

将来の原発はトリウム熔融塩炉

近藤英樹

1. 2016年8/9の井の頭平和祈念会における学習懇談会

8/9（長崎に原爆投下の日）に井の頭自然文化園で行われた「2016年井の頭平和祈念会」の2次イベント「学習懇談会」について述べます。2016年度の学習懇談の講話のテーマは

(1) 「原爆の体験を語る」 小金井市被曝者の会 元会長

(2) 「原爆とプルトニウム」 NPO 法人 原子力資料情報室 共同代表

それぞれ講話が終わってから自由な意見の交換という趣旨でした。原発≒原爆という核アレルギーの強い被曝関係者に、原発推進の話をして良いのか、私を平和祈念会に誘って呉れた友人に尋ねた所、新しい事なら何を話しても良いというルールになっているとの事で参加致しました。講話(2)の講師のお話は「六ヶ所村の再処理工場は問題が多くいつまで経っても動かない。動き出せば、現在日本が所有する48トンのプルトニウムに、毎年8トンが追加される。プルトニウムの処理、利用が不明な中で、政府は原発を再稼働させてどう管理しようというのか。平和利用、再処理、核のカサの三つをどのように進めるというのか」というのが講話のポイントでした。話が終わり意見交換の時間となって私は手を挙げて「私は原爆には絶対反対ですが原発は存続させたいと考えています。3カ月前（2016年5月19～20日）に私が参加した日本機械学会主催の青森4か所の原発施設見学会で、六ヶ所村の再処理工場を見学した時の説明では、すでに425トンの試験運転を終えて技術的な問題は無い。現在は原子力規制委員会の通達で、屋外設置の冷却塔に、トルネード対策の堅固な金網を設置中とのことでした。只今の（核燃料サイクルが行き詰っているという）お話は「原発とは軽水炉型原発である」との前提でのお話だと思います。新しいタイプの原発を考えれば状況は一変します。私が推進するトリウム熔融塩炉は、極めて安全であるとのメリットの他に、燃料の熔融塩の中にプルトニウムを溶かし込んで燃料として利用することが出来、溜まったプルトニウムの問題を解決することが出来る方向であり、また核ジャック、核テロが出来ません。」講師の方も原子力の専門家であり、もとよりトリウム炉をご存じでありました。私の意見に対して「只今のご意見を尊重したいと思います。但しこのタイプは漏れがあることが問題点です。」「漏れは同様に炉の下のタンクに導きます」以上のようなやり取りで、会場に参加された方々には、少なくとも原爆につながる原発と、つながらぬ原発があることはご理解頂けたのではないかと考えておりましたが、その後2017年1月29日に、藤沢で湘南日独協会にてトリウム熔融塩炉のお話を致しました所、その講演の後で上記平和祈念会の世話人の一人の方が

寄って来られて、2017年の井の頭平和祈念会の学習懇談会の（今回は）講師になって安全な原発の話をして呉れないかとの依頼を受けました。原爆との連想から最も原発反対派になりそうな被曝関係者からの話であり、私にとって驚きのお申出でした。

2. 「カレント」誌

私は講演により、或は月刊誌、会誌・会報等への投稿、身の回りのインフォーマルな会合等でトリウム熔融塩炉に付いて情報の発信を続けておりますが、その内の一つに月刊「カレント」誌があります。同誌の2017年の

4月号で 同誌主宰の矢野弾氏との対談の形で「原発の未来はトリウム熔融塩炉にあり」との題で、トリウム炉の紹介致しました。

5月号で「原発を国民はどう受け止めているか」の題で上記1.の井の頭平和祈念会のケースを紹介をしています。インフォーマルな会合等でトリウム熔融塩炉について情報を発信した先からの反応は、

- ・多くのケースで「そのような安全な原発があることは知らなかった。」
- ・或は「賛同します」「私も調べてみたい」「専門的で良く理解出来ぬかもしれないが、よく読んでみましょう」等々につながっていました。
- ・或は「私個人としては原発反対派です。ただし技術的に、万が一の事故でも完璧にコントロールできる技術があるなら別問題でしょう。」等々

6月号で「原発は100年の事業、安全な原発を政府が主導すべき」を論じ、

8月号で「原発のトイレなきマンション問題」を JAEA 傘下の瑞浪超深層研究所見学会（2017年6月14日参加）を基にして紹介。見学時に所側の説明の後の質疑応答で私の質問「再処理後の容量と比べて、北欧、アメリカ等の直接埋設の場合量ほどの位になりますか」に対して、技術屋さんの副所長の返事は、一瞬間をおいて「約3～5倍です。」放射性廃棄物の処理として、今までに溜まった分がガラス固化体として約2.5万個、再稼働後の分を含めて4万個分の深層処理を国は考えているようですが、直接埋設にすると12～20万個となり、ここはやはり2兆円以上を掛けた湿式再処理法である六ヶ所村の再処理工場を残し、出来たMOX燃料が消化し切れぬ場合は、熔融塩に溶かし込んで燃料として使えば（アメリカの心配もなくなり）トリウム炉による放射性廃棄物の半減期の多くが300年程度と短くなることを併せ考えて、「トイレ無きマンション」という問題が極めて小さくなるかと考えています。

再処理については、熔融塩炉の範疇に入る「乾式再処理法」があります。これは使用済み核燃料からPuを取り出さず、そのまま熔融塩流体に溶かし込んでPuを処理する方法であり、熔融塩炉の基盤技術の一つです。

10月号で「トリウム溶融塩炉は化学プラントである」として、原発が何も特殊なものではないと主張しています。

原発への賛成、反対は情報の開示如何に掛かっていると思います。必要な情報を開示せずに原発への賛否を問えば、福島でのメルトダウンしたデブリの処理の難題振りとか、東電・東芝の経営苦境等々の報道が溢れる中で、「原発は無いに越した事はない」という安易な考えに傾き勝ちになると思います。原発の新增設の件も、将来には安全な原発という選択肢があり、その情報開示が進められて行けば、化石資源が無い日本がエネルギー源として原発を残さねばならぬという事が冷静に思い出され、子々孫々のエネルギーの備えとなるならば、試してみてもどうかと空気が変わってくるのではないかと考えています。

因みに「カレント」誌は、賀屋興宣氏が1964年、左右に偏することなく、自由民主主義社会の我が国に、正しい世論を喚起する目的の為に創刊。次世代のために日本の再創造を広く呼び掛けている月刊の小冊子です。創刊以来53年間、衆参両院の国会議員全てに配布されており、投稿のキーポイントは「未来」と「公」となっています。

3. 2017年1/29 湘南日独協会での講演と、私が原発の問題に入った理由

湘南日独協会の会長さんは、原子力工学科を卒業され原子力公社に入り、長らく「もんじゅ」関係に従事しておられた方です。私が溶融塩炉の話をするに当たり、トリウムに由来するガンマー線、或は循環系の放射線等の問題をぶつけて来られやり取りを致しました。

ここで私が原発問題に入った経緯を説明致します。私が原子力に特に関心を持ったのは福島の事故以来です。それまでは一人の技術屋として原子力を見ていました。福島の事故が起きた時、昭和36年工学部機械工学科卒のクラスメート約40数名の間でメールで議論が巻き起こり関心が高まりました。2013年10月に出版されたアメリカ人科学ジャーナリストが書いた「トリウム原子炉の道」、更に読んだ本の内の一冊が「原発安全革命」、これらの本に書いてあったのは「この原発なら福島もチェルノブイリも起こらなかった！」私にとってこれまでにない息をのむ発見でした。クラスメートの一人、原子力の専門家に「どうしてこのように優れた原発が世に出ないのか」と尋ねたところ、答は「トリウム炉の液体燃料を搬送するポンプを含む循環系と、高温で放射線を浴びる材料が問題と謂われている。」循環系の問題とは、前に述べた井の頭平和祈念会でのNPO法人 原子力資料情報室 共同代表の方のご意見、湘南日独協会の会長さんのご質問等々にまさしく共通する問題であり、溶融塩炉のポイントの一つであると思いますが、多くの方々はこの段階で「溶融塩炉は難しい」となったと思われる

ます。流体機械の設計、開発、研究に長年携わって来た私はこの循環系を調べ、状況をチェックした結果、循環系は十分チャレンジ可能な開発テーマと判断しました。ガンマー線の問題は古川和男博士が循環系をリアクターの中に入れたことにより、リアクター内の機器の点検をどうするかという宿題は残りましたが、衆知を集めて検討すれば、福島の飛び散ったデブリの処理に比べれば、前以て対策を検討出来る想定内の問題であるだけに より容易なチャレンジ可能な宿題と考えています。これらの問題をクリアすれば福島、チェルノブイリのような事故が起きず、次の4項にまとめて記す多くのメリットが実現出来る原発の実現に近づけるといえるのであればと、私の熔融塩炉への思い入れが深まりました。以後原子力に関する本を読み、歴史を調べ、新聞を切り抜き、学会活動に参加（シンポジウム、見学会等）、「原発安全革命」の著者である古川和男博士の流れを汲むNPO法人の活動に参加し……等々により、原発の更なる勉強に努めて来ました。勉強結果をレポートにまとめ、友人、知人等に配布し、その反応を基に更に考えをブラッシュアップして参りました。

4. 熔融塩炉のメリット、特徴

- 1) これまでにも幾つか記しましたが、整理すると
 - ・メルトダウン、水素爆発が無く、チェルノブイリ、福島等の過酷事故を起こす要因が無い。
 - ・長い半減期を持つ放射性廃棄物の発生が極めて少なく、Puの処理が可能な事と相俟って、「トイレ無きマンション」問題が小さくなる。
 - ・熔融塩炉は東西冷戦の時代には、原爆材料がつくれぬ為に、軽水炉との競争に敗れたが、現在は核兵器撲滅の時代要請に合っていること。また核テロ、核ジャックが出来ない。
 - ・コスト面で、過酷事故要因を残したままで、次々と規制委員会から対策を追加される可能性のある軽水炉、或は検討されている高速炉と比べ、コスト面で有利と考えられる事。(これらについての詳細は <http://www.kokusaizenrin.com/> をご参照下さい。国際善隣協会のホームページに講演記録として載っております。)
- ・2017年12月広島高裁が阿蘇噴火の可能性を考え、伊方原発の再稼働を差し止めましたが、仮に火砕流が押し寄せても、熔融塩炉であれば問題ありません。液体燃料としてコントロールされており、非常時に燃料はフェールセーフの自然落下でリアクター下のドレンタンクに溜まります。火砕流は100~700℃と謂われており、鉄製（融点1500℃以上）のタンク壁に守られ、タンク内の液体燃料は400℃以下で固体となり、大気放散は起りません。固体燃料の如く火砕流が来たら燃料を搬出せねばならぬ、

さて搬出先をどこにするか等の問題はあります。

2) 海外の評価は、例えば

2016年10月31日から4日間ウィーンの国際原子力機関（IAEA）本部で開催されたトリウムを用いた熔融塩炉に関する国際会議「Technical Meeting on the Status of Molten Salt Reactor Technology」の冒頭で、IAEA原子力開発課のモンティ（Stefano Monti）課長より「熔融塩炉は、高温で高効率であること、低圧で安全性も高いこと、高レベル廃棄物低減が見込めること、液体燃料なので燃焼度制限がないこと、核燃料サイクルの融通性が高いこと、などの多くの利点がある。」との記録があります。

3) 2017年10月26日発刊の「原子力年鑑2018」の「将来炉」の中の「熔融塩炉」の項目の所で、下記が記されています。

- ・燃料と冷却材の機能を統合し、また、塩は高温で科学的に安定しており熱輸送を単純化し、高い熱効率が得られる。
- ・中性子経済の点で優れ、アクチニド燃焼及び／または高い転換のための代替手段となる。
- ・高温運転のため、熱化学的な水素生産の可能性がある。
- ・熔融フッ化塩は、蒸気圧が非常に低く、容器や配管の受ける応力が低減出来る。
- ・フェイルセーフの排出系、受動的な冷却、及び燃料内の揮発性核分裂生成物の少ないインベントリーにより、固有の安全性が得られる。
- ・燃料補給、処理、及び核分裂生成物の除去が運転中に実行でき、高い稼働率をもたらす可能性がある。
- ・固体燃料では必要となる希釈や成型加工なしで、均質な熔融塩に、様々な組成のアクチニドを加えることができる。

と記されています。

5. 国内の動向

1) 学会

大学の先生方は熔融塩炉をどのように見ているか。私はシンポジウム、セミナー、勉強会等に参加した時に、原子力に関わりの深い大学の先生方のご意見を伺うようにしています。内閣府原子力委員会の前委員長代理であったT・S先生は「トリウム熔融塩炉の良いところばかりを云うなよ」しかし「熔融塩炉の為に必要なテストは行っていくべきだ」、東大のT・T先生は「日本では、熔融塩炉は次世代型原子炉研究の中では最も遅れている。時間を掛けていくべきだ。」、M・Y先生は「トリウム熔融塩炉と絞らずに、広く熔融塩炉を目指すのが

よい)、K・O 先生は「熔融塩炉は球状で固体の黒鉛被覆の粒子燃料で熔融塩で冷却が良い」。トリウム熔融塩炉関係の活動が日本では古川和男博士の流れを主とした限られた範囲で行われて来た故に、いずれの先生方もトリウム熔融塩炉のメリットはご承知の上で、これからの原子力を担う学生達の教育を担う立場を考えておられるのではないかと感じています。原発を止めるとした場合の、後始末としての「廃炉を勉強せよ」という場合に比べて、夢のある優れた次世代型原発の研究となれば、原子力の次の時代を担う若手人材の育成も、国の方針として打ち出せば容易になり、教育の場も段々と整えられていくと考えます。

2) 新聞等のメディアにおける「トリウム熔融塩炉」の扱い

大手新聞等のメディアにトリウム炉は殆ど登場していません。わずかに数年前東電の元副社長豊田氏がトリウムを軽水炉で燃やしたらどうかとの記事、或は2017年の8月 原子力ベンチャーのTTS社が放射線防御機器製造メーカーと組んでカザフスタンで熔融塩炉の材料実験を行うことが日経に出た程度です。実は2017年10月にIAEAがウィーンで熔融塩炉の国際会議を行うに際し、共同通信社が取材し国内新聞各社に配信しました。1例として東奥日報10/12を、別添の資料2-1ページに添付します。このほか岩手日報、信濃毎日、静岡新聞、京都新聞、四国新聞、中国新聞等に載りましたが、大手の全国新聞では報道されませんでした。大手ともなれば当然裏付け作業を行うと思いますが、当時は「もんじゅ」の廃炉問題の真っ盛り、代替の「高速炉」をどうするか、その開発会議を急ぎ検討する問題が新聞を賑わしていました。その中で新型次世代炉を掲載して世間を混乱させることを、取材を受けた経産省あたりが抑えたか、或は新聞社側が自主的に判断したかのどちらかだと思います。

3) 2016年10/28 都市大/早大共催「未来エネルギーシンポジウム」

「もんじゅ廃炉」問題が急浮上した2016年9月の段階の話になります。新聞各紙に「もんじゅ廃炉の方向、その代替手段としての「高速炉開発会議設置」が大きな見出しで載った後、日本原子力学会ニュースで知った上記シンポジウムへの参加を申し込みました。同シンポのプログラムの中に経産省の人による「日本の原子力政策の展望」と題する講演が入っていたからです。講演者は、半年前の企画段階の資源エネルギー庁原子力政策課長から、事態の急展開、即ち上記開発会議がフランスのASTRID型高速炉を軸とすることになった為、原子力国際協力推進班長に代わっておりましたが、その講演はシンポ前日に行われた第2回「高速炉開発会議」の概要の説明となりました。講演終了後、退出する講師を追って隣室で私が講師にした質問は「先刻のご講演で、高速炉により廃棄物中のPu等の燃料化、仏ASTRID等世界の動きに目を光らせたいとの

話がありましたが、例えばトリウム溶融塩炉では Pu を燃料化することが出来ませんが、そういうことも開発会議で議論されるのでしょうか」講師はトリウム炉の件をご存じのようでしたが「新しい炉は時間を掛けるというのが我々の共通の認識です」もんじゅ廃炉によって寂れる方向にある地元自治体対策を考え、高速炉に焦点を絞って年内に結着させたいとの感が窺われました。

4) 2017年7/20 内閣府原子力委員会「基本的な考え方」発表

7/20 内閣府原子力委員会が発表した「原子力利用に関する基本的な考え方」の内容は、おおよそ下記の通りでした。

- ・同委員会の役割は省庁間の溝を取り払って、長期的な政府の原子力政策を示すことにある。
- ・現在日本の原発は全て軽水炉型なのでその足元をしっかりと見て進める。
- ・長期的展望と云いつつも、次世代型炉の展望は一切触れていない。
- ・国際感覚の向上に努め、情報を収集してグローバル・スタンダードに遅れを取るなど云っているが、現在国際原子力機関 IAEA、或は第四世代原発国際フォーラム GIF 等については一切触れていない。
- ・原発の安全研究については、原発事業者（電力会社、原子力機器メーカー等）と研究機関・大学が連携して進めるようにとの文が繰り返し書かれている。

注) 米国ではベンチャー企業の開発を政府が直接支援し、イノベーションを起し易くする制度が整っているが、日本では機能していない。

5) 政治情勢

原子力の問題は政治によって影響されます。2017年6月頃、経産省は「エネルギー基本計画」改定の中で、原発新增設を打ち出すかとの新聞情報がありましたが、7月の都議会議員選挙の結果、8月にはカタツムリの如く新增設問題には口を閉ざし、10月の総選挙で再稼働推進の自民党が大勝したにも拘わらず「議席数程の投票比率があったわけではない」と慎重な様子です。即ちアゲンストの風は弱まったが、フォローの風が吹き出したというわけでもなさそうです。

「原子力年鑑 2018」の序文の中で「、、これまで認められてこなかった沸騰水型原子炉（BWR）にも、東京電力柏崎刈羽原発を筆頭に近く再稼働が認められることが期待される。しかし、原発新設に付いては、まだ見通しが全くたっていない」と記されています。「エネルギー基本計画」の3年に一度の改定も、当初2017年の夏ごろと云われていたのが、2017年末になり、新聞をよく読むと「2017年度」という言葉も使われるようになり、更に2017年11/29の毎日新聞によれば、今年度中にとりまとめられる「エネルギー情勢懇談会」の報告を踏まえ、「エネルギー基本計画」の改定に向けて「有識者委員会」でも、来春か

ら 50 年に向けた議論を始めることになったとなっています。

一見すると以上の如くですが、実際に政治の世界では下記の 6) 7) の如き新たな動きが始まりつつあります。

6) 2017 年 6/21 衆議院第 1 議員会館の会議室で行われた熔融塩炉の可能性を探る自民党議員 6～7 名を含む産学官の勉強会

次世代炉の新たな選択肢として産学官で科学的検討を進める勉強会として、経済産業省や文部科学省、経団連、電力会社など産官学から 300 名弱が参加した。呼び掛け人代表の有馬朗人・元東大総長は「原子力の最大の課題は、推進するにしても廃絶するにしても使用済み燃料の後始末をどうするかということ。熔融塩炉の技術開発を早急に進めるべきだ」とのメッセージを寄せています。2 人の講演等の後、産学官合せて科学的研究を進める、熔融塩炉の実現には政府が正面から関与しなければならず、自民党をはじめ与野党挙げての理解と支援が不可欠との決議を採択しました。

7) 2017 年 12/6 自民党本部で行われた新エネルギー第 1 回勉強会

12/6 二自民党本部 706 号室において、新たに設けられた資源・エネルギー戦略調査会の新型エネルギー検討委員会の勉強会が行われました。委員長 山本拓議員、委員長代理 原田義昭議員の挨拶に始まり、今回は主として「乾式再処理法」について、来日した Elysium Industries 最高技術責任者エドワード・フェイル氏、日本側から 2 名の有識者ヒアリングが行われました。結成された議員連盟の若手議員の方々から活発な質問が出され、有意義な勉強会でした。出席した経産省資源エネルギー統括調整官からは「中国や米国の動きを見極めながら、規制当局と連携していきたい」、文科省研究開発局原子力政策課長の弁は「新しい技術なので、安全性に注意しながら注視していきたい」、原田委員長代理から「第 1 回勉強会でしたが、今後しっかり頑張りたい」でした。

6. 国際情勢

下記の資料を基に説明致します。

1) GIF-MSR の運営委員会の報告 (資料-3 の 1 枚目から 3 枚目)

2016 年 10 月 13 日にフォーラム木下理事長が文科省研究開発局で開催された GIF 国内連絡会に初めて参加し、トリウム熔融塩国際フォーラムが GIF に参加した経緯や最近の国際動向を説明した。当フォーラムが GIF の MSR 運営委員会に参加していることが国レベルで認知された。

2) 熔融塩炉の海外情勢 (資料-3 の 4 枚目から 15 枚目)

7. 「概念設計」から「熔融塩炉」の実現に向けて

トリウム熔融塩炉は、1960～70年代にアメリカのオークリッジ国立研究所で行われた数千、数万 kW 級等の実験炉による実験結果、その後の古川博士及び後に続く人達の下で、20 万 kW 級の「FUJI」の概念設計が出来ております。だが実施設計、詳細設計が出来ているわけではありません。

原発は広い範囲に跨ったプロジェクトです。例えば NPO 法人であるトリウム熔融塩国際フォーラムには、核分裂による生成物として、ウランとトリウムの場合を比較して、半減期が長い MA がトリウムの方が 1/100 以下になることを検討出来る先生は居りますが、全体的に古川博士以下の流れを汲んでおり、原発機器各種、或は建設等のエンジニアリング、運転管理等のポテンシャルがどうかと云えば、これは衆知を集める必要があると思っております。

そこでフォーラムとしても少し方向を変え、熔融塩炉が実現出来るように、広い範囲の衆知を集め検討を進める場を設けるという方向に動き出しています。

「その場に原子力メーカーさんも参加されませんか」と申し入れたのがきっかけとなり、今回の「エネルギー会」での座談会講演につながったわけです。

熔融塩炉のメリットは皆さんほぼ一致出来ると思います。トリウム熔融塩炉には既に起きた過酷事故の要因はありませんが、熔融塩炉であるが為の事故が起らぬように衆知を集める必要があると考えます。5 年前まで日本がトップを走っていた熔融炉の分野で、中国が猛追し、米国が我こそは本家本元とベンチャーを立てて力を入れ始めました。先になって中国に頭を下げて「教えて下さい」とはなりたくありません。

概念設計の一部、或はフォーラムとして課題と考える項目を資料として示します。これらを含めて、その検討する場を上述べた自民党の資源・エネルギー戦略調査会のところに置き、それなりに時間が掛かると思われるので、若手を中心にして集り（ベテランの方々は是非バックアップ、後ろ盾になって頂ければと思います）実現の為に必要な開発課題の抽出、乗り越える為に何が必要かということからスタートし、いずれは努力した者が報いられる形で「日の丸原発」につながれば良いと考えております。

付) 11/30 づけ林勉様からのご質問に対する回答（「」内がご質問）

1. 「高温格納容器内は常時 500 度以上に保たれていることになるが、周辺のコンクリート構造体はその高温には耐えられないと考えられるが、どう対処するのか。」

米国実験炉 MSRE で既の実証されています。

ステンレスで内張りした鋼製容器により、熱遮蔽しています。

2. 「熔融塩燃料を一次系に装填する前に格納容器内を高温にする必要があるが、その電気ヒーターは500度に耐えられるか。」

これも米国実験炉 MSRE で既の実証されていますが、高温ガスのブロワが最も簡便かと思います。燃料電池 FOMC 用の 500 から 600°C のブロワは、以前 NEDO の補助金で研究開発されており、東京ガスの千住テクニカルセンター設置のモデル燃料電池にて既に商用化されています。

3. 「冷却がきちんと行われないと、原子炉は停止しても核分裂生成物の発熱により高温になってしまうがこの対策は。冷却が行われない例としては次項 4 の例がある」

添付資料に目次と一部のページを紹介した “Liquid fuel, thermal neutron spectrum reactors” (英語版) に安全設計や安全解析が示されています。

4. 「3次系のタービン系は通常の火力と同じであり、4～6年ごとの定期検査が必要。この時の冷却系はどうするのか。」

炉心下部のドレインタンクに排出します。ドレインタンクには、電気を必要としない冷却系が設置されています。ドレインタンクに導く配管中にフリーズバルブを設置し、所定長さの配管を冷却装置で凍らせる事により、運転中の落下を防止しています。解凍する時間は凍った配管長のマイナス3ベキに比例するとの研究も行われており、電源断で冷却装置が停止し熔融塩がフェイルセーフで落下しますが、配管長を加減する事により、電源の瞬停等では落下せぬようにすることが出来ます。

5. 「3次系は高圧である。二次系は低圧と思われるが熱交換器部分に損傷が発生すれば高圧部から勢いよく2次系に水、蒸気が流入する。二次系の破損対策はどうしているか。この時一次系への影響はどう考えるか。」

これも “Liquid fuel, thermal neutron spectrum reactors” (英語版) に安全設計や安全解析が示されています。

一定圧力になると破裂するラプチャーディスクで、二次系熔融塩用のドレイ

ンタンクに排出します。(二次系が喪失するので、1次系＝燃料塩もドレインタンクに排出します。)

6. 「一次系の計器類としては中性子レベル計、放射線レベル計、振動計、温度計、流量計、映像監視装置等が必要と思われるが、500度という高温と強度な放射線に耐えられるのか。」

軽水炉では燃料破損を防止するために、燃料温度が決定的に重要ですが、熔融塩には燃料破損というものが無いので、原子炉外部からの測定で十分です。また、軽水炉と異なり、熔融塩は液体なので振動で破損することはありません。金属 Na と異なり、熔融塩は透明なので、カメラを設置する案は ORNL (米国オークリッジ国立研究所) で検討されました。しかし、熔融塩には燃料破損が無いので、見る意味がないとして却下されました。

7. 「一次系二次系の計器類の点検はどのように行うのか。点検が必要ならこの時にプラントは停止するのか。停止するなら3項の冷却問題をどうするのか。」

米国実験炉 MSRE の4年間の運転実績で、既に実証されています。

8. 「炉心は低圧なので圧力容器は薄型のタンクとしている。この中には巨大な黒鉛構造物が入ることになるが、これら全体の耐震構造はかなり難しいとも思われるが設計は可能か。」

黒鉛自体は十分な強度を持っており、かつ、黒鉛は構造体でもなく、全体としては PWR や FBR (もんじゅ) のように、相互に接した構造になっています。従って問題ないと考えますが、原子炉容器ごと加震台に載せて確認する試験が望ましいと思います。

9. 「熔融塩の中にある高放射線の核分裂生成物については運転中に燃やして処理できるとされているが、運転を継続すれば新たな核分裂生成物ができることになり、運転停止した時にはそれなりの高レベル廃棄物が残ることになるのではないか。その処理をどうするかということになれば現行の高レベル廃棄物問題が生じることになるがどうか？」

核分裂を利用すれば、必ず強い放射能の廃棄物 (FP) ができます。しかし、強い放射能ということは、半減期が短いことと等価なので、200-300年で減衰

します。これらは地上保管することが考えられます。新たな高レベル廃棄物を生み出すのは嫌だ、として、全ての原発に反対する方もいます（例えば、京大の小出先生）。しかし、Pu等の長半減期の核物質を消滅するには、中性子を当てるしかないことは認めておられます。10万年の管理を選ぶか、数百年の管理を選ぶかは、社会が決めることで、科学者の任務は選択肢を社会に提示する事だけです。

2017-12-7、吉岡律夫

注1) “Liquid fuel, thermal neutron spectrum reactors” (英語版) については、<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-101126-3.00011-7> をご参照下さい。

第11章(英文で約100ページ近く)を\$31で入手出来ます。

注2) 2017年10月初めに、米国オークリッジ国立研究所で開催された3回目の溶融塩炉ワークショップの内容が下記のHPで紹介されています。

<https://msr2017.ornl.gov/>

このURLに動画が2件掲載されており、1件目は米国実験炉MSREの建設記録(1960年代末の製作)であり、2件目が溶融塩炉の遠隔保守設備の紹介です。実験炉と同じ大きさの模擬原子炉を製作し、モーターやポンプ、配管シール、最後に原子炉容器本体まで、遠隔で取り外し取り付けを実演しています。

以上を今回の林様のご質問に対する回答と致します。が我々は以上を以て事足りりと考えているわけではありません。実績として考える対象を、新しい開発の参照とする場合、それぞれの規模、スケールも考えねばならぬことは勿論です。開発予算も含めて、溶融塩炉関係の試験装置、炉等を建設して行く場合にそのスケールをどの程度のものにするか、将来の商用炉を考える場合も数十万kW級の中型炉を目的とするのか、或は百万kW級以上の大型炉まで考えるのかという問題はこれからの問題だと考えます。

スケールの問題として、例えば小型の機器が問題なく運転されていた場合であっても、大型化された場合、機器の一部の構造部分の寸法、或は配管を含む系が変わった為、その部分の固有振動数が変わり、そこに伝わる振動源の強制サイクルと共振し、疲労による破壊に至る場合があることも考える必要があると思っています。技術に100%は無いと思いますが、原発であるだけに出来る限り100%に近づけるべく、オークリッジ国立研究所の溶融塩炉での知見の活用と共に、慎重にあらゆる角度から検討し、考えられる最新・先端の技術を以て対応していくことが肝要と考えています。

以上