

グローバルエネルギーとしての核エネルギーの展望
とアジアにおける重要性

2003年11月17日

藤家洋一

原子力委員会 委員長

1. 始めに

アイゼンハワー大統領の国連における“Atoms for Peace”宣言50周年を記念して、ここに世界各国から原子力の平和利用で21世紀のより良い世界を築くことを期待してお集まりいただいている皆様の前でお話できる光栄を心から感謝している。

20世紀後半の世界の努力は、原子力発電の実用化と放射線の多方面への応用において見事な実績を挙げた。更に、加速器、レーザー、あるいは核融合の研究開発の基礎を築き、21世紀以降の原子力開発展開の希望を築いた。

また、確かにここ50年核兵器は廃絶されず、また、核実験を行った国や、核兵器の所有の疑念を持たれる国の存在は否定できないけれど、核兵器が戦争に使われることなく、今日に至っていることを喜びとしたい。

日本は世界で唯一の原爆の悲劇を体験したが、同時に自らの資源がない島国と言う地政学的宿命の克服のため、原子力を選択した。日本にとっては原爆反対と平和利用はその根底で深く繋がっている。この認識に立って、アジアの一国として平和利用に専念する一方、アジアを始め、国際的な協力貢献を心がけてきた。

今日、21世紀に入り、われわれの眼前に地球規模の限界が

現れてきた。一つは化石資源の枯渇、もう一つは地球温暖化である。資源確保と環境保全の両立は科学技術で解決することが重要である。知恵は無限だからである。この問題を解決する科学技術として新しい考えの原子力が重要である。特にアジアはこれが必要になるであろう。

今日、私に与えられました演題は「グローバルエネルギーとしての核エネルギーの展望とアジアにおける重要性」です。

まず、私の原子力に対する基本的考えを話した上で、アジアの現状をまとめ、将来のアジアに必要な原子力の選択肢と課題を取りまとめ、その確立方策と日本の貢献について話したいと思う。

2. 原子力の基本的とらえ方

私は原子力を「核反応を中心とした物質と放射線の相互作用」の利用と捉えている。この相互作用によって①エネルギーが発生し、②物質が変換創生され、③また物質の奥深くに潜む法則や情報が得られる。相互作用を促進する装置として、①エネルギーに関連した核分裂炉、核融合炉、②非エネルギー的ものとして加速器、更にはレーザーがある。このように原子力を3つに分類して考える観点は原子力の全体像を幅広く、21世紀文明を支える総合科学技術としてとらえる上で不可欠でないかと思う。

即ち原子力の目指すところは

- 1) リサイクル文明を支えるエネルギーの供給
- 2) 物質の変換創生
- 3) 先端新分野への知の創造

と私は考える。私は原子力を宇宙のビッグバンや星や星間物質の物理現象を利用する手段と見る見方に加えて、知を創造する手段、即ち新しい科学と技術を創造する分野としてみる。

原子力利用の大局は第一にエネルギーの変換利用、第二に物質の変換と管理（放射線利用、放射性廃棄物の非放射化を含む）、第三に知、即ち総合科学技術の創造である。

3. 原子力のエネルギー開発発展策

新しい科学技術の導入定着には大局から全体像をとらえ、長期展望を明確化し、ステップ・バイ・ステップで社会に導入し、定着させていくことが大切である。

我々は既に20世紀に第一段階の「安全に電気エネルギーを取り出す」に成功した。軽水炉発電の大規模実用化である。これはアイゼンハワーの「原子力平和利用宣言」から始まり、20世紀の後半の歳月を要した。

21世紀は物質の変換利用、その一つが核燃料サイクルの実現である。これは次の2段階で進めるのが現実的である。

第二段階：軽水炉リサイクル

第三段階：先進炉サイクル

まず、軽水炉使用済み燃料を再処理し、ウランとプルトニウムを回収し、現存軽水炉にリサイクルする。核分裂生成物は安定なガラス固化体にし、地層処分する。これによって全体の経済負担増をかけず、高レベル廃棄物の量（U）と毒性寿命（Pu）を大幅に低減する。更に、第三段階の高速炉への初期装荷プルトニウム供給体制を整備する。高速炉サイクルの基本技術は完成しているが、この燃料供給と経済性の改善が待たれている。

先進炉サイクルは軽水炉の限界を超える。炉温度が軽水炉より高いことは熱効率を向上させるだけでなく、HTGRのように水素製造などの多様なエネルギー供給に道を開く。軽水炉では0.5%しか燃やせなかった天然ウランを高速炉ではプルトニウム燃料に変え、資源寿命は60倍から200倍に延ばす。海水ウラン45億トンUの回収技術が加われば、資源制約は遙か数百万年の先に延びる。

また、ウラン、プルトニウムに加えてマイナーアクチニドも燃やせるので廃棄物の毒性寿命も数百年に減少できる。加速器による核種変換やレーザー分離技術が実用化すれば、高レベル廃棄物の環境問題は事実上解決する。

日本は資源のない国、原子力長期計画では核燃料サイクルの確立を基本に据え、高速炉の展望を維持しつつ、社会情勢や技術の進展に従って現実施策は柔軟に対応してきた。高速炉の役割は、一国一時代を大きく超えている。世界のエネルギーという視点で見るときその役割が見えてくる。また水素社会の到来に備えて高温ガス炉の開発を進めている。

4. アジアの経済と原子力の現状

(1) アジアのエネルギー展望と原子力に対する関心

アジアの人口は世界の約半分を占め、経済は急成長中で、GDPと一次エネルギー消費と発電量は世界の約1/4である。(図一1)

東南アジアの原子力発電(図一2)はすでに日本、中国、韓国および台湾で進められている。

原子力は西欧、北米に続く、世界第3位の規模に達している

(図-2)。しかし人口比率からいうと世界の他の地域に比べて、決してその割合が高くなっているとは言えない。またエネルギー自給率(図-4)も高くない。

これは逆に将来の大きな転換を予想させ、ベトナム、インドネシアなど近い将来の導入に備えた動きが見られる。建設中と計画中で見るとアジア地域は世界一活性な地域で、まもなく世界の約1/3規模に成長する。しかし天然ウランを利用する現状の原子力発電ではその限界が近いといえよう。

(2) 核燃料サイクルと高速炉

日本が原子力委員会は発足以来、核の平和利用、核不拡散重視の姿勢を明らかにするとともに、核燃料サイクル確立の重要性を強く国の内外に訴えてきたところである。最初は資源の確保の観点から、最近は環境保全の観点を加えて。中国も同じ政策を持っているように思える。韓国は種々の事情から今具体的に再処理の様な軽水炉の核燃料サイクルに取り組んでいないが、DUPIXなどCANDUとの相互利用を考えるなど関心は高い。また高速炉についての研究の重要性は認識されていると考える。

日本は現在、軽水炉再処理商業工場の建設を終了し、運転準備中で、中国はパイロットプラントを建設中である。

(3) 核融合開発

ITERは国際的に詰めの議論が進められており、アジアは日本、中国、韓国がこれに参加している。中でも日本はこれを誘致すべく努力しているところである。

(4) 先進科学技術

原子力は先進科学としての色彩が強い。エネルギー利用としての位置付けのみならず、宇宙の起源、元素創生更にはライフサイエンス等の分野で新しい科学技術と分野を切り開いて来ており、今後も加速器やレーザーの技術を駆使して21世紀文明をその根幹で支える科学技術に成長していくものと期待される。

(5) 放射線利用

放射線の利用はレントゲンのX線やベクレルの放射能発見以来エネルギーとしての原子力以前から多くの分野で利用されてきたところである。アジアにおいても多くの国が多くの分野で利用している。特に農業分野での利用は多くの国の共通課題である。更に医療に関してはRI利用で大きな成果を挙げると共に加速器利用による高度先進医療へと発展してきている。

5. アジアの原子力選択肢

将来展望の観点から行った評価の1例を示す。

仮定は以下のとおり。1) 人口：30億人

2) GDP (図-5) 33,300ドル/人

3) 発電設備量 (図-5) 2.18KW/人

4) 原子力導入比率 (図-5) 27.7%

発電規模は約6.8T(10億)W、原子力発電規模は1.9T(10億)Wに達する。

この値は世界の現状0.374TWの5倍、アジアの現状0.075TWの25倍の膨大なものである(表-1)。

この原子力規模になった時の原子力の選択肢はどうなるであ

ろうか。主要選択肢①ワンスルー ②軽水炉リサイクル ③高速炉リサイクルの物量を計算してみると図—6、表—2の通りである。

ウラン資源を見てみると、アジアでは世界の既知確認ウラン資源の半分約2百万トンを使えると仮定して、ワンスルーと軽水炉リサイクルではそれを約5～7年で使い切ってしまう。高速炉になってそれは約1200年に延びる。エネルギー資源の安定確保上からはワンスルーも軽水炉リサイクルも将来のアジアの要求を満たさない。

使用済み燃料貯蔵はワンスルーでは185万トンの膨大な量になり、含まれるプルトニウム量も2.5万トになるが、軽水炉リサイクルではその1/15、高速炉リサイクルでは1/60になる。

将来世代への負担になる高レベル廃棄物はワンスルーでは量がリサイクルの場合の約20倍、毒性の寿命時間は数十万年であり、軽水炉リサイクルの数千年、高速炉の数百年を遥かに越えて環境負荷が存在することになる。

このような原子力規模になれば高速炉の選択は必須である。アジアがいつこの状態に至るかは不明であるが、現在の経済成長の大きさから見れば決して脅しではないであろう。

高速炉の導入に必要な初装荷プルトニウムに配慮して

次の仮定すなわち

- ① 軽水炉を成長率6%で導入する
- ② 高速炉を2030年より導入する
- ③ 軽水炉は1TWに達したら、導入を中止する。

で計算すると、1TWの高速炉と1TWの軽水炉規模に2060

年頃に達し、2075年頃に高速炉1.9TWに達することが出来る。(図-8)

これまでの原子力の研究開発から実用化へのタイムスパンを考えると高速炉など先進炉サイクルの導入には長期を要すると考えられることを考え、早期に準備を開始しなければならない。我々は常に将来に備えて研究開発を進めなければならない。

アジアで見れば最近のMIT報告の結論である「将来の資源寿命延長と長期の廃棄物処分の点で閉サイクル(高速炉サイクル)が有利かもしれないが、ここ50年はワンスルーが最良の選択である」のように楽観的にはなれない。

6. アジアの原子力平和利用の確立と日本の貢献

日本はアジアの国としてまず、近隣諸国への貢献をはじめた。即ちFNCAのアジア地域協力活動等でアジアの原子力発展への貢献である。

日本の貢献方針は以下の通りである。

持続可能エネルギーと知財の開発創造という人類共通の長期かつ、大規模な課題を一世代、一国の壁を越えた地域協力で開発する。

- ① アジアのエネルギー安全保証と環境問題の解決
- ② アジアとの原子力協力・相互依存強化

(1) 具体的ステップ

1) アジア原子力基盤整備

教育・安全・核不拡散・法・規制

2) 最新原子力発電設備の輸出普及

アジアの高経済発展国へ

3) 原子力先導国家群の形成

FBR, AFC, HTGR, Fusion 等の先進原子力技術共同開発

4) 核燃料サイクルの地域事業化

地域の核不拡散閉システムの形成

5) アジアの環境・資源問題解決

6) アジア原子力平和利用体制の完成

(2) アジア原子力基盤整備

i. 核不拡散

原子力輸出に当たって NPT・IAEA の包括的保障措置、CTBT 等の締結を促進し、厳格な輸出管理を各国に働きかけていく。

ii. 安全協力促進

国際基準の整備を主導し、事故情報を積極的に発信し、地域の連絡体制を構築する。

安全規制従事者を育成し、規制関係情報を提供する。

iii. 研究協力推進

高速炉、廃棄物処分研究、核融合等の研究施設を相互共同利用する。

F N C A 地域協力活動

F N C A は原子力平和利用と社会経済の発展を拡大するアジア地域の協力組織で日本が音頭を取ってきている。

参加国はオーストラリア、中国、インドネシア、日本、韓国、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナムの9カ国である。アジアの現在の重要分野は農業と環境であるため、現在の協力分野は放射線利用を中心とした以下の8分野である。

- ① 研究炉利用
- ② R I ・放射線の農業利用
- ③ R I ・放射線の医学利用
- ④ R I ・放射線の工業利用
- ⑤ 原子力広報 (PI)
- ⑥ 放射性廃棄物管理
- ⑦ 原子力安全文化
- ⑧ 人材養成

今後は持続発展とエネルギーのテーマを重要分野と考えている。

7. 結論

アイゼンハワーの「原子力の平和利用」宣言から50年の歳月が流れ、原子力の第一段階を成し遂げた。

今、原子力は第二段階に入ろうとしている。地球温暖化と貧困と核の脅威に対抗し、心豊かな平和と核の脅威のない世界が目指すところである。心豊かな平和を地域と子孫に広げ、核の脅威を核燃料サイクルに閉じ込めること、即ち持続可能発展である。このための科学技術は新しい高速炉をはじめとする先進炉と閉じた核燃料リサイクルの確立で、環境汚染と核の脅威のない多様なエネルギーを供給することである。

アジアは高度の農耕文明を打ちたてた実績がある。又、日本

は江戸時代、数世紀にわたる鎖国で農業中心のリサイクル社会を作り出していた。日本には「勿体ない」という言葉がある。「ものは捨てずに使い尽くす」ことを心がけた。使い放題の社会ではなく、節約と活用のリサイクル社会で、廃棄物でさえ、肥料として次の生産に用いた。同時に思考のタイムスパンが長く、百年の計とか千年の計——どこの言葉ですか？とか長期的視点を持ってきた。この視点に立って、地域の核燃料サイクル体制を構築し、地域の安全保障と調和を生み出していくことが大切である。原子力を先進部分においた、リサイクル社会の構築はこれからのアジアの発展に不可欠であろう。

日本は原爆の強大な破壊の悲惨さを実体験した唯一の国民である。巨大な破壊力を持つ核物質を慈悲と知恵で管理し、人類の平和に役立てようと努力を続けてきた。

日本の原子力開発プラントには①慈悲の象徴“ふげん”と②知恵の象徴“もんじゅ”と③無限のエネルギーの象徴“常陽”の名前をつけている。今後もその姿勢を堅持していくつもりである。

アジアの将来を展望して、第二世代原子力に必要な3つのものは①「世界の持続可能発展」と言う旗印と②それを実現する知恵「先進核燃料サイクル技術」、③そしてその成果「豊かな脅威のないエネルギー」である。

ご静聴ありがとうございました。

Country·Region	Population	GDP	Generation	
	Mil in 2001	% in 2000	% in 2000	
North America	492 (3)	34.1% (1)	30.0% (1)	
Western Europe	406 (4)	26.8% (2)	21.2% (3)	
Eastern Europe		1.3% (7)		
Ex-Soviet Union	392 (5)	1.2%	8.2% (4)	
Asia	3377 (1)	24.9% (3)	26.2% (2)	
Latin America	352 (6)	6.3% (4)	6.4% (5)	
Mid East	272 (7)	3.0% (5)	3.5% (6)	
Oceania	31 (8)	1.4% (6)	1.6% (8)	
Africa	832 (2)	1.0% (8)	2.9% (7)	
Total	6134	30872 B\$	15.45T KWh	
Nuclear Generation Capacity GW in 2002				
Country·Region	Operation	Construction	Planned	Total
North America	112.6 (1)			112.6 (3)
Western Europe	131.9 (2)			131.9 (1)
Eastern Europe	13.6 (5)	4.6 (3)	0.9 (6)	19.1 (5)
Ex-Soviet Union	34.8 (4)	8.0 (2)	1.9 (2)	44.7 (4)
Asia	75.0 (3)	17.9 (1)	27.5 (1)	120.4 (2)
Latin America	4.4 (6)	0.7 (5)	1.3 (5)	6.4 (6)
Mid East		2.3 (4)	1.5 (4)	3.8 (7)
Oceania				
Africa	1.9 (7)		1.9 (2)	3.8 (7)

Total	261.6	33.6	35.0	330.2
-------	-------	------	------	-------

In 2001	Population Millions	G D P Billions \$	GDP per person 1000\$	Energy self-support %
China Main Land	1276 (1)	1159 (2)	0.9 (7)	97% (3)
China Taiwan	22 (13)	281 (5)	12.6 (2)	14% (10)
India	1017 (2)	477 (3)	0.5 (10)	84% (4)
Indonesia	215 (3)	145 (6)	0.7 (9)	158% (1)
Japan	127 (5)	4141 (1)	32.5 (1)	20% (7)
Malaysia	23 (10)	88 (8)	3.9 (4)	155% (2)
N. Korea	22 (12)	18 (12)	0.8 (8)	17% (8)
Pakistan	142 (4)	59 (10)	0.4 (12)	
Philippines	77 (7)	71 (9)	0.9 (6)	49% (6)
S. Korea	47 (9)	422 (4)	8.9 (3)	17% (8)
Thailand	63 (8)	115 (7)	1.8 (5)	56% (5)
Viet Nam	79 (6)	33 (11)	0.4 (11)	
total	3112	7010	2.3	

Asia at 2000	Nuclear power plant GW in 2002			
	Operation	Construction	Planned	total
China Main Land	6.1(3)	2.6(4)	4.0(3)	12.7(4)
China Taiwan	5.1(4)	2.7(3)		7.8(5)
India	2.7(5)	4.5(1)	1.5(4)	8.7(3)
Indonesia			0.9(6)	0.9(7)
Japan	45.9(1)	4.1(2)	10.3(1)	60.3(1)
Malaysia				
N. Korea		2.0(5)		2.0(6)
Pakistan	0.5(6)			0.5(8)
Philippines				
S. Korea	15.7(2)	2.0(6)	6.8(2)	24.5(2)
Thailand				
Viet Nam			4.0(5)	4.0
total	76.0	17.9	27.5	121.5