

1. 地球に生まれた生態圏と化学エネルギー

地球は水の惑星と呼ばれ、主たるエネルギーを太陽に仰ぎ、植物と動物が共存できる環境を作り出してきた。生態圏においては植物が太陽光線を捉えて転換した貯蔵性のある化学エネルギーが主役を演じることになり、次第に大気中の炭酸ガスが減少し、遊離酸素が増加する植物優位の歴史をたどってきた。これは状況次第では生態圏の物質循環が閉じる可能性を持つことを意味していた。然し、400 万年とも 500 万年ともいわれる人類史の中でこの状況が実現する以前に産業革命を迎え、人類は生物が生命を終えて地下に蓄積された状態の化石エネルギーに手を伸ばす結果となった。化石エネルギーの利用は、まさに動物系ノみが存在し、物質循環の一方である植物系が存在していない。この延長上にはエネルギー消費の過大さで生まれる熱公害以前に炭酸ガスの放熱阻害による地球温暖化が騒がれることになり、これが 1992 年の国連の“人類の持続的発展に関する決議へとつながっていった。その後も炭酸ガスの増大傾向は世界的に進んでいることであるが、日本は今回の事故以後の動きをみると、また化石エネルギーに頼ることになるのではないかと危惧される。

化石エネルギーに利用は資源を確保し、文明を大きく進展させ、豊かな社会の構築に貢献したが、環境保全において解決策を講ずるところとはならず、限界を迎えるところとなった。

したがって次世代のエネルギー資源に求められるところは、「資源確保と環境保全の同時達成」であろう。この目的のためには自然の観察が大切である。自然は人類が求める情報やシステムがすべてと云っていいほど豊かに存在している。

2. 「資源確保と環境保全の同時達成」

「資源確保と環境保全の同時達成」を核エネルギーの世界で表現するとしたら「リサイクル(recycle)とゼロリリース(zero-release or zero emission)になるのではないか。そのために化学エネルギーと核エネルギーの量と質の違いを明確にしておく必要がある。

- A. エネルギー密度、反応に際して化学反応の数ないし数十電子ボルトに比べて核分裂は数億電子ボルトのエネルギーが放出される。
- B. 化学反応は化石エネルギーに見られるように一回の反応でエネルギー源の価値を失う。これに対して核エネルギーは核種変換 (nuclear transmutation) を伴って何回か利用できる。すなわちサイクル利用が可能である。
- C. 反応に関与する物質量が決定的に少なくてすむ。これは反応の結果生まれ出てくるものも量的に決定的に違う。システムの出口での扱いが可能になる。

B. は更にかつてラザフォードが人工の核反応に成功したときに残した「これで錬金術 (alchemy) の時代がきた」もしこれが放射能消滅を意味すると考えれば、核分裂生成物の放射能をなくしてレアアース元素としての利用など、捨てるもののない世界を意味しているのかも知れない。また生態圏が存在したときそこでは物質が圏外には出てこ

ない、閉じた物質循環が行われていたと考えるとこれは深地層における物質隔離も含めて、環境への「ゼロリリース」を意味している。このことが原子力システムの究極の姿を「リサイクルとゼロリリース」と表現することにつながる。

原子力に果たしてその能力があるのかが問われている。原子力には現在太陽のような恒星のエネルギー源である核融合と、惑星の原子力といわれる核分裂とがある。また、エネルギーシステム構成に核反応に関連した技術がどのように貢献していくか、加速器レーザーの役割も大切になる。文明に核反応に根差す科学技術がどのように関わってくるか議論が必要であろうが、結論的に言えば、文明があるいは社会が調和のある科学技術を望むことを考えれば、現段階で知見と実績に基づいて議論できることは重い元素の核分裂反応に焦点を合わせて、核分裂反応の財産の範囲で何ができるかを知ることであろう。核分裂の反応の財産とは反応によって生まれる約3個の中性子と約200MeVのエネルギーである。中性子は主として原子炉の中で目的達成のための核反応を起こすことに用いられ、エネルギーは部分的には炉に望まれる燃料をはじめとする材料の選択、調整のために費やされることになる。

核分裂システムに資源確保と環境保全を同時に求めるとすればそれはFig.3のように表現されるだろう。これが実現される事でその究極の目的が達成されると言えるのではない。

これを実現するには、高速中性子炉や加速器による核分裂、核変換、レーザーによる核種分離などが期待される。現在検討が進んでいるものの中ではやはり、高速炉を主体に、量子変換を含めた核種 (nuclide) 分離、物質分離であり、科学的可能性を如何に技術的に効率よく実現していくかであろう。

3. 核分裂反応の財産とその使い方

この際核分裂を起こす原子炉と、原子炉への燃料供給を行う核燃料サイクルの両者が必要になる。原子炉では核分裂で生まれる約3個の中性子を有効に利用しエネルギー生産と核分裂物質の生産を行う。場合によっては放射能消滅に関与する場合も含まれる。一方核分裂反応のもう一つの財産である200MeVの核分裂エネルギーを有効に利用して原子炉で生まれる諸物質の選択を行い燃料の形にして炉に供給する。その中心は燃料サイクルの中で行われることになるが、そこで物質、元素および核種の選択、分離、混合を効率よく行う必要がある。

このように資源確保と環境保全を理解するために示した SCNES (self consistent nuclear energy system) の構図はこのように表現しなおすことが出来る。この概念は1990年に藤家の提言したものでこれまで20年の研究を進めてきた。このような核分裂反応によるエネルギーシステムにおいては、エネルギー生産と核変換、核変換には燃料生産と放射性物質の短半減期化、非放射化が含まれる。また安全にはシステム安全と環

境安全とが含まれよう。核不拡散も核兵器に使われることのないものにする方策を考
ることが、広い意味での環境安全といえるのではないか。このような原子力システムの
構築に当たっては、核分裂反応の財産の一つである核分裂で生まれる中性子を有効に使
うことであり、科学的可能性実証のためには熱中性子では駄目で最低限高速中性子炉が
必要である。Fig.X は SCNES の目標を達成するための方策を示したものである。5
つの目的の同時達成により、資源確保と環境保全の同時達成が可能な科学的概念といえ
る。更に硬い中性子スペクトルを得てアクチニド (actinide) の核分裂を期待するには
金属燃料が優れている。(また現在技術を採用することによる達成度はその技術の達成効
率に依存する)

また核不拡散性 (nuclear non-proliferation) への期待はブランケットのない炉心につ
ながる。ブランケットに劣化ウランを挿入することは兵器級プルトニウムの生産につな
がるものとして、スタート計画でロシアの高速炉の運転はブランケットなしで行うよう
決められた。

私の 40 年来の友人であるドイツのかつての原子力安全委員長で核不拡散に優れた実績
を残した、Prof. Guenter Kessler は (Denaturing of Plutonium) プルトニウムの混
ぜものによって変性し、その爆発力をなくすことによって核不拡散を実現しようと考
えている。これは本来アクチニドの組成比に関連する方策であり、十分中性子バランスは
成立することが確かめられている。これらの計算は Fig.7 に示している。

又 Fig.Y に示す再臨界排除 (elimination of re-criticality issue) の概念は本来炉心に特
別な物質を導入することなく、物性値の違いによる燃料溶融で核燃料の排出を図る方法
であるため、特に中性子経済に大きく影響することはない。

SCNES のシステム (Fig.A) には天然ウランが導かれ、SCNES の目標を達成し
た後最終的にはシステムから非放射性の核分裂生成物が出ていくことになる。しかし、
それに至るまでにいくつかの段階が考えられるが、(Fig.B) その大きな目標の一つは
環境保全を高度に実現する上から、高レベル放射性廃棄物を事実上なくすことである。
これは廃棄物の内容を変えることでその残留放射能が現在考えられている低レベル放
射能以下にするに要する時間が数百年未満ということである。(Fig.Z)

さらにこれを短くするための方策としてレーザーによる放射能の非放射化、短半減期化
の検討を進めている。あるいは、資源的観点からすべての元素を利用可能にしていくこ
とであろう。核種元素に着目した検討は可能であろう。