

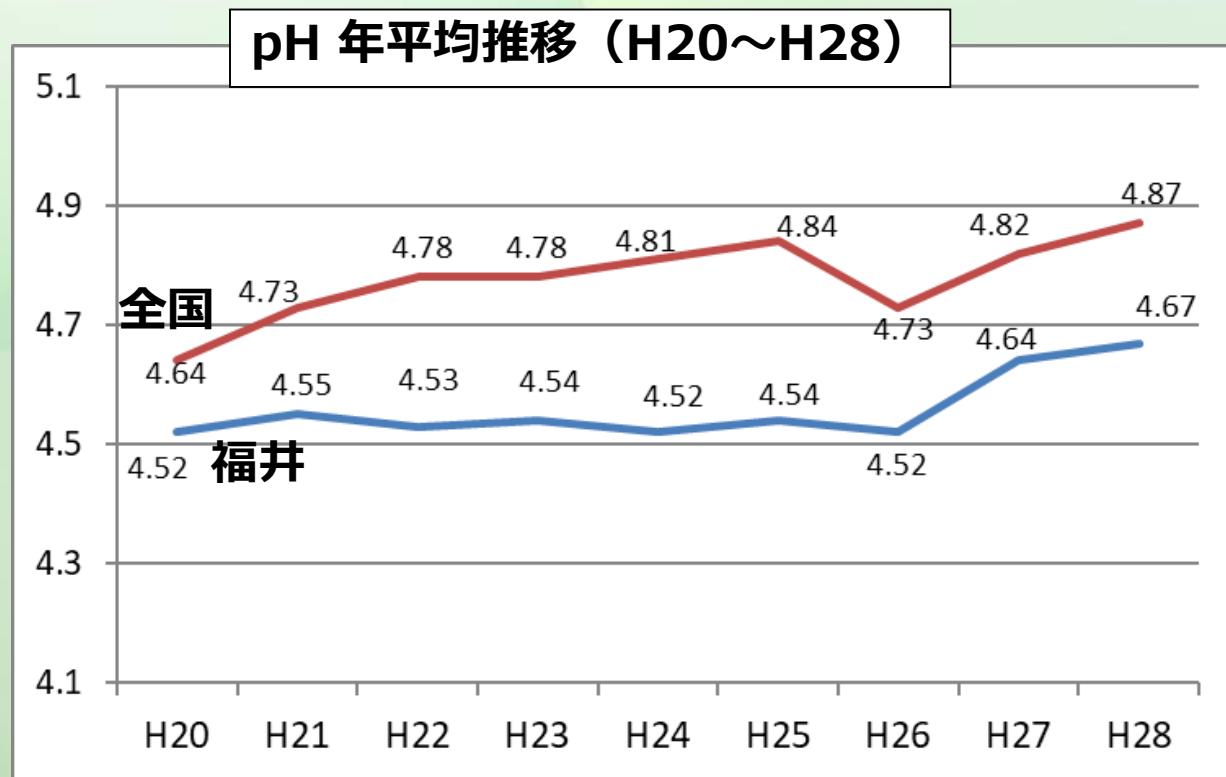
第10回 地域環境研究教育センター
研究発表会

全国から見た福井県の 酸性雨の特徴とその要因

福井県衛生環境研究センター
○高岡大、吉川昌範

1. 目的

福井県の雨の酸性度が高い原因を明らかにすること



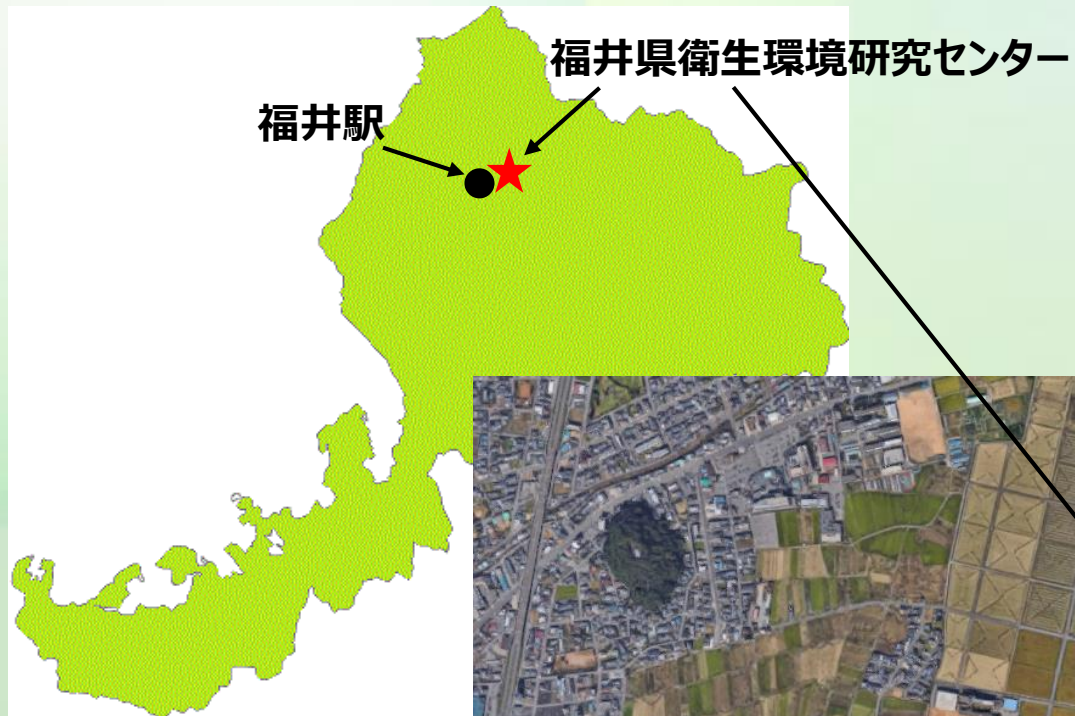
福井の全国順位

H24 : ワースト2位
H25 : 2位
H26 : 6位
H27 : 6位
H28 : 7位

(68~65地点中)

- ・近年も高い酸性度が継続している
- ・全国でもトップクラスの酸性度

(参考) 測定地点



センター外観

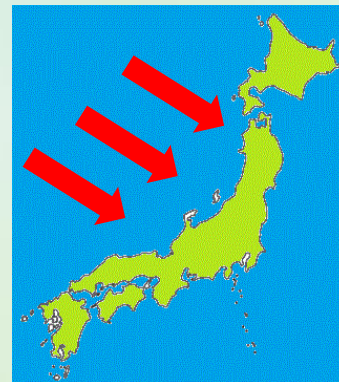


自動雨水採水器

2. 結果

①何が原因？

➡ 冬の季節風による移流物質



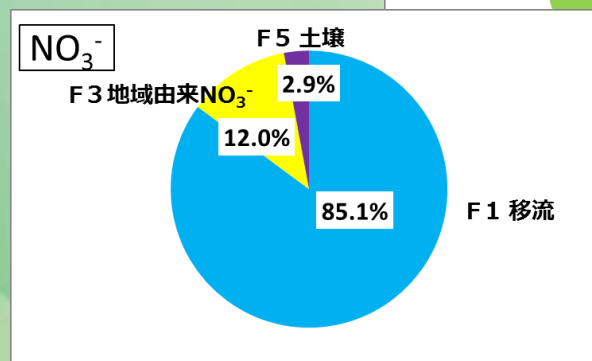
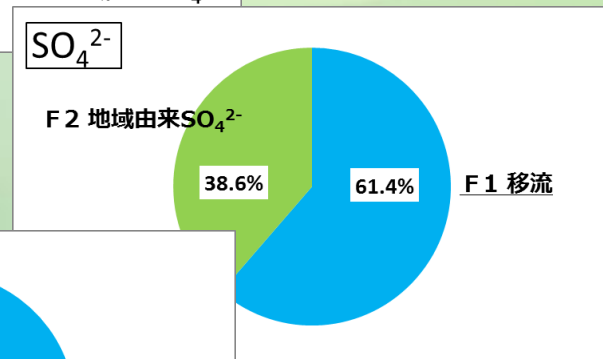
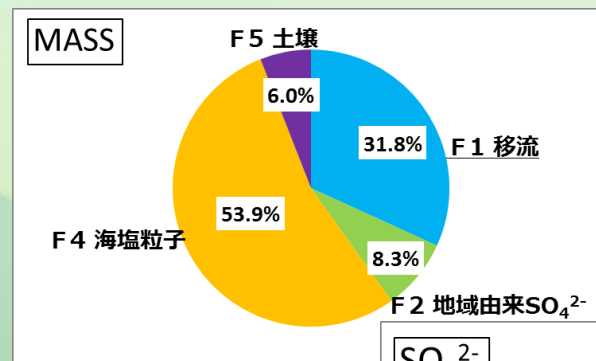
②どの程度の影響？

➡ 全体質量の31.8%

SO_4^{2-} 濃度の61.4%

NO_3^- 濃度の85.1%

酸性成分



2-1. データ収集

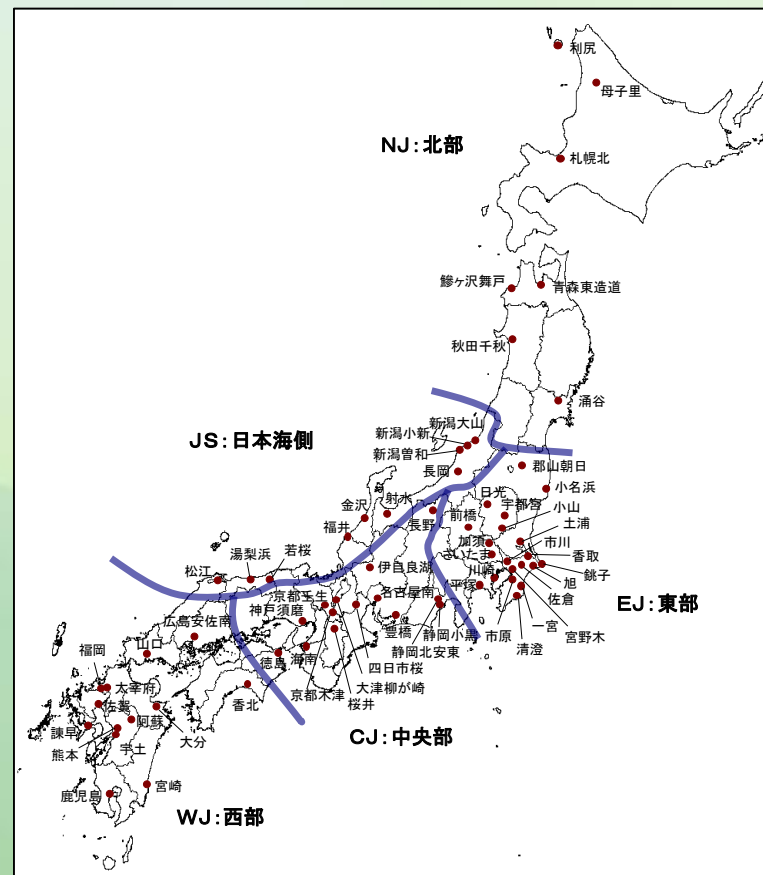
「酸性雨全国調査」の公表データ（国環研HP）を使用

- ・地点数：56～72地点
- ・年 度：H16～H26
(月平均値)

➡ 計8,340ヶ月分

・データ項目：pH、 H^+ 負荷量
イオン成分

SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、
 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+}



2-2. グラフによる福井県と他県の比較

福井県と比較する地点を選定

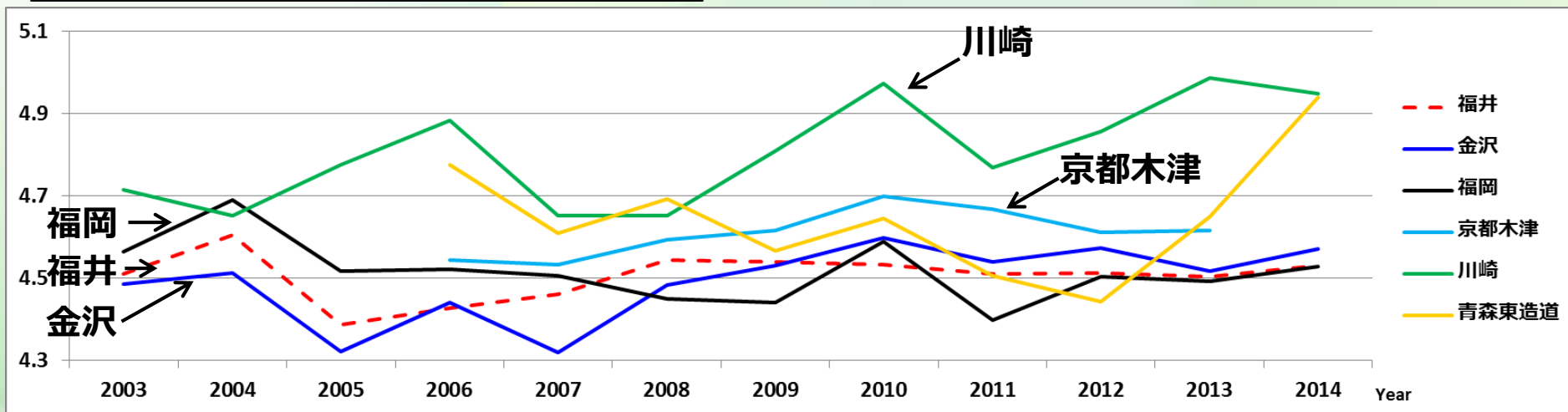
- ・**金沢**：福井に最も近いリファレンス（住宅地）
- ・**福岡**：九州代表（都市）
- ・**京都木津**：近畿代表（都市）
- ・**川崎**：関東代表（工業地）
- ・**青森東造道**：東北代表（住宅地）



2-2-1. pH (年平均)

年平均pHの推移 (2003～2014)

→地域差を見る



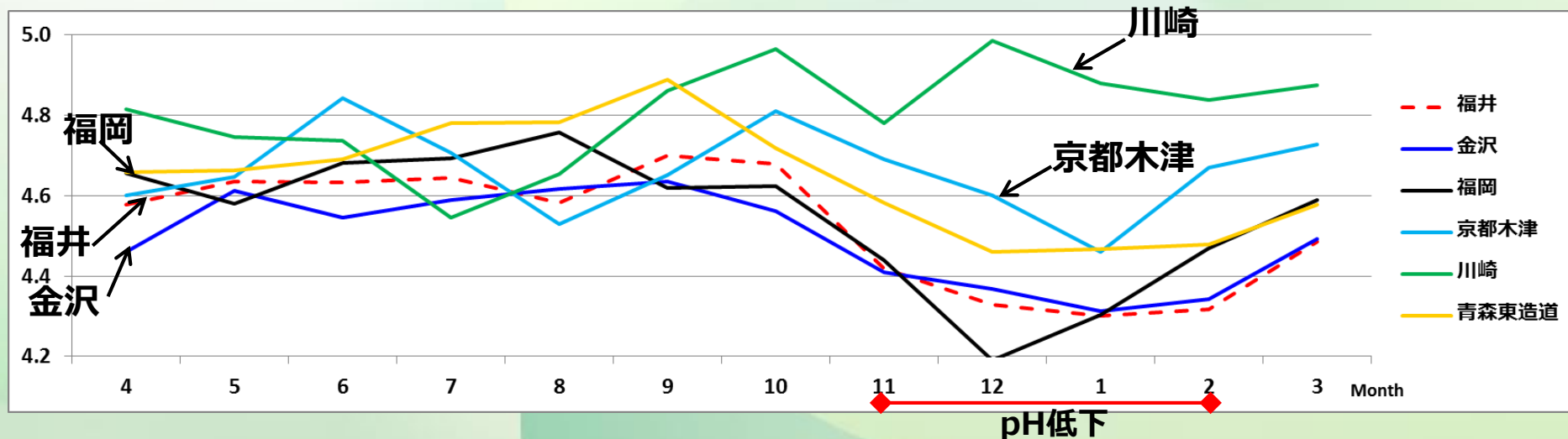
- ・日本海沿岸部（福井、金沢、福岡）はほぼ同じ水準
- ・日本海側が最低レベルで次に京都木津、川崎の順で高い

➡ 日本海側から内陸、太平洋側に向かう要素（**移流**）が存在する

2-2-2. pH (月平均)

月平均pHの推移 (2003～2014)

→季節変動を見る



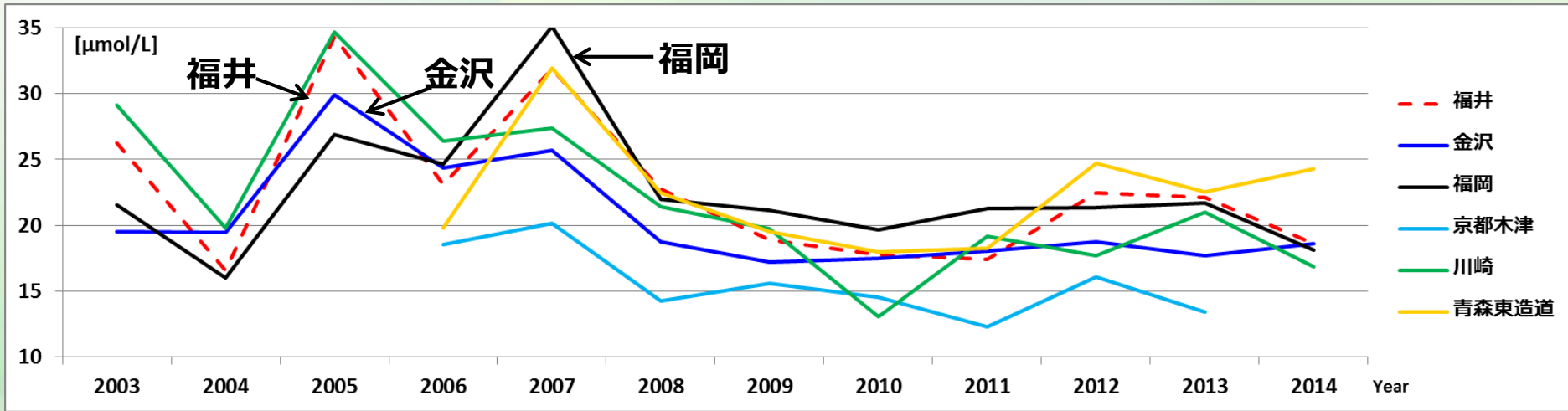
- ・日本海側 3 地点は11～2月（秋冬）に低下傾向
→移流は冬の季節風によるものと推測

- ・川崎は秋冬季に逆にpHが高くなる傾向

➡ 移流の影響は冬の季節風が発達する秋冬季に強まる

2-2-3. nss-SO_4^{2-} （非海塩性硫酸イオン）

年平均 nss-SO_4^{2-} の推移（2003～2014）

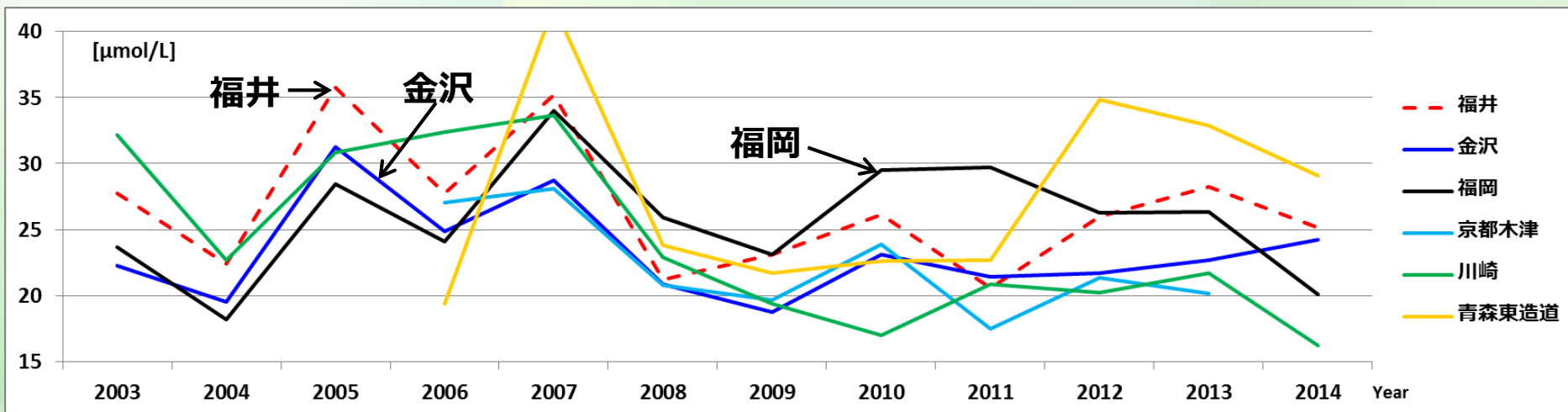


・酸性度が高かった日本海側3地点で nss-SO_4^{2-} が高い

➡ nss-SO_4^{2-} は移流の影響が大きいと考えられる
（ SO_4^{2-} 発生源は主に化石燃料の燃焼）

2-2-4. NO_3^-

年平均 NO_3^- の推移 (2003~2014)

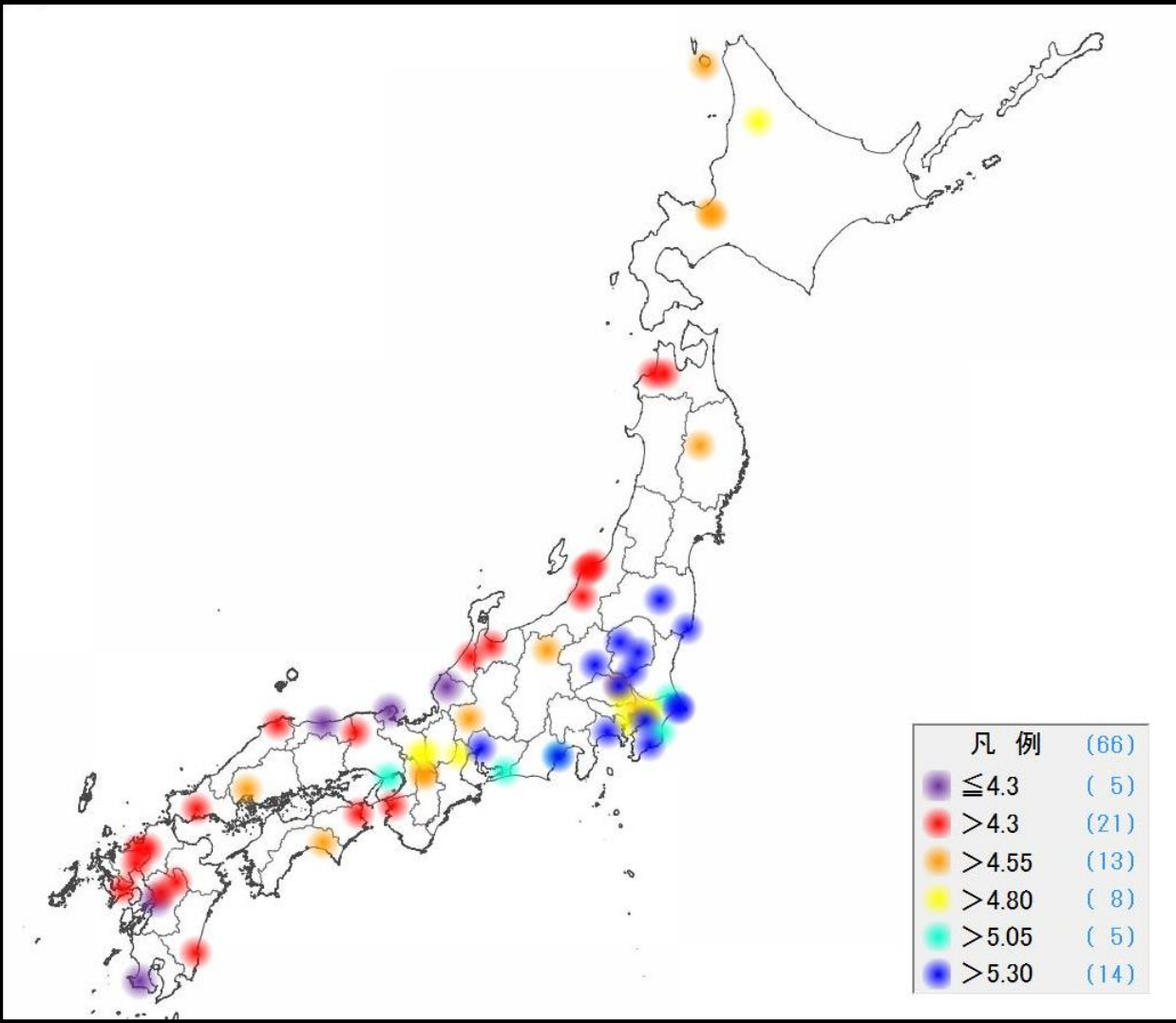
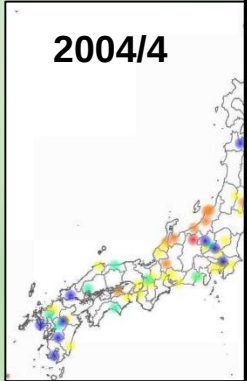
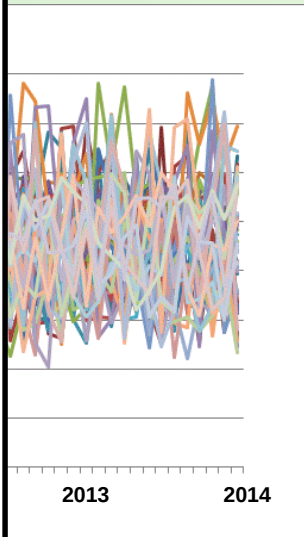
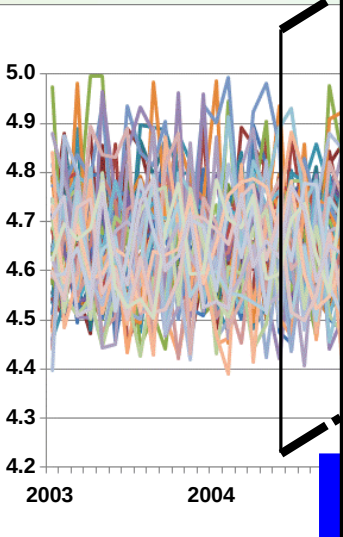


- NO_3^- の推移はどの地点も nss-SO_4^{2-} とほぼ同じ変動傾向
→ nss-SO_4^{2-} と発生源が同じ

➡ 日本海沿岸部の秋冬季は nss-SO_4^{2-} 、 NO_3^- について
移流の影響が強く、酸性化に大きく寄与している

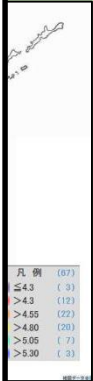
2-3. マッピング解析

グラフよりも感覚的な解析を行うことが可能

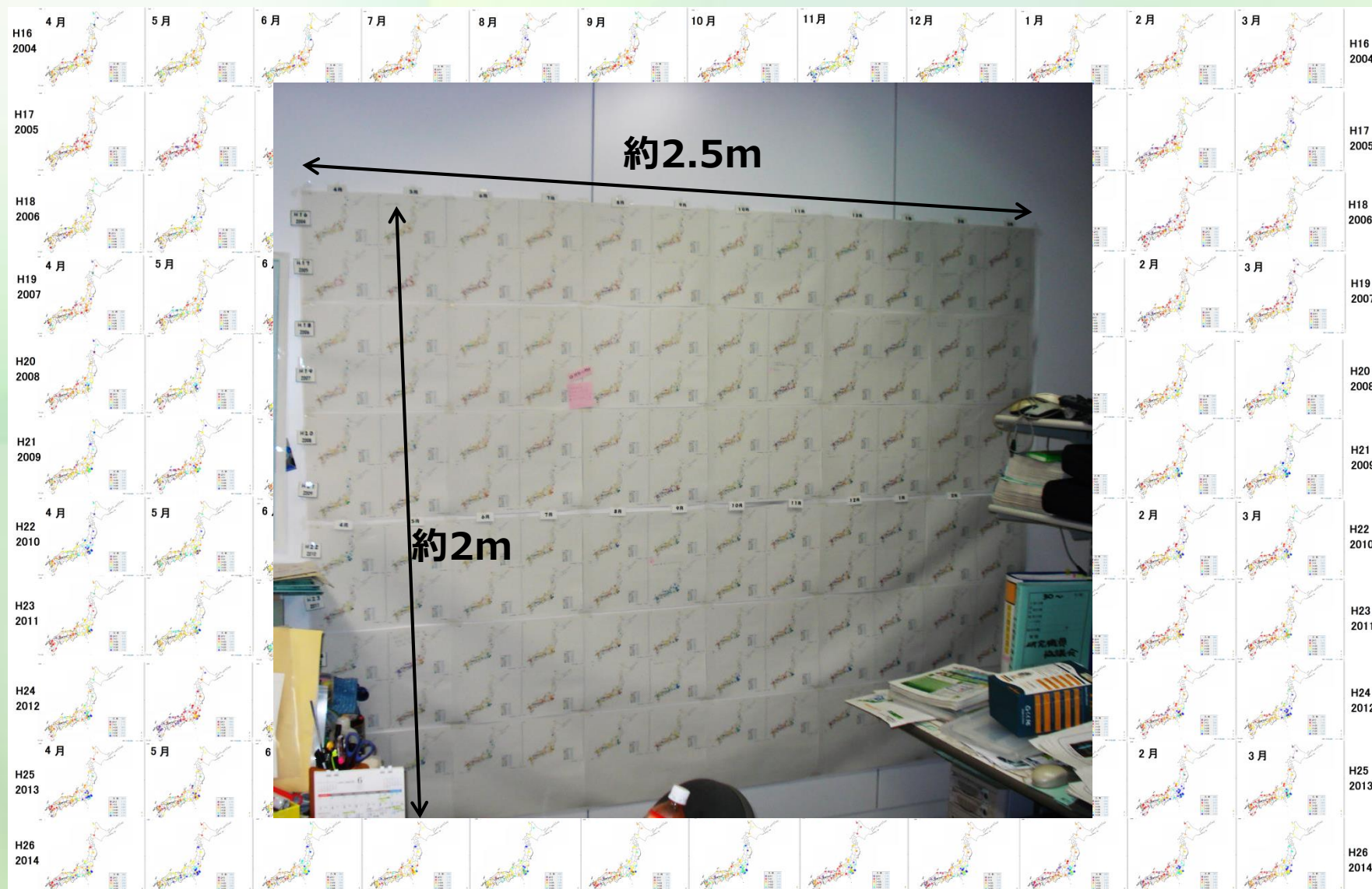


凡 例	(66)
≤4.3	(5)
>4.3	(21)
>4.55	(13)
>4.80	(8)
>5.05	(5)
>5.30	(14)

位置情報



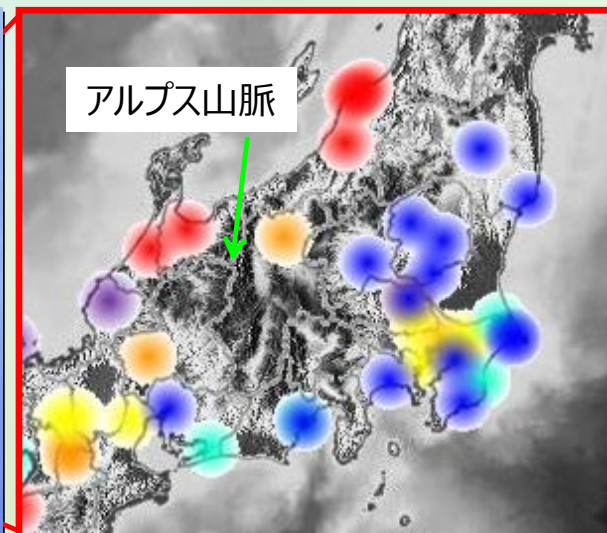
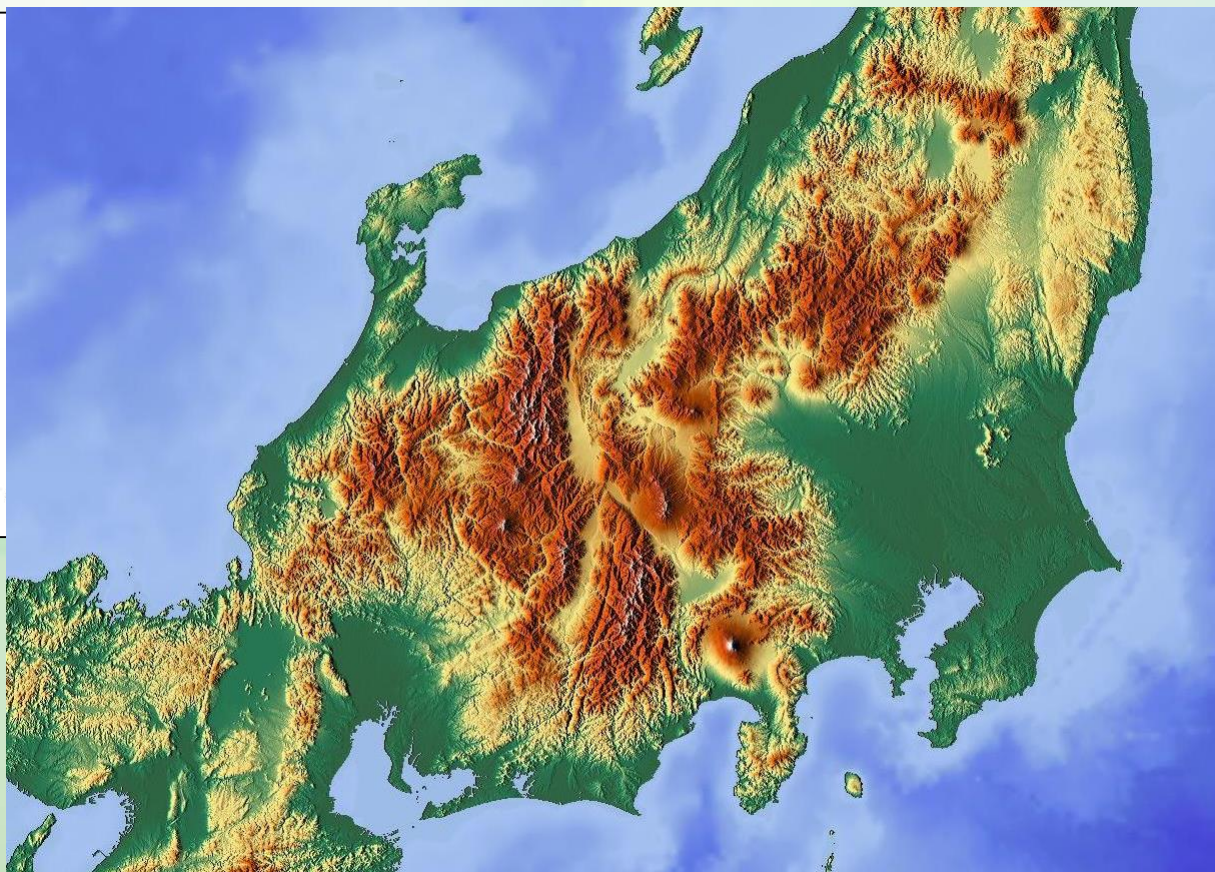
全国pHマップ°一覧



計132マップ°

(HP掲載 <http://www.erc.pref.fukui.jp/center/research/acidrain/acidrain.html>)

2-3-1. 典型的なパターンのpHマップ



スのpHマップ)

いる
海沿岸ブロック

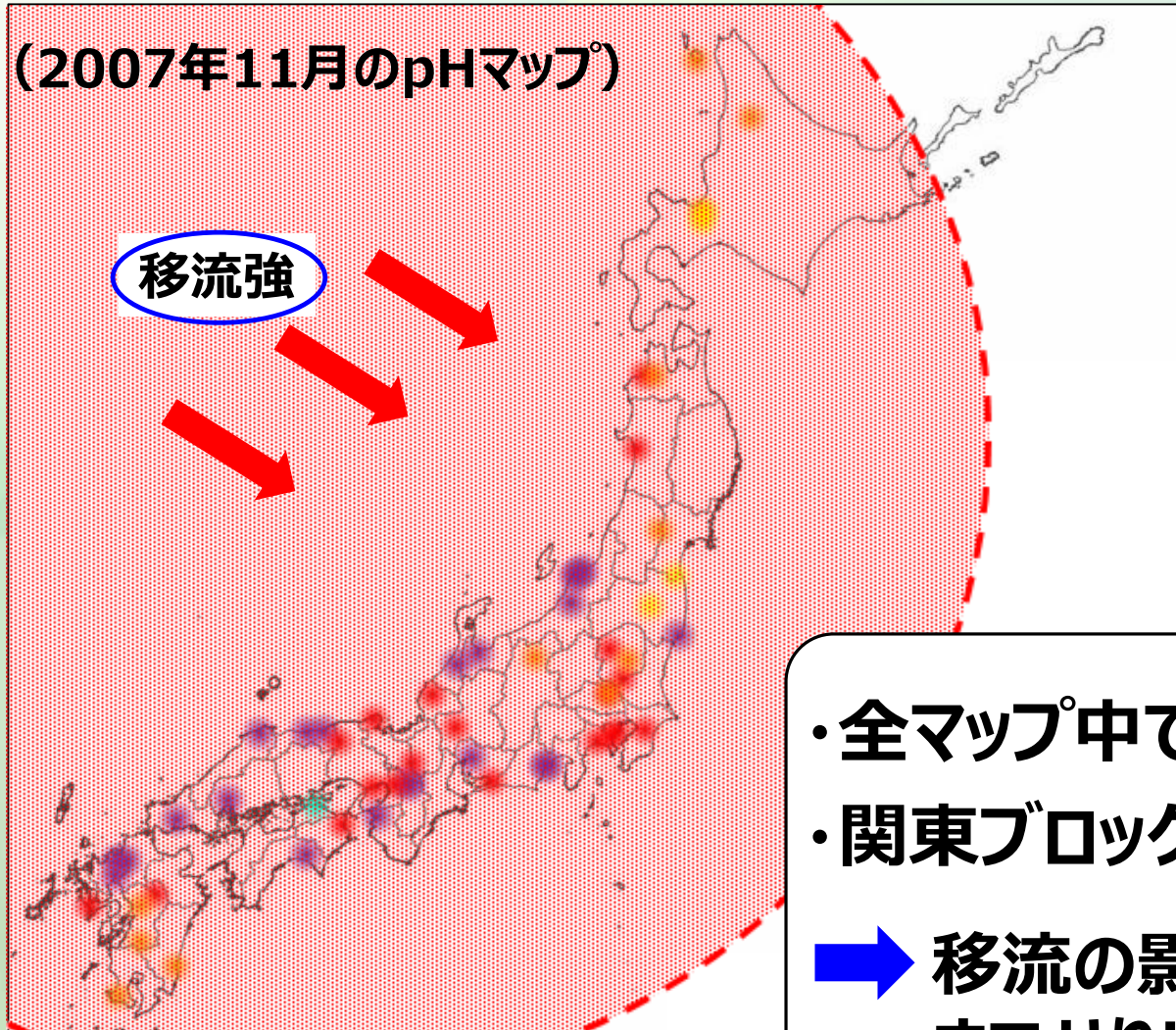
酸性度高い傾向

酸性度低い傾向

—マップでも移流を確認

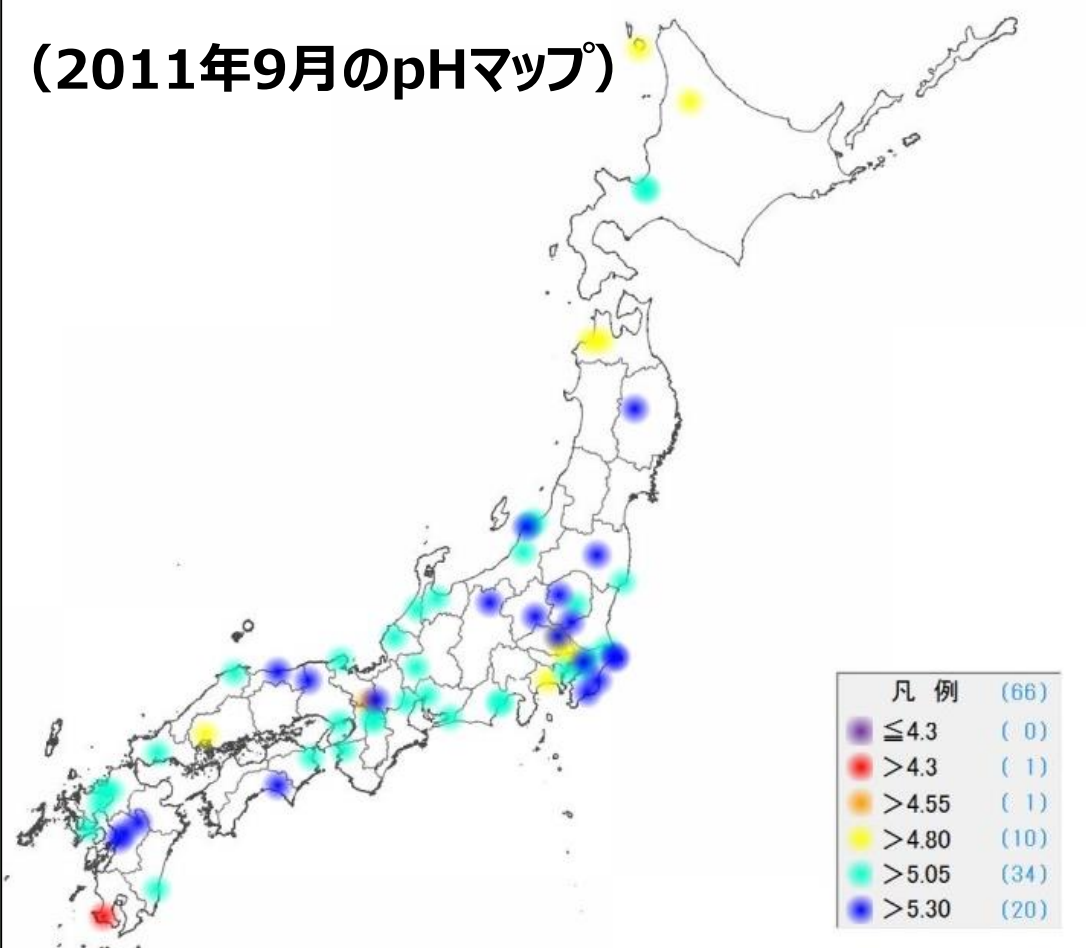
- ・日本アルプスによって雨雲が日本海側で降雨となるため
太平洋側は移流の影響が小さい

2-3-2. 特徴的なパターンのpHマップ



- ・全マップ中で酸性度が最も高い
 - ・関東ブロックも高い
- ➡ 移流の影響範囲が太平洋側までせり出すほど強い月だった

(2011年9月のpHマップ)



①単純に移流の影響が非常に弱かった。

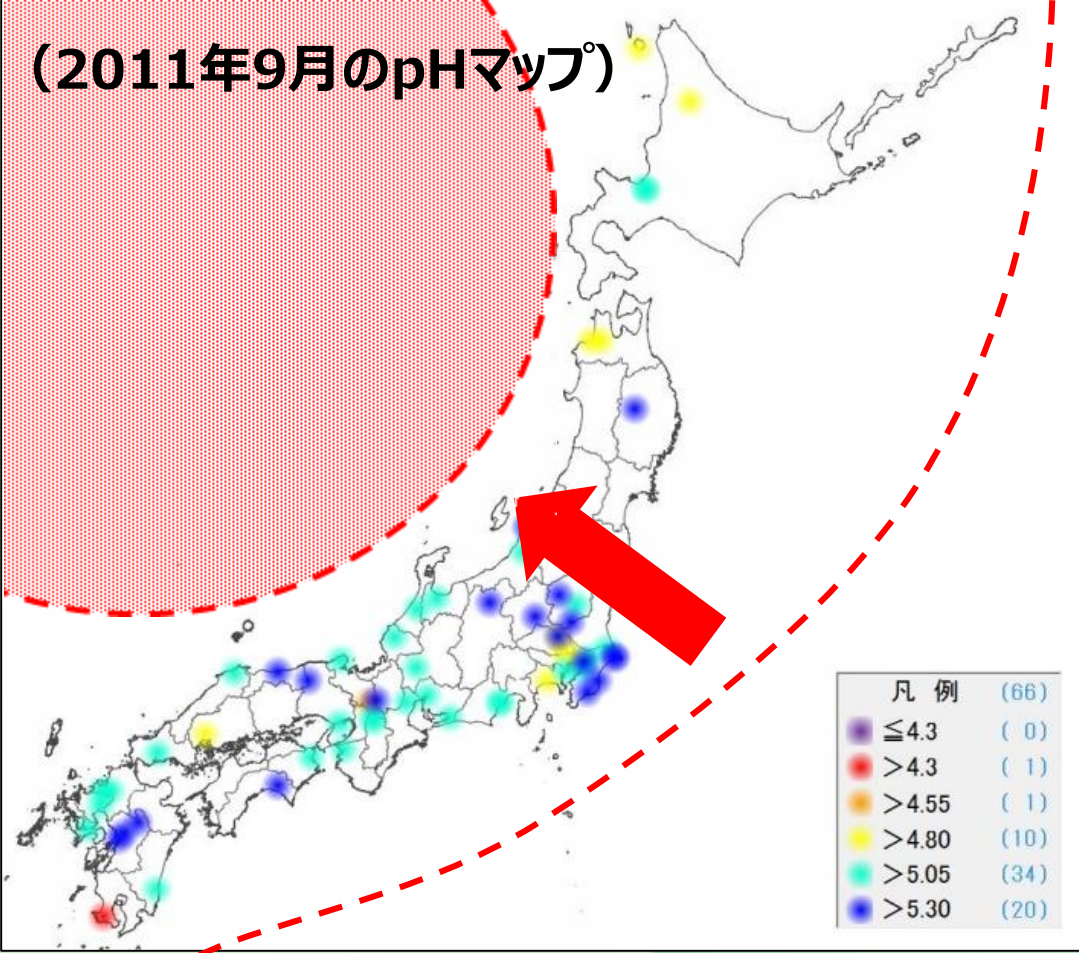
②移流影響が弱かったのと同時に関東または日本全域で中和要素が強かった。
(移流は関東に影響しない)

③普段の移流影響を打ち消すほど強力な中和要素が存在していた。

・全マップ中で酸性度が最も低い ➡ バックグラウンドか？

・関東ブロックも普段より低い ➡ 関東も普段から少なからず移流の影響を受けている

(2011年9月のpHマップ)



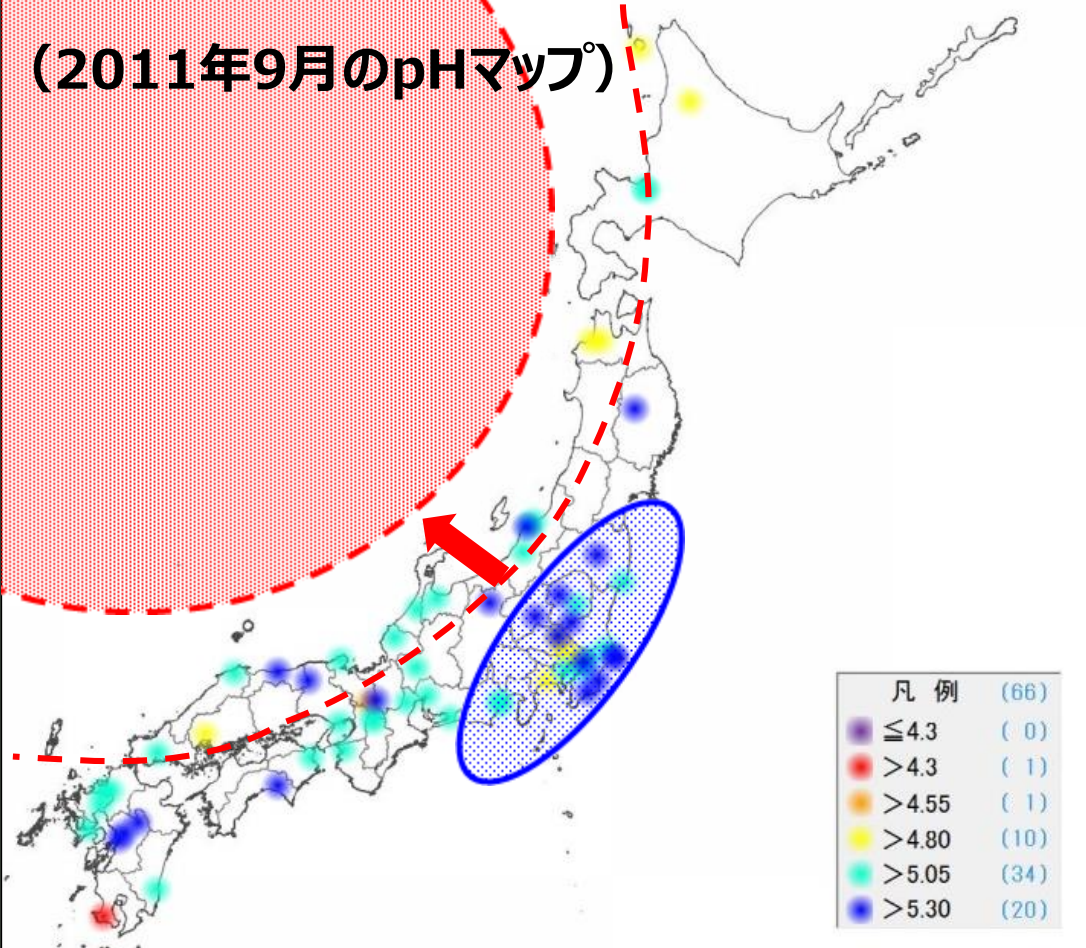
①単純に移流の影響が非常に弱かった。

②移流影響が弱かったのと同時に関東または日本全域で中和要素が強かった。
(移流は関東に影響しない)

③普段の移流影響を打ち消すほど強力な中和要素が存在していた。

- ・全マップ中で酸性度が最も低い ➡ バックグラウンドか？
- ・関東ブロックも普段より低い ➡ 関東も普段から少なからず移流の影響を受けている

(2011年9月のpHマップ)



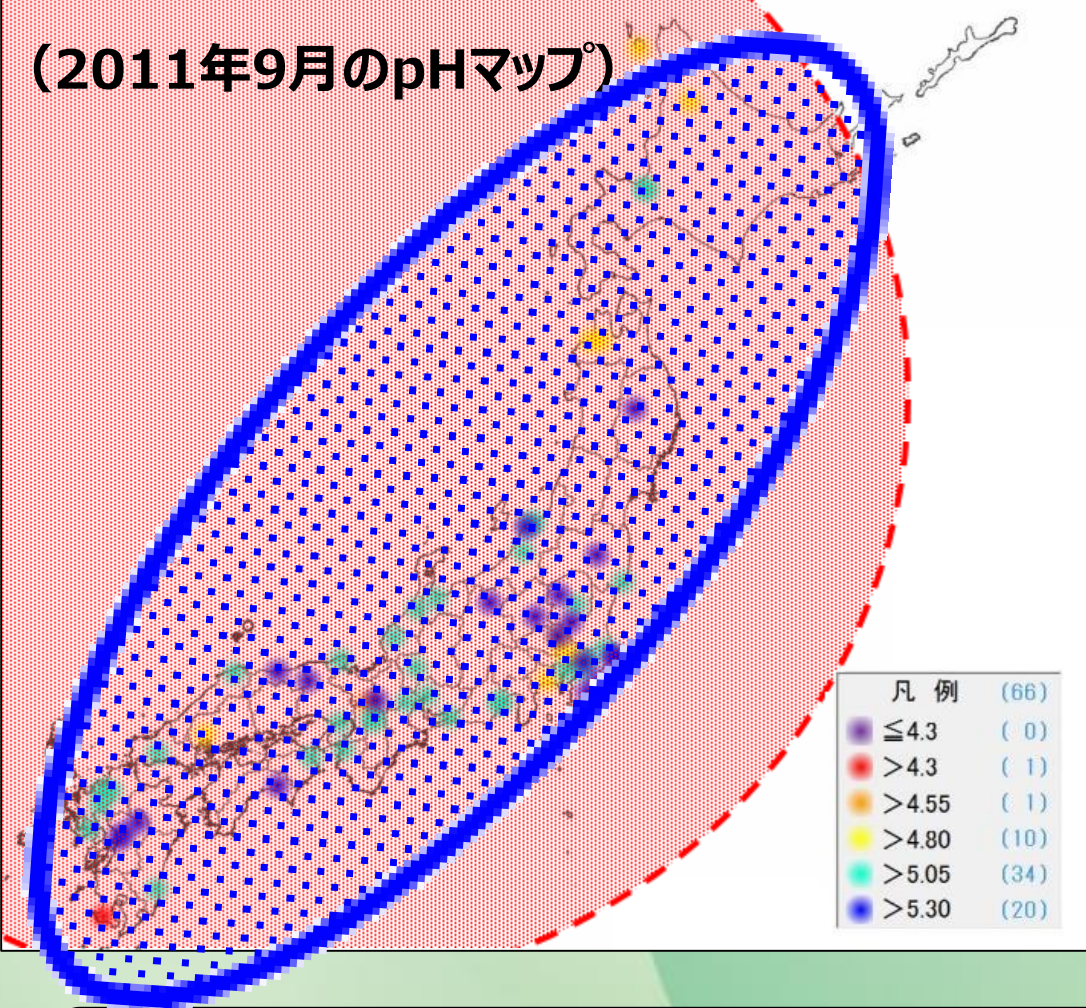
①単純に移流の影響が非常に弱かった。

②移流影響が弱かったのと同時に関東または日本全域で中和要素が強かった。
(移流は関東に影響しない)

③普段の移流影響を打ち消すほど強力な中和要素が存在していた。

- ・全マップ中で酸性度が最も低い ➡ バックグラウンドか？
- ・関東ブロックも普段より低い ➡ 関東も普段から少なからず移流の影響を受けている

(2011年9月のpHマップ)



①単純に移流の影響が非常に弱かった。

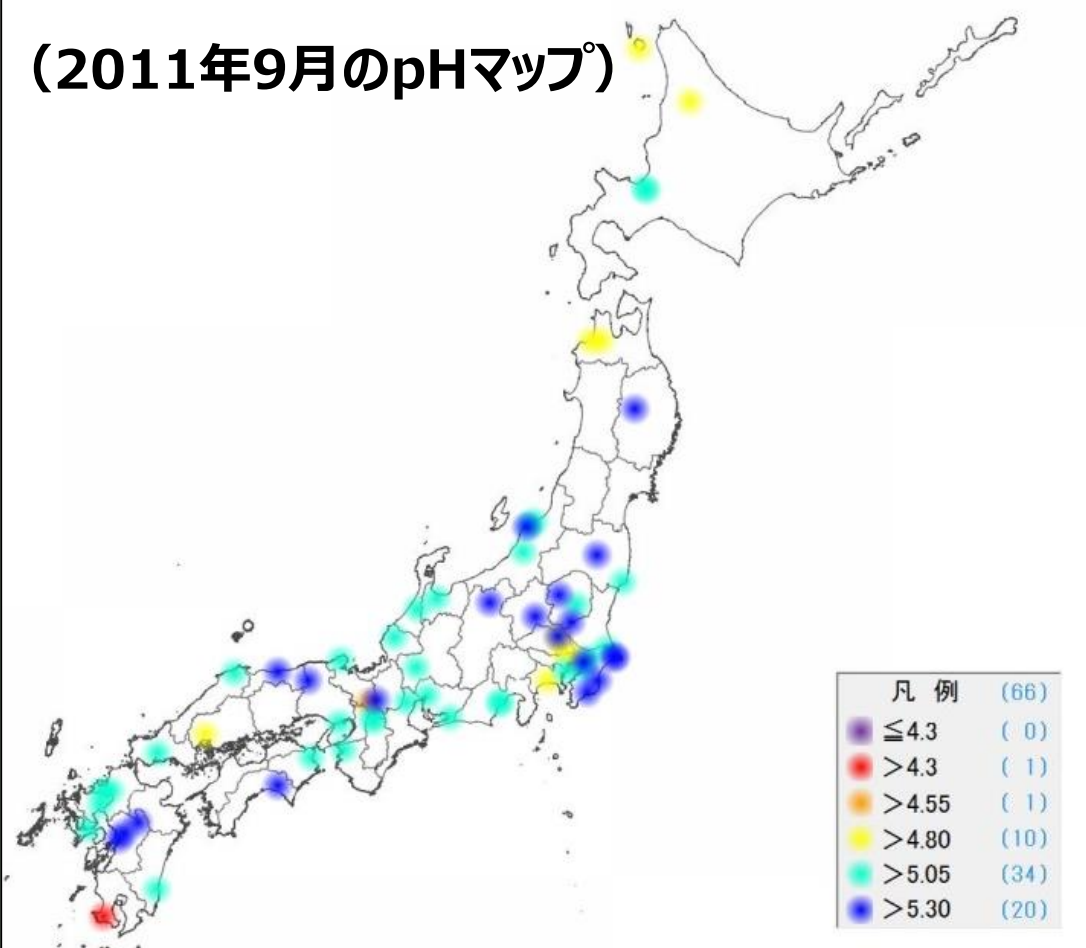
②移流影響が弱かったのと同時に関東または日本全域で中和要素が強かった。
(移流は関東に影響しない)

③普段の移流影響を打ち消すほど強力な中和要素が存在していた。

・全マップ中で酸性度が最も低い ➡ バックグラウンドか？

・関東ブロックも普段より低い ➡ 関東も普段から少なからず移流の影響を受けている

(2011年9月のpHマップ)



①単純に移流の影響が非常に弱かった。

②移流影響が弱かったのと同時に関東または日本全域で中和要素が強かった。
(移流は関東に影響しない)

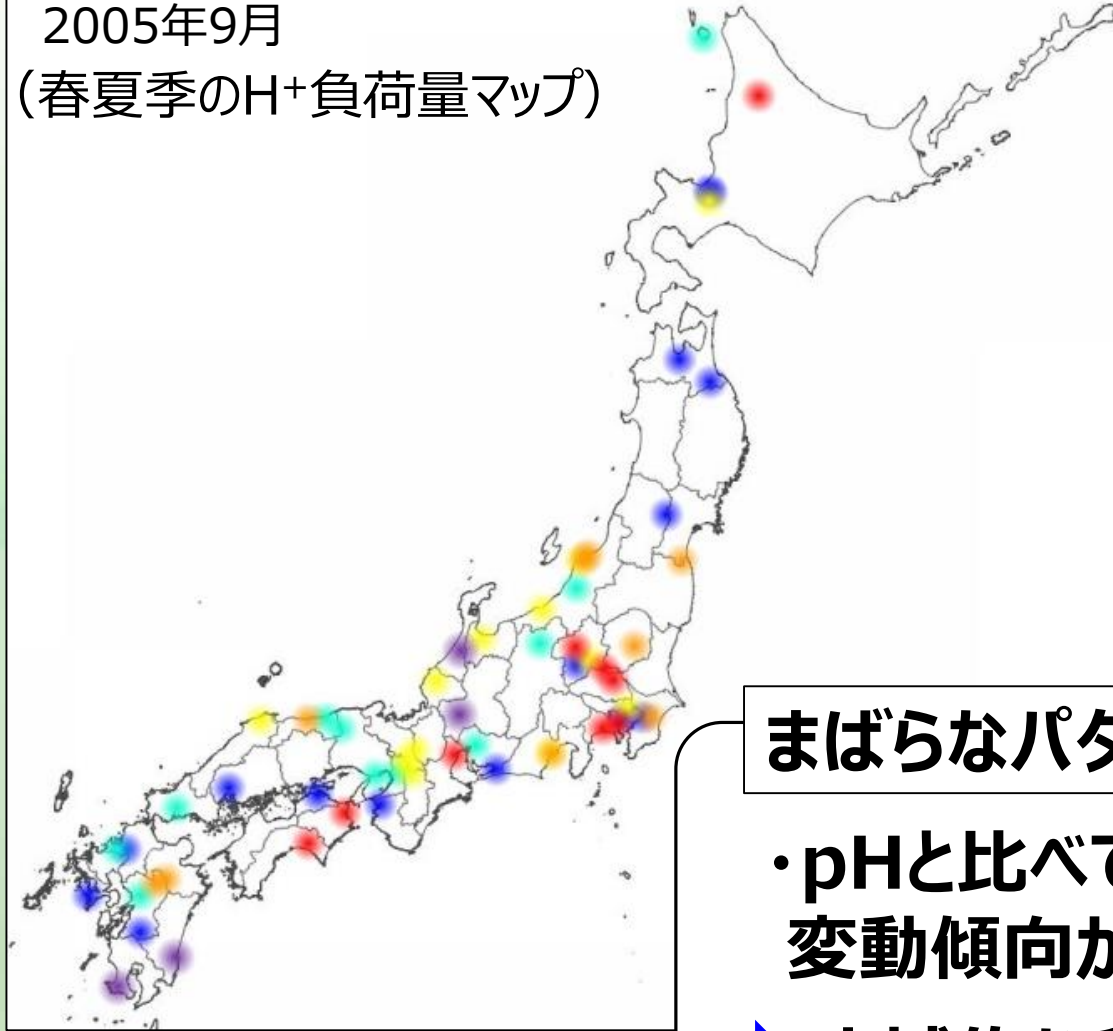
②各地の移流影響を打ち消すほど強力な中和要素がなかった。
(移流は関東に影響しない)

・全マップ中で酸性度が最も低い ➡ バックグラウンドか？

・関東ブロックも普段より低い ➡ 関東も普段から少なからず移流の影響を受けている

2-3-3. H⁺負荷量マップ①

2005年9月
(春夏季のH⁺負荷量マップ)



負荷量 = H⁺濃度 × 雨量

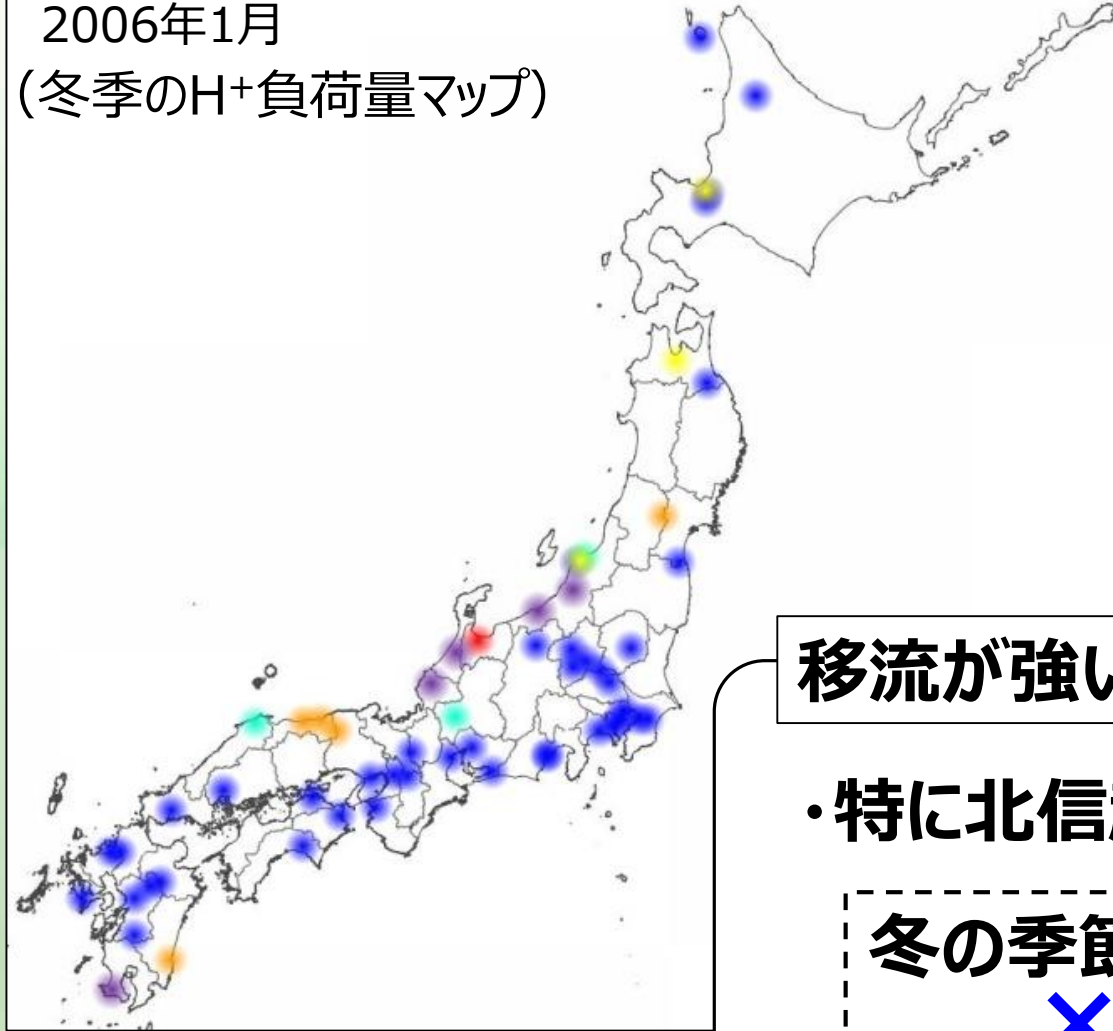
まばらなパターン

- ・pHと比べてブロック単位の変動傾向が希薄

➡ 広域的な移流の影響よりも地形や気候などの地域特性が強い

2-3-3. H⁺負荷量マップ②

2006年1月
(冬季のH⁺負荷量マップ)



負荷量 = H⁺濃度 × 雨量

移流が強い冬季

・特に北信越の負荷量が高い

冬の季節風 (H⁺濃度↑)

×

冬に降雨雪量が多い (雨量↑)

2-4. PMF解析 (Positive Matrix Factorization)

発生源情報がなくても観測値の挙動から
寄与割合の推定が可能

解析式

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^p g_{ik} f_{kj} + e_{ij} \quad Q(E) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [e_{ij}/u_{ij}]^2$$

x_{ij} : 観測地点での試料 i 中の成分 j の濃度

g_{ik} : 発生源 k の試料 i への寄与濃度

f_{kj} : 発生源 k 中の成分 j の含有率

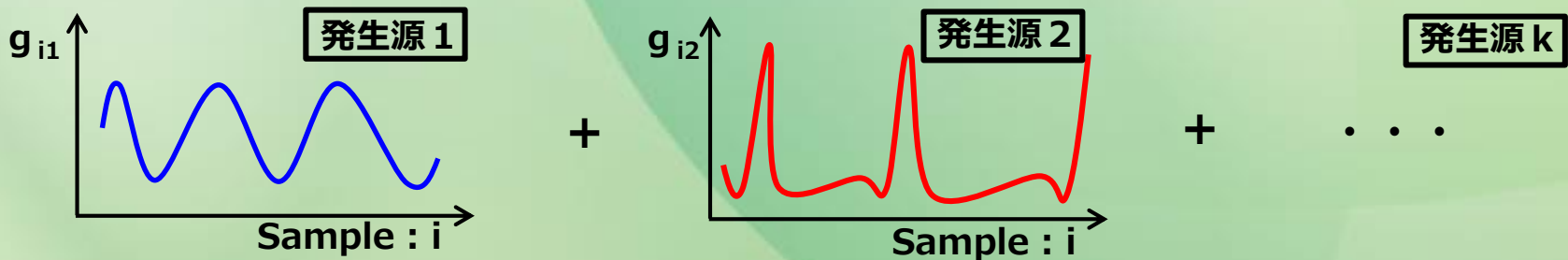
e_{ij} : 試料 i の成分 j の実測値と計算値の誤差 (残渣)

u_{ij} : 試料 i の成分 j の測定の不確かさ

p : 発生源数

m : 成分数

n : 試料数

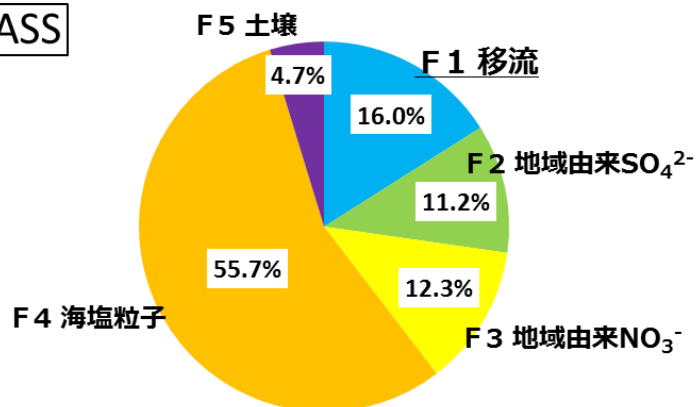


声紋解析のように類似した変動要素を同類の発生源に由来すると推定する

2-4-1. 日本海沿岸部の解析（通年）

pHマップで酸性度が高かった日本海沿岸部のデータを抽出

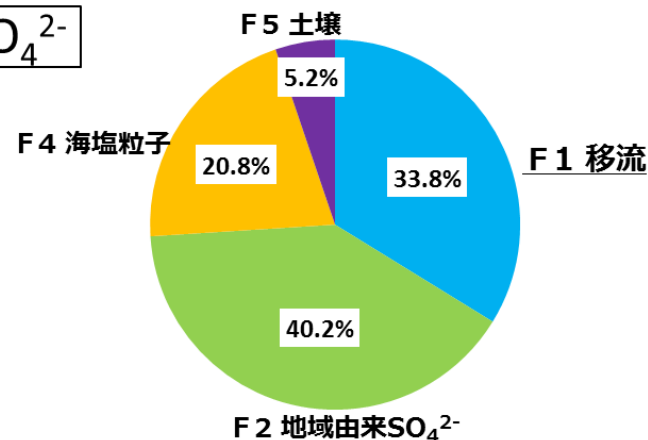
MASS



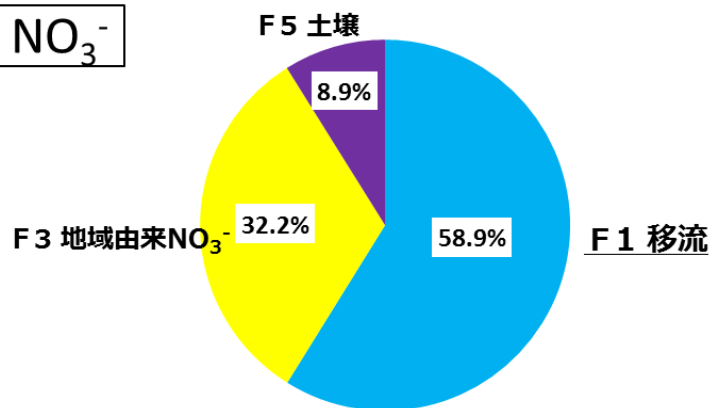
全体質量の16.0%が移流

SO₄²⁻の33.8%が移流

SO₄²⁻



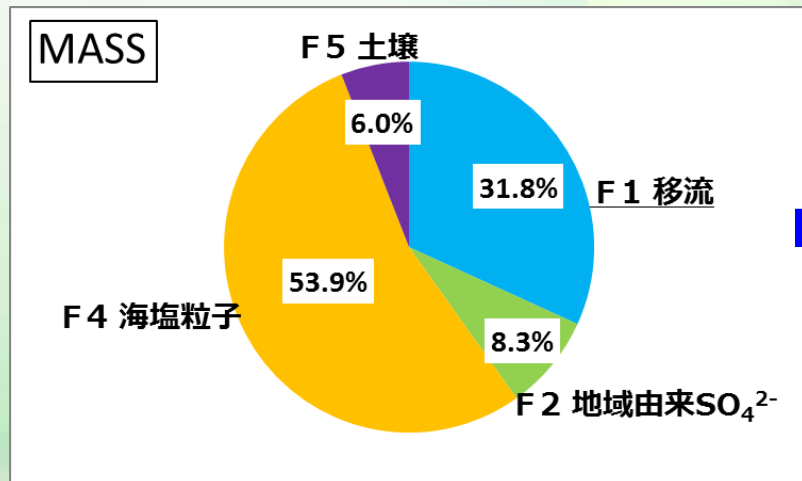
NO₃⁻



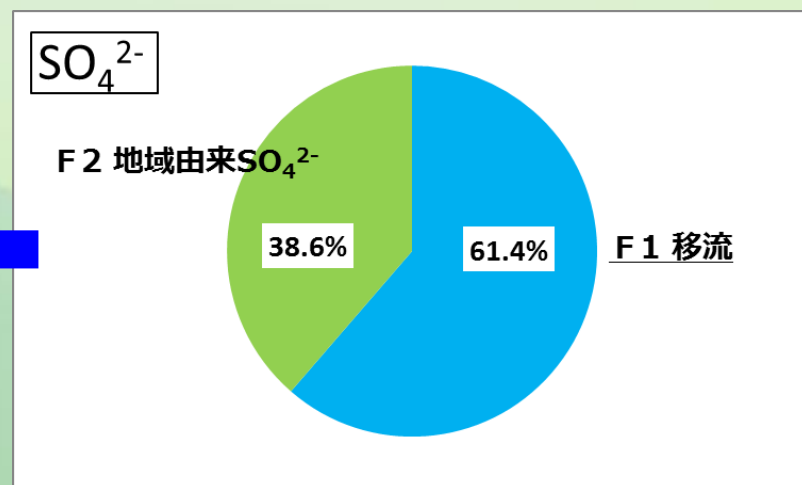
NO₃⁻の58.9%が移流

2-4-2. 日本海沿岸部の解析（秋冬季）

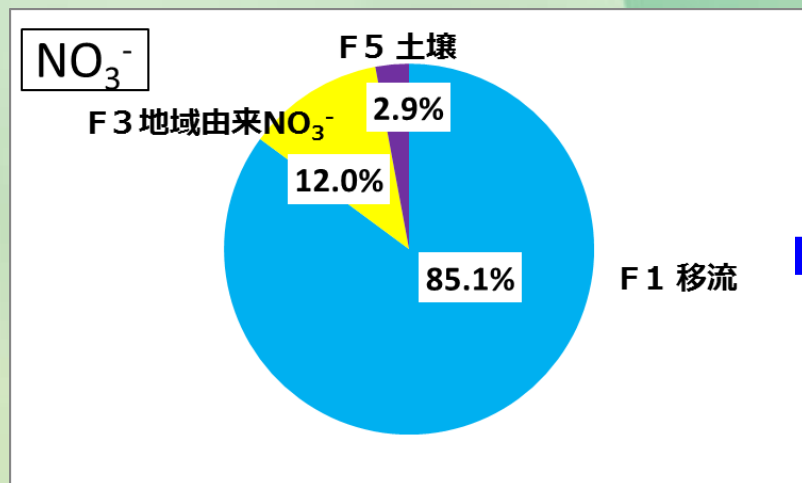
移流の影響が強い11月～翌2月にデータを絞って解析



全体質量の31.8%が移流



SO₄²⁻の61.4%が移流



NO₃⁻の85.1%が移流

2-4-3. 年平均と秋冬季の比較

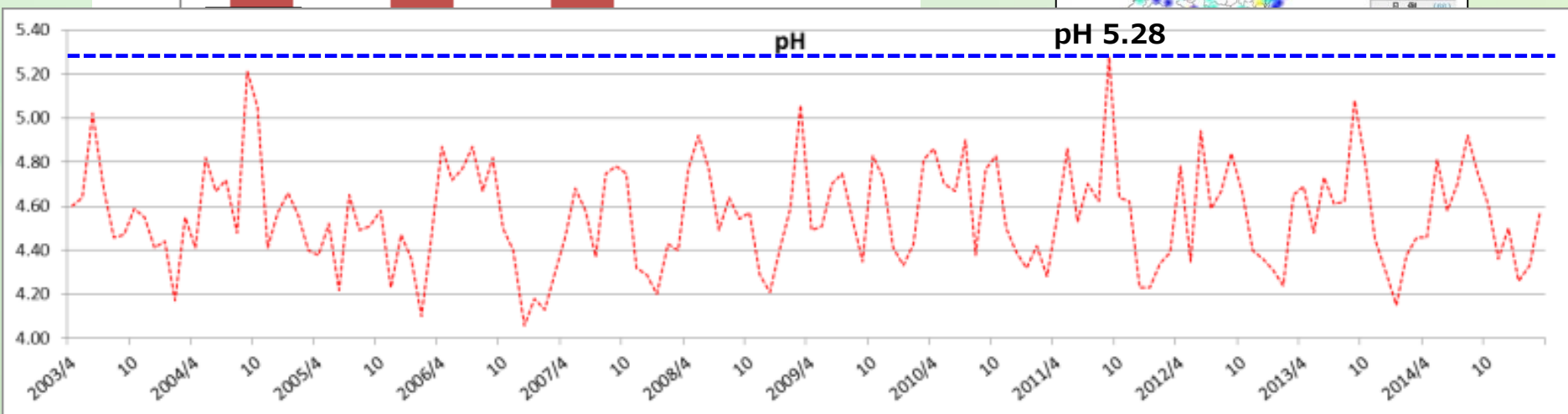
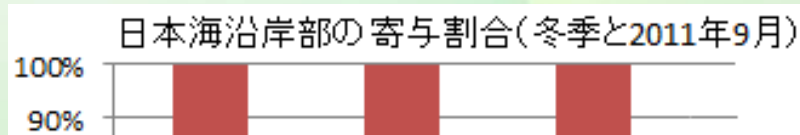
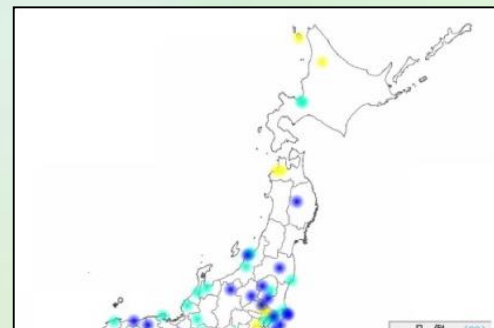
[%]

		年間	秋冬季
SO ₄ ²⁻ 濃度	移流	33.8	61.4 
	地域由来	40.2	38.6 
NO ₃ ⁻ 濃度	移流	58.9	85.1 
	地域由来	32.2	12.0 
全体質量	移流	16.0	31.8 
	地域由来	23.5	8.3 

- ・秋冬季は硫酸、硝酸、全体質量の全てで移流の寄与割合が
増加
- ・グラフやマッピング解析で明らかになった
「秋冬季に移流の影響が強くなる」という結果と一致

2-4-4. バックグラウンド

酸性度が非常に低かった2011年9月
と秋冬PMFから移流除いた分を比較



全ての項目で移流を除外した値とほぼ一致

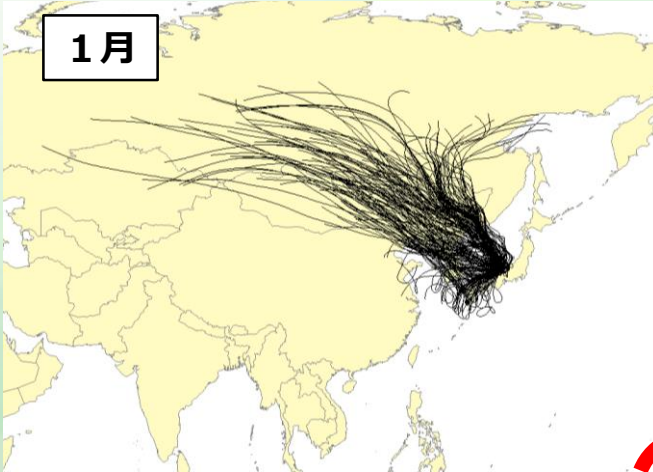
- PMFの結果（シミュレーション値）が実測値と一致
- 2011年9月は移流の影響がないバックグラウンド値だった

2-5. 後方流跡線解析

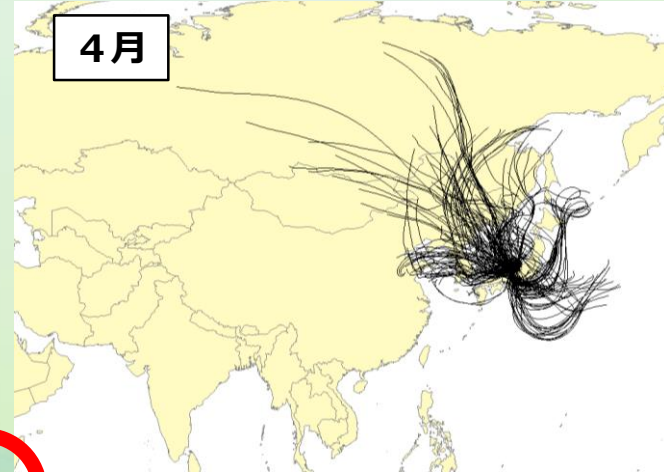
風向きからも移流について解析

2014年

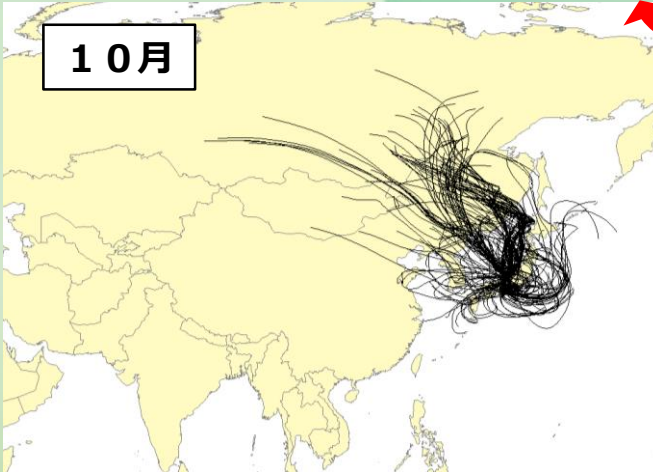
1月



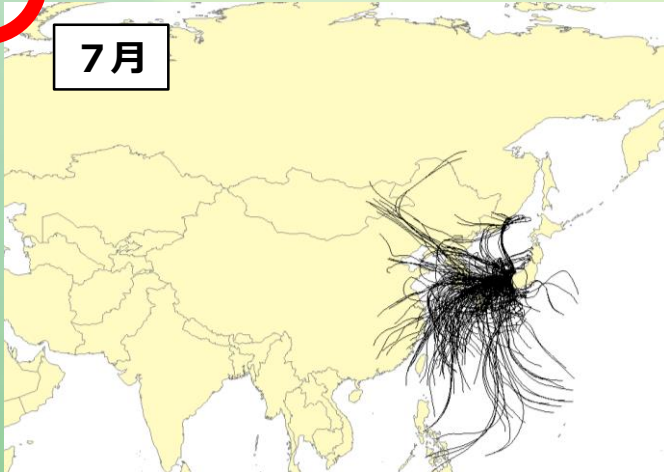
4月



10月



7月



➡ 流跡線からも冬季に移流が顕著であることを確認

3. まとめ

- 秋から冬にかけて季節風によって SO_4^{2-} 、 NO_3^- 等を含む大陸由来の移流物質が福井県および日本海沿岸部の地域全体に渡って広域的な影響を及ぼしている
- その寄与割合は SO_4^{2-} 濃度の61.4%、 NO_3^- 濃度の85.1%全体質量の31.8%と推計された
- H^+ 負荷量は日本海沿岸部の中でも北信越が特に高い
- 移流の影響を除いた福井県本来のpHは5.28程度と推計される