

# 原子力だより みやぎ

VOL. 120  
Spring

- 02 特集 除染活動から見えてきた汚染状況と今後の課題
- 06 女川原子力発電所周辺の環境放射能調査結果
- 08 女川原子力発電所周辺の温排水調査結果
- 10 宮城県地域防災計画[原子力災害対策編]を修正しました
- 12 お知らせコーナー



東北大学 大学院工学研究科  
量子エネルギー工学専攻教授  
理学博士

石井 慶造 氏

## 特集 除染活動から見えてきた 汚染状況と今後の課題

福島第一原子力発電所の事故から2年。事故により飛散した放射性物質は現在どうなっているのでしょうか。放射性物質は私たちの眼には見えません。だからこそ、県民の皆さんの不安が拭えないことも

確かです。実際に、宮城県内の汚染状況は事故後どのように変化したのか、事故直後から汚染調査を行い、除染活動・技術開発に取り組まれている東北大学の石井慶造先生に伺いました。

# 除染活動から見えてきた汚染状況と今後の課題

東京電力㈱福島第一原子力発電所の事故から2年。

県内の汚染状況はどのように変化してきたのか。

事故直後から積極的に汚染調査を行い、除染活動・技術開発に取り組まれている東北大学の石井慶造先生に伺いました。



## Interview

東北大学 大学院工学研究科  
量子エネルギー工学専攻教授  
理学博士

## 石井 慶造 氏

Keizo Ishii

東北大学大学院理学研究科博士課程修了。専門は、PETなど放射線画像診断装置や放射線治療装置の開発、加速器を用いた超微量元素分析方法(PIXE分析法)の研究。震災後は、放射性物質汚染に対する研究開発に積極的に取り組み、2012年4月から、同大学生活環境早期復旧技術研究センターのセンター長に就任。

—— 石井先生は、2011年3月の福島第一原発事故直後から、放射性物質に関する様々な調査・研究活動をしてこられました。事故当時の宮城県の汚染状況も含め、先生のこれまでの活動についてお聞かせいただけますか。

原発事故により、各地に多くの放射性物質が広く降り注がれたことがわかりました。私たちは、飛散した放射性物質がどのような物質で、どれくらいの量なのかをすぐに調査する必要があると考え、宮城県南部で測定をしました。当時、県南地域の放射線量はヨウ素131からの放射線の影響で比較的高い線量を示しましたが、問題は、その「比較的高い線量」が、時間とともにどのように変化していくかという点です。東北大学としては最初に、外部被ばくの影響の時間変化を調べるため、東北大のキャンパスや県南地区において空間放射線量のモニタリングを行い、現在も継続して行っています(P3 図1参照)。測定を続けている中で、仙台市は毎時0.07マイクロシーベルト程度であり、心配するほどの量ではないということがわかってきました。

次に私たちが問題にしたのは、食品による内部被ばくの影響です。食品はゲルマニウム半導体検出器というもので測定しないと汚染状況がわからないので、大学にあるゲルマニウム半導体検出器を総動員し、水道水と県内産の食品の検査をしました。すると、水道水からは放射性物質は検出されず、食品も当時の基準値を超えるものはそれほど多くありませんでした。あったとしても、毎日食べ続けなければまったく問題ないレベルだったのです。しかし、放射線の影響というものは、測り続けながら慎重に判断をするということが重要ですので、現在も測定は継続して行っています。

—— その後石井先生は、県内外において、汚染土壤の除染活動に積極的に取り組まれましたね。

外部被ばく、内部被ばくへの影響を調べ、今度は比較的高い放射線量の高い場所で、その原因となっている放射性物質を取り除くことが必要だろうと考えたのです。汚染土壤の除染方法について相談を受けたこともあり、県内では丸森町で調査を行いました。

まず私が考えたのは、汚染土壤を水で洗浄する方法です。実際にやってみると、放射性物質は水である程度落とせることがわかりました。卓上の実験では、汚染土壤に水を加えてかき回し、ろ過すると、放射性物質が元の量の4分の1になり、さらに2回洗浄したところ、25分の1まで落とすことができました(P3 実験参照)。放射性セシウムという放射性物質は、粘土質に吸着するという性質

があるため、土壤をろ過して泥と砂利に分けると、放射性セシウムは泥にくっつきます。その泥を取り除けば放射線量も下がります。しかも、粘土に吸着した放射性セシウムはしっかりと固定され、水や酸、アルカリ溶液にも溶けず、植物にも吸収されないということがわかりました。そこで、汚染土壤を泥と砂利に分け、その泥をさらに分離させて粘土に固めて処分しようと考えました。そうすれば、汚染土壤の容量を小さくすることが可能です。

2011年の6月に、この方法で丸森町の複数の小学校や保育園で、校庭・園庭の土を2週間かけて除染しました。調べてみると、校庭には粘土質が多く含まれており、放射性セシウムはほとんど土の表面部分の粘土に吸着していました。そこで表面の汚染土を取り除くと、毎時1.4マイクロシーベルトあった空間線量が0.2マイクロシーベルトほどに下がりました(図2参照)。その後、取った土を泥と砂利に分けて減量し、放射線量が高い粘土だけを保管しています。

除染方法は放射線量のレベルによって変わるので、これからさらに研究が必要ですが、この除染方法は非常に有効だと思われるので、現在はより大量の土を泥と砂利に分けることができるシステムを開発しているところです。

図1 東北大学病院モニタリングポストによる時系列空間線量率

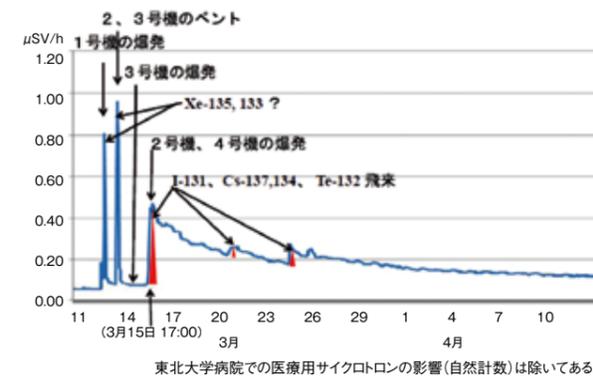
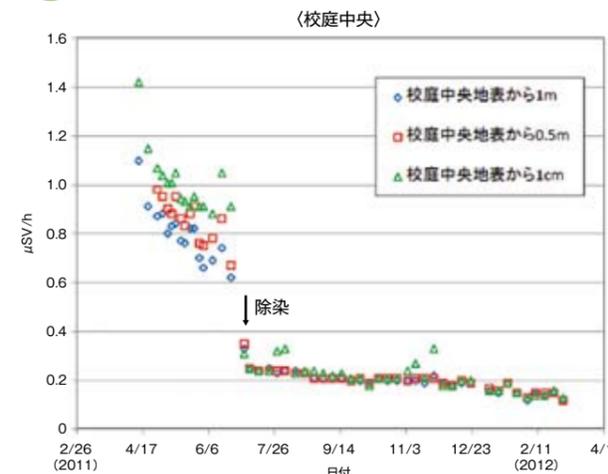


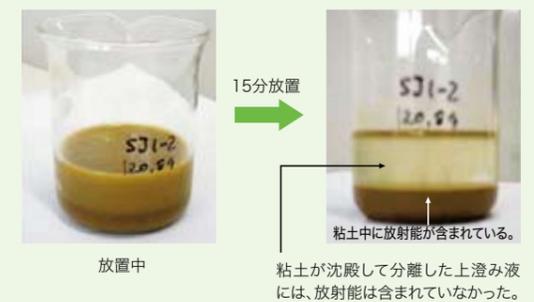
図2 宮城県丸森町筆甫小学校の空間線量率 (平成24年2月~平成24年3月1日)



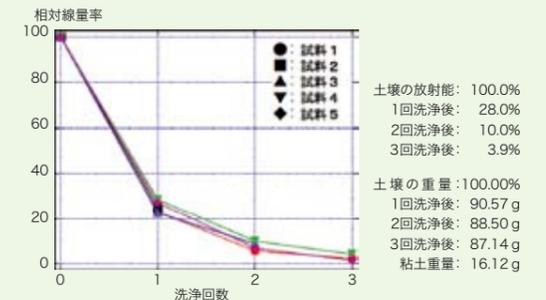
実験 汚染土壤の洗浄実験



水を加えてかき回し、荒い粒子が先に沈殿し、粘土が沈殿する前(約30秒後)の上澄み液を取り去った土は、放射線量が元の土の4分の1になった。さらに、2回洗浄したところ、25分の1になった。残りの放射線量は、洗浄水に解けている。



5回とも同じ結果が得られた。



分離された粘土の重量は、元の汚染土壤の約100分の8になった。



——震災から2年あまり経ちましたが、現在の宮城県の汚染状況についてはどうお考えですか？

現在の宮城県には除染が必要な場所はあまり多くないと言ってもよいでしょう。

理由のひとつは放射性物質の物理的な減衰です。現在除染が必要とされている放射性物質は、セシウム134とセシウム137というものですが、これらは事故直後、ほぼ同量の放射能で空气中に飛散しました。セシウム137は半減期が30年。30年後にようやく半分になるという性質のものなので、今後も注意が必要です。一方セシウム134の半減期は2年ですので、事故から2年経った現在は半分に減少しています。またこのセシウム134は、1回の壊変でセシウム137よりも多くのガンマ線を出す性質があり、実に2倍ものガンマ線を出すのです。セシウム134が半分になったということは、事故直後に空間線量が比較的高かった地域でも、現在は2年前の約3分の2に減少していることとなります。ですからセシウム134が早くなくなることはそれだけ早く空間線量が低くなり、外部被ばくの影響も減少することにつながるのです。

もうひとつの理由は、ウェザリング効果です。ウェザリング効果とは、風や雨などの自然現象によって、放射性物質が流れ除染されるというもので、実際に県内の空間線量を継続して測定していると、除染活動を行わなかった地域でも、事故から2年経った現在は線量がかなり減少していることがわかります(図3参照)。例えば仙台市では、平成23年の3月に毎時0.16マイクロシーベルトだった空間線量が、平成24年の10月では0.07マイクロシーベルトまで下がっています。毎時0.60マイクロシーベルトあった岩沼も、現在は0.09マイクロシーベルトに下がっています。これは除染活動によるものではなくウェザリング効果です。このように、放射能は自然に減衰しており、県内のほとんどの地域では事故前と変わらない状況に近づいているということが言えます。

——ウェザリング効果によって流された放射性物質はその後どうなるのでしょうか？

おもに川へと入り、その後、海へ流れてしまっていると考えられます。川には多くの放射性物質が流れ込んだはずなので、河口付近はさぞかし汚染されているだろうと思い、河川の調査も行いましたが、河口付近の空間線量は通常の空間線量より低いという結果でした。どうしてだろうと考えてみると、そもそも川に流れてきた粘土のように軽いものは、ほとんどは川底に堆積することなく海に向かって流れてしまうと思われます。もし堆積していくのであれば、どんどん溜まって川底が高くなり埋まってしまいうでしょう。つまり基本的に川には流れてきたものを海へ流すという性質があると考えられます。では、河口付近はどうかというと、河口まで流れてきた放射性物質はしばらくは海岸付近にあると考えられますが、そこで波によく洗われ、放射性物質が吸着した軽い粘土はそのまま海に流れ去ります。

では海へ流れた放射性物質はどこへ行ってしまったのか。おそらく沖のほうに流れて行ったと考えられます。ですから心配なのは海の沖のほうで、それはこれから調査しようと考えています。ただし、川はすべて大丈夫ということではなく、地域や状況によっては、河川数などで注意が必要な場所もあります。

昨年亘理町で、毎時0.3マイクロシーベルトを超える場所があり調査をしました。亘理町は町全体としてはそれほど放射線量が高くない地域でしたが、阿武隈川の河口付近にある河川数だけが高くなっていました。そこには子どもたちが遊ぶ公園もあったため、すぐに除染活動を行いました。汚染されていた表面土を掘り返し、深層部分の土と入れ替えをすると線量はかなり低くなりました。なぜその河川数だけが放射線量になっていたのかというと、おそらく雨の増水などにより、阿武隈川の上流から放射性物質を含む泥が河川数に流れ込み、水が引いた後もそこに残ってしまったと考えられます。



——河川数に生えている草などにも注意が必要でしょうか？

阿武隈川の河川数で、汚染土壌から生えた草を測定してみました。驚いたのは、そこに生えた草には放射性物質がほとんど含まれていなかったことです。土壌には8000ベクレル/kgもの放射性物質が含まれていたのに、そこから生えた植物は26ベクレル/kg程度だったのです。「日本肥料土壌学会」の発表によると、放射性物質が地上に降り注いだときに、7割が粘土に吸着し、残りの3割は有機物やほかの物(イオン交換体など)に付いたそうです。粘土についた放射性物質は植物に移行しないことが確かめられていますので、植物に移行するのは残りの3割です。有機物やイオン交換体などは、粘土よりもずっと軽いので、阿武隈川の河川数の場合はそのまま海に流れてしまい、流れにくい大きい粘土質が河川数に溜まってしまったのだらうと思われます。いずれにせよ、河川数の対応はこれからも検討が必要です。

——川、海だけでなく山はどうでしょうか？ 昨年、県内でも野生のキノコや山菜などから放射性物質が検出されました。キノコ

や山菜は、それらが生えている土壌を除染すればいずれは安心して食べられるようになるのでしょうか？

そうだと思いますが、かなり大変な作業だとも思います。放射性物質が検出されたキノコが生えている土壌を調べると、放射線量はそれほど高くない場合がありますので、キノコ類にはセシウムを集めやすい性質があることは確かでしょう。キノコやタケノコは土の表面部分に根を這わせます。セシウムは土の表面近くに多く分布しているので、より吸収しやすい状況にあるということです。学術的には、キノコを用いた除染方法も考えられるかもしれません。

山菜は、育つ環境によって汚染状況が違います。山菜は木々の下に生えます。その木々が原発事故直後に放射性物質が飛散した風向きに面して立っていると、木々に付着した放射性物質は雨や風で下へ落ちて、下に生えている山菜も放射性物質を吸収しやすくなります。ですから汚染されていない山菜もあるなど、場所によって違うと思います。

いずれにせよ、キノコも山菜も検査されて市場に出ているものは食べても問題はありませぬ。

——除染に関して、これからの課題は何だとお考えですか？

宮城県内に関しては、現在も除染が必要だと思われる場所は少ないので、これから必要なことは、マイクロホットスポット探しになってくるだろうと思います。とくに急がなくてはいけないのは、子どもたちが集まる場所、よく遊ぶ場所にホットスポットがないかを調査することです。学校周りの側溝やいつまでも水が残っているような窪地などには気を配る必要がありますから、水が溜まりそうなところがあれば、水が流れていくよう傾斜を作るのも効果的だと思います。

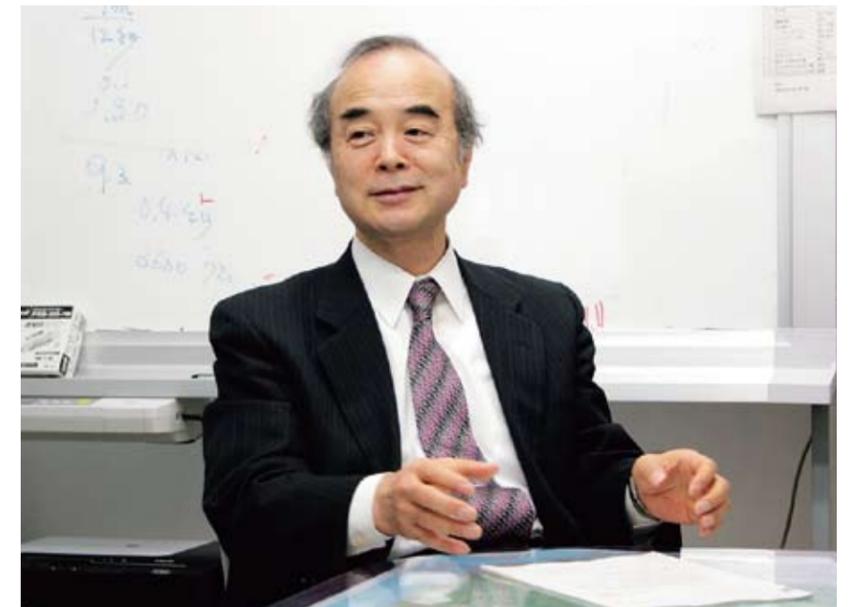
海のホットスポット探しも今後の課題です。私たちが今後計画しているのは、福島第一原子力発電所から直接流れ出た放射性物質がその後どう動くをしたのか、それらがどこかで澱んでホットスポットを作っていないかを調べることです。現在もときどき基準値(100ベクレル/kg)を超える魚が見つかることがあります。ウェザリング効果で流れた放射性物質は海の中で拡散しているはずなのに、なぜこういったことが起こるのか、そのメカニズムを調べたいと思っています。東北大学としては、来年度から海洋調査をする予定です。

さらに現在、大きな魚をまるごと一匹測定できるシステムを石巻漁港と共同開発しています。このシステムの画期的なところは、魚や野菜を切らずに丸ごと測れるこ

とです。これまでの検査器は採れた魚や野菜をミンチにして測定するので時間がかかっていましたが、丸ごと一匹そのまま測れば、準備の手間を省き、食品の無駄もなくなります。これらを各地の漁港に置いてデータを集めれば、汚染状況を常に把握できるようになるでしょう。モニタリングを行い、魚の汚染がどのように収束していくのかを調べていくことで、漁師の皆さんにも希望を持ってもらえるのではないかと期待しています。すべての魚が検査されているとわかれば、県民の皆さんも安心して魚を食べることができるでしょう。

汚染状況は、正しいデータを把握することが大切です。私たちは魚や植物の汚染がどう収束していくのかをきちんと調べるためにも、こうした検出器の開発を進め、各自自治体にも提供していきたいと思っています。県民の皆さんにもどんどん利用していただき、安心して野菜や魚を食べてもらいたいですね。

除染をして集めた汚染土壌を、今後どこでどう管理するのかということも大きな課題です。いろいろな議論があると思いますが、宮城県内の土壌に関しては、遮へいさえしていればまったく問題ないレベルの濃度ですので、新しく仮置き場を用意したり、処分場を作るよりも、敷地内に埋めておくほうがよいという判断も今後出てくるでしょう。しかし、それほど簡単に結論が出せる問題ではありません。そのために私たちが開発を急いでいるのが汚染土壌の減容化です。汚染土壌を放射性物質が吸着した粘土と砂利に分けることで、体積は5分の1〜10分の1にまで減らすことができます。それは例えば、東京ドーム23個分だと言われていた土を、2〜5個分まで減らせるということなのです。今はさらに粘土から放射性物質が付着した部分だけを取り出すという技術の開発に取り組んでいます。この技術が可能になればもっと汚染土壌を小さく減容することができるので、管理もしやすくなるでしょう。



# 女川原子力発電所周辺の 環境放射能調査結果

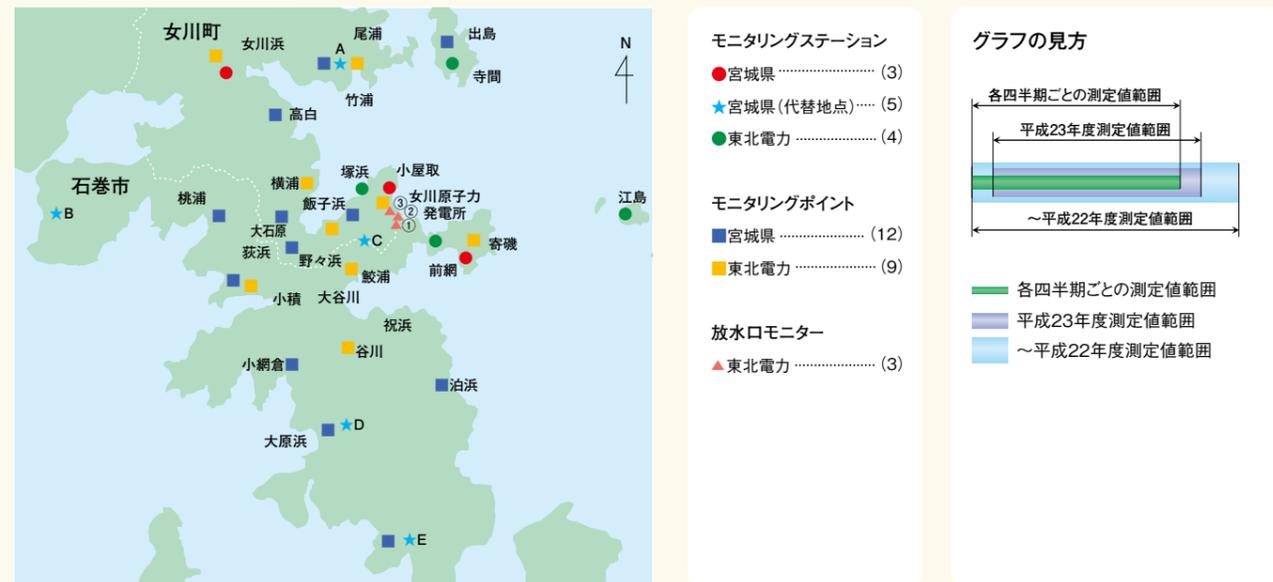
平成24年10月～  
平成24年12月

今期の調査の結果、東京電力(株)福島第一原子力発電所事故前と比べて高いレベルの空間ガンマ線線量率が観測され、また、環境試料からは、同事故前の測定値の範囲を大きく超える放射能濃度が測定されましたが、その原因は同発電所事故によるものと考えられることから、女川原子力発電所による放射線及び放射能の環境への影響は認められませんでした。

## 1 放射線の強さ(空間ガンマ線線量率)

下記の期間の調査の結果、東京電力(株)福島第一原子力発電所事故前と比べて高いレベルの空間ガンマ線線量率が観測されましたが、その原因は同発電所事故によるものと考えられることから、女川原子力発電所による環境への影響は認められませんでした。

### モニタリングステーション、モニタリングポイント及び放水口モニター設置地点



モニタリングステーションには、放射線を測定する精密機器や、気象を観測する風向風速計などの測定器があります。

### 平成24年10月～12月



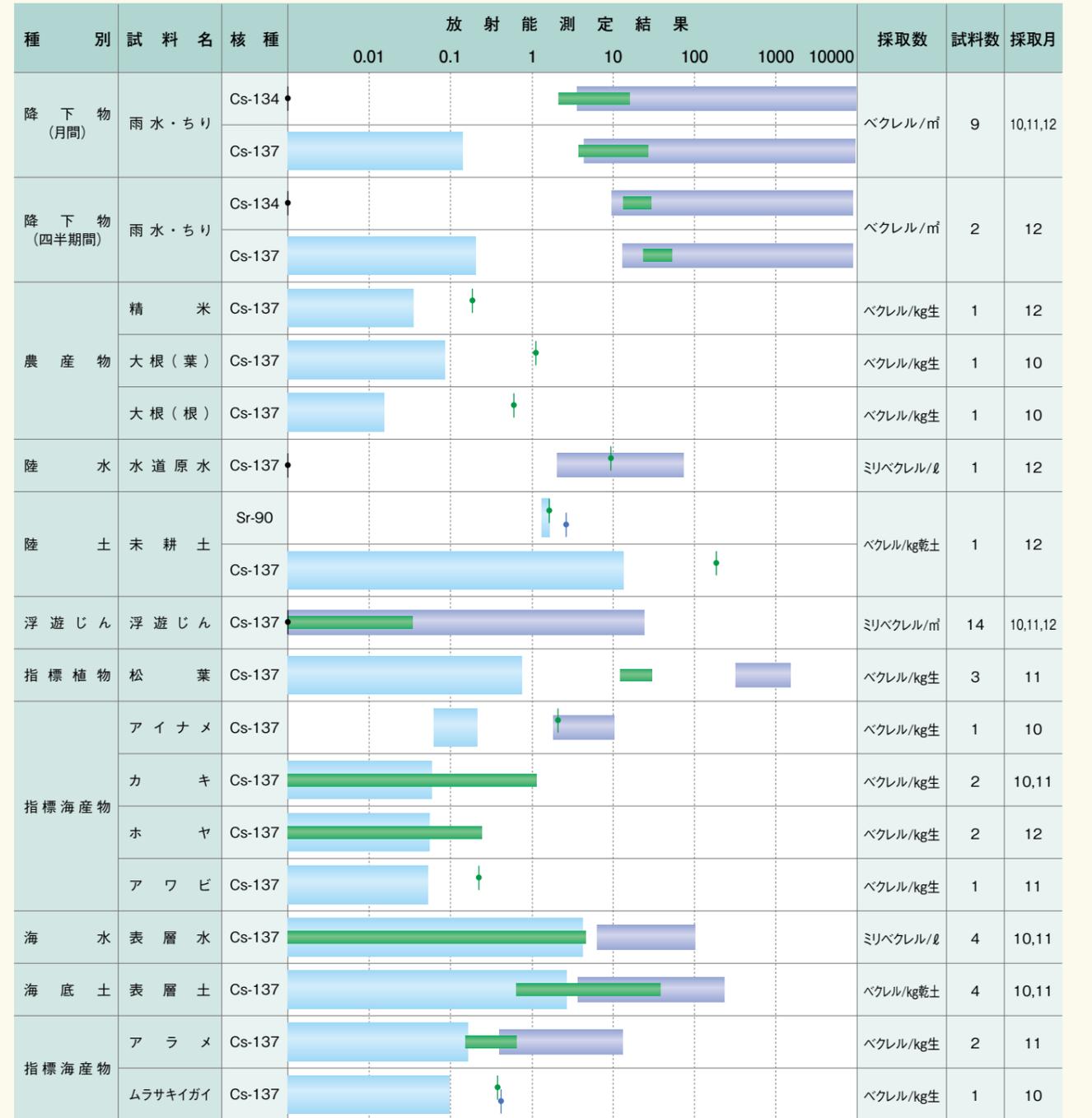
**用語説明** 【ナノグレイ(nGy)】放射線に関する単位で、「物質や組織が放射線のエネルギーをどのくらい吸収したかを表す吸収線量の単位」をグレイ(Gy)といいます。ナノグレイ(nGy)は、その10億分の1を表します。

【ベクレル(Bq)】放射能を表す単位で、1ベクレルとは「1秒間に1個の原子が壊れ、放射線を放出すること」を表します。

## 2 環境試料中の放射能濃度

環境試料については、東京電力(株)福島第一原子力発電所事故前の測定値の範囲を大きく超える放射能濃度が測定されましたが、その原因は同発電所事故によるものと考えられることから、女川原子力発電所による環境への影響は認められませんでした。

### 平成24年10月～12月

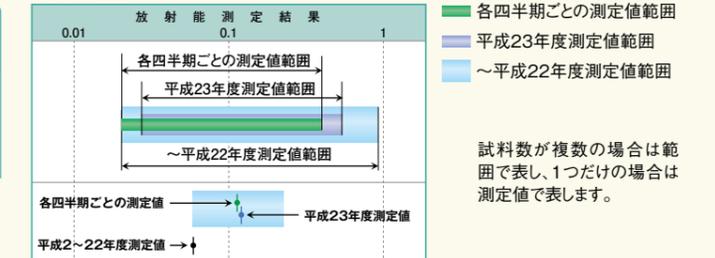


### H24.10～12月の調査で検出されなかった試料と核種

試料名	核種
陸水、海水(表層水)	H-3
精米、アイナメ、表層土(砂)	Sr-90
海水(表層水)、アラメ	I-131

※核種/H-3…トリチウム Sr-90…ストロンチウム90 Cs-134…セシウム134 Cs-137…セシウム137 I-131…ヨウ素131

### グラフの見方



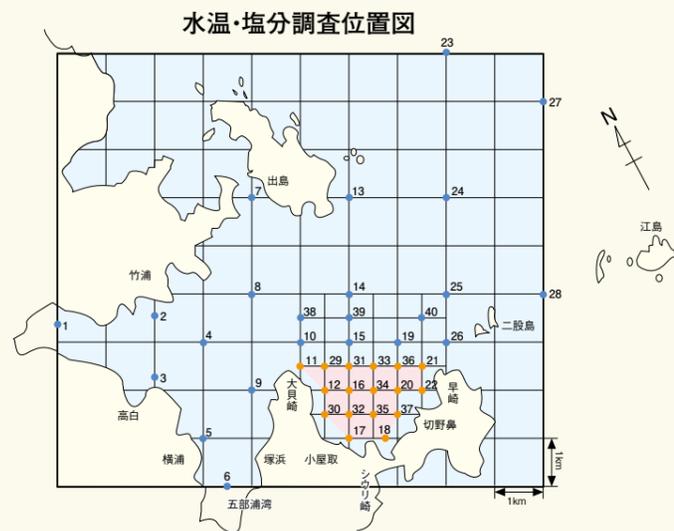
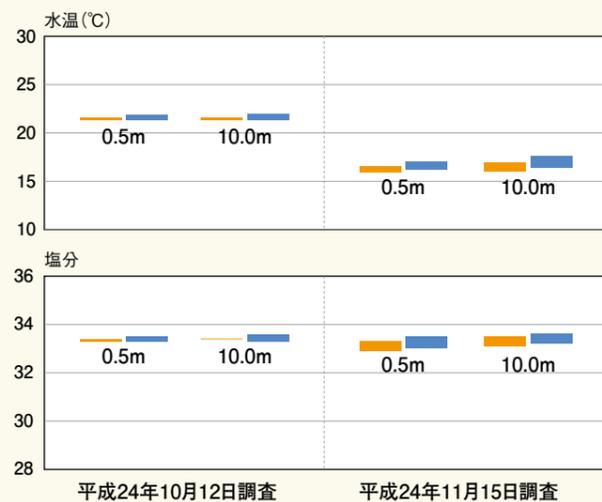
# 女川原子力発電所周辺の 温排水調査結果

平成24年10月～  
平成24年12月

今期の調査の結果、女川原子力発電所周辺において  
温排水によると思われる異常な値は、観測されませんでした。

## 1 水温・塩分調査

今期の調査結果から、温排水によると思われる異常な値は、観測されませんでした。



前面海域 周辺海域

注1 前面海域とは大貝崎と早崎を結ぶ線の内側(調査点11,12,16,17,18,20,21,22,29-37)をいいます。また、周辺海域とはその他の調査点をいいます。

注2 グラフ中の0.5m、10.0mは、調査水深を表しています。

## 用語説明

### 温排水

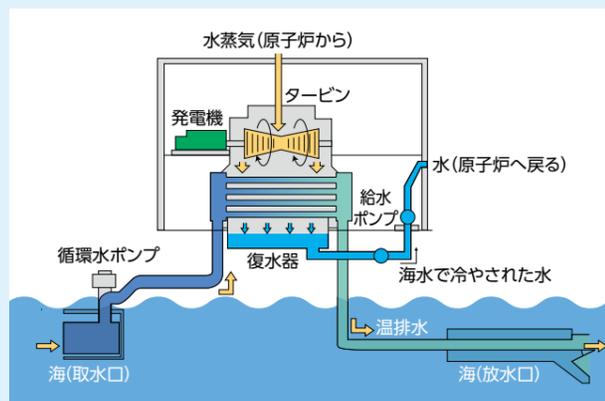
原子力発電所や火力発電所では、蒸気力でタービンを回して電気を作っています。

タービンを回した後の蒸気は、海水で冷やされて水に戻ります。この蒸気を冷やした後の海水は、取水した時の温度より少し上昇して海に戻ります。これを「温排水」と呼んでいます。

また、温排水が持つ熱エネルギーを有効利用するため、さまざまな研究に取り組んでいる発電所もあります。

#### 温排水の活用事例【関西電力(株)高浜発電所】

- 温排水を利用した温室による洋ラン栽培。
- 温排水利用による魚介類(アワビ、サザエ、マダイ)の増養殖。



## 2 水温連続モニタリングによる水温調査

今期の調査結果から、温排水によると思われる異常な値は、観測されませんでした。

### (イ) 水温測定範囲

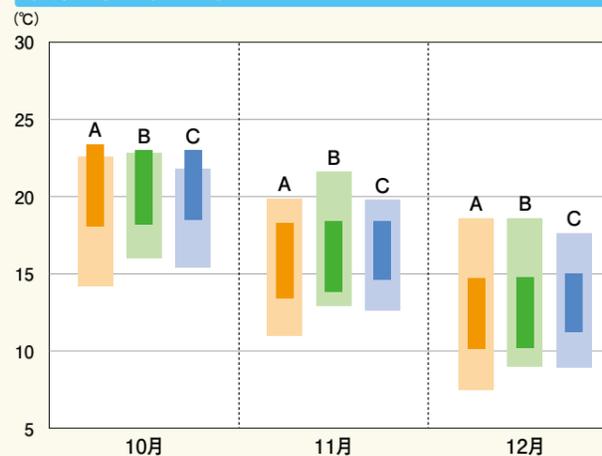
#### グラフの見方

水温連続モニタリングにより  
海水温を測定しています。



- A: 女川湾沿岸 (St.1~5,11)
- B: 前面海域 (St.6,8,9,12,14)
- C: 湾中央 (St.7)

### 平成24年10月～12月

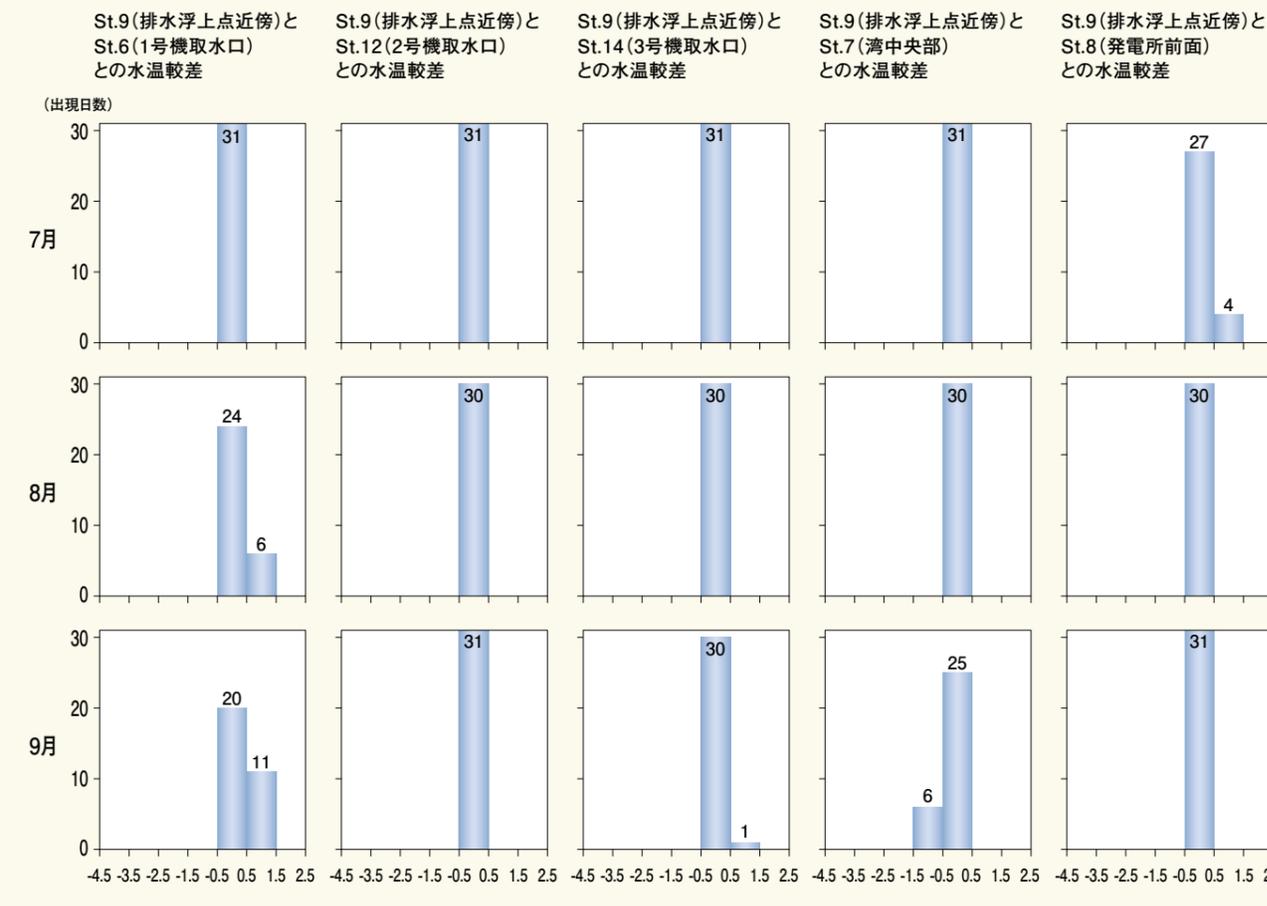


### 水温調査(モニタリング)位置図



### (ロ) 測定点間の水温較差

#### 平成24年10月～12月



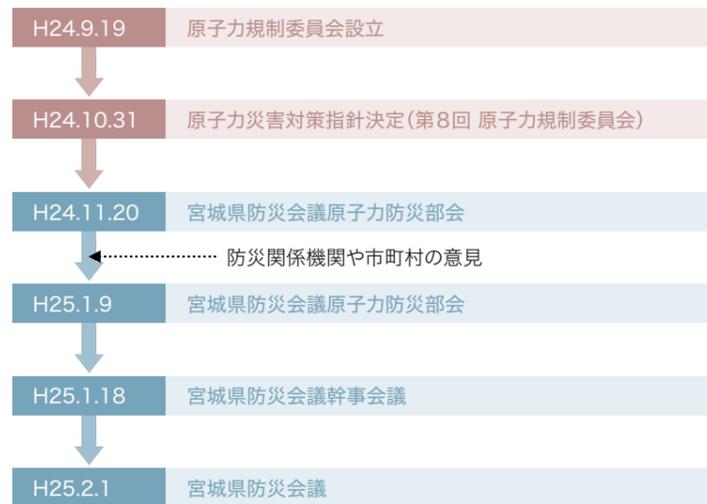
# 宮城県地域防災計画(原子力災害対策編)を修正しました

## 地域防災計画修正の経緯

防災機関等を構成員とした宮城県防災会議は、原子力災害対策を強化するため、平成25年2月1日に宮城県地域防災計画(原子力災害対策編)を修正しました。

これは、東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故を踏まえて改正された「原子力災害対策特別措置法」や、同法の規定により原子力規制委員会が新たに策定した「原子力災害対策指針」に基づくものです。

計画の修正にあたり、宮城県防災会議原子力防災部会が開催され、専門的な審議が行われました。その後、宮城県防災会議幹事会議の審議を経て、2月1日の防災会議において決定されました。



防災会議原子力防災部会  
(関係市町の首長、学識経験者等)



防災会議幹事会議(指定地方行政機関、自衛隊等)



防災会議(法で規定される機関の長等)

## 主な修正事項

国際基準に基づく新たな考え方が導入されました。

### 新たな防災対策範囲の考え方

#### ① 予防的防護措置を準備する区域(PAZ)

(Precautionary Action Zone)

放射線による確定的影響を回避するため、放射性物質が放出される前に迅速な防護措置(避難など)を実施するエリアで、原子力発電所から概ね5kmの範囲が該当します。

#### ② 緊急時防護措置を準備する区域(UPZ)

(Urgent Protective action planning Zone)

放射線による確率的影響のリスクを最小限に抑えるための防護措置(避難や屋内退避、飲食物の摂取制限など)を準備するエリアで、原子力発電所から概ね30kmの範囲が該当します。



具体的には、市町内の行政区画を1つの単位としてPAZ及びUPZが設定されています。

## 初動対応のしくみ

### ① 緊急時活動レベル(EAL)

(Emergency Action Level)

放射性物質の放出前から迅速な防護措置を行うための判断基準として、原子力発電所の状態に応じた緊急事態区分が導入されました。

### ② 運用上の介入レベル(OIL)

(Operational Intervention Level)

放射性物質の放出後、放射線の値や放射性物質の濃度などの測定結果から防護措置を行うための判断基準が導入されました。

### 従来のしくみ

- 原子力発電所の敷地で測定している放射線がある値に至った場合、防護措置を開始
- その後、SPEEDIなどで予測される線量に応じた防護措置を実施

### 新たなしくみ

- 原子炉の水位や温度などで原子力発電所の状態を判断し、放射性物質が放出される前に緊急事態区分に応じて行動を開始
- その後、放射性物質が放出されてしまった場合、緊急時モニタリングなどを迅速に実施し、結果に応じて防護措置を実施

原子力災害時には、地域防災計画に基づき、防災行政無線やテレビ・ラジオ、インターネット等の様々な手段を通じて、避難や屋内退避、飲食物の摂取制限等の防護措置についてお知らせします。皆様には、特に原子力発電所に近い地域の方々の避難等にご配慮いただくとともに、自治体や警察、消防職員などの指示に従って落ち着いて行動していただきますよう、ご理解とご協力をお願いします。

## 原子力災害対策のための設備や資機材の整備

原子力災害対策のため、放射線測定器や気象測定器を搭載したモニタリングステーションを30kmの範囲に新たに10か所増設しています。詳細はP12お知らせコーナーをご覧ください。

また、安定ヨウ素剤や防災資機材の配備、各市町村との通信連絡設備(テレビ会議システム等)の整備などを進めています。



防災業務従事者用資機材(タイベックスーツ、サーベイメータ) テレビ会議システム



## 原子力防災対策センター(オフサイトセンター)

東日本大震災の津波により、関係機関が集まって対策にあたるための原子力防災対策センターは全壊してしまいました。このため、現在は独立行政法人産業技術総合研究所東北センター内に暫定の原子力防災対策センターが設置されています。

今後、センターを再建するにあたっては、改正された省令の要件に基づき、施設や設備の整備を行っていく予定です。



暫定原子力防災対策センター

## 今後の原子力災害対策

原子力規制委員会では、引き続き原子力災害対策について検討していくこととしており、宮城県防災会議では、引き続き原子力災害対策の強化を努めていくこととしています。

# お知らせコーナー

## 県内に新しくモニタリングステーションが設置されます。

東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故を受け、東北電力株式会社女川原子力発電所から30kmのUPZの範囲に、放射線測定器と気象測定器を搭載したモニタリングステーションを県内10か所に新たに設置し、モニタリング態勢を強化します。

モニタリングステーションは、各測定器によって空間ガンマ線線量率、風向、風速、雨量及び感雨を24時間連続して測定し、そのデータを10分間隔で環境放射線監視システムに出力します。出力されたデータは、インターネットで誰でも見ることができます。



モニタリングステーション



宮城県のインターネットサイト(平成25年4月から閲覧可。URLは現在準備中のため、原子力安全対策課のホームページでお知らせいたします。)

## モニタリングステーションは、UPZ圏の各市町の10か所に設置します。



モニタリング設備の設置場所

- 1 稲井公民館(石巻市)
- 2 石巻市河北総合支所(石巻市)
- 3 石巻市立北上中学校(石巻市)
- 4 河南中央公園(石巻市)
- 5 石巻市立大須小学校(石巻市)
- 6 登米市津山総合支所駐車場(登米市)
- 7 東松島市鳴瀬総合支所(東松島市)
- 8 大谷地運動広場(涌谷町)
- 9 小島集落センター(美里町)
- 10 志津川自然の家(南三陸町)

## 原子力だよりみやぎ

宮城県環境生活部原子力安全対策課  
仙台市青葉区本町三丁目8番1号

Tel.022-211-2607 Fax.022-211-2695

<http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/gentai/>

原子力だよりみやぎへのご意見ご感想がありましたら、下記までお願いします。  
E-mail: [gentai@pref.miyagi.jp](mailto:gentai@pref.miyagi.jp)

この広報誌は25,000部作成し1部あたりの単価は約36.2円となっています。



環境に優しいベジタブルインキと再生紙を使用しています