

参加報告書 H28.2.29-3.1

1) 概要

日時	H28.2.29-3.1
場所	北海道大学 工学部 フロンティア応用科学研究棟
出席者	

2) 議事

原子力人材育成等推進事業 「オープン教材の作成・活用による実践的原子力バックエンド教育」	
<p>Borosilicate glasses as waste forms for actinides and fission products 1, 2 (Bernd Grambow, Subatech)</p> <p>ガラス固化体：液体の放射性廃棄物をガラス原料（粉状）と一緒に高温で溶かして、冷やし固める。ガラスの中に取り込む。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● イオン交換によって、放射性核種のほとんどはガラスの中に取り込むことが可能だが、ガラス化できない物質もある。例：モリブデン ● ガラス固化体のメリット：安定している。ボリュームが減る。（液状のまま流出した例：Sabannah River） ● フランスでは、廃棄物をガラス化することは一般的。マルクーールのガラス固化体が有名。日本では六ヶ所村で実施している。（マルクーールとは異なる方法、パメラ法に近い方法を取り入れている。PUREX 法） ● 3つのガラス固化法の紹介。 ● 蜂蜜のような状態。水状態ではない。粘度を下げるのが重要。トランスフォーメーションが困難。 <p>課題は『ガラスに、どう均一に溶け込ませるか』。</p> <p>溶解度をあげるために・・・高温にする、還元する etc 酸化還元を調整しながら、溶解度を上げたい （実験をしていると、別の固体ができることもある。）</p> <p>α線：構造に変化が現れる。（膨れる）どれくらいのアルファ線量でその変化が現れるか？ β線：ガドリリン γ線：影響はほとんどない。</p> <p>遷移状態理論</p> <p>ガラスが溶けるとは、表面がゲル状になること。そこから放射性核種がどの程度、漏れ出すか？ → ガラスの溶ける速度、表面にどのように吸着しているか、鉱物にどのように吸着しているか等の条件による。</p> <p>ガラスが溶けた溶液中にでてきた放射性物質の量を測定。 溶解度曲線（科学的な環境に依存する） コロイドは予測不可能。古層ではないが、液層ではない。こういったものが出てくることも否めない。</p> <p>水とガラスの関係だけではなく、処分体系でのガラスの状態も重要。 処分体型（岩、緩衝材の側）にいれると溶解度が上がることがある。</p> <p>以上より、ガラスは本質的に安定ではない。（温度・圧力・ジオメトリーに依存する） しかし、溶解速度、表面の吸着度、等から、固定化に向いているといえる。</p> <p>Subatech internship report (Daisaku Shitara, Hokkaido University, Takamasa Inai, Tokai University) 学生によるインターン報告</p> <p>Zircaloy claddings: form bulk to surface (Tomo Suzuki, Subatech)</p> <p>ジルコニア合金：耐熱性に優れている。中性子を吸収しない。→ジルカロイで作ったパイプに、圧縮、詰めて、処分する。 （その際、ジルカロイ中に放射性核種が発生する場合を考慮する必要がある）</p> <p>ジルカロイの中で、放射性物質がどのように拡散するかを知ることが重要。（動きが大きいと外に漏れる恐れがある） → 金属内の格子間移動エネルギー、移動頻度等を調査するため、PCシミュレーションを実施。 アトムスケールの密度汎関数法を採用。 周期的なモデルを構築。</p> <p>金属拡散に関する計算、モンテカルロ法を用いて拡散係数をだした。（異なる温度環境で研究） ジルコニウム中の拡散係数はとても低かった。（実質、出てこないといえる） 酸化皮膜の中でも同様の計算を行い、ジルコニウム同様、その拡散係数はとても低かった。 ただし今回の条件下に限る。ほかの条件でも実験し、確認する必要がある。（微生物のえさになる等の懸念）</p> <p>C14・C13（加速器による）の分析を実施。（使用済燃料の起伏材を水につけた。） 使用済燃料：C13以外のものも出てくる。交換樹脂を利用して、それを分ける必要があった。 C13を加速器でメタルに打ち込んでアルカリ溶液につけた。結果、有機Cを確認。（現在、Zrの溶解強度を分析中）</p>	

Fallout radionuclide migration in the surface soil and estimation of uptake of ¹³⁷Cs in the xylem of tree: Comparison of Fukushima with Nagasaki and Nancy (Yasunori Mahara, Kyoto University)

- 長崎の原爆、チェルノブイリ原発事故、福島第一原発事故の放射性降下物の比較
土壌表面における放射性降下物の移動
長崎の原爆：90%の Cs137 と Pu239 は地表 10 センチに堆積。(事故から 40 年後)
福島第一原発事故：90%以上の Cs137、Cs134 は地表 5 センチに堆積。(事故から 2.5 年後)
→ 以上より Cs137 は長期間地表に残ること、地表侵食なしに放射性物質が自然減少することは困難といえる。
- 木部における放射性降下物の理解
多くの研究者はチェルノブイリ事故や国際的な降下物のデータを利用するが、長崎の原爆の杉における Pu239、Pu240 の direct atmospheric uptake を推奨する。(根からのデータが少ない。杉は 3~4 年で葉が落ちるので、分析に適している)
放射性降下物の一部は、樹木の木部に吸収される。(根から吸収されるものは少ないと予測している)

Core melt reactions and characteristics of fuel debris (Masahide Takano, JAEA)

- 冷却材喪失事故後における炉心構造物の融解反応
燃料デブリ：融解した核燃料や炉心構造物が再度固化したもの。
溶ける原因：①融点に達する。②他の物質と接触。③ジルカロイは相手を還元する力が強い=液層ができる。
PWR の中では、ステンレス鋼の融点までは何もおきない。
BWR の中では、制御棒の内部からも溶け出して、それがジルカロイに接触すると溶ける。
燃料棒の外側は高温(酸化熱)なので、融解を加速する原因になる。
ステンレスとジルカロイの間も、高温になるため、液層化する。
溶けた溶融物には酸化物と金属があり、それぞれが分離しようとする。(酸素のコヨウ度の違い、密度の違いのため)
- TMI-2 事故における燃料デブリ
燃料デブリは、炉心に積もって下に溜まる。崩壊熱が溜まる。液だまりになる。
クラスト(卵の殻のような層)ができる。内側はゆっくり固まっていく。
早く固まったクラスト部分、ゆっくり固まった部分、それぞれ異なる物質で構成される。
- シミュレーションを使用した福島第一原発事故の燃料デブリの研究分析
福島のデブリの特徴。海水が入っていること。B4C を吸収していること等。
長期間、水に漬かっているので、どのような物質的変化があるか不明。
本物の福島の圧力容器内の燃料デブリを採取することはできない。シミュレーションデブリを作成して検証している。
(実際の燃料デブリとはスケールに大きな違いがあるのが懸念点であることは否めない。)
- コンクリートと炉心の反応(MCCI)
コンクリートを高温にすると、脱水が始まるが、骨材の中のシリカは融点が高いため、なかなか均一に溶けず、ガラス材にならない。
コンクリートと炉心の反応は、金属含有量による。

Radionuclide surface chemistry on cement, metal oxides and minerals determined via in situ synchrotron microfluidic experiments (Roy Wogelius, University of Manchester)

鉱物、水にとけている放射性核種の反応を分析している。

重要なのは『表面』である

『表面』は不安定である。その変化の中で、放射性核種がどのように動くか、どのような反応をするか。

例：ガラスの溶解(形、元素によっても反応は変わる)

恐竜の化石の中にも、ウランが残っていることがわかった。(X線を使用した解析)

X線を使用したぎょう灰岩の表面解析。(サンプルを回覧)

ストロンチウム・セシウムの吸着

濃度の違う溶液に漬けて、ピークを解析した。高濃度のほうは、2回のピークがあった。

ストロンチウムのメカニズムを分析。

持ち込んだ試料と、その場で採取した試料では、数値に違いがあった。(理由は?)

表面状態によって、化学反応が変わり、様々なウランが存在してしまう。(Insituの実験を行わないと、実際のウランの状態はわからない)

ウランは六価から四価に還元されるといわれているが、自分の実験結果では、『条件によること。また短時間では起きないこと』が明らかになった。ただし in-situ での実験ではないため、確証はない。

Actinide immobilization and nanofilm formation on mineral surfaces (Arjen van Veelen, University of Manchester)

An overview of the decommissioning process and some key lessons learned (Larry Boing, Argonne National Laboratory)

前進するためには、安全で経済的な方法で稼動していない原子力発電所を解体することが重要である。

廃止、除染、解体

Environmental Radiation Protection (Mike Wood, University of Salford)

TREE (Transfer- Exposure- Effects) <http://www.ceh.ac.uk/tree>

目的：放射能のリスク計算に不必要な慎重さを減らすこと。人類と生態系へのリスクの不確実性を減らすこと。

2013年10月発足-2018年9月までのプログラム

チェルノブイリの研究データに基づいている。

環境放射能保護システム

配布書類

国際セミナー資料集