

河川における放射性核種の動態

○谷口 圭輔、倉元 隆之
研究部・環境動態グループ

1 はじめに

河川水は水道や農業用水・工業用水として広く利用されている。福島第一原発事故により放射性物質が拡散された県土において、河川水を安全に利用するための情報提供が重要である。飲用基準に比べ放射性セシウム濃度は十分に低い、農作物や生態系への影響、洪水堆積物による放射性セシウムの移動などが懸念されている。そこで、河川水中での移行時の放射性セシウムの形態の違いを考慮し、①阿武隈川の支流である広瀬川を対象に、観測で得られたデータをもとに TODAM モデル（水質汚染の予測ができる数値モデル）の適用を目指す研究、②阿武隈川水系及び浜通りの主な河川を対象として、河川を通じての放射性セシウムの動態を解明し、流域の特徴との関係解析を行う研究の 2 課題に当グループでは取り組んでいる。

2 調査方法

広瀬川では、河床の断面形態や河川敷の空間線量などの調査を実施したほか、本川および主要な支流に観測地点を設け、水位・濁度・雨量の連続観測および出水時・平水時の採水調査により溶存態・懸濁態の放射性セシウム濃度の測定を行った。

広域多地点調査では、各観測地点で水位・濁度の連続観測を行うほか、浮遊砂サンプラーを設置して浮遊砂を捕集し、懸濁態の放射性セシウム濃度の測定および移行量の算出を行った。

3 結果・考察

広瀬川では、モデルの検証に用いる実測データの集積を進めるとともに、モデル開発者であるワシントン州立大の大西教授の指導を受け、モデルの運用準備を進めている。

広域多地点調査では、事故後、放射性セシウム濃度の低下傾向が続いていることが示された（図 1）。事故直後には図中の各地点で概ね 10,000 Bq/kg 以上の高い値が観測されていたが、2016 年現在で濃度は 10 分の 1 以下にまで減少している。その速度は、Cs-137 の減少速度（半減期 30.1 年）に比べ非常に速いことがわかった。今後も観測を継続し、除染の実施を含む流域の特徴と放射性セシウム動態の関係について検討を進める。

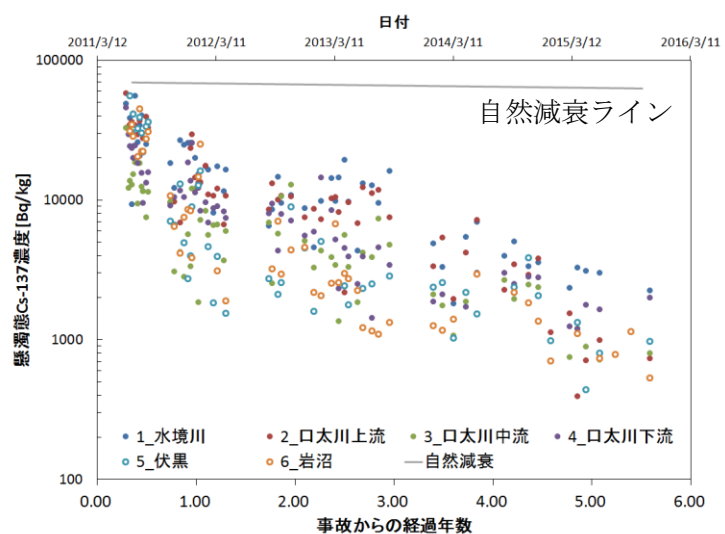


図 1 懸濁態放射性セシウム濃度の経時変化

*原子力規制庁（2015）に追記

河川敷における放射性物質の分布状況と洪水に伴う変化

○錦織 達啓、鈴木 聡
研究部・除染グループ

1 はじめに

福島第一原発事故によって放射能汚染された流域では、河川敷に上流から流れてきた放射性セシウム（放射性 Cs）を含む土砂が堆積し、周辺よりも高い空間線量率を示すことがある。そのような地点が人の利用地である場合、対策として、立ち入りの制限や除染が考えられている。除染は、一般に、放射性 Cs の大部分が存在する表層 10 cm 程度を対象としている。しかし、河川敷では土砂堆積のため放射性 Cs が深くまで分布している場合があり、表層の除染では効果が低い可能性がある。そこで本研究では、河川における放射性 Cs の深度・水平分布を踏まえた除染試験を行い、その効果を検証した。さらに、増水後の効果の持続性についても調査を行った。

2 試験方法

試験は福島県北部の上小国川（阿武隈川水系）の最下流部で行った。上小国川の流域面積は 13 km² で、面積の 75% を森林が、22% を農地が占めている。試験区間は長さ 170 m、形状は凹地で横幅 15 m、うち川幅が 1~2 m、高水敷（増水時に浸水する河岸）の幅が約 10 m である。事故前まで、堤防は通学路に、高水敷は授業等に利用されていた。2014 年 9~11 月に堤防の表土剥ぎ（深さ約 5 cm）と高水敷の堆積物の削り取りを行った。堆積物の除去深度は、除染前に測定した放射性 Cs の深度分布を基に決定した。試験前後の空間線量率から、効果の確認を行った。除染後、増水に伴って再汚染が生じるか知るために、増水前後の空間線量率と堆積物の放射性 Cs 濃度を測定した。

3 結果・考察

図 1 に高水敷の放射性 Cs 濃度の深度分布の一例を示す。一般に放射性 Cs は主に表層にのみ分布する傾向にあるが、図 1 の例では、除染前において深さ 20 cm まで約 10,000 Bq/kg と高い濃度が確認された。これは事故後の土砂堆積が原因と考えられる。

この他、試験地内には深さ 40 cm まで数千 Bq/kg ある地点もあり、放射性 Cs の分布は一様でないことが明らかとなった。この状況を踏まえ、堆積物の除去深度を地点ごとに変え、深度 15 cm から 35 cm とした。その結果、地上 1 m の空間線量率を平均 0.70 μSv/h から 0.34 μSv/h に半減させることができた。

除染から約 1 年後に大規模な洪水が起き、高水敷では最大 60 cm の浸食と 20 cm 超の堆積が生じた。しかし、この洪水堆積物の放射性 Cs 濃度は洪水前（除染後）の濃度とほぼ同じで、1,000 Bq/kg 未満と低かった（図 1）。その結果、空間線量率は洪水前で平均 0.30 μSv/h、洪水後 0.24 μSv/h とほとんど変化しなかった。今回の洪水堆積物は主に粗い粒子（砂や石）だったが、粗い粒子の放射性 Cs 濃度は細かい粒子（泥）に比べて一桁程度低いことが知られている。今回の洪水のように主に粗い粒子が堆積するならば、今後も空間線量率が上昇する可能性は低いと推察される。

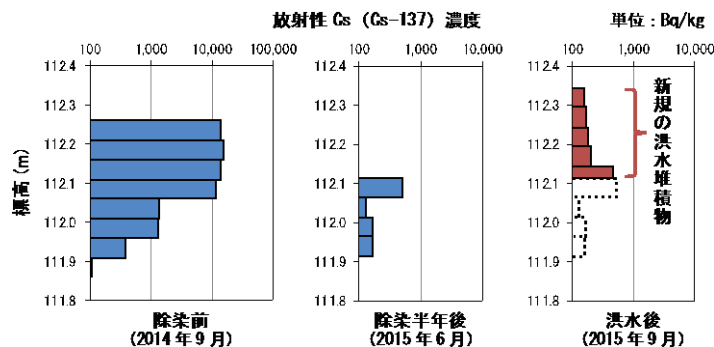


図 1 高水敷の放射性 Cs の深度分布の時間変化

野生動物における放射性核種の動態

○大町 仁志

研究部・環境動態グループ

1 はじめに

東京電力福島第一原子力発電所の事故は、放射性物質による広大な範囲の環境汚染を生じさせた。自然環境に生息する野生動物も例外ではなく、環境中の放射性セシウムが食物などから体内に取り入れられたことにより、多くの野生動物において放射性セシウムが検出されている。福島県では、2011年から野生動物の筋肉に含まれる放射性セシウム濃度のモニタリングを、2013年からは環境から野生動物体内への放射性セシウムの移行メカニズムに関する研究を開始した。野生動物の種により放射性セシウム濃度に違いがあるのか明らかにするため、イノシシとツキノワグマの筋肉に含まれる放射性セシウム濃度の比較を行った。また、野生動物の体内で放射性セシウムが検出されるのは、これらを含む食物を食べることが影響していると考えられることから、イノシシの筋肉及び胃内容物に含まれる放射性セシウム濃度について調査を行った。

2 調査方法

調査の対象となるイノシシ及びツキノワグマは、福島県内において捕獲された個体を使用した。イノシシ及びツキノワグマの筋肉についてはモニタリング結果を使用した。イノシシの胃内容物については、モニタリングを行った個体の胃内容物に含まれるガンマ線放出核種濃度の測定(湿潤重量)を行った。

3 結果・考察

県内で捕獲されたツキノワグマに比べてイノシシでは筋肉中のセシウム ^{137}Cs 濃度の高い個体が多く確認された(図1)。また、イノシシの筋肉と胃内容物に含まれるセシウム ^{137}Cs 濃度において、強い正の相関がみられた(図2)。このことから、イノシシの筋肉に含まれる放射性セシウム濃度は、食物に含まれる放射性セシウム濃度の影響を受けていることが確認された。

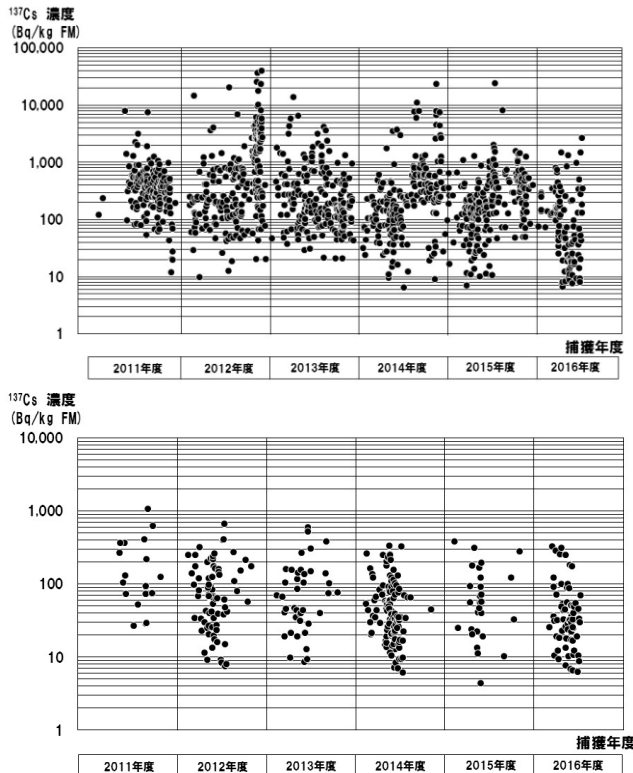


図1 筋肉中における Cs^{137} 濃度の時系列変化(福島県 2011-2016年度)
左上: イノシシ 左下: ツキノワグマ

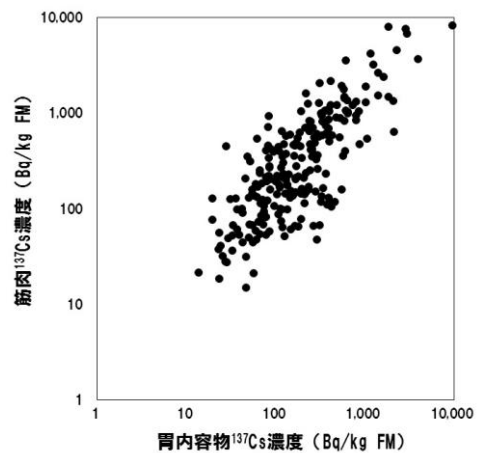


図2 イノシシの筋肉と胃内容物の関係(福島県 2013-2015年度)

焼却炉の燃焼温度制御等による放射性物質の移行挙動について

○吉田 博文

研究部・廃棄物グループ

1 はじめに

福島県内では東京電力福島第一原子力発電所事故により飛散した放射性セシウム (Cs) を含む一般廃棄物の焼却処理を行うことで、放射性 Cs が濃縮され、焼却灰 (主灰、飛灰) へ蓄積されている実態がある。

そこで、焼却灰の安全かつ適正な処分に資するため、主灰・飛灰への放射性セシウムの移行挙動を把握し、これを制御する方法を、稼働中の焼却施設における実証試験等により確認することとした。

一般にごみに含まれる放射性 Cs はゴミ燃焼時に揮発し、飛灰側に移行することが知られている。放射性 Cs の移行を規定している要因のうち、燃焼温度及び薬剤の添加による放射性 Cs の主灰、飛灰への移行挙動への影響を、実際に運用中のごみ焼却施設において確認することとした。

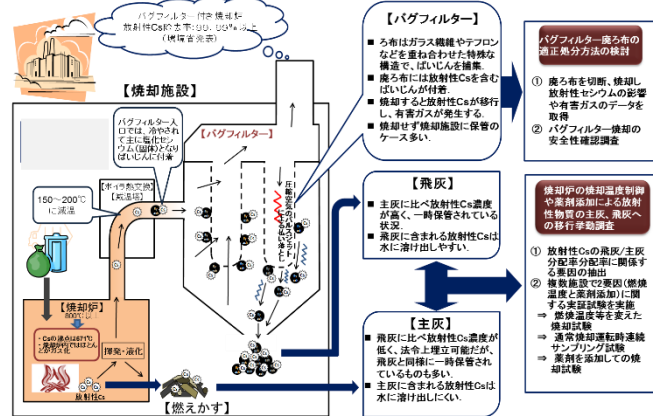


図1 廃棄物焼却過程と試験研究の課題

2 調査方法

(1) Cs 揮発促進剤・抑制剤添加試験

2 施設において、放射性 Cs の揮発促進剤 (消石灰)、抑制剤 (ベントナイト) をごみ投入時に添加 (2.2%~5.5%) した際の飛灰への放射性 Cs の分配率を調査した。

(2) 燃焼温度制御試験

4 施設において、燃焼室出口温度を 50°C 程度上下させた状態で運転した際の飛灰への放射性 Cs の分配率を調査した。

(3) 連続サンプリング試験

2 施設において、通常運転時の放射性 Cs の飛灰への分配率を調査し、運転状況との関連を調査した。

3 結果・考察

(1) Cs 揮発促進剤・抑制剤添加試験

1 施設において揮発促進剤の添加効果が顕著に見られた場合があった。しかしながら、追加で実施した試験では同様の結果を得ることができず、同施設での再現性及び他施設での効果確認に課題を残した。また、Cs 揮発抑制剤の効果は確認できなかった。

(2) 燃焼温度制御試験

4 施設のうち、2 施設においては想定燃焼温度を達成できなかった。想定どおりの燃焼室出口温度が達成できた 2 施設においては、燃焼温度を高くした運転時に、飛灰への分配率の若干の上昇が見られたが、施設毎に大きいという結果となった。

(3) 連続サンプリング試験

1 施設では、燃焼室出口温度と飛灰への分配率の間に弱い正の相関を確認したが、もう一方の施設では確認できないなど、施設毎のばらつきが大きい結果となった。

仮置場に起因する周辺への放射線影響評価

○野村 直希、西内 征司
研究部・除染グループ

1 はじめに

現在、福島県内において除染により発生する除去土壌等は、仮置場や現場保管場所で保管され、今後、中間貯蔵施設へ搬出することとなっており、これに係る安全な搬出作業の実施及び搬出作業までの間の安全な仮置場等の管理が求められている。そこで、実際に設置されている仮置場の情報を収集しつつ、福島県内に設置されたモデル的な仮置場の安全評価を行った。

2 調査方法

(1) 仮置場の現地調査

仮置場の安全評価を実施するのに先立ち、必要な情報を得るため、県内の代表的な 11 の仮置場において、空間線量率、大気中の粉じん濃度及び放射性セシウム濃度について調査した。

(2) モデル的な仮置場の安全評価

現地調査及びその他福島県内に設置された仮置場に関する情報から、モデル的な仮置場を設定し、想定される被ばくシナリオについて、平常時及び事故時に分けて評価を行った。

3 結果・考察

(1) 平常時の放射線影響について

県内 11 か所の仮置場にて調査を行い、その結果、保管物から発せられる放射線は十分に低減されており、かつ放射線影響を考慮するレベルでの仮置場からの粉じんの放出がないことを確認した。また、モデル仮置場に対して平常時の被ばく評価を行った結果、保管物との距離を適正に保つ又は遮へいすることで、近隣住宅の居住者への追加被ばく線量は低く保たれることを示した。

(2) 事故時の放射線影響について

ここでは、放射性物質の飛散・流出及び水系への放射性物質の放出の経路について評価を行った。このうち、水系への放射性物質の放出経路の評価結果について以下に示す。

現在、除去土壌等はフレキシブルコンテナなどの容器に入れて保管され、かつその上部及び下部には遮水シートを設置するのが一般的である。ここでは、仮にこれらの防護が機能しないケースを想定し、評価を行った。その結果、図 1 に示す通り、地下水の汚染による放射線影響は小さいことが示唆された。また、他のシナリオにおいても安全側に立ったパラメータを設定し、仮置場にて事故が生じた際の被ばく線量を試算した結果、仮置場に起因する周辺住民等への被ばく線量は十分に低いことが示唆された。

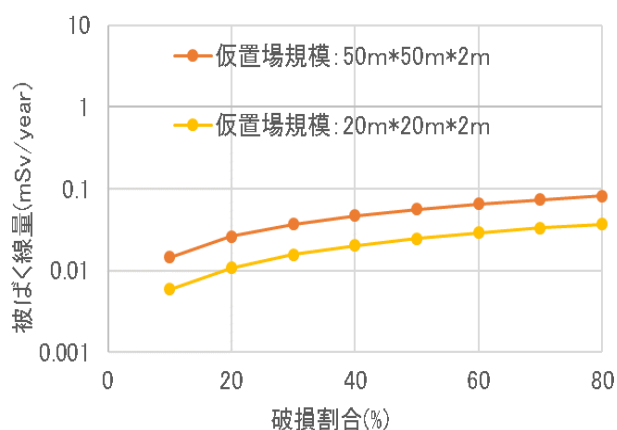


図 1 事故時の水経路での被ばく線量の計算結果

注：設置当初に 10%のフレキシブルコンテナが破損して放射性セシウムが地下水へと流出し続け、さらに 3 年後からは毎年 10%割合でフレキシブルコンテナの破損が増加していくことを想定した。

GPS 歩行サーベイによる環境マッピング技術の開発

○木村 裕

研究部・放射線計測グループ

1 はじめに

福島県では、福島第一原子力発電所事故後の県内の空間放射線量率（以下「線量率」）の把握のため、サーベイメータ及びモニタリングポスト等による定点測定が 3,500 地点以上で行われており、さらにこれらを補間する目的で 30 台以上の路線バスなどによる走行サーベイが実施されている（2016 年 3 月現在）。しかし、住宅地周辺の路地、公園及び森林など、定点測定や走行サーベイの実施が難しい場所や、同じ施設・敷地内においても測定する場所により線量率が異なる場合がある。このため、定点測定や走行サーベイに加え、より詳細な線量率の分布を把握するための測定技術も必要であり、その測定結果を分かりやすく公表することが求められている。そこで、定点測定や走行サーベイの実施が難しい住宅地周辺の路地、公園、森林等の線量率の把握を補完するため、GPS 歩行サーベイ（以下「歩行サーベイ」）による環境マッピング技術の検討を行った。

2 調査方法

歩行サーベイに必要な機材の整備を行った。測定用のソフトウェアは京都大学原子炉実験所より KURAMA-II の提供を受け、CsI(Tl)シンチレーション検出器、ディファレンシャル GPS、ノート型パソコンを組み合わせ、歩行サーベイ用の KURAMA-II を組み立てた。そして、フィールドでの試験により、方向特性や補正係数などを評価した。

3 結果・考察

方向特性については歩く方向によって線量率の分布に数メートル程度のずれが生じたが、線量率の値には変化は見られなかった。これは、線源を跨ぐように歩行サーベイを行うことで前方及び後方に対する方向特性の効果が相殺されるためと考えられる。ただし、歩行サーベイを行うエリアの外縁ではこの効果が得られないため、注意が必要である。

補正係数については、NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータによる 1m 高さでの測定値を基準に補正を行った。その結果、低線量用の検出器では高線量率領域において、入射する放射線の数え落としが発生することが分かった。このため、本機器構成では概ね $1 \mu\text{Sv/h}$ を境として検出器を低線量と高線量のそれぞれに適したものに交換することが適切であると考えられる。

歩行サーベイにより、住宅地周辺の路地、公園及び森林など、定点測定や走行サーベイの実施が難しい場所での線量率分布の把握が可能となった。

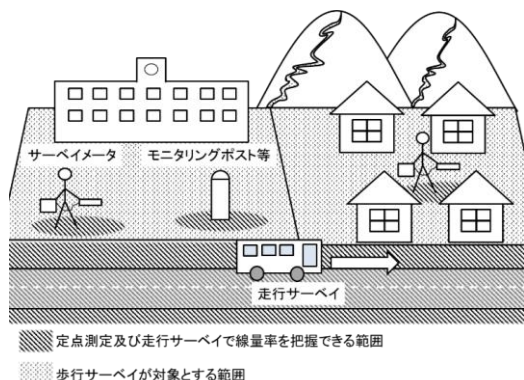


図1 歩行サーベイの対象



図2 歩行サーベイの様子

猪苗代湖における水生植物の分布特性

○大沼 沙織

研究部・環境創造グループ

1 はじめに

猪苗代湖では、近年、ヒシを含む水生植物の分布域の拡大や例年10月頃に湖岸に漂着する枯死体が問題となっており、枯死体による底質の泥化の進行及び栄養塩の回帰による水質の悪化など生態系への影響が懸念されている。猪苗代湖内の水生植物の調査は、1980年、1981年、2009年及び2010年に実施されているが^{1),2)}、その後詳細な分布状況の調査は行われていない。そこで本研究では、2015年の猪苗代湖における水生植物の分布状況を調査した。また、水生植物が繁茂している北岸部と湖心の湖水の水質を比較した。

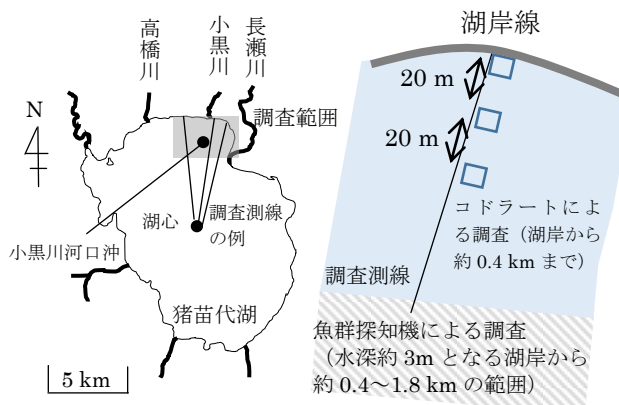


図1 調査地域 図2 分布調査の模式図

2 調査方法

図1に示す猪苗代湖北岸部の調査範囲において、2015年9月に水生植物の分布状況調査を実施した。図2の模式図のように湖心から湖岸に向けて調査測線を18本引き、調査測線上に2m四方のコドラートを20m間隔で湖岸から約0.4kmの範囲まで計284個設置した。各コドラートで出現した植物の種名、種ごとの植被率(%)、コドラート全体の植被率(%)、水深および底質の状況を調べた。さらに、調査測線上の最も湖心寄りのコドラートから水深約3mとなる湖岸から約0.4~1.8kmまでの範囲では魚群探知機により水中の沈水植物の分布状況を調査した。浮葉植物の分布域はドローンを使用した空撮により調べた。また、2010年から2015年に湖心と北岸部の小黒川河口沖で表層水を採取し、TOC濃度、全りん及び全窒素濃度を測定した。

3 結果・考察

TOC濃度、全りん濃度および全窒素濃度は小黒川河口沖が湖心よりも高い濃度を示した。北岸部は栄養塩の濃度が高い高橋川や小黒川の影響を強く受けていると考えられた。

浮葉植物の分布面積は、0.137 km²で、うちヒシ類(ヒシ及びオニビシ)は94.3%、アサザは5.7%であった。2009年8月の調査²⁾では、浮葉植物の分布面積が0.135 km²で、うちヒシ類は23.2%、アサザが76.8%であると報告されており、2009年と比べて2015年の分布状況調査ではヒシ類の分布域が拡大していた。猪苗代湖北岸部での浮葉植物の優占種がアサザからヒシ類へ変化してる可能性が示唆されたが、その原因については、今後、さらなる検討が必要だと考えられる。

参考文献

- 1) 黒沢高秀ら(2011): 1980および1981年から2009および2010年の猪苗代湖北岸部水生植物群落の変化. 福島大学地域創造. 22, pp.47-57
- 2) 黒沢高秀ら(2012): 猪苗代湖北岸の水生植物相・植生と水環境保全事業への提言. 福島大学地域創造. 24, pp.97-113