

はじめに

わが国で原子力の研究、開発及び利用が始まって四十数年が経ちました。その間に技術の飛躍的進歩がありました。当初は海外先進諸国の技術を如何に効率よく吸収するかが決め手でした。勿論、戦前からの原子核物理学の高い水準はあったのですが、敗戦後占領軍に原子力の研究が禁止され、また、一般産業技術も米国に大きく水を開けられていたため、この差を如何に縮め、どうすれば追いつけるかが喫緊の課題でした。

一九五五年末に制定された「原子力基本法」では、原子力の研究、開発及び利用は、平和の目的に限り、*（安全の確保を旨として、）民主的な運営の下に、自主的にこれを行うものとし、その成果を公開し、進んで国際協力に資することを基本方針としています。また、原子力の研究、開発及び利用に関する国の施策を計画的に遂行し、原子力行政の民主的な運営を図るため、総理府に原子力委員会*（及び原子力安全委員会）を置くこととなりました。「*括弧の中はその後一九七八年の改正で追加されたものです」

一九三八年末に、ドイツのオットー・ハーンなどによって発見されたウランの核分裂現象の応用が、第二次世界大戦中に米国において原子爆弾として完成し、広島、長崎への原子爆弾投下となったのは極めて遺憾な事でしたが、研究開発の過程においては、放射線、

放射性物質の危険性は認識されており、それなりの配慮がありました。また、機密保持のため施設が人里離れた地域に置かれていたため、一般公衆への被害はありませんでした。

その後、一九五三年の米国アイゼンハウアー大統領による「平和のための原子力（アトムズ・フォア・ピース）」に端を発した世界的な原子力平和利用の波は、原子力発電などの分野に結実し、世界の原子力発電は総発電電力量の十七パーセントを占めるに至っており、それによる石油の節約と、二酸化炭素発生抑制とは著しいものがあります。

わが国においても、原子力発電の総発電電力量への寄与率は三分の一に達しています。その間、いろいろの事故が発生しましたが、原子炉の本来の性質と関係者の努力により、一般公衆と従業員への災害は防止され、極めて高い安全実績を挙げています。しかし、原子力に内在する潜在的な危険性と、それが具現化した旧ソ連のチェルノビル発電所大事故が、一般公衆に大きな不安を与えたのも事実でした。さらに、一九九五年の動力炉・核燃料開発事業団高速増殖原型炉「もんじゅ」でのナトリウム漏れ、あるいは、九七年の東海事業所アスファルト固化建屋での火災・爆発が人々に大きな不安と不信感を与えたのは、残念ながら否定できません。

一体原子力はどれほど危険なものなのでしょう。他の人類活動と比べて潜在的な危険性が大きい事は否定できません。しかし、その潜在的危険性がどれほど顕在化したかとなる

と、関係者の長年にわたる研鑽努力の結果、原子力施設が敷地外部の一般公衆に大きな被害を与えた事は、チェルノビル発電所事故以外にはありませんでした。チェルノビル事故は、原子炉の設計・運転の欠陥による反応度事故というやや特殊なもので、欧米型の炉ではあのような事故が起こることは先ずあり得ません。また、米国のスリーマイル島発電所事故では、炉は停止したものの残存熱の冷却に失敗し、周辺住民の避難騒ぎまで引き起こしましたが、格納容器が放射性物質を閉じ込めたため、周辺公衆への放射線の影響は取るに足りないものでした。特にわが国では、原子力の研究を始めて以来四十年に亘って高い安全実績を積み重ねて来ましたが、一般国民の間では、原子力は大変危険なものと思われて来てしまったのも事実です。どうしてそのような食い違いが起きるのでしょうか。これは、原子力施設内で事故が起きると、それが直ちに敷地外に影響を与えらると思われからです。実際は、多重防護の徹底と安全運転の積み重ねにより、敷地の外への影響は無いのです。ただし、事故の発生した時、担当者が事実を事実として伝えるという基本を忘れ、情報の錯綜混乱を積み重ねることにより、信頼を失墜することがあります。そのようなことが再び起こらないよう、原子力関係者は深く心しなければなりません。

今一つの問題は、核兵器の拡散の防止です。現在、世界に五つの核兵器保有国があり、そのほかにも幾つか疑わしい国がありますが、これ以上核兵器保有国を増さないようにするため、核兵器拡散防止条約が締結されています。わが国は、条約締結国として条約を忠実に履行すると共に、こうした国際的な核拡散防止の枠組みの強化についても貢献してきました。しかし、わが国が平和利用に徹し、核燃料サイクルの確立を基本政策としていることについて、事実関係を理解しないまま、将来の核武装に備えるものという海外からの批判があります。何故このような批判を受けるのでしょうか。

原子力の安全問題にしても、平和利用からの逸脱の問題にしても、事実誤認によることが多いので、その事実関係をお示しできればと考えて、問題点を整理してみました。「悪貨は良貨を駆逐する」と同様に、「悪情報は良情報を駆逐」します。その場合、事実はいくらまでも事実であるとの基本を守り、説明に徹することにより、少しでも悪情報を駆逐する努力を続けなければなりません。わが国は、昔から「言挙げせぬ」を良しとしてきました。しかし、間違った批判に対しては、間違いを正し、正当性を主張すべきです。わが国では、技術的には些細な事象が社会的に大事故として扱われることが多く、海外の原子力関係者から何故そうなるのかと聞かれて、説明に苦しむことがあります。「日本の常識は世界の非常識」となることがないよう、一般の方々には是非ご理解を戴きたいのです。

放射線と原子力安全

宇宙創成

今から百数十億年前のビッグバンの瞬間には、宇宙は大きさをゼロであり、無限に高温でした。宇宙が膨張するにつれて温度は低下し、光子、電子、ニュートリノ、陽子、中性子がありました。宇宙は放射線に満ち満ちていました。陽子が電子と結合して水素となり、核融合反応によってヘリウムから鉄までの元素がそろい、さらに超新星爆発でそれより重い元素が生まれました。

太陽系は、超新星の残骸を含んだ回転するガスの雲から生まれました。この雲の大部分は太陽を造るのに使われ、少量の重い元素は集まって地球などの惑星となりました。これらの元素は放射線を出す能力（放射能）を持つものが多く、地球は始めから放射性元素を多く含んだ天体でした。これらの放射性元素は半減期に応じて減衰し、別の放射性元素に変わるか、安定した元素になっていきました。誕生から四六億年を経た地球は、今でも多量の放射性元素を持ち、その崩壊熱がマントル対流のエネルギー源となっています。

聖書にはこう記されています。「はじめに神は天と地とを創造された。地は形なく、むなしく、やみ（闇）が淵のおもてにあり、神の霊が水のおもてをおおっていた。神は『光

あれ』と言われた。すると光があった。神はその光を見て、良しとされた。」

聖書でも近代物理学でも、宇宙創成の時、先ず「光」或いは「放射線」があったという点で一致しているのは面白いことです。地球に含まれる放射性物質からの放射線と、宇宙から降り注ぐ放射線の下で、原始の生命が生まれ、次々と進化して現在の生物圏を構成するようになりました。地球上の生物は、自然放射線とのおつき合いが大変長く、生物の体内にも放射性物質が含まれているのです。

放射線安全

人類は、古くから広義の放射線である光は知っていましたが、狭義の放射線や放射能を発見したのは、今から約百年前の事です。放射線には、電磁波としての赤外線、可視光線などもありますが、エックス線、アルファ線、ベータ線、ガンマ線、中性子線など電離作用を持つものが関心の対象です。百年前に発見されたX線やラジウムが医療などに用いられるようになると、早速身体障害が副作用として知られるようになりました。少量のラジウムを持ち歩いていたキュリー夫人が皮膚に火傷を負ったことは、よく知られています。

放射線のエネルギーが高いほど、また量が多いほど、生体への影響が大きいことも分かってきました。放射線が空気を電離する量をレントゲンという単位で表すようになり、放

この原子炉の安全装置は、カドミウム箔の制御棒と緊急停止用の安全棒でしたが、核分裂に際して中性子の一部が少し遅れて発生するという特性が知られており、炉の制御は極めて容易でした。

その後、米国では原子爆弾完成のため、次々と出力の大きい原子炉が建設されることとなりましたが、戦時中の機密保護のため人里離れた広大な敷地の中に建設され、境界までの離隔距離が大きく、事故による周辺への影響は報告されていません。広大な敷地があるのは、大変羨ましいことです。戦後の軽水炉開発の場合にも、アイダホの広大な試験場でBORAX炉の破壊実験までが実施され、それにより沸騰水型原子炉の固有の安全性を確認することが出来たのです。こうした徹底した安全性実証の態度は、旧ソ連邦では見られず、チェルノビル発電所で破壊実験でない本番の破壊が起きたのは皮肉なことです。

環境に影響を与えた世界で最初の原子炉事故として、英国ウインズケールのプルトニウム生産炉の炉心火災（一九五七年一〇月）が有名です。格納容器が無かったため、放射性ヨウ素約二万キュリーが大気中に放出され、牧草を経ての牛乳汚染となりました。

米国では、反応度事故に配慮して遠隔立地で大きな排除区域を設けることが考えられましたが、その後、格納容器を設けることで敷地境界までの距離を縮めることにしました。続いて、原子力損害賠償法制定のために、潜在的な大事故の想定が行われました。この場

合、熱出力五〇万キロワットの原子炉において、燃料被覆管・圧力障壁・格納容器の多重障壁が全て損傷するという理論的発生確率を推定し、大事故の損害額を算定しています。

原子炉の究極の安全は、原子炉の暴走事故の防止と、冷却材喪失などによる燃料溶融の防止に尽きます。燃料の一部溶融があっても、格納容器があれば放射性物質の敷地外への放出は防止できます。従って、「止める、冷やす、閉じ込める」が原子炉安全の基本となります。この機能を念頭に置いた設計思想が「多重防護」（或いは「深層防護」）です。これは一言でいえば、安全を確保するための対策を何段階構えにもするということです。これは原子炉の設計、建設、運転のあらゆるところに適用される考え方ですが、中でも設計において重要です。先ず、平常運転の時に、周辺公衆の受ける放射線量が十分に低いことを前提として、（一）異常の発生を防止する（二）異常の波及拡大を防止する（三）異常が拡大しても、その影響を緩和、抑制するの三つの段階で対策を講じます。

原子炉を止める機能を実証するために、米国アイダホ国立試験所でSPERT実験が始まり、原子炉に固有の安全性があるため、反応度事故（原子炉の暴走）は非常に起こりにくいことが確認されました。次に、冷却材が失われたとき、原子炉の残存熱を緊急冷却装置（ECCS）からの冷却水で冷やせるかどうかの実験（LOFT計画）が同じくアイダホ試験所で始まりました。その予備実験は現象の理解不足と設計不良でうまく行かず、大

問題となりました。その後、装置は改良され、実験は成功しました。わが国でも、日本原子力研究所が実験（SAFE、ROSA）を行い、この問題の解決に寄与しました。

日本最初の原子力発電（六三年一〇月）をした原研の動力試験炉（JDDR）で、六六年に圧力容器の蓋に微細な割れ（ヘア・クラック）が発見されました。これが後に沸騰水型原子炉（BWR）を悩ませることとなった応力腐食割れ問題です。また、加圧水型原子炉（PWR）では、蒸気発生器伝熱管の減肉と微小な穴あき（ピン・ホール）問題で悩まされました。一時は、両型とも原子力発電所の稼働率が大幅に低下しましたが、多大な研究努力が払われた末、いずれも適切な対策が立てられ、数年で問題は解決しました。

一九七五年には、米国のラスマッセン教授による「原子力発電所の確率論的安全評価報告書」が公表されました。原子力安全にリスク評価という考え方が導入されたのです。リスクというのは、事故の影響の結果と事故発生確率の積として安全問題を捕らえようと言うもので、安全問題を確率論的に評価する手法が提示されました。

スリーマイル島事故

一九七九年三月に、米国スリーマイル島（TMI）原子力発電所で、炉心の冷却に失敗するという事故が起こりました。蒸気弁が故障で開きつ放しとなり、冷却材が流れ出した

ので、炉は緊急停止しました。余熱除去用冷却材補給のため緊急冷却装置が自動的に動き出しました。しかし、運転員が計器の指示の解釈を誤り、冷却材は十分にあると判断し、せっかく動き出した緊急冷却装置を停めてしまったのです。その結果、冷却材の流出が続き、炉心が半分以上も溶融し、放射性物質が格納容器の中に漏れ出しました。高温で炉心に水素ガスが発生し、一時は水素・酸素爆発が起きると危ぶまれましたが、爆発するほど酸素の発生量が多くないことが分かり鎮静化しました。放射性物質を含む冷却水や放射性ガスが格納容器から漏れ出しましたが、敷地の外部に与えた影響は、初め予想されたより少なく、格納容器の有効性が実証されました。しかし、事故が収まるまでの数日のあいだは、過大な情報が乱れ飛び、州知事が周辺の幼児に退避勧告を行うなど、社会的な大事件となりました。事故の後遺症として、米国では原子力発電所の発注がバッタリと止まり、また、周辺の住民による損害賠償訴訟が数多く起こされました。

チェルノビル事故

一九八六年四月に、当時のソ連（現ウクライナ）のチェルノビル原子力発電所で反応度事故が起きました。チェルノビル型原子炉はソ連特有の型で、経済性は悪くはないのですが、原子炉の安全設計に欠陥があり、それを批判できない社会体制のもとでは設計改良が

行われませんでした。たまたま、メイデイの前の週末でしたが、タービン停止のときの慣性エネルギーを緊急電源として活用しようという実験を、準備不十分のうえ規則違反をしてまで強行したのです。後に、規則違反だけでなく安全設計の欠陥も問題になりました。

原子炉の停止余裕の少ない状態での安全保護回路を外したままの運転で、反応度が急速に加わり、原子炉出力が百倍にも急上昇し、炉心が完全に崩壊しました。ヨウ素、セシウム、ストロンチウムなどの放射性物質が大量に放出され、旧ソ連領域に止まらず、欧州一円に及びました。消火活動に従事した三人が死亡し、周辺住民十三万五千人が数日中に退避させられました。その後、国際原子力機関と世界保健機構との共同調査を始め、各種の追跡調査が行われています。九六年の国際会議報告では、幼児の甲状腺ガンの発生が八百人に及び、三人が死亡したとあります。あれだけの事故を起こしたにも拘らず予想される白血病やガン（前述の幼児の甲状腺ガンを除く）の増加はまだ報告されていないようです。史上最悪の重大事故であり、さまざまな被害報告がマス・メディアを賑わせて来ましたが、実害よりも心理的障害が多く見受けられると言われています。チェルノビル事故は、西側原子力関係者に大きな衝撃を与えました。国際原子力機関ではソ連からの事故報告を求め、ある程度つじつまが合った説明を受けましたが、機関の中に設けられていた「国際原子力安全諮問グループ」で引き続き検討が行われました。事故原因の究明が設計の欠陥

に及んだ報告書が出され、その中で「原子力安全文化」という考え方が提唱されました。また、チェルノビル型原子炉の安全性については、先進七カ国サミットにおいても問題となり、チェルノビル発電所の原子炉は全て廃炉とすることとし、その代わり先進諸国は資金的技術的援助を与えることとなりました。また、国境を越えた事故が発生した経験から、事故発生についての国際間の通報と相互援助についての条約が出来ました。

国際評価尺度

原子力発電所の事故、不具合（トラブル）の範囲は非常に広く、大事故から装置の故障や小さなトラブルまでを含んでいます。しかもその内容は技術的、専門的で、一般公衆には分かりにくいものですから、重要度を比べることができるとは分かりやすい物差しがあると便利です。そこで、国際原子力機関で「原子力発電所の事象の国際評価尺度（INES）」が定められ、わが国もこれを使用しています。

国際評価尺度には

基準一 施設外への放射性物質放出の影響

基準二 施設内従事者への放射線影響、施設の損傷

基準三 深層防護の劣化

の三つの基準があります。各事象をこの三つの基準に照らし合わせて、各基準の水準（レベル）を求め、もつとも高い水準を以てその事象の評価結果とします。

水準は

- (七) 深刻な事故（例・チェルノビル）
- (六) 大事故
- (五) 施設外への危険を伴う事故（例・スリーマイル島）
- (四) 施設外への大きな危険を伴わない事故
- (七から四までを「事故」と呼びます）
- (三) 重大な異常事象
- (二) 異常事象（例・美浜蒸気発生器伝熱管破断）
- (一) 逸脱（例・「もんじゅ」ナトリウム漏れ）
- (三から一までを「異常な事象」と呼びます）
- (零) 尺度以下

この尺度は、地震の時の震度分類と似ています。チェルノビルの七や、スリーマイル島の五に比べ、わが国の事例は最悪でも二か三で、事故と呼ばれる中には入りません。

わが国の原子力安全

一九五五年に、国際連合による原子力平和利用国際会議がジュネーヴで開催されて以来、世界的に原子力平和利用の気運が高まり、放射線・放射能は、我々にとって役に立つものであると言うことが知られるようになりました。わが国でも、原子力研究開発の仕事が熱気を持って始められました。それから四十数年の間に、わが国の原子力技術は格段の進歩を見せ、今や世界のトップに躍り出るまでになりました。特にその安全技術は世界的に最も優れたものであるとの評価を得ています。

わが国では、過去三十数年間の努力により原子力発電は総発電電力量の三分の一を賄うに至っていますが、その間大きな事故はなく、原子力産業の安全実績は、わが国産業の中において最も優れたものであることが実証されています。放射線による死者は一人もありません。原子力施設の敷地の外への放射線の影響はありません。事故や不具合の発生回数も、諸外国に比べて一桁少ないのです。この実績は、諸外国において極めて高く評価されています。それにも拘わらず、一般の方々は、原子力ほど危険な産業はないと思っています。どうしてそのようなことになるのでしょうか。これは、原子力関係者の説明が十分でなかったことによるものと思われれます。「事故は起きないから安全です」と説明していたとすれば、大きな間違いです。

原子力安全規制

わが国で原子力の研究開発が始まった当初から、原子力施設は危険であるという反対運動がありました。その批判の矢面に立った島村原子力局政策課長（当時）の対応を思い出します。「原子力は本質的には危険な技術ですから、その安全対策に手抜きは許されません。一旦大きな事故が起こったら、原子力産業は壊滅します。原子力産業を育てようとする者は、そうならないように万全を尽くします」。今に通ずるはつきりした考え方です。わが国最初の原子炉は、一九五七年の夏に茨城県東海村の日本原子力研究所で動き出しましたが、その時はまだ原子炉の安全規制の制度は完備せず、米国の安全基準に依存していました。五七年末に、原子炉等規制法と放射線障害防止法とが施行され、次第に制度も整って来ました。

一般的には、事業施設の安全確保は、第一義的には事業者の責任です。しかし、原子力の場合には、さらに国の立場から厳しい規制が課せられています。原子炉等規制法では、原子炉を設置しようとする者は政府の許可を得なければならず、許可の基準は、（一）平和目的以外に利用されない（二）計画的遂行に支障がない（三）技術的能力と経理的基礎がある（四）災害防止上支障がない となっています。

現行の運用では、許可申請を受けた規制当局は、安全性について原子炉の基本設計がこの基準に合致するかどうかを審査し、それを更に原子力安全委員会が二重に審査（ダブル・チェック）します。これを「安全審査」と呼んでいます。安全審査の前提は、「人は過ち、機械装置は故障し破損することもありうる」ということです。事故が起きないように万全の努力をすることは勿論ですが、万一事故が起きてそれが災害に至らないように、「多重防護」の考え方をすなわち何重にも防護措置を採ることにより、放射性物質の外部への異常な放出の防止を図ります。原子力委員会では、原子炉安全専門部会が設立（五八年五月）され、先ず日本原子力発電（株）の東海発電炉の安全審査が始まりました。大学や企業の研究炉と電気事業者の発電炉がこれに続きました。安全審査の専門家が数多く養成され、審査制度も次第に整備され、内容も高度化されてきました。しかし、その基本は変わりません。すなわち、安全審査では、「事故が起きてても災害の防止上支障がない設計となっていること」を確認するのです。くだいた言い方では、「敷地の中で機械装置が壊れるような事故があっても、敷地の外には影響を及ぼさない」と言うことです。したがって、安全審査に合格したにも拘らず事故が起きたことを以て、直ちに安全審査に瑕疵（ミス）があったということにはならないのです。「事故は起きたが安全は確保された」ということです。これは、他分野での人類活動においても十分ありうることであり、原子力も例外ではありません。

しかし、原子力の「安全」が直ちに「安心」に繋がるものでないことを、「もんじゅ」のナトリウム漏れで痛切に感じさせられました。重要なことは、透明性です。「敷地の中で何が起きているか分からない」というのでは、周辺の住民の方々が不安を感じるのは当然です。発電所内で何が起こったかについて、知って頂き理解して頂くことが、安心して頂くことに繋がります。つまり、徹底した情報公開です。また、原子力施設で働く従業員が平素から周辺の方々に信頼されていることも、非常に大きな要素です。信頼の確保が何にも増して重要です。さらに、技術への信頼がなければなりません。この点、わが国の原子力安全技術が世界の最高水準にあることは、諸外国が等しく認めているところです。原子力安全の考え方も、狭義の安全から広義の安全に移り、設計安全から運転安全へ、事故影響低減から品質管理の強化などによる予防保全に徹することが主題となって来ました。機器・配管の経年変化を発見・防止する原子力施設の経年劣化対策も重要です。こうした面で、わが国の安全技術が世界をリードするようになっていきます。

苛酷事故と事故管理

原子炉施設の安全設計とその評価に当たって、原子炉を異常状態に導く可能性のある事象を想定し、これを設計基準事象と呼んでいます。このような工学的に想定される色々の

事象は、多重防護の考えにより、一 異常の発生の防止 二 異常の波及拡大の抑制 三 異常拡大時(事故時)の影響の緩和 を通じて公衆の災害防止上支障がないことが確認されます。しかし、スリーマイル島事故を契機に、設計基準事象の範囲を超えた事故を考えることになり、そのうち特に重大なものを「苛酷事故(シビアアクシデント)」と呼んでいます。苛酷事故は、工学的には現実には起こるとは考えられないほど発生の可能性は十分小さいものであり、確率論的安全評価手法の対象でもありませんが、これには「人的因子」と「複合起回事象」がその主要因と考えられます。安全設計上想定された手段では適切な炉心の冷却または反応度の制御が出来ない状態になり、炉心の重大な損傷に至るといふ苛酷事故を防止するには、苛酷事故管理(アクシデント・マネージメント)が重要です。苛酷事故を検討するのは、設計基準事象の有効性について十分な自信があるが、その範囲を超えるところまで考えを広げることには意義があると判断されたため、したがって、苛酷事故管理は、原子炉設置者の包括的責任の一部としての自主的活動であると位置付けられています。

苛酷事故管理ではその第一段階として、炉心損傷防止と緊急停止機能強化、確率論的安全評価による炉心損傷の確率低減が確認されます。また、第二段階として、熔融炉心が格納容器下部に落下した後の格納容器健全性維持確認のための実験などが行われています。

事故発生と安全確保

事故が発生した時、これが大きく報道されると、それだけで安全でないと思われがちですが、果たしてそうでしょうか。

わが国においては、佐世保・米国原子力潜水艦異常放射線測定（六八年五月）、分析化研データ捏造（七四年一月）、原子力船「むつ」放射線漏れ（七四年九月）、関西電力核燃料体破損隠蔽（七六年一二月）、日本原子力発電敦賀放射性物質漏洩（八一年四月）、東京電力福島第二再循環ポンプ損傷（八九年一月）、関西電力美浜蒸気発生器伝熱管破損（九一年二月）、動力炉・核燃料開発事業団「もんじゅ」二次系ナトリウム漏洩（九五年一二月）、動燃事業団アスファルト固化建屋火災・爆発（九七年三月）、動燃事業団「ふげん」トリチウム漏洩（九七年四月）、動燃事業団ウラン廃棄物管理不良（九七年八月）など、原子力安全確保上特に社会的問題となった幾つかの事件があつて、その都度、原因の究明、再発防止、情報伝達の適正化、場合によっては組織体制の見直しなどが行われてきました。

ただし、これらのいずれの場合にも放射線による人の死亡や障害は発生せず、原子力施設敷地外への有意の環境汚染も発生せず、一般公衆及び従事者の安全は確保されてきました。つまり、「事故は起こつたが安全は確保された」と言えます。勿論、人身事故が無い

にしても財産損害があつて良いのかと言う問題はあります。電気事業者の場合は株主に対し、また、動燃事業団のように税金で運営されている事業体では納税者に対し謝罪しなればなりません。また、安全確保の実績がどうすれば安心の確保に繋がるかについては、十分の反省と対応とが必要です。

海外でも、平和利用原子力施設において事故は数多く発生しましたが、チェルノビル原子力発電所事故のような例外的な事故を除いて、一般公衆が放射線による被害を受けたことはなく、安全は概ね確保されて来ました。勿論、これは事故があつても良いと言うことではないので、更なる安全性の向上が国際的に図られています。

国際原子力機関では、チェルノビル事故を契機として「原子力事故の早期通報に関する条約」と「原子力事故又は放射性緊急事態の場合における援助に関する条約」とを成立させ、さらに「原子力安全基準」の策定から、「原子力の安全に関する条約」を成立させるまでになりました。また、「放射性廃棄物管理の安全に関する条約」も九七年秋に国際原子力機関総会で署名開放されています。

このほか、民間活動による世界的な協力の場として、世界原子力発電事業者協会（WANO）が設けられ、各種事故情報の交換や、原子力発電事業者間の相互訪問が行われています。

原子力の軍事利用と平和利用

学術会議論争と原子力基本法

第二次世界大戦の敗戦後、わが国は原子力の研究を禁止されていました。講和条約の発効に際し、わが国でも原子力平和利用の研究を開始しようとの提案がなされました。日本学術会議への「茅・伏見提案」です。これには、広島で原爆の被害を受けた科学者などから強い反対があったため、学術会議で引き続き検討が続けられていました。

一九五三年一二月の国連総会におけるアイゼンハワー米国大統領による「平和のための原子力」提案により、世界的に原子力平和利用の気運が高まって来つつありました。折しも五四年三月の国会に、当時予算の実質的決定権を握っていた改進黨から、中曾根康弘代議士などにより、三億円の予算修正動議が出されました。その内、二億三千五百万円は国産原子炉築造費、千五百万円はウラン探査費でした。学術会議などから、時期尚早との批判も出しましたが、予算は成立しました。五年末には、学術会議などの主張する「民主、自主、公開」の三原則を含んだ原子力基本法が成立し、五六年一月には、原子力平和利用を担保する重要な役割を果たす原子力委員会が発足しました。

平和利用と核兵器拡散防止

米国は、アイゼンハワー提案に基づく世界戦略の一環として、原子力平和利用促進のため、友好諸国に濃縮ウランを貸与する、研究炉を三十五万ドルの補助金付きで輸出する、平和利用技術情報を公開する、外国の科学者・技術者を米国に受け入れて原子力科学技術の教育訓練をすることなどを始めました。ただし、平和利用に限定するため、二国間協力協定を結び、平和利用確認の査察を行い、それに反した時には供与した核燃料や機材を返還する義務を課したのです。その後、国際原子力機関（IAEA）の設立と発展に伴い、二国間の査察はIAEAに移管され、その保障措置が適用されることとなりました。

核爆発実験は、米国（一九四五年七月）、ソ連（四九年八月）、英国（五二年一〇月）、フランス（六〇年二月）、中国（六四年一〇月）と続き、核兵器保有国は合計五カ国となりました。これ以上の増加は好ましくないとして、米国、ソ連を中心に国際連合で討議の結果、「核兵器拡散防止条約」が一九七〇年に発効しました。この条約は、原子力が平和利用から軍事利用に転用されることを防止するため、非核兵器国に対して核兵器の受領、製造及び取得を禁じ、IAEAの保障措置の受け入れを義務付ける一方、全ての締約国に対して、原子力の平和利用の権利を保証し、かつ核兵器国には核軍縮のための交渉を推進することを義務付けています。

わが国では、条約署名後も、核軍縮が実施されるか、平和利用の研究、開発が妨げられないか、保障措置について実質的な平等が確保されるかなど、議論が重ねられた末、七六年に批准しました。

この条約は、当初は有効期間を二十五年としていましたが、見直しの結果九五年には期間を無期限に延長することとなりました。

核燃料サイクルと核兵器拡散防止

ウランの核分裂エネルギーを利用するに当たり、資源の有効利用の観点から基本的な弱点があります。天然に産出するウランには、核分裂しやすい成分（ウラン・235）は、わずか0.7%しか含まれていないので、残りの核分裂しにくい成分（ウラン・238）をどう扱うかの問題です。

幸いな事に、原子炉の中でウラン・235が連鎖反応を続けると、発生した中性子の一部がウラン・238に吸収されてプルトニウムに変わり、このプルトニウムが核分裂しやすい性質を持っている事が分かったのです。そこで、ウラン・238をプルトニウムに変えて燃料とすれば、天然ウランの持つ潜在エネルギーを殆どすべて活用できる事になります。尤もこれは、原子爆弾開発の初期から分かっていたので、プルトニウムは燃料として

活用される前に、原子爆弾の材料として使われるようになったのは残念な事です。

原子爆弾としては、ウラン・235を濃縮した高濃縮ウラン爆弾と、プルトニウムを生成分離したプルトニウム爆弾とが考えられます。米、ソ、英、仏、中の核兵器保有五カ国は、それぞれウラン濃縮工場とプルトニウム生産炉によりこれら二種類の爆弾を製造してきました。初期のプルトニウム生産炉では、発生する熱は水冷または空冷で環境中に捨てていましたが、その後、熱を捨てるのはもったいないと言うことで、熱を水蒸気に変えてタービンを回し、原子力発電を行う事が始まりました。

現在世界の原子力発電の主流は軽水炉であり、重水炉、ガス炉がこれに続いています。いずれもウランを燃料とした熱中性子炉（核分裂により発生する高速中性子を水や黒鉛で減速して熱中性子に変えてから効率良く核分裂反応を起こさせる）ですが、燃料を炉内で燃し切る事ができないので、これを使用済み燃料として取り出し、新燃料を補給します。使用済み燃料の中には、燃え残りのウランと生成したプルトニウムが含まれているので、化学処理してこれらを回収し、再び原子炉の燃料として活用します。こうして廃棄物の中から有用物質を回収してリサイクルする方式を核燃料サイクルと呼んでいます。

原子力平和利用技術を確認しようとした先進諸国は、使用済み燃料の再処理による核燃料サイクルを当然のこととして、技術開発を続けてきました。特に米国は、回収プルトニ