

よくある質問とその回答 (その 3)

シニアと学生との対話で提起された質問とその回答は、これからの対話にも役立つとの観点から、「よくある質問とその回答」としてまとめられてきた。今回、実施した「対話イン山形 2011」については、質問数が多いため「よくある質問とその回答 (その 3)」としてとりまとめた。すでにある「よくある質問とその回答」及び「よくある質問とその回答 (その 2)」との一貫性をもたせるため、質問 No. はシリーズとし、目次には今までのものを含めてまとめ、「対話イン山形 2011」の質問は**太字**としと回答は**太字**とした。なお、すでにある質問/回答で今回の対話に関係するものは目次/回答を**太字**で再掲した。

((その 3) まとめ 西郷正雄)

いずれも、SNW・HP を参照下さい。

http://wwwsoc.nii.ac.jp/aesj/snw/gakusei_taiwa/list_of%20common_doc.html

目 次

(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。
- [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？
- [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？
- [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り易い？

(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？
- [質問 2-2] リサイクルは地球に優しいか？
- [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？

(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。**
- [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。
- [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？
- [質問 3-1-4] 原子力発電の原理・仕組みは？核反応はどのように生じさせているのか？核燃料交換の方法は？**

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？**
- [質問 3-2-2] 原子炉の解体方法はあるのか？

[質問 3-2-3] 発電以外の原子力の利用法は？

[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？

[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のか？

[質問 3-2-6] 原子力発電は地球温暖化の観点から、どれくらい有効なのか？

[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すすめ
れば、原子力は不要ではないのか？

**[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？**

[質問 3-2-9] 日本はなぜ原子力発電を進めるのか？ ([質問 3-2-8] 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)

[質問 3-2-11] 今後の電力事情はどうなるか？

(電力事情、原発廃止で不足するエネルギーの数値は？ 原発がないと電力供給は滞るか？
原発がないと電力は足りないか？ 原発がなくなったらどうなるか?)

[質問 3-2-12] 原発廃止案については？ 原発のもたらす一番の利益は？ 今でも原発は必要か？

[質問 3-2-13] 原発の必要性とは？ 原発は必要不可欠か？ ([質問 3-2-1]、[質問 3-2-15] 参照)

[質問 3-2-14] なぜ日本は原発を導入したのか？ ([質問 3-2-8]、[質問 3-2-15] 参照)

[質問 3-2-15] 今後、原発はどうなるのか？

(原子力推進すべきと思うが・・・今何が問題か？ 原発は必要と思うが、未来の原発はどうなるのか？
フクシマ事故以降の原子力の行方は？ フクシマ以後のエネルギーはどうなるか？
今でも原発は必要か？ フクシマ以後の原発は？ 原発の必要性とは？ 現在の原発と未来の原発
は何が違うか？ なぜ日本は原発を導入したのか？ 今後も原発を継続するか？ 原発は必要
不可欠か？ なぜそんなリスクをしょってまで使うのか？ 相対的かつ客観的な視点での原子
力に対する考えは?)

[質問 3-2-16] 脱原発についてのどのように考えるか？ (脱原発、日本のとるべき道は？ 世界
の潮流は脱原発だが、原発の必要性は?)

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？

[質問 3-3-2] 原子力発電所の作業は安全か？

[質問 3-3-3] 原子炉事故と対策を知りたい。

[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？

[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。

[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のか？

[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。

[質問 3-3-8] 過去の放射能漏れはどのように処置されたか？ 危険の程度？

[質問 3-3-9] 原子力発電所の周辺住民の声を知りたい。

- [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。
- [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？
- [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？
- [質問 3-3-13] 徹底した安全をめざすために、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？
- [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？
- [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？
- [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？
- [質問 3-3-17] 地震が多い日本で原子力発電は危険なのは。他の、水力や火力発電メインでやっていけばいいと思う。
- [質問 3-3-18] 原子力発電の安全性については？ どの程度が安全と呼べるのか？ 安全性を高くするのは現在の技術で可能か？**
- [質問 3-3-19] 地震、耐震設計について (別添)**
(地震国の原発の安全稼働は可能か？ 既設原発の耐震性強化は？ 地震国における原発の安全対策は？)

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？
- [質問 3-4-2] 日本はなぜ原子力発電に消極的なのか？
- [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？
- [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。
- [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。
- [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？
- [質問 3-4-7] ウラン価格が現在の原子力発電効率の場合どのくらいの価格ならば採算がとれるのか？(ここ 10 年上昇しており、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思われる)
- [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ですか？
- [質問 3-4-12] 世界ではどの種類の原子炉が主流ですか？
- [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？
- [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？
- [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？

【質問 3-4-16】 世界の原発の状況は?

【質問 3-4-17】 福島原発事故後の原発に対する世界の潮流は? イタリアなど脱原発の潮流の実際、日本・世界の原発への視線・将来は?

【質問 3-4-18】 原発の是非に対する各国の判断理由は?

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。

【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な?

【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な?

【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な?

【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な?

【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?

【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?

【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な?

【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な?

【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?

【質問 3-5-11】 原子力発電所は二酸化炭素排出量が少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、メリット及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な」と思うところはないのかな。）

【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な?

【質問 3-5-13】 チェルノブイリ原子力発電所は現在どのような状況なのか?

【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のかな?

(質問 3-8-1, 3-8-2, 3-8-3 参照)

【質問 3-5-15】 放射性廃棄物は再利用可能なのかな? (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な?

【質問 3-5-17】 原子力の環境への影響は? 原子力によってもたらされる環境問題は? 原発の環境への影響は? (質問 3-10-16 参照)

【質問 3-5-18】 原子力は環境問題の答えになっているかな? 原子力発電で炭酸ガスは出ないのかな?

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な?

【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な?

【質問 3-6-3】 原子力と他のエネルギーを比べると、効率、コスト、必要性はどの程度違うのですか? (質問 3-6-1 参照)

【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？

- [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？
- [質問 3-6-6] メンテナンスコスト及びメンテナンスのやり易さはどれくらい違いますか？
- [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？
- [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？
- [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？
- [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] 最近のあまり知られていない新エネルギーはありますか？
- [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？
- [質問 3-6-13] **脱原発は現実的に可能か？代替エネルギーの実現性は？**

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？
- [質問 3-7-2] 核融合の利点、欠点を知りたい。
- [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？
- [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？
- [質問 3-7-5] 低温核融合の理論？実現できるか？
- [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？
- [質問 3-7-7] **期待される新技術は？**
- [質問 3-7-8] **低炭素社会に原子力は不可欠か？**
- [質問 3-7-9] **これからの原子力のあり方は？ 今後の原子力発電はどう扱われるのか？**
- [質問 3-7-10] **原発の小型化は？**

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？
- [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。
- [質問 3-8-3] 放射性廃棄物の処理法とその研究について知りたい。
- [質問 3-8-4] 放射性廃棄物の再利用は可能か？
- [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？
- [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？
- [質問 3-8-8] 放射性廃棄物の処理に掛る費用はどの程度か？
- [質問 3-8-9] 現在、主要な処理方法とその問題点。（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？
- [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ているのか？（質問 3-8-1, 3-8-2,

3-8-3 参照)

[質問 3-8-12] ウラン、プルトニウムをリサイクル燃料として活用できるか?

[質問 3-8-13] 福島原発から放出された放射性物質はどう減少するか? 廃棄物処理の現実的解決は? 放射性廃棄物の出ない原発は可能か?

[質問 3-8-14] 現在までの廃棄物処分状況は?

[質問 3-8-15] 放射性廃棄物処理の仕方、安全性は? 廃棄物の処理と被害?

[質問 3-8-16] 放射性廃棄物処理が困難になっている理由は?

[質問 3-8-17] 使用済み核燃料の処理法は?

9. 核不拡散

[質問 3-9-1] 核不拡散はなぜ必要か?

[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?

[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?

[質問 3-9-4] 核兵器の原理・解体法?

[質問 3-9-5] 非核三原則はどのようにになっているか?

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。

[質問 3-10-2] 放射線の人体への影響を知りたい。

[質問 3-10-3] 放射線被ばく生物から奇形が生まれるか?

[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。

[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? 放射線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。

[質問 3-10-6] 原子力の農業利用の可能性と問題点

[質問 3-10-7] 放射線のメリットとデメリットは? 私の知らない放射線利用は? 医療以外の放射線利用は? ([質問 3-10-2]、[質問 3-10-5] 参照)

[質問 3-10-8] 福島第一原子力発電所の事故に伴う放射能・放射線の人体への影響は?

(放出された放射性物質による人体への影響は? 福島原発の危険度は人体に影響が出る程度なのか?)

[質問 3-10-9] 放射性物質や放射線を取扱う際の注意点は?

[質問 3-10-10] 福島第一原子力発電所の放射線業務従事者の被ばく線量超過問題は? 安全策をとっても浴びるのはなぜ?

[質問 3-10-11] 食品に含まれる放射性物質の半減期、濃度および除去は? 半減期とは物質自体がなくなるのか、濃度が下がるのか? 食品に含まれる放射能は加工で減らせるか?

[質問 3-10-12] 放射線による食品照射と安全性は?

[質問 3-10-13] 放射線に耐性のある生物と遺伝子

[質問 3-10-14] 放射線業務従事者および一般公衆に対する線量限度は? 原子力に係る人が浴びる放射線量は?

[質問 3-10-15] 海洋に汚染水を流しても大丈夫か?

[質問 3-10-16] 放射能がもたらす環境問題への対処法は?

[質問 3-10-17] 放射性物質が空中放出された時の環境への影響は?

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?

[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。

[質問 3-11-3] 原子力発電所で働くには? 資格などは?

[質問 3-11-4] 原子力に係る仕事はどのくらいあるか? 原発以外の原子力関連の仕事は?

(**[質問 3-11-2]** 参照)

[質問 3-11-5] 原子力に関する仕事にはどうしたら就けるか? (**[質問 3-11-3]** 参照)

1 2. 福島情報

[質問 3-12-1] フクシマの現状は、核心に迫った情報は、福島第 I 原子力の現在の真の姿は?

[質問 3-12-2] 福島 浜通りの今後は?

1 3. 安全神話 背景

[質問 3-13-1] 原発の安全神話はどうして生まれたか?

1 4. 第一人者の考え

[質問 3-14-1] 原発の第一人者は今何を考えているか? プロの目を見たフクシマは?

[質問 3-14-2] 相対的かつ客観的な視点での原子力に対する考えは? (**[質問 3-2-15]** 参照)

1 5. 組織、体制等

[質問 3-15-1] 原子力発電の運営 (組織) はどうなっているのか

[質問 3-15-2] 原子力発電の設置時の手順は?

[質問 3-1-4] 原子力発電の原理・仕組みは？核反応はどのように生じさせているのか？核燃料交換の方法は？

[回答]

原子力発電の原理のうち、高温、高圧の蒸気を発生させ、タービンを回し発電機によって電気を発生する仕組みは火力発電所と一緒です。**([質問 3-1-1] 参照)**ここでは原子力発電でどのように蒸気を発生させるかについてお話しします。ウランには核分裂する U235 と(ほとんど)核分裂しない U238 があります。その割合は U235 が 0.7%、U238 が 99.3%ほどです。一般に現在の原子力発電所では U235 の割合を 3~5%に高めて用いています。(このことをウランの濃縮といいます) U235 は中性子によって核分裂を起こしますが、その時発生する中性子のエネルギーは非常に高いのです。(~1 Mev) このエネルギーの高い中性子では U235 はほとんど核分裂しません。このため中性子のエネルギーを小さくする必要があります。そのやり方は中性子と水(H₂O)の、特に水素との衝突により行われるのです。(玉突きの原理を思い出してください。同じ重さの玉が当たれば飛んできた玉は止ってしまい、止まっていた玉はほとんど同じ速さで飛びだします:押し玉)中性子で起きるこの現象を減速といいます。この原理からたくさん水素が減速にかかわり核分裂反応が続けば、水は燃料からエネルギーを受け取り温度が高くなります。軽水炉では、原子炉内に高い圧力をかけて炉内では蒸気を発生させない PWR, 圧力はやや控えめにして原子炉内で蒸気を発生させる BWR の二つの型式があります。このようにして U235 による核分裂が安定して継続できるようにすれば、安定した蒸気発生が期待されますし、この蒸気によってタービンを回し電気を安定して供給できることとなります。核分裂による発生エネルギーは大変大きく、100万 kW 級の発電所を 1 年間運転するのに約 20 t の濃縮したウランで達成することができるのです。ちなみに化石燃料では 100 万トン以上必要になります。

では発電所では実際どうしているのでしょうか？実はある一定量以上の U235 を原子炉の中に核燃料集合体として入れ(装荷するといいます)、もちろん減速材として、また冷却材として水を用います。このままでは核分裂が進んでしまうので、中性子を吸収しやすい B¹⁰(ホウ素)等を制御棒として使い、運転、停止を制御します。このようにして、どのくらいの期間運転するのか、その時どのくらいのウランを用いたらいいのかを決めていくのが、原子力発電所の大きな仕事になるのです。なお運転期間に応じた燃料の装荷量は、ウランがどのように核分裂を起こすか計算評価することにより、またある程度の予定外の事象が起きたりしたことを想定して、その時の運転計画により決めることができます。それにより交換する燃料の本数が決まり、さらに詳細な計算により運転期間に応じた制御棒の引き抜き挿入の計画が作られ、その運転期間を通して安全に、確実に運転できることを確認していきます。

[Pu がウラン燃料内でも燃えていることの説明は、**[質問 3-8-12]** に記載されていますので、図はそちらに移します]

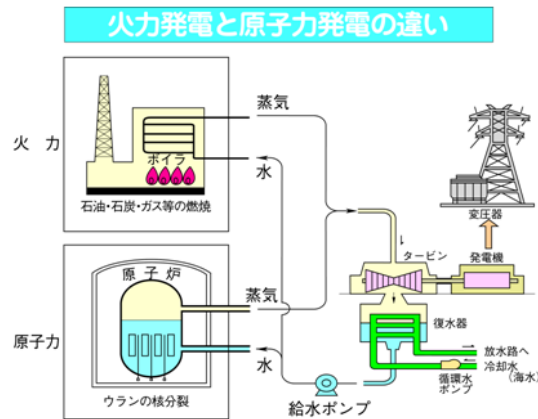
(山形 11 北山一美)

[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。

[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 3-2-11】 今後の電力事情はどうなるか？

(電力事情、原発廃止で不足するエネルギーの数値は？ 原発がないと電力供給は滞るか？
原発がないと電力は足りないか？ 原発がなくなったらどうなるか?)

【回答】

3 月 11 日に発生した大地震と巨大津波による福島原発事故は日本の電力事情に大きな影響を与えている。今後の日本の電力事情（ここ 1～2 年を対象とし、それ以降の未来については次項 **【質問 3-2-12】** に対する回答の中で検討する）は次のように予測される。

1. 今まで総電力の約 30%（年間の総発電電力量約 10 億 KWh のうち約 3 億 kWh）を原子力が分担してきた。しかし、3 月 11 日の時点で定期検査のため停止していた多くの原発は地元自治体の合意が得られず、運転再開の目途が立っていない。また浜岡原発の全ての原子炉は菅総理の強い要請によって運転停止となっている。従って、現在総電力に対する原子力の分担割合は当初の半分以下に落ち込んでおり、最近海江田経産大臣の要請で玄海原発の運転再開の兆しが見えてきたものの、地方自治体や一般人はかなり冷ややかである。また、菅首相が突然ストレステスト実施を運転再開の条件にすると云いだしたりして、運転停止の状態は今年いっぱい続くのではないかと。原発の運転再開の時期は国民の意見と今後の菅政権の政策により決まると考えられる。

2. 当面不足する電力に対する対策は①節電と②火力発電の増加以外には考えられない。太陽光や風力等自然エネルギーをもっと活用すべきではないかと多くの国民が思っているが、それらの発電量は今までやっと 1%（総電力に対する比率）であり、政府や国民がいくら努力しても、ここ数年の間に原子力にとって代わる程の電力量を分担出来るようにはならない。自然エネルギーへの夢を託すことはいいが、それらを多量に活用する場合には、後述するごとく原発とは別の課題が想定され、簡単には解決し得ないと考えられる。

3. ①節電については、政府は 7 月 1 日付けで「電力使用制限令」を発動し、東京及び東北電力管内の大口需要家に対してピーク時使用電力の昨夏比 15% 削減を義務付け、違反の場合は罰金を

科すとしており、一般家庭に対しても 15%節電を呼び掛けている。福島原発事故とその後の計画停電の体験から、各家庭での節電はある程度達成出来よう。しかし、大口需要家である企業がどこまで節電に耐えられるかが課題であり、安い電力を自由に使えない期間が長引く場合、活動の基地を海外に求める企業が増えるのではないかと考えられ、その場合には所謂「空洞化」現象が発生し、景気が落ち込み国の経済が破たんしかねない。

4. ②火力発電の増加については、発電コストの上昇を考慮しなければ、割合容易に達成できると考えられる。燃料費の増加と地球温暖化対応のため、過去稼働中の火力発電所を停止させて原発にシフトする傾向が続いていたが、安全性や技術的に問題があったから止めたのではないので、ある程度の準備期間（石油や LNG の調達、点検等）を必要とはするが、停止中の火力発電所を稼働させればよい。ただし、燃料コストの上昇は結局電力料金に上乗せされ、各家庭が負担しなければならないことになる。

5. 以上をまとめると、当面（今年一杯か?）は原発が停止し、代わりに火力発電所を稼働させたり、国民に節電を呼び掛けたりして凌ぐであろうが、電気料金は上昇しよう。しかし、国内の景気の低迷から原発の必要性があらためて国民に理解され、年末又は年明けから福島原発を除き運転再開せざるを得ない状況になると予測される。

(山形 11 若杉和彦)

【質問 3-2-12】 原発廃止案については？ 原発のもたらす一番の利益は？ 今でも原発は必要か？

【回答】

1. 福島原発事故の影響で原発の存続が問われている。しかし、原発廃止は現代の社会生活に多大な影響を与えるので、単なる反原子力感情を乗り越えて、定量的にその影響を考察しなければならない。最近日本学術会議が原発の撤退から現状維持・推進までの 6 つの政策の選択肢ごとに電気料金の負担額を下表のように試算している（7 月 3 日付け読売新聞）。これは標準家庭の電気料金 1 ヶ月約 6,000 円に対する負担の増加を示したものであり、表から分かる通り、原発撤退（廃止）の場合には 2030 年時に 2,121 円（35%up）ないし 1,748 円（29%up）の負担増加になるが、現状維持の場合には 372 円（0.06%up）、原発推進の場合には 13 円（0.002%up）として、ほぼ現状の電気料金が維持されるとしている。このように原発廃止による一般家庭への経済的影響が大きいのが、企業と日本経済への影響も大きい。例えば日本エネルギー経済研究所の十市勉氏は「電気料金が上がれば、企業は電気料金の安い海外に工場を移転し、雇用の危機につながる。単純に全原発を停止すればいいという考えは問題だ」としている。

2. 少なくともここ数年に原発から撤退することの困難さを前項 **【質問 3-2-11】** で述べたが、それでは 30 年後あるいは 50 年後に原発廃止が可能かどうかについて考えてみる。まず太陽光や風力による発電が原子力や火力にとって代われるかであるが、これを達成するためには多くの課題が存在する。例えば、太陽光の発電パネルや風車を設置出来る多くの土地（あるいは面積）があるか、日照時間以外に備えて安価なバッテリーを大量に供給出来るか、生まれた電力を電力網に入れてコントロールするスマートグリッド・システムが、タイムリーに且つ経済的に開発できるか等の課題である。次に核融合による発電や水素を使った燃料電池等が考えられるが、これらも他の項で述べるとおり、一般社会で活用されるためには多くの課題を解決しなければならない。一般に新しい技術を生活に活用することを人々はとかく簡単に考えがちだが、商品化や実用化の段階に伴って不都合さや不安全性が数多く発見された過去の経験を忘れてはならない。

3. 原発廃止論の中には、電気を使わずに（使用量を減らして）30 年又は 40 年前の生活に戻ってはどうか、あるいは使用電力を減らした状態で今の生活とは違うが昔の生活とも違う新たな生活様式にはならないかとの意見もあり得る。この意見は我々の現代の生き様や文明論まで発展するので、ここでは詳しく触れないが、単に感覚的な意見に留まっては空想の域にしかないので、具体的な提案がなければならない。また、今は国際的な交流と産業の競合があるので、一国だけ仙人のような生活様式を望んでも通用しない。いずれにしても、このような議論はこれからの世代を生き抜く若者達に任せたい。

(山形 11 若杉和彦)

標準家庭の 1 ヶ月の電気料金の値上げ幅（試算）

(▲は値下げ幅)

政策	選択肢	2016 年	2020 年	2030 年
原発撤退 (再生可能 エネルギー に移行)	①速やか（来夏まで）に全原発を停止	752 円	1,717 円	2,121 円
	②5 年間で全原発を計画的に停止	763 円	1,729 円	2,121 円
	③2030 年までに全原発を計画的に停止	278 円	719 円	2,118 円
	④2040 年までに、寿命に達した原発から順次停止	278 円	659 円	1,748 円
現状維持	⑤寿命に達した原子炉の設備を更新し、現状の原子力発電の規模は維持	▲120 円	▲177 円	372 円
原発推進	⑥2030 年までに全発電量の 50%程度までに、原子力発電を拡大	▲125 円	▲186 円	13 円

[質問 3-2-13] 原発の必要性とは？ 原発は必要不可欠か？

[質問 3-2-1]、[質問 3-2-15] を参照されたい。

[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もっていますが、エネルギ

一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 3-2-14] なぜ日本は原発を導入したのか?

[質問 3-2-8]、 [質問 3-2-15] を参照されたい。

[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發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 CO2 増大は地球の温暖化を招いており、今後 CO2 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 CO2 の排出量が多く、CO2 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、CO2 排出の少ないエネルギー源の利用が必要となっている。CO2 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、設備容量は電力系統の 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 CO₂ 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 (2010 年) 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 斎藤修)

[質問 3-2-15] 今後、原発はどうなるのか?

(原子力推進すべきと思うが・・・今何が問題か? 原発は必要と思うが、未来の原発はどうなるのか? フクシマ事故以降の原子力の行方は? フクシマ以後のエネルギーはどうなるのか? 今でも原発は必要か? フクシマ以後の原発は? 原発の必要性とは? 現在の原発と未来の原発は何が違うか? なぜ日本は原発を導入したのか? 今後も原発を継続するか? 原発は必要不可欠か? なぜそんなリスクをしょってまで使うのか? 相対的かつ客観的な視点での原子力に対する考えは?)

[回答]

「今後の原発はどうなるか」—あるいは「どうするか」—これは、皆さんをはじめ国民が決めることです。しかし、その前提としてエネルギー資源を取り巻く現状と将来を正しく認識した上で決めて欲しいのです。

エネルギー供給に求められる 3 条件は、①安定的な供給 ②地球環境との調和—地球温暖化をもたらしさないこと ③経済合理性 です。

現状では、日本を含め世界全体では、エネルギーの 80%以上は石炭、石油、天然ガスの化石燃料に依存しています。これらは、その利用に伴い温暖化ガスである CO₂ を大量に排出します。また、石油の生産はピークを過ぎ、あと 40 年程度で枯渇すると言われていて、天然ガスも約 60 年、石炭も無限ではありません。さらに、日本は、世界第一級の資源小国で、エネルギー自給率は僅か 4%です。

このような状況で、1973 年に第一次、1978 年に第二次石油ショックに遭いました。その頃の日本は、エネルギー全体の 70%を輸入の石油に依存していたのです。そこで、石油の使用量を可能な限り減らすこととし、原子力発電の導入に力を注いできたのです。天然ガスも導入し、エネルギ

一利用に占める石油の割合をようやく 50%以下に減らしてきたのです。また、石油の輸入先は、ほとんど政治的に不安定な中東で、いつ輸入が止まるかも心配です。さらに、中国、インドなどの巨大新興国が懸命に世界の化石燃料資源を買い漁っています。

このような状況下で、日本は原子力発電を進め、全発電電力量の約 30%を賄うところまで来ました。福島原発事故発生前の昨年策定された「エネルギー基本計画」では、2030 年までに、あと 14 基の原子力発電所を建設し、発電電力量の約 50%を賄い、CO₂排出量も 50%減らそうと計画していたところです。

そこに今回のあつてはならない事故が発生してしまったのです。

日本には、今回事故を起こした福島第一原子力発電所の 1～4 号機を含め 54 基の原子力発電プラントがありますが、現在、そのうち 19 基しか動いていません。それは、最長 13 カ月に 1 回原子炉を止めた定期検査が義務付けられており、この定期検査が終了しても運転再開について地元の了解が得られないためです。東日本では、火力発電所も地震で被災し止まっていますが、徐々に復帰してきています。それでも、15%の節電を呼び掛け、万一の場合は停電も余儀なくされます。

一方、太陽光や風力発電に置き換えれば解決出来るようなことが言われていますが、確かに、CO₂を排出しない点では前述の 3 条件の一つは満たします。しかし、これらは、エネルギー密度が低く、同じ発電電力量を生み出すのに必要とする敷地面積は、原子力発電と比較して太陽光発電では約 100 倍、風力発電では約 400 倍の面積となります。また、太陽光発電は夜間や雨の日は発電出来ませんし、風力発電は少なくとも 2～3m/秒の風が無ければ役に立ちません。このために、火力発電のバックアップを必要とします。年間の稼働率としては、前者は 12%、後者は 20%と言われています。このため、現在では、両者併せて全発電電力量に占める割合は、0.3～0.4%です。発電価格も原子力が 5～6 円/k Wh に対し、太陽光は 43～49 円/k Wh、風力は 10～14 円/k Wh と極めて高くなります。また、何時発電出来るか分からない電力は送電系統にトラブルをもたらします。無論、これらを解決するために大容量の蓄電池の開発とかスマートグリッドの導入等が考えられていますが、実用化までには相当な期間を要します。また、量的に原子力発電の分を埋め合わせるためには、太陽光、風力発電を現在の 100 倍としなければなりません。これは、到底不可能な数字です。さらに、地勢的な条件も考えて置く必要があるでしょう。欧州は送電線網が各国を繋いで張り巡らされていますので、原子力発電大国のフランスからドイツ、イタリア、イギリスでも電力をいつでも買うことができるのですが、日本は島国ですから他国から電力を必要な時に買うことは出来ません。

このような事実関係、バックグラウンドと原子力は福島で未曾有の事故を起こし信頼出来る再発防止対策は構築出来るのかを念頭において考えるべきでしょう。

まず、原子力安全の再構築ですが、事故直後、原子力安全・保安院は各原子力発電所に福島と同様な状態になっても「原子炉と使用済燃料ピットの継続的な冷却を行うことにより燃料の破損を防止出来る」ようにすることを求めています。これについては、高圧発電機車の配置（電源の確保）、給水源への水補給（仮設ポンプ・ホース配備）、重要機器エリアの水密性向上等を実施するとともに、各種訓練により速やかに対応する対策をとり、保安院もその妥当性を確認しています。今回の事故の反省点としては、外部電源、非常用電源とも多重性は備えていたものの、最後の砦となるべ

き非常用のディーゼル発電機は同じものを同じ場所に設置していたため同時に浸水し機能喪失に至ったのです。これを解決するためには、多重性のみではなく、設置場所も含めて多様性を要求すべきであったのです。この前提に立てば、とりあえず、既存の原子炉で定期検査を終了したものは運転再開を認めても良いと思われまます。

そして、さらに福島事故のような地震、津波による原子炉の過酷事故以外に原子炉に危機的な状態をもたらす事象はないか徹底的に分析し直し、どのような事象が発生しても地域住民に放射線被曝をもたらすような迷惑をかけないことが確信の持てる原子炉施設—無論、このためには、必要に応じて設計変更、設備の追加等も含む—を提示出来るかでしょう。この議論では、確率論的安全評価を取り入れ、すなわち、例えば、100 万年に 1 回、1 億年に 1 回ならば、どの程度までの放射能の漏れは許容しても良い（安全目標）と言うようなこともあるかも知れません。これも社会、国民が受け入れるかです。

上記のような点を熟慮すると、いくつかのケースが見えてくると思います。

1. 福島第一原子力発電所の 1～4 号機は使用不能。他の原子力発電所も地元の県や市町村が定期検査後速やかに運転に入ることを認めなければ、原子力は全発電電力量の 30%を担うのは不可能である。この量を自然エネルギーで埋め合わせることも不可能である。節電、省エネにも限界があり、一般国民が我慢するとしても、産業は停滞し、企業は海外へ工場を移転し国内雇用は衰退していく。

① これを受け入れる。

② これを避けるために、CO₂排出量は増えても、火力発電所を増設する。化石燃料の中でも CO₂排出量の一番低い天然ガスが望ましい。

2. 中長期的には、

① 原子力発電を全廃し、再生可能エネルギーを可能な限り導入する。

しかし、この場合は、上述のように導入限度があり、国民に高負担を強いるとともに、産業の空洞化、雇用の衰退は同様であり、慎ましやかな小国を目指す。

② より高度に安全な原子力発電所を完成させ、原子力発電を復活させる。資源の枯渇、価格高騰となる化石燃料による発電も減らし、原子力発電を一層充実させる。

この場合は、産業の空洞化、雇用の衰退は避けられる。原子力発電プラントの海外輸出も一つの産業として成長する。

火力発電所における CO₂ 捕集・地下貯蔵技術の開発等もあり、すべてを言い尽くせていませんが、上記を参考に熟考、議論をして戴ければ良いと思います。

(山形 11 齋藤伸三)

[質問 3-2-16] 脱原発についてのどのように考えるか？(脱原発、日本のとるべき道は？ 世界の潮流は脱原発だが、原発の必要性は?)

[回答]

まず、「脱原発で、日本のとるべき道」は、**[質問 3-2-15]**で述べた通りで、再生可能エネルギーで、これまでの原子力発電による発電電力量を満たすことは到底出来ません。したがって、これまでの産業力を維持するのであれば、地球温暖化対策などは考えずに化石燃料を一層輸入し、火力発電所を増設することです。しかし、この場合、今後、化石燃料価格は上昇の一途を辿るのでしょうか

ら、国際社会の中で厳しい戦いになるでしょう。もう一つの選択肢は、上述の慎ましやかな小国となることです。

次に、「世界の潮流は脱原発」ですが、これは大きな誤解で、確かに、今回の福島事故で各国とも大きな衝撃を受け安全性の再点検等を行っていますが、脱原発の方向を明確に打ち出したのはドイツ、スイス、イタリアの 3 カ国で、フランス、米国、イギリス、中国、ロシア、インド等他の国は原子力発電推進の方針を全く変えていません。さらに、イタリアは、チェルノブイリ原発事故をきっかけに脱原発政策をとり、最近、やはり、見直そうとした矢先で、実際に原発を止めた訳でもなく、大変矛盾しているのですが、ドイツとともに原発大国のフランスから電気を購入しているのです。

一方、原子力発電推進国は、エネルギー供給に求められる 3 条件 ①安定的な供給 ②地球環境との調和—地球温暖化をもたらさないこと ③経済合理性 から判断して原子力発電の必要性を認識しているのです。

(山形 11 齋藤伸三)

[質問 3-3-18] 原子力発電の安全性については?

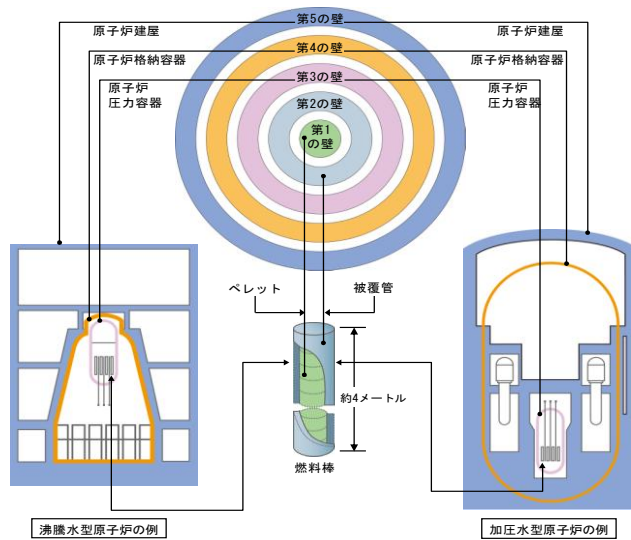
[回答]

原子力発電の安全性についていろいろなご質問がされています。ここで一度原子力発電の安全性について考え方をまとめておいてみましょう。

原子力発電の安全性は一般の工場や交通事故における安全とは少し違った観点をいいます。一般の工場や交通事故で起きる怪我、または死亡事故、火災というのは原子力発電所に限って起こることではありません。もちろん原子力発電所も一般の工場や交通事故で起きるような事故を防ぐという意味の「安全を確保する、守る」といったことは当然おこなわれていますし、一般社会と同様に厳格に実施されています。では原子力発電所という安全性とは何を言うのでしょうか？実は原子力発電所に特有の放射線による人体に与える影響に関する安全性を言います。このためにはどのようなことが考えられ、行われているのかを少し考えてみましょう。

放射線の影響そのものを説明しだすととても長くなりますので、それは**[質問 3-10-2]** などを見ていただくとして、ここでは前に述べた意味の原子力発電の安全性に絞って考えてみます。原子力発電所で放射性物質はどこまでできるのでしょうか？原子炉の中、特に原子燃料中の核分裂反応によってできるのです。もちろん原子炉中の水の放射化等によってもできますが、大半は原子燃料中にあるとっていいと思います。従って放射線による人体に与える影響を小さくするためには、この放射性物質をできるだけ燃料中に閉じ込めておくことが重要になります。これを実現するため、設計、運転といった様々な時点で工夫を凝らしています。そもそも設計では何を考えているのでしょうか？放射性物質は燃料中に閉じ込めておくことが基本ですが、何らかの原因で燃料から出てきた場合別の閉じ込めを考えておきます。このような閉じ込めを何重にも準備しておくことが有効です。このような考え方を多重バリア（多重の壁、多重の閉じ込め）といいます。

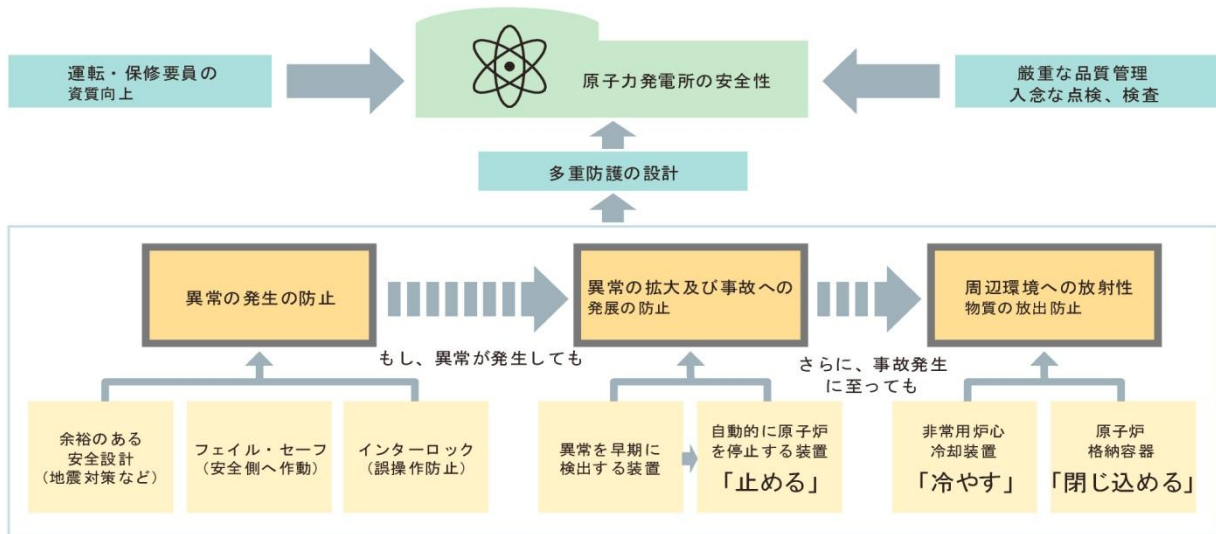
放射能を閉じ込める5重の壁



5-10

ではこのような閉じ込めはバリアだけ準備しておけばいいのでしょうか？実はバリアが十分機能するためにはバリア機能を守るものが必要です。それは为什么呢？下の図に示すように様々な工夫がされているのです。

安全確保のしくみ



5-12

出典：資源エネルギー庁「原子力2010」他

放射性物質を人体に影響ないように①事故や異常事態を起こさせないこと②大きな事故に波及させないこと③事故になっても放射性物質をできるだけ閉じ込めること といった工学的な工夫をしますが、これを深層防護(または多重防護といいます;多重バリアとは意味が少し違います、注意!)の考えといいます。それぞれの段階に用いる代表的な方法を図では示しています。このうち安全に直接的に結びつくものは「止める」「冷やす」「閉じ込める」という概念です。深層防護の各レベルの中では冗長性、(複数の系統を持つ)多様性(異なる原理による)等様々な工夫がされています。これらの工夫が、実はそれぞれの「バリア」とその「バリアを守るもの」の組み合わせなのです。例えば「止める」という重要な機能には制御棒を挿入するといった本来の機能のほか、冷却材中にホウ素を注入する(濃度を高めることもあります)という工夫をします。また当然これによって燃料からの放射性物質の放出を防ぐことになるのです。これは燃料ペレットや被覆管の放射性物質を閉じ込める機能を守っていると言ってよいのです。このように一つの閉じ込めを実現するのに「守るもの」を複数準備し、いくつかの原理の異なるやり方を設計時点で準備しておくのです。通常事故は運転中に発生しますので、そのようなとき原子力発電所の運転員の責任は非常に重く【質問 3-15-1】に示したように十分に責任を持った役割を果たすことのできるよう準備しておくこととなります。

このような様々な工夫をして十分な安全性を確保している原子力発電所ですが、これらの工夫が十分発揮できない時どうするのか?という疑問が起きると思います。このような場合、あらかじめこれをすればよいと一通りに決めておけないことがあります。なぜかというとなんげな工夫を潜り抜けた現象は、あらかじめ想像できない事象になっていることがあるからです。そのときでも何らかの工夫をしておくことが大切になります。先ほど述べた深層防護は実は次の深さに、想像できない事象に発展しても何とかして事態を収束させようという考え方があるのです。それをアクシデントマネージメント(Accident Management: AMと略します)といいます。現在あるシステムをフル活動し、さらに若干の機能追加をすることと、運転員の持つ様々な知識・知見に基づいて収束を達成する本当の非常時に用いる手順書があります。私は今後の原子力発電所の安全性をより高めるには、同じ原因で複数の機能が同時に喪失することを防ぐこと、AMの重要性を認識し一層の充実に努めることだと考えています。

皆さんのご意見にもあったように「今後の一層の安全」、「安全性を高くできるのか?」「その工夫はあるのか」という質問に簡単にこたえることは難しいのですが、私の回答の重要なポイントになると思っています。今回の福島第一原発の事故から学ぶ点は非常に大きく、まず事態が収束してから最初にすべきことは何か、何故、どのようにして起きたのか、そしてそれを防げなかったのは何故かもっとも真剣に検証し、その結果に基づいて必要な対策を確実にしていく姿勢が重要であると思います。それらの対策は現在の技術でできないはずはないと思いますが、必要なら十分な資金のときちんとした研究を進めていけば、現在の原子力発電所の安全性をより高めていくことは可能であると考えています。またこれは日本が世界に伝える最も重要な事柄の一つであると思っています。

(山形 11 北山一美)

【質問 3-3-19】 地震、耐震設計について

(地震国の原発の安全稼働は可能か? 既設原発の耐震性強化は? 地震国における原発の安全対策は?)

本件については、容量が大きいために、別添に示します。

(山形 11 北山一美)

[質問 3-4-16] 世界の原発の状況は?

[回答]

(社)日本原子力産業協会の2011年1月1日付け調査によれば、世界の原子力発電所は436基・3億9,220.3万kWになった。

原発の開発は、1990年のチェルノブイリ事故以降、米国、ドイツ、イタリアなど原発先進国での開発が途絶えていたが、最近の地球温暖化の問題を契機にして、欧米諸国では原子力発電所の新規建設や既存炉の寿命延長など、原子力の役割を重視する具体的な動きが展開されてきた。一方、中国、インド、ベトナムなどアジア諸国を中心に原子力導入あるいは開発規模の拡大気運が大きな高まりを見せている。そして、2010年中は世界各地で開発拡大気運が高まり、原子カルネッサンスとも呼ばれる。

そのような中で2011年3月11日に発生した福島第一原子力発電所事故による世界各国への影響は大きく、それぞれの事情により異なる方向に向かいつつある。

原発の運転再開を取りやめたイタリア、2022年までに止めるというドイツ、供用期間を終えた原発は閉鎖するというスイスの脱原発が確定する一方、国際原子力機関 (IAEA) やG8 を中心に原子力安全の見直しが検討されており、今後の世界の原子力開発動向を見極めるには、もう少し時間がかかると思われる。以下は、福島原発事故以前の状況を説明する。

以下に世界の原子力発電の開発状況を示す。2011年1月1日現在、世界30ヶ国・地域で運転中の原子力発電所は436基、3億9,220万3,000kW (前回調査: 432基、3億8,915万6,000kW) となり、4基、304万7,000kW分の増加となった。新規に営業運転を開始したのは、拡大傾向著しいインドと中国、およびロシアの合計5基。一方、フランスの高速増殖原型炉であるフェニックス炉が2010年2月1日付けで正式に閉鎖された。運転中の原子炉は、米国が最大で104基1524万kW、EUの電力を支えるフランスが58基、6588万kW、日本は3位の54基 (福島第一原発4基を含む)、4884万kW、次いでロシア、ドイツ、韓国、ウクライナ、カナダ、英国、中国の順である。また、建設中と計画中の原発については、中国の53基が群を抜いて多く、次いで、ロシアの24基、日本の15基(もんじゅ含む)、インドの12基、米国9基、韓国8基が続く。既に数基を有する東欧諸国1、2基の新設計画に対して、アラブ首長国連邦、トルコ、インドネシア、ベトナム等の中近東やアジア地域の新規建設計画が目立つ。

一方、この表にはないが、英国では、2007年に原子力の新規開発をバックアップして行くことに方針変更した。具体的な建設は、フランスのEDFなどが行う予定で、EPR4基の建設が計画されている。スイスも2008年に電力会社が2基の新設を申請している。

イタリアは、国内のエネルギー資源が乏しいことから、原子力発電開発に比較的早く取り組んだ。1950年代後半にラティナ (GCR)、ガリリアーノ (BWR)、トリノ・ベルチェレッセ (PWR) の3基が発注され、1965年までに営業運転を開始した。二度のオイルショックを契機に1975年には第1次国家エネルギー計画が策定され、1985年までに原子力発電所を10地点で合計2,000万kW建

設するなど原子力開発に重点を置いた政策が打ち出された。1981年には、4基目となるカオルソ（BWR）が営業運転を開始した。その後、原子力反対運動や1986年のチェルノブイリ事故の影響を受け、1987年11月に原子力発電所の建設・運転に関する法律の廃止を求めた国民投票が行われた。その結果、1990年までに全4基および燃料加工やサイクル関連の施設を閉鎖した。2003年6月、猛暑による需要増、渇水による水力発電供給量の減少で供給不足となり、ついには全国的な輪番停電が発生。同9月28日、ほぼ全土が停電、電力供給体制の脆弱性が露呈した。原子力から完全撤退したイタリアは2004年7月、「エネルギー政策再編成法（マルツァーノ法）」が成立。イタリア電力公社（ENEL）はイタリアへの電力供給を目的としたスロバキア、ルーマニアなど諸外国の原子力発電所への投資を選択した。また、2008年5月にベッルスコーに政権が脱原子力政策を転換し、原子力発電所の建設を5年以内に始めると宣言し、その是非を問うための国民投票を2011年4月に行う事が提案された。福島第1原発事故の後になる6月に原発再開の国民投票が行われて、それが秘訣された。

東欧や中欧でも開発計画が目白押しである。これらの国の原子炉建設は、チェルノブイリ事故で停止していたが、EU加盟を果たして経済発展が進み、旺盛な電力需要に応えるように建設が再開し、あるいは新規建設が計画されている。例えば、建設工事再開したものには、スロバキアの2基、ブルガリアの2基があり、準備段階のものが、チェコの2基、ルーマニアの2基があり、ハンガリー、リトアニア、ポーランドで計画されている。

次いで、世界の運転中原子力発電所の設備容量の推移と主要国の平均稼働率を示す。日本が低いのは、中越地震による柏崎原発の運転停止と13ヶ月ごとの定期点検による停止期間（2～3カ月）が長い事による。

(山形 11 川合将義)

世界の原子力発電開発の現状 Generating Capacity of Nuclear Power Plants in the World

2011年1月1日現在、(万kW、グロス電気出力)
As of January 1, 2011 (10MWe, Gross Output)

国・地域	運転中 In Operation		建設中 Under Construction		計画中 Planned		合計 Total		Country Region
	出力 Output	基数 Units	出力 Output	基数 Units	出力 Output	基数 Units	出力 Output	基数 Units	
1 米国	10,524.4	104	120.0	1	940.0	8	11,584.4	113	U.S.A.
2 フランス	6,588.0	58	163.0	1			6,751.0	59	France
3 日本*	4,884.7	54	442.1	4	1,516.7	11	6,843.5	69	Japan*
4 ロシア	2,419.4	28	1,002.8	11	1,544.4	13	4,966.6	52	Russia
5 ドイツ	2,151.7	17					2,151.7	17	Germany
6 韓国	1,771.6	20	680.0	6	280.0	2	2,731.6	28	Korea
7 ウクライナ	1,381.8	15	200.0	2			1,581.8	17	Ukraine
8 カナダ	1,323.1	18					1,323.1	18	Canada
9 英国	1,195.2	19					1,195.2	19	United Kingdom
10 中国	1,084.8	13	3,324.2	30	2,566.2	23	6,975.2	66	China
11 スウェーデン	939.4	10					939.4	10	Sweden
12 スペイン	772.7	8					772.7	8	Spain
13 ベルギー	619.4	7					619.4	7	Belgium
14 台湾	519.7	6	270.0	2			789.7	8	Taiwan
15 インド	456.0	19	552.0	8	530.0	4	1,538.0	31	India
16 チェコ	396.6	6			200.0	2	596.6	8	Czech
17 スイス	340.5	5					340.5	5	Switzerland
18 フィンランド	282.0	4	172.0	1			454.0	5	Finland
19 ブラジル	200.7	2	140.5	1			341.2	3	Brazil
20 ブルガリア	200.0	2			200.0	2	400.0	4	Bulgaria
21 ハンガリー	200.0	4					200.0	4	Hungary
22 スロバキア	192.0	4	88.0	2			280.0	6	Slovakia
23 南アフリカ	188.0	2			N/A	1	188.0	3	South Africa
24 ルーマニア	141.0	2	211.8	3			352.8	5	Romania
25 メキシコ	136.4	2					136.4	2	Mexico
26 アルゼンチン	100.5	2	74.5	1			175.0	3	Argentina
27 スロベニア	72.7	1					72.7	1	Slovenia
28 オランダ	51.0	1					51.0	1	Netherlands
29 パキスタン	46.2	2	32.5	1	68.0	2	146.7	5	Pakistan
30 アルメニア	40.8	1					40.8	1	Armenia
31 イラン			100.0	1	36.0	1	136.0	2	Iran
32 アラブ首長国連邦					560.0	4	560.0	4	UAE
33 トルコ					480.0	4	480.0	4	Turkey
34 インドネシア					400.0	4	400.0	4	Indonesia
35 ベトナム					400.0	4	400.0	4	Vietnam
36 エジプト					187.2	2	187.2	2	Egypt
37 イスラエル					66.4	1	66.4	1	Israel
38 カザフスタン					N/A	1	N/A	1	Kazakhstan
39 リトアニア					N/A	1	N/A	1	Lithuania
40 ヨルダン					N/A	1	N/A	1	Jordan
合 計 ()内は前年値	39,220.3 (38,915.6)	436 (432)	7,573.4 (6,513.8)	75 (66)	9,974.9 (7,460.5)	91 (74)	56,768.6 (52,889.9)	602 (572)	Total (previous year)

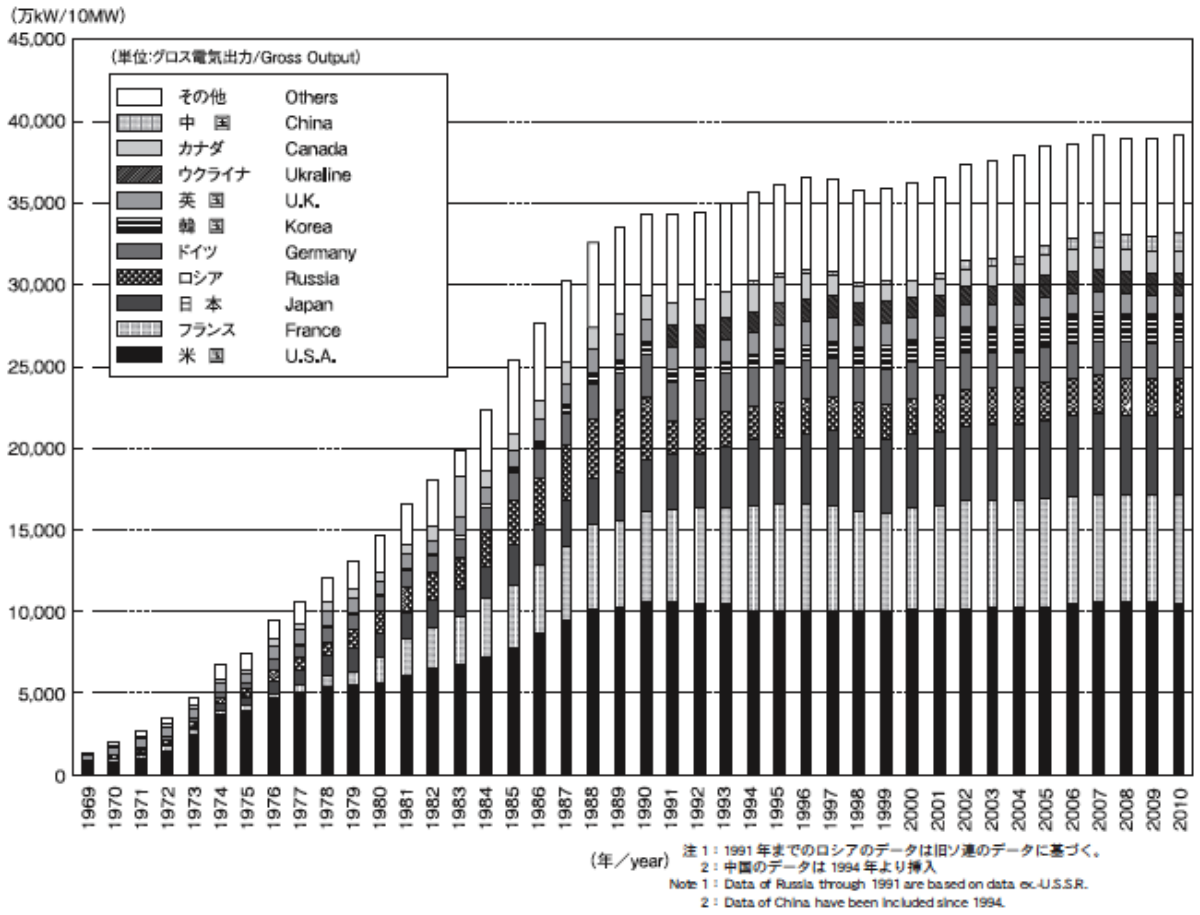
* 2011.3.11 東日本大震災の影響により運転中の4基が損傷。

* 日本については、2011年3月31日現在のデータ

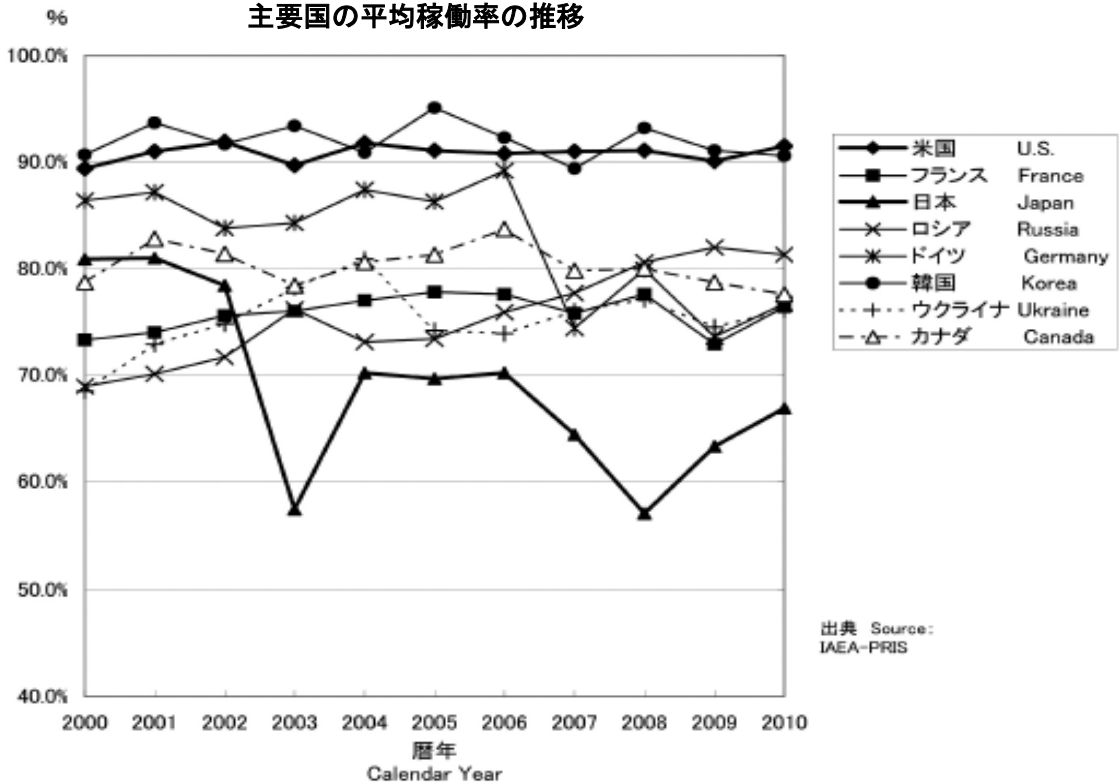
4 units in operation are damaged by the Tohoku region Pacific coast earthquake on Mar. 11, 2011. Japanese figures dated 2011.3.31.

N/A; Not Available (The output is unknown. 出力不明)

世界の運転中原子力発電所の設備容量推移



主要国の平均稼働率の推移



[質問 3-4-17] 福島原発事故後の原発に対する世界の潮流は？ イタリアなど脱原発の潮流の実際、日本・世界の原発への視線・将来は？

[回答]

現在、世界で運転中の原子炉は 436 基あり、第 1 位の米国に 104 基、第 2 位フランスに 58 基、第 3 位日本の 54 基（この度の第 1 原発事故でこのうち 4 基廃炉に決定）、第 4 位ロシア 28 基、第 5 位ドイツ 17 基、以下韓国、ウクライナ、カナダ、英国、中国の順である。そして、地球温暖化の問題を受けて低炭素化の手段として原発の開発計画が多くの国で掲げられた。しかし、3 月 11 日の福島第 1 原発事故の後、原子炉の安全性の見直しを行う一方、政策的に原発に関する将来的指針を決められている。すなわち、西側諸国でも米国、フランス、イギリスは諸々の事情を考慮した上での原発継続をすでに決定している。脱・脱原発に転換したスウェーデンもその政策が継続されている。これに対し、イタリア、ドイツ、オーストリア、デンマーク、スイス、オランダ、ギリシャ、およびユーゴスラビアの各国は、将来的な原発廃止と、現状規模の縮小という方向を選択している。また、経済発展が目覚ましく、今後高い電力需要が予想されるロシア、中国、韓国、インド等では、開発が滞ることなく行われている。以下に国際的な動きについて IAEA を始め国別に分けて述べる。

先ず、IAEA を主導とする、安全性強化の流れがある。即ち、天野事務局長が 3 月 18 日に菅首相と会談、詳しい情報提供を要請。3 月 21 日に IAEA 緊急理事会が開かれ、チェルノブイリ事故を踏まえた現行の国際緊急体制見直しの必要性を示し、3 月 25 日は、国際的な原発の安全管理を見直すべきと主張した。4 月 26 日には、潘基文（バン・キムン）国連事務総長が国連総会特別会合で、原子力利用に向けた安全性強化に向けて、①安全性基準の徹底的見直し、②IAEA の役割拡大、③自然災害対策への注力、④核問題と原子力問題の一体的議論などの 5 項目提案。5 月 25 日には、EU、域内 14 カ国の全原発 143 基の安全性検査（ストレステスト）の実施計画を発表し、1 ヶ月後、スイス、ロシア、トルコ、ウクライナなど非加盟国 7 か国の 53 基が参加することになった。5 月 26, 27 日の主要 8 ヶ国（G8）首脳会議では、福島事故の教訓を重視、原発の安全性強化を図る、地震危険地域での原発建設・運転に関し追加的に指針の策定を IAEA に要請、などの首脳宣言が採択された。一方、4 月 14 日のブラジル、ロシア、インド、中国、南アフリカの BRICS5 ヶ国首脳会議では、原子力利用を今後も継続的に推進していくことを確認した。

国別の流れを要約すると以下の通りである

- ・各国、安全性総点検実施（EU はストレステスト）
- ・仏・ロ・米等は、原子力の役割重視、開発姿勢
- ・ドイツは脱原発へ逆戻り、スイスも脱原発方針決定
- ・中・印は推進姿勢堅持、若干のスローダウンも

米国では、オバマ大統領、チュー DOE 長官らが原子力の役割を強調し、NRC がバーモントヤンキー原発（マーク 1 型）の 20 年間の運転延長を認可した。一方、3 月 23 日には、NRC が米国内原発の安全性を再評価すると発表し、4 月 14 日には、米 TVA 理事会がベルフォンテ原発 1 号機の建設再開決定の保留を表明するなど、経営側の姿勢がやや後退してきた。6 月 27 日には、フォートカルフーン原発がミズーリ川の大洪水で電源喪失して立ち往生したが、ディーゼル発電機が作動して安全性が実証された。

ロシアは、3月18日ロスアトムは、内外原発の安全性チェック作業に従事と報告し、3月23日に原発建設を増加させると発言。

フランスは、3月14日、サルコジ大統領が、「脱原発は論外」と発言。

英国は、6月23日に2018年以降の新規原子炉運開を含む原子力新設計画の政策声明書を議会に提出。

スウェーデンは、去年の6月17日に脱原発に政策転換し、特に目立つ変更なく、3月17日に使用済み燃料最終処分場及び処分前の使用済み燃料梱包施設の建設許可がスウェーデン燃料会社から申請された。

フィンランドでは、6月22日新政権発足し、前政権が原則決定した二件分の原子炉建設計画について「早急に建設許可を与える」との方針を示す一方、「これ以後は新たに与えない」と明言した。

ドイツは、6月6日に2022年迄に脱原発実現の原子力法改正案を閣議決定。

スイスは、5月25日に5基の国内原発を寿命（50年）がくる2019年から2034年迄に全面停止（廃炉）し、新規建設はしない（脱原発を図る）と決定。

中国は、4月7日 環境保護省の専門家が「中国で原子力の果たしている重要な役割は変わらない。福島事故を教訓として課題を解決するまで拡大速度をスローダウンすることは可能」と講演。5月に環境保護省原子力安全管理局の劉華局長、稼働中原発の安全性検査を8月迄に完了、その後、原子力安全計画を公表し、3月16日以来凍結中の新規建設計画の審査・承認手続きを再開すると発言。

インドは、3月22日にラメシュ環境相、「日本の事故を教訓とするも原発政策転換なし」と表明した。また、4月26日にシン首相、①原発の規制・監督を担当する独立機関の設置、②ジャイタプールの全6基の原子炉に独立の安全・運転システム導入、などを発表。

韓国は、3月28日に韓国原子力委員会で、4月22日迄に総体的な安全点検実施することを決定し、安全最優先で2008年の国家エネルギー基本計画で定めた現行の原子力政策基調は維持するという認識で一致。5月6日韓国政府、新規投資により移動型発電機設置などの非常用発電設備強化、最新型の水素除去施設設置などを行うこと決定。

台湾、南アフリカ、ブラジル、イランは、原発の必要性を認めて、開発政策を堅持するが、アルゼンチンは、建設の入札を延期した。

新規導入国では、ベトナム、トルコ、UAE、ヨルダン、ベラルーシ、カザフスタンが、ほぼ計画通り推進、タイ、マレーシア等に慎重論が台頭してきている。

日本は、エネルギー基本計画が2010年6月に次の3つの観点から3年目毎の見直しが行われた。

第一に、我が国の資源エネルギーの安定供給に係る内外の制約が一層深刻化していること。

第二に、地球温暖化問題の解決に向け、エネルギー政策に関するより強力かつ包括的な対応への内外からの要請が高まったこと。2008年から京都議定書に基づく第一約束期間が開始された。また、同年の北海道洞爺湖サミットで世界全体の温室効果ガス排出量を2050年までに少なくとも50%削減するとの目標につき一致をみた。さらに、2009年9月の国連気候変動首脳会合において、我が国は、すべての主要国による公平かつ実効性ある国際的枠組みの構築及び意欲的な目標の合意を前提として1990年比で2020年までに温室効果ガスを25%削減することを表明した。

第三に、エネルギー・環境分野に対し、経済成長の牽引役としての役割が強く求められようになったこと。原子力、スマートグリッド、省エネ技術などの分野では各国政府の積極的関与の下、世

界規模での市場争奪戦が既に激烈なものとなっている。我が国では、2009 年 12 月に閣議決定した新成長戦略（基本方針）においても、この分野の強みを活かして「環境・エネルギー大国」を目指すこととしている。

具体的な取り組みとして、エネルギー比率の目標は、

再生可能エネルギー： 2020 年に 10% 2030 年 最大限の導入

原子力：2020 年までに 9 基の原発新增設と設備利用率 85%を目指す。

2030 年までに（商業炉）14 基以上の原発新增設と設備利用率 90%を目指す。

電源比率を 2020 年までに 50%以上、2030 年までに 70%以上へ

原子力産業の国際展開を進めていく。

リプレース需要の本格化に対応するための次世代軽水炉等の技術開発

化石燃料：火力発電の高度化

石油、石炭の高度利用

さらに省エネを進めることである。

福島第 1 原発事故を受けて、菅首相は 5 月 10 日上記の通り見直された基本計画を白紙に戻して、総電力に占める自然エネルギーの比率を 2020 年代に少なくとも 20%に拡大する方針を、そのために太陽光発電などの新エネルギーの固定価格買い取り制度を表明し、現在、国会で議論が進んでいる。また、5 月 8 日に M8 級の地震の恐れがあるとして、浜岡原発のみ運転停止の要請がなされて中部電力は受け入れた。また、7 月 6 日に海江田万里経済産業相がストレステスト（安全性検査）の方針を国会で表明した。このテストは、EC 諸国が 5 月 25 日に行うことを決定したものである。

註) 資料の多くを JAIF の小林雅治氏より提供頂いた。

(山形 11 川合将義)

【質問 3-4-18】 原発の是非に対する各国の判断理由は？

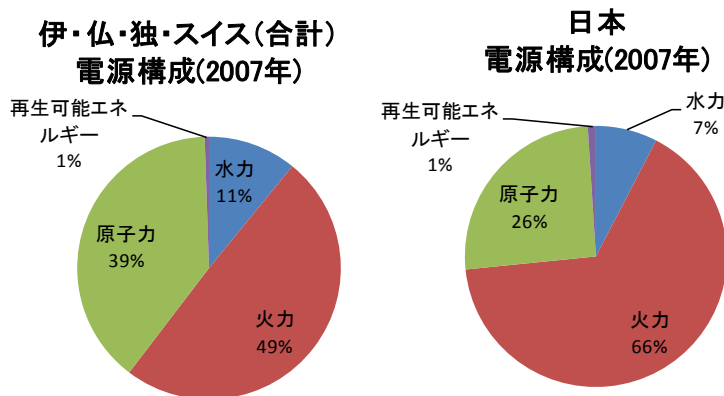
【回答】

地球温暖化問題は、人類の生存基盤に関わる最も重要な環境問題の一つである。地球温暖化問題は、資源やエネルギーを効率良く利用する努力を行いながら、大量生産・大量消費・大量廃棄型の社会経済活動や生活様式を見直すことを迫るものであり、その意味で 1997 年の京都議定書の採択は転換点となるものである。この地球の温暖化については、グリーンランドやアルプスの氷河が溶けるのを目にし、また、最近のヨーロッパにおける異常気象を経験している EU 諸国の方が危機意識を持っており、低炭素化に対して熱心である。その京都議定書が多数の国の批准によって 2005 年 2 月に発効した。

我が国について温室効果ガスの 6%削減が法的拘束力のある約束として定められている。そのため、我が国の経済活性化、雇用創出などにもつながるよう、技術革新や創意工夫を活かし、環境と経済の両立に資するような仕組みの整備・構築を図るとされている。具体的には、環境負荷の少ない健全な経済の発展や質の高い国民生活の実現を図りながら温室効果ガスの排出を削減すべく、省エネ機器の開発・普及、エネルギー利用効率の改善、技術開発の一層の加速化、ライフスタイル・ワークスタイルの変革に加え、広範な社会経済システムの転換を伴う地球温暖化対策を大胆に実行する。技術開発については、省エネルギー、再生可能エネルギー、原子力等の環境・エネルギー技術に磨きをかけ、創造的な技術革新を図り、効率的な機器や先進的なシステムの普及を図るととも

に、ライフスタイル、都市や交通の在り方など社会の仕組みを根本から変えていくことで、世界をリードする環境立国を目指す。その中で、原子力エネルギーへの期待は大きく、15 基（もんじゅ含む）の新增設が計画され、現在 4 基が建設中である。もちろん、風力発電や太陽光発電の技術、ハイブリッド車や電気自動車による低炭素化技術にも急速に取り組みつつある。それでも再生エネルギーの占める割合は、10%程度が目標とされた。福島原発以降、菅政権は再生エネルギー重視を唱え、その比率を20%まで引き上げること、また関東、東海、東海大地震による影響が大きいということで浜岡原発の運転停止が要請され、中部電力で受け入れられた。その政策の是非が議論され、また、福島原発事故を反省しての安全性やリスク管理が原子力委員会を中心に検討されている。

EU諸国も、上記議定書を受けて新エネルギー政策が打ち出された。即ち、原子炉の活用と風力発電や太陽光発電に対する補助金政策が取られた。当然、原発による電力をEU諸国に販売しているフランスは、一層の安定運転に精を出している。注目すべきは、チェルノブイリ事故後にある期間運転した原子炉は閉鎖するという脱原子力法を制定した国（スウェーデン、ドイツ、ベルギー）が、その法律の凍結（スウェーデン）や、あるいは延長を決めた。また、イタリアが2008年5月にベッルスコーに政権が脱原子力政策を転換し、原子力発電所の建設を5年以内に始めると宣言した。しかし、国民投票によって原子力発電を再開する計画が否定された。但し、元々、ロシアに近くチェルノブイリ原発事故による放射能汚染を受けた国々の原子力の安全性に対する不信感は、根強いものがあり、福島第一原発事故後、国民投票等で再び脱原子力政策に戻った（ドイツ、スウェーデン、イタリア、スイス）。但し、こうした政策が取れるのは、EU内での電力供給システムが完備していて、国を超えて買う事ができると、その主供給元のフランス（原子力が80%を占める）が、原発によって十分な電力を供給できるためである。例えば、私が電力を供給している独伊スイスの4カ国の電力構成と日本のそれを比較すると、原子力の比率は、4カ国で39%と日本の26%より高い。従って、フランスを除いた国が、原子力に依存していないことを意味しない。なお、この統計は2007年のものなので、再生エネルギーの比率はともに1%であり、現在はもう少し高くなっているが、10%には満たない。今後は、これらのベストミックスが求められることであろう。



出典：海外電気事業統計2010年版（(社)海外電力調査会）、平成22年版電源開発の概要（経済産業省）

アメリカは、最も多数の原子炉を有しており、TMI事故後30年間新規着工がなかったにも関わらず、それ以前に建設が承認されたものが1980年代に運転開始され、今では総発電量に占める割合

は、20% 近くある。また、オバマ大統領に変わって、京都議定書は認めていないが、地球温暖化対策のために原発の新規建設を認める方向にある。このような政策が取れるのは、TMI事故によって設立されたNRC による原子炉の安全性確保に対する揺るぎない自信の現れであろう。最近の政策では、設備利用率の向上、原子力発電所の運転期間の20年延長（60年まで運転可とする）の承認、エネルギー安全保障のため原子力発電所新設の強い動きがある。特に新設のための認可については、予め設計内容を認める原子炉設計認証（DC）、これまでの安全性についての実績を考慮して原子炉の炉型を特定すること無く建設予定サイトの承認を得られる早期サイト許可（ESP）、また、建設と運転の一括認可の建設・運転ライセンス（COL）が得られる。結局、これらの政策に対して2007年から2009年の間に18基の新設の申請が提出されている。福島事故後に、古い原子炉施設に対して安全性点検の要請が出たが、基本的な政策には変更はない。

ロシア、中国、韓国、さらにインドなど、経済発展が目覚ましい国では、電力需要が急増しており、それを賄うのにEUのような買電は不可能であり、大規模発電の原子力に頼らざるを得ないという切羽詰まった理由が先に立つ。もちろん、原発先進国で採用されている安全性のシステムは、全て取り入れるとともに、社会的インフラや技術が伴っていない分、より高い安全性が志向されていることと思う。これらの国々では、福島事故後も原子力開発基本路線に変更がない。その理由として、一様に近い将来の電力不足への備えや経済の発展が上げられている。

(山形 11 川合将義)

[質問 3-5-17] 原子力の環境への影響は？ 原子力によってもたらされる環境問題、原発の環境への影響？

[回答]

[質問 3-10-16] 放射能がもたらす環境問題への対処法は？ を参照されたい。

(山形 11 川合将義)

[質問 3-5-18] 原子力は環境問題の答えになっているか？ 原子力発電で炭酸ガスは出ないのか？

[回答]

高山丈二氏の非常に良い説明があり、それから転載する。但し、冒頭の文章には誤りがあるため訂正した。

原子力発電では、原理的には核分裂性核種であるU235 やPu239 が中性子を吸収して2つの核分裂片と2~3個の中性子を放出する核分裂反応に伴って生ずる原子核反応熱が原子炉の出す熱の源である。（この反応では、中性子が火種であり、最初の核分裂反応で生成した中性子が、減速過程等を通じて次の核分裂反応を起こすまでに体系外に出たり、他の原子核に吸収されるなどして丁度1個が次の核分裂反応を起こす場合に反応が持続する。この状態を臨界といい、原子炉ではこうした状態を維持するために制御棒で制御する。）したがって、発電過程ではCO₂ を排出しない。ただ、原料となる濃縮ウランの製造や、大規模な発電所の建設には、大量の電力、あるいは化石燃料をエネルギー源として作られる大量の材料を使うため、CO₂をある程度排出するとみなされる。

再生可能エネルギーによる発電も発電過程ではCO₂ を排出しないが、原子力と同様発電機の製造のためCO₂ が発生するとみなされる。これに対して、石油、石炭、LNG による火力発電は発

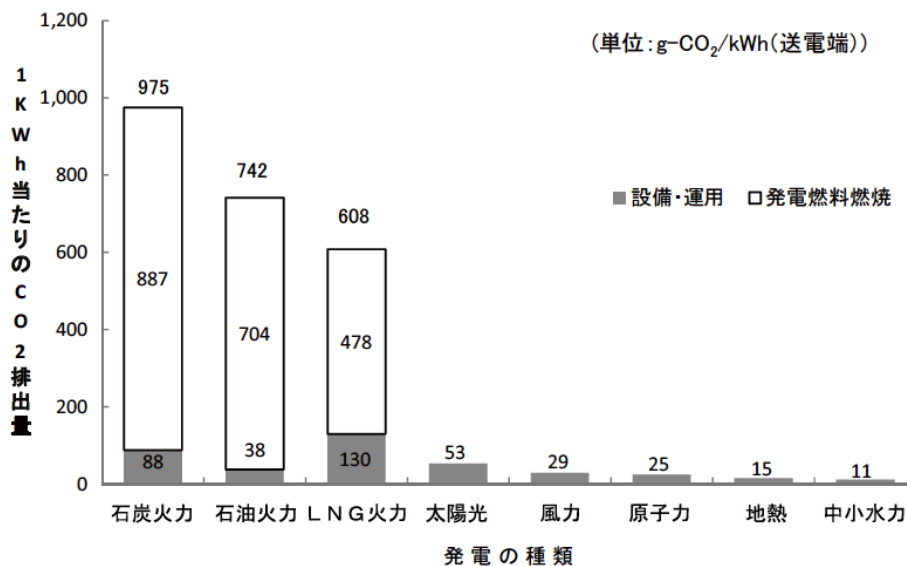
電過程でCO₂を排出する。各発電が、発電施設の建設から運転、施設の閉鎖に至るまでのライフサイクルにおいて、1kWhを発電するためにCO₂をどの程度排出するかをみたのが下表である。

これをみると、石炭、石油、LNGの火力発電では、発電燃料の燃焼によるCO₂排出量が多い。また、トータルでも、火力発電のCO₂排出量が608～975g-CO₂/kWhであるのに対し、原子力発電は、25g-CO₂/kWhであり、火力発電に比べて24分の1から39分の1程度となっている。原子力発電は再生可能エネルギーによる発電と同様、地球温暖化対策に有効な発電方法であるといえる。

ただ、このようなライフサイクルのCO₂排出量の数値は、前提となる条件が変わると値が変化するので、その点に留意する必要がある。

また、平成20年7月に原子力委員会から報告された地球温暖化対策に貢献する原子力の革新的技術開発ロードマップに掲載されていたCO₂排出量の比較図を添付する。

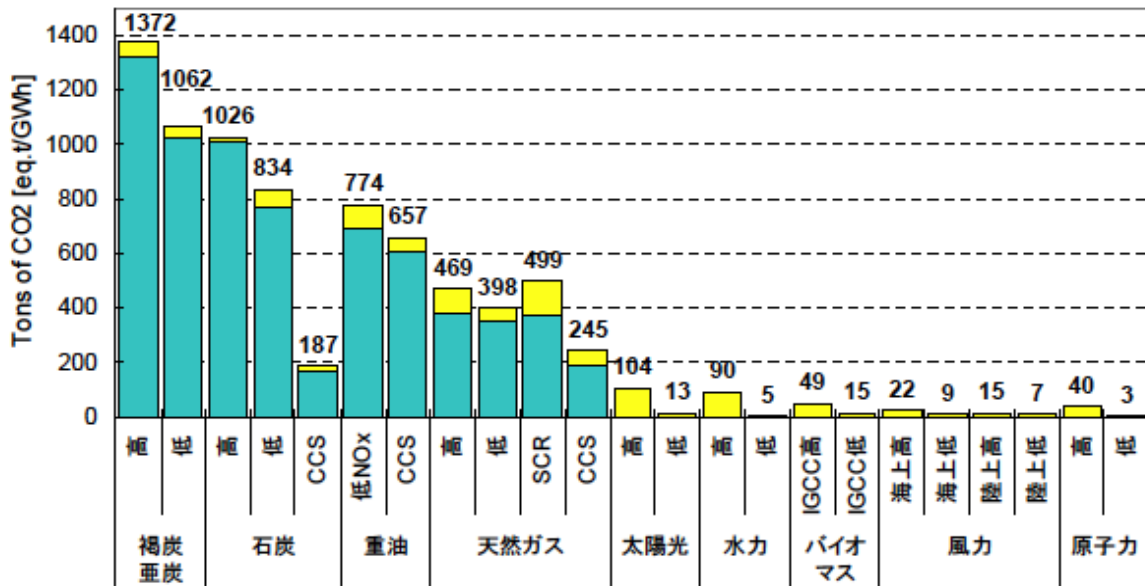
表3 発電別のCO₂排出量



- (注1) 発電燃料の燃焼に加え、原料の採掘から発電設備等の建設・燃料輸送・精製・運用・保守等のために消費されるすべてのエネルギーを対象としてCO₂排出量を算出。
- (注2) 原子力については、現在計画中の使用済燃料国内再処理・プルトニウム利用(1回リサイクルを前提)・高レベル放射性廃棄物処分・発電所廃炉などを含めて算出。
- (出典) 「各種電源別のCO₂排出量」電気事業連合会HP (http://www.fepc.or.jp/present/nuclear/riyuu/co2/sw_index_01/index.html)を基に筆者作成。

(1) 電力中央研究所 研究報告書「ライフサイクルCO₂排出量による発電技術の評価—最新データによる再推計と前提条件の違いによる影響」2000.3. (<http://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/detail/Y99009.html>)

図1-2 各電源のCO₂排出特性



各種発電プラントの、ライフサイクル評価に基づくCO₂排出原単位算出結果 (高、低: 同カテゴリ中のプラントで、最大または最小の値)
(CCS: 炭素回収・貯留技術適用プラント)

出典) Comparison of Energy Systems Using Life Cycle Assessment, WEC, 2004, 59頁

(山形 11 川合将義)

【質問 3-6-13】 脱原発は現実的に可能か？代替エネルギーの実現性は？

【回答】

(1) 今すぐ脱原発は可能か？

現在、我が国の電力の約 25% を原子力で賄っています。これを今すぐに運転しないという性急な「脱原発」は、休止中の全ての火力発電所を総動員しても特に夏場には全国大で深刻な電力不足を引き起こし、各地で大幅な (15%以上) の計画節電を強制し、かつ大停電の可能性も否定できません。日本エネルギー経済研究所が今年 6 月 13 日に纏めた「原子力の再稼働の有無に関する 2012 年度までの電力需給分析」によると、原子力発電所を 13 か月ごとの定期検査の為に停止し、検査終了後運転再開出来ないと仮定すると、2012 年度の夏には全ての原子力発電所が停まってしまう。この状態は丁度「脱原発」と同じ状態になります。その結果は、東電、東北電力管内で 15% 節電を織り込んでも全国大で需要が最大発電能力を 1.7% 上回り、電力安定供給に最低必要な予備率 5% を考えると、6.7% も不足し、更なる節電要請となり家庭だけでなく産業活動に甚大な影響が出ます。また、火力発電に要する燃料費が石炭、LNG、石油合計で対 2010 年度比 3.5 兆円増加となり、家庭の電気代は月 1,050 円増 (18%)、産業用電力料金は 36% も増となり、我が国の産業競争力に深刻な影響が懸念されるとしています。また CO₂ 排出量も 1990 年比 18.7% と大幅増、京都議定書約束の 1990 年比 6% 減の為に、排出権を約 8,000 億円で外国から購入することになります。こう考えると、今すぐに「脱原子力」が如何に非現実的かお分かりでしょう。

(2) 中長期的に可能か？

では、中長期的に「脱原子力」は可能か？その際に、石炭や天然ガスなどの化石燃料は資源枯渇問題や資源争奪による価格高騰や地球温暖化問題から今以上に増やさないと仮定しましょう。省エネも考えられますが、今後の地球温暖化抑制は自動車の電化、家庭やオフィスなど暖房や給湯を電化する方向ですから、電力需要はむしろ増える方向です。話を簡単にする為に、省エネと電化で相殺としましょう。となると原子力発電で賄っていた電力を再生可能エネルギーで賄うしかありません。水力、地熱は現在それぞれ全電力の 5%、0.3%を賄っています。

水力発電が可能な河川はこれまでに開発され尽くし、今後は中小水力だけで大幅な増加は見込めません。

地熱発電は潜在的には可能性があるとされていますが、火山は全て国立公園内にあり自然破壊となり、温泉業者の反対もあり、今後増やしてもせいぜい 1%程度までとされています。従って、バイオ、太陽光発電、風力発電に期待が掛かっています。

バイオは我が国ではゴミ発電やパルプ等による発電が盛んで電力の 2%強を賄っていますが、全国に普及してしまっており今以上に増えることはありません。

太陽光発電が今特に期待されています。我が国は国土の約 70%が山地で、平地には人口密度が高い。従って太陽光発電は個人住宅主体の小規模、個人投資頼りとなります。仮に南向きの屋根を持つ一戸建 1,700 万戸全てに 3kW の太陽発電パネルを搭載すると 5,100 万 kW(現状 260 万 kW)、稼働率 12%で年間 536 億 kWh、全必要電力の約 5%です。また、1kW 当たり 40 万円かかり約 30 兆円の投資が必要となります。金持ちしか太陽光発電を設置できませんし、企業などの 100~1,000 kW級のメガソーラーも政府の補助金と固定価格買取制度(まだ国会で承認されてない)などの優遇制度により経済的に成り立つとしていますが、これらは税金と電力料金で賄うことになり国民の負担増になることに注意しなければなりません。また、福島原子力事故後に自然エネルギー推進派(飯田哲也氏など)やソフトバンク孫正義氏が掲げている長期シナリオが想定している太陽光パネルの発電効率や価格は、今現在達成してなく、非常に挑戦的な目標であることに注意する必要があります。

風力発電は、我が国は年中風況が良い陸上風力に適する場所は少なく、北海道、東北、南九州等の山地や島で過疎地かつ設備建設保守困難など欧州や米国、中国と比べ地理的条件が非常に不利です。潜在能力は 640 万 kW 分(現状 230 万 kW)とされていますが、発電できるのは年間 20%程度ですから、原子力発電所 1 基分です。また洋上風力発電を研究開発中ですが遠浅の地形が少ないので多くは難しいと思われます。

さらに太陽光発電も風力発電も自然条件に左右され発電が不安定なので、負荷を補う為に火力発電が必要です。将来的には発電変動の激しい再生可能エネルギーが電力系統(グリッド)で大きな割合を占めた時に、電気自動車のバッテリーなどもグリッドに連携して、需要と供給を IT 技術で調整する“スマートグリッド”の開発を進めようとしています。これも将来の見通しは不明です。

(まとめ)

以上のように、化石燃料を増やさず、原子力も無くし、再生可能エネルギーで賄っていこうという将来方向性は我が国では非常に難しいと思われます。しかし、一つの考えであり挑戦する価値はあると思いますが、その方向と、原子力発電を今回の事故を教訓として更に安全性を高めて利用していく方向も並行して検討して行くべきあると思います。現時点での 2 者択一は早計であるとい

うことです。早々に脱原子力を政策的に決めたドイツ、イタリア、スイスは原子力大国のフランス、天然ガス大国のロシアと電力ケーブル、天然ガスパイプラインで繋がっていますが、我が国は島国でありドイツのように石炭もありません。我が国のエネルギー事情は非常に脆弱であることを良く認識する必要があります。

なお、核融合やメタンハイドレードなどが将来有望なエネルギーとして時々マスコミ等で取り上げられますが、これらは技術的にまだ全くと言って良いほど実用化に程遠いものですから議論になりません。2100 年ごろには議論できるかもしれませんが、夢のまた夢です。

(山形 11 金氏 顯)

[質問 3-7-7] 期待される新技術は？

[回答]

「発電に関する新技術は」と捉えて回答します。発電に関しては、ご承知のように化石燃料、再生可能エネルギー、原子力（核分裂、核融合）があります。

化石燃料についての新技術としては、二酸化炭素（CO₂）削減を目指す CCS（Carbon dioxide Capture and Storage）「CO₂の回収・貯留」が検討されています。工場や発電所で発生する CO₂を捕えて、地中貯留に適した場所まで運び、貯留する技術であり、早期大規模削減を可能にする重要な温暖化対策として期待されています。

再生可能エネルギーについては、**[質問 3-6-13] (2) 中長期的に可能か？**に触れているように各再生可能エネルギーにそれぞれ課題がありますので、またまだ規模的に多くの導入は、難しいものと思います。しかし、それらの課題のうち効率が大幅に改善され、コスト競争力のある新技術が生まれれば、大いに期待されます。

原子力について、現在運転されている核分裂炉は、この度の大変な事故を二度と起こさないように、安全への取り組みをより強化にすることで解決できます。また、事故が起こっても燃料が溶融しないような原子炉を開発しています。軽水炉では、第 4 世代炉として燃料を冠水させるのに、電源を期待しなくてよい仕組みを検討しています。また、高温ガス炉は、ヘリウムで冷却しているので、ヘリウムが喪失して冷却ができないような事故の際に、空気の自然循環で燃料を溶融しないようにできる仕組みを検討し、研究炉ではあるが、日本原子力研究開発機構の高温工学試験研究炉 HTTR で既に実証されています。核融合の発電は、核融合の研究として、**[質問 3-7-11]**に示す国際熱核融合実験炉（ITER）が多国間協力のもとで仏国に建設されており、その後の実証炉などが成功した段階に核融合発電炉が実用炉になると考えられが、今世紀の実現は、厳しいのではないかと思います。

(山形 11 西郷 正雄)

[質問 3-7-8] 低炭素社会に原子力は不可欠か

[回答]

不可欠と考えています。炭素を排出しない再生可能エネルギーと原子力、排出量の少ない天然ガス、それに排出量の多い石油と石炭を利用したエネルギーを低炭素化に向けたベストミックスを考えることとなります。現在電力の 25~30%を賄っている原子力を利用しないとしますと、その分を再生可能エネルギーに置き換えるか、化石燃料について CCS（二酸化炭素（CO₂）の回収・貯留）によって、CO₂を大気に放出しないようにしなければなりません。

CCSについては、適切な貯留場所と実現させるための開発にまだまだ時間がかかるでしょうし、日本において安全に閉じ込めるためにはコスト的に釣り合うかどうか大きな課題になります。

再生可能エネルギーについては、**[質問 3-6-13] (2) 中長期的に可能か?** に示すように課題が多くそれらが解決できるかどうか、また解決できるとしてもそれには、相当の期間がかかるものと考えられます。今世紀中は、原子力無くして、目指している低炭素化社会は不可能であると考えます。

(山形 11 西郷 正雄)

[質問 3-7-9] これからの原子力のあり方は? 今後の原子力発電はどう扱われるのか?

[回答]

福島第一原子力発電での震災事故以降、今後の原子力発電は、「脱原発」とメディアを賑わしている状況の中、政策面でどのような判断をするかは難しい問題です。ただ、言えることは、日本のエネルギー、世界的な地球温暖化問題に対して、原子力の役割は、決して無視できなく大きな比重を占めるものと考えます。天災とは言え、福島県民だけでなく、多くの人々に与えた被ばくへの恐怖は、拭い去ることのできるものではないかと思えます。安全に対するより厳しい目での取り組みに対して、国民は原子力発電の安全をどれだけ認めるか、わが国の経済発展に大きく寄与した原子力発電の役割をどれだけ国民が認識しているか、に原子力発電の復帰は関わってくると思えます。特に、「脱原発」に向かった時、高価格のエネルギーのもとでは、輸出を中心とするわが国の経済は成り立たなくなり、中国、韓国などに市場を奪われ、失業者の増大は、国の危機に瀕するものになりかねないと思えます。企業は海外に工場を作り、失業者を加速させることは間違いないと思えます。資源小国のわが国では、高コストのエネルギーの利用では、輸出が経済の要になっているために、海外企業との競争に敗れることは目に見えている。経済合理的な原子力を安全に使いきれるようにして、エネルギー（電力）の一役を今後も担ってもらいたいと思えます。

(山形 11 西郷 正雄)

[質問 3-7-10] 原発の小型化は?

[回答] (その 1)

原子力発電プラントの開発は、最初は小型のものから始め、現在は 150~160 万 kW が最大級となっています。

わが国で最初に原子力発電を行ったのは、1963 年に旧日本原子力研究所の動力試験炉です。この原子炉は熱出力 4 万 5,000 kW、電気出力 1 万 2,500 kW の沸騰水型軽水炉 (BWR) で、原子炉で発生する熱により水の自然循環で蒸気を作り、タービンを回して発電していました。1970 年から商業用の原子力発電プラントが導入されましたが、この頃は、1 基当たりの電気出力は 30~50 万 kW で、その後、徐々に大型化していきました。これは、例えば、30 万 kW 級のものを 3 基作るよりも 100 万 kW 1 基の方が物量、計測器、付属施設・装置、そして運転員数も少なく済むスケールメリットによるものです。したがって、作る側からすれば、注文に応じて、基本的にはどのような大きさのものでも製作することは可能です。しかし、コスト的には、相当高くなります。また、メーカー側からすれば、一品一品、注文に応じて作るのは、大変、手間暇がかかりますので、出力、タイプを決めた標準化を行って来ています。これは、自動車メーカーでも同じことで容易に理解できると思えます。

これから、開発途上国に輸出するとなれば、150 万 kW は大き過ぎる国もあるでしょうから、100

万 kW あるいは 60 万 kW 級のものを必要とすることも考えられ、2 つか 3 つの標準化した原子炉が用意されるでしょう。

(山形 11 齋藤伸三)

[回答] (その 2)

原発は、現在軽水炉が主流になっています。軽水炉は、コスト削減のためにスケールメリットを狙った大型化へと開発が進められています。しかし、このたびの事故を考えますと大型化しますと、一基に秘めているエネルギーが膨大ですので、起こるとは考えられませんが、最悪の場合に未曾有の事故に発展する可能性を秘めています。私は小型化すべきと考えています。ただ、軽水炉においては、小型化はスケールデメリットになりますので、コスト的に難しい点があります。高温ガス炉では、もともと小型化を前提に設計しており、モジュール化、標準化することにより量産効果を狙い、工場生産のプレハブ化などにより現地工程の短縮を図りコスト削減の効果を十二分に活用することを考えています。安全面においてもパッシブセーフティ（受動的安全性）の設計が可能になり、冷却材が喪失しても空気其自然冷却で、燃料を溶融させずに冷温停止に持っていくことができます。したがって、外部への放射性物質の放出は起こらないと考えて良いでしょう。原発の小型化については、国としても真剣に取り組むべき課題と考えています。

(山形 11 西郷 正雄)

[質問 3-7-11] 核融合発電開発の現状は？ 核融合発電を含め今後も原子力を推進するのか？

核融合は、プラズマ状態になった軽い原子核同士（例えば、重水素とトリチウム）が融合して、より重い原子核（ヘリウム）になることを言い、この際、発生するエネルギーが核融合エネルギーです。日本では、1960 年代初めから研究開発を進め、大型の実験装置 JT-60 等で成果を挙げてきました。しかし、核融合の研究開発には多額の費用を要することから、1985 年米国のレーガン大統領と旧ソ連のゴルバチョフ大統領との間で国際共同で進める協定が結ばれました。

以後、日・米・欧・ソ連（現在のロシア）で国際熱核融合実験炉（ITER）建設のための研究開発を分担して行い、現在、フランスで建設中です。この計画には、その後、中国、韓国、インド等も参加することになりました。この実験炉では、まず、プラズマの燃焼を実現することですが、これは、核分裂炉で言えば、1942 年に成功した核分裂の連鎖反応の実現に相当する段階です。発電のデモンストレーションをする原型炉、実用炉の前段階の実証炉を経て実用炉と進むとしても次世紀になるでしょう。核融合反応で生成する 14MeV の中性子に実用年オーダーで耐えられる材料の開発、経済性も難題です。米国では、核融合はエネルギー予算ではなく、科学予算分野で扱っていることから、その段階が分かります。

註) 国際熱核融合実験炉（ITER）については、下記を参照されたい。

<http://www.naka.jaea.go.jp/ITER/>

(山形 11 齋藤伸三)

[質問 3-8-12] ウラン、プルトニウムをリサイクル燃料として活用できるか

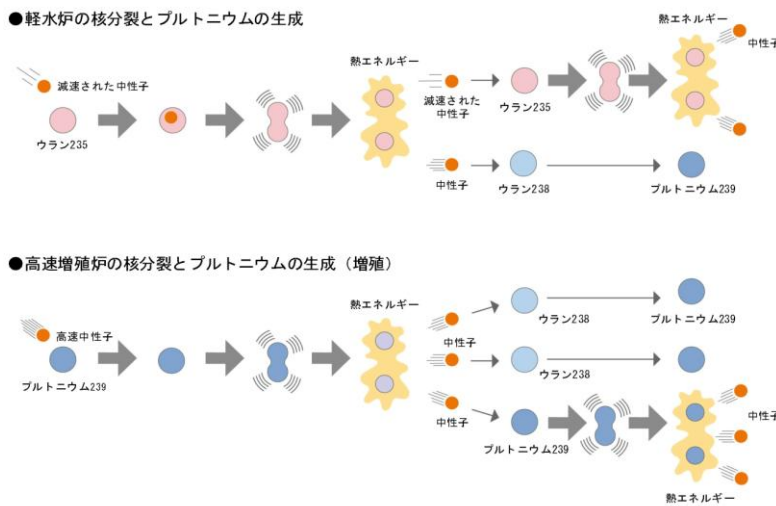
[回答]

[質問 3-1-4] 原子力発電の原理・仕組みは？ 核反応はどのように生じさせているのか？ 核燃料交換の方法は？ で述べたように、U235 は中性子によって核分裂を起こしますが、その時核分裂を起こさない U238 は中性子を吸収して Pu239 になります。この Pu239 は核分裂を起こすの

です。考えてみれば、原子炉の中には多くの U238 があるわけですので、この反応は運転中いつも原子炉の中で起っていて、運転を停止する頃には運転中にできた Pu239 が核分裂の中で 30~40% 寄与しています。エネルギー資源の乏しい我が国では運転を終了した燃料から、割合の減少した (U235+U238) と生成した Pu239 を取り出し (再処理といいます) 再び燃料として使うことを原子力発電を始めた時から国の方針としています。これを原子燃料サイクル (即ち原子燃料をリサイクルすること) と呼んでいます。

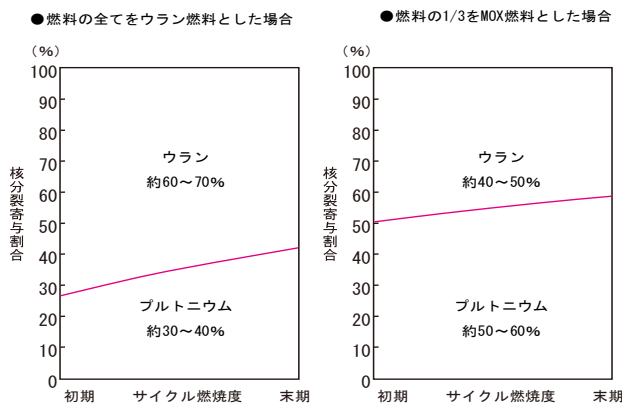
(山形 11 北山一美)

ウランの核分裂とプルトニウムの生成・核分裂

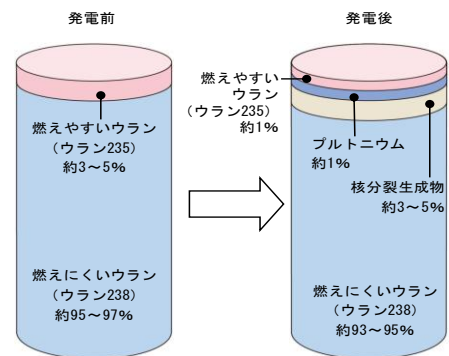


軽水炉内でのウラン燃料の燃焼による変化

①炉心におけるウランとプルトニウム核分裂寄与割合 (BWR平衡炉心の例)



②発電前後でのウラン燃料の変化 (例)



[質問 3-8-13] 福島原発から放出された放射性物質はどう減少するか? 廃棄物処理の現実的解決は? 放射性廃棄物の出ない原発は可能か?

[回答]

放出された代表的な放射性物質はヨウ素-131 およびセシウム-137 です。事故後すでに 120 日あまりが経過していますので半減期が 8 日のヨウ素-131 はすでに消滅しています。半減期が 30 年のセシウム-137 は現在まで放出された時の放射能を保っています。放出されたセシウム-137 の化学形態や粒子の性質、降雨・降雪など、土壌、舗装道路、家の壁面などでの存在状況など生活環境における実質的な減少の速さに影響を与えます。

福島原子力災害における放射性廃棄物の新たな課題は、このたびの講義の中でも触れますので一緒に学習したいと思います。

エネルギーの利用に伴い必ず廃棄物が発生することはすでに学習していると思います。原子力発電はウランの核分裂に伴い必ず放射性廃棄物が発生します。これは燃焼という化学反応に基づく火力発電で炭酸ガスの発生しない火力発電は可能かという問いかけと同じです。

(山形 11 坪谷隆夫)

[質問 3-8-14] 現在までの廃棄物処分状況は?

[回答]

放射性廃棄物は、低レベル放射性廃棄物と高レベル放射性廃棄物に大別できます。低レベル放射性廃棄物は、原子力発電所の運転や使命を終えた原子力発電所から核燃料を取り除いた、ちょうど薪や灰を除いたストーブのような部分である、原子炉構造材が該当します。原子力発電所の運転に伴い発生している廃棄物は、日本原燃が六ヶ所村の建設しているピット型埋設施設において浅い地中にコンクリートを使用した安全設備を設置し埋設処分をしています（日本原燃 HP をご覧ください）。原子炉構造材については、通常の地下利用がおよばない深度に埋設する「余裕深度処分」の準備が進められています。高レベル放射性廃棄物の処分は原子力発電の結果発生する核分裂生成物などをガラス化した廃棄物です。現在、2000 年に制定された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」（最終処分法）にもとづいて安定な地下深部に埋設する地層処分の準備が進められています。

(山形 11 坪谷隆夫)

[質問 3-8-15] 放射性廃棄物処理の仕方、安全性は? 廃棄物の処理と被害?

[回答]

ご質問が高レベル放射性廃棄物の処理処分についてであるとすれば、[質問 3-8-3]の回答をご覧ください。高レベル放射性廃棄物の放射能である核分裂生成物などは使用済み燃料からウランやプルトニウムを回収した後に残る放射性物質です。地層処分を念頭に置いて地下水に溶けにくく物質を閉じ込める性質に優れて安定なガラス化を施します。これがガラス固化処理と呼んでいる処理法です。放射能が著しく高いことからガラス固化処理は放射線遮蔽構造の設備の中に設置されたガラス熔融炉を使用して遠隔操作で行われますが、処理工程は一般産業で多くの経験を踏んでいるガラス製造技術を基本としています。我が国では、原子力機構が 30 年以上にわたる技術開発の成果をもとに建設した東海ガラス固化施設（通称 TVF）で安全にガラス化の経験を積み重ねてきている

とともに、その技術の提供を受けた日本原燃が六ヶ所村により大型の固化施設を建設しています。この施設は、ガラス熔融炉の初期故障を経験していますが、従事者や環境への被害は報告されていません。

(山形 11 坪谷隆夫)

[質問 3-8-16] 放射性廃棄物処理が困難になっている理由は?

[回答]

質問の内容は、[質問 3-8-15]でお答えしました。現在、我が国初の大型のガラス固化施設の運転初期の段階にありその初期故障の克服に向けて努力が続けられています。

(山形 11 坪谷隆夫)

[質問 3-8-17] 使用済み核燃料の処理法は?

[回答]

使用済み燃料の処理法として、我が国を始めフランス、米国など世界各国で実用化されている方法は、Chop and Leach（燃料集合体の剪断と硝酸による燃料部分の溶解）および PUREX（プルトニウムおよびウランの還元反応を利用した溶媒抽出法）の組み合わせによるものです。この技術は再処理（Reprocessing）と呼んでいますが、ウラン鉱石から核燃料として利用するまでに生成というウランの純度を高める処理（Processing）とに比較で再処理と呼ぶのです。再処理施設がその機能を果たすためには今述べた中心的な行程（主行程）に加えて放射性物質の環境への放出を低減する排気処理工程、廃液処理工程などが必要です。自動車でたとえれば、エンジンに加えて多様な部品が正常に作動して初めて安全な自動車といえることと同様です。また、関連する設備として、ウランやプルトニウムを利用できる形に製品化する「ウラン転換施設」や「プルトニウム転換施設」が必要となります。さらに、使用済み燃料に含まれていた核分裂生成物などが主工程から分離された高レベル放射性廃棄物をガラス化する「ガラス固化施設」も必要になります。

(山形 11 坪谷隆夫)

[質問 3-9-5] 非核三原則はどのようになっているか

[回答]

「核兵器をもたず、つくらず、もちこませず」という三つの原則からなり、1955年12月15日参議院商工委員会での原子力基本法の審議で、中曽根康弘議員が「原子力を人間を殺傷するための武器としては使わない」と答弁して、「核兵器を作らず」の原則について与野党の合意に基づく国会決議である。平和利用を目的とした原子力発電には、関係のないことではあるが、核兵器を持たない日本において使用済み燃料の再処理が認められているのは、この非核三原則、IAEAの査察受け入れ、さらに再処理してできたプルトニウムをウランと混ぜ、通常の高速炉や軽水炉で使用されているプルトニウム濃度（「Pu 富化度」と言う）以上に上げないで燃料物質を製造し、核兵器に転用できない工程を採用していることによる。

現在、この非核三原則が問題になるのは、米軍による核兵器の国内持ち込みや一時通過について、形式上ないものとして事前通告されていないことである。最近公開された米国の外交文書により、沖縄返還の際に、米軍の行動を束縛しないように上記について事前通告の対象から外しても構わない旨の佐藤元首相が米国と密約を交わしたことが明らかになったが、外務省は公式には認めていない。

「核兵器を持たず、作らず」の日本独自の核兵器の保有・製造に関する二項目については、1955 年に締結された日米原子力協力協定や、それを受けた国内法の原子力基本法および、国際原子力機関 (IAEA)、核拡散防止条約 (NPT) 等の批准で法的に禁止されている。非核三原則は国会決議ではあるが法律や条約ではないため、非核三原則の一つである「核兵器を持ち込ませず」には法的な拘束力はないとされている。反核団体からは「核兵器を持ち込ませず」についても法制化をすべきと主張されている。なお日本の周辺国家で核兵器を作らず、持たずという政策をとっている国は韓国のみである。中国、北朝鮮、ロシア、米国は核兵器を所有しており、台湾は中国の見方によれば、中国の一部であるので、核兵器保有国に含まれる。

(山形 11 川合将義)

【質問 3-10-7】 放射線のメリットとデメリットは？ 私の知らない放射線利用は？ 医療以外の放射線利用は？

【回答】

メリットは放射線の医学 (がんの検査・治療、器具の滅菌など) 工業 (タイヤ加工、厚さ計、ビニール・プラスチック加工、着色、非破壊検査・分析など)、農業 (ジャガイモの発芽防止、害虫駆除、品種改良など)、自然・人文科学 (年代測定、化学分析、新しい元素、産地の特定、美術品の研究など)、環境保全 (排煙中の窒素酸化物や硫黄酸化物の除去、排水や汚泥中の有害物質の分解・殺菌など)、日常生活 (X線検査、アイソトープ電池、煙感知器、グロー管など) などに利用できます。反対にデメリットとしては、放射線の人体への影響 (確定的影響と確率的影響) と放射能による環境汚染です。

【質問 3-10-2】 および **【質問 3-10-5】** を参照して下さい。

(山形 11 古田富彦)

【質問 3-10-2】 放射線の人体への影響を知りたい。

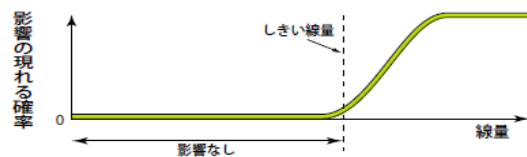
【回答】

放射線には、 α 線、 β 線、 γ 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。

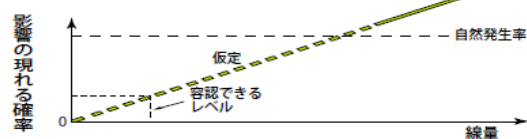
放射線防護の考え方

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。

〔確定(非確率)的影響(脱毛・白内障など)〕



〔確率的影響(ガン・白血病など)〕

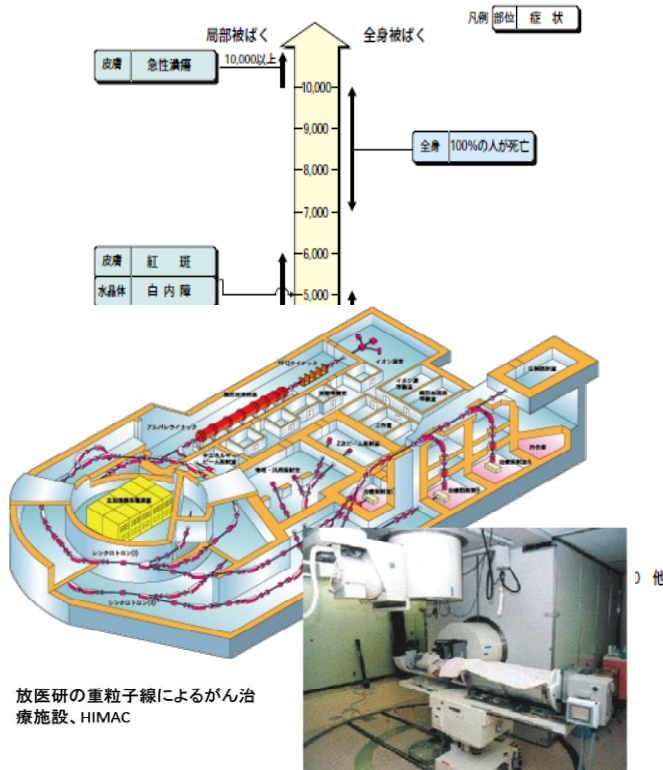


(注) しきい値…ある作用が反応を引き起こすか起こさないかの境の値のこと。

出典：(財)放射線影響協会「放射線の影響がわかる本」

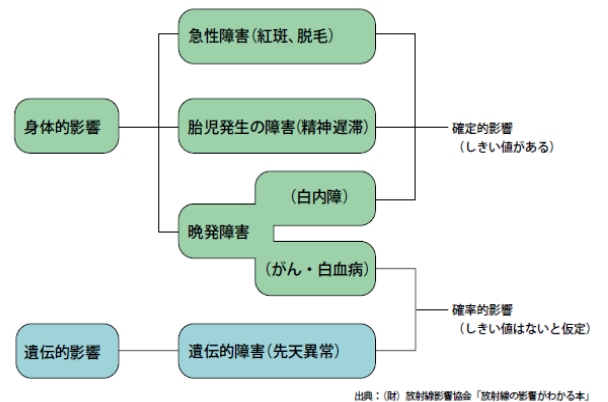
放射線防護の考え方には、一定の放射線量（しきい値）以上で影響が現れる確定（非確率）的影響としきい値がないと仮定されている確率的影響があります。後者にはがん、白血病、遺伝的障害などがありますが、現在、①遺伝的影響は認められていない、②少しの放射線量（一度に 100mSv 程度）では障害はほとんど確認されていないと、考えられています。

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

放射線の人体への影響



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探ることが重要です。ポイント照射が可能なホウ素中性子捕捉療法（BNCT）もあります。

(広島県 09 古田富彦、川合 将義)

[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・安全性は？ 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 3-10-8] 福島第一原子力発電所の事故に伴う放射能・放射線の人体への影響は?

(放出された放射性物質による人体への影響は? 福島原発の危険度は人体に影響が出る程度なのか?)

[回答]

一般公衆(乳幼児を含む)の人体への影響は、ほとんど考えられません。放射性ヨウ素(^{131}I)と放射性セシウム(^{137}Cs)による影響が心配されておりますが、内部被ばく実効線量限度がそれぞれ年間 2mSv と 5mSv 以下となるように指示され、外部被ばくも含めて年間 20mSv 以下となるように設定されております。ICRP 2007 年では年間 100mSv までは身体の臨床症状が起きないとともにがんのリスクも少ないと報告されています。

放射線業務従事者の線量限度は **[質問 3-10-14]** の表に示すとおりですが、緊急作業においては被ばく線量限度が 2011 年 3 月 15 日、厚生労働省によりで 100mSv から 250mSv に変更されました。福島第一原発の作業従事者で 250mSv を超えた被ばく者が発生しており、今後の身体状態を見守る必要があります。

[質問 3-10-2] (**[質問 3-10-7]** に記載) を参照して下さい。

(山形 11 古田富彦)

[質問 3-10-9] 放射性物質や放射線を取扱う際の注意点は?

[回答]

① 遮へいによる防護(コンクリート、鉄板、鉛ブロック等)、② 距離による防護(放射線の発生源から遠ざかる)、③ 時間による防護(放射線を受ける時間を短くする)、④ 放射性物質を体内に取り込まない(グローブボックス、放射能防護服、マスク、ゴム手袋、ビニールコート、長靴等を使用する。また、汚染された飲食物の摂取を制限する)、⑤ 個人放射線被ばく線量計やフィルムバッジを胸に着用する。

(山形 11 古田富彦)

[質問 3-10-10] 福島第一原子力発電所の放射線業務従事者の被ばく線量超過問題は? 安全策をとっても浴びるのはなぜか?

[回答]

事故に対する放射線安全管理および危機管理の失敗、安全管理体制と指揮命令伝達の不備、情報の収集・更新と共有化の失敗、放射線業務従事者のヒューマンエラーなどが要因と考えられます。今後、被ばくした作業従事者の身体状態を見守る必要があります。

(山形 11 古田富彦)

[質問 3-10-11] 食品に含まれる放射性物質の半減期、濃度および除去は？ 半減期とは物質自体がなくなるのか、濃度が下がるのか？ 食品に含まれる放射能は加工で減らせるか？

[回答]

半減期とは放射性物質から放射線を出す量がもとの半分になるまでの時間のことです。従って、放射性物質濃度は期間とともに減衰します。 ^{137}Cs は物理的半減期が 30 年と長いですが、汗、尿、便などとともに生理的に対外へ排出される生物学的半減期が約 70 日です。

加工で食品に含まれる放射能をある程度減らすことができます。飲料水については、活性炭とゼオライトでろ過して放射性ヨウ素や放射性セシウムを除去できます。ゼオライトの特徴は、① 放射性物質をイオン交換でゼオライト自身に吸収させ無害化、② 吸着性が強力なので、野菜などの作物に取り込まれる前に吸着、③ 飲料水をゼオライトでろ過することで放射性物質の除去が可能です。

放射性セシウム (^{137}Cs) については、ほうれん草などの野菜は表面を丁寧に水洗いすると約 30%、そしてゆでると約 60%除去できます。また、キュウリは酢漬けやマリネにすると約 90%除去できます。ジャガイモや人参などの根菜は水洗いし、丁寧に皮をむくと約 30~50%除去できます。肉や魚はゆでてゆで汁を捨てると 40~60%除去することができます。「洗う、ゆでる、酢漬け」が放射性セシウム除去に有効な方法です。

チェルノブイリ原発事故において体内に摂取した ^{137}Cs は、毎日 5 個のリンゴ(ペクチンにより)、3 週間食べて約 60%排出といわれております。すりおろしたリンゴ汁、柑橘類、大根、キャベツ、ココアなどが体内から排出するために効果的です。また、2010 年 10 月 11 月 4 日、日本メジフィジックス(株)放射性セシウム体内除去剤「ラディオガルダーゼ®カプセル 500 mg」(プルシアンブルー)が承認されました。体内汚染の軽減を効能・効果とする国際的標準薬剤の国内初導入ですが、低線量被ばくで効果不明、医師の処方必要。

(山形 11 古田富彦)

[質問 3-10-12] 放射線による食品照射と安全性は？

[回答]

食品照射とは殺菌、保存、発芽防止などのために食品に放射線(ガンマ線、電子線など)を照射すること。食品の種類、放射線量、照射条件によって効果が異なります。安全性については、1980 年に FAO (国連食糧農業機関)、WHO (世界保健機関)、IAEA (国際原子力機関) の合同会議で「10 キログレイ (kGy) 以下で照射された食品に毒性的な危険は認められない」と評価されましたが、実験による根拠が示されていないものだという反論もあります。日本では 1970 年代から唯一、北海道・土幌農協におけるジャガイモの芽止めに利用されております。一方、米国や中国、東南アジア、中南米などではその他に香辛料、乾燥野菜、玉ねぎなどいろいろな食品照射が実用化されております。

(山形 11 古田富彦)

[質問 3-10-13] 放射線に耐性のある生物と遺伝子

[回答]

身近な放射線耐性生物には、ワムシ、クマムシなどがいます。放射線耐性菌 (Deinococcus radiodurans: ディノコッカス・ラディオデュランス) は、5,000 Gy を浴びても死滅せず、15,000Gy でも 37%は生き残ります。また、放射線に限らず、高温、低温、乾燥、低圧力、酸の環境下にも耐えることができます。放射線耐性細菌の高い放射線抵抗性の分子機構は未だによく分かっていません。DNA 損傷を防いでいるわけではなく、高い DNA 修復能力をもっていると考えられております。

(山形 11 古田富彦)

[質問 3-10-14] 放射線業務従事者および一般公衆に対する線量限度は？ 原子力に係る人が浴びる放射線量は？

[回答] 以下の表のとおりです。

(山形 11 古田富彦)

放射線業務従事者に対する線量限度

項目	限度
1. 実効線量限度 (1)放射線業務従事者 (2)女子 (3)妊娠中である女子	100mSv/5年、及び50mSv/1年 (1)に規定するほか、5mSv/3月 (2)に規定するほか、内部被ばくについて 1mSv/妊娠の申告から出産まで
2. 等価線量限度 (1)眼の水晶体 (2)皮膚 (3)妊娠中である女子の腹部表面	150mSv/1年 500mSv/1年 2mSv/妊娠の申告から出産まで
3. 緊急作業に従事する放射線業務従事者 (1)実効線量限度 (2)眼の水晶体の等価線量限度 (3)皮膚の等価線量限度	100mSv → 250mSv(2011/3/15 厚労省) 300mSv → 500mSv(人名救助時 ") 1Sv

一般公衆に対する線量限度

項目	限度
周辺監視区域外及び事業所境界等の外側の線量限度 実効線量	1mSv/年
周辺監視区域外の線量限度 眼の水晶体の等価線量	15mSv/年
皮膚の等価線量	50mSv/年

(計画的避難区域の設定：原災対本部) (20mSv/年 2011/4/19)

[質問 3-10-15] 海洋に汚染水を流しても大丈夫か?

[回答]

廃棄物の投棄による海洋汚染を防止するために、すべての廃棄物の**海洋投棄**を国際的に規制する海洋投棄規制条約 (**ロンドン条約**) が1972年に採択された。この条約は15カ国の批推により、1975年8月に発効した。加盟国は2010年12月現在で日本、米国、メキシコ、英国等86カ国である。

放射性廃棄物の海洋投棄は、福島原発事故以前、日本では実施されていない。外国では、北大西洋において**OECD/NEA**協議監視制度の下で、英、仏、西独 (当時) 等により1967年から1982年にかけて海洋投棄が実施されたが、1983年以降は行われていない。しかし、1993年4月にロシア政府より、極東海域及び北洋海域に液体及び固体廃棄物を投棄した事実が発表された。

1993年11月の第16回ロンドン会議において、附属書I及びIIが改正され、「放射性廃棄物およびその他の**放射性物質**」の海洋投棄の禁止、「免除レベル概念の追加」等が正式に採択された。さらに一般産業廃棄物の海洋投入処分の全面禁止等を含むロンドン条約の1996年議定書が2006年3月に発効した。1993年～1994年に行われた海洋環境調査によれば、日本海における海洋投棄に基づく影響は、調査対象海域で認められなかった。今回の福島原発事故に伴う放射能汚染水の海洋投棄は、上記議定書に違反する。

なお、原発や放射性取り扱い施設にて法律で定められた限度より低い濃度に希釈された放射能を含む空気や水をモニターする事を条件に放出することが求められており、上記議定書に示す放射性廃棄物は、この基準以上の濃度のものを示す。

表 放射性核種の放出時の測定下限濃度 (許容上限値) および計測頻度

放出形態	測定対象核種		測定下限濃度 Ba/cm ³	最少計測頻度	
	放射性物質の性状	放射性物質の種類			
気体	ガス状		2×10 ⁻⁹	連続	
		揮発性物質	ヨウ素-131	7×10 ⁻⁹	1週間に1回
			ヨウ素-133	7×10 ⁻⁸	1週間に1回
			トリチウム	4×10 ⁻⁵	1ヶ月間に1回
	粒子状物質	クロム-51、マンガン-54、鉄-59 コバルト-58、コバルト-60、セシウム-134 セシウム-137等のγ線放出核種	4×10 ⁻⁹ *	1週間に1回	
		ストロンチウム-89、ストロンチウム-90	4×10 ⁻¹⁰ **	四半期に1回	
		全β放射能	4×10 ⁻⁹	1ヶ月間に1回	
		全α放射能	4×10 ⁻¹⁰	1ヶ月間に1回	
	液体		クロム-51、マンガン-54、鉄-59 コバルト-58、コバルト-60、ヨウ素-131 セシウム-134、セシウム-137等のγ線放出核種	2×10 ⁻² *	放出のつどまたは1週間に1回
			ストロンチウム-89、ストロンチウム-90	7×10 ⁻⁴ **	四半期に1回
トリチウム			2×10 ⁻¹	1ヶ月間に1回	
全β放射能			4×10 ⁻²	1ヶ月間に1回	
全α放射能			4×10 ⁻³	1ヶ月間に1回	

* コバルト-60に対する値を代表として示した。
** ストロンチウム-90に対する値を代表として示した。

(出典) 原子力安全委員会：「発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針」平成元年3月

(山形 11 川合将義)

[質問 3-10-16] 放射能をもたらす環境問題への対処法は?

原子力施設の稼働によって放出される、気体および液体廃棄物中に含まれる放射性物質による周辺住民の被ばくが、一般公衆に対する線量限度以下で、施設稼働時に計画された被ばく線量、例えば発電用軽水炉に対する線量目標値を超えないことを確認する必要がある。そのために、放射性廃棄物の放出源における放射性物質の測定評価（放出源モニタリング）を行うとともに、これらの放出放射性物質の周辺環境におけるレベルを測定評価（環境モニタリング）し、測定値が環境管理の基準以下であることの確認が行われる。

(1) 放出源モニタリング

気体廃棄物については放出口の高さなど、放出や気象の条件、液体廃棄物については一般の排水や海水による希釈拡散の条件に応じて公衆の被ばく経路を考慮し、環境管理の基準を超えないような放射性物質放出率の管理基準が定められている。

したがって、放出源モニタリングでは、一般に排気口または排水口等において放出される放射性物質の平均濃度または放出量が定期的もしくは放出の度に測定され、必要に応じて排気口から周辺監視区域境界外までの放射性物質の拡散等を考慮し、法令に定められた濃度限度または線量限度を下回るものであることを確認した後に排出することになっている。また、事故時においても、異常な放射性物質の放出等を検出し迅速に対策処理が行えるよう、予想される放射性物質の被ばく経路等の適切な場所をモニタリングすべきことが定められている。

(2) 環境放射線モニタリング

環境放射線モニタリングは原子炉設置者においては放出管理の一環として、地方公共団体においては地元住民の健康と安全を守る立場から、それぞれ行われる。その主な目的は次のとおり定められている。

- 1) 周辺住民等の線量を推定、評価すること
- 2) 環境における放射性物質の蓄積状況を把握すること
- 3) 原子力施設からの予期しない放射性物質又は放射線の放出による周辺環境への影響の評価に資すること
- 4) 異常事態発生の通報があった場合に、平常時のモニタリングを強化するとともに、緊急時モニタリングの準備を開始できるように体制を整えること

環境放射線モニタリングにおいては、施設外環境における放射線量や環境試料中の放射能レベルの測定が行われる。その測定点の選定および環境試料の採取は、被ばく経路による公衆の被ばく線量の上限値の推定および長半減期核種の蓄積傾向を把握することに重点を置いて行なわれる。

例えば、発電用軽水炉の場合には、敷地境界および周辺における γ 線吸収線量、および空気、葉菜、牧草や生ミルク中の放射性ヨウ素が主な測定対象となる。また、環境における蓄積の傾向を知るための試料としては、土壌や海底土および放射性物質の濃縮または蓄積の能力のある指標生物、例えばホンダワラや松葉なども採取測定される。その結果、基準値以上の放射能が測定されたものについては、一般人の内部被ばくを避けるために、国の命令としてその地域の生産物の出荷制限が行われる。その解除についても基準が設けられた。

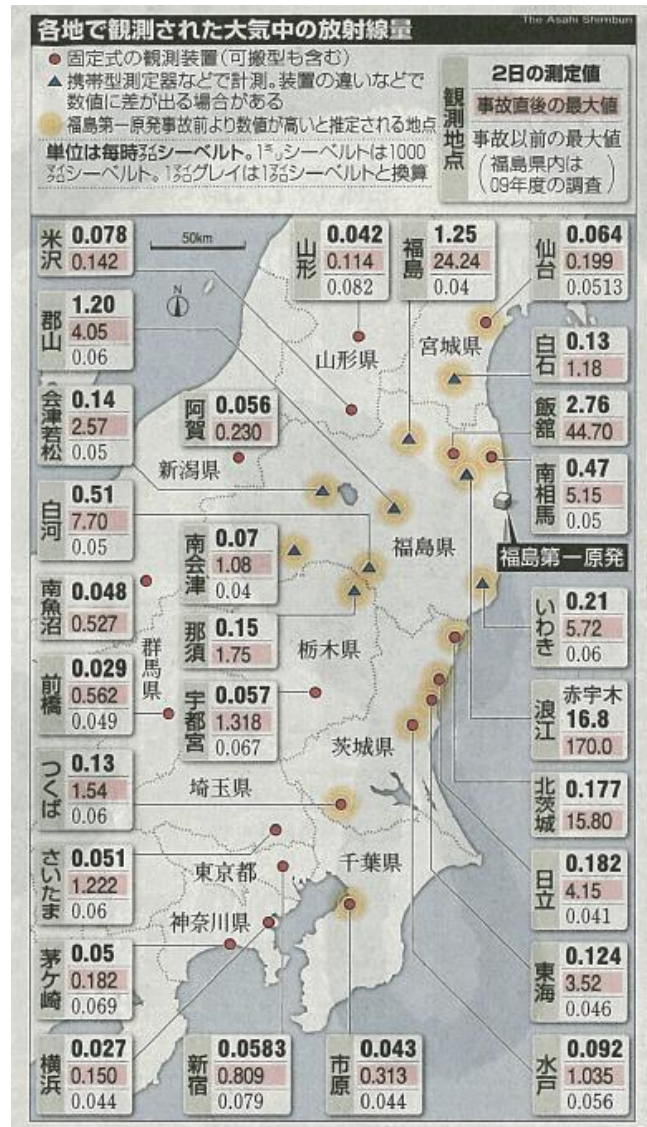
同様に、学校等の公的な施設では、児童や婦女子の被ばくを避けるために一定の活動制限が教育

委員会等から発令され、また、線量を低減するための汚染土壌の除染が行われている。今後の課題としては、高濃度汚染農地での作物栽培や酪農の可否の決定である。また、ある一定以上の濃度に汚染された農地については、土壌の入れ替えや除染効果の高い作物、例えばひまわりを植えて除染することが求められよう。

福島原発事故においては、各県 1ヶ所に置かれたモニタリングポストにおいて放射線の監視が行われた。右図にその例を示す。事故直後の高い値がわかる。また、土壌や植物に吸着された放射能が測定された。しかし、全県を調べるには少なすぎるのでモニタリングポストを 200ヶ所に増やすべく措置がとられた。また、簡易測定装置での測定も行われている。これらの測定結果は、環境放射能の挙動を解析ソフト SPEEDI で解析して、事故直後の放射線被ばく分布が調べられている。残念ながらこの解析結果は公表されず、また、距離のみを考慮した避難命令が出され、遠距離の飯館村がそれから取り残される一方、低線量地域の強制避難の問題を起こしている。

今後、放射能のより詳細な測定と汚染土壌の除去、生活場の回復だけでなく農地の早い回復が課題である。事故直後の放射能の多くを占めたヨウ素131は、半減期が8日と短いため、全体としての放射線量はずっと低くなっている。それでも、福島県では、土壌のセシウム等が細菌のように入って増殖するかのよう思っ、長ズボンや長袖シャツの着用を奨励する誤った指導が見受けられ、また、学校での水泳事業を取りやめるなどの放射線を恐れるあまり、過剰な動きもあり、適切な指導が必要である。これは、国の放射線量に基づかない原発からの距離のみで行った避難勧告を行った非科学的な政策と共通の考え方であり、適正な指導が必要である。

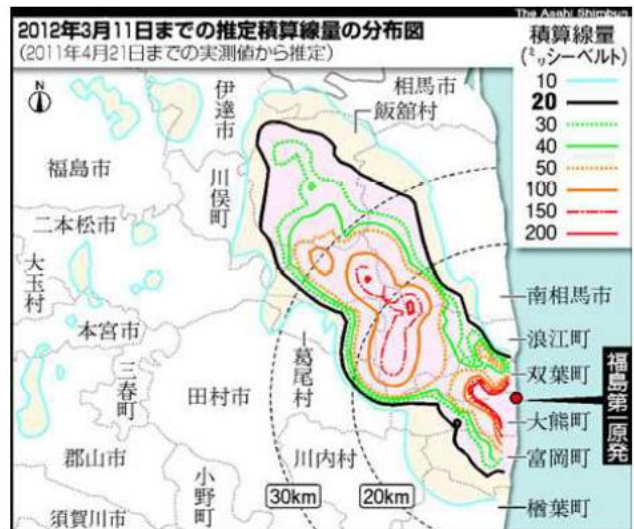
一般人の被ばく線量について、平常時は年間1ミリシーベルト以下に抑えることが望ましいが、今回のような事故においては、IAEAから年間20-100ミリシーベルトを避難の基準とすることを勧告が出されたのに対して、ガン等の晩発的な影響が、年間100ミリシーベルトでは認められていな



(平成 23 年 7 月 4 日付 朝日新聞朝刊)

いにも関わらず、国は一律に20ミリシーベルトを採用したことの一方、原発からの距離だけでの命令でかなり混乱を招いた。児童に対して、学校生活による被ばくが年間20ミリシーベルトを超えないように、学校での外部放射線量が3.8

マイクロシーベルト/時以下が基準として示され、それ以上の放射線量があるところは、国の負担により表面土壌を深地の土と入れ替えるとか、表土削りとり等が行われている。同時に、住民の今後の健康管理のため、希望者の内部被ばく測定と原発事故後の行動について調査され、SPEEDIの解析結果と照合して、その人の被ばく量が評価されつつ有る。因に、来年の3月11日までの1年間におよぶ推定積算線量の分布図を右図に示す。



SPEEDIに基づく1年間累積被ばく線量分布図

(山形11 川合将義)

[質問 3-10-17] 放射性物質が空中放出された時の環境への影響は?

[回答]

空気中に放出された放射能は、風に乗って飛ばされ、途中、崩壊するごとに放射線を放出して外部被ばくのもとになる。人体に対しては、呼吸とともに体に吸い込まれるものもあり、そうしたものは、内部被ばくのもとになる。また、重いものは比較的早く、あるいは雨などに吸い込まれて植物や地上に落下して付着する。一般には、こうした落下は、吹きだまりの部分で多く、植物や土壌の放射能レベルは高い。放出される放射能は、事故の形態によって異なり、被覆管の破壊程度であれば、希ガスの他、燃料中に固溶していた核分裂生成物の酸化物のうち、気化しやすいヨウ素やセシウムが出てくる。次いで、テルルやテクネチウム、バリウム、ランタン等が出てくる。チェルノブイリ事故のように原子炉の黒鉛反射体まで燃えて燃料物質までが爆発とともに放出された場合には、ウランやプルトニウムの化合物までも放出され、それが地面に落ちたことによって、地上のあちらこちらにホットパーティクルとして観測されたりした。

とにかく、外界に放出された放射能は、それぞれの原子核の持つ半減期で崩壊して、 γ 線や β 線、あるいは α 線を放出する、人体はこれらの放射線によって外部ひばくする。一方、植物に付着した放射能は、野菜や果物、お茶であれば、それを食べる事によって体中に取り込まれて、内部ひばくの原因となる。また、家畜が放射能で汚染された牧草を食べることによって、例えば牛乳中に濃縮される。その牛乳を飲む事によって、内部ひばくすることもある。英国のウインズケールでの黒煙炉での事故やチェルノブイリ事故においては、そうしてヨウ素によって汚染された牛乳を、成長期の子供が飲むことによって、放射性ヨウ素が甲状腺に吸着されて甲状腺がんを引き起こして

しまった。その対策として、事故直後には、放射性ヨウ素が甲状腺に吸収されるのを防ぐため、ヨウ素剤を飲む事が行われるようになった。また、セシウムやストロンチウムは、骨に吸着されて内部被ばくを引き起こす。そのため、これらの放射性物質が過度に摂取しないように、食品や飲料検査が実施され、ある基準を超えた場合には、販売と自己消費での摂取が禁じられる。こうした一部の物質を除いて、体内に接種された放射性物質は、生物学的な半減期で体中から放出されるので、体内被ばく線量は、比較的少なくすむ。

なお、山野や市街地に落ちた放射能は、風によって塵埃とともに再び大気中に漂うもの、あるいは雨水によって地中に浸透し、ある場合には地下水に交じり、あるいは川に流され、さらに海に到達するものもある。その放射能は、植物性プラントンで始まる食物連鎖を通じて、魚などに蓄積される。また、下水には平地の放射能が集まるので濃縮される。特に泥、ヘドロは放射能の吸着性が高いので、下水処理場で高い放射能が観測される。ごみ消却場の灰中の放射能レベルが高いのも、濃縮効果の一つである。

さて、福島原発事故とチェルノブイリ事故で放出された放射能を比較してみる(※1)。原子力安全委員会の推定では、今回の事故で原子炉から放出された放射性物質は「63万テラベクレル」、保安院は「37万テラベクレル」としている。チェルノブイリは「520万テラベクレル」なので、その約1割だが、国際原子力事象評価尺度 (INES) に基づく事故レベルでは、「数万テラベクレル以上」はすべて「レベル7」なので、この基準に従えば評価は正しい。

ただし、単純に汚染がチェルノブイリの1割と考えるのは間違いだ。なぜなら、チェルノブイリは原子炉そのものが大爆発で四散してしまったので、その「520万テラベクレル」はそっくりそのまま環境に放出されたが、福島は違う。「今回の推定では、原子炉の外に出た物はすべてカウントされているが、漏れた物質の多くは汚染水として原発内に留まっている。周辺環境に出た放射能はさらに一桁は少ないのではないか」(原子炉技術者)

タービン建屋などに溜まった汚染水は、すさまじい放射能を帯びる。東京電力は3月28日時点で、この水の放射能レベルを「1立方センチあたり1,900万ベクレル」と発表した。5月31日には、1号機から4号機、さらに集中廃棄物建家別の汚染水の量と放射能が発表された。それらの値から、合わせての放射能は、72万テラベクトルと見積もられる(※2)。また、漏れた物質にはヨウ素やテルルなど半減期(放射能が半分になる時間)の短い物質が多く、放射能はすでに事故当初より一桁か二桁は小さくなっている。もちろん、セシウム137(半減期30年)なども大量に漏れたので今後も周辺では対策が必要だが、チェルノブイリ事故のように、「ありとあらゆる核物質が飛び散った」わけでもない。

(※1) 週刊ポスト 2011年5月6日・13日号より

(※2) 川合書き換え

(山形 11 川合将義)

【質問 3-11-4】 原子力に係る仕事はどのくらいあるか? 原発以外の原子力関連の仕事は?

【質問 3-11-2】 を参照されたい。

【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わるが、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 3-11-5] 原子力に関する仕事にはどうしたら就けるか?

[質問 3-11-3] を参照されたい

[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、職務に必要な技術の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)

[質問 3-12-1] フクシマの現状は、核心に迫った情報は、福島第 I 原子力の現在の真の姿は?

[回答]

6 月 27 日に東京電力が発表した「事故の収束に向けた道筋」に福島第 1 の現状が詳しく報告されていますので別資料として添付します。以下に概要を解説します。

1. 原子炉の冷却はこれまでは循環出来ずに最小限の注水だけで行ってきました。その結果汚染水がどんどん増え続けていました。6 月 17 日以降循環浄化冷却システムが完成し、6 月 27 日にいよいよ運転開始しましたが、装置の細かいトラブルによりなかなか安定的に循環冷却ができていない状況です。
2. 使用済み燃料プール水の循環冷却は 2 号機で開始し、ステップ 2 の「より安定的な冷却」に到達しました。1, 3 号機は通常ラインでの注水を開始し、ステップ 1 の目標「安定的な冷却」に到達。4 号機はその 1 カ月遅れです。
3. 所内に大量に溜まった放射能汚染水が外部へ溢れ出ないように、タンクや別の処理施設(メガフロートなど)の増強を準備中で、まだまだ問題です。
4. 原子炉建屋を特殊シートですっぽり覆う工事が始まりました。官制はまだカ月以上先ですが、覆われてしまえば放射性物質が外部へ飛散する恐れは激減します。それまでは敷地や建物に放射性物質が飛散するのを防止する飛散防止剤を散布したり、水漏れ個所に凝固剤を注入したりして海や大気への流出を防止しています。
5. 作業員の被ばく線量低減の為に瓦礫撤去や写真撮影、線量測定などに、ロボット等の遠隔操作機器を活用しており、日本製のロボットも活用し始めています。

6. 作業者の作業環境改善、生活環境改善として休息所増設、給水機設置、体育館内シャワールーム設置、2 段ベッドの設置などを行っています。

(山形 11 金氏 顯)

[質問 3-12-2] 福島浜通りの今後は？

[回答]

先ず福島第 I 原子力 1~4 号が事故収束し放射性物質はこれ以上放出されない状態に落ち着くまでは急性期であり、避難民の復帰は難しい。収束し急性期を過ぎれば周辺地域の放射能汚染度を正確に詳細に把握し汚染地図を作り、土壌の入れ替え、洗浄等の浄化工事を行い、年間 20 ミリシーベルト以下に低下したら徐々に避難解除を部分的にまたは時間限定的に始め、年間 1 ミリシーベルト以下になるまで浄化作業を継続する必要がある。またその間、農作物や牛乳、水などは放射能レベルを計測し続ける。更に長期的に住民の健康診断また精神面のケアを継続する必要がある。特に幼児の健康診断は重要である。いずれにせよ放射能、放射線は正確に計測できるので、その推移により警戒程度を判断することが重要である。

(山形 11 金氏 顯)

[質問 3-13-1] 原発の安全神話はどうして生まれたか？

[回答]

安全神話とは、特に理由もなく原子力発電所は絶対に安全であるとして安心する社会心理のようなものだと思います。

最高の技術を駆使して建設・運転される原子力発電所であっても工学的な設備である以上設備の故障や運転のミス、さらには事故の拡大を防止できない組織的な要因は必ずあると考えなくてはなりません。これがあってはならないとすることが安全神話なのだと思います。

福島原子力災害は、巨大地震とそれに伴う大津波が事故の発端であることが原因とされています。原子力発電所は国の定めた指針に基づいているのですが、地震や津波など天然現象についても想定し対策を講じています。設備の故障、運転のミス、組織的な要因に加えて天然現象という自然科学の知識の限界について学校教育を含めて社会が学習していくことが重要です。自然科学には限界があると知りながら、どこかで自然科学に頼る気持ちが個人や社会にはあるのではないのでしょうか。原子力発電がなくてもエネルギー対策や地球温暖化対策は可能であるという最近の動きも新たな神話が造られつつあるのかもしれない。

私たちの生活の安全に密接に関わる問題に対して、しっかり事実を見つめることができれば安全神話は解消するものと思います。

政府が設置した事故対策委員会も、なぜこのたびのような大津波に対する対策が講じられなかったのか、事故が拡大した要因はどこにあったか安全神話の根底にあるものを分析することが求められるのではないかと思います。

(山形 11 坪谷隆夫)

[質問 3-14-1] 原発の第一人者は今何を考えているか？ プロの目を見たフクシマは？

[回答]

プロでも原発の第一人者（そう言える人がいるかも分かりません）でもないので返答し兼ねる質

問です。

これで無回答と言うのも無責任なので、一原子力研究者としての意見、感想として受け取ってください。簡条書で記します。

1. 今回の福島事故はあってはならない事態をもたらした。慙愧(ざんき)に堪えない。
2. 軽水炉安全設計審査指針は、それなりに練られたものであるが、逐次、新たな目で見直すことが必要であった。

例えば、安全上重要な機器、系統、装置には多重性を求めているが、すべてに多様性を求めている訳ではない。原子炉停止系には多様性を求めているが、非常用電源系には求めていなかったのは手落ちではないか。また、長期の商用電源の喪失を考慮しなくても良いと言うのは、日本が他国と比較して停電が少ないとの日常的な感覚で決めてしまったのではないか。大地震を考慮に入れれば、商用電源の復旧には時間を要するとの配慮に欠けていたと言わざるを得ない。

3. 地震に関しては、相当入念に配慮し設計に取り込んできたが、津波に関する配慮が希薄であったのではないか。津波の専門家を安全審査、規制に取り込まなければならぬ。
4. 一方、地震の予知も未だ不十分で確立されていない。自然現象、災害は、何時、どのように起こるか分からない。如何なる事象が起ころうとも、原子炉の安全を守る（止める、冷やす、放射性物質を閉じ込める）ことを徹底的に追及していかないと、フクシマ事故を自国で経験した日本では原子力発電の未来はないのではないか。
5. 今回のような苛酷事故は、設計基準事故として扱わず、設置許可に係る安全審査において扱ってこなかった。シビアアクシデント・マネジメントとして、事業者と原子力安全・保安院の協議で済ませていたところがある。大いに反省し、規制当局、事業者は真剣に取り組む必要がある。
6. JCO 事故を契機に、原子力災害特別措置法が設置され、原子力施設から 10 km 以内にオフサイトセンターが設けられたが、今回は、センターも地震で被災し機能しなかった。地震国の日本においてどのような設計をしたのか。そして、本来、オフサイトセンターにおいて事故発生に伴い、専門家の知を結集し、現場と連絡をとりつつ、これを早期に如何に終息させるか対応すべきであった。首相は、対策本部長であるが、技術的には専門家に任せるのが当然で、行政的に必要なことを指揮・命令する役割であろう。今回は、原子力安全委員会、原子力安全・保安院ともども混乱し、的確に機能していなかった。
7. 今回のような事故に備えて、放射性物質の大気拡散予知計算コード「SPEEDI」が早くから開発され、活用された。（計算結果の公表は抑えていたようであるが）一方、燃料の損傷、熔融、メルトダウンのような原子炉、格納容器等の挙動について、事故発生時から、即刻、予測出来るような計算評価を規制当局としては行うべきであり、その結果も参考にして早期事故終息の措置を取ることを考えるべきである。

(山形 11 齋藤伸三)

[質問 3-13-1] 原発の安全神話はどのように生まれたか?

[回答]

安全神話とは、特に理由もなく原子力発電所は絶対に安全であるとして安心する社会心理のようなものだと思います。

最高の技術を駆使して建設・運転される原子力発電所であっても工学的な設備である以上設備の故障や運転のミス、さらには事故の拡大を防止できない組織的な要因は必ずあると考えなくてはなりません。これがあってはならないとすることが安全神話なのだと思います。

福島原子力災害は、巨大地震とそれに伴う大津波が事故の発端であることが原因とされています。原子力発電所は国の定めた指針に基づいているのですが、地震や津波など天然現象についても想定し対策を講じています。設備の故障、運転のミス、組織的な要因に加えて天然現象という自然科学の知識の限界について学校教育を含めて社会が学習していくことが重要です。自然科学には限界があると知りながら、どこかで自然科学に頼る気持ちが個人や社会にはあるのではないのでしょうか。原子力発電がなくてもエネルギー対策や地球温暖化対策は可能であるという最近の動きも新たな神話が造られつつあるのかもしれませんが。

私たちの生活の安全に密接に関わる問題に対して、しっかり事実を見つめることができれば安全神話は解消するものと思います。

政府が設置した事故対策委員会も、なぜこのたびのような大津波に対する対策が講じられなかったのか、事故が拡大した要因はどこにあったか安全神話の根底にあるものを分析することが求められるのではないかと思います。

(山形 11 坪谷隆夫)

[質問 3-14-2] 相対的かつ客観的な視点での原子力に対する考えは?

[回答]

[質問 3-2-15] を参照されたい。

(山形 11 齋藤伸三)

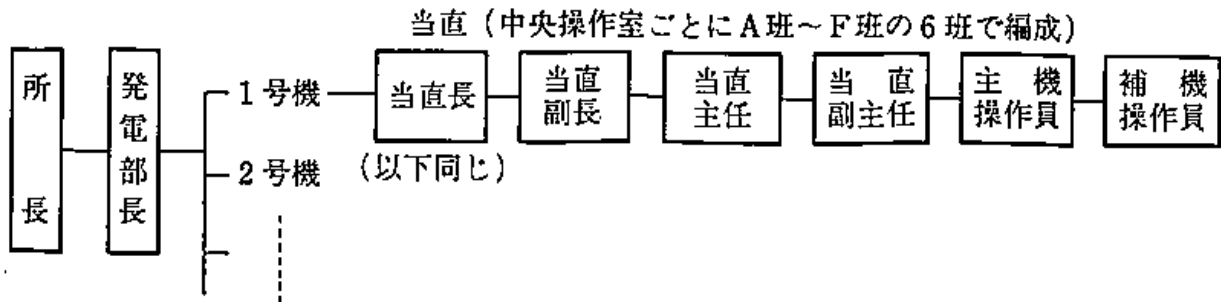
[質問 3-15-1] 原子力発電の運営（組織）はどうなっているのか?

[回答]

ここでは原子力発電所を動かす、運転の組織について述べます。原子力発電所を動かす中枢部を中央制御室（中央操作室）と呼び、一般にここには当直長のもと 1 つのプラントあたり数名のクルー（運転直）が原子炉、タービン発電機、その他の機器の運転操作、運転状況の確認を三交替二十四時間体制で行います。運転直の長は当直長と呼ばれ、原子力発電所の運転に関する高度な知識が要求されます。このため国の「運転責任者の認定」を受ける必要があります。この認定試験では、運転技術の実技のみでなくプラントのシステムや法令に関する知識、管理者としての資質等幅広く試験対象になります。運転直は当直長以下当直副長から補機操作員まで当直員としての研修体制の中、さまざまな訓練を受けることとなります。特徴的なことは運転訓練センターにおける実技研修で個人の資質を上げるとともに、全員で行う運転直としての連携の訓練も重要視されています。最近では訓練を専門に行う体制も整備され、原子力発電所の設計や安全の理論や、ポンプ、弁の分解点検に至るまで様々な知識習得に力を入れています。

(山形 11 北山一美)

(イ) 当直の構成 (例)



(ロ) 当直の勤務体制 (例)

当直班 (8 日間の当直勤務を 3 回もしくは 4 回繰返す)

[1 直, 1・2 連直, 2 直, 3 直, 3 直, 明け, 休日, 休日] × 3~4 回 +
訓練班 (7 日間) + 日勤班 (7 日間)
[訓練 5 日間 + 休日] [日勤 + 指定休日]
(1 直 : 8 : 30 ~ 15 : 20, 1・2 連直 : 8 : 30 ~ 21 : 25, 2 直 : 15 : 00 ~ 21 :
20, 3 直 : 21 : 00 ~ 8 : 55, 訓練班および日勤班 : 8 : 30 ~ 17 : 10)

[質問 3-15-2] 原子力発電の設置時の手順は？

[回答]

原子力発電所の設置計画に当たって、電気事業者は原子力発電所の立地点を選定し、環境影響評価方法書等の書類を経済産業省に提出して環境審査を受ける。環境審査の結果は総合資源エネルギー調査会電源開発分科会において審議され、当該知事の同意を前提に立地点として決定され、「重要な電源開発に係る地点の指定」に組み入れられる。これを受けて電気事業者は「原子炉設置許可申請」を経済産業省に提出し審議される（一次審査）。さらにこの審査結果について原子力安全委員会および原子力委員会で再審議（二次審査）し、経済産業大臣に答申する。経済産業大臣は文部科学大臣の同意を得て原子炉設置を許可する。その後電気事業者は「設計および工事の方法の認可」を経済産業大臣に提出し、認可を得て工事を開始する。工事の工程毎に経済産業省による検査を受け、最後に使用前検に合格して、営業運転を開始する。

図 1 に原子力発電所の立地点選定段階から運転段階までの手続きを示す。

以下、原子力発電所の立地点環境審査、原子炉設置許可の申請、安全審査および工事着工の手続きに関して述べる。

1. 原子力発電所の立地点環境審査と第一次公開ヒアリング

原子力発電所の立地に関して、原子炉設置許可（安全審査）を申請する前に、その発電所の建設、運転に伴う環境への影響を調査・評価する必要がある。環境影響は発電所の安全性も含めて、その他産業への影響、住民の生活に及ぼす影響、景観からレクリエーション等に及ぼす影響等について、電気事業者は広い視野からの影響を調査する

経済産業省は電気事業法第 46 条の規定に基づき事業者から提出された環境影響評価方法書（方

法書)の審査、環境影響評価準備書(準備書)の審査、環境影響評価書(評価書)の審査および環境影響評価に際し必要な技術手法等の検討(これらを環境審査と総称している)を環境審査顧問会の助言を得て行っている。

経済産業省は、環境審査の途中、公開ヒアリングを開催する(第一次公開ヒアリング)。第一次公開ヒアリングでは、陳述人は立地問題について意見を表明し、これに電気事業者が回答する形式で行われる。陳述人とは、地元住民であって意見の概要を記した文書を添えて経済産業省に届出をした者のうち経済産業省が指定した者である。陳述人の意見・要望は関係行政に反映または参酌されることになる。経済産業省は審査結果を「環境審査報告書」としてまとめ、関係省庁および地方自治体間と協議し、経済産業省の諮問機関である総合資源エネルギー調査会電源開発分科会(旧・電源開発調整審議会)に上程する。立地点決定は当該都道府県知事の建設同意が一つの条件となっており、この分科会で審議決定されると、「重要な電源開発に係る地点の指定」に組み入れられ公表され、発電所の立地点が決定する。この時点(「着手」と云うことがある)から「建設準備中」の発電所として扱われる。

2. 原子炉設置許可の申請、安全審査と第二次公開ヒアリング

原子力発電所の立地点の決定を受けた後、電気事業者は経済産業大臣に「原子炉設置許可」の申請を行う(原子炉設置許可申請書の提出)。行政庁である経済産業省は「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」、「軽水型動力炉の非常用炉心冷却系の性能評価指針」など安全設計と安全評価の安全審査指針に基づき安全審査を進める(行政庁による安全審査を一次審査という)。経済産業省の審査結果はさらに原子力安全委員会および原子力委員会において再審査される(二次審査)。この間、原子力安全委員会は第二次公開ヒアリングを開催する。この公開ヒアリングの目的は、二次審査に当たり当該原子炉施設特有の安全性について地元住民などの疑問・意見を聴取してこれを参酌することにある。第二次公開ヒアリングは地元の協力を得つつ原則として地元市町村において行われる。このように原子力発電所の安全性については、一次審査と二次審査によるダブルチェック体制により十分に審査される。経済産業大臣はダブルチェックの安全審査を終了後、文部科学大臣の同意を得て、原子炉設置を許可する。

3. 原子力発電所の工事着工の手続き

電気事業者は、原子炉設置許可の取得後、「設計および工事の方法の認可」(工事計画の認可)を経済産業大臣に申請する。この工事計画は、経済産業省令で定める技術基準に適合していること、電気の円滑な供給を確保するため技術上適切なものであること、の条件を満たす場合に認可される。原子力発電所はこの認可の後「着工」となり、この時点から「建設中」の発電所として扱われる。着工後は主任技術者(電気主任技術者など)の選任、溶接検査、使用前検査、燃料体検査、原子炉主任技術者の選任、保安規定の届出等を経て、工事が進められる。

使用前検査は、工事計画の認可を受けた電気工作物について認可を受けた工事計画に従って工事が行なわれ、その電気工作物が経済産業省令で定めた技術基準に適合していることを確認するためのもので、工事の工程毎に電気事業法施行規則第 69 条 1 号のイ項からホ項の順で行われる。最後のホ項「使用前検査」は工事の計画に係るすべての工事が完了した時に行なわれる発電所の総合的な機能・性能の確認のための検査であり、この検査の合格をもって発電所の営業運転開始となる。この検査を起動試験といい、使用前検査の中でも最も重要なもののひとつである。表 1 に起動試験の

主要項目を示す。この時点から「運転中」の発電所として扱われる。

註) ATOMICA より引用

(山形 11 北山一美)

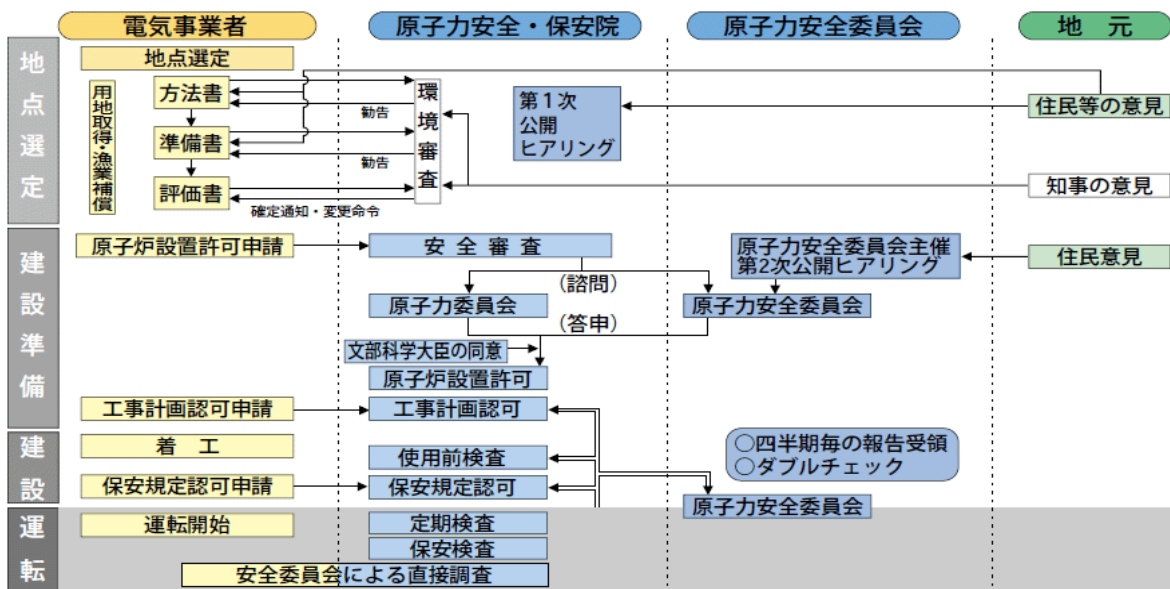


図1 原子力発電所の立地地点・選定段階から運転段階までの手続き等

[出所] 電気事業連合会:「原子力・エネルギー」図面集 2008年版(2008年4月)、p.101、
<http://www.fepec.or.jp/library/publication/pamphlet/nuclear/zumenshu/pdf/all05.pdf>

表 1 起動試験主要項目(BWR-5の例)

起動試験名称 (発電所の安全性を確認する視点)	検査の主な確認項目
停止余裕試験 (制御棒能力の確認)	全燃料を炉心に装荷後、制御棒のうち最も核反応の抑制効果を持つ制御棒 1 本を引き抜いても、原子炉が未臨界（核反応が増加しない状態）を維持していることを確認する。
制御棒駆動系試験 (制御棒動作の確認)	原子炉の圧力が定格圧力(約 70 kg/cm ²)のとき、制御棒が正常に挿入および引抜きされること、およびスクラム動作することを確認する。
原子炉再循環ポンプトリップ試験 (原子炉再循環ポンプの電源喪失等を想定)	出力運転時、1 台の再循環ポンプが停止した場合でも、燃料の健全性が保証され、かつ原子炉が低出力状態で整定することを確認する。
外部電源喪失試験 (所内電源システムの故障等を想定)	発電所を運転するための常用電源が瞬時に失われた場合でも、非常用の所内電力供給システムが正常に動作して、ディーゼル発電機が起動し、燃料の健全性および原子炉圧力容器の健全性* ¹ が保証され、かつ原子炉が安全に停止することを確認する。
発電機負荷遮断試験 (送電システムの故障等を想定)	システムの負荷（発電所からみた電気の送り先）が瞬時に失われた場合でも、燃料の健全性および原子炉圧力容器の健全性* ¹ が保証され、かつタービンの回転速度の上昇が安全範囲内に収まり、原子炉がタービンバイパス容量* ² に相当する出力を超える出力段階においては、原子炉が安全に停止することを確認する。
主蒸気隔離弁全閉試験 (復水器に蒸気を送れない故障等を想定)	原子炉で生じた蒸気が主蒸気隔離弁* ³ 全弁の閉止により、タービン側へ流入せず炉内に閉じ込められた際でも、燃料の健全性および原子炉圧力容器の健全性* ¹ が保証され、かつ原子炉が安全に停止することを確認する。

- * 1 原子炉圧力容器の健全性：原子炉圧力容器の内圧の上昇が設計上考慮されるレベル以内に留まり、漏洩などの異常が生じないこと。
- * 2 タービンバイパス容量：発電機が定格出力運転中に負荷を喪失した場合などにおいて、余剰蒸気を直接復水器に送ることで運転状態を維持する。このときの復水器に流す蒸気量を、発電電力量に換算した容量のこと。
- * 3 主蒸気隔離弁：主蒸気配管は、原子炉格納容器を貫通してタービンに通じている。この配管が破断するなどの事故時に、主蒸気がタービン側に放出されることを防ぐため、主蒸気配管に設けられた弁のこと。