農研機構
NARO 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

阿武隈高地に立地するNため池における水中の放射性セシウムのモニタリング

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所 公開日: 2026-07-17 キーワード: 作成者: 久保田, 富次郎, 申, 文浩, 濵田, 康治, 人見, 忠良 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/0002001726

(c) 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
National Agriculture and Food Research Organization, Japan

〔農工研技報　217
85 ～ 100，2015〕

阿武隈高地に立地するNため池における水中の放射性セシウムのモニタリング

久保田富次郎＊　申　文浩＊＊　濵田康治＊　人見忠良＊

＊水利工学研究領域水環境担当
＊＊東北農業研究センター農業放射線研究センター

要　旨

東日本大震災に起因する東京電力福島第一原子力発電所の事故により放出され福島県を中心に広く沈着した放射性物質は，営農再開に向けた懸念要因になっており，放射性物質を蓄積しやすいため池における放射性物質の動態把握も課題のひとつである。本報では，阿武隈高地に立地する典型的な谷型ため池を対象に，2013年度より着手した水中の放射性セシウムの動態調査の一環として測定された放射性セシウム濃度の状況とその規定要因について検討を行った。その結果，ため池への流入水および流出水ともに，溶存態放射性セシウム濃度は0.02～0.11Bq/kgと低かった。また，ため池への流入水，流出水の全放射性セシウム濃度の値は，夏期におよそ1～3Bq/kg程度とやや高く，10月以降には濃度は0.2～1.5Bq/kgと全般的に低下する傾向が認められ，それは，ほぼ懸濁態の放射性セシウム濃度の値で説明できることがわかった。

キーワード：ため池，放射性セシウム，農業用水

Ⅰ　緒　言

2011年3月11日に発生した東日本大震災に起因する東京電力福島第一原子力発電所の事故に伴い，日本国内では経験のない放射性物質の拡散・汚染が発生した。2011年の米生産において，福島県浜通りおよび中通り地方の一部では，コメから暫定基準値500Bq/kgを超過する放射性セシウムが検出され，一方では，農業用水および農業用水源となる渓流水やため池などの水中や底質に含まれる放射性セシウム（例えば，東北農政局（2012），森林総研（2012a, b, c），塩沢（2013），吉永ら（2013），Aoi et. al.（2014））について調べられた。その結果，用水や用水源の水中や堆積物に含まれる放射性セシウムについて，①農業用水やため池水等に含まれる放射性セシウム濃度，特に溶存態の放射性セシウム濃度の値は小さくごく限定的であること，②ため池の底質に含まれる放射性セシウム濃度は，最大で143kBq/kg（乾泥）が検出されるなど（東北農政局（2012）），高濃度の放射性セシウムを含む堆積物が存在するケースがあること，などが明らかになってきた。

福島県地方において，ダム・ため池等の農業用貯水施設は合わせて約3700ヶ所（福島県農地管理課，2013）と数多く存在する。ため池は，渇水時の農業用水源として利用されるとともに，地域防災に関する役割として洪水緩和効果（例えば，吉迫ら，2013）を有している。また，ため池では，流入する渓流水等を一時的に貯留することから，上流から流入する土砂の多くは流入部周辺や池底に沈積し，下流を含めた集水域の土砂の動態に大きな影響を与えているものと考えられる。渓流水（森林総研，2012）やため池貯留水（農水省農村振興局，2013）に含まれる放射性セシウムは多くが懸濁態であることから，ため池をめぐる放射性セシウムの動態の把握には，土砂の動きを把握することも重要な課題である。

農林水産省と福島県（2014）は，2013年度に実施した避難指示区域外のため池1652ヶ所，避難指示区域内の288ヶ所のため池において調べられた調査結果について報告した。ここで，避難指示区域は，2013年12月末時点で，東京電力福島第一原子力発電所を中心とした放射性物質の沈着量が多い町村（大熊町，双葉町，富岡町，浪江町，葛尾村，飯舘村）および市町村の一部（南相馬市，楢葉町，川内村，田村市，川俣町）が指定されている。

これによると，避難指示区域外のため池では，貯留水の放射性セシウムが検出下限値（2Bq/L）未満であったものが，95%を占め，溶存態の放射性セシウムが検出されたのは2ヶ所に過ぎなかった。一方，避難指示区域内のため池では，貯留水から放射性セシウムが検出されたため池は31%（75ヶ所）あり，最大で19Bq/Lであった。

そのうち溶存態の放射性セシウムが検出されたため池は48%（36ヶ所）に上った。

これらの調査では，広く網羅的に調査がなされる一方，ひとつのため池において継続的に水中の放射性セシウム濃度の変動傾向が調べられた例はほとんどない。また，ため池への流入水や流出水の放射性セシウム濃度の変動について，詳細に調べられた事例も少ない。

そこで，本研究では，農林水産省プロジェクト研究「農地等の放射性物質の除去・低減技術の開発」の一環として，ため池における放射性セシウムの動態を詳細に調べることを目的として，2013年より，現地のため池において水中に含まれる放射性セシウム濃度のモニタリングに着手した。本報では，調査ため池の諸元と2013年の放射性セシウム濃度の推移を中心に報告するとともに，2013年度末から2014年度前半に整備した観測施設について紹介したい。

Ⅱ　調査ため池の概要と調査方法

調査対象としたため池（以下では，Nため池と呼ぶ）は，阿武隈山中に立地する谷型ため池であり，後述するように，集水域を含めた地質や土壌条件を勘案すると，本地域を代表する典型的な立地条件を有するため池である。

2.1　ため池の立地と水の流入と流出経路

Nため池は，福島県相馬郡飯舘村内の阿武隈高地に立地し，複数の渓流を堰き止め貯水する谷型ため池であり，標高は約540mである。古くから存在した小型ため池を，昭和60年代に県営事業により堤体をかさ上げし，現在に至っている。

Nため池には，3つの流入経路がある（**Fig.1**）。渓流Aと渓流Bはそれぞれため池に接続し，渓流水が全量流入する。一方，渓流Cでは，上流の池に貯留された水の一部がNため池に流入するようになっている。これは池を越流した水の一部が流入する形となっており，明瞭な流路は確認できなかった。以下では，渓流の集水域を，それぞれ集水域A，B，Cと呼ぶこととする（**Fig.2**）。

ため池からの流出地点は，3ヶ所である。①洪水吐からの越流，②斜樋からの流出，③斜樋付近に設けられた仮設の灌漑用ホースからの流出，である。

洪水吐は，幅1.6mの越流堰となっており，斜樋は階段状で，ともに鉄筋コンクリート製である。斜樋からの流出は，本研究のモニタリングのため，連続的に流出が維持するよう操作した。灌漑用ホースは，黒色のポリエチレン製の長いホースで，片端はため池内の水深数mに固定され，堤体を跨いで，約500m離れた水田まで敷設された。サイフォンにより，常時，ため池の水が比較的安定した流量で流出した。

2.2　集水域の立地

ため池集水域の地形は，ほぼ全域が，山地・丘陵地の一般斜面に分類されるが，集水域Aの一部は山麓緩斜面とされている（久保ら（1990））。

集水域の土壌は，ため池周辺が黒ボク土壌（草野統）とされ，集水域の上流側の過半が適潤性褐色森林土壌（花塚Ⅱ統）で占められ，集水域の尾根部を中心に乾性褐色森林土壌（花塚Ⅰ統）が分布する。草野統は主に耕地周辺の凹地に局所的にみられる火山灰を母材とする黒色土壌であるのに対して，花塚Ⅰ統およびⅡ統は花崗岩類を母材とする。谷筋の一部では，細粒褐色森林土壌（杉沢統）や表層腐植質多湿黒ボク土（赤羽統または飯舘統）が分布する。杉沢統は，表層に腐植含量が少ない残積土で，赤羽統は，表層に黒色または黒褐色の腐植層を有する火山灰土壌であるが，低位面に分布するため他の母材の混入もみられる。一方，集水域Aの一部に存在

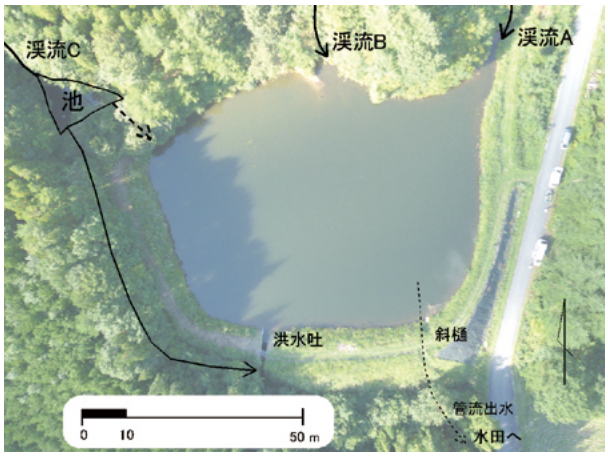


Fig.1　ため池の流入・流出経路
Inflow and outflow routes of the reservoir



Fig.2　ため池集水域
Watershed of the reservoir

する農地土壌は中粗粒グライ土に分類される。

集水域の地質は（産業技術総合研究所（2014））, ほぼ全般にわたって中粒黒雲母花崗岩であり, 前期白亜紀の花崗岩で形成される阿武隈花崗岩類である。岩相は淡橙－淡紅色カリ長石に富む中粒優白質の均質岩であり, 主成分鉱物として, 斜長石, 石英, カリ長石, 黒雲母, 不透明鉱物から構成されている。また, 集水域Aの一部に後期更新世－完新世の扇状地及び緩斜面堆積物がみられる。

集水域周辺における地下水は, 地質が非容水性の岩体で構成されているため, その存在は限定的である（福島県（1988））。地下水の存在は, 谷部を埋めるように堆積する砂層や礫層, あるいは, 花崗岩の風化部や亀裂中に限られる。

2.3　集水域の特性

前述の通り, ため池集水域は, 主にA, B, Cの3ヶ所の集水域に分けられ（**Fig.2**）, その他を含めると, 集水域の総面積は61.9haである。集水域Cの渓流水は一部が, ため池に流入する構造のため, 仮に集水域Cを除くと集水面積は, 40.2haとなる。3ヶ所の集水域の面積は15～22haの範囲にある。

土地利用は, 集水域Aが林地を主体として一部に水田および畑（休耕）, 民家, 道路等を含んでいる。集水域BとCは, 林地を主体としているが, 一部に舗装道路が通過している。

2.4　ため池の諸元

ため池の貯水容量などを把握するために, 2013年8月29日に深浅測量を実施し, 等深線図を作成するとともに, 貯水量等を算定した（**Table 1**）。また, 得られた等深線図を**Fig.3**に示す。満水時における最深部の水深は3.4mであった。最深部からの水深（h）と貯留量（$V(h)$）の関係は, (1)式で表される。

$$V(h) = 22.25h^3 - 196.1h^4 + 502.0h^3 + 340.7h^2 - 24.70h \cdots (1)$$

Table 1　ため池諸元と集水域
Descriptive parameters of reservoir and catchment area

ため池諸元			備考
水面積		0.373ha	満水時
貯水量		7500m^3	満水時
集水域面積			土地利用
集水域	A	24.4ha	林地（広葉樹, 針葉樹） 水田・畑（休耕）, 民家, 道路
	B	15.5ha	林地（広葉樹, 針葉樹）, 道路
	C	21.7ha	林地（広葉樹, 針葉樹）, 道路
	その他	0.2ha	林地（広葉樹, 針葉樹）
	合　計	61.9ha	

2.5　モニタリングの方法

調査は2013年6月より開始し, 月1回から数回程度, 採水調査を実施している。採水時には可能な範囲で流量観測等も実施し, これまでの調査の概要を**Table 2**に示すが, 本報告では, 2013年6月から12月までの放射性セシウム濃度を中心に報告する。

ため池への流入水は, 渓流A, Bの流入地点において採水した（**Fig.4**）。渓流A, B地点ともに, 2014年3月以降に量水堰や濁度計, 自動採水器等の設置を行いモニタリング調査を継続実施している。

また, ため池流出水は, 灌漑用ホース（以下, 管流出水と呼ぶ）と斜樋流出口および洪水吐の3地点で採水を行った（**Fig.5**）。斜樋流出口には, 2013年9月より自動採水器（ISCO, 3700）と四角堰を設置し, 今回の報告には, 一部自動採水器で採水した試料の分析結果を含んでいる。

ため池内の深度別の採水（**Fig.6**）は, ゴムボートを用いて, ボート内において採水ストレーナを接続したビニールチューブとハンドポンプを用いて, または, **Fig.6(a)**に示すようにため池堤体までホースを伸ばしてチューブポンプで採水した。その際, 採水位置にストレーナとともに多項目水質計（JFEアドバンテック, AAQ-RINKO）, 多波長励起蛍光光度計（JFEアドバンテック, Multi-Exciter）, または濁度計（笠原理化工業, TR-2Z）を沈めて, 採水深度や濁度等を記録およびモニターしながら採水を行った（**Fig.6(b)**）。

また, **Fig.6(a)**に示すように, ため池内の水温の鉛直分布の連続観測を行うとともに, 下層部に濁度計や流速計を設置する集中観測を実施した。

試料は, 放射性セシウムの分析用として2Lポリ容器および20Lバッグに採取するとともにSS分析用, 水質一般項目分析用としてそれぞれ500mL～1Lおよび250mLのポリ容器に採取し研究室に持ち帰った。放射性

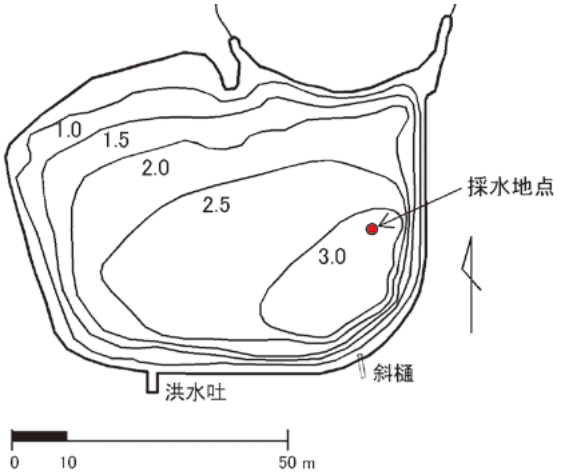


Fig.3　ため池の等深線図
Contour map of water depth of the reservoir

セシウム分析用試料には，採水時に酸を添加するなどの操作は行っていない。試料は，当日中に冷蔵（4℃）し分析まで保管した。

また，採水時に，濁度計（セントラル科学，TB-25Aまたは笠原理化工業，TR-2Z）を用いて濁度および水温を測定した。使用した濁度計は，ともにホルマジン標準液（400度，和光純薬製）を用いて校正した。

降水量は，ため池堤体上に，0.5mm転倒マス雨量計を設置して10分毎に測定した。雨量の欠測期間は，近隣のアメダス観測地点の値で補完し，2013年6月から2013年12月末までの日雨量および時間雨量として整理した。

対象地域の試料を，通常浮遊物質分析（SS）に用いられる孔径1μmのガラス繊維ろ紙を用いてろ過すると，

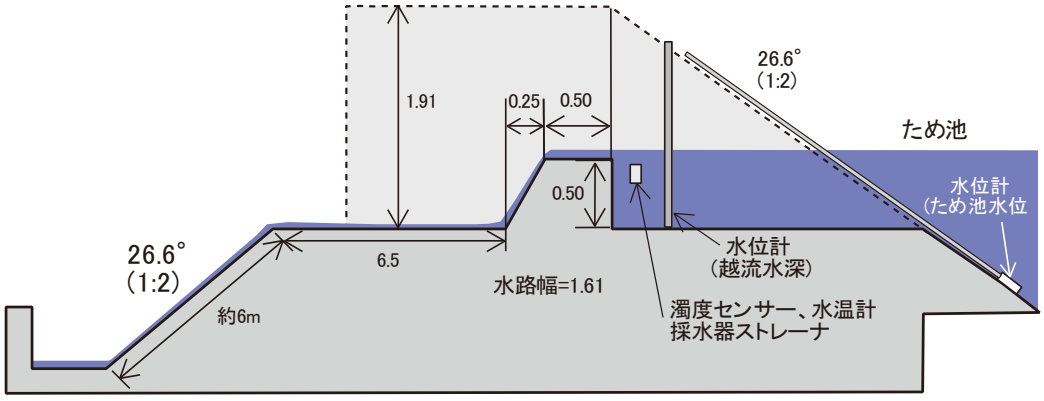




Fig.4　流入地点の採水地点の様子と観測機器
Photographs of the inflow points and the equipment used for water monitoring

Table 2　観測方法
The observation methods

地点（観測項目）		2013年						2014年						備考
		現地水質	定期採水	自記濁度計	自動採水器	流量	その他	現地水質	定期採水	自記濁度計	自動採水器	流量	その他	
流　入	渓流A	○	○	×	×	①	水温計	○	○	②	②	四角堰	雨量計 伝導度計 水温計	①調査時に流観，森林総研が連続観測 ②遠隔監視，制御可
	渓流B	○	○	×	×	①	水温計	○	○	○	○	三角堰	水温計	
	渓流C	×[3]	×[3]	×	×	×[3]	−	×[3]	×[3]	×	×	×[3]	−	3）各年に1回のみ実施
流　出	洪水吐	△	△	×	×	堰	水位計	○	○	②	②	堰	水位計 雨量計 風向風速計	2013年前半は，斜樋解放のため，越流せず。 ②遠隔監視，制御可
	斜樋[4]	○	○	○	○	四角堰	水温計	×	×	×	×	四角堰	−	4）2014年5月17日に斜樋を閉じ，濁度計，採水器を洪水吐に移動
	流出管	○	○	×	×	⑤		×	×	×	×	×	−	⑤調査時に流観 2014年は流出管は撤去
貯留水	採水	不定期で実施						不定期で実施						
	多項目水質／蛍光計	不定期で実施						不定期で実施						
	水温計	2013年8月より水深別測定						○						
	濁度計（固定）	集中調査で実施						集中調査で実施						
	流速計（固定）	集中調査で実施						×						
ため池堤体	降水量	雨量計（2013/7/9～） ヒーター未設置のため， 冬期のデータは不確実						2014年5月17日より渓流Aに移動 2014年9月より洪水吐に増設						



（a）洪水吐の縦断面図と観測機器（センサー）の配置（単位m）

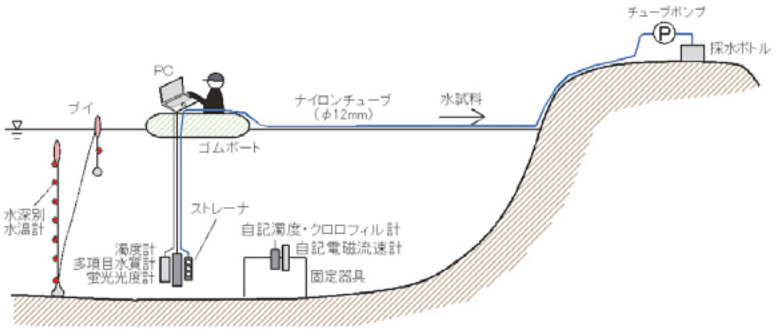


（b）洪水吐地点の様子と観測機器

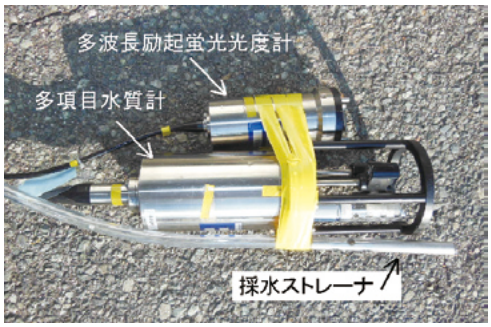


（c）斜樋流出口の採水地点と観測機器

Fig.5　ため池流出地点の様子と観測機器
Schematic and photographic images of the outflow points



（a）ため池内における採水と水質観測方法



（b）採水ストレーナと水質観測センサー

Fig.6　ため池内の採水方法
Water sampling methods and equipment

ろ液に視認可能な微細粒子が見られることがあったので，本研究では，SS分析に孔径0.4μmのガラス繊維ろ紙を用いた。これは，できるだけ土壌粒子を取り除くことを目的としており，今回の分析が，通常のSSと異なることを示すため，$SS_{0.4}$と表記する。

全放射性セシウムの分析は，ゲルマニウム半導体検出器を用いて，2Lマリネリ容器に封入して分析を行った。ここで，前処理として，必要に応じて最大10倍程度の蒸発濃縮を行った。蒸発濃縮では，ホットプレート上のビーカーに試料を入れ，沸騰しないよう穏やかに加熱した。ビーカーの壁面への付着物は，濃縮試料を別容器に移す際に，ブラシ等を用いて取り除くなど，試料の取りこぼしのないよう慎重に作業を行った。

溶存態の放射性セシウムは，プロジェクト研究における扱いと合わせて，試料のうち孔径0.45μmのメンブレンフィルターを通過した画分を溶存態成分と見なした。ろ過においては，効率向上のため，直径15cmまでのろ紙・メンブレンフィルターをセットできる大型ろ過器を用いて，孔径1μmのガラス繊維濾紙と孔径0.45μmのメンブレンフィルターを重ねて使用した。ろ過試料は基本的に20Lとし，ろ過後に2Lまで蒸発濃縮により減容し，セシウム分析に供した。

放射性セシウムの分析結果は，採水日を基準に減衰補正を施し，Cs-134とCs-137の合計値で評価した。

Ⅲ　結果と考察

3.1　流入渓流における放射性セシウム濃度

Fig.7にハイエトグラフと流入渓流水の放射性セシウム濃度の推移を示す。渓流水中の放射性セシウム濃度は，おおよそ0.2～2.3Bq/kgの範囲で推移した。濃度の全般的な傾向を見ると，夏場に高く，秋に入ると濃度は低下した。渓流AとBを比較すると，全般に渓流Aの方が高かった。期間中（6月1日から12月末）の総雨量は，1027mmであった。

Fig.8に渓流水の浮遊物質と放射性セシウムの関係を示す。$SS_{0.4}$と放射性セシウムには一定の関係が見られ，回帰直線の勾配は，渓流Aの方がBよりも1.8倍大きかった。データは，$SS_{0.4}$が10mg/L程度以下と比較的低濃度の条件で得られたものであったが，決定係数はやや低いものの関係性は明らかであった。

回帰直線の傾きが渓流AとBで異なる要因については不明である。出水時を含めたデータの蓄積が必要であろう。

森林総合研究所（2012a，2012b，2012c）によると，森林を源流とする渓流流出水に含まれる放射性セシウムは，通常は1Bq/kg以下であったが，降雨時には数Bq/kgから最大49Bq/kg程度検出され，渓流水中の放射性セシウムは，懸濁物質が主な由来と考えられたとしている。今回の調査で得られた流入渓流の観測値は，降雨の影響は少ないが，SSとの相関が認められることから，流入渓流水の放射性セシウムの多くは，懸濁物質由来であるといえる。

3.2　ため池流出水の放射性セシウム

ため池流出水の放射性セシウム濃度の推移を**Fig.9**に示す。

採水場所の違いによるセシウム濃度の違いを見ると，より深部から採水を行った流出管で放射性セシウム濃度が高く，洪水吐と斜樋では，差は明確ではなかった。全般的な傾向は，ため池流入水と同様に夏場に高く，10月以降は濃度が低下した。また，ため池流出水の濃度は，流入水と比較すると全体的にやや高いようである。

流出管と斜樋においては，9月中旬に濃度の一時的な上昇がみられた。このことについては，後述する。

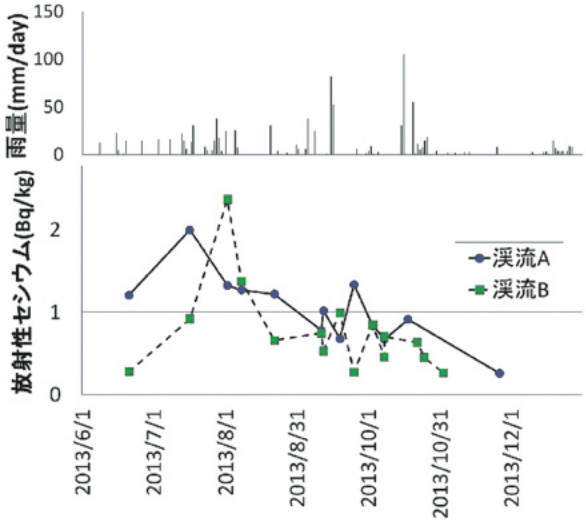


Fig.7　流入渓流における水中の放射性セシウム濃度
Concentration of radioactive cesium in the inflow

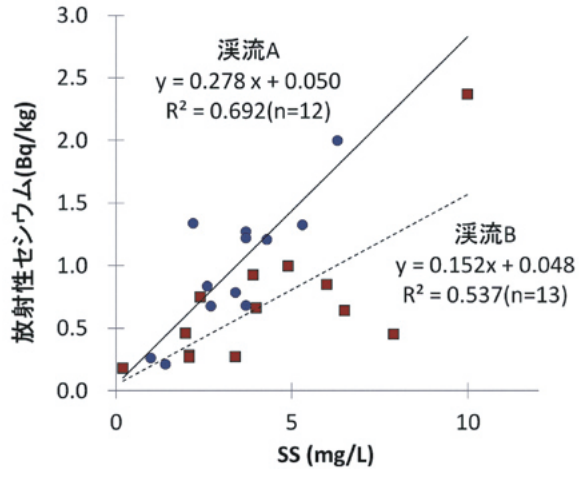


Fig.8　流入渓流における$SS_{0.4}$と放射性セシウムの関係
Relationship between suspended solids and radioactive cesium in the inflow

Fig.10に流出水の浮遊物質濃度と放射性セシウムの関係を示す。

流入水と同様に，$SS_{0.4}$が15mg/L未満と比較的低い範囲での調査結果であり，また，決定係数は必ずしも高くないが，浮遊物質濃度と放射性セシウム濃度に一定の関係が見られた。ここで，洪水吐では，越流水を採取しているため，一番ため池表層に近く，次に斜樋（水面より数十cm下），そして，流出管の位置は水面より1.5m程度以上低い。流出管からの流出水は，浮遊物質濃度がやや高い傾向にあった。流出地点の違いによる懸濁物質と放射性セシウム濃度の関係性の違いは，ため池水の流出高さの違いを反映している可能性がある。次節で，ため池貯留水の鉛直方向の懸濁物質（濁度）と放射性セシウムの分布を示す。

3.3　ため池内の放射性セシウム

ため池貯留水の放射性セシウム濃度および濁度，水温の鉛直分布を**Fig.11**に示す。

Fig.11（**a**）は，8月から9月に得られたデータの比較である。

8月23日と9月20日は，ともに雨の影響が少ない状態での放射性セシウムの鉛直分布である。水深が深く底に近いほど放射性セシウム濃度が高い傾向が見られる。

一方，9月12日の採水は，前節でみたようにため池流出水中の放射性セシウム濃度が一時的に上昇した時期と対応している。このとき，調査ため池では，9月11日に，ため池水が斜樋から流出し，水位が1.2m以上低下したが，その際に，渓流水の流入部付近に堆積していた堆砂の一部が，ため池水位の低下に伴って浸食されてため池内で底質の再移動が生じたことが推察された。**Fig.12**は，9月11日における流入部の状況を示したものである。渓流水の流入部に堆積した底質が水位低下に伴って浸食された様子が確認でき，底質の再移動が生じたことは明らかである。その際の底質の巻き上げや再移動により流出水の放射性セシウム濃度が上昇した可能性が指摘される。

また，ため池内の水の鉛直混合の状況を知る手立てとして，ため池内の水温の鉛直分布を測定している。2013年8月下旬から11月初旬にかけての測定結果を**Fig.13**に示す。

8月下旬から9月上旬にかけて，ため池貯留水の上層と下層では水温差があるため，水温の違いによる密度差により混合しにくい状況であったが，その後，降雨時のより低温の渓流水の流入や，日射量の減少等によりため池の水温は全体的に低下していく。その際，上層と下層の水温差は小さくなり，混合しやすい状況が生じている。例えば，9月4日から5日にかけての約45mmの降雨イベント，続けて9月7日から8日にかけての約26mmの降雨イベント時には，ため池の鉛直方向の水温がほぼ等しくなっており，一時的にため池貯留水が鉛直方向に混合したものと考えられる。

その後，10月中旬の136mmの降雨イベント後は，ため池内の上層と下層の水温差はほぼ解消しており，この降雨イベントを境に，調査ため池では，いわゆる湖沼の秋期の循環期に入ったものと判断される。

次に10月から11月のため池内の放射性セシウム濃度（**Fig.11**（**b**），（**c**））についてみる。

10月11日と11月26日は，降雨の影響が少ない状態での放射性セシウムの分布である。**Fig.11**（**a**）と同様に水深が深いほど放射性セシウムの濃度は高い傾向にあるが，10月11日について分析すると，水深1.5mで濃度が最低値をとり，1mおよび0.5mではやや高い濃度であった。

一方，10月18日は，当日および前日こそ降雨がなかったものの，先行降雨が3日間で105mm，5日間で135mmと降水の影響を受けている。10月18日の鉛直プロファイルでは，水深1.5mのところに放射性セシウム濃度のピークがみられ，また，全般に放射性セシウム濃度が高い傾向にあった。降雨時に流入した高い放射性セシウム濃度の渓流水の影響であったか，放射性セシウム濃度が

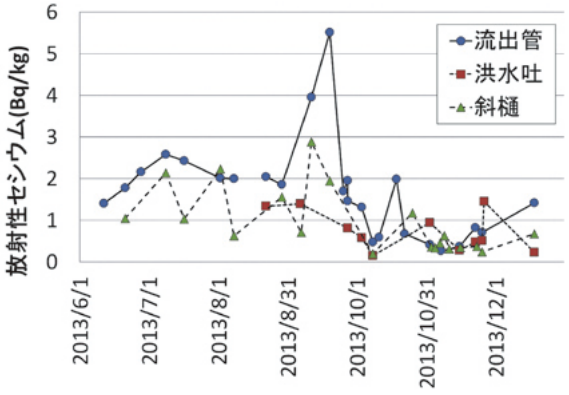


Fig.9　ため池流出水中の放射性セシウム濃度
Concentration of radioactive cesium in the outflow

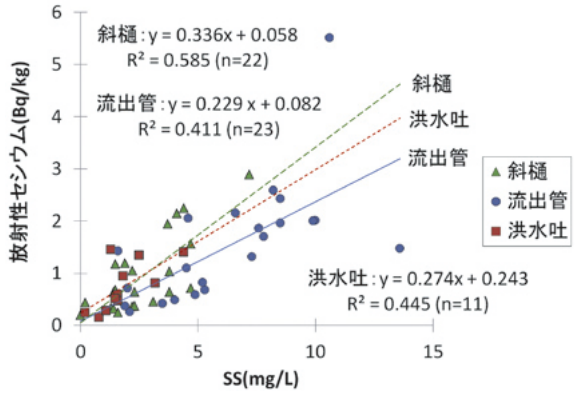
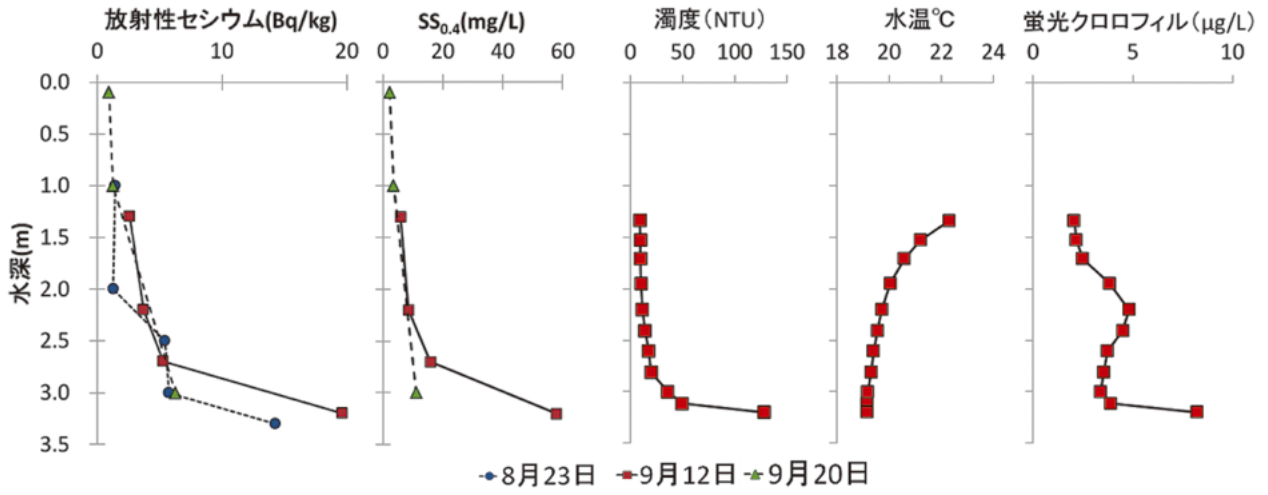
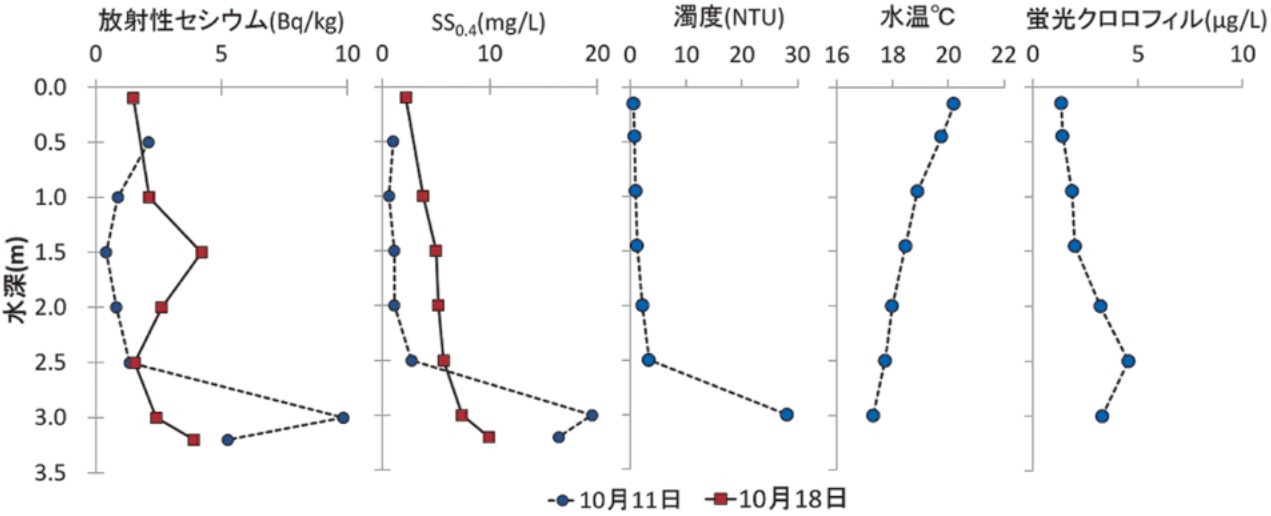


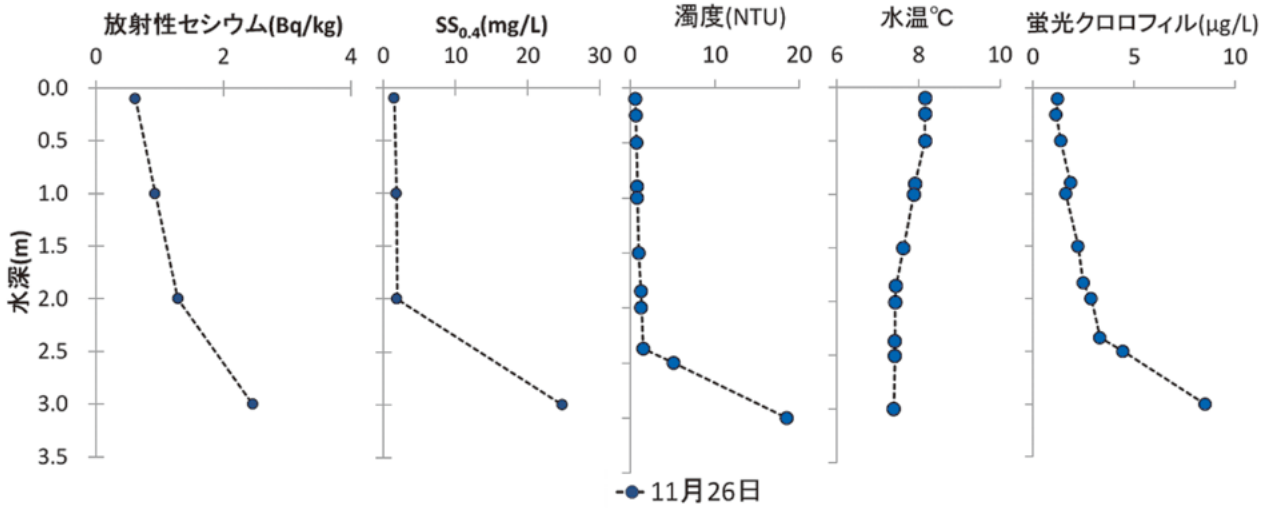
Fig.10　流出水の$SS_{0.4}$と放射性セシウムの関係
Relationship between suspended solids and radioactive cesium in the outflow



（a）2013年8月～9月（濁度と水温，蛍光クロロフィルは9月12日のみ）



（b）2013年10月（濁度と水温，蛍光クロロフィルは10月1日のみ）



（c）2013年11月26日

Fig.11　ため池貯留水中の放射性セシウム濃度，濁度，水温の鉛直分布
Vertical profiles of radioactive cesium concentration, turbidity, and temperature in the reservoir



Fig.12　ため池流入部の底質の浸食状況（9月11日）
Bottom sediment in part of the reservoir inflow（2013/9/11）

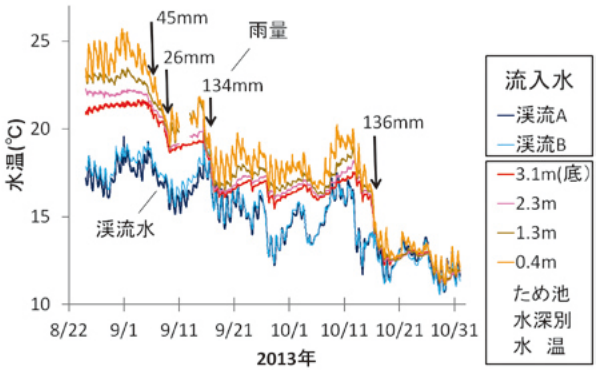


Fig.13　ため池貯留水および渓流水の水温
Water temperature in the reservoir and inflow stream

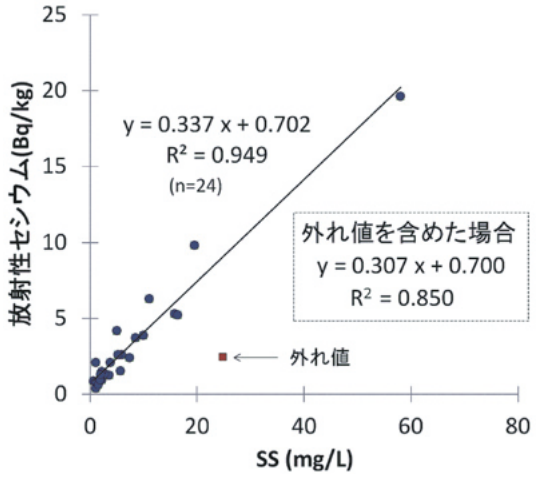


Fig.14　ため池貯留水中の懸濁物質と放射性セシウム濃度の関係
Relationship between suspended solids and radioactive cesium in the reservoir

高いため池底質の巻き上げによるものか，判別は困難であるが，このどちらか，または，両方が要因として指摘されよう。

Fig.14にため池貯留水の$SS_{0.4}$と放射性セシウム濃度の関係を示す。ため池内で採取した水に含まれる放射性セシウム濃度は，深さに関係なく，$SS_{0.4}$を用いて，ほぼ一つの回帰直線で表すことができることがわかった。このことは，懸濁物質の質量当たりの放射性セシウム量すなわち懸濁物質中の放射性セシウム濃度がほぼ一定であることを示唆している。ここで，回帰直線の傾きが約0.34であることから，懸濁物質の放射性セシウム濃度は，340kBq/kgとなる。また，y切片の0.7は，SSが0のときの放射性セシウム濃度を示すので，この値は，調査時の平均の溶存態放射性セシウム濃度を表すと考えられる。

3.4　溶存態の放射性セシウム

溶存態放射性セシウム濃度を分析した試料の測定値と関連項目について**Table 3**に示す。溶存態放射性セシウム濃度は，流入水で0.02～0.07Bq/kg，流出水で0.02～0.11Bq/kgの範囲にあり，調査の範囲では流出水の方がやや高かった。

全放射性セシウムに対する溶存態画分の割合は，流入水で1～9%程度，流出水で1～3%程度と限定的であった。例外はあるものの，溶存態画分の割合は，流出水より流入水の方がやや高いようである。なお，溶存態画分の分析には，採水後，少なくとも数日以上を要しているので，保存中に懸濁物質に吸着されるなどの変化が生じている可能性がある。

また，Cs-137について，全放射性セシウム（*TRCs*）と溶存態放射性セシウム濃度（*DRCs*）を用いて，次式により固液比を求めた。なお，簡便のため，水中の放射性セシウムの分析結果の単位は（Bq/kg）=（Bq/L）とした。

$$[Cs-137\text{の固液比}(\mathrm{L/kg})] = \frac{[TRCs(\mathrm{Bq/L})]-[DRCs(\mathrm{Bq/L})]}{\text{懸濁物質濃度}(SS_{0.4},\ \mathrm{kg/L})} \quad \cdots(2)$$
$$DRCs(\mathrm{Bq/L})$$

ここで算定したCs-137の固液比は，固液相間で十分に平衡に達していれば，固液分配係数（原子力環境整備

Table 3 流入および流出水中の全放射性セシウムと溶存態放射性セシウム濃度
Total and dissolved radioactive cesium concentrations in inflow and outflow

区分	地点	採水日時	浮遊物質	全放射性セシウム			溶存態放射性セシウム			溶存態Cs/全放射性Cs	Cs－137の固液比
			$SS_{0.4}$ (mg/L)	Cs－134 (Bq/kg)	Cs－137 (Bq/kg)	Cs－134＋137 (Bq/kg)	Cs－134 (Bq/kg)	Cs－137 (Bq/kg)	Cs－134＋137 (Bq/kg)	(%)	($\times 10^6$L/kg)
流入	渓流A	2013/ 7/17 13:30	6.3	0.64	1.40	2.00	0.020	0.047	0.067	3.4	4.4
		2013/ 8/ 8 13:00	3.7	0.41	0.85	1.27	0.011	0.020	0.031	2.4	11.5
		2013/ 8/22 11:20	3.7	0.49	0.73	1.22	0.017	0.034	0.051	4.2	5.5
		2013/ 9/11 11:40	3.4	0.23	0.55	0.78	0.013	0.031	0.045	5.7	4.9
		2013/ 9/25 11:50	2.2	0.49	0.84	1.34	0.017	0.030	0.048	3.6	12.1
		2013/10/ 8 12:50	2.7	0.31	0.36	0.67	0.019	0.041	0.060	9.0	2.9
		平均	3.7	0.43	0.78	1.21	0.016	0.034	0.050	4.7	6.9
	渓流B	2013/ 7/ 7 11:20	3.9	0.29	0.63	0.92	0.015	0.030	0.045	4.9	5.1
		2013/ 8/ 8 13:20	－	0.40	0.98	1.38	0.006	0.010	0.016	1.2	－
		平均	3.9	0.34	0.81	1.15	0.011	0.020	0.031	3.0	5.1
流出	流出管	2013/ 6/28 14:30	6.6	0.65	1.5	2.16	0.014	0.026	0.040	1.8	8.6
		2013/ 7/17 14:30	8.5	0.75	1.7	2.43	0.008	0.015	0.023	1.0	12.8
		2013/ 8/ 2 13:20	10.0	0.61	1.4	2.01	0.021	0.037	0.058	2.9	3.7
		2013/ 8/ 8 11:30	9.9	0.64	1.4	2.00	0.014	0.028	0.042	2.1	4.8
		2013/ 9/11 11:40	10.6	1.35	2.6	3.96	0.032	0.078	0.11	2.8	3.0
		2013/10/18 10:50	－	0.60	1.4	1.99	0.031	0.067	0.098	4.9	－
		平均	9.1	0.77	1.7	2.42	0.020	0.042	0.062	2.6	6.6
	斜樋	2013/ 7/17 14:00	4.4	0.35	0.69	1.04	ND	0.004	－	－	35.5
		2013/ 8/ 8 12:20	3.8	0.17	0.46	0.63	ND	0.012	－	－	9.9
		平均	4.1	0.26	0.58	0.83	－	0.008	－	－	22.7

センター（1990），山口ら（2012））と対比されるものである。

得られた固液比は，流入水で3～12 × 10^6L/kg，流出水で3～36 × 10^6L/kgであった。明確な傾向などは確認できなかった。

3.5 降雨の影響

今回の調査結果では，降雨時もしくは降雨の影響を反映したと考えられるデータは限定的であり，降雨の影響を十分に分析できなかった。

Fig.15に，ため池流出水における5日間先行降雨量と放射性セシウム濃度の関係を示す。これをみると先行降雨量と放射性セシウム濃度の関係は，いずれも正の相関が見られるものの，決定係数は，0.2から0.4程度と低い。

また，流入水では，12時間，24時間および3日間先行降雨と放射性セシウムの関係について調べたが（Appendix），降雨時の観測値が十分でなく，その関係性の解明は今後の課題である。

3.6 浮遊物質と放射性セシウムの関係について

すべての観測地点（流入水-**Fig.8**，貯留水-**Fig.10**，流出水-**Fig.14**）における浮遊物質濃度と水中の放射性セシウム濃度の関係式を**Fig.16**にまとめて示す。関係式の傾きは，貯留水と斜樋がほぼ同じで，洪水吐と渓流Aが同等程度，流出管はやや小さく，渓流Bはさらに小さく貯留水の半分以下となった。また，貯留水では，y切片がやや大きく上側へのシフトが見られた。

3.3でみたように，浮遊物質と水中の放射性セシウム濃度の関係を示す回帰直線において，y切片は，浮遊物質が0のときの，水の放射性セシウム濃度を示す。すなわち観測値の溶存態放射性セシウム濃度を示すものといえる。ここで，観測時期の違いにより溶存態放射性セシウム濃度は異なることが想定されるため，複数回の調査結果から得られたこれらの回帰直線のy切片も調査時期の平均的な値を示すものと考えられる。その際，厳密には，浮遊物質の分析に孔径0.4μmのガラス繊維ろ紙を用いているので，これを通過する画分の濃度を示している。得られた結果は，このような制限を受けているが，以下ではy切片の値を用いて溶存態放射性セシウム濃度について考察する。

渓流AとBのy切片（**Fig.8**）は，それぞれ0.050と0.048であるが，それぞれの溶存態放射性セシウム濃度（**Table 3**）は，0.05と0.03Bq/kgである。溶存態放射性セシウムの分析では，孔径0.45μmのメンブレンフィルターを用いてろ過しているので，孔径0.4μmのガラス繊維ろ紙を用いて評価したy切片と異なる可能性があるが，ここでは，溶存態放射性セシウム濃度とy切片の値が同程度であることから，0.4μmのガラス繊維ろ紙の通過画分と0.45μmのメンブレンの通過画分には大差はないといえる。

一方，貯留水のy切片は，0.70（**Fig.14**）である。この回帰直線は，ため池貯留水のうち，池底に近く浮遊物質濃度が高い試料のデータを含んでおり，これがy切片の値に過剰な影響を与えている可能性があるので，例えば，$SS_{0.4}$が10mg/L未満のデータセットのみを用いて回帰直線を作成した場合でもy切片は0.59である。これに対して，貯留水に含まれる溶存態放射性セシウムは，最大0.11Bq/kg，平均0.06Bq/kgであり（**Table 3**），y切片の値とは乖離が見られる。

すなわち，貯留水では，0.45μmのメンブレンフィルターは通過しないが，0.4μmのガラス繊維ろ紙を通過する放射性セシウムの画分が，少なくとも0.5Bq/kg以上存在することが示唆される。

同様に，流出水のy切片を見ると斜樋と流出管は，0.058と0.082と低いが洪水吐は0.243とやや高い。流出管の溶存態画分は0.06Bq/kgなのでほぼ対応しているが，斜樋と洪水吐では比較できるデータがない。

以上のように，浮遊物質が0のときの全放射性セシウム濃度と溶存態放射性セシウムの濃度に乖離が認められるが，その要因として以下の可能性が指摘される。

① もともとため池貯留水に0.45μmメンブレン非通過，0.4μmガラス繊維ろ紙通過の微細浮遊物質の画分が存在する。

② 溶存態の放射性セシウム分析用試料が採水後，メンブレンろ過を行うまでの間に溶存態画分が変質しメンブレン非通過に変わっている。

③ データ不足や分析上の問題などから浮遊物質と放射性セシウムの関係式がずれている。

以上のように，現時点では，いくつかの可能性が考えられ結論を示すことはできない。例えば，②のように試料の移動，保管中の変質が考えられる場合，オンサイトでろ過，濃縮作業を行うことなどでその影響の有無を調べることができる。今後，不足するデータの蓄積を図り，回帰直線の精度を向上させるとともに，溶存態放射性セシウムの分析法についても検討を行う必要がある。

Ⅳ　結　言

阿武隈高地に立地する典型的な谷型ため池において，流入と流出水およびため池貯留水の放射性セシウム濃度をモニタリングし，以下の結果を得た。

1）ため池への流入水，流出水とも放射性セシウム濃度は，夏期におよそ1～3Bq/kg程度と高く，10月以降には濃度は0.2～1.5Bq/kgと全般的に低下した。

2）流入水，流出水および貯留水で浮遊物質と放射性セシウムに正の相関が確認された。回帰直線の傾きやy切片には違いが見られたが，要因の解明には，今後のデータ蓄積等が必要である。

3）溶存態セシウムは，流入水で0.02～0.07Bq/kg，流出水で0.02～0.11Bq/kgであり，流出水の方がやや高かった。全放射性セシウムに対する割合は，流入水で1～5%程度，流出水で1～3%程度と限定的であった。このことより，作物吸収の面から懸念されている溶存態放射性セシウム濃度は限られており，また，全放射性セシウム濃度の値は，ほぼ懸濁態放射性セシウム濃度の値で説明できることがわかった。

4）ため池貯留水の放射性セシウムの鉛直分布をみると，全般に下層ほど高いが，降雨の影響により中層が高い場合や，無降雨時においても上層にやや高い場合が観察された。

5）ため池水位の低下時に，ため池流出水の放射性セシウム濃度が2.9～4.0Bq/kgと一時的に上昇した。ため池流入部の底質の再移動などによる影響と考えられた。

6）降雨の影響は，ため池流出水について5日間先行降雨量と放射性セシウム濃度の関係に正の相関が見られたものの，流入水ではデータが限定的で検討が十分にできなかったため今後の課題として残された。

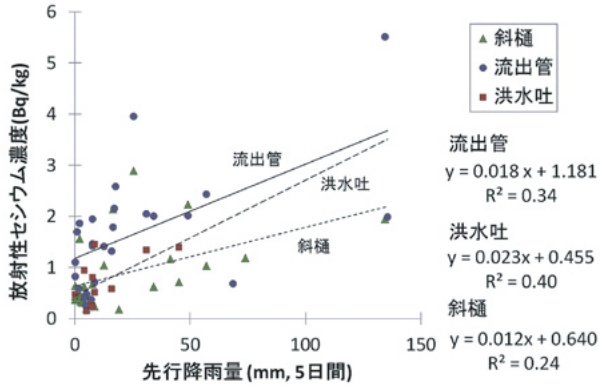


Fig.15　5日間先行降雨量と放射性セシウム濃度の関係
Relationship between rainfall during the preceding 5 days and radioactive cesium level

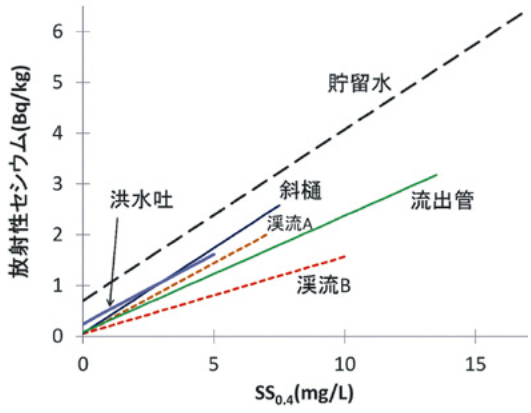


Fig.16　浮遊物質と水中の放射性セシウム濃度の関係
Relationship between suspended solids and radioactive cesium in the reservoir

今後，流入量および流出量の連続観測など水文観測の強化を図るとともに，降雨時のため池流入水，流出水の詳細な観測等を実施し，より詳細に放射性物質の移動現象を把握していく必要がある。また，森林からの渓流からの流入水に含まれる放射性セシウムの経年変化特性の把握や，ため池内に底質として堆積した放射性セシウムの溶出や巻き上げなどの動態解明，さらに，ため池の管理形態の違いによる放射性セシウムの流出制御の可能性などの検討等が今後の課題である。

謝辞：本研究において，調査地の選定と決定に当たっては，元農業環境技術研究所の谷山一郎氏，福島県農業総合センターの吉岡邦雄氏，森林総合研究所の高橋正道氏らの尽力が大きく，当地における調査受け入れと地元との調整に当たっては，国際農林水産業研究センターの万福裕造氏の貢献が大である。また，困難な状況の中，調査の受け入れと観測施設の設置にご協力いただいたため池管理者をはじめとする地元関係者に感謝したい。渓流水の調査に当たっては，森林総合研究所の坪山良夫氏らの協力を得ており，ため池の最新の空中写真は，簡易型空撮気球「ひばりは見た！」（村上，2007）を用いて農研機構東北農業研究センター福島拠点の村上敏文氏に撮影いただいた。
水中の放射性セシウムの分析では，農研機構食品総合研究所の濱松潮香氏，八戸真弓氏ならびに東北農業研究センターの松波寿弥氏らの協力を得た。観測機器の製作および設置，現地調査の実施に当たっては，農村工学研究所の寺川淨司氏，石島正人氏，野口克行氏ならびに東北農業研究センター業務第4科の村上修氏，丹治順史氏，伊藤聖一氏，宍戸力雄氏，井沢憲行氏，櫻井貴雄氏，吉田聖徳氏らの貢献が大きい。ここに記して謝意を表する。

引用文献

Aoi Y. Fukushi K. Itono T. Kitadai N. Kashiwaya K. Yamada H. Hatta T. and Manpuku Y. (2014) Distribution and mineralogy of radioactive Cs in reservoir sediment contaminated by the Fukushima nuclear accident. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, **109**, 23-27

原子力環境整備センター（1990），土壌と土壌溶液間の放射性核種の分配係数，p.2

福島県（1988），土地分類基本調査　川俣　5万分の1　国土調査，p.31

福島県農地管理課（2013）：施設管理システムの概要，https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/36045d/noutikannri002.html，2014/10/30閲覧

濵田康治・吉永育生・久保田富次郎・白谷栄作（2013），汚染されたため池底質からのCs溶出と湖水濃度の関係，水土の知　**81**(9)，pp.23-26

久保和也，柳沢幸夫，吉岡敏和，山元孝広，滝沢文教（1990），地域地質研究報告書　原町及び大甕地域の地質，地質調査所，p.155

久保田富次郎，申文浩，濵田康治，人見忠良（2015），遠隔監視による濁度・水文観測の課題と今後の活用，水土の知　**83**(2)，p.97-100

産業技術総合研究所地質調査総合センター，地質Navi，2014/10/5閲覧

村上敏文（2009）：簡易型空撮気球「ひばりは見た！」マニュアル（Ver　2.1），http://www.naro.affrc.go.jp/tarc/contents/hibari/index.htmlよりアクセス（2014年10月26日閲覧）

農林水産省農村振興局（2013）：福島県内におけるため池中の放射性物質に関する実態と対策について～中間とりまとめ概要　～，http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/pdf/tyukan.pdf，（2014年10月30日閲覧）

農林水産省農村振興局・福島県農林水産部（2014）：ため池等の放射性物質に関する実態と対策について～2013年度ため池等汚染拡散防止対策実証事業の調査結果概要～ http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/pdf/tameike_tyousa25.pdf（2014年10月30日閲覧）

塩沢昌：放射性セシウムの土壌中の挙動，水稲への移行，水系への流出，放射能除染の土壌科学―森・田・畑から家庭菜園まで―（2013），学術会議叢書　**20**，63～94，日本学術協力財団

森林総合研究所（2012a）：融雪期における渓流水中の放射性物質の観測結果，2012年6月12日プレスリリース，http://www.ffpri.affrc.go.jp/press/2012/20120612/index.html（2014年10月30日閲覧）

森林総合研究所（2012b）：梅雨期における渓流水中の放射性物質の観測結果，2012年9月21日プレスリリース，http://www.ffpri.affrc.go.jp/press/2012/20120921/index.html（2014年10月30日閲覧）

森林総合研究所（2012c）：8月～10月における渓流水中の放射性物質の観測結果，2012年12月20日プレスリリース，http://www.ffpri.affrc.go.jp/press/2012/20120612/index.html（2014年10月30日閲覧）

東北農政局：福島県内のため池（3回目）及び農業用水路における放射性物質の測定結果について，プレスリリース（2012年9月5日）

山口紀子・高田裕介・林健太郎・石川覚・倉俣正人・江口定夫・吉川省子・坂口　敦・朝田　景・和穎朗太・牧野知之・赤羽幾子・平舘俊太郎（2012），土壌－植物系における放射性セシウムの挙動とその変動要因，農環研報　**31**，75～129（2012）

吉永育生・島崎昌彦・常住直人・高木強治(2013)，ため池底質におけるCsの堆積状況と粒径別Cs濃度の比較，水土の知　**81**(9)，pp.19～22

吉迫宏・小山潤・小川茂男・福本昌人(2013)，広島県椋梨川流域における谷池型ため池群の洪水緩和効果，農業農村工学会論文集，**285**，pp.1～10

受理年月日：平成26年11月4日

付録：全放射性セシウム濃度と先行降雨量

Table　全放射性セシウム濃度と先行降雨量(1)
Concentration of total radioactive cesium and antecedent precipitation (1)

区分	地点	採水日時	浮遊物質	全放射性セシウム			先行降雨		
			$SS_{0.4}$ (mg/L)	Cs－134 (Bq/kg)	Cs－137 (Bq/kg)	Cs－134＋137 (Bq/kg)	12h	24h	当日を含めた3日降雨（mm）
流入	渓流A	2013/ 6/21 14:00	4.3	0.35	0.85	1.21	0.0	0.0	15.0
		2013/ 7/17 13:30	6.3	0.64	1.36	2.00	0.0	0.0	20.0
		2013/ 8/ 2 16:00	5.3	0.43	0.89	1.32	0.0	0.5	27.0
		2013/ 8/ 8 13:00	3.7	0.41	0.85	1.27	0.0	0.0	7.5
		2013/ 8/22 11:20	3.7	0.49	1.73	1.22	0.0	0.0	31.0
		2013/ 9/11 11:40	3.4	0.23	0.55	0.78	0.0	0.0	0.0
		2013/ 9/12 13:40	－	0.30	0.72	1.02	0.0	0.0	0.0
		2013/ 9/19 11:30	3.7	0.30	0.38	0.68	0.0	0.0	0.0
		2013/ 9/25 11:50	2.2	0.49	0.84	1.34	0.0	0.0	1.0
		2013/10/ 3 13:00	2.6	0.28	0.56	0.84	0.0	1.0	14.5
		2013/10/ 8 12:50	2.7	0.31	0.36	0.67	0.0	0.0	1.5
		2013/10/18 11:20	－	0.26	0.65	0.91	0.0	0.0	105.0
		2013/11/ 7 10:40	1.4	0.07	0.14	0.21	0.0	0.0	2.0
		2013/11/26 11:50	1.0	0.05	0.21	0.26	0.0	8.5	8.5
		平均		0.33	0.65	0.98			
	渓流B	2013/ 6/21 14:20	2.1	0.09	0.20	0.28	0.0	0.0	15.0
		2013/ 7/17 11:20	3.9	0.29	0.63	0.92	0.0	0.0	20.0
		2013/ 8/ 2 16:10	10.0	0.86	1.51	2.37	0.0	0.5	27.0
		2013/ 8/ 8 13:20	－	0.40	0.98	1.38	0.0	0.0	7.5
		2013/ 8/22 10:50	4.0	0.18	0.48	0.66	0.0	0.0	31.0
		2013/ 9/11 11:20	2.4	0.30	0.45	0.74	0.0	0.0	0.0
		2013/ 9/12 13:30	－	0.16	0.37	0.53	0.0	0.0	0.0
		2013/ 9/19 11:10	4.9	0.39	0.60	0.99	0.0	0.0	0.0
		2013/ 9/25 11:40	3.4	0.13	0.14	0.27	0.0	0.0	1.0
		2013/10/ 3 12:50	6.0	0.32	0.53	0.85	0.0	1.0	14.5
		2013/10/ 8 12:40	2.0	0.16	0.30	0.46	0.0	0.0	1.5
		2013/10/ 8 0:00	－	0.27	0.44	0.70	0.0	0.0	1.5
		2013/10/22 11:00	6.5	0.20	0.43	0.64	5.0	5.5	68.5
		2013/10/25 16:00	7.9	0.14	0.31	0.45	3.0	10.0	29.0
		2013/11/ 2 14:50	2.1	0.10	0.17	0.27	0.0	0.0	0.0
		2013/11/26 11:40	0.2	0.06	0.11	0.17	0.0	8.5	8.5
		平均		0.25	0.48	0.73			

Table 全放射性セシウム濃度と先行降雨量(2)
Concentration of total radioactive cesium and antecedent precipitation (2)

区分	地点名	採水日時	全放射性セシウム			先行降雨	
			Cs－134 (Bq/kg)	Cs－137 (Bq/kg)	Cs－134＋137 (Bq/kg)	当日を含めた3日降雨(mm)	当日を含めた5日降雨(mm)
流出	流出管	2013/ 6/11 14:56	0.49	0.92	1.41	0.0	12.5
		2013/ 6/21 11:20	0.52	1.26	1.78	15.0	16.5
		2013/ 6/28 14:30	0.65	1.51	2.16	15.5	17.0
		2013/ 7/ 9 14:00	0.79	1.80	2.59	17.0	17.5
		2013/ 7/17 14:30	0.75	1.69	2.43	20.0	57.0
		2013/ 8/ 2 13:20	0.61	1.40	2.01	27.0	49.0
		2013/ 8/ 8 11:30	0.64	1.36	2.00	7.5	34.0
		2013/ 8/15 0:00	0.34	0.76	1.10	0.0	0.0
		2013/ 8/22 13:00	0.63	1.42	2.05	31.0	31.0
		2013/ 8/29 10:00	0.53	1.33	1.86	2.0	2.0
		2013/ 9/11 10:40	1.35	2.61	3.96	0.0	25.5
		2013/ 9/19 14:00	1.43	4.08	5.51	0.0	134.5
		2013/ 9/25 10:40	0.47	1.22	1.69	1.0	1.0
		2013/ 9/27 16:15	0.90	1.05	1.95	7.5	7.5
		2013/ 9/27 11:30	0.65	0.81	1.47	7.5	7.5
		2013/10/ 3 11:00	0.63	0.69	1.32	14.5	16.0
		2013/10/ 8 11:20	0.21	0.27	0.48	1.5	5.0
		2013/10/10 17:10	0.17	0.42	0.59	0.0	1.5
		2013/10/18 10:50	0.60	1.39	1.99	105.0	135.5
		2013/10/22 10:40	0.23	0.45	0.68	68.5	68.5
		2013/11/ 2 15:10	0.13	0.28	0.42	0.0	4.0
		2013/11/ 7 11:50	0.09	0.17	0.27	2.0	4.5
		2013/11/15 14:50	0.11	0.26	0.37	3.0	7.0
		2013/11/22 15:25	0.26	0.57	0.83	0.0	0.0
		2013/11/25 10:30	0.17	0.54	0.71	8.5	8.5
		2013/12/18 10:20	0.41	1.01	1.42	5.0	7.5
		平均	0.53	1.13	1.66		
	洪水吐	2013/ 8/22 14:10	0.44	0.90	1.34	31.0	31.0
		2013/ 9/ 6 12:10	0.42	0.98	1.40	44.5	45.0
		2013/ 9/27 13:30	0.31	0.50	0.81	7.5	7.5
		2013/10/ 3 0:00	0.26	0.32	0.58	14.5	16.0
		2013/10/ 8 0:00	0.10	0.05	0.15	1.5	5.0
		2013/11/ 2 14:20	0.24	0.70	0.94	0.0	4.0
		2013/11/15 13:50	0.10	0.18	0.28	3.0	7.0
		2013/11/22 15:00	0.15	0.33	0.47	0.0	0.0
		2013/11/25 11:10	0.10	0.41	0.51	8.5	8.5
		2013/11/26 12:00	0.36	1.10	1.45	8.5	8.5
		2013/12/18 11:40	ND	0.16	0.23	5.0	7.5
		平均	0.25	0.51	0.74		
	斜樋	2013/ 6/21 14:40	0.38	0.66	1.04	15.0	12.5
		2013/ 7/ 9 13:00	0.66	1.48	2.14	17.0	16.5
		2013/ 7/17 14:00	0.35	0.69	1.04	20.0	57.0
		2013/ 8/ 2 15:30	0.71	1.52	2.24	27.0	49.0
		2013/ 8/ 8 12:20	0.17	0.46	0.63	7.5	34.0
		2013/ 8/15 0:00	0.14	0.30	0.44	0.0	0.0

Table　全放射性セシウム濃度と先行降雨量(2)（続き）
(cont.)

区分	地点名	採水日時	全放射性セシウム			先行降雨	
			Cs－134 (Bq/kg)	Cs－137 (Bq/kg)	Cs－134＋137 (Bq/kg)	当日を含めた3日降雨(mm)	当日を含めた5日降雨(mm)
流出	斜樋	2013/ 8/29 10:20	0.47	1.09	1.56	2.0	2.0
		2013/ 9/ 6 12:50	0.23	0.48	0.71	44.5	45.0
		2013/ 9/11 12:20	0.99	1.90	2.89	0.0	25.5
		2013/ 9/19 11:40	0.53	1.41	1.95	0.0	134.5
		2013/10/ 8 0:00	0.05	0.15	0.20	1.5	5.0
		2013/10/23 12:00	0.35	0.83	1.18	18.0	74.0
		2013/10/25 12:00	0.35	0.82	1.17	29.0	41.5
		2013/11/ 2 15:00	0.12	0.24	0.36	0.0	4.0
		2013/11/ 4 12:00	0.12	0.22	0.33	2.5	2.5
		2013/11/ 6 12:00	0.14	0.31	0.45	2.0	2.5
		2013/11/ 8 12:00	0.19	0.44	0.63	2.0	4.0
		2013/11/10 12:00	0.11	0.21	0.32	1.0	3.0
		2013/11/15 13:00	0.12	0.23	0.34	3.0	7.0
		2013/11/22 14:40	0.15	0.22	0.37	0.0	0.0
		2013/11/25 10:50	0.09	0.15	0.24	8.5	8.5
		2013/12/ 8 12:00	0.20	0.44	0.64	0.0	0.0
		2013/12/18 10:50	0.20	0.47	0.68	5.0	7.5
		2013/12/30 12:00	0.06	0.12	0.18	1.5	19.0
		平均	0.14	0.28	0.41		

Monitoring Radioactive Cesium Concentration in a Small Agricultural Reservoir in the Abukuma Mountains

Tomijiro Kubota*・ Moono Shin**・ Koji Hamada*・ Tadayoshi Hitomi*
* National Institute for Rural Engineering
**Tohoku Agricultural Research Center

Abstract

Radioactive materials were released over wide areas around the Tokyo Power Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant after the accident caused by the earthquake and tsunami on March 11, 2011. Radioactive cesium pollution in agricultural reservoirs that supply irrigation water in this region was a concern for the restart of farming. Therefore, it is important to determine the movement characteristics of radioactive cesium around agricultural reservoirs. In this ongoing study since June 2013, we measured the concentrations of radioactive cesium in inflow, outflow, and pooled water in a small agricultural reservoir located in the Abukuma Mountains. The area of the reservoir was 0.37 ha, and its pondage was 7500 m^3. The concentration of total radioactive cesium in the water was relatively high, around 1–3 Bq/kg, during the summer, but decreased to 0.2–1.5 Bq/kg after October. However, the concentration of total radioactive cesium of the outflow temporarily increased to 2.9–4.0 Bq/kg, when the water level decreased by 1.2 m in the middle of September. The increase in radioactivity was believed to be due to disturbance of the bottom water and sediment caused by relatively fast water flow. The dissolved radioactive cesium concentration in the inflow was 0.02–0.07 Bq/kg, whereas that in the outflow was 0.02–0.11 Bq/kg; both were considerably lower than the total radioactive cesium concentration. The ratios of dissolved radioactive cesium to total radioactive cesium were 1–5% in the inflow and 1–3% in the outflow. Thus, our results showed a positive correlation between the total radioactive cesium concentration in stored water and that in precipitation that occurred over the previous 5 days.

Key words: agricultural reservoir, radioactive cesium, agricultural water