

企画セッション | 部会・連絡会セッション：核燃料部会

■ 2018年9月6日(木) 13:00 ~ 14:30 | 会場 D会場 A棟 A32

[2D_PL] 熔融塩炉開発の国内外の状況

座長: 寺井 隆幸(東大)

[2D_PL01] 世界の状況

*有田 裕二¹ (1. 福井大)

[2D_PL02] 国内の状況

*山脇 道夫¹ (1. 福井大)

[2D_PL03] 中国の開発状況

*Xu Hongjie¹, Xia Xiaobin¹ (1. 上海応物研)

核燃料部会セッション

溶融塩炉開発の国内外の状況

Domestic and Overseas Progress on Molten Salt Reactor Development

(1) 世界の状況

(1) Progress in the World

*有田 裕二

福井大学

1. 国際的な枠組みにおける取り組み

溶融塩炉は第4世代原子力システムとして GIF(The Generation IV international Forum)の中で取り上げられており各国の開発状況等が報告されてきた。2014年に改訂されたロードマップにおいて、2025年までの開発目標として溶融塩高速炉の基本コンセプトを示すこと、溶融塩を利用する他システム（溶融塩冷却炉や熱輸送システムなど）との共同開発、溶融塩の物性把握や腐食に関する知見、塩処理に関することなどが示されている[1]。最近では、2017年1月にワークショップが開催され、各国からの進捗状況や計画が示されている。

一方、国際原子力機関（IAEA）は、2016年10月末に、トリウムを用いた溶融塩炉に関する国際会議「Technical Meeting on the Status of Molten Salt Reactor Technology」をウィーンの本部で開催し、研究開発の加速に向けた議論を始めた。IAEAは今までトリウム利用炉や小型炉の会合を開いたことはあるが、溶融塩炉に特化した国際会議の開催は初めてであった。欧州各国や米国などの先進国と、中国、インドなどのアジア諸国など、約20の国と国際機関から、溶融塩炉専門家約40名が参加した。IAEAは、今後、予算化を図り、溶融塩炉に関する国際プロジェクトを開始する」と宣言した。なお、これらの方針は、9月のIAEA総会で加盟各国に説明されたとのことである。

2. 各国における取り組み

地域的には大きく分けて4つの動きがある、(1)米国の政府とベンチャーと大学、(2)欧州共同体の研究計画を主軸とする活動、(3)中国の上海を中心とする動き、(4)中国を除くアジアの動き（インドネシア、日本など）である。

米国の特徴は、ベンチャー企業が参入していることである。プラントの最初の試験炉が立ち上がるまでの期間で、5年程度をターゲットにしたもの（2020～2025年）、20～40年後（2050年頃）をターゲットにしたものに大きく分類される。すなわち短期集中型と長期・基礎研究型である。前者ではすでにプラント設計に入っている。これらの特徴としては、1960年台のMSRE(Molten Salt Reactor Experiments)試験炉の設計を基礎としており、新材料の開発は最小限にする方針となっている。これら計画にはアメリカエネルギー省からも予算が割かれており官民協力して開発を推進しようとしている。また、これらの技術を元にしたプロトタイプ炉をインドネシアに導入しようとする計画も示されており新興国にも溶融塩炉導入の動きが進展している。欧州ではHORIZON2020(The EU Framework Programme for Research and Innovation)の中で溶融塩高速炉の安全性評価プロジェクトを進めている。英国においてもベンチャー企業が溶融塩炉の導入計画を示しておりファンドからの支援も含め、国家とは別の道筋で導入が進展する可能性も大きくなってきている。

参考文献

[1] “Technology Roadmap Update for Generation IV Nuclear Energy Systems” OECD Nuclear Energy Agency for the Generation IV International Forum (Jan. 2014)

*Yuji Arita

University of Fukui

核燃料部会セッション

熔融塩炉開発の国内外の状況

Domestic and Overseas Progress on Molten Salt Reactor Development

(2) 国内の状況

(2) Domestic Progress

*山脇 道夫

福井大学・東京大学

1. 基盤研究から新型炉設計提案へ

「熔融塩技術の原子力への展開」研究専門委員会（主査：山脇道夫）が 2013~2017 年に活動した中で報告された熔融塩炉研究のハイライトとしては、先ず熔融塩炉の過酷事故を評価した研究があげられる。福井大・東大・電中研（有田、寺井、山脇ほか）により、事故時放射能放出について、何がどれだけ放出されるのかを模擬体系の蒸気圧測定により推定し、放射能放出量は軽水炉の場合に比べ桁違いに低くおさえられることを示した。炉心構造材料 Ni 基超合金と熔融塩との両立性についても評価され、良好な性能が示された。次いで、高レベル放射性廃棄物の減容への熔融塩炉による核変換の効果の評価が報告された。三田地によれば、熔融塩高速炉の 40 年運転 2 段構成方式で、TRU 消滅率 90%以上が達成できることを導き、本手法の性能の高さを確認している。廣瀬は、熔融塩の相安定性を維持するため、TRU 専焼炉などでは緩衝材の適用が有用であることを指摘した。

熔融塩炉の新型設計としては、先ず福井大から静置型熔融塩炉が提唱された。この概念では、燃料は炉心のタンク内に保持されるため、炉心外部の熱交換器へ燃料を運ぶ配管が不要となり、過酷事故を想定する必要がなくなる利点がある。次いで、熔融塩炉心と乾式再処理施設を直接配管で結びつけ、熔融塩の連続再処理を可能にする統合型熔融塩炉の新しい方式 IMSFR が山脇・小山（福井大・電中研）により提唱された。乾式再処理を液体金属抽出法によって行えば、燃料熔融塩は液体状態のまま炉心と燃料処理系の間を循環させることが可能になり、極めて単純な構造のシステムとなりうる。高速炉の特性を向上させるため、フッ化物に換えて塩化物熔融塩を燃料として採用することが提案された。トリウム・テック・ソリューション社の木下らは、燃料ピン型熔融塩炉を提唱しているが、英国の Moltex Energy 社の提案と共通の特徴を有している。都市大の高木は、Moltex Energy 社のピン型熔融塩炉について、燃焼・増殖性能の評価を行っている。また塩化物熔融塩を用いる場合、塩素の同位体 ^{35}Cl 、 ^{37}Cl のうち、 ^{37}Cl を濃縮した場合の中性子エネルギースペクトルへの効果などを評価している。

2. 熔融塩炉を支える技術環境

わが国には熔融塩炉開発を直に支えていける技術環境が備わっている。「熔融塩技術の原子力への展開」研究専門委員会の委員の中で例を挙げれば、上述以外では電中研が乾式再処理の技術開発を長年続けてきていること、核融合科学研究所がフッ化物熔融塩ループを建設・運転していることがある。同志社大では熔融塩技術研究に長年の蓄積がある。日立、東芝、三菱の原子炉メーカーとしての経験、JAEA の原子力研究の蓄積、荏原製作所のポンプ、バルブ等の製作経験、東洋炭素の黒鉛の製造経験等、枚挙にいとまがない。このような我が国の総力を挙げて取り組めば、近い将来の日本型熔融塩炉の実現も夢ではないであろう。

*Michio Yamawaki

Univ. of Fukui and Univ. of Tokyo

溶融塩炉開発の国内外の状況

Domestic and Overseas Progress on Molten Salt Reactor Development

(3) Progress in China

*Hongjie Xu¹, Xiaobin Xia¹

¹TMSR Center, Shanghai Institute of Applied Physics (SINAP), Chinese Academy of Sciences, China

Abstract

TMSR (Thorium Molten Salt Reactor Energy System) is a research program of Chinese Academy Sciences, financial supported directly by Chinese Government. Research activities of TMSR include MSR (with FHR), Th-U fuel cycle and non-electric application, and to realize industrial application finally. TMSR started from 2011 has made much progress, which include the research team of about 500 staff has been founded, researching facility system on TMSR has established, and most technologies on TMSR have been mastered by the team. Several test reactor design have finished and TMSR-LF1 is under construction. Looking for future, MSR will play key role in Gen-IV R&D, not only on the performance of reactor, but also on the requirement. Accordance with the progress of TMSR program, a proposal about based on the small modular TMSR to realized TMSR industrial application by 2030 has been proposed.