

平成 21 年 5 月 28 日現在

研究種目：基盤研究（C）  
研究期間：2006～2008  
課題番号：18549002  
研究課題名（和文） 南極氷床に刻み込まれた超新星爆発の痕跡探査とその解析  
研究課題名（英文） Study for searching Imprints of Historical Supernovae over past 1000 years with Dome Fuji Shallow Ice Core  
研究代表者  
五十嵐 誠（IGARASHI MAKOTO）  
独立行政法人理化学研究所・牧島宇宙放射線研究室・協力研究員  
研究者番号 50435624

研究成果の概要：南極ドームふじ基地において掘削された氷床コアおよそ 100m 分についてイオン濃度分析を実施し、硝酸イオン濃度プロファイル中の十数箇所を超新星爆発起源と思われる高濃度スパイクを検出した。本研究ではこれらの発現年代を正確に推定するため、ドームふじ氷床コアの硫酸イオン濃度測定結果と大規模火山噴火年代との関連性を考慮して、誤差 1 年以内の氷の堆積年代（深度と年代の関係）を求めた。

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
18 年度	1,900,000	0	1,900,000
19 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
20 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	450,000	3,850,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・超高層物理学

キーワード：堆積年代、イオン濃度分析、氷床コア、南極、ドームふじ、火山噴火、超新星爆発

## 1. 研究開始当初の背景

## (1) これまでの研究例

超新星爆発の痕跡が南極氷床中に取り込まれていることを最初に指摘したのは Rood<sup>1)</sup> で、1979 年のことである。南極点で掘削された氷床コア中の硝酸イオン濃度を過去 800 年間について測定したところ、4 つの顕著なスパイクを検出し、これらのスパイクの

発現年代は歴史的な超新星爆発が観測された時期とほぼ一致していることを報告した。これを受けて Risbo<sup>2)</sup> や Herron<sup>3)</sup> がグリーンランドや南極の他の場所で掘削された氷床コアを用いて超新星爆発の痕跡探査を行ったが、明瞭なスパイクを検出するに至らなかった。南極点以外の氷床コアから超新星爆発の痕跡が見つからなかったこと、また Rood

らも硝酸イオンスパイクが超新星爆発の影響によって形成されたことについて、最終的にはひとつの仮説に過ぎないとしたことから、この分野の研究は途絶してしまった。

#### (2) 超新星爆発の痕跡探査再開のきっかけ

申請者を含め氷床コア研究に携わってきた雪氷学の研究者は、地球の気候・大気環境の変動復元の解明に主な焦点をあててきたため、氷床中の超新星爆発探査については全く触れることはなかった。硝酸イオン濃度を増加させる要因として、太陽活動や北極域では人間活動による影響が指摘されてきたが、スパイクの成因について着目した研究はなかった。本研究課題を開始する2年前、研究分担者(H21.2月より連携研究者)の一人である宇宙核物理が専門の望月が、Roodらの指摘した南極氷床中の硝酸イオン濃度スパイクが超新星爆発に起因するという説を、ドームふじ氷床コアを用いて再確認してみてもどうかという提案を行った。当研究課題申請以前に国立極地研究所に在籍していた申請者はこの提案を有意義なものとして捉え、南極浅層コア解析グループのリーダーであり本研究の研究分担者(H20年度は連携研究者)である本山と理化学研究所の研究グループ(高橋、馬場、中井)で共同研究を立ち上げた。

<参考文献>

- 1) Rood, R.T., Sarazin, C.L., Zeller, E.J. and Parker, B.C. X- or -rays from supernovae in glacial ice., Nature, 1979, 282, 701-703
- 2) Risbo, T., Clausen, H. B. and Rasmussen, K.L. Supernovae and nitrate in the Greenland ice sheet, Nature, 1981, 294, 637-639.
- 3) Herron, M.M. Impurity sources of F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> in Greenland and Antarctic precipitation. J. Geophys. Res., 1982, 87, 3052-3060.

## 2. 研究の目的

### (1) 超新星爆発の痕跡探査

南極氷床内陸部に位置するドームふじ基地において、氷床表面から岩盤に向かって掘削した氷床コアのうち、人類有史上で知られている超新星爆発9つが記録されている過去2000年間分について、雪氷学と天文学の研究者が連携して超新星爆発の痕跡を探査・解析する。

### (2) 太陽活動周期の検出

超新星爆発探査と同じ過去2000年間分について、太陽活動の周期性、極大期および極小期の検出とその解析を行う。

## 3. 研究の方法

### (1) 超新星爆発の痕跡探査と太陽活動周期の検出

初めに、既知の超新星爆発の痕跡が氷床コアに保存されているか否かを確認するため、過去2000年分に相当する深さ120m分の氷床コアに含まれる硝酸イオン分析を時間分解能が1年未満になるように行い、高濃度スパイクを検出する。その後、スパイク以外の箇所でも周期性の存在の有無を確認する。

### (2) 氷の堆積年代決定

硝酸イオン濃度の高濃度スパイクと年代が既知の超新星爆発との関連を検討するため、精度良く氷の堆積年代を決める必要がある。火山学により大規模火山噴火記録が過去12000年分まとめられており、西暦1260年以降は噴火年代誤差が1年程度で求められているものがある。氷の中に含まれる火山噴火起源の硫酸イオンの高濃度スパイクを検出し、誤差1年未満の噴火記録と関連性を検討して正確な氷の年代決定を行う。

### (3) 硝酸イオンスパイクと超新星爆発の関連性

(2)で作成した氷の堆積年代を元に、硝酸イ

オンスパイクの発現年代の推定を行う。

#### 4. 研究成果

##### (1) 主な研究成果

南極ドームふじ基地において掘削された氷床コアおよそ 100m 分についてイオン濃度分析を実施し、硝酸イオン濃度プロファイル中の十数箇所を超新星爆発起源と思われる高濃度スパイクを検出した。これらの発現年代を推定するため、今年度は氷の堆積年代（深度と年代の関係）を精度良く求めることを主眼においた。

これまでの過去 1000 年間の氷の年代軸は、氷表面の直流電気伝導度測定(ECM)によって検出された顕著な 2 つスパイクを、それぞれ既知の火山噴火の年代と対応させ作成したものであった。本研究では、火山噴火以外の要因がスパイク形成する可能性がある ECM でなく、火山噴出物中に大量に含まれる硫酸化合物が氷中に保存された硫酸イオンを直接、高時間分解能で測定し、濃度プロファイル上に現れたスパイクを火山学からまとめられた大規模火山噴火の記録リストと照合する方法で年代軸作成を進めた。その結果、過去 740 年間において、ECM より同定された 2 つの火山起源スパイクの他に、新たに 20 個の硫酸イオンスパイクを火山起源と判別した。これらの硫酸イオンスパイクと大規模火山噴火と対応づけを行ったところ 12 箇所のスパイクが噴火年代が正確に特定できている大規模火山噴火と一致し、1260 年から現在に掛けて氷の堆積年代を正確に求めることができた。(図 1)

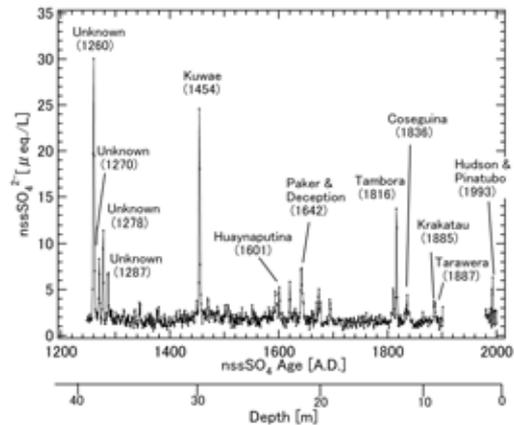


図 1 氷床コア中の硫酸イオンスパイクと大規模火山噴火記録より求めた氷の堆積年代

この成果により、氷床コア堆積年代の精度は格段に向上し、Igarashi et al.が研究論文“Dating of the Dome Fuji shallow ice core through volcanic eruption records. From 1260AD to 2001AD”として投稿準備中である。更新した氷の堆積年代の一部を超新星爆発の発現年代推定に用い、Motizuki et al.が“An Antarctic ice core recording both supernovae and solar cycles”として Nature に投稿した。

##### (2) 国内外における位置づけとインパクト

ドームふじ氷床コアの掘削地点周辺は南極氷床の頂点のひとつであり、氷床流動の影響をほとんど受けないため、年々降り積もった雪が鉛直方向に堆積している。このため過去から現在に掛けて降雪が連続的に堆積しているため、鉛直方向に掘り進めたコアを解析すれば、深さと共に過去の情報を乱れなく獲得できる。本研究により過去 740 年分の氷の時間軸を正確に求めることができたことにより、当初予定していた超新星爆発探査や太陽活動の履歴などの地球外で生じたイベント解析の他に、氷コアを利用して一般的に

行われてきた気候変動、大気環境変動の情報の抽出が正確にできるようになった。さらに他の研究分野から得られたさまざまな過去の情報との比較が可能となった。本研究で実施した氷の堆積年代決定は、氷コア解析における基幹を担っており、今後実施される関連分野での研究推進に大いに貢献するものと思われる。

### (3) 今後の展望

本課題申請時には、硝酸イオンスパイクと超新星爆発の関係、および太陽活動周期を復元するために行う硝酸イオンプロファイルの周期解析を行うとしたが、氷の堆積年代の精度が曖昧なままでは研究を推進できないことが分かり、本課題では氷の堆積年代決定に主眼をおいた。現在、本課題の研究分担者である望月氏が別の科学研究費補助金（基盤研究B）の研究代表者となり、当初の目的である過去2000年分の超新星爆発の痕跡探査と太陽活動周期解析の達成を目指し研究を進めているところである。

### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 2 件)

Uemura R., Y. Matsui, K. Yoshimura, H. Motoyama, N. Yoshida, Evidence of deuterium excess in water vapor as an indicator of ocean surface conditions, J. Geophys. Res., 113, D19114, doi:10.1029/2008JD010209, 2008

査読有り

Yasunari T. J., Shiraiwa, T., Kanamori, S., Y. Fujii, Igarashi, M., Yamazaki, K., Benson, C. S., Hondoh, T. Intra-annual variations in atmospheric dust and tritium in the North Pacific region

detected from an ice core from Mount Wrangell, Alaska, J. Geophys. Res., 112, D10208, doi:10.1029/2006JD008121.,

2007

査読有り

〔学会発表〕(計 16 件)

五十嵐誠、中井陽一、高橋和也、牧島一夫、鈴木啓助、本山秀明、南極ドームふじ浅層コア中に含まれる極微量溶存成分の年変動、日本陸水学会第73回大会、2008.10.11、札幌

五十嵐誠、中井陽一、望月優子、高橋和也、本山秀明、牧島一夫、火山噴火記録から推定した南極ドームふじ浅層コアの堆積年代、雪氷研究大会(2008・東京)、2008.9.27、東京

五十嵐誠、高橋和也、中井陽一、望月優子、本山秀明、南極ドームふじ浅層コア中に含まれる極微量溶存成分の年変動、日本分析化学会第57年会、2008.9.10、福岡

五十嵐誠、望月優子、高橋和也、中井陽一、本山秀明、火山噴火記録から推定した南極ドームふじコアの堆積年代 .1260 AD ~ 現在、日本地球惑星科学連合大会、2008.5.29、千葉

横山妙子、高橋洋武、鈴木啓助、五十嵐誠、本山秀明、南極氷床YM85地点における表面質量収支の算出、日本雪氷学会全国大会、平成19年度雪氷研究富山大会、2007.9.28、富山

高橋洋武、横山妙子、鈴木啓助、五十嵐誠、本山秀明、南極氷床YM85浅層コアにおける化学成分濃度変化による年代推定、日本雪氷学会全国大会、平成19年度雪氷研究富山大会、2007.9.27、富山

東久美子、平林幹啓、三宅隆之、植村立、河野美香、本山秀明、藤井理行、飯塚芳徳、堀川信一郎、鈴木利孝、五十嵐誠、佐藤和

秀、鈴木啓助、福岡孝昭、藤田耕史、吉田尚弘、渡邊興亜、東南極内陸高原における過去72万年間のエアロゾル・フラックスの変動、平成19年度雪氷研究富山大会、2007.9.27、富山

三宅隆之、藤井理行、東久美子、飯塚芳徳、五十嵐誠、植村立、河野美香、佐藤和秀、鈴木啓助、鈴木利孝、平林幹啓、福岡孝昭、藤田耕史、堀川信一郎、本山秀明、吉田尚弘、渡邊興亜、南極ドームふじ氷床コアにおけるダスト濃度の変動、平成19年度雪氷研究富山大会、2007.9.27、富山

Uemura, R., Motoyama, H., Fujita, S., Igarashi, M., Miyake, T., Hirabayashi, M., Goto-Azuma, K. and Dome Fuji ice core project members, Oxygen-18 of water from Dome Fuji ice core, Antarctica: measurement and preliminary result., The 14<sup>th</sup> International Symposium on Polar Science, KOPRI, May, 2007, Incheon, Korea.

Goto-Azuma, K., Igarashi, M., Motoyama, H., Kamiyama, K., Shoji, H., Fujii, Y., Watanabe, O., Hirabayashi, M. and Miyake T., Millennial-scale variation of mineral dust at Dome Fuji, Antarctica during the last glacial period., European Geosciences Union General Assembly, Apr. 2007, Vienna, Austria

山根雅子、本山秀明、植村立、三宅隆之、北和之、五十嵐誠、南極ドームふじ浅層コアの酸素安定同位体比と化学成分の主成分分析、第29回極域気水圏・生物圏合同シンポジウム、2006年11月20日、東京  
五十嵐誠、望月優子、高橋和也、馬場彩、牧島一夫、矢野安重、鈴木啓助、本山秀明

ドームふじ浅層コアに記録されている超新星爆発の痕跡探査経過報告、第29回極域気水圏・生物圏合同シンポジウム、2006年11月20日、東京

藤田秀二、東久美子、五十嵐誠、東信彦、亀田貴雄、飯塚芳徳、斎藤健、庄子仁、高田守昌、田中洋一、鈴木啓助、鈴木利孝、藤井理行、藤田耕史、古崎睦、本堂武夫、本山秀明、渡邊興亜、第2期ドームふじ氷床深層コアの現場処理報告、日本雪氷学会全国大会、2006年11月16日、秋田

五十嵐誠、本山秀明、南極S16 - ドームふじ基地ルート上における表面積雪の化学的特徴、日本雪氷学会全国大会、2006年11月16日、秋田

山根雅子、本山秀明、植村立、三宅隆之、北和之、五十嵐誠、南極氷床ドームふじ浅層コアの安定同位体比と化学成分の主成分分析、2006年度日本地球化学会第53回年会、2006年9月、東京

望月優子、高橋和也、馬場彩、中井陽一、五十嵐誠、牧島一夫、矢野安重、神山孝吉、本山秀明、南極氷床コアから発見された1000年前の太陽活動周期、日本地球惑星科学連合大会、2006年5月、千葉

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

五十嵐 誠 (IGARASHI MAKOTO)  
独立行政法人理化学研究所・牧島宇宙放射線研究室・協力研究員  
研究者番号：50435624

### (2) 研究分担者

望月 優子 (MOTIZUKI YUKO)  
独立行政法人理化学研究所・櫻井R I物理研究室・仁科センター研究員  
研究者番号：90332246  
(H21.2.10 連携研究者へ変更)

高橋 和也 (TAKAHASHI KAZUYA)  
独立行政法人理化学研究所・R I製造応用チーム・専任研究員  
研究者番号：70221356

(H21.2.10 連携研究者へ変更)  
中井 陽一 (NAKAI YOICHI)  
独立行政法人理化学研究所・櫻井 R I 物理  
研究室・専任研究員  
研究者番号：30260194  
(H21.2.10 連携研究者へ変更)

馬場 彩 (BANBA AYA)  
独立行政法人理化学研究所・牧島宇宙放射  
線研究室・基礎科学特別研究員(現：独立  
行政法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学  
本部・日本学術振興会特別研究員)  
研究者番号：70392082  
(H19.4.1 資格失効により離脱)

本山 秀明 (MOTOYAMA HIDEAKI)  
国立極地研究所・研究教育系・教授  
研究者番号：20210099  
(H20.4.1 連携研究者へ変更)

(3)連携研究者

望月 優子 (MOTIZUKI YUKO)  
独立行政法人理化学研究所・櫻井 R I 物理  
研究室・仁科センター研究員  
研究者番号：90332246  
(H21.2.10 より連携研究者)

高橋 和也 (TAKAHASHI KAZUYA)  
独立行政法人理化学研究所・R I 製造応用  
チーム・専任研究員  
研究者番号：70221356  
(H21.2.10 より連携研究者)

中井 陽一 (NAKAI YOICHI)  
独立行政法人理化学研究所・櫻井 R I 物理  
研究室・専任研究員  
研究者番号：30260194  
(H21.2.10 より連携研究者)

本山 秀明 (MOTOYAMA HIDEAKI)  
国立極地研究所・研究教育系・  
教授  
研究者番号：20210099  
(H20.4.1 より連携研究者)