

(第 137 回) 神奈川研究会議事メモ

開催日	2023 年 1 月 10 日 (火)	出席者	西村二郎・大谷宏・山崎博・松村眞・
時間	15 時—17 時	敬称略	猪股勲・宮本公明・飯塚弘・神田稔久
場所	リモート会議		
資料	次世代の原子炉について (山崎)		
議題	<p>1. 技術課題 次世代の原子炉について</p> <p>課題の概要</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 国家安全保障戦略としての米欧の革新炉開発 2. 我が国の原子力発電の状況 3. 新規制基準で求められる安全対策 4. 最近の世界の原子力発電開発動向 5. 日米各社の革新炉のラインアップ 6. 世界の代表的な革新炉の開発段階 7. 高温ガス炉 8. トリウム溶融塩炉 9. 高速炉 10. 核融合炉 11. 2050 年カーボンニュートラルを見据えた革新炉の市場性 <p style="text-align: center;">＜発表者からのコメント＞</p> <p>東日本大震災以前、電力供給能力の 30%以上を占めていた原子力発電所が一斉に不稼働になり、新規制基準による安全性の見直しにより再稼働が遅れるなか、電力の自由化と再生可能エネルギーの利用拡大により、それまで調整電源としての役割を担ってきた火力発電所も不採算から休廃止されていった。その結果、太陽光発電量が落ちる夏期冬期の夕方時には、電力会社の余剰電力が厳しい状態に陥り、この冬も電力利用者に節電を呼びかけている。</p> <p>国は、国際情勢により価格変動を受けやすい化石燃料にたよりながらも、一方でカーボンニュートラルを目標に掲げており、この矛盾を解決するため、ベースロード電源として既設原発の再稼働を急ぐとともに、将来に向けて高い安全性と調整電力の機能を併せ持つ次世代型革新炉の早期導入を計る方向へと政策転換した。経済産業省は、22 年度に「革新炉ワーキンググループ」を発足させ、次世代型革新炉の検討を進めている。開催された 6 回の会議は、YouTube 動画で公開されている。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>国家安全保障戦略としての米欧の革新炉開発</u> 世界で建設・計画中的 PWR の 60%近くが中口製で、両国は戦略的に海外への原発輸出を展開し、強靱なサプライチェーンを基盤に、革新炉開発でも先行している。一方、米欧は約 20 年にわたり原発プロジェクトが停滞し、原子力サプライチェーンも脆弱化した。このため、米英仏は原子力の技術リーダーシップの再興を戦略に掲げ、革新炉の実証炉プロジェクトを米国ベンチャー企業が立ち上げている。 2. <u>我が国の原子力発電の状況</u> 2010 年度における我が国の発電設備に占める原子力発電設備容量の割合は 20%、原子力発電の設備利用率は 67%、発電量に占める原子力発電電力量の割合は 25%であった。しかし、2011 年の東電福島第一原発事故により、我が国の原子力利 		

用を取り巻く環境は一変した。事故後、全国の原子力発電所は順次運転を停止し、2012年5月には、我が国で稼働している原子炉の基数が42年ぶりに0基となった。現在、23基の原発が廃止され、17基が安全審査を終え、10基が稼働したが、7基は地元自治体の同意や安全対策工事に課題が残り不稼働にある。いまだ安全審査未申請の原発も多く、将来の原発の発電能力は不透明な状況にある。

3. 新規制基準で求められる安全対策

新規制基準では、自然災害対策、意図的な航空機衝突への対策、外部電源の2ルート化、緊急時対策所、電源車、炉心損傷防止対策、格納容器破損防止対策、フィルタベントの設置、消防車・ポンプ車、津波対策、地下構造調査、ボーリング調査、トレンチ調査などが必要とされる。

2015年当時、既設の原子力プラントの追加的安全対策のための建設工事費は、政府による試算では一基あたり約1000億円と見積もられていたが、2020年には5兆2376億円（2020年現在、新規制基準適合審査を申請した15原子力発電所27基で除すると約2000億円/基）に増加したと報じられている。その要因は原子力規制委員会の審査の過程で設計や工事の見直しが必要となったためとされている。

4. 最近の世界の原子力発電開発動向

この10年間に運転を開始した原発は、中国が圧倒的に多く35基、ロシアが6基でそれに続く。逆に、日本は運転を停止または閉鎖した原発が21基で圧倒的に多い。日本は福島事故後、新規制基準による原子力規制委員会の審査をクリアする必要がある、追加安全対策を含めた経済性などの問題から閉鎖する炉が相次いだ。米国はシェールガス革命によって価格競争に晒され、10基が停止または閉鎖した。ドイツは政策で11基を停止または閉鎖した。一方、新型炉の開発に於いても、中国とロシアが圧倒的に多く、続々と建設を計画している。米国、英国、フランス、日本は、新型炉の開発に於いても中口に先行を許している。

5. 次世代軽水炉

地震・津波その他自然災害への対応、大規模航空機衝突・テロ対策、シビアアクシデント対策等の世界最高水準の安全対策に加え、自然エネルギーとの共存等の社会ニーズを踏まえたプラント機能向上させる。既存プラントに較べて配管系統が簡素化される一方で、制御系を含め安全系の設備が強化される。

三菱重工、日立、東芝の各社は、世界最高水準の安全性と経済性を強化した次世代軽水炉を、2030年代の実用化を目指して開発中である。

6. 小型モジュール軽水炉(SMR)

SMRと呼ばれる小型モジュール軽水炉は、米国のNuScale社が米国の設計安全審査を既にパスし先行している。NuScale社のSMRは、PWRタイプ、1モジュール7.7万kW、最大12モジュールを設置可能で、最大92万kW規模となる。NuScale社は、2007年にSMR開発を目的に設立された米国企業で、米国エネルギー省(DOE)の支援で開発を進め、2029年に初号機をアイダホ国立研究所内で運転開始を予定している。NuScale社のSMR開発には、日揮HDが4000万ドル、IHIが2000万ドル、日本国際協力銀行が1億1000万ドル出資している。

三菱重工、日立、東芝の各社も、それぞれ経験を生かし、安全性と経済性に優れたSMRを開発中である。日立はGEと電気出力30万kW級のSMR(BWRX-300)を開発中である。

7. 高温ガス炉

高温ガス炉は、炉心の主な構成材に黒鉛を中心としたセラミック材料を用い、核分裂で生じた熱を外に取り出すための冷却材にヘリウムガスを用いた原子

炉である。炉心を構成している黒鉛材料は熱容量が大きく、異常が起きても炉心の温度変化が緩慢である。配管が破損して冷却材のヘリウムガスがなくなるような事故が起きても、炉心で発生する熱は原子炉の容器表面から放熱されることにより自然に除去され、燃料が破損する心配はない。高温ガス炉では、ヘリウムガスは約 800℃の高温に温められ、ガスタービン発電、IS 法の水素製造、熔融塩による蓄熱などが可能となる。高温ガス炉の開発では、東芝や米国の X-エネルギー社が、直径数百ミクロンのセラミック燃料核を熱分解炭素で被覆した燃料粒子を燃料棒に詰め、黒鉛ブロックの穴に収めた原子炉を開発中である。

8. トリウム熔融塩炉

トリウム熔融塩炉は、トリウムを燃料とする液体燃料炉で、燃料塩自体を循環ポンプにより炉心外に循環させる。核燃料に安いトリウムを使用でき燃料費が安く、燃料集合体に加工する必要がない。また、高レベル廃棄物の排出量が少ないなどの利点を持つ。最も有名な熔融塩液体燃料炉は米国オークリッジ国立研究所所長を務めたアルヴィン・ワインバーグ博士主導により 1965 年に建設されたトリウム熔融塩実験炉 MSRE で、4 年間の連続無事故運転に成功し、熔融塩液体燃料炉に必要な基礎技術が確立された。一方、日本では、古川和男博士がトリウム熔融塩炉の研究開発を継続し、日本独自のトリウム熔融塩炉として 1 万 kW の小型炉の mini FUJI と 20 万 kW の標準型炉の FUJI の設計を完成させた。

9. 高速炉

高速炉は高速の中性子による核分裂反応を使って通常の原子力発電所よりも効率的にプルトニウムなどを燃やす原子炉である。日本で開発の中心だった高速増殖炉「もんじゅ」は実証炉への道筋をつくれないうま 16 年に廃炉が決まった。一方、米国の原子力スタートアップなどによる高速炉の開発計画に日本原子力研究開発機構や三菱重工が協力する。米マイクロソフト創業者のビル・ゲイツ氏が出資する米テラパワー社と米エネルギー省の開発計画で、日米の関係者で協力に向けた覚書を交わされ、今後、具体的な内容が詰められる。テラパワー社はワイオミング州に 2028 年の運転開始をめざして高速炉を建設する。高速炉の出力は 34.5 万 kW で、米政府に 20 億ドル (2300 億円) 近くの補助金を求めている。高速炉は使用済み核燃料を再利用する核燃料サイクル政策にとって重要な施設で、日本は技術の獲得をめざす。

10. 核融合炉

トカマクは、磁場によって高温のプラズマを閉じ込める核融合のための装置の一つで、トーラス状 (ドーナツ状) のプラズマを取り囲むように設置したトロイダル磁場コイルに通電し、螺旋状の磁力線の籠に、重水素と三重水素を 1 億℃以上の高温プラズマ状態で閉じ込める。将来の核融合炉に最も有力とされるプラズマ閉じ込めの方式で、JET、JT-60SA、ITER もトカマク型を採用している。日本も参画しフランスで建設が進められている核融合実験炉 ITER においては、高速ヘリウムをプラズマの加熱に利用し、重水素と三重水素を燃料とする核融合反応によって、外部から投入したエネルギーの 10 倍 (エネルギー増倍率) 以上のエネルギーを発生することを目標としている。

一方、米国のローレンスリバモア研究所は、約 60 年前に研究を始めたレーザー核融合の実験で、2022 年 12 月 5 日に世界で初めて“核融合の点火”に成功し、しかも投入したレーザー光の約 1.5 倍のエネルギーを取り出すことに成功したと発表した。トカマク方式核融合が、高温かつ巨大なプラズマをもれなく磁場で一定時間閉じ込める必要があるのに対し、レーザー方式核融合では、小さな燃料カプセルやプラズマを数 n (ナノ) 秒だけ圧縮できればよい。今回の成果で、レーザー方式のほうがトカマク方式より早く実用化できる可能性が出てきた。なお、阪大藤岡氏らの研究チームもレーザー核融合の基礎研究を進めており、5000 万度℃以

上の高温と固体密度の数千倍の高圧状態をつくり出し、重水素と三重水素を核融合させる実証実験に 2023 年初頭にも取りかかる。なお、核融合炉の実現には、内部の熱エネルギーをいかに外部に取り出すかも今後の大きな課題である。

11. 2050 年カーボンニュートラルを見据えた革新炉の市場性（革新炉 WG 資料より）

- **経済性**：革新軽水炉では、既存軽水炉と同水準以上の経済性を目標。高速炉では、既存軽水炉と同水準の経済性を目標。海外の小型軽水炉は、設計のシンプル化によりガス火力並みの経済性を目指すものもあるが、高耐震等が求められる国内においては更なる検証が必要。高温ガス炉は電気・水素のコジェネレーションで経済性向上の可能性。
- **水素製造**：高温ガス炉、核融合炉については高温熱源を利用した水素製造が可能。
- **負荷追従**：高温ガス炉や高速炉では、水素製造装置や溶融塩の蓄熱システムを組み合わせて、系統に送電をしない時間帯は水素製造や蓄熱をすることで負荷追従が可能。小型軽水炉はタービンバイパスやモジュール毎の制御により負荷追従が可能。
- **資源の有効利用**：高速炉で生成したプルトニウムやマイナーアクチノイドを燃料とし、長期間のエネルギー供給が可能に。長期にわたり天然ウランの供給が不要となる可能性も。
- **廃棄物有害度・処分場面積低減**：高速炉では、高レベル放射性廃棄物の潜在的有害度が自然界並に低減する期間を 300 年に短縮可能。高温ガス炉は高燃焼度で処分場の面積低減の可能性。核融合は高レベル放射性廃棄物を原理上発生しない。

<参考資料>

1. 服部楨男「遺言～私が見た原子力と放射能の真実～」(かざしの文庫 2017/12)
2. 北村行孝・三島勇「日本の原子力施設全データ」(講談社 2012/2)
3. 小型原子炉 SMR 徹底解説 (SMR について、東工大 奈良林 直 特任教授の講演)
https://www.youtube.com/watch?v=o2tEr_jCnFyI&t=3251s
4. 特集：原子カイノベーションを支える最新の新型炉開発の状況 4、
日本原子力学会誌アトモス、Vol. 64, No. 3 (2022)
5. 特集：原子カイノベーションを支える最新の新型炉開発の状況 5、
日本原子力学会誌アトモス、Vol. 64, No. 4 (2022)
6. 特集：エネルギー基本計画改訂を踏まえたプラントメーカーによる原子力事業展開活動、
日本原子力学会誌アトモス、Vol. 64, No. 7 (2022)
7. 原子力白書 (令和 3 年度版) PDF 版のダウンロード可
http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/hakusho/hakusho2022/index_pdf01.htm
8. 経済産業省 革新炉ワーキンググループ (2022 年度) 第 1 回～第 6 回会議、配布資料、プレゼン、質疑内容が、YouTube で見られる (各回は約 2 時間)
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushintro_wg/index.htm
9. 一般社団法人 プラズマ・核融合学会誌 (ネットで目次の記事が読める)
<http://www.jspf.or.jp/journal/new.html>
10. 高温ガス炉の概要 (日本原子力研究開発機構高温ガス炉プラント研究会資料)
https://www.iae.or.jp/htgr/pdf/00_summary01/00_1.pdf
11. 吉岡律夫・木下幹康「トリウム溶融塩炉の開発の現状について」第 17 回原子力委員会資料 2-2 号 (2013/5/9)
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2013/siryo17/siryo2-2.pdf>
12. 「核融合」は手が届くところにある (IGS エネルギー環境セミナー)
<https://www.youtube.com/watch?v=A1PCsI7snkY>

<参加者からのコメント>

(飯塚)

■次世代の原子炉についてのプレゼ大変ありがとうございます。各種原子炉について詳細にまとめられておりますので、今後の参考資料にさせていただきたいと思えます。私は原子炉についての知見に乏しいので、とても各論の議論ができませんので、原子力発電に対する一般論を記させていただきました。ただ、十数年前の在職中に土岐市の核融合科学研究所を数回訪問する機会があり、大型ヘリカル装置を1回だけ見学させていただきました。巨大な装置に圧倒されました。同時にその複雑さに、将来実用化が可能か甚だ疑問に思ったことを覚えています。

■私の家では2010年12月に6kWの太陽電池を付け、再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)のお陰で48円/kWhで売電し、2021年1月にFITの期間が終了し、現在はいわゆる新電力のENEOSに11円/kWhで売電しています。その間、2020年3月に11kWhの蓄電池—ニチコン製、蓄電池そのものは東芝製と聞きます—を加えました。電気は今や新電力のauから購入しています。何を言いたいのかですが、再生可能エネルギー導入と電力の自由化を同時に進めたことです。再エネは発電できないときのためにバックアップ設備と送電網の強化が不可欠で、その負担は発電事業者が負います。安価な中国製の太陽電池がこの市場を席卷し、電力自由化で発電設備をもたない雨後の筍のように生まれた多くの新電力会社は安く電力を売り込み、その後天然ガスなどの化石燃料の価格が上がると撤退します。今がそれです。結果的に市場の原理により、使う頻度が少ない発電設備は廃棄され、電力使用量が増大する真夏・真冬には電力需給が逼迫、供給余力を示す電力予備率が3%近くなり、安定供給が覚束ない日が毎年生じます。エネルギーは国民生活、産業維持には不可欠で、安全保障上も重要なことは、今回のロシアによるウクライナ侵攻により明らかになりました。それをただ経済性だけで評価し、自由競争に委ねることに大きな疑問があります。

■2050年にカーボンニュートラルを目指す地球温暖化対策はまったなしの状態です。再生可能エネルギーだけでの実現は不可能なことは明らかです。化石燃料を使い続けるのは難しく、CCS(Carbon dioxide Capture and Storage)付き火力発電ですが、そもそも日本にはCCSに適する地理的な条件がないと言われています。世界で稼働中のCCSの大半は、枯渇してきた油田に回収したCO₂を注入するEOR(Enhanced Oil Recovery)に使われ、石油増産という経済的利点を有します。日本には油田もなく、陸地、特に火力発電設備がある太平洋沿岸にはCCSに適地がなく、海洋だとコスト高となります。少なくとも火力発電を継続する目的で、その脱炭素化にCCSを使うのは本末転倒のような気がします。結局の所、消去法でカーボンフリーな安定な電源としては原子力発電に頼らざるを得ません。その点、原発へ大きく舵を切った岸田首相の発言は評価できます。新規な原発を作り稼働させるには10年以上掛かるため、現在休止している原発を再稼働させる意義は大きいです。福島第一原子力発電所の事故を貴重な経験として、再稼働する原発には生かしてもらいたいと思えます

(宮本)

- ・山崎様の網羅的で詳しい資料に感激しました。おそらく、原子力の位置付けや具体的施策は技術史上、今世紀最大の課題になると思うので、いいガイド資料です。
- ・カーボンニュートラルの達成のための化石燃料発電の停止と再生可能エネルギーの発電量変動の影響を避けるために原子力発電への回帰は避けられないと考えられます。このとき、もちろん忘れてならないのは、安全性がどう担保されているかです。
- ・世間では、原子力アレルギーと言われる嫌悪感はかなり根深いものがあります。しかし、その根源が「解らないものは遠ざける」だったり「あつものに懲りてなますを吹く」だったりします。かつて、原子力の平和利用の花形として原子炉が取り上げられたときには、官民あげて「明るい未来の象徴」ともてはやしたものです。

小生も、小学生のころ大阪や名古屋の科学館で、そのような展示を何度も見ました。
・しかし、今回はこのような進め方では、分断を煽るだけで正しく施策を進められるとは思えません。ポイントは、第三者の視点で原子力発電の利害得失を科学の立場で説明していくことでしょう。そのためには、このような活動を行う、中立的な組織をたちあげ、議論と広報活動を行うことではないかと思えます。政府でもなく、電力会社でもない組織となると、学会やNPO法人などがあげられます。

- ・そういったグループが検討すべきなのは
 - ・なぜ原子力発電なのか
 - ・どのような方式が日本にフィットするのか
 - ・どのようなリスクが存在し、どうやって回避するのか
 - ・廃棄物の問題にどう対処するのか

など、多岐にわたっています。

・かたや、技術開発の面での努力も極めて重要なことは論を待ちません。これらを進めるには莫大な資金が必要で、国際協力も含めて体制作りもやって行く必要があります。核融合炉については、ヨーロッパの拠点に国際的な枠組みで研究組織ができていますが、核分裂革新炉について、メーカーごとに別々なタイプの提案がある現状をどう整理するのか今後の検討課題だと思えます。

(松村)

大量の資料を収集し、非常にわかり易く体系的に整理されたレポートに敬服します。これだけの情報を読み込んだ上でのレポートですから、相当な時間をかけられたことと推察します。発表者からのコメントも秀逸で、これだけでも初めて読む人に概要を的確に伝えられるでしょう。多くの人にとって関心があるテーマですから、SCE・Netの窓などに寄稿すれば感謝されるでしょう。

内容が広範囲でデータが多いので、個々の指摘にコメントするのは差し控え、個人的な感想と意見を述べます。

第1点は2011年の原発事故以来、観念的な感情論や非現実的なイデオロギーを乗り越えて、やっとここまで到達したかという感慨です。私は山崎さんのプレゼンを聞いて、今後の展望に明るい未来を感じました。もちろん安全性を高めた原発のコストや最終処分場の問題は残りますが、10年以内に克服できるだろうと思いました。

第2点は、このような原発の具体案の進展が、日本の経済力の向上に非常に大きな影響を与える点です。現在の日本の燃料(石炭、石油、天然ガス)輸入コストは、年に約16兆円という莫大な金額です。このうち少なくとも半分以上が発電用と思われるので、原発に代替できれば年に8兆円ぐらいの国費の海外流失が避けられ、他の分野に投入できるでしょう。私見ですが、商用電力は全面的に原発と再生可能エネルギーに委ね、化石燃料は輸送用と石化原料用に使用するのが望ましいと考えています。

第3点は、エネルギーセキュリティの確保に大きく寄与する点です。化石燃料はほぼ100パーセントが輸入ですから安定確保に不安があり、現在の電気代やガス代の高騰に見られるように、価格が為替の変動で大きく影響されます。化石燃料の需給は今後も不安定な状態が続くと思われるので、原発の推進はエネルギーセキュリティの観点から強く要請されてよいと思えます。

第4点は地球温暖化抑制への寄与です。以上、皆様にとっては平凡なコメントに過ぎないでしょうが、学術団体やメディアがもっと強調して欲しいと思っています。

(西村)

・今回の発表は現在の原発開発の動向を幅広く調査したものであり、大変啓発された。
・2050年脱炭素を、後発の開発途上国を含めて、実現するためには原発か、核融合炉が不可欠と考えている。核融合にはまだ時間が必要なことと規模の大きさを考慮に入れば、原発に期待するところは大きい。

- ・日本ではムード的に原発反対である。必要でも必要とは言えない。言えば、当選がおぼつかない。内閣支持率が落ちる。困った風潮である。
- ・しかし、現行原発の増設には反対である。理由は非常停止（電源喪失）時のフェイルセーフが保証されていないことと、半減期が10万年ともいわれる放射性廃棄物の処理が、地震国・日本では困難だからである。
- ・トリウム溶融塩炉は、非常停止時、反応残渣をドレーンタンクに移すという操作を行うので、高温で水と接する現行軽水炉とは本質的に違うが、世界の趨勢は、核弾頭の更新のため、プルトニウム 239 を並行生産する現行炉を止める訳にはいかないようである。
- ・現行軽水炉はウラン 238 の核反応によりプルトニウム 239 が生成され、高速炉の燃料として利用されるのは魅力的だが、トリウム溶融塩炉でも燃料の増殖は可能である。なお高速増殖炉は世界的に諦めたか？
- ・今回の発表では、安全対策についても触れられ、現行軽水炉では不可能という私の先入観を見直させ、少なくとも、調査してみたいという気にはさせられた。
- ・安全性の視点から、原発の小型化が世界的な趨勢と見受けられたが、小型化すれば管理密度が落ちる。対策はどうするのだろうか。
- ・チェルノブイリ原発の暴走はスリーマイル島と同様、ミスオペと聞いていたが、「実験」結果と聞いて驚いている。

(大谷)

皆様の優れたコメントを拝読した上で、私のコメントを作成してみました。

*まず、私は、日本において原子力発電問題を考える枠組みが「電力自由化政策」の中で考えられていることに強い違和感を覚えます。今回の岸田首相の「原子力エネルギーの見直し」も、昨夏や今冬の電力供給のひっ迫からの発想の様ですが、これでは場当たりの検討しかできません。宮本さん、松村さんのどの指摘にもある様にこの問題は「我が国のエネルギー安全保障のあり方」という枠組みの下に検討されてしかるべき問題です。そもそも、我が国の「電力自由化政策」は完全に破綻しています。自由な市場競争によって安価で良質な電力供給を目指そうとしておきながら、FIT 制度により再生可能エネルギーは自由競争の枠組みから完全に外したり、「原子力は安全ではない」として過小評価したり、地球環境問題から「石炭火力は止める方向」とか、余りにも大きな制約事項があつて、電力取引市場での自由競争は、今や、全くの「お題目」と化しています。その結果が昨年・今年の電力供給不足ですし、最近話題になっている関電、中部電力、四国電力、九州電力の「闇カルテ」問題の原因ともなっているのです（電力会社は 1000 億円の罰金を科せられています）。このままでは、日本の大手電力会社は弱体化し、下手をしたら死にかねません。「モノづくり大国」として生きて行こうとする日本にとって、安価で安定的なエネルギー供給は必至の「大課題」です。

*「我が国のエネルギー安全保障」の視点から考えれば、原子力は、当然、我が国にとって重要なエネルギーです。ただ、宮本さんが指摘されておられる通り、我が国社会には「原子力アレルギー」と言う厄介な問題があり、これを何とかしなければ、原子力の有効利用にはつながらない事も確かです。このアレルギー克服法については、宮本さんが提案しておられますが、私も、基本的には宮本案に賛成です。但し、その際に科学者よりも技術者が主導権を握って活動すべきだと思っています。その理由は、安全と言うのは「科学の問題」よりは「技術（エンジニアリング）」の問題だからです。

頓珍漢な例かもしれませんが、アメリカの政府機関である NASA ではスペースシャトルという金の掛かる技術しか開発できませんでしたが、民間企業の開発したファルコン・ヘビーでは安全性においても経済性においても NASA の何十倍も優れたロケット技術システムを開発しています。優れた技術者（エンジニア）の能力は無限です。

* 私は、長期的には核分裂エネルギーを利用する原発よりは、核融合を利用する発電の方が日本人にはあっている様に思います。核分裂ではどうしても大量の放射性廃棄物が出て来てその扱いが大変ですし、核分裂が暴走する事故もあり得ますが、核融合ならば放射性廃棄物はゼロではなくても少ないし、反応が暴走する危険は少なく、むしろ核融合をどうやって維持するかが大変な技術問題であるからです。即ち、安全問題では、核融合の方が断然優れている技術だと考えるからです。ただ、最近のニュースを見るとインプット電力エネルギーの 10 倍くらいのエネルギーを持つプラズマ生成迄は出来るようになったようですが、1 億度にも達しているプラズマからどのくらいの割合のエネルギーを取り出して発電の為に有効利用出来るかについては、これから取り組まねばならない大きな技術課題のようです。核融合発電技術の確立には、未だ相当長い時間が必要であろうと覚悟せねばならぬと思います。

(神田)

エネルギー選択の基準には、安全性・安定性・経済性・環境性が重視され、エネルギーソースの変遷と共に選択されるエネルギーは変化してきました。ただ、2000 年以降の日本においては、大谷さんも指摘されているように、不自然な形でそれが行われるようになり、加えて福島原発事故や昨年のロシアによるウクライナ侵攻により、原子力エネルギーに関しては正反対の選択が“空気”によりなされようとしています。そのような中で、今回の山崎さんの研究は、技術を軸にした当然の評価を試みたもので、まさに今の世に必要とされているものと思います。

私は、原子力回帰の判断には、前述の 4 つの基準に加えて、時間軸をもう一つの評価軸として加えて、原子力エネルギーを、次世代軽水炉・小型軽水炉・高温ガス炉・高速炉・トリウム溶融塩炉・核融合炉ごとに、2030 年頃まで、次は 2050 年頃まで、更には 2075 年頃までに区分して評価してみたらと考えます。

ただ、私の評価では、山崎さんの研究を読ませて頂いても、残念ながら現時点では分からないことが殆どとならざるを得ませんでした。特に、安全性については、西村さんも指摘されているようにフェールセーフとならないこと、超高温・高放射能下での材料の劣化などの解決すべき課題が多いように思います。

エネルギーに関しては、現時点ではパーフェクトなものはなく、その中で原子力に関しても、その問題点を知ったうえで、国民的合意のもとに選択されることを期待したいと思います。

実現すべき時期	炉形式	安全性	安定性	経済性	環境性 脱 CO2
~2030 年	次世代軽水炉	△	○	△	○
	小型軽水炉	△	○	△	○
~2050 年	高温ガス炉	?	?	?	○
	高速炉	?	?	?	○
~2075 年	トリウム溶融塩炉	△	?	?	○
	核融合炉	?	?	?	○

	<p>2. 幹事会報告</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今年度の決算予測では、預金残額 230- 240 万円で学会からの補助金を 50 万円減額したことが大きく影響したが、依然一年分以上の余裕資金がある。 ・今年の総会も昨年同様オンラインのみとし、事前の報告承認投票、当日の活動報告と新年度方針説明をネットで行う。4月下旬を予定しているが、未確定である。 <p>3. 今後の予定</p> <p>2月 猪股氏 3月 西村氏 4月 宮本氏 5月 見学会 6月 大谷氏 7月 松村氏 8月 神田氏 9月 飯塚氏 10月 見学会 11月 持田氏 12月 山崎氏</p>
次回日程	<p>1. 日時 令和5年2月14日(火) 15時~17時 2. 方式 リモート方式 3. 技術課題 猪股氏から提供</p>
次々回日程	<p>1. 日時 令和5年3月14日(火) 15時~17時 2. 方式 リモート方式 3. 技術課題 西村氏から提供</p>