
論 文

原子力発電の環境負荷に関する研究

勝田 悟

- 1 はじめに
- 2 原子力発電の現況
 - (1) 核反応
 - (2) 原子力発電に関する規制
 - (3) 今後の計画
- 3 放射性物質の環境負荷
 - (1) 利用とリスク対処
 - (2) 環境中への拡散
 - (3) 環境法との関わり
- 4 まとめ

1 はじめに

福島第一原子力発電所の被災後、科学技術の安全性への信頼が揺らいでいる。特に生活に関わる事に関しては、一般公衆には理解が困難な高度な科学技術へのリスク評価に関する大きな不信感が、不安を高めていると言える。また、事前の法制度等の不備がクローズアップされている。自然科学と社会科学の乖離もこの背景としては大きく影響していると考えられる。当該事故原因が人災でならば対処可能であるが、天災ならば世界にある全ての原発が極めて高いリスクをもつこととなり、このような状態で研究開発を進め、実用化、普及と進めてしまった原子力発電所の存在自体を議論しなければならなくなる。

核エネルギーは、現存する自然に不可欠なエネルギーを作り出しており、

実際には極めて身近なものである。太陽をはじめ恒星によって宇宙空間で作
り出されているエネルギーのほとんどは、水素が核融合した際に発生したも
ので、原子核の融合によって放射された電磁波や粒子線などは宇宙を飛び回
っている⁽¹⁾。電磁波には、赤外線、可視光、紫外線、放射線（エックス線、ガ
ンマ線）、電波があり、粒子線には、アルファ線（ヘリウムの原子核：核融
合では水素の核融合でヘリウムが生成する）、ベータ線、陽子線（水素の原
子核）あり、電界や磁界で曲げられる性質がある。太陽表面で起きるちょっ
とした変化でもこれらエネルギーは、地球上に生息する人類に大きな影響を
与えている。フレアが起ると、太陽風（陽子と電子のプラズマ流が主）が
大きくなり、強いエックス線や紫外線も地球に到達する。この影響により、
地磁気を急激に変化させる磁気嵐や極地方でのオーロラが発生する。また、
超新星の爆発が発生源とされる宇宙線は、陽子線が約87%、アルファ線が約
12%の構成になっており、高速運動をしていることから高いエネルギーをも
っているが、電荷を帯びているため弱い磁場によって曲げられてしまう。地
球の磁場によっても容易に曲げられ、地球上では高度、緯度の位置で放射線
の到達の強さが異なっている（なお、フレアも宇宙線の原因の一つである）。

他方、地上における放射性物質による放射線の環境負荷には、気体の状態で自然界に存在するラドン（同位体は全てが放射能をもつ）によるものも大
きい。ラジウムの崩壊で発生することから、地下水や温泉などに含まれ、常
温常圧になると気化する⁽²⁾。

前述のように自然界でも放射線による汚染が常に発生しており、地域によ
ってその線量が異なっている。しかしこのような状況は、一般公衆にはあまり
知られておらず、オーロラ発生地である極地方などは、体外被曝のリスク
を回避するより、むしろ観光目的で訪れる人が多い。また、ラドン温泉では、
低放射線ホルミシス（低放射線を浴びることにより健康に寄与する効果があ
ること）が注目されている。放射性物質が含有された温泉水が健康を目的と

して飲まれてもおり、体内被曝のリスクがあっても自ら進んで摂取されている場合もある。

放射線に関しては、一般公衆にとってはハザードが漠然と知られているだけで、人体に障害を及ぼす曝露量は感覚的には全く不明なため、リスクの大きさに関して理解が極めて難しいといえる。すなわち、リスクが問題となった場合、ハザードと曝露、及びその関係がわからないことで、食品等に風評被害を生じてしまっている。

このような状況を踏まえ、本論文では、福島第一原子力発電所事故の分析を中心として、放射性物質の環境負荷について環境責任を検討した。

2 原子力発電の現況

(1) 核反応

地熱以外の自然エネルギーは、太陽で発生している核エネルギーによって作られているものである。この核反応では、有用なエネルギーを生成するが、リスクが極めて高く、全く不要な放射線をはじめとする電磁波も発生させてしまう。地球では、磁場やオゾン層によってそれらを遮断する自然のシステムが（偶然）備わっており、地上で生物が生息することが可能となっている。さらに生物へのリスクを大幅に減少させた地球に到達している太陽光は、光合成によってバイオマス（緑色植物）を生成し、気象変化をはじめ自然現象のエネルギー源ともなっている。したがって、人類の環境のほとんどを作っているといえる。

しかし、人工的に作られた核エネルギーは、爆弾のように巨大なエネルギーによる悲惨な破壊や放射線によるさまざまな生物へのダメージなど軍用としては、威力を発揮しているが、平和利用としてはリスクコントロールが未だ十分に行えない状態と言える。

わが国では、二度のオイルショック後に1980年に制定された「石油代替エ

エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律」で、原子力を新エネルギーとして定められ、将来を担う最も重要な石油代替エネルギーと位置づけられた。原子力発電は、国策のもとで研究開発、商業化が進められ、天然に存在するウランを濃縮⁽³⁾し、核反応を行う発電方法は、現在ではわが国の主要なエネルギー源となっている。しかし、発電後に生じる核廃棄物は、強い放射能をもち、冷却するだけで30～50年を要し、その後比較的风险が小さくなるまでに数万年もかかることが問題となっている。このため、未だに最終処分場が見つからない状態である。

また、化石燃料と同様に、ウラン235をこのまま使用し続けると、数十年で枯渇してしまう。これら状況から核廃棄物のリサイクル処理である、所謂核燃料サイクルが考え出されている。核廃棄物（使用済燃料）を再度燃料として使用できるようにするには、未反応ウランとプルトニウムを他の高レベル核廃棄物と分離する、再処理と呼ばれている高度な技術が必要となる。この分離・抽出されたプルトニウムを単体で燃料として使用することは、「核兵器の不拡散に関する条約（Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons：NPT、以下、核拡散防止条約とする）」に基づきできないためウランと混合し、混合酸化物燃料（Mixed Oxide Fuel：MOX、以下 MOX とする）として核燃料として再生されている。この燃料は、プルサーマル⁽⁴⁾、高速増殖炉⁽⁵⁾の燃料となる。

他方、原子力発電では、核反応を用いているため、発電が行える臨界状態になるまで時間がかかり（発電停止8時間後、再運転するまで約5日間を要する）、需要の変化に短時間で対応することはできない。また、発電を止める場合も、核反応を発生させている中性子を制御棒により吸収させていく必要があり、核反応が止まるまで長時間を要することとなる。したがって、需要のピークに合わせて迅速に発電量を増加させたり、夜間に停止するような調整は不可能である。電力需要が減少する夜間・早朝など巨大な安定した電

力が廃棄されることになる。⁽⁶⁾この無駄な電力を減少させる方法として夜間電力を安価に設定し、工場等の夜間操業、及び事業所、家庭等での夜間電力の貯蔵（蓄電池に貯蔵、熱湯または氷などを生成し熱〔冷熱を含む〕エネルギーとして貯蔵）などを行い経済的誘導によって消費効率を向上させている。今後普及が期待されているプラグインによるハイブリット自動車や電気自動車のエネルギー供給源としてこの夜間電力が期待されている。

さらに、東京電力等夜間に莫大な電力が無駄となっている管内では、この電力を揚水発電における位置エネルギーの供給源としても使用されている。水力にエネルギーを転換させることで、発電量の調整が可能となりピーク時の電力需要に対応できるようにしている。揚水発電は起動するまで約3～5分と短時間であるため、迅速な運転が始められない原子力発電の弱点を補っていると言える。⁽⁷⁾また、揚水を人工のエネルギーで賄っていることからエネルギー効率は非常に悪いが、捨てられてしまう電力を使用することで無駄を減少させる効果がある。しかし、東日本大震災による津波によって、東京電力福島第一原子力発電所、東北電力女川原子力発電所が被災したことで発電が停止し、その後も原子力発電所のリスクに対処のために定期検査などで原子炉48基が停止している（2012年1月現在）。この影響で揚水発電への原子力発電からの電力供給が急激に減少し、消費電力のピーク時の電力不足が懸念されている。この対策として火力発電所からの電力供給が行われているが、エネルギー効率はさらに悪化する。

別途、NaS 電池（sodium-sulfur battery：ナトリウム・イオウ電池）による電力の貯蔵も開発されている。比較的小型で大量の電力貯蔵が可能であるため、今後の実用化・普及が期待されている。原子力発電代替として検討されている風力発電や太陽光発電なども需要に合わせた発電ができないデメリットがあり、これらの電力貯蔵用としても注目されている。

福島第一原子力発電所の事故のように、核施設では放射性物質の大きなハ

ザードを有している。前述の通り核反応は、一度反応が発生すると容易に止めることができないため、事故で放射線が放出されたり、励起した放射性同位体（放射性物質）が環境中に飛散すると何らかの方法で遮断できない限りリスク（曝露の拡大）は増加していくこととなる。また、他の有害物質のように化学反応を利用して、物質そのもののハザードを下げることは不可能である。福島第一発電所事故では、周辺地域等の環境リスク低下の方法として除洗など物理的に放射性物質を取り除くことが中心に行われているが、放射性物質が減少しているわけではなく回収し拡散を防いでいるのみで、セシウム等放射性同位体は半減期が30年でその後も数万年放射線を出し続ける。

（２）原子力発電に関する規制

ア．電力供給

わが国の電力供給は、各電力会社が立地する地域ごとに各社のほとんど独占状態で発電及び送電が行われている。1995年に改正された電気事業法では、発電市場の自由化を目的として、新規の電力事業者の参入ができるようになり、2000年からは大口需要者への小売りが可能になったが、従来の電力各社が送電事業も同時に行っているため、新規参入は僅かにとどまっている。ただし、電力料金の値下げ効果はあった。また、送電される電流の周波数は、静岡県富士川から新潟県糸魚川市を境に東日本の電気周波数は50Hz、西日本は60Hzである。このことがわが国の西と東で作られた電気の連結を難しくしている。さらにわが国は他国との送電の連結がないため、自国内だけで電力供給源を確保しなければならない。さらに各電力会社毎の管轄がほぼ明確に区分けされているため、他国に比べ需用者の電源（発電の種類）及び電力会社の選択は基本的に自由となっていない（電源の選択は政府の政策によってほぼ定められている：一次エネルギーがほとんどないわが国にとって発電燃料を分散させる「ベストミックス」方針を進めている）。2011年夏期に

原子力発電所の停止によって電力不足が発生した際には、電力会社間において電力の融通が僅かに行われたが、政府より大口電力消費者（500kW 以上の契約者）向けにピーク時に15%の節電の要請をしなければ需要に対応しきれなかった。当該要請は、電力事業法第27条に基づいて実施されている。⁽⁸⁾

イ. リスク管理システム

原子力発電を規制する法律は、「原子力基本法」に基づき体系化されており、研究開発・利用、及び将来のエネルギー源確保などが定められている。研究開発は、文部科学省の研究機関によって実施されている。安全管理は内閣府に設置されている原子力安全委員会が、原子力基本法第5条第2項に基づいて「原子力安全委員会は、原子力の研究、開発及び利用に関する事項のうち、安全の確保に関する事項について企画し、審議し、及び決定」を実施している。当該委員会では、原子力発電のリスク対処に関するさまざまなガイドラインを公表しており、放射性物質のモニタリング⁽⁹⁾に関しても規定している。研究開発、実用化（パイロットプラント等による実証試験）段階以後は、経済産業省の管轄となり、電力会社が商業炉を運転していくこととなる。経済産業省では、原子力安全・保安院が担当部門となっており、「原子力に係る製錬、加工、貯蔵、再処理及び廃棄の事業並びに発電用原子力施設に関する規制その他これらの事業及び施設に関する安全の確保、及びエネルギーとしての利用に関する原子力の安全の確保」（経済産業省設置法4条及び20条）などを行っている。下部組織として全国に産業保安監督部が9ヵ所、原子力保安検査官事務所が21ヵ所あり、別途技術・検査等で支援する機関として（独）原子力安全保安機構が設立されている。政府は、原子力安全委員会及び原子力安全・保安院で原子力に関するリスクのダブルチェックを実施しているとしてしているが、福島第一原子力発電所事故の原因の一つとされる二次電源の設置規程違反など、商業炉の運転において原子力安全委員会が作成したガイドラインを十分理解しているとは思われない。また原子力発電所

が立地する都道府県及び市町村にも専門部門が設置されており、複雑な行政組織となっている。

ウ. 事故対応

災害対処に関しては、「原子力災害特別措置法」、「原子力損害賠償法」がある。福島第一原子力発電所事故のように放射性廃棄物が農作物、畜産物、水産物に関わる食品を汚染した場合、「原子力災害対策特別措置法」に基づき厚生労働省の食品安全委員会が検討し、食品衛生法（第6条）による出荷制限、摂取制限が発せられる。2011年6月27日に発せられた出荷・摂取制限では、野菜類（ホウレンソウ、コマツナ、カキナ、キャベツ、ブロッコリー、カリフラワー、パセリ、セルリー、カブ、原木しいたけ、たけのこ、くさそてつなど）、水産物（イカナゴ、ヤマメ、ウグイ、アユ）、原乳、その他（茶）について、期間と地域が示されて公表されている（図1参照 福島県のみ）。水産物に関しては、河川の魚のみが規制制限となっており、海産物に関しては指定されていない。海産物に関しては、モニタリング地域が極めて大きい容積（海洋）であるため、曝露に関する技術的根拠を明確にすることが困難であるためと考えられる。放射性物質の大気中での挙動、及び海洋中の挙動を測定する地点は限られているため、狭い範囲の変化に関しては不明な部分が多い。いわゆるホットスポット（放射線量が異常に高い区域）における多量の曝露による高リスク地点を特定することは難しいだろう。特に、当該事故は、津波によるものであることから、発電所内に貯蔵されていた高レベル及び低レベル廃棄物の多くが海洋に流れ出ていることが予想され、今後は多くの測定及び挙動調査、シミュレーション研究が必要だろう。事故があった沸騰水型原子炉（Boiling Water Reactor：BWR）は放射性管理区域が復水器、タービン等広範囲にわたるため、放出（漏出）箇所が複数存在し、多くの箇所での情報分析が不可欠である。

また、「原子力損害の賠償に関する法律」第3条では、「原子炉の運転等の

際、当該原子炉の運転等により原子力損害を与えたときは、当該原子炉の運転等に係る原子力事業者がその損害を賠償する責めに任ずる。ただし、その損害が異常に巨大な天災地変又は社会的動乱によつて生じたものであるときは、この限りでない。」と定めており、この災害が、原子力事業者いわゆる電力事業者（原子力発電のみを行う専門事業者を含む）が、原子炉の運転等によって発生した災害で与えた損害について責任を負うことを定めている。「運転等」の範囲については明確に示されていないため曖昧な表現と言える。「異常に巨大な天災地変に相当するか否か」の「異常」の解釈も難解である。賠償内容については、第6条、第7条で定められており、「・・・原子力損害賠償責任保険契約及び原子力損害賠償補償契約の締結若しくは供託であつて、その措置により、一工場若しくは一事業所当たり若しくは一原子力船当たり千二百億円を原子力損害の賠償に充てることができるもの・・・」となっており、原子力発電所の事故による被害評価を事前に行った賠償額とは考えられない。さらに、国による措置は第3条及び第16条に基づき「政府は、原子力損害が生じた場合において、損害を賠償する責めに任ずべき額が賠償措置額をこえ、かつ、この法律の目的を達成するため必要があると認めるときは、原子力事業者に対し、原子力事業者が損害を賠償するために必要な援助を行なうものとする」と定めている。原子力発電所の普及は、米国がインシアティブをもって進められた戦略、及び政府のエネルギー政策によって、安全保障も含めて計画されているものである。政治的な影響も大きく受けている。したがって、原子力災害被害に関して、必要な援助（税金による対処等）が行われていくことは必須であると考えられる。

エ. 原子炉立地及び核物質管理

使用済燃料、再処理に関する許認可は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（以下、原子炉等規制法とする）で多くが定められている。規制は、原子力発電所に酸化ウランなど燃料等を供給する企業へ

図1 原子力災害対策特別措置法に基づく食品に関する出荷制限等（福島県）
（2011年6月27日現在）

		福島県	
		出荷制限	摂取制限
原乳		3/21～：（3市14町9村 ^{※1} ）	—
野菜類	非結球性葉菜類 （ホウレンソウ、コマツナ等）	3/23～：（2市7町3村 ^{※2} ） （ホウレンソウ、カキナは3/21～）	3/23～：（2市7町3村 ^{※2} ）
	結球性葉菜類 （キャベツ等）		
	アブラナ科の花蕾類 （ブロッコリー、カリフラワー等）		
	カブ	—	—
	原木しいたけ （露地）	4/13～：（4市7町3村 ^{※3} ） 4/18～：（福島市） 4/25～：（本宮市）	4/13～：（飯館村）
	たけのこ	5/9～：（2市1町 ^{※4} ） 5/13～：（2市2町1村 ^{※5} ）	—
	くさそてつ（こごみ）	5/9～：（福島市、桑折町）	—
水産物	ウメ	6/2～：（福島市、伊達市、桑折町） 6/6～：（相馬市、南相馬市）	—
	イカナゴの稚魚	4/20～：（全域）	4/20～：（全域）
	ヤマメ（養殖を除く。）	6/6～：（秋元湖、檜原湖及び小野川湖並びにこれらの湖に流入する河川、長瀬川（酸川との合流点から上流の部分に限る。）、福島県内の阿武隈川（支流を含む。）、及び真野川） 6/17～：（真野川（支流を含む。））	—
	ウグイ	6/17～：（真野川（支流を含む。）） 6/27～：（阿武隈川のうち信夫ダムの下流（支流を含む。））	—
	アユ（養殖を除く。）	6/27～：（阿武隈川のうち信夫ダムの下流（支流を含む。）、真野川（支流を含む。）、新田川（支流を含む。））	—

- ※1 会津若松市、田村市（東京電力株式会社福島第一原子力発電所から半径20キロメートル圏内の区域）、南相馬市（東京電力株式会社福島第一原子力発電所から半径20キロメートル圏内の区域並びに原町区高倉字助常、原町区高倉字吹屋峠、原町区高倉字七曲、原町区高倉字森、原町区高倉字枯木森、原町区馬場字五台山、原町区馬場字横川、原町区馬場字葉師岳、原町区片倉字行津及び原町区大原字和田城の区域。）、桑折町、川俣町（山木屋の区域に限る。）、天栄村、檜枝岐村、只見町、北塩原村、西会津町、会津坂下町、湯川村、柳津町、金山町、昭和村、棚倉町、玉川村、広野町、檜葉町、富岡町、川内村（東京電力株式会社福島第一原子力発電所から半径20キロメートル圏内の区域）、大熊町、双葉町、浪江町、葛尾村、飯館村
- ※2 田村市（東京電力株式会社福島第一原子力発電所から半径20キロメートル圏内の区域に限る。）、南相馬市（東京電力株式会社福島第一原子力発電所から半径20キロメートル圏内の区域並びに原町区高倉字助常、原町区高倉字吹屋峠、原町区高倉字七曲、原町区高倉字森、原町区高倉字枯木森、原町区馬場字五台山、原町区馬場字横川、原町区馬場字葉師岳、原町区片倉字行津及び原町区大原字和田城の区域に限る。）、川俣町（山木屋の区域に限る。）、広野町、檜葉町、富岡町、大熊町、双葉町、浪江町、川内村、葛尾村及び飯館村
- ※3 伊達市、相馬市、南相馬市、田村市（東京電力株式会社福島第一原子力発電所から半径20キロメートル圏内の区域に限る。）、川俣町、浪江町、双葉町、大熊町、富岡町、檜葉町、広野町、飯館村、葛尾村及び川内村（東京電力株式会社福島第一原子力発電所から半径20キロメートル圏内の区域に限る。）
- ※4 伊達市、相馬市、三春町
- ※5 南相馬市、本宮市、桑折町、川俣町、西郷村

出典：厚生労働省食品安全委員会2011年6月27日発表資料より福島県部分のみ抽出

も適用されている。当該法の目的は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の利用が平和の目的に限られ、かつ、これらの利用が計画的に行われることを確保するとともに、これらによる災害を防止し、及び核燃料物質を防護して、公共の安全を図るために、製錬、加工、貯蔵、再処理及び廃棄の事業並びに原子炉の設置及び運転等に関する必要な規制等を行うほか、原子力の研究、開発及び利用に関する条約その他の国際約束を実施するために、国際規制物資の使用等に関する必要な規制等を行うこと」と定められており、原子力の国際的な平和利用の観点を前提とした核物質のリスク管理を意図している。

2012年1月現在でわが国には、商業用原子炉が54基あり、運転開始から30年を超えた炉は21基ある。また、40年を超えている炉も、東京電力福島第一原子力発電所1号機（事故で被災）、日本原子力発電敦賀原子力発電所1号機、関西電力美浜原子力発電所1号機の3基がある。原子炉等規制法では、運転から10年ごとに安全性を評価し運転延長を行ってきた。しかし、2012年1月7日に政府は、40年を超える原子炉については廃炉にする方針を発表している。ただし、施設の高経年化評価と技術的能力を審査し、安全性が確認できれば例外的に運転延長を認めている（運転猶与期間も検討されている）。この他の原子炉についても常に最新の安全技術や知識を反映させるよう事業者には義務づけ、違反した場合は、運転の停止命令を出すとしている。これまで事故の対応は、政府のガイドラインに基づく電力事業者の自主的な基準や対策に任されていたが、法規制による強化を進めていく予定で、電源の複数確保や、格納容器の排気（ベント）システムの改善などがあげられている。さらに電気事業法の安全規制を核燃料等規制法に一本化し、環境省の傘下に2012年4月に新たに設置される「原子力安全庁（仮称）」に原子力規制を一元化した権限を持たせることを示している。ただし、2012年1月現在48基の原子炉が定期検査等で停止しており、地元都道府県や不安な住民の運転反対

などがある状況は変わっていない。今回の原子力発電に関するリスク対応も以前と同じく政府の指定した専門家による審査によって対処されていくことになっており、政府及び電力事業者のみで判断している。原子力発電の立地や導入に関するリスクコミュニケーションについては全く進展がなく、政府の基本的な姿勢は変わっていない。国民やステークホルダーは、事前評価には参加できないのが現状である。

また、使用済燃料の再処理後に残存する固体廃棄物の最終処分については「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」があるが、処分場の選定など現状ではほとんど進展がない。本法では、経済産業大臣が、5年ごとに10年を一期とする特定放射性廃棄物の最終処分に関する「最終処分計画」を定め、これを公表することとなっている。処分の主体は、原子力発電環境整備機構と定められている。放射性物質は、放射能を失うまでに数万年を要するため保管方法等リスク対策は非常に難しい。また当該法には、具体的な環境リスク対策の規定が示されていないため、追加検討するべき事柄が複数存在している。

オ．原子力発電所の立地

原子力発電は巨大なエネルギーを得ることができるため、人口密度が高く膨大なエネルギーを必要としているわが国にとっては重要な電源である。原子力発電所を運転するには、原子炉（軽水炉）を冷却するために大量の水が必要のため海や大河の近くへの立地が必要であり、大量の安定した水量をもつ川がないわが国では海からの水を利用することになる。その他、自然等のリスクに対処するために地盤が安定した場所など複数の要件が必要である。首都圏など人口が集中している場所でこれら立地要件が揃うところがなく、通常、原子力発電所は、都会から離れた地方に作られている。この結果、前述の通り需用者が電力会社及び電源の選択はできないため、政府の方針に基づいた方法での発電所立地等電力供給が計画されている。ゆえに、高いハザ

ードを持つ原子力発電所が政府の政治的な判断と自治体との間での合意のもとで進められている。ただし、環境影響審査法によって、発電所の立地に関しては、事業者が主体となって影響項目などを抽出するスコーピング等が行われ事前評価が行われている。しかしながら事業アセスメントを行っているわが国にとっては、計画段階での中止はなく、影響評価に基づく対処も住民（縦覧の義務有り）、自治体、管轄省庁の意見等を参考にして、基本的には事業者自身に変更内容を定めている。したがって、地方自治体で新規に立地を受諾した場合（立地や建設のための首長の許可等）、住民の意思は参考意見としては取り入れられるが、中止を望んでも現在は不可能である。

ただし、新潟県に柏崎刈羽原子力発電所を立地する際に、政府（当時 田中角栄内閣）は、発電所の立地周辺での高いハザードポテンシャルとそのハザードに対する不安感（平穩無事に過ごす権利の喪失）がある周辺自治体住民への配慮が議論された。その結果、（原子力施設だけではなく）発電用施設の立地促進を目的として、電源立地のメリットを地元に還元する（発電用施設周辺の公共施設整備を促進・地域住民の福祉の向上）するために電源三法が、1974年に制定された。利益還元は、対象地域へ交付金の形で配分され、地域の活性化等に使用されている。この財源は、電力会社から販売電力量に応じ税を徴収し、これを歳入とする特別会計を設け、この特別会計からの交付金等で発電所立地地域の基盤整備や産業振興を図っている。この三法は、電源開発促進税法（1000kWhにつき375円の税率で徴収）、特別会計に関する法律（一般会計より各種交付金を規定）、発電用施設周辺地域整備法（電源立地地域振興対策交付金等を規定）であり、原子力発電所立地に大きく寄与している。この他、2001年4月からは原子力発電立地促進のために「原子力発電施設等立地地域の振興に関する特別措置法」が10年間の時限立法で施行されている。福島第一原子力発電所の事故によって、原子力発電所のハザードポテンシャルが極めて広い範囲にあったことがことが明らかとなってお

り、利益還元対象の検討が不十分であったと言える。また、原子力発電による安定した電力供給のサービスを得ていた遠く離れた地に住む需用者にとっては、利益を得ていたという意識はあまりない。対して、いったん事故が発生し負の影響である放射性物質の汚染が自身におよぶことになると当然注目し、放射能に関する科学的知識不足から農作物等に関する風評被害も発生してしまっている。

（３）今後の計画

ア．エネルギー基本計画

わが国のエネルギー政策は、以前は経済産業省内の「総合エネルギー調査会」で審議され、進められていたが、2002年に「エネルギー政策基本法」が制定されたことから閣議決定で定められるようになった。政策の基本となる「エネルギー基本計画」も、経済産業大臣が、関係行政機関の長及び、「総合資源エネルギー調査会」の意見を聴き、計画案を作成し、閣議で決定されることとなっている（第12条3項）。この閣議の決定があったときは、経済産業大臣が、エネルギー基本計画を、速やかに、国会に報告するとともに、公表しなければならないとなっている（第12条4項）。

本政策法の目的（第1条）は、「エネルギーの需給に関する施策に関し、基本方針を定め、並びに国及び地方公共団体の責務等を明らかにするとともに、エネルギーの需給に関する施策の基本となる事項を定めることにより、エネルギーの需給に関する施策を長期的、総合的かつ計画的に推進し、もって地域及び地球の環境の保全に寄与するとともに我が国及び世界の経済社会の持続的な発展に貢献すること」となっており、エネルギーの需給の誘導などに関する施策の基本を定めている。ただし、供給の誘導に関する施策についての規定は定められていない。基本的な方針は、「安定供給の確保」（第2条）、「環境への適合」（第3条）、「市場原理の活用」（第4条）の面からのア

アプローチを行っている。

「市場原理の活用」では、前述のエネルギー市場の自由化等のエネルギーの需給に関する経済構造改革についてふれており、「事業者の自主性及び創造性が十分に発揮され、エネルギー需要者の利益が十分に確保されることを旨として、規制緩和等の施策が推進されなければならない」と述べられている。「エネルギー基本計画」については、エネルギーの需給に関する施策の長期的、総合的かつ計画的な推進を図るため、エネルギーの需給に関する事項について政府が基本的な計画を定めなければならないことが定められている（第12条1項、⁽¹⁰⁾2項）。

現在（2012年1月現在）、2010年6月に作成された「エネルギー基本計画」のもとでエネルギー政策が進められているが、福島第一原子力発電所事故がきっかけとなって現計画は「総合資源エネルギー調査会」による見直しが予定されている。現在の計画で進められている基本的な内容は以下の通りである。

①基本的視点

エネルギー政策の基本である3E（エネルギーセキュリティ、温暖化対策、効率的な供給）に加え、当該計画からエネルギーを基軸とした経済成長の実現と、エネルギー産業構造改革を新たに追加

②2030年に向けた目標

- i. エネルギー自給率及び化石燃料の自主開発比率を倍増、自主エネルギー比率を現状の38%から70%程度まで向上
- ii. ゼロ・エミッション電源比率を現状の34%から約70%に引き上げ
- iii. 「暮らし」（家庭部門）のCO₂を半減
- iv. 産業部門での世界最高のエネルギー利用効率の維持・強化
- v. わが国企業群のエネルギー製品等が国際市場でトップシェア獲得

③目標実現のための取組 資源確保・安定供給強化への総合的取組

- ・ 自立的かつ環境調和的なエネルギー供給構造の実現
- ・ 低炭素型成長を可能とするエネルギー需要構造の実現
- ・ 新たなエネルギー社会の実現
- ・ 革新的なエネルギー技術の開発・普及拡大
- ・ エネルギー・環境分野における国際展開の推進
- ・ エネルギー国際協力の強化
エネルギー産業構造の改革に向けて
- ・ 国民との相互理解の促進と人材の育成
- ・ 地方公共団体、事業者、非営利組織の役割分担、国民の努力等

以上のように、地球温暖化対策、経済活性化に関する方策が多い。原子力発電については、地球温暖化対策にも有効な方法であることから、2030年までに国内総発電量に占める割合を53%にまで高めることも示されている。しかし、2011年10月の「総合資源エネルギー調査会基本問題委員会」では、わが国の原子力発電の依存度を可能な限り引き下げるとの提案がなされている。エネルギー基本計画の見直しは2012年夏期をめどに実施される予定である。福島第一原子力発電所事故による環境への負荷の状況（大気、土壌、河川・海洋）が十分解明されていないことから、汚染の定量的な分析による科学的な知見に基づく方針作成は期待できない。また、社会的、経済的及び政治的な複雑な影響が極めて大きいため、議論の過程、決定事項及びその根拠に関しては情報公開を十分に行っていくことが望まれる。さらに、政府指定の専門家のみでの検討ではなく、一般公衆の意見を公平に取り入れたリスクコミュニケーションを行った、広い視点での検討を期待したい。

伊方発電所原子炉設置許可処分取消請求事件（最高裁平成4年10月29日第一小法廷判決、民集46巻7号1174頁，判時1441号37頁，判タ804号51頁）では、原子炉設置取り消しを請求した住民に対し、裁判所の判断は、原子炉等規制法第23条に基づく設置許可審査について、「原子力の開発及び利用の計画と

の適合性や原子炉施設の安全性に関する極めて高度な専門技術的判断を伴うもの」であり許可の判断は妥当であるとして、上告を棄却している。高度な技術の問題に関しては、専門家のみで判断することを肯定したものである。しかし、原子力発電所のようにさまざまな技術の集合体であるものは、非常に多くの専門家がかかわっており、容易にリスク分析はできない。専門とされる技術の範囲を詳細に審査すべきであり、説明不足であると解される。

イ．原子力政策大綱

原子力発電に関する供給サイドのガイドラインとして、内閣府の審議会である原子力委員会（2001年から）で検討された「原子力政策大綱」が閣議決定として発表されている。現在の原子力政策大綱は、2005年10月に作成されたもので、発表後10年程度の原子力の基本方針が示されており、原子力発電の電力供給で非常に重要な核燃料サイクルについて次のような積極的な取り組みが述べられている。

①原子力発電を基幹電源と位置づけ

原子力発電は、地球温暖化とエネルギー安定供給に貢献しており、基幹電源として位置づけて、着実に推進していく。

②核燃料サイクルを確立

使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用することを基本とする。

③プルサーマルの推進

使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用するという基本方針をふまえ、当面、プルサーマルを着実に推進する。

※わが国のプルサーマルについては、当該大綱以降、次のように進められている。

2005年10月 原子力政策大綱で閣議決定

2007年3月 エネルギー基本計画で閣議決定

2009年6月～ 日本全体で10～18基の原子炉でプルサーマルを実施

④高速増殖炉を2050年頃から導入

高速増殖炉は、ウラン需要の動向や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。

政府は原子力発電をわが国の基幹電源と位置づけた上で、核燃料サイクルを進めていくことで将来の重要なエネルギー源を確保する計画を進めており、2010年11月から新たに設けられた「原子力政策大綱会議」でもその考え方が受け継がれていた。しかし、2011年3月の福島第一原子力発電所事故によって検討を中断し、事故の状況を踏まえて、2011年8月より審議を再開させている。前述の通り事故の原因究明も未だ十分ではなく、東京電力から公表される情報も限定されているため、拙速な検討は避けるべきであろう。原子力発電所の停止による電力不足の早期の解決を目指して、中部電力浜岡原子力発電所をはじめ既に新たな事故対処を公表している電力会社もあるが、最低限の対処に関しては正確な情報に基づいた国レベルでのガイドラインが必要である。

3 放射性物質の環境負荷

(1) 利用とリスク対処

わが国では現在(2012年1月)環境法によって放射性物質による環境汚染は規制されていない。ただし、放射性同位体 (^{13}C , ^{14}C , ^3H など) は、生物や化学実験等で特定の元素の挙動を確認するためにトレーサーとして利用されたり、工業用非破壊検査でγ線などを用いる透過試験やコンピュータ断層撮影法 (Computerized Tomography Scan: 以下、CT スキャンとする) でも用いられている。なお、医学では放射線そのものを使用しており、エッ

クス線を用いたレントゲン検査やCT スキャンなどがある（近年では、放射線を使用しない核磁気共鳴画像診断法 [Magnetic Resonance Imaging : MRI] なども普及している）。

これら作業は、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」で規制され、詳細は「放射線障害の防止に関する法律施行令」及び「放射線障害の防止に関する法律施行規則」で定められ、放射性同位体や放射線を使用している事業所外の一般公衆に関してもリスク対策が定められている。また、事業場内の労働者の安全に関しては、「労働安全衛生法」の特別法である「電離放射線障害防止規則」⁽¹¹⁾によって規制されている。なお、当該規則では、高電圧による放電管で発生させるエックス線（比較的波長が長い放射線）についても規制の対象としている。他方、運搬車両についても「放射性同位元素等車両運搬規則」が定められており、また、エネルギー製造を目的とする原子力発電以外で放射線が発生（実際には利用）する場所についても、ICRP（International Commission on Radiological Protection：国際放射線防護委員会）⁽¹²⁾⁽¹³⁾の勧告に基づいた法令が施行されている。

（２）環境中への拡散

人為的に生成された放射性同位体が、環境中に大量に放出された最初の事件は、1945年に米国によってわが国に投下された原子爆弾（広島：ウラン235使用、長崎：プルトニウム239使用 [放射能はウラン235型の約2倍]）であり、甚大な被害が生じている。

核爆弾の爆発では、巨大な熱の放出、強力な衝撃波が発生し、10km以上に達するきのこ雲ができ、広範囲に死の灰と言われる放射性降下物が降り注がれることとなる。原子爆弾は、核物質の濃度を遠心分離等によって約93%まで濃縮しており、原子力発電所で使用される核燃料（ウラン235）の約3～5%と比較すると極端に高い濃度である。

その後、米国では核融合を用いた水素爆弾の実験も始められ、1954年にミクロネシア、マーシャル諸島のビキニ環礁で実施された爆発実験では、近くの海域で操業していた日本の漁船700隻近くが死の灰をあびている。約140～160km離れた海域にいたマグロ漁船の第五福竜丸の乗務員全員が致死量に相当する被爆をし、死亡者も発生している（同じ海域で1958年までにその後2回実験を行っている）。水素同位体の核融合反応を用いる核爆弾の発するエネルギーは、0.5kgでTNT（Trinitrotoluene：2,4,6-トリニトロトルエン）爆薬の約29,000トンにもなる。このエネルギー発生は、同じ量のウラン235の約3倍に相当する。さらに、核爆弾の最初に発生する放射線の中でも中性子の放射を大きくした中性子爆弾（爆風、熱線の効果が小さい水素爆弾）も開発されている。

原子力発電所の大きな事故として、1979年に米国・ペンシルバニア州ゴールズボローにあるスリーマイル島原子力発電所二号炉で発生した冷却材系統の事故（以下、TMI事故とする⁽¹⁴⁾）、及び1986年に旧ソ連ウクライナのチェルノブイリ原子力発電所で発生した実験運転中の誤動作で発生した爆発事故がある（以下、チェルノブイリ原発事故とする⁽¹⁵⁾）。TMI事故では、周辺の乳牛への汚染などが調べられたが、放射性物質汚染は確認されなかった。しかし、原子力発電所の運転に関して世界中に不信感が高まった。チェルノブイリ原発事故では、広島型原爆の500倍の放射性物質汚染を引き起こしたとされており、ウクライナ、ベラルーシ、ロシアで500万人以上が被曝し、100万人以上が移住、食品への放射性物質の混入や放射性物質の飛散など引き起こしたとされている。ただし、この事故については、旧ソ連政府から正式な情報の公開はほとんどされていないため、詳細については、さまざまな情報が交錯している。この事故について詳細な情報が公開されていた場合、現在、原子力発電所事故による放射性物質汚染について多くの知見があったと考えられ、環境リスク対処方法も進んでいたと予想される。福島第一原子力発電所の事

故については、多くの正確な情報に基づいた環境リスク解析が行われることを願いたい。今後も原子力発電所事故による環境リスクは存在しているため、多くの事前対策がリスク回避向上のためにも必要である。

商業用の原子力発電所の事故は、国際原子力事象評価尺度（International Nuclear Event Scale：INES）によって8段階（「安全上重要ではない事象レベル」0からチェルノブイリ事故、福島第一原子力発電所事故に相当する「重大な事故レベル」7までの8段階）に評価されている。わが国では、トラブルが発生すると「総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会 INES 評価小委員会」により評価され、経済産業省から公表されるシステムとなっている。ただし、経済産業省では独自に事故の評価尺度を定めており、「安全上重要でない事象レベル」を0、「異常な事象」をレベル1～3、「事故」をレベル4～7としている。事故時は、最初に「安全確保と応急措置」が行われ、地方自治体と経済産業省の関係部門への通報連絡が行われることとなっている。その後、報道機関への発表が行われ、原子力安全委員会への報告と対応が進められる。行政管轄が異なっているといっても内閣府の原子力安全委員会への報告が遅いと考えられ、原子力安全・保安院とのダブルチェックとしている政府の方針にも準じていない。

他方、わが国における放射性物質が環境中に放出された汚染として、1981年に原子力発電所から放射能物質が敦賀湾に漏出（1立方メートルの汚染水[3700万ベクレル以上：数10m キューリー]の廃液が誤って海に放出）した事件がある（事件敦賀原発風評事件：名古屋高裁金沢支部平成元年5月17日判決、判時1322号99頁、判タ705号108頁）。当時の科学技術庁が行った、ホンダワラ、ムラサキイガイ、ナマコ、サザエ等の調査では人体に影響なしと結果が報告されたが、漁業への風評被害が大きく、この地域の漁業関係者に補償金が支払われている。放射性物質の汚染については、科学的知見が極めて少なく、リスク解析を進めなければ、無意味な風評被害は容易に発生して

しまうことが懸念される。

（３）環境法との関わり

ア．現環境法と核の平和利用

放射性物質の環境汚染等については、環境基本法第13条で「放射性物質による大気汚染、水質汚濁及び土壌汚染の防止のための措置については、原子力基本法その他の関係法律で定めるところによる。」と定められており、廃棄物の処理及び清掃に関する法律 第2条1項でも「放射性物質及びこれによつて汚染された物を除く。」と規定されている。したがって、現状では放射性物質の環境汚染等については環境法の対象ではない。ただし、前述の通り、原子力発電立地等に関する許認可を定めている「原子炉等規制法」が環境法として扱われることが予定されており、新たに定められることが予想される環境保全のための規制が注目される。また、環境影響評価法においてもさまざまな視点から議論し、中止も検討項目に含まれる計画アセスメントが進められることも必要である。戦略アセスメントが実施される場合でも、エネルギー政策及び経済政策面にあまり強く影響されない議論になることを願いたい。

原子力エネルギーは、そもそもは軍事利用で開発が進められ、原子爆弾はウラン235及びプルトニウム239の核分裂によって実施されている。第二次世界大戦中に米国、ドイツ及び日本などでも開発が進められている。当該戦争が終了した後も米国は1946年7月に太平洋ビキニ環礁で海中での爆発実験を行い、旧ソ連、フランス、英国など各国も核爆弾の研究開発を進めている。1952年に強力な核兵器である水素爆弾（水爆：核融合によるエネルギーの放出）の実験に米国が成功し、続いて1953年旧ソ連の水素爆弾実験に成功したことで、国際的な冷戦の緊張が急激に高まった。このような状況の中、米国のアイゼンハワー大統領が同1953年12月に国際連合総会で、“Atoms for

Peace” を提唱し、1953年に IAEA（International Atomic Energy Agency：国際原子力機関）憲章が関連主要18ヵ国の批准で発効している。そして1957年に IAEA が国際機関として設立され、第一回総会が行われている。国際的にナイーブな問題であったため、憲章発効後第一回総会までに4年も要している。IAEA 憲章の目的は、「全世界の平和、保健および繁栄に対する原子力の貢献を促進し、増大するよう努力すること」となっているが、世界各国が十分に理解しているとは思われず、原子力発電で生成される核兵器の原料となるプルトニウム等は嚴重に IAEA に監視されている。なお、わが国は、1955年に日米原子力研究協定、1958年に日米原子力協定を締結している。

イ. 原子力の軍事利用回避

その後、原子力の平和利用とは相反して、1960年にフランスが核実験成功し、1964年に中国も核実験成功している。核爆弾保有国は拡大し、世界に存在する核爆弾の数も急激に増加していく。その結果、核爆弾による戦争が勃発すると世界が破滅する危機に至るに達してしまった。これに対処するために NPT（nonproliferation treaty：核兵器の不拡散に関する条約）が、1970年に発効（当初フランス、中国は不参加）する。核爆弾は、環境を壊滅させるエネルギーを持ち、最悪な環境負荷を与える性質を持っており、世界に核爆弾が拡散されていくことを防止することは極めて重要である。しかし、NPT では、国際連合の安全保障理事国である米国、ロシア、英国、フランス、中華人民共和国の5ヵ国について核兵器の保有を認めており、これら国々は核の平和利用と軍事利用を表裏一体で進めることになる。さらに、インド、パキスタンなどは事実上核爆弾保有国となっており、国際的な原子力の平和利用への理解はまだほど遠いのが現状である。このような国際状況の中、日本の核エネルギー開発は、IAEA 憲章の意志を受けて、原子力発電による電力供給源として平和利用を推進しているといえる。⁽¹⁶⁾ただし、青森県六

ヶ所村の核廃棄物の再処理施設では、プルトニウムの濃縮等を行っているため核爆弾製造防止等の監視のために IAEA のチームが常駐している。原子力に関する行政対応は、安全保障にも深く関わっており、今後環境行政、環境法との関わりを深めていく上で平和利用のあり方も含めて再度原子力の利用を検討し直すことも必要だろう。

ウ．原子力発電の代替と推進

既にわが国において原子力発電は、安定したエネルギー供給源となっているが、もしリスク対処が不可能との結果となり廃止が決定しても、その代替策を十分に議論しておかなければならない。近年注目されている自然エネルギーは、エネルギー供給面で持続可能であるが、エネルギー密度が極端に小さく、莫大⁽¹⁷⁾な自然が犠牲になる可能性がある。また、莫大に必要となる発電設備に膨大な材料を費やすため、資源生産性は低い。太陽光発電用パネル材料などで資源不足が既に問題となっており、将来性は余りないといえる。しかし、原子力発電のリスク対処が可能となっても、核廃棄物をリサイクルする核燃料サイクルシステムが確立されなければ、持続可能性は低い⁽¹⁸⁾。また、「環境基本法」で核エネルギーの環境リスクに関する規制を明確にして、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」で核廃棄物の取り扱いを規定し、「資源の有効な利用の促進に関する法」に基づき核燃料サイクルも見直すべきであろう。これら検討を行った上で原子炉等規制法の許認可等も再検討されることが合理的であると考えられる。

4 まとめ

原子力発電の事故によって環境中（大気、水質、土壌）へ放出される放射性物質による汚染は、十分にリスク分析が行われていない。放射線の生活に関わるリスクに関しては、原子力発電所の周辺住民に加えて電気供給の利益を受ける一般公衆に対して詳細に説明することが必要である。一般公衆の放

射線に関する理解がないまま原子力発電を普及させると、適切な事故対策が困難となる。福島第一原子力発電所事故では、農作物など食品に対する風評被害も発生しており、出荷制限、摂取制限という緊急措置がとられているが、事前のリスクコミュニケーションがあまり行われなかったことが事態を悪化させたと考えられる。

エネルギー基本計画及び原子力政策大綱について現在再検討されており、放射性物質の環境負荷のリスク解析に基づき、慎重な対応が望まれる。また、これまで環境法の対象ではなかった放射性物質汚染が今後順次環境保全面で規制されていくことで環境リスクの低下が期待される。工業用放射線、医療用放射線などすでに労働法等で既にリスク対処が図られており、一般公衆を想定した規制に拡大していくことは可能と思われる。また、原子力発電所は遠くにあるリスクと思っていた消費者も含め国家的に重要な課題であるエネルギーの供給について、国民全体でその必要性を考えていくべきであろう。政府も、安全性の説明ではなく、リスクを説明しコミュニケーションを図っていくことを進めるべきだろう。

これまでの経緯から原子力の平和利用について国際的に注目されていくことは必至であり、世界の中でも積極的に平和利用を進めてきたわが国が、事故再発防止策及び可能な限り予防を検討していくことは重要である。原子力発電では、事故が発生することによって莫大な環境負荷を発生させることは事実であり、このリスクを詳細に解析し今後を検討していくことが必要である。リスクが不明確なものを安全性が高いといった間違った啓発は後は控えていくべきである。不信感が根付いてしまい重要な技術がすべてネガティブな評価になってしまったり、リスクを見誤ってしまうような事態も避けなければならない。原子力発電所が持つ環境負荷について正確な情報にも基づいて解析を行い、その結果を踏まえて将来の取り組みが検討されていくことを願いたい。

- (1) 核融合を用いた発電も各国で研究開発されており、わが国でも行われているが、まだ実用化には至っていない。研究開発が実施されている核融合反応は、水素の同位体の重水素（Dまたは ^2H ）と三重水素（Tまたはトリチウム、 ^3H ）を融合させて、質量数4のヘリウム（He）4を生成する核反応で、莫大なエネルギーを放出する。この反応は、DT反応と呼ばれる。 $\text{D} + \text{T} \rightarrow ^4\text{He} + \text{n} + 17.8 \text{ MeV}$ しかし、現状では、反応の制御が難しくリスクのコントロールが十分に行えない欠点がある。このほか、DD反応なども研究されているが、中性子が発生することから高いリスクが問題となっている。
- (2) ラドン（Rn）は、自然に存在する希ガス元素の中で最も重い放射性元素である。天然水に微量含まれている。融点が -71°C で、沸点 -62°C であるため、常温では気体である。
- (3) 自然環境に存在するウランのうち中性子の照射によって核分裂を発生させるウラン235（ ^{235}U ：放射性同位体）は、約0.72%程度しかない。このほかは、核分裂を起こしにくいウラン238（ ^{238}U ）がほとんどである。このため、世界で最も普及している軽水炉による原子力発電所で使用できる燃料にするためには、遠心分離等により約3～5%程度までウラン235を濃縮（酸化ウランとして）し、使用している。濃縮する理由は、軽水炉で核反応を連鎖反応で効率的に行う場合の臨界量が当該濃度であるためである。核反応における臨界とは、連続した核分裂が維持される状態を意味し、一般的には物質の物理的状態が変わる境界のことである。なお、原子爆弾では、濃度が約90%以上（または93%以上）のものが使用される。
- (4) プルサーマルでは、MOX燃料を通常の原子炉（軽水炉）で使用するが、通常の原子力発電においても、原子炉内で生成したプルトニウムが既に核反応（核分裂）しており、全く新たな反応を発生させているわけではない。ただし、繰り返し使用することにより、サマリウムなど原子炉を臨界状態する際の妨害となる物質も生成する（この対策として、粗制御棒なども使用されている。）。“Plu-Thermal”は、Plutonium Use in Thermal Reactorの造語であり、熱中性子を利用した炉でプルトニウムを使用することを意味しており、フランス、ドイツ等ヨーロッパの複数の国で既に実施されている。そもそもは、核拡散防止条約の規制によって余剰になったプルトニウムを処理するために進められている。
- (5) 高速増殖炉（Fast Breeder Reactor：FBR）では、プルトニウム（NPTの規制で実際にはMOX燃料を用いなければならない）に高速の中性子を衝突させ、

中性子の速度を減速させないことで安定した核分裂が行われる現象を利用した核反応を行っている。米国が最も早くに研究開発をはじめ、英国、フランス、ドイツ、旧ソ連、日本、中国も着手しているが、事故等が発生したためほとんどが中断している。現在も研究開発を続けているのは、日本（30万 kW の実験炉）、中国（数万 kW の実験炉）であり、中国は実用化・普及に向けて計画を進めている。フランスでは、1986年に実証炉であるスーパーフェニックス（SPX）を稼働させたが、事故が続いたため1989年に廃炉としている。わが国（文部科学省）で原型炉として研究開発が行われている「もんじゅ」は、1995年に、冷却剤として使用しているナトリウム〔軽水炉では冷却剤（熱媒体）は、水を使用している〕が漏れ、建屋内で火災を発生させている。その後も作業ミスが複数発生し、開発が遅れている。もんじゅは、原型炉であるため、パイロットプラントして成功すれば、経済産業省及び電力会社による商業炉の開発へと計画が進む予定である。なお、もんじゅの火災は、漏れたナトリウムが水と激しく反応する物質であるため火災が発生しているが、放射能漏れは発生していない。また、もんじゅは PWR であるため（原子炉内を循環する蒸気〔加圧〕から熱交換機によって系統が異なるタービンを回す蒸気に熱が伝導される：系統を分けることによって放射性物質がタービンを回す二次系統へ移動することはない）、二次冷却系統でのナトリウム漏れであるため、漏れたナトリウムは、励起していなかった。

- (6) 蓄電池に電力を貯蔵することが従来より研究されているが、効率が悪くなるため実用化・普及には至っていない。1980年代に超伝導体（電気抵抗がゼロの物質）に貯蔵（コイル状にした超伝導体に電気を貯蔵〔抵抗ゼロの物質中に電気を流し続ける〕）される方法が積極的に開発されたが、未だに普及していない。
- (7) 東京電力『揚水式水力発電所』（2006年）6 頁によると、停止 8 時間後に再運転した場合の起動時間は、揚水式水力発電は 3 ～ 5 分、石油火力発電は約 3 時間、LNG（liquefied natural gas：液化天然ガス）は約 3 時間、LNG コンバインドサイクルは約 1 時間、石炭は約 3 時間、原子力は約 5 時間となっている。
- (8) 電気事業法 第27条では、「経済産業大臣は、電気の需給の調整を行わなければ電気の供給の不足が国民経済及び国民生活に悪影響を及ぼし、公共の利益を阻害するおそれがあると認められるときは、その事態を克服するため必要な限度において、政令で定めるところにより、使用電力量の限度、使用最大電力の限度、用途若しくは使用を停止すべき日時を定めて、一般電気事業者、特定電気事業者若しくは特定規模電気事業者の供給する電気の使用を制限し、又は受電電力の容

量の限度を定めて、一般電気事業者、特定電気事業者若しくは特定規模電気事業者からの受電を制限することができる。」となっており、当該法施行令第二条では、「使用電力量の限度又は使用最大電力の限度を定めてする一般電気事業者、特定電気事業者又は特定規模電気事業者の供給する電気の使用の制限は、五百キロワット以上の受電電力の容量をもつて一般電気事業者、特定電気事業者又は特定規模電気事業者の供給する電気を使用する者について行うものでなければならない。(第1項)」ことや「受電電力の容量の限度を定めてする一般電気事業者、特定電気事業者又は特定規模電気事業者からの受電の制限は、三千キロワット以上の受電電力の容量をもつて一般電気事業者、特定電気事業者又は特定規模電気事業者から電気の供給を受けようとする者について行うものでなければならない。」ことなどが定められている。

(9) 行政の原子力センター（県庁等の掲示板で確認可能）及び電力事業者（通常インターネットによって公開）によって放射線の測定が連続で行われている。原子力発電所が立地する各地域の原子力センターでは、(財) 原子力安全技術センター（東京）に情報を送っており、原子力発電所の測定データとの比較も行っている。(財) 原子力安全技術センターでは、事故モニタリングシステム（シュミレーション）SPEEDIによって算出され、その結果がフィードバックされている。原子力センターでは、原子力発電所から10km圏内の α 線及び β 線の測定をテレメータシステムなどで定期的に連続測定し、 γ 線の測定に関しては、蛍光ガラスを使って数ヶ月毎に測定している。排水に関しては、ストロンチウム（Sr）、トリチウム（T）の測定が行われている。原子力発電所から10km圏内の測定は、政府の原子力安全委員会の指標（想定される事故 Emergency Planning Zone、シミュレーション（被害想定））に基づいている。しかし、事故が起こった際に、発電所半径10km圏すべてが汚染されるわけではなく、風向き等で被害域は限定されるため、事故が発生した際の一般公衆の誘導は汚染のない地域へ移動することを考えている。環境法に基づくモニタリングでは、事故時より定常時の変化を調査することに注目され、気象現象での変化などで異常に高くなった大気汚染などがチェックされている。

(10) 「エネルギー基本計画」で政府が示さなければならないが基本的な計画（第12条1項、2項）は次の項目である。

- ・エネルギーの需給に関する施策についての基本的な方針
- ・エネルギーの需給に関し、長期的、総合的かつ計画的に講ずべき施策
- ・エネルギーの需給に関する施策を長期的、総合的かつ計画的に推進するため

に重点的に研究開発のための施策を講ずべきエネルギーに関する技術及びその施策

また、第12条5項には、「政府は、エネルギーをめぐる情勢の変化を勘案し、及びエネルギーに関する施策の効果に関する評価を踏まえ、少なくとも3年ごとに、エネルギー基本計画に検討を加え、必要があると認めるときにはこれを変更しなければならないとなっている」となっている。

- (11)「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」では、作業時に放射線取扱主任者の資格者が必要なことや登録認証機関等について定められている。「電離放射線障害防止規則」では、作業時におけるエックス線作業主任者及びガンマ線透過写真撮影作業主任者が必要なことや、作業者の教育訓練、作業環境測定、健康診断の義務が定められている。
- (12) ICRP (International Commission on Radiological Protection : 国際放射線防護委員会) は、電離放射線の曝露に関連していた癌、及びその他の病気防止、並びに環境保護に貢献する活動をしている。1928年に放射線医学の専門家を中心として「国際 X 線およびラジウム防護委員会」(International X-ray and Radium Protection Committee : IXRPC) として創設して以来 (1950年に医学分野以外も活動の対象にし、現名称となった)、放射線の保護標準、立法、ガイドライン、プログラム、及び、一般的作業現場の原則を作成し、100 以上の視点から検討した放射線の保護の報告を出版している。ICRP は、約30ヶ国からの放射線の保護分野における主要な科学者、及び、政策立案者を含む200ヶ国を超えるメンバーで構成された国際的組織で、検討は、主委員会と四つの専門委員会 (放射線影響、誘導限度、医療放射線防護、委員会勧告の適用) で行われている。NGO 団体で事務局は、スウェーデン・ストックホルムにある。OECD/NEA、IAEA、ILO、UNEP、WHO (WHO の諮問機関ともなっている)、IEC、ISO など多くの機関と連携しており、国際放射線医学学会 (ISR)、OECD、国際放射線防護学会、WHO、及び日本、スウェーデン、英国、米国、カナダ、アルゼンチンの各国内機関からの助成金で運営されている。核兵器の実験被爆や核の平和利用被爆 (原子力発電所など) に対する一般公衆の基準として1954年に暫定線量限度、1958年に線量限度も勧告しているが、人への許容線量でないことが明確に示している。ICRP の勧告は、現在では、IAEA の安全基準の基礎となっており、世界各国の放射線のリスクに対する法令の基準作成の際に参考とされている。ICRP の勧告および諸報告の作成の基本方針として、①適切な放射線防護方策の基礎となる基本原則を考えること、②放射線防護を実施する責任を持つ専門家が、

国による違い、地域的な違いなどをしん酌できるように、勧告には十分に柔軟性を持たせることとしている。

- (13) 1950年以降基準値が公表されており、重要なものとしては、1958年に Publ.1 の勧告以来、1962年に Publ.6（最大許容線量）、1965年に Publ.9（許容限度）、1977年に Publ.26、1990年に Publ.60（線量当量限度）と勧告を改訂している。1977年の勧告では、職業における被曝限度は、年間50mSv（ミリシーベルト）に規制されいたが、1990年の勧告では、職業被曝を年間20mSv と規制「実効線量限度」を厳しくしている。勧告については、人類が直面している多くの危険の1つである電離放射線だけについて勧告を出すことは、電離放射線に無用の不安を引き起こすことになるかも知れないと懸念しており、電離放射線は恐れるのではなく注意して取り扱うことが必要であるとしている。
- (14) 1979年3月28日に起きた米国スリーマイル島原子力発電所事故（TMI 事故）は、米国・ペンシルバニア州ゴールズボローにあるスリーマイル島原子力発電所二号炉でほぼ全出力で運転中に事故が発生した。蒸気発生器二次系に水を供給している主給水ポンプの系統が故障したことが原因とされている。緊急炉心冷却装置が作動したのに、運転員が原子炉機関を止めてしまうなどの不手際が重なった。
- (15) 1986年4月26日に起きたチェルノブイリ原子力発電所爆発事故は、ウクライナの首都近郊のチェルノブイリ原子力発電所で作業員の訓練不足から実験運転中の原子炉を異常に発熱させ爆発事故を発生させている。核反応の暴走で制御不能になった原子炉で放射性物質の崩壊熱によって水素が発生し爆発したことが事故原因とされている。
- (16) わが国の原子力発電の方式は、国際的に主流となっている PWR（加圧水型原子炉：関西電力、四国電力、九州電力）と BWR（沸騰水型原子炉：東京電力、中部電力、中国電力、北陸電力、東北電力、北海道電力）の両方が存在している。PWR は、原子炉を循環する蒸気（軽水）とタービンを回すために循環する蒸気が別系統であるため、この2つの系統での熱交換を行う必要があり、熱効率が悪くなり、施設で利用する部品の種類も多い。しかし、放射性物質が存在する場所は原子炉とその冷却系統に限られる。対して、BWR では、原子炉、タービン、復水器を同一の冷却系統で使用しているため、装置全体がコンパクトにでき、施設に使用する部品点数も少なくなる。しかし、放射線管理区域が広がるデメリットがある。
- (17) 自然エネルギーと原子力発電等と一設備あたりの発電容量（またはエネルギー密度）を比べると極端な差がある。

風力	0.15 ～0.2	万 kW
太陽光	0.0002～0.0004	万 kW
原子力発電	134 ～159	万 kW

（火力発電 近年 約100万 kW）

(18) 日本の核燃料サイクルでは、原子力発電所で発生した核廃棄物の再処理（ブルトニウムを抽出・分離〔濃縮〕）を行い、MOX 燃料を生成し、高速増殖炉で再利用（高速の制御された中性子を MOX [Mixed Oxide Fuel: 混合酸化物燃料] 燃料に照射し核反応を効率的に行う）し発電を実施することを計画している。このサイクルが成功すれば、わが国の数千年のエネルギーの供給源を確保することができる。ただし、高速増殖炉は、冷却材にナトリウムを使用するため、水分等との激しい反応に注意を要する。福井県で実証試験を行っている高速増殖炉もんじゅでは、ナトリウム漏れによる事故が発生している。なお、もんじゅは、PWR 方式の原子炉であるため、二次系統冷却材には放射性ナトリウムはなく放射線漏れは起きていない。

また、MOX 燃料とは、2 種類以上の酸化物の混合による核燃料の総称を表す。通常は、天然に産出されたウラン（または回収ウラン）と再処理で回収された酸化ブルトニウムを混合した酸化物燃料を示す。わが国では、既に核燃料の燃料効率を向上させるために原子力発電所（軽水炉）の燃料の一部として使用している。この利用方法をプルサーマル（Plu-Thermal）といっている。

〈参考文献〉

- 1) 経済産業省 資源エネルギー庁編集『原子力 2010』（日本原子力文化振興財団、2010年）
- 2) 東京電力『揚水式水力発電』（2006年）
- 3) 勝田悟『環境保護制度の基礎 第2版』（法律文化社、2009年）
- 4) 勝田悟『環境政策』（中央経済社、2010年）
- 5) 原子力委員会『原子力政策大綱』（2005年）
- 6) 電気事業連合会『原子力2010コンセンサス』（2009年）
- 7) 中部電力パンフレット『浜岡原子力発電所の津波対策についてお知らせします』（2011年）
- 8) 中部電力『原子力ガイドブック』（2010年）
- 9) 勝田悟『環境概論』（中央経済社、2006年）

- 10) 東京電力『原子力発電の現状』(2010年)
- 11) 内閣府『エネルギー政策基本計画』(2010年)

〈インターネット HP〉

- ①ICRP ホームページ アドレス <http://www.icrp.org/>
- ②経済産業省ホームページ <http://www.meti.go.jp/index.html>