

世界の原子力と核問題: 不透明な未来とリスク

鈴木達治郎

長崎大学核兵器廃絶研究センター センター長・教授

2018/11/01

はじめに

世界の原子力産業は大きな転換期を迎えている。2011年3月11日の東京電力福島第一原子力発電所の事故は、これまでの2つの深刻な事故（米スリーマイル島原発事故、旧ソ連チェルノブイリ原発事故）と並び、あるいはそれ以上に原子力の将来に大きな影響を与えている。気候変動対策の重要な柱の一つとして期待されている原子力ではあるが、その将来は不透明でかつ大きなリスクを抱えているのである。本小論は、世界の原子力の現状を概観するとともに、その将来に潜むリスクと不透明さを分析し、特に日本にとっての課題を提示することで、今後のエネルギー・環境政策に資することを目的とする。

幻の「原子カルネッサンス」

2000年代初期、原子力産業は「原子カルネッサンス」といわれる「再成長時期」を迎えていた。気候変動対策の柱としての期待、化石燃料価格の高騰、途上国や中進工業国におけるエネルギー需要の増大、といった背景があった。

しかし、世界の原子力発電の現状は、いまや「ルネッサンス」とは程遠い。

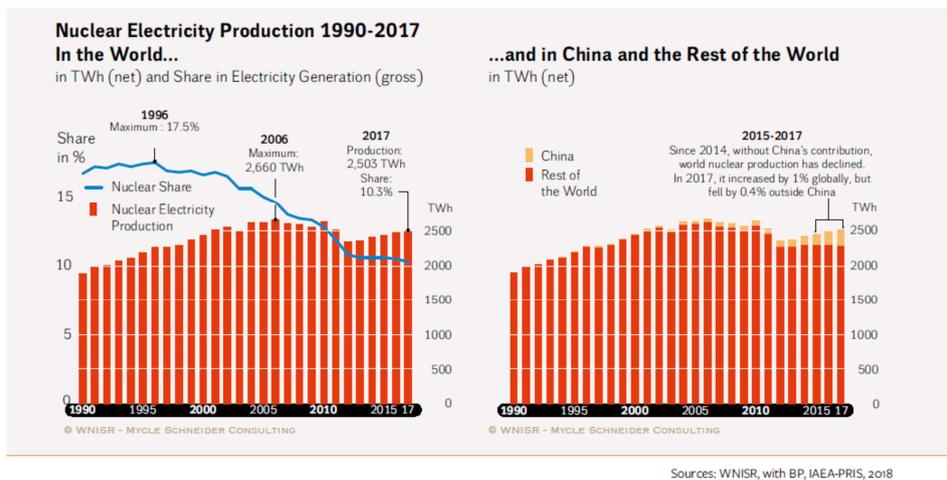
独立した研究者による最新の報告書「World Nuclear Industry Status Report 2018」¹によると、「原子力産業は衰退期に入った」と明言されている。その最も顕著なデータは、総発電量に占める原子力発電のシェアである。90年代前半に17.6%のピークを迎え、それ以降は徐々に減少し、ここ数年は10%前後で停滞している。原子力発電量も2006年がピークでいったん減少したが、ここ数年は少しずつ増加（2017年は1%増加）しているものの、その増加量は中国の成長に支えられている。中国を除けば、総発電量は0.4%の減少なのだ（図-1参照）。その中国も新規原発の建設は2016年以降ゼロとなってしまった。2017年に建設を開始した原発は5基、2018年前半で2基にとどまっている。新規建設基数のピークは1976年の44基であり、ルネッサンスとは程遠いことがわかる。

その結果、原発の高齢化がさらに進んでいる。2018年半ばで平均年齢（出力を考慮した加重平均）は30年ちょうどで、世界全体の約60%に当たる254基が31年以上、18%にあたる77基が41年以上も運転を続けていることになった。

¹ Mycle Schneider, et al, “The World Nuclear Industry Status Report 2018”, September 2018.

<https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/20180902wnisr2018-lr.pdf>

図一 世界の原子力発電量とシェアの推移



出所：Mycle Schneider et. al, “World Nuclear Industry Status Report, 2018,” September 2018.

この傾向が原子力発電の将来にも影を投げかけている。国際原子力機関（IAEA）は定期的に長期予測（2050年まで）を行っているが、最新の2018年版²と2015年版³を比較すると、楽観視できないことがわかる。

2050年までの原子力発電容量予測は、高成長ケースで748ギガワット（2015年版は964ギガワット、1ギガワット＝100万キロワット）、低成長ケースでは356ギガワット（同371ギガワット）と低下傾向は明らかである。高成長ケースの場合、総発電容量に占める原子力比率は、現状（2016年）の5.9%をほぼ維持（5.8%）するのが精いっぱい、低成長ケースだと2.8%まで減少する。総発電量のシェアでも、高成長ケースで現状をやや上回る11.7%、低成長ケースでは5.6%にまで低下する。これでは、温暖化対策の柱として期待することもむづかしい。国際エネルギー機関（IEA）によると、平均気温を2度以下に抑えるためには、2040年までに原子力発電量の比率を15%にまで上げる必要があると推定しているが⁴、その達成はとても困難だ。

² International Atomic Energy Agency (IAEA), “Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050: 2017 edition,”

https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/17-28911_RDS-1%202017_web.pdf

³ International Atomic Energy Agency (IAEA), “Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050: 2018 edition,”

https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/RDS-1-38_web.pdf

⁴ International Energy Agency, “World Energy Outlook 2017,” November 2017.

<https://webstore.iaea.org/download/summary/196?fileName=English-WEO-2017-ES.pdf>

原子力の設備容量は確かに増えており、導入する国も増加してはいるものの、現実のデータを見る限り、「原子力カルネッサンス」は幻だった、といっても過言ではないだろう。

原子力市場の構造変化とその意味

このような厳しい現状であっても、原子力産業の競争は続いている。それは、原子力産業は、国家戦略と緊密に結びついており、「核をめぐる国際情勢」にも大きな影響をあたえるからである。

重要なのは、原子力供給者側も、需要者側も、これまでの OECD 先進国から、ロシアや中国、さらにはアジアや中東を中心とする新興国にシフトしていく、という点である。現在は原子力発電所の 8 割近くが OECD 諸国にあるが、新規建設を見ると中国、インドを中心として新興国に集中しており、政治的にも機微な中東諸国にも原子力発電所の導入が進んでいる。供給側をみても、原子炉輸出国の主力が、これまでの米・仏・日がシェアを落とし、ロシア・中国・韓国などの新興メーカーが世界市場を席捲し始めているのである。

これは燃料分野でも同じような傾向を示している。これまで天然ウラン市場は、オーストラリア、カナダ、ウラン濃縮市場は米国、フランス、英・独・オランダ合弁のウレンコが主要供給者であった。天然ウランでは、カザフスタンが最大の生産国として台頭しており、ウラン濃縮市場では、ロシアがシェアを確実に伸ばし始めている。

このような市場の構造変化はどのような意味をもつのであろうか。

原子力供給国は二国間協力協定を通じて、安全面や核管理、核不拡散政策の面で大きな影響力を及ぼすことを忘れてはならない。これまでは、米国を中心とした OECD 諸国が原子力安全、核セキュリティ、核不拡散分野で、国際規範を構築してきた。しかし、新たな供給国、需要国が、これまでの国際規範を維持するかどうかは、明らかではない。現に、原子力輸出業者が米カーネギー国際平和財団と共同で運営している「輸出業者の行動規範」には、ロシアや中国の原子炉メーカーが参加していない⁵。今後、新たな燃料供給者や原子炉メーカーが、核管理や不拡散分野で、どのような規範の下で輸出を行っていくのか。規範が崩れることになると、原子力発電のリスクはさらに高まることになる。

核の脅威と原発問題：増加する核物質

世界の核の脅威を考える際、重要な視点として、核兵器に直接転用可能な核物質、すなわち高濃縮ウランとプルトニウムに注目することがあげられる。2016年末現在、世界のプルトニウムの在庫量は推定 518.6 トンで、長崎型原爆に換算すると 8 万 6 4 4 0 発分にも相当する。同じく核兵器に直接利用できる高濃縮ウランは推定 1 3 4 2.5 トンで、広島型原爆に換算すると 2 万 9 7 7 発分となり、合計で 10 万発以上の核物質が世界に存在する

⁵ “Nuclear Power Plant and Reactor Exporters’ Principles of Conduct”, 2018. <http://nuclearprinciples.org/>
参加メーカーは、三菱原子力システム、韓国電力公社、GE・日立原子力、東芝、ウェスティングハウス、アレバ、日立・GE 原子力、三菱重工、アトミア、JSC ラサトム、INVAP の 11 社。

と推定されている。

在庫量の内訳として、軍事用（核兵器内に含まれているか、核兵器用として貯蔵されている量）と非軍事用（軍事用にはすでに不要と定義された「余剰プルトニウム」と、平和利用のために貯蔵されている「民生用プルトニウム」量の合計）に分けてみる（表参照）。

表 世界の分離プルトニウム在庫量

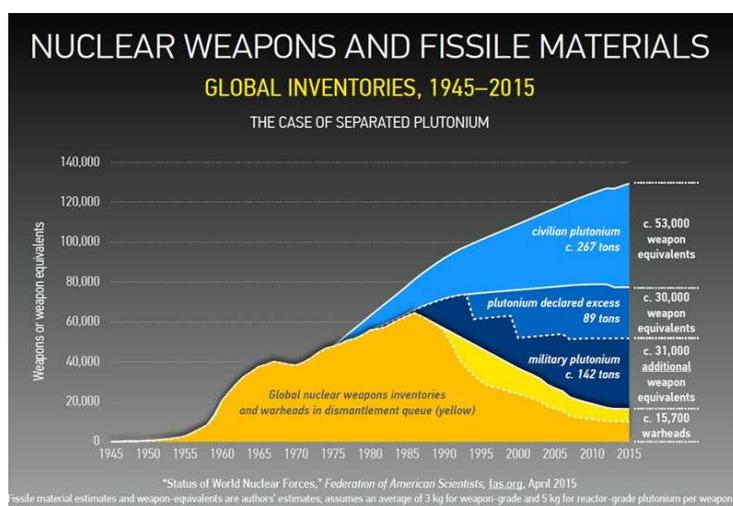
世界の分離プルトニウム在庫量(2016年末)			
国・地域	軍事用	非軍事用	合計
ロシア	94.0(0.0)	91.5(7.5)	185.5(7.5)
米国	38.4(-6.5)	49.4(6.0)	87.8(-0.5)
フランス	6.0(0.0)	65.4(5.2)	71.4(5.2)
中国	2.9(1.1)	0.04(0.0)	2.9(1.1)
英国	3.2(-4.1)	110.3(10.4)	113.5(6.3)
イスラエル	0.9(0.1)		0.9(0.1)
パキスタン	0.3(0.1)		0.3(0.1)
インド	6.6(1.5)	0.4(0.2)	7.0(1.7)
北朝鮮	0.04(0.0)		0.04(0.0)
日本		47.0(-0.1)	47.0(-0.1)
ドイツ		0.5(-1.9)	0.5(-1.9)
その他非核保有国		1.8(-0.8)	1.8(-0.8)
合計	152.3(-7.8)	366.3(26.5)	518.6(18.7)

(注) 単位: トン。カッコ内は13年末比の増減量。軍事用は推定
 (出所) 長崎大核兵器廃絶研究センター資料より筆者作成
 (筆者注) 原発の使用済み燃料にもプルトニウムは含まれるが、安全保障上の脅威に直接ならない。再処理・回収後の分離プルトニウムは核兵器に転用可能なため、在庫量が問題となる

出所：鈴木達治郎、「プルトニウム管理の論点（上）；新たな国際規範確立の時」、日本経済新聞、経済教室、2018年7月26日。

高濃縮ウランはほぼ90%が軍事用だが、プルトニウムは逆に70%以上が非軍事用である。その中でも、非軍事用のうち民生用プルトニウムの在庫量のみが増加しており、このプルトニウムの増加量をどう抑えるかが国際安全保障上の大きな課題として注目され始めている（図-2 参照）。民生用プルトニウムといえど、核兵器への転用は十分に可能だからだ。

図-2 世界の分離プルトニウム在庫量推移



民生用
 非軍事用（軍事用余剰）
 軍事用（核弾頭外貯蔵）
 核弾頭内

出所：Zia Mian, Alex Glazer, “Global Fissile Material Report 2015: Nuclear Weapon and Fissile Material Production,” presented at NPT Review Conference, May 8, 2015.

<http://fissilematerials.org/library/ipfm15.pdf>

一部には、民生用プルトニウムは「原子炉級プルトニウム」といって「核兵器の製造には適していない」とする論者もいるが、核兵器の専門家からはそのような主張は一蹴されており⁶、国際規制上も核兵器への直接転用が可能な物質として厳しい防護が要求されている。

このプルトニウム保有量の増大は、原子力発電用の「核燃料サイクル」、特に使用済み燃料からプルトニウムを回収する「再処理」の継続が大きな要因となっている。再処理を継続することの意義は、果たしてどこにあるのか。そもそもは希少なウラン資源の節約、そして高速増殖炉によるプルトニウムを主要燃料とする「核燃料サイクルの確立」が大きな目標であった。しかし、ウラン資源が豊富に存在することが明らかになり、高速増殖炉の実用化も見通しが立たなくなった。プルトニウムを再利用する「プルサーマル」の経済性も、再処理をしないで直接処分する方法にくらべ、明らかに不利と判断されている。そのような背景もあって、最近では再処理により、廃棄物の「減容」や「毒性低減」がメリットとして挙げられるようになった。しかし、これも科学的根拠は弱い。したがって、核燃料サイクルを現時点で進める合理性は極めて薄い。

しかし、ここ数年で、再処理活動は大きな分岐点を迎える。日本の六ヶ所再処理施設（年間8トンプルトニウムの生産可能）が2021年に稼働を始める計画であり、中国も同規模の商業用再処理計画の建設計画を発表している。さらに韓国も再処理に関心を示しており、アジアではプルトニウム生産量が大幅に増える可能性が出てきたのである。一方で、英国は間もなく再処理から撤退する方向であり、再処理にかかわる重要な意思決定がここ数年でなされることになる。

日本の課題と今後の対応

日本は、2014年のエネルギー基本計画において、「(福島事故の教訓を踏まえて)可能な限り原子力発電への依存度低減する」とした。しかし、現実には福島事故以前の原子力政策を根本的に見直すことはしてこなかった。核燃料サイクル政策がその象徴的なものであり、原子力輸出についても、積極的な姿勢は変わっていない。

世界の原子力発電動向をみれば、原子力の競争力に不透明性が増し、原子力を柱とするエネルギー・環境政策には大きなリスクが伴う。そこで、日本の課題と対応としては、次の3点を強調したい。

⁶ Victor Gilinsky, Bruce Goodwin and Henry Sakolski, “Commercial plutonium a bomb material,” The Japan Times, May 31, 2017.

<https://www.japantimes.co.jp/opinion/2017/05/31/commentary/world-commentary/commercial-plutonium-bomb-material/#.W9poopP7Rdg>

1. 原子力依存度を低減するための政策の具体化：従来の政策は依存度を維持・向上させるための政策であり、核燃料サイクル、立地地域への交付金制度、新型炉の研究開発支援などがその典型である。今後は依存度を下げていくことを目標とするなら、廃炉支援、代替エネルギー（特に再生可能エネルギー）支援、交付金制度の見直し、などが検討されるべきだ。
2. 原子力の将来にかかわらず必要な課題への取り組み強化：現在は、脱原発か否かの二極分化の中で政策論議が行われるため、真に必要な原子力政策課題に取り組むことができていない。放射性廃棄物の最終処分、福島原発廃炉と復興問題、使用済み燃料貯蔵対策等、取り組むべき課題は多い。
3. 信頼回復のための取り組み：福島原発事故の最大の影響は原子力・エネルギー政策への信頼喪失である。政府・原子力事業者、さらには専門家も含め、これまでの広報・広聴活動など、根本的に見直す必要がある。特に強調したいのは、政府や事業者の取り組みを独立した立場で評価する「第三者評価機関」の設置である。推進・反対の立場を超えて、国民に信頼される評価や情報提供を行う機関が日本には必要だ。放射性廃棄物や核燃料サイクルの見直しなど、評価されるべき対象は多い。

原子力を取り巻く国際情勢は極めて厳しい。気候変動対策を考えれば、原子力を選択肢として継続的に維持していくことも必要だろう。しかし、現状のままでは、原子力の未来は不透明であり、また原子力に依存するリスクも大きい。そういった国際情勢をふまえて、日本の原子力・エネルギー政策も根本から見直す時期に来ていると思われる。

鈴木 達治郎(スズキ タツジロウ)

現職: 長崎大学 核兵器廃絶研究センター(RECNA)センター長・教授

1951年大阪生まれ。75年東京大学工学部原子力工学科卒。78年マサチューセッツ工科大学プログラム修士修了。工学博士(東京大学)。専門は原子力政策、科学技術社会論。MIT エネルギー環境政策研究センター、同国際問題研究センター、(財)電力中央研究所社会経済研究所などを経て、2010年1月から2014年3月まで原子力委員会委員長代理、2014年4月RECNA副センター長に就任。2015年4月より現職。国際核物質専門家パネル(IPFM)共同議長、核廃絶を目的とする科学者グループ「パグウォッシュ会議」評議員。主要著書:「核のない世界への提言:核物質から見た核軍縮」(富塚明、鈴木達治郎監訳、法律文化社、2017年、RECNA叢書2号)、「核兵器と原発」(講談社現代新書、2017年)、「核の脅威にどう対処すべきか:北東アジアの非核化と安全保障」(鈴木達治郎、広瀬訓、藤原帰一編著、法律文化社、2018年、RECNA叢書3号)。

職歴

1978年10月	(株)ボストン・コンサルティング・グループ
1981年2月	国際エネルギー政策フォーラム主任研究員
1986年9月	MIT エネルギー政策研究センター客員研究員
1988年4月	MIT エネルギー・環境政策研究センター客員研究員
1989年6月	MIT 国際原子力安全性向上プログラム副ディレクター兼務
1993年9月	MIT 国際問題研究センター主任研究員
1996年10月	(財)電力中央研究所 経済社会研究所 研究主幹
1997年6月	(財)電力中央研究所 原子力政策室 (課長)兼務 (2000年12月まで)
1997年10月	東京大学 システム量子工学専攻 寄付講座(日本原電)「原子力エネルギー社会工学」客員助教授 兼務 (2000年9月まで)
2001年5月	慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科教授(兼務)(2003年4月迄)
2003年9月	(財)日本エネルギー経済研究所 研究理事(兼務)(2006年3月迄)
2004年4月	東京大学大学院法学政治学科 COE 特任教授(兼務)(2006年3月迄)
2006年4月	東京大学公共政策大学院客員教授(兼務)
2006年6月	(財)電力中央研究所 社会経済研究所研究参事(2009年12月迄)
2010年1月	内閣府原子力委員会 原子力委員長代理(2014年3月迄)
2014年4月	長崎大学核兵器廃絶研究センター(RECNA)副センター長・教授
2014年5月	(財)日本経済研究センター 特任研究員(兼務)
2015年4月	長崎大学核兵器核廃絶研究センター (RECNA) センター長・教授

主要共著書

「どうする日本の原子力」(日刊工業社、1998年)「アジアの環境文化」(慶応大学出版、1999年)、「工学は何をめざすか」(東大出版、2000年)。「石油危機から30年」(エネルギーフォーラム社、2003年)。「環境と生命」(東京大学出版会、2005年)。「エネルギー技術の社会意思決定」(日本評論社、2007年)「科学技術ガバナンス」(東信堂、2007年)、「日本の未来社会1-エネルギー・環境と技術・政策」(東信堂、2009年)、新通史「日本の科学技術:世界転換期の社会史 1995年～2011年」第1巻(2011年)、「核のない世界への提言:核物質から見た核軍縮」(富塚明、鈴木達治郎監訳、法律文化社、2017年、RECNA叢書2号)、「核兵器と原発」(講談社現代新書、2017年)、「核の脅威にどう対処すべきか:北東アジアの非核化と安全保障」(鈴木達治郎、広瀬訓、藤原帰一編著、法律文化社、2018年、RECNA叢書3号)。

その他特記事項:

1995-6年	安倍フェロー
96-97年	英国サセックス大学科学政策研究ユニット(客員フェロー)
96-2001年	MIT国際問題センター 日本プログラム、シニアフェロー
1999年	任意団体「ピースプレッジ・ジャパン」共同発起人・代表
2001年—2010年	米NPO法人 Sustainable Energy Institute 理事
2006年—2009年	国際核物質専門家パネル(IPFM) 日本メンバー
2014年—	(2015年より共同議長)
2007年—2009年	
2014年—	世界パグウォッシュ会議評議員
2008年—2010年	軍縮学会理事