

# 原子力に対する時代認識

藤家洋一

NPO ニュークリア・サロン代表理事

人類はこの地球に生きるようになって既に 1,000 万年を過ごしてきました。多少の例外はあるにしてもその過程は採取と狩猟による生活から、次第に農耕と牧畜に転換し、大河のほとりの定住生活に移行し、他の生物には見られない文明を構築し、その恩恵の中で生きて来ました。文明はまた人類が産み、育ててきた科学技術への依存の中で進化して来ており、科学技術に、「エネルギー」、「物質」、「技術」及び「情報」を求めてきています。

この中で、エネルギーの存在が特別に扱われることが多いようです。確かに、他の 3 つの要素は多くの場合、エネルギーの供給によって初めてその本来的機能を発揮することが可能になるのです。

また文明はその文明を支えてきたエネルギーがなんであったかで特徴づけられることもあります。自然エネルギー、化学エネルギー、核エネルギーなどです。歴史的には自然エネルギーや化学エネルギ

一には百万年を超えて依存してきたことになり、資源はそれぞれの時代で百万年の消費に耐える量が存在していました。核分裂エネルギーについても高速炉システムが実現すれば海中の核分裂親物質の量が 40 億トンとも 50 億トンとも言われていることを考えればこれまた優に百万年のエネルギー資源ということが出来ます。この視点にたって文明を見ることが大切です。

人類は永く自然エネルギーの代表とも言える太陽エネルギー、及びその変化した形の風、波などのエネルギーに依存してきました。自然エネルギーに数百万年を依存した後、人類は他の生物がその能力に限界があったせいか、手を付けられなかった火の制御と利用に成功し、化学反応を文明に導入し、これを通してエネルギー変換を積極的に行う化学反応の文明を構築してきました。化学反応に根ざす文明は次第に進展しましたが、画期的なことは産業革命で一気に化学エネルギーを人工的に熱エネルギーに変換し、さらに機械エネルギーや電気エネルギーにまでの変換を可能にしたことです。この結果蒸気機関や、電気駆動の機器が出現し、文明は飛躍的に発展しましたが、同時に大量消費が、生態系のバランスなどに影響を与え

る結果になり、文明をその根幹で支えるエネルギー資源の転換をも考慮すべき事態に至る結果となりました。

ここで登場したのが核エネルギーです。自然エネルギーの代表が太陽エネルギーですが、これが太陽における核融合反応の結果だと知っている人類には、その再来かとも思われますがそこには大きな違いがあります。太陽は地球とは比較にならない馬鹿でかい天体で、その太陽での核融合反応はすでにこれまで数十億年継続して起こり、そのエネルギーを太陽系を中心に提供して来ており、今後もまだ 45 億年程度送り続けると考えられています。

一方、今実用に供されている核エネルギーは核分裂エネルギーであり、20 億年前の地球の自然にも天然原子炉が存在していました。私は前者を恒星の核エネルギー、後者を惑星のエネルギーと呼んでいます。後者は、超新星爆発の結果誕生したウランなどの重い原子による核分裂反応で放出されるエネルギーです。

核分裂反応の特徴はウランないしアクチニドと中性子の間で起こるもので、他に見られない特徴があります。核分裂反応に根ざす原子力は放射線の発見から核分裂炉の制作までの黎明期を経て成長し、この結果が不幸にして原爆の形で広島・長崎に投下される結果とな

りましたが、それも克服して数多くの成果を生んできました。

しかし、2011, 3, 11の福島原子力事故でその姿が根本的に問直されようとしています。以下にその経過をたどりその将来を展望することにしましょう。

## 1. 原子力研究開発の黎明期(1895-1945)

### 1. 1 放射線の発見とその利用

人類が放射線の世界に初めて到達したのは1895年、レントゲンがX線を発見した時で、続いてイギリス、フランスで電子の発見、放射性物質の発見抽出に成功し、目に見えない世界が人類の前に出現するところとなりました。放射線の利用分野はX線をレントゲンというほど医学利用を始め多くの分野で利用されることとなり、また一方 $\alpha$ 線も原子構造の解明に大きな力を発揮するところとなり、核反応の世界につながって行きました。

### 1. 2 核分裂反応の発見と連鎖反応の実現

核反応を起こす上で多くの実験が試みられました。当初、核反応が起こればそれ以上の質量数の原子核が生まれると考えられていたようですが、実際には2個あるいはそれ以上の原子核に分裂することが実験で確認されたのが1938年のことでした。また反応の結果巨大

なエネルギーが解放されるとともに、複数個の中性子が生まれることが分かり、これらの反応がもし軍事利用されるとするならば、すごい性能の兵器になるであろうことが物理学者には容易に理解されたでしょう。事実核分裂反応が発見されてから最初の原子炉 CP-1 の制作まで 4 年、更に広島・長崎への原爆投下までに 2 年半という短い時間で事が進められました。この時期は軍事利用の時期といえるでしょう。

戦後、自ら民主主義国家として生きていくことを決断した日本が、独立国としてエネルギー資源の確保を重要視したことは当然ですが、国際紛争につながりかねない資源支配のエネルギーである化石エネルギーより技術支配の原子力の開発を選択するほうが、日本の技術力を背景に、地政学的宿命の克服にも役立つとして原子力開発に着手しました。原爆反対はノーモア広島、ノーモア長崎の活動の高まりで世界的広がりを見せ、今でも原爆記念日には両市で世界からの参加者を得て原爆反対、究極の核廃絶、の意志表示がされます。

私は「長崎の鐘」、「ロザリオの鎖」、「この子を残して」 などその著作でも有名な長崎大学の永井隆助教授のメモ（資料 1、48 p）に接した時、愕然とした思いに捕らわれました。私が愕然としたのは 2 点

あります。一つは彼が原子力のことを大変よく知っていたことです。その当時の日本の科学界に原子力の知識がどの程度有ったかは必ずしも定かではありませんが、原子力の本質を見事に捉えていることでした。さらに驚いたのは8月9日に長崎に原爆が投下されて2ヶ月後の10月にこれだけのメモが残せたことです。

まだ原爆の悲劇から立ち直るところか混乱と怨念の中で原子力を平和利用することが未来の文明に貢献し、被爆者の心を安らかにする方向だと言い切っていることでした。私にはとても出来ることではないと感嘆し、メモの英文は2003年アメリカ、ニューオーリンズで開かれた、アイゼンハワー大統領の国連演説[Atoms for Peace] 50周年会議のプレナリーセッションで紹介しました(資料2)。

お祝いの会ではありましたがその趣旨に逆らったとは思っていません。日本の原子力の原点を示せたことは十分意義あることと考えました。アメリカ、フランスなどから反響もあり、WEBサイトにも紹介されることとなりました。

明治以来の技術開発の歴史を習ったとは言わないまでも、アメリカ生まれの軽水炉の導入から始まる日本の原子力開発は、昭和40年代後半に襲った、第1次オイルショックが国民の原子力発電所建設期

待に拍車をかけさせ、私も安全審査委員として、朝昼夜と設置許可申請に対処したことを思い出します。

またその後の改良標準化努力を通して、高品質の軽水炉技術の構築に寄与するのみならず、新型軽水炉として日本ブランドといっても差し支えない大型の ABWR 柏崎刈羽 6, 7 号炉を世界に先駆けて建設運転に成功しました。私は安全審査に参加し、世界初の感動の中で審査したことを昨日のように思い出します。ABWR は大規模冷却材喪失事故の可能性がほぼなくなったと言えるでしょう。(資料 1、2 章)

日本では福島事故前の段階で 50 基を超す軽水型発電用原子炉が運転を続けておりましたが、その運転実績は社会の人々に安心とは言わないまでも安全であることは理解されていたのではないかと思います。しかし原子力の安全は決して実績だけで社会に容認されるどころとはならないようです。今回の福島事故は原子力の安全について、さらにその社会受容性に立ち戻って課題を与える結果になったと理解されます。(資料 1、1 章)

### 1. 3. 3. 1 1 福島原子力事故:何が起こったのか(1章)

今回の事故は、日本で発生した原子炉事故としては、これまで経験したこともない大事故で、それに対する反響はまさに未曾有のもの

でありました。何が起こったか明確にならないうちに、原子力はリスクが大きすぎて脱原発に向かうしかないとの発言や、原子力に否定的な方々からの話しが原子炉の安全に関係しない分野も含めて問題視されてきました。

筆者も事故直後から、多くのメディアからの求めに対して、あるいは講演や対談を通して、また、ホームページ上でも事故に関する見解を明確にしてきました。

その中で最も注目したのは周辺公衆の放射線被曝についてでした。

原子力発電所の立地の妥当性についての判断で用いられる立地審査指針に言う放射線被曝の制限値以下であるかどうかの確認でした。

2012年8月14日に福島県は21,018人の外部被曝線量の推計結果を公表しましたが、放射線業務従事経験者を除く20,247人のうち、1mSv未満は11,871人(58.6%)、1mSv以上・2mSv未満が7,035人(36.1%)、2mSv以上・3mSv未満が1,034人(5.1%)であり、全体の99.8%が3mSv未満でした。3mSv以上・4mSv未満は34人(0.2%)、最大値は25.1mSvでした。これに対して福島県県民健康管理調査検討委員会(座長・山下俊一福島医大副学長)は従来の疫学調査を踏まえ、「健康への影響があるとは考えにくい」としています。



また、2012年12月10日、国連放射線影響科学委員会(UNSCEAR)会長のウォルフガング・ワイス議長は国連総会の場で、「福島第一原子力発電所周辺地域の公衆、子供、作業員の事故に起因する健康被害は認められない」と発表し、既に世界保健機関(WHO)や東京大学が敷地周辺の住民に対する低線量被曝による健康影響は考えられないとする見解に一致するものであるとしています。さらに、UNSCEARは自然放射線程度の低線量被曝が多くの個人に加算されても、線量と人数を掛けて、集団(人口)に対する放射線影響を算定することは推奨しないとしています。しかし、筆者は、これまでの公衆に対する集団的被曝に対して国民遺伝線量の考え方や、2万人・シーベルト(Sv)などの値を参考に立地判断をしてきたことから言えば、個人に対する被曝制限だけで十分とし、集団に対する制限がまったく無くてもいいとは考えにくいと思っています。今後の議論が待たれます。

私は発電所から放出された放射性物質による被曝線量が原子炉立地審査指針の目安線量値以下で設置許可の基準は満足していること、また被曝線量は急性疾患による犠牲者の発生には至らないと判断できると説明してきました。

しかし、原子力関係者も含めて、必ずしもそのような反応は見られ

ていませんでした。

テレビ画面などを通して、目に見える形で示された原子炉建屋、構造物の水素爆発に伴う崩壊を目の当たりに見せられて、まさに破局的(カタストロフィック)な事態がそこに起こっているとの印象を強く与えたことでしょう。これが生み出した世論の脱原発、反原発の議論は、まさに原子力発電がすでに「原子力の平和利用」と「安全の確保」だけでは社会性をもち得ない段階に来ていることを示す結果となったものと理解できます。

### **3. 原子力の大局観：福島原子力事故の教えるもの**

#### **3. 1 利用から調和へ**

化学反応に根ざす文明はまさに「水の惑星 地球」の独自性の中から生まれたもので生態圏の存在が化学エネルギーの利用を可能にしたものであり、他の天体ではその存在が確認されてはいません。一方核エネルギーは宇宙の現象を支配する基本エネルギーであり、より根源的なものといえるでしょう。

国連が1992年に「人類の持続的発展」について決議を採択したように「人類の持続的発展」は今後の人類の共通課題になっていますが、その前提として私は、「自然に学び、自然をまねる」姿勢が科学技術

的にはもちろん社会的にも大切だと考えています。(資料1、3章及び資料3、:原子力、自然に学び、自然をまねる)

地球、太陽、宇宙、いずれも、自然に存在するものであり、そこでは多くの現象が自然に起こっています。この「自然に学び、自然をまねる」姿勢が、われわれの原点で科学技術の原点であろうかと考えます。

われわれが作り出してきた文明を維持し、発展させる中でうまれてきたエネルギー問題、環境問題もやはり、自然との関連でとらえて行く必要があります。

### 3. 2 自然環境との調和

宇宙には、科学技術の求める多くの自然現象があります。人間があたかも、自ら作り出し、使用しているかのような錯覚にとらわれることがあります。その多くは自然界に存在しています。核融合炉、核分裂炉、加速器、レーザー等、今原子力の研究開発の対象が自然に存在しています。

地球の自然には「化学反応に根ざした文明構築」に力のあった海や動植物の共存する生態系、さらには地下には生態系の遺産としての化石エネルギーが存在しています。

「化学エネルギーから、核エネルギーへのゆるやかな移行」を考える時、原子力が原子力発電のためだけでなく、21世紀以降に人類文明をその根幹で支える科学技術に成長、発展してゆくべき宿命を持っているものだと思っています。「化学反応に根ざす文明から核反応に根ざす文明への緩やかな移行」を通じて何が可能になるのか。原子力に求められるものはなにか、原子力が満足すべき条件とは何でしょうか。我々に求められているのは、ひとつは文明の総体を支える原子力の全体像と原子力に根ざす文明構築への道筋の提示でしょう。(資料1、5章、6章)

### 3. 3 社会環境との調和

しかし社会からはより直接的に、「果たして原子力がエネルギー確保と環境保全を同時に満足するようなエネルギーシステムに発展することが期待できるか」(資料1、4章)と問われているように思います。

我々から見て、エネルギーの源は太陽と地球にあります。これまで太陽の核融合は太陽光線として地球で受け止められ利用されてきました。今後も大変重要なエネルギー源です。

地球での太陽光線の変換、転換に自然と人工の折り合いをどうして

行けばいいのか自然エネルギーとしての位置付けが大切です。

地球の核エネルギーには核分裂と核融合がありますが、軽水炉に近い原子炉が自然に出来た事実は大いに参考になるところです。この天然原子炉の教訓をどこまで参考に出来るか、また核融合はどの方向を目指すか、地球のおかれた条件の中での解が求められます。

エネルギー問題を考えることも環境問題を考えることも、人類がこの世に存在することが原点であります。考え方によっては、われわれ人類は自業自得に近いような議論をやっているようなことにもなります。

#### **4. 原子力システムのあるべき姿 SCNES（資料1、4章、資料3）**

原子力新時代の到来は世界のあちこちに見られます。

エネルギー資源確保と環境保全の同時達成に向けても世界は今や素直に原子力の将来を語り始めたように感じています。例えば、第四世代システム開発が GIF として国際的枠組みの中で進められています。目標とするところは多くありますが、しかしそれらがすべて成立するとの可能性の議論が行われていません。見方によればあれもこれもと夜店のバナナのたたき売りのような所があります。お互いにそれぞれの極限を求めることは出来ず、妥協によるバランスを

取るべき項目も当然存在します。そこには全体をまとめて議論できる評価方法が必要でしょう。

私が1991年に提示したSCNESの概念はそのためのもので資源の完全利用と放射性物質の無放出は科学的に可能かという議論でした。リサイクルとゼロリリース（ゼロエミッション）は可能かという問いかけでした。今世界は素直にこの方向を探って議論している感があります。

SCNESの議論とは核分裂反応の財産の範囲で何が出来るか、すなわち約2.9個の中性子と約200MeVのエネルギーを使って何が出来るかという観点からの議論で、エネルギーシステムに求められる要求すなわち、エネルギー生産、燃料生産、安全確保、廃棄物処理処分さらに加えて核拡散抵抗性の確保が果たしてすべて満足できるかという問いです。

この答えは科学的には用意できます。SCNESではエネルギーの取り出しと、核燃料の生産、更には放射性廃棄物の有限時間での非放射化、核不拡散のためのプルトニウムの組成変更さらに安全の確保が核分裂反応の財産の範囲で行い得ることを確認しています。

## 高速炉と核燃料サイクルは整合性ある原子力システムに不可欠

問題はこのような科学的概念をいかなる技術によって具体化し、効率の良い、科学的可能性に近いものに仕上げていくかです。アルゴン国立研究所で続けられている IFR（一体型高速炉：Integral Fast Reactor）もその一つの試みです。このようなあるべき姿について、軽水炉は中性子経済の上で対象にはならず、高速中性子炉が不可欠であることを示しました。核燃料サイクルなしに資源の完全利用と放射性廃棄物の無放出が可能かと聞かれた場合の回答を物理的に説明することは簡単です。2.9 個の中性子では不足で求める核変換を起こさせることが出来ません。元素レベルの物質分離では核分裂生成物の放射能の非放射化は出来ず、核種分離が必要になります。ここには高速炉に加えて、加速器による核変換、レーザー分離のような新しい技術の導入が必要になります。

このような議論の必然的行き先は

### 1) 高速中性子炉による核反応の自由度の確保

（燃料生産と放射能消滅）

### 2) 高温ガス炉によるエネルギーの高度利用

（水素製造による化学エネルギー確保）

3) 閉じた核燃料サイクルの確立

4) 加速器、レーザーなど先端技術の導入

(核反応、物質分離の自由度の確保)

となるでしょう。

資料1、資料3ではさらに

核反応に根差す総合科学技術

原子力は文明をその根幹で支えられるか

について述べています。

以上

(資料1) 藤家洋一著「原子力の本当の話 利用より調和の原子力文明」  
産経新聞出版 平成25年9月25日

(資料2) “Future prospect of global role of nuclear energy”  
“-Particularly in Asian countries”  
Yoichi Fujiie, Chairman Japan Atomic Energy Commission  
November 17, 2003  
2003 ANS/ENS International Winter Meeting

(資料3) 藤家洋一著「原子力 ー自然に学び、自然を真似るー」  
ERC出版 2005年6月25日