

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 1 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21310004

研究課題名（和文） 加速器質量分析法を用いた極微量放射性核種分析による地球環境動態研究手法の確立

研究課題名（英文） Development of the research method for earth's environmental fate by ultra-trace radionuclide analysis using Accelerator Mass Spectrometry

研究代表者

笹 公和 (SASA KIMIKAZU)

筑波大学・数理物質系・准教授

研究者番号：20312796

研究成果の概要（和文）：加速器質量分析法(Accelerator Mass Spectrometry: AMS)は、極微量の長寿命放射性核種を超高感度で検出できる最先端の分析手法である。本研究では、環境動態研究への適用が限られていた重い極微量放射性核種を環境トレーサーとして活用し、新たな環境動態研究手法を確立することを目的としている。極微量放射性核種によるグローバルフォールアウトの蓄積・移動量の評価では、茨城県つくば市の降水中の ^{36}Cl 濃度と降下量について、月別の変動を明らかにした。つくば市での ^{36}Cl 平均降下量として、 $32 \pm 2 \text{ atoms m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ という値を得た。その他、 ^{36}Cl 核実験起源パルスを経環境トレーサーとした地下水流動系の研究手法を確立した。国内表層土壌中の ^{36}Cl 、 ^{129}I 及び ^{137}Cs の分布を調査して、極微量放射性核種によるグローバルフォールアウトの蓄積量及び移動量を評価した。また、本研究手法を福島第一原子力発電所事故により放出された放射性核種の分布調査に適用した。

研究成果の概要（英文）：Accelerator Mass Spectrometry (AMS) is an ultra-sensitive technique for the study of long-lived radionuclides. We have developed the research method for earth's environmental fate by ultra-trace radionuclide analysis using AMS. In this study, we have monitored ^{36}Cl in precipitation for a period more than 3 years in central Japan. The long-term averaged ^{36}Cl flux was estimated to be $32 \pm 2 \text{ atoms m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. We investigated the potential of ^{36}Cl in tracing young groundwater with residence times of up to 50 years. We measured ^{36}Cl , ^{129}I and ^{137}Cs isotope ratios and inventories in surface soil samples in Japan. We have applied this research method to conduct an environmental survey of radionuclides released from the Fukushima No. 1 nuclear power plant accident.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合 計
2009 年度	8,200,000	2,460,000	10,660,000
2010 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2011 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
総 計	12,000,000	3,600,000	15,600,000

研究分野：加速器質量分析学・環境放射線科学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：環境計測・加速器質量分析・地球環境変動・放射性核種・同位体分析

1. 研究開始当初の背景

大気上層において2次宇宙線による核破砕

反応等で生成される長寿命放射性核種は、大気循環に従い、降雨などと共に地上に降下し、

土壌や氷床、海洋等に沈着する。例えば ^{36}Cl の場合、大気上層において $^{40}\text{Ar}(p, n\alpha)^{36}\text{Cl}$ 反応などで生成され、2 年程度で地上に降下する。全球平均降下量は $\sim 20 \text{ atoms m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 程度で一定である。自然界での ^{36}Cl 同位体比は、国内表層土壌を研究代表者らが調査した結果、平均で $^{36}\text{Cl}/\text{Cl} = 3 - 4 \times 10^{-13}$ という値を得ている。これらの長寿命の極微量放射性核種は、大気圏内核実験や原子力施設などを起源として人為的にも生成される。宇宙線生成による極微量放射性核種の自然界同位体比は $10^{-10} \sim 10^{-14}$ 程度であり、通常の放射線検出器による計測では大量の試料と測定時間が必要となる。近年、加速器質量分析法 (Accelerator Mass Spectrometry : AMS) が開発され、実用的な極微量放射性核種分析が可能となった。AMS は対象核種を加速器で高エネルギーに加速し、物質内エネルギー損失差を利用して妨害同重体・分子を分離識別する。数 mg の試料から短時間で同位体比 $10^{-10} \sim 10^{-15}$ の測定が可能となる。しかし、国内の加速器質量分析装置は、ほとんどが ^{14}C 年代測定に対応し、重い極微量放射性核種の地球環境動態研究への適用が進展していない状況である。

2. 研究の目的

本研究では、研究代表者らが開発した世界最高レベルの加速電圧性能を有する加速器質量分析装置等の高度化を図り、環境中に存在する多種の極微量放射性核種を高精度・高感度で分析する手法を開発する。極微量放射性核種は、環境トレーサーとして、地球環境動態研究に新たな知見を提供できる高い可能性を有している。これまで分析手段が無く、環境動態研究への適用が限られていた重い極微量放射性核種を環境トレーサーとして活用し、新たな環境動態研究手法を確立することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

本研究課題では、筑波大学 UTTAC の大型タンデム静電加速器 (最大加速電圧 12 MV) と東京大学タンデム加速器施設 MALT (最大加速電圧 5 MV) を利用した。研究代表者を中心とする研究グループでは、これまでの研究開発において、 ^{14}C 、 ^{32}Si 、 ^{26}Al 、 ^{36}Cl 、 ^{129}I 等の極微量放射性核種の AMS 測定に成功している。

研究期間前半において、環境試料中に存在する極微量放射性核種の加速器質量分析法を確立する。後半で各種の環境試料中の極微量放射性核種分析を進展させ、基礎的なデータの蓄積を図る。研究期間内に加速器質量分析法による環境試料中の極微量放射性核種分析研究を進展させ、環境動態研究への適用手法を確立する。図 1 に筑波大学の加速器質量分析装置の概略図を示す。

研究概要は以下の 3 課題に分けられる。

(1) AMS 装置による測定手法の確立

同位体比の低い環境試料に適応した加速器質量分析手法について、加速器科学・放射線計測学を専門とする研究者が中心となり検討する。

(2) 環境試料の採取及び試料処理方法の検討

地球科学・環境放射化学の研究者を中心に、試料の採集、試料処理方法の検討をおこなう。

(3) 環境動態研究への適用

上記課題の成果を基に、加速器質量分析法による重い極微量放射性核種分析による環境動態研究手法を確立する。

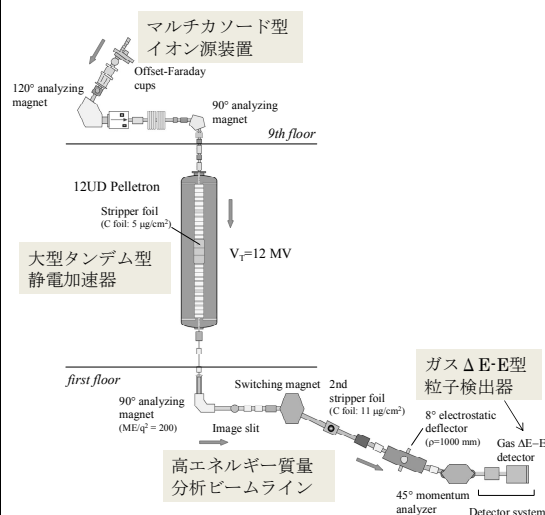


図 1 筑波大学の高エネルギー加速器質量分析装置の概略図

4. 研究成果

(1) AMS 装置による測定手法の確立

筑波大学の大型タンデム静電加速器を用いた加速器質量分析装置の光学要素配置を再検討し、イオン源のビーム引き出し機構の改良と質量分析系の粒子輸送効率を向上させて、核種測定精度の向上を図った。図 2 に改良した加速器質量分析装置で測定した ^{36}Cl の検出結果を示す。 $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 同位体比で 10^{-15} という高い検出限界を達成した (発表論文 7)。

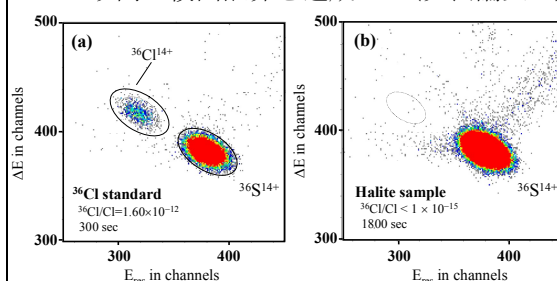


図 2 ^{36}Cl の AMS 測定結果。(a) $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 同位体比 1.60×10^{-12} の標準試料で、5 分間計測により約 1000 個の ^{36}Cl が検出できた。(b) 岩塩試料による検出限界の確認。 $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 同位体比で 10^{-15} を達成した。

また、 ^{36}Cl 測定について、他施設との比較検定試験を実施して、検出性能の確認を実施した(発表論文 3)。

(2) 環境試料の採取及び試料処理方法の検討

環境試料の基本情報を得る為に、イオンクロマトグラフィーシステムを導入し、主要元素組成分析を実施できる体制を整えた。また、土壌試料用に自動試料燃焼装置を導入した。

環境動態研究では、環境試料中の ^{36}Cl 及び ^{129}I の AMS 測定を実施した。土壌試料では、有機物の影響により試料処理方法で ^{36}Cl , ^{129}I の同位体比が変動する。 ^{36}Cl では、無機塩素と有機化合物塩素からの塩素回収効率の違いを検討し、最適な試料処理方法を検討した。

地球科学分野においては、In situ ^{36}Cl を用いた露出石灰岩の削剥速度推定方法を開発した。国内各地の石灰岩中の Cl および ^{36}Cl 濃度について、同位体希釈加速器質量分析法を開発して、その測定を行った(発表論文 10)。また、中国広西チワン族自治区の石灰岩地形を調査し、中国天坑の形成年代を推定する国際共同研究を行った。その他、核実験起源 ^{36}Cl を用いた地下水動態解析手法の開発を進め、富士山周辺域の地下水を採取して、地下水滞留時間測定を実施した。南極及びグリーンランド氷床コア中の宇宙線生成核種 ^{36}Cl の測定では、氷床コア試料の融解水からの塩素の抽出にイオン交換法を適用した。

(3) 環境動態研究への適用

環境中の極微量放射性核種を AMS により高感度で測定を行い、環境トレーサー及び物質循環の指標として、その有用性を確認した。

極微量放射性核種によるグローバルフォールアウトの蓄積・移動量の評価では、茨城県つくば市の降水中の ^{36}Cl 濃度と降下量について、月別の変動を明らかにした(発表論文 1)。 ^{36}Cl 降下フラックスは、4-5 月にピークとなり、冬季に極小となっている。つくば市での ^{36}Cl 平均降下量は、 $32 \pm 2 \text{ atoms m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ であった。

地下水試料は、濃縮せずに ^{36}Cl 同位体比で 10^{-13} 台の測定結果を得た。筑波台地の観測井戸を用いた ^{36}Cl 測定では、1960 年代の核実験起源ピークがトリチウム (^3H) と同様に検出できた。 ^{36}Cl は半減期が 30 万年であり、減衰を考慮せずに近年(～50 年程度)の地下水流動系の環境動態研究に適用可能であることを見出した。核実験起源 ^{36}Cl を用いた地下水動態研究では、富士山周辺域と千葉県養老川周辺の地下水滞留時間測定を実施した(発表論文 4, 5, 9)。

In situ ^{36}Cl を用いて、山口県秋吉台の露出石灰岩の削剥速度を求めた(発表論文 6)。国内各地の石灰岩中の ^{36}Cl 濃度は、 $10^5 - 10^6 \text{ atom g}^{-1}$ のオーダーであった。その他、 ^{36}Cl

を用いて中国広西チワン族自治区のカルスト地形に形成された大石天坑の表面露出年代を測定し、20 ka 程度の年代値を得た。

極域の核種分析では、72 万年の南極氷床コア中の ^{36}Cl 測定に成功した。最終氷期最盛期から完新世にかけての南極域での ^{36}Cl 濃度変動データを得た(発表論文 8)。 ^{36}Cl 降下量は極域の雪氷の新たな年代指標になると期待されている。現在、極域雪氷・氷床試料の ^{36}Cl 測定を進め、氷床流動過程の解明を試みている(発表論文 11)。また、北グリーンランド氷床深層掘削計画(North Greenland Eemian Ice Drilling : NEEM)により掘削された氷床コア切片試料における宇宙線生成核種 ^{36}Cl の測定では、後氷期(約 9.6 ka : Holocene)、氷期(約 19.3 ka : LGM)の氷床コア試料を測定した。NEEM 氷床コア中の ^{36}Cl 濃度は、後氷期が $2.2 \times 10^3 \text{ atoms/g}$ 、氷期が $5.1 \times 10^3 \text{ atoms/g}$ であった。後氷期では雪が多くなるため、 ^{36}Cl 濃度は低くなり、氷期では雪が少なくなるため、 ^{36}Cl 濃度が高くなった。

本研究課題により開発された研究手法を用いて、福島県の阿武隈高地及び原子力施設周辺での極微量放射性核種の環境モニタリング調査を実施した。また、極微量放射性核種によるグローバルフォールアウトの蓄積量及び移動量を評価した。表層土壌に含まれる ^{36}Cl , ^{129}I , ^{137}Cs を測定し、それぞれの核種の分布傾向を比較した。 ^{36}Cl , ^{129}I はともに土壌表層付近で濃度が最も高くなり、40 cm 以深になると変化がほとんど見られなかった。 ^{129}I 濃度の最大値が土壌最表層にあるのに対し、 ^{36}Cl 濃度の最大値は最表層より深さ 10 cm 付近にあり、放射性のヨウ素と塩素が環境中で異なる分布を示すことが確認された。現在、本研究手法を福島第一原子力発電所事故により放出された放射性核種の分布調査に適用している(発表論文 2)。

その他、大気塵、岩石及び人為起源核種等について環境動態調査を実施し、加速器質量分析法を用いた極微量放射性核種分析の総合的な環境動態研究への適用法を確立した。

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 11 件)

1. Yuki Tosaki, Norio Tase, Kimikazu Sasa, Tsutomu Takahashi, Yasuo Nagashima, Measurement of ^{36}Cl deposition flux in central Japan: Natural background level and its seasonal variability, Journal of environmental radioactivity, 査読有, 106 (2012) 73-80.

DOI: 10.1016/j.jenvrad.2011.11.010

2. Norikazu Kinoshita, Keisuke Sueki, Kimikazu Sasa, Jun-ichi Kitagawa, Satoshi Ikarashi, Tomohiro Nishimura, Ying-Shee Wong, Yukihiko Satou, Koji Handa, Tsutomu Takahashi, Masanori Sato, Takeyasu Yamagata, First assessment of individual radionuclides distributions from the Fukushima nuclear accident covering central-east Japan, Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 査読有, vol.108, no.49, 2011, 19526-19529.
DOI: 10.1073/pnas.1111724108
3. S. Merchel, W. Bremser, V. Alfimov, M. Arnoldi, G. Aumaître, L. Benedetti, D. L. Bourlès, M. Caffee, L. K. Fifield, R. C. Finkel, S. P. H. T. Freeman, M. Martschini, Y. Matsushi, D. H. Rood, K. Sasa, P. Steier, T. Takahashi, M. Tamari, S. G. Tims, Y. Tosaki, K. M. Wilcken and S. Xu, Ultra-trace analysis of ^{36}Cl by accelerator mass spectrometry: an interlaboratory study, Analytical and Bioanalytical Chemistry, 査読有, 400, 2011, 3125-3132.
DOI: 10.1007/s00216-011-4979-2
4. Yuki Tosaki, Norio Tase, Kimikazu Sasa, Tsutomu Takahashi, and Yasuo Nagashima, Estimation of groundwater residence time using the ^{36}Cl bomb pulse, Ground Water, 査読有, 49 (2011) 891-902.
DOI:10.1111/j.1745-6584.2010.00795.x
5. Yuki Tosaki, Norio Tase, Akihiko Kondoh, Kimikazu Sasa, Tsutomu Takahashi and Yasuo Nagashima, Distribution of ^{36}Cl in the Yoro River Basin, Central Japan, and Its Relation to the Residence Time of the Regional Groundwater Flow System, Water, 査読有, 3 (2011) 64-78.
DOI:10.3390/w3010064
6. Yuki Matsushi, Tsuyoshi Hattanji, Sanae Akiyama, Kimikazu Sasa, Tsutomu Takahashi, Keisuke Sueki and Yukinori Matsukura, Evolution of solution dolines inferred from cosmogenic ^{36}Cl in calcite, Geology, 査読有, 38 (2010) 1039-1042.
DOI:10.1130/G31302.1
7. Kimikazu Sasa, Tsutomu Takahashi, Yuki Tosaki, Yuki Matsushi, Keisuke Sueki, Michiko Tamari, Takahiro Amano, Toshiyuki Oki, Shozo Mihara, Yoshihiro Yamato, Yasuo Nagashima, Kotaro Bessho, Norikazu Kinoshita, Hiroshi Matsumura, Status and research programs of the multinuclide accelerator mass spectrometry system at the University of Tsukuba, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 査読有, 268 (2010) 871-875.
DOI:10.1016/j.nimb.2009.10.052
8. Kimikazu Sasa, Yuki Matsushi, Yuki Tosaki, Michiko Tamari, Tsutomu Takahashi, Yasuo Nagashima, Kazuho Horiuchi, Hiroyuki Matsuzaki, Yasuyuki Shibata, Motohiro Hirabayashi, Hideaki Motoyama, Measurement of cosmogenic ^{36}Cl in the Dome Fuji ice core, Antarctica: Preliminary results for the Last Glacial Maximum and early Holocene, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 査読有, 268 (2010) 1193-1196.
DOI:10.1016/j.nimb.2009.10.052
9. Yuki Tosaki, Gudrun Massmann, Norio Tase, Kimikazu Sasa, Tsutomu Takahashi, Yuki Matsushi, Michiko Tamari, Yasuo Nagashima, Kotaro Bessho, Hiroshi Matsumura, Distribution of $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ in a river-recharged aquifer: Implications for the fallout rate of bomb-produced ^{36}Cl , Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 査読有, 268 (2010) 1261-1264.
DOI:10.1016/j.nimb.2009.10.148
10. Yuki Matsushi, Kimikazu Sasa, Tsutomu Takahashi, Keisuke Sueki, Yasuo Nagashima, Yukinori Matsukura, Denudation rates of carbonate pinnacles in Japanese karst areas: Estimates from cosmogenic ^{36}Cl in calcite, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 査読有, 268 (2010) 1205-1208.
DOI:10.1016/j.nimb.2009.10.134
11. Yoshinori Iizuka, Hideki Miura, Shogo Iwasaki, Hideaki Maemoku, Takanobu Sawagaki, Ralf Greve, Hiroshi Satake, Kimikazu Sasa and Yuki Matsushi, Evidence of past migration of the ice divide between the Shirase and Sôya

drainage basins derived from chemical characteristics of the marginal ice in the Sôya drainage basin of East Antarctica, *Journal of Glaciology*, 査読有, 56 (2010) 395-404.
DOI: 10.3189/002214310792447707

〔学会発表〕(計 53 件)

1. 笹 公和、末木 啓介、北川 潤一、木下 哲一、高橋 努、沈 洪涛、松村 万寿美、山形 武靖、松崎 浩之、福島原発事故由来の放射性ヨウ素 129 の加速器質量分析と放射性ヨウ素 131 評価法への適用, 日本原子力学会「2012 年春の年会」, 2012 年 3 月 19-21 日, 福井大学文京キャンパス.
2. 黒住 和奈, 笹 公和、末木 啓介、高橋 努、松四 雄騎、戸崎 裕貴、堀内 一穂、松崎 浩之、本山 秀明、最終退氷期から完新世にかけての南極氷床コア中の宇宙線生成核種 ^{36}Cl の分析, 第 13 回「環境放射能」研究会, 2012 年 2 月 27-29 日, 高エネルギー加速器研究機構.
3. 北川 潤一、末木 啓介、笹 公和、高橋 努、木下 哲一、松四 雄騎、松崎 浩之、放射性核種 ^{137}Cs 、 ^{129}I の土壤中の分布に関する研究, 第 13 回「環境放射能」研究会, 2012 年 2 月 27-29 日, 高エネルギー加速器研究機構.
4. 笹 公和、末木 啓介、北川 潤一、高橋 努、沈 洪涛、松村 万寿美、安倍 聡美、佐藤 志彦、木下 哲一、山形 武靖、松崎 浩之、福島第一原子力発電所事故により放出された放射性ヨウ素 129 の表層土壌分布, 第 13 回「環境放射能」研究会, 2012 年 2 月 27-29 日, 高エネルギー加速器研究機構.
5. Kimikazu Sasa, Tsutomu Takahashi and Keisuke Sueki, New AMS project at the University of Tsukuba, The 4th East Asia AMS Symposium, 16-18 December, 2011, The University of Tokyo.
6. Keisuke Sueki, Jun-ichi Kitagawa, Takahiro Amano, Michiko Tamari, Kimikazu Sasa, Tsutomu Takahashi, Norikazu Kinoshita, Hangtao Shen, Yuki Tosaki, Yuki Matsushi and Hiroyuki Matuzaki, Distributions of radionuclides ^{36}Cl and ^{129}I in surface soils, The 4th East Asia AMS Symposium, 16-18 December, 2011, The University of Tokyo.
7. 末木 啓介、北川 潤一、笹 公和、高橋 努、沈 洪涛、木下 哲一、松四 雄騎、松崎 浩之、山形 武靖、福島県東部地域における土壌中の放射性ヨウ素 I-129 の分布 ― 原発事故の前と後一、生物と環境におけるヨウ素」2011 - ヨウ素発見 200 年記念 サテライトシンポジウム -, 2011 年 11 月 19 日、学習院大学
8. 笹 公和、松四 雄騎、戸崎 裕貴、黒住 和奈、高橋 努、末木 啓介、松崎 浩之、堀内 一穂、東 久美子、本山 秀明、氷床コア中の宇宙線生成核種 Cl-36 の変動記録, 「第 2 回極域科学シンポジウム」, 2011 年 11 月 14-18 日, 国立極地研究所.
9. 木下 哲一、末木 啓介、北川 潤一、五十嵐 訓、西村 朋紘、黄 穎斯、佐藤 志彦、半田 晃士、高橋 努、笹 公和、佐藤 正教、山形 武靖、福島県および関東地方東部における福島原発事故の放射能調査, 2011 年日本放射化学学会年会・第 55 回放射化学討論会, 2011 年 9 月 20-22 日, 長野・若里市民文化ホール
10. YUKI TOSAKI, NORIO TASE, KIMIKAZU SASA, TSUTOMU TAKAHASHI and YASUO NAGASHIMA, Estimation of Groundwater Age Using the ^{36}Cl Bomb Pulse: a Case Study in the Mt. Fuji Area, Central Japan, (招待講演), AOGS 2011, Taipei International Convention Center, Taiwan, 8 to 12 August, 2011.
11. 戸崎 裕貴、田瀬 則雄、笹 公和、高橋 努、長島 泰夫、降水中の $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ および ^{36}Cl 降下フラックスの変動, 2010 年 10 月 2-3 日, 筑波大学, 日本水文科学会 2010 年度学術大会.
12. 木下 哲一、松村 万寿美、笹 公和、高橋 努、末木 啓介、大浦 泰嗣、筑波大学における ^{41}Ca -AMS の開発, 2010 年日本放射化学学会年会・第 54 回放射化学討論会, 2010 年 9 月 27-29 日, 大阪大学吹田キャンパス.
13. 笹 公和、木下 哲一、松村 万寿美、高橋 努、末木 啓介、長島 泰夫、大浦 泰嗣、極微量放射性核種 ^{41}Ca の加速器質量分析法の開発, 日本原子力学会「2010 年秋の大会」, 2010 年 9 月 15-17 日, 北海道大学.
14. 戸崎 裕貴、田瀬 則雄、笹 公和、高橋 努、長島 泰夫、富士山南麓地域における地下水年代の検討, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, 2010 年 5 月 23-28 日, 幕張メッセ国際会議場.
15. 笹 公和、高橋 努、戸崎 裕貴、末木 啓介、木下 哲一、天野 孝洋、北川 潤一、黒住 和奈、松村 万寿美、安部 聡美、長島 泰夫、松四 雄騎、別所 光太郎、松村 宏、筑波大学 AMS における Cl-36 を用いた地球環境科学研究, 第 12 回 AMS シンポジウムプログラム, 2010 年 5 月 23-24 日, 桐生市民文化会館.
16. K. Sasa, T. Takahashi, Y. Nagashima, Y. Tosaki, N. Kinoshita, K. Sueki, H. Matsumura, K. Bessho, Y. Matsushi,

- ACCELERATOR MASS SPECTROMETRY AT THE TSUKUBA 12 MV PELLETRON TANDEM ACCELERATOR, The first International Particle Accelerator Conference (IPAC10), 23-28 May, 2010, Kyoto International Conference Center.
17. 笹 公和, 高橋 努, 戸崎 裕貴, 末木 啓介, 極微量放射性核種の加速器質量分析による環境モニタリング研究, 日本原子力学会 2010 年春の年会, 茨城大学, 2010 年 3 月 26-28 日.
 18. Kimikazu Sasa, Multi-nuclide AMS system at the University of Tsukuba, NUCLEAR PHYSICS TRENDS: 7th Japan-China Joint Nuclear Physics Symposium, Tsukuba (Japan), 招待講演, 9-13 November 2009, AIP Conference Proceedings Volume 1235, (2009) 152-158.
 19. K. Sasa, T. Takahashi, Y. Nagashima, Y. Tosaki, K. Sueki, Y. Takaya, N. Kinoshita, T. Amano, J. Kitagawa, K. Kurozumi, M. Matsumura, H. Matsumura, K. Bessho, Y. Matsushi, Application of Cl-36 AMS to geo-environmental sciences at the University of Tsukuba, 3rd East Asian Symposium on Accelerator Mass Spectrometry (EA-AMS-3), Xi' an AMS Center, Xi' an, China, 19th-22nd October, 2009.
 20. 笹 公和, 加速器質量分析 (AMS) による Cl-36 の測定とその応用 (招待講演), 2009 年日本放射化学学会年会・第 53 回放射化学討論会, 日本大学文理学部百周年記念館, 2009 年 9 月 28-30 日.
 21. 玉理 美智子, 末木 啓介, 天野 孝洋, 笹 公和, 高橋 努, 松四 雄騎, 戸崎 裕貴, 大木 俊征, 長島 泰夫, 木下 哲一, 松村 宏, 別所 光太郎, AMS を用いた土壌中の $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 同位体比, 2009 年日本放射化学学会年会・第 53 回放射化学討論会, 日本大学文理学部百周年記念館, 2009 年 9 月 28-30 日.
 22. 笹 公和, 高橋 努, 戸崎 裕貴, 末木 啓介, 筑波大学 12UD タンデム加速器を用いた加速器質量分析装置による極微量放射性核種の検出, 第 6 回日本加速器学会年会 2009, 日本原子力研究開発機構, 2009 年 8 月 5-7 日.
 23. Kimikazu Sasa, Tsutomu Takahashi, Yasuo Nagashima, Yuki Tosaki, Keisuke Sueki, Toshiyuki Oki, Takahiro Amano, Hiroshi Matsumura, Kotaro Bessho, Norikazu Kinoshita, Yuki Matsushi, Progress of an accelerator mass spectrometry system at the Tsukuba 12UD Pelletron tandem accelerator, The 11th International Conference "Heavy Ion Accelerator Technology - HIAT", Venice, Italy, from 8 to 12 June 2009, Proceedings of HIAT09, Venice, Italy, Joint Accelerator Conference Website (JACoW), (2009) 49-53.
 24. 戸崎裕貴, 田瀬則雄, 笹公和, 高橋努, 長島泰夫, つくば市における降水中の Cl-36, 日本地球惑星科学連合 2009 年大会, 幕張メッセ 国際会議場, 2009 年 5 月 16-21 日.
他、学会発表 29 件
- 〔その他〕
ホームページ等
<http://www.tac.tsukuba.ac.jp/~ams/>
- ## 6. 研究組織
- ### (1) 研究代表者
- 笹 公和 (SASA KIMIKAZU)
筑波大学・数理物質系・准教授
研究者番号: 20312796
- ### (2) 研究分担者
- 末木 啓介 (SUEKI KEISUKE)
筑波大学・数理物質系・准教授
研究者番号: 90187609
- 戸崎 裕貴 (TOSAKI YUKI)
筑波大学・生命環境系・助教
(H22-産業技術総合研究所・特別研究員)
研究者番号: 80533215
- 大木 俊征 (OKI TOSHIYUKI)
筑波大学・研究基盤総合センター・研究員
(H22-高エネルギー加速器研究機構・加速器研究施設・助教)
研究者番号: 60415049
- 別所 光太郎 (BESSHO KOTARO)
高エネルギー加速器研究機構・放射線科学センター・准教授
研究者番号: 10300675
- 松村 宏 (MATSUMURA HIROSHI)
高エネルギー加速器研究機構・放射線科学センター・准教授
研究者番号: 30328661
- ### (3) 連携研究者
- 長島 泰夫 (NAGASHIMA YASUO)
筑波大学・名誉教授
研究者番号: 60091914