

放射性セシウムは どこから水系に流出したのか

—福島のため池の蓄積量調査から—

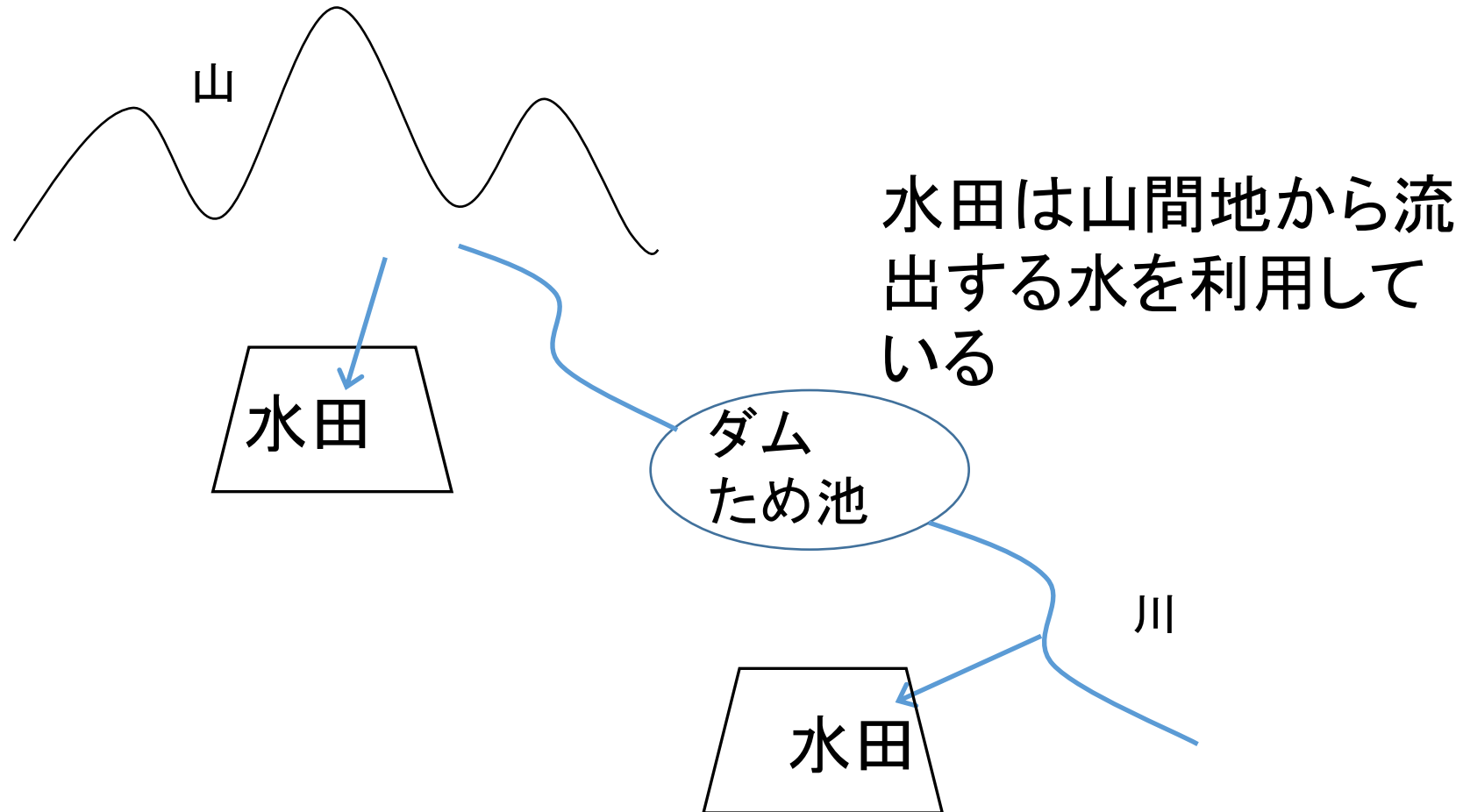
東京大学農学生命科学研究科
農地環境工学研究室
塩沢 昌

- ・ 第1回報告会(2011年11月):
土壌中の放射性セシウムの挙動

放射性セシウム(Cs)の著しい特徴: 土壌に強く固定され、水とともに動きにくい。
土壌への強い固定は時間がかかるプロセスで、フォールアウトから2-3ヶ月は水の速度の1/10で動いたがその後、1/100-1/200に低下。

- ・ 第2回報告会(2012年2月)
水田における土壌から稲への放射性セシウム移行のメカニズムについて

山からの放射性セシウムの流出量？



高濃度汚染山間の沢水と貯水池の放射性セシウム濃度

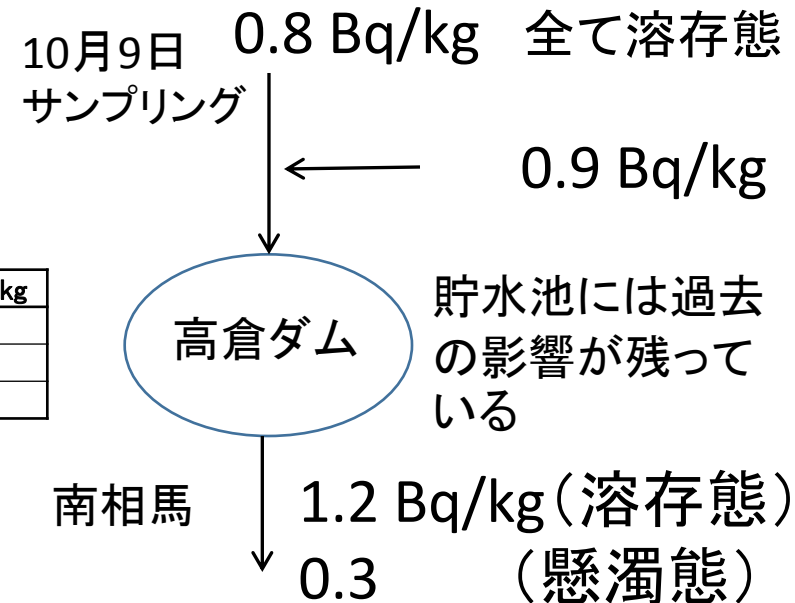
福島の山から放射性セシウムはほとんど流出していない

No.	試料名	容器	試料量(g)	測定値 (Bq/kg)	ろ紙(5.8g) (Bq/kg)
1	高倉ダム上流	マリネリ2l	2,000	0.825	
2	高倉ダム上流(支流)	マリネリ2l	2,000	0.930	ND
3	高倉ダム下流	マリネリ2l	2,000	1.218	93.20

母材	時間s	核種	keV	測定値Bq/kg	検出限界Bq/kg
水 ダム下流	50,000	I-131	364.48	ND	9.97E-02
		Cs-134	795.76	5.20E-01	8.70E-02
		Cs-137	661.64	6.98E-01	8.94E-02

(東大アイソトープ総合センターと南相馬市による測定)

何れも普通のRI測定ならば測定限界以下



1Bq/kgの用水が一作で2000mm水田に入ったとして、流入量は2000 Bq/m² (作土平均で約13 Bq/kg)であり、水田に降下した放射性セシウムの1/100 以下。

福島山から放射性セシウムはほとんど流出していない

なぜ山から流出しないのか：

木の表面との土壌表面のリタ-層に固定されており、
降雨では流されない。

今後は有機物の分解によって下の土壌に移行し強く
固定されて流出しない。

山からの流出量は一年間に存在量の1/1000以下で、
今後、さらに低下するであろう。

問題と仮説

- 原発事故で降下した放射性Csが阿武隈川や阿賀野川、一部のため池など水系に流出し、ホットスポットを形成している。

山から流出？

- Csは土に強く固定されるため、森林からはほとんど流出しないであろう。

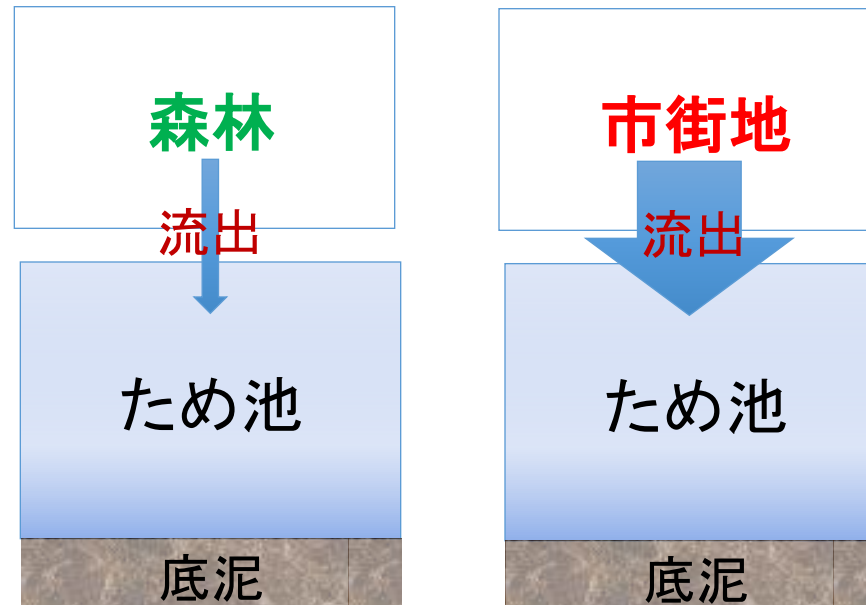
➤ 仮説： 土壌のない市街地（アスファルト・建物屋根）からCsが流出し、水系に蓄積

ため池調査による仮説の検証

- ため池では、ため池水面に降下したCsとともに、2011年3月以降に上流から流出したCsが沈降し、底泥に蓄積している。

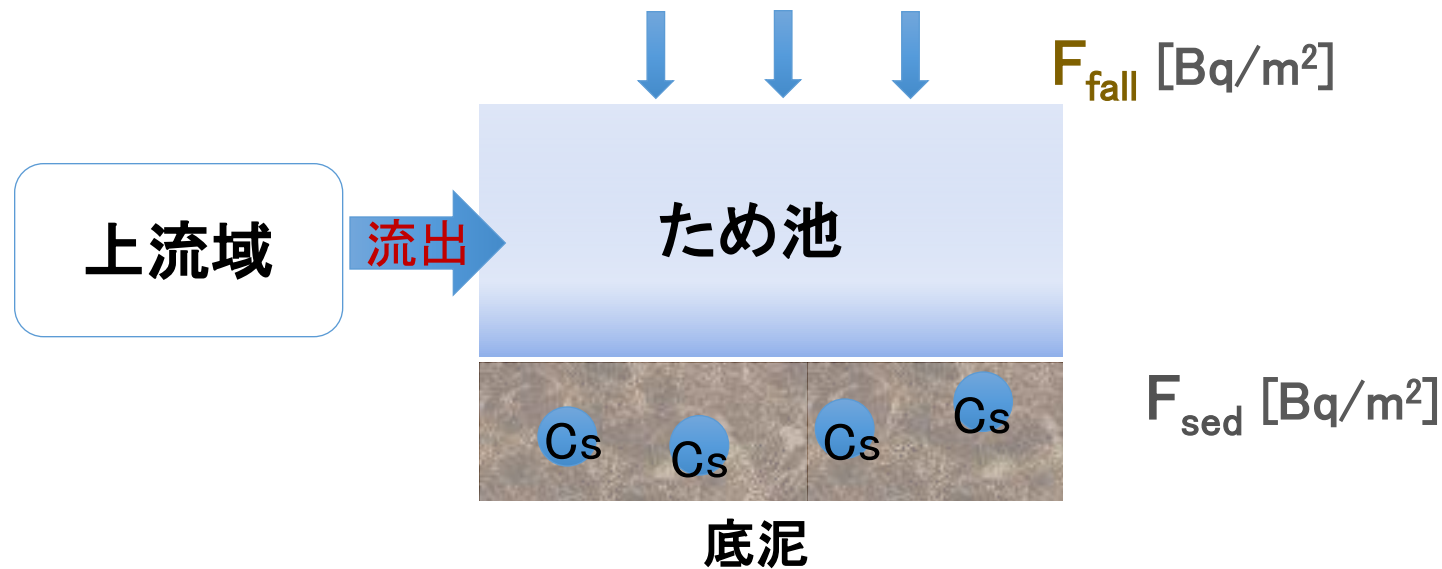
⇒ 上流部が**森林**であるため池と、**市街地**であるため池に蓄積しているCs量を比較する

仮説



仮説の検証

底泥の面積当たりの平均Cs量 F_{sed} と、ため池水面への降下Cs量 F_{fall} の比を求め、**森林**ため池と**市街地**ため池で比較



面積当たりのCs量(Bq/m^2)を求める調査は全く行われていない

森林: 流入なし

$$\frac{F_{sed}}{F_{fall}} \cong 1$$

市街地: 流入あり

$$\frac{F_{sed}}{F_{fall}} > 1$$

調査ため池

● 森林ため池①（大池；本宮市）

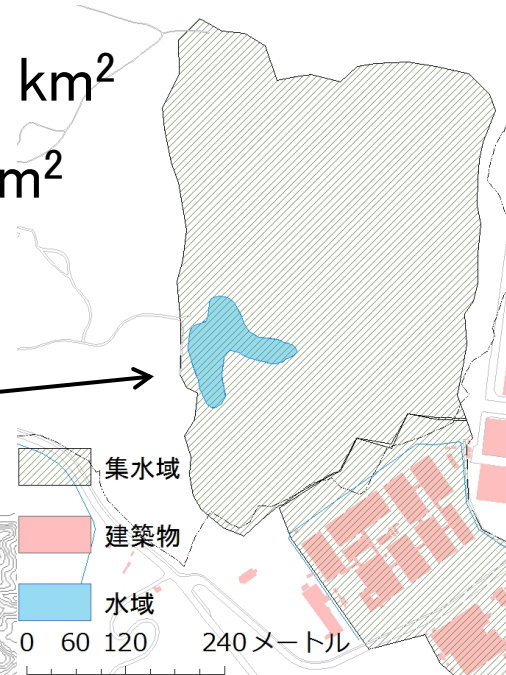


集水域面積: $A=0.17 \text{ km}^2$

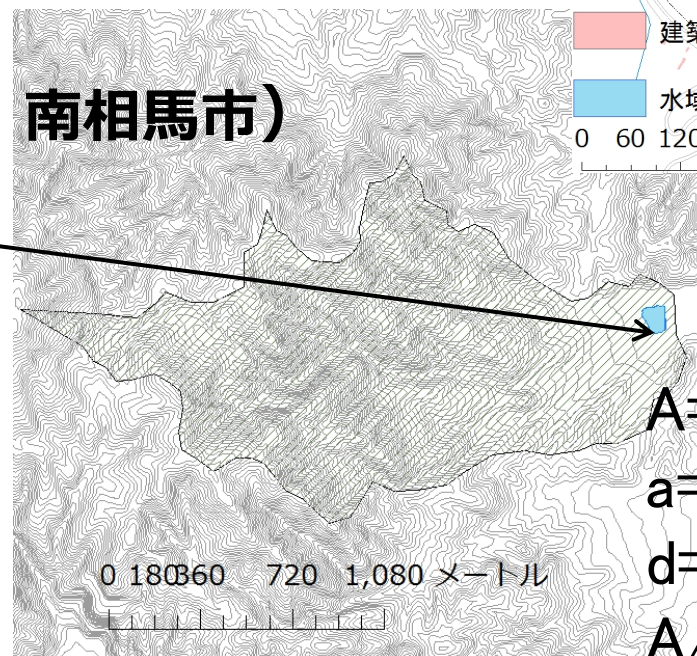
満水面積: $a=7,090 \text{ m}^2$

平均水深: $d=3.00 \text{ m}$

$A/a=23.9$



● 森林ため池②（ヤボケ池；南相馬市）



$A=1.67 \text{ km}^2$

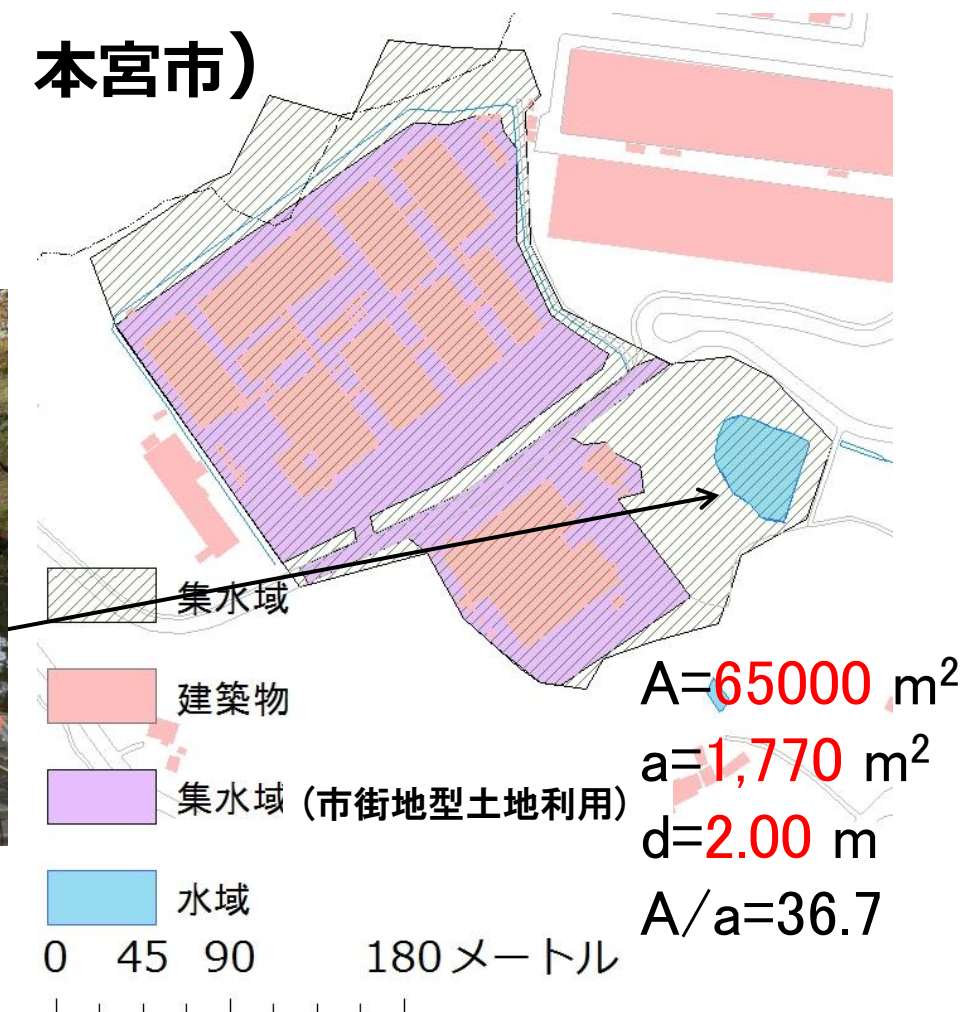
$a=7,580 \text{ m}^2$

$d=1.27 \text{ m}$

$A/a=220(?)$

調査ため池

● 市街地ため池 (H池; 本宮市)



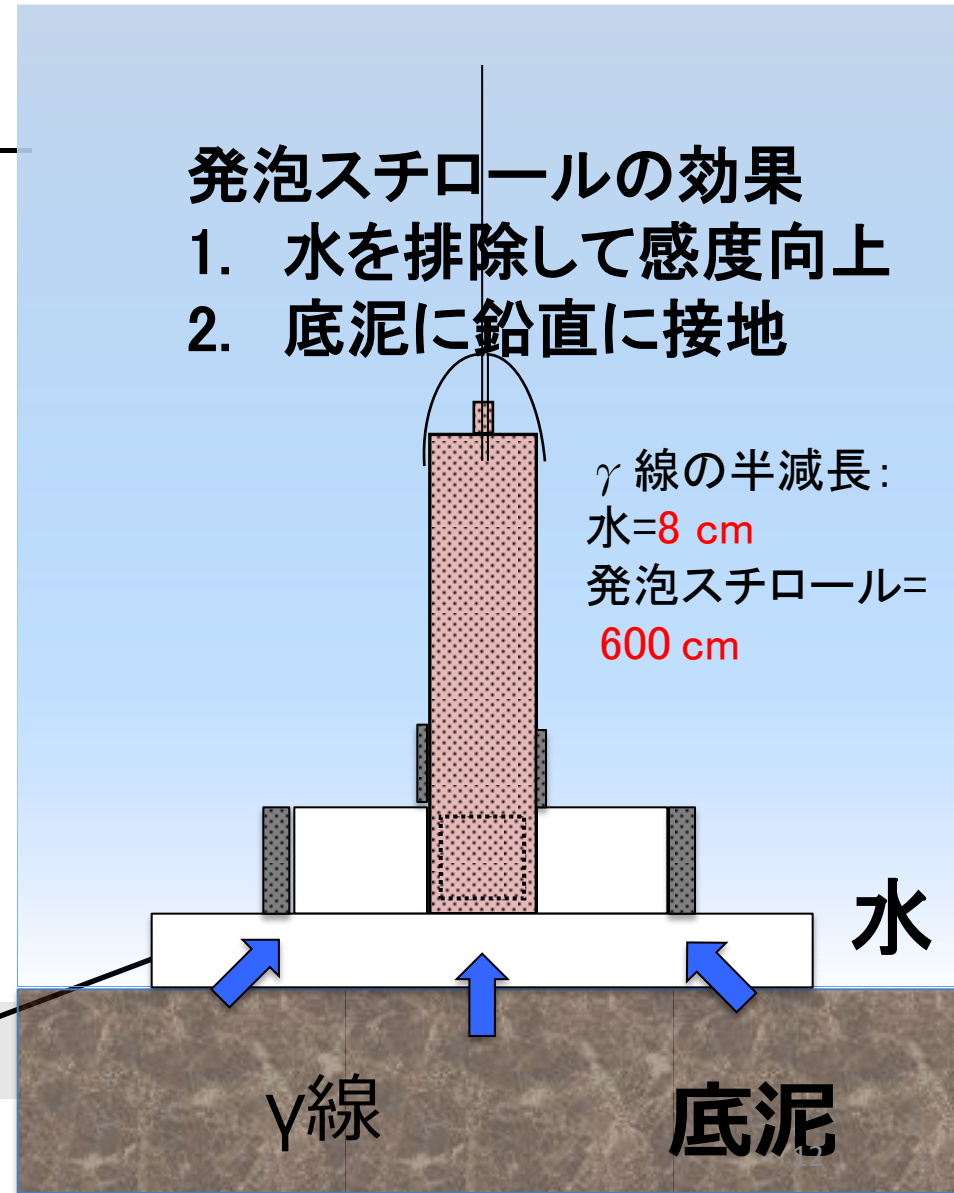
調査は2012年12月～2013年2月にかけて計4回調査

底泥のCs濃度(F_{sed})を求める方法

- 底泥のBq/m²を得るための断面積一定のサンプリングは困難
- 湖沼では場所による底泥のCs量のばらつきが大きく、平均値 F_{sed} を求めるには多点の測定が必要

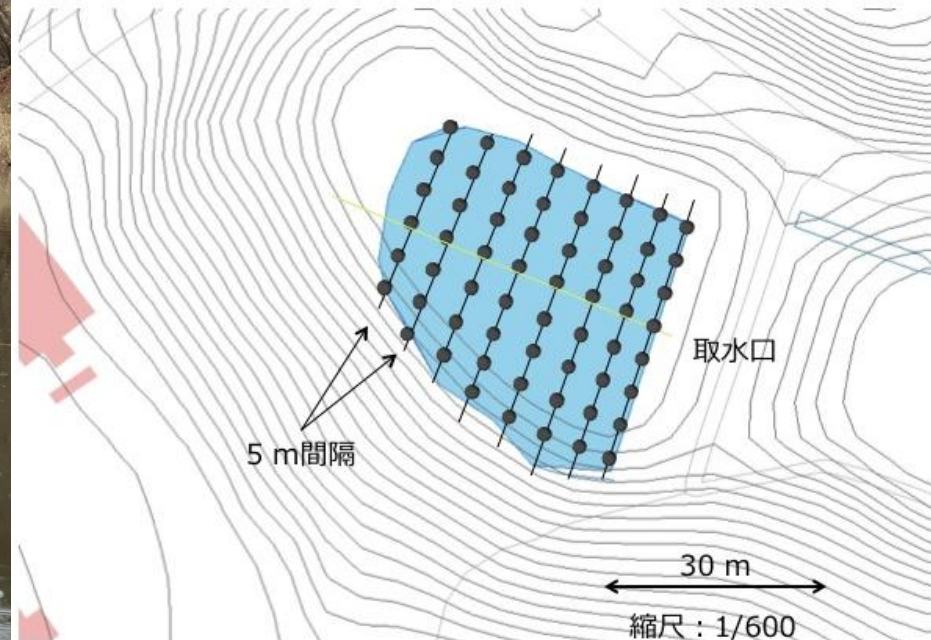
→シンチレーションサーベイメータを用いて現場で簡易に高精度で F_{sed} を測定できる方法を開発した。

F_{sed} の測定 (水中底泥のCs量測定)



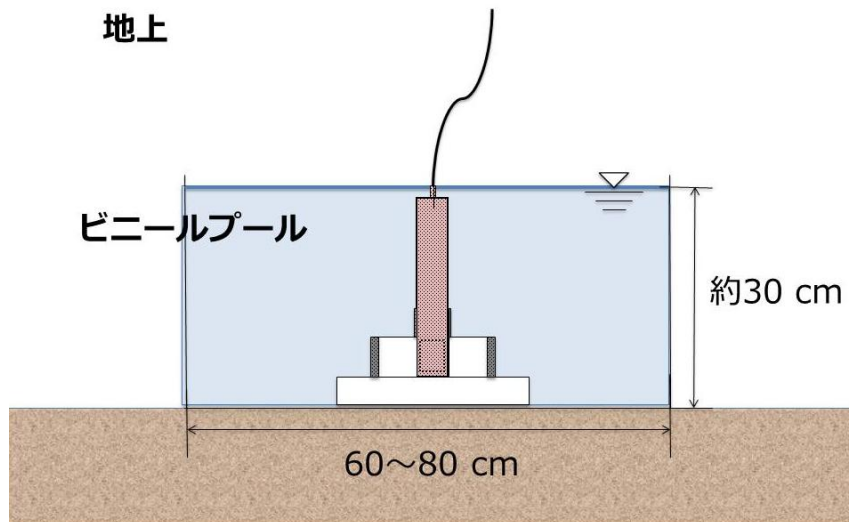
F_{sed} の測定

- 格子状に5 mまたは10 m間隔で測定点を設定
大池 : 85地点, ヤボケ池 : 65地点, H池 : 83地点
- 測定線上にロープを張り、ボートを固定して測定



フォールアウト濃度 F_{fall} の測定

- 地上（堤体部土壌）のCs量を, ため池水面で降下したCs量 F_{fall} とみなし, 底泥と同じ測定器, 同じ条件で測定する。
- 底泥と同様にサーベーマータ周囲を水にするため, **ビニールプール内で測定**

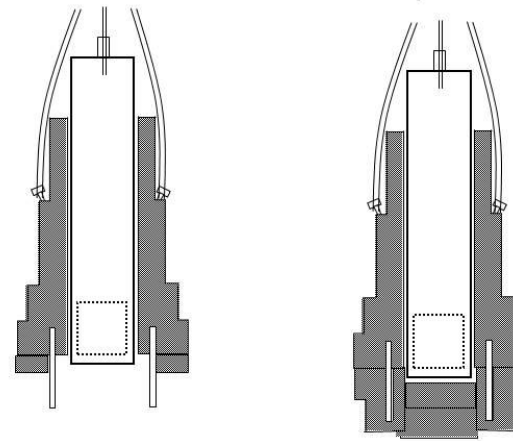


底泥のCs量と地上のCs量との比較が可能になる。

F_{sed} と F_{fall} の Bq/m^2 への変換

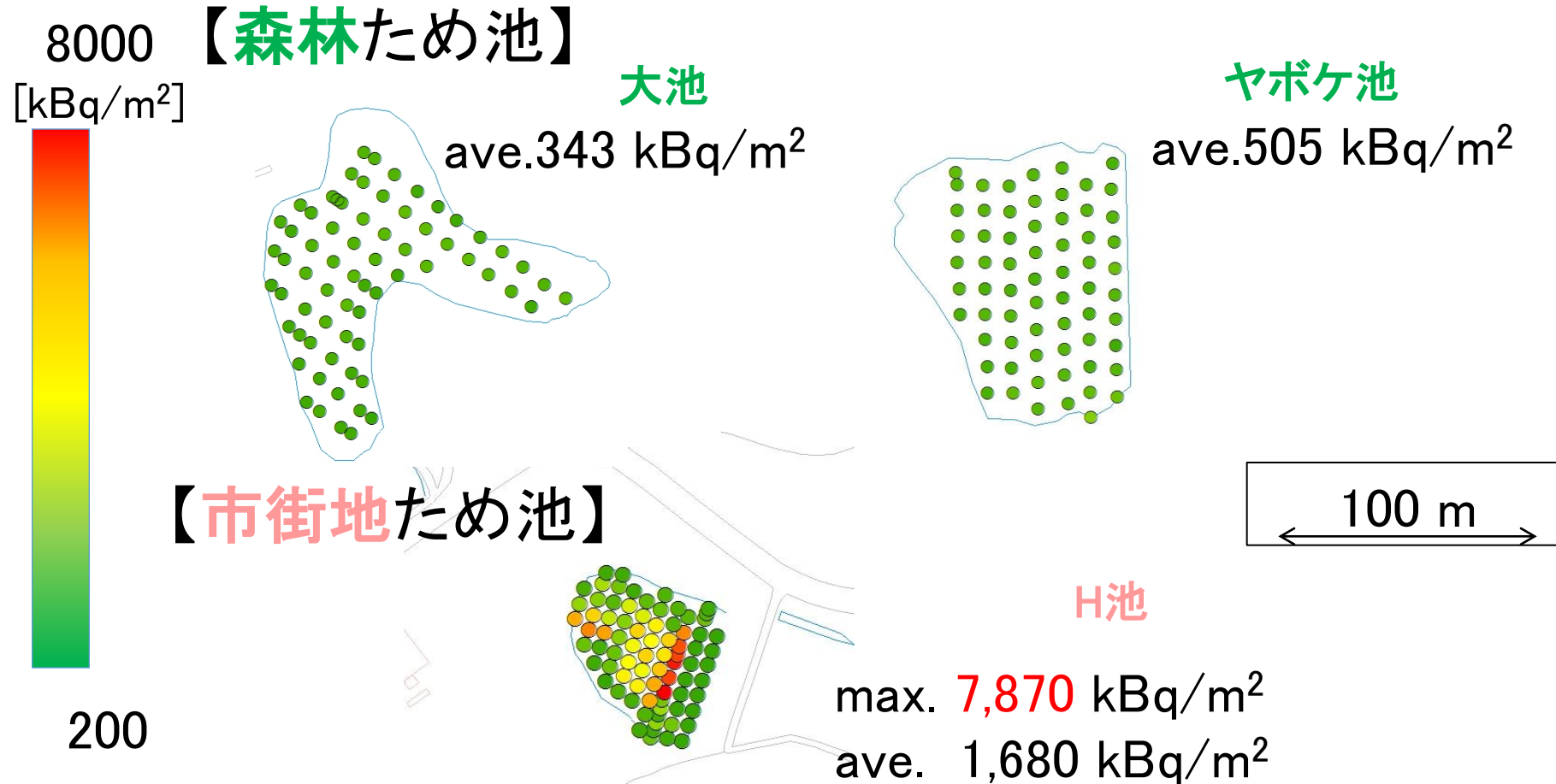
- 以上の測定で、 F_{sed}/F_{fall} は求まる
- 鉛コリメータ付サーベイメータ（キャリブレーション済）でビニールプール地点の Bq/m^2 を別途測定し、
 F_{sed} と F_{fall} を Bq/m^2 に変換する測定器の定数を決めた

open close
Inflow from window = open - close



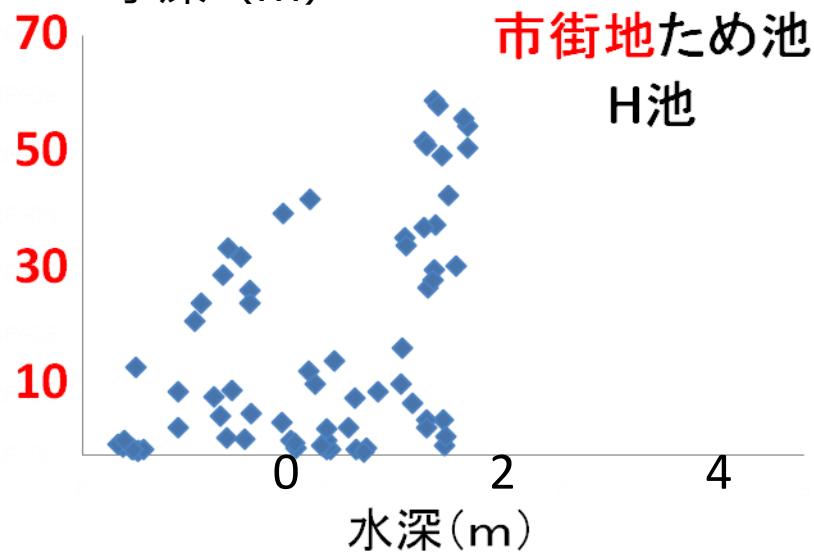
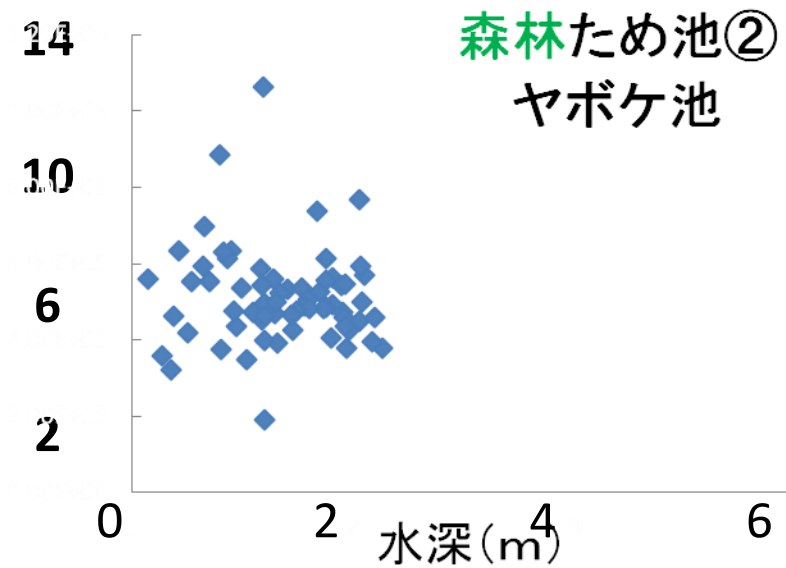
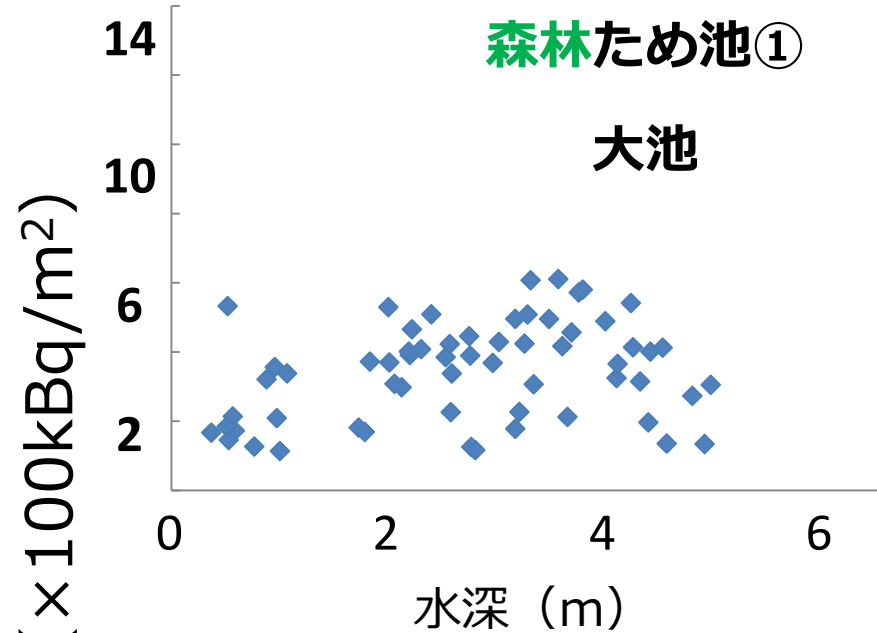
地表面

ため池底泥のCs量分布



市街地集水域ため池では中央部で高濃度の地点が存在

放射性Cs量と水深との関係



水深が深いほど濃度が高い傾向があるが、ばらつきが大きい

結果： ため池の放射性Cs量

	森林ため池		市街地ため池
	大池	ヤボケ池	H池
ため池底泥の平均Cs量 F_{sed} [kBq/m ²]	343	505	<u>1680</u>
ため池水面に降下したCs量 F_{fall} [kBq/m ²]	399	603	350
F_{sed}/F_{fall}	0.86	0.84	<u>4.8</u>
調査時の水の濃度 [Bq/L] (懸濁態＋溶存態)	0.34	0.45	1.59
溶存態	0.12	0.20	0.93

市街地が集水域： F_{sed}/F_{fall} が1より大きく、少なくとも F_{fall} の**4 倍程度が上流から流入**

森林が集水域： F_{sed}/F_{fall} が1に近いが、 F_{fall} の**15%程度**がため池から流出（フォールアウト直後の底泥に沈降するまでの間）

結論

- ・森林集水域ため池の底泥に蓄積しているCs量は、地上土壌より少ない；森林からの流出は少ない。
- ・放射性Csの水系への大きな流出は、森林（山）から生じたのではなく、一部の市街地から生じた。



謝辞

共同研究者ならびにご協力いただいた方々（敬称略）

- 南相馬市：田中経済部長、他
- 農村工学研究所：白谷栄作、久保田富次郎

東京大学：

- アイソトープ総合センター：野川憲夫（水のRI測定）
- 共同研究者（ため池調査）：
農学生命科学研究科地環境工学研究室
財津卓弥、山野泰明



ご清聴ありがとうございました。