第 12 章

フクシマの教訓 ——9つの「なぜ」

ピーター・ヴァン・ネス

要 旨

福島原発事故の後、我々は東アジアにおける原子力問題の答えを見出すべく専門家から成るグループを結成し、2度にわたる国際ワークショップでこの問題を検討した。本章は我々の活動に関する一致した意見の報告書ではなく、原子力に関して我々が行なった集団的討議の——1参加者としての立場から記した——個人的見解である。すでに核兵器保有国であるか、あるいはそれを目指しているのでない限り、原子力はどの国においても良からぬ選択肢であり、それには9つの理由がある、というのが私の意見である。また核保有を目指している国であっても、そこへ至るにはいくつかの重大な問題がある。そして2014年にオーストラリア国立大学で実施された2度目のワークショップにおいて、私が述べる9つの理由のそれぞれから9カ条の政策提言が打ち出された。

序 論

The Global Nuclear Power Database: World Nuclear Power Reactor Construction, 1951-2017 (Schneider et al. 2017、*Bulletin of the Atomic Scientists* 2017にも収載)は現在までに建設された41ヵ国計754基の原子炉(うち廃炉とされた原子炉は90基)を対象にしている、現時点で全世界の原子力に関する最も広範な分析報告である。

新たな原子炉および原子力発電所の建設に関心を持つ国々にとって、このデータベースは原子力の世界的な歴史を理解する上で有益である。我々の研究は東アジアにおける事態の推移を検証し、とりわけ中国と日本の状況が大きく異なる点に目を向けることで、このデータベースを補完すると同時に、各国、特にオーストラリアや東南アジア諸国連合(ASEAN)の10ヵ国など、原子力を採用すべきか否か検討している国々が答えなければならない疑問点を明確にしようとするものである。

このデータベースによると、2017年1月1日現在、全世界で55基の原子炉が建造中であり、そのうち少なくとも35基が当初の予定より遅れているという。また55基のうち40基が核兵器保有国で建造されており、20基は中国で建造中である。また完工済みの原子炉の最も多く(90基、他に12基が廃炉済み)がウェスティングハウス社製のもので、当時4基がアメリカ、同じく4基が中国で建造中だった。しかし2017年2月、親会社である東芝は63億ドルの損失が発生していると公表し、今後は原子炉の輸出を積極的に促進しないと発表した。ゼネラルエレクトリック社やフランスおよびロシアは世界各地で原子炉の建造を進めている。

2014年8月、我々がオーストラリア国立大学において「東アジアにおける原子力：費用と効用」というテーマの国際ワークショップを行なった際、アメリカ、日本、シンガポール、台湾、そしてオーストラリアから参加者を得た。ワークショップの目的は、各国の原発計画について実証的分析を行なうとともに、賛成派と反対派が互いに過去を語り、時に説得力のない主張を行なうという、これまでの討論の形から脱却することにあった。

我々は将来の原子力プロジェクトに関する9つの論点を設定し、過去に原発へ

の支持ないし反対を公言したか否かにかかわらず、それぞれの論点を検証するのにふさわしい専門家を招いた。その論点は以下の通りである。

- ・ 建設の初期費用
- ・ 原子炉の運転および維持における専門的スタッフの必要性
- ・ 独立性と透明性を兼ね備えた規制機関の確立
- ・ 事故発生時の責任
- ・ 通常の状態と異常な状況（チェルノブイリや福島など）それぞれにおける廃炉の費用および作業工程
- ・ 原子力発電と核兵器の関係
- ・ 核廃棄物の処分問題
- ・ 放射線被曝による健康への影響
- ・ 原子力と気候変動

3日間にわたるワークショップには、自然科学者、社会科学者、物理学者、生物学者、そして歴史学者から成る25名の学者が参加した。そこから生み出された洞察の深さと議論における冷静さに、主催者である私は感激したものである。そして最終日までに導かれた彼らの結論は私を大いに驚かせた。

1. 建設の初期費用

原子力発電所の新規建設は巨額のプロジェクトであり、原子炉の建造費用を正しく見積もるのは複雑な作業である。また石炭、ガス、あるいは再生可能エネルギーといった他の電力源とのコスト比較（アンドリュース・ブレイカーズの章を参照）も、原子力が持つ独特な性質のために容易ではない。廃炉費用、および高レベル放射性廃棄物の処分費用を見積もりに含めるべきか、そうであれば、特に後者の場合、長期の時間的枠組みの中でその費用をどう見積もるべきか、というのがその一例である。

チェルノブイリおよび福島で原発事故が発生してからというもの、安全性への

懸念はかつてないほど高まっている。しかしどれだけの安全性を確保すれば十分と言えるのか？ 原発への危険性に対処するには、こういった安全対策が求められるのか？ その場合、どれほどの費用が建設費に追加されるのか？

原発の批判者はまた、極めて長い時間的枠組みの存在を指摘する。すなわち原子力発電所の建造期間、稼働期間、そして発電所から放出される潜在的に危険な放射線の寿命である。これらの問題は費用見積もりを一層複雑なものにする。またコスト超過や建設の遅れも原子力の相対的な費用を大きく押し上げる。世界中で現在建設中の原子炉55基のうち、35基が遅延しているというデータベースの内容を思い起こしていただきたい。

代替エネルギー源のコストを比較するにあたっては、いわゆる均等化発電原価(LCOE)を用いることが多い。これは発電コストのうち適切なものを全てを考慮に入れようとする計算方法であるが、その際にはどの項目を含めるべきか、あるいはどの価値を用いるべきかといったことに注意しなければならない。また本書でダグ・コプロウが記したように、政府の助成金や税金もコスト比較に影響を与える。

2. 原子炉の運転および維持における専門的スタッフの必要性

原子炉を建造し、適正な維持を行ない、かつ必要な電力を安全に供給できると国民に納得させるには、専門的な訓練を受けたスタッフの存在が必要だが、その点がエネルギー源のコスト比較で十分考慮されることはほぼなかった。必要とされる原子力物理学者および工学者は、長期にわたる学問的・職業的訓練を受けた人材のことを指すが、そのことは、原発導入を決めた国家が教育機関に長期的かつ大規模な投資を行ない、必要とされる技術スタッフを育成しなければならないことを意味する。こういった訓練を継続できず、原発を長期にわたって稼働させるのに必要な技術スタッフを支援できなければ、運営上の深刻な問題が生じるはずだ。また緊急事態が発生した場合には、適切な訓練を受けたスタッフの必要性はさらに高まる。

3. 独立性と透明性を兼ね備えた規制機関の確立

ここに挙げた諸問題のうち、規制機関はその任務を遂行するにあたり、必要な技術的能力と原子力業界に関する深い知識を有していなければならない。しかし核兵器に関する安全保障上の問題が存在する場合、規制機関が透明性を維持するのは極めて難しくなる。

また独立性の問題も深刻であることが明らかになっている。日本には「原子力村」なるものが存在しており、ジェフ・キングストンはそれを次のように定義している（Kingston 2012: 1）「電力会社、原発関連業者、官僚、国会、経済界、マスメディア、および学界から成る、個人および法人の原発推進派」つまり原発導入を推進すべく、既得権益を有する原発関連企業、政府、マスメディア、さらには学界の一部から成る閉鎖社会が構築されたのである。そして福島原発事故が発生した時、責任ある立場の者は全くそれに対応できず、信頼できる情報を国民に与えることすらできなかった。そのため日本の被災者は東京電力や政府による情報を信用せず、自分たちの健康と安全への脅威に関する彼らの言葉を信じないようになってしまったのである。

メリー・カバレロ＝アンソニーとジュリウス・セザール・I・トラヤーンは本書の中で、ASEANの視点から見たこれら問題の多くを論じている。また東南アジアにおける可能性の一つとして、スルフィカール・アミールは地域的規制機関の構築を挙げており（Amir 2014）、その理由をこう記している。「その論理は単純である。地域内のある1国が原子力発電所を建設したら、利益を得るのはその国だけである。しかし地理的観点から見れば、多くの国がそのリスクを共有することとなる」。その上でアミールは、ASEAN加盟国は地理的に近接しているのだから、ある国で原発事故が発生したら近隣諸国も被害を受けることになる」と指摘した。

一般的に言えば、原子力業界に対する規制は業界自身による規制へとつながる。さらに、原子力発電と核兵器開発は互いに関係があるため、一定の秘密保持と保安体制が必要となり、そのこともまた当局の説明責任を妨げる要因となる。要す

るに、独立性と透明性を兼ね備え、かつ説明責任を果たすことのできる原子力規制機関の確立は、ほぼ不可能と言っていいことが立証されたのだ。

4. 事故発生時の責任

原発事故が発生した場合、巨額の費用負担が生じ得ることから、民間投資家にとって責任体制は大きな懸念材料である。チェルノブイリと福島で発生したメルトダウンによる最終的な損失額はいまだ定まっていない。民間資本による原発建設を決めた国家は、投資家の責任を制限する戦略を編み出さなければならない。ワークショップのある参加者はこう述べている。「問題なのは、民間業者は原子炉を売る一方、事故が発生しても責任を免がれたいと考えていることだ。」

アメリカのプライス＝アンダーソン原子力産業免責法は1957年に制定され、その後議会による改正を経て2025年12月までの効力延長が可決された。同法の目的は原子力に投資した民間投資家の責任に上限を設けることであり、その手段として企業自身の保険金と、事故発生時の補償に充てる120億ドルのプール資金を組み合わせることが定められている。1979年に発生したスリーマイル島原発事故でこの法律は有効に機能したとされている（NAIC and Center for Insurance Policy and Research 2016）が、政府によるこうした保険体制は、チェルノブイリと福島で発生したより深刻な原発事故によってさらなる試練を受けている。

5. 通常の状態と異常な状況（チェルノブイリやフクシマなど）

それぞれにおける廃炉の費用および作業工程

廃炉を成功へと導くにあたって何が必要とされるかは、多くの議論を生んでいる。石炭燃料や石油燃料の発電所と異なり、施設がもはや必要なくなった時に、スイッチを切って立ち去るわけにはいかない。カルマン・ロバートソンはこの問題を詳細に分析している。

端的に言えば、廃炉後の目標は原発跡地をいわゆる「未開発」の状態に戻すことである。廃炉は長期にわたる極めて技術的な作業であり、その工程は原子炉の

解体、残留放射能への対処、そして跡地の再利用に向けた準備作業から構成される。一般的に原子力発電所は政府による厳格な規制下に置かれているが、廃炉を無事に完了させれば規制は不要となる。しかし廃炉を完了させる前に関連企業が倒産したり、規制の責任を負う政府が変わったりすればどうなるだろうか？

ロバートソンによると、今後15～20年間で多数の原子炉が寿命を迎えるため、廃炉となるべき原子炉の数が前例のない水準に達する見込みだという。

6. 原子力発電と核兵器の関係

本書で個別研究の対象とされた国家のうち、中国は核兵器を保有し（M・V・ラマナおよびエイミー・キングの章を参照）、他の3カ国（日本、韓国、台湾）は原子力発電所を有しているものの核兵器は保有していない。しかしこれら3カ国の原子力開発史において、核兵器保有の可能性は常にその一部だった。グロリア・クアン＝ジュン・スーは本書において台湾の歴史を描写している。日本は原子力発電を海外に広めている国家の代表的存在だが、1960年代に非核三原則——作らず、持たず、持ち込ませず——を打ち出し、後に核兵器不拡散条約に加盟している。しかし日本の原子力産業は、核弾頭1,000発分のプルトニウムなど、核兵器の製造に必要なものを全て保有している。さらに専門家の一部は、核兵器開発の決定が下されれば、日本は1年以内に核兵器を完成させることができる、つまり事実上の核兵器保有国であり、「地下室に核爆弾を隠し持つ」国家だとしている。

原子物理学が核兵器開発に応用される可能性のあることから、原子力発電所の建設を進めている国家は必然的に、他の発電施設（石炭、ガス、および再生可能エネルギーなど）の建設には必要とされない一定水準の保安を確保する必要がある。だが保安体制の確保は透明性の欠如という深刻な問題をもたらすとともに、原子力業界で説明責任を確立させ、かつ維持することの難しさを部分的に説明するものである。鈴木達治郎は本書の中で、福島原発事故によって浮き彫りとなった国民的な不信感の広がりについて論じている。

より一般的な国家安全保障という観点から見れば、原子力発電所の設置は敵対

勢力に対し、国内で原子力危機を引き起こす戦略的な機会を与えることになる。つまりテロリストないし敵国による爆破工作、あるいは原子炉の制御システムを破壊しメルトダウンを引き起こすためのサイバー攻撃などによって、原子力発電所は格好の標的となるのである。こうしたサイバー攻撃において犯人を特定することは難しく、そしてとりわけ人口密集地帯では甚大な被害と混乱が発生し得る。本書で韓国の原子力事情を論じたローレン・リチャードソン、および放射線被曝の健康に対する影響を分析したティルマン・ラフも、このような攻撃の可能性に警鐘を鳴らしている。

原子力発電と核兵器の関係性が浮き彫りになったもう一つの事例として、世界最大の建設プロジェクトとなる可能性が高いヒンクリー・ポイントC原子力発電所の是非を巡るイギリス国内の論争が挙げられる。数年に及んだ論争の後、テレザ・メイ首相は2016年9月に声明を発表し、およそ20年ぶりとなる新規原子力発電所をヒンクリー・ポイントに建設する意向を明らかにした。ヒンクリー・ポイントC原発はフランス電力（EDF）が建設を行ない、推定300億ドルとされるプロジェクトの33パーセントを中国が出資する。また原子炉には欧州加圧水型炉（EPR）が用いられる。さらにイギリス政府は、同原発が生み出す電力につき、今後35年間にわたり市場価格の2倍の額を支払うと約束した。さらに中国に対する配慮として、同国エセックス州に中国製の原子炉を用いた原子力発電所を将来建設すると約束している。

メイ首相による原発建設の決定は経済的、技術的、環境的に無意味であるどころか、国家安全保障の観点から見てもなんら価値を持たないため、反対派を当惑させる結果になった。建設主体であるEDFは深刻な財政危機に陥っており、EPR型原子炉も技術的に確立されていない。その上、約束された電力買取価格はあまりにも高く、環境面で言えば再生可能代替エネルギーのほうがはるかに優れている。そして中国の投資が深く関与するという安全保障上の懸念、すなわちイギリスの配電網に中国が大きな影響を及ぼし得るという懸念が存在する。

メイ首相はなぜ原発建設の決定を下したのか。サセックス大学の研究チームは様々な説を検証した上で、重大な留保条件があるにもかかわらずイギリス首相がプロジェクト推進を決めたのは主としてイギリスの核抑止力を維持するため、つ

まり既存のバンガード級潜水艦に置き換わる新型原子力弾道ミサイル潜水艦を配備するにあたり、その建造を支えることができるよう原子力産業の水準を維持するためだと結論づけている (Cox, Johnstone, and Stirling 2016)。

中国がヒンクリー・ポイントC原発に出資することに対し、同国が国内電力網に影響を及ぼし得るという理由で反対派は懸念の声を挙げているが、より深刻な安全保障上の問題は、今後原子力弾道ミサイル潜水艦の開発に力を注ぐであろうイギリス原子力産業に中国が加わることで、トライデント潜水艦による核抑止力が損なわれる可能性を無視できない、ということである。

7. 核廃棄物の処分問題

原子力発電が直面する最も深刻な問題の一つとして、高レベル放射性廃棄物 (HLW) をいかにして安全に処分するかというものがある。この点について、ラマナは以下のように論じている (Ramana 2017: 415)。

原子炉の稼働中に生み出される放射性物質の中には、半減期が極めて長く、数十万年にわたって人間から隔離されなければならないものもある……このような管理が必要とされることは、人類史上前例がない。

現在のところ、高レベル放射性廃棄物を永久貯蔵する現役の施設は世界中に1ヵ所も存在しない。この問題の解決策として深地層処分が提案されており、オーストラリアなど異なる国々で用地の候補が挙げられている。その一方、原子力発電所を稼働させている全ての国々はなんらかの方法で放射性廃棄物を一時貯蔵しているが、本書でスーが概説した台湾の蘭嶼を巡る状況のように、悲劇的な結末となる場合もある。

アメリカ政府はネバダ州の人里離れた砂漠地帯にあるユッカマウンテンに150億ドルを投資し、2002年に放射性廃棄物処分場として正式に指定したが、現状は確定的なものでなく、また2014年にはニューメキシコ州の核廃棄物隔離試験施設 (WIPP) で重大事故が発生している (Alvarez 2014)。なお世界的に見て最も

有望なプロジェクトは、32億ドルを投じてフィンランドのオルキオ島に建設された処分施設だが（Gibney 2015）、これもまだ稼働を開始していない。

8. 放射線被曝による健康への影響

本書で放射線被曝による生物学的影響と人間の健康との関連を論じたティム・ムソーとアンダース・モラー、そしてラフの3人は、この分野における最も経験豊富な研究者である。ムソーはチェルノブイリで10年間調査を行なった後、福島原発事故を受けてその研究を始め、また公衆衛生医であるラフは原子力技術の公衆衛生的側面を検証すべく、研究、教育、および活動に力を注いだ。私見を述べれば、原発建設の決定によって生じる、人間の健康と生態学的な生存能力への重大なリスクについて、この3人以上に優れた論説を残した人物はいない。そして彼らの研究結果は、原子力発電への投資を検討している国々に警鐘を鳴らすものとなるはずだ。

9. 原子力と気候変動

国内電力の70パーセント以上が原子力によって賄われているというフランスの特異な状況を本書で論じたクリスティーナ・スチュワートは、2015年12月に気候変動に関する国連枠組条約会議（COP）がパリで開催され（COP21）、気候変動についての決定が参加195カ国の全会一致で採択された際、原子力の果たす役割が直接言及されることはなかったと指摘している。また会議を観察した結果、驚くべきことに、原子力は間接的に論じられたに過ぎないと記している。

それでもなお、ジェイムズ・ハンセンら一部の有力な気象学者は原子力を強力に後押ししており（Hansen et al. 2015）、また原子力エネルギー協会も次のように主張している。

原子力が気候変動に対する解決策の一部であるという意見は広く認められている。独立機関が実施した、現在主流となっている分析結果でも、炭素排出

量を削減するには多様な電源構成が必要であり、今後見込まれる世界的な電力需要を満たすにあたって、原子力こそ唯一の低炭素オプションであることが示されている。(Nuclear Energy Institute n.d.)

気候変動を巡る懸念について言えば、二酸化炭素を放出する化石燃料と比べ、原子力をはるかに優位であることは間違いない。原発推進派も、原子力以外に「ベースロード」電源を供給できる低炭素オプションは存在しないという点を特に強調している。しかしブレイカーズは本書の中で、再生可能エネルギーによる現在の発電能力でこの電力需要を賄えることを示しており、またマーク・ディーゼンドルフはベースロード発電所が不要だけでなく、新型バッテリーや揚水式発電などの再生可能な蓄電手段、およびその他の技術革新により、信頼性の高い発電を行なうのに必要な柔軟性を確保できると論じている (Diesendorf 2016)。

気候問題を解決し、かつ信頼性の高い発電を行なうにあたってその他のエネルギー源が利用可能であれば、チェルノブイリと福島で発生した原発事故による被害は、原発活用の正当化を許さないほど原子力に伴うリスクが重大であることを示すものと言えよう。

結 論

2011年3月に発生した東日本大震災以降、数年間にわたる調査研究を通じて我々が得たフクシマの教訓は、原子力発電の本源的コストは計算不可能であるという、最初にして最大の結論を土台としている。そのコストは現在のところ、経済的な物差しでも、あるいは健康への被害や人命の損失といった物差しでも測ることはできない。その理由の一つとして、廃炉の全工程が完全に成功した場合の想定費用すら全く定まっていない一方、チェルノブイリ原発や福島第1原発など危機的状況の中で閉鎖された原子力発電所の廃炉費用が今後も上昇し続けていることが挙げられる。

高レベル放射性廃棄物処分の費用推定は、現在利用可能な永久貯蔵施設が世界に1ヵ所も存在しないがゆえに、より一層難しい。さらに公衆衛生の観点から、

ラフは放射線被曝による影響を精密かつ詳細に論じており、ムソーとモラーはより幅広い生態学的な悪影響を立証している。

先に記した9つの論点を考察する中で、原発推進派には答えられないいくつかの疑問が発せられた。しかし中国やイギリスといった核兵器保有国、あるいは保有を目指している国の場合、条件は根底から異なってくる。つまり、信頼性の高い電力を最も安価に提供する方法を見つけるという問題ではなく、国家安全保障の問題となってしまうのだ。核兵器の保有を決めた国は、どれほどコストがかかろうとも、原子力産業を維持しなければならない。そうした国々にとって、我々が提起した問題は二義的なものとなる。むしろ決断しなければならないのは、「国家安全保障」なるものにどれだけの代償を支払う覚悟を決めなければならないか、ということである。

〔参考文献〕

- Alvarez, Robert, 2014. The WIPP problem, and what it means for defense nuclear waste disposal. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 23 March. thebulletin.org/wipp-problem-and-what-it-means-defense-nuclear-waste-disposal7002 (accessed 14 March 2017).
- Amir, Sulfiqar, 2014. The transnational dimensions of nuclear risk. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 25 April. thebulletin.org/needed-ability-manage-nuclear-power/transnational-dimensions-nuclear-risk (accessed 14 March 2017).
- Bulletin of the Atomic Scientists*, 2017. Global nuclear power database: World nuclear power reactor construction, 1951–2017. thebulletin.org/global-nuclear-power-database (accessed 14 March 2017).
- Cox, Emily, Phil Johnstone, and Andy Stirling, 2016. Understanding the intensity of UK policy commitments to nuclear power. Science Policy Research Unit Working Paper Series SWP 2016-16. Brighton: University of Sussex, September.
- Diesendorf, Mark, 2016. Dispelling the nuclear 'baseload' myth: Nothing renewables can't do better! *Ecologist*, 18 March. reneweconomy.com.au/dispelling-the-nuclear-baseload-myth-nothing-renewables-cant-do-better-94486/ (accessed 14 March 2017).
- Gibney, Elizabeth, 2015. Why Finland now leads the world in nuclear waste storage. *Nature*, 2 December. doi.org/10.1038/nature.2015.18903
- Hansen, James, Kerry Emanuel, Ken Caldeira, and Tom Wigley, 2015. Nuclear power paves the only viable path forward on climate change. *Guardian*, 4 December.

- Kingston, Jeff, 2012. Japan's nuclear village. *Asia-Pacific Journal: Japan Focus* 10(37)(1) 9 September: 1–22.
- NAIC (National Association of Insurance Commissioners) and Center for Insurance Policy and Research, 2016. Nuclear Liability Insurance (Price–Anderson Act). 8 December. www.naic.org/cipr_topics/topic_nuclear_liability_insurance.htm (accessed 14 March 2017).
- Nuclear Energy Institute, n.d. Climate change. [www.nei.org/Why- Nuclear-Energy/Clean-Air-Energy/Climate-Change](http://www.nei.org/Why-Nuclear-Energy/Clean-Air-Energy/Climate-Change) (accessed 14 March 2017).
- Ramana, M. V., 2017. An enduring problem: Radioactive waste from nuclear energy. *Proceedings of the IEEE* 105(3): 415–18. doi. [org/10.1109/JPROC.2017.2661518](https://doi.org/10.1109/JPROC.2017.2661518)
- Schneider, Mycle, and Antony Froggatt, with Julie Hazemann, Tadahiro Katsuta, M. V. Ramana, Juan C. Rodriguez, and Andreas Rüdinger, 2017. *The World Nuclear Industry Status Report 2017*. Paris: Mycle Schneider Consulting Project.

This text is taken from *Learning from Fukushima: Nuclear power in East Asia* (Japanese version), edited by Peter Van Ness and Mel Gurtov, co-published 2020 by ANU Press and Ronso-sha Publishing.

doi.org/10.22459/LF.2020.12