

パネル 討 論 会

「原子炉安全研究の今後の進め方」



## パネル討論会 「原子炉安全研究の今後の進め方」

座長 吹田 徳雄

(原子力委員会委員)

(大阪大学名誉教授)

(原子力安全研究協会理事)

パネリスト

(株)日本原子力産業会議常任相談役

山田 太郎

東京大学工学部教授

内田 秀雄

東京電力(株)取締役

豊田 正敏

三菱重工業(株)技師長

伊藤 登

西独・ルール大学教授

アルベルト・シェグラー

通訳 佐藤 一男

(日本原子力研究所東海研究所)

(安全解析部安全性コード開発室長)



【座長】ただいまから「原子炉安全研究の今後の進め方」という題で、パネル討論会を行います。

まずパネリストをご紹介します。右側から長く原子炉安全専門審査会の会長をしておられます東京大学教授の内田秀雄先生、それからただいま講演されましたツェグラー先生、その次が通訳の日本原子力研究所の佐藤一男さんです。左側は以前原子力委員をしておられ、現在日本原子力産業会議の常任相談役の山田太郎先生です。

それから、東京電力の原子力開発本部の原子力保安部長をしておられます豊田正敏さん、それに三菱重工(株)の原動機事業本部の技師長をしておられます伊藤登さんです。

それではよろしく願います。

各パネリストはご自分の考えとツェグラー先生の話に対する質問、あるいは意見がありましたら、大体10分くらいずつお話し、ワンラウンドいたしまして、時間がありましたら、お互いに自由に討論していただきたいと思います。

それでは、まず山田先生からお願いいたします。

【山田】私は午前中に講演したので私自身の考え方についてはあまり申し上げません。

ツェグラー先生のお話は非常にインプレッシブでありまして、感動的である、とも言えるかと思います。最近

でこそ、日本の原子力安全研究の予算が、たぶん西独よりも多くなったと思いますけれども、西独はだいぶ前からの実績があり、どんどんデータが出ているような感じがします。それと先ほど吹田座長もいわれたように、メーカーの使い方が非常にうまい、と感じています。

さて、ツェグラー先生の今日のお話、またお話になかったことにつきましてもツェグラー先生が原子炉安全審査委員会のメンバーであることからお答えをいただきたい問題を若干申し上げてみたいと思います。

ツェグラー先生は最初に日本と西独は立地条件が非常に似ている、という話をされました。なるほど、ある意味では似ていますが、ある意味では全く違っています。それは日本の原子力発電所は全部海岸立地であり、これに反して西独の原子力発電所は全部河川立地です。

その河川はライン川、エルベ川という交通の大動脈であり、人口も非常に多いところです。ところが日本は大体米国の本土と同じくらいの海岸線をもっているわけで、その中には相当人口密度の少ないところを選び得る可能性があることは明らかで、その意味ではどうも日本のほうが有利ではないかと私は思っています。

そこで質問ですが、なぜ西独では北部の海岸に原子力発電所をつくらないのか、この点についてお答えを頂きたいと思います。

それから西独の原子力発電所の特徴は、冷却塔の林の中に原子力発電所があるような風景です。ということは冷却水の問題が非常に重要なわけで、軽水炉よりもむしろ高温ガス炉をもっと早く一生懸命やるべきではなからうかと感じています。

第二番の問題は防護系の問題で、これは絶対的な信頼性が必要だ、とのお話がありました。その数字は $10^{-4}$ か、それ以下ということですが、この数字を米国では目下一番の安全関係の論争になっています。ATWS論争と比較してみて、どんなご意見を待ちかお伺いしたいと思います。

それから第三番目として、先ほどのお話でECCSの基準はどうも米国のものをそのまま使われているようですが、機器の設計、その他も違っていますし、また解析方法も違ひだらうし、結果も違ひだらうと思います。短い時間で答え頂けたいのはむずかしいかもしれませんが、西独の方法についてお話いただければ幸いです。

また、昨年10月西独では放射線障害防止法を改定し、事故時の全身線量を5レムにした、ということですが、やはり西独ではいわゆる除外区域があるのかどうか、あるいは事故時に放出される $C_i$ 数は一体どのくらいなのか。西独の原子力発電所を見ますと原子力発電所のすぐそば200~300m内のところに家がある場合がよくありますが、これについて一体5レムとはどういうことを意味するか、伺いたいと思います。

それからツェグラー先生の論文の中に地下立地のことが書かれていましたし、原子炉安全審査委員会では例のBASSFの設計について、地下立地の利害得失が検討されたらうと思います。そのときの結論は一体どんなものであつたのか、お伺いしたいと思います。

【ツェグラー】まず北部の海岸についてですが、これは非常に遠浅で、十分な冷却水を得るためには、非常に沖合い遠くまで行く必要がある、という理由でなかなかむずかしいことです。一方、川のほうについては、これはとくに下流側になりますと、潮により、水が上がったり下がったりします。この意味では川のほうが冷却水をとる条件としてははるかによいということです。

それから冷却塔の林というお話ですが、西独では必ずしも冷却塔をつけなければならないことにはなっていない。ただ、水の温度を28℃以下に保たなければならない、という制約があります。これは夏に、時に

は何もしないうちにすでに28℃になることもあり、たとえばオブリックハイムではこのために400時間にあたって原子炉を停止せざるを得なくなったということです。これに要しました費用が1日当たり25万マルクで、これだけの金が必要であるならば、冷却塔を建ててしまったほうが早道で、ずうっと経済的です。

それでは、たとえば排熱が比較的少ない高温ガス炉のようなものやっってはどうか、というご質問に対しては、まず西独の公式見解からいいますと、現在政府は一生懸命金を出して、この計画を進めています。確かにこのHTRにはそれなりの有利さはあるのですが、現在のところわりと小さな原子炉で得られたものですが値段が非常に高く、これを大型炉にどの程度まで発展できるかわかりません。ここで個人的な見解をいわせていただければ、これはかなり悲観的ではないか、あと1、2年くらいで止まるのではないか、という感じさえもっています。

次に保線系への信頼性の問題で、 $10^{-4}$  というような数字も出ていましたが、これは私が講演中に述べました原理をどこまで適用するかによって変わる値です。どんどん突き詰めていけば、この $10^{-4}$  という値はもちろんどんどん減っていくでしょう。われわれは現在の所此の辺で切っているわけです。

ATWSに関して申しますと、われわれの研究によれば、これにより非常に重大な問題が生ずるとは考えていません。いままでの解析によれば、少なくとも制限条件を超えとか、あるいはそれに近づくといったことにはならず、追加のハードウェアを必要とは思われません。もちろん注意深く考察しなければならない問題は若干残ってはいますが、それは非常に重要なものとは考えていません。

ECCS評価などに米国と同じような基準を設けていますが、そのほかの違いはどうするか、といった趣旨のご質問に対して、確かに西独と米国のECCSにかなりの違いがあります。例えば、講演の中でも報告したように、50%容量のものを4ループ設けなければならないことだとか、それから外部からの衝撃に対して、少なくとも2つのループが健全でなければならないといった問題が非常に大きな違いです。

なお少しボックスを付け加えますと従来中央制御室外に補助の制御室をつけていたのですが、最も新しい設計では、非常用建物をつくりまして、そこにこういうECCのループや補助的な制御室などを一切取り込みまして、敷重なシールドなどを施すこともしております。

それから基準は確かに同じですが、実際には通常は燃料の最高温度は900℃程度を目安にして制限を加えています。ただし、これには若干の条件があり、少数の燃料棒が短時間ある基準値を超えることが認められる場合があります。そういった点が違った点だと思えます。

これは必ずしも法律で確定したものではありませんが、法律でいっているのは、いわゆる定性的に公衆の放射線の被曝は、どういう意味であるにしろ可能な限り低くということを要求しているわけです。

昨年までは事故時の公衆の最大被曝量は25レムになっていました。実は昨年放射線防護に関する一つの委員会がつくられて、第1回の会合のときに5レムという数字が示され、原子炉安全審査委員会としてはこれに実は反対したのですが、その意見が通りませんでした。私は、あるいは原子炉安全審査委員会の人は大体そうだと思いますが、個人的にはこの値は少し低く過ぎる、と思っています。

【座長】続いて内田先生にお願い致します。

【内田】原子炉安全の考え方については、西独と日本ではそう違っているとは思いませんが、多少こまかい点で差が見られるのは、。両国の地理的、社会情勢の違いだろうと思えます。

まず第一の質問は、原子力発電所の通常運転時の公衆への放射線影響ですが、西独では制限値として全身30ミリレム/年、甲状腺90ミリレム/年が採用されています。これは全体の燃料サイクルを含めてで、西独の軽水型

原子力発電施設そのものからの影響としては、30ミリレム/年のうちどのくらいが適用されているか、また運転中のもの実績はどうかお伺いします。

それから第二の質問は、原子炉安全を確率論的に考える傾向は、国際的ですが、いわゆる飛行機事故、ガス爆発など外部事故に対する設計の方針は、西独は特殊な方針をとっています。そこでもし確率論的に考えるならば、外部事故がどの位起こりやすいものであると考えているのか、その数値を例示していただきたいと思います。あるいは、内部事故の代表的なLOCAと相対的にどういうふうに考えているかをお伺いしたいと思います。

【ツェグラール】まず飛行機のことにつきましては、かなり確定的な数字がすぐ出てくるわけでして、かなりたくさん飛行機が落ちています。たとえば昨年西独でスターファイターは190機落ちました。これから落下の確率と、それからターゲットの大きさを計算すると、ストレート・フォワードに確率はどのくらいか出てきます。現在の推定では格納容器に対して大体 $10^{-6}$ ～ $10^{-7}$ /年程度であろうと思われま

ただ、この場合、もちろんどうい

ただ、この場合、もちろんどうい

ただ、この場合、もちろんどうい

こうい

ガス爆発については、ご存知のとおり

【座長】それでは続いて、豊田さん

【豊田】先ほどから山田先生とか、ツェ

先ほどの内田先生の質問と若干関連する

私個人

なわち、"How safe is safe enough"についての説明が非常に必要だと考えますので、安全限度がどの程度であれば、社会的に許容できるか、すなわち想定事故の確率がどの程度であり、またそれによるリスクがどの程度であれば、社会的に容認できるのか、また安全だと考えられている他の産業との比較とか、自然災害の比較、あるいはコストベネフィットの考え方による検討、こういったことを自然科学的の見地だけでなく、社会科学的、あるいは国民経済的な観点から説明して、大多数の合意のもとに、その結論に基づいて、国民の合意を得る手段を確立することが必要ではないかと考えるわけです。

この点、たとえば先ほどツェグラール先生からお話のありましたビール発電所と、それからグラフェンハインフェールド発電所での法廷判決が相反するような結論が出ていますが、こういったものもやはり社会科学的な検討を行った上での国民の合意を得ることが必要だ、ということの一つの証左ではないかと考えます。この点をどうお考えでしょうか。

【ツェグラール】質問の意味を十分了解して、回答できるかどうか解りませんが、このように考えます。

非常に低い確率の事象、たとえばLOCAのDBAについて申しますと私の講演の中でも申し上げましたが、これに確定的な確率というものを与えることは不可能です。事例もありません。また現象そのものを物理的に説明して、その確率を正確に出すことも非常に困難です。

いずれにしても、安全系統は設計しなければならないことです。なぜならば、炉心を冷却する意味で、これが最後の防禦線になるからです。

同様に公衆の合意という点から考えると、いろいろな事象に対する防禦線は、次第に安全系というものから保護系のほうに移ってきていることです。

私は個人的に多数の、とくに米国で報告された事故例について解析をしましたが、その中で実際に安全系の動作をほんとうに必要とするものは、三つくらいしか発見できませんでした。

公衆の合意という見地からも非常に重要なことは、非常に高度な技術レベルを達成して、安全系より手前へ、防禦を完全に確定することが最も重要であり、また、こういう技術的な説明は公衆がなかなか理解しがたいところでしょうが、こういう努力によって誠意を示すことが、公衆の合意をうるために極めて重要な事ではないかと考えます。

【座長】それでは次に伊藤さんをお願いします。

【伊藤】今後の原子炉安全研究の進め方については、諸先生方からいろいろお話がありましたので、申し上げる余地はないと思いますが、ただ一つ私はメーカーの立場として、気になっておりますのは、今後は運転に入った発電所の運転実績をもとにして、先ほどツェグラール先生がご指摘、あるいは分類されました運転系、あるいは防禦系が定検から定検まで確実に無事故で動くようにつとめるか、あるいはいろいろ運転中発見した事象を評価して、安全研究の資料にする分野について、従来以上に注意を深めていく必要が出てくるのではないかと感じております。それからツェグラール先生に一つご質問したいと思いますが、最近とくに西独では、供用中検査器具、あるいは故障予知機器に関する開発の業績が非常に上がっている、と伺っています。これらの器具、あるいは機器の開発ができれば、将来それを使って、運転している発電所の検査、あるいはモニタリングを行う体制ができるのではないかと思います。そういう場合に現状としては西独の連邦政府、州政府、電力会社、あるいは原子炉メーカー、それぞれどういう形でこれに協力したらいいでしょうか。またこの点に関してどういうふうにお考えか、もしお考えがあれば伺いたいと思います。

いま州政府が許認可をやっていますが、これに対して、供用中検査や、モニターのデータは非常に大事だと思います。州政府、あるいは連邦政府がこれらのデータを強制的に収集させるとか、あるいはデータを集めるとかそういうことを企画しているかどうかお伺いしたいと思います。

【ツェグラール】まず無事故運転を維持する点に関しましては、これはご指摘のとおり非常に重要で、かつ実現がむずかしい問題です。ときにはある発電所が非常に長い期間にわたって無事故ということもありますが、また、ときには全然そうでないこともあります。

ただ、私どもの考えでは、無事故運転をするための色々な問題は、ある程度処理できる段階にきたのではないかと考えています。

それから供用中検査については、さまざまな器具を使い、現在実施していますが、たとえば圧力容器は4年に1回完全な検査、もしくは、毎年4分の1の検査を実施しています。これらはかなり能率よくできていて、たとえば燃料交換、その他の検査の期間に十分入る、大体4週間以内くらいで行われているようです。

ただ、とくに超音波探傷試験などの効果というのがやや疑問でして、その信号がゴチャゴチャになって、これを解釈するのがかなり困難であることから、デジタル・コンピューターを用いてこの解読を試みたり、いろいろな方策が考えられているところです。

それから供用中検査に対する電力会社の対応ですが、非常に良好です。というのは、これをしっかり行わないと、長期間にわたって安定した運転ができないことを電力会社が知っているからです。事実、電力会社がこの点に関しまして、かなりのお金を費しています。たとえば、オブリヒハイム発電所では蒸気発生器の管の検査などに多大の努力を払っています。

これらのデータを、たとえば政府機関などでどういうふうに報告させ、利用するかについては、指針がありまして、電力会社は検査を行い、何かの発見があれば、必ず政府に報告します。この報告は最初は州政府、それから当然連邦政府のほうに伝達される仕組みになっています。

【座長】どうもありがとうございます。最後にツェグラール先生、先ほどの講演以外に何か個人的な考えで話していただくようなことがありましたらお願いします。

【ツェグラール】本日の講演で標準化の問題をたいへん興味深く拝聴しました。西独ではKWUが何年間にもわたって、標準化に努力をして、同じ寸法の、たとえば圧力容器とか、機器をつくる努力を一生懸命したわけです。ただ現在のところこれは成功していません。その理由は、まず一つに原子炉建家内のレイアウトがなかなかうまく標準化できないこと、それからもう一つは、安全上の要請が変わっていくために、実際問題としては施設の設計は少しずつ異ならざるを得ない。こういった点からいまだのところまだ完全な標準化は、努力はしたけれども、成功していません。

この標準化については、まず出力規模をちゃんと決定することが第一の段階であると思います。ただ、安全上の基準との関連が非常にむずかしいのではないかと思います。それにしても、あまり問題にならないような機器の大きさをきめていくようなことが、あるいは現実的であるかもしれません。

【座長】パネル討論会はこのへんで終りたいと思います。パネリストの先生方どうも有難うございました。