

### 実データと数値シミュレーションにより 日本海側豪雪の発生メカニズムに迫る

昨今、豪雪の要因として日本海寒帯気団収束帯 (JPCZ) というものをたびたび耳にするようになった。日本海側在住の身としてこのJPCZに興味がかかれたため、文献調査を行った。ここでは、JPCZの構造および発生メカニズムと、降雪強度および海面水温 (SST) の関係性の解明を目指した報告を紹介する。

JPCZとは、冬期に発生する数100 kmの帯状の大気の収束帯のことである<sup>1)</sup>。朝鮮半島北部の高山地帯により強制的に分断された寒気の気流が日本海上空で再合流することでJPCZが発生すると考えられているが、JPCZ付近での気象観測をリアルタイムで実施した例はなかった。さらに、対馬暖流が上空の寒気団に大量の水蒸気と熱を供給することから、JPCZの発達にも重要であると予想される一方で、JPCZにおける大気と海洋の同時観測も行われていなかった<sup>2)</sup>。そこでTachibanaらは、JPCZの発生メカニズムと実態を明らかにすべく、船舶による海上でのラジオゾンデ観測や拡張型導電率温度深度の測定などを行い、得られた結果と気象衛星データをもとに、非静力学数値モデル (NHM) による数値シミュレーションを実施した<sup>3)</sup>。

まず、約200 kmの区間に11地点の観測点を定め、1時間おきに異なる高度での気圧、水平風速、風向、温度、相対湿度の観測を行った。結果、風が収束してなおかつ気圧が周辺より低い1地点が見いだされ、JPCZの中心であると推定した。この地点において大気の収束が高度3.5 kmまで見られ、それ以上の高度では相対湿度が急激に減少したことから、高さ3.5 km雲 (通常は1.9 km) の存在が示唆された。また、JPCZ領域において、SSTが表層大気より最大で11℃も高いことも明らかになった。その地点では風速17 m s<sup>-1</sup>であり、大気-海洋間での熱のやりとりの指標となる熱フラックスは718 W m<sup>-2</sup>と推定された。JPCZからの潜在降雪量を見積もったところ、JPCZでは約13 kg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>の水蒸気が水平収束により集中し (8200 W m<sup>-2</sup>の凝結熱に相当)、この水蒸気濃度は7時間で約100 cmもの降雪を引き起こす可能性があることが分かった。これらの結果を踏まえて気象庁のNHMを用いて数値シミュレーションしたところ、JPCZの位置や降水分布に良好な一致が見られることが分かった。

本研究は、広い範囲での同時多点観測および実データと数値シミュレーションとの比較により、JPCZの構造・発生メカニズムを明らかにしたという点で優れており、今後、日本海側に豪雪をもたらすJPCZ発生の予測精度向上に貢献すると見込まれる。

1) 浅井富雄：天気 (日本気象学会機関誌), **35**, 24 (1988)。

2) T. K. West, W. J. Steenburgh: *Mon. Wea. Rev.*, **150**, 157

(2021)。

- 3) Y. Tachibana, M. Honda, H. Nishikawa, H. Kawase, H. Yamanaka, D. Hata, Y. Kashino: *Sci. Rep.*, **12**, Article number: 21674 (2022)。

[富山大学学術研究部工学系 菅野 憲]

### 固体表面における光化学蒸気生成法

光化学蒸気生成法 (photochemical vapor generation, PVG) は、ギ酸や酢酸などの低分子有機酸に紫外光を照射して光分解し、生じた還元性ラジカルで溶液中の分析対象元素を揮発性化学種へと変換する前処理法である<sup>1)</sup>。PVGでは、従来の化学蒸気生成法で用いられていた水素化ホウ素ナトリウムや塩化スズなどの強力な還元剤を使用しない。この特徴から、原子吸光光度法や誘導結合プラズマ質量分析法などにおける、低環境負荷な前処理法として近年、研究が進められている。

従来の溶液中で揮発性化学種を生成するPVGでは、試料中に共存する硝酸イオン (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)、亜硝酸イオン (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)、遷移金属元素などが分析対象元素の揮発性化学種の生成に深刻なマトリクス干渉を与えることが課題であった<sup>2)</sup>。特にNO<sub>3</sub><sup>-</sup>は、酸化剤として作用し、還元性ラジカルを消費して目的の揮発性化学種の生成を妨害する。

そこで、Suらは、共存成分による干渉を大幅に低減可能な固体表面におけるPVGを利用した水銀分析法を開発した<sup>3)</sup>。本法は、水銀イオン (Hg<sup>2+</sup>) に対して優れた吸着性を有するナノ酸化チタン修飾ファイバーを用いて、溶液試料中のHg<sup>2+</sup>を吸着させる。その後、反応器内でファイバーに対して、ギ酸蒸気を導入して紫外光を照射する。ギ酸蒸気由来の還元性ラジカルがファイバー上のHg<sup>2+</sup>をHg<sup>0</sup>へと還元し、Hg<sup>0</sup>ガスとして脱着させる。脱着したHg<sup>0</sup>ガスを原子蛍光光度法にて測定した。本法を用いたHg<sup>2+</sup>の標準液による検量線は、0.05~2.5 µg/Lの範囲で良好な直線性が得られ、検出限界は2.3 ng/Lであった。共存成分の影響評価において、陽イオン (K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>)、陰イオン (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>) が10 mg/Lで共存する場合でも、Hg<sup>2+</sup>の回収率は94~107%であり、マトリクス干渉をほとんど受けなかった。比較として、従来の溶液中におけるHg<sup>2+</sup>のPVGでは、Sturgeonらの報告により、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>のマトリクス干渉が0.05 Mで生じており<sup>4)</sup>、本法はNO<sub>3</sub><sup>-</sup>のマトリクス干渉を約1/30まで低減可能であった。

以上より、固体表面におけるPVGは、マトリクス干渉を低減可能であり、選択的かつ高感度な微量元素分析の前処理法としての発展が期待される。

- 1) Xuming Guo, Ralph E. Sturgeon, Zoltan Mester, Graeme J. Gardner: *Anal. Chem.*, **75**, 2092 (2002)。
- 2) Alicia Mollo, Moises Knochen: *Spectrochim. Acta B*, **169**, 105875 (2020)。
- 3) Yubin Su, Yao Lin, Tian Ren, Yuanyuan Li, Yurong Deng, Chengbin Zheng: *Anal. Chem.*, **95**, 14036 (2023)。
- 4) Ralph E. Sturgeon, Patricia Grinberg: *J. Anal. At. Spectrom.*, **27**, 222 (2012)。

[高知大学 総合人間自然科学研究科 坪井 春樹]