

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580330

研究課題名(和文) 流域内水質保全管理に資する各土地利用の流出水が流域末端の水質形成に及ぼす影響評価

研究課題名(英文) Evaluation of the effect of effluent water from various land uses on water quality formation of discharged water from a catchment for water quality conservation management

研究代表者

中村 公人(Nakamura, Kimihito)

京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：30293921

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,500,000円、(間接経費) 1,350,000円

研究成果の概要(和文)：流域内の各土地利用(水田, 転作田, 山地, 市街地, 集落排水処理施設)からの流出水について, 降雨時を含めた詳細な水文観測と多項目水質分析を行い, 水質濃度と負荷量の特徴を整理し, 流出量と負荷量の関係式に基づいて流域からの流出負荷量とその濃度を推定できるようにした。その結果, 各土地利用の流出水量の管理によって流域からの流出水の濃度の高低だけではなく, イオンバランスが変化することが示された。また, 放射性セシウムに着目すると, 降雨に伴う流出水中の懸濁物質の粒径組成の変化が重要な因子となることがわかった。

研究成果の概要(英文)：Monitoring of the amounts and the water qualities of effluent water from various land uses in rural area (paddy field, crop-rotated paddy field, forest, resident area, and rural sewage treatment plant) is conducted elaborately including rainfall events in order to quantify the relationships between the amounts and the loads of effluent water from various land uses for various water qualities (LQ equations). It was possible to estimate the load and the concentration of the discharged water from a catchment based on LQ equations. Water management of the amount of effluent water from each land use would influence not only on the concentrations but also on ion balance of the discharged water from a catchment. Focusing attention on radiocesium in discharged water, temporal change of mechanical composition of suspended solid in water during a rainfall event is very important factor.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：流域水管理 多項目水質分析 水質管理 水田 森林 集落排水処理施設 水生生物 放射性セシウム

### 1. 研究開始当初の背景

流域の物質管理のあり方に関する研究の多くは、これまで湖沼や地下水への栄養塩類の流出負荷削減を目的として、「窒素」、「リン」、「有機物 (COD)」に着目して行われてきた。窒素やリンの動態は、河川水や土壌水のイオン組成に影響を与えるため、窒素やリンのみに着目するのではなく、主要元素である Cl, SO<sub>4</sub>, Ca, Mg, K, Na やその他のイオンのバランスを考慮した物質管理を行う必要があると考えられる。また、イオンバランスは、水体の生態系にも何かしら影響を与えていると考えられる。

各土地利用のイオン組成が流域末端の水質形成にどのように影響しているのかという統合的な視点からの研究は少ない。また、定期採水データからの考察が主で、降雨時の詳細なデータからの知見は多いとはいえない。また、たとえば、琵琶湖水のイオンバランスの変化は未解明との指摘もある。

こうした背景を踏まえて、窒素、リン一辺倒の流域管理ではなく、他のイオンの量とイオンバランスを考慮した流域の物質管理をすべきではないかと考えるに至り、本研究では、第一段階として、流域内での代表的な土地利用 (山地、水田、畑 (転作田を含む)、市街地) の末端部と流域末端部での流出水の水量と水質を詳細に無降雨時のみでなく、降雨時にも調査し、それらの関係性を明らかにすることとした。また、イオンバランスの視点から、流域内の土地利用ごとの適切な物質管理について提言する方向に進めることとした。

また、研究においては、安定同位体比を用いることで、流域末端の水の起源を推定することができると考え、これに基づいて流域末端の水質保全のためにどの土地利用でどのような対処が必要となるのかを検討することとした。

### 2. 研究の目的

(1) 各土地利用からの流出水と河川水の水質濃度特性と負荷量の把握

滋賀県琵琶湖湖東に位置する日野川流域を対象として、流域内の各土地利用 (山地、水田、畑 (転作田)、市街地、集落排水処理施設) の末端部と流域末端部の河川水の降雨時・無降雨時の詳細な水文観測と多項目水質分析を行い、基礎的な知見として水質濃度と負荷量の特徴を明らかにすることを目的とした。また、それぞれの流出負荷特性を流域全体に拡張することによって、たとえば水田水管理の変化が河川水水質へどのように影響するかを検討した。

(2) 山地流域からの放射性セシウムの流出特性の把握

研究期間の開始直前に福島県において原子力発電所からの放射性セシウムの拡散の問題が生じた。セシウムは様々な土地利用から異なる流出の仕方をすると考えられ、研究

内容に含めることとした。福島県内において、特に灌漑水にも直接利用される山地流域からの渓流水を通じた放射性セシウムの流出特性を明らかにすることを目的とした。

(3) 集落排水処理施設からの流出水が排水路内の水生生物に与える影響の解明

集落排水処理施設からの流出水は塩素消毒されることもあり、生態系への影響が懸念されている。生態系への影響の第一段階として、重金属や残留塩素を含めた多項目水質が排水路内水生生物の生息状況に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

(4) 排水路内の底泥が排水の水質に及ぼす影響の解明

排水路内に堆積される底泥中の物質は直上の排水水質に影響を与えられる。とくに、窒素や炭素は形態変化しつつ、溶出すると考えられる。滋賀県内の現地の排水路から採取した底泥を用いた室内培養試験により、上層水と底泥内の窒素と炭素の経時変化を測定することによって、底泥の影響を明らかにすることを目的とした。

(5) 安定同位体を用いた流域内の地下水の起源の解明

各土地利用からの流出水は地表水のみならず、流域内の水質保全を考える上では、地下水への影響も考える必要がある。石川県手取川流域を対象として、地下水、河川水、田面水の多項目水質分析を行い、地下水水質の保全のための知見を得ることを目的とした。

### 3. 研究の方法

(1) 各土地利用からの流出水と河川水の水質濃度特性と負荷量の把握

① 調査地区概要 滋賀県琵琶湖湖東に位置する日野川流域を調査対象とした。流域面積は 222.29 km<sup>2</sup>、流域内人口は約 7 万人である。流域内の土地利用状況 (2009 年) は、水田 61.07 km<sup>2</sup> (28%)、その他の農用地 3.65 km<sup>2</sup> (2%)、森林 113.44 km<sup>2</sup> (51%)、建物用地 24.31 km<sup>2</sup> (11%)、水域 7.89 km<sup>2</sup> (3%)、その他 11.93 km<sup>2</sup> (5%) である (図 1)。水田の転作率は 31% である。

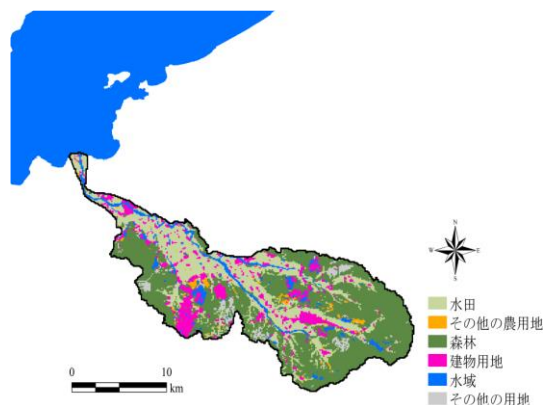


図 1 日野川流域の土地利用分布

流域内の生活雑排水の処理については滋賀県から公表されている各市町村の処理方式に関する割合（下水道，農業集落排水処理施設，林業集落排水処理施設，合併浄化槽等）を参考にした。流域内の農業集落排水処理施設は 17 施設あり，供用人口は計 8,539 人，処理方式は JARUS-II 型などである。また，流域内には戸別合併浄化槽が設置されている住宅地があり，その供用人数は 3,263 人と推定される。

②現地調査概要 日野川への流出水の起源として，水田ブロック（集水面積 4.0 ha，以下，水田），転作田ブロック（2.7 ha，以下，転作田），住宅地（45 ha，人口約 3,000 人），農業集落排水処理施設（供用人口 306 人，JARUS-II 型，以下，集排），山地（20 ha）の末端部の水路に調査地点を設定した。また，日野川上流端に位置するダム直下（以下，日野川上流），日野川下流，琵琶湖，さらに，隣接する白鳥川の下流端にも調査地点を設けた。白鳥川は農業排水の影響が大きい河川である。適宜，雨水も採水した。なお，調査は 2011 年 4 月下旬から 2013 年 12 月まで実施した。

日野川上流，水田，転作田，住宅地，山地，日野川下流にはそれぞれ雨量計と自動採水器を設置した。また，水田，転作田，集排，山地にはそれぞれ量水堰を設置した。住宅地末端排水路はコンクリート製の矩形水路であるため，水位計のみ設置し流量を算出した。

対象とした住宅地には戸別合併浄化槽が設置されており，排水路末端の排水は，晴天時には戸別合併浄化槽からの排水，雨天時にはこれに路面や屋根からの排水が加わる。

③水質分析と負荷量算出法 採水は，基本的に 1~2 週間に 1 回の定期採水に加えて，適宜，一定降雨強度以上になった時点から 1~4 時間間隔，もしくは一定水位以上になった時点から一定水位以下になるまで 1~4 時間間隔で自動採水を行った。分析項目は，水温，pH，EC，DO，ORP，T-N，DT-N，T-P，PO<sub>4</sub>-P，NH<sub>4</sub>-N，NO<sub>2</sub>-N，NO<sub>3</sub>-N，Na<sup>+</sup>，K<sup>+</sup>，Ca<sup>2+</sup>，Mg<sup>2+</sup>，Cl<sup>-</sup>，SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>，TOC，SS である。また，陽イオン濃度と陰イオン濃度の差を HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度として扱った。

負荷量は，各土地利用の各水質項目について採水を行った時点での流量 Q と濃度 C から負荷量 L を求め，それぞれの LQ 式 ( $L = aQ^n$  : a, n は定数) を推定し，5 分間隔で求められる Q を LQ 式に代入して L を算出した。水田の代かき・田植え期（4 月 28 日~5 月 9 日）の排水は他の時期の排水よりも高濃度であることを考え，該当期のみのデータから LQ 式を求めて適用した。また，住宅地の流出負荷量については，晴天時のみのデータから晴天時の LQ 式により戸別合併浄化槽からの負荷量を推定し，雨天時の LQ 式により求めた負荷量から，その前後の晴天時の負荷量を差し引くことによって，降雨時に生じる路面・屋根からの負荷量を求めた。

(2) 山地流域からの放射性セシウムの流出特性の把握

原子力発電所から北西に約 40km に位置する山林流域（約 6ha）の末端部において，経時的な水位観測と降雨時の 2 時間間隔での自動採水を行った。水位を流量に換算するとともに，試料水の SS (>0.45μm)，SS の Cs 濃度，溶存態 (<0.45μm) の Cs 濃度を測定した。

(3) 集落排水処理施設からの流出水が排水路内の水生生物に与える影響の解明

先に述べた日野川流域内の集排の放流口から 333m の区間の排水路の約 30m 間隔の 9 地点において，排水路内の堆積物を採取し，水生生物の同定，種数，個体数を計測した。同時に上層水の重金属，残留塩素を含む多項目水質と堆積物中の重金属を測定した。

(4) 排水路内の底泥が排水の水質に及ぼす影響の解明

日野川下流域と滋賀県湖北に位置する姉川下流域の排水路内底泥を不攪乱で円筒形カラムに採取し，上層水を蒸留水で置き換えて，上層水の形態別窒素濃度と TOC 濃度及び複数のカラムを用意することで底泥中の形態別窒素濃度と全炭素濃度の経時変化を測定した。

(5) 安定同位体を用いた流域内の地下水の起源の解明

石川県手取川扇状地の地下水を対象とした。扇頂から扇端までの距離が約 12km，面積が約 170km<sup>2</sup>，扇頂の標高が約 80m である。土地利用は，水田 48%，その他の農用地 2%，建物用地 41%，山地 1%，その他の用地 8% である。採水は 2011 年 6 月の灌漑期に扇状地とその後背地で行った。採水地点は，地下水 63 地点，湧水 2 地点，河川水 13 地点，田面水 5 地点である。分析項目は，多項目溶存イオン，微量元素，酸素・水素安定同位体比，ストロンチウム安定同位体比である。

#### 4. 研究成果

(1) 各土地利用からの流出水と河川水の水質濃度特性と負荷量の把握

各土地利用からの流出水と雨水の水質濃度の平均値を図 2 のヘキサダイアグラムに示す。水田と転作田は Ca 濃度が高いが，これは肥料由来の酸により鉱物中の Ca が溶出したためと考えられる。また，Ca と HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>は対イオンになっている場合が多いため，HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度も高いものと考えられる。集排と住宅地（晴天）は Na，K，Cl 濃度が比較的高い。住宅地（雨天）や森林（山地）では，Na，K，HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が比較的高いが全体的に低濃度である。日野川下流部は上流部と比較すると，特に Na，K，HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が高く，流下過程で水田，転作田，集排，住宅地（晴天）の影響を受けていると考えられる。白鳥川は日野川下流よりも Na，K 濃度が高い。また，SO<sub>4</sub>，NO<sub>3</sub> 濃度もかなり高く，肥料由来の硫酸成分や硝酸成分が大量に流出している可能性がある。さらに，トリニアダイアグラム（図 3）を見ると，農業

の影響で Ca+Mg が増加することや、集排は Na+K が高いことがわかる。また、琵琶湖はイオンバランス、濃度ともに水田や転作田に近く、農業排水の影響がうかがえる。日野川上流と下流を比較すると Na+K が増加しており、集排の影響が見られた。

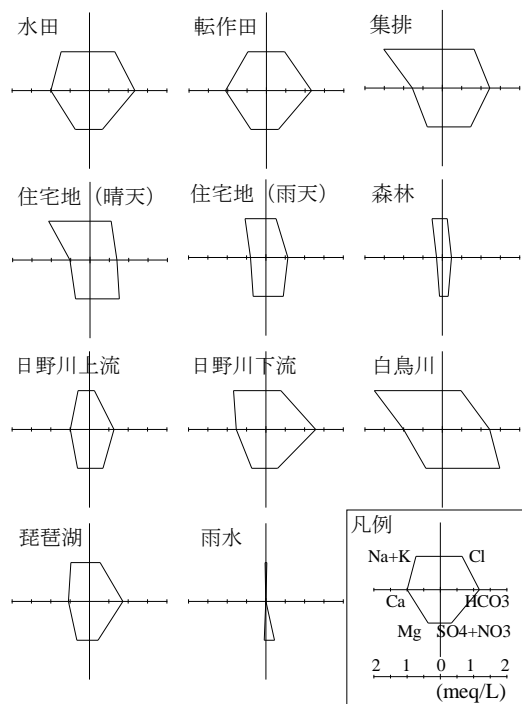


図2 平均水質濃度のヘキサダイアグラム

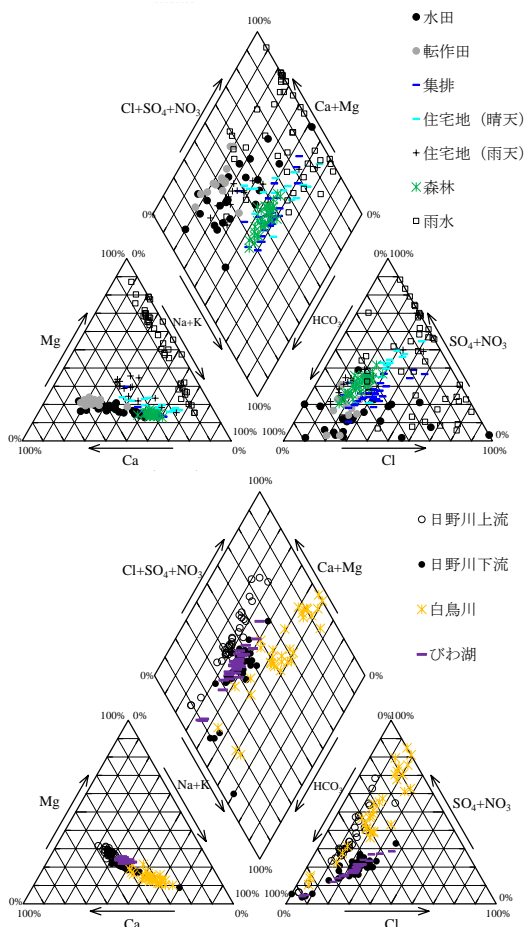


図3 水質濃度のトリリニアダイアグラム

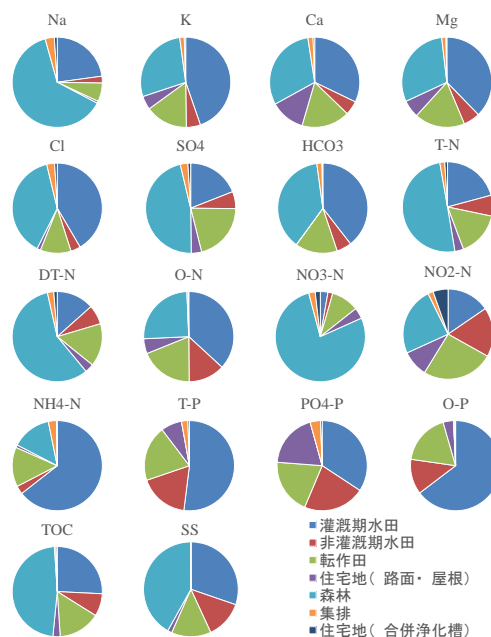


図4 流域からの年間負荷量の流出源別割合

各土地利用からの流出水量と流出負荷量の関係(LQ式)は多くの水質項目で比較的相関の高いものとなったため、各物質の負荷量をLQ式に基づいて推定した。また、各土地利用からの負荷量が同一土地利用に対して同じと仮定して、流域全体を考えた場合の各土地利用からの流出負荷量の割合を推算した。水田、転作田、住宅地(路面・屋根)、森林については流域内の各土地利用面積を単位面積当たりの負荷量に乗じた。集排と住宅地(合併浄化槽)についてはそれぞれの供用人口を一人当たりの負荷量に乗じて算出した。結果を図4に示す。T-N, DT-N, NO<sub>3</sub>-N, Na, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, TOCは森林、O-N, NH<sub>4</sub>-N, T-P, PO<sub>4</sub>-P, O-P, K, Ca, Mg, Cl, SSは水田の割合がそれぞれ最も大きい。転作田の割合も比較的大きく、NO<sub>3</sub>-NとHCO<sub>3</sub>については水田を上回り、O-NとCaについては森林を上回った。

今回得られたLQ式を用いると、各土地利用からの流出量を増減させたときの河川水の水質の変化を予測することができる。たとえば、水田からの代かき・田植え期の流出量が増加するほど、河川水の多くの水質項目(T-N, DT-N, O-N, NH<sub>4</sub>-N, T-P, PO<sub>4</sub>-P, O-P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, TOC, SS)の濃度は順に高くなるが、NO<sub>3</sub>-N, HCO<sub>3</sub>については順に低くなった。水田からの流出水のNO<sub>3</sub>-N, HCO<sub>3</sub>は代かき・田植え期であっても濃度が低く、流出量を増加させることで河川水が希釈されるためである。このように各土地利用での流出量管理が河川水水質のイオンバランスに影響することが示され、今回の調査によって、管理による水質予測が可能となった。ただし、流出量は同一土地利用で同じとは限らないため、流出量(森林、住宅地、農地)に対する精度良いモデルの構築が課題として残された。



(2) 山地流域からの放射性セシウム の流出特性の把握

総降水量 71mm の降雨イベント時の山地流域からの流出水の SS, SS の Cs 濃度 (Cs-SS in water), 溶存態 Cs を流出量, 降水量とともに図 5 に示す. 降雨に伴う流出量の増加とその後の低下とともに SS も同様に増減する. SS の Cs 濃度は出水直後に最大値 (23 Bq/L) をとり, その後低下している. 溶存態 Cs 濃度は 0.13 Bq/L から 0.1 Bq/L であった. SS 自体の Cs 濃度は出水直後に約 20000 Bq/kg 乾土となり, 流出量が最大となる時点で 400 Bq/kg 乾土に低下し, その後, 約 15000 Bq/kg 乾土に増加した. これは, 懸濁態物質の粒径が関係しており, 流出量が少ないときは, Cs が吸着しやすい粘土分が多く, 流出量が多いときは, Cs の吸着量が少ない砂分が多くなるためと考えられる. Cs の場合, 降雨時の流出水に含まれる懸濁物質の粒径組成が重要であることがわかる. これらに関する詳細な関係性の解明が課題である.

3つの降雨イベントでの降水量と流出 Cs 負荷量の関係は図 6 に示すように高い関係性が確認され, 降水量から Cs 負荷量の推定が可能であることが示された. さらに多数の降雨イベントでのデータの蓄積が不可欠である.

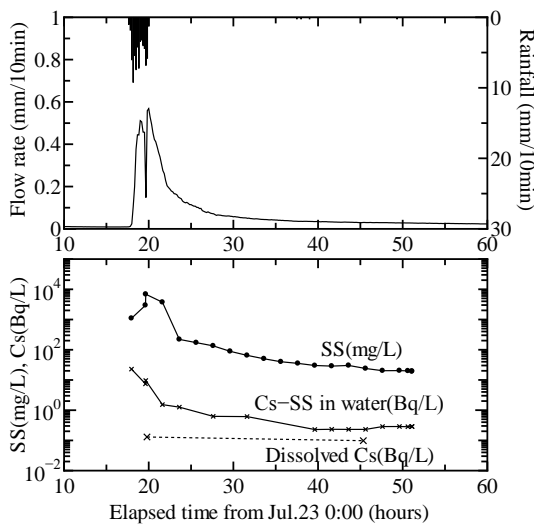


図 5 降雨時の流出水の SS, Cs 濃度変化 (2012 年 7 月 23 日~25 日)

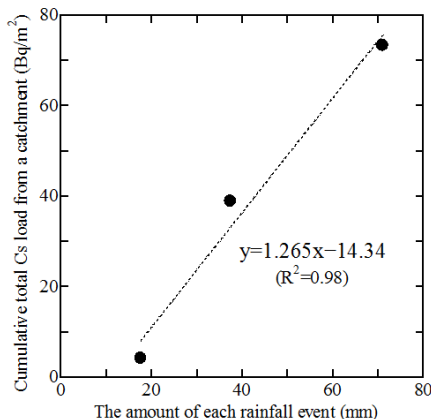


図 6 降水量と流出 Cs 負荷量の関係

(3) 集落排水処理施設からの流出水が排水路内の水生生物に与える影響の解明

水生生物の多様性を多様性指数で表し, 複雑性を構造度で数値化した結果, 集排から離れるほど多様性, 複雑性が増加した.

上層水の Zn は 0.02 mg/L, Cu は 0.07 mg/L で地点による差はほぼなく, Cd, Pb, Cr<sup>6+</sup>, As, Hg は全地点において測定限界未満であった. 上層水の残留塩素は全地点で 0.1 mg/L 未満であり, 総トリハロメタンはほぼ 0.001 mg/L 未満であった. 堆積物の Cd, Cr<sup>6+</sup>はほぼ測定限界未満, Pb と Hg は下流になる程上昇する傾向にあった. As は下流側で 2~3 mg/kg 乾土であった. 集排処理水中の Pb, Hg, As は測定限界未満であるため, 堆積物中の重金属の上昇は農地の影響によると考えられる.

以上から集排処理水に含まれることが懸念される残留塩素や重金属が水生生物に及ぼす影響は見られなかった.

(4) 排水路内の底泥が排水の水質に及ぼす影響の解明

底泥上層水を蒸留水で置き換えると, 培養期間 28 日間に, 上層水の T-N は約 10 m/L まで上昇した. その成分は Org-N と NH<sub>4</sub>-N であり, NO<sub>3</sub>-N は 14 日以降から 1mg/L 程度まで上昇した. また, TOC は底泥の採取地点によって異なるが, 8~23 mg/L に上昇した. このように, 底泥は上層水に対して負荷になるポテンシャルをもっていることがわかる.

先の日野川流域での研究では排水路や河川での水質の変化は考慮しなかったが, より厳密な検討においては, 排水路や河川での水質変化を考慮しなければならないであろう.

(5) 安定同位体を用いた流域内の地下水の起源の解明

地下水の酸素安定同位体比の空間分布を図 7 に示す. その他の多数の水質項目の情報と合わせると, 地下水は扇状地南側の手取川からの浸透水と農地からの浸透水が主な起源であることがわかった. また, 多くの物質の水質濃度は手取川の浸透水によって希釈されている. 地下水水質の保全のためには清浄な河川水水量の維持が重要であることが示された. なお, 同位体の分析においては, 総合地球環境学研究所の中野孝教授, 申基澈助教のご協力を得た.

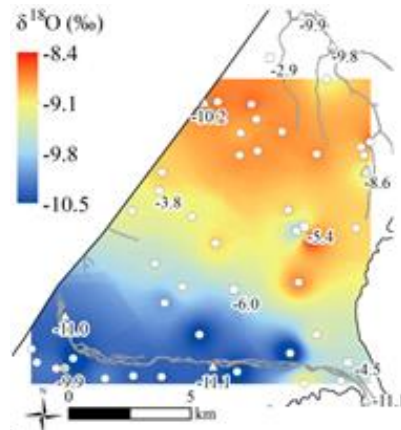


図 7 扇状地地下水の酸素安定同位体比分布

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

① Nagai, T., T. Hama, S. Sugiyama, D. Iwasaki, F. Igarashi, S. Kawashima, Characteristics of decomposition of nitrogen and carbon in the sediments in agricultural drainage canals, Journal of Water and Environment Technology, 12(2), pp.151-160, 2014, 査読有  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwet/12/2/12\\_151/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwet/12/2/12_151/_pdf)

〔学会発表〕(計11件)

① 中村公人, 鷹木香菜, 川島茂人: 農業集落排水処理施設からの処理水が排水路の水生物に及ぼす影響, 第70回農業農村工学会京都支部研究発表会, 2013年11月13日, 京都テルサ

② 岩崎有美, 中村公人, 堀野治彦, 川島茂人, マルチトレーサーによる手取川扇状地の地下水形成メカニズムの推定, 平成25年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 2013年9月3~5日, 東京農業大学

③ 瀧田純平, 中村公人, 勝山正則, 小杉賢一朗, 山川陽祐, 正岡直也, 糸数哲, 小島永裕, 小起伏堆積岩山地における湧水の水文・水質特性, 水文・水資源学会2013年度研究発表会, 2013年9月25~27日, 神戸大学

④ 中村公人, 永田仁, 瀧田純平, 岩崎有美, 川島茂人, 農村地域における様々な土地利用からの流出水の水質特性, 水文・水資源学会2013年度研究発表会, 2013年9月25~27日, 神戸大学

⑤ Nakamura, K., T. Yasutaka, M. Hatakeyama, Concentration of radiocesium in stream water from a mountainous catchment area during rainfall events, Proceedings of International Symposium on Environmental monitoring and dose estimation of residents after accident of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Stations, Part 2-11, Dec. 14, 2012, Shiran Hall, Kyoto

⑥ 中村公人, 堀江卓也, 岩崎有美, 管網系琵琶湖逆水におけるローテーション灌漑が取水状況に及ぼす影響, 第69回農業農村工学会京都支部研究発表会, 2012年11月21日, 新潟ユニゾンプラザ

⑦ 永田仁, 中村公人, 瀧田純平, 川島茂人, 様々な土地利用からの流出水の水質特性ー滋賀県日野川流域を事例としてー, 第69回農業農村工学会京都支部研究発表会, 2012年11月21日, 新潟ユニゾンプラザ

⑧ 保高徹生, 川辺能成, 佐藤利夫, 中村公人, 作付け実施水田における放射性セシウムの濃度分布と灌漑用水による負荷量の推定, 平成24年度農業農村工学会大会講演会, 2012年9月18~20日, 北海道大学

⑨ 濱武英, 杉山翔, 大菅勝之, 岩崎大知, 中村公人, 川島茂人, 低平地水田地区の排水路における水温形成とリンの吸着, 平成24

年度農業農村工学会大会講演会, 2012年9月18~20日, 北海道大学

⑩ 瀧田純平, 中村公人, 永田仁, 川島茂人, 住宅地からの排水水質の特徴, 平成24年度農業農村工学会大会講演会, 2012年9月18~20日, 北海道大学

⑪ 中村公人, 永田仁, 渡部慧子, 濱武英, 降雨時流出過程において森林土壌が渓流水の水質に及ぼす影響, 土壤物理学会, 2011年10月28日, 北海道大学

〔その他〕

○アウトリーチ活動(計3件)

① 中村公人, 瀧田純平, 小杉賢一朗, 糸数哲, 正岡直也, 勝山正則, 山川陽祐, 藤本将光, 花崗岩と堆積岩を地質とする流域からの降雨流出と水質形成における山体地下水の役割, 森林水文ワークショップ2014「持続的な水供給に向けた森林管理による水資源涵養の向上と地下水利用技術の開発」, 2014年3月30日, 大宮ソニックシティー(講演)

② 中村公人, 尾崎広海, 岩崎有美, 愛知川扇状地内の水田圃場において冬期湛水が窒素動態に及ぼす影響, 平成25年度関東東海北陸農業試験研究推進会議北陸農業部会土壤肥料技術研究会, 2014年2月27日, 中央農業総合研究センター北陸研究センター(講演)

③ 中村公人, 永田仁, 瀧田純平, 岩崎有美, 農村地区各種土地利用之流出水の水質特性, 2013年中日農業水利技術演習会, 2013年6月17~18日, 台湾台北市(講演)

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 公人 (NAKAMURA, Kimihito)  
京都大学・農学研究科・准教授  
研究者番号: 30293921

(2) 研究分担者

濱 武英 (HAMA, Takehide)  
熊本大学・自然科学研究科・准教授  
研究者番号: 30512008

(3) 研究協力者

保高 徹生 (YASUTAKA, Tetsuo)  
独立行政法人産業技術総合研究所・  
地圏資源環境研究部門・主任研究員  
研究者番号: 60610417

岩崎 有美 (IWASAKI, Yumi)  
京都大学・農学研究科・博士後期課程

尾崎 広海 (OZAKI, Hiromi)  
京都大学・農学研究科・博士後期課程

永田 仁 (NAGATA, Hitoshi)  
京都大学・農学研究科・修士課程

瀧田 純平 (TAKITA, Jumpei)  
京都大学・農学研究科・修士課程

鷹木 香奈 (TAKAKI, Kana)

京都大学・農学研究科・修士課程

永井 智久 (NAGAI, Tomohisa)

京都大学・農学研究科・修士課程