

改定2 2011/09/27

改定1 2010/07/10/10 (R1a10/12/5)

原文 2009/10/27

原子力学会シニアネットワーク連絡会

## よくある質問とその回答

多くの対話では、参加シニアが事前アンケートへの回答をしております。回答した事項は必ずしも質問事項とは限らず、関心事項も多く含まれています。

これらの質問事項や関心事項は、対話の基調講演で触れるものもありますが、広範な内容に対し講演時間の制約もあり、触れられない事項も多々あります。

このため補足説明を要する意見も含め、「よくある質問とその回答」として本資料をまとめました。誤解があるなど説明を要する意見も、全て「質問」として扱いました。

「よくある質問」は、これまでの対話で提起されたものを包含しており、貴校の今回の事前アンケートに限定していないことをご承知のうえ、ご参考にしていただければ幸いです。

### 補充改定の経緯

改定1：これまで数回の回答書を集約、対話イン広島・呉で使用したものに、対話イン山形2010の質問と回答を追加した。(編集 石井正則)

改定2：「対話イン金沢2010」については、質問数多いため「よくある質問とその回答(その2)」としてとりまとめたものを、編入した。(その2作成 加藤洋明)

### 備考 本資料の補充改定に当たって

本資料の内容を改正や補充する場合は、Word版のファイルの原稿を改正して下さい。

新しい項目を追加する場合は、Word版のファイルの原稿の該当箇所の項目を追記して下さい。

その際、個々の質問と回答のタイトル行は「参考資料」欄にある「目次」「テキストの追加」をクリック、「レベル2」に設定して下さい。大分類((1)、(2)・・・)を追加する場合は「レベル1」に設定(Word2007の場合、Word2003以前ではタイトル2)。

そのうえで、「目次の更新」で「目次をすべて更新する」をチェック、「OK」を押すと目次がすべて更新(新項目が追加されページが変更される)ます。

これで本文から目次が自動生成されます。

## 目 次

(1) 環境問題で知っていること .....	7
[質問 1-1] オゾン層の増加と温暖化の関係について。 .....	7
[質問 1-2] 森林伐採を防ぐため、紙を再利用する必要があるのではないか? .....	7
[質問 1-3] ごみ問題：スーパー・ビニール袋利用取りやめはエコか? .....	7
[質問 1-4] 温暖化により海水の蒸発が増加し、ゲリラ豪雨や台風の大型化が起こり易	

い？ 或いは海水面の上昇や、小島の水没が懸念されているが？ .....	8
(2) エネルギー問題で知っていること .....	10
[質問 2-1] 原子力発電は危険なので、水力発電に切り替えているのではないか？ .....	10
[質問 2-2] リサイクルは地球に優しいか？ .....	10
[質問 2-3] オール電化によるメリット・デメリットはなにか？ .....	11
(3) 原子力関係で興味のある話（知りたいこと、疑問に思うこと） .....	13
1. 原子力発電の原理 .....	13
[質問 3-1-1] 原子力発電の原理・メカニズムがよく分からない。 .....	13
[質問 3-1-2] 核分裂の仕組みと発生エネルギーの量を知りたい。 .....	13
[質問 3-1-3] チェレンコフ光は光の衝撃波のようなものか？ .....	14
2. 原子力発電の必要性 .....	14
[質問 3-2-1] 原子力発電所は本当に必要か。 .....	14
[質問 3-2-2] 原子炉の解体方法はあるのか？ .....	15
[質問 3-2-3] 発電以外の原子力の利用法は？ .....	15
[質問 3-2-4] 電力自由化が進んでも莫大な投資を必要とする原子力発電所を建設する のか。 .....	15
[質問 3-2-5] 原子力は安いと言うが、再処理費用や廃棄物処分、廃炉等の費用を含め ると火力より高いのではないか。 .....	16
[質問 3-2-6] 原子力発電は地球温暖化の観点からどのくらい有効なのか。 .....	16
[質問 3-2-7] 省エネの徹底や、太陽光や風力、燃料電池など新エネルギーの開発を進 めれば、原子力は不要ではないか。 .....	17
[質問 3-2-8] 欧州などの 海外では原子力発電をやめようとする国があるが、日本は 原子力をやめないのか。 .....	17
[質問 3-2-9] 日本はなぜ原子力発電を進めるのか。 .....	19
[質問 3-2-10] 石油、石炭、ウランなどのエネルギー資源はあとどれくらいあるのか。 (可能採掘量は。) .....	19
3. 原子力発電の安全性 .....	20
[質問 3-3-1] 東京湾になぜ原子力発電所を作らないのか？ .....	20
[質問 3-3-2] 原子力発電所の作業は安全か？ .....	20
[質問 3-3-3] 原子炉事故と対策を知りたい。 .....	21
[質問 3-3-4] 市民が不安を抱えているのになぜ原子力発電所を作るのか？ .....	23
[質問 3-3-5] 事故を起こさない対策と起きた時の対策を知りたい。 .....	23
[質問 3-3-6] 原子力発電所を水中や地中につくればよいのではないか？ .....	24
[質問 3-3-7] プルサーマルの経済性と安全性について知りたい。 .....	24
[質問 3-3-8] 過去の放射能漏れはどの様に処置されたか？危険の程度？ .....	24
[質問 3-3-9] 原子力発電所の周辺住民の声を知りたい。 .....	25
[質問 3-3-10] チェルノブイル原発事故の環境影響、現状を知りたい。 .....	26
[質問 3-3-11] 原子力発電所の周りの地域では放射能漏れに対する点検や試験をどの	

ように行なっているか。 .....	27
〔質問 3-3-12〕 放射能遮蔽や耐震設計の向上のために、これからどのような技術が期待されているか。 .....	27
〔質問 3-3-13〕 徹底した安全を目指すために原子力発電所の社員はどのような訓練・教育を受けているか。 .....	28
〔質問 3-3-14〕 プルサーマルを用いた発電が近年、開発されてきているがもしこれが実用化された場合、全ての原子力発電はそのプルサーマルに移り変わるのか。 .....	29
〔質問 3-3-15〕 原子力発電所では放射能漏れや炉心融解などはどのような安全対策をしているか。 .....	29
〔質問 3-3-16〕 使用済み燃料の地層処理は本当に安全なのか。 .....	30
〔質問 3-3-17〕 地震が多い日本で原子力発電は危険なのでは。ほかの水力や火力発電メインでやっていけばいいと思う。 .....	31
4 日本や世界の原子力発電の動向 .....	31
〔質問 3-4-1〕 フランスと市民の理解は日本とは違うのか? .....	31
〔質問 3-4-2〕 日本はなぜ原子力発電に消極的なのか? .....	32
〔質問 3-4-3〕 どうして世界各国で原子力発電所の建設が増えてきているのか? .....	33
〔質問 3-4-4〕 ドイツと日本（他国）の方向性の違いの理由を知りたい。 .....	33
〔質問 3-4-5〕 もんじゅ・プルサーマルにつき詳しく知りたい。 .....	33
〔質問 3-4-6〕 主要なウラン輸入国（オーストラリア、カナダなど）から今後も安定供給が見込まれているか。 .....	34
〔質問 3-4-7〕 上記の安定供給の質問に関連して .....	35
〔質問 3-4-8〕 日本人が感じる原子力に対する意識 .....	37
〔質問 3-4-9〕 世界と日本の原子力に対する見方の違い .....	37
〔質問 3-4-10〕 日本を含めた今後の世界の原子力の取り組み .....	37
〔質問 3-4-11〕 日本の原子力発電は世界に比べて多いのですか。 .....	38
〔質問 3-4-12〕 世界ではどの種類の原子炉が主流ですか。 .....	38
〔質問 3-4-13〕 日本で原子力発電所を建てると近隣住民は反対するが、世界各国の人々の反応はどのようなようですか。 .....	39
〔質問 3-4-14〕 原子燃料のリサイクルについて、国によってどのような差があるのか。 .....	41
〔質問 3-4-15〕 高速増殖炉の研究は、どの国が積極的に行っているのか。 .....	42
5 原子力と環境問題 .....	43
〔質問 3-5-1〕 放射線の影響を知りたい。 .....	43
〔質問 3-5-2〕 原子力発電には安全対策等未解決の問題があるのではないかと? .....	44
〔質問 3-5-3〕 原子力発電も燃料の運搬等で CO2 を排出するのではないかと? .....	45
〔質問 3-5-4〕 CO2 の排出量は減少するかもしれないが、他の副作用はないのか? .....	45
〔質問 3-5-5〕 環境にいいはずの原子力は、なぜ日本ではあまり普及しないのか? .....	45
〔質問 3-5-6〕 IMIDAS 記事によれば、原子力発電は環境に優しくないと? .....	46

〔質問 3-5-7〕	原子力発電所の復水器で使用する冷却水（海水）は海と循環していると思うが、その周辺の水質は安全なのか。.....	47
〔質問 3-5-8〕	ウラン鉱石を採掘している土地は放射線被害が多いのか。.....	47
〔質問 3-5-9〕	使用済みウランを地下深くに安置し、ウランが安定になるまで放置すると思うが、その年数に対して、それを保護する格納庫や容器は耐えられるのか。.....	48
〔質問 3-5-10〕	原子力発電所を建設する上で考慮する環境への配慮は？建設地の選定基準は？.....	48
〔質問 3-5-11〕	原子力発電所は二酸化炭素排出量がすくないことがメリットですが、放射線汚染の危険性も少なからずあります。物事を考える上で、メリットおよびデメリットを考える必要があると思いますが、原子力で実際に働いた方々はどう考えるのか。（例えば、原子力で働いていて、「この設備の機能はまだ危険だな。」「ここは改善しなければならないな。」と思うところはないのか。）.....	49
〔質問 3-5-12〕	放射性廃棄物を地層処分する際、どの程度まで埋めると安全と言えるのか。.....	50
〔質問 3-5-13〕	チェルノブイリ原発は現在どのような状況なのか。.....	50
〔質問 3-5-14〕	放射性廃棄物の地層処分以外の処理方法はないか？.....	51
〔質問 3-6-15〕	放射性廃棄物は再利用可能か？.....	51
〔質問 3-5-16〕	六ヶ所村の住民の反応（建設時の反応や現在の反応）はどのようなものか。.....	51
6	他のエネルギーと原子力エネルギー.....	52
〔質問 3-6-1〕	他にはどんなエネルギーがあってそれぞれどう違うのか？.....	52
〔質問 3-6-2〕	原子力発電の安全性に問題がある。他のエネルギーの利用ができないか？.....	53
〔質問 3-6-3〕	地熱発電が推進されない理由は何か？.....	55
〔質問 3-6-4〕	発電所の建設費用は他のエネルギーと比べると原子力はどの程度かかりますか。.....	55
〔質問 3-6-5〕	耐久年数は原子力発電と他の発電方法でどれくらい違いますか。.....	56
〔質問 3-6-6〕	メンテナンスコストおよびメンテナンスのやり易さはどれくらい違いますか。.....	57
〔質問 3-6-7〕	原子力発電所と他の発電所の建設条件はどのようになっていますか。.....	57
〔質問 3-6-8〕	日本及び外国の原子力エネルギーと他のエネルギーの使用割合はどれくらいですか.....	58
〔質問 3-6-9〕	原子力発電所と他の発電所の管理組織はどうなっていますか.....	58
〔質問 3-6-10〕	クリーンエネルギーは原子力エネルギーを補えるほど、技術力の向上はあると思いますか.....	58
〔質問 3-6-11〕	最近あまり知られていない新エネルギーはありますか.....	58
〔質問 3-6-12〕	放射性物質に厳しい規制がかかっても原子力発電は続けるのか.....	59

7 未来の原子力発電.....	59
[質問 3-7-1] プルサーマル計画の進捗についてどうなの？.....	59
[質問 3-7-2] 核融合の利点、欠点を知りたい。.....	59
[質問 3-7-3] 核融合の研究の現状といつ頃実現するのかを知りたい？.....	59
[質問 3-7-4] 原子力発電の危険性を考えて先進国は次々と政策転換している。原子力発電に未来はあるのか？.....	60
[質問 3-7-5] 低温核融合の理論？ 実現できるか？.....	61
[質問 3-7-6] 現在の原子力発電と異なった将来の発電方法は？違いは何か？.....	61
8 放射性廃棄物.....	61
[質問 3-8-1] 海に沈める以外にどのように処理されているのか.....	61
[質問 3-8-2] 廃棄物は地中に埋めることしかできないのか。.....	62
[質問 3-8-3] 性廃棄物の処理法とその研究について知りたい。.....	62
[質問 3-8-4] 放射性廃棄物の再利用は可能か？.....	63
[質問 3-8-5] 放射性廃棄物の処理方法にはどのようなものがあるか？.....	64
[質問 3-8-6] 放射性廃棄物を地層処分することで、土壌は汚染されていないのか？.....	64
[質問 3-8-7] 放射性廃棄物を少なくするためにどのような取り組みがなされているか。.....	65
[質問 3-8-8] 放射性廃棄物の処理に掛かる費用はどの程度か？.....	66
[質問 3-8-9] 現在、主要な処理方法と問題点.....	66
[質問 3-8-10] 放射性廃棄物が無害になるまでにかかる時間はどのくらいなのか。.....	66
[質問 3-8-11] 放射性廃棄物の処理場はどのように選定されるか？.....	67
9 核不拡散.....	67
[質問 3-9-1] 核不拡散はなぜ必要か？.....	67
[質問 3-9-2] 原子力発電所が地震やテロの標的となった場合どのように対応するのか？.....	68
[質問 3-9-3] 核兵器保有国が厳重に管理している筈なのに何故拡散するのか？.....	68
[質問 3-9-4] 核兵器の原理・解体法は？.....	69
10 放射線の性質と利用（食品や医療、材料開発など）.....	69
[質問 3-10-1] 医療についてやどのくらいの値段なのか知りたい。.....	69
[質問 3-10-2] 放射線の人体への影響を知りたい。.....	70
[質問 3-10-3] 放射線被ばく生物から奇形が生まれるか？.....	71
[質問 3-10-4] 放射線のエネルギー放出について、特に陽子線について知りたい。... ..	71
[質問 3-10-5] 医療だけでなく日常的にも使用できないか。処理方法・安全性？ 放射能の危険な面だけでなく、いかに効果的に働くかを知りたい。.....	72
[質問 3-10-6] 原子力の農業利用の可能性と問題点.....	72
11 原子力にかかわる仕事.....	72
[質問 3-11-1] 原子炉のメンテナンスに最初に入るのはどのような人か？.....	72

[質問 3-11-2]	発電以外に原子力に係わる仕事とそれに必要な知識が知りたい。...	72
[質問 3-11-3]	原子力発電所で働くには？ 資格などは？ .....	73

## よくある質問とその回答

### (1) 環境問題で知っていること

#### 【質問 1-1】 オゾン層の増加と温暖化の関係について。

地球を覆っているオゾン層が CO<sub>2</sub> の増加によりうすくなっているのが、地球全体の気温が上昇している原因ではないか？

また、地球の大気中を覆っているオゾン層に穴があき（オゾンホール）、これが原因となり、現在が人体に有害な影響を与えるなど、深刻な問題となっている。

【回答】 オゾンホールは紫外線の増大による健康影響（皮膚がんの誘発）の問題もあり、1987 年のモントリオール議定書により、オゾン層破壊物質（特定フロン、ハロンなど）の削減・廃止への道筋がつけられました。

一方、オゾンホールと温暖化の関係は明らかではありませんが、温室効果があるとされる対流圏オゾンの希薄化に影響していることは考えられます。しかしながら、京都議定書で排出削減の対象となっている CO<sub>2</sub>、メタン、亜酸化窒素やフロン類と比較すると、その影響は少ないようです。

因みに最大の温室効果ガスである水蒸気も規制の対象にはなっていません。

（長崎 08 石井正則）

#### 【質問 1-2】 森林伐採を防ぐため、紙を再利用する必要があるのではないか？

紙を再利用しなければ、紙を作るための資源としてパルプが必要になるので、森林伐採につながっているのではないか？

【回答】 紙づくりは、森林資源に支えられており、「使う量」が「育つ量」を超えないことが大事。世界全体の紙・板紙の年間消費は、2015 年には 4 億 6 千万トンまで増加すると見込まれ、この増加分すべてを植林木でまかなおうとすると成長の早いユーカリでも新たに 500 万 ha の植林が必要となり、植林だけでは間に合わない可能性があります。この点から古紙利用は欠かせません。日本では紙のリサイクルの古くから行われ、江戸時代には庶民の雑用紙として利用されていました。

一方、発展途上国や熱帯の森林の減少は確かに問題になっていますが、紙の原材料であるパルプは主に先進国の森林が利用されています。先進国の森林は植林でカバーされており減少していません。発展途上国や熱帯雨林の森林破壊の主因は農地化などであり、パルプではありません。

なお、「古紙 100%の再生紙」は、製造する際に化石燃料(石油・石炭)の使用量が増えことから環境にやさしいとは言えず、また品質にも問題があります。

因みに木材からパルプを作る場合、廃液である黒液を石油代替エネルギーとして利用できるが、リサイクルでは化石燃料にエネルギーを依存する傾向があります。

（長崎 08 石井正則）

#### 【質問 1-3】 ごみ問題：スーパー・ビニール袋利用取りやめはエコか？

ごみがどんどん増えている。しかし、新しいものを作ったほうが、安くつく。スーパーなどではビニ

ール袋を渡さなくなったが、それはエコになっているのだろうか？ビニール袋は廃棄物からのリサイクル品だから、利用するのがエコではないか？

【回答】 「資源問題・環境問題は私たちの身近なところから」が原点です。その様な意味から、この問題の投げかけには拍手を送りたい。

ビニール袋・ポリエチレン袋或いはペットボトル等は、今やリサイクル品として広く認識され、再生原料の使用率も30%程度から100%のものまで、メーカーでも各種の取り組みがなされています。これらの製品の元をたどれば、原料は地球の限られた化石資源・石油です。限られた資源を有効に活かして使い、加えて環境問題にも身近なところから取り組む「環境・エコロジー戦略」の重要性は、益々重要になってきます。

商品の生産コストだけを見れば、リサイクル活動はかなりのコスト要因ですから、コスト削減が厳しく求められる生産の経済性からは、材料調達とのバランスへの配慮が求められます。その様な視点から、「新しいものを作ったほうが安くつく」ケースもあり得ます。

しかしながら、地球の化石資源が限られている現実に、人類は正しく対応することが今や最も大切な視点です。たかが「ビニール袋」ですが、無駄使いの蓄積は資源の大きな無駄使いにつながります。「リサイクル品だから、利用するのがエコ」ではありません。買い物用の「マイバッグ」を繰り返し替えて使う努力こそが、エコではないでしょうか？

問題提起に関連して現代社会の包装過剰も気になります；スーパーの食品売り場を見れば、むき出しの生鮮食品など殆ど皆無です。「トレー」に品よく並べ、「ラップ」でカッコよく包み、更に「ビニール袋」に入れて持ち帰り、「家庭ゴミはこれらの膨大な石油製品を更に大きなビニール袋に入れて廃棄」するのが実態です。「環境・エコロジー戦略」からは、見逃せない重大な社会問題です。

(山形10 小川 博巳)

【質問 1-4】 温暖化により海水の蒸発が増加し、ゲリラ豪雨や台風の大型化が起こり易い？ 或いは海水面の上昇や、小島の水没が懸念されているが？

【回答】 地球温暖化の事例として、各種の情報や映像が流布されています。

例えば、ヒマラヤ氷河の後退、氷河最先端での氷塊の崩落、ツンドラ地方の永久凍土溶融による家屋の倒壊、北極熊が流氷上に取り残された写真、低水位島嶼ツバルなどの水没写真、などなど枚挙にいとまがありません。写真や映像自体は真実を伝えていますが、地球温暖化と短絡的に結び付けた報道には、皆さんの真実を見抜く力、科学技術リテラシーが求められます。ご指摘のようにゲリラ豪雨発生の変動や、台風・ハリケーンの大型化データも報告されています。例えば北半球・中緯度偏西風の気流変動が、北欧に豪雨・大洪水をもたらし、逆に南欧には熱波・森林火災などを招いている事態についても、長期的に観察した地球温暖化との関連性が明確に解明されているか否かについては、気象学の専門家の間でも議論が残されています。

国連の気候変動パネル (IPCC) は「人類の活動が CO<sub>2</sub> の排出を加速し、これが地球温暖化の主因だ。このままでは今世紀末には 2.4~6.4℃の温暖化を招く」との、第4次報告がまとめられ、グローバルな課題として取り上げられました。が、この報告書に使用されたデータ処理に、意図的な改ざんがあったこと、文献の転用に重大なミスがあったことなど



をスッパ抜いた「クライメート・ゲート事件」の報道や、国連事務総長の指示で、IPCC 第4次報告書の妥当性を再検証中であることなど、わが国ではごく一部のメディアしか報道しませんでした。データ改ざんなどは科学技術に取組む専門家としてあってはならない行為ですが、ハッカーが暴露した夥しいメール交換の中から、意図的な改ざんの実態が見て取れます。一日も早い真実の検証が求められるところです。

グローバルな気候変動は極めて複雑な自然現象の組合せであり、短期的な気候変動をモデル化し、スーパーコンピューターを駆使したシミュレーション解析も、所詮はモデル化を忠実になぞるものに過ぎない、次元を超えた条件での整合性には問題があるなど、厳しい批判も相次いでいます。気候専門家の更なる検討が待たれるところです。冒頭に挙げた数々の事例にも、明らかなミスや誤報が指摘されています。残念ながら修正報道が皆無であるところが、大きな問題です。

#### 判断ミス・誤報例の紹介：

「ヒマラヤ氷河の後退」 年代を隔てた写真の比較から、ヒマラヤ氷河の後退は事実ですが、問題は地球温暖化との関連です。IPCC の報告書にも文献を引用して取り上げられましたが、引用自体に大きなミスが発見されました。氷河後退の一因として指摘している「産業活動に伴う煤煙の影響」を無視し、地球温暖化の結果だとした短絡的判断のミスが指摘されています。氷河を覆う煤煙の薄い被膜が、太陽熱をより効果的に吸収して、氷雪を溶かしたことも氷河後退の一因との指摘は完全に無視され、IPCC もミスを認めました。

「氷河最先端での氷塊の崩落」 氷河の先端が海に達し、氷塊が崩落する映像は紛れもない事実の報道です。しかしながら氷河とは、山脈からゆっくりとした時間経過で氷雪が流れる自然現象ですから、たとえ地球温暖化とは関係なしであっても、氷河の先端では、氷塊の崩落現象は常に繰り返されています。TV 局の科学技術担当は当然その位の知識を持っていますが、「判り易い温暖化の映像」を求められて、安直に使用したものと考えられます。

「地球温暖化との関係」を問われれば、否定は難しい筈だとの屁理屈が、彼らの言い訳に違いありません。被害者は TV 報道を鵜呑みにする一般視聴者です。

「ツンドラ地方の永久凍土溶融による家屋の倒壊」 地球温暖化の代表的な事例として、世界的に使われた報道写真です。ご承知の通り、ツンドラ地帯では年間を通じて永久凍土が維持されますが、その厚さは数mから 500mにも及ぶといわれています。

永久凍土といえども、表面に近い部分は数 10cm から 2m 程度は夏に溶け、冬に再び氷結を繰り返します。従ってツンドラ地帯での構築物の建設は、温暖地域での常識を超える配慮が求められます。基礎に 1.5mにも及ぶ杭打ちを要したり、人間活動を支える構築物はエネルギーを放出しますので、ツンドラ地帯での建設には、基礎構築物への放熱・伝熱対策が求められますが、余ほどの恒久施設でない、その様な対策は経済的なバランスから採用されません。殊に短期使用の施設では建設コストの削減から、数年先の構築物の基礎沈下や、建物の歪み・倒壊を覚悟の上で建設するケースもあるようです。このような事情を無視し、「家屋の倒壊は地球温暖化の被害だ」と報道するのは、詐欺行為と糾弾されるべきかもしれません。

事例紹介は以下省略しますが、昨今のメディアの短絡的な報道姿勢や、偏向報道が識者か

ら手厳しく批判されています。地球温暖化現象の事例報道では、その因果関係が必ずしも確かめられないで、直感的に尤もらしい事象の写真や映像が使われ、真実を伝えているとは限らないところが問題です。真実を見抜く力を市民に求めるのは難がありますが、基礎知識を身に付けた皆さんの、科学技術リテラシーにもとづく正しい判断に期待しています。

(山形10 小川 博巳)

## (2) エネルギー問題で知っていること

**【質問 2-1】 原子力発電は危険なので、水力発電に切り替えているのではないか？**

**【回答】** 「原子力発電は危険なので、水力発電に切り替えている」という事例は、世界的に見てもありません。ただ、チェルノブイル原子力発電所の事故以来、イタリアは原子力発電を止め、スウェーデン・ドイツは運転中の原子力発電所に期限を設定し、スイスは新設を凍結しました。

しかしながら、発展途上国などのエネルギー需要の爆発的な増大、或いは CO2 排出による地球温暖化問題がクローズアップされて以来、原子力発電の発電コストが安く安定供給が可能なこと、CO2 を排出しないなどの長所が世界的に再認識されました。ヨーロッパでは、ロシアのナショナリズム的なエネルギー資源外交による厳しい締め付けなどもあって、上記の国々では、ドイツを除き脱原子力政策の見直しの動きが進みつつあります。殊にフィンランドは原子力の新規建設には否定的でしたが、ロシアからの電力輸入を低減するため、既に5基目の原子力発電所を建設中です。

また、米国・中国・インド・ロシアなどでは新たな原子力発電所の建設計画のラッシュを迎え、世界的な原子力カルネッサンスの到来を迎えています。

(長崎 08 小川博巳)

**【質問 2-2】 リサイクルは地球に優しいか？**

リサイクルは一から作るよりもエネルギーを使わないので、地球に優しいのではないかと。また、ゴミを減らす努力をすることも大切である。

**【回答】** リサイクルには新たなエネルギーの投入が必要になります。投入エネルギーが多ければ、新たらしく作る方が得です。アルミ缶は膨大なエネルギーを必用とする精錬がリサイクルでは必要ないので、リサイクルが有利ですが、そうでないものもあります。たとえば「古紙 100%の再生紙」は、製造する際に化石燃料(石油・石炭)の使用量が増えことから環境にやさしいとは言えず、また品質にも問題があります(質問 1-2 参照)。

また、リサイクルの必要性には資源問題の視点もあります。資源が少なければリサイクルの重要性が増し、経済的にリサイクルが成立することになります。近年都市鉱山といわれる、IC 機器からの希少金属のリサイクルもこの視点から重要性が増すと思われます。このほか環境問題(土壌や水質汚染など)、地球温暖化・CO2 問題、ゴミ捨て場の問題などの視点もあります。地球温暖化・CO2 問題の視点はエネルギー投入の視点と連動しますが、視点によっては解決策が異なるものもあるでしょう。更に、物を大事に使うという「もったいない」の考えもあります。

このようにリサイクルには多様な視点があることに留意する必要があります。廃棄物対

策は recycle、reuse、reduce の 3R による言われています。多様な視点を考えたうえ、もっとも有効な方法を活用する必要があります。

(長崎 08 石井正則)

**【質問 2-3】 オール電化によるメリット・デメリットはなにか？**

**【回答】** オール電化には①大きなCO<sub>2</sub>削減効果、②大きな省エネ効果、③安全（火を使わない）というメリットがあります。一方、デメリットは①停電時にライフラインが一斉にストップしてしまう、②高い設備費（ガス系の2倍）などです。

CO<sub>2</sub>削減効果を具体的に示すと以下のようになります。

現在の日本の一般家庭では様々なところから二酸化炭素を年間約 5.5ton 出しています。

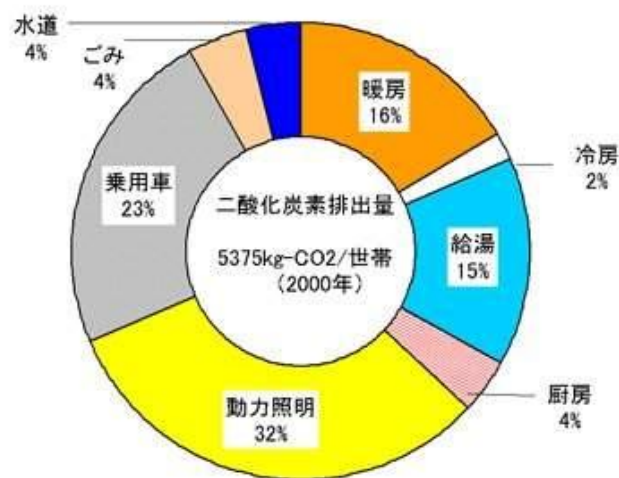


図1. 家庭からのCO<sub>2</sub> (厚労省2000年度統計)

このうち、乗用車、水道、ごみを除く全体の2/3に当たる部分は電気、ガス、石油などのエネルギーを消費することにより、CO<sub>2</sub>を排出します。このエネルギー消費部分の推移を図2に示します。

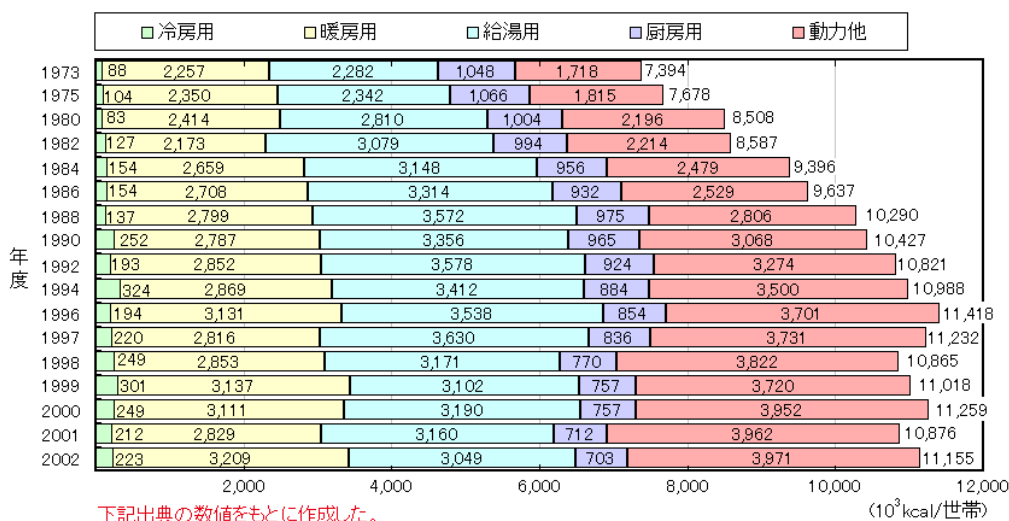


図2 世帯当たり用途別エネルギー消費量の推移

【出典】日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析部(編): EDMC/エネルギー経済統計要覧(2004年版)、省エネルギーセンター(2004年2月), p.80-81

消費エネルギーの内訳を見ますと2000年までは以下のようなものでした。

- ・ 動力照明（照明及びTV、洗濯機等）・・・電力100%
- ・ 冷房（エアコン）・・・電力100%
- ・ 暖房・・・石油（主）、ガス（主）、電力（従 エアコン）
- ・ 給湯・・・ガス（主）
- ・ 厨房・・・ガス（主）

2000年度以降、ヒートポンプ（エアコンもその一種）のエネルギー効率の向上に伴い、安価な夜間電力を使用する貯湯器が開発され、それを利用する給湯システム（風呂、厨房、床暖房）に従来の石油やガスに代わって電気が使われるようになってきました。（エコキュート）また、加熱用として殆ど調理に使われることがなかった電気が、IH（誘導加熱）調理器の開発により、安全性の高いエネルギー源として使われるようになり、家庭内のエネルギー使用がすべて電気でまかなわれるようになりました。（オール電化）

エコキュートは化石燃料を直接燃焼させず、二次エネルギーの電気を使ってもエネルギー消費効率（COP）が石油やガスの1.5倍以上（注1）であることから、概算ですが、家庭からのCO2排出量は従来のガス給湯器の約1/2に減少し、削減量は300Kg/年という大きなものになります。またエネルギー使用量は3000Mcalから800Mcalと1/4に減少します。

設備（エコキュート）の価格がガス給湯器に比べて割高なのが難点ですが、家庭で設置する場合、政府からの補助金もでることから現在急速に普及しています。

仮に我が国の家庭2000万のすべての給湯をエコキュートで賄ったとすると、1990年度の総CO2排出量の1.5%が削減できるという計算になります。この値は電力として火力発電をベースに計算していますが、実際には夜間電力はCO2を排出しない原子力発電なので、この値はずっと大きくなり、10%という試算結果が出ています。

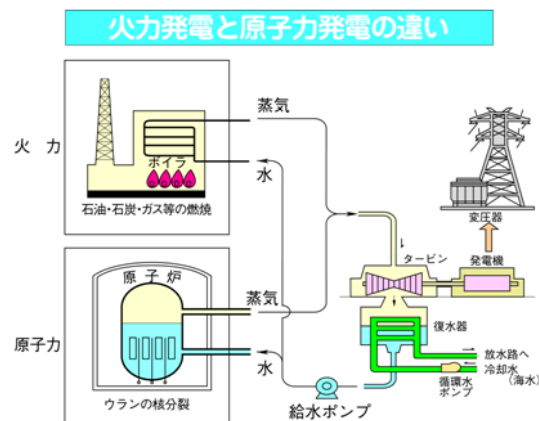
### (3) 原子力関係で興味のある話 (知りたいこと、疑問に思うこと)

#### 1. 原子力発電の原理

**[質問 3-1-1]** 原子力発電の原理・メカニズムがよく分からない。

原子力発電の原理およびメカニズムについて知りたい。

**[回答]** 皆さんよくご存知の火力発電では、石炭や石油、天然ガス等を燃焼させて、ボイラーで発生させた高温、高圧の蒸気でタービンを回し、発電機を回して電気を発生させています。原子力発電でも同じように高温、高圧の蒸気を発生させて電気を発生させています。違いは蒸気を発生させるのに、原子核分裂によって発生する熱を利用していることです。下記の絵を参照ください。



(広島 08 林勉)

**[質問 3-1-2]** 核分裂の仕組みと発生エネルギーの量を知りたい。

**[回答]** 図のように、U235に中性子が吸収されると核分裂が生じ、熱エネルギーと中性子が放出されます。この中性子の一部が、次の核分裂に使われます。原子力発電ではこの反応が制御されながら連鎖的に進みます。蛇足ですが原子爆弾では、U235の濃度が極めて高いため、急速に爆発的に進みます。これは原子力発電と原爆が本質的に違うところです。

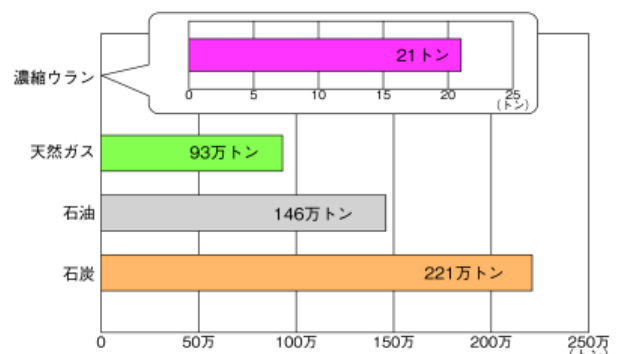
放出される熱エネルギーが発電に使用されますが、100万kWを1年間発電するのに、ウラン燃料だと21トンに対し、石炭、石油、天然ガスではそれぞれおおよそ221百万、146百万、93百万トン必要です。

### 原子力発電と原子爆弾の違い

	ウラン235とウラン238の割合と核分裂連鎖反応	核分裂数の制御の方法
原子力発電	<p>核分裂しやすいウラン235 (3~5%) 核分裂しにくいウラン238 (95~97%)</p> <p>ウラン235の割合が低く、中性子がウラン238に吸収されるなどの理由により核分裂が一定の規模で継続する。</p>	<p>制御棒が多数設置されており、また自己制御性があるため急激に核分裂数が増加することはない。</p>
原子爆弾	<p>ウラン235 (ほぼ100%)</p> <p>ウラン235の割合がほぼ100%と高いため、中性子が他の物質に吸収されず、核分裂が次々起こり、一瞬のうちに爆発的にエネルギーが放出される。</p>	<p>制御棒が設置されておらず、自己制御性がないため、急激に増加する核分裂を止める事は出来ない。</p>

出典：資源エネルギー庁「原子力2008」

### 100万kWの発電所を1年間運転するために必要な燃料



出典：資源エネルギー庁「原子力2008」

(広島県 09 石井正則)

#### 【質問 3-1-3】 チェレンコフ光は光の衝撃波のようなものか？

【回答】 チェレンコフ光は、電子などの荷電粒子が水などの物質中を通過する時、荷電粒子の速度がその物質中の光速よりも速い場合に出る光です。物質中の光速は、その物質の屈折率を  $n$  とすると  $1/n$  になります。核分裂から出るベータ線（電子）などはこれより大きいことがあり、この速度と物質中の光速との差分にあたるエネルギーが光となって出てきたものがチェレンコフ光です。超音速で飛ぶ飛行機などから発生する衝撃波と似たものとも言えます。

新しい燃料は、核分裂していないため放射線を殆ど出しませんが、一旦、原子炉に入られて核分裂が起こると、核分裂生成物ができます。この核分裂生成物が崩壊して行く過程でベータ線他を出すものがあり、このため、水中にある使用済燃料の周りには、青白いチェレンコフ光を見ることができます。

(山形 10 西村)

## 2. 原子力発電の必要性

#### 【質問 3-2-1】 原子力発電所は本当に必要か。

現在太陽光エネルギーの活用が最大でも 50%未満といわれているので、太陽エネルギーを 100%活用することができるような装置を開発したら、原子力発電は不必要ではないか。また、発電所の爆発や放射能漏れ問題など様々な問題を抱え、市民にも不安を抱かせているがそれでも必要なのか。

【回答】 原子力発電の必要性は、原子力エネルギーは、資源問題、環境問題を考えた場合、最も有力な基幹的な一次エネルギーだからです。具体的には講演や対話でも取上げますので、よく聞いて下さい。

太陽光エネルギーの活用が最大でも 50%未満とか、100%活用するというのがどういう意味かわかりません（太陽光は莫大なエネルギーをもっていることは事実ですが、50%とか100%と云っているのは何を基準にしているのかがわからない、現状の太陽光発電の設備利

用率は10～20%程度である)ので、この問題に直接お答えできませんが、常識的なことを述べます。

太陽光や風力など自然エネルギーはトータルでは莫大なエネルギーをっていますが、エネルギー密度は低いので集めるのに広大な面積を必要とし、経済性に問題があるうえ、天候に左右されるため安定供給面でも問題があり、基幹電源には不向きと思います。分散型電源として活用するのが良いと思います。

(広島竹原 08 加藤洋明)

**【質問 3-2-2】 原子炉の解体方法はあるのか？**

原子炉の解体処分は困難だと聞いたことがあります。どんな解決策があるのか聞きたい？

**【回答】** 廃炉・解体処分はすでにわが国初の原子力発電を行った動力試験炉(JPDR)で実施しました。またわが国初の商業発電炉である東海1号原子力発電所も現在順調に解体が進んでいます。解体に際しては、放射性物質を扱う部分にはロボットなどハイテク工事も必要ですが、大部分は一般の解体工事と同じです。解体にともなって発生する放射性廃棄物も、発電所全体数%程度です。

(広島呉 09 石井正則)

**【質問 3-2-3】 発電以外の原子力の利用法は？**

**【回答】** 狭義で捉えれば原子炉での核反応熱の利用、視点を広げれば放射線利用も原子力利用の一つですが、放射線利用は回答済みの他項を参照下さい。

原子力発電以外の事例としては、発生蒸気を推進力として利用した「原子力船」があります。原子力空母・潜水艦などの艦船推進機関としては、極めて優れた特性を備えています。元々、原子力発電所の原子炉自体の開発が、軍事目的の艦船用原子力エンジン開発を転用したものであることから、頷けるかと思われます。ジーゼル機関では多量の重油燃料を積載することが必須ですが、原子力船では一旦原子炉に装荷した核燃料は、艦船ライフを通じて殆ど追加が不要です。またジーゼル機関では燃焼用空気・酸素が必要ですので、超長時間の潜水は不可能ですが、核反応に空気は不要ですから超長時間の潜水が可能です。このような事情で、原子力エンジンは極めて効率的です。

我国でも原子力船「むつ」が開発され、将来を有望視されていましたが、試運転中に「放射線もれ」が発生したトラブルを、「放射能もれ」とメディアが報道したことがキッカケで、漁業関係者をはじめとする一般市民の恐怖心が煽られて、結果的に頓挫したのは誠に残念でした。国民への放射線教育の欠落が招いた、国家的な損失の事例と云えます。

原子炉の熱利用の別の事例としては、高温ガス炉を利用した水素製造や原子力製鉄なども挙げられます。日本原子力研究開発機構の「高温ガス炉(HTR)を用いた水素製造の研究開発」をはじめ、米国DOEの原子力水素イニシアティブ(NHI)、フランス原子力庁(CEA)も「高温ガス炉とその利用系である水素製造技術も含めた研究開発」などが進められています。このほか、第四世代原子力システム国際フォーラム(GIF)でも、「超高温ガス炉システムに関する水素製造プロジェクトの国際共同研究」が進められようとしています。

(山形 10 小川 博巳)

**【質問 3-2-4】 電力自由化が進んでも莫大な投資を必要とする原子力発電所を建設するの**

か。

**【回答】** 我が国では、平成12年から大口需要家を対象に電力の小売り自由化がはじめられ、平成16年、平成17年と段階的に自由化部門が拡大され、現在、契約電力が50kW以上の高圧需要家までが自由化されていますが、発電、送電、配電の垂直統合されたままです。活発な競争はみられません。これ以上の自由化はしばらくは進まないでしょう。

どのようなエネルギー源を選択するかは、電力の自由化とは別に、①安定供給の確保、②地球環境への適合、③市場原理の活用—経済性の3要件を満たすことが重要です。これらの要件を満たす基幹電源としては、原子力発電においては無いと思います。

原子力発電は莫大な投資を必要とすることはご承知の通りです。他にもっと莫大な投資を必要とするであろう電源も考えられます。

100万kW級の原子力発電所の1基分を代替する太陽光発電、風力発電の建設費を比較すると、原子力：約3000億円、太陽光発電：約4兆円、風力発電：約8700億円とされています。問題は、これだけ投資して発電コストがどうなるかでありまして、現存の発電所の中では、原子力が一番安いです。

(金沢10 加藤洋明)

**【質問 3-2-5】** 原子力は安いと言うが、再処理費用や廃棄物処分、廃炉等の費用を含めると火力より高いのではないか。

**【回答】** 原子力発電所の発電コストには、原子炉解体、再処理、中間貯蔵、高レベル廃棄物処理・処分、TRU処分などの費用を含んでいます。それでも、現在の発電所の中で一番安いです。

一般に、発電コストは、建設費、運転保守費、燃料費、その他から構成されます。原子力発電の発電コストは、燃料費の割合が大きいため燃料価格に左右されにくいという大きな特長を持っています。一方、石油火力などの場合は、発電コストに占める燃料費の割合が大きく、燃料の値上がりが直ちに発電コストの上昇につながります。

(金沢10 加藤洋明)

**【質問 3-2-6】** 原子力発電は地球温暖化の観点からどのくらい有効なのか。

**【回答】** 火力発電では、石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料を燃やして、その熱エネルギーを利用して発電を行っています。そのため火力発電では発電の過程において、地球温暖化の要因と言われている二酸化炭素を排出します。一方、原子力発電では、ウランを核分裂させて、そこで発生する熱エネルギーを利用して発電を行っていますので、その過程において二酸化炭素を排出しません。そればかりでなく、原子力発電は、発電の過程において、大気汚染・酸性雨の原因となる硫黄酸化物、窒素酸化物も出していません。

電源別の二酸化炭素排出量(メタンによる効果を含めたもの)について、燃料を燃やしたときばかりでなく、原料の採掘や輸送、発電所の建設や運転などに消費するすべてのエネルギーを含めて算出した場合においても、1キロワットアワー当たりの発生する二酸化炭素の量は、石炭943グラム、石油738グラム、LNG複合474グラム、原子力20グラム、水力11グラム、太陽光38グラム、風力25グラム(電力中央研究所「日本の発電技術のライフサイクルCO2排出量評価」)であり、原子力発電は、地球温暖化の防止の観点で優れ



た発電方法の一つといえます

こうした優れた環境適合性を持つ一方で、原子力発電では運転に伴い放射線や放射性物質が発生します。また、発生した放射性物質は、最終的に放射性廃棄物となります。これらを環境に影響を与えないよう厳しく管理し、取り扱う必要があります。

(金沢 10 加藤洋明)

**【質問 3-2-7】 省エネの徹底や、太陽光や風力、燃料電池など新エネルギーの開発を進めれば、原子力は不要ではないか。**

**【回答】** 原子力を新エネルギーで代替するのは非現実的で、これからも基幹電源としては原子力発電が主体となっていくでしょう。

これからのエネルギーに要求される三つの条件、①安定供給の確保、②地球環境への適合、③市場原理の活用—経済性、からご指摘のエネルギー資源を見てみましょう。

「省エネ」は、無駄を省くという点では大切なことですが、エネルギー源ではありません。

「太陽光、風力」は、地球環境への適合という面では良いですが、天候・季節に左右されるなど安定供給性に難点があり、かつ経済性でも問題があります。

「燃料電池」は、水素と酸素を反応させるわけですが、肝心の水素を得るのに他のエネルギーを必要とします。エネルギー変換の手段としては良いですが、エネルギー源とはなりません。

これに対し、「原子力」は、地球環境への適合性は良く、ウランは石油や天然ガスに見られるような特定地域への強い偏在性がなく資源確保の観点から供給安定性に優れています。さらに、使用済燃料を再処理して回収されるウランやプルトニウムを利用するという核燃料サイクルの推進によって、ウラン資源の有効利用が図られます。経済性についても、[質問 3-2-5]で述べたように、発電コストは現状では一番安いと評価されています。

以上のことから、これからの基幹電源としては、原子力が最も優れていると言えます。

(金沢 10 加藤洋明)

**【質問 3-2-8】 欧州などの 海外では原子力発電をやめようとする国があるが、日本は原子力をやめないのか。**

**【回答】**・ 我が国に産出するエネルギー資源は非常に少なく、消費エネルギーの 96% を輸入に頼っている。

このエネルギーについては次のような課題があり、原子力の推進を必要としている。

(オイル・ピークとエネルギー需給のタイト化)

現在確認されている石油資源は今後 40 年で消費されてしまう一方、今後新規に発見される油田は次第に減少しつつある。このため石油生産量はピークに達しており、長期的にみると石油価格は高騰する一方とみられている。天然ガスの埋蔵量は石油より大きく、利用可能年数は 60 年、石炭は 133 年と大きいので、すぐにエネルギー資源が枯渇するわけではない。しかしこの利用可能年数は現在の消費量を基に計算されている数字であり、開発途上国の経済的発展を考慮すると世界のエネルギー消費は、2030 年には 2006 年の 1.5 倍に増加すると推測されている。したがって世界のエネルギー需給事情は、今後ますますタイトになると考えられている。

原油価格は、2008年に最高値（134ドル／バレル）を記録したが、その後も比較的高値で推移している。

（地球環境改善の要請）

一方現在のCO<sub>2</sub>増大は地球の温暖化を招いており、今後CO<sub>2</sub>濃度の上昇を抑える必要があると叫ばれている。石炭・石油などの化石燃料はCO<sub>2</sub>の排出量が多く、CO<sub>2</sub>濃度の上昇を抑える観点から、使用量の削減が望まれている。このような地球環境の改善を図る観点から、CO<sub>2</sub>排出の少ないエネルギー源の利用が必要となっている。CO<sub>2</sub>排出の少ないエネルギー源は、原子力・太陽光・風力・水力・地熱であり、今後これらのエネルギー源への転換が必要となってきている。

これらのうち太陽光や風力は、いずれも大きな土地を必要としており、我が国ではエネルギー供給の基本となるような大容量の電源を構築することは不可能である。さらに気象条件によって出力が大幅に変動するので、基幹電源として頼ることはできない。

（経済性）

各種発電方式の発電原価を経済性の有利な順で見ると、①原子力 ②石炭火力 ③LNG火力 ④石油火力 ⑤水力 ⑥風力 ⑦太陽光の順である。特に太陽光の原価は原子力の10倍以上であり、著しく高価である。

また上記のうち、風力および太陽光発電は気象条件による変動が大きく、設備容量は電力システムの10%程度以下に限定される。この限度を超えて利用しようとするれば、発電力の変動に備えて予備発電設備が必要となり、さらに多額の資金が必要となる。

（エネルギー供給の安定性）

我が国のエネルギーは96%を輸入に頼っており、40%を超える石油のうちの86%を中東地区に依存している。石油は、生産国を始め輸送経路に政情不安な国を抱えており、過去においても中東戦争によるオイルショックなどいくつかの問題を起こしている。輸送船を襲う海賊の襲撃も後を絶たない。このような不測の事態に備えて国内に石油備蓄基地を設けているが、その容量は消費量の170日分しかなく、事件が起きると短期間のうちに消費が滞る恐れがある。

原子力のウラン鉱石は輸入であるが、一瞬に燃焼してしまう化石燃料と異なり、原子炉に入れると3年ないし4年間は使用できる。さらに使用済み燃料は、その中に含まれる有効成分を再処理して再利用すれば、長期間使用できる。したがって何か事件があった場合に起こるかもしれないエネルギー供給の停滞に対して、強い対応力を持っている。このような特性から原子力は準国産エネルギーとしてカウントされている。

（結論）

上記のような状況から、我が国は原子力を必要としており、基幹電源として推進を図っている。風力・太陽光などの再生可能エネルギーはCO<sub>2</sub>を排出しない特性から、原子力を補完するエネルギーとして推進している。

（海外状況）

一頃チェルノブイリ事故の影響を受けて原子力をやめていた欧州および米国は、最近では方針を変更して原子力復活に向けて動き始めている。またアジアでも原子力計画を推進

する国が増加している。

(金沢 10 齋藤修)

**【質問 3-2-9】** 日本はなぜ原子力発電を進めるのか。

**【回答】**：上記 3-2-8 を参照

**【質問 3-2-10】** 石油、石炭、ウランなどのエネルギー資源はあとどれくらいあるのか。  
(可能採掘量は。)

**【回答】**：現在埋蔵が確認されている資源の量を確認可採埋蔵量といい、その時点での年間生産量で除した値を可採年数という。これに対して年数が経過すると埋蔵量は新しい資源が発見されて、実際の可採年数は増大する。一方消費量は増大するので、これは可採年数を短縮する方に働く。2007 年における資源の一覧を示すと次の通り。

(一覧)

	確認埋蔵量	可採年数
石油：	1 兆 2000 億バレル	42 年
天然ガス：	177 兆m <sup>3</sup>	60 年
石炭：	8,475 億トン	133 年
ウラン：	547 万トン	100 年

(石油)

石油は 1950 から 70 年代にかけて大型油田が相次いで発見されたが、これらの大型油田は自墳時代を過ぎて、水やガスを圧入して石油を取り出す状態になっており、すでにピークを超えている。近年における進歩した油田探索技術により地上の探索はほとんど尽くされており、かつてのような大型油田の新規発見は期待できない。今後は深海の地下や極地地下など、採掘に時間と資金がかかる地点しか残されていないといわれている。

実際世界の石油生産量はピークに達していると見られており、今後数年ないし数 10 年以内には、次第に減少すると推定される。I E A などの主要なエネルギー機構もその実態を次第に認める傾向にある。

(天然ガス)

天然ガスは石油よりも可採年数が長く、さらに最近米国において頁岩中のガスを特殊な方法で採取する非在来型のシェール・ガスが開発されるなど、天然ガスは今後増加すると見られる。したがって当面石油に代替するエネルギー源として期待できる。

しかし超長期的にみると、やがて枯渇することは避けられないであろう。

(石炭)

可採年数は長く、世界各国に分布して利用しやすいので、今後もエネルギー源の太宗を占めると思われる。しかしCO<sub>2</sub>やSO<sub>x</sub>ガスの排出量が多いので、CO<sub>2</sub>対策のための研究開発やSO<sub>x</sub>対策の実施が必要である。

(ウラン)

現在の可採年数は 100 年であるが、今後の探索により埋蔵量がさらに増加することが期待されている。また海水中に 10 億トン程度のウランが存在しており、採取方法が改善され

れば実用化も期待できる。

さらに使用済み燃料に含まれるウラン及びプルトニウムを再利用することにより、大幅な利用可能年数の延びが期待される。研究開発中の高速増殖炉が実用化されれば、現在は利用できないウラン 238 を燃料として利用できるので、飛躍的にウランの利用可能年数が増大する。

このような状況にあるので、ウラン資源については当分の間心配する必要はない。

(金沢 10 斎藤修)

### 3. 原子力発電の安全性

#### 【質問 3-3-1】 東京湾になぜ原子力発電所を作らないのか？

原子力の安全性…原子力発電所が安全と声を大にして主張するのなら、東京湾になぜ原子力発電所をつくらないのか説明してほしい。

【回答】 原子力発電所の安全性が問題であるとすれば、現在のような基幹電源（総発電電力量の約 30%を供給）にはなっておりません。原子力発電所の立地問題は複雑ですが、①立地に適した地盤・岩盤があるか、②土地価格を含めて経済性はあるか、③万が一事故が発生した時の隔離距離は十分か、④地元が誘地しているか、などを十分考慮して選ぶ必要があります。これらの条件のうち、とりわけ①、②は東京、大阪、名古屋などの大都市には適合しません。

(長崎 08 加藤洋明)

#### 【質問 3-3-2】 原子力発電所の作業は安全か？

原子力発電所で作業していた人が被爆したというニュースや放射能漏れの心配があるということを以前耳にしたことがあるので知りたいと思っている。

【回答】 原子力発電所では、日常の点検や定期検査等の作業で放射線業務従事者の受ける放射線の量を低く抑えることが、大変重要となります。このため、放射線業務従事者の線量を法令で定められた限度以下（5年間で 100 ミリシーベルト、1年間で 50 ミリシーベルトを超えない等）にするよう厳しい放射線管理が行われています。

原子力発電所では、放射線業務従事者の放射線管理を行うため、「管理区域」を定めています。管理区域内で働くためには、すべての放射線業務従事者が法令で定められた健康診断、受けた放射線の量の確認、放射線管理についての教育等を受けなければなりません。作業に当っては、警報付き個人線量計等の測定器により、常に受けた放射線の量を測定しています。

このような努力の結果、原子力発電所の原子炉の数は増えているにもかかわらず、放射線業務従事者の総線量{原子力発電所で働くすべての放射線業務従事者の1年間の線量の合計（単位：人・シーベルト）は安定的に推移しています。

また、放射線業務従事者1人当たりの平均線量も低下しており、最近では年間1ミリシーベルト台で推移しています。

通常は放射線管理は非常に厳しくなされておりますが、時には、思わぬ機器の故障などで余分の被曝をしてしまうことがあります。ほとんどの事例で被曝線量は法令で定めら

れた限度以下です。時には放射能漏れのニュースもあります。最近では、中越沖地震の際、燃料プール水から海水にもれたことが大々的に報道され、風評被害が出しましたが、漏れた量は全く問題にならない量でした。

私達は、放射線が存在する場で常時生活していますから、被曝とか放射能の漏れという場合、どれだけの量かということをはっきり認識することが大切です。

(長崎 08 加藤洋明)

**【質問 3-3-3】 原子炉事故と対策を知りたい。**

世界各地での原子力発電所の事故があった。それらの結果、現在はどうのような対策がとられているのか。

**【回答】** これまでに、安全確保上重要な事故がいくつか発生しています。これらを振り返ることにより、次の事故を起こさない努力が必要です。

原子力の安全確保のために、国内だけでなく、国際的に様々な取り組みがなされています。

(i) アメリカ・スリーマイルアイランド (TMI) 原子力発電所の事故

1979年3月28日、ペンシルベニア州TMI原子力発電所の2号機で周辺に放射性物質が放出され、住民の一部が避難。

事故の発端は、蒸気発生器に冷却水を送り込む主給水ポンプが停止したことでした。通常は補助給水ポンプが動き出し、主給水ポンプの代わりに冷却水を送り込みますが、機器の故障や誤操作が重なり、原子炉内の冷却水が減少して、炉心の上部が蒸気中に露出し燃料の損傷、炉内構造物の一部溶融に至る事故になりました。

周辺住民が、1人当たり0.01ミリシーベルトの放射線を受けたと評価されていますが、1年間に受ける自然放射線の量(2.4ミリシーベルト)に比べてもわずかなものでした。

我が国では、国内の原子力発電所の総合的な再点検を実施し、TMIのような事故が起きる心配のないことが確認されました。通産省(当時)は原子力発電所の一層の安全確保を図るため、運転員に対する保安教育・訓練をより一層強化すること等の改善措置を指示し、実施してきました。

また、原子力安全委員会は、特別委員会を設け、この事故の経験を踏まえて我が国の原子力発電所の安全確保対策に反映すべき事項として、プラントの状態監視技術の向上等52項目を選びました。これらは着実に我が国の原子力発電所に反映されています。

(ii) 旧ソ連・チェルノブイル原子力発電所の事故(講義資料参照下さい)

1986年4月26日、旧ソ連ウクライナ共和国キエフ市北方約130kmにあるチェルノブイル原子力発電所4号機で事故が発生。

この事故は、外部電力の供給が止まった際に、タービン発電機の慣性の回転でどの程度電気を取り出せるか、といった実験をしているときに発生しました。

運転員は、原子炉の自動停止装置が働かないようにする等、運転規則に違反するような操作をし、実験の遂行を優先するあまり、計画とは異なる、原子炉が不安定な性質を示す低出力で、しかも制御棒を規則に違反するレベルまで引抜きました。このため、原子炉の出力が急に上昇し、燃料の過熱、激しい蒸気の発生、圧力管の破壊、原子炉と建屋の一部

破壊に至りました。

この事故により 31 名の死亡、急性放射線障害、入院：203 名。

事故直後半径 30 km の地域の住民約 135,000 人が避難。

この人たちの受けた放射線の線量は 16,000 人・シーベルトと評価。

避難した人々について平均すると一人当たり約 120 ミリシーベルト。

自然界から受ける年間平均線量と比較すると約 50 倍の線量。

我が国の原子力安全委員会は、ソ連原子力発電所事故調査特別委員会を設置し、調査、検討を行い、原因については、設計の脆弱性と運転員の規則違反の 2 つを指摘しました。

なお、我が国の原子力発電所については、このような急激な出力上昇を伴う事故に対する適切な設計上の安全確保対策がなされていること、運転管理体制が適切なものであること等から、チェルノブイル事故と同様な事態になることは極めて考えにくいとしています。

また、我が国の原子炉には、もし万一放射性物質が原子炉から外に漏れても、これを放出させないための原子炉格納容器があります。

我が国としては、原子力防災対策の充実、安全意識の醸成、安全研究の推進等一層の安全対策を図ることとしています。

#### (iii) 高速増殖原型炉「もんじゅ」2次主冷却系ナトリウム漏えい事故

試験運転を続けていた動力炉・核燃料開発事業団（動燃、現日本原子力研究開発機構）の高速増殖原型炉「もんじゅ」において、1995 年 12 月 8 日に 2 次主冷却系配管からナトリウムが漏えいする事故が発生しました。漏えいしたナトリウムは、配管室内の空気と反応し燃焼しました。

事故の原因は、温度計さや管の設計が不適切であったため、ナトリウムの流れによって振動し、破損したものと判断されました。この事故では、原子炉の安全性は十分確保され、作業員の被ばく、環境への放射性物質の影響はありませんでした。一方、温度計さや管の設計に問題があったことや運転員の不適切な判断により事故の終息が遅れました。さらに、事故後の情報公開をめぐる動燃の不適切な対応等により原子力に対する不安感、不信感が高まりました。

科学技術庁（当時）では「もんじゅ」の安全性を確認するため安全性総点検チームを設置し、全般にわたる点検を行い、報告書を取りまとめました。この報告書では、ナトリウム漏えい後の措置、運転員の支援の充実、事故時対応のための体制整備等の改善方針が確認されています。

2002 年 12 月安全審査により安全性が確認され、設置変更許可。

2004 年 1 月ナトリウム漏えい対策工事を中心とした改造工事許可。

2005 年 9 月～2007 年 8 月ナトリウム漏えい対策に係る改造工事実施。

2008 年～現在、運転再開にむけ準備が進められています。

高速増殖炉は「もんじゅ」での運転実績の積み重ねつつ、その後の実用化への開発を進め、2025 年頃には高速増殖実証炉、2050 年頃には実用炉の運転を目標としています。

#### (iv) JCO ウラン加工施設の臨界事故

1999 年 9 月 30 日、茨城県東海村にある（株）ジェー・シー・オー（JCO）ウラン加

工施設において臨界事故が発生しました。この事故は、我が国で初めての臨界事故であり、「臨界」状態が約 20 時間にわたって継続し、周辺住民の避難や、施設から半径 10 km 圏内の住民の屋内退避を行った。臨界に伴い発生した放射線により現場にいた作業員が被ばくし、死亡者が出ました。さらに、従業員、防災業務関係者、周辺住民等多数の人々に被ばくが確認されました。

この事故は、国の許認可を得た設備や方法による作業とは異なることを行ったために生じました。作業手順を無視し、臨界管理の上で規定されている制限量をはるかに上回るウランを投入したことが直接の事故の原因でした。

事故の再発防止に向けた取り組みとして、事業者における安全確保の徹底、安全規制当局の体制の強化が必要としており、安全文化の定着・浸透に努めることが一層強く求められています。

政府は、原子力の安全・防災対策の強化・充実を図るため、法律の改正、制定を行いました。これらにより、核燃料加工施設にも原子力発電所と同様の施設定期検査を義務付けるとともに、保安検査制度、保安検査官の現地配置、さらに原子力防災における体制強化を図っていくことにしています。

(長崎 08 加藤洋明)

**【質問 3-3-4】 市民が不安を抱えているのになぜ原子力発電所を作るのか？**

発電所の爆発や放射能漏れ問題など様々な問題を抱え、市民にも不安を抱かせているがそれでも必要か。

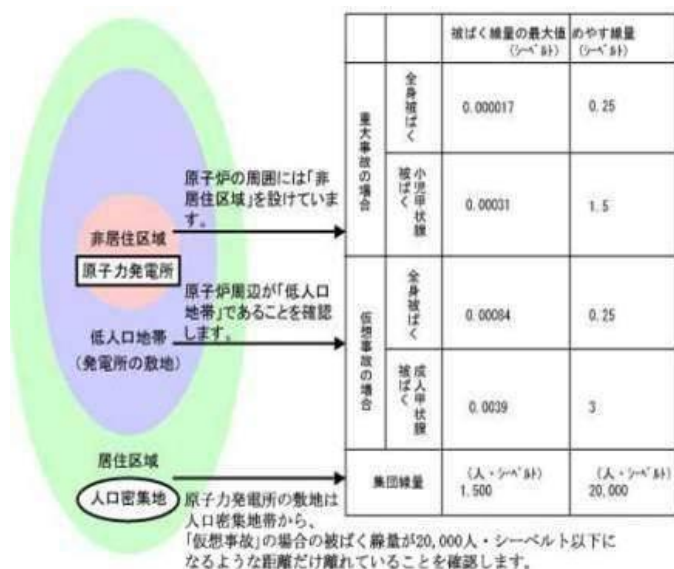
【回答】 原子力発電も他の産業やシステムと同じように、開発の途上では様々な問題を起こしましたが、その都度、国をあげて原因の解明や対策に真剣に取り組み現在のような基幹電源を構成するまでに至ったと思います。今、石油の高騰にみられるエネルギーセキュリティや、地球温暖化の対策として原子力発電の見直しが世界的になされ、原子力発電所建設の計画が発表されております。今こそ、今までの歴史の教訓を活かし、安全性・信頼性・経済性の一層の向上を図ってゆくべきと思います。

(長崎 08 加藤洋明)

**【質問 3-3-5】 事故を起こさない対策と起きた時の対策を知りたい。**

原子炉の暴走や炉心溶融事故などを生じさせない対策や、もし重大な事故が起こってしまった時の対策は。

回答 暴走や炉心溶融事故を生じさせない対策については、国の安全審査、設備設計・製作・運転後の段階等で、様々な対策がなされています。それでも事故が起こる



ことを想定して、安全審査では、重大事故（技術的に見て最悪の場合に起こるかもしれないと考えられる事故）と仮想事故（重大事故を超えるような、技術的には起こるとは考えられない事故）を考慮して、その時の周辺住民が被爆するであろう被爆線量を評価することを求めています。それぞれの想定事故に対して、住民の安全確保が出来る目安線量を規定しています。今までの原子力発電所の評価結果では、これらの目安線量よりはるかに低い被爆量であることが確認されています。

右の想定事故時の被曝線量を参照ください。

（広島竹原 08 林勉）

**【質問 3-3-6】 原子力発電所を水中や地中につくればよいのではないか？**

放射性廃棄物を地中深くに埋めたりしているのだから、原発を水中もしくは地中に作ればよいのではないか？不可能ならその理由を知りたい。

**【回答】** 放射性廃棄物は処理後には人がアクセスする必要がないので、社会環境から確実に隔離する方法として深層地中埋設をしようとしています。一方原子力発電所は運転中には人がアクセス管理して様々な物質の出し入れや電気の取り出しなどを行う必要があります。このためには水中や地中では全く不便であり、かつ莫大な費用がかかります。水中や地中に作るという発想はその方が安全確保上好ましいのではないかということだと思えますが、現在のような地上立地でも十分な安全確保策が取られています。

（広島竹原 09 林勉）

**【質問 3-3-7】 プルサーマルの経済性と安全性について知りたい。**

プルトニウムを燃料とするプルサーマルが脚光を浴びているが、取り扱いが難しく危険なプルトニウムは本当に経済的であり安全に運用できるのか。

**【回答】** プルサーマルの利用はそれだけで論ずる問題ではありません。ウランのみの利用では原子力エネルギーの資源量も他のエネルギー資源と同じく、100年以内程度しかありません。プルトニウムを増殖する高速増殖炉を実現させて始めて3000～6000年ぐらいに資源量を拡大できるのです。このためわが国ではこれを可能とするウラン・プルトニウムリサイクル政策を採用しています。プルサーマルはその政策の一つのステップであり、プルサーマル単体の経済性で論ずることは出来ません。プルトリウムの取り扱いが難しいことは事実ですが、同じように取り扱いは難しいウランや使用済み燃料等も、科学的技術的にその困難を克服しています。現代は科学技術で色々な課題（自動車、航空機、宇宙技術等）に挑戦しそれを克服してきた時代です。プルトニウムも十分に安全に運用出来るように研究開発が行われており、その成果が活用できる所に来ています。

（広島竹原 08 林勉）

**【質問 3-3-8】 過去の放射能漏れはどの様に処置されたか？危険の程度？**

**【回答】** 放射能とは、放射線を出す能力を言います。したがって、放射能漏れというのは、正確には、放射性物質が漏れるということなのです。



原子炉などで放射性物質ができるのは、一つには、燃料中のウランが核分裂してできる核分裂生成物に含まれるものです。また、これ以外に、放射線により、鉄などの物質が放射化されて、コバルトなどの放射性物質に変わるものがあります。

運転中に燃料の被覆管が損傷し、核分裂生成物が漏れ出すことがこれまでも経験されています。これは、燃料 100 万本に 1 本くらいの大変低い確率ですが起こっています。

この燃料から漏れ出した、放射性物質は、水中に溶け出したり、一部は気体となりますが、水の浄化設備や、気体の処理設備で捕獲され、発電所外に漏れ出すことはありません。

この他のコバルトなどの放射化された物質も同様に浄化系により除去されます。

原子力発電所から出る放射線は絶えずモニターされていて、一定限度以上出ないように、必要なら原子炉の運転を停止するなど、適切な措置がとれるようになっています。

これ以外に、事故や地震などの際に放射性物質が漏れたことがありました。

チェルノブイリ事故や、TMI や JCO の事故、先日の中越沖地震などです。これらについては、別の項に詳しく説明されていますので、ここでは、詳細は割愛します。

チェルノブイリ事故では、放射性物質が発電所周辺にも漏れ出してしまいましたので、この地域は立ち入り禁止になったことをご存知のとおりです。これ以外の JCO 事故などの場合は、一時的に放射線が外部に漏れましたが、これは、自然放射線のレベルに比べても十分に低い量でした。また、放射性物質は施設外には漏れ出していないので、土地の立ち入り制限とか浄化等は実施されませんでした。

中越沖地震では、放射性物質を含む水が海に流出しました。但し、この時漏れた放射線のレベルは 9 万ベクレル程度で、これは、約 7 千ベクレルを持つ普通の人間 12 人分相当するくらい低いものでした。

(山形 10 西村)

### **【質問 3-3-9】 原子力発電所の周辺住民の声を知りたい。**

**【回答】** エネルギーと環境問題、とりわけ原子力問題を正しく理解するうえで、原子力発電所・周辺住民の声に耳を傾けたいとの発想に拍手です。原子力発電所が市民の皆さんにどの様に理解され、受け容れられているかは最重要テーマです。しかしながら、多様性のある住民の皆さんの声を代弁するのは、ここでは叶えられないので、ごく一部のマナの声を紹介したい。さる原子力発電所近傍の市民団体の見学会に同行し、率直な意見交換会がもたれた。その際の発言です；

**(市民発言 その一)：** この原子力発電所の建設に際しては、長期かつ幾多の反対運動があったと理解している。それにも拘らず、最終的に建設の合意が得られたのは、どの様に説得したのか？

**(町役場課長の回答発言)：** 町としては周辺住民の就労機会の拡張のために、電気事業者と住民の間に立って、数年に亘る仲介の労をとらせて貰った。結果的には、かなりの数の住民の皆さんが原子力発電所の関連事業に採用され、住民の満足度もその経済効果も大きい。また、住民の皆さんがよりの確に原子力発電所の実態を理解して貰うために、パンフレットの編集・配布にも努力して来た。

**(見学会同行者の発言)：** 反対運動は外部からの応援もあって、地元の合意を得るのは極

めて長期間を要した。第三者の立場で見ていて、地元の皆さんの理解を得ることが、これほどまで難しいことかと頭が下がった。当時の最前線で地元対応当られた電力の皆さんは、住民に話すら聴いて貰えず、逆に小石を投げ付けられて追い返される毎日であった。

それにもメグズ原子力発電の必要性和安全性を、何とかご理解頂きたいと日参を繰り返し、それほどまでに真剣に日参するのであればと、話を聴いて下さる住民の数が、徐々に増えていった。彼らの真剣な眼差しと、誠実な判り易い話振りと、世間話を交えての会話が重なり、やがてはお茶をご馳走になり、茶菓子や漬物なども出して下さるようになった。人間同士の誠実なお付き合いの積み重ねは、長い年月を経て心と心のキャッチボールに替わっていった。小石を投げ付けた住民の一人は、電力さんの社員の誠実さに惚れ込んで、娘さんの結婚式にご招待し、スピーチを依頼する仲になった。

地元住民を理屈で説得するのではなく、男と男の裸の付き合いの積み重ねが、信頼の源となり、それが建設合意の原点だと理解している。

**(市民発言 その二)：** 私は福島県・浜通り出身の主婦です。先ほど、「住民の理解のためのパンフレット配布」とのご説明がありましたが、それよりは、今回の見学会のように、住民、殊に若者への原子力発電所見学を、是非とも増やして頂きたい。私自身、中学生のころ原子力発電所を二回ほど見学させて頂いたお陰で、技術的な詳しいことは判りませんが、原子力に親近感が持て、放射能・放射線に対しても何ら違和感がありません。お友達も原子力発電所に就職し、職員の方と結婚している友人もいます。大切なことは、包み隠しなくオープンに見学させて頂き、住民の皆さんが納得し、安心できるキッカケを作ることではないでしょうか。

(山形 10 小川 博巳)

**【質問 3-3-10】 チェルノブイル原発事故の環境影響、現状を知りたい。**

**【回答】** チェルノブイリ事故については、事故から 20 年目に WHO、IAEA など 8 つの国際機関とウクライナ、ベラルーシ、ロシアなど 3 つの共和国が共同で開催して事故の影響について報告書を発表しました。これが現在、最も信頼に足る評価と考えられます。これを要約すると以下のようになっています。

1. 急性放射線障害 134人  
3ヶ月以内に28人死亡、その後20年間に19人死亡
2. 小児甲状腺がん  
約4000人。そのうち死亡9-15人
3. 白血病、その他の疾患の増加は認められていない
4. 精神的障害が最大の健康影響 (マスコミにより過大報道された放射線障害に対する恐怖心)
5. 今後の死亡者数は上記を含めて合計約4000人と推定  
(事故処理作業員、避難者、高度汚染地域住民 合計60万人が対象)

(山形 10 西村)

**【質問 3-3-11】** 原子力発電所の周りの地域では放射能漏れに対する点検や試験をどのように行っているか。

**【回答】** 原子力発電所からの放射能の放出と漏れ管理は、原子力安全管理の基本ですので、発電所内の放射線管理と共に、所外への放出管理と不測の事態の洩れについても、極めて厳密に行われています；①液体放出は復水器冷却水の大量の海水と共に、洗濯水などの廃液も放出されますが、大量の冷却水に希釈される前に、浄化後の廃液自体の放射線監視と、冷却水の放出端での監視も重複して常時実施しています。②発電所からの排ガスは、主排気塔から一括して放出していますが、これについてもそれぞれの放出端で放射線監視が常時実施されると共に、最終的には排気塔でも常時監視がされています。なお、発電所の放射性物質を扱う建屋では、万一の放射性ガス洩れに備えて、外気に対して室内を負圧に保ち、放射性ガスが漏れ出るのではなく、外気が室内に洩れこむ負圧設計を採用しています。③固体廃棄物については発電所からの搬出前に、例えばドラム缶の表面検査などの様に、万が一にも放射性物質の付着搬出が無いように監視をしています。

更に、④発電所の敷地境界では法に定められた放射線レベル以下の環境であることを、常時監視するとともに、発電所周辺にも放射線監視ステーションを何箇所か設置して、常時監視を続けています。また、⑤周辺の野菜や果物、或いは海洋生物等も定期的に採取し、微量放射能の蓄積が無いかなどの監視も継続し、結果を全て公表しています。加えて、⑥発電所とは別に、地方自治体なども独自の監視システムを構築して、第三者の立場から常時監視を継続し、その結果を公表していることを付記します。

(金沢 10 小川 博巳)

**【質問 3-3-12】** 放射能遮蔽や耐震設計の向上のために、これからどのような技術が期待されているか。

**【回答-1】** 我が国の発電用の軽水炉の遮蔽設計法は、ほぼ 30 年間殆ど変えられることなく、設計裕度を大きく取った極めて安全側の遮蔽が行われています。一方、放射線遮蔽研究の進歩は目覚ましく、最近の 3 次元モンテカルロ計算によれば、炉心部から遠く離れて、中性子束が 10 桁程度に減衰した位置の中性子束でもファクター 2 ないし 3 という精度で評価できるようになっています。従って、こうした新しい方法での遮蔽の合理化を提案していますが、プラント発注者は、安全性を重視して従来法を優先する傾向にあります。こうしたことから、遮蔽研究はもう必要ないのではという誤解を生んでいます。しかし、今後、炉型の複雑化や軽水炉にも免震システムを採用するようになると、それが持つ複雑な空隙部からの放射線漏洩とスカイシャインについて新しい方法で評価する必要があります。上記計算法は、高速炉や核融合炉の遮蔽計算には使用されていますが、軽水炉には殆ど使用されていないため、軽水炉特有の問題が出てくるかも知れませんし、安全審査のため計算精度についてデータをそろえる必要があります。また、全てモンテカルロ法で遮蔽計算を進めると計算費用等が膨大になるため、計算の効率化や簡便な評価手法を開発することも必要です。特に炉が大型化すると遮蔽も大きくなり、現行の設計裕度での設計が経済上も問題視されるかも知れません。それゆえ、安全性と経済性の両方を満たす遮蔽の合理化の

ため研究が重要になります。また、高経年化に続いて原子炉施設の廃止措置が問題になりますが、その計画のクリアランスにおいて放射能評価が重要になってきております。そこでは過度の安全裕度の設定は、廃止措置費用の無駄な増大につながるため、一部実測データの付き合わせを行いながら3次元形状を正確に取り扱った遮蔽計算による放射能評価が重要になります。

(金沢 10 川合 將義)

**【回答-2】** 耐震設計については、如何にして地震強度を緩和し、構造物に対する影響を低減するかなどの「免震設計」は、今後の技術開発が大いに期待されています。現に次世代炉の研究開発の一つの主要テーマとして取り上げられ、実験・試設計・実用化の努力等が精力的に進められています。また一方では、地震の発生・ピーク生成のメカニズムと立地点での最大予想地震強度の推定については、中越沖地震の発生以来、過去の事例調査と共に地球物理学・地震学の発展が大いに期待されるところです。

(金沢 10 小川 博巳)

**【質問 3-3-13】** 徹底した安全を目指すために原子力発電所の社員はどのような訓練・教育を受けているか。

**【回答】** 一般産業や市民生活に付き纏う身の安全を脅かすリスク低減は、原子力発電にも必須条件ですが、それ以外に原子力発電所の安全確保とは、従事者自身及び周辺住民の放射線災害を防止することが極めて大切です。そのための基礎は、放射能・放射線を正しく理解することが大前提ですので、この教育が第一歩です。併せて、原子力発電とは如何なる物理現象を利用してエネルギーを取出すのかの、基礎的な理解と実物に照らした確認をすることが重要です。

一方、基礎知識と共に重視されるのは、原子力産業に携わる者として「安全に対する真摯な姿勢と責任を認識する」ことが強く求められます。そのために電気事業者と産業界は「原子力産業安全憲章」([http://www.jaif.or.jp/ja/news/2006/anzen\\_kensho061023.pdf](http://www.jaif.or.jp/ja/news/2006/anzen_kensho061023.pdf))を制定して、その理念の徹底を関係者に求めました。

更に原子力発電の実務に当たる社員には、実務に精通することと、安全に係る運転・保守の基本動作が正しく行い得る訓練が強く求められます。このために、運転員にはレベルに応じた訓練が実施できる運転訓練センターが設置され、原子力発電所の制御室を模擬したシュミレーター等を使って、定期的に実務訓練と指導、及び資格の取得が求められます。保守要員に対しては、保守・補修訓練センターにて主要機器の分解点検の実務訓練や、トラブル発生の実物損傷サンプル等を使って、不適切な保守が如何なる事態を招くかなどの迫真の教育訓練が実施されています。

更に実務に於いては、現場パトロールや制御盤監視などを通じて、如何にトラブルや事故の予兆を感知し、異常情報を関係者に速やかに伝え、安全を確保するための判断と行動を遅滞なく出来る訓練を、先輩の指導を受けながら日常的に積み重ねています。

参照：**【質問 3-3-3】** 原子炉事故と対策を知りたい。

**【質問 3-3-5】** 事故を起こさない対策と起きた時の対策を知りたい。

(金沢 10 小川 博巳)

**【質問 3-3-14】** プルサーマルを用いた発電が近年、開発されてきているがもしこれが実用化された場合、全ての原子力発電はそのプルサーマルに移り変わるのか。

**【回答】**

プルサーマルを用いた発電は近年、開発されたものではなく、その歴史は古く1963年にベルギーで始められ、ヨーロッパを中心とする各国で、現在までに6000体以上のMOX燃料（Mixed Oxide Fuel ウラン-プルトニウム混合酸化物燃料）が延べ58基以上の原子炉で使われています。日本でも1986年から1991年の間に、日本原子力発電（株）敦賀発電所1号機と関西電力（株）美浜原子力発電所1号機の2ヶ所で、合計6体のMOX燃料を使用した実績があります。

発電しながら燃料を作り出すことが、原子力発電の特長の一つです。ウラン燃料だけを使っている現在の原子力発電所でも、プルトニウムは発電の途中で生まれ、発電量の1/3程度を担っています。MOX燃料を使うプルサーマルでは最初からプルトニウムがあるため、プルトニウムによる発電量の割合が増え、MOX燃料を1/3程度使用する場合、約50%になります。

再処理によって得られたプルトニウムを再利用するプルサーマル計画は国、各電力会社が一丸となって取り組んでいる課題で、2015年度までに16～18基の原子炉での導入を目指しており、2009年12月、九州電力（株）玄海原子力発電所3号機、2010年3月、四国電力（株）伊方原子力発電所3号機、2010年9月、福島第一原子力発電所3号機がMOX燃料を装荷して運転に入っています。今月（12月）、関西電力（株）高浜原子力発電所3号機がMOX燃料を装荷し運転に入る予定となっています。また、全炉心MOX燃料装荷ができる日本電源開発（株）大間原子力発電所が2014年運転開始の予定で建設中です。

（金沢10 後藤廣）

**【質問 3-3-15】** 原子力発電所では放射能漏れや炉心融解などはどのような安全対策をしているか。

**【回答】**

原子力発電所は多重の防護システムによって炉心溶融などを防ぎ、5重の壁を設けて放射性物質の異常な放出を防止する設計となっています。運転に入った後は、運転監視、運転員等の教育・訓練、原子力発電所を定期的に止めて電力会社の検査と国の検査を行う等、設計から運転を通して幾重もの安全対策をしています。また、万が一事故が起きた場合の対策として、緊急事態を考慮したマニュアル等の整備、国・自治体等と協力した防災訓練を実施しています。

#### 1. 多重の防護システムと5重の壁

原子力発電所では「放射性物質を扱っている」「機械は故障する場合もある」「人はミスをする場合もある」ということを前提に幾重もの安全対策をとっています。

余裕のある設計、フェイルセーフ、インターロックなどにより「異常発生防止」を図り、もし異常が発生しても異常を早期に検出して自動的に原子炉を停止する【止める】装置を

設けて「異常の拡大及び事故への進展防止」を図っています。さらに、事故発生に至っても非常用炉心冷却装置により原子炉を冷却し【冷やす】、5重の壁（①燃料ペレット、②燃料被覆管、③原子炉圧力容器、④原子炉格納容器、⑤原子炉建屋）により、嚴重に放射性物質を閉じ込め【閉じ込める】、周辺環境への放射能物質の異常な放出を防止します。

## 2. 運転員や保修員の教育・訓練

原子力発電所の運転員や保修員は、定期的に教育・訓練を受けています。運転員は原子力の基礎的な教育に加え、原子力発電所を模擬した運転訓練用シュミレーターを使って、原子力発電所の起動・停止など通常の運転操作や、機器が故障した時の対応などの訓練を定期的に受けています。

## 3. 定期検査

法令に基づいて発電所の運転を止めて、設備や機器の「定期検査」を実施しています。安全上重要な設備の機能や総合的な性能の検査については国が検査します。

## 4. 緊急事態

万が一の事故時には、原子力施設の近くに設置されているオフサイトセンターに国・自治体・電力会社が一堂に会するとともに、情報が集中して集められ、対策を協議し、電力会社に専門的技術支援をしたり、住民の方には自治体を通し「屋内退避」や「避難」などの指示が出されます。また、緊急事態を想定した防災訓練も実施されています。

(金沢 10 後藤廣)

### 【質問 3-3-16】 使用済み燃料の地層処理は本当に安全なのか。

#### 【回答】

日本では、使用済み燃料は地層処分をしないで再処理して使用済み燃料に含まれているウラン、プルトニウムを再利用する方針です。使用済み燃料を再処理したとき、再利用できない高レベル放射性廃棄物が発生します。高レベル放射性廃棄物は、放射能レベルが十分に低くなるまで数万年以上かかるので、その間、私たちの生活空間から遠ざける必要があります。その処分方法は、これまで国際機関や世界各国でさまざまな方法が検討された中で、地下深くの安定した地層の中に処分する「地層処分」が最も有効とされています。

地層処分にあって、私たちの生活環境に影響しないように十分に隔離して安全を確保するために、3重の「人工バリア」と「天然バリア」を組み合わせた多重バリアで安全な処分を実現します。人工バリアは、①ガラス固化体、②鉄製の容器（オーバーパック）、③粘土の緩衝材（ベントナイト）の3重です。高レベル放射性廃棄物は液状なので、まずは、ガラス原料と混ぜてガラスと一体化してステンレスの容器「キャニスタ」の中で固めます。これをガラス固化体といいます。ガラスは水に溶けにくく変質しにくいいため、放射能を含んだ物質を長期間閉じ込めておくことができます。次に、ガラス固化体を鉄製の容器（オーバーパック）で覆います。そして、ベントナイトという粘土を閉め固めた緩衝材で回りをさらに覆います。これらの人工バリアに加えて、安定した地下深い岩盤（日本の法律では300m以上）の中に処分することにより、数万年以上、確実に隔離させることができます。古代の遺跡から発見されるガラス玉、鉄製品等の劣化状況、さらに古い地層の化石の状態等を調査・研究することにより検証されています。日本原子力研究開発機構（JA

E A) が中心となって研究がすすめられた結果、火山や地震、断層などの影響が少なく、今後、10万年にわたって安定している地層が全国に広く分布していることが既に明らかにされています。

(参照：「原子力発電使い終わった燃料の話」電気新聞特別号 Vol. 25)

(金沢 10 後藤廣)

**【質問 3-3-17】** 地震が多い日本で原子力発電は危険なのは。ほかの水力や火力発電メインでやっていけばいいと思う。

**【回答】**

日本が将来に亘って持続可能な社会を築く為に避けて通ることのできないエネルギー確保をどのようにすればよいのか。水力や火力発電でやっていけるのか。これについては「原子力発電の必要性」での議論に譲り、ここでは大地震が起きても原子力発電所は安全な状態に保たれる設計がなされていることを述べます。

日本は確かに地震の多い国です。そこで建設予定地を決める際には、原子炉設置予定地のボーリング調査、建設予定地周辺の地質を徹底的に調べるほか、その地域で過去に発生した地震の状況調査も行い、発電所周辺で発生する最大級の地震を考慮しています。また、原子炉建屋は十分な支持性能を持つ地盤上に設置しています。

地震が起きた場合、原子力発電所の安全を確保するために最も重要なのは、原子炉を止め、冷やし、放射性物質を閉じ込め、周辺環境へ放出しないことです。このため原子力発電所の設備を区分して、安全確保に必要な設備や、運転員が操作を行う制御室は、最大級の地震でも耐えられるよう、十分な余裕を見込んで設計しています。また、十分余裕のあることを実証試験等で確認しています。

原子力発電所には地震感知器を設置し、設定値を超える大きなゆれを感知すると原子炉を自動停止するしくみにしています。このしくみは、海外のほとんどの原子力発電所になく、日本の原子力発電所の特徴となっています。

(金沢 10 後藤廣)

#### 4 日本や世界の原子力発電の動向

**【質問 3-4-1】** フランスと市民の理解は日本とは違うのか？

フランスは原子力発電が良く行われているが、市民の理解は日本とどれくらい違っているのか知りたいです。

**【回答】** 2008年12月、エネルギー問題を発言する会に、在日フランス大使館原子力部参事官ピエール・イブ・コルディ氏を招き、「フランスにおける原子力産業とメディア」についてお話を伺いましたが、その時の話をベースに回答します。

- ・ フランスの原子力発電の現状：PWR58機、63184Mwe、2006年5月第3世代炉であるEPRを建設すると発表。
- ・ 原子力に対する民意：1970年代は石油危機、科学技術に対する期待、原子力機関への信頼等から国民の理解は得られていた。  
1980年代に入り、環境問題、チェルノブイル事故、グリーンピース、BSE問題等

の影響で科学技術に対する信頼感が薄れていった。チェルノブイル事故の際、隣国のドイツ、オーストリア等では牛乳、他一部食品の飲食に関する一時規制を行ったが、フランスは問題視せず、これが国民の不安を煽った。また、この時、社会党がみどりの党との連立政権を取り、政治的理由によりスーパーフェニックスが廃炉に追いやられた。このような出来事が科学技術全般に対する不信感に拍車をかけた。

しかし、エネルギー公開討論会を受けて成立した 2005 年の“エネルギー基本法”や 2006 年に行われた放射性廃棄物に係わる公開討論会や同年に施工された放射性廃棄物計画法および原子力安全保障と透明性を高める法律によって、国民の原子力に対する見方が変化してきた。さらに、国際的にも地球温暖化、エネルギーセキュリティーの面から環境に優しく、安全・安定した原子力発電のメリットが認識され始め、国民の原子力に対する不信感は減少してきた。ただし、フランス国民の大多数が原子力に賛同しているかと云うと、必ずしもそうとは言えない。質問によって回答の傾向も変わってくるが、原子力発電に対し賛成か反対かとの直接的質問に対しては、反対が 23%、賛成が 26%、どちらでもないが 51%となる。よって、何か事故でも起きれば反対数が増えるのは明らか。ただ、近年の傾向として、フランス国民はあまり反対派の言うことには信憑性があるとは思っておらず、それ程影響を受けることは無い。

- ・ フランスは、国、地方自治体、事業者ともに広報活動を熱心に行っている。いかに迅速に正しい情報を住民に届けるかということが目標であることから、最も身近で伝達の早いメディアと信頼関係を構築し、正確で、真実に基づく、判りやすい情報を継続的に提供することが重要であり、これを行っている。事業者には広報担当の専門家が複数人配置されており、事故時には安全、技術担当のヘッドと共に、必ず広報担当チームも配置につき、24 時間対応する事になっている。
- ・ フランスのこのような活動状況、体制は我が国も見習うことが多い。

(長崎 09 加藤洋明)

#### **【質問 3-4-2】 日本はなぜ原子力発電に消極的なのか？**

日本では原子力発電は「危険」というイメージが強く、原子力発電に対し消極的なような気がする。

**【回答】** 1986年の旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所の事故の後日本でも反原発の動きが一時的に活発になりました。1999年のJCOウラン加工工場での臨界事故の影響を受け、原子力を積極的に推進しようとの雰囲気には至っておりませんが、原子力発電は「危険」というイメージではないように思います。この間、脱石油対策の一つとして原子力発電の改良、建設を着実に進め、今や原子力の発電電力量は全発電電力量の1/3にも達し、基幹電源となっております。

最近の意識調査の一例を述べます。(2005年12月)

- ・ 原子力の推進に関する姿勢：
  - ・ 推進していく 55.1% ・ 現状維持 20.2% ・ 廃止する 24.7%
- ・ 原子力の安全性に関する認知度
  - ・ 安全である 24.8% ・ どちらとも言えない 9.2% ・ 何となく不安 48.1%



・不安である 17. 8

要するに、国民に安心してもらえる原子力発電所を建設し運転しなさい、ということだと思います。

(広島竹原 08 加藤洋明)

**【質問 3-4-3】 どうして世界各国で原子力発電所の建設が増えてきているのか？**

**【回答】** スリーマイル・アイランド事故後 30 年間米国では新規の原子力発電所の建設はありませんでした。チェルノブイリ原子力発電所の事故は世界に衝撃を与えました。イタリアでは建設中の原子力発電所を中止し、他国でも原子力に否定的な動きが強くなりました。

その中で、フランスは石油危機以降石油火力発電所の建設を止め原子力発電所を積極的に建設し、今では全発電量の約 80% を占め、近隣諸国に電力を輸出しております。

2007 年 12 月末において、世界で運転中の原子力発電所の基数は 439 基、設備容量は約 3 億 7 200 万 kW、供給された電力量は約 2 兆 6 600 億 kWh です。これは、全世界の電力量の約 15% に当たります。

また、アジア中心に 35 基が建設中です。アメリカではエネルギーの自給率向上を目指し、30 年間凍結していた原子力発電の建設に踏み出しました。

欧州では、原子力発電に否定的な諸国もエネルギー需給や環境問題への対応からその姿勢を転換し、新規原子力発電所の建設に向け舵を切っております。

このように、世界的なエネルギー需要の伸びや石油価格の急騰を背景にエネルギー安定供給、地球環境保全の観点から多くの国で原子力発電の受け入れに肯定的な声が顕著になってきており、原子力カルネッサンスと呼ばれています。

(広島竹原 08 加藤洋明)

**【質問 3-4-4】 ドイツと日本（他国）の方向性の違いの理由を知りたい。**

**【回答】** ドイツは 2006 年に 17 基が運転して電力の約 31% を原子力が占めております。

1990 年の総選挙で社会民主党と緑の党の連立政権が誕生して、2000 年には運転期間を 32 年とするなど段階的廃止の方向を打ち出しました。2002 年には新原子力法が施行されました。2003 年シュターゲ発電所を廃止しました。2005 年には総選挙で原子力の必要性を唱えるキリスト教民主・社会同盟が勝利しましたが、社会民主党との大連立を組んだため変化は見られませんでした。

日本はじめ他国においても、政党によって原子力推進の度合は異なることはありますが、ドイツの様な状況は見られないようです。

(広島竹原 08 加藤洋明)

**【質問 3-4-5】 もんじゅ・プルサーマルにつき詳しく知りたい。**

**【回答】** もんじゅもプルサーマルもプルトニウム (Pu) を燃料に使っているという点で共通しています。この両者のそれぞれについては、別項でも詳しく説明がありますので、ここでは、Pu の使い方の違いというものを主にご説明します。

両者の燃料は、図 1 に示すように Pu の割合が違います。高速増殖炉では核分裂の主体が Pu

です。これに対して、サーマル炉用の MOX 燃料は、ウラン燃料と特性をできるだけ合わせるように設計しているため、Pu の割合は比較的低くなっています。

Pu は、高速中性子の方が、効率良く使えます。すなわち、1 個の中性子吸収に対して、核分裂による中性子の発生個数を多くできます。この比率を  $\eta$  で表しますが、U235 と Pu239 のそれぞれの  $\eta$  は図 2 のようになっています。これによると、Pu は高速中性子領域での  $\eta$  が高くなっていることが分かります。

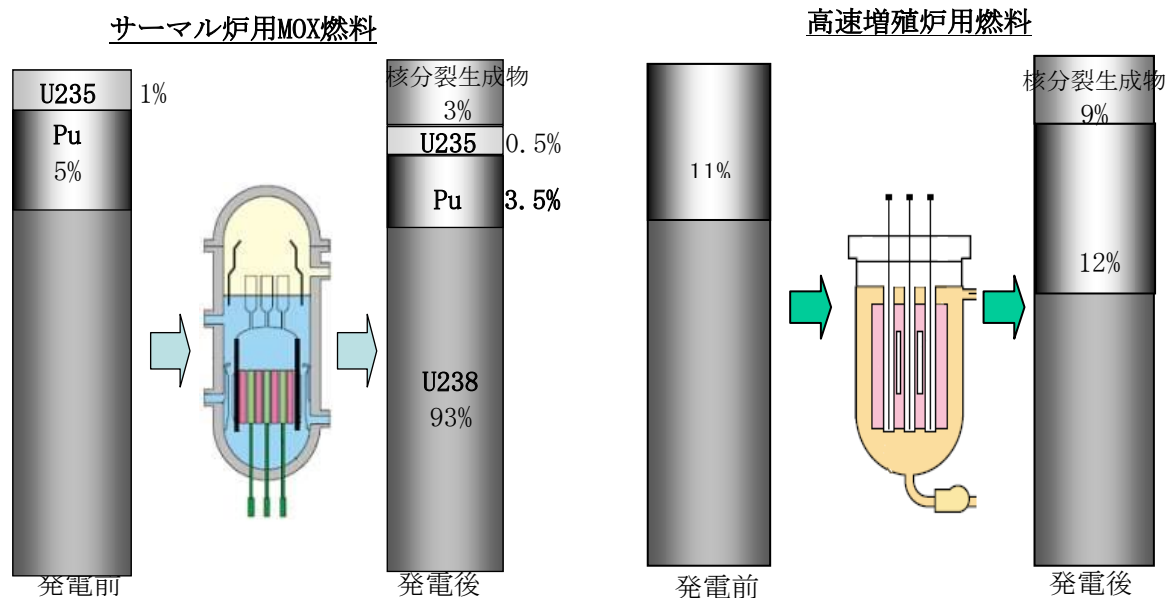


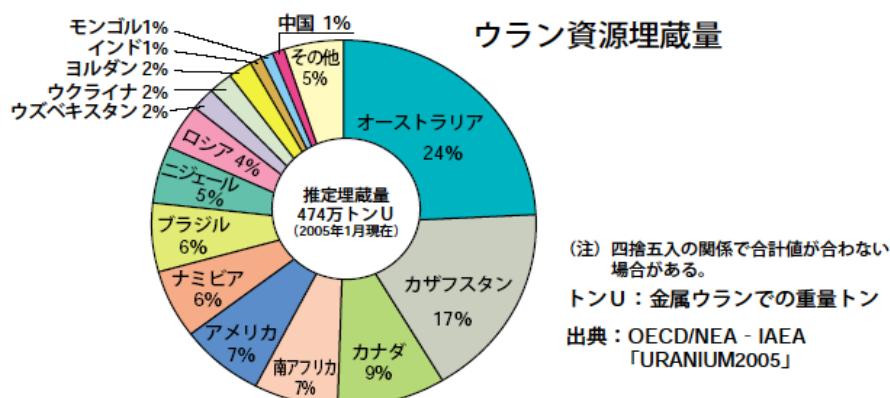
図 1 プルサーマル用と高速増殖炉用の燃料典型例

**【質問 3-4-6】** 主要なウラン輸入国（オーストラリア、カナダなど）から今後も安定供給が見込まれているか。

**【回答】**日本の年間ウラン必要量は 2005 年に 10,850tU とみられており、この値は現在でもそれほど変わっていないと見られます。日本はウランを 100%海外から輸入していますが、これらを安定的に確保するために海外と長期にわたる契約をしています。また、海外の企業と組んで、ウラン鉱山の開発なども行っています。それらの総量は 2006 年 3 月現在で約 25 万トンです。したがって、今後原子力発電所が増えてウラン使用量が増えたとしても、現時点で 20 年は大丈夫であるといえます。購入契約は毎年継続して行うので、常時一定の契約分は確保されています。また、ウランは石油と異なって世界に広く分布していること、世界的に需要が増え、ウラン価格が上昇すると新しい鉱山が開発されるので供給量も増えていきます。それだけでなく、2007 年 4 月には、甘利経済産業大臣がカザフスタンを訪問し、ウランを長期にわたって日本に供給してもらう約束を取り付けています。

（金沢 10 松永一郎）

## ウラン資源埋蔵量と確保状況



### 日本の確保状況

(2006年3月現在)

購入契約形態	相手先国	契約数量 (U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ショートトン)
長期契約、短期契約及び製品購入	カナダ、イギリス、南アフリカ、オーストラリア、フランス、アメリカ等	約 270,200
開発輸入分	ニジェール、カナダ、オーストラリア	約 58,300
	計	約 328,500

(注) 1ショート・トン=約0.907トン

出典：原子力ポケットブック2007年版

参考：(財) 原子力文化振興財団

- 原子力百科事典 ATOMICA 核燃料サイクル施設—探鉱—ウラン等の資源  
「日本のウラン必要量と必要量を確保する手段」 <http://www.rist.or.jp/atomica/>
- 原子力図面集  
<http://www.fepec.or.jp/library/publication/pamphlet/nuclear/zumenshu/index.html>

### 【質問 3-4-7】 上記の安定供給の質問に関連して...

ウラン価格がここ 10 年で上昇しているとありました。(経済産業省 資源エネルギー庁 HP 参照) (2000 年：7.1 米ドル/ポンド，2007 年：95 米ドル/ポンド)。今後も中国やインドなどでの電力需要拡大により価格上昇が起こるとおもわれますが、どのくらいの価格ならば採算が取れるのか (現在の原子力発電効率の場合)。

### 【回答】

電力業界は普通のサービス業と異なり、安定的に供給することを法律で義務付けられているので、採算の問題は別に考える必要があります。普通の業界では、販売価格が製造コストより安くなれば赤字になりますが、電力の場合には燃料費が値上がりする場合には、電力料金を値上げすることが許されていますので、燃料代で採算割れになることはありません。(逆に値下がりすれば電力料金を下げなければならない)

ただし、発電方式によって発電コストが違うので、コストの安い発電所を多く持った方が当然、収益は上がります。原子力発電は発電コストが安いことで知られていますが、天然ウラン価格が上がった場合、どれくらい影響があるのか試算してみます。

発電原価は（資本費＋燃料費＋運転維持費）／発電電力量で表されます。2004年に経済産業省の総合資源エネルギー調査会電気事業分科会が出したモデル試算データがあります。資本費とは建設にかかる設備投資金など返済に係る費用、運転維持費は運転のための人件費や修繕費などです。資本費は建設費がどれだけかかったのか、建設後何年間運転するか、減価償却を何年でするか等により変わってきます。運転維持費は稼働率により変わります。また燃料費は購入価格（為替変動を含む）により変わってきます。

130万kWの原子力発電所を平均稼働率80%で40年間運転した場合の例だと、発電原価は5.3円/kWh、そのうち燃料費（フロントエンドコスト）は0.66円/kWhと12%にすぎません。

さらに、燃料費に占める天然ウランの原料費を見てみます。軽水炉では天然ウランをそのまま使うのではなく、天然ウラン（U235:0.7%）のU235を平均して3.5%～4%ほどに濃縮して燃料にします。低濃縮ウラン1kgを作るのに8.5kgの天然ウランを使うとし、ウラン価格を45米ドル/kgとして試算した例では、燃料費に占める天然ウランコストは33%（400\$/1200\$）です。発電原価が5.3円/kWhの場合には0.22円/kWhです。

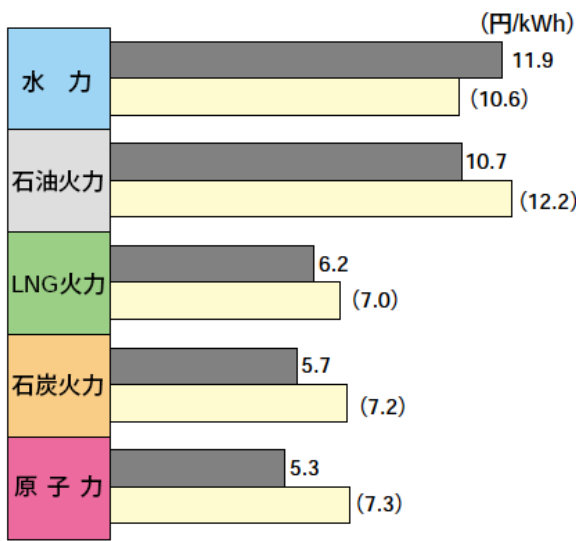
2007年の95米ドル/ポンド=211米ドル/kgと天然ウラン価格が約5倍に高騰したとすると天然ウラン原料費は1800米ドルとなりますが、それ以外の燃料加工費は値上がりしないので、低濃縮ウラン燃料価格は1400米ドル値上がりし、2600米ドル/kgとなります。つまり天然ウラン燃料価格が約5倍に高騰しても、燃料費は2600/1200=2.2倍にしかならないのです。

はじめの試算例5.3円/kWhの例で考えると、0.66円/kWhの燃料費は1.45円/kWhとなりますが、発電原価は0.79円/kWh上がるだけで6.09円/kWhと大した影響はありません。また、火力発電方式では発電コストに占める燃料費の割合が原子力に比べて高く、燃料費が上がるとすぐに発電原価に影響してきます。

なお、天然ウラン価格にはスポット価格と長期契約価格があり、質問の2000年：7.1米ドル/ポンド、2007年：95米ドル/ポンドはスポット価格です。長期契約価格で安い時に契約しているウランでは、長期にわたり安い発電コストに抑えられるわけです。（その逆も当然ありますが）ちなみに電力の販売価格は平均16円/kWhです。

（金沢 10 松永一郎）

# 1キロワットアワーあたり電源別発電コスト(送電端)



上段 ■ 運転年数を各電源とも40年とした場合  
 ・割引率は各電源とも3%とした。

下段 ■ 運転年数を各電源の法定耐用年数(水力40年、石油15年、LNG15年、石炭15年、原子力16年)に置き換えた場合  
 ・割引率は各電源とも2%とした。

## <試算の前提>

電源別諸元	運転年数	設備利用率	1基当たりの出力
水力	40年	45%	1.5万kW
石油火力	40年	80%	40万kW
LNG火力	40年	80%	150万kW
石炭火力	40年	80%	90万kW
原子力	40年	80%	130万kW

・平成14年度運転開始ベース  
 ・為替レート(平成14年度平均値): 121.98円/\$  
 ・燃料価格(平成14年度平均値):  
 石油 27.41\$/bbl  
 石炭 35.5\$/t  
 LNG 28,090円/t  
 ・石油、石炭、LNGの燃料上昇率:  
 IEA「World Energy Outlook」

## <原子燃料サイクルコストの内訳>※

原子燃料サイクルコスト計	1.47円/kWh
フロントエンド計	0.66円/kWh
バックエンド計	0.81円/kWh
再処理(輸送込み)	0.50円/kWh
中間貯蔵(輸送込み)	0.04円/kWh
HLW貯蔵・輸送・処分	0.15円/kWh
TRU処理・貯蔵・処分	0.09円/kWh
再処理デコミ	0.03円/kWh

※運転年数を各電源とも40年とした場合(割引率3%)

出典：電気事業分科会コスト等検討小委員会資料(平成16年1月)

<http://www.enecho.meti.go.jp/denkihp/bunkakai/cost/rireki/9th/cost9-4.pdf>

低濃縮ウラン燃料		1200 ドル/kg→2600 ドル/kg
低濃縮ウラン準備		950 ドル/kg→2350 ドル/kg
内訳	天然ウラン	400 ドル/kg→1800 ドル/kg
	ガス状ウランへの転換	50 ドル/kg
	U 2 3 5 濃縮	500 ドル/kg
燃料製造(加工・組み立て)		250 ドル/kg

低濃縮ウラン 1kg を作るのに 45 ドル/kg の天然ウラン 8.5kg がつかわれたと想定  
 →95 ドル/lb=211 ドル/kg の天然ウラン 8.5kg がつかわれたと想定

出典：核情報 2005.6.15 <http://kakujo.net/npp/mycls2010j.html>

[質問 3-4-8] 日本人が感じる原子力に対する意識

(質問 3-4-1、3-4-2 参照)

[質問 3-4-9] 世界と日本の原子力に対する見方の違い

(質問 3-4-1、3-4-2 参照)

[質問 3-4-10] 日本を含めた今後の世界の原子力の取り組み

(質問 3-4-3 参照)

**【質問 3-4-11】** 日本の原子力発電は世界に比べて多いのですか。

**【回答】**

現在、世界で運転中の原子力発電所の主要国の設備容量を示すと下表の様になります。これを見ますと、日本は世界第3の原子力発電設備容量を持っています。したがって原子力発電大国といってもおかしくないでしょう。

(金沢 10 松永一郎)

運転中の世界の原子力発電所

国	設備		基数
	設備容量万 kW	%	
アメリカ	10275	27	103
フランス	6602	17	59
日本	4884	13	54
ロシア	2355	6	31
ドイツ	2135	6	17
韓国	1171	3	20
世界全体	38641	100	440

**【質問 3-4-12】** 世界ではどの種類の原子炉が主流ですか。

**【回答】** 基数でカウントしますと、現在運転中の世界の発電用原子炉 441 基の約 60%が PWR(加圧水型軽水炉)、約 21%が BWR (沸騰水型軽水炉) で、HWR (重水炉) が約 10%と続きます。現在建設中の原子炉 65 基では、加圧水型軽水炉が 83%となっています。[下表参照。出典:IAEA(国際原子力機関)のデータベース:Power Reactor Information System (PRIS)]

(金沢 10 岸本洋一郎)

種 類		運転中		建設中		
		基数	合計出力 MW(e)	基数		合計出力 MW(e)
				合計	内訳	
<b>BWR</b>	沸騰水型原子炉 (沸騰軽水減速冷却炉)	<b>92</b>	83,829	<b>4</b>	日本 2 台湾 2	5,250
<b>FBR</b>	高速増殖炉	<b>1</b>	560	<b>2</b>	ロシア 1 インド 1	1,274
<b>GCR</b>	ガス冷却炉 (英国) (ガス冷却黒鉛減速炉)	<b>18</b>	8,949			
<b>LWGR</b>	軽水冷却黒鉛減速炉 (ロシア)	<b>15</b>	10,219	<b>1</b>	ロシア 1	915
<b>PHWR</b>	加圧重水減速冷却炉	<b>46</b>	22,840	<b>4</b>	インド 3	2,174

					アルゼンチン1	
PWR	加圧水型原子炉 (加圧軽水減速冷却炉)	269	248,293	54	(注1)	52,471
	合計	441	374,690	65		62,084

2010/11/29 現在

(注1) 中国 26、ロシア 9、韓国 5、インド 2、ウクライナ 2、ブルガリア 2、スロバキア 2、フィンランド 1、フランス 1、米国 1、ブラジル 1、イラン 1、パキスタン 1、計 54 基

**【質問 3-4-13】** 日本で原子力発電所を建てると近隣住民は反対するが、世界各国の人々の反応はどのようなのですか。

**【回答】** 原子力先進国である米国の世論調査（2010年3月）では、74%が賛成、23%が反対となっており、地域的にも、賛成は、西部 72%、中西部 79%、北東部 73%、南部 80%と、あまり開きは見られません。同じ調査が初めて行われた 1983 年には賛成は 49%でしたが、年とともに賛成が徐々に増加してきています。詳しくは、[Perspective on Public Opinion, June 2010, Nuclear Energy Institute](#) をご覧ください。[Nuclear Energy Institute - Perspective on Public Opinion, June 2010](#) からダウンロードできます。

やはり原子力先進国のフランスでは、原子力は半数を超える支持を得ています。年に 1、2 回行われる世論調査で、「フランスの発電電力量の 75%を原子力で賄っていることについて、良いことと思うか、良くないと思うか」という質問では、良いとする意見が 51%、良くないという意見が 39%、意見なしが 10%となっています（2007年7月の調査結果）。更に、原子力にどのようなメリットがあるかという質問では、一番多かったのが、電力価格が低く抑えられること、次が、温室効果ガスの排出が少ないこと、エネルギーの自給率向上、電力価格安定等が挙げられています。デメリットとしては、原子力事故、廃棄物の処理、放射線被曝等となっています。

仏ル・モンド紙が今年 7 月に行った社会リスクに関する世論調査では、今日最も深刻と考えられるリスクは、地球温暖化 53%、水汚染 36%で、原子力関連は 27%と 3 位でした。「温暖化」の方が「原子力」よりも重大なリスクであり、67%が仏のエネルギーミックスに原子力発電を維持することに賛成しているということです。

ドイツの世論の多くは今日でも原子力利用に反対しています。ドイツの環境省が 2009 年実施した世論調査によると、66%の回答者が脱原発政策を維持することを望んでいて、70%が原発の事故リスクが大きいことを懸念し、原子力に否定的という結果でした。その他のヨーロッパ諸国の世論は、最右翼フランスと最左翼ドイツの間で多様です。例えば、東ヨーロッパの新たな EU メンバー国（チェコ、クロアチア、ウクライナ、ルーマニア等）の多くの市民は、チェルノブイリ事故を経験したにも関わらず、原子力を支持しています。ポーランドのように、原子力発電所がない国で新規建設を検討している国もあります。

フィンランドの世論調査機関によると、国民の 51%が新規原子力発電所の建設に反対、35%が賛成、14%が無回答でした。また、TNS ギャラップが実施した調査では、53%のフ

インランド人が「少なくとも新原子炉 1 基を建設する」ことに賛成しているといえます。

スペインでの世論調査（2008 年 8 月）によると、1983 年にゴンザレス政権で採択された「原子力発電所新設モラトリアム」の支持率は 48.3%に低下したものの、新規建設には否定的な意見が多く、一方、現在稼働している 7 基の原子力発電所については、有用であると回答した容認派が 47%でした。また、回答者の 43.2%がスペインの原子力発電所に不安を感じている一方、フランスの原子力発電所から電力を輸入していながら、国内の新設に反対することは矛盾していると 53%が感じているという結果でした。

原子力発電の導入あるいは再導入を考えているアジア各国でも事情は国により異なっているようです。マレーシアのナジブ首相の発言などを伝えるサイトが今年 5 月に行った代替エネルギーに関する世論調査（回答者数 2,051 人）では、代替エネルギーとして太陽光発電を選んだ者は全体の 58.8%と過半数を占め、次いで原子力発電の 22.8%。バイオマス発電と風力発電がこれに続いています。ナジブ首相は調査結果を受けて、「政府は原子力発電所の建設を決定する前に国民の声を聞く必要がある」とのコメントをしました。（出所：2010 年 5 月 25 日 NNA.ASIA <http://nna.jp/free/news/20100525myr002A.html>）マレーシアのピーター・チン・ファクイ・エネルギー・環境技術・水問題相は今年 5 月初めに、出力 100 万 kW 級の発電所を 2 基新設し、2021 年に原子力発電所初号機の運転開始を予定していることを明らかにしています。サイトは決まっていません。原子力への理解がどの位進むかはこれからの課題でしょう。

タイでは、1967 年にタイ電力公社(EGAT)が原子力発電所建設(60 万 kW)を計画、1982 年頃に建設という許可が下りていました。しかし、1979 年のタイ湾海底天然ガス田の発見、米国のスリーマイル・アイランド(TMI)原子力発電所事故の発生、建設費の高騰などにより、計画は中止。その後、エネルギー需要増への対応として、第 7 次電源開発計画（1992～2001 年）に将来の原子力導入が盛り込まれましたが、1994 年に、世論の反対により原子力発電導入計画は無期限延長。電力需要の増加と地球環境問題により、再び原子力発電導入の気運が高まり、政府は 2007 年 6 月、100 万 kW 級の原子力発電所 2 基（着工 2015 年及び 2017 年、運転開始 2020 年および 2021 年）を含む 2007－21 年の電力開発計画(Thailand Power Development Plan:PDP2007)を承認しましたが、サイトは未定であり立地問題はこれからです。

フィリピンの場合は、かつて建設し凍結した原子力発電所問題の整理から始めなければなりません。「アキノ大統領は、ほとんど完成しながら 1986 年に閉鎖されたバターン原子力発電所（BNPP、出力 621MWe）について、再生しないことを最終決定した。アキノ氏は 6 月 30 日の大統領就任後、今後も深刻化が懸念される電力不足の解決策として、原発の利用そのものは排除しない方針を表明。エネルギー省に対し、原子力利用の可能性を調査するよう指示していた。しかしバターン原発再生については、安全性などを理由に否定的な考えを明らかにしていた。」（出所：2010 年 7 月 29 日 NNA.ASIA <http://news.nna.jp/free/news/20100729php002A.html>）・・・ということであり、フィリ

なお、日本の最新の世論調査は、2009 年 10 月に「原子力に関する特別世論調査」とし



て行われており、下記の原子力委員会のサイトで見ることが出来ます。

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2009/siryo44/siryo7-1.pdf>

(金沢 10 岸本洋一郎)

**【質問 3-4-14】 原子燃料のリサイクルについて、国によってどのような差があるのか。**

**【回答】** 使用済燃料のマネジメントに関し、政策オプションは、基本的に 3 通りあります。第 1 は、ワンスルー・オプションで、原子炉に使用した燃料はそのまま使い捨てとするもの、即ち使用済燃料は中間貯蔵後直接処分するというもの。スウェーデン、フィンランド等がこの路線です。

第 2 は、使用済燃料は再処理し、再処理後の廃棄物は中間貯蔵後処分しますが、燃料はリサイクルするオプションで、フランス、日本、ロシア等です。今後原子力が急拡大する中国やインドは、リサイクルの実現に取り組んでいくものと思われます。

第 3 は、当面方針は決めず、使用済燃料は暫くの間中間貯蔵したまま技術の進展その他の状況を見守る、いわゆるウェイト・アンド・シー・オプションです。最大の原子力エネルギー利用国である米国は従来第 1 の直接処分政策でしたが、処分場が実現せず、最近ではウェイト・アンド・シーの状態となっています。

各国が、エネルギーセキュリティを重視するか、経済性や環境を重視するか等、重点の置き方により、核燃料リサイクル政策も異なってくるものと思われます。エネルギー資源に乏しい日本の場合は、エネルギー資源の確保も含めエネルギー安定供給の確保、環境への適合及びこれらを十分考慮した上での市場原理の活用を基本方針とし、エネルギー安全保障を総合的に確保していくという課題に取り組んでおり、原子力エネルギーの利用にあっては核燃料のリサイクルの確立を基本方針としています。

再処理技術の研究開発も各国で進められています。使用済燃料から何を分離回収するかという点も含め、研究対象であり、U と Pu を分離回収 (従来方式)、U と Pu+U を分離回収、U と Pu と MA(minor actinides) を分離回収、U と Pu+Np と Am+Cm を分離回収等、それぞれに対し様々な方法が研究されています。ウェイト・アンド・シー・オプションでは、こうした R&D の成果を待とうということも含まれています。

インドは、国内にウラン資源は限られていて、トリウム資源が豊富であるという状況を踏まえ、ユニークな 3 段階のサイクル開発を進めています。第 1 段階は、ウラン燃料から重水炉等でプルトニウムを生産、第 2 段階は高速炉をプルトニウムで動かし、同時にトリウムを  $U^{233}$  に変換、第 3 段階はプルトニウム、 $U^{233}$  を燃料とするというもので、現在第 1 段階を進めながら第 2 段階の準備もしようとしています。ただ当面は、エネルギー需要の増加に対処すべく、第 1 段階で軽水炉の輸入と重水炉の増設とこれに必要なウランの輸入を併せ進めようとしています。これらの原子炉から排出される使用済燃料は再処理することになります。このため、

Tarapur に建設予定の Integrated Nuclear Recycle Plant(INRP)の設計作業を最近始めたという発表がありました。この施設は軽水炉使用済燃料の貯蔵、再処理、廃棄物処理、燃料加工などすべてのバックエンド作業を行う大型施設であり、これまで培ってきた国内技術で設計、建設、運転をするというものです。(2010 年 11 月末現在)

(金沢 10 岸本洋一郎)

**【質問 3-4-15】** 高速増殖炉の研究は、どの国が積極的に行っているのか。

**【回答】** 日本以外で、高速増殖炉の研究開発を、今日まで長年にわたり行っている国は、ロシア、フランス、インド、中国等です。米国はカーター政権で一旦中断しましたが、アクチニドリサイクルなどに向け高速炉の研究は現在も継続しています。

ロシアでは、2004年に、高速増殖炉建設と核燃料サイクル開発計画の達成を基本とする「持続的な経済発展のためのエネルギー戦略(2005年～2010年)」が国会で承認され、現在、実験炉BOR-60及び原型炉BN-600を運転中、2014年の完成を目指して実証炉BN-800を建設中です。2020年代からは大型炉を本格導入する計画で、現在はBN-1200(1,220MWe)の開発を行っています。BN-600は、1980年の運転開始以降2010年3月までの30年間に平均設備利用率が70%を超え、現在世界で唯一の発電プラントとして順調に稼動しています。

フランスでは、1974年以来運転していた原型炉フェニックス(25.5万kWe)は今年始め運転を終了しましたが、新たに実証炉Astrid(60万kWe)を2020年運転開始目標に建設する計画を進めています。

インドは、1985年以来実験炉(4万KWt,1997年以降1.3万kWe)が稼動中です。2011年の完成を目指し原型炉PFBR(500MWe)を建設中であり、さらに2023年までにPFBRより経済性と安全性を向上させた同規模(500MWe)のCFBRをツインプラントで3セット(6基)建設する計画です。

中国では、実験炉CEFR(20MWe)が今年7月に臨界となりました。実証炉CDFR(600～900MWe)を2018～2020年に、商用炉CCFR(600～900MWe)を2030年に運転開始する予定で開発を続けており、ロシアのBN-800の導入も検討されています。

世界的に高速増殖炉サイクルの研究開発は、1960年代に欧米とロシアにおいて開始され、1970年代には米、仏、英及び露で原型炉クラスの原子炉が建設されましたが、1980年代後半以降、チェルノブイリ事故の影響、原子力発電所新規建設の減少等から、将来課題に後退しました。しかし21世紀に入ると、長期的に原子力発電を利用していくことが人類の持続可能な発展に有用との認識が高まり、経済性を向上させ高速増殖炉導入が21世紀後半の国際的にシナリオに登場するようになり、再び取り組みが活発化しています。

高速炉その他第4世代の原子炉システムの研究開発を国際協力を通じて進めていくため、第4世代原子力システム国際フォーラム(GIF)が2001年に発足、現在13ヶ国が参加して活動しています。また、国際原子力機関(IAEA)では、増加するエネルギー需要への対応の一環として、安全性、経済性、核不拡散性等を備えた革新的原子力システムの導入環境の整備等の支援を行うことを目的として「革新的原子炉開発プロジェクト(INPRO)」が2000年より進められています。

(金沢 10 岸本洋一郎)

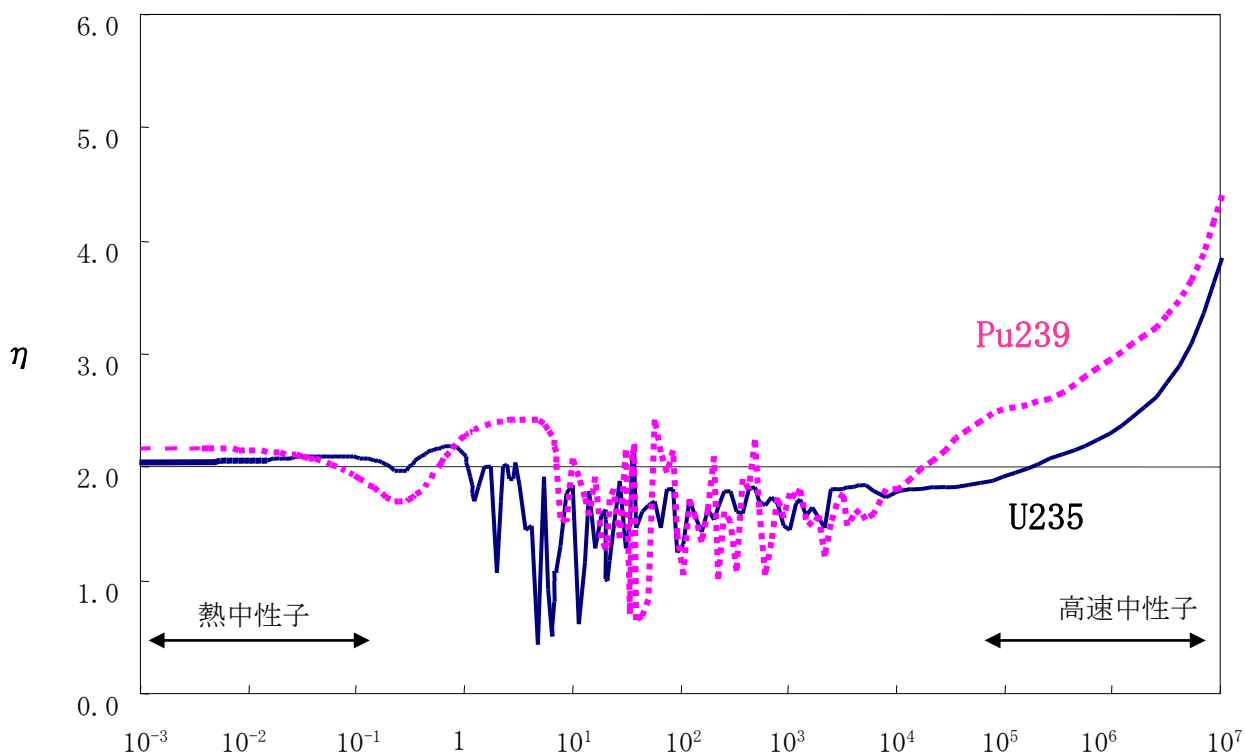


図2 中性子吸収に対する核分裂中性子発生個数の比較

つまり、中性子が U238 にも吸収され Pu239 に転換される量が多くなります。この転換が多くなるほど、U238 を有効に使えるようになるわけで、天然ウランの本来持つエネルギーを 100%とした時の利用率は、ウラン燃料を使ったサーマル炉が 0.6%くらいに対して、プルサーマル炉で 0.7%程度。これが、高速増殖炉になると 60%くらいになります。従って、高速増殖炉はサーマル炉の 100 倍有効にウラン資源を使えるというわけです。現在、ウラン資源の可採年数が 100 年程度とされていますが、高速増殖炉を使えば理論的には 100 倍の 1 万年に延ばせるという事です。実際には再処理などでの損失を考えると約 3 千年に延ばせると見られています。

(山形 10 西村)

## 5 原子力と環境問題

### 【質問 3-5-1】 放射線の影響を知りたい。

放射線が人体に悪い影響があるのは知っているが、環境に対して+の面、-の面、それぞれどのような影響があるのか知りたい。

【回答】 原子力発電所の建設に先立って、立地地点周辺の広範囲な環境調査が義務付けられ、放射線のみならず、産業廃棄物・温排水・騒音・煤煙などなど、発電所由来の環境影響が慎重に審査され、これに合格しないと建設は許可されません。

建設前に実施される環境審査・安全審査においては、起こり得ないような過酷な事故を想定し、それでもなお国及び国際的な環境基準が守られ、住民の安全が確保されることが求められています。

更に、運転開始後も継続的に監視が続けられ、住民の安全を守りつつ、エネルギー供給という公益目的を達成することが、事業者の義務であり、規制者(国)の監督責任でもあります。この様にして、これまで我国の原子力発電では、周辺住民の安全を脅かすような事態は発生していません。

しかしながら、ウクライナのチェルノブイル原子力発電所の蒸気爆発事故、米国・スリーマイル原子力発電所の炉心溶融事故などの事例を「他山の石」として、設計・建設・運転・保守および規制など、あらゆる面から教訓として活かしています。

このようにして万全を尽くしていますが、「もしも」という住民の不安を安心にかえるため、立地地域周辺では定期的な原子力防災訓練が実施されます。住民の皆さんに予め予備知識を持って頂き、起こり得ないような放射線災害の発生を想定しても、それに適切に対応できる態勢を整えるのが目的で、国・自治体・事業者・住民が一体となった訓練を実施します。

余談ですが、世界的な環境運動グループ「グリーンピース」の設立者、パトリック・ムーア氏は「原子力エネルギーは大量殺人と同義語だ」として、原子力の反対運動を主導して来ました。その後、地球温暖化問題と共に、チェルノブイル事故及びスリーマイル事故などを徹底的に調査した結果、軽水型原子力発電所の安全性を改めて認識し、CO<sub>2</sub>を排出しないクリーンな原子力発電こそが、人類を救うエネルギー源だと確信しました。

彼はかつての誤りを懺悔し、世界的に原子力エネルギーを活用するべきだとのアピールを展開しています。

(長崎 08 小川博巳)

**【質問 3-5-2】 原子力発電には安全対策等未解決の問題があるのではないか？**

原子力発電は運転中にはCO<sub>2</sub>を出さないという意味では、地球環境に優しいといえるでしょう。しかしその一方、例えば上にあげたように、安全面等まだまだ未解決(心配)の問題があるように思います。この点についてはどうなのでしょう？

**【回答】** 環境問題には環境汚染、廃棄物、生態系破壊の3つに分類されます。環境汚染には地域的な大気汚染や土壌汚染のほか、温暖化ガスの蓄積やオゾン層破壊などが含まれます。

日本では、1997年に環境影響評価法(通称:環境アセスメント法)が制定され、大規模開発では、環境影響評価制度が義務付けられています。対象となる調査、予測、評価の項目は公害に関わる大気汚染、水質汚濁、土壌汚染、騒音、振動、地盤沈下、悪臭および自然環境(地形、地質、植物、動物、景観および野外レクリエーション地)に関する項目の中から対象事業の性質に応じて選ばれます。

更に2008年5月20日に生物多様性基本法案が成立しました。同法案は、人類存続の基盤である生物の多様性を将来にわたり確保するため、環境アセスメントを開発事業の開始前に行うことを義務付けています。原子力発電所も環境アセスメントが義務付けられてお

り、その結果は原子力安全・保安院のホームページで参照することができる。

このような手続きを経て建設されているので、環境に関しては問題ないといえます。

安全面でも環境評価と同様に、安全審査が行われます。安全審査は原子力発電所の建設ではもっとも重要なものとなっています。

原子力発電所の安全に関しては、核反応に対しては固有の安全性を有しており、放射性物質や放射能は5重の閉じ込め機能により、外部への影響のないよう設計されています。たとえば敷地境界の放射線量は0.05mSv/年以下を目標とすると定められています。この値は通常の間人が1年間に受ける放射線量2.4mSvにくらべ、十分低い値となっています。そのうえで、平常時から原子力災害に備え、また施設の安全運転を確認するため、地域にオフサイト・センター（緊急事態応急対策拠点施設）が設置されています。

従って技術的には相当なレベルの安全が確保されているといえますが、これらの技術的な安全は、残念ながら一般の方々には十分理解されているとはいえないのが現状です。このことが、一般の方々に安心してもらえない原因のひとつとなっています。

（広島竹原 08 石井正則）

**【質問 3-5-3】 原子力発電も燃料の運搬等で CO2 を排出するのではないのか？**

原子力発電は CO2 やその他の大気汚染物質を発生しないと聞きましたが、ウランなどの発電に必要なものを日本に運ぶ過程で、CO2 は発生しないのでしょうか。

**【回答】** もっともなご指摘です。核燃料から熱エネルギーを取り出す段階では、原子力発電は火力発電のように CO2 は排出しません。しかしながら、原子力発電にはまず燃料であるウランの採掘、燃料加工、運搬、更に運転後の使用済燃料のリサイクルや廃棄、次に発電設備の材料（鉄鋼やセメントなど）の製造、加工、発電所建設、次に運転期間中の部品交換などの保全整備、最後に発電所の閉鎖後の解体、廃棄物の処理など、CO2 を発生するプロセスが多くあります。通常 CO2 の発生量の算出では、このような誕生から終焉までの期間すべてにわたって評価します。これをライフサイクル・アセスメントと言っています。

原子力発電の CO2 の排出量（炭素または炭酸ガス重量/発電量、たとえば CO2 g/kWh などの単位で表示）もこの評価の結果ですが、なんとといっても CO2 を排出せずに大量のエネルギー（発電量、kWh などに表示、これが分母になる）を得ることがその要因です。

（広島竹原 08 石井正則）

**【質問 3-5-4】 CO2 の排出量は減少するかもしれないが、他の副作用はないのか？**

**【回答】** 一般に原子力発電で問題にされるのは、放射線の影響、放射性廃棄物の影響、温排水問題があります。これらに対し、環境アセスメントで環境問題がないことが確認されています。また、安全性についても、安全評価で安全上問題がないことが確認されています。（質問 5-1、5-2 参照）

（広島竹原 08 石井正則）

**【質問 3-5-5】 環境にいいはずの原子力は、なぜ日本ではあまり普及しないのか？**

**【回答】** 発電量に原子力が占める比率では、フランスの約 80%を別格とすれば、日本は約 28%で、韓国の約 38%には及ばないものの、米国や英国の約 20%にくらべも多く、決

して普及していないわけではありません。

しかしながら、京都議定書に定めた温室効果ガス削減目標達成のため原子力を増強しようという計画の達成が困難となったばかりか、事故などによる計画外停止率の低さが世界最高レベルであるにもかかわらず、稼働時間の率が低いなどの問題を抱えています。ご指摘の懸念はこの点だと思えます。

このことは、国民の原子力に対する理解が進まないこと、また、国や自治体の推進体制が十分ではないことなどが上げられます。

(広島竹原 08 石井正則)

**【質問 3-5-6】 IMIDAS 記事によれば、原子力発電は環境に優しくない？**

**【回答】** 該当する IMIDAS 記事が見つからないので、「原子力発電は環境に優しくない？」との論点が不明であるが、「放射能のたれ流し」或いは「高レベル放射性廃棄物の処分」などを指摘した、原子力批判派の記事と思われまます。真実を学び、次世代を担う学生諸君に期待することは、「環境に優しくない」との記事を鵜呑みにするのではなく、「環境に優しい」との相対的な論評をも併せ読み、どちらが真実かを見極める努力と、自ら勉強し自ら考える努力をして欲しいことです。その際注意すべきことは、“情”に流されずに、科学技術の基本とデータを基に理解することが大切です。

**「放射能のたれ流し」報道の事例：** 中越沖地震にて柏崎原子力発電所の燃料プール水が漏れ出し、90000 ベクレルもの放射能が海に放出されたのは事実ですが、人間は一人当たり 7000 ベクレルの放射能を有することを考えれば、90000 ベクレルの放射能は、13 人が柏崎で海水浴をしたのと同じ放射能レベルです。桁数の多い数値には不安が伴いますが、これを週刊現代は「急性死 20 万人寸前」、週刊朝日は「死の灰の戦慄」と報じた。メディアの扇動的な表現は、厳に慎むべきです。科学的な基本を「確かめる」ことが如何に真実を知ることになるか、噛みしめたいものです。

**「放射性廃棄物の処分」：** 本件については、他に解説があるのでそちらを参照願いたい。しかしながら、私なりの考えを若干記述します。現代社会は戦国時代に比べれば、国民一人は約 60 人の家来を使う殿様の生活で、贅沢なエネルギーを使用して生活をエンジョイしています。エネルギーの太宗は原子力に頼らざるを得ない現実だが、(原子力の必要性は他項目参照) 放射性廃棄物の処分問題は国と事業者だけの問題、他人事ではなく、我々消費者の問題としても受けとめるべき重要なテーマです。安心して処分できる高レベル放射性廃棄物処分場の確保は、わが国が構築すべき重要な「社会資産」であることを改めて噛みしめたいものです。

長崎大学における「シニアと学生の対話会」ワークショップでは、チェルノブイル事故と原子力発電の必要性・安全性を徹底的に議論しました。対話後の学生のグループ発表で、『原子力平和利用の意思表示の一つとして、我々は高レベル放射性廃棄物処分場に、原爆被災地の長崎の学生として手を挙げよう』との、感激的な提言があったことを付記します。

(山形 10 小川 博巳)

**【質問 3-5-7】** 原子力発電所の復水器で使用する冷却水（海水）は海と循環していると思うが、その周辺の水質は安全なのか。

**【回答】** 復水器で使用する冷却水（海水）は、復水器でパイプ壁を通して原子炉水の熱を受け取るだけであり、原子炉水と直接混じり合わないため、放射性物質を含んでおりません。したがって、水質に関しては、何ら問題は無く安全です。原子力施設周辺（当然 海水も含んでおります）では、放射能の環境モニタリングをしていますので、異常が検出されれば問題箇所の改善（修理、交換など）がなされます。なお、放水温度については、取水温度より高くなりますので、取水放水温度差を所定の温度差以下にしています。

（金沢 10 西郷正雄）

**【質問 3-5-8】** ウラン鉱石を採掘している土地は放射線被害が多いのか。

**【回答】** 普通の金属の鉱山操業とほとんど変わらないでしょう。一般的にはウランの鉱石品位は作業員が手で触っても問題ないほど低く、鉱石は通常の採掘作業と同じようなやり方で採掘されています。鉱石を砕き、細粉にしてウランを抽出しますが、残った廃滓（細かい砂のようなもの）は廃滓ダム（注 1）を作ってそこに沈積させます。鉱山の操業が終了したら、上から土を覆せて植物を植え、以前の状態に復元します。

法律による安全規定もあり、操業の過程で作業員や住民に放射線被害が生じないように放射能の環境モニタリングも行われていますので、放射線被害が報告されるケースはほとんど耳にしません。

なお、余談ですがウラン鉱床に関する調査のための掘削の際、ウラン鉱床に到達するまでに発生する「ウランを含まない岩石や土砂」及び鉱床に到達してから発生する「ウランを含んでいるが鉱石としての使用目的に至らなかったもの」（「捨石」と呼びます）は、主に坑口付近に堆積されて管理されています。そのような土をウラン残土と呼ばれたりしていますが、それらは「鉱山保安法」に基づいて安全確保が行われることになっており、ウラン残土を堆積場に堆積し、管理する場合は、鉱山保安法で必要な措置が義務付けられています。ウラン残土は、ウラン廃棄物の対象外として取扱っています。ウラン廃棄物は、「ウラン加工燃料を製造する各工程（原子炉施設の運転に使用されるウラン燃料は、その原料となるウラン鉱石から、製錬、転換、濃縮、再転換、成型加工などの工程を経て製造される）での施設の運転・解体に伴って発生する放射性廃棄物」と定義されています。

（注1） 廃しダム：通常ウラン鉱山では採掘される粗鉱（岩石）の量そのものが少ないため、廃しの量も多くはありません。したがって、廃しダムは岩石や土砂で土手を構築する、いわゆるロックフィル・ダムが一般的です。もちろん、地形や周囲の環境によってはコンクリートで作るものもあります。また、複数の露天掘り鉱床がある場合には、採掘済みの露天掘り跡を貯水ダムのような形で廃しダムとして利用することもあります。操業中の廃しダムは、上部に薄く水を張ります。これは廃しの飛散を防ぐのが主要な目的です。最終的には、水を抜いて覆土し、現状復帰させます。

（金沢 10 西郷正雄）

**【質問 3-5-9】** 使用済みウランを地下深くに安置し、ウランが安定になるまで放置すると思うが、その年数に対して、それを保護する格納庫や容器は耐えられるのか。

**【回答】** ご質問の内容は、我が国が実施する使用済燃料を再処理して発生する高レベル廃棄物の処分のことではなく、使用済みウランの直接処分についてのことにように窺えます。それに関しては下記参考資料が参考になると思います。

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/senmon/seisaku/siryo/seisaku27/siryo4.pdf>

[http://www.numo.or.jp/library/technical\\_report/tr0401pdf/TR0401-14ap9.pdf](http://www.numo.or.jp/library/technical_report/tr0401pdf/TR0401-14ap9.pdf)

使用済燃料を再処理しないで直接処分する方法では、使用済燃料をキャニスタ、あるいは廃棄物パッケージに収納します。

スウェーデン、フィンランドなどは、使用済燃料を内側が鋳鉄、外側が銅（厚さ 5cm）の二重構造の容器の物理的な閉じ込め期間が約 10 万年期待されているキャニスタに収納し、周りを緩衝材としてのベントナイト（粘土）で囲み、天然の地層からなる多重バリアのところの地下 400m～700m に処分にします。

一方、米国では、使用済燃料を内部がステンレス鋼、外部が Ni 合金の容器の物理的な閉じ込め期間が約 1 万年期待されている廃棄物パッケージに収納します。そのまわりは、ベントナイトで囲むことをせずに、放熱のための空間を設けて、地下水面（500m～800m）より約 300m 上方（200m～500m）に処分します。推定ですが、米国では閉じ込め期間を約 1 万年としているのは、場合によっては、最終処分の取扱いとせずに、途中で取り出すことを可能とする中間貯蔵としての取扱いにすることを意図しているところがあるかもしれません。

#### **【キャニスタ】**

高レベル放射性廃棄物のガラス固化体あるいは使用済燃料をハンドリングするために、それらを封入するための鋼製、またはステンレススチール製の筒型容器をキャニスタと呼んでいました。しかし、スウェーデン、フィンランドなどは、最終処分用の使用済燃料の容器にすることも考えて、物理的な閉じ込め期間を約 10 万年持たせることができるよう、内側が鋳鉄、外側が銅（厚さ 5cm）の二重構造の容器にしました。

（金沢 10 西郷正雄）

**【質問 3-5-10】** 原子力発電所を建設する上で考慮する環境への配慮は？建設地の選定基準は？

**【回答】** 原子力発電所を立地するところでは、周辺環境の調査を二段階で行います。その一つは環境影響調査で、予定地点に発電所が建設された場合の影響を、発電所の安全性だけでなく、他産業への影響、住民の生活に及ぼす影響などを広い視野から調査、評価を行います。それらは、「環境影響評価方法書」、「環境影響評価準備書」、「環境影響評価書」としてまとめられ、経済産業省において審査されます。

もう一つは、設置許可申請のための安全評価のデータとなる調査です。「敷地」、「気象」、「地盤」、「水理」、「地震」、「社会環境」の 6 項目に分類されていて、詳しい調査が行われます。特に、被ばく評価に関係する「気象」、および「地震」が、安全評価上最重要項目と



なります。調査内容についての審査は、以下の必要条件を満たすことを基本的な考え方としています。

- (1) 大きな事故の誘引となるような事象が過去はもちろん、将来も発生する可能性がないこと。また、災害を拡大するような事象も少ないこと。および
- (2) 原子炉の敷地には、その周辺も含め、必要に応じて公衆に対して適切な措置を講じることのできる環境にあること。

「建設地の選定基準」に対しては、上記選定条件に加え、原子力安全委員会が発行している安全審査指針類（<http://www.nsc.go.jp/shinsashishin/index.htm>）に示されている以下の指針の基準を満足させなければなりませんので、それらの基準が建設地の選定基準になります。

○原子炉立地審査指針及びその適用に関する判断のめやすについて

○発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針

○原子力発電所の地質、地盤に関する安全審査の手引き 等々

卑近な例として、地震が発生して原子炉が停止した後、崩壊熱除去のために「冷却水の確保」が必要になります。その点については、次の箇所に示されており、「原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設」を実現することができるためには、「冷却水の確保」が選定基準になってきます。

○発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針

#### 4 耐震設計上の重要度分類

##### (2) クラス別施設

##### ① Sクラスの施設

iv) 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設

(金沢 10 西郷正雄)

**【質問 3-5-11】** 原子力発電所は二酸化炭素排出量がすくないことがメリットですが、放射線汚染の危険性も少なからずあります。物事を考える上で、メリットおよびデメリットを考える必要があると思いますが、原子力で実際に働いた方々はどう考えるのか。(例えば、原子力で働いて、「この設備の機能はまだ危険だな。」「ここは改善しなければならない。」と思うところはないのか。)

**【回答】** 原子力発電所等の原子力施設は放射線や放射性物質を取り扱う施設であり、潜在的な危険性を持っているといえます。しかしながら、この潜在的な危険性によって発生する危機や損失の可能性（リスク）を低く抑えることにより、原子力利用によってもたらされる便益を受けることができます。原子力発電所においては様々な対策によりこのリスクを低減し、安全確保を図っています。

原子力発電所の安全確保の基本は、人々に放射線による悪影響を及ぼさないことです。このため、多重防護の考え方をういて施設の設計を行うとともに、放射線や放射性物質について厳しく管理を行っています。

原子力発電所の建設現場や既設発電所の定期検査中の現場などで現物を見たり、機器トラブル対策等を通じて「ここは改善しなければならない」と思ったことは幾度となくあり、

その都度改良、改善に努めてきましたが、「この設備の機能はまだ危険だな」と感じたり、思ったりしたことはありません。

原子力発電所は言うに及ばず、新幹線車両、航空機、自動車など社会活動を支える重要な設備、機械、装置類は、高い信頼性を持つように設計し、製作、運転されていますが、それでも絶えず改良、改善を図り、より良いものの実現を目指して努力を続けているのが現実の社会です。

(金沢 10 加藤洋明)

**【質問 3-5-12】** 放射性廃棄物を地層処分する際、どの程度まで埋めると安全と言えるのか。

**【回答】** 「どの程度まで埋めると安全か」の趣旨が「深さ」を言うのか「期間」を言うのかはつきりしませんので、双方について現在の考え方を示します。

まず、放射性廃棄物には低レベル放射性廃棄物と高レベル放射性廃棄物があります。

低レベル放射性廃棄物は、その放射線レベルに応じて浅地中トレンチ処分（深さ：数メートル）、浅地中ピット処分（コンクリート製ピットに4メートル以上の覆土）、余裕深度処分（深さ：30～50メートル）が行われます。管理期間としては3段階に分け、第3段階は300年としています。

高レベル放射性廃棄物は自然界の天然ウラン鉱石の放射能レベルまで低下するのに数万年程度の時間を要することから、10万年程度の期間安定した地下環境下での保存が地層処分では求められます。地層処分では、①地下深部数100メートルに横たわる岩体を持っている種々の物理的・化学的特性、すなわち密度・強度・低透水性・熱の絶縁性・放射性核種の吸着性や封じ込め機能・化学的不活性などを利用すること、②地下深部の環境の地質学的特性、すなわち上記種々の物性が数万年～数10万年の長期にわたって大きく変化しないこと、還元環境であること、地震・断層などの地殻変動の影響を受けにくいこと、などを利用するという考え方に基づいており、深さは300メートル以上としています。

実際の地層処分システムは、高レベル放射性廃棄物をガラス固化体としてステンレス製容器に詰めたものを鋼製容器であるオーバーパックに入れ、その周囲を粘土を主成分とする緩衝材で覆う人工バリアと地下深部の地質環境が有する上記の性質を利用した天然バリアとによって構成されます。この多重のバリアにより、高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性物質を長期間にわたって人間の生活環境から安全に隔離するという方法がとられます。

(金沢 10 齋藤伸三)

**【質問 3-5-13】** チェルノブイリ原発は現在どのような状況なのか。

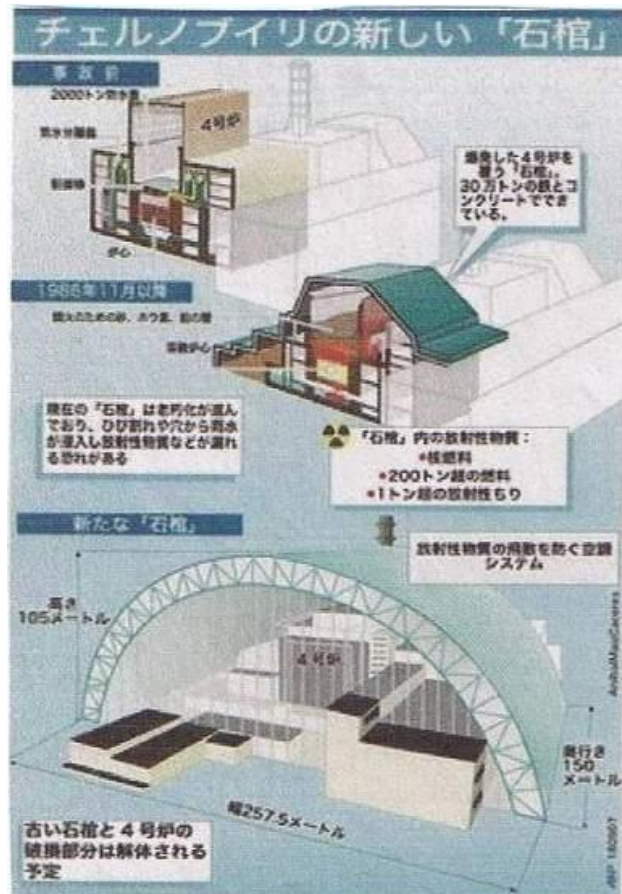
**【回答】** 質問は、事故を起こした4号炉の件と解釈します。その他、3号炉等もありましたが、4号炉の事故後も運転を続け、近年運転停止しました。

ご承知の通り、4号炉は1986年4月の事故直後に放射性物質の拡散を防ぐために半年間で石棺と呼ばれているコンクリート製の構造物を作り、これで覆われています。

事故当時の核燃料の大半が内部に残っている状況ですが、その後、石棺の老朽化によって一部に穴があいたり、内部に大量の雨水がたまったりして、周辺への放射能拡散が指摘され、また、石棺自体の崩落の恐れもあり、早急な対策が国際社会の課題となりました。結局、石棺の建て替えをすることになりました。

新しい石棺は幅 257 メートル、長さ 150 メートル、高さ 105 メートルの巨大なかまぼこ形で、旧石棺全体を包み込むものです。総重量 1 万 8000 トンの鋼材で二重に遮蔽し防水施行します。工事で作業員が被曝しないように離れた場所で新しい石棺を組み立て、その後レールに載せて現場まで移動させる工法を採用し、100 年の耐用年数が見込まれています。

建設費用は約 4 億 3200 万ユーロで日本を含む主要国や欧州連合 (EU) などが拠出し、2007 年に工事が開始され、2012 年完成の予定です。完成後は、古い石棺と 4 号炉の破損部分は慎重に解体されることになっています。



(金沢 10 齋藤伸三)

**【質問 3-5-14】** 放射性廃棄物の地層処分以外の処理方法はないか？

(質問 3-8-1、3-8-2、3-8-3 参照)

**【質問 3-6-15】** 放射性廃棄物は再利用可能か？

(質問 3-8-4 参照)

**【質問 3-5-16】** 六ヶ所村の住民の反応（建設時の反応や現在の反応）はどのようなものか。

**【回答】** まず、六ヶ所村に原子力施設 3 点セット（ウラン濃縮、再処理工場、低レベル放射性廃棄物処分場）を建設する前の村の状況をバックグラウンドとして知っておく必要があると思います。この土地は本州最果ての寒冷地でほとんどの家庭の親は出稼ぎに出て盆、正月に帰省し、若者は村を離れて、将来の村の存立の危機に見舞われていました。そこで、県、国も産業誘致（むつ小川原開発）に必死になっていましたが、悉く失敗し、唯一、石油備蓄基地が設けられました。しかし、雇用創出にはならず困り果てていた所です。そこに、原子力施設 3 点セットの話が持ち上がり、一部には反対の意見もあったでしょうが、

村、県は受け入れたのです。

その上で、住民の反応ですが、客観的なデータで示すべきことと考え、若干古い調査ですが、2003 年度に法政大学社会学部松橋晴俊研究室の【青森県六ヶ所村「まちづくりとエネルギー政策についての住民意識調査」】から要点をまとめます。

有効回答数は、311（回収率 62%）で、男女、年齢は適切な分布であると判断出来ます。

- ①□ つ小川原開発は良かった 59.1%、良くなかった 28.8% ②核燃料施設導入の際の態度。一貫して賛成 17.3%、初めは反対、現在は賛成 23.5%、一貫して反対 10%、初めは賛成、現在は反対 3.9%、以前のことで分からない 40.9% ③核燃料施設は危険であり、環境を汚染する可能性がある 68.5%、そうは思わない 26.7% ④核燃料施設は交付金や税収で村の財政を豊かにする。そう思う 76.2%、そう思わない 15.8% ⑤核燃料施設は村のイメージダウンにつながる。そう思う 27.7%、そう思わない 61.7% ⑥今後、原子力発電をどのようにすべきか。増設する 32.5%、現状維持 22.5%、将来的には廃止 19.9%、早急に廃止 1.3%、分からない 21.2% であり、再処理工場の操業に関しては、「不安はあるが、村への経済効果があるので操業した方がよい」が主流の考えとなっています

(金沢 10 齋藤伸三)

## 6 他のエネルギーと原子力エネルギー

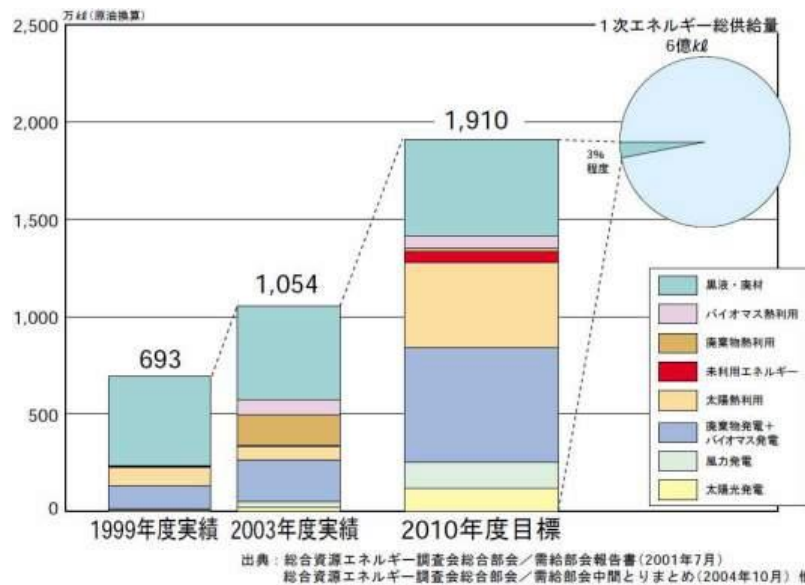
【質問 3-6-1】 他にはどんなエネルギーがあってそれぞれどう違うのか？

【回答】 下記の各種新エネルギー比較表を参考下さい。この比較表に記載されていない地熱や波力、バイオマス発電などについて、以下に概説します。

### 新エネルギーの比較

		太陽光発電	風力発電	廃棄物発電	燃料電池
評 価	メリット	・枯渇する心配がない ・発電時にCO <sub>2</sub> などを出さない	・枯渇する心配がない ・発電時にCO <sub>2</sub> などを出さない	・発電に伴う追加的なCO <sub>2</sub> の発生がない ・新エネルギーの中では連続的に得られる安定電源	・SOxは全く発生せず、NOxもほとんど発生しない ・発電効率が高い ・騒音が少なく、全自動運転が可能
	デメリット	・エネルギー密度が低く、火力・原子力と同じ電力量を得ようとすると広大な面積が必要 ・夜間は発電できず、さらに雨、曇りの日は発電出力が低下し不安定 ・設備にかかるコストが高い	・エネルギー密度が低く、火力・原子力と同じ電力量を得ようとすると広大な面積が必要 ・風向き・風速に時間的・季節的変動があり、発電が不安定 ・風車が回転するときに騒音が発生 ・設備にかかるコストが高い	・発電効率が低い ・ダイオキシンの排出抑制対策や焼却灰の減量化などの要する環境負荷低減が必要	・電池の耐久性とシステムとしての信頼性が低い ・設備にかかるコストが高い
適用分野		・一般住宅用 ・工場、業務用ビル等の産業用など	・好風況地域での自家消費消費、発電事業用	・ごみ発電 (スーパ-ごみ発電、RDF(固形化燃料)発電)	・自動車用、一般家庭用、産業用、発電事業用などに幅広く適用
導入実績と目標		1.実績：2005年 142.2万kW 2.目標：2010年度 482万kW	1.実績：2005年度 107.8万kW 2.目標：2010年度 300万kW	1.実績：2003年度 173.9万kW 2.目標：2010年度 450万kW	1.実績：2003年度 0.7万kW 2.目標：2010年度 220万kW

出典：総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会報告書（2001年6月）  
IEA資料、NEDO資料、他



#### 地熱発電:

火山国である我国では、夙に地熱発電が実用化され、18か所・50万Kwに及びます。潜在的な立地条件は随所にみられ、再生可能エネルギーとして期待されますが、国立公園・温泉観光地などとの共存と調和問題がネックとなって、新規立地には難があります。

#### 波力/潮力発電:

波の上下動を空気の流れに代え空気タービンを回す発電、海水の干満を利用する潮汐発電、海峡などの海流を利用した発電などもありますが、何れも実験段階です。無限の再生可能エネルギーとして期待されますが、取り出せるエネルギーの大きさと、割高な発電コストが課題です。

#### バイオマス発電:

木質系バイオマス、例えば間伐材などを燃料に利用した発電。CO<sub>2</sub>が排出されますが、生育期にはCO<sub>2</sub>を吸収するので再生可能エネルギーとして扱われます。しかしながら広大な森林を伐採すれば、エネルギー確保以上に地球温暖化へのマイナス効果が大きく、帳尻が合いません。如何に安定的にバイオマス燃料を供給できるかが、最大の課題です。

バイオマス発電に近いごみ発電は、産業および生活廃棄物の焼却処理に、発電設備を追加設置したもので、益々増大する廃棄物を安定的に処理できることと相俟って、資源の乏しい我が国では更なる開発研究が望まれます。

因みに資源大国・米国のごみ発電は、世界一です。

(長崎 08 小川博巳)

**【質問 3-6-2】 原子力発電の安全性に問題がある。他のエネルギーの利用ができないか？**

**【回答】** 日本のエネルギー安全・安定確保の観点から、化石資源に取って代わるエネルギー源として、原子力も、[新エネルギー (新エネ)]の開発も進めてできるだけ使う必要があります。

国は新エネルギー開発機構（NEDO）を設立して開発と利用の推進をしています。開発を進めている各種新エネルギー特徴と比較は下表のとおりです。ただ、新エネと言われるエネルギー源は自然の中から作られるものが大半で、コストを無視しても、場所、天候などでその量に限界があり、また出力変動があり質の点でも基幹エネルギーとは成りえないのであります。

水力は最も良いエネルギーですが、日本はすでに開発が進んで新しい地点はほとんどないのが実態です。それでも、NEDOは小水力の開発に取り組んでいます。

日本は火山列島ですから地熱の活用も古くから進めていますが、これも適地が少ないので大した量になりません。

最近、太陽光、風力が話題になっていますが、これらは、本来希薄なエネルギーで、量を確保するには膨大な面積の土地が必要になります。加えて、太陽光では土地環境（南向き、地形、日照条件）等があり、また風力では、風速条件や低周波音対策（人家との距離）、景観や鳥類保護などの自然保護条件があり、山国の日本で陸上はもとより、海洋も遠浅の地域がすく、適地が少ないのが実体です。

したがって、これらのエネルギーを最大限活用しても、その量には限界があります。

自然エネルギーに熱心な国立環境研究所の計算でも、日本の太陽光と風力発電の物理的な限界は、それぞれ 17,300 万 k w、3,500 万 k w で合計でも 20,300 万 k w と見ており、仮にその年間の設備利用率を平均 20% としても約 4,000 万 k w の原子力発電稼働率（80%）と同等なり、現状の 5,000 万 k w の原子力発電の設備容量の約 80% 程度であります。

もう一つの試算として、もしも国中の家屋 5 千万戸の 20% の屋根に 4 k w の太陽光パネルを取り付けたとして、その電力設備容量は 4 千万 k w でシェアは 20% 程度しかありません。年間の発電電力量は利用率を 20% としても、700 億 k w h でそのシェアは 7% です。

そして、現状 4 k w の太陽光発電設備の設置費用は～200 万円と言われており、1 千万戸への設置費用は約 20 兆円と原発 100 基以上の建設に相当します。

国は全力で新エネルギーの導入に努めておりますが、2030 年の目標を達成しても我が国のエネルギーの 10% にも満たないのです。

我々が化石資源に頼らずこれまでと同じ程度の文明の暮らしをしていくためのエネルギーは、新エネルギーと言う代替エネルギーだけでは無理であり、原子力エネルギーを使わざるを得ないのです。

原子力発電も他の産業やシステムと同じように、開発の途上では色々な問題を起こしましたが、その都度、国をあげて原因の解明や対策に真剣に取り組み現在のような基幹電源を構成するまでに至ったのであります。今、石油の高騰にみられるエネルギーセキュリティーや、地球温暖化の対策として原子力発電の見直しが世界的になされ、原子力発電所建設の計画が発表されております。今こそ、今までの歴史の教訓・経験を活かし原子力の活用を図って、次世代に繋ぐべきと思います。

原子力エネルギー	自然エネルギー
<p>現状最強で最も有力な化石代替エネルギー</p> <p>1. エネルギー密度が大きい 土地の利用効率が低い、保有エネルギーが大きい、備蓄効果がある、高度の安全性が求められる</p> <p>2. リサイクルで資源は豊富かつ準国産 ウラン埋蔵量は85年、高速増殖炉と燃料の再処理サイクルで2000年以上</p> <p>3. CO<sub>2</sub>の排出は無い 放射性廃棄物の処理・処分が必要</p> <p>4. 核不拡散対策が必要</p> <p>5. 技術の進歩で更なる可能性 経済性・安全性の向上。発電以外の用途への拡大</p>	<p>1. エネルギー密度が希薄 おおきな面積がいる。</p> <p>2. 資源は無限 純国産、景観対策、生物保護などが求められる</p> <p>3. お天気まかせで出力変動 蓄電池や調整用電源が必要</p> <p>4. CO<sub>2</sub>の排出はない 太陽光電池製造時のCO<sub>2</sub>が比較的大きい</p> <p>5. 安全性に対する不安は無い</p> <p>6. 他の利用法は少ない コストは下がるが他の利用法はない</p>

(広島竹原 09 伊藤睦)

**【質問 3-6-3】 地熱発電が推進されない理由は何か？**

**【回答】** わが国は地質学的に火山列島ですから、活火山・温泉が豊富で、地熱発電にも期待が寄せられ積極的に開発が進められて来ましたが、経済的に開発できる地点は殆ど開発済みで、残余の地点はその殆どが、各種の制約（国立公園との共存・自然保護／環境問題・温泉枯渇問題等々）が重畳して開発が難しい地点、或いは開発・建設コストに見合った営業成績が期待できないなどの地点です。

なお蛇足ですが、地熱の熱源は高温のマグマですが、マグマの熱源は何か？

各種の放射性同位元素、殊に地球にふんだんに存在するカリウム(K)の崩壊熱が、主な熱源です。地球生成以来、地球に満ち溢れている放射線環境下で生物が生まれ、人間も核エネルギーの恩恵を受けて活かされている事実を、改めて「おさらい」したいものです。

(山形 10 小川 博巳)

**【質問 3-6-4】 発電所の建設費用は他のエネルギーと比べると原子力はどの程度かかりますか。**

**【回答】**

発電所の建設費用は、発電方式、発電規模、建設時期等さまざまな因子により異なりますが、公表された一例をあげれば下記のとおりです。原子力発電所は耐震や放射線遮蔽を含むさまざまな安全設備が設置されるので、一般に多くの費用がかかります。水力発電もダム等の建設に多くの費用がかかりますが、その後の運転には火力発電のような石油や石炭の燃料が必要ではありませんので、費用が少なく済みます。

- ・北海道電力泊原子力発電所3号機 約2900億円、91.2万KW、2009年12月営業運転開始（事業許可申請書）
- ・北陸電力敦賀石炭火力発電所2号機 約1300億円、70万KW、2000年9月営

業運転開始（北陸電力）

- ・東京電力揚水型水力葛野川発電所 約3800億円、160万KW、1999年12月  
営業運転開始（TEPCO プレスリリース）
- ・電源開発会社郡山布引高原風力発電所 約120億円、6.6万KW、2007年2月  
営業運転開始（電源開発会社）

ここで注意しなければならないことは、風力発電所は建設費が安いから沢山建設すればいいと早合点しないで下さい。建設には広大な土地が必要なのです。特に最近話題になっている新エネルギーと原子力発電所について下表を参照すると、新エネルギーによって多量の電力を作ることが如何に現実離れしているか理解できると思います。

	原子力発電	太陽光発電(住宅用)	風力発電
1基当たりの設備容量	100万KW	3.5KW	1,000KW
設備利用率	80%	12%	20%
1基当たりの建設（設置）費用	2,800億円	310万円	2億5,000万円
100万KW発電に要する設備	1基	190万基	4,000基
投資額	2800億円	3.9兆円	8700億円
所要面積	0.6km <sup>2</sup>	58km <sup>2</sup>	214km <sup>2</sup>

（金沢10 若杉和彦）

**[質問 3-6-5]** 耐久年数は原子力発電と他の発電方法でどれくらい違いますか。

**[回答]**

耐用年数の大まかな数字は下記のとおりです。ただし、これらは施設の稼働率、部品の交換頻度等の品質管理、設置場所、経営方針等のさまざまな因子が関係して変動します。

原子力発電所 60年

火力発電所（石炭，石油，LNG） 30～40年

水力発電所 100年

太陽光発電所 10年～15年

風力発電所 15～20年

ここで、原子力発電所については運転開始後30年目に高経年化のためのチェックを行うことになっています。原子力発電所の高経年化対策については、多くの現行の発電所が



運転開始後30年を迎えることから、政府の機関、電力会社、メーカー等で検討が進められ、多くの報告書が公表されています。また太陽光発電所や風力発電所については、今までの運転実績が乏しいため、上記の耐用年数は一つの目安であって、今後の運転経験や技術開発等の結果変動し得ることを理解して下さい。水力発電所については、一度ダムを作れば、半永久的に使用されていますが、上流からの堆積した土砂を取り除く等の管理や補修が行われてきました。

(金沢10 若杉和彦)

**【質問3-6-6】** メンテナンスコストおよびメンテナンスのやり易さはどれぐらい違いますか。

**【回答】**

原子力発電所と火力発電所を比較すると、メンテナンスの内容とコストに大きな開きがあります。

原子力発電所では多量の放射能を取扱い、従って放射線が放出されます。このため環境問題の他、特にわが国の原子力アレルギーの国民性と相まって、原子力に対して過剰なくらい安全規制がかけられ、安全運転が要求されています。また、周辺住民に対する説明や情報公開等に意を用いています。従って、火力発電所と比べてメンテナンスコストが大きくなっています。一般に発電原価は下式のように計算されます。

$$\text{発電原価} = (\text{資本費} + \text{燃料費} + \text{運転維持費}) / (\text{発電電力量})$$

ただし、資本費：減価償却費、固定資産税、水利使用料（水力）、廃炉費用（原子力）

燃料費：燃料価格に必要量を乗じた値

運転維持費：修繕費、諸費、給料手当て、業務分担日、事業税

このため、2004年の電気事業分科会の資料によれば原子力発電では発電原価5.3円/KWHの72%の約3.8円/KWHが資本費・運転維持費（主としてメンテナンス）に使われていることを報告しています。

石油や石炭を燃料とする火力発電所では、排気ガスに対する安全規制を順守しなければならないことはもちろんですが、原子力発電所に対する国民の目ほどに厳しい環境にはありません。このため、石油燃焼の場合の発電原価10.7円/KWHのうちほとんどが燃料費に充てられ、メンテナンス費用は少なくなっています。

なお、これらの発電原価の数値は、発電所の稼働率、為替比率等の影響を受けますので、おおよその値と理解して下さい。

\*参考文献；「モデル試算による各電源の発電コスト比較」、電気事業連合会（平成16年1月）

(金沢10 若杉和彦)

**【質問3-6-7】** 原子力発電所と他の発電所の建設条件はどのようになっていますか。

**【回答】**

原子力発電所の建設の条件で他の発電所との大きな違いは、①「原子炉等規制法」に則り、安全性の確保に係わる「設置許可申請書」を出して、経産省と原子力安全委員会の2重の安全審査を受け、許可を受けなければならない事です。この安全審査では主として放

射能・放射線を扱うことに対して安全性のチェックが行われます。この他②原子力委員会による「建設資金計画」や発電所の目的が平和利用に限られている事等を審議して貰い、許可をもらう必要もあります。そして、③電気事業法に基づいて、「工事計画認可申請書」を出して認可されてから工事が開始されます。この最後の部分は中身の違いは有っても、他の発電所も同じです。

この他、原子力発電所の建設に際して特徴的なものとして、耐震性の評価が他の発電所に比べて厳しく行われます。さらに、品質を十分に確保するために「品質保証計画書」を作り、その通り実施している事を厳しくチェックされる事も火力発電所との大きな違いです。

(金沢 10 若杉和彦)

**【質問 3-6-8】** 日本及び外国の原子力エネルギーと他のエネルギーの使用割合はどれくらいですか

**【回答】**；日本に於ける原子力発電の割合は約 30%です。世界全体では約 15%です。国別では、おおよその値として、米国 20%、中国 2%、ロシア 15%、ドイツ 27%、フランス 80%、イギリス 20%、韓国 40%、イタリア 0%、スウェーデン 50%です。ただし、ヨーロッパ全体で送電網が繋がっておりますので各国間でのやり取りがあり、とくに多数の国はフランスから電力を輸入しており、その量はフランスの発電電力の約 10% (600 億 kWh) に及んでいます。これは原子力発電所約 10 基分に相当します。輸入の多い国は、ドイツ、イタリア、イギリス、スイス、スペインなどで、統計上は原子力ゼロのイタリアは原子力発電所 2 基分位の電力をフランスから輸入しております。

(金沢 10 土井 彰)

**【質問 3-6-9】** 原子力発電所と他の発電所の管理組織はどうなっていますか

**【回答】**；電力各社で異なりますので、別途調査しないと詳細は不明ですが基本的には大同小異でしょう。火力発電所の燃焼管理にかかわる部分が原子力発電所では炉心管理、放射線管理に置き換わったものと考えてよいと思います。発電所全体の管理や送配電には大きな差はありません。必要とする専門分野の人材は原子力発電では機械系、物理系、化学系が追加必要となります。

(金沢 10 土井 彰)

**【質問 3-6-10】** クリーンエネルギーは原子力エネルギーを補えるほど、技術力の向上はあると思いますか

**【質問 3-6-11】** 最近あまり知られていない新エネルギーはありますか

**【回答】**；われわれがエネルギー源として使用するには、量的に豊富であること、安定に供給されることの両立が必要です。化石燃料、大規模水力や原子力はこの条件をかなり満たしているの、利用されてきたと言えます。新エネルギーとしては、太陽光発電、風力発電、廃棄物・バイオマス発電、太陽熱利用、黒液・廃材などが現在すでに利用されており、一次エネルギー（電力のみではない）の数%をまかなっております。しかし、今後の技術開発によってもこの数値を大幅に増やすことは無理です。制約しているのは、太陽エネルギー

一の不安定さ、希薄さ、利用できる国土面積の狭さ、日本の気象条件の悪さなどです。ここで取り上げた以外のあまり知られていない新エネルギー源には、波力発電、海水の温度差発電などがありますが、投下しているエネルギーに対しての回収率（EPR）が悪く、実用になりそうなものがなかなか見当たらないのが現状です。

（金沢 10 土井 彰）

**【質問 3-6-12】 放射性物質に厳しい規制がかかっても原子力発電は続けるのか**

**【回答】**；原子力発電を進めるに当たっての最大の課題は放射性廃棄物の処理、処分です。この課題はGr.4で議論されますので、そちらに譲ります。解決案がない場合、原子力はSTOPでしょう。

（金沢 10 土井 彰）

## 7 未来の原子力発電

**【質問 3-7-1】 プルサーマル計画の進捗についてどうなの？**

**【回答】** 九州電力（玄海）、四国電力（伊方）、中部電力（浜岡）では、フランスにおいてプルトニウム－ウラン混合酸化物（MOX）燃料の製造が終了し、近々、相乗りで日本へ搬送されます。それぞれ、定期検査時の燃料交換において MOX 燃料を装荷する予定です。（注：2009年10月現在、九州電力玄海原子力発電所では、MOX燃料の装荷が開始しています。）

関西電力（高浜）、中部電力（島根）では、フランスでの MOX 燃料製造の準備中です。

最終的に全炉心 MOX 燃料装荷を目指す電源開発（大間）は建設中であり、その他の電力会社もプルサーマル実施に向けて地元了解を得るべく努力しています。

なお、プルトニウムをそのまま保持し続けることは、我が国の「核を持たず、持たせず、持ち込ませず」と言う平和利用に徹する姿勢に疑念を持たせ、他国に核開発の口実を与えかねません。従って、国としてはプルサーマルを推進しなければなりません。

プルサーマルは世界の原子力国で特にこともなく導入されており、わが国だけが実施を遅れては核廃絶を訴える日本にとって世界的には立場たたなくなり、なぜ、遅れているか明確な説明が求められるでしょう。

（長崎 08、広島竹原 08 斎藤伸三、伊藤睦）

**【質問 3-7-2】 核融合の利点、欠点を知りたい。**

核融合エネルギーが実現したとしたら、現在の原子力発電(核分裂)に比べてどのような利点があるか？又、現在開発中の核融合炉の欠点は？

**【回答】** 燃料は重水素とリチウムで無限 使用済み燃料が無く、高レベル廃棄物が無い。核爆発などという暴走は無く、保有している放射能が少ないので潜在的な放射線リスクは小さいなどは一般的に言えるが、まず持続的融合反応が実現させ、実験炉 ITER の成果をしっかりと出すことが先で、現在の原子力発電と比較する段階ではない。

（広島竹原 08 伊藤睦）

**【質問 3-7-3】 核融合の研究の現状といつ頃実現するのかを知りたい？**

**【回答】** トカマク型では、日本の JT-60 でエネルギー比が 1 を超えるプラズマ条件が得

られています。欧州の J T では、16 MW の核融合出力を出すことに成功しております。

これから8年(2017年)かけてITER(トカマク型)を建設し持続的融合反応で熱出力50万kwの発電の実証を目指しています。それから、20年間試験運転をして実用化に持っていくということですが、そこまで予定通り進んだとしても、実用化までには実証炉による実証試験などで更に30年以上を要し、戦力になるのは21世末あるいは22世紀に入ると思います。

(広島竹原 08 伊藤睦)

**【質問 3-7-4】 原子力発電の危険性を考えて先進国は次々と政策転換している。原子力発電に未来はあるのか？**

**【回答】**米スリーマイル島の原発事故(1979)とチェルノブイリ原発事故(1986)以降、国民投票で原発を停止した国(オーストリア、イタリア、スウェーデン)や、連立政権で脱原発を決めた国(ベルギー、ドイツ)もありました。近年、地球温暖化問題と各国のエネルギー需要の増大や政権の変動などを受けて、世界的な潮流は原子力発電に向かい、今まさに「原子力カルネッサンス」と云われている現実を、正しく認識したいものです。

「脱原発政策」からの政策転換が相次ぐ欧州

**ドイツ：**キリスト教民主・社会同盟(CDU・CSU)は、社会民主党(SPD)との大連立で脱原発政策を維持してきたが、2009/9の総選挙で、CDU・CSUは自由民主党(FDP)と連立、脱原発政策を撤回することで合意しました。

**ベルギー：**環境保護派政党が連立政権から離脱したことで、既存の原子力発電所の操業を2025年まで延長することを決定しました。

**スウェーデン：**国民投票以降、脱原発政策を推進してきたが、操業停止はバースベック原発のみ。政府は2009/2、原発の価値を再確認し、政策転換を打ち出しました。

**イタリア：**チェルノブイリ事故直後の国民投票で原子力発電の廃止を決め、1990にはすべての原発を廃止。しかし2009/5には、原発導入を促進するために、日本と原子力協力協定に署名。上院は2009夏、原子力発電所建設計画を支持し、国営エネルギー企業が2009/8、フランス電力公社(EDF)と原子力発電所建設で合弁事業を始めることに合意しました。

**英国：**英国は北海油田の発見・開発で、原子力への期待が薄れていたが、石油輸入国へ転落と共に、さまざまな政府機関が原子力発電を支持する報告書を提出。原子力への政策転換の明確な兆候といえます。

**スペイン：**スペインは脱原発政策を続けているが、2009夏、政府は最も古い原発の運転を2013まで延長を決定。

## 原子力を推進/期待する 75 カ国

2008年運転差数：435基 2050年予測数：1400基

新規導入を企画する国々 ~43カ国

(世界原子力協会 WNA 090523発表)

### □ 欧州： 32カ国

ボルトガル・フランス・オランダ・イギリス・アイルランド・ノルウェー・フィンランド  
エストニア・ラトビア・リトアニア・ベラルーシ・ポーランド・チェコ・スロバキア・ハンガリー  
ルーマニア・ウクライナ・ロシア・クルジア・アゼルバイジャン・アルメニア・トルコ  
ブルガリア・アルバニア・クロアチア・スロベニア  
脱原子力の見直し：スウェーデン・ドイツ・ベルギー・スイス・イタリア・スペイン

### □ アジア・太平洋：16カ国

日本・韓国・中国・台湾・ベトナム・フィリピン・インドネシア・マレーシア・タイ  
ミャンマー・バングラデシュ・インド・パキスタン・カザフスタン  
オーストラリア(ウラン資源大国)・ニュージーランド

### □ 中東・アフリカ：20カ国

イラン・シリア・イスラエル・ヨルダン・サウジアラビア(巨大産油国)  
クウェイト・バーレーン・カタール・アラブ首長国連邦・オマーン・イエメン  
エジプト・リビア・チュニジア・アルジェリア・モロッコ・ガーナ・ナイジェリア  
ナンビア・南アフリカ

### □ 北・南米： 7カ国

カナダ・アメリカ・メキシコ・ベネゼイラ・ブラジル・チリ・アルゼンチン



次期総選挙での保守派優勢が伝えられ、脱原発政策転換の見通しです。

#### 「原子力推進の国々」

右図参照：新規導入を企画する国々は 43 カ国にも上る。主要石油産出国のサウジアラビア・UAE 等が導入を検討している事実注目したいものです。

(山形 10 小川 博巳)

#### 【質問 3-7-5】 低温核融合の理論？ 実現できるか？

【回答】 これまでの物理学理論では水素原子の核融合反応を起こすには、極度の高温と高圧が必要と考えられていました。しかしながら、近年、常温（低温？）核融合について、多くの論文や実験の報告がなされています。これらの実験の中には、少なくとも定性的な再現性はあると報告されているようです。しかしながら、これらの実験結果は現代物理学の常識的な理論では説明できず、新しい理論が構築されているとも言えないのが実情のようです。また、例え、常温核融合が存在するとしても、これがエネルギー源として使えるかどうかというのは、更に時間のかかる検討が必要になります。

私も、かつて大学時代に核融合の研究をしましたが、40 年余り経った現在でも実用化には、未だ道遠しという感がしています。

(山形 10 西村)

#### 【質問 3-7-6】 現在の原子力発電と異なった将来の発電方法は？ 違いは何か？

【回答】 現在の原子力発電の方法は核分裂反応の熱エネルギーで水蒸気をつくり、その水蒸気で蒸気タービンを回して発電しています。原子炉には沸騰水型と加圧水型の二つの型式がありますが、発電原理は同じです。将来の発電方法として考えられるのは、核融合反応を使った発電です。核分裂は  $U\ 235$  が  $Sr\ 90$  や  $Cs\ 137$  のように小さな原子に分裂するときに質量  $m$  を失い、あのアインシュタインの有名な  $E = mc^2$  で導かれるエネルギーを利用しています。核融合は逆に水素のような軽い原子同士がくっついて  $He$  のような重い原子になる時にもやはり質量  $m$  を失い、膨大なエネルギーが発生するのでそれを利用します。ただし、核融合発電でも水を加熱して水蒸気にして発電することには変わりはありません。

なお、核融合炉では必然的にプラズマ（高温の原子の状態・・・電子が原子から離れた状態）ができますので、磁界にプラズマを流して発電する MHD（電磁流体）発電が実用化されるかも知れません。

(山形 10 松永)

## 8 放射性廃棄物

#### 【質問 3-8-1】 海に沈める以外にどのように処理されているのか

【回答】 「廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約（ロンドン条約）」によって、海洋への処分は禁止されています。（現在の処理方法については、以降の質問 8-2、8-3 を参照。）

(長崎 08 石井正則)

**【質問 3-8-2】 廃棄物は地中に埋めることしかできないのか。**

**【回答】** わが国では深層地下埋設の方法が選択されていますが、その他の方法としては、いくつかが検討されています。

1) 強固な岩塩層に埋蔵する方法（ドイツのゴアレーベンで検討中）があり、現実性は非常に高い物ですが、わが国にはこのような岩塩層がありませんので、採用できません。

2) 深海、特に地殻プレートが地球内部に落ち込んでいる地溝帯に捨てて、将来は地球内部に落とし込むという方法も検討されましたが、不確定要因が多く、信頼性の問題があり、採用されませんでした。

3) 宇宙に放出して廃棄物衛星として永久に宇宙空間に滞在させる方法も検討されましたが、これも費用が莫大になること、及び宇宙にゴミをただよわせることは限られたスペースで、既に今までの人工衛星やその他の浮遊物で問題とされている現状から、好ましくないとの判断から、採用されませんでした。

4) 他国に引き取ってもらう方法も検討されました。特に外貨の欲しい発展途上国などで興味を持つ国もありましたが、結局その国の国民の同意を得ることは困難との判断から、採用されませんでした。歓迎されない廃棄物は自国で責任をもって処分するのが当然だと思います。

（広島竹原 08 林勉）

**【質問 3-8-3】 性廃棄物の処理法とその研究について知りたい。**

**【回答】** わが国で採用している、高レベル廃棄物処理処分の研究についてその概要を下記します。

1) 高レベル廃棄物はガラス固化して、耐食性の非常に強い物にしますが、そのようなガラス固化体の作り方や耐食性の研究、ガラス固化体を入れる耐食性の強い容器の研究、さらにその容器を包み込む緩衝材（ベントナイト）の耐食性能など、基礎的な研究が日本原子力研究開発機構や日本原燃等により、強力に長期的に行われています。その成果が現在活用されています。

注記）緩衝材（ベントナイト）の役割：ベントナイトの膨潤により緩衝材の透水性が低下し、ガラス固化体に地下水が接触するのを防ぐ。また、ガラス固化体に地下水が接触したとしても、緩衝材の透水性が低いために放射性核種の移行が遅延する。

2) 深層地下埋設する場所としては、火山や地震を引き起こす地殻変動の可能性の全くない場所を選定することが必要です。このために原子力発電環境整備機構（NUMO）では日本全国の最新の研究成果を基にして、地殻変動の可能性の評価研究を行っています。その結果日本全国で深層埋設処分に適した場所は広範囲にあることが分かっています。

3) 深層埋設処分には、実際に深層地下の状態を調査する必要があります。日本原子力研究開発機構では北海道の幌延と岐阜県瑞浪市に調査研究のための深い穴を掘り、地質調査、地下水の調査（成分、移動速度等）、地層も含めた処分場全体を設計するための調査研究等を行っています。これまでの成果で色々な地層でもそれに適した処分方法が可能であることがわかってきています。

（広島竹原 08 林勉）

**【質問 3-8-4】 放射性廃棄物の再利用は可能か？**

**【回答】** 放射性廃棄物は発生場所、放射能の強さ等から様々に分類されます。原子力発電所から出る手袋、衣服といったものは放射能が弱いので焼却処理した後、セメントで固化して地中浅く埋設されます。原子炉を解体して出てくる廃棄物はもう少し放射能がつよいので、やはりセメントで固化した後、もう少し深く埋設されます。埋設されるものは再利用されませんが原子炉の解体から出てくるもの（鉄、鉄合金、セメント塊など）の大部分は放射能のレベルが通常のものと同程度で変わらないので、再利用が可能です。

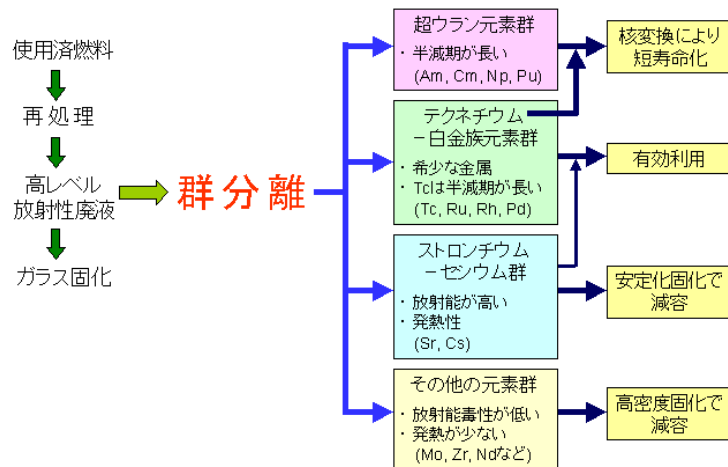
一番放射能が強いのは使用済み燃料です。使用済み燃料1トンにはU 235が10Kg、U 238が950Kg、Pu 239が10Kg

そして核分裂生成物が30Kg含まれています。

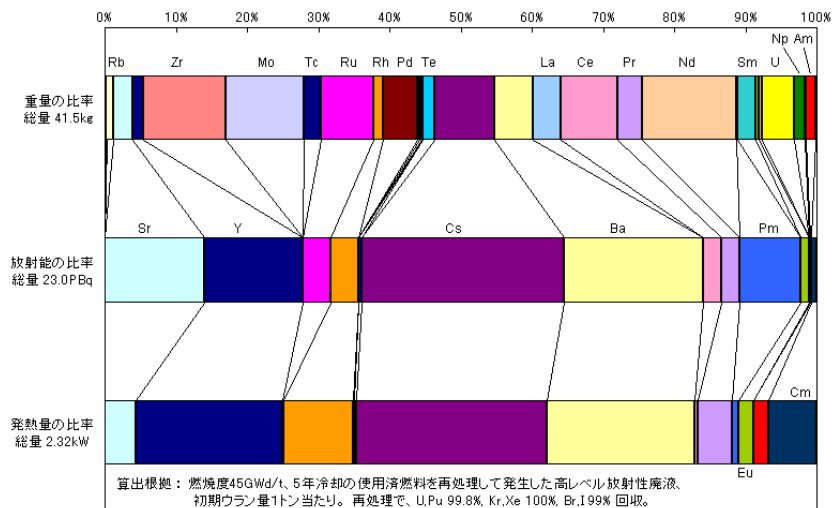
これらは再処理（六ヶ所再処理工場）され、ウラン酸化物粉末、ウラン/プルトニウム混合酸化物粉末および核分裂生成物に分離されます。このうちウラン酸化物粉末（U 235含有率約1%）はU 235の濃縮度を~5%まで再濃縮し、再び軽水炉燃料に再加工し再利用することができます。ウラン/プルトニウム混合酸化物粉末（U/Pu=1）はウラン酸化物と混ぜてMOX燃料に加工し、軽水炉燃料として再利用できます。

核分裂生成物は再処理工程の高レベル廃液として回収されます。放射能のレベルが高いのでガラスと混ぜ合わせて固化し、最終的には300m以下の地中に埋設されます。

高レベル廃液にはNp 237、Am 241のような少量の長半減期の超ウラン元素と核分裂生成物が含まれています。核分裂生成物はSr 90、Y 90、Cs 137、Ba 137



**図2 群分離の概念**  
**一分離対象元素群の例とその分離目的**  
 [資料提供]日本原子力研究所(現 日本原子力研究開発機構)



**図1 高レベル放射性廃液に含まれる元素についての重量、放射能および発熱量の比率**  
 [資料提供]日本原子力研究所(現 日本原子力研究開発機構)

といった放射能レベルが高く、崩壊による発熱量の大きな元素、Ru, Rh, Pdといった白金系元素、La, Ce, Nd, Smのような希土類元素、そしてZrやMoのような遷移金属から構成されています。それぞれ化学的性質が異なるので、化学的に分離して有用金属をとりだし、高レベル廃液の全体の量を減らし、長半減期の核種の短寿命化を図ろうとするのが群分離理論です。図1に高レベル廃液に含まれる元素類の重量、放射能、発熱量の比率を、図2に群分離の概念を、表に高レベル液に含まれる有用核種の主な利用法を示します。

(山形 10 松永)

**表3 高レベル廃棄物に含まれる有用核種(元素)と主な利用法**

核種	半減期	放射線 <sup>1)</sup>	主な利用法
Np-237	2.1×10 <sup>6</sup> y	αとγ0.086	Pu-238製造原料 Pu-238(はエネルギー源)
Am-241	432y	αとγ0.060	煙探知器、 (n,α)による中性子源
Cm-242	162.8d	αとγ	比発熱量がPu-238より 高いエネルギー源
Cm-244	18.1y	αとγ	
Cm			Cf-252製造用ターゲット 小型原子炉
Sr-90	28.8y	β max0.546	熱エネルギー源
Cs-137	30.2y	βとγ0.662	γ線照射用線源
Tc-99	2.1×10 <sup>5</sup> y	β max0.292 γなし	耐食性鋼材、触媒、 超電導素材
Ru	約35年後に 74Bq/gRu Ru-106(367d, γ0.512, 0.622)		触媒、電極材、貴金属
Rh	約50年後に 74Bq/gRh		触媒、ガラスファイバ
Pd	Pd-107(6.5×10 <sup>6</sup> y, βのみ)		触媒

1) 種類とそのエネルギー(MeV)

下記の出典をもとに作成した。

[出典]久保田益充、:「高レベル廃棄物の群分離の研究開発」、日本原子力学会誌、29(9)、775 (1987)

**[質問 3-8-5]** 放射性廃棄物の処理方法にはどのようなものがあるか？

(質問 3-8-1、3-8-2、3-8-3 参照)

**[質問 3-8-6]** 放射性廃棄物を地層処分することで、土壌は汚染されていないのか？

**[回答]**

高レベル放射性廃棄物の地層処分の工学的対策について、numoのホームページ

[http://www.numo.or.jp/q\\_and\\_a/03/01.html](http://www.numo.or.jp/q_and_a/03/01.html) から転載します。

①再処理した後に残る放射能レベルの高い廃液をガラス固化し、放射性物質をガラスの中に閉じ込めます。ガラスは水に溶けにくく、化学的に安定しているという特長を持っています。また放射性物質はガラスと一体化しているので、ガラスが割れても放射性物質だけが流れ出すことはありません。

②放射性物質を閉じ込めているガラス固化体をさらにオーバーパックという鉄製の円筒型容器に密封し、ガラス固化体と地下水が少なくとも1,000年間は接触しないようにします。

③さらにオーバーパックの周りを水をとおしにくい粘土(緩衝材)で取り囲み、オーバーパックが腐食しガラス固化体から放射性物質が地下水に溶け出ても、緩衝材が吸着し、その場所から放射性物質を移動しにくくします。



以上の対策を講じているため、ガラス固化体が地下水に接するかも知れない少なくとも1000年間は、また、その外側の粘土層もあって、さらに長期間土壌を汚染しないと言えます。

(金沢10 川合將義)

**【質問 3-8-7】 放射性廃棄物を少なくするためにどのような取り組みがなされているか。**

**【回答】**

放射性廃棄物は、原子力発電所の運転などで発生する放射能レベルの低い「低レベル放射性廃棄物」と、使用済燃料の再処理において再利用できないものとして残る放射能レベルが高い「高レベル放射性廃棄物」とに大別されます。

原子力発電所で発生する低レベル放射性廃棄物には、建物の換気、洗濯廃液、使用済みのペーパータオルや古い作業衣や手袋など、「気体状のもの」「液体状のもの」「固体状のもの」があります。これらは性状を踏まえて管理、処理されます。特に最終的な廃棄物の容積を小さくすることが重視されます。気体状のものは、放射性物質を減衰させ、フィルターにかけて粒子状物質を除いたあと、放射性物質の濃度を測定し、安全を確認し排気筒から放出されます。液体状のものは、ろ過し、脱塩され、あるいは蒸発濃縮されます。濃縮液はセメント、アスファルトなどで固化し、ドラム缶（200リットル）に詰められ発電所内の放射性固体廃棄物貯蔵庫に安全に保管されます。また、蒸留水は再利用するか、放射性物質の濃度を測定し安全を確認したうえで海へ放出しています。

使用済みのペーパータオルや作業衣など放射能濃度の低い雑固体廃棄物は、焼却、圧縮などによって容積を減らしてからドラム缶に詰め、原子力発電所敷地内の固体廃棄物貯蔵庫に安全に保管されます。

高レベル放射性廃棄物は、再処理の工程で使用済燃料から分離される高レベルの放射能をもつ廃液なので、蒸発濃縮して容量を減らします。

その後、ガラス原料を混ぜて、高温で溶かしてからキャニスターと呼ばれるステンレス製容器に注入して、冷やして固めます。その場合、定められた崩壊熱に収まるように濃度が調整されます。（このステンレス製容器は、監視可能な特別の高レベル廃棄物貯蔵保管庫で十分な冷却期間を置いて後に、特別に選定設置された最終処分場の地下に埋設処分されます）。

上記の処理に対して、減容化のための蒸発濃縮、分離、固化技術が、日本原子力研究開発機構やメーカー等で行われています。

一方、高レベル放射性廃棄物については、1987年に制定された「原子力開発利用長期計画」に基づいて立案された「群分離・消滅処理技術研究開発長期計画」（オメガ計画）の下に高レベル放射性廃棄物処分の効率化と積極的な安全性の向上ならびにその資源化目指した研究が、日本原子力研究開発機構を始めとした産官学で進められています。

その内容は、高レベル放射性廃棄物に含まれるNp、Am、Cmなどのマイナーアクチナイド(MA)、

99Tc、129 I などの長寿命の核分裂生成物（F P）、発熱性の90Sr、137CsやRh、Pdなどの有用な白金族元素をその特性に応じて群分離する技術、群分離された無用かつ有害な長寿命放射性核種の原子核反応を利用して短寿命化もしくは非放射性の核種に変換する技術に大別される。このように有用元素を有効利用を行えば、高レベル放射性廃棄物最終処分の負担の軽減化と資源の有効利用ができ、処理処分の高度化、積極的安全性の向上に役立ちます。

(金沢10 川合將義)

**【質問 3-8-8】 放射性廃棄物の処理に掛かる費用はどの程度か？**

**【回答】**

高レベル放射性廃棄物の地層処分の費用について、numoのホームページ [http://www.numo.or.jp/q\\_and\\_a/06/01.html](http://www.numo.or.jp/q_and_a/06/01.html) から転載します。

2021年頃に約4万本に達すると見込まれる高レベル放射性廃棄物の処分費用は約3兆円と試算されています

原子力発電に伴って発生する高レベル放射性廃棄物は、2021年頃には、ガラス固化体に換算して約4万本に達すると見込まれており、これらの処分費用は約3兆円と試算されています。この費用には、技術開発費、調査費および用地取得費、設計および建設費、操業費、解体および閉鎖費、モニタリング費、プロジェクト管理費が含まれています。

(金沢10 清水彰直)

**【質問 3-8-9】 現在、主要な処理方法と問題点**

(質問3-8-1、3-8-2、3-8-3参照)

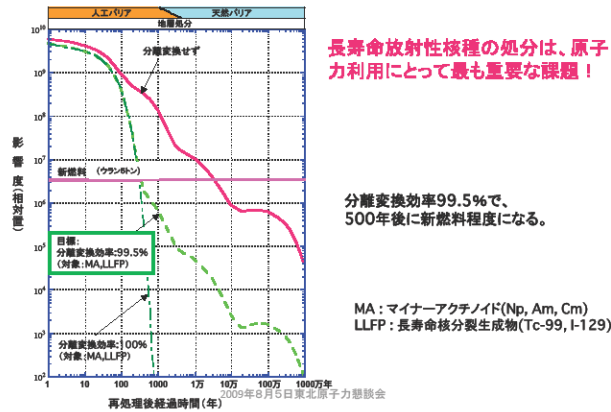
**【質問 3-8-10】 放射性廃棄物が無害になるまでにかかる時間はどのくらいなのか。**

**【回答】**

無害の定義ですが、放射性廃棄物を生み出したウラン新燃料と同程度の放射線影響とします。図は、新燃料5トンが軽水炉で燃やされて、その使用済み燃料の再処理後抽出された高レベル廃棄物の影響度の時間変化を示します。高レベル廃棄物には、半減期が1000年以上の長寿命のマイナーアクチニド核種や核分裂生成物核種が含まれており、これを分離して短寿命化しないでおくと、新燃料と同じレベルになるには、数万年という時間を要します。一方、これらの核種を高速炉や加速器駆動による未臨界のシステムで上記長寿命核種の99.5%を核分裂反応等によって短寿命化した場合、500年後には新燃料と同程度の影響となります。これだと人工バリアが損なわれない期間であり、後世代への責任は軽減できます。

(金沢10 清水彰直)

## 分離変換による長寿命放射性廃棄物減少



【質問 3-8-11】 放射性廃棄物の処理場はどのように選定されるか？

(質問3-8-1、3-8-2、3-8-3参照)

## 9 核不拡散

【質問 3-9-1】 核不拡散はなぜ必要か？

核不拡散をとなえる所が多いが、世界の環境のことを考えると、核を広げた方がいいと思う。確かに悪用されることを想像すると難しいが…。

【回答】 核不拡散とは次のように、核兵器が現保有国以外に広がらないようにすることと言います。(ウイキペディア)

「核拡散防止条約 (Nuclear Non-Proliferation Treaty、略称：NPT) は、核軍縮を目的に、アメリカ合衆国、ロシア、イギリス、フランス、中華人民共和国の 5 カ国以外の核兵器の保有を禁止する条約である。正式名称を核兵器の不拡散に関する条約といい、核不拡散条約とも訳される。」

この条約は1963年に国連で採択されて、1968年に62カ国が調印し1970年に発効し、有効期限の25年後の1995年に見直しされて、無期限の条約となっています。

日本は1976年に批准しました。

この条約は非核保有国に対しては、核を持つこと、関連機器や技術の流出なども禁止していると同時に保有国に対しては、核の廃絶への努力を義務づけています。

問題はインド、パキスタンなどはこれに加わらず核実験をいって核保有国となり、また北朝鮮のように、加盟していてもIAEAの査察を拒否している国が出てくるなど、この条約の有効性を確保する補償措置が機能しなくなっていることであります。また、当時の核保有国5に対しては、核廃絶の努力を求めています、遅々として進まないなどでこの条約の意義が問われています。

ちなみに、日本は原子力は平和利用に限るとして、「持たず、持たせず、持ち込ませず」

と決めて、保証措置を完璧に受け入れており（各発電所には、IAEAの監視カメラがあります）、その為に、非核保有国の中で唯一再処理を認めてもらっています。

インドはこれまで非加盟国でしたが、実質的に、保有国となっていまいました。米国は、議会で相当にもめた末にブッシュ政権ではこれを認めて、インドと原子力効力協定を結んでインドに原子力発電設備を輸出することが出来るようになりましたが、日本は被ばく国でもあり核廃絶を求める立場からも未だにインドとの原子力の関係はうまくいってないようです。

（広島竹原 08 伊藤睦）

**【質問 3-9-2】 原子力発電所が地震やテロの標的となった場合どのように対応するのか？**

**【回答】** 地震に際しても、[質問 3-3-5]に示すような重大事故を生じさせないための対策がとられています。中越沖地震で実証されたように、まず地震自動的に検知して緊急停止した後、冷却し常温の停止状態にします。「止める」「冷やす」「閉じ込める」という機能が的確に機能しました。

原子力発電所等のテロ対策については、2001年9月の米国同時多発テロ事件以降、事業者に対して自主的な警備強化を指示するとともに、特別の警察部隊や海上保安庁の巡視船艇による24時間体制での警備が実施されています。

加えて、我が国の原子力施設への妨害破壊行為等に対する防護水準を国際的に見ても最先端のレベルに引き上げるため、原子炉等規制法が改正され（2005年12月施行）、事業者の防護措置を国が検査する制度や機密情報に関与する者の守秘義務などの措置が導入されています。

ミサイル等の武力攻撃については、まずは外交努力等により対処すべき問題であります。万が一、我が国に対して武力攻撃が行われた場合は、国民保護法に基づき対応がなされます。その際、原子力施設で災害が発生した場合は、内閣総理大臣を本部長とする対策本部が設置され、政府を挙げて、災害に関する情報の収集や分析、災害の拡大防止や応急・復旧のための対策を講じます。

（広島呉 09 石井正則）

**【質問 3-9-3】 核兵器保有国が厳重に管理している筈なのに何故拡散するのか？**

**【回答】** 現在、NPT（核不拡散条約）には190カ国が加盟しており、米、露、英、仏、中の5カ国が「核兵器国」、それ以外は「非核兵器国」とされています。核兵器国は「核兵器国」以外への核兵器の拡散を防止することを義務づけられており、「非核兵器国」は原子力の平和利用は認められているが、その技術が軍事目的に転用されないよう、IAEAの保障措置に係る査察を受け入れなければなりません。そのように決められているのに、核兵器が拡散する主な理由は次の2つです。

1. NPT非加盟の核兵器保有国の存在

NPTは世界のほとんどの国が加盟しているが、加盟は義務付けられていない。現在加盟しておらず、核兵器を保有している（していると信じられている）国はインド、パキスタン、北朝鮮、イスラエルの4カ国である。これらの国は、他国への核兵器の拡散防止も保障措置による査察も義務付けられていない。そのため、パキスタンから北朝鮮

へ核兵器に関する技術が移転されたとの疑惑がある。(カーン博士疑惑)

## 2. 核兵器国の杜撰な核兵器の管理

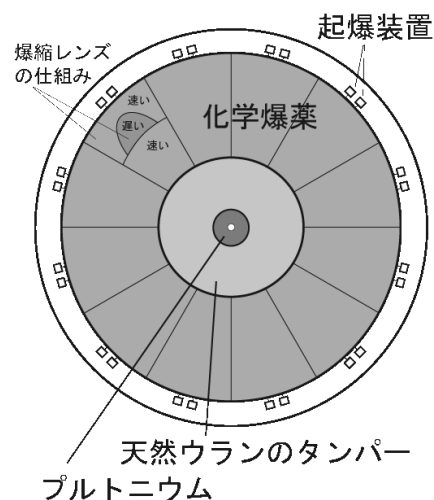
核兵器国は「核兵器国」以外への核兵器の拡散を防止することを義務づけられているが、それが実行されているかどうかについては、IAEAの保障措置の枠外に置かれているので確認できていない。1989年に旧ソビエト連邦が崩壊したあと、経済的な困窮期間が続いて管理がおろそかになり、かなりの核兵器技術が拡散した疑いがある。

(山形 10 松永)

### [質問 3-9-4] 核兵器の原理・解体法は？

[回答] 核兵器は核分裂性物質であるU235またはPu239の球状の金属それぞれ最少重量3kgまたは、2kgからできています。この重量の金属球を分割して爆弾の中心部に置いておき、最外縁部分に火薬(起爆装置)を配置します。この起爆装置に点火すると各金属片は中心部に一瞬にして集まり、臨界に達して核分裂の連鎖反応が瞬間的に進行し爆発します(爆縮)。

核兵器の解体はこの爆弾をバラして中心にあるウラン金属またはプルトニウム金属を取り出し、化学的に処理をしてU238で希釈して、U235の濃縮度が5%以下のウラン酸化物にし、成型加工して軽水炉用ウラン酸化物燃料にするか、U238に対するPu239の混合比率が5%程度の混合酸化物にし、成型加工して軽水炉用MOX燃料にします。



(山形 10 松永)

## 10 放射線の性質と利用(食品や医療、材料開発など)

### [質問 3-10-1] 医療についてやどのくらいの値段なのか知りたい。

[回答] 医療分野では、放射線は診察と治療の両面で活用されています。診察ではX線検査(含むCTスキャン)、シンチグラフィなどがあり、治療では各種ガンに対する放射線治療が普及しています。

通常の診断は、保険適応ですのでCT、MRIでも1-2万円で受けられます。PETは指定されている病気に関係する診断なら保険適用になりますが、がん検診などは、10万円近くかかる場合もあります。

通常のX線治療は保険適用です。強度変調X線治療(IMRT)は、中枢神経、頭頸部、前立腺の原発性腫瘍に限って健康保険の適用になりました。他の治療は保険がきかず先進医療で約90万です。

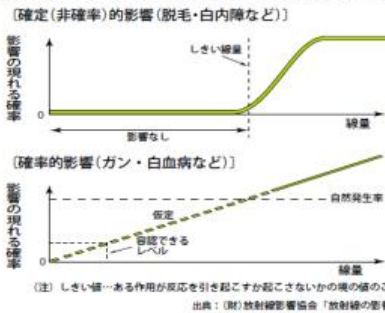
一方、陽子線治療250万から300万、重粒子(炭素線)は320万ぐらいです。先進医療で、健康保険・高額療養費制度は適用されません。但し、臨床試験の対象であれば公費で賄われます(放射線医学総合研究所)。

**[質問 3-10-2]** 放射線の人体への影響を知りたい。

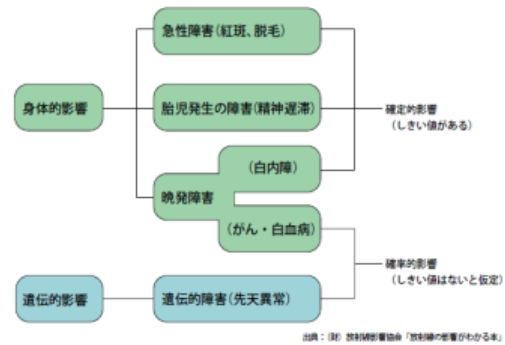
**[回答]** 放射線には、 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線、中性子線、陽子、炭素線などがあり、人体を通過する間に、人体を構成している原子や分子を電離させることによって影響を与えます。放射

**放射線防護の考え方**

確定(非確率)的影響は、しきい線量以下に抑えることで影響をなくす。確率的影響は、できるだけ線量を低くすることで影響を少なくする。



**放射線の人体への影響**

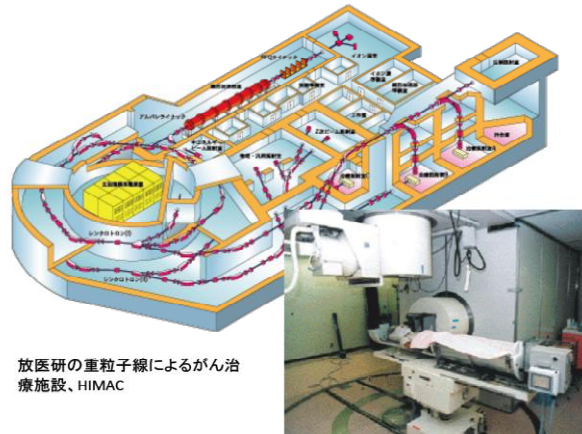
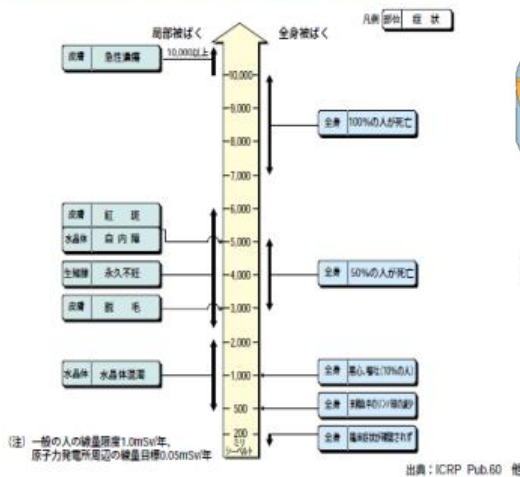


線が人体に与える影響は、受けた放射線の種類や量によって異なります。身体的影響と遺伝的影響があり、詳細は右図に示すとおりです。

放射線防護の考え方には、一定の放射線量(しきい値)以上で影響が現れる確定(非確率)的影響としきい値がないと仮定されている確率的影響があります。後者にはがん、白血病、

遺伝的障害などがありますが、現在、①遺伝的影響は認められていない、②少しの放射線量(一度に100mSv程度)では障害はほとんど確認されていないと、考えられています。

**急性の放射線影響**



また、一度に大量の放射線を全身や局部に受けると、左図のように人体は害を受けることは分かっています。例えば、全身に一度に7,000~10,000mSv

受けると100%の人が死亡しますが、100mSvより低い放射線量では臨床症状は確認されていません。胸や胃のX線集団検診では1回にそれぞれ0.05mSvや0.6mSvの放射線量を受けますが、健康に影響ありません。因みに法令で定められている一般公衆の線量限度は1年間で1mSvです。

医療被曝、特にがん治療においては、X線、陽子線、粒子線(炭素イオン)を用いま

すが、総線量 50-75 Gy を例えば 5Gy/回\*10 回とか数回に分けて照射しています。これは、悪いがん細胞を殺す訳ですから、それなりの線量が必要です。それだけのがん細胞に集中して照射できる方法を採用することが重要です。ポイント照射が可能なホウ素中性子捕捉療法もあります。

(広島県 09 古田富彦、川合 将義)

**【質問 3-10-3】 放射線被ばく生物から奇形が生まれるか？**

**【回答】** 放射線を被ばくしなくても、一般出産の 1000 人に 1～7 人の割合で奇形が起きる頻度があります。医師がきめ細かく診察すれば 4% ぐらいには何らかの異常が生まれながらに発見されることを、まず理解しておいて下さい。

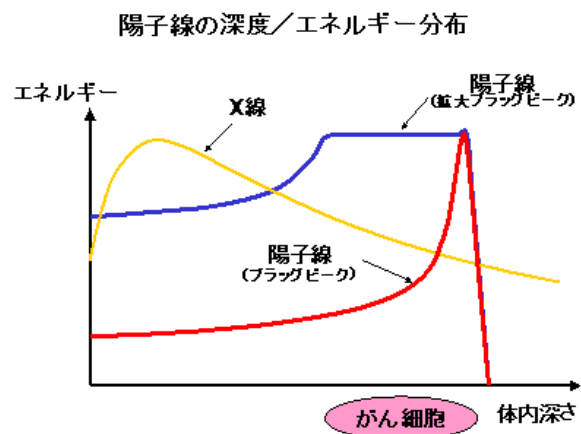
放射線防護の観点での区分けとして確定的影響と確率的影響があります。確定的影響のなかでしきい線量が最も低い、すなわち影響が大きいと考えられるのが胎児への影響です。これには、奇形発生や精神遅滞が症状として挙げられ、妊娠の時期によって影響の現れ方はちがいます。妊娠期間はヒトでは着床前期（着床後 0～8 日）、器官形成期（着床後 9～60 日）、胎児期（着床後 61～270 日）に大きく分けられます。着床前期での被ばくは母体内死亡を誘起し、器官形成期での被ばくでは奇形を誘発します。また、器官形成期、胎児期被ばくでは精神遅滞が起こることがあります。被ばく線量については最も感受性の高い時期（器官形成期）で 0.1 グレイ程度がしきい線量と考えられています。

(山形 10 加藤洋明)

**【質問 3-10-4】 放射線のエネルギー放出について、特に陽子線について知りたい。**

**【回答】** 陽子線は荷電粒子線の一つで、水素の原子核である陽子を加速して得られる放射線で、一定深さで急激にエネルギーを放出し、消滅する（「ブラッグピーク」という X 線にはない物理特性を有しています。陽子線を用いたがん治療（陽子線治療）では、加速エネルギーを変えることにより病巣の深さ、広がりに合わせてピークの幅を変える（「拡大ブラッグピーク」）ことによって、計画的に線量を照射することができます。陽子線治療の特徴をまとめると次のようになります。

- 線量集中性が著しくすぐれている
- 周辺臓器への副作用が極めて少ない
- 痛みを伴わず、臓器の機能や体の形態欠損が少ない
- 社会復帰までの期間が短い
- X 線では治療困難な深部がんも治療可能である



(山形 10 加藤洋明)

**【質問 3-10-5】** 医療だけでなく日常的にも使用できないか。処理方法・安全性？ 放射能の危険な面だけでなく、いかに効果的に働くかを知りたい。

**【回答】** 放射線の医療利用以外の利用について説明します。

(1) 工業利用

- ① 半導体への利用 半導体の加工、半導体製造に不可欠な技術
- ② 放射線加工処理への利用 クラフト重合など
- ③ 医療用具の滅・殺菌への利用
- ④ 計測・検査への利用 工業計測、非破壊検査、非破壊分析など

(2) 農業利用

- ① 食品照射
- ② 害虫の根絶
- ③ X線解析を利用した蛋白質の構造解析
- ④ 品種改良
- ⑤ トレーサーの利用

(3) その他の放射線利用

- ① 年代測定
- ② 環境保全
- ③ 放射光分析、中性子利用分析技術など (山形 10 加藤洋明)

**【質問 3-10-6】** 原子力の農業利用の可能性と問題点

**【回答】** 原子力の農業利用については思い当たりません。放射線の農業への利用については、質問 3-10-5 の解答を参照してください。

(山形 10 加藤洋明)

## 1.1 原子力にかかわる仕事

**【質問 3-11-1】** 原子炉のメンテナンスに最初に入るのはどのような人か？

原子炉のメンテナンス(掃除)をする際、電力会社の人で最初に入るのではなくて、日雇いのような人が中に入るというようなことを聞いたことがあります。事実でなければいいのですが、もし事実ならば問題だと思います。実際はどうなのでしょう？

**【回答】** 事実ではありません。普通の場合と違い、放射線管理区域では、まず電力会社の放射線管理担当者が入りその場所の放射線レベルなどを計測し、そのレベルが、規定値以下であり作業に支障がないことを確認してからでなければ誰も入域は出来せん。

(広島竹原 08 伊藤睦)

**【質問 3-11-2】** 発電以外に原子力に係わる仕事とそれに必要な知識を知りたい。

**【回答】** 原子力にかかわる仕事は他の産業同様に多くあります(電力事業者行以外にメーカー、研究所、燃料サイクル関係、行政関係等)。

また、放射線利用の分野(医療、食品照射)や発電以外のエネルギー利用分野(船、研



究炉関係) などもあります。

必要な知識はその職種で変るが、基本的には一般教養科目（特に理科、歴史、語学類）と原子力の基礎的な知識をしっかりと身につけることです。

（広島竹原 伊藤睦）

**【質問 3-11-3】 原子力発電所で働くには？ 資格などは？**

**【回答】** 原子力発電所での仕事は、技術系では発電所の建設（建設プラントがある場合）、運転と保守に大別できます。これらのどれを担当しようとも、各人の専門技術分野（原子炉工学、物理、電気・情報、機械、化学、金属、材料、など）についての基礎的な技術力があり、かつ、やる気があれば、原子力発電所で十分働くことができると思います。実務に必要な知識や技術については、職場で十分教えてくれるはずです。

必要な資格は、職務に必要な技術がある程度習得していけば、職場から指示されることが多いと思います。実務の勉強をしっかりとしていけば、対応できるのではないかと思います。

（山形 10 加藤洋明）