

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24年 5月 30日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究 C

研究期間：2009～2011

課題番号：21510001

研究課題名（和文）温暖化と土地利用形態が水・窒素循環に及ぼす影響評価-北海道同位体マップの作成-

研究課題名（英文）Isoscape monitoring of effect of global warming and land use change on water and material cycling – Hokkaido Isotope Map

研究代表者

杉本 敦子 (Atsuko Sugimoto)

北海道大学・大学院地球環境科学研究所・教授

研究者番号：50235892

研究成果の概要（和文）：

北海道内の地下水や河川水などの水の酸素・水素安定同位体比、硝酸の窒素・酸素同位体比の同位体マップを作成した。北海道水同位体マップは、各地域の降水量および地理学的特性に依存し空間的に特徴のある値を示し、また夏期と冬期で d-excess の分布に違いがみられた。また、支笏湖南側の地域に巨大な地下水系の存在を示唆する結果が得られた。硝酸濃度は、農地が広がる地域に高い濃度が観測されたほか、一部の湧水、渓流水にも高濃度の硝酸がみられた。硝酸窒素同位体比は、0～+8‰程度の値が多くみられ、起源の違いを示唆していると考えられる。

研究成果の概要（英文）：

Isoscape monitoring network was established, and Hokkaido Isotope map on water and nitrogen was made on river, ground water, and lake water. Precipitation was also observed at monitoring stations. Water isotope map showed spatial distribution of d-excess differs between summer and winter reflection the moisture source of winter precipitation generally in Hokkaido. However, constant and also high d values were observed in rivers south of Shikotsu lake, indicating a large ground water system probably connecting to Shikotsu lake. Nitrate concentration was high in the rivers in farmland. Nitrate d¹⁵N showed also wide range but mostly 0 to 8‰. Variation may depend on the difference in source of N.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：(1)水循環 (2)土地利用 (3)同位体マップ (4)硝酸同位体比 (5)水同位体比

(6) 河川水

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化、人間活動は地球表層の水循環過程および物質循環過程に甚大な影響を及ぼしている。北海道においても農業活動や顕在化する温暖化が水・物質の循環過程を変化させていると予想される。特に寒冷地は温暖化の影響を受けやすいため、積雪時期や融雪時期の変化、積雪量の変化、土壌凍結深の変化、気温上昇による蒸発散量変化などにより、流域の水循環が変化すると予想される。窒素は植物の生長を支える栄養塩として重要である。人間活動の影響が小さい地域の陸上生態系では、植物が利用可能な窒素は通常は不足し栄養塩律速の状況にある。しかしながら、近年の人類による化学肥料の生産は、自然状態で起こる地球全体の窒素固定（大気窒素がアンモニアに変換され生態系に入る）量とほぼ同量のアンモニアが中緯度帯の陸上生態系に散布されるという大きな改変をもたらした。また、中緯度帯では農地だけでなく、自然の生態系にも大気降下物窒素が負荷され(Galloway et al., 2004)、負荷された窒素の行方、および影響の解明が急がれている(Aber et al. 2003)。現状を把握し、現在進行しつつある変化を検出することは、今後の様々な対策を考えていく上で貴重な情報となる。

環境中にわずかに存在する酸素、水素、炭素、窒素の安定同位体比 ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 、D/H、 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 、 $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) は、自然存在比安定同位体質量分析計を用いて測定され、国際的に決められた標準物質の同位体比からの千分率偏差でそれぞれ $\delta^{18}\text{O}$ 、 δD 、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ で表される。これらを測定することにより、これまで様々な物質循環研究に応用されてきた。生態系や水文学における安定同位体比の利用は、

簡便な測定法の開発で最近の 10 年間に大きく進歩した。特に有機物の炭素・窒素同位体比と硝酸の窒素・酸素同位体比は、オンラインの分析システムの普及、脱窒菌を用いて硝酸を N_2O に変換して測定する方法の開発により、大量のサンプルを迅速に測定することが可能となり、日本国内ではまだ応用例はほとんどないが、米国地質調査所の観測ネットワークでは硝酸の同位体比から窒素飽和状態の森林流域からの硝酸の起源が特定されるなど、めざましい成果が発表されつつある。

2. 研究の目的

本研究の目的は北海道内の地下水や河川水などの水の酸素・水素安定同位体比、硝酸の窒素・酸素同位体比、土壌および植物の窒素同位体比の空間分布を明らかにして同位体マップを作成することにより、流域および土地利用形態ごとの水と窒素の循環系の現状を把握することである。現状把握を一刻も早く実施し、進行しつつある変化を同位体比の変化から診断し検知するため、基礎となるモニタリングおよびスナップショット観測を整備することを目的とした。

3. 研究の方法

北海道内に降水および地下水・河川水の定点観測および、降水、地下水、河川水、湖水、湧水のスナップショット観測網をまず構築した。札幌（北海道大学地球環境科学研究院）、北方生物圏フィールド科学センターの苫小牧・雨龍・中川・天塩研究林、厚岸臨海実験所、および京都大学フィールド科学センター標茶および白糠、北海道農業研究センター芽室研究拠点、他に大樹町と佐呂間別の農

家にサンプリングを依頼し定点観測を行った。降水では毎日（降水イベントがあれば）、その他の地点は夏は1週間ごと（一部は2週間ごと）に実施した。

河川水、地下水は、上記のうち厚岸、芽室、中川を除く地点と、札幌近郊の石狩川水系で定期的なサンプリング（1週間～1ヶ月ごと）を実施した。

スナップショット観測は道内各地 400 地点でサンプリングを実施した。

水の酸素・水素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$, δD) を GasBench 付き質量分析計 (Delta V または MAT253) (Thermo Fisher Scientific) を用いて $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2/\text{H}_2$ 同位体平衡法で分析しそれから $d\text{-excess}$ ($=\delta\text{D}-8\delta^{18}\text{O}$) を計算した。硝酸濃度は湿式自動化学分析装置 (QuAAtro, Bran+Luebbe 社) でアンモニア、硝酸、亜硝酸の分析を行った。硝酸同位体比は脱窒菌を用いた方法を立ち上げ分析を行った。

4. 研究成果

図1は全地点の酸素同位体比のデータを単純平均したものである。また、夏期として6月末～9月末、冬期として2月末～5月末にサンプリングしたものをそれぞれの季節のデータとし、地図を作成し、空間分布および季節変化を調べた。図2,図3は夏期、および冬期の $d\text{-excess}$ 値である。



図1 河川水、地下水、湧水等の $\delta^{18}\text{O}$ 値全データの平均値

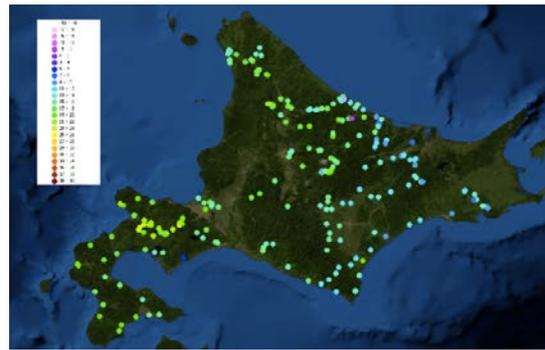


図2 夏期の河川水、地下水、湧水等の $d\text{-excess}$



図3 冬期の河川水、地下水、湧水等の $d\text{-excess}$

- (1) δD 値及び $\delta^{18}\text{O}$ 値は、季節に関わらず、日本海側、太平洋側の沿岸部で高く大雪山系とその周辺及び、オホーツク海に注ぐ湧別川・常呂川流域で低い値となった。
- (2) 常呂川流域、湧別川流域は、平野部の降水量が少ないため、下流部で同位体比の高い水が流入して同位体比が高くなる効果が小さいため上流部と同じような低い δD 値、 $\delta^{18}\text{O}$ 値が観測されたと考えられる。
- (3) 多くの地点で δD 値および $\delta^{18}\text{O}$ 値は冬期の方がわずかに低い値をとった。
- (4) $d\text{-excess}$ 値は明瞭な季節変化、空間変化を示した。まず冬期の $d\text{-excess}$ 値は夏期より高く、冬の日本海の寒気の吹き出しに伴う降雪が卓越する地域では、積雪の $d\text{-excess}$ 値は30‰前後の高い値が見られた。
- (5) 北海道内の河川水他の δD 値、 $\delta^{18}\text{O}$ 値

は、夏期・冬期ともにすべての地点で天水線よりも高い d-excess 値を示し、特に冬期の日本海側の d-excess 値は、他の地域と比較しても極めて高い値である。

(6) 道東・太平洋側では、河川水の d-excess 値は夏と冬で差はなく 12~15%であり、冬期の積雪でも d-excess 値は 15%程度と低かった。

(7) 石降水と河川水を比較すると狩川、天塩川では河川水の変化は降水より 3~4 ヶ月の遅れが観測された。

(8) 支笏湖の南側には河川水の δ 値が高くほとんど変動しない地域が広がっていることがわかった。この水は支笏湖水に近く、支笏湖とつながる巨大な地下水系の存在を示している。

(9) 硝酸濃度は、農地が広がる北見、網走周辺、十勝平野に予想通りの高い濃度が観測されたほか、一部の湧水、渓流水にも高濃度の硝酸がみられた。硝酸窒素同位体比は、0~+8‰程度の値が多くみられ、日高地方の河川で低い値、また、石狩川本流で河口域で高い値が見られた他、天塩川でも河口に向かって同位体比の上昇が観測された。また、十勝川水系の支流のうち、高い濃度の硝酸が見られた河川で同位体比が高い傾向が見られ、窒素の起源による違いを示唆しているものと考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

①都築佑太、時岡仁志、山下洋平、柴田英昭、杉本敦子、北海道水同位体マップ作成と応用に向けた水の安定同位体比の定点観測、2011年度日本地球化学会第53回年会、2011年、札幌市

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

杉本敦子 (Atsuko Sugimoto)

北海道大学・大学院地球環境科学研究所・教授

研究者番号: 50235892

(2) 研究分担者

石川 守 (Mamoru Ishikawa)

北海道大学・大学院地球環境科学研究所・准教授

研究者番号: 50373452

岩花 剛 (Go Iwahana)

北海道大学・大学院地球環境科学研究所・特任助教

研究者番号: 70431327

三上 英敏 (Hidetoshi Mikami)

北海道総合研究機構環境科学研究センター・主査

研究者番号: 80442262