

## よくある質問とその回答

SNW 201007005 R-1

山形大「事前アンケート」に見る質問と回答は太字の項目

その他の目次・解説資料はSNW・HP参照；

[http://wwwsoc.nii.ac.jp/aesj/snw/gakusei\\_taiwa/kyoutsu\\_shiryou/frequent\\_ga.pdf](http://wwwsoc.nii.ac.jp/aesj/snw/gakusei_taiwa/kyoutsu_shiryou/frequent_ga.pdf)

### 目次

(1) 環境問題で知っていること .....	3
[質問1-1] オゾン層の増加と温暖化の関係について。 .....	3
[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? .....	3
[質問1-3] <b>ごみ問題：スーパー・ビニール袋利用取りやめはエコか？</b> <b>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？</b>	
[質問1-4] <b>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？</b>	
(2) エネルギー問題で知っていること .....	4
[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と ...	4
[質問2-2] リサイクルは地球に優しいか? .....	4
[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? .....	4
(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） .....	6
1. 原子力発電の原理 .....	6
[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。 .....	6
[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。 .....	7
[質問3-1-3] <b>チェレンコフ光は光の衝撃波のようなものか？</b>	
2. 原子力発電の必要性 .....	7
[質問3-2-1] 原子力発電所は本当に必要か。 .....	7
[質問3-2-2] 原子炉の解体方法はあるのか? .....	8
[質問3-2-3] <b>発電以外の原子力の利用法は？</b>	
3. 原子力発電の安全性 .....	8
[質問3-3-1] 東京湾になぜ原子力発電所を作らないのか? .....	8
[質問3-3-2] 原子力発電所の作業は安全か? .....	8
[質問3-3-3] 原子炉事故と対策を知りたい。 .....	9
[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? .....	11
[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。 .....	12

[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と	12
[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。	12
[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？	
[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。	
4	日本や世界の原子力発電の動向	13
[質問3-4-1]	フランスと市民の理解は日本とは違うのか？	13
[質問3-4-2]	日本はなぜ原子力発電に消極的なのか？	14
[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？	14
[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。	15
[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。	
5	原子力と環境問題	15
[質問3-5-1]	放射線の影響を知りたい。	15
[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	16
[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	17
[質問3-5-4]	CO2の排出量は減るかもしれないが、他の副作用はないのか？	17
[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？	17
[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？	
6	他のエネルギーと原子力エネルギー	18
[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？	18
[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？	19
[質問3-6-3]	地熱発電が推進されない理由は何か？	
7	未来の原子力発電	20
[質問3-7-1]	プルサーマル計画の進捗についてどうなの？	20
[質問3-7-2]	核融合の利点、欠点を知りたい。	21
[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？	21
[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？	

8 放射性廃棄物 .....	21
[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 .....	21
[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。 .....	21
[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。 .....	22
[質問3-8-4] <b>放射性廃棄物の再利用は可能か？</b>	
9 核不拡散 .....	22
[質問3-9-1] 核不拡散はなぜ必要か？ .....	22
[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？ .....	23
[質問3-9-3] <b>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？</b>	
[質問3-9-4] <b>核兵器の原理・解体法は？</b>	
10 放射線の性質と利用（食品や医療、材料開発など） .....	24
[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。 .....	24
[質問3-10-2] 放射線の人体への影響を知りたい。 .....	24
[質問3-10-3] <b>放射線被ばく生物から奇形が生まれる？</b>	
[質問3-10-4] <b>放射線のエネルギー放出について、特に陽子線につき知りたい。</b>	
[質問3-10-5] <b>医療だけでなく日常的にも使用出来ないか？ 処理方法・安全性？ 放射能の危険な面だけでなく、如何に効果的に働くかを知りたい。</b>	
[質問3-10-6] <b>原子力の農業利用の可能性と問題点？</b>	
11 原子力にかかわる仕事 .....	25
[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？ .....	25
[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。 ...	26
[質問 3-11-3] <b>原子力発電所で働くには？ 資格などは？</b>	

### **【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は、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

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と、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)

### **【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？**

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、原子炉に入れ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)

### **【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、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（HTTR）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 3-3-8】 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は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。

それにもメゲ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、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。お友達は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 3-4-5】 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。

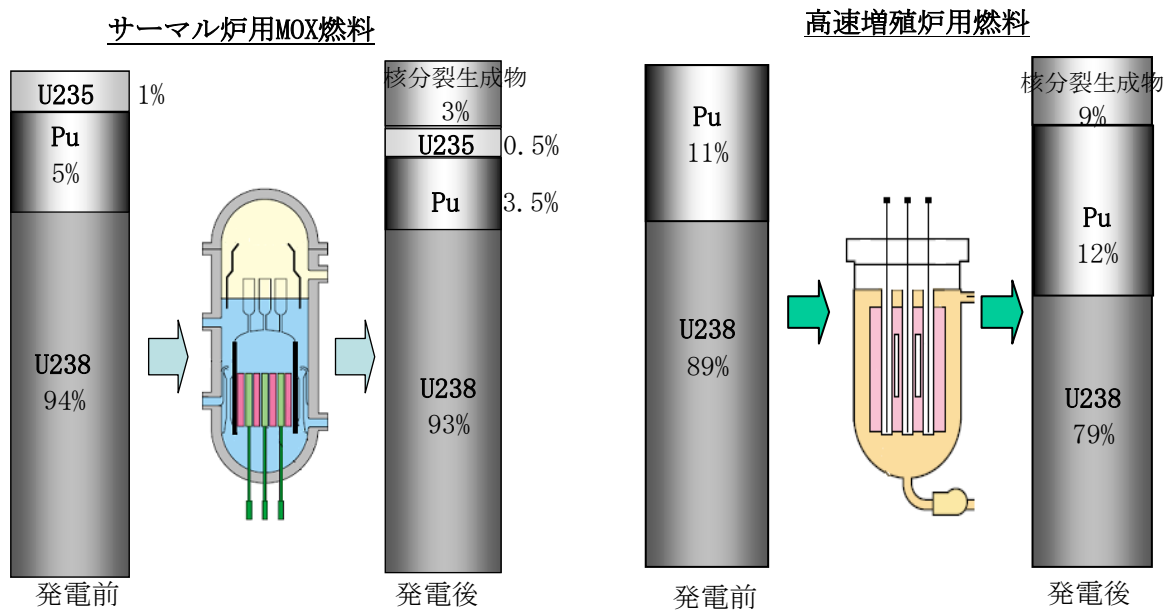


図1 プルサーマル用と高速増殖炉用の燃料典型例

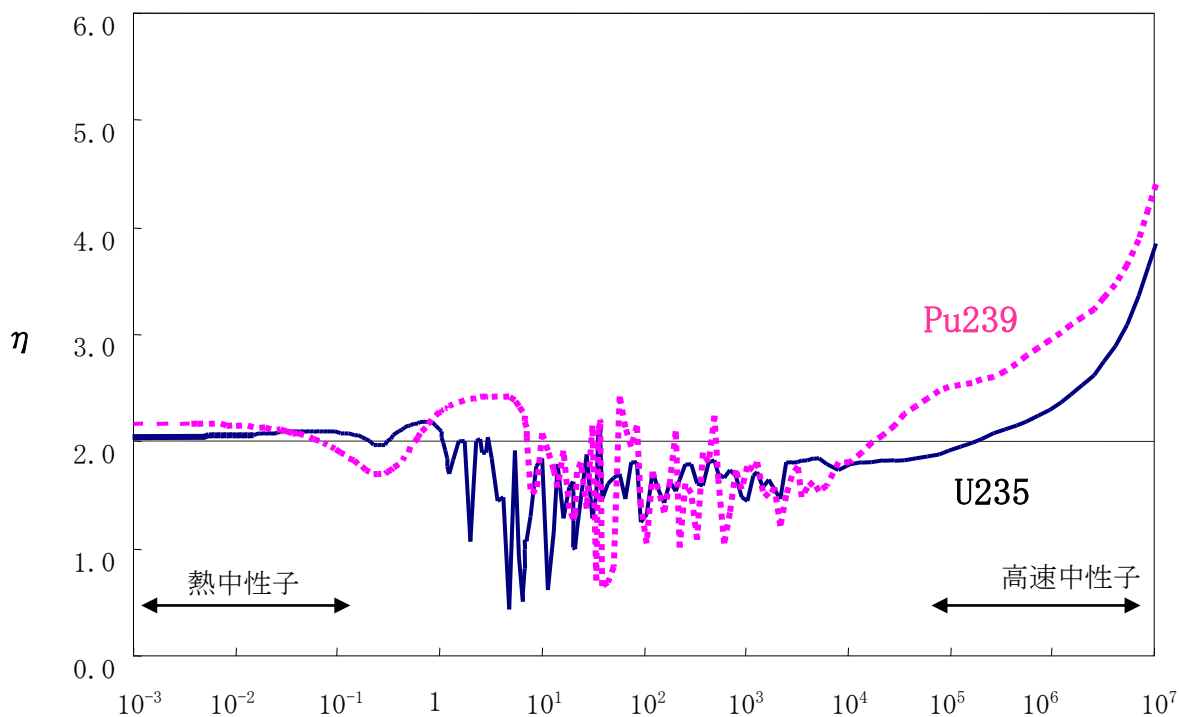


図2 中性子吸収に対する核分裂中性子発生個数の比較

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)

### **【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3-6-3] 地熱発電が推進されない理由は何か？**

**[回答]** わが国は地勢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。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3-7-4] 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。

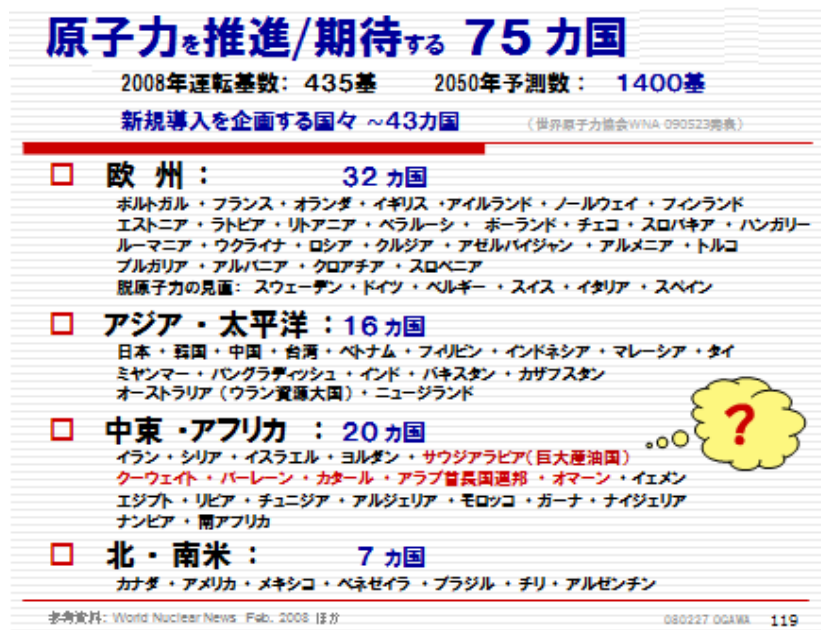
**スペイン：** スペインは脱原発政策を続けているが、2009夏、政府は最も古い原発の運転

を2013まで延長を決定。  
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やりましたが、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 = m c<sup>2</sup>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）

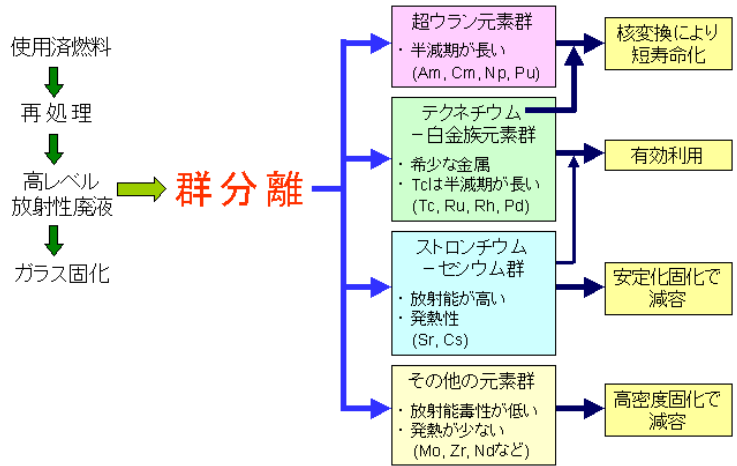
**[質問 3-8-4] 放射性廃棄物の再利用は可能か？**

**[回答]**

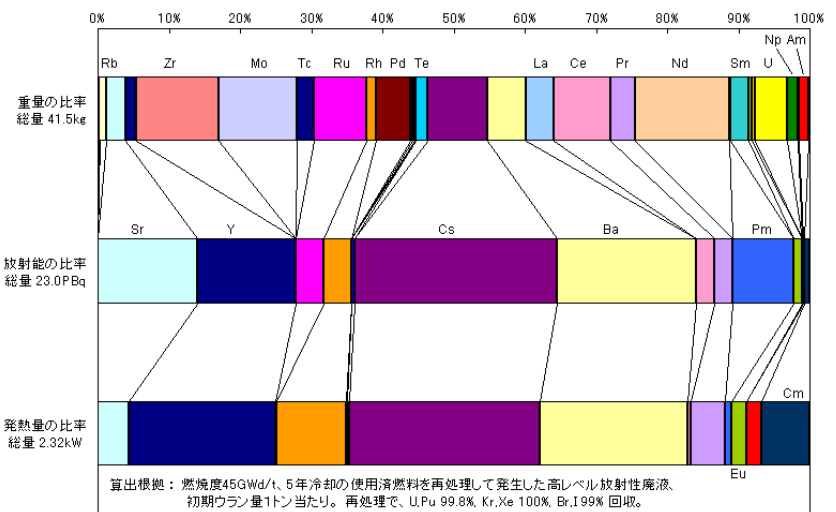
放射性廃棄物は発生場所、放射能の強さ等から様々に分類されます。原子力発電所から出る手袋、衣服といったものは放射能が弱いので焼却処理した後、セメントで固化して地中浅く埋設されます。原子炉を解体して出てくる廃棄物はもう少し放射能がつよいので、やはりセメントで固化した後、もう少し深く埋設されます。埋設されるものは再利用されませんが原子炉の解体から出てくるもの（鉄、鉄合金、セメント塊など）の大部分は放射能のレベルが通常のものと同程度で変わらないので、再利用が可能です。

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



**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)

**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**

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、表に高レベル廃液に含まれる有用核種の主な利用法を示します。

核種	半減期	放射線 <sup>1)</sup>	主な利用法
Np-237	$2.1 \times 10^6$ y	$\alpha$ と $\gamma$ 0.086	Pu-238製造原料 Pu-238(はエネルギー源)
Am-241	432y	$\alpha$ と $\gamma$ 0.060	煙探知器、 ( $n, \alpha$ )による中性子源
Cm-242	162.8d	$\alpha$ と $\gamma$	比発熱量がPu-238より 高いエネルギー源
Cm-244	18.1y	$\alpha$ と $\gamma$	
Cm			Cf-252製造用ターゲット 小型原子炉
Sr-90	28.8y	$\beta$ max0.546	熱エネルギー源
Cs-137	30.2y	$\beta$ と $\gamma$ 0.662	$\gamma$ 線照射用線源
Tc-99	$2.1 \times 10^6$ y	$\beta$ max0.292 $\gamma$ なし	耐食性鋼材、触媒、 超電導素材
Ru	約35年後( $74\text{Bq/gRu}$ Ru-106(367d, $\gamma$ 0.512, 0.622))		触媒、電極材、貴金属
Rh	約50年後( $74\text{Bq/gRh}$ )		触媒、ガラスファイバ
Pd	Pd-107( $6.5 \times 10^6$ y, $\beta$ 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)

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、表に高レベル廃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)

**【質問 3-9-3】 核兵器保有国が嚴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」、それ例外は「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。

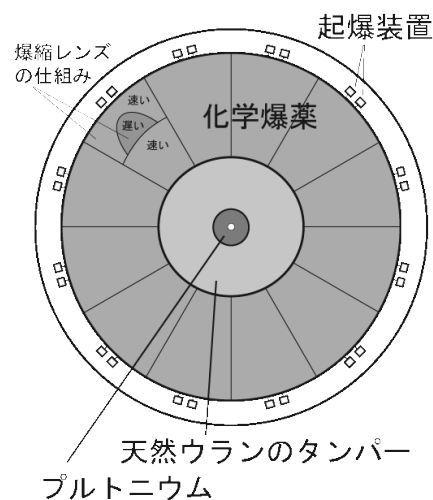
(山形 10 松永)

### [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。



天然ウランのタンパー  
プルトニウム

### 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~



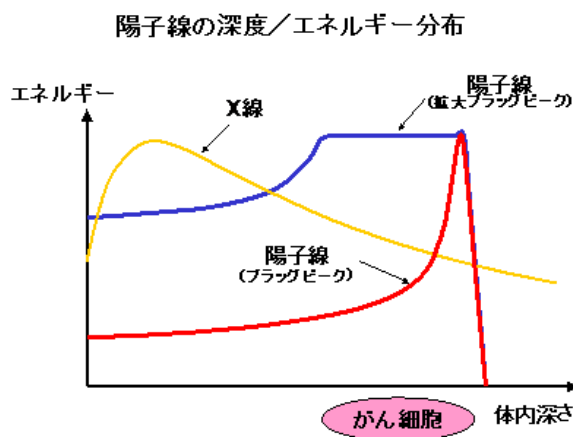
60日)、胎児期(着床後61~270日)に大きく分けられます。着床前期での被ばくは母体内死亡を誘起し、器官形成期での被ばくでは奇形を誘発します。また、器官形成期、胎児期被ばくでは精神遅滞が起こることがあります。被ばく線量については最も感受性の高い時期(器官形成期)で0.1グレイ程度がしきい線量と考えられています。

(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。

- 線量集中度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。**

**【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・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)

### 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、職務に必要な技術を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っていけば、対応できるのではないかと思います。

(山形 10 加藤洋明)