

静岡県原子力県民講座

平成 25 年 3 月 17 日(日)
グランシップ 10 階 1001-1 会議室

○司会 それでは、定刻となりましたので、静岡県原子力県民講座を開催いたします。

本日は、お忙しい中、ご来場いただき、ありがとうございます。

私は、本日司会を務めます、静岡県原子力安全対策課長の杉浦と申します。よろしく
お願いいたします。

開会に当たりまして、主催者を代表しまして、静岡県危機管理監 小川英雄よりご挨拶
を申し上げます。

○小川危機管理監 皆様こんにちは。静岡県危機管理監をしております小川でございます。

本日は、大変お忙しい中、静岡県の原子力講座にご参加をいただきまして、大変あり
がとうございます。見てのとおり、会場ほぼいっぱいでございます。会場の都合で 100
名という定員で募集をいたしましたが、100 人を超える方からお申し込みをいただいで
おります。大変ありがとうございます。

福島第一原子力発電所の事故から、早いもので、もう 2 年以上経っております。もう
皆様よくご承知のとおり、福島第一原発にあっては、廃炉へ向けての取り組みを開始を
しておりますけれども、なかなか遅々として進んでいない。あるいは放射性物質の取り
扱い等々につきましても、まだしっかりしたものが固まっていないという状況でござい
ます。

また、放射性物質の飛散等々によりまして、除染がなかなか思うように進んでいない
ということで、今現在、15 万人を超える方々が、いまだに自分のふるさとへ帰れないと
いうような非常に厳しい状況が続いております。

そんな中ではございますけれども、いわゆる原子力発電所の安全性ということを最優
先にした新しい安全基準が、この 7 月をめどに国のほうから出されるというふうに聞いて
おりまして、それぞれの電力事業者にあっては、その安全を確保するための安全基準
のクリアということに最大限の関心を持って取り組んでいるさなかでございます。

皆様もご承知のとおり、浜岡原子力発電所におきましても、中部電力が独自に津波対策を実施する。あるいはシビアアクシデントに備えた対策もこれから取り組むというようなことをしておりますけれども、ご承知のとおり、新しい安全基準の中に、南海トラフの3連動ですね。南海トラフの地震動に対する基準というのはいまだに入っておりませんので、それに対する対策も今後必要になってくるかと思えます。

そんな中でございますけれども、静岡県といたしましては、原子力あるいは放射能に対する県民の皆様のご理解をさらに深めていただくという考えで、継続的に原子力講座を開催をしようという方針を固めたところでございます。

本日は、原子力工学がご専門の、名古屋大学の山本章夫教授、それから放射線安全がご専門の東京大学の小佐古敏荘教授のお2人の専門家の方々から、最も新しい知見についてご紹介をいただくということでございます。

その後、リスクコミュニケーションがご専門の、NPO法人HSEリスク・シーキューブの土屋智子副代表理事の進行のもと、休憩時間に皆様から質問票を書きいただきまして、その書いていただいた質問票に基づいて、それぞれ質疑応答を行なう予定でございます。

本日の会議で、どうかご参加いただいた皆様のご理解がさらに深まるということを期待しております。

今後この講座は、3カ月に1回程度の割合で継続して開催をしていく予定でございしますので、今後もぜひ参加をいただき、ご理解を深めていただければというふうに思います。

それでは、どうぞ今日はよろしく願いいたします。

○司会 それでは、まず講師とコーディネーターのご紹介を簡単にさせていただきます。

資料のほうの次第の裏面のところにも書いてありますので、ご覧いただきたいと思います。

本日は、お手元の次第のとおり、2名の講師によりご講演をいただきます。講演後、休息を挟みまして質疑応答を行ないます。

最初の講演は、名古屋大学の山本章夫教授から「福島第一原子力発電所事故から得られた課題、教訓と対策」というテーマで講演をいただきます。

山本先生は、原子力工学をご専門とされ、愛知県防災局のアドバイザーや、日本原子力学会、原子力安全・保安院などの審議会の委員を務められ、現在制定作業を進められ

ている新安全基準の検討チームでも委員を務められております。

2つ目の講演は、東京大学の小佐古敏荘教授から「放射線・放射能に関する基礎知識」というテーマでご講演をいただきます。

小佐古先生は、放射線安全等をご専門とされ、日本保健物理学会会長などの要職につかれており、本県の防災・原子力学術会議の委員もお願いしております。

2つの講演の後、質疑応答を行ないますが、そのときのコーディネーター役を、NPO法人HSEリスク・シーキューブの土屋智子副代表理事にお願いしております。

土屋様は、リスク・コミュニケーションをご専門とされ、JCOの事故後、NPO法人を立ち上げられ、東海村を拠点に住民とのリスク対話を中心とした活動を続けられているほか、茨城県などの原子力防災関係の委員も務められております。

質疑応答につきましては、2つの講演後に時間を取りますが、お配りいたしました質問カードに記入していただいたものについて、講師からご回答をいただくという方法で進めてまいります。

質問カードへの記入は、各講演で1つずつとさせていただきます。複数ご記入いただいた場合には、一番上に記入されたものを採用させていただきます。また、質問内容は、本日の講演内容に関する事、または講演のテーマに関する事にさせていただきます。

質問カードの回収は、会場後ろの出口付近に2カ所箱を用意しますので、そちらに入れていただきたいと思います。

1つ目の講演の後に5分間の休憩を取りますので、そのときに山本先生の分を回収いたします。また、小佐古先生の質問カードにつきましては、小佐古先生のご講演の後15分の休憩時間を設けますので、その最初の5分間で回収させていただきます。整理の都合上、そのような形をとらせていただくことにご理解くださいますよう、よろしくお願いいたします。

時間の都合上、全てのご質問にお答えできないことがございます。本日お答えできなかった質問につきましては、講師のご協力をいただいて回答を作成し、後日県のホームページへ掲載したいと考えております。

なお、こちらで用意いたしました筆記用具につきましては、次回以降の講座に使用しますので、お持ち帰りにならないよう、講座終了後、出口のところで回収いたしますので、ご協力をお願いいたします。

それでは最初の講演に入ります。

「福島第一原子力発電所事故から得られた課題、教訓と対策」というテーマで、名古屋大学大学院の山本章夫教授からご講演をいただきます。

山本教授、どうぞよろしく申し上げます。拍手をもってお出迎えください。(拍手)

< 講演 >

「福島第一原子力発電所事故から得られた課題、教訓と対策」

名古屋大学大学院教授 山本章夫氏

ご紹介いただきまして、ありがとうございます。私は、今ご紹介いただきました、名古屋大学の山本と申します。

本日は、この「福島第一原子力発電所事故から得られた教訓、課題と対策」ということで、今から 50 分程度お話をさせていただきたいと思います。

きょうの私のお話の概要なんですけれども、まず一番最初に、原子炉、特に沸騰水型軽水炉の仕組みを簡単にご紹介したいと思います。

その後、福島第一原子力発電所でどういう事故が起こったのかと。それを振り返りたいと思います。

その次に、事故で明らかになった課題や教訓、その対応。それについてご説明したいと思います。

最後に、いろいろ「想定外」ということが言われておりますけれども、それへの対応や、国のほうでどういうことが行なわれているかと。そういう順番でお話をさせていただきます。

まず、一番最初に、沸騰水型軽水炉（BWR）の仕組みを簡単にご紹介します。

この沸騰水型軽水炉、一般には「BWR」というふうに言われておりますけれども、これは中部電力の浜岡原子力発電所でもこのタイプの原子炉が採用されております。

原子力発電といいますと、非常に何か難しい機械を使っているというふうに思われる方が多いんですけれども、原理としては非常に簡単です。

こちらに、いわゆる核燃料が入っている原子炉の炉心がありまして、こちらで核分裂によって熱が発生いたします。この熱によって原子炉の中に入っている水ですね。これはお湯を沸かすというふうにお考えください。お湯を沸かしますと蒸気ができますので、それをタービン、これは風車の大きいものだというふうにお考えいただければいいと思いますが、これを回して発電すると。そういう仕組みになっております。

普通の火力発電所と違うところは、火力発電所は、石油や石炭、ガス。これを燃やして蒸気をつくるんですけれども、原子力発電所は核燃料における核分裂ですね。これを使っ

て蒸気をつくる。ここだけが違うんだというふうに、まずはご理解ください。

今私が申し上げました、この核分裂なんですけれども、ウランという物質に中性子を当ててやります。中性子というのは非常に小さな粒ですね。物をつくっている非常に小さな粒だというふうにお考えいただくのがよいと思いますが、これが衝突いたしますと、ウランの中に小さい原子核という中心があるんですけれども、それが2つに分かれます。原子核ですね。核が2つに分かれますので「核分裂」というふうに呼んでいるわけでありまして。

この際に、中性子がまた2、3個出てまいります。この中性子が、さらに別のウランに当たって、また核分裂するという、そういう仕組みでエネルギーをたくさん取り出します。

この核分裂するときに、こういうふうに破片が2つ出てまいります。これがくせ者でありまして、皆さんよくご存じになったと思いますが、例えばヨウ素とかセシウムですね。放射性のヨウ素とかセシウム。これは核分裂でできた破片にそういうものが含まれているというふうにご理解いただければと思います。

そういうことで、核分裂で破片ができるわけなんですけれども、これの破片の多くは不安定です。不安定というのはどういうことかということ、放っておくと別の物質に変わってしまう性質があるというふうにお考えください。

これが別の物質に変わるだけだったら特に害はないんでしょうけれども、実際には、別の物質に変わる際に非常に強い放射性を出す性質を持っています。これは放射性を出す能力のことなので「放射能」というふうに呼びます。

「放射性物質」という言葉もよく聞かれると思うんですけれども、これは放射線を出す物質のことなので「放射性物質」というふうに呼んでおります。

まず、これが1つ大事なところでありまして、もう1点非常に重要なところがありまして、別の物質に変わる際、これは別の物質に変わることを「崩壊する」というふうに専門用語では言っているんですけれども、その際に熱を発生します。これは崩壊する際に発生する熱ですので「崩壊熱」というふうに呼ばれています。この崩壊熱が、今回の福島第一の事故では非常に大きな役割を果たすこととなります。

ちなみに、先ほどこの崩壊の話をさせていただきましたが、ヨウ素131ですね。事故直後に水道水から検出されて問題になりましたが、これは8日間で大体半分の方がキセノンという別の物質に変わりますし、今問題となっているのはこのセシウムなんですけれども、この137というものは30年で約半分が別の物質に変わります。

さて、事故直後、ニュースでは、よく原子力工学の専門家の方が、「とにかく原子炉を冷

却する必要がある」というふうに言っていたことを、皆さん覚えておられると思います。たしか、あのちょうど1週間前だったと思いますけれども、NHKスペシャルで原子炉の冷却に関するものが放送されていたと思います。

これについて少しおさらいをしておきたいんですが、まず原子炉というのは、2つの違った現象によって熱を発生するというのを、まずご理解ください。

1つ目は、先ほど私が申し上げたウランの核分裂です。これによりまして非常に大量の熱が発生します。通常はこの熱によって発電するわけです。一方で、先ほど私がご説明しました核分裂破片ですね。これが崩壊するとき崩壊熱を出します。これは核分裂による発熱と比べて随分少ないんですけれども、これが安全上重要です。

ちなみに、何か原子力発電所で異常が起きますと、中性子を吸収する制御棒が原子炉の中に挿入されまして、この2つある発熱のうちの上のほうですね、このウランの核分裂による発熱は停止いたします。

しかしながら、ここが重要なんですけれども、この崩壊熱ですね。これは時間とともに少くはなるんですけれども、残念ながらすぐにゼロにはなりません。ここをまずご理解いただければと思います。

では、どれぐらい崩壊熱が出るかということなんですが、こちらに、皆さん多分ご家庭でお使いの湯沸かし器があります。例えば福島第一原子力発電所の1号機では、通常普通に運転しているときは、この湯沸かし器大体14万個分の熱を出しています。じゃ、原子炉が止まった後ですね。連鎖反応が止まった後どれぐらいの熱を出すかということなんですが、停止後1時間で大体1,400個分ぐらいです。停止後1週間経っても400個分ぐらいですね。まだ原子炉の中では、この湯沸かし器が400個ぐらい動いている、そういう状態だということでもあります。

したがって、それだけ熱が出ているわけですから、その熱をどこかに取ってやらないといけないわけです。そのために、こちらはちょっと若干複雑な図なんですけれども、原子炉の中に水を入れる装置が幾つかついております。これは後からまたご説明しますが、こういう幾つかの装置の多くは、電気を使ったポンプを使っておりまして、今回の事故では幾つかの理由によって電気が使えなくなりました。それはすなわちポンプが止まったということでありまして、原子炉に水がうまく入らなくなって原子炉を冷やせなくなりました。そういうことでもあります。

それでは次に、福島第一で起きておりました事故の話を振り返ってみたいと思います。

まず、この福島第一原子力発電所ですけれども、全部で6個の原子炉があります。事故当時は、地震が発生したときには1号機から3号機までが運転中でありまして、4号機から6号機までは定期検査で止まっていた状態でありました。

地震が発生した直後の状況でありますけれども、日本の原子炉では、地震の揺れを検知して原子炉を止める機能がありますので、この地震による動きですね。これが非常に大きいということで、制御棒が自動的に挿入されまして、核分裂による連鎖反応はここで止まりました。同時になんですけれども、原子力発電所というのは、普通電気をつくって外に送っているんですけれども、原子炉が止まりますと当然電気はつくれないですね。外から電気を送ってもらわないといけないんですけれども、その外部電源ですね。外から送ってくる電気の系統が、鉄塔が倒れたり、変電所の遮断機が壊れたりして、ここから電気が来なくなりました。もともと原子力発電所では、外から来る電気がなくなるという想定をした設計をしております、この非常用ディーゼル発電機。これが自動的に起動して、重要な機器に電気を送っていたわけでありまして。

なお、この制御棒なんですけれども、これは電気がなくなると自動的に挿入される仕組みになっております。逆に言うと、電気がない状態で制御棒を引き抜いたままにしておくことはできません。そういうところをご理解いただければと思います。

地震の後、約1時間後なんですけれども、非常に大きな津波がプラントを襲いまして、ここで何が起こったかと申しますと、この非常用ディーゼル発電機ですね。これは建物の地下1階とかにあったんですけれども、これがほとんど全て浸水等によって使えなくなったということでありまして。そうなりますと、ここから電気を供給して動いていた幾つかの機器が使えなくなったわけでありまして。

ただ、この原子力発電所自体は、こういう電気がない状態でも、ある程度の時間は、原子炉の中に水を入れられる装置がついておりまして、これがこの系統なんですけれども、具体的には、原子炉の中は、非常に高い温度で、高い圧力の蒸気がいっぱいあるわけですね。その蒸気で、先ほど風車と申しましたけれども、タービンを回して、そのタービンの力で水を供給する。すなわち電気を使わずに水を供給する系統が動いておりまして、原子炉への冷却は継続されておりました。これが津波到達直後の状況です。

ただ、問題になったのは、先ほどのこの系統なんですけれども、これはコントロールするためには、バッテリーが必要だったんですね。このバッテリー、皆さんのお持ちの車についているバッテリーをイメージしていただければいいんですけれども、これは電池です

から、ずっと使っていると当然なくなるわけですね。そうなりますと、この電池ですね、バッテリーが枯渇してなくなってしまって、このポンプが動かなくなると。ある程度時間が経過した後になんですけれども、そういうことになったわけでありませう。

そうしますと、原子炉の中は、先ほどご説明しましたように、崩壊熱でまだまだ熱が出ているわけですね。にもかかわらず、外から水が入ってこない。そういう状況になります。そうしますと、この原子炉の中の水が蒸発してどんどんどんどん減っていってしまうわけでありませう。言ってみれば、火をつけっ放しのガスコンロの上に水を入れたやかんを置きっ放しにしたようなものですね。ずっと水が少なくなっていって、そのうち水がなくなります。この水がなくなるスピードが結構早くてですね、1時間に大体1 m ないし2 m ぐらいです。

そうなりますと、燃料が冷やせなくなりますので、外部からこういう消防車等を使って原子炉の中に水を注入しようとしたんですけれども、もともとこの原子炉の中というのは非常に圧力が高い状態なんですね。風船でいうと、風船がこういっばいに膨らんだような状態で、その状態でさらに息を吹き込もうとしてもなかなか吹き込めないというのはご理解いただけたと思います。この消防車が水を押し込もうとしたんですけれども、この中が圧力が非常に高くて、うまく水が入らなかったということもあって、結局のところは燃料の温度が非常に上がってしまって、部分的に熔融して、という、燃料が壊れたという状況に至りました。

ここで、こちらは原子炉の中に入っている「燃料集合体」と言われるもので、こちらにあります。ここにウランが入っていて、これがこういう棒ですね。金属製のさや管の中に入っていて、それが束ねられたものがたくさん原子炉の中に入っています。

この金属製のさや管ですね。これにジルコニウム合金という、ちょっと特殊な合金が使われているんですけれども、この合金が、実は高い温度になると、周りの水蒸気。これは水ですね、水蒸気なので。これから酸素だけを取ります。皆さん、学校の理科の実験で水の電気分解をやられたことがあるかもしれませんが、水から酸素だけを取り出すと、残るのは水素ですね。なので水素が大量に発生しました。これは原子炉の中で発生したわけですね。

この水素が、まだ経路はきちんと特定されていないんですけれども、原子炉の格納容器という外側の容器に1回漏れて、さらに格納容器の継ぎ目などから原子炉の建物の中に漏れていって、最終的に爆発に至ったというふうに考えられています。

ここまでの話を、一通りもう一度整理しておきますと、まず地震が発生して原子炉は自動停止いたしました。その後、原子炉を冷却するシステムが起動しています。15時半ぐらいに津波が来て、電源がなくなりました。

1号機につきましては、その直後から原子炉が冷却できない状態で、11日の夜には炉心の損傷ですね。燃料が壊れ始めて、次の日に水素爆発に至っています。2号機は、しばらく冷却が続いていたんですけども、これも3日後に止まりまして、炉心損傷したということであります。燃料が壊れてしまったと。3号機も、1日半ぐらい冷却は続いていたんですが、これも冷却が停止して炉心が損傷して、14日に水素爆発に至っております。4号機につきましては、ここは定期検査中で動いてなかったんですね。炉心の中にも燃料はなかったんですけども、3号機で発生した大量の水素が4号機に流れ込んで、15日に水素爆発に至ったというふうに見られております。

では、引き続きまして、事故で明らかになった課題や教訓と、その対応についてご説明いたします。

まず地震の概要ですが、これはもう皆さんよくご存じのとおりなんですが、これはこの部分ですね。これは福島第一と第二があるところを拡大しているんですけども、第一発電所がここにあって、第二発電所がここにあります。これを見ていただくと、この周辺でかなり強い地震動が観測されているというのがおわかりいただけると思います。

このグラフなんですけれども、これは1号機、2号機、3号機、4号機、5号機、6号機で、横方向のグラフは何を示しているかというのと、この赤い線、この赤い線よりグラフが右側に行ってるものは、もともと設計のときに考えられていた地震より強い地震の揺れを観測したというふうにお考えください。つまり、ここですね。5号機と3号機と2号機については、実際に測定された地震動の強さがもともとの基準値を上回っていたということになります。

じゃ、なぜそういうことになったかということなんですが、これも皆さんご存じだと思いますが、今回の東日本大震災が、非常に津波も大きくなって、地震動としても強くなったのは、複数の領域が、断層が連動して動いたと。そういう想定がもともと不十分だったというふうに指摘されております。

ちなみに、先ほど一番最初にご紹介でもありましたが、この東海・東南海・南海地震の連動については設計で考慮されている状態であります。

先ほどの地震動の超過なんですけれども、こういう超過が見られたですね、大体2割ぐ

らい。2、3割超過しているんですが、これ自体は、まず非常に問題です。ただ、超過の量というのは大幅なものではなかったと言えます。

では、この地震動がどう影響したかということが、ここが問題になってくるわけであり
ます。

まずは、福島第一の1号機から3号機については、原子炉の周辺が非常に高い放射線量
で、近くに行って現場を確認できない。今そういう状況ですね。なんですけれども、まず
は津波が来るまでの間、いろいろなデータが取られています。例えば、原子炉の中や格納
容器の中の温度や圧力ですね。あと、蒸気がどれぐらい流れていたかとか、そういうのは
全てとられておりまして、データも全て公開されております。まず、これを確認するこ
とができる。

2つ目は、実際今回観測された地震の強さですね、揺れを使いまして設備や建物が壊れ
てなかったかどうかというものを計算により確認すると。

5号機は、これは事故には至りませんでしたので、これは中の設備を確認できるわけ
ですね。これで実際どうなっているかを見ると、そういう形で確認を行っておりまして、例
えば政府事故調の報告書は、こちらにありますように、圧力容器や格納容器等々の重要な
機器。これについては、地震動で本来の機能を損なうような損傷は受けていないと推認さ
れるというふうに評価しています。

国会事故調については、まず大規模な冷却剤喪失事故ですね。これはパイプとかが壊れ
てしまって冷却剤ですね、中の水が外に流れていってしまうというようことは起きていな
いだろうと。一方で、「安全上重要な機器の地震による損傷はないとはまだ断定できないで
すね」と、そういう指摘です。

原子力安全・保安院のほうは、これは同じような見解なんですけれども、まず今回の地
震によって安全上重要な機能ですね。「これに影響するような損傷は生じていないだろう」
ということと、ただしなんですけれども、例えば配管の継ぎ目等からの非常に微少な漏洩、
わからないような漏洩があったかどうかということは、これは現場が確認できませんので、
「これはわかりませんね」と。そういう指摘になっております。

次が、津波のほうですね。こちらは非常に問題だったわけですが、考慮していた高さ
をはるかに上回る津波によりまして、安全上重要な機器が同時に故障しました。これが事故
の悪化を防げなかった大きな原因であります。

こちらに示しておりますのが、まずはこれは福島第一原子力発電所の構内の地図ですね。

ここに1号機、2号機、3号機、4号機があって、5号機、6号機。上側が太平洋側です。下側が山側になっています。津波は、この図でいうと上から来たということなのですが、この辺ですね、赤いところは浸水深さは大体10mで、この緑のところは5mで、このブルーのところは大体3m程度ということで、恐らくここの部屋なんですけれども、屋根の高さが多分数メートルあるので、この辺の浸水深さと大体この屋根の高さは同じぐらいだったというふうにお考えください。

こんな感じなんですけれども、15時半ぐらいですね。こういう形で津波が入ってきています。ここの福島第一の発電所が建っている敷地の高さは10mぐらいありまして、こちらに白いタンクがありますね。このタンクが高さが5mぐらいあります。これがずっと見ていくと、ここで完全に水面に隠れていますので、津波の高さとしては15mぐらいあったんじゃないかということが、これからわかります。

津波の高さの比較なんですけれども、今こちら、ごらんいただいているのは、もともと設計の段階で、どこまでの高さの津波を考えていたかということでありまして。福島第一の1号機から4号機、5、6号機、福島第二原子力発電所で、女川で、東海第二原子力発電所でありまして。

これに対しまして、敷地の高さがこういう形で、いずれも想定されている津波の高さよりは敷地が高いという状態であったわけでありまして。

では、実際に観測された津波の高さがどうだったかということ、こういうふうになっておりまして、特に福島第一の1号機から4号機については、敷地をはるかに上回る高さの津波が来たということでありまして。その他については敷地と同等かそれ以下ということで、まずこの津波の高さというのが福島第一と、そのほかの発電所の運命を分けたポイントになるかと思えます。

これの教訓と対策なんですけれども、まずは想定している津波の高さが、当然ながら全く不十分だったと言えらると思えます。この津波の高さの設定方法ですね。これにつきましては、いろいろ今改定案を検討中でありまして。

この津波に関する安全性の評価の方法が幾つかあるんですけれども、これは日本原子力学会で策定しておりまして、安全性の評価に、これが恐らく活用されると思えます。

次は、電源の喪失ですね。電源がなくなりましたということなんですけれども、普通に使われる電源と、あと非常用の電源、それに加えてまして電源盤ですね。この電源盤というのは、皆様のご自宅の、ちょっと場所はわかりませんが、例えば玄関の近くにブレーカ

一がいっぱいあるところがあると思いますが、あれをイメージしてください。ああいうものが浸水によって使えなくなりました。その結果、原子炉の状態がわからなくなって、安全上重要な機器が動かなくなったと。

こちらは福島第一の構内で倒れた鉄塔の写真ですね。あと、これは地下に海水がたまっている状況ですし、ここに写っているのは電源盤なんですけれども、1階にあるんですけれども、これはこの辺まで、高さ1mか2mぐらいのところまで海水につかった跡が残っています。

実際、津波が来た後の電源や冷却状態の比較なんですけど、まずこの通常電源というのは、外側から送ってもらっている電気のことです。外側から送ってもらっている電気で、福島第一と東海第二については、いわゆる普通に言うところの停電の状態になりました。外部から電気が来なくなりました。それで非常用ディーゼル発電機が動いたんですけれども、津波の後、福島第一は1号機から4号機については8台あったものが全て動かなくなりました。そのほかについては、このような状況で、全滅したところはなかったという状況です。

電源車も、実際に使うことをいろいろ検討されたみたいなんですけど、水素爆発等で非常に作業が困難だったという状況です。

通常電源ですね。外から送っている電源につきましても、なかなか復旧しなかったということです。その他のプラントについては、例えば東海第二は2日後には電源が復旧しています。

その結果なんですけれども、福島第一については、冷却する系統が全て使えなくなったということで、そのほかについては、なにがしかの形で電源があったので、この辺の冷却ができたということで、最終的には福島第一の1号機から4号機が過酷事故、重大なシビアアクシデントに至ったということになります。

今ご説明したこの図を、津波の高さともう一度照らし合わせてみますと、やはりこの敷地高さを津波高さが非常に上回った福島第一において、こういう形で過酷事故に至ったというのは、津波高さと非常に関係があるということが見てとれると思います。

この電源喪失なんですけれども、もともと日本というのはあまり停電がないというのは皆さんよくご存じのとおりだと思います。その結果としてなんですけれども、長期間にわたって外から来る電気が停電するということに対して十分準備できていなかったと言えると思います。

これは同じなんですけれども、通常電源、非常用電源がともに使えなくなる。これは「全交流電源損失」というふうに言いますが、これに対する備えが不足していたと言えると思います。こういうふうになった原因は、ディーゼル発電機や電源盤が比較的近いところに置いてあって、津波で一挙にやられてしまったというところがあると思います。

あとは、原子炉の、例えば圧力とか、水がどこまで入っていますかとか、温度。こういうのを監視するためにセンサーをいろいろ動かしているんですけども、これはバッテリーですね、直流電源が必要です。これが使えなくて、その際のかわりの手段ですね。これが十分に用意されていなかったということも問題だと思います。

対策としましては、発電所内の電源の信頼性を向上するということで、重要なのはやはり電気設備を位置的に分散するというふうに書いてありますけれども、少し高いところに置いておくとか、そういうことで、津波、もしくは洪水、いろんな自然要因のハザードというんですけれども、そういう影響が考えられるんですけども、そういうものに対して共倒れしないようにするとか、あとは浸水対策等々ですね。そういうことで、いろんな手段を用意しておくということが非常に重要になるというふうに思います。

さらに、外部電源につきましても、1つのルートだけでは、その鉄塔が倒れてしまったりするとまた電気が来なくなりますので、幾つかのルートで電気を送ってもらうとか、そもそも変電所や開閉所の電気設備の耐震性、これをできるだけ上げるという努力が必要だと思います。

ここまでの話をもう一度まとめておきますと、こちらに事故の進展がありまして、まず地震が発生して、原子炉が自動停止して、外部電源が喪失しましたと。これに対しましては、外部電源をまず強化しましょうと。ここで歯どめをかけるのがまず第1です。

2つ目は、津波が襲来したんですけれども、例えば浸水対策ですね。水密扉をつけるとか、いろいろあると思います。これで津波の影響をできるだけ小さくする。

電源が仮になくなったとしても、発電機をいろいろな場所に置いておくという形で、例えば電源を強化する。

冷却についても、冷却や注水できる設備を強化する。

格納容器が壊れないような冷却対策であるとか、今回水素爆発が非常に問題だったんですけれども、その対策を行う。

電源とかがなくなっても、原子炉の水位や温度などが測れるようにしておく。そういう対策がいろいろ打てると思います。

次が、原子力発電所の安全対策の考え方を簡単にご紹介したいと思います。

まず、この図はごらんになった方も多いかと思いますが、原子力発電所では、まず異常が起こらないようにすると。異常が起きたとしても事故にならないようにする。事故が起きたとしてもその影響を少なくするという形で対策を行います。

この話のキーワードなんですけれども、「深層防護」というのと、「多重性、多様性、独立性」というところがキーワードになります。これはもう少し後でご説明いたします。

自動車を例にとって深層防護というのをご説明しますと、まずは異常を起こさないということで、例えばシフトレバーをPのポジションにしないとエンジンがかかりませんね。これは急発進という異常状態を防ぐためです。

仮に何か異常が起きたとしても、例えば車の場合ですと、急ブレーキを踏んだときに自動的にブレーキの力を高める機能であるとか、車輪が空転しないようなアンチスキッド・ブレーキとかがついていますし、残念ながら事故になってしまった場合でも、シートベルトとかエアバッグで、その被害をできるだけ少なくしましょうと。そういう対策がとられています。

それと同じことなんですけれども、原子力発電所でも、まず異常の発生を防止して、異常が発生しても事故にならないようにして、事故になったとしてもその影響を緩和して、もともと設計で考えていた事故を超えてもその影響をできるだけ少なくして、さらに防災等で周辺などへの影響を緩和する。こういうことを考えるわけであります。多重に安全対策を考えるというのが基本方針です。

この「多重性」と「多様性」と「独立性」なんですけれども、「多重性」というのは、同じ働きを持つ同じ原理の機械を何台も用意しておくということで、例えば「ディーゼル発電機を3台用意しましょうと」「1個が故障で壊れても、あと2つで何とかします」と。そういう考え方ですね。

ただ、これだと、例えばディーゼル発電機が同じメーカーでつくられていて、同じ故障をすることが当然あり得るわけですね。そういうことを考えると、ディーゼル発電機ではなくて、例えばガスタービン発電機を用意しておくという、「多様性」も考えられることになります。

あとは「独立性」なんですけれども、津波が来たときに一挙にやられないように別の場所に置くとか、きちんと水が入ってこないように水密扉をつけて水密構造にしておく等、そういうことが考えられると思います。

そういうことを考えますと、津波対策の基本的な考え方は、まずは発電所敷地内への津波の侵入を防ぐということで、これは防潮堤なんかですね。津波が入ってきても建物への侵入を防ぐということで、これは水密扉をつけるとかですし、さらに建物の中に海水が入ってくることも考慮して、原子炉に水を注水する機能というのをきちんと考えておくということになると思います。

では、残り 10 分ちょっとなので、国によるこれまでの対応ということで、事故が起きてからちょうど 2 年ぐらいになるわけなんですけれども、これまでどういうことがやられてきたかというのを簡単にご紹介したいと思います。

まず一番最初にやられたのが、これは平成 23 年 3 月 30 日なので、福島第一の事故が起こった本当に直後なんですけれども、原子力安全・保安院が電気事業者に通達したものでありまして、この「緊急安全対策」というのをやりなさいというふうに求めて、「1 カ月程度で対策をきなさい」というふうに求めました。

これは、電源や冷却機能は例えば津波等でなくなったとしても、電源や冷却機能が使えなくなったとしても、炉心損傷ですね。燃料が壊れたりしないようにしてください。「放射性物質の放出を抑制しながら冷却機能の回復をきなさい」ということで、電源や冷却機能がなくなった場合にでも対応できるようにきなさいという指示だったわけでありまして。

これに対して、これは一例なんですけれども、こういうバッテリーですね。これが切れたことによって原子炉への注水ができなくなったので、こういう電源車からバッテリーを充電できるようにするであるとか、消防車を使って原子炉の中に注水する。もしくは別のポンプを電源車から電気を供給して、このポンプを動かして注水する。長時間こういう状態を続けていますと、原子炉の格納容器ですね。この中の圧力が次第に上がってくるので、その圧力を、この格納容器ベントですね。これはすっかり有名になりましたけれども、これできちんと延ばせる手順を整えておく等々の対策がとられております。

次にやられましたのが、「福島第一の事故を分析して、技術的な課題を検討・整理しましょう」ということで、平成 23 年度の 10 月から半年ぐらい行われたものです。

検討内容は、事故の各段階において、重要な機器がまず動いていたか動いていないか。動かなかったとすれば、何が不足していたのか、どういうところが足らなかったというところをきちんと整理して、これらの再発防止対策を考えましょうという検討内容になっております。この内容につきましては、現在策定中の新安全基準に反映されているものとなっております。

こちらはちょっと図が小さいので、お手元のものを見ていただくのがいいと思いますが、一番左端に事故の流れですね、進展が書かれています。これは先ほど私がご説明したものと同じです。

これに対しまして、例えば外部電源の喪失ですね。これに対しては、ここにありますような、変電所や開閉所の耐震性を向上する等の対策を打つと。

次の電源喪失ですね。これに対しましては、所内の電気設備対策ということで、先ほどご説明しましたように、異なった場所に発電機を置いておくとか、そういう対策を求めています。

冷却機能としましては、原子炉に注水する方法ですね。それを、例えば普通の電動のポンプだけではなくて、ここに代替注水機能とありますけれども、外から例えばポンプとか持ってきて原子炉に注水できる等、そういう対策をいろいろ求めています。

あとは格納容器が壊れないようにする対策であるとか、水素爆発が起きないようにする対策。

あと、原子炉の状態をしっかりとつかむための幾つかの対策が打たれていて、この対策が全部で 30 個あるので、30 項目の対策というふうによく言われているんですが、ここに書いてあるものは、基本的に先ほど申し上げましたように、現在策定中の新安全基準のほうに取り込まれた形になっています。

次が、これまた別なんですけれども、従来規制のあり方としては、こういう福島第一のような非常に重大な事故がまず起きないように規制を行ってきたわけなんですけれども、その結果、こういう重大な事故が規制の対象になっていなかったわけですね。今後それを規制の対象にしましょうということで、「じゃ、どういう形で規制しますか」ということをいろいろ検討しました。

これが、平成 24 年の最初から半年ぐらいやったんですけれども、考え方としては、先ほどの深層防護で、従来は異常の発生を防止して、それが事故になるのを防止して、事故になっても影響を緩和するということまでを考えて、ここまでを規制の対象にしています。

今後は、まず「炉心が大きく損傷すること、燃料が溶けてしまうとか、そういうことを防止しましょう」と。「それができなかつたとしても、その外側にある格納容器が壊れるのを防いで、放射性物質が大量に外に出ることを防ぎましょう」と。「それが達成できなくても、例えば放水車等を使って、できるだけ放射性物質が外に出ていく、そういう量を減ら

しましょう」。最後に防災で、「周辺への影響をできるだけ少なくしましょう」と。そういうことで、「従来ここまでを考えていたんですが、今後はここにある7つをセットにして規制対象としましょう」ということが議論をされました。

ここから先が、原子力規制委員会が発足してから後の話です。今までというか、この49ページまでは原子力規制委員会が発足する前の話なんですけど、ここから先が原子力規制委員会が発足してから後の話でありまして、まずこのお話をするためには、原子力に関連する法令ですね。法律がいろいろ変わったというのを、まずご説明したいと思います。

1点目は、原子力基本法というのがあって、これは原子力の世界における日本国憲法みたいなものなんですけれども、もともと原子力基本法では「安全を確保しなさい」ということだけを言っていたんですけれども、今回これが改正されて、安全の確保というのは、ここに書いてありますように、「国民の生命、健康及び財産の保護、環境の保全」ですね。こういうことをきちんとやるんですよということが、まず明文化されています。

もう1つ、原子炉等規制法という法律がありまして、これも改定されまして、大規模な自然災害。今回みたいな自然災害や、テロリズムやその他の犯罪行為ですね。こういうものに対してもきちんと対応しなさいというふうになっています。

あと、次のこれは非常に重要な点なんですけれども、重大な事故が生じた場合にも、放射性物質が非常に大量に外部に放出されることを防止しなさいと言ってるわけですね。

これはつまり、まず1点目としては、「人と環境というのが守る対象なんですよ」というのを明示したということと、2つ目は、従来の規制では、この過酷事故というのは起きないように規制していたんですけれども、今後は「過酷事故というのが起きないようにする努力は当然として、これが起きるということを前提としていろんな対策を打ちなさい」と。「新しい技術が得られたときには、それを既存の発電所に適用しなさい」と。そういうことが示されています。

現在、この新安全基準、いろいろ検討されているところです。ちょうど先月末までパブリックコメントにもかかっていたと思いますけれども、これを簡単にご説明いたしますと、まず1つ目は「深層防護の考えたを徹底する」ということで、先ほどご説明しましたが、複数の安全対策を用意して、これが共倒れにならないようにする。そういうふうにはまず配慮します。

自然現象などによって、例えば今回の場合だと津波だったんですけれども、そういう原因によって、そういう故障の想定ですね。それと防護対策を引き上げるということで、地

震や津波の評価が厳格化されますし、また津波が来たときの浸水対策も、法律で、規制で求めます。

あと多様性と独立性ですね。「敷地内の幾つかの場所にばらばらに電源を置きなさい」。例えばそういう要求をしています。

仮に非常に重大なことが起きた場合でも、炉心をまず損傷することを防ぎなさい。それができなくても格納容器の閉じ込め機能を必ず維持しなさい。それができなくても、フィルタドベントですね。これは放射性物質をこし取る設備なんですけれども、それを使った管理放出をしなさい。それができなくても放射性物質の拡散を抑制しなさいという多段階の対策を用意を求めています。

今回、使用済み燃料プールの安全対策というのが非常に注目されておりました、幾つかの方法を使って使用済み燃料プールに水を入れることができるように、そういう対策を求めています。

あと、意図的な航空機落下ですね。テロなんかなんですけれども、それに備えて、原子炉がある建物とは別のところに「特定安全施設」という、原子炉に水を入れたり、原子炉を停止させたりする機能を別のところに設置しなさいということも求めています。

結局のところは、従来が、こういう形で、炉心損傷に至らない状態を想定していろんなことを求めていたんですが、今回はそれを強化した上で、さらにこの上にある、いわゆるシビアアクシデントに対する対応をいろいろ求めたということが重要な点かなというふうに思います。

大体時間になりましたね。きょうは、原子炉（BWR）の仕組みを最初にお話ししました。その後、福島第一原子力発電所で何が起きたか、それを簡単にご説明して、その事故からわかった課題や教訓や、その対策をご説明しました。最後は、規制の対応状況について、現時点の状況を簡単にご説明したということでもあります。

以上です。

○司会 山本教授、どうもありがとうございました。山本教授に拍手をお願いしたいと思います。(拍手)

では、ここで5分間の休憩を取ります。再開は、ちょっと細かいですが14時37分にさせていただきますと思います。冒頭にご説明したとおり、質問カードの回収箱を会場の後ろの出口付近の2カ所に用意しておりますので、質問のある方は、お手数ですがご記入いただき、山本先生の講演に関する質問カードを回収箱にお入れいただきますよう、よろしく願いいたします。また、後ほどでも質問カードは回収いたしますので、一旦これで区切らせていただきたいと思います。

(休 憩)

○司会 それでは、「放射線・放射能に関する基礎知識」というテーマで、東京大学大学院の小佐古教授よりご講演をいただきます。

小佐古教授、どうぞよろしく願いいたします。拍手をもってお出迎えください。(拍手)

< 講 演 >

「放射線・放射能に関する基礎知識」

東京大学大学院教授 小佐古 敏 荘 氏

皆さんこんにちは。今から「放射線・放射能に関する基礎知識」ということで、福島のことも含めてお話をしたいと思うんですが、一番最初に、「自分はシーベルト(Sv)とかベクレル(Bq)というような話を聞いたことがある」という人は、ちょっと手を挙げてみてください。

——聞いたことがないという人は手を挙げてみてください。

これがですね、3・11というか、福島の事故の前と後で大きく違うことなんですね。その前は、今手を挙げていた話と全く逆の状態であったということなんですけれども、メディアそのほかを通じていろんな情報が流れ、もう一般の方でも「炉心溶融(メルトダウン)」とか、「シーベルト」とか「ベクレル」というのは聞いたことがあるというような状態ということですね。ただ、幾つかのところで思い違いをされている部分とか、「これはもともとはこう考えるんだ」というところをお話をさせていただきたいと思います。

私の経歴がその次に出ているんですが、これは後でござんください。

放射線・放射能といいますと、やはり我々の一番身近で感じるのは医療ということですね。これは普通のレントゲン写真なんですけど、昔々撮っていたものとこの写真は随分違うんですね。これはデジタルという、今やコンピューターを中心にして細かい情報が取れるということで、昔の銀のフィルムでやっていた時代よりは随分違うということですね。

ただ、安全の考え方自身は、あまり大きく普通の方の理解が進んでいるというふうには思えないんですけれども、放射線・放射能というと原子炉というふうに思われる向きが多いんですが、私は2日前ほどまでワシントンにいました。アメリカの放射線審議会です。毎年呼ばれて、私30代のときに1時間ぐらい講演したこともありますし、今回も行きましただんですが、アメリカの最新の動向は、医療の放射線に向かっています。CTスキャン、CTというのを聞いたことがあるかと思いますが、「断層写真」なんですけれども、これも皆さんご存じですが、今アメリカで話題になっているのは、子供に対してCTを撮ったときに、その線量をどう考えていくかということが、かなり大きな問題として、数年前から話題になっております。

アメリカは、民主主義が随分進んだところでして、「インフォームド・コンセント」。治療を受ける人に説明をしなければいけないということなんです、じゃ、子供のCTを撮るときに子供に説明ができるかというところまで議論が進んでいるということですね。日本のカルチャーはアメリカの文化のコピーと言われていてですね、多分5年かそれから後すると、日本でもそういうことが話題になるんじゃないのかなというふうに思っています。

ベクレルとかシーベルトは聞いたことがあると思われるんですが、実はベクレルもシーベルトも、非常に小さなものから大きなものまで一からげにして話をしているんですね。

「1,000万の借金」というと、「いやまあ大変だなあ」と思われますけれども、1,000兆円の借金と1,000万の借金と、実感はどう違いますかね（笑）。つまり、単位が大きくなると人間はわからなくなるということです。大体わかるのは3桁まで。1万円の借金と1,000万円ぐらいの借金の違いはわかるんですが、それが兆円になって100兆円になってくると、もうわからなくなるんですね。

ところが、放射線や原子力の世界は、それを乗り越えた単位をぐるぐる回すんですね。ですから、非常に小さなことなのに気にされたりとか、非常に大きなことに無頓着だったりというようなことがたびたび起こるんです。これは専門家と呼ばれている人の中でも、たびたびそういうことは起こります。

ですから、話を聞いたときに、今大きなリスクを背負っているのか、中くらいなのか、小さな話なのか。あるいは極小の話なのか、あるいは極大な話なのかがぼっとわからないと、大変大きな混乱が起こるといえることが起こります。

私は、国際放射線防護委員会（ICRP）の委員を最年少委員としてスタートして12年委員をやっておったんですが、私の間に非常に気を使ったのは、「大きなリスク」と、「中ぐらいのものである」「小さなものである」「極小のものである」という仕分けを皆さんにわかっていただけるように努力をするということが大事だということを随分やってきたんですが、いまだに届いていない部分があると。

ここに電球があると。10Wと100Wがあると。「どっちが明るいですか」といえば100Wだと思っわけですね。でも、100Wの電球をあつ隅に置けば10Wのほうが明るいわけですね。つまり、放射能を出す能力ですね。放射線を出す能力。これを放射能（ベクレル：Bq）という単位で呼ぶんですが、これがWに当たるものですね。手元が明るいかどうか、私が危ないかどうかというのが、この線量（シーベルト：Sv）という単位であらわされているということですから、放射線の単位が、幾つかのものを組み合わせて、いろいろ説明する

のでわからないという向きがあるんですが、この2つをちゃんと理解いただくということが極めて大事ということになります。

ベクレルというのは非常に小さな単位でして、1 Bq というのは、このぼんとたたいた間に1つ放射線を出せば1 Bq なんですね。すごく小さな単位です。私たち、ここに「人体中の放射能」と書いてあるんですが、我々が暮らしているときに、大体は普通の人は、ぼんとたたく間に7,000個の放射線を、3,500は前の人、3,500は後ろの人に放射線を毎秒毎秒出し続けているということなんですね。ですから、放射線・放射能の話をするときに、「一粒たりとも」という議論を始めると、もうこれはかなり難しいことになるということになります。

「1 km」と言いますけれども、「1,000」は「キロ (k)」というんですね。接頭語をつけて「キロベクレル (kBq)」という単位で呼びますけれども、接頭語は大体小文字で書くんですね。だから7 kBq、7,000Bq は、体の中にある放射能のレベルというふうに覚えておいてください。

これをまた1,000倍して、100万倍になると「メガ (M)」というんですね。コンピューターもメガバイト (MB) のメモリーとかというのでお聞きになった方もいらっしゃるかと思うんですが、100万ということです。ここら辺になると、学生実験で使うレベルの放射線の制限ということになります。接頭語は大体小文字で書くんですが、これは大文字にします。というのは小文字にするとミリ (m) になっちゃうから、仕方がないので大文字にしたということですね。それで、さらにゼロを3つつけ足すとギガ (G) になるんですね。これは小文字にするとグラム (g) になるから大文字にしたんですけれども、「ギガバイト (GB)」というのは最近性能のいいコンピューターで登場しますけれども、ここら辺になると、もう私みたいなプロでも目で見るというのはかなり難しい世界になります。見ると死んでしまうという世界になります。さらにもう3つゼロをつけると「テラ (T)」と。小文字にするとトン (t) になるから大文字にしているんですが、これは大型の原子力施設で登場すると。さらに3つつけると、大文字の「P」という、「ペタベクレル (PBq)」というのが登場するんですが、普通はそういうのは出会いません。

さっき3桁のことまでしかわからないと言ったんですが、1,000倍になる、ここら辺のところはわかるんですけれども、もうこれを飛び越えた世界というのはなかなか理解するのが難しいということですね。ただ、話を聞いたときに、どの世界の話をしているかがばつとわからないと、もうぐちゃぐちゃになります。だから、今のいろんな向きは、ここの

話をしているのか、ここの話をしているのかが、もうむちゃくちゃになってですね、それはちょっとしょうがないというか、専門家でもぱっとわからない人は多いですから厄介なんです、それがベクレルという、フランス人のウランの中の放射能を発見してノーベル賞をもらった人の名前でベクレルという名前をつけているんですが、片や、「私は危ないか」というほうの「シーベルト (Sv)」という単位は、これはやたらと小さい単位だったんですが、これはやたらと大きな単位になります。

1 Sv というと、大体 4 Sv で「半致死」と書いてありますけれども、大体 1 m の鉄の棒というふうに思ってもらったらよろしい。4 つぐらい当たれば、ここからこっちの人は亡くなるということです。べつにこっちでもいいんですよ (笑)。ちょっと、そこで笑っていただかないと私の講義がもたないので (笑)。7 Sv ですと大体全滅ということですね。だから、シーベルトというのはいくらもかなり厳しい数字になるということですね。

この死んでしまう量の 1,000 分の 1 ぐらいで通常のもは安全基準をつくっているんですけども、大体 1 m の 1,000 分の 1 が 1 mm ですよね。だから 1 mSv というのは 1,000 分の 1 の世界で、大体ここら辺になると安全が見えてくるという世界になります。500 とか 300 とか血液像が変わってきますが、自然界の年間の放射線が 2.4mSv ですから、ここら辺になるとだんだん「安全」の声が聞こえてくると。

さらに 1,000 分の 1 だと 100 万分の 1 ですけれども、こっち側から比べると、マイクロシーベルトになると、これはかなり小さな量の放射線ということになります。

ただ、1 時間あたりマイクロシーベルトなのと、1 年間でミリシーベルトなのは、ちょっと使い分けないといけないということになります。大体は、マイクロシーベルトを 1 つずらしてミリシーベルトにすると年の線量になります。よく福島なんかでいろいろ議論になるときに、「 $0.1\mu\text{Sv}/1$ 時間なんだけど」というときには、1 つずらして「 $1\text{mSv}/1$ 年間」と、こういうふうに理解すれば、大体その単位はわかります。ですから通常のところは、静岡とかそういうところは「 $0.1\mu\text{Sv}/1$ 時間」ぐらいですから、1 つずらしてみても「 $1\text{mSv}/1$ 年間」ぐらいと。こういう数字になっているということですね。このことが理解いただけると、いろんな話がわかるようになります。

安全基準ということなんですけれども、どうやってつくったかということですね。ダイオキシンとかトリハロメタンとか、環境の中で危ないもの。皆さんいっぱいご存じでしょうけれども、それから薬もそうですね。薬はお医者さんでいただくときに、「毒を盛ってくれてありがとうというふうに感謝をしたことがある人」(笑)。

きのうもNHKで薬の副作用の特集をやっておりましたけれども、大体薬はほとんどのものが毒です。毒じゃないものを売ってもうけている人もいますけれども——ここでもちょっと笑っていただかないといけないんですが。(笑)

大体薬は、1カ月分まとめて飲んだら、大体は亡くなることになります。薬は毒です。ただ、毒ですけれども、薬は「くすり」と書きますけれども、こっちから読みますとどうなると思いますか(笑)。

だからね、「リスク」をコントロールしながら毒を上手に使っていると。こういう世界になるわけですね。だから危ないものも、リスクの管理を上手にやってそれとつき合うというのが私たちの世界と。こういう世界になります。

有害物はですね、なかなか基準をつくる時に人体実験をやることができません。ダイオキシンの基準をつくるのに、ここからこっちの人は協力してもらって、30年間毎朝ダイオキシンのお茶漬けを食べていただくと。30年間こっちは普通の生活をすると。その後比べるって、どっちの席に座りたいですか。「そもそも人体実験だからできない」と。こういうことになってですね、地上にある30万種以上の危ないもののほとんどが、マウスという小型のほ乳類で実験をやって、人間の体重で割り算して、致死量を人間まで増やして、その1,000分の1で安全基準をつくっているんです。なぜ1,000分の1かということ、わかりません。これは経験則です。ほとんどのものがそうです。皆さんがインフルエンザの予防注射を受けられるときにも、「1,000人に1人は何か起こるかもしれない」と思って注射をしているということになります。

リスクマネージというのはそういう世界なんですけど、ただ1つだけ放射線がですね、常に「人はマウスなのか」と。ただ、皆さんもときどきマウスになることはあってですね、ディズニーランドに行ったことがある人(笑)。ミッキーマウスの帽子をかぶったことがある人。その瞬間はマウスなんですね。これはちょっと悪い冗談なんですけど。

常に「人はマウスか」という議論は出ます。ですから、ただ解決できないので、そういうやり方をしているんですが、唯一放射線については「日本人の貢献」とありますけれども、広島と長崎の被爆者を60年、70年見て、それで数字を合わせて安全の系をつくっていると。その意味では最強のリスクマネジメント・システムをつくっているんですけれども、なかなか世間はそういうふうに理解してもらえないと。一番わかってないというふうに言われるんですが、今からの話の中でもそういう話が出てきますので、注意して聞いてみてください。

広島と長崎、なかなか私、アメリカも随分長く行っておるんですけども、日本人はなかなかこういう安全基準とか、いわゆるマネージですね。ものの動かし方というのが上手じゃありません。

私は福島事故のときにも官邸におりましたけれども、なっていないのはですね、日本人はハード志向なんです。何かあると機械でこなそうとするんですが、実は実際に大切なのはマネジメント・システムと。動かしている人間を鍛えるというのがすごく大事でしてですね、よく「ガラパゴスの携帯」なんて言いますけれども、あれもやはりちょっとやり過ぎでありましてですね、やはり動かす人と、全体を統括する仕組みという、そっち側のほうが随分重要だというような印象を持っています。

これも、実は細かいことは日本人はできるんですが、全体のマネージはあんまりできなくてですね、これは日米委員会で、1983年の絵なんですけれども、大事な人が2人いて、これはアメリカのウルソンという Scientific Applications, Inc. というところの部長なんです。それとこの人ですね。この人も、だんだん時間が経つと白髪がいっぱい出てくる状態になるんですが、ウルソンと私でいろんな仕組みをつくって、放射線の安全基準を年で 50mSv と言われていたのを、もうちょっと厳しくということで、年で 20mSv まで下げました。13年間のプロジェクトでそういうふうに変えてきたということなんです。

これはですね、昭和 20 年の原子爆弾が落ちたところで、白血病は早い時期に現われるんです。30年、40年、50年ですけども、私が大学で教えていただいたのは昭和 40 何年ですから、ここら辺です。ですから、私が大学で教えてもらったときには、放射線の影響は白血病が主流であると。白血病 50% と。それと遺伝的な影響が恐ろしいと。それが 50% というふうに教えてもらいました。でも、それから後、潜伏しているがんがいて、それがずっと現われてきたということですね。5倍ぐらい出てきたということで随分話題になってですね、これが先ほど言った作業者の基準を下げるところにつながっていくんですけども、そういう理解というのは、やはり年とともに進んでくるということです。

先ほど、ヒトのデータが貴重だと言いましたけれども、ちょっとローマ字で恐縮なんです。これは白血病のデータです。これは全て人間のデータであるということで極めて重要なんですけども、4 Sv ぐらいで人が半分ぐらい亡くなると言いましたけれども、人が亡くなるからカーブが寝てるんですけども、白血病が余分に出る数字がこちら側に書いてあるんですね。これは非常に特徴的なカーブをしていまして、2次関数、1次関数で表わせるというふうに言われているんです。

白血病は特種なポジションを持っています。というのは、幹細胞、「ステムセル (stem cells)」というんですけれども、我々の体は、皮膚はDNAがDNAをコピーして入れかわるんですけれども、それは皮膚しかできません。ある朝起きてみたら、ここに目玉ができていたという経験したことがある人 (笑)。

ところが、1つの細胞であっても、受精卵というのが一番すごい幹細胞 (stem cells) なんです、細胞1つのくせして、目玉もできるし、心臓もできるし、あらゆるものができるんですね。こういう細胞は、大人になるとほとんどなくなっていくんですが、骨髄の中にだけはあります。それは、骨髄の中の細胞は赤血球になったり白血球になったりということをするわけですから、やはり stem cells なんです。そういう幹細胞というのは、やはり放射線の感受性が強いというので、白血病は特殊な位置を持っています。

これは普通の固形がんで、さっきと同じカーブなんです、やはりカーブが随分違うと。胃がんとか肺がんの絵を表わしているんですけれども、随分様子が違うということですね。

どうしてこうなるのかというのは、細かいところまでは全部わかりません。これがわかっちゃうと、皆さんのがんは、風邪と同じように病院に行って、「ああ、がんですか」と。ちょっと処方してもらって、1カ月ぐらいしたら「全部治りました」という状態になるわけで、ちょっとがんの仕組みは全部わからないからわからないんですが、ただ、どれぐらいの放射線が当たるとどういうことが起こりそうということは、ヒトのデータで大体掌握してきているということなんです。

さっき言いましたけれども、白血病のことを言いましたが、もう1つ遺伝的な影響というのがあって、私が教えていただいたときには、この割合が、遺伝的な影響が半分と、それから白血病が半分と教えていただいたんですが、1977年、昭和52年に至ると、例えば遺伝的な影響。これはこの部分ですが、全体のリスクの中の25%という。これが1990年には20%に落としているんですね。一番新しい2007年の勧告では8%ぐらいまで落としているんですよ。実はこれをどうしてこういうふうにしたかという説明をすると面白いんですが、ちょっと今日はほかのお話もしないといけないので、これはスキップしますが、つまり遺伝的な影響を見るためには、子に現われると。孫に現われるというわけですから、1世代が大体30年ぐらいですから、遺伝的な影響を見ようと思うと、大体100年以上の単位が必要ということで、普通はなかなかできないということになります。ですから、サイクルが小さくて繰り返すようなもので、そのデータを外挿して、それから類推して組み立てているんですね。

皆さんはハエが風呂に入るのを見たことがありますか。ハエがふろに入る。「いい湯だな」と。ハエは風呂に入らないんですね。なぜかという、我々は皮膚が皮膚をつくって、古いものが落ちて、それをあかにして落とすから風呂に入るんですね。ところがハエは、生まれてきた細胞そのまま、死ぬときまでずっとやっちゃうんです。ということは、放射線を当てると、遺伝的な影響そのほかは、我々はこういうDNAがコピーするときに、トラブルがあると修復しちゃうんですね。直しちゃうんです。そのプロセスがないものだから、ハエでやれば一番厳しいラインの遺伝的な影響が類推できるというので、今人間の影響は、ハエとかそういうデータで類推して「遺伝的な影響はこれぐらいの割合だろう」ということを議論しているんですね。ただ、皆さんは自分がハエ人間だと思ったことがある人。——という批判もあってですね、だんだんこの数字が下がってきているということなんですね。

なかなか人間みたいな高等生物の遺伝的な影響を見るというのは難しいです。精子と卵子でトラブルがあると、まず受精しないですし、受精しても着床しないし、着床しても流れますから、なかなかヒトで遺伝的な影響を見るというのは難しいということです。

広島・長崎でも随分やってるんですが、9種類ぐらいプロジェクトがあるんですが、遺伝的な影響をはっきり認識することはできていないということですね。この数字は多分もうちょっと評価が進むと、さらに下がる方向にいくだろうと。

そういう基準は、学者の世界とかいろんなところで議論されるんですが、国際的にはICRP、私が12年やりましたと言いましたけれども、そういうところとか、IAEA、WHOとか食料機構。国内に入ると規制委員会とかそういうところに来て、それでルール化されて動くということですね。

ただ、ICRPで決めたものが国内法と必ず同じということもありません。全然違うことを決めていることもあります。

非常にシンプルに言えば、作業者は1年で20mSvと。公衆は1mSvと。医療被曝は、今のところは野放しなんですけれども、アメリカの放射線審議会等々では、これをどう扱うかというのが、真剣に議論が始まってきているということになります。自然界は2.4mSvというのは皆さんも聞かれたことがあると思います。

放射線の中では、がんが一番怖いんですが、発がんというのは、あまり変わった病気ではないということですね。我々のうちのがんになるというのは、半数の人が日本の場合にはがんになります。3割の方はがんで亡くなります。ですから、放射線が原因でがんで亡

くなったことを見つけるというのは、やはりかなり難しい作業ということになります。大量に当たればわかりますけれども、ちょこっとというときには、かなり難しい作業になります。ですから、直接人間というよりは、動物実験とか、いろんなものを組み合わせて安全基準をつくるとか、そういうことをやっていく必要があるということですね。

これは保健のあれから取ったんですが、インドではあまりこういうことは議論になりません。

なんでがんになるかということなんですが、我々がこういう書類をコピーするときに、コピーを繰り返していくと、最後は活字がつぶれちゃいますよね。30回ぐらいコピーすると活字は読めなくなりますよね。人間のDNAも同じでして、コピーを繰り返していくと、どこかでやはり間違いが始まるわけです。ですから、DNAの端っこのときに数を数えるものがあって、大体30回ぐらいだと「死ね」という命令が出るんですね。「アポトーシス (apoptosis)」というんですけれども、「自爆死」ということで、古い細胞が死んで入れかわるという仕組みになっているんですね。これは細胞レベルだけではなくて、個体レベル、皆さんのレベルでもそうです。

私も随分年とってきましたけれども、私のおやじは、広島で94ですけども、そろそろ「死ね」という命令が来ているんだと思うんですが、それを頑張っちゃうと、社会の中でも「あいつは社会のがんだ」というふうなことになっちゃうということになるんですね(笑)。間違っただけで繰り返すとがんになる。だから、長生きをするとがんになるということですから、平均寿命が40歳、50歳のインドでは、なかなかそういうことは話題にならない。我々が長く生きれば生きるほど発がんの割合は増えます。その上に放射線の発がん影響が乗ってますから、なかなか正確に分析しないとわからないと。

発がんは、いろんな原因でなるんですけれども、喫煙とかですね、あるいは食物とかですね。皆さんの中で、ワラビが大好きという人はちょっと手を挙げてください。こげた魚が大好きだという人は、ちょっと挙げてください。チーズや燻製ものが好きだと。みんなやはり発がんの引き金を引いているということですね。一番やっぱりお医者さんがいじめるのが、たばこを吸ってる人ということになります。

私のおやじも随分ヘビースモーカーでして、ありとあらゆる病気があらわれております。気胸って、息をするのが苦しくなったり、大腸にポリープができたり、本当に各種取りそろえて年とったら出てきますから、やめられるようなら早いうちにおやめになったほうがいいと。ただ、反省はなるべく早いほうがよくて、やめてすぐにはいきませんので、早く

おやめになったほうがよろしいということですね。

自然界の放射線とありましたけれども、どこまでなら大体安心できるのかというのは、やはり「自然に学べ」というところがあります。自然界の中でも、宇宙から来るものとか、体の中から当たるものというのがいろいろあるんですが、よく体の中から当たるもの、内部被曝は恐ろしいという話が出てくるんですけども、そういうことはありません。線量が同じくらいであれば同じぐらいの影響が出ますから、内部被曝だけが特別な位置を持っているわけではありません。これは次の図でわかると思います。

これは絵が描いてあるんですが、実は自然界から当たるもののうちの3分の2は内部被曝です。一番大きいのは空気中に混ざっている放射性物質ですね。土の中にウランやトリウムというのが入っていて、それが放射性的ラドンというガスを出しますので、それが肺の中に入ってきて、 α 線という強力なものを当てますから、これがやはり一番大きな線量の寄与をしているということですね。この種の話は、20~30年前からかなり正確にわかるようになってきているということなんですね。

あとは、体の中に、食品からカリウム 40 というのが入ってきて、たまっていくんですが、よく内部被曝は蓄積されて困るという方がおられるんですが、自分の体の中に、生まれてから食べた物が全て蓄積したことがある人は、ちょっと手を挙げてみてください。食べ物が生まれたときから全部蓄積したら、自分の体がどれぐらいのサイズになるか。

つまりですね。代謝といいまして、食べた物は出ていくんです。必ず出ていきます。体の中に入った放射性物質は必ず出ていきます。ただ、非常に早いスピードで出ていくものと、数十年かかってゆっくりしか出ていかないものがありますから、その仕分けをちゃんとする必要があるということですね。非常に長くとどまっているものは注意が必要ということになります。そのほかは、宇宙から来るもの、大地から来るものというのがベースですから、だから皆さんが考えられるときには、年間で 2.4mSv ぐらいのところを境目にしてものを考えられると、一般の方向けには非常にわかりやすい説明になるということですね。

環境でいろんな放射線を測っていくんですけども、これは環境で測った例を1つ示しています。この例ですと、これは $40\mu\text{Sv/h}$ ですかね。ベースラインがこれですが、これは日にちが随分取ってありますから、ひよこひよこ上がっているんですが、この上がっているところは何かというと、雨が降ると、空気中のちりに乗っているラドンの娘核種、親類の放射能が地面に落ちてくるから高くなるんですね。場合によると倍ぐらいになったりし

ますから、環境の放射能は、いろいろ条件が変わると、降ってきたりいろいろするものだという理解をされる必要があるということですね。

この説明でもわかるように、雨が降る、雪が降るといようなことがあると、空中に漂っているものが落ちてきますから、その点はすごく注意がいるということです。福島事故のときにも、降雨があった地域で、そういう放射性の雲が来ているものについては、それは線量は高くなります。ですから、そういう基本的なことの理解がすごく必要ということになります。

医療で話題になるとさっき言いましたけれども、これは、今からお医者さんにもちゃんとかういうことを勉強していただいて、注意してやってくださいということに必ずなりません。今は医療行為というのは野放しになっていますけれども、それではやはりいけないと。皆さんに説明して、ちゃんとやってくださいということになります。

人工的なものでは、大気圏核実験を昔やっていました。私らが子供のころ、1960年とかそのころは一番激しくて、学校に行っても先生が言っていました。「きょうは核実験をやった後で雨が降っているから、必ず雨に当たらないように傘をさして帰れ」と。いや、全くそのとおりです。私はちゃんと言いつけを守ったから、ちゃんと真つ当に今働いておるわけですが——冗談ですが。そのころは本当に降るものがいっぱい降ってました。

これは log スケールというので、10倍、100倍、1,000倍、1万倍ということになりますから、落ち着いていたころのレベルに比べると、やはりここら辺のレベルまで降ってきていたということなんですね。非常によろしくないことで、そのことを心配して、国連科学委員会とか、いろんなものを用意してですね、科学者がいろいろ動いて、大気圏内核実験をやめるようにしてきたわけです。今は地下核実験と。それもやめようということで、CTBTというので、包括的核実験停止条約というのを結んでいます。セッかくエネルギーを出すものを悪いことに使わないほうがよろしいというのが全体の流れであるということですね。

これを見ていただくと、私たちはいろんなことが理解できます。今もう福島はどうなんだというのがあるんですが、これも完全に場所によります。近いところというのは随分高いです。ですから、こんなもんじゃ済まないところもあります。じゃ、東京や静岡でどうかといたら、やはりここら辺ということになります。随分下がっている。

これを見るとですね、ウェザリングといって、台風や雨が降ると流れていくんですね。

流れてどこに行くかといったら海に行くんです。海に行ったら無責任じゃないかと思うんですが、海の中には自然界のウランとかそういう放射能がこのぐらいあります。流れていったものというのはこのぐらいですから、海に流れると、やはり非常に長い時間でそれを消化しちゃうということになります。

ですから、今からどうなるかということを見るには、やはりこういうものは数十年の単位ですっと下がっていくということになりますから、あのあたりを完全に除染するというのは、生活環境は除染しないといけませんけれども、山林とかそういうところはかなり難しいということになりますから、これぐらいの時間をやはり想定しなければいけないということが見て取れるというふうに思います。

それでですね、福島ではどうでしたという話をしてみましょう。

大きな災害でした。想像できないぐらいの大きなものということで、私自身は、こういう事故片づけとか、そういうことは随分やってきました。JCOの東海村の核燃料工場の臨界事故って、知ってる人。そのときにも、中枢にいていろいろやっておったんですけども、チェルノブイリも、そうですね、ロシアは20回ぐらいですかね、いろいろ行って調査なんかもしていたんですが、事故の後困ったのは、雨後のタケノコのように、「きょうから専門家」という方がいっぱい現われてきてですね。一生懸命勉強していただければいいんですけども、なかなか大変でしたということですね。

最初は、なかなか情報が取れないんですね。数字は出てくるんですが、電気を失っていますから、信用できるかどうかわからないんですよ。原子炉の水位がこれだと言ってるけれども、どれかもう信用できないですし、おまけに困ってしまったのはですね——ここ、お役人いるかな。日本の場合には、省庁間の壁というのがすごく厳しいんですね。だから文科省側と経産省側と安全委員会と、それと自衛隊も発動しないといけませんけれども、そこもやはり、なかなか緊急時の対応というのは、残念ですがあまりうまくいっているとは思えませんでした。「オールジャパン」と言いながら、オールジャパンの意見なんか聞いてなかったように僕は思いますね。

ただ困るのは、人の話を聞けばいいということではなくて、聞けば聞くほど大混乱になりますから。やはり強いリーダーシップを持って、よくわかっている人がトップにいないと、やはり危機の対応というのはできないと。

それ以上に重要なのは、お役人は細かいルールは知っているんですけども、全体をどうやってマネージするかと。要するに人間を鍛えないとだめなんですね。よくわかった人

間を、ちゃんと用意するということをしないと、ルールや機械をいくら用意してもしょうがないんじゃないのかなというのは、チェルノブイリでも言われましたし、今回もやはりそうであったというふうに私は思います。

このようなマップはごらんになったと思うんですが、あらゆることが一斉にあらわれてくるということですね。屋内に逃げるか、それとも避難していくのかと。あるいは非常事態をいつまでも放っておくわけにはいかないですから、どういうふうにするか。食品の摂取制限をどうするかと。

私は、チェルノブイリでも随分経験していて、食品の摂取制限というのは極めて重要です。同じだけの放射能を空気からとると口から入れるのでは、大体 10 倍ぐらい違うというふうに思っておいてください。口から入ると、小腸とかああいうところでしっかり取り込んでいきますから。肺から入るものは、かなりのものはまた出ていったりします。それは口から入るものというのはよく注意しないといけない。だから私は、官邸に入っただけで、すぐに会ったのが厚生大臣と農水大臣で、お役人を 20 人ぐらい集めて説明したんですが、みんな何のことか理解してないから、ぼかんと口開けて聞いてました。「それは経産省の仕事じゃないか」というようなことまで言われて、なかなか大変だったんですが、随分遅れてですけども、4月に入って食品の摂取制限が始まっていくんですね。口から入るものというのはすごく重要で、それをスリップしているからチェルノブイリではあの被害が大きくなっているということなんですね。

それから、健康影響の推定、環境をどうやって修復するかと。

ヒトへの影響なんですが、皆さんご存じのように、体の外から入るもの、中から入るものがありますので、仕分けしてみる必要があると。

とりわけ話題になるのが、体の中に入ると全部蓄積するというんですが、それはやはり間違いです。私は専門ですから、ここにちょっと難しそうな絵が描いてあるんですけども、口から入ったら、消化管から吸収されて、血液に回って、肝臓に回って、あるいはやりとりの中で腎臓に回って、ある部分は尿から出ると。こういう仕組みになるんですけども、なかなかやはり、こういうような体の中に入ったときのダイナミクスを計算できる人は、評価できる人は、国内ではものすごく少ないです。わかったような顔してテレビで解説している人のほとんどは何もわかっていないというふうに思っただけならばよろしいということですね。

確定的影響という、目に見える血液像が変わるとかそういうのは、お医者さんに行けば

わかるんですが、長期の発がんが増えたかもしれないというのは、もう既にお医者さんの世界ではないということですね。これも厄介な問題で、したり顔したお医者さんが出てきて、「私が治療するときには、もっとがんがんでるんだ」みたいなことを言ってですね、それも私は適切じゃないというふうに思いますね。こういうのは「リスクのマネージ」と呼ばれている世界で、影響が現われるぎりぎりのところと。ここでコントロールしたら危ないですよ。影響が現われるぎりぎりではなくて、余裕を持った、あるガイドラインのところでリスクの管理をやっていくということになりますから、既にお医者さんの世界ではないということなんですね。病院に行っても何もわからないですから。聴診器当てて「どうしましょう」と言ったら、「まあ、うまいものでも食って早く寝ろ」と。それぐらいしか言いようがないということなんですね。ですから、リスクマネージというものをどうやるかということが大事ということになっていきます。

すぐに、こういうふうにあるところが増えたらあらわれるような「しきい線量」、あるいは発がんのように、自然界にもありますけれども、あるところを仮定して伸ばしているものと2種類あるんだということを頭の中に入れていただければよろしいということですね。

逆に、「広島・長崎を見ると 100mSv 以下は全部安全なんだ」という極端なことを言われる人がいるんですが、それも間違いということですね。私は、広島・長崎を 15 年やってきましたけれども、そんなアホなデータはありません。95 パーセントの確率で言えば 100 ミリまではそうですけれども、そこから後はだんだん確率の幅が広がっていくと言ってるわけで、それを過ぎたら突然ゼロになるという世界は、そんなことは聞いたこともないし、そんなことはあり得ません。

今大体説明してきたんですけれども、チェルノブイリのときもそうなんですが、緊急時のときには特別のガイドラインがいるというのは皆さんおわかりになると思うんですね。通常は厳格にやろうというのであるんですが、チェルノブイリのときに困ってしまったのは、緊急時から突然通常のレベルに戻そうとしたんですね。緊急時が終わったら突然 1 mSv で普通の状態に戻そうとしたんですが、それはやはりできないということですね。やはり突然戻るんじゃなくて中 2 階があると。あるいは段階的にステップを踏んで下ろしていくというやり方でないと、突然やれと言われても、福島を全部突然除染しろって、見積もりだと 100 兆円以上かかるという話になりますから、人の影響とかいろんなことを総合的に見て、皆さんにちゃんと説明して、皆さんと合意できるところで中 2 階を用意して、それでしばらくやって、それが落ち着いたら、またもう 1 つステップを下げてやるという

段階的にやることがあるんですね。これが「現存する被曝状況」ということになります。

私がICRPの委員を12年やっている間に、かなりの精力を使ったのがですね、この現存する被曝状況をどうするかということ随分やりました。ただ、国内で理解している人はなかなかなくて、両極端をみんなやってきました。言え、緊急時の厳しいルールのまま、「これで小学校でやれ」とかね。批判すると、突然一番低い数字を出してきてですね、できもしないことを言ってまた混乱をさせると。それはよろしくないんで、ちゃんと理屈の説明をして、中2階とかステップを踏んで下てくいくんだということ説明しないといけないということですね。

緊急時は、ここに書いてあるような並びですね。現存する被曝状況が大事と。

大体、大きなリスクと言われるものが20~100mSv、中程度が1~20と。小さなリスクが1mSv以下と、極大・極小というのがありますので、これは小さなリスク、あるいは中レベルのリスクのところから、どうやってステップを踏んで下りていくかというところがポイントということになります。

私がつくったときには、大体自然界のバックグラウンドで大きいところは10mSvぐらいのところですから、1~10mSvぐらいのところから数字を拾っていくというやり方をしています。ですから、その中で、どういう数字を皆さんに説明して、理解してもらって、拾っていくかということになります。

ここら辺になると、目の前でリスクが現われるとか、30年後に必ずがんになるとか、そういう世界ではないですから、やはり利害関係者ですね。当事者とよく相談して、「とりあえずどこのレベルに落ち着きましょう」と。「それで段階的に落としていきましょう」というのを、コミュニケーションして相談していかなければいけないということなんですね。このコミュニケーション能力とか相談する能力が、やはりどこかの国では随分欠けているというふうに私は思います。どれだけ批判されても、やはりちゃんと説明をしていくというプロセスが必ずいることになります。

食品ですね。初期の時代は葉菜類。葉っぱものですけども、葉っぱものは随分広くヨウ素が出てきました。それからちょっと時間が経って、セシウムなんかは静岡なんかも出てくるんですが、ここら辺のリスクマネジメントも上手にやらないとですね。

私は、事故後すぐに2回台湾政府から呼ばれて、向こうでお話しましたがけれども、随分クレームが来たのは、日本から輸入しているお茶で制限超えのものが随分あるんだということで、随分言われました。私が内閣官房参与でいるときにも、すぐにやってほしいのは、

出入国のところで輸出品のチェックをやってほしいという話はしたんですが、何せあれは大蔵省ですからね。税関というのは大蔵省なんです。だから、もう本当に大変です。だから、ああいうもので幾つか出ちゃうと、全体がだめだという烙印を押されるんでね。その後僕、香港なんかを経由したこともあるんですが、もう中国政府にぼこぼこに書かれていますね、福島と茨城とどこかの農産物を持って入った人間は、見つければ禁固2年に処すとか、でっかいやつで日本語でも書いてあるんですよ。「ギョーザ事件はどうしたんだ」と。「段ボール入りの肉まんはどうしたんだ」と、ここまで出てきたんですが、まあ言われるわけですね。だから、やはりどういうふうにマネージをやっていくかというところがポイントになるということですね。

これは概念図なんですけど、事故のときにはこういうものが出てきます。放射性の雲ですね。これは四六時中出ているわけではありません。雲は移動していきますから、逃げ惑うというよりは、SPEEDIという予測システムで見たときに、逃げ惑うというよりは、3時間ぐらい家の中でやり過ごすということができれば、とりあえずそれでしのぐということをやればいいんですが、SPEEDIは文部科学省で、こっち側の対策のほうは保安院ということですから、なかなかスムーズにいかなかったということですね。

一番まずいのは、さっき雨で落ちると言いましたけれども、落ちてきて、これが食物連鎖に入るのもあるんですが、一番おっかないのは、この希ガスが、これ全体を覆って、この人が浸かっちゃうと。浸かった状態を「サブマージョン (submersion)」というんですが、これはかなり厳しいことになります。全部しばらく浸かった状態になりますのでね。だから、そのこのところの評価もちゃんとやるべきなんですけれども、まだ届いてないということですね。

食物連鎖で口に入るということは、皆さんも見られたと思うんですが、この食品の安全基準というのが、暫定基準と呼ばれていて、これはチェルノブイリの後すぐにつくられていて、その当時は公衆の線量が年で5 mSvだったんですね。さっき私、広島・長崎の発がんが増えましたというのを話ししたんですが、それを見てICRPは突然ハンドルを切って、5 mSvから1 mSvまで落としているんですよ。ただ、接続性を確保するために、「5年で5 mSvでもいい」という言い方をしているんですね。

というのは、やはり一生のリスクを見ているから、一時的にだけ高いものは、それでこなせるという判断をしているんですね。いずれにしても、5 mSvベースにして、5群の食品に分けて、それで割り振って数字を出しているんですね。だから暫定になっていた

んですが、これも早く直さなくてはいけないんですが、置いたままになっているから、それが「暫定、暫定」というので、また混乱を引き起こしたということですね。

これでいうと、今度は逆に、余りにも厳しい数字が出てきて、世界で一番厳しいやつが出てきて、あまり厳し過ぎるといってもこれはやはりよろしくない。食べるものがなくなっちゃうということになりますし、実際にそれで影響が出るのかといたら、それはすごい低いレベルの影響ですからね。見えないレベルの影響ということになりますので、これはちょっとやり過ぎということになります。

食の安全委員会でもいろいろアドバイスしたんですけどね。政治介入だなんて言うものだからなかなかうまくいかなかったんですが、私の主張は、やはり世界基準と。WHOとか世界食糧機構とか、国際原子力機関とか、そういうみんなが認知している基準があるんですね。それは短期のうちは高く、長期になると低めの2段階のコントロールになります。ただ、短期の高いものは数カ月でおしまいにはしないと書いてあるんですけども。だから、そういう組み合わせでやらないと実際にはうまくいかないんですが、なかなかそういうふうには動かなかったですね。

それで、もう最後になりますから、ざらざらと流しておしまいにはしたいと思えますけれども、一番最初に、3月の段階で、私は食品については全数検査をやってほしいという話をしたんですね。だから、検出器が足りないから、そのアドバイスもしてあげました。大宮に自衛隊のABC部隊というのがあるんですね。アトミックボム (atomic bomb) 原爆と、バイオロジカルボム (biological bomb) 生物兵器と、ケミカルボム (chemical bomb) 化学兵器というものに対応した部隊があるんですよ。あそこに4,000台ぐらい検出器があるんですね。だから、それを使ってほしいという話も3月の段階ですしているんですが、何せもう省庁間の壁があって動かないと。自動的に流して簡単に全数検査ができるものをつくってほしいという話があるメーカーにしたら、これがまた会社の中の決済印がいっぱいいるんですよ。それからまた、設計をしてあれしてというんで、6月か7月ぐらいにならないと出てこなかったんですが、すぐできるんじゃないかと思って行ったんですけども、やっとできるようになって、今はいろんなものを短い時間で検査していただけるということになっていますから。

一番最初から私が気にしていたのは、海の汚染ですね。チェルノブイリの事故の放出量に比べると、福島は大体6分の1ぐらいなんですね。だから、何が起こるかというのは、6分の1ぐらいのことは大抵起こるだろうと思えば間違いありません。ただ、非常に特徴

的なのは、大量に水をかけていますから、海側にいっぱい流れているんですね。だから、これはすぐにやるように言ったんですが、なかなか動かないものだから、私がやっている委員会のところでやっていただいて、8月31日で、もう随分時間が経ったところなんです。よく「中国、韓国に来る」とか「アメリカに来る」というんですが、そういうことはありません。大体回って、このあたりが高いということですから、もうこのレベルでは数字は随分低い。0.何 Bq/Lということですから、ものすごい低いレベルですけれども、初めからこういうことをやってほしかったんですけれども、なかなか難しいのは、水産省にお願いすると、線量が高いから、組合の問題があって帰ってきたとか、飛行機のところの計測もお願いしたいんですが、線量が高いから帰ってきたと。「どうしてもやってくれ」というので行ったら、今度は1万 m ぐらいを飛んで、後から「1万 m じゃ何にもわからない」というか、いろいろあったんですけれども、海はすごく大事で、今は大体収まっています。ただし、近いところはいろいろ動きがあります。それと、特異点という特別なところは高いです。

例えば、湖でたまりやすいところとか、川で曲がっているところとか、河口の特殊な位置とか、そういうところは高いということが続きますし、福島の発電所のすぐ近くのところはやはり高いですから、やはり注意がいます。ただ、一般論で、遠いところは大体大丈夫です。ただ、お魚はみんな住所不定ですので、高いものがほかに行くということはありませんので、魚種の生態によって注意をする必要があるということですね。

計測器は、皆さんごらんになったからよしということで、体内放射能を測るということでいろいろありました。これもまたの機会でお話をしたいと思うんですが、小学校とかそういうところも随分話題になりました。通常は大人を中心にして測りますから、1.5m と、こら辺を中心にして測るんですが、ただこういう人はなかなか立っていませんし、大体1日こんなことをやって、ときどき砂なんかも食べてますから、そういうところもよく配慮して細かい対応をやっていただくほうがいいんじゃないのかなと私は思います。

それで、新しい防災の基準なんかも動き始めていて、今度はPAZとかUPZとか、いっぱい数字が出てくるわけですよ。事故が起こるたびに仕組みが複雑になって、それはよろしくないというのが私の意見です。こういうものは、皆さんにとって、専門家はいっぱい議論する必要があるんですが、皆さんに開示するときにはシンプルでわかりやすいものでないためです。

それともう1つは、行政の関係者のトレーニングをしっかりとやると、その人たちがいろ

んなことをよく理解して、ちゃんと動けるということがすごく大事です。機器を用意して、堤防をいっばいつくって、というよりは、むしろ関係者の教育とか、訓練とか、トレーニングをちゃんとやるということが常に大事です。それはチェルノブイリのときもそうでしたし、今回もそうですし、将来も恐らく同じです。ですから、そういうところをぜひ頑張って、皆さんと一緒に勉強をされるといいんじゃないのかなというふうに思います。

ちょっと時間を超過しましたがけれども、ありがとうございました。(拍手)

○司会 小佐古教授、どうもありがとうございました。

ではここで、休息時間を15分とりたいと思います。

再開のほうは50分に再開させていただきたいと思います。

冒頭申し上げましたとおり、講演に対する質問は質問カードに記入しまして15時40分までに会場の後ろの出口付近に用意してある回収箱にお入れいただきますよう、よろしくお願ひします。先ほどの山本先生の質問カードも入れていただひて結構です。

また、休息時間の途中で、県の地震防災センターのほうの津波コーナーで上映しております「大津波！～その時あなたは？～」という映像を上映いたしますので、どうぞごらんいただきたいと思ひます。では、よろしくお願ひいたします。

(休 憩)

○司会 それでは時間になりましたので、質疑・応答に入ります。

ここからの進行は、NPO法人HSEリスク・シーキューブの土屋副代表理事にお願ひしたいと思ひます。よろしくお願ひいたします。

○土屋 大役を仰せつかりました土屋と申します。あと1時間ぐらひおつき合ひいただきたいと思ひます。

最初に、私の略歴のところにもありますように、昨年の6月まで、電力中央研究所というところに勤めておりました。そういう意味では、電気事業におりました者として、福島事故を防げずに、このように遠いところの皆さんもご心配であるということについて、深くおわび申し上げます。

きょうは、たくさん質問をいただひておられますが、私も決して原子力についての専門ではありませんので、私からも素朴な質問を先生方に投げかけていきたいと思ひております。座らせていただきます。

たくさんいただひたので、一つ一つではなくて、まとめてご質問にお答えいただきたいなと思ひております。

今、小佐古先生に分類をしていただひているので、最初に山本先生へのご質問をしたいと思ひます。

山本先生のプレゼンテーションの中に、「想定外への対応」というのが最後が書いてありましたが、なかなかそこまでお話しいただけなかった印象があります。ここにもある

んですけれども、「そもそも3・11の事故前に原子力基本法のようなもので想定外事故ということは考えられていたのでしょうか」というようなことがあります。

それから、もう少し基本的なことで、「圧力容器の大きさはどのくらいか」「冷却水はどのくらいあるのか」ということをご質問いただきました。

それから、私もこれはぜひ聞きたいなと思ったんですが、燃料棒がジルコニウムでできていて、水と反応して水素が発生するというお話でした。「水素が発生しないような材料はないのか」ということですね。

それから、今多分浜岡も高い堤防をつくっておられると思うんですが、「そもそも敷地の高いところにつくれば高い堤防は必要ないんじゃないか」と。「そもそも安全を考えて敷地の高いところに建てかえるというような考え方はないのでしょうか」。

以上4つ、ご講演の内容に補足する形でご説明いただければと思います。よろしくお願いたします。

○山本 順番にお答えいたします。

まず、一番最初の想定外の話なんですけれども、私のお話の中で簡単にお話ししましたように、従来の規制は、ある設計基準、事象と言っているんですけれども、ある事象を考えて、それに対応できるように原子力発電所を設計していたということでもあります。そういう意味では、それを越えることですね。それに対しての対応というのは規制としては求めていなかったと。事業者が自主でやっていたところはあるんですけれども、規制としては求めていなかったということでもあります。

その想定外というものに対して、どう対処するかということなんですけれども、一般的に想定外と言われているものは2つパターンがありまして、1つは確率が多分非常に低いだろうと。多分起こらないだろうと思われているパターンと、そもそもそういうことがあったかどうかわかってなかったという、そういう2つのパターンがあるわけですね。

それらに対しては、例えばストレステストというのをやっていたんですけれども、原子力発電所が十分な安全余裕があることをまず確認しておくということが1つと、あともう1つは「確率論的リスク評価」という、原子力発電所で起きそうなことを網羅的に全部調べ上げて、その確率を評価するというやり方があって、その2つでまず対応するんだと思っています。

あと重要なのは、そういうふうにしても、当然ながら落ちてしまうことというのが当

然あるわけですね。じゃ、それに対してどうするかということなんですが、想定外なのは、あくまでも発生する事の起こりが想定外というなんですね。一番最後の結末は、ある意味ではもう決まっているわけです。炉心が壊れて放射性物質が外へ出るということなので、その逆から考えて、それを防ぐためにはどうすればいいかという形で対策をとることが可能じゃないかというふうに思います。

実際に、アメリカで9・11のテロの後に対策をとってしまして、それは幾つかあるんですけども、そのテロ対策が日本できちんと対応されていたら、福島第一の事故というのは大分被害は軽減されたんじゃないかというふうに言われています。

2つ目の圧力容器の話ですが、大きさは大体直径5mぐらいで、高さは十数mですね。中に冷却水が大体数百m³入る、それぐらいの大きさだというふうにお考えください。かなり大きいものです。

次が、ジルコニウム合金ですね。燃料のさや管にジルコニウム合金というのを使っていますというのは、きょうの資料の17ページでご説明しましたが、「なんでこういう水素が出るようなものを使っているんですか」ということですが、実はジルコニウム合金というのは、非常にすぐれた特徴が1つあります。それは何かといいますと、中性子をあまり吸収しないんですね。さや管が中性子をいっぱい吸収してしまうと、核分裂の連鎖反応が続かなくなってしまうわけですね。その中性子を吸収しないという特性があるので、世界中で広く使われています。

ただ、福島第一の事故の後、やはり水素が出るということが問題で、ほかに代替りの材料がないかということ、いろいろ研究がなされているという、そういう状況です。

あと4点目が、敷地の高いところですね。実は原子力発電所というのは、運転している間、余分の熱を海に必ず逃がすということをやっているんですね。そういう意味では、例えば100mぐらいある、非常に高い山の上につくってしまうと、そこまで海水をくみ上げないといけないということで、なかなかちょっと難しい面があります。

敷地の高いところにつくり直すというのは、当然選択肢としてあると思うんですけども、それはリプレースという形になって、新設と同じ扱いになるので、現時点では少し難しいんじゃないかなというふうに思います。

以上ですね。

○土屋 続いて、福島第一原子力発電所に関して追加のご質問があるので、これはちょっとたくさんあるので、1つずつしたいと思います。

まず、「ベント」というのが行われたわけですがけれども、放射性物質が出てしまうわけですね。「ベントを使うという解決策というのはちょっと問題なのではないか」。あるいは「もしどうしても放出するとしたら、どのくらい空気が出て、そしてそれを何とか環境中に出さないようにためておくような施設をつくるとか、そういうこともあわせてやるべきなのではないか」というようなご意見、ご質問がありました。いかがでしょうか。

○山本 まず、ベントで放射性物質が出るというご指摘は、まさにそのとおりで、例えば放射性物質の中にはキセノンとかクリプトンとかいう、いわゆる希ガスと呼ばれるものがあって、それはフィルターでは残念ながら取り除けません。それは放出されます。したがって、ベントであっても放射性物質が放出されるので、そういうのを使うのは本来あってはならないことだというご指摘は、まさにそのとおりです。

一方で、非常に発電所が厳しい状態になったときに、そういうベントを使わなければ、例えば今回みたいにセシウムとかが大量に放出されて、さらに被害が拡大されることが想定されるので、本来ベントは使わないほうが当然いいわけですね。いいわけなんですけれども、そういうことまで想定して対策をとろうという、そういう考え方だと思います。

それに関して、「どれくらい空気が出るんですか」ということなんですけど、これはベントしている時間によるので、一概に何とも申し上げられませんが、かなりの蒸気が外に出ていくというふうにお考えいただくのがいいと思います。

これをためておくところが、できれば多分一番いいと思うんですけども、施設的にかなり大きいものになるので、ちょっと難しい面があるかもしれません。

○土屋 ありがとうございます。

続いて、先日もNHKの特集で「メルトダウンを防げなかったのか」というようなことがありました。その中で指摘されていた、例えば非常炉心冷却コンデンサーが動いていないのに動いていると思っていたような、きちんと原子炉の中が確認できないような状態があることであるとか、3号機については、消防車から注水したわけですがけれども、それがほとんど届いていなかったであるとか、そういうふうに、「きょうご紹介いただけなかった、隠れた、まだ解明されていない問題があるのではないか」というようなこと。

それから、「事故調がいろいろなたぐさんの報告書を出しましたけれども、今後もそういうふうな事故原因の解明、あるいは根本的な対策として必要なことが追加的に解明されていくのかどうか」。これについて、よろしくお願いします。

○山本 はい、お答えします。

ご質問にあったように、原因を今後も継続して追究していくというのは非常にこれは大切なことで、まさにご指摘のとおりだと思いますね。そういう努力が継続されていく必要があるというのは、まずこれは間違いないと思います。

今、アイソレーション・コンデンサー、I C (Isolation Condenser) と 3 号機の注水の話が出てきましたけれども、この番組中にも触れられていましたように、結局のところは「ぶっつけ本番」という言葉がたしか何回か出てきていたと思うんですが、やはりそれが問題で、事前にこういうことがあるんだということを考えた上で対応、もしくは訓練をしていれば大分違っていたんじゃないかなというふうに思っています。

ただ、やはりご指摘のように、今後ほかに隠れた原因がないかとか、そういうことを追究していくというのはとても重要なことだし、これは私自身は、やはり今後 30 年とか 40 年にわたってそういう努力は続けられるべきだろうというふうに思っています。

今後の事故原因の究明についてなんですけれども、やはり現時点で一番ネックになっているのは、事故現場、私も福島第一は、事故後に 4、5 回行ったんですけれども、やはり原子炉の近くは非常に線量が高くて、まだ近づけないという状態があるわけですね。そういう意味では、今後廃炉にしていくわけなんですけれども、その過程で、例えば遠隔操作等で中をどんどん調べていくことになると思うんですが、その過程でしっかり調査をしていって、その結果を、多分日本国内だけじゃなくて国際的に発信していくというのが、そういう活動が重要になるんじゃないかなというふうに思います。

○土屋 ありがとうございます。

先生、ご質問にはなかったんですが、水位がよくわからなくなってしまうと、本当は水位が下がっていたのに、ある程度の水があると誤認識をしていたというようなものもありましたけれども、そういうのは技術的に解決できるんでしょうか。

○山本 この水位計ですね。原子炉にどこまで水が入っているのかというのは、ある特殊な装置を使って測っているんですけれども、それが、やはり事故が起きたときに、格納容器の中が非常に高い温度になるんですが、そういうことまで考えてつくられていなかったというのが非常に問題で、現在国のプロジェクトで、そういうシビアアクシデントが起きたとき、格納容器の中はすぐに 300 度ぐらいになるんですけれども、そういう状態でも圧力とか温度を、それなりの信頼性をもって測れるような機器を、今新たに開発しているところです。

○土屋 早く開発できるといいですね。

それから、これは先生、ちょっとご専門ではないかもしれませんが、地震動が号機で違っていたというようなスライドもありましたし、浜岡では前の地震のときに5号機だけすごく揺れたというようなことがあります。こういう「号機で異なるのはどうしてでしょうか」ということと、「もしも3・11前にあのような津波の想定ができていたとしたら、対応可能だったんでしょうか」と。「事故は防げたんでしょうか」と。この2つについて、申しわけございませんが、よろしく申し上げます。

○山本 私は、大分前になるんですけれども、いわゆる阪神・淡路大震災があったときに、当時大阪に住んでおりました、親戚が神戸にいたので、地震の直後に、復旧というか、片づけを手伝いに行ったことがあるんですけれども、あのとき非常に印象的だったのは、道路1つ隔てて反対側は非常に家がつぶれているんだけれども、反対側はそうじゃなかったということで、やはり地震動の出方というのは地下の構造によって非常に変わります。浜岡の5号機だけ先ほど話にありましたように非常に揺れが強くなったのも、やはりそういう原因でですね、福島第一で号機ごとに揺れが異なったのも、地下の構造とか、あと地震波の重ね合わせですね。そういうところが大きかったのかなというふうに思っています。

津波の高さの想定が、例えば15mというのがわかっていれば対応できたのでしょうかということなんですが、これは技術的には対応できたというふうに思っています。想定できなかったことがやはり一番大きな問題だったんだろうと思います。

○土屋 はい、ありがとうございます。

それから、福島第一原子力発電所の状態が、非常にまだまだ危ういような状態だと思うんですが、汚染水が随分増えてきていて、皆さんもタンクがたくさん並んでいるのをごらんになられたかもしれません。「あれは一体どうなるんですか」と。そういうことも含めて、「安全になるまで何十年かかるんでしょう」「放射性物質はどこへどういうふうに処理するんでしょう」。それから、今廃炉というのがありました。「廃炉のプロセスとはどういうものでしょう」という、福島の今後について、お願いいたします。

○山本 福島第一の汚染水なんですけれども、これはちょっと、あまり皆さんご存じないかと思うんですけれども、実は汚染水はずっと増えていっています。それがどこから来ているのかという話なんです、原子炉とかタービンが入っている建物は半地下式になっていまして、その地下のどこから地下水が大分流入しているんですね。1日400tぐ

らい今入っているというふうに見られています。つまり1日 400t ずつ汚染水が増えていっているという状況です。

そういう状態なんですけれども、現在考えられている対応策は、まず2つありまして、1つは入ってくる水の量を減らそうということで、地下水をくみ上げで地下水位を下げ、建物の中に入ってくる地下水の量を減らしましょうというのをやります。これはたしか来月ぐらいからやるはずです。

あともう1つは、汚染水。これは非常に高濃度のセシウムとか、ほか放射性物質がたくさんいろいろ入っているんですけれども、それを、水を処理する装置。「多核種除去装置」というのを今設置してしまして、それを動かして、放射性物質を大分大幅に下げることができるというふうに見込まれています。

ただ、その処理した水を、そのまま環境中に放出できるかということ、現時点ではそういうことはなくてですね、それは何が問題かということ、トリチウムという、これは水の一種だとお考えいただくのがいいと思うんですけれども、そのトリチウムだけがまだ残って、それをどうするかというのが、まだ未解決の問題です。

ただ、いずれにせよ、ずっと汚染水をため続けておくことは技術的に難しいので、ここ2、3年のうちに何とか対応しないといけないんですけれども、まだ十分に見通しがないというのが現状であります。

汚染水の中に入っている放射性物質は、結局のところは、先ほどの多核種除去装置、処理施設ですね。これで、例えばフィルターとかそういうものに吸着されて、もともと液体であったものが固体の形になって残ります。それを何らかの形で保管するというところで、しばらくの間は福島第一の構内に置いておくんですけれども、長期的にどうするかというのは、まだ議論されてないという状況です。

最後、この廃炉のプロセスなんですけれども、私が理解している範囲で申し上げますと、まず直近にやらないといけないことは、使用済み燃料プールから全部燃料をまず取り出します。その上で、次に、これが一番ハードルが高いんですけれども、溶け落ちた燃料を回収するということを行ないます。これは新たな技術開発が必要で、10年ぐらい先からその作業を行なって、恐らく10年ぐらいかかりますので、現時点から20年ぐらいは多分かかると思います。その後に建屋を解体して行って、最終的には更地に戻すと思うんですけれども、そこまで現時点で40年ぐらいかかるんじゃないかというふうに見込まれています。

以上です。

○土屋 まだまだ長い道のりということですね。ここで、今ちょうど福島について、放射性物質の除去の問題が非常に大きな問題になっていて、ここでちょっと小佐古先生のほうへの質問に展開したいと思います。

放射性物質について、放射線・放射能に関して大変ご関心が高いと思うんですが、基本のご質問ということで何点かご質問したいと思うんですが、まず「ベクレルからシーベルトへの一般的な数値の転換方法」というのを、先ほど少しお話ししておられたような気がするんですが、もう一度お話しいただけますでしょうか。

○小佐古 ベクレルというのは、放射線を出す能力と言いましたですよ。シーベルトのほうが人に与える影響ということですから、ICRPのほかでは人に与える影響のガイドラインしか示してないんですよ。ところが、あるモデルをつくれれば、それを焼き直すことができるんですね。

例えば、除染したときの土なんかの基準を $8,000\text{Bq/kg}$ という数字を聞かれたことがあると思うんですが、それは除染をする作業する人がいて、そのときに舞い上がって外から当たって幾ら幾らでというので計算すると、その人が例えば 1mSv 以下になるためのベクレル数というのを出すことができるんですね。こういうプロセスを「誘導する」というんですが、ICRPなんかでは基本限度、つまり 1mSv とか 20mSv しか言ってないんですが、あるモデルを仮定することによってベクレルの数字に誘導することができるんですね。

だから、食品の基準も同じです。だから、公衆の年の摂取を 1mSv に抑えたいとしたら、米を年で何 kg 食べるから、それだと「米の濃度は何 Bq/kg にしたらよろしい」みたいな数字を誘導するんですよ。だから、そういうことは可能ですし、実際にやられているということですね。

○土屋 ただ簡単にはなかなかできないということですね。

○小佐古 それは、だからモデルをつくらないといけないですから、ここに若干の議論はあるんですね。「私は相撲取りでいっぱいごはん食べます」とか「私は小食です」という人もいるんですが、大体は標準的な人でやっていますから、ケース・バイ・ケースでその数字を変えるということはやりません。そんなに難しい式ではないんですけども、「この人が年間に食べるごはんは幾らで、お魚は年間にこれだけとるから、それを組み合わせるとこれだけになるので、逆算するとこれだけになります」という算術をやるという

ことになります。

○土屋 ありがとうございます。

今ちょうど出てきたんですけれども、年間 1 mSv という話がありつつも、福島の学校再開は、たしかこれは小佐古先生が大反対された 20mSv で再開という話があり、そもそも「子供たちへの影響というのはどのように考えられているのか」というご質問が重なって3点ぐらいあるんですけれども、いかがでしょうか。

○小佐古 一般論でいきますと、先ほどもお話ししましたように、子供は成長しているわけですね。幹細胞なんかも抱えていますし、子供のほうの感受性のほうが一般論でいけば高いということになります。ただ、どれぐらい高いかということになると、放射線の種類によりますし、状況によるから一概に言えないんですね。

例えば、必ずしも子供が基準を厳しくしなくていいケースもあるんですよ。例えば、肺から呼吸するときには、大人の肺というのは大きいですから、1日に呼吸して取り込む量というのは多いんですね。ところが子供の肺というのは随分小さいですから、取り込む量が少ないんですよ。だから肺から入るところを計算すると、子供のほうが基準は緩くてもいいと。高くてもいいというような数字も出てくるんですね。

ただ、ケース・バイ・ケースで、「このときにはあれ、あのときにはあれ」というのはなかなか大変ですから、ICRPとかそのほかのところでは、ざっくりと「大人の半分ぐらいにしてください」という言い方になっているということですね。その意味で子供のほうが保護されるべきだということになっているわけです。

それから、20mSvの話があって、実は私は12年このことをICRPで議論しているんですが、決めて勧告文書に出しているのは、緊急時の場合にはそういう高い数字もとらざるを得ないんですね。だって逃げようにもそういう状態ですから。ただ、緊急時の場合は、短くということです。例えば1週間とか2週間とかはそれで過ごさざるを得ないんですが、長い将来のときには1 mSvとか普通に近い数字で保護されるべきなんですが、先ほども言いましたように中間段階があって、中間段階を、中2階をどれぐらいに設定するかです。例えばチェルノブイリのときには、中2階は5 mSvで設定しているんですね。ICRPの出版物の111番というのがあるんですが、あるいは私なんかを書いた81番だったかな。それにも実例が挙げてあるんですけれども、いろんな緊急時の実例を見ますと、大体は5 mSvぐらいを中2階に設定してあるものが多いんですね。

だから、20mSvで無理矢理やるんなら、学校の授業は再開しちゃいけないですよ。あ

これは学校の授業をやってくださいという基準で出していますから、官邸でも、細野さん、福山さん、みんなびっくりしちゃってですね、「なんでこんな数字を出すんだ」と。「プレス止めてくれ」というんだけど、もう発表しちゃったというんで、それはまずいと思いますね。だから、通常は皆さんと相談すべきなんですけど、通常は5 mSv ぐらいを中2階にしておいて、しばらくしのいで、もうちょっと低いところで誘導してというね。そこまで下がらなければ、むしろ避難すべきですよ。授業を再開しちゃいけないんです。だから、授業を再開して「事故は収まった」というようなふりをしちゃいかんですよ。というのが私の意見ですね。

○土屋 はい、ありがとうございます。

それから、こちらでも放射線測定器を買われて測定された方もいらっしゃるかもしれませんが。私が住んでいる千葉県にはホットスポットがたくさんありまして、皆さんで除染してたりするんですが、こういう「民間の私たちが放射線を、例えば静岡で測るというようなことには意味があるでしょうか」というご質問があります。

○小佐古 いわゆる今のようなご質問は、環境放射線のモニタリングというようにご質問になるんですね。この種の議論は、既に私たちは随分以前にもやったことがあるんです。それはチェルノブイリの事故のときに、日本の量は多くはなかったんですけども、随分議論がありました。それで、政府というか、文部科学省の防災環境対策室というところがあることを決めたんですね。それは水準調査をやるということを決めています。

水準調査というのは、つまり自然界にも放射線がありますから、緊急時というのは、自然界の放射線のレベルを逸脱するようだと、これは異常事態という判断をするんですね。さっきお話したように、雨が降るとちょこっと上がりますから、そこでがたがたやってもちょっとどうしようもないですからね。だから、都道府県、各県に1カ所ずつ防災環境対策室のほうからモニタリング装置とかいろんなものを配付して、その変動をずっと見ているわけです。ずっと見る仕組みがチェルノブイリの後から広がっているんですね。

ただ静岡県の場合には、立地県といまして、原子力発電所が立地していますから、そのかわりに原子力センターとか、そういう放射線をモニタリングしているような機関が存在しているんですね。静岡県の原子力センターは、私のところで助手をやっておりました阿部君というのが1年ぐらい前にこちらに来て、そういう仕事をやっているんですけども、そういうところに専門家かいますので、心配であればそういうところの人

に相談して特別に測ってもらうと。

ただ、常設のものでいつも監視しておくという状態には、福島に関してはありません。ただ、いろんなことが起こるかもしれないと思いながら、大陸でいろんな事故があったりしてこちらに来るかもしれませんし。だからそのために常時のいろんな数字を常にモニタリングしておくというシステムは存在していますし、それは非常に重要な仕事であるということになります。

○土屋 ありがとうございます。

ふだんのくらいなのかも、よく見ておいていただきたいということですよ。

○小佐古 そうですね。県のホームページとかそういうところに大体オンラインで載りますから、チェックできると思います。

○土屋 済みません。ここでちょっと皆さんにお伺いしたいんですけども、あと5分で予定した時間にいってしまうんですが、まだたくさん私の手元に質問があるので、少し延長させていただいてもよろしいでしょうか。もしお急ぎの方がいらっしゃいましたら、ぜひアンケートにお答えいただきまして、席をお立ちいただいて構いませんので、よろしく願いいたします。

それではもう1つ。これも、先ほど山本先生のほうから汚染水が随分出ているという話があり、それから海へ随分汚染水が出て行きました。小佐古先生のスライドにもありましたが。これによって、たしかこの間アイナメが随分高い数値が出たりしていますけれども、こういう生物は生きているということで、その生物というのは何か放射線、人間と魚とは違うのか。それからこういうセシウムが高い魚というのは、もちろん市場には回らないと思うんですけども、「魚をお子さんたちに食べさせていいものかどうか」。そういうご質問が来ています。

○小佐古 魚種というんですけども、お魚の種類によって、パフォーマンスと申しますか、魚の生活様式が違うんですね。ある種のお魚は底に近いところで泥を食べて生きていますし、違うお魚は中間の位置にいるのもいるんですね。だから、どの魚種によってどういうことが起こるのかということを確認してやっていくというのが大切ということになります。

お魚は住所不定ですので、いろいろ移動しますから、青森沖でとれたからあそこが汚れているというわけではなくて、2日前には福島沖にいたというようなことが起こるんですね。だから、通常こういうのをコントロールするときには、実は来週、海洋生物研

究所というところの、私が委員長をやっている委員会でやるんですが、魚種によってコントロールするんですね。だから、アイナメが高いときにはアイナメの漁を禁ずるとか、底にいる魚の場合には、そういうお魚は禁ずるということをやるわけですね。

だから、漁師さんは全国漁業連合会とか、そういう方も一緒に委員になっていただいているんですね。そういう方にもお話をさせていただいて、「どういう魚種について、しばらく禁止をしましょう」というようなことを決めてやっているということですから、皆さんが口にされるときには、今はかなりの数のものを正確に測定しておりますので、そういうパフォーマンスをするお魚というのは口に入らない仕組みを今は動かしていただいているということになります。

それから、生物に対してどれぐらい影響が違うかということがあるんですけども、いろんな生物に対して、影響の具合というのを書いた一覧があるんですね。

これを見ていただいたらわかるんですけども、人間は、ほ乳類という一番左側のところに入っています。それから、魚類とか両生類、昆虫、そのほかがあって、急性に、急に死んでしまう線量が、これは log ですから 10 倍、100 倍、1,000 倍という単位で上がっているんですね。これを見ていただいたらわかるように、やはりほ乳類が一番感受性が強いということになりますので、人の基準を回して動かしている限りは環境側に厳しいことが起こるといふような了解では我々はいないということなんですね。慎重に考える必要はあるんですけども、我々が持っているデータはこういうことになる。コケとかそういうのは、ずっとそれが絶滅するとか変わってしまうというようなことは、ずっと高い線量でないと起こらないという了解で言っていることですね。

○土屋 大変興味深い図を。「ウイルスはなかなか死なないんだな」と、ちょっと思ったりしました。ありがとうございます。

あと、やはり私も非常に聞きたい話があるいろいろなあるので、少しこれは1つずつお伺いしていきたいと思うんですが、内部被曝。やはり皆さん、外からよりも中に入ってからの方がご心配だと思います。「体内に長くとどまる危険な物質としては、どういうものがありますか」ということがあります。

○小佐古 先ほど、すぐ出てきそうなものと、そうじゃないものがあるというお話をしたんですが、すぐ出てくる代表選手は、トリチウムという水素の仲間のものがあるんですね。その種のもの非常に体内から排泄されやすいということで、トリチウムなんか取り込んだときには、積極的に利尿をすると。例えばビールを飲むというようなことが推

奨られるということになります。

逆に出てこないものは、ボーンシーカー (bone seekers) というんですけれども、骨にがっちり食いついて、なかなかはがれないもの。代表選手はストロンチウム 90 というのがそうなんですが、それがかなり長い時間骨のあたりにいるということになりますから、同じβ線を出すセシウムとかに比べると、ストロンチウムなんかの基準はものすごい厳しい基準になっています。

○土屋 あと、第五福竜丸に乗られていた方で、随分長く、80 を超えても生存していらっしゃる方がいらっしゃるそうなんですけれども——済みません、私はこれを知らないんですが、やはり人によっても相当ばらつきがあるんでしょうか。先ほど生物によるばらつきがありましたけれども。

○小佐古 第五福竜丸は、太平洋のビキニ島のところでアメリカが水爆実験を初めてやったんですね。そうしたら、威力が思った以上に強くて、灰を、周りの珊瑚礁とか禁止区域の外側にいる船のところにも落としたということです。乗組員の方が随分被爆されたということなんです、久保山愛吉さんが亡くなったということなんです、もう亡くなりましたけれども、熊取先生という方が東京第一病院でいらして、熊取先生が主治医だったということですね。ただ久保山さんの直接の死因は、放射線側ではなくて、肝臓のほうの調子が悪くて、そっちのほうで亡くなっているんですが、いずれにしても被曝線量は随分ありましたので、ほかの方も厳しい状態であったというのは間違いありません。

○土屋 ちょっと話がいろいろ飛んで申しわけないんですが、先ほど、がんの話がありまして、「がんを放射線で治療するということがありました。どういうメカニズムでしょうか」ということと、関連して「医療機関で使われる放射線の量というのはなぜ規制されていないのでしょうか」ということをお願いいたします。

○小佐古 がんの治療に放射線を使うのは、生体の機能を放射線によってやっつけるということです。強い電離作用とかそのほかによって、がん細胞のところを殺してしまうということなんです。よく間違った理解をされている方がおられて、「がんも放射線で治すんだから大丈夫だ」とラッパを吹く方もおられるんですが、これはやはり間違いです。

先週行われましたアメリカの放射線審議会でも、「がんの治療でがんは治ったんだけど、当たった放射線で2次がんが出る」というところが、やはり話題になっているんですよ。だから、やはり大量の放射線が当たれば、がん細胞以外のところにもやっぱり影響が出ますからね。だから、最近の治療法としては、できるだけがん細胞のところだ

けに当てたいというようなことが、マシンのほうとか、医療技術のほうですね。そっこのほうでしっかりやりたいという議論が随分、アメリカでは行なわれております。日本はまだということですが。

○土屋 副作用という意味では、「ヨウ素剤にも副作用があるんじゃないか」ということがあります。防災に関しては、例えば「マスクをつければ吸い込む量が少なくなるのか」。こういうヨウ素剤とか、避難するときのスタイルとか、そういうことについてアドバイスいただけますでしょうか。

○小佐古 甲状腺というのは、ここにチョウ形のものがあるんですけども、甲状腺が出すホルモンは、人が元気よく動くというような作用をつかさどっているんですね。だから、副作用としては、甲状腺の機能異常が起こることになります。あるいは、人によるとアレルギー性の皮膚疾患を伴うとかと言われていまして、特に大きい大人の場合にはいいんですけども、乳幼児の場合には、かなり苦いですから、量も少なくしないといけませんけれども、どうやって飲んでもらうかというところにかかなり工夫が必要ということになります。

○土屋 そうですね。ありがとうございます。

それから、これは私も温泉が好きですし、静岡県にはたくさん温泉があるのでぜひ聞いてみたいと思われると思うのですが、「ラドン温泉やラジウム温泉が体にいいという話があるけれども、これは科学的な何か根拠があるんでしょうか」ということ。

それから、これは私が元いた研究所がいろいろ言っているので、あんまり言いたくないんですが、ホルミシス効果について、何かご存じあればご紹介いただきたいと思えます。

○小佐古 私は、10年来ICRPの委員をやっている間も、さまざまな議論をしました。刺激効果というんですかね。例えば傷を治すときには、亜鉛って、重金属って体に毒なんですけれども、わざわざ毒物を使って免疫を高めて傷を治したりするんですけども、そういうホルモ的な効果があるんじゃないかということと言われる人もいます。

ただ、ICRPのほうは、今出ているデータで、必ずしもそういう効果があるというふうには認められないというのがICRPの一般的な立場です。

ホルモンでいい効果というのは、例えば放射線が当たると手が膨れちゃうようなこともあるんですけども、放射線を当てると大根が太くなって収量が増えるから、ホルモン効果でいいんだという話もあるんですけども、じゃ、人の手に当てて、手がでかくなって、野球

するときによく捕れるからいいんだというわけにもいきませんので(笑)、やっぱり価値観を伴うということですね。だから、一般的にはホルミシスは、ICRPのほかでは認めていないと。

ただし、放射線が当たると、アダプティブ・レスポンス (adaptive response) というんですけれども、放射線が当たったことによって免疫が高くなって、さまざまなことが起こるといえるのは認知されています。

例えば、放射線治療をやるときに、あるAという方ががんになったと。放射線治療をやりたいと。1,000ほど当てるんだけれども、1,000をどかんと当てるんじゃなくて、最初は100、100、それで最後に500とか、そうやると体が慣れていくんです。それを「適応応答」というんですけれども、体が慣れてきて最後に当てると非常に治療効果が上がるといえるので、そこは認められているということですね。

ただ、温泉に入ったときにラドンの——実はラドン温泉といってもですね特別などころ以外はあんまり高くないんですよ。ときによると、あんまりラドンが認められないのにラドン温泉になっているところもあるんですが、あれぐらいのレベルでしたら、やはり温泉で温かいと。気分がリラックスするというような複合的な効果があって体の調子がよくなるということは起こります。

ラドンの線量が随分高くなりますと、これは影響が出ます。ウランの鉱夫が肺がんになった例というのはいっぱいありまして、あの状態になりますから、ものすごく高いラドン温泉だったら、これはある程度はコントロールしなければいけないということになります。

○土屋 まだまだお伺いしたいんですが、時間も延々と延ばすことはできないので、またちょっと山本先生のほうに戻して、今、新安全基準というのが議論されていますが、まず「規制委員会にかわって、どんなことが変わりましたか」ということをお伺いしたいと思います。

それから、「新安全基準によって、それに沿った発電所は、これまでよりもリスクは下がるのでしょうか」ということです。お願いいたします。

○山本 規制のあり方として一番変わったところは、きょうお話をさせていただいたんですけれども、やはり重大事故が起こるんだという、そういう前提のもとで規制をするようになったというところが一番変わったと思います。従来は、そういうことが起こらないように、つまりそういうのはないんだというスタンスで規制をしてきたんですけれども、

重大事故というのは、あくまでも想定して対策をするというように、そういう立場が変化が一番大きいかなというふうに思います。

リスクについてなんですけれども、一番最初の緊急安全対策からも含めて、かなりいろいろ安全対策をしているので、リスクが低減していることは確かだと思います。

○土屋 ありがとうございます。

それから、これも私もぜひ聞いてみたいんですが、新安全基準には、テロ対策とか、北朝鮮から飛んでくるミサイルだとか、この間隕石がロシアに落ちましたけれども、ああいうことへの対応は考えられているのでしょうか。

○山本 重要なお指摘で、そもそも原子炉等規制法で「テロリズム等に対応しなさい」というふうになっていますので、対策については考えています。

例えば、今日の最後のほうで、特定安全施設というのをちょっとご説明したんですけれども、「原子炉が入っている建物とは少し離れたところに、原子炉を止めたり、原子炉から熱を除去をしたりするための施設をつくってください」等の要求をしています。

例えばそういうことが対策になるんですけれども、一方でテロ対策については、公開の場で議論することが必ずしもいいことではないので——いいことではないのでというのは、手の内を見せることになるので、そういう意味では、規制委員会というのは、基本的に検討チームの議論というのは必ず公開の場でやるんですけれども、テロ対策については一部非公開でやるというふうに聞いています。

○土屋 それから、私が関係している東海村の東海第二発電所は、今全部燃料を取り出して、使用済燃料をプールに入れているんですが、止まっても使用済燃料プールに燃料が随分ある。この対策についても新安全基準で考えられるのでしょうか。

○山本 今回、福島第一の4号機では、原子炉から取り出したばかりの燃料ですね。それが使用済燃料プールに入っていて、この発熱量がかなりのものになっています。かなりというのは、量的にいうと数 MW で、普通一般の家庭でお使いになる電気ヒーターが1個大体1 kW なんですけれども、あれが数千台分です。そういう意味では、やはり冷却してないと水が蒸発してしまって、最終的には燃料が壊れて放射性物質が大量に放出されるということになりますので、使用済燃料プールの安全対策については、かなり厳重にというか、厳しくやられていると思います。

具体的には、基本的には水を注入すれば燃料が壊れるということになりませんので、幾つかのものとあった設備に加えて、例えば可搬型と言っているんですけれども、持

ち運びできるポンプとかを使って注水する等の対応を求めています。

○土屋 ありがとうございます。

これで最後にしたいと思うんですが、まず、いろいろこれから新安全基準に従って、電源対策、それから冷却水を入れる、別の中央制御室みたいなものもつくと、いろいろありますけれども、そんなに一朝一夕にできるものではありませんね。これができるまでの期間、対策はどこまでやれば十分なのか。そのあたりはどのように考えられているのでしょうか。

○山本 非常に重要な問題です。その猶予期間をどうするかというのは、恐らく原子力規制委員会のほうで議論をすることになると思います。

私が今参加している検討チームでは、その問題については現時点では議論はしてないですね。あくまでも規制委員会がどう判断するかということになるかと思います。

○土屋 見守っていかねばいけないということですね。はい、どうもありがとうございます。

済みません。私の不手際で 15 分オーバーし、なおかつ、実はここにお答えいただいてない質問がたくさん残っておりまして、特に小佐古先生には防災関係のご質問をお答えいただきたかったですけれども、ぜひ県のホームページなどで出されるそうなので、アクセスしていただいて見ていただければと思います。

きょうはどうもありがとうございました。(拍手)

○司会 ありがとうございました。

冒頭申し上げましたとおり、今日のお答えした部分も含めまして、今日お答えできなかった部分も県のホームページに今後載せさせていただきますので、ぜひご利用いただきたいと思います。

山本先生、小佐古先生、そしてコーディネーターを務めた土屋様、どうもありがとうございました。もう一度感謝を込めまして拍手をお願いしたいと思います。(拍手)

以上をもちまして、静岡県原子力県民講座を終了いたします。長時間にわたりまして、ご清聴いただきましてありがとうございます。お忘れ物のないようにお気をつけてお帰りください。また、アンケートを後ろのほうで回収いたしますので、ぜひ投函していただけますよう、よろしく願いいたします。