

対話イン玉川大学2010報告書

平成22年12月30日 若杉和彦



(対話会後の集合写真)

1. 日時

平成22年11月19日(金) 17:00~18:40 (懇親会なし)

2. 場所

玉川大学キャンパス 大学1号館2階209室(東京都町田市玉川学園6-1-1)

3. 目的、概要

玉川大学教育学部におけるエネルギー教育の一環として、環境と原子力に関するワークショップ(寺本潔教授担当)を開催し、日本の原子力界を体験したシニアとの対話を通して原子力に対する理解を深めるとともに、将来の教員養成に役立てる。今回玉川大学では初めての対話会の試みであり、原子力やエネルギー問題に関する予備知識をほとんど持たない教育学部3年生が対象であったが、シニアとの直接対話により、予想以上の理解を示してくれたことが対話後の学生アンケート結果に反映されており、当初の目的を達成出来たと考える。

4. 参加者

- (1) 学生 玉川大学教育学部教育学科3年 20名 (男性7名、女性13名)
金子由佳、根岸佳広、菅井 翼、近藤雅文、中谷須弥子、上西 龍、山崎由香、
山田陽子、吉川真由、青木 梢、宮川礼子、長谷部英美、梅田幸子、竹内補乃、
霜田和花、林 航平、伊藤梨江、黒田 楓、永田朋大、高野佳基
- (2) 教員 玉川大学教育学部教育学科主任 寺本潔教授
- (3) シニア 8名 (石井陽一郎、金氏 顕、齋藤 修、田中隆一、古田富彦、松永一郎、
三谷信次、若杉和彦)

5. プログラム

- 16:45 集合と受付 (大学研究室棟の玄関)
- 17:00~17:05 開会挨拶、参加シニアの紹介 (寺本教授、松永一郎)
- 17:05~17:20 講演 金氏顕「原子力発電の役割と今後の展開」
- 17:20~18:15 対話 (ワークショップ)
- 18:15~18:25 対話内容まとめ
- 18:25~18:35 まとめ報告 (4グループ)
- 18:35~18:40 講評、閉会挨拶 (金氏顕)

6. 基調講演

全体の対話時間が100分と限られていたため、約15分間の基調講演が「原子力発電の役割と今後の展開」(PPT)の演題の下に金氏顕氏から行われた。概要は次のとおりであり、原子力とエネルギー問題の現状を解説し、原子力を正しく理解することが必要であり、将来の教育者である皆さんの活躍に期待する旨締めくくった。

- ①原子力開発の歴史;20世紀の新しい物理学、わが国軽水炉開発、海外での原子力事故等
- ②世界の原子力発電の建設動向、軽水炉技術向上の推移等
- ③世界的なエネルギー危機と資源争奪、石油石炭等化石燃料の枯渇
- ④原子力の経済性と低いCO2排出量、太陽光・風力等との比較、各種エネルギーの将来性
- ⑤世界の原子力カルネッサンスの動き
- ⑥わが国の22年度電力供給計画(原子力増、火力減)
- ⑦核燃料サイクルによるウラン資源国産化
- ⑧高レベル廃棄物の地層処分
- ⑨原爆と原発の違い
- ⑩原子力発電所の安全対策;5重の壁、自己制御性、耐震性、国の安全規制、
- ⑪放射線は正しく怖がるのが大切

7. 対話のテーマと概要

- (1) 対話の方式 ファシリテーション
- (2) 対話のテーマと概要 寺本教授の要望及び学生側事前アンケート結果の分析を踏まえて4つのテーマを選択し、それぞれグループに分かれて対話を行った。

Gr.1 「原子力発電所の安全性」 (シニア) 金氏顕・齋藤修

学生は6名、内女子4名、男子2名で女子の元気が目立った。まず、6人からシニアへの疑問、質問などを2、3件ずつ考えて言ってもらい、それらをグループ分けして、それぞれにシニア2名で答えていった。最も多かったのがチェルノブイリ原発事故が我が国でも起こるのではないかと、地震の時に原発は大丈夫かと、また原発で働く人の安全性の心配、立地地域住民は放射線被ばく量が多いのではないかとという不安などで、これらについて配布資料を利用しながら説明し納得した様子であった。発表では「日本の原子力はより安全な設計で万全な態勢で運転管理していることが分かりました。メディアからの情報だけに頼ってはいけないと思いました。」と発言していたので一定の成果があったと思う。

Gr.2 「原子力の利用と将来展望」 (シニア) 田中隆一・松永一郎

Gr. 2は女子が5名であった。対話に先立ち、どのようなことについて対話したいか聞いたところ、将来展望が2名、原子力の仕組みが2名、放射線利用が1名であった。対話はまず放射線安全が議題となり、自然界にある放射線、その測り方、利用方法などについて説明、そのあと原子力の仕組み(化石燃料との違い)などについて説明した。原子力、放射線についての基本的な話で終始したので、利用と将来展望にまでは話が及ばなかった。全体として対話というよりも、説明する部分が殆どを占めていた。

Gr.3 「原子力と環境問題」 (シニア) 古田富彦・若杉和彦

男子学生4名と対話した。事前には種々の質問があり回答書で答えていたが、当日の対話内容は原子力に関する基礎知識(放射線と放射能、放射線被ばくと安全、放射性廃棄等)に終始した。熱心に聞いてくれたが、気になったことは、チェルノブイリや横須賀の原子力空母等マスコミ情報は知っていても、原子力に関する基礎知識がほとんどないことである。教育系学生との対話活動の必要性をあらためて痛感した。

Gr.4 「原子力発電が抱える問題；核不拡散と廃棄物」(シニア) 石井陽一郎・三谷信次

Gr. 4では全員小学校教員を目指す女子学生と対話した。事前に準備した質疑応答の資料をほとんどの学生が目を通してきたとのことでモチベーションは高かった。対話ではテーマに関する話題よりも、将来子供に教える立場から放射線や放射能、原爆と原発、放射性廃棄物等、原子力の安全に関する質問が中心になり、熱心に聞いてくれた。全体としてかなり原発に対する懸念が払拭されたのではないかと印象を得た。

8. 事前アンケート結果の分析と質問に対する回答集の作成

提出者19名からのアンケート結果を分析し、学生の疑問や質問に対する回答集(23ページ)を作成し、寺本教授宛て送付した。各回答文は参加シニアが分担して執筆した他、SNWホームページの「よくある質問とその回答」から引用した。添付資料II参照。

回答集の項目：1. 原子力発電の原理等について、2. 原子力発電所の必要性、3. 原子力発電所の安全性、4. 日本や世界の原子力発電の動向、5. 原子力と環境問題、6. 他のエネルギーと原子力、7. 未来の原子力発電、8. 放射性廃棄物、9. 核不拡散、10. 放射線の性質と利用（食品や医療、材料開発等）、11. 原子力に係わる仕事、

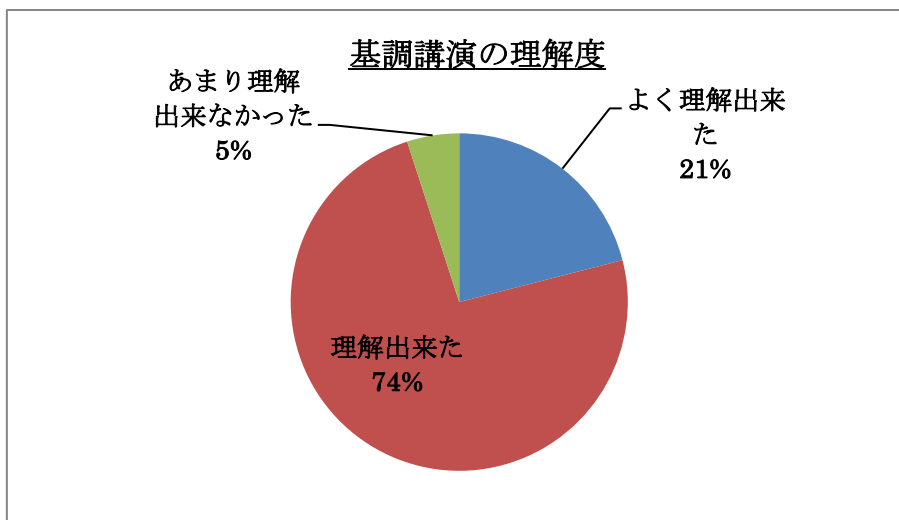
9. 事後アンケート結果

参加者20名の内19名から事後アンケートの提出があった。ほぼ全員が原子力やエネルギーの重要性について認識を新たにし、学校における「エネルギー教育」の必要性を認めており、対話会は成功であったと考えられる。主なアンケート結果は次の通り。

(1) 基調講演の内容は理解できましたか

よく理解できた 4名（21%） 理解できた 14名（74%）
 あまり理解できなかった 1名*（5%） 理解できなかった 0名（0%）

*PPTの流れが速すぎたため



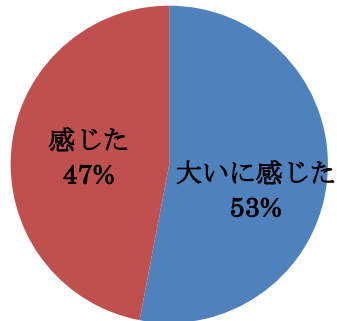
(2) 学校における「エネルギー教育」の必要性について

大いに感じた 10名（53%） 感じた 9名（47%）
 あまり感じない 0名（0%） 感じない 0名（0%）

主な理由

- ・原子力についての印象が180度変わったから
- ・新しい時代を築いていく子供達に聞かせたいと心から思った
- ・誤解や偏見で伝わっていることがあまりにも多いから

学校における「エネルギー教育」の必要性



(3) 対話会の後にエネルギー問題に対する危機意識の変化について

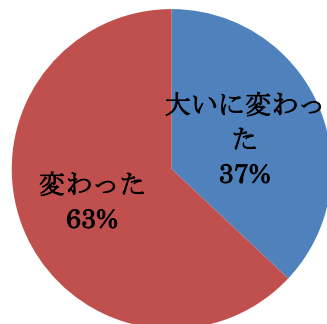
大いに変わった 7名 (37%) 変わった 12名 (63%)

あまり変わらなかった 0名 (0%) 変わらない 0名 (0%)

主な理由

- ・見ないふりをして見過ごしてはいけない問題だと思ったため
- ・なんとなく怖いと思ったりしていたが、問題がはっきりと分かるようになった

対話後の危機意識の変化



(4) 対話会の必要性について

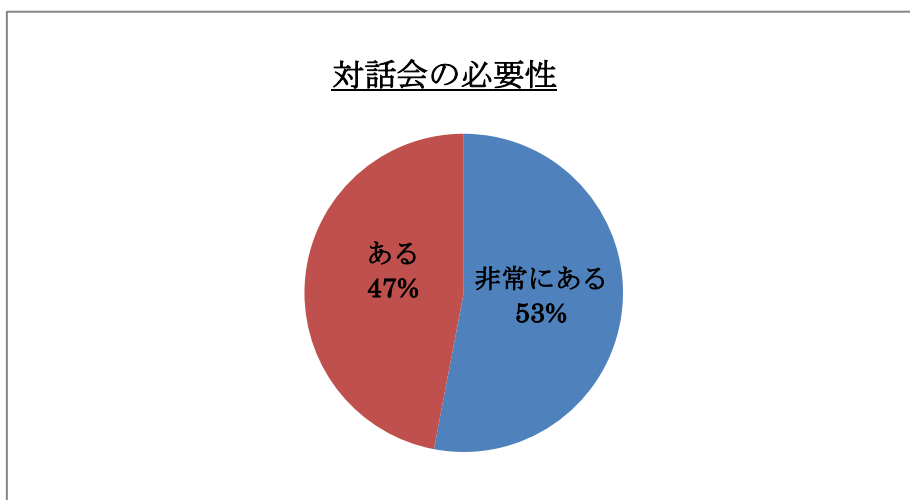
非常にある 10名 (53%) ある 9名 (47%)

あまりない 0名 (0%) ない 0名 (0%)

主な理由

- ・エネルギーについては、知らない人や間違った知識、考え方を持っている人がいると思うから

- ・いつもの授業や教科書と違い、対話会ではよりリアルに考えるようになる
- ・直接質問することで理解が深まるから



10. シニアの感想

将来小中学校の先生を志望する若者に原子力を勉強してもらう意味から、100分の短い対話会ではあったが成果は認められたこと、しかし事前に用意して送付した回答集をほとんどの学生が読んでこなかったこと等反省点もあった。また、週日の授業時間内にこのような短時間内に対話会を開催することが出来れば、活動の幅がさらに広がるのではないかと等の感想が寄せられた。

以上

添付資料：

- I. 基調講演「原子力発電の役割と今後の展開」金氏 顕 (PPT)
- II. 玉川大学事前アンケート質問事項に対する回答集
- III. 玉川大学対話会后学生アンケート結果
- IV. 玉川大学対話会シニア感想

I. 基調講演「原子力発電の役割と今後の展開」金氏 顕 (PPT)

II. 玉川大学事前アンケート質問事項に対する回答集

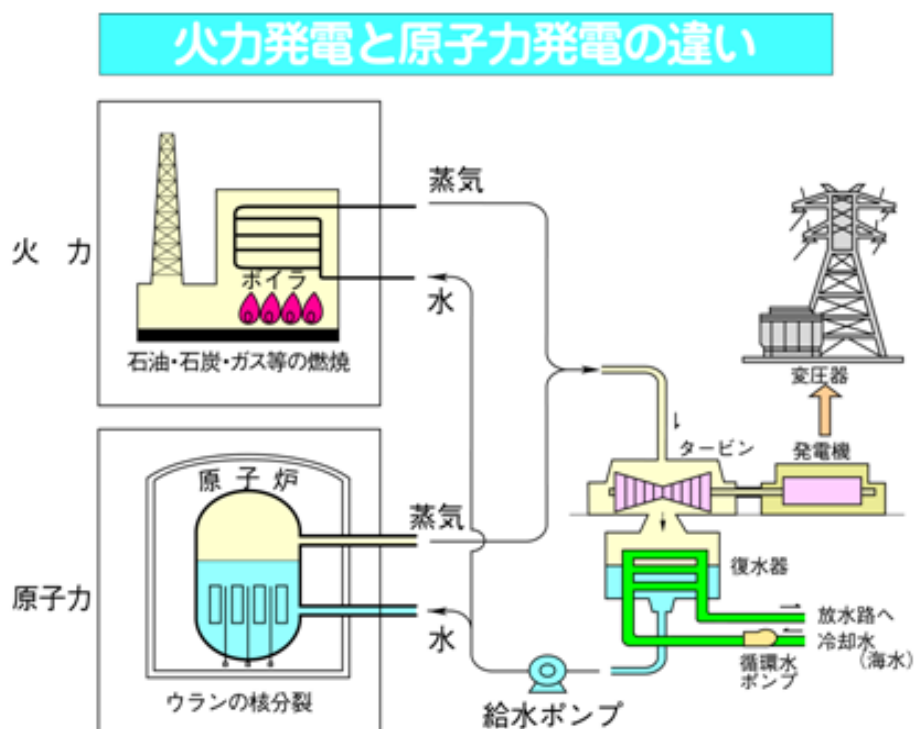
1. 原子力発電の原理等について

質問

- (1) 原子力発電、放射線について詳しく知りたい。
- (2) 浅い知識でしか原子力や放射線のことを知らないなので、より深い知識を得ることが出来たらよいと思います。
- (3) 原子力発電、放射線についてくわしく知りたい。
- (4) 原子力をくわしく知りたい。

回答

(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、高压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、高压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。

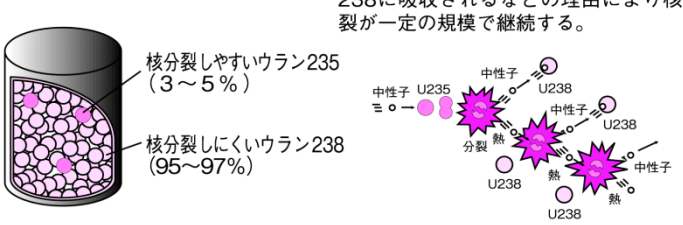
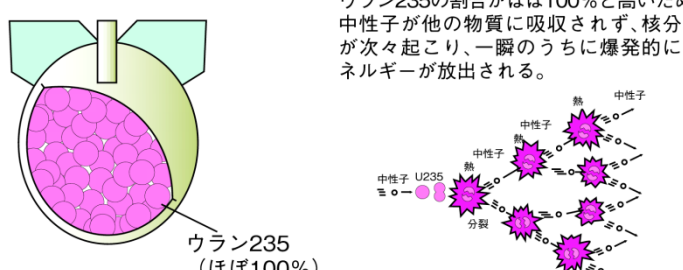


(核分裂の仕組みと発生エネルギー) 下図のように、U235 に中性子が吸収されると核分裂

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

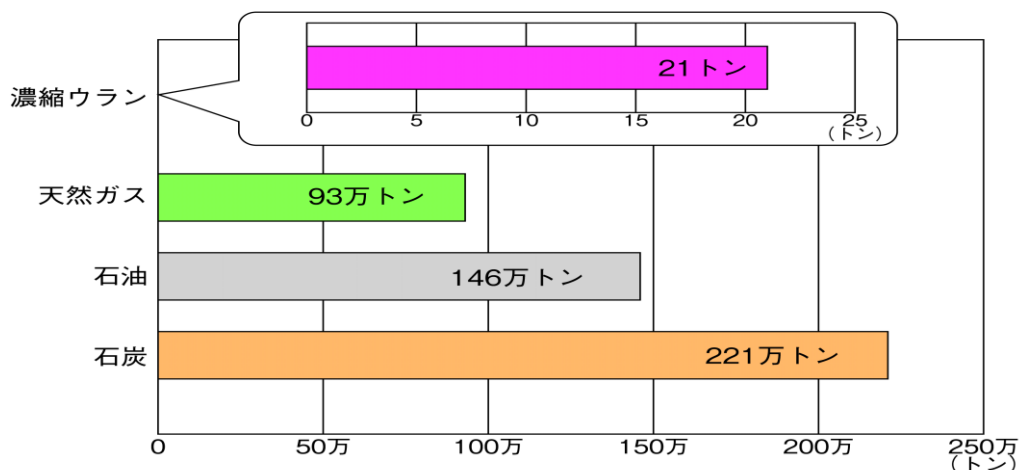
放出される熱エネルギーが発電に使用されますが、100万kWを1年間発電するのに、ウラン燃料だと21トンに対し、石炭、石油、天然ガスではそれぞれおおよそ221百万、146百万、93百万トン必要です。

原子力発電と原子爆弾の違い

ウラン235とウラン238の割合と核分裂連鎖反応		核分裂数の制御の方法
原子力発電	<p>ウラン235の割合が低く、中性子がウラン238に吸収されるなどの理由により核分裂が一定の規模で継続する。</p>  <p>核分裂しやすいウラン235 (3~5%) 核分裂しにくいウラン238 (95~97%)</p> <p>1回目 2回目 3回目</p>	<p>制御棒が多数設置されており、また自己制御性があるため急激に核分裂数が増加することはない。</p>
原子爆弾	<p>ウラン235の割合がほぼ100%と高いため、中性子が他の物質に吸収されず、核分裂が次々起こり、一瞬のうちに爆発的にエネルギーが放出される。</p>  <p>ウラン235 (ほぼ100%)</p> <p>1回目 2回目 3回目</p>	<p>制御棒が設置されておらず、自己制御性がないため、急激に増加する核分裂を止める事は出来ない。</p>

出典：資源エネルギー庁「原子力2008」

100万kWの発電所を1年間運転するために必要な燃料



出典：資源エネルギー庁「原子力2008」

2. 原子力発電所の必要性

質問

(1) 原子力発電の賛否の立場を自分で明確にしたいです。

回答

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

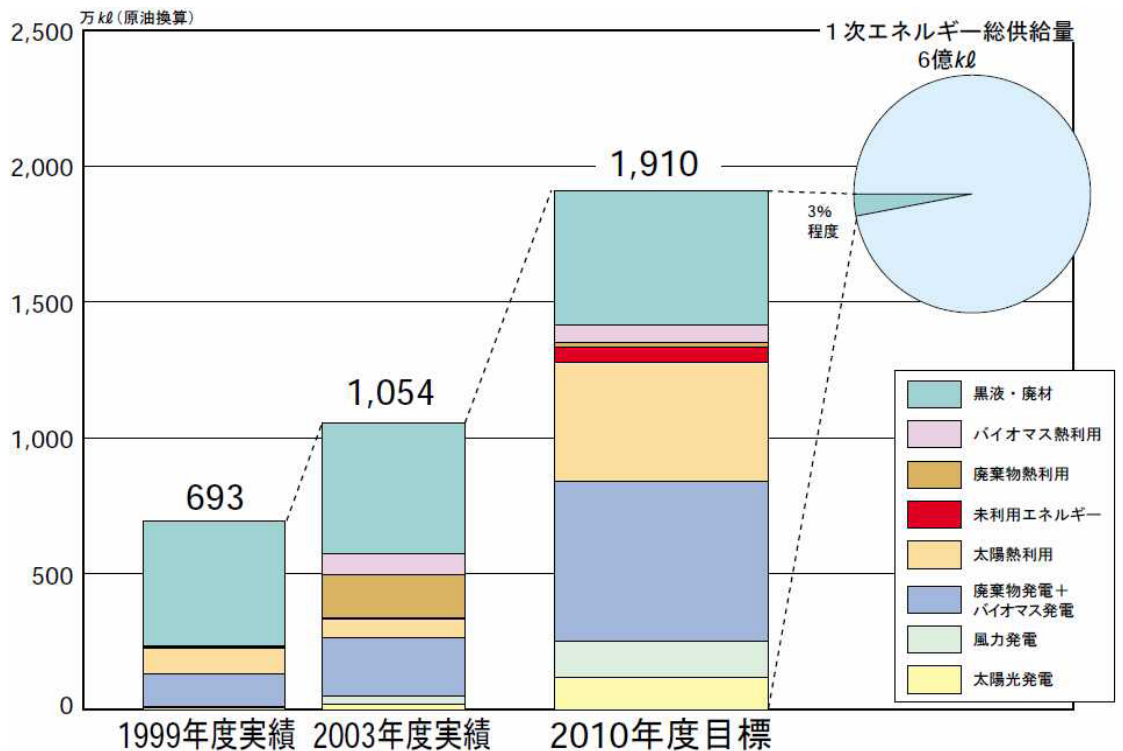
太陽光や風力など自然エネルギーはトータルでは莫大なエネルギーをもっていますが、エネルギー密度は低いので集めるのに広大な面積を必要とし、経済性に問題があるうえ、天候に左右されるため安定供給面でも問題があり、基幹電源には不向きと思います。分散型電源として活用するのが良いと思います。ちなみに現状の太陽光発電の設備利用率は10～20%程度です。

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 ・発電効率が高い ・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
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用消費用、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



出典：総合資源エネルギー調査会総合部会／需給部会報告書(2001年7月)
 総合資源エネルギー調査会総合部会／需給部会中間とりまとめ(2004年10月) 他

3. 原子力発電所の安全性

質問

- (1) チェルノブイリや美浜原発での事故が過去に起きている。これらのことから、原子力事故が環境に与える損害と安全性の問題について知りたい。
- (2) 原発ではどのような事故防止策をしているのか。
- (3) 原発のある地域の住民はどのような思いがあるのか(安全性への不安など)。
- (4) 原子力発電による安全性をこれまでよりも深い知識で理解したいです。
- (5) チェルノブイリの現在について知りたい。
- (6) 地震で原発が機能しなくなる、または原子炉が壊れた時の対策は？
- (7) 放射線を遮蔽する方法。
- (8) 原発は放射線を閉じ込めるけれど、本当に安全なものなのか？
- (9) 原発と聞くとやはり危険なイメージが強いので、安全性の面は特に気になります。
- (10) 白血病を起こす原因の一つの放射線、ガンを治す放射線は同じものか？
- (11) 発電所で働く人の安全対策(どんな防備とか)？

回答

(チェルノブイリ事故について) 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）

（原発の放射線閉込め機能等の安全性）

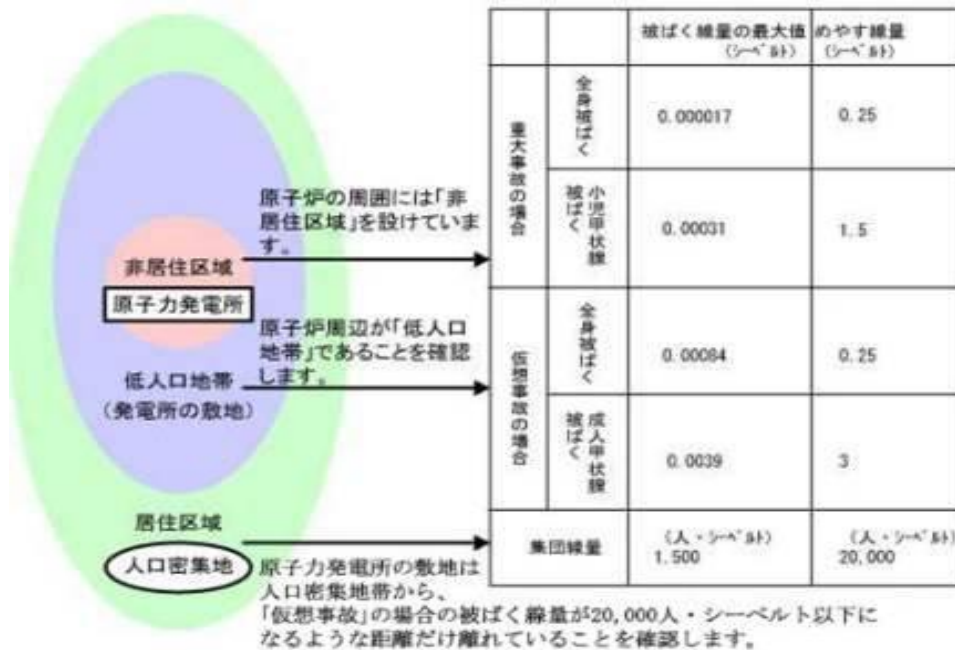
原子力発電所の安全に関しては、核反応に対しては固有の安全性を有しており、放射性物質や放射能は5重の閉じ込め機能により、外部への影響のないよう設計されています。たとえば敷地境界の放射線量は0.05mSv/年以下を目標とすると定められています。この値は通常の間人が1年間に受ける放射線量2.4mSvにくらべ、十分低い値となっています。そのうえで、平常時から原子力災害に備え、また施設の安全運転を確認するため、地域にオフサイト・センター（緊急事態応急対策拠点施設）が設置されています。

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。

（原発での事故防止策）

暴走や炉心溶融事故を生じさせない対策については、国の安全審査、設備設計・製作・運転後の段階等で、様々な対策がなされています。それでも事故が起こることを想定して、安全審査では、重大事故（技術的に見て最悪の場合に起こるかもしれないと考えられる事故）と仮想事故（重大事故を超えるような、技術的には起こるとは考えられない事故）を考慮して、その時の周辺住民が被曝するであろう被曝線量を評価することを求めています。それぞれの想定事故に対して、住民の安全確保が出来る目安線量を規定しています。今までの原子力発電所の評価結果では、これらの目安線量よりはるかに低い被曝量であることが確認されています。

下の想定事故時の被曝線量を参照ください。



(地震対策)

原子力発電所は、地震の原因となる活断層を避けて建設されるので、震源地からは一定の距離が確保されます。一方、原子力発電所の特に重要な部分の設計には、過去の地震記録データや活断層によるものの他に、この周辺の地域ではこれ以上のものは起こり得ないというような大きな地震を想定します。この想定にあたっては、設計用最強地震、設計用限界地震の2種類を考慮します。この結果作られた地震動は基準地震動を呼んでいます。東海地震に対しても、発電所周辺の具体的な地震挙動を想定し、それにより作成した基準地震動にもとづき設計されます。

また、原子力発電所の重要な機器や建物は、地震による揺れが小さい堅い岩盤の上に直接固定しています。岩盤上では地表面に比べて、揺れが2分の1から3分の1程度になることがわかっています。

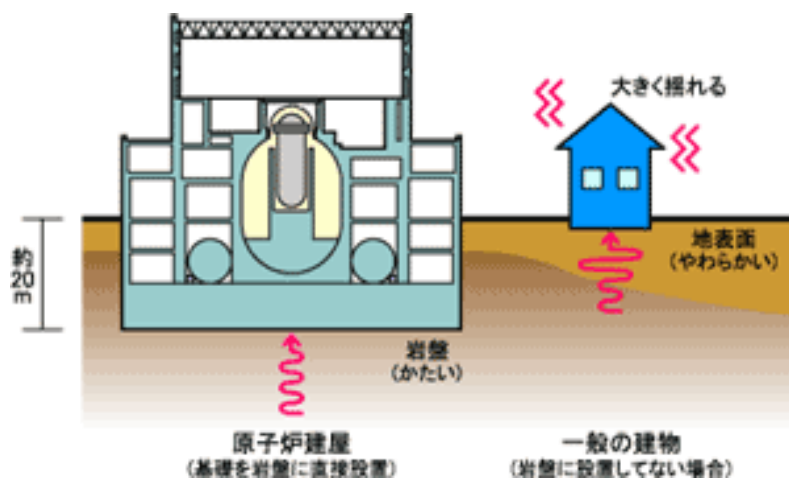
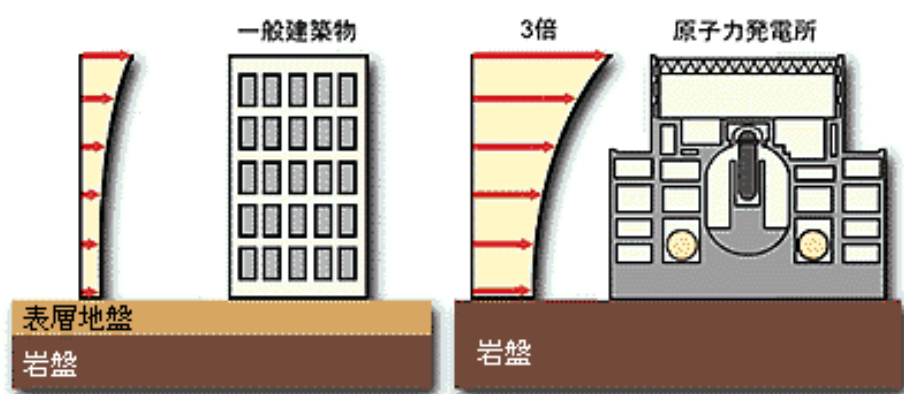


図 原子力発電所と一般の建物における地震の伝わり方

原子力発電所の施設の耐震設計は、安全にかかわる重要性の応じ3つのクラスに分類されます。

最重要（Sクラスと呼ばれる）の構築物の耐震設計は、想定される地震動にもとづく基準地震動をもとに動的解析にもとづく構築物の地震力と、建築基準法に定められている一般の建築物に対する水平方向の地震力の3倍のうち、大きい方の地震力にもとづき設計されます。（下図参照）



備考 動的震度が3倍より大きい場合は動的震度による

図 原子力発電所の重要構築物と一般建築物の水平方向地震力

更に原子力発電所の耐震設計では、水平方向の地震力（横揺れ）に加え、鉛直方向の地震力（縦揺れ）も考慮しています。多数の観測記録から、地震による鉛直方向の地震力は水平方向の2分の1程度であることが経験的に知られており、鉛直方向の地震力を水平方向の地震力の2分の1とし、同時に力が加わるものとして評価しています。

なお、一定の規模を超える地震が起きた場合は、原子炉が自動停止するように設定されています。想定を超えた地震と言われた中越沖地震に際しても、柏崎刈羽原子力発電所は自動停止しました。また、この地震の結果、一般の建築基準法なみの基準で設計された設備に損傷がありましたが、前述の安全上重要な設備の損傷は軽微なものでした。このことから、原子力発電所の耐震設計は安全性に対し、余裕を持っていると言えます。

また津波に対しても過去に遭遇したものを文献調査で算出し、数値シミュレーション解析により安全性が確保されることを確認しています。

（発電所で働く人の安全対策）

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

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

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

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

通常は放射線管理は非常に厳しくなされておりますが、時には、思わぬ機器の故障などで余分の被曝をしてしまうことがあります。ほとんどの事例で被曝線量は法令で定められた限度以下です。時には放射能漏れのニュースもあります。最近では、中越沖地震の際、燃料プール水から海水にもれたことが大々的に報道され、風評被害が出しましたが、漏れた量は全く問題にならない量でした。

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

（原発のある地域住民の声）

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と、世間話を交えての会話が重なり、やがてはお茶をご馳走になり、茶菓子や漬物なども出して下さるようになった。人間同士の誠実なお付き合いの積み重ねは、長い年月を経て心と心のキャッチボールに替わっていった。小石を投げ付けた住民の一人は、電力さんの社員の誠実さに惚れ込んで、娘さんの結婚式にご招待し、スピーチを依頼する仲になった。地元住民を理屈で説得するのではなく、男と男の裸の付き合いの積み重ねが、信頼の源となり、それが建設合意の原点だと理解している。

市民発言 その二： 私は福島県・浜通り出身の主婦です。先ほど、「住民の理解のためのパンフレット配布」とのご説明がありましたが、それよりは、今回の見学会のように、住民、殊に若者への原子力発電所見学を、是非とも増やして頂きたい。私自身、中学生のころ原子力発電所を二回ほど見学させて頂いたお陰で、技術的な詳しいことは判りませんが、原子力に親近感が持て、放射能・放射線に対しても何ら違和感がありません。お友達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。

4. 日本や世界の原子力発電の動向

質問

(1) 日本は世界の中でどれくらいの技術力を持っているのか、国際比較を知りたいです。

回答

(日本の技術力と国際比較)

世界では次の 31 カ国で原子力発電所が 436 基運転されています。

アメリカ、フランス、日本、ロシア、ドイツ、韓国、ウクライナ、カナダ、英国、中国、インド、スウェーデン、フィンランド、スペイン、スイス、ベルギー、ハンガリー、ブルガリア、リトアニア、スロバキア、スロベニア、チェコ、ルーマニア、オランダ、アルメニア、パキスタン、台湾、ブラジル、メキシコ、アルゼンチン、南アフリカ

これらの内、自国で原子力発電所を設計、建設する能力は、過去には多くの国がありましたが現在は次の 8 カ国に絞られます。

アメリカ、フランス、日本、ロシア、韓国、カナダ、中国、インド

原子力発電所は巨大でかつ総合的技術が必要ですから、メーカーは 11 社(グループ)に絞ら

れ、その内3つは日本のメーカー（日立、東芝、三菱重工）で、それぞれ米国（GE社、WH社）やフランス（アレバ社）と合弁、買収、提携などしています。

原子力発電の狭義の技術力は、大きく分けて、①設計・製造・建設と、②運転・保守管理に分けることが出来、これらについて上記6か国を比較します。

- ① **設計・製造・建設**では、メーカーの人材、解析設計能力、製造能力、建設能力が問われます。フランス（アレバ社）がこれまでの海外実績が多く、最も高い技術力を持っており、既にフィンランド、アメリカ、中国等で設計、建設中です。次が日本で、技術力はフランスと同等程度と言えますが、これまでは国内の建設に多忙で海外での建設実績はありませんでした。国内が一段落したので海外の受注に進出し、アメリカで数基受注し設計中です。またつい最近ベトナムの2期工事（2基）受注が内定しました。あと、ロシア、カナダ、韓国、中国、インドのい順です。近年の世界的な「原子力カルネッサンス」ブームで多くの国々で原子力発電所建設が計画され、1基約4,000億円の大型商談を技術力だけでなく価格競争力、燃料供給能力、その他の付加価値提供も含め、激しい受注競争を繰り広げてます。
- ② **運転・保守管理**では電力会社と規制当局の技術力が問われます。信頼性(計画外停止率：年間に計画外で何回停止するか)と稼働率(年間365日の内、何日運転しているか)の2つが技術力の評価基準になります。信頼性の点では日本の原子力発電所が最も計画外停止率が0.1と最も低く、他の国の10分の1から2分の1で、日本の電力会社の安全な運転管理技術が最も優れていると言えます。しかし、稼働率の点では他の国がほぼ90%台なのに対し、日本は60%台と劣ってます。これは東電柏崎刈羽原子力発電所が地震の影響で長期停止していること、定期検査停止期間が他国より長いこと、規制当局の規制が他国より厳しいこと、国が安全を認めても県知事が認めないことなどが原因となっており、これらは技術力というより社会的な面が影響しており、今後海外の良好事例に学んで改善していく必要があります。

5. 原子力と環境問題

質問

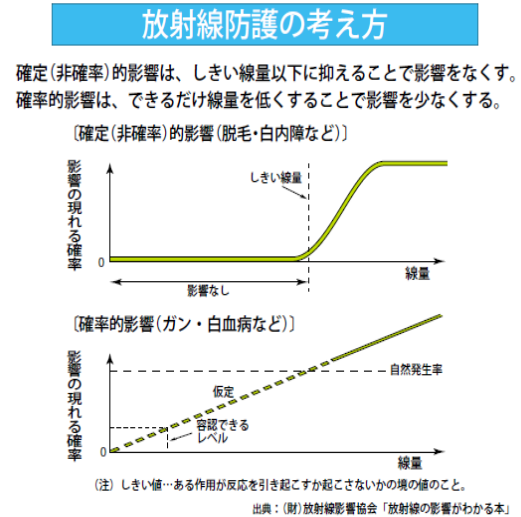
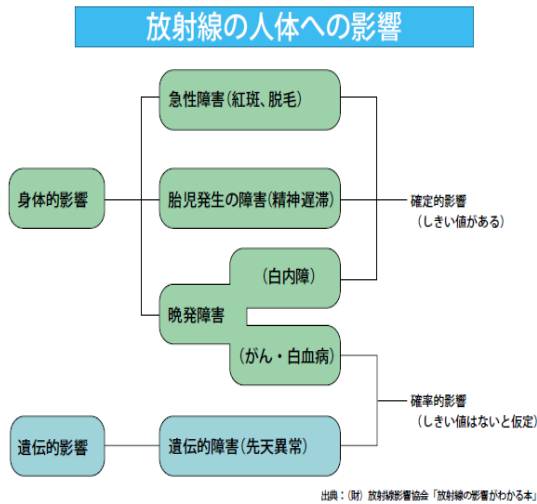
- (1) 原子力（放射線）は植物、動物、地球の環境にどのような影響を及ぼすのか。原子力に対する正しい知識を身につけ、原子力の良いところ悪いところを知りたい。
- (2) 原子力が環境に与えるものはなにか？
- (3) 環境問題に興味があるので、原子力とどう関係しているのか知りたいです。
- (4) 放射線について子供に聞かれても、ある程度答えられるような知識をつけたい。

回答

(放射線の人体への影響)

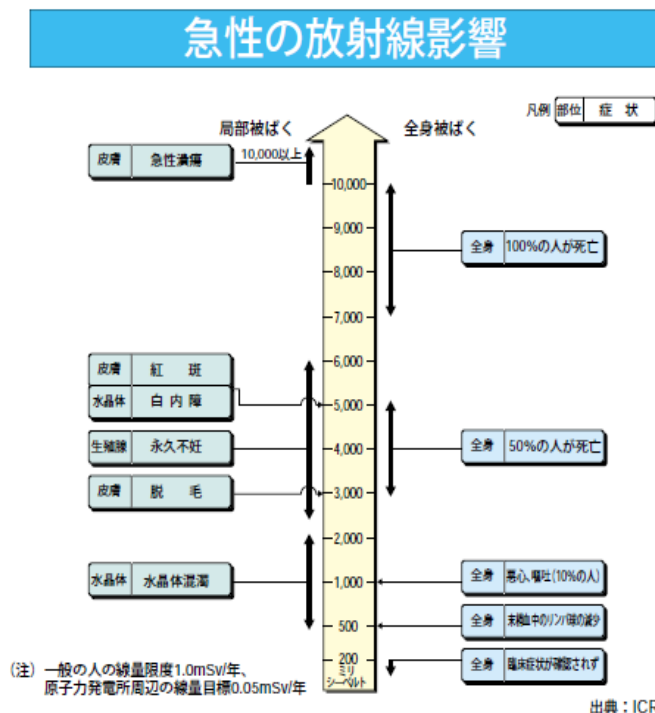
放射線には、 α 線、 β 線、 γ 線、中性子線、陽子、炭素線などがあり、人体を通過する

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。



(原子力発電所の環境への影響)

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

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

更に2008年5月20日に生物多様性基本法案が成立しました。同法案は、人類存続の基盤である生物の多様性を将来にわたり確保するため、環境アセスメントを開発事業の開始前に行うことを義務付けています。原子力発電所も環境アセスメントが義務付けられており、その結果は原子力安全・保安院のホームページで参照することができます。

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

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

原子力発電所の安全に関しては、核反応に対しては固有の安全性を有しており、放射性物質や放射能は5重の閉じ込め機能により、外部への影響のないよう設計されています。たとえば敷地境界の放射線量は0.05mSy/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2.4mSy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。

6. 他のエネルギーと原子力エネルギー

質問

- (1) 原子力発電のメリットとデメリットを知りたい。
- (2) 他のエネルギーには限りがあるが、原子力エネルギーには限りはないのか。

回答

(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kw、3,500万kwで合計でも20,800万kw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kwの原子力発電稼働率(80%)と同等なり、現状の5,000万kw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4kw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kw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kwhでそのシェアは7%です。

そして、現状4kw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む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
現状最強で最も有力な化石代替エネルギー 1. エネルギー密度が大きい	1. エネルギー密度が希薄 おおきな面積がいる。

土地の利用効率が低い、保有エネルギーが大きい、備蓄効果がある、高度の安全性が求められる 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 3. CO ₂ の排出は無い 放射性廃棄物の処理・処分が必要 4. 核不拡散対策が必要 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	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 3. お天気まかせで出力変動 蓄電池や調整用電源が必要 4. CO ₂ の排出はない 太陽光電池製造時のCO ₂ が比較的大きい 5. 安全性に対する不安は無い 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
---	---

(原子力エネルギーの限りについて・・・ウランの枯渇)

世界のウランの資源量はほぼ2年おきにOECD/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、採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。

7. 未来の原子力発電

質問

（1）将来原発はどのような姿に変わっていくか、またウランの枯渇についてはどうなっていくのかについて知りたい。

（2）核エネルギーがよく話題になっているが、今後核エンジンなどは登場するのか、するとしたらどんなことが出来るのか。

（3）将来的に原子力発電や放射線はどのように活躍されるのか知りたいです。

（4）原発の資源（ウラン？）は将来無くなる心配はないのか？

（5）電気を使うものやことが増えている中で、今後原子がなくなり（若杉？）、電気が使えなくなることがあるのか。

（6）今後原子力発電はどのような活用のされ方をするのだろうか。原子力は地球のとしてどのような存在になるだろうか。

（7）科学の進歩によって今後どのように原子力発電が変わっていくのか。

回答

（ウランの枯渇）

前節の回答を参照して下さい。

（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。

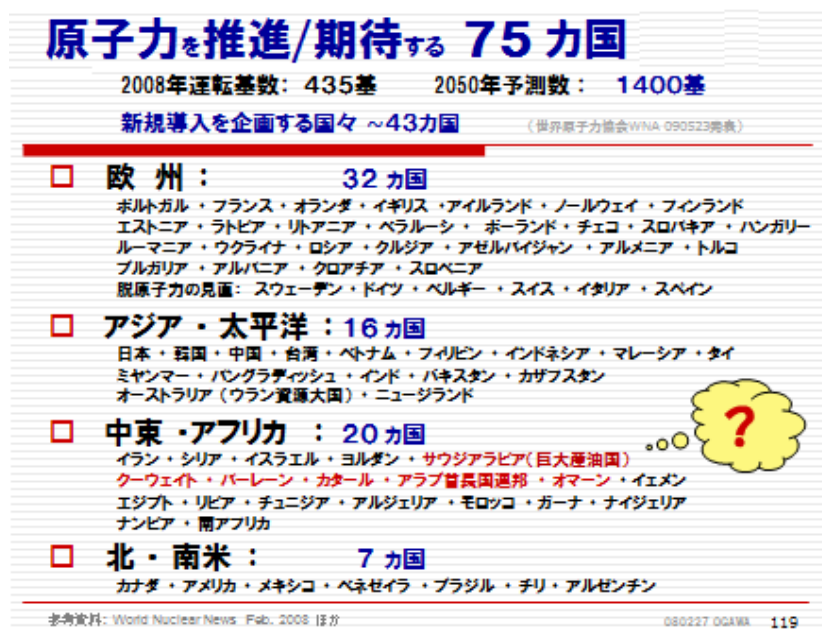
英国： 英国は北海油田の発見・開発で、原子力への期待が薄れていたが、石油輸入国へ転落と共に、さまざまな政府機関が原子力発電を支持する報告書を提出。原子力への政策転換の明確な兆候といえます。

スペイン： スペインは脱原発政策を続けているが、2009夏、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。



(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U235がSr90やCs137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 $E=mc^2$ で導かれるエネルギーを利用しています。核融合は逆に水素のような軽い原子同士がくっついてHeのような重い原子になる時にもやはり質量mを失い、膨大なエネルギーが発生するのでそれを利用します。ただし、核融合発電でも水を加熱して水蒸気にして発電することには変わりはありません。

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

8. 放射性廃棄物

質問

- （1）原子力空母から放射性廃棄物が出ているのか。
- （2）原子力発電後の放射性廃棄物を地下に埋めて処理をすると今 CM などですべて流れていますが、本当に安全なのでしょうか。処分場を自分たちの町に持つことに対するメリットはあるのでしょうか。

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

(1) 私は塾講師のアルバイトをしていて、小学校の社会では核拡散防止条約が出てきます。この条約は現代の原子力発電などに影響しているのでしょうか。

回答

(不拡散の意味と核拡散防止条約)

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

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

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

日本は 1976 年に批准しました。

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

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

10. 放射線の性質と利用 (食品や医療、材料開発など)

質問

- (1) 生活に放射線はどのくらい関わっているのか。
- (2) どんなところに放射線が多いのか。
- (3) 一歩間違えば危険になりかねない放射線をどのように生かしているのか？

回答

(放射線の生活への関わり)

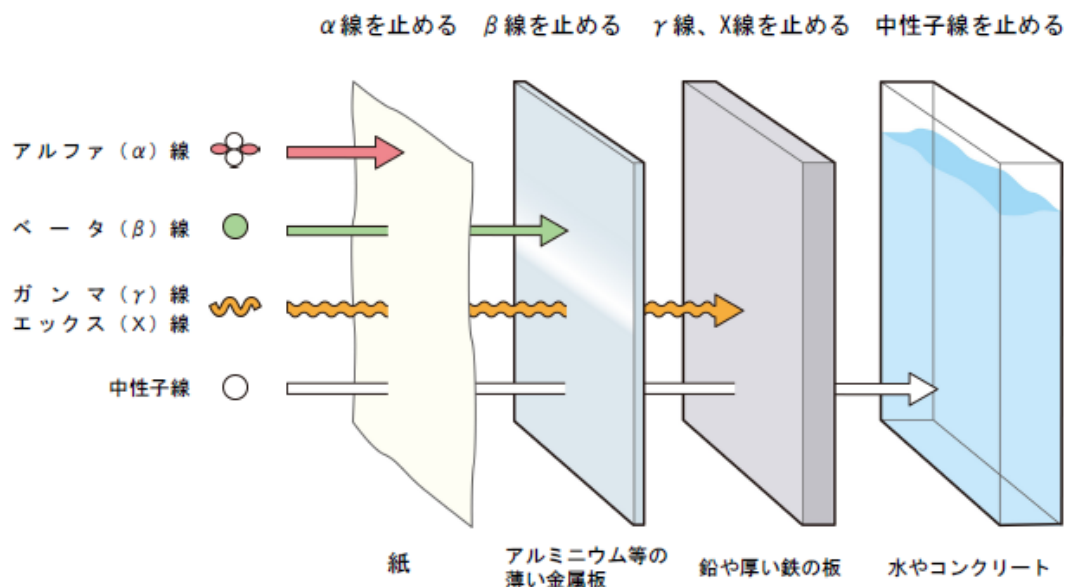
放射線の性質と利用（食品や医療、材料開発など）について説明します。

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。

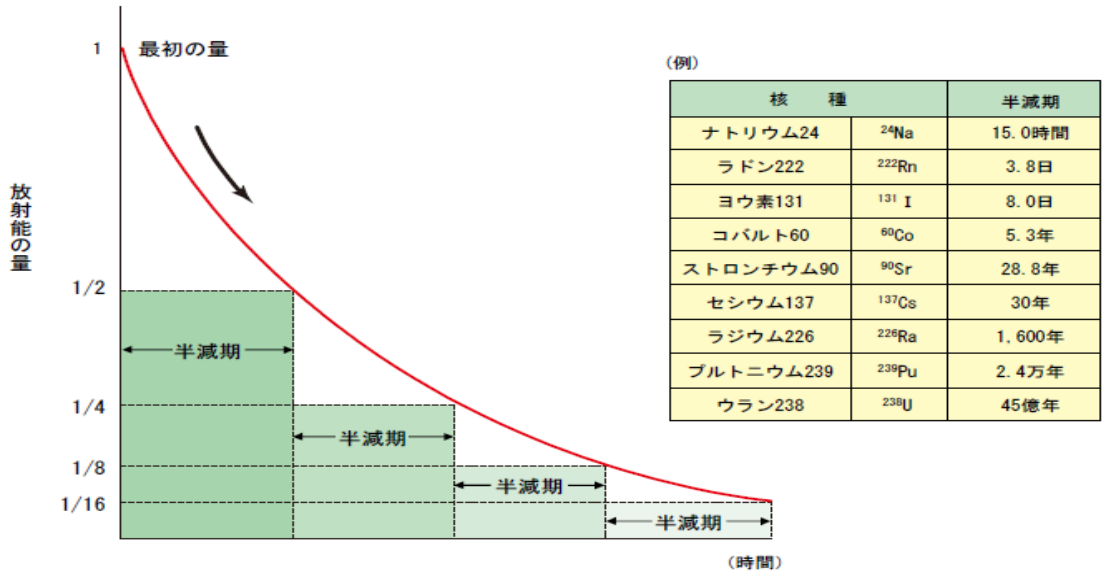
放射線の透過には、放射線の種類により、また物質により異なり次の図のような特徴があります。

放射線の種類と透過力



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。

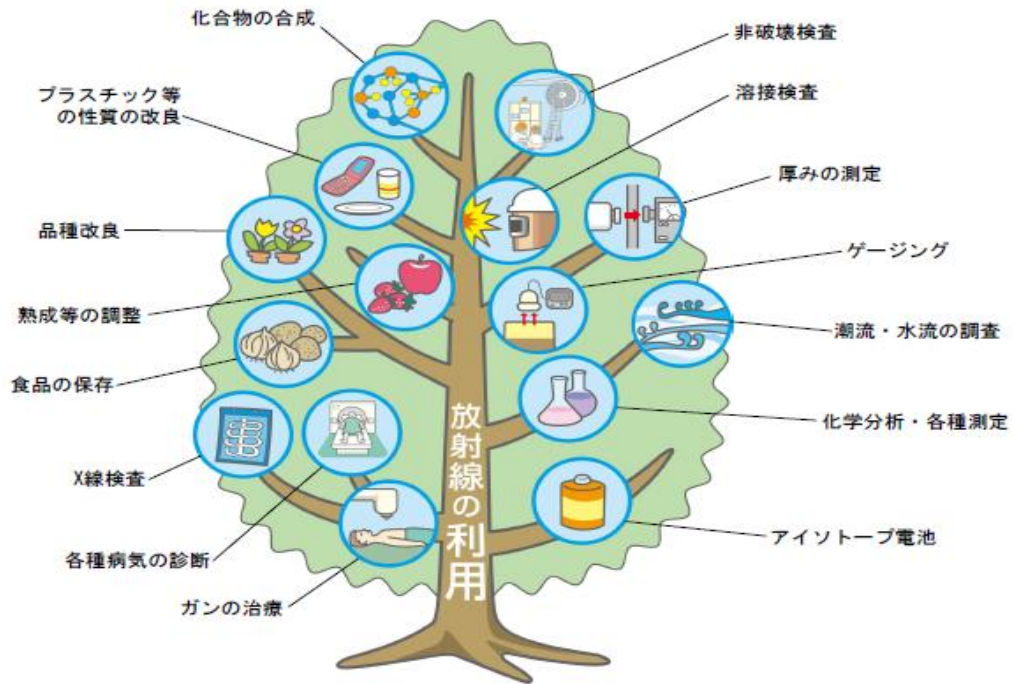
放射能の減り方



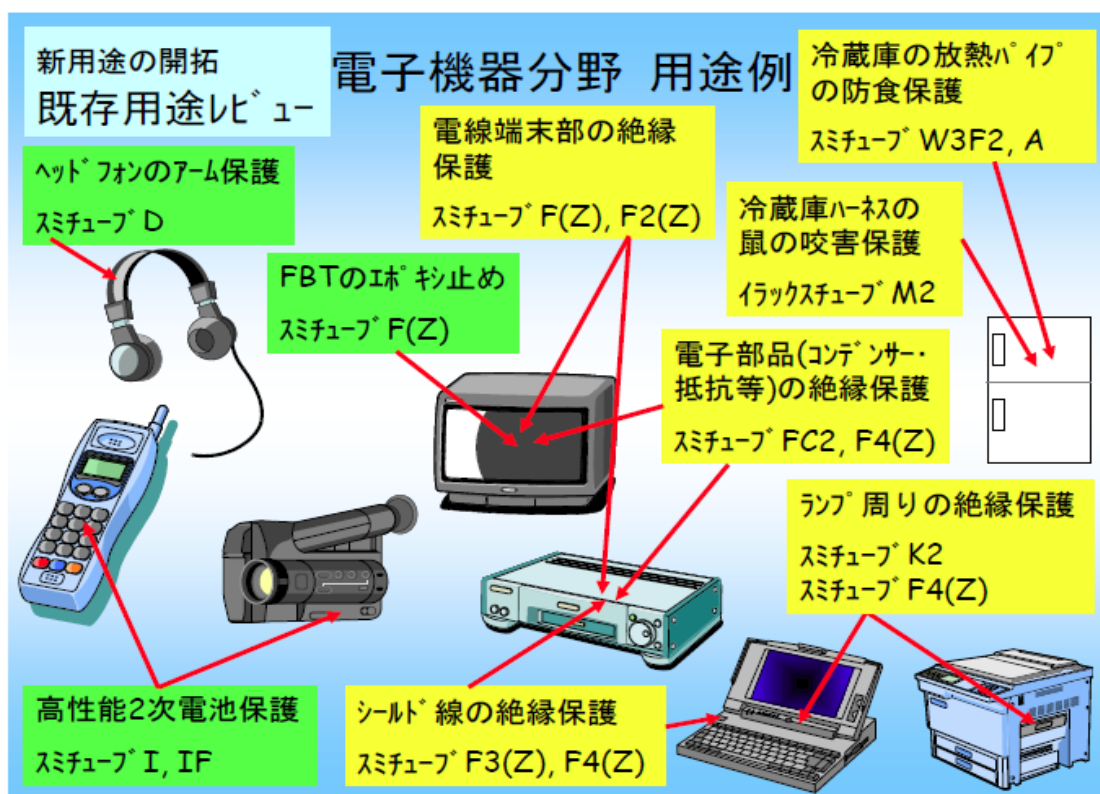
2. 放射線の利用

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ことで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、広く世界を見ても、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。

以上

ジャガイモの発芽抑制

1967～81年 科学技術庁、厚生省、農林水産省傘下の研究機関の協力により、特にじゃがいも、たまねぎなど7品目を対象に原子力特定総合研究が実施された。



1973年 日本は世界にさきがけて、実用化に取り組み、じゃがいもの発芽抑制のための放射線照射を実施した。

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・バングラディッシュ

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	バングラディッシュ	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	チエコ	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	オーストラリア	スペイン	タイ	英国	米国	グアテマラ	ニュージーランド	
りんご							*																									
豆類				*																												
穀類				*																												
酵素																											*					
魚(乾燥)		*																														
かえる脚(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)												*										*										
スパイス	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
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	

(場所による放射線量の変化)

自然界には放射線はどこにでもあります。大地から出る放射線量を日本の中で比べると、一般に関東地区より関西地区の方で高い測定値が得られています。特に高いところは福井県敦賀地区の1.40ミリシーベルト/年、特に低いところは神奈川県はたの地区の0.09ミリシーベルト/年で、10倍以上の差があります。また、世界的にみると、放射線の高いところと低いところの差は2桁以上あり、特に高いところは南米ブラジルのリゾート地ガラパゴスで、10ミリシーベルト/年の自然放射線となっています。

私達の中にはラジウム温泉を楽しむ人もいますが、ラジウム温泉では主としてラドンからの放射線を被ばくします。もちろん健康にいいことを前提に温泉浴を楽しむわけですが、例えば三朝温泉では2時間当たり約0.03ミリシーベルト（1年当たりでは約11ミリシーベルト）の放射線を浴びます。世界にはドイツやオーストリアなどもっと高い放射線を浴びるラジウム温泉があり、多くの人々が温泉浴を楽しんでいます。

この他、飛行機に乗ると、上空で宇宙線から地上よりもはるかに高い放射線被ばくを受けます。例えば成田からNYを往復すると約2ミリシーベルトの被ばくになります。また、鎌倉を散策するよりも、東京の銀座を散策する方が約2倍の高い放射線を受けます。それはかこう岩から出来たビルが銀座に多く、そこから出る放射線のためです。

さらに、私達が病院等の医療機関に行き、X検査やCT検査を受けると放射線被ばくを受けますが、これらは私達の合意に基づくもので、特に問題視はされていません。

1.1. 原子力に係わる仕事

質問

- (1) 発電所以外に利用している職業はあるのか？
- (2) 原発の職員の方はどのようにして人体を守っているのか？
- (3) 何故原子力に関わる仕事をしようと思ったのか（怖くなかったのか）？

回答

(発電所以外に原子力に関わる職業と必要な知識)

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。

(原発職員の安全対策)

項目3. 原子力発電所の安全性の中の回答（発電所で働く人の安全対策）を参照して下さい。

12. その他

質問

- (1) これから新しいエネルギーは生まれるのか。
- (2) 教育現場で生かせるような内容を含めてほしい。

回答

(これからの新しいエネルギー)

項目7. 未来の原子力発電の中の回答（現在の原子力発電と異なる将来の発電方法）を参照して下さい。核融合によってエネルギーを得る方法が書かれています。

以上

III. 玉川大学対話会後学生アンケート結果

1. 対象

玉川大学教育学部教育学科3年学生 19名（男子6名、女子13名）
進路希望の内訳；小学校教員12名、進学1名、就職その他6名

2. 講演「原子力発電の役割と今後の展開」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（21%） 理解できた 14名（74%）
あまり理解できなかった 1名*（5%） 理解できなかった 0名（0%）

*PPTの流れが速すぎたため

(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下さい

- ・何故この仕事に就こうと思ったのかの熱い思い
- ・未来の地球で生き残っているエネルギーは何だろう？
- ・北朝鮮の核爆弾と原子力発電の関連性
- ・子供にどのように伝えていけばよいか
- ・化学（科学？）のところをもう少し分かり易い形で聞きたいです
- ・原子力エネルギーの必要性について

3. エネルギー教育の実施について

(1) 今回の対話会で学校における「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 10名（53%） 感じた 9名（47%）
あまり感じない 0名（0%） 感じない 0名（0%）

主な理由

- ・原子力についての印象が180度変わったから
- ・今後石油に代わるエネルギーが必要となるから

- ・中学の指導要領にエネルギーについてが記載されるようになったから
- ・新しい時代を築いていく子供達に聞かせたいと心から思った
- ・エネルギーについて皆が知るべきだと思ったから
- ・誤解や偏見で伝わっていることがあまりにも多いから

(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？

- ・子供が理解し易く分かり易い資料（絵が多い）
- ・エネルギーが日常どのように役立っているのか
- ・子供達にも分かり易いもの、主に原子力の安全性に関すること
- ・今回のようにシニアの方々からお話を聞けるといいと思います
- ・実際に発電所に足を運び、体験する
- ・絵や写真から理解出来る教材
- ・エネルギーの主な役割
- ・自分達の生活との結びつきに重点をおいてほしい
- ・実験が出来る教材、VTR など
- ・原子力の安全性の情報
- ・原子力発電の基本的な仕組みやビデオ教材を要望します

4. 対話会について

(1) 対話会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 1名 (5%) 持っていた 9名 (47%)
 あまり持っていなかった 8名 (42%) 持っていなかった 1名 (5%)

主な理由

(非常に持っていた、持っていた)

- ・高レベル廃棄物処理に疑問を感じていたから
- ・悪い印象が強かったから
- ・やはりチェルノブイリ原発の事故が頭の中にあった
- ・原子力は怖いものだと思っていたから
- ・原子力発電は放射線を取り扱うため、危険だと思っていたから
- ・テレビなどであと〇年でエネルギー（石油など）はなくなると耳にしていたため
- ・風力や太陽光発電、バイオ燃料の問題についての新聞記事を読んだことがあった
- ・原子力について、もし事故が起きたらどうするのか、爆発したらどうするのかという危機意識を持っていました

(あまり持っていなかった、持っていなかった)

- ・石油がなくなることしか頭になかったが、どうにかなると思っていた
- ・自分と関係ないと思っていたので（若杉注；この意見の学生が多い）
- ・そもそもエネルギー問題についてあまり知らなかった

(2) 対話会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 7名 (37%) 変わった 12名 (63%)

あまり変わらなかった 0名 (0%) 変わらない 0名 (0%)

主な理由

- ・よく分からないことが理解出来たから
- ・安全ということが分かった
- ・石油があと41年くらいしかもたないため、その後を考えなくてはならない
- ・エネルギー問題を身近に感じました
- ・安全意識の高さに感動した
- ・見ないふりをして見過ごしてはいけない問題だと思ったため
- ・原子力の安全性を詳しく説明していただけたので良く分かった
- ・原子力は扱い次第でとても便利なものになるということが分かったから
- ・様々なエネルギーがあることを知り、上手に使いえば長持ちすることを知ったため
- ・なんとなく怖いと思ったりしていたが、問題がはっきりと分かるようになった
- ・放射線は多量じゃない限り危害はないし、常に自然界にあるものだと知ることが出来たから。ジャガイモの芽取りを放射線で行い、それが美味しいという話があることに驚きました

(3) 対話会の内容は満足いくものでしたか？その理由は？

とても満足した 8名 (42%) 満足した 11名 (58%)

やや不満だ 0名 (0%) 不満だ 0名 (0%)

主な理由

- ・知らないことをすぐ質問出来、丁寧に答えていただいたから
- ・知らないことを沢山知ることが出来たから
- ・原子力のことを知らないまま大人になっていたら、ずっと危険なもののイメージになっていたと思うから
- ・もう少し時間があればいいのにな・・・と思った
- ・普段聞けないことが沢山聞けたから

(4) 今回の対話会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 10名 (53%) ある 9名 (47%)

あまりない 0名 (0%) ない 0名 (0%)

主な理由

- ・エネルギーについては、知らない人や間違った知識、考え方を持っている人がいると思うから
- ・いつもの授業や教科書と違い、対話会ではよりリアルに考えるようになる
- ・知る必要があるのに、まだ世の中に正しい知識として知られていないので、このよ

- うな小規模な対話から広げられることもあると思ったから
- ・詳しい知識を持っている人が知識のない人に伝えていくことが大切だと思うから
 - ・現場の人だからこそ分かるお話が聞けた
 - ・直接質問することで理解が深まるから
 - ・教員は沢山のことを知っていなければならないので、大学では普段学ぶことの出
来ない内容を学ぶことが出来るため

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 8名 (43%) 推進したい 11名 (57%)
あまり推進したくない 0名 (0%) 推進しない 0名 (0%)

主な理由

- ・今後において大切なことであると思うから
- ・原爆による悪いイメージから脱却すべき。使い方により良くも悪くもなることを
教えたい
- ・原子力のことについて知らない子供たちが多いため、その必要性を伝えていく必要
があると思うから
- ・エネルギーを通して私たちの生活は支えられているということを広めたい
- ・私達をもっと自分達の身の回りにあるエネルギーについて知っておかなければな
らないと思う
- ・将来のことを考えると必要不可欠
- ・放射線を危険だと感じている児童に安全性とメリットを教えることが必要だと思
うから

(2) 今後「エネルギー教育の研究」を進めたいと考えますか？

大に進めたい 1名 (5%) 進めたい 15名 (79%)
あまり進めない 3名 (16%) まったく進めない 0名 (0%)

主な理由

- ・人に教えるためには、まず自分が理解する必要がある
- ・理系は苦手分野でもあるので、専門の方にお任せする
- ・時間があれば研究も行いたい

(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？

大にある 0名 (0%) ある 7名 (37%)
あまりない 9名 (47%) ない 3名 (16%)

主な理由

- ・小学生や中学生にどのように教えたらいのか
- ・エネルギー教育指導法

- ・将来、教職志望ではないから
- (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 2名(11%) 普及させたい 17名(89%)
 あまり普及させたくない 0名(0%) 普及させたくない 0名(0%)

主な理由

- ・大切なことだということと、知識を持ってから怖がってほしいから
- ・原爆による悪いイメージから脱却すべき。使い方により良くも悪くもなることを教えたい
- ・あまり知らないと思うから
- ・大人が正しい知識を持って子供に伝えていくことが必要だ
- ・もっと沢山子供にエネルギーの教育が出来る人がいた方がよいと思う
- ・自分自身にとってとても勉強になったから
- ・エネルギー資源について世界で問題になっているから
- ・これから社会に出て行く学生は知っておくべき内容だと思う。教員なども子供達に詳しく教えられることが求められると思う

6. 「教育学部学生とシニアの対話」のあり方、改善点などに関する自由意見

- ・シニアの方々は専門的で奥深くのことを話して下さるため、こちらがその前に基礎的知識を頭に入れておかないとなかなか話が進まない。事前の準備が大切だと思った
- ・自己紹介と専門とする領域を全体の前で発表してほしかった
- ・とても興味深い貴重なお話を聞くことが出来て良かったです。有難うございました。
- ・学生はもっと質問を対話前に用意して来るべきでした。グループ分けして対話したのは、少人数となりより多くのことを一人一人の学生が聞くことが出来たので良かったと思います
- ・学生側の勉強会の時間を増やし、対話の内容の質を高めるべき
- ・とても為になったので、またこのような機会があったら良いと思います。しかし、内容的に少し難しかったとも感じています。
- ・部屋が狭く、隣のグループとの距離が近くなってしまい、声が聞き取りづらくなってしまっていた。もう少しゆっくりと進めたい。
- ・伝えたいことと尋ねたいことのブレがあったので、対話という形にするのであれば事前に内容(議題)と論点をまとめておいた方が成立するのではないかと思った
- ・学生は事前にもっと予備知識を持っておく必要がある
- ・とても為になりました。またこのような機会がほしいです。ありがとうございました

IV. 玉川大学対話会シニア感想

古田富彦

原子力と環境問題について対話した学生諸君は純粹・真面目で先生の卵として好ましい印象を受けた。まず、放射線と放射能の違い、単位、自然放射線と人工放射線、人体への影響、原爆と原発の違い、チェルノブイリ事故、横須賀の原子力空母による放射能影響、核燃料のリサイクル、石油枯渇、新エネルギーと原子力、最後に廃棄物処理・処分の問題などについて短時間ながら万遍なく対話したが、正しく理解し、怖がるように納得して貰えたと思う。

石井陽一郎

11月19日[木]夕方標記が行われた。小(中)学校の教員の卵で、しかも女子学生ははじめてである。我々[三谷氏と]のテーマは

「原子力発電が抱える問題：核不拡散と廃棄物」と取りようによっては答えの難しいのを心配した。結局核不拡散は我が国では、平和憲法からの所産であること。NPTとCTBTの入った簡単な年表を配布したにとどまった。放射性廃棄物[HLWが主]の一通りの説明と、HLWが普通の廃棄物の100万分の1しか発生しない。主たる話題は放射線被ばくと安全であった。

発端は放射線管理は直接人体に影響するmSvで管理すべきもので、放射能がしばしば数値的にはおおきくなるベクレルでマスコミで発表されるが誤解を招く。

放射能は危険だといわれる一方、がん撲滅などでは多大の効果を発揮するのは？との鋭い質問があった。臓器により照射線量の値が異なるなど、具体説明がややあいまいだったことを反省する。安全についてはチェルノブイルと現在の炉と全く別物。設備的にも機能的にも五重の安全障壁、止める、冷す、閉じ込める、しかも自動で担保されている。このほか柏崎刈羽発電所の地震での自動停止も紹介した。ウランが微濃縮でマイクロな反応でも高い安全性があることも分かってもらえたと思う。天然原子炉の話も紹介した。いろいろ疑問あれば出してほしいと名刺を渡しておいた。

総括的印象としてはかなり 原発に対する懸念が払拭されたのではないかと思う。

田中 隆一

グループ： B (原子力の利用と将来展望)

参加者： 学生5人、シニア2人 (もう一人は松永氏)

5人の女子学生との対話であったが、ファシリテータに指名されていた学生がその役割をよく理解していないようだったので、シニアがリードすることになった。対話には参加していただけたが、原子力・放射線に関する理科の基礎知識の必要性をあまり認識してはいなかった。参加した学生全てが小学校教諭を志望しているせいかもしれない。たとえば、原子力発電の大まかな仕組みや放射線についての理科的イメージをもっていないと、興味・

関心を引き出そうとしても、キーワードをもとに対話が自然に発展していきにくい。いけないと反省しつつも、とかくシニアのしゃべり過ぎとなる。しかし、これからはこうした学生達との対話こそ重視していかなくてはいけないのではないかと考える。われわれがそれに適切に対応するためのコンピテンシーに欠けていると感じる。対話スキルに欠けることもあって、しゃべり過ぎになってしまう。

このことに関しては、われわれシニアにとって、主体的な参加を前提としたファシリテーション訓練よりも小中高の教育現場で十分に経験を積んだ教員から学ぶことの方が重要ではないかと考える。もう一つは、原子力・放射線について社会的な対話をするために、社会科よりも理科のリテラシーが対話の相手の学生にとって、いかに重要であるかを改めて認識させられた。放射線の前に光を話題とするべきでした。

多忙を極める小中学校の先生は、いまやその多くの時間を生徒指導に費やし、教科指導にますます時間を割けなくなりつつあると聞く。そのしわ寄せは専任がない小学校の理科に最も大きく振りかかっているのではないかと思う。自然放射線の存在を知らないどころか、日の出・日の入りを見たことがない小学生が半数もいる現状では、教科指導を教員だけにまかせてはおけない。

今回の対話は全体として時間が足りないと感じたが、大学のカリキュラムに合わせた対話の機会を増やす戦略を重視するならば、90分程度の短い時間をいかに効果的に活用するかがわれわれに課せられているのかもしれない。その意味で今回の経験を今後活かしていく必要がある。

金氏 顕

1. 100分という、通常の学生との対話会に比べ大変短い時間での開催は初めての試みで、心配と期待と半々でした。

しかし、世話役の若杉様の準備が大学との連絡調整等含め大変周到に行われて、その結果このような短時間でも可能という、良い実績になりました。

2. ただし、学生からもらった疑問質問への回答集を事前に送っていたにもかかわらず、21人の学生のうち入手し読んでいたのは3人程度。その結果、15分というごく短時間での基調講演で初めて原子力の事を知ったという学生が多く、グループ対話が意見交換という本来の対話にならず、質疑応答に終わったグループがほとんどだった。世話役の苦勞が報われなかった感じで残念であった。しかし、原子力のことに興味を頂き、今後勉強する切っ掛けを掴んでもらったようで、それは救いではある。

3. 今回の実績により週日の授業時間内で短時間に行う機会を増やすことが出来れば活動は更に広がる。その場合、大学のご担当の先生に、疑問質問への回答集は必ず事前に学生に届けて目を通しておくように念を押す必要がある。そうすればもっと良い成果が得られ

るだろう。11月25日に福岡教育大と来年行う同様な対話会の相談をし、来年2月16日(水)に135分の授業内で行うことになったが、今回の経験を生かしたい。

三谷 信次

我々(三谷、石井(陽))のグループ4のテーマは「原子力発電が抱える問題；核不拡散と廃棄物」であった。事前の質疑応答である程度本題のテーマに対し簡単な回答がなされていた。当グループは全員が女性で、ほとんどが既に回答に目を通してきたとのことで本テーマとは直接関係のないと思われる質問をメモしてきて回答を迫る学生もおり、モチベーションは高かった。全員が小学校の先生を目指しており、基礎的な質問も多かった。

「放射線と放射能、原爆と原発、どの程度の線量で白血病になるのか、放射線の利用、廃棄物処分場の大きさ」等。先生の卵として教育現場にたった時のことを考え、教育系の学生達の疑問質問には共通したものが感じられた。講義の一環としての短い時間内での対話であったが、事前回答をよく読んでもらっておくなり周到に準備がなされていれば、教育系学生に関係の深いテーマに絞り込んで効率的に対話が進むことが確認出来た。今後教育系の大学にはこの種の短時間型対話のニーズも先方の都合で出てくることも予想される。

「玉川モデル」として今後少しずつ改善しながら定着させていくことが良いのではないかと考える。

松永一郎

講演も含めて、全部で100分の対話であったが、対話をして感じたことは、学生のエネルギーそのものに関する知識レベルが今までの対話会への参加学生と比べて極めて低く、初歩的なこと、例えば火力発電の原理も知らない学生が混じっていたことである。今までの対話会の学生は、教育系でも理科志望等の学生が多く、エネルギー問題から原子力への関心を引き出すことができたが、今回はそれ以前だったとの感触である。これは学生本人の問題ではなく、小、中、高校までの教育でエネルギー・放射線・原子力の問題を殆ど受けてこなかったためであろう。

今回の対話会を計画するに当たって、今までのイメージで対話会を組み立てたことに問題であった。他の対話会では、初めて実施する場合には必ず教員・学生と事前に少なくとも1回は事前打合せをしているが、今回は「授業を使った短時間の対話」という理由から、メール交換だけで済ましていきなり本番になったために、行き違いが生じたものである。少なくとも、事前に1回は寺本先生にお会いして、ニーズを聞いておくべきだったと反省している。結論をいうと、講演の内容、対話のテーマの内容が高すぎたということであり、たとえば放射線に重点を絞ったテーマにして、より分かりやすいものにすべきであったと思う。小学校の先生になる学生にはまず、それが一番重要なことであり、原子力を教えるのはそれよりもずっと先のことである。

対話は小学校／幼稚園志望の5名の女子学生であった。対話のテーマは「原子力の利用

と将来展望」であったが、対話の多くは放射線の影響、利用に関することがほとんどであり、ごく初歩的なやり取りに終始した。

今後、このような対話会を実施していく上で、極めて示唆に富んだ対話会であった。

齋藤 修

1. 今回は教育学部の生徒ということで、原子力関係の学生とは専門的な知識レベルの差を感じたが、

これらの学生が数年後に小学・中学校の教諭として教育に当たることを考えると、教育学部系の学生との対話を重要視すべきであると感じた。

2. 学生からの質問に対する回答は、当日初めて学生が目にしたようである。事前の時間がなかったことと、学生全員がPCを持っているわけではないことが挙げられていたが、折角の資料なので、是非事前に見てもらえるようにしていただきたいと思った。

若杉和彦

今回は大学の授業の一部として原子力に関するワークショップを行い、これにシニアが参加する形で対話会が実施された。このため、全体で100分の短い対話会ではあり、原子力やエネルギー問題にほとんど触れたことのない教育学部学生にどの程度理解してもらえるか当初不安もあったが、結果は学生側の事後アンケートにも表われているとおり、短時間のわりに大成功であったと思う。私は古田氏とともに第3グループで「原子力と環境」をテーマに対話したが、環境問題に入る前の放射線、放射能、原子力発電所、放射性廃棄物等基本的な事項のQ&Aが中心であった。学生達は皆真面目に知識を吸収してくれたが、もう少し自分自身の意見も発言してほしかった。また時間の関係で懇親会を計画することが出来なかったため、対話会テーマ以外で学生とシニアとの交流の場が持てなかったのは残念であった。今回は学生側の幹事をおこななかったため、寺本教授が一人で全体を取り切り、事前事後のアンケート収集まで実施していただいた。その御苦勞に感謝したい。

(参考) 玉川大学寺本潔教授の若杉宛て11月22日付メール

拝復

こちらこそ大変よい勉強になりました。

学生たちも頭がフル回転したとっていました。

本学の学生は国立のように講座制でないため、専門がありません。

したがって理科や社会の基礎知識に欠けています。

その中で素朴な質問でご迷惑をおかけしたのではと恐縮に思っています。

アンケートは金曜日取るつもりです。

本当に有難うございました。

敬具