

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・CO₂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



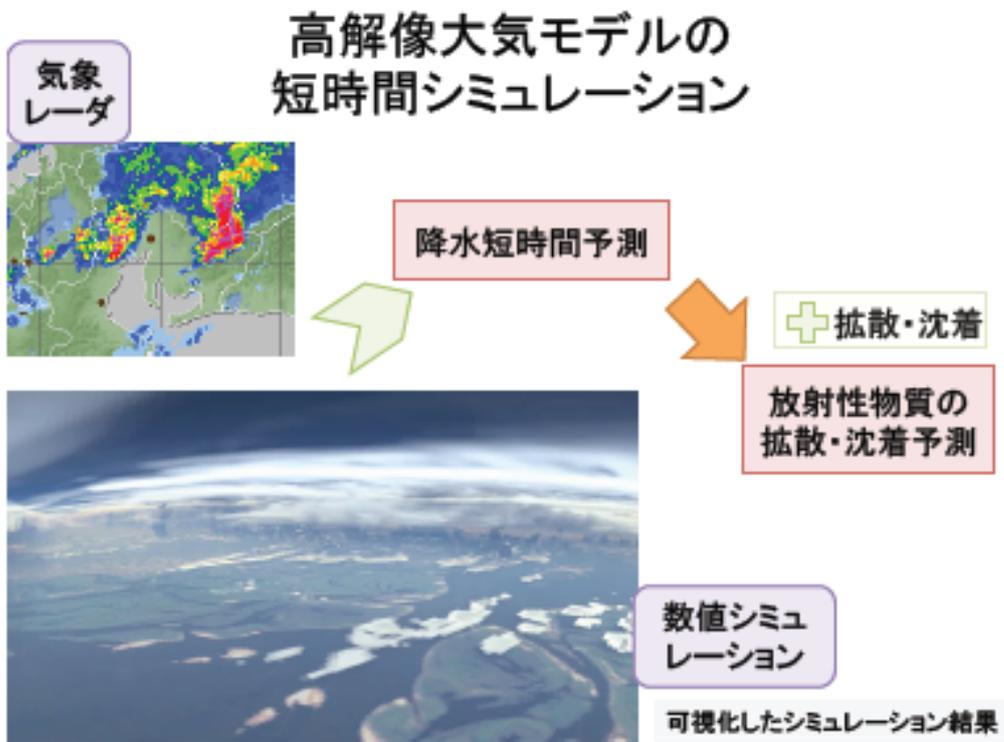
放射能環境動態への応用

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

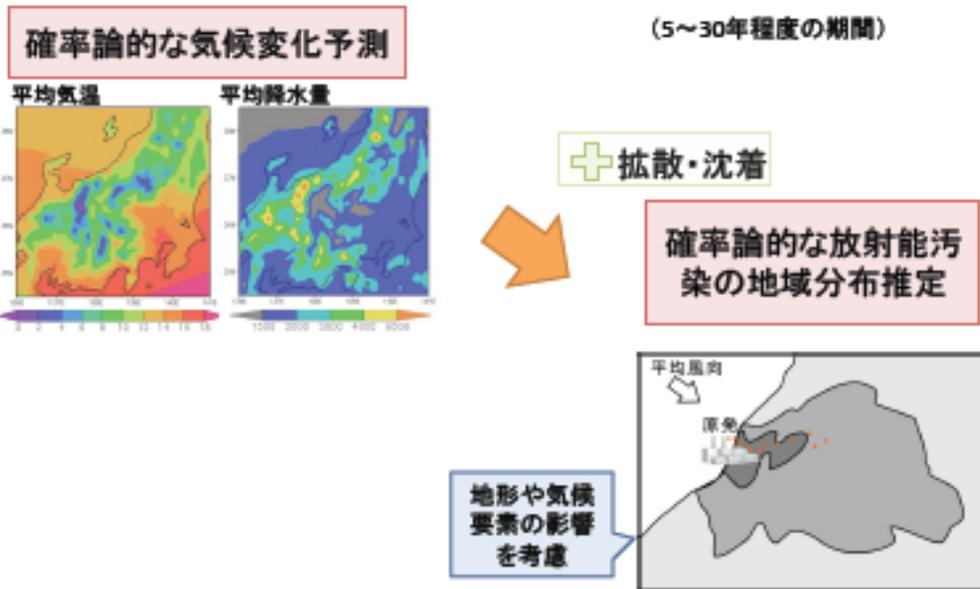
ここでは、大気拡散と放射性物質輸送、森林における陸面・大気・林床プロセス、および河口・沿岸部における流砂輸送プロセスの3つの事例をご紹介します。



<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



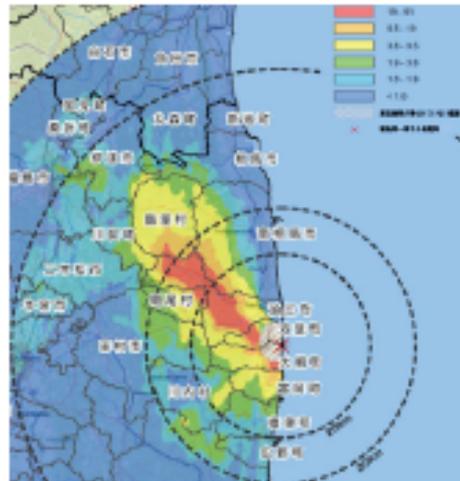
次は、このような豪雨予測モデルを用いた長期間のシミュレーションについてご説明します。このモデルの本来の目的は、数時間、あるいは数日程度の短期間の降水予測ですので、長期間の計算は本来の目的ではありません。計算負荷の非常に大きな計算となりますが、このモデルで、例えば5年間、あるいは30年間といった長期間のシミュレーションを行います。これによって、確率論的な気候変化予測が可能となります。例えば温暖化した条件を入れて30年すると、ある地域では何パーセントの確率でどれぐらい降水量が増えるとか、気温が何度くらい上がる、という確率論的な予測ができます。当部門では、このような確率的な温暖化予測を、温暖化に関わ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

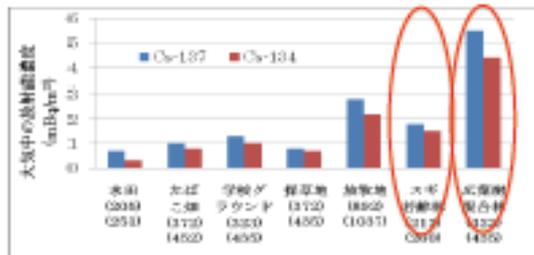


先ほどから何度か沈着・拡散モデルの適用についてお話しましたが、このモデルの部分は放射性物質の大気輸送の予測では一番難しい部分です。当部門では、この沈着モデルを高精度化する研究を現在進めております。左の図は高精度化されたモデルで再現された空間線量ですが、右側の観測された空間線量に近いものが算出されています。高濃度地域の分布に、すこしずれが見られますが、今後精度を上げていく必要があると考えております。

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

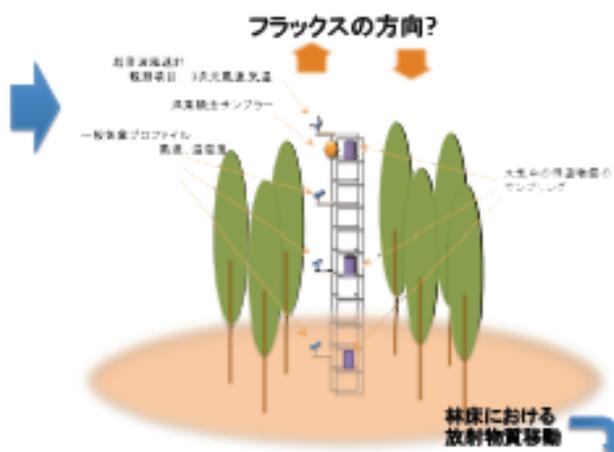
森林での物質輸送の観測研究

- 森林はCO₂の吸収源
- 寒冷地の森林は熱の放出源



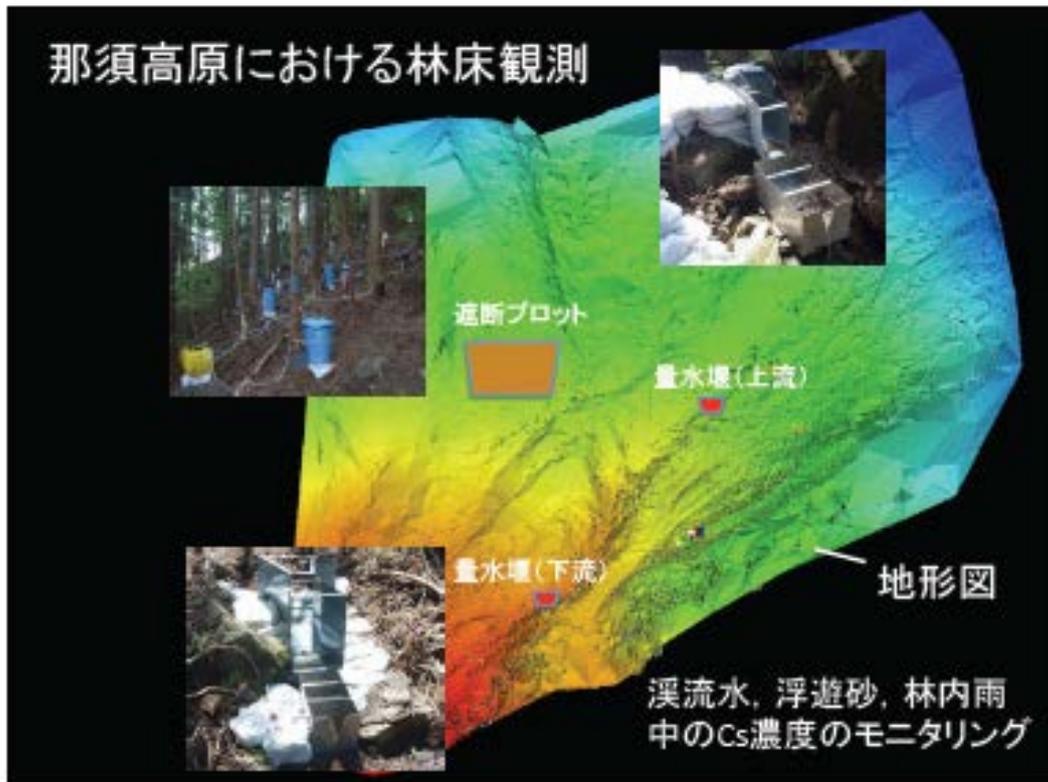
川俣町／浪江町における観測計画

森林は放射性物質の放出源か？



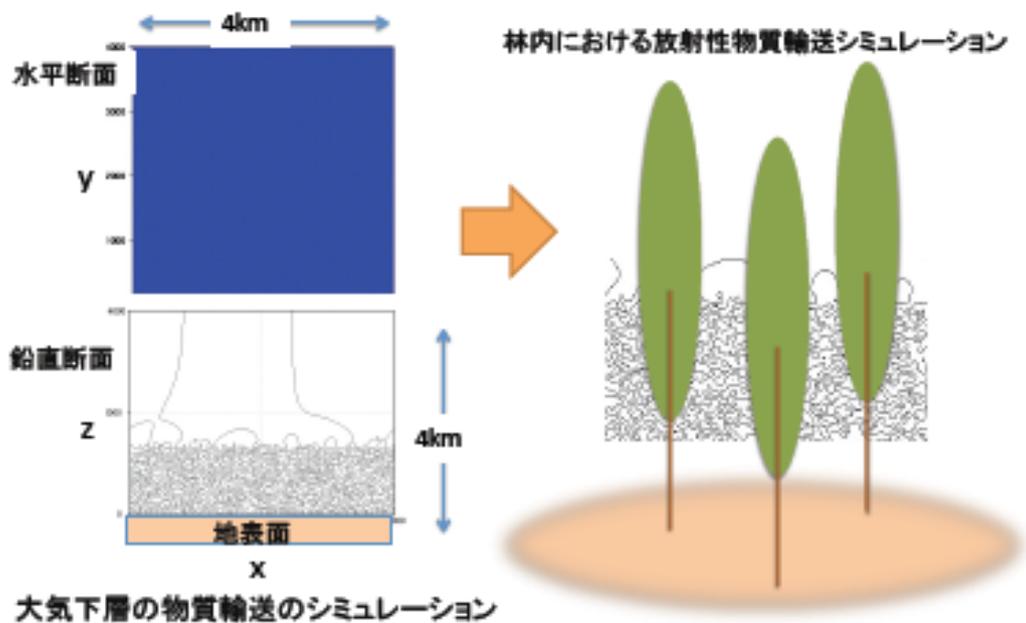
一方、当部門では、過去 10 年来、森林での物質輸送の観測研究をやってまいりました。例えば森林は温暖化気体の一つである CO₂ の吸収源で、またシベリアのタイガ林は地球全体の気候にとっては重要な熱源です。例えばシベリア・タイガ林を全部伐採すると、地球の全球の平均気温が下がるという予測結果もあります。このような地域での観測手法を用いた物質輸送研究を当部門では実施して参りました。これは森林にこのようなタワーを立てて CO₂ の吸収量や顕熱フラックスなどを長期間に渡ってモニタリングするという観測研究です。このような実績を基に、川俣町や浪江町において、森林での観測研究を現在計画しております。

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。

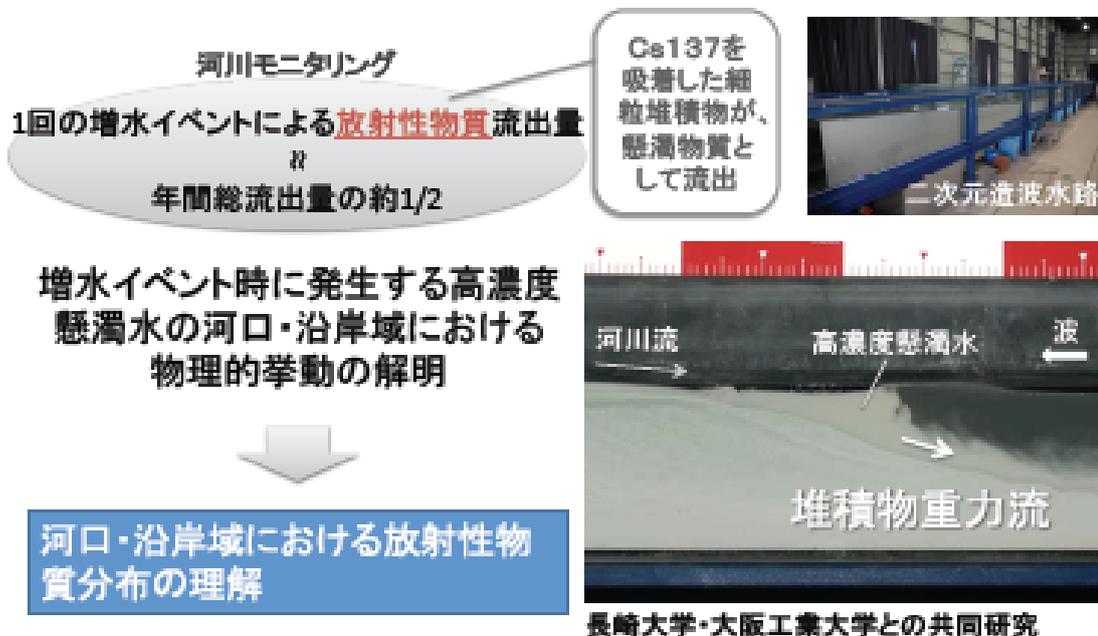
物質輸送の乱流シミュレーション



<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。

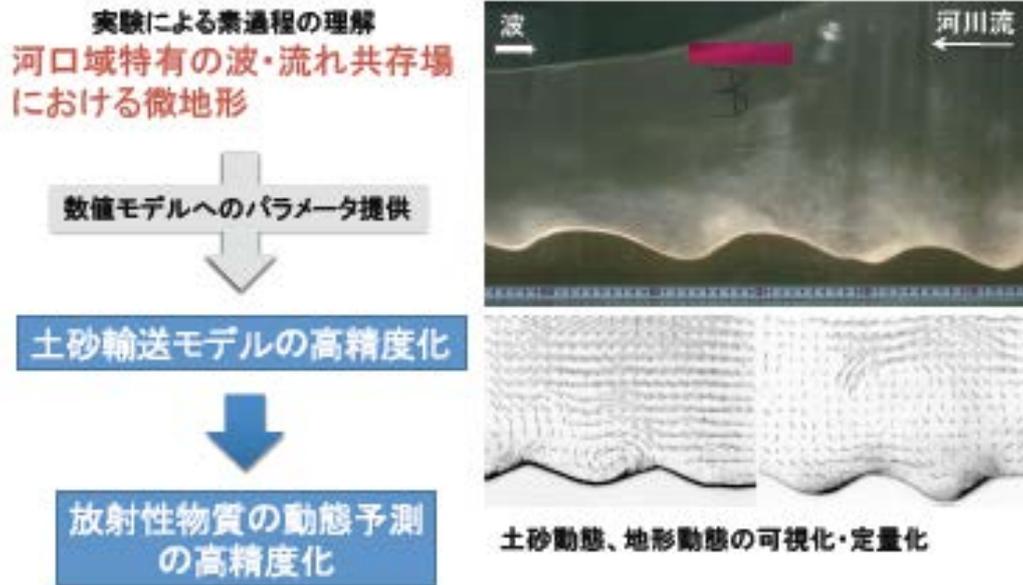
河口・沿岸域における高濃度懸濁水の挙動特性に関する研究



<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 to 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 =>

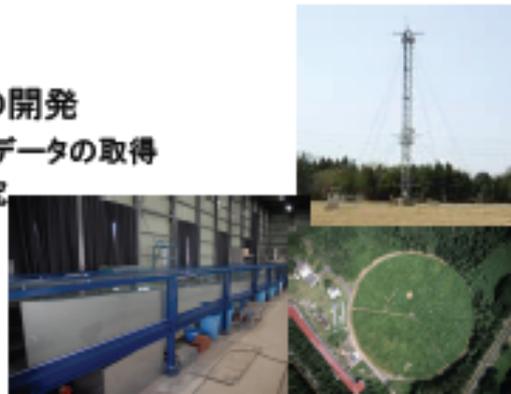
- 地球表層ダイナミクス棟として再構築中

- 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思っています。

以上です。御静聴ありがとうございました。