

# 試験研究炉等廃止措置 安全性実証試験 成果発表

## コンクリート中の水分測定

平成21年8月7日

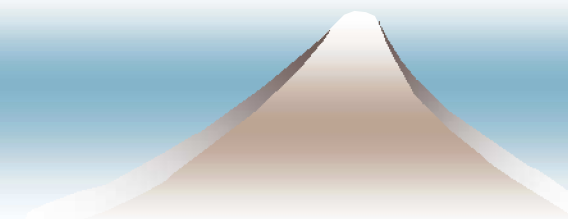
株式会社 福井環境分析センター





〒915-0802  
福井県越前市北府2-1-5

信越化学工業(株)グループの一員として、分析・測定技術の  
経験を活かして昭和47年より分析・測定事業を開始





## 環境分析・環境調査に関する業務



試験研究炉等廃止措置 安全性実証試験  
「原子炉施設で使用されている構造材の元素分析調査」

グロー放電質量分析装置 (GDMS)



ICP質量分析装置 (ICP-MS)



## 材料の品質評価や研究開発の支援業務



# コンクリート中の水分測定

## 1.目的

コンクリート中に存在する水分の量は、放射化解析の精度に影響することから、**コンクリート内の水分分布 (壁厚方向)**を正確に把握することが重要である。

## 2.コンクリート中の水分存在形態

形態	脱水温度
自由水 (空隙中の水、流動可能な状態)	～ 105℃
結合水 (セメントマトリックス中の水分)	～ 550℃
結晶水 (骨材中の水分)	～1000℃

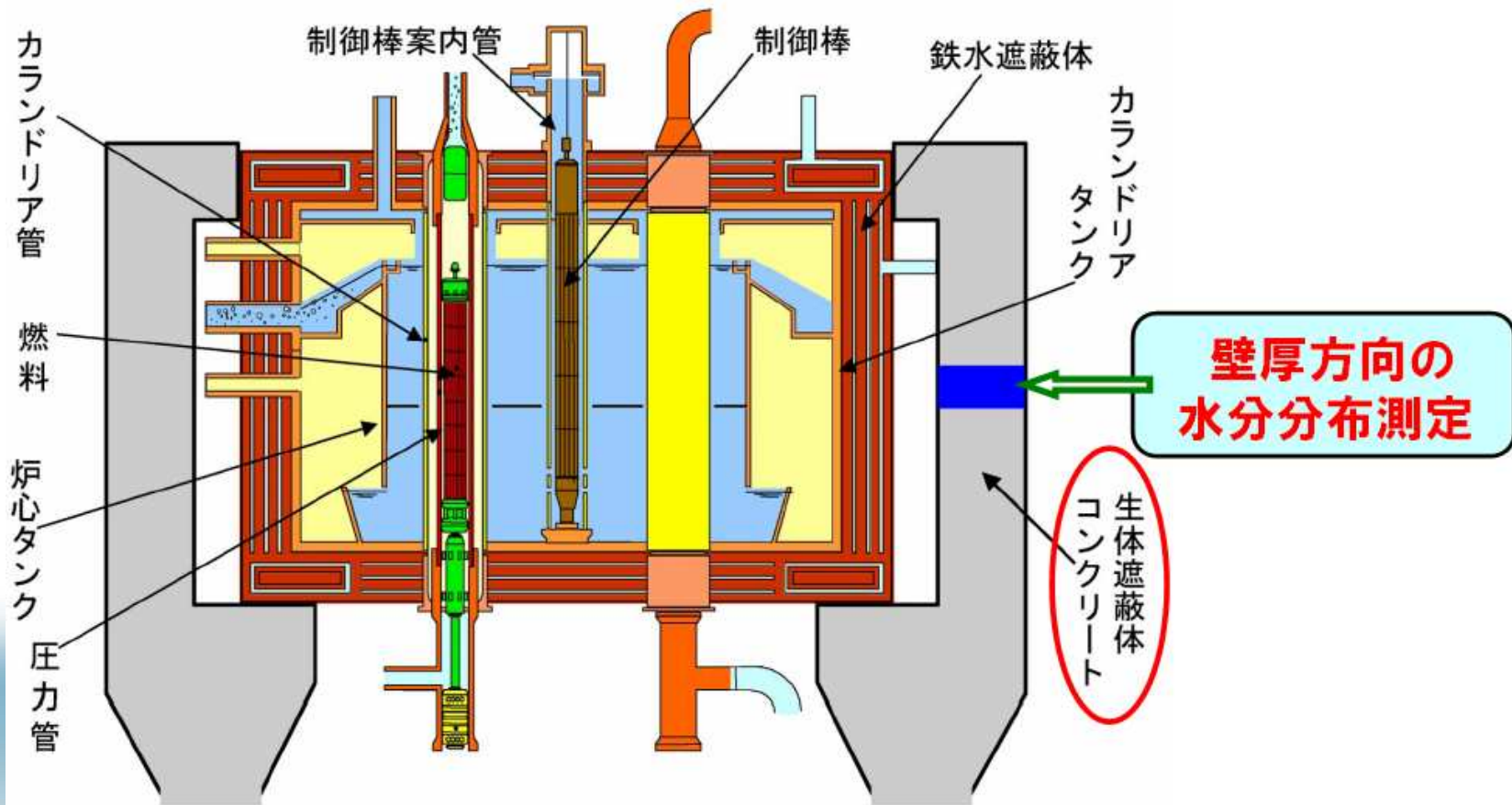
コンクリートの **結合水・結晶水測定方法**として規格化されたものは無い



**測定方法の確立**

# 水分分布の測定対象

目的 生体遮へいコンクリートの水分分布を知る



図出典 サイクル機構技報 No.16 2002. 9

# 水分測定方法の検討経過 (1)

## 一般的な水分測定方法

試料を加熱して水分を気化させ、その重量減から求める

**自由水** (空隙中の水)のように低温領域で気化するものには適用可

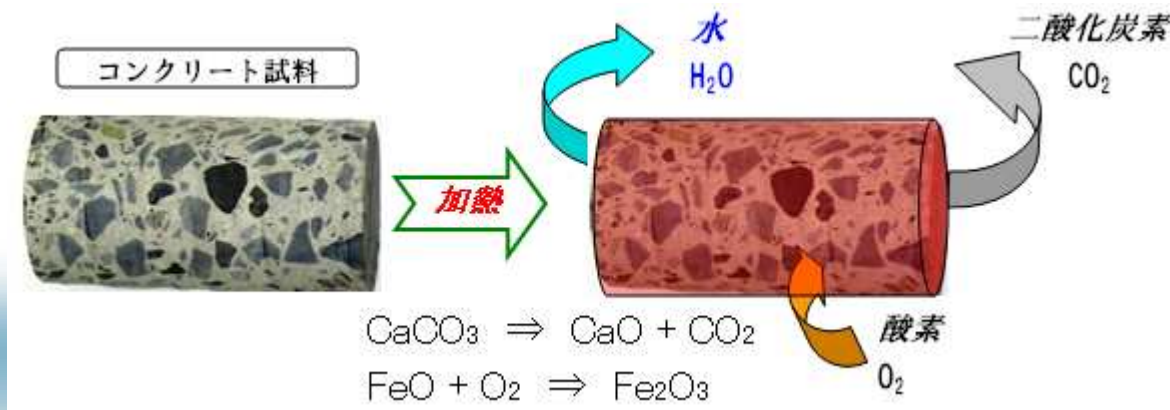
**結合水・結晶水**は高温領域まで加熱する必要がある

その時コンクリートでは、水分以外に炭酸塩の分解によるCO<sub>2</sub>が放出したり、酸化による重量増が伴う

重量変化だけでは正確な測定ができない

化学反応を利用して水分のみ求める(カールフィッシャー法)

水分のみ選択的に捕集してその重量を量る(重量法)



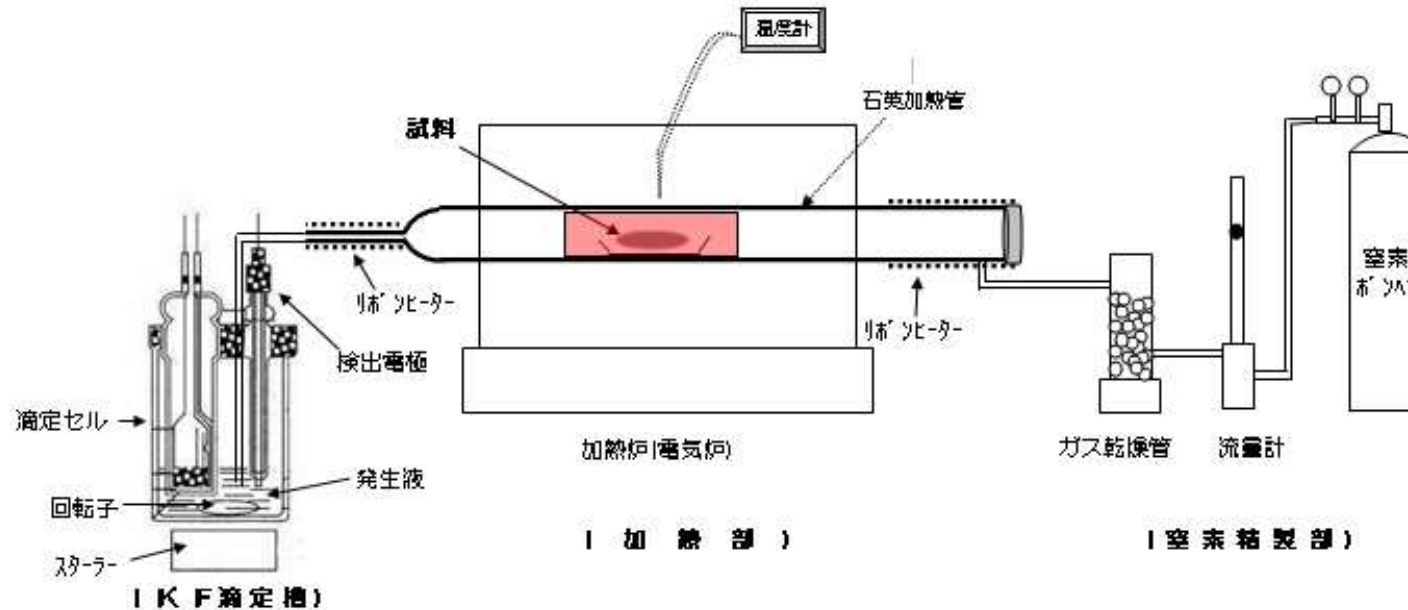


## 水分測定方法の検討経過(2)

	17年～18年度	19年度	20年度
内容	<p>カールフィッシャー法による検討</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・有姿で加熱するのが良いが、通常の分析で使用している装置では、試料サイズに制約があるため、本法を採用</li> </ul> <p>「ふげん補助建屋より採取したコンクリートにより検討」</p>	<p>有姿で評価できる強熱減量法の採用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大型の管状炉及び付属品の設計と製作</li> <li>・強熱により気化する水分のみの捕集法検討</li> <li>・水分分布を評価できる最小厚みの検討</li> </ul>	<p>加熱脱水 - 重量法として確立した方法により</p> <p>「ふげん生体遮へいコンクリートの測定」</p>
結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測定試料量が少なく<b>代表性の確保</b>のために粉碎・混合が必要。そのため、粉碎時の水分揮散や吸湿の影響を受けた。</li> <li>・自由水の測定には粉碎混合時の影響を低減するため乾燥減量法を採用し、結合水・結晶水の測定にはカールフィッシャー法の組み合わせで水分分布の評価が可能となった。</li> <li>・より一層の精度向上が望まれた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気化した水分を塩化カルシウムに選択捕集することにより測定方法として確立できた。</li> <li>・壁厚方向には20mm厚に薄片化が必要である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最終目的である<b>生体遮へいコンクリートの水分分布測定</b>ができた。</li> <li>・水分測定時に放出する放射性物質に対する安全対策を実施した。</li> </ul>

# カールフィッシャー法の課題

- ◆ 加熱放出させた水分をカールフィッシャー試液に吸収させ、電気分解により内部的によう素を発生させて試料中の水と反応させる方法で、この時、よう素1モルと水1モルが定量的に反応する



コンクリート  
セメント・細骨材・粗骨材の混合物



測定試料の代表性の確保  
(粉砕時の水分揮散や吸湿が誤差要因)





# 硬化コンクリート状態で測定できないか (1)

## 1.自由水

日本建築学会の定める「原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事」として、コンクリート中の自由水の測定法 (JASS 5N T-602) が定められているので、この方法を採用する。

### <試験方法・条件>

100 ~ 110 に保持して絶乾状態まで乾燥し、その重量変化から自由水を算出する。



乾燥器中で乾燥

# 硬化コンクリート状態で測定できないか (2)

## 2. 結合水・結晶水

高温領域での炭酸塩の分解により $\text{CO}_2$ が放出されたり、酸化による質量増への対応が水分量の正確な評価には必要

### <試験方法・条件>

窒素気流中で1000 2時間、  
強熱保持し、発生する水分を、  
塩化カルシウムに捕集して重量  
を量る

## 大型管状炉・石英燃焼管の 設計と製作

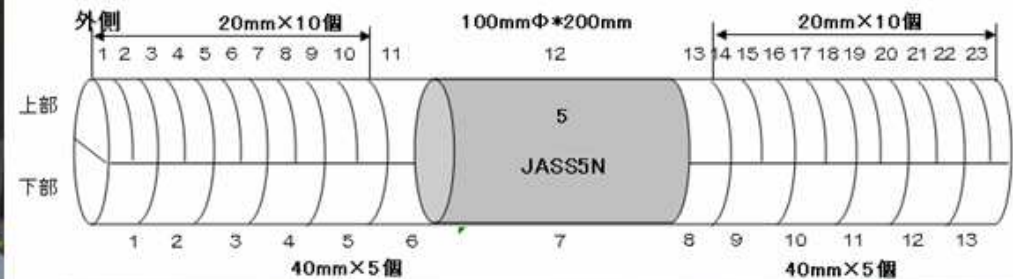


# 水分分布測定を試料薄片化の検討

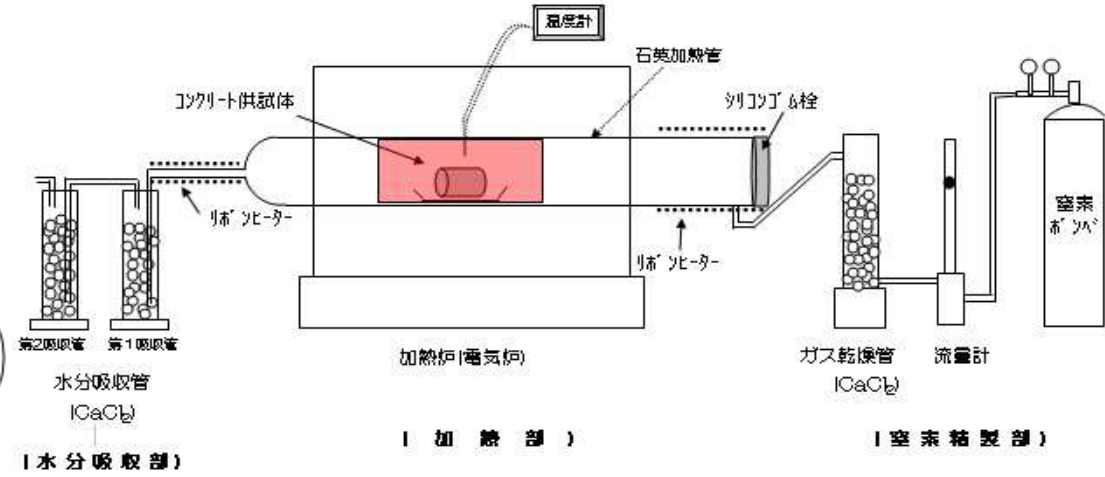
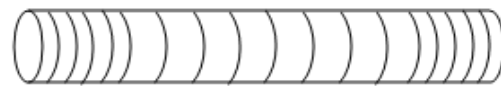
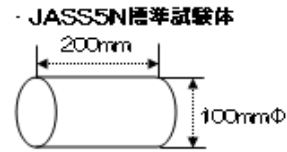
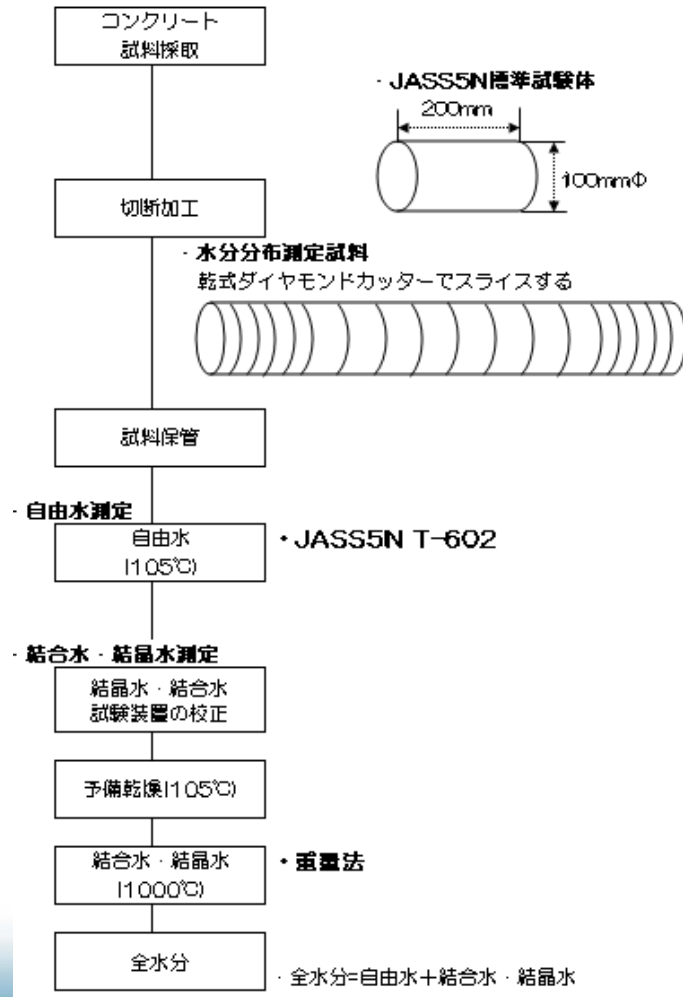
表面から300mmの深さまで20mm程度に薄片化

地元の石材業者に委託し

乾式ダイヤモンドカッターによる切断加工によって達成



# 水分測定方法の確立



結合水・結晶水試験装置

## サンプリング

壁面からのコアリング 湿式ボーリング(水分吸着)  
試料調整 乾式ダイヤモンドカッター(粉塵対策)

## 自由水

105 恒温で抽出(JASS 5N T-602)

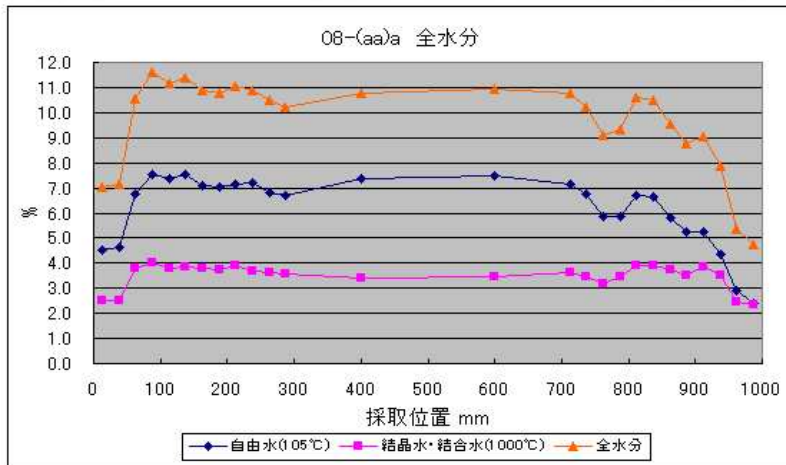
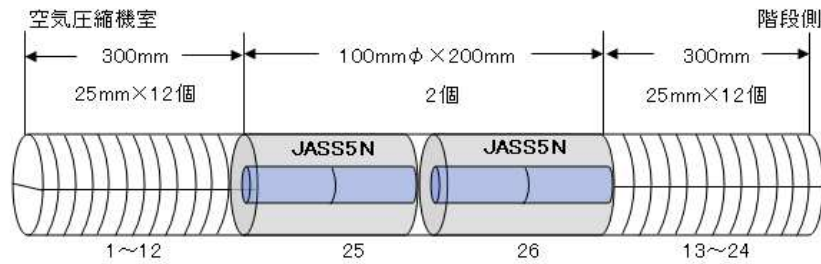
## 結合・結晶水

1000、2時間の加熱で抽出(重量法)

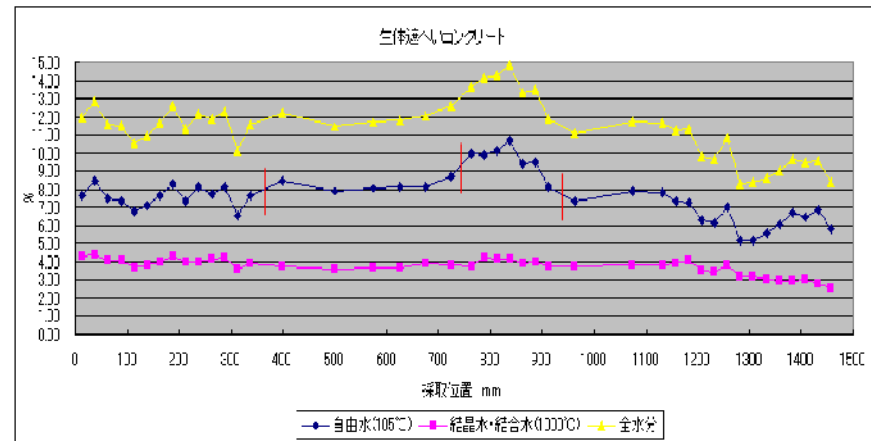
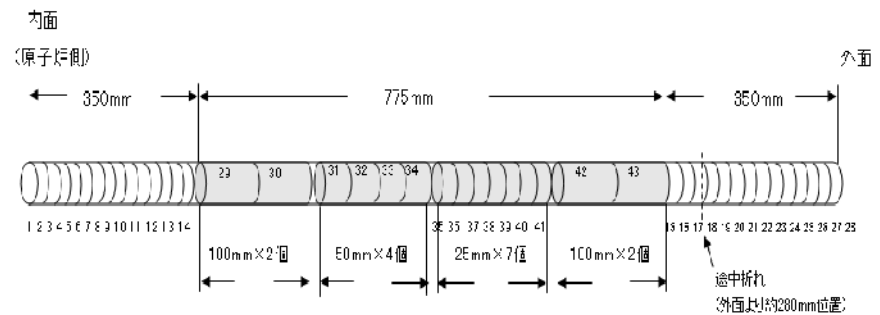


# コンクリート水分測定結果

## タービン建屋コンクリート



## 生体遮へいコンクリート

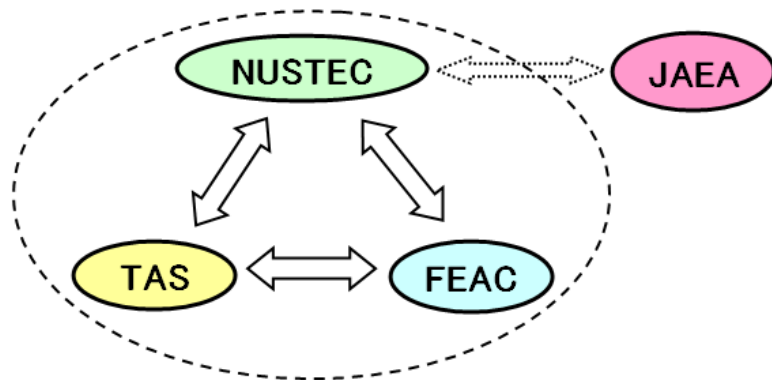


- タービン建屋コンクリートと比較すると試料採取径が55mm中と小さく、かつ20mm厚に細片化しているため骨材の偏在による影響が現れ測定値の揺れ幅が大きい
- 分布状態もタービン建屋コンクリートほどの変化は見られず、内面(原子炉側)においては水分の移動が少なく安定した状態が保たれていた

# 管理区域内作業の安全対策

## 1.被爆防止・安全対策

- ・入所時の安全教育
- ・管理区域内作業に伴う事前打合せの徹底  
(機器の搬入・据付)



- ・KYの実施
- ・放射線管理データのフィードバック

## 2.放射性物質漏洩対策

### (1)コア切断時の発塵対策

- ・グローブボックス内の密閉化作業による乾式カッター切断時の粉じん拡散防止と人体への粉じん付着防止および排気ガス処理の実施

### (2) 結合水・結晶水測定時の排ガス対策

- ・排ガス処理装置に排気し、室内への拡散を防止

# ま と め

## 1.技術面

- (1)水分測定方法の確立により、コンクリー壁内の水分挙動が解明できた。  
関係機関への展開と、測定方法の改良を議論する場を望みたい。
- (2)水分量測定といった身近なテーマの中に改めて実験の重要性を認識できた。
- (3)別件テーマである「構造材の元素分析」についても、従来の概念を超えたデータベースの構築に携われ、分析技術の研鑽、向上に大きな成果が得られた。

## 2.原子力発電所との係わり

- (1)原発立地県でありながら原発は遠くに感じていたが、分析機関として関与できるものもあり、今後も参入機会を望みたい。
- (2)「ふげん」での作業においては、安全への取組み姿勢と管理体制に学ぶものが多く、大変参考になった。

## 3.その他

- (1)業務を通じて、異分野の方々と多く交流ができ視野の拡大と営業上の効果が得られた。
- (2)4年間の長期に渡り、大勢の皆様のご指導に厚く御礼申し上げます。