

# ジオポリマーによる廃棄物封じ込め技術

Geopolymer Waste Encapsulation

富士電機  
Innovating Energy Technology

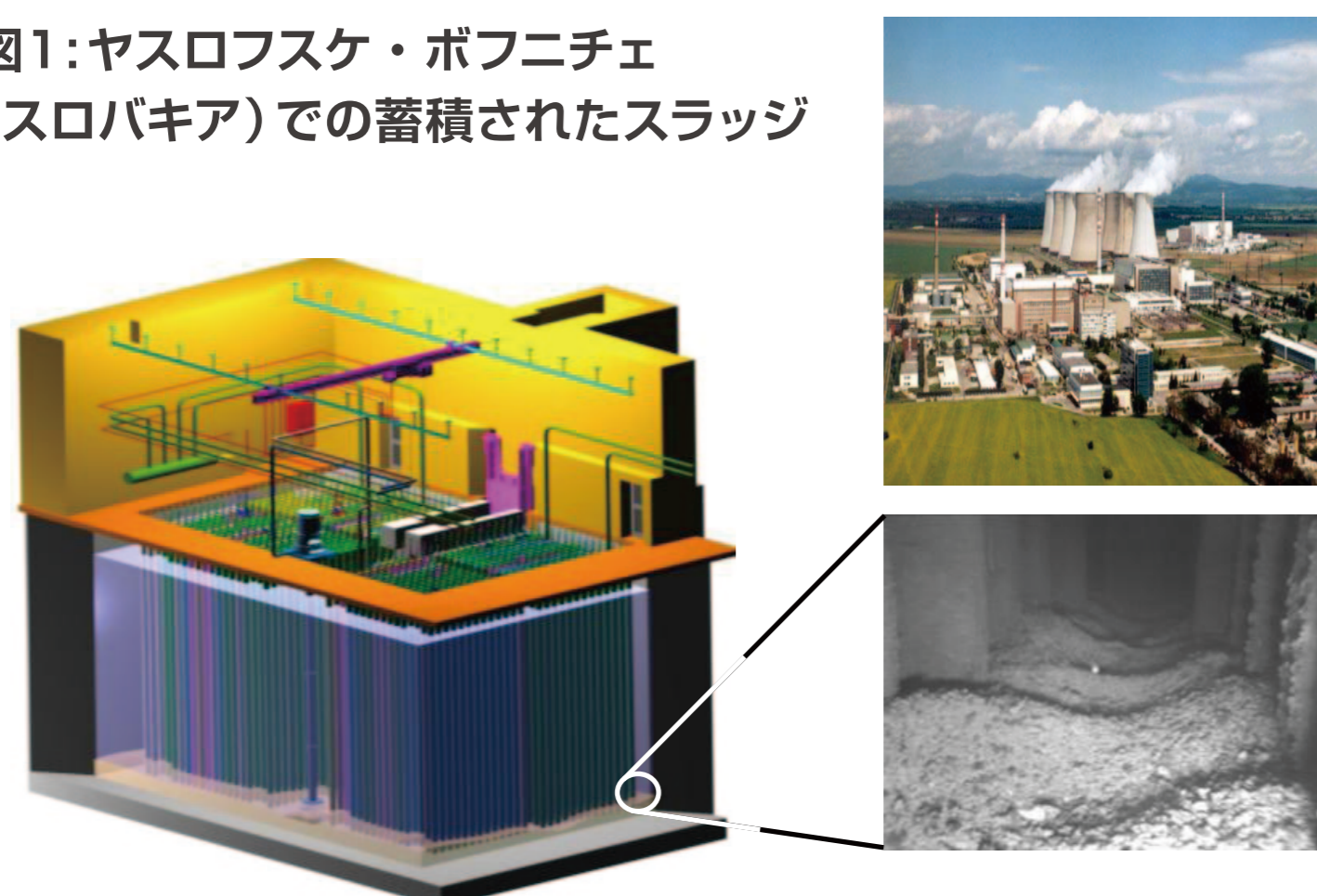


## SIAL® ジオポリマー技術の適用、実績を持つライセンス技術

ジオポリマーはアルカリ性溶液とアルミノケイ酸塩との反応により形成された無機縮重合体（ポリマー）です。

1950年代にウクライナで最初に発見され、今日、ジオポリマー及びSIAL®は現在の日本市場に存在するさまざまな廃棄物の潜在的な固化資材として注目されています。

図1:ヤスロフスケ・ボフニチェ  
(スロバキア)での蓄積されたスラッジ



### ジオポリマーの需要

ヤスロフスケ・ボフニチェ原子力発電所A-1、1972年完成、1976年と1977年の2回の事故発生までの5年間稼働。1977年の2回目の事故（INESレベル4）の後、廃炉に向けて原子力発電所は恒久適に稼働停止。この事故で被害を受けた燃料集合体及び燃料被覆管が重大なストロンチウム90、セシウム137、TRU汚染を引き起こした。これらバリアの長期間の腐食の結果、セシウム137のような放射性核種が存在し、既存のセメントやビチューメンでは固化できない高度に汚染されたスラッジが蓄積した。

この深刻な状況に対して、Amec Foster Wheelerをライセンス化されたジオポリマー材SIAL®を開発しました。今日、SIAL®はスラッジや樹脂、吸着剤、有機液体のような高活性廃棄物のオンサイト固化に広く実績のある最も証明されたジオポリマー材です。スロバキア共和国原子力規制局（ÚJD SR）及びチェコ原子力安全局（SUJB）によるライセンスを取得しています。

### 工程

SIAL®は効率的かつ現実的な、放射性廃棄物の室温でのオンサイト処理を提供します。また、一般的なセメント固化に対し平均4倍の廃棄物の充填を可能とします。SIAL®による処理を実施するための装置はモジュール組み立て式となっており、適用性、多様性に優れます。

セメント固化材より早く廃棄物を封じ込めることが可能です。また、水中に置くことも可能です。さらに、これまでの技術と比較し、機械的物性的性質に優れていると特徴づけられます。凍結が起こる状況や水の存在する状況のもとでも、優れた機械的強度、低浸出性、低揮発性、低火災リスク、優れた物性的安定性（歪み、亀裂がない）を持ちます。

Managed radioactive waste treatment service

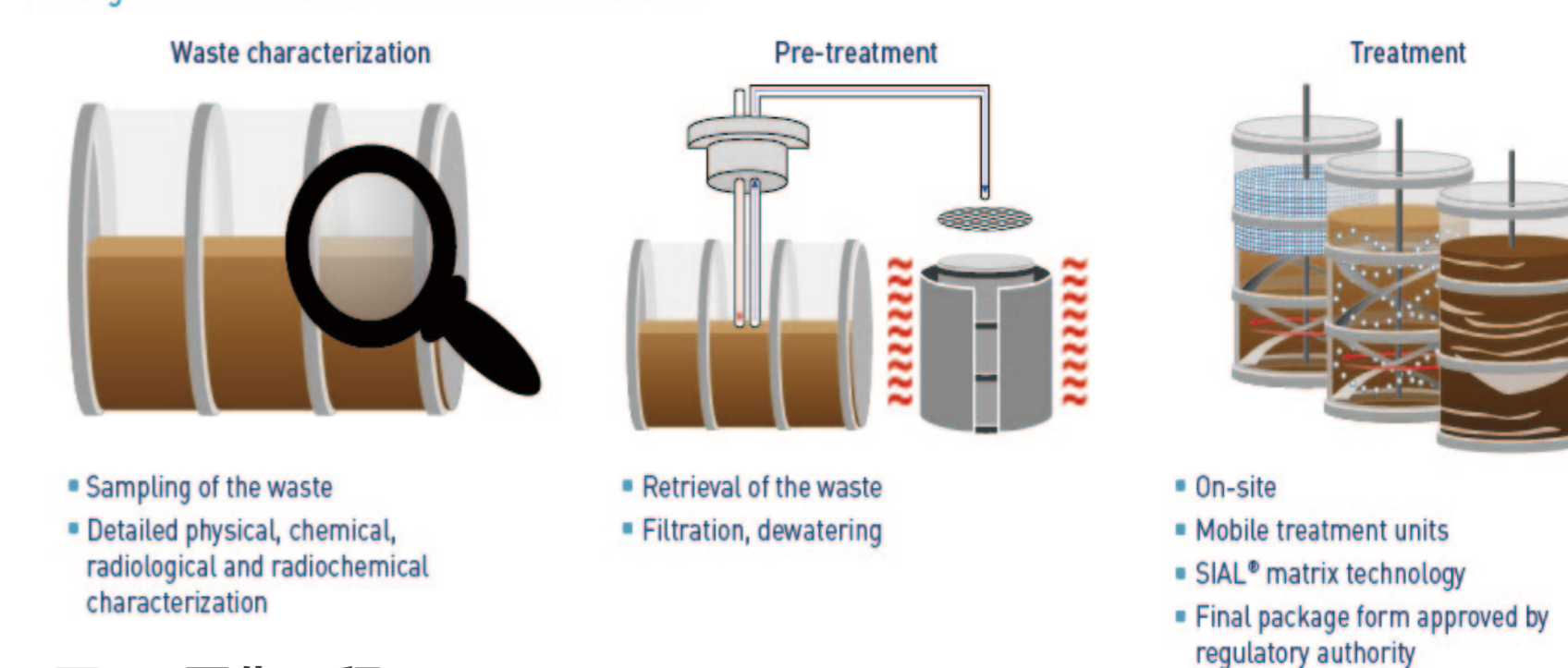


図2: 固化工程

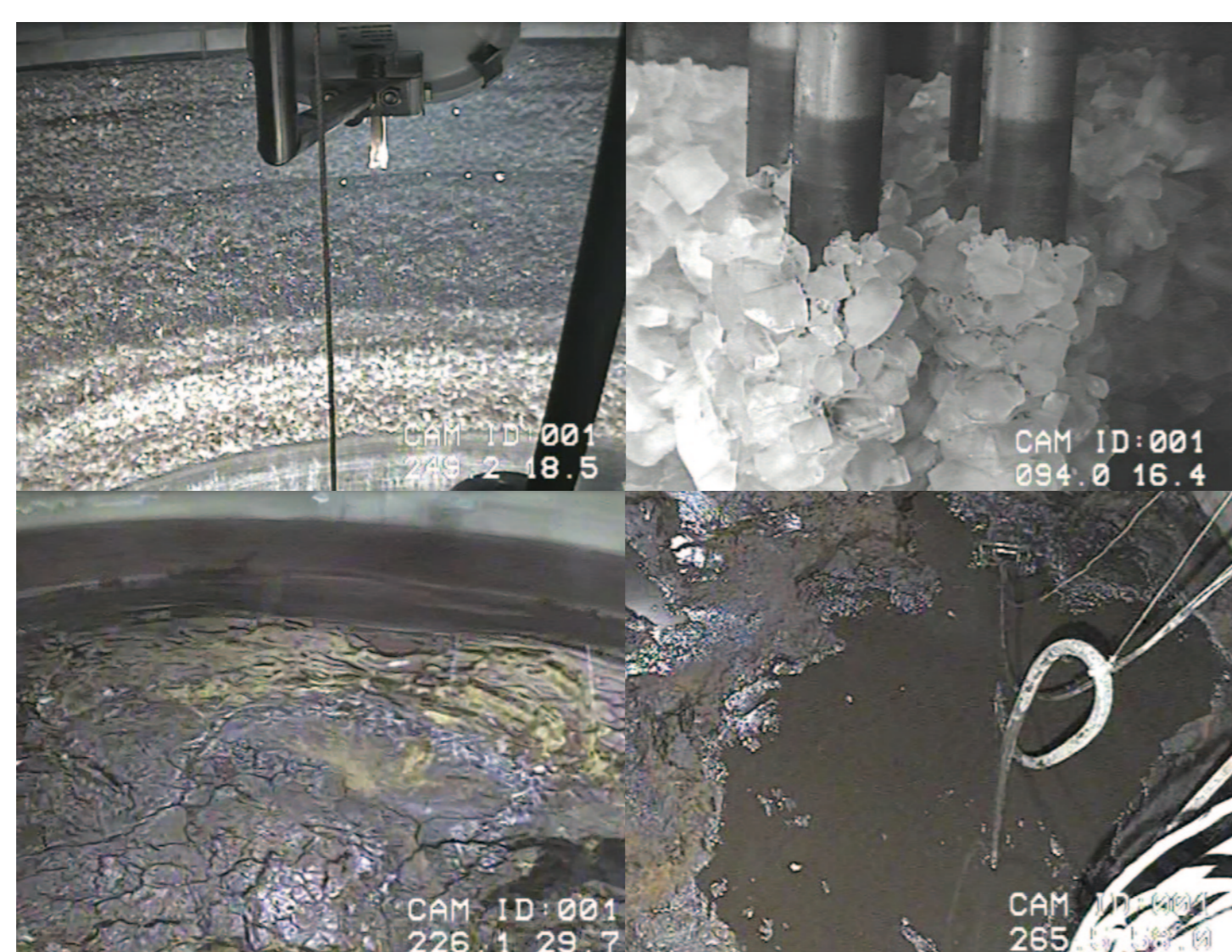


図3: タンクの状態

### ケーススタディ: ヤスロフスケ・ボフニチェ (スロバキア)

NNP V1の補助建屋の14のタンクに貯蔵されたおよそ630 m<sup>3</sup>の放射性廃棄物（使用済み樹脂、スラッジ、ホウ酸塩）。廃棄物は、樹脂、結晶沈殿物及びスラッジから構成されるものです。Amec Foster Wheelerは、これら廃棄物に対して、ライセンシング工程からはじまり、固化そして作業場所の除染及び清掃、すべての装置のサイト外への輸送等、包括的な作業を行っています。

### 日本市場への適用

日本のPWR及びBWRの両原子炉では運用生涯年数をとって、長期保存前に固化が必要な硫酸ナトリウム高含有廃棄物が発生します。これらの廃棄物に対しては、セメント固化が一般的な手段となりますが、セメント固化ではおそらくエトリンガイトの生成に起因する大きな膨張を引き起こします。最終的に、固化物の膨張と亀裂が廃棄物そのものを変形・破壊し、長期保存における安全性に深刻な影響を及ぼします。

2015年、Amec Foster Wheelerは、富士電機株式会社と協力し、硫酸ナトリウムのジオポリマーでの封じ込めの試験を実施しました。

2015年AESJ秋ミーティングで報告されたこのスタディは要求された性能パラメータ（浸水性、圧縮強度など）に関して優れた性能が観察されたことをもって完結されました。

現在、富士電機株式会社と協力し、私たちは福島第一の以下3種の廃棄物のジオポリマー固化の評価をしています。

1. スラッジ（硫酸バリウム、フェロシアンニッケル、水酸化鉄）
2. スラリー1（鉄共沈スラリー）
3. スラリー2（炭酸塩スラリー）

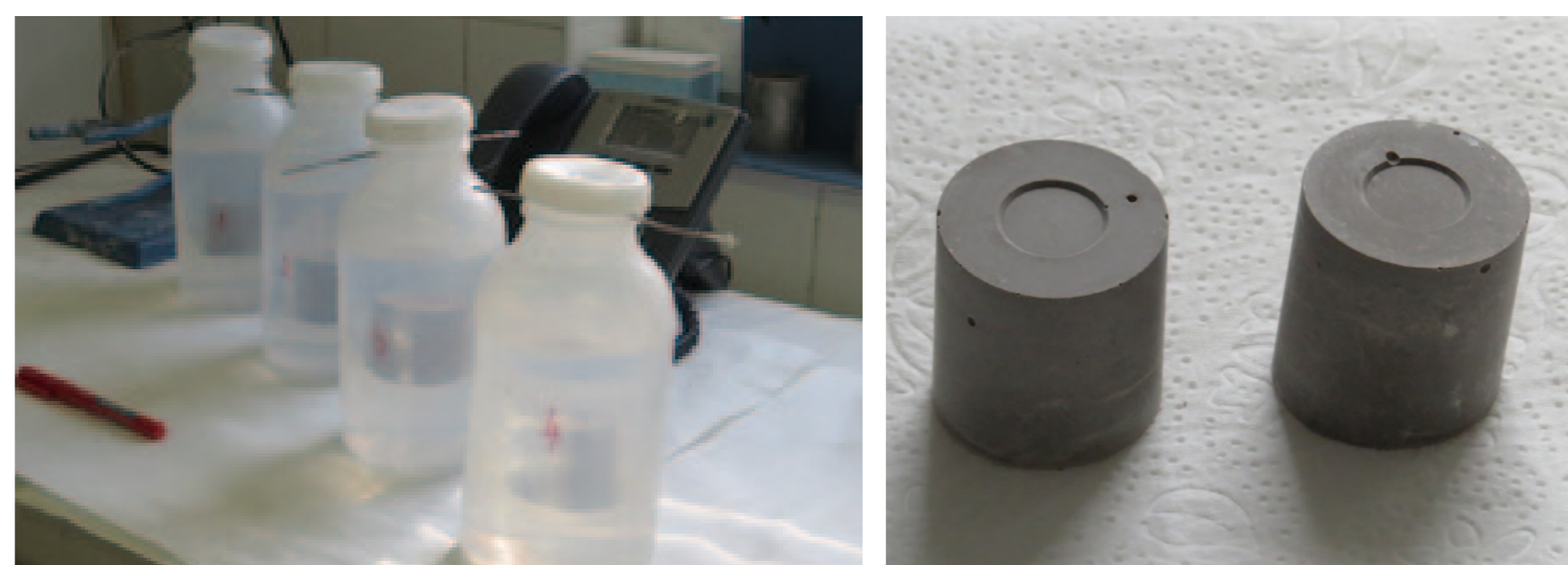


図4: ジオポリマーでの硫酸ナトリウムの封じ込め代表サンプル