

課題番号	GR098
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
実施状況報告書(平成24年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	南極氷床コアからさぐる過去2千年の太陽活動に関する分野横断的研究
研究機関・ 部局・職名	独立行政法人理化学研究所 仁科加速器研究センター・望月雪氷宇宙科学研究ユニット・研究ユニットリーダー
氏名	望月 優子

1. 当該年度の研究目的

<p>本研究では、南極大陸にある日本の「ドームふじ」基地から 10km 南の地点において 2010 年に掘削された氷床コアを用いて、太陽活動の新しい指標になり得ると補助事業者らが考えている硝酸イオン濃度と、気温の指標であることが確立している酸素同位体比とを、過去 2000 年間にわたり時間分解能1年で詳細に分析する。そしてこれらを直接比較することにより、太陽活動と地球気温との相関を実験的に検証する。又、2001 年に南極ドームふじ基地にて掘削された氷床コアのこれまでの分析から、硝酸イオンの濃度変動上に散発的にスパイクが生じることがわかっている。スパイクは気候変動に影響があるかもしれない太陽プロトンイベント等の天体爆発現象の痕跡である可能性が指摘されているが、その起源についてはよくわかっていない。この硝酸イオンスパイクが生成される物理的背景を理解するため、大気・気候科学分野と連携して、理論研究を進める。平成 24 年度の研究目的は、以下のとおりである。</p> <p>(1) 2001 年氷床コアについて既に得られている西暦元年～19 世紀のデータを用いて、南極ドームふじ氷床コア中の硝酸イオン濃度変動に過去の太陽活動の情報が埋まっているという補助事業者らの仮説を、部分的に、また全体をとおして吟味し、発表する。</p> <p>(2) 新しい 2010 年氷床コアの硝酸イオン濃度の分析を推進し、2001 年コアのそれと対比して、上述の仮説を検証する。</p> <p>(3) 硝酸イオン濃度変動上に突発的に現れるスパイクの起源について理論的に考察する。そのために、大規模な太陽フレア(太陽表面での爆発)に伴う太陽プロトンイベントから放射される高エネルギー粒子スペクトルをモデル化する。また、太陽放射線によって引き起こされる成層圏大気中の化学反応について、補助事業者の知る限り国際的には初めてとなる、中性反応およびイオン反応の詳細を含んだ化学反応計算ネットワークを構築する。第一段階として、太陽プロトンイベントによって成層圏大気(高度 25km)において引き起こされる化学種組成の変動を計算し、反応ネットワークの妥当性を検討する。</p> <p>(4) 2010 年氷床コアの水同位体比について、時間分解能 1 年の詳細分析を過去 1500 年分終了させる。これを基に、過去の気温変動を導出する。</p> <p>(5) 2010 年氷床コアで硝酸イオン濃度変動が太陽活動ならびに突発的な天体爆発現象に特徴的と思われる深度領域を精査し、その特徴的な部分について硝酸イオン中の窒素同位体比を分析する。この結果から窒素同位体比の変動が、硝酸イオンとも異なる新しい太陽活動の指標になり得るかどうかについて吟味する。</p>

2. 研究の実施状況

本プログラムへの採択をきっかけに、平成23年7月1日付で、研究室(望月雪氷宇宙科学研究ユニット)を主宰することとなった。大震災の影響等もあり整備工事が遅れたが、平成24年1月に新しい居室と実験室とが完成し、同年、研究室を仮の設置場所から移転した。平成24年度は、この新しい実験室に本プログラムによって予算措置された実験装置が本格稼動し、国際的にも先駆的な結果が出始めた。平成24年11月の中間評価(進捗状況確認)においては、当初の計画どおりに進展しており、特筆すべき点として「論文発表とともに専門家向けの講演や一般向けの講演、国民との科学・技術対話などを極めて積極的に行っている点は特筆すべきと言える」との評価を受けた。具体的な研究の実施状況は、「1. 当該年度の研究目的」に記載した項目ごとに、以下のとおりである。

(1) 国際会議および国内会議において、当該テーマの発表を行った。特に国際会議においては、投稿済の学術誌のレフェリーと思われる海外研究者と今後につながる議論をした。

(2) 2010年氷床コアの硝酸イオン濃度の微量分析は、平成25年度半ばまでかかると予定していた当初計画を前倒して、2600試料すべてを終了できた。2010年コアと2001年コアとは掘削場所が10km離れているにもかかわらず、ベースラインの変動に関しては、よく似ていることがわかった。詳細な時系列解析は平成25年度の予定である。

(3) 太陽プロトンイベントで放射される高エネルギー陽子が地球成層圏の各高度で大気に与えるエネルギーを先行の理論研究に基づいてモデル化し、また天文衛星の観測結果を用いて、高エネルギー陽子および光子のエネルギースペクトルについて検討を行った。さらに、本プログラムにて予算措置された化学反応動的計算ソフトウェアを活用し、イオン反応の詳細を含んだ化学反応ネットワーク計算コードを完成させた。第一段階として取り込んだ反応総数は、256種類である。成層圏下部(高度25km)について太陽プロトンイベントが引き起こす化学種変動をシミュレートし、硝酸の増加ならびにオゾンの減少等が、予想と同程度によく再現されることが確認できた。

(4) 2010年氷床コアの過去1500年分の水同位体分析を予定どおりに終了し、気温変動に変換した。また、得られたデータ精度が、今後サイエンスを吟味していく上において、十分であることを確認した。

(5) 共同研究者らの協力を得て、2010年氷床コアの2箇所(2001年コアと2010年コア)の深度領域について、硝酸イオン中の窒素同位体比($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$)の極微量分析に成功した。また、当初計画では予定していなかった硝酸イオン中の酸素同位体比($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$)について、さらに極微量の定量分析にも成功した。これらは、補助事業者の知る限り、南極大陸の氷床コア中の硝酸イオン同位体比分析としては世界で2例目となった。先行研究とは異なる新しい兆候も見えており、今後のさらなる分析が期待される。

3. 研究発表等

雑誌論文	(掲載済み一査読有り) 計2件
計6件	<ol style="list-style-type: none"> 望月優子、高橋和也、柴田一成(招待原稿):「地球上の物質からさぐる巨大太陽プロトン現象の発生頻度」、ぶんせき(日本分析化学学会学会誌)、2012年10号、585-589、2012. R. N. Boyd, M. A. Famiano, B. S. Meyer, Y. Motizuki, T. Kajino, and I. U. Roederer: “The r-process in metal-poor stars and black hole formation”, <i>The Astrophysical Journal Letters</i>, 744, L14-L17, 2012.
	(掲載済み一査読無し) 計0件

	<p>(未掲載) 計4件</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. <u>Y. Motizuki</u>, Y. Nakai, K. Takahashi, M. Igarashi, H. Motoyama, K. Suzuki: “Dating of a Dome Fuji (Antarctica) shallow ice core by volcanic signal matching with B32 and EDML1/EDC3 chronologies”, <i>RIKEN Accel. Prog. Rep.</i> 46, in press. 4. K. Sekiguchi, Y. Nakai, T. Imamura, H. Akiyoshi, <u>Y. Motizuki</u>: “Modeling Chemical Reactions in the Middle Atmosphere Induced by Solar Energetic Particle Events”, <i>RIKEN Accel. Prog. Rep.</i> 46, in press. 5. S. Okamoto, K. Takahashi, H. Motoyama, A. Makabe, K. Koba, <u>Y. Motizuki</u>: “Measurement of nitrogen and oxygen isotope ratios of nitrate in a shallow ice core drilled in a vicinity of Dome Fuji station, East Antarctica”, <i>RIKEN Accel. Prog. Rep.</i> 46, in press. 6. S. Kikuchi, S. Okamoto, K. Takahashi, Y. Nakai, <u>Y. Motizuki</u>: “Annually-resolved water isotope measurements in a shallow ice core drilled in a vicinity of Dome Fuji station, East Antarctica”, <i>RIKEN Accel. Prog. Rep.</i> 46, in press.
<p>会議発表 計15件</p>	<p>専門家向け 計13件 (国際会議)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Y. Motizuki</u>: “Diagnosis of modulation in an Antarctic ice core oxygen isotope record”, ASJ-KAS Joint International Session on Space Weather and Space Climate, The 2013 spring annual meeting of Astronomical Soc. of Japan, Saitama, March 20–23, 2013. 2. <u>Y. Motizuki</u>, Y. Nakai, K. Takahashi, H. Motoyama, K. Suzuki, K. Sekiguchi, H. Akiyoshi, T. Imamura, K. Tanabe: “Experimental and theoretical diagnoses of yearly-scale nitrate ion spikes observed in a Dome Fuji shallow ice core”, The 3rd International Symposium on Polar Science, Tachikawa, Japan, Nov. 26–30, 2012. 3. <u>Y. Motizuki</u>(invited talk): “Supernova and solar activity signatures from ice cores”, IAU (International Astronomical Union) Symposium 288 Astrophysics from Antarctica, Beijing, China, Aug. 20–24, 2012. 4. K. Takahashi, <u>Y. Motizuki</u>, Y. Nakai, K. Suzuki, H. Motoyama, A. Hori: “Chemical composition and their characteristics of shallow ice cores drilled at Dome Fuji, East Antarctica”, The 3rd International Symposium on Polar Science, Tachikawa, Nov. 26–30, 2012. <p>(国内会議)</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. <u>望月優子</u>:「ドームふじ南2010浅層コアのイオン・水同位体・硝酸塩同位体詳細分析の現状」、ドームふじアイスコアコンソーシアム (ICC) 研究集会、立川、2013年3月28–29日。 6. <u>望月優子</u> (招待講演):「地球上の物質からさぐる太陽スーパーフレア痕跡と発生頻度」、第2回スーパーフレア星研究ワークショップ、佐用、2013年3月3日–5日。 7. <u>望月優子</u> (招待講演):「南極氷床コアからさぐる過去の太陽活動周期」、太陽研究シンポジウム「活動極大期の太陽研究、そして新たな太陽研究への布石」、東京、2013年2月20日–22日。

	<p>8. <u>望月優子</u>(招待講演):「南極アイスコアから探る地球環境」、第1回NINS(自然科学研究機構)コロキウム「自然科学の将来像」(主催:自然科学研究機構)、箱根、2013年2月5-7日.</p> <p>9. <u>望月優子</u>(招待講演):「氷床コアからさぐる過去の太陽活動と気温変動」、第819回国立天文台談話会、三鷹、2013年1月18日.</p> <p>10. <u>望月優子</u>、菊地里実、岡本祥子、高橋和也、中井陽一、本山秀明、鈴木啓助、堀 彰、植村 立:「ドームふじ南 10km 地点掘削(2010 年)浅層コア中の水同位体比の測定」、(ポスター発表)、第 35 回極域気水圏シンポジウム、立川、2012 年 11 月 26-30 日.</p> <p>11. 岡本祥子、<u>望月優子</u>、本山秀明、高橋和也、眞壁明子、木庭啓介:「南極ドームふじ南 10km 地点掘削(2010 年)の浅層コアにおける硝酸同位体比測定の試み」、(ポスター発表)、第 35 回極域気水圏シンポジウム、立川、2012 年 11 月 26-30 日.</p> <p>12. 岡本祥子、高橋和也、本山秀明、眞壁明子、木庭啓介、<u>望月優子</u>:「南極雪氷コアの硝酸塩同位体測定-太陽活動の代替指標としての検証に向けて」(ポスター発表)、第3回「太陽活動と気候変動の関係」に関する名古屋ワークショップ、名古屋、2013 年 2 月 26 日.</p> <p>13. 関口健太郎、中井陽一、今村隆史、秋吉英治、<u>望月優子</u>:「高エネルギー粒子・光子が成層圏大気に引き起こす化学反応のシミュレーション」、日本地球惑星科学連合2012年連合大会、千葉、2012年5月20-25日.</p> <p>一般向け 計2件</p> <p>1. <u>望月優子</u>:「元素誕生～私たちは星の子ども～」、2012 年度日本物理学会科学セミナー(NEXT プログラム「国民との科学・技術対話」)、東京、2012 年 8 月 9-10 日.</p> <p>2. <u>望月優子</u>:「雪氷コアからさぐる過去の太陽活動と気温変動」、理化学研究所仁科センタ一月例大会特別講演(NEXT プログラム「国民との科学・技術対話」)、和光、2012 年 7 月 3 日.</p>
<p>図書 計3件</p>	<p>1. K. Tanabe and <u>Y. Motizuki</u>: “Symbiotic Nova Eruption of R Aquarii; a geological remnant? ”, The Proceedings of the Int. Conference on the Golden Age of Cataclysmic Variables and Related Objects 2011, Palermo, <i>Mem. S.A.It.</i> 83, 840-844, 2012.</p> <p>2. R. N. Boyd, M. A. Famiano, B. S. Meyer, <u>Y. Motizuki</u>, T. Kajino, and I. U. Roederer: “The r-process in metal-poor stars and black hole formation”, The Proceedings of the 11th International Symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies, <i>AIP Conference Proceedings</i>, Nov. 2012, 1484, 105-110, 2012.</p> <p>3. C. Nociforo, F. Farinon, A. Musumarra, D. Boutin, A. D. Zoppo, P. Figuera, H. Geissel, K. Hagino, R. Knobel, I. Kojouharov, T. Kuboki, J. Kurcewicz, Y. A. Litvinov, M. Mazzocco, <u>Y. Motizuki</u>, T. Ohtsubo, Y. Okuma, Z. Patyak, M. G. Pellegrini, S. Pietri, Z. Podolyak, A. Prochazka, C. Scheidenberger, V. Scuderi, B. Sun, T. Suzuki, D. Torresi, H. Weick, J. S. Winfield, N. Winckler, M. Winkler, H. J. Wollersheim, and T. Yamaguchi: “Measurements of α-decay half-lives at GSI”, The Proceedings of The Nordic Conference on Nuclear Physics 2011, Stockholm, <i>Physica Scripta</i>, T150, 014028 (3pp), 2012.</p>

様式19 別紙1

<p>産業財産権 出願・取得状 況 計0件</p>	<p>(取得済み) 計0件 特になし (出願中) 計0件 特になし</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>NEXTプロジェクト(研究室)のホームページ: http://ribf.riken.jp/ag/ 望月優子のホームページ: http://ribf.riken.jp/ag/motizuki/</p>
<p>国民との科 学・技術対話 の実施状況</p>	<p>1. 標題:「元素誕生～私たちは星の子ども～」 会議名:2012 年度日本物理学会科学セミナー 実施日:2012 年 8 月 9 日 場所(施設名):東京(東京大学小柴ホール) 対象者および参加者数:学生、教員、一般、160 名. 内容:私たちの周りの世界に目を向けてみよう。地球上に存在するすべての生きとし生けるものが、また私たちの暮らしを支えているあらゆるものが、すべて元素から成り立っている。生命の素となる元素はどこで生まれ、私たちにたどり着くまでにどのような旅をしてきたのだろうか？本講演では、137 億年前のビッグバンとよばれる宇宙の始まりから現在にいたるまで、宇宙の進化の過程で多様な元素がいつ、どのように生成されてきたかについて解説する。特に、原子番号 26 の鉄から天然に存在する元素では最も重い原子番号 92 のウランまでの元素の約半数については、いまだに宇宙のどこで、どのように生成されたのかわかっていない。現在の最新の理解と、解明にむけての取り組みを紹介する。また銀河系の物質(元素)が超新星爆発という大質量をもつ星の一生の最後の大爆発によって循環し、宇宙の様々な偶然が重なって地球に生命が誕生したことについても言及する。</p> <p> * 講演では、NEXTプログラムの氷床コア研究についても紹介した。2日間にわたって10名の講師陣が1時間ずつ講演する、日本物理学会の一般向け講演会中の一講演で、講演会終了後のアンケートでは、望月の講演が「面白かった」最多票を獲得した。上述のNEXTプロジェクト(研究室)ホームページに、アンケートの感想集を掲載した。</p> <p>2. 標題:「雪氷コアからさぐる過去の太陽活動と気温変動」 会議名:理化学研究所仁科センター月例大会 特別講演 実施日:2012 年 7 月 3 日 場所(施設名):和光(理化学研究所) 対象者および参加者数:大学院生、事務職員、他分野の研究者、100 名. 内容:私たちは、地球の温暖化やゲリラ豪雨などの気象現象の激化を日常的に感じるようになった。一番最近の国連ユニセフ・ニュース(Unicef News No.233)では、気候変動がアフリカなどで弱い立場の子供たちを直撃している現状が報告されている。一方、昨今の太陽活動の低下によって地球は今後、「小氷期」に入りしばらく寒くなるかもしれないという新聞報道や科学雑誌の特集(例えば、日経サイエンス 2012 年 8 月号:特集「太陽異変 活動低下で地球は寒冷化?」)がある。この寒冷化の可能性は、温暖化と相殺するのかと疑問に感じている人もいるようだ。本当のところはどうなのか、現状ではどこまでわかっていて何がわかっていないのか？未来を</p>

様式19 別紙1

	よりよく知るために、南極の氷を使って、過去の太陽活動と気温との関係を調べようという推進中の研究を紹介する。
新聞・一般雑誌等掲載 計0件	特になし
その他	NHKの科学番組(NHK BS プレミアム「コズミックフロント」)に、2回にわたり取材協力した。 放映日:2012年5月10日、および2013年6月6日(予定;取材協力は平成24年度中)。

4. その他特記事項

特になし

実施状況報告書(平成24年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されず

1. 助成金の受領状況(累計) (単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	126,000,000	78,400,000	23,100,000	24,500,000	0
間接経費	37,800,000	23,520,000	6,930,000	7,350,000	0
合計	163,800,000	101,920,000	30,030,000	31,850,000	0

2. 当該年度の収支状況 (単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	15,205,138	23,100,000	0	38,305,138	25,696,754	12,608,384	0
間接経費	0	6,930,000	0	6,930,000	6,930,000	0	0
合計	15,205,138	30,030,000	0	45,235,138	32,626,754	12,608,384	0

3. 当該年度の執行額内訳 (単位:円)

	金額	備考
物品費	9,116,109	電子分析天秤、pH水質計、実験消耗品等
旅費	1,001,198	研究成果発表旅費等
謝金・人件費等	14,769,065	博士研究員、研究支援パートタイマー人件費等
その他	810,382	化学反応計算ソフトウェア保守費、学会投稿料等
直接経費計	25,696,754	
間接経費計	6,930,000	
合計	32,626,754	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
特になし				0		
				0		
				0		