

阿賀野川流域における化学イオン組成に基づいた積雪分布評価

○福島大学共生システム理工学類 非会員 鈴木 絢美
福島大学共生システム理工学類 非会員 藪崎 志穂
福島大学共生システム理工学類 正会員 川越 清樹

1. はじめに

地球温暖化に伴う自然環境変化，社会への影響への関心が高まり，将来像を予測するための研究が進められている．こうした見積もりには，気候予測モデル(GCM)を用いる事例が多く，巨視的な時空間解像度より平均的な事象に対する結果を求めるのが通例である．その一方で，温暖化すると毎年生じる気象事象の振幅が拡大し，極端な現象が局所的(地域規模)で生じる可能性も含まれている．そのため，トレンドと並行して「極端な現象」が「地域レベル」でどのように関連付けられるかを意識した「温暖化影響」を推計していくことが必要である．この様な推計には着実なデータ分析を行うことも重要である．

特に日本列島の東北地方日本海側から北陸地方は，冬季に西高東低の気圧配置により，降雪を与える雲を発達させる¹⁾ため世界有数の豪雪地帯であり，水資源を積雪に依存している．そのため自然環境変化による積雪環境への影響評価は将来に対する降雪や積雪の見積もりを検討するため，また具体的な気候変動の適応策を考えるために重要であるといえる．

以上を背景に本研究では流域全体まで寒冷気の流入しやすい阿賀野川流域を対象に積雪の化学組成を分析した．阿賀野川流域の積雪調査解析は既に経年で取り組んでおり²⁾，結果として猪苗代エリアを含む長瀬川の流域に関し，海洋蒸発由来の降雪が少ない可能性が示された．本研究では，継続したイオンイオン分析を進め，加えて安定同位体比分析の研究を行った．本論では安定同位体の分析を中心に解析結果を説明する．

2. 調査方法

2.1 調査地点

本解析では，阿賀野川流域内で 2013 年から 2015 年にかけての 3 年に渡り冬季(2 月)に採雪を行いその安定同位体比を分析した．調査地点は図 1 の通りであり毎年採雪地点を拡大し調査を行った．2013 年においては吾妻山山頂のみ 1 地点で採雪，2014 年は流域内 16 地点，2015 年はさらに拡大し流域内 20 地点で採雪した．先行研究のイオン組成分析により猪苗代エリアを含む長瀬川流域周辺の固有的な水循環

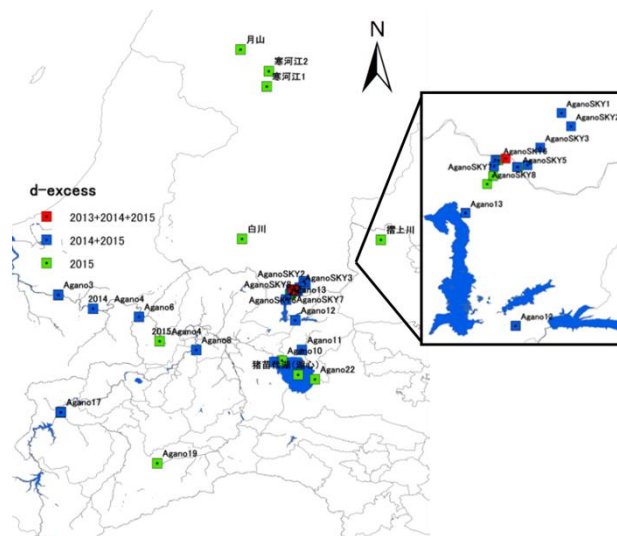


図 1 阿賀野川流域内の採雪地点

の存在が示唆されており，それを検討するために流域奥部の地点で多く採雪を行った．

2.2 解析方法

調査解析は積雪試料を採取し，安定同位体比を測定した．水循環の過程で相変化を起こす際に水素と酸素の安定同位体比が変化することにより同位体分別が起こる．そのため，ある自然水の安定同位体比を知ることによってその水が受けてきた気象学的な過程や水文学的な過程の履歴を知る事ができる³⁾．

安定同位体比はある特定の基準物質の安定同位体比に対する千分率偏差(‰:パーミル)で表す．これを δ 記法といい，質量数の大きい方の同位体の記号に δ を付けて表す．例えば酸素であれば $\delta^{18}\text{O}$ となる．この定義式は以下ようになる．

$$\delta^m\text{X} = \left(\frac{R_{\text{sample}}}{R_{\text{ref}}} - 1 \right) \cdot 1000[\text{‰}] \quad (1)$$

ここで R_{sample} : 試料中の $^m\text{X}/^n\text{X}$ 比(モル比)， R_{ref} : 基準物質の $^m\text{X}/^n\text{X}$ 比(モル比)， $^m\text{X}, ^n\text{X}$: 元素 X の安定同位体 ($m > n$)である．

また，安定同位体比を用いて積雪の影響を見積もるために天水線の式⁴⁾と d-excess 値⁵⁾を用いた．天水線の式は世界各地で採取された淡水の安定同位体比(δD , $\delta^{18}\text{O}$)の関係であり，以下の式により表される．

$$\delta\text{D} = 8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 10 \quad (2)$$

ここで δD : 水素同位体比， $\delta^{18}\text{O}$: 酸素同位体比である．

d-excess 値は天水線の式の定数項であり、以下の式で表される。

$$d - excess = \delta D - 8 \cdot \delta^{18}O \quad (3)$$

ここで δD : 水素同位体比, $\delta^{18}O$: 酸素同位体比である。

また、以下の式の関係において日本海側 $20 < B$ 、太平洋側 $10 > B$ の特徴⁶⁾が示されている。

$$\delta D = A \cdot \delta^{18}O + B \quad (4)$$

ここで δD : 水素同位体比, $\delta^{18}O$: 酸素同位体比である。

そのためこの値を比較することで積雪起源の由来を日本海と太平洋で分類することができる。

3. 調査結果

調査結果として、d-excess 値を esri ジャパンの Arc GIS を用いて地図上に表したものを図 2 に示す。また、3 年共通で調査を行った AganoSKY5 地点における d-excess と猪苗代・桧原の最大積雪深を図 3 に示す。d-excess 値により日本海及び太平洋の波及影響を見積もる基準として、10 以下、15~10、20~15、20 以上の 4 つに色分けし、分類 1 (太平洋の影響大)、分類 2 (太平洋の影響小)、分類 3 (日本海の影響小)、分類 4 (日本海の影響大) の様に数字が大きいほど日本海の波及影響が大きくなるよう分類した。分類の結果は 2013 年において唯一の採雪地点である Agano SKY5 が分類 3 であった。2014 年は Agano13 が分類 1, Agano11 が分類 2, Agano12, Agano10, Agano8 が分類 3 でありそれ以外の地点は分類 4 であった。2015 年は猪苗代湖 (湖心) が分類 2, Agano19 が分類 3 で、それ以外は分類 4 であった。

4. 考 察

2013 年から 2015 年において全体として d-excess 値が 20 を超えるものが多い傾向を把握した。この結果から、阿賀野川流域は日本海の影響を大きく受けていることが推測される。

2013 年は AganoSKY5 の 1 地点でのみの判断ではあるが影響は日本海寄りの傾向がある。2014 年は桧原湖付近である Agano13 の値が 5.22 と経年で見ても全体の中で飛び抜けて太平洋の影響を受けている地点であると推測される。次に猪苗代湖付近である Agano11 が少し太平洋の影響を受けていた。地図上で全体を見てみると太平洋の影響を受けているのは流域奥部の地点に見られた。2015 年では猪苗代湖湖心のみ値が太平洋の影響を示し、Agano19 が日本海の影響小を示した。Agano19 については田島町に位置しており、田島町は栃木県と隣接しているため南側から風が流入することにより栃木県側からの影響が大きいと考えられる。2013 年から 2015 年にかけて 3 年共通で分析を行った地点は AganoSKY5 であり吾

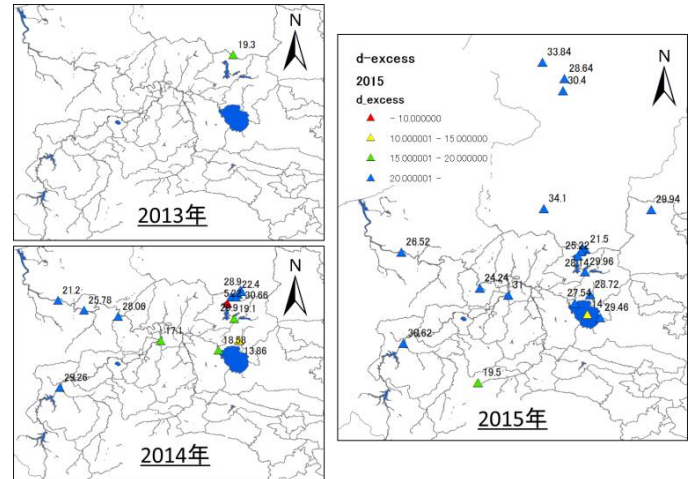


図 2 d-excess 値経年比較マップ

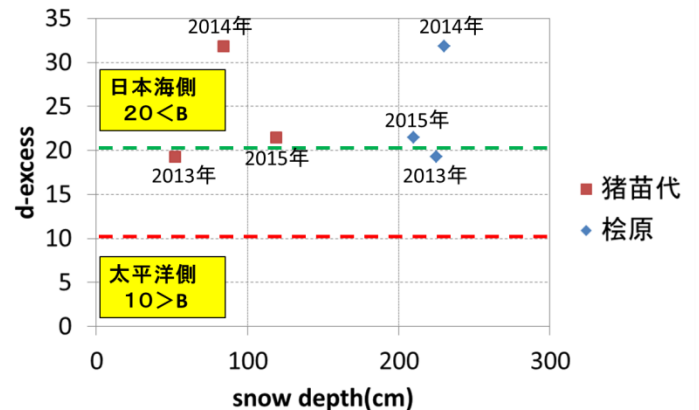


図 3 AganoSKY5 地点における d-excess と猪苗代・桧原の最大積雪深

妻山山頂の積雪を採取したものである。この地点を経年で比較してみると d-excess 値は 2013 年のみ日本海の影響小、2014 年 2015 年は日本海の影響大である。2013 年は阿賀野川流域奥部である猪苗代町の積雪が平年と比較すると少雪であり、また 2014 年 2015 年よりも積雪が少なかった。日本海側起源の積雪を与える雲の流入が少なかったことが影響していると見積もられる。ただし、AganoSKY5 地点である桧原の積雪は 2015 年の積雪深が一番小さい値である。こうした変化に富む結果は、流域奥部の地点の積雪は地域固有性が存在する可能性を示唆している。

謝 辞：本研究の一部は、河川環境財団研究助成と文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)によって実施された。ここに謝意を示す。

参考文献：

- 1) Akiyama, T. : Time and spatical variations of heavy snowfalls in the Japan Seacostal region.
- 2) 井上浩太・鈴木絢美・川越清樹, 2015, 東北地方日本海沿岸の積雪比較分析と考察, 土木学会論文集 G(環境), 71 (5), I_295-I_304, 2015
- 3) 永田俊, 宮島利宏 : 流域環境評価と安定同位体ー水循環から生態系まで, pp.37-39, 2008.
- 4) Craig H. : Isotopic Variations in Meteoric Waters, Science, Vol. 133, pp.1702-1703, 1961.
- 5) Dansgaard W. : Stable Isotope in Precipitation. Tellus, 16: pp.436-468, 1964
- 6) 早稲田周, 中井信之 : 中部日本・東北日本における天然水の同位体組成, 地球科学, vol. 17, pp.83-91, 1983