

No.63

February 15, 1997

Information

講 演

1996年11月7日（木）・第84回談話サロン（東京・弘済会館）

講師・題目

堀 雅夫：「原子力次の50年のビジョンービジョンと戦略」

日本工学アカデミー

THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

原子力次の50年のビジョンービジョンと戦略



堀 雅夫 (ほり まさお)

1932年11月 生まれ
 1955年3月 慶應義塾大学工学部応用化学科卒業
 1957年3月 東京大学大学院化学系研究科修士課程修了
 1957～69年 日本原子力研究所
 この間、米国ブルックヘブン国立研究所で高温液体金属の流動、アトミック・パワー・ディベロップメント・アソシエツで高速増殖炉の工学解析に従事
 1969年7月 動力炉・核燃料開発事業団
 1989年4月 同事業団 大洗工学センター長
 1990年4月 同事業団 理事
 1996年7月 同事業団 FBR統括技術参与
 学会活動：日本原子力学会理事、国際原子力学会協議会「原子力次の50年ビジョン」委員長、米国原子力学会理事
 著書：液体金属の熱工学(原子力工学講座/共著)、礎高速炉工学他
 受賞：日本原子力学会賞、日本機化学会賞、米国原子力学会会長賞

司 会 (三井エネルギー専門部会長) 第84回談話サロンを開催させていただきます。多数ご参加いただきまして、ありがとうございます。

本日は、「原子力次の50年のビジョン」という題で、動力炉核燃料開発事業団の堀先生にお話を伺うことにいたしました。私は、エネルギー専門部会のお世話をしております三井でございますが、この談話サロンの提案をエネルギー専門部会のほうからいたしました関係で、司会を仰せつかっております。どうぞよろしくお願いいたします。

エネルギー専門部会では、ただいまこの工学アカデミーとして重要なエネルギー問題の中で何を議論しようかということで、限られたメンバーで議論をしております。今年度中には一応とりまとめを行い、来年度以降検討するテーマを探そうということで、本日も先ほどまで別室で専門部会を開催しておりました。

世界的に重要なエネルギー問題の中で、原子力が非常に重要な位置づけであるということは申し上げるまでもないと存じます。たまたま国際原子力学会協議会で、お手元にお配りいたしました資料の「原子力次の50年のビジョンービジョンと戦略」というとりまとめを行いましたので、このお

話をさせていただこうということでございます。

後ほど堀先生から詳しくお話があるかと思いますが、国際原子力学会協議会は37ヵ国の原子力学会からなる横の連絡団体でありまして、このビジョンづくりを11ヵ国の委員の方々が集まって編集された。その委員長として堀先生がこのとりまとめをされた。日本からは東京大学の近藤駿介先生も参加されておられます。

その原文を日本語にして日本の原子力学会に発表されたので、国際原子力学会協議会の会長でいらっしゃる三島良績先生(会員)から当アカデミーの会長の岡村先生宛にこの資料をお送りいただきました。大変立派な論文ですし、ぜひ皆様方にもご紹介したいということで、この談話サロンのテーマとして選んだわけでございます。

しかも堀先生はその委員長をされていたので、すみずみまでご存じでございます。この資料を中心にお話をいただきますが、なぜこういうことをしたかという背景だとか、11ヵ国の委員のとりまとめをされているいろいろなご苦労もあったであろうと、そうしたことを交えながらお話ししていただきたい、というふうにお願いしてございます。

堀先生のご略歴を簡単にご紹介いたしますと、

昭和32年に東京大学大学院化学系研究科修士課程を修了されまして、日本原子力研究所に12年間お勤めになりました。その上で動力炉核燃料開発事業団に移って、高速増殖炉の研究開発に従事されました。平成2年にはその理事に就任されまして、平成8年、今年の7月から技術参与として、やはりFBR関係のお仕事をしていらっしゃいます。ただいま申し上げました国際原子力学会協議会のこういったご活躍のほか、日本の原子力学会の理事とか、さまざまな役割を務めていらっしゃいます。また、著書もたくさんございますし、種々の賞も受けていらっしゃいます。

それでは、堀先生よろしくお願いいたします。

国際原子力学会協議会
International Nuclear Societies Council

原子力次の50年のビジョン
“A Vision for the Second Fifty Years of
Nuclear Energy”

ービジョンと戦略ー
“Vision and Strategies”

1996年3月

OHP 1

目 次

国際原子力学会協議会加盟学会

報告書作成参加者

INSC50年ビジョン委員会委員

執筆協力者

監修協力者

1. 緒言

2. 次の50年のビジョン

3. 次の50年の戦略

4. 結言

用語集

付録

OHP 2

2. 次の50年のビジョン

- 2.1 富、エネルギーおよびクオリティ・オブ・ライフ
- 2.2 利用可能なエネルギー
- 2.3 将来の電力と原子力
- 2.4 原子力の非電力利用
 - 2.4.1 エネルギー利用
 - 2.4.2 エネルギー以外の利用
- 2.5 ビジョン

OHP 3

3. 次の50年の戦略

- 3.1 原子力の現状
 - 3.1.1 原子力発電の実績
 - 3.1.2 課題への対応
- 3.2 将来の原子力の役割
 - 3.2.1 世界の長期エネルギー需要予測
 - 3.2.2 エネルギー供給と原子力のシェア
 - 3.2.3 核燃料の入手可能性
 - 3.2.4 世界経済と環境への影響
 - 3.2.5 放射線の影響
- 3.3 原子炉と燃料サイクルの戦略
 - 3.3.1 新しい型の原子炉の開発の方向
 - 3.3.2 高速増殖炉の実用化
 - 3.3.3 放射性廃棄物
- 3.4 制度的、社会のおよび国際的問題
 - 3.4.1 核拡散の防止
 - 3.4.2 安全の確保
 - 3.4.3 原子力への信頼感の醸成
 - 3.4.4 原子力のグローバル利用の方策
- 3.5 原子力の非電力利用
 - 3.5.1 原子力から利用可能な熱
 - 3.5.2 水素製造
- 3.6 原子力のグローバル利用の条件
- 3.7 原子力のその他の利用

OHP 4

堀 ただいまご紹介いただきました堀でございます。

本日は、原子力界の大先輩の方々、このビジョンをつくるに当たっていろいろご指導、ご支援をいただいた方々もおいでになっていますので、作成者の代表ということでご紹介をさせていただきますと思います。

いま世界中に原子力学会と名前がつく学会が43ありまして、国際原子力学会協議会にはその中の37が現在加盟しております。アメリカ、日本、ヨーロッパなどの大手の学会はみな加盟しております。原子力学会の人数はそれほど多くなく、37学会合わせて約5万人となっております。会長はヨーロッパ、アメリカ、アジア・太平洋地域で順番に回ることになっており、三島先生が現在3代目の会長を務めておられます。ちょうど原子力の制御核分裂反応に成功して50年ということで、1992年、4年前にこの話が出てきて、その翌年から作業に入っております。今年の3月に出版しましたので3年近く時間がかかっております。

3月にできた原文は英文で、アメリカ原子力学会から出版されております。加盟の原子力学会は自由に翻訳出版していいということで、現在、スペイン、ポルトガル、韓国、ポーランド語に訳されております。お配りしてあるのは日本原子力学会誌に全文を日本語に訳して載せたものです。これをつくった経緯等は後でお話しするとして、まず全体の構成（OHP2）を説明します。

全体としては、2章の「50年のビジョン」と3章の「50年の戦略」と大きく分けて二つの部分でできております。「ビジョン」のほうは、どちらかというと定性的、総論的に今後の50年の原子力の役割をまとめてあります。2章の目次（OHP3）で説明しますと、まず経済の問題、エネルギー、それから、我々の目的は世界中の人の生活の質を向上させることですので、クオリティ・オブ・ライフとの関係の話。次に利用可能なエネルギーは今後50年を見たときどういうものがあるか、将来の電力と原子力との関わり、すなわち原子力の電力利用。原子力の非電力利用では、エネルギーの非電力利用。エネルギー以外の利用では、放射線の利用。そして、50年のビジョンを描いております。

これが2章です。

3章の全体の流れを簡単にご説明いたします（OHP4）。まず、原子力は現在50年たって、世界の電力の17%を供給し、1次エネルギーにしても7%近くを供給しています。そこまで至った実績と、どういう課題に対応してきたかをレビューしております。次に、これから50年を見たときに、長期エネルギーの見地から原子力にどういう期待がかかっているか、原子力がそれにどのように応えられるか。例えば、資源的な面で応えられるか。技術的な面ではどうか。それから、原子力を導入したときのベネフィットとして、世界の経済と環境への影響はどうか。リスクとしては放射線の影響が心配されているけれども、この影響はどうか。また、実際には原子力には技術的な課題だけではなくて制度的、社会的、国際的に重要な課題があります。核拡散の防止の問題、世界全体での安全の確保の問題。それから、現在一番課題になっていきますPAの問題、原子力への信頼感の醸成。これから原子力の途上国での導入が多くなってくるので、グローバルに使っていくときにどういう課題があって、それにどういうふうに対応していくか。原子力の非電力利用では、エネルギー・キャリアとしての水素の製造の問題。そういうことを3章の「戦略」ではまとめています。

きょうは、主として3章の「戦略」についてお話をしたいと思います。将来の50年のビジョンを描いて、その像を描いただけではなくて、それに達するプロセスを我々として見てみたい、確認してみたい、ということで、内容としては、世界の人々の将来のクオリティ・オブ・ライフの望ましい向上のために、原子力が果たすべき役割、また果たし得る役割をまず明らかにしていくということ。原子力がこの役割を果たしていくために必要な条件、技術、制度などの開発整備の方向を世界的な観点から示すということで考えております。

長期展望の範囲と期間については、対象とする範囲は全世界、グローバルで、一つ一つの国の事情はいろいろあると思いますけれども、そこは考えずに、できるだけ全世界的な観点で考えております。対象とする期間は、主として今後の半世紀、いままで50年たったのですから、今後の50年をど

う考えていくかとなりました。ただ、実際にやってみますと、エネルギーの需給などは 100年ぐらいとらないと、特にリサイクル等を考える時なかなか適切な評価ができない、そこで2100年までの解析、評価を行っております。

展望の方法はできるだけ定量的な検討に基づくことにしました。といいますのは、例えば、原子力は将来必要だとか、リサイクルはそのうち必要になるだろうという意見は、多くの方がそう言っているのですが、実際にいつ必要なのか、特にリサイクルの場合、100年後でもいいのではないとか、もっと早くとか、いろいろな意見があります。我々としてポリシーメーカーの方々にレコメンデーションするときに、できるだけ定量的な検討に基づきたいと考えました。

展望に使用する科学技術のレベルについては、一つは、現在我々が保持するレベルの科学技術、もう一つは、合理的に予見できる科学技術の進歩、これらにのみ基づく、としました。いまいろいろなR&Dがあり、将来かなりの可能性を秘めているものがたくさんあります。ただ、現段階での政策判断の参考にするためには、かなり確実で、政策としてとり得るものとし、将来性が不確定のもの、あるいは確実でないものは外して考えることにしました。

もう一つは、研究開発志向ではなく利用志向で考える。研究開発は相当な広がりを持って、実際にそれは重要なことですが、レポートをまとめるに当たっては、できるだけ原子力の「利用」の観点から将来を展望してみることにしました。

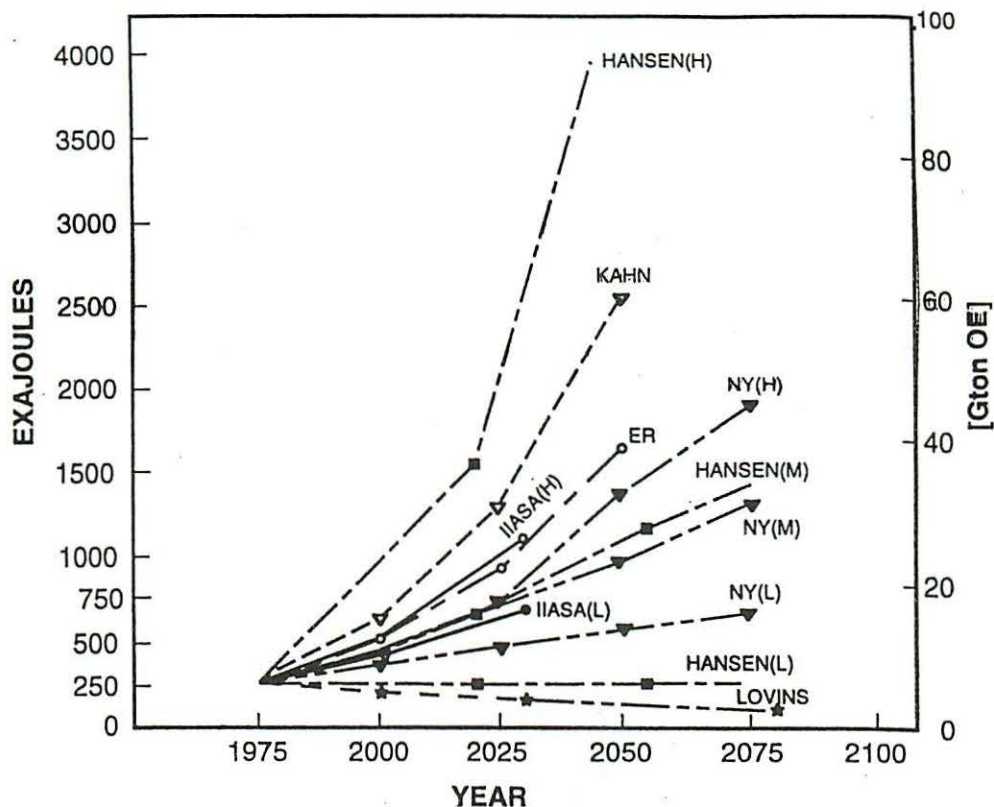
では、まず3章の前半のお話をします。幾つかのポイントに絞ってお話します。一つは、世界の長期エネルギーの需要予測。それから、エネルギー供給と原子力のシェア。どのぐらい原子力が将来必要になるか、エネルギーの専門家がどのように見ているか。そして、そういう期待に対して原子力は応えられるか。一つは資源の問題。ほかのエネルギーでも資源の問題がネックになっているけれども、核燃料の入手可能性はどのぐらいか。それから、原子力のある量入れていったときに世界の経済と環境への影響はどうか、一方で放射線のリスクはどのぐらいか、原子炉と燃料サイクル

が技術的に対応できるか、という主旨のことを最初の部分にまとめてあります。

OHP5はエネルギー需要の将来予測について10年ぐらい前までに出てきたものをまとめたものです。いかにエネルギーの将来予測がばらついているかということです。エネルギーの単位はGton OE、石油換算で何Gton必要かです。1975年を起点としたときにある評価では減っていき、ある解析ですとこんなに多くなる、このように非常にばらついています。我々もどのぐらいの値をとったらいいか何人かの専門家に相談しながら進めてきました。後でお話しします世界エネルギー協議会 (WEC) の値ですと、2100年の時点で20~40Gton OEにエネルギーが増える。2100年でいまのエネルギー使用量の4倍のオーダーです。まあ妥当なものと考えて、その値を参考にしております。

別刷第1図(455ページ)をご覧ください。WEC (World Energy Council) は電力関係の方々を主体に世界中から集まって委員会をつくって何年間か検討したものです。今回は93年に発行されたものをベースにして使っております。1990年から、実際の計算は2020年まではかなり細かくやっております。さらに、エネルギーの環境への影響を評価するために、2100年までの値を出しております。タテ軸は1次エネルギーですから、全体のエネルギー使用量です。現在が8.8Gton OEの値です。将来の推定には経済成長、世界を幾つかの領域に分けて、それぞれの経済成長を想定して、そして必要なエネルギーを出す手法を用いております。

三つのケースを評価しております。一番中心的なのは「リファレンス」ケースで、基準になるケース。これが一番妥当性があります。もう一つは「エコロジカル・ドリブン」ケースといって、これは環境に非常に注意をした場合で、経済進展よりもむしろ環境重視の場合です。もう一つは「ハイ・グロース」ケースで、これはあまり環境そのものに注意を払わずに、経済至上主義といいますか、高成長を容認したような場合。この三つの線でかなり差が出ております。「リファレンス」ではモデルによって途中の段階は二つに分かれていますが、モディファイドの線を基準として使用しました。



ER	Edmonds and Reilly (1983)
Hansen(H)	Hansen et al. (1981)
Hansen(M)	(H = high scenario, M = midscenario, L = low scenario)
Hansen(L)	
Kahn	Kahn et al. (1976)
N. Y.(H)	Nordhaus and Yohe (1983)
N. Y.(M)	(M = mean scenario, H = mean scenario plus one standard deviation, L = mean scenario minus one standard deviation.
N. Y.(L)	
IIASA(H)	Hafele (1981)
IIASA(L)	(H = high scenario, L = low scenario)
Lovins	Lovins et al. (1981)

OHP5 各種モデルによる世界の長期エネルギー需要の予測値

これを数値的に出してみますと(別刷第1表(455ページ))、1990年を現在として、現在を1としたときに、リファレンスの(B)のケースですと、2050年で2.6倍に1次エネルギーの使用量が増えます。2100年に3.8倍です。一方でハイ・グロースの場合は3.1、4.8倍、エコロジカル・ドリブンで環境重視の場合は1.7、2.3、この程度の差が出てきます。我々はこの3つのケースについて評価しましたが、きょうは主として基準ケースを中心にお話ししたいと思います。

別刷第2図(456ページ)は、世界エネルギー協議会(WEC)と同じような経済成長率などの値を使って、世界を大きく高所得国—これは全体の4分の1ぐらいの国でOECD加盟国プラスアルファ—と低所得国に分けて評価したものです。基準ケースの場合は、世界のエネルギーは2000～2100年まで3.5倍ぐらいに増えていきます。この評価では、省エネルギーにより、単位経済生産をするためのエネルギーの使用量が将来どんどん減っていく想定をしています。これは過去のデータから類推し

①基準ケース（経済成長率、低所得国年4.6% 高所得国年2.4%）

年		1990	2020	2050	2100
人口（億人）	低所得国	41	61	83	101
	高所得国	12	14	15	15
	世界	53	75	99	116
年 G N P（兆ドル）	低所得国	3	11	45	423
	高所得国	18	36	74	242
	世界	21	48	118	664
年エネルギー消費 （億トン石油換算）	低所得国	23	61	133	281
	高所得国	58	66	67	58
	世界	80	127	200	339

OHP 6

た値をとっています。高所得国は経済は成長しながらでも全体的エネルギーとしてはほぼ横ばいになります。一方で、同じような省エネルギーの基準で考えていっても、低所得国の経済成長をかなり高く見ているので、世界のエネルギー増加はほとんど低所得国によることになります。

この計算のもとになった値をご紹介します（OHP6）。世界エネルギー会議と同様に、まず経済成長率があって、それに対して必要なエネルギーを見ていく。人口は国連の人口推計の中位値をとっていく。中位値では、世界で現在53億人に対して、2050年で約100億人、2100年で112億人というような値を推定していますので、それをベースに考えていく。

高所得国については経済成長率を2.4%。このとり方によってエネルギー使用量は随分変わります。一方で低所得国は4.6%にとりました。これらはWECのパラメーターの中の基準になっているので、それを使ってみました。世界を高所得国と低所得国に分けたときに、その平均の一人当たりの所得の差が現在は20対1あります。このような成長率を仮定して2100年で見たとときに、この差が、現在の20対1から4対1ぐらいに縮まってきます。一人当たりのエネルギーの使用量も、高所得国と低所得国は現在8倍以上の差がありますが、これが

1.4倍に縮まります。この辺が世界の人口を中位値に抑制して、しかも世界全体がかなり成長して行ける妥当な線ではないかと考えています。

ちなみに2.4%という経済成長率ですが、経済の方からお聞きしたところだと、大体繁栄していると人が考える最低限が3%成長で、2%以下になると親の代よりも子供の代の生活が悪くなっていると感じるということですので、2.4%はまず最低限に近い値ではないかと考えます。

GNPの増加に伴うエネルギーの増加には弾性値があり、GNPが倍になったからといってエネルギー使用量が倍になるわけではなくて、統計の値などから、平均として0.8ぐらいの値を弾性値としてとっています。省エネルギー率も過去の傾向から年率1.4%としております。これは100年で4倍の効率上昇になるので、相当なものです。そういう想定の下でもこれだけの増加があるということです。

では、実際にどのエネルギーがどれくらい将来必要と見ているか、これもWECの2100年までのデータに出ているものをそのまま借用してきました（OHP7）。エネルギーの総需要としては、1倍、2.6倍、3.8倍です。供給のほうを化石燃料と原子力とその他（太陽とかバイオマス等の新再生可能エネルギーを含む）です。現在が、化石燃料が77

World Energy Council
Estimate of Energy Share
(Reference Case)

YEAR	1990	2050	2100
ENERGY DEMAND (Relative)	1	2.6	3.8
ENERGY SHARE (Percentage)			
Fossil Fuels	77%	57%	33%
Nuclear	5%	15%	28%
Others (New Renewables)	18% (2%)	28% (14%)	39% (26%)

OHP 7

％、原子力が５％、その他が１８％です。これが２０５０年ですと、化石が５７％、原子力が１５％と見ております。２１００年は、化石燃料が３３％に減って、原子力が２８％です。これは化石燃料の供給の予測、その他の再生可能エネルギーの供給予測から、残りを原子力にシワ寄せしたものです。２０５０年の原子力の１５％という値は、全体のパイが増えていますので、現在の８倍ぐらいの原子力の設備容量、２１００年の場合の２８％は現在の２１倍ぐらいの設備容量になります。これがＷＥＣのエネルギー・シェアの値です。

いまのＷＥＣの原子力供給容量を示したのがこの図（別刷第３図（４５６ページ））です。当面は２０２０年ぐらいまでは徐々に増えていって、それ以後でかなり原子力を拡大していく必要があります。基準、環境重視、ハイ・グロースの各々の場合の設備容量で示してあります。

我々として、原子力に対してこういう期待があったときに、原子力は果たしてその期待に応えられるかという点で、まず資源の問題を見てみたわけです。

これ（別刷第４図（４５７ページ））は横軸に１９９０～２１００年まで、縦軸にウランの必要量をとっております。いまの軽水炉を使っていくプルトニウム・リサイクルなしの場合を想定すると、基準ケースの場合は２１００年で４、５００万ｔになります。いまの世界のウラン資源量推定では、いわゆる既知

資源という確認された資源は４００万ｔぐらいです。日本語では期待資源と呼んでいるスペキュラティブ・リソース、いろいろな期待も含めてこの辺まで可能ではないかというのが１、７００万ｔです。軽水炉だけで発電していきますと、はるかに大きい資源が必要になります。このように２０３０年ぐらいには既知資源量を超えて、２０６０年ぐらいには究極可採量と考えらる１、７００万ｔを超えることになります。

それに対して高速炉を導入してリサイクルする想定をします。この場合には高速炉をいつから入れるかで非常に違ってくるので、幾つかのケースをやってみました。２０３０年から高速炉を入れ出すときには、高速炉を入れていって全部のプラントが置きかわる時間は、いろいろな事情から３０年ぐらいどうしても必要になるので、３０年という想定でやっていきますと、必要なウラン量は１、２００万ｔぐらいで横這いになります。もちろんこれは確認埋蔵量をはるかに超えています。一方で、もし２０年遅れて２０５０年に入れ出すときは２、３００万ｔぐらいで、期待資源量も超えます。

こういうことから、世界全体を考えた場合には、軽水炉から高速炉への移行時期は戦略的にきちっと考えていかないと、核分裂性物質が足りなくなる。燃えるのはウラン２３５とプルトニウムだけです。ウラン２３５からプルトニウムへうまくつなげていくことが重要になるわけで、その点で高速炉

の導入時期は世界全体で考えなければいけないと思います。

ただ、ウラン元素は地球上に相当多く存在するもので、海水ウランだけで40億t以上あります。また、地表1kmの地殻の中のウランの量は1,700億tという膨大な量がある。ただ、いずれも非常に希薄なもので、これを本当に資源と呼んでいいかどうか問題です。いま海水ウランを何とか採ろうという基礎実験が行われていますが、いろいろ調べてみたのですが、経済性、可能性についてはあまり確信が持てないので、地上ウランだけで考えてこの解析を進めたわけです。

この先の原子力導入が行われたときに、環境に対してどういう影響を及ぼすか、経済にどういう影響を及ぼすか、計算モデルを使って調べてもらいました。現在の原子力の値段は、世界レベルで見ますと他のエネルギーに対して太刀打ちできるレベルに達していますので、経済上の効果、環境上炭酸ガスや温暖化の問題も含めた効果から見て、原子力の導入は非常に好ましいという結果を得ております。

それに対して、一般に心配されるのは放射線の影響です。私自身はこのほうの専門ではないので、専門の人が計算したものがあります。この計算のやり方は、国連のUNSCEARという放射線影響に関する国際的な委員会を出している手法に基づいたもので、原子力で使う全部のプロセスについて環境に出る放射線の量を調べております。その中の、ローカルに影響を及ぼすもの、世界全体に影響を及ぼすものを総合して集団実効線量で示したものです。ウランを鉱山で掘るのから始めて、燃料製造があり、原子炉で使う、リサイクルする場合は再処理をする、最後に廃棄物として処分する、こういう段階のそれぞれのところにおける定常放出量を評価したものです。先ほど言いました原子力の導入の量から、2000年、2050年、2100年でどのぐらい環境中に放射能が出ていくかをその手法で調べてもらいました(別刷第5図(458ページ))。

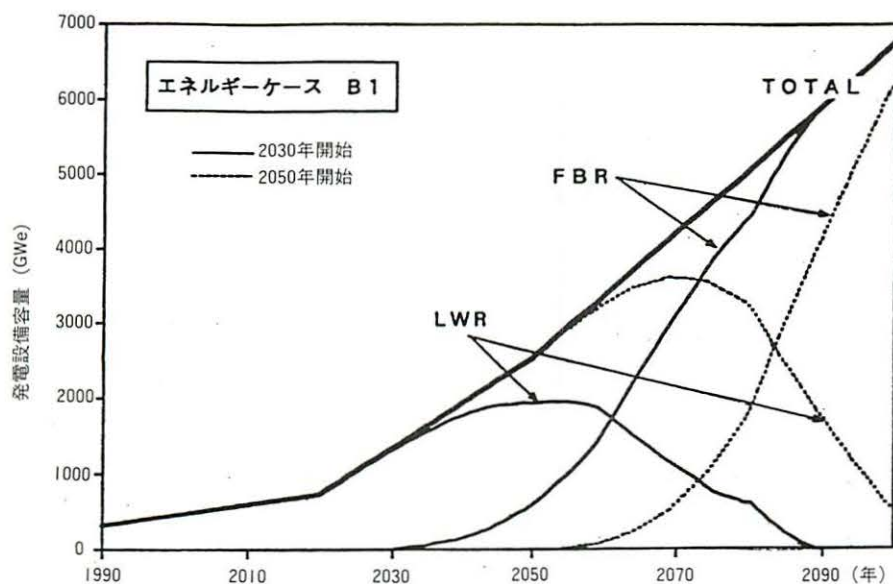
そうしますと、100万人SVの単位で、24の値が自然放射能によるもので、医療等によるのは約6です。それに対して、原子力を先ほど言いました

ペースで導入していった場合にどうなるか、プルトニウム・リサイクルを行わない場合と行う場合ほぼ同じレベルで0.6~0.9の値で、全体から見ますと2%~3%の線量の増加になっております。これをどう評価されるか。実際には、地球上の線量変動から見れば、無視できる値と見られます。

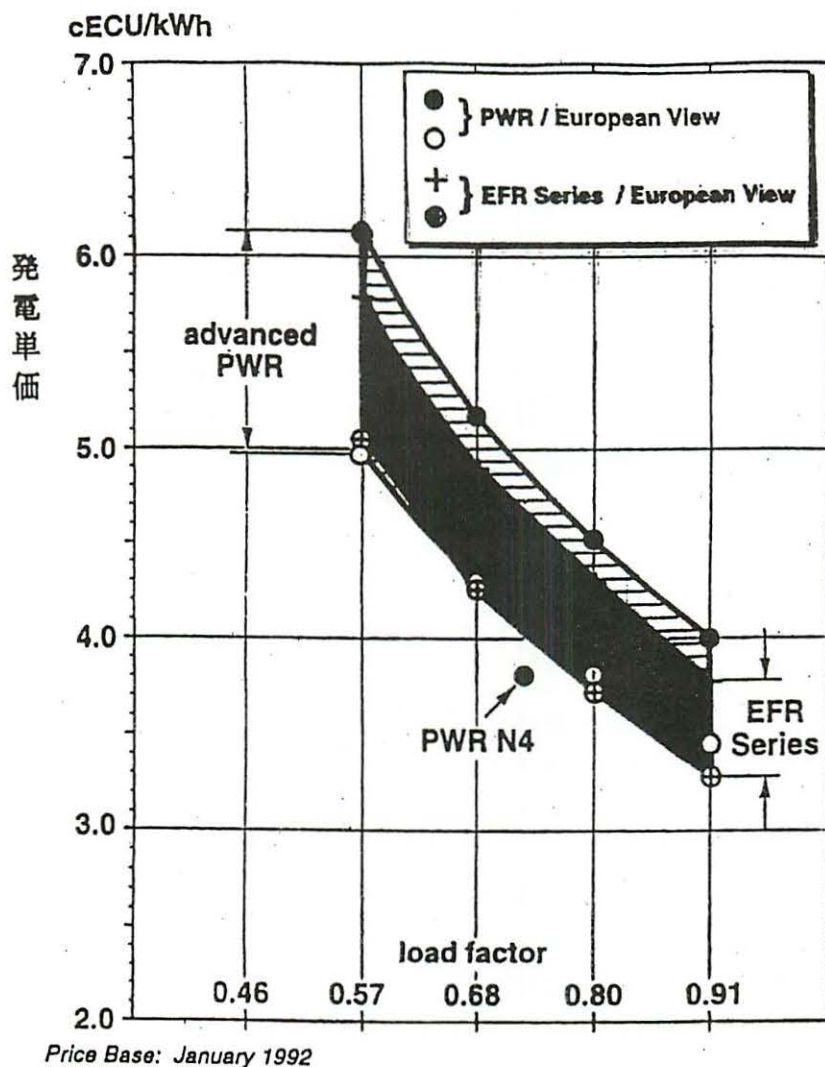
リサイクルを行わない場合と行う場合にどこに差があるかといいますと、この放出のかなりの部分を占めているのが、ウラン鉱山での放出—これはラドンなどの放出です—もう一つは原子炉からの定常放出、もう一つは再処理プラントからの放出で、この三つがこの評価の中では主要な部分を占めています。リサイクルを行わない場合は、再処理プラントからの放出がありませんので、ウラン鉱山と原子炉を中心とした放出で、リサイクルを行う場合には再処理を行います。今度はウランをほとんど使用しないので鉱山からの放出が少なくなる。それがバランスして、両方とも大差のない値になっています。いずれにしても放射線のリスクは、いまの技術レベルでの評価ですとこの程度の値だと言えます。

世界的に軽水炉から高速炉に移行するのが2030年として、全体の原子力の中で軽水炉が減って高速炉が入ってくるケースを評価しました(OHP8)。2030年から世界的に高速炉を導入したとしても、今後50年間の原子力発電量の90%以上が軽水炉による発電です。ということは、まず軽水炉の高度化が重要な役割を果たします。一方、2050~2100年の50年間で見ますと、80%以上が高速炉に頼ることになりますから、着実な開発をして、できるだけスムーズな移行が必要と言えます。

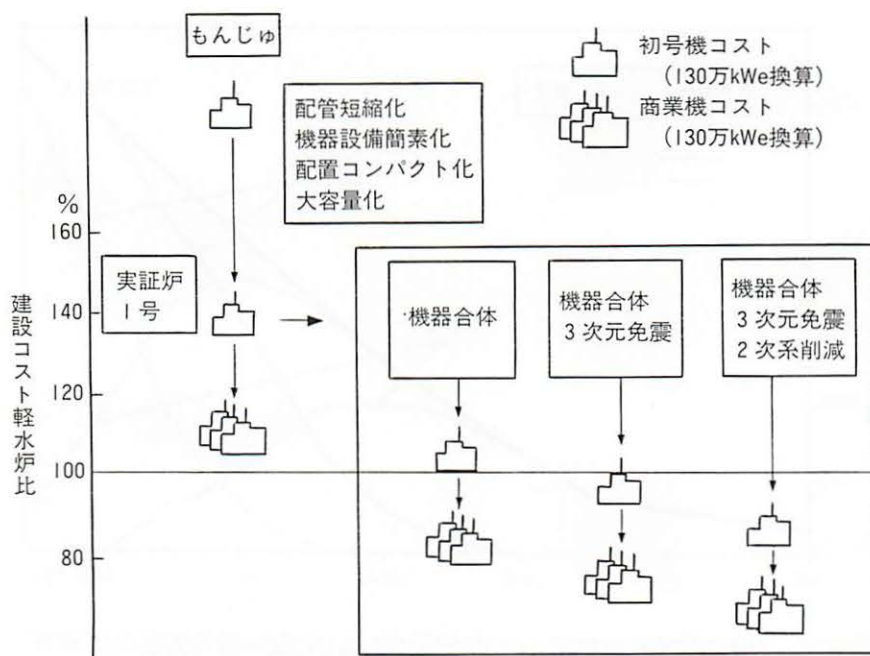
では、次に高速炉が技術的に期待に応えられるかということです。一番大きな課題は経済性です。EFR(European Fast Reactor)という炉を、フランス、ドイツ、イギリスが、いま動いています“スーパー・フェニックス”をベースに、三カ国で設計してきています。当初は2000年ぐらいから建設するということでしたけれども、時期は遅れております。そのEFRの発電原価の試算例があります。これと同じように、ヨーロッパ全体で新型PWRのEPRを開発しており、それとの比較で示したのがこの図(OHP9)です。EPRの中の中



OHP8 原子力発電炉型構成 (FBR2030年および2050年導入開始/30年移行)



OHP9 欧州統合炉の発電単価評価 (複数基建設した場合の軽水炉との比較)



OHP10 日本の高速増殖炉の建設費評価

に高速炉の推定値段が入っています。平均すれば1割ぐらい高くなりますが、かなり近づいて来ていると考えられます。

同じように、これは建設費の評価です(OHP10)。日本原子力発電がいま実証炉の設計を行っていて、そこがレポートしているものです。建設コストを軽水炉比で示しています。“もんじゅ”をスケールアップすると2.8倍ぐらいの建設費になります。実証炉の1号を、130万KWに換算すると1.4倍をちょっと切るぐらいになります。それを複数基導入で同じタイプで商業化した場合は1.1倍ぐらいですから、軽水炉比10%高ぐらいの建設費になる。いま、機器の合体とか、免震とか、いろいろなR&Dも一緒に進めていますので、その先の評価としてはさらに経済性の向上が目標です。

これは建設費ですが、高速炉再処理の技術の進展がうまくいけば、一般的に高速炉のリサイクルのほうか燃料費は安くなる想定ですので、発電原価としてはこれよりも安くなる。

ということで、このレポートでは、高速炉は2010年代に経済性の確認ができるだろう。世界的にリサイクルも含めて導入するのは、技術的には2030年に可能と評価しております。

以上が技術的な見通しでして、ここから3章の後半に入りますが、このほかの幾つかのポイント

をお話したいと思います。

まず、技術的な問題のほかに、核拡散の防止や安全の確保などの制度的社会的国際的な問題が原子力のグローバルな導入には控えています。安全実績としては他のエネルギー・プラントに比べて原子力は優れていますが、これから世界的に導入が始まったときに、同じレベルの安全性を各国でいかに保つかという問題。それから、原子力への信頼感、いかにパブリックアクセプタンスを得ていくかという問題。さらに、技術的なバックグラウンドの少ない途上国が導入したときに、どうそれをサポートしていくか。資金の問題、技術の問題、すべて含めてのサポート体制です。それぞれについて幾つかの前向きな提言をしております。

核拡散の防止については、やはりプルトニウムの問題です。いま日本はプルトニウムを使う方針でやっていて、むしろほかの国がそれを心配していますが、これからいろいろな国がプルトニウムを利用していくことになると、同じ心配を我々がする立場になるのですから、ほかの国がプルトニウムを使うときにも安心できるようなシステムがどうしても必要です。もちろんその中心になるのは核拡散防止条約ですが、さらに加えて、プルトニウムの国際管理。これは概念は非常に広いのですけれども、例えば、プルトニウムの使用権とか

OHP11 フランスにおける電解水素と石油・石炭系水素との比較

Production Method	Natural Gas Reforming	Coal Gasification	Electric Power, Improved Electrolysis		
			Peak (Summer)	Nuclear, Off-Peak	
Investment , F/Nm ³ /h	9,000	17,500	10,000		
Annual Operating Time , h	8,000	8,000	5,130	5,800	5,800
Capital Cost , cF/Nm ³ Transportation & Storage Cost, cF/Nm ³	22	44.5	31.5 11	28 11	28
Energy Cost , cF/Nm ³	90	49	52.5	40	49
Total Cost , cF/Nm ³	112	93.5	99	79	68

所有権はそれぞれの国が持つにしても、余剰のプルトニウムをどこかに国際的に預託をする、国際的に管理するということまで進まないと、単なる査察だけでは心配なところが非常に多いのではないかと、そういう概念も出しております。

安全の確保については、原子力の国際安全条約が実施されることに決まり、それを核にいろいろなレベルの国において安全を確保していくための援助関係等の制度的なことがあります。もう一つは、技術的にプラントそのものをいろいろなレベルの人が使っても安全にしていけることで、できるだけヒューマン・ファクター・フリーのプラントをつくっていく必要がある。最近、柏崎のABWRを見ましたけれども、制御系で大きな進展があった感心しました。ああいう形で、できるだけヒューマン・ファクター・フリーのプラントにしていけることが重要だと思います。

次に原子力の非電力利用の話をしたと思います。

現在、世界全体で見たときに、1次エネルギーは、電力が30%、輸送が15%、熱が55%、という使われ方をしています。日本の場合は電力化率は40%ぐらいです。電力の割合はどんどん増えていき、50~60%ぐらいを将来として見込んでいます。しかし、いずれにしても残りの半分ぐらいのエネ

ルギーは、輸送とか熱で使われていく。もし原子力が将来相当なエネルギー供給を請け負わなければいけないとしたら、こういうものに対しての手当てが必要になってくる。その場合にどう考えたらいいか。輸送、熱のための輸送可能なエネルギー・キャリアとしては水素が一番と言われている。システムが整ってくれば、水素を使うのが一番適当であると思います。そういう意味で、原子力で製造する水素—ニュークリア・ハイドロジェンと呼んでいますけれども—これをつくる幾つかの開発が行われています。一つは電気分解でつくる方法、もう一つは水素の高温の熱分解、日本原子力研究所が高温ガス炉をいま建設中ですので、高温での分解も含めて、将来研究されると思います。

この評価では、技術的に現在確立している電気分解で水素を製造した場合を評価しております。これ(OHP11)はフランスにおける電解水素、原子力発電でつくったニュークリア・ハイドロジェンと化石燃料系からつくった水素とのコストの比較です。フランスの場合は、原子力発電比率が75%で非常に高いですから、当然、部分負荷運転は行っていかなければいけない。技術的には対応可能ですから、やっていくとしても、原子力の場合に高い設備費を有効に使っていくには、常にフルパワーで運転していくことが一番経済的です。そういう意味で、オフピークの電力を使うことによ

って、電気分解で水素をつくったときに、通常の天然ガスとか石炭ベースのものとのぐらい値段が違うかを比較しています。通常の化石燃料からつくる天然ガスベースのものと、立米当たりのセンチフランの単位で112とか93.5の値が得られています。それに対して、原子力ではピークの夏需要で99ぐらい、オフピークの場合に68~79で、現段階でもオフピークの原子力の電力がある場合には、フランスの場合には化石燃料ベースのものよりも安くできるという評価になります。将来の水素製造専用プラントの前の段階でも、原子力発電比率が大きい場合には、ニュークリア・ハイドロジェンは経済的に可能であると考えております。

レポートでは、次の50年を見たときに、重要な10の課題を挙げております（別刷（464~465ページ））。

1番目は、エネルギー供給における原子力の役割を各界で認識して、コンセンサスを得ていく必要がある。原子力に期待しなくてもいいならば、もちろん原子力の出番を考えなくてもいい。もし原子力に期待するならば、どの程度の原子力の役割があるかをまずコンセンサスを得ていく。

2番目は、それに基づいて、原子力利用について、国の中あるいは国際的にもコンセンサスを形成していくこと。

3番目に、原子力のグローバル利用に向かっての世界全体での安全の確保をはかる。これは、国によって技術レベルの違う場合でも、あるレベル以上の安全を確保していく。制度的な方策とともに、技術的にもプラント自体の改良が必要になってくると思います。

4番目に、放射性廃棄物政策の策定と実行です。現在の技術でも安全に処分が可能だと言っても、実際にはなかなか政策として策定して実行するまでには至っていない。

5番目がプルトニウム・リサイクル。ウランからプルトニウムへの核分裂性物質のつながりが激しいところですので、プルトニウム・リサイクルの利用時期の判断が重要です。去年、アメリカの原子力学会がプルトニウム・パネルをつくって検討した結果でも、プルトニウム・リサイクル利用は必要だと言っておりますが、その時期について

は明示しておりません。グローバルにはどんな時期に必要だという大きな判断をしておくことが重要だと思います。

6番目が高速増殖炉のコストの競争力の強化です。

7番目が燃料再処理技術の改善。現在の再処理はピュレックス法で湿式法で進められていて、現在の評価ではそれで経済的に十分です。乾式法がアメリカ、ソ連でこれまで開発されてきており、これらを含めてさらに再処理技術の改善があれば、それはぜひやっていったほうがいい。

8番目は、核拡散防止の国際システムの整備です。

9番目は、今回のレポートではほんの1ページぐらいしか触れておりませんが、放射線の利用範囲の拡大。実際にアメリカの許認可業務の中で、放射線利用に関する許認可が数としては9割ぐらいを占めていると聞いております。実際に多種多様な利用が行われており、将来もこの範囲はどんどん広がっていくと考えられます。放射線利用のリードタイムは短く、エネルギー利用のように必要性がプルするよりもシードがプッシュする、すなわち、うまい利用方法が見つければ、それについてかなり早い時期に実用化するので、なかなか長期的な展望は難しい。一応将来の傾向としては、例えば加速器の利用がどんどん増えていくとか幾つか挙げて、そのための条件の整備についても触れております。

10番目に、原子力技術の必要条件を満たす優秀な人材の養成と確保を挙げました。

以上、レポートの大体の内容をお話ししました。最初に三井さんからもお話がありましたように、このレポートは11ヵ国15人のメンバーでまとめました。日本がとりまとめを頼まれることになったのは、三島先生が副会長の時にこの計画を熱心に推進されて、そういうことで、日本にひとつこのまとめを頼みたいということになったと思っております。

実際に参加してもらった人たちは、ここには「委員」として名前が出ています（OHP12）。アメリカは3人で、このうち2人がアメリカ原子力学会の会長をされた人です。日本からは私と東大の近藤

PARTICIPANTS IN THE PREPARATION OF THE REPORT

Members of the INSC 50 Year Vision Committee

Chairman: Masao Hori (Atomic Energy Society of Japan - AESJ, Japan)

Editor: Stanley R. Hatcher
(Canadian Nuclear Society - CNS, Canada)

American Nuclear Society (ANS)
John Graham (USA)
Edward L. Quinn (USA)
Bertram Wolfe (USA)

Atomic Energy Society of Japan (AESJ)
Masao Hori (Japan)
Shunsuke Kondo (Japan)

Canadian Nuclear Society (CNS)
Stanley R. Hatcher (Canada)

European Nuclear Society (ENS)
Janos Gadó (Hungary)
Andrei Y. Gagarinski (Russia)
Georges Vendryes (France)
Jean P. van Dievoet (Belgium)

Korean Nuclear Society (KNS)
KunMo Chung (Korea)
ChangKun Lee (Korea)

Latin American Section (LAS)
Hervásio G. de Carvalho (Brazil)
Oscar A. Quihillalt (Argentina)

Nuclear Energy Society Taipei, China (NEST)
Kuang-Chi (Thomas) Liu (Taipei, China)

OHP12

駿介さん。カナダのStanley Hatcherにはエディターとして2章の「ビジョン」の項をまとめてもらったのですが、カナダ原子力公社の理事長をされた方です。ヨーロッパからは、フランスの高速炉の開発をリードしたVendeyes。韓国からは8月まで科学技術大臣をされていたKunMo Chung。そのほか主な国の方々に参加してもらいました。

レポートのつくり方としては、一番最初に全体の構成を考えて示しました。これは、主旨にもとづき、私が皆さんと相談して全体の構成をつくって、原稿を皆さんに割り当てました。実際は3年近くかかっているのですが、原稿そのものは最初の6ヵ月ぐらいに出してきました。それを一つにまとめただけではとてもまとまりがない。トーンも違いますし、分量とかすべて違う。そこで、その原稿をベースにもう一度書き直しました。ただし、一番最初に出してもらったそれぞれの原稿は、リ

ファレンス・マテリアルとして一つに綴じて、各国の原子力学会へ送っております。

一番時間がかかったのは、2章の「ビジョン」として将来の像を描くところ—そこはいろいろな可能性を秘めて定性的な像を描くので—その考えと、3章にあるような単なるビジョンではなくプロセスを含めて定量化して、「ストラテジー」としてある程度の現段階での方向性を示せるようにする、その二つの案が並行していたところで、最終的に両方出そうということで、「ビジョン」と「ストラテジー」になったわけです。

実際にこれをつくるときに、日本が全体の3分の1ぐらいを受け持ちましたので、原子力学会の中に委員会をつくり、茅陽一先生のほかエネルギーの専門の人に入ってもらって、いろいろ評価してもらいました。それがバックボーンになって全体のまとめができたと思っております。

このレポートではリサイクルが前面に出ており、また2030年という日本の計画とも合っているものが出ていますが、別にそういう意図はなく、結果的にこうなりました。リサイクルについてはほとんどの国の学会は賛成ですし、このレポートのリサイクルの部分については特に問題になったことはございません。むしろ経済性でいままでどういう実績があるかなど、高速炉の経済性の実績と見通しが議論になりました。

実際にまとめるのには、最初は手紙とかFAXでのやりとりが多かったですけれども、やはり主要な人と顔を合わせなければいけないということで、アメリカの原子力学会が年に2回開かれてかなりの人が集まるので、そのときに必ず行って、そのほか1回ぐらい集まる機会を見つけて、年に3回ぐらい委員の人と実際に会って相談する機会をつくりました。まとめの最後のころになりますと、インターネットでのEメールが便利になりました。主な人には同時に発信ができて、早く全員に連絡できるので、インターネットを利用することによって効率的に進めることができました。

国際原子力学会協議会はいま回り持ちで運営していて、この2年間、今年の暮れまで日本原子力学会が担当しています。世界中で分担をしてつくことで、もともとが英語版ですので、この出版に関してはアメリカ原子力学会が担当してくれました。世界のそれぞれの学会がそれをさらに翻訳しているところです。

大体時間ですので、これで終わらせていただきます。

司 会 どうもありがとうございました。膨大な、しかも非常に有益な「ビジョン」と「戦略」を作成され、それをとりまとめられました堀先生に敬意を表するとともに、こういったビジョンが世界の原子力学会でまとめられたというのは大変意義あることだと思います。

これを拝見いたしますと、来世紀の半ばには電気出力100万kW級の発電所が世界で年に約100基ずつ建設されなければならない、こういうふうに書いてあるわけですし、まさにそういった言葉に向けて原子力問題あるいはエネルギー問題を考えていかなければならないということだと思います。

きょうのお話は、これをとりまとめるに当たって、世界の2050年あるいは2100年の需要予測から、それに対する発電のシェア、そしてFBRの技術的問題、経済的な問題、それをするための国際的な制度の問題、そして、そういうことに関する重要課題を最後に10挙げられました。この中でも、特に一番最後の人材の問題などというのは大変重要な問題だと思ひまして、皆さん方もご関心が多いことだと思いますけれども、しばらくお弁当を召し上がっていただいて、それからディスカッションに入りたいと思います。

堀先生どうもありがとうございました。(拍手)

—休憩—

司 会 時間の関係がございますので、ほつぽつ質疑に入りたいと思います。

なるべく多くの方からご質問を受けたいと思いますので、質問をなるべく短くしていただきたいと思います。

城 水(富士通) 先生のお話、ありがとうございました。原子力の利用の関係で安全性の問題が一番重要だと思うのですが、この資料(別刷)を見ますと、457ページに、「リスクは、それぞれの燃料サイクル全体を対象に、100万kW年発電当たりの従業員および公衆の事故および病気による死亡率で表されている。それによれば、原子力のパブリックへの即時リスクの最大値は石油火力の約10%」云々と書いてありますね。しかし、毎年100基ぐらい入ってきたときに、新聞に報道されるような大きな事故でなくても、この間の“もんじゅ”の事故ぐらいの話でしたら毎年どこかで起こっている、こういうことになるのですか。そこら辺に対するビジョンといたしますか、見方はどうということなのでしょうか。

堀 この数値は実績の数値です。原子力のいままでの歴史においても、この実績の数値が示すように、公衆災害は非常に少なかった。ですから、安全上の問題、信頼性の問題でパブリックが受ける印象は違うかもしれませんが、実績としては安全上の成績はかなりよかったと思っています。ただし、今後同じような発電所がたくさんいろいろな国に出てきたときの問題が一番の課題だろうと思います。

城 水 先進国はいいのですけれども、例えばロシアみたいな危なっかしい原子炉が動いているというような状態はどうなるのかですね。そういったことに対するビジョンも何も載ってないので、ちょっと物足りない気がするのですけれども。

堀 それは、別刷461ページの左側の(2)の「安全の確保」に書いてあります。制度的な問題と技術的な課題で、制度的にはIAEA等でもいろいろな国の原子炉の安全を確保するために、その評価チームをつくって評価しています。それから、国際的な全体の動きとしては、先ほどお話ししたように国際安全条約が締結されて、これに基づいて今後各国のいろいろなレベルの原子炉の評価を行っていくシステムをつくりつつあります。そういうことで制度的には対応していく。そのほかにも、地域ごとに相互に助け合うグループをつくるかして、対応していくと思います。技術的には、いろいろなレベルの人が使っても安全が確保できるように、プラントそのものの改良を行っていかなければいけないということです。

笛 木 (東京理科大学) 第3図の世界の原子力発電供給量というところで、環境を考慮してというのが非常に低い数字になっておりますけれども、これは環境はどういう考慮でこういう低い数字になっているのか。化石燃料の消費からいうと、下がった分だけ増えなければならないから、逆になるという考え方もできるような気がしますけれども、これはどういう……。

堀 一つは、ベースとして経済成長をかなり抑えている。途上国の経済成長をパラメーターとして、標準の4.6に対して3.6にふっています。そういうことで必要量を減らしている。

笛 木 これは原子力の割合というのは一定に抑えておいて、全部のエネルギーが減るからという、それで原子力……。

堀 全部のエネルギーが減るから原子力は下がっている。

笛 木 比率は同じで考えるということですか。

堀 まず、全体のエネルギーはいま言ったことで考えていて、あとは、ほかのエネルギーで供給できないものを原子力にさせるということを出してきております。

鳥 飼 (東京理科大学) これは大変なことをおやりになったと思いますが、この中とちょっと違うかもしれませんけれども、この間の“もんじゅ”のナトリウム漏れは、安全性の問題だと世間一般には言われてはいるのですけれども、厳然たる技術上からいいますとむしろ経済性の問題ではないか。ナトリウムがしょっちゅう漏れていますと、しょっちゅう原子炉をとめなければならないということで、むしろ経済的な損失のほうがはるかに大きくて、安全上別にだれも怪我したわけでもない。そういうことで、安全性よりも経済性を向上する研究を進めなければならないというのもあるかもしれない。例えば、ATRは経済性がだめだというのであれになっている。FBRも経済性がだめだというのでだめになってしまうおそれもなきにしもあらずというような話もちょうと聞きますが、その辺はいかがでしょうか。

堀 まず、プラントそのものの建設費が安くなければいけない。これが基本だと思います。もう一つは、いまおっしゃったように、いわゆる信頼性です。プラントがダウンするタイムをできるだけ減らすということ。これは高速炉のところでも少し書いてありますけれども、軽水炉が実用化になるには、20～30年運転実績を重ねていまの段階まで信頼性が上がってきた。高速炉の場合も全く同じようなことで、いろいろな運転経験を積んで、そういう改良を行って全体の信頼性のレベルを上げていくことだと思います。

もちろん、そういう経験によって改良を行っていくことで、例えば、ナトリウム・リークにしても、高速炉プラントではいままでかなり経験してきていて、そういう経験を踏まえながら改良を行ってきています。日本では今度初めてプラントでのリークが起きたが、そういうことを踏まえての改良によって信頼性を確保していけると思います。例えば、ソ連の高速炉プラントの運転実績は非常に良い。ソ連でのナトリウム・リークは実際はかなり起きていて、いろいろな改良を行って、その復旧そのものも非常に早い。そういうのを参考にしながら改良していく必要があると思います。

若 林 (京都大学) ストラテジーのことでひと

つお伺いしたいのです。

世界の原子力発電所のこれまでの伸びと、現在建設中の原子力発電所の設備容量を見ますと、現在ドミナントが非常に鈍化しているのです。将来のエネルギー問題に対する戦略でいうと、原子力はどうしても伸ばしていかなければならない。これもよくわかるのですが、そのために具体的にどういう戦略をとったらいいのでしょうか。その辺について議論がなされたのか。現在世界的に鈍化しているものを、逆に世界的に伸ばしていくためにはどういう戦略があるのだろうかというのが私自身もよくわからないものですから。

堀 非常に難しい問題ですし、それが一番核心の問題だと思います。確かに原子力はいままでの伸びに比べて現在は非常に鈍化しています。エネルギーのほうの専門の人と議論したときも、いま2020年ぐらいまでの計画を各国に出させると、原子力の伸びを各国とも低く抑えてきているので、全体の計画でも非常に低く出ていると言っていました。

一つは国ベースでそういうデータを出すということ。それから、エネルギーの国際的な会合でも、原子力をやっている人からの将来の展望についてあまり自信のある話が出てこない。だから、エネルギーの将来計画をしている人、ポリシーをつくられている人は、バイオマスにしようか、ソーラーをどのぐらいいれるか、というようなときでも、原子力について実際にどのぐらい供給できるのか、どのぐらい対応できるのか、原子力の人の話が自信がないだけに、あまりはっきり言えない段階だと私は思いました。

そういう意味で、原子力として資源的にはどのぐらいいけるのだ、技術的にやればこういうふうに対処できるのだ、そのためには国際的な制度的な問題等はこういうふうに解決してもらいたい、と少数の意見ではなくて、大多数の意見として原子力の専門家がまず言うことが必要ではないかと私は思っています。そういう方向の答えの一つがこのレポートです。これをさらにブラッシュアップし、あるいは議論をどんどん進めていくことによって、そういう方向の動きとか説得力が出てくればいいと思っています。

私自身は、原子力は技術的には対応可能だと思っています。ただ、先ほどご質問がありましたように、安全に関してどうなのか。実績としては大丈夫、いままでのところはよかったと思いますけれども、一般の受け取り方と全然違うわけです。例えば、将来のリスク評価もいろいろやっても、そういう値が信用されなければ意味がない。そういうことに対しては言うべき人がどんどん言っていて、しかも専門家の大方の意見としてはこうです、ということを提示していく必要があると思っています。

PAの問題とかいろいろな問題を含んでいて、なかなか私自身もぴったりの答えを持っていませんけれども、一つは実績で示していくということ。それから、将来について、技術的に自信の持てる人は持てることをちゃんとやっていくということだと思います。

若 林 技術的な点についてはよくわかるのですが、例えば国ですね。世界的にどんどん建設計画、さらには現在建設中のものが下がっていくとか、政策的あるいは政治的に何らの圧力をかける方法を考えなければならないのではないのでしょうか。メーカーあるいは電力はコストにして考えるし、技術的にはある程度できる。ただ、国の政策をどうそういう方向に持っていくか、ということが大きな問題ではないかと思うので、それをどうやったらいいのかという議論はなさっているのでしょうか。

堀 国の政策ということもあるが、まず経済性がよくなくては原子力は入れられない。いま、アメリカ、カナダ等で一番の課題は天然ガスです。しかもパイプラインの天然ガスで複合ガスタービン発電が原子力の半値ぐらいのところで入っている。これらの国で経済性重視の選択をする限りは、原子力が入ってくる余地は非常に少ない。

ただ、世界的に見ていくと事情は異なる。いまアジアのエネルギー需要はすごく伸びています。そういうところで、中国にしても、インドネシアその他の国でも、原子力の導入計画は相当大的なものを出してきています。そういうところで入りやすく、しかも安全な原子炉をつくってもらうには、導入を容易にするような国際的な枠組みをつ

くること。それと同時に技術的ないろいろなサポートをしていくこと。安全の結果には国境はないので、ほかの国で安全なものをつくって、しかも核拡散のない形で動かしてもらうために、そういう枠組みを国のレベルでつくっていくことだと思います。

経済性重視の政策のところでは、原子力そのものの経済性を上げていく努力は必要で、この間の神戸の環太平洋原子力会議でも、原子力学会が相当の努力をすべきとの意見が出ていました。

司 会 いまの若林先生のご指摘は重要でありまして、「ビジョン」は出ているけれども、本当に実行を伴うことができるのか、こういうご指摘だと思います。住田先生、何かコメントございますか。

住 田 大阪大学名誉教授の住田でございます。別の肩書があるのですが、それはきょうはご容赦いただきたいと思います。

いま堀先生のご指摘のとおりだと思いますけれども、多少安全性に絡んだことで個人的なことを申し上げたいと思います。一般の方になかなか原子力を受けとめていただけないということで、二つ大きなポイントがあると思います。

一つは、万一、原子力災害が起こったときに、非常に大きな災害が起こって、非常に遠いところの方でもご迷惑を受けられるのではないかと心配をされて、すぐソ連のチェルノブイリのような事故を考えられる。だから、最大規模が起こったときにどんなことが起こるかということに対するご心配。これは、私どもの専門的立場ですと、炉型によって随分違うものですから、現在日本で電力会社がおやりになっているような軽水炉については、ああいうことはやろうとしてもできないわけですから、そういう心配はないのですけれども、その辺の技術的なご説明を申し上げても、一度ああいうひどい事故があると、一般の方々にはなかなかわかってもらえないというのが実態だと思います。これはどうしても実績で稼いでいくよりしようがないですね。いま世界中で軽水炉は400基ぐらい動いていると思いますけれども、そういうところでいろいろな事故を起こす可能性もゼロではありませんが、そういうところで記録を見ていただいて実証していく、これ以外方法はないの

で、少し時間がかかるのではないかとということです。

もう一つは放射線障害で、今度は時間の間隔が非常に長うございまして、何十年後に何か出てくるのではないかとのご心配ですが、いますぐ目の前で何かやってみせるというわけにいかないという、別の種類の非常に大きな問題でございまして。これについては現在各方面で研究が進んでおりますけれども、非常にレベルの低い放射線の存在も健康にとってはマイナスだというのがどちらかというと常識論であったのですが、最近いろいろな研究が進んでまいりまして、中には、かえって健康にいいのだ、ということをおっしゃる方もいらっしゃるぐらいです。それは極端といったしましても、天然に存在している程度の放射線が我々の健康に対して大きな影響を与えることは考えにくいというのが、ほぼいろいろなデータから証明されています。

ただ、私どもの原爆の非常に苦い経験とか、チェルノブイリとか、大量の放射線を浴びたという事故の例が大きく出ているものですから、常時少しずつ出てくるようなものに対してはそんなに心配しなくていいのだということがなかなか納得していただけないというのも事実だと思うのです。これも長い時間をかけて、X線も医療照射で多分初期にはいろいろな事故もあったと思うのですが、現在は何となく我々の生活の中に定着しているので、そういうことと同じように、自分たちの生活の中に原子力を取り入れていただけるような時代が来ないと、なかなか急にはうまくいけないのではないかと。パブリック・アクセプタンス (PA) でいろいろやっておりますけれども、押しつけがましいことをしても反発を招くだけですから、安全屋の立場で言いますと、とにかく事故も何も起こさないで、ご迷惑をおかけしないで、ひたすらにいいデータを稼いで、大丈夫ということを見せるよりしようがないというふうに考えております。これで何かうまい方法があるか、と言われたら、ウーンということでございます。

司 会 大変ありがとうございました。突然ご指名して申しわけございませんでした。

柴 田 (横浜国立大学) 二つございまして、一

つは、最近いろいろなジャーナリズムの動きを見ますと、ある意味で反原子力の雰囲気をつくるような記事をつくったり、報道をつくったりする。この中には、積極的に原子力の必要性をPAする、ということは書いておられますけれども、世界中の新聞などの動きを見ていますと、反原子力の世論形成力のほうがどんなことをしてもはるかに大きいのではないかと思いますので、それをどういうふうにしてサプレッスしていくかということが非常に重要かと思うのです。あまりそういうことをおっしゃっている方はありませんけれども、例えば、東大の元の新聞研究所でそういう話も多少しているようだと。そんなことで、最近でもいろいろなところから原子力を推進する意味の資料は出て、私どものところにもいろいろ送ってまいりますけれども、それを学生に見せても、「ああ、またか」という感じの受け取られ方しかしてないように思うのです。そういうことで、世界的に見てちょっと裏返しのことが必要なのではないか。例えば、インドネシアで議会が原子力反対の決議をしたということを聞くと、世界中で同じことが起きているんだな、というふうに思うことが一つございます。

もう一つは、航空機産業のように非常にニーズの高い産業であっても、日本の各航空機会社、川重とか三菱はみんな分業で、世界的に一つか二つのグループになりつつありますけれども、原子力は日本ですら三社あって、三社の方が、私の知り合いの方も、仕事がない、仕事がない、組織を維持できない、そういうふうに言われます。これも世界的に見て、一社で無理してやろうとして組織が維持できなければ、結局安全へつながるのだと思いますけれども、安全を確保する意味でも統合したインターナショナルに持っていくほうがよろしいかと思うのです。その辺どういうふうに表示されておられるのかと思って、よくわからなかったもので、ちょっとお伺いしたいと思います。

堀 最後の、メーカーの問題は、そういうところまでは実際には検討していません。確かに、これからアジア地域などでも、かなり重要な問題だと思うのです。例えば、燃料サイクルセンターをアジアでどこかに作る話になったときに、どのよ

うにメーカーが関係するかということも重要になってくる。おそらく国際的な幾つかのグループが競合する形になってくると思います。また、燃料サイクルセンターの運営をどうするかとか、そういうこともこれからいろいろな構想が出てくるのではないかと考えています。このグループではそのところまでは検討しておりません。

それから、反原子力の世論形成のことですけれども、新聞の論調等はかなり影響力があると思いますけれども、多くの方々に時間がかかってもいいからわかってもらおうという点では、原子力の実績と放射線の影響のことを理解していってもらい粘り強い努力以外に、あまりいい知恵は浮かんでこないのです。あとは、実際に情報の伝達手段として、いまの普通のマスコミのほかに、もし将来もう少し別な発信・受信システム、例えばインターネットの進んだようなものやもっといろいろなチャンネルでの情報伝達ができれば、より正確な情報を伝えられるのではないかという希望はあります。

いずれにしても、リスクとベネフィットを評価をしてもらうと、原子力はほかのエネルギーに比べて悪くはないと実際のデータは示しています。けれども、放射線のリスクは新しいリスクですので、そういうものがきちんと評価、理解されるまでにはどうしても時間がかかることはやむを得ないのではないかと思います。むしろ原子力の必要性がそれぞれの国や地域で相当強く認識されたときに、かなり入ってくることになると思います。そういう認識の少ないところ、エネルギーのふんだんにあるところでは、なかなか入りにくい状況ではないかと思います。

司 会 いまの第二の問題は、私も全くそう思うわけで、世界的に電気総合メーカーは統合の方向にあるわけですが、このレポートにあるように1年間に100万kWを100台つくれば何とか対応できるでしょうが、いまの時代はそうではないので、これをどう乗り切っていくかというのは大変重要な問題だと思います。各メーカーさんはお考えになっていて、海外に進出する場合などはご協力してやっておられるようには思いますけれども、いかがでしょうか、メーカーさんからご出席の方

はいらっしゃいますか。三菱重工の植田さん、いらっしゃってますか。

植田（三菱重工業（株）） ちょっと生臭いお話で、私は研究関係をやっております商売のほうはほとんど関係しておりませんので、いまのお話に答えるのは難しいと思いますが、航空機関係の世界から見れば部品、ボーイング社の支配というのは確かにある。しかし、我が社としては決してそれで満足しているわけではなくて、日本の航空機技術を発展させる意味では、基礎研究から生産、日の丸飛行機ができるように持っていきたい。そうでなければ、日本の将来の航空機技術は大変心配になるのではないかとということで、非常に危機の気持ちを持っております。

それから、原子力関係も、電力会社さんの前で大変恐縮なのですけれども、これからの大事な技術革新を成功させるという意味では、やはり日本の国で基礎研究から生産、サービス、販売等、一つの循環サイクルがきちっとでき上がってなければ、ちょうど経済学者がよく言うように、生態系と同じようにどこか一つが欠けてしまえば将来は全体がだめになるのではないかとということで、非常に遠い将来はわかりませんけれども、少なくとも50年というようなレンジを考えた場合には、その辺の核技術的なところは基礎研究からつくり上げたサービス、メンテナンスというところまで一貫して一つのところで持っておかなければ、なかなかうまくいかないのではないかと、そういう気がしております。

司会 どうもありがとうございました。

日立さんは三田さんの代理でいらっしゃいますけれども、いかがですか。

近藤（（株）日立製作所） ご指摘のように、プラントをつくれなくなると本当にメーカーは困るわけでございまして、人材の確保という意味では、火力あるいはほかの仕事もしながら、一時的にほかの作業をして人員だけはキープする。さらに、技術的な問題ですけれども、システムの標準化、部品・材料の標準化、技術的な意味で長期に海外へより安全に持っていける技術の積極的な開発、こういう多方面の施策を現在とりつつある。まあ、苦しいに違いございませんので、ひとつよ

ろしく願います。

司会 ありがとうございました。非常に生臭い話になりまして恐縮です。

ほかにどなたかございますでしょうか。

それでは、一つだけ私から質問させていただきたいと思います。このビジョンは、世界的な観点からのビジョンづくり、戦略づくりだというお話がありまして、ご質問の中にもありましたけれども、これから需要が伸びるのは発展途上国だということで、そちらのほうにどうしても電源開発、特に原子力の開発が集中してくると思うのです。そういうものに対して特に国際原子力学会協議会としてどうしていこうという議論はございましたでしょうか。

堀 報告書の中で言いますと、462ページの右側の「原子力のグローバル利用の方策」で幾つかポイントを挙げて書いてあります。もちろん核拡散防止と安全の問題がありますが、そのほかに、途上国の需要の伸びに対して資金面の課題、人材面の課題、もう一つは協力の枠組みをどうするかということ。それから、国際共同事業では、原子力プラントは100万kWとか150万kWの規模でつくるにしても、燃料サイクルは相当大的な規模で何基分かを一つのサイクル・プラントとしていくことになるので、国際共同的なことがどうしても必要になってくるだろう。そういう議論がありました。

この問題は、神戸の環太平洋原子力会議で、アジアと太平洋の反対側の南米・北米も含めた地域で、共同の対応をいろいろ考えていかなければいけないということで議論が行われています。これから具体的なことが出てくるのではないかと思います。

司会 どうもありがとうございました。

特にございませんでしたら、大体予定の時刻になりましたのでこの辺で終わらせていただきたいと思います。堀先生のお話にありましたように、21世紀、2050年、2100年というのを見通してみますと、このレポートは原子力学会のレポートでございますから、それを中心に展開してありますけれども、いずれにしてもこれだけの膨大なエネルギー消費量があるといえますと、それに対応するエネルギーは何とかなして供給していかなけ

ればならない、人類が生きるためにはそれが必要だということになってくるわけで、それに期待されるいま言われております再生エネルギーではごくわずかしかな供給できないということにすれば、化石燃料の制約もあるということで、原子力エネルギーが重要な位置づけになってくることは間違いないと思うわけです。ご討議の中でもご指摘いただきました安全性の問題、実際にそれを推進する体制の問題、メーカーさんの技術力の問題、そういったものがみんな大きな課題になってくるかと思います。きょうの談話サロンを通じまして、ぜひエネルギーの問題も身近にお考えいただきまして、これを克服するにはどうするのかというようなことにまたお知恵をいただければ幸いです。

このレポートの日本の原子力学会に出されまし

た、青い紙に書いてある三島先生のお話で、「本報告書を、次々と出てくる似たような報告書類とあまり違わないと思わないで、ぜひよく読んでいただきたい。予期しない評価や意欲をそそる答えを見出せるでしょう」ということでございます。もう一遍このレポートが大変な努力でつくられたことに敬意を表しますとともに、堀先生がこれをおまとめになりましたことに改めて感謝の意を表したいと思います。そして、きょうのご講演に対しまして感謝を込めまして、皆さんの拍手で終わらせていただきたいと思います。大変どうもありがとうございました。(拍手)

誠に残念なことでございますが、三島良績会員は平成9年1月12日にご逝去されました。

1997年2月15日

編集
発行 **日本工学アカデミー**

〒100 東京都千代田区丸の内1-5-1
新丸ビル4-007

TEL : (03)3211-2441 ~ 2

FAX : (03)3211-2443