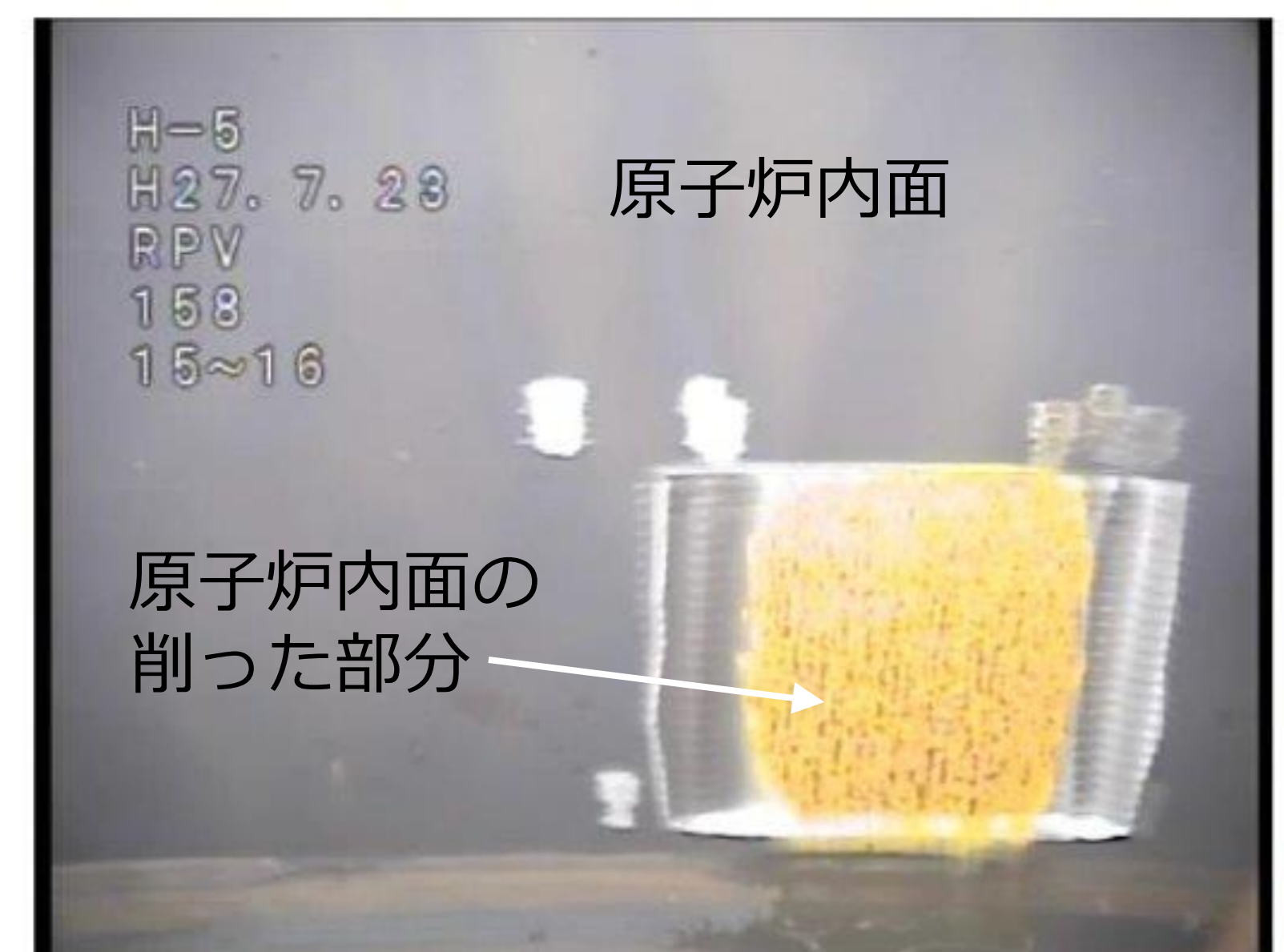


浜岡5号機の海水腐食発生状況の再現 ～実機を再現できるか？～

01 技術開発の背景・目的

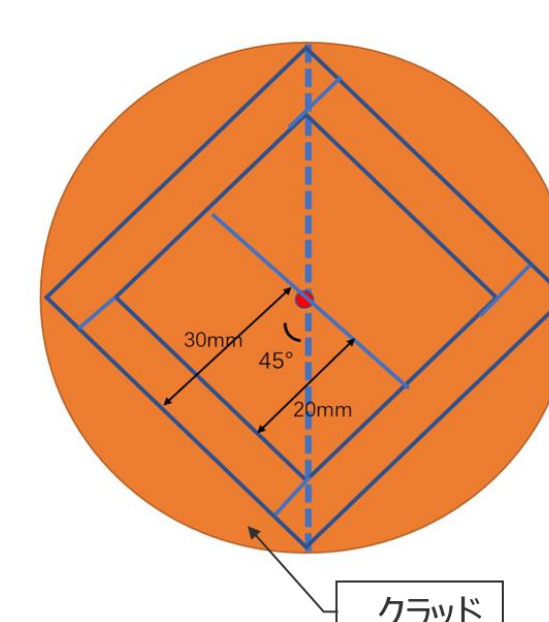
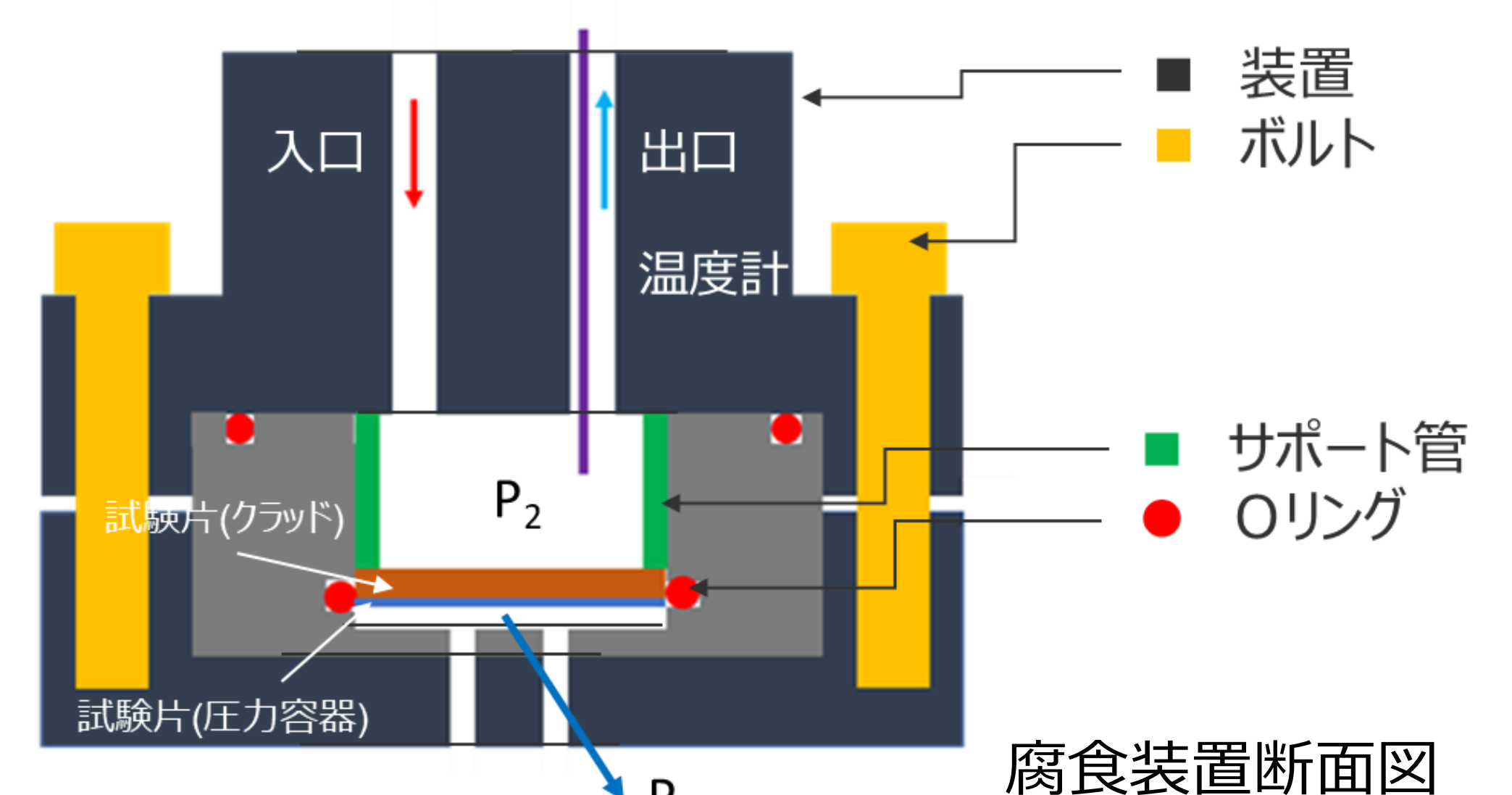
- 2011年5月に浜岡原子力発電所5号機が運転停止した際、海水が炉内に混入し、原子炉内表面の厚み5mm程度のステンレス鋼製バタリング部に深い孔食が発生した。
- そのため、実機海水模擬環境（塩化物イオン～450ppm）に試験片を浸漬し再現試験を行った。腐食の発生を再現できなかったが、東北大学は溶接部の近傍に深い腐食が発生していることを発見した。
- 今回、専用の実験装置により腐食発生を再現を試みた。



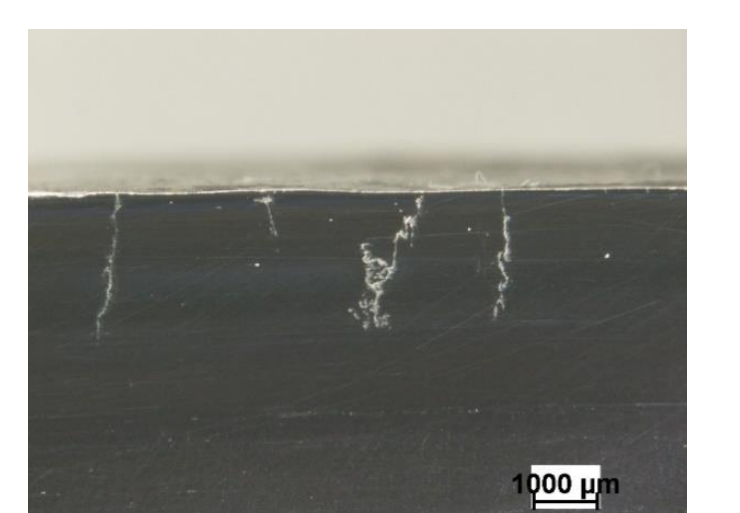
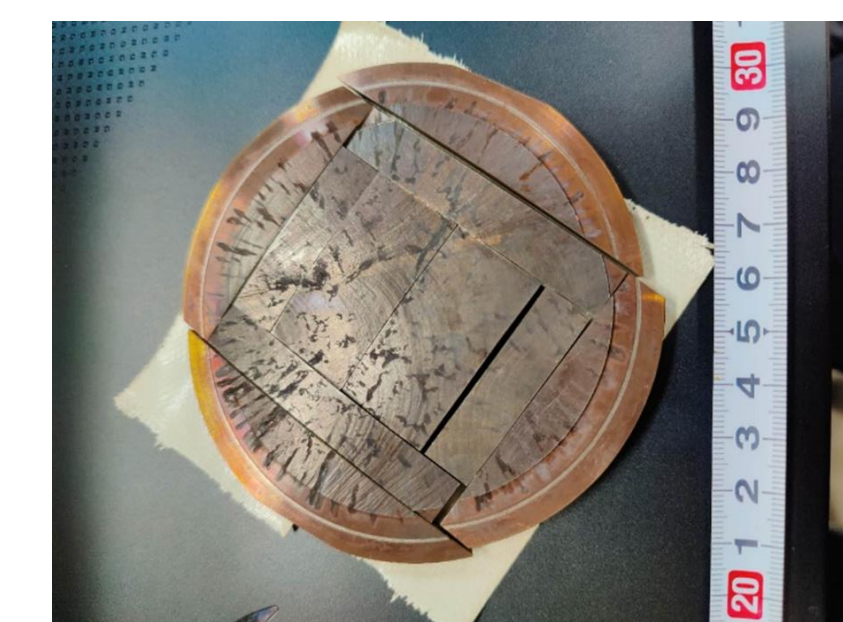
海水が混入した浜岡5号機の原子炉内面

02 腐食試験の特徴・用途

- 海水環境を模擬した試験装置は腐食しやすく、労働安全上も懸念材料の1つであった。
- また入熱は応力に作用すると考えられたので、今回新たに右図のようにP2（実機海水環境）、P1を別々に加圧できる、より安全な装置を製作して用いた。
- また、試験片が曝される環境は実機環境と同じ海水環境にするとともに、応力は解析が容易になるよう、円盤形状とした。
- その結果、下側の図のように、統計的な処理が可能な84個程度の欠陥のデータを収集できた。



バルジ試験片

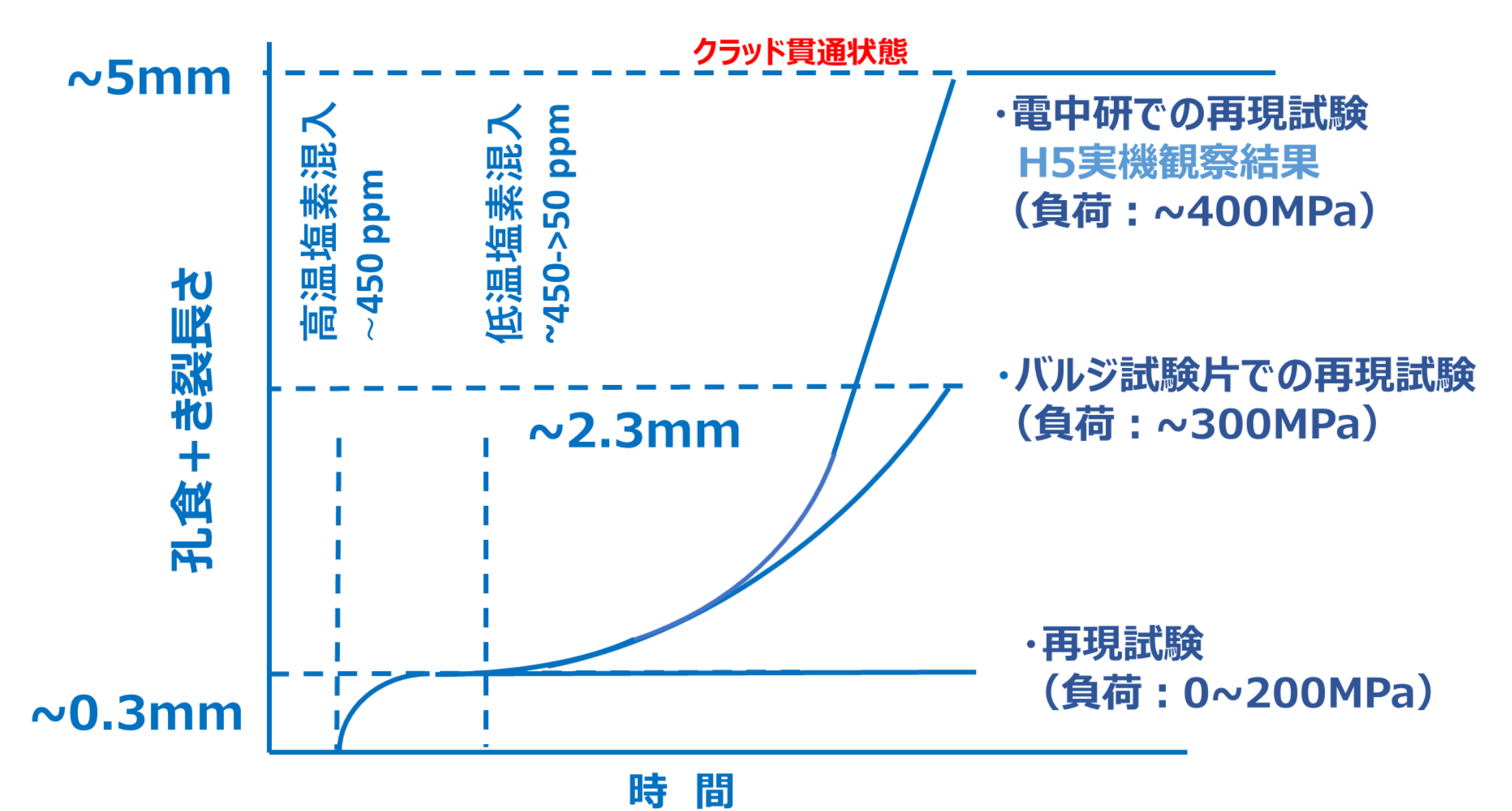


試験片断面図

03 社会実装に向けた取り組み

実機の応力を計算機シミュレーションで評価した結果、事象発生当時、高温の運転状態から低温への停止操作が実施されており、応力は下表のとおり低応力から高応力へと推移していたことが分かった。

温度	応力	結果して置かれた状況
高温(250℃)	200MPa程度の低応力	腐食の芽が発生しやすい
低温(60℃)	300MPa程度の高応力	腐食がさらに進行しやすい



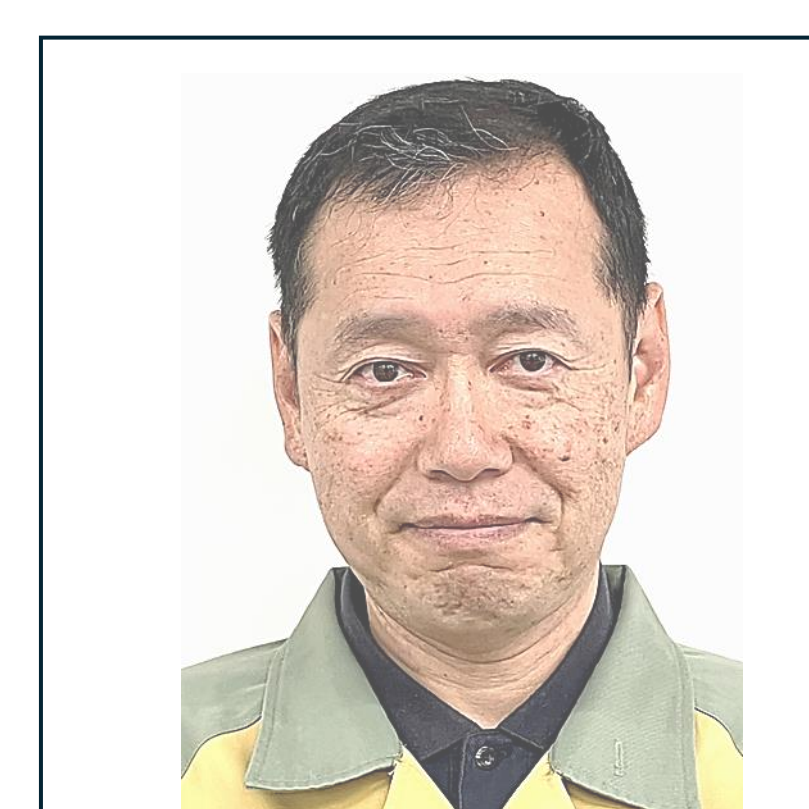
これまで得られたデータを総合的に勘案した孔食+き裂進展予測

- したがって、高温で腐食の芽ができ、その後60℃以下の低温で深く進行したものと考えた。
- この実験結果は、弊社「浜岡5号海水流入事象に係る設備健全性評価検討委員会」で社外専門委員に紹介済み
- 今後、さらなる事象解明に向け、継続的に試験を計画中である。

04 研究者より

弊所の不要になった耐熱性容器の底に試験片を置いて腐食させたことがあり、その際に試験片の下で容器底に浅い穴が発生した（本事象後で初の試験になった）。その時に容器底にどの程度の残留応力があるのか計測してみたいと感じたことを思い出しました。

原子力安全技術研究所



プラントG 熊野副主査



プラントG 吉川担当

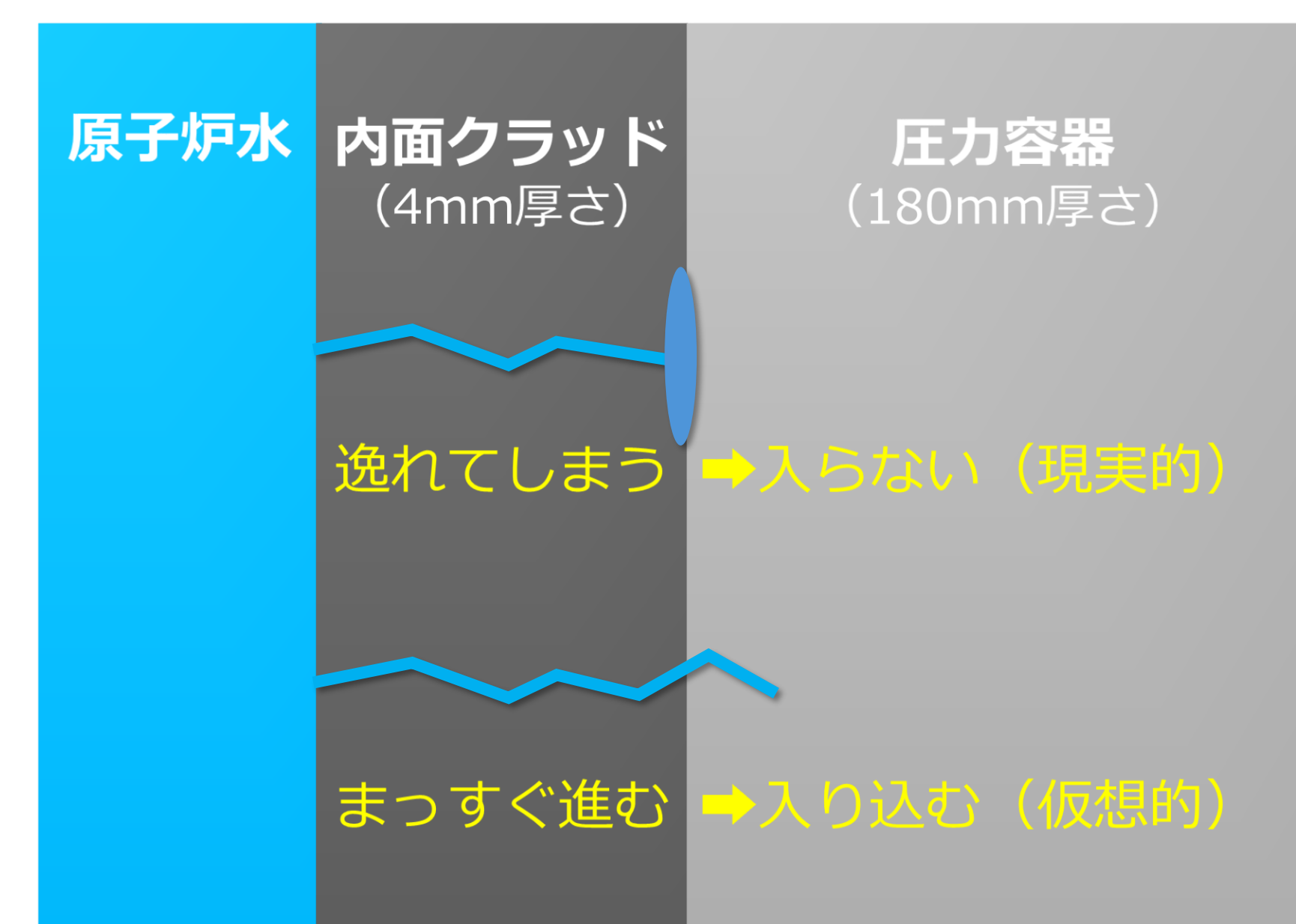
浜岡5号機の海水腐食進展状況の再現 ～今後さらに進展するか？～

01 技術開発の背景・目的

電力中央研究所の応力腐食割れシミュレーションソフトSCANPを用い、さらに下表の仮定のもとで再稼働後の欠陥の進展を模擬した。

仮定	実際
◆欠陥は応力腐食割れ	現時点では孔食
◆進展が材料の組織に依存しない	材料組織に依存する（右図）
◆一方的に進み、停止しない	停止する可能性あり（未検証※）

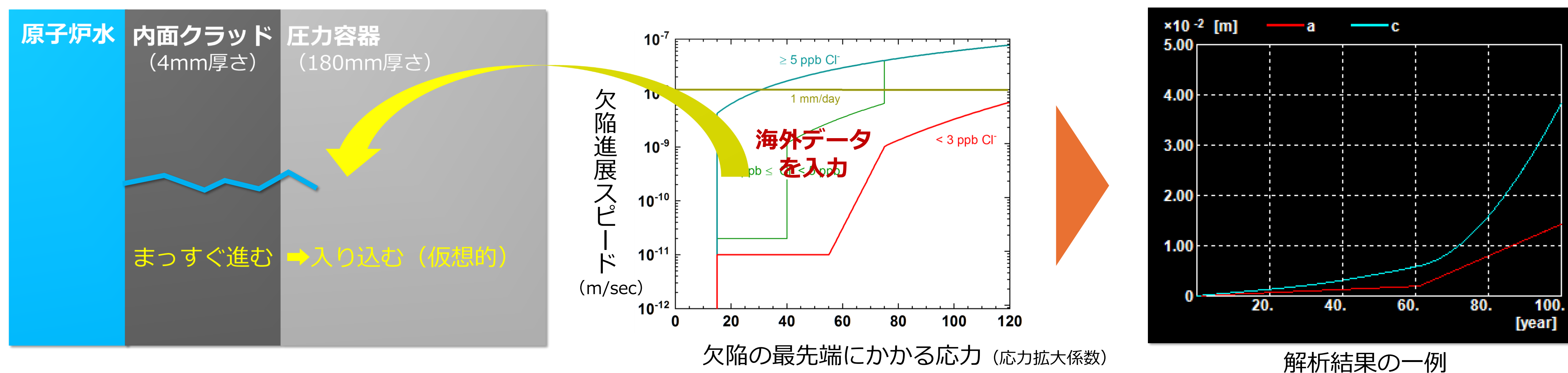
したがって、今回の進展解析は**仮想的**なものである点に留意
（※応力が低下するとSCCが停止する事象を現在研究中）



02 シミュレーションの特徴・用途

シミュレーションソフトSCANPは、最深点と表面点の2か所に進展速度を与えると計算可能

- ▶最深点：再稼働時は浄化された水質環境になるため、中央の図の塩化物イオン少（赤線）を入力
- ▶表面点：データが少ないため低炭素SUS鋼のデータを仮想的に入力



03 社会実装に向けた取り組み

今回得られた結果を下表に示す。

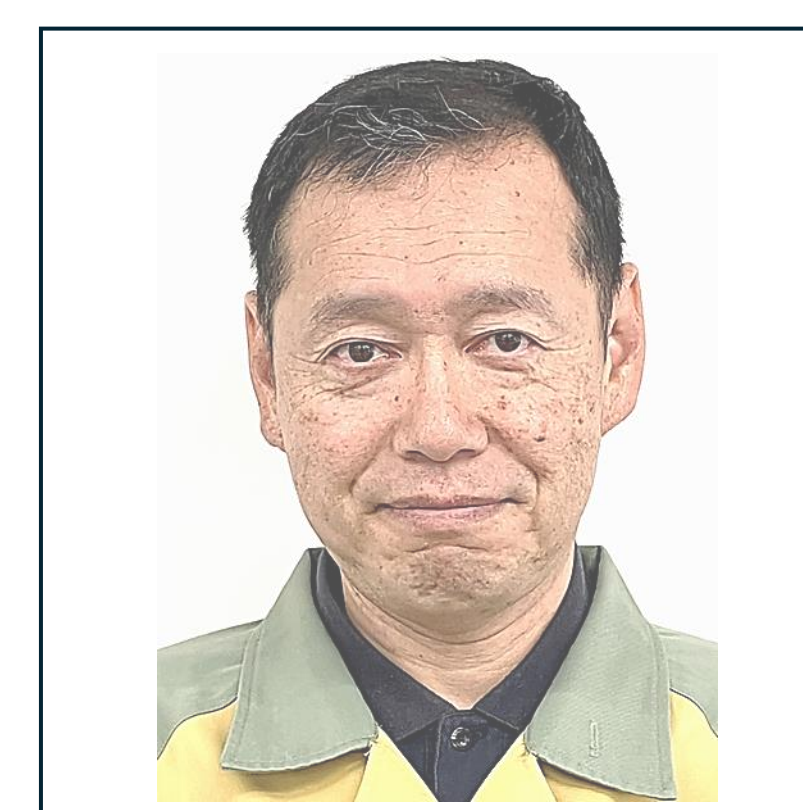
条 件	初期欠陥寸法	き裂進展速度		進展解析の結果
		最表面点	最深点	
欠陥除去せず	5mm深さ×2mm幅	クラッド材の代用で低炭素SUS鋼を使用	海外の圧力容器鋼のSCCの文献値を使用	50年で2mm以上の進展
欠陥除去する	0.02mm深さ×0.05mm幅			100年で0.3mmの進展

- 今回の仮定に基づく欠陥進展解析では、き裂を除去しない（初期欠陥寸法＝大、残留応力＝大）と大きく進むが、き裂を除去する（初期欠陥寸法＝小、残留応力＝小）と進展量はわずかだった。
- 今後、結果の精度を上げるべく、プログラム改定や現実的な進展速度の収集に努めて参りたい。

04 研究者より

計算機シミュレーションは当初、Visual Basicでプログラムを自作していた。その後、電力中央研究所のSCANPの存在を知ったが、ややGUIが定型に固定されすぎており、使い勝手がいまひとつと感じた。したがってSCANPをもっと使い勝手の良いよう改良したい。

原子力安全技術研究所



プラントG 熊野副主査



プラントG 吉川担当