

原子力県民講座 質疑応答録

- ・平成26年3月16日(日)に開催しました「原子力県民講座」の出席者の方々からの質問事項と楠戸伊緒里先生からの回答をまとめました。
- ・時間の関係で当日お答えできなかった質問に対しても、後日、回答をいただきました。(回答は、講演テーマに関するものに限ります。)

①放射性廃棄物についての基礎的な質問

No.	質問事項	回答
1	放射性廃棄物の処理・処分は何年頃から研究されているのですか。	世界の国々の中で最も早く高レベル放射性廃棄物対策に着手したのは米国であり、1945年に軍用の再処理廃液を貯蔵したことが、その始まりとされています。日本では、1961年から原子力委員会廃棄物処理専門部会で、放射性廃棄物の処理処分についての基本的な方針に関する検討が進められてきました。そして、1976年度に国の重要プロジェクトとして、地層処分の研究開発が開始されました。
2	放射性廃棄物の各処分方法は実施されているのですか。	<p>日本では、原発から発生する放射能レベルの比較的低い放射性廃棄物について、青森県六ヶ所村にある日本原燃の処分場で、浅地中ピット処分が実施されています。また、日本で初めて原子力発電に成功した動力試験炉JPDRの廃炉で発生した、極めて放射能レベルの低い放射性廃棄物について、茨城県東海村の日本原子力研究開発機構で浅地中トレンチ処分が実施されています。</p> <p>なお、余裕深度処分については、まだ実施されていませんが、青森県六ヶ所村の日本原燃で処分場をつくることが検討されています。しかし、地層処分については、最終処分法に高レベル放射性廃棄物と一部のTRU廃棄物について行なうことが明記されているものの、候補地選びが難航し、今のところ実施の目処は立っていません。</p> <p>この地層処分については、候補地選びから操業まで順調にいても非常に時間のかかる話であり、世界中の国々を見渡しても、2014年4月現在で、実際にゴミの処分が行われているのは、米軍のTRU廃棄物のみを受け入れる米国のWIPPという処分施設だけです。その米国でも、高レベル放射性廃棄物を処分するための計画は難航しています。</p> <p>もちろん、地層処分の計画が進んでいる国々もあり、フィンランドでは2012年12月にオルキルオト、スウェーデンでは2011年3月にフォルスマルクに処分場を建設するため、許可申請が行なわれました。フィンランドでは2020年、スウェーデンでは2029年、フランスでは2025年に処分場が操業開始となる予定です。</p>

No.	質問事項	回答
3	放射性廃棄物の処分が環境破壊を起こした例はありますか。	<p>日本には放射性廃棄物の処分場が、青森県六ヶ所村と茨城県東海村に存在しますが、これまでに環境破壊を起こしたという報告はありません。</p> <p>諸外国に目を向けると、激しい核兵器開発競争を繰り広げていた旧ソ連(ロシア)や米国などの核施設周辺で、放射能の高い汚染水や廃液を河川に捨てるなど、過去にずさんな放射性廃棄物の処分を行なったために、放射性物質による汚染が深刻化した地域があります。</p>
4	放射性廃棄物は、時間の経過にもなって危険性が減っていくとのことですが、その根拠を教えてください。	<p>放射性廃棄物の種類にかかわらず、放射性廃棄物の放射能は、時間の経過とともに減っていくので、それにもなって危険性も減っていきます。浅地中トレンチ処分対象の極めて放射能レベルの低い放射性廃棄物のように、50年程度経てば放射能が十分に低下する放射性のゴミもあり、廃棄物の危険性はその中身によって決まります。</p> <p>放射性廃棄物の中でも群を抜いて放射能が高く、極めて危険とされる高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)の場合には、配布資料の20ページと64ページに示されるように、製造後1000年が経過したガラス固化体の放射能は、製造直後のガラス固化体と比較して、1000分の1程度に下がります。というのも、高レベル放射性廃棄物には、多種多様な放射性物質が含まれていますが、1,000年後にはセシウム137(半減期約30年)やストロンチウム90(半減期約29年)といった半減期がそれほど長くはない放射性物質の大部分が、放射能を持たない安定な物質に変化しているからです。</p> <p>但し、ガラス固化体の場合には、ネプツニウム237(半減期約214万年)など、非常に半減期の長い放射性物質が大量に入っているため、1万年経ってもその表面線量は1時間当たり約15ミリシーベルトであり、極めて長い時間が経過しても、放射能はゼロになりません。それでも時間と共に確実に放射能が減り、少しずつですが危険性が小さくなっていくと言えます。</p>
5	配布資料46ページの被ばく線量は、食品摂取等も含めた線量でしょうか。	<p>食品摂取等を含めた線量です。遠い未来の人々がどのような暮らしをしているかを厳密に言い当てるのは不可能なので、未来の人々も、現代に生きる私たちと同じ生活様式で暮らしていると仮定して、外部被ばくだけでなく、食べ物や飲み物を口にしたときの内部被ばく、さらに埃を吸ったときの内部被ばくも含めて、被ばく線量を計算しています。</p>

No.	質問事項	回答
6	<p>配布資料8ページの日本で発生する廃棄物の量は、原子力発電所が何基稼働したときの量ですか。</p>	<p>低レベル放射性廃棄物については、平成23年度の実績になります。平成23年度は、7基のBWRと19基のPWR、合計26基の原子力発電所を運転しました(原子力安全・保安院「平成23年度原子力施設における放射性廃棄物の管理状況及び放射線業務従事者の線量管理状況について(平成24年8月)」に詳細が載っております)。但し、運転したと言っても26基の原発全てが、一年を通して休まずに運転されたわけではなく、定期点検などにより、ある期間停止されていたものがあります。また、廃棄物の発生量は原子力発電所の出力規模にもよりますので、その辺を考慮しつつ、8ページのデータを参考にして頂ければと思います。</p> <p>なお、高レベル放射性廃棄物については、電気事業連合会、「原子力・エネルギー図面集(8-1-2)」に掲載のデータを引用したものです。原発の稼働状況に関する詳しい記述がないため、何基稼働したときの推定発生量かはお答えできません。参考までに、100万kW級の原子力発電所1基を1年間運転すると、約30本のガラス固化体(約15トン)が発生しますが、これは1日あたりに換算すると約0.04トンの発生量になります。</p>
7	<p>ガラス固化体1本の寸法は、どのくらいですか。</p>	<p>配布資料の3ページに示すように、日本で処分をしなければならないガラス固化体には2種類のサイズがあります。日本原子力研究開発機構製のガラス固化体は高さ104cm、直径43cmで、重さは約400kgです。日本原燃製、フランスCOGEMA製、英国BNFL製のガラス固化体は高さ134cm、直径43cmで、重さは約500kgです。</p>

No.	質問事項	回答
8	<p>ガラス固化体の危険性のページで、ガラス固化体1個で厚さ約1.5mが必要なのですか。ガラス固体100個をまとめた場合も約1.5mが必要ということでもいいのですか。</p>	<p>配付資料19ページのように、製造直後のガラス固化体が1個だけ存在する場合には、人間が安全に作業するために、ガラス固化体から1mの位置に置くコンクリートの厚さは、約1.5m必要です。ガラス固化体の数が増えて放射線量が増えれば、それに伴って必要なコンクリートの厚さも若干増えると考えられます。</p> <p>現在、日本原燃では、配付資料76ページのように実際にガラス固化体を貯蔵しています。配付資料76ページの写真と図で人が立っている場所の下には、図のように9段重ねで100個を超える多数のガラス固化体を貯蔵していますが、厚さ2mのコンクリートで遮蔽すれば人間が安全に作業できます。ガラス固化体を100個まとめた場合の計算結果が手元がないので、具体的な数値はあげられませんが、ガラス固化体を100個まとめた場合でも、コンクリートの厚さは2m程度あれば十分であると考えられます。</p>
9	<p>高レベル放射性廃棄物には人工バリアが必要になるようですが、体積はどの位になるのでしょうか。</p>	<p>配付資料3ページは、人工バリアの実物大の写真です。今後、研究が進めば人工バリアの仕様も多少変わってくるでしょうが、ここでは1999年に核燃料サイクル開発機構(現日本原子力研究開発機構)から提出された「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性」という報告書に書かれた人工バリアの仕様をもとに説明します。</p> <p>日本原燃製ガラス固化体を埋める場合には、ガラス固化体1個(高さ134cm、直径43cm、固化ガラスの体積約0.15m³)を炭素鋼製オーバーパック(厚さ19cm、高さ173cm、直径82cm)に入れるので、ガラス固化体を納めたオーバーパックの体積は約0.91m³となります。さらに、このオーバーパックをベントナイト70wt%(重量パーセント)とケイ砂30wt%からなる、厚さ約70cmの緩衝材で取り囲むことになるので、緩衝材を含めた人工バリアの大きさは、高さ313cm、直径222cmとなり、ガラス固化体1個を埋設するのに必要な人工バリアの体積は約12m³になると考えられます。</p> <p>これに実際に埋設するガラス固化体の本数をかけると、必要な人工バリアの体積が計算できます。</p> <p>なお、廃棄物を縦置きにするか横置きにするかは、現段階では決まっていません。縦置き方式の場合は放射線を遮蔽する目的で、ガラス固化体1個につき、高さ100cm、直径222cm、体積約3.9m³のベントナイト70wt%とケイ砂30wt%からなる埋め戻し材がさらに必要となります。</p> <p>これから先、もし日本が高レベル放射性廃棄物として、現行のガラス固化体ではなく、使用済燃料を埋める直接処分に政策変更をすることになれば、人工バリアについても新たに考えていく必要があります。使用済燃料の直接処分は研究が始められたばかりで、人工バリアについては必要となる体積を含め、今後研究開発が進められていくものと思われれます。</p>

②放射性廃棄物の問題についての意見・質問

No.	質問事項	回答
1	使用済燃料について、現状で保管場所の余裕はありますか。日本中の原子力発電所ではどうでしょうか。	<p>現時点では使用済燃料は、各原発の貯蔵プールと日本原燃に保管されています。電気事業連合会の調べによると、2014年3月末現在で、日本中の原発全体を考えた場合、管理容量が20,810tU(トンウラン)あるのに対し、使用済燃料貯蔵量は14,330tUとのことです。つまり、原発の貯蔵プールの貯蔵割合は、平均すると7割弱なので、まだ少し余裕があります。しかし、日本原燃の使用済燃料受入貯蔵施設はほぼ満杯で、余裕がない状況にあります。</p> <p>原発内に貯蔵されている使用済燃料は、日本原燃で再処理を行なう予定ですが、再処理工場が止まっていることもあり、もしこのまま原発を動かし続けて、使用済燃料が増えていくと、将来、原発のプール内で貯蔵することが容量的にできなくなると予想されます。</p> <p>そのような場合に備えて、再処理をするまでの間、使用済燃料を中間貯蔵するための施設をつくり、そこで貯蔵するという計画があります。例えば、青森県むつ市にあるリサイクル燃料貯蔵では、東京電力と日本原子力発電で発生した使用済燃料を乾式で中間貯蔵する予定になっています。</p>
2	浜岡原子力発電所の廃炉で発生する放射性廃棄物はどこに捨てられますか。	<p>「浜岡原子力発電所1号原子炉及び2号原子炉廃止措置計画認可申請書」によると、廃炉で発生する放射性廃棄物の廃棄先は、原子炉領域周辺設備解体撤去(2015年度に開始予定)に着手するまでに定め、廃止措置計画に反映し変更認可を受けることとされています。</p> <p>廃炉で発生する放射性廃棄物のうち、コンクリートピット処分対象の低レベル放射性廃棄物は、青森県六ヶ所村にある日本原燃の低レベル放射性廃棄物埋設センターで処分される予定です。なお、放射性廃棄物として取り扱う必要がないものは、原子力関連施設のベンチ、テーブル、ブロックなどとして再利用されるか、産業廃棄物と同様に処分されます。その他、まだどこに捨てるか決まっていない放射性廃棄物については、これから処分先が決定されます。</p>

No.	質問事項	回答
3	<p>福島第一原子力発電所事故前の理論はわかりましたが、事故以降はこの理論はどのように変わりましたか。過去の処理方法の見直しがあったことを考えると地層処分が見直しされる確率はどの程度のものでしょうか？</p>	<p>ガラス固化体と地層処分対象のTRU廃棄物について、国内で地層処分を行うことについては、原発事故以降も変更はありません。</p> <p>2012年9月11日に日本学術会議は、高レベル放射性廃棄物を、数十年から数百年程度の期間に限って、その後の対処方法を検討し決定する時間を確保するために、回収可能性を備えた形で、安全性に厳重な配慮をしつつ保管することを提言しました。</p> <p>より良い対処方法を模索し、検討するのは大変重要なことです。しかし、高レベル放射性廃棄物の最終処分方法としては、地層処分が最も安全な方法であることが国際的に認識されていて、これよりも良い処分方法が今のところ見つかっていません。従って、地層処分という最終処分方法そのものが見直される可能性はほとんどないと考えられます。</p> <p>そうは言っても、もちろん未来の人々を含めて社会的合意のもとに、地層処分計画が進むように、細かい部分の見直しは必要に応じて適宜行なわれると思います。例えば、処分環境を良好に保つという観点からは望ましいことではありませんが、一度埋めた廃棄物を再び取り出せるようにするため、坑道を埋め戻さないといった選択肢について、議論が行なわれています。</p>
4	<p>日本で本当に地層処分が出来る場所はありますか。場所はたくさんありますか。</p>	<p>地層処分が出来る場所は日本全国にたくさんあると考えられています。</p> <p>保守的な地質学者の中には、国内に処分場をつくることに対して慎重な意見や、東北と北海道の一部の地域に、非常に安定した地層があるので、そういうところに処分場をつくるべきだという意見もあるようです。</p> <p>しかし、国や地質学者の多くは、日本全体で見ると6～7割ぐらいの場所には活断層や火山の影響がなく、少なくとも今後10万年程度は安定な地質環境があるので、そのような場所で地層処分が出来ると考えています。</p>

No.	質問事項	回答
5	<p>地層処分の安全性は確認されていますか。数百年というのは困難ではないですか。人間による管理が必要ないように地層処分を行うということについて、根拠はありますか。</p>	<p>地層処分の安全性は、配付資料45の「安全性の根拠を示すための研究」に例示されるような研究を行ない、科学的で技術的な根拠に基づいて確かめられています。</p> <p>地層処分の安全評価では、数百年という短い期間ではなく、1000万年以上先の遠い将来にわたって、起こりうることをリストアップして検討します。そして、配付資料44のように適切なシナリオ（例えば、1000年後にオーバーパックが破損して、ガラス固化体の放射性物質が地下水に溶け始める・・・）を作り、そのシナリオに従って、ガラス固化体から漏れ出した放射性物質が地表までどのように動くのかをコンピュータで模擬して解析します。このとき、解析のためのモデルを作成し、処分施設や人工バリアの仕様、地下水や岩種などの地質環境、放射性物質ごとの移動の仕方など、解析に必要な全ての条件を詳細に設定しなければなりません。これらは全て、世界中から集められた様々な実験データ等に裏付けられた、科学的な事実に基づいたものになっています。</p> <p>そして、1000万年以上先の遠い未来にわたって、地上で生活している人間が廃棄物由来の放射性物質から浴びる被ばく線量を、飲食などで体内に取り込んだ場合の内部被ばくを含めて計算し、この計算結果を海外で提案されている安全基準やクリアランスレベルなどの線量と比較します。各シナリオで計算された被ばく線量が安全基準を下回れば安全だと言えます。</p> <p>遠い将来には人類に何が起こるか分からず、何らかの理由で人間による管理が失われたとしても、地上にいる人間に被害が出ないようにと考えられたのが地層処分です。</p> <p>日本でもこの地層処分が技術的に安全にできるという根拠を示したものが、1999年に核燃料サイクル開発機構から提出された「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性」という報告書です。この報告書では、影響が極めて小さいと予測されたり、起こる確率が極めて低いために除外されたシナリオを除く、全ての考慮されるシナリオで、被ばく線量の計算を行なった結果、これらの被ばく線量が安全基準を下回ることが示されました。</p>
6	<p>廃棄物処理をするときの人間及び機械の誤り、誤作動は絶対ないといえますか。</p>	<p>ヒューマンエラーや機械の誤作動は、絶対ないとは言えません。そのため、ヒューマンエラーや機械の誤作動が、重大な被ばく事故につながらないように対策が検討され、技術開発がすすめられています。</p>

No.	質問事項	回答
7	<p>高レベル放射性廃棄物を隔離するバリアシステムの「安全」が保たれる証明はどのように行われましたか。コンクリート壁の安定性は50年とありますが、10万年後の性能は誰も分からないのではないですか。</p>	<p>多重バリアシステムは、ガラス固化体、オーバーパック、緩衝材から成り立つ人工バリアと周囲の岩盤から成る天然バリアで構成されますが、全て科学的な根拠に基づいて、安全評価をしています。安全評価にあたり、いろいろな環境下での室内試験結果に加えて、考古学的出土品、火山ガラス、ウラン鉱床といったナチュラルアナログ(自然類似現象)の研究結果が、反映されています。なお、コンクリート壁の話は、製造してから50年が経過したガラス固化体の遮蔽に必要な壁の厚さの話であり、バリアシステムとは関係がありません。</p> <p>10万年後の各バリアの性能は、期待通りの性能を発揮するかもしれませんが、そうではないかもしれません。そのため、多種多様なシナリオを作って、それぞれ一つ一つ解析して、安全評価を行ないます。例えば、オーバーパックの溶接部分の検査で不良品を見逃してしまい、一定割合のオーバーパックが溶接不良のまま使用されたら・・・など、期待通りの性能が発揮できない場合もいろいろ考えて、一つ一つ解析を行ない、評価します。</p> <p>10万年後にバリアシステムがどのような状態になっているのかをピンポイントで正確に言い当てることは出来ません。しかし、以上のように、いろいろな状況を考慮して、ある程度の幅をもって10万年後に大体どうなっているかを予想することは出来ます。もちろん、実際に起こることと予想にはズレがあるので、安全評価の際には、将来起きると予想される状態よりも、必ず悪い状態を設定して、将来地上の人間が浴びるであろう被ばく線量が高くなるように計算して、保守的な評価となるようにします。</p>
8	<p>地層処分するとしたら、どのぐらいの面積が必要になるでしょうか。</p>	<p>配布資料の28と29ページをご覧ください。廃棄物の受け入れや封入などに必要な地上施設は1～2km²程度、ガラス固化体4万本分を埋設するのに必要な地下施設の面積は約6km²、TRU廃棄物19,000m³を埋設するのに必要な地下施設の面積は約0.15km²です。地下施設の面積はレイアウトにもよりますが、ガラス固化体とTRU廃棄物を併置して処分する場合には、目安として10km²程度必要です。</p> <p>なお、高レベル放射性廃棄物としてガラス固化体ではなく、使用済燃料を処分する場合には発熱量がより大きくなるため、廃棄物を埋設する間隔を大きく取らなければならない、1.5～2倍程度必要な面積が増えるであろうと考えられています。</p>

No.	質問事項	回答
9	日本で発生した廃棄物を海外で処分することは政治的に難しいのでしょうか。	<p>日本で発生した放射性廃棄物は、日本国内で責任を持って処分するというのが原則ですが、国内では処分が不可能という正当な理由があればその限りではありません。</p> <p>しかし、海外で処分するとすると、危険な廃棄物を他国へ押しつけるという倫理的な問題が生じるだけでなく、日本もそれなりのリスクを負うこととなります。例えば、日本から海外に引き取られた放射性廃棄物を原料に爆弾が製造され、戦争に使用されるといったことが将来起こるかもしれません。そのようなことを考えていくと、海外で処分することは難しいと思われまます。</p>
10	放射性廃棄物の再処理は現在どの位おこなわれていますか。原発施設と再処理能力のバランスは現状どうでしょうか。	<p>茨城県東海村にある原子力機構の再処理工場(研究開発用)は、処理能力が年間210トンウランであり、これまでに247本のガラス固化体を製造してきました。しかし、平成19年に始まった耐震性向上工事等の安全対策のために、現在、この工場は運転を停止しています。施設内にはまだ、ガラス固化体換算で約630本分の高レベル放射性廃液が残っていて、新しい規制基準への適合が確認された後、工場の運転が再開される予定です。</p> <p>また、六ヶ所村にある日本原燃の商業用再処理工場は、処理能力が年間800トンウラン、つまり100万kW級の原発約40基分の再処理が可能になります。現在、日本原燃の再処理工場は2014年10月の竣工を目指して、使用済燃料を使用した試験等を行なっています。この工場が稼働するまでのつなぎとして、これまで英国とフランスに再処理を委託してきましたが、今後は国内で再処理を行なうこととなります。</p> <p>日本原燃の施設が持つ再処理能力は100万kW級原発約40基分なので、それ以上の原発を稼働させる場合には、処理能力を上回るようになります。</p>

No.	質問事項	回答
11	トリウム溶融塩炉型原発を早期実用化し、これ以上高レベル放射性廃棄物を生じない方法又は放射性廃棄物の減量化は考えられませんか。	<p>トリウム溶融塩炉は、核不拡散や廃棄物負担の最小化などの観点から有望な原子炉概念として、2030年頃の実用化を目指す、第4世代原子炉システム国際フォーラムの6候補のうちの1つですが、その早期実用化については何とも言えません。なお、トリウム溶融塩炉を用いても、高レベル放射性廃棄物は発生します。</p> <p>高レベル放射性廃棄物の減量化については、使用済燃料に含まれる放射性物質を半減期や利用目的ごとに分ける群分離、そして半減期の長い放射性物質を半減期の短い放射性物質に変える核変換技術に関して、研究開発が進められています。将来、これらの技術開発に成功すれば、高レベル放射性廃棄物の減量化がある程度可能になるでしょうが、ゼロにすることは不可能であると考えられています。</p>
12	核変換して短寿命化する技術について教えてください。	<p>高レベル放射性廃棄物に対する核変換技術とは、廃棄物に含まれる半減期の長い放射性物質(長寿命核種)を半減期の短い放射性物質(短寿命核種)に変換する技術のことで、現時点では、使用済燃料に含まれるネプツニウム、アメリシウム、キュリウムといった長寿命核種を主に短寿命化する技術について開発中です。核変換を行なうには、廃棄物に中性子を当てる必要がありますが、その方法には、もんじゅのような高速増殖炉を利用する方法と加速器駆動システム(ADS)を利用する方法の2種類があります。</p> <p>例えば、約214万年の半減期をもつネプツニウム237に中性子をぶつけると、その一部は核分裂を起こして、半減期約11分のモリブデン102と半減期約21時間のヨウ素133に分かれます。このように長寿命核種に中性子をぶつけることによって、長寿命核種を半減期の短い他の放射性物質に変えることができます。但し、中性子をぶつけることによって、短寿命核種だけでなく、長寿命核種もある程度出来てしまうので、全てを短寿命化出来るわけではありません。</p>

③原子力発電所全般に関すること

No.	質問事項	回答
1	<p>最終処分地が決まらないようですが、プルトニウムを処理するためのMOX燃料使用は疑問を感じます。原発が再稼働すると強引にMOX燃料使用ということになるのでしょうか？。</p>	<p>プルトニウムを過剰に持たず、資源として有効利用するためには、高速増殖炉や軽水炉でMOX燃料を燃やす必要があり、昭和30年代からMOX燃料の使用が計画されてきました。そして、2015年度までに16～18基の軽水炉でMOX燃料を使用することが目標とされています。</p> <p>なお、MOX燃料の使用には安全規制がかけられており、当然のことですが、安全基準を満たさない原発を稼働することはできません。</p> <p>従って、MOX燃料について使用許可を申請し、安全審査の結果、使用を許可された原発を稼働すればMOX燃料を使うこととなりますが、そうではない原発を稼働するのであれば、MOX燃料ではない通常のウラン燃料を使うこととなります。</p>
2	<p>未来に向けて、原子力技術者及び作業員の養成・確保はどうしたらよいでしょうか。</p>	<p>未来に向けた人材の養成と確保は大変重要な課題であり、これまでも様々な検討がされてきました。原子力関係の人材育成を支援するため、経済産業省では「原子力関係人材育成事業」と「原子力人材育成プログラム補助事業」を平成18年度から行なっています。</p> <p>未来に向けた取り組みとしては、平成24年11月27日に原子力委員会が発表した「原子力人材の確保・育成に関する取組の推進について（見解）」という提言が参考になると思います。原子力委員会のウェブサイト上に公開されておりますので、興味があればご覧下さい。</p>