

“高速中性子炉”は何のため?!

—その取り組み方で 21 世紀・原子力の将来が決まる—

UCN 原子力政策研究会¹⁾

閉塞感を打破して進むには

「原子力は逆風の中」と言われて久しいが、その理由として「マスコミが真実を伝えてくれない」、「国民のエネルギー問題に対する認識が不足」、「立地自治体との関係が複雑で積極的に動けず」などと、いわば受身の発言が繰り返されてきた。一方、原子力産業界の当事者は、何とか軽水炉中心の事業運営を安定させようとひたすら低姿勢を貫き、それなりに大変な努力を尽くして、曲がりなりにも事業の継続を果たしてきた。その結果、国内の原子力発電は総電力量の 30～40%という高い比率を維持し、日本のエネルギーの供給安定に極めて大きく貢献している。にもかかわらず、当事者は国民に向かって堂々と胸を張って取り組んでいけないという、皮肉な状況にある。こういった当事者の苦悩の根源は深いが、まず社会の信用失墜につながった 3 つの要因に正面から取り組むべきだと考える。

第 1 は、国民支持の基盤であった原子力「三原則」にヒビを入れてしまったことである。特に「公開原則」について、トラブル処理などの施設運営の過程で、しばしば安全がらみの

情報隠しや事実隠蔽^{いんぺい}などを重ねてきたことである。

第 2 は、「夢のエネルギー」、「安全確保に最善を期す」、「国民のための原子力開発計画」などのキャッチフレーズで、利点を強調する言い方を繰り返しつつ、次々と大きなプロジェクトに国家予算を投入し、“日本独特の官民協力”(これには多くの深刻な反省点があるが)で取り組んできたものの、実用まで到達できたのは、わずかに技術導入による軽水型原子力発電だけであった。その結果、一般のみならず有識者からも、原子力の困難な条件には同情しつつも、原子力関係者はどうも成果の達成に責任をもたない、また「原子力長期計画」なども情勢変化による成果未達の言い訳のように見え、これ以上国家予算を大幅に投入しても無意味ではないかという考えに傾き、総合科学技術会議なども、近年、原子力予算には極めて冷たい状況になってしまった。

第 3 は、やはり前項にも深く関連するが、核燃料サイクル構築と高レベル廃棄物処分が、結果的に常に後回しとなり、特にサイクル政策では原子力界内部にも不協和音が後を絶たず、先の原子力委員会の「原子力政策大綱」で、関係者は「政策が再確認された」と強調しているが、実はその記述は大変歯切れが悪く、第二項に述べたような「建前だけのナショナル・プロジェクト」という印象を拭い

切れず、「また中途で変更となるのでは」と疑いの目で見られている。

原子力は他の事業分野と異なり問題の背景の根が深く、容易に解決できる状況にはない。しかし原子力を基幹エネルギーとして、国民に責任を持てるものとして、将来にわたり安定した開発を継続していくためにも、関連する課題をこの際徹底的に追求して、原子力関係者が胸を張り、自信を持って業務を展開できる環境を整備することが何としても必要である。そのためには、社会のみならず体制側内部での「信用」を修復することが前提となり、まず上記の 3 つのしがらみから抜け出し、イメージ・チェンジを遂げねばならない。

第 1 については、関係者は受身ながらも積極的に対応し、やや無原則ながら、「何でも公開」、「公開より公聴、なんでもまず国民の意見を聞いて」といった努力を続けた。その結果、国民ないし批判者も、「原子力開発も大分ガラス張りになった」という印象を持つようになり、一歩前進という評価もできよう。しかしその結果、政策決定には事ごとに手間取り、内容がともすれば玉虫色で八方美人になるという弊害が顕著となっているが、本稿では、これ以上立ち入らず、次の機会に譲ることにしよう。

さて、第 2、第 3 の問題について。これらが信用失墜の根源であるという事実が、電力自由化や諸改革にか

1) 構成メンバーは *伊原義徳、石井保、植松邦彦、*遠藤哲也、*浜崎一成、*森一久、山崎亮吉(*印は UCN 会会員)。なお、本稿の文責は、森一久、浜崎一成一の両名である。

まかけて、原子力界では、あまり認識されていないように見える。従って本稿では、特に第3要因である核燃料サイクルと高レベル廃棄物処分の意義付けと計画遅れの真因に焦点を当て、第2要因の「不信」を払拭しつつ、つまり、原子力界の今後の取り組みが「絵に描いた餅でないこと」を社会が了解するよう、どのように取り組むべきかについて、提言したいと思う。

まずは、アキレス腱の矯正に取り組むこと

いま原子力発電事業者は、電力市場自由化という新たな事業環境の変化に対応しつつ、既存の発電所の安全管理の維持に精一杯で、日本全体としての原子力の将来像など考える余裕さえないという風情に見える。しかし、時間の流れは止めることはできない。2030年代に入れば、これらの発電所は間違いなくリプレースメントという、かつて経験したことのない、重大な経営環境の変化の時代を迎えることになる。

いま、電気事業としての平均的な考え方は、確かに使用済燃料の扱い等のサイクル上の問題はあるが、プルサーマルや中間貯蔵が少しずつ進んできて、時間的余裕もできそうだ。高速炉にしても、誰かが、あるいは国際協力等で、経済性のある高速炉を開発してくれていれば、それを使えばよいし、それがだめならば今の炉をさらに寿命延長し、あるいは「次世代軽水炉」を建設すればよい、というのが平均的な考えであろう。(事実

「原子力政策大綱」にはそれに近い表現が見える。同33ページ「…経済性等の諸条件が整うことを前提に…導入を目指す。なお、(高速炉が)遅れる場合には、これが整うまで改良型軽水炉の導入を継続する。」果たして、そんな安易な考えで、原子力が「長期に使えるエネルギー」との位置付けを受け得るだろうか。

原子力発電の現実が、いまだに民衆と対立するものという印象を拭えないでいるのは、軍事利用との関連もあるが、原子力発電について言えば、チェルノブイリやスリーマイル島(TMI)事故の再現はないという安心を与えきれないことも大きい。最も基本的な「不信」の源は、高レベル放射性廃棄物の処分の見込みが立っていないことである。

日本を含め、高レベル廃棄物は水に丈夫なガラス化体に固めて、深い地下に処分する「地層処分」の方針できたが、「地下処分場」は世界で実現したものはまだ1つもない。ある程度計画が進んできたものでも、「最終処分」ではなく、リトリバブルなもの(一時置き場)という説明に変わってきている。「地層処分」というものについて一般社会の理解・同意が得られない理由は、いうまでもなく、現在の手法から出てくる「高レベル放射性廃棄物」の寿命の長さ、つまり所要管理期間の長さである。すなわち、数百万年も先まで処分地(深地層)の安定性と安全性、さらにその長い間の監視が要るのかどうかについて、各国とも住民や批判者への説得は不成功に終わり、上記のように「再取り

出し可能」ということにして、お茶を濁している。

このような状況が続けているのでは、原子力は「後始末の見込みがまったくつかないエネルギー」、と見なされ、石油急騰などの緊急事態に対応するため、やむをえず一時的に依存するエネルギーという「汚名」を脱することはできまい。これも原子力だけが、高レベル処分の古い考えをかくくなくに続けてきたため、時代の変化から置き去りを食った結果であろうか。

重金属や炭酸ガスなど、在来廃棄物も社会的に大きな問題になりながら、しかもこれら有害物質は永久に「減衰」も消滅もしないのに、なんとか処分法が受入れられているのと比較して、原子力はなぜこんな“穴”に落ち込んだのか。その第1の理由は、廃棄物を減らす可能性は将来のことと傍らに置き、またその努力を見せもせず、ひたすら「処分は安全」とばかり言い続け、論理的に自己撞着に陥ってしまったからである。

バックエンド問題の時間軸を人知で理解可能に

この自己撞着から抜け出す道は、はっきりしている。すなわち、この原子力特有の問題を長期的に解決する唯一の道は、原子力界が、高レベル廃棄物の浄化の道を最優先に取り組むことと；そのことを目に見える形で具体的に示すことである。すなわち、使用済燃料中からウランとプルトニウム(Pu)のみならず、他の長寿命の重い元素、ネプツニウム・ア

マイナー・アクチナイド(MA)

ウランより重い元素でプルトニウムを除く元素の総称。原子炉の運転でウランが中性子を吸収して(その結果分裂しないものは)重い元素となって燃料中にたまっていく。これらはすべて不安定だが、それ自身(並びにその娘元素)の半減期が長いものの、生成量の多いものは、取り除くこと(原子炉で燃焼・消滅)が考えられる。その対象となる主な元素の年間取り出し燃料中蓄積量(1 GWe 当たり kg, 燃焼率 4.5 万 MWd/t)は次の通り。

元素(半減期)	軽水炉ウラン燃料	軽水炉 MOX 燃料
Np237(210 万年)	12 ~ 13	3.5
Am241(430 年)	1.1 ~ 1.2	15 ~ 18
Am243(7300 年)	3 ~ 4	25
Cm243(29 年)	0.01	0.1
Cm244(18 年)	1 ~ 2	15
Cm245(8500 年)	0.15	2.0

(注)表記の生成量はいずれも概数であるが、問題点を知る目安にはなる。例えば、MOX 利用はプルトニウム燃焼ばかりでなく Np237 という長半減期の元素を燃やす(減らす)という意味もある。同様に Am はとにかく量が多いので、高速炉が遅れるなら、とりあえず軽水炉で燃やすという考え方もありうる。なお、核分裂生成物 FP の中にも長寿命のもの(テクネシウム 99 等)については、原子炉での崩壊に加え、加速器利用も検討されている。

メリシウム・キュリウム(以下 MA という。別表参照)を分離抽出し、原子炉内で燃焼・消滅させ、最終的に所要管理期間が数百年という人間の常識内の期間で消滅する核分裂生成物(FP)に変え、同時にすべての MA 等をエネルギー利用してしまうことである。過去 50 年にわたる開発努力から見て、これらの方法は科学的には十分可能であることが証明されている。

しかし、その実用までには、まず燃料面で再処理・燃料加工などの燃料技術の開発と経験の蓄積が必要であるが、しかし何と言っても、効率的な燃焼・消滅のためには、高速中性子で作動する「高速炉」を、ある程度の経済性のあるものとして実現していなければならない。つまり、このような「高速炉システム」の実用化が、時間がかかっても「確実に実現で

きる」ということが示せれば、原子力も、長期利用が可能な一人前のエネルギーと認知されるであろう。

すなわち、当面発生し続けている軽水炉の使用済燃料は、最初は(六ヶ所村の第一再処理工場)Pu を抽出し、次いで第二、第三の再処理工場では Pu のみならず MA をも分離抽出し、漸次燃料に加工しつつ高速炉での燃焼に備える。このためには、東海再処理工場の経験を継続・発展させ、第一工場の商業運転の確実な達成を果たし、この 2 つの工場の経験と原子力研究開発機構での研究開発とを融合しつつ、フランス等の実績をも参考に、着実に開発を積み重ねなければならない。

その際、特に高速炉の開発の方向と進展状況に対応した、再処理・燃料加工・燃焼のシステムの商業化を遅滞なく実現しなければならない。

このような燃料面の技術方式については、ある程度の方向性が分かっているが、すでに軍事面から経験を蓄積している仏・ロ・米と違い、わが国として実用化の道は厳しいものとなるだろう。

高速炉選択の姿勢

—「堅実」こそ信頼のキーワード

しかし、高速炉の方は、どの炉型が実用にまで行けそうかさえ、まだ見通せない。ここで注意すべきことは、「実用段階」というのは、少なくとも現在の軽水炉並みの安定運転が見通せるものという意味である。最初の軽水炉が運転してから 50 年、世界で数百基の経験を重ね、TMI、チェルノブイリの事故の経験を乗り越えて初めて、今日(程度の)安定運転に達したのである。軽水炉とは、核反応の原理も反応の伝播速度も、炉の構造も燃料サイクルの仕組みも異なる「高速炉」なのである。炉型が確定し、実証され、「実用」の域にたどり着くまで、軽水炉以上の長い努力が必要なことはいうまでもないし、原子力関係者も良く分かっているはずである。

とにかく、高速炉とそのシステムは必ず実現することと、時間はかかってもその努力が真剣に着実に行われていることとを「姿として社会に示し得るかどうか」が、原子力全体が一人前の扱いを受け得るか否かの、死命を制する分かれ道である。

それ故、高速炉の炉型選定の基準の第 1 は、確実に実用が見込めるもの、運転安定の見通しのつき易いもの

ウランと地球の不思議な関係

宇宙ができて地球が生まれ、そこに生物が発生し、それが進化を続けて人類に至り、繁栄の挙句、今では宇宙の探検を楽しむまでになった。地球は宇宙の子供だが、この親子は似ても似つかぬ間柄、違っている点は数々あるが、元素の含有率の食い違いには驚かされる。図1は、最も軽い水素から最も重いウランまでの相違をプロットしたグラフ。その比率が1、つまり同じ位のものは、アルミに珪素位で例外中の例外、他は凸凹。地球には水素は20万分の1、炭素は6,000分の1の濃度しかない。

人類がエネルギー源として使えるこの2つの元素(水素と炭素)は幸いにも、太陽熱と地熱で何億年の間に化石燃料に変えられていたので、人類文明の過去200年を支えることができたが、その報いで今、「地球温暖化」に怯えている。

図1の端、ウラン・トリウムは、なんと宇宙平均の実に百倍も地球上にある。これまた「天の配剤」という他なかるう。

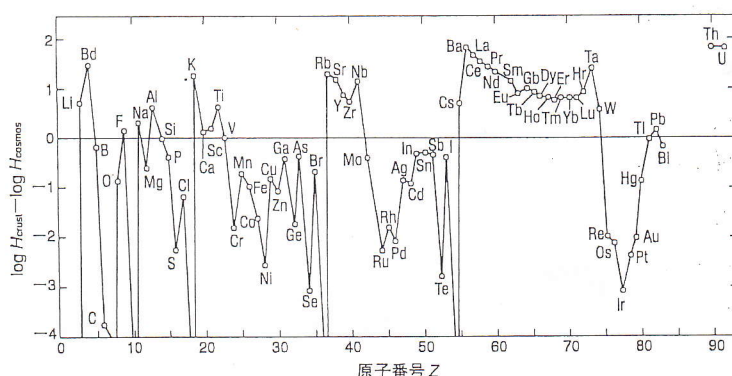


図1 各元素の地殻存在度と宇宙存在度との比較(横軸は原子番号、縦軸は対数倍率)

炭素は宇宙の6,000分の1、水素は20万分の1(図の下にはみ出している)しかない。それに引き換えウランは突出している(岩波講座「地球科学」第4巻 地球の物質科学Ⅲなどより)

のから手がけていくべきだ。最初はある程度の実証性のある炉をなるべく早く開発し、次いでその炉をMA燃焼に必要な少数の基数を設置し、高速炉の経験を積みながら、経済性や「高い増殖比」などの改良を重ねていくべきであろう。

■増殖について 言うまでもなく、高速中性子炉のもう1つの利点は熱中性子炉より転換率が高く、増殖炉にしやすいことであるが、いつ、どの程度の「増殖」が必要になるか、また、実行できるかは、種々の要因に関係し予見しにくい。いずれにしても、化石燃料の価格の推移やそれにも影響されるウラン価格、プランケットからの(軍用級の)Puが自由に見えるようになる度合いと時期、これに連動する高速「増殖」炉への要請、さらに、価格上昇に伴うウラン資源量増大の状況、等々である。高速炉が、その経済性やエネルギー需要の動向等をにらみつつ軽水炉と漸次置き換わりながら、最初の炉型の転換率の向上を図る、あるいは、類似の炉型式を含め経験を蓄積するなど、段階的に対応できることであろう。

■ウラン資源について 今まで「ウラン資源は数百万トンしかない」とされ、その限界が核燃料サイクル確立の必要性の最大の根拠とされてきたが、これは長期的には必ずしも間違っていないし、また日本としての資源確保の政策は今後も重要である。しかし、全体的に見てウラン資源の分布は石油のような偏在はまったくないし、地球の地殻中の存在量は、

ウランは決して希少資源ではない。金属の中でも、銀の30倍、鉛の7分の1、銅の30分の1もある。地殻中のその量はエネルギー量として、石油石炭天然ガスの化石エネルギーの元の水素・炭素の合計量よりもはるかに多い(別掲コラムと図参照)。

その上、海水中には鉄の2倍の30億トンもある。その前に、価格上昇で鉱山開発が本格的になれば、供給可能量はまだまだ増加する。その他に、ウラン濃縮からの劣化ウラン(高速炉なら燃料になる)の蓄積量は、すでに世界各地に100万トン以上存在している。

☆

原子力は全体として、時間はかかるが必ず確実に、廃棄物処分が実行できるものとして「一人前」と認知されることこそ、何よりも先決である。それができて初めて地球環境の救世的な、半永久的なエネルギーとして「成人」することができる。そして、これは「天の配剤」と言えるぐらいに原子力関係者にとって幸運なことに、2つの道すなわち廃棄物の浄化と、全部のウランをエネルギー化して原子力を永久エネルギーにすること、との両方に必須なのが、同じ「高速炉」なのである。

しかしながら、その高速炉を「絵に描いた餅」のように掲げたままにしておくのでは、原子力は「要注意人物」の烙印を押されたままにするのと同じであることを肝に銘じ、その方策を、早く真摯に検討しなければならない。

おわりに —世界はそうに動き始めている

ちょうどこの原稿を書き終わった時、日本の大メーカーがウェスチング社(WH)買収の最優先交渉権を得たとのニュースが流れたが、株価はまったく反応せず、むしろ下落。市場の原子力に対する評価も、やはりそんなものか、と思い知らされる…。一方、アメリカが原子力に戻ってくるという情報は最近珍しくないが、一昨日のこと、「ユッカマウンテン廃棄物処分場の受け入れ推進のために

も(やむなく)再処理路線に転換」とのニュースが飛び込んだ。その理由は本稿で長々と述べた通りで、超長期の管理が必要なMA等の燃焼・消滅の可能性を早く示さなければ、ユッカマウンテン計画が頓挫する恐れがあるからだという。

また昨年来フランスから、15年前制定したバタイユ法で、政府に義務付けられている「報告書」の内容が順次固まりつつあると伝えられてきていたが、高レベル廃棄物処分場の有力候補地、ビュール地方を視野に入れつつ、MAの燃焼「消滅」の研究開発・実行の手順を国民に示しつつ、段階的に進めることがはっきりしてきた。そして、MAの燃焼を最も合理的に進めるシナリオは、やはり軽水炉でPuのみならず、MAも部分的に燃やしつつ漸進的に進める等の数種のシナリオよりも、高速炉を早

く導入する計画が合理的であることが、いろいろな分析で明確になったという報告書の要約も発表されていた。つい最近来日したピゴCEA上級委員は、高速炉原型炉(この炉は必ずしも最終炉型とは結びつかないが)の建設を急ぎ、「完成時期を2020年と決めた」ことを記者団に対して明らかにしている。

今からでも遅くない。日本の関係者はよく考え、早く行動を起こしてほしい。繰り返しになるが、「錦の御旗」を立てるばかりでは、「江湖」に信頼の波は戻って来ないのである。

なお、以上の提案のような方針で日本が進む場合、どのような計画でいくかについては、次の機会に具体的に提言したいと思う。



CLIP NEWS

関電、住商がカザフでウラン鉱開発

関西電力と住友商事は1月23日、カザフスタン共和国南部の新規ウラン鉱山開発プロジェクトに参画すると発表、同日、現地で協定に調印した。関電は同鉱山で生産するウラン精鉱の優先取引権を得て、原子力発電燃料の長期安定調達体制を固める。住商は日本向け同精鉱の販売権を得る。同プロジェクトは、カザフスタンの国有原子力会社であるカザトムブロムが南カザフスタン州のウエスト・ムインクドゥック・ウラン鉱山を新規に開発する。関電、住商はカザトムブロム

が2005年7月に設立した事業会社に投融资を行う。参画比率はカザトムブロム65%、住商25%、関電10%。投資額は非公表としている。事業開始に伴う当初の所要資金は約1億ドル。2007年から試験生産を始め、2010年までに年間ウラン生産量で約1,000トンのフル生産に移行する計画。

産総研と東北大、環境・情報通信などの共同研究で連携

産業技術総合研究所と東北大学は、組織的連携・協力にかかわる協定を締結したと発表した。環境、材料、情報通信、

エレクトロニクス分野などの共同研究や、研究者、研究施設、研究設備、知的財産を含む研究資源における相互利用に関し、連携・協力する。この協定に基づいて両者の総合力を発揮することにより、学術、産業技術の発展への貢献を目指す。

具体的なテーマとして、環境分野では超臨界流体利用技術の実用化推進、世界に先がけた先進的グリーンプロセスの発信、ナノハイブリッド材料研究の推進、微小電気機械システム(MEMS)分野では新規機能性化学品製造用マイクロリアクターについて共同開発する。人材育成については、産業界の即戦力となる次世代の研究者や技術者を育成する。

【げんしりよくあい】

平成18年3月10日印刷 平成18年4月1日発行(毎月1回1日発行) 発行所 日本原子力産業協会

平成18年4月20日第三刷発行 印刷所 印刷 印刷 印刷 ISSN 1343-9225

原子力eye

原子力総合科学情報誌

2006 Vol.52 No.4
Nuclear Viewpoints
April

4

【特集】

「原産」50年目の大改組

【巻頭特別座談会】

原子力産業再活性化へ
民間団体の新“両輪”確立へ
— 昨年の「原技協」に続き、
4月に「原産協」がスタート

石川迪夫氏 日本原子力技術協会理事長

伊藤隆彦氏 電気事業連合会原子力対策委員長、
中部電力副社長

齊藤荘蔵氏 日本電機工業会原子力政策委員長、
日立製作所執行役常務

宅間正夫氏 日本原子力産業会議副会長

【特別寄稿】

世界最高のパフォーマンス達成を目指して

— 原技協の東電福島第一原発におけるピアレビュー実施の成果・課題
九州電力(株)原子力最高顧問 松下清彦

高速中性子炉は何のため
——その取り組み方で将来が決まる——

UCN原子力政策研究会 (注)

閉塞感を打破して進むには

「原子力は逆風の中」と言われて久しいが、その理由として「マスコミが真実を伝えてくれない」、「国民のエネルギー問題に対する認識が不足」、「立地自治体との関係が複雑で積極的に動けず」などと、いわば受身の発言が繰り返されてきた。一方原子力産業界の当事者は、何とか軽水炉中心の事業運営を安定させようと、ひたすら低姿勢を貫き、それなりに大変な努力を尽くして、曲がりなりにも事業の継続を果たしてきた。その結果国内の原子力発電は総電力量の30～40%という高い比率を維持し、日本のエネルギーの供給安定に極めて大きく貢献している。にもかかわらず、当事者は国民に向かって堂々と胸を張って取組んで行けないという、皮肉な状況にある。こういった当事者の苦悩の根源は深い、まず社会の信用失墜につながった三つの要因に正面から取り組むべきと考える。

第一は国民支持の基盤であった原子力「三原則」にヒビを入れてしまったことである。特に「公開原則」について、トラブル処理などの施設運営の過程で、しばしば安全がらみの情報隠しや事実隠蔽などを重ねてきたことである。

第二は「夢のエネルギー」、「安全確保に最善を期す」、「国民のための原子力開発計画」などのキャッチフレーズで、利点を強調するいい方を繰り返しつつ、次々と大きなプロジェクトに国家予算を投入し「日本独特の」官民協力で——これには多くの深刻な反省点があるが——取り組んできたものの、実用まで到達できたのは、わずかに技術導入による軽水型原子力発電だけであった。その結果、一般のみならず有識者からも、原子力の困難な条件には同情しつつも、原子力関係者はどうも成果の達成に責任をもたない、また「原子力長期計画」なども情勢変化による成果未達の言い訳のように見え、これ以上国家予算を大幅に投入しても無意味ではないかという考えに傾き、総合科学技術会議なども、近年原子力予算には極めて冷たい状況になってしまった。

第三は、やはり前項にも深く関連するが、核燃料サイクル構築と高レベル廃棄物処分が、結果的に常に後回しとなり、特にサイクル政策では原子力界内部にも不協和音が後を絶たず、先の原子力委員会の「政策大綱」で関係者は「政策が再確認された」と強調しているが、実はその記述は大変歯切れ悪く、第二項に述べたような「建前だけのナショナル・プロジェクト」という印象を拭い切れず、また中途で変更となるのでは、と疑いの目で見られている。

原子力は他の事業分野と異なり、問題の背景の根が深く、容易に解決できる状況にはない。しかし原子力を基幹エネルギーとして、国民に責任を持てるものとして、将来に亘り安定した開発を継続して行くためにも、関連する課題をこの際徹底的に追求して、原子力関係

(注) :

構成メンバーは*伊原義徳、石井保、植松邦彦、*遠藤哲也、*浜崎一成、*森一久、山崎亮吉

(*印はUCN会会員) 文責は森一久、浜崎一成の両名である。

者が胸を張り、自信を持って業務を展開できる環境を整備することが何としても必要である。そのためには、社会のみならず体制側内部での「信用」を修復することが前提となり、まず上記の三つのしがらみから抜け出し、イメージ・チェンジを遂げねばならない。

第一については、関係者は受身ながらも積極的に対応し、やや無原則ながら、「何でも公開」、「公開より公聴、なんでも先ず国民の意見を聞いて」といった努力を続けた。その結果、国民ないし批判者も、「原子力開発も大分ガラス張りになった」という印象を持つようになり、一歩前進という評価も出来よう。しかしその結果、政策決定には事毎に手間取り、内容がともすれば玉虫色で八方美人になるという弊害が顕著となっているが、本稿では、これ以上立ち入らず、次の機会に譲ることにしよう。

さて、第二、第三の問題について。これらが信用失墜の根源であるという事実が、電力自由化や諸改革にかまかけて、原子力界では、あまり認識されていないように見える。従って本稿では、特に第三要因である核燃料サイクルと高レベル廃棄物処分の意義付けと計画遅れの真因に焦点をあて、第二要因の「不信」を払拭しつつ、つまり原子力界の今後の取り組みが「絵に描いた餅でない事」を社会が了解するよう、どのように取り組むべきかについて、提言したいと思う。

先ずは、アキレス腱の矯正に取り組むこと

いま原子力発電事業者は、電力市場自由化という新たな事業環境の変化に対応しつつ、既存の発電所の安全管理の維持に精一杯で、日本全体としての原子力の将来像など考える余裕さえないという風情に見える。しかし時間の流れは止めることはできない。2030年代に入れば、これらの発電所は間違いなくリプレースメントという、かつて経験したことのない重大な経営環境の変化の時代を迎えることになる。いま、電気事業としての平均的な考え方は、確かに使用済燃料の扱い等のサイクル上の問題はあるが、プサーマルや中間貯蔵が少しずつ進んできて、時間的余裕も出来そうだ。高速炉にしても、誰かが、或は国際協力等で、経済性のある高速炉を開発してくれていれば、それを使えばよいし、それが駄目ならば今の炉をさらに寿命延長し、或いは「次世代軽水炉」を建設すればよい、と言うのが平均的な考えであろう。（事実「原子力政策大綱」にはそれに近い表現がみえる。同33頁「・・・経済性等の諸条件が整うことを前提に・・・導入を目指す。なお、（高速炉が）遅れる場合には、これが整うまで改良型軽水炉の導入を継続する。」）果して、そんな安易な考えで、原子力が「長期に使えるエネルギー」との位置付けを受け得るだろうか。

原子力発電の現実がいまだに民衆と対立するものという印象を拭えないでいるのは、軍事利用との関連もあるが、原子力発電について言えば、チェルノブイリやTMI事故の再現は無いという安心をあたえきれないことも大きい。最も基本的な「不信」の源は、高レベル放射性廃棄物の処分の見込みが立っていないことである。日本を含め、高レベル廃棄物は水に丈夫なガラス化体に固めて、深い地下に処分する「地層処分」の方針できたが、「地下処分場」は世界で実現したものはまだ一つもない。ある程度計画が進んできたものでも、

「最終処分」ではなく、リトリバブルなもの（一時置き場）という説明に変わってきている。「地層処分」というものについて一般社会の理解・同意が得られない理由は、いうまでもなく、現在の手法から出てくる「高レベル放射性廃棄物」の寿命の長さつまり所要管理期間の長さである。すなわち、数百万年も先まで処分地（深地層）の安定性と安全性、さらにその長い間の監視が要るのかどうかについて各国とも住民や批判者への説得は不成功に終わり、上記のように「再取り出し可能」ということにして、お茶を濁している。

このような状況が続けていけば、原子力は「後始末の見込みが全くつかないエネルギー」、と見做され、石油急騰などの緊急事態に対応するため、やむをえず一時的に依存し期待されるエネルギーという「汚名」を脱することは出来まい。これも原子力だけが、高レベル処分の古い考えをかたくなに続けてきたため、時代の変化から置き去りを食った結果であろうか。重金属や炭酸ガスなど由来廃棄物も社会的に大きな問題になりながら、しかもこれら有害物質は永久に「減衰」も消滅もしないのに、なんとか処分法が受け入れられているのとは対比して、何故こんな穴に落ち込んだのか。その第一の理由は、廃棄物を減らす可能性は将来のことと傍に置き、またその努力を見せもせず、ひたすら「処分は安全」とばかり言い続け、論理的に自己撞着に陥ってしまったからである。

バックエンド問題の時間軸を人知で理解可能に

この自己撞着から抜け出す道は、はっきりしている。即ち、この原子力特有の問題を長期的に解決する唯一の道は、原子力界が、高レベル廃棄物の浄化の道を最優先に取り組むことと、そのことを目に見える形で具体的に示すことである。すなわち、使用済燃料中からウランとPuのみならず、他の長寿命の重い元素、ネプツニウム・アメリシウム・キュリウム（以下 MA という、別表）を分離抽出し、原子炉内で燃焼・消滅させ、最終的に所要管理期間が数百年という人間の常識内の期間で消滅する核分裂生成物 FP に変え、同時にすべてのMA等をエネルギー利用してしまうことである。過去50年にわたる開発努力からみて、これらの方法は科学的には十分可能である事が証明されている。

しかし、その実用までには、まず燃料面で再処理・燃料加工などの燃料技術の開発と経験の蓄積が必要であるが、しかし何と言っても、効率的な燃焼・消滅のためには、高速中性子で作動する「高速炉」を、ある程度の経済性のあるものとして実現していなければならない。つまり、このような「高速炉システム」の実用化が、時間がかかっても「確実に実現出来る」ということが示せれば、原子力も、長期利用が可能な一人前のエネルギーと認知されるであろう。

すなわち、現に発生し続けている軽水炉の使用済燃料は、最初は（六ヶ所村の第一再処理工場で）Puを抽出し、ついで第二、第三の工場ではPuのみならずMAをも分離抽出し、漸次燃料に加工しつつ高速炉での燃焼に備える。このためには、東海再処理工場の経験を継続・発展させ、第一工場の商業運転の確実な達成を果たし、この二つの工場の経験と原子力研究開発機構での研究開発とを融合しつつ、フランス等の実績をも参考に、着実に開

発を積み重ねなければならない。その際、特に高速炉の開発の方向と進展状況に対応した、再処理・燃料加工・燃焼のシステムの商業化を遅滞なく実現しなければならない。このような燃料面の技術方式については或る程度の方向性が判っているが、すでに軍事面から経験を蓄積している仏・露・米と違い、わが国として実用化の道はきびしいものとなろう。

高速炉選択の姿勢——「堅実」こそ信頼のキーワード

しかし、高速炉の方は、どの炉型が実用にまで行けそうかさえ、まだ見通せない。ここで注意すべきことは、「実用段階」というのは、少なくとも現在の軽水炉並の安定運転が見通せるものという意味である。最初の軽水炉が運転してから五十年、世界で数百基の経験を重ね、TMI、チェルノブイリの事故の経験を乗り越えて初めて、今日〔程度の〕安定運転に達したのである。軽水炉とは、核反応の原理も反応の伝播速度も、炉の構造も燃料サイクルの仕組みも異なる、高速炉なのである。炉型が確定し実証され「実用」の域にたどり着くまで、軽水炉以上の長い努力が必要なことはいうまでもないし、原子力関係者も良く判っているはずである。

とにかく、高速炉とそのシステムは必ず実現する事と、時間はかかってもその努力が真剣に着実に行われている事とを「姿として社会に示しうるかどうか」が、原子力全体が一人前の扱いを受けうるか否かの、死命を制する分かれ道である。

それ故、高速炉の炉型選定の基準の第一は、確実に実用が見込めるもの、運転安定の見通しのつき易いものから手がけていくべきだ。最初は或る程度の実証性のある炉をなるべく早く開発し、次いでその炉をMA燃焼に必要な少数の基数を設置し経験を積みながら、経済性や「高い増殖比」などの改良を重ねていくべきであろう。

増殖について 言うまでもなく高速炉のもう一つの利点が熱中性子炉より増殖し易い事であるが、何時どの程度の「増殖」が必要になるか、実行できるかは、種々の要因に関係し予見しにくい。いずれにしても、化石燃料の価格の推移やそれにも影響されるウラン価格、ブランクセットからの(軍用級の)Pu が自由に使えるようになる度合いと時期、これに連動する高速「増殖」炉への要請、さらに価格上昇に伴うウラン資源量増大の状況、等々である。高速炉が、その経済性やエネルギー需要の動向等をにらみつつ軽水炉と漸次置き換わりながら、最初の炉型の転換率の向上を図る、或いは類似の炉型式を含め経験を蓄積するなど、段階的に対応できることであろう

ウラン資源について 今まで「ウラン資源は数百万トンしかない」とされ、その限界が核燃料サイクル確立の必要性の最大の根拠とされてきたが、これは長期的には必ずしも間違っていないし、また日本としての資源確保の政策は今後も重要である。しかし全体的にみてウラン資源の分布は石油のような偏在は全くないし、地球の地殻中の存在量は、ウランは決して希少資源ではない。金属のなかでも、銀の三十倍、鉛の七分の一、銅の三十分の一もある。地殻中のその量は、エネルギー量として、石油石炭天然ガスの化石エネルギーの元の水素・炭素の合計量よりもはるかに多い。(別掲コラムと図表参照) その上、海水中

には、鉄の二倍の三十億トンもある。その前に、価格上昇で鉱山開発が本格的になれば、供給可能量はまだまだ増加する。その他に、ウラン濃縮からの劣化ウラン（高速炉なら燃料になる）の蓄積量は、すでに世界各地に百万トン以上存在している。

原子力は全体として、時間はかかるが必ず確実に、廃棄物処分が実行できるものだと「一人前」と認知されることこそ、なりよりも先決である。それが出来て初めて地球環境の救世主の、半永久的なエネルギーとして「成人」することが出来る。そして、これは「天の配剤」と言える位に原子力関係者にとって幸運なことに、二つの道、すなわち廃棄物の浄化と、全部のウランをエネルギー化して原子力を永久エネルギーにすること、との両方に必須なものが、同じ「高速炉」なのである。しかしながら、その高速炉を「絵の描いた餅」のように掲げたままにして置くのでは、原子力は「要注意人物」の烙印を押されままにするのと同じであることを肝に銘じ、その方策を、早く真摯に検討しなければならない。

おわりに――世界はそうに動き始めている

ちょうどこの原稿を書き終わった時、日本の大メーカーがウェスチング社を買収の最優先交渉権を得たとのニュースが流れたが、株価は全く反応せずむしろ下落。市場の原子力に対する評価も、やはりそんなものかと思い知らされる。…一方、アメリカが原子力に戻って来るという情報は最近珍しくないが、一昨日のこと「ユッカマウンテン廃棄物処分場の受け入れ推進のため（やむなく）再処理路線に転換」とニュースがとびこむ。その理由は本稿で長々と述べた通りで、超長期の管理が必要なMA等の燃焼・消滅の可能性を早く示さなければ、ユッカ・マウンテン計画が頓挫するおそれがあるからだという。

また昨年来フランスから、十五年前制定のバタイユ法で政府に義務付けられている「報告書」の内容が、順次固まつつありと伝えられてきていたが、高レベル廃棄物処分場の有力候補地ビュール地方を視野に入れつつ、MAの燃焼「消滅」の研究開発・実行の手順を国民に示しつつ、段階的に進めることがはっきりしてきた。そして、MAの燃焼を最も合理的に進めるシナリオはやはり、軽水炉でPuのみならずMAも部分的に燃しつつ漸進的に進める等の数種のシナリオよりも、高速炉を早く導入する計画が合理的であることが、色々な分析で明確になったという報告書の要約も発表されていたが、つい最近来日したピゴCEA上級委員は、高速炉原型炉を急ぎ、「完成時期を2020年と決めた」ことを記者団に対して明らかにしている。

今からでも遅くない、日本の関係者はよく考え、早く行動を起こしてほしい。繰り返しになるが、「錦の御旗」を立てるばかりでは、「江湖」に信頼の波は戻って来ないのである。

なお、以上の提案のような方針で日本が進む場合、どのような計画で行くか、については、次の機会に具体的に提言したいと思う。

コラム①

マイナー・アクチナイド (MA)

ウランより重い元素でP uを除く元素の総称。原子炉の運転でウランが中性子を吸収して（その結果分裂しないものは）重い元素となって燃料中にたまって行く。これらはすべて不安定だが、自体〔並びにその娘元素〕の半減期が長いもの、生成量の多いものは、処分前に取り除くこと（原子炉で燃焼・消滅）が考えられる。その対象となる主な元素の年間取り出し燃料中蓄積量（1GW e 当たりK g、燃焼率4.5万MW d）は次の通り。

元素	(半減期)	軽水炉ウラン燃料	軽水炉MOX燃料
N p 2 3 7	(210万年)	12－13	3.5
A m 2 4 1	[430年]	1.1－1.2	15－18
A m 2 4 3	[7300年]	3－4	25
C m 2 4 3	[29年]	0, 01	0.1
C m 2 4 4	(18年)	1－2	15
C m 2 4 5	[8500年]	0.15	2.0

【註】表記の生成量はいずれも概数であるが、問題点を知る目安にはなる。例えば、MOX利用はP u燃焼ばかりでなくN p 2 3 7という長半減期の元素を燃す（減らす）という意味もある。同様にA mはとにかく量が多いので、高速炉が遅れるなら、とりあえず軽水炉で燃すという考え方もありうる。なお、核分裂生成物F Pの中にも長寿命のもの（テクネシウム99等）については、原子炉での崩壊に加え、加速器利用も検討されている。

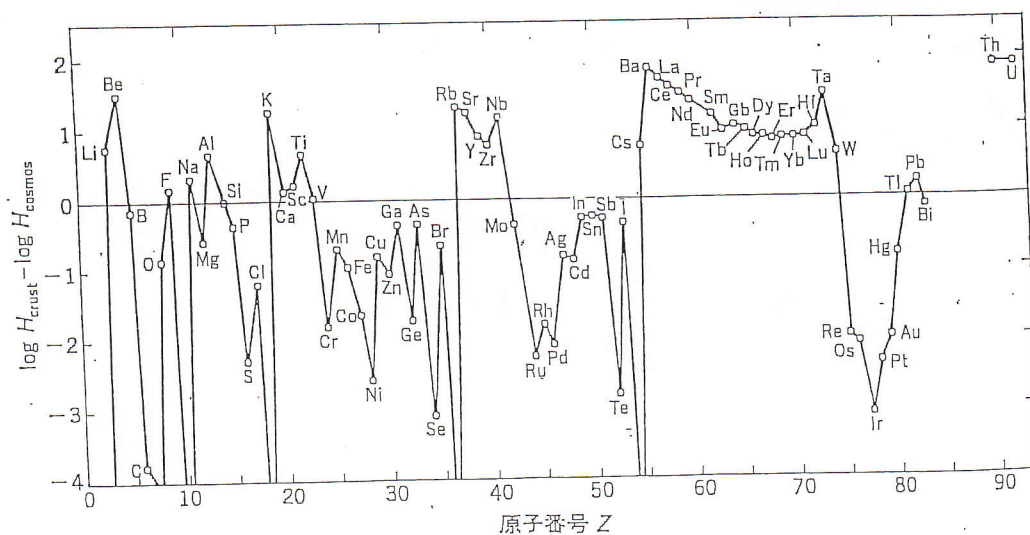
コラム②

ウランと地球の不思議な関係

宇宙ができて地球が生まれ、そこに生物が発生し、それが進化を続けて人類に至り、繁栄の挙句、今では宇宙の探検を楽しむまでになった。地球は宇宙の子供だが、この親子は、似ても似つかぬ間柄、違っている点は数々あるが、元素の含有率の食い違いには、驚かされる。第一図は、最も軽い水素から最も重いウランまでの、相違をプロットしたグラフ。その比率が一、つまり同じ位のものは、アルミに珪素位で例外中の例外、他は凸凹。地球には水素は二十万分の一、炭素は六千分の一の濃度しかない。

人類がエネルギー源として使えるこの二つの元素〔水素と炭素〕は幸いにも、太陽熱と地熱で何億年の間に化石燃料に変えられていたのも、人類文明の過去百年を支えることが出来たが、その報いで、今「地球温暖化」に怯えている。

第一図の端、ウラン・トリウムは、なんと宇宙平均の実に百倍も地球上にある。これまた「天の配剤」という他なからう。



第一図 各元素の地殻存在度と宇宙存在度との比較（横軸は原子番号，縦軸は対数倍率）
炭素は宇宙の六千分の一、水素は二十万分の一（図の下にハミ出している）しかない。それに引き換えウランは突出している。（岩波講座「地球科学」第4巻 地球の物質科学Ⅲなどより）