

# 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**

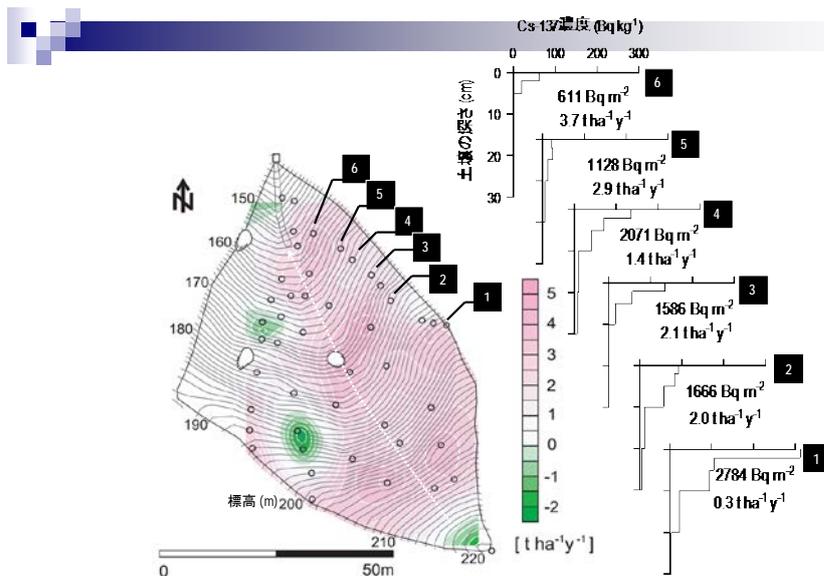
Reproduced by the IAEA  
Vienna, Austria, 2007

**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.

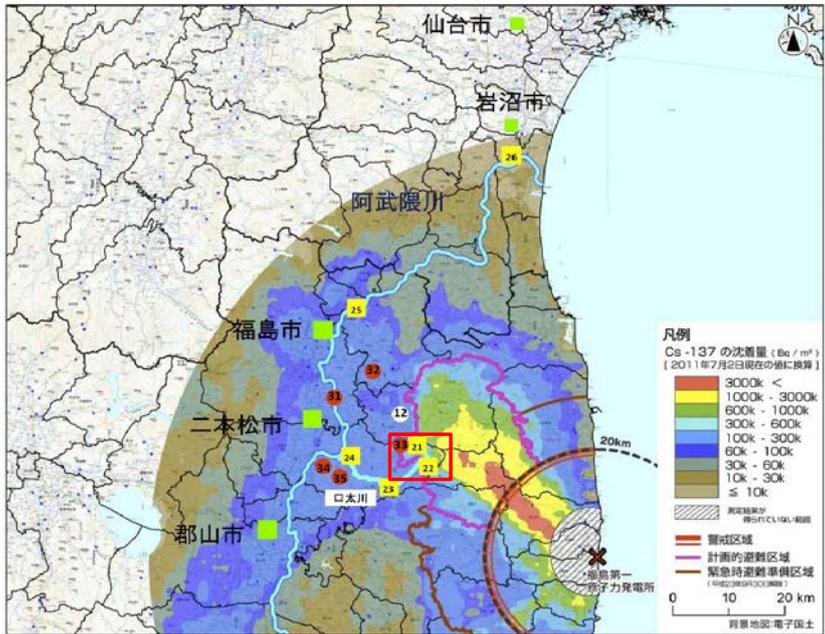
ここで参考にわれわれの研究内容をお伝えしたいと思います。

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

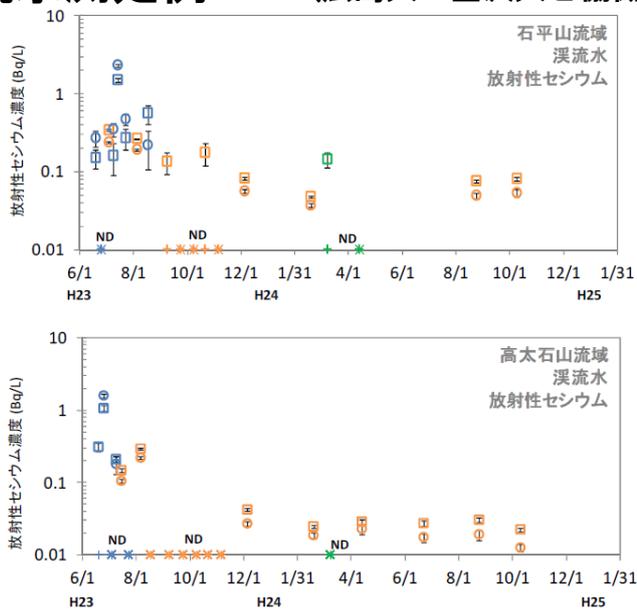


川俣町 山木屋地区 (計画的避難区域)

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いて、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。

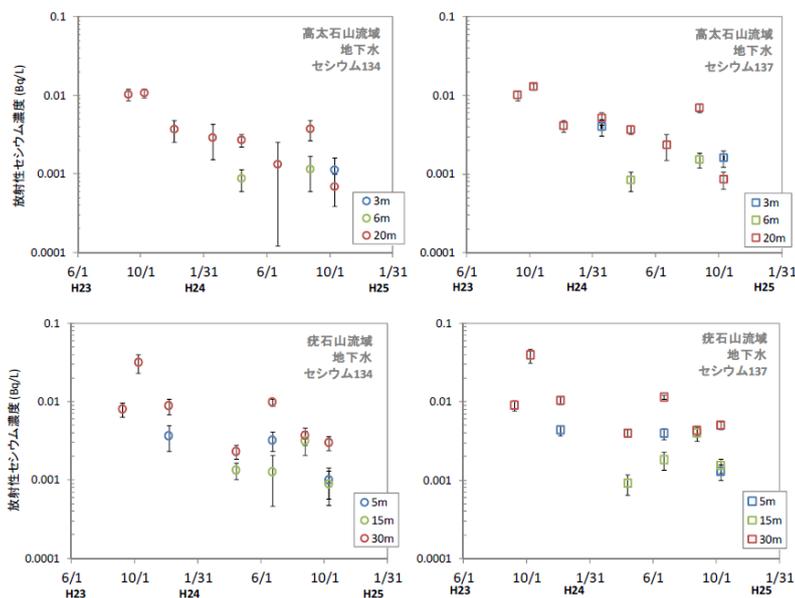
## 渓流水測定例

(広島大・金沢大と協働)

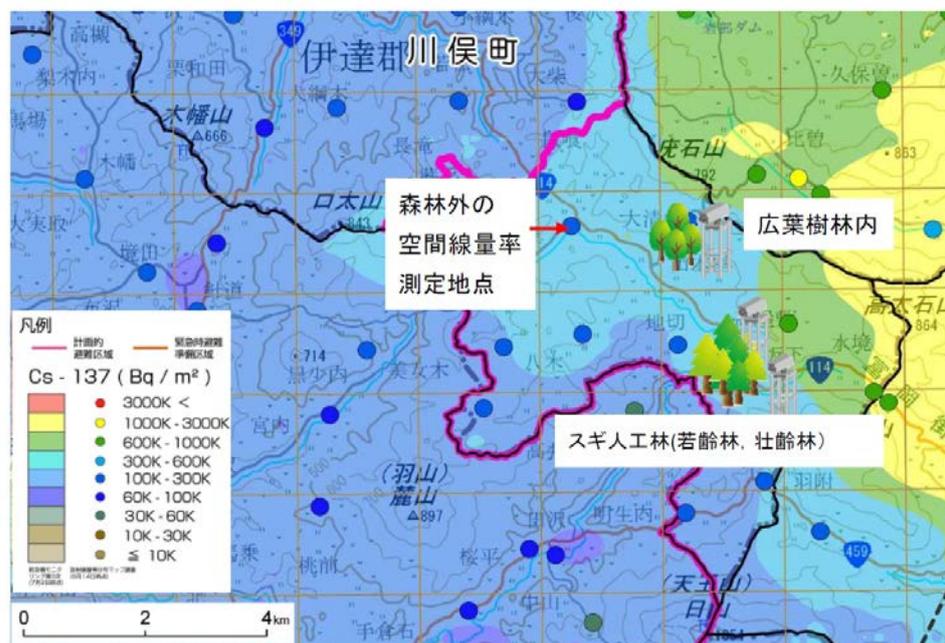


これは 1 つの測定例で、広島大学と金沢大学からいただいたデータです。こういった研究の測定結果があります。平成 23 年の事故直後、比較的セシウムの濃度が懸濁した、これはフィルターした懸濁なんですけど 1Bq/L を超えるようなものがあったということがわかります。こちらも 1 つの例ですが、これは二桁近く下がっています。

## 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

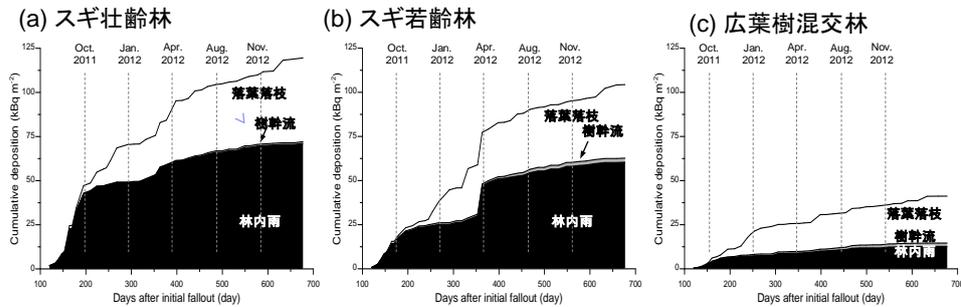
長期的に調べるために、まずタワーを建てました。これは 7 月に完成したんですが、これは鉛直的な線量の分布、また大気中の放射性物質をサンプリングができるということで活用しています。

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。

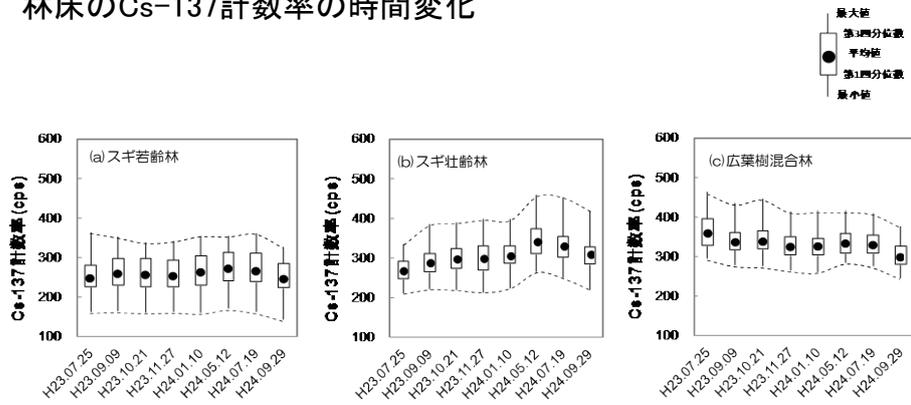
# 累積沈着量

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

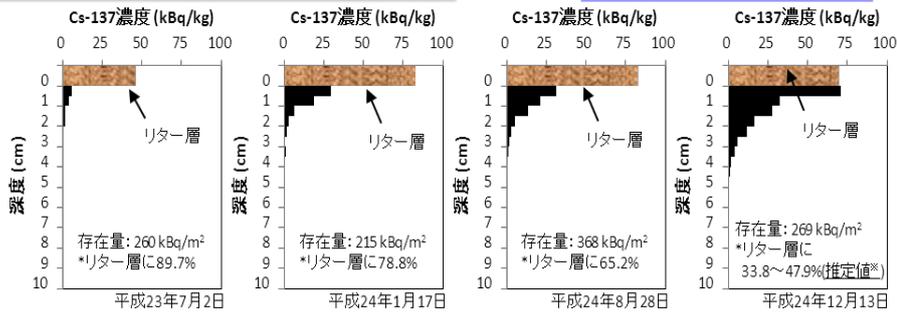


可搬型ゲルマニウム半導体検出器による林床のセシウム137計数率の時間変化（試験プロット内の49地点について）

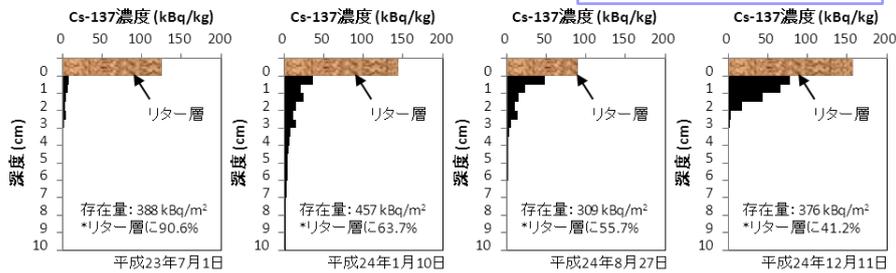
これは広葉混交林の事例です。林床面の線量率に相当するセシウムの形成率の実際の状況がどうかというと、樹冠からの沈着量がそれほど多くありませんので、徐々に形成率が減少しています。それに対して、スギの林はあまり変わっていない、多少増えているぐらいです。通常の地域におきましては徐々に線量が下がっていく一方で、林の中ではこのような動態によって線量を操作するセシウムが下がっていないという状況が出ていることがわかります。

## 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濃度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



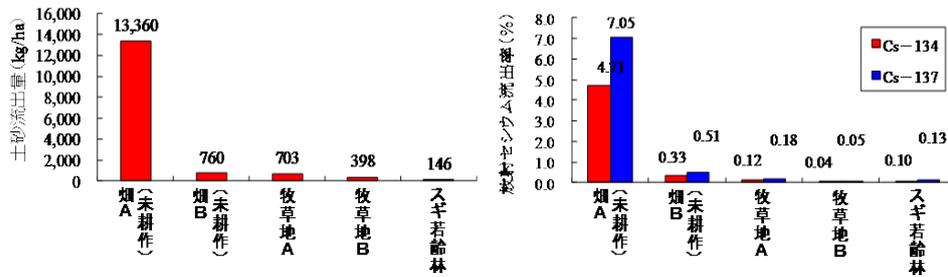
急傾斜の畑地(未耕作の畑B(左), 耕作された畑B2(右)) 採草地(牧草地A(左)) 放牧草地(牧草地B(右))



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。



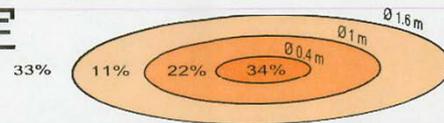
## 土壤侵食量/Cs流出率測定データ



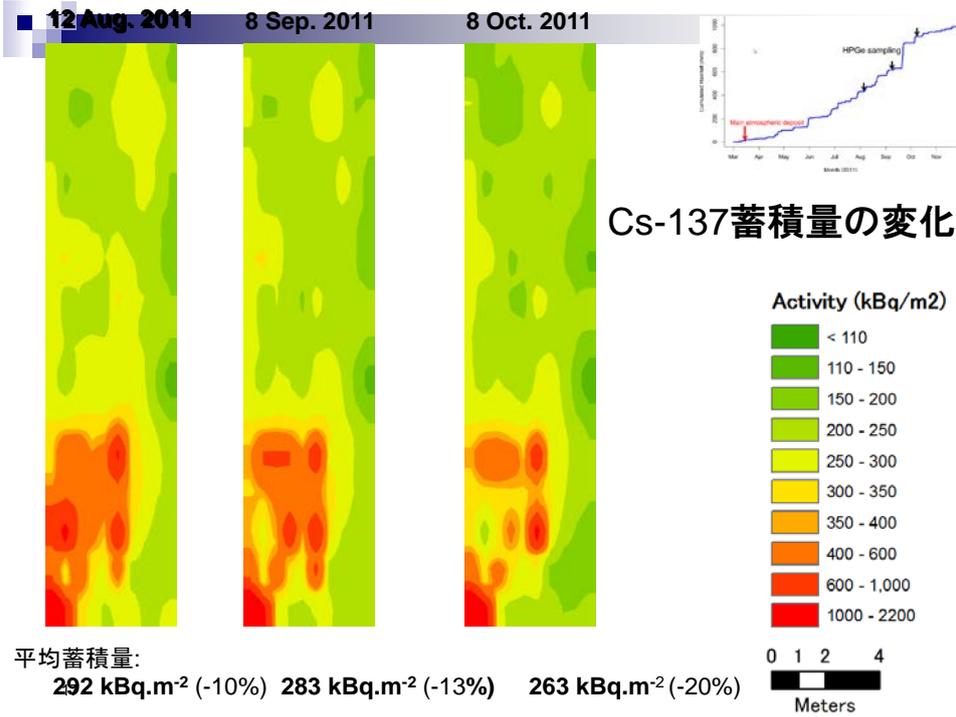
(2011. 7/ 17 – 2013 11/18)

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。



### Cs-137蓄積量の変化

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)

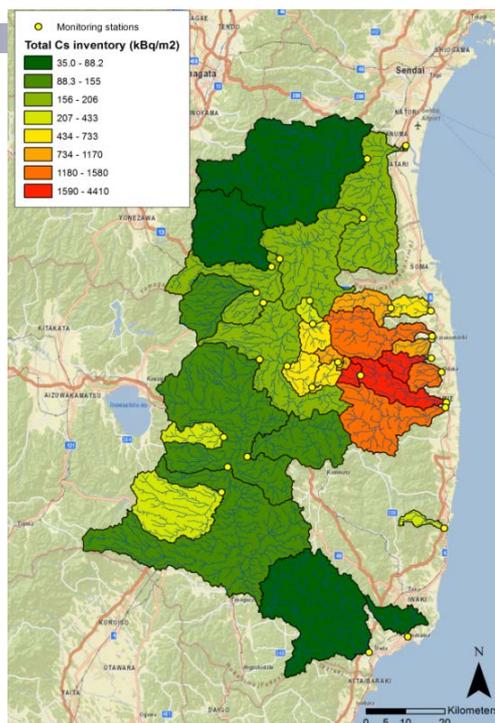
これは浮遊砂サンプラーというものに濁度計のデータを加えて全量を出すということをしています。

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。