

## 1. 挨拶

### 挨拶1 筑波大学学長 永田恭介（代読；三明康郎研究担当副学長）

三明でございます。学長の代わりに代読させていただきます。本日は多くの方々に、しかも遠路からもご参加をいただきありがとうございました。また、ご講演いただく皆さま、およびご挨拶いただく皆さまには、お忙しい中お引き受けいただき厚く御礼申し上げます。

さて、2011年3月11の巨大地震の津波は、岩手・宮城・福島の3県を中心に未曾有の被害をもたらし、その後発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故では、原子炉施設由来の放射性物質の大量拡散が起きてしまいました。その結果、種々の環境媒体、さらには農作物や飲料水などによって放射線物質の汚染が発生し、住民、農業および産業に極めて深刻な被害を与えました。この原子力災害により、福島県では、発生より2年4ヶ月が経過した今でも15万人の方が避難していると言われております。

筑波大学は、事故発生直後からさまざまな復旧・復興支援対策を行ってまいりました。当時のアイソトープ総合センターの活動は後ほど紹介があると思いますが、学内には放射性物質の環境移行の調査を専門的に行っていたグループもございます。しかしながらセシウム137は長寿命であり、今後は環境媒体や食品に含まれる放射能の実態把握に加えて、長期的な環境汚染の実態を提示することが関係研究機関の大きな役割であり、またこれらは今後の対策を立てる上でも極めて重要でございます。そのため、今後の研究の重点を、環境中の放射性物質の移行過程にしていく必要があると考えております。

このような経緯から、福島原発事故後、特に放射性物質の環境動態の解明という観点から、筑波大学は一致して協力できる体制を作るために、アイソトープ総合センターの拡充改組を計画いたしました。2011年12月に副学長、学長補佐および関係者からなる新センター設置準備委員会を設置し検討を始めました。

本学は今後の放射能環境影響評価に欠かせない大気、水、土砂を総合的に研究してきた陸域環境研究センターを保有してございました。設置準備委員会における検討の中で、新しいセンターに陸域環境研究センターの機能を加えることにより、福島原発由来の放射性物質の今後の環境移行を、より学際的な観点から総合的に研究できるのではないかという新しい方向性が出てまいりました。こうした連携や今後における長期的な影響観測の必要性を踏まえ、放射性物質の長期的な環境影響の把握を行うための、わが国の大学の中心的機関とするべく、アイソトープ総合センターを核に、陸域環境研究センターの機能、さらには放射能問題に実績を有するグループを加えるという改組を学内措置で行い、平成24年12月1日にアイソトープ環境動態研究センターを設置したところでございます。

一方この間、福島大学には、温帯多雨地域として世界で初めて原発事故の影響を受けた地域に立地する国立大学として、環境放射能の動態と長期的影響の解明に取り組む環境放射能調査研究の先端研究拠点を形成するをいたしまして、環境放射能研究所の設置構想をうち出しました。この計画は、平成25年3月に国立大学改革強化推進事業選定事業として

採択なされまして、この7月1日に研究所が立ち上がったと伺っております。

この環境放射能研究所では、環境放射能の動態と長期に渡る影響を科学的に解明するため、国内外の実績ある大学や研究機関等との互いの強みを生かした緊密な連携と協力を生かすべく、共同運営体制をうち出しておりますが、この事業の構想段階から協力機関として関わっておりましたことから、アイソトープ環境動態研究センターに対応機関としての役割も持たせることにいたしました。

筑波大学は、アイソトープ環境動態研究センターを全学体制でサポートすることとし、専任教員の選出とそのセンターへの配置を決定したところでございます。アイソトープ環境動態研究センターの専任教員は、恩田教授を中心にこれまでに国際原子力機関と長年共同研究を行ってきた実績がございます。事故直後より特に森林からの放射性物質の移行に関するデータを蓄積してまいりました。

一方、筑波大学アイソトープ環境動態研究センターの放射線施設には、ウラン、プルトニウムを含む多くの核種を扱う使用許可というものを得た上に、また放射性核種の高性能分析のための施設も備えてございます。

さらに、環境動態予測部門は長さ 150 メートルの大型水路や造波水槽も有しており、自然現象・環境を再現し、コントロールした放射性物質の動態評価やモデル化の研究を展開することができると考えてございます。

筑波大学は被災地に近く、さらに日本原子力研究開発機構や国立環境研究所、農業環境技術研究所、および森林総合研究所など、それぞれ原発事故対応を行っている機関とも距離的に近いというメリットがございます。これらの機関と連携をとりながら研究を展開することで、より大きな成果が期待されるとともに、その社会観念も促進することができると考えてございます。

アイソトープ環境動態研究センターには、各研究機関のみならず国際的な研究機関をつなぐ役割も果たしてほしいと思っております。筑波大学アイソトープ環境動態研究センターはまだできたばかりでございますが、今後の多方面に渡る活動成果をとみに期待するところでございます。これからも本センターにご支援とご鞭撻を賜りますよう、お願い申し上げます。

最後に、本日ご列席いただきました皆さまに再度御礼を申しあげ、学長あいさついたします。平成 25 年 7 月 31 日、筑波大学学長 永田恭介、以上、代読させていただきました。

## 挨拶 2 文部科学省研究振興局学術機関課長 木村直樹氏（代読；学術機関課長補佐、杉浦健太郎氏）

杉浦です。筑波大学アイソトープ環境動態研究センター設立記念シンポジウムの開催にあたりまして、一言ごあいさつを申し上げます。

本センターは、国内外の研究機関との共同研究の実施とデータの共有・公開を目指して、他の大学や研究機関との連携を含め、長期的な環境汚染予測に取り組むために、アイソトープ総合センターおよび陸域環境研究センターを母体として昨年 12 月に設置されました。永田学長、松本センター長をはじめといたしまして、関係の皆さまのご尽力により本センターが着実に発展しておられることに対しまして、深く敬意を表する次第でございます。

東日本大震災に起因する福島第一原子力発電所事故の対応につきましては、政府の原子力災害対策本部が決定した環境モニタリング強化計画により、国において放射性物質の蓄積量や移行状況の詳細な調査を実施してきており、その中で筑波大学は多大な貢献をなされているというふうに伺っております。

アイソトープ総合センターは、昭和 50 年の設置のあと、長期に渡り適切に放射性同位元素および放射線関連施設設備の管理、技術指導を行うとともに、放射性同位元素および放射線を要した研究を推進してこられました。また、陸域環境センターは、実験・観測・モデリングの手法を駆使して、環境変動のダイナミクスについて研究を行ってこられました。このような実績を有する両センターが有機的に結びつくことにより、相乗効果が発揮され、放射性物質の環境動態研究が大いに進むものと期待をされます。

今後、本センターが放射性物質の化学形態の解明や、除染研究、環境移行研究をけん引され、大学間はもとより幅広い研究機関、国際機関を繋ぐ役割を果たしていかれるものと期待しております。文部科学省といたしましても、その支援に最善を尽くしてまいりたいというふうに考えております。

最後に、ご出席の皆さま方の研究が、ますますの成果を上げられますと共に、アイソトープ環境動態研究センターのご発展を祈念いたしまして、あいさつとさせていただきます。平成 25 年 7 月 31 日、文部科学省研究振興局学術機関課長 木村直樹、代読、杉浦でございます。ありがとうございました。

### 挨拶3 環境省大臣官房審議官、水・大気環境局担当 平岡英治氏

ただいまご紹介いただきました環境省の大臣官房審議官、水・大気環境局を担当させていただいております平岡と申します。本日はアイソトープ環境動態研究センター設立記念シンポジウムのお招きいただきまして、誠にありがとうございます。

昨年設立以降、大変着実な新見地の進展をみられているということで、関係者の皆さまに敬意を表する次第でございます。また、環境省のさまざまな行政に対しまして、いろいろとご助言、アドバイス、ご指導をいただいておりますことにつきましても、あらためてお礼を申し上げます。

さて、環境省でございますが、福島第一原子力発電所事故後、放射性物質によって汚染された地域の、サイト外の地域の除染を担当させていただくことになってございます。放射性物質汚染対処特別措置法というものが制定されまして、平成24年1月に完全施行ということでございます。これに基づきます除染活動を進めてきておるわけでございます。避難指示区域となっております11の市町村におきましては、国が環境省直轄で除染を行います。またそれ以外に、100近い市町村が指定されておるわけでございますけれども、ここにつきましては、国の負担で市町村のほうで中心となって除染をしていただくということで進めてきているところでございます。まだ道半ばでございますが、順調に進んでいる部分では、すでに町によっては一通りの除染を終えたところもございますが、必ずしも順調に進んでいないところもございます。特に福島県内の除染につきましては、さらなる除染の加速化をしていかなければならないという状況でございます。現在、この除染作業の進捗の点検ということを進めてございまして、これを踏まえながら各市町村、関係機関とも相談しながら、除染というものはそのあとに住民の帰還や復興ともつながっていくものであるということもございまして、そういったものにはしっかりと対応できるような除染の活動を進めていきたいと考えております。

また除染に関しましては、現在は生活環境の放射線量を下げるということを主たる目的に実施してございますが、課題といたしましては、森林の除染をどうするのかとか、河川・湖沼についてはどう扱っていったらいいのかということ、あるいは、現在高線量の地区につきましては、現時点では除染の対象としておりませんが、今後どのように考えていくのかということもございまして、また、一度除染をした後に、モニタリング等続けた上でさらに汚染するようなことがあるのかどうかということ、そこをさらに除染する必要があるのかといったことがございまして、こういった点についてもいろんな知見を踏まえて今後検討していかなければいけないということでございますので、こういった研究の進展において期待しているところでございます。

2点目は、環境行政そのものでございますけれども、環境基本法というものが一番上位の法律としてあるわけですが、これにつきましては、昨年、原子力規制関係の法改正が見直されたのと同時に環境基本法の改正が行われました。放射性物質による環境汚染、これは従来適用除外となっておった部分でございますが、適用除外ではなく環境基本法の体系の

中で放射性物質も扱っていくことになっております。これを踏まえまして、大気汚染防止法ですとか水質汚濁防止法という伝統のある法律でございますけれども、この6月21日にあらたな法律が公布されまして、放射性物質による大気汚染、水質汚濁についてもこの法律で扱っていくということになっております。環境中の放射性物質の常時監視ということをもまずはしっかりやっていく必要がございます、そのあり方についても検討しようということにしております。

このあたりにつきましても、すでに環境省ではモニタリング等取り組んでおりますけれども、常時監視の中で得られてきたデータを社会にも適用させていただいて、動態解明等の研究にも役立つような形ができればと思っております。動態解明の関係につきましても、こういった除染の活動でありますとか、モニタリング活動の行政的な対応を進めるにあたっての基盤という意味で非常に重要な分野であると承知しております。環境省も、国立環境研究所のほうでいろいろやっただくようお願いしておりますが、併せて福島の方でも検討されております、福島県の環境創造センターにつきましても、環境省として全面的にご支援申しあげたいということで対応しております。ここには、原子力研究開発機構、国立環境研究所、その他研究機関が参画されるという期待をしておりますけれども、こういった研究機関の連携で福島の復興の一つの大きな柱として、動態研究環境改革といったことを中心としたセンターが機能することを非常に期待しております。

そういう意味でも、筑波大学のアイソトープ環境動態研究センターをはじめ、さまざまな研究機関の活発な研究活動、そして、これが福島のセンターに結集するような状況が今後生まれてくることを非常に期待しております。

いずれにしましても環境省といたしまして、放射性物質の対処に全力を尽くしていこうということでございますので、引き続きご支援をお願いいたしまして、本日のごあいさつとさせていただきます。どうもありがとうございました。

#### 挨拶 4 林野庁森林整備部研究指導課長 池田直弥氏

ただ今ご紹介いただきました、林野庁森林整備部研究指導課長の池田でございます。本日は、筑波大学アイソトープ環境動態研究センターの設立に際しまして、記念シンポジウムがこのような盛大に開催されましたことを、心からお祝い申し上げます。

皆さまご承知のとおり、平成 23 年 3 月の東日本大震災に際しまして発生しました、東京電力福島第一原子力発電所の事故により、大量の放射性物質が拡散されました。いまだに福島県では帰宅を許されない多くの住民がいらっしゃるなど、深刻な状態が続いております。このような中で森林における放射能汚染の実態把握や、放射性物質の挙動に関するメカニズムの解明が、極めて重要な課題となっております。

筑波大学では、原発事故後の早い段階から、他大学や他の機関と連携しながら、特に森林地域における放射能汚染の実態把握のための観測体制を敷かれ、多くの研究成果を上げてこられました。林野庁におきましても、筑波大学をはじめとする関係機関と連携しながら、森林における放射性物質対策のための技術の検証・開発、あるいは国有林における実証事業などに取り組んでいます。また今年度は、公的主体による単発の森林整備と、放射性物質対策を一体的に行う林業再生対策や、当面森林経営が難しい地域における流出防止対策の検討に必要な緊急的な調査を進めているところでございます。

このような中で、この筑波大学におきまして、これまでの伝統的な水文学を基礎としつつ、除染をはじめとした具体的な放射能汚染対策に資することを、研究の大きな目的の一つとして当センターが設立されましたことは、まことに有意義なことであり、今後の成果を大いに期待する次第であります。この設立記念シンポジウムの後半には、当センターの研究活動と今後の方針が紹介され、また、シンポジウムの終了後には情報交換がなされるとのことですので、実りある議論がなされますことを期待しております。

最後になりましたが、筑波大学アイソトープ環境動態研究センターのますますのご発展と、ご列席の皆さま方のご健勝を心から祈念しまして、お祝いの言葉とさせていただきます。本日はおめでとうございました。

## 挨拶 5 日本原子力研究開発機構 福島環境安全センター長 石田順一郎氏

ただ今ご紹介いただきました、日本原子力研究開発機構 環境安全センター長の石田でございます。本日の筑波大学アイソトープ環境動態研究センター設立記念シンポジウムの開催にあたりまして、一言お祝いの言葉を述べさせていただきます。アイソトープ環境動態研究センター、昨年12月1日に設立されたと先ほど伺いましたが、まずは心よりお祝いを申し上げます。

私ども原子力機構（JAEA）は、わが国の原子力に関する総合的な研究開発機関としての責務を果たすべく、2011年3月の福島原子力発電所の事故以来、その終息に向けて総力を挙げてさまざまな活動を行うとともに、現在も継続して対応中でございます。私が所属しております福島技術本部 福島環境安全センターにおきましては、大きく3つの事業を展開しております。

1つは福島地区における関係機関との連携・協力、それから2つ目は環境モニタリング・マッピング、そして3つ目が環境回復に向けた研究開発を進めているところでございます。私どもは多くの機関と協働で研究を進めておりますが、こちらの筑波大学の皆さまには、研究委託という形でこれまでも密接にご協力をいただいております。

現在、避難を余儀なくされている住民の皆さまの帰宅計画や除染計画を効率的に実施するための一環として、航空機による広域の環境モニタリングやマッピングを進めております。この内容についてはこの後のセッションでも詳しく説明しますが、そういったモニタリングの精度を上げるために、現地での地道な調査や観測が不可欠となります。筑波大学の皆さんには、特にこの方面で信頼できるデータを多数提供していただいております。

筑波大学アイソトープ環境動態研究センターは、福島原子力発電所の事故を契機に新たに設立されたものというふうに考えておりますが、これは、体制を整えることで、筑波大学全体として、今まで以上に積極的にこの問題に取り組んでいこうという意思表示だと思われれます。同じ問題を抱えるわれわれとしましては、非常に心強く感じているところでございます。そして、これまで以上に、密接にご協力いただければと願っております。

最後になりますが、アイソトープ環境動態研究センターの今後のご発展と、本日のシンポジウムのご成功、さらには、本日ご列席の皆さま方のご健勝を心から祈念いたしまして、お祝いの言葉とさせていただきます。本日は本当におめでとうございました。

## 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター設立の経緯とミッション

アイソトープ環境動態研究センター長  
松本 宏

アイソトープ環境動態研究センター長の松本でございます。本日は、皆さまご多用の中、私どもの設立記念シンポジウムにご参加くださり、厚く御礼申し上げます。

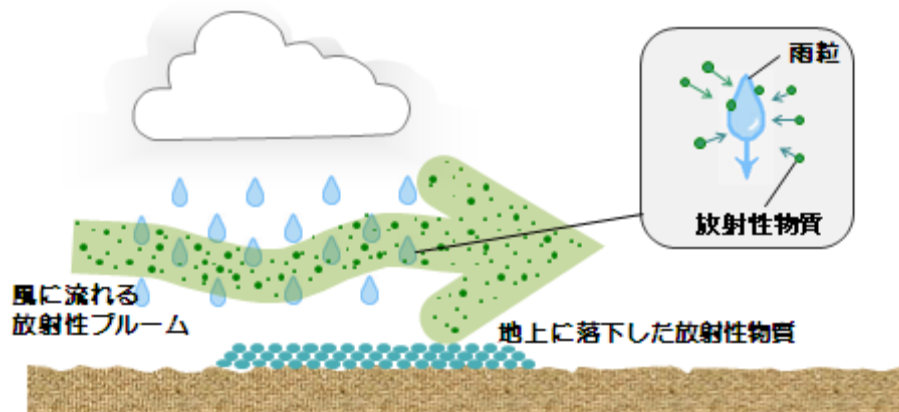
さて、本シンポジウムを始めるにあたり、私からセンター設立の経緯とセンターのミッションについてご説明申し上げます。



## 2011.3.11 東北地方太平洋沖地震



2011年3月11日の東北地方太平洋沖での巨大地震は、東日本地域に想像を絶する被害を及ぼしました。このように地殻が大きく動き、さらに発生した巨大津波は、福島第一原子力発電所の爆発事故につながってしまいました。



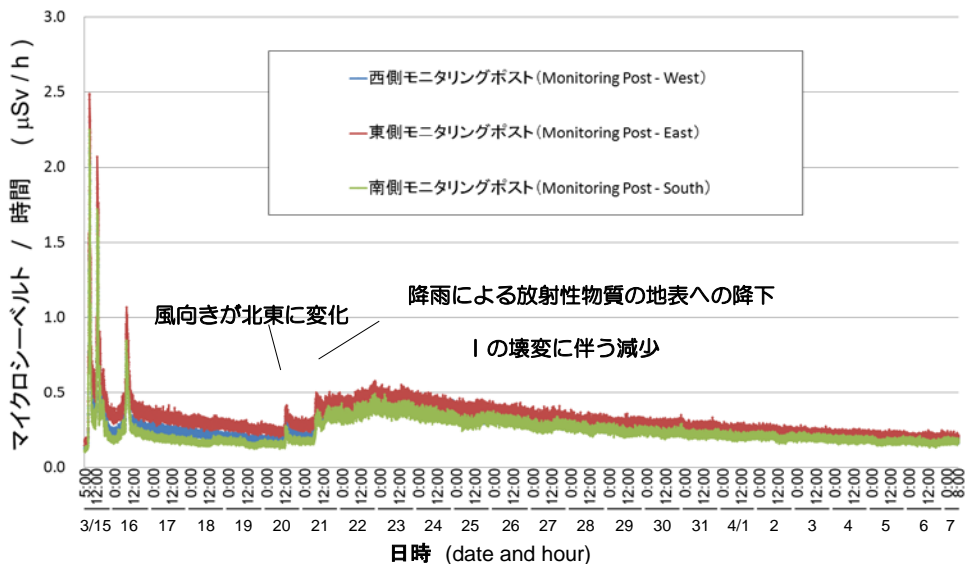
放射性物質はエアロソル（気体中に浮遊する微粒子）として放出され、上空を煙のような形で流れる放射性雲（プルーム）として風で運ばれた。

3/15 午前 北から北東風（南から南西へ流れた）

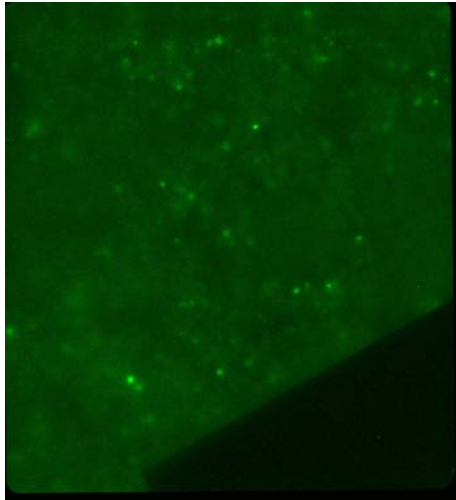
同日 午後 南西風で北西側に流れた。夕方、南下してきた雨雲と重なり、放射性雲に含まれる放射性物質が降雨により原発の北西側に落下した。

爆発によって放出された大量の放射性物質は、放射性プルームとして風に乗って風下方向に運ばれ、ちょうど降雨のあったところで、雨粒の中に放射性物質が取り込まれて地上に落下しました。プルームの流れと降雨がたまたま重なったところで、放射性物質の地表への降下量が非常に多くなってしまいました。

## 筑波大学旧アイソトープ総合センターにおける 放射線量のモニタリングデータ: 大学HPで公開中



筑波大学の旧アイソトープ総合センターでは、地震4日後の3月15日から3つのモニタリングポストを動かして放射線の空間線量を測定してきました。ここに示しますように、3月の15日から16日にかけて、それぞれ短時間ですけれども地表面に近い大気中における3回の放射性物質の通過が捉えられております。その後、3月21日の関東地方南部の降雨では、空中の放射性物質の地上への落下が起きました。その後の追加の爆発がなかったこともあり、放射性物質は大気中からは検出されなくなりましたが、地表面からは高い放射線量が継続的に計測される事態となったわけです。その後、半減期の非常に短いヨウ素131の減衰により地表面からの線量は下がりましたが、ヨウ素が消失したあとは半減期の長いセシウムからの放射線の放出が続いております。



### 地面の I P 画像

I P 像から放射性物質が地表面に点状に付着している様子がわかる  
(I P は約 25cm で四方右下の黒い部分は鉛板遮蔽した部分)。

これは、ヨウ素 131 がだいぶ少なくなったと思われる時点で、大学構内の地表面の放射性物質をイメージングプレートというものを使って見たものです。この光っているところが放射線の出ているところになりますが、放射性物質が地表面で点状に観察されることから、降雨で落下したその部位の土壤に局部的に非常に強く吸着していることが推察されます。

## 旧アイソトープ総合センター



### 沿革：

昭和50年 省令施設としてアイソトープセンターが発足  
平成16年 国立大学法人化時に研究基盤総合センターアイソトープ部門となる  
平成18年 アイソトープ総合センターに改組

### 管理・教育：

・ アイソトープ総合センター、医学医療系アイソトープ施設、生命環境系アイソトープ施設の

#### 維持・安全管理

- ・ 放射性同位元素を用いたセンター利用研究への支援
- ・ 放射線業務従事者に対する教育訓練、放射線と放射能に関する市民教育事業の推進
- ・ 学内X線装置の管理および使用者教育
- ・ 学内の核物質の管理

### 施設を用いた研究：

放射線利用： 陽電子消滅, メスバウアー効果, PACを用いた物性研究

放射化分析： 微量元素分析, 環境汚染研究

トレーサー利用： 生体内微量元素分布, 生物の代謝経路研究, 輸送体タンパク質研究,  
遺伝子・タンパク発現解析

環境放射能： 地質年代測定, 微量元素の環境循環, 地形学への利用, 化学反応機構の解明,

その他： 新規機能性物質開発, 新規標識化合物合成, 放射性同位体イオン源開発

ここからは、アイソトープ環境動態研究センターの母体となった組織や、グループの活動についてご紹介いたします。まず、旧アイソトープ総合センターですが、アイソトープ総合センターは本学の開学と同時に省令施設として発足をいたしました。平成16年の国立大学法人化時に、研究基盤総合センターの一部門となりましたが、その2年後にやはり放射線等の管理が重要だということで、再び独立してアイソトープ総合センターに改組されております。そこが担当してきた管理・教育でございますが、全学の放射線施設の維持・安全管理、放射性同位元素を用いた研究の支援、放射線業務従事者に対する教育訓練、放射線と放射能に関する市民教育事業の推進、それから、学内のX線装置の管理および使用者教育、さらには、学内の核物質の管理等でございます。また、ここを使って行われてきた研究は、放射線を利用した学習・研究。放射化分析に関するもの、放射性物質をトレーサーとして利用する研究、それから、環境放射能等の研究と、非常に多岐に渡っております。

## 原発事故後のアイソトープ環境動態研究センター(旧アイソトープ総合センター)における支援活動

種 類	活 動 内 容
○放射線のモニタリングおよび放射線量の測定に関する活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モニタリングポストによる空間線量の継続測定と筑波大学ホームページでの公表</li> <li>・関東地方の放射性核種ごとの汚染マップの作成</li> <li>・学内全域の空間線量の測定、学内水道や農産物に含まれる放射性物質の測定</li> <li>・文部科学省経由での依頼サンプルの測定</li> </ul>
○放射線に関する教育活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・筑波大学特別公開講座「放射線の科学」の企画と実施</li> <li>・県民大学講座「放射線の科学」の企画と実施</li> <li>・自治体等主催の放射線に関する講演会での講演（福島県内各地、つくば市、常総市、取手市、龍ヶ崎市、笠間市、利根町、茨城県教育委員会、水戸市教育委員会、茨城県東地区PTA協議会など30回以上）</li> <li>・学会等での特別講演</li> <li>・つくばサイエンスエッジにおけるワークショップの開催</li> <li>・カリキュラムにおける放射線関連科目の充実化</li> <li>・高大連携事業による高等学校での放射線生物学の講義</li> <li>・教員免許講習会における講義と実習プログラムの企画と実施</li> </ul>
○住民の被ばく調査関係活動への協力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・福島の一部帰宅者スクリーニングへの測定要員の派遣</li> <li>・洞峰公園でのスクリーニングへの参加</li> <li>・福島県伊達市における住民被ばく線量調査への技術協力</li> <li>・福島県いわき市からの住民被ばく検査体制に関する相談対応</li> </ul>
○自治体などからの放射線測定や放射能除染に関する相談対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>・線量測定や汚染除去等の相談対応（つくば市、取手市、土浦市、牛久市、龍ヶ崎市、利根町など）</li> <li>・つくば市放射線対策懇話会への協力</li> <li>・自治体作成の放射線に関するパンフレットの監修（土浦市、牛久市、利根町など）</li> </ul>
○自治体委嘱専門家としての活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取手市放射線アドバイザー（松本センター長）</li> <li>・利根町専門員（松本センター長）</li> </ul>

ここには、アイソトープ総合センターが原発事故対応として行ってきた活動をまとめました。非常に多岐に渡る支援活動をしてまいりましたが、それらは放射線のモニタリングおよび放射線量の測定に関する活動、放射線に関する教育活動、住民の被爆調査関係への協力、自治体などからの放射線測定や放射能の除染に関する相談や支援、それから、自治体の委嘱専門家としての活動等でございます。

様々な核反応で生成する放射性同位体について、それが放出する放射線や原子自体を測定し、その化学的特性・環境挙動などを調べる

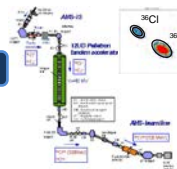
宇宙・地球・  
環境科学

核施設周辺の長寿命放射性核種の存在量(バックグラウンド)

南極氷床コア中の $^{36}\text{Cl}$ フラックス変動

石灰岩中の $^{36}\text{Cl}$ 濃度による侵食速度の推定

宇宙線生成核種や核実験・核施設などで放出された放射性同位体の環境中の分布



重元素の科学

113番元素発見

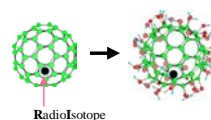
$^{104}\text{Rf}$ の化学挙動の解明

新元素探索およびRf, Dbなど超アクチノイド元素の化学的性質の解明

物質科学

放射性核種で標識された水溶性金属フラーレンの合成

新規機能物質としての放射性フラーレン類の研究



また、アイソトープ総合センターの専任教員の末木は、さまざまな核反応で生ずる放射線同位体について放射線や原子の状態を測定し、その化学的な特徴や環境中の挙動を調べるという、いわゆる放射化学を専門としております。

## 原発事故以降の研究活動

福島から東関東地域の放射性核種の降水量分布を独自に作成(2011年5月初めまでに)

➤ I-131, Te-129m, Cs-134, 136, 137

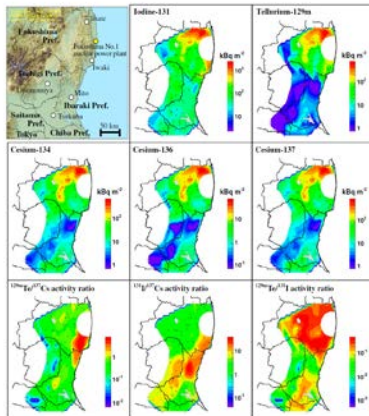
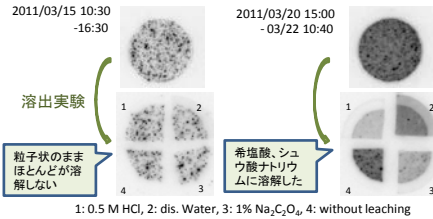


Fig. 8. Topographic map of the surround area including Fukushima and its adjacent prefectures; contour maps of depositions for  $^{131}\text{I}$ ,  $^{129\text{m}}\text{Te}$ , and  $^{134}\text{Cs}$ , and activity ratios for  $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ ,  $^{136}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ , and  $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  activities on March 28, 2011 are shown. Open circle indicates position of Fukushima plant.  
 N. Kinoshita et al, PANS, 108, 19526-19529 (2011).

筑波大学に飛来した放射性物質が時間経過とともに異なる化学状態をとっている



電気浸透法による土壌からのCs-137の溶出挙動

→ 土性および利用の仕方でも溶出挙動が異なる

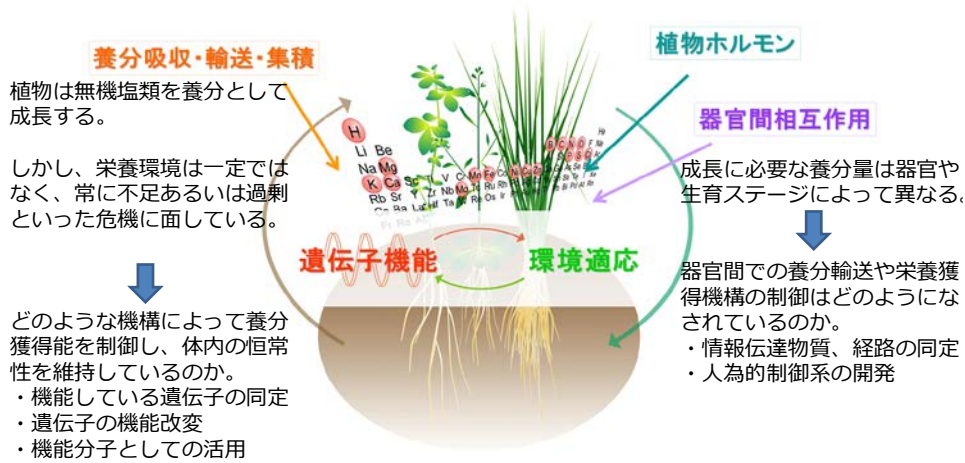
畑地では10%が電気浸透で移動するが、耕作した水田では全く移動しなかった

そして、末木は、原発事故後の活動として、福島から東関東地域にかけての放射性物質の降水量のマップを、独自に放射性物質の種類ごとに作成し、さらに地上に落下した放射性物質の化学的形態の時間的な変化や、吸着した土壌からの溶出特性について調べてきております。



# 陸上植物の環境適応と金属輸送

古川 純




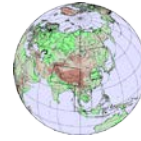
**植物の環境適応をヒントとして金属元素の吸収・輸送・集積機構を明らかにすることで、植物そのものの生育改善のみならず我々の生活に有用となる機能分子の獲得あるいはデザインへ。**  
**原発事故後：土壌から植物への放射性物質の取り込み、植物体内での挙動の解析**

また、専任教員の古川は、放射性同位元素を用いて、植物による金属元素の吸収や体内での輸送・集積などを研究しておりますが、原発事故後は、土壌から植物への放射性物質の取り込みや植物体内での挙動の解析に取り組んでまいりました。



1990年代：  アイソトープ環境動態研究センター  
C R I E D Center for Research in  
Isotopes and Environmental Dynamics  
大型プロジェクトの推進と改組へ

- 「アジアモンスーン・水循環研究観測計画」  
(GAME)
  - 国際的な枠組での日本主導によるアジア国際共同研究
  - 筑波大中心とする日本の研究者グループ
  - 学外：科研特定領域など(1996-2004)
  - 学内：地球環境変化プロジェクト(学内特プロ、1993-97)
  - センターの役割：  アジア各地への自動気象観測の展開

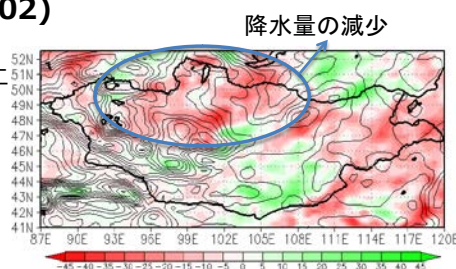


- 「陸域環境研究センター」への改組（2000年）

1990年代になりますと、日本が主導したアジア地域での気候変動研究で、筑波大学を中心として実施された GAME と呼ばれる国際大型プロジェクトの一翼を担ったことを契機として、水理実験センターは学内共同研究施設に改組され、2000年に陸域環境センターが発足いたしました。

- 学内共同研究施設へ改組(2000年)
- 競争資金による大型プロジェクトの推進を目標
- JST-CREST「北東アジア植生変遷域の水循環と生物・大気圏の相互作用の解明」(RAISE,2002)

- モンゴルにおける環境変動研究
- 筑波大学中心の国際大型プロジェクト
- センターの主要メンバーが参加。
- モンゴル政府から感謝状



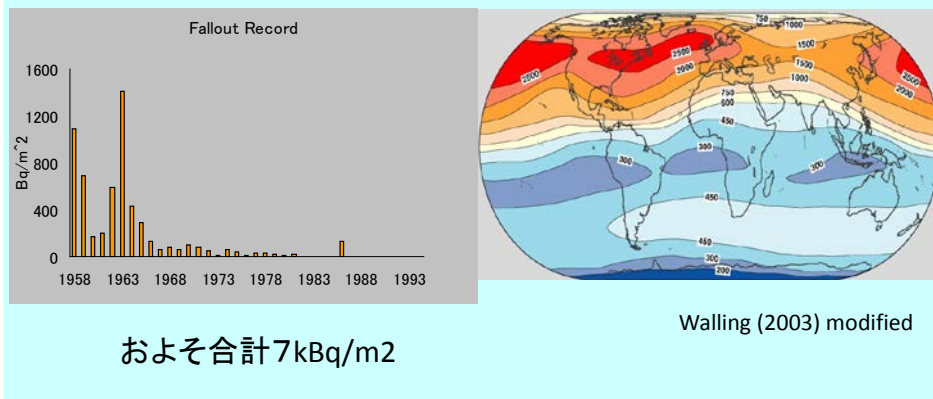
- IPCC温暖化予測関連プロジェクト
  - 人・自然・地球共生プロジェクト(文科省、2002-06)
  - 「気候シナリオ『実感』プロジェクト」(環境省総合推進費、2007-11)
    - 地域スケールの温暖化予測を担当

当時の陸域環境センターは、大型研究プロジェクトの推進の核となることをミッションとしており、いくつかの競争的資金によるプロジェクトで重要な役割を果たしました。例えば、2002年から5年間の、科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業の下でのプロジェクトでは、モンゴルの環境変化を取り扱い、温暖化によって降水量が減少することを予測しております。このプロジェクトの中では、陸域環境センターが中心的な役割を果たしました。このプロジェクトに関しましては、終了後にモンゴル国の環境大臣から感謝状が贈られております。また、IPCC関連の温暖化予測に関する、文部科学省や環境省のプロジェクトにおいても大きな研究成果を出しました。このように、これまで培ってきたシミュレーション技術、模型実験施設を生かして、福島原発由来の環境放射能の挙動研究に取り組むということになり、新しく設立されるアイソトープ環境動態研究センターに合流をいたしました。

## 恩田裕一：核実験起源のFalloutを利用した研究

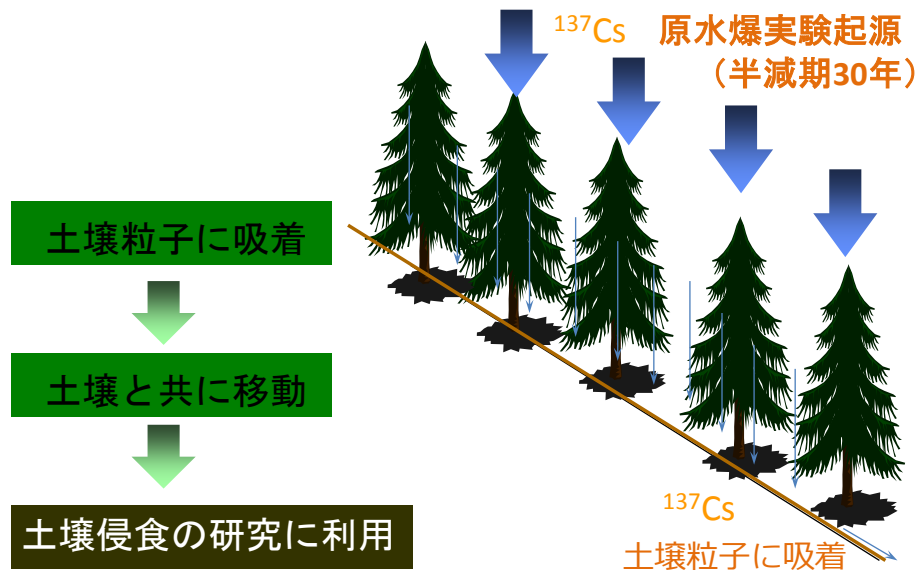
**Cs-137**（半減期30.2年）

起源：1950－1960年代に行われた核実験



アイソトープ環境動態研究センターの設立のもう一つの中核となったのが、恩田裕一教授の研究グループです。そこでは1950年代から1960年代にかけて行われた、大気中核実験起源のFalloutを利用した研究を行ってきました。この時期の核実験では、放射性物質が北半球に広く降下し、合計しますと平米当たり7,000ベクレルぐらいになったと推定されます。

## 大気圏核実験降下物を利用した土壌侵食研究



特にセシウム 137 は降下量が多く、かつ 30.7 年という長い半減期を持っています。また、土壌への吸着性が大きく、土壌が動けば動く。すなわち、土壌と共に移動するという特性を利用し、森林地帯を中心に土壌侵食の研究のためのトレーサとして用いてきました。

おもな研究活動



- FMWSE : 福島の陸域・水域における放射性物質の分布と移行に関する研究  
117,272,070円 (H23戦略推進費+3次補正)  
191,190,453円 (H24文部科学省3次補正)  
140,920,703円 (H25原子力規制庁委託業務)



- ISET-R (科学研究費：新学術領域研究 領域代表) : 福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態に関する学際的研究  
923,800,000円 (H24-H28)



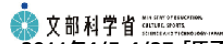
- AMORAD (フランス政府) :  
€287,568 (約¥36,650,000) (H25-H31)



- TOFU (JST・J-RAPID) : フランスLSCEと河川流域内における放射性物質の移行と下流域への影響評価  
2,350,000円 (科学技術振興機構)

恩田教授は、原発事故後これらの経験を生かし、多くの予算をいただいて大きな研究組織のリーダーとして、原発起源の放射性物質の環境動態に関する調査・研究をリードしてきました。

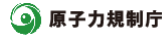
## 国内機関との協力



- 2011年4/5-4/27 「原子力発電所事故に伴い放出された放射性物質の分布状況等に関する緊急土壌測定調査」
- 「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会」放射線量等分布マップの作成のための土壌採取プロトコルの原案の作成。
- 「放射線量等分布マップ関連研究に関する報告書：6. 放射性物質の包括的移行状況調査」の執筆。
- 「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の第二次分布状況等に関する調査研究検討会」委員。



- 水環境モニタリング手法についての技術支援。



- 「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立に向けた検討会」



- 「東日本大震災復興支援委員会 放射能対策分科会」の特任連携会員として「提言：放射能対策の新たな一歩を踏み出すために」の執筆。
- 「総合工学委員会 原子力事故対応分科会原発事故による環境汚染調査に関する検討小委員会」委員。

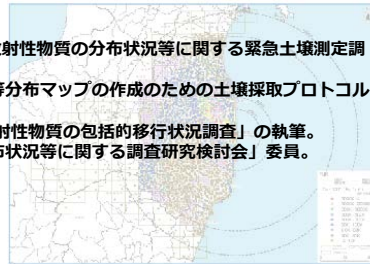
### 林野庁

- 「森林の除染・放射性物質拡散防止等に関する検討委員会」委員として「森林における放射性物質の除去及び拡散抑制等に関する技術的な指針」の策定に関与。



国会  
事故調査 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会

- 参考人として参席。



一方で、恩田教授は、文部科学省や環境省と協力した放射性物質の分布調査や、原子力規制庁、林野庁などの検討委員会の委員、さらには学会の提言作成の委員などとしても活動をしてきました。





IAEA(国際原子力機関)とTechnical Contract (No: 16791)を締結。  
 「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会」のための土壌採取プロトコルの原案の作成。

■ Japan PT

-2012年度:

IAEA環境ラボラトリーと恩田研究室による「第1回IAEA-筑波大学の協働による21の日本国

放射能測定機関による環境物質の放射性核種測定技能試験」JAPAN Proficiency Testを実施

-2013年度:

IAEA環境ラボラトリーと恩田研究室による「第2回IAEA-筑波大学の協働による50の日本国内放射能測定

機関による環境物質の放射性核種測定技能試験」JAPAN Proficiency Testを実施。



■ フランス放射性防御研究所(IRSN)と、森林における放射性核種の移行モデルについて調査および共同研究を行う。(仏政府・AMORAD)



■ JST/J-RAPIDの枠組みで、フランスのLSCE(気象環境科学研究所)と土壌や川や海等への環境汚染の研究。



■ 放射性物質の土壌侵食による移動の研究。(イギリス・Royal Society)



■ イギリスのプリマス大学と放射性物質の河川を通じた移行に関する共同研究。



さらに国際協力方面では、IAEA と協力して線量分布予測のための土壌採取法を定めたり、日本の測定機関における放射性核種の測定技能試験、いわゆる Japan Proficiency Test というものを実施したり、さらには欧米の大学や研究機関との共同研究も行っていました。

## アイソトープ環境動態研究センター設立までの経緯

原発事故後、アイソトープ総合センターや研究者個々のレベルでの様々な研究や支援活動

### 2011年12月

福島原発事故に筑波大学が一致して対応・協力できる体制を組む必要性から、アイソトープ総合センターの拡充改組が提案  
設置準備委員会（副学長、学長補佐、関係者）が設置

### 2012年1月～5月

設置準備委員会開催、学内措置での新センター設置の方向が出される  
陸域環境研究センターの合流について検討  
新センターの体制の検討（安全管理部と研究部の分離、それぞれの役割の明確化）人員配置（専任教員枠のセンターへの移行）の検討

### 2012年6月

平成24年度国立大学改革強化推進補助金により、福島大学から環境放射能の動態と影響を解明する先端研究拠点の整備構想が出る

このように、筑波大学では原発事故後、旧アイソトープセンターや個々の研究者レベルで、さまざまな支援活動が行われてきました。そのような中での今回の、アイソトープ環境動態研究センター設立に至る経緯ですが、2011年12月に福島原発事故に筑波大学が一致して対応・協力できる体制を組む必要があるということから、アイソトープ総合センターの拡充改組というものが提案され、副学長、学長補佐、それから私ども関係者が加わる設置準備委員会が作られました。2011年から1月から5月の検討の中で、学内措置でこのセンターを作ろうという方向が出されております。その過程で、陸域環境研究センターの合流について検討され、同時に新センターの体制の検討、それから人事配置等の検討が行われました。

今日は福島大学の高橋副学長にお越しいただいておりますけれども、2012年6月に福島大学から国立大学改革強化推進補助金により環境放射能の動態と影響を解明する先端研究拠点をつくるという整備構想が出ております。私どももこれらに協力することを、この準備委員会の中で検討してまいりました。

**2012年7月～8月**  
**執行部や各関係部局と学内最終調整、人員配置（専任教員、兼任教員）の決定**

**2012年12月1日**  
**アイソトープ環境動態研究センター設置**  
**旧アイソトープセンターの教員枠を教授1、准教授1に振替**

**2013年3月1日**  
**福島大学を中心とする事業が国立大学改革強化推進事業として選定**  
**筑波大学が連携して運営する機関として当事業への参加を決定**

**2013年3月31日**  
**旧アイソトープ総合センターおよび陸域環境研究センターの廃止**

**2013年3月～6月**  
**国立大学改革強化推進補助金「環境放射能の動態と影響を解明する先端研究拠点の整備」の内定を受け、全学体制で対応することを確認し、専任教員4名の採用とセンターへの配置を決定**

**2013年7月31日**  
**設立委員会、ポスター発表**

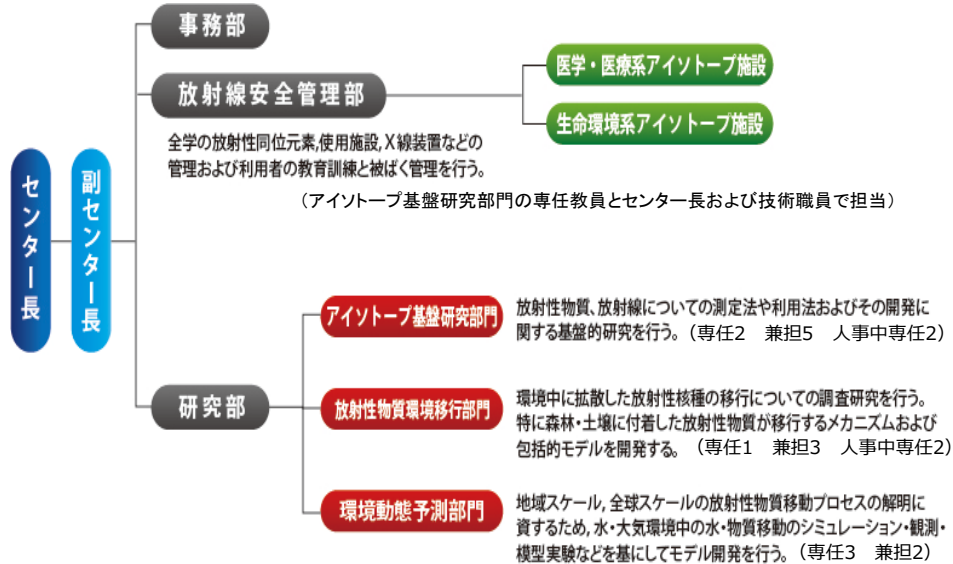
7～8月にかけて、執行部や各関係機関と学内調整を行い、センターへの専任教員の配置の決定をしております。その後必要な種々の検討を経て、昨年12月1日にアイソトープ環境動態研究センターが設置されております。その際、大学本部のご理解を得て、旧アイソトープ研究センターの教員枠が准教授1でしたけれども、教授1、准教授1にいわゆるくり上げをさせていただいております。

2013年3月1日には、福島大学を中心とする先ほどの事業が国立大学改革強化推進事業として選定され、筑波大学が連携して運営する機関として加わるということとなりました。また、3月31日には旧アイソトープ総合センターおよび陸域環境センターが廃止されました。その後、国立大学改革強化推進資金の内定を受けまして、福島大学を中心とする体制ができることになり、それに全学体制で対応することをご了解いただき、新規の教員採用が非常に削減されている中、専任教員4名の採用とセンターへの配置を決定していただいたところでございます。このような経過を経て、本日シンポジウムの開催に至った次第であります。

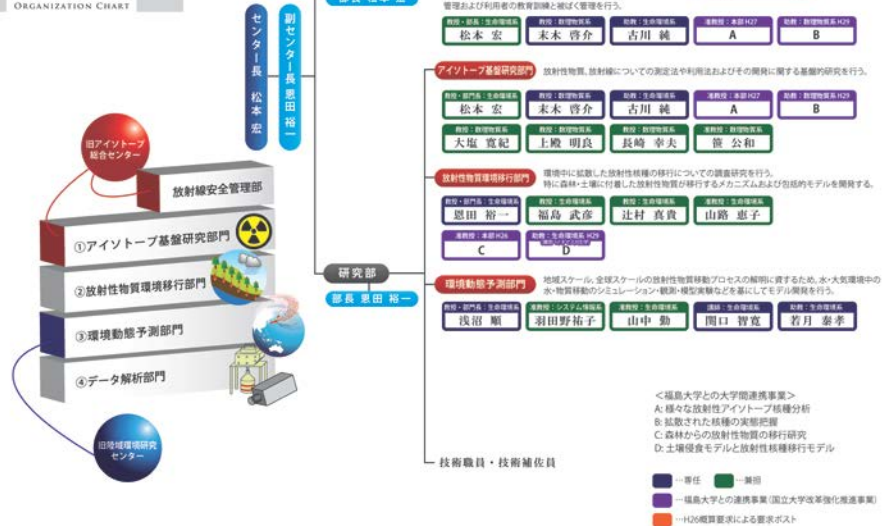


アイソトープ環境動態研究センターの組織についてですが、放射線安全管理部と研究部で構成し、研究部には3部門を置きました。旧アイソトープ総合センターには、大学の放射性物質や発生装置の管理、指導者の被爆管理と教育の役割がありますので、これを行うところが放射線安全管理部になります。また、旧アイソトープセンターでは、多岐に渡る基礎的な研究を行ってきましたので、専任及び兼任教員を含め、研究部のアイソトープ基盤研究部門といたしました。また、陸域環境研究センターは、物質の輸送プロセスとそのモデル化および予測に強みを持つということで環境動態予測部門としております。さらに、従来から放射性物質の環境中挙動に実績のあった恩田教授のグループを、放射性物質環境移行部門ということにいたしました。

## アイソトープ環境動態研究センター組織図



これがアイソトープ環境動態研究センターの体制図です。研究部のアイソトープ基盤研究部門は、放射性についての測定法や利用法およびその開発に関する基盤的研究を行うこととしております。放射性物質環境移行部門は、環境中に拡散した放射性物質の移行についての調査・研究を行い、特に森林・土壌に付着した放射性物質が移行するメカニズムおよびその包括的モデルを得ることが役目でございます。環境動態予測部門は、地球スケール・全球スケールの放射性物質移動プロセスの解明に資するため、水・大気環境中の水・物質移動のシミュレーション・観測・模型実験などを基にしてモデル開発をするということとしております。また、放射線安全管理部は学内の実験施設につながり、全学の放射性同位元素、使用施設、X線装置などの管理、及び利用者の教育訓練と被ばく管理を引き続き行うこととしております。



これが実際の教員の配置図でございます。安全管理部と研究部のアイソトープ基盤研究部門は、一部の教員が双方を担当いたしますため両方に名前があがっていますが、現時点での教員は専任教員が 6 名、さらに兼任教員として、学内からそれぞれの研究部門に力を貸して下さる 10 名の方に加わってもらい、16 名体制となっております。また、先ほど経緯の中でも紹介しましたが、現在この図の中の A、B、C、D、4 名の専任教員の人事が進行中で、近い将来、専任教員 10 名、兼任教員 10 名、計 20 名という大きな研究組織になる予定です。

## アイソトープ環境動態研究センターのミッション

旧アイソトープ総合センターに、今後の放射能の環境中挙動や影響評価に不可欠な、大気、水、土砂の移動を総合的に研究してきた旧陸域環境研究センターの機能、さらには、環境モニタリングに実績のあるグループを加えることによりアイソトープ環境動態研究センターを整備した。

研究部は、「福島第一原子力発電所事故起源の放射性物質の長期的な環境影響把握」のための研究組織として、国内外の関連機関との連携のもと、放射性物質の環境中移行を総合的に研究する。放射性物質の化学形態の解明および今後の環境移行や除染研究の実施とその拠点形成に取り組むとともに、3部門が協働して学際的研究を展開し、シナジー効果による画期的な成果の取得と新学問領域の構築を目指す。

放射線安全管理部は、ラジオアイソトープを用いた研究施設の安全管理や放射線教育、エックス線装置の管理、核燃料物質の集中管理などを担当する。

アイソトープ環境動態研究センターのミッションですけれども、今説明をしましたように、このセンターは、旧アイソトープ総合センターに今後の放射能の環境中挙動や影響評価に不可欠な、大気・水・土砂の移動を総合的に研究してきた陸域環境研究センターの機能、さらには、環境モニタリングに実績のあるグループを加えることによって作りました。研究部は、福島第一原子力発電所事故起源の放射性物質の長期的な環境影響把握のための研究組織として、国内外の関連機関との連携の下、放射性物質の環境中移行を総合的に研究してまいります。

放射性物質の化学形態の解明、及び今後の環境移行や除染研究の実施とその拠点形成に取り組みますとともに、この3部門が協働して学際的研究を展開し、シナジー効果による画期的な成果の取得と新学問領域の構築を目指します。放射線安全管理部は、従来の放射線の学内の管理をしっかりやっていくということになります。

## 今後の活動の重点



### (1) 研究

- ・ 福島大学環境放射能研究所と連携しながら、放射性物質の環境の挙動と長期的汚染予測、放射性物質の化学形態、生物への取り込み、除染技術などに関する先端研究を実施する
- ・ 学内における放射線や放射性物質を用いた各種研究の場として学際的な共同研究を推進する
- ・ 国際機関および学外機関との共同研究の積極的な受け入れを通し、環境中移行・除染研究の拠点化を推進する

### (2) 社会・地域貢献

- ・ 研究成果を積極的に発信し、国や地方自治体における環境モニタリング、除染事業等にご貢献するとともに、より幅広い視点から教育活動を展開する

### (3) 人材育成機能の強化

- ・ 環境などの分野における学際領域研究を進め、放射性物質の移行を含めた環境問題を解決できる能力を持つ人材を育成する

今後の活動の重点でございますが、まず研究面では、福島大学環境放射能研究所と連携しながら、放射性物質の環境中の挙動と長期的汚染予測、放射性物質の化学形態、生物への取り込み、除染技術などに関する先端的研究を実施するということとなります。また、学内における放射線や放射性物質を用いた各種研究の場として、学際的な共同研究を推進いたします。さらに、国際機関および学外機関との共同研究の積極的な受け入れをとおり、環境中移行・除染研究の拠点化を推進いたします。社会・地域貢献でございますが、研究成果を積極的に発信し、国や地方自治体における環境モニタリング、除染事業等にご貢献するとともに、幅広い観点から教育活動を展開いたします。人材機能強化ですけれども、環境などの分野における学際領域研究を進め、放射性物質の移行を含めた環境問題を解決する能力を持つ人材を育成いたします。



## 到達目標



- (a)(先端研究)  
環境中での放射性物質の移行の実態解明とモデル構築に関する十分な研究成果を得る
- (b) (国際共同研究)  
国際共同研究を積極的に受け入れ, 長期的な環境汚染予測や影響評価に関する検証を実施する
- (c) (外部発信、政策への反映)  
研究成果を効率的に発信するとともに, 関係省庁との連携のもとに, 得られた知見を実際の除染事業や住民の帰還支援等に反映させる
- (d) (地域貢献)  
福島県および茨城県各市町村等への情報提供を通し, 放射性物質の人体, 環境に及ぼす影響を最小限に食い止めるための普及・啓発活動を展開する
- (e) (人材育成)  
環境分野における文理融合型学際領域研究を進め, 放射性物質の移行を含めた環境問題を解決する能力を持つ人材を輩出する。

センターとしての近い将来の到達目標ですが、先端研究では、環境中での放射性物質の移行の実態解明とモデル構築に関する十分な研究成果を得ることです。国際共同研究面では、国際共同研究を積極的に受け入れ、長期的な環境汚染予測や影響評価に関する検証を実施することです。外部発信、政策への反映ということでは、研究成果を効率的に発信するとともに、関係省庁との連携の下に得られた知見を実際の除染事業や住民の帰還支援等に反映させることを目指します。地域貢献としては、福島県および茨城県各市町村等への情報提供をとおり、放射性物質の実態、環境に及ぼす影響を最小限に食い止めるための普及・啓発活動を展開することです。人材育成面では、環境分野における文理融合型学際領域研究を進め、放射性物質の移行を含めた環境問題を解決する能力を持つ人材を輩出するということです。これらを目指してまいります。

## 環境放射能測定システム

平成25年度中を予定

### 受け入れ試料数増加のための基盤整備

オートサンプルチェンジャー付Ge半導体検出器

(RI環境センター：1台)

オートサンプルチェンジャーが  
付属したGe半導体検出器であり  
多検体の自動測定が可能



操作が簡便なガンマスペクトロメータ

(RI環境センター：1台)

学内に開放することにより、測定希望者自身あるいは  
部局単位での測定が可能となり、測定が効率化



### 高度な計測器の整備

高感度なRIイメージャー

(RI環境センター、医学医療系RI施設、生命環境系RI施設  
：各1台)

飛散した放射性物質の環境中での局在や  
農産物など食品中の放射性物質を可視化



学内の土壌表面における  
放射性セシウムの分布

### 被災地での測定体制強化

可搬型デジタルスペクトロサーベイメータ

(RI環境センター：1台)

被災地での放射線量測定と核種同定に対応  
試料を持ち帰っての測定が不要になることから  
迅速かつ効率的な放射線量測定が可能



シンチレーションサーベイメータ

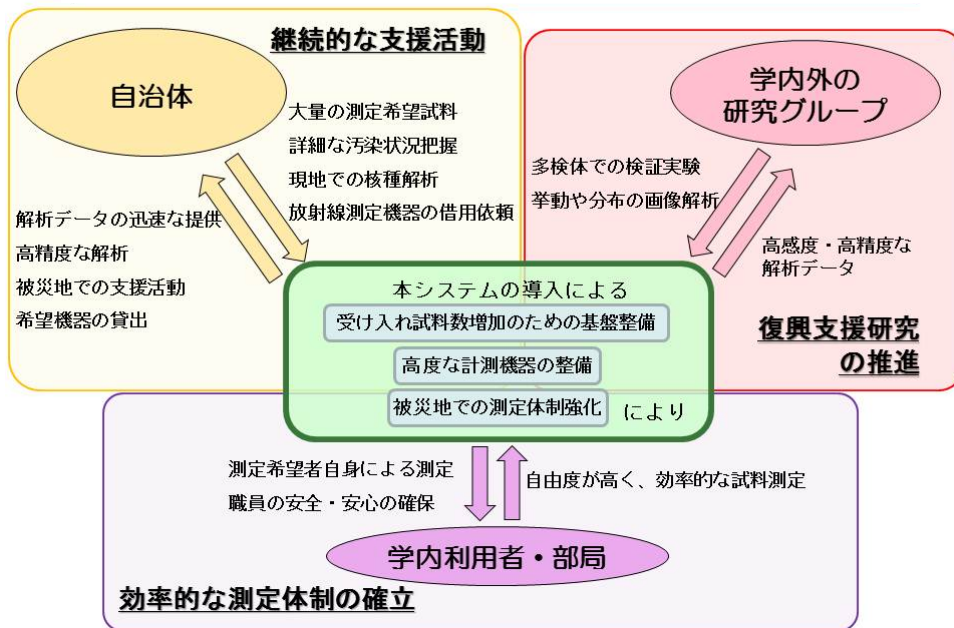
(RI環境センター：2台、医学医療系RI施設、生命環境系RI施設：各1台)

高感度な測定機器の充実による測定体制の強化  
自治体からの借用依頼に対する対応力を強化



さて、アイソトープ環境動態研究センター設立にあたっては、特に放射線測定機器の充実という点で、筑波大学、文部科学省に大変ご配慮をいただいております。補正予算による環境放射能測定システムの導入では、高度な計測器の整備、外部からの受け入れ試料増加のための基盤整備の充実。さらには被災地での測定体制強化を目的とした、ここに示した新しい設備が平成25年度中に導入されます。

## 環境放射能測定システムの運用



これらを効率的に運用することで、自治体などに対する継続的な支援活動、学内外の研究グループとの共同研究をととした復興支援の研究の推進などを図っていきたいと考えております。

## 多元素高精度解析システム

### 設備概要

福島第一原発事故に由来する放射性物質の高精度分析が可能な質量分析装置（ICP-MS）と、植物が土壌からどのように放射性物質を吸収し、輸送し、蓄積しているかをイメージング手法により解析する装置（GREI）から構成されており、両装置とも複数核種を高感度に同時測定することが可能であり、特にGREIでは非侵襲のリアルタイム解析を植物体が生きのままの状態で行うことが出来る。本システムにより植物の放射性物質取り込み過程を明らかにし、土壌から植物への移行を抑制する手法を開発することで、人間を含めた生態系への放射性物質の拡散・影響を最小限にとどめる。

### 土壌-植物系を対象とした多元素高精度解析システム

#### 質量分析装置(ICP-MS)

環境中に放出された放射性物質について、ウランやプルトニウムまで含めた多元素を高精度に定性・定量



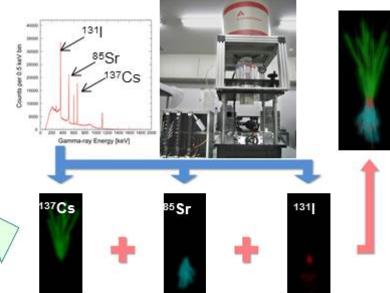
⇒ 放射線量に基づいた解析と併せて検証することで、これまで以上に詳細な土壌汚染の実態を解明へ

相互に補完し  
解析精度を高める

放射性物質の同定・定量と挙動解析を  
汚染環境の把握と植物への移行の  
双方の視点から効果的に実施

#### リアルタイムイメージング装置(GREI)

複数核種の分布を高感度に同時計測可能な非侵襲のリアルタイムイメージング解析装置



⇒ 土壌-植物系における放射性物質の詳細な挙動を明らかにすることにより、植物による吸収を抑制する手法の開発へ

また、今年度中に多元素高精度解析システムというのも導入されます。これは、例えばウランとかプルトニウムといった非常に微量の元素までを含め、多くの放射性元素を高精度で分析できる質量分析装置と、それから特に植物において多くの核種の分布を、植物を破壊せずに可視化できるリアルタイムイメージング装置からなるものでございます。他の大学に類を見ないこのような装置を有効に使いながら、研究を進めてまいり所存です。

## 平成25年度 茨城県南生涯学習センター後期講座「放射線の科学」

10月6日～ 日曜日午前 2時間 10回  
 募集 7月末日～8月末日の予定

1 放射線の科学		<small>松本 宏 アイソトープ環境動態研究センター長 教授 三明 康郎 筑波大学副学長          恩田 裕一 アイソトープ環境動態研究センター長 教授 末木 啓介 アイソトープ環境動態研究センター教授          古川 純 アイソトープ環境動態研究センター助教</small>			
受講内容	曜日 日曜日	時間 10:00～12:00	回数 10回	受講料 ¥5,000	会場 県南生涯学習センター
東日本大震災によって福島第一原発の爆発事故が起こってから2年が経過したが、大量に放出された放射性物質が引き起こす影響には多くの人々が不安感を抱いています。本講座では、放射能や放射線に関する基礎的知識、放射性物質の起源や自然界での存在、原子力発電のしくみ、さらには、放射性物質の環境中挙動や土壌から植物への吸収そして人体影響などについて学習することを通して、放射性物質や放射線に対する科学的理解を深め、そのリスクについて適切に考えられるようになることを目指します。			10/6 放射性物質・放射線の性質(松本宏) 10/13 事故による放射性物質の拡散と人体影響(松本宏) 10/20 放射性物質の化学:(末木啓介) 11/3 原子核物理学入門(三明康郎) 11/10 原子力エネルギー(三明康郎) 11/17 環境放射線と環境放射能(末木啓介) 11/24 土壌-植物系における放射性物質の挙動(古川純) 12/1 植物が放射性物質を取り込む仕組み(古川純) 12/8 放射性物質の環境中での分布(恩田裕一) 1/12 放射性物質の環境中移行(恩田裕一)		

私どもがこれまで行ってきた活動の柱のもう1つに、放射線に関する教育・普及があります。今年、茨城県生涯学習センターの市民大学講座として、計20時間の「放射線の科学」というものを開講します。先ほどあいさつをいただいた三明副学長は原子核物理の専門家ですが、この講演に2度のお出ましをお願いすることになっております。現在、受講生の募集中と思っておりますので、ご関心のある方の受講をお願いいたします。

私の話はここまでといたします。私どもアイソトープ環境動態研究センターの教職員全員でそれぞれの専門の特徴を生かしながら協働して、実際の役に立つ新たな研究成果をあげるといった目的のために邁進する所存でございます。ご参加の皆さまには、引き続きご指導、ご鞭撻を賜りますようお願いをいたしまして、私の講演を閉じさせていただきます。本日はどうもありがとうございます。

# 福島周辺の詳細モニタリングと マッピング

平成25年7月31日(水)

日本原子力研究開発機構 福島環境安全センター

齋藤 公明

ご紹介いただきまして、ありがとうございます。原子力機構の齋藤と申します。どうぞよろしく願いいたします。

本日、このシンポジウムの中で発表の機会をいただけたことを感謝いたします。どうもありがとうございます。この発表の中では、文科省からの委託で実施してまいりました、大規模な環境モニタリングとその結果に基づくマッピング、それに関連した調査・研究。これらの成果についてまとめて発表させていただきます。

このプロジェクトの中では、原子力機構が非常に多くの大学や研究機関と協力しながらプロジェクトを進めてまいりました。その中で恩田先生を中心とした、筑波大のグループにも非常に貴重な、大きな貢献をしていただいております。これまでの2年間に3つ、1~3次までのプロジェクトを終了いたしまして、福島周辺の汚染状況の経時変化、こういったものが明らかになりつつあります。本日はそのへんも含めて発表させていただきます。

## 福島第一原子力発電所の事故による大気中への 放射性物質の放出量の推定値(Bq)

核種	半減期	1号機	2号機	3号機	合計
Xe-133	5.2 d	$3.4 \times 10^{18}$	$3.5 \times 10^{18}$	$4.4 \times 10^{18}$	$1.1 \times 10^{19}$
Cs-134	2.1 y	$7.1 \times 10^{14}$	$1.6 \times 10^{16}$	$8.2 \times 10^{14}$	$1.8 \times 10^{16}$
Cs-137	30 y	$5.9 \times 10^{14}$	$1.4 \times 10^{16}$	$7.1 \times 10^{14}$	$1.5 \times 10^{16}$
Sr-89	50.5 d	$8.2 \times 10^{13}$	$6.8 \times 10^{14}$	$1.2 \times 10^{15}$	$2.0 \times 10^{15}$
Sr-90	29.1 y	$6.1 \times 10^{12}$	$4.8 \times 10^{13}$	$8.5 \times 10^{13}$	$1.4 \times 10^{14}$
Te-129m	33.6 d	$7.2 \times 10^{14}$	$2.4 \times 10^{15}$	$2.1 \times 10^{14}$	$3.3 \times 10^{15}$
Pu-238	87.7 y	$5.8 \times 10^{08}$	$1.8 \times 10^{10}$	$2.5 \times 10^{08}$	$1.9 \times 10^{10}$
Pu-239	24065 y	$8.6 \times 10^{07}$	$3.1 \times 10^{09}$	$4.0 \times 10^{07}$	$3.2 \times 10^{09}$
Pu-240	6537 y	$8.8 \times 10^{07}$	$3.0 \times 10^{09}$	$4.0 \times 10^{07}$	$3.2 \times 10^{09}$
Pu-241	14.4 y	$3.5 \times 10^{10}$	$1.2 \times 10^{12}$	$1.6 \times 10^{10}$	$1.2 \times 10^{12}$
I-131	8 d	$1.2 \times 10^{18}$	$1.4 \times 10^{17}$	$7.0 \times 10^{15}$	$1.6 \times 10^{17}$

原子力安全保安院（平成23年6月6日）

それでは、始めさせていただきます。福島第一原子力発電所事故では、ご存じのように、非常にたくさんの核種が大量に環境中に放出されました。例えば、セシウムについて見ますと、 $10^{16}$ ベクレルという非常に多くの放射性核種が大気中に放出されたわけです。

## 放射性物質等分布状況調査(マップ調査)の経緯

- 1. 福島第一原子力発電所事故の影響を正しく評価し適切な対策を講じるために放射性物質の分布状況等に対する詳細な情報が必要**
  - 多くのモニタリングが行なわれたが手法・精度・場所・日時が様々
- 2. 文部科学省が原子力機構に信頼のおけるモニタリングデータに基づく詳細な分布マップ作成を委託**
  - 大学等の研究者によるボトムアップ的活動
  - 総合科学技術会議の指導のもと科学技術戦略推進費にて開始
- 3. 第1次～3次マップ調査を実施**
  - 多くの大学、研究機関等と協力して実施

この事故の評価、あるいは対策をするためには、信頼のおける詳細な情報というのが必要とされます。事故が起こった直後に、文科省は原子力機構に対して信頼のおけるモニタリングデータに基づいて、詳細なマップを作るように委託して、放射性物質の分布状況調査、私たちはマップ調査と呼んでいます、このプロジェクトが開始しました。プロジェクトが開始した背景としましては、事故直後から大学等の研究者と実務者が非常に積極的に動いて、ボトムアップ的な提言をした、これが1つの大きな役割を果たしております。結果として、科学技術戦略推進費という予算をいただいて、このプロジェクトがスタートしております。これまでに、1～3次までの調査を実施、終了してきております。



# マップ調査の狙い

- 1. 第1次マップ調査（2011年6月～11月）**
  - 統一した信頼のおける手法を使用
  - 短半減期核種(I-131)を検出するための迅速な調査
- 2. 第2次マップ調査（2011年12月～2012年6月）**
  - 広い地域を対象にして測定：0.2  $\mu\text{Sv/h}$ まで
  - 測定手法の最適化：in situ 測定等
- 3. 第3次マップ調査（2012年7月～2013年3月）**
  - 経時変化の調査・解析
  - 将来の状況を予測するモデルの開発

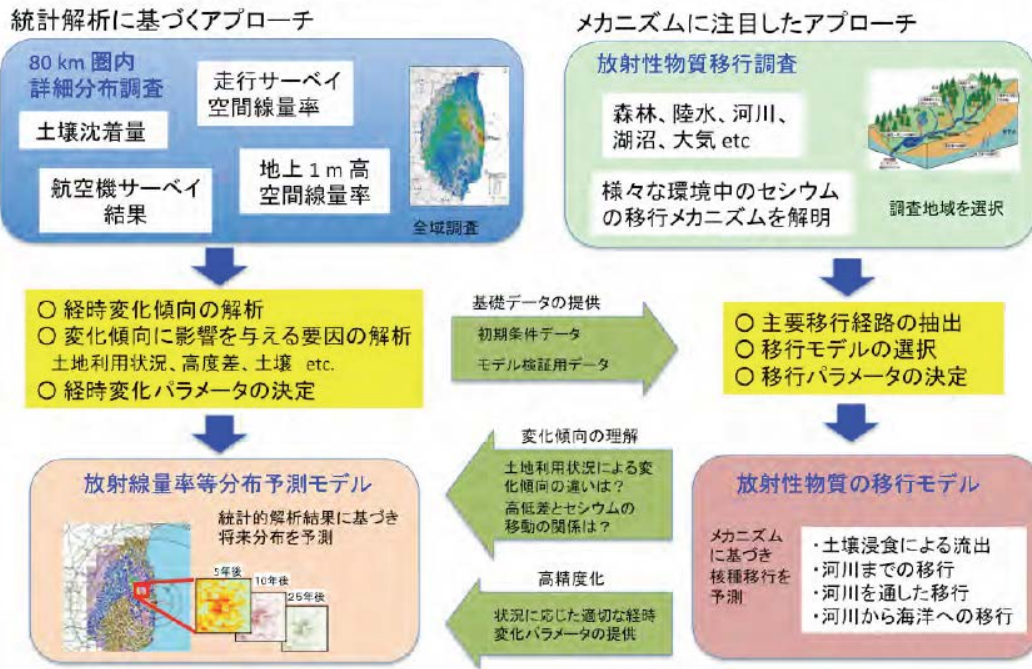
マップ調査の狙いですが、2011年6月の第1次マップ調査におきましては、統一した信頼のおける手法を使用しようということを1つの大きな狙いとししました。それまで環境でも非常に多くの環境モニタリングデータが取られてきていたのですが、その手法とか精度といったものがまちまちで、統一して系統的な情報を得ることが難しい状況にありました。そこで、ここでは統一した信頼のおける手法を用いるということを1つの大きな狙いとししました。それから、事故直後に内部被ばく等で非常に大きな線量を住民に与えた可能性があります短半減期核種のヨウ素131を検出するために、迅速な測定を行っています。それから、第2次マップ調査におきましては、このときすでに放射性物質の沈着がかなり広い地域に渡って起きているということが分かっておりましたので、0.2  $\mu\text{Sv/h}$ 程度の低い線量に至るまで、広い地域を対象とした測定を行っています。第3次マップ調査では蓄積したデータを解析しまして、経時変化を明らかにして、それを基に将来の状況を予測するためのモデルの開発といったものを開始しております。

# マップ調査の内容

- 1. 放射性物質の分布状況等のマップ作成**
  - 広域にわたる詳細な作成
  - 土壌沈着量分布、空間線量率分布
- 2. 放射性セシウムの移行メカニズムの調査**
  - 地域を限定して掘り下げた調査
  - 森林、土壌、河川、湖沼、陸水 **etc.**
- 3. 分布状況の予測モデルの開発**
  - 統計解析結果に基づくモデル
  - 移行メカニズムに基づくモデル
- 4. データベースの開発・公開**

マップ調査の内容をここにまとめています。一番目がメインのテーマということになりますが、土壌沈着量とか空間線量率の分布に関し詳細な広域に渡るマップを作るというのが1番目のテーマです。2番目ですが、ここでは地域を限定して放射性セシウムの移行メカニズム、環境中でどういう挙動をするのかを調査するという行っています。3番目に、この1番目と2番目で得られた結果を基に、将来の空間線量率の分布状況の予測モデルの開発を行なっています。最後になりますが、この調査の中で得られたデータを保管して公開するための、データベースの開発という行っています。

## 福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立



これは、調査項目全体の位置づけを示した図ということになります。2つの流れがあります。左側のほうが統計解析に基づくアプローチということになりますが、空間線量率とか土壌沈着量に対して大量のデータを取得して、その解析を行って経時的な特徴と地域的な特徴を明らかにして、それを基に将来の空間線量率分布等の予測をしようということなのです。本日、私の話は左の流れの内容がメインになります。一方、右側に示すような、メカニズムに注目したアプローチといった調査も行っております。これは先ほども言いましたように、地域を限定して環境中のさまざまな媒体中でのセシウムの挙動のメカニズムを解明して、それをモデル化し、最終的には将来予測モデルにつなげていくといった流れの研究です。この右のほうの調査・研究については、ここの筑波大学の恩田先生に取りまとめ役をしていただいています。

# 発表の内容

## 1. 放射性核種の土壌沈着量の分布状況

- 放射性核種の沈着量分布 (Bq/m<sup>2</sup>)
- 土壌採取をして固定式Ge検出器で分析 (1次調査)
- 可搬型Ge検出器によるin situ 測定 (2次調査以降)

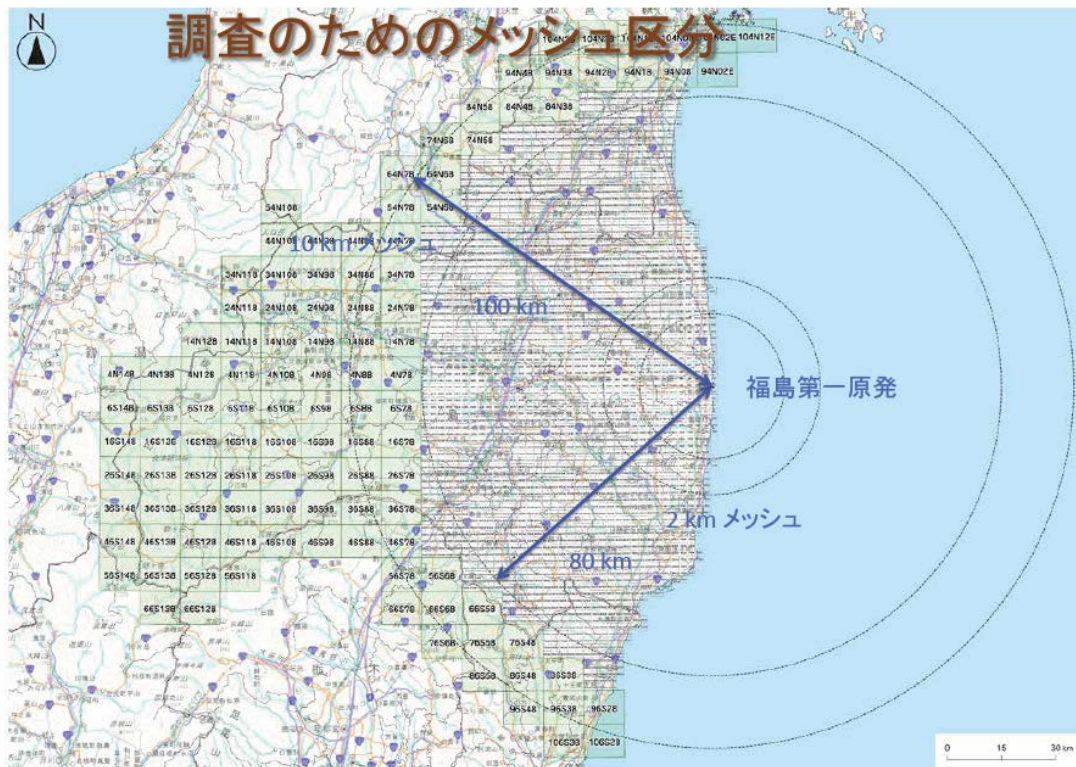
## 2. 空間線量率の分布状況

- 平坦地における地上1 m の線量率：サーベイメータ
- 広域線量率分布の連続測定：自動車に走行システムを設置

## 3. 空間線量率の分布予測モデル

- 統計データの解析結果に基づき予測
- 移行モデルの知見を参照

本日の発表の内容ですが、まず最初に土壌沈着量、1 平米当たりどれぐらいの放射性核種が沈着してそれが残っているか。平米当たりのベクレル数で表したマップの作成に関することです。それから 2 番目は、空間線量率の分布の話。最後に将来予測モデルの話を中心にさせていただきます。



まずは土壌沈着量マップの作成についてお話しします。第 1 次調査におきましては、この地図に示しますように福島原発周辺の約 2,200 の地点で土壌の採取を行いました。原発の近くは 2 キロメッシュで、遠い地点は 10 キロメッシュにつきまして、1 メッシュ 1 地点を選んで、地点ごとに 5 つずつの土壌の採取を行って分析を進めました。

## 土壌採取の手順



**1次調査では約11,000の土壌試料を採取して分析**

土壌採取の手順ですけれども、このような金属性の補助器具を用いて 5 センチまでの土壌を採取して、よく攪拌した後に U8 容器という容器に封入します。正確な測定を行うためには、よく攪拌することが大切で、どのような攪拌方法を用いてどの程度攪拌したらいいかというのを、筑波大の恩田先生に事前に検討していただき、それを基にマニュアルを作って統一した方法で土壌採取を行いました。



ミーティング



土壌採取の講習



タクシーで移動



データ記録

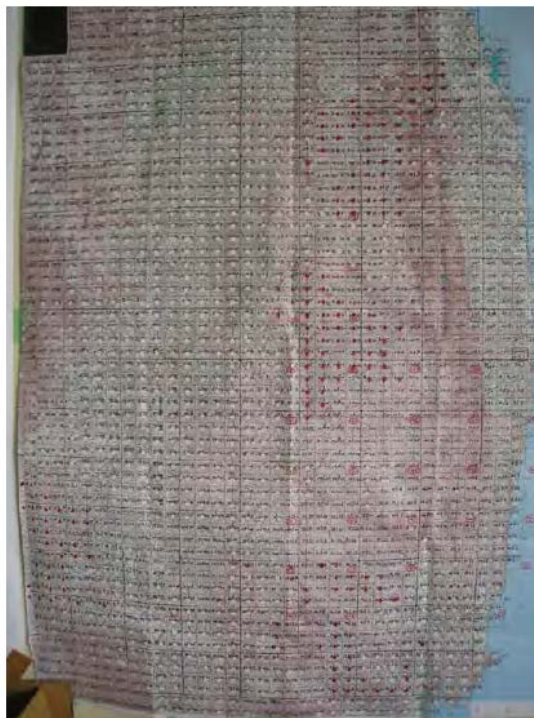
これは、土壌採取のときの様子の写真ですけれども、朝、30 チームがこのように一箇所に集ってミーティングを行って、その後タクシーで別れて出かけて行って土壌採取をして、戻ってきて最後にその日のデータをこのように記録して電子媒体として提出して、そこで1日の調査が終了するという事です。毎日調査する人が入れ替わりますので、土壌採取方法の講習なども毎日夕方このようにやって、皆さんでなるべく同じ方法で土壌採取できるようにしました。





## 測定地点の地図

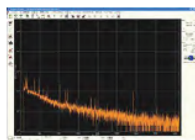
- 測定が終了した地点に印をする



ミーティングルームにこのような地図が貼ってありまして、毎日測定が終了した時点でその地点にシールを貼ります。これを見て残りの地点をチェックしながら、また、自分たちを勇気づけながら調査を行ったというのを覚えています。この地図も、恐らく恩田先生に用意していただいたものだと思います。

## 土壌試料の核種分析

- 約11,000の試料のGe検出器による測定を22機関で実施
- クロスチェック等により測定信頼性をチェック



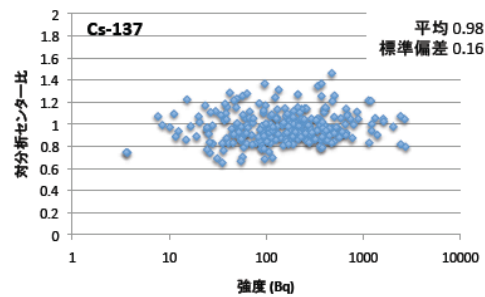
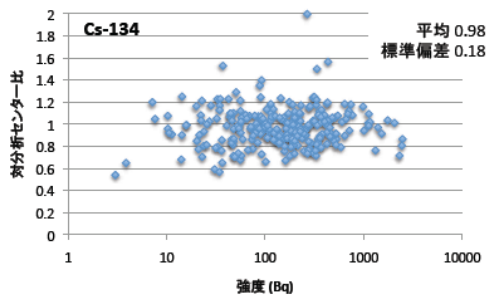
(測定結果イメージ)

No.	試料採取日	地点番号	測定日	γ線スペクトロメトリー						
				$^{131}\text{I}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{110m}\text{Ag}$	$^{136}\text{Cs}$	$^{138}\text{La}$	
1596	23. 6. 8	8N62	1	23. 6. 22 15:48	<21 8.4 ± 6.8	3100 ± 30	3300 ± 30	—	—	—
1597			2	23. 6. 22 17:10	<17 15 ± 5.4	2000 ± 30	2200 ± 20	—	—	—
1598			3	23. 6. 22 18:21	<20 0.64 ± 6.2	2600 ± 30	2900 ± 30	—	—	—
1599			4	23. 6. 23 09:13	<14 -1.5 ± 4.4	1400 ± 20	1500 ± 20	—	—	290 ± 96
1600			5	23. 6. 23 10:30	<17 4.5 ± 5.3	2000 ± 20	2300 ± 20	—	—	—

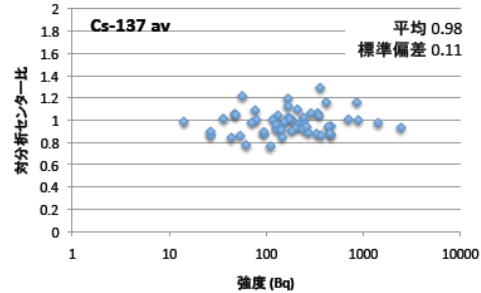
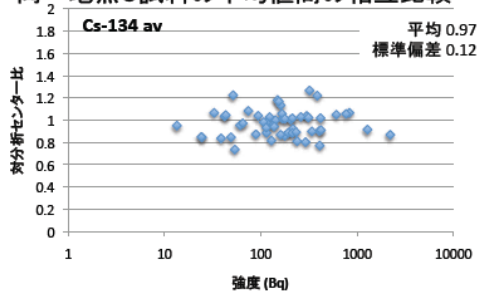
採取した土壌ですけども、約 11,000 の試料を採取しましたが、ゲルマ検出器によって 22 機関で測定をしています。この 22 機関の中には、環境試料の測定を行ったことのない機関も含まれていましたので、クロスチェックを実施して測定信頼性をチェックしながら測定を進めました。

# Ge検出器による土壌試料測定の結果相互比較結果

## 個別試料毎の相互比較



## 同一地点5試料の平均値間の相互比較



これがその結果ですが、共通の試料を違う機関で測定しまして、信頼がおける分析センターの測定値に対しての比を示したものです。下のほうは同一地点の試料の平均濃度の相互比較ですが、全体の平均値で 0.97 とか 0.98。標準偏差 10 パーセントという、非常によい結果を得ることができました。

## ポータブルGe検出器による in situ 測定



**土壤採取にかわり2次調査以降に使用:平均的な沈着量を評価可能**

第2次調査以降は、土壤試料をたくさん持ってくるのではなくて、逆に、ポータルのゲルマ検出器を環境へ持ち出して、in situ（イン・サイチュ）測定という測定を行っています。これはフランスチームの写真ですが、この手法ですと、広い領域からのガンマ線を測定することができますので、この地点の平均的な沈着量が測定できます。

# 土壌沈着量のマップ作成

## 1. ガンマ線放出核種

- Cs-137 (30.2年) ●Cs-134 (2.06年)
- I-131 (8.02日)
- Te-129m (33.6日) ●Ag-110m (250日)

## 2. アルファ線放出核種

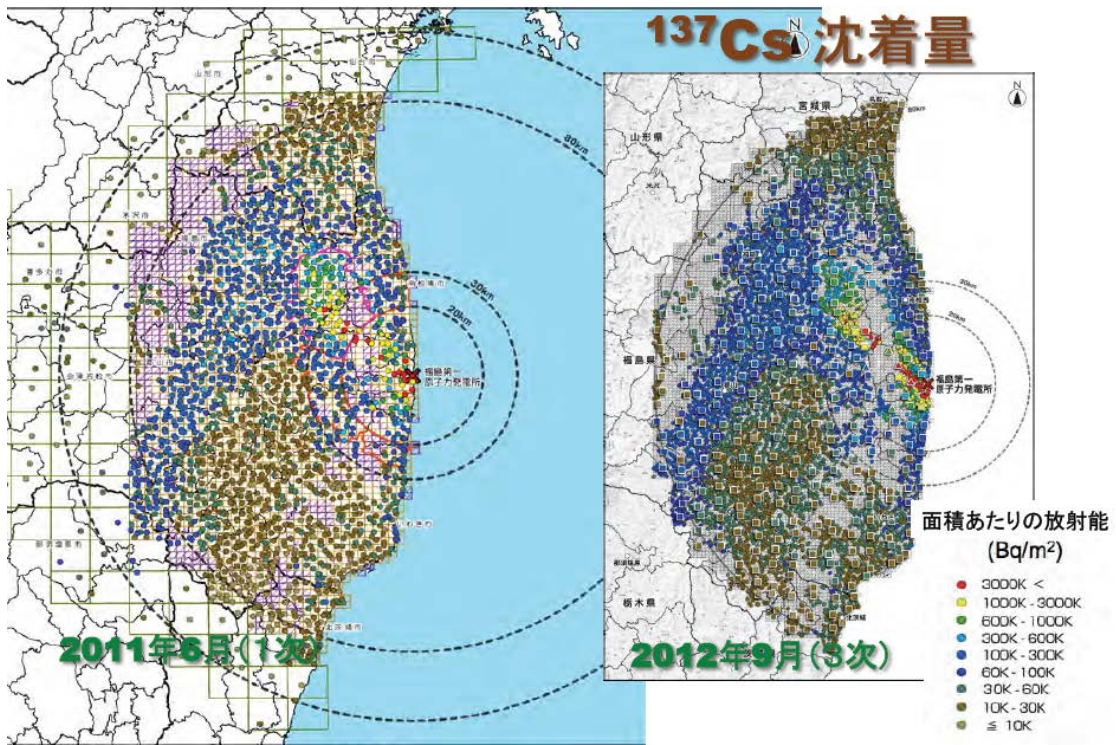
- Pu-238 (87.7年)
- Pu-239 (24,100年) + Pu-240 (6,564年)

## 3. ベータ線放出核種

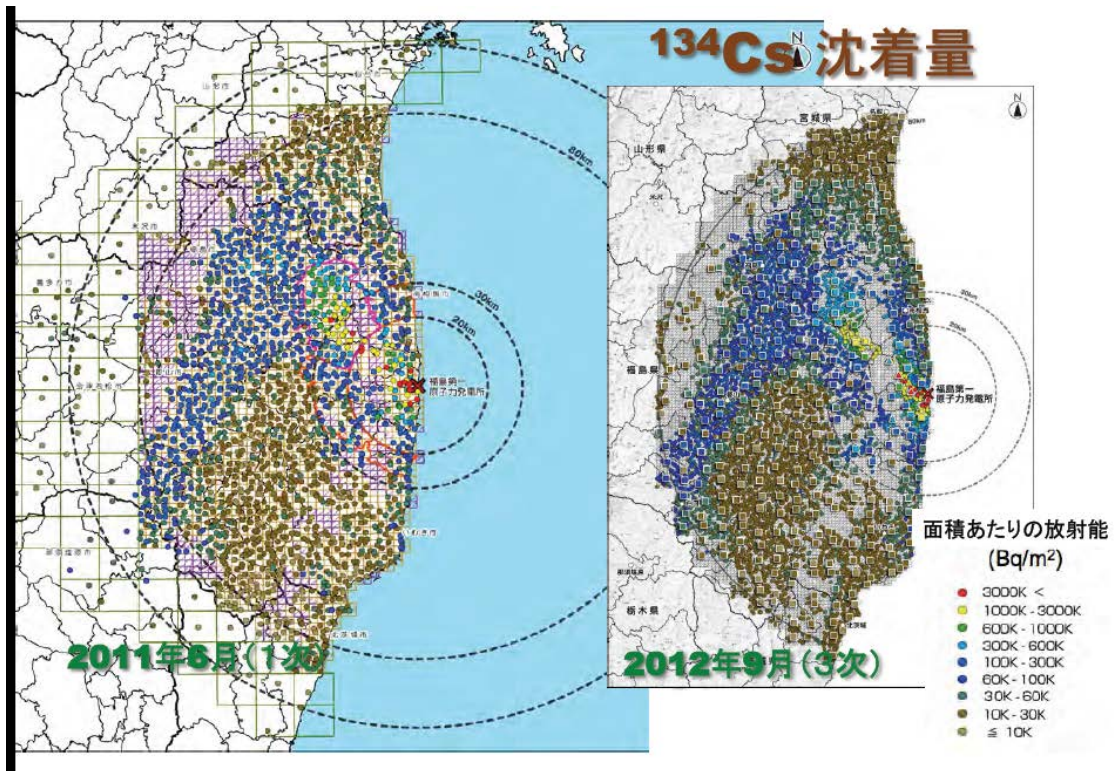
- Sr-89 (50.5日)
- Sr-90 (28.8年)

(括弧内:半減期)

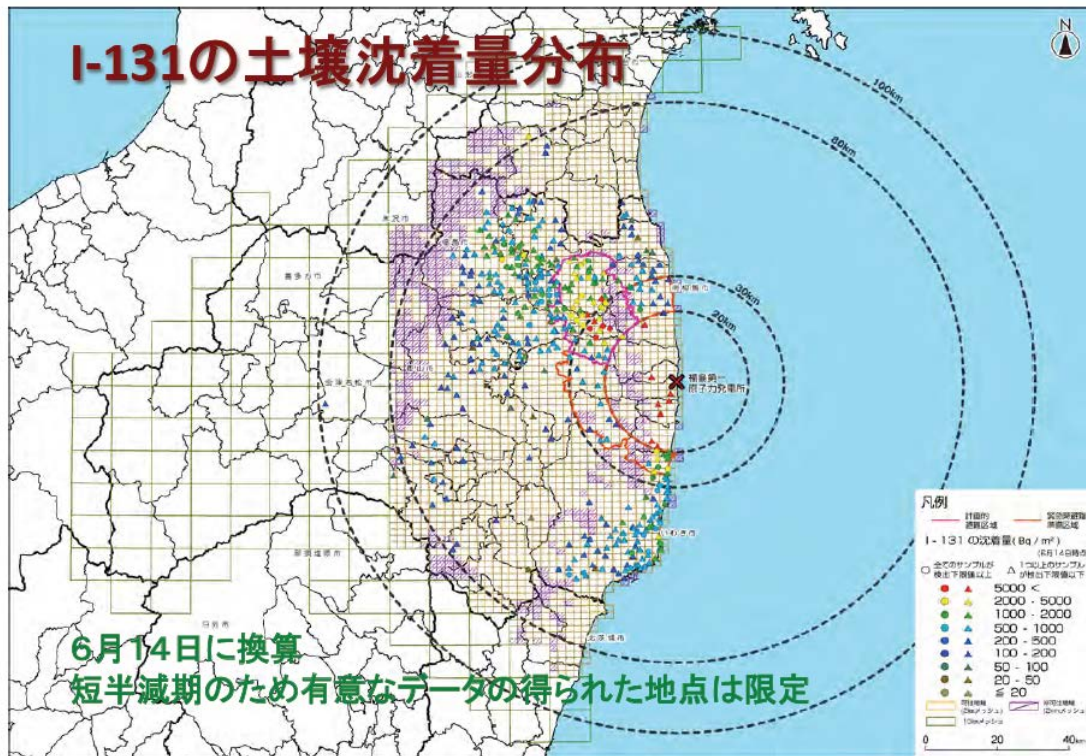
こういった測定手法を用いながら、ここに示します核種に対してマップを作成してまいりました。ガンマ線の放出核種に対しては、セシウム、ヨウ素、テルル、銀に対してマップを作成しました。また、プルトニウム、ストロンチウムに対してもマップを作っています。プルトニウムとストロンチウムに関しては、測定するのに化学処理を必要としますので、毎回 100 程度の試料を選んで分析を行っています。これからその結果をお見せしていきたいと思います。



これは、セシウム 137 の沈着量マップです。面積当たりの放射能、すなわちベクレル/m<sup>2</sup> を細かい色に分けてプロットしてあります。左が 2011 年の 6 月、右が 2012 年の 9 月の結果ということになりますが、よく知られているように、原発から北西方向に高い濃度を示しています。それから福島の中通り、中央部分に相対的に高い沈着量があるということです。セシウム 137 の場合は、この 2 つの期間を比べても違いはあまり明確ではありません。

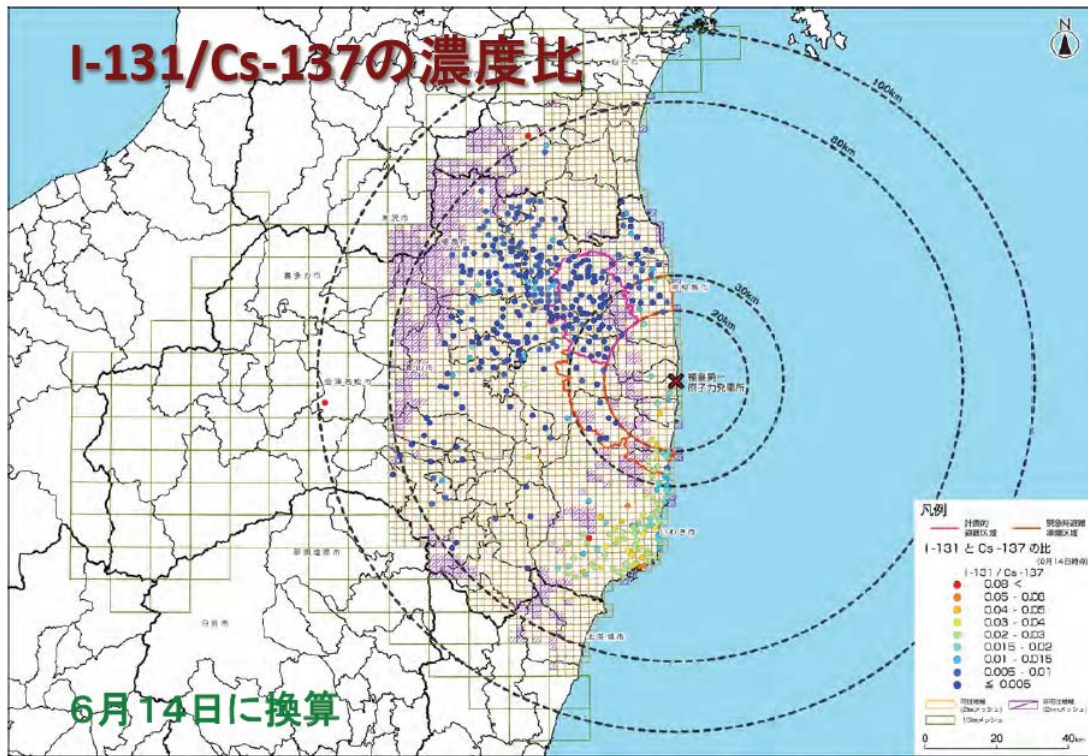


一方、セシウム 134 の場合は、明らかにこの黄色い部分、明るい部分が小さくなっています。すなわち、沈着量が減っていることがわかります。これは半減期が短いことが主な原因です。

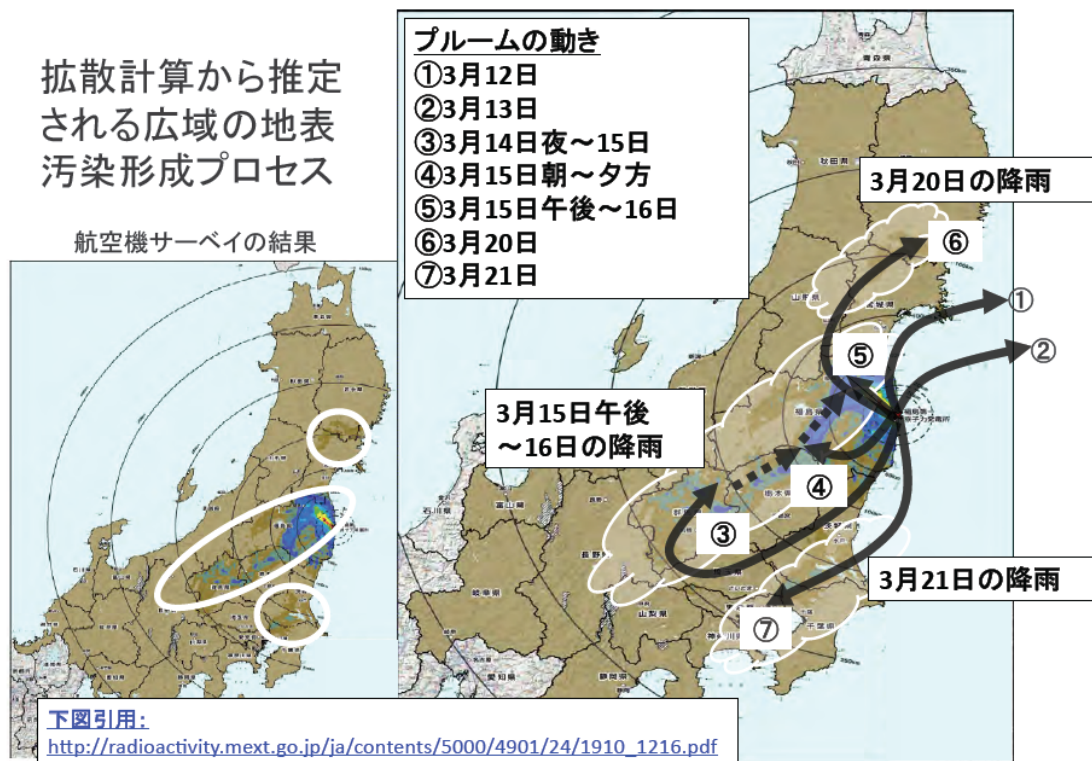


これはヨウ素 131 のマップです。6月14日に換算したものですけれども、ヨウ素は半減期が非常に短く、わずか8日という半減期ですが、調査を始めた時点で事故後既に3か月がたっていましたので、統計的に優位なデータの地点というのは、全体2,000地点のうち400地点程度ということになります。基本的にはセシウムと同じような沈着量分布が得られています。



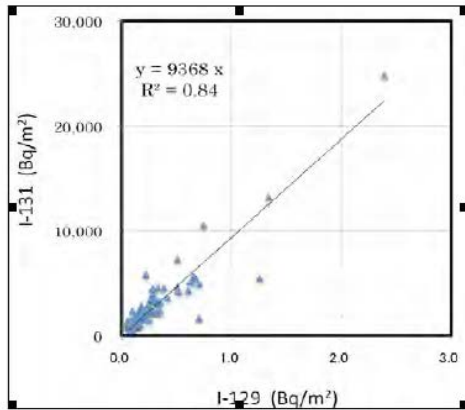


ヨウ素とセシウム 137 の濃度比を計算したマップがこれになります。そうしますと、比率は全般的に低いのですが、原発の南方の地点だけ比率が高い、この地点だけ違う経路で沈着が起こったのではないかということを感じさせる結果が得られています。



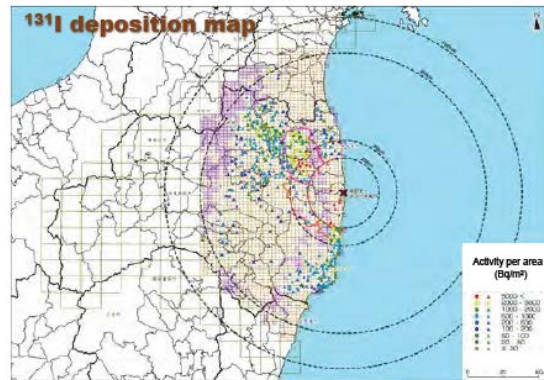
これは拡散シミュレーションによって、どのようなブルームがどのように流れたかを示している図ですけれども、これによりますと、原発の南方はブルームの3番、4番、あるいは7番、すなわち3月14～15日。あるいは20日過ぎに放出されたブルームで沈着が起こったと考えられます。このブルームの中に含まれる要素の比率が高かったことが土壌中のヨウ素の比率が高かった原因であろうと推考されます。

## AMSを用いた<sup>129</sup>I 測定による <sup>131</sup>I 沈着量マップの精緻化



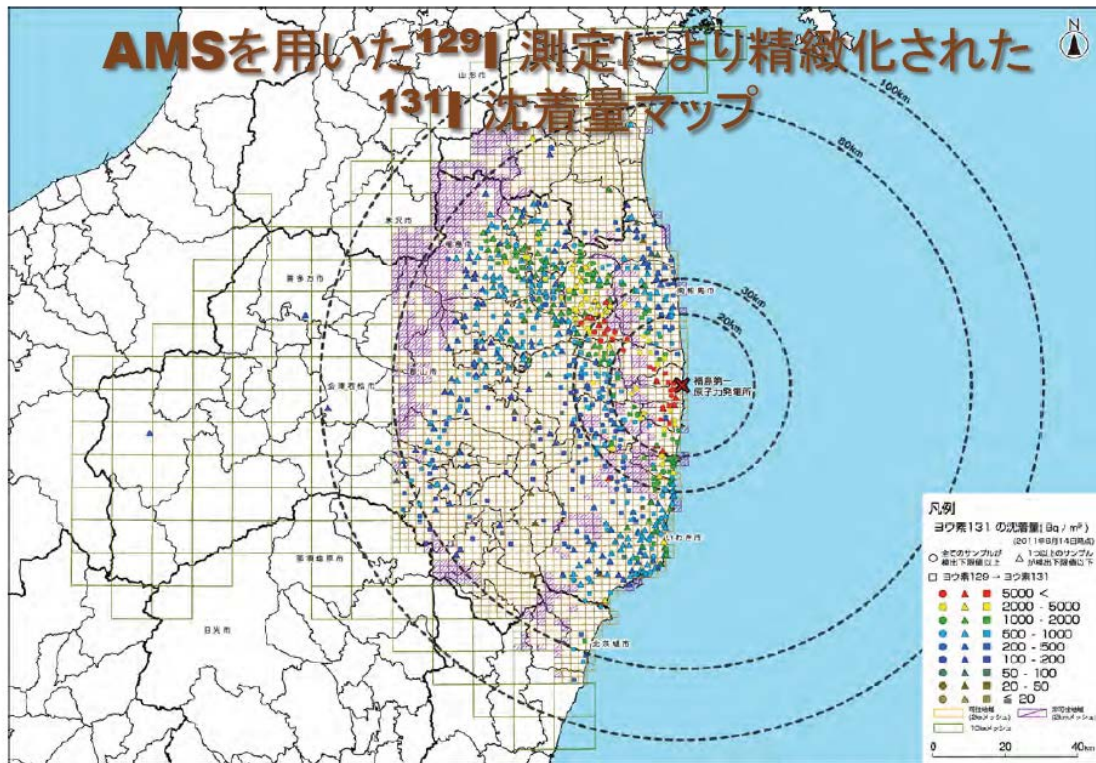
- 土壌試料中の <sup>129</sup>I 濃度と <sup>131</sup>I 濃度には明らかな相関があることが判名

(村松、松崎)

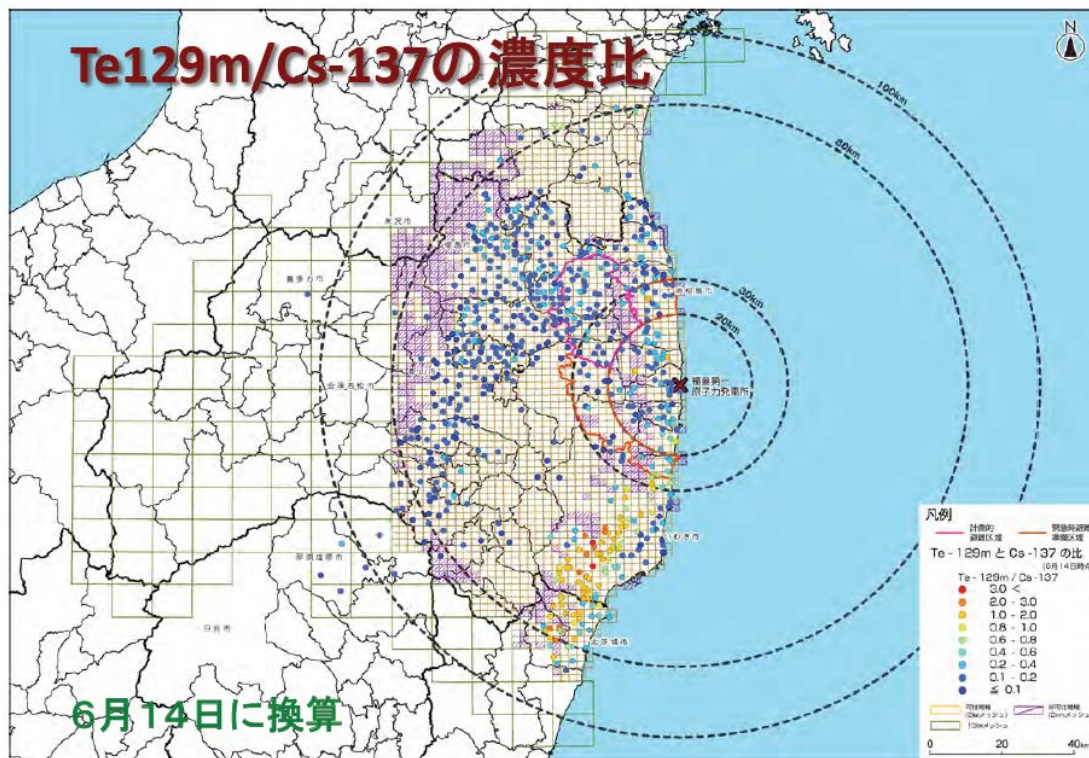


- 2011年6月に採取され <sup>131</sup>I が検出されなかった土壌試料を対象に <sup>129</sup>I の測定を行いマップを詳細化

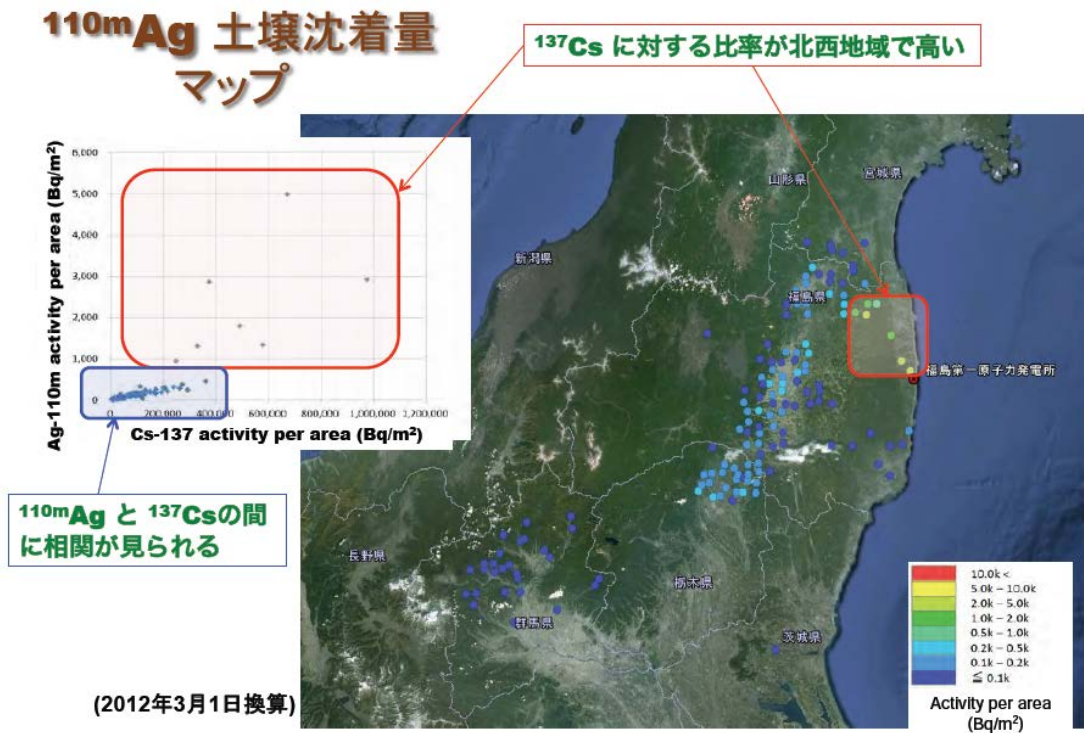
ヨウ素は事故直後の被ばくで非常に重要な核種ですので、AMS（加速器質量分析）を用いて長半減期のヨウ素 129 を測定しまして、マップの精緻化を行なっています。この図はヨウ素 129 と 131 の相関関係になります。この関係を利用して得られたヨウ素地図を詳細化しようという試みが、学習院の村松先生らによって進められてきました。



これは最近得られたそのデータですけれども、最初に得られたヨウ素のマップに比べてほぼ地点数が倍になった、このような詳細なマップが得られています。



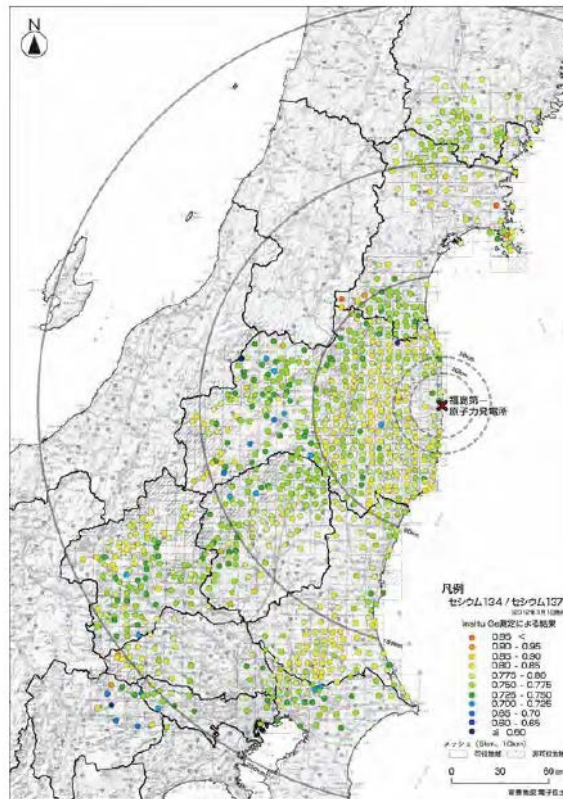
この図はテルルとセシウムの濃度比を示した図ですが、ヨウ素とよく似ていて原発の南方地区でその比率が高いことがわかります。すなわち、ヨウ素とテルルは挙動が似ていることを示唆する結果が出ています。



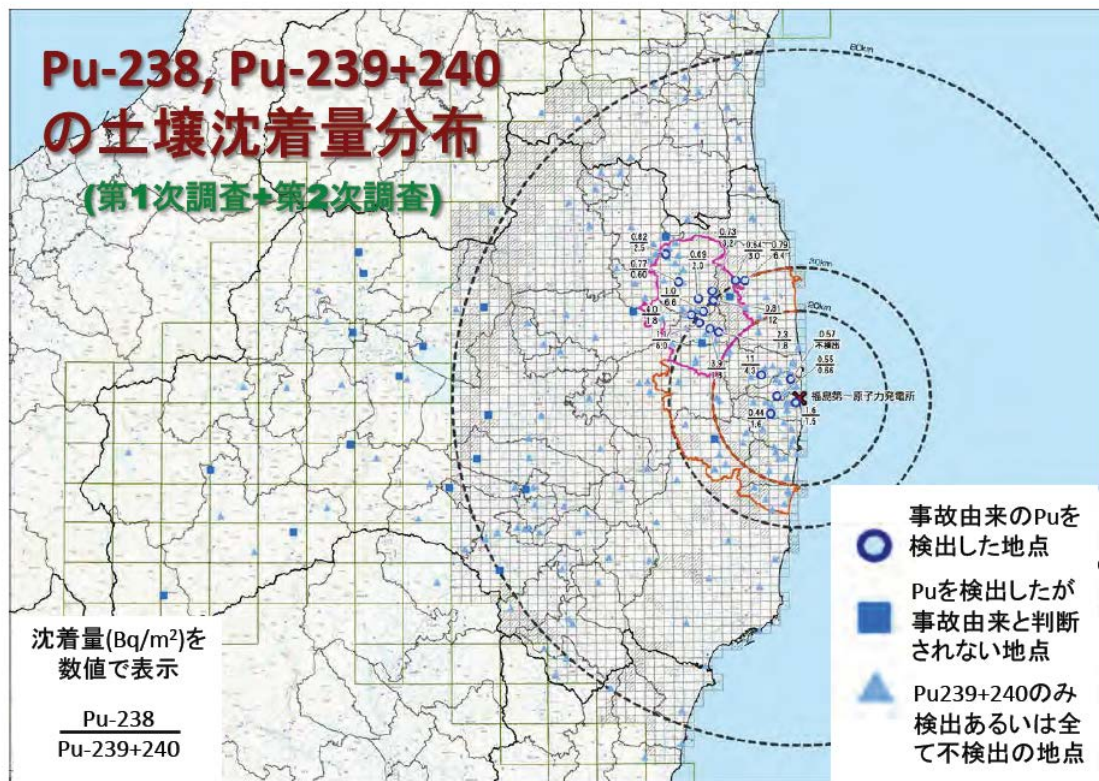
一方、銀の場合は、それと違う傾向を示しています。原発から北西方向でセシウムに対する銀の比率が大きく、その他の広い地域では比率が小さくて、しかもよい相関が見られるということがわかりました。

## Cs-134/Cs-137 の濃度比

会津、群馬、栃木方面で  
比率が低い傾向？

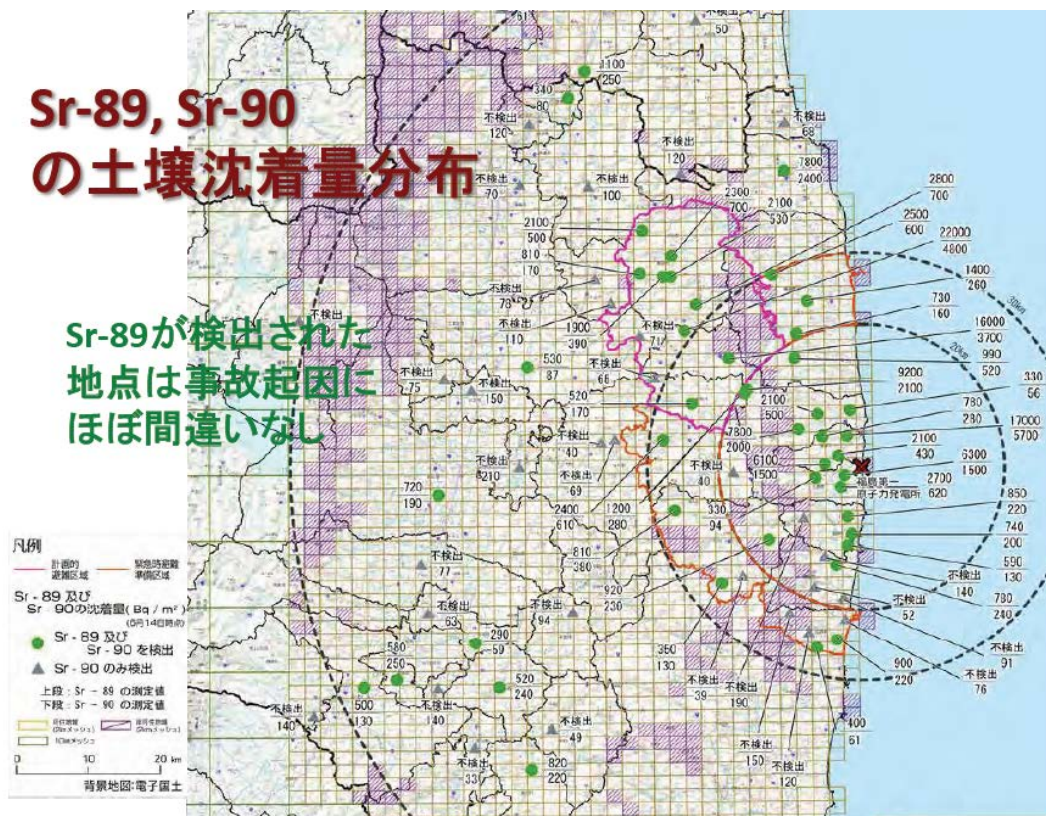


セシウム 137 と 134 というのは全般に非常によく相関が見られるのですが、非常に細かく見ていくと地域特性がありそうな傾向も見られます。これは 137 と 134 の比率ですが、会津、群馬、栃木方面で多少低めの値になっています。ただし、これが本当に統計的に有意な結果かどうかというのは、今後さらに解析を進めていく必要があります。



プルトニウムに関する結果ですが、この図では事故由来のプルトニウムを検出した地点を丸で示してあります。それから、プルトニウムを検出したけども事故由来と認識されなかった地点をその他の記号で示してあります。北西方向に明らかに事故由来のプルトニウムを検出しております。ただし、沈着量の濃度が非常に低く、核爆発実験の Fallout がまだ残っておりますけれども、それと同じレベルでやっているということがわかりました。この図では、濃度の数字が小さくて見えにくくなっています。





ストロンチウムについても状況は同じで、今回の事故由来のストロンチウムというのが明らかに発見されているんですけども、濃度自体は大きくありません。

## 被ばく線量評価

- 観測された最大土壌濃度 (Bq/m<sup>2</sup>) を用いて過大側に線量評価
- 50年間の外部被ばくと再浮遊核種の吸入による内部被ばく

核種名	半減期	最大濃度 (Bq/m <sup>2</sup> )	50年間の積算実効線量	
			換算係数 ( $\mu\text{Sv/h}$ )/(Bq/m <sup>2</sup> )	計算結果 (mSv)
Cs-134	2.065年	$1.4 \times 10^7$	$5.1 \times 10^{-2}$	710
Cs-137	30.167年	$1.5 \times 10^7$	$1.3 \times 10^{-1}$	2000(2.0Sv)
I-131	8.02日	$5.5 \times 10^4$	$2.7 \times 10^{-4}$	0.015
Sr-89	50.53日	$2.2 \times 10^4$	$2.8 \times 10^{-5}$	0.00061 (0.61 $\mu\text{Sv}$ )
Sr-90	28.79年	$5.7 \times 10^3$	$2.1 \times 10^{-2}$	0.12
Pu-238	87.7年	4	6.6	0.027
Pu-239+240	$2.411 \times 10^4$ 年	15	8.5	0.12
Ag-110m	249.95日	$8.3 \times 10^4$	$3.9 \times 10^{-2}$	3.2
Te-129m	33.6日	$2.7 \times 10^6$	$2.2 \times 10^{-4}$	0.6

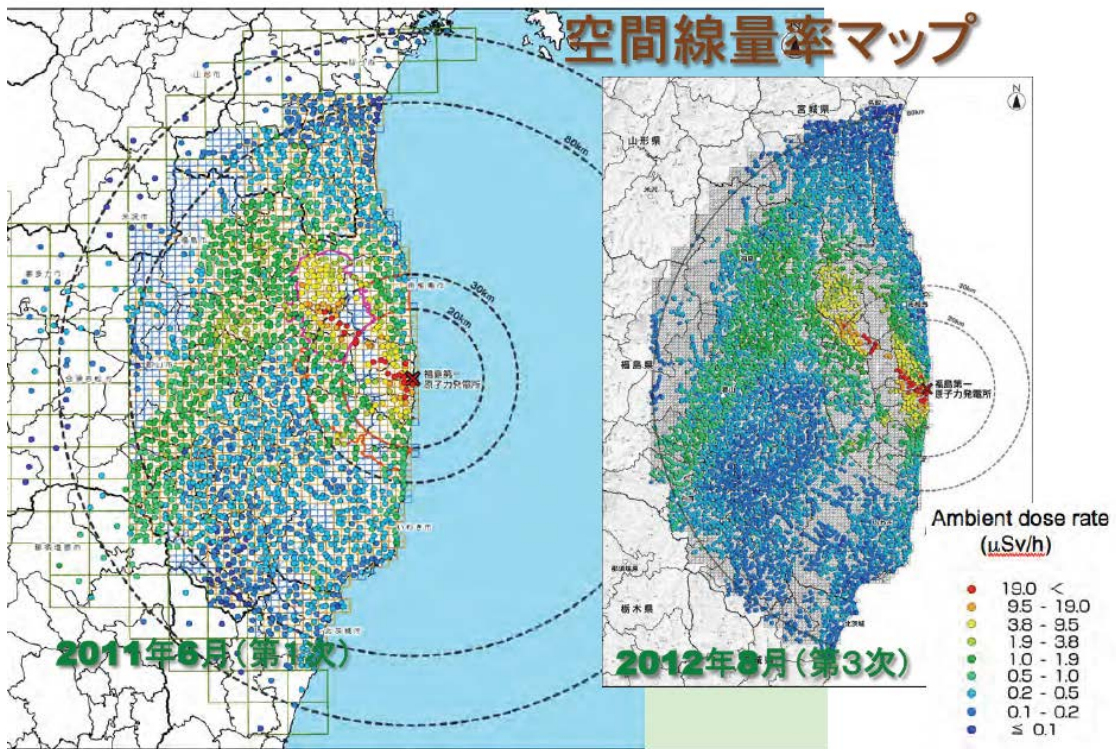
(TECDOC-1162の線量係数を使用)

1次調査で検出された放射性核種に対して、その最大土壌濃度を用いて過大評価側に線量評価を行ったのがこの表になります。核種、それから後ろに出された評価の結果がありますが、50年間の外部被ばくと、それから再浮遊、空気中に巻き上げられた核種を吸入することによる内部被ばくを評価しています。そうしますと、一番重要な核種としてはセシウム137で、50年間に2,000ミリシーベルト。2番目がセシウム134で710ミリシーベルト。3番目は二桁に落ちて、銀で3ミリシーベルト。ストロンチウムとプルトニウムの線量については、1ミリシーベルト以下の非常に小さい値であることがわかります。

## 放射性核種の土壌沈着量に関するまとめ

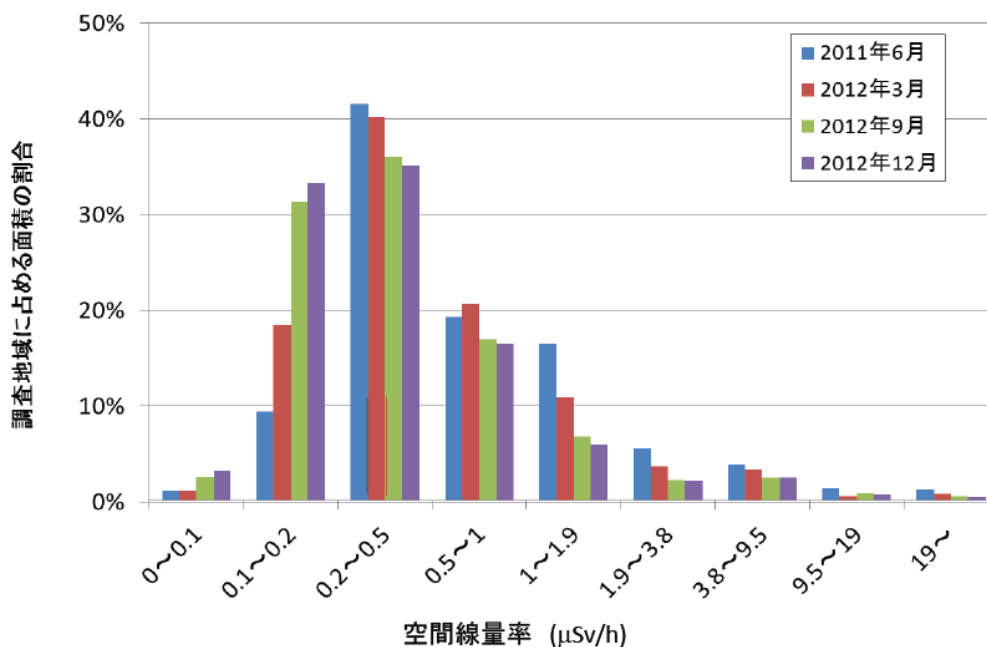
1. 将来の被ばく線量の観点からは放射性セシウムが圧倒的に重要
2. 事故に起因したプルトニウムとストロンチウムが観測されたが、沈着量は非常に少ない
3. Cs-134 の沈着量は 2011年6月から確実に減少
4. I-131, Te-129m あるいは Ag-110m と Cs-137 の比率には地域依存性が存在:
  - a) I-131, Te-129mは原発から南方向で高い
  - b) Ag-110mは北西方向で高い

以上、放射性核種の土壌沈着量に関するまとめですが、将来の被ばく線量の観点からは、セシウムが圧倒的に重要です。プルトニウム、ストロンチウムも観測されていますけれども、量は非常に少ないです。セシウム 134 の沈着量は着実に減少しています。それから、ヨウ素、テルル、銀とセシウムの比率には、それぞれ独特の地域依存性が見られます。



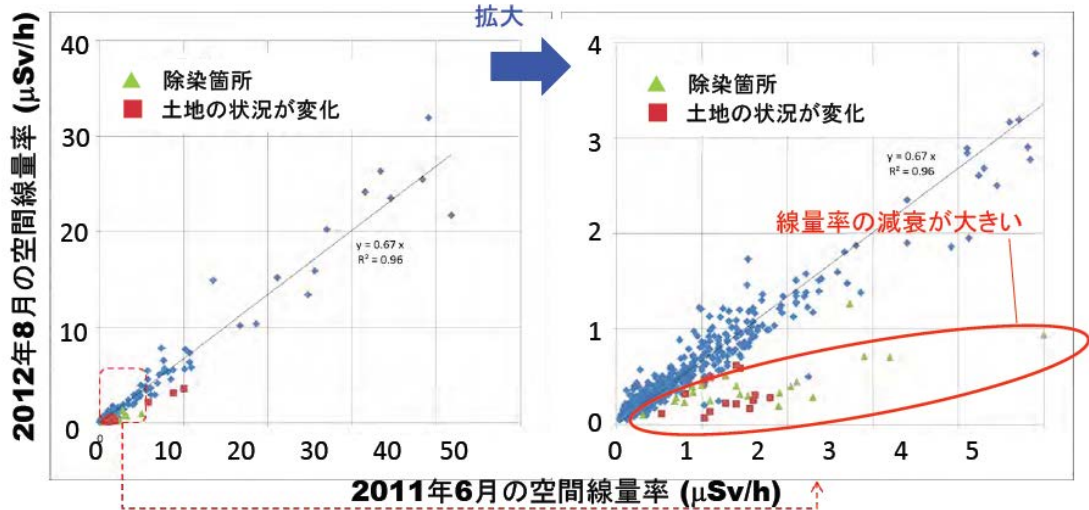
次に、空間線量率の分布についてご紹介します。ここでは 2 つの方法を用いて測定を行っています。1 つは状況の変わりにくい平坦地を選びまして、地上 1 メートルの線量率をサーベイメータで測定しています。もう 1 つは走行サーベイ、すなわち自動車を用いたサーベイで、広い地域で道路沿いの連続測定を行っています。まずは平坦地の測定結果をお見せします。左側が 11 年 6 月、右側が 12 年 8 月の線量率の測定結果ですが、線量率に関してこの 2 つを比べますと、明らかに違いが見られていることがわかります。

## 空間線量率毎の面積の割合 (80 km圏内)



80 キロ圏内の空間線量率ごとの面積の割合をこの図で示しています。空間線量率の範囲とその線量率の占める面積の割合を縦にパーセンテージで示しています。4 回の測定を一緒に示していますが、 $0.2 \mu\text{Sv/h}$  以上の地域は、経時的にだんだん面積が減ってきていることがわかります。逆に、 $0.2$  マイクロシーベルト以下の線量率の低い地域の面積が増えてきています。現状では、 $0.5$  マイクロシーベルト以下の地域の面積が 70 パーセント程度を占めているということがわかります。

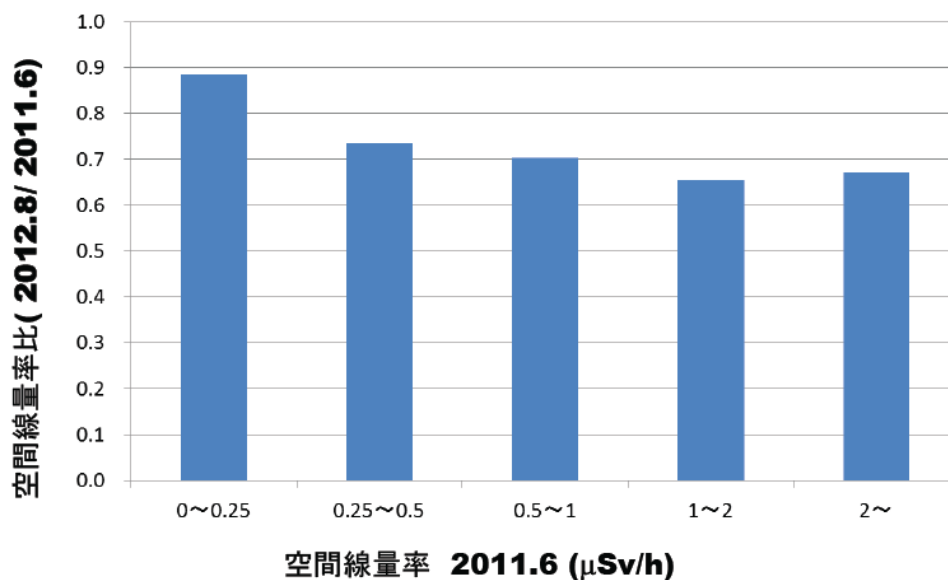
## 1次調査と3次調査の空間線量率の比較



- 空間線量率は平均で**30%以上減衰 (物理的減衰: 25%)**
- 空間線量率の減衰が大きい地点が存在: **除染、土地状況の変化**

この図では、11年6月と12年8月の線量率を相関図のかたちで比べていますが、傾きが0.67です。ちょっと小さくて見にくいかもしれませんが、空間線量率がこの期間に平均で30パーセントちょっと減少していて、この期間の物理的減衰が25パーセントと評価されます。従って、ウエザリングによる減少というのは10パーセント以下とあまり大きくない傾向がここから確認できます。それから、一部、線量率の減衰が他に比べて明らかに大きい地点がありました。それを調べてみると、除染が行われた場所、あるいは土地の条件が変わったということで、除染により明らかに線量率が下がっていることが、こういったデータからも確認できています。

## 1次調査と3次調査の空間線量率の比較

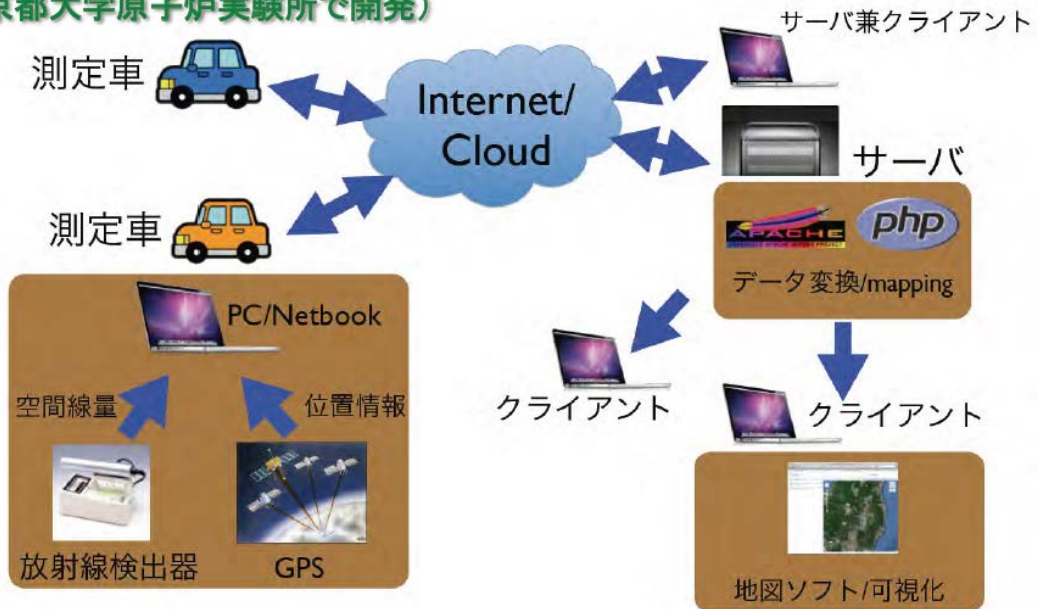


### ●空間線量率の減少傾向には線量率依存性がある

また、この図は1次と3次の空間線量率の比率を各線量率の範囲ごとに示しています。線量率が高いところではこの比率が小さい、すなわち着実に線量率が減ってきているのに対し、線量率の低いところではなかなか線量率が下がりにくい。空間線量率の減少には線量率に対する依存性があるということがわかりました。

# KURAMAシステムを用いた走行サーベイ

(京都大学原子炉実験所で開発)

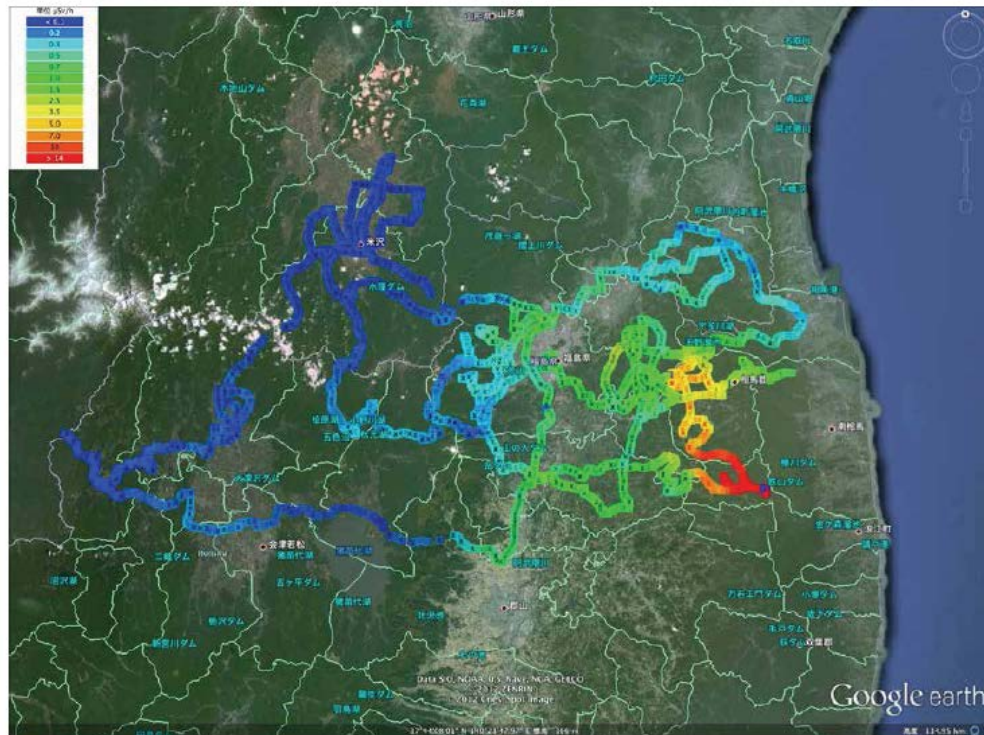


● 携帯電話の回線で測定データを即時に転送・表示

空間線量率に関しては、京大で開発しました KURAMA というシステムを用いた走行サーベイを実施しております。このシステムは、空間線量率測定値と GPS を用いて位置情報を PC に取り込んで、リアルタイムで携帯電話の回線で飛ばして見ることができるというものです。



## 走行サーベイ結果のリアルタイム表示



これはリアルタイム表示の例ですが、ベースキャンプで走行経路及び測定結果を同時に見ることができます。例えば 10 台の車が走っていれば 10 台いっぺんにこの画像を見ることができて、もし不適切な測定が行われたらすぐに処置ができます。

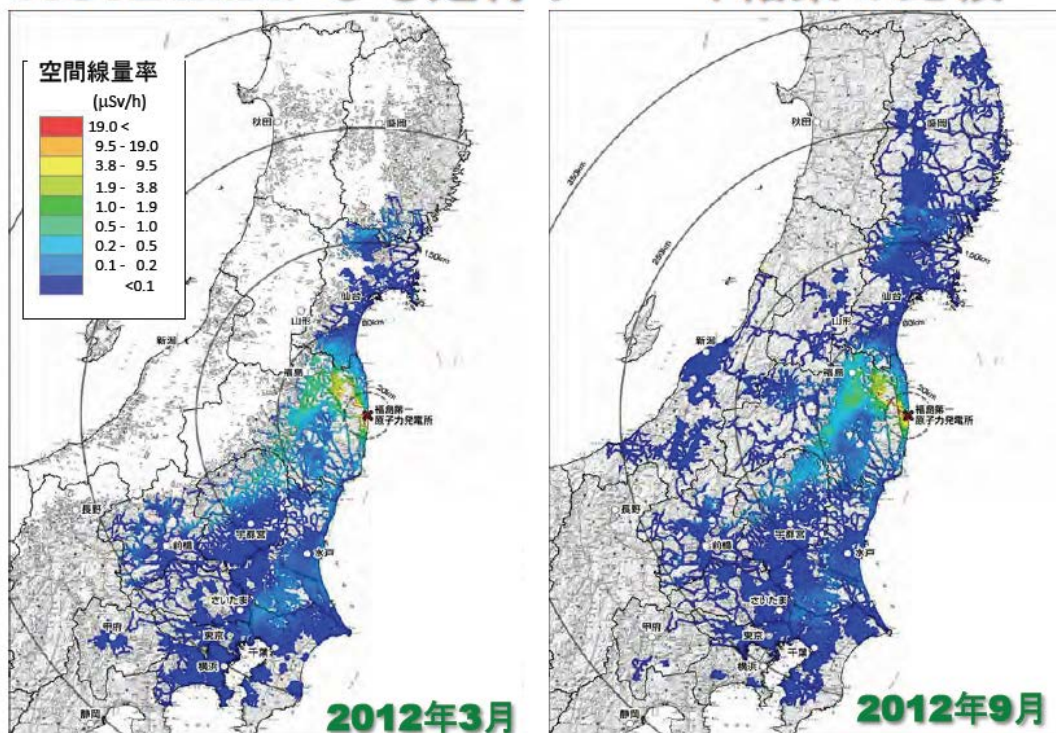
## KURAMA2 システム

- コンパクト ● 操作が容易
- 100台を約200 の地方自治体へ貸与
- 各自治体が自由に測定を実施（2012年3月以降）



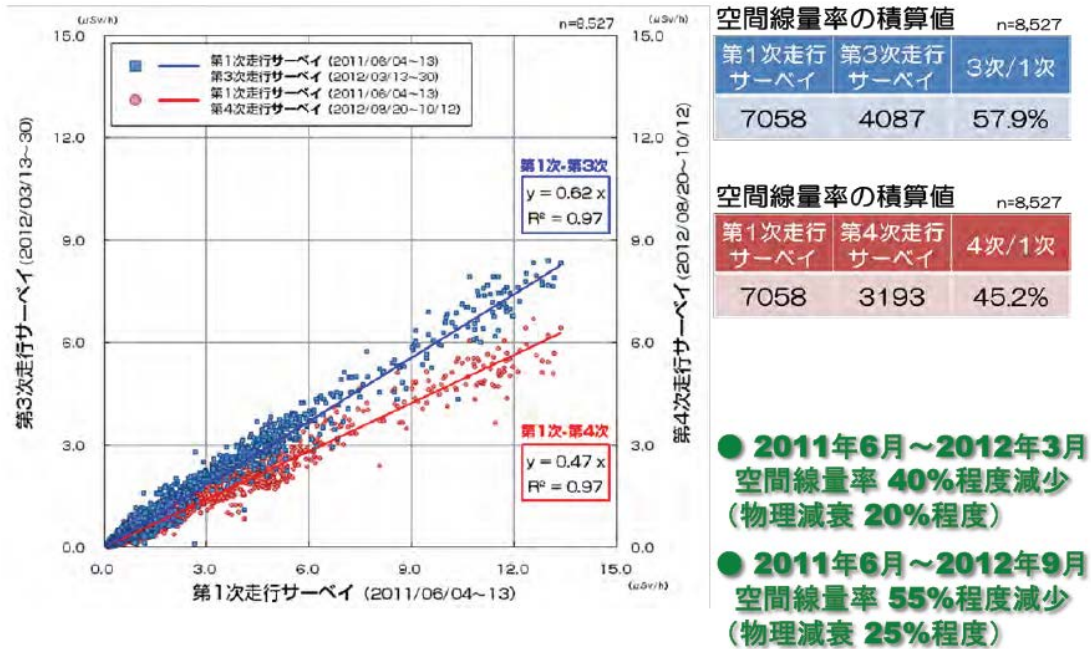
第2次調査以降は KURAMA2 システムと呼ばれる、非常にコンパクトで操作が容易なシステムを使用しました。大きさはこのくらいで、自動車のシガーソケットに電源をつなぐとすぐに測定が始まるようなシステムですので、100 台を作成しまして約 200 の地方自治体に貸与して自由に測定してもらおうということを始めました。

## KURAMAによる走行サーベイ結果の比較



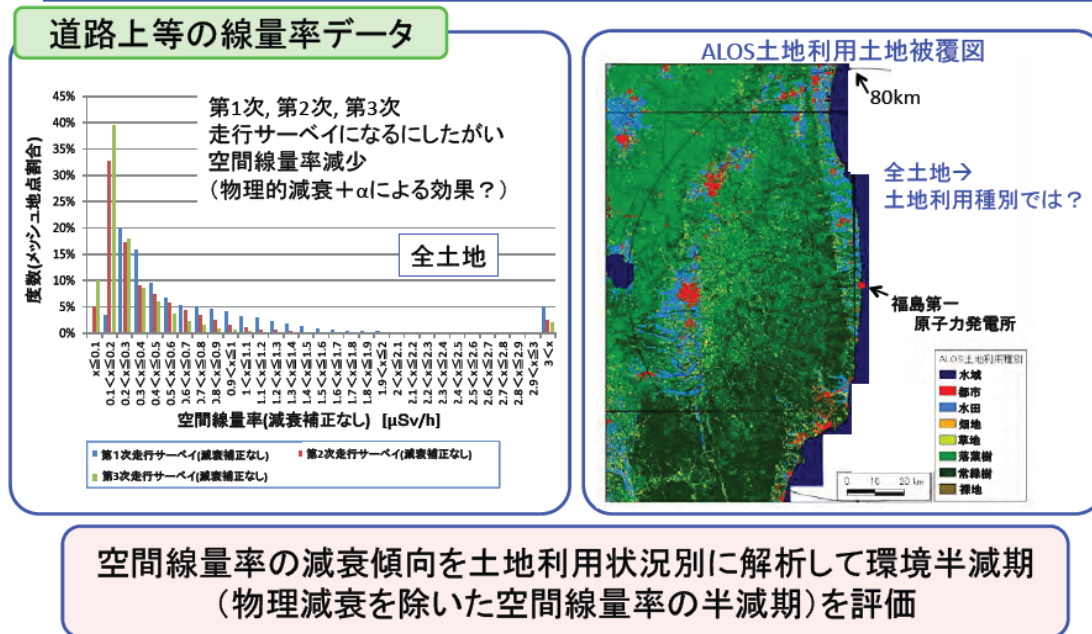
その結果、この図に示しますように、短期間で非常に詳細な広域の地図を作ることができるようになりました。左は12年の3月、それから右は12年の9月に行われた測定の実例です。例えば千葉あたりの線量率がこの半年で下がってきていることがわかるとおもいます。

## 1次と3次・4次の走行サーベイ結果の比較



この図では、走行サーベイの結果を3つの時期で比較しています。2011年の6月から2012年の3月では、この青い線になりますが、空間線量率が40パーセント程度、それから9月までの範囲ですと、この赤い線になりますが、50パーセント程度まで空間線量率が減少しています。走行サーベイに関しては、物理的な減衰に比べて非常にその減衰が大きいということが観測されています。

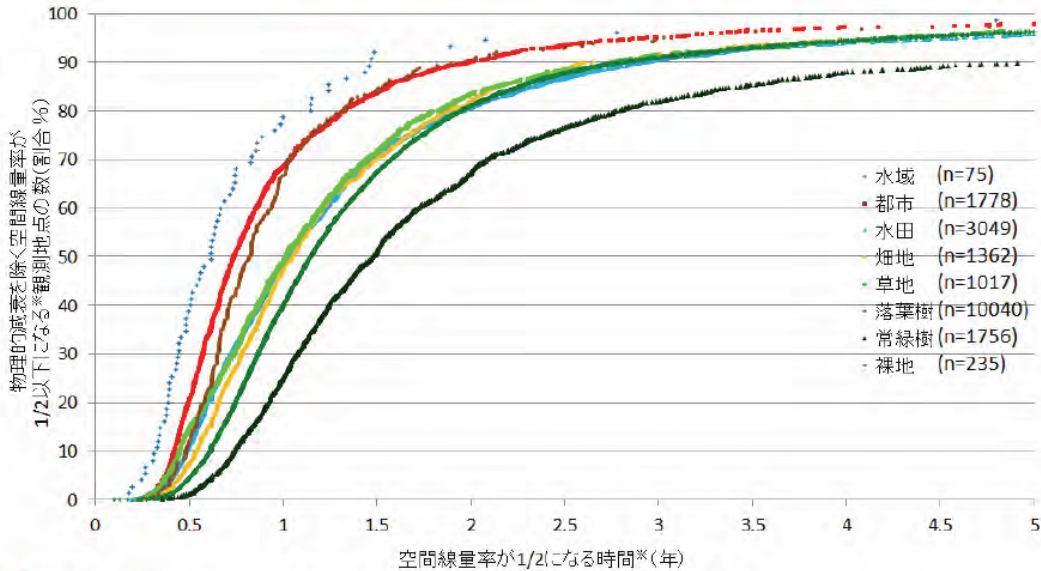
## 土地利用状況による線量減衰傾向の違い



空間線量率の減衰傾向を土地利用状況別に解析して環境半減期  
 (物理減衰を除いた空間線量率の半減期)を評価

また、この図では、走行サーベイのデータと土地利用状況のデータを用いて統計的な解析を行い、空間線量率の減衰傾向を土地利用別に解析して、環境半減期、これは物理的な減衰を除いた空間線量率の半減期ですけれども、それを評価しました。

## 土地利用状況と線量減衰



(※) 第1次及び第2次走行サーベイの測定結果から導出、放射性物質の物理的減衰を除く

環境半減期の累積度数分布をこの図に示しています。これは、異なる土地利用状況に対して示しているのですが、水域とか都市は水色と赤ですが環境半減期が短い、すなわち水域とか都市では線量が早く減少しているのに対し、林、特に常緑樹の地域では線量率の減衰が非常に遅いという結果が明らかにされています。

## 標高差

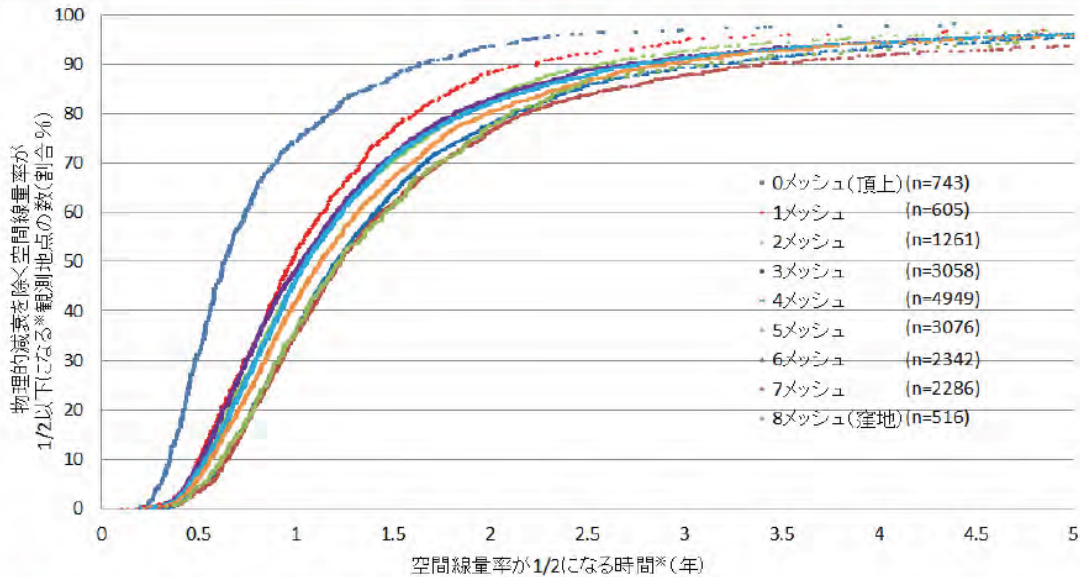


周囲の土地との標高差を、数値地図50mメッシュ(標高)(国土地理院)の標高データを用いて、メッシュ数で表した。



これは、標高差がどのように線量率の減衰に影響しているかということ調べた図です。100メートルメッシュで解析を行っているのですが、まず、注目したメッシュの周りのメッシュとの標高差がどういう関係にあるかというのを考えてみます。これは、周りに高いメッシュがいくつあるという数を示していますが、0メッシュというのは高い標高差の地域がない、すなわちここが尾根の頂上であるということです。逆に8メッシュというのは、一番低い窪地のようなところであります。

## 標高差と線量減衰



(※) 第1次及び第2次走行サーベイの測定結果から導出、放射性物質の物理的減衰は除く

この標高差ごとに、同じく環境半減期の累積をするのですが、0メッシュ、すなわち標高が一番高いところ、山の尾根部のようなところは線量の減衰が速いのにに対して、こちら（窪地）は遅い。やはり高いところから低いところへセシウムが動いていることを示す結果が得られています。

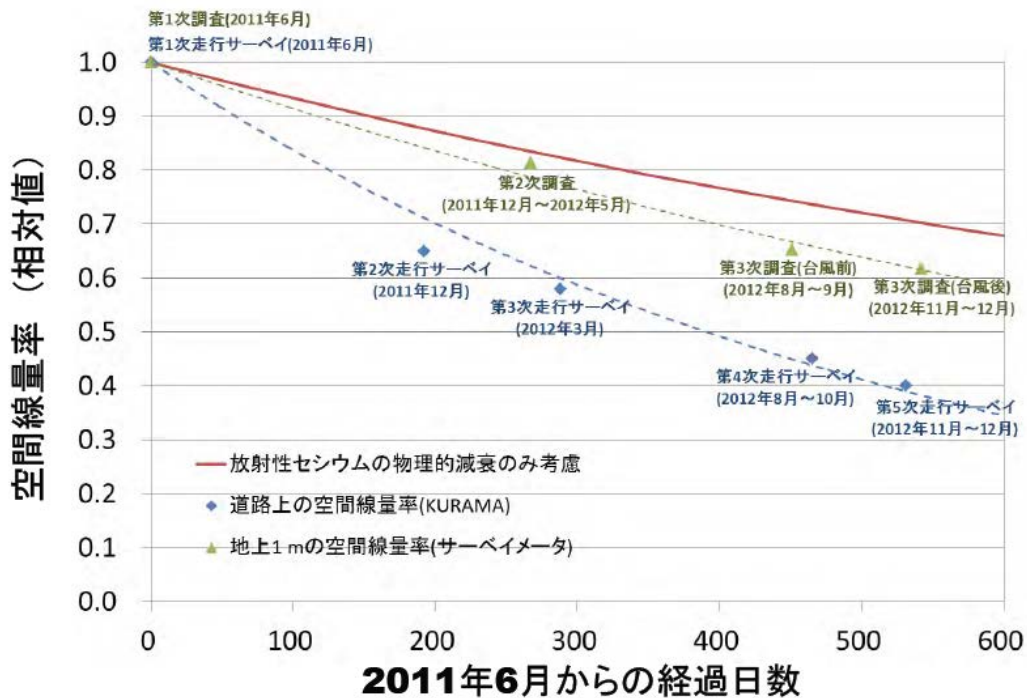


## 空間線量率に関するまとめ

- 1. 2011年6月から2012年9月までに平坦地上1 mの空間線量率が33%減少**
  - 物理壊変による減衰：25%
- 2. 2011年6月から2012年9月までに走行サーベイによる空間線量率が55%減少**
- 3. 空間線量率の減少傾向に影響する要因**
  - 線量率依存性：線量率の低いところは減少が遅い
  - 土地利用依存性：針葉樹林は遅く都市では早い
  - 高度差依存性：頂上は早く窪地は遅い
- 4. 走行サーベイ及び航空機サーベイにより詳細な線量率マップを作成するための基盤が完成**

線量率に関するまとめということになりますが、2011年6月から2012年9月まで平坦地上1メートルでは空間線量率が33パーセント、一方、走行サーベイで見ると道路上では50パーセントの減少ということで、両者には大きな違いがあります。それから、空間線量率の減少傾向に影響する要因として、土地利用状況と高度差が挙げられますが、両者に対する依存性が観測されています。

## 空間線量率の減衰傾向



これは、空間線量率の減衰傾向をまとめた図です。2011年の6月を1.0として示していますが、赤が物理減衰傾向、緑は平坦地地上1メートルの減衰傾向、青が道路上の減衰傾向ということになります。このように、非常に大きな差があります。道路のセシウムというのは流れやすいことがわかっているのですが、道路上の測定も道路のガンマ線だけではなく、周囲からのガンマ線も測っています。従ってこの大きな差というのは、道路のセシウムの状況だけでは説明できない。

これに関して、なぜこういった大きな違いがみられるのか。また、どちらのほうが実際の人間の生活に近い線量率に該当しているのかということを探るために、今、新しい調査から測定をし始めているところです。

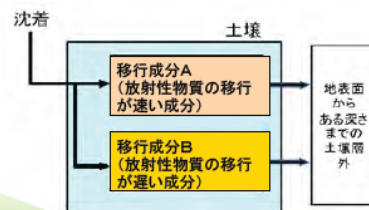
# 空間線量率の分布予測モデル

空間線量率測定値の変化傾向を統計的に解析し  
福島第一原発から80 km圏内を対象とした  
空間線量率の分布予測モデルを開発

空間線量率の分布予測モデルの開発イメージ



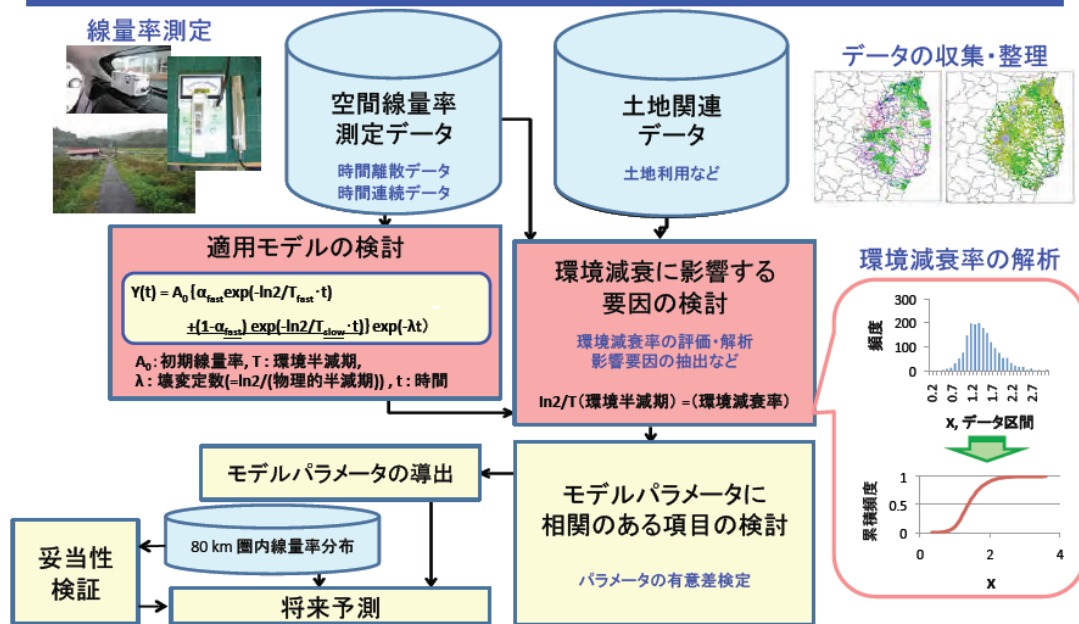
表層土壌中にあるセシウム沈着量の経時変化に対して2成分モデル(移行の速さが異なる2つの成分を仮定)を適用



福島第一原発から80km圏内で測定された、定期的に測定された空間線量率データ、連続的に測定された空間線量率データなどを解析し、移行成分の特徴を抽出

最後に、空間線量率の分布予測モデルについてお話しします。ここでは、80 キロ圏内を対象として空間線量率の予測を行おうとしています。ここで書かれているモデルは、表層土壌中にあるセシウムが 2 つの成分で土壌から外へ流れていく。すなわち移行の速い成分と遅い成分の 2 つにより流出すると想定するという事です。その結果として地上の空間線量率も変化するという事です。

# モデル作りのための解析の流れ



具体的には、2つの成分としてこのような指数関数を考えまして、その組み合わせで線量率の変化を表します。空間線量率とのデータを統計的に解析して、状況ごとに実際的なパラメータを用いて、それで将来予測を行うというものです。現在まで（当初の1年間）の解析ですと、まだ遅い成分が見られていない、指数関数的に線量率が下がってきて、今後、遅い成分がだんだん見えてきている状況にあると思います。

## 今後の予定

1. 信頼における同様の手法を用い継続して詳細測定を実施しマップを作成
2. 80 km 圏内の空間線量率、放射性セシウムの沈着量等の分布の変化を予測するための数理モデルを開発
3. 取得したデータを分かり易い形で情報発信するためのシステムの開発

今後の予定ですけれども、信頼における同様の手法を用いて継続して詳細測定を実施していく。実際に、現在、25年度の分布状況調査を開始して、1回目の測定を先日終了したところです。それから先ほどご紹介しました、予測のための数理モデルを今年度中にプロトタイプとして完成する予定です。それから3番目はやはり、取得した情報をなるべくわかりやすいかたちで発信することが必要であろうということで、現在のデータベースに加えて、さらに画像でわかりやすいかたちで情報を発信していくためのシステムを開発しているところです。

今、冒頭のごあいさつにもありましたように、避難していた住民がまさに帰還しようとしておられ、そのための除染が非常に活発に行われているという状況です。こういった帰還、あるいは除染、さらには将来の住民の生活を考えるための適切な基礎データを、今後、今回立ち上がりました環境動態研究センターと協力しながら、引き続き提供していけたらと考えております。どうもご清聴ありがとうございました。

## 質疑応答

松本：ありがとうございました。それでは少し時間がございませぬので、フロアからご質問があるようでしたらお受けしたいと思ひますが、いかがでしょうか。

会場：土壌沈着量の詳細な報告を見せていただき、非常に興味を持ったのですが、その場合、例えば森林の場合ですといわゆる臨床植生があつて、土壌表面にはリターというものがあります。そういったときに土壌というのはどこのことを語られているのでしょうか。

斎藤：私が今日ご紹介したデータというのは、なるべく植生のない平坦な地域の中で選んでやっています。ですから、森林の中で下に植生があつたところは私の調査では測定していません。逆にそのへんは、恩田先生のグループで森林の調査を詳細にしておりますので、多分、後ほどそのお話があると思ひます。

私の調査では、とにかく全体が森林と位置づけられているようなところでも周りになるべく木がなくて、植生がなくて、平坦な土地を選んで測定を行うことをしています。

会場：どうもありがとうございました。

松本：その他はいかがでしょうか。では斎藤さまのご講演、どうもありがとうございました。



## 国立環境研究所における 放射性物質の環境動態・影響研究

国立環境研究所・地域環境研究センター

大原 利眞

(放射性物質実態把握・動態解明グループ)

*tohara@nies.go.jp*

1/30

ご紹介いただき、ありがとうございます。本日、筑波大学アイソトープ環境動態研究センター設立記念シンポジウムにお招きいただき、また、このように講演の場を与えてくださりまして誠にありがとうございます。国立環境研究所の大原と申します。よろしくお願ひ申しあげます。

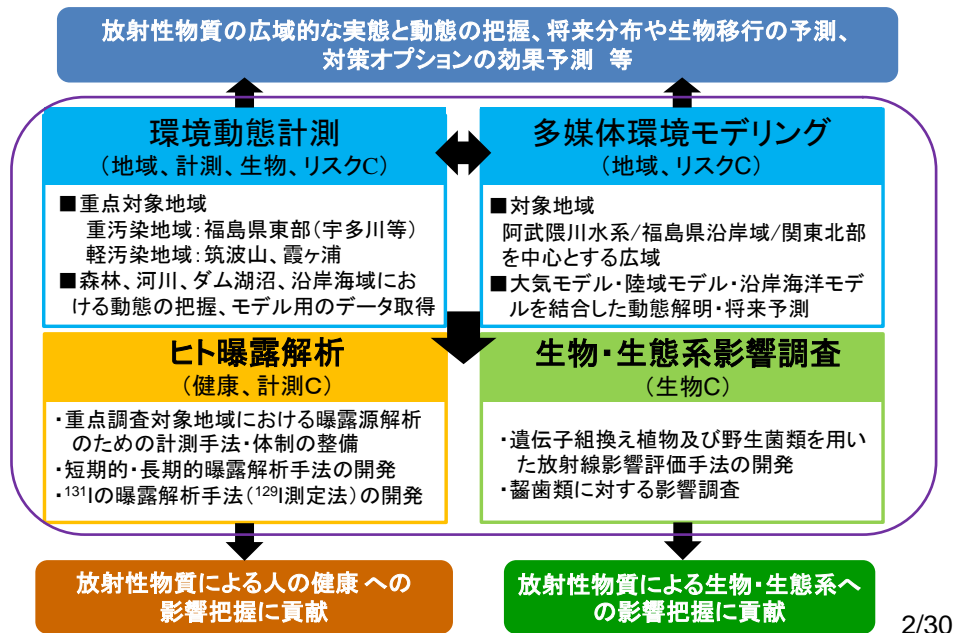
私たちの研究所は環境問題を対象に携わっている研究所でございます。先ほど環境省の平岡審議官からお話ございましたけれども、2011年3月の時点では環境基本法等において放射性物質は対象外でした。環境研は環境省と歩調を合わせて仕事をしているということから、環境中の放射性物質は直接的には研究対象としないということで研究を進めてきたわけです。しかし、原子力発電所から環境中に大量の放射性物質が放出されました。それによって深刻な環境汚染の問題が発生しましたので、この問題に対して環境研としてきちんと対応する必要がありました。このような背景の中で、当初は手探り状態で研究を開始しました。

私自身も大気汚染の専門家でありまして、筑波大との関係におきましては、筑波大の連携大学院において講座を持たせていただいております。そこでは地域大気汚染学という授業を担当させていただいております。私の場合は、大気汚染のシミュレーションのモデルの仕事をしておりましたので、その蓄積、経験を生かして、大気中に放出された放射性物質の動き、大気から陸域・海域への沈着の過程をシミュレーションすることができないだろうかと考えて研究を進めてきたところでありまして、研究所全体として、そのような形で研究を進めていたわけですが、同時に、組織としてまとまった形で何ができるのかという議論を、事故直後から真剣に行いました。それを整理した結果として、1つは放射性物質に

よって汚染された廃棄物の処理・処分に関する研究、これは非常に重要な問題であり、今も重要な問題になっています。もう1つは環境中での放射性物質の動態に関わる研究です。本研究所は、化学物質等を対象にして、これまで同様の研究をしておりましたので、その知見、ノウハウを放射性物質に適用して研究を進めようではないかということで、総合的な研究を立ち上げました。幸いなことに、環境省の委託調査として、2011～2013年度に予算措置をしていただきました。本日は、その調査・研究結果の概要を報告します。



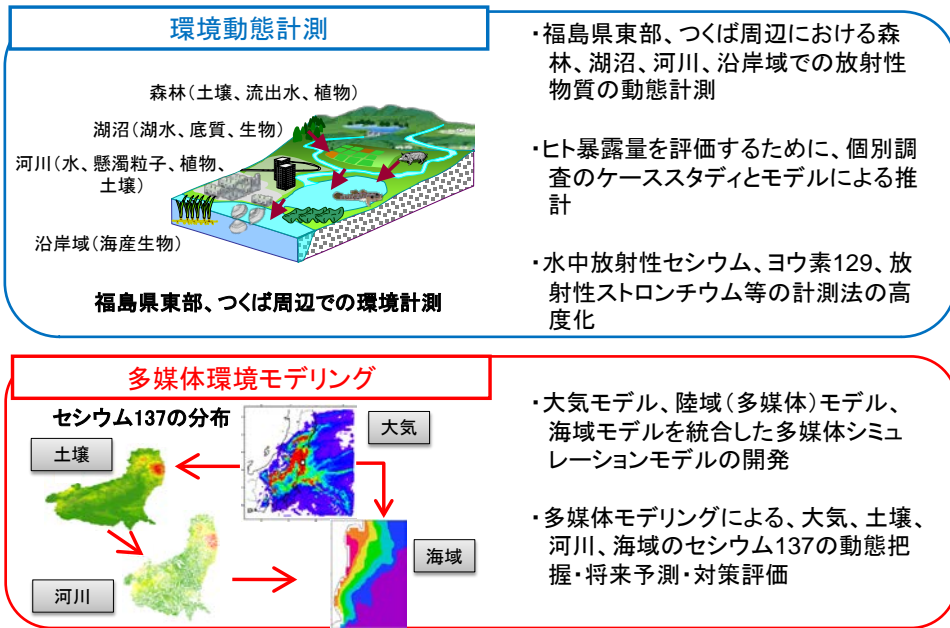
## 研究の全体構成



まず、簡単にご紹介しますが、国立環境研究所の環境動態および環境への影響に関わる研究としては、4つのパーツで研究を進めているところであります。1つは環境動態計測、それからこちらのほうはモデリングです。この2つをリンケージすることによって広域的な放射性物質の動きを把握し、将来予測等を行う研究を進めております。

それから下のほうが影響に関わるところでありまして、人への被ばく量はどのぐらいなのかという研究、もう1つは生物・生態系への影響調査、以上4つのパーツで研究を進めておりますので、今日はこの順番に概要をお話したいと思います。

## 環境動態研究の概要

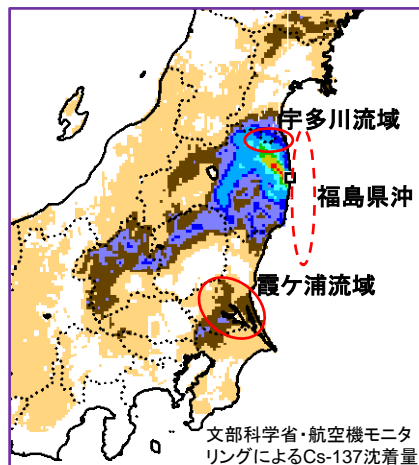


3/30

まず、環境動態研究ですが、先ほどご紹介しましたが、この2つのパーツで進めています。1つは環境中で測る研究、もう1つはそのデータ等を使ってモデリングをするという研究です。環境動態計測につきましては、福島県の東部あるいはつくばの周辺における森林、湖沼、河川、沿岸域等を対象としています。あるいは、その測定法の開発を進めています。一方、モデリングにつきましては、大気、土壌、河川、あるいは海域、これらの環境多媒体におけるモデリングを、大気モデルと海洋のモデル、それから陸域のモデルを統合してモデリングを行っています。

# 環境動態計測研究の概要

## 流域圏スケールでの放射性物質の動態計測を実施



### 計測の対象

- ・場から場への移動・集積  
→ストックとフローの定量評価
- ・非生物→生物、生物間の移行

### 対象流域

- ・軽汚染地域: 霞ヶ浦流域
- ・重汚染地域: 福島県宇多川流域  
(+福島県沖)

手法活用



実態・機構解明と長期的な推移の評価 → 行政機関等への積極的な情報提供  
多媒体モデル、人ばく露量評価モデルへのデータ提供 → より確かな将来予測への貢献

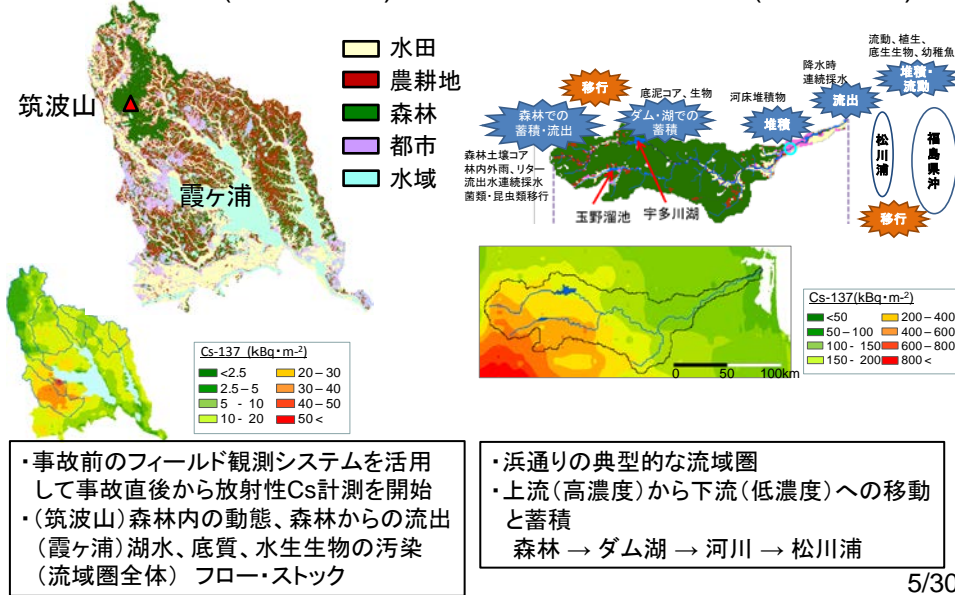
4/30

環境動態計測のコンセプトは、流域圏スケールで放射性物質を測定することによって、環境動態を明らかにすることです。対象としている地域は、1つはこのつくばのあたりです。筑波山あるいは霞ヶ浦の流域。もう1つは福島県東部の宇多川流域です。霞ヶ浦流域では比較的汚染が軽く、一方、福島県の宇多川流域では汚染の程度が重い、と位置づけて研究を進めています。

# 計測対象地域と調査の概要

霞ヶ浦流域圏 (2156.7km<sup>2</sup>)

宇多川流域圏 (106.3 km<sup>2</sup>)

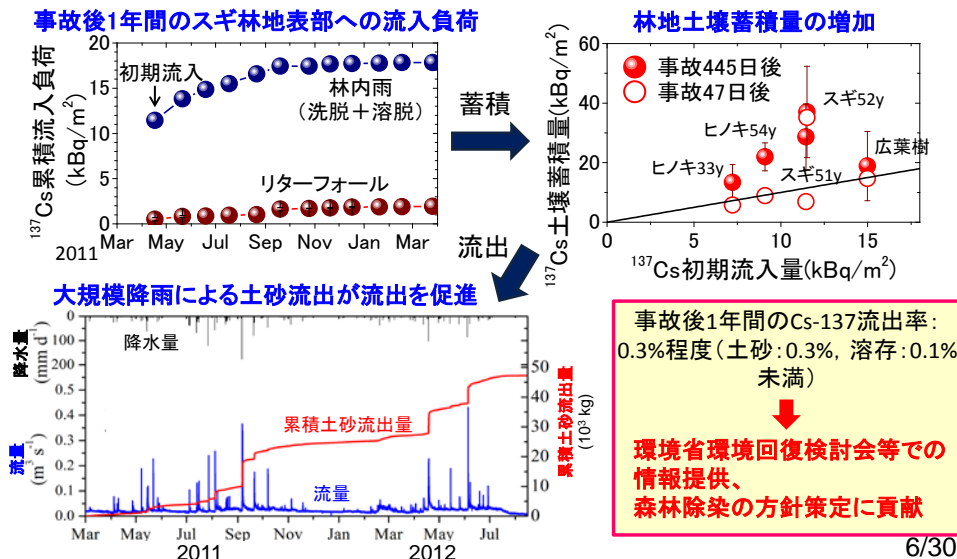


対象としている地域の詳細です。霞ヶ浦流域圏には筑波山や霞ヶ浦が含まれます。宇多川流域のスケールはだいぶ違いますけれども、こちらは福島県の北東部にある比較的小さい流域であります。霞ヶ浦の流域圏におきましては、事故前から私たちの森林・湖沼生態系研究のフィールドとして調査しておりましたので、整備した観測システムを活用して、事故の直後から放射性セシウムの計測を開始しました。狙いとしては、筑波山での森林内での動態、あるいは森林からの流出。それから、霞ヶ浦での湖水、底質、水生生物の汚染。そして流域圏全体での放射性物質のフロー・ストックの定量化というところです。

一方、宇多川流域は浜通りの典型的な流域圏で、放射性物質は上流では高濃度、下流では低濃度になっています。その典型的な流域における放射性物質の移動実態を明らかにする研究をしています。

## 筑波山におけるセシウム137の林内動態と流出

- 林内雨－落葉－土壌－生葉をセットで調査 → 循環特性を把握
- 降雨時流出水の土砂成分、溶存成分の分析 → 流出特性を解明



6/30

今日は、筑波山あるいは霞ヶ浦における結果が話のメインになります。これは筑波山における結果でありまして、まず、どのぐらい筑波山の森林に放射性物質が沈着したのかということでもあります。2011年3月から2012年1月ぐらいまでの結果を示していきまして、これが林内雨です。この増加は森林キャノピー（樹冠）からの流入によるものだと考えています。リターフォールはこのようになっています。この後はほぼ定常状態になっていると考えられます。これはどれだけ土壌に、林の中の土壌に蓄積されているかを示した図でありまして、白塗りの丸が事故後47日後、また赤く塗られた丸が445日後（1年半後ぐらい）の蓄積量になります。

林から渓流水等によってどれだけ流出しているかということが、森林除染を考える上で重要なポイントになります。それを筑波山でみますとこんな具合になっています。これは放射性セシウムそのものではなくて、その重要なファクターである降水量、流量、それから流れ出した土砂の量の累積量を示しておりますけれども、土砂における放射性セシウムの濃度を計測し、この流出量とかけ合わせて、筑波山から流出した放射性セシウムの量を定量化しました。そうしますと、事故後約1年間でのセシウム137の流出率は大体0.3パーセントぐらいと見積られました。ですから残りの99.7パーセントぐらいはまだ筑波山にとどまっているということになります。このような知見は、環境省が森林除染を検討する際に使用されました。

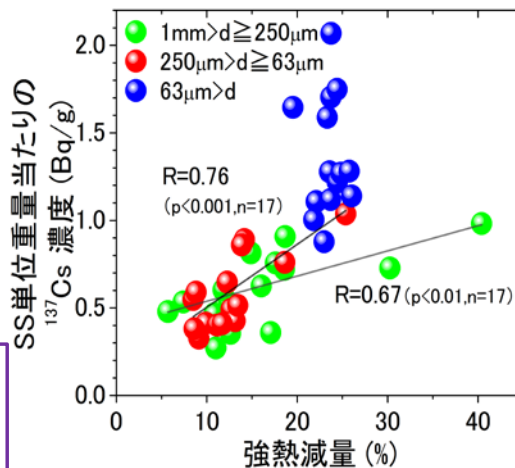
## 量と質から見たセシウム137の流出状況

Cs-137流出状況

	筑波山 (1年間)	宇多川上流 (7か月間)
SS由来 <sup>137</sup> Cs濃度 (kBq/kg)	0.86	17~22
SS由来の <sup>137</sup> Cs流出量 (kBq/m <sup>2</sup> )	0.04	0.41~0.67
SS由来の <sup>137</sup> Cs流出率 (%)	0.3	0.02~0.03

- 懸濁成分に関連した形態での流出が主体
- 流域の汚染濃度に係らず流出率は小さい
- 流出濃度や流出量は懸濁成分の質に依存  
→粒状態有機物の寄与を確認

粒径画分毎のSS含有<sup>137</sup>Cs濃度



植物遺骸(餌)を介した生物への移行という視点が必要

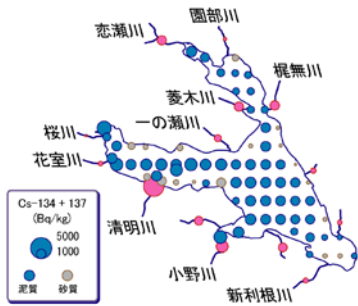
7/30

福島県北東部の宇多川ではどうなのかということですが、これをご覧ください。こちらが筑波山で先ほど示したデータです。こちらのほうが宇多川です。ちょっと期間が違いますけれども、同様な計算をしますと、宇多川流域でも0.02~0.03パーセント程度しか流れ出していないということがわかります。このような結果は、当然、林の性質、土地利用、あるいは地形の状況等によって非常に大きく変化する可能性がありますので、今後より多くのところでの情報を基にして、一般化・普遍化してゆく必要があると考えています。

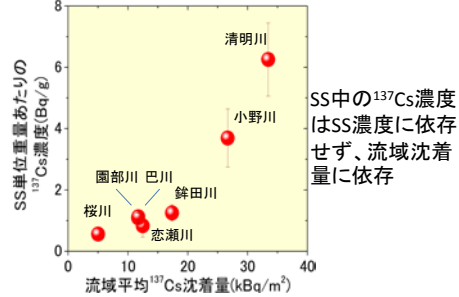
一方、もう1つ重要なポイントとしまして、この図をご覧くださいと思います。横軸は強熱減量で、有機物の含有量を表しています。縦軸はSS、すなわち土砂の単位重量当たりのセシウムの量を示しています。それから色の違いは、小さい粒子が青、中ぐらいが赤色、大きい粒子を緑色で示しています。このように、細かい粒子は有機物量とあまり関係がない、一方、大きな粒子については有機物量と非常に強い相関があります。即ち、植物遺骸や餌を介した生物への移行が、森林からの流出を考える上で重要であると推測されます。

## 放射性セシウムの蓄積量、河川流入量の計測 (霞ヶ浦流域)

底質中の放射性Cs濃度の測定結果

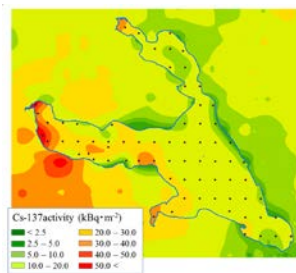


出水時の河川水浮遊性土砂(SS)に含まれる<sup>137</sup>Cs濃度と河川流域沈着量



<sup>137</sup>Cs蓄積量の水平分布  
(底質測定結果+  
文部科学省・航空機  
モニタリング)

<sup>137</sup>Cs蓄積量:  
2.9TBq



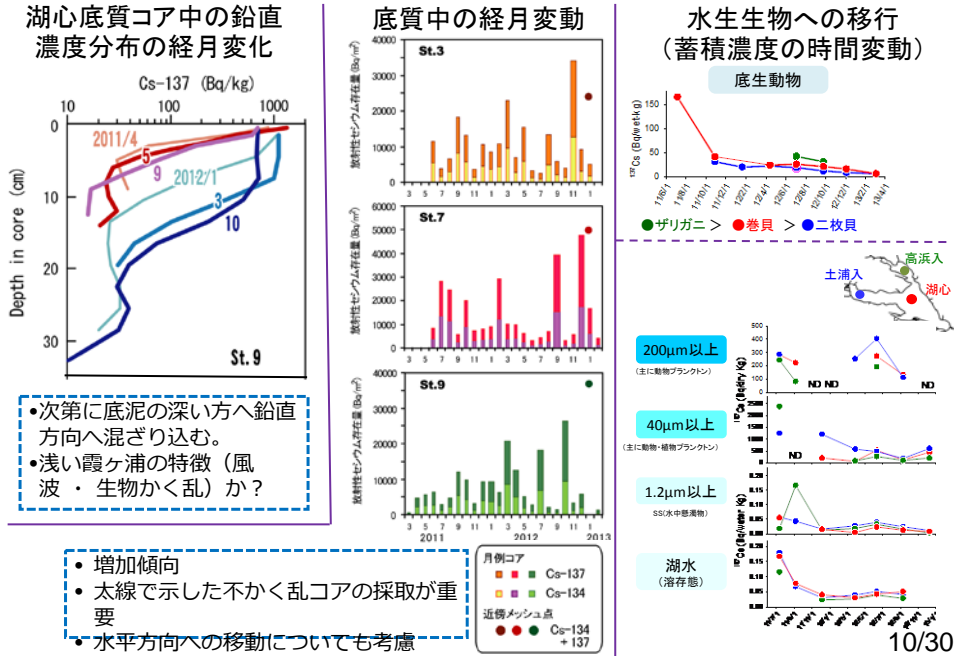
事故後1年間の浮遊土砂経由での流出量

	恋瀬川	小野川	清明川	銚田川
SS比流出量 (kg/m <sup>2</sup> )	0.036	0.016	0.028	0.021
<sup>137</sup> Cs比流出量 (kBq/m <sup>2</sup> )	0.030	0.061	0.18	0.026
<sup>137</sup> Cs流出率 (%)	0.24	0.23	0.52	0.15

流域全体でも流出は少ない 8/30

次に、筑波山下流の霞ヶ浦で放射性セシウムのフロー・ストック関係を推計しました。霞ヶ浦には流入河川がいくつかあります。私たちは霞ヶ浦の湖内をメッシュで切りまして、それぞれの底質中での放射性セシウムを測定しました。これによって、蓄積量の水平分布を把握しました。それからもう1つは、流入してくる河川の流入量を把握しました。その結果、こういった水平分布が得られました。陸のところは航空機モニタリングの結果です。この結果から、湖内のセシウム<sup>137</sup>の蓄積量は2.9テラベクレル程度であるということがわかりました。一方、流入してくる河川の影響がどれぐらいなのかということですが、河川ごとの流出率は0.1~0.5パーセント程度であり、河川経由での流出、あるいは湖への流入は非常に少ないと考えられます。

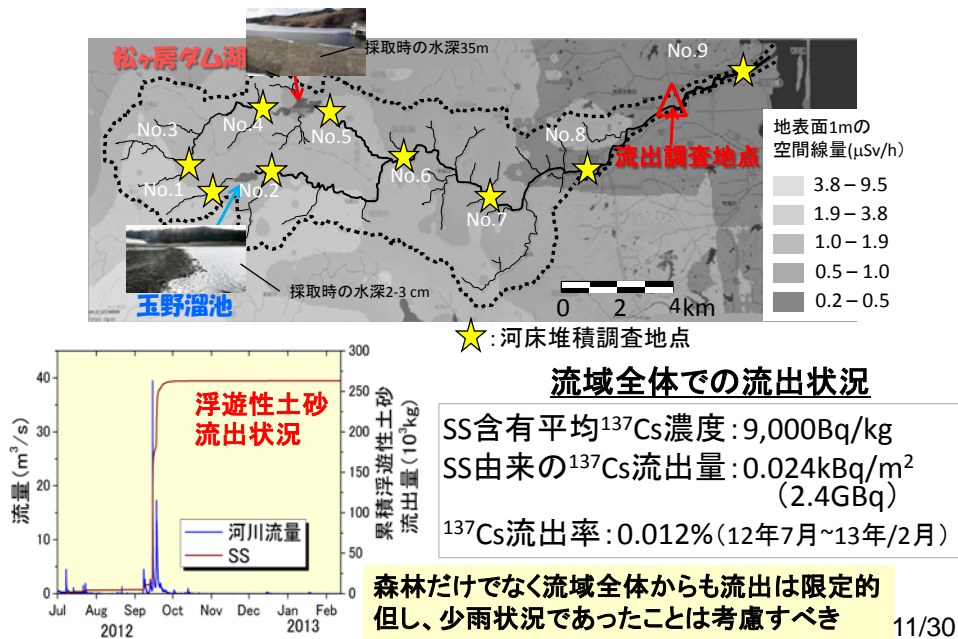
## Cs-137分布の時間変化(霞ヶ浦)



一方、底質中のセシウム 137 の鉛直分布の時間変化を調べると、時間とともに下の方に移動している様子がわかります。また、3 地点での底質中の放射性セシウムの時間変化を調べると、非常に時間変動が大きいこと、但し、比較的信頼性が高いと考えられる大きいコアで測定された結果では増加しているようにも見えることがわかります。ただし変動は非常に大きいということから、引き続き継続して計測していく必要があると考えています。と、同時に水生生物への移行にも着目して、測定あるいは解析を進めています。



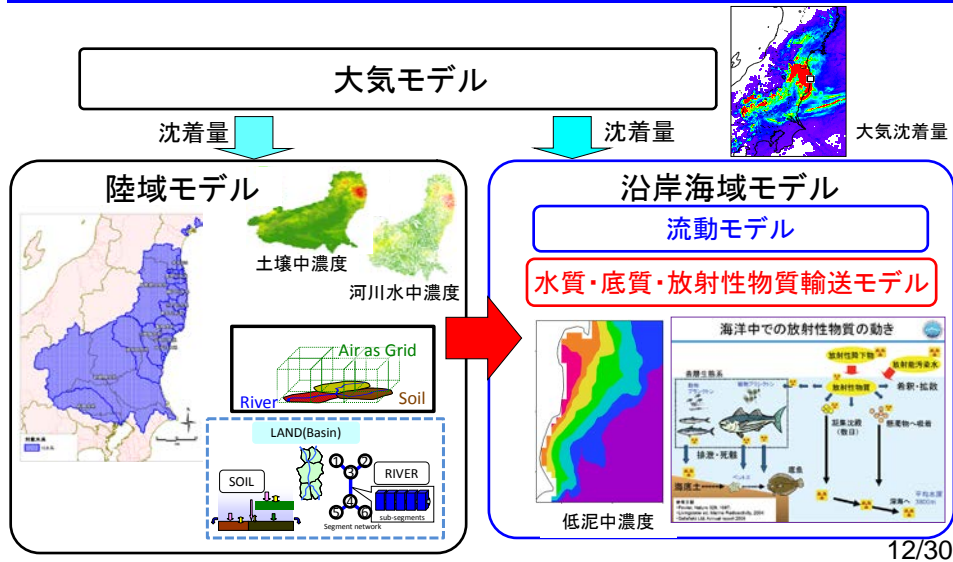
## 宇多川における流出・堆積状況



一方、宇多川につきましても計測あるいは解析を進めておりまして、流域からの流出率がどのぐらいなのか評価してみますと、0.012パーセントと小さく非常に流出が少ないと考えられます。

# 多媒体環境モデリング

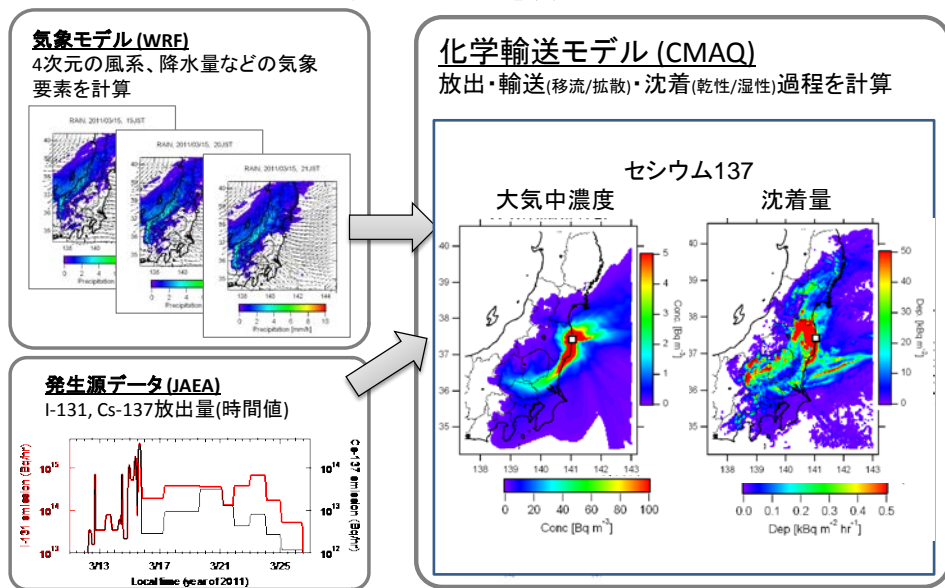
環境予測用の既存モデルを活用して、放射性物質の陸域、海洋の移動を数年～数十年にわたって予測。影響評価や除染対策検討に活用



次に、モデルの話になります。私たちは事故前から、大気モデルと陸域モデル、それから沿岸海域モデルを開発し、あるいは適用して環境汚染等の研究を進めていました。放射性物質の多媒体環境での挙動を明らかにするために、これらの3つのモデルを連結して研究を進めています。

# 大気モデル

大気汚染予測モデルを改良して適用

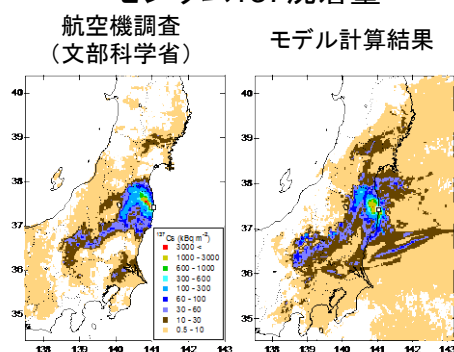


13/30

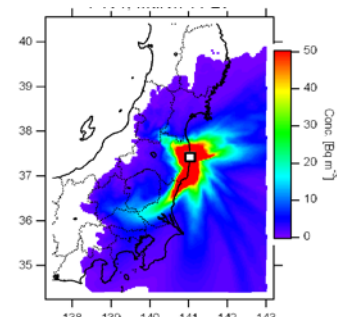
大気モデルにつきましては、気象モデル結果と放出量データをもとに、大気汚染物質用の化学輸送モデルを使って研究を進めています。

# 大気濃度と沈着量の地域分布

## セシウム137沈着量



## ヨウ素131大気中濃度



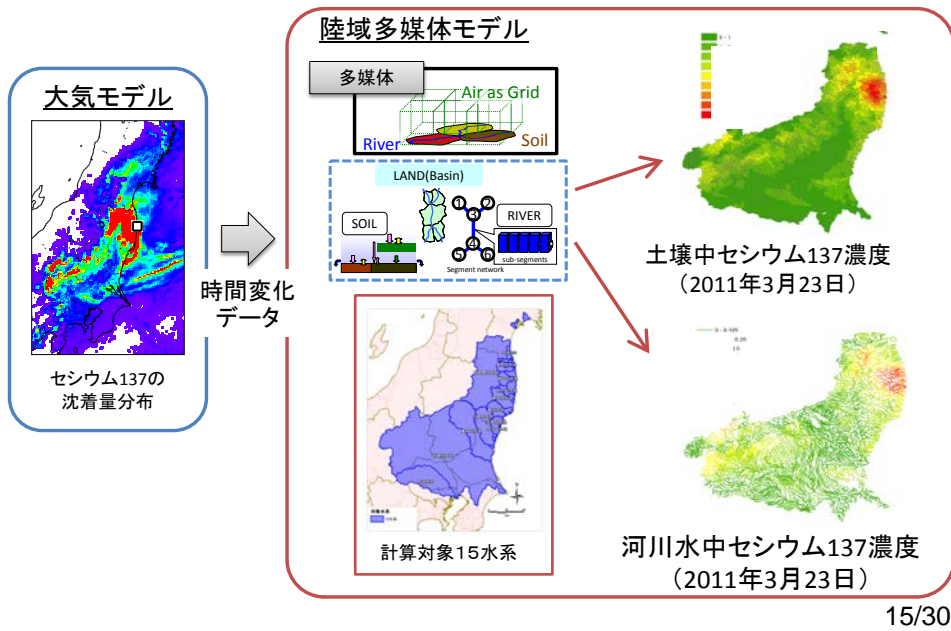
いち早く、放射性物質の大気中の広がりと地表への沈着に関する知見を国内外に発信

- ・厚生労働省「水道水における放射性物質対策検討会」(H23.4)
- ・厚生労働省「食品中の放射性物質のモニタリング計画策定のための環境モニタリングデータ等の提供について」(H23.8)
- ・文部科学省「航空機モニタリング検討委員会」
- ・環境省「事故初期の内部被ばく線量評価調査・拡散シミュレーション検討委員会」

14/30

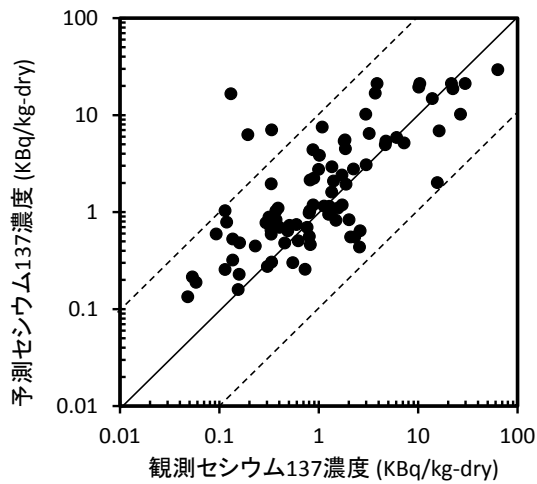
大気モデル結果につきましては、もうすでにいろいろな形で活用されていますが、現在は、陸域での再飛散、放出量の再解析、モデルの相互比較あるいは実測データを使った検証を進めています。

# 陸域モデル



次に陸域モデルです。私達の研究所では、化学物質や農薬による汚染を対象にした多媒体モデルを作っていましたので、それを放射性物質に適用して、土壤中や河川水中のセシウム濃度のモデリングを進めています。

## 河川底質中のセシウム137濃度の 予測値と観測値の比較



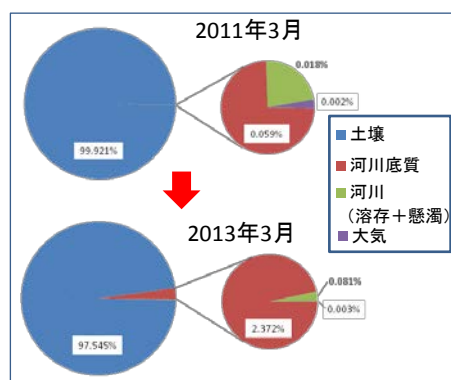
- 実測値とモデル値は  
おおむね一致
- より詳細な検証と他の  
媒体での検証が必要

環境省が2011年5月～2012年3月に実施した計算対象地域の河川調査結果のうち、同一河道(モデル上の単位河川)で3回以上検出された88河道389サンプル分の**観測値の幾何平均**と、2012年3月31日時点の予測値を比較した。なお、条件を満たす地点は全て福島県内であった。

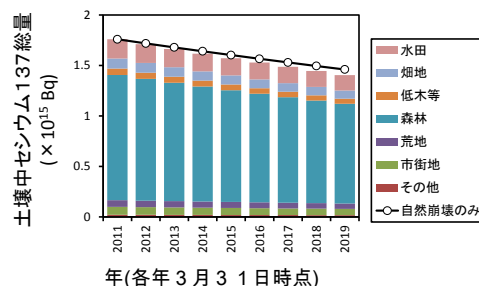
16/30

まだまだ不確実性は非常に大きいと思いますが、河川底質での実測値と比較してみると、現在この程度の再現性が得られています。ただし、これはログ（対数）スケールですのでご注意ください。

## 環境中のセシウム137は、どこに残留しているか？



各媒体中のセシウム137存在量



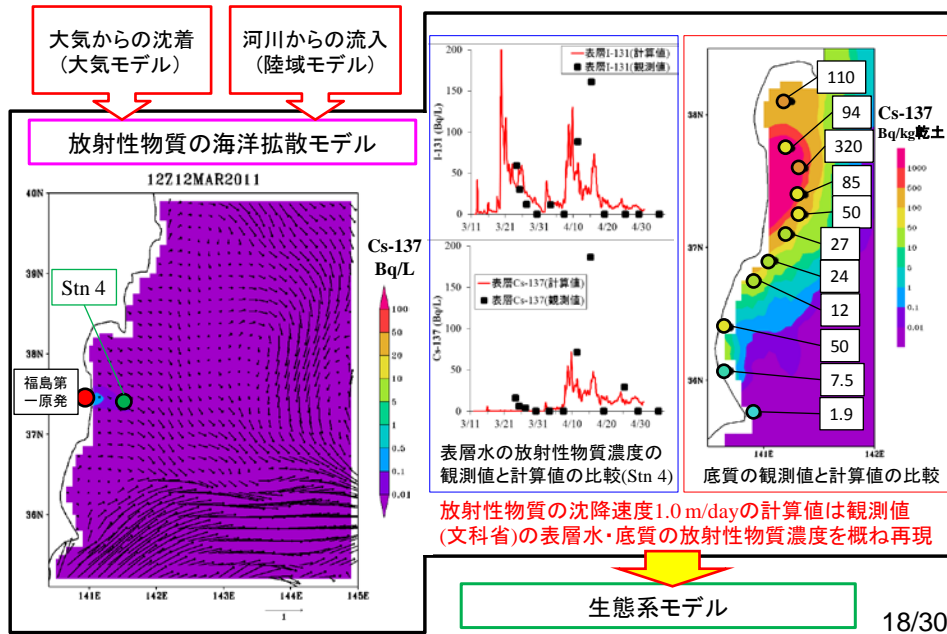
土壌中セシウム137の土地利用別残留量の10年間の変化(各年3月末時点)

- 大部分は土壌(森林など)に存在し、徐々に河川(湖沼を含む)に流出し、大部分は河川底質に存在
- 存在量の減少速度は半減期よりやや大きい。  
→地表面からの流出等により、放射性崩壊よりわずかに早い速度で減少
- 森林地帯での存在量の割合が多い。

17/30

このモデルを使って解析した結果を示します。これは事故直後の2011年3月の存在量、これが今年3月の存在量ですが、2年たって、環境中のどこにセシウム137が存在しているのかということを示した図です。事故直後にはほとんど土壌中にありました。それが2年たちますと土壌から流出して河川のほうにいきました。河川中ではそのほとんどが底質中に存在していることがわかります。また、事故から10年間で土地利用別蓄積量がどのように変化するか計算してみますと、森林への蓄積が非常に多いということが予測されます。

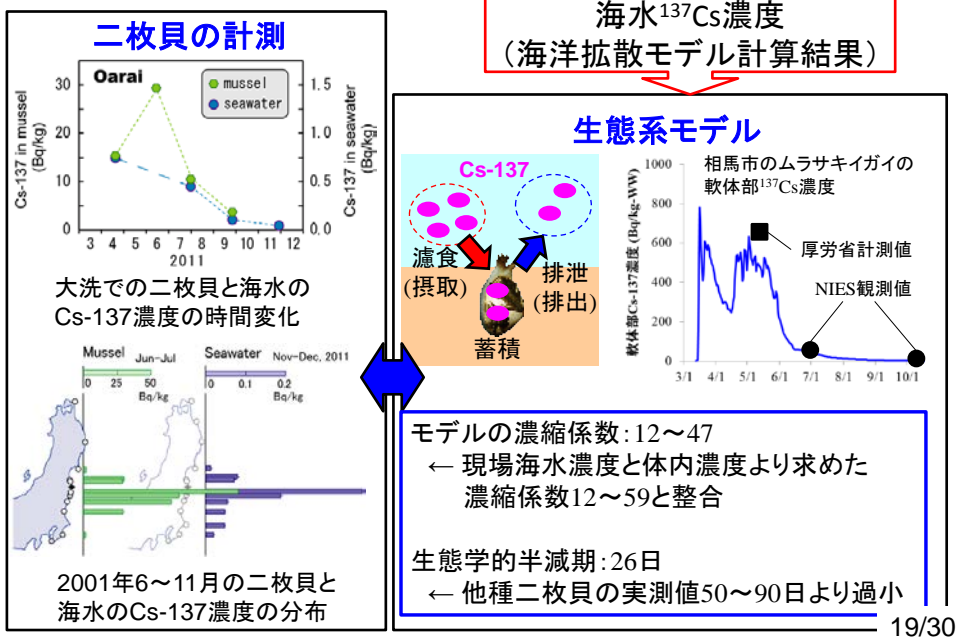
## 沿岸海域モデル(海洋拡散と底質濃度)



次に沿岸海域モデルです。沿岸海域モデルにつきましてはこれまで日本あるいは欧米の研究者によって数多くのモデリングがなされて、すでに多くの研究成果が出ています。私たちは、放射性物質の輸送・拡散のモデリングに止まらず、これまでの生態系影響モデリングの知見・経験をもとに、生態系への移行・蓄積を含めたモデリングを目標に研究を進めています。



## 沿岸海域モデル(二枚貝を対象とした生態系モデル)



現在、海洋環境中での放射性物質の動きを捉えるところまではモデリングが進んでますが、生態系への移行・蓄積のモデリングについては非常に問題・課題が多いと考えています。

ここで1つご紹介したいと思います。二枚貝を対象とした非常にシンプルな生態系モデルを使いまして、相馬市のムラサキイガイの放射性セシウム<sup>137</sup>の実測値と比較してみました。モデルの濃縮係数で評価してみますと、実測値とさほど変わらない。一方、生態学的な半減期で評価してみますと、実測値よりもだいぶ小さくといった状況です。このような生態系まで含めたモデリングが非常に重要であると考えて研究を進めています。

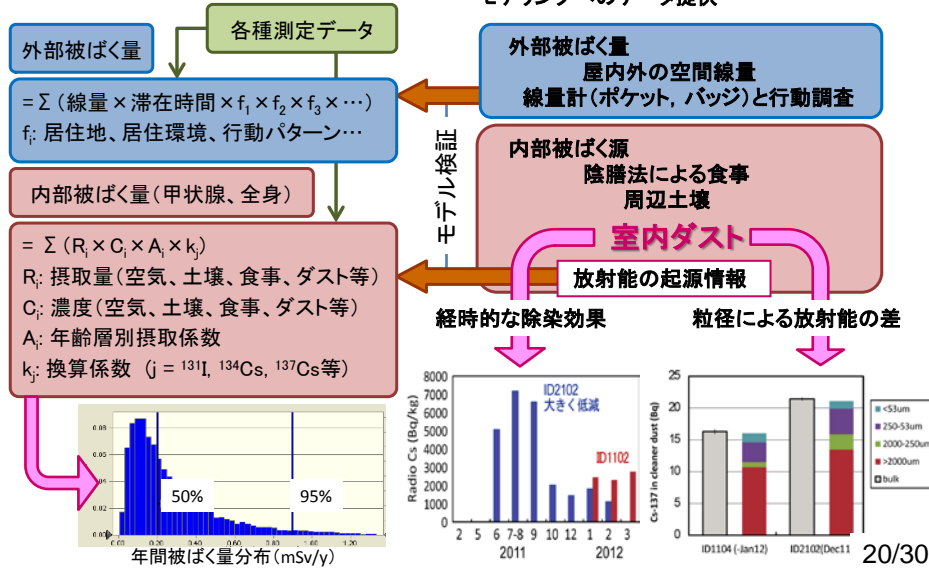
# ヒト曝露源調査

## モデリング

被ばく線量推定モデルによる追加被ばく線量推計

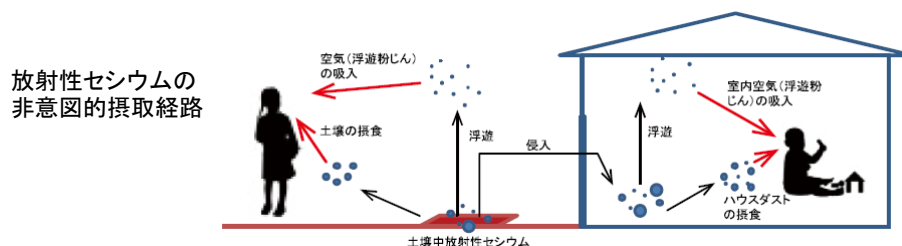
## モニタリング

個別調査によるケーススタディ(柏, 茨城, 福島)  
モデリングへのデータ提供

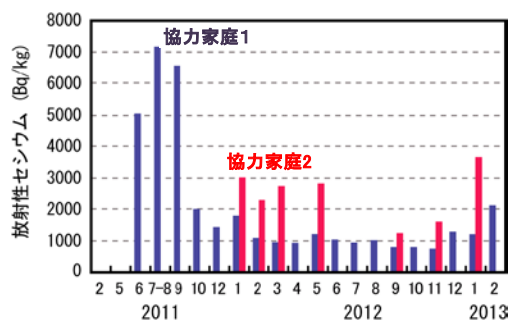


次に3番目のパーツになりますが、ヒト曝露源の調査ということで人への被ばく量の評価を進めています。この研究も、先ほどの環境動態と同様に、モデリングとモニタリングを組み合わせる研究を進めています。

## 家庭における被ばく経路と被ばく量の把握



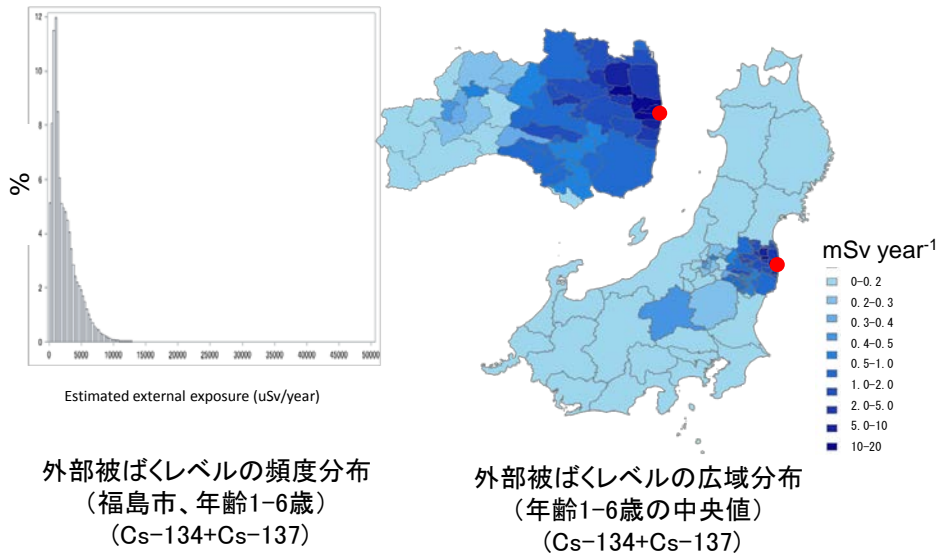
協力家庭のダスト中の放射性セシウム  
の継時変化



21/30

まずモニタリングの方です。例えば放射性セシウムの非意図的摂取経路を整理しますと、通常、見落としがちな経路があることがわかります。例えば、ハウスダストの性質や吸入はこれまで知見がないことから、家庭の協力をいただいてこのような測定結果が得られています。

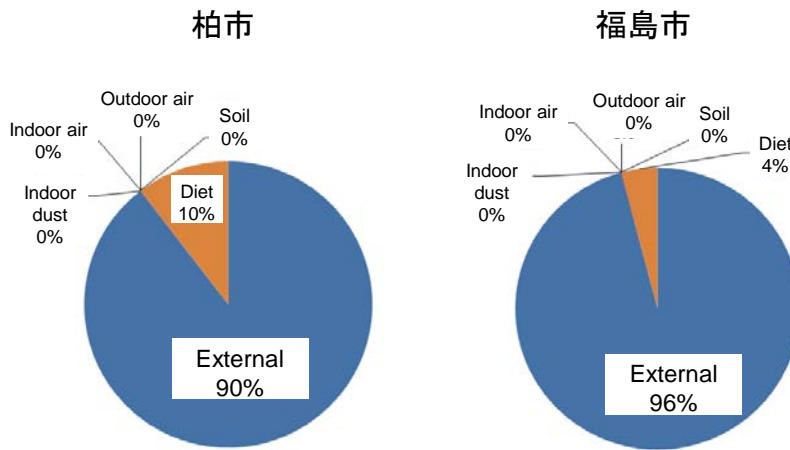
## 外部被ばく量の広域評価



22/30

このようなデータも使って、広域的な被ばく量の評価を進めています。外部被ばくについて、このように東日本全体をカバーする地域で行政単位で評価してみますと、このような結果になります。

## 被ばく経路



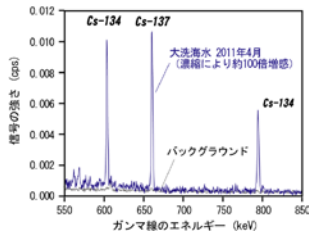
23/30

また被ばく経路を評価してみますと、柏市の場合には外部被ばくが 90 パーセントであるのに対して内部被ばくが 10 パーセント程度となり、内部被ばくのほとんどは食物からです。一方、福島市の場合は外部被ばくが 96 パーセントを占め、柏市よりも高くなっています。

# 放射線分析

## 水中放射性セシウム

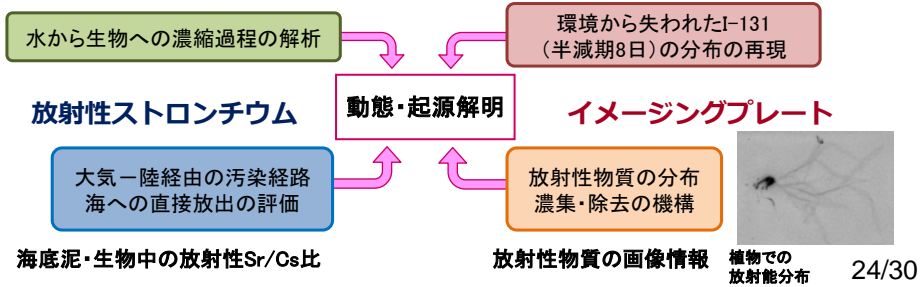
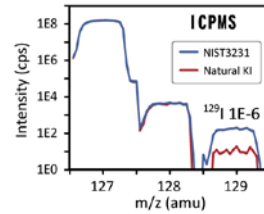
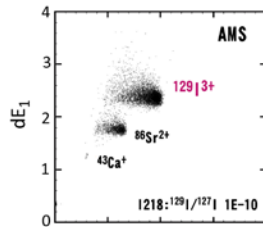
セシウム濃縮カラムによる天然水中の放射性セシウムの迅速・微量分析



## 放射性ヨウ素

加速器質量分析法による極微量I-129の計測

▼ ICP質量分析法によるI-129の迅速分析



放射線の分析方法の開発も非常に重要な研究課題であり、現在、私たちの研究所ではこのような研究を進めています。

## 加速器質量分析法による微量I-129の計測

### 【目的】

- $^{129}\text{I}$  (半減期 = 15.7百万年) を指標として  $^{131}\text{I}$  の時空間分布データを再構築すること

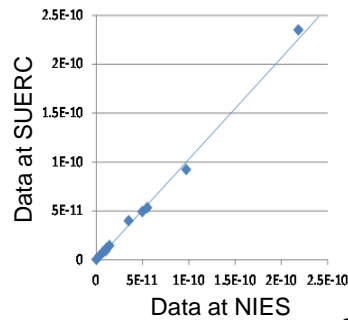
### 【現状と今後の計画】

- 前処理・分析条件の開発  
=> スコットランド大学環境研究センターのAMSデータとの比較
- 筑波における大気捕集フィルター採取試料の  $^{129}\text{I}/^{131}\text{I}$  比の分析

$^{129}\text{I}/^{131}\text{I}$ : 石英フィルター = 7.4~9.9  
活性炭フィルター = 7.1~13.3



データの信頼性を向上し、I-129の時空間変動を把握するためには、より多くのサンプルの分析が必要



25/30

そのうちの1つ、加速器質量分析法を使って微量のヨウ素 129 の計測する研究について紹介します。ヨウ素 131 の内部被ばくに着目した場合に、その被ばく量を評価するに足る十分なデータがまだありません。空気をサンプリングしたフィルター上のヨウ素 129 を分析することができれば当時のフィルターはまだ残っていますので、そのフィルターを分析することによってヨウ素 129 を計量化し、ヨウ素 129 とヨウ素 131 の比率が分かればその比率を使って、当時のヨウ素 131 を再現することができます。そのために、測定法の開発を進めています。

まだ十分な結果が得られているわけではありませんが、例えばヨウ素 129 と 131 の比率についてこのような知見が得られており、また前処理についてスコットランド大学と相互比較を進めています。

## 放射線の生物・生態系影響研究

### 個体への影響



- ✓ 野生齧歯類を指標とした放射線生物影響の長期モニタリング
- ✓ 植物の生殖器官に対する低線量環境放射線影響の実態調査



### 個体群への影響



- ✓ 放射性物質のカエル類に対する影響
- ✓ 潮間帯生物の生息状況調査



### 影響評価手法の開発

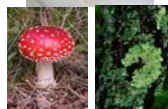
#### リスク評価手法

- ✓ 低線量放射線モニタリング植物の開発とリスク評価



#### 線量評価手法

- ✓ 菌類(キノコ類・地衣類)を指標とした放射性物質の動向把握



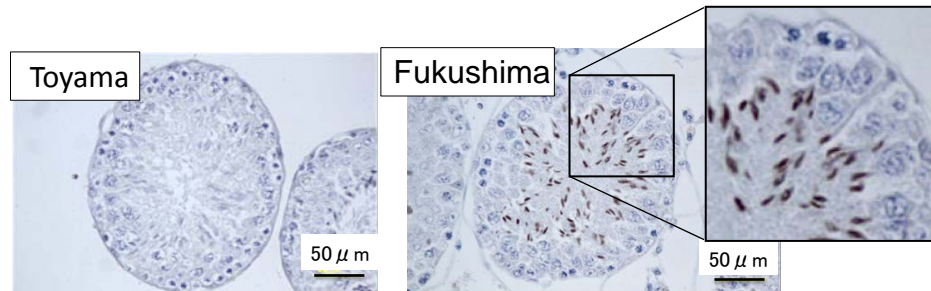
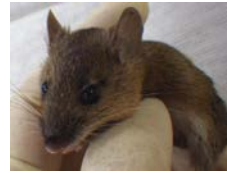
26/30

最後に、放射線の生物・生態系影響評価について簡単にご紹介したいと思います。私たちの研究所の生物・生態系研究センターでは生物・生態系に関する環境研究を実施していますが、現在、そこで放射線の生物・生態系影響評価研究を進めています。



## (1) 野生齧歯類を指標とした放射線生物影響

福島県に生息するアカネズミの精巣がガンマ線によって生じる活性酸素によるDNA損傷を評価  
(対照地域:青森県、富山県)



**福島捕獲補体の精巣で精子の酸化を検出。  
しかし、この酸化は、精巣上部では検出されない。**

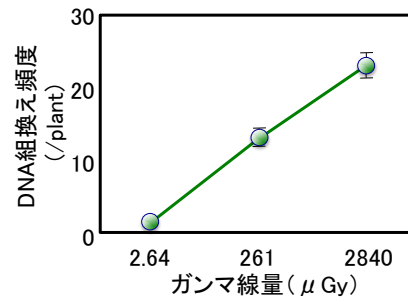
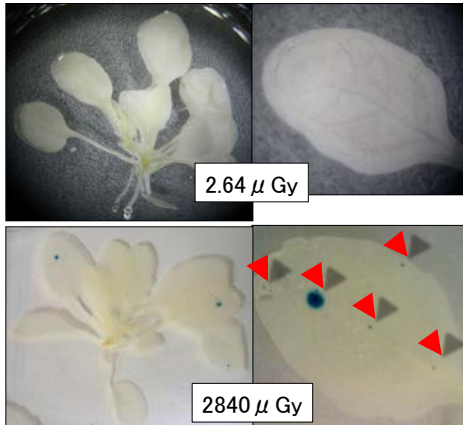
27/30

個体・個体群への影響と影響評価手法の開発で構成されており、本日は 2 つの研究をご紹介します。1 つはアカネズミにどれぐらいの影響が見込まれるかという研究です。具体的には、飯館村で捕まえたアカネズミの精巣を対象に、ガンマ線の影響を調べています。左は富山で捕まえたアカネズミの結果で、放射線の影響がほとんどない対照地域での結果です。右は福島の結果で、精巣上に斑点状の精子の酸化が検出されています。一方、この図では示されていませんが、このような酸化は精巣の上部では見られないことから、影響はさほど大きくないと考えています。

## (2) DNA損傷検出植物の開発

ガンマ線によるDNA損傷による組換え頻度を検出できる植物を開発すること

福島で採取された土壌によって植物を生育 → DNA組換え頻度を評価



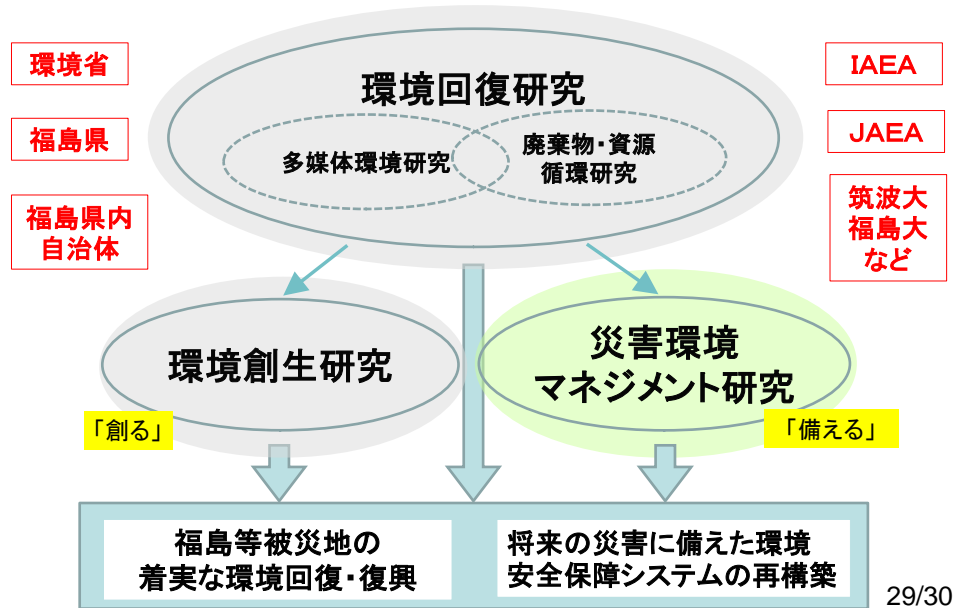
ガンマ線によるDNA損傷を検出できる遺伝子組換え植物を開発。更なる検証が必要。

28/30

もう1つは植物への影響です。ガンマ線をあてることによってDNAの組み換え頻度が増すだろうと考えられますので、両者の関係を明らかにすることによって、DNAへの損傷を検出できるような植物を開発することを目標に研究を実施しています。

## NIESにおける災害環境研究の全体構想

福島県環境創造センターで進める予定の研究



最後に、今後の研究の進め方について御紹介したいと思います。私たちは福島県の環境創造センターにおいて、福島県、JAEAと一緒に、平成28年度から研究を始める予定であります。その中で今日ご紹介したような多媒体環境研究と廃棄物の処理・処分に関する研究、を統合することによって環境回復研究を進めていきたいと考えています。さらに、これからの福島県の環境を創造する研究（環境創生研究）を進めます。また、今回の福島での様々な教訓を生かして大地震のような大災害に備えることを目的とした災害環境マネジメント研究を進める予定です。

このような研究を進めていく中で、とりわけ環境回復研究につきましては、JAEAあるいは筑波大、福島大等との連携が非常に重要と考えております。残念ながら、これまでは他の研究機関との連携が弱かった面もありますので、これからは関係する研究機関との連携を深めていきたいと考えています。

# 御清聴ありがとうございました！

国立環境研究所における災害環境研究の成果の公開  
<http://www.nies.go.jp/saigaikenkyu/index.html>



平成24年4月



平成25年3月

30/30

ご清聴いただき、ありがとうございました。

## 質疑応答

松本：大原さま、ありがとうございました。それでは短時間ですけれども、フロアからご質問があればお受けしたいと思います。

会場：今のお話で海洋生態系での問題も扱っているというお話だったんですけれども、生態系の場合ですと食物連鎖を介した生物濃縮が重要な問題になってくると思うんですけれども、これは個人的に検討を進めていらっしゃるということでしょうか。物理的モデルです。生態系モデルです。

大原：モデルの研究はまだほとんどできていません。まずは形成するときに実態がどうなっているのかということをはっきりと明らかにしていきたいと思っています。それと並行してモデルの仕事の事業を進めていくというようなアイデアになっています。

会場：福島で海ですと漁業に従事している方が多いわけですから放射能汚染について非常に心配されてると思うんですけれども、そういった方にどういうふうに情報を発信していこうと思っただけでいらっしゃるのでしょうか。

大原：情報発信としては非常に難しいと考えております。海域の魚への影響だけではなく、広く海域での研究で得られた科学的試験をどういうふうに発信していくのかということは、非常に重要な、あるいはナーバスな問題にあると考えておりますが、私たちの基本的な考えとしてはできるだけ隠さないで、オープンに出していくべきだろうと。ですから、得られた結果は当然不確実性等を示しつつ、あるいは限界を示しつつ、広く社会に発信していくべきだろうと考えています。そうありますし、そうありたいと考えています。

会場：がんばってください。

大原：ありがとうございます。

松本：それではこれで終わらせていただきます。ありがとうございました。

あかべこ



## 福島大学環境放射能研究所における研究 福島第一原子力発電所事故に伴う福島大学の活動

福島大学 高橋隆行



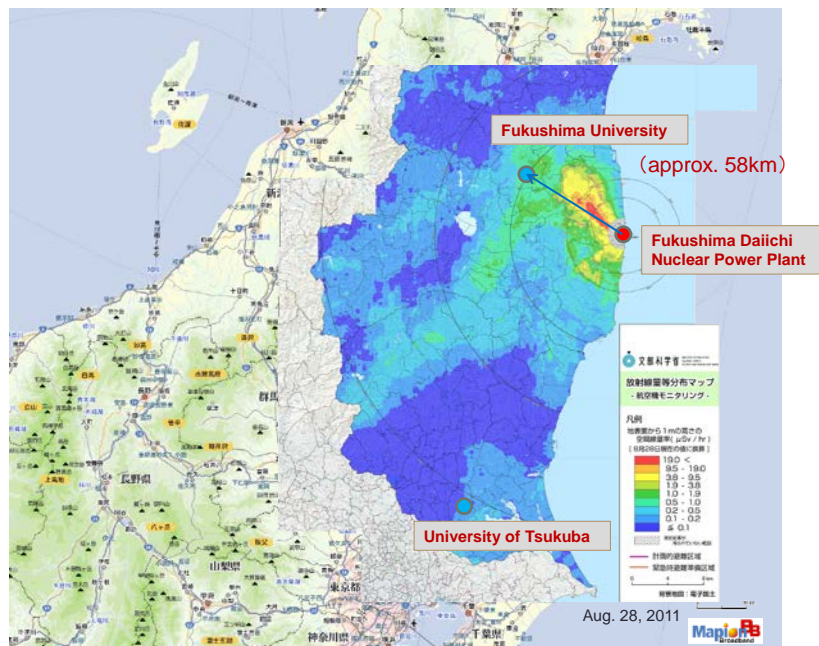
三春駒



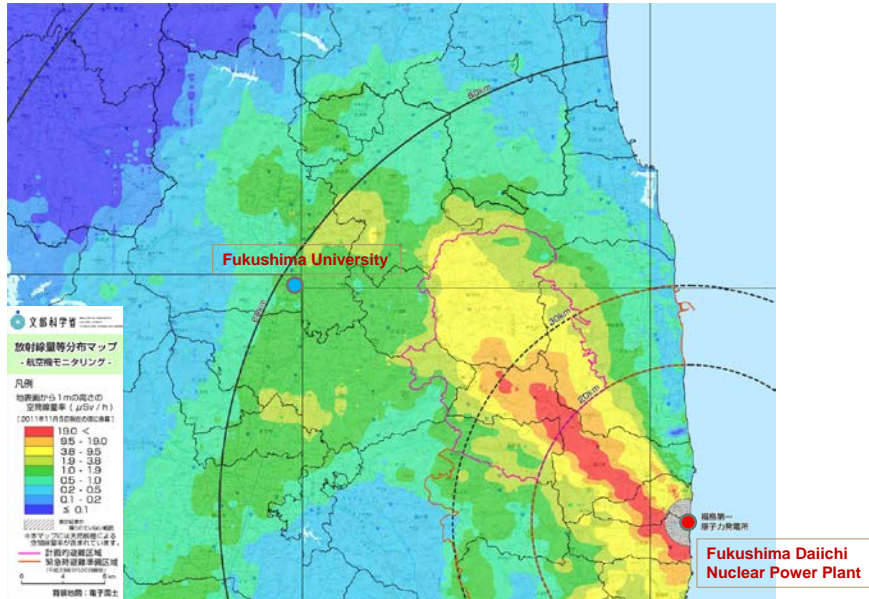
起き上がり小法師

ご紹介ありがとうございました。福島大学の高橋と申します。本日は筑波大学アイソトープ環境動態研究センターの12月の設立、それから本日のシンポジウム開催、大変おめでとうございます。われわれの大学の環境放射能研究所は、先ほどから何度かご紹介をいただきましたけれども、平成24年度の国立大学改革強化推進補助金の選定事業となりまして、去る3月1日でございますけれども、それから準備を開始いたしまして7月1日に諸規定の整備等を完了させて正式発足ということになりました。この間、非常にさまざまな機関、皆さまからご支援をいただきました。とりわけ筑波大学の恩田先生をはじめとした研究センターの皆さまには本当にいろいろとご指導いただきました。あらためまして、御礼を申しあげたいと思います。

本日は、この環境放射能研究所がこれから何をしようとしているのかということを含めて、少しお話をさせていただきたいと思います。それからご存じかどうかわかりませんが、福島大学は非常に小さな大学でございます。こういった小さな大学でも、この2年間、いくつかの仕事がありましたので、それを少しご紹介して、20分程度の時間をいただきますがお話をさせていただきたいと思います。



それでは早速やっていきたいと思います。福島大学というのはどこにあるかといいますと、福島市の少し南側に位置しております。第一原子力発電所がここにありまして、直線距離で約58キロメートルの場所にあります。今日のご講演でも放射線量のマップが出てきましたけども、この上にそれを重ねてみますと、福島大学はここになります。ご存じのように、第一原子力発電所からこちらの方向に線量の高い領域が存在していますけれども、福島大学はちょうどそのへりのあたりにあります。筑波大学はここで、距離的にはかなり離れた場所にあります。ここも若干高いところにはなるんですけども、福島大学は緑の縁ぐらいのところにあります。



Nov. 5, 2011

ここを拡大しますとこんな感じです。先ほどの図は8月、これは11月でちょっとマップの換算日が違うのですが、こちらは11月の換算です。福島大学はここにありまして、緑の位置ということで当時の線量で大体  $1 \sim 1.9 \mu\text{Sv/h}$  ぐらいの地域に存在しています。



## 福島市内の空間放射線量率 (2011.3.14~4.2)

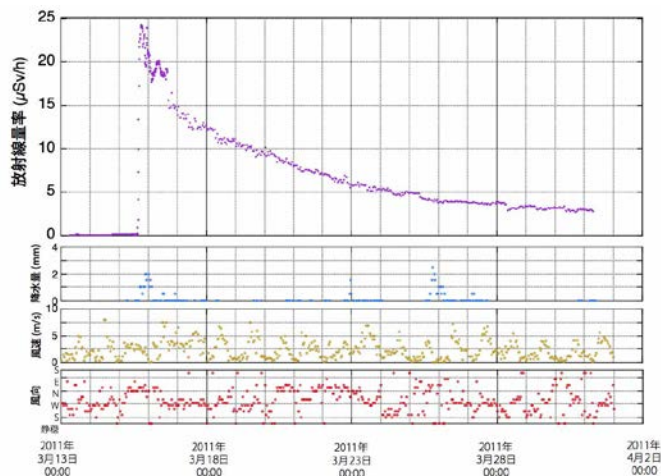


図 福島市の空間放射線量率

空間放射線量率は福島県公表の福島市（東北保健福祉事務所事務局東側駐車場）の値、気象データは気象庁福島県「福島」の1時間ごとの値を使用しました。

これは事故直後の福島市内の線量の変化率を示したグラフです。出展は、福島県が公表しているデータですけれども、福島市の町中にあります駐車場で測ったデータです。ご覧のように、一時は  $25 \mu\text{Sv/h}$  ぐらいのところまでいきました。ちょうどこのところで降水がありました。先ほどご報告がありましたけれども、松本先生のご講演にもありましたが、運悪くちょうどこのタイミングで雨が降りまして、放射性物質が地上に沈着してしまったという状況でございます。その後、線量率は比較的単調に落ちてきております。

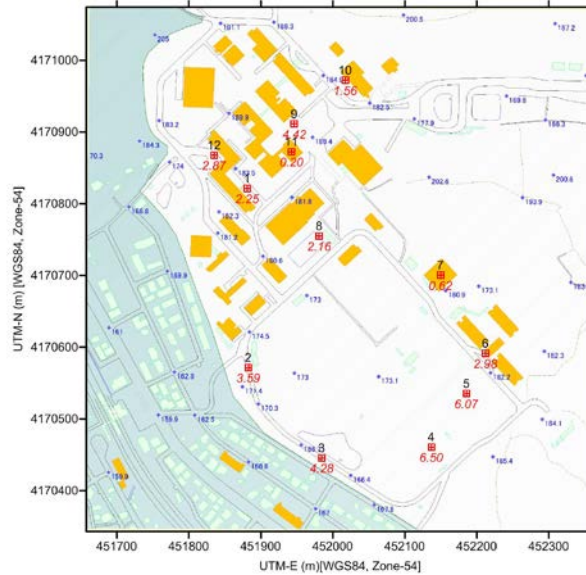
## 福島大学概要



設立	1949年
学類数	4 (3 人文社会科学系, 1 理工系)
学生数 (学部生)	approx. 4300
学生数 (大学院生)	approx. 350
教員数	approx. 250

福島大学は、実は 2004 年まで文系学部だけを擁する大学でございました。2004 年に全学的改組をしまして理工学類をつくりました。現在理工学類の教員数は 53 名でございます。全学類数、これは学部数と読み替えていただいても構いませんけども、人文社会系の学部が 3 つ、それから理工系が 1 つ、このうち理工系の教員は約 53 名、全体で 250 名ぐらいの教員数がございます。事故が起こった当初、本学にはサーベイメーターが 1 台も無いという状況でございました。そういう中で原子力発電所の事故にどう対処していくのかということで、非常にあがいた日々を送ったということでございます。本学は非常にコンパクトに全ての学部がまとまっております。国立大学のいわゆる総合大学では珍しく、体育が非常に強くて、北京オリンピックに選手を輩出したりして、そういう特徴の中でやっておりますが、非常にコンパクトにまとまったキャンパスでございます。

## キャンパス内の空間放射線量率 (2011.3.24)



先ほど線量のグラフをお見せしましたが、ああいう状況ですので当然キャンパス内にもそれなりの放射能が沈着したということです。これはキャンパス内の地図で、皆さんがお手元にお持ちのものはちょっと小さくて数字が見にくいと思うのですが、例えばこれはグラウンドの一角ですが、6です。これは1メートルの高さの空間線量率ですが、 $6.0 \mu\text{Sv/h}$  ぐらいが3月24日の時点では観測されたということです。ですので、まずわれわれが最初に取り組みなくてはならなかったのは、この除染ということになります。

## 震災後の活動 (SELECTED)

---

ここで震災の活動を少しだけご紹介させていただきたいと思います。とても全部ご紹介できるわけではございませんので、ほんの一部でございます。

# 福島大学放射線計測チーム

since Mar. 19, 2011

## 福島大学放射線計測チーム

[TOP](#) [ACTIVITY](#) [DATA](#) [RADIOSONDE](#) [LINK](#) [WHAT'S NEW](#)

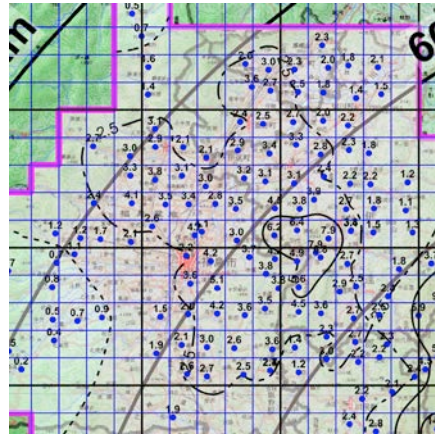
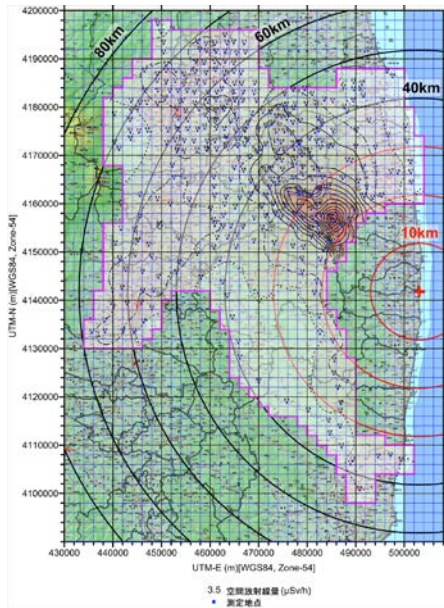


先ほど申しあげたように、本学は理工学類が設立されて7～8年目のところで事故になりました。そのとき、学内にはサーベイメーターが1台もないという状況でございましたので、まずわれわれがしなければならなかったのは、サーベイメーターを借りるという作業でした。県とか近隣の大学、遠くは静岡大学とかさまざまな大学からサーベイメーターを借りて、地元にある大学としてはまず詳細なマップをちゃんとつくろうという活動をいたしました。これが3月の19日からスタートした活動です。当時、福島県内はガソリンが全くございませんでしたので、車で移動することができませんでした。仕方ありませんので唯一動いていたタクシーを利用して、約7～10日間かけてマップをつくるという作業をいたしました。

## 最初の地上計測分布マップ



20 members of the team  
March 25-31, 2011  
2 km mesh survey



その結果がこういうグラフになって、3月31日付けでこのような分布図ができあがりました。当時のご記憶のある方がいらっしゃるでしょうか、非常に大きなセンセーショナルな事故だったものですから、報道その他で情報が錯綜いたしました。地域の自治体はそれどころかかなりてんでこ舞いさせられたということがございます。そういった事情を地元の大学としてよく知っていましたので、このデータは最初にマスコミに公表するのではなくて、自治体に提供するという作業をいたしました。実際にこのデータが公表されたのは、文科省のデータが公表された後という順番です。最初に地域の自治体、特に濃度の高かった浪江町や、あるいは飯館村とか、そういったところに提供して、こういうデータが出ているという情報をお送りしたというのがもう2年前の話ですけれども、ありました。このときは2キロメッシュで大体三百数十点のデータを、県内で東側沿岸地域から中通りにかけてとりまして、こういう分布図をつくったということがございます。

## 校庭・園庭における除染

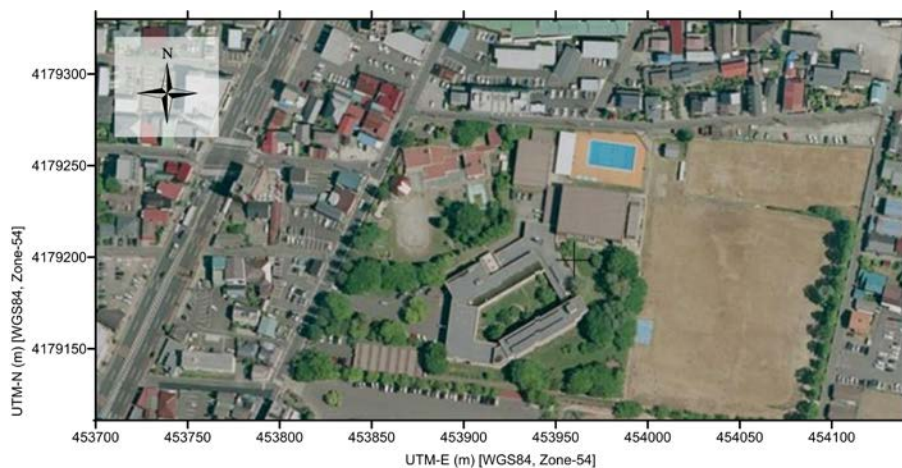
- Apr. 19 避難地域外での学校における屋外使用に関する暫定基準  
“3.8  $\mu\text{Sv/h}$ ” (based on 20 mSv/y) MEXT・MHLW
- Apr. 27 郡山市はこの基準に関わらず表土処理を開始(<3.8  $\mu\text{Sv/h}$ ).
- May 02 福島県知事が文科大臣に対して校庭の除染法を示すよう要請
- May 07-08 除染実証試験 by JAEA and 福島大学(photo)
- May 11 “実地調査を踏まえた学校等の校庭・園庭における空間線量低減策”  
MEXT
- May 22- June 7 福島市内の学校において表土除去を実施



←Test by JAEA  
(日本原子力研究開発機構)

先ほど当時の除染の話がございました。4月の頭から福島県内の小・中学校は授業を開始いたしました。そのとき4月19日に出たのが、避難地域外での学校における屋外使用に関するルールです。こういう数字で出たのですが、これがなかなか地域には納得していただけないという状況がありました。例えば、この基準に従わないで特別に除染を始めてしまったということもございました。これは、日本原子力研究開発機構の皆さんが本学の附属中学校の敷地を使って、除染の標準手順を決めるための実験をするということに本学が協力したときの写真でございます。本学の附属中学校のグラウンドを使って、除染の実証実験をいたしました。これが、先ほどのマップに次いで、2つ目の大きな仕事として大学で行ったことということになります。

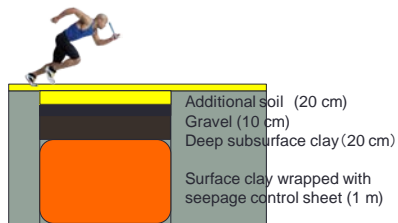
## 福島大学附属中学校・幼稚園



これが中学校を空中から撮った写真でございます。



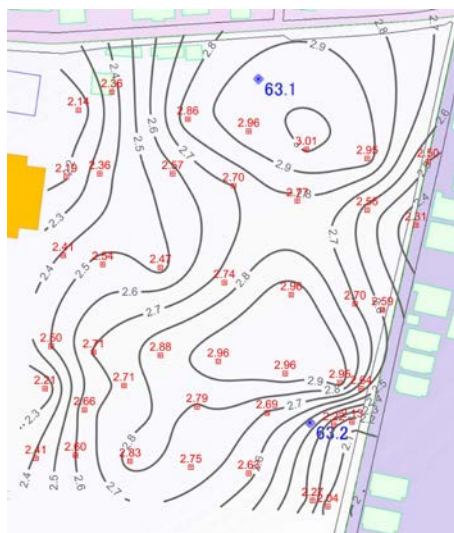
## 対策: 表土除去



こんなふうに、結局は表土を剥ぎ取って地中に埋めるとい、この方式が一番いいということ  
ことで実験をしました。穴を掘りまして、そして表土を5センチぐらいだったでしょうか、  
剥ぎ取りましてそれをこの穴に入れまして、遮へいシートをかぶせてさらに石とかフレッ  
シュな土をかぶせて埋めると、こういった操作をしたわけです。

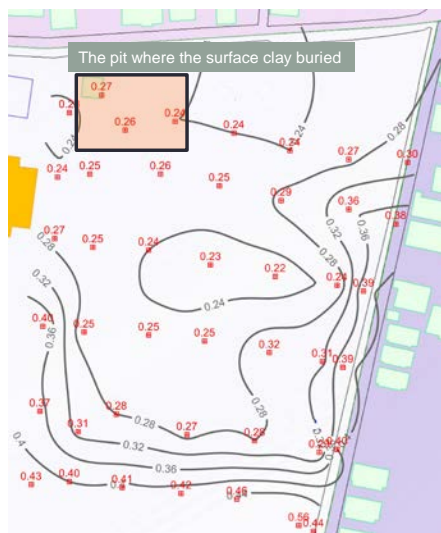
## 除去前

Equivalent dose rate: h= 1 m ( $\mu\text{Sv/h}$ )



## 除去後

Equivalent dose rate: h= 1 m ( $\mu\text{Sv/h}$ )



これが結果ですけれども、除去前と除去後の比較です。除去前ですと3.0とかそれぐらいの量が、除去後は全体として0.59や0.23といった、今の安全基準と照らしてもそこそこのところまでできました。しかも、埋めたところも全然出てこないというデータを出して、これを文科省から発表していただいたということになります。

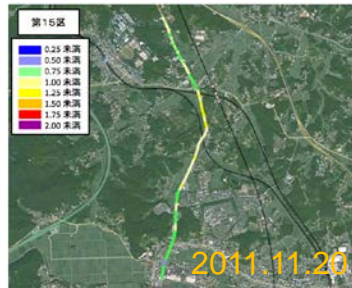
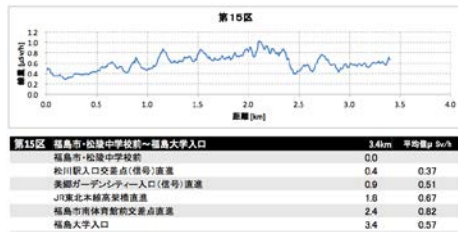
## 除染実証試験

Wash with ultra high pressure water-jet (over 200 MPa)



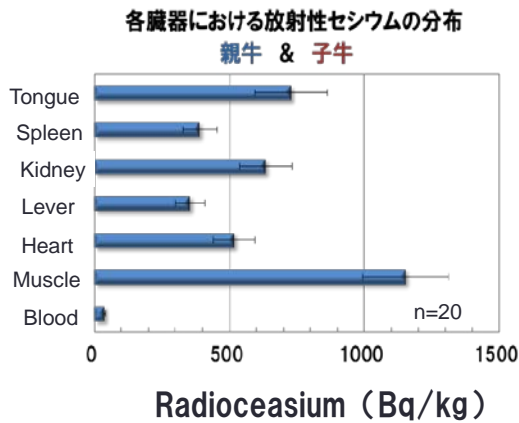
福島県内は結構、いわゆるインターロッキングというレンガブロックが敷き詰められた場所がございます。このインターロッキングというのは非常に除染がしにくい場所でした。典型的なのが飯館村の村役場のまん前だったのですが、ここもインターロッキングでして、そこの除染をするために自衛隊の皆さんが細いドライバーを持って、インターロッキングの石の間の砂をかき出すというすごい作業をした、そのような場所でした。それではとてもやってられないということで、この当時は内閣府から出た業務ですが、やはり JAEA さんがこの事業を受託されて、除染技術の実証をするといった事業で、その中の 1 つとして本学が協力したものです。超高圧の水を使ってインターロッキングの場所を除染しますと、インターロッキングのブロックの間にある砂を3センチぐらいの深さまで掘り出して、しかも石の表面を若干削りながらやることで、廃棄物の量を最小限にしながら効果的に除染ができるといった事業に協力をいたしました。

## 車載システムによる計測 forふくしま駅伝



科学的なサーベイということで先ほどもありましたが、有名なのは京都大学の KURAMA というシステムでございますが、本学の教員もこんなものをつくって、ふくしま駅伝のコースをちょっと測りたいということで協力いたしました。

## Radio cesium in cattle



Dr. Takase

セシウム150が検出  
警戒区域内で野生化した牛の肉から、1ポ・タあたり平均1500Bqの高い値の放射性セシウムが検出されたことが9日、福島大学などの研究グループの調査でわかった。

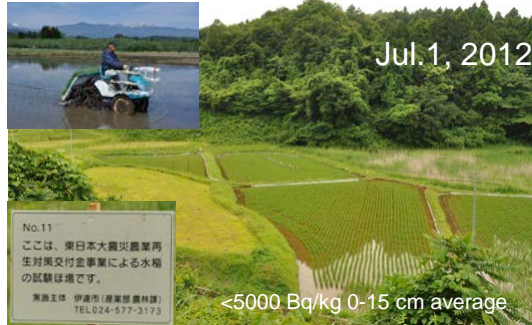
調査したのは、高瀬つぎ子・福島大特任准教授(物理化学)ら。9月、福島県畜産研究所の協力を得て、警戒区域で野生化した親牛20頭、子牛7頭を捕獲して実施した。肉の最大値は国の暫定規制値(1ポ・タあたり500Bq)の5倍を超え約2700Bq、最小値は650Bqだった。長期間、汚染された草を食べたことが原因とみられる。セシウムは肉に次いで舌や腎臓、心臓の順で多く含まれていることが判明し、高瀬特任准教授らは「食用牛の安全管理へ応用できるかもしれない」としている。最も低い血液中のセシウム濃度を30倍すると、ほぼ肉の濃度になることも判明。将来、生きた牛から採血するだけで、出荷の可否を判断できる技術につながる可能性もあるという。

(読売新聞 111110 pp34)

これはいわゆる野良牛の汚染結果です。避難地域の農家が飼っていた牛が野良牛化していますが、そういったものを利用いたしまして、その牛の体内のどの部分にセシウムが多く沈着しているかというものを調べたものです。見てみますと、結構重要な話としては、血の測定値を大体30倍すると肉に沈着しているセシウムの量がわかるといったデータが出てきておりまして、そうすると生きた牛の血を採ってセシウム量を測ると、肉に含まれているセシウムの量が大体わかるのではないかという結果を出しています。

## 農業支援 in May 2011

60 Bq/kg and 300 Bq/kg from adjacent rice field



Reason?

Clay content

Potassium content

Irrigated water

Guest Prof. Tsukada



Apr. 7, 2012  
Preparing for  
“test cultivation”  
Oguni, Daté

当然ですが、農業に関しての支援もいろいろやらせていただきました。これは試験圃場ですけれども、そのセシウムがどういう土壌のときに出てきてどういうときに出てこないのなかなかわかりにくい。そういうことを含めて実際の農業者の方々に協力しながら、支援を行ったということがございます。

## モニタリングポストの設置



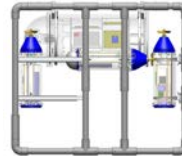
このようなモニタリングポストの設置もしました。

## 水中ロボットによる猪苗代湖調査



Prof. Takahashi

- 継続的な湖底土サンプリング
- 正確なサンプリング位置同定
- リアルタイム映像伝送
- 非ロボット専門家による運用
- 水深100m



大きさ	L740 × W550 × H640[mm] (開発目標:500×500×500[mm])
重量	31[kg] (追加モジュール除く)
ペイロード スペース	L420 × W440 × H280[mm]
耐圧性能	1.5[MPa] (水深150[m]相当, 猪苗代湖 約100[m])

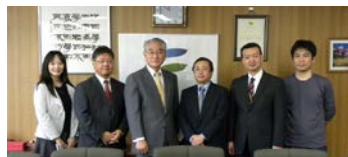
申し遅れましたが、私は今研究所長でございますけれども、専門はロボット工学でございます、放射線とは全く関係のない専門分野でございます。先ほど申しあげましたように、五十数名の研究者しかいない福島大学でございますので、ある意味では全総力を挙げてやっているといった関係で、私も分野が違うのですけれども、この環境放射能研究所の設立に携わり、現在何とか立ち上げようとしているという状況でございます。

これは私の専門でございますが、猪苗代湖の調査をするロボット開発といったことも行っております。ポイントとしては猪苗代湖の湖底の泥を採取して持ってきていたいと思っているのですけれども、泥を採ってくるということは、いろいろ難しい技術的開発の壁があります。



## 企業からの支援

Perkin-Elmer provided several instrumental analyses.



Nal scintillation counter, Wallac Wizard,  
Liquid scintillation counter, Tri-carb 3110TR/LL  
ICP-MS ELAN DRCII  
Microwave sample decomposition system

20

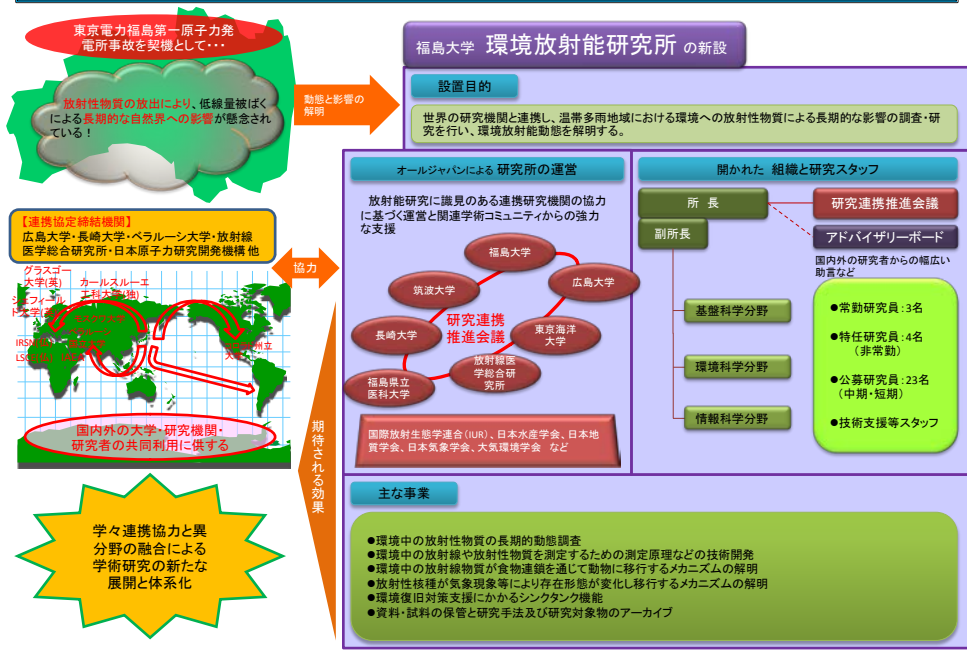
それから、さまざまな企業からの支援もたくさんいただきました。ありがとうございました。

## 環境放射能研究所の設置

---

こういった背景の下で、本学にこの事故以降、原発事故サイトに近いということもございまして、何とか福島大学で研究ができないだろうかというご要望を、国内外の多くの研究者からいただきました。

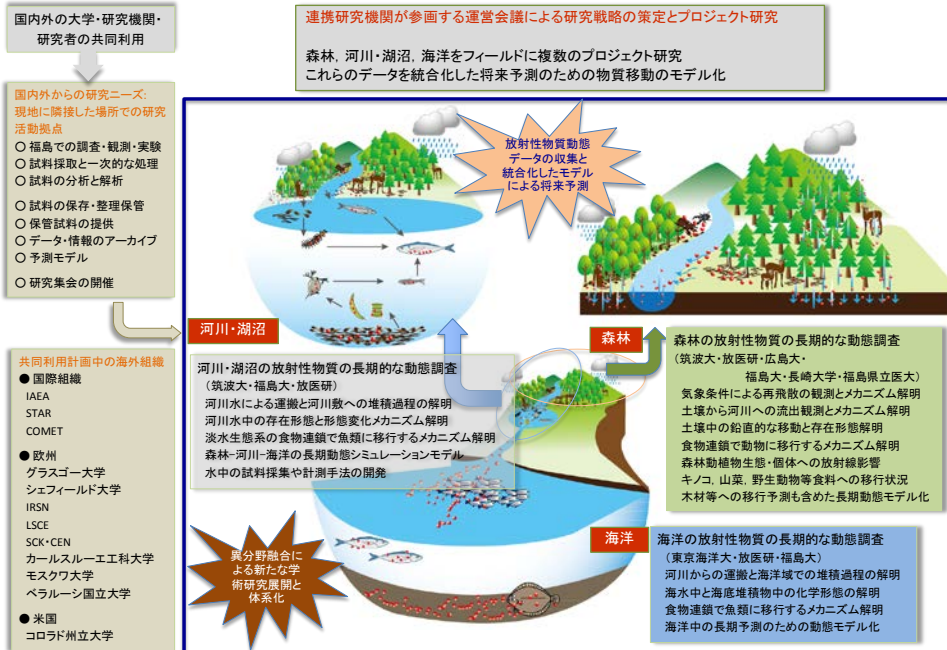
世界の英知を結集して取り組む 環境放射能の動態と影響を解明する先端研究拠点の整備



そういったところから、ぜひ本学にこういった研究所をつくりたいという構想を立ち上げまして、ポイントとしてはここにある福島大学、筑波大学、広島大学、東京海洋大学、長崎大学、放射線医学総合研究所、福島県立医科大学とこの連携した大学をコアとして、共同でこの研究所を切り盛りするような研究所をつくれないうらうかと。そして、この研究所に海外の研究者がここにやってきて実際のフィールドを使いながら環境放射能に関する総合的な研究ができるような、そういう先端研究施設をつくりたいというふうに文科省にお話をさせていただきました。筑波大学さんの方にもこの構想を6月に持っていきまして、いろいろお話しをさせていただき、ご協力をいただけるということで一緒になってこの構想をまとめてまいりました。

目的としては世界の研究機関と連携して、温帯多雨地域における環境への放射性物質による長期的な影響の調査・研究を行い、環境放射能動態を解明するというところでございます。

先端研究拠点としての 福島大学 環境放射能研究所 とプロジェクト研究



そしてこの研究所がカバーする領域は大変広うございます。いわゆる環境中の放射能の動態というのは一通りカバーしたいというふうに考えていますが、ポイントはやはりフィールドを活用するということになるかと思えます。本学が原子力発電所にも近い。そして、汚染地域にも近いという特性を活用して、そのフィールドを活用した研究の場を提供する。そして、そこをさまざまな新しい学術研究の発信基地として育てたい、それがこの研究所の最大の目的であります。カバーする領域としては河川、湖沼、森林、海洋。この後ご紹介いたしますが、健康に関わること、それから除染に関わることは、この研究所ではカバーしないということになっております。そして現時点までに、さまざまな海外を含めた研究組織からこの研究所のファシリティーを使いたいというオファーが届いているということで、この方々を受け入れる準備を今急ピッチで進めているという段階でございます。

## 福島大学 環境放射能研究所



環境放射能の広い分野を統合し、実際のフィールドを活用した  
環境放射能の総合研究を行う唯一の研究機関を目指す

所長 高橋隆行



副所長 難波謙二



副所長 恩田裕一  
(併任:筑波大学)



### 常勤3名

基盤科学分野  
環境科学分野  
情報科学分野

非常勤27+α名

連携研究者

特任教授

中期研究員(数年程度)

短期研究員(1年未満)

※ 研究員の約半数は給与を支給

兼任教員

アドバイザーボード

- 筑波大学
  - 動態シミュレーション
  - 河川・湖沼における動態研究
  - アイソトープ環境動態研究センターとの連携
- 東京海洋大学
  - 練習船を活用した海洋における動態研究
- 放射線医学総合研究所
  - 森林における動態研究
- 広島大学
  - コケ・カエルを利用した調査研究
- 長崎大学, 福島県立医科大学
  - 放射線影響調査

世界に開かれた共同利用施設

Established on Jul. 1, 2013

現在の陣容でございますが、専門外ですけれども私が現在所長をさせていただいて、本学の難波教授、そして筑波大学の恩田先生に副所長にご就任いただき準備を進めているという段階でございます。陣容ですけれども、現在、常勤の研究者3名の体制です。当初10名の計画でいたのですが、実は国立大学改革強化推進補助金は途中で制度が変わりまして、自助努力もかなりしろ、という状況の中で本学の規模からすると3名がぎりぎりいっぱいだと、これもかなり産みの苦しみだったのですが3名という体制で今スタートしようとしています。もちろん、当然3名では足りません。今後これを補充していくことについては最大限の努力を図りたいと思います。

そしてその大きな特徴としては、この研究所には中期の研究員ということで数年程度、それから短期の研究員というのが数ヶ月から1年ぐらい、この研究員のポストを23用意してございます。このポストを使いながら、各国内外の研究者の方にこの研究所を活用していただき、環境放射能研究を進めていただきたいと考えているところです。

現時点での運営に関わるところで非常に緊密な連携を図らせていただくのが、筑波大学であります。特に筑波大学においては、アイソトープ環境動態研究センターの先生方にもご協力いただき、筑波大学の、例えば計算機センターとかこういったものもぜひ活用させていただいて、この研究所の機能を補完しつつ、非常に有効な、世界の研究者にとって非常に役に立つ研究組織として活用していただきたいというふうに考えています。

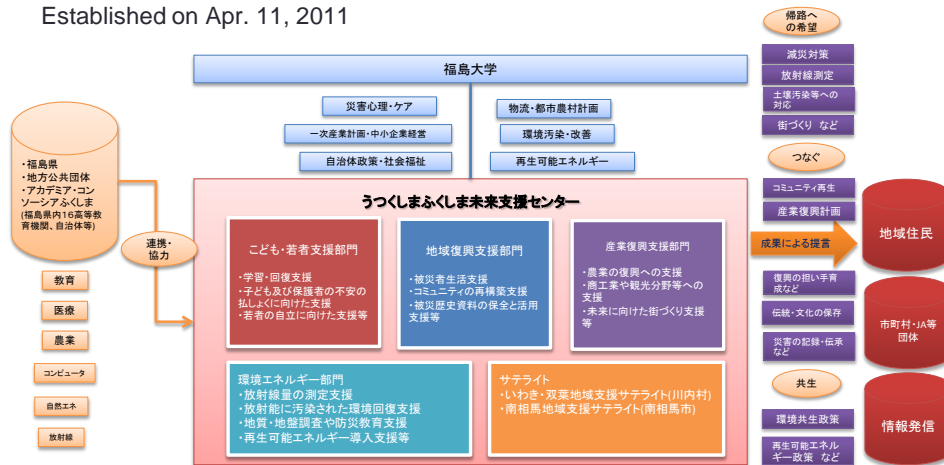
## COMET Project への参加



そろそろ時間なので、最後ちょっと駆け足になりますが、現在この研究所は特に EU の地域を中心とする研究機関が集った COMET (コメット) というプロジェクトへの参加が決まっております。この図では右下のほうに名前が入っています。この COMET というプロジェクトは、放射生態学に関する国際共同プロジェクトでございます。こういったところに参加しながら、国際連携を進めていきたいと考えているところです。

# うつくしまふくしま未来支援センター

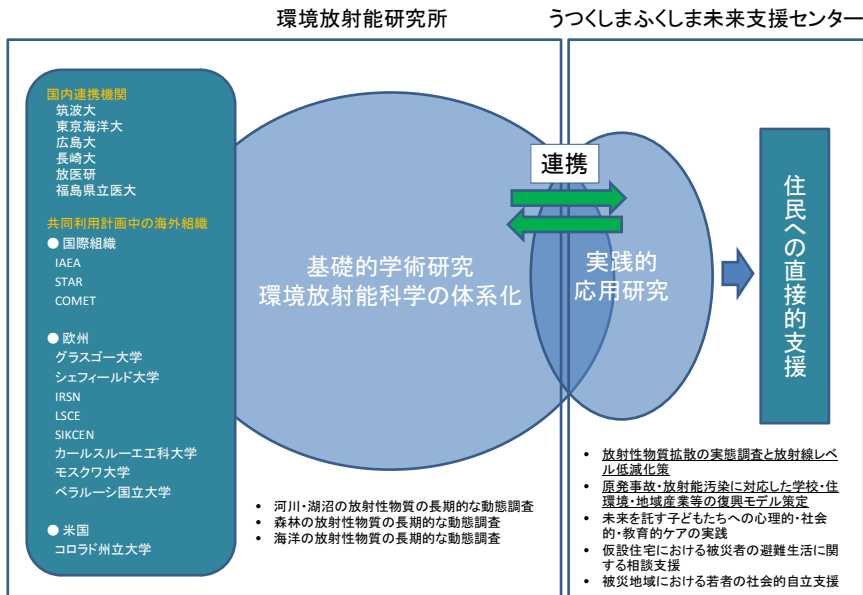
Established on Apr. 11, 2011



センター長:1名, 副センター長:2名  
 企画・コーディネート:5名, 地域復興支援部門:6名, 産業復興支援部門:11名  
 環境エネルギー部門:12名, 子ども・若者支援部門:7名  
 事務局:4名, サテライト等:4名, 学外協力者:2名  
**計49名**

そしてあと1つ、本学には、うつくしまふくしま未来支援センターというのがあります。このセンターの活動のポイントは「支援」でございます。やはり、この研究所でつくられたさまざまな学術的な知見というのは地域の皆さまにしっかりと還元していく、研究所とセンターを連携させ、そういった体制を大学としてはしっかりとりたいと考えております。先ほど申しあげましたように、250名のうち200名は人文社会学系の教員でございますので、こういった方面の力は非常に強いと思っております。

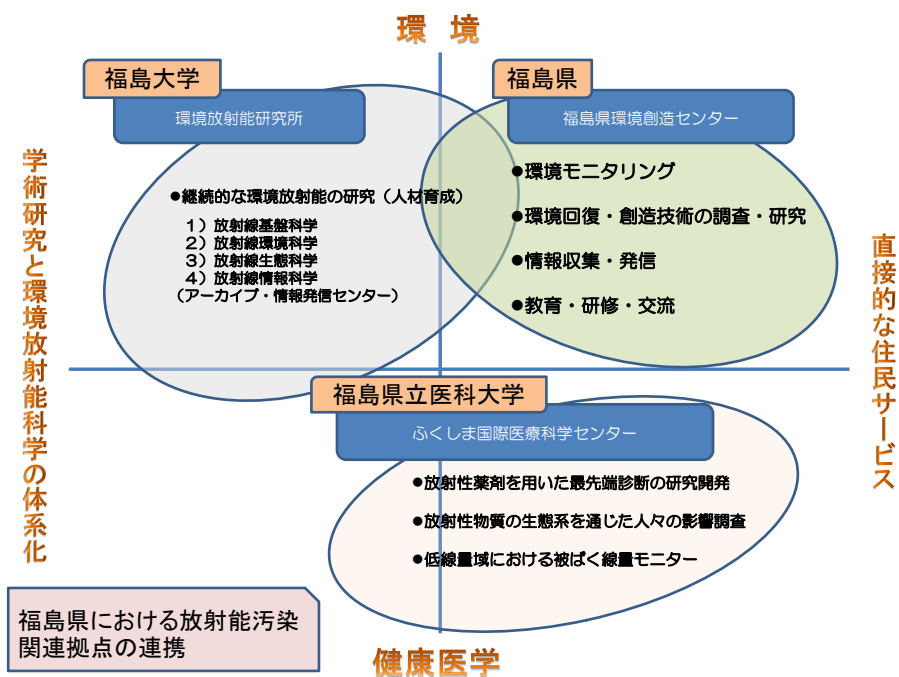
## 環境放射能研究所とうつくしまふくしま未来支援センターの役割



※ アンダーラインの課題等は研究所の成果を特に活用する。

また、地域をどう再生していくのかという点に関してもかなりのパワーを持っておりますので、そのパワーを最大限に活用したいと考えているところです。





そして、途中で少しだけ申しあげましたが、福島県には今後 3 つの研究機関が設立される予定です。正確に言うと全て予算がついておりますので、あとは動かすだけということになりますけれども、今日ご説明申しあげた福島大学の環境放射能研究所以外にも、このあとご紹介がありますけれども、福島県環境創造センター、そして県立医科大学でやっておりますふくしま国際医療科学センター、ここが医療・健康に関するところを重点的に担当し、そしてこれらの環境モニタリング、環境回復、それから除染とかそういったものを担当し、そしてかなり学術研究のほうに重点を移した部分を福島大学のこの放射能研究所が担当すると、こういったところをお互いに重なりを持ちつつ連携をして、福島県の復興に役立てたいと考えております。

---

Thank you for your attention.



どうもありがとうございました。

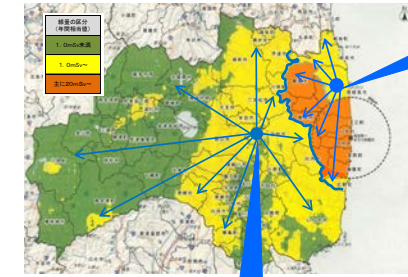
## 福島県環境創造センターの整備概要

平成25年7月31日  
環境創造センター整備推進室

### 1 基本理念

- 放射性物質により汚染された環境を早急に回復し、県民が将来にわたり安心して暮らせる環境を創造する。
- 国内外の研究機関と緊密な連携の下、世界に冠たる国際的研究拠点を目指す。

### 2 施設の概要



#### B施設（南相馬市）

- 機能
  - ① 原子力関連施設周辺のモニタリング
  - ② 原子力関連施設の安全監視
- 施設概要
  - 敷地面積：2ha程度
  - 延床面積：3,000㎡程度
  - 鉄筋コンクリート2階建 1棟
  - ① 本館 3,000㎡程度



### 3 整備・調査研究スケジュール

整備工程	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度
基本設計					
実施設計					
建設工事			A施設 B施設	A施設 B施設の閉所	閉所施設
調査研究		IAEA協力プロジェクト等			センター施設を用いた調査研究

### 4 整備運営費用（国庫分概算）

194億円（整備費100億円＋10年間運営費94億円）

### 5 運営

- IAEA、JAEA、国環研などにより国内外の研究機関と緊密な協力関係を構築する。
- 効果的、効率的な運営のため、関係者間で協議の上、中長期取組方針や年次計画を策定するとともに、策定に当たっては県民や地元自治体等のニーズを適切に反映させる。
- センターの整備に先立ち、IAEAとの協力プロジェクトなどの調査研究を速やかに開始する。

#### A施設（三春町）

- 機能
  - ① モニタリング
  - ② 調査・研究
  - ③ 情報収集・発信
  - ④ 教育・研修・交流
- 施設概要
  - 敷地面積：4ha程度
  - 延床面積：16,000㎡程度
  - 鉄筋コンクリート2階建 3棟
  - ① 本館 5,000㎡程度
  - ② 研究棟 6,000㎡程度
  - ③ 交流棟 5,000㎡程度
  - ※ 附属施設2か所の床面積を含む
- 附属施設
  - ① 野生生物のモニタリング等 大玉村 床面積 300㎡
  - ② 河川・湖沼のモニタリング等 猪苗代町 床面積 200㎡



福島県からまいりました片寄（かたよせ）と申します。今日は県が今、本県の環境回復、除染の推進から始まって本来の福島県の姿を取り戻すということを目的とする施設の概要について、ご紹介をさせていただきたいと思っております。

私は県の職員でございますので、研究は専門ではございません。今回の震災のときも私は県庁の西庁舎、12階建ての8階で仕事をしていたのですが、大変大きな揺れで、非常に怖い思いをしました。その場で第一報を東電から受けまして、第一、第二原子力発電所とも全部スクラムしたということを確認いたしまして、われわれ、災害対策本部を立ち上げるために別の場所に行ったのですが、災害対策本部に行くまでは、私ども、一応発電所は止まったということで安心して体制をつくらうということだったわけです。ところが、その時点ではまだ津波のこともわかりませんでしたので、実際災害対策本部を立ち上げた途端に東電の担当課長が私のところにきまして、福島第一の全交流電源が喪失になったという一報を受けました。私も最初は、そんなことあるはずがないじゃないかということになかなか理解できませんでした。そのうち津波で重油タンクが流された、うんぬんということになって、今回の非常に大きな災害が始まったということになります。

私は災害対策本部の中で、そういった状況の中、発電所の状況の把握であるとか地域住民の避難であるとかそういうことをやると同時に放射能の放出があった時点で県内のモニタリング体制を構築しようとしたわけです。

先ほどご紹介がありました福島市の放射線データはモニタリングポストがございませんので、職員を動員いたしまして寒い中を3交替で24時間屋外に立たせて測定をしたデータということでございます。そういうデータを使いながら対策を講じてまいりました。そう

いう中でやはり、県内のモニタリングをきっちりやらなくてはならないということで、本当に全国の大学、関係機関のご協力をいただきながら貴重なデータをとって、県民の安全が確保できたのではないかと考えております。本当に今回は、北から南まで全国のいろいろな機関のご支援を頂戴いたしました。われわれも、事故当初ゲルマニウム半導体測定器が2台しかない、それから放射線測定器も数十台しかない状況から始まりまして、なかなか土壌調査も十分できませんでした。そういう中で、先ほどご紹介がありました土壌調査を、筑波大学の恩田先生をはじめ、いろんな先生方のご協力でああいう貴重なデータがとれたというふうに感謝をしております。

そしてそういう中で、われわれ、モニタリング活動を構築すると同時に、食べ物に対する心配がものすごく県民からきました。食べ物と水です。最初、飯館村とか福島市から高い濃度のヨウ素が出たものですから、本当に大変なことになりました。飲用禁止とか、いろんな農産物にも基準違反が出まして、これを何とかしなくてはならないということで、ゲルマニウム半導体測定器を増やすとか、県や国がいろいろデータを出しても県民の方々になかなか信頼いただけないということで、自ら測る体制をとろうということで、ちょうど事故1年後になりますが、平成24年度の末には県内全ての公民館に食品放射能の分析装置を入れ、県民の皆さん方に自ら測ってもらおうという体制をとります。実際、そういう測定をしてもそういうデータをきちんと理解できる能力が県民側になく、まづいということがあり、正しい測定に加えまして、一般の方々にきちんと放射能の問題を勉強していただくということで、例えば24年度については食品と放射能のリスクコミュニケーションという講座も設けさせていただきまして、こちら筑波大学の多くの先生方に本県においていただきまして、県民の方々への丁寧なご説明をいただきました。本当にありがとうございました。

本当に本県は全国の皆さん方のご支援、ご協力で今何とか復興に向かっているという状況でございます。そういったことをさらに加速させるためにわれわれが考えているのが、環境創造センターでございます。今、スクリーンに映していただいている図を簡単にご説明させていただきたいと思っております。

まずこの施設の基本理念でございますが、何といたっても放射性物質に汚染されたこの環境を早急に回復する。いまだに15万人が避難していて、今年で3年になるのです。われわれも時々仮設住宅に行くのですが、ほんとにお年寄りばかりで、こんなことが何年も続いていいんだろうかと思いつながら仕事をしております。とにかく早く本県を復旧させたい。それから、この問題はもちろん県だけでできる問題ではありません。ほんとに世界の英知を結集して取り組むべきだと、そういったものを具体化するためにIAEA等のルートを通じて世界のいろいろな知恵を拝借して、あるいは経験を生かしながら本県の環境回復に努めていきたいという構想でございます。

具体的な施設でございますが、一番大元となる施設、今はとりあえずA施設といっておりますが、ちょうど福島県の真ん中でございます。

第一発電所のちょうど西側にあたる三春町というところですが、ここはたまたま、3月15日の放射性物質の大量放出があった際に、気象の状況で、これより遠い郡山なんかはもっと大変な汚染だったのですが、たまたまこの三春町、田村市周辺はどちらかというと放射性の雲が通り過ぎて行った、あまり沈着がなかったということで比較的線量が低いということ。それと、この場所は高速道路のすぐそばでございませう。有名な滝桜という桜があるんですが、高速がそこに隣接をしております、県内の主な都市、例えばいわきであるとか福島、会津若松まで door to door を1時間で行けるという非常に便利な場所でございますので、ここを県内全体の復興の拠点にしようということで場所を選んでございます。

一応施設については相当の業務量があるだろうということで、主な業務といたしましては、まず県内のモニタリング。除染技術の調査・研究。それから正しい情報を全国に、あるいは世界に発信していく必要があるだろうということで、情報収集・発信。将来の子どもたちにきちんとした放射線教育、あるいは人権教育等をやっていく必要があるということで、教育・研修・交流機能を持たせようということを考えております。面積では4.6ヘクタールぐらいの場所に、建物としては県が主に使う施設が本館として5,000平米程度。それから、今回の復旧・復興にいろんなかたちで活躍していただいております、日本原子力開発機構、それと、環境問題のプロである国立環境研究所といったところがコアのメンバーとして、ここで研究に取り組んでいただくということで、両機関が入る施設が合わせて6,000平米の研究棟、それから先ほど申しました交流棟が5,000平米で、1万6,000平米程度の施設をつくらうということで、今いろいろ設計に入っております。

もう1つ、今、多くの住民が避難をされている双葉郡民、これはやはり復旧・復興にそうとう時間がかかるということで、特に双葉郡に注目をして、南相馬市にB施設と呼んでおりますが、比較的線量が高い地区のモニタリングと、それから第一発電所、今でも多くの県民は何かあるのではないかと心配をしております。そういうことで、きちんとした廃炉解体が終わるまで安全監視を県としてもみていく必要があるだろうという役割で、大体2ヘクタールの土地に3,000平米程度の施設をつくらうと今計画中でございます。

いずれにしても今ご紹介できるのは、建物の規模と本県の考え方だけでございます。実際、この中でどういう取り組みをしていくかにつきましては、今、JAEA、国立環境研究所等と具体的な取り組みについての打ち合わせをしているところでございます。また、交流棟を使ってどういう教育・研修をやっていくかについても、今、いろいろ取りまとめ中でございます。いずれにいたしましても、3年後にはこの施設ができますので、本県の復旧・復興にいろいろご協力いただいております全国の大学、関係機関を含めまして、この施設を活用していただきながら、本県の復旧・復興を1日も早く成し遂げていきたいと考えてございます。

最後になりますが、施設は県でつくる予定でございませうが、先ほど申しましたように、世界の英知を集めるということでIAEAにも中に入らせていただくということ、それからJAEAの関係の皆さんには、ここに研究員を配置してやっていただきたいということで、今

いろいろ協議中でございます。それからこの施設は相当の規模であるということと、今までどちらかというと縁が薄かった各機関同士が入りますので、そういった関係から効果的、効率的に運営できるようないろいろな体制づくりを検討してございます。

いずれにいたしましても、本当に筑波大さんをはじめ、全国の関係者の皆さま、それから国の全面的な支援をいただきながら何とかこういったものをつくり上げていきたいと思っていますので、引き続き、ご支援、ご理解、ご協力をお願いしたいというふうに思っております。以上でございます。

# アイソトープ基盤研究部門の 今後の研究活動

末木啓介

平成25年7月31日アイソトープ環境動態研究センター設立記念シンポジウム

ご紹介をいただきました末木です。

# アイソトープ基盤研究部門

多種の放射性同位元素を用いて研究を行ってきた実績とすぐに利用できる施設を活用し、放射性同位元素、放射線についての高感度測定法や簡便測定法、さらには野外の様々な条件下での測定法などを新たに開発するとともに、それらを物性、材料や機能評価、環境中挙動を調べるトレーサ、生体内挙動や代謝などに利用するための基礎的研究を行う。

## <専任>

数理物質系 末木啓介 教授  
生命環境系 古川 純 助教  
准教授1名、助教1名

## <兼任>

生命環境系 松本 宏 教授  
数理物質系 大塩寛紀 教授  
数理物質系 上殿明良 教授  
数理物質系 長崎幸夫 教授  
数理物質系 笹 公和 准教授

これからアイソトープ基盤研究部門の話をしていきます。私どもアイソトープ基盤研究部門は、専任は、私教授1名と助教1名がいます。兼任で教授4名、准教授1名を入れて、アイソトープ基盤研究部門というかたちになります。先ほどから再三出ています福島大学中心の環境動態研究の一環で私どものグループのほうに、准教授1名、助教1名が今まさに公募を始めたところです。仲間に入っただけのかたちで活動をしていく予定です。われわれのところは、もともとアイソトープ総合センターを基礎にしていますので、特徴としては、多種の放射性同位体元素をもとに研究を行ってきたという実績、それを利用できる施設として活用していくとか、さらに放射線についての各種測定法の研究、そういう同位体元素を用いて行っているトレーサ研究などを中心に、研究を進めていこうと考えております。



# 今後の研究活動

## 福島ミッションによる研究活動

- 原発事故由来の放射性核種の定量法の開発および応用
  - 長寿命放射性核種の分析法の開発と応用
  - 極微量放射性核種の分析法の開発と応用
- トレーサ利用による化学・生物研究
  - GREIによる植物のRI吸収挙動のその場観察
  - 放射性物質の化学状態

## 従来からの研究活動の発展

- メスバウアー分光法を利用した錯体分子化学研究
- 陽電子消滅法による材料の特性評価研究
- 生体機能材料開発
- 新規導入される6MVタンデム加速器による加速器質量分析法AMSの開発および応用

今日のお話は、前半と後半を大きく分けてお話ししますと、1つは今回の、全体で一緒になってやっていくことになった、福島に関する原発事故由来に関する研究などの話をしていこうと思います。後半に従来から行ってきた研究活動についてお話しさせていただきたいと思います。

## 福島原発事故由来の 放射性物質の謎を解き明かす

- 原発事故でどのような放射性核種が放出されたのか？
  - ▶  $^{134}, ^{137}\text{Cs}$ 、 $^{131}\text{I}$ 以外にも放出された核種はある
- 放射性核種はどのような化学形で自然界に取り込まれているのか？
  - ▶ 放射性セシウムはどのような化学形態がある
- 放射性核種は環境をどのように循環するのか？
  - ▶ 平衡に基づいて様々な相へ分配する
  - ▶ 微生物、植物系などの関与が存在する

まず、今回の問題ですが、福島原発事故由来の放射性物質の謎を解き明かすという、これが1つ、われわれに与えられたテーマだと思っております。それに対してどう進めていくかということと、その中でいろいろな移流・拡散の話とか、そういうことをつなげて連携をとっていろんな仕事ができるようにしたいと考えております。

まず、先ほどからいろんなところで話が出てきているのですが、原発事故でどのような放射線核種が放出されたかという話で、主なものとしては、先ほどから $^{131}\text{I}$ のヨウ素とか $^{134}, ^{137}$ のセシウム等挙げられていますけれども、それ以外にどんな核種があっただうなっているかというのも1つの問題として採り上げていきたい。あとはやはり、特に放射性セシウム $^{137}$ 、30年の半減期で、今だにどのような化学系でどのように自然界に取り込まれるか、またどのように循環していくか、こういう問題についての基礎データをできるだけ出せないかというのを課題として持っています。

## 原発事故由来の放射性核種の定量法の開発および応用

核分裂起源、中性子捕獲反応起源の様々な放射性核種が存在しているが、放射エネルギーが多くガンマ線測定できる核種のみが主に研究されている。

- ・ Cs-137、Cs-134 は汚染量も多く、除染・植物吸収などの問題を考える必要がある。 → **トレーサでの研究へ**
- ・ 事故直後はI-131、Te-129mなども測られていたが、半減期が短いので、測れた時期がたいへん短く十分な研究ができていない。 I-131の人への影響評価をどうするか？
- ・ 半減期が短いTe-132、I-133などはほとんど測られていない。

Sr-90、Puなどその生体系への危険性が指摘される核種でも、その放射能測定の煩雑さから十分な研究がされていない。

長寿命のため放射能としては問題にならないが、どのような事故が起こったのかを検証するためには重要な核種を定量分析する。

原発事故由来の放射性核種の定量法開発、及び応用というかたちでテーマを挙げているのですが、今セシウム 137、134 が特に汚染量も多く、当然除染・食物吸収などの問題もいろいろあります。これに関してはこのあとのトレーサの研究でいろいろやっていかなければいけないと考えておりますが、それ以外のものをどうしていくか。核分裂起源、中性子核反応起源とさまざまな放射性物質が生成しているはずですが。確かに、少量しか出ていないという話が JAEA の話で出てきましたけれども、思ったような量は出ていなかったと。

例えばチェルノブイリでは 137 のセシウムに対してストロンチウムの 90 が、大体 0.1 の割合、すなわち 10 パーセント出ています。そういうことを起こっていないということは非常によかったのですが、そこらへんについても考えていかなければならない。1 つは先ほども出ていましたが、131 のヨウ素がありますけれども、初期のときに非常に問題があったと思いますが、この評価をどうするか。今言ったストロンチウム 90 とかプルトニウムなどの生体系への危険性が指摘される核種に関して、なかなか放射能測定が難しい、面倒である。この定量法をもう少し簡単に定量できないかという方法を開発するということが必要であります。

あとは私たち、もともと、長寿命の放射性核種をずっと追っかけていたのですが、長寿命の放射性核種に関して、これは事故で出てきた放射能としては全く問題ありませんが、いろいろなキーになる核種がありますので、そういうものの定量法を開発していきたいと考えております。

### 長寿命放射性核種の分析法の開発と応用

Cl-36( $3.0 \times 10^5$ yr)、Tc-99( $2.1 \times 10^5$ yr)、I-129( $1.6 \times 10^7$ yr)、  
Cs-135( $2 \times 10^6$ yr)、U-236( $2.3 \times 10^7$ yr)

セシウムの同位体比から汚染源を探る

I-131の降下量の推定

### 極微量放射性核種の分析法の開発と応用

Sr-90、Pu、Am

化学分離操作の簡易化の確立

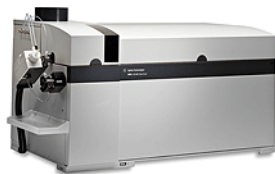
より高感度のβ線測定法、α線測定法の確立

### 極微量同位体分析が可能なICP-MS(QQQ)の導入により

Sr-90、Tc-99、I-129、Cs-135、U-236を含む試料の分析

### 環境試料レベルの放射性核種はAMSで分析

ICP-MS (QQQ型)



アイソトープ棟管理区域内に設置予定(H25.11)

加速器質量分析装置AMS



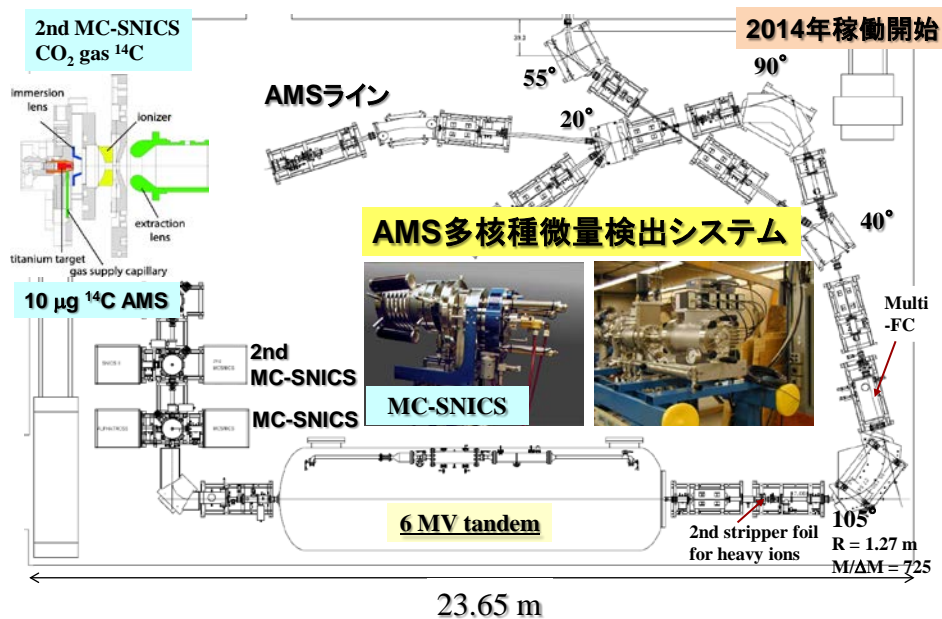
研究基盤総合センター応用加速器部門設置(H26.9)

長寿命放射性核種の分析法というので、こんなものが知られていますけれども、塩素 36、テクネチウム 99、ヨウ素 129、セシウム 135、ウラン 236 というものがありますが、量的には非常に少ないものですが、いろんなところに考えていけるものであって、ヨウ素 129 に関して言うと、ヨウ素 131 の降下量の推定を行えるということで、学習院大学の村松先生たちが行っています。それと同等のことをわれわれも以前採取した試料を使って測定を進めています。

セシウムは 134、135 そして 137 があります。135 のセシウムは半減期が長いと思いますが、これを測ることができると、実は同位体比からの調査、134/137 比の議論がありますが、それと同時に 135 比を加えると、より精密な、3 つの原子炉の汚染源が特定できるという仕事もできるだろうと考えています。こういう長寿命の放射性物質の分析・開発をしています。あと、極微量の放射性核種、ストロンチウムとかプルトニウム、アメリシウムなんかも化学分離の観点から、より高度な測定法、高感度な測定法の確立なんかを進めていきたいと思っています。

これに対するツールとして今考えているのが新たに導入する予定になっていて、11 月に入るのですが、ICP - MS を使った極微量同位体分析を考えておりますが、これは最新鋭のモデルです。もう 1 つが、より環境レベルのものに関しては、加速器質量分析法を行っていきます。これに関しては、研究基盤総合センターの初期に、実は震災で 12 メガボルトの加速器が壊れたのでその代わりになるものとして、6 メガボルトの加速器を使っていきます。

## 筑波大学 6 MV AMSシステムの開発 (数理物質系 笹 公和)



### 世界最新鋭大型AMSシステム

加速器は兼担の笹先生が今導入しているところですが、その中で AMS システムを確立しようということです。このように加速器があって AMS ラインという専用のラインができて、これによってさまざまな長寿命の放射性核種の測定が行えます。

## 6 MV AMSシステム研究計画

多核種AMS測定の研究実施体制を構築  
Be-10, C-14, Al-26, Cl-36, Ca-41, I-129

### C-14:

- ・CO<sub>2</sub>ガス炭素14測定法の開発
- ・炭素循環環境トレーサー
- ・生物・創薬開発等の産業利用開拓
- ・年代測定・文化財科学研究

### Be-10 & Al-26:

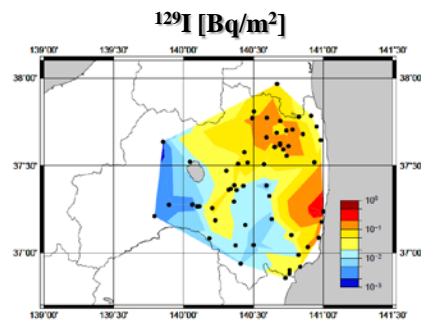
- ・表面照射年代研究

### Cl-36:

- ・アイスコアによる古気候変動研究
- ・地下水年代測定
- ・カルスト地形形成年代
- ・環境調査
- 福島第一原発事故・環境動態研究

I-129: 福島第一原発事故調査

新たなAMS測定核種: Ca-41, Si-32, Sr-90の開発



長半減期核種<sup>129</sup>I (T<sub>1/2</sub> = 1,570万年)の分布図  
⇒ <sup>131</sup>Iの降下・沈着量の推定に利用



C-14全自動試料処理ラインの導入  
(文科省高度化設備費)

AMSが行えるようになって、その中で笹先生はいろんな研究が進められると思うのですが、原発関係のものに関してもこれを使用して進めていこうと思っております。

陸域での放射性物質の化学的な存在状態を明らかにすることは除染及び移流・拡散を考える上で重要な検討課題となる。

様々な化学処理とイメージャーに画像とを組み合わせた研究

SEM、EPMAなどの手法によるその場観察による研究

トレーサによる吸着・溶出実験

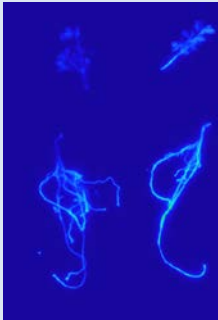
様々な放射性セシウムの効率的な吸着と減容方法の確立のためのトレーサ実験

放射性セシウムの検出限界を下げるための技術開発 → 正確な情報を得るために

もう 1 つは移流・拡散研究を行う上でトレーサも必要です。基礎的なデータを取り入れるための研究の必要性がある訳です。

## リアルタイムでRITレーサからの放射線による画像を得る装置で 植物での放射性物質の挙動を解明

従来のトレーサ取り込みの研究は侵襲する必要があった

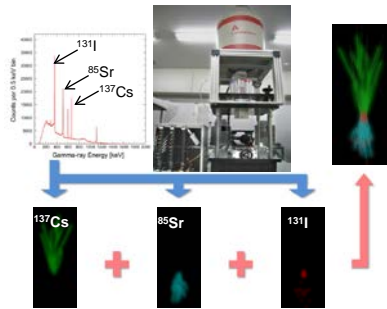


カリウム環境に依存した  
放射性セシウム吸収の変化

植物：ミヤコグサ  
左：放射性セシウムによる  
イメージング  
カリウム欠乏処理（右）による  
セシウム吸収量の増加

### リアルタイムイメージング装置(GREI)

複数核種の分布を高感度に同時計測可能な  
非侵襲のリアルタイムイメージング解析装置



⇒ 土壌-植物系における放射性物質の詳細な挙動を  
明らかにすることにより、植物による吸収を抑制  
する手法の開発へ

アイソトープ棟管理区域内に設置予定(H26.3)

さらに今回、われわれとしては植物系に関して、今までは放射性の元素を吸収させて変化を、あるところで植物を刈り取って測るわけですが、それをリアルタイムに育てる状態で見えていくという、これも今年度中に導入する予定です。リアルタイムイメージング装置 (GREI) を導入して、新たな展開をしていこうと思っております。ということも福島のミッションで考えています。



## 放射性同位元素および加速器を用いた 従来からの研究活動の発展

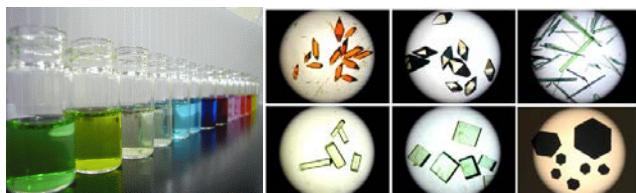
- メスバウアー分光法を利用した錯体分子化学研究
- 陽電子消滅法による材料の特性評価研究
- 生体機能材料開発
- 新規導入される6MVタンデム加速器による  
加速器質量分析法AMSの開発および応用

われわれの放射性同位元素、及び加速器を用いた研究活動の発展ということで、表の一番下については先ほど紹介しましたので、上の3つをご紹介させていただきたいと思います。

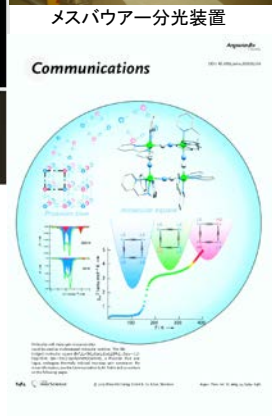
## 多重双安定性金属錯体の合成と電子状態の自在制御

(数理物質系 大塩寛紀)

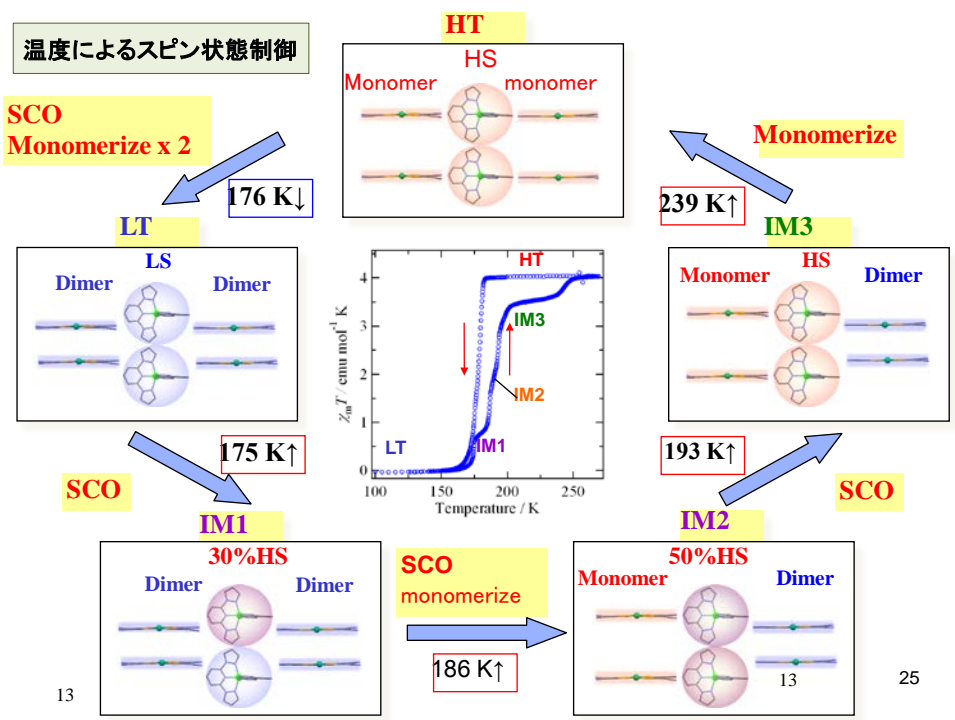
合理的に設計可能な有機配位子と多様な電子状態を持つ金属イオンからなる集合体の構築特に、鉄(II)錯体においては、配位子を適切に設計することで複数の状態を熱や光などによって可逆に変えることができるスイッチング機能を発現



- 1) 金属錯体と有機ラジカルからなるハイブリッドスピ平衡錯体の合成と温度・光によるスピ状態制御
- 2) シアン化物イオン架橋混合原子価[Fe(II)Co(III)]多核錯体における熱・光・X線誘起相転移現象の発現と、光誘起単分子磁性・光誘起単一次元磁石の合成



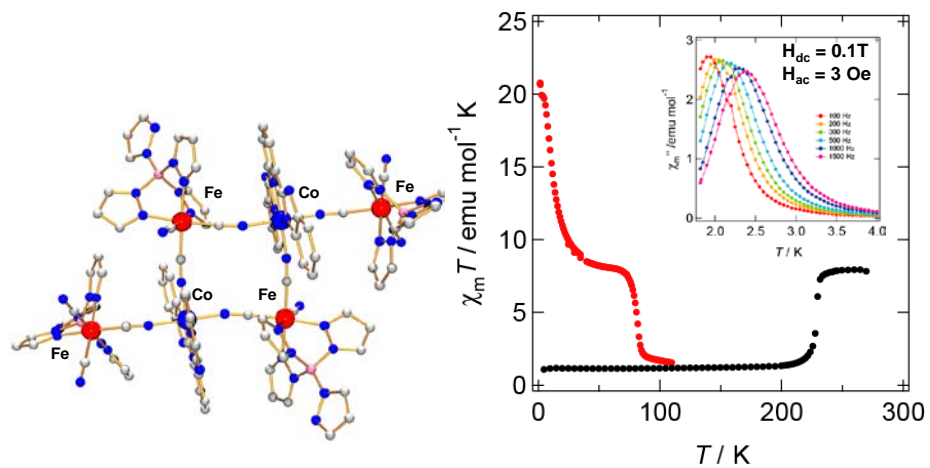
1つはメスバウアー分光法を利用した錯体分子化学研究ということで、大塩先生によって行われますが、いろいろな鉄を含んだ錯体が研究対象になります。



その中で今、大塩先生のグループとして非常に興味を持たれているのは、錯体の磁性の変化があると思います。例えば温度によって磁性が変わるシステムです。

## 光誘起単分子磁石

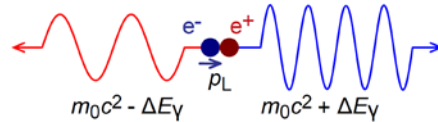
極低温で赤色光照射によりFe(II)→Co(III)イオンへ電子移動し、  
単分子磁石となる



これは低温度で光を当てると磁性が変化するという新しい錯体を研究しています。

## 陽電子消滅による材料の物性評価 (数理物質系 上殿明良)

陽電子は電子の反物質で、物質中に入射すると、電子と対消滅する。このとき、質量がエネルギーへ変換され( $E=m_0c^2$ )、2個の光子が放出される。光子のエネルギーは約511 keV( $\gamma$ 線)である。



消滅 $\gamma$ 線のエネルギー分布や物質中での陽電子の寿命を測定することにより、空孔型欠陥を検出することができる。

### 特徴

検出できる欠陥: 単一原子空孔~空隙(ポア, 数 $10 \text{ nm}^3$ )

高感度( $\geq 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ )かつ非破壊

試料の温度, 抵抗率等の制限なし

試料表面から数 $\mu\text{m}$ までの欠陥深さ分布検出が可能

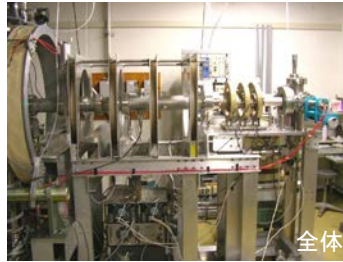
応用: 半導体, 金属, 絶縁体, 高分子等の空孔検出

もう 1 つは上殿先生の研究ですけれども、陽電子消滅を利用した材料の物性評価です。陽電子消滅のお話は皆さん知っているとおおり、陽電子発生源としてはナトリウム 22 を使いますけれども、放出された陽電子が消滅するときに発生する 2 本の 511 キロ電子ボルトのガンマ線を利用することによって、その寿命を測ることで、空孔型欠陥を測ることができます。従って、今非常に重要になっている素材、半導体、金属、絶縁体、高分子等の空孔の欠陥の評価を行っているということです。



RI プロジェクト

欠陥マッピングシステム



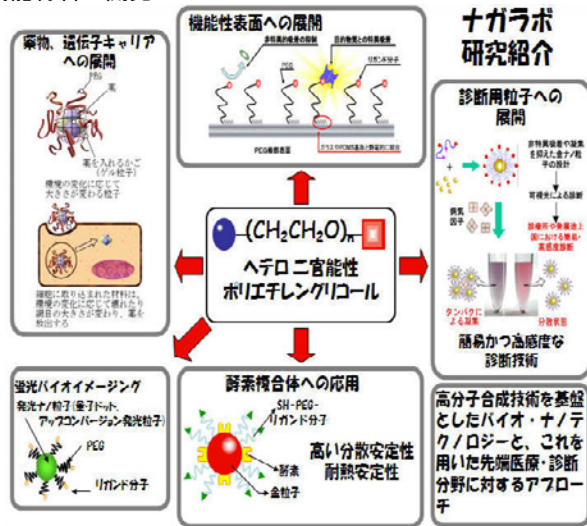
Slow プロジェクト

この研究のために、いろいろなシステムが作られて実際に進められています。

# 生体機能材料開発 (数理物質系 長崎幸夫)

## 活性酸素を制御するナノメディシンの設計と評価

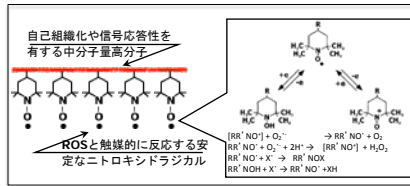
高分子合成技術を基盤としたナノ・インターフェイス(界面)の構築と、これを用いたナノ生体機能材料の開発



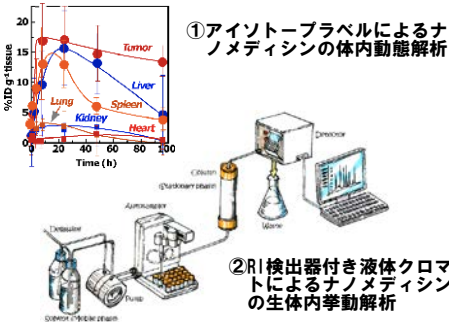
最後は長崎先生の研究なのですが、生体機能材料開発というかたちで行っています。高分子が材料なんですけども、分子レベルで 2 種類の物質をつなぐ界面の構築をするための分子設計もいろいろ行っています。

**【研究の背景・目的】**

過剰に産生される活性酸素(ROS)が様々な疾病の原因として重要な役割を果たすことが明らかになってきた。活性酸素を消去するにはビタミンCやE、抗酸化剤など様々なもの、低分子抗酸化物質は非特異的に拡散し、生体に必要な活性酸素をも消去するため、使用には限界がある。我々は、活性酸素種が正常なエネルギーを産生するとともに様々な疾病にも関与する「諸刃の剣」であることに着目し、**正常なROS(善玉活性酸素)の産生を妨げず、過剰に産生するROS(悪玉活性酸素)を選択的に消去するため、代謝可能な分子量ポリマーにROS消去能を創り込む新しいバイオマテリアルの設計を進めてきた。**具体的には図に示すように、自己組織化能や環境応答能を有する高分子に触媒的に活性酸素消去能を有するニトロキソドラジカルを導入し、ミトコンドリア内の正規電子伝達系を阻害せず、マクロファージや好中球が過剰に産生するROSを選択的に消去するレドックス高分子材料を設計し、その自己組織化によるナノ粒子(レドックスナノ粒子と略記)が脳や腎臓血管の梗塞、再灌流によって生じるROSの消去のみならず、潰瘍性大腸炎様々な疾患部位に送達し、そこで過剰に産生される悪玉活性酸素を効果的に消去し、副作用の少ない新しいナノメディシン(レドックスポリマー薬)として働くことを示してきた。これらの材料は生体内治療を進め、革新的医療技術の開発を目指すことを目的としている。



**【検討課題】**



**RIトレーサを用いた革新的医療技術の開発**

そのときに合成した分子の性能の評価を行う研究の手法として、新しい分子に放射性元素を使ってトレーサとして利用します。トレーサ実験と組み合わせていろいろな分子を開発していく。この中で革新的な医療技術の開発が進めています。この様に、福島中心の放射性元素の研究と従来の研究の2本柱で進めています。

以上です。



# 放射性物質移行部門の 今後の研究活動

筑波大学生命環境科学系

恩田裕一

ご紹介いただきました恩田です。本日はお忙しいなか、本シンポジウムにお越しいただき、誠にありがとうございます。

**Assess the Effectiveness of Soil Conservation  
Techniques for Sustainable Watershed Management  
Using Fallout Radionuclides**

Report of the Fourth and Final Research Coordination Meeting of the  
FAO/IAEA Coordinated Research Project  
Vienna, Austria, 15-19 October 2007

**Authors: Mr. Felipe Zapata, Scientific Secretary  
Mr. Yong Li, Consultant**

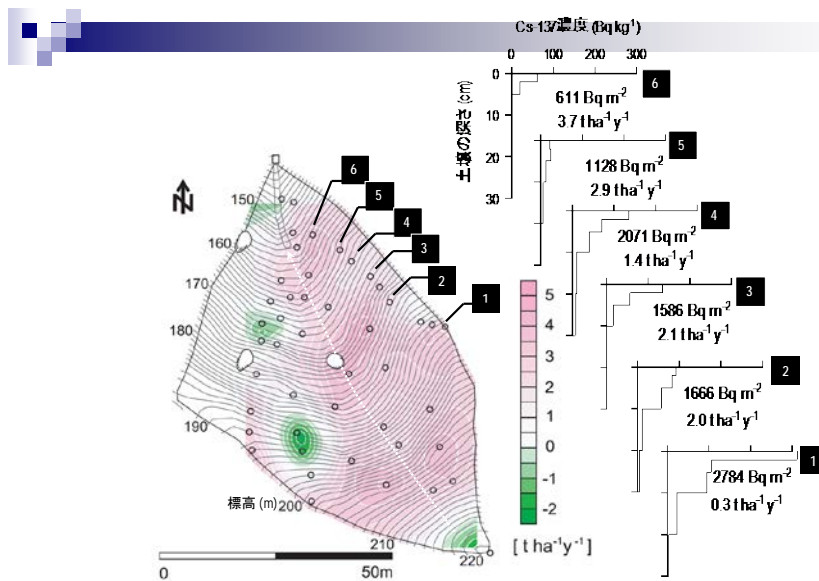
Reproduced by the IAEA  
Vienna, Austria, 2007

**NOTE**  
The material in this document has been agreed by the participants and has not been edited. Views expressed remain the responsibility of the participants and do not necessarily represent those of the designating Member State(s). In particular, neither the IAEA nor the organization or body sponsoring this meeting can be held responsible for any material in this document.



Figure 2. Participants in the 4<sup>th</sup> and Final RCM held in VIC, Austria, 15-19 October 2007

これは IAEA の報告書です。IAEA のなかに応用放射能環境部門というのがありまして、私は前からそこで放射性物質の環境利用に関する研究をしていました。そのときの研究活動のひとつに土壌保全と流域の管理と主に原水爆実験起源の放射性物質をトレーサとして利用するというプロジェクトがあります。こういった放射性物質の移行に関しての研究は、チェルノブイリ原発事故以来、全国的に減少気味になっていますが、降下放射性物質をトレーサとして調べる研究については、研究が盛んに進んでいる状況です。

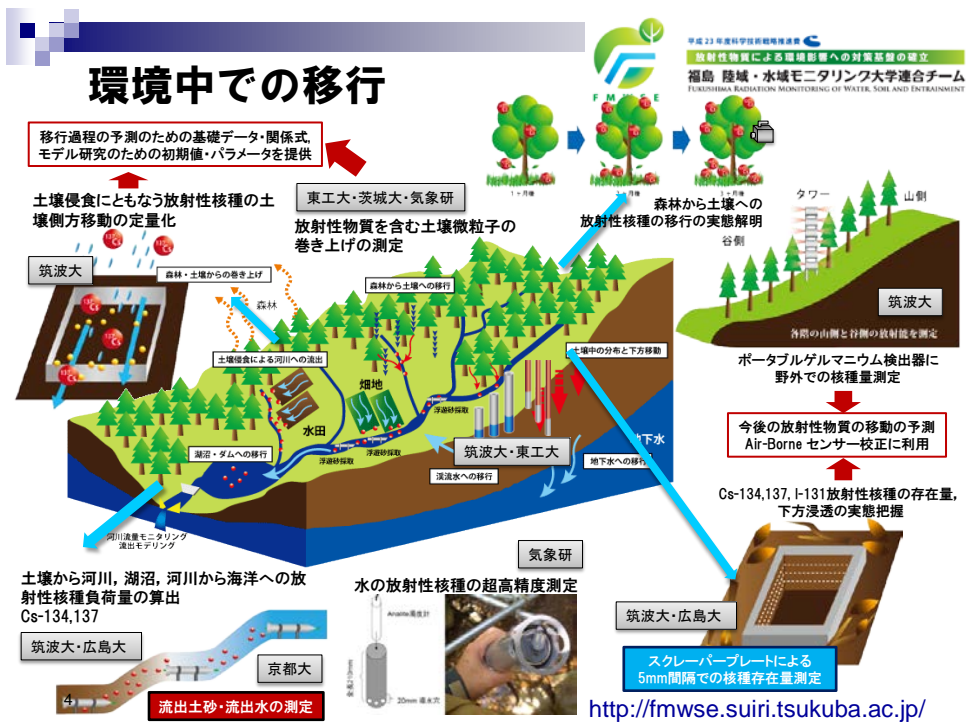


### セシウム137の深度分布と侵食土砂量の平面分布

Fukuyama, T., Onda, Y., Takenaka, C., and Walling, D.E. (2008) *Journal of Geophysical Research, Earth Surface* 113, F02007, doi:10.1029/2006JF000657.

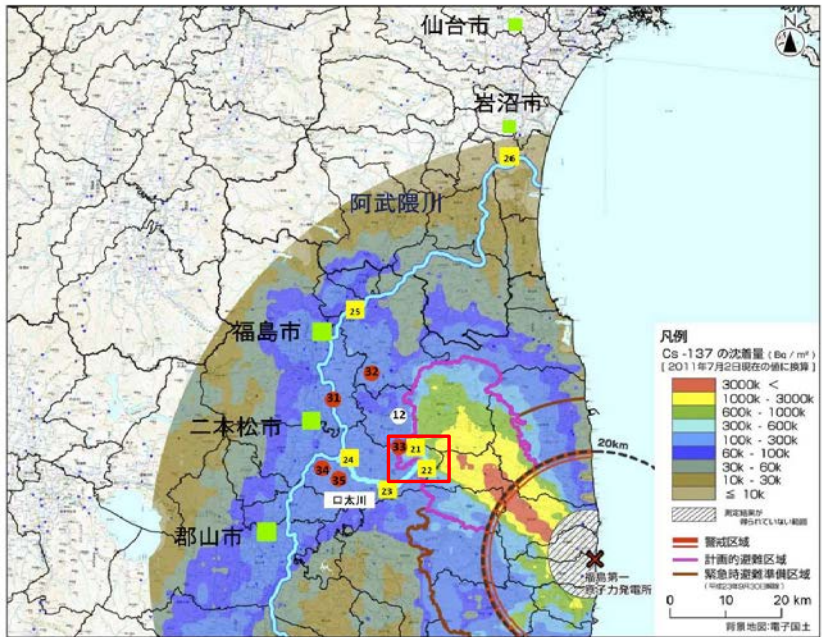
ここで参考にわれわれの研究内容をお伝えしたいと思います。

1つの流域からどれだけ土砂が侵食されるか、ということ进行研究しているわけです。こちらは今回の原発事故前のデータです。このセシウムは原爆実験起源ですが、地表で 3000Bq/m<sup>2</sup> くらいであるのが下に行くほど減ってきています。このプロファイルとこの量を移流拡散モデルに入れまして、土壌侵食量を計算することができます。また、土壌移動のプロセスを調べるといったかたちで研究をしていったわけです。



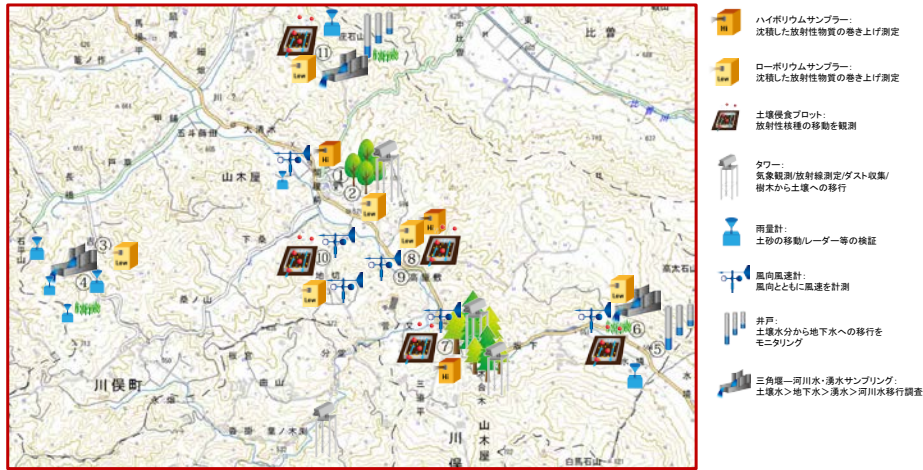
そういったなかで今回の福島第一原発事故がございました。斎藤先生がご指摘のように、まず初期汚染の研究のために、初期の沈着量分布の測定に関わりました。その際に先ほどの IAEA の方にコンタクトしまして、テクニカルコントラクト、マップに関するコントラクトをいただきました。それから IAEA に直接いろいろアドバイスをいただいて、文科省の提言になったわけです。

2011年6月からその初期汚染についての研究プロジェクトが始動すると同時に、原研に委託されたなかでマップ関連事業として私のほうで取りまとめをすることになりました。今までたくさんご紹介がありましたように、放射性物質が地上に沈着する場合、まず森林が非常に多くということですので、したがって、まず森林に沈着した放射性物質がその後の降雨等によって川に流れて海に行き、環境を汚すということがありますので、できるだけ早くから信頼のできるデータを取ろうということで東工大とか、広島大とか、京大とかいろんな方々と一緒にプロジェクトを開始いたしました。これもマップ事業になります。



このピンク色で示された地域は計画的避難区域になっております。われわれの集中調査地域というのは、その一番端にあります。福島県の川俣町には水系がありまして、この水がここから阿武隈川本川に入ってきますので、さまざまな環境影響を調べる上で重要な研究企画と判断いたしました。

調査地域

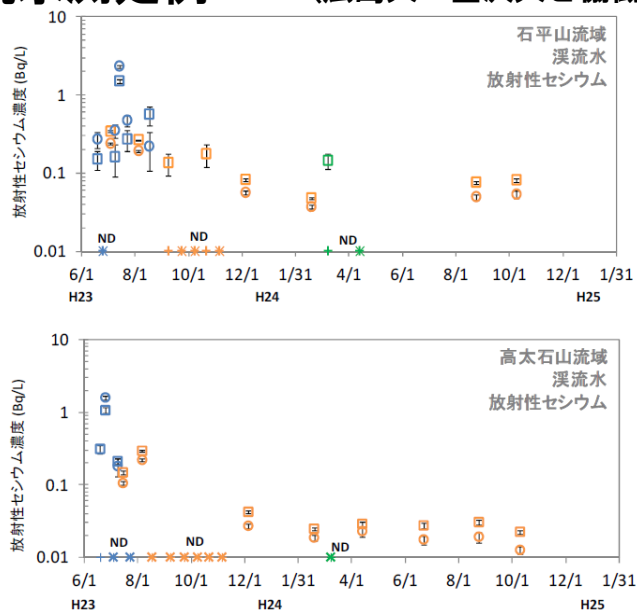


川俣町 山木屋地区 (計画的避難区域)

調査の際、町役場の方々、地権者の方々等に非常にご協力をいただき、こういった施設を非常に短期間で設置しました。水に関しては、3ヶ所、深さ 30 メートル井戸を掘るとか、土壌侵食のプロットや、大気中濃度のモニタリング施設などを設けるなどしました。これを 2011 年の 6 月にとりかかってから 7 月にはもう完成させるということで、予算は何とかまとめましたし、私もみんなも本当に週末ずっと現場に行って、どうにかスタートできたということでもあります。

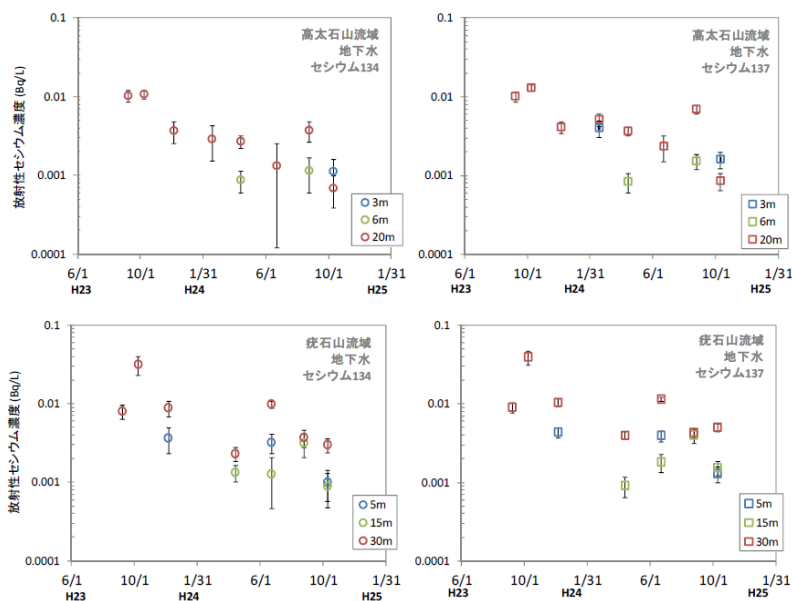
## 渓流水測定例

(広島大・金沢大と協働)



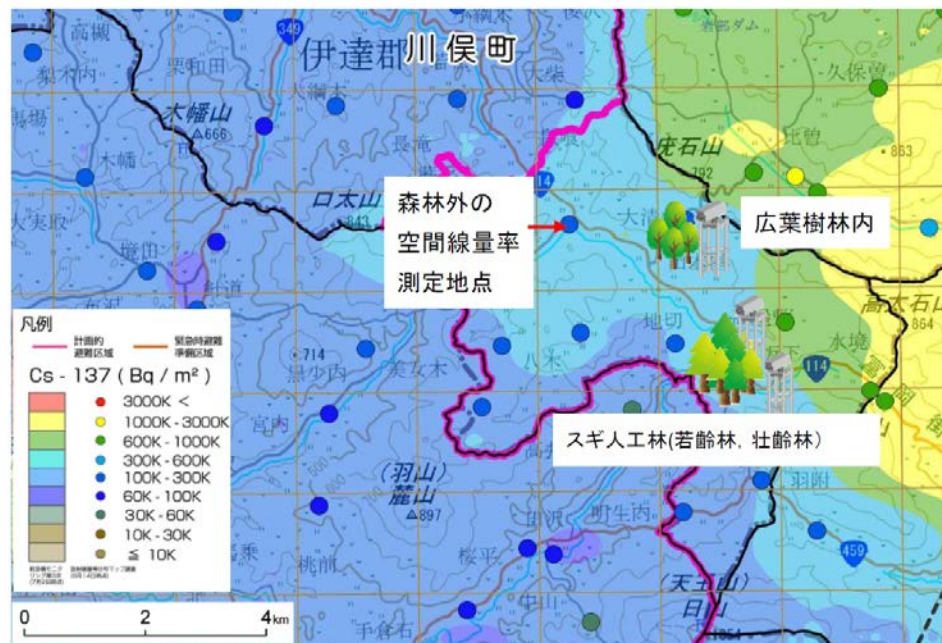
これは 1 つの測定例で、広島大学と金沢大学からいただいたデータです。こういった研究の測定結果があります。平成 23 年の事故直後、比較的セシウムの濃度が懸濁した、これはフィルターした懸濁なんですけど 1Bq/L を超えるようなものがあったということがわかります。こちらも 1 つの例ですが、これは二桁近く下がっています。

## 地下水測定 (広島大・金沢大と協働)



これは地下水についての測定結果ですが、地下水におきましても、初期におきましては比較的低濃度ですが、放射性セシウムが検出されました。これが徐々に低下している傾向がみられるということです。一桁下がっているという状況です。





筑波大のほうでも力を入れているのがこの森林の中の測定です。力を入れている理由は言うまでもなく、森林が放射性セシウムの降下地域のかなりの部分を占めているからです。広葉樹混交林内に 1 ヶ所、スギの人工林に 2 ヶ所、観測箇所があります。こういったところで放射性物質の移動を調べているということです。

## 森林での核種分布状態・移行過程の解析

●森林から土壌への放射性核種の移行の実態を解明する。



森林タワーにおけるポータブルゲルマニウム検出器を用いた放射能測定



林床面モニタリング



樹幹流、林内雨、リターの計測



広葉樹



スギ壮齢林



スギ若齢林



土壌水の採水

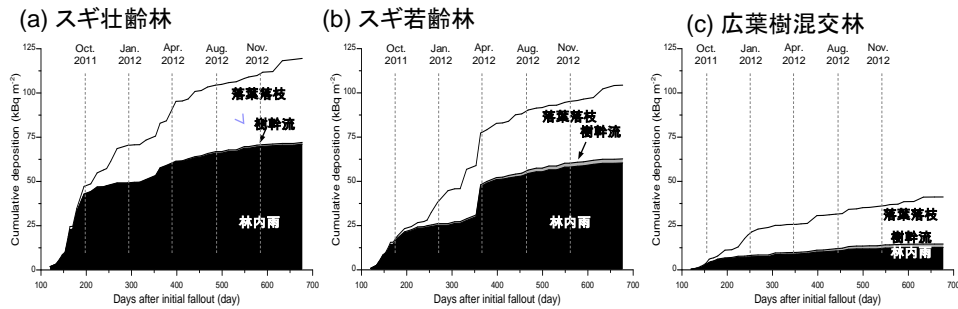
長期的に調べるために、まずタワーを建てました。これは 7 月に完成したんですが、これは鉛直的な線量の分布、また大気中の放射性物質をサンプリングができるということで活用しています。

実際に放射性物質が移動するためには、雨で落ちるケース、これは林内雨ということですが、それと木の幹を伝って流れるというケース、そして、落ち葉として移動する場合があります。

あとは林床面の線量分布ですが、これはゲルマを使っていますのでセシウムの形成率を時系列的に測っていくことも行っています。これにつきましては、学生さんが実験器具を設置して、1~2 週間おきに現場に来てデータを取っているのです、こういった時系列な貴重なデータが取れます。

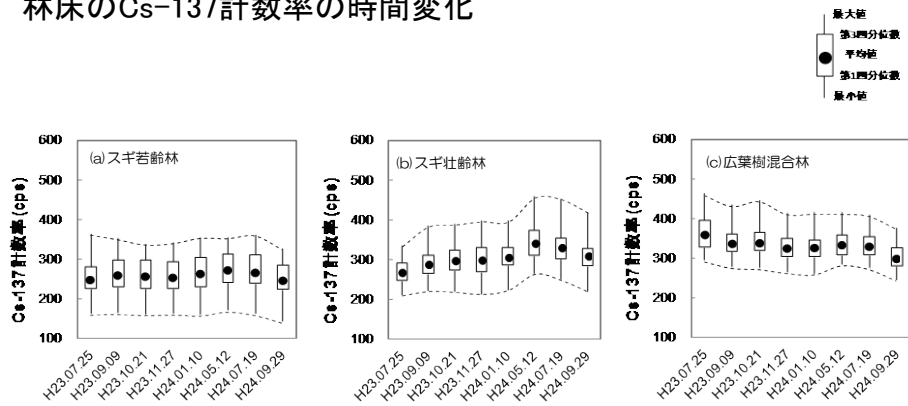
# 累積沈着量

林床への放射性セシウムの林床への付加 ( $\text{Bq m}^{-2}$ )



これが林床面の線量分布のデータです。林床への放射性セシウムが最初は樹冠についていたのが落ちてくるという状況です。直後のデータは別の時期に取れておりますので、モデル化のときにはそちらを反映する予定ですが、これはスギの場合です。スギ林の放射性物質が地表面に沈着する場合、黒い色で示した林内雨で、溶存態のかたちで相当量が沈着することが特に初期の観測結果において顕著でありました。時間がたつと、特に冬場は落葉落枝成分が増えたりするんですが、いずれにせよ溶存態の成分が非常に大きいということです。このあたりのデータはチェルノブイリのときには存在しなかったものであります。広葉樹林におきましては、原発事故時には葉っぱは開いていなかったものですから、大部分が地表面に沈着したんですが、それでも林内雨成分や落葉落枝成分が大きいということです。このような沈着が続くと、避難住民が帰宅しても、高い線量が続くということで、こういった時系列の変化のデータが、多分今後の森林除染の基本的なデータになるんじゃないかと期待しております。

## 林床のCs-137計数率の時間変化

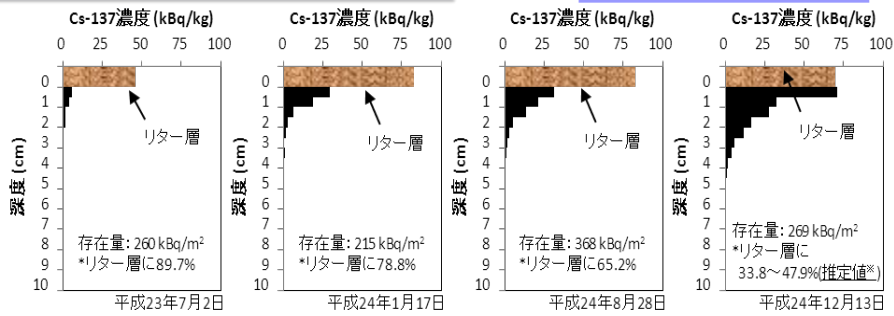


可搬型ゲルマニウム半導体検出器による林床のセシウム137計数率の時間変化（試験プロット内の49地点について）

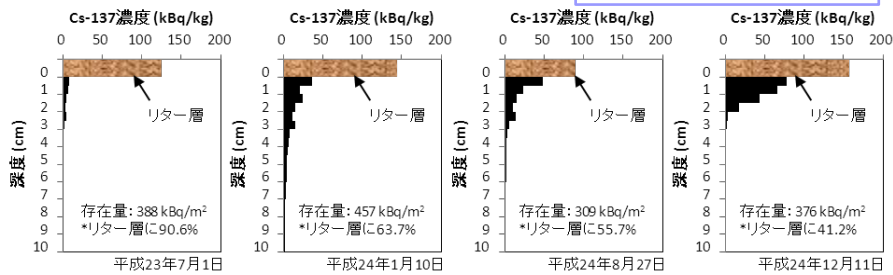
これは広葉混交林の事例です。林床面の線量率に相当するセシウムの形成率の実際の状況がどうかというと、樹冠からの沈着量がそれほど多くありませんので、徐々に形成率が減少しています。それに対して、スギの林はあまり変わっていない、多少増えているぐらいです。通常の地域におきましては徐々に線量が下がっていく一方で、林の中ではこのような動態によって線量を操作するセシウムが下がっていないという状況が出ていることがわかります。

## 森林内での放射性物質の分布

### スギ若齢林



### 広葉樹混交林



原因は土壌の中のセシウムの分布ということになります。広葉樹の場合は初期にはリター層が9割ぐらいあったんですが、60パーセント、50パーセント、40パーセントと徐々に減ってきて、リターから土表に移動しています。一方、スギの場合は、90パーセントあったのが70、60、50パーセントというかたちで、下にも下がるんですが上からも負荷があるということでそれほど変わっていないということです。未だに、こういったものに対する除染はまだ可能ではないかと思っています。

## 放射性核種流出モニタリング

土壌の侵食量と放射性物質の流出量の関係を求めるため、

- ①様々なプロットで土壌粒子の粒径毎の土壌流出量を測定
- ②粒径の違いに伴う放射性セシウムの放射能濃度の関係を測定
- ①、②の結果を基に、土壌流出量と放射性セシウムの流出量の関係をモデル化する。



緩傾斜の畑地(裸地 A(左), 耕作された畑A2(右))



スギ若齢林



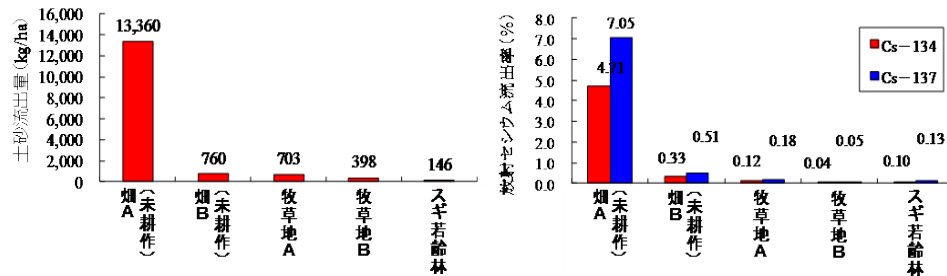
急傾斜の畑地(未耕作の畑B(左), 耕作された畑B2(右)) 採草地(牧草地A(左)) 放牧草地(牧草地B(右))



もう 1 つの問題が放射性核種の流出です。そのモニタリングのために実際のスケールプロットをさまざまな土地利用のところで設けまして、土砂と放射性セシウムの流出量を測定しています。



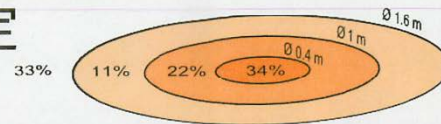
## 土壌侵食量/Cs流出率測定データ



(2011. 7/ 17 – 2013 11/18)

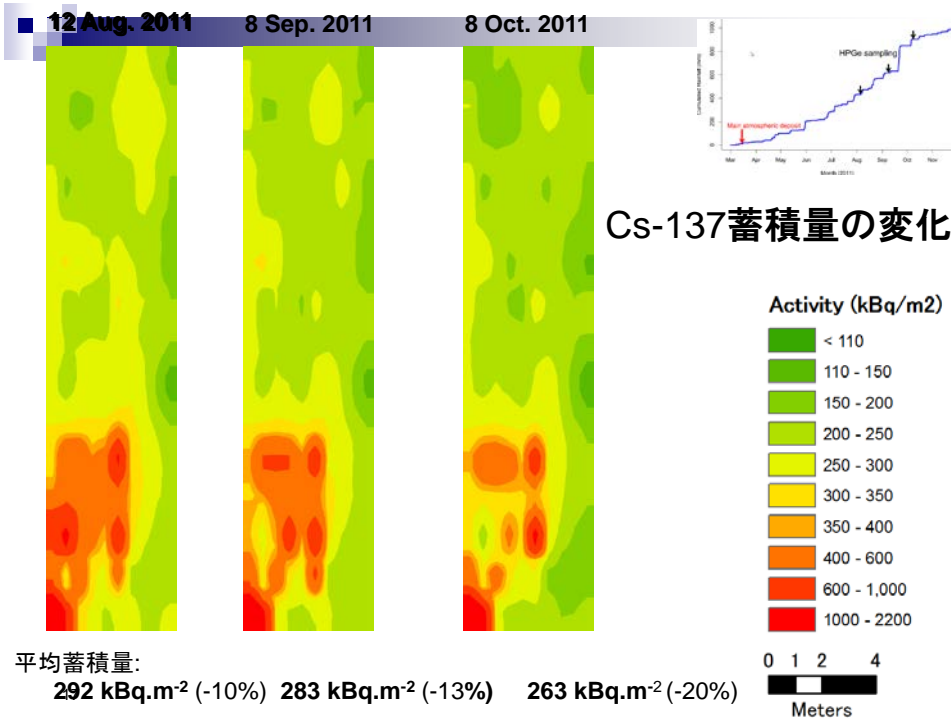
これはそのデータです。畑 A (未耕作) は除草剤をまいてほとんど裸地にした場合です。裸地にすると 2 年近くで 7 パーセントぐらいセシウムが抜けるんですが、そうじゃない通常の土地利用では、先ほども大原先生から伺ったように 0.5 パーセント、林はそれ以下ということで、土壌からセシウムはほとんど出てこないということです。

## ポータブルゲルマニウム検出器による セシウム移動量の推定



あと、もうちょっとセシウム移動量を細かく調べるために、ポータブルゲルマニウム検出器などで経時的に測定するという調査をやっています。こうしますと実際小さい島の中でセシウムがどう動くかというのがわかってくるわけです。





これが1つの観測結果です。2011年8月の段階から10月までの変化ということです。この斜面の長さは22mですが、そのなかの微小な移動パターンというのがわかりました。斜面長の効果というのは、土壌の侵食を考える上で重要ですので、こういったデータを取得しています。

## 川・海への放射性核種の移行



川・海への移行ですが、初期には観測地点を 6 箇所セッティングしました。

## 【観測機器設置の概要】

- 浮遊砂サンプラー
- 圧力式水位計
- 濁度計
- 雨量計
- データロガー＋太陽光パネル



写真1. 浮遊砂サンプラー



写真3. 濁度計センサー



写真2. 圧力式水位計



写真4. 浮遊砂サンプラー・濁度計センサー・水位計設置状況(口太川上流地点)



写真5. データロガー・太陽光パネル・雨量計設置状況(岩沼観測所地点)

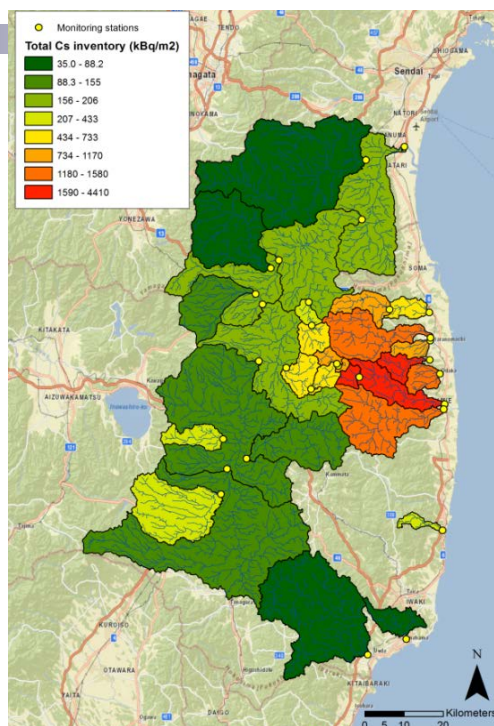
これは浮遊砂サンプラーというものに濁度計のデータを加えて全量を出すということをしています。

これはトレーサとして浮遊砂を使うという研究から出たもので、2000年に発表されました。両側にチューブがあって、水の中に入れておくだけで出水中の浮遊砂が回収できる仕組みになっています。

# 河川モニタリング

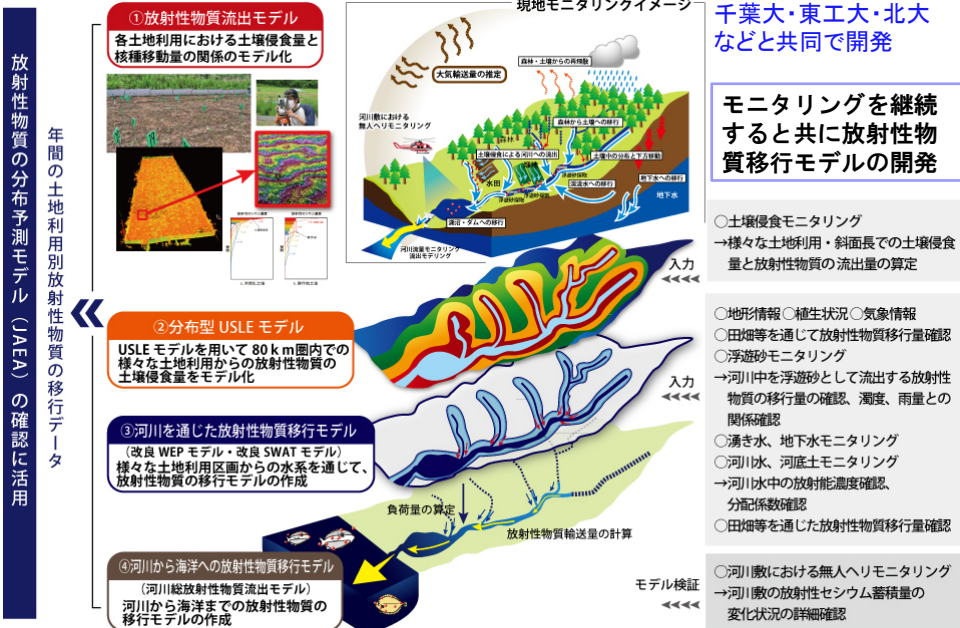
30地点において展開

- 流域面積; 7.6 – 5,170 km<sup>2</sup>
- 流域平均沈着量 (Cs-137):  
19-2380 kBq m<sup>-2</sup>



その浮遊砂サンプラーを昨年度の予算におきまして、阿武隈川のかなり広い流域、また浜通り地域に展開しました。これでどれぐらいの沈着量が出るかというモニタリングを行っております。

# モデル開発



除染のための実態把握と将来予測、避難区域の解除等の政策判断をする際の科学的根拠

これらのモデルは原研関連事業でありますので、最終的にはモデリングをして将来予測をするわけです。そのためには従来のわれわれの研究の延長線上である小さいスケールからの土砂移動とそのモデル化、そこから今度はより広いものとか、河川の流出を組み合わせる必要があります。現在は、後者の研究を進めているところであります。今は主に原研からの予算で調査をしておりますが、その他には、主に研究機関の連携を行うための、科学研究費でも研究しております。そのほか、フランス政府からの予算で森林の中の生態系の観測もスタートします。これは初期に銀のトレーサの研究もするという状況です。



## 放射性物質移行部門のミッション

- 放射性物質の水・土砂流出による移行モニタリングおよびモデリングを行う。
- 原発事故後の放射性物質の環境移行について、国際的評価に耐えられるモニタリングをおこなう。
- また、研究結果をもとに、各省庁の政策に対し技術的支援する。

そういったかたちで今後も今までの知見を生かし、かつ、諸外国との共同研究を進めまして、放射性物質の移行モニタリングおよびモデリング、特に CRiED としては原発事故後の環境への影響について、国際的評価に耐えられるようなクオリティの業務を行いたい。また、その得られた結果を基に、各省庁の政策等に技術的支援をしつつ、福島問題に貢献したいと思っております。

以上です。

# 環境動態予測部門の 今後の研究活動

—陸面物質輸送研究から  
アイソトープ環境動態研究へ—

部門長  
浅沼 順

環境動態予測部門の部門長の浅沼と申します。本日はわれわれセンターの設立記念シンポジウムにおいでいただきまして、誠にありがとうございます。ずいぶん午後も遅くなりましてお疲れかと思いますが、私の発表のあと、恩田部長が取りまとめをいたしまして、その後交流会ということになります。あと 30 分ですので、しばしお付き合いください。

環境動態予測部門の紹介を、「陸面物質輸送研究からアイソトープ環境動態研究へ」と題しまして、紹介をさせていただきます。

# 環境動態予測部門

## — 概要 —

### ・ ミッション

大気・水の動態およびそれらによる物質移動の環境動態研究を推進する。現象解明を目的とした基礎研究と、将来予測などの応用研究、および人材育成を通じて、学問の発展に貢献し、その成果を社会に還元する。

### ・ 教員

#### <専任>

- 浅沼 順 部門長・教授  
水文気象学
- 関口 智寛 講師  
実験地形学
- 若月 泰孝 助教  
気象・気候学

#### <兼任>

- 羽田野 祐子 准教授  
汚染物質輸送
- 山中 勤 准教授  
同位体水文学

私どもの部門のミッションですが、大気・水の動態およびそれらによる物質移動の環境動態に関する研究を行うこと、現象解明を目的とした基礎研究と将来予測などの応用研究を行うこと、さらに人材育成を通じて学問の発展に貢献し、その成果を社会に還元すること、というものです。部門には、専任が3名、兼任が2名、あわせて5人の教員がおります。それぞれ、水文気象学、実験地形学、気象・気候学、汚染物質輸送、同位体水文学と、様々な物質の様々な物質の環境動態をターゲットとした、研究を行っております。



## 当部門の前身

- 1976年 水理実験センター 設立
  - 実験施設管理センター: 大型水路・大気観測圃場
  - 最新の設備を用いた実験・観測研究
    - 河川における砂礫**輸送プロセス**
    - 大気下層における水・熱交換・**輸送プロセス**
    - 地中の水・物質**輸送プロセス**



### 2000年 陸域環境研究センター 改組

- 国際プロジェクト研究の遂行
- 陸面と大気・海洋間の水・熱・砂礫・CO<sub>2</sub>などの**物質輸送研究**



### 2013年 アイソトープ環境動態研究センター 設立

- 環境動態予測部門に改組



冒頭のセンターの紹介で、センター長の松本より紹介がありますが、当部門の前身である、陸域環境研究センター、およびその前身の水理実験センターでは、砂礫や水・熱などの物質輸送プロセスを、さまざまな条件設定において、様々な手段を用いて、国際プロジェクトや個人研究をして、行って参りました。温暖化予測や海外の観測プロジェクトなどもこれに含まれます。

# 本発表

## 陸面における 物質輸送研究



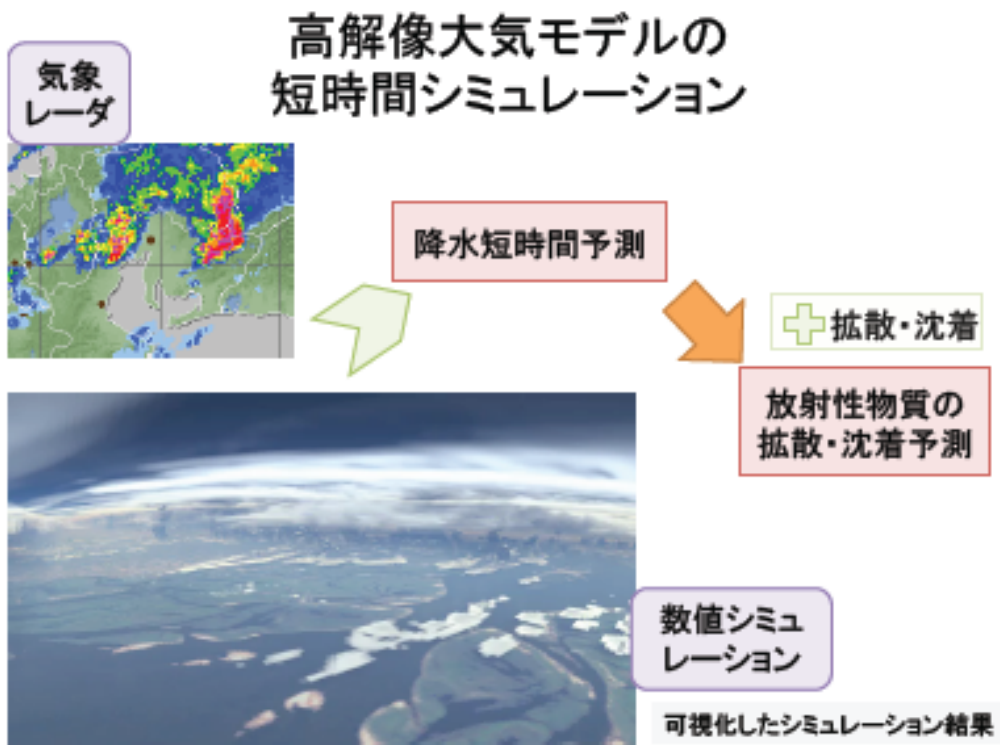
## 放射能環境動態への応用

本発表では、これまで培ってまいりました物質輸送研究を、アイソトープ環境動態研究センターの環境動態予測部門において、どのように放射能環境動態研究へ応用していくかという観点から、今日はお話しさせていただきます。

## 事例

- **大気**拡散と放射性物質輸送
- **森林**の陸面－大気、林床プロセス
- **河口・沿岸部**流砂プロセス

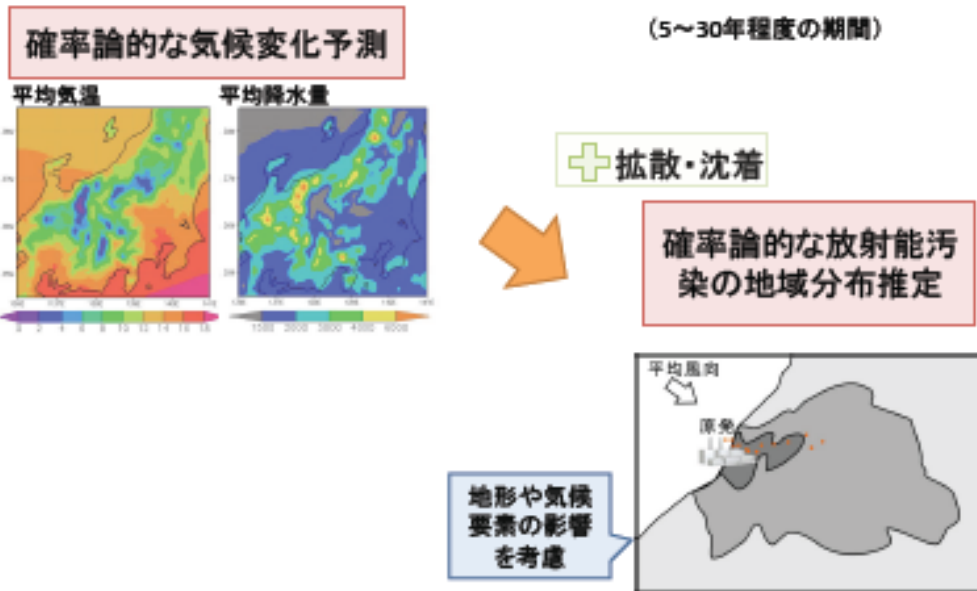
ここでは、大気拡散と放射性物質輸送、森林における陸面・大気・林床プロセス、および河口・沿岸部における流砂輸送プロセスの3つの事例をご紹介します。



<動画>

最初は、大気中の物質輸送のプロセスについてですが、これは、10年以上前から取り組んでおります気象レーダーと数値シミュレーションを用いた降水の短時間予測研究について、お話しします。このスライドは、高解像度の大気モデルの短期間シミュレーションを用いて、豪雨予測を行った結果です。これに放射性物質に関する拡散、あるいは沈着に関するプロセスを導入することによって、放射性物質の拡散・沈着予測が可能になります。

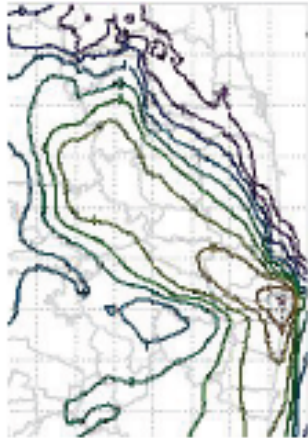
# 高解像度大気モデルの 長期シミュレーション



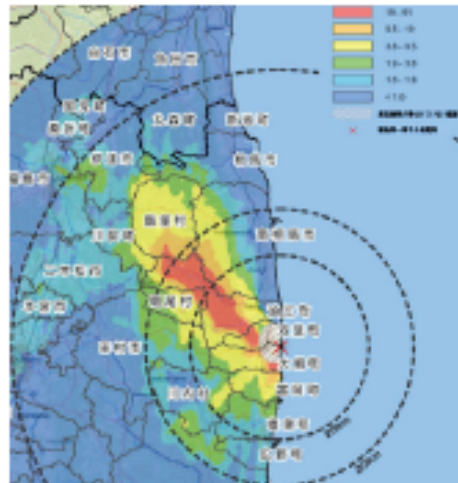
次は、このような豪雨予測モデルを用いた長期間のシミュレーションについてご説明します。このモデルの本来の目的は、数時間、あるいは数日程度の短期間の降水予測ですので、長期間の計算は本来の目的ではありません。計算負荷の非常に大きな計算となりますが、このモデルで、例えば5年間、あるいは30年間といった長期間のシミュレーションを行います。これによって、確率論的な気候変化予測が可能となります。例えば温暖化した条件を入れて30年すると、ある地域では何パーセントの確率でどれぐらい降水量が増えるとか、気温が何度くらい上がる、という確率論的な予測ができます。当部門では、このような確率的な温暖化予測を、温暖化に関わる研究プロジェクトにおいて、実施しております。この手法と、先に述べました拡散・沈着モデルに適用することによって、放射性物質の拡散に応用することによって、確率論的な放射能汚染の地域分布が推定できることになります。もちろん二度とあってはならないことなのですが、仮に再び原発事故が起こったというときに、その汚染範囲がどれぐらいの確率でどれぐらいの範囲になるというリスク、すなわち地形や気候要素の現況を考慮したリスクを評価することができます。このようなことを当部門では計画しております。

# 放射性物質沈着モデルの高精度化

空間線量分布の再現



観測された空間線量分布

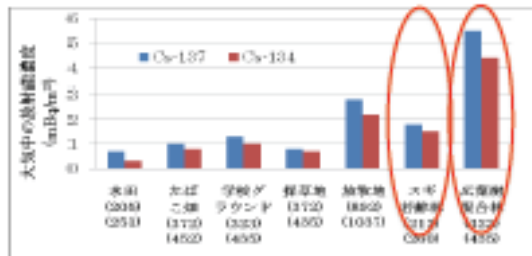


先ほどから何度か沈着・拡散モデルの適用についてお話しましたが、このモデルの部分は放射性物質の大気輸送の予測では一番難しい部分です。当部門では、この沈着モデルを高精度化する研究を現在進めております。左の図は高精度化されたモデルで再現された空間線量ですが、右側の観測された空間線量に近いものが算出されています。高濃度地域の分布に、すこしずれが見られますが、今後精度を上げていく必要があると考えております。

# 林内での放射性物質

- これまでの観測から
  - 放射性Cs濃度が、学校グラウンド・畑地に比べて、**スギ林**／**広葉樹林**などで高濃度
  - 林地では、特有で未知のメカニズムが働いている可能性
  - 避難民の帰還や林業再生にとって、今後の**林地での空間線量の低減**が必要条件
  - **林内での放射性物質挙動の把握**が重要

文科省報告書 (2012)



次に、林内での放射性物質の話に移らせていただきます。本日のご来賓の方々のごあいさつ、あるいは他の皆さまのご発表でもご指摘がありましたが、放射性セシウムの濃度は学校グラウンドや畑地に比べて、スギ林・広葉樹林などの林内では、未だ高濃度で残っていると観測されております。多くの方が様々な議論をされておりますが、どういうメカニズムが働いているかについてはいまだに不明な部分が多く、そのメカニズムを明らかにすることが重要なタスクとなっております。避難民の方々の帰還とか、あるいは林業の再生にとっては、林地での空間線量の軽減というのは必要条件になりますが、それを把握、予測していくにあたり、林内での放射性物質の挙動の把握が重要になります。

# 森林における放射性物質輸送観測

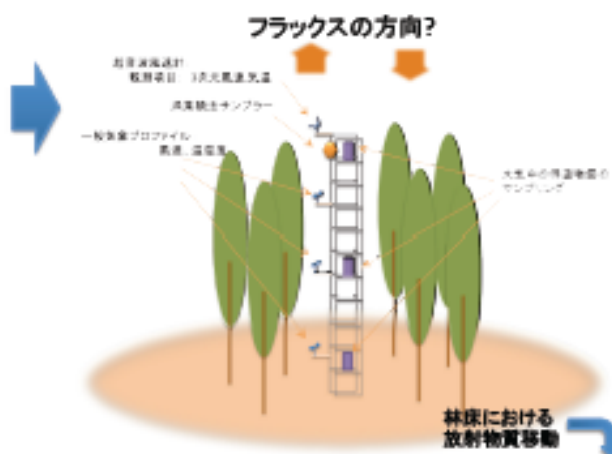
## 森林での物質輸送の観測研究

- 森林はCO<sub>2</sub>の吸収源
- 寒冷地の森林は熱の放出源



## 川俣町／浪江町における観測計画

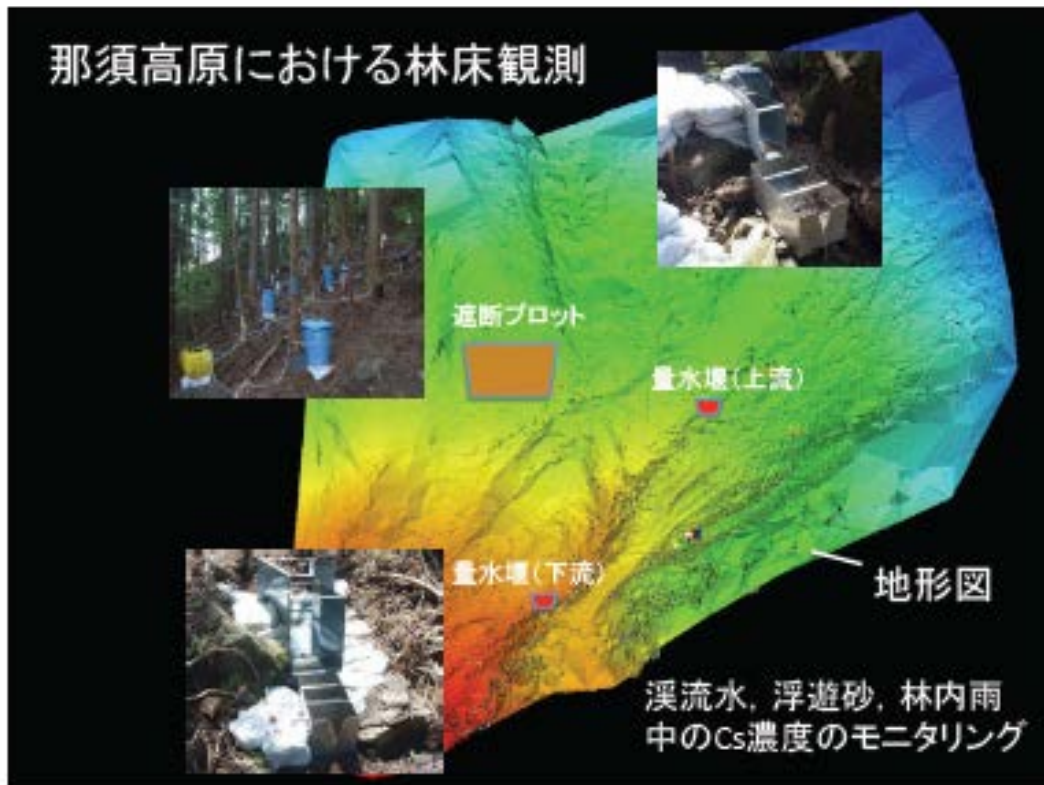
森林は放射性物質の放出源か？



一方、当部門では、過去10年来、森林での物質輸送の観測研究をやってまいりました。例えば森林は温暖化気体の一つであるCO<sub>2</sub>の吸収源で、またシベリアのタイガ林は地球全体の気候にとっては重要な熱源です。例えばシベリア・タイガ林を全部伐採すると、地球の全球の平均気温が下がるという予測結果もあります。このような地域での観測手法を用いた物質輸送研究を当部門では実施して参りました。これは森林にこのようなタワーを立ててCO<sub>2</sub>の吸収量や顕熱フラックスなどを長期間に渡ってモニタリングするという観測研究です。このような実績を基に、川俣町や浪江町において、森林での観測研究を現在計画しております。

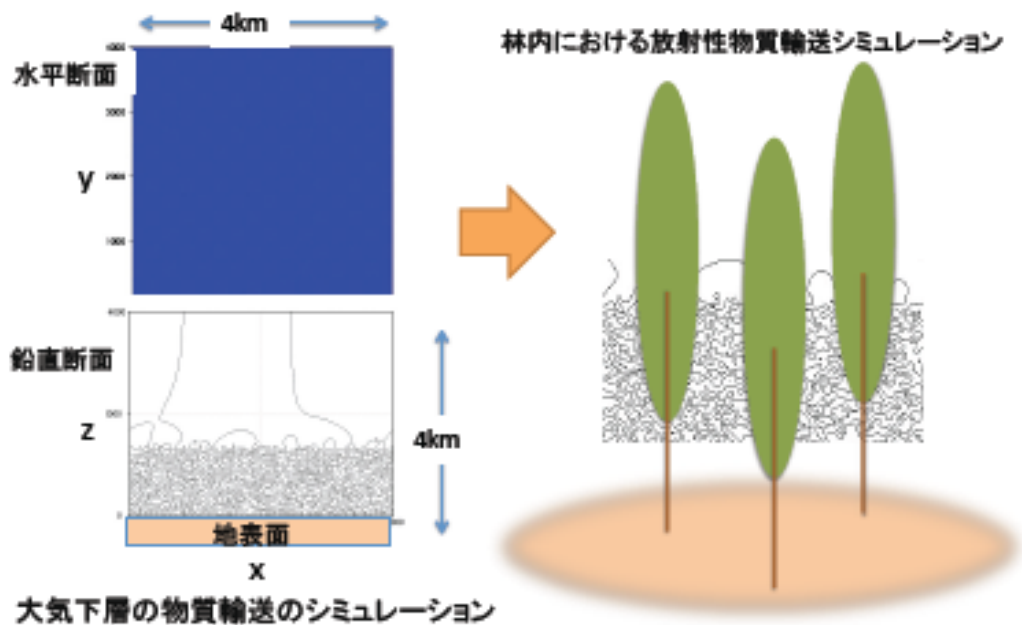
先ほど恩田先生より紹介がありましたが、森林に建設したタワーの上に、気象観測センサーと共に浮遊物質やエアロゾルのサンプリング装置をつけます。これによつてうまくいけば、放射性物質のフラックスが計測できるので、放射性物質が森林から放出されているのか、あるいは逆に森林に吸収されているのかを明らかにしよう、といったことを現在考えております。





先ほどのスライドは大気と森林の間の放射性物質の交換についてでしたが、次は林床の話です。先ほど恩田先生からも同様の話がありましたが、林床での放射性物質の輸送過程について観測を、現在、那須高原において、5月の連休明けから始めております。このような数百メートル×数百メートルの森林内の小流域で、量水堰を設置して、遮断プロットで遮断雨量、あるいは林内雨、このような樹幹流を測る観測設備を設け、渓流水、浮遊砂、林内雨のセシウム濃度のモニタリングを行っております。この観測によって林内、林床において、セシウムがどのように移動しているのかが明らかになる予定です。

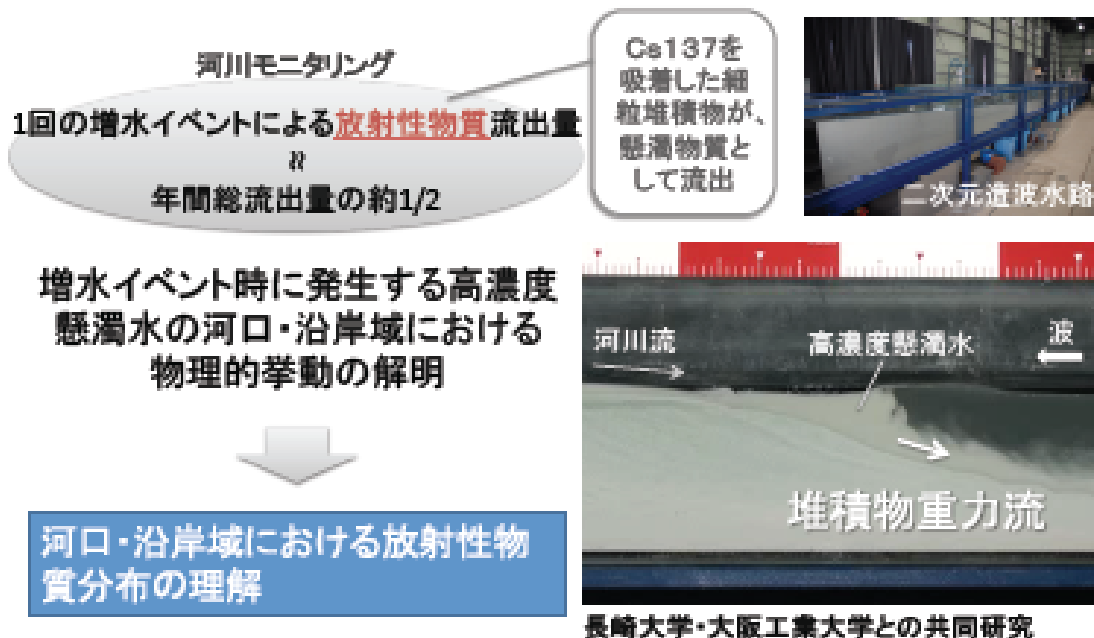
## 物質輸送の乱流シミュレーション



<動画>

これは将来的な構想なのですが、当部門では、乱流シミュレーションを用いた研究を実施してあります。ここにある例は、縦横高さが4km×4 km×4 kmの立方体の大気の中で、大気が地面によって温められたときにどのような対流が発生するかを、上からと横から見ているものです。われわれは、このようなシミュレーションの実績がありますので、これを林内における放射性物質輸送のシミュレーションへの適用可能性を探っております。もちろんこれは、現象が化いまいされてからさらに、数年以上かかると思うのですが、このような構想を現在持っております。

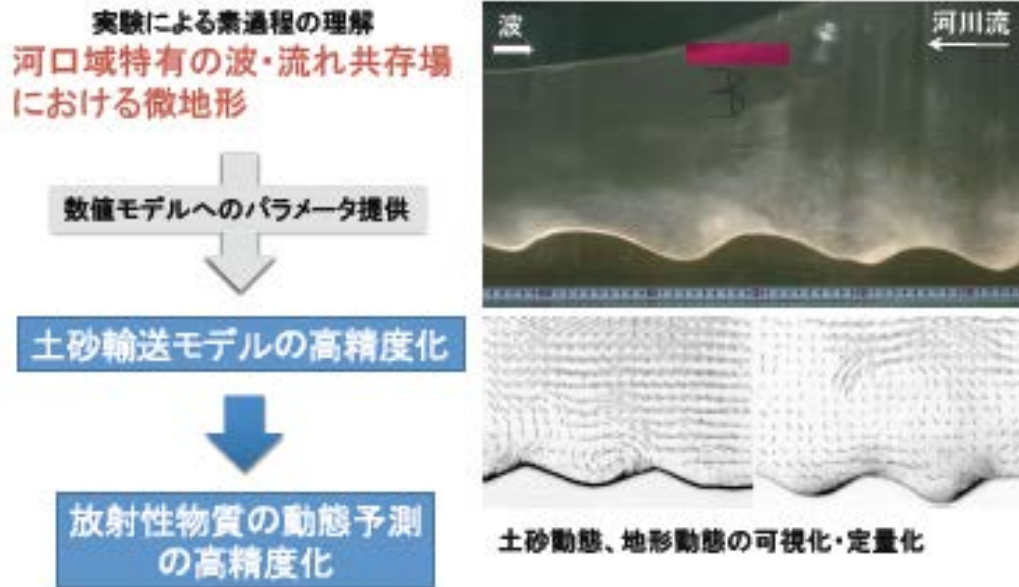
# 河口・沿岸域における高濃度懸濁水の挙動特性に関する研究



<動画>

3つ目、すなわち最後の研究事例ですが、河口部、沿岸域における研究についてご紹介させていただきます。事故後の河川水のモニタリングから、放射性物質は主に増水時に輸送されているということが明らかになりつつあります。この放射性物質の河川から海洋への流出は、セシウム 137 が定着した細粒堆積物が懸濁物質として流出しているのですが、増水イベント時に発生する高濃度の懸濁水の河口沿岸域における物理的挙動の解明が重要であるということになります。この動画は二次元の波を発生させる造波水路ですが、この水路を用いた実験を開始しております。ちょっと見にくいと思うのですが、上流から懸濁水が流れているのがわかると思います。見にくいですがここに水面があって、こちらから波がきています。これはちょうど河口に相当するわけなのですが、このケースの場合ですと、上から流れてきた懸濁物質が波によってブロックされているのが再現されています。このような実験を、条件を変えて実施することによって河口部内における放射性物質の分布の理解につながれるのではないかと考えております。

## 数値モデルへの各種パラメータ提供



<動画>

こちらの動画も造波水路なのですが、先ほどとは左右が逆で、河川流の流れがこちらからきて、波がこちらからきています。河口部において底面での砂がどういふふう動くかという実験です。下の図は可視化した内部の流速になります。このような実験を行うことによって、土砂移送モデルの高精度化や数値モデルの各種パラメータを同定することを目的としています。

## 数値モデルへの各種パラメータ提供



実験による素過程の理解

沿岸域の複雑流による微地形

数値モデルへのパラメータ提供

土砂輸送モデルの高精度化



<動画>

これが最後のスライドですが、沿岸域の干渉波の下に生じる複雑流がつくる微地形です。二次元の振動板装置といって、水では無く床面が動くのですが、それを上からビデオでとったのがこの図になります。床の動き方が円形だったり、サングラス型だったりというので、砂の挙動が違います。要は水の動き方で底面の砂の動きが変わる、つまり沿岸域において、干渉波の下で生じる複雑流がつくる微地形を再現したものです。このような微地形を再現することで、底面の粗度とか土砂移動のパラメータを定量化することができ、土砂輸送モデルの高精度化に寄与して、放射性物質がどういうふうに動いているかという動態予測の高精度化につながるのではないかと考えております。

## 実験・観測施設の高度利用化

- 環境動態に関する実験・観測の**学際共同研究施設**に再構築

- 小型水路実験棟 =>

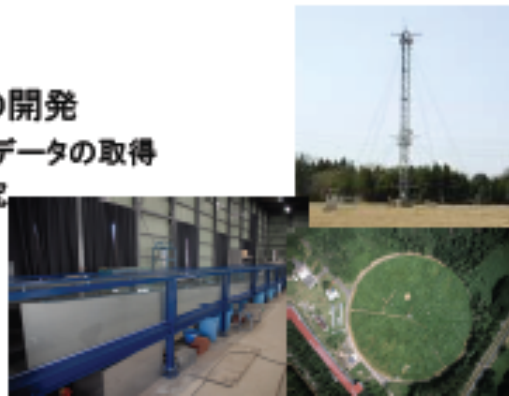
- 地球表層ダイナミクス棟として再構築中

- 観測圃場=>

- 高度観測技術の開発

- 最新鋭の観測・実験技術の開発

- 数値シミュレーションの検証データの取得
- 機器開発:企業との共同研究



最後に、冒頭部分でセンター長よりご紹介がありました、われわれは 2 つの施設を持っております。1 つはこのような直径 160 メーターの円形の中にタワーが立っている気象観測圃場で、もう 1 つは先ほどご紹介しました水路実験施設です。現在、この 2 つを環境動態に関する実験・観測の学際共同施設として高度利用化に向けて再構築すべく、作業を進めております。小型水路実験棟は地球表層ダイナミクス棟と名前を変えて再構築中です。また、観測圃場のほうは高度観測技術の開発ができるような施設に変えていこうとしています。これによって最新鋭の観測実験技術の開発と、物質輸送や環境動態の実験が可能となり、シミュレーションの検証データが得られる、あるいは企業との共同研究などで機器開発等ができるようになると考えています。

以上です。御静聴ありがとうございました。

## 放射性挙動研究における筑波大学アイ ソトープ環境動態研究センターの役割

恩田裕一

恩田です。よろしくお願いいたします。

# わが国の放射性物質モニタリングの現状

- モニタリング調整会議において各省庁が「安全・安心」に資するモニタリングを行っている

The screenshot shows the official website of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT). The page title is 'Monitoring Adjustment Meeting (4th) Distribution Materials'. It contains the following information:

- 1. 日時**  
平成24年3月15日(木曜日) 18時00分～19時00分
- 2. 場所**  
文部科学省3F1特別会議室
- 3. 議題**
  1. 「総合モニタリング計画」の改定について
  2. 各種モニタリング等の取組の進捗状況について
  3. その他

On the right side, there is a section titled '総合モニタリング計画(改定案)における主な変更点について' (Main changes in the Comprehensive Monitoring Plan (Revised Draft) regarding...), which includes:

1. 基本的な考え方  
① 平成24年3月1日時点の国の体制を前提として、計画の内容を改定
2. 役割分担  
① 役割分担に復興庁等を追加  
② 関係機関間の連携強化を明記
3. 実施計画  
1) 環境一般(土壌、水、大気等)、航空、海域、学校、公共施設等のモニタリング計画  
<東京電力福島原子力発電所周辺を中心とした陸域モニタリング>  
【福島県全域等を対象とした広域モニタリング】

ここで、放射性物質の挙動研究におけるわがセンターの役割についてお話しします。わが国の放射性物質のモニタリングの現状ですが、まず事故の年にモニタリング調整会議におきまして、各省庁に観測部門が振り分けられました。主に、「安全・安心」に資するモニタリングを開始したと理解しております。



1. 基本的な考え方

これまで、東京電力福島第一原子力発電所（以下、「東電第一原子力発電所」という）からの放射性物質の大量放出に対応した緊急時モニタリングを中心にモニタリングが実施されてきたが、東電第一原子力発電所の原子炉の安定状態が数ヶ月間継続し、原子炉施設からの放射性物質の大きな放出は観測されておらず、空間線量は大幅に抑えられ、時間的な変化は小さくかつ安定している状況にある。そして、今般、放射性物質汚染対処特措法が本年1月に施行され、除染活動が本格化しつつあるとともに、平成23年12月に「ステップ2の完了を受けた警戒区域及び避難指示区域の見直しに関する基本的考え方及び今後の検討課題について」（平成23年12月26日原子力災害対策本部）がまとめられ、新たな避難指示区域を設定することを目指して検討が進められている一方で、線量の高い地域の砕石が流通するなどの対応すべき新たな課題が出てきている。

このような状況の中、今後とも、状況の変化を捉えつつ、東京電力福島原子力発電所周辺地域の環境回復、子供の健康や国民の安全・安心に応える「きめ細かなモニタリング」と、一体的で分かりやすい情報提供のため、国が責任をもって自治体や原子力事業者等との調整を図り、「抜け落ち」がないように放射線モニタリングを実施することが必要である。

具体的には、周辺環境における全体的影響を評価し、今後の対策の検討に資する観点から、放射線モニタリングにおける主要なねらいについて、

- ① 人が居住している地域や場所を中心とした放射線量、放射性物質の分布状況の中長期的な把握
  - ② 現在の周辺住民の被ばく（外部被ばく及び内部被ばく）線量及び今後予想される被ばく線量の推定
  - ③ さまざまな被ばく状況に応じた、被ばく線量を低減させるために講じる除染をはじめとする方策の検討立案・評価
  - ④ 将来の被ばくを可能な限り現実的に予測することによる、避難区域の変更・見直しに係る検討及び判断
  - ⑤ 住民の健康管理や健康影響評価等の基礎資料
  - ⑥ 環境中に放出された放射性物質の拡散、沈着、移動・移行の状況の把握
- とし、これらに必要なデータを取得することとする。

放射性物質の移行状況の将来予測モデルに十分なモニタリングは行われていない

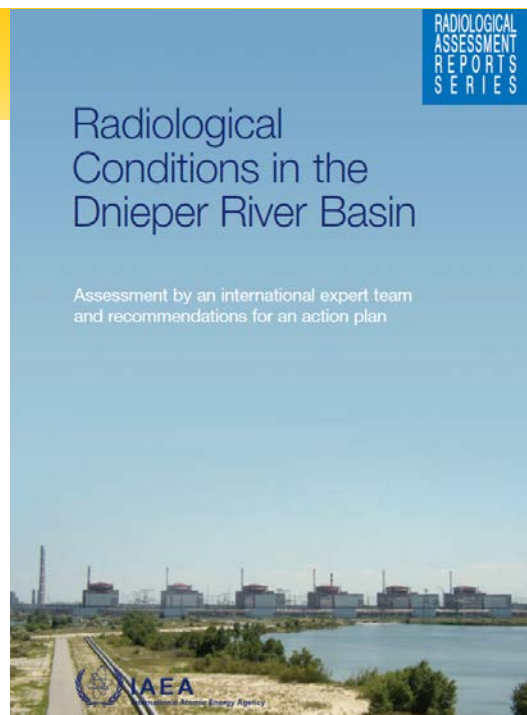
その内容といたしますと、こういったさまざまな問題があるということなのです。まず、基本的には、人体への影響を調査し、国民や子供の「安全・安心」に応える、というかたちでスタートして、それが現状まで引き続いてきているという認識がございます。そういったなかで放射性物質の移行に関する将来予測に、十分なモニタリングがなされていない状況です。特にさまざまな環境中の測定データとして、NDという形がたくさん出ているようですが、今後の予測にはそれは使えません。

## チェルノブイリの例

- チェルノブイリ原発事故のDnieper川への影響調査

- IAEAによる総括  
(IAEA PUB-1230)

ベースは、旧ソ連による緊急モニタリング・モデリングデータ



世界に向けては、チェルノブイリ原発事故後の調査で、ソ連特にウクライナには3回ぐらい行きまして、状況を調べたりいろいろな共同研究で話をお伝えしました。チェルノブイリ原発事故直後の環境モニタリングの結果は、その後にIAEAで総括されまして、チェルノブイリ後20年というかたちで本もまとめられています。その内容のベースは旧ソ連によるモニタリングデータで、学術会議のホームページでダウンロードできます。ベースは旧ソ連によるモニタリングデータです。

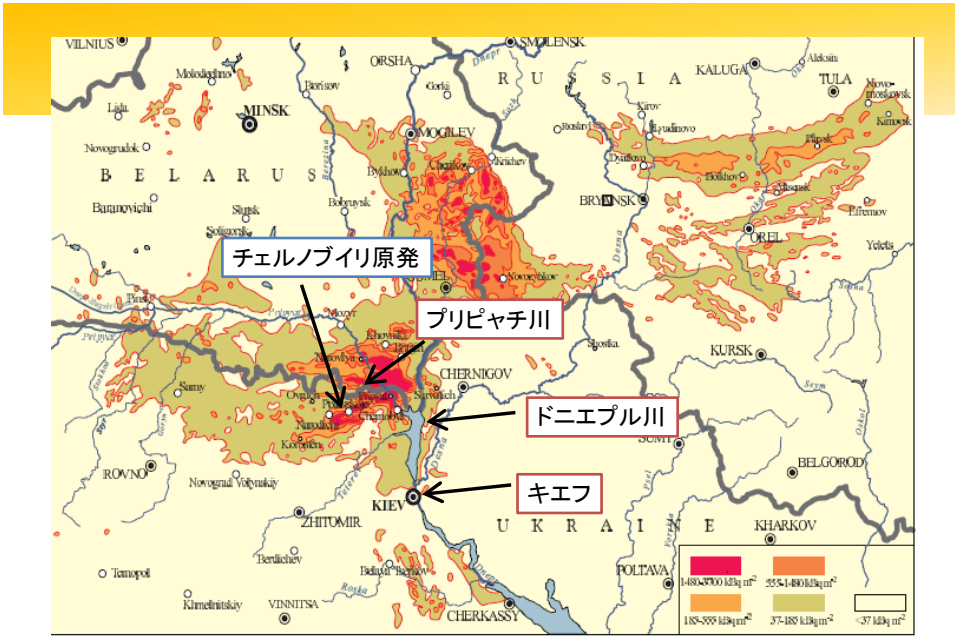


FIG. 4.4. Distribution of deposited  $^{137}\text{Cs}$  in the most contaminated areas of the Dnieper River basin (December 1989)[4.1].

これは事故後のチェルノブイリ原発周辺の様子です。ここにチェルノブイリ原発がありまして、ここにプリピャチ川という川がありまして、ここにドニエプル川があつて、ここにキエフという首都があります。現地の担当者の方には聞きましたら、水系の汚染、またそれが首都に及ぼす影響が懸念される、ということで、事故後総勢 350 人体制で、当時 30 歳半ばだった担当者が責任者になってモニタリングを実施したようです。これはモニタリングの精度も高く非常に体系的な調査が行われました。

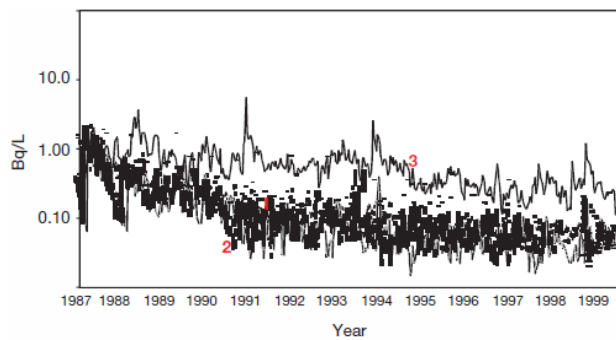


FIG. 4.18. Radionuclide concentration (10 day averages) in the Pripjat River. 1:  $^{137}\text{Cs}$ , dissolved; 2:  $^{137}\text{Cs}$ , particulate phase; 3:  $^{90}\text{Sr}$ .

- 溶存体, 粒子体のCs-137,Sr-90のモニタリング
- (プリピャチ川)

これは IAEA の報告書の図ですが、この黒い線が溶存体、この点線が粒子体です。こういった時系列的なデータが、旧ソ連においてしっかりとられていたという状況です。

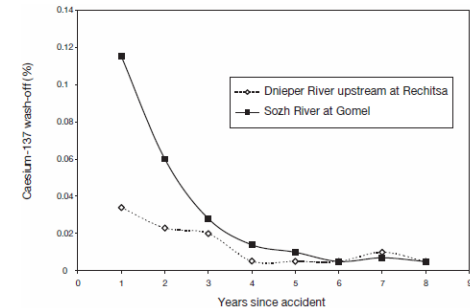


FIG. 4.11. Reduction in <sup>137</sup>Cs wash-off from the watersheds of the Dnieper River (upstream of the Rechitsa observation point) and of the Sozh River at Gornel [4.26].

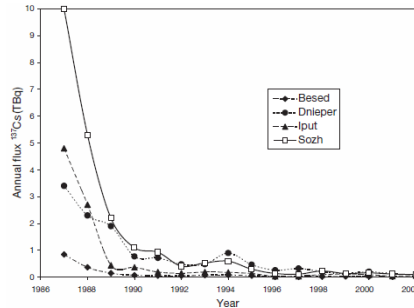


FIG. 4.12. Annual fluxes of <sup>137</sup>Cs in the Dnieper River and its tributaries from the far zone of radioactive fallout [4.25].

- 川への流出率 (Washoff)      川を通じた放射性物質の年間のフラックス (ドニエプル川)

こういう細かいデータをベースに、流域から川への流出が年々どう変わっていくか、また、それが年間フラックスとしてどうなるか、ということが問題になります。正確に言うと、わが国は河川の流況がウクライナとは全部異なりますので、定期サンプルにイベントサンプルを加えまして、やっていくつもりでございますが、こういったものが出てくるということで、土壌を形成したモニタリング、モデリングが重要になると考えております。

# 学術会議提言

## 提言

放射能対策の新たな一歩を踏み出すために  
—事実の科学的探索に基づく行動を—



平成24年(2012年)4月9日  
日本学術会議  
東日本大震災復興支援委員会  
放射能対策分科会

### 東日本大震災復興支援委員会 放射能対策分科会

委員長	大西 隆	第三分科会	東京大学大学院工学系研究科教授
副委員長	春日 文子	第二分科会	国立医薬品食品衛生研究所安全情報部長
幹事	永倉 義晴	第二分科会	放射線医学総合研究所所長
幹事	博 広計	連携会	情報・システム研究機構統計数値研究所所長、リサーチ情報研究センター長、教授
	武内 正人	第三分科会	大学評価・学位授与機構研究開発部長、教授
	後藤 弘子	第一分科会	千葉大学大学院工学系研究科教授
	五十嵐 隆	第二分科会	東京大学大学院工学系研究科教授
	清水 誠	第二分科会	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	北川 謙四郎	第三分科会	情報・システム研究機構所長
	伊藤 秋彦	第三分科会	東京大学大気海洋研究所教授、地球高度環境観測研究センター長
	中嶋 英雄	第三分科会	財団法人地球環境エネルギーセンター所長、大阪大学名誉教授
	小玉 重夫	連携会	東京大学大学院教育学研究科教授
	保田 徳昭	連携会	株式会社代田システム 大気研究所 研究主任 東京大学名誉教授、国立中央大学加藤研究所所長 教授、自治医科大学名誉教授
	宮岡 晋次	連携会	情報・システム研究機構理事
	高川 隆夫	連携会	東京工業大学教授、イノベーションマネジメント研究科長
	森口 祐一	特任連携会	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻教授
	豊田 邦一	特任連携会	東京大学大学院生命環境科学研究科教授

### 提言4:

東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射能汚染の実態と健康被害をより正確に把握し、適切な除染と健康被害防止策を講じるために、我が国の政府と学術界が、放射能健康影響評価の全貌を把握する領域横断的研究体制を協働して構築することを求める。

**新提言：平成24年8月(予定)**

**「学術専門家を交えた長期的かつ省庁横断的放射能対策の必要性」**

学術会議の方もそういったかたちで、放射能対策に対してアカデミックな立場からいくつかの提言をしていると思いますが、昨年度の提言におきましては、「放射能影響調査の全貌を把握するために領域横断的研究体制を協働して構築することを求める」という提言となっております。今年度におきましては、現在作業中ですが、「学術専門家を交えた長期的かつ省庁横断的放射能対策の必要性」という形で、現在とりまとめの最終段階になっております。

## 今後実施すべき放射性物質移行研究 (現在までのおよび主な研究主体)

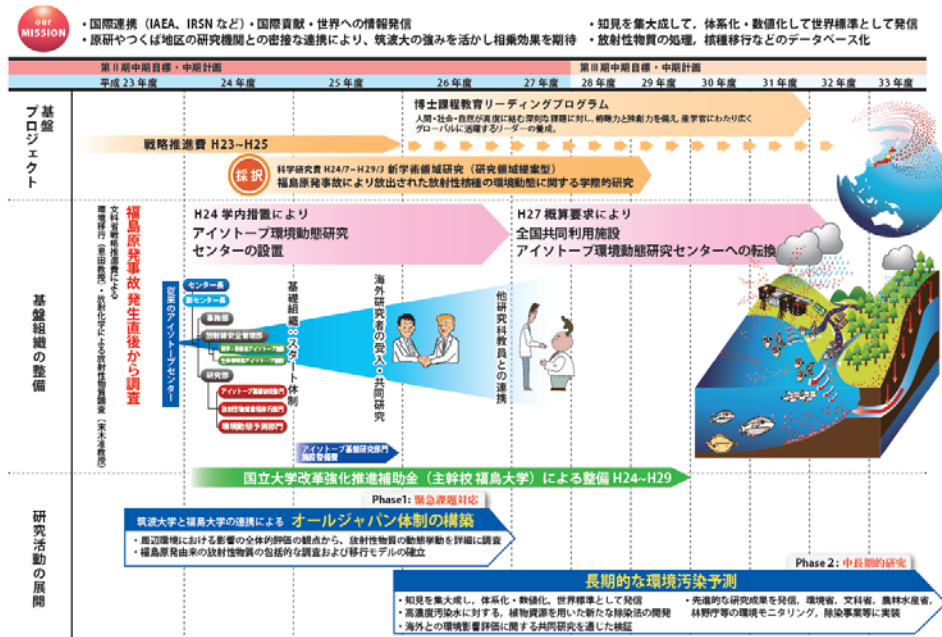
時計回りに  
関りを記述

放射性物質 生体	放出・拡散 原子力機構 国環研、気象研、電 中研、JAMSTEC、大 学	汚染水の浸透 原子力機構	放出・拡散 原子力機構 JAMSTEC 気象研、電中研	not important	not important	not important	not important	作業員の被曝 放医研
not important	大気	沈着	沈着 原子力機構 JAMSTEC 気象研、電中研	沈着 文科省(一規制庁) 農研機構、農環研 原子力機構 大学、福島県	沈着 文科省(一規制庁) 農研機構、農環研 大学(筑波大他) 福島県	沈着 文科省(一規制庁)	沈着 農環研 農研機構 福島県	評価・外被ばく 放医研 国環研
not important	河川・湖沼・地下水	移行・蓄積 大学(筑波大他) 環境省	移行・蓄積 農研機構 大学(筑波大他)	not important	not important	移行・蓄積 福島県 放医研 国立保健医療科学院 大学(筑波大他)	評価・外被ばく (含レジャー&作業環 境) 福島県、文科省(一 規制庁) 放医研	
not important	河川・湖沼・地下水	移行・蓄積 文科省(一規制庁) 環境省	移行 not important	not important	not important	移行・蓄積 水産研 福島県 放医研 大学(海洋大他)	評価・外被ばく・有用 (含レジャー&作業環 境) 放医研	
not important	河川・湖沼・地下水 (飛散、塵埃、花粉) 原子力機構 文科省(一規制庁) 気象研、大学	曝露・流出 文科省(一規制庁) 大学(筑波大他) 環境省 原子力機構 国環研、農環研	not important	陸上環境 (農地、牧草地等)	not important	陸上・産業 環境省 国環研	移行・蓄積 農研機構、農環研 福島県 放医研	評価・外被ばく (含レジャー&作業環 境) 放医研 国環研
not important	河川・湖沼・地下水 (飛散、塵埃、花粉) 文科省(一規制庁) 大学(筑波大他)、 大学(茨城大・東工 大等)	曝露・流出 文科省(一規制庁) 大学(筑波大他)、 森林総研、国環研	not important	陸上環境 森林	陸上環境 環境省	陸上・産業 環境省 国環研	移行・蓄積 大学(筑波大他) 森林総研、福島県 放医研	評価・外被ばく (レジャー、作業環境) 放医研 国環研
not important	河川・湖沼・地下水 (飛散、塵埃) 国環研	流出 環境省	流出 環境省	not important	not important	陸上環境 (市街地、処理施設)	not important	評価・外被ばく (含通勤・通学先)
not important	河川・湖沼(塵埃) 国環研	not important	not important	給餌・産業 農環研 福島県 国環研	not important	産業 国環研	食品・飼・飲料水 放医研 国立保健医療科学院 国立医薬品食品衛生 研究所	食害 放医研 国環研 国立保健医療科学院 国立医薬品食品衛生 研究所
not important	not important	not important	not important	not important	not important	not important	not important	人の被ばく

これは、今後実施すべき放射性物質移行研究のダイアグラムです。今後の研究過程におきまして、放射性物質がどのように移行するか。例えば大気から河川への移行などですが、こういうところのどういうところを研究しているかというのをサマライズしたのですが、こういうところも提言に入っています。

研究におきましては、モニタリングの項目自体はそれぞれ自分のところで決めてやっけるのですが、質的なものについてはそれぞれにお任せすると思っております。

アイソトープ環境動態研究センター：ロードマップ 構想と今後の展開



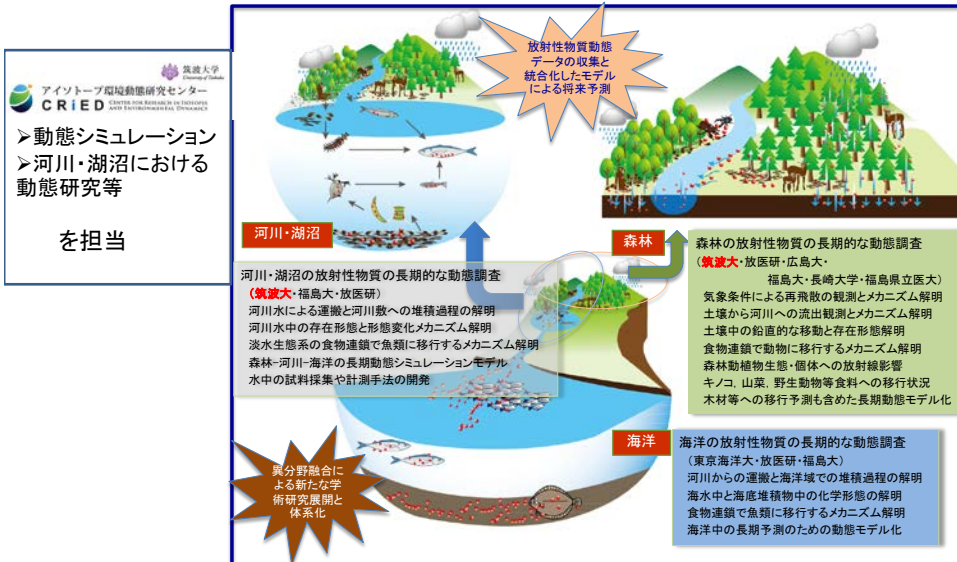
さて、これは、今回設置されましたアイソトープ環境動態研究センターのロードマップです。こういったような計画運営、また環境動態部門を備えて学際的な研究ができる体制ができました。こういうのはなかなか他の大学では作りにくいと伺っております。その中の基盤プロジェクトとして、研究推進費や科研費等がございまして、今後できましたら、全国共同利用施設というものを目指したいですし、福島大学との共同研究にもはずみがついたということで、最終的には長期的な環境汚染予測につないでいきたいというふうに思っております。



# 福島大学 環境放射能研究所



環境放射能の広い分野を統合し、実際のフィールドを活用した環境放射能の総合研究を行う唯一の研究機関を目指す



福島大学の研究ですが、先ほど高橋先生からご紹介があったように、こういった現場での総合研究を行うということになります。われわれはその全部をまとめることはできませんので、主にその陸域におけます動態シミュレーションと河川・湖沼等を担当するというかたちで協働していきたいと思っています。

## 国際協力



IAEA(国際原子力機関)と Technical Contract (No: 16791) を締結。  
「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会」のための  
土壌採取プロトコルの原案の作成。

### ■Japan PT

- 2012 年度 :

IAEA 環境ラボラトリーと恩田研究室による  
「第 1 回 IAEA- 筑波大学の協働による 21 の  
日本国内放射能測定機関による環境物質の  
放射性核種測定技能試験」 JAPAN Proficiency Test を実施。



- 2013 年度 :

IAEA 環境ラボラトリーと恩田研究室による「第 2 回  
IAEA- 筑波大学の協働による 50 の日本国内放射能測定機  
関による環境物質の放射性核種測定技能試験」 JAPAN  
Proficiency Test を実施。



フランス放射性防御研究所 (IRSN) と、森  
林における放射性核種の移行モデルにつ  
いて調査および共同研究を行う。  
(フランス政府・AMORAD)



JST/J-RAPID の枠組みで、フランスの LSCE (気象環境科  
学研究所) と土壌や川や海等への環境汚染の研究。



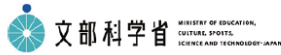
放射性物質の土壌侵食による移動の  
研究。(イギリス・Royal Society)



イギリスのプリマス大学と放射性物質の河川を通じた移  
行に関する共同研究。

また国際協力としましては、先ほどご紹介いたしましたように、IAEA の特に応用放射能化学部門、陸域の環境センターというところとテクニカル・コントラクト等で連絡をとりながら、これは社会貢献的なものなのですが、IAEA の機能を用いまして、放射線核種の技能試験、昨年度と今年度 50 箇所、福島県の機関もそこに入れていただいてやりました。国際研究をいろいろやっていますが、今後とも積極的に受け入れていきたいと思っております。

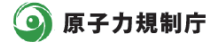
## 各省庁との協働・貢献



- 2011年4/5-4/27「原子力発電所事故に伴い放出された放射性物質の分布状況等に関する緊急土壌測定調査」
- 「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会」  
放射線量等分布マップの作成のための土壌採取プロトコルの原案の作成。
- 「放射線量等分布マップ関連研究に関する報告書：  
6. 放射性物質の包括的移行状況調査」の執筆。
- 「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の第二次分布状況等に関する調査研究検討会」委員。



- 水環境モニタリング手法についての技術支援。

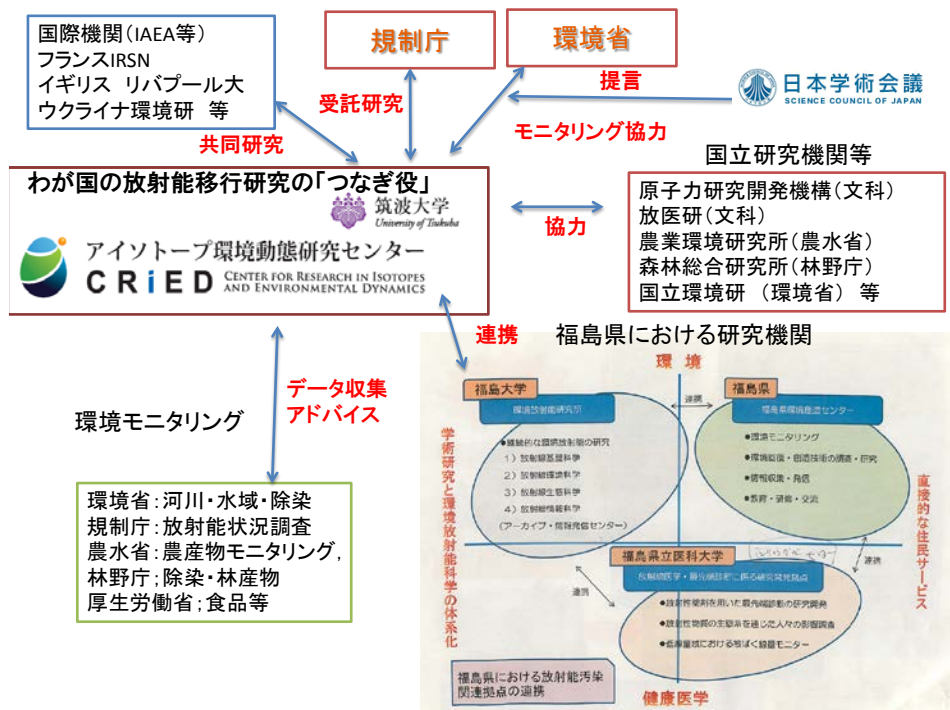


- 「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立に向けた検討会」

### 林野庁

「森林の除染・放射性物質拡散防止等に関する検討委員会」委員として「森林における放射性物質の除去及び拡散抑制等に関する技術的な指針」の策定に関与。

また各省、文科省、環境省、原子力規制庁、林野庁と、いろいろ委託を受けたり、委員会として参加するなど、いろいろありますけども、いずれにしても先端的な研究の成果を社会貢献として出していきたいというのは共通の希望としてあります。



いろいろな経験もある中で、われわれのセンターはつくば地区にあります。今日も来ていただいておりますが、国立の研究機関、すなわち国立環境研究所、森林総合研究所等がセンターの近くにあります。また、原研も非常に近いですし、霞ヶ関もそれほど遠くないということもありますので、とにかく研究をしながら放射線移行研究の1つのつなぎ役になればと考えております。



科研費 H24 年度科学研究費補助金 (新学術領域研究: 研究領域提案型)

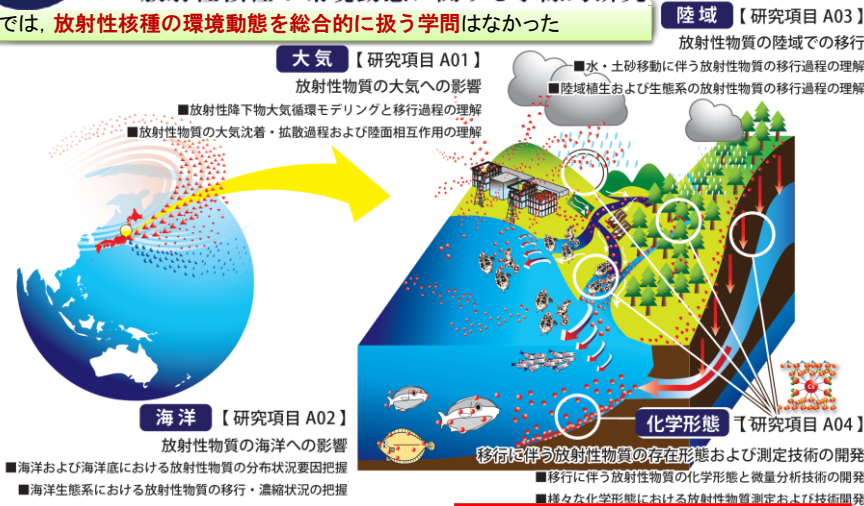
# ISET-R

INTERDISCIPLINARY STUDY ON ENVIRONMENTAL TRANSFER OF RADIONUCLIDES FROM THE FUKUSHIMA DAIICHI NPP ACCIDENT

## 福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態に関する学際的研究

領域代表:  
筑波大学 恩田裕一

これまでは、**放射性核種の環境動態を総合的に扱う学問はなかった**



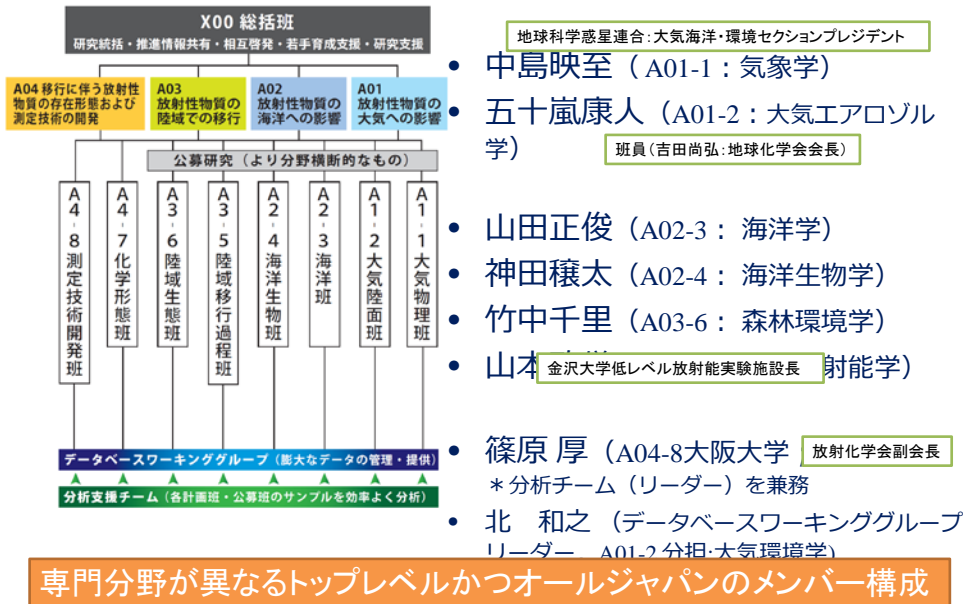
**相互作用の理解が必要**

**新たな研究領域の創出**

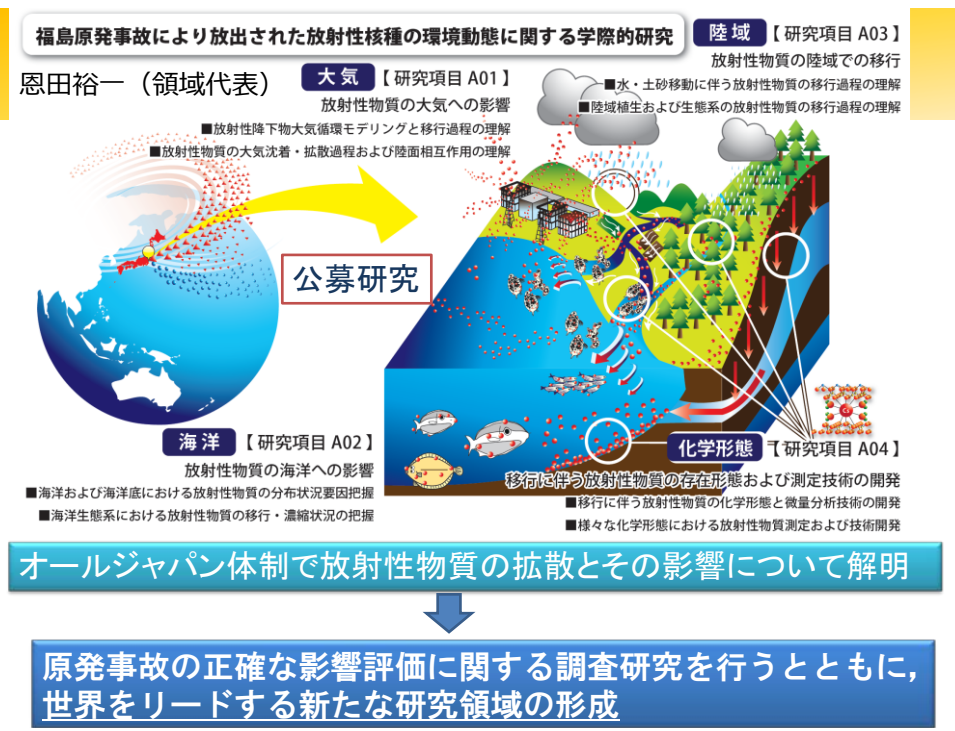
もう 1 つの柱は、研究面での学際研究です。先ほどモニタリングの話の最後に、各省庁の研究所のお話をしてしまいましたが、まず、今までは、放射性核種の環境動態を総合的に扱うところがなかったということが指摘できます。そういったことで、昨年度、新学術領域研究というものを立ち上げましたが、この中にはメンバーが 100 人以上と非常にたくさんおります。大気、陸域、化学形態、海洋という 4 つの大きな部門に分けられますが、それを総合してゆくには、1 つはそれぞれの相互作用の理解が必要ですし、あとはやり始めていろいろわかってきたのが、同じことをやっているのですけれども、環境放射能のグループと環境動態のグループはだいぶ考え方が違う。そこで、是非とも、それぞれの良いところをしまして、新しい研究領域をつくっていきたいと思っています。

## 計画研究代表と専門分野. 恩田裕一

(領域代表, A03-5 代表; 水文地形学)

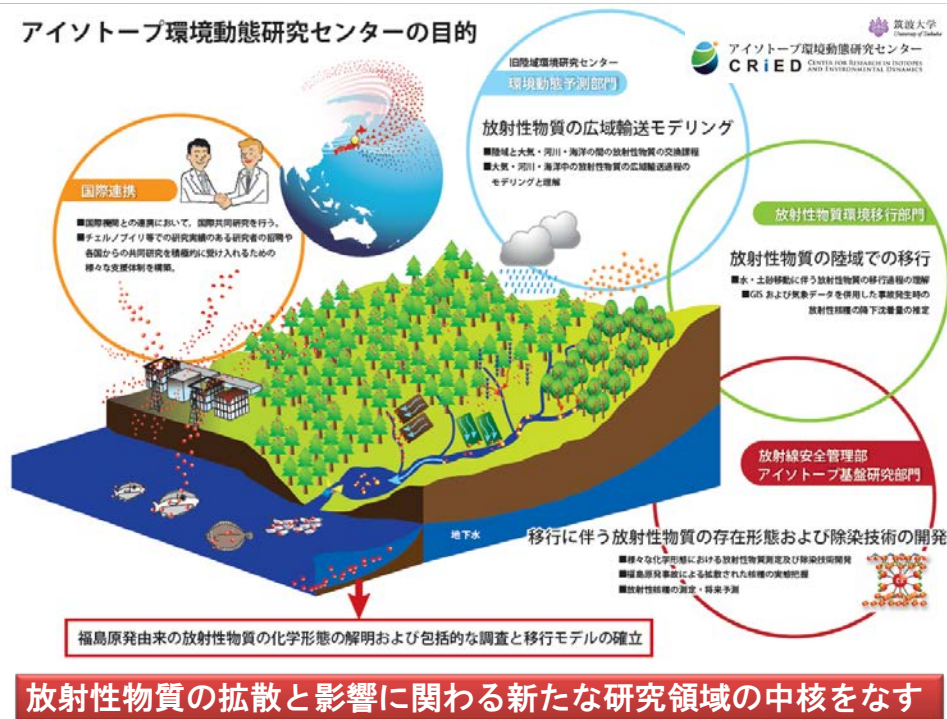


このメンバーとしましては、気象学、海洋学、森林生態、また放射化学とかなり全大学横断的なメンバーとなっております。



それによりまして公募研究というのがありますので、その間をつなぐ形でかなりできてまいりました。それで放射性物質の拡散と影響について解明し、環境の調査・研究を行うために、新たな研究領域の形成ということを目指しております。

## アイソトープ環境動態研究センターの目的



アイソトープ環境動態研究センターを見てみますと、われわれとしては1つは旧陸域センター、先ほど浅沼先生からお話がありましたように、放射性物質の移動ということと、安全安心のソフトということで、こういった放射性物質の拡散とその影響に関わる影響に関わる研究領域の中核をなすということを目指して、今後しっかり取り組んでいきたいと思っております。

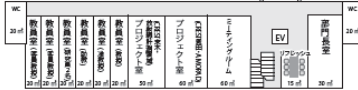


# 要求中の建物

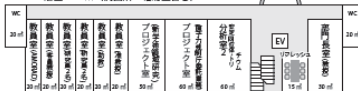
## アイソトープ環境動態研究センター

居室合計 1,125 m<sup>2</sup>

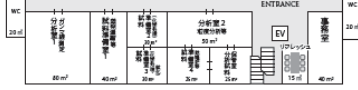
3F アイソトープ基礎研究部門  
居室 375 m<sup>2</sup> (洗面所・給湯室含む)



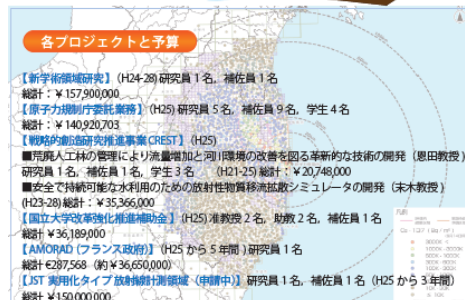
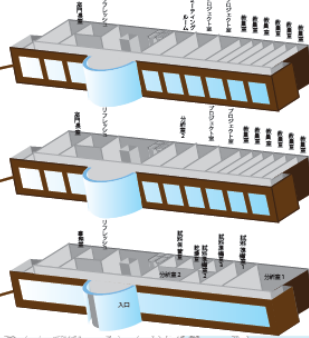
2F 放射性物質環境移行部門  
居室 375 m<sup>2</sup> (洗面所・給湯室含む)



1F 居室 375 m<sup>2</sup> (洗面所・給湯室含む)



Google earth



新アイソトープセンターは、今のところは建物が、旧陸域センターと旧アイソトープセンターと分かれており、さらに、私は前の研究室のままというかたちとなっておりますので、現在、新しい建物を要求しているところです。

## 再び:本センターのミッション

- 福島第一原子力発電所事故起源の放射性物質の長期的な環境影響把握のために、国内外の関連機関との連携のもと、放射性物質の環境中移行を総合的に研究する。
- 放射性物質の化学形態の解明および今後の環境移行や除染研究の実施とその拠点形成に取り組むとともに、3部門が協働して学際的研究を展開し、シナジー効果による画期的な成果の取得と新学問領域の構築を目指す。
- 省庁横断型放射能政策に寄与。
- **わが国の放射性物質動態研究の「つなぎ役」に**

さて、最後になりましたが、本センターのミッションについてお話します。事故起源の放射性物質の環境影響評価のために、国内外の関連機関との連携のもと、環境中の移行を総合的に研究するという使命ですが、これを、われわれの機関の中だけで全て研究するのはとても不可能です。ですので、研究面の競争もありますけれども、できるだけ内容をさらけ出す中でいわゆるオールジャパンの一員としてのプレーヤーとして動けるようなことができるということをやっています。またその化学形態の解明とか環境移行、除染研究を実施するとともに、その3部門がしっかり協働しまして学際的な研究を展開する。学問の領域の中にも縦割りの状況がございますので、それによって画期的な成果があるのではないかと、という期待があります。そして新学問の領域の構築を目指したいと思います。また、われわれとしても、省庁横断型の放射能政策に寄与していきたいと思います。また、させていただければと思いますし、実際にいろんな場として放射能物質の動態研究の一つのつなぎ役として扱っていただけるようなかたちに、高いレベルの研究をしっかりと続けていければと思っております。今後の皆さまのご指導、ご鞭撻を何とぞお願いしたいと思います。

## 質疑

松本：こんなふうに私ども、これからの研究の運営を考えてございます。それではフロアの皆さまから、今までの私どもの環境動態研究センターの研究活動について、ご質問、もしくはご要望ということでお受けをしたいと思っております。いかがでしょうか。

会場：福島学院大学の杉浦と申します。本日は福島から来させていただきました。森林での広い意味での放射性セシウムの移動について伺いたいと思っております。前半で発表された斎藤先生のほうからも、垂直分布で、山頂のほうは線量率がずいぶん下がっているというお話がありました。恩田先生のほうでも森林を詳しく調べておられるようなんですが、私どものほうでも、山でモニタリングをしているんですけども、確かに山頂部分ではどんどん線量率は、中腹と比べれば下がっています。下がっているんですけども、土壌を調べてみますと全然下がっていないんです。つまり、山頂部分はよく染みているのではないかと思ったんです。そこで山菜類を調べてみますと、山頂付近での山菜のセシウム濃度は非常に高濃度であるということがわかったんです。そうしますと、森林の方で先ほどの発表の中でもリター層のほうが入ってきて、広葉樹のほうが薄まっているというお話があったんですけど、当時よりも葉っぱが落ちて、それがリター層を覆えば、震災後に出てきた葉っぱですからどんどん線量が薄まるのは確かにそうだとは思っています。そうしますと、どうも見ていると森林の中で広域に、例えば上から下に流れていくとかどんどん川に流れていっている感じに見受けません。そのへん、どうお考えなのか。今後流れていくんでしょうか。それをどういうふうにかお伺いしたいと思います。

恩田：森林について最初にお話ししたんですけども、1つのケーススタディだけお見せしたんですけども、それを一般化するのはちょっと危険で、モデル化するにあたっては、まず初期沈着量によっていろんなケースがあるということをお話していただきたいと思います。例えば、最初にご紹介した例はセシウムで大体  $500\text{kBq}/\text{m}^2$  ぐらいのところなんです。そういった場所ですと林内雨により、上からきたものと下にいくものはある種バランスがとれているような感じできているわけですが、それより濃度が薄いところ、また高いところによって、いわゆる物質循環の様子が変わってくるのです。ご質問ですと、今後はどうなるかということですが、これにはいろんな側面がありまして、先ほどの空間線量だけでなく、その他に、小流域からの流出フラックス、有機物を含めていますけれども、これは従来からの研究、先ほどのチェルノブイリの研究も含めてみますと、森林から大量に川に流れ出るといことはまず考えにくいということはあると思います。なので、基本としてはそういったかたちでみていただくことが妥当だと思いますが、山崩れとかそういった大規模なかく乱があった場合はその限りでない。そのへんはわれわれも環境物質循環の中で考えていかなければいけない状況でございます。

会場：ありがとうございました。

松本：今は大きな問題で、短時間でいろいろと議論するのは時間がかかると思いますので、われわれもご質問の問題について、これから考えながら進めてまいりたいと思います。

会場：よろしく申し上げます。私は？と申します。民間企業に長らく勤めて、今フリーになっています。私はケミストです。それでこれから申しあげるのは、質問というよりも要望です。今日のお話を聞いて、恩田先生が発表された図で見ますと、海洋・陸域・大気、それとあと化学に関する部門のことがあります。もしできたら例を見せていただきたいのですが。要は何を言いたいかという、今日のお話の中でケミストリーとして関係あるのはアイソトープ基盤研究部門の中の兼担で数理・物質系の先生方の研究だと思います。このへんに関しては、今まだまさにどういうことをしようか、多分考えていらっしゃる最中だと思うのですが、ぜひ、このへんを今後明らかにするような、どういうことをやるつもりなのかということをはっきりとさせていただきたいと感じました。

松本：ありがとうございました。基盤研究部門のところでは、これから新しいケミストが2名入ってまいります。その人事中の2名は化学系の部分でケミストが入ってくる予定ですが、そのところはわれわれとしても強化できるものと思っております。

ということで、その部分でも、先ほど末木から話をいたしましたけれども、われわれ、いろんなことをやっておりますが、特にそこでできることを新しく加わる人たちとさらに詰めて、それから福島の大学との連携も、その人たちにもよくとってもらう、そういうことを条件に今、人を探しているところでございます。

会場：ありがとうございました。よろしくお願ひいたします。