

原子力利用の現状と見通し

藤家洋一前原子力委員長の講演要旨

Current State of and Prospects for Nuclear Power Utilization

林 克己 岩熊 まき
Hayashi Katsumi Iwakuma Maki

日本がエネルギー源確保のため選択した原子力は今や基幹電源として成長した。エネルギー自給率の低い日本でも燃料のリサイクルにより国産のエネルギー資源を得ることができる。原子力開発に必要な大局観、安全の基本について、原子力以外の技術者にも理解しやすい講演をいただいたので要旨を紹介する。

Nuclear energy that was selected 50 years ago to ensure energy source, is currently serving as basic power source in Japan. By introducing nuclear fuel cycle, we get domestic produced energy resource even in Japan that suffers from low self-sufficiency ratio in the energy supply. In this paper, we will summarize the talk given by Prof. Fuji-ie, including items on necessity of a broad viewpoint in nuclear development and basic concept for nuclear safety.

キーワード：平和利用、新型軽水炉、エネルギー確保、核燃料サイクル、原子力の安全

1 はじめに

平成17年9月20日、葺手第二ビルの（社）日本技術士会会議室で応用理学部会と原子力・放射線部会の共催で藤家洋一 前原子力委員会 委員長（東工大名誉教授）から「原子力利用の現状と見通し」の講演をいただいた。

藤家氏は平成7年より原子力委員、原子力委員長代理、原子力委員長を3年ずつ務められ、平成16年に退任された。在任時にも多くの書籍で原子力の進むべき道を明らかにされてきており、今年6月には宇宙生成から説き起こした原子力の入門書¹⁾も出版された。

今回は1時間で原子力に携わっていない聴講者にも全体像がつかめるような講演をお願いしたところ、ご自身で用意された54枚のスライドから骨格の部分のみを解説していただいた。以下にその要旨をまとめる。

2 基幹電源に成長した原子力発電

2.1 日本は何故原子力を選択したか

－原爆反対と平和利用専念

1895年のレントゲンのX線発見から放射線利用が始まったが、原子力のエネルギー利用とい

う意味では1942年にエンリコ・フェルミが最初に原子炉を作った時からであり、その後半世紀以上にわたり進歩を重ねてきた。現在では原子力が日本の発電電力量の4割を占める基幹電源となっている。

原爆反対と平和利用専念の2つは同じルーツであり、その答えは原爆資料館の展示からもわかる。資源を求めてアジアに進出した戦争で原爆を経験した日本こそが、率先して資源偏在性のない原子力エネルギーの平和利用を進めるべきとの思いである。

原爆投下直後の救護にあたった長崎医科大学の永井助教授が2カ月後に学長に宛てた報告書の最後に、原爆の悲惨さと共に核エネルギーの平和利用の夢をすでに書かれている。アイゼンハワー大統領の「Atoms for Peace」演説が平和利用のスタートとしても、私は永井助教授のこの報告書が日本の原子力平和利用の原点と考えている。核保有国の行ってきた原子力開発とは異なる意味合いで、日本がこれまで行ってきた研究開発と実用化をアピー



写真1 東工大名誉教授
藤家洋一氏

ルすべきだし、今後リーダーシップを取るべきであると考えている。

2.2 追いつけ追い越せ

ー軽水炉の導入から新型軽水炉の実用化まで

平和な民主主義国家を作ろうと目指した若い日本は独立のためにもエネルギー確保を考え、昭和30年の原子力基本法が成立した。その後、外国からの技術導入をスタートとし、安全を最重点として研究開発と実用化を進め、現在では50を超える原子力発電所が建設されている。その最新型軽水炉であるABWR（改良型沸騰水型原子炉、Advanced Boiling Water Reactor）は世界に先駆けて、最初に柏崎に作られた。

原子力発電の安全は放射能災害で定義している。日本では今まで原子力発電所にトラブルは起こったが一般公衆に放射能災害をもたらしたトラブルは起こしていないことをご理解いただきたい。

日本のエネルギー問題と食料問題を比較すると、食料自給率が50%を下回った等は国民の関心と呼ぶが、エネルギーに関しては関心が薄い。主要国のエネルギー自給率（図1）に見るように、日本の自給率は高々一次エネルギーの4%に

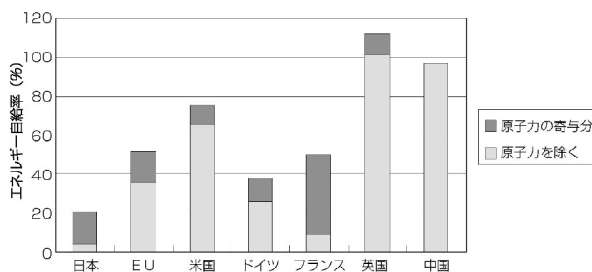


図1 主要国のエネルギー自給率 (2001年度)



写真2 講演会場

留まり、準国産エネルギーとしての原子力16%を加えてやっと20%というのが現状である。

軽水炉は加圧水型と沸騰水型があり、日本では沸騰水型が多いが、世界全体でみれば加圧水型が多い。20世紀中に応力腐食割れや減肉などの問題も克服して軽水炉はここまで進歩してきた。

3 原子力開発には大局観が必要

3.1 リサイクルとゼロリリース

ー世界は今率直に原子力の未来を語り合う

今まで化石燃料は硫黄酸化物、窒素酸化物等の公害問題を技術で克服してきたが、ここに至って二酸化炭素の問題となってきた。これは化学反応で得る一次エネルギーの時代の曲がり角といえる。これからエネルギーを考える時は資源確保と環境保護を同時に満たすことが必要である。

化石燃料は燃えきってしまうが、原子燃料は全部が使用されるわけではない。軽水炉の新燃料と使用済燃料の組成図を図2に示す。燃焼前1t中には燃えないウラン238がほとんどであり、燃えるウラン235は37kgである。3~4年の燃焼後にはウラン235は7kgも残った上、同時にウラン238が中性子を吸収し燃料となるプルトニウム239が10kgは残る。

この資源となる使用済燃料を捨ててはもったいない。ウランといっても可採埋蔵量からすると70年もたないと考えられている。したがって日本は原子燃料もリサイクルを行うことを選択した。この核燃料サイクルは残念ながら社会的な問

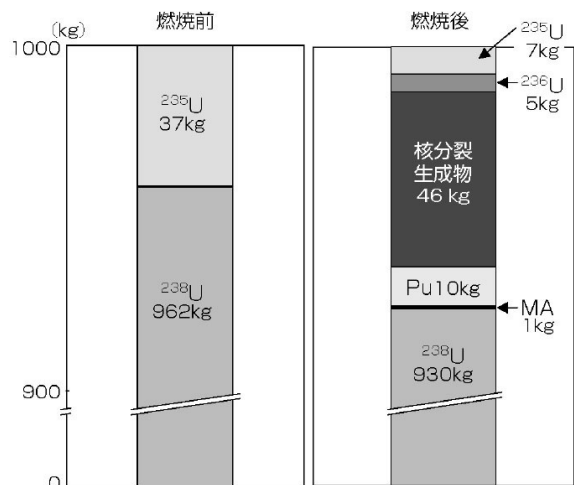


図2 軽水炉燃料の燃焼前後の組成変化

題や研究開発の困難さで20世紀中に完結しなかった。引き続き21世紀に行うことになる。

この使用済燃料の扱いについて米国は直接処分を考えたが、ユッカマウンテン処分場は本格使用すれば数年～十年で満杯になるし、多くの処分場が他にできると思われないので、今後直接処分を本当に進めるのかは不明である。

化石燃料はリサイクルができないが原子燃料はリサイクルができるというのが大きな差異である。使用済燃料を再処理して、プルトニウムを軽水炉（サーマルリアクター）で使うというプルサーマル（英語はPlutonium use in thermal reactor）が計画されている。これは今の原子炉の特性をほとんど変えない範囲でプルトニウムを使用するものである。大事なことは、今のウラン燃料を使った原子炉でも燃焼末期にはウランで35%、プルトニウムで65%が発電されているという事実である。平均でいえばウランで65%、プルトニウムで35%となる。したがってプルサーマルだから特別というものではない。

現在各電力会社がプルトニウムを加えた燃料（混合酸化物燃料＝MOX燃料、Mixed-Oxide）の使用を計画しており、図3に示すようにMOX燃料を炉心の1/3装荷すると、ウランとプルトニウムが半々で燃焼することになる。プルトニウムは原子炉を運転してできるため完全な国産資源である。資源小国の日本にとって、この意味するところは大きい。

ヨーロッパではMOX燃料は40年の利用の歴

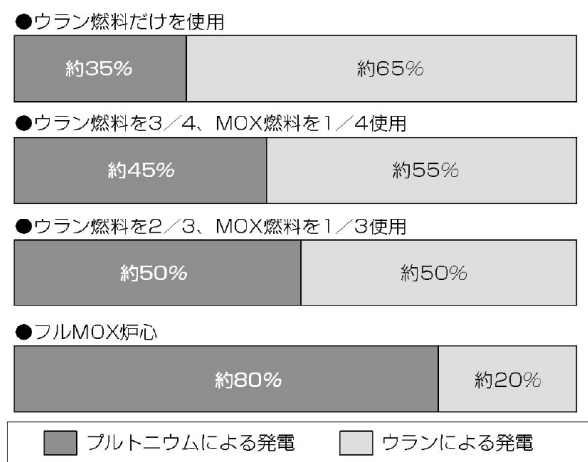


図3 プルサーマルによる資源の有効利用

史がある。日本では新型転換炉*¹ ふげんや、美浜、敦賀1号でMOX燃料の燃焼実績があり、特にふげんでは726体の全炉心で使用した世界最大の実績がある。

プルトニウムは核戦略物質であるため、必要量だけ持ち、余分に持つべきではない。そこで、一方では軽水炉で燃やす努力と、他方では高速炉*²に繋げることを考えつつ管理することとなる。現在建設を準備している大間原子力発電所では全炉心にMOX燃料が使われるので、年間1.1～1.2t程度のプルトニウムを消費することになる。

また、再処理された後の高レベル放射性廃棄物はガラス固化体にしてステンレスの容器に入れて処分する。ガラスはメソポタミア時代から利用されており世界のどの文明にも存在した非常に安定な物質であることを利用している。

3.2 人工石油を作る

－水素時代の到来に備えて

今まで電力エネルギー資源の自立を目指して原子力を進めてきたが、世界人口の53%を占めるアジアの中の日本こそが先頭に立って化石燃料からの自立を行う意義がある。特に水素エネルギーは正面から取り組むべきであり、日本は水素生産のための高温ガス炉*³の開発も行っている

4 原子力は安全か

4.1 安全の基本「止める、冷やす、閉じ込める」

－自然法則と先端技術の調和

原子力の安全の基本は、放射性物質ないしは放射線に関する安全である。原子力発電を行うと放射性物質が生成する。この放射性物質の環境との隔離の確保が必要であり、燃料ペレット、被覆管、原子炉容器、格納容器、外部遮へい壁と、閉じ込めの多重構造をとっている。しかし、これだけではない。安全の基本は「止める、冷やす、閉

*1 新型転換炉：重水を減速材、軽水を冷却材として用い、核燃料の効率的利用と多様性に対応できる原子炉。

*2 高速炉：水のように中性子の減速効果のあるものではなく、ナトリウムなどを原子炉冷却材として用いる原子炉。使用した燃料よりもさらに多くの燃料を生み出す。

*3 高温ガス炉：ヘリウムを冷却ガスとして用いるため、得られる高温ガスを発電以外にも水素製造等に利用できる原子炉。

じ込める」である。核分裂の連鎖反応を止めて熱の発生を止め、核分裂生成物から発生する約7%の残留熱を冷やすことが必要となる。

4.2 世界の事故例をどう受け止めるか

—冷やすことに失敗したスリーマイル事故と
止めることに失敗したチェルノブイリ事故

スリーマイルアイランド事故（TMI事故）では、軽水炉の優れた安全特性のため放射性物質放出に至っていない。皮肉なことに「原子炉は事故を理解した」が「運転員は何が起こったか理解できなかった」といえる。事故直後現地に飛び調査をした結果を纏めて、日本では54項目の改善を提言し実施している。それまでの固有の安全性と設備を中心にした「設計安全」から、原子炉の様子を把握できる「運転安全」の観点が付け加えられた。

チェルノブイリは、出力が増加すると自然法則を利用した仕掛けで出力が下がる効果の得られない低出力領域で、安全設備を外して実験を行った結果、黒鉛火災と多量の放射性物質漏洩を引き起こした。実験のために安全設備を外すという問題も大きいですが、低出力領域で固有の安全性がないという工学的設計思想の欠如が問題であった。日本からもボイドセンサーなどで、安全性向上の援助をしてきた。

4.3 リスクは容認できるか—安全と安心の狭間

5,000種に及ぶ事故のシナリオと発生確率の検討を行った結果、他のリスク（自動車、航空機等）と比較すると原子力発電はリスクが桁違いに低い。これに使うデータの信頼性をどこまで検証するかを指摘されるのだが、これまで400基を超える軽水炉が数十年稼動しており、TMI事故を超えるものは起こらないと考えている。

安心できる状態とはメンタルなものであり、安全なら安心してくださいと、専門家はきちんとすべき時だと思っている。

5 おわりに

今回は講演時間が短かいため、内容を原子力のエネルギー利用に限られたにもかかわらず、この

紹介記事ではとても書ききれない多くの話題をお話しいただいた。原子力の入門書としてばかりでなく、考え方を勉強するために是非参考文献¹⁾を読まれることをお勧めする。なお、本書は原子力・放射線部門の技術士試験にチャレンジする方には必読の内容と思われる。

<参考文献>

- 1) 藤家洋一：原子力—自然に学び、自然を真似る—、ERC出版、2005
- 2) ピート・V. ドメニチ著、藤家洋一他訳：ブライター・トゥモロー—原子力新時代の幕明け—、ERC出版、2005
- 3) 藤家洋一、石井保：核燃料サイクル—エネルギーのからくりを実現する—、ERC出版、2003
- 4) 岡多賀彦、藤家洋一：原子力演習—核エネルギーの解放とその利用—、ERC出版、2001
- 5) 藤家洋一：原子力タイムトラベル、ERC出版、1998
- 6) 藤家洋一：リサイクル文明が求める原子力—その全体像と長期展望—、日本電気協会新聞部、1998
- 7) 藤家洋一：原子力—総合科学技術への道—、日本電気協会新聞部、1995
- 8) 藤家洋一：21世紀社会と原子力文明—宇宙エネルギーをつくる—、日本電気協会新聞部、1992



写真3 藤家氏の著作¹⁾

林 克己 (はやし かつみ)

技術士（原子力・放射線／応用理学／
総合技術監理部門）

原子力・放射線部会長

(株)日立製作所 原子力プラント部

工学博士

e-mail: katsumi.hayashi.dt@hitachi.com



岩熊 まき (いわくま まき)

技術士（応用理学部門）

理事、政策委員会副委員長、応用理学部会長

(株)CTIサイエンスシステム 取締役副社長

e-mail: ma_iwakuma@nifty.com

