

## 第Ⅱ部

### 脱原発への岐路にある原子力 その重要課題

(第7章から第10章まで)

## ～ 第7章 福島事故のもたらした原子力の将来像変化 ～

### 7. 1 はじめに

我が国の原子力開発は、その開始以来原子力委員会によって原子力の研究、開発、利用に関する長期計画（原子力長期計画）が調整され、それに従って進められてきた。原子力長期計画は、我が国の原子力開発利用の基本的な考え方を示すもので1956（昭和31）年に最初の計画ができて以来、概ね5年毎に評価、見直しが行われていた。9回目の長期計画は2000（平成12）年11月策定されたが、この年まで原子力委員会は総理府に設置され、委員長は科学技術庁長官であった。だが10回目の策定期間までに原子力委員会は内閣府に変更、委員長は学識経験者に替った。この背景には、1997年京都プロトコルを背景に地球温暖化防止への取り組み本格化の一方で、2000年頃の政府行財政改革による省庁再編と科学技術庁の文部科学省への統合、経済産業省エネルギー資源庁における実用炉規制の原子力安全・保安院への移管があった。

2002年制定のエネルギー政策基本法により、経済産業省においてエネルギー基本計画を3年毎に制定して総合資源エネルギー調査会を諮問機関としてエネルギー政策の総合調整を図ることとなった。原子力政策の策定については1995年末のもんじゅナトリウム漏れ以降もんじゅの長期運転停止、1999年10月JCO事故による原子力防災法、原発で頻発する不祥事発生などを背景に大幅に変更された。原子力長期計画の10回目の改訂に際し、2005（平成17）年10月14日、政府は原子力委員会（近藤駿介委員長、東大名誉教授）が今後10年程度の原子力政策としてまとめた「原子力政策大綱」を閣議決定した。この時、原子力長期計画という名称は消えた。

この「原子力政策大綱」では原子力発電がエネルギー安定供給と地球温暖化対策に貢献するために2030年以降も発電電力量の30～40%程度を担うという、当時の水準程度以上になることを期待した。また2030年前後から既設の原子力発電設備を順次改良型軽水炉に代替、高速増殖炉はウラン需給の動向を勘案し、経済性等の諸条件が整うことを前提に2050年頃から商業ベースでの導入を目指すこととした。一方、使用済み燃料は再処理し、回収プルトニウム、ウランの有効利用を基本にして当面はプルサーマルを着実に実施する。再処理能力を超えて発生した使用済み燃料は中間貯蔵し、その処理の方策は六ヶ所村での再処理工場の運転実績、高速増殖炉の研究開発の動向を踏まえて2010年頃から検討開始としていた。

（原子力政策大綱については電力事業連合会による次のURL参照

<https://www.fepc.or.jp/nuclear/policy/seisaku/seisakutaikou/index.html>）

しかし2010年12月に開始の新しい大綱の策定は2011年3月の福島事故で中断した。2011年9月に審議再開するも2012年6月には審議を中断、同年10月には廃止された。

（2012（平成24）年10月2日原子力委員会決定による新大綱策定会議の廃止等については次のURL参照 [http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/kettei121002\\_1.pdf](http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/kettei121002_1.pdf)）

その間、我が国の原子力発電の状況は、この2005年の原子力政策大綱の描くシナリオから大きく乖離していく。この状況は既に第1章1.3.6に記載のとおりである。その主な要因は、2009年8月の自民党から民社党への政権交代、鳩山首相時代の原子力立国による原発推進の突出、2011年3月東日本大震災と福島事故の勃発による菅直人首相の脱原発への転換、野田首相によるエネルギー・環境会議による原子力比率の見直し、2012年11月民主党政権から自民党政権への交代であるが、なんといっても福島事故の影響が長引いたことが最も大きい。これがために原子力発電を取り巻く社会環境が変化し、福島事故以降はわが国のエネルギー基本計画もその立案通りには我が国のエネルギーの将来像が描けないようになっている。以上のことは本章の7.3節で2018年7月3日閣議決定の第5次エネルギー基本計画と原子力発電のかかわりにおいて簡潔に述べる。

まず次節7.2では、従来は原子力政策を束ねる役割を担っていた原子力委員会が福島事故後の2014年12月に役割が変わったことに注目し、原子力委員会が2017年に久し振りに発行を再開した原子力白書から、福島事故後の原子力の動向、日本の原子力開発の課題がどのようにとらえられるかを簡単にまとめる。

## 7.2 久方の原子力白書に見る福島事故後の我が国の原子力の姿

原子力白書は原子力委員会が発足した1956年から継続的に発刊されていたが、2010年3月の発刊以降は休刊していた。2011年3月の福島事故とその後の変動による原子力委員会の見直しの議論と新委員会の立ち上げを経て、7年ぶりに2016（平成28）年度版原子力白書が発刊され、それ以降は毎年度白書が発行されている。（2016（平成28）年度版原子力白書については原子力委員会による次のURL参照

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/hakusho/index.htm>)

2018年3月の日本原子力学会誌には、原子力委員会の事務局メンバーによってその間の事情と今後の原子力委員会の取り組みが紹介されている（川淵英雄・飯塚倫子・望月豊・辻政俊・曹佐豊（2018））。以下では原子力白書にみる福島事故後の我が国の原子力の姿の概況を述べる。

### 7.2.1 原子力委員会の役割の変化

2011（平成23）年3月の東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故（以下「東電福島原発事故」という。）後、原子力を取り巻く環境の大きな変化を踏まえ、2012（平成24）年には、原子力委員会の在り方について抜本的な見直しが行われた。2014年12月から原子力長期計画と原子力政策大綱から「原子力利用に関する基本的考え方」の策定へと役割が変わり、原子力委員も3名に減員された。2020（令和2）年現在岡芳明委員長（東大名誉教授、原子炉工学、常勤）、佐野利男委員（原子力外交、常勤）中西友子委員（放射線

医学、非常勤)の3名である。新たな原子力委員会では、原子力行政の民主的な運営を図るとの原点に立ち戻って、その運営を行ってきた。原子力委員会の見直しを受け、長期計画や大綱のような網羅的かつ詳細な計画は策定しないこととした一方で、関係組織からの中立性を確保しつつ府省庁を越えた原子力政策の方針を示すとの原子力委員会の役割に鑑み、原子力利用全体を見渡し、専門的見地や国際的教訓等を踏まえた独自の視点から、今後の原子力政策について政府としての長期的な方向性を示唆する羅針盤となる「原子力利用に関する基本的考え方」を策定することとした。

## 7. 2. 2 「原子力利用に関する基本的考え方」の策定

2017年7月に閣議決定の「原子力利用に関する基本的考え方」は、以下のような性格のものである。

- ①原子力政策全体を見渡した、我が国の原子力の平和利用、国民理解の深化、人材育成、研究開発等の目指す方向と在り方を分野横断的な観点から示すものであること。
- ②原子力委員会及び関連する政府組織がその責務を果たす上でのよりどころとなるものであり、そのために必要な程度の具体性を確保しつつ施策の在り方を記述するものであること。
- ③政府の「エネルギー基本計画」、「科学技術基本計画」、「地球温暖化対策計画」等を踏まえ、原子力を取り巻く幅広い視点を取り入れて、今後の長期的な方向性を示唆するものであること。

これまで原子力委員会は、原子力利用を推進する、あるいは慎重に検討する等の立場にとられずに、世の中に存在する技術である原子力と向き合い、様々な課題等について検討を進めてきた。このような観点に立ち、原子力利用の在り方、東電福島原発事故及びその影響、福島の復興・再生に関すること、原子力を取り巻く環境等について、有識者から広範に意見を聴取するとともに、意見交換を行ってきた。これらの活動等を通じて国民の不安の払しょくに努め、信頼を得られるよう検討を進めてきたところであり、その中で様々な価値観や立場からの幅広い意見があったことを真摯に受け止めつつ、今般、「原子力利用に関する基本的考え方」を策定することとしたとのことである。

2016(平成28)年度版原子力白書の第2章では考慮すべき原子力を取り巻く環境変化について確認を行い、第3章では原子力関連機関に内在する本質的な課題について、原子力委員会の認識を示している。第4及び5章では、これらに基づく今後の原子力利用の基本目標を示した後、戦略的に取り組むべき重点的取組とその方向性を示している。

詳細は、原子力白書に譲るが、2016(平成28)年以降毎年発行の原子力白書の内容は福島事故以降の我が国の原子力利用の現状と課題を理解する上で参考になる。とくに以下のような事項は原子力全体を把握する上で参考になる。

- ①福島事故前後の原子力行政全体の体制変化がどのようなになったのかを図解で示している。
- ②原子力発電以外の原子力利用の経済規模が約 4 兆 3,700 億円あり、医療・医学利用が 44%、工業利用が 51%、農業利用が 5%あること。
- ③軽水炉長期利用、苛酷事故・防災、廃止措置・放射性廃棄物を 3 重点分野として原子力関係組織がそれぞれの重点分野の情報交換と作業のためのプラットフォームを形成し、全体を束ねる連携協議会を原子力委員会、電事連、電気工業会、原子力研究開発機構で構成して、各省庁と情報共有し、予算の調整等を図るといった知識基盤の形成を提起している。
- ④日本は 2018（平成 30）年末時点で国内外において管理されている我が国の分離プルトニウム総量は約 45.7 トンであった。うち、約 9.0 トンが国内保管分で、約 36.7 トンが海外保管分である（使用済み燃料の再処理を委託した英仏両国からまだ返還されずに保管されている）。原子炉等規制法上の平和利用の観点からは、核兵器不拡散条約（NPT）の下、国内全ての核物質・原子力活動について国際原子力機関（IAEA）保障措置の厳格な適用を受ける等により、我が国の原子力の平和利用を担保している。これに加えて、政策上の平和利用の観点からは、プルトニウムに関しては、「利用目的のないプルトニウムは持たない」との原則を堅持していることから、原子力委員会は我が国の保有プルトニウム総量を増やさないように注意を喚起している。（我が国のプルトニウム管理状況（2019（令和元）年 7 月 30 日）については内閣府原子力政策担当室による次の URL 参照  
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryu2019/siryu28/05.pdf>）
- ⑤これからの原子力の課題として、高度な技術と高い安全意識を持った人材の確保、使用済み核燃料の再処理・放射性廃棄物の処理処分・廃止措置、東電福島の廃炉の確実な実施、原子力人材の育成と確保が必要である。しかし、原子力を志望する学生は 1994 年をピークに減少し、近年は 750 人程度の横這いで推移している。工学系人材の原子力関連企業の合同企業説明会への参加者数や電力事業者における採用数は福島事故後減少したままである、と指摘している。
- ⑥高レベル放射性廃棄物処分については、NUMO が 2002 年 12 月から、全国の市町村を対象に「高レベル放射性廃棄物の最終処分施設の設置可能性を調査する地域」を公募しているが、最初の調査である文献調査の実施に至っていない状況である。

最終処分に関する政策の抜本的な見直しに向け、2013 年 12 月に最終処分関係閣僚会議が創設され、国が前面に立って高レベル放射性廃棄物問題の解決に取り組むための方針の検討が始まった。これを受けて、総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会の放射性廃棄物ワーキンググループによる最終処分政策の見直しの議論、地層処分技術ワーキンググループによる地層処分の技術的信頼性の再評価が実施された。これらの検討結果を踏まえ、最終処分法に基づく最終処分基本方針が改定され、2015 年 5 月に閣議決定された。主な改定点は以下のようになっている。

- 現世代の責任として、地層処分に向けた取組の推進、可逆性・回収可能性の担保。
- 最終処分実現に貢献する地域に対する敬意や感謝の念、社会利益還元の可能性を国民で共有。
- 国による科学的により適性が高いと考えられる地域の提示。
- 信頼性確保のために、原子力委員会による継続的な評価の実施等。

最終処分基本方針の改定に関して、原子力委員会は 2015 年 3 月に答申を行い、最終処分基本方針が概ね妥当であるとしつつ、最終処分基本方針に基づく取組の成果や最終処分計画等について定期的な報告を受け、意見を述べるなどの役割を果たしていくとしている。

⑦技術開発・研究開発に対する考え方として、電力自由化後の技術開発・研究開発のあり方をあげ、総括原価方式がなくなった現在、原子力発電方式は市場の需要によって決められるものであり、第 3 世代から第 4 世代へと直線的な移行が当然行われるとの認識や、一つの国際プロジェクトにコミットするあまりに長期にわたって我が国の技術開発・研究開発が柔軟性を失うことは避けるべきとしている。また、核燃料サイクル関連の技術開発・研究開発では、核燃料サイクルの実現には再処理施設を早期に稼働させ、まずは軽水炉を活用したプルサーマルの推進が現時点で最も市場の要請に合致した現実的手段であり、長期的柔軟性確保の観点から使用済燃料の中間貯蔵能力の拡大を喫緊の課題としている。

### 7. 3 エネルギー基本計画にみる原子力発電の位置づけとその実現不確定性

第 5 次エネルギー基本計画の詳細については資源エネルギー庁 URL に掲載されている。  
(第 5 次エネルギー基本計画については資源エネルギー庁による次の URL 参照  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic\\_plan/](https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/))

これによると、長期的に安定した持続的・自立的なエネルギー供給により、我が国経済社会の更なる発展と国民生活の向上、世界の持続的な発展への貢献を目指す **3E + S の原則**の下、安定的で負担が少なく、環境に適合したエネルギー需給構造を実現する、としている。そこでは「3E + S」から「より高度な 3E + S」への展開を謳っている。これからの世界の情勢変化である、①脱炭素化に向けた技術間競争の始まり、②技術の変化が増幅する地政学リスク、③国家間・企業間の競争の本格化を勘案して、S については、安全最優先 (Safety) + 技術・ガバナンス改革による安全の革新、3E については ①資源自給率 (Energy security) + 技術自給率向上/選択肢の多様化確保、②環境適合 (Environment) + 脱炭素化への挑戦、③国民負担抑制 (Economic efficiency) + 自国産業競争力の強化を目指す、としている。

2030年に向けた対応については、温室効果ガス26%削減に向けてエネルギーミックスの確実な実現を図るが現状は道半ばであり、計画的な推進、実現重視の取組、施策の深掘り・強化を図る。

2050年に向けた対応については、温室効果ガス80%削減を目指し、エネルギー転換・脱炭素化への挑戦、可能性と不確実性に対して野心的な複線シナリオをたてあらゆる選択肢を追求する。

2030年および2050年に向けて各エネルギーの主な方向を表7-1に示す。

表7-1 2030年および2050年に向けて各エネルギーの主な方向

|           | 2030年                                       | 2050年  |
|-----------|---|--|
| 再生可能エネルギー | ・主力電源化への布石 ・低コスト化,系統制約の克服,火力調整力の確保          | ・経済的に自立し脱炭素化した主力電源化を目指す ・水素/蓄電/デジタル技術開発に着手               |
| 原子力       | ・依存度を可能な限り低減 ・不断の安全性向上と再稼働                  | ・脱炭素化の選択肢 ・安全炉追求/バックエンド技術開発に着手                           |
| 化石燃料      | ・化石燃料等の自主開発の促進 ・高効率な火力発電の有効活用 ・災害リスク等への対応強化 | ・過渡期は主力、資源外交を強化 ・ガス利用へのシフト、非効率石炭フェードアウト ・脱炭素化に向けて水素開発に着手 |
| 省エネ       | ・徹底的な省エネの継続 ・省エネ法と支援策の一体実施                  | 熱・輸送、分散型エネルギー ・水素・蓄電等による脱炭素化への挑戦 ・分散型エネルギーシステムと地域開発      |
| その他       | 水素/蓄電/分散型エネルギーの推進                           | (次世代再エネ・蓄電、EV、マイクログリッド等の組合せ)                             |

第5次エネルギー基本計画の、2030年エネルギーミックスへの過去、現在、未来の政策目標の対比を表7-2に示す。

表7-2 2030年エネルギーミックスへの過去現在未来の政策目標の対比

| 年度       |                                  | 2010年度<br>(震災前)        | 2013年度<br>(震災後)               | 2018年度                        | 2030年度(エネ<br>ルギーミックス)                 |
|----------|----------------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 政策<br>目標 | エネルギー起源炭酸ガ<br>ス排出量<br>(GHG 総排出量) | 11.4 億トン<br>(13.1 億トン) | 12.4 億トン<br>(14.1 億トン)        | 10.6 億トン<br>(12.4 億トン)        | 9.3 億トン<br>(10.4 億トン)                 |
|          | 電力コスト<br>(燃料費+FIT 買取費)           | 5.0 兆円<br>(5.0 兆円+0)   | 9.7 兆円<br>(9.2 兆円+0.5 兆<br>円) | 8.5 兆円<br>(5.7 兆円+2.8 兆<br>円) | 9.2~9.5 兆円<br>(5.3 兆円<br>+3.7~4.0 兆円) |
|          | エネルギー自給率<br>(1次エネルギー全体)          | 20%                    | 7%                            | 12%                           | 24%                                   |
| 取組<br>指標 | ゼロエミッション電源<br>比率(再エネ+原子力)        | 35%<br>(9%+25%)        | 12%<br>(11%+1%)               | 23%<br>(17%+6%)               | 44%<br>(22~24%<br>+22~20%)            |
|          | 省エネ(原油換算最終<br>エネルギー消費)           | 3.8 億kl                | 3.6 億kl                       | 3.4 億kl                       | 3.3 億kl                               |

第5次エネルギー基本計画での原子力の記述に限定すると、原子力への依存度をできるだけ減らすが、脱炭素化への重要なオプションとして位置づけされている。とくに2030年の原子力比率20-22%の達成には、2030年には3千万KWe前後の原発稼働が必要である。その根拠は再稼働申請中の原発26基が総て再稼働することを前提にしている。しかし現在の原発の再稼働状況ではPWR原発9基だけであり、この達成は再稼働をもっと加速しない限り目標達成は困難である。また再稼働原発の運転期間をすべて60年に延長しても再稼働した原発が2040年には運転寿命に達するため、今から再稼働原発のリプレース計画や新設計画がなければ2030年以降は、原子力比率がどんどん落ちる。

第5次エネルギー基本計画では原子力比率が少なくなった分をどのようなエネルギーで代替するかを今から考えておく必要がある。そこでは火力で補うと炭酸ガス排出量が上がり、ゼロエミッション比率が下がり、燃料費が増える。再エネで補うと炭酸ガス排出量、ゼロエミッション比率は維持されるがFIT買取費が上がって電力コストが上がる。尤も量産効果で再エネのコストが下がりそれほど上がらないかもしれない。

以上のように、第5次エネルギー基本計画の達成上、原発の再稼働促進、新設ないしリプレースをどうするか、これが原子力の大変喫緊の問題である。さりながら、その実現は既に危ぶまれている。軽水炉の再稼働が進まないと、プルサーマルも進まず、従って折角稼働が

予定されている再処理工場や MOX 燃料工場の意味が問われかねない。そうすると使用済み燃料の中間貯蔵施設にまで問題が飛び火してくるだろう。

尤も、原発の再稼働が進まなくても、再エネが成長してその分を代替すればエネルギー自給率もゼロエミッション比率も問題がなくなる。しかし、原子力は放射性廃棄物の処理処分問題を長い将来にわたって残すことになる。これは脱原発になっても依然として残る原子力の遺産である。

## 7. 4 具体的展望なき新型炉と核燃料サイクル技術の研究開発計画

### 7. 4. 1 概況

我が国の原子力研究開発の究極目標は、従来は高速炉—再処理を中心に核燃料サイクル技術を確認してウラン—プルトニウム資源による自己完結、エネルギー自給を達成することにあった。だが福島事故を経て 9 年余、軽水炉発電所の再稼働の遅滞とプルサーマルの遅れ、もんじゅの廃炉、遠く高速炉実証炉開発等を見ると、青森県では 2023 年六ヶ所村再処理工場の運転開始、MOX 燃料工場の運転開始等の核燃料サイクル技術の進展はあるが、どこまで核燃料サイクル技術の将来展望があるのだろうか？まして福島事故後、にわかに増えた老朽軽水炉の廃炉措置に伴う放射性廃棄物処理処分の増大がありながら、HLW だけでなく、使用済み燃料の中間貯蔵も含めて放射性廃棄物処分の用地問題の全体見通しが立っているとは言い難い。廃棄物処理処分問題はすでに第 6 章に述べたので、以下本節では新型軽水炉、高速炉と核燃料サイクル技術の動向を述べる。

### 7. 4. 2 新型軽水炉の方向

日本では 20 世紀末に実用化された第 3 世代軽水炉の ABWR や APWR に続く、次の第 3.5 世代である新型軽水炉構想についてはどのようなものだったか？それは福島事故の年の日本原子力学会誌に紹介されている（笠井滋・遠山眞・守屋公三明・飯倉隆彦（2011））。

同解説によると、2030 年前後に見込まれる既設軽水炉原発の代替炉建設需要の本格化を見込んで 2008 年度から海外市場も視野に入れた国際競争力のある次世代軽水炉の開発を官民一体で進め、2015 年までに基本設計を終えるべく概念設計、要素技術の開発および試験を進めている、としていた。具体的には、ABWR および APWR をベースにその改良型という意味で HP (High Performance) を冠した名称 (HP-ABWR/HP-APWR) にして、その基本条件、安全性、経済性、社会的受容性、運営・運転・保守、国際標準についての開発目標を、表 7-3 に示すように設定している。

表 7-3 次世代軽水炉の開発目標

| 項目       | 主な条件  |
|----------|---|
| 基本条件     | 電気出力 170-180万KW ただしこの大型出力設計と共通技術を採用した標準化効果を維持した電気出力80-100KWの要請にも対応できること   |
| 安全性      | 炉心損傷頻度 CDF < 10 <sup>-5</sup> /炉・年<br>格納容器機能喪失頻度 CFF < 10 <sup>-6</sup> /炉・年<br>苛酷事故対策を設計上考慮  |
| 経済性      | 建設単価：約13万円/KW（成熟後）<br>建設期間：30か月以下（岩盤検査～運転開始）かつ工期が順守されること<br>時間稼働率：97%（寿命平均）、24か月運転<br>設計寿命：80年<br>発電コストが他電源に対し競争力を有すること   |
| 社会的受容性   | 事故時退避を要する確率：短期的避難 ≤ 10 <sup>-6</sup> /炉・年、長期的移住 ≤ 10 <sup>-7</sup> /炉・年<br>地震・津波：残余のリスクに対する裕度を確保<br>航空機落下、テロ、サボタージュ：欧米の航空機落下とサボタージュ対策に対応可能なこと<br>従業員安全：個人線量 ≤ 5mSv/年、年度線量 ≤ 0.1人・Sv/炉・年 |
| 運営・運転・保守 | 保守物量：現行プラントの50%削減、保守性向上、保守負荷の平準化<br>炉心設計：取り出し平均燃焼度70Gwd/t、全炉心MOXに対応可<br>新技術はプラント導入時までには十分な成熟度を有すること   |
| 国際標準     | 米国及び欧州の許認可、規格基準に十分対応可能なこと<br>立地条件によらない標準設計  |

これを見ると福島事故以前のことながら、地震、津波、シビアアクシデント、テロ対策等、福島事故後の新規制基準にも十分対応する設計目標になっていた。

しかし我が国では福島事故により、このような次世代軽水炉の開発どころではなくなった。一方、当時の世界的な動向では受動安全機能を大幅に取り入れて安全性を向上させた米国ウエスティングハウス社の AP1000 やそれを考慮しつつ大型出力化を目指したフランスの EPR、韓国の APR1400 が当時の原子カルネッサンスを反映して着実に開発が進み、プラント建設にも着手していた。

福島事故前後から、日本の原子力メーカは、米仏メーカとの関係で海外輸出商戦に積極的に乗り出していた。その実例として、東芝は米国ウエスティングハウス社の買収により AP1000、三菱はフランスのアレバ社との合弁で ATOMEA、日立は GE との合弁による米国/欧州型 ABWR 等であった。だが、それらは福島事故後の国際商戦でいずれも苦戦して結局どれも実らなかった（ABWR は台湾では建設された）。

原子力カルネッサンスで新規原発建設が活発化しようとした米国では、その後メキシコ湾でのシェールオイルの発見で原発新設には慎重になり、今も建設途上の AP1000 の後は、Nu Scale 社による SMR (Small Modular Reactor) に関心が集まっている。そこで日本国内の原発推進派は、現在の軽水炉が一斉に廃止措置を迎える 2030 年代からの後継原発としてこの SMR 導入に着目して調査を開始するとともに政府、エネルギー資源庁に運動しているようである。

### 7. 4. 3 SMR について

世界的にはこのような SMR (Small Modular Reactor) と呼ばれる出力 30 万キロワット以下の小型原子炉の開発が注目を集めている。米国では、エネルギー省 (DOE) が官民折半による SMR 開発支援計画を 2012 年からスタートしており、Nu Scale 社による SMR が脚光を浴びている。また中国は独自に開発した小型モジュール式 PWR の安全性を IAEA の一般原子炉安全レビュー (GRSR) にかけると発表している。

韓国では自主開発の SMR である SMART (System-integrated Modular Advanced Reactor) 2 基の建設・試運用と第 3 国への共同輸出を推進する覚書をサウジアラビアと締結した。SMART は、発電・海水淡水化装置の一体型 PWR であり、発電と同時に 4 万トンの海水を淡水化でき、1 基で 10 万人の都市に「電力と水」を供給できるとされる。またロシアでも原子力砕氷船に搭載された小型炉を転用し、僻地向けに中・小型の浮揚式熱電併給プラントの開発を積極的に進め、就航させている。

SMR は、そのほとんどを工場で組み上げることにより品質の向上と工期の短縮ができ、低コスト化が図れるとされている。また安全性の面では原子炉出力が小さいことから冷却機能喪失時に自然冷却による炉心冷却が可能なことに加え、重力による冷却水の注水など受動的機器の採用により安全性が強化されている。更にいくつかの SMR においては燃料交換無しに数十年運転可能としており、核物質の取扱い・輸送を最小限にすることができることから、核セキュリティ・核不拡散の観点からも優れているという。その他、出力が小さいことから大規模なインフラ整備が不要であり、需要規模の小さい地域や未開発地、寒冷地、僻地、離島などでの利用に適しており、エネルギー需要の増加に合わせてモジュールを追加することも可能とされている。

更には高温の排熱を利用し水素製造も可能な設計を目指しているプラントもある。SMR は出力が小さいことから初期投資額は小さいものの、スケールメリットの観点から発電コストは大型原子炉に比べると高くなるため、経済性においては不利な点は否めない。しかし天然ガスや石油火力と比較すると十分競争力があるとされており、将来的に標準化・量産化により発電コストの低減も可能と期待されている。

#### 7. 4. 4 高速炉の開発

世界の高速炉技術の解説書 (Alan Walters, Donald R. Todd and Paul V. Tsvetkov, 2012) が福島事故後の 2012 年に発行され、その日本語翻訳版 (高木直行 (2016)) が 2016 年に出版されている。これによると最近の高速炉設計では、自然循環冷却などの固有の安全機能を採用して炉心溶融を起こさないようにする高速炉概念が発表されている (高木直行 (2016) 第 15 章 炉停止失敗事象 455-466 頁)。またシビアアクシデントに対する深層防護概念にそった安全設計と評価法の体系化も進んでいる (高木直行 (2016) 第 16 章 シビアアクシデントと格納容器の検討 469-491 頁)。

我が国ではもじゅに続く高速炉実証炉計画は、福島事故以前から民間主導で取り組まれていた。その実証炉 JSFR の設計についても上記の参考文献には付録で解説している (高木直行 (2016) 付録 C ループ形ナトリウム炉 (日本) 577-593 頁)。高速炉の研究では、液体ナトリウムを冷却材にするもの以外に、ヘリウムガス冷却高速炉 (高木直行 (2016) 第 17 章 ガス冷却高速炉 495-518 頁) や、鉛・ビスマス冷却高速炉 (高木直行 (2016) 第 18 章 鉛冷却高速炉 519-538 頁) がある。

第 4 世代の原子炉とは、現在の軽水炉等に続く次世代の原子炉を言い、今後の世界のエネルギー需要に対応するため、安全性・信頼性、経済性、持続可能性、核拡散抵抗性等を総合して他のエネルギー源に対して十分な優位性を備えた原子力システムの創出を志向している。第 4 世代原子力システム国際フォーラム (GIF: Generation IV international Forum) では第 4 世代原子炉が備えるべき開発目標と設計仕様の例を表 7-4 のように設定している。

表 7-4 第 4 世代原子炉が備えるべき開発目標と設計仕様の例

| 開発目標    |              | 設計仕様の例                                       |
|---------|--------------|--|
| 安全性・信頼性 | 安全・高信頼な運転    | 通常運転時における高い安全性・信頼性                           |
|         | 炉心損傷の防止      | 事故頻度の最小化、事故時でも炉心損傷を発生させない設計                  |
|         | 施設外の緊急時対応が不要 | 放射性物質放出の可能性・量を最小化するようにシビアアクシデントの制御、緩和ができる安全系 |
| 経済性     | ライフサイクルコスト   | 革新技術・材料によるコンパクトなプラントの追求、高燃焼度、高稼働率            |
| 持続可能性   | 放射性廃棄物最小化    | マイナアクチノイド燃焼、長寿命 FP 蓄積防止                      |
|         | 高い燃料利用率      | マイナアクチノイド燃焼によるウラン資源有効利用 (軽水炉から高速炉サイクルへ)      |
| 核拡散抵抗性  | 核不拡散         | 核物質拡散や制度悪用に対する制度的、御術的対策                      |
|         | 核物質防護        | IAEA 指針・法規、サイクル概念に適した防護システムの採用               |

そしてこれらの目標に適合しうる概念として、次の表7-5に示すような6つの次世代原子炉の候補を選定して2030年代の実用化を目標にしている。

表7-5 次世代原子炉の6つの候補

| 原子炉名       | 英文名(略称)                                    | 中性子スペクトル | 冷却材   | 出口温度 °C   | 電気出力 MWe  |
|------------|--|----------|-------|-----------|-----------|
| ナトリウム冷却高速炉 | Sodium-cooled Fast Reactor (SFR)           | 高速       | Na    | 500-550   | 50-1,500  |
| 鉛冷却高速炉     | Lead-cooled Fast Reactor (LFR)             | 高速       | Pb    | 480-570   | 20-1,200  |
| ガス冷却高速炉    | Gas-cooled Fast Reactor (GFR)              | 高速       | He    | 850       | 1,200     |
| 溶融塩炉       | Molten Salt Reactor (MSR)                  | 熱/高速     | フッ化物塩 | 700-800   | 1,000     |
| 超臨界圧水冷却炉   | Super-critical Water-cooled Reactor (SCWR) | 熱/高速     | 水     | 510-625   | 300-1,500 |
| 超高温ガス炉     | Very High Temperature Reactor (VHTR)       | 熱        | He    | 900-1,000 | 250-300   |

6つの GIF の中では高速炉は、ナトリウム冷却高速炉 (SFR)、鉛冷却高速炉 (LFR)、ガス冷却高速炉 (GFR) と3つがその候補となっている (佐賀山豊・安藤将人 (2018))。

#### 7. 4. 5 使用済み核燃料の分離変換技術に関わる基礎知識

使用済み核燃料に生成されるマイナーアクチノイドの消滅をはかるために、高速炉を用いる新たな研究が日本をはじめ世界各国で取り組まれている。その理由は次の通りである。

軽水炉の使用済み核燃料をそのまま地層処分する場合、放射能レベルが天然ウランの放射能レベルに減衰するのに10万年、使用済み核燃料を再処理して残った高レベル放射性廃棄物をガラス固化体にする場合でも1万年かかる。これは使用済み核燃料に残る極めて超長寿命のマイナーアクチノイドの存在のためである (それ以外に長寿命の核分裂生成物もある)。

このマイナーアクチノイドを何らかの手段で消滅させることによって300年程度に短縮できる技術として、分離変換技術の研究が進められ、そこでは高速炉の利用が有望視されている。それには高速炉を用いる核変換システムと加速器駆動システム (Accelerator-driven System; ADS) を用いる核変換システムの2つがあり、これらの解説は (「放射性廃棄物の分

「分離変換」研究専門委員会（2016）に詳しい。以下、使用済み核燃料の分離変換技術に関わる基礎知識を簡単に説明する。

### （1）新燃料と使用済み燃料

普通“使用済み”と聞けば、もう役に立たず捨てるだけだろうと思うが、“使用済み”核燃料はそれほど簡単でない。それを説明する前に、使用前の核燃料について述べるが、これは“新燃料”という言葉を使う。

新燃料に含まれていた核燃料物質が原子炉の運転による“燃焼”（持続的核反応の継続）によって、使用済み核燃料は元の新燃料の同位体構成とは異なったものとなる。アクチノイドとは、原子番号 89 から 103 までの 15 元素(Ac、Th、Pa、U、Np、Pu、Am、Cm、Bk、Cf、Es、Fm、Md、No、Lr)をいう。使用済み核燃料中に含まれるアクチノイドのうち、存在量が多く主要な U と Pu はメジャーアクチノイドと呼び、存在量が少ない Np、Am および Cm はマイナーアクチノイド (Minor Actinide; MA) と呼ばれる。

### （2）マイナーアクチノイドの消滅とは

さてマイナーアクチノイド MA の消滅とはどういう意味か？簡単にいえば使用済み燃料中の MA は放射能レベルが高く、またなかなか減衰しないので、“何らかの方法で MA を消滅”させて使用済み燃料の放射能レベルを下げ、その減衰も早くしてやれば HLW 問題も楽になる、ということである。

### （3）分離変換技術とは

分離変換技術とは、高レベル放射性廃棄物または使用済み燃料に含まれる種々の核種をいくつかのグループまたは元素に分離し、長寿命核種を短寿命核種ないし安定核種に核変換して、放射性廃棄物の処分の軽減を目指すものである。そもそも原子炉で一定の燃焼度まで運転して取り出した使用済み燃料は、そのまま地層処分(直接処分)して天然ウランと同等の放射能レベルに減衰するのに 10 万年を要する。

第 1 章の図 1-2 に説明した核燃料サイクルの図で示した再処理工場では、この使用済み燃料を化学処理によって燃料として再利用できるウランとプルトニウム（これらはメジャーアクチノイドと呼ぶ）と再利用できない成分である核分裂生成物(Fission Product: FP)とマイナーアクチノイド(Minor Actinoid: MA) とに分離して、再利用できない成分を一緒くたにガラス固化体になっている。このガラス固化体は発熱が高く、放射能がなかなか減衰しないが、天然ウランのレベルに放射能が減衰するには使用済み燃料の直接処分より短くなって約 1 万年である。これでも無害の天然ウランの放射能レベルに減衰するのに気が遠くなるほどの年月が掛かるのである。

これをさらに何とか早く放射能を減衰させようというのが、ここでの第 2 段目の分離変換技術の狙いである。それにはまず FP 中で発熱が高いが減衰は比較的早い FP として  $^{137}\text{Cs}$

(半減期 30.08 年) と  $^{90}\text{Sr}$  (28.79 年) をまず分離し回収する。残りの長寿命核種の FP と MA を核変換により短寿命核種ないし安定核種にできれば残りの廃棄物は数百年程度で放射能レベルが減衰し、放射性廃棄物の処分有害度の低減が図れる。残りの FP と MA を核変換する方法として、高速炉を用いる核変換システムと加速器駆動システム (Accelerator-Driven System: ADS) を用いる核変換システムとが有望視されている。

高速炉を用いる核変換システムでは、高速炉の炉心に MA の入った燃料を分散配置するものである。一方、加速器駆動システム ADS を用いる核変換システムでは、FP と MA の入った燃料体で未臨界の高速炉体系を構成し、その中心部にタングステンを置いて外側を液体ナトリウムで冷却する。そして加速器で高速化した陽子線を原子炉に導きタングステンに衝突させて核破砕で生成した沢山の中性子によって原子炉内の FP と MA を短寿命核種や安定核種に変換させるというものである。ADS で一定時間運転した後の燃料体中の FP や MA は核反応で短寿命核種や安定核種になっているのでガラス固化体より発熱も低く、放射能の減衰も早くなる。対象となる長寿命核種とその親物質は、 $^{237}\text{Np}$ (半減期 214.4 万年)、 $^{241}\text{Am}$ (半減期 432.6 年)、 $^{243}\text{Am}$ (半減期 7370 年)、 $^{244}\text{Cm}$ (半減期 18.11 年) のような MA 核種と、 $^{99}\text{Tc}$ (半減期 21.11 万年)、 $^{129}\text{I}$ (半減期 1570 万年)、 $^{135}\text{Cs}$ (半減期 230 万年)、 $^{93}\text{Zr}$ (半減期 161 万年)、 $^{107}\text{Pd}$ (半減期 650 万年)、 $^{79}\text{Se}$ (半減期 29.5 万年) などの FP 核種である。

#### 7. 4. 6 高速原型炉もんじゅの挫折

既に第 3 章 3. 3. 4 に述べたように、高速原型炉もんじゅはナトリウム漏れ事故以降の運転再開までに紆余曲折があり、福島事故前年の 2010 年にやっと運転再開するもすぐに別のトラブルで停止。とうとう 2016 年 12 月廃炉決定に至った(詳細な経過は後述)。

もんじゅと同時期に同じ規模、同じループ型構成の高速炉原型炉として開発が進められていた米国 CRBR 炉および西ドイツ SNR300 炉も結局双方とも建設段階でプロジェクトは中断され、挫折している(CRBR は 1983 年キャンセル、SNR300 は 1990 年キャンセル)。これらに比較すると、もんじゅは合計 250 日という短期間であったが曲がりなりにも実際に発電するまで運転は経験し、その過程で得たいくつかの失敗による教訓も含めて貴重な財産が得られたといえよう。もんじゅ廃炉に至るまでの歴史的経過を表 7-6 にまとめる。

表7-6 もんじゅ廃炉に至るまでの経過

| 年月                | 事項  | 備考  |
|-------------------|---|---|
| 昭和58年5月           | 設置許可  |   |
| 1994(平成6)年4月      | 初臨界   |   |
| 1995(平成7)年12月     | 40%出力試験中に2次系ナトリウム漏えい事故  | 初臨界から205日運転                                     |
| 2010(平成22)年5月     | 試運転再開   | 5月8日臨界  |
| 2010(平成22)年8月     | 炉内中継装置の落下トラブル発生   | 運転再開から45日運転                                     |
| 2012(平成24)年11月    | 日本原子力研究開発機構が約9000点の機器点検漏れを原子力規制委員会に報告   |   |
| 平成24年12月          | 原子力規制委員会より日本原子力研究開発機構に保安措置命令  | 1回目   |
| 2013(平成25)年5月     | 原子力規制委員会より日本原子力研究開発機構に運転再開準備の停止を含む保安措置命令  | 2回目   |
| 平成27年11月          | 原子力規制委員会より文部科学大臣に対し勧告発出   |   |
| 平成27年12月22日       | 文部科学省はもんじゅの在り方検討会設置   | 委員長 有馬朗人元文部大臣<br>平成28年5月報告書提出                   |
| 2016(平成28)年9月21日  | 第5回原子力関係閣僚会議にて「今後の高速炉開発の進め方について」決定  | 高速炉開発の司令塔機能を担う高速炉開発会議を発足                        |
| 2016(平成28)年12月21日 | 第6回原子力関係閣僚会議にて「もんじゅ方針*」決定   | 原子炉として運転再開せず<br>廃止措置に移行と決定                      |
| 2016(平成28)年12月28日 | 原子力規制委員会勧告に対し部科学大臣より回答発出  | 機構に廃止措置計画の体制を発足、速やかに燃料を炉心から抜き取る廃止措置に規制委員会の協力を要請 |
| 2017(平成29)年6月     | もんじゅの廃止措置に関する政府の基本方針をもんじゅ関連協議会において福井県知事、敦賀市長に説明                                     |   |
| 2017(平成29)年11月    | もんじゅ関連協議会において政府より廃止措置に係る工程および実施体制、地域振興策などを説明  |   |
| 2017(平成29)年12月    | 日本原子力研究開発機構が福井県および敦賀市の間で安全協定を改訂し、廃止措置協定を締結<br>日本原子力研究開発機構が原子力規制委員会にもんじゅの廃止措置計画の認可申請 |   |
| 2018(平成30)年3月     | もんじゅ廃止措置計画が原子力規制委員会により認可  |   |
| 2018(平成30)年8月     | 炉外燃料貯蔵槽からの燃料体取り出し開始   |   |
| 2019(令和元年)年9月     | 原子炉容器からの燃料体取り出し作業開始   |   |

もんじゅの廃炉が決まった背景には、福島事故以前から旧原子力安全・保安院に指摘されていたプラント保守点検の品質保証活動の不備が背景になっている。原子力規制委員会発足後ももんじゅはたびたび保全管理上の問題を起こし、原子力規制委員会からもんじゅの運転管理を日本原子力研究開発機構から他の運営主体に委ねるか、さもなければ、原子炉のリスクを低減する方策に改めるようにその監督官庁たる文部科学省に検討することを勧告された。原子力規制委員会のもんじゅの運営主体見直しの勧告が公表されるや電力事業連合会（電事連）会長は電力業界がもんじゅの運営主体になることを拒否する声明を発表した。

原子力規制委員会による文部科学大臣へのもんじゅ運営主体の見直し勧告を受けて文科省において行われた有馬朗人元文部科学大臣を委員長とする有識者検討会では、経済産業省エネルギー資源庁からの委員参画はなく、また、原子力産業協会からの委員は電力事業界がもんじゅ運営の主体になることは議論しない、と釘をさした。

こういった制約から有識者検討会の審議は、文部科学省内に留まるもんじゅの代替運営主体の条件提起に留まった（文部科学省（2016））。その中では、もんじゅのマネジメントについて以下の問題点を指摘している。①拙速な保全プログラムの導入、②脆弱な保全実施体制、③情報収集力・技術力・保守管理業務に係る全体管理能力の不足、④長期停止の影響、⑤人材育成に係る問題、⑥社会的要請の変化への適応力の不足、⑦原子力機構の運営上の問題、⑧監督官庁等との関係のあり方。そして答申ではもんじゅの運営主体が備えるべき要件として、運転・保守管理の適切な実施を組織全体の目標として位置付けたうえで、次の5つの要件を具備する組織であることが必要とした。①研究開発段階炉の特性を踏まえた保全計画の策定および遂行能力、②現場が自律的に発電プラントとしての保守管理等を実施するための体制、③実用発電炉に係るものを含めた有益な情報の収集・活用体制、④原子力機構により培われた技術の確実な継承と更なる高度化、⑤社会の関心・要請を的確に運営に反映できる強力なガバナンス。

この結果、文部科学省は政府内のもんじゅ関係閣僚会議に方針決定をゆだねた。世耕経産大臣を議長とする原子力関係閣僚会議では、そのような要件を備えたもんじゅの運営主体が見つからなかったこと、もんじゅを継続してさらに新規制基準に沿って設備改善し、審査に合格して運転再開に要するまでに要する年月とその予算額見積もり、もんじゅ運転再開により得られる成果を勘案して、もんじゅは廃止措置とし、もんじゅによって原型炉の運転経験は得られたので、原型炉をへずに国際協力により高速炉の実証炉建設の道を探る、地元配慮して敦賀に高速炉研究の芽は継続する、という政治判断を行った。（原子力関係閣僚会議（2016））

このように政府はもんじゅ廃炉の方針を下した。日本原子力研究開発機構ではもんじゅ廃炉措置計画を立てて規制委員会に申請。これが規制委員会に認められて、もんじゅの廃炉措置計画はすでに始まっている。（「もんじゅ」廃炉計画と「核燃料サイクル」のこれからについては資源エネルギー庁による次の URL 参照

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/monju.html>

#### 7. 4. 7 もんじゅ廃炉に至った政府判断への原子力学会誌等にもみる批判

このようなもんじゅ廃炉に至ったことに対して、当時の日本原子力学会誌には多くの批判的記事が掲載されている。時期的には政府によるもんじゅ廃止措置決定時期の2016年12月号が第一段階で、次いで原子力研究開発機構において廃止措置が開始された時期の2019年1月号にも第二段階があるが、それ以外の巻号にもこの関連の記事が散見されるから原子力界には大きなショックだったのであろう。また、日本原子力学会誌ではないが、批判の中には規制委員会委員長だった田中俊一氏の退任後の発言（田中俊一、日本の原発はこのまま「消滅」へ、選択、URL <https://www.sentaku.co.jp/articles/view/19472>）に対して、元原子力規制委員長という立場をわきまえていないと石井 正則氏が非難している。（石井 正則、田中前原子力規制委員長の不適切見解『原発は「消滅」』に反論、GEPR, URL <http://www.gepr.org/ja/contents/20191207-01/>）。

日本原子力学会誌2016年12月号ではもんじゅを特集号のテーマにとりあげ（日本原子力学会誌（2016））、さらに2019年1月号では核燃料サイクルの特集号としてももんじゅ問題を再度取り上げている（日本原子力学会誌（2019））。

これらの関連記事は、巻頭言、時論、座談会形式と特集号への寄稿記事に分類され、座談会参加者や記事の寄稿者は、元政府原子力機関経歴者、地元関係者、動燃OB、新聞記者、大学原子力関係者、核燃関係者等極めて多数である。2016年12月号では、この号全体が学会としての見解に始まり、様々な意見の寄稿で埋め尽くされているので、この部分を筆者にて主な立場と意見を整理して付録に紹介する。付録の構成は次のようなもので、興味のある読者はご覧いただきたい。

- (1)学会としての見解（2016年9月23日公表）
- (2)原子力学会の見解への異議
- (3)地元の敦賀市民の声
- (4)かつて高速炉もんじゅの研究開発や安全規制、原子力政策に関わった有識者の意見
- (5)もんじゅ運転に実際に関わったOBの意見
- (6)報道記者の意見
- (7)原子力は専門でないエネルギー環境政策問題の有識者たちの意見
- (8)高速炉そのものではないが核燃料サイクル事業の運営に関わったOBの意見

日本原子力学会2016年12月号でのもんじゅ特集号に寄稿された関係者の代表的意見は付録に記載した。ここで批判的意見の矛先になった規制委員会の文部科学省への勧告について本章の筆者のコメントを以下に述べる。

高速炉を含めた新型炉の研究開発では、誰がどのようにそれを担うにせよ、単に設備というハードウェア面だけでなく、設備全般を運転管理するためのソフトウェアのあり方も事前に検討しておくことが、プロジェクトを円滑に達成するために必要である。原子力規制委

員会が、もんじゅについて運転保守管理のあり方を問題にしたのはその意味では妥当だが、さらに踏み込んで適切な運営主体に交替することを監督官庁の文科省に勧告したのは驚きであった。原子力規制委員会の勧告の背景には、1990年代から高速炉の実証炉の研究開発は電力会社と原子力メーカの民間主体で行うこととして FACT プロジェクトという名称で1999年から取り組んでおり JSFR という実証炉の設計研究を進める一方、もんじゅ運転には電力界から運転要員の派遣および資金的な援助も行っていたから、この勧告を機に高速炉開発導入を国策民営の実をあげて一層加速するために、もんじゅの運営主体として日本原子力研究機構から民間電力がより一層かかわりを深めて取り組むのがふさわしいのではないかと原子力規制委員会は考えたのでないか？しかし、電力事業連合会は、原子力規制委員会の勧告がでるや即刻もんじゅの運営主体への関与を否定した。

また、原子力規制委員会は、JAEA に替る適当な運営主体が見出されない場合には、もんじゅが有する安全上のリスクを明確に減少させるように、もんじゅという発電用原子炉施設のあり方を抜本的に見直すことも勧告していた。これに対して文科省側では特段検討せず、関係閣僚会議にその判断を任せた。これによってもんじゅを廃炉とし、高速炉研究開発についてはフランスによる ASTRID の研究開発プロジェクトへの参加を軸にしながら、JAEA の大洗での常陽や敦賀での高速炉研究の継続について決定された。ここでとくに ASTRID への参加に対し国内の高速炉関係者から異論が噴出した。

もんじゅの運営主体の見直しについて、本章の筆者には、原子力規制委員会は、もんじゅの再稼働申請が予想される中、旧原子力安全・保安院時代より続くもんじゅのプラントメンテナンス上の度重なる不備、トラブル続発がやまず度々の是正命令も実行されない状況のまま、原子力機構からもんじゅの再稼働申請が提出されると、原子力機構からは常陽の再稼働申請も出されるため、高速炉のシビアアクシデント対策を含めた新規制基準対応の妥当性も規制庁としては検討せねばならない。もんじゅの再稼働申請の審査では、この状況では技術的能力で“否”の判定をして再稼働申請を却下することになるから、それ以前に、もんじゅの発電炉としての運転保守上、品質保障上の適格性を著しく欠くことを取り上げてその監督官庁に、運営主体の見直しの勧告を三条委員会の権限を行使して行ったのであろう。

筆者としては、本来国策民営と言いながら、国、電力事業者の連携に問題があり、折角の国策による ATR 原型炉ふげんの開発が電力事業者による ATR 実証炉建設に繋がらず、ふげんの廃止措置の決定によってそれまでのふげん運転による発電収入とプルサーマル実施の双方を失った過ちを、今回のもんじゅ問題ではもっと深刻さを増して再び繰り返しているように見えた。

またもんじゅ廃炉後の高速炉開発については、フランスの ASTRID 開発への参画を含めた高速炉開発会議の方針には、当時まで民間による高速炉の実証炉 JSFR の設計研究が進展していたわが国の高速炉実証炉開発の方向ともかけ離れたものであり、この方針決定の裏

には、高速炉開発会議で JAEA と三菱重工の双方のトップが組んでフランスの ASTRID 開発計画に乗るように誘導した、という憶測が出されている。またフランス側の計画そのものが流動的であるからには、この方向ですんなり進むようにも思えない。だが JAEA によるもんじゅの廃止措置そのものはもう走り出している。

エネルギー基本計画そのものはエネルギー政策全体に関わるもので、その中での原子力の役割は電力供給をどれだけの比率を担うかが中心である。一方、原子力政策は我が国の原子力発電だけでなく、核融合炉を含めた原子力基礎研究や医用、材料開発その他の研究開発も包含すべきものである。だが原子力政策全体を調整してきた原子力委員会はいつしかその役割が変貌した。原子力規制委員会は、原子力の安全規制に特化した三条委員会であり、原子力の研究開発応用における安全規制だけに特化するものである。エネルギー基本計画の論議では、核燃サイクル技術全体の研究開発が中心ではない。7.2 節に述べたように 30 年後には今の軽水炉発電は寿命が来てそれ以降はどうするのか？ 原発の新設はどうするのか？ と問題は指摘できても、こういう方向で原発の新設をやりなさいと決めるころではなさそうである。いずれにしても国会、政府のどこかが国としての原子力の今後の目標と研究開発の方向、国と民間との関わり等を決めていかないとますます混乱するのではないか？

#### 7. 4. 8 もんじゅ後の高速炉計画

もんじゅ廃炉決定により不透明になった高速炉開発と、プルトニウム余剰問題を抱えながらの六ヶ所村再処理工場の運転開始という原子力の将来計画における矛盾をどうすべきか？ これも問題である。

これからの高速炉研究開発では、高速炉は核燃サイクル技術の必須技術なのでこれの開発を止めると再処理により生成されるプルトニウムの将来の大きな使用先がない。現在のところ政府はもんじゅ廃炉にきめ、プルサーマルで余剰プルトニウムは増やさないとした。そして高速炉導入時期を 50 年先延ばしし、核燃サイクル政策は堅持とのことである。だが、高速炉の研究開発については大型発電炉として実用化を目標にいたずらに実現の先延ばしを繰り返すうちに人材の枯渇により技術継承が実質できなくなるだろう。

常に研究者の世代交代と技術継承を絶やさないようにするには、むしろ現在の原子力に期待されている方向の高速炉応用に特化したらどうか？ それには 1 万年は要するといわれる高レベル放射性廃棄物を無害化するまでの放射能減衰時間を 300 年程度に短縮するためには有望な新たな高速炉応用技術の開発に研究目標を変更する等、社会的により有益な方向に転換したらどうか？ それには一つは MA 専焼炉でもう一つは ADS である。それには不毛に終わった過去の国策民営路線を清算して日本原子力機構の茨城地区常陽施設や敦賀地区でのもんじゅ施設の活用を関連大学との協力により、新たな高速炉の研究開発に転換することが期待される。

## 7. 5 原子力開発に協力してきた地元の望むことは何か？

原子力開発に希望を抱いた日本の原子力開発の揺籃期を振り返ってみると、全国どこでも原子力施設に賛同していたわけではなかったことは、京大原子炉が立地で難渋したことでわかる。

1956（昭和31）年11月30日湯川秀樹教授を委員長として大学の共同利用研究所として関西研究用原子炉設置準備委員会が発足。設置場所は当初想定していた宇治の火薬庫跡から二転三転し、結局大阪府熊取町に立つことに決まり、建設開始は1962（昭和37）年、1963（昭和38）年4月京大原子炉実験所が正式に発足している。そのときの住民の反対運動は京都・大阪・宇治・神戸と関西一帯に広がった。万一原子炉が事故を起こすと放射性物質が淀川に流れ込み流域の上水道を汚染するというのが大きな反対理由だった。1959（昭和34）年から京大で準備委員長を務めて熊取立地を取りまとめ、初代原子炉実験所長となった故木村毅一氏（木村磐根氏の実父）は、大学研究者は一般の人達の細やかな心理状態が十分分からなかったことや、日本が原子爆弾を受けているので、反対運動は理解できたと、父は記していると書いている。（木村磐根（2018））

原子力に夢をいだいた時代の当時、大学の研究用原子炉設置に対してさえ一般市民の原子力への恐怖はこのとおりであったのだから、50基もの原発の立地を引き受けたそれぞれの地元では原子力施設誘致に決断に至るまでそれぞれ大層な不安の思いであったろう。それぞれの原子力事業者は地元との共生に気を使ってきたが、地元が受け入れる前提は原子力施設が安全であること、不安な思いをしなくてよいことが最も大事なことだった。地元には様々な形で補助金が入り、原子力事業関係で地元の人が働く職場が増え、人の往来が増えてビジネス拡大に繋がる。これが原子力を誘致するメリットだった。これは地元にとってどんな種類の工場立地でも共通のことである。

福島原子力事故は、地元の福島県にとって原子力への信頼を完全に裏切った。福島県には東電の福島第1発電所と福島第2発電所が20km離れて立地している。地震・津波でメルtdown事故を起こしたのは福島第1発電所の6基のうちの3基であり、福島第2発電所の4基は事故を免れた。

原発が事故を起こすと地元にとってどういう事態をもたらすか？この9年余の福島の被災者たちの生活状況を見てのとおりである。そして福島県は事故を起こした福島第2発電所だけでなく福島第2発電所もすべて廃炉を望んだ。勿論福島事故でその年東京では原発反対のデモが盛り上がり、全国原発立地県でも原発反対デモがあったのではないかと思うが、事故当時の民主党政権時代には原子力規制改革と原子力規制委員会の発足、新規制基準の公表とつながるうちに、民主党から自民党に政権が変り、自民党の安倍政権は再稼働の条件として新規制基準審査に合格し、地元の了承が得られた原発を政府として認めるという形にした。その後事業者の新規制基準への相次ぐ再稼働申請があって原子力規制庁による

長い審査を経て再稼働する原発も9基になった。これらはすべて西日本にある PWR である。BWR の4基は規制庁審査では合格になったが、地元の再稼働了解には至っていない。これに対して原子力推進派には国が運転を認可した原発を地元が運転を差し止める権限はないと非難する向きもある。

福島事故のような事故が仮にドイツで起こっていれば、当然ドイツでは即刻全国いたるところで反原発デモが発生し、政府はたちどころに全原発を閉鎖、すべて廃止措置にしたと私は思うが、日本ではそのようにならなかった。それでも日本でも福島事故後世論の大勢は原発賛成から長い目で脱原発に転じた。だが日本では政治の場でドイツのような明確な脱原発への転換はない。反原発派は従来通り司法の場で再稼働原発に対して運転差し止めの訴訟を起し、いくつかの訴訟で仮執行運転停止を得ている。これに対して原子力推進派には国が運転を認可した原発に対して運転を差し止める訴訟を裁判所に起こせないような仕組みを作れないかと模索していると聞く。

さて話を依然変わらない原発を巡っての二項対立の姿から、これまで原子力に協力してきた立地地域の希望していることに話を移す。原子力事業者と原子力を誘致した地元の共生意識は強く、経済依存度も高くなっている。それでも福島事故は全国のどの立地地域でも、原子力界に対する信頼感を揺るがす事態だった。それでも福島から距離が離れた地域では、原子力施設が稼働しないと地元の経済が回らない。これも原子力と共生を選んだところの宿命である。

いずれにせよ全国の立地地域では、もともと立地地域は、国や自治体と事業者たちとの信頼関係に基づいて原子力推進に協力してきたことから、おのがまちの原子力施設の再稼働が一向に進まないなら信頼関係は損なわれる重大な事態に発展する、と一致して以下のような行動指針を出している。これは一般社団法人原子力国民会議が2018年10月末に主催した「全国立地地域全国大会」で満場一致で採択した声明とのことである。(種市治雄(2019))

- ①新規制基準適合性審査の効率化
- ②原子力発電所の早期再稼働と長寿命化の促進
- ③プルトニウム利用の促進と核燃料サイクルの政策の堅持
- ④立地地域における地域振興策の強化
- ⑤エネルギー・環境教育とリテラシーの向上
- ⑥原子力人材の育成と強化

種市治雄氏は青森県六ヶ所村商工会会長であり、六ヶ所村核燃事業の立場からバックエンドすなわち高レベル廃棄物処分場の決定が遅れば遅れるほど青森県にとって全国の使用済み燃料が集中して核廃棄物のたまり場になりかねないと懸念している。原発と核燃施設が集中立地する青森県は、種市治雄氏の意見のように再処理工場の運転を止めるのなら全国原発の使用済み燃料を青森に持ってくるのはお断りだけでなく、再処理工場が動いて

も高レベル廃棄物処分場が決まらないなら、再処理後の HLW ガラス固化体の保管もお断りといっている（種市治雄（2019））。本章の著者も気がつかなかったが、放射性廃棄物をいつまでも抱え込むのを忌避しているのは HLW 地層処分をどこの自治体でも引き受けたがらないのと心は同じなのである。

また同じ原子力国民会議主催「全国立地地域全国大会」に出席した元高浜町議会議長の山本富雄氏は、2020 年の新型コロナ蔓延の年福井県若狭湾地域の意見を最近の原子力国民会議創刊誌に寄せている（山本富夫（2020））。山本富夫氏は、最近明るみに出た関西電力の金銭授受問題は、電力産業界への不信感を招来した莫大な負の遺産ととらえ、その由来を考察し、これを踏まえて電力事業者・行政・立地地域のあるべき関係を次のように論じている。

原発の誘致から運転に至るまで、地元の同意や国の安全規制の過程で、地元の多くの合意形成のための理解を得るため電力会社はその草の根活動で、原発を推進する住民、団体等の力を借りることが最善のやり方になっていった。関電では地元の理解を得るのに地域団体に何かと依存していたが、もんじゅのナトリウム漏れ事故、JCO 臨界事故、関電美浜 2 号機事故、同 3 号機事故、動燃東海火災事故、東電福島事故と事故が発生し、これらによって地元が電力事業者に対して次第に上から目線の対応になっていって関電が地域団体の言いなりになっていた。

これが今回の関電問題の背景にあるが、昨今メディアを含めた日本の風潮として原発は危険で悪の根源と宣伝され、常に原発に非があると決めつけられている。だが民間事業としての原発のインフラは、立地地域には雇用、医療福祉、教育等で恩恵は計り知れず地域発展の相乗効果をもたらした、と山本氏は評価する。山本氏は最近の原発世論の悪化、原発への逆風下、政治家が政治生命のために原子力に関わることを敬遠する傾向があるが、原子力は海外資源に頼る日本がオイルショックを克服してエネルギー安全保障の向上に貢献してきたことは事実である。これからの原子力は安全第一を柱にこれからもエネルギー安全保障面で日本の将来を支えていくべきであり、電力事業者・行政・立地住民の関係は誰が主で誰が従かというより、お互いに対等の立場で Win-Win の関係になるように努めるべきだ、そしてコロナのあと間違いなく襲う世界的不況に日本が賢明に対応するために原子力を活かすようにすべきだ。政治家には、原子力は今のままでは自然に無くなってしまいがそれで良いのか真剣に考えてほしい、と訴えている。

茨城県東海村村長の山田 修 氏は、原子力学会誌の時論に寄稿して、日本の原子力発祥の地東海村、60 年前は寒村であった村が原子力と共生して目覚ましい発展を遂げ人口が急増した、元祖「原子力村」の自治体行政を預かる立場から原子力学会の会員に次のように言っている（山田 修（2019））。

山田氏は、まず原子力はどうしてこんなにも嫌われてしまったのか？人々にとって福島事故は大変衝撃的であり、不安と怒りが増幅されたことは間違いがない。科学技術を信頼し

ていた人々を裏切ることになった度重なる失態が今の状況を作り出してしまったといえるかもしれない、と学会員に自分たちに問題があったことの反省を促している。

山田氏は、現状の閉塞感を少しでも打開する契機になれば幸いと以下のようなコメントを寄せている。

①原子力事業者が厳しい世論の矢面に立っているが、自治体も同様に住民から様々な意見、要望を受け止めており、対応がなかなか難しいと痛感している。これは決して事業者と自治体の話でなく、そもそも国策として始まった原子力政策を今後どうしていくのかという方向性が問われている。そこには当然国の姿勢が重要であり、原子力に関わるすべての人がともに考え、答えを導き出していく必要があるのではないか？

②東日本大震災から 8 年が過ぎても原子力に対する国民の理解が得られていないと感じている。そこには福島事故の収束が思うように進んでいない。復興は少しずつ進んでいるが帰還への道のりが遠い。原発の安全対策が新規制基準に基づいて進んでいるが司法の判断が揺れている。自治体に取り組んでいる広域の避難計画の策定が困難を極めている。等々。とても国民に理解してもらうことが難しい。

③日本のエネルギー事情を考えると原子力発電は一定程度必要と認識している。原子力発電が動かなくても停電は起きないし困ることはないという人がいるが、自分の身の回りで不都合を感じていないだけであって社会インフラとしての電気を考えると決して安定しているわけではないでしょう。社会インフラとしての電気はより安定的に供給されなければならない。将来を見据えて社会全体が冷静に議論していくことが必要だ。

④東海村はこれまでもそうであったように今後も研究開発の拠点であると認識している。その点原子力をエネルギーの側面のみでとらえる昨今の風潮には違和感をいだいている。原子力科学は基礎・基盤研究や物質科学研究など幅広い分野で活用が期待されている。この分野で活躍している研究者も多いと思うのでこういう観点からの原子力の有用性や可能性を国民に伝えてほしい。次の世代を担う学生にそういう魅力が伝わるように皆さんの発信力を期待している。

⑤原発問題はこれまで賛成派と反対派と言われる人達の間でお互いに自分たちの主張を繰返すばかりで何ら解決策を見いだせず、感情的な対立が深まっていると感じている。いろいろ課題があることは判っていても、結論を先送りにはしているだけでは次の世代に対しての責任を果たしていることにならない。村長個人としては次の世代を担う 10 代や 20 代の若者たちとともに建設的に考えていく場を作りたいとかねがね考えていたが、最近新聞で読んで「自分ごと化会議 in 松江」に関心を持っている。自分ごと化会議とは、原発賛成反対両派の論客を呼んでお互いに非難し合う講演会に市民が受け身で聴講するより、原発問題を自分の問題として市民が講演会を自ら企画し、自分たちの考えを提言としてまとめていくというものである。（「自分ごと化会議 in 松江」については次の URL を参照 <http://midori-eneren.com/seminar/detail/1235>）

日本の戦後原子力研究開始の発祥地の東海村は、日本原子力研究所を核に、動燃、原電東海発電所などが立地し原子力村として発展、再処理工場のアスファルト固化工場の火災やJCO 事故も経験。基礎的な原子科学研究から原発、核燃事業にまでまたがり原子力と共存する。東海村の村長さんは、福島事故以来、原子力を悪とする現在の風潮に心を痛み、次代へこれからのあるべき原子力の道を伝えていく自治体としてのコミュニケーション活動のやり方を模索されている。

## 7. 6 日本学術会議の今後の原子力発電のあり方に関する提言

我が国の原子力揺籃期に、1949 年設立の日本学術会議が原子力の研究開発利用のあり方について熱心な議論を行い、1955 年の原子力基本法制定に際して、日本学術会議が原子力利用を平和目的に限るとともに成果の公開、研究体制の民主的な運営、研究と利用に関する自主的な運営を進めるべきと提言し、原子力平和利用における民主、自主、公開の 3 原則を進めることが原子力基本法に盛り込まれたことは、本書の第 1 章でも述べた。

その後、日本学術会議は 1974(昭和 49)年 6 月田中角栄内閣総理大臣に原子力平和 3 原則に関わる勧告としてとくに公開の原則が企業秘密の名を借りて行われていないことへの注意喚起。1977(昭和 52)年 11 月宇野宗佑科学技術庁長官に対し原子力基本法の一部改正に際し、原子力の開発・利用の強力な推進のため、原子力規制をそれに従属させて規制の緩和を図ることはあってはならないとして、安全規制の重視を原子力の開発・利用に優先すべきと勧告している。その後も 1974 年原子力船むつの事件、1979 年米国 TMI-2 事故問題の際に申し入れや要望を公表している。

しかし、1986 年旧ソ連チェルノビル事故やその後のシビアアクシデント対策の強化、2000 年前後から我が国原子力発電で頻発した不祥事やトラブル等の安全規制、原子力事業のありかたに対しては何ら格別の提言活動をせず、2011 年 3 月 11 日東日本大震災を契機に発生した東電福島事故を迎えた。それ以降は今日まで日本学術会議は、さすがに福島事故のもたらした様々な問題に対して活発な勧告や提言を行っている。とくに 2013 年 2 月原子力発電の将来検討分科会を発足させて様々な調査活動を行い、2017 年 9 月 12 日には「我が国の原子力発電のあり方について－東京電力福島第一原子力発電所事故から何をくみ取るか」と題する次のような提言を行っている（日本学術会議（2017））。

日本学術会議は、1980 年以降原子力発電関連の事故頻発に際して安全性の観点から提言等を行ってこなかったことを強く反省するとともに、福島事故のもたらした問題を考察し、国民意識が原子力発電に否定的な方向にシフトしていること、原子力発電が特定の範囲の人々に犠牲を強いるシステムという社会的な倫理問題があり、立地地域、周辺地域、作業従事者等への危険の集中を如何に軽減するのか、将来世代への危険の持ち越しを如何にして避けるのか、こういった問題を考えていかなければ国民的合意を形成することは困難との観点から 10 項目の提言を行うとともに、今後は再生可能エネルギーの安定的かつ低価格での供給を基本とするエネルギー供給体制に向けた研究開発を進め、その実現を図ることが

喫緊の課題としている。

日本学術会議のこのような原子力に関わる提言では、福島復興のための事故炉の廃炉や高レベル放射性廃棄物の処理処分、原発の廃止措置に関わる技術高度化は今後も継続するのでその人材育成を挙げている。なお本提言を取りまとめた原子力発電の将来検討分科会は大西隆東大名誉教授を委員長がなっているが、提言作成のメンバーには原子力学会からの会員はどのようなわけか参加していない。

## 7. 7 これからの原子力界がなすべき努力の方向

さて本書の終章に行くまでに、だんだん原子力の岐路の方向が見えてきた。

エネルギー基本計画の見直しは始まっているがどう見ても 10 年後の 2030 年に、原子力の 20-22% 比率達成はできそうにない。原子力発電はその期待されている比率の達成なくしては将来その居場所はない。そのためにはまずは再稼働の着実な進展だ。いつまでたっても先が見えない高速炉の実証に幻想をいだかず、核燃サイクルには手を広げずに必要最低限の目標に絞ってください、と原子力委員会や総合エネルギー調査会の有識者たちは思っているようだ。

そして福島事故を契機ににわかに増えた使用済み燃料の中間貯蔵や放射性廃棄物の処理処分問題は、現在処分場の公募が始まっている高レベル放射性廃棄物の地層処分に加えて原子力にとって重要な課題となってきた。また事故を起こした福島第一原発の廃炉には技術的にチャレンジングな研究課題が多い。また超寿命の高レベル放射性廃棄物の放射能減衰時間を短縮する分離・変換技術も将来世代のために研究開発に挑戦すべき課題である。

元々原子力に不安をいだく日本社会で、これまで原子力に協力してきた立地地域を忘れてはいけない。その地元を裏切ってはならない。今では三つのタイプの地元がある。まずは福島事故で迷惑をかけたところ。そこでは何をおいてもその復興に協力しないといけない。それ以外の地元は研究開発のあるところとないところの二つに分けられる。研究開発のあるところ（青森、福島、茨城、福井）は大学と連携して将来の人材確保に努める。そのためにそれぞれの特色に応じて、若い人に夢を持たせる将来性のあるテーマの教育と訓練により将来のキャリアパスに繋がるように、そのほかの原子力の立地地域、事業者の現場とも連携を図るべきだ。

## 参考文献

川淵英雄・飯塚倫子・望月豊・辻政俊・曹佐豊（2018）今後の原子力利用に向けて、日本原子力学会誌、60（3）、2018、pp. 138-151.

笠井滋・遠山眞・守屋公三明・飯倉隆彦（2011）解説 次世代軽水炉（HP-ABWR/HP-APWR）の開発状況 中間評価と今後の開発計画、日本原子力学会誌 53（3）、2011、pp.206-210

Alan Walters, Donald R. Todd and Paul V. Tsvetkov, (2012) Fast Spectrum Reactors Springer US.  
高木直行 監訳（2016）高速スペクトル原子炉、ERC 出版、2016 年 11 月

佐賀山豊・安藤将人(2018) 第4世代原子炉の開発動向 第1回全体概要、日本原子力学会誌 60(3), 2018, pp.162-167.

「放射性廃棄物の分離変換」研究専門委員会(2016) 分離変換技術総論、日本原子力学会、2016年9月 第5章 核変換システム 183-295頁

文部科学省(2016)「もんじゅ」に関する原子力規制委員会からの勧告について、平成28年1月12日および平成28年7月26日

原子力関係閣僚会議(2016) 原子力規制委員会宛文部科学大臣松野博一発出 27 受文科開第1322号 平成28年12月28日 別添 「もんじゅ」の取り扱いに関する政府方針 平成28年12月21日

日本原子力学会誌(2016) 特集1 もんじゅ 日本原子力学会誌 58(12)、2016、pp.684-742.

日本原子力学会誌(2019) 特集 核燃料サイクルを考える 日本原子力学会誌 61(1)、2019、pp.3-47.

木村磐根(2018) 木村毅一に関する証言と回想、p.399-416, 政池 明、荒勝文策と原子核物理学の黎明、京都大学学術出版会、2018年3月31日

種市治雄(2019) 時論 立地地域の誇りと責任、そして覚悟、日本原子力学会誌、61(2)、2019、pp.82-83.

山本富夫(2020) 原子力発電所と行政・立地地域のあり方について、季刊誌「原子力の新潮流」、Vol1, No.1、2020年8月1日、原子力国民会議。51-52頁

山田 修(2019) 時論 原子力発祥の地から、今考えていること、日本原子力学会誌、61(8)、2019、pp. 572-573.

日本学術会議(2017) 原子力利用の将来像についての検討委員会、原子力発電の将来検討会提言 我が国の原子力発電のあり方について—東京電力福島第一原子力発電所事故から何をくみ取るか、平成29年(2017年)9月12日

## 付録 もんじゅ廃止措置に関わる原子力学会誌もんじゅ特集に見る意見

(日本原子力学会誌 58(12)、2016、pp.684-742 より)

### (1)学会としての見解 (2016年9月23日公表)

もんじゅは我が国が高速増殖炉を実現する上で重要な安全上の知見や技術の向上をもたらす研究開発施設であり、原子力規制委員会の勧告、「もんじゅの在り方に関する検討会」の提言を踏まえ、適切な体制のもと、無理をせずに段階的に出力を上げ、運転、保守点検の実績を重ね、その有効利用を図るべきである。真の技術力は発生する課題を克服しつつ行う自主開発でしか培うことはできない。

### (2) 原子力学会の見解に対する異議

#### ①原子力政策論者の意見

もんじゅについての学会見解を公表したことについて内容的に高速炉サイクル研究開発の置かれている危機感や過去の学会の役割に対する反省が希薄で、単にもんじゅ応援宣言のように見える。これが本来の学会が果たすべき役割なのか？また学会員の総意とするなら手続き的にもおかしい。学会は個人メンバーの研究者集団であり、様々な異なった意見を戦わせるべき場所なところ、全員が同一意見というのではそれは学会ではなく特定の目的をもった利権集団と見なされても仕方がない。本来の学会としての役割ならば、学会倫理規程で謳う公衆優先原則、真実性原則、誠実性原則・正直性原則を念頭に、高速炉・核燃料サイクル技術について国民の立場に立った公正で客観的な評価を期待したいところである。

#### ②報道関係者の意見

原子力学会は過去にも声明、見解を出しているが、今回も含めて全部異議がある。まず福島事故直後の「事故調査・検討委員会」の調査における個人の責任追及は偏らない調査を求める声明だ。つまり反省の言葉もなく、ひたすら責任回避する学会の姿勢は問題だ。次いで関電大飯発電所3, 4号炉運転差し止め裁判の判決に関する見解だ。そこには判決の事故原因が究明されていないとの指摘に対し、学会の事故調査委員会は事故の直接原因のみならず、根本原因まで明らかにしているといっている。福島原発ではいまだにどのようにメルトダウンし、どのようにデブリがたまっているかさえ突き止められていない。これでどうして原子力学会が根本原因も究明したといって裁判官の事実誤認と非難できるのか？原子力学会の声明や見解は他人事であり、評論家的だ。さらにその裏に「原子力のことは自分たちしか分からない、だから自分たちに任せておけ」、という奢りが見え隠れする。これが問題なのだ。

### (3) 地元の敦賀市民の声

①もんじゅを建てる時は、国策だ、日本のエネルギー保障のためだ、と国が熱心に協力を要請して受け入れたのに、それほど国策として大事なものを廃炉するときは地元には何の事前説明も相談もない。ふげんの廃止措置もそうだったが、建てる時は国策をたてに協力を要請しながら、廃炉では相談もなしで蚊帳の外というのは納得できない。そんなことでは今後国策には協力できない。

②ナトリウム漏れ事故を起こした後再開するのに17年も要した。ナトリウム漏れも炉内中継装置落下も新規研究開発につきものの失敗であり、安全上致命的なものでもない。本来原因を突き止めて改善して修理すれば済むのにマスコミが事件として大きく取り上げて社会問題になった。長くかかった背景には地元が新幹線や大学等誘致の取引材料にしたことも関わっている。もんじゅの人もナトリウム漏れの後は地元対応で真面目になっていたが、やはり民間の電力の人より甘く、国策として早く運転再開しないとイケないという熱意が低かったのかもしれない。

### (4) かつて高速炉もんじゅの研究開発や安全規制、原子力政策に関わった有識者の意見

①規制委員会が勧告で取り上げた保安規定や品質保障上の不備の問題は安全確保上の重要な意味をもつものでなく、廃炉しなければならないほどの問題でない。

②もんじゅ廃炉の理由に安全上の懸念が挙げられているが、ロシアでもフランスでも数多くの不具合や失敗を重ねてきている。ナトリウム漏れはその典型的事例であり、これらは当然起こるものでこれらを経験して克服していくのが原型炉の目的である。

③通称有馬委員会のもんじゅの在り方検討委員会の一方で、経産省と官邸、文科省の間では既にもんじゅを廃炉にする根回しが行われていたと推定している。あとはもんじゅ廃炉を前提に高速炉開発をどうするだけしか残っていなかった。それも基本的にフランスとASTRIDを使って協力していくことに絞られていた。

④ASTRID の設計はプール形であり、耐震性が問題になる日本では適していない。免震構造では日本の方に経験があるし、また高速炉特有の構造材への熱過渡対策で採用しているフランスの薄肉構造ももんじゅと比べて楽観的であり、これらは日本の厳しい安全審査では許容されないだろう。フランスと協力するといってもお金だけ出していいところはフランスに取られる。日本には技術的継承を含めなんの得るところもない。これでは自主開発にならない。そもそも現実に出来上がっているもんじゅを廃炉にして、ASTRID というまだ絵の段階のものにかけるというのは愚の骨頂だ。

⑤フランスの60万KWeのASTRIDは長寿命核種の分離変換の技術的実証を目指し、2030年運転開始を想定しているようである。フランスにとってASTRIDだけでなくそのための燃料工場の建設まで必要としている。フランスには誘致した国際熱核融合炉ITERの建設費もある。また最近のEPRでは建設費が優に1兆円を超えていることからASTRID関連の建設費も1兆円をこえることが容易に想像されるので、R&D経費を入れれば日本の分

担金として数千億円を要求される恐れがある。それならもんじゅ再稼働に要する費用と変わらないので日本の将来のためにもんじゅという資源を活用し、民間電力には資金的に負担にならないように国主導で強力なオールジャパン体制を構築して対処すべき。

⑥もんじゅ継続ではもんじゅ運営主体に電力の協力を求めることが文科省にはできなかった。もんじゅ再稼働申請対応と燃料製作のために5400億はかかり、運転再開は8年後になることと、もんじゅは廃炉に30年間3000億円の金がかかるがフランスとの協力で高速炉は先送りで当面金がかからないということが政府閣僚会議ではかりにかけられた。もともと高速炉はそれだけでなく再処理とセットになって考えるべきものだが、政府の高速炉閣僚会議は名前が示すとおりに高速炉だけしか念頭になかったのはおかしい。

⑦ASTRIDに乗るといってもフランス自身も本当に開発するかどうかは怪しい。これらどこと国際協力で組むかは、エネルギーや安全保障の面を含めて考えるべきである。その面では米国と組むべきである。福島原発の廃炉で取り出した燃料デブリをどうするかには米国のIFR（一体形高速炉）とパイロプロセッシング（乾式処理）が米国との協力の格好なテーマだ。将来は、大型軽水炉+再処理工場という従来路線より小型軽水炉／小型高速炉PRISMプラス小型の電解型再処理により300年の放射性廃棄物管理のパッケージを各地に立てるという方向もあるのでは。

⑧もんじゅは100%出力試験まで達成していないから原型炉としては本来設計概念を検証する目的を達成していない。現在の目的を達成したから廃炉にする、代わりに国際協力を実証炉を目指すという二者択一で議論されているが、海外導入では日本の技術維持向上は難しい。もんじゅは必要なデータと経験が得られたら役割を終えるのに、なにも規制委員会は実用軽水炉と同じように杓子定規に商用炉と同様の長期安定運転ができるかどうかまで要求しなくてよい。もんじゅは例えば発電を行わない小出力から徐々に出力をあげていき、確認が取れてから発電に移行する、地震や大事故が起こったらそれ以降は廃炉するといったやり方で良いのではないか？日本は失敗を許容しない潔癖な気質があり、これは平時の安定運転には有利に働くが一旦事故が起こった際の緩和努力を阻害する要因になっている。何事にもバランスが必要である。

⑨電事連は電力には高速炉の技術的知見がないことを理由にもんじゅの受け皿になることを拒否していたが高速炉開発会議第一回で電事連の勝野会長は商業化段階で電力が運転主体になることや福島事故や電力自由化により経営環境は厳しいが将来を見据え意識をそろえて今後も高速炉開発に協力していくと述べた。しかし電力の本気度はこれからだ。原型炉や実証炉における役割を明確にしていく必要がある。そこでASTRIDだが炉容器内コアキャッチャ、多様な崩壊熱除去、炉停止システムやボイド反応度凹型炉心等の採用で安全性実証を重視している。2014年にJAEAと三菱重工はフランス側とASTRIDへの協力契約を締結しているが、日本では1999年開始し、福島事故後停止しているFACT計画との整合性に疑問がある。FACTではループ形を選定しJSFRを進めていた。それがどうして急にASTRIDに変わっていったのか？JSFR計画に関与したものには大いに疑念を感じる。

⑩今回の「高速炉開発会議」の冒頭、議長の経産大臣は「すべての関係者が自覚し、連携強化することが重要で、責任を果たす気概を持ってほしい」と強調したが、最近はこれに逆行しているとの念を強くした。我が国の高速炉の開発は1956年の原子力長期計画に始まる。高速炉開発を国策として進めるために動燃事業団が1967年に発足。電力、メーカから動燃の幹部として参画、電力を中心に米国フェルミ炉の実験計画に参画した技術者が中心的な役割を果たした。また電力からは運転経験を積むため運転員の半分が参集した。建設費5,900億円のうち1,400億円は民間が拠出した。我が国は当初からプルトニウム利用を基本方針としてきたが、プルサーマルが開始されるまでのプルトニウム利用は東海再処理工場、MOX加工と連携し28年間運転したATRふげんが支えてきた。国際核燃料サイクル評価INFCE(1977-80)ではふげんは日本の原子力政策を写す鏡と評価された。この実績により我が国が核兵器を持たない国で唯一プルトニウム利用が世界で認められている礎になっている。ふげんの閉鎖に当たり、ふげんに米国原子力学会よりプルトニウムリサイクル技術の確立でランドマーク賞を受賞している。もんじゅはこの受賞を引き継いで実体のある高速炉サイクルの先駆けとして継続的に挑戦していくべきだ。米国CRBR炉、ドイツSNR300炉が中止後世界で唯一残ったループ形高速炉として、もんじゅがプール形と比較しうる実績を残すべきである。(本章の筆者による補足：プール形高速炉ASTRIDに対し、もんじゅのループ形は、安全上耐震性や免震構造、薄肉配管構造で優れるとよく言われるが、我が国の高速炉開発当初にループ形を選択した理由は、原子炉容器、ポンプ、中間熱交換器、蒸気発生器の重要機器をタンク内に一括するのでなく、個々の機器を配管で接続することで機器のメンテナンスが容易になることが挙げられていた。)

⑪1970年敦賀の白木地区をもんじゅ建設の候補者にしたのは1970年である。ATR実証炉計画中止に伴い、ふげんの廃炉を地元説明もなく決定したこと、もんじゅのナトリウム漏れ事故時の地元への不適切な対応、もんじゅ裁判、その後の対応と地元には十分な説明もなく、今回ももんじゅ廃炉が地元抜きで話し合われていることに地元は不満を持っている。こういった背景から福井県エネルギー研究開発拠点化計画が立ちあがり、敦賀には福井大学附属国際原子力工学研究所も設置され、地域活性化の重要なけん引力になっている。これと連携してもんじゅの国際研究への構想も期待されている。今回、もんじゅが廃炉を含めて抜本的見直しを行うなら、もんじゅ研究計画のスリム化を考えざるをえない。それには原子力学会の見解に沿った方向にならざるをえないだろうが、個人的には今後の高速炉開発戦略として次の4つの課題を提案したい。第4世代高速炉に重要なMA入りあるいは高次プルトニウム燃料の炉心特性試験、福島事故を踏まえて全電源喪失時自然循環除熱試験、炉心とタービン系を組み合わせた発電システムの過と応答試験、出力運転での性能評価からの設計力の育成。

#### (5)もんじゅ運転に実際に関わったOBの意見

①もんじゅ廃炉決定の発端になった保全計画の不備には、福島事故以前の原子力安全・保

安院時代に確認を受けて進めていた品質保証計画や保全計画が2009年1月の運転再開前に保安院に合格と評価され、福井県の同意を得て、運転を再開し2010年5月6日炉心確認試験を開始、同年7月22日終了。その後次のステップの40%出力試験のための燃料交換作業中に8月に中継器落下事故をおこした。この復旧に2年間の時間を要したが、この間2011年3月福島事故の発生により、それ以降40%出力試験の工程が不透明になった。これがため点検計画に大幅な変更が生じたがこの変更を保全計画に反映していなかった。これが「2012(平成24)年11月、日本原子力研究開発機構が約9000点の機器点検漏れを原子力規制委員会に報告」に始まる、一連の事件の発端である。その当時の実状を現場で対処したのものとして振り返ると、運転計画の変更が生じるような事態発生における設備担当者の変更作業の負担の上に、福島事故への緊急安全対策まで重畳、業務量が担当者の能力を超過し、残念ながら保全計画書の変更まで手が回らなかった。規制委員会発足後の保安検査のもんじゅ担当者と検査官との間には意思疎通ができていない。そこには次の問題があることを指摘したい。一つは、規制担当官がもんじゅ運営組織に指示し、支配力を及ぼしていること、もう一つは高速炉の系統設備は実用軽水炉と大きく異なるため運転と保守の方法も異なる。保守管理方法を規定する保全計画の策定は高速炉開発の重要な課題の一つであることから、規制の検査官は実用軽水炉の保全計画をそのまま当てはめさせるのが当然という態度を再考し、それをどの時期にどう確定していくかをもんじゅ担当者と一緒に考えてほしかった。

②もんじゅには保全計画を運用する品質マネジメントを含めた理解や認識もなく電力会社の保全プログラムを真似た保全計画書を提出し、後日修正するとしていたが、真剣な取り組みをせず放置したことが大きな禍根を残した。規制委員会に移ってから保全管理上の種々の不備、不整合、不適切な対応を指摘され、現場で対症療法的な措置は行ってきたが改善が徹底しなかった。根本的には職業人としての意識不足と責任ある業務遂行の問題である。もんじゅ完成にはナトリウム技術の知見がなくても確固とした職業人意識をもった産業界から人材支援が必要。

③メディアがもんじゅ叩きにいう「もんじゅはトラブル続き」、「一万点に及ぶ点検漏れ」、「年間200億も維持費を浪費」というのは為にする言いがかりである。「もんじゅはトラブル続き」というが他国の高速炉のナトリウム漏れ事故の数を示すと、ロシアのBN600で27回、フランスのフェニックスで18回、英国PFRで37回である。ロシアのBN600はそれぞれを克服して運転を続け平均稼働率は約74%である。「年間200億も維持費を浪費」というが、実用軽水炉の発電コストの分析例では120万KWの発電炉の費用は約740億円/年で、そのうち維持費は約300億円である。もんじゅも発電炉並みの維持が要求されているので浪費とまで言うのは言い過ぎでないか。

④最後に「一万点に及ぶ点検漏れ」は少し性格が違うので、本章の筆者にて補足して問題の性格を説明しておく。もんじゅがナトリウム漏れ事故による17年もの長い運転中断の後、運転再開に際し当時の規制の原子力安全・保安院のいうままに実用軽水炉での品質保証活動、保全計画法を、うかつにも良く理解せずに適用。トラブル、故障はむしろ許容される研

究開発段階の原子炉であるもんじゅでは、花魁の髪飾りのように試験用に極めて多数の計測機器が設置してあるが、そのすべてをリストアップして点検する計画として規制側に提出していた。これは元々現場の試験項目としての必要から約 3 万点もリスクアップし、これを一定の点検間隔でチェックするものとしていた。その後運転再開後の 2010 年 10 月燃料中継器落下事故発生により、その引き揚げ作業が優先され、機器点検が後回しになり、点検時期が遅れ、燃料中継器落下事故の修理が完了後 2012 年 11 月になって保安院から組織替えされていた規制庁に（3 万点のうち）1 万点は遅れて点検しました、と自己申告で報告したら、保安規定違反と決めつけられてとがめられた。（要するに、米国の初代大統領ワシントンは子供の頃さくらの樹を斧で切ったのを自分から悪うございました、と父に謝ったら正直者と褒められたのは逆に正直に言ったもんじゅは処罰された。）さらにそのあと規制庁検査官はかさにかかってきて報告などの誤りを見つけるたびにもんじゅ現場の職員がとっちめられる、といったことが積み重なって両者の間が険悪になった。また現場には修理作業もあるのにそれほど重要でもない機器の点検もしないといけないのでは業務量過多でこなせない、というのが現場統括を経験したもんじゅOBの言いたいことである。

#### （6）報道記者からの意見

①もんじゅの運命は 2015 年 11 月 15 日原子力規制委員会が運営主体の変更を勧告した 1 週間後に電力事業連合会会長が受け皿になることを拒否した時点である意味決まった。もんじゅの命運が決まったこの機にプルトニウム利用を前提とした核燃料サイクルにも疑問があるので凍結したらどうか？その理由は 2 つある。その一つに、ウラン資源は枯渇するから使用済み燃料を再処理してプルトニウムを利用すれば日本のエネルギー安全保障は解決という資源論からの核燃料サイクルの正当化である。しかしウラン資源の枯渇はあり得ず、だぶついている。モンゴルやオーストラリアのようなウラン供給国は使用済み燃料の引き取りとセットでウランを売り込もうとしているくらいだ。もう一つの理由は、ロシアやインドの高速炉開発は日本と目的を共通にしていない。高速炉開発が進んでいるロシアは核兵器用余剰プルトニウムを処分するためであり、インドは核軍備のためである。

②2015 年の JAEA 理事長に三菱重工副社長の児玉氏が就任。経済産業省の高速炉開発会議は、経産相世耕氏が議長で、松野文科相、JAEA 理事長児玉氏、電事連会長宮永三菱重工社長で構成されている。規制委員会の勧告は 2015 年 11 月だったが、それ以前に経産省はもんじゅ廃炉とフランス ASTRID の共同参画に路線転換の方針を決めていたのでないか？もんじゅ廃炉に反対する原子力関係者はマスメディアの報道が廃炉に押しやると非難する向きがあるが、一連の流れをみると経産省と規制委員会の共同謀議が根底にあり、もんじゅに否定的なメディアを煽った可能性が考えられる。規制委の勧告をスクープしたのが脱原発を主張する新聞でなく、産経だったことも興味深い。ただもんじゅ廃炉は決まりとしても政府高速炉開発会議には、事後処理として福井県の体面をどう保つか、高速炉の実用化の遅れと核燃料サイクル堅持の方針の間の齟齬を如何に覆い隠すかに腐心するだろう。また

もんじゅ廃炉にしても田中委員長指摘の運営組織の主体の問題は残る。それは JAEA にももんじゅ廃炉の 30 年間で任せられるのか、と ASTRID の共同開発に参加し、常陽を現役復帰させて高速炉開発を継続するとしてもその間の管理を JAEA に任せてよいのか、ということだ。これまで通りで行かないのはいうまでもないことだ。つまり高速炉の開発主体の抜本的再編は不可避だ。

③政府はもんじゅを廃炉にしてもプルトニウム需給には影響がなく、再処理と核燃料サイクル路線にもんじゅ廃炉の影響はないという。ただそれはエネルギー基本計画での想定通りに軽水炉が再稼働してプルスーマルが予定通り進み、再処理工場が運転開始してもその生産調整でやりくりできるとした場合に成り立つ話である。それが予定通り再稼働できなければプルトニウム余剰問題は解消できない。話を 1994 年の原子力委員会の核燃料サイクル専門部会の報告で示した 2010 年までのプルトニウム需給バランスの想定では、高速炉と新型転換炉および軽水炉のプルスーマルで累積 80-90 トンの需要があり、供給側では東海再処理工場で約 5 トン、六ヶ所村再処理工場で約 50 トン、海外からの返還プルトニウムで 30 トン、合計 85 トンでほぼバランスするとしていた。実態はその通りでない。いまや核燃料サイクルの実現は風前の灯火状態である。それに関わらず規制委員会の勧告を受けての文部省による「もんじゅの在り方検討会」では核燃料サイクルの意義を問い直すことには踏み込まなかったし、「高速炉開発会議」でも根本的な問い直しは避けている。もんじゅのナトリウム漏れ事故による運転停止が長引き、その後の福島事故が起こり、原子力を取り巻く環境は様変わりした。こうした状況に対応するためにもんじゅの開発目標に「廃棄物の減容と有害度の低減」を盛り込んだ新しい研究開発プログラムを作成した。当時高速炉開発に協力してきた電力業界ではもんじゅの運転コストを低減するために研究テーマを絞ったらどうかといったが、そのような要望に応えなかったという。こういう背景もあり電力界はもんじゅに冷淡になっているという観察もある。要するにもんじゅには状況変化に対応できない硬直した組織体質から脱却できないことが問題を引き起こしているといえる。

#### (7) 原子力は専門でないエネルギー環境政策問題の有識者たちの意見

①福島事故で原子力政策は抜本的に見直さざるを得なくなった。とくに研究開発段階にある高速炉と核燃料サイクルは国策の度合いが強いため、原子力政策全般への世論や政治のサポートが低下したことの影響は非常に大きい。2014 年 4 月に閣議決定の第 4 次エネルギー基本計画は福島事故を経た日本のエネルギー政策立て直しの第一歩であり、核燃料政策全般についてはこれまで通り推進という基本方針ながら中長期的に変更があり得るとし、高速増殖炉について言及せず、廃棄物減容化等を目的とした高速炉サイクルの開発に目的が置き換わっている。もんじゅについては徹底的な改革を行い、国の責任のもとに十分な対応を進めるとしている。核燃料サイクル政策に影響を与える変化には、世論と政治的サポート以外に、新規制基準による安全対策コストの上昇があり、原子力依存度の低減がエネルギー基本計画で決定した。電力システム改革による電力自由化があり、電力事業全体で核燃料

サイクル政策の全体像を議論する必要がある。現状高速炉を取り巻く状況は閉塞状況であり、従来路線の踏襲では済まされないが高速炉サイクル技術開発の意義は我が国に依然高いと認識され政府もその方針を変更していない。もんじゅの事業主体、ASTRID の利害得失の疑問に対する情報整理のうえ、具体的な政策措置に向けた視点として、地域の理解と協力、技術の海外展開の視点、責任体制の明確化を指摘したい。政府は高速炉開発会議を組織し、これを総合司令塔として今後の開発方針案を策定することとして、そこにメーカーや電力が参画しているが合議体制による方針決定は責任が不明確になりがちだ。かつて国策民営の名のもとに責任のたらいまわしを常態化させてきたことが原子力政策停滞の最大の要因であるからには、政府が責任あるエネルギー戦略、技術開発ロードマップを示し、責任ある運営主体がそれを遂行するようにすべし。とくに核燃料サイクル政策はごまかし、切り貼り、先延ばしを重ねてきた感が否めないからにはいまこそその状況に終止符をうつべし。

②原発に反対する人達はよく「子供の将来のため原発は要らない」と主張する。間違っている。原発がなければ当分持続可能な社会の構築は難しい。再生可能エネルギーが原発に代わり安価な電力供給を行うことができる時代は来るかもしれない。しかし、それまでに日本は中進国になり、社会は持続可能ではなくなり、国の革新力、技術力は失われているだろう。日本の製造業、技術力は、米国、ドイツのみならず韓国、中国の後塵を拝しているに過ぎない。世界が持続可能な社会であるためには温暖化問題への対処が不可欠だ。そのためには原子力の活用が必要だ。今後急増する新興国、途上国のエネルギー需要を競争力のある低酸素電源で満たす必要がある。私たちの世代は日本と世界の将来を左右する大きな岐路に直面している。「子供たちの将来のため」というのであれば原発再稼働、もんじゅを含む技術の維持を図る必要がある。リスクと便益を比較せず、すべてのリスクを回避する社会を作れば、私たちは大きな便益を失い、貧しくなる一方だろう。持続可能な社会とは何か。そのために今何をすべきか。強く訴えるべき時期だ。

#### (8) 高速炉そのものではないが核燃料サイクル事業の運営に携わった OB の意見

①核燃料サイクルは日本の将来に必須。現在の軽水炉は FBR サイクル確立までのつなぎである。もんじゅに関わる政府決定は大きな誤りである。そのように状況に至った原因としてこれまでのもんじゅへの予算の削減でもんじゅ維持に年間 200 億では何もできなかった。その上に試行錯誤を許さない風土がこういう事態をもたらしした。さらに安全文化の劣化を引き起こす規制、国と地方自治体の関わりの狭間でもんじゅの職員たちにはどうにもならなかった。規制委の勧告への対応についても別の道があったであろうが将来の見通しの懸念として日本は将来の FBR 時代に対してみずからの技術開発を放棄した以上、将来もしそれが必要になったときには従来同様の海外技術導入路線に戻るだけであり、それでもって日本の後世が現世代に対してどのような評価を下すか、それが懸念といえば懸念である。

## ～ 第8章 規制と事業者による軽水炉原発安全性向上の課題 ～

### 8. 1 原子力事業者を取り巻く福島事故後の規制変化の概要

既に第1, 2章で述べたように、福島事故以前は我が国の原子力発電所の設置や運転、廃止措置は、経済産業大臣が「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（原子炉等規制法）に基づいて規制が行われていた。また、原子力発電所の工事計画認可や使用前検査、燃料体検査、溶接検査、定期検査などは、「電気事業法」に基づいて規制が実施されてきた。

2011年3月に発生した福島事故を契機に、これまでの原子力施設全般の規制が抜本的に改革された。2012年6月、電気事業法の規制（定期検査など）を原子炉等規制法に一元化する法改正が行われ、また、原子力利用の「推進」と「規制」を分離し、規制行政を一元的に担うため、環境省の外局に国家行政組織法第三条に基づく三条委員会として、原子力規制委員会が2012年9月19日に発足した。これまで原子力「利用」の推進を担ってきた経済産業省の安全規制部門であった原子力安全・保安院は廃止され、原子力規制委員会と事務局の原子力規制庁が、環境省の外局組織として新設された。各関係行政機関が担っていた原子力規制の事務、核物質などを守るための事務（核セキュリティ）が原子力規制委員会に一元化されるとともに、原子力安全委員会は廃止され、必要な機能も統合された。さらに2013（平成25）年4月1日、文部科学省が担っていた核不拡散の保障措置、放射線モニタリング、放射性同位元素の使用などの「規制」に関連する機能も原子力規制委員会に移管一元化された。また、原子力安全保安院発足後、経済産業省外郭団体の原子力工学試験センターが廃止されて2003年10月1日に設立された原子力安全基盤機構（通称JNES）は2014年3月1日に原子力規制庁と統合された。福島事故を契機に大幅に改正された原子力規制の体制変更を、図8-1に示す。

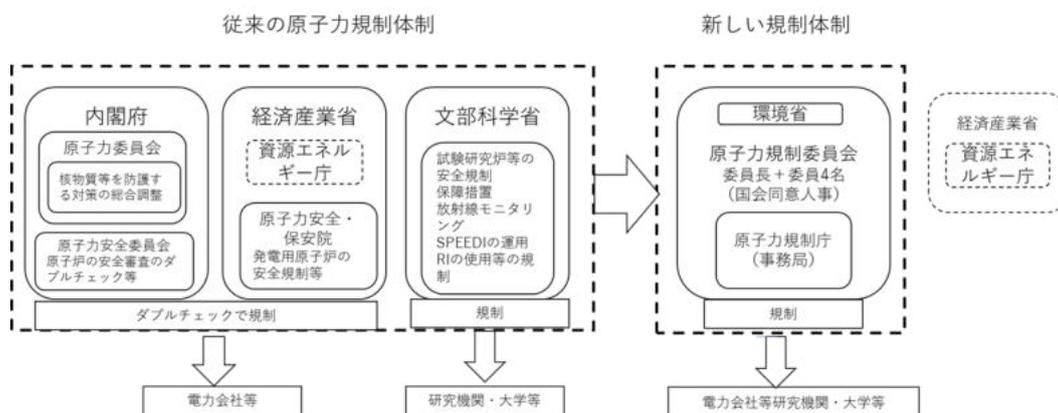


図8-1 福島事故を契機に変更された原子力規制の体制

改正の要点は、以下の2点である。

(1) 独立性の確保

従来経済産業省の中に推進組織（資源エネルギー庁）と規制組織（原子力安全・保安院）が同居する体制が、経済産業省から分離して、環境省の外局として3条委員会として原子力規制委員会が新設された。

(2) 規制事務の一元化

従来原子力安全・保安院、内閣府の原子力委員会、原子力安全委員会および文部科学省に分散していた規制業務が、放射線のモニタリング、放射性同位元素の使用の規制、核不拡散の保障措置を含めた機能を含めて一元化された。

なお、図8-1には原子力防災体制の変更は含めていない。これについては既に第4章に述べたとおりであるが、防災指針だけ原子力規制委員会が行い、それに沿って防災計画を立てるのは立地市町村である。

## 8. 2 原子炉規制法の改正と再稼働審査過程で生じている課題

### 8. 2. 1 原子炉規制法の改正

新しい原子炉等規制法は、福島事故の教訓や国内外からの指摘を踏まえ、主に次のような点が改正された。

- ①重大事故（シビアアクシデント）対策を規制の対象とする。
- ②すでに認可を得ている原子力発電所や核燃料施設などに対しても、最新の規制基準への適合を義務づける「バックフィット制度」を導入する。
- ③運転期間の延長認可に関する制度の規定を追加する。

この原子炉等規制法の改正に基づき、原子力規制委員会によって原子力発電所の新たな規制基準が策定され、2013年7月に施行された。また、原子力発電所以外の核燃料施設などについても新たな規制基準が策定され、同年12月に施行された。新規制基準の策定後も、原子力規制委員会では、国際原子力機（IAEA）が各国の規制の質の向上を目指して実施している総合規制評価サービス（IRRS）を受検した結果を踏まえ検査制度の見直しなどの取り組みを進めている。

### 8. 2. 1. 1 新規制基準の基本的な考え方

新規制基準では次の4つをその基本的な考え方として採用している。

(1) 深層防護の徹底—IAEAによる5層の深層防護概念に則し、目的達成に有効な複数(多層)の対策を用意し、かつ、それぞれの層の対策を考えると、ほかの層での対策に期待しない。(IAEAによる5層の深層防護概念については第1章1.3.1表1-2参照)

(2) 共通要因によって安全機能が一齐に失われることを防止するため、自然現象などに係る想定的大幅な引き上げとそれに対する防護対策を強化—地震や津波の評価を厳格化し、津波浸水対策を導入する。さらに、多様性と独立性を十分に配慮し、火山・竜巻・森林火災の評価も厳格化する。

(3) 自然現象以外の共通の要因によって安全機能が一齐に失われる事象への対策を強化—火災防護対策の強化と徹底、施設内の内部溢水対策の導入、停電防止のため電源の信頼性を強化する。

(4) 必要な「性能」を規定(性能要求)—基準を満たす具体的な対策は、事業者がそれぞれの施設の特성에応じて選択する。

原子力発電所の規制基準について、従来の基準から新規制基準により強化されたポイントを図8-2に示す。

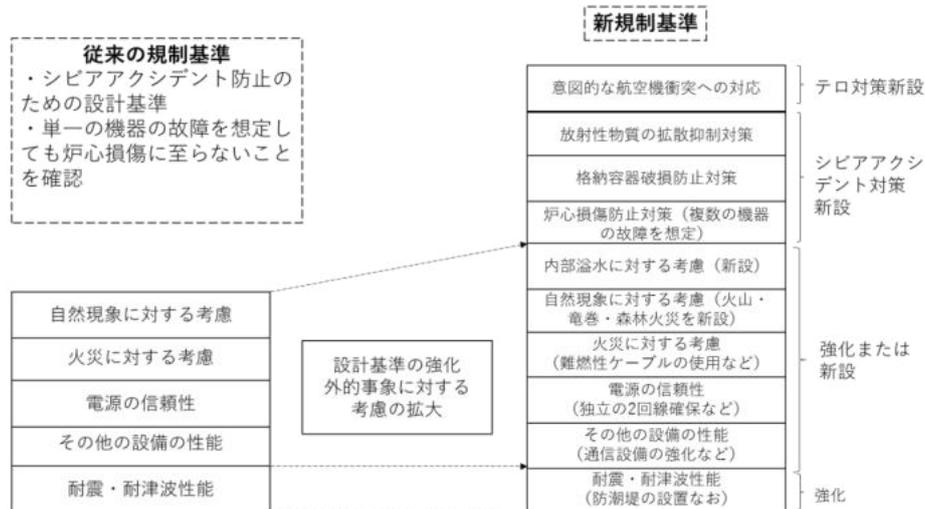


図8-2 原子力発電所の従来の基準から新規制基準により強化されたポイント

### 8. 2. 1. 2 原子力発電所の検査制度の見直し

原子力発電所が安全に運転・維持されているかを点検する方法は、これまで検査日程や検査項目などを事業者事前に通告していたが、これを検査官がいつでも現場を自由に確認でき、必要な情報等にも自由にアクセスすることができるように改正した。新検査制度は2020年度からの本格運用に向け、2018年10月から試運用を開始し、制度運用に向けた問題抽出と調整が進められた。

### 8. 2. 1. 3 運転期間延長に関する認可制度の導入

従来から原子力発電所の必要な機能や性能を維持できるよう、事業者は、最新の設備や機器に取り替えるなどの対策を講じている。蒸気発生器や炉心構造物などの大型の設備を交換している発電所もあるが、こうした対策を「高経年化対策」という。ここでは運転開始から30年がたつ原子力発電所に対して、以降10年ごとに機器などの技術評価を行い、長期保守管理の方針を策定することを法律で義務づけ、事業者はこれを施設の定期検査の申請時に提出する点検などの方法や実施頻度、時期の計画（保全計画）に反映している。

福島第一原子力発電所の事故を受けて2013年に「運転期間延長認可制度」が導入された。これは原子炉を運転することができる期間を40年とし、その満了までに原子力規制委員会の認可を受けた場合には、1回に限り最大20年延長することを認める制度である。事業者は、原子炉容器や格納容器などの重要施設の傷や腐食などを詳しく調べる特別点検を行い、原子力規制委員会へ申請をして審査を受けることになる。

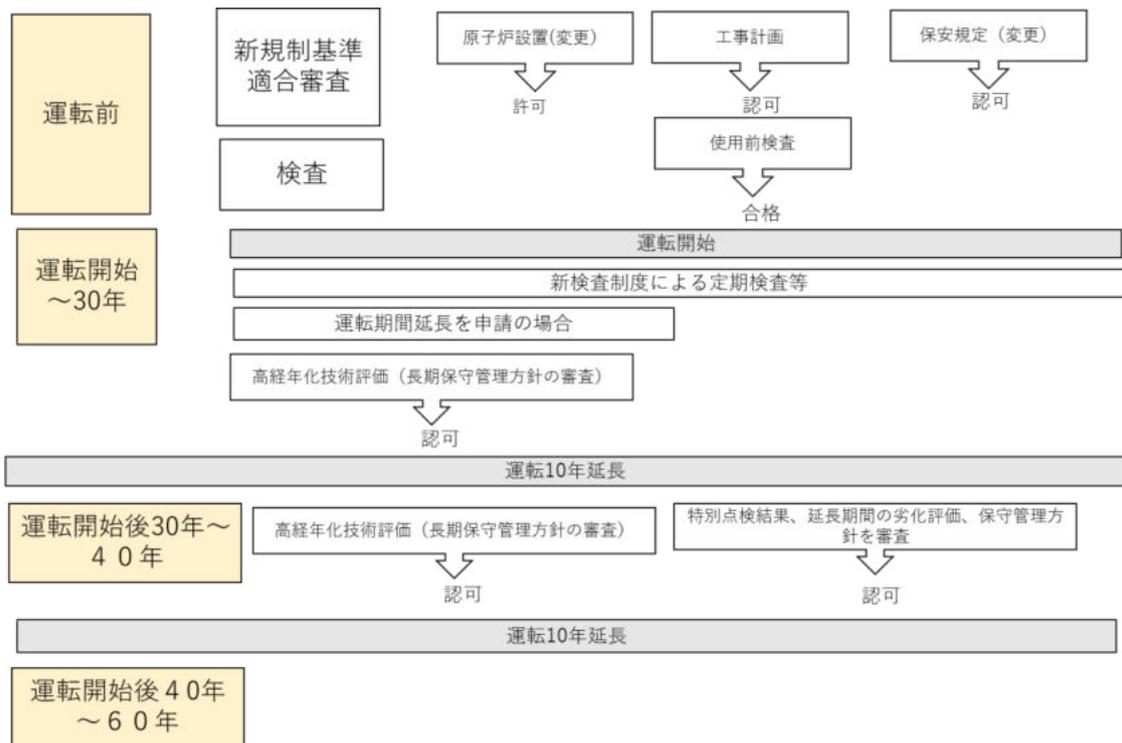


図 8 - 3 原子力発電所の審査・検査の全体の流れ

ここで福島事故後のわが国の原子力発電所の審査・検査の全体の流れを図8-3に示し、主なポイントを以下に述べる。

(1) 福島事故で停止している原子力発電所はすべて運転前に新規制基準への適合性審査を受けて検査に合格しないと再稼働できない。審査については原子炉設置(変更)審査、*Symbio New & Report, Vol.9, No.5, 2021 ISSN 2187-3747* 39 / 161

事計画および保安規定（変更）の3つが認可され、使用前検査に合格しないと運転を開始できない。シビアアクシデント対応が規制の対象になった新規制基準による再稼働審査の実際については8.2.2に詳述する。

（2）運転開始後については、以前は電気事業法により1年運転継続後停止して定期検査を受けることになっており、①国が行う検査と事業者が行う検査が混在、②原子力事業者以外（下請メーカー）を対象とする検査も混在、③国の検査は、内容・実施時期が限定的、ハード／ソフト面を細切れで検査になっていた。IAEAは福島事故以前から原子力安全・保安院に日本の保全制度の改善を勧告していたが、福島事故後規制庁に組織変更後、IAEAから再び2016年に検査制度を改善して簡素化すべきとの勧告を受け、米国が2000年から運用しているROP（原子炉監督プロセス）をひな型にした新検査制度に2020年4月より移行した。これは事業者・国の双方の対応を強化するもので、①原子力事業者が自ら検査する仕組みを導入し、安全確保の主体を明確化、②国は事業者の全ての保安活動・検査の状況を総合的に監視・評価することになった。

①では、事業者によるパフォーマンスベースでリスクインフォームドな自主検査制度になった。

②では規制庁の検査官はいつでも施設に入れるフリーアクセスの権限のもと、従来の複雑化した検査を一本化した原子力規制検査となり、事業者の行う検査や改善活動などあらゆる活動をフリーアクセスで監視することとなった。

（検査制度の見直しの説明については、原子力規制庁長官官房制度改正審議室による次のURL参照 <https://www.nsr.go.jp/data/00188864.pdf>）（2020.11.12現在）

なお米国等海外では福島事故以前から既に大抵の国で定期検査の合理化を進め、運転期間も既に18か月運転、24か月運転を行っていたが、日本は福島事故後の再稼働でやっと運転期間も18か月、24か月運転が可能となる。

パフォーマンスベースとは運転履歴の結果を目に見える指標で表すことを意味するようであり、一方、リスクインフォームドとは、保全活動に確率論的リスク評価手法（PRA）を導入することを意味する。つまりCDF（炉心損傷確率）やCFR（格納容器故障確率）のようなPRAで計算される指標もパフォーマンスを示す指標の一部を構成するものである。米国では既に2000年前後からこのような検査制度を導入していたことは原子力安全・保安院時代から認識し、事業者と一緒にその勉強会を持っていたが、当時は実際に導入する機運からは遠かった。非効率でトラブルの多かった原子力発電所の運転管理も、福島事故が引き金になって再稼働が始まった原発の新検査制度適用で、改善の機運にある。

（3）原子炉の運転期間は原則40年と定められているが、これは寿命や耐用年数ではない。計画的な機器の交換や点検などの適切な保守管理を行い、さらに常に最新技術を取り入

れることにより、高い安全性を確保できると考えられる。

米国では既に運転期間 40 年満了後に更新認可できる制度があり、2018 年 8 月末時点で、稼働中 99 基のうち 93 基が 60 年までの運転期間延長を申請し、89 基が認可を受けている。さらに、2018 年 1 月にターキーポイント 3、4 号機 (PWR、各 80 万 kW)、同年 7 月にビーチボトム 2、3 号機 (BWR、各 130 万 kW) が 80 年までの運転期間延長を申請し、審査が進められている。

日本では、2013(平成 25)年 7 月施行の原子力発電所の運転期間延長認可制度により、40 年の運転期間について認可を得れば 1 回に限り最大 20 年を加えた時期まで運転を延長できることになった。関西電力(株)の高浜発電所 1、2 号機と美浜発電所 3 号機および日本原子力発電(株)東海第二発電所は、運転期間が 40 年を超えたが、原子炉圧力容器や原子炉格納容器などの特別点検を実施して、60 年までの運転期間を想定しても問題がないことを確認し、原子力規制委員会へ運転期間延長認可申請を提出した。その後、原子力規制委員会の審査を経て、高浜発電所 1、2 号機は 2016 年 6 月 20 日に、美浜発電所 3 号機は同年 11 月 16 日に、東海第二発電所は 2018 年 11 月 7 日に、それぞれ認可を受けている。40 年を越える運転延長プラントについても新規制基準に適合するための安全性向上対策は必要であるが、建設当時の設備設計対応の違いから、高浜 1、2 号、美浜 3 号炉では非難燃ケーブルへの火災防護対策の実施に加えるに、自主的な対策として最新技術を適用した保守性向上等の観点から中央制御室を最新型のデジタル方式に取り替えるとしている(南安彦(2018))。

## 8. 2. 2 福島事故以後の再稼働審査とその過程で生じている課題

福島事故以降停止していたのはすべての実用型原子力発電所ばかりでなく、JAEA や大学の試験研究炉もすべて停止していた。

規制体制も改まり、原子力規制委員会により公表された原子力発電所の審査基準(新規制基準)も以前に比べると明らかに厳しくなった。そこではすべての停止中の原子力発電所、試験研究炉の所有者は運転を再開しようと、新規制基準適合審査への申請を検討したが、その申請書の準備も申請後の審査もそう簡単には行かないことが理解されるようになって、福島事故当時の実用型原子力発電所も JAEA や大学の試験研究炉も運転を再開できるところは多くはなかった。

ここでは実用型原子力発電所の再稼働だけに限定するが、その一番大きな理由は、規制庁により事前に公表された審査方法そのものにある。本節ではまずその規制庁により公表された新規制基準による審査申請書作成における要求事項と、申請書提出後の審査の流れの概要を述べる。そして IAEA の深層防護の第 4 層であるシビアアクシデント対応の安全性確認に関わり、新規制基準適合審査のために、PWR 申請者がどのように設計対応のために PRA を行い、シビアアクシデント対策をたてているかを紹介する。そして最後に申請者および規制庁における課題を述べる。

## 8. 2. 2. 1 審査申請書作成における記載要求事項

### (1)新たに要求された強化すべき安全機能

審査申請書作成における記載要求事項というのはとりもなおさず、新規制基準への適合性を満たすために、電気事業者が行うべき必要事項を具体的に規定するものである。とくに新規制基準になって新たに強化すべき機能は次の A、B、C の 3 つである。

A：耐地震と津波機能

B：設計基準として維持すべき機能

A：シビアアクシデントに対処するのに必要な機能（シビアアクシデント対策）。

規制要求として新たに A に対して 5 項目、B に対して 6 項目、そして C に対して 20 項目、合計 31 項目を指定している。これらのうち A と B に対して新たな要求事項とその対策例をそれぞれ表 8-1、表 8-2 に示す。C のシビアアクシデント対策の 20 項目については、原子炉の安全機能の強化、格納容器の安全機能の強化、緊急支援機能の強化、敷地周辺の安全機能の強化に対して新たな要求事項とその対策例を原子炉、格納容器、緊急支援、敷地周辺について表 8-3 にそれぞれ示す。

表 8-1 耐地震と津波への安全機能に対する新たな要求事項とその対策例

| 番号  | 新たな要求機能                            | 対策の例                  |
|-----|------------------------------------|-----------------------|
| A.1 | 基準津波の襲撃に対する安全の維持                   | 基準津波の確立。防潮堤とゲートの設置    |
| A.2 | 津波保護施設の耐震抵抗性の強化                    | 津波防護堤や津波観測施設の耐震抵抗性の維持 |
| A.3 | 出来ることなら 40 万年以前から活断層のなかったことを立証すること | 活断層がないことを立証する詳細現場観察試験 |
| A.4 | 基準地震動をチェックするための地下構造の 3 次元把握        | 地盤に地震動を加えるための加振車による試験 |
| A.5 | 明らかに活断層の痕跡のある地盤の上に安全上重要な施設を建設しないこと |                       |

表 8-2 設計基準として維持すべき機能に対する新たな要求事項とその対策例

| 番号  | 新たな要求機能                        | 対策の例  |
|-----|--------------------------------|---|
| B.1 | プラントの安全性が火山噴火、竜巻、外部火災で損なわれないこと | これらの効果の影響評価を実施し、必要に応じて補修工事を行う                 |
| B.2 | 内部溢水によってプラント安全性が損なわれないこと       | 内部溢水の影響評価を実施し、必要に応じて補修工事を行う                   |
| B.3 | 内部火災によってプラント安全性が損なわれないこと       | 防火、火災検知と消火、火災影響の軽減のための補修工事を行う                 |
| B.4 | 安全上重要な機能の高い信頼性を維持すること          | 安全上重要な配管の多重化など。                               |
| B.5 | 電気系の高い信頼性を維持すること               | 外部電源系統、スイッチヤード、非常用ディーゼル発電機の多重化。燃料タンクの耐震抵抗性の維持 |
| B.6 | 最終的な熱吸収源への熱輸送系統の物理的防護          | 海水ポンプの物理的防護                                   |

表 8-3 シビアアクシデントへの安全機能の強化に対する新たな要求事項とその対策例

| 対象   | 番号   | 新たな要求機能   | 対策の例  |
|------|------|---|---|
| 原子炉  | C.1  | 原子炉停止機能   | ボロン水注入施設                                    |
|      | C.2  | 高圧条件での原子炉冷却材冷却機能                                    | 原子炉隔離時の冷却を起動するために必要な弁操作のためのバッテリーの準備         |
|      | C.3  | 原子炉冷却材の圧力境界を減圧する機能                                  | 減圧のための弁操作のためのバッテリーの準備                       |
|      | C.4  | 低圧状態での原子炉冷却材の冷却機能                                   | 常設及び可搬型の注水装置の準備                             |
|      | C.5  | シビアアクシデント防止のための究極的なヒートシンク機能                         | ヒートシンク機能を有する車載型装置                           |
| 格納容器 | C.6  | 格納容器の放射能を冷却し、減圧し、減少させる                              | 格納容器スプレイシステムによる代替注水の準備                      |
|      | C.7  | 格納容器の過圧破損を防止  | 格納容器からのフィルターベント系の設置 (PWR)                   |
|      | C.8  | 格納容器下部に落下した溶融炉心の冷却機能                                | 格納容器下部への注水施設                                |
|      | C.9  | 格納容器内での水素爆発防止機能                                     | 水素濃度制御装置の準備                                 |
|      | C.10 | 原子炉建屋での水素爆発防止機能 (BWR)                               | 水素濃度制御系ないし除去施設と水素濃度監視系の準備                   |
|      | C.11 | 使用済み燃料プールでの冷却、遮蔽、未臨界度の維持                            | 可搬型代替注水装置の準備ないし可搬型水スプレー装置の準備                |
| 緊急支援 | C.12 | 水の支援システム  | 水源の用意。輸送ルートと輸送機械                            |
|      | C.13 | 電気の支援システム   | 常設と可搬型の交流発電機の準備。常設の直流発電機の強化。可搬型直流発電機の準備     |
|      | C.14 | 制御室機能   | 炉心損傷条件での放射線被曝量の評価                           |
|      | C.15 | 緊急時対応施設の機能  | 耐震、耐津波機能の維持。放射線被曝の評価。必要機材のストックと調達           |
| 敷地周辺 | C.16 | 計装機能  | プラント状態が通常の計装系の範囲を超えた時のプラント条件を推定する手段の準備      |
|      | C.17 | 監視機能  | 可搬型の代替監視装置の準備                               |
|      | C.18 | 遠隔通信伝送機能  | 代替電源で給電される遠隔通信装置の準備                         |
|      | C.19 | プラントサイト外に放射性物質の放出を抑制する                              | 可搬型放水設備の準備                                  |
|      | C.20 | 大規模自然災害ないしテロリストによる航空機の意図的な襲撃によって広範囲に破壊されたプラントへの放水機能 | 可搬型注水装置の電源と放水装置の分散配置によって自然災害や航空機による攻撃の効果を防ぐ |

表 8-4 地震関係および津波関係の審査事項

| 問題   | 事項                 |
|------|--------------------|
| 地震関係 | プラントサイトと周辺の地下構造    |
|      | 地震の震源を特定しての地震動     |
|      | 地震の震源を特定せずに選択した地震動 |
|      | 基準地震動              |
|      | 耐震設計の原理            |
|      | サイトの地理と地形的構造       |
|      | 地盤と斜面の安定性          |
| 津波関係 | 基準津波               |
|      | 耐津波設計原理            |

次いで設計基準事故（DBA）とシビアアクシデント（SA）に対するプラント全体の事故防止対策について表 8-5 に示す事項が審査される。

表 8-5 設計基準事故（DBA）とシビアアクシデント（SA）に対するプラント全体の事故防止対策

| 事故タイプ         | 事項              |
|---------------|-----------------|
| 設計基準事故（DBA）   | 外部事象と内部溢水       |
|               | 火災、竜巻、火山        |
|               | 共通の装置           |
|               | 受動的装置の単一故障      |
|               | 保護的電源           |
|               | 人的が後の防止         |
|               | 安全な脱出経路と安全な保護回路 |
|               | 原子炉冷却材圧力境界      |
|               | 遠隔通信装置と監視装置     |
| シビアアクシデント（SA） | 確率的なリスク評価       |
|               | 事故シーケンスの選択      |
|               | 有効性の評価          |
|               | 解析コード           |
|               | 制御室             |
|               | 緊急対応施設          |
|               | フィルターベント施設      |
|               | 水素爆発防止          |

### 8. 2. 2. 2 規制庁における申請書の審査の流れ

原子力事業者の申請する原子力発電所は、福島事故以前は稼働しており福島事故によって停止状態が続いている。再稼働審査における規制庁での審査は、図8-4に示す流れによって行われる。新規制基準による審査にパスしないと運転は行えないのでまずはサイトの設備改造計画や解析書の作成など申請書作成が必要であり、一方、工事計画や保安規定の作成も必要である。

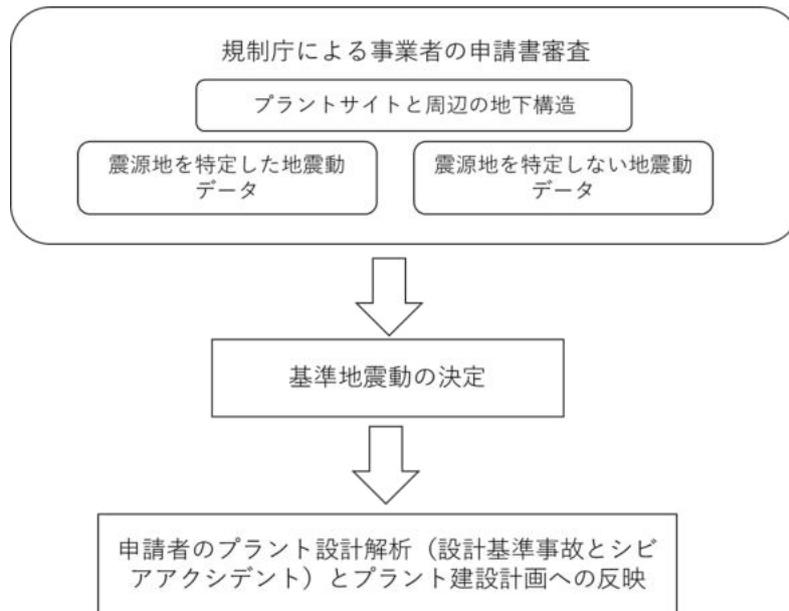


図8-4 再稼働審査における規制庁での審査の流れ

規制庁の審査において再稼働を許可するうえで重要なポイントは設計基準事故（DBA）とシビアアクシデント（SA）の2点である。それぞれ以下の(1)，(2)に示す考えかたで審査される。

(1) DBAの発生防止機能は改善されているか？

DBAでは次の2点が審査の重点である。①以前の受動型要素の単一故障を仮定していた場合よりどれだけ強化されているか、②新基準で新たに追加された内部溢水、火山、竜巻のような外的な自然事象の影響と対策の評価。

(2) SA防止対策はシビアアクシデントの影響を十分小さくしているか？

消防ポンプ車、発電機、フィルターベント、オンサイト緊急対策所、緊急対応手順などの新たに追加された装置や設備等によって安全基準をみたすことができるかどうかである。

導入されたシビアアクシデント対策の有効性の評価は図8-5のような流れで行われる。

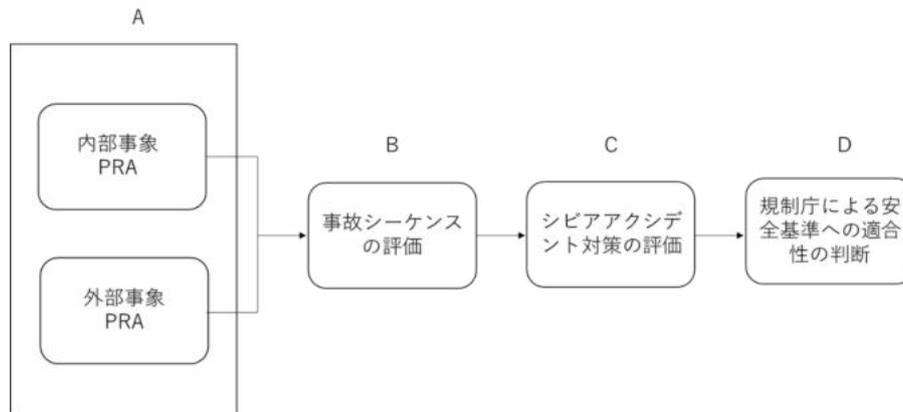


図 8-5 導入されたシビアアクシデント対策の有効性の評価

図 8-3 のブロック A、B、C は申請者が行い、D は規制庁が基準を満たしているかどうかを判断する。

ブロック A では申請者は、シビアアクシデント対策をしていないプラントに対して、シビアアクシデントをもたらす原因として内的事象（機械の故障や運転員の操作ミス）と外的事象（地震、洪水、火災、竜巻等の自然現象と航空機衝突やテロなどの人災）の双方を考慮した PRA を行う。

ブロック B では実施した PRA の結果に基づいて危険なシビアアクシデント事態をもたらすような典型的な“事故シーケンス”をいくつか導出する。

ブロック C では典型的な事故シーケンスに対して導入しようとする SA 対策が有効であることを示す。

そしてブロック D で規制庁はプラントへの SA 対策の導入が規制基準を満たすかどうかを判断する。

以上の全体の流れ図において SA 対策の有効性を示すための典型的な事故シーケンスは、①プラント運転中、②プラント停止時、③使用済み燃料プール、④異なったタイプのシビアアクシデント現象の 4 つの場合について、それぞれ表 8-6 に示すような事故シナリオを選定することを要求している。

表 8-6 4つの場合の SA に至る典型的な事故シナリオ

| 場合                  | 典型的事故シナリオ                |
|---------------------|--------------------------|
| プラント運転中             | 高圧および低圧注水機能喪失            |
|                     | 高圧注水および減圧機能喪失            |
|                     | 全交流電源喪失                  |
|                     | 崩壊熱除去機能喪失                |
|                     | 原子炉停止機能喪失                |
|                     | LOCA 時注水機能喪失             |
|                     | 格納容器バイパス                 |
| プラント停止時             | 崩壊熱除去機能喪失                |
|                     | 全交流電源喪失                  |
|                     | 原子炉冷却水喪失                 |
|                     | 反応度誤挿入                   |
| 使用済み燃料プール           | 燃料プールで冷却機能と注水機能の双方を喪失    |
|                     | 燃料プールで小さな水漏れで注水機能が喪失     |
| 異なったタイプのシビアアクシデント現象 | 過圧／過温による格納容器破損           |
|                     | 高圧溶融物質の放出による格納容器雰囲気の直接加熱 |
|                     | 原子炉圧力容器外での溶融燃料冷却材相互作用    |
|                     | 格納容器への直接接触（シェルアタック）      |
|                     | 溶融炉心コンクリート相互作用           |
|                     | 水素燃焼                     |

### 8. 2. 2. 3 申請者のシビアアクシデント防止対策の策定と検証

ここでは再稼働審査に合格して既に稼働している四国電力の PWR である伊方 3 号炉についてそのシビアアクシデント防止対策と検証について参考文献(四国電力株式会社 (2013) : 原子力規制委員会 (2015) : Hidekazu Yoshikawa (2016)) をもとに述べる。

四国電力は所有していた 3 基の PWR のうち、最も新しく出力も大きい伊方 3 号炉(1994 年 12 月 15 日運転開始、電気出力 890MW、3 ループ構成の PWR)のみ、2013 年 7 月に規制庁から発表された新規制基準による再稼働審査に 2014 年に申請し 2016 年 3 月に運転許可を得て運転を再開している。(他の 2 基は福島事故後廃止措置を選択した。)

伊方 3 号炉は既に運転していた PWR であるが、福島事故後の再稼働審査をパスするためにとくにシビアアクシデント対策のための安全システムを追加している。その安全性を強化したプラントの概要を図 8-6 に示す。図には記載していないが耐震対策、地津波対策、防火対策、竜巻対策等が強化されている。

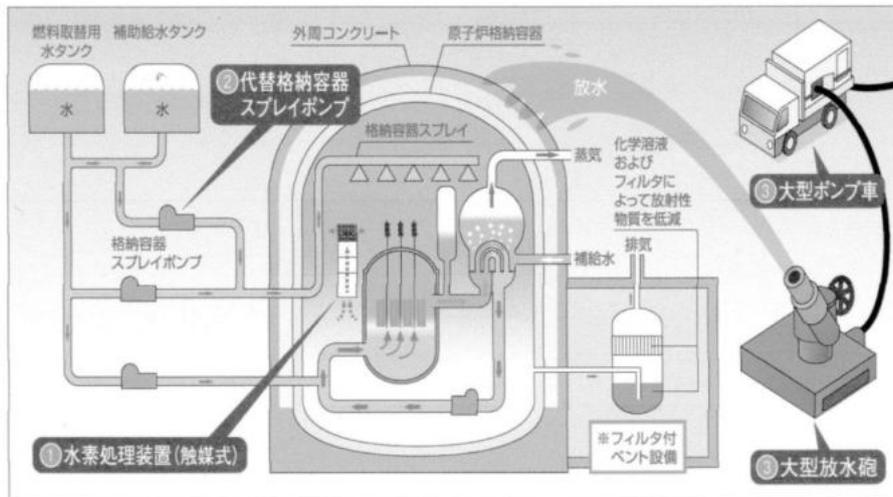


図 8-6

図 8-6 シビアアクシデント対策を強化した伊方 3 号炉の概要

(四国電力(株)伊方発電所の安全対策について

[https://www.yonden.co.jp/assets/pdf/corporate/yonden/brochure/index/ikata\\_safety\\_measure.pdf](https://www.yonden.co.jp/assets/pdf/corporate/yonden/brochure/index/ikata_safety_measure.pdf) 8 ページ (令和 2 年 11 月 12 日現在) より抜粋)

さて図 8-6 については本来以前からの制御系、安全系の構成から説明すべきであるが微細にわたり過ぎるので、ここではシビアアクシデント対策として追加された 6 項目を説明する。図 8-6 に番号を付した 3 つの項目のうち①の水素処理装置は、原子炉格納容器にたまった水素による爆発を防止するため触媒式と電気式により水素ガスを減少させるものである。②の代替格納容器スプレイポンプは、原子炉格納容器内に冷却水を散布し、格納容器内圧の上昇を抑制する季節の格納容器スプレイポンプに加えて代替スプレイポンプを追加設置した。③の大型放水砲、大型ポンプ車は、原子炉格納容器が万一破損した場合に、環境への放射性物質の放出を抑制するために、水を破損部へ放水する大型の放水砲とポンプ車を配備した。

図 8-6 には記入されていないが、その他に④ホイールローダとバックは地震で損壊を受けたサイト内のがれきを撤去して速やかに事故復旧を図るための工事用重機を配備、⑤緊急時対策所は重大事故時の対応拠点として放射性の遮蔽設計と耐震性を向上させた対策所を追加設置、⑥フィルタ付ベント設備等の特定重大事故等対処施設は、航空機の衝突やテロを想定して、既存の設備が使用不能の事態でも重大事故発生時の対処できるようにするものである。

伊方3号炉が再稼働できるまでには、追加工事と解析、申請用図書の作成に時間、マンパワー、費用を要したと思われるが、以下では審査をパスし、プラントを再稼働するまでに行った実際の流れを、シビアアクシデント対策の導出についてA、シビアアクシデント対応における人的要因についてBに簡単に紹介する。またその他のPWRやBWRの場合の補足をCに述べる。そして新規制基準の審査に合格して再稼働した原発の安全性は向上しているのかどうかについて事業者や規制庁とは離れた立場からの見方をDに述べる。

A. シビアアクシデント対策の導出

(1)シビアアクシデント解析の実施による事故進展シナリオの導出

まずPRA対策をしない以前のプラント条件で、シビアアクシデントを起こす可能性のある事故シナリオを調べる。そのためにはシビアアクシデント対策の有効性を検討するために用いるシビアアクシデント解析用計算コードをどのように選定するかを事前検討がまず必要で、そのやり方で良いでしょうという評価は規制庁を行うが、恐らくはこの段階で申請側と規制庁のやり取りでモデルの妥当性や実験データによる検証で研究課題が続出したものと思われる。いずれにせよ現在の技術レベルで可能な最善の解析方法や解析コードで求めた格納容器破損に至る可能性のある事故進展シナリオを図8-7に示す。

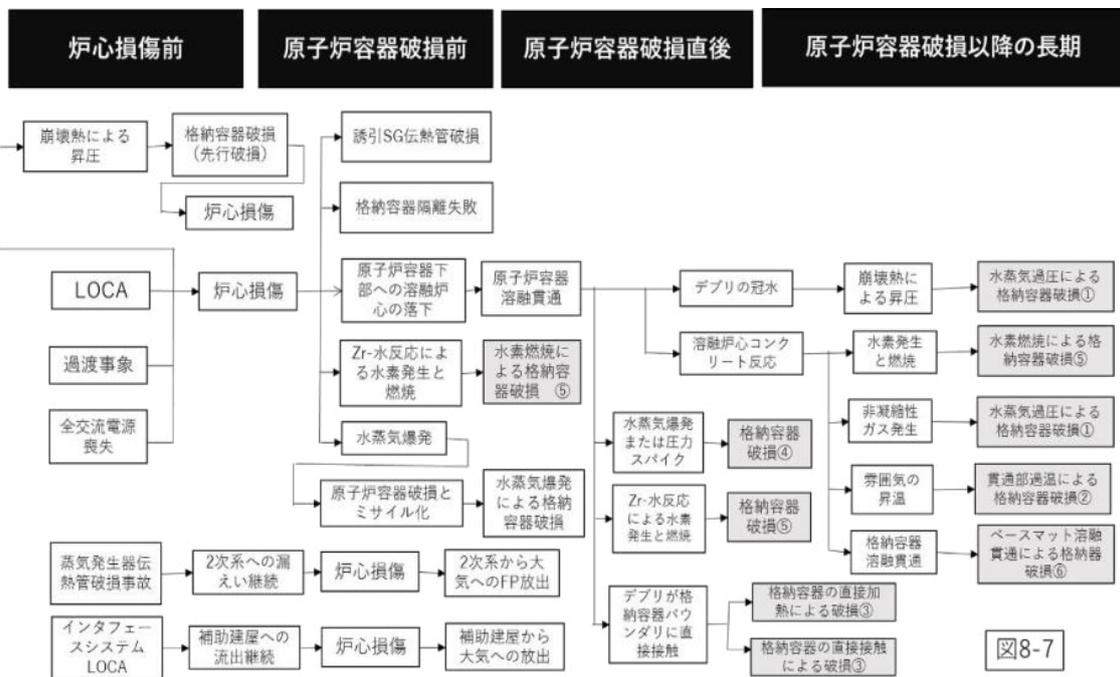


図8-7 現在の技術レベルで可能な最善の解析方法や解析コードで求めた格納容器破損に至る可能性のある事故進展シナリオ

なお、図8-7の最上段には左から右に、炉心損傷以前、原子炉容器破損以前、原子炉容器破損直後、そのあとの長時間後に時間帯を4区分し、図の下部にこの4段階に分類したときの重要な事故現象とそれぞれの事象生起の前後関係を矢印で結んで示している。

### (2) 原子炉炉心損傷防止対策の有効性の評価

まず内部事象 PRA と、地震と津波を考慮した外部事象 PRA とを実施した。ただし火災、洪水等のその他の外部事象については、標準の内部事象 PRA での起因事象として取り扱っている。図8-7に示した事故進展シナリオにそって多数の PRA を実施して多くの事故シーケンスグループを導出した。そして内部事象 PRA と地震と津波を考慮した外部事象 PRA の結果、最大の炉心損傷確率 (CDF) の事故シーケンスは、原子炉補助冷却系の冷却機能喪失+原子炉冷却ポンプシールからの LOCA の場合で CDF は  $2.4 \times 10^{-4}$  (事象/原子炉・年) で全 CDF の 91.2%であった。ここで共通要因故障とシステム間の依存性、余裕時間、装置の利用可能性、代表性を考慮して、この原子炉補助冷却系の冷却機能喪失+原子炉冷却ポンプシールからの LOCA の場合の最も重要な事故シーケンスは、①外部電源喪失、②発電所内緊急交流電源喪失、③原子炉補助系による冷却機能喪失+④原子炉主冷却ポンプのシール部からの LOCA である。このシナリオに対する有効な炉心損傷防止対策として、①二次系からの強制冷却、②空冷の緊急電源の使用、③自己冷却型の充填ポンプにより炉心に水の注入を行うものとした。

### (3) 格納容器破損防止対策の有効性の評価

次に格納容器破損防止対策の有効性評価のために格納容器破損モードの選択とそのシナリオの導出を行う。このために1.5レベルの内部事象 PRA と、PRA では取り扱えない外部事象の定量解析を実施している。ここでは炉心損傷開始の時点では想定していなかった格納容器機能として、格納容器バイパス現象と先行型格納容器破損現象も想定している。結果として導出した格納容器破損モードは図8-7のうちで次の6つのモードとしている。

- ①格納容器過圧破損 ( $\delta$ )
- ②格納容器過温破損 ( $\tau$ )
- ③高圧溶融物質放出/格納容器雰囲気直接加熱 ( $\mu$ 、 $\sigma$ )
- ④原子炉容器外溶融燃料-冷却材相互作用 ( $\eta$ )
- ⑤水素燃焼 ( $\gamma$ 、 $\gamma'$ 、 $\gamma''$ )
- ⑥溶融炉心-コンクリート相互作用 ( $\varepsilon$ )

これらの6つのモードに対する防止対策の有効性はプラント損傷程度を最も厳しく想定して評価したとしているが、最も大きな格納容器破損確率 (CFF) は蒸気と非凝縮性ガスの蓄積による格納容器過圧破損の場合で CFF は  $2.0 \times 10^{-4}$  (事象/原子炉・年) で全 CFF の 96.6%だったとしている。それに対応する格納容器破損防止対策は、①代替の格納容器スプレイポンプによる格納容器注水、②格納容器内での海水による自然対流冷却としている。

(4) 有効性評価における解析コードの選択と結果の不確実性

有効性評価のための解析コードはどのように選択するかは既に(1)で述べた。シビアアクシデント対策の有効性はシビアアクシデント解析の信頼性に依存するが、それらには①図8-7に示した各シビアアクシデント現象生起の不確実性、②現象モデルの不確実性、そして③その解析計算コードの存在の有無とその使い方による不確実性がある。(第3章3.2.4.1に述べたようにシビアアクシデント解析には研究課題がまだまだ残されている。) PWR事業者がシビアアクシデント解析のために最も多くを依存したのは米国からの導入コード、とくに米国 INEL 開発の RELAP5、EPRI 開発の MAAP である。日本の PWR 事業者による再稼働申請のために米国からこれらの解析コードを導入し、整備して日本の PWR プラントのシビアアクシデントの解析と対策を検討した三菱重工等の重電メーカーは大変な時間を要したであろう。

B.シビアアクシデント対応における人的要因

原子力事業者は大地震や津波で地盤や道路が悪化した条件下でもシビアアクシデント対応設備を活用して炉心損傷や格納容器破損に至らないように対応しなければならない。そのためにプラント緊急時対応組織を設けて各原子炉、オンサイトセンターに要員を配置している。そのような緊急時対応の人的構成と役割の分担を図8-8に示す。

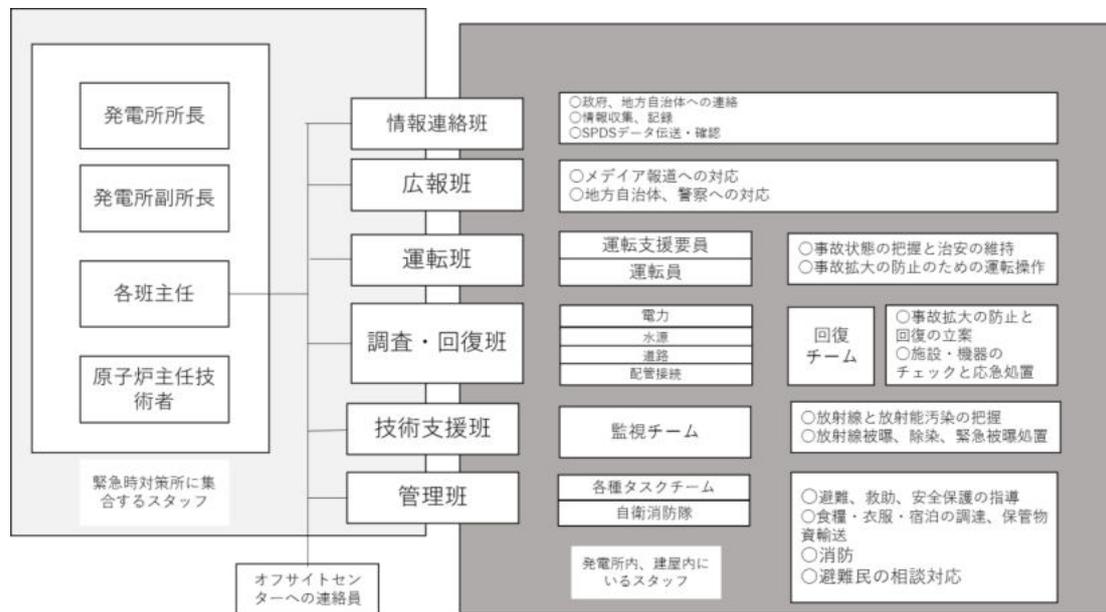


図8-8 緊急時対応組織の班構成と役割の分担

図8-8の右側は原子炉建屋の内部と外部に配置される緊急時対応組織の6つのグループで。それらは①情報・連絡、②広報、③運転、④調査・回復、⑤技術支援、⑥事務統括を担当する。中央制御室の運転員は③に属する。一方、図8-8の左側はオンサイト緊急時対応

応センターに配置されるスタッフで、発電所長、副所長および原子炉主任技術者は、原子炉建屋にいる上記の 6 グループの班長とともに全体の指揮をとる。プラント外のオフサイトセンターには、①の情報・連絡グループから連絡スタッフが派遣され、オンサイトセンターとオフサイトセンター間の情報連携を支援する。

中央制御室とオンサイトセンターでのスタッフ用に以下の 5 種の緊急時対応マニュアルが整備されている。中央制御室には、①設計基準事故に対応するためのマニュアル、②炉心損傷を防止するためのマニュアル、そして③格納容器破損防止用の 3 種のマニュアルが用意されている。一方、オンサイトセンター（緊急時対策所。福島事故の時吉田所長が事故対応を指揮した免震重要棟である）には④緊急時対応手順書と⑤事故管理指針が用意されている。④の緊急時対応手順書は、シビアアクシデントおよび施設の大破損時に原子炉施設の安全を守るためのもので、原子炉炉心や使用済み燃料プールの燃料の顕著な損傷ばかりでなく航空機衝突やテロリストの攻撃も想定したものとなっている。⑤事故管理指針は、中央制御室の運転員が使用する③格納容器破損防止用マニュアルでは炉心損傷防止が対応できないような場合の対応の仕方をまとめたもので、モニタリングをベースに対応するものと事故進展の全体過程を把握するものとで構成されている。

ここで伊方 3 号炉で最大の炉心損傷確率（CDF）をもたらし事故シナリオである、原子炉補助冷却系の冷却機能喪失+原子炉冷却ポンプシールからの LOCA の場合に、事故の進展に応じて、緊急時対応組織の各グループが重大事故の放射能影響が周辺地域に拡大しないようにどのように対応するのかを図 8-9 に図解して示す。



図 8-9 シビアアクシデント事故発生時の原発サイト内緊急時対応組織の班別行動のグラフ表示  
 (出典: Hidekazu Yoshikawa (2016) Reinforced measures of severe accident prevention for restarting Japanese PWR plants after Fukushima accident, Nuclear Safety and Simulation, 7(1), 2016, page 16 に掲載の Fig.10 を日本語化した。)

図8-9で、最上段は事故発生からの時間の経過を示し、100分から4時間までの時間帯は当番でプラントに勤務する所員がそれぞれの分担のタスクを遂行するが、その時間帯以降は非番の所員が召集されてその職務を果たす。図8-9では時間経過にそって主要事象とシナリオに沿っての対応操作の概略が記載されている。事故発生と同時に原子炉はシャットダウン。10分後に全交流電源が喪失。30分後2次系からの強制冷却の開始。52分後補助給水タンクの水枯渇。海水をポンプ車でくみ上げて補助給水タンクに補充。80分後2次系からの強制冷却再開。2.2時間後一次系圧力が0.72MPaで落ち着く。その後は、プラントを温態停止状態から冷態停止状態に徐々に移行させる。図8-9の下部には、この間の緊急対応に当たる原子炉建屋の内部と外部に配置される各グループの所員が分担して行う作業のタイミングが記載されている。原子炉建屋内では中央制御室の運転員による制御操作、原子炉建屋内のポストA、B、Cにおける現場機器操作、原子炉建屋外では野外で給水を補充する給水班、ホース等を接続する配管接続班、非常用電源を操作する電源班、地震等で損壊した作業ルートを補修する工事班の作業に加えるにサイト外からのプラントへのアクセスルートの補修、中央制御室空調へのダンパーの接続、ポンプ車への燃料補給が記載されている。

伊方原発では再稼働前に、緊急対応組織の現場実地訓練でこのシナリオで確実に対応できることを確認したとしている。なお、この訓練はプラント内だけで行われ、IAEAの深層防護の第4層に対応するオンサイトの対応だが、実際にこのような重大事故事態が生じた場合には、原子力防災指針によれば地震ないし事故発生の発報、10分後に全交流電源喪失の第10条通報を発電所から地元自治体および政府に連絡する。すると地方自治体の防災計画にそって5km以内のPAZ、30km以内のUPZでは市民の緊急避難行動が始まる。図8-9中には記載していないが、オフサイトの地方自治体と政府への連絡は、図8-8の情報・連絡班が対応する。

### C. その他のPWRやBWRの場合の補足

さて、8.2.1.1に述べたように新規制基準ではその基本的な考え方の4番目の「必要な「性能」を規定（性能要求）」として「基準を満たす具体的な対策は、事業者がそれぞれの施設の特성에応じて選択する」となっている。従ってA、Bに紹介した四国電力の伊方3号炉PWRのシビアアクシデント対策とその規制庁による審査はその他の事業者の原子力発電所でもすべて同じわけではない。そこでここでは伊方3号炉より早く再稼働しているPWRである九州電力川内原子力発電所と、規制庁による再稼働審査は既に合格しているBWRである東京電力柏崎刈羽原子力発電所の安全対策の向上を紹介する。

## (1) 九州電力川内原子力発電所の安全性向上の評価

川内原子力発電所第1号機は新規規制基準審査に国内で初めて合格し、2015(平成27)年9月10日に再稼働。その後約13か月間運転し、2016(平成28)年10月6日から定期点検を開始、2017(平成29)年1月6日に終了して通常運転に復帰した。再稼働した原子炉は定期検査終了後6か月以内に安全性向上評価を行い、規制委員会に結果を届けることになっていることから、2017(平成29)年7月6日にこれも国内初の安全性向上評価を届け出た。川内原子力発電所では1号機に引き続いて2号機が再稼働し、その後の定期検査を2017(平成29)年3月24日に終了したことから同様に安全性向上評価を2017(平成29)年9月29日に届け出し、公表した。

川内原子力発電所の1号機と2号機は同じサイトに隣接して建設されていることから双方の安全性向上評価の要点が参考文献(江藤和敏(2017))に報告されている。ここでの安全性向上評価は、まず、①保安活動の実施状況を調査し、施設の定期検査終了時点の発電所の状態を設備と運用について調査する。次いでこの調査結果に基づいて、②確率論的リスク評価(PRA)、③安全裕度評価(いわゆるストレステスト)等で保安活動の効果を評価するとともに、安全性向上対策を抽出する、という方法を用いている。

PRAの実施では、炉心損傷頻度(CDF)、格納容器機能損失頻度(CFF)を評価するとともにリスク重要度を活用して安全性向上対策を抽出している。そして内部事象PRA、地震PRA、津波PRAの実施によって、シビアアクシデント対策の導入でCDFもCFFも改善されたこと、<sup>137</sup>Csの放出量が100TBqを越える事故の発生頻度はCFFと同じと考えていること、炉心損傷後に格納容器の機能が維持されている場合7日間の発電所の敷地境界における実効線量の評価では年間気象条件を網羅した全気象シーケンスの平均値は約43mSvとなった、としている。

安全裕度評価では、出力運転時の地震、津波に対するクリフエッジ事象はいずれもタービン動補助給水ポンプから蒸気発生器への給水が不能になることで、それぞれのクリフエッジとなる地震加速度と津波高さを示すとともに、クリフエッジになったときに回復策を示している。川内発電所では1号機と2号機が隣接していることから号機間の相互影響の安全裕度評価を行っている。双方の号機のクリフエッジとなる地震加速度と津波高さが異なることの影響、双方が同時に発災した場合に緊急時対応組織で対応可能かどうか、また、片方が定期点検で停止中、片方が運転中に構内が津波で浸水した時に開放中の停止プラントの補助建屋を介して運転中プラント補助建屋に浸水が及び、安全機能を損なうのを防止する方法を検討している。

## (2) 東京電力柏崎刈羽原子力発電所の安全性向上の評価

東京電力柏崎刈羽原子力発電所は新潟県の柏崎市と刈羽村に跨って日本海沿岸に BWR 型の 1 号機から 7 号機が立地している。このうち 6 号機と 7 号機は、新型の BWR (ABWR) であり、この 6 号機と 7 号機のみ福島事故後の新規制基準による再稼働審査を申請し、2017 (平成 29) 年末に BWR では最初の BWR として審査に合格しているが、立地地域の自治体はまだ再稼働の合意に至っていない。東京電力は福島事故を起こした当事者であり、柏崎刈羽原子力発電所の再稼働申請においては同社の事故経験の反省を基に様々な検討を行っている。川村による参考文献 (川村慎一、2017) をもとにその概要を紹介する。川村によれば、福島事故の教訓を踏まえた柏崎刈羽原子力発電所 6 号機と 7 号機の安全性向上策は、以下に述べる 5 つの対策である。

① 外的事象に対する発電所の防護—福島事故の直接的な原因は地震による外部電源の喪失と津波による重要安全設備の機能喪失だったとして、IAEA のガイド等をもとに発電所への外的事象の影響を網羅的に再評価し自然現象として 40 事象、人為事象として 10 事象を取り上げて再評価した。

② 安全機能の共通要因故障防止—共通要因故障の可能性を減少させるため多重化した装置間の物理的、電気的分離の徹底、対策の多様化を計っている。内部溢水対策として安全上重要な設備を設置する区間への浸水防止、水密扉、浸水防止ダンパー、壁貫通部の水密処理などを施工した。火災対策として、3 時間ほどもつ難燃性ケーブルの使用、原理の異なる火災感知器の設置で速やかに火災を検知し消火するようにしたこと、延焼防止用の壁にしたことをあげている。

③ 設計を超える事態における事故進展防止—設計基準事故に対処する安全設備とは独立で多様な対策をたてた。設計基準事故を超える事態の検討には PRA を用い、安全上の重要度を検討して代表的な事故シーケンスを選定した。

④ 放射性物質放出による影響の緩和—福島事故の際 2 号機から放出された放射性物質が最も大きな環境影響をもたらした。この原因は格納容器ベント不十分のための格納容器内の高温化した蒸気が格納容器上蓋フランジのシール材の復元力特性を劣化させたことが原因だったとして、そのシール材の材料の特性を改良して柏崎刈羽 6、7 号機に反映した。重大事故時に格納容器を冷却する代替手段として、代替循環冷却系を新たに開発して 6、7 号機に導入した。またこれが使用できないときのために、格納容器内の粒子状物質、無機・有機ヨウ素の除染率が高い格納容器フィルターベントを開発して 6、7 号機に設置した。また、アルカリ薬液を格納容器に注入して格納容器内雰囲気アルカリ性に保ち、気体ヨウ素の生成を抑制する pH 制御システムを設置した。

⑤設計を超える事態に対応できる緊急時能力—福島事故時には発電所所長にすべての判断と指示を集中させる方式だったため適切に対応できず結果として打つ手が後手後手になって事故を悪化させた。この問題点を改善するため、米国では自然災害対応の分野で発達しているICS (Incident Command System) と呼ばれる緊急時対応システムを参考にした発電所緊急時組織に編成替えした。また緊急時対応戦略の立案では、福島事故時の実態に鑑みて“フェーズドアプローチ”による事故対応、すなわち事故発生直後は時間的な余裕がない切迫した状況なのでプラントに恒常的に設けられている設備だけで対応し、時間が立って余裕が出てくると可搬設備も使用し、さらには所外からの設備追加で対応するものとした。

#### D. 再稼働する原子力発電所の安全性はどの程度向上しているのか？

原発は危険という信念の反対派は、国が規制制度を改め、審査基準や審査のやり方を厳しくしたからといっても、その信念を変えることはない。現に福島事故後の原発の再稼働後も反対派は何かと原発の運転差し止め訴訟を起こしている。そして裁判官によっては原告勝訴の判決も出している。マスコミはこれらをニュースとして報道しているが、安全性は向上しているかどうかはマスコミには報道対象になっていない。せいぜい賛成反対の双方の意見を並べて両論併記にする。要するに、第4章4. 1に述べた昔の毎日新聞社論説委員横山裕道氏の報道姿勢と何ら変わらない。

とはいえ、国際原子力機関IAEAや国会や政府による福島事故調査報告の勧告をもとに、規制制度も組織も全面的に変えて原子力施設の規制基準も一段と厳しくし、事業者の原発再稼働の申請を審査して合格し再稼働をしているからには、国や事業者の安全性向上への取り組み努力は評価しつつも、そこでは、①新規制基準をパスした原発の安全性は向上しているのか？②またどの程度向上しているのか？③またそのための尺度はあるのか？といった基本的な疑問を持つ国民は少なからず存在するものと思われる。これらの人達の疑問にまともに返事をするべき立場のものは、本来は原子力規制に当たっている規制庁や規制委員会のように思うが、さてどのように規制関係者は言っているだろうか？

マスコミ報道によると、以前の安全審査基準を根本的に改めた新規制基準にして審査した田中規制委員長は、「規制基準を満たしたから合格にしたといっても絶対安全とは言いません。」と発言したと報道している。また原子力事業者は、あまり安全を強調するとかつての安全神話と変わっていないと批判されることを慮って「絶対安全とは言いません。」という。これでは疑問への回答でないと不満も出てくるだろう。そこで、みずからパブリックアウトリーチと称する諸葛氏が、上記の①、②、③の疑問に対する答を日本原子力学会誌に解説記事を寄稿している（諸葛宗男（2017））。そこでそれをもとに本章の筆者が補足して3つの質問の順番を変えて以下に述べる。

①新規制基準では原発の安全性を計る尺度はあるのか？

諸葛氏の論文タイトル中の「安全目標」がそれである。しかし、新規制基準の中にはどこにも安全目標という言葉は使われていない。諸葛氏はいう。安全目標とは、規制委員会が規制の達成度を計る目安であって、事業者は規制基準に定められた安全対策を自ら工夫して実施し、向上すればよいのだ、と。

安全目標という考え方のそもそものは英国で 1980 年代に始まっている。1986 年のチェルノビル事故ののち、IAEA の INSAG において安全文化醸成活動の勧告の中にも安全目標の考え方も取り入れられて米国その他の諸国では原子力規制で 1990 年代に採用されている。我が国においては、旧原子力安全委員会が 2003 年我が国の安全目標案として、定性的目標と定量的目標を提起している。これによれば前者は、「原子力利用活動に伴って放射線の放射や放射性物質の放散により公衆の健康被害が発生する可能性は、公衆の日常生活に伴う健康リスクを有意には増加させない水準に抑制されるべきである。」とし、後者は「原子力施設の事故に起因する放射線被曝による、施設の敷地境界付近の公衆の個人急性死亡リスクは、年あたり百万分の 1 程度を超えないように抑制されるべきである。」としていた。規制委員会になってから 2013 年 4 月 10 日規制委員会決定として「この旧安全委員会の検討結果は原子力規制委員会が安全目標を議論する上で十分に議論の基礎となりうるものと考えられる。」と記載されているが、同日田中委員長は「旧安全委員会の死亡リスク目標は採用しない。」と言明。

というわけで、原子力規制委員会は安全目標ということばは明文化していないが、新規制基準による審査過程の実態から、諸葛氏は「周辺に放射能影響を及ぼすシビアアクシデントの発生確率を百万年に 1 回以下、その事故で放出される放射エネルギーは 1 週間で 100TBq 以下」を安全規制の目標としているようであり、これがとりもなおさず目下の我が国の安全目標と説明している。

②新規制基準をパスした原発の安全性はどの程度向上しているのか？

諸葛氏は、新規制基準審査で当時合格していた 11 原発の申請書中に記載されているシビアアクシデント対策を行う以前のプラントに対する PRA の結果と、安全対策を実施後の PRA の感度解析結果を用いて、11 原発の平均値として安全対策前の PRA 結果は  $1.9 \times 10^{-4}$  (回/原子炉・年) であり、安全対策後の PRA 結果は  $8.9 \times 10^{-5}$  (回/原子炉・年) となっている。つまり約 2.4 分の 1 に低下している、としている。諸葛氏は、さらに九州電力が 2014 年広報資料で、PRA 結果による 100 万炉年に 1 回起こる事故で 1 週間に放出される放射エネルギーは 5.6TBq は、福島事故で放出された 10,000TBq の 1,800 分の 1 (規制委員会のいう安全目標の) 100TBq の 18 分の 1 と述べている。

③新規制基準に合格するためにどの程度事業者は費用をかけているのか？

諸葛氏は、新規制基準に対応するための費用について 2 つの資料を引用している。一つ

は2015年5月26日の資料「長期エネルギー需給見通し小委員会に対する報告」のp.58に記載の「追加的安全対策費の最新の見通し（計11項目）を聞き取りした結果、約1,000億円／基程度と見込まれる」というものである。一方の資料は報道資料で核燃料サイクル事業の日本原燃の7,500億円を含めて合計約4兆円となっているが、原子力発電所に関する費用は26基分合わせて3兆2,500億円となることから、1基当たり約1,250億円となる、としている。

#### 8. 2. 2. 4 ここまでのまとめ

福島事故の直後、原子力発電をどうするかに大きな岐路があった。だが第2章で民主党野田政権のところで述べたように当時は原子力発電を継続することを政府は選択し、その後の自民党安倍政権もそれを継承した。ドイツのように脱原発に決めるのも一つの決断である。でもそれですべてが解決ではない。脱原発しても残る放射性廃棄物処理処分問題の難問は放置できないことを第6章で述べた。

その後、原子力発電所の運転再開には、国の規制改革を経て世界の動向に合わせてシビアアクシデント対策を規制対象に含めた新規制基準の審査に合格しないと再稼働を認めないことになった。事業者においては新規制基準に合格するように追加投資をするのは残りの運転可能期間を考えると無駄な投資になる、と老朽化した原発は廃止措置の方を選んだ。すべての原発ではないが再稼働を選んだ原発はその後規制審査に合格し立地地域が合意したものは運転を再開している。

さて、規制委員会はどのような考えで規制の目標を設定し、規制基準を考えたのか？またその規制の効果である安全性の向上はどの程度なのか？再稼働に事業者はどの程度追加投資を必要としたか？本章ではこういった観点での安全性向上の見方も紹介したが、実際はこれからの再稼働の進展で変わっていくだろう。

いずれにせよ、福島事故以前事業者は規制当局を虜にして、我が国の原発の信頼性技術は完成しているのでシビアアクシデント対策は不要、その検討に不可欠なシビアアクシデントの研究やPRAも必要ない、としてきたが、福島事故後新規制基準が公表されたのちは再稼働に向けてそれに対処するために、この方面の技術整備を大急ぎで進めたし、シビアアクシデント対応や人的要因対策にも急遽取り組んだ。電力事業者全体が福島事故後にあらたな組織を発足してさらに取り組みを強化している状況については次の8. 3に述べることにする。

## 8. 3 原子力事業者の安全性向上への研究開発への新たな取り組み

### 8. 3. 1 原子力安全推進協会 (JANSI)

福島事故のような事故を二度と起こさないため、民間の第三者機関が原子力事業者をけん引してさらなるエクセレンスを自主的に追及する仕組みとして、原子力産業界が2012年に自主規制機関である原子力安全推進協会 (JANSI) を発足させた。役職員数約200名。JANSIでは発電所組織の事業運営のあり方を同業の国際専門組織によるピアレビューで業務改善につなぐ活動の一方、福島事故の反映として緊急時対応力向上のため職種各層の幹部のリーダーシップ能力向上のための研修サービスに努めている。(一般社団法人原子力安全推進協会のURL参照 <http://www.genanshin.jp/>)

2018年度から米国の発電運転協会 (INPO) エグゼクティブ・バイス・プレジデントのウィリアム・エドワード・ウェブスター・ジュニア氏をJANSIの会長に招聘し、日本の原子力事業を世界的なエクセレンスレベルに向上させる戦略的な活動として原子力事業者間の国際機関WANO、米国のINPO、国際原子力機関としてのIAEA、OECD/NEAなどとの連係を強めて、2019年度から10年スパンで次のような活動を行っていくとしている。

- ①発電所ピアレビューの効果的・効率的実施と支援活動
- ②発電所パフォーマンスの定常的な状況把握と情報発信の強化
- ③緊急時対応力の向上のためのリーダーシップ研修及び防災訓練支援の実施
- ④安全文化診断手法の高度化と実施

上記の④に関わり、JANSIの久郷氏は新検査制度の導入では組織の安全文化の監視もスコープに入っていることから、「原発の安全性に「絶対はない」として不確実なリスクにも対応できるように安全性の向上を常に目指す姿勢を持つこと」がどのようにすれば可能かを考察している(久郷明秀(2019))。久郷氏は、それは「未知のリスクに備える心理的備えを強化すること」として、人には確証バイアス、正常性バイアス、ヒューリスティック、過去の事例による認知バイアスが働いて安全思考の陥穽に陥りやすい。また、組織文化のあり方も関わっていると、福島事故の背景を日本社会の文化的要因から論じ、日本社会には、「不確かな情報で動くことを避けたいという意識」、「目に見える結果を重視する意識」が強く、「ルールメイキング重視、体制構築、形式主義に陥りやすい特性」があるとしている。一方、日本とは組織文化の違う米国流のオーバーサイトやピアレビューの導入にあたっては「ネガティブなことをフィードバックするとき相手に気遣って曖昧な表現で伝えようとする社会、他者から面と向かって課題を指摘されることを良しとしない社会」では折角の仕組みも機能せず、形式化してしまうと危惧している。JANSIがこれから取り組む「安全文化診断手法の高度化と実施」が久郷氏の日本の組織文化の考察をもとに原子力組織の安全文化向上に寄与することを大いに期待したい。

また、JANSI の上記の③の取り組みに関連して、株式会社原子力安全システム研究所では彦野氏、松井氏らは緊急時の発電所指揮者クラスのリーダーシップにノンテクニカルスキル向上に着目した「たいかん訓練」という研修カリキュラムを現場と連携して研究を発展させている。(彦野賢・松井裕子・金山正樹・吉元怜毅・富士岡加純 (2018) )

「たいかん訓練」とは「耐寒訓練」ではない。同氏らによれば、①実践演習を通じた「体感」による気づきを得る訓練、③緊急時対応の核すなわち「体幹」となる人間力の鍛錬、そして③広い視野とチーム全体を掌握する「大観」を持つための訓練という3つの意味が込められている。なるほどこのような訓練で鍛えれば人間どこにいても世の中がどんなになってもたくましく生きていけそうだ。

### 8. 3. 2 原子力リスク研究センター (NRRC)

電力中央研究所には、確率論的リスク評価(PRA)、リスク情報を活用した意思決定、リスクコミュニケーションの最新手法を開発し用いることで、原子力事業者及び原子力産業界による、原子力施設の安全性向上のためのたゆまぬ取り組みを支援することを使命として、原子力リスク研究センター (NRRC) が 2014 年 10 月に発足した。所員は約 150 名。所長には PRA の世界的権威者の元米国原子力規制委員会委員だったジョージ・アポストラキス MIT 名誉教授をいただき、顧問に元米国原子力規制委員会委員長 R.A.メザーブ博士の他、米仏の著名エキスパートらを技術諮問委員会に招いて、NRRC は PRA 手法及びリスクマネジメント手法の国際的な中核的研究拠点 (センター・オブ・エクセレンス) となり、それによって、あらゆる利害関係者から信頼を得ることを目指している。(電力中央研究所原子力リスク研究センターの活動については、次の URL を参照 <https://criepi.denken.or.jp/jp/nrrc/intro/roadmap.html>)

NRRC の 2020 年 7 月からの研究ロードマップによると、全体のスコープは、以下のようによまとめることができる。研究開発項目として (1) 事象評価技術、(2) リスク評価技術、(3) リスクコミュニケーションの 3 領域がある。

事象評価技術では、①シビアアクシデント、②活断層、③地震動、④断層変位、⑤地盤・斜面・土木構造物耐震、⑥建屋・機器耐震、⑦津波、⑧火山、⑨内部火災・内部溢水の 10 項目、リスク評価技術では①PRA 手法 (内的・外的事象)、②人間信頼性 (Human Reliability Analysis: HRA)、③環境放出時影響の 3 項目がある。これらはまさに新規制基準になってから再稼働に要求されている安全審査項目すべてを包含している。これらは福島事故後の新規制基準への適応のための対策追加や改良工事等に反映され、再稼働のためのリスク評価への PRA 実施に貢献し、再稼働して安定運転にはリスク情報を活用したり

スクマネージメント、リスク低減と深層防護の確保による安全性確保策の強化を通じて継続的安全性の向上に貢献する。そして原子力事業の組織内部におけるリスクコミュニケーションの改善と原子力事業界が外部のステークホルダーとのリスクコミュニケーションの向上に取り組んでいくとしている。

NRRC 研究ロードマップによると、2020 年まではとくにこれまでの再稼働審査対応における国内の PRA 技術は国際レベルに達していなかったことから、伊方 3 号炉と柏崎刈羽 7 号炉をそれぞれ PWR と BWR のパイロットプラントに選定して海外エキスパートによるレビューによって国内 PRA 技術の底上げに注力するとともに国内各社がその知見を反映できるように PRA 標準やガイド類の整備を行っている。

NRRC では、2020 年度からが世界的なセンター・オブ・エクセレンスを目指しての本格的な発展を期しているが、事象評価技術と内的・外的事象を考慮した PRA 手法の高度化を進め、様々なシビアアクシデントシナリオ時の環境放出時影響を予測評価できるように向上していくことを期待したい。

HRA の研究では 2021 年度から OECD/ハルデンの MTO (Man-Technology-Organization) プロジェクトとの共同研究を計画している。OECD/ハルデン炉プロジェクトへの日本からの参加窓口は、筆者の現役時代には日本原研が担当していたが、日本原研の予算が打ち切られた後は旧原子力安全・保安院傘下の JNES が引き継いでいた。筆者が最近聞くところでは OECD/ハルデン炉は廃止措置になるためハルデン炉を用いる燃料材料試験はできなくなる。だが OECD/ハルデンでのマンマシンラボや VR センターを用いる MTO プロジェクトにはこれから電中研 NRRC が参画すると知り、現役時代に MTO プロジェクトと研究交流の思い出がある筆者自身は今後 NRRC のこの方面でも活躍を大いに期待している。

一方リスクコミュニケーションでは、原子力は若年層および女性層との接点が不足していることが社会から疎外されている原因との思いから SNS 等を活用した地域対話活動の新たな場の提供を 2021 年度から取り組むとしているのも、原子力の社会との交流という意味で大いに注目される試みである。

最後に様々なシビアアクシデントシナリオ時の環境放出影響の予測評価ができるようになれば、これと周辺住民の避難行動シミュレーションと組み合わせて、周辺住民の被曝影響や周辺環境の放射性物質のフォールアウト量を予測し、このようなシビアアクシデントによる被曝リスク、フォールアウトリスクを極力低減化するプラント側のシビアアクシデント時プラント操作法の向上に反映できる。また、万一の事故発生時の環境放射性物質放出量を推定して原子力災害損害賠償スキームの改善に活かすことも考えられる。

## 8. 4 まとめ

以上本章では、福島事故のもたらした規制組織の変革と原子炉規制基準の抜本的な改革と再稼働審査、再稼働原発の安全性の向上、さらなる安全性向上を目指しての事業者の代表的な研究開発の一端を紹介した。

今振り返るに原子力規制の改革は、原子力安全・保安院時代の10年間に既にその萌芽が芽生えていたが、問題はその芽を摘む反動的な勢力ないしシステムが変革を阻害していた。これが原子力安全神話の蔓延であった。原子力界では規制にも事業者にも福島事故のショックは、我が国の幕末から明治維新への変革の引き金となった黒船、敗戦後の進駐軍と同じようなインパクトだった。そのもたらしたものは“国粹的排外主義＝日本が最も優れているから外国のいうことは聞く必要なし”から、福沢諭吉の文明開化＝欧米に学べ”、へのまさに180度転換である。だが問題は、それが国民の原子力への信頼回復につながるかどうかである。それは今後、再稼働がどれだけ進展し、制度変革の効果が国民の目にみえてくるかどうかにかかっている。

## 参考文献

南 安彦 (2018) 原子力発電所の長期運転 (運転期間延長) への対応について、日本原子力学会誌 60(2)(2018) pp.82-84.

四国電力株式会社 (2013) 伊方発電所3号炉重大事故対策に係る事故シーケンスグループ及び重要事故シーケンス等の選定について 平成25年12月

原子力規制委員会 (2015) 四国電力株式会社伊方発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書 (3号炉施設の変更) に関する審査書 (核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第43条の3の6第1項第2号 (技術的能力に係るもの)、第3号及び第4号関連、) 平成27年7月15日

Hidekazu Yoshikawa (2016) Reinforced measures of severe accident prevention for restarting Japanese PWR plants after Fukushima accident, Nuclear Safety and Simulation, 7(1), 2016, pp. 1-21

江藤和敏 (2017) 川内原子力発電所の安全性向上評価について、日本原子力学会誌、60(2)、2017、pp. 85-88.

川村慎一 (2017) 福島事故の教訓と新規制基準を踏まえた柏崎刈羽原子力発電所の安全性向上について、日本原子力学会誌、60(2)、2017、pp. 78-81.

諸葛宗男 (2017) 再稼働する原子力発電所の安全性—新規制基準と安全目標の関係—、日本原子力学会誌、60(2)、2017、pp. 89-91.

岐路に立つ原子力 福島原子力事故のもたらした蹉跌からの道

一般社団法人原子力安全推進協会 URL <http://www.genanshin.jp/>

久郷明秀（2019）不確実なリスクに備える組織文化—福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえて—、日本原子力学会誌、61(8)、2019、pp. 587-591.

彦野賢・松井裕子・金山正樹・吉元怜毅・富士岡加純（2018）ノンテクニカルスキルに着目した緊急時対応訓練システムの開発(3)—「たいかん訓練」における評価に向けた課題—、Journal of the Institute of Nuclear Safety System, Vol. 25, 2018, SR-4, pp.31-48.

## ～ 第9章 社会の原子力への信頼回復への課題 ～

### 9. 1 はじめに

福島原子力事故によって原子力は社会の信頼を失い、規制の制度を変えていくら原発の審査基準を厳しくしても現実の原発再稼働は福島原子力事故から9年余を経ても一向に進展していない。本書の第2章では、それまでは原子力推進を支持していた世論が福島原子力事故によって脱原発に傾いたことの原因の一つとして、科学ジャーナリストたちが原子力界の倫理のあり方を批判していることを紹介した。また、第3章では、福島原子力事故の招来に過日の原子力規制の失敗があり、その根本に原子力村は安全神話の流布でシビリアクシデントへの備えをおろそかにすることを正当化していたことを論じた。

原子力の今後には様々な難問があることは既に前章までに論じたが、今後の道をたとえ脱原発に決しても今後も原子力と関わりを持たざるを得ない。それは今後も危険な原子力施設や放射性物質を放置することはできないからである。ところが原子力に反対し、声高に脱原発を主張してきた人達は脱原発をするためにしなければならないことを考えてもいないし、考えようもしない。勿論原発反対派にも脱原発後にどんなことをすべきか理解しているひともいるだろうが、それを今言いだすと政治運動の仲間から原子力推進側に妥協的とみられて糾弾されると慮って言いだすことはないだろう。またマスコミはこういったことは指摘しない。マスコミの使命は「社会の木鐸」であり、世間に表れているあるいは隠れた新規な事象を見出してカンカンと木を叩いて知らせるだけが仕事であり、原子力は行き詰っていると世論をあふることだけがビジネスである。だから原子力関係者は、脱原発になっても自らの責務の重要性を認識して社会の合意をはかり職責を果たしていくべきであり、それを認識すべきである。

そこでこのような背景も考えて社会の信頼回復の第一歩としての原子力関係者の倫理問題を本章で論じたい。

その前提は、福島事故を招来した安全神話が、原子力村の中で安全規制に関わる専門者たちによってどのように作られ、それが原子力村から日本社会全体に流布され、どのような社会的弊害を招いたか、その真摯な反省である。これは社会一般にある、専門性の高いものはすべて専門家に任せておけばよいという発想からの転換である。またこれは専門家から見れば、第1章の日独比較論で少し述べたワインバークによるトランスサイエンス（科学が質問を発することはできるが、科学のみでは答えることができない境域がある）との認識である（Alvin M. Weinberg, (1974)）。

専門家に任せるとどうなるか、福島原子力事故で見てのとおりである。ベックがその著「危険社会」（ウーリッヒ・ベック（1988））の主張になぞらえると、原子力村の原子力官僚のサブポリテイクスに原子力を任せては危険なのである。そこで横山禎徳氏は、その著

次のような持論を展開している（横山禎徳（2019）228-235頁）。

“従来の経験を重んじる徒弟制度で維持される伝統的技術社会は、20世紀の科学の長足な進展で、科学と技術の関係が逆転した。現代の技術社会の形成に大きく影響しているものに3つあり、原子力（量子力学と素粒子物理）、バイオテクノロジー（遺伝子組み換え技術）、コンピュータサイエンス（情報理論、演算理論、半導体理論）である。これら3つに共通するのは、科学が理論に基づいた法則を発見し、そこから技術が開発されることである。このような20世紀に新たに出現した科学、そこから派生した技術に対してその効能や影響をどのように判断したらよいのか一般の人々にはよく分からないものである。とくに原発はどのように判断してよいのか難しい。だからといって専門家に任せておこうというのではすまない。一旦ことをおこしたら個人の問題で済まず、多くの人が迷惑を被るのである。”

横山氏はさらに持論を続ける。

“原発というテーマへの対応では『技術のロジック』と『社会の価値観』の関わり方の複雑度が最も高い。そしてそれぞれの一方の側からのみ声高に主張する人達がいてお互いの意見がかみ合わない状況が続いている。そしてとやかくいっても始まらないから専門家に任せたらよいという大勢がいる。だからこそトランスサイエンスの発想をもとに立場の違う人達が議論を率直に戦わせ、当事者意識をだんだんと醸成していかないとならない”。

横山禎徳氏は、ワインバーク提唱のトランスサイエンスについて図9-1に示すような理解から、原子力を良循環にするサブシステムとして「市民、官僚、政治家、企業人、研究者の参加による公開討議システム」を提起している（横山禎徳（2019））。

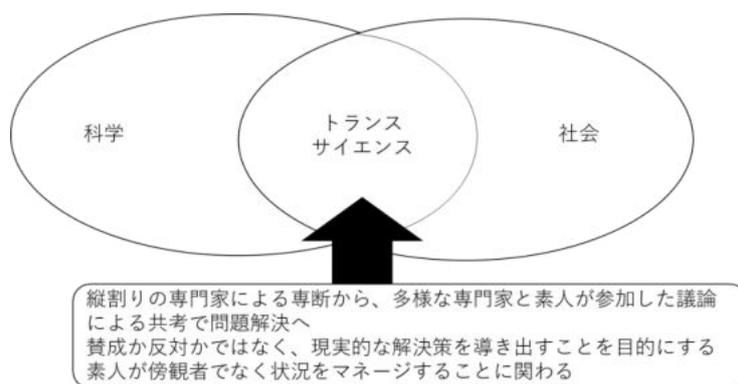


図9-1 ワインバーク提唱のトランスサイエンスの横山禎徳氏による説明図

出典：横山氏著書（横山禎徳（2019））中の230頁図6-1 を一部修正

本章では、今後も原子力の専門家だけに任せることが社会の信頼回復に繋がるかどうかを考えるために、まず、日本原子力学会の技術倫理綱領に見る倫理意識を考察する。ついで

最近科学技術と社会との関わり方の研究で注目されている ELSI (Ethical, Legal and Social Implication) からの示唆を紹介する。そして最後に横山氏がその著(横山禎徳(2019))で提唱する原子力を良循環にするサブシステムとして「市民、官僚、政治家、企業人、研究者の参加による公開討議システム」の形態に近いステークホルダリスクコミュニケーション活動の国際的な取り組み状況を紹介する。

## 9. 2 日本原子力学会の技術倫理綱領に見る倫理意識

原発は周辺住民が避難しないといけないようなシビアアクシデントを起こすと社会に迷惑を及ぼし、原子力への社会の信頼も一挙になくなる。つまりその電力会社だけでなく原子力業界全体の存亡に関わる事態になり、これは絶対に避けなければならないことは原子力発電に関わる全員が共有すべき不文律ではないのだろうか？そういう認識が原子力業界の学術団体である日本原子力学会の倫理規定策定の過程であったのかどうか？(残念ながら当時だけでなくいまだにどうもそうでもなさそうだが)この疑問を調べるのが本節の主題である。その当初の意図から経緯、とくに福島原子力事故後どうなったかなどに着目して調べた結果をまとめると以下のとおりである。

### 9. 2. 1 学会が倫理綱領策定に取り組んだ当時の社会的背景

日本原子力学会の技術倫理綱領策定の取り組み開始は、1990年代後半であった。その当時、日本の多くの工学系学会において倫理規定策定の動きが進んでいた。その理由の一つに、技術者資格の国際化への対応があった。具体的には1995年11月大阪で開催のAPEC(アジア太平洋経済協力, Asia Pacific Economic Cooperation)首脳会議で国際的な技術移転のために国境を越えた技術者の移動促進が決議され、技術者資格の相互承認制度の検討が開始された。(APEC大阪会議については、次のURLを参照

<http://www.ckp.jp/apec/indexj.html> (As of 2020.4.18))

米国では大学の工学教育カリキュラムを認定する民間組織 ABET (米国工学技術教育認定委員会 Accreditation Board for Engineering and Technology) によって認定されたカリキュラムを修了した学生に PE (プロフェッショナルエンジニア Professional Engineer) 資格取得の第一段階である FE (ファンダメンタルエンジニア Fundamental Engineer) 受験資格が与えられる。

(ABETについては、次のURL参照 <https://www.abet.org/>(As of 2020.4.18))

日本ではこのような技術者資格制度として技術士制度の改革が行われ、米国の ABET にならって JABEE (日本技術者教育認定機構 Japan Accreditation Board for Engineering Education) が1999年10月に設立された。

(JABEEについては次のURL参照 <https://jabee.org/>(As of 2020.4.18))

技術者資格の国際化に対応するために、JABEE によって資格認定上要求される技術者の能力の一つに、『社会に対する責任を自覚する能力』の育成が明記された。国内の各大学では JABEE に認定されるために技術倫理教育が必須になる一方、各工学系学会においては各工学分野で要求される倫理観を明確にするために倫理規定の制定が進められた。

以上のような国内の各工学系学会の取り組みの現実的な背景には、日本企業が米国の連邦プロジェクトに国際応札する際にプロジェクトを担当する技術者が PE や FE 資格を取得していないと入札に参加できないという制約を米政府に課せられたことがあげられる。そこで日本政府の主導のもとに JABEE が設けられ、そして各工学系学会は PE や FE に相当する国際的エンジニア認定のため、概分野の倫理規定を設け、各大学の該当学科の教育カリキュラムにそれを反映してもらおう、というように話が繋がっていった。

国際的な技術者資格の要件はなにも倫理規定だけではない。そもそも電気、機械、土木、建築、等々の技術者資格の国際化では、それぞれの専門分野で要求される必須科目について一定レベルの知識・能力を備えていることが要求される。だから大学の学科ではそれぞれの学科で基本的な科目群で JABEE の認定に適合できるように教科内容の充実も必要とされた。

欧米では大学の国際ランキングを専門とする民間会社がいくつもあり、それらによって世界中の有力大学の国際ランクが毎年発表される。日本でもそれがマスコミにニュースとして取り上げられて東大、京大など日本のトップ大学の国際順位が落ちてきたなどと世間をにぎわしている。このような国際間比較以外に、米国では電気、機械、化学、土木といった各大学工学系学科の国内ランクも毎年発表されている。筆者も米国の各大学の原子力工学科国内ランクを聞いているが、中国でも米国に似たランキングシステムを既に導入していて、各大学各学科の順位表が毎年公表される。中国では毎年 6 月上旬に行われる全国一斉の統一大学入学資格試験の結果に応じて、この順位表を参考に各受験者が希望する大学と学科への入学申請を行っている。

要するに、国際化の進展に伴って、専門能力および倫理的素養の国際標準への適合が日本の大学教育と技術専門職に求められるようになって、日本でもその国際標準に適合した専門職教育、言い換えれば人材育成、研修プログラムの整備が求められたわけである。

## 9. 2. 2 日本原子力学会での倫理規定制定の取り組み

日本原子力学会での倫理規定制定に向けての取り組みは 1998 年 11 月に学会の理事会での議論から始まった。(日本原子力学会倫理委員会ホームページの次の URL 参照 [http://www.aesj.or.jp/ethics/02\\_/02\\_21/](http://www.aesj.or.jp/ethics/02_/02_21/) (As of 2020/04/13))

日本原子力学会では 1999 年 9 月に倫理規定制定の準備会が行われ、倫理規定制定委員会を発足させて 1999 年 10 月 22 日に第 1 回の委員会会合が開催されている。当初は米国 ABET がホームページに公開している倫理綱領を参考にして原子力に流用可能な憲章として部分的に修正することも考えたが、委員会では憲章の各条文から掘り下げて議論することから始めた。その背景には当時日本の原子力界で多発していた各種不祥事やトラブルに

よって原子力関係者の倫理が問われていたことが、日本原子力学会の倫理規定の検討の一つの動機になったとのことである。これらの不祥事として 1995 年 12 月の高速炉もんじゅのナトリウム漏れ事故、1998 年 10 月の東電等での使用済み燃料輸送容器のデータ改ざん、1999 年 9 月 30 日の東海村 JCO 臨界事故が挙げられている。

倫理規定制定委員会では、前文・憲章・行動の手引きの各部から構成される倫理規定を策定し、2 度の会員へのアンケートと回答によるフィードバックを得て成案を確定し、2001 年 6 月 27 日に前文と憲章、同年 9 月 25 日に理事会で行動の手引きが承認された。

以上のような最初の倫理規定の作成に至る経過とその内容の概略は、倫理規定制定委員会のメンバーによって日本原子力学会誌 2001 年 8 月号の後付けとして掲載されている（日本原子力学会倫理規定制定委員会（2001））。同参考文献によれば、今後に向けての活動として、以下のような活動を期待している。

- ① 規程の実施と運用のための組織の倫理規程を運用する方策（エシックスプログラム）の構築・・・委員会で提起した倫理規程の中の行動の手引きでは本倫理規程を見直していくことを約束している。具体的にはエシックスプログラムを実行し、よりよい倫理規範としていくため、学会内にエシックス委員会を常置することを提案している。この委員会の主要任務は、倫理規程の遵守状況のフォロー、常に変化する社会状況に合致した合理的な規程の維持を主眼とするものであり、委員会は組織として権威を持ち、構成と運営方法にはできるだけ会員の総意が反映されるべきである。
- ② 大学や企業内教育での教材としての活用・・・大学では JABEE の活動が始まっている。原子力学科での技術倫理教育や原子力企業での倫理教育に、本規程の行動の手引きの活用を期待している。
- ③ 事例の集成・・・工学倫理教育の本質は特定の価値観を教え込むことでなく、専門家として物事の選択や判断をする基準を個々の技術者の中に形成することである。このためには講義、演習、実験のような従来の教育方法では不十分で、事例教育が適している。事例集の作成は倫理案件の発生を未然に防止するため重要であり、とくに安全性については法令的には合法であっても道徳的に疑義のある問題を抽出し、整理しておくことは違法行為を未然に防止するために重要である。原子力の分野で経験した事故・故障の中から専門家集団の倫理に悖る事例を整理する、あるいは仮的事例を作成することが必要である。

日本原子力学会では 2001 年 11 月 27 日の理事会決定で倫理委員会を発足させ、倫理規定制定委員会の活動はこの倫理委員会に引き継がれて第 2 回目以降の改定を行っている。なお第 2 回目から規定を規程と名称変更しているが、倫理規程の改訂はその都度学会の理事会の承認を経て公表されている。

日本原子力学会のホームページに掲載の倫理規程委員会のページをみると、現在に至るまでの改訂のおおよその経過をたどることができる。そこで同学会ホームページ記載の情報から初版から 2007 年版、および 2009 年版から 2014 年版についてそれぞれの背景となった主な出来事と改定におけるポイントをまとめ、表 9-1 及び表 4-2 に記載する。

表9-1 日本原子力学会倫理規程の初版から2007年版までの改訂の経過

| 版の名称<br>(発行年)  | 背景   | 策定・改定の時期とポイント  |
|----------------|--|--|
| 初版(2001)       | 技術者資格の国際化への対応<br>原子力事業における不祥事案が多発、原子力界の倫理性が問われていた  | 前文、憲章、行動の手引きで構成<br>2001年6月27日に前文と憲章、同年9月25日行動の手引きが承認された<br>2001年日本原子力学会誌8月号に解説記事掲載                                     |
| 03年版<br>(2003) | 2002年8月29日 東電原発点検データ改ざん・トラブル隠ぺい  | 2003年1月28日理事会改定承認<br>行動の手引きに所属組織内で構成員が倫理に関わる問題を自由に話し合う体制になっているか、なっていないときには組織変革に努力するよう追加                                |
| 05年版<br>(2005) | 倫理研究会参加者に03年版への意見の提出を求め、出された意見をもとにどのように改定するかアンケートを繰り返して集約し、投票を行って改定案をまとめた  | 2005年11月25日理事会改定承認<br>2005年日本原子力学会誌7月号に解説記事掲載  |
| 07年版<br>(2007) | 07版への理事会および委員からのコメント項目への委員会内で討論し、意見集約を行って改定案をまとめた<br>2004年8月に発生に関電美浜発電所2次系配管破損事故を倫理規定にどのような盛り込むかの議論<br>地球温暖化防止への原子力の貢献の半面、放射性廃棄物の発生の取り扱いにおける世代間倫理の議論 | 2007年9月19日理事会改定承認<br>美浜事故については労働災害防止という観点を意識して行動の手引きに付加した<br>地球環境保護との調和は原子力技術そのものの倫理性の議論に関連すると認識を喚起するため行動の手引きにおいて言及した。 |

表9-2 日本原子力学会倫理規程の2009年版から2014年版までの改訂の経過

| 版の名称<br>(発行年)  | 背景   | 策定・改定の時期とポイント   |
|----------------|--|---|
| 09年版<br>(2009) | <p>有識者を招いた倫理研究会の開催によって得た知見を参考に07年版の見直しを行った。委員会内で20項目程度を取り上げてアンケート形式の投票で意見集約して規程の改訂案をまとめた。</p> <p>研究者倫理の倫理規程への取り組みを検討したが、編集委員会における論文投稿校閲における倫理指針が検討中につき、それを待つこととした。</p>         | <p>2009年11月26日理事会改定承認</p> <p>エネルギーの安定供給に原子力が不可欠との認識、核セキュリティ確保への注意の喚起、放射性廃棄物の処理処分が大きな課題との認識、コミュニケーションの重要性、グローバルな視点の重要性などの明示と時代認識を書き加えたものとなっている</p> <p>前文、8項目の憲章、前文と憲章柱の項目の各々に紐づけされた行動の手引きの構成は07年版と同様であるが、検討項目の追加を反映して全体として内容は豊富になっている。</p> <p>とくに倫理規程の前文に、現代が科学技術を社会に結びつける企業、行政、教育研究機関に倫理的な活動と説明責任を果たす活動を求めている時代であるとの認識を付け加えている。</p> |
| 14年版<br>(2014) | <p>2011年に倫理規程の定期的見直しを行うべきところ、2011年3月に発生の東電福島第一事故により、その教訓を倫理規程に反映することは困難を極めたが、倫理規定の全面見直しは2014年3月12日の委員会で議論を終えた。その案をホームページに公開して得られた3件の意見を参考に修正を加えた2014年改訂案を理事会に諮って5月28日承認された</p> | <p>学会ホームページに掲載の倫理規程は2018年1月31日理事会改定承認となっている</p> <p>前文、憲章、行動の手引きは、以前の規程と構成の形式は踏襲しているが、全面的に変更されている。とくに憲章の項目数が以前の8項目から7項目になっている。そしてそれぞれの項目に見出し語を新たに加えている。</p>  |

第2回の倫理規程改定に際しての概要紹介と意見公募を規程の初版から倫理規程策定に参画した倫理委員会幹事の班目春樹氏が日本原子力学会誌2005年7月号に解説記事を寄稿している(班目春樹(2005))。同解説では、倫理規定は誰が対象か、誰がどこまで守るべきか、倫理規定は論理的矛盾がないのか、本学会の倫理規程の特色は何か、原子力とはなにか、といった基本的な観点で議論が戦わされたことが紹介されている。また、同解説の発行後に会員外から寄せられた『会員の誇り』に関する意見を巡って、規程委員会内部の議論が05年版改定の経緯として規程委員会のホームページに記載されている。(日本原子力学会倫理委員会ホームページ 規程改定の経緯(05年版) 次のURL参照 [http://www.aesj.or.jp/ethics/02\\_/02\\_23\\_05\\_/](http://www.aesj.or.jp/ethics/02_/02_23_05_/) (As of 2020/04/13))

それによれば、学会定款では、会員は原子力の開発発展に寄与することに賛同することとしているが、原子力の開発をやめさせたい、その勉強のために入会しているものに『会員の誇り』を求めるのはそのような会員に退会させる踏み絵とならないか、いや脱原発を望むものが入会していることも自然でないか、との意見があって会員内に原発についての多様な考えの存在も許容することで双方をまとめるのに時間を要したとしている。

### 9. 2. 3 日本原子力学会倫理規程考察の視点

前節では、日本原子力学会倫理規程がどのような経過で策定され、ほぼ定期的に改訂されてきているかをまとめた。表9-1に示したように2001年に初版が制定されて以来2年毎に改定されていたが、2011年に東電福島原子力事故が起こった結果、その以後は改定が停滞し、表9-2に示すように2014年度に改訂版が公表されてそれが本章執筆時の2020年10月まで維持されている。本章の筆者（吉川）は、日本原子力学会における倫理綱領の策定活動の経過に対し、以下のような点に疑問を持った。

- ①そもそもJABEEの要請である、原子力技術者が具有すべき『社会に対する責任を自覚する能力』は日本原子力学会の倫理規程のどこに反映されているのか？
- ②倫理規程委員会はどのようにして2年毎に規程を改定してきたのか？それはなんのためか？
- ③作成された倫理規程は今までどこに活用されてきたのか？ 制定当初の社会的要請からみれば日本の大学での原子力学科でのカリキュラムで活用されているのか？
- ④2009年版までは原子力事業界が国内で社会から倫理性を問われるような不祥事の発生に応じて漸進的に規程の改良を重ねてきたように思われる。一方、2014年版は2011年3月の福島原子力事故により、それまでの規程を全面的に改訂したとのことである。そこで普通に考えると、何故福島原子力事故が起こったのかの教訓をどのように倫理上の改訂に反映したかが2014年版からわかるだろうか？

初版の倫理規程を作成した規定作成委員会が今後期待する活動として挙げた学校教育や企業内教育での行動の手引きの教材としての活用や事例集の作成は大変有用な提案だが、日本原子力学会規程委員会のこれまでの活動を見るとそのような方向の取り組みはしていなかったようである。またABETへの対応を期待するJABEEの要請への対応は直接には大学の教育カリキュラムに工学倫理の科目が設けられれば済むことである。事実、各学会の倫理規程の有無やその内容の如何に関わらず、既に各大学では工学倫理の教育カリキュラムへの反映は実施されている。

そこで以下ではまず京大工学部、工学研究科での原子力に関わる工学倫理の科目構成がどのようなものかを紹介し、次いで日本原子力学会の福島原子力事故以前の倫理規程である2009年版と福島原子力事故以後の2014年版とを対比検討し、最後に筆者自身の考察をまとめる。

#### 9. 2. 4 京大工学部、工学研究科での原子力に関わる工学倫理の科目構成

京大では以前は工学部原子核工学科だったが、最近では工学部物理工学科原子核工学コースに変っている。大学院では工学研究科原子核工学専攻のままである。

インターネットで公開されている工学部シラバスによれば全学科共通科目として『工学倫理』がある(京都大学工学部 Syllabus (2018))。4 回生前期配当 2 単位で 15 回講義があり、到達目標は『工学倫理を理解し、問題に遭遇したときに自分で判断できる能力を養う』となっている。講義は 1 回ないし 2 回を工学部各学科教員ないし他研究科の倫理学を専門とする教員が担当し全体として 15 回の講義で構成されている。成績評価は平常点およびレポートによるものとしている。講義ごとに講義資料を配布の他に 4 点の参考書が上がっている。15 回の講義の項目、担当教員の所属、講義内容は表 9-3 のとおりである。

京大の大学院修士課程原子核専攻の修士課程カリキュラムでは、前期に『研究倫理・研究公正(理工系)』が配当され、高等教育院の教員分担となっている。

表9-3 京大工学部の『工学倫理』の内容（その1：第1回から第8回まで）

| 回数 | 項目（担当教員の所属学<br>科、研究科）             | 内容  |
|----|-----------------------------------|---|
| 1  | 工学倫理を学ぶ意義（地球<br>工学科）              | 工学倫理とはなにか、なぜ倫理を学ぶ必要があるのか、交通分野の過去のト<br>ラブル等事例をあげて解説する。   |
| 2  | 情報技術からみた情報化<br>社会における倫理（情報学<br>科） | PC,スマートフォンなどの情報機器、SNS などのウェブサービスは便利な反<br>面で使い方によって危険な目に合うリスクがある。情報化社会を安全に生活<br>するための知識や行動規範を述べる。              |
| 3  | 応用倫理学としての工学<br>倫理（文学研究科）          | 工学倫理の基本的考え方を他の応用倫理との比較で検討し、現代科学技術の<br>特殊性を哲学的、倫理的に考察する。合わせて高度情報化時代の工学倫理<br>は、それ以前に比してどこが同じでどこが異なるか事例をもとに考察する。 |
| 4  | 工学倫理に関わる倫理学<br>の基礎理論（文学研究科）       | 工学倫理の基礎理論として役立つような倫理学理論（功利主義、義務論、徳<br>倫理など）を具体例を用いて解説する。  |
| 5  | 建築分野における倫理問<br>題（建築学科）            | 建築分野で過去に社会問題となった生コンへの加水問題、耐震強度偽装問題、<br>施工不良、建築士資格詐称問題などの事例を取り上げ、行動を選択する規範<br>を議論する。                           |
| 6  | 建造物の維持管理におけ<br>る工学倫理（物理工学科）       | 多大な労力と費用が掛かるプラントや航空機などの建造物に適切な維持管理<br>を行わないと起こりうる損害は計り知れない。その狭間で技術者に必要とさ<br>れる工学倫理を議論する。                      |
| 7  | 研究者・技術者の倫理（地<br>球工学科）             | 社会で研究、技術開発に携わる人の倫理感について、『李下に冠を正さず』以<br>上に必要な公平性や公正な評価の重要性について議論する。  |
| 8  | 特許と倫理（第1回）（電気<br>電子工学科）           | 研究成果の発明を保護する特許制度と特許を巡る倫理問題を学習する。第1<br>回では、特許を巡る倫理問題の理解のため、日本の特許制度について世界の<br>主要国での制度や国際枠組みと対比しながら講義する。         |
| 9  | 特許と倫理（第2回）（電気<br>電子工学科）           | 第2回では、第1回で学習した特許制度の知識を前提にして特許を巡って生<br>じる倫理問題、法律問題について事例を含めて講義する。  |

表9-4 京大工学部の『工学倫理』の内容（その2：第9回から第15回まで）

| 回数 | 項目（担当教員の所属学科、研究科）        | 内容   |
|----|--------------------------|--|
| 10 | 先端化学に求められる倫理（工業化学科）      | 技術者、研究者は先端化学のもたらす危害を防ぐ最前線にいる。化学物質と環境問題との関係、ナノ材料の危険性回避への取り組みなどを通して技術者、研究者に求められる社会的役割や倫理を考究する。   |
| 11 | 原子力における工学倫理（物理工学科）       | 原子力技術は大きな価値をもたらす一方で、原発事故に見るような大きな災禍を招く可能性がある。原子力工学分野における事例をもとに工学倫理を考える。  |
| 12 | 生命工学における倫理（工業化学科）        | 近年の生命科学の劇的な進展に伴い、再生医療やゲノム編集、クローン技術と言った医療や食糧生産の革新的方法が技術的に可能になってきた。それに伴い安全性や倫理に関して社会的に熟考し対応すべき問題が多数発生している。そこで生命工学技術の現状と近い将来直面する倫理的問題を概説する。 |
| 13 | ゲノム工学と幹細胞研究の倫理（工業化学）     | ゲノム編集技術と幹細胞工学の急激な発展でこれまで不可能だったヒトの世代をまたいだゲノムレベルの操作が可能になってきた。そこでこれらの最新技術を紹介し、これらの技術発展に伴う倫理的な問題を概説する。                                       |
| 14 | エンジニアリングにおけるアート視点（物理工学科） | 人を対象とする工学においては『生活の質』の考察が必要である。そこで医療や福祉などの実例を提示して質の評価について機能最適化とアートの双方の視点から考察する。   |
| 15 | 土木工学における倫理（地球工学科）        | 土木技術者は、自然災害から人々の生活を守り、社会・経済活動を支えるための社会基盤の整備を担う。その社会基盤整備の実例を交えながら工学倫理について講義する。  |
| 10 | 先端化学に求められる倫理（工業化学科）      | 技術者、研究者は先端化学のもたらす危害を防ぐ最前線にいる。化学物質と環境問題との関係、ナノ材料の危険性回避への取り組みなどを通して技術者、研究者に求められる社会的役割や倫理を考究する。   |

### 9. 2. 5 原子力学会倫理規程（2009版）の考察

2009版の倫理規程の全文を付録のAに記載する。京大工学部の講義科目『工学倫理』で学生に示している到達目標『工学倫理を理解し、問題に遭遇したときに自分で判断できる能力を養う』からみると、原子力分野で技術者だけでなく一般職、管理職、経営者になったときに遭遇する問題の全体と望まれる対処の方向性は網羅されているように思われる。個別問題に遭遇した時にどう具体的に対処すべかについて例示してあれば問題の本質が理

解しやすいように思われる。

しかし、学会倫理規程の当初の解説（日本原子力学会倫理規定制定委員会（2001））で今後の課題としていた教育用テキストや事例集の作成にはいまだ取り組まれていない。原子力では過去に数々のトラブルや不祥事に遭遇して社会に倫理面で問題視されてきたことが日本原子力学会で倫理規程の策定に取り組む大きな動機だったのであれば尚更具体的な事例が行動の手引きに取り上げられていると実際の教育や会社での実務現場で役に立つように思われる。

学会倫理規程の2009年版には、その後に原子力事業界で発生した倫理上に悖る事案への対応についての行動の手引きは既に包含されている。例えば最近のK社におけるM助役事案も行動の手引きの“7-2. 報酬等の正当性”、“8-2. 指導者の規範”に正に対応するものである。また福島原子力事故が起こった後に各種事故調で指摘されている原子力安全規制の失敗の根本にあったシビアアクシデント対策の不備についても、憲章2に関わる行動の手引きでの条文である、“2-8. 技術成熟の過信の戒め”や“2-10. 会員の安心の戒め”などはまさに正鵠を得ている。さらにシビアアクシデント対策の不備を指摘し、改善を求める意見が組織内で取り上げられて検討されなかったなら、それは行動の手引き“5-7. 組織文化の問題”の条文で取り上げている。さらに“8-4. 社会からの付託”は、原子力技術を扱う集団、技術者として一般社会から無言の信託を受けているからには特別の責任と倫理感が求められていることを念頭にして行動しなければならないとしている。

学会倫理規程の当初の解説（班目春樹（2005））で今後の課題としていた教育用テキストや事例集の作成にはいまだ取り組まれていない。原子力では過去に数々のトラブルや不祥事に遭遇して社会に倫理面で問題視されてきたことが日本原子力学会で倫理規程の策定に取り組む大きな動機だったのであれば尚更具体的な事例が行動の手引きに取り上げられていると実際の教育や会社での実務現場で役に立ったのでないかと思われる。

こうしてみると、原子力学会の倫理規程の内容そのものは良かったのだが、問題はそれが原子力界全体に浸透して、実践活動に活かせなかったか、無視されてきたところに原子力界の問題があったと考えられる。

## 9. 2. 6 福島原子力事故後の構成が変わっていることの考察

それでは福島原子力事故という大事故の後、日本原子力学会は倫理規程についてはどう考えているのであろうか？そこで2014版の倫理規程の全文を付録のBに記載する。以下これを2009年版と対比して考察する。

まず、2014版の倫理規程は2009版から内容が大幅に変更されていることに気が付く。前文、憲章、行動の手引きの構成で、憲章の条文が1つ減って7つにされているとともに、憲章のそれぞれに対応する行動の手引きの条文が大幅に移動され、新規に条文が挿入される一方で、削除された条文がある。しかし、このような大幅な修正がどのような考えでされ

たのかの説明がないので、どういうコンセプトに基づくものか分からない。福島原子力事故によって原子力界に様々な批判が投げかけられ、その後、政府、国会等の事故調査も行われて報告書の発表も行われた。2014年に改訂された日本原子力学会倫理規程には、これらの事故調報告書が指摘する倫理的な問題点をどのように受け止めて改定に反映したのか、これを説明することは倫理委員会が第一になすべき“説明責任”ではないか？そもそも“説明責任”は原子力学会の倫理規程の初版から2014年版に至るまで憲章の条文に一貫して掲げられている。

それが実行されていないことにも気づかずして委員会の改訂を承認している原子力学会理事会も倫理を語る資格がないことを物語るのではないかとくに福島原子力事故の今回の改訂によって前文に新たに挿入された以下に示す第2パラグラフの文章は、一体どういうつもりでわざわざ入れたのか、説明があつて然るべきである。

“現代は、人類生存の質の向上と地球環境の保全が課題となっており、さまざまな技術が開発され進歩している。しかし、どのような技術にも必ず正の側面と負の側面が存在している。会員は、自らの携わる技術が、正の側面によってより社会貢献するために、原子力事故をはじめとして、自らの携わる技術特有の社会に及ぼす影響等負の側面について、絶えず思い起こすと同時に、技術だけでは解決できない問題があることを、強く認識する。もって常に現状に慢心せず、広く学ぶ姿勢と俯瞰的な視野を持ち、チャレンジ精神と不断の努力をもって、より高い安全を追求し、豊かで安心できる社会の実現に向けて、積極的に行動する。”

### 9. 2. 7 考察とまとめ

福島原子力事故後の14年改訂版の作成に関与した倫理委員会の人たちは、あまり、原子力の研究、開発、運転と管理、教育の現場において実務経験がなかった人達か、実際の経験で何らの倫理面の葛藤にさらされたことのなかった人達のように思われる。何故そういう人達が倫理規程を改定しているのか不思議だが、福島原子力事故後の改訂は、全面的に作成し直すことが必要と思われる。その際の参考に個人的な感想を以下に記す。

まず、2009版行動の手引きの最後に次の条文“8. 4 社会からの付託”がある。会員は、原子力という技術を扱う集団・技術者として、一般社会から一種の付託を受けている。それは、一般社会との無言の契約が成立していることであり、その契約のもとに、会員に特別の責任・倫理観を求めていることを常に念頭に置き、行動しなければならない。

この条文は、福島原子力事故後の2014年版にも残っている。しかし、福島原子力事故後の再稼働への世論の動向をみるとどうみても原子力関係者への一般社会の無言の付託はなくなっているように思われる。

一般社会から高い信託を受けていたと自負する原子力学会会員なら、私が最も痛感するのは、福島原発事故時に現地の緊急時対応で事故収束に献身的な作業にあたった人達、全国から駆け付けてボランティア活動に協力してくれた人達への感謝と、サイト内作業で犠牲

になった人達への哀悼、避難生活や放射能汚染で苦難を受けた人達への謝罪の言が先にあって然るべきでないか？そのうえで福島原子力事故当時から 9 年余もたった現在までを振り返って、どこに倫理上の痼疾があったかを深く反省し、そこから倫理上の問題点を導き出し、それを規程の全面的な改定の出発点にすべきでないか？

安全が大事なこと、組織文化のあり方、社会の信頼をうることなどの記載があるが、これらは別に原子力だけでなくどの分野にも言える共通なことである。自分が大学院にはいつて学部専門の電気工学から原子力工学という分野に入って原子力の研究に取り組むときに考えた、電気電子工学とは異なった“原子力”のイメージでは、とくに原爆、水爆、原潜、原子力空母といった兵器としての“軍事利用”の強烈な印象である。だから「平和利用に限定した原子力の教育研究」では、研究用原子炉、原子力発電や放射線応用といったこれ自身は軍事利用にも共通する利用の仕方を、“平和利用”として区別する視点の言及があるべきであるのにそれが全くない。これではわが日本国特有の平和利用に徹するという倫理面の歯止めが効かないのでないか？（中国の大学の先生方には、人民解放軍から軍事科学研究の支援があって、原子力の軍事科学研究をしているのが普通である。米国の大学でも同様で連邦政府による国立研究所とタイアップして軍事研究をしている。原子力工学科の先生には、原子力艦艇の設計や軍務経験のある人が多い。）

工学的安全という観点から見たときの原子力分野の基本的特徴は、原子核反応という現象の学理の応用（物質の根源の原子核構造を操作し、生体を含めた物質と放射線との相互作用をおこさせる）から生じる結果の莫大なエネルギー放出、強力な放射線の発生の制御を誤るとどういった結果を生じるか、また放射性物質が環境に放出されるとどのような放散挙動をして環境汚染上の問題が生じるか、放射線が人体にどういった影響を与えるかについての原理知識を体得していることが求められることである。また発電プラントや反応器を構成する上での熱工学、伝熱工学、流体工学、化学反応のような機械工学、化学工学および放射線遮蔽の知識と高温、高圧、高電圧を取り扱う上での安全上の原則も必要である。原子力の工学倫理の基本として、原子力の専門家としてわきまえるべき知識とその利用においてどういった危険性があるのか、どういった現象に気を付けるべきか、どういった操作をしてはいけないのか、といったことをまず体得しなさいという言及があつて然るべきと思いきや全然ない。

シビアアクシデントはどんな深刻な問題を起こしうるか。このことは福島原子力事故で分かったはずと思うのだが、2014 年の改訂版においてもそれには何ら言及せずに、福島原子力事故以前と同じように、“安全が大事”というだけですべてをかたづけていることに大変奇異を感じる。原子力を専門にする倫理規程なら上記のような科学技術の専門上の“安全”に関わるものにどんなものがあるのかきちんと規定してその体得に留意させることは大事ではないか？

次いで 原子力に誇りを持って専門性を高めよ、社会規範や規制を守る組織文化だとか、説明責任等々、どの技術分野でも出てくる安全管理の話がでてくる。その一方で規範は時代に

よって変わってくるのだ、行動の手引きに沢山並んでいる条文の全部はとても理解できない、相互に矛盾が生じている、と規範を作った本人自身が言っているようでは、倫理規程を真面目に読む人達にはこれではどこが期待される倫理なのか分からなくなる。さらに具体的な事例集を作る労力も払わずに、歴史的な不祥事件や失敗例を積み重ねて教訓集にするという、そこには成功事例もあると良いといった風に口だけで説明されても、それでは儒教、道教、仏教から集めた種々雑多の人生訓を雑然とならべた中国の菜根譚みたいだ。

また、肝心の“社会の信頼を得なさい”といわれてもどうしたらよいか分からない。外部から見たときの信頼を得るための“望ましい倫理的特性”はどんなものか？学会の倫理規程では社会の信頼に並べて一緒に出てくるキーワードに“説明責任”（英語の *accountability* に対応させている）があり、“分かり易く説明する責任があること、さらにそのようなコミュニケーション能力、それもタイミングが大事だ”、と初版から一貫して行動の手引きに書いている。こういう言い方をされると、説明の仕方が社会の信頼獲得上の決め手だな、と思う。それは大事なコミュニケーション技術だが、それは英語 *accountability* の本来の意味とは違っているようだ。実際、米国で在住経験の長い黒川 清 氏（国会事故調元委員長）は、英語の *accountability* とは“やったことに対して結果責任を負う”という意味だ、日本では間違った理解が流布されている、と指摘している（黒川清（2016））。原子力学会の倫理規程のさらなる見直しでは、是非とも“説明責任”の意味について英語の *accountability* の原義に沿ったものに統一してほしい。

福島原子力事故後の国会、政府、その他の各種事故調で多かれ少なかれ指摘している“原子力村の悪しき集団思考＝安全神話の無批判な受け入れ”への言及が、福島原子力事故後の倫理規定の改定においてどこにもないことには非常に奇異に感じる。福島原子力事故調報告で指摘されていることがどこにも書いていない。それでは、倫理規定にそういうことを書けないようなこの学会特有のゆがみを感じる。

集団力学の大家の杉万俊夫先生のいう、“組織の存続にかかわることは絶対犯してはならないことが全員に共有されている”という『不文律のノルムの生成、共有』はこういった倫理規定の記述からは読み取ることはできなかった。

### 9. 3 ELSI の紹介

新しいテクノロジーを、「いつ」社会で議論するかは悩ましい問題である。テクノロジーの応用が現実的になり、その有用性やリスクの具体像が明らかになった頃には、いくら議論しても技術の方向性を変えにくい状況となっている。他方、テクノロジーが誕生した直後では、テクノロジーの将来像にあまりに多くの不確実性が含まれるため、実のある議論を展開しにくい。議論の先送りもある種の合理性を持つようにみえるだろう。社会的議論は、それを行う時期が初期であっても成熟期であっても、それぞれに難しい。このような萌芽的技術をめぐるジレンマは、「コリンリッジのジレンマ」として知られている（David Collingridge（1981））。

ゲノム科学とともに生まれた ELSI (Ethical Legal Societal Implications; 倫理的・法的・社会的課題) プログラムは、コリンリッジのジレンマを解決すると期待された。ELSI の根幹には、科学の専門知のみでは解決できない「トランスサイエンス」領域への気づきがある。これが制度化されたのは 1980 年代、ヒトゲノムに関する巨大研究プロジェクトにおいてである。プロジェクトの中に社会的インパクトを事前に検討するプログラムを必ず含めよ (さもなければ研究助成を行わない)、というルールが設定された。研究費配分のうち 3% を社会的課題の研究にあてるべきとされ、15 年間で 3 億ドルの予算がついた。今日でもアメリカの ELSI プログラムは活発であり、ナノ科学や合成生物学も含めると 317 億ドルの研究予算が ELSI 研究に費やされてきたという (綾野博之 (2001))。自然科学と人文社会科学が分離されてきたそれまでの状況からすると、ELSI の実践はきわめて画期的であった。

ELSI の具体的な活動には、テクノロジーアセスメントがある。予測不可能な新技術のおよぼす影響を測り、社会でそれを対話する場づくりを進めてきた。ELSI のねらいは「予期をするタイプの知的活動の母体をつくる」、「人々の関与の母体をつくる」ことにあり、これが萌芽技術のジレンマへの 1 つの対応策になると期待されたのだ。

表立っては期待の寄せられる ELSI プロジェクトだが、他方、ELSI はコンセプトが誕生した当初より、(ゲノム科学の) 賛同者からも反対者からも批判を受けてきた。一部の科学者は、ELSI の取り組みが科学の進展を抑えるものだと警戒した。他方、ゲノム科学の急激な発展や生命の資源化を危惧する立場は、ELSI が反対派の「ガスぬき」となり、ヒトゲノムプロジェクトそのものの吟味をできない限界を厳しく指摘した。

上記のように批判も多く、プロジェクトを実際に担う人々 (研究者) には多くの負荷がかかるようだ。その一つの原因は、ELSI プロジェクトに大規模な予算が費やされる点にあるのかもしれない。合成生物学の大型 ELSI に携わる研究者らのワークショップに参加した際も、彼らは巨額の予算をまわすのがいかに大変だったのか、いかに議論をしても科学の進行に何も反映されないかの徒労を述べていた。他方、別の参加者からの「対話というものは基本的に無駄と言われるもので、民主的な議論は支持されないのが本質である。」という趣旨のコメントも印象に残った。

原子力技術の領域にもすでに対話実践の長い蓄積がある。リスク・コミュニケーションに関してはむしろゲノム科学より長い歴史を持つとあっていいだろう。上に述べたように、「ゲノム ELSI」と「原子力対話」は、ビッグサイエンスの潮流に翻弄されるという点でむしろ共通の悩みを抱えている。両者とも、テクノロジーへの賛同者からも反対者からも批判されがちで、試行錯誤によって進んでいる。とするならば、今までのゲノム ELSI ではなく、これからのゲノム ELSI が取り組もうとしている活動にヒントがあるかもしれない。下記は、ゲノム (含むさまざまな生命医学系の) ELSI の新しい流れを、筆者の解釈を含めながら整理したものである。

① 技術予測が難しくなる現在、従来型の研究だけではなく、アート等による「表現」も、知の形態として重視する。

②テクノロジーをめぐる倫理的・法的課題は、既存の倫理・法がテクノロジーを制約する図式とするのではなく、両者とともに生成していく新しいルールメイキングがカギとなる。

社会の目からもとめられる「倫理」とはどのようなものか？こうした問いについての直接的な正解を ELSI は持たないし、今もまだ模索中である。正解がなく分からない中でも模索を続ける底力が問われているのだと思うし、その中から、社会状況にあった創意工夫が生じていくのだとも期待される。

そこでまた原子力問題に戻って「対話」に着目して、元々はお互いに接点のなかった話者たちが対話によってどのように変容していくかを実験する試みを次に紹介する。その変容が社会の目から求められる「倫理」をもたらしようになるかが興味のあるところである。

#### 9. 4 対話実践・研究の事例

本節では、原子力発電と萌芽的技術に関連する対話実践・研究についてそれぞれの事例を紹介する。ここで、対話とは双方向のやり取りにより、両者が変わっていくプロセスである。

まず、対話実践は、東京電力福島第一原子力発電所事故の後、日本原子力研究開発機構（以下、JAEA）が現地で行った対話活動（杉山顕寿・菅浦順子・高下浩文・山本隆一（2016））を紹介する。JAEA は、原子力に関する日本の総合的研究開発機関である。東京電力福島第一原子力発電所事故では、多くの放射性物質が放出され、広い地域で通常時に比べて高い放射線が観測された。特に事故の影響が強い福島県では、放射線による人体への影響を心配する声が高まった。一方で、JAEA では、2001 年からリスクコミュニケーションに関する調査研究・実践が行われており、2011 年時点で JAEA 内にコミュニケーターとして約 130 名の養成・登録があった。これらを踏まえ、福島県内の保育園、幼稚園、小中学校の保護者と先生を主な対象として、「放射線に関するご質問に答える会」が 2011 年 7 月より開始された。同様の試みは、茨城県では、「放射線に関する勉強会」として実施された。コミュニケーターは、JAEA の研究者・技術者等であった。JAEA によるそれまでのリスクコミュニケーションの経験に基づき、一方向的な講演会・説明会ではなく、質問に答えるという参加者との双方向性を重視したプロセスが採用された。2012 年末までに合計で 220 回実施、参加者 18,000 人強となり（日本原子力研究開発機構（2019））、その後も要請に応じて継続されている。

参加者は「見えないし、感じないし、におわないけど、なんとなくあぶない」、そして、「説明を聞いても難しくて理解できない。なんとなくこわい」とコミュニケーターに伝えた。また、「事故の直後に放射性物質で汚染された。外から帰ってきたときにどうすればよいか」、「砂遊びするけれど大丈夫か」、「家の庭先に砂利がまいてあるけど、大丈夫か」等の質問が出てきた。それらの対話から、必要な情報が十分に浸透していないことがコミュニケーターに伝わった。そして、参加者がコミュニケーターに対して、「あなたは（個人として）どう思うの？」と問う場面が何度かあった。エネルギーに対する方針は行政の対応となるが、技術の内容とリスクを含めた危険性を正しく伝え、現地の人々の不安と疑問に答えることがコミ

コミュニケーターの役割であった。コミュニケーターからの回答により、「そうすればいいんですね」、「そういうことだったんですね」、「不安が楽になった」と参加者からの意見が得られ、「聞いてよかった」、という表情が見られた。それが、コミュニケーターの活動の次につながっていった。

上述の実践において、東京電力福島第一原子力発電所事故後の放射線という1つの問題に対しても長期間の対話の実践が必要であった。原子力システムと制度等のさらに複雑な問題に関して対話することは、さらに困難を伴う。そこで著者らは萌芽的技術と原子力発電等のリスクを伴う技術のシステムの社会導入を対象に対話実験を行ってきた。その例を以下に2つ紹介する。

対話実験の第1例は、萌芽的技術の社会導入の際の一般の人々による意見表明方法を対象としている(山本怜・伊藤京子・大西智士・西田正吾(2011))。萌芽的技術は一般の人々には理解が難しく、そのため、その可能性やリスクを判断すること、そして社会導入の是非を意見表明することは容易ではない。しかし、社会的受容性の観点からは早い段階での一般の人々の意見表明は必要である。この研究では、萌芽的技術の社会導入に向けて、一般の人々が意見を表明できる手法を心理面から検討し、以下を具体的に提案して一般の人々が適切な意見表明ができる可能性を示した。

- ①双方向性を部分的に制限すること。
- ②自分が表明した意見が他者の目に触れることを意識できること。
- ③他者の考え方を知ることができること。
- ④他者の意見に影響を受けないこと。

対話実験の第2例は、「原子力発電の是非」をグループで議論する際の参加者間の印象形成を対象としている(伊藤京子・山本怜・西田正吾(2011))。多様な論点を持つ複雑なテーマをグループで議論する際、そのテーマの内容だけでなく、他の参加者への印象形成や場の雰囲気、議論の内容やその結論に影響を与えることがある。そのような印象形成と議論のプロセスとの関係の分析を試みた。具体的には、「日本で原子力発電を利用すべきである」に対して、賛成・反対のどちらかに合意形成を行うグループ議論実験を実施した。結果として、参加者の印象形成が合意形成のプロセスや結果に影響を与える可能性は示された(伊藤京子・西田正吾・持田康弘・今田美幸(2014))が、まだ結論は出ていない。

著者らは以上のような研究を通して、リスクコミュニケーションにおける対話のあり方についての指針を出すことを目指している。最後に、対話実践・研究の事例から今後課題として考えたことを2点述べる。

1点目は、一般の人々の発言だけではなく、感性面への着目の重要性である。上述の対話実験のように、参加者の発言は、参加者間の印象形成や、対話の環境設定によって容易に影

響を受ける。しかしながら、人々の発言だけから、人々の態度の要因を推察することは容易ではない(樽本徹也(2014))。対話の場の参加者が聞いている時、見ている時、話している時、どう感じたのか、それらを考えることが重要と考えている。

2点目は、日本の原子力発電所の継続の是非について、日本国民は意思決定していく必要がある。その際に、前述のJAEAの対話実践の活動を発展させ、対話者双方の変容が社会の目から求められる「倫理規範」をもたらす意思決定につながるような対話活動にもっていくことが望まれる。そのためには、これらの活動を継続的に行うと同時に、活動の発展についても取り組む必要がある。

## 9. 5 社会の原子力への信頼回復への課題—ステークホルダリスクコミュニケーションの国際的な取り組みから

9. 3節では日比野からELSI(Ethical Legal Societal Implications; 倫理的・法的・社会的課題)プログラムの一般的な紹介をした。冒頭で日比野は次のように述べている。

“新しいテクノロジーを、「いつ」社会で議論するかは悩ましい問題である。テクノロジーの応用が現実的になり、その有用性やリスクの具体像が明らかになった頃には、いくら議論しても技術の方向性を変えにくい状況になっている”。

日本では、原子力は既に現実的技術になっていて久しく、2000年当時の原子力安全神話隆盛の原子力界では、「安全性は達成された。シビアアクシデントリスクはない。」と、その可能性を否定するのが通弊であった。そこではELSIが流布されにくい状況だった。だが、福島原子力事故後は放射能リスクの具体像が一般市民に明らかになると同時に、原子力発電が脱落した結果、計画停電や電気代高騰をもたらした。そこでは経済界には我が国特有のエネルギー安全保障面の弱点から原子力発電の有用性が改めて認識された。そういうわけで福島事故後は今日に至るも原発再稼働と脱原発のせめぎ合いをしている。こういう状況になると社会的にはELSIの観点から原子力が改めて問い直される。

次いで9. 4節では伊藤から、福島原子力事故後に日本原子力研究開発機構内に養成されていたリスクコミュニケーターたちが福島被災地の一般市民の中に入って放射能に汚染された土壌のリスクを伝える活動や、福島原子力事故後の原子力に関する市民の意思決定におけるリスクコミュニケーションのやり方の指針作りの実験研究の紹介があった。

福島原子力事故の最中やその後の除染を巡って放射能による環境汚染のもたらす問題での社会的な混乱を想起するとき、これからの原子力と社会の関わりでは事実や現実を踏まえてのリスクコミュニケーションのあり方が改めて社会的に重要となってきた。

そこで本節では、筆者（吉川）が OECD/NEA 主催の国際ワークショップに参加して原子力の実際の場での世界でのリスクコミュニケーションの活動を展望する。

### 9. 5. 1 ステークホルダリスクコミュニケーション活動とは

2019年9月末、OECD/NEA 主催で「リスクコミュニケーションに関わる関係者の放射線リスクの理解共有のための対話」を主題とする国際会議がパリの OECD/NEA 本部会議センターで9月24-26日開催され、筆者（吉川）も参加した。ワークショップの企画と実施は OECD/NEA の「放射線防護・公衆健康」委員会で、この委員長マイケル・ボイド氏(米環境保護庁放射線防護科学技術センター部長)が今回のワークショップの議長である。

議長のマイケル・ボイド氏によれば、このワークショップの背景と目的は、原子力安全規制者、政府関係者、原子力事業者その他のエネルギー分野の者は、科学的、技術的、規制上の情報を関係者と共有する役割と責任がある。それには放射能に関わるリスク情報を一般大衆や関係者と共有することも含まれる。OECD/NEA は、その参加各国のリスクコミュニケーション活動の有効性を改善するのを支援するため、今回この国際ワークショップを開催した。参加各国間でリスクコミュニケーションへの認識を共有し、得られた教訓を記録として残すための良い機会を提供すること、放射能に関するリスクの理解共有とその改善の機会の同定の実践の仕方に役立つことを期待しているとのことであった。

開会プレナリで OECD/NEA 事務総長マグウッド氏が冒頭挨拶をした。マグウッド氏は米国の前大統領のオバマ氏と同様、有色民族出身、福島原子力事故に大変関心を持ち、被災地福島にもたびたび来られて福島復興に惜しみなく協力されている。今回の国際ワークショップは本部で開催のため、OECD/NEA 加盟国からの発表者と参加関係機関の参会者以外に、OECD/NEA に加盟している国、機関から派遣されている本部職員が多数参加して、国際ワークショップの運営全般を支えていた。その中に筆者の京大退職時の大学院エネルギー科学研究科出身の若いスタッフがいた。就職先の K 電力会社から OECD/NEA 本部に派遣されているとのことだった。また中国清華大学卒の若い中国人スタッフがいたので中国は OECD/NEA に加盟していないはずと不審に思って聞いたところ、最近準加盟国になったとのことだった。香港からも女性スタッフ 2 名が参加していたが、香港政府の放射線安全部門の人達だった。香港の対岸の深圳は中国有数の原発サイトで多数の原子力施設が立地していることもあろうが、二人は事務総長マグウッド氏に誘われて参加しているといっていた。図9-2に会議参加者の集合写真を示す。



図9-2 OECD/NEA ワークショップ参加者の集合写真

さて何故筆者がこのような国際ワークショップに参加したのか、それを先に述べておこう。それは、福島原子力事故を起こした日本での原子力関係者一般（規制者、事業者、研究者・教育者）に一貫する一般社会へのコミュニケーションの姿勢への疑問からである。原子力の事業に携わる者が社会一般と放射線リスクについて知識を共有してそれぞれの活動の改善に活かす実践活動を鼓舞して、原子力開発に関わる国々を支援しようとする OECD/NEA の実践指向の隔てのない活動に興味をもって参加した次第である。

以下、ワークショップの概要を筆者の目で紹介し、今後の日本の原子力界が市民とリスク情報を共有する実践活動によってどのようなアプローチをするのが良いかを考察し、提言に資する。なおこのワークショップのプログラムと発表された PPT はすべて下記に記載の URL から入手できる。

NEA workshop on Stakeholder Involvement: Risk Communication —Dialogues Towards a Shared Understanding of Radiological Risks, 24-26 September 2019, OECD Conference Centre, Paris, France

(URL: <http://www.oecd-nea.org/civil/workshops/2019/stakeholder/>)

### 9. 5. 2 ワークショップの概要

ワークショップの概要を実質 2 日間のプログラム進行に組み替えて筆者の補足を含めて述べる。(初日はワークショップ実施関係者の準備会合であり、筆者には関係がなかった。)

第 1 日は、「場の設定」という位置づけで、放射線リスクに関わるステークホルダの *Symbio New & Report, Vol.9, No.5, 2021 ISSN 2187-3747*

スクコミュニケーションに関与する参加者たちがどのような事柄を理解し、認識を深めてそれぞれの活動に反映すべきか、というくりでのプログラムになっていた。以下それを紹介する。

(1) プレナリでの講演「リスクとリスクコミュニケーションに関する調査結果」

OECD/NEA 事務局長ウィリアム・マグウッド氏は、ワークショップ冒頭の開会プレナリで、OECD/NEA が 2019 年 9 月 3 日から実施中のリスクとリスクコミュニケーションに関する調査結果の速報を行った。33 개국・地域から 208 件の回答で回答者の内訳は規制当局 25%、その他政府機関 15%、原子力事業者 20%、一般公衆 30%、NGO 団体 10%である。回答件数から見てバイアスのない調査結果といえるかどうかは別にして公衆を含めた関係者のリスクコミュニケーションに関与するものには参考になると考えて、これを含めてマグウッド氏講演の概要を紹介する。

設問 1：あなたはリスクという言葉で何を連想しますか？

結果は、図 9-3 のように頻度の多い語彙ほどサイズを大きくして表示している。図中の語彙数は実に 100 語を越えていてリスクには多様な側面があることを示しているが、最も大きな語彙は「危険」であり、「確率」と「安全」がそれに次いでいる。これは回答者に原子力関係者の比率が高いことから、多分確率論的安全評価という原子力規制でなじみのある専門用語が浸透しているためかもしれない。

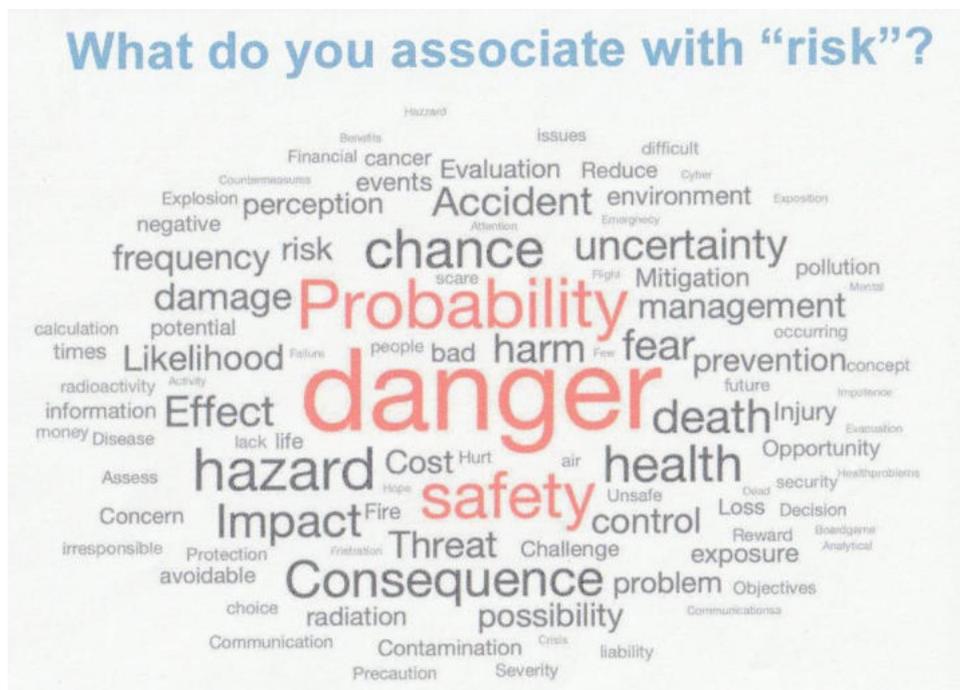


図 9-3 リスクで連想する言葉 (出典：プレナリでの OECD/NEA 事務局長ウィリアム・マグウッド氏講演「リスクとリスクコミュニケーションに関する調査結果」で使用の PPT)

設問2：リスクコミュニケーションは何のためにするのかあなたはどのように理解していますか？（5つの選択肢から複数選択可、多い順）

- ①教え知らせるため（88%）、②心配を減らすため（64%）、
- ③人々の安全を守るため（43%）、④行動を変えるため（38%）、
- ⑤見方を変えるため（37%）

設問3：日常生活でリスクについて聞いたり読んだりするときに、あなたにとって最も重要なものは何ですか？（5つの選択肢から複数選択可、多い順）

- ①事実（90%）、②伝える人の信頼性（76%）、③そのことの以前の理解（49%）、
- ④友達や身寄りのものの考え（5%）

設問4：日常生活でリスクについて情報をさがすときに、あなたにとって最も重要な情報源は何ですか？（9つの選択肢から複数選択可、多い順）

- ①政府の専門家（78%）、②インターネット（69%）、③新聞（40%）、④NGO（34%）、
- ⑤自治体当局（24%）、⑥テレビ（22%）、⑦友人・家族（15%）、⑧ラジオ（14%）、
- ⑧社会メディア（14%）

設問5：原子力施設の正常運転時、原子力の安全性に関わるリスクについてどんな情報を希望しますか？（4つの選択肢から複数選択可、多い順）

- ①放射線リスクのレベル（68%）、②緊急時対応計画の詳細（57%）、
- ③どのように被爆から保護できるか（52%）、④あなたが話すことのできる人（36%）

設問6：あなたにとって原子力界での有効なリスクコミュニケーションの主な障害は何ですか？（3つの選択肢から複数選択可、多い順）

- ①話題が恐ろしい（人が学びたがらない）（52%）、
- ②話題が複雑すぎる（人が学ぶ時間がない）（50%）、
- ③規制や当局が隠している・誠実でない（人が信用していない）（39%）

設問7：設問6で公衆の回答（3つの選択肢から複数選択可、多い順）

- ①話題が複雑すぎる（人が学ぶ時間がない）（52%）、
- ②話題が恐ろしい（人が学びたがらない）（49%）、
- ③規制や当局が隠している・誠実でない（人が信用していない）（46%）

OECD/NEA 事務局長ウィリアム・マグウッド氏は、設問2から7までのアンケート回答から全般的に、原子力のリスクは複雑で理解不能とされていること、リスクに関わる情報源として政府の専門家が最も期待され、次いでインターネットの重要度が増していること、また政府の専門家による隠しごとのない、事実に基づいた説明が大事であること、正常運転にあってもその放射線リスクのレベルや緊急時対応計画の詳細についての情報提供が大事である、と要約した。そしてこのリスクコミュニケーションの関係者のワークショップでは、関係者に役に立つ専門情報がどの様なものであり、各国で実際に原子力規制に関わっている専門家にそれぞれの課題知識や経験知識を発表してもらってから、参加者には事例研究

に関するグループ討議で知識を深める機会として欲しいと、基調講演を締めくくった。

以下の第1日目の第1セッションから第4セッションまでは、ワークショップ参加者の知見を広めるためのものであり、それぞれセッションの構成とまとめを述べる。

(2) 第1セッション リスクコミュニケーションとは何か、また何故か

以下の3つの話題提供がそれぞれの国の専門家からあり、最後に質疑応答があった。

①放射線リスクの概念を伝えるには一事実を憶測から分離する困難さ（アルジゼンチン原子力規制庁）、

②LNT リスクモデルと放射線防護—よりよいリスクコミュニケーションのための主要な理解事項（ICRP およびフランス IRSN）、

③リスクコミュニケーションに対する原子力規制者の洞察（スペイン原子力委員）。  
なお②の講演は100mSV以下の低線量被曝が人体に及ぼす確率的健康影響についてのLNTリスクモデルと、関連するICRP勧告に関する解説である。ワークショップ議長マイケル・ボイド氏は、第1セッションの要点を次のように要約した。

①「放射線防護・公衆健康」に関わる専門家は、リスクコミュニケーションにおいては被曝がどんな個々の影響をもたらすのか、被曝にはどんな集団効果があるかをよく理解しておくことが基本である。

②疫学研究ではLNTモデルが他のモデルよりデータを良く説明している。被曝効果のリスクは50mSV以上は統計的に有意である。

③福島原子力事故によって規制上の緊急時コミュニケーションにとって顕著な経験が得られた。規制者は関係者との対話を制度化しておかないといけないし、コミュニケーションのために資源が必要であるし、コミュニケーションのスキルも高めなければならない。

④安全とリスクは関連性のある概念である。リスクは定量化が可能だが、リスクの受容度や状況を安全と考えるかどうかは主観的な判断に属する問題である。

(3) 第2セッション リスクコミュニケーションの方法開発と導入

以下の4つの話題提供がそれぞれの国の専門家からあり、最後に質疑応答があった。

①放射線のコミュニケーションの15年間の経験から（米国NPA）、

②リスク認知と公衆の認識についての教訓（フランスASN）、

③RAIN:公衆との放射線リスクのコミュニケーションのための新たな指標（韓国KINS）、

④恐れている問題を伝える方法と評価—フランスの鉄道安全の事例（フランス鉄道省）。

ワークショップ議長マイケル・ボイド氏は、第2セッションの要点を次のように要約した。

①信頼されるには成功するようにコミュニケーションしないといけないし、成功するようにコミュニケーションするには信頼されなければならない。

②「安全ですか？」というのは重要な質問だ。それには状況の広い文脈と防護策の選択肢

の可能性の理解に焦点をおいて説明することが有益である。知らせることによってよりよい意思決定をしてもらうには伝える側に知識が必要である。

- ③メッセージは明確であるべきで心配を表明している聞き手に向けるべきである。
- ④感情的要因はメッセージが理解され、記憶にとどめられるうえで極めて強力である。
- ⑤簡単で目に見える放射能の尺度があれば、有益なツールになるだろう。

#### (4) 第3セッション リスクコミュニケーションにおける関与者、役割、責任の理解

これはOECD/NEAの原子力法委員会議長をモデレータに、オーストリアの連邦持続性・観光局、カナダのオンタリオ湖環境保護委員会、フィンランドの経済雇用省主任技師、IAEA原子力安全・保障局アウトリーチコーディネータの4人のパネリストによる討論であった。ワークショップ議長マイケル・ボイド氏は、第3セッションの要点を次のように要約した。

①迅速に対応する、個人的関係を築く、事前にネットワークを整備しておくことが大小いづれの事象に対応するうえでもキーポイントだ。

②ソーシャルメディアはキーツールの一つだ。それをモニタする必要があるが、リソースを食う。

③リスクよりむしろインパクトと効果に重点をおくべしとの提案があった。

④広範な政府機関が原子力のリスクに、国内と国境を越えてのコミュニケーションに関わっている。規制当局は一般的にリスクコミュニケーションを実施しているといえる。

⑤ソーシャルメディアは政府の公衆とのコミュニケーションを可能にし、事前に心配されていることを同定できる。良く準備されれば信頼を築くのに役に立つ。

⑥NGOは特別で地方によって変わる知識と理解の仕方を反映している点で、規制当局に基本的な情報を与えてくれる。意思決定とコミュニケーションに必要な特定の状況の生のデータにアクセスするうえでNGOは重要な要素になりうる。

#### (5) 第4セッション 非原子力からの教訓

以下の3つの話題提供がそれぞれの国際機関の専門家からあり最後に質疑応答があった。

①世界保健機構 WHO、②欧州食品安全機構、③国際航空機構および欧州航空管制。

ワークショップ議長マイケル・ボイド氏は、第4セッションの要点を次のように要約した。

①迅速で正しくて信頼されること。もし許容されるなら不確実性をコミュニケーションすることもOKである。

②関係する自治体と信頼関係を築くために、コミュニケーションすること、関与する戦略をミックスすること。

③公衆の情報をモニタすべきだ。コミュニケーションと優先度の選択に反映すべきだ。ソーシャルメディアは現実の状況に適応して用いるべきだ。

④食品の安全に関わる状況は複雑で不確実で情動的になりがちだ。パーセプションと価

値の認識が必要である。

⑤食品の安全はハザードとリスクに関わりがちだ。

#### (6) 番外の福島セッション

夕方のレセプション前に福島事故に関わる日本人による 2 件の発表があり、部屋を替えてレセプションがあった。

①福島現地での地元市民とのコミュニケーションー原子力損害賠償・廃炉等支援機構理事により、事故原発の廃炉と福島の復興は地域自治体の理解と協力なしには進められないとの趣旨から、廃炉についてのタイムリーで正確で適切な情報提供と地域住民の心配する声や疑問を聞き、対話によってそれに答えるために、2016 年から廃炉に関する国際ワークショップを毎年現地で行っているとのことで、学生のグループワーク（一枚の大きな模造紙を用いて KJ 法による図式表現で議論のポイントを図示するブレインストーミングを用いている）、地域住民との対話セッションの概要が発表された。

②福島原子力事故の現地被災者の経験発表ー富岡高校の元校長先生と生徒さんにより、福島原子力事故の避難民としての事故直後の避難、避難先での生活、被災後の富岡町の姿と現在の住民の避難状況について自己体験に沿った発表があり、最後に避難を経験した住民として、「原発事故のリスクは身体に及ぼす放射能影響よりも人生を根こそぎ変えてしまったこと、除染で線量は下がっても人生は取り戻せない。人の心の復興にはまだまだ時間がかかる」と締めくくった。

③レセプションー福島の食品を味わうレセプションでは、日本側から福島の清酒に、豆腐やチーズのみそ漬け、桃の缶ジュース、桃のゼリー、クッキーの差し入れがあった。北欧の女性にこれら福島の食品にはキノコ製品はないかと聞かれたのでなぜかと質問したところ、東欧や北欧の参加者はチェルノビル事故の記憶からキノコにはとくに放射性セシウムが残るので心配といていた。

第 2 日は、「経験と方法の共有」として、ワークショップ参加者全員が、グループにわかれて積極的にディスカッションを行う実践ベースのプログラムであった。

#### (7) 第 5 セッション リスクコミュニケーションの事例研究と討論

6 つの事例研究を 3 つずつの並行サブセッション A と B に分ける。ワークショップ参加者は一人当たり A、B で 1 つずつ合計 2 つの事例研究の討論に参加する。それぞれのサブセッションではまず 3 つの事例研究について 1 件ずつ話題提供があり聴講。その後、各事例研究にグループメンバーが分かれて討論する。以下には各ケースの話題提供の概要をそれぞれ記す。

サブセッション A の事例研究（話題提供者）

ケース 1： 通常運転中のリスクコミュニケーションの事例研究—Seabrook 炉の運転免許更新（米国規制庁）

1990 年運転開始の PWR である Seabrook 炉は 2010 年に 40 年間の運転免許更新の申請をしたが、申請後に格納容器のコンクリートがアルカリシリカ反応で劣化し微細クラックが生じていることを発見。NRC は 40 年運転延長への影響を申請者に評価させ、コンクリートは劣化するが 40 年運転延長しても格納容器機能は持つための対策をたててその検証結果を提出。NRC は申請者の評価を専門家に委嘱し、また NRC 部内で評価活動を 8 年間行って運転延長を認可する方針にしたが、その後その方針のマスコミへの公表、Web 告知、立地地域市民との集会や公衆への広報などのアウトリーチ活動を行った。この間 NRC は関係者に常に新しい情報を知らせること、技術スタッフが分かり易い言葉を使って説明するようにさせたこと、メディア記者が正しい記事を書くように更新手続きや技術的問題を理解してもらうように努めること、関係者一般に複雑な技術的、規制手続き上の問題を説明することに努めたが、公衆の原子力安全への認知に対して福島原子力事故の衝撃が無視できなかった。いずれにせよこのような関係者とのコミュニケーションにはグラフィックス技術や WEB 技術の利用、タイミングを逸さない集会の設定、広告を打つなど NRC スタッフには広報部門以上の時間とコストがかかった。NRC が正しい決定をしていると人々に納得させることはできないが、NRC が決定に至った理由やその基盤となる知識を人々に理解させることはできた、というのが学んだ教訓である。

ケース 2： カナダにおける遺産の管理—Port Hope 地域での活動（カナダ原子力公社）

カナダのオンタリオ州 Port Hope と Clarington 地域で 20 世紀に行われた過去のラジウムとウランウムの製錬によって生じた汚染土による歴史的な低レベル放射性廃棄物の除染と安全管理が事例研究の対象である。カナダ原子力公社所有の産業地域と何百もある個人所有住宅地の除染活動における公衆のリスク認知への外部からの影響や誤った情報に科学的な反論などのコミュニケーション上の問題点を紹介した。

ケース 3： アイルランドにおける自然のラドン被曝（アイルランド環境保護庁）

アイルランドでは自然のラドン被曝により、毎年 300 人も肺がん患者を発生している。これには公衆のラドン被曝リスクに対する態度変容を促すリスクコミュニケーション活動が肝要である。とくに住宅所有者に家を調べてリフォームを促すことなどだが、ラドンは自然界に発生していて無色で味においもないから公衆にはなかなかこのラドン被曝リスクに注意しない。環境保護庁では健康問題の心理学者の勧告も得て、市民へのラドン被曝リスク認知の啓蒙活動を行っている。

サブセッション B の事例研究（話題提供者）

ケース 4： 原発新設プロジェクト（英国 Horizon Nuclear Power 社）

英国 Horizon Nuclear Power 社は新設プラントの Wylfa Newydd の建設で関係者への活動を進めている。立地予定地は英国ウェールズ北西の Anglesey でここには以前マグノックス炉があったが既に廃炉。新たに日立 GE の ABWR2 基の新設プロジェクトが日英両国政府の支援下に進行していたが、最近資金計画の高騰で日立 GE が撤退という背景がある。発表者によれば、プラント開発そのものは進んでいたがここにきてプロジェクトの進展が暗礁に乗り上げていることから、新設炉の厳しい問題として、①プロジェクトに時間が長くかかり、その過程での不確実性がつきものである、②技術的だけでなく計画の合意過程も複雑、③初期段階での立地自治体の外部の会社に対する疑い、④プロジェクトからの利益への期待が高い一方で建設段階での巨大な労働力導入で立地自治体が崩壊することに寛容でないこと、⑤原子力の場合例えば再生可能エネルギーのコスト低下など予想外の問題の発生をあげた。Horizon Nuclear Power 社は、それだけでは地元が納得しない公的な交渉プロセス以外に非公式な交渉、地元会社を作って雇用を増やす等の地域での存在意義の向上に莫大な投資をして、関係者ベースでは圧倒的な支持を得てプロジェクト再開のための協力者ネットワークを築いてきた。

発表者は主な教訓として、①プラント新設にはプロジェクト開始前から多くの推進者や仲介者を必要とする。そのため政党間に渡る政治的協力を得た。②地元で原子力に対する好意的な親密感があることがカギになる。それには以前の原子力プラントによる安全運転、オープンな姿勢、地元との仲間意識、仕事や職場の提供の遺産がプラスに働いた。③公式のコミュニケーションプロセスは最低の基本条件に過ぎない。地元の真の仲間としての存在感の確立が大事である。そのために“あなたの大使”にひと肌脱いでもらうことだ。④最も重要なことは科学知識の伝達に頑健であることは大事だが、放射線に関する教育が黄金解と思わない方がよい。人々が最も心配することは何かを理解し、それを我々のプロジェクトが解決してあげると伝えることが肝要だ。

発表者は最後に、原子力のルネッサンスを実現するために、リスクコミュニケーションの文脈では何にチャレンジすべきか？放射性安全、廃炉、地層処分などのトピックで自己満足しては行けない。様々の多様なリスクパーセプションと上昇する建設コストを前提に、新たなエネルギーの文脈で新しい原子力をどう構築するか、事例研究してほしいと述べた。

ケース 5： 原発緊急事態（フランス ASN）

フランスでは原子力発電所の事故が終った段階（Post-accident phase）での管理に関するステアリング委員会を CODIRPA と命名して 2005 年発足し、活動してきている。この発表では、Post-accident phase 活動に関わる関係者に提供すべき新たな情報を導出するため、Post-accident phase のさまざまな“健康問題”に関わる専門家で構成するワーキンググループ

*Symbio New & Report, Vol.9, No.5, 2021 ISSN 2187-3747* 92 / 161

プを CODIRPA にどのように組み込むかが主題であった。このワーキンググループの目的は、原子力事故の前線に対応する健康問題の専門家への情報を多数決手法によって提供することにある。これによって前線の健康問題の専門家が状況をうまく管理し、事故後の段階で被災者である公衆に適切な情報提供するためである。発表者は、健康問題の専門家に提供すべき支援情報としての文書をどのようにして多数の関係者の参加による合意ベースで生成するのか、その決定プロセスを検討し、提起している。なおこの文書は CODIRPA の Web を通じて国家レベルで公表し、関係者に周知されるとのことであった。

この発表では抽象的な健康問題という言い方だったが、福島原子力事故後の避難民への被曝量モニタリングとスクリーニング、ヨウ素剤服用、除染、水・食品の放射線モニタリングと摂取制限、出荷制限、土壌汚染のモニタリングとクリーニングなどの取り扱い要領を定めようとしていると理解しやすい。

#### ケース 6： 長期放射性廃棄物管理のリスクコミュニケーション

(ドイツ連邦政府核廃棄物安全局)

ドイツでは 2011 年に脱原発を決定したことがドイツにおける数十年に渡る対決と不信の核廃棄物処分問題の新たなスタートとなった。高レベル放射性廃棄物の安全な地層処分の新たな立地選定手順は 2017 年に開始された。その手順は①白紙から出発、②議会の決定と併せた段階的なプロセス、③透明、④公衆参加を基本とし、3 段階で 2031 年には最善の安全性を備えたサイトを決定することを目標にしている。現在は潜在的なサイトの地域を同定するための初期段階である(2020 年には中間レポートをまとめる予定)。サイト決定の主要アクターは、①核廃棄物管理安全性のための連邦事務局 BfE(規制者であり、公衆参加への責任を持つ母体)、②放射性廃棄物処分のための連邦会社(施設建設者)、と③国家助言団体 NBG(独立の助言者で、仲裁者)の 3 者である。

サイト決定の最初のステップは全国自治体との対話活動であり、そのための方法として情報提供、対話の実施と助言の仕組みを用意している。2019 年 1 月ドイツ全土をカバーする 4 つの地域でワークショップを実施した際のやり方の詳しい説明があり、自治体との対話活動へのフィードバックと成果から、これまでの対話活動からの教訓として、次の 4 つをあげた。①信頼を築くためにできるだけ早く主要アクターの顔を見せた方がよい、②期待していることを早くから明確に示した方がよい、③内密の場を設けることが自治体の代表たちにも望まれている、④責任を明確にするためすべての主要アクターがプロセスの手順を知らせ合うのが良い、⑤微妙な事項ではあるがサイト選定手順の初期段階から地域への補償の考え方を用意することが重要である。

#### (8) 第 6 セッション：事例研究の討論と結果の報告

6 つの事例研究のテーマごとに 10-12 名のグループで事例研究の討論をすることとして、ワークショップの参加者は、前半の 3 つから一つ、後半の 3 つから 1 つの事例研究のグル

ープ討論に参加した。それぞれのグループには、討論をリードする司会者 1 名と討論の進行を支援し、記録するサポーター 2 名が既に指名されているので、1 グループあたり 13-15 名でグループ討論をする。1 テーマのグループ討論は 2 時間半あるので、結構各人の発言時間は取れる。他人の顔ばかりうかがって積極的には発言しないのが習性の日本人ばかりだと司会者も困るだろうが、世界各国から参加者がいる国際ワークショップでは発言が途切れることもなく、結構、盛り上がったグループ討論だった。グループ討論の終了後、各事例研究チームごとに司会者がサポーター 2 名と一緒にあってグループ討論の結果を 10 分程度で発表した。これだけで 60 分である。

各事例研究グループのまとめ方は、以下の質問 2 つに PPT で 1 枚ずつでポイントを要約する。

Q 1 : 最もチャレンジングな問題を 2 つ上げてそれぞれへの対応の仕方を示すこと。

Q 2 : 将来の改善のため最も重要な 2 つの課題を示すこと。

要するにブレインストーミングである。なお、事例研究の話題提供者は、グループ議論には加わらないので、グループ議論の対象は話題提供者の“現実の悩み”とは必ずしも一緒ではない。そこで事例研究のグループ議論のテーマについては、それぞれの議論の焦点を注記し、Q 1 と Q 2 への回答は筆者により若干書き直して、表 9-5、表 9-6 に記載した。

表9-5 事例研究のテーマと対処におけるポイント（その1：ケース1から3まで）

| 事例研究テーマ<br>(グループ議論の焦点)   | Q1最もチャレンジングな<br>問題を2つ   | Q2改善のため<br>最も重要な2つの課題   |
|--|---|---|
| ケース1：<br>通常運転中のリスクコミュニケーションの事例研究<br>—Seabrook 炉の運転免許更新<br>(注：立地自治体の関係者や住民との対話のあり方の改善を討論している) | 1. 誰が聞き手で何を聞きたがっているかを把握し、それに応じてやり方を変える。2. 信頼の構築には明晰で透明なコミュニケーションを心掛けたうえで十分な時間を掛けること。  | 1. 企業、規制・国の機関などの主要プレイヤーと一緒に定例的な公開フォーラムを行い、地元や関係者に安心させる。2. 時間外の会合、インタネット、VRなどの情報表示の利用等、ターゲットの聞き手にコンタクトする手段を増やす。                              |
| ケース2：<br>カナダにおける遺産の管理—Port Hope 地域での活動<br>(注：放射能に汚染された土地の所有者に除染に協力してもらうようにするにはどのように説得したらよいか) | 1. 相手の信頼を得ること、相手の心配を理解すること。すべての寄せられた意見は平等に判断；信頼は透明で開かれた態度、聞こうとする態度で得られる。政府への信頼は公衆を信頼することで得られる。2. リスクだけを取り上げず、“大きな絵”を示す。選択肢とそれぞれの結果を示し、その中にリスクのありかが見えるようにする。 | 1. ソーシャルメディア(SM)の使い方のガイダンス：関連機関は雇用者にSMの使用を勧める。そしてどんなモニタリングとガイダンスが必要か、どの段階にSMを用いるべきか、キーメッセージを予め用意しておく、2. 放射能レベルが簡単に直感的にわかるグラフィック表示を開発したらどうか。 |
| ケース3：<br>アイルランドにおける自然のラドン被曝<br>(注：公衆のラドン被曝リスクに対する態度変容を促すリスクコミュニケーションの仕方)                     | 1. ラドンの有無でどんなリスクがあるか、ラドンのリスクを喫煙や胸部X線とぞらえる。2. 地形的なラドンのありかだけでなく住民の分布構成に留意してラドンの影響を受けそうな住民の検討をつけて注意を促す。  | 1. ソーシャルメディアを利用して関係者との双方向のコミュニケーションを用意する。室温があれば必ず返事すること。2. 児童への教育に注力する。医師が健康情報を提供する。放射線防護を教育コースに入れる。  |

表9-6 事例研究のテーマと対処におけるポイント（その2：ケース4から6まで）

| 事例研究テーマ<br>(グループ議論の焦点)  | Q1 最もチャレンジングな<br>問題を2つ  | Q2 改善のため最も重要な<br>2つの課題   |
|---|---|--|
| <p>ケース4： 原発新設プロジェクト<br/>(注：原発新設プロジェクトの達成は大変年月を要し、決定には極めて沢山の関係者が関与し、時間の経過に従って初めの状況が逆転する事態が起こる。とくに立地地域の関係者に積極的にプロジェクトに関わってもらうためのコミュニケーションのやり方を議論)</p> | <p>1. 意思決定過程に関係者を関与させ影響力を与えることが難しい。経済的および社会的な問題の方が放射線問題より重要だ。2. 地域の“大使”に働きかけて良い関係を築く。彼らに情報提供を密にすることを約束して関係者との対話を拡大してもらうことで、資源利用も改善できる。</p>  | <p>1. プラント新設の意思決定過程の一部として社会的経済的なインパクト評価の価値を高める。2. 問題に興味のなさそうな中間派が積極的に関与するやり方を取り入れる。例えば新しいコミュニケーション手法の使用など。</p>   |
| <p>ケース5：<br/>原発緊急事態<br/>(注：グループ討論では Post-accident response のためのシステム全体のあり方を議論している)。</p>  | <p>1 キーアクターを含め公共コミュニケーションやソーシャルメディアを使用して対応システムの効果を高める。このシステムの使用を準備段階、対応期と回復期に導入するには、訓練と健康問題の専門家の質問に対応できるようにする。健康問題の専門家を医療関係団体から採用する努力が必要。2. 立地自治体を巻き込み、地域の言葉を使うようにすることが必須だ。</p>                                     | <p>1. 事故に影響される住民に首尾一貫した情報を与えることと、住民と対応システムのメンバー間に信頼関係を構成するため、対応システムのメンバーには医師を入れるようにすること、2. ソーシャルメディアは多くの潜在的なチャレンジを克服するための有用なオプションだが、準備段階で医療メディアの機能が対応状況で確実に働くようにしておくことを確認すべきだ。</p> |
| <p>ケース6：<br/>長期放射性廃棄物管理のリスクコミュニケーション<br/>(注：長期放射性廃棄物の管理施設の立地問題の解決のためのよりよいリスクコミュニケーションのやり方を議論)</p>   | <p>1. 公共での感情的な議論が、科学的な事実や規制上の手続きより優勢になる。NGOがこのような感情的な表現を表に出して議論を支配しようとする。誘致に積極的な自治体も政治的に問題を進展できなくなる。2. 実際の施設が考えられない未来まで存在しなければならない。そんな遠い将来のことを意思決定するのを助けるための基礎はあるのか？物語、仮想現実のモデリングはその施設がどのようなものか人々にイメージを与えられるかも。</p> | <p>1. 若い世代にバーチャルリアリティを用いる共同プロジェクトに参加してもらう、学校のカリキュラムに核のライフサイクル全体を取り入れる。2. 長期プロジェクトの意思決定過程に価値観を導入する。例えば問題解決は将来世代に押し付けずに現在世代が決めねばならないと議論を進めるなど。</p>                                   |

### 9. 5. 3 ワークショップ参加を振り返って

既に紹介したようにワークショップ議長マイケル・ボイド氏は、“このワークショップの背景と目的は、原子力安全規制者、政府関係者、原子力事業者その他のエネルギー分野の者は、科学的、技術的、規制上の情報を関係者で共有する役割と責任がある。それには放射能に関わるリスク情報を一般大衆や関係者と共有することも含まれる。”と述べた。このワークショップは目的志向型で内容も充実したもので、リスクコミュニケーションを担当すべき原子力安全規制者、政府関係者、原子力事業者その他の原子力の実務者のための認識と経験の共有、今後の活動への礎を築くための相互学習の良い機会であった。

6つの事例研究と相互討論も（再稼働における社会対応、福島における除染と廃棄物処分、プラント新設の地元対応、高レベル放射性廃棄物の地層処分場の問題など）日本の原子力界がまさに関わっている問題であった。このワークショップ全体のプログラムを振り返ってみると、日本からの参加は番外の福島セッションだけであり、何となく“日本の失敗に学ぶ”という位置づけに見えた。事実、その他のセッション発表者はよく福島の教訓、福島のインパクトと口にしていたので、私は事例研究でのグループ討論の際に、「日本国内では、福島の教訓は安全神話の呪縛で安全規制がおろそかになっていた、というようにとらえられているが、皆さんから見ると福島の教訓、福島のインパクトとはどういう意味ですか？」と何人かの参加者に聞いてみた。海外の参加者が一番あげていたのは「地震と津波の恐ろしさ」だったが、チェルノビル事故の影響を受けた北欧の参加者は、「ロシア人があのような事故（チェルノビル事故のこと）を起こしたのは近隣国民として日頃知っているロシアの国民性からよく理解できる。だが日本のように国民性が真面目で勤勉で先端技術の国があのような事故を起こしたことはとても信じられなかった」といったことは印象的だった。

日本国内では昔から「国土が狭く、災害が多く、資源に乏しい国。世界の先進国に伍していくには、科学技術の発展によって国を豊かにするしかない。」という伝統的な考えが身につについて、豊かさを得るために科学技術振興に期待をかけているが、そのELSIの側面には今まであまり注意を払うことはなかった。遺伝子工学や人工知能のような先端技術にも当てはまるのだろうが、福島原子力事故後の原子力においては、原子力関係者は社会の信頼性の回復のためにもELSIの側面をよく認識してそのリスクコミュニケーションの改善に注力すべきではないかと考えた。

福島セッションを締めくくるレセプションでは、富岡町の被災者の方々の、大地震と津波の被災に追い打ちをかけるような原発爆発。取りあえずの避難と思いきやその後もずっと避難先での長期に渡る集団生活。その体験のプレゼンを聞き、福島食品の差し入れを賞味する機会を得た。いまだに残る福島産食品に対する海外諸国の輸入制限やトリチウム水の海水放出への近隣諸国の反対の中、風評被害に関わるリスクコミュニケーションも

OECD/NEA の開催するこのような国際会合の中で取り上げることも、被災地域の復興の上からも重要なテーマではないかと個人的には思った。

## 9. 6 まとめと提言

本章では、原子力の社会の信頼回復への第一歩として、倫理とリスクコミュニケーションを主題に多々論じた。初めに日本原子力学会の倫理綱領を取り上げた。これは学会によるこういった倫理規定の策定が業界の根幹を揺るがす事態発生 of 未然防止に必ずしも貢献するものではないことを示すためであった。むしろ 2000 年代前後から遺伝子工学や人工知能などの先端科学技術の社会的導入における ELSI (Ethical Legal Societal Implications; 倫理的・法的・社会的課題) プログラムに着目した。原子力は ELSI 以前の 20 世紀中葉から先端科学技術として社会に導入されていたものである。日本では既に福島原子力事故によって原子力という先端技術の数々の負の側面を顕在させてしまったあとだが、それだからこそ ELSI の精神をどのようなやり方で活かせるかという問題意識をもって OECD/NEA の主催する放射線リスクに関するステークホルダーリスクコミュニケーションワークショップに参加した。

この国際ワークショップでは、ステークホルダー (原子力安全規制者、政府関係者、原子力事業者その他のエネルギー分野の者) は、科学的、技術的、規制上の情報を関係者で共有する役割と責任がある。それには放射能に関わるリスク情報を一般大衆とも共有することも含まれる”、とするもので、OECD/NEA 参加国のこのようなステークホルダーたちが一堂に集いあって 2 日間各国の関係者の経験と知見を交換し合い、その後各国に持ち帰ってそれぞれの国でのリスクコミュニケーション活動の実践のための礎にするものであった。

日本では福島原子力事故後、「規制の虜」という言葉が独り歩きし、原子力規制庁の担当官は“業界に取り込まれてはいけない=面談にも応じてはいけない”と、“陳情を否定する孤高の人”、“説明を拒む権力者”というイメージを原子力事業者に与えている。これも良くないが福島事故後もいつまでも国策民営の原子力村=官尊民卑、官僚専横、情報ねつ造・隠ぺい、賄賂横行、……といったイメージのままではこれからの原子力の将来はありえない。

本章の筆者は、このステークホルダーリスクコミュニケーションに関する国際ワークショップのやりかたを過日の共同研究者の杉万俊夫先生によるグループダイナミックスのアプローチで日本化して、これからの原子力界が関わるさまざまな社会的課題に対して、横山禎徳氏の提唱する原子力を良循環にするサブシステムとしての「市民、官僚、政治家、企業人、研究者の参加による公開討議システム」として構想し、導入していくことが、原子力への社会の信頼の回復に繋がるのではないかと期待している。その具体的なやり方としては、第 7 章 7. 5 節で紹介した東海村村長山田修氏が注目している、市民が中心になって企画し、市民からの提言をまとめていく「自分ごと化市民会議」のような場に、原子力界の JAEA、電中研等のステークホルダーリスクコミュニケーターあるいは大学界など専門家のパブリックアウトリーチが加わって協働していくのはどうだろうか？

## 参考文献

- Alvin M. Weinberg (1974) Science and Trans-Science, Minerva 10(2), 209-222 (1974).
- 横山禎徳 (2019) 社会システム・デザイン 組み立て思考のアプローチ 「原発システム」の検証から考える 東京大学出版会 2019年2月5日
- ウーリッヒ・ベック(1988)ウーリッヒ・ベック著、東 廉 監訳、危険社会、二期出版、1988年9月3日。
- 日本原子力学会倫理規定制定委員会(2001)原子力学会倫理規程の制定にあたって (憲章、行動の手引き)、日本原子力学会誌、Vol.43,No.8, (後付) 2001年8月。
- 班目春樹(2005)原子力学会倫理規程第2回改訂にあたって 今までの議論と意見公募について、日本原子力学会誌、Vol.47,No.7' 2005), pp.458-462.
- 京都大学工学部 Syllabus (2018) 工学部共通型授業科目 工学倫理
- 黒川清 (2016) 規制の虜 グループシンクが日本を減ぼす 講談社、2016年3月。
- David Collingridge (1981) The Social Control of Technology, Palgrave Macmillan, 1981.
- 綾 野 博 之 (2001)アメリカのバイオエシックス・システム 2001年2月 文部科学省 科学技術政策研究所 第2研究グループ
- 杉山顕寿・菖蒲順子・高下浩文・山本隆一 (2016) 東京電力福島第一原子力発電所事故後のリスクコミュニケーションの実践 —「放射線に関するご質問に答える会」における核燃料サイクル工学研究所の対応—, JAEA-Review 2015-013, 2016.
- 日本原子力研究開発機構 (2019) 平成 30 年度 研究開発・評価報告書 評価課題「福島環境回復に関する技術等の研究開発」(中間評価), JAEA-Evaluation 2019-008, 2019.
- 山本怜・伊藤京子・大西智士・西田正吾 (2011) 萌芽的科学技術の社会導入に向けた公共心を有する意見表明手法の提案, Vol. 131, No. 4, pp. 880-889, 2011.
- 伊藤京子・山本怜・西田正吾 (2011) 意見表明システムの利用方法の検討—「IC タグ技術の社会導入」実験の結果より, 社会技術研究論文集, Vol. 8, pp. 159-169, 2011.
- 伊藤京子・西田正吾・持田康弘・今田美幸 (2014) 印象変化に着目したグループ議論実験, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 113, No. 426, pp. 31-36, 2014.
- 樽本徹也 (2014) ユーザビリティエンジニアリング(第2版)—ユーザエクスペリエンスのための調査、設計、評価手法—, オーム社, 2016.

## 付録 日本原子力学会倫理規程

### A. 2009年版

日本原子力学会倫理規程（2009年11月26日 第505回理事会改訂承認）

#### 前文

我々日本原子力学会会員は、原子力技術がエネルギーの安定供給や放射線の利用など人類に大きな価値をもたらすが、一方で大きな災禍をも招く可能性があることを深く認識する。その上に立って原子力の平和利用に携わることができる誇りと使命感を抱き、人類の福祉と持続的発展ならびに地域と地球の環境保全への貢献を強く希求する。

我々は、原子力の研究、開発、利用および教育に取り組むにあたり、公開の原則のもとに、自ら知識・技能の研鑽を積み、自己の職務と行為に誇りと責任を持つとともに常に自らを省み、社会との調和を図るよう努め、法令や規範を遵守し、安全を確保する。

我々は、現代が、科学技術を社会に結び付けている企業ならびに行政、研究、教育等諸機関に、倫理的な活動、とりわけ説明責任を果たせる活動を求めている時代であると認識する。

これらの実践のため、我々は日本原子力学会倫理規程をここに制定する。

#### 憲章

1. 会員は、原子力の平和利用に徹し、人類の直面する諸課題の解決に努める。
2. 会員は、公衆の安全を全てに優先させてその職務を遂行し、自らの行動を通じて社会の信頼を得るよう努力する。
3. 会員は、自らの専門能力の向上を図り、あわせて関係者の専門能力も向上するように努める。
4. 会員は、自らの能力の把握に努め、その能力を超えた業務を行うことに起因して社会に重大な危害を及ぼすことがないよう行動する。
5. 会員は、自らの有する情報の正しさを確認するよう心掛け、公開を旨とし説明責任を果たし、社会の信頼を得るよう努める。
6. 会員は、事実を尊重し、公平・公正な態度で自ら判断を下す。
7. 会員は、一社会人として法令や社会の規範を遵守し、その範囲内で自らの業務に係る契約を誠実に履行する。
8. 会員は、原子力業務に従事することに誇りを持ち、その業務の社会的な評価を高める。

## 行動の手引

本倫理規程は日本原子力学会会員の専門活動における心構えと言行の規範について書き示したものである。我々会員はこれを自分自身の言葉に置き直して専門活動の道しるべとすることを宣言する。

我々を取り巻く環境は有限であり、かつ人類だけのものでないことから、会員は地域と地球の環境保全に対する最大限の配慮なしには人類の福祉と持続的発展は望めないとの認識に立って行動する。

日本原子力学会会員には個人会員（正会員、推薦会員、学生会員）のほか、企業や法人等の組織が対象となる賛助会員がいる。そのため本倫理規程には、個人として守るべきものばかりでなく、組織が守るべきものも含まれている。組織の構成員は組織の利益のみを優先させ、組織の責務を軽視する場合があるが、そうであってはならない。さらに個人個人の責任を果たすことなく組織の責務を果たすことはできないことを銘記する。また、賛助会員は、本倫理規程が遵守されるよう、率先して組織内の体制の整備に努める。

本倫理規程は会員の活動について定めたものであるが、非会員が生じさせる原子力分野におけるトラブルに対しても、原子力の専門家集団である我々会員は一定の責任を有することを自覚する。すなわち会員は、倫理能力を含めたすべての分野において責任ある役割を果たすことで、非会員も含めた原子力関係者の倫理を向上させるよう努める。

以下に記す条項は、前文と憲章で述べた規範を実現するため考えるべき事柄である。我々はここに記述した条項すべてを同時に守りえない場面に遭遇することも認識している。そのような状況において、一つの条項の遵守だけにこだわり、より大切な条項を無視しないよう注意することが肝要である。多くの条項を教条主義的に信じるのではなく、倫理的によりよい行動を探索し、実行することを誓う。

個々の会員の倫理観は細部に至るまで完全に一致しているわけではなく、またある程度の多様性は許容されるものである。しかしその多様性の幅についても明示していくよう、今後努力する。また、規範は時代とともに変化することも念頭に置き、我々は本倫理規程を見直していくことを約束する。

憲章 1. 会員は、原子力の平和利用に徹し、人類の直面する諸課題の解決に努める。

### 1-1. 原子力利用の基本方針

原子力の平和利用は、原子力発電に関連するエネルギー分野だけでなく、医療・農業・工業等をはじめ放射線や同位体の利用技術に関連する分野まで、極めて多岐にわたるとともに、その研究、開発、利用計画等がグローバル化しており、本会の専門分野はこれらのすべてと関連している。会員は専門とする技術が人類に恩恵をもたらすとともに災禍を招く可能性があることを認識し、その技術を通じて人類の福祉に貢献するよう行動する。

#### 1-2. 平和利用への限定

原子力の利用は平和目的に限定する。会員は、自らの尊厳と名誉に基づき、核兵器の研究・開発・製造・取得・使用に一切参加しない。

#### 1-3. 核拡散への注意

会員は、原子力技術が核兵器の研究・開発・製造等に結びつく恐れがあることを認識し、自らの行動が結果として核拡散に寄与することがないように最大限の注意を払う。

#### 1-4. 核セキュリティ確保への注意

会員は、核物質や放射性物質がテロリズムに用いられる恐れがあることを認識し、核セキュリティの確保に十分な注意を払う。

#### 1-5. 諸課題解決への努力

人類の生存の質の向上のためには、経済の持続的発展とエネルギーの安定供給、環境の保全という課題をともに達成することが必要であるが、それに至る道筋は容易ではない。これに資するため、会員は原子力平和利用に具体的手だてを見出し活用するよう、不断の努力を積む。

#### 1-6. 地球環境保護との調和

会員は、原子力利用は炭酸ガス排出の低減などで環境問題の解決の一助となりうる一方、人類・地球への負の遺産となりうる放射性廃棄物処理・処分の課題があることを認識し、地球環境保護との調和を常に心がける。

憲章2. 会員は、公衆の安全を全てに優先させてその職務を遂行し、自らの行動を通じて社会の信頼を得るよう努力する。

#### 2-1. 安全確保の努力

会員は、たとえ平和利用であっても、原子力技術の取り扱いを誤ると人類の安全を脅かす可能性があることをよく理解し、過去の原子力災禍がもたらした影響を今後の教訓として深く認識し、安全確保のため常に最大限の努力を払う。

#### 2-2. 労働安全の確保

会員は、常に原子力施設で働く人々の安全確保と設備の健全性に注意を払い、災害の防止に努める。

#### 2-3. 安全知識・技術の習得

会員は、原子力・放射線に関連する事業、研究、諸作業において、法令・規則を遵守することはもちろん、安全を確保するために必要な専門知識・技術の向上に努める。

#### 2-4. 効率優先への戒め

会員は、原子力・放射線関連の施設において安全性の確認されていない効率化を行わない。効率化すなわち進歩と誤解して、安全性の十分な確認を行うことなく設備や作業を変更しない。

#### 2-5. 経済性優先への戒め

会員は、原子力・放射線関連の施設の設計・建設・運転・保守等の管理にあたり、目先の経済性を安全性に優先させない。また、資金不足を理由に、安全性の低下した状態を放置しない。

#### 2-6. 安全性向上の努力

会員は、運転管理する施設の安全性向上に努める。安全性の損なわれた状態を自らの権限で改善できない場合には、権限を有する者を含む利害関係者へ働きかけ、改善されるよう努める。なお、原子力に関する諸活動において権限を有する者は、その職責の重さを自覚し、安全性向上に最大限の努力を払う。

#### 2-7. 慎重さの要求

会員は、原子力・放射線関連の作業においては、作業中気付いた点を放置せず、また独断を避けて関係者に確認するなど、常に慎重に振る舞う。これまで国内外の原子力施設において作業の完了を急いだり、手順を粗略にして大事故に至った例を想起し、教訓とする。

#### 2-8. 技術成熟の過信への戒め

会員は、原子力技術が成熟したとして安全性を過信しない。原子力開発の歴史はいまだ1世紀に満たない。今後とも新たな技術的問題が出ることがありうるとして、緊張感を持って新しい事象が発生することに対し警戒心を維持する。

#### 2-9. 安心できる社会の構築

会員は、技術に対する安心が、技術の安全性だけでなく、技術を扱う者に対する信頼感によって醸成されることを、よく理解し、安全の確保に努めるとともに、安心できる社会の構築に貢献する。

#### 2-10. 会員の安心への戒め

会員は、安全を確保する努力を過信し、自らが安心してはならない。公衆の信頼は、原子力技術を扱う者がその危険性を十分に認識し、緊張感を保って行動すること、他の意見・批判をよく聴き、常に自ら考え行動することによって得られるものと認識する。

憲章3. 会員は、自らの専門能力の向上を図り、あわせて関係者の専門能力も向上するように努める。

#### 3-1. 専門能力

ここでいう専門能力とは、原子力に関する技術的能力だけでなく、倫理的行動をとるために必要な能力も含む。また求められる専門能力は、社会とともに変化することを自覚し、常に社会から要請される能力を備えるよう努める。

#### 3-2. 新知識の取得

会員は、専門家として常に自己研鑽に励み、関係する法令や規則、日々進歩する学問・技術を学び、自身の専門能力を磨く。古い定型的な知識や慣習などをもって専門家として行動することは慎む。

### 3-3. 経験からの学習と技術の継承

会員は、経験から教訓を学び取る。特に原子力施設の事故や故障の経験からは、できるだけ多くのことを学び、その再発防止および類似の事故や故障の未然防止に努めるとともに、情報を共有化し、技術・知見の継承に努める。会員は、経験から教訓を学び取る。

### 3-4. 関係者の専門能力向上

会員は、専門家として自らが研鑽に励むだけでなく、専門能力を有すべき周囲の者、特に自らの監督下にある者の専門能力向上にも努力し、機会を与えるよう努める。

### 3-5. 正確な知識の獲得と伝達

会員は、常に正確な知識の獲得に努め、その知識を周囲の者に伝える。

### 3-6. 能力向上のための環境整備

会員は、所属する組織において、自分自身や周囲の者の専門的知識や能力ばかりでなく、総合的な人材育成の観点も含めた能力向上ができる環境を整備し、維持に努める。

憲章4. 会員は、自らの能力の把握に努め、その能力を超えた業務を行うことに起因して社会に重大な危害を及ぼすことがないよう行動する。

### 4-1. 自己能力の把握

会員は、遂行しようとしている業務が自らの能力不足のため安全を損なう恐れがないか、常に謙虚に自問する。

### 4-2. 所属組織の災害防止

会員は、所属する組織が安全確保のため十分な努力を払っているかを見極め、必要に応じ構成員の意識改革を図り、また組織を変革するよう努める。

### 4-3. 他の組織による監査

会員は、所属する組織が自ら安全確保のための努力を払っているのみならず、適切な監査を受け基準を満たしているかどうかを見極める。適切な監査体制がない場合にはそれを設けるよう努める。

### 4-4. 公的資格に関する法令遵守

会員は、公的資格を必要とする業務を資格なしで行わず、無資格者に行わせない。

### 4-5. 公的資格の尊重

会員は、公的資格取得に取り組むとともに、公的資格が取得しやすい環境整備に努める。

憲章5. 会員は、自らの有する情報の正しさを確認するよう心掛け、公開を旨とし説明責任を果たし、社会の信頼を得るよう努める。

### 5-1. 正確な情報の取得と確認

会員は、専門家として正しい情報を取得し、その正しさを自ら確認する。特に安全に係る情報は、公衆や環境に大きな影響を与える可能性があるため、その正確な取得と確認に入

念な注意を払う。

#### 5-2. 情報の公開

原子力の安全に係る情報は、適切かつ積極的に公開する。会員は、情報の意図的隠蔽は社会との良好な関係を破壊することを認識し、たとえその情報が自分自身や所属する組織に不利であっても積極的な公開に努める。また、所属する組織が情報公開の手順を定めていない場合は、会員は、適切な公開制定を組織に働きかける。

#### 5-3. 守秘義務と情報公開

会員は、公衆の安全上必要不可欠な情報については、所属する組織にその情報を速やかに公開するように働きかけるとともに、必要やむを得ない場合は、たとえ守秘義務違反に係る情報であってもその情報を開示する等により、公衆の安全の確保を優先させる。

#### 5-4. 非公開情報の取り扱い

原子力に係る情報でも、核不拡散や核物質防護、公衆の安全・利益等のために公開することが不適切と判断されるものについては公開する必要はない。ただしその場合でも、会員はそのことを明示し、公開できない理由を説明する。

#### 5-5. 説明責任

会員は、専門活動の目的・方法・成果等について、常に相手の立場に立ち、専門家ではない周囲の者にも分かりやすく、タイムリーに説明する責任がある。

#### 5-6. 社会との調和

会員は、常に社会からの声にも幅広く耳を傾け、コミュニケーションを心がけると共に、専門知識を説明するときは、一方的な価値観を押し付けることのないよう、他者の意見を傾聴して社会との調和に努める。

#### 5-7. 組織の文化

会員は、所属する組織では構成員が倫理に関わる問題を自由に話し合える組織の文化になっているかを見極め、不十分なときは組織・体制も含め組織の文化（風土、雰囲気）を変革するよう努める。

憲章6. 会員は、事実を尊重し、公平・公正な態度で自ら判断を下す。

#### 6-1. 科学的事実の尊重

会員は、事実を尊重し、科学的に明白な間違いに対しては毅然とした態度でその間違いを指摘し、是正するよう努める。

#### 6-2. 科学的事実の普及

会員は、専門知識を分かりやすい形で広め、公衆が理性的に自ら判断できるよう、情報を提供することに努める。

#### 6-3. 自らの判断

会員は、与えられた情報を受容し、無批判に受け入れることなく、広く国内外の情報収集に努めた上で、それに関連する専門能力により自ら判断する。

憲章7. 会員は、一社会人として法令や社会の規範を遵守し、その範囲内で自らの業務に係る契約を誠実に履行する。

#### 7-1. 誠実な行動

会員は、雇用者の代理人あるいは依頼者の受託者として業務に従事する場合、雇用者の代理人あるいは依頼者の受託者として、誠実に業務を実施する。その結果、他の団体又は自らを含む個人に利益をもたらす恐れのある場合は、事前に雇用者あるいは依頼者の了承を得る。

#### 7-2. 報酬等の正当性

会員は、業務にあたりリベート等を受け取らない。業務に対する報酬等は常にその正当性を他者に説明できることが必要である。

#### 7-3. 組織の私的利用

会員は、勤務時間内に本務以外の業務を行うことも含め、所属する組織の了承・許可なく、組織に帰属する人的・物的・知的資源等の財産権を侵さない。

#### 7-4. 利害関係の相反の回避

会員は、雇用者の代理人あるいは依頼者の受託者として業務を行う際、利害関係の相反の恐れのある業務については、雇用者又は依頼者にその事実を開示するとともに、第三者に対しても明確な説明ができる場合を除き、その業務に従事しない。

#### 7-5. ルール遵守と形骸化の防止

会員は法令・規則等（以下ルール）を誠実に遵守するとともに常にルールの妥当性確認や改定に努め、絶えざる研修等によってルール遵守の精神を維持し、各種ルールの規定内容と職務実態との乖離によって起こるルールの形骸化を防止する。

#### 7-6. 契約に関する注意

会員は、よき社会人であるためには契約を尊重しなければならないこと、法律に違反する恐れのあるような契約は締結すべきでないことを銘記する。

憲章8. 会員は、原子力業務に従事することに誇りを持ち、その業務の社会的な評価を高める。

#### 8-1. 可能性へのチャレンジ

会員は、原子力・放射線技術が経済の持続的発展、エネルギー安定供給、及び地球環境保全に貢献していることについて誇りと理想を持ち、その英知と努力によって更なる原子力・放射線分野の適切な発展・拡大を図るとともに、国際的な視野を持って新たな可能性にチャレンジするよう努める。

#### 8-2. 指導者の規範

組織の中で指導的立場にある者は、組織内の模範となるよう、業務上の責任と業務にかかる説明責任を十分認識して行動する。また組織内における不正行為・不正行為の見過ごし

などの不作為については、自ら敢然としてこれを防止する。

#### 8-3. 専門分野等の研鑽と協調

会員は、専門とする分野について未知の領域の探求などチャレンジ精神を發揮し、自己研鑽に励むとともに、関連する専門分野について理解を深め、これを尊重し、業務の遂行にあたり常に協調の精神で臨む。会員は、業務の実施により得られる経験や知見を、学術の発展に貢献できるよう常に心がける。

#### 8-4. 社会からの付託

会員は、原子力という技術を扱う集団・技術者として、一般社会から一種の付託を受けている。それは、一般社会との無言の契約が成立していることであり、その契約のもとに、会員に特別の責任・倫理観を求めていることを常に念頭に置き、行動しなければならない。

## B. 2014年版

日本原子力学会倫理規程 2018年1月31日 第6回理事会承認

### 前文

日本原子力学会倫理規程は、日本原子力学会会員が、研究、開発、利用、教育等のさまざまな活動を実施するにあたり、会員一人ひとりが持つべき心構えと言行の規範を書き示したものである。会員は、原子力の平和利用と安全確保に携わることに誇りと使命感を持ち、その責務を果たすため、常に本規程を自分の言葉に置きなおし、自ら考え、自律ある行動をとる。

現代は、人類生存の質の向上と地球環境の保全が課題となっており、さまざまな技術が開発され進歩している。しかし、どのような技術にも必ず正の側面と負の側面が存在している。会員は、自らの携わる技術が、正の側面によってより社会貢献するために、原子力事故をはじめとして、自らの携わる技術特有の社会に及ぼす影響等負の側面について、絶えず思い起こすと同時に、技術だけでは解決できない問題があることを、強く認識する。もって常に現状に慢心せず、広く学ぶ姿勢と俯瞰的な視野を持ち、チャレンジ精神と不断の努力をもって、より高い安全を追求し、豊かで安心できる社会の実現に向けて、積極的に行動する。

本規程は、日本原子力学会の個人および組織の会員を対象としているが、原子力の安全確保と平和利用のために、本規程がより多くの原子力関係者に共有され、本規程に則った行動がとられることが必要である。このため、我々会員は、本規程を満たすように自ら率先して行動するとともに、会員、非会員を問わず、原子力に関わるすべての個人および組織が本規程に示した精神と行動規範を尊重し、実践するように牽引する。

## 憲章

### 1. (行動原理)

会員は、人類の生存の質の向上および地球環境の保全に貢献することを責務と認識し、行動する。

### 2. (公衆優先原則・持続性原則)

会員は、公衆の安全をすべてに優先させて原子力および放射線の平和利用の発展に積極的に取り組む。

### 3. (真実性原則)

会員は、最新の知見を積極的に追究するとともに、常に事実を尊重し、自らの意思をもって判断し行動する。

### 4. (誠実性原則・正直性原則)

会員は、法令や社会の規範を遵守し、自らの業務を誠実に遂行するとともに、社会に対する説明責任を果たし、社会の信頼を得るように努める。

### 5. (専門性原則)

会員は、原子力の専門家として誇りを持ち、携わる技術の影響を深く認識して研鑽に励む。また、その成果を積極的に社会に発信し、かつ交流して技術の発展に努めるとともに、人材の育成と活性化に取り組む。

### 6. (有能性原則)

会員は、原子力が総合的な技術を要することを常に意識し、自らの専門能力に対してその限界を謙虚に認識するとともに、自らの専門分野以外の分野についても理解を深め、常に協調の精神で臨む。

### 7. (組織文化の醸成)

会員は、所属する組織の個人が本倫理規程を尊重して行動できる組織文化の醸成に取り組む。

## 行動の手引

行動の手引は、倫理規程前文および憲章に基づき、日本原子力学会会員の活動における心構えと言行の規範について書き示したものである。我々はここに記述した条項すべてを同時に守りえない場面に遭遇することも認識している。そのような状況において、一つの条項の遵守だけにこだわり、より大切な条項を無視しないよう注意することが肝要である。多くの条項を教条主義的に信じるのではなく、倫理的によりよい行動を探索し、実行することが重要である。また、個々の会員の倫理観は細部に至るまで完全に一致しているわけではなく、ある程度の多様性は許容されるものである。また、規範は時代とともに変化することも念頭に置くことが重要である。

## 憲章 1. (行動原理)

会員は、人類の生存の質の向上および地球環境の保全に貢献することを責務と認識し、行動する。

### 1-1. 原子力利用の基本方針

原子力は、エネルギーだけでなく、医療・農業・工業などでの放射線利用まで幅広く利用されている。会員は、人類の生存の質の向上や地球環境の保全に貢献することに誇りと理想を持ち、専門性と自律ある行動により原子力の適切な発展を図る。

### 1-2. 不断の努力とチャレンジ精神の醸成

会員は、研究、開発、利用、教育等における諸課題の解決のために不断の努力を払うとともに、常に更なる向上を目指し俯瞰的な視野を持って、新たな可能性にチャレンジする。

### 1-3. リーダーシップの発揮

会員は、一人ひとりが自身の責任や役割を明確にし、積極的な態度及び行動を示すことにより、それぞれの階層でリーダーシップを発揮する。

### 1-4. 技術者の行動による信頼

会員は、技術の安全性を高めるだけでなく、技術を扱う者の行動によって社会から信頼が得られるように心掛ける。

## 憲章 2. (公衆優先原則・持続性原則)

会員は、公衆の安全をすべてに優先させて原子力および放射線の平和利用の発展に積極的に取り組む。

### 2-1. 原子力利用と安全確保の両立

会員は、過去に起きた原子力をはじめとするさまざまな事故や災害を絶えず思い起こし、携わる技術の潜在的な危険性や、どのような安全策を講じてもリスクが残ることを、強く認識する。その上で、常により高い安全レベルを目指し、その確保に務める。

### 2-2. 平和利用への限定

原子力の利用は平和目的に限定する。会員は、自らの尊厳と名誉に基づき、核兵器の研究・開発・製造・取得・使用に一切参加しない。加えて、自らの行動が結果として核拡散に加担することがないように、接触する団体や情報管理等に最大限の注意を払う。

### 2-3. 核セキュリティ確保への注意

会員は、核物質や放射性物質がテロリズムに用いられる恐れがあることを認識し、核セキュリティの確保に十分な注意を払う。

### 2-4. 地球環境保全との調和

会員は、原子力発電は炭酸ガス排出の低減などで環境問題の解決の一助となりうる一方、放射性廃棄物の処理と長期にわたる埋設の課題があることを認識し、この解決に努める。

### 2-5. 労働安全の確保

会員は、常に原子力施設で働く人々の安全確保と災害の防止に努める。

#### 2-6. 経済性優先への戒め

会員は、原子力施設の設計・建設・運転・保守等の管理にあたり、経済性を安全性に優先させない。

#### 2-7. 効率優先への戒め

会員は、原子力施設において、安全性の十分な確認を行うことなく設備や作業の効率化を行わない。

#### 2-8. 規制適合が目的化することへの戒め

会員は、原子力の研究、開発、利用、教育等において、法令・規則への適合のみで満足することなく、専門家として、更なる安全性向上を目指して弛まぬ努力をする。

#### 2-9. 技術成熟の過信への戒め

会員は、原子力の安全性を過信することなく、今後とも新たな技術的問題が出ることもありうるとして、緊張感を持って新しい事象が発生することに対して警戒心を維持するとともに、事前の備えを尽くす。

### 憲章 3. (真実性原則)

会員は、最新の知見を積極的に追究するとともに、常に事実を尊重し、自らの意思をもって判断し行動する。

#### 3-1. 最新知見の追究

会員は、自己の業務遂行に関わる知見が常に最新の状態となるよう、広く国内外の情報収集に努める。特に安全にかかる情報は、公衆や環境に大きな影響を与える可能性があるため心掛けて慎重に確認する。

#### 3-2. 科学的事実の尊重

会員は、事実を尊重し、科学的に明白な間違いに対しては毅然とした態度でその間違いを指摘し、是正するよう働きかける。

#### 3-3. 自らの判断に基づく行動

会員は、与えられた情報を無批判に受け入れることなく、誤った集団思考に陥ることのないように、常に正確な情報の取得に務め、関連する専門能力により自ら判断し、行動する。

### 憲章 4. (誠実性原則・正直性原則)

会員は、法令や社会の規範を遵守し、自らの業務を誠実に遂行するとともに、社会に対する説明責任を果たし、社会の信頼を得るよう努める。

#### 4-1. 誠実な行動

会員は、誠実に業務を実施する。また、他の団体または個人に不利益をもたらす恐れのある場合は、事前に雇用者あるいは依頼者に説明をおこなう。

#### 4-2. 契約に関する注意

会員は、法令に違反するおそれのある契約を締結してはならない。また、利益相反のおそれ

のある業務については、雇用者または依頼者にその事実を開示するとともに、第三者に対しても明確な説明ができる場合を除き、その業務に従事しない。

#### 4-3. ルール遵守と形骸化の防止

会員は法令・規則（以下ルール）を誠実に遵守する。その一方で、常にルールの妥当性確認や改定に努め、各種ルールの規定と実態との乖離によって起こるルールの形骸化を防止する。

#### 4-4 .社会との調和

会員は、常に社会からの声に幅広く耳を傾け、双方向のコミュニケーションを心がけて社会との調和に努める。

#### 4-5. 社会からの付託

会員は、原子力技術を扱う集団・技術者として、一般社会から一種の付託を受けており、特別の責任・倫理観が求められていることを常に念頭に行動する。

#### 4-6. 会員の安心への戒め

会員は、安全の状態を過信し、自らがそのことで安心してはならない。公衆の信頼は、原子力技術を扱う者がその危険性を十分に認識し、緊張感を保って行動すること、他の意見・批判をよく聴くこと等、不断の努力によって得られるものと認識する。

#### 4-7. 情報の公開

会員は、原子力の安全にかかる情報について、積極的な公開に努める。特に公衆の安全上必要不可欠な情報については、所属する組織にその情報を速やかに公開するように働きかけ、公衆の安全確保を優先させる。

#### 4-8. 隠蔽の戒めと非公開情報の取り扱い

会員は、情報の隠蔽は社会との良好な関係を破壊することを認識し、適切かつ積極的に公開するように努める。ただし、核不拡散や核物質防護等、公衆の安全・利益のために公開することが不適切と判断されるものについては、公開できない理由を説明できるようにする。

#### 4-9. 説明責任

会員は、専門活動の目的・方法・成果等について、常に相手の立場に立ち、専門家ではない者にも分かりやすく、かつタイムリーに説明する責任がある。

### 憲章 5. (専門性原則)

会員は、原子力の専門家として誇りを持ち、携わる技術の影響を深く認識して研鑽に励む。また、その成果を積極的に社会に発信し、かつ交流して技術の発展に努めるとともに、人材の育成と活性化に取り組む。

#### 5-1. 専門分野等の研鑽と協調

会員は、未知の領域の探求など、自己研鑽に励むとともに、関連分野の理解も深め、これを尊重して業務の遂行にあたり、常に協調を図る。もって、得られる経験や知見により、原子力に関わる学術及び技術の改善と発展に貢献する。

## 5-2. 専門能力

会員は、求められる専門能力や倫理的行動に必要な能力が、社会とともに変化することを自覚し、常に社会の要請に応える能力を備えるよう努める。

## 5-3. 新知識の取得

会員は、日々進歩する学術や技術のほか、関係する法令・規則を学び、専門能力を磨く。古い知識や慣習などをもって専門家として行動することは慎む。

## 5-4. 正確な知識、安全知識・技術の習得と伝達

会員は、原子力専門分野に関わる活動においては、法令・規則の遵守はもちろん、安全の確保に必要な専門知識・技術の向上に努める。さらに、常に正確な知識の獲得と伝達に努める。

## 5-5. 経験からの学習と共有・継承

会員は、経験から教訓を学び取る。特に事故や故障については、失敗事例のみならず良好事例にも着目・研究し、再発防止や類似事態の発生防止に努めるとともに、情報を共有・継承する。

## 5-6. 関係者の専門能力向上と環境整備

会員は、自己研鑽のみならず、専門能力を有すべき周囲の者、特に監督下にある者に研鑽の機会を与えることで、能力向上のための環境整備に努める。

## 5-7. 科学的事実の分かりやすい提供

会員は、公衆が科学的事実や専門知識を正確に理解し、判断できるように分かりやすい形で提供することに努める。

## 5-8. 国際社会への貢献

我が国は原子力平和利用に豊富な実績がある一方、原子力災害の当事国である。会員は、この経験から知見・教訓を深く学びとり、我が国のみならず世界の原子力の安全と技術の向上に貢献する。

## 憲章 6. (有能性原則)

会員は、原子力が総合的な技術を要することを常に意識し、自らの専門能力に対してその限界を謙虚に認識するとともに、自らの専門分野以外の分野についても理解を深め、常に協調の精神で臨む。

### 6-1. 学際的な取り組みの必要性)

会員は原子力が様々な専門分野を含む総合科学技術であることを十分に認識し、原子力安全を確保するためにはこれらの専門分野との境界に隙間ができないように総合的な視点から取り組むように努める。

### 6-2. 自己能力の把握

会員は、遂行しようとしている業務が自らの能力不足のために安全を損なう恐れがないか、常に謙虚に自問する。

### 6-3. 俯瞰的な視点を有する人材の育成

会員は、所属する組織において、専門的知識だけでなく、俯瞰的な視点を有する人材を育成する観点からも環境を整備し、維持に努める。

#### 憲章 7. (組織文化の醸成)

会員は、所属する組織の個人が本倫理規程を尊重して行動できる組織文化の醸成に取り組む。

##### 7-1. 組織の中の個人のとるべき行動の基本原則

会員は、所属する組織において、倫理及び安全に関わる問題を自由に話し合い、行動できる組織文化の醸成に努める。不十分なときは組織・体制も含め組織文化（風土、雰囲気）を変革するよう努める。

##### 7-2. 組織内における課題解決

会員は、それぞれの責任と権限に応じてその役割の重さを自覚し、安全性向上に最大限の努力を払う。安全性の損なわれた状態を自らの権限で改善できない場合には、権限を有する者を含む利害関係者へ働きかけ、改善されるよう努める。

##### 7-3. 組織内における環境整備の重要性と継続的改善

組織運営に責任を有する会員は、本倫理規程の意義と重要性を認識し、組織に所属する個人（会員および非会員）が本倫理規程に基づいて行動することができるように伝え、その環境を整える。また、組織内の活動状況を絶えず注視するとともに、本倫理規程に基づく活動を阻害する要因を積極的に排除するなど、環境の継続的な改善・向上に努める。

##### 7-4. 組織内における申し出に対する適切な運用

組織の運営に責任を有する会員は、会員からの原子力安全等に関わる申し出に対し、組織として適切に対応するために、申し出をした者が不利益を被ることのないような配慮、申し出内容に対する迅速な調査、情報公開等の適切な手順を定めて、運用する。

##### 7-5. 労働環境等の確保

組織の運営に責任を有する会員は、安全確保のために活動の基盤となる労働環境等を含めた環境整備に努める。

## ～ 第 10 章 大学における原子力人材育成と課題 ～

本章では、大学特に国立大学の改革の変遷を整理し、国立大学の置かれている現状を述べ、大学における原子力人材育成や社会へのアウトリーチ活動における課題を考察する。

### 10.1 新制大学の発展と改革

大学は研究機関であるとともに、高等教育機関として一般社会に認識されている。大学の改革は社会の情勢や経済、また、国民の価値観などと密接に関連している。本節ではまず、新制大学の歴史を振り返り、我が国の社会や経済の変化とそれに伴って実施されてきている大学（特に国立大学）の改革の流れや近年新たに行われるようになった評価制度について整理する。その上で、1980年代に新制大学卒業の筆者が大学教員の立場から感じた大学改革の功罪や企業の大学新卒者に求めた能力についても触れる。

#### 10.1.1 新制大学への転換・発展と大学改革

日本では今次大戦の敗戦後、GHQ（General Headquarters、連合軍最高司令官総司令部）による占領政策の一環として、教育改革が実施された。1947年3月に教育基本法が制定（2006年12月全面改正）され、その下に学校教育法、社会教育法、教育委員会法などが制定され、戦後教育体制の基本規定が整備された。それに伴い、学校体系がいわゆる六・三・三・四制に改革された。戦前は多様な高等教育機関が設けられていたが、新制大学は四年制大学として統一され、戦前の旧制大学もこの新制度に組み入れられた。また、短い年限での高等教育のための短期大学の設置が1949年に認められた一方で、四年制大学を卒業した学生が更に学ぶための大学院が設けられて、現在の大学制度の骨格が構築された。

新制国立大学の設置においては、CIE（Civil Information and Education Section、GHQの部局の1つ）の一府県一大学の要請により、文部省は特別の地域（北海道、東京、愛知、大阪、京都、福岡）を除いて一府県一大学とするなどの11原則を決定し、全国の各県（大阪や京都に距離的に近い奈良県を除く）に国立の総合大学が最低1校配置されるようになって結果として新制大学が69校設置された。これは憲法第26条で保証されている国民が等しく教育を受ける権利も踏まえたものと思われる。設置年は70校が1949年で、それら以外の2校は1951年と1952年に設置された。なお、1953年の新制大学数は、国立72校、公立34校、私立120校であった。

1968年に東京大学医学部の研修医問題に端を発した紛争は、当時の中国文化大革命や欧米諸国でのベトナム反戦運動もあいまっての世界的な学園紛争蔓延の中、我が国の全国の

大学で学生運動に大きな影響を及ぼし、大学紛争は全国に波及して過激化・長期化していった。これにより大学における教育・研究への支障をきたすとともに社会的に大きな不安を与えたために、その収束のために「大学の運営に関する臨時措置法」が1969年5月に国会に提出され、8月には5年の時限立法として制定、施行された。このような大学紛争の拡大、長期化は、大学の自治に関する様々な議論を引き起こし、それまでの高等教育に対する考え方や制度的枠組みを変革して時代の要請に応える大学改革の必要性の1つの理由として認識された。大学紛争そのものは、警察力によって暴力を排除するようになって次第に沈静化した。

1970年頃までの高度経済成長期には、新制大学（以後、大学と表記する）は量的に拡大した。1953年の大学数226校、短期大学数228校が、1971年には大学数389校、短期大学数486校となっている。この間、科学技術の振興と技術者養成の社会的要請が高まったことにより、工学部の拡充が図られた。また、科学技術の革新と経済発展に伴う社会の急激な変化は、大学改革の大きな理由となった。なお、大学の量的拡大期において私立大学は高等教育で重要な役割を果たした。私立大学学生数の全学生数に占める割合は、1953年の57%から1971年の76%となっている。

学校教育法に明記された「学術の理論および応用を教授研究し、その深奥をきわめて文化の進展に寄与することを目的とする」大学院は、国立大学を中心に発展した。当初は研究水準維持のためのかなり制限的な方針が採られたが、修士課程については次第に多くの大学に設置されるようになった。1971年現在では、389校のうちの188校に大学院が置かれていた。

大学改革の検討は文部大臣の諮問に応じて1967年から開始され、1971年6月に答申された。その答申では、高等教育の大衆化と学術研究の高度化の要請や内容の専門化と総合化の要請に対応するために、高等教育の多様化と開放、高等教育機関の規模と管理・運営の合理化などが提案されている。そして、高等教育に関する総合的かつ大綱的な目標を定めた基本計画を策定し、それに基づいた高等教育の整備・充実を推進することとしている。この一環として、新構想大学として、1973年には東京教育大学を母体として筑波大学、1976年には豊橋と長岡に科学技術大学、1983年には放送大学が設置された。

以上の経緯については、文部科学省学制百年史編集委員会による学制百年史での以下の5つの記事を掲載するURLを参照した。

①総説 六 戦後の教育改革、

[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/hakusho/html/others/detail/1317571.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/others/detail/1317571.htm), (2020.10.12現在)

- ②第二編第一章第四節 三 新制大学の発足,  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/hakusho/html/others/detail/1317752.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/others/detail/1317752.htm), (2020.10.12  
現在)
- ③第二編第二章第四節 七 学生運動と学生活動,  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/hakusho/html/others/detail/1317826.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/others/detail/1317826.htm), (2020.10.12  
現在)
- ④第二編第二章第四節 八 大学紛争から大学改革へ,  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/hakusho/html/others/detail/1317827.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/others/detail/1317827.htm), (2020.10.12  
現在)
- ⑤第二編第二章第一節 六 高等教育の発展と整備,  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/hakusho/html/others/detail/1317798.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/others/detail/1317798.htm), (2020.10.12  
現在)

#### 10. 1. 2 経済成長期における企業が大学新卒者に求めた能力

著者は1981年3月に大学の学部を卒業した。その後、博士後期課程の1年次まで進学し、運よく助手の職を得た。この頃はまだバブル経済の前であったが、経済は堅調であり、丁度パーソナルコンピュータが普及する時期であり、振り返ると社会に活気があった時代であった。大学や大学院を卒業／修了した新入社員に求める能力も、現在とは大きく異なっていた。

当時は最先端技術についてはまだまだ米国等の技術へのキャッチアップが続いていたと思うが、鉄鋼、自動車や電化製品で激しい日米貿易摩擦が発生しており、コンピュータでも摩擦や事件が発生するなど、一般人向けの先端製品で日本が躍進しており、日本企業は技術に自信を深めていった時代であった。

大企業では新人研修を約1年かけて行う時代であり、工学系学部を卒業した新人は数学と物理さえ出来れば専門科目の勉強していなくても良い、いやむしろ、大学は専門を教えなくて欲しいと言い切った企業関係者もいた。当時は、著者の学んだ電気工学の分野では、集積回路技術が急速に発達してコンピュータのダウンサイジングが始まり、オペアンプも普及期に入り、機械工学、電気工学、電子工学、情報工学を融合したメカトロ (Mechatronics) 技術も一般的となり、技術的知識の陳腐化も加速し始めた時代であった。また、企業の新人研修が充実していることは聞いていたので、その言葉から企業は新人を立派な企業人として鍛え上げる自信があると理解したものであった。

しかしながら、バブル崩壊後の経済停滞期が長期化している現在の日本では、欧米的な能力伸長は個人的な問題との価値観の広がりもあって、企業は最近の大学に専門教育の充実から批判的思考能力や文章表現能力を伸ばす教育まで求めるようになってきている。

### 10. 1. 3 大学設置基準の大綱化

日本の経済が高度に成長するに伴って大学への進学率が上昇し、高等教育に関して規模が拡大するとともに社会からのニーズが多様化してきた。

これに対応するため、1984年に設置された臨時教育審議会は、1986年に高等教育の個性化・多様化を求める答申（「教育改革に関する第二次答申」）を行い、この後に設置された大学審議会の1991年2月の答申（「大学教育の改善について」）では、高等教育制度全般にわたっての改革方策が提言された。この流れにより、1989年大学院設置基準の改正、1991年学校教育法等の改正、大学設置基準・学位規則の改正等が行われた。以上の経緯については、（臨時教育審議会（1986））および大学審議会の審議経過を掲載する以下の2つのURLを参照した。

①文部科学省学制百二十年史編集委員会，学制百二十年史：第三編第一章第三節 三 臨時教育審議会の答申，

[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/hakusho/html/others/detail/1318297.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/others/detail/1318297.htm)，（2020.10.12現在）

②大学審議会，大学審議会答申・報告－概要－ 高等教育の一層の改善について，(1997)，

[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo4/gijiroku/attach/1411733.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/gijiroku/attach/1411733.htm)，（2020.10.12現在）

特に大学設置基準の改正（清水一彦（1994））では、「個々の大学が、その教育理念・目的に基づき、学術の進展や社会の要請に適切に対応しつつ、特色ある教育研究を展開し得る」ために、大学設置基準が大綱化されて、文部省の大学に対する規制が大幅に緩和された。校地・校舎、専任教員数などのハード面は従来通り原則として定量的に規定されたが、教育内容・方法などのソフト面については定量的規定を極力少なくして大学の自主性に委ねる方向で行われた。規制の緩和においても教育水準を維持・向上するために、自己点検・評価が取り入れられた。その後各大学では、大学院重点化が行われ、カリキュラムおよび教育方法の改革、単位制度の弾力化、教養部等の改組、自己点検・評価、などが進行した。

### 10. 1. 4 バブル崩壊と国立大学の法人化

高度経済成長期ののち、1980年代後半には地価が高騰するいわゆるバブル経済を日本社会は謳歌したが、1991年頃から日本経済は停滞期を迎え、潰れるはずが無いと信じられていた大手金融機関や大企業の倒産が相次いだ。また、長年にわたりデフレーション基調の経済状況が続き、2000年代初めは就職氷河期と呼ばれる採用抑制期が数年続いた。

21世紀を前にして、少子化による18歳人口の減少、社会人学生や留学生の増加による学生の多様化、卒業後の進路が多様化してきた。また、学問の進展による教育内容の高度化・

専門化に加えて、社会・経済がグローバル化し、生涯学習ニーズも高まってきた。これらを背景として、大学審議会は1997年12月には、大学ごとの理念・目標の明確化、教養教育の重要性の再確認、学習効果を高める工夫、教育活動の評価の在り方など、高等教育の質の一層の充実を図るための方策を答申した。(文部科学省, 答申「21世紀の大学像と今後の改革方策について」(1998)の主な提言内容については、次のURL 参照 [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/hakusho/image/hpab200301/fb1020102.gif](https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/image/hpab200301/fb1020102.gif), (2020.10.12 現在))。

さらに、1998年10月には「21世紀の大学像と今後の改革方策について」の答申がされ、競争的環境の中で個性が輝く大学のための大学改革の4つの理念(①課題探求能力の育成、②教育研究システムの柔構造化、③責任ある意思決定と実行、④多元的な評価システムの確立)に沿った大胆な教育研究の見直しによる新しい高等教育システムの構築の必要性が強調された。2000年11月の「グローバル化時代に求められる高等教育の在り方について」の答申では、我が国の高等教育の国際的な通用性・共通性の向上と国際競争力の強化のための改革の重要性が述べられ、そのための教育の充実の方向性が示された。2001年6月には「大学の構造改革の方針」が出され、国立大学の大胆な再編・統合、国立大学への民間的発想の経営手法の導入、大学への第三者評価による競争原理の導入が謳われた。

以上の大学の構造改革の方向性については、次の2つのURL を参照。

①大学審議会, グローバル化時代に求められる高等教育の在り方について (答申), (2000), [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo4/006/gijiroku/020401bd.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/006/gijiroku/020401bd.htm), (2020.10.12 現在)

②文部科学省, 大学(国立大学)の構造改革の方針(2001), [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu8/toushin/attach/1331038.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu8/toushin/attach/1331038.htm), (2020.10.12 現在)

これに基づき、21世紀COEプログラムが研究拠点形成費等補助金として2002年度から3年間措置されて、世界最高水準の研究教育拠点を形成して、研究水準の向上と世界をリードする創造的な人材育成のために、5年間の重点的な支援が行われた。なお、「21世紀COEプログラム」の評価・検証を踏まえ、その基本的な考え方を継承しつつ、国際的に卓越した教育研究拠点をより重点的に支援する、というグローバルCOEプログラムが2007年度から3年間措置されて、5年間の支援が行われた。

以上の2つのCOEプログラムについては、次の2つのURL を参照。

①日本学術振興会, 21世紀COEプログラム, <https://www.jsps.go.jp/j-21coe/>, (2020.10.12 現在)

②文部科学省, 平成 19 年度「グローバル COE プログラム」公募説明会の開催について, (2006), [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/globalcoe/06121402.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/globalcoe/06121402.htm), (2020.10.12 現在)

1952 年設置の中央教育審議会を母体にして 2001 年に文部科学省に設置された現行の中央教育審議会は、2002 年 2 月に行った「新しい時代における教養教育の在り方について」の答申で、『新しい時代に求められる教養の全体像は、変化の激しい社会にあって、地球規模の視野、歴史的な視点、多元的な視点で物事を考え、未知の事態や新しい状況に的確に対応していく力として総括することができる』ものとした。そこでは、国立大学の運営には多額の税金が投入されていることから、研究成果の社会への還元、社会的要請に基づいた改革と社会への説明責任が求められている。

またバブル経済の崩壊とともに少子化による 18 歳人口の減少に対応するために、1999 年 4 月に国立大学の独立行政法人化を検討して 2003 年までに結論を得ることが閣議決定され、2000 年 7 月に調査検討会議による検討が開始され、2002 年 3 月には、調査検討会議は「新しい『国立大学法人』像について」の最終報告が取りまとめた。そこでは、大学改革の推進、国立大学の使命、自主性・自律性を前提として、①個性豊かな大学づくりと国際競争力ある教育研究の展開、②国民や社会への説明責任の重視と競争原理の導入、③経営責任の明確化による機動的・戦略的な大学運営の実現、の 3 つの視点により、組織業務、人事制度、目標・評価、財務会計制度、大学共同利用機関などに対する改革を提言している。これに基づき、11 月に世界最高水準の大学を育成するために国立大学法人化などの施策を通して大学の構造改革を進めることとなり、2003 年 7 月には国立大学法人法案等関係 6 法案が国会で成立して 10 月に施行され、国立大学は国立大学法人に 2004 年 4 月に移行した。

以上の国立大学の独立行政法人化に至る一連の経緯については、次の 3 つの URL を参照した。

①中央教育審議会, 新しい時代における教養教育の在り方について (答申), (2002),

[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/020203/020203a.htm#03](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/020203/020203a.htm#03), (2020.10.12 現在)

②文部科学省, 国立大学の法人化の経緯,

[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/houjin/03052701.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/houjin/03052701.htm), (2020.10.12 現在)

(3)国立大学等の独立行政法人化に関する調査検討会議, 新しい「国立大学法人」像について, (2002.3.26), <https://www8.cao.go.jp/cstp/siryu/haihu16/siryu2-2.pdf>, (2020.10.12 現在)

### 10. 1. 5 大学の質の保証のための評価制度

特に大学における教育の質を保証するために、いくつかの認可や評価の制度が設けられている。まず、新たな大学の設置や、大学の組織を大きく変更（新しい学部・研究科の設置や改編・統合）する場合には、文部科学大臣の認可が必要である。このために大学設置・学校法人審議会（設置審）にて、教育課程やそれを実施する教員組織、大学の設備等について、大学設置基準に適合しているかの審査が行われる。そして、文部科学大臣は設置審の答申に基づいて設置認可を行う。審査は関連する分野の委員会で行われ、審査の過程では様々な意見が設置者（大学）に伝達され、それらへの対応を説明した補正申請書が設置審で認められないと設置等が認可されない。また、学科の新設など教育の内容を大きく変更しない場合には、文部科学大臣に届出を行い、文部科学省から変更内容について「書類の受理報告」が行われれば変更できる。なお、設置認可あるいは届出後には設置計画履行状況等調査が行われ、計画内容が適切に実施されているかが確認され、設置計画の確実な履行が求められる。

2004年度から全ての大学、短期大学、高等専門学校は、教育研究、組織運営および施設設備の総合的な状況を7年以内ごとに、文部科学大臣の認証する評価機関（認証評価機関）が実施する評価（大学機関別認証評価）を受けることが義務付けられた（学校教育法第109条）。大学の機関別認証評価機関には、独立行政法人大学改革支援・学位授与機構（機構）をはじめとして5機関ある（2020年4月1日現在）。機構が実施する大学機関別認証評価の目的は、『①大学の教育研究活動等の質を保証すること、②大学それぞれの目的を踏まえて教育研究活動等の質の向上及び改善を促進し、個性を伸長すること、③大学の教育研究活動等の状況について、社会の理解と支持が得られるように支援すること』とされている。大学機関別認証評価は『大学の学位課程（学士、修士及び博士の学位並びに専門職学位を授与するための課程）における教育活動を中心として、大学設置基準等の法令適合性を含めて、大学として適合していることが必要と機構が考える内容を示した』大学評価基準に適合しているかどうかの判断を中心に実施される。評価項目の重点は時期によって多少異なっているが、2019年度から行われている3巡目の評価では内部質保証の体制と手順が重視されている。

さらに、国立大学法人化に伴い、文部科学省に置かれた国立大学法人評価委員会による国立大学法人評価を受ける制度（法人評価）が導入された（国立大学法人法第35条）。法人評価の目的は、『評価により、大学の継続的な質的向上を促進すること。評価を通じて、社会への説明責任を果たすこと。評価結果を、次期以降の中期目標・中期計画の内容に反映させること。評価結果を、次期以降の中期目標機関における運営費交付金の算定に反映させること』とされている。国立大学は、文部科学省から提示された中期目標、認可された中期計画、届出を行った年度計画に従って、法人の業務を実施する。中期目標及び中期計画の期間は6

年間、年度計画の期間は1年間である。

国立大学は、中期目標期間の評価として、中期計画の実施状況等について自己点検・評価を行い、各種評価書（業務実績報告書、中期計画の達成状況報告書、学部・研究科等の現況調査表、学部・研究科等の研究業績説明書）を、国立大学法人評価委員会あるいは大学改革支援・学位授与機構へ提出し、学識経験者で構成する第三者評価機関である国立大学法人評価委員会において評価が実施される。なお、法人評価のうち、教育研究状況に関する評価については、その特性に配慮して、国立大学法人評価委員会から、大学改革支援・学位授与機構に評価の実施が要請されている。

中期目標期間評価の中間評価として4年目終了時評価が、第1期中期目標期間（2004年4月～2010年3月）と第3期中期目標期間（2016年4月～2022年3月）に行われ、第2期中期目標期間（2010年4月～2016年3月）は最終評価のみが行われた。

また、法人評価では、年度計画の実施状況について、当該年度の業務実績報告書を国立大学法人評価委員会に提出して、学長・機構長等へのヒアリングや財務諸表の分析も踏まえて、実施状況の評価を受けている。

国立大学は国から配分される運営費交付金等によって運営されている。これらのうち運営費交付金は、活動や成果指標の評価に基づいた配分方法が近年導入されてきている。2016年度からは、機能強化に向けた取り組みを支援するために、地域貢献等、専門分野等、世界・卓越等の3つの枠組みごとの重点支援評価に基づく配分が導入された。これらに加えて、2019年度の配分における「令和元年度国立大学法人運営費交付金における新しい評価・資源配分の仕組みについて」では、成果を中心とした実績状況に基づく配分の仕組みが創設された。ここでの配分に活用する5つの指標は、会計マネジメント改革状況、教員一人当たり外部資金獲得実績、若手研究者比率、運営費交付金等コスト当たりTOP10%論文数（試行）、人事給与・施設マネジメント改革状況である。評価対象経費の変動幅は90～110%の範囲内の傾斜配分とされたが、今後はこの制度の強化が予想される。

以上の大学評価に関わる事項については次の5つのURLを参考にした。

①文部科学省, 主な認可・届出事項一覧,

[https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/detail/\\_icsFiles/afieldfile/2020/04/16/1368921\\_02.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2020/04/16/1368921_02.pdf), (2020.10.12 現在)

②文部科学省, 認証評価機関の認証に関する審査委員会 認証評価機関一覧 (令和2年4月1日現在),

[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo4/houkoku/1299085.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/houkoku/1299085.htm), (2020.10.12 現在)

③大学改革支援・学位授与機構, 大学機関別認証評価 実施大綱, (2004, 2020 改訂),

[http://www.niad.ac.jp/n\\_hyouka/daigaku/no6\\_1\\_1\\_daigakutaikou31.pdf](http://www.niad.ac.jp/n_hyouka/daigaku/no6_1_1_daigakutaikou31.pdf), (2020.10.12 現在)

- ④大学改革支援・学位授与機構, 大学機関別認証評価 大学評価基準, (2004, 2018 改訂), [http://www.niad.ac.jp/n\\_hyouka/daigaku/no6\\_1\\_1\\_daigakukijun31.pdf](http://www.niad.ac.jp/n_hyouka/daigaku/no6_1_1_daigakukijun31.pdf), (2020.10.12 現在)
- ⑤大学改革支援・学位授与機構, 国立大学法人評価制度について, [http://www.niad.ac.jp/sub\\_file/H16\\_hyoka/kokuritu/si01\\_05.pdf](http://www.niad.ac.jp/sub_file/H16_hyoka/kokuritu/si01_05.pdf), (2020.10.12 現在)

#### 10.1.6 国立大学の独立行政法人化以降の大学の改革と支援制度

バブル経済崩壊後 10 年程度を経てようやく日本経済が回復基調となり、団塊世代の一斉退職もあって、2005 年頃からは求人倍率は上昇したが、リーマン・ショック (2008 年) に端を発する世界規模の金融危機のあおりで企業は採用人数を絞った。2010 年過ぎからは経済は緩やかな上昇基調であるが、2019 年の新型コロナウイルス感染症の世界的蔓延に伴って、特に観光、交通、飲食宿泊業界は大打撃を受けており、2021 年以降の就職戦線は予断を許さない。

2005 年 1 月の「我が国の高等教育の将来像」の中央教育審議会の答申においては、21 世紀の「知識基盤社会」への対応への高等教育の重点施策として、社会のニーズに対応した人材養成、出口管理の強化、充実した教養教育と分野ごとのコア・カリキュラムの策定、大学院教育の実質化、世界トップクラスの大学院の形成など 12 の施策が提言された。

我が国の高等教育の将来像 (答申) (2005)については文部科学省の次の URL 参照 [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/05013101.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/05013101.htm), (2020.10.12 現在))

グローバル COE プログラムによる支援が終了を迎える 2011 年度からは、博士課程教育リーディングプログラムとして、「産・学・官の参画を得つつ、専門分野の枠を超えて博士課程前期・後期一貫した世界に通用する質の保証された学位プログラムを構築・展開する大学院教育の抜本的改革を支援し、最高学府に相応しい大学院の形成を推進する事業により最大 7 年間の支援が展開された。博士課程教育リーディングプログラムについては、日本学術振興会による次の URL 参照

<https://www.jsps.go.jp/j-hakasekatei/>, (2020.10.12 現在))

話題は逸れるが、大学に対する近年の風当たりにも関連するので、2009 年 11 月に開催された行政刷新会議 (事業仕分け) についての個人的感想を述べる。ここでは、予算編成において国民への透明性を確保しながら財源の捻出と政策、制度、組織等について今後の課題を摘出しようとした。すべての分野で潤沢な財源を充てることはもはや無理であることは日本の財政状況を考えると明らかであるので、このような活動は必須であると考えが、マスコミでも大きく報道された印象的な出来事があった。

(産経ニュース, 【名言か迷言か】 事業仕分けの透明性は看板倒れ? 産経新聞記事 (2009.11.28)参照

[https://web.archive.org/web/20091201044322if\\_/http://sankei.jp.msn.com/politics/policy/091128/plc0911282041009-n2.htm](https://web.archive.org/web/20091201044322if_/http://sankei.jp.msn.com/politics/policy/091128/plc0911282041009-n2.htm), (2020.10.12 現在))

それは、ある国会議員がスーパーコンピュータについて「世界一を目指す理由は何か。2位ではだめなのですか」と発言した時に、文部科学省から明確な回答がなかったことである。大学の研究、特に基礎研究にもこれと似たような側面があり、人類文明の何にどの程度貢献するかを明確に説明することは困難である。専門的知見からも正論であるとされるが、夢を砕くような質問に国民は批判的であった。例えば、文部科学省が「では、オリンピックで金メダルを目指さなくても良いのですね」と回答していれば、もう少し有意義な議論が展開されていたらと思うと残念である。

文部科学省は2012年6月に「大学改革実行プラン」を公表した。ここでは、大学改革の方向性を、『①激しく変化する社会における大学の機能の再構築、②大学の機能の再構築のための大学ガバナンスの充実・強化』としている。これを受けて、2013年5月には国立大学協会から「国立大学改革」の基本的考え方について」が公表され、国立大学の自主的・自律的な機能強化のための5つの方策として、①各大学の個性・特色の明確化と不断の改革の実行、②教育研究等に関する内部質保証システムの確立と質の向上、③厳格な自己評価と大学情報の積極的開示、ステークホルダーに対する説明責任、④国内外の教育研究機関との連携の推進、⑤大学運営の効率化・高度化の推進及び多様な資金の獲得と有効活用、を表明した。また、国立大学の充実や評価システムの改善などの5つの役割を政府へ要望した。文部科学省からは、2013年6月に「今後の国立大学の機能強化に向けての考え方」(2014年7月に改訂)が出されて、2013~2015年度の「改革加速期間」において、①社会の変化に対応した教育研究組織づくり、②ガバナンス機能の強化、③人事・給与システムの弾力化、④人材・システムのグローバル化による世界トップレベルの拠点形成、⑤イノベーションを創出するための教育・研究環境整備、理工系人材の育成強化の観点での機能強化が指向された。同年11月には、「国立大学改革プラン」が出され、国立大学の第3期中期計画・中期目標機関を目指す国立大学の在り方として、『各大学の強み・特色を最大限に生かし、自ら改善・発展する仕組みを構築することにより、持続的な「競争力」を持ち、高い付加価値を生み出す国立大学へ』が示された。そして、各大学の強み・特色・社会的役割が整理してミッションの再定義として公表され、改革を実施する大学に対しての重点支援が行われることとなった。

以上について、次の5つのURLを参照した。

- ①文部科学省, 「大学改革実行プラン～社会の変革のエンジンとなる大学づくり～」説明スライド, (2012),  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/24/06/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2012/06/05/1312798\\_01\\_3.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/24/06/__icsFiles/afieldfile/2012/06/05/1312798_01_3.pdf), (2020.10.12 現在)
- ②国立大学協会, 「国立大学改革」の基本的考え方について, (2013),  
[https://www.janu.jp/pdf/kyoka\\_04.pdf](https://www.janu.jp/pdf/kyoka_04.pdf), (2020.10.12 現在)
- ③文部科学省, 今後の国立大学の機能強化に向けての考え方, (2014),  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu4/034/shiryo/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2014/09/11/1350774\\_04.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu4/034/shiryo/__icsFiles/afieldfile/2014/09/11/1350774_04.pdf), (2020.10.12 現在)
- ④文部科学省, 国立大学改革プラン, (2013),  
[https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/detail/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2013/12/18/1341974\\_01.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/__icsFiles/afieldfile/2013/12/18/1341974_01.pdf), (2020.10.12 現在)
- ⑤文部科学省, ミッションの再定義,  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/houjin/1418118.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/houjin/1418118.htm), (2020.10.12 現在)

2014年には、大学の国際競争力の強化や国際展開の推進と次代を担うグローバル人材の育成のために、スーパーグローバル大学（SGU）として、世界レベルの教育研究を行う大学（タイプA：13校）と日本社会のグローバル化を牽引する大学（タイプB：24校）が選定され、最大10年間の支援を受けて、徹底した国際化と大学改革を断行している。（スーパーグローバル大学については、日本学術振興会によるスーパーグローバル大学創成支援事業についての次のURL参照 <https://www.jsps.go.jp/j-sgu/>, (2020.10.12 現在))

2015年6月には「国立大学法人等の組織及び業務全般の見直しについて」の文部科学大臣決定が公表され、第3期中期目標・中期計画の策定を見据えて第2期中期目標期間終了時までに行うべき見直し内容として、『国立大学法人には多額の公的な資金が投入されていること、成果等が社会に還元されるべきものであることを十分認識』して、全ての組織を見直しの対象としながらも『特に教員養成系学部・大学院、人文社会科学系学部・大学院については、18歳人口の減少や人材需要、教育研究水準の確保、国立大学としての役割等を踏まえた組織見直し計画を策定し、組織の廃止や社会的要請の高い分野への転換に積極的に取り組むよう努めることとする』とされ、社会的に大きな反発を呼んだ。文部科学省は「新時代を見据えた国立大学改革を公表し、教員養成系・人文社会科学系で見直しに取り組むことの必要性として、現実的課題への対応や体系的カリキュラム編成における問題が各種の学術審議会等で指摘されていることを挙げている。

以上については、次の4つのURLを参照にした。

- ①文部科学大臣（通知），国立大学法人等の組織及び業務全般の見直しについて，(2015)，  
[https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/detail/\\_icsFiles/afieldfile/2015/10/01/1362382\\_1.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2015/10/01/1362382_1.pdf)，（2020.10.12 現在）
- ②大学ジャーナル ONLINE，経団連が国立大野文系見直しに反対声明，(2015.9.13)，  
<https://univ-journal.jp/1654/>，（2020.10.12 現在）
- ③内田樹，国立大学改革亡国論「文系学部廃止」は天下の愚策，プレジデント Family 2015 年春号，<https://president.jp/articles/-/15406>，（2020.10.12 現在）
- ④文部科学省，新時代を見据えた国立大学改革，(2015)，

[https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/detail/\\_icsFiles/afieldfile/2015/10/01/1362382\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2015/10/01/1362382_2.pdf)，（2020.10.12 現在）

2017 年には国立大学法人法の一部を改正する法律が施行され、指定国立大学法人の制度を新設し、世界最高水準の教育研究活動の展開が推進されることとなった。（国立大学法人法の一部を改正する法律については、次の URL を参照した。

[https://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11373293/www.mext.go.jp/b\\_menu/houan/kakutei/detail/\\_icsFiles/afieldfile/2016/09/02/1374391\\_02.pdf](https://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11373293/www.mext.go.jp/b_menu/houan/kakutei/detail/_icsFiles/afieldfile/2016/09/02/1374391_02.pdf)，（2020.10.12 現在）

そして 2018 年度からは、卓越大学院プログラムとして、「これまでの大学院改革の成果を生かし、国内外の大学・研究機関・民間企業等と組織的な連携を行いつつ、世界最高水準の教育力・研究力を結集した 5 年一貫の博士課程学位プログラムを構築する」ことで「人材育成・交流及び新たな共同研究の創出が持続的に展開される卓越した拠点を形成する取組を推進する事業」により 7 年間の支援が始まっている。（文部科学省，卓越大学院プログラムについては次の URL を参照した。

[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/kaikaku/takuetudaigakuin/index.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/takuetudaigakuin/index.htm)，  
（2020.10.12 現在）

中央教育審議会は「2040 年に向けた高等教育のグランドデザイン」を 2018 年に答申し、それを受けて文部科学省は 2019 年 6 月に「国立大学改革方針」として 7 つの方向性を示した。ここでは、国立大学という知のプラットフォームを発展・活用するとともに、7 番目の方向性として国立大学の適正な規模の設定の必要性が示された。これを受けて、第 4 期中期目標・中期計画の策定プロセスとして各国立大学の特色・機能をさらに発展・明確化するために、各国立大学と徹底対話が実施された。2020 年 3 月には、文部科学省、内閣府、国立大学協会の連名で「国立大学法人ガバナンス・コード」が公表された。ここで

は、「今後、国立大学法人が自主的に改革・発展し、目指すべき姿に近づくためには、国から安定的な基盤的経費を得つつも、またさらに多様な財源確保を図る必要がある。そのためにも、国立大学法人は強靱なガバナンス体制のもとで成果とコストを意識した戦略的な法人経営を行い、また社会に対する説明責任を果たすことで、社会からの信頼と理解を得ることが不可欠である」との必要性の下で、①ビジョン、目標・戦略の策定と自主的・自律的に発展・改革し続けられる体制の構築、②法人の長の責務等、③経営協議会、教育研究評議会、学長選考会議及び監事の責務と体制整備、④社会との連携・協働及び情報の公表に関する4つの基本原則とそれらを基にした諸原則が明記された。このように、近年では矢継ぎ早やに国立大学改革が求められ、改革を推進する大学への支援が実施されている。以上において、次の4つのURLを参照にした。

①中央教育審議会，2040年に向けた高等教育のグランドデザイン(2018.11.26)  
[https://www.mext.go.jp/content/20200312-mxt\\_koutou01-100006282\\_1.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20200312-mxt_koutou01-100006282_1.pdf), (2020.10.12 現在)

②文部科学省，国立大学改革方針，(2019.6.18)，  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/houjin/\\_icsFiles/afieldfile/2019/06/18/1418126\\_02.pdf](https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/houjin/_icsFiles/afieldfile/2019/06/18/1418126_02.pdf), (2020.10.1 現在)

③文部科学省，国立大学改革方針（概要），(2019.6.18)  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/houjin/\\_icsFiles/afieldfile/2019/06/18/1418126\\_01.pdf](https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/houjin/_icsFiles/afieldfile/2019/06/18/1418126_01.pdf), (2020.10.12 現在)

④文部科学省、内閣府、国立大学協会，国立大学法人ガバナンス・コード，(2020.3.30)  
[https://www.mext.go.jp/content/20200330-mxt\\_hojinka-000006299\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20200330-mxt_hojinka-000006299_2.pdf), (2020.10.12 現在)

## 10. 1. 7 原子力関連学科・専攻の変遷

前節まで、戦後の新制大学の設置と改革、国立大学の独立行政法人化とその後の大学改革の流れを全般的に概観した。原子力については、その間、原子力の平和利用として日本に原子力発電が導入され、それに応じて日本の大学に原子力関連の学科や専攻が設置された。社会の変動の影響により様々な変遷があったが、原子力人材を輩出して日本の原子力産業の発展を支えてきた。国立大学における原子力関連学科・専攻の変遷をまとめると以下のようになった。

### 北海道大学

原子力工学科設置(1967)、機械知能工学科(他3学科)に改組(2005)

原子力工学専攻設置(1971)、量子エネルギー工学専攻(他2専攻)に改組(1996)、  
エネルギー環境システム専攻(他15専攻)に改組

東北大学

原子核工学科設置（1962）、量子エネルギー工学科に改組（1996）、機械知能・航空工学科／量子サイエンスコースに改組（2004）

原子核工学専攻設置（1958）、量子エネルギー工学専攻に改組（1996）

東京大学

原子力工学科設置（1960）、システム量子工学科に改称（1993）、システム創成学科に改組（2000）

原子力工学専攻設置（1964）、システム量子工学専攻に改称（1993）、システム創成学専攻に改組（2008）

原子力国際専攻、原子力専攻（専）設置（2005）

東京工業大学

原子核工学専攻設置（1957）、工学院原子核工学コースに改組（2016）

長岡技術科学大学

原子力システム安全工学専攻設置（2012）

総合研究大学院大学

数物科学研究科設置（1988）、高エネルギー加速器科学研究科に改組（2004）

名古屋大学

原子核工学科設置（1966）、物理工学科に改組（1997）

原子核工学専攻設置（1970）、マテリアル理工学専攻（他 11 専攻）に改組（2004）

福井大学

原子力・エネルギー安全工学専攻設置（2004）、安全社会基盤工学専攻原子力安全工学コースに改組（2020）

京都大学

原子核工学科設置（1958）、物理工学科に改組（1994）

原子核工学専攻設置（1957）

大阪大学

原子力工学科設置（1962）、電子情報エネルギー工学科に改組（1996）、環境・エネルギー工学科（他 1 学科）に改組（2006）

原子核工学専攻設置（1957）、原子力工学専攻に改称（1967）、環境・エネルギー工学専攻（他 6 専攻）に改称（2005）

九州大学

応用原子核工学科設置（1967）、エネルギー科学科に改組（1998）

応用原子核工学専攻設置（1971）、エネルギー量子工学専攻に改組（1998）

ここでは、文部科学省科学技術・学術審議会原子力人材育成作業部会による、原子力関連学科・専攻の変遷（2015.7.7）についての次のURL

[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/079/shiryo/\\_icsFiles/afiedfile/2015/08/03/1360236\\_3.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/079/shiryo/_icsFiles/afiedfile/2015/08/03/1360236_3.pdf), (2020.10.12 現在)

および、各大学の2020年7月現在でのWebページを参考にした。

国立大学の原子力関連の学科、専攻の変遷を概観すると、日本での原子力の黎明期にあたる1950年代後半から1960年代にかけて、旧帝国大学と東京工業大学に順次設置されて原子力分野の人材を輩出し、日本の原子力発電所の建設や運転、また放射線の医療応用等に貢献してきた。しかしながら、1986年4月の旧ソビエト連邦チェルノブイリ原子力発電所の事故により我が国でも反原子力運動が高まった。また1990年代に入ると太陽光発電パネルが販売開始され、様々な再生可能エネルギーの実用化研究への期待が高まった。

これらの影響により、1990年代から「原子力」の名称を外す国立大学が続出した。その一方で、大気中のCO<sub>2</sub>濃度の増加による地球温暖化問題がクローズアップされるようになり、運転時にはCO<sub>2</sub>を排出しない原子力発電が見直された。全国に建設された原子力発電所の運転や保守を担う技術者の育成が必要であることから、2004年には福井大学の大学院博士前期課程に原子力・エネルギー安全工学専攻が設置された。また、米国や旧ソビエト連邦の原子力発電技術の停滞もあり、日本が国際的に原子力分野で貢献すべきとの機運から、2005年には東京大学に原子力国際専攻が設置された。

ところが、2011年3月の東日本大震災において、地震動による送電網への被害と大津波により東京電力(株)福島第一原子力発電所事故が発生した。この事故の社会的影響は大きく、事故が発生した3ユニット以外に運転/点検停止中であった全国の原子力発電所の54ユニットすべてが長期間の停止を余儀なくされた。その後特に地震に対する安全基準が格段に厳しくなった新規規制が制定され、廃炉が決定された21ユニット以外は再稼働を目指している。事故後に運転を再開した原子力発電プラントは全て加圧水型であり、これまでに9ユニットが運転を再開した(関西電力(株)高浜3、4号機、大飯3、4号機、四国電力(株)伊方3号機、九州電力(株)玄海3、4号機、川内1、2号機)が、2020年10月5日現在で運転中の原子力発電プラントは3ユニット(関西電力(株)高浜4号機、大飯4号機、九州電力(株)玄海4号機)である。なお、建設中の原子力プラントは3ユニットある。

福島事故後の変化では、原子力発電所のように社会にとっては重要な社会技術システムの安全性を一層高める必要性が認識され、2012年には長岡技術科学大学に原子力システム安全工学専攻が新設されている。

## 10.2 大学の現状から見た高等教育の課題

現役の国立大学教員として教育研究の末端を担っている筆者の知る範囲で、主に国立大学の独立法人化後の国立大学における教育・研究の環境の変化と現状についてまず述べ、次いで原子力の教育研究や人材育成の課題について考察する。

## 10. 2. 1 国立大学の法人化とその後の国立大学改革の功罪

国立大学の法人化は、各大学の置かれた状況を踏まえて個性を伸張させる名目で実施されたが、筆者の目からはその必然性は薄く、むしろ国家公務員削減のための手段の一環として実施されたと思っている。特に工学系においては、専門的には元々日本全体や世界を向いており、卒業生や修了生も世界的に展開している企業に就職するケースが多く、個性の伸長や地域貢献と言ってもあまりピンとこなかった。特に、原子力分野においては、技術者としての就職先企業が限られており、原子力発電所は人口が少ない地域に設置されていることから、地元就職は少ない状況である。たとえ地元で電気を供給する電力会社に就職したとしても、大学の学部や大学院を卒業／修了した技術者の勤務地は都市エリアが多かったと聞いている。また、これは筆者だけかもしれないが、「教官」から「教員」への名称変更の落差を感じた。すなわち、「教官」の名称には国を背負うといった特殊なニュアンスがあるとそれまでは意識していたが、「教員」となると教える人といった意味合いが強くなった印象であった。

法人化とその後の大学設置基準の大幅な緩和により、確かに国立大学の運営における裁量は大きくなったし、大学経費の使途が弾力化されたことは経費の無駄遣いを減らす点では大きい。筆者にとって印象深かったのは、勤務する大学では、独立法人化以前は旅費が別枠として設定されており、筆者が旅費の残額が交通費（JR や高速バスの運賃）に満たない場合には出張が認められず、また飛行機での出張が認められる地域が厳密に規定されていたが、最近では大学が基準とする JR 運賃より安い場合には安い交通費で高い場合には差額を自身で補充すれば出張できるようになった。

しかしながら、独立行政法人化前にはあった国立大学の人事でのネットワークが細くなったと感じる。特に、近年は様々な評価、補助金、ランキングによる序列づけにより国立大学同士を競わせるようになってきていることから、国立大学は学術的あるいは経営的に優秀な教員を囲う傾向にあり、大学教員の人事交流の点では課題が多い。大学教員は一般的に研究を指向しているが、法人格を与えられたが故に法人として必要な業務が加わったにもかかわらず教職員数は法人化前の定数を基本としたために、相対的に大学教員の業務は増加している。さらに、近年の運営費交付金のマイナスシーリングは教員を支援する職員の削減につながり、国立大学の教育・研究の質の保証のための評価制度への対応や、優秀な学生の確保を名目とした留学生の増加に伴って英語での指導や学生支援の業務も増加し、研究に割くことのできる時間は年々減少していると感じている。

国立大学の法人評価制度は新しいものであるが故に評価方法も試行錯誤されており、評価の観点や評価調書の様式等も毎回異なっており、第 3 期中期計画期間の評価では実績としての数値データ等に基づくように改善されたが、国立大学の教職員の負担感は大きい。しかも、日常的に行っている教育活動が中期目標の項目に掲げられることは少なく、常に何らかの形で改善点のみが評価されて時間的・労力的には相当程度割いている日常的な教

育活動が軽視される傾向にある点にも疑問を感じている。また、大学には大学設置基準を満たしているかを審査される機関別認証評価の受審も義務づけられており、その周期が7年以内と法人評価の6年と異なっていることや、評価の観点が類似してはいるが異なる項目もあり、国立大学にとっては二度手間感がある。最近の機関別認証評価や第3期の法人評価では、一方の評価結果を活用して大学の現状を説明できるように改善されてきているが、評価の時期の相違による修正等も必要なことから負担感が残る。国立大学に対しては、教職員の時間的無駄、2回の評価のための経費増加を軽減するために、法人評価と機関別認証評価を一本化することが求められる。

近年では、徐々に評価に基づいた運営費交付金の配分がされるようになってきている。成果を中心とした実績状況に基づく配分制度により、国立大学は今後文部科学省が設定する指標と運営費交付金の傾斜配分方法に戦々恐々とする事となると容易に予想される。このため、これまで掲げてきた国立大学の個性あるビジョンとミッション定義に基づく自主的な改革が出来なくなる恐れがあり、また国立大学の特徴の一つであった自由な研究の気風が減退して、外部資金の獲得があまり見込めない基礎的な研究活動が阻害されるとともに、国民への高等教育の機会均等が失われる懸念が大きい。

以前の研究費のいわゆるバラマキ政策から重点配分への移行についても、確かに成果を意識して研究に邁進するようにはなった。しかしながら、それまでは教官が持つ興味や信念に基づいて行っていた研究が、教員個人個人の価値観の下で説明し易い研究成果を意識して活動するようになった印象である。このため現在の教員には、ライフワークとする研究と短期的成果の出る研究のバランスを取りながら、並行して進める能力が必要になったと感じる。しかも、年々増加する評価や改革のための教員にとっては雑用に過ぎないデスクワークをこなす必要がある。いわば、敵の戦闘機に狙われつつ森林に身を潜める敵を攻撃する爆撃機のようなものである。

このように教員の雑用が格段に増加したことにより、本来重要な顧客である学生と向き合う時間が減少し、教育上大きな問題となっている。しかも、近年は欧米の証拠主義が大学の教育・研究の様々な面で導入されてきているが、学生の学習到達度をルーブリックと呼ばれる複数の評価基準に基づいてきめ細かく評価することが求められる傾向にあり、これまで通りに大人数教育を前提として定員が決められている大学に対して、少人数教育で効果のある方法を性急に導入しようとしていることも、教員のデスクワークが増加する原因になっている。

一方、大学改革により学長権限が大きくなり、教授会の権威が失墜した。かつて、教授会は中小企業の社長の集まりの感で、教授それぞれの利益の追求のために組織的な活動は皆無で、教授会も紛糾することが多かったと聞いている。しかしながら、現在はほとんど全ての事項は学長が組織する大学執行部の意向に従って決定され、会社組織の形式は整った。そ

の一方で、学長の意向によって現場は右往左往することにもなり、また、教授会はルーチン的な事項の協議や大学の動きの部局長による報告に終始することとなり、部局の将来構想について自由な意見を言う雰囲気は希薄になっている。

## 10. 2. 2 学生の知力の低下

筆者が学生の頃から学生の学力が低下していると言われ続けている。確かに、最近の学生は筆者の前の世代からは学力が落ちたと言われる筆者から見ても、ひ弱で自分で物事をよく考えていないように見える。しかしながら、筆者の時代に比べても大学入試問題が易しくなった訳ではなく、論理的な解釈と思考の能力の必要性が叫ばれて久しいことから、筆者が受験した時代よりも問題が難しくなった部分も多い。特に、単に知識を問うだけでなく相互や因果の関係性を理解していないと解けない問題が増えたように感じる。

しかしながら、何故ひ弱そうに見えるのか、何が物事を十分に考えないようにさせているのかの疑問が湧く。ひ弱さを感じるのは、研究において課題を分解して進め方を一緒に検討するとき、何か問題が発生して研究が停滞した時である。一般に研究は大きなテーマの解決に向かって試行錯誤を繰り返しながら少しずつ進めていくものである。これまでの学術分野での研究成果と自身の知識や技術を考慮して中期的な目標に分解し、それをまた短期的な目標に分解して取り組むが、このテーマの分解と自身を取り掛かり易い分解された目標の選別が不得意なようである。また、当面の目標の見極めが甘いこともあり、決して知識が無い訳でも情報検索能力が低い訳でも無いのに、研究上で問題が発生した場合に途方に暮れてしまう場合が多い。これらはまるで、城攻めにおいて、敵方の城の特徴や防御体制と味方の攻撃体制を踏まえて作戦計画を立てられず、また、攻めかかった時に敵方からの反撃に適応できずにその場で立ち止まってしまうかのようなものである。これは学生の学力ではなく知力が低下しているためであろう。知力は知恵の働き、知的な能力とされる。(知力については、goo 辞書,知力,についての次のURL参照 <https://dictionary.goo.ne.jp/word/知力/>, (2020.10.12 現在))

研究者の知力とは良い研究を行う能力、実務者においては立派な業務を行う能力と言えるであろう。良い研究を行うには、学術への強い興味、自然界や人類社会に潜む課題への気づき、既往研究の調査による未知(未解決)な領域の見極め、課題解決への強い意志、適切な方法の考案と選択などが必要であり、実務上においても、目的意識を持って問題の分析や解決策の検討を様々な視点から行うことが重要である。これらの能力は、子供の頃から子供社会や大人社会へ入っていく際の経験によって徐々に向上していくものと思われるが、早い時期から受験を意識させられ、また初等・中等教育での痒い所に手が届くほどの丁寧な指導が災いしているものとする。子供達自身で問題解決のために知恵を絞る機会が少なくなっていることが問題と思われる。しかも携帯電話やパソコンのような情報検索ツールの発達により、知識だけでなく問題解決の方法を丁寧に説明している Web ページも多数あり、

そちらを参照する方が相当なレベルまでの課題の解決には圧倒的に効率的である。大学で磨くべき能力は、「これこれの個別的な学問知識を学ぶよりは、普遍性の方へと自らの言語を開いていく仕方や作法を身につけることの方が、はるかに肝要」(小林康夫(1994))との指摘がある。しかしながら、上記の事情のためか、最近5年間で急増してきたと感じる傾向であるが、研究計画において、自身で理解を深めて突き詰めて考えることはせずに Web で論文検索に明け暮れ、研究課題に関して過去の研究論文が見つかってその通りに研究しますので卒論・修論は大丈夫ですと胸を張る学生が続出するという、笑うに笑えない喜劇が続出することになる。しかも工学系(機械システム系)の学生にもかかわらず、なかなか試作してくれないし、そうかと言って理論的分析をしている訳でもないのが理解に苦しむところである。

学生の知力の低下の原因には、上述した親切な手ほどきとともに、成功させることだけが目的で成功の道筋とそれを自ら見つけることの重要性を教えていないことによると考える。近年、安全工学の分野では、これまでは失敗(事故)に着目していた失敗対応(事故対応)に加えて、社会技術システムの正常運用では人間の柔軟な対応が必須であるとして成功にも着目する必要性がレジリエンス・エンジニアリングの分野で指摘されている(Erik Hollnagel, David D. Woods, Nancy Leveson 編著, 北村正晴 監訳(2012))が、教育現場で良く行われている箱庭的な成功体験により学習意欲を高めるだけでなく、失敗をさせてその原因と対応策の考察をさせることも、失敗への耐性を高めるためにも重要ではないかと考える。

### 10.3 原子力の教育研究・人材育成の課題

#### 10.3.1 近年の原子力分野の研究の変遷

まず、原子力分野における日本での研究の傾向を把握するために、春と秋の年2回学術講演会が行われている日本原子力学会における、2000年春の年会から概ね5年毎の春の年会での分類項目(区分)別の発表件数の推移を表10-1に示す。なお表10-1の作成では次の5つの日本原子力学会予稿集を基にした。

- (1)2000年春の年会要旨集(第II分冊)、日本原子力学会(2000)
- (2)2006年春の年会要旨集(CD-ROM)、日本原子力学会(2006)
- (3)2010年春の年会予稿集(CD-ROM)、日本原子力学会(2010)
- (4)2015年春の年会予稿集(CD-ROM)、日本原子力学会(2015)
- (5)2019年春の年会予稿集(Web)、日本原子力学会(2019)

分類項目(区分、コード、専門分野)は時代に応じて見直されて改編されているが、総論以外の区分では専門分野の名称は大きな変化はなく、研究の傾向を把握することはできよ

う。ただし、専門分野によって発表件数やその年代による変化傾向が異なっていることを注記しておく。

分類項目は2018年4月に大きな見直しがあり、核分裂工学の区分は、核分裂工学と原子力プラント技術の2つの区分に分かれ、名称が変更になった区分もある。総論以外は概ね分野に応じた名称がつけられているので、どのような専門分野が分類されているかが想像し易いが、総論の区分は時代を反映して専門分野が異なっているので、表10-2に総論の区分に含まれる専門分野を列挙する。また、新しい区分では以下のようになっている。

|           |  |
|-----------|--|
| 核分裂工学     | 炉物理、核データの利用、臨界安全<br>炉設計と炉型戦略、核変換技術<br>研究炉、中性子応用<br>新型炉システム<br>原子炉計測、計装システム、原子力制御システム<br>遠隔操作、ロボット、画像工学<br>ヒューマンマシンシステム、高度情報処理<br>伝熱・流動（エネルギー変換・輸送・貯蔵を含む）<br>計算科学技術 |
| 原子力プラント技術 | 原子炉機器、輸送容器・貯蔵設備の設計と製造<br>原子炉の運転管理と点検保守<br>原子炉設計、原子力発電所の建設と検査、耐震性、原子力船<br>原子力安全工学（安全設計、安全評価、マネジメント）<br>リスク評価技術とリスク活用<br>核不拡散・保障措置・核セキュリティ技術<br>核物質管理                |

表10-1と表10-2から、原子力分野での最近の20年間は、年代に応じて多少の変化はあるものの、原子力分野がカバーすると認識されている専門分野に関しては大きな変化はなく、また、研究発表件数は『核燃料サイクルと材料』と『核融合工学』の分野が徐々に減少しているが、大きくは変化していない。ただし、原子力学会での発表は、原子力分野に特有のテーマが多く、他の技術分野と共通のテーマ（最近では、人工知能やロボット工学の応用）についての発表は多くはない。2010年頃からエネルギーの長期ビジョン、安全文化、原子力の社会的受容や、人材育成が強調されるようになってきている。また、筆者の印象としては、近年は大学からの発表が減少し、研究者や技術者の高齢化が進んでいる。

表 10-1 日本原子力学会春の年会における分類項目別発表件数

| 区分              |                        | 2000 春 | 2006 春 | 2010 春 | 2015 春 | 2019 春 |
|-----------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2018.4 以前       | 2018.4 改定後             | の年会    | の年会    | の年会    | の年会    | の年会    |
| 総論              | 総論                     | 32     | 32     | 31     | 23     | 20     |
| 放射線工学と加速器・ビーム科学 | 放射線工学と加速器・ビーム科学および医学利用 | 138    | 84     | 103    | 86     | 121    |
| 核分裂工学           | 核分裂工学                  | 290    | 219    | 225    | 235    | 138    |
|                 | 原子力プラント技術              |        |        |        |        | 41     |
| 核燃料サイクルと材料      | 核燃料サイクルと材料             | 295    | 225    | 214    | 188    | 180    |
| 核融合工学           | 核融合工学                  | 90     | 66     | 70     | 52     | 45     |
| 保健物理と環境科学       | 保健物理と環境科学              | 30     | 25     | 22     | 43     | 36     |

表 10-2 区分のうちの「総論」に分類された「専門分野」

| 2000 春の年会  | 2006 春の年会  | 2010 春の年会   | 2015 春の年会  | 2019 春の年会  |
|--|--|---|--|--|
| 原子力の哲学と倫理<br>原子力の法学と政治学、国際関係<br>原子力の経済学と社会学<br>エネルギーと環境<br>原子力教育<br>原子力情報<br>核不拡散、保障措置 | 原子力の哲学と倫理<br>原子力の法学と政治学、国際関係<br>原子力の経済学と社会学<br>エネルギーと環境<br>原子力教育<br>原子力情報<br>核不拡散、保障措置 | エネルギー、環境、長期ビジョン<br>原子力の法工学と政治学<br>原子力の品質保証と安全文化<br>原子力の経済学<br>パブリック・アウトリーチと社会意識<br>エネルギー・原子力教育と人材育成<br>原子力の倫理・社会科学<br>核不拡散、保障措置 | エネルギーセキュリティと環境・社会情勢<br>原子力の法工学と政治学および地域社会<br>原子力の安全文化とリスクマネジメント・品質保証<br>原子力の経済学<br>対話・コミュニケーションと社会意識<br>エネルギー・原子力教育と人材育成<br>原子力の哲学・倫理<br>核不拡散、保障措置・核セキュリティ | エネルギーセキュリティと環境・社会情勢<br>原子力の法工学と政治学および地域社会<br>原子力の安全文化とリスクマネジメント・品質保証<br>原子力の経済学<br>対話・コミュニケーションと社会意識<br>エネルギー・原子力教育と人材育成<br>原子力の哲学・倫理<br>核不拡散、保障措置・核セキュリティ |

### 10.3.2 原子力の教育研究・人材育成の現状と課題

原子力技術は様々な学術分野の知見や技術を活用した総合技術である。しかも、機械製造、食品、建築・土木などの工業分野に比べて、核分裂性物質を扱う点が異なり、また航空分野のように格段の安全性が要求される分野である。このため、原子力施設特に原子力プラントの建設、運転、保守のために様々な新規技術の開発が行われるとともに、各分野の最新の技術の適用が考慮されてきた。その一方で、原子核反応を応用する炉物理、燃料棒や構造体な

どのための材料工学、建屋の耐震・免震構造、構造物の材料、水などの伝熱特性や流動特性を扱う伝熱工学や流体力学、運転・制御のための様々な計測技術や制御工学、ヒューマン・マシン・インタフェース技術、システムの安全性を高める安全工学やヒューマンファクタ、また複雑で大規模な原子力発電所の設計や核反応や流動を詳細に解析するための計算機技術などの分野では、原子力応用が学術の進歩や技術開発を方向付けてきたとともに、それらの分野の人材育成にも貢献してきた。原子力プラントには更なる安全性向上への要求が強いことから、今後もこれらの分野の技術開発の人材育成が重要である。

廃炉措置に関しては、日本では日本原子力開発機構の「ふげん」などで廃炉技術の開発が行われてきた。東京電力ホールディングス福島第一発電所の事故プラントに加えて、現在日本で運転中あるいは運転停止中の原子力プラントは 1990 年代に建設されたものが多いので、後 10 年経つと運転開始後 30 年を経過するものが続出することとなり、廃炉技術の確立は急務である。廃炉においては放射線環境下での作業となるため、できるだけ人が関与しない方法が必要で、近年実用化レベルに達しつつあるロボット技術の応用が期待される。このため、大型構造物を柔軟に扱うロボットの開発を担う人材の育成が必要である。

文部科学省では『原子力人材育成に関する現状と課題を踏まえた今後の原子力人材育成に係る政策の在り方について、調査・検討を行うため』科学技術・学術審議会の下に原子力人材育成作業部会が 2015 年 7 月に設置された。(文部科学省, 原子力科学技術委員会 原子力人材育成作業部会について、文部科学省による次の URL 参照

[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/079/index.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/079/index.htm), (2020.10.12 現在))そして 2016 年 8 月には中間取りまとめを発表している。(中間取りまとめについては、文部科学省による原子力人材育成作業部会, 原子力人材育成作業部会 中間取りまとめ, (2016), についての次の URL 参照

[https://www.mext.go.jp/component/b\\_menu/shingi/toushin/\\_icsFiles/afieldfile/2016/08/29/1375812\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2016/08/29/1375812_2.pdf), (2020.10.12 現在))

それによると、『原子力分野における優秀な人材の確保が厳しい状況にある』との認識の下、『学界や産業界等の現場から寄せられる声を踏まえながら、必要な取組を継続的に進めることが肝要』としている。また、『文部科学省の学校教員統計によると、原子力分野を専門とする大学教員の数、平成 16 年度の調査では総数 438 人であったのに対して、平成 25 年度の調査では 345 人と減少している』としている。そして、原子力分野の人材育成に関する基本的な考え方として、東京電力(株)福島第一原子力発電所事故も踏まえた原子力分野が抱える課題である事故プラントの廃止措置、既設プラントの安全性の維持・向上、原子力発電所の廃止措置、放射性廃棄物の減容化と有害度低減、国際貢献、2030 年度の電源構成での原子力依存度の実現、核燃料サイクルへの取組みとともに、原子力分野への社会的受容性の確保を強化する、としている。そして、国および地方公共団体、大学等の教育機関、お

よび、産業界がそれぞれの役割を担い、原子力人材育成ネットワークや学協会も含めて積極的な活動を期待するとしている。この際、人材の量や質の最新のニーズを踏まえて、分野横断的で継続的な取組の必要性和育成のプラットフォームとしてのホットラボ、RI 施設、研究炉等の重要性が指摘されている。

原子力に限らずどのような分野にも共通するが、良い人材を輩出するには、その分野が若い世代にとって魅力的であることが重要である。宇宙科学のように夢があることも魅力の1つであるが、人類社会の発展への貢献や人類社会が抱える課題の解決といった使命や責任感に関係することも魅力となり得る。この意味では、新しいことや未知なことに対しては不安にもなるが魅力も感じる。また、社会に貢献できることも自身の存在の社会的意義を確認できることから魅力の1つであると考えられる。

若い世代への魅力の点では、残念ながら現在の原子力分野には魅力が少ないと感じる。まず、新しいことが出来ない。すなわち、人類が手に負える部分はすでにやり尽くした感がある。手に負えない部分として代表的なものには、廃棄物処理と放射線防護がある。放射線防護は宇宙空間での生活では重要であるにもかかわらず、不思議なことに宇宙開発に対する一般人の目は熱い。しかし原子力に対してはそうでないようだ。そこには、原子力反対派が主張する安全が確保され廃棄物ゼロを求める絶対安全確保思想ばかりがメディアで拡散され、原子力関係者には無力感が漂っているのも事実である。

筆者にはそこで繰り広げられる絶対安全確保思想の主張には、絶対安全は無いことを分かっているながら原子力技術を批判する態度と見える。それは、原子力事業や国の安全規制に関わる責任者が原子力の反対派の主張に“対抗”するため“原子力安全神話”を社会的に宣伝したのと丁度“裏返し”で相手を論難する態度のように筆者には見えるが、実際に研究開発の現場に携わる原子力技術者においては原子力技術が絶対安全ではありえないとの前提は共通の認識であった。そこでは巨大な自然災害になっても原子炉災害の発生を制約し、影響を軽減できるようにどのように技術的安全システムを導入すべきか検討評価するためリスクの概念を導入した確率論的リスク評価法を研究し、評価法を確立して、このような方法を安全規制のベースにすることの重要性を指摘（小島重雄（2003））している。

しかしながら、福島事故後にはこういうことを指摘する原子力技術者に対して、未だ安全神話を吹聴している、とステレオタイプの批判が強く残っている。また福島事故で世間に流布された『原子力村』という言葉も、福島事故後は原子力技術に関わる人や企業を『原子力村』の住民と悪者扱いして日本社会から排除（村八分）するようになっている。

こういった社会風潮は、『自分の思いや主義主張によって「情報自体を歪める』』新聞という病（門田隆将（2019））に通じる面がある。このような「新聞という病」によってあらゆる近代技術を否定し、隠者の前近代的自給自足の田園生活を嚮慕する一方で、『あらゆる近

代技術は、危険な物を安全に利用する知恵だと言い換えてもよい』(中村収三, (2003))との指摘もある。遺伝子工学や AI のような情報技術という新しい近代技術の開拓に挑戦する人に使命感や責任感を引き起こす。そういう点では、新聞で悪者扱いされる原子力技術にも次代の人材には挑戦するだけの魅力はまだあるであろう。

### 10. 3. 3 今後の原子力研究の方向性

夢のあるテーマは基礎研究にある場合が多く、筆者が思いつくものを以下に述べる。放射性廃棄物は人体への致命的な放射線の影響があり、その影響が無視できる程小さくなるまでに何万年という途方もない年月を必要とするために人類の手に負えないとされ、原子力技術は『トイレ無きマンション』と揶揄されているが、見方を変えれば、それほど長期間にわたってエネルギーを出し続けられる物質は地球上には放射能以外には存在せず、放射能は無限のエネルギー源とも考え得る。発想を転換して、廃棄物として長期間保管を考えるのではなく活用を考えてはどうだろうか。素人目過ぎるかもしれないが、同じ電磁波である光を利用した太陽光発電が実用化されており、またエネルギーハーベスティングと呼ばれる微小なエネルギーを回収する技術が盛んに研究されていることから、放射能を管理する際の排熱と呼ばれるレベルの低い熱エネルギーを活用する技術も考えられよう。

また、技術的に可能と思われるものに、原子力発電所の発電効率の向上がある。新鋭火力発電所は様々な技術的な開発によりエネルギー効率が 50%を超えているが、原子力発電所の構造は原子力発電の導入時に比べて革新はなく、発電効率は相変わらず 33%程度である。都市部への送電ロスも考えると、発電効率の向上は急務であると思われる。しかしながら、排熱回収技術以外は、今の原子力分野やそれを取り囲む日本の社会や大学の状況でそれができるかは疑問である。

近年は、ICT 技術の発展に基づく遠隔操作や自動化が種々の技術分野で適用され、人工知能技術の急速な発展やロボット技術が実用段階にきている。コンピュータの処理速度の向上、データストレージの小型大容量化、無線ネットワーク技術の普及による処理とデータ保存のためのクラウド技術の発展により、高度な知的動作を行うロボットも開発されつつある。

原子力分野でもこれらの新しい技術を活用することにより、原子力発電の高度化とともに、トラブルや事故による人間社会への影響を緩和することが求められている。このためには、運転・保守や廃炉の作業の無人化が望ましく、ICT 技術に支えられたロボット技術の一層の発展が必要である。しかも無人化作業技術は人が立ち入れないような災害現場や宇宙空間などの極限空間での作業ロボットへも適用できるであろう。そのため、熔融核燃料の取り出しと除染という原子力プラント特有のタスクだけでなく、近年多発する自然災害の復旧作業も視野に入れた知的ロボットとそのための ICT 技術の開発は他分野へも波及効果が大きいと考えられる。

放射線の医療分野への応用も人類社会にとっては必要であり重要である。これまで、X線レントゲンの人体透視技術に始まり、ガンマナイフや近年開発が進められている BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) などのガン治療技術への応用のように、人類は危険な放射線を巧みに活用している。今後は、ICT 技術やロボット技術も応用することにより、異なる計測特性を持つ X 線レントゲン、超音波、MRI などによる測定結果の融合や、放射線照射精度の向上や放射線治療計画の高度化などの研究が可能となる。

世界的に見れば、まだまだ原子力人材の育成が必要であり、日本も人材育成に貢献すべきであろう。実際、産学官連携原子力人材育成ネットワークが構成され、IAEA とも連携を取りながら様々な活動が行われている。(原子力人材育成ネットワークについては、次の産学官原子力人材育成ネットワーク、原子力人材育成ネットワークとは、次の URL 参照 <https://jn-hrd-n.jaea.go.jp/objectives.php>, (2020.10.12 現在))

文部科学省も 2010 年より「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」を展開している。10.1.7 節でその変遷を概観したように、大学の原子力関連の学科や大学院が縮小する中で、日本全体として如何に教育レベルを維持するかを考えた場合、ICT を活用した人材育成は魅力的である。日本全国に分散する原子力関連分野の大学教員や原子力関連研究機関や企業の技術者による遠隔でのオンライン講義や VR (Virtual Reality) 技術を用いた臨場感のある教育素材の開発、充実が求められる。

#### 10.4 専門家の市民レベルの知識啓蒙のためのアウトリーチ活動

材料工学の地道な進展、マイクロやナノのレベルの技術の発達、点から面への計測技術の発展、コンピュータや通信ネットワーク技術の急速な発展による計算機シミュレーションとデータ処理技術の高度化により、技術システムの複雑化や小型化が急速に進んだ。また、国立大学が独立行政法人化される前後から、科学・技術に関する研究の一端を担う大学の説明責任が問われるようになってきた。これらのことから、高度な科学や技術を研究者や技術者は市民に分かり易く説明することが求められるようになった。

科学・技術はこれからも単調に進歩を続けるであろうし、高度な科学・技術に基づいた製品やシステムは技術の進歩により価格が低下し、より高度な工業製品やシステムが市民の身近になるであろう。これにより必然的に、工業製品やシステムは市民の理解できるレベルからのギャップが増大することになり、市民の理解レベルが成長しない場合には専門家の説明努力も増大する。

上述の観点から、『分かり易い説明を専門家に求める』日本の最近の風潮に対して、筆者は教育の視点として、市民こそが新しい技術を理解できるように努力する社会的意識の醸成が必要と考えている。日本原子力学会誌の巻頭言にも、放射線に対する過度の恐怖からの脱出のためには一層の科学的知識の普及の必要性が主張されている(高嶋哲夫(2018))。こ

のことについて興味深い経験がある。日本の航空会社の機内誌の内容は、観光名所の文化や料理に関する記事がほとんどであり、技術的内容に関する記事はほとんど無く、僅かに安全に関するコラムが数ページあるだけである。これに対して科学や技術の発展が近年著しい中国の航空会社の機内誌に、2017年頃であったと思うが、ボーイング社とエアバス社のコックピットの設計思想の相違（ボーイング社は手動操縦を重視し、エアバス社は自動操縦を重視）を詳細に説明した記事があった。中国語と英語で説明があり、ヒューマン・マシン・インタフェースに関して研究している筆者にとっても知識を整理する意味で良く書けている記事であり、科学や技術に対して市民が熱い視線を向けていることが伺える記事であった。ただし、その後はあまりそのような記事を見かけなくなったのが残念ではあるが。市民が専門的な内容を詳細に理解する必要性はあまり無いとも言えるが、新しい技術に基づいた製品が次々に世の中に出てくる現代にあっては、以下の2つの事項に関する理解力と応用能力が高度技術社会に生きる市民には必要であると考えている。

まず1つ目として、リスクに対する理解を深める教育が必要である。リスクの語源は『岸壁の間の水路を船で行く』こととされ（柚原直弘・氏田博士（2015））、リスクとは不確定なことについて確率的に計測できるものとされる（酒井泰弘（2012））。岸壁の間を航行する場合には、岸壁に衝突したり、川にある岩に船底を削られたり、急流で転覆したりするなどの可能性があり、しかしながら、岸壁の間を航行しない場合にも何らかの都合の悪い帰結の可能性があるのである。しかしながら、日本では天気予報で『河川の氾濫のリスクが高まっている』などと報道されることが多いが、この場合は可能性や確率と言い換えれば済む。河川の氾濫とそれによる被害の可能性が大きくなっていることを言いたいのだと思うが、リスクの使い方に違和感を覚える。工学的には、リスクは事象の発生確率とその事象が発生した場合の影響の度合いを総合的に評価したもの（通常は積で評価）と定義されているが、天気予報では氾濫した場合の被害の程度まで見積もっているとは思えないし、そもそも影響も意識しているなら、確率は無次元であるので結果の次元は被害の程度と同じとなるはずで、『高まっている』ではなく『増加している』あるいは『大きくなっている』との表現が適切であろう。

リスクの概念を理解することは、安全はタダでは手に入らない、すなわち、全ての人工物は危険であることを理解するために必要である。例えば椅子であっても凶器になり得ることは、プロレスでは相手を攻撃するアイテムとして用いられるし、高い所にあるものを扱う時の高齢作業者の落下という産業事故が多発していることから明らかである。従って、飽くなき安全性向上の追求とともに、適切に怖がって活用する態度が肝要である。

もう一つ市民の基本的能力として重要と考えていることは、現象のモデル化と簡易計算の能力である。判断には情報やデータが必要である。日本人は一般にお上意識が強く、上からの指示に従い、他人に倣う傾向があり、不都合なことが発生すると政府に責任を帰する傾向にある。世界に流布しているジョークとして、船が沈没しそうになり、乗客に速やかに海に飛び込んでもらわないといけない場合に、日本人に言う言葉として「皆さんが飛び込ん

でいますよ」がある（早坂隆（2011））ことから、日本人特有の傾向であることが理解される。また、近年は、『ロコミ』と呼ばれる噂で行動する人が多く、飲食店やホテルから企業に至るまで、評判を集めた Web ページも多数開設・運営されている。確かに体験していないことに対する他人の情報は有用ではあるが、悪意での情報発信でないか十分吟味する必要もある。その一方で、経験に基づく感覚的吟味も役立つ場面が多いが、有益な結論を引き出すには失敗していることも必要である。これは近年盛んに適用されている機械学習において、成功事例だけを学習すると過学習に陥ることが多いことから分かる。自身の経験や体験を有効に活用するためには、科学的方法に従って意思決定することが重要である。すなわち、発生したことを注意深く観察し、それを説明できるモデル（簡易モデル）を構築し、モデルを基礎とした論理的考察に基づくことが、妥当な意思決定につながると考える。ただし、2つのうちのどちらか一方といった二元的な扱いでは極端な結論に至り易いので、簡易モデルではあっても定量的な要素を含めることが重要である。

これらの2種類の能力の向上のためには、科学リテラシーに関する専門家のアウトリーチが必要である。ただし、アウトリーチ活動は支援を求めている人に対しては、専門家は対処し易いが、現在の日本の状況は科学リテラシーを求める市民が多くないように感じる事が問題である。社会全体として科学リテラシーの重要性を醸成することが必要であり、この点でのマスメディア、特に公共的役割を期待されている日本放送協会の番組作りに期待するところである。現状では、結論を専門家が分かり易く説明する番組が多いが、専門的話題については結論が専門家同士でも相違することが多く、データを示して専門家の見解を併記するような番組があっても良いし、近年のアウトリーチ活動では一般社会からのフィードバックによる双方向性の対話が重視されていることから、一般市民が参加して市民目線での素朴で鋭い質問に答える形式の報道や番組があっても良いと考えている。

## 参考文献

- 臨時教育審議会（1986）教育改革に関する第二次答申，大蔵省印刷局，(1986).
- 清水一彦（1994）大学設置基準の大綱化と大学の変貌，日本教育行政学会年報，20 卷，pp. 25-37 (1994).
- 小林康夫（1994）第1部 学問の行為論 誰のための真理か，知の技法，p.5，東京大学出版会，(1994).
- Erik Hollnagel, David D. Woods, Nancy Leveson 編著，北村正晴 監訳（2012）レジリエンスエンジニアリング 概念と指針，日科技連，(2012).
- 小島重雄(2003)原子力分野におけるリスク管理－確率論的リスク評価の適用，システム／制御／情報，Vol. 47, No. 8, pp. 381-386 (2003).
- 門田隆将（2019）新聞という病，産経セレクト，p. 7, (2019).
- 中村収三（2003）実践的工学倫理，化学同人，p. 14, (2003).

高嶋哲夫 (2018) 今、本当に求められるもの -科学的知識の必要性, 日本原子力学会誌, Vol. 60, No.7, p. 373, (2018).

柚原直弘・氏田博士 (2015) システム安全学-文理融合の新たな専門知-, 海文堂, p. 51, (2015).

酒井泰弘 (2012) フランク・ナイトの経済思想-リスクと不確実性の概念を中心として-, Discussion Paper No.J-19, 滋賀大学経済学部附属リスク研究センター, (2012).

早坂隆 (2011) 100万人が笑った! 「世界のジョーク集」傑作選, 中公新書ラクレ, pp. 150-151, (2011).

## ～ 終 章 ～

終章では、本書を全体として振り返り、それをもとに今や岐路に立つ原子力の今後の方向への提言を述べて、本書を終えることにしたい。

本書では、まず第1部1章と2章で、我が国の原子力開発の過去から現在を振り返り、福島事故によって何がもたらされ、我が国の原子力の今後にどんなことが問題になっているか俯瞰した。その主な観察は以下のようなものであった。

- (1) 核兵器禁止と平和利用への考えはきちんとしているのか？
- (2) 国策民営とは何だったのか？
- (3) 安全神話はだれがなんのために作られ、流布されたのか？
- (4) 原子力界には倫理面で問題があったのではないか？
- (5) 原子力規制の改革とそれが再稼働等にもたらしている問題
- (6) 原子力防災の問題点
- (7) 原子力賠償の問題点
- (8) 複雑化した放射性廃棄物の処理処分問題
- (9) 全体として福島原子力事故のもたらした現実を俯瞰すれば、今後の日本のエネルギー計画と原子力政策をどのようにするのがよいのだろうか？

これらは福島原子力事故が残した原子力発電の主要アポリア群だが、後続の第I部では、第3章で安全神話の由来と功罪、第4章で原子力防災の問題点、第5章で原子力賠償制度の問題点、第6章で増加した廃炉と複雑化した放射性廃棄物の処理処分問題を仔細に論じ、第II部での脱原発への岐路にある原子力の重要課題として、第7章では原子力の将来像変化、第8章では再稼働を進めている現行の軽水炉原子力発電の安全性向上への規制と事業者双方の課題、第9章では社会の原子力への信頼性回復のための課題、第10章では大学における原子力人材育成と課題を論じた。各章ではそれぞれ広範に課題を論じている一方で、上記の9つのアポリア群すべてをカバーしているものでもない。

終章においてはこれらを背景にしながら岐路に立つ原子力の今後の方向への示唆を導くため、次の4つのテーマについて、それぞれの論点や提言をまとめて本書を総括する。

- (1) 原子力安全神話の由来と功罪
- (2) 福島事故がもたらした影響
- (3) 脱原発するしないに関わらず原子力が取り組まなければならない課題
- (4) そのための取り組み方の提言

### (1) 原子力安全神話の由来と功罪

戦後日本の原子力の研究開発は平和利用に未来の夢を託して始まった。だが、原子力研究所や発電のための施設の立地を受け入れる自治体を見出すことはどこでも難しかった。世界唯一の被爆国として国民には放射能への恐怖感や原子力に対する拒否感が強かった。その過程で科学者や法曹者の中には信条的に原子力を嫌って、原子力に不安を抱く市民たちを(彼らの考えに共鳴するように)啓発し、市民の原子力反対運動を支援し、組織化する人達が現れ、原子力施設の安全性を問う様々な形の訴訟が反対運動の有効な手段として展開されていった。

このような社会風潮の中で原子力事業を推進する側(原子力村)では、特に原子力発電所の建設を国策民営事業としてスムーズに進めるための方策として、電源三法による補助金などの立地地域の財政的優遇策以外に、原子力界に原発の「安全神話」が流布されていった。これは立地対策のためであり、訴訟対策のためであった。

原発技術の米国からの導入当初は、「安全神話」は原子力先進国の米国原発は安全性が確立された完成技術であるという触れ込みだったが、70年代以降にあっては1979年米国TMI-2事故、1986年旧ソ連チェルノビル事故を経て原発の安全性が世界的に問題視されるように変化した時代には「安全神話」も変化して、次のようになっていった。「技術を導入し、国産化した日本自身の原発技術は、米国やソ連より信頼性が高く、あのようなシビアアクシデントを起こさない。」という、日本人の優越意識をくすぐるような論理を社会に浸透させることに努力が払われた。その裏付けとして当時の欧米原発の運転成績と日本製原発との比較で、日本原発の稼働率や故障率が優れていることから、安全神話は裁判官を含めて国民各層に浸透していた。

しかし90年代に入り、日本の原発でも経年劣化による故障や事業者による故障隠しなどが生じるようになってきた頃から、マスコミに原発の安全性が問われるようになってくると、今更シビアアクシデント対策が不備、防災対策が不備とは立地地域でいいだせない。しかしそれでは訴訟で反対派に言い負かされる懸念が出てきたことから、原子力界の言論統制をはかるようになった。それは事業者の実状について不用意な発言をマスコミに漏らすな、という原子力界の専門家たちへの発言統制や反原発派とのレッテル貼りなどであったが、それは結果として自由な討論、民主的な手続き、情報の公開といった本来原子力の平和利用を始める際の民主・自主・公開の3原則をないがしろにするものだった。それがため業界の倫理的退廃を招き、安全性改善に繋がる芽を摘み、技術的に海外に後れを取っていった。

国の原子力安全行政を総攬する立場の原子力安全委員会は、IAEAの安全文化醸成の取り組みを徳憑し、学術研究を進める人達の交流の場である日本原子力学会では倫理綱領の策定に取り組んだ。だがそれらは実際の事業を規制する機関、設備を運用する事業者には浸透せず、原発の重大事故の未然防止という点では何ら効果がなかった。

我が国では不祥事発生やトラブル発生の際に、規制の組織体制の変更、具体的には推進と規制の分離、二重規制による相互監視、といった組織面での手直しに終始し、その結果、

体制の複雑化と責任の分散を招いた。それらの結果が東京電力福島第一発電所において東日本大震災によって引き起こされた巨大津波への有効な備えを欠いて、3基の原子炉でメルトダウン事故を連鎖的に引き起こし、環境放射能災害を起こすことに繋がった。

## (2) 福島事故がもたらした影響

東日本大震災時全国で54基あった原子力発電所（さらに研究用原子炉を含むすべての原子力施設）の運転が停止した。このことは全国（就中、関東地域）の電気供給に影響を与え、福島事故直後は関東地域では計画停電が行われた。福島事故後、全国の前発が動かない分を火力で代替のため、燃料費が上がり、電気代が高騰する原因になった。このことは我が国のGDPや貿易収支に多大な影響を与えている。

その後、原子力発電所の規制機関と規制基準が変わり、原子力防災指針も変わった。このことは事故後ほどなく全部停止した原子力発電所のどれを再稼働させるか、廃炉処分するか、に影響した。結果として前発の再稼働が進まない分、ベストミックスを目指す日本の電力需給体制が悪化してエネルギー基本計画の度重なる変更が余儀なくされている。このことは地球温暖化防止のための我が国の炭酸ガス削減の計画と実施を非常に困難にしている。

福島事故の結果、原子力発電推進に対する国民の世論も変化し、いまだに約6割の国民が前発再稼働反対に転じて定着している。政府はエネルギー基本計画の改訂において廃炉処分になった軽水炉前発以外は再稼働する前提で2030年の原子力比率を20-22%としたが、今の再稼働実績ではこの数字の達成も悲観的である。次のエネルギー基本計画の見直しでは、新エネ、再エネ比率を高める等の方針の中で原子力にどのような方向を期待するか関心のあるところである。だが原子力にいくら高めに期待してもその実現性に乏しいことは変わらないだろう。

一方、我が国の従来からの原子力政策における軽水炉前発で使用済みの核燃料の全量再処理、使用済み核燃料の再処理によるガラス固化体の地層処分、高速炉導入によるエネルギー国産率向上のための核燃料サイクル確立にも、福島事故は影響を及ぼしている。もんじゅの廃炉決定と高速炉計画の頓挫、再処理工場の2022年操業開始の計画も、軽水炉でのモックス利用の見通しが少ないことから、プルトニウム使用計画の見通しを一層困難にしている。使用済み燃料の保管先としての中間貯蔵施設の立地問題、増加した解体廃炉処分による放射性廃棄物の処分問題が、従来からのNUMOによるHLW地層処分場の決定とともに大きな問題となってきた。

福島事故をもたらした原因として、安全神話の流布以外に、元々海外先進国からの完成技術導入を前提にした安全規制の法的体系の限界が挙げられる。それは設置審査をする前に、

既に事業者がすべて完成品としての技術基準を準備しているという事業者中心ですべてがお膳立てされていて、国の規制はそれを追認するだけというシステム。これが国策民営による我が国の近代技術導入の姿であった。お膳立てを準備する事業者は、海外の導入先のやり方を調べて日本語に翻訳してお役人に教える。実際は民が主で、国が従という形だったわけである。このやり方だと海外の導入元の方で、やり方を変更されるたびに、日本の方でその都度後追いで修正する。だがシビアアクシデント対策の導入では、立地対策や訴訟対策の安全神話の都合上、「欧米が変えました。それに倣って我が国も変えます。」とは言えなかった。（日本の方がよいといていたのだから矛盾を来すわけだ）。

しかし肝心の欧米諸国でもそれほど安全対策を考えていない大地震や巨大津波のせいで福島事故が起こったあとは、日本で原発を再稼働させるには、これなら大丈夫ですと言う規制基準を自分で作らないといけない。昔の国の規制機関はダメと大幅に組織変更した原子力規制委員会と原子力規制庁は、自力でそれを作成した。必要以上に厳しすぎると批判もあったし、逆に緩すぎるという批判もあったが、以前より格段と基準が強化されたこと自体は誰しも否定しなかった。就中、新基準を満たさない限りいずれの原子炉も運転できないという“バックフィット”が適用された。これは我が国の国策民営の原子力事業の歴史で画期的だった。そのためそれまでは運転されていた原発はすべて運転免許取り消しになり、日本中の全部の原発は運転停止された。原発を再稼働したい事業者には新規制基準とそれを適用する審査を通過することが大変なハードルで、再稼働を見送る原発が続出する一方で、再稼働審査をパスしても立地自治体が再稼働を了承することも福島事故後はすんなりいかないようになった。

立地自治体で原発再稼働の了承が容易でなくなった理由の一つに原子力防災指針の強化が立地自治体の防災計画に影響を与えていることがあげられる。福島事故では折角の JCO 事故後導入の原子力防災法がお膳立てした仕組みはすべて失敗だらけ。原子力規制庁は事故後、IAEA 勧告のにおか勉強で指針を強化して原子力防災法を改訂し、緊急事態対応組織も変更した。だが立地地域で混乱を生じているのは防災計画を適用される範囲が 10 km から 30 km に拡大した点にある。つまり人口密度が高い日本では事故時の住民避難の範囲が拡大すると住民が被曝しないための避難計画の設定が困難になるのである。

福島事故で避難した被災者の救済のための原子力事故損害賠償に係る法体系が改訂され被害者への賠償の取り扱い方が新たに導入された。福島県県外にも及んだ放射能汚染区域の除染と地域復興のための対策、事故を起こした原発の解体と廃炉技術の開発。これらにはすべて資金がいる。これを財政的にどう賄うのかも待ったなしの問題であり、今後数十年は継続する問題である。福島事故を起こした東電は、実質は政府が管理する法人として、福島廃炉と被災者への損害賠償を実行しているが、その資金は国から債券で支給され、東電は将

来にわたってその売電収入で借入金を返済する。他の電力会社も福島事故後開始の発電事業者も東電に協力金を払う義務がある。この仕組みは一見電気事業者が賠償金を負担するように見えるが、実際は国民全部が納税者として、また電力代の一部として負担する仕組みである。

### (3) 脱原発する、しないに関わらず原子力が取り組まなければならない課題

本書では調査していないが、福島事故の結果、原子力に配分されている国家予算は、従来の原子力発電振興のための予算とは様変わりしているに相違ない。ひょっとしたら火事場泥棒的に原子力予算が肥大しているかもしれない。(原子力に批判的な文系学者、学術団体にはこの問題の調査を行って調査成果を公表すればこれも世の中のためによいだろう。)

ところで、原子力の範囲はなにも原子力発電関係(A)だけでない。原子力関連の大学や研究所での原子力基礎研究(B)、放射線の医療や産業応用に関する研究開発(C)は、原子力分野の活動で大きな比率を占めているし、成果をあげている。例えば原子核物理学分野での日本人のノーベル賞受賞者輩出、放射線医学の進歩による日本国民の健康増進がそれを裏付けている。それでも福島事故の結果、原子力が毛嫌いされて、BやCまでも否定されるのは大変問題である。

従ってここでの脱原発する、しないに関わらず原子力が取り組まなければならない課題の検討対象は、Aの原子力発電に関連したものに限定する。ここでは福島事故後も脱原発に傾いている国民世論を尊重すれば、原子力推進者が主張しているような、高速炉の開発や新型軽水炉の開発は無理である。しかし、原子力を毛嫌いし脱原発を主張する人々は放射性廃棄物の処分問題の解決すら否定し、取り組みに反対する。だからこの両極端の人々に任せても方向が決まらない。

福島事故で最早や原子力立国どころではない。原子力関係者がなすべき役割は、放射能汚染された環境修復、福島事故原発の廃炉に関する技術開発を含む解体処分、放射性廃棄物の処理処分技術、高レベル放射性廃棄物の減容・短寿命化、原発保全技術の高度化、放射線計測技術の高度化といったものであろう。これらに誠実に取り組んで成果を出し、原子力への国民や社会の信頼の回復を期待したい。

### (4) そのための取り組み方の提言

原子力で取り組むべきテーマは(3)に提起した。次はそれを誰がどのようにするかである。現在の原子力事業が立地している地域と、原子力の大学、研究所の立地している場所との関係をうまく組み合わせることが、ニーズとシーズ、それに人材育成の面で良いのではないか？原子力事業が立地しているところでは、これまでの歴史から原子力を受け入れ、原子力事業と共生しようという意識も強く、原子力事業の存在がその人材受け入れ先の確保につながり、その地域に一生住む、定住することに繋がる。

本書の第10章では我が国の原子力関係の大学がどのような地域にあるか示している。こ

の双方を結びつけると、どの地域にどのようなテーマの事業を展開させるのがよいか、以下のように考えられる。

- ①福島事故の被災地では、福島の復興と地域再生、地域のイノベーション創生に繋がる事業を実施する。
- ②JAEA 関連の研究施設の立地する茨城、福井、青森などでは原子力発電所や事業者の研究施設も立地している。廃棄物処理処分技術の高度化、計測技術、保全技術の高度化を含めた原子力の基礎研究を関連大学との共同で進める。
- ③原子力発電施設だけで国立の原子力研究所や大学のない立地地域では、上記②の大学や研究所と協力関係を結んで、人材の育成と確保、事業者の技術力維持向上に資する。
- ④以上のような立地地域でのプロジェクトの推進では、第2章で横山氏が提唱するすべてのステークホルダーが参画して良循環を生み出すシステムを構築すべきである。(第2章の図3-7中の「世界に開かれ、多様な人材を引き付ける廃炉技術開発・運営システム」を参照。ただし関与するステークホルダーは、地域住民、地方自治体、大学・研究機関、関連企業を中心にする。)

第10章によれば日本の原子力関係の大学学科は原子力発電所の立地地域とは関係のない大都市の総合大学にあるところが多い。そのような大都市の総合大学の原子力学科の学生定員の総数はかなりの数になっているが卒業後の進路は従来から原子力離れが多く、原子力関係に就職しないで他業種に行くことが半数以上と聞く。また、原子力関係に就職するものも公務員や電力会社の本社勤務やメーカの大都市事業所ではないかと思われる。このような各大学の原子力学科は他学科、あるいは他大学原子力学科と整理統合する方がよい。

従来から原子力工学科は、工学部の専門の異なる各学科の寄せ集めで総合性が特色と言われて久しい。しかし、原子力学科としては、原子力規制、放射線化学や放射線計測などの実社会の需要の多い専門性を強調したコースを強化する方がよいのでないか？

国際原子力機関への人材育成あるいはリスクコミュニケーション技能の養成を謳うようなものは将来のキャリアコースの道も狭いのでわざわざ大学の原子力関連学科としては必要がないように思われる。これらは基本的に文系学科での演習等で人材を養成できるのではないか？

元々脱原発路線にあったドイツでは、2000年来の欧米での原子力カルネッサンスの動きに2010年原発維持に方向転換したメルケル政権は、2011年3月日本の福島原発事故の報を受けて、直ちに脱原発のエネルギー転換を行い、それをドイツの将来進むべき道と決めた。ドイツでは目立った原子力事故は経験していないが、米国TMI-2事故や旧ソ連チェルノビル事故の影響を受けて、原子力には相当に敏感な国、用心深い国であった。

日本は大戦終期に原爆投下の経験がありながら、戦後は原子力の平和利用を始めて有数

の原子力発電国に成長した。だが原子力安全に慎重さを欠き、原発メルトダウン事故を起こした。その後、原子力は退潮しながら10年経ってもまだ明確な方向を打ち出せず、それでも政府は原発は重要な基幹電源の一つとして一定程度は維持するとしている。だが、既に核燃料サイクル技術を完成してエネルギー自立を確立するという路線はほころびがでている。本書では、その現実から我が国は今後脱原発に進むであろうが、原子力界がなすべき道を、現実の状況をベースに提言した。

## ～あしがき～

2011年3月11日午後2時半過ぎ、私は東京日比谷通り二重橋前のとあるビルの9階で日本電気協会原子力規格委員会のメンバーたちの座談会に参加していた。当時私はその委員会で安全設計規格の分科会長だった。

大きな地震のゆれで部屋の電気は消え、館内放送があり、皆はテーブルの下に入って揺れがおさまるのを待った。天井が落ちて来たらこんな折り畳みパイプ脚のテーブルの下ではお陀仏だなと思ったが2分半一寸で揺れは収まった。そこで全員で階段を歩いて降り、地上階に着いたところで座談会は終了ということで解散。その時、ポケベルで原子力緊急助言組織に集合すべしとの連絡が入ったと、東京大学の原子力の若い教授のAさんは、急遽タクシーを拾って経産省に向けてでかけた。今考えると不思議に思えるが、地震直後はタクシーが拾えたのである。

私は耐震規格の分科会長だった東京理科大のBさんと一緒に東京駅までいこうと歩き出した。しかし東京駅に着くとすべてのJR、私鉄、地下鉄の電車はとまっているとのこと、Bさんは神楽坂の東京理科大まで歩いていくという。私はこれでは郷里の大津には帰れそうにない。歩いていけそうなホテルに泊まろうかと電話したが、その頃はもうどこのホテルにも電話がつかない。仕方ない、当面東京駅で仮住まいかとコンビニに弁当を買いに行ったがすでに売り切れ。残っていたスナック類とペットボトルの飲料を買って地下改札のテレビ前の人だかりに加わって実況を見ると、仙台、三陸沖方面の町々が大きな津波に飲まれていく風景が映っていた。テレビを見ている人の中には「あの町も流された。帰れない」と動転しているひともいる。津波の実況には茨城や千葉方面も出てくるので銚子を越えてもし東京湾に津波が入ってきたら、浅草や深川のような低地の地下鉄入り口から津波が浸入するだろうし、地下街は東京駅でも危ない、東京駅もホームの方が高くて安全かな、などと考えて居るうちに、構内放送で東海道新幹線は午後8時以降には動き出す予定との案内があった。急いで新幹線改札を通してホームに行くが既にどの列車も満員。やっとグリーン車に1つ空き席が見つかりそれに座って、やれやれこれで何時発車するかわからないが、新幹線ホテルは確保できたと、携帯ラジオで地震情報を聞いた。午後11時頃に東京駅を発車した列車は、一寸走っては停まり、の繰り返しだったが、翌朝5時には京都駅に到着した。しかしまだこの間、福島で何が起きているのか、気にはなったが何もニュースはなかった。

翌日は朝からテレビで地震の実況に釘づけだった。そしてその日の午後、東電福島第一発電所1号機の爆発のニュース。夕方からのNHKテレビには昨日の座談会で一緒だった東大のAさんたちが、連日原発事故の解説者として画面に登場するようになる。そして、1号機の遠景と事故前の遠景とを比べて、何が起こったのでしょうかとしきりにテレビのニュースキャスターが解説者に質問している画面を見ていた時に、突然私の自宅に、B新聞社のCさん

んという女性記者から電話がかかってきた。ニュースキャスターと同様、Cさんも、何が起こったのですかと聞く。はっきりした情報を持たない私がいい加減な答えをしてもいけないと思い、「そのうち東電や政府からちゃんとした発表があるでしょう。NHK テレビでも解説者の東大の先生方が説明しますよ」と答えた。ところがC記者は、「東電や政府に聞いても回答がない、NHK テレビでも東大の解説者も黙っている。だから手分けして他の原子力関係の先生達に聞いているのです。先生の推測で良いから考えられることをお話してください」という。私はいい加減なことを口に出すのも考え物だなと思い、C記者に「政府ないし東電の発表を待ったらどうですか」と言ったら、「それがなかなか発表がないので、先生方に電話しているのです。先生も想像がつかないのですか？分からないのですか？」と畳み込まれ、到頭C記者にこういった。「状況から見ての私の推測だが、原子炉の中で起こったジルカロイ-水反応で出来た水素が原子炉建屋にたまって着火して爆発したと考えるのが最もよく説明がつかますね。東電や政府にそうではないですか、とお聞きになればよいですよ。」(注：ジルカロイ-水反応で水素発生ということは、原子炉が溶融するシビアアクシデントが起こったことを意味する。福島事故当時東電は“原子炉溶融”をなかなか認めず、それを公式に認めたのは2011年5月になってからである。)

私は別に原子力工学科の出身ではなく、もとは電気工学の出身であり、原子力関係の知識は自学自習に近い。それでもこれくらいのはずがすぐに想像できたのに、東電や政府機関等には原子力工学科出身の専門家は沢山いるのに、新聞記者に聞かれると発表出来ないのはどうしてなのか？ 知らなかったのか、知っていても言わないのか、何か裏に事情があるのか、とても不思議に思えたのである。これが本書をなぜ出版すべきだと私が考えた原点である。

本書でも説明しているように、原子力「安全神話」は、福島事故をもたらした原子力界の集団思考の産物である。それは何に由来するのか、どんな機能を果たしたのか？その功罪（もとは原子力推進にとって必要なものとして生みだされたが、今となってはその後者の罪がひときわ目立つ）を考察し、現在の原子力の置かれた状況を総合的に俯瞰することなしには、これからの原子力のあるべき道を考え、判断することはできない。本書は、そうした広く社会的な議論の一助とすべく出版を企画したものである。さて、本書を読んで安全神話の功罪を理解いただいたでしょうか？

実は、私自身、現役時代の経歴から、当然、原子力村の住民と見なされていた。だから福島事故の起こった年、中学時代のクラス会で、恩師に「あんたも福島事故に責任があるのと違うか？」といわれ私は絶句した。なかなか弁解できずにいるうちに、恩師は既に他界されたが、私も既に後期高齢者。この際弁解じみたことだが、記しておく。

福島事故の起こる4年前の2007年、東電福島第一原子力発電所を杉万俊夫先生と一緒に訪問したときのことは、本書の序章に記載しているが、実はそのあとで私は、経産省原子力

安全・保安院の原子炉安全小委員会や、日本電気協会の原子力規格委員会の席上で我が国の原発でのシビアアクシデント対策のあり方や内容上の懸念について何度か発言した。原子炉安全小委員会の時には、後日原子力安全委員長になった班目氏は、民間の自主保安に任して規制対象にしていないシビアアクシデント対策は現在原子力安全委員会内で取り扱いを検討中と、その状況の説明があった。(班目氏は原子力安全委員長に就任後率先してシビアアクシデント規制の見直しに着手したが福島事故には間に合わなかったと国会事故調査委員会の聴聞で答えている。)一方、原子力規格委員会ではそれでは危険と私が疑問に思った全交流電源喪失事態も「1時間半で回復すると、原子力安全委員会は認めています。日本の電力システムの信頼性は高いのでご心配は無用です」、と電力事業者の委員から受け流された。(東日本大震災時に1時間半で電力系統が復旧していたら福島事故は起こらなかった。)まあ福島事故のようなことが実際に起こる前には、そんなのでは危ないのではないかと指摘してもなかなかその意見は通らないのが現実であり、そして実際に福島事故が起こった後は、あのような事故はもう起こさないようにしっかり対策をしました、といってもなかなか信用されないのも現実である。

福島原子力事故から10年、原子力発電は福島事故を契機に凋落し、再稼働は進まず、廃炉が増えてこれからは放射性廃棄物の処理処分問題が急を告げるようになっている。一方、高速炉を含めた核燃料サイクル技術の開発政策も矛盾を抱える。

原子力に対してどのような立場をとるにしても、福島事故のもたらした現実、原子力が残した負の遺産をどう処理するかは喫緊の課題である。本書では、全体としてどのような問題を残しているのかを俯瞰し、今後は世論の動向に従い、脱原発に進むであろうが、今後の原子力に期待される使命とその取り組み方を提起した。

ここで私と本書の共著者との関係を簡単に紹介しておこう。私と私の1世代下の五福明夫さんは、もとは京都大学原子エネルギー研究所の同じ研究室の出身である。恩師の若林二郎先生が退職されたときに、我々二人は、これらからどのような方向で原子力の研究を進めるのがよいかを相談した。そして何より安全性の問題とくに重大事故の問題と、高レベル放射性廃棄物の処理処分の問題が重要と考えたが、研究室が原子炉計測工学部門であったことから、重大事故の予防診断の問題で新しい研究を行うことにした。五福明夫さんはその後岡山大学に移り、機械システム工学の分野で新たな研究科や専攻の創成に展開されている。五福明夫さんには、大学の教育研究の中での原子力像について執筆を分担いただいた。

日比野明子さんと伊藤京子さんは世代が若い。お二人は私が京大を退職する前、当時京都大学人間・環境学研究科で社会心理学を講じておられた杉万俊夫先生らと一緒に取り組んだ原子力分野の安全文化醸成に関する共同研究に参画し学位研究をまとめられた。それがその後の社会心理学やヒューマンインタフェース分野でのキャリアに繋がっている。お二

人には先端科学の社会とのかかわりにおける ELSI（倫理的法的社会的関わり）について寄稿いただいた。

そして田邊朋行さんは、京大エネルギー科学研究科で社会人ドクターとして日本の原子力安全規制の法制のありかたをテーマに学位を取得された。そのとき、学位論文の副査を私が担当したことで知遇をえた。田邊さんは原子力法制の研究を専門とされ、電力中央研究所社会経済研究所や大阪大学で広く学域を展開された方であるが、本書においては、とくに福島事故のために生まれた沢山の被害者に一体どのように賠償するのかという問いに答える章を担当して下さった。

いずれにしても福島事故のあとでは、覆水盆に返らず。最早や昔通りの国策民営で原子力立国＝軽水炉原子力発電と核燃サイクル技術の確立でエネルギー自立と安全保障の達成＝“これぞ日本が進める原子力平和利用の精華の姿”、の道に戻ることはなかなかできないだろう。福島事故後 10 年、日本では相変わらず大地震、火山噴火、台風と毎年天災は尽きず、昨年来世界中が新型コロナウイルス感染症の蔓延で世界中の国々、人々の接触、交流、交易が制約されるという、思いもしなかった時代のさなかにある。

岐路にある我が国の原子力をこれからどうするのか？脱原発するにしても、再稼働するにしても、なすべきことは何か？これが本書の主題であった。著者たちの考えは終章にまとめている。原子力推進を信条とする人、逆に原子力が大嫌いな人、いずれの側からも本書の書いていることには多分不快なところが多々あり、双方とも異論があることとは思う。だがその双方のいずれかの意見だけで今後の日本の原子力の方向を決めるべきものでもない。やはりこれは社会全体として問題の在り処を理解して、賢明な方向を決めなければならない問題である。現役時代以来長年原子力にコミットしてきた筆者自身としては、過去の原子力の誤りは率直に反省し、社会の期待する方向で清算しなければならない課題に向き合い、努力することが次代の社会の発展に貢献し、将来の原子力の発展の道に繋がることを念願している。

令和 3 年 3 月 監修者 吉川 榮和

## ～ 用語解説 ～

### 劣化ウランと減損ウラン

どちらも天然ウランより  $U^{235}$  の比率が少なくなったウランのことを言う。主にウラン濃縮の結果  $U^{235}$  の比率が低くなったものを言う。劣化ウランは濃縮工場のできる  $U^{235}$  の比率を高めた濃縮ウランの反対に  $U^{235}$  の比率が低くなった方をいうが、減損ウランは使用済み燃料中でプルトニウムが生成されただけウランが減少したものをいう。

### プルトニウム富化度

ウラン-プルトニウム混合酸化物 (MOX) 燃料において、全燃料重量に占めるプルトニウム重量の割合 (%) をいう。通常は、核分裂しない核種も含めたプルトニウム全体の重量割合で表示するが、軽水炉用 MOX 燃料の場合には核分裂性核種の割合 (ウラン燃料で言えばウラン 235 濃縮度に相当) を示す目安として、核分裂性プルトニウムのみ重量割合で富化度を表すことが多い。軽水炉用 MOX 燃料の核分裂性プルトニウムの富化度は平均的に 6% 程度である。他方、高速炉燃料の富化度は炉の設計概念によってかなりの幅があり、プルトニウム全体の重量割合は 20～30% 程度である。

### トランスサイエンス

科学技術が進歩して人間社会や自然環境に大きな危害を及ぼすようになった現在、科学技術の社会への導入では科学者だけでものごとを決めてはいけない領域がある。それをトランスサイエンスと名付けて警鐘をならす論文を米国の核科学者ワインバーグが 1972 年に発表して世界中に大きな反響を呼んだ。

### エネルギーセンタ構想

太平洋上のサンゴ礁の島カントンに、人間社会から隔離した高速炉、再処理、核廃棄物を行うエネルギーセンタを建設するという大構想で、液体水素を製造して世界中に運搬、再処理後の放射性廃棄物は溶融させてサンゴ礁に沈める。すると放射性廃棄物は自然にメルトダウンしていき、地殻からマントルまで落ちていくというもの。

### ウラルの核惨事

1957 年 9 月 29 日、旧ソビエト連邦ウラル地方チェリャビンスク州マヤーク核技術施設で発生した原子力事故 (爆発事故)。オジョルスク市にあるマヤーク核技術施設は、原子爆弾用プルトニウムを生産する原子炉 5 基および再処理施設を持つ核施設であり、1948 年から建設された。プラント周囲には技術者居住

区として暗号名チェリヤビンスク 65 という秘密都市が建設された。旧ソ連政府は秘密にしていたが、事故はこの施設を中心に発生。国際原子力事象評価尺度(INES)では二番目に高いレベル6（大事故）とみなされる。近隣にあった町キシテムの名前をとってキシテム事故とも呼ばれる。筆者（吉川）は西ドイツ滞在時 1977 年週刊タイム誌掲載の記事で初めて知った。

### 3 条委員会

国家行政組織法第 3 条第 2 項に規定される委員会。上級機関（設置される府省の大臣など）からの指揮監督を受けず、独立して権限を行使することが保障されている合議制の機関である。

### 原子力安全基盤機構

通称 JNES。原子力施設及び原子炉施設に関する検査等、原子力施設及び原子炉施設の設計に関する安全性の解析及び評価並びに原子力災害の予防、原子力災害の拡大の防止及び原子力災害の復旧に関する業務等を行うことにより、原子力の安全の確保のための基盤の整備を図ることを目的とする。

### 確率論的安全評価（Probabilistic Safety Analysis : PSA）

確率論的リスク解析（Probabilistic Risk Analysis）である P R A と同じことを以前の原子力界ではリスクという言葉避けて安全に替えていた。

### 設計基準事象

原子炉施設を異常な状態に導く可能性のある事象のうち、原子炉施設の安全設計とその評価に当たって考慮すべき事象

### シビアアクシデント

設計基準事象を大幅に超える事象であって、安全設計の評価上想定された手順では適切な炉心の冷却または反応度の制御ができない状態であり、その結果炉心の重大な損傷にいたる事故。

### 徴候ベースの手順書

設計基準事象以外の事故時に対応するため正規の対応に外れた事態に対応する運転手順で、プラントの異

常状態の徴候に応じてその徴候を抑えるようにプラント状態を抑える操作をする。医者が患者の病因が分からないときに熱を下げる、下痢を抑えるといった患者の状態を抑えるやり方のようなもの。徴候ベースで手を打っているうちに異常原因が分かったら正規の手順に復帰できる。

### ステークホルダーリスクコミュニケーション

リスクコミュニケーションとは、あるリスクについて関係者間(ステークホルダー)で情報を共有したり、対話や意見交換を通じて意思の疎通をすることである。これによってリスクに関する相互理解を深めたり、信頼関係を構築していく。私たちは日常的にも、リスク情報の受信者でもあり、発信者でもある。例えばテレビを視聴していて「緊急気象情報」や「緊急地震速報」が放送中に流れ、何の予告もなく受信者になることもある。テレビの天気予報で「明日は気温が30℃を超えるので熱中症に注意しましょう」と放送された場合、その天気予報を視聴していた該当地域の視聴者は、リスクコミュニケーションを受信したことになる。一方で、身の回りの人に対して自分が発信者になることもある。子育てをしている方なら、日常的に子供に対して「してはいけないこと」「起きたら大変なこと」などのリスクを発信しているだろうし、子供もまた受信者となっているわけである。このようにリスクコミュニケーションとは何か特別なものではなく、私たちの日常の至るところに存在するコミュニケーションの1つである。リスクコミュニケーションは、一方的な発信だけを指すものではない。情報というのは発信者がいれば受信者がいる。一般的に情報の主たる発信者は、行政やメディア・専門家などが担っている傾向があり、その行政やメディア・専門家などが、利害関係者(一般の人々)に発信するという場合が多く見受けられる。しかし情報の受信者側も意見を表明したり、関心を寄せることがある。このような場合も、広義の意味ではコミュニケーションをとっているといえる。リスクコミュニケーションとは、一方的な情報の発信や受信だけではなく双方向的な意思疎通である。

### サブポリティクス(サブ政治)

ベックが『世界リスク社会論』で述べている「サブポリティクス」の概念によれば、『サブ政治』という概念は、国民国家の政治システムという代議制度の彼方にある政治を志向している。サブ政治は『直接的な』政治、つまり、代議制的な意思決定の制度(政党、議会)をくぐり抜け、政治的決定にその都度個人が参加することである。サブ政治とは、別の言い方をすれば、下からの社会形成によって、経済や科学や職業や日常や私的なことは、政治的対立の嵐にさらされることになる。この対立は、もちろん政党政治的対立という伝統的なスペクトルには従わない。したがって、世界社会的なサブ政治は、イシューごとにその都度形成される『対立の連合』がまさに特徴となる。しかし、決定的に重要なことは、サブ政治が政治的なものの規則と境界をずらし、解放し、ネット化し、交渉できるものにし、形成可能なものにすることで、政治を解き放つことである。

## 菜根譚

中国の明代末期に優秀な官僚として活躍後、政争に巻き込まれ隠遁したと推測される人物、洪自誠が著したもので、前集 222 条、後集 135 条の断章からなり、主として前集は人の交わりを説き、後集では自然と閑居の楽しみを説いている。「菜根」という言葉は、「人はよく菜根を噛みしめれば、すなわち百事をなすべし」という故事に由来。「堅い菜根をかみしめるように、苦しい境遇に耐えることができれば、人は多くのことを成し遂げることができる」という意味である。辛酸をなめつくした洪自誠が「人は逆境において真価が試される」という思いをこめてつけたと考えられていて、そこには、逆境を経験したからこそ生まれた「生きるヒント」が満ち溢れている。そういう意味では福島事故を起こし苦境にある原子力界の人士はこれから学ぶことが多いかもしれない。

## 説明責任と accountability

説明責任という言葉は英語のアカウントビリティの訳語であるが、日本社会では政治家や当事者が説明しないことや説明の仕方を批判する文脈で用いられている。だがそれは英語での意味とかなり違っているようである。ケンブリッジ大学辞書によれば、accountability とは the fact of being responsible for what you do and able to give a satisfactory reason for it, or the degree to which this happens と説明している。日本語にすると“あなたがしていることには責任があり、それに満足のいく理由を与えることができるという事実またはこれが起こる程度”という意味である。

## 計画停電

電力需要が供給力を上回ることが予測される場合に、大規模な停電を回避するために、電力会社が事前に用途・日時・地域などを定めて電力の供給を一時停止すること。特に、地域を区分して順番に停止する場合は、輪番停電ともいう。平成 23 年（2011）3 月 11 日に発生した東日本大震災の影響によって東京電力の電力供給能力が大幅に低下したため、同月 14 日から 1 都 8 県で計画停電が実施された。

## LNT リスクモデル

科学的な議論としては、100 ミリシーベルト以下の確率的影響のリスク評価に直線しきい値なし（LNT）モデルが妥当であるかどうかということについての決着はついてはいない。例えば、全米科学アカデミー（NAS）では、2006 年に LNT モデルは科学的にも妥当との見解を発表し、また 100 ミリシーベルト以下でもがんリスク上昇が見られる疫学的証拠があるとしている。一方、フランスの医学アカデミーと科学アカデミーは共同で、一定の線量より低い被ばくでは、がん、白血病等には実際には生じず、LNT モデルは現実には合わない過大評価である、という見解を 2005 年に発表している。ここでは、インドや中国の高自然放射線地域の住民のデータに発がんリスクの増加が見えないこと、低線量放射線に特異的な防衛的生物反応

が次々と見つかったことが根拠となっている。国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告では、LNT モデルと線量・線量率効果係数の2つを用いることで、放射線防護の実用的目的、すなわち、低線量被ばくのリスクの管理においてより単純かつ合理的な仮定を提供するとしている一方で、同勧告では、「低線量における不確実性を考慮すると 多数の人々が極小さい線量を長期間受けることによるがんまたは遺伝性疾患の仮想的な症例数を計算することは、公衆の健康を計画する目的には適切ではないと判断する」ともしている。

### 国際放射線防護委員会（International Commission on Radiological Protection、ICRP）

ICRP は、専門家の立場から放射線防護に関する勧告を行う民間の国際学術組織である。ICRP はイギリスの非営利団体（NPO）として公認の慈善団体であり、科学事務局の本部はカナダのオタワに設けられている。活動資金の大部分は寄付によって賄われている。拠出機関は、主に行政府と研究所であるが企業や専門職団体も含まれ、地域別にみると約半分はヨーロッパ、次いで北米、国際機関、アジア・オーストラリアから拠出されている。

### 六・三・三・四制

第二次世界大戦後、戦前の学校令にかわって制定された学校教育法による学校制度 1946 年発表、'47 年より実施。マッカーサーは、日本の民主教育確立のため、スタッガードを団長とする 27 名の教育使節団を招き、日本側と協議。六・三・三・四制、教育の機会均等、教育目的・教科書の民主的改善、男女共学などの点に関する報告書により、義務教育はこれまでの 6 年から小学校 6 年、中学校 3 年の 9 年に、高等学校 3 年・大学 4 年の単線型の制度がとられた。短期大学・工業高等専門学校などの出現で単線型は崩れてきている。

### 集積回路

略して IC（アイシー）とも呼ばれている。小さな基板上または基板内に多数の回路素子を高密度に集積した超小型の電子回路である。通常数 mm<sup>2</sup>の基板または半導体片に数十以上の回路素子が形成され、その素子の密度に応じて中規模集積（MSI）回路、大規模集積（LSI）回路、さらに超大規模集積（VLSI）回路がある。トランジスタに次ぐ大きな技術革新をもたらし、現在、ラジオ、テレビ、通信機、コンピュータなどあらゆる電子機器に用いられている。材料、形態、構成、処理信号、使用トランジスタにより、各種の名称がつけられた集積回路がある。

### ダウンサイジング

サイズ（規模）を小さくすることを指す用語であり、ものや組織など様々なことに関して用いられる。コスト（費用）の削減や効率化を目的として、より小型のものを用いる、もしくは新しい技術を用いて高密

度化・小型化などをはかり、より少ない体積や重さで、従来と同機能もしくは、より高性能な工業製品を作ること。

## オペアンプ

二つの入力間の電位差によって動作する差動増幅回路で、裸電圧利得は  $10^4$  倍から  $10^5$  倍と非常に高く、負帰還回路と組み合わせて適切な利得と動作を設定して用いる。回路構成は一般的に、正負入力を持つ差動入力段、中間増幅段、負荷を駆動する出力段に分かれる。英語ではオペレーショナルアンプリファイヤ（演算増幅器）というがその名称は、かつて自動制御機能などを電子回路で実現する際、微積分・比較・加算・減算などの演算回路をアナログ演算によって行うために開発されたことに由来する。なお、こうした演算回路を自由に組み合わせて接続し、各種リアルタイム演算ができるようにした装置をアナログコンピュータという。オペアンプは、モジュールとして考案された当初はトランジスタや真空管などの個別部品で構成されていたが、のちに集積回路化された。

## 21 世紀 COE プログラム

COE とは Center Of Excellence の略。日本の大学に世界最高水準の研究教育拠点を形成し、研究水準の向上と世界をリードする創造的な人材育成を図るため、重点的な支援を行うことを通じて、国際競争力のある個性輝く大学づくりを推進することを目的としている。日本学術振興会に設置された 21 世紀 COE プログラム委員会での審査によって、補助金交付先の審査・評価がなされる。補助金額自体は大きくないが、採択されるか否かが研究機関としてのイメージなどに大きな影響があり、各大学は採択に向けて大きな力を割いている。なお、後継の制度としてグローバル COE プログラムが実施されている。

## 独立行政法人

中央省庁から独立した法人組織であって、かつ行政の一端を担い公共の見地から事務や国家の事業を実施し、国民の生活の安定と社会および経済の健全な発展に役立つもの。省庁から独立していると言っても、主務官庁が独立行政法人の中長期計画策定や業務運営チェックに携わる。2004 年（平成 16 年）に法人化された国立大学（国立大学法人）も広義の独立行政法人とみなされる。1990 年代後半の橋本龍太郎内閣の行政改革の一環で設立された。英国のサッチャリズムで考案されたエグゼクティブ・エージェンシーが手本となった。

## 大学院重点化

一般的には、大学の教育研究組織を従来の学部を基礎とした組織から大学院を中心とした組織に変更することを指す。学部定員を大学院定員に振り替えて大学院定員を急激に増加させたことにより、大学院生の質の低下を招いたとも言われる。就職先の増加がないままの研究者の卵である博士課程学生定員の急激な増加は大学院の博士課程の修了者の余剰を加速させ、若手研究者に深刻な就職問題を引き起こした。

## リーマン・ショック

2008年9月、米証券大手リーマン・ブラザーズが連邦破産法11条（日本の民事再生法に相当）適用を申請したことに端を発した世界的な金融危機。低所得者向け高金利型（サブプライム）住宅ローンの焦げ付きに伴う信用不安が原因で、負債総額は6000億ドル（約72兆円）を超えた。金融市場には激震が走り、世界的に株価が急落。各国は財政出動や大規模な金融緩和など景気刺激策を相次いで打ち出す一方、危機の再発防止に向け金融規制を強化した。

## ルーブリック

英語で rubric。学習到達度を示す評価基準を、観点と尺度からなる表として示したもの。主に、パフォーマンス課題における学習者のパフォーマンスの質を評価するためのツールとして使用される。ルーブリックを用いると、評価者による評価の偏りを少なくし、明示された評価基準によってより細かな評価をすることができる。パフォーマンス課題のように、リアルな状況で知識・スキルを活用しながら取り組む課題については、パフォーマンスの質を判断する基準が評価者によって異なりやすい。また、できる／できないの二分では高次の能力を適切にとらえることができないので、「どの程度できるか」という段階的な評価によって高次の能力を捉えるべきである。評価者間で一定の信頼性を確保するために、複数の水準（レベル）を設けた評価基準として、ルーブリックが重要な役割を果たす。

## レジリエンス・エンジニアリング

2006年にエリックホルナゲルらが提唱した考えである。「レジリエンス」とは、「しなやかで折れにくい」といった意味があり、様々な環境変化があろうとも、いかにすればシステムを安定して機能させることができるという意味である。ここでの「エンジニアリング」の意味は、日本語の「工学」から連想される狭い意味ではなく、「創ること」、「工夫すること」というニュアンスを含んでいる。今までの安全であるとい

うことは、「事故が限りなく少ない」、「有害事象が少ない」と、一定期間を振り返った結果をもとにイメージされてきた。事故が発生すれば、その発生過程を遡及的に調査し、原因を明らかにして対策を講じれば、それだけで事故が減少すると信じてきたところがある。「レジリエンス・エンジニアリング」ではこのような従来からの安全への認識を Safety- I と呼び、逆に物事を正しい方向に向かわせることを保証する状況に注目する方法を Safety- II と呼んでいる。Safety- II の具体的行動として、①変動を予見する、②予見に基づく監視とモニタリング、③変動の早期発見と迅速な対応、④事後の反省とされている。

## クラウド技術

クラウドとは、一言でいうと「ユーザーがサーバーやストレージ、ネットワークやソフトウェアを持たなくても、インターネットを通じて、サービスを必要な時に必要な分だけ利用する考え方」のことで、クラウドは、クラウド・コンピューティングと呼ばれることもある。今までは、ハードウェアを購入したり、ソフトウェアをパソコンにインストールしたり、ソフトウェアのライセンスを購入しなければ、サービスが使えないことが一般的だったがクラウドの出現によりハードウェアを購入したり、ソフトウェアをインストールしなくても利用できるサービスがたくさん生まれた。後者の「ハードウェアを購入したり、ソフトウェアをインストールしなくても利用できるサービス」が、クラウドサービスと呼ばれているものである。

なぜクラウドと呼ばれているのかは諸説あるが、インターネット（雲）の向こう側のサービスを利用していることから、クラウド（cloud=雲）と呼ばれるようになったともいわれている。この他にも crowd（クラウド）と書いて、集約したシステムという意味でクラウドと呼ぶようになったともいわれている。

## ICT 技術

情報通信技術（information and communications technology、略称：ICT）とは、情報技術（IT）を拡張した用語であり、ユニファイド・コミュニケーションの役割を強調し、電話線やワイヤレス信号による通信とコンピュータ、そして主要な企業アプリケーション、ミドルウェア、ストレージ、視聴覚システムなどを統合し、ユーザが情報をアクセス、保存、送信、操作できるようにする技術である。

## ガンマナイフ

ガンマナイフとは放射線治療に用いられる治療装置のひとつで、1968年にスウェーデンで開発された。約200個の線源から発するガンマ線を用いて、虫眼鏡の焦点のように病巣部に集中的にビームを当てて治療する。このガンマ線は周囲の正常組織に影響を与えることはほとんどなく、集中的にビームが当たった箇所だけをナイフで切り取るように治療できる。小さな病変であれば開頭手術を行わずに治療やコントロ

ールができるため、低侵襲な点がメリットである。また、1泊2日から2泊3日と短期間のため治療を受けやすく、3~4個の腫瘍であれば、2時間以内の照射時間で治療できる点も特徴である。

## BNCT

中性子捕捉療法（Boron Neutron Capture Therapy）とは原子炉等から発生する中性子とそれに増感効果のあるほう素との反応を利用して、正常細胞にあまり損傷を与えず、腫瘍細胞のみを選択的に破壊する治療法である。現在は臨床研究の段階です。がん細胞と正常細胞が混在している悪性度の高い脳腫瘍をはじめとするがん特に効果的で生活の質（QOL）に優れている。

## 科学リテラシー

アメリカの国立教育統計センターによると、科学リテラシーとは「個人としての意思決定、市民的・文化的な問題への参与、経済の生産性向上に必要な、科学的概念・手法に対する知識と理解」であるとされる。また科学リテラシーのある人物とは、以下に挙げる能力を有するものとされている。①実験・推論の考え方および基本的な科学的事実とその意味を理解している。②日々体験する物事に対して好奇心をもって接し、疑問を見出し、問いかけ、答えを導くことができる。③自然現象を、表現あるいは説明、予測することができる。④マスメディアの発する情報を分別を持って読み取り、その帰結の妥当性を社交の場で話しあうことができる。⑤国や地域の意思決定に伴う科学的な問題を認識し、科学的・技術的に熟考した上で自らの見解を表現することができる。⑥情報源および研究手法に基づいて、科学的情報の質を評価することができる。⑥議論の場において、証拠に基づいた主張・評価を行い、そこから妥当な結論を導くことができる。

## アウトリーチ

アウトリーチ（Outreach）とは、英語で手を伸ばすことを意味する。福祉などの分野における地域社会への奉仕活動、公共機関の現場出張サービスなどの意味で多用される。科学技術分野におけるアウトリーチでは、研究者や研究機関が研究成果を国民に周知する活動をさす。政府から研究費の補助を受けた場合、その義務としてアウトリーチ活動が課される場合もある。国際会議や国際シンポジウム等を開いて、広く一般に成果を発表する場合や、研究論文を学会誌などに投稿して世に知らしめる場合なども、アウトリーチ活動であるといえる。また、同分野の専門家以外を対象とした、一般向けの成果発表会、普及講演、研究施設の一般公開などもアウトリーチ活動に含まれる。近年では、双方向性が重視されており、研究者からの一方的発信ではなく、一般社会からのフィードバックが必須とされる傾向にある。

