

日本の原子力開発史とシビアアクシデント問題

館野 淳（核・エネルギー問題情報センター事務局長）

1．シビアアクシデント問題の究明を

スリーマイル島（TMI）事故（1979年）、チェルノブイリ事故（1986年）に続いて発生した福島事故はいずれも、シビアアクシデントである。シビアアクシデント（過酷事故）は単に大災害を伴う巨大大事故という意味ではなく、原子炉安全工学上「設計基準事象を大幅にこえる事象であって、安全設計の評価上想定された手段では、適切な炉心の冷却又は反応度の制御が出来ない状態」と定義[1]されている事故である。設計基準事象（design basis event, DBE）とは原発の設計者があらかじめ事故や異常を想定して、これに対応する手段（各種の安全装置）が講じられている事故である。したがって設計規準事象を超える事故とは、もはや設計者が用意した安全装置では対応しきれない事故、つまり設計者の責任の範疇外であり、俗な言葉で言えば「設計者もお手上げの事故」である。ではシビアアクシデントが発生した時はどうすればよいのか。現場にいる人間または原発の安全に責任を持つ人間が、八方手を尽くして事故の進行を防止して、収束を図るよりほかに仕方がない（事故対応、アクシデント・マネジメント）。今回の事故では事故対応にもことごとく失敗して、大量の放射能放出という大災害に至った。なぜ事故対応に失敗したのか。多くの事故調査報告書が指摘するように、シビアアクシデントに対する認識の欠如、指揮者の不適切な判断、がれきや放射線あるいは暗さによる作業の困難性、原子炉内部の状況が把握できなかったこと、など多くの原因があるが、より本質的には、対応できる時間が極めて短いことである。

TMI、福島と、このようなシビアアクシデントが発生している以上、今後の原子力のあり方を決めるためには、徹底したシビアアクシデント問題の究明が必要であると考えられる。（原子力利用のいま一つの技術的問題点として、使用済み燃料や高レベル廃棄物の処分問題があるが、ここでは触れない。）

2．軽水炉の宿病としての冷却材喪失によるシビアアクシデント

よく原子炉の安全確保の条件を「止める、冷やす、閉じ込める」というが、原子炉を稼働していない安全な状態（冷態停止）にするためには、「止める（核分裂反応の停止）」と「冷やす（壊熱の除去）」の二段ブレーキが、いずれもかからなければならない。TMI事故でも福島事故でもそうであったが、軽水炉の場合2段目のブレーキ「冷やす」が利かない可能性がある。つまりいざという場合の、「熱の処理」が極めて困難なのである。なぜ軽水炉では熱の処理が困難か、その理由は二つある。（a）出力密度（単位体積、単位時間当たりの熱の発生量）が通常の熱機関に比べて極めて大きいこと、（b）崩壊熱（放射線による熱、減衰するが、いつまでも発生は続く）が存在する、ためである。

図1 初期軽水炉の出力急増

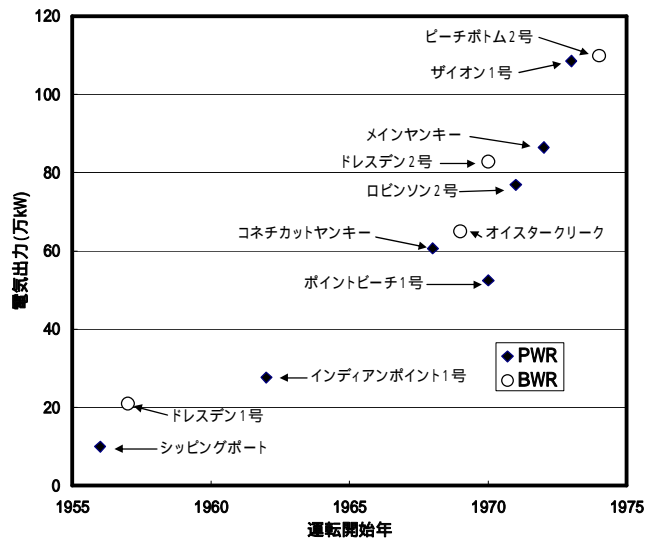
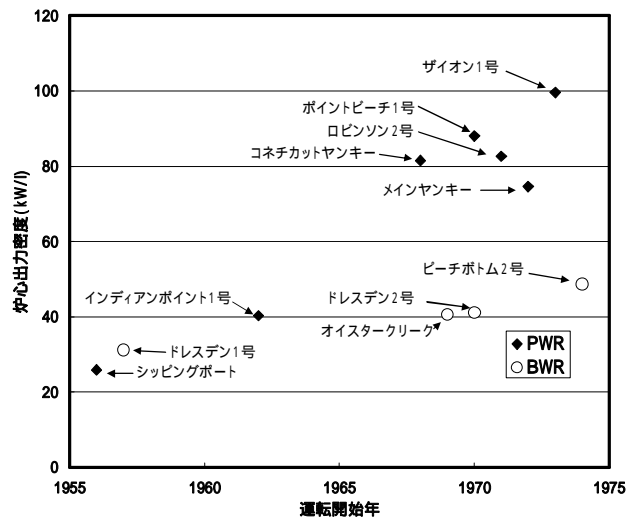


図2 初期軽水炉の出力密度上昇



1960~70年代にかけて、軽水炉が実用化されるか否かは、火力発電との経済競争に勝つか否かにかかっていた。この中で極めて短期間に図に示したような大型化、コンパクト化が推進された[2]。ちなみにボイラーの場合、単位体積当たりの熱の発生率を燃焼室熱発生率または燃焼室熱負荷というが、最大でも1.5kW/l程度であり、原発の1/30~1/60程度である。

このようなスケールアップとコンパクト化について、日本原子力産業会議の動力開発課長であった川上幸一氏は「スケールアップのこのような加速ペースは、先行設備の運転後にスケールアップ設備に着手してきた、火力の常識をも破るものであった。それをGE社

がなぜ可能と考えたかは、火力のボイラーに相当する圧力容器の製造に成功すれば、後は火力設備と基本的に同じで、火力では経験済みのスケールアップがそのまま通用するという、前述の在来機並みの発想に由来したと解するほかない。(中略)オイスタークリーク当時の機械的な技術観、原子炉観が後に災いの種を残したことは否定できない。」と述べている[3]。

このような高出力密度をもつ原子炉の炉心は、直径約 1cm、長さ約 3.6m の燃料棒が、1cm 弱の間隔を置いて林のようにびっしり並んでいる。110 万 kW 級で 4 万 8000 本ほど並んだ燃料棒の隙間を高速で冷却水が流れ核反応で発生した熱を除去する。燃料棒はジルコニウム合金(ジルカロイ)の被覆管の中に二酸化ウランのペレットが詰まっている。二酸化ウランというセラミック燃料を使う理由は燃料温度をできるだけ高温にするためであり、運転中はペレット中心温度は 2400 にも上る(改良された型では 1800 程度)。同じく通常運転中では被覆管の温度は約 300 である。ちなみに二酸化ウランの融点は約 2840 である。このため大きな事故が起きなくても、核反応が部分的に進行したり、冷却能力が低下したりすると、ペレット中心部は熔融状態になる可能性がある。さらにペレット中心部から被覆管までの約 0.5cm の間に 2000 近い温度差があり、大量の熱が流れていることを示しているが、空焚き状態となり冷却が途絶えると、被覆管の温度は秒・分のオーダーで急上昇する。

このように炉心では、大量の熱の発生と、工学的技術を駆使しての熱の除去の両者の間で、綱渡り的にかろうじてバランスがとられている。したがってそのバランスが崩れて事態が悪い方向に傾くと、極めて短時間に炉心の温度は上昇し、破局へと突き進む。我々が福島事故で見たような、冷却材喪失 炉心溶融のそもそもの原因は、炉心のこの綱渡り的な熱設計にあるのである。

この熱除去上の欠点を補うため、軽水炉では緊急炉心冷却系の配管が蜘蛛の巣のように張り巡らされている。福島事故では、電源を使わない冷却系が作動して、一定期間炉心を冷やしたが、それも機能を失い炉心溶融へと突き進んだ。

このようなシビアアクシデントの発生の可能性が付きまとう軽水炉は一種の欠陥商品である。なぜこのような欠陥商品が今日まで安全と誤認され、大量に建設が進められてきたのか。これを明らかにするためには、技術面での追求とともに、米国での開発およびこれを受け入れた日本での展開についての、技術史的、社会史的究明がぜひとも必要であると考える。

3 . 米国におけるシビアアクシデント問題の扱い

1970 年コロンビア特別区の控訴裁判所は、AEC (米原子力委員会) が 1969 年国家環境政策法 (NEPA) に違反しているという判決を下した。「AEC は申請された原子力プラントの許認可手続きにおいて、環境影響についての当然行うべき報告を提出していない。AEC は、以後許認可決定を行う前に「環境影響評価書」を提出するべきである」と裁判所は命

じた(カルバート・クリフス判決)。AEC はこれを受け入れたが、設計規準事象を 8 つのクラスに分け、これを超える「クラス 9 事故(つまりシビアアクシデント)」については、環境影響評価を行わなかった。しかし環境保護庁はこれについても提出することを求めた。そのため AEC はシビアアクシデントは起こるとしてもその発生確率は極めて低いことを証明する必要に迫られた。そこで起用されたのがラスムッセンであった。米国「憂慮する科学者同盟(UCS)」「(UCS ラスムッセンは報告批判を作成した[4]。)の事務局長ダニエル・フォードは、情報公開法を用いて AEC 資料を公開させ、ラスムッセン報告(「原子炉安全性研究」WASH-1400)の完成までの内幕を暴露している[5]。

フォードは開発史を通じての AEC の姿勢について次のように総括している。

「原子炉事故の危険性についての科学的な研究の結果が、原子力発電所について公認された安全性を裏付けるものではないと AEC が感じた場合には、再三にわたりその研究結果を秘密にしたのである。特に 1964~65 におこなわれた原子炉事故の危険性についての重要な研究や、1965~71 年の緊急冷却系の有効性に対する様々な研究や、1973 年の原子炉許認可過程における特別作業班による調査、さらには 1973~75 年におこなわれた RSS(原子炉安全性研究、いわゆるラスムッセン報告)など、いくつかの研究調査の結果明らかになった致命的な発見は捻じ曲げられ、偽って公表され、あるいはあっさりとして報告せずに済まされた。ひどい場合には、研究全体が圧殺されることもあったのである。」

4. 日本における産官学癒着構造による開発推進体制ができるまで

・原子力事始め 「自主・民主・公開」の平和利用三原則

1952 年日本学術会議第 13 回総会で、わが国でも原子力研究を行うべきであるとの提案が茅誠司、伏見康治両会員によって行われた。この提案にたいして、広島で原爆を被爆した三村剛昂会員から、自身の体験も踏まえて「絶対に日本人は手を触れてはいけない。」という反対意見が出され、結局この総会では原子力研究の開始を政府に勧告することは見送られ、学術会議内に専門の委員会をつくり、この問題の検討を続けることとなった[6]。その後も議論は続くが、外部からのインパクトによって決着を迎える。1953 年アイゼンハワーは国連で演説を行い、核物質の提供と平和利用の推進という「アトムズ・フォー・ピース(平和のための原子)」提案を行った。これを受けた形で改進黨の中曽根康弘代議士が提出した原子力予算が 1954 年国会を通過した。同代議士の「学者がぐずぐずしているから、札束で頬をひっぱたくのだ」という発言が伝えられており[7] 学術会議は政府の独断専行に対して、吉田茂首相あてに茅学術会議議長名で抗議を申し入れている。「学者がぐずぐずしている」間に政治が独断専行する事態はその後続く。1955 年原子力基本法など原子力三法が成立するが、基本法には上記三原則が盛り込まれていた。翌年 1 月原子力委員会が発足するが、正力松太郎初代原子力委員長は僅か 5 日後に独断で「5 年後には実用規模の発電炉を建設する」と発表し、湯川秀樹がこれに抗議して原子力委員の辞意を表明した。

私事にわたるが、筆者は 1959 年日本原子力研究所(原研)に入所、以来内部から原子力

界を見てきたが[8]、特に感じるのは、三原則の提起をはじめ日本の初期開発史において活躍した、素粒子論グループをはじめとする基礎物理学者が、一部のを除いてある時期を境に「手を引き」、(筆者の大学の時の先生である)向坊氏など東大工学部系の学者が主流になったのではないかということである。この時期に何があったのか、科学的な説明が必要であろう。

・GEのJPDRストップ事件と自主開発の放棄

原研では発足後、平均質炉など、動力炉としていろいろな炉型の開発が試みられてきた。しかし上記正力氏による、コルダールホール炉の導入が決まり同時並行的に、米国製軽水炉の「商品見本」のような動力試験炉(JPDR、ジャパン・パワー・デモンストレーション・リアクター)の原研設置が決まった。この炉こそ現在原子力発電の主流をなす軽水炉の「祖形」であり、その導入の経緯についてはより注目する必要がある。当時多くの産業分野で技術導入全盛時代であったが、原子力は、各国の売り込みの口上を信用して、未成熟の技術を拙速に取り入れたという点で特に顕著な例であった。

動力試験炉に関する入札の結果、原研と米GE社との間でJPDR(BWR、電気出力1万2500kW)建設の契約が結ばれたが、その条件は、建設後スイッチを入れれば直ちに運転が始まるという、「ターン・キイ方式」であった。ところが「ターン・キイ」を唱えるほど完成度の高いものではなく、部品の不具合や、設計変更で、受け入れの原研側は散々苦労することとなる。「原研十年史」も次のように述べている。

「原子炉格納容器の内部機器植えつけ工程が明らかになってき、た、設計、製作上の不良がみられるものも出てきた。こういったことが特にいちじるしかったのは、37年11月に本格化した配管工事であり、GE側にクレームした例もある。」

設計変更などで当初の予定よりも半年遅れて完成した同炉は63年8月22日臨界に達するが、その2ヵ月後の10月29日突然GEが「誤操作が多い、労組がいつストをやるかわからない」などを理由に運転停止を指示してきた。この事件の直後原研労組の委員長であった市川富士夫氏はその著書の中で、GEのいう誤操作とは実際はGE側の不備によるものであったことを述べている。この「GEストップ事件」はターンキイ方式を保証するほど軽水炉技術が完成されたもの(proven)であるという売込みとは裏腹に、軽水炉が多くの技術的問題をかかえていることを、世の中に示した結果となった。米国が世界に売り込みをかけようという矢先に、結果として軽水炉技術の不備を原研所員が指摘したことは、日米関係に傷をつけたとして佐藤栄作科学技術庁長官や自民党タカ派の忌憚に触れたという意味で、「トラの尾を踏んだ」と当時いわれていたのを記憶している。

米国の原子炉売り込みは単なるビジネスではなく、ビキニ事件などを契機に盛り上がった原水爆禁止運動の高まりや反米感情を抑えるなどの政治目的が大きかったことが、米国の外交機密伝書の公開などを通じて明らかにされている。こうした政治的背景があったせいか、軽水炉の技術が多くの欠陥がることを世に明らかにすることとなった「GEストップ

事件」を契機として、反共攻撃を専門とする雑誌「全貌」による原研所員や原研労組に対するアカ攻撃が始まる。「日本原子力研究所の共産黨員」というタイトルの下に、個人の名前を挙げつつ行うきわめて執拗なものであった。原研のあり方問題を取上げた衆議院科学技術進振興別委員会では、後に科学技術庁長官となり、原子力船「むつ」強行出港などの事件を起こす森山欽司氏が、「全貌」を振りかざして原研労組追及を行っている。

こうした経緯の中で、自主開発を唱えるなど、技術導入路線に従わない原研の研究者を排除して、より従順な開発機関を作ろうという動きが産業界などを中心に存在し、その結果、1967年動力炉核燃料開発事業団（動燃）が発足する。

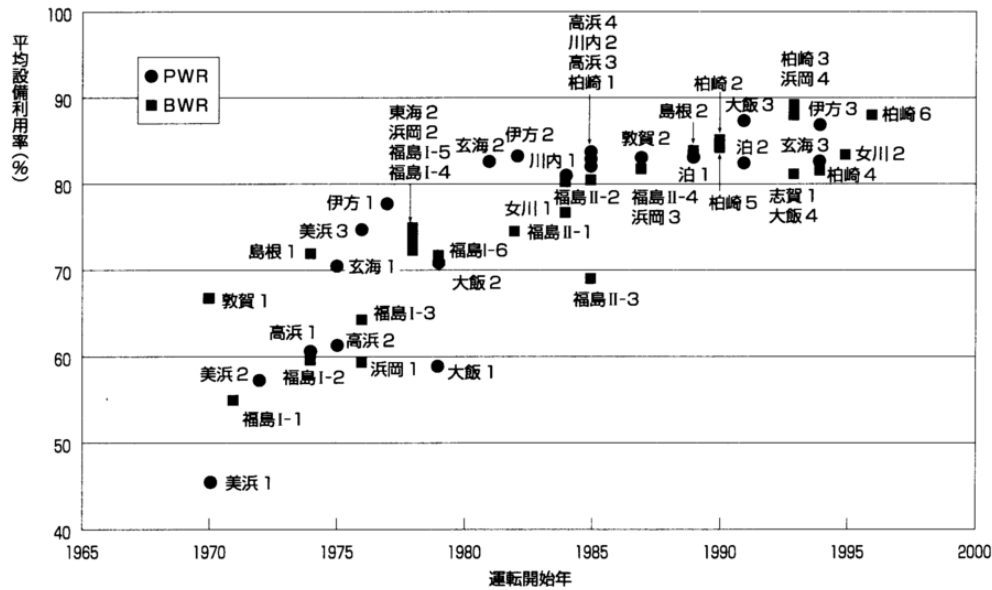
当時の組合委員長経験者として、原研労組のために一言弁明すると、同労組は決して過激な政治闘争至上主義の組合などではなかった。むしろ原子力開発や安全問題について多くのシンポジウムを開催するなどして、原子力技術者集団としての発言を積極的に行っていた。このような点が、当時形成されつつあった、産業界や官僚による推進グループから目の敵にされたと考える。

・軽水炉の大量建設と原研における言論抑圧事件

米国技術の導入により建設された初期軽水炉は事故・故障が続発し、稼働率が極端に低かった（図参照）。こうした中で日立製作所専務取締役綿森力氏はある座談会で「米国のメーカーの技術を過信しすぎました。その前に火力をやって、火力は至れり尽くせり、はるかに我々の及ばない大先生だった。ところが原子力発電については、たいしたものではないのに非常に差があると思ってアプローチしていたところに、大きな失敗がありました。」と述べている。[9]メーカーもお手上げだったのである。当時メーカーや電力会社の中で、軽水炉の抜本的見直しの声は上がらなかったのだろうか。

このような中でも、軽水炉の建設が各地で進行していった。各地で原発建設の計画が発表されると、「原発とはどのようなものであるか、説明して欲しい」という講師派遣要請が続々と原研労組に寄せられるようになった。丹羽理事長時代、同氏は組合との会見の席上「中部電力の社長からクレームが来ているので、労組の講師派遣は止めてほしい」と要望している。原発講師への圧力は後任の宗像理事長の就任後急激に強まる。

原発の平均設備利用率（PWR＝加圧水型炉，BWR＝沸騰水型炉）



72 年三重県熊野市の市民団体から原発講師の派遣要請があり、この際の原研当局の事前の圧力はきわめて厳しいものがあつた。組合史によると「(講師の)7 名全員が職制に呼び出され原研の名称や原研所員としての名称を使ったら就業規定違反として処分するという圧力がかけられた。」と記録されている。労組はこのような圧力をはねのけて原発講師派遣を続けたが、その後人事考課制度が導入され、「所の方針に従わないものは」昇進させないという差別体制が導入される。筆者は 10 年前に書いた文章の中で、「(原発講師問題に関する所の見解は)本来中立であり、またその中でいろいろな見解を持つ自由が許されてしかるべき研究機関が、「国の政策に反することを言うてはならない」という観点だけから所員の発言を縛り、ひいては自らの態度を縛ってしまうことを意味するものである。このことがその後の研究開発に与えたマイナスの影響はきわめて大きかった。」と書いたが[10]、福島事故後の今日振り返ってみて、当時この様な方針をもった理事長が就任し、当局がこのような弾圧を行ったことは大局的に見て日本の原子力開発における不幸な出来事であつたと考えている。

73 年には宗像氏は学术论文への処分という筆禍事件を引き起こす。当時原研所員であり日本学会議会員でもあつた中島篤之助氏が雑誌「科学」1973 年 2 月号に「原子炉施設の事故例について」という題の論文を発表したところ、原研当局はこの論文が「読者に誤った影響を与え、ひいては当研究所の名誉と信用を損なう」ものであるとして、同氏に対して嚴重注意の処分を行った。この事件について学会議学問思想の自由委員会は「「自主・民主・公開」の三原則を定めた原子力基本法に基づいて設置されたはずの日本原子力研究所によってそのような措置が取られたことは遺憾である」旨の報告を行っている。

これら言論抑圧事件は原研の単独プレーではなく背景がある。それは、時期的に遡るが、67年10月に出示された「昭和42年度業務監査の結果について(照会)(42原局第1337号)」と題する、科学技術庁原子力局長村田浩から原研理事長丹羽周夫宛の文書である。その第2項目「研究成果の外部発表の許可について」において「研究成果の研究者による外部発表については、その可否および内容に関し、所として検討し、許可をする必要がある。現在、貴研究所における許可制度は、高崎研究所を除いて必ずしも十分なものとは言いがたく、また運用上その徹底を欠くうらみがある。したがって、外部発表に関して許可基準その他所要の事項についての明確な規定を制定し、所全体についてその実施を行なうべきである。」と述べている。原研ではこれを受けて、外部投稿表などの規制強化が図られ、研究者は、原子力問題、特に安全問題について自由に意見を発表する権利を失っていった。そのきっかけはこの文書が示すように官僚主導で行われたのである。このようにして、異論を許さぬ産官学癒着体制が形成されていった。そして「仲良しクラブ」的な癒着体制が安全を守れないことは、今回の事故の中で各方面から厳しく指摘されている。

5. 故意に無視されたシビアアクシデントの存在

こうして安全問題で発言する研究者に対する圧力が強まる一方では、規制の手加減など産官学癒着体制による、不公正な推進は着々と進められていった。その代表例が、シビアアクシデントの規制を法的対象から外した事件である。

IAEA向け「政府報告書」では、シビアアクシデントについて次のように述べている。「(前略)シビアアクシデントに至った場合でもその影響を緩和するための措置がアクシデントマネジメント対策であり、我が国は、1992年から取り組みを始めた。アクシデントマネジメント対策の実施は安全規制の法律上の要求事項とはなっておらず、事業者が自主的に実施し国がその取り組みの報告を求めるという方法で行われている。」つまり、過酷事故は国の安全規制の対象外だったわけである。このような事故に関しては、国は何の規制措置も取らず、その対策を事業者にまかせていたのである。(規制を行っていない具体例としては、平成2年制定の安全設計審査指針において、「指針27 電源喪失に対する設計上の考慮」の項目で「長期間にわたる全交流電源喪失は、送電線の復旧又は非常用交流電源設備の復旧が期待できるので考慮する必要がない。」と極めて明白に述べている。)

何故国の規制にせずに、電力の自主対策に任せていたのか。この間の事情は、2011年11月27日放映のNHKスペシャル『シリーズ原発危機 安全神話 当事者が語る事故の深層』に、内部関係者の証言をもとに、詳しく描かれている。シビアアクシデントの存在を認めて国の規制対象にすることについては、電力会社は「これまで地元で安全であると宣伝していたことが覆るから」と規制化に反発し、国は当時かかえていた原発訴訟で、原発の危険性を認め不利になるという理由で、両者の思惑が一致して規制からははずすこととなった。さらに国と電力を指導する安全委員会は、1987年から92年にかけて、この問題について電力会社も参加した席で検討を行ったが、結局規制の対象にしないと決定した。いったん

シビアアクシデントのような事故は起こらないという大勢が定まると、「内部ではその危険性を口にするのはばかられる雰囲気となった」と、当時の東電副社長は証言している。自縄自縛ともいうべきであろう。また当局がシビアアクシデントの規制がなされていないことを明言していなかったのは、無作為による隠蔽、組織の犯罪と言われても仕方がない態度である。

6. 結語

今日の軽水炉は、冷却材喪失によるシビアアクシデント発生という固有の技術的欠陥を持っており、大口径破断などによりこれが発生した場合、人的対応する暇もない短時間で炉心溶融に至る。その意味で軽水炉は一種の欠陥商品であり、このようなプラントの使用はできるだけ早くやめるべきだと考える。

また原子力に関連する人的システムについては、今日の異論を排除して推進論者のみで固められた産官学癒着体制の完全な解体がなされるべきであり、そのあとに「自主・民主・公開」の原則に忠実な、管理・規制システムが再建されるべきである。現存する使用済み核燃料および高レベル廃棄物の、処分に関しては技術開発も含め、対応を検討しなければならない。

原子力技術そのものに対する敵視的傾向には筆者は反対である。現実対応の上からいっても、上記高レベル廃棄物処分のために技術は必要であり、また技術を悪用、誤用した人間を免罪にする可能性がある。技術の可能性を否定することは将来展望の上でも閉塞感しかもたらさないであろう。

なお、本講演で述べた「シビアアクシデント」問題については近日中に発行予定の著書も参考にされたい [11]

<原子力開発史年表（安全問題を中心として）>

年	米国他	日本
1939.8	ハーンら核分裂発見	
1942.8	マンハッタン計画始まる	
1945.7	ロス・アラモスで初の核実験	
1945.8	広島・長崎に原爆投下	
1946	AEC 発足 リッコーバー原潜開発開始	
1953.12	米大統領「アトムズ・フォー・ピース」演説	日本学術会議平和利用三原則決議
1954.3	米ビキニ水爆実験、第五福竜丸被曝	
1954.6	オッペンハイマー追放	
1955.8	第1回ジュネーブ会議	

1955.11 1956.1 1957.3		財団法人日本原子力研究所発足 原子力委員会発足、その後湯川辞任 原子力委コルダールホール炉導入決定
1963.10 1967.10		原研で JPDR ストップ事件 動燃団体制発足
1970.3 1973.2 1974.1 1974.9 1974.8 1975.1 1975.12 1977.3 1979.3	ラスムッセン報告公表 米 AERC 改革、ERDA と NRC に 米、東海再処理工場運転ストップ スリーマイル島原発事故	敦賀 1 号(軽水炉第一号)運転開始 原研、中島論文処分事件 分析化研データねつ造事件 「むつ」放射線漏れ漂流事件 原子力行政問題懇談会答申
1986.4	チェルノブイリ原発事故	
1991.2 1995.12 1999.9		関電美浜 2 号冷却材喪失事故 「もんじゅ」ナトリウム漏れ火災事故 JCO 臨界事故
2011.3		福島第一原発事故

参考文献

- [1] 『原子力安全に関する IAEA 閣僚会議に対する日本国政府の報告書』(2011)。
- [2] 図は藤井晴雄、森島淳好『原子力発電プラントデータブック 1994』日本原子力情報センターより作成。
- [3] 川上幸一『原子力の光と影』電力新報社(1993)。
- [4] 邦訳:『原発の安全性への疑問』日本科学者会議原子力研究問題委員会訳、水曜社、1979年。
- [5] D. Ford “Meltdown”, Simon & Schuster (1982)。
- [6] 福島要一『学者の森の四十年』日本評論社(1988)。
- [7] 武谷三男編『原子力発電』岩波新書(1976)。ただし本人はこの発言を否定している。原子力開発十年史編纂員会編『原子力開発十年史』日本原子力産業会議(1965)。
- [8] 館野 淳「科学」81,1287(2011)。

[9] 季刊「資源とエネルギー」1(2)(1977).

[10] 館野淳『廃炉時代が始まった』2000年朝日新聞社刊、2011年リーダーズノート社から復刊.

[11] 館野 淳『シビアアクシデントの脅威 科学的脱原発のすすめ』東洋書店(2012年12月刊行予定).