

第6回

「国際環境における原子力」

米国 コンサルタント ゲイル・H・マーカス



プロフィール（2008年1月時点）

略歴：

マサチューセッツ工科大学（MIT）で原子力工学博士取得（米国で女性初）後、1980～1985年に議会調査局科学政策研究部で科学技術政策の分析、エネルギー、原子力発電、リスク評価管理の政策分析に従事。

1999年まで、米国原子力規制委員会（NRC）職員として、原子炉規制局（NRR）原子炉プロジェクトIII-3部長、新型炉プロジェクト部長、NRC委員技術補佐、原子炉安全諮問委員会／放射性廃棄物諮問委員会（ACRS/ACNW）副室長などを歴任。この間、日本に2度滞在しており、1992年に5ヶ月間、通商産業省で日本のABWR許認可の調査、1998年から1年間、東京工業大学原子炉工学研究所の客員教授として日米の規制方針の比較研究を行った。

2004年まで、米国エネルギー省（DOE）原子力科学技術局主席副局長として、次世代炉開発などのプログラムを担当。この間、2001～2002年には米国原子力学会（ANS）会長に就任。

2007年まで、OECD原子力機関（NEA）副事務局長として3年間パリに赴任。

現在は、原子力発電技術・政策の個人コンサルタント。

委員：

ANSフェロー、米国科学振興協会（AAAS）フェロー、米国研究審議会委員、MIT原子力工学科評議委員、AAAS工学分野委員長

著書：

技術論文・出版物は多数。主に原子力規制政策、エネルギー技術・政策、リスク評価・管理、国際原子力政策、新型炉技術関連。

はじめに

本シリーズではこれが私の最後のエッセイとなる。本エッセイを書くにあたり、これまで書いてきたことのまとめになるような良いテーマがなかなか思い浮かばなかった。いろいろ考えた末、国際環境における原子力というテーマがふさわしいだろうと結論した。

原子力発電は、社会、地域、政治と無関係に存在するものではない。これまで幾度もこの事実遭遇した。原子力発電の命運を左右するのは経済だけではない。他のエネルギー源や環境問題、さらには世界のどこかの出来事さえも影響する。現在、新たに多くの国が原子力発電所保有国「クラブ」への参加を希望しており、

国際的な関係がこれまで以上に重要となっている。

私の経歴は、ほとんどが直接または間接的に国際化に係るものだった。私が従事してきた国際的な活動を挙げると、米国原子力規制委員会（NRC）の下で行った安全分野や安全研究分野の活動、二度の日本における勤務、米国エネルギー省（DOE）の新型炉分野の活動、米国原子力学会の活動、パリにあるOECD/NEAの勤務がある。これらの活動に従事する中で、私は様々な視点から国際問題を観察するこの上ない機会に恵まれた。

本エッセイでは、私がキャリアを通して得た国際間

題に関する考えをまとめたいと思う。国際問題が現在または将来原子力界にどのような影響を及ぼすか、そして原子力界の国際化に最も効果的に対処するために何をなすべきかについて総括したい。

なぜ国際協力か？

なぜ各国が協力を望むのか幾度となく考えた。結局、大規模な原子力プログラムがある日本や米国のような国は、国際協力では得ることよりも与えることの方が多い。すなわち、コスト分担も提供する施設も多い上、コスト分担の少ない国のために譲歩して日本や米国にとって優先順位が低い活動にリソースを振り向けざるを得ないことも多い。これに対し、小規模なプログラムしかない国は、自国の利益が大国の利益に従属させられていると受け止めがちである。

もちろん、個人同士でも国家間でも相互協力には常に妥協が求められ、大抵、自分の方がたくさん譲歩していると考える。それでも個人や国が協力をやめることはない。これは、あからさまではないとしても、最終的にトータルでは各々が譲歩する価値がある何らかの利益を得ることができるからである。たとえば、一般に小国は自国のリソース以上の施設や専門知識を利用する機会が得られる。大国が得るものはそれ程明らかではないようだが、自国にない施設を利用できるメリットは大きい。たとえば、近年、米国内で多くの研究施設が閉鎖されてきた。このため、米国の場合、国際協力を通して国外の研究施設を利用する機会を得ることができる。日本やフランス等、大国にある施設が多いが、ノルウェーのハルデン炉やオランダのペッテン研究所のように小国にも国際協力プロジェクトで利用する優れた研究施設がある。

原子力安全

さらに、各国は非常に重要な安全分野で最高水準の科学とベスト・プラクティスを交換し、利益を共有している。原子力分野では、「どこかで発生した事故はどこでも発生し得る」という決まり文句を耳にするようになって久しい。それが真実であることも承知している。我々は、1979年のTMI事故後に全世界の原子力産業で起きたことを見てきたし、1986年のチェル

ノブイリ事故後にさらに多くの出来事を目にしてきた。今日、原子力復活の期待が高まり高揚感が漂う中、世界のどこかで再びそのような事故が発生したらどのような影響があるか、だれもが密かに心配している。

新たに重大な事故が発生するリスクを軽減するため、この30年間、原子力産業は多くの措置を講じてきた。米国の電力会社は従来は独立を旨としていたが、互いに協力し情報やベスト・プラクティスを共有することを学んだ。このような情報交換は、主に、TMI事故後に設置された米国原子力発電運転協会（INPO）等の組織や原子炉オーナーズ・グループを通して行われている。

世界的には、チェルノブイリ事故後に設置された世界原子力発電事業者協会（WANO）を通して同様の情報交換が行われている。また、IAEAやOECD/NEAのような政府間組織も重要な役割を果たしている。これらの組織は、施設の評価を助けベスト・プラクティスの共有を促す検査活動、知識を共有するための訓練プログラム、多様な安全関連のテーマに関する情報伝達に役立つ文書の出版、専門的なトピックスについて意見交換を目的とするワークショップや会議開催、安全に関する共同研究プロジェクトの管理など、様々な活動を行っている。

これらのプログラムは時間の経過と共に策定・改良を続けており、新たな課題を取り込み、新たなニーズや関心事項を反映して発展している。また、重複する関心事項や活動の調整にも努めている。その結果、会議、出版物およびプログラム間の相互協力等、多くの共同活動が生まれた。これらの交流により、各組織のプログラムの重複や冗長を最小限に抑えることが可能となり、また、既存のリソースを最も効果的に活用し共通の関心事項に多くの専門家の知識を利用することも可能となっている。

先端技術の開発

技術開発分野でも国際協力は増えている。東京工業大学の客員教授として1年間日本に滞在した直後になるが、1999年末にDOEに入省して最初に取り組

んだプロジェクトは第四世代原子力システムに関する国際フォーラム（GIF）の立ち上げだった。この活動に促される形で、原子力研究開発プログラムがある少数の国家間で共同研究が開始された。その後間もなく IAEA の革新的原子炉・燃料サイクルに関する国際プロジェクト（INPRO）が開始された。INPRO には多くの国が参加し、各国が自国のニーズを評価し、そのニーズを満たすために最も有益な技術を判断するためのツールの開発等が行われた。原子力発電所の新規建設に対する関心が高まる中で、両プログラムはここ数年継続し発展している。

GIF と INPRO に加え、様々な目標を掲げて各国の原子力界が協力する専門的な取り組みが多数開始されている。主なものを以下に示す。

- ・世界原子力大学（WNU）（教育に重点を置いた世界原子力協会（WNA）、IAEA、NEA による取り組み）
- ・燃料供給保証という重要課題に関する複数の構想。ロシアの世界原子力インフラ（GNPI）、米国の世界原子力エネルギー・パートナーシップ（GNEP）、日本の IAEA 燃料供給登録システム、その他の多国間メカニズム等がある。
- ・少数の国々の間での許認可審査の調整や規制アプローチのハーモナイゼーションを目指す多国間設計評価プログラム（MDEP）
- ・アジア原子力技術教育ネットワーク（ANENT）や欧州原子力教育ネットワーク（ENEN）等の地域別構想

おもしろいことに、このような特定の分野における国際協力は原子力以外の分野でもモデルとして採用されている。水素経済のための国際パートナーシップ等、同様の構想が GIF の概念から生まれた。このことから、大型の科学技術開発において国際協力の重要性が高まっていることがわかる。

言うまでもなく、国際協力は GIF が最初ではない。

欧州原子核研究機構（CERN）、国際熱核融合実験炉（ITER）計画、大型ハドロン衝突型加速器等のプロジェクトに見られるように、高度な基礎研究のため莫大な資金を投じて非常に大規模な施設を建設する必要がある場合には、常に国際協力が決め手となる。GIF をはじめとする構想がこれらと異なるのは、基礎研究や超大規模研究施設のためではなく、既設炉の安全研究や原子力技術の商業利用拡大のために国際協力をしようとしている点である。特に後者は商業的利害が生じる可能性があるため、協力が難しくなる可能性がある分野である。

今後の課題

現在、原子力産業は興味深い分岐点にある。原子力分野の未経験国でも原子力に対する関心が一斉に高まり、システムおよび機器のサプライ・チェーンのグローバル化が進展し、一方で大規模建設プロジェクトを難しくする世界的不況にも直面している。これらの要素のいずれも国際的対応が重要となるが、特に原子力分野への新規参入者に関連する問題も存在する。

原子力分野への新規参入者: これまで原子力技術の利用経験がない国々は、原子力プログラムに期待を寄せると共に冷静な面もある。十分な電力供給が一部の貧困国にもたらし得る利益や、そのような技術プログラムがその他の技術的可能性の開拓に及ぼし得る影響を考えると期待は高まる。一方、原子力プログラムに長年取り組んできた国々は、原子力発電所を安全かつ効率的に運転するために必要な教訓を全て習得するには長い時間が必要であり、また、原子力発電所の運転をサポートする相当の国家インフラが必要であるということも良く理解している。このようなインフラには、原子力利用のあらゆる側面をカバーする法律や規制の策定、所管の規制当局の設置、原子力発電所の建設と運転に必要な技術者、エンジニア、運転員、検査官、他の熟練職員を養成する訓練プログラムの創設が含まれる。

これらの国々で原子力発電所の安全運転を確立するには、上記のインフラが全て不可欠である。原子力発電所の安全運転は、当該国および近隣諸国の人々の

健康や安全にとって重要であるだけでなく、前述のように世界中の原子力プログラムの長期的な存続可能性にとっても重要である。原子力発電所を初めて建設する場合は、相当早い段階でこれらのインフラを全て整備しなければならない。このためには、時間、資金、専門家の支援が必要である。国際社会はこのようなニーズを認識しており、適切な措置を講じ始めている。IAEAは、特に新規参入の可能性のある国を対象とした多数の活動を強化した。また、多くの国が二国間ベースで各種の支援を行っている。このような例は増加しているが、たとえば日本は、アジアの国々に教育の機会や他の支援を提供している。韓国には、前回のエッセイで触れたようにアジア原子力安全ネットワーク加盟国を対象とした教育プログラムがある。米国のNRCは、他国から派遣者を受け入れ「研修生」として働く機会を提供している。

原子力オプションを模索する国の中には、計画段階初期から積極的に自国のインフラ整備に着手してきたところもある。これは称賛に値する。各国で進行中の活動を全て把握しているわけではないが、非常に良い例がアラブ首長国連邦(UAE)で進行中である。UAEは、現在、原子力規制当局を設置する法案を起草中であるが、それに先立ちオフィスを設置し世界中から大勢の規制専門家を迎え入れ、原子炉の建設・運転に必要な規制や手順の設定に取り組んだ。また、既に原子力発電所がある国でも、原子力プログラムを拡充する前に最新のインフラ整備に取り組んでいる国もある。たとえばアルメニアは、ロシア型加圧水型原子炉(VVER)1基が稼動中、1基が運転停止している。将来を見据えて、訓練や専門家のミッションなどの分野でNRCと連携を図る一方、自国の規制を他の国々の規制とハーモナイズする作業を進めている。

一般的な課題: 原子力発電所の所有国と新規参入国に等しく、またはほぼ等しく当てはまる課題もある。

その一つが燃料供給保証である。先進国は、これまで主に燃料サイクルによる核拡散の可能性を心配してきた。これは、非常に現実的で難しい問題である。しかしながら、核拡散が問題にならないとしても、ほ

とんどの新規参入国では、現在も将来も本格的な燃料サイクルの運営を正当化できる大きな需要は見込めない。必要なのは確実な燃料供給である。燃料供給の問題は原子力に限ったことではない。ロシアから欧州への天然ガス供給が遮断されたときにも、中東からの石油供給が繰り返し不安定になったときにも、同様の問題が発生した。原子力発電所は継続的な燃料供給も大量の燃料も必要としないので、燃料供給保証の確保は概念上化石燃料よりも簡単である。前述のように、濃縮施設がある国はこの問題を十分に認識しており、燃料供給保証を確保するシステムを確立するために様々な活動を進めている。核不拡散の目標を達成し、同時に供給国が将来他の目的で政治的ツールとして燃料供給を差し止めることができないようにする仕組みを開発し確実に導入するため、この問題は今後も注目する必要がある。

原子力発電所の運転に関する規制の国際的ハーモナイゼーションを促す潮流がいくつかある。市場参入する小国の増加はその一つである。これらの国は、間違いなく他の国から原子炉を購入することになる。その場合、多分供給国から規制の多くを「輸入」とすると都合が良いだろう。原子炉の機器やシステムを供給する多くの企業の国際化は、さらに重要である。これらの企業は様々な大国にユーティリティを供給しており、各国間で規制がハーモナイズされれば設計・建設の効率が上がる。多国間で規制要件の体系をハーモナイズする取り組みは、MDEPを通して既に始まっている。現在の不況下でそのニーズは切実さを増している。

規制課題に協力して取り組むという初期の試みは極めて慎重に進められたが、規制要件を相互に近づけるためにできることはもっとあるはずだという見方は強まっているようである。もちろん、どの国家間でも法律、法体系、その他の要素に様々な相違点が存在する。各国の規制の共通点を増やす動きはなかなか進まず、容易ではないだろう。全てを完全にハーモナイズすることは不可能かもしれない。それでも、引き続き共通の基準を増やすための動きを加速することを目指すべきである。そのような大きなタスクに取り組む場合、MDEPのように新型炉設計や特定の分野か

ら着手することは合理的である。

共通のアプローチを増やすにあたり、各国が他国や国際社会に責任を転嫁し、最終的に安全性を低下することになるのではないかという心配が常に議論されている。明らかにそうなるとは限らないし、MDEPでは効率改善の努力と各国で強い規制当局を維持する必要性の間でバランスを取ることに細心の注意を払っている。規制当局間で規制審査の結果を共有し始めるにあたり、各国が独立した規制制度を維持する必要性は特に重要である。現在のMDEP参加国以外の経験が浅い国に規制研究・解析の結果をシェアする場合には、特に注意が必要である。

今後の方向性

原子力の国際化を促進する要因は今後も継続するため、原子力発電を弱体化することなく、国際化の利点を最大限活用するための取り組みは今後も増え続けると予想される。前述の構想の主唱国は、可能性と課題の両方を十分に認識し対応してきた。これらの分野では、今後またゆまぬ努力が必要である。

前述のように、国際協力に重点を置いた活動は、二国間の活動、特定の問題に関する少数の国々の活動、多国籍組織による幅広い活動と多岐にわたる。これらはほとんどが政府組織のグループであるが、産業界の国際的組織も存在する。

二国間の活動や特定テーマを扱う多国間活動の多くは、明らかに継続すべきである。ただし、着眼点の変化や参加国の変動がある場合、特定テーマを扱う多国間のパートナーシップは時間とともにその形を変えても良いだろう。たとえば、複数の燃料供給保証メカニズム案が同じ目標を掲げていることから、最終的には最良のアイデアを統合したメカニズムになるだろう。(米国のGNEPは現政権下で変更される可能性が高い。) さらに明らかな点として、日本や米国などの国が他国から原子力専門家を受け入れ、教育し、自国の機関内で働く場を提供するといった支援の役割は、今後ますます増加しそうである。

IAEAとNEAという2つの政府間組織は、今後も非常に重要な役割を果たすだろう。既存の活動で今後さらに重要になると考えられるものもあるが、さらに注目すべき新規分野も現れつつある。原子力発電所の導入に関心を示す新たな国が登場しており、IAEAは、それらの国々の支援を優先すべきである。勿論、IAEAは燃料供給保証分野でも重要な役割を担うと期待できる。また、IAEAが実施している多数の活動も引き続き重要である(たとえば、加盟国の施設を対象とした各種検査プログラムや原子力以外の分野の活動等)。

NEAは、加盟国が比較的少ないため、新たなツールや製品開発等の役割を担い易い。ツールは開発段階を過ぎるとIAEAに引き渡し、多くの国に導入されることが多かった。この慣行は今後も続けるべきである。また、NEAには、世界各国の施設を利用した非常に強力な研究管理プログラムがある。その多くは安全研究に関連するものであるが、この管理の原則はあらゆる種類の研究に適用できるので、その強みを利用すべきである。

技術分野では、両組織にとって燃料サイクル技術、特に再処理がこれまで以上に重要になることは明らかである。拡散リスクを最小限に抑えると同時に熱中性子炉(プルサーマル)および高速炉サイクルで再処理燃料を使用するオプションに対応する再処理の開発にあたっては、研究開発や解析作業の余地がかなりある。これらはNEAが今後さらに貢献できる分野である。NEAとIAEAは、これらの分野で緊密に連携する必要がある。また、IAEAは、特に高度な再処理技術に伴い必要となると考えられる新たな防護措置のニーズに対処しなければならない。

結論

本シリーズではこれが最後のエッセイである。これまで取り上げてきたテーマはいずれも多少国際化の内容を含んでいたもので、シリーズの最後に国際問題に触れるのは極めて適切だろう。その点から言えば、本エッセイの締めくくりとして、原子力界の連携の重要性を再度強調したい。第一に、相互協力により多くの関連活動の効率を向上することができるので、皆の利

益に繋がる。また、相互協力は自衛策でもある。連携することにより全ての国で同様の高い安全レベルで原子力発電所を運転し、深刻な事故を防止することができれば、原子力発電所を運転する全ての国の利益になる。

シリーズの結論

今回の一連のエッセイを通して、現在原子力分野で実施されている重要な活動の一部を紹介し、今後原子力産業が直面すると思われる課題—および可能性—を示すことができたなら幸いです。

このような重要なテーマを取り上げ、私の考えをお伝えすることができたことを幸せに思います。読者の皆様が、これらのエッセイをお楽しみいただき私の経験や見解から少しでも何かを得ていただけたなら光栄です。あまりにも単純でわかりきったことを書いてしまったのではないかと反省したこともありますが、私の考えに関心を示し、価値を見出していただいた読者からの声に勇気づけられました。

JANUS のスタッフと経営陣には同社のウェブページにエッセイを書く機会を与えていただいたことに謝意を表します。ご期待におこたえできたことを願うばかりです。特にこの企画の発案者である菅谷淳子氏には、内容の確認に加え英語の口語表現が分かり易く翻訳されるようにお力添えいただいたことを感謝いたします。彼女に新しい英語表現を多少伝えましたが、同時に私自身も英語表現が日本語でどのように解釈されるか彼女からたくさん学びました。また、極力正確な翻訳に努めていただいた翻訳者の皆様のご尽力にも感謝の意を表します。

最後に、近々私のブログ Nuke Power Talk (<http://nukepowertalk.blogspot.com>) を開設し、今後も引き続きこのようなテーマを掘り下げていくつもりです。読者の皆さまのアクセスをお待ちしています。(「Dr. マーカスの部屋」にブログのリンクを掲載しています。) また、「Dr. マーカスの部屋」は来年再開する予定です。皆さまに「再会」できることを楽しみにしています。

最後に、一連のエッセイをご精読いただき厚くお礼申し上げます。今後もこのエッセイシリーズや私のブログに今後掲載する記事に対するご感想をお聞かせください。来年またお目にかかりましょう。それまで、ご意見は以下の私の e メールアドレスまでお寄せください：ghmarcus@alum.mit.edu.

(注：@マークは画像で表記しています。メール送信の際は画像を@に変えて下さい。)

2009年8月