

セッション2・テーマ5

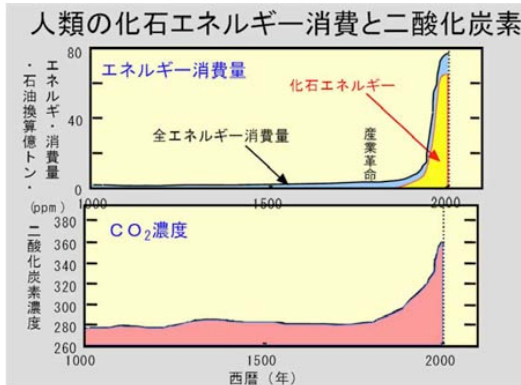
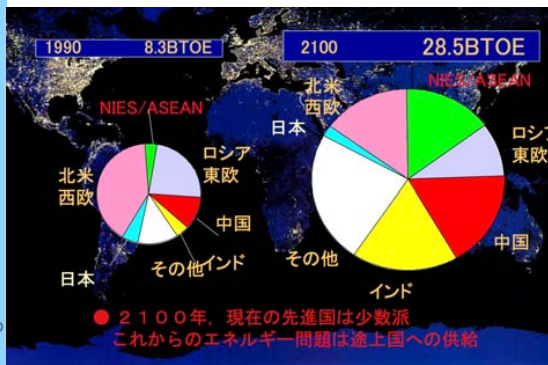
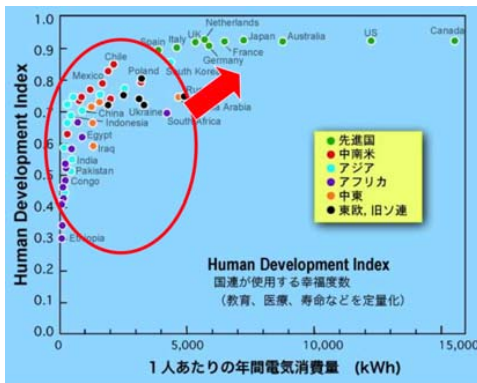
「次世代炉のニーズとその技術的・政治経済的課題、実現可能性について」

2015.01.15 川合 将義

①現在のエネルギー問題や原子力の課題と次世代炉（核融合炉・ADS等）の必要性

Q1-1 次世代炉はなぜ必要か。次世代炉のほかに解決策はないのか。

エネルギー問題は、国内ばかりに捉われず、世界、特にアジアやアフリカ等の中および低開発国を診るべきです。地球の資源は、中国、インド、その他アジア地域の産業興隆に伴い、急速に枯渇しつつあります。特に化石燃料である石油や良質石炭の減少は著しい。また、気候の温暖化に伴う北極圏の氷の減少、異常気象の頻発、中国でのPM2.5など、いずれもエネルギー需要の増加に原因を求められます。先進国は、これまで十分すぎるくらいエネルギーを消費してきて、省エネに回れます。しかし、アジアの諸国は、これから産業および彼らの生活のためにエネルギーが必要です。そのエネルギー源として、化学製品の原料である貴重な化石燃料を使うことは、勧められません。その代替として、技術的に未だ低い彼らのところで使える原子炉が望まれます。それが、第4世代の原子炉です。それは、(1) 燃料の効率的利用と放射性廃棄物最小化によるエネルギー源としての持続可能性、(2) 炉心損傷頻度の飛躍的低減や敷地外の緊急時対応の必要性排除など高い安全性/信頼性、(3) 軍事転用の魅力が乏しく、盗難が困難な核拡散抵抗性の確保と耐テロ性、(4) 他のエネルギー源とも競合できる高い経済性の達成を目標としています。



- 異常気象の例
- 2012年1-2月の豪雪: 北海道、秋田、山形、長野、京都
  - 8,9月の北、東日本の異常高温
  - 2013年7月太平洋側の異小降雨、日本海側豪雨
  - 東北地方の変縁比1.8倍の多雨
  - 8月気象台始まって以来の猛暑
  - 2014年8月西日本の記録的な豪雨と日照不足
  - 7月920hPaの台風11号襲来(台風凶暴化)

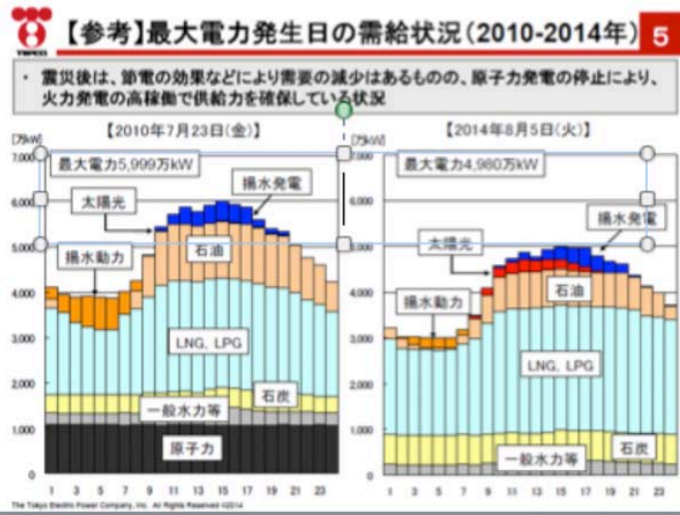
### Q1-2 原子力エネルギーが低迷している今、次世代炉の需要はあるのか。

アジアおよび先進国からも高い需要が見込まれます。超高温ガス炉などは、電気エネルギーだけでなく、水素、熱、淡水製造にも利用可能です。開発の目的は、我が国のエネルギー問題だけを対象としていません。もっと、視野を広く持って下さい。

### Q1-3 否定派も多い中でどのようなモチベーションを持って研究しているのか。

再生可能エネルギーでも、地熱発電のように安定したものは良いのですが、太陽光や風力は、非常に不安定です。その不安定さは、電圧だけでなく、電気周波数を変動させます。日本の産業は、電圧と周波数が安定した電気によって支えられています。そのために安定電源が必要です。その役割を原発と一般水力発電、石炭が担っていました。そして、季節的な変動や日ごとの変動を揚水発電機と石油火力発電で調整していました。事故後、原発の停止した後は、休止していた小型の火力発電所を復帰させて凌いでいるようです。再生可能エネルギーの占める割合が低いうちは、小規模の発電で済みますが、割合が高くなると、その変動を調整用に、ほぼ同じ規模の火力発電所も設ける必要があります。

右図は、事故前と事故後の電力の需給状態の時間変化を示したものです。事故後、省エネ効果もあって、電力消費量が原発稼働分減っています。また、太陽光による発電分が目につきます。今後、この割合が増えると、その調整は大変になります。例えば、天気によって、「この分が変動します。ドイツでは、需要量の倍に



なったそうです。それでも、ドイツは、作りすぎた再生可能エネルギーを、隣国に売られるし、冬季、発電できない場合、隣国から購入できるため、長期停電の事態を避けられています。四方を海で囲まれた我が国は、どうでしょう。電線があれば、電力はいくらでも流せる訳でなく、限界があります。それを超えれば、発熱して切れてしまいます。電線を新しく引くためには、用地買収も必要なので、時間がかかります。そのため、メガソーラーを無制限に増やすことはできません。

とにかく、不安定な太陽光や風力だけに頼っていたら、ドイツのようにエネルギー政策が破綻することが目に見えて明かです。それゆえに、原発の再稼働が重要です。

また、原発が稼働していないことによって、2013年度の貿易赤字が3兆円にも達しました。同時に、炭酸ガスの消費量は非常に増えて、京都議定書で約束した消費量削減につい

ては、完全に破綻しています。これでは、国際的な信用を失墜します。再稼働とともに、次世代炉の開発を行うのが、原子力について高い技術を持つ日本の義務と考えます。

②次世代炉研究の現状と課題・実現可能性・実現に向けた課題は何か。

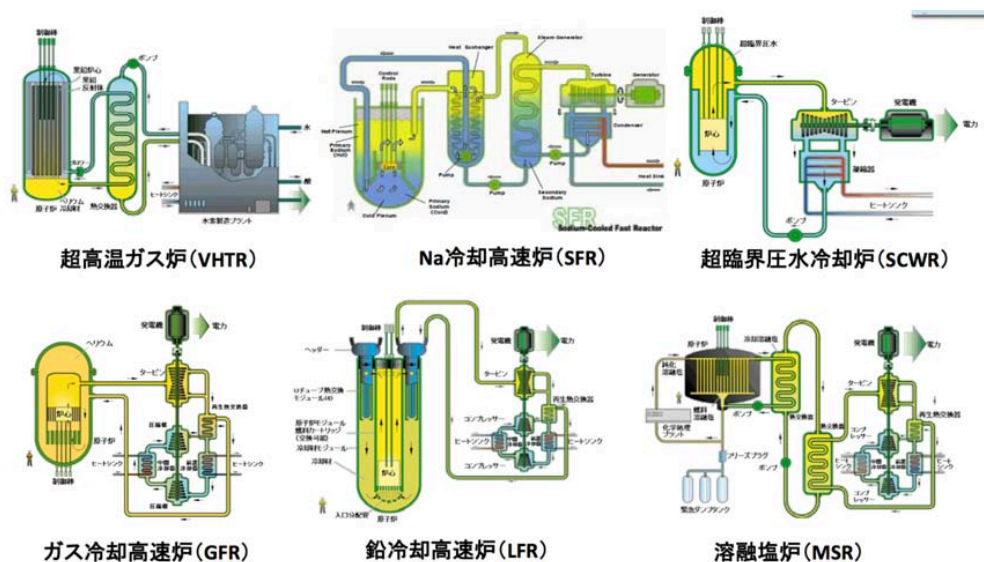
Q2-1 いつ実現できるのか。

第4世代の原子炉は、アジア地域のエネルギー需要を満たすために開発するものです。開発を目指しているのは、6つの概念の原子炉です。夫々のプラント概念図、概要と開発計画を以下に示します。いずれも、実用化は2030年以降に目標を置いており、上記のスケジュールに従って、開発が進行中です。その多くは、設計と成立性の技術検討段階と思われる。

Q2-2 政治的・経済的にはどのような課題があるか。

実用化のためには、モックアップ装置等で性能や安全性や信頼性の試験、さらに実証炉での経済性評価試験が実施されるでしょう。ナトリウム高速炉や熔融塩炉は、ひな形の実験炉があって、既に運転実績のあるものは、安全性や信頼性についてのデータが取れているため、今のスケジュールでも、実用化は可能でしょうが、新しい概念のものは、実験炉や実証炉という段階を踏んだ方が、無難と考えます。となると、2030年にすぐに市場に出すという訳には行きません。

経済性については、技術情報だけで評価は可能ですが、安定した運転が実現できて、初めて正確な値が出ると思います。アジア地域で使ってもらうためには、現行の火力発電なみの経済性が要求されるものと思います。



| システム            | 中性子スペクトル       | 冷却材   | 出口温度 (°C) | 燃料サイクル         | 出力 (MWe) |
|-----------------|----------------|-------|-----------|----------------|----------|
| 超高温ガス冷却炉(VHTR)  | 熱中性子           | ヘリウム  | 900-1000  | オープン           | 250-300  |
| ナトリウム冷却高速炉(SFR) | 高速中性子          | ナトリウム | 500-550   | クローズド          | 50-1500  |
| 超臨界圧水冷却炉(SCWR)  | 熱中性子/<br>高速中性子 | 水     | 510-625   | オープン/<br>クローズド | 300-1500 |
| ガス冷却高速炉(GFR)    | 高速中性子          | ヘリウム  | 850       | クローズド          | 1200     |
| 鉛冷却高速炉(LFR)     | 高速中性子          | 鉛     | 480-570   | クローズド          | 20-1200  |
| 熔融塩炉(MSR)       | 熱中性子/<br>高速中性子 | フッ化物塩 | 700-800   | クローズド          | 1000     |

VHTRやLFR等では、発電以外の用途として水素製造、産業への熱利用、海水の淡水化の可能性についても検討している。

先進炉研究開発に関する勉強会(GIF国内連絡会特別会合) 2014年8月26日 JAEA東京事務所

Q2-3 これまでに多くの批判的意見を見聞きしたと思うが、どのような意見があったか。強く印象に残っているものは何か。

最も多かったのは、トイレなきマンションと形容された高レベル廃棄物の処分問題です。これは、地下埋設処分の方法があることで、凌げましたが、その処分場の決定については、政治が絡むだけに、フィンランド等の先例を示すことで納めました。但し、科学的な評価を冷静に受け止められるアーリア民族と違って、情緒的な日本人に対しては、より慎重な対話が必要に思われます。また、今後の技術開発が必要ですが、高速炉や加速器駆動の核変換炉で高レベルの長寿命核種を短寿命化して、子孫への影響を緩和できるものと思っています。(低レベルのものは、地下保管で対応可能)

高速増殖炉「もんじゅ」の事故を受けて、ナトリウムへの危惧が多い。これは、理科実験で、ナトリウム-水反応で発火する現象を学んでいるため。ただ、ナトリウム火災は、容易に消せることを知っていたので、そのことと、もんじゅでの顛末を説明することで納得を得られた。もんじゅの事故は、ナトリウムの素人集団に運転を任せた咎が出たもので、大洗工学センターの専門家が協力していれば、簡単に処理できた筈。その後、政治問題化して、運転が遅れ、その結果、機器の劣化や運転員の技術継承が心配されています。

福島事故後の想定外の事故発言については、当初、言葉を失いました。また、事故の原因についても、分からないことだらけだったために、他の事故を免れた原発のことを示して、安全性を伝えても、十分には伝わりきらなかった。しかし、最近、石川迪夫先生の日米の Pulsar 原子炉を用いた過酷事故時模擬実験の結果に基づく TMI 事故の燃料挙動検証を通じた事故解析の報告書を読んで、福島事故を教訓として対策を講じた原子炉での福島事故の再来は、ほとんどないと言えるようになった。

### ③今後の研究の在り方

#### Q3-1 今後次世代炉の研究は活発に行われるようになるか。

世界、特にアジア地域のエネルギー需要を考えたら、日本が率先して進めることが義務でもある。また、一旦、原子炉を世に出した者として高レベル廃棄物の処分法と廃炉技術の確立も義務に考えます。高速炉は、高レベル廃棄物の消滅処理技術のためにも、辞めるべきでは無いでしょう。加速器を用いた核変換システムの核変換ブランケットも、基本的な構成は、高速炉の炉心に近いからです。

#### Q3-2 次世代炉の有用性を世間にどのようにアピールし、理解を得るべきか。

エネルギー資源問題、とりわけアジア地域におけるエネルギー需要の急増と環境問題を解決するためには、必要欠くべからざるものとして、理解を得るしかない。中国の大気汚染と PM2.5 については、2003 年のオリンピック前でさえ、日中、ぼんやりとした白橙色の太陽と夕方のスモッグに恐怖感を覚えたくらいなので、大変だろうと思います。すおうした事態を解決すべきと思います。

もちろん、再生可能エネルギーも有望ですが、密度が薄いのと不安定なので、その欠点を補うための大容量で効率の高い蓄電池の開発があってこそと思います。それと従来電力とのベストミックスを訴えて、実用化を計って行きたい。

#### 補足：第 3 世代の原子炉

第 3 世代原子炉は、第 2 世代原子炉の運用中に開発され、各種の第 2 世代炉の設計を元に進化的な改良が組み入れられた改良型の原子炉の設計。改良された燃料技術、優れた熱効率、**受動的安全システム**、メンテナンスとコストの削減のための原子炉設計の規格化などが特徴となっている。設計寿命は、60 年であるが、120 年保つと言われていた。さらに、経済性と安全性を改善した第 3 世代+がある。

第 3 世代：ABER, APWR, EC6 (CANDU6 の改良)、AP600

第 3 世代+：ACR6 (改良型 CANDU)、ESBWR (高経済性単純化 ABWR)、AP1000 (NRC が承認)

APR1400 (コンパッションエンジニアリングの改良 PWR、韓国次世代炉の基)