

添付資料 1. 2 「対話イン東北 '09」事前質問応答

平成21年10月1日

SNW 伊藤 睦

事前アンケートにおいて示された学生の質問疑問に対して、シニアがその対応の準備として用意した応答を纏めたものである。

Gr. 1: エネルギーセキュリティ

岸本洋一郎

➤ 討論内容

- (1) エネルギー需要変動に伴う、原子力発電の重要性の変化
 - (2) 化石燃料等から次世代エネルギーへのエネルギー源変化に伴う、資源供給国との関係修正、新資源供給国との関係強化
 - (3) 資源を武器とした外交戦略に対して、どのように備えるべきか(エネルギーセキュリティ)
- 対話テーマに、「国家間戦略」という、あまり目にしないことばが使われていますが、通常、各国の「国家戦略」あるいは「政策」があつて、その中に「対外戦略」あるいは「国際協力」が位置付けられていると見て良いでしょう。そして、国際戦略ないし国際協力には、2国間協力と多国間協力がありますから、今回のテーマは、「我が国の今後のエネルギー問題に関する、2国間、地域、あるいは多国間の国際戦略」と言い換えても良いのではないかと思います。あるいは、より簡潔に「我が国の今後のエネルギー国際戦略」とでも。
- このテーマを議論するには、押さえておくべきファクト認識、そして考慮すべき様々の視点(変化)があると思います。そのキーワードを以下に列記しておきます。

「エネルギー需要量の変動」の要因

1. 人口の変化(日本、中国、インド、他)
2. 経済成長の変化(日本、BRICs、他)
3. 国内消費量の変化

¹ 国家戦略: 自国の「国力」を活用し、「国益」を最大限に追求するため、目標を定め、これ達成していくための総合的な方針・計画、体系化した方策。一般に「国力」とは政治・外交、経済、軍事などの分野で国がもつ資源や力のことをさす。「国益」とは国家の生存にとって重要な利益を意味することが多い。

- (ア) 部門共通 (EPR・エネルギー効率向上、スマート・グリッドの進展、・・・)
- (イ) 産業部門 (産業構造の変化、・・・)
- (ウ) 輸送部門 (旅客輸送 (乗用車) の増加、貨物輸送 (トラック) の増加、・・・)
- (エ) 民生部門
 - ① 家庭用エネルギー消費の変化 (世帯数の増加、冷暖房、給湯、厨房、動力・照明、IT など、快適さや利便性追求によるライフスタイルの変化、・・・)
 - ② 業務部門の変化 (床面積の増加、オフィスビル OA 化、・・・)
- 4. 各国の消費量の変化 (人口、経済成長、エネルギー効率、他)
- 5. 価格の変動
 - (ア) 需給状況 (新興国需要増加、生産量 (技術、自然災害、・・・) 変動、輸送状況、備蓄、囲い込み、・・・)
 - (イ) 価格供給量調整 (OPEC、ロシア、・・・)
 - (ウ) 投資行動 (国際金融市場、エネルギー市場、金融に関する国際協調、・・・)
- 6. 気候変動対策 (地球温暖化は止まっている可能性がある。)
 - (ア) 温室効果ガスの排出削減政策
- 7. 国際的脅威・危機
 - (ア) 地域戦争、テロ、サイバーテロ、核拡散、・・・
 - (イ) 人口増加、環境破壊、気候変動、・・・
 - (ウ) エネルギー巨大消費国間の競争、エネルギー資源国の権力増大
 - (エ) 通貨危機、金融危機
- 8. 価値観の変革・意識改革 (有限資源の浪費から、「もったいない」RRRR、「足るを知る」へ。脱石油。環境問題意識・エコ意識による消費行動の変革。)

「国家間戦略」の構想と形成に必要な考慮要因

- 1. 国家理念と国益
 - (ア) 何を守る国家か。・・・民主主義、平和発展の道、正義と秩序、自由と倫理あるいは道徳、国民の安全、独立、自立、公正、知的財産権、人的資源、・・・
 - (イ) 何を守る国家か。・・・自由貿易、自由経済、通貨価値、公益、福祉、道徳性、・・・

- (ウ) 何を守る国家か。・・・国土安全保障、東アジアの安定、日中韓の相互信頼と協力、排外的ナショナリズムの抑制、軍備拡大抑制、軍縮、核不拡散、・・・
- (エ) 何を守る国家か。・・・中東石油の安定供給、気候変動回避、・・・
- (オ) 日本にとっての国益は何か。・・・アジア益の拡大による国益の増大、アジア地域の協調、エネルギー・セキュリティ、・・・

2. 立国戦略

- (ア) 技術・産業立国戦略、原子力立国計画
- (イ) 革新的技術の開発・実用化プロセスへの相互協力支援戦略（研究機関・関連企業・政府間の相互協力支援、グローバル・スタンダード化）
- (ウ) グローバル産業活動支援戦略（政府間協力、原子力開発を CDM に組み入れ、他）
- (エ) 人材育成戦略
- (オ) FTA/EPA 戦略
- (カ) 安全保障戦略

3. 資源リスク

- (ア) 資源生産・輸出国と資源消費・輸入国の信頼関係
- (イ) 輸送インフラ（手段、ルート防衛、パイプライン戦略、・・・）
- (ウ) 天然資源採掘・利用状況の透明性、情報戦
- (エ) 入手可能な天然資源量評価の透明性、情報戦
- (オ) 天然資源開発投資・開発輸入リスク
- (カ) 希少資源の争奪、枯渇

4. 環境リスク

- (ア) 国際協調・国際協力（国際枠組み、途上国支援）
- (イ) 技術協力・技術移転メカニズムの透明性・実効性、知的所有権の保護

5. 資金リスク

- (ア) 信用不安、不透明デリバティブなど、金融不安に対する、金融市場のモラル欠損と暴走の抑制、透明性向上
- (イ) 通貨安定化方策
- (ウ) ODA、CDM、排出量取引の透明性確保（測定、報告、検証）

6. 安全保障

- (ア) 核不拡散、CTBT 発効促進、軍縮
 - (イ) 国土防衛戦略
7. エネルギー・環境戦略
- (ア) 化石燃料の安定的確保
 - (イ) 危機対応（備蓄、シーレーン防衛、防災、・・・）
 - (ウ) 核燃料供給保障（核燃料サイクル多国間アプローチ、国際保障措置、国際ウラン濃縮サービス、国際再処理サービスなど）
 - (エ) 化石燃料依存の低減と、省エネルギー、新エネルギー、原子力、CCS 等のバランス
8. 持続的発展戦略
9. 外交・国際貢献戦略
- (ア) アジアに日本を排除する同盟は存在しないという外交上の利点を活用し、地域共同体を構想するプロセスをリードすること
 - (イ) 資源問題、環境問題の解決への協力と貢献
 - (ウ) 節約型社会、学習型社会への貢献、技術力の活用（対中国）
 - (エ) 米国との同盟関係（米国カード）の効果的活用、米国の軍事力への効果的依存
 - (オ) ソフトパワー²の活用（非核3原則、核軍縮の促進、・・・）
 - (カ) その他

関連参考情報

1. 新・国家エネルギー戦略，2006年5月，経済産業省
2. 原子力立国計画，2006年8月8日，総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会 報告書
3. エネルギー白書 2009，2009年5月22日，経済産業省
4. 長期エネルギー需給見通し（再計算），2009年8月26日，経済産業省
5. 国際エネルギー安全保障体制の構築，2006年5月18日，日本国際フォーラム政策委員会
6. 赤祖父俊一「正しく知る地球温暖化」誠文堂新光社(2008/06)

² ソフトパワー：魅力ある文化、政策、情報などにより相手を魅了することで、こちらの思うような行動を取らせる力、あるいは自発的な同意や協力を引き出す力。軍事力や経済力というハードパワーに対比して、政治学者ジョセフ・ナイが外交政策の分野で提唱した。

¹ ソフトパワー：魅力ある文化、政策、情報などにより相手を魅了することで、こちらの思うような行動を取らせる力、あるいは自発的な同意や協力を引き出す力。軍事力や経済力というハードパワーに対比して、政治学者ジョセフ・ナイが外交政策の分野で提唱した。

Gr 1：わが国における今後のエネルギー需要量の変動予測と国家間戦略 小川博巳

代案：「世界のエネルギー需要と わが国の国家戦略」

昨今の国内外の変動を見ると、国内事情とその動向を注視する以上に、我々に求められるのは、グローバルな潮流を適確に捉えることが肝要であると思われる。また、個別条件の吟味とそれへの対応も大切だが、より大きく捉える視点と、わが国の国家戦略は如何にあらねばならぬかに焦点を絞って、議論したい。主要国の国家戦略は、各国リーダーの言動でかなり明白だが、わが国リーダーに何を求めるか？ 限られた 2 時間の対話では、具体的な数値予測ではなく、世界の潮流への対応・国家戦略などを語り合いたいものだ。

討論内容

(1) エネルギー需要変動に伴う、原子力発電の重要性の変化

世界的なエネ需要の爆発的な増大に、人類は如何に対応すべきか。その中でわが国の果たすべき役割、国家戦略は？ 原子力の重要性は世界のトレンドからも窺えるが、世界的な原子力カルネッサンスの根源に対して、わが国のとるべき戦略は何か？

地球温暖化？ ピークオイル？ 原子力立国計画は・・・

学生諸君の次世代を担う心意気を伺いたい。

(2) 化石燃料等から次世代エネルギーへのエネルギー源変化に伴う、資源供給国との関係修正、新資源供給国との関係強化

代案：エネルギー文明のパラダイムシフトは人類の必然！

わが国のパラダイムシフトを支える基盤を、如何に構築するか！

人類は「火のエネルギー文明」から、近代の「化石エネルギー文明」へ見事なパラダイムシフトを果たした。人口爆発とエネルギー需要の爆発的増大への対応策として、好むと好まざるに拘わらず、人類は「次のエネルギー文明へのパラダイムシフト」が求められる。今こそその基盤構築が求められ、国家戦略としての最重要課題だ。資源供給国との協調は必須だが、わが国の命運を他国に委ねてよいのか？ 国際的にエネ資源を断たれて、やむに已まれず太平洋戦争に踏み切ったが、わが国は昭和二十年に敗れた。無資源国のわが国の基盤整備は、如何に在るべきか？

資源国との協調の在り方 海水ウラン採取技術の確立

(3) 資源を武器とした外交戦略に対して、どのように備えるべきか？

第一次世界大戦で、独逸に攻め立てられたフランス宰相・クレマンソウは「石油の一滴は血の一滴」との悲痛な演説と共に、時の世界最大の産油国・米国に助けを求めた。

現在、世界のエネルギー大消費国になりつつある中国は、「経済戦争をもいとわぬ消費国のナショナリズム」との批判すら意に介さず、世界のエネ資源を買い漁っている。

また、資源大国ロシアはエネ資源を武器に、国際的なイニシャティブを確立しつつある。将に、エネルギー資源の確保は、国家を左右する最重要テーマだ。フランスなど原子力先進国は、大統領自らが原子力セールスマンを任じて外交戦略を展開する中で、わが国だけが「カヤの外」であることは、第二次世界大戦の例を見るまでもなく、国家滅亡に繋がりがねない。残念ながらわが国の政治家も国民も、この重大な課題をシカと認識していない。我々のとるべき道につき、真摯なご意見を伺いたい、議論したいものだ。

原子力関係の業種の現状と将来について Rev.1

菅原剛彦

— 発言の要旨 (案) —

会員

原子力に関係する各業界、業種の現状と将来を一般論として論ずることは出来るが、経済や景況は長・中・短期の周期的変動、波の強弱がついて回り、数年先のことすら精度よく予測することはかなり難しい。

原子力関係の業種として、大分類すれば、産業界、官界、研究分野、マスコミ界などを挙げることができる。また、中分類として

産業界；電力、機器メーカ、プラント建設、ゼネコン、素材メーカ、設計コンサル、夫々の研究開発部門、品質保証（品質管理、品質経営）、鉱業

銀行（金融）、保険、商社、各種シンクタンクなど

官界；中央省庁、地方自治体、夫々の規制部門、研究開発部門など

政界；科学技術の進歩に合わせた立法、国際的連携（条約）など

研究・教育分野；大学、高校、（上記産業界、官界の）附属研究機関、など

マスコミ界；新聞、TV、雑誌、著作など

を挙げることができる。原子力関係卒業生が就職した先にはこのほかにも多々あると思われる。

しかし、もし、グループのテーマが就職を考えての質問であり、関心事であるならば、現状とか将来性を付度するよりも、

- ・ 先ず自分がやりたいこと（目的意識，人生観）を見極め
 - ・ 次にそのスキルアップ，知見のレベルアップの方法などを先輩たちから学んでどうか。（情報の収集，分析，消化の方策など）
 - ・ 先輩方に学ぶ姿勢は企業に入ってからでも大事。
（余談；上司からの指摘は，勉強不足，努力不足，文章が練れていない。（報告は経緯，現状，解決すべき課題，対応策を要領よくキチンと纏めることが求められる），対応が遅い，相手（客）の目線で考えろ，コスト意識が大事等など）
- 若者の大学（学部）選択などでも，とかく目先の好不況に惑わされている事例を見てきた。大企業に入って自分のやりたいことが出来ず悶々と暮らす人，一方で，入社当時は小さな企業だったのが瞬く間に大きくなって達成感に浸る人もいる。
- この 50 年間に，政権の交代，国際情勢の変化，革新的技術開発，卓越した経営者の出現などは経済界のみならず，社会に大きなインパクトを与えた事例を多々見てきた。原子力分野も同様，時代とともに大きな変化が見られた。

まとめ；「先ずは自分のやってみたいこと，挑戦してみたいことを見極めること，選択したら目標に向かって懸命に努力すること」をアドバイスしたい。（以上）

G 2 原子力関係の業種の現状と将来について 石井正則

個別の具体的な質問に対しては、個別の質問に対しては私の経験と知識の範囲で、口頭で回答あるいは意見を申し上げます。

その根底となる、日本と世界の原子力産業界の方向性と課題を以下のまとめました。

基本的な方向性に関して

世界的にみると、原子力カルネッサンスといわれるように、環境問題、エネルギー資源問題を解決するため、原子力への期待が高まっている。

原子力発電所の建設計画もかつてない数になっている。

これらの実現に当っては、その時々各国政府、政権によって原子力への姿勢は若干異なる可能性もあり、必ずしも予定通りに進むとは限らない。

＊ それぞれ自分達がやって事業（例えば自然エネルギーなど）を進めたい。

＊ 原子力に対する社会の受容性。

などが、その要因である。

とはいえ、上記の問題解決の選択肢として、原子力はその基幹をなすものであり、大きな

流れは変わらないであろう。大河の周辺には部分的な逆流やよどみもあるが、全体の流れは変わらないように。

原子力発電所の建設計画が増大した場合、建設能力がネックとなろう。現に、大型鍛造部品がN社に集中している。世界的に製造能力のある工場が少ないことによる。建設計画が増えれば一旦撤退した会社の再参入や新規企業の参入もあるが、そう容易でない。

もう一つのネックは人材。おそらくこれが最大のネック。設備はお金でかえるかもしれないが、人材はそうはゆかない。

ものづくり、運転・保守の人材育成には時間がかかる。

なお、世界で一番原子力を必要としているのは日本。中期目標の達成がなんとしても必要。

Gr 3、次世代炉・高速増殖炉における研究開発の現状と課題 川合将義、伊藤 睦

質問

■高速炉の安全性と経済性

- ・もんじゅの運転はいつ再開するのか。長期間運転再開できなかったのはなぜか。
- ・もんじゅで起こった事故について、どのような対策がなされたのか。
- ・高速炉を安全に運転するために現在残されている課題はどのようなものがあるか。今後、どのような技術開発が必要とされているのか。
- ・高速増殖炉開発は世界各国で昔から進められているはずだが、今なお実現していないのはなぜか。理論的には可能であっても、そもそも工学的に無理があるということではないのか。
- ・高速増殖炉のEPRは軽水炉に比べてどうか。
- ・高速増殖炉は運転コストが高く、電気料金も高くなると聞いたが、現在とどの程度差がでるのか。コストを下げるにはどのような方法が考えられるのか。
- ・そもそも、新型炉（高速増殖炉等）の開発には莫大な資金がかかり、実現しても運用するには新しい基準やマニュアル、それらに対応できる人材を育てる必要があるが、それらに見合うだけのものが開発によって得られるのか。

回答

● FBRの開発状況および課題全般

FBR実験炉「常陽」は既に30年近い運転実績を有し、発電プラント「もんじゅ」も40%出力までのデータを取得。一応FBRプラントの特性は把握済みである。今後「もんじゅ」

の運転を通じ、発電プラントとしての長期信頼性を実証し、ナトリウム取扱技術や運転保守技術を確立する。課題として、経済性を高める革新技術の採用、高速中性子を利用し長半減期元素の核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅削減、核不拡散に寄与する核燃料サイクル等が挙げられ、現在実用化に向けた戦略研究として取り組んでいる所である

● 「もんじゅ」長期停止の理由

Na 温度計さや管の破損による 2 次系 Na 漏れ事故の対応（テレビでも公開されたように事故直後の技術対応の稚拙さ、情報開示や説明）の不備により、地元との信頼関係が損なわれた事が基本的な原因と考える。ただし、これを契機として、核燃料サイクルや FBR 開発全般について、今日的観点からの根源的議論が再燃し、改めて開発の意義を原子力政策大綱などで位置づけて明確化するのに時間を要した。

また、その後、再開に向けてナトリウム漏洩対策の強化を図ろうとしたが、そのための許認可や改造工事着手などで逐一地元との調整協議に時間を要した。

更に、長期間停止の結果、燃料中にプルトニウムの自然崩壊によるアメリシウムが蓄積し、再開のためには許認可を再取得する必要性が生じ、これにも時間を要した。

以上のように、再開に向けて継続的努力を続けて来たものの、その都度解決すべき課題が発生し、地元との協議などに長時間を要した結果、今日に至っている。意図的に長期間停止している訳ではない。

起こった事故に対する対策は？

- ・ 温度計のさや（ウエル）を設計変更してより振動に強い形状に変更した。
- ・ Na の抜き取り（ドレン）配管径を太く、弁を二重化して、Na 漏洩時に短時間で Na をドレンできるようにした（50 分から 20 分に短縮）。
- ・ Na 漏洩対策用のライナー（鉄板）の下に断熱材を設置し、漏洩燃焼時に無用な水分が発生しないようにした。
- ・ Na 漏えい検出器（煙・熱感知器など）を各部屋に増設した。
- ・ また、これとセットで Na 漏洩監視システムを導入し、中央制御室から TV カメラ画像にて当該室内の様子が見られるようにした。
- ・ 窒素ガス置換システムを導入し、Na 漏洩の場合には迅速に Na 火災を鎮火できるようにした。
- ・ 運転マニュアルも、Na 漏洩時の措置が判り易いものに改訂した。

● 残された課題は？

残された技術的課題は今の所無い。これから設備の試運転を行い、順次機能の健全性を確認し、地元の了解を得て来春（年度内）には原子炉を起動する予定とのこと。

● 世界でも高速炉が実現しない理由は？

既にフランスではフェニックス炉で実現している。スーパーフェニックスは、政治的取引の結果、運転開始後に中止となった。また、英国では PFR が、米国でも EBR-II や FFTF が建設され、運転された実績がある。その後も中国、ロシアでは、開発課が進められており、ロシアの BN60 と BN600 は稼働中、BN800 は建設中、中国の実験炉は来年には稼働の予定と聞いている。また、インドも実験炉建設の計画を進めている。なお、フランスも第 4 世代原子炉のプロトタイプを 2020 年には運転開始するとの声明を 2006 年 1 月にシラク大統領が発表している。

世界的に実用化が遅れているのは、それほど急いで開発をしなくても、当面は軽水炉で行けるとの認識からであろう。日本でも、2025 年頃に実証炉を運転開始、本格的導入は 2050 年代とされている。ただし、中国やインドに代表されるように、世界の発展途上国では、経済成長と人口増加に伴ってエネルギー需要が急増しつつある。2050 年時点での世界の人口は、現在の約 1.5 倍の 90 億人と予測されており、これら途上国の人々が現在の先進国並みの一人当たりエネルギーを消費するようになれば、世界のエネルギー需要は 3 倍以上に急増する。その一方で、石油資源は枯渇しつつあり、また地球温暖化防止の観点からも無制限に化石燃料を利用する事は控えるべきである。これらを考えれば、より早期の実用化が急務と思われる。このような現状認識が、広く国民の間で共有されていない事が、実用化の障害となっている。エネルギー教育の貧困が原因と考える。

- 高速炉の E P R は？

天野氏の論文によると、F B R 3 7 . 5 に対して

軽水炉 6 . 9 (ガス拡散) ~ 2 8 . 2 (遠心分離)

(稼働率 9 0 % で出力 1 2 0 % に増強すれば 4 0 . 6)

- コストについて

現在の「もんじゅ」では、軽水炉に比べて割高なコスト（発電単価）となっている。これは原型炉としての経験を蓄積するためであり、軽水炉でも導入初期には高コストであった。実証炉・実用炉では、軽水炉に比肩し得る発電単価を目指している。

- 開発の必要性について

新型炉開発に（膨大な？）お金がかかるが、研究開発は長い目で見ると必要がある事は言うまでもない事。F B R に限って言うと、将来ウランが枯渇することを考えると如何しても開発する必要がある。当然、それに代わる、技術も研究されている。（海水ウラン回収、トリウムサイクル等）しかし、今のところ N a 冷却の高速増殖炉が実用化に近いと考える。

新型炉はこれまで違った運転、保守技術が必要になるが、実用化にはこれらに対応できる人材育成も含まれる。何れにしろ、大変なことだが、それで止めるとはならない。人類が継続して発展して行くためには環境にやさしいエネルギーがなければならないからであ

る。

ちなみに、我が国の原油年間輸入量は、約 25 億バレル（16 億バレル）で、これをバレル当たり 20 ドル（2000 年代前半）で購入した場合と、100 ドル（近年）で購入した場合との差額は、年間約 13 兆円（1 ドル：100 円で換算）になる。また、原油価格がバレル当たり 10 ドル上昇すると、日本経済の GDP は 0.4% 減少すると言われており、GDP 総額は年間約 500 兆円なので、年間約 2 兆円の経済的損失に相当する。これらの事を勘案するなら、ある一定の研究開発費を将来のエネルギー源確保のために先行投資する事には、経済的にも合理性があると考えられる。（もんじゅの維持管理費は、年間 200 億円オーダーで推移。）

■次世代炉の開発と課題

- ・次世代炉の研究・開発はどの程度進んでいるのか。
- ・次世代炉にはいろいろな候補があるが、それぞれの課題にはどのようなものがあるか。
- ・ナトリウム以外の冷却材（鉛、鉛合金など）に関する研究の進行状況はどうか。
- ・ADS で使われる加速器は建設可能なのか。
- ・次世代炉の研究に携わる上で必要となる知識や技能にはどのようなものがあるか。

回答

- ・次世代炉にはいろいろな候補があるが、それぞれの課題にはどのようなものがあるか。

次世代炉の研究開発の状況や次世代炉の候補と課題など、原子力の将来についての見方としては、いろいろな見方がともいますが、添付のような見方もあるということで承知して下さい。

- ・ナトリウム以外の冷却材（鉛、鉛合金など）に関する研究の進行状況はどうか。

鉛、熔融塩、ヘリウムや炭酸ガスなどの気体そして、軽水炉の仲間である超純水冷却など様々な冷却材方式の炉が研空されているようです。個別にその開発の進展度と問題点を言えるほどの知識はないので省略する。

- ・ADS で使われる加速器は建設可能なのか。

ADS では、数 10 MW 級の大強度ビーム、CW（直流）運転の陽子加速器が必要であり、そのような運転を効率よくできる加速器として超伝導加速空洞を持った線形加速器（リニアック）が開発されています。ビームパワーが 1 MW 級のは、米国の SNS において既に実現しています。従って、技術的には可能と思われれます。但し、これまでのリニアックの高周波源は、かなりの頻度（少なくとも 1 日数回）で落ちるため、そうした出力変動が熱出力 100MW 級のシステムでは許されないため、非常に安定な加速器が必要になります。ブレークダウンの影響を避けるために複数個の加速器による駆動も考えられています。今後、より安定した高周波源も開発されるでしょうから、将来的には建設可能と考えます。

・次世代炉の研究に携わる上で必要となる知識や技能にはどのようなものがあるか。

次世代炉だからと言って特に変わった能力が必要となる訳ではない。研究開発者としてあるいは技術者としての能力が有れば十分と思う。

知識・技能はその炉に特有の材料とか核物理等に関するものは当然だが、一般的な原子力の知識と工学的な技能も重要と思う。

¹ 原子力学会誌V o 1、5 1、2 0 0 9年4月号

次世代軽水炉開発の構想と展望 都筑和泰他

次世代原子炉と燃料サイクル研究開発

以上

G 4. 様々な視点から見た核融合炉と核分裂炉の比較

岩本多實

様々な視点から見た核融合炉と核分裂炉の比較

核融合炉

日本原子力学会誌 連載講座「よく分かる核融合のしくみ」より

1) プラズマ部

①エネルギー生成：
・核反応 $D+T \rightarrow ^4He (3.52MeV) + n (14.06MeV)$

2) ブランケット部 (エネルギー生産システムとす中核的な機器)

①エネルギー変換 (利用可能な形に) ②トリチウム生産 ③中性子遮蔽

・トリチウム増殖材： $LiO_2, Li_2TiO_3, LiPb$ など
 $^6Li + n \rightarrow T + ^4He + 4.8MeV$

・中性子増倍材： $Be, Pb (n-2n$ 反応)

・熱媒体： $圧力水, He$

・構造材： $低放射化フェライト鋼$

4) 資源

・電気出力100万kWの場合 (熱効率30%)： D, T 約200g/日 (プラズマ中には数秒分存在するのみ、生産Tはその日の内に消費)、 Li 約10トン/年。ほかに材料としてNb (超伝導用)、Be (n増倍用)、V (低放射化構造材用)

・資源量： D は水中に約150ppm、製造は水-硫化水素二重温度交換法でカナダで実施。 Li は鋳山埋蔵量370万トン、海水中に170ppb

3) 核融合炉の特徴

- ・暴走しない (固有安全性)、
- ・高レベル放射性廃棄物がない、
- ・トリウムの安全管理が重要、
- ・環境問題の解決に貢献する、
- ・燃料は事実上無限だが、存在量が有限な希少元素も必要である、
- ・コストの削減が重要課題。

図1 核融合炉発電プラントの構成

【出典】日本原子力研究所 那珂研究所(編)：核融合炉をめざして-核融合研究開発の現状1996年(1996年11月)、p.6

原子力発電への道程

核分裂

核分裂発見 1938.12

最初の原子炉 (連鎖反応) 1942.12

最初の発電 EBR-1(高速中性子炉) 1951

最初の商用発電 町田(熱中性子炉) 1954年

实用原子力発電 (熱中性子炉)

核融合

核融合発見

プラズマ研究 1950年代以降

臨界プラズマ条件 JT-60, JET 1990年代

自己点火条件 ITER 2020年代

発電実証プラン

实用核融合発電

臨界プラズマ条件

自己点火条件

図2 核融合研究開発の経過

【資料提供】日本原子力研究所那珂研究所(編)「核融合炉のプラズマ計画書」

Gr 5 : どのようにしたら原子力をより理解してもらえるか。 若杉和彦

～原子力と社会のかかわり方～

質問

【原子力一般】

- ・働き始めたころと比べ、現在の若人や周辺住民の原子力に対する認識は変わっているか。
- ・EPRと量のグラフで原子力は抜きん出てよい結果を出しているにも関わらず市民には受け入れられていない。従って少なくとも市民との対話においてはこの指標は有効でないのでは？
- ・原子力の安全性について世論をどのように納得させるか？
- ・一般の方（原子力関連に携わっていない方）に原子力発電のことをより良く理解させるために何か活動（行動）はしているか。

【教育】

- ・私たちはどのような教育を受けたらいいですか？
- ・教育によって市民との関係が改善された実績はあるのか？またどの程度改善されたのか？(例、発電所の建設合意を取り付けた等)
- ・教育によって具体的な知識を得てしまったせいで逆に嫌悪感を抱いてしまうような人はいないのか？

【報道】

- ・メディアの報道によって何か迫害のような不利益を受けたことがあるか。
- ・主観で構わないですが、客観的な報道ができているのはどの会社ですか？
- ・報道する側との対話および議論の場は存在するのか？
- ・柏崎刈羽原発運転停止における報道の影響
- ・チェルノブイリの原発事故の後で原子力に関する報道は変化したのか？また変化したのであればどのくらいの期間でどのように変化していったのか？
- ・チェルノブイリもしくはJCO前後での報道、意識変化

その他議論したい内容（キーワードやトピックでも可）

- ・放射能は危険、自然エネルギーこそ至高!という理想論が以下に非現実的であるかをどう伝えていくべきか。
- ・原子力をもっと理解してもらうための能動的な宣伝活動の機会はどれだけあるのか。
- ・読売新聞にて報道された原子力専攻の大学がイラン人留学生を受け入れたことに対する問題
- ・地震
- ・核燃料廃棄物

回答1 教育について

(1) 学生自身の学び方について

質問は趣旨は広範囲に解釈出来るが、ここでは社会との原子力コミュニケーションを進

めるためには「私たちはどのような教育を受けたいですか？」をその主旨と考える。常識的ではあるが、第 1 に原子力の基礎的知識（放射線と放射性物質の働き、原子力発電の仕組み、安全規制と核不拡散体制等）を正確に身に付けることである。第 2 は社会生活を営む上で重要なことであるが、エネルギー問題と原子力の役割について積極的に学ぶことである。このうち、第 1 については科学的な知識を記述した参考資料がいくらかでも存在するので容易に学ぶことが出来るが、第 2 については比較的新しい命題であるため、定評のある参考書が少ない。このため、積極的に資料を集めて勉強することが大切である。特に太陽光や風力等の自然エネルギーと原子力の利害得失を定量的によく比較し、将来のエネルギー問題に関して自分自身の意見を形成してほしい。ここで言いたいことは、私たちシニアは、過去の経験と知識から判断して原子力がベストと考えているのであって、地球温暖化問題にからめて何が何でも他人に原子力を押し進めようとしているのではないことを理解してほしい。

（2）原子力を学ぶ学生の夢と希望

現役の学生が原子力に対してどのような夢と希望を持っているかについて、一例として「原子力を学ぶ学生の夢と希望」（原子力学会学生連絡会・岡本将典、2007 年秋の大会）の講演要旨を下記するので、参考にしてほしい。

- ・原子力を学ぶ我々学生は 1980 年代頃に生まれ、原子力のマイナスのイメージの中で育ってきた。（1986 年チェルノブイリ原子炉事故、1999 年東海村 JCO 臨界事故）
- ・エネルギー問題、地球温暖化問題を深刻であると認識し、従来のエネルギーよりも原子力が重要であると考えている学生もいる。一方メディアからは原子力に否定的な情報が伝えられてくる。また、原子力を進路とする彼らにとってマイナスイメージから家族から心配される学生もいる。
- ・学生から我が国の原子力を見ると、積極的に推進しているように感じられる。（電力会社の情報公開活動、軽水炉での MOX 燃料利用、高速増殖炉実用化のための開発研究、途上国の原子力開発に対する協力、理工系大学生向け原子力産業セミナーの開催等）
- ・経産省の企画事業「原子力人材育成プログラム」により、学生への教育支援を新たに行うこととなり、学生にとって原子力を学びやすい環境が整ってきている。
- ・国の原子力の積極的推進と学生への原子力教育支援は今後原子力産業が成長していく上で大変重要。この先原子力はますます推進され、学生にとって身近になるのではないか。
- ・CO₂を削減するために必要なエネルギー源として原子力は欠かせないが、一般の人にとって原子力の重要性に対する認識はまだ低くかつイメージは以前に比べて改善されてきているように思えるが一般にマイナスである。
- ・まず教育現場において原子力の有意性やリスク及び安全性について考えることが大切である。大人から子供という発想から子供から大人そして家族全体で考える。子供が学校で学ぶ、そのことが親へ伝わる。
- ・原子力政策大綱に「今後とも国は、小中高等学校を通じ、児童生徒の発達段階に応じて、

原子力や放射線を含めたエネルギー問題に関する指導の充実に取り組む」と書かれている。実際、小学校で原子力を取り上げ、「きちんとした事実」を学ばせる授業が行われたこともある。

・「海水の取放水温度の改ざん」など、原子力関連企業の隠蔽や改ざん問題は信頼を損ねた。原子力を推進していく上で大事なものは信頼が大切であると考えます。

回答2 報道について

原子力を社会によりよく理解してもらうためには、まず各個人がその出来る範囲で役割を果たすことである。第1に自分自身が正確な原子力の知識を持つこと、第2に身近な家族や友人に原子力の話を積極的に語りかけること、第3に外の社会（団体、組織、政府等）に向かって原子力に関する意見を述べることで、この3つを日常の行動指標にすべきと考える。

また、社会とのコミュニケーションはどうあるべきか、今後の課題は何かについては、「市民から見た原子力コミュニケーションに関する課題」消費科学連合会・犬伏由利子（原子力学会SNW第7回シンポジウム、2008.3.4）の講演の主旨を下記するので参考にしてほしい。

・コミュニケーションとは、世代、立場、情報の量的格差を超えて、議論しあうことで相互に理解納得し合える場を数多く持つことによって効を奏するものと考えます。

・責任の所在を明確にすることで、責任回避の立場からさまざまな規制をかけるのではないかとこの杞憂も当然考えられますが、そこにこそコミュニケーションという手段が効を奏するようになるのではないかと。

・理解できる最大の要素はシンプルであること、単純・適格な表現がまずあるべきだと思います。その上で生じるさまざまな疑問に丁寧にわかりやすく解説する、そうしたプロセスの上に乗って始めて専門家集団と一般生活者とのコミュニケーションは成り立つものではないかと考えます。

・設計・立地の段階および事故時における広報等に関しては国がもっと関与し、「公共性」を担保するシステムづくりを考えてほしい。

・国民がもっとも知りたい安全性あるいは危険性を国の立場から即時にしっかりと事実を広報するシステムが確立されることこそが、一方通行の情報の垂れ流しの報道のあり方にも変化を与え、私たち一般生活者もそれなりに考え、理解した上でしっかりと取捨選択することができるのではないのでしょうか。

以上

添付資料：今まで開催された「学生とシニアの対話会」において学生から提起された主題に関する質問とシニアの回答例

想定質問 1

本日の基調講演により エネルギー収支比の重要さと その面から見た原子力発電推進の意義は良く理解できたが、多様なエネルギーの中で原子力発電を選択する その他の尺度は何か？

回答 1

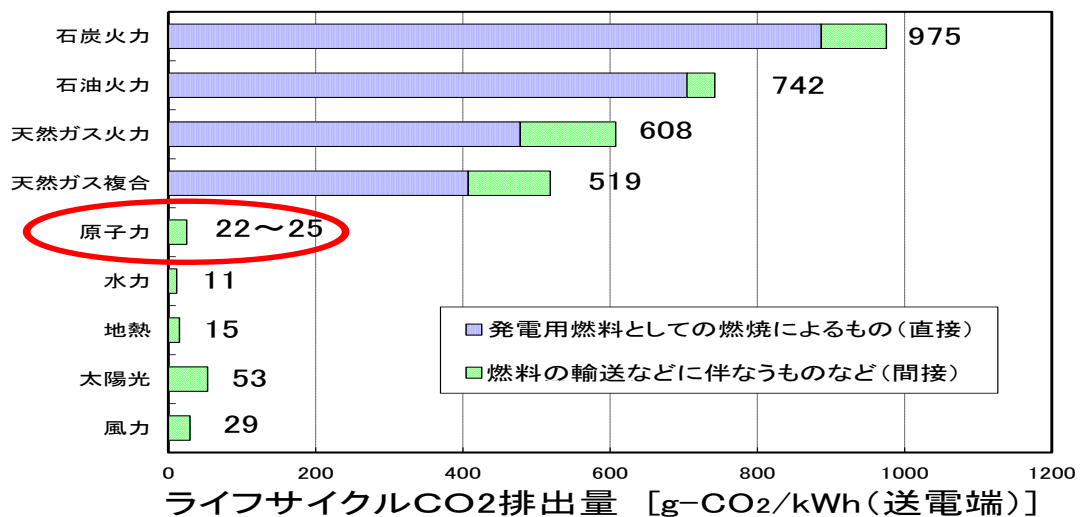
基本的には 経済性すなわち発電単価がベースになるが、最近では環境への負荷という意味で CO2 の排出量の多寡についても議論されている。

地球温暖化への貢献

原子力発電は、発電に伴ってCO₂を排出しない。

(発電所の建設や燃料の製造に伴い発生するCO₂を考慮しても、ごくわずか。)

各種電源の発電量当たりのCO₂排出量(メタンを含む)

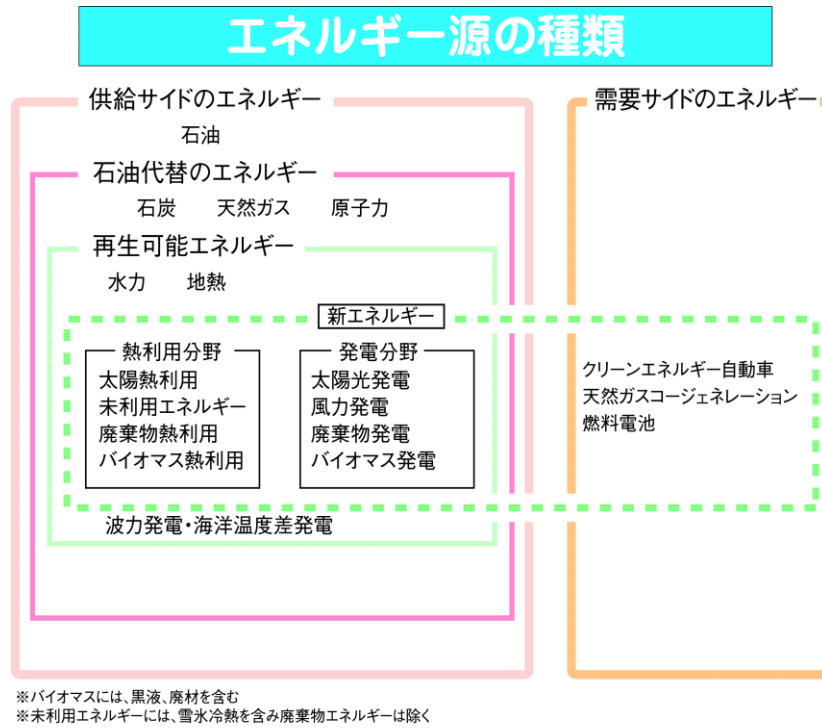


【出典：原子力については、電力中央研究所「ライフサイクルCO₂排出量による原子力発電技術の評価 平成13年8月」。
他電源については、電力中央研究所「ライフサイクルCO₂排出量による発電技術の評価 平成12年3月」】

質問 2

エネルギーの種類には他にどんなものがあるか？

回答 2



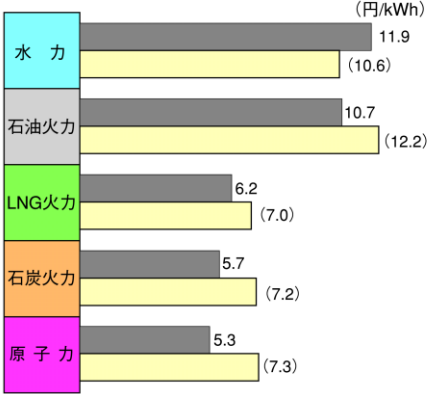
総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会報告書(2007年8月)より作成

質問 3

発電コストを示してください。

回答 3

1キロワットアワーあたり電源別発電コスト(送電端)



上段 ■ 運転年数を各電源とも40年とした場合
・割引率は各電源とも3%とした。

下段 ■ 運転年数を各電源の法定耐用年数(水力40年、石油15年、LNG15年、石炭15年、原子力16年)に置き換えた場合
・割引率は各電源とも2%とした。

<試算の前提>

電源別諸元	運転年数	設備利用率	1基当たりの出力
水力	40年	45%	1.5万kW
石油火力	40年	80%	40万kW
LNG火力	40年	80%	150万kW
石炭火力	40年	80%	90万kW
原子力	40年	80%	130万kW

・平成14年度運転開始ベース
・為替レート(平成14年度平均値): 121.98円/\$
・燃料価格(平成14年度平均値):
石油 27.41\$/bbl
石炭 35.5\$/t
LNG 28,090円/t
・石油、石炭、LNGの燃料上昇率: IEA「World Energy Outlook」

<原子燃料サイクルコストの内訳>※

原子燃料サイクルコスト計	1.47円/kWh
フロントエンド計	0.66円/kWh
バックエンド計	0.81円/kWh
再処理(輸送込み)	0.50円/kWh
中間貯蔵(輸送込み)	0.04円/kWh
HLLW貯蔵・輸送・処分	0.15円/kWh
TRU処理・貯蔵・処分	0.09円/kWh
再処理デコミ	0.03円/kWh

※運転年数を各電源とも40年とした場合(割引率3%)

出典：電気事業分科会コスト等検討小委員会資料(平成16年1月)

Gr 6. 大学の研究活動と企業・社会とのつながり 柴田 一成

○ 企業・社会が求める大学の研究活動

- ・ 日本の内需は大きな伸びは期待できず、需要の旺盛な新興国等を相手にして、世界の市場で勝利を収めていかなければ、今後の日本の成長は期待できない。そのためには、世界で通用する、世界の一步先を行く研究開発・技術開発を進める必要がある。それを底辺支えるのが大学の研究活動であると思う。
- ・ 大学の研究者・技術者には、十分な基礎学力を蓄積し、豊かな創造力、チャレンジ精神、国際性を身につけることが求められる。

○大学の研究者・技術者の国際性について

- ・ 特に重要なのが、国際性を身に着けることだと思う。語学は勿論、若いうちから海外の学会やフォーラムに出席し、積極的に発表し、会議をリードするなどの国際性を身に着けることが重要である。
- ・ 国際性を身に着けるには、留学生との対話・交流が効果的であると思う。留学生にとって、その国の文化に親しむプロセスは「同化」のプロセスであるが、自分のアイデンティティを維持する中で、周囲の人々を「異化」と言う現象が起きる。日本の学生が留学生によって「異化」される効果は、国際性を身に着けるうえで貴重なものである。
- ・ 日本の大学はこれまで、内向き、国内向きでありすぎたのではないか。何とかして、欧米の優秀な学生が留学を希望するような大学にして行かなければならないと思う。日本で学ぶ留学生は徐々に増えてきてはいるが、欧米に比べるとまだまだ少ない。高等教育機関在学者に占める留学生の割合（2007年）は、日本3.3%で、イギリス24.9%、オーストラリア24.2%、ドイツ12.3%、フランス11.9%、アメリカ5.5%となっている。

○ 産学連携は思うほどうまく進まない

- ・ バブル崩壊後の日本の経済の建て直しに、学術成果の知的財産権化とその積極利用、産業界への技術移転、それに基づく産業の活性化、ベンチャーの創出が緊急課題とされ、産学連携が叫ばれ、様々な取組みが行われた。
- ・ しかしながら、東北においては、当初の構想どおりには成果を上げていないように思う。
- ・ その理由はいろいろあると思うが、私の経験からすると、以下のような構図が浮かんでくる。

大学から公開された学術成果が、実用化できるものであるかどうかを判断する必要があるが、それを判断できる人はまずいない。企業でいろいろ実用化に向けた検

討をやってみなければ解らない。したがって、企業にとっては、リスクの多いチャレンジとなり、その企業がどのくらい経営資源をかけられるかが問題になる。

経営資源をかけられるとしても、学術成果を実用化する段階で、ほとんどの場合技術的課題にぶち当たる。

大学に助けを求めるが、大学は、学術成果を公開し、それを活用して実用化を図りたい企業が現れると、安心して他の研究に移ってしまい、当該研究から離れてしまうので、十分な対応ができなくなる。

大学はあの企業には技術力がない技術者がいないと思い、企業は企業で公開された学術成果は解析や実験が十分ではないと思うようになり、相互不信におちいる。

- 産学連携を成功させるためには、以下のような課題を解決する必要がある。

優秀コーディネーター（目利き）をどのようにして見つけるか。

大学は、実用化を性急に求めないで、基礎実験、理論解析の精度向上に努める。

大学は、企業がチャレンジしている限り、技術的な支援を続ける。場合によっては、学術成果を見直す。

企業は、リスクを覚悟してチャレンジする。

企業は、性急に成果を求めず、粘り強く経営資源を投入する。

以上

Gr 8 ; 学生時代に求められる能力とは？ 西村 章

「添付資料1. 1 参照」