短時間スケールによる流域境界付近の降雪プロセスの同定

福島大学大学院共生システム理工学研究科　学生会員　鈴木　絢美
総合地球環境学研究所　非会員　藪崎　志穂
福島大学大学院共生システム理工学研究科　正会員　川越　清樹

１．はじめに

気候変動による積雪への影響として様々な推計が進められており，気象庁・環境省は今世紀末に予測される降雪量の変化として東日本日本海側で最大-146cm を予測している[1)]．一方で *Kawase* らによる d4PDF を基にした結果によると，IPCC 第五次評価報告書の RCP8.5 シナリオでの 21 世紀末に相当する気候状態では，本州の内陸部で 10 年に 1 度しか発生しない豪雪が現在より高頻度で現れ，豪雪に伴う降雪量も増加する可能性が高いと示された[2)]．こうした積雪環境変化の対応に繋げるため，小さな地域で精度の高いデータの整備が必要になる．本研究の背景として，安定同位体比やイオン組成という化学的な分析と積雪量の解析を組み合わせ，積雪環境の解明の取り組みが行われた．

これまでに，10 年に 1 度の豪雪発生範囲を含む阿賀野川流域を対象に安定同位体比で雪の起源を検討した．安定同位体比は酸素同位体比と水素同位体比により得られる d-excess 値（以下 d 値と省略）を用いた．この d 値は 20‰以上を基準に日本海起源，10‰以下を基準に太平洋起源と分類できる[3)]．この流域では，ほとんどの地域で日本海起源の積雪があるが，流域東部・流域奥部の地点では太平洋起源の積雪があり，それは南岸低気圧の短期気象イベントの影響を受けていると推定した．また，流域奥部にある猪苗代湖北部の長瀬川流域では，太平洋起源とも考えにくい低い値を表した．さらに先行研究で行われた日本海表面海水温度と積雪深の関係でも長瀬川流域のみ相関が逆になる特徴を示している．この長瀬川流域の積雪の特徴を解明する課題として，①大規模湖沼（猪苗代湖）による地域の降雪過程への影響，②流域奥部（長瀬川流域）の短時間スケールの降雪過程の把握が挙げられる．本研究では長瀬川流域と隣接する流域で短時間スケールのサンプリングと分析を行うことで，積雪のメカニズムの検討を行った．

２．研究対象領域，方法とデータセット

研究対象領域を**図 1** に示す．阿賀野川支川の長瀬川流域に近接した最上川，阿武隈川流域の奥部の計 3 地点でサンプリングと分析，気象的要素の把握を進めた．他の流域と比較することにより，長瀬川流域の特徴を確認できるようにこの地点を選択した．対象期間は 2016 年 11 月から 2017 年 3 月であり，降雪イベントが認められることに応じてサンプリングを実施し，試料を取得した．これらについて pH，EC，各イオン組成分析と安定同位体比の分析を行った．全試料のイオン組成を分析した後に，厳選して安定同位体比を分析した．気象データには AMeDAS 観測所の桧原（環境省インターネット自然研究所によるカメラ画像より判読），米沢，福島観測所のデータを用いた．

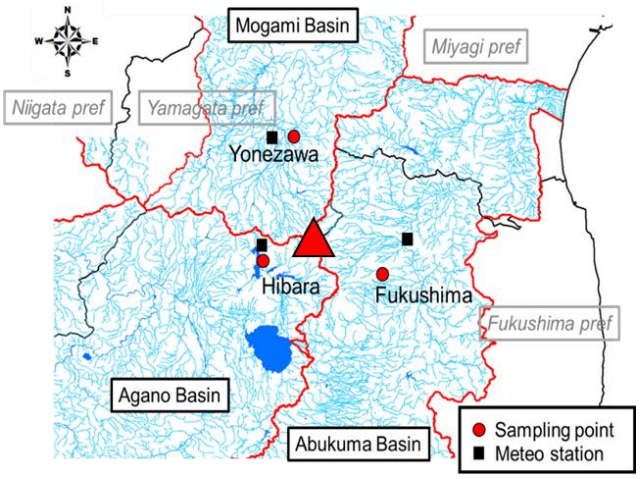

図 1　研究対象領域

３．イオン組成

気象要素，pH，EC，イオン組成（Cl^-，Na^+，K^+）の結果を**図 2** に示す．pH，EC は各地点で春季になるに連れ減少傾向が見られた．イオン組成についても春季になるにつれ減少の傾向が得られた．主に海塩起源と考えられる Cl^-，Na^+，K^+であるが，日によって米沢と福島で値が高くなる特徴があった．この特徴はそれぞれ EC が高い日と一致しており，海塩起源成分の影響により EC が高い値になったと考えられる．それぞれの要素の経時的な減少傾向は，気温が高くなるにつれて，海域からの蒸発による降雪が少なくなったことが示唆される．桧原には特に高い値を示す特徴が現れなかったことから，海の影響を受けにくい地域であることが示唆された．

キーワード：　降雪，気候変動，流域境界
福島県福島市金谷川 1　福島大学共生システム理工学研究科
Tel and Fax 024-548-5261

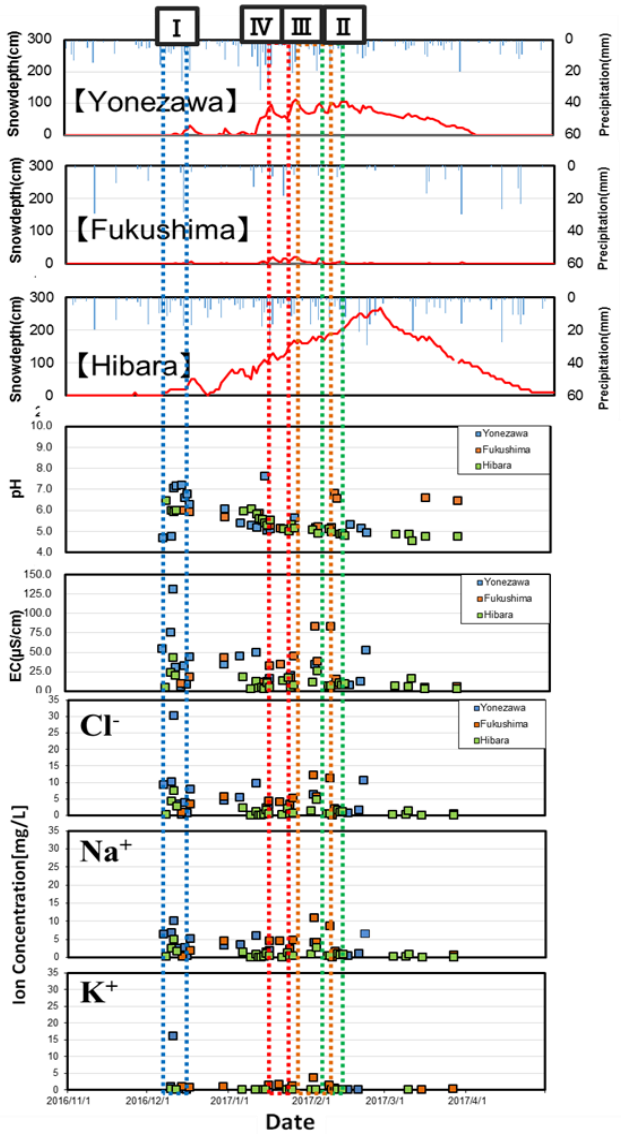

図 2　短時間の気象要素，pH，EC，イオン

4．安定同位体比

どのような気象条件に応じて地域固有の降雪が現れるのか検証するため，前述の化学要素分析の時系列変化より特徴的な降雪イベントを抽出した．抽出された特徴は 4 つである(図 2 参照)．特徴Ⅰ（日本海起源可能性）は 2016 年 12 月 11 日，米沢と桧原で取得され，米沢の地点で EC，pH，イオン濃度共通して高い値を示した試料である．特徴Ⅱ（太平洋起源可能性）は 2017 年 2 月 9 日，10 日，福島でのみ取得された pH の高い限定降雪の試料である．特徴Ⅲ(太平洋起源可能性)は 2017 年 2 月 2 日福島のみ，8 日 3 地点で採取された試料で，福島で EC，海塩起源のイオン濃度が高い値を示した．特徴Ⅳ（平均的降雪）は 2017 年 1 月 15 日，24 日，3 地点取得され，EC，pH，イオン濃度の要素が低い試料である．これらの安定同位体比の結果を表 1 に示す．

日本海と日本海以外を分ける d-excess 値(以下　d 値)の基準を 20‰と設定する [3]と，今回の試料全てが

表 1　特徴Ⅰ～Ⅳの d-excess 値の結果一覧表

特徴	日時	d-excess 値(‰)		
		桧原	米沢	福島
特徴Ⅰ 米沢 EC,イオン高	2016 年 12 月 11 日	36.98	33.29	
		—	—	22.86
特徴Ⅱ 福島 pH 高,限定降雪	2017 年 2 月 9 日	—	—	20.06
	2017 年 2 月 10 日	—	—	29.53
特徴Ⅲ 福島 EC,イオン高	2017 年 2 月 2 日	—	—	25.18
	2017 年 2 月 8 日	21.25	32.46	31.82
特徴Ⅳ 3 地点全要素低	2017 年 1 月 15 日	35.61	32.62	28.78
	2017 年 1 月 24 日	28.51	34.47	

日本海起源のものであるといえる．さらに，米沢では全て 30‰を超え，福島は 20‰前半～30‰付近でばらつきがあり，桧原も 20‰前半～30‰後半の結果を得た．以上より，米沢は日本海，福島と桧原は日本海と太平洋の影響が混ざる地域と推測され，桧原の変動幅が福島よりも大きいことから，複雑な影響範囲に位置している地域ではないかと推測される．

特徴ごとにみると，特徴Ⅰは米沢，桧原とも日本海の影響を強く受けており，イオン濃度が米沢のみ高まった結果に関し，桧原は飯豊山，西吾妻山等の標高約 2,000m 級の山々に隔てられた地形効果より高濃度のイオンが桧原周辺に到達するまでに落下したことが推測される．特徴Ⅱの福島試料は，d 値が 9 日で 22.86‰，10 日で 20.06‰と基準値に近似した結果が認められたため，日本海と太平洋の水蒸気が混合し，降雪に至っていた可能性が推測される．特徴Ⅲは，d 値が 30‰後半まで高まる場合がある桧原において 21.25‰の d 値が認められた．米沢，福島と比較して著しく低い d 値を示すため，日本海起源の他に地域固有の水循環の影響が含まれ d 値が低くなった可能性が示される．特徴Ⅳはいずれも高い d 値を示すことから，平均的に認められる典型的な降雪は，日本海起源を示す d 値が明瞭に認められること，pH，EC，イオン組成は基本的に特徴を示さない低い値であることが示唆される．

流域奥部各地点の冬季 1 年分における特徴が整理され，その中で桧原は日本海と太平洋の蒸発が混ざり合う地域で，さらに地域固有の水循環も示唆される地域であった．

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)，総合地球環境学研究所同位体環境学共同研究事業，財団法人福島県学術教育振興財団によって実施された．ここに謝意を示す．

参考文献：

1）環境省・気象庁：環境省日本国内における気候変動予測の不確実性を考慮した結果について,http://www.env.go.jp/press/19034.html,Site viewed: 01/09/2017.
2）Kawase H. et al：Enhancement of heavy daily snowfall in central Japan due to global warming as projected by large ensemble of regional climate simulations. Climatic Change, Vol.139, pp.265-278, 2016.
3）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,vol17,pp.83-91,1983.