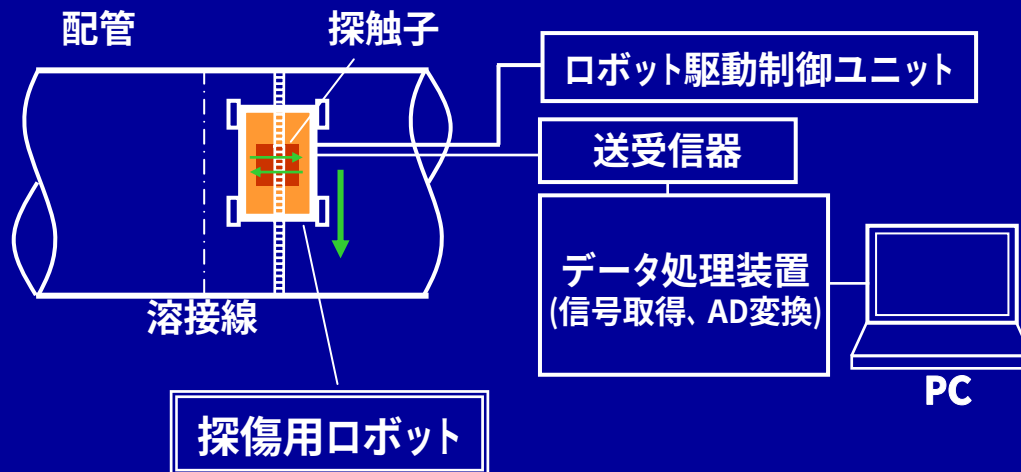
従来型探触子
SN比 = 4



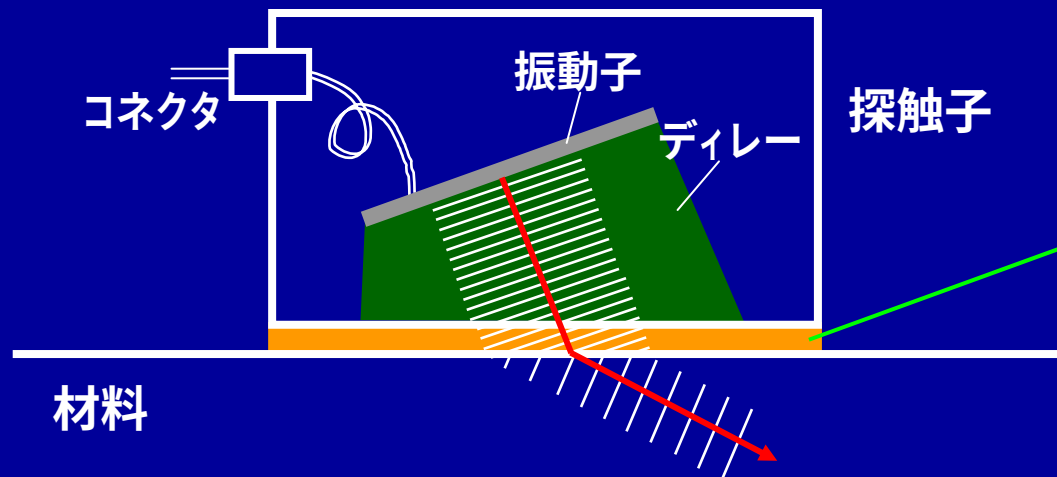
大型集束2振動子探触子
SN比 = 20

感度が5倍向上した。

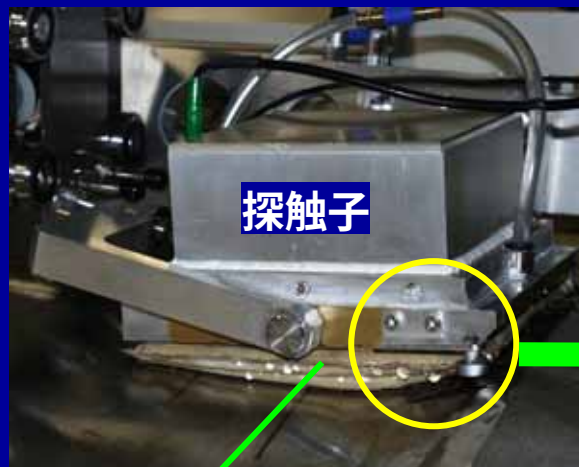
配管自動超音波探傷装置



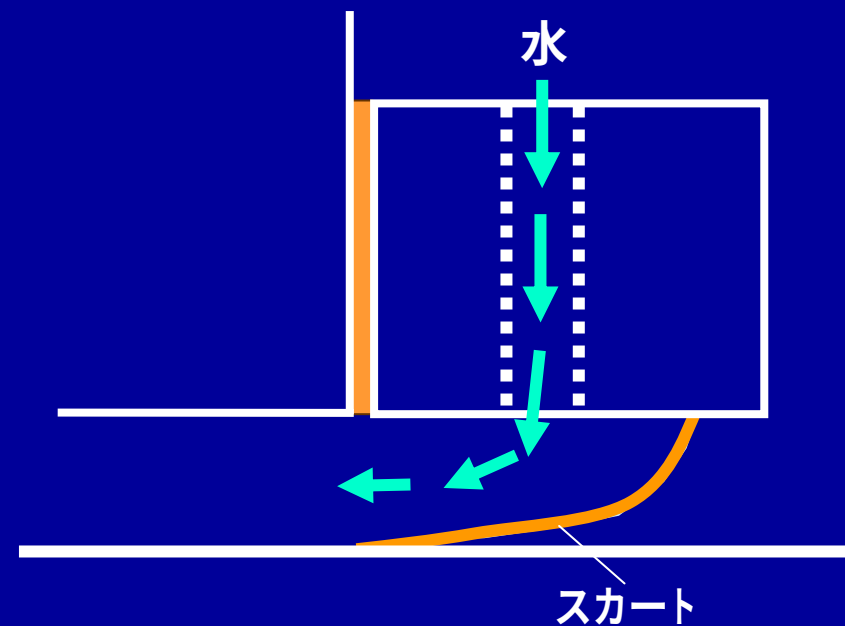
探傷データ画像



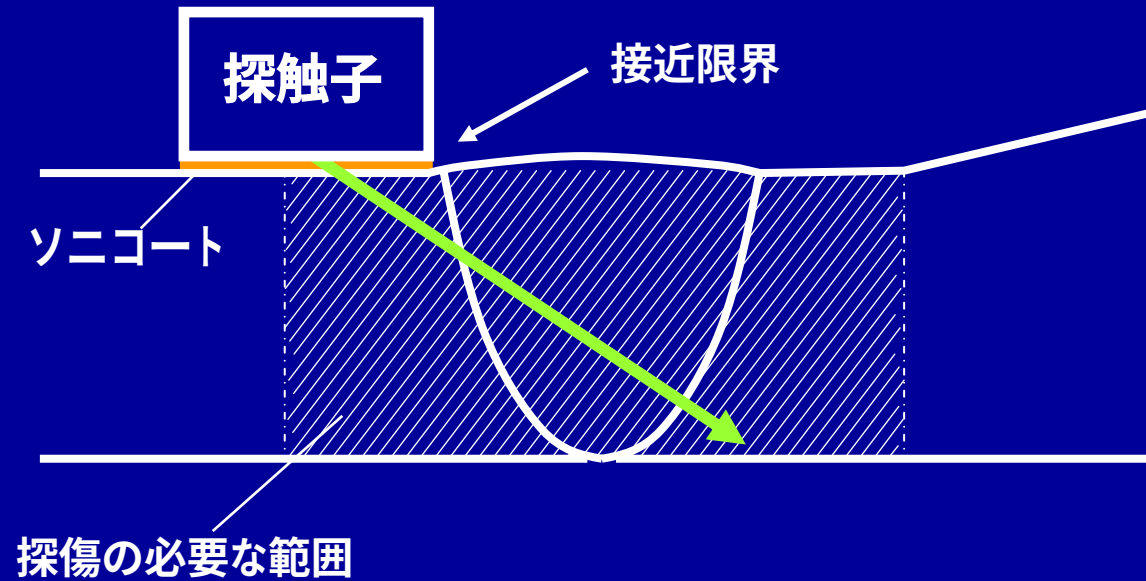
探触子と材料間の超音波伝達効率を確保するために、油、水等の媒質が必要



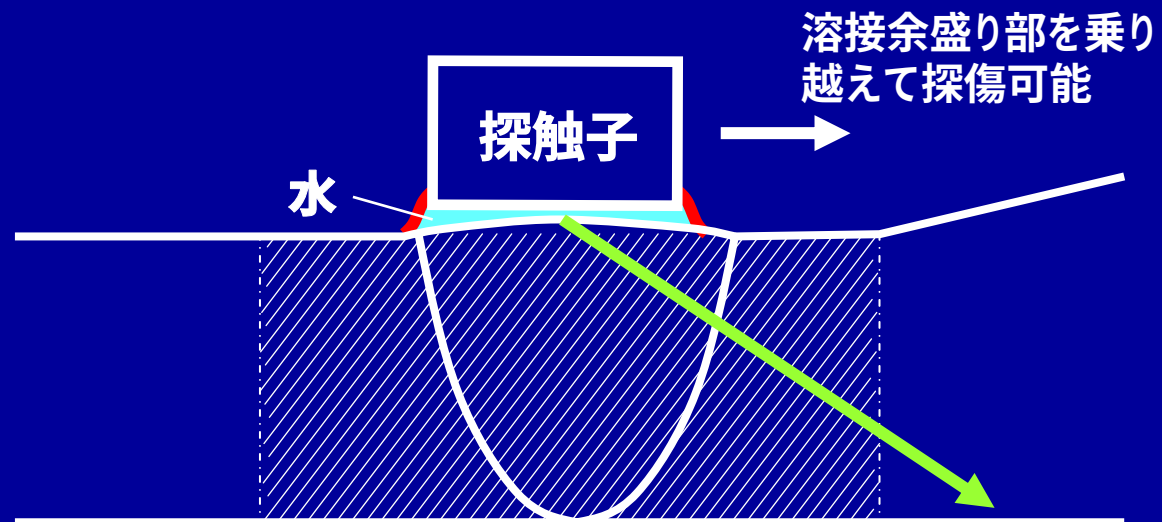
局部水浸治具



ソニコート
(グリセリンペースト)



局部水浸方式



動画

探傷データ数(Aスコープ数) : $140 \times 330 = 46200$
 サンプル周波数 : 16MHz
 Aスコープ分解能 : 8ビット
 データ長 : $25\mu\text{sec}$
 データ伝送量 : 28kbps

1ファイルの容量 : 18MB

Cスコープ

探触子
位置

周方向

軸方向

Bスコープ

材料表面

溶接部

材料内面

溶接中心位置

材料表面

欠陥

Dスコープ

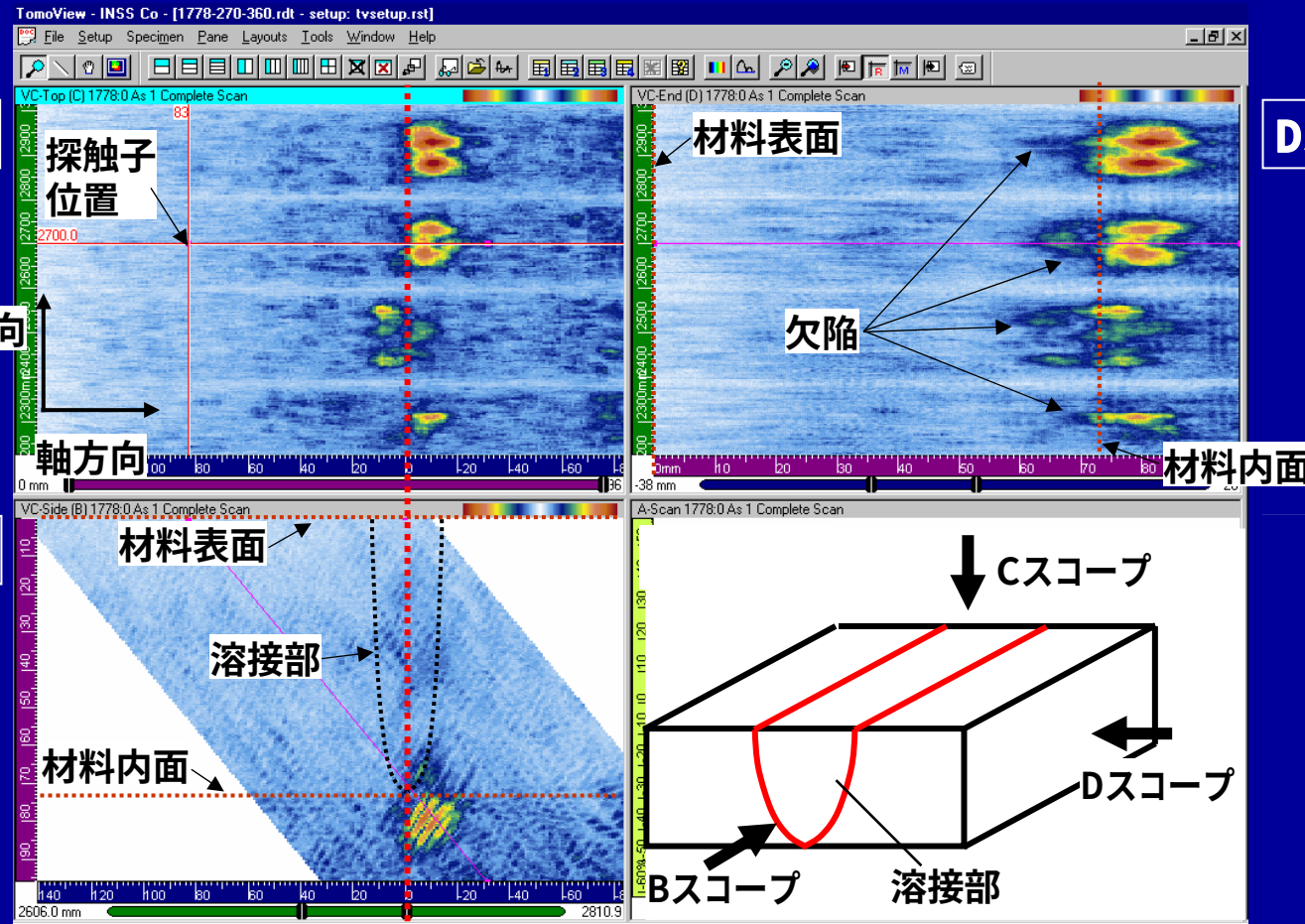
材料内面

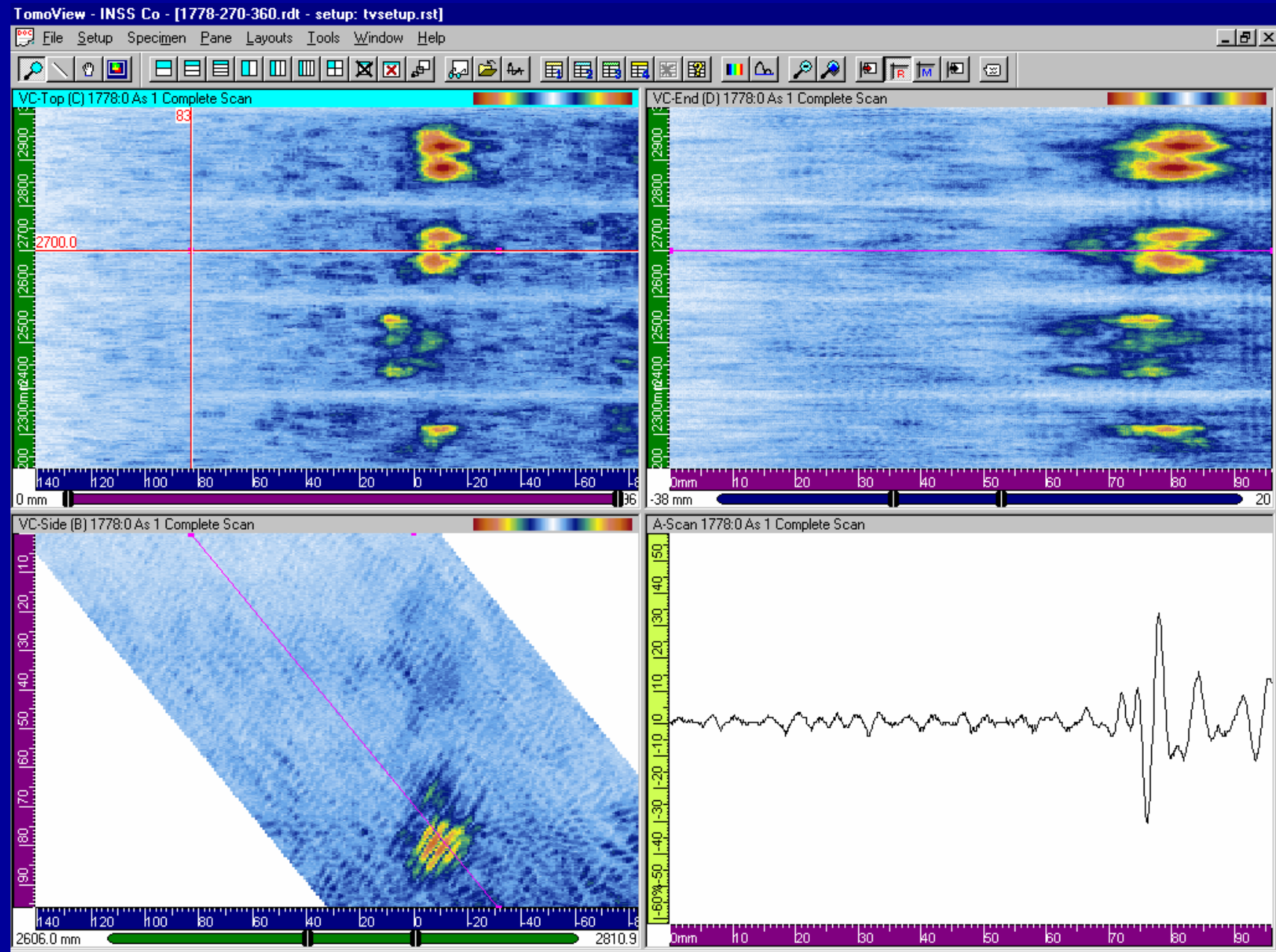
Cスコープ

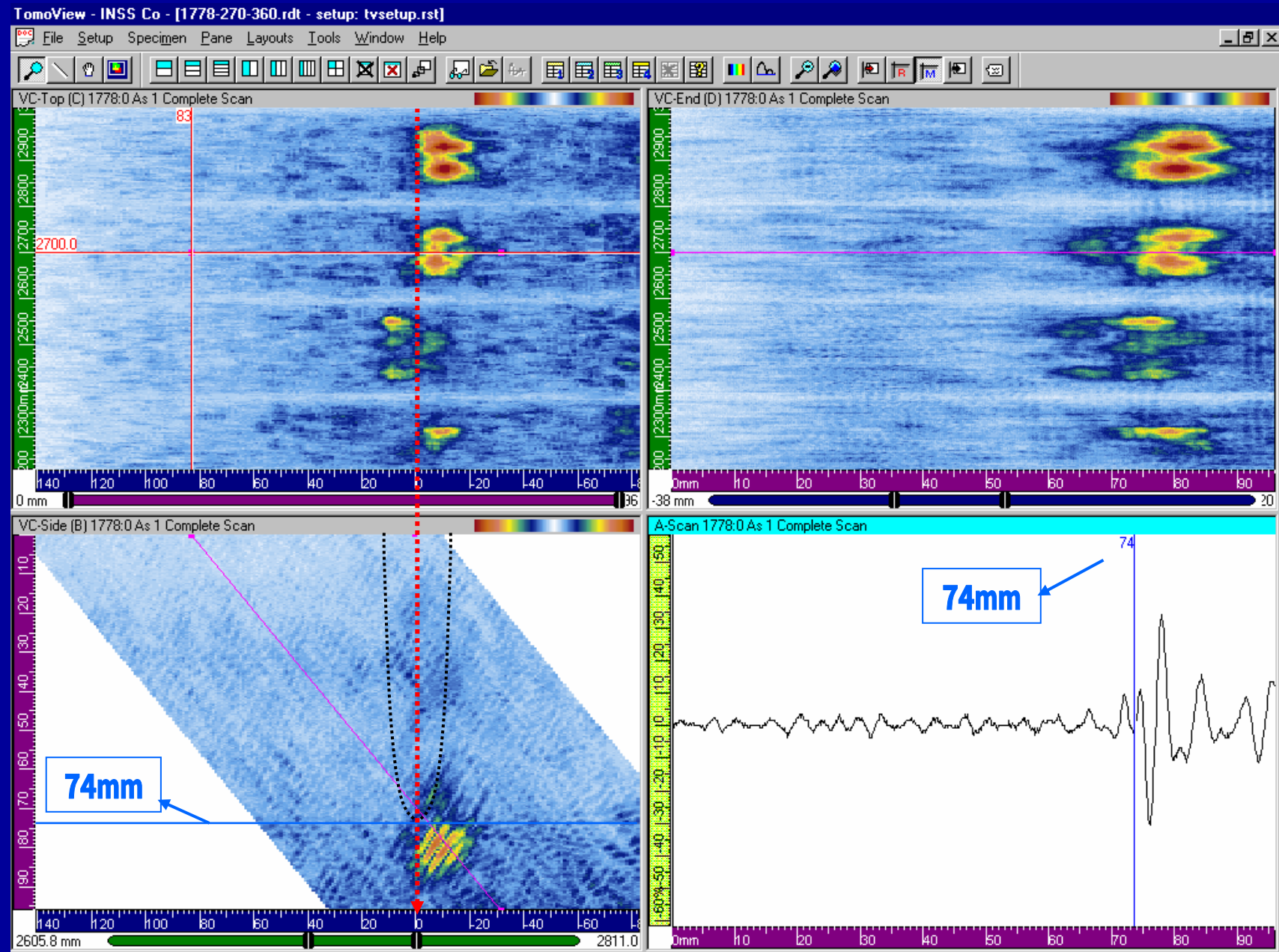
Dスコープ

Bスコープ

溶接部



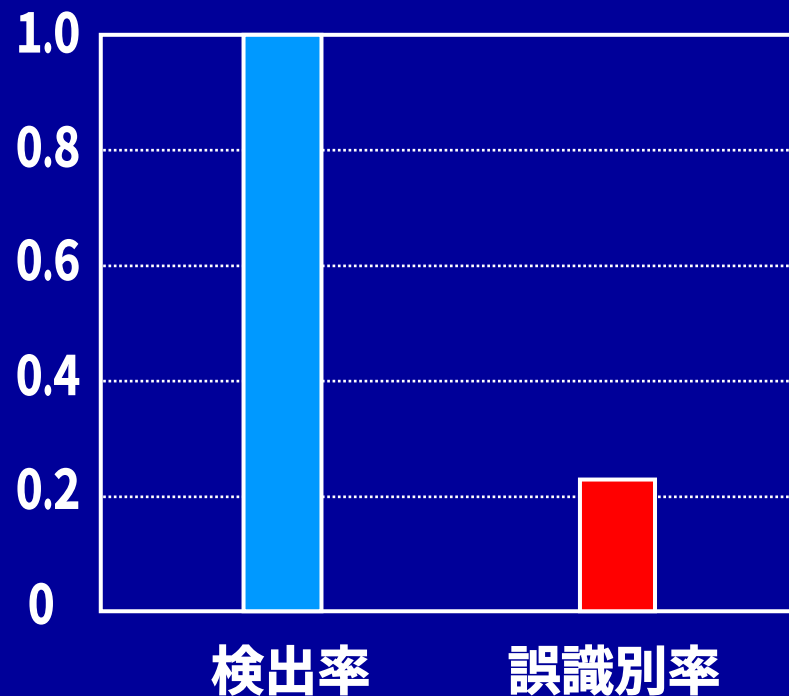
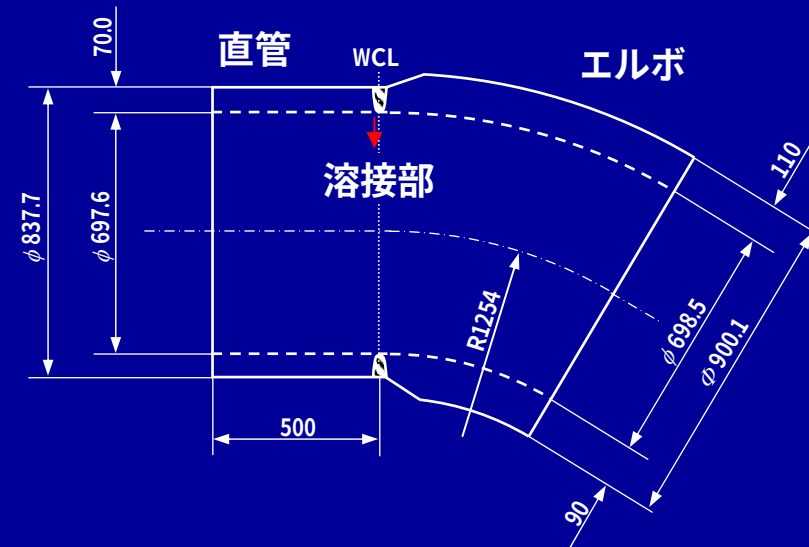




1次冷却材管模擬試験体の超音波探傷結果(検出率、誤識別率) 16

欠陥種類、深さ、長さ、位置

No.	種類	深さ	長さ	位置
1	溶け込み不良	20%t	377mm	エルボ側
2	EDM スリット	10%t	44mm	エルボ側
3	疲労割れ	30%t	83mm	エルボ側
4	EDMスリット	30%t	151mm	エルボ側
5	EDMスリット	40%t	170mm	エルボ側
6	EDMスリット	30%t	130mm	直管側



検出率 = 検出数 / 欠陥の総数

$$6/6 = 1.0$$

誤識別率 = 誤識別数 / 信号の総数

$$2/8 = 0.25$$

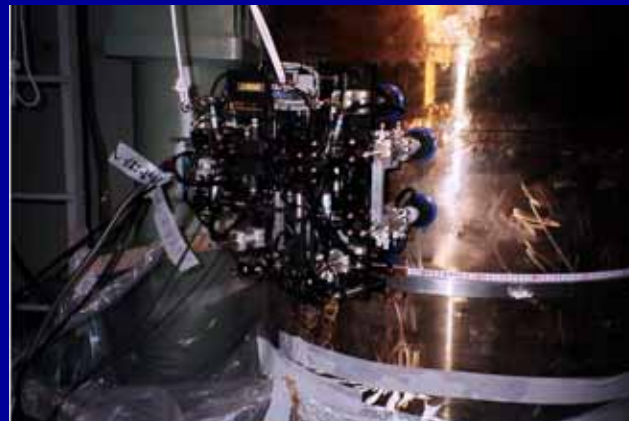
探傷用ロボットの小型・高速化および操作性向上

17

	第1世代	第2世代	第3世代
装置名	PIMMS	Locus-t	BS-930
駆動方式	モーター駆動ベルト式	エア駆動歩行式	モーター駆動ベルト式
重量	29kg	16kg	15kg
寸法(mm)	900L x 670W x 200H	420L x 400W x 240H	400L x 300W x 200H
探傷速度	2時間／周	1時間／周	30分／周
取付取外	3人×30分	2人×10分	2人×5分



美浜2号機

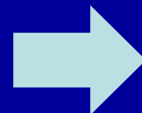


美浜3号機、高浜1号機、
高浜2号機、大飯3号機



大飯1号機、大飯2号機

実機での使用経験を反映



探傷速度は4倍、操作性は9倍向上
(小型化によりアクセス性も向上)

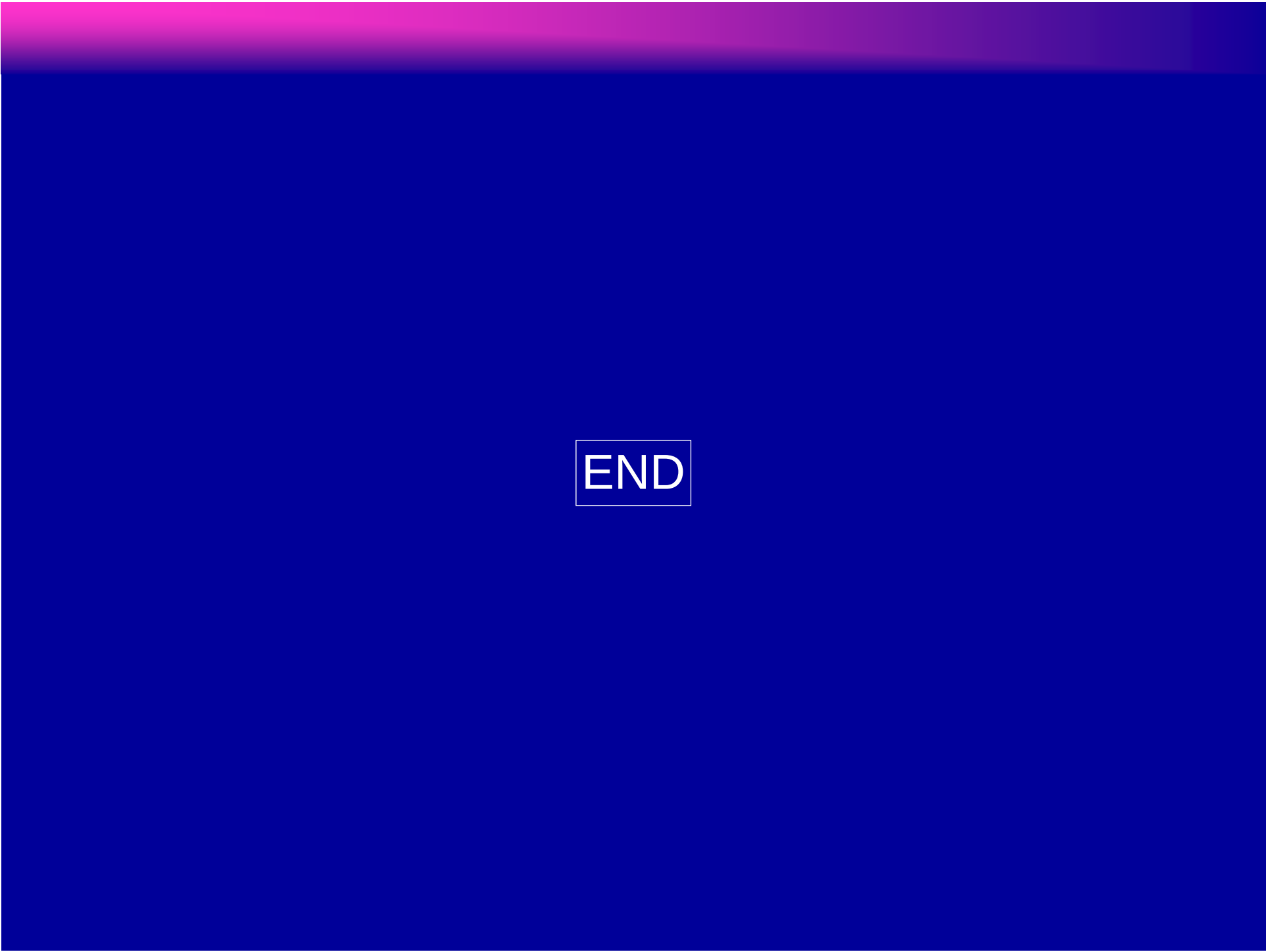


成 果

1. 深さが板厚の10%以上に相当する欠陥の検出可能。
2. 欠陥誤認識率25%。
3. 実機で自動超音波探傷装置の動作検証済み。

今後の課題

1. 誤識別率の低減。
2. 深さ、長さサイジング(寸法同定)精度の検証(実施中)。



END