

# 人工衛星画像による蔵王の樹氷に混入する越境大気汚染物質解析

山形大学大学院理工学研究科地球環境学専攻 ○会田達仁

山形大学理学部地球環境学科 柳澤文孝

東北大学東北アジア研究センター 工藤純一

## 1. はじめに

冬季の山形蔵王の標高 1500m 付近に樹氷が存在している (図1)。日本は、冬季にはアジア大陸から北西の季節風が卓越する地理的位置にある。従って、シベリアからの冷たく乾いた北西の季節風が日本海で水分を吸収し、朝日連峰にぶつかる。朝日連峰で降雪を起し、降雪にならなかった水分は上空で過冷却水滴となる。過冷却水滴が蔵王に到着すると、それがアオモリトドマツに衝突して着氷となる。その後、着氷の隙間に多くの雪が取り込まれて着雪し、0℃付近の雪が互にくっついて固く絞まる。この着氷と着雪の繰り返しにより、樹氷が形成される。



図1 蔵王の樹氷

一方、アジア諸国において工業化が進むとともに大気汚染物質の排出量が増加しており、アジアから大気汚染物質が飛来していると考えられている。樹氷が形成される標高 1500m 付近は自由大気層にあたりアジア大陸からの強い風が卓越していることから、現地性の影響はほとんど無く、アジア大陸からの影響を観測するために好適な地理的位置にあると考えられる。

これまでの研究により、蔵王の樹氷中の汚染物質 (nssSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>など) は北京方面または上海方面から飛来することが明らかにされている。

本研究では、2008年11月-2009年3月および2009年11月-2010年3月に採取をした樹氷の着氷試料から、その期間に多くの汚染物質がどのように大陸から運ばれてくるかを考察することが目的である。

## 2. 方法

着氷は山形県山形市蔵王にある蔵王ロープウェイ・蔵王地蔵山頂前 (東経 140 度 20 分 6 秒、標高 1661m) の人為的影響のない場所で採取した (図2)。

2008年~2010年の冬季において、採取した試料の試料は自然融解させた後、pH と電気伝導度、粒子濃度測定を行った。また、ろ過した試料について化学分析を行った。その化学データと、観測された人工衛星画像と天気図、流跡線解析の比較によって汚染物質がどのように飛来してくるかを詳しく考察する。衛星画像は NOAA および MODIS の画像を用いる。

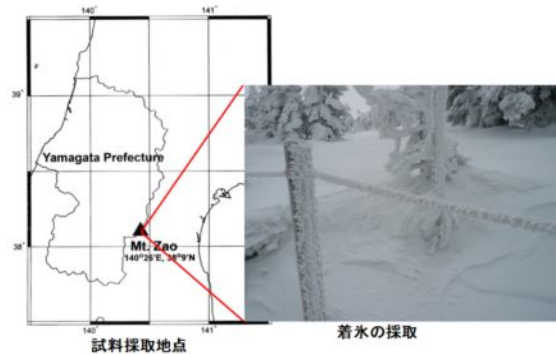


図2 樹氷の採取

## 3. 結果・考察

採取した日の試料の電気伝導度 (EC) が 100  $\mu$ S/cm 以上であるときは人工衛星画像において汚染物質がはっきりと見えるようになる。

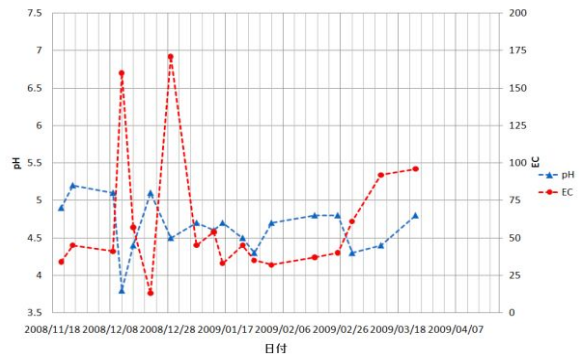


図3 08年~09年における pH と EC

2008年～2009年では08/12/12の試料と08/12/29の試料において電気伝導度が100  $\mu$ S/cm以上であり(図3)、それら日は汚染物質が衛星画像で確認できる。

08/12/29前後の空気塊は主として中国北部から、一方、08/12/12前後の空気塊は主として中国南部から移動してきたことが分かる(図4)。この二つの採取した日の3～5日前には、移動性の高気圧が中国上空で一度停滞する。その高気圧の下降気流によって、中国の山に囲まれている華北平原に汚染物質がたまっていると考えられる。その後、冬型の気圧配置が崩れて、中国上空にあった汚染物質が、低気圧に押されて飛来し、低気圧の影響で日本に汚染物質が降り注いだと考えられる。

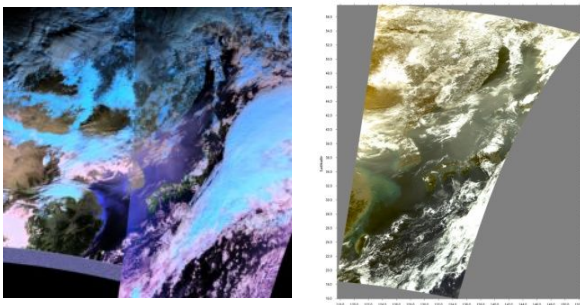


図4 飛来する汚染物質が明らかな08/12/10の人工衛星画像(左:NOAA、右:MODIS)

2009年～2010年では09/12/01、09/12/09、09/12/28、10/02/23、10/03/24の試料において電気伝導度が100  $\mu$ S/cmであり(図5)、それら日は汚染物質が衛星画像で確認できる。

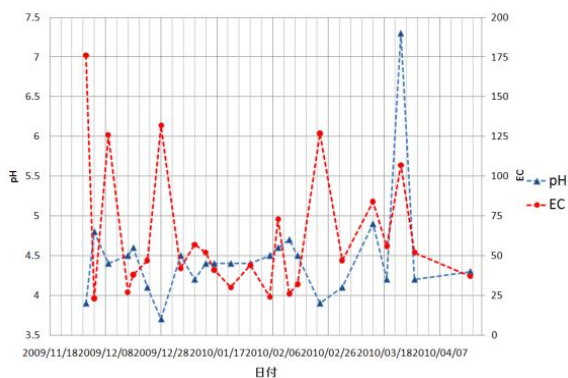
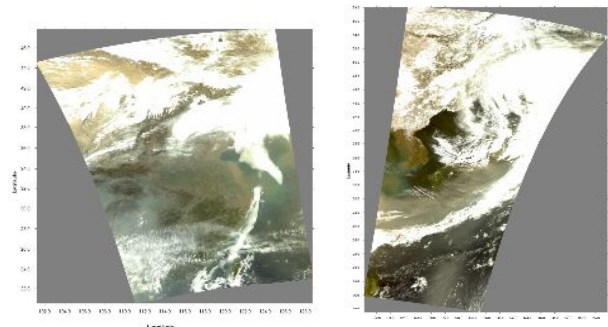


図5 09年～10年におけるpHとEC

その中でも、09/12/09の試料は汚染物質がはっきりと人工衛星画像で確認でき、10/03/24の試料は黄砂と汚染物質の両方の飛来が確認できた(図6)。この日は気象庁が発表した2010年黄砂観測日および観測地点により、黄砂が来たことが確認できる。10/03/24に採

取した日の5日前に、移動性の高気圧が中国上空で一度停滞する。その高気圧の下降気流によって、中国の山に囲まれている華北平原に汚染物質がたまっていると考えられる。同時に中国の砂漠域(ゴビ砂漠、タクラマカン砂漠など)や黄土地帯から強風により大気中に舞い上がった黄砂粒子が華北平原に浮遊しつつ降下すると考えられる。その後、冬型の気圧配置が崩れて、中国上空にあった汚染物質と黄砂が、低気圧に押されて飛来し、低気圧の影響で日本に降り注いだと考えられる。

図6 10/03/19と10/03/21の人工衛星画像(MODIS)



たまる汚染物質と黄砂(左:10/03/19)

飛来する汚染物質と黄砂(右:10/03/21)

#### 4. まとめ

中国から汚染物質( $\text{NO}_x, \text{SO}_x$ )が運ばれてくる過程は次のようになる。

- ①西高東低の安定した冬型の気圧配置の影響で中国上空に高気圧が1～3日ほど停滞する。
- ②高気圧に中国から発生した汚染物質が溜まる。
- ③中国の北側から移動してきた低気圧(黄砂)に汚染物質が流れ込む。