

SNW 対話イン福岡 2011 (福岡教育大学原子力セミナー) 報告書

I. 概要

平成 22 年 8 月に長崎大学で日本エネルギー環境教育学会全国大会が開催され、SNWより松永、金氏の 2 名が参加し、WS を 1 件、発表を 2 件行った（この概要は原子力学会誌アトモス 1 月号 p59 参照）。この時に九州・沖縄エネルギー教育推進会議代表の中村重太先生（福岡教育大名誉教授）と知り合い、その縁で福岡県エネルギー環境教育研究会の会長である福岡教育大遠藤秀治教授（技術教育課程）を紹介して頂き、開催の中心になって頂き、九州の教育系の中心的大学である福岡教育大学で初めての対話会を開催することになった。

日程等は同大学側のスケジュールから土日は開催出来ず、遠藤先生の授業「くらしの電気」の最後の授業時間（135 分）で行う変則的な開催となった。時間が通常の対話の半分以下なので事前アンケートを 1 ヶ月以上前に回収し、質問疑問に対する回答集を開催 2 週間前に大学へ送付し、学生に配布、予習していただくこととした。

1) 日時：平成 23 年 2 月 16 日（水）4, 5 時限（14:20～16:35）

2) 会場：福岡教育大学技術教育講座の技 3 教室

3) 対話グループ数 4 グループ

4) 学生 20 名（技術教育課程、理科教育課程）

シニア 8 名（大塚徳勝、金氏顯、工藤和彦、宅間正夫、中村威、樋口勝彦、松永一郎、米永國照）

教員 6 名（中村重太、遠藤秀治、大後忠志、坂本憲明、平尾健二、阿曾沼樹）

オブザーバ 2 名（九州経産局エネルギー環境広報室佐藤寛室長、山口勝）

5) タイムスケジュール

14:00～14:20 集合と受付

14:20～14:30 開会挨拶（遠藤先生）、
参加シニアの紹介（金氏 顯 SNW 代表幹事）

14:30～15:00 講演 「原子力発電の役割と今後の展開」（金氏 顯）

15:00～16:00 グループ対話（ファシリテーション方式）

1G：原子力発電や放射線の原理を知り、どのように利用すべきか？

2G：原子力発電所は果たして安全なのか？

3G：原子力は本当に温暖化対策の救世主になり、かつ環境に優しいのか？

4G：原子力の発展により我々の未来はどうなるのか？

16:00～16:15 対話内容まとめ（各グループで学生主体に纏め相談）

16:15～16:30 まとめ報告（各 G 代表学生が 3 分以内で口頭発表）

16:30～16:35 講評（宅間正夫 SNW 会長）、閉会挨拶（遠藤先生）

17:30～19:00 懇親会（学外で、会費制 3,000 円、ただし学生は無料）

6) 配布資料

- ①□グループ対話、テーマ及びメンバー表
- ②事前アンケートの疑問質問への回答集
- ③基調講演PPTコピー
- ④文科省&エネ庁作成、小中学生の為のエネルギー副読本(教師用、2冊)
- ⑤原子力学会編「原子力がひらく世紀」
- ⑥エネ庁関連の各種パンフレット
- ⑦アンケート用紙(SNW、電源センター、長崎大藤本先生)

準備：①大学、②、③SNW, ④電源C(SNWより依頼),
⑤原子力学会(工藤先生手配)、⑥九州経産局

II. 基調講演

テーマ：「原子力発電の役割と今後の展開」

講師：金氏 顯(電源Cの原子力有識者派遣)

内容：原子力開発の歴史、世界及び我が国の原子力発電の建設運転状況、エネルギー事情と将来動向、各エネルギーの将来動向、世界は原子力カルネッサンス、我が国のエネルギー&電力需給動向、原子燃料サイクル、高レベル廃棄物地層処分、原子力発電の原理、燃料、発電所、安全確保の仕組み、放射線とその利用、エピローグとして永井隆博士の言葉(スライド37枚)

III. グループ対話

1G: 原子力発電や放射線の原理を知り、どのように利用すべきか?

学生：宗 大貴(学部：3年生)、富田匡斐(学部：3年生)、中村僚佑(学部：3年生)、宇野朱理(M1)～4名 ⇒(まとめ)富田+中村

シニア：光永國照、宅間正夫(FT)

オブザーバー：

学生4人とシニア2人の少人数で、机に資料を広げたり図解をしたり、それを皆で頭を寄せ合って質問・議論を広げたり、というような理想的とも言える交流・対話の場だった。学生たちから上記のグループテーマを中心としながら、原子力や放射線について疑問や知りたいことを紙に書いて出し合い、問題意識を共有して会話を進めた。こうすることで関連質問も気楽に発せられる場になったようだ。質問を大きく括って、サブテーマ1「放射線が発生する仕組み・原理」、サブテーマ2「原子力発電の仕組み・原理」と設定。テーマ1ではウランの核分裂から出る4種類の放射線(α 、 β 、 γ 、中性子)をモデルとして、その性質、放射線の影響(直線仮説と閾値、確率的・非確率的影響、放射線の防護、放射線の利用など)が取り上げられ、核分裂の起こる理由(中性子進入と複合核の液滴モデル、核分裂連鎖反応、中性子源など)などにも話が及んだ。テーマ2では原子力発電は単に火力発電のボイラーを原子炉に変えただけではなく、火力とまったく違う安全思想の発展があることから、止める・

冷やす・閉じ込めるの安全の3原則、深層（多重とも言う）防護思想、放射線・放射能を閉じ込める5重の障壁（バリアー）、スリーマイルとチェルノブイルの事故の原因と教訓などが話題となり、原子力発電と再生可能エネルギーの将来にも触れられた。対話は1時間と短かったが極めて実りあるものになった。

2G：原子力発電所は果たして安全なのか？

学生：波形（学部：3年生）、原（学部：3年生）、原岡（学部：3年生）、王(M1)

～4名⇒（まとめ）原

シニア：工藤和彦（FT），中村威

オブザーバー：

まず4名全員に原子力発電が危険と思われることを挙げてもらって整理したが、①地震時の安全性 ②テロなどに対する安全性 ③放射性物質の放出に関する不安 ④原子力利用が核兵器に関係する心配 があった。

これらに対して、これまでの兵庫県南部地震、新潟県中越沖地震での原子力発電所の被害状況、東海地震に対する浜岡原子力発電所の対策などを説明した。大きい地震に対して発電所の施設がすべて壊れないとは断言できないが、原子炉を「止める、冷やす、閉じ込める」機能は十分働くであろうと説明した。

テロに対しては現在わが国でとられている警戒の状況、通常の制御室とは別に設けられている非常用の制御室などを説明し、航空機衝突による影響の解析などもなされていることを説明した。外部からの攻撃に対しては、施設を堅固にすることもさることながら、それを未然に防ぐ政治、外交的な努力が重要であることが理解された。

事故の際の放射性物質の放出が抑えられるように多重のバリアが設けられていること、放射線の影響はその被ばく量が問題であることをJCO事故などを例に話した。

また、核兵器と原子炉の燃料の違いなどを話したが、やはり理解が少し難しかったようである。

発表はうまくまとめていたが、核兵器による「被爆」と放射線による「被曝」は漢字もちがうし、意味も違うことを全員で紹介できたのはよい機会となった。

3G：原子力は本当に温暖化対策の救世主になり、かつ環境に優しいのか？

学生：村松 昌（学部：3年生）、吉永智紀（学部：3年生）、黒木翔太（M2）、川上泰司（理科M2）、平川由記子（NPO 法人エコけん）5名⇒（まとめ）黒木

シニア：大塚徳勝、金氏顯（FT）

オブザーバー：九州経産局エネルギー環境広報室 山口勝

まずファシリテーション方式により、全員に疑問点、質問点を出してもらったところ、サブテーマとして①原子力は環境面から他のエネルギー源に比べて何がどう良いのか？、高レベル廃棄物地層処分は安全か？、などの環境問題と、②原子力が不安のはなぜか？、原子力反対派をなくすにはどうしたらよいか？など安全と安心の問題、③学校現場で原子力につき何を教えたら良いのか？、の大きく3つに集約された。

①については”環境に優しいとは何をもってそういうのか？”を各学生とシニアの意見を交換し、二酸化炭素だけでなく、硫黄酸化物など、また死亡者数など色々な指標があることに気づいてもらった。更にある学生から”本当に地球は温暖化しているのか？またその原因が二酸化炭素か？”という疑問を投げかけられその背景を学生に聞くとともに、シニアから科学的には温暖化懐疑説や自然現象要因説があることも紹介し、エネルギー問題のほうがより重要と指摘し、マスコミ情報等を鵜呑みにしないよう助言。

②についても各学生とシニアも意見を言い、先生の影響が大きい、先生に反原子力が多いのは問題、科学技術に絶対安全は求められない、知識の有無が問題、など、的確な意見に集約された。

③は時間無く、配布資料を見るよう助言。

学生の疑問にシニアが直ちに答えることをせず、全部の学生に“君はどう思うか？”と意見をまず言ってもらうことを心がけたので、活発な対話になった。

4 G：原子力の発展により我々の未来はどうなるのか？

学生：山下哲平（学部：4年生）、圓城寺加奈子（学部：4年生）、松尾啓司（学部：4年生）、三根信幸(M1)、塩田登志彦(M1)、山内美鈴（理科：4年生）、野田拓誠（環境：4年生）～7名⇒(まとめ)三根
シニア：樋口勝彦、松永一郎（F T）
オブザーバー：

ファシリテーション方式により、全員に疑問点、質問点を出してもらい、それを集約化していったところ、日本の原子力発電の現状、日本のエネルギー自給率の低さ、なぜ世界で原子力発電所の建設が進んでいるのか等に話が及んだ。そして、原子力発電がすすめられている理由は地球環境の問題が主なのか、化石燃料の枯渇化の問題が主なのかという議論にまで進み、どちらかというとも枯渇化の問題にとともなう、エネルギー安全保障の問題が主ではないか、そのためにはエネルギー自給率の低い日本は原子力開発を進めなければならないというところまで議論が進んだ。エネルギー自給率が低かったために、小中学校から原子力についての国民教育を進めることで、コンセンサスづくりをしたフランスの例を挙げ、日本でも原子力を広げるためには、教員が原子力に関するしっかりとした知識を持ち、生徒達に教えていく必要があるということが話し合われた。

IV. 講評 宅間正夫

先生はじめ関係者の事前の準備が周到だったため、短時間ではあったが実りある対話が出来、シニアにとってもエキサイティングな経験だった。学生たちは後世代に伝えることを常に心して、原理原則に迫る質問をしていたのが心に残った。女子学生が居られるので一言加えると、放射線・放射能研究のキュリー夫人のほかに原子力世界では核分裂の発見者の一人、リーゼ・マイトナー女史を忘れてはならない。「原子カルネサンス」は単に原子力の再活性化のみならず、60年前の国連での米アイゼンハワー大統領の「平和のための原子力」提案の理想は、一昨年の米オバマ大統領の「核兵器のない世界を目指そう」という呼びかけと合い呼

応して「原子力を賢く利用することにより核兵器を必要としない平和な世界を築こう」ということと今日的に解釈され、「原子力ルネサンス」とは、破壊の手段の原子力から平和創造の手段の原子力へと変わることを思う。

こんな志を忘れずに原子力を後世代に正しく伝えていただければありがたい。

V. 大学関係者からの感想など

<中村重太九州女子大教授>

先日 16 日のセミナーでは、大変にお世話になり、ありがとうございました。日本原子力学会シニアネットワーク連絡会の方には、皆さんが日頃行っているセミナーの半分以下の時間しか提供できず、申し訳のないセミナーになりましたことを関係者では反省していますが、でも、まずは第 1 回のセミナーを福岡教育大学で開催でき、私たちには、どのようなセミナーであるかを見せていただけたことは大きな成果だったと評価しています。また、学生達にも学校教育の裏で、多くの方々が教師の指導活動を支援する体制が組み立てられていることを知り、自らの教員資質の向上に前向きに動かなければならないと感じさせてもらえたと思います。

今後も福岡教育大学を中心に企画をして、九州女子大学だけでなく近隣の大学にも呼びかけて、もう少し規模をひろげて、多彩な顔ぶれによる対話セミナーを開催したいと考えているところです。

私たち九州・沖縄地区エネルギー教育推進会議としては、九州、沖縄地区の学校におけるエネルギー教育の普及推進に務めることがメインですが、私たちの生活と原子力エネルギーとの関わりに関する理解は、国民にとって避けて通れないものと考えていますので、このようなネットの関係は大事にしたいと考えています。

どうか、今後もいろいろな面で、ご理解、ご協力、ご支援を宜しくお願いします。

<遠藤秀治福岡教育大学教授>

原子力学会 S N W の金氏顯氏による提案により、平成 22 年度後期に開設している「くらしと電気」の最後の授業時間を利用して「原子力セミナー」を開催する機会を得ました。学生にとって本来、日常利用している電気エネルギーの恩恵は当たり前のこととして過ごしている。このことを授業の中でもっとエネルギーに関して、原子力がどのように貢献しているか、の事実を知る良い機会となるモノとして提案を受け実施しました。135 分という大変短い時間の中でしたが講演、グループ討論、そしてまとめ発表というスケジュールをこなすことができました。このことを通して原子力の基礎知識や解説のための豊富な資料提供、及び事前のアンケートとそれらの回答等を通して学生には多くの情報を提供していただきました。学生にとって今までほとんど原子力についての知識は無く、技術的な知識についても学習する機会は無かったために、ある意味新鮮な態度で接しられた気がします。

特に、S N W 会員 8 名が 2 名ずつ班に分かれてグループ討論を行ってくれたことが、参加学生にとっても非常に印象深く記憶に残ったことと思います。

専門家の話を聞くことは、技術教育や理科教育の上からも大変貴重な経験かと存じます。アンケートの感想にも、原子力の本当の知識について、そして現実の事実など、初めての話を聞くことが多かったようです。是非、今後共に現場に関わった専門家の意見を聞く機会を作

る必要があると考えます。

重ねて、このような原子力セミナーの実施を行っていただきまして受講生一同大変感謝したいとおもいます。

VI. 参加シニアの感想 (50 音順)

<大塚徳勝>

福岡教育大での対話集会は、同大学にとってはもちろん、私にとっても初めての体験であった。

金氏様の基調講演が約30分と短かったため、学生諸君の消化不良を心配したが、学生諸君の専攻が理科教育と技術教育であり、しかも学生諸君が、事前に配布された資料に目を通して、原子力やエネルギー問題に対する予備知識を持っていたためか、大凡の理解は得られたものと思われる。

それはグループ対話でも感じられた。G3のテーマは、「原子力は本当に温暖化対策の救世主になり、環境に優しいか？」であった。対話の中で、学生の一人から、『原子力はCO2を排出しないので、環境に優しいと言えるか、どうか』という発言もあったが、対話時間の制約から、それ以上の深い討論にまでは至らなかった。

とにかく、わずか2時間15分ではあったが、今回のシニアとの対話により、学生諸君が原子力やエネルギー問題に対して、関心を抱いていることが充分理解できた。

<金氏 顕>

私たち原子力シニアにとっては教育界への理解普及が最重要テーマのひとつと認識しながらも、活動の場を作ることが至難です。昨年中村先生、遠藤先生を始めエネルギー教育推進に熱心な先生方とのネットを構築でき数回相談をし、学生とシニアの対話を体験していただいたこと、またシニアも3名が初めての参加だったことが今回のもっとも大きな成果でした。

初めての開催で不十分な時間枠でしたが、事前の遠藤先生との密な連絡、アンケートQ&Aなど、また沢山の参考資料、などにより補完しました。何よりも参加した20名の学生諸君が素直に我々と対話し、得た知識の基本的なことは消化したであろうこと、またそれによって新たな興味や関心、疑問などが湧いたことはこれからの繋がると思います。懇親会に参加した学生との話でのやり取りである程度疑問や質問には対応できましたが、この続きは23年度に開催する本格的な対話でやりたいと思います。

懇親会の席で先生方にSNWの九州支部を立ち上げようとしていることを話しました。その活動の中心は工学系のみならず教育系大学や教員との対話活動におきたいと思っており、これは中村先生とのネットにより場を設定できるだろうとの見通しの下です。今後相談していきたいと思います。

<工藤和彦>

2009年に九大で開催したあとしばらく時間がたっていたので、プログラムの進行にやや戸惑いながら参加した。やはり今回の時間では短いというのがまず感じたところである。

しかし、学生たちは基調講演やグループ討論の際の話を熱心に聞いてくれたし、素直に質問したりする態度には非常に好感が持てた。討論では原子力については基礎的な理解の段階ではあったものの、事故や安全性について例を挙げての説明には理解が深まったのではないかと思う。たくさんの資料を配布できたのであるが、折にふれてそれらを眺めたり、必要なときに読み返してもらえればと願いたい。

遠藤、中村先生はじめ教員・職員の方々の今回の計画に関する協力を深く感謝するとともに、懇親会が非常に和やかに有意義に行われたことに、全員の教育に関する熱意を強く感じた対話会でした。

<宅間正夫>

授業の一環ということもあって、学生たちに心の準備をさせるようにあらかじめ Q&A の交換やそれに基づくグループ分けなど先生方の事前の準備が充実しており、金氏氏の要領を得た講義と合わせて、短い時間に実りあるよい対話が出来た。学生たちは、単に自分の知識取得のためのみならず、それを後の世代にどう伝えるかをいつも考えている様子が伺えて、さすがに教育大学の学生、と感心させられた。これは「なぜ?、なぜ?」とものごとの原理・本質に迫る質問の仕方に表れており、例えば「核分裂はどうして起こるのか」という質問から、電荷を持たない中性子が電子(-)・陽子(+)に邪魔されずに、大きくて不安定なウラン原子核に飛び込んで分裂する「液滴モデル」の話に発展するなど、普通は話題にならないテーマに及び、シニアの側にも刺激的だった。

学生たちのこれからのご健闘を期待し、この対話活動に関係され、ご協力をいただいた先生方に深く感謝いたします。ありがとうございました。

<中村 威>

上記交流会に始めて参加、以下その交流会について感じたことを記します。

交流会対象が将来教育者となる学生が主であり、そのエネルギー教育授業の一環として、時間的な制約の中で実施されたこともあり、内容、時間的に十分であったとはいえないが、少ない時間の中で、学生側、SNW 側共に聴きたいこと、言いたいことを交換できる雰囲気生まれかけたことは成果であったと思われる。ただ、そこで時間切れになったことには両者に不満が残る結果になったのではと感じる。もっとも学生にとっては早く終わったことを喜んでいるのかもしれないが。

今の若い学生達にとって、我々がいくら口でエネルギーが必要だといってみても、生まれながらにしてありと溢れるエネルギーの中で不自由なく育ってきたものにとって今更何故という意識しか無いのではなかろうか。この交流の場が単に知識を与え、得るという場ではなく、彼らに日本人としてこの国の厳しさを感じてもらえるきっかけになればより意義のあるものになるのではと思う。その意味では学生達にその危機意識を持たせるような交流の場はこれからも重要であり、その中での原子力へのいっそうの理解が進むことを期待する。

<樋口勝彦>

<松永一郎>

福岡教育大学における初めての対話会であり、また、学生が一部理科教育専攻の学生が混じっているとはいえ、技術教育専攻の学生との対話は初めての経験であった。全体を含めて2時間15分という短い対話会であったが、「学生からの事前質問—シニアからの回答」に目を通す時間が有ったためか、原子力に関するおおよその事前知識は頭には入っていたようだ。

G4は「原子力の発展により我々の未来はどうなるのか?」というテーマであったが、「原子力はこれからの世の中で必要欠くべからざるものであり、そのためには教育が非常に重要である」ということは、対話を通じて参加した学生全員の共通認識になったようである。ただ教員としての知識が欠けていることもよく認識しており、今回の対話を機として興味をもって勉強していくのではないかとの手ごたえを感じた。他の教育系大学で実施しているように、一日かけた対話会を開催したら間違いなく、しっかりとした知識として定着するものと思われる。

<米永國照>

2月1日にSNW九州が発足（正確には、現在準備会段階であり、4月発足予定）して最初の活動ということで、2月16日、福岡教育大での対話会に行つて来ました。SNWの何たるかも分からないまま、取り敢えず行つて来ましたというのが正直なところです。

原子力の実務から離れてしばらく経っていることもあり、元々少なかった原子力に関する知識も更に忘却の彼方に行つてしまつており、頭にはほとんど残っていないところからの再出発でした。それでも、対話会の前には、METIとか電事連とかのホームページには一通り目を通しました。

対話会（1G）では、FTの宅間様のお世話になりっぱなしで、私自身は何もできませんでしたが、若い学生諸君の、真摯な学びの態度に触れられたのが一番の収穫でした。学生諸君の原子力に関する知識を吸収しようという前向きな態度には、好感が持てました。年取った自分には失われたものでした。今回の対話会は、日程の都合で1時間しか取れませんでしたので、こちらの意図するところが十分伝わったのかいささか心配でしたが、最後の「まとめ発表」で、学生諸君が対話内容を要領よくまとめて発表してくれ、さすが先生の卵は理解が早いなあと感心した次第です。対話会後の懇親会では、学生諸君も大勢参加してくれ、若い諸君と酒を酌み交わし、久しぶりに若返りました。

今回、SNW九州では、たまたま他の会員の皆様の都合が悪くて、末席の私が参加しましたが、SNW九州には立派な会員がたくさんおられますので、次回は他の会員の皆様のご参加を期待しております。

Ⅶ. 学生の事後アンケート結果

1. 回答学生情報

講座 技術&理科 学部3年8名、4年6名、修士4名、教員1名、計19名

2. 講演について

(1) 話の内容は理解できましたか

よく理解できた 4名・理解できた 15名・あまり理解できなかった 0・理解できなかった 0

理由:説明が分かり易かった。安全である理由を知った。今まで知らなかった安全性について理解できた。パワーポイントが分かり易かった。詳しい話を資料で説明してくれたから。とても丁寧の説明で下さり、質問にも的確に答えて下さった。システムが分かり易かった。今日聞いた大まかな内容は理解できたが、原理等はやはり難しかった。もっと時間があれば良かった。時間がやや短かったが楽しく聞けた。沢山の資料を見せて頂きながら説明して頂いた。分かり易い内容だった。資料も豊富に用意されていた。

(2) 講演の題材で「このようなことを聞きたい」というものがあれば書いてください

プルサーマルについて。プルサーマルやもんじゅについて。これからの原子力発電。新しい原子力発電について。廃棄物の今後の見通し(課題と解決策など)。

3. エネルギー教育の実施について

(1) 今回のワークショップで学校における「エネルギー教育」の必要性についてどのように感じましたか？

大いに感じた 14名・感じた 5名・あまり感じない 0・感じない 0

理由:初めて聞くことが多すぎた。教育することも大事。後世に広く伝えるべきと感じた。知識が無いと偏見になる。生活とエネルギーは密接な関係だから。自分自身勉強が足りないと分かりました。知らないことが多かったから。放射線は適切に扱えば安全だということをもっと広めていくべき。日本のエネルギー選択には教育にかかっている。国民に理解して頂くことで発電所を作ることが出来るから。今後エネルギーについてもっと考えなければならない時が来て、その時の為にもっと学ぶべき。原子力発電への恐怖心を取り除く為。報道等は必ずしも正しい情報ではない、実際に現場で働いていた方の話を聞ける環境は大事だと思う。子供にとっては正しい知識を得ることが重要だから。身近に生活の必要なものだけにエネルギー教育は必要である。

(2) エネルギー教育プログラムを作るとしたら、どのような情報、資料、教材を要望しますか？

日本のエネルギー自給率等のデータ。各発電の比較、モデル実験。エネルギー変換の仕組みを視覚化したもの。原子力発電の模型。掲示しやすいパネル等があると良いと思います。発電所や発電機のモデル。展示できる教材、学校実験できる教材。

4. ワークショップについて

(1) ワークショップの前にエネルギー問題に対する危機意識を持っていましたか？

非常に持っていた 0名・持っていた 11名・あまり持っていなかった 6名・持っていなかった 1名

理由:中東の情勢が不安定だから。エネルギーについて考えることが少なかった。情報を余り持っていなかった。知識が無かったので。興味が無かった。新聞やテレビの報道によってです。イメージがわからないから。石油が枯渇に瀕している。危険はつきもの。ニュース等で化石燃料の枯渇の話を聞いていたので。今後どうなるのか、安全性を疑問に感じていたから。テレビで放射性物質の処理の様子を見ていたから。限りある資源であることは変わらないので、大事に使わねばという思いはあった。化石燃料が枯渇する将来が現実にあるから。

(2) ワークショップの後にエネルギー問題に対する危機意識に変化はありましたか？その理由は？

大いに変わった 4名(前:持っていた3名、あまり持っていなかった1名)

変った 12名(前:持っていた6名、あまり持っていなかった5名、持っていなかった1名)

あまり変らなかった 2名(前:持っていた2名)

変わらない 1 名(前:あまり持ってなかった 1 名)

理由:安全の為に色々な対策がされているから。知識が増えたから。(あまり持ってなかった⇒変わった)、

身近になった。(持ってなかった⇒変わった)、資源が無くなる恐れがあるという点できちんと把握し教育しなくてはと思いました。原子力発電をもっと利用していくべき。技術の発展に期待する。(持っていた⇒変った)、危険に対する技術があるから。日本のエネルギー自給率を知った。放射線に対して余りにも無知だった。「正しく怖がろう」というのはまさに大事だと思った。(持っていた⇒大いに変わった)、

(裏にも質問があります)

(3) ワークショップの後に原子力に対するイメージに変化はありましたか?その理由は?

大いに変わった 3 名 ・ 変った 11 名 ・ あまり変らなかつた 4 名 ・ 変わらない 0 名

理由:コスト、環境に良い。安全性等詳しく知ることが出来た。様々な安対策がされていると分かったから。(大いに変わった)、知らない情報が少しは解決できた。非常に価値のあるものだと思った。安全性の話を聞いたから。これからの時代の救世主だと思いました。意外と安全!思っていたよりも安全。(変わった)、もともと原子力発電の安全性を常に調査している九電関連企業の方の話を聞いていたこともあり、安全性を疑ってはいなかった。イメージ通りであった為。元々安全だと思っていたから。(余り変わらなかった)、

(4) ワークショップの内容は満足のいくものでしたか?その理由は?

とても満足した 6 名 ・ 満足した 11 名 ・ やや不満だ 0 名 ・ 不満だ 0 名

理由:学生のちょっとした疑問にも詳しく解説して頂いたので。又聞きたいと思ったから。とても実になる話を聞けたので。丁寧に説明してもらえたから。(とても満足した)、専門家による講演が良い(時間不足でしたが)。時間がもっと欲しい。原子力発電に興味を持ってました。知らないことだったから。初めて知って今後に生かせると思ったから。(満足した)、

(5) 今回のようなワークショップの必要性についてどのように感じますか?その理由は?

非常にある 13 名 ・ ある 5 名 ・ あまりない 0 名 ・ ない 0 名

理由:例えばエネルギー館等見学に行くのと、自分達も参加して交流するのではより知ろうとする意識が持てると思う。知ることは大事であると思うから。もっと詳しく知りたいと思いました。沢山の話を聞けるから。理科、技術ではない小学校希望の人に参加して欲しい。とても刺激になりました。こういう機会が増えると嬉しいです。身近に感じる事が出来るから。正しい知識を得る良い機会だと感じました。皆が知るべき。原子力について知る良い機会。(非常にある)、可能な限り学校現場で実施して欲しい。(ある)

5. エネルギー教育に関する考え

(1) 今後「エネルギー教育」を推進したいと考えますか?

大いに推進したい 10 名 ・ 推進したい 7 名 ・ あまり推進したくない 0 名 ・ 推進しない 0 名

理由:自分で教えるにはまだ勉強不足だけれど、間違ったことを覚える前に教えることは重要であると思う。エネルギーの利用、確保が非常に大切であると思うから。日本の未来の為に。エネルギーに対する関心を高めていくべきだと思います。間違った考えをして欲しくないから。大切なことだから。子供に伝えきちんとした知識を伝えたい。(大いに推進したい)、将来にも展望があることを示す。教員の影響力は大きいから。生活に必要なだから。(推進したい)

(2) 今後「エネルギー教育の研究」を進めたいと考えますか？

大いに進めたい 3名 ・ 進めたい 15名 ・ あまり進めない 1名 ・ まったく進めない 0名

理由: 将来も必要だから。指導法について。これをきっかけに頑張っていきたいです。もっと改良できると思うから。(進めたい)

(3) 「エネルギー」や「エネルギー教育」について、他の研修を受ける希望はありますか？

大いにある 0名 ・ ある 12名 ・ あまり無い 3名 ・ ない 0名

【具体的な研修の種類、名称をお書きください()】

(4) 他の学生や教員に「エネルギー教育」を普及させたいと考えますか？

大いに普及させたい 5名 ・ 普及させたい 13名 ・ あまり普及させたくない 0名 ・ 普及させたくない 0名

理由: 特に文系学生は知らないことが多いと思うので。知らないことを知るチャンスだと思うから。今回の話を聞いてエネルギー教育の大切さを感じたから。興味の無い人に受けて欲しい。身近に感じて欲しい。(大いに普及させたい)、知らない内容が多い為。全体として意識を高めていくべきと思います。多くの人に伝え、学んでもらいたい。(普及させたい)

6. 「教育学部の学生とシニアの対話:ワークショップ」の在り方、改善点など自由に記載して下さい

・時間をかけてポスターセッションを作り、自由に専門家の説明を聞くことが出来るようなコーナーもあると良い。大変面白かったです、有難うございました。時間を増やして欲しい。良い点だけでなくもっと悪い点についても注目して欲しいです。エネルギーに対するとらえ方が教科として理科に偏っている印象を受けました。社会は勿論、技術も中学校でエネルギーを教える中心的教科です。ご理解を頂きたく思います。

VIII. 写真集







IX. 添付資料

- ① 開催計画書
- ② 事前アンケート集約結果
- ③ 事前アンケート疑問質問への回答集
- ④ 基調講演 PPT

SNW 対話イン福岡 2011 (福岡教育大学原子力セミナー) 計画

1. 日程：平成 23 年 2 月 16 日 (水) 4, 5 時限 (14:20~16:35)
2. 会場：福岡教育大学技術教育講座の技 3 教室
3. 対話グループ数 4 グループ (学生 5 名/グループ、シニア 2 名/グループ)
4. 学生 約 20 名、シニア 8 名、教員数名
5. タイムスケジュール
 - 14:00~14:20 集合と受付
 - 14:20~14:30 開会挨拶(遠藤先生)、参加シニアの紹介 (金氏 顯 SNW代表幹事)
 - 14:30~15:00 講演 「原子力発電の役割と今後の展開」(金氏 顯)
 - 15:00~16:00 グループ対話：(FT)はファシリテーター役、FT でない方は記録係。
- 1G：原子力発電や放射線の原理を知り、どのように利用すべきか？
 - : 宅間様 (FT) , 米永様
- 2G：原子力発電所は果たして安全なのか？
 - : 工藤様 (FT) , 中村様
- 3G：原子力は本当に温暖化対策の救世主になり、かつ環境に優しいのか？
 - : 金氏 (FT) , 大塚様
- 4G：原子力の発展により我々の未来はどうなるのか？
 - : 松永様 (FT) , 樋口様
- 16:00~16:15 対話内容まとめ (各グループで学生主体に纏め相談)
- 16:15~16:30 まとめ報告 (4 グループ、各 G 代表学生が 3 分以内で口頭発表)
- 16:30~16:35 講評 (宅間正夫 SNW 会長)、閉会挨拶 (遠藤先生)
- 17:30~19:00 懇親会 (学外で、会費制 3,000 円、ただし学生は無料)
6. 交通アクセス (福岡空港または博多駅から)

福岡空港から地下鉄で JR 博多駅へ、JR 鹿児島線上り快速または普通で「教育大前駅」下車 (ここまで約 1 時間)、徒歩 15 分。下記マップの 33 番の建物

<http://www.fukuoka-edu.ac.jp/pdf/campusmap.pdf>

ANA 247、羽田空港発 09:45、福岡空港 11:40 (旅割)

ANA 272、福岡空港発 20:45、羽田空港 22:20 (旅割)

博多~教育大前：12:40 発、13:15 着、教育大前~博多：19:28 発、20:05 着
8. 配布資料
 - ①口グループ対話、テーマ及びメンバー表
 - ②事前アンケートの疑問質問への回答集
 - ③基調講演
 - ④文科省&エネ庁作成、小中学生の為のエネルギー副読本(教師用、2冊)
- ⑤ 原子力学会編「原子力がひらく世紀」
- ⑥ 事後アンケート (SNW、電源センター)

添付②

2011.1.15. 金氏 顯

福岡教育大学事前アンケート整理結果

1. 対象 福岡教育大学技術教育講座 3年：9名、4年：2名、M1：2名、M2：1名
理科教育講座 4年：4名

2. 興味ある話

多い順は3安全性、7未来、5温暖化、10利用などの原子力の特徴的なテーマであった。一方、9核不拡散や2必要性、8放射性廃棄物などの原子力が抱える問題に興味が少ないのは、原子力について知識を習得したいという意識が強いと思われ、これまでの教育系大学生に共通の傾向である。

1	原子力発電の原理(6)	7	未来の原子力発電(11)
2	原子力発電所の必要性(3)	8	放射性廃棄物(5)
3	原子力発電所の安全性(12)	9	核不拡散(0)
4	日本や世界の原子力発電の動向(6)	10	放射線の性質と利用(食品や医療、材料開発など)(7)
5	原子力と環境問題(10)	11	原子力に係わる仕事(5)
6	他のエネルギーと原子力エネルギー(5)	12	その他(費用はどれだけかかるのか?)(1)

3. 対話のテーマと学生の希望所属について

アンケートの項目2.(3)の学生の対話時希望テーマを、第1希望、第2希望、第3希望の順に夫々3, 2, 1ポイントとし、その集計を下表中赤字で示す。

1	原子力発電の原理(15)	7	未来の原子力発電(18)
2	原子力発電所の必要性(2)	8	放射性廃棄物(7)
3	原子力発電所の安全性(17)	9	核不拡散(0)
4	日本や世界の原子力発電の動向(8)	10	放射線の性質と利用(食品や医療、材料開発など)(5)
5	原子力と環境問題(20)	11	原子力に係わる仕事(6)
6	他のエネルギーと原子力エネルギー(3)	12	その他(費用はどれだけかかるのか?)(1)

多い順に上位4つは、5温暖化、7未来、3安全性、1原理であり、興味のあるテーマとは10利用と1原理が入れ替わった。そこでこれらを加味して、次の4テーマをグループ対話のテーマとしたい。()は主として関連する項目番号

1G：原子力発電や放射線の原理を知り、どのように利用すべきか？(1, 10)

2G：原子力発電所は果たして安全なのか？(3)

3G：原子力は本当に温暖化対策の救世主になり、かつ環境に優しいのか？（5、8）

4G：原子力の発展により我々の未来はどうなるのか？（7、4）

4. 質問事項の集約

次の通り、回答者毎にまとめた。

（1）環境問題で知っていること（自由記述）

1. 地球温暖化、水質汚濁
2. 地球温暖化、森林減少、砂漠化
3. 地球温暖化、森林伐採による砂漠化、オゾン層の破壊、
4. 地球温暖化、公害、砂漠化
5. サンゴ礁の白化現象、酸性雨
6. 地球温暖化、野生動物種の減少、砂漠化
7. 地球温暖化、ごみ問題、オゾン層の破壊
8. 地球温暖化、海水温度上昇
9. なし
10. 地球温暖化、オゾン層破壊、森林伐採、砂漠化、酸性雨、黄砂、光化学スモッグ
11. 地球温暖化（北極や南極の氷河の溶解）、CO₂の増加
12. 生物の絶滅、温暖化により海面上昇、放射線による被害(チェルノブイリ)、水の汲み上げで塩害、石油流失による生物の被害、外来生物による生態系の変化
13. 中国からの黄砂で汚染物質飛来、風力発電の低周波による体調悪化
14. 地球温暖化
15. 今、地球温暖化や砂漠化などが世界的に問題となり、急速に対応しなければならない。それに伴い学習指導要領でも環境問題について取り扱われるようになった。
16. 世界では地球温暖化や酸性雨といった様々な問題があるが、学校で子供達に世界規模の環境問題を教えても難しい。そこで身近な環境問題から取り組むことが学校教育で注目されている。
17. 地球温暖化、酸性雨、オゾン層破壊、ごみ問題、水質汚濁、地盤沈下、悪臭
18. 地球温暖化や酸性雨などの環境問題は学習指導要領に取扱が記述されるようになってきているが、メディア等の学習前の情報等から人により様々な理解をしている。

（2）エネルギー問題で知っていること（自由記述）

1. 原子力発電の安全性
2. 石油枯渇
3. 化石燃料の消費拡大
4. 資源の枯渇
5. 化石燃料の枯渇
6. 化石燃料、水質汚濁
7. バイオ燃料の利用に伴うトウモロコシなどの価格高騰
8. エネルギーは私の元に届くまで非常にロスしている
9. バイオエネルギーの発展

- 10. 石油埋蔵量は少ない、クリーンなエネルギー、バイオエタノール
- 11. カーボンニュートラル
- 12. CO₂の増加でガソリンよりもバイオエタノールに注目、日本の食糧自給率の低下、風力発電は地形により有効な所とそうでない所がある
- 13. 石油などの化石燃料は後何年かすると枯渇してしまいます。これらに代わる新たな資源が必要である。また風力や太陽光等の自然エネルギーを利用していきべきだし普及しているが、場所が限られていたり設備に高額な費用がかかる等の問題もある
- 14. 化石燃料の枯渇問題、バイオ燃料による食糧不足
- 15. 現在、人間生活における主なエネルギー資源として化石燃料が使用されているが、その有限性により過剰な使用が問題となっている。その対策として新エネルギーが開発され持続可能な社会を目指さなければならぬ。
- 16. 近年、化石燃料が主として使われているが、有限な資源なので将来は無くなってしまふ。そこで新たなエネルギーとして風力や太陽光などを使ったエネルギーの開発が行われている。
- 17. 石油などがあと40年で枯渇すると言われている。ごみ発電やバイオマス発電といった新しい方法も出てきている。
- 18. 化石燃料等の有限資源からバイオマスや燃料電池など"持続可能な社会"の構築が求められる。

5. 選択したテーマの内容で知っていること、知りたいこと、疑問に思うこと、今回の対話に期待すること（選択番号と内容：自由記述）

（項目毎に整理した。複数の項目に関係すると思われるものは複数項目に記載した。なお、「6. 今回の対話の期待」から一部こちらにも転記した。）

1. 原子力発電の原理

- （1）原子力は発電としてメジャーだがその原理を知りたい。
- （2）日本では火力発電の方が原子力発電より割合が多いが、原子力発電のメリット、デメリットを知りたい。
- （3）効率の良いエネルギー変換について知りたい。（金氏註：原子力が少量のウラン燃料で大きなエネルギーを生み出す原理を知りたい、の意味と思う。）
- （4）原子力発電は半永久機関なのかについても知りたい。（金氏註：原子力発電がこれから将来も半永久的に利用できるのか、即ちウラン資源等の問題と思われる。）

2. 原子力発電所の必要性

- （1）

3. 原子力発電所の安全性

- （1）本当に安全なのですか？
- （2）「原子力発電は危険だ」と言う人と、逆に「皆が思うほど危険なものではない」と言う人がいるが何故そうなのかが分からない。どう安全なのか、また危険だという根拠を知りたい。
- （3）火力発電や原子力発電では人や環境にとってどちらが良いのか？
- （4）原子力発電による事故等が起きているが、普通にやればそのような事は絶対に起きないのか？
- （5）以前、川内原子力発電所に見学に行った際に、原子炉は5重に守られていると聞いたことがあります。（金氏註：具体的にどうなっているのか知りたい、という意味と思う。）

4. 日本や世界の原子力発電の動向

(1) 原子力発電の方がエネルギー変換効率が良い(金氏註: 経済的エネルギー源としての意と思われる)と思うが、全てが原子力発電になってしまわないのか?

(2) フランスは原子力発電が主だが、日本とはどのように環境や社会が違うのか?

5. 原子力と環境問題

(1) 放射性廃棄物の処理について知りたい。

(2) 原子力は環境に良いと言うが、どうしてか?

(3) 火力発電や原子力発電では人や環境にとってどちらが良いのか?

(4) 原子力発電は水力発電等と比べると大きなエネルギーを生み出すことが出来るが、廃棄物は埋める以外に処分の方法は無いと聞いたことがある。原子力発電が増えるるとこのような問題はどうか?

(5) ごみ発電について興味があり、原子力発電では廃棄物をどうするべきかについて話をしてみたい。

6. 他のエネルギーと原子力エネルギー

(1) 具体的にどう違うかなどを知りたい。

(2) 火力発電や原子力発電では人や環境にとってどちらが良いのか?

7. 未来の原子力発電

(1) これからの原子力発電はどうなっていくのか知りたい。

(2) 未来の原子力発電は今とどう変わっていくのか?

(3) 原子力発電に未来はあるのか?

(4) 未来の原子力発電は今と比べてどれほど環境に悪い点が少なくなるのか知りたい。

(5) 高レベル放射性廃棄物の再利用等を知りたい。

(6) 原子力発電の方がエネルギー変換効率が良い(金氏註: 経済的エネルギー源としての意と思われる)と思うが、全てが原子力発電になってしまわないのか?

8. 放射性廃棄物

(1) 高レベル放射性廃棄物を埋設する土地を決める条件は? また地震による影響は無いのか?

(2) 原子力発電は水力発電等と比べると大きなエネルギーを生み出すことが出来るが、廃棄物は埋める以外に処分の方法は無いと聞いたことがある。原子力発電が増えるるとこのような問題はどうか?

(3) 放射性廃棄物の処理について知りたい。

(4) ごみ発電について興味があり、原子力発電では廃棄物をどうするべきかについて話をしてみたい。

9. 核不拡散

(1)

10. 放射線の性質と利用(食品や医療、材料開発など)

(1) 原子力発電は危険と言われているがその一方で有効にその性質を利用した技術を知りたい。

11. 原子力に係わる仕事

(1) 日本のエネルギーを生産する為にどんな仕事をしている人がいるのか知りたい。

12. その他

(1) 原子力施設を建設したり維持するのにどれだけ費用がかかるのか?

6. 今回の対話に期待すること

1. 対話を通して知識を増やしたい。

2. 原子力かかわる仕事の内容を聞きたい。
3. なし
4. 興味が持てるようになりたい。
5. なし
6. なし
7. これからのエネルギー利用と問題を話ししたい。
8. なし
9. 知識の充実
10. なし
11. なし
12. 新しい見方でエネルギー・環境問題を知りたい。
13. 原子力が良い、悪いと言う前に、「原子力」について先ず私達は真実を知る必要があると思う。そこで、原子力について基本的な事からこれからの活用法等を知りたい。
14. なし
15. 子供達に環境をどうとらえさせるか、身近でない原子力などの発電についてどのような学習が持てるか。環境問題は本当に人類が解決しなければならない問題なのか？
16. 原子力関係を私自身あまり理解してないので、今回の対話を通して詳しく知りたい。
17. ごみ発電について興味があり、原子力発電では廃棄物をどうするべきかについて話をしてみたい。また、原子力発電は半永久機関なのかについても知りたい。(金氏註：原子力発電がこれから将来も半永久的に利用できるのか、ウラン資源等の問題と思われる。)
18. 環境に関することを卒業論文のテーマにしているので、それに関することを知りたい。

福岡教育大学事前アンケート質問事項に対する回答集

はじめに

本資料は平成 23 年 2 月 16 日に福岡教育大学で開催する予定の「原子力セミナー」（学生とシニアの対話）に参加する学生の事前アンケート中の「知りたいこと、疑問に思うこと」に記載した事項に対する回答を取りまとめたものです。なお、当日の基調講演でもかなりの事項に説明することにしてます。これらの回答は必ず予め読んでおいて下さい。そして、2月16日のグループ対話では更に質問や疑問、またご自分の意見等を述べて頂きたいと思えます。

なお、この回答の中には以前の他大学での質問への回答も参考として加えていますので、合わせて読んでおして下さい。

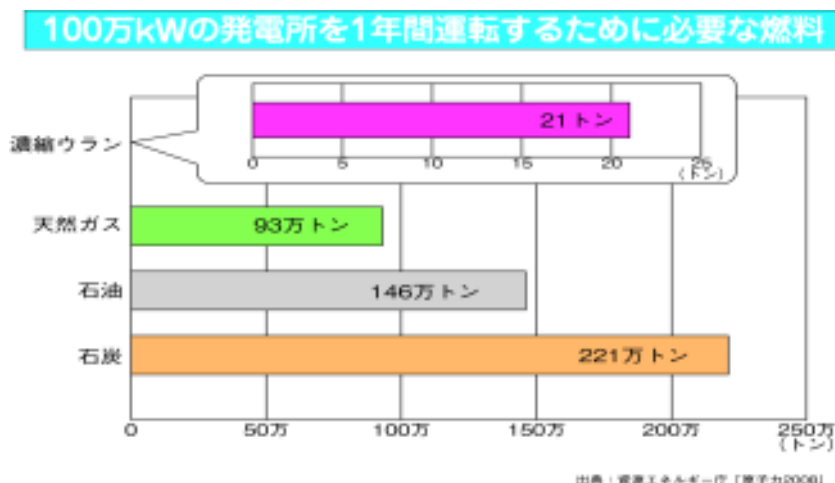
1. 原子力発電の原理

- (1) 原子力は発電としてメジャーだがその原理を知りたい。
- (2) 日本では火力発電の方が原子力発電より割合が多いが、原子力発電のメリット、デメリットを知りたい。
- (3) 効率の良いエネルギー変換について知りたい。(金氏註：原子力が少量のウラン燃料で大きなエネルギーを生み出す原理を知りたい、の意味と思う。)
- (4) 原子力発電は半永久機関なのかについても知りたい。(金氏註：原子力発電がこれから将来も半永久的に利用できるのか、即ちウラン資源等の問題と思われる。)

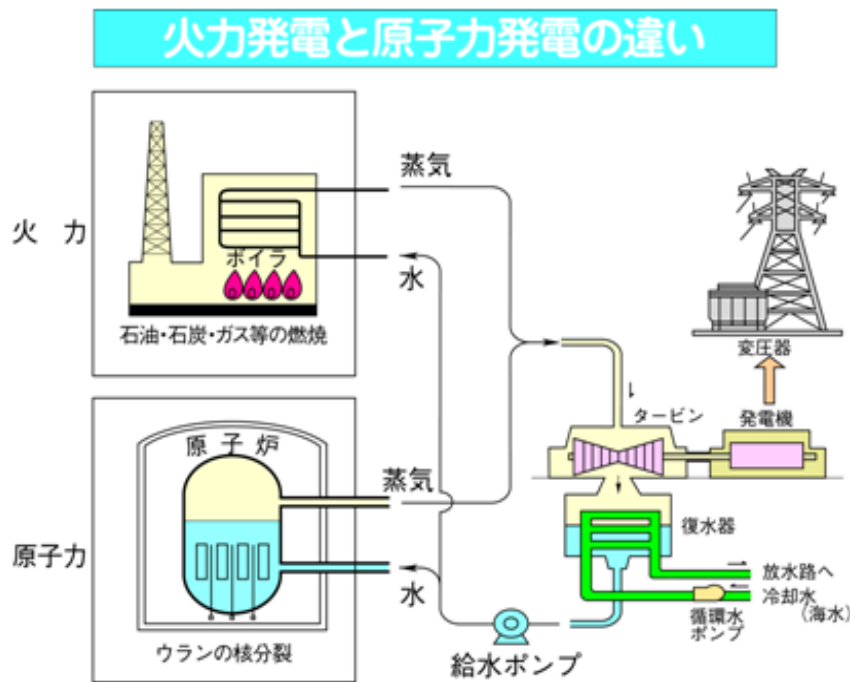
回答

(核分裂の仕組みと発生エネルギー) 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、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。

核分裂により発生するエネルギーはアインシュタインの相対性理論、即ち質量とエネルギーは等価であるという式 ($E=mc^2$ 、 m は質量、 c は光の速度) で計算できます。ウラン 235 が核分裂した時にごくわずかですが質量が減ることが分かっており、計算すると発生するエネルギーは $2.0 \times 10^{10} \text{Kcal/kg}$ になります。一方、化石燃料は燃焼という化学反応でエネルギーが発生します。石炭は $7,600 \text{kcal/kg}$ 、石油は $8,900 \text{kcal/l}$ 、天然ガスは $9,800 \text{kcal/m}^3$ です。すなわち化石燃料を使用する火力発電に比べ、原子力発電では同じ重量当たりではおおよそ 200 万倍のエネルギーを発生することが出来ると言えます。100 万 kW の発電所を 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 221 百万、146 百万、93 百万トン必要となります。



(火力発電と原子力発電の違い) 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。



(原子力エネルギーの限りについて・・・ウラン資源の埋蔵量)

世界のウランの資源量はほぼ2年おきにOECA/IAEA（経済開発協力機構/国際原子力機関）から、通称「レッドブック」として公表されています。

ウラン燃料はウラン鉱石に含まれているものを採鉱、製錬して作られます。ウラン鉱石は世界中に分布していますが、カナダ、オーストラリア、カザフスタン、ロシア、アメリカ、ニジェールなどが埋蔵量が多いとされています。

ウラン鉱石の埋蔵量の推定は、探鉱などでその量がほぼ分かっている「既知資源」と、まだ発見されていないが、今までの経験上予想される「未発見資源」があり、既知資源はさらに「確認資源」と「推定資源」に、未発見資源は「予想資源」と「期待資源」に分けられます。

表1 世界ウラン資源量 (単位: 万 TU)

既知資源		未発見資源	
確認資源	推定資源	予想資源	期待資源
334	213	277	777
547		1054	
1601			

出典: IAEA/OECD 「ウラン2007: 資源、生産、需要」

現在、世界のウラン需要は年間7万トンほどであり、1600万トンでは、そのままの需要量でも約250年程度で枯渇する計算になります。現在、世界中で原子力発電所の建設計画が進められているので、このままではもっと短くなります。ただし、上記の数値はウラン鉱石だけの話で、実はウランは肥料の原料になるリン鉱石に多量に含まれており、その量は2200万トンと推定されていますので、それが利用できれば、枯渇年限はもっと先になると予想されます。また、海水中にもウランは極微量ですが存在し、それから回収する実験もすでに行われています。海水中から経済的に回収できるようになれば、ほぼ永久に枯渇しないこととなります。

ここまでの話は現在世界で主流を占めている軽水炉（PWR,BWR）使った場合ですが、実は「軽水炉」ではウラン資源の0.7%しかないウラン235を燃やす原子炉です。

ウランの中には軽水炉では燃えることができないウラン238が99.3%を占めており、

これは現在使うことができないので、「劣化ウラン」と称して、保管されています。このウラン238も燃やすことができる原子炉が日本でも開発を進めている「高速増殖炉（もんじゅ）」であり、この炉が発電に使われるようになると、最低でも30倍寿命が延びるとされていますので、3000年～8000年ぐらいまでは枯渇のことを心配しなくてもよくなります。

2. 原子力発電所の必要性

質問

回答

3. 原子力発電所の安全性

質問

(1) 本当に安全なのですか？

(2) 「原子力発電は危険だ」と言う人と、逆に「皆が思うほど危険なものではない」と言う人がいるが何故そうなのかが分からない。どう安全なのか、また危険だという根拠を知りたい。

(3) 火力発電や原子力発電では人や環境にとってどちらが良いのか？

(4) 原子力発電による事故等が起きているが、普通にやればそのような事は絶対に起きないのか？

(5) 以前、川内原子力発電所に見学に行った際に、原子炉は5重に守られていると聞いたことがあります。(金氏註：具体的にどうなっているのか知りたい、という意味と思う)。

回答

(原子力発電の安全性)

原子力発電所の安全は次のような仕組みで確保されています。

1. 原子力発電所の放射能の大部分(99%以上)は燃料中にあります。この放射能を外部に漏らさないように下の説明図にあるように5重の壁を設けてます。1986年に大事故を起こしたソ連のチェルノブイリ原子力発電所は原子炉事故による放射能を世界にまき散らしましたが、それは4つ目、5つ目の壁を設けてなかったからです。
2. 5重の壁を構成する材料は、設計段階で高性能で必要な強度や耐食性を有する材料選択し構造設計し、製造時や運転期間中に健全性を検査します。
3. 原子力発電所を構成するシステムは「人間はミスをする」、「機械は故障する」ことを前提に、これら

のミスや故障が起きても放射能を外部にまき散らさないように設計します。即ち、まず異常が発生しないように設計する、次に異常が起きたらこれを検知し異常の拡大（事故）を防止する、万一事故が起きた場合はその拡大を防止し影響を出来るだけ低くする。これを「多重防護」と言います。チェルノブイリ発電所はこの多重防護設計に不備がありました。

4. また「人間はミスをする」、「機械は故障する」ことが出来るだけ少なくなるように、運転保守要員の訓練や資格試験、機器設備の定期的な保守点検による品質管理を厳重に行っています。
5. 我が国は地震国ですから、耐震設計は特に重要です。別項で説明するように一般の施設に比べてより耐震安全性が高くなるように過去の経験を反映して様々な工夫、設計、そして確認試験等が行われています。2007年の中越沖地震の時に柏崎刈羽原子力発電所は安全に停止し、冷却し、放射能を閉じ込めておくことが出来、我が国の原子力発電所の耐震安全性が証明されました。

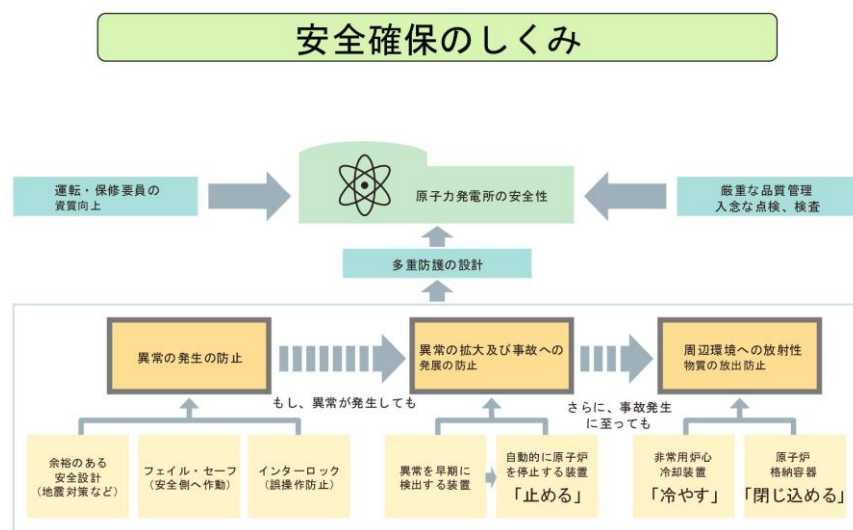
(危険だと言う人の根拠)

「原子力発電は危険だ」と言う人と、逆に「皆が思うほど危険なものではない」と言う人がいるが何故そうなのかが分からない。どう安全なのか、また危険だという根拠を知りたい。

【回答】

原子力発電所では放射線や放射性物質を取り扱っているため、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生じる危機や損失の可能性（リスク）をできるだけ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。原子力発電所の設計、建設、運転においては種々の対策によりこのリスクを低減し、安全性の向上を図っています。

原子力発電の安全性が問題になる時の最大の論点は、上記のように事故が起きた時に放出される放射性物質による人体への影響に関することです。これを防ぐための方策について説明します。



原子力発電所では3つの段階に分けた安全設計（「多重防護」の採用）を行っています。

1. 異常の発生防止

余裕のある安全設計：各機器にかかる力や熱に対して、十分耐える余裕のある設計と品質管理

誤動作や誤操作の防止：異常が起きた場合常に安全側に動作する設計。誤動作を防止する設計

2. 事故への発展を防止する対策

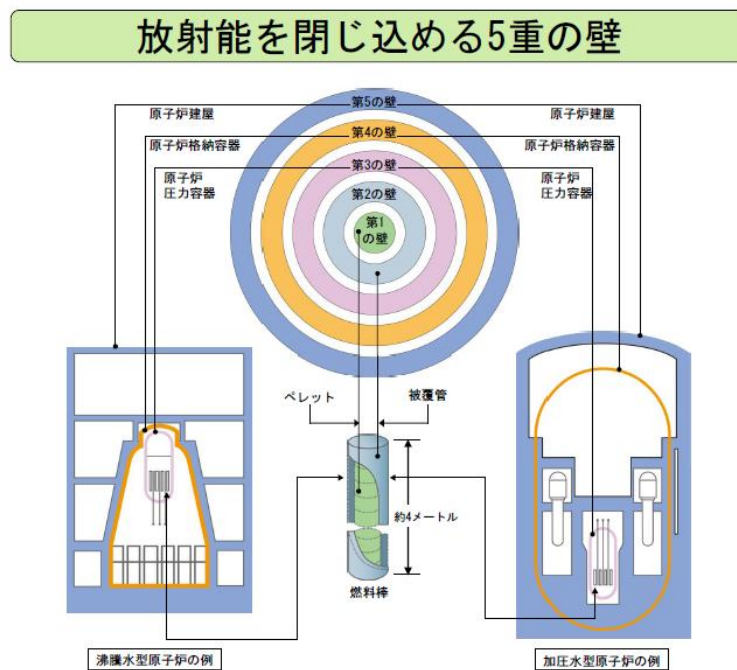
異常の早期発見：各種の自動監視装置で、異常が検出されたら警報等で表示、発報する

「原子炉を止める」：原子炉緊急停止装置で停止する（異常時、事故時、地震時等）

3. 周辺環境への放射性物質の放出防止

「原子炉を冷やす」：非常用炉心冷却装置等で冷却材（水）を原子炉に注入する。原子炉格納容器も格納容器スプレーで冷やす

「放射性物質を閉じ込める」：配管の破断などにより燃料内の放射性物質が放出されないように「5重の防壁」を設けています



5-10

原子炉の燃料が核分裂して発生した物質（核分裂生成物：F P, Fission Product という）には放射性物質が含まれています。この中には強い放射能を持つものもあるので、事故時にこれらが周辺に放出されないよう5重の障壁が設けられています。

- ①ペレット：燃料は化学的に安定な酸化ウランを焼き固めたもの（セラミック）で、大部分のFPを保持します。
- ②被覆管：燃料の被覆管は密閉されておりガス状のFPを閉じ込めます
- ③原子炉容器：被覆管に穴が開いてFPが漏れた場合も原子炉容器内に閉じ込められます
- ④原子炉格納容器：原子炉容器等を包み込む容器で、圧力容器から出てきた放射性物質（FP等）を閉じ込めます
- ⑤原子炉建屋：厚いコンクリートの建物で放射性物質を閉じ込め、また放射線を遮へいします

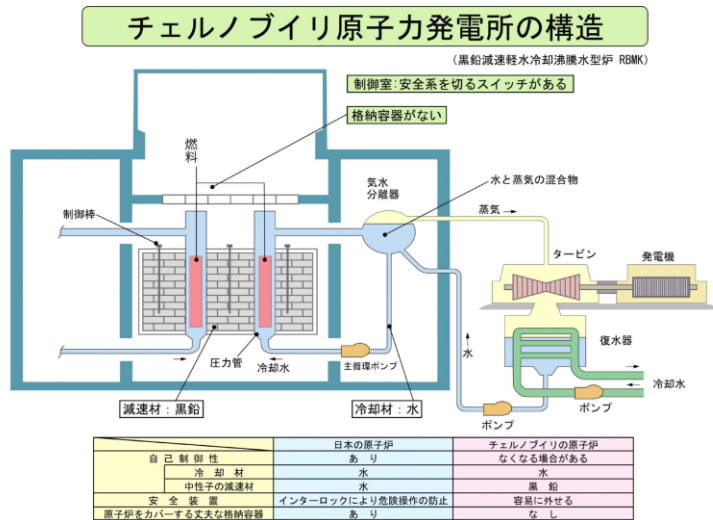
（チェルノブイリ事故の原因と我が国での可能性）

原子力発電による事故等が起きているが、普通にやればそのような事は絶対に起きないのか？⇒（チェル

ノブイリ事故の原因と我が国では起こらない事の説明)

【回 答】

チェルノブイリ原子力発電所の構造を数に示します。下図のようにわが国の原子力発電所とは原子炉の構造、安全設計の方針とはいろいろな点で違いがあります。



主な特徴

原子炉の減速材（中性子を効率よくウラン燃料に衝突させて核分裂を起こすために必要）に黒鉛を用いている。わが国の原子炉では使っていない。

燃料を1本ずつ小さい管（圧力管）に入れて、冷却していること。運転中でも燃料交換ができること。

チェルノブイリ原子力発電所事故の原因

セイフティーカルチャーの欠如

設計上の問題点

- 格納容器がない
- 安全装置が簡単に切れる設計
- 低出力時に、冷却水中のボイド(気泡)が増えると出力が上昇するという特性（正のボイド係数）等

運転員の規則違反

- 制御棒の規定以上の引き抜き
- 非常用炉心冷却装置(ECCS)を切って運転を実施
- 計画を下回る低出力での特殊試験 等

低出力領域
(全出力の20%以下)
では不安定なため
連続運転は禁止されて
いた

運転管理上の問題

- 原子炉の専門家でないものが指揮
- 正規の手続や発電所全体の合意なしに特殊試験を実施
- 安全対策の検討が不十分 等

設計上の問題点として指摘されている事項は、わが国の原子炉にはすべて該当しない。

わが国では規則に従った運転をするよう、個人、運転チームが厳しく教育・訓練されている。

わが国では運転管理について、所定の安全確認の手続きを踏まないと運転が承認されない

チェルノブイリ原子力発電所事故の経過



中央電気の電気の供給を停止した時に、タービン建屋は放射性物質を発生し、発電機を停止して、この事故の原因となる放射性物質の放出

5-11

チェルノブイリ事故は、運転員が独断で特殊な運転を行い、原子炉の設計上の問題により原子炉が不安定な状態に陥ったことによります。原子炉の出力上昇が抑えられなくなって冷却水の圧力が高まり、核燃料が入っている圧力管が破壊された。引き続いて燃料被覆管と冷却水との化学反応によって、水素が発生しその水素爆発と溶融した燃料とにより炉心の黒鉛（純粋な炭素）が燃えて火災が起きました。溶融した燃料からの放射性物質が火災とともに吹き上げられて周辺に拡散し、発電所従業員や周辺住民に健康被害を与えました。急性の死者数は、消火にあたった消防士など 31 名です。

わが国の原子力発電所で用いている原子炉の形式は、燃料を収める原子炉容器として厚い鋼板で作られた高压容器を用いる軽水減速・軽水冷却型炉（減速材に黒鉛を用いない）です。原子炉設置に際しては国の安全審査が行われているが、その中での各種の事故解析においてもチェルノブイリのような事故経過をたどることはなく、原子炉を止める、冷やす、閉じ込めるという安全の基本原則は確保されます。各種の事故に関する実験においてもこのことは確認されています。

（原発の放射線閉込め機能等の安全性）

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 $0.05\text{mSv}/\text{年}$ 以下を目標とすると定められています。この値は通常の人間が 1 年間に受ける放射線量 2.4mSv に比べ、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。

4. 日本や世界の原子力発電の動向

質問

(1) 原子力発電の方がエネルギー変換効率が良い(金氏註: 経済的エネルギー源としての意と思われる)と思うが、全てが原子力発電になってしまわないのか? ⇒7章参照

(2) フランスは原子力発電が主だが、日本とはどのように環境や社会が違うのか?

回答

(原子力発電のフランスと日本の社会的違い)

A. フランスの原子力を私なりに概括すると、第二次世界大戦(1939~1945)中フランスはドイツに占領されました。フランスは国家の独立とエネルギー供給は不可分であるとして戦前から原油生産地域を植民地として「石油帝国」の建設を進めてきて、資源のない国として戦後もアルジェリアなどの植民地を抱えていました。しかし独立運動に手を焼いて結局エネルギー資源のある植民地を手放したとき、国内のエネルギーを原子力に頼ることとしました。すなわち、占領された苦い経験を踏まえてエネルギー独立のために強力に原子力開発政策を推進し、旧植民地でのウラン探鉱を進める一方、独立維持のために原爆開発まで進めました。(ついでながら石炭しかエネルギー資源のなかったイギリスは戦後植民地を比較的早く解放する一方、炭酸ガス冷却の天然ウラン黒鉛減速炉をいち早く商業化して原子力を主力エネルギーとして大規模開発に乗り出しましたが、1960年に北海油田が発見されて原子力開発の勢いが鈍りました。しかし今、北海油田の枯渇や初期の原子炉の老朽化・廃止などのために、再び原子力開発に乗り出そうとしています。)

原子力推進の中核は、電気事業を独占した国営電力会社で、化石燃料火力は将来コストが上昇すると見通し、また原子力は火力よりクリーンであるとして「すべてを電力で、すべてを原子力で」のローガンのもとに国の原子力庁と歩調を合わせて原子力を進めました。本格化したのは1973年の第一次石油危機で、それ以降原子力発電および核燃料サイクル・プラント製造産業に大きな投資をしてきました。

フランスは中央集権的な官僚行政の強い政府で、県知事も中央からの任命です。また原子力産業を担う一連の企業もほとんどが国営の形で、しかし民の精神で運営されているようです。

しかし忘れてはならないのは、フランスは19世紀末からの原子物理学の発展過程で極めて大きな貢献をしていることです。これもフランスが原子力に大きく傾斜した理由になっているものと思います。

19世紀の終わりごろ、フランスはベクレル、キュリー夫人、娘のジョリオ・イレーヌ夫妻が居て原子物理学の世界の一つの中心でした。とくに、1939年ウランの核分裂がドイツで発見されると、その数ヵ月後に核分裂の連鎖反応の可能性を発見しています。しかしドイツに占領されていたため原子炉は造れませんでした。またドイツに原子力の知識・技術を渡しませんでした。戦後、総理大臣がキャップで原子力のすべてを決定する原子力エネルギー庁をつくり、あらゆる部門に渡って組織的な原子力開発準備がなされたといえます。

1948年には米国以外で初めて独力で研究用重水炉 ZOE を、また1952年にはガス冷却炉世界初の EL-2 を臨界にしています。1960年代に米国 WH 社と提携して PWR(加圧水型軽水炉)を導入しています。

原子力の広報活動については、フランスでは、上述のフランスの歴史からして、教育の場で「フランスにとって原子力はどういう意味を持つか」が教えられてきたようです。その基本には生徒たちに愛国心・郷土愛を持たせ、考えさせる教育があったように聞いております。このあたりがフランスと日本の違いとなっているのかもしれませんが、1979年のスリーマイル事故当時、広報活動についてフランス人と議論した際に、彼らも日本と同じように“教育が問題だ”と言っていました。それから10年ほど経ってみて、日本は相変わらずなのにフランスは既に教育現場に原子力が組みこまれている、と聞いて驚いた覚えがあ

ります。フランスでは、中央集権的な国のためか、原子力についての政策の実行は日本よりも迅速に行われるようです。高レベル放射性廃棄物の処分地の選定も初めは国営企業が乗り出してうまく行かず、国の議会が乗り出して、著名な議員の下に国会レベルで進みました。

5. 原子力と環境問題

質問

- (1) 放射性廃棄物の処理について知りたい。⇒8章参照
- (2) 原子力は環境に良いと言うが、どうしてか？
- (3) 火力発電や原子力発電では人や環境にとってどちらが良いのか？
- (4) 原子力発電は水力発電等と比べると大きなエネルギーを生み出すことが出来るが、廃棄物は埋める以外に処分の方法は無いと聞いたことがある。原子力発電が増えるるとこのような問題はどうか？⇒8章参照
- (5) ごみ発電について興味があり、原子力発電では廃棄物をどうするべきかについて話をしてみたい。⇒8章参照

回答

(人や環境にとっての火力発電と原子力発電の比較)

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壤汚染のほか、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、土壤汚染、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。

一般に原子力発電は化石燃料を使用する火力発電のように硫黄酸化物や硫化物、更に煤などの微粒子などを発生しないので大気汚染や土壤汚染等を発生させません。なお、我が国の火力発電では硫黄酸化物や硫化物また微粒子対策はほぼ万全に施していますのでこれらによる大気汚染等の環境問題は発生してません。また原子力発電は発電に伴う二酸化炭素の発生もありませんから温暖化対策としては最適なエネルギーと言えます。

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。

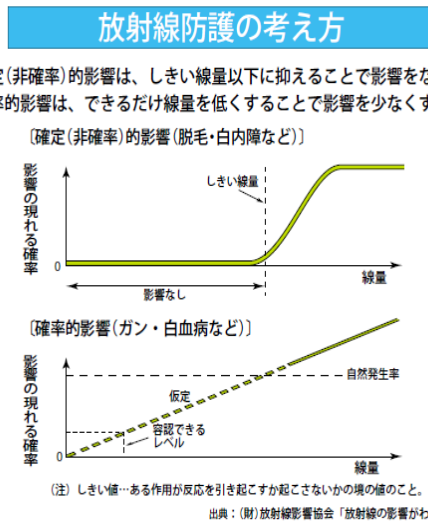
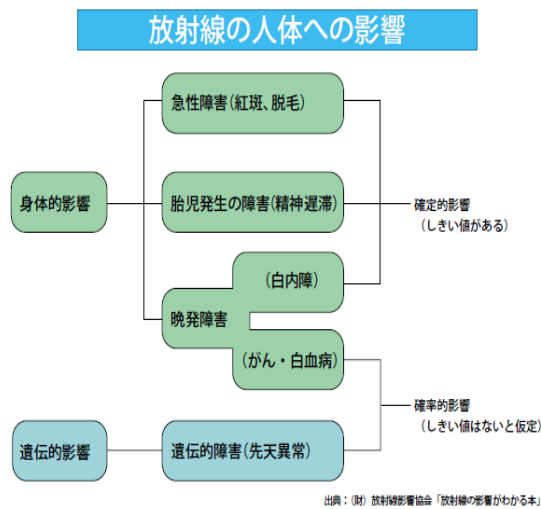
原子力発電所の安全に関しては、核反応に対しては固有の安全性を有しており、放射性物質や放射能は5重の閉じ込め機能により、外部への影響のないよう設計されています。たとえば敷地境界の放射線量は0.05mSv/年以下を目標とすると定められています。この値は通常の間人が1年間に受ける放射線量2.4mSvにくらべ、十分低い値となっています。そのうえで、平常時から原子力災害に備え、また施設の安全

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。

(放射線の人体への影響)：参考用

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、詳細は下図に示すとおりです。

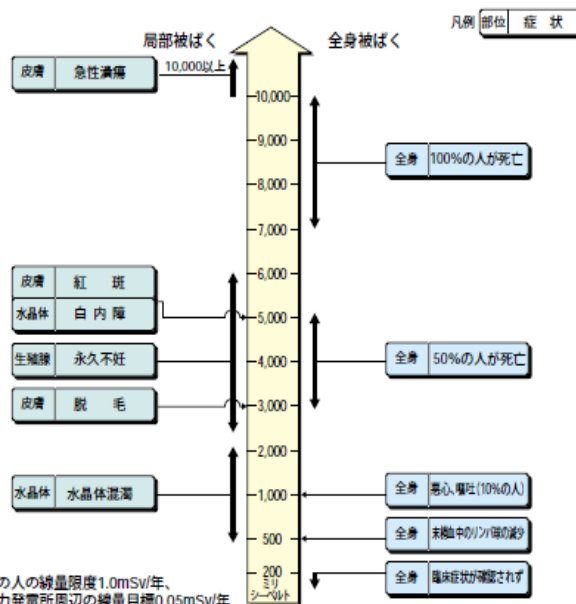


放射線防護の考え方には、一定の放射線量（しきい値）以上で影響が現れる確定（非確率）的影響としきい値がないと仮定されて

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。

また、一度に大量の放射線を全身や局部に受けると、下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。

急性の放射線影響



6. 他のエネルギーと原子力エネルギー

質問

(1) 具体的にどう違うかなどを

知りたい。

(2) 火力発電や原子力発電では人や環境にとってどちらが良いのか⇒5章参照

回答

(原子力と新エネルギーの比較)

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。

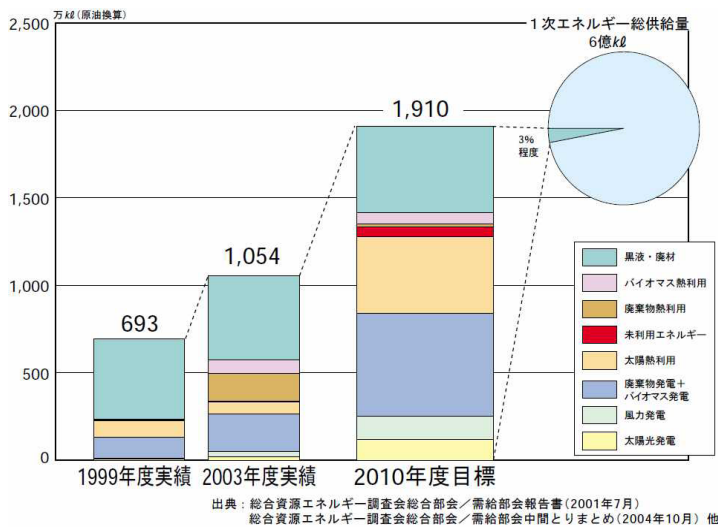
太陽光や風力など自然エネルギーはトータルでは莫大なエネルギーをもっていますが、エネルギー密度は低いので集めるのに広大な面積を必要とし、経済性に問題があるうえ、天候に左右されるため安定供給面でも問題があり、基幹電源には不向きだと思います。分散型電源として活用するのが良いと思います。ちなみに現状の太陽光発電の設備利用率は10~20%程度です。

下図に太陽光、風力等の新エネルギーのメリットとデメリットを比較しています。また次ページの図から分かる通り、これらの新エネルギーが供給出来るエネルギーの合計は、現在私達が必要としている総エネルギーのせいぜい3%程度であり、火力や原子力がほとんどのエネルギーを供給していることを理解して下さい。

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	<ul style="list-style-type: none"> 枯渇する心配がない 発電時にCO₂などを出さない 	<ul style="list-style-type: none"> 枯渇する心配がない 発電時にCO₂などを出さない 	<ul style="list-style-type: none"> 発電に伴う追加的なCO₂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 	<ul style="list-style-type: none"> SOxは全く発生せず、NOxもほとんど発生しない 発電効率が低い 騒音が少なく、全自動運転が可能
	デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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更なる環境負荷低減が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 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
価	適用分野	<ul style="list-style-type: none"> 一般住宅用 工場、業務用ビル等の産業用など 	<ul style="list-style-type: none"> 好風況地域での自家消費用、売電事業用 	<ul style="list-style-type: none"> ごみ発電 (スーパーごみ発電、RDF〔固化燃料〕発電) 	<ul style="list-style-type: none"> 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



(原子力発電のメリットとデメリット)

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 土地の利用効率が高い、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リサイクルで2000年以上</p> <p>3. CO₂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. CO₂の排出はない 太陽光電池製造時のCO₂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>

7. 未来の原子力発電

質問

- (1) これからの原子力発電はどうなっていくのか知りたい。
- (2) 未来の原子力発電は今とどう変わっていくのか？
- (3) 原子力発電に未来はあるのか？
- (4) 未来の原子力発電は今と比べてどれほど環境に悪い点が少なくなるのか知りたい。
- (5) 高レベル放射性廃棄物の再利用等を知りたい。
- (6) 原子力発電の方がエネルギー変換効率が良い(金氏註: 経済的エネルギー源としての意と思われる)と思うが、全てが原子力発電になってしまわないのか？

回答

(世界の原子力発電の展望)

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。

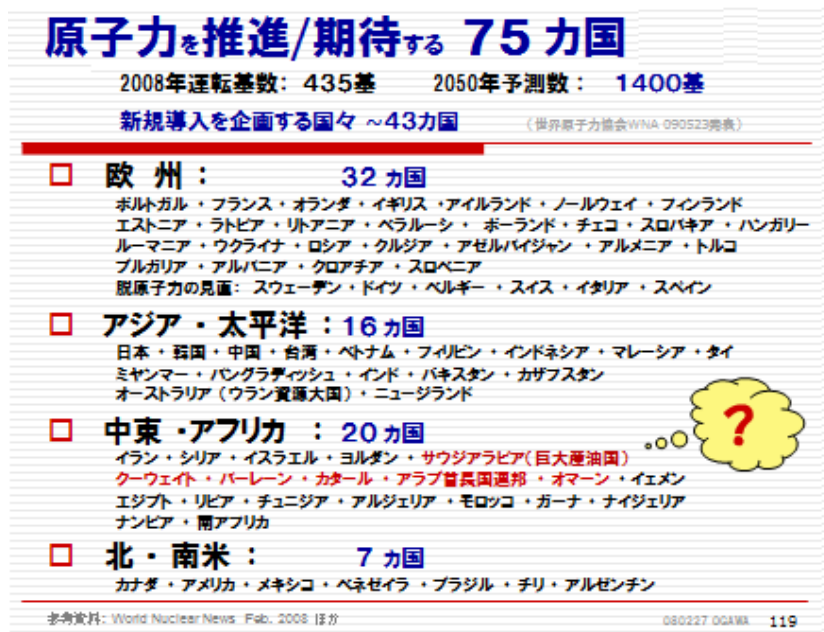
英国： 英国は北海油田の発見・開発で、原子力への期待が薄れていたが、石油輸入国へ転落と共に、さまざまな政府機関が原子力発電を支持する報告書を提出。原子力への政策転換の明確な兆候といえます。

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

次期総選挙での保守派優勢えられ、脱原発政策転換の見です。

原子力推進の国々

右図参照：新規導入を企画す国々は 43 国にも上る。主油産出国のサウジアラビア UAE 等が導入を検討しているに注目したいものです。



発 政
政 府
2013

が 伝
通 し
「 原

る
要 石
ア ・
事 実

(現在の原子力発電と異なる将来の発電方法)

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 2 3 5がS r 9 0やC s 1 3 7のように小さな原子に分裂するとき質量mを失い、あのアインシュタインの有名なE = m c 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H e 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。

（未来の原子力発電は環境に対し悪い点が少なくなるか）

[回答] 日本には現在54基の原子力発電所があります。これらの発電所の多くは1970年から2000年にかけて建設されており、原子力発電所の運転期間を60年とすると、2030年ころから新しい原子力発電所にどんどん置き換えて（リプレース）いく必要があります。折角新しい原子力発電所に置き換えるのですから、現在使っている原子力発電所よりも経済性と安全性にすぐれたものにしようという計画が2006年にスタートしました。国と電気事業者およびメーカーが一体となった「次世代軽水炉開発計画」で、2015年までに基本設計をするスケジュールで現在進められています。

原子力発電の環境への影響を分類すると、「安全性」と「放射性廃棄物発生量」に分けることができます。この両面から次世代軽水炉の開発目標を以下に示します。

1. 安全性の向上

安全性に関しては、現在の軽水炉でも十分に安全なのですが、「世界最高水準の安全性」を目標にして、最新技術を集約することになっています。

（例）航空機落下対策ドーム、免震装置の採用

2. 放射性廃棄物量の削減

ウラン濃縮度5～10%の（現在は5%以下）高燃焼度燃料の使用により、使用済み燃料の発生量を30%削減する。

（注）現在の使用済み燃料の発生量は1000トン／年。

（高レベル廃棄物の再利用）

[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で殆ど変わらないので、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U235が10Kg、U238が

950Kg、Pu239 Kgそして核分裂生成物が含まれています。これらは再再処理工場）され、ウラン物粉末、ウラン／プルト混合酸化物粉末および核分物に分離されます。このウラン酸化物粉末（U235含1%）はU235の濃縮度5%まで再濃縮し、再び軽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

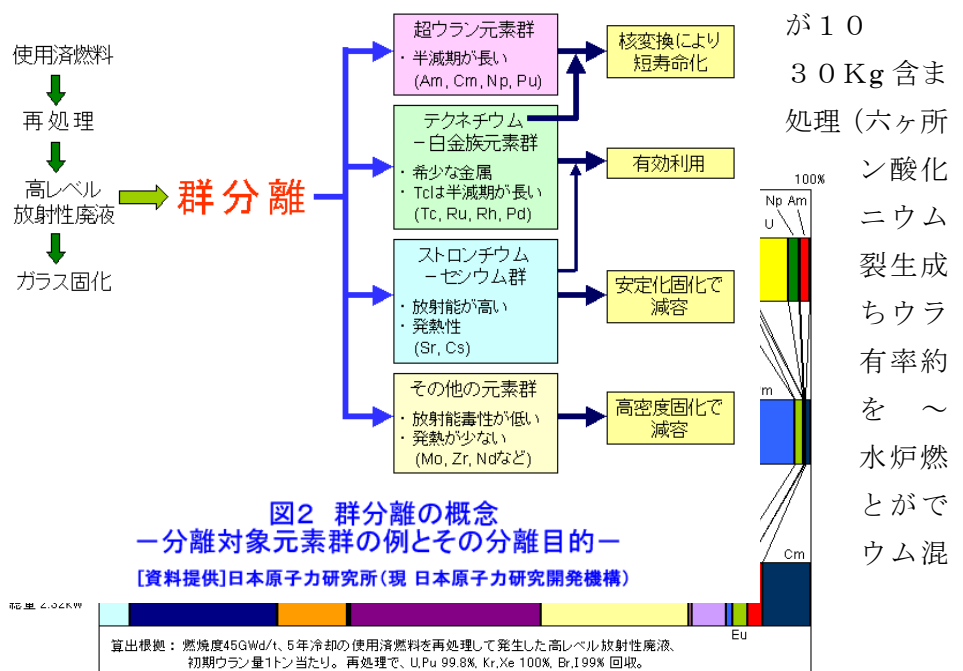


図1 高レベル放射性廃液に含まれる元素についての重量、放射能および発熱量の比率

[資料提供]日本原子力研究所(現 日本原子力研究開発機構)

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、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るのが群分離理論です。図1レベル廃液に含まれる元素重量、放射能、発熱量の比率を、表3に群分離の概念を、表3にレベル廃液に含まれる有用核種な利用法を示します。

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 ¹⁾	主な利用法
Np-237	2.1×10 ⁶ 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	Cf-252製造用ターゲット 小型原子炉
Cm			
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 ⁵ 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 ⁶ 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)

や M
成 さ
性 質
し て
ル 廃
減 期
と す
に 高
類 の
を、図
高 レ
の 主

8. 放射性廃棄物

質問

- (1) 高レベル放射性廃棄物を埋設する土地を決める条件は？また地震による影響は無いのか？
- (2) 原子力発電は水力発電等と比べると大きなエネルギーを生み出すことが出来るが、廃棄物は埋める以外に処分の方法は無いと聞いたことがある。原子力発電が増えるとこのような問題はどうか？
- (3) 放射性廃棄物の処理について知りたい。
- (4) ごみ発電について興味があり、原子力発電では廃棄物をどうするべきかについて話してみたい。

回答

(放射性廃棄物の処理・処分の方法)

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。

(日本の高レベル放射性廃棄物処理・処分に関する研究)

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。

9. 核不拡散

質問

回答

10. 放射線の性質と利用(食品や医療、材料開発など)

質問

(1) 原子力発電は危険と言われているがその一方で有効にその性質を利用した技術を知りたい。

回答

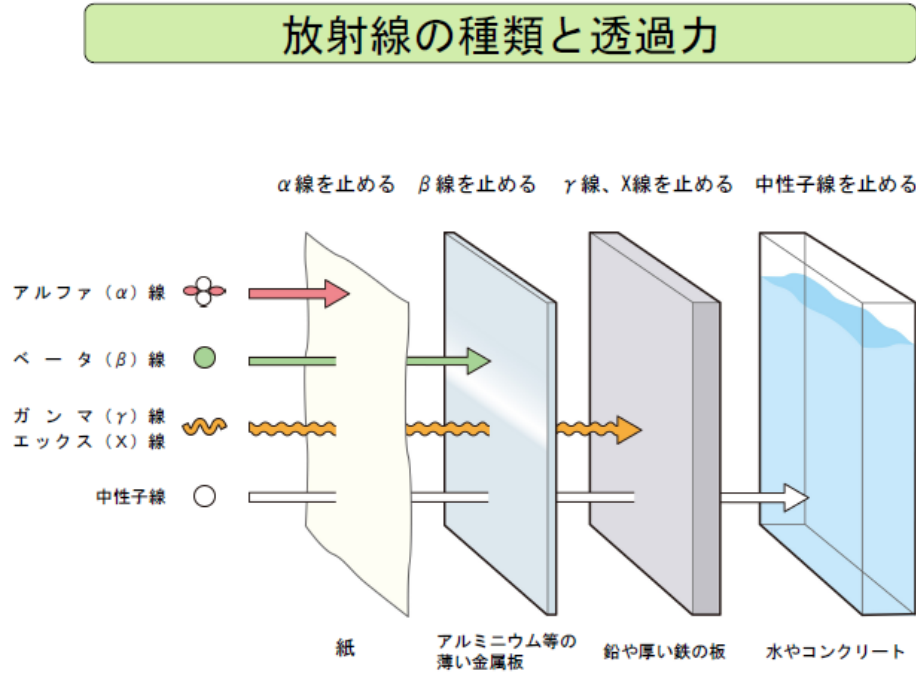
(放射線の性質と利用)

放射線の性質と利用（食品や医療、材料開発など）について説明します。

1. 放射線の性質

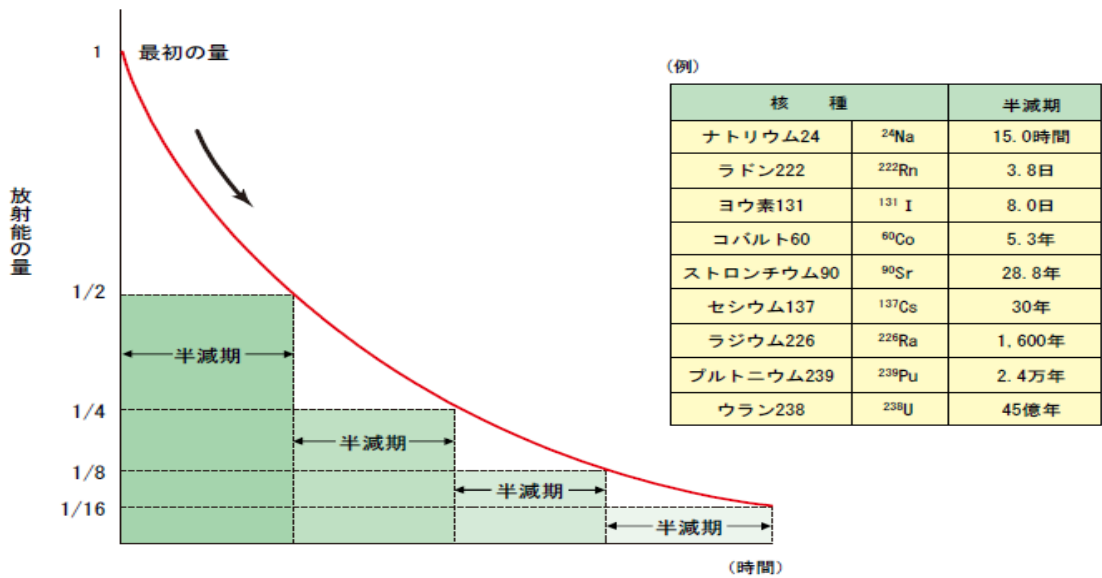
主な放射線の種類には、ヘリウムの原子核である α 線、電子である β 線、原子核から放出される γ 線、及び陽子とともに原子核の構成要素の一つである中性子線があります。これらの放射線は人間の五感ではかんじませんが、物質を透過したり散乱する性質があり、また透過、散乱の途中で他の物質を電離したりする性質を持っています。

放射線の透過には、放射線の種類により、また物質により異なり次の図のような特徴があります。



また放射線を出す源である放射性物質は、その種類（核種）により放射線を出しながら減衰して、放射線を出す能力（放射能）が小さくなっていく性質があります。

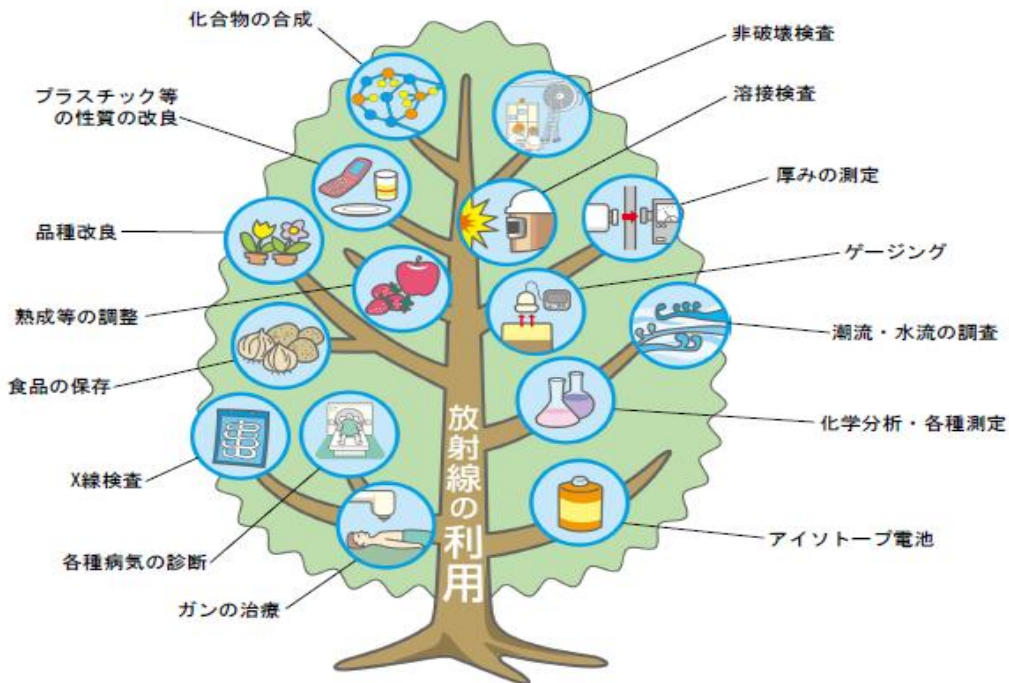
放射能の減り方



2. 放射線の利用

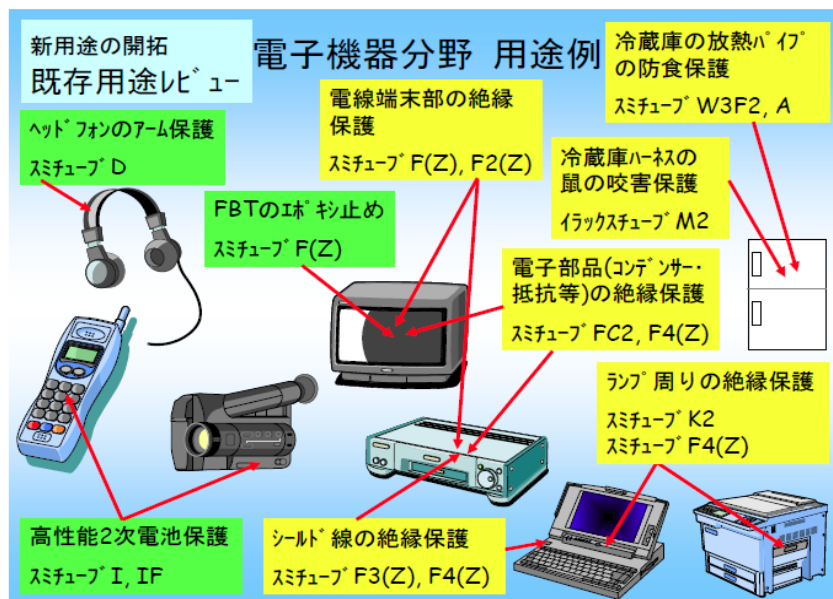
このような放射線の性質を生かして放射線は、われわれの身の回りに広く利用されています。

放射線のいろいろな利用



たとえば、ライフサイエンスや医療分野では、誰もが知っている胸部エックス線検査や脳部のCTスキャン、また最近では中性子照射による脳腫瘍治療等が行われています。また、ナノテクノロジー・材料分野の利用では、機器・配管の各種非破壊検査を始め、電子線・イオンビームの利用による高性能燃料電池膜の開発、各種機能性材料の開発等が行われています。そして現在産業

界にもっと広く利用されているのがスミチューブと言われるもの（プラスチックに電子線照射を行い形状記憶効果を応用して材料の防水・絶縁効果等を有するチューブ）で、電子機器類や自動車、航空宇宙産業等の分野で盛んに使われています。



食品産業の分野でも放射線が利用されています。ジャガイモは古くなると発芽してそれが有毒で、そのまま食すると食中毒を起こします。ジャガイモに予め放射線照射を施しておくとも発芽が抑制され品質を長く保つ事が出来ます。



また、1993年に沖縄で害虫（ウリミバエ）に放射線照射を行い不妊化させることにより絶滅させ、農作物（ゴーヤ）を本土に移動させることに成功しました。このように一部では放射線の利用は成功していますが、広く世界を見てみますと、残念なことに我が国は、今では食品照射の放射線利用のもっとも普及していない国の一つになっています。

なぜこのようなことになるのか、皆で考え議論してみませんか。

食品照射実用国 (2003年4月許可一覧表: IAEA資料より)

香辛料の照射は28カ国 非実用化国は日本・キューバ・ハンクランド

国名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
対象項目	アルゼンチン	バングラデシュ	ベルギー	ブラジル	カナダ	チリ	中国	クローアチア	キューバ	チェコ	デンマーク	フランス	ドイツ	ハンガリー	インド	インドネシア	イラン	イスラエル	イタリア	日本	韓国	オランダ	ノルウェー	ポーランド	南アフリカ	スペイン	タイ	英国	米国	ヴェトナム	ユーゴスラヴィア
りんご							*																								
豆類				*																											
穀類				*																											
醸造																										*					
魚(乾燥)		*																													
かえる類(含む冷凍)											*											*									
果菜				*																										*	
果菜(乾燥)				*							*											*			*						
にんにく							*																								
アラビアガム												*											*								
ハーブ			*								*	*										*				*		*			
肉類																							*							*	
ナム(生、発酵豚肉ソーセージ)																											*				
玉ねぎ	*				*	*	*	*					*	*						*							*				
じゃがいも	*				*	*	*	*					*						*								*				
家禽肉											*																			*	
米							*									*															
ソーセージ(中国製)							*																								
えび(含む冷凍)											*												*								
スライス	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
とまと							*																								
野菜由来調味料(含む乾燥)			*	*							*																				
野菜(乾燥)	*																				*	*									
合計	2	3	2	7	1	3	8	1	2	1	2	7	1	2	3	2	1	1	1	1	2	7	1	1	2	2	4	2	4	1	1

11. 原子力に係わる仕事

質問

(1) 日本のエネルギーを生産する為にどんな仕事をしている人がいるのか知りたい

回答

(我が国のエネルギー生産の歴史とそれにかかわる仕事)

(回答)

我が国が資源の無い国であるということは明白な事実である。そのような中であって、明治以降、国力を涵養し、現在の経済大国になってきたのは国民の勤勉さ、教育レベルの高さによるところが大きい。そこにはその時代に合致したエネルギーを効率的にかつ効果的に生産活用してきたことがその原動力となってきたのである。

電灯、電力というエネルギーの生産手段の変遷をふりかえってみる。まず最初に考えられたのは河川水を利用しての水力発電であり、これは水のもつ運動エネルギーを電気エネルギーに変換するものである。このようにして多くの水力発電所が国内で作られたが、次第に利用できる河川が少なくなってきたので、次に考えられたのが、石炭、石油等の燃焼エネルギーを利用する火力発電である。しかし、この火力発電もその燃料の大半を海外依存しているため、地勢リスク等その供給には不安定さが付きまとうという問題がある。そのような中、原子力発電が登場してきたわけであるが、これは核分裂エネルギーを利用するという人類が開発した全く新しい技術生産エネルギーである。

現在我が国においては、水力、火力、原子力発電が電気エネルギー生産の主流であり、これらを適切に組み合わせ、我が国経済を支えているのである。

これらの各種エネルギーを生産するためにどんな仕事をしている人がいるのかということであるが、その前に生産するための大まかな流れを説明する。

まず、第一にその生産設備である電気が必要なかどうかということ、その量はどのくらいなのか、どの時期までにとという経済的予測などが検討される。次に、その設備をどのようなものにするのか、水力なのか、火力なのか、原子力なのか、設置場所、環境等も含めて検討することになり、最終的に発電方式が決定されることになる。

質問に対する回答としては、上記以降の直接エネルギー生産に関係する事柄について概説的に説明を行う。

どのような発電方式であれ、電気事業者が設備保有者であると同時に彼らはその設備を運用して電気を生産するのであるが、その発電設備を設計、製作、据付するのは我が国においてはプラント製作者（三菱重工業、東芝、日立など）である。

電気事業者、プラント製作者共に、その発電方式の技術的知識を有すると共に最新技術なども保有している。たとえば基本的知識としては水力発電などでは水力学、土木工学、火力発電では熱力学、原子力発電では原子炉理論、放射線管理などであるが、これらに加えて一般的に電気工学、材料力学、溶接工学の知識などが要求される。一方、製作者側においては、当然これらの専門的知識、技術的知見などに加えて生産技術管理などの能力が要求される。

とはいうものの、始めからそのような専門的知識、能力を有することは不可能である。しかし、どのような設備であってそれに携わるものは共通である電気、機械、材料等の基礎的知識は要求されるものであるので最低限学習しておくべきであると考ええる。

電力設備は技術を総合化したものであり、それらを人間が運用していることを考えるとそこには、理論、工学、化学、物理、人間科学等あらゆる学問が集積したシステムである。これは電力のみならず、他の産業においても同様であり、資源の無い我が国が自立し発展していくためにもその基礎となる技術基盤の担い手を育成することが今後よりいっそう重要になってくる。

(参考)

発電設備の施設計画、設置、運営	・・・電力事業者
(設計、施工管理、燃料調達、放射線管理、品質管理、水質管理等)	
発電設備の設計、製作、施工	・・・プラントメーカー
(原子炉設備、タービン、発電機類など主要設備)	
各種機器、部品類の設計、製作	・・・機器製作メーカー、
(発電所付帯設備類含む)	
発電所建物等各種施設の設計、施工	・・・土木、建設企業
機器据付施工(機械設備、電気設備等)	・・・施工専門企業
原子燃料設計、製作	・・・燃料メーカー
(燃料体の設計、成型加工、製作)	

12. その他

質問

(1) 原子力施設を建設したり維持するのにどれだけ費用がかかるのか？

回答

(原子力発電所の建設と運転管理にかかる費用)

A. 原子力発電所を建設し、維持していく為の総費用*1を発生電力量で割った、即ち発電原価について、2004年に国が試算*2した値があるが、**原子力発電は5.3円/kWh**となっている。
因みに、運転年数や設備利用率等の前提条件を合わせた他の電源の発電原価は、**石炭火力:5.7円/kWh、LNG火力:6.2円/kWh、石油火力:10.7円/kWh、一般水力:11.9円/kWh**である。

*1: 廃炉費用、バックエンド費用を含む。

*2: 【試算条件】「総合資源エネルギー調査会電気事業分科会コスト等小委員会報告書(2004年)より」
モデルプラント:

- ・ 運転開始が 1999 年度から 2003 年度
- ・ 出力規模 原子力 118~136 万 kW 石炭 60~105 万 kW LNG 火力 144~152 万 kW
石油火力 35~50 万 kW 水力 1~2 万 kW

運転年数:全電源とも 40 年

設備利用率:80%(水力のみ 45%)

主要経済指標:

- ・ 初年度燃料価格は石油 27.41\$/b、LNG28.09 円/t、石炭 35.5\$/t
燃料価格上昇率は IEA の「World Energy Outlook」の最新値をもとに算定
- ・ 為替レート:121.98 円/\$ (2002 年度平均値)
- ・ 割引率 3%(エスカレや金利にとらわれず現在価値換算する際に用いる利率)

参考 Q1. 建設費は？

A. 原子力発電所の建設費はプラント基数や立地条件（地形、港湾、送電系統等）により異なるが、一般的には 30 万円/kW 程度。例えば、九州電力（株）の原子力発電所の建設費は次の通り。

	玄海 3 号機	玄海 4 号機	川内 3 号機 (計画)
電気出力	118 万 kW	118 万 kW	159 万 kW
型式	PWR	PWR	APWR
熱出力	342.3 万 kW	342.3 万 kW	446.6 万 kW
運開年	1994 年	1997 年	2019 年
建設費	3,993 億円	3,244 億円	5,400 億円

参考 Q2. 定検費用は？

A. 例えば、九州電力（株）の定検費用（通常工事費）は約 50~60 億円程度。
（玄海 1/2、川内 1/2: 約 50 億円, 玄海 3/4: 約 60 億円。特有工事費は別途）