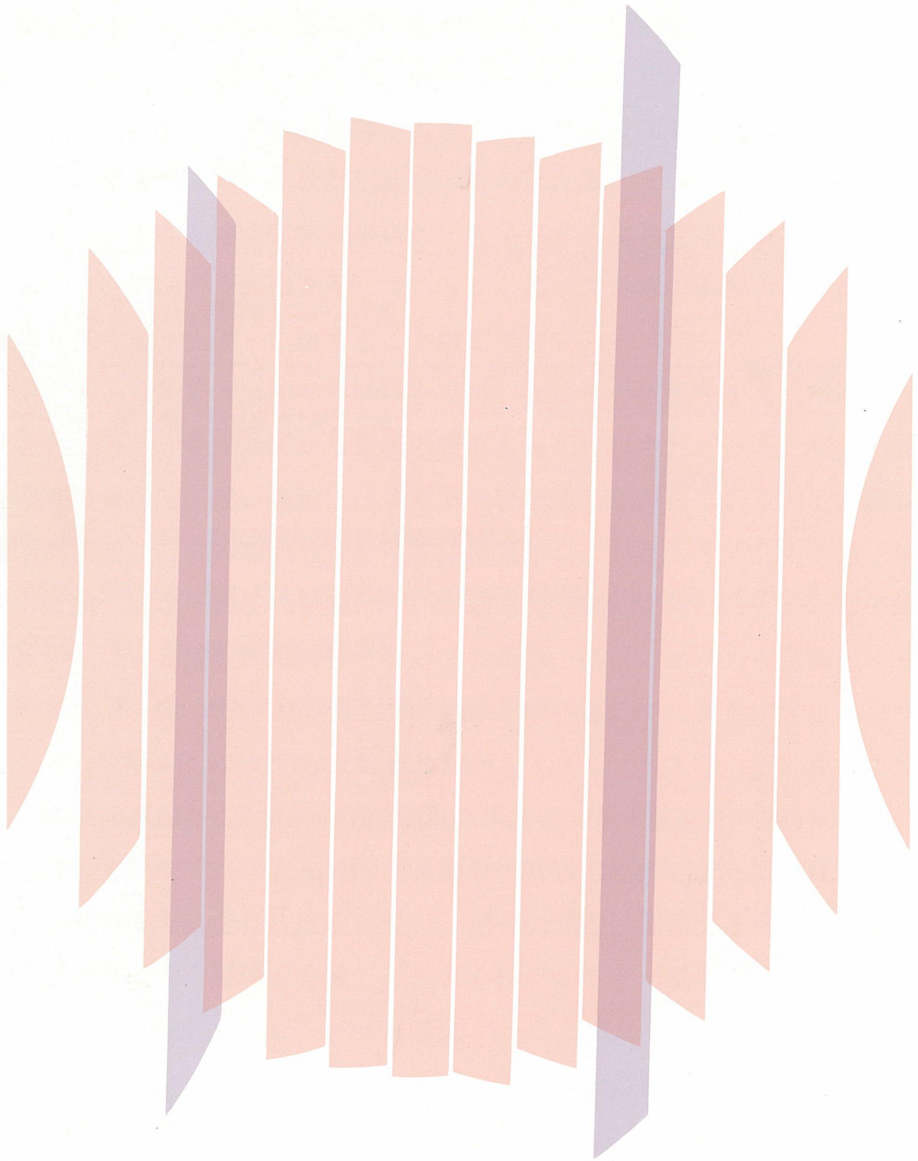


季報 エネルギー総合工学

Vol.10 No.1

1987. 4.



財団法人 エネルギー総合工学研究所
THE INSTITUTE OF APPLIED ENERGY

目 次

セーフティ カルチャー	原子力安全委員会委員 内 田 秀 雄.....	1
-------------------	-------------------------	---

原子力の安全目標特集

その1 基調講演<原子炉施設の安全目標>.....		2
---------------------------	--	---

東京大学工学部教授 近 藤 駿 介

その2 パネル討論.....		14
----------------	--	----

司会 東京大学工学部教授 都 甲 泰 正

パネリスト (五十音順)

放射線医学総合研究所科学研究官 市 川 龍 資

(財)エネルギー総合工学研究所エネルギー技術情報センター長 大 塚 益比古

東京大学工学部教授 近 藤 駿 介

日本原子力研究所東海研究所原子炉安全工学部長 佐 藤 一 男

東京電力(株)原子力研究所所長 澤 口 祐 介

学習院大学法学部教授 田 中 靖 政

研究所のうごき.....		35
--------------	--	----

セーフティ カルチャー

原子力安全委員会委員 内 田 秀 雄

ソ連チェルノブイル原子力発電所事故が国際的に地球規模的影響を与えたことは、特に西ヨーロッパ諸国において、想像を絶するものであった。原子力発電所が大きな事故を起こすと、放射能影響はもとより社会に及ぼす精神的・経済的・政治的な影響は、世界的に大きくまた広範囲のものになる、という認識をまず持つことが大切である。最近各地で化学工場事故・火災など人為事故や台風・洪水・地震・火山爆発など自然災害が沢山発生しているが、原子力発電所事故の影響はそれらとは異質のものであり、同一に論ずることは出来ない。

わが国の原子力発電所は30年の経験を経て、安全性と信頼性が高く維持され順調に稼働されており、世界各国から驚嘆の眼をもって注目されている。原子力発電所の安全維持の責任は、第一義的には発電所の管理者と運転員にあるので、運転員・運転管理責任者は自分の専門分野や運転に密着したことばかりでなく、原子炉施設に関する理論・構造・特性の全般について基本的な知識を持つことと、原子炉が内蔵する放射能による潜在的危険性についての認識、従って原子力安全確保の基本についての知識、を持つことが大切である。原子炉の運転中に異常が発生した時は運転員の適確な判断がなによりも大切であるからである。しかし一方、原子力発電所の安全の確保は運転員・発電所管理者・電気事業者・機器製造者・規制当局者の夫々の分野において果たすべき安全確保関連施策の有機的連繋によって達成されるものであることが強調されなければならない。原子力発電に関係する全ての人々が、原子力安全尊重の風土・環境を育成しようと心掛けることが重要であるのである。これが“nuclear safety culture”のかん養ということである。cultureは個人にとっては教養、社会にとっては文化といえよう。ソ連原子力発電所事故から得られた以上の教訓は新しい事ではないが、原子力発電施設のプラント数が増え、高度化が進む時代を迎えるため、多くの新人を育成する時に当り、特に要望されるものである。

(うちだ ひでお)

原子力の安全目標（その１）

基調講演 〈原子炉施設の安全目標〉

東京大学工学部教授 近 藤 駿 介

はじめに

近年、原子力分野において安全性を論ずる場合、これを総合的かつ定量的に評価できる確率論的安全評価（Probabilistic Safety Assessment）を利用することが定着しつつあり、その手法ならびにこれに基づく応用研究は一層盛んになってきています。対象も原子炉の安全性評価に限らず、バックエンド施設の安全性評価への適用に至るまで原子力全般にわたり、応用の仕方も開発、設計から規制上の意志決定にまで及んでいます。

このような状況に鑑み、当研究所では東京大学工学部付属原子力工学研究施設との共催により、昨1986年12月15日～17日の3日間にわたり東京において、PSAの手法のみならず原子力安全の問題について幅広くかつ自由に討論し、互いに情報を交換することのできる機会を設けるべく『確率論的安全評価（PSA）に関する国内シンポジウム』を開催いたしました。シンポジウムは国内では初めて安全目標からソースターム、核燃料施設、地震リスク、構造信頼性、ヒューマンファクタと幅広く安全に係わるテーマを取り扱ったた

め、各分野の関係者約300人が熱心に参加され有意義な機会を得たと思われます。

特に、本シンポジウムではPSAによる原子炉安全の定量化とあいまって、欧米各国で検討が進められている原子力の定量的安全目標についてのパネル・セッションが行われました。この原子力の定量的安全目標については、原子力の技術的問題だけでなく、社会科学的問題も含まれており、今後我が国においても原子力関係者のみならず大いに議論をすべき話題であると考え、本稿ではこのテーマを取り上げ、問題提起としての東京大学工学部近藤駿介教授の講演とそれに続くパネル・ディスカッションの内容をご紹介します。なお、掲載に当っては当日の速記をもとにして、講演者の方々に修正、加筆していただきました。そのほか、パネル討論の部では、紙面の読み易さ、見易さを考えて、編集担当が適当な「見出し」をつけさせていただきました。不適当な見出しがあるとすれば、その責任はひとえに、編集担当にあることを一言お断り申し上げます。

ただ今ご紹介いただきました近藤でございます。「原子力の安全目標」についてのパネルに対して話題提供という事で3つの話をしたいと思います。1つは、安全目標のもつ意味と背景、2番目にこれまで各国でなされている安全目標の議論、最後に安全目標を使っていく場合の問題点についてです。

リスクフリーな技術は存在しない

安全目標を考える出発点は、要すれば、リスクフリーな技術は存在しない。つまり技術を使う以上リスクを完全に排除することはできないけれども、管理はできるだろうという事です。ところで、リスクを管理する際にどういう状態をもって安全とするか、つまり“How safe is safe enough?”という問いに答える事が求められるわけです。実際いろいろな技術を社会に導入する際には、その技術に関連した行政が種々の議論あるいは公衆とのInteractionの中でこの問いに答え、受け入れるべき安全を決めてきている事は皆様ご承知のとおりであります。

では、その場合どのような議論をしているのかというと、まず第一には専門家の所謂 good engineering judge と申しますか、こうやれば良いという知識を動員して判断すると間違いないという経験によっているわけです。しかし、何度も同じような判断が求められるとか、大きなシステムですとなかなか個人あるいは少数のグループでは判断しがたいので十分のケーススタディで共通の合意を作る、あるいは判断を安定化する、更には効率化するという事で、基準等が設けられるのが普通となってきます。

二番目の方法は、やや systematic に費用効果分析とか費用有効性という様な観点からいろいろ分析をしてみて、我々の持っている資源を有効に利用するためには、この程度の安全にすればいいのではないか、という様な議論を行うアプローチがあります。これには専門家の知識も必要ですが、行政的判断もかなり必要になります。

三番目としては、公衆のリスク選好に基づく基準の利用があると思います。これは色々な調査から世の中にあるリスクを調べまして、そういうところのレベルは受け入れられているだろうという事で、新しい技術についても、これを受け入れられるリスクレベルとして考えていくというアプローチです。これは一般的によく行われる議論であります。私自身、これは極めて有効な指標を提供すると思います。ただし、いろいろ議論いたしますと、これにも難しい問題があります。それは、世の中にあるものというのは過去の公衆の判断であったわけですが、これが未来についても有効なのか、あるいは社会にあるリスクというものも公衆がそれを認識して受け入れているのかどうか、またリスクの種類によって各々受け入れ方が違うところを過去のデータで判断できるか、というような議論があります。ですから、単なる調査だけで目標レベルを決めていくことはできないというわけです。

今、何故安全目標が求められるのか

現実には、以上のようなリスク管理の様々な方法の意識的あるいは無意識な適用により、安全というか、新しい技術の受け入れが

行われてきているわけですが、それでは原子力の分野で、今何故安全目標が求められるのか、そういう事に関する関心が高まったのか、という事を整理してみます。

まず第一には、いろいろな原子炉ができてきた、あるいはいろいろな安全性の向上策が議論されるようになってきたという事があるのかと思います。そのため、何かしら共通した判断基準が必要になったと考えられます。具体例としてはFBRの安全設計があります。ここでは軽水炉並みということが言及されますが、観念的にはよいとしても、それだけでは設計ができないわけで、これを定量化する必要があるわけです。

第二には、米国でよく行なわれている議論であります。規制の安定性と合理化への希望というのがあります。これは、原子力規制委員会の行政指導には、米国の電力会社の表現を借りると、所謂朝令暮改が多すぎるという事に関して、それが安定化するためには、安全の目標がまず合意される必要があるのではないか、という主張であります。

第三としましては、公衆とのコミュニケーションの必要性という事です。つまり、個々の技術の受け入れについての中身の議論に入る前に、こういう条件を満たせば安全であるという事について、コンセンサスが成立している、個別具体的な議論もやり易くなるであろう。勿論、公衆は王様であるわけですが、安全という側面ではイシュー（issue）が生じないようにできるという事です。

しかしながら、私の印象では、何よりPRA/PSAの進歩が一つの大きな誘因になっている様な気がします。すなわち、いろいろなPRA研究を行ってみますと、とにかく種

々の議論はあるにしても、原子炉の安全性に関する指標が定量的に求められるという事です。そういうものを手にいたしますと、何とかそれを使って、これが良いと考えるか、悪いと考えるか、というような議論をしたくなるのがむしろ当然でありまして、またそうした事はそれなりに適切な方向であろうと思うわけです。そういう意味で、安全目標ということについての議論が賑やかになってきているのだろーうと思っています。

安全目標の具体的な利用方法とは

では、安全目標には一体どういう利用法があるのか、という事ではありますが、今申しあげました安全目標を求める背景で説明されているとも言えますが、更に具体的に言いますと、設計とか規制において多くの利用法を展開できていると思っています。

細かい事は省略しますが、設計面では設計のバランスの確保とか、代替設計間の優先順位の検討という事があるでしょう。また、規制面では、いろいろな観点、すなわち事故の発生防止とか、立地とか防災対策のあり方に至るまで、種々の議論の際にこれを使っていく事が可能だと思います。先ほど述べました様に、安全目標はリスク管理の基本構成要素ですから、一般的に言えばこれら以外のリスク管理活動一般、例えば、広く安全研究の優先順位をつけるとか、管理上の様々の決定における基準として利用できるわけで、加えて最終的にはパブリック・アクセプタンスという観点からも利用できると思います。

安全目標の持つべき性格とは

安全目標というものにこのように期待を込めてみると、安全目標が持つべき幾つかの性格というものも出てくるわけでして、この辺について、NUREG-0880などを参考に米国での議論の結論を紹介しますと、まず、第1には安全目標は包括的であるべしという事です。これは安全目標が人々の安全ということに関する一般的なコンセンサスによっていなければいけないという事でありまして、安全目標が事故とか故障とか、そういう特殊に行く以前に、まず社会的活動を定める枠組み、例えば価値観でありますとか、人間というものに対する考え方とかの妥当性についてのコンセンサスの表現であるという事が必要であるということです。

2番目以下には、論理的である事、検証可能である事、実行可能である事、そして最後に公衆が受け入れ可能である事が述べられています。これらについては説明を要しないと思います。

安全目標にはいろいろな表現方法がある

前に述べたような要求を念頭におきながら、安全目標の設計を考えてみますと、幾つかの選択があります。これも米国の議論を拝借しますと以下のようです。

1) 単一目標か、複数目標か

まず安全目標として、例えば、まず単一の目標とするか、複数の目標を掲げるかというのがあります。ヨーロッパで最初に安全目標

の議論がなされた頃は、単一の目標つまり公衆の個人の死亡確率はこれにするべしというのがありました。これは何より単純であるという事が利点ですが、実際にいろいろな適用を考えてみますと、社会的コンセンサスの成立になかなか難があるという事が、いろいろな機会に指摘されています。では、これを複数にすると、どの様なメリットが生じてくるのかと言いますと、全体的な目標と部分的な目標というような構成をとると規範性が増すわけですし、また更に連続的な構成をとるようになってきますと、所謂限界曲線、limit curveと呼ばれているものになってくるわけですが、こうしたものになると更に目標設定の意図が明確になってくる。例えば、risk aversion、要すれば大きなコンセカンス（consequence）をもたらす事故について、リスクが一定という条件から得られる発生頻度よりもっと低い発生頻度とすることを望むという、そういうような公衆の一般的な behavior を明示的に反映する事が可能になるわけです。

複数の目標のたて方にはもう一つあります。これは、リスク管理域という言葉を使っていますが、例えば、目標として所謂容認限度的な upper limit の数字と残留リスクレベルというような二種類を用意するわけです。そして容認限度を超えるのは全く不許可であり、残留リスクレベル以下については全く対策の議論をしなくてよいものとし、その中間領域については所謂 risk management の領域と考え、例えば、費用効果分析とか費用有効性分析等を通して提案を判断していくというものです。

2) 定量的目標か、定性的目標か

次に安全目標の表現を定量的にするか、定性的にするかという選択があります。元来ある技術システムを社会に導入するというのは、必ずある部分にコンフリクトを生ぜしめるわけです。

しかし、定量的な目標があると、それが受け入れられる限りにおいてこれが解消するわけです。しかし、一方極小頻度の目標をセットすると、適合性の判断に非常に困難が生じる事が指摘されています。

一方、定性的な目標は先ほど申しました包括的という観点からは、うまい表現が可能になる場合が多いのですが、他方では、それはとりも直さず曖昧性を内包するという問題があると言われております。

よって、実用性を考えますと、両方をミックスしたものにするのがよいと思います。

3) 結果の目標か、プロセス(手続き)の目標か

三番目の選択としては、安全目標を、社会にその技術が与える結果について目標を定めるものとするか、あるいはそうした技術システムが持つべき設計のあり方とか、運転のあり方とか、そういう手続き(プロセス)を定めるものとするか、があると思います。

後者は実は従来なされている安全規制のあり方そのもののなのです。あるいは、TMI¹⁾事故の後にリコーバー提督が、アメリカ海軍の安全規制のあり方として、こういうような運転の仕方をすれば、適切な安全性が確保されるのだという事を言っていますが、これも一つの典型的な例と思います。

注) 1) 米国スリー・マイル島原子力発電所

双方を比較しますと、結果の目標をたてると直接的ですから分かり易いのですが、先ほど申しあげましたように、不確定性の問題があって、検証可能性に難点が残るという事があります。

それに対して、プロセス、今申しあげましたような安全確保のルールで目標をたてるとしますと、どのようにルールを守ればいいのかというそういう解釈の問題が出てくる、あるいはチェルノブイルじゃないけれど、規制があるから安全という説得力のないものになってしまう恐れもあります。

4) 自律的リスク管理メカニズムの考慮

これは C.Starr とかカリフォルニア大学の Okrent 教授が提案しているものですが、要すれば個人リスクについては制限を設けて、これを厳守する事は当然であります。社会的リスクについては、これを内部化するという提案です。つまり、リスク税のようなものを考えて、これをリスクに応じたものにするかどうかは議論の分かれる所ではありますが、これで広い意味の費用負担の公平化を図るというアプローチであります。既に現在日本の電源特会制度はそうになっているという主張もあるかと思いますが、こういうような提案もあるという事です。

その他絶対的な目標にするか、相対的な目標にするか、個人についての目標にするか、社会についての目標にするか、さらにサイト条件の考慮あるいは時間的因子の考慮、つまり今年よりは来年、来年よりは再来年というように目標を変えるかどうかという選択もありますが説明は省略させていただきます。

以上、いろいろな安全目標の姿についてこ

れまで提案されたものを簡単にレビューしたわけではありますが、更にまとめると、安全目標というものは、何をもって安全と考えるかについての社会的コンセンサスの姿を反映しているという面と、使用目的に応じて目標がある程度階層的で高いレベルはある程度定性的でもいいが、設計との接点となり具体的な適合性を議論するレベルでは、定量的なほうが实际的であるという事かと思います。

安全目標制定へ向けての各国の努力

次に、各国が、こうした安全目標の制定に向けて、どういう努力をしているかという事について、お話ししたいと思います。大雑把にまとめてみますと、アメリカは、つい最近安全目標を決めたわけではありますが、当初は包括的な安全目標を狙っていたと思います。最終的にはやや現実的に、現状の安全規制との両立性にかなり気を配っているという感じがするところであります。一方、ヨーロッパは性能基準的な安全目標を追求してきたと思います。言い換えますと、あくまで規制の補助手段としての安全目標を考えていたというわけです。

ここで、これまでに提案されてきた定量的安全目標を幾つか紹介しますと、最初は、Adams and Stone (1967) のものです。この人達は、要すれば個人の死亡確率の地域間格差というものを調べて、そのバラツキの範囲ぐらいのリスク増分であれば、公衆は納得するのではないかと考えて 10^{-5} 死/年という値を安全目標として提唱しました。

これに対して、Bowen (1975) は死亡確率が年々減少していくのをとらえて、新技術の

リスクは年間の死亡確率の減少分より小さい事という目標を提出しました。これは、新しい技術は段々死亡率というのが減っていくというトレンドを変えない事、傾向を逆転しない事というわけで 10^{-5} 死/炉年という数字が提案されています。それから、この方のもう一つの面白い提案は、risk aversion を表現する方法として、大事故については 10^{-5} という数字を満足している事をより確実に示すべし、 10^{-5} / 炉年のリミットを小事故は90%の信頼度で、大事故は99%の信頼度で守ることというものです。これは面白い考え方だと思っております。

それから、図1は Farmer (1967) の Farmer curve です。これ(図1)はヨウ素の放出量とその発生頻度の関係を示し、この線の外側は許容されないという事を提唱したものです。この提案はヨーロッパの安全目標の議論に非常に大きな影響を与えて、どの国でも基本的にはこのカーブのバリエーションが使われているようです。

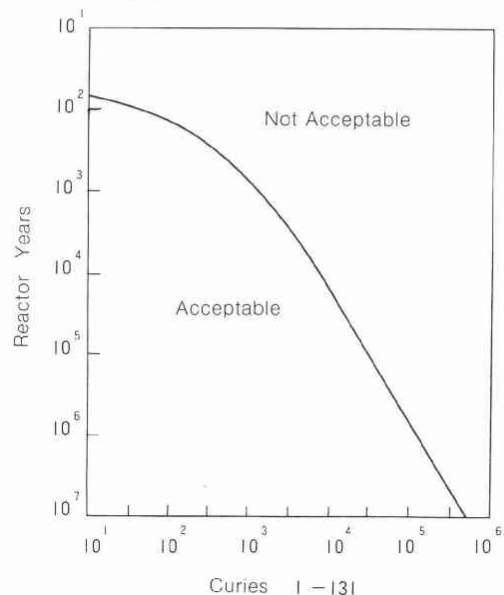


図1 Farmer Release Frequency Limit Line

表 1 PROPOSED REFERENCE VALUES (AECB, 1978)
Serious Process Failures

Reference Dose Interval (In absense of Special Safety Systems) Rem		Reference Value for the Sum of the Predicted Rates of Occurrence of Failures within the corre- sponding Reference Dose Interval
Whole Body	Thyroid	(Per Reactor Unit Per Annum)
0-0.05	0-0.5	10^{-1}
0.05-0.5	0.5-5	10^{-2}
0.5-5	5-50	10^{-3}

表 2 PROPOSED REFERENCE VALUES
Process and Special Safety System Failures

Reference Dose Interval Rem		Reference Value for the Sum of the Predicted Rates of Occurrence of Failures within the corre- sponding Reference Dose Interval
Whole Body	Thyroid	(Per Reactor Unit Per Annum)
5- 10	50- 100	10^{-4}
10- 30	100- 300	10^{-5}
30-100	300-1000	10^{-6}

Note: The actual dose to the individual in table 1 will be less than reference value which does not give credit for the Special Safety Systems.

次は CANDU 炉用の基準 (AECL, 1978) です。これは、表 1 および表 2 に示すものですが、表 1 がプロセス系の故障についての規定でありまして、プロセス系の故障によって発生します被曝線量について、被曝線量ごとに発生頻度を規定しています。ここではプロセス系の故障発生頻度は 10^{-3} /炉年以下にはできないと考えています。表 2 の方は、プロセス系と special safety system の故障の両方を考えたものです。インベントリーの大きい系統の場合には special safety system を付加すべしというわけです。両方こわれますと大きな放射性物質の放出、従って被曝があり得るわけですが、その発生頻度を同様に

規定しています。最大が全身被曝線量30~100レムでして、これは 10^{-6} /炉年という発生頻度にすべしと規定しています。

図 2 は英国の Kinchin (1979) の提案です。これは Rasmussen Study が出た後に提案されたもので、その影響をかなり受けていると思います。

次に図 3 が内田先生が提案されたカーブです。横軸が全身被曝線量、縦軸が発生頻度になっています。

その他、いろいろな方の提案を並べていくときりがありませんが、図 4 に E C の Vinck さんがヨーロッパ各国で提案されていますカーブをまとめたものを示します。これを見る

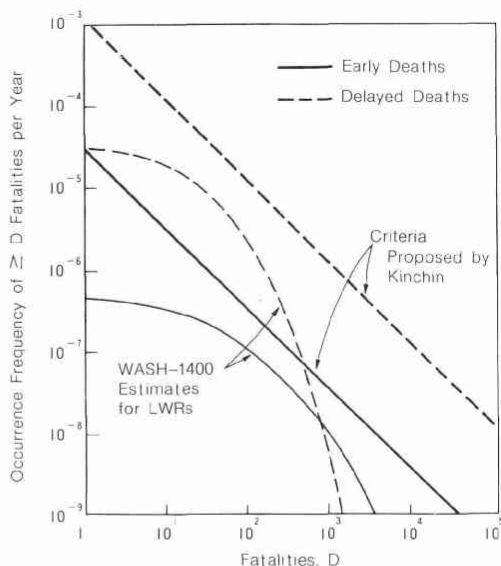


図2 Criteria Proposed by Kinchin (1979)

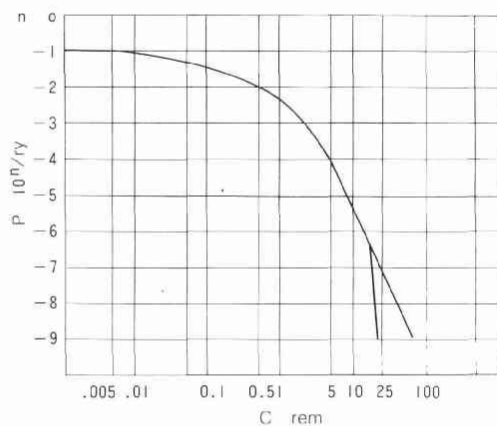


図3 Probability P versus Consequence C

と、いろいろな国のカーブがほぼ似かよっているという事、ある確率のカテゴリーごとにコンセカンスの上限を定めているというアプローチが各国とも採られているという事がお気づきになると思います。

最後にご紹介するのが、最近決められました米国の安全目標であります。表3～5に示しますように、一番上に Qualitative safety goals, 所謂定性的な安全目標というものを置きまして、その下に Quantitative risk objectives を置き、更にその下に Performance

guideline を置くという三層の構造になっています。

一番上の目標は、いわば安全に関するコンセンサスを述べたもので、所謂憲法というふうに考えていいのだろうと思います。ポイントは原子力発電所のそばに住むからといって、significant additional risk がないという事です。個人についてあるいは社会について、

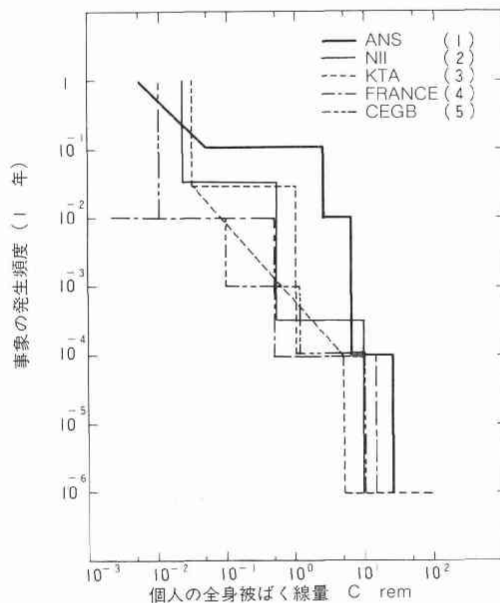


図4 各国の安全目標

注) (1): 米国原子力学会, (2): 英国原子力施設検査局, (3): 西独原子力技術委員会, (4): フランス, (5): 英国中央電力庁 (和訳は「原産年鑑」による)

表3 QUALITATIVE SAFETY GOALS

- INDIVIDUAL RISK GOAL-Individual members of the public should be provided a level of protection from the consequences of nuclear power plant operation such that individuals bear no significant additional risk to life and health
- SOCIETAL RISK GOAL-Societal risk to life and health from nuclear power plant operation should be comparable to or less than the risk of generating electricity by viable competing technologies and should not be a significant addition to other societal risks

表4 QUANTITATIVE RISK OBJECTIVES

- INDIVIDUAL MORTALITY RISK-The risk to an average individual in the vicinity of a nuclear power plant of prompt fatalities that might result from reactor accidents should not exceed one-tenth of one percent (0.1%) of the sum of prompt fatality risk resulting from other accidents to which members of the U.S. population are generally exposed
- SOCIETAL MORTALITY RISK-The risk to the population in the area near a nuclear power plant of cancer fatalities that might result from nuclear power plant operation should not exceed one-tenth of one percent (0.1%) of the sum of cancer fatality risks resulting from all other causes

表5 PERFORMANCE GUIDELINES

5.1 GENERAL PERFORMANCE GUIDELINES

- The Commission will continue to pursue a regulatory program that has as its objective providing reasonable assurance that a severe core damage accident will not occur at a U.S. nuclear power plant

5.2 PROPOSED GUIDELINE FOR EVALUATION

- The overall mean frequency of a large release of radioactive materials to the environment from a reactor accident should be less than 1 in 1,000,000 per year of reactor operation

社会の場合は特に発電という行為に関連して、競合する発電技術のもたらすリスクと同じかあるいはそれより小さいという事を要求しています。これが原子力発電所に対する安全要求の常識という事だろうと思います。

それを定量的にどう考えるかということについて示したのが表4にある0.1%という数字です。個人について言えば、原子力発電所の事故による急性死亡リスクは他の事故による急性死亡リスクの0.1%,社会については原子力発電所近傍の集団について癌による死亡リスクが同じように全ての原因による癌死亡リスクの0.1%を超えてはならない事という

わけです。

更に、これを設備について具体的に判断するために Performance guideline というものを考えるわけですが、これについては未だ最終的なものができていません。しかし、意図するところは、severe core damage accident が起こらないという事に関して、reasonable assurance を与えるという観点から定めたいとしているようです。内部で検討されてますのは、大量の放射性物質の放出というようなものの発生頻度を100万年当たり1回以下、所謂 10^{-6} /炉年以下というもののようでございます。しかし、これには色々な議論があるようで、大量の放射性物質の放出とはどういうことかとか、やはり core melt の発生頻度を規制すべきとか、現在詰めが行われているというふうに伺っております。

安全目標の適用上の問題点

では、次にこうした安全目標を適用する場合の問題点について、少し検討したいと思います。

1) 原則的な目標

第1の問題は、今お話申しあげました米国の安全目標を見て考える事ではありますが、原則的な目標というものが、例えば個人の生命ならびに健康のリスクを有意に増加させないとか、社会の生命ならびに健康のリスクを有意に増加させないとか、色々な表現が採られて定められるとして、これでこれをどういう論理で人々が納得すべきなのか、ということです。公共の福祉のために、ある程度で納得

せよというのは、確かに憲法でも述べられているところですが、私は、この程度リスクは無視して下さいよという根底には、お互い様だからという判断があると思う。そこで、これをお互いにこれでいいと言う儀式があるように思うわけです。勿論、こういう場合も、従来は学識経験者が決めたということで済んだし、この件についても、そういうことかと思うのですが、他方、原子力が社会のある空間的位置を占めると、無視できるとはいえないながらも、ある種のリスクの空間分布が生じるわけでありまして。そうしたものを含めて許すか、文句を言っても取りあわなくてもいいかとなると、実態は既に申しあげましたが、一種の自律的リスク管理というカテゴリーに入るある種の税金でありますとか、ある種の補償が行われていて、それも含めて合意が成立しているのではないかという感じも持っているわけです。

米国で安全目標は、これを満たせばこうしたバーゲニングの対象としないでもいいのだということで、議会で決めるべきだと、こうしたものはもう無視していいという全国民的な合意を取り付けるべきであるという議論がなされているのは、こうした可能性を排除するためというふうに思うわけです。日本の場合、そこに既に今述べた既得権の構造があるので、米国流にはいかならないと思うわけです。

2) 利用上の問題点

次に、目標を定めた時に、その定める限界で本当に設計してよいのかという問題です。これは次の不確定性の問題とも関係しているのですが、ポイントとしては ALARA というか、Cost-effectiveness というか、そういうも

のを考えて実施可能ならば特に目標に捕らわれる事なく、更に高い安全性を追求すべきという、そういう要求、方針が内在していると思うのか、否かという問題であります。私は目標というのは合意した以上お互いに尊重すべきで、これに ALARA がかぶさる必要はないと思うのですがいかがでしょうか。

3つ目は不確定性への対応という事です。これはPRAには常に不確定性がつきまとうわけでありまして、例えば、米国の安全目標制定の際にも、実施における General ground rule という項目の中で、PRA というのは uncertainty を含むので、従ってPRAを使う場合には、そうした uncertainty に十分注意を払い、専門家のレビューを受けるべしと。それにもかかわらず、PRAの結果は運転等に関係する人々の Performance によって変わり得るものであると認識せよと書かれています。

このような状況への対応については、1つはそういうものを判断できる専門家に任せて、専門家が見てこれでいいと言うなら、いいことにしましょうという、ある種の割り切りがあると思います。

2番目としては解析手法・データを明示する事です。要すれば使う解析モデルとかデータとか、そういうものを限定する。言わば、標準的手法を設定して、その範囲で出てくる結果についてのみ検討の対象にするという事で処理していこうというアプローチです。

3番目としては定量的な議論をする範囲を限定する方法です。決められたリスクレベルに比べ非常に小さいことが自明であればそれはいいとして、ある程度の頻度の範囲についてのみ定量的な基準を適用していく。あるいは

はちょっと別の考え方になります。機能が信頼性に限定して議論していく。例えば、安全系の信頼性にのみ定量的な基準をアプライしていくというアプローチです。

最後には、保守性、要すれば計算等に対しても保守的なアプローチを下さい、データも保守的な選択を下さいというような要求をたてて、目標との適合性を判断するアプローチがあります。これの変形としては best estimates の計算と感度分析の結果を組み合わせ、計算結果の頑健性と申しますか、robustness をチェックしていく、という形で不確定性に対応していこうという議論もあります。

4 つ目としては、やや細かい話になって恐縮ですが、実際に幾つか例題的に安全目標をたてて、それを設計に使っていこうとしますと、現行規制との整合性が問題になります。例えば、今規制の中に重要度分類という概念があります。重要度とその機器の持つ信頼度がリンクしていればそれなりになんとかなるのですが、設計者に言わせると実態は差がありませんよ、設計コストの問題ですよと言う。また、目標を満たすために特定の機器にのみ力を入れてやればよいこともあるかもしれない。そういう選択を目標設定後は許すのかという問題が生じます。

5 つ目としては地震の問題があります。これは、設計の基準としております地震動を確率論的な議論の組上に乗せるとどうなるかという事です。幾つかの論文には S_1 あるいは S_2 地震動の頻度というものがあるが言及されているわけですが、これをどういうふうに取り扱っていくか、強度—頻度を連続スペクトルと考えれば、 S_2 以上の地震の頻度が外挿で

きるわけです。1 万年とか 10 万年のスケールで 1 回起こるということで、 10^{-4} とか 10^{-5} としてこれを炉寿命の 30 年間について適用するのは、ミスリーディングと考えています。これは次の 30 年間の問題を考えるアプローチとは違うのではないかと。ここについての取り扱いはきちんとする必要があると思っています。

6 つ目としては財産保護ならびに供給責任の責任分担という事があります。これは、いわゆる所有者が自分のプラントを財産と考え、それを保護していくという見地からとられる種々の措置、あるいは供給責任というような電気事業法的な意味での規制と、安全規制がどういう形で責任を分かちあっているのかという事です。現実には原子炉の安全性は財産保護上の努力でカバーしている部分があって、一般社会通念から定めた安全目標でスクラム頻度 0.1 回/年というのは安全上の要求の結果ではないかもしれないわけです。というのは、安全設計では毎年 10 回位スクラムがあるという前提で設計しているからです。しかし、それが安全上の要求と誤解されるとどうなるかと思うわけでありします。

以上私どもが安全目標の適用について考えた時に遭遇する問題点を申しあげたのですが、更に具体的には固有安全性の議論とか Leak Before Break の話や原子炉容器の信頼性の話などが不確定性の問題に絡んで登場してきている。決定論的枠組みはそうしたものを白か黒で押さえ込んでいるわけですが、定量的目標を定めるとそこに問題の本質的な部分が現れてくるのは当然かもしれません。

今、何をなすべきか—安全目標適用のベンチマーク研究を—

最後に、結論にかえて今何をなすべきかという事を述べて、おしまいにしたいと思います。それは、色々な困難はあるにしても、そろそろ入口論は卒業しまして、具体的に定量的な目標を仮に用意してこれを使ってみる、そういう段階に入っているのではないかと思います。定量的な目標について、未来永劫ノータッチでいいならいいけれど、そこには安全確保に係わる多くの本質的な問題と合理化の契機があるので、いずれ手をつけねばな

らないと思うわけです。それならば、具体的にとにかく何か安全目標を仮に設定しまして、それで利用上の課題を発見するという作業を実施し、その解決策を検討する。それで目標も修正していくというような事をしていく時期が来ているのではないかというふうに思うわけです。

もし、このシンポジウムが来年開かれるとすれば、そこでそうした適用結果についてご報告頂いて、議論を深めていくという事ができればなあと考えている次第です。

以上、大変粗略な話でございましたが、問題提起ということで話を終わらせて頂きます。
(こんどう しゅんすけ)

原子力の安全目標（その2）

パネ ル 討 論

司 会： 東京大学工学部教授 都 甲 泰 正

パネリスト（五十音順）：

放射線医学総合研究所科学研究官 市 川 龍 資

（財）エネルギー総合工学研究所エネルギー技術情報センター長 大 塚 益比古

東京大学工学部教授 近 藤 駿 介

日本原子力研究所東海研究所原子炉安全工学部長 佐 藤 一 男

東京電力（株）原子力研究所所長 澤 口 祐 介

学習院大学法学部教授 田 中 靖 政

はじめに

司会 ただいまからパネル討論を始めたいと思います。パネルの進め方でございますが、パネリストの6人の先生方に大体お1人10分あるいは10分プラスアルファということで、最初にご発言いただきたいと思います。引き続きまして、パネルの先生方同士のご討論をいただきまして、そのあと会場の皆様にご参加いただいて自由討論ということで進めてまいりたいと思います。

それでは最初にパネリストの先生方をご紹介申し上げますが、一番右にお座りの先生が放医研の市川先生です。その次が学習院大学の田中先生でございます。その次がエネルギー総合工学研究所の大塚先生、それから日本原子力研究所の佐藤先生、東京大学の近藤先生、東京電力の澤口先生です。どうぞよろしくお願いいたします。

最初、市川先生からご発言いただきますが、市川先生は所用で12時過ぎに中座なされるようでございますが、よろしくお願いいたします。

放射性廃棄物の処分におけるリスク・リミテーション・システム

市川 最初にお話申し上げるのですが、私は放射線医学の分野で仕事をしておりますので、本日は主要な中心となります原子炉の重大事故を念頭におきました時のリスクと、その制限という問題については、多少周辺のことを材料にするかと思いますが、多少これに関係をいたしまして、確率的事象のリスク制限体系というものが考えられておりますので、これをご紹介して、参考にしていただければと考えております。たねはICRPであります。ICRP¹⁾が我々の放射線に関しまし

（注）1）国際放射線防護委員会

て、人間の体をそのリスクから防護しようとする時に、基にしております被曝線量、年間100ミリレムという値がいわゆる放射線の線量の制限体系ドウス・リミテーション・システム (Dose Limitation System) として1年間に100ミリレムという値を出しております。この1年間100ミリレムというのは、リスクに直しますと1年間に 10^{-5} という先ほど近藤先生の話の中でもかなりその値がよく出てまいりましたが、年間の値として 10^{-5} 、これは日常生活における我々が受け入れているといえますか、日常気にしないで体験して生活を送っている時のリスクの代表的なものであります。年間 10^{-5} というリスクを念頭におきまして、放射線被曝線量の制限を作っておるということはどなたもご存じかと思います。

新しい問題の出現

ところが最近になりまして、いろいろそれだけではすまないことができてきました。一番最初に問題になりましたのは、高レベル廃棄物の深海底処分であります。これは高レベル廃棄物を固化して、キャニスター (canister) に入れまして、これを5,000メートル下の海底のそのまた下の地層の中へドリリングして埋設する、こういう放射性廃棄物の処分概念であります。これは結構ここ10年ぐらい私もやっておりまして、安全評価の計算等も行なっております。つまり、公衆への被曝線量の跳ね返りを10のマイナス何乗ミリレムというような、そういう、いわゆる処分による被曝線量の安全評価をやっておりますが、この時出された問題があります。5,000メートル下の海底のそのまた地層の中にキャニスターを埋め込むとして、安全評価をやりますと、

確かに線量は低くなります。ところが地上で穴を掘って埋めるというわけではなくて、かなり遠隔操作を伴っておりますので、間違ふ可能性がある。海底下に突っ込んだ積りなのだけれども、うまく突っ込まれてなかったとか、それから突っ込んだのだけれども、へんなふうになっていたというような事故があり得る。そういう事故がありますと、1万本のうち例えば100本とか200本、折れ曲がっていたとか、差し込む時に曲がってしまったとか、壊れてしまったとか、入れた積もりが入っていなかったとか、そういうことがもしありますと、これはかなり海底下の地層の密閉力に依存した安全評価を我々はやっておりますので、その依存性がなくなるわけでありまして、事故的にうまく入っていなかったとか、壊れたとか、半分出ちゃったなどというのはそういう密閉力を、アイソレーション (isolation) の力を除外した評価をしなければならないことになります。そうしますと、かなり線量が何桁も上に上がってきます。しかし、そういうことは起こりそうもないのだけれども、ないこともなさそうな気もするということで、高レベル廃棄物の深海底処分の場合には事故的な影響についても評価してくれないと困るということが起こりまして、それをやったのですが、ただそれは確率の小さいことなので、この場合確率は小さいのだけれども、線量は高くなるというのはどうしてくれるということで、取り扱いに困りまして、ICRPに注文を出しました。このことを放射線防護の専門家の委員会で考えてください。確率は小さいのだけれども、もしこれが壊れると余計たくさんに出てきてしまう。1万年先に出る積もりだったのが、1年間で出てくるとなると

線量が非常に高くなるので、そのリスクをどのように評価するか、それを考えてくださいという注文を出しました。これが切っ掛けとなりまして、この深海底処分だけではないのですが、地層処分その他いろいろなことを考えまして、放射性廃棄物の処分におけるリスク・リミテーション・システム (Risk Limitation System) という概念を ICRP が昨年パブリケーション46というので出しました。その図 (図1) をひとつ見ていただければと思います。

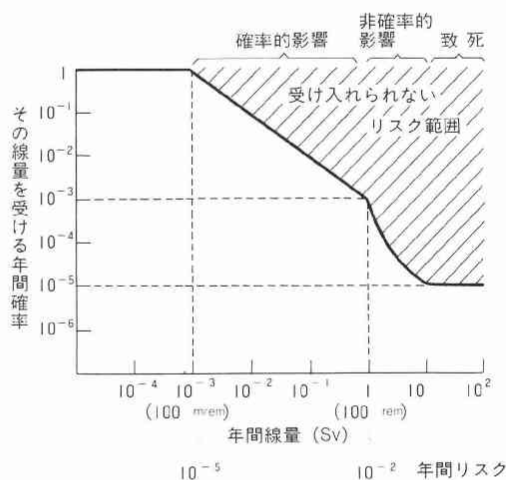


図1 ICRPのリスク制限体系の模式図

ICRPのリスク・リミテーション・システム

これを見ていただきますと分かりますように、下のほうのスケールが一番上が線量がシーベルト (sievert) の単位で書いてありますので分かりやすく下にカッコして、 10^{-3} のところに100ミリレム、1シーベルトのところは100レムと書いてあります。その100ミリレムの下は 10^{-5} と書いてあります。100レムのところは 10^{-2} と書いてあります。これが年間のリスクであります。この 10^{-5} という100ミリレムのリスクのところをずうっと上までいき

ますと、それが左のスケールでは1となっておりますが、これが1年間にそのような被曝線量を受ける確率であります。それが確率1、つまり確率1で起こるような被曝現象については100ミリレム、つまり 10^{-5} のリスク、100ミリレムで押えてくださいというのであります。それがずっと線量が上がりまして、100レムのところ、これはリスクが 10^{-2} であります。それを上にいきまして、そのスケールを左にいきますと、ここが 10^{-3} になっております。これを掛けるとちょうど確率が 10^{-3} で放射線を100レム浴びた時のリスクは 10^{-2} で併せて 10^{-5} とこういうことになります。すべて 10^{-5} に収まるように線を引きまして、斜線の部分がそれを超える部分ですので、これは自動的に受け入れられない、自動的にペケという領域は斜線が施されています。左の方は直線的になっておりますのは、これは線量と影響とが直線的なものですからいわゆるストカスティック・エフェクト (stochastic effect) の部分なので、真直ぐになっていますが、それから先まがったり横になったりしていますのは、線量が高くなりまして、ノン・ストカスティックの影響が出てきて、しまいには致死線量のところになりますと、 10^{-5} のところまで死んでしまうような線量を与えられるような事象についての確率を 10^{-5} 以下にしてくださいという意味で、そこは横になっております。斜線部分は自動的に受け入れられないとした部分でありますけれども、その下の白い部分というのは、これはいいと言っているのではなくて、当然この中には optimization, justification が入っております。それが入ったうえで白い部分を認めよう、こういうのがもともとICRPの考え方でありますので、そ

ういう領域になっております。従いまして、これは一つの事象、例えば高レベル廃棄物の処分ということに限りますと、もし justification, optimization が成立すればあの白い線でいいわけですが、限界までいいわけですけれども、そうしないで、ほかにもこういう現象があるので、割当てをしなければならぬ、高レベルの廃棄物のリスクについては割当てをするのだということになりますと、もうひとつ下のほうにもう1本線を引きまして、高レベル廃棄物についてはそこまでという線をもう1本引くことになります。これがひとつのアロケーション (allocation) の考え方でございます。

先ほどの近藤先生のお話の中にありましたように、限界までこれを使っていいかということになりますと、この ICRP がパブリケーション46で出したこの放射線による被曝線量と、それから放射線による被曝線量のリスクと、それからそれを受けることになるかも知れない確率のリスクと、両方併せたものにつきましてもやはり同様に optimization の考え方、justification の考え方が出てくると思いますので、そういう場合にはこの白の範囲ならばすべていいという意味ではないというふうに考えられております。ただこの ICRP パブリケーション46はこのようにして作りました放射線のリスクとそれからそのことが起こるリスクと両者併せまして、リスク・リミテーション・システムという概念を示しましたけれども、これは未だ ICRP が提唱したといいますが、こういう考え方を示したということに留まっておりまして、いままでのドウス・リミテーション・システムのように各国で実用的に使われておるといって

はありません。まだ若いといいますが、概念として生れたばかりのものである、こういうふうにお考えいただきたいかと思います。

PRA 適応の限界をわきまえて

司会 どうもありがとうございました。それでは引き続きまして、エネルギー総合工学研究所の大塚先生からお願いいたします。

大塚 特に主張したいことだけを申し上げますが、先ほども紹介がありましたようにアメリカの SAFETY GOALS が最終決定になりましたので、それについて私の意見を申し上げます。私は勿論アメリカの国内行政に干渉する意思はまったくありませんで、ただ自分たちの勉強のためにたまたま1つのモデルがあるということで、意見を申し上げたいのです。

まず基本的には、潜在的な危険を持った複雑なシステムの安全なり危険を評価するのに、系統的な、辻褄の合った手法を開発すること自身は非常に望ましいことです。から、私自身、PRAの手法に対しては、むしろ大いに進めるべきだと考えておりますが、ただ適応の限界を考えて用いるべきだというのが私の考えであります。

人間がからむ問題は定量化がしにくい

もう少し具体的に申しますと、例えば TMI の事故を起こしました軽水炉の場合に、安全審査の段階で仮に PRA の手法を用いてみたところで、事故の最大原因になりました加圧器と一次系ループとの接続配管の設計ミスは、PRA を使ったからといって見つかるものではない。その時期の専門家なり関係者に

その認識がない限り、どんな手法を用いてもそれは出てこないわけです。

あるいは今度のアメリカの SAFETY GOALS には、サボタージュは枠外であるということは断わってありますけれども、それほど悪意に満ちた行為でなくても、先ほども近藤先生の話にもありましたけれども、人間の行為が絡む問題はなかなか定量化がしにくい。例えば、TVA のブランズフェリー原子力発電所で、かつてかなり深刻な火災がありました²⁾が、それは作業員が裸の蠟燭を使って点検しておったことが原因であります²⁾が、そういうものは、そういう行為がある前に、そのリスクを評価するということは、実際問題、人間の能力を超えておると申しますか、非常に難しいことで、そういう意味で、原子力発電所の全体的影響を漏らさず定量的に評価し得る段階に、まだわれわれは達していないと私は考えるものですから、そういう意味で NRC 流の SAFETY GOALS のあり方²⁾には納得できかねるわけであり²⁾ます。その中でも定性的な GOAL については、先ほども紹介が²⁾りましたが、原子力発電によって個人にシグニフィカント (significant) なリスクを追加しないという点は、どなたも納得されると思いますけれども、その次の項の、他の発電方式に比べて、社会的リスクが少ないか同等であるべきことという点は、一見妥当なように思われるかも知れませんが、それと比較された既存の発電方式の方がリスクが多いと判断されたわけであり²⁾ますから、その場合、そちらの方はどうしてくれるのだ、リスクの多い既存の発電方式はどうする積りかという点で社会的な合意なしには、こういう GOAL は決²⁾め

注) 2) (米国) 原子力規制委員会

るべきではない。私の考えでは、他の発電方式に比べて不当に大きなリスクを伴うようなものは持ち込むべきではないといった程度の表現になろうかと考えるわけです。

USNRC の安全目標

振り返ってみますと、今回のアメリカの NRC のいわゆるポリシー・ステートメントというものは、ご存じのように 1979 年の TMI 事故が起こったあと、大統領諮問の委員会からの勧告を受けて、NRC は明解なステートメントを出す用意があるというところから始まって、7 年かかってやっと今回の最終版になったわけであり²⁾ます。そしてその意味は、TMI 事故によって世間を騒がせたものの、しかし原子力発電というものは社会に不当に大きなリスクを持ち込むものではないということ²⁾を世の中に言いたかった。それが今回の SAFETY GOALS だと考えるわけであり²⁾ます。従って、定性的なものだけでは、とてもアメリカの事情では許されませんから、もう一歩踏み込んで定量的なところまで入ってきた。

ところが定量的なほうは、先ほども紹介がありましたように、急性死亡のリスクは全事故死亡リスクの 0.1% 以下であること、それからもう 1 つは、癌による死亡のリスクは、自然と申しますか、癌死亡全体のリスクの 0.1% 以下であることという 2 つの目標を打ち出したわけであり²⁾ますが、よく考えてみると、この 2 つの条件では、TMI 事故は今後も起こっても差し支えないことになってしまう。つまり、TMI 事故では誰ひとり急性死亡させなかったわけであり²⁾ますし、それから稀ガスはかなり漏れましたから、集団線量はゼロで

はないけれども、計算して分かりますように、癌死亡リスクを大きく上げてはおりませんから、極端な言い方をしますと、年に一度ぐらいTMI事故が起こったところでびくともしないような目標になっている。そうすると、意味があるのは、先ほど近藤先生の紹介にありましたように、これから用意されるパフォーマンス・ガイドライン (Performance Guideline) しかない。これも大量放出を年に 10^{-6} 以下にしようというわけでありますから、仮りにTMIのような放出が大量放出でないとすれば、この線にもひっかかってこない。結局これはTMIだけではありませんで、今回のチェルノブイル事故の場合は、我々はこの事故はあってはならないものと思いますし、ソビエトといえども二度と起こすべきでないと思っているでしょうが、そのチェルノブイルでさえ、発電所員と消防士は亡くなりましたが、一般の人達はたまたまそばを通った人が2人スクリーニングにかかりましたけれども、入院をせずにすんでおりますから、やはり急性死亡という点では今回の目標にひっかからない。癌については、30キロメートル以内の人達、13万5千人が避難いたしました³⁾が、その人達の浴びた全身実効線量がざっと、170万レムでありますから、それによって生ずる癌の死亡が170人程度とされています。その人たちの自然の癌死亡の予測がソビエトの報告とINSAGの報告では1万人ぐらい違いますから、計算の分母自身が非常に怪しいものでありますけれども、それにしても0.6%とか1%に相当しますから、これは今回の目標に引っかけられますけれども、そう

注) 3) International Nuclear Safety Assessment Group

いう現象が人間の寿命の10倍ぐらいに1度の程度であればこれも許される。つまり1桁落ちますから。そうなると、一見合理的な目標が今回米国では定まったように見えますが、そうではない。実は世の中は原子力に対してそういう甘い見方はしていないのでして、大量の人達が避難したこととか、問題はいくらかでもあるわけで、そういうものを全部省略して、単純化して、一見合理的なGOALなり、目標を示すということについては、なんだか努力したわりにはその効果は少ないような気がする。

ただし、私の話で落ちているのは気象条件でして、チェルノブイルの事故の時、運悪く風がプリピャチの町に向かって、まともに吹いていて、雨でも降っていたならば、その町の人達の運命は大きく変わっていたことでしょうし、30キロメートル以内の人達の受けた集団線量も大きく変わっていたでしょうから、そういう意味で、さっき私が申し上げた解釈は単純過ぎるわけです。われわれは気象条件の持つ重要性をこの際認識すべきであることはいうまでもないとして、しかし気象条件は我々にはなんともならないわけでありますから、プラントの性能を云々する話と、気象条件のような神様に任せる部分とは、やはり区別して扱うべきではないか。そういう点で、ヨーロッパその他で考えられているような、つまり事故の頻度を押えるという考え方は、捨てるわけにいかず、ひとつの大事な部分ではないかという気がいたします。

原子力だけ考えていてよいのか

さらにもう一つ申し上げたいことは、原子

力の安全基準を議論する場合に、やはり原子力のことだけを考えていたのではいけないのであって、SAFETY GOALSが、先ほどのお話にもありましたように、社会の合意を得るのが目的であるならば、やはりほかの社会活動を含めた包括的な目で問題をとらえる必要がある。

やや具体的な例を申し上げますと、例えば私どもは飛行機が落ちたあとで、飛行機はもっと安全であって欲しいと思うわけですが、その場合に飛行機による旅客の年間の死亡リスクについてある数字でその許容レベルを示すべきであるとか、あるいは全事故リスクの何分の1以下であるべきだというような考えが、われわれ自身の頭の中に出てきたでしょうか、あるいはどこの評論家がそういうことを言っておられるだろうか。もっと卑近なことを申しますと、ホテルや旅館にマル適マークというのがありますが、そのマル適マークのあるホテルや旅館に泊まる客の死亡リスクは、一体10のマイナス何乗以下に押えられているのか、などということを私どもは考えたことがない。そのことを、そちらの社会は遅れているからだとか、原子力の社会だけがあとからやってきて、極めて合理的な思考でもって対応しようとしておるのだと主張するのは、いささか問題ではないか。ですから、そういう意味で考えますと、アメリカの今回のSAFETY GOALSにつきましては、私は非常に多くの疑問を持っておりまして、今後ぜひこういう問題を考えていきたいと思っておる次第であります。どうもありがとうございました。

司会 ありがとうございます。それでは続きまして、日本原子力研究所の佐藤先生お願

いいたします。

セーフティ・ゴールはいつも最善の努力を要求している

安全目標設定の意義

佐藤 先ほど近藤先生が極めてコンプレヘンシブ(comprehensive)かつ精密なお話をしていただきまして、そのあとなにを言えいいのか思い悩んでいるところなのでありますが、いま大塚先生もちょっとお触れになりましたけれども、いままで議論されておりますSAFETY GOALなるもの、これは人間の産業活動の歴史、あるいは技術の歴史というものを見てみますと、もしこれが成功するということになりますと、非常に大きな意味を持ったことになるのではないかと思います。つまり、人間が様々な活動をする、それによって勿論利益もあるわけですが、必然的になんらかのリスクというのを我々の社会に持ち込んでいるわけですが、そういうリスクというのは勿論災害に対する事前の評価であります。そういうものがある意味では明示して、これに対して社会の選択を迫るという行為は、私が知る限り、少なくとも大きな規模でなされたということは、いままで人間の技術の歴史の中にないと思うのです。従って、それは非常にある意味では大きな出来事だろうと思うのですが、それではそれを原子力だけがやっていいのかという、これもいま大塚先生ご指摘でございますけれども、そこで留まるべきものなのかというのは、これまたよく考えてみなければいかんことだろうと思うわけがあります。ただ私の感じでは、やはり人間の活動の規模というのが、非常に勢いで増

加を遂げつつある。それに伴ってほとんど必然的にやはりリスクというものも大きくなってきつつあるだろう。必ずしも比例するとは限りませんが、そういうところでは社会全体の意思として、社会に負わされているリスク全体をなんらかの方法で管理し、あるいはこれを抑制するというアクションが必要だろう。そういう意味でみると、この安全目標というものは、もっとグローバルな見地からみて、やはり必要になってくるものではないか、と思うわけであります。

セーフティ・ゴールはいつも最善の努力を要求している

この安全目標が、例えばアメリカなんかは最も具体的な形でいまそれを出しているわけですが、これが一種の免罪符になってしまうと、かえって有害なものになるのではないかという危惧の面を少しく持つわけであります。これは私の持論なのでありますが、技術というのは少しでも進歩しようという、きのうよりは明日のほうがもうちょっとでもよくなろうという意欲をなくしますと、見かけが立派でも内部が空洞化してしまう恐れがありまして、計算上は確かに GOAL を満足しているけれども、中身は木枯しが吹いている、というようなことにうっかりするとなりがねない。そういう目でみますと、この SAFETY GOAL なるものは、任意の時点で最善の努力をいつも要求しているという形でないといけなのではないか。それではどういう作文をすればいいのかということろまでは、私もいま考えが及びませんけれども、そういうものでなければいけないのではないかと思うわけであります。

セーフティ・ゴールとパブリック・アクセプタンス

もう1点気がついたところを申し上げますと、この SAFETY GOAL がいま主としてどういうところに役立つと思われるか。これはやや狭く原子力の世界だけでみてみますと、大きく分けて、設計やら、運転やら、建設やら、あるいは規制やらといったものの合理化、一貫化、要するに原子力屋の仲間内でこれを使っていこうというのと、パブリック・アクセプタンス (public acceptance) を向上させ、改善するという見地と、二通り大きく分けてあるのではないかと思います。この二通りの目的が一つの目標で十分に達成できれば、これまた極めて望ましいことでありますけれども、本当にそうなるかという点については少々疑問なしとしない。例えば、これはいろんな人が指摘しますけれども、日本ですと、恐らくパブリック・アクセプタンスを向上させる最大のものは、当事者が非常に一生懸命やっておって、例えばサイト周辺の人達のことを忘れておりません、そこを大事に考えておりますという、そういう信頼感みたいなものが、恐らくパブリック・アクセプタンスを向上させる、一番大きな決め手になるのではないか。これは単に数字を示して、あなたはここまで保護されていますといったようなお説教だけではちょっとすまないかも知れない。ただし、いま言った原子力屋の仲間内で、いまあるシステムなりなんなりを非常に合理化、一貫化しようという意味では、この SAFETY GOAL というのは、私は非常に有力な道具だろうと思うわけであります。ただし、こういう目的でありますと、いわゆる定

量的な目標というものが、必ずしも絶対値を必要とするかどうか、あるいは相対値で間に合うかも知れないというところなのでございます。絶対値を掲げますと、これは非常に明快なのでありますが、一方では非常にトリッキー(tricky)な計算のテクニックだけでこれをクリアしようとする動きが出てきたり、あるいは考えようによっては、なぜ原子力だけがそんなにタイトな目標を設定しなければならないのかといったような疑問が出てきたり、あるいはその解析の方法そのものが実際にコンプリートなものであるか、完全性の保証はどこにあるか、あるいは不確定性の問題をどう取り扱うかといったような、むしろそれをインプリメント(implement)する時の問題がかなり大きくなってくるとは思わないだろうか。これをどういうふうに片付けていけばいいかということがこれから十分よく考えていかなければならないところであろうと思うのです。

重要度分類について

それから先程の近藤先生のお話の最後に重要度分類の話がされました。これはちょっとつけたりでございますが、重要度分類に私もいささか責任なしとしないので、一言弁解をさせていただきますと、あれはつまり SAFETY GOAL みたいなものがはっきりとしていないところでの一つの試みというふうにご理解いただければいいと思うのであります。

こういう GOAL が設定され、それによってシステムなり、設計なり、品質保証なりというものが極めて合理的、一貫した形で、一番下まできちんと整理できるということになり

ますと、ああいう重要度分類というのは自ずと要らなくなってしまうわけであります。現在の重要度分類というものは、そういう意味ではかなり直観的なもので分類がされておりますので、その SAFETY GOAL みたいなものからきちんとした問題の整理ができれば、もっと明白かつそれこそ合理的、一貫的な分類が可能になるであろうと考えます。以上でございます。

司会 ありがとうございます。それでは続きまして東京電力㈱の澤口さんお願いいたします。

共通の尺度が欲しい—異なる炉型で同等の安全性を保つとは—

澤口 私は多少具体的なところについて感想を述べさせていただきたいと思います。電力業界では FBR の実証炉を建設し、運転するという使命をもっているわけでございますが、少し前から実証炉のいろいろな設計研究をやっております。その際、一番重要なことは、勿論経済性を目指すということがございますが、その前提となる安全性をどうするか、軽水炉と同等の安全性を目指す、このように言っているわけでございます。高速炉と軽水炉とでは同じ原子炉であっても技術的にはかなり違うものでございまして、この2つの違う炉型で同等の安全性を持つということは、いったいどう判断したらいいのだろう。そういう問題に突き当たっているわけでございます。軽水炉についてはいろいろな指針類がございます。例えば、ECCS に関する指針がありまして、それを満足すれば、少なくとも事故時の緊急冷却に関してはよろしいと

いうことですが、圧力のかかっていない Reactor では、多分そのへんの現象も違うだろうし、考え方も違っているのではないか。そういう時に結局個々の基準とか指針とかに立脚して、判断したのでは多分同等の安全性ということは言えないのではなかろうか。そうしますと、なにか共通の尺度がいるのではないか、このように考えるわけでございます。

共通の尺度というのは、それでは一体なにがあり得るかと言いますと、やはり一種のなんらかの定量的な尺度をもったリスクという概念であろう。最終的にはいわゆる P S A 的なもので確認されるような安全性ではなかろうかというふうに考えるわけです。

ところが P S A と言いますのは、普段やられておりますのは、設計がもう固まっており、周りの立地が与えられており、従って環境条件が与えられておる。施設について、こまかな数値的な評価をやるわけでございますが、我々がいま直面しているのは、例えば F B R の実証炉というのは、どういう基本設計でなければいけないかという問題でございますので、そういう詳細にわたった情報はいまないわけでございます。こういう時に結局なにか立脚するべきものがあるとすれば、それはやはり一種の SAFETY GOAL じゃなかろうかと思います。しかし、アメリカ流の SAFETY GOAL ですと、これは周辺的环境条件まで含めて、死亡リスクで表現しているわけございまして、ある炉型についての基本設計をやる時には、なかなか使いにくい。ある割切りは必要かも知れませんが、先ほどの近藤先生のお示しになった図、表にありましたようにヨーロッパ式の、あるいは内田先

生のものも多分そうであったと思いますが、線量対発生確率の関係で示されるようなクライテリアがどうしても必要ではなかろうかということで、実は現在エネルギー総合工学研究所の F B R 研究会で検討させていただいているわけでございます。ただ、実際いろいろ検討いたしまして、その SAFETY GOAL を表に出していいかどうかというのは、多少私は気にしております。先ほどの大塚さんの話その他にもございましたように、確率論的な評価の精度には、現在の知見によりますと限界がございます。近藤先生のお話にもありましたように、非常に大きな地震の確率もどれだけよく分かっているか。このような制約がございますので、確率論だけに全面的に依存するというのはちょっと無理ではなかろうか。やはり一つの設計なり、安全審査の判断の基準とするものは、形の上ではいわゆる決定論的なものである必要があるのではなかろうか。しかし、その決定論的なクライテリアが恣意的に決まったのではなくて、それを決めるに当たって SAFETY GOAL 的なものがその背後にある。そういうかたちのものが実行可能といえますか、必要ではなかろうか、そんな観点でいろいろ勉強をさせていただいております。

司会 それでは学習院大学の田中先生よろしくお願いいたします。

原子力の安全目標を社会科学的立場から見る

田中 私は学法部に勤めておりまして、社会心理学とコミュニケーションの担当者であります。いままでお話いただきました諸先生と

は違って、原子力の安全目標の問題を社会科学の見地から見てみようと思います。

原子力の問題を社会の問題として投影する

いままでいろいろお話を伺っておりまして、これは私にも素人なりに大変参考になりました。最初の近藤先生のお話は、特に私のような素人にもよく分かるお話で、問題の核心とか、あるいは主題というもののまでが非常によく理解できました。一般に、原子力の問題というのを社会の問題として投影する場合には、一つの考え方の上で、ルールのようなものがあります。あるいは「ある」というふうに考えてよろしかろうと思います。例えば、「安全目標」という考え方ですけれども、この「安全目標」というものも実はこれは政策論に近いものであって、アプリオリに自然発生的に出てくるものではない。その安全目標が「だれによって」、「なんのために」、「どういういきさつで決まるのか」ということは、まさに政治の問題であり、各国ともに、政府、関連企業、国民の相互関係のような形で妥協として生れる場合が多いと思いますし、あるいは国際的な協定による場合には、各国間の利害関係の妥協という形で生れてくるわけがあります。科学の所産として安全目標が設定されるというわけではないのです。これは言わば、社会的あるいは国際的に見て一種の便宜の上で、社会的目標としての安全目標が決定されるということなのであります。以上のことが前提にないと、これから先の話が続かなくなります。

安全目標の設定という行為は社会現象

さて、そこで、いま問題になっております

ように「安全性」ということを表にだせばP S Aという考え方ができるでしょうし、また、こんどは「リスク」ということから考えれば、P R Aという考え方ができるでしょう。「安全」と「リスク」とは同じコインの両側だと考えてよろしいと思います。この二つの考え方のいずれを採るにせよ、原子力の安全を達成するための手段として、全体あるいは部分の安全性を定量的にどの程度正確に予測できるか、計れるかという所に学問的な問題の所在があるように思います。その推論が科学的なものであるならば、そしてその結論が純粋に学問的なものであるならば、学問の世界での話はそこで終りになります。社会がその結論を受け入れる、受け入れないということは、科学者が決めることではないのだということになります。しかし、現実の社会はどこの国でもそういうふうにはなっていないのでありまして、政府とか、企業とか、あるいは特に民衆は、学者の結論いかににかかわらずそれぞれ自分たちの判断で物事を評価するのが普通です。こういうことが恐らく現実だろうと思います。原子力の安全研究という点からいえば、P S AあるいはP R Aは大変に有力な武器であります。特に原子力の安全目標を立てる場合の大変有効な武器であり、あるいは更に研究が進めば新兵器になると判断できるかも知れません。しかし、先程も申しましたように、安全目標の設定という行為は社会現象（あるいは、一種の政治現象）なのです。こうした社会との関連を考えれば、P S Aはごく限られた特殊な情報を社会に提供するだけのものではないだろうか、少なくとも社会的、政治的に考えれば、そういう位置づけが可能ではないかという感じがするわけです。

大衆—第三次宗教ブームの内なる人々

そこでちょっと奇妙な例を引かせていただきたいと思うのです。あまり時間を取りたくはございませんが、それは「宗教」ということなのです。大それたことを述べるつもりはありませんが、明治維新以来の日本の歴史を見てみますと、現在、1970年代から80年代にかけて、日本の社会は第三次宗教ブームと申しますか、新たな宗教復興の時期に達していると多くの社会学者が指摘しています。

第一次宗教ブームは、明治維新、1880年代の後半から世紀末にかけて起こっております。これはご承知のように大本教とか天理教とか、そういう宗教集団というのが確立した時期であります。

第二次宗教ブームは、終戦直後に起こっています。この時期に、立正佼成会とかPL教団とか生長の家とかいわゆる新興宗教が生まれました。これらが一つの大きな社会の動きとして、大変にたくさんの信者を獲得し、選挙の際には重要な役割を果たしています。

現在の第三次宗教運動は、第一次、第二次宗教ブームで生れた既存な団体ではなく、無数の無名の、しかも小さな集団からなり、数万とも、あるいは数十万とも言われていますが、そういう宗教集団のコアができて、それが全国的に広がりを見せつつあるという最近の社会学の分析がございます。

なぜこの問題を持ちだしたかと申しますと、私は原子力の安全目標は、それがだれによって、どのように作られるものであろうとも、この第三の宗教ブームの内なる人達に対して、何らかの意味を持つものかどうかを考えてみたいからです。安全目標なるものは、

その人達が十分理解して、受け入れるところの現世的なものなのか、つまり原子力は安全であるということへの関心、理解、信頼が草の根民主主義の中から生れてくる可能性があるのだろうか。こういうふうに疑問を感ずるからです。

大衆の科学からの離反

ところが、世界的傾向は逆方向に進んでいるようです。数日前もちょっとテレビで見ましたが、核は、世紀末にかけて人間の運命を悪いほうに変える元凶の一つだ、こういう評価が日本のみならず世界全体に強まりつつあります。因みに先ほど日本で第三の宗教ブームが進行しつつあるということを申しましたけれども、これは必ずしも偶然ではないのであって、今日その日本社会における不確実性（あるいは予測不能性）の増大が大衆の心を科学から離反させ、宗教に走らせている兆候と考えられます。本来、「あしたはどうなるか」という予測を立てるのが専門家であり、またその専門家は経済から原子力まであらゆるところにいるはずなのですが、その専門家の予測が成り立たないということを大衆が自分の肌で知った時に、科学を捨て宗教という新しい次元へ自分を没入させるという大衆現象が起こるわけです。現在の日本社会はまさにそうした兆が見えているようです。アメリカでも最近の7～8年に、特にレーガン政権ができてから、アメリカの社会学者が、1970年代の初めには当時の若者が捨てた教会へ再び若者が帰ってきているということを報告しております。つまり、1960年代から70年代にかけて、ベトナム戦争の混乱時に、若い世代は教会を離れていきました。その教会を離れ

た連中が教会へ帰ってくるのみならず、いま育ちつつある若い世代が教会へ行き始めたというのです。いわゆるアメリカの新保守主義を代表するような若い世代が小さい時から教会へいくという昔の習慣を復活させているという報告もあります。これらはいずれもある意味では、科学の限界が一般大衆に知覚された故に、科学者や専門家に対する大衆の信頼がゆるぎ始めたことの兆候とみなすことができそうです。

デモンストレーションが必要

私は、にもかかわらず、やはり科学者、技術者の先見と努力は大したものという尊敬の念を禁じえません。あれはたしかにNHKテレビで放映されたと思いますけれども、アメリカのDOD（国防省）とNASAが共同でカリフォルニアの森林を焼いて、そしていわゆるサガンの言うところのNuclear Winter（核の冬）が果して現実に起こるのかどうかという実験をみました。その実験のために、あれだけの金を使い、あれだけの労力を使い、科学者と国家の共同作戦を実施したという事実、私はこれは非常に貴い事実だろうと思うわけです。

数年前のことですが、たまたまロンドンのウラン研究所に招かれまして、彼等が最近作ったのだというPA用のフィルムを見せてもらいました。これは使用済核燃料を運んでいるキャスクはどのくらい強いのかを試めし、それを大衆にどうやって知らせるかということで作られたフィルムです。ごく普通のキャスクを運んでいる大きなトレーラーに対して時速100キロぐらいで走っている貨物列車を実際に衝突させ、その衝突結果を全部計量的

に分析をやりまして、それを30分のフィルムにまとめたものでした。その時にサー・マーシャルが我々と一緒に食事をしながら、「とにかく大衆にはこういうもので見せなきゃだめだ、デモンストラブル（demonstrable）なものでなければ安全性というものを信じてくれない。」と強調したのが印象的でした。

専門家から大衆へのコミュニケーションの努力

これからは、原子力の専門家の方々も、原子力に係わりのある社会学者も、共同してこういう問題にタックルしていかなければいけないと思いますし、それから特にPSAの関係で言えば、その結論として出てくる「 10^{-x} 」という概念をごく一般の大衆、先ほど申しましたように第三次宗教ブームの内なる無数の人達、女性も含めてですが、その人達に一体どういう形で伝えることができるか。これは人間のコミュニケーションですから、伝えることが不可能ではありません。ただ我々は今までそういう問題にあまり時間を費してこなかったところに問題があるわけです。そうでないと、先ほどもご指摘がありましたように、専門家の間だけに過度の樂觀が支配するおそれがあります。要するにだれも死んでないじゃないか、それに癌というようなことを言う人があるかも知れないけれども、確率論的に言えば、TMIでも10年間にせいぜい10万人に数人程度の確率が増えるだけである。チェルノブイルにしても、将来20年かかってひょっとしたら10万人に20人から30人ぐらい発癌の確率が増えるかも知れない。こういうようなことを延長してまいりますと、そんなに安全なものならばチェルノブ

イルだって、TMIだって起こったって大したもんじゃないという極端な結論だって成り立つわけです。それでは、そもそもPSAの目的はなんだったのだろうかという疑問も湧いてまいります。

PSAはあくまでも専門家同士のコミュニケーションのツールなわけでありますから、大衆に対してはそのままではほとんど役に立たない。ですから、そのコミュニケーションの中身を大衆を対象としたコミュニケーションの中にどうやって入れていくか、これが将来の社会問題としての原子力の安全目標に関する最大の問題の一つだろうと思います。結局、大衆としては、先ほども話題が出ましたが、自分たちの運命を作っていくような最先端の知識、技術というのは専門家に委ねざるを得ない。だからこそ、その最先端の知識をつくる専門家たちに、大衆は自分の命を、あるいは自分の子供たちの未来を委ねざるをえないのです。大衆が宗教へ逃れていくというのであれば、未来を委ねられるような信頼を専門家たちがどうやって取り戻すことができるか、このへんが恐らく安全目標に関する大衆と専門家間のコミュニケーションの基本問題ではないだろうかと感じている次第です。

司会 それではパネリストの先生方のご発言が一通り終わりましたので、引き続きまして、パネリストの先生方同士でお互いにこの点はどうだという意見交換、あるいはご討論がございましたら、最初にお願い申し上げたいと思いますが。どなたからでも結構です。

われわれの前には常に意志決定を要することがある

近藤 ただいま皆様から実際ポイントをついたお話をいただきました。特に大塚先生のお話は非常に洞察力に富んだお話と、私は敬服するのですが、ただ一つ気になりましたのは、田中先生のお話にも関係するわけですが、例えば、PSAがかくかくしかじかの欠点もっている。こういうことではものは決められないとおっしゃられると、それはちょっとちがうと思うのです。それは、現実の詳細は分からないけれども、この範囲内ということでものを作り、動かしているということだと言うからです。そこで、不可知論に陥ってしまっただけは、われわれの仕事を全うしていることになるのだろうか。一つのプラントを設計しようと思うと、必ずいくつかの意志決定が必要だと思うのです。それは、結局リスクを見ることなんだと思うのですが、それは全く何が起るか分からないということではないわけです。しかし、全ては分からないのでジャジメント(judgement)が必要だ。データが一部分はあるけれども、100%は持っていない。そういう状況で、悪くてもこの範囲というような判断をするわけです。ECCSは1,000回に1回は働かないとか、理由は分かりませんがね。そういうことで、ものは作られているのですから、勿論そんなジャジメントを避けていくというのも一つのいき方であって、よく分かるまでなんにもしないのが一番良いという言い方もあるかもしれません。現実には、しかしそういうことで、ものが作られていることも事実です。そこで本質的な問題をおとしている

わけではない。われわれはいかなるポジションをとろうとするか、私はそういう判断で間違いがない、梓の中味は分からないけれどもこういうリスクよという確信をお互に持つ、そういう方向へ踏みだすべきだといっているわけです。分からないということになるかも知れないけれど、だからものができないわけではないと思うのです。ギリギリ考えてリスクが分かればね。

もう一つの見方として、われわれの前には常に意思決定を要することがあるという前提で考えると、情報が少ない時にはやっちゃいけないというのがリスクを下げる決定か、ということがあると思います。というのは、代替案が登場するわけです。例えば、ドイツのSPD（西独社会民主党）は今度原子力をいまやめて石炭に傾斜するという。そして、そのことがもたらす短期的なリスクは長期的な原子力のリスクとコンピート（compete）するのだという、そういう極めてポリティカルなジャッジメントをだしているように。

客観的、合理的な目標を持ちたい気持は分かるが

大塚 私は、未熟な、不完全な知識しか持っていない時に意思決定をさせられる立場の人の問題には直接触れませんでした。安全審査をされる方は、ケース・バイ・ケースで、いろいろのことを考え、いろいろと苦心され、私が申し上げたような、つまりどうにもならない部分があることは百も承知で、追い詰められながらいろいろやっておられるわけで、そのことを私は否定しているのではなくて、それは大変なご努力だし、評価しているのですが、私が申し上げたいのは、そういう苦勞

をされればされるほど、逆にになにかきっぱりした、客観的な、合理的なルールさえあればこんな苦勞をしないですむではないか、任意性があるとか、曖昧さがあるとか言われやせんかとか、ほんとうに苦勞しておられればおられるほど、もうそろそろなにか非常にきちったルールが出てきて、あとはだれでもそのルールに合わせてセーフ、アウトが言えるようになれば、どんなにいいだろうとお思いになると思うのです。しかし残念ながらそうはいきません。大事なことはそういう立場の方々が精一杯悩まれ苦勞されることが大事なのです。なぜそういうことを言うかと申しますと、ちょっと脱線するようですが、十分詰める力もないままに、例えば、かつてNASAのやる仕事は99.99なんとか%の信頼度があるなどと言いまして、公衆の理解を取り付ける手段にしたのでしょうか、そういうことを言っておりますと、この間のようにスペースシャトルがみんなの目の前で、テレビの前であんなことになると、その確率論的評価に対する一般の人達の信頼感は完全に消えてしまうわけです。ですから、自分たちの持っている知識、持っている能力を超えて、なにかすばっと切れるようなものを早く手に入れようとしても、残念ながらそれが間違いを起こすものではなかろうか。誠に苦勞ですが、人間の能力ぎりぎりのところで、専門の方々が一生懸命頑張ってくださいことが正攻法なのであって、そのうちには勿論経験が蓄積されて次第に体系化もしまししょうし、制度化もしてくるわけですが、そこを飛び越えたいという気が起こるところをご注意申し上げたい。

安全目標とパブリック・アクセプタンス

佐藤 澤口先生もいま高速炉でお悩みでございますけれども、軽水炉でいうと、いま指針等が二十いくつありまして、一つ一つのデシジョンに全くよりどころがないという話ではないのです。むしろ、私そういう一つ一つの指針を作る時の煩悶よりは、安全目標みたいなものを書き上げる時の煩悶のほうが、遙かに深刻かつ重大であろうと思うわけです。

実は、二十いくつの指針があるのですが、それはプラントという一つの大きな、非常に多面的な、しかも有機的なもののそういう集合体のある部分にしか光が当たっていないのです。その部分で判断するという、そういう指針はいままでもずいぶん作られておるわけですが、だけれども、じゃ全体そういう二十いくつをアプライしていったって、じゃどうだよと言われると、じゃどうだよの答がないのですね。ですから私は先ほど少々その安全目標に対して懐疑的な言葉を吐いたかも知りませんが、しかしこれは原子力に限らずやはり社会はなにかそういう意思決定をするのに必要な拠り所というものを、それが何語で書かれているかというのは非常に大きな問題だと思いますけれども、やはりそういう拠り所というのを求めるのではなからうか。先ほど田中先生がご指摘になりました宗教というものもそういう意味ではひとつの拠り所なのですね。我々の目からみると、決してサイエンティフィックな拠り所ではないけれども、これは一つの拠り所なのだろうと思うわけです。

繰り返しになりますけれども、そういう意

味で使い方によって同じ内容であっても言語は変わってもいいし、むしろ変るべきではないかということ为先ほどちょっと申し上げようとしたのですが、つまり我々が原子力という世界の中で、最も合理的かつ一貫した判断を下すための拠り所というのは、これは極めて厳密に科学的に記述されていなければいけないのです。しかしながら、それがそのままの形で専門家以外のところで通用する言語であるという保証は、多分ありません。昨年原子力シンポジウムの時に私大変難しい題目を仰せつかりました。それは原子力における技術体系のバランスというタイトルなのですが、なにを言おうかと散々思い悩んだあげく、パブリック・アクセプタンスといったようなものが、いま原子力の一つの大きな制約ということになっているのであれば、我々の技術の体系の中になぜ社会科学が入っていないのか疑問である、ということをお願いしたのですが、そういう、つまりなにを示すのかという、そういう意味で私は先ほど申し上げましたけれども、安全目標なるものがエクスプリシット (explicit) な形で表現された時に同じ形をしているだろうかということに若干疑問を感じるということを申し上げたわけでございます。

司会 どうもありがとうございました。

専門家と大衆とのコミュニケーションーマスコミの利用一

田中 私は先ほど、対比の必要上、「宗教」と「科学」という正反対のものを例に出させていただきました、一方ではコミュニケーションという別の問題がありまして、同じことを

何回も何回も、あるいは何十回も、伝えると、
だんだんと覚えてしまうという、そういう心理現象もあるわけです。ですから「ラスムッセン」という名前でも構いませんし、あるいは“PSA”という略語でも構いませんし、あるいは“10⁻⁶”という表示でも構いませんが、これをコンシステントに、そしてまたいろんな方がいろんなところで使い続けられるということ。そしてできればNHKでも、TBSでも、あるいは朝日新聞でも、そういうところでも1年に何回かは“10⁻⁶”，というような表現を使っていただくということが必要です。使っていただくというよりも、使われる方が遠慮せずに使われるということです。また、マスコミが取り上げてくれるような形でイベントを作られて然るべきです。大衆受けのするイベントを通じてマスコミに取り上げてもらうということでもいいと思います。やはりこういうことで、受身ばかりじゃいけない、“10⁻⁶”が伝わらないから困ったり、失望したりするのは、一種の敗北主義のような感じもしないわけでもない。それならば“10⁻⁶”という概念を浸透させていくにはどうしたらいいかという、もうひとつ違った戦略というか、もう少し前向きの戦略もあるだろうと思うのです。いずれにしろPSAは一つの大変有用な分析や予測の道具であるのですから、これを早まって捨ててしまうことはあまりにも残念である。それならば、大衆のレベルまで落してくるための、もう一つ別な工夫と努力が必要なのではないか。繰り返しになりますけれども、そんなような感じがいたします。

PRAの別な効用－設計者の立場から－

司会 最後にひとつ。

澤口 私さっきものを作るというような立場からものを申し上げたわけですが、同じことの繰り返しになりますけれども、いまの田中先生のお話、結局ある確率論的なあるいはリスク的な数字でもってパブリック・アクセプタンスの手段とするというのは、多分、実際にその技術にタッチしている人間から言いますと、まだちょっとその段階には至りたいのではないかなというような気を持っております。それよりももっと重要なことは、例えばあるシステムを作り上げる時にどこにウェイトをおくべきか、あるいはもう少し産業界的に言いますと、どこか無駄な設計はないだろうか、そういう判断をする時にリスク論は相当の有効な手段になるのではないかなということでございます。例えば、軽水炉ではある設備が非常に重要だけれども、高速炉では別の設備が重要だ、という判断をする時に最後の拠り所となりますのは、ある事故なり故障なりが起きた時にどういうコンセクエンスになる、そういうコンセクエンスになる確率をある値に抑えるようにするためには、どういうシステム設計にする、あるいはその信頼度をいくらにする、そういう考えではないかと思います。さっき重要度の話も出ましたけれども、私はそういう意味では重要度という概念は非常に有効な概念だと思っておりまして、コンセクエンスのほうからある設備の重要度はどうであるべきかが定まり、そういう重要度にランクされましたら、その信頼度はこれだけでなければいかんというのが付随的に

出てくる。そんなようなことじゃないかと思っております。確かにアクセプタブル・リスクという観点からリスクの絶対値を議論することも勿論重要でございますが、設計者がシステムを決める時にそのシステムのウェイトを相対的に考える時の手段として私はむしろ有用じゃないかと思っております。

原子力安全は、それに向ってのオプティマイズされた努力で達成されている

司会 どうもありがとうございました。

それではいままで各先生方からご発言いただいたわけでございますから、これから皆様のほうからどうぞご自由にご発言をいただきまして、もうしばらく討論を続けたいと思います。ご発言いただきます時はご所属をおっしゃっていただきたいと思います。

会場からの発言 私、通産省原子力発電安全審査課の本部と申します。この SAFETY GOAL に関しましては、いろいろ私どもも勉強させていただいておりまして、非常に重要なテーマだと思っております。これから申し上げることは私の私見でございまして、決して通産省全体がそう考えているということではございません。非常に重要なことを忘れてはいけないと私が思っているものの第1は、我々は安全目標を持っているということでございます。それはいまここでお話になっておられるような安全目標ではないけれども、我々はいままで原子力安全委員会等でおつくりいただきました指針をベースに国会でもこれが安全目標であって、これを満たせば安全だということを話してきたということ、まずそういうことは忘れてはいけないだろうと思います。

チェルノブイル事故が起こりまして、もう一つははっきりしたのは、周辺住民という言葉がありましたけれども、いったん大きな事故が起これば東京に住んでいる人だって周辺住民になってしまうという事実でございます。

そのことを含めまして、リスクに対する考え方でございますけれども、国民全体でみた時にリスクがどういうことかと申しますと、私が言いたいのは、決して国民はあらゆるリスクに対してニュートラルな立場をとっていないのではないかとということでございます。我々がマージャンをしましたり、あるいは競馬に金をかけたり、あるいはパチンコをやったりする時は、これは好んでリスクを受け入れるわけでございますけれども、こと原子力の事故ということになった時に、我々が普通の個人あるいは自分の妻や子供のことを考えた時に、本当にリスクに対してニュートラルであるのかということを、もう一度考えてみる必要があるのではないかと思います。ですから、チェルノブイルの事故によって追加的に生れる癌の確率が10万人に仮に100人であったとして、それが通常のその他のすべての自然現象なり、社会現象によって伴われるその癌の発生確率に対して仮に1%であったとしても、我々はその1%を受け入れないという国民の判断を指摘しても決しておかしくはない。事態がそういう状況にあるのだとすれば、我々がやらないといけないことは、もっとほかにあるのではないかとことを少し考えているわけでございます。ただここで言いますような安全目標というのは非常に有用な武器であるということは間違いのないと思いますし、ただこれが社会に受け入れられるようになりますのは、先ほどから佐藤先生な

り、それから最初に市川先生がお話になられましたように、まずこれが免罪符ではないということをはっきりと認識する必要がある。それからもう一つは、その前提となって、それ以外の部分で我々がありとあらゆる努力をしてきているということが非常に重要なのではないかと思います。いわゆるいま仮に国民に全体として原子力発電所の利用が認められているとすれば、それは単に指針が認められているだけではなくて、その外側にあります、例えば、運転管理の状況でございすとか、定期検査の状況でございすとか、そういったものを一生懸命努力してやっている、その部分で、我々が安全ということに対して、なんらかのオペチマイゼーションをやっているのだ、そういうことを含めて安全が認められているのではなかろうか。ですから、SAFETY GOAL を作るといういましても、そういったことを常に考えていかなければ、意味のないものになるのではないだろうかというのが私の考えでございす。

再び安全目標とパブリック・アクセプタンス—大衆とのコミュニケーションについて—

司会 大変ありがとうございました。

先ほどから実はいろいろな議論が出ております安全目標というのが免罪符でないというのは、これは実は当然でございまして、アメリカの安全目標にもはっきり書いてございすますが、これだけ満足すればいいものではないという、これは当然でございす。数学的に言いますと、「必要条件であって十分条件ではない」ということでございすので、当然どんな立派な安全目標を作りましても、それだけ

満足すれば、それで足りるというのはたぶん不可能ではなかろうかと思う次第でございす。ほかにまだございすと思いますが、どうぞ遠慮なくご発言いただきたいと思います。

私が感じてます大変むずかしい問題の一つは、社会とのコミュニケーション、これを一つの安全目標に含めることができるかどうかという問題です。これは大変に難しい問題です。難しいというのは、できないというふうにすぐ割り切れるわけでもございせんが、これから十分に議論をしなければいけない問題ではないかと感じておる次第でございす。

と申しますのは、P S A、P R A 自体が一般の人に非常に分りにくいんですね。分りにくいだけならいいのですけれども、極めて簡単に誤解されるのです。こういう性質を持っておりますので、P S A を前面に出して、原子力の安全を議論する、特に一般公衆を対象として議論するというのも大変難しいのではないかと常日頃感じておる次第でございすますが、この点につきまして、もしなにかフロアの皆さんでも、あるいは先生方でもご意見がございましたらご発言願います。先ほど田中先生は一般公衆にも分りやすいような例題を考えて、マスコミにも十分に理解してもらって、しょっちゅう報道してもらえば何回もやっているうちにコミュニケーションができてくるという大変素晴らしいサゼスション(suggestion)をいただいたわけでございすますが、この点に関しましてもしご発言がございましたら。

佐藤 確かにP S Aのみならず確率というのはわりと分りにくいところがあるのは事実なのですが、先ほど田中先生がちょっとサジ

エストされたように、ある意味でちょっと難しい言葉も反復学習というのは非常に効果がある。

典型的な例は、この確率という概念で言いますと、天気予報でありまして、天気予報が確率予報に切り変ってから、確率という言葉に少くとも拒否反応を呈する方は誠に少ないだろうと思うのです。ただ、あれだって我々の目から見ますと、あの確率の取り扱い方というのは非常に疑問があるところでありまして、どういう疑問かと言いますと、例えば1ミリ以上の雨の降る確率、東京地方30%という予報が出ますと、これは二通りの意味に解釈できるのです。それはそういう30%という予報が仮に10回出れば、東京地方の任意の地点にいる人が3回雨に会うという意味なのか、30%という予報が出たら、東京地方に面積30%にわたって雨が降るという意味なのか、これは雨が降るという事象はエルゴディック(ergodic)でないものですから、はっきりと意味が違います。どっちでしょうかと気象庁の方に伺いましたら、それは前者であるというお答えを受けたのですが、実は確率ないしは確率に基づく推定、あるいはそれに基づく意思決定というのは、技術系の人でも大変に難しいことでありまして、ですから、この確率なり、あるいはリスクなりで、我々の意思決定をする時、あんまりストレートなことを言わずに、よく考えてやる必要がある。それは我々の仲間内でも同じことだと思うのです。そういう意味で、いわゆる定量的なオブジェクトブといったようなもの、私の考えでは、それはどういう意味で、どういう少なくともフィロソフィで、その理念はなんだということが明瞭に示されている必要がある。

ですから、私はアメリカ流の安全目標というものはいろいろ意見はありますが、あのストラクチャーは非常に妥当なストラクチャーではないか、定性的なまず理念を示して、そして定量的なもので裏打ちをする、あのストラクチャーは大変に立派なものではないかという気がいたします。

司会 ありがとうございます。

安全達成への努力の体系をビジブル化する

近藤 私も予稿の最後に「わが国に安全目標ありや」と聞かれれば、「ある」と答えるとしておいたのです。もう一つ、おっしゃるように、思いつくありとあらゆる方策を実行し、安全性を維持してきている。これまた事実だと思うのですが、その予稿にはもう一つのことが書いてあります。それは、そうした安全努力というのは、日本的まさに日本の文化そのものであるというところがある。言わずしてなされていることが沢山ある。しかし、これから異なるところへ皆さんいろいろな機会に、日本の安全の考え方を世界に説明し、広げていくお考えとすれば、これを伝える手段として整理されているかということになりますと、甚だよく分からない。とにかく見て真似してやってくれといっても心は真似できないということで、最後まで伝わらないのではないかと。いまは国内における専門家と非専門家との間のコミュニケーションすら問題があるわけですから、とてもそこまで話がいかないのかも知れませんが、まずはいかにしてこの現状、ただいまの安全の努力の体系をビジブルなものにまとめていくかということを考えるべきであって、それが恐ら

くわれわれの日本の安全目標という形になるのだろうというように思っているわけです。それが何次元の構造を持っているかは分かりません。そのある一次元を切ってみると、あるいはアメリカ的なスタイルになっているかも知れないし、あるいはヨーロッパ的スタイルになっているかも知れない。そういう複雑な構造を持っているという指摘はその通りだと思いますが、そういうものであるから、手をつけないというのではなくて、いかにして見える体系にしていくかということ、これが一番大事で、その方向に動き出すためにも、私はやはり一つなり二つなり仮に安全目標なるものをセットして、それについて議論をしていくということが必要ではないか。いつも入口で議論をしている感じがしてならないので、あえてそういうご提案を申しあげた次第でございます。

おわりに

司会 ほかにみなさまのほうからございますでしょうか。

それではだいぶ長い間ご議論をいただきましたが、先生方からいろいろとご指摘いただきましたように、この安全目標というのはいろいろと難しい問題をたくさん抱えておるわけでございますが、日本におきまして今後ぜひこの議論を深めていく必要があるだろうと感じておる次第でございます。本日のこのセッションがこれからの議論に少しでも役立れば幸いです。先生方どうも長い間ありがとうございました。みなさんどうも大変ありがとうございました。(とごう やすま
さ、いちかわ りゅうし、おおつか ますひ
こ、こんどう しゅんすけ、さとう かずお、
さわぐち ゆうすけ、たなか やすま)

研究所のうごき

(昭和62年1月1日～3月31日)

◇ 理事会開催

第24回理事会

日 時：3月31日（火）12：00～13：30

場 所：経団連会館（9F）906号室

議 題：

- (1) 昭和62年度事業計画（案）及び収支予算（案）について
- (2) 昭和62年度運営費の借入について
- (3) その他

◇ 月例研究会開催

第39回月例研究会

日 時：1月30日（金）14：00～16：00

場 所：大和生命ビル（22F）スカイホールB
会議室

議 題：

- (1) 昭和62年度新・省エネルギー技術開発の概要（工業技術院ムーンライト計画推進室 荒川嘉孝氏）
- (2) レーザー技術開発の現状（東京大学物性研究所助教授 黒田寛人氏）

第40回月例研究会

日 時：2月27日（金）14：00～16：00

場 所：航空会館（7F）第2～3会議室

議 題：

- (1) 資源エネルギー庁の昭和62年度原子力関係重点施策について（資源エネルギー庁公益事業部原子力発電課新型炉開発企画官 荒井行雄氏）
- (2) 将来の情報技術—エネルギー産業へのインパクトと人間との係わり合いについて—（工業技術院電子技術総合研究所電子計算機部長 柏木 寛氏）

第41回月例研究会

日 時：3月27日（金）14：00～16：00

場 所：幸ビル（13F）1301会議室

議 題：

- (1) エネルギー フロンティア計画調査の概

要（研究員 山口 秀信）

- (2) 超電導技術のエネルギー分野への応用
（横浜国立大学工学部教授 塚本修巳氏）

◇ 研究所のうごき

1月8日（木）「新シリーズ（火山発電方式）」第3
回委員会開催

14日（水）「環境評価コード検討」第1回委
員会開催

27日（火）「プルトニウム利用方策開発調査」
第3回委員会開催

28日（水）「システム評価手法検討」第6回
委員会開催

「プルサーマル」第5回委員会開
催

30日（金）「原子力プラント運転の信頼性に
関する研究会」開催（第51回）

第39回月例研究会開催

2月6日（金）「SPS（新シリーズ）」第3回委員
会開催

16日（月）「LNG貯槽管理システム調査」
第3回研究会開催

17日（火）「環境評価コード検討」第2回委
員会開催

18日（水）「100kW級風力発電システム最適
仕様調査」第3回委員会開催

24日（火）「新シリーズ（火山発電方式）」第4
回委員会開催

25日（水）「天然ガス自動車調査」第3回委
員会開催

「プルトニウム利用方策開発調査」
第4回委員会開催

26日（木）「メタノール エンジン調査」第
3回委員会開催

27日（金）第40回月例研究会開催

3月3日（火）「オンサイト用燃料電池仕様調査」
第3回委員会開催

「分散型新発電技術実用化実証研
究に関する調査」第3回委員会開
催

4日（水）第10回「原子力長期構想懇談会」
開催

6日（金）「地熱開発促進調査アンケート」
第1回委員会開催

「石油TE S技術管理調査」第3

回委員会開催
3月9日(月)「TES用ガスタービン調査」第
3回委員会開催
「地熱新探査技術に関する調査検
討」第2回委員会開催
10日(火)「実用発電用原子炉廃炉技術調査」
第3回委員会開催
「東京湾岸地域におけるユーティ
リティ施設と地域の一体的整備に
関する調査」第2回委員会開催
13日(金)「石油TES導入利用調査」第3
回委員会開催
16日(月)「LNG貯槽管理システム調査研
究」第4回委員会開催
17日(火)「プルサーマル」第6回委員会開
催
「エネルギーフロンティア計画調
査」第3回委員会開催
18日(水)「昭和61年度ウラン濃縮事業化調
査成果報告検討会」開催
20日(金)「環境評価コード検討」第3回委
員会開催
25日(水)「負荷集中制御システム検討」
第2回委員会開催
26日(木)「原子力プラント運転の信頼性に
関する研究会」開催(第52回)

3月27日(金) 第41回月例研究会開催
30日(月) 「プルトニウム利用方策開発調
査」第5回委員会開催
31日(火) 第24回理事会開催

◇ 人事異動

○ 2月1日付
主任研究員 原谷裕三 主管研究員に任命
○ 3月20日付
主任研究員 吉田正寛 退職(出向解除)
○ 3月21日付
(採用) 池松正樹 主任研究員に任命、プ
ロジェクト試験研究部
配属
○ 3月31日付
主任研究員 塩入 貢 退職(出向解除)

◇ その他

外国出張

(1) 山口秀信研究員は、「北米における熱併給
発電の事業内容、事業化に至るプロセス・
背景、熱供給システム、熱料金体系等の調
査」のため、1月28日より2月12日の間、
米国及びカナダに出張した。

季報エネルギー総合工学 第10巻第1号

昭和62年4月20日発行

編集発行

財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105 東京都港区新橋1-1-13

東新ビル(7F)

電話 (03) 508-8891

無断転載を禁じます。(印刷) 和光堂印刷株式会社