

-----  
**東電福島事故で原子力発電所の安全性は確保されたか**

松岡 強（元三菱重工業株式会社）

**1. はじめに**

2011年3月11日午後2時46分に福島沖の太平洋でM9.0の巨大地震が発生し、その約1時間後に巨大津波が襲った。巨大地震に続く巨大津波で東日本の太平洋側一帯は未曾有の被害を受けた。その結果、東電福島第一原子力発電所の運転中の1, 2, 3号機が炉心溶融事故を起こし、この1, 3号機と停止中の4号機の燃料建屋が水素爆発で破損した。炉心溶融を起こした3基のうち、特に2号機から大量の放射性物質が外部に放出された。

以上が簡単な東電福島第一原子力発電所事故（以下福島事故と呼ぶ）の経緯であるが、果たしてこの事故で原子力発電所の安全性が否定されたといえるのだろうか。否、この事故の経緯を技術的に見てみると、一般的に言われているのとは逆に、まさに原子力発電所の安全性が確認されたものといえるのではなかろうか。もしも一般産業であれば、「奇跡の安全性を達成！」とうたわれてもよいはずである。それが原子力であるがゆえに、叩かれ、人間の制御不能な危険極まりないもののように言われ、日本の原子力産業界全体がつぶされようとしている。その結果、わが国国民の生活は破たんし、国民の生命財産も危険にさらされつつあるといっても過言ではない。そこでここでは、福島事故においていかに原子力発電所の安全性が確保されたかを技術的に検討してみることにする。

**2. 安全性をいかに達成したか**

福島事故では、規制基準上の違反も、設計上の違反も、運転員の運転操作上の違反や作業員の保守上の違反も一つもなかった。否、すべてにわたって要求性能以上の機能を果たした。意外と思うかもしれないが、安全機能も想像以上の機能を果たした。具体的には、設計条件をはるかに超えた、あれほどの地震・津波という巨大な天災に遭いながら、最終的な安全目標である「人命の保護」を守り通した。誰ひとり死ぬ人はいなかったし、住民の放射線被ばくによる健康被害も何一つなかった。これが今回の福島事故の真実である。それを以下に順を追って述べたい。

**2.1 原子炉立地審査指針への適合性**

まず知ってもらいたいことは、原子力発電の憲法ともいうべき「原子炉立地審査指針」（平成元年改定）の基本的考え方は、たとえ重大事故（設計事故）やそれを超える仮想事故（注；今回の福島事故が相当）が起きたとしても「周

辺の公衆に著しい放射線災害を与えないこと」であり、その目安の放射線量は「全身に対して0.25シーベルト／人」以下ということである。決して炉心溶融を起こしてはいけないというのではない。

これを踏まえて今回の福島事故を見ると、未曾有の大災害にもかかわらず公衆への著しい放射線災害は避けられた（最大でも目安線量程度であった）。

今回の福島事故での炉心溶融、水素爆発を起こした最大の原因は、設計条件をはるかに超えた巨大津波により、海水が建屋内へ浸水し、その結果全電源（交流電源・直流電源）系が長期間喪失したこと、特に静的機器で信頼性が高い直流電源（バッテリー）系が一瞬で全喪失したことである。直流電源系が一瞬に全喪失することは設計上想定もしていなかった。直流電源系が全喪失すると原子炉は制御不能となり、中央制御室が真っ暗闇となり運転員は何もできない状態となる。これでは炉心は冷却不能となり、炉心溶融になるのは時間の問題である。運転員はよく頑張ったがついには炉心溶融に至った（事故原因と教訓反映の詳細は参考文献1参照）。それにもかかわらず原子力発電所の最終安全目標である「人命への被害」や「住民への放射線被ばくによる健康被害」は皆無であった。それはなぜであろうか？

## 2.2 安全性達成の主要因

(1) その第一の要因は、最終的に炉心の放射性物質を閉じ込める原子炉格納容器が曲がりなりにも（多少のリークはあったが）必要機能を維持したからである。特に設計圧力の2倍程度の圧力に耐えたことは賞賛に値する。そもそも西欧型原子力発電所では、1950年代の実用化初期の段階で、住民の近くに建設するために万一のことを考え、原子炉をはじめ主要な関連設備（原子炉冷却材バウンダリー）を堅固な鋼板構造の原子炉格納容器内に収めるという設計方針が取られた。これがロシア型原子力発電所のチェルノブイリ原子炉と根本的に異なるところである。今回の福島事故ではこれが最終的な安全を確保した。

(2) 第二には、巨大地震に十分に耐えたことである。設計条件を超える地震に対して重要設備が破損することはなかった。これは原子炉および関連重要設備の耐震性が優れていた上に、それ以前に頻発した中越沖地震等の教訓を十分に反映していた結果である。原子炉の土木建築機械の関係者と地震学者がお互いに議論し、意見交換し、現実的な基準を決めて、対策をしてきたからである。今回のM9.0という巨大地震が、福島第一原子力発電所（6プラント）だけでなく、女川（3プラント）、福島第二（4プラント）、東海（1プラント）の計14の東日本太平洋側一帯の原子力発電所に設計条件を超える大きな影響を与えたが、そのすべてにわたって重要設備は地震に耐えた。このことは、日本の耐震設計の優秀さに驚くべきであり、誇りを持ってよいと思う。IAEA（国際原子力機関）はじめ世界の原子力関係者も驚嘆したのである。

残念ながら、津波に関しては、そのような原子力関係者と津波（地震）学者との密な議論がなされて来なかった。津波は津波学者に任せ、その結果で防波堤の高さを決め、それで津波対策は問題ないとしてきた。今回の教訓反映としては、津波は防波堤だけで守るという考えを改める必要があるのではないか。津波が防波堤を超えた場合による浸水で、原子炉を守るべき最低限の設備を特定しそれを防護するという考えも含め、それに関わる原子炉の機械設計関係者と、防波堤の設計建設に関わる土木建築関係者や津波（地震）学者との間で率直な議論をし、意見交換し、現実的な対応策を検討すべきではなかろうか。福島事故以前の耐震設計に関する地震学者と原子力関係者との関係は緊張感のある議論がなされ、非常に良いものであったと聞く。再度これと同様の関係を津波も含め構築すべきである。決して「原子カムラ」（反対派とマスコミの造語）という名の下に原子力専門家を排除すべきではない。現在の原子力規制委員会が行なっている、今まで携わってきた原子力専門家を排除した活断層問題についての対応は最悪の状態である。早急に改めるべきである。

(3) 第三には、使用済燃料プールが地震に耐え、かつ、その後の運転員・作業員等の必死の対応で何とか冷却水の補給ができて、燃料を継続的に冷却できたからである。これは最終的に建設現場で使用する特殊な「いわゆる象の鼻」といわれる長いホースで高所にある使用済み燃料プールに注水することにより達成できた。このことはこのような過酷事故時に各分野（運転員、作業員、消防隊、自衛隊、国民等々）の協力と知恵の出し合いで達成できたもので、これもわが国の誇れることであろう。

以上の主として3つの要因により、今回の福島事故では、設計条件をはるかに超えた巨大地震・津波に遭遇して炉心は熔融したものの、最終の安全目標である「人命の保護」は達成し、人命の被害のみならず、住民の放射線による健康被害も皆無とできた。

### 3. 事故調の評価とその限界

今回の福島事故について、政府事故調、国会事故調、民間事故調等の調査委員会が事故原因を究明している。しかしながら、その態度は犯人探しに終始して、調査の結果、犯人がいないという結論が妥当であると思えるにもかかわらず、政府事故調報告書を例に述べると以下に示すように技術的に乏しい理由をもとに犯人（運転員の操作ミス等）を仕立てあげているように思える。どの調査報告書も人災であるということを強調しているが、その根拠となっている事項が炉心熔融に直接関係するという点に関してはあいまいで、違反があったということでもないのに人災だと結論つけている。

このような大災害にもかかわらず原子力発電の最終目標である人命の保護は確保されたのであるから、むしろ、著しい放射線災害はなぜ避けられたのであ

ろうかという目でも考察してもらいたかった。

政府事故調の調査報告書では、事故の進展の状況に沿って、現場運転員や現地や本店の対策本部がどのように対処したか、それが適切であったかの検証を試みている。その中で、問題があった事故対処として、以下の点を指摘しており、他の事故調も類似の見解であり、それが真犯人であるように世間では流布している。

### 3.1 1号機IC（隔離時復水器）作動状態の誤認

「ICの系統構成の中の原子炉格納容器の内外の隔離弁が、交流電源、直流電源が喪失した場合には閉止し、系統が遮断されること（電源断で閉止するフェールクローズ設計）について、運転当直が、事故直後においてそのことに気づかず、また、現地ならびに本店の対策本部も、ICが作動し続けていると考え、適切な処置（代替注水手段を講じる上で主蒸気逃がし安全弁（SRV）の開操作に必要なバッテリーを調達するとともに、制御盤裏の端子へのバッテリー接続をするなどの処置）をしなかったことは、意思伝達の面も含めて問題があった」としている。

しかしながら、いきなりの停電状態で、炉心水位等の炉心状態を知ることがまず第一で、正確な炉心状態もわからずに短期間（数時間）のうちにSRV開操作の準備等の「適切な処置」をすることは現実問題としては不可能に近い。したがってこれをもって運転員の不手際とすることには無理がある。それよりも、思いもよらぬ中央制御室の停電に際して、マニュアルにはない「自動車用のバッテリーを持ってきて直列につなぎ配線をつなぎ込んで計器を見る」という機転を利かせた運転員を賞賛すべきである。もし、それに気が付かなければ真つ暗闇の中運転員は何もできなかつたはずである。

### 3.2 2, 3号機代替注水に関する不手際

「炉心崩壊熱により炉心で発生した蒸気を利用してポンプ（タービン動ポンプ）を動かすRCIC（隔離時冷却系）やHPIC（高圧注入系）が運転中に、SRVによる原子炉の減圧や消防自動車による代替注水の準備を整えておいて、炉心冷却の間断無い維持を図るべきであった」としている。

しかしながら、その準備をしていたが、他号機の水素爆発により配線等が断線したことやたびたびの余震による避難等によりできなかつたという現場の声は考慮すべきである。また格納容器内圧力が上昇していたので通常手順でSRVを開弁できずに、手間がかかったとのことであり、事前に手を打てるものではなかつた。これを運転員の不手際とするのは無理がある。

以上運転員操作ミスに炉心熔融事故の犯人を求めるには無理があり、長期間の全停電では原設計では炉心熔融にならざるを得ないであろう。

なお、政府事故調の報告書本文の事故対処の大部分の記載は、現場での運転

員の事故を拡大させないとする必死の思いが伝わる内容で、胸に迫るものがある。地震、津波による発電所へのダメージ、本来想定していない直流電源も含めた電源の全喪失で、中央制御室も機能しないという、当直の運転員にとっては、想像を絶する環境下において、1分1秒を争う運転操作を余儀無くされたこと、また、津波による大量のがれき、水素爆発、余震の継続、放射能の放出による線量の増大など、発電所ならびに構内の混乱が拍車をかけたことなどが記載されており、これらを勘案すると、むしろ、困難な状況下で努力し、事故の被害がさらに拡大することを防止したという評価も出来るのではないか。

また、国会事故調の場合は、地震により原子炉につながる配管が破損した可能性があると技術的裏付けも薄弱なまま糾弾していたが、後刻原子力規制委員会報告で「配管破損はなかった」と完全に否定されている。むしろ「今回のようにシビアアクシデント策がない場合、全電源喪失状態に陥った際に、現場で打てる手は極めて限られる」との国会事故調の指摘や、海外の原子力関係者（米国NRC、仏EDFなど）による事故下での運転員の対応への賞賛などの方が、事故の真相を伝えているといえる。

#### 4. 事故原因の責任論

今回の福島事故の炉心溶融・水素爆発の原因は「想定外の巨大津波」による原子炉建屋への浸水で「全電源が喪失」し、原子炉制御が不能となったことである。したがってその責任論を議論するのであれば、「巨大津波を想定しえなかった津波（地震）学者が悪い」のか、「全電源、特に直流電源（バッテリー）系が瞬時に全喪失することを想定しえなかった原子力関係者（設計者、規制基準制定者等）が悪い」のか、または「これほどの巨大津波の想定は現在の学問・技術では想定不可であり不可抗力であった」のかを議論すべきであり、いつの間にか東電が最大の悪者になっている現状は不可解である。筆者としては、不可抗力であったと考えるべきであり、最終の安全目標である「人命の保護」は確保されたのであるから、責任論を追及するよりも、今回の真の事故原因を理解したうえで原子力発電の安全性のさらなる向上を図る検討をすべきであろうと考える。

#### 5. 今後の対応

今回の事故の教訓反映として、既設プラントへは「全電源系が喪失しても、簡単な操作で炉心冷却を維持できるように設計変更すること」を早急にすべきであろう（今回の事故原因とその対策・教訓反映は参考文献1に、また事故の進展については参考文献2に詳細に記載されているのでご覧いただきたい）。また、これから新設する軽水炉プラントに対してはなお一層の安全性を向上させた改良・開発を目指すべきであろう。

今回の事故で頼りになったのは電力等の駆動力が不要で自然の力だけで機能

する設備（静的設備）の存在であった。具体的には、ガス圧による制御棒駆動装置による制御棒挿入、および原子炉格納容器の健全性により最終的な安全（人命保護）が確保された。したがって、新設プラントはできるだけ静的設備で炉心冷却を維持できるようにし、事故時、特に全電源喪失時に運転員への負担をもっともっと軽減すべき改善を検討すべきであろう。

従来の動的安全系（電力等で動く安全設備主体のシステム）はこれまでの実績もあり重要であるが、それだけに頼るのではなく、全電源系喪失時等には静的設備だけでも炉心冷却維持が可能なように改良改善を検討すべきではなかろうか（一例を参考文献3に示す）。福島事故の教訓反映としてさらなる安全性向上策を講ずることにより、わが国の原子力発電技術の高さを国内外示すことが必要であろう。

## 6. 放射線被ばくについて

しかしながら技術面ではなく感情面において、やはり原子力発電所に対する大きな不安は生じた。不安に対する最大の要因は放射線に関する不安であるが、これを正しく理解するためには、現在の医療関係、特にがん治療における放射線治療の実態を知ることが一番である。

現在のがん治療、例えば初期乳がんにおける治療では、まず検査で発見されたがん部位を手術で取り除き、その後、その周りの目に見えないレベルのがん細胞を殺すために乳房周り全体に放射線（X線）を照射する。驚くことにその照射量は60グレイ（＝60シーベルト）という局部照射とはいえ致死量レベルの照射を行う。一度に照射するとさすがに死んでしまうので、それを分けて一日一回2シーベルトを30日間続ける。これが医学界での実態である。その結果、乳房周りは一時的に焼け爛れる（1～2週間ほどで完治）が、がん細胞は大部分殺されるという。医者によると、「照射されても、健全細胞は再生能力があるので再生するが、がん細胞は増殖機能だけで再生能力がないので死滅する（30%ぐらいのがん再発率が数%に減る）」との説明である。乳がんは女性の14人に1人罹るといわれているので、年4～5万人が放射線照射を受けていることになるが、特に問題になっていないし、がん死亡が増えているわけではない。むしろ多くの人の命が救われているといえる。ここでは乳がんだけを例に出したが、前立腺がん等他の癌の放射線治療も同様である。これら医学界の実態を知ると、事故時の目安線量である「0.25シーベルト」は十分に安全側の値であり、これを守った今回の事故対応は評価してよいであろう。ましてや、現在騒がれている福島地方における避難基準「1ミリシーベルト／年」が如何に非科学的なものか分かるであろう。

## 7. あとがき

本稿では、今回の福島事故において原子力発電所の安全性は確保されたかと

いうことを技術的に検討してみた。原子力発電所建設にあたっての基本の指針である「原子炉立地審査指針」をもとに評価してみると、今回の福島事故は設計条件をはるかに超える過酷事故でありながら、最終的な安全目標である「人命被害や公衆の放射線による健康被害を皆無とする」ことができた。これは何も偶然ではなく、原子炉格納容器等十分な備えがあったからである。また、運転員の操作ミスがあったかどうかという点でも評価してみたが特に操作ミスはなく、むしろよく頑張ったといえる。

今回の福島事故はわが国の原子力技術のありのままを示したものであるが、決してその技術をおとしめたものではなく、十分に高い水準にあったということを示している。今回の福島事故では原子力発電所の安全性は十分に確保できたということを理解した上で、既設プラントへのさらなる安全性向上策を実施し、新設プラントへはさらに改善改良することによりわが国の高い原子力発電技術を示し、さらに伸ばす必要があるだろう。

事故原因とその対策・教訓反映については参考文献1で、事故進展については参考文献2で詳しく説明できている。それなのにまだ事故の後遺症に悩まされて、今後のわが国のエネルギー政策における原子力の位置づけがふらふらしている。その一番の問題は、放射線に対する国民の理解が足りない点である。現在の医学界では放射線なくして検査も治療も考えられないし、放射線は日常茶飯事に利用されている。検査ではCT、PET等々で一回1～100ミリシーベルトレベルの放射線が幼児を含め日常的に照射されているし、がん治療では60シーベルトレベルの照射を実施している。現在福島地方で行われている1ミリシーベルト／年での避難は異常である。もう少し、放射線は人命を救うために貢献しているということを知ってもらえる必要があるだろう。

そういう認識のもとで、エネルギー安全保障、温暖化問題、電気料金問題等を十分に考えた上で、将来のわが国の生活の基盤であるエネルギー問題について真剣に考え、原子力発電を今後どう進めていくべきかを決める必要があるだろう。

## 参 考 文 献

- (1) 松岡強 (2014) 『東電福島第一事故の設計の基本に戻っての教訓反映』「火力原子力発電」2014年12月号
- (2) 石川迪夫 (2014) 『考証 福島原子力事故 炉心溶融・水素爆発はどう起こったか』電気新聞発行
- (3) 松岡強「加圧水型軽水炉用新型安全システムに関する研究」九州大学, 2001, 博士論文