

高分解能に特化した氷床コア融解分析装置の開発 —融解制御の検討—

○高田守昌（長岡技術科学大学）

1. はじめに

氷床コア試料の化学成分や水の安定同位体比の分析は、CFA (Continuous Flow Analysis)と呼ばれる連続融解分析装置によって行われる。これは、氷試料を深度方向に沿って連続的に融解し、試料内部断面からの融解液を流路分岐しながら液送し、複数の分析器に届け各種成分を分析する方法である。CFAは、高速な分析が可能であるが、複数の分析器を用いるため、分析結果と融解前の氷試料深度との対応に10mm程度の誤差を含んでおり、詳細な成分間の比較が困難である。また、複数の分析器に融解液を安定的に送り続けるため、融解液に余剰が生じている。

南極内陸部の年間涵養量は氷当量で数cmと少なく、また自重による変形で堆積層は時間経過および深度の増加とともに薄くなる。一方、南極内陸部の氷床コアから、年間涵養量に相当する周期での化学成分が変動が示唆されていること、深層部の試料においても高時間分解能で分析が望まれることから、高空間分解能で分析が必要である。分析器の1つであるイオンクロマトグラフを陽イオン、陰イオン用として2台使用することにより、約1mL程度の試料で環境変動のプロキシとなる多数の化学イオン成分の分析が可能である。現状のCFA分析に使用している氷試料断面サイズで、イオンクロマトグラフのみの分析を行うと、原理的には2mm間隔と高分解能での分析が可能である。そこで、融解および液送を制御し、無駄なく融解液をイオンクロマトグラフに導入し分析する工程を繰り返す、高分解能に特化した氷床コア融解分析装置の開発を行っている。この実現のためには、融解制御が可能な新たな融解部が必要であり、設計と試作および実験を行い、融解制御の検討を行った。

2. 制御可能な融解部の検討

融解制御のため、ペルチェ素子を用いて、加熱による融解および冷却による融解抑制の可能性について検討した。まず、融解部を簡素化したテスト機として、アルミ板の上面を融解面、底面にペルチェ素子を放熱フィンとともに固定したものを作成した。ペルチェ素子に電圧を印加し加熱することにより、氷試料を融解させることができた。融解速度は、加熱直後は遅いが、ほぼ一定で安定した。加熱を停止すると、融解速度が徐々に遅くなり停止した。一方、加熱停止とともにペルチェ素子により冷却を行うと、融解は即時に停止した。従って、ペルチェ素子を用いることにより融解と融解抑制が可能であり、融解制御が行いやすいことが分かった。また、テスト装置は、液送機構を設けなかったため、手動で融解液を除去した。融解液の除去が不十分な場合、融解液が再凍結し、融解を再開時に遅延時間が生じた。このため、融解液を確実に排出することが重要であることも分かった。これらから、本来どおり融解液機構を設けることで、ペルチェ素子により融解制御が可能と判断した。

そして、現状のCFA試料断面サイズで液送機構と接続可能な融解部の試作機を作成した。上面は従来の融解部を踏襲し、ペルチェ素子での加熱・冷却の制御応答を考慮し、薄型化した形状とした。実験の結果、テスト機と同様に、加熱による融解および冷却による融解の抑制が可能であった。ただし、実用サイズに大型化した結果、テスト機よりも融解、融解抑制時の応答が若干悪いことも明らかとなった。これらは、制御がペルチェ素子への電圧印加のON/OFFのみの結果であり、電圧や電流も含めて制御することにより、精密な融解制御を目指す。