

第 18 回 AMS シンポジウム

**Program of the 18th Japanese Symposium on
Accelerator Mass Spectrometry
JAMS-18**

**2016 年 3 月 4 日 -5 日 東京大学
The University of Tokyo, Tokyo, Japan
4-5 March 2016**

第18回 AMS シンポジウム

日時：2016年3月4日(金)-5日(土)

場所：東京大学 理学部2号館 講堂

主催：日本 AMS 研究協会

東京大学 総合研究博物館 放射性炭素年代測定室 タンデム加速器分析室

プログラム

3月4日(金) 午前

9:30-10:00 受付

10:00-10:10 開会の挨拶(米田 穰)

Session 1 : AMS 施設報告・技術開発 1

(座長：米田 穰)

10:10-10:30 O1-1

導入1年目を迎える東京大学総合研究博物館 Compact-AMS の現状 (2015年度)

○尾嵯大真, 大森貴之, 山崎孔平, 金澤礼雄, 吉田邦夫, 米田 穰

東大博物館

10:30-10:50 O1-2

自動グラフアイト化装置 (AGE3) の能力評価

○栗原繁和¹, 田中義文¹, 吉田邦夫², 米田 穰², 尾嵯大真², 大森貴之²

1 パリノ・サーヴェイ, 2 東大博物館

10:50-11:10 O1-3

東京大学 MALT の現状

○松崎浩之

東大 MALT

11:10-11:30 O1-4 (若手)

MALT における ²³⁶U-AMS の現状 — 土壌サンプル測定を目指して —

○中小司和広, 松崎浩之, 三宅泰斗

東大院工

11:30-11:50 O1-5

導入3年目を迎えた東京大学大気海洋研究所シングルステージ AMS

○宮入陽介¹, 阿瀬貴博¹, 山根雅子^{1,2}, 平林頌子^{1,3}, 石輪健樹^{1,3}, 佐藤菜央美^{1,3}, 沢田近子¹, 横山祐典^{1,2,3}

1 東大 AORI, 2 海洋研, 3 東大院理

11:50-13:00 昼休み 施設見学 (放射性炭素年代測定室)

3月4日(金)午後

Poster Session

13:00-14:00

特別講演 1

(座長:松崎 浩之)

14:00-15:00 OS-1

マルチターン飛行時間型質量分析計の開発とその応用

○豊田 岐聡

大阪大理

15:00-15:15 休憩

MALT 共同利用開始 20 周年記念シンポジウム

(座長:松崎 浩之, 中野 忠一郎)

15:15-15:35 OM-1

MALT-AMS の初期歴史:多核種 AMS の開発研究

○小林 紘一

パレオ・ラボ

15:35-15:55 OM-2

MALT-AMS の応用研究のあゆみ

○松崎 浩之

東大 MALT

15:55-16:15 OM-3 (若手)

MALT-AMS の将来の技術的展望

○三宅 泰斗¹, 松崎 浩之^{1,2}

1 東大院工, 2 東大博物館

16:15-16:25 休憩

16:25-16:45 OM-4

共鳴核反応法による水素の時空間分解測定

○小倉 正平, マーカス ビルデ, 福谷 克之

東大産技研

16:45-17:05 OM-5

半導体素子の劣化機構解明に向けた共鳴核反応法による水素分布測定

○高石理一郎¹, 東悠介¹, 鈴木正道¹, 三谷祐一郎¹, 富田充裕¹, 松本益明²,

小倉正平², 福谷克之²

1 東芝研究開発セ, 2 東大産技研

17:05-17:25 OM-6 (若手)

5MV タンデム加速器を用いた重イオン反跳原子検出法の開発

○原山 勲¹, 関場 大一郎¹, 廣瀬 靖²

1 筑波大院数理, 2 東大院理

17:25-17:45 OM-7

イオンビーム分析を活用した機能性薄膜材料開発－複合アニオン酸化物を例として－

○廣瀬 靖¹, 山崎 崇範¹, 岡 大地¹, 関場 大一郎², 原山 勲²

1 東大院理, 2 筑波大院数理

18:15-20:15 懇親会

3月5日(土)午前

Session 2 : AMS 施設報告・技術開発 2

(座長:大森 貴之)

9:30-9:50 O2-1

筑波大学 6 MV 加速器質量分析システムの現状と AMS 試験測定結果

○笹 公和¹, 高橋 努¹, 松中 哲也¹, 松村 万寿美¹, 坂口 綾¹, 佐藤 志彦¹, 本多 真紀¹, 富田 涼平¹, 細谷 青児¹, 末木 啓介¹, Mark Stodola², Mark Sundquist²

1 筑波大 AMS グループ, 2 NEC

9:50-10:10 O2-2 (若手)

難測定核種 AMS 開発に向けた PHITS シミュレーションの適用

○細谷 青児¹, 笹 公和¹, 松中 哲也¹, 松村 万寿美¹, 高橋 努¹, Mark Sundquist², Mark Stodola², 末木 啓介¹

1 筑波大 AMS グループ, 2 NEC

10:10-10:30 O2-3

名古屋大学タンデロトロン AMS システムの現状 (2015 年度)

○中村 俊夫¹, 南 雅代¹, 小田 寛貴¹, 池田 晃子¹, 箱崎 真隆^{1,2}, 太田 友子¹, 西田 真砂美¹, 吉田 滯代¹, 池盛 文数³, 椋本 ひかり³, 藤沢 純平⁴

1 名大 ISEE, 2 歴博, 3 名大院環, 4 名大理

10:30-10:50 O2-4

¹⁴C 年代測定のための青銅器資料の試料調製法の開発と考古資料への適用

○小田 寛貴¹, 塚本 敏夫², 山田 哲也²

1 名大 ISEE, 2 元興寺文化財研

10:50-11:00 休憩

Session 3 : 応用研究 1

(座長:楠野 葉瑠香)

11:00-11:20 O3-1 (若手)

ヨウ素 129 同位体比から考察する海洋生物のヨウ素同化機構

○楠野 葉瑠香¹, 松崎 浩之¹, 永田 俊², 宮入 陽介², 横山 祐典², 大河内 直彦³, 徳山 弘憲¹, 川本 万里奈¹, 田中 えりか⁴

1 東大 MALT, 2 東大 AORI, 3 海洋研, 4 東大工

11:20-11:40 O3-2 (若手)

フィリピン, ルソン島中央部のパイタン湖のコア試料の AMS¹⁴C 年代と古環境

○山崎 圭二¹, 鳥井 真之², 中西 利典¹, エリクソン バリソ³, ダニコリベラ³, ロブジュネリエアアリム³, キャシー ポガイ³, アルトロ ダアグ³, 中村 俊夫⁴, ホンワン⁵, 鹿島 薫⁶, 檀原 徹⁷, 藤木 利之⁸, 奥野 充¹

1 福岡大, 2 熊本大, 3 フィリピン国立火山地震研, 4 名大, 5 韓国地質資源研, 6 九州大学, 7 京都フィッシュン・トラック, 8 岡山理科大

11:40-12:00 O3-3 (若手)

琵琶湖流入河川の河床堆積物の meteoric-¹⁰Be

○藤沢 純平¹, 南 雅代², 國分(齋藤)陽子³

1 名大理, 2 名大 ISEE, 3 原子力機構東濃

12:00-12:20 O3-4 (若手)

蔵王山における火口湖と地熱帯で観測されたヨウ素同位体比の低下

○松中 哲也¹, 笹 公和¹, 高橋 努¹, 松村 万寿美¹, 末木 啓介¹, 後藤 章夫², 渡邊 隆広²,
土屋 範芳², 平野 伸夫², 久利 美和², 高橋 正明³, 風早 康平³, 宮城 磯治³,
松崎 浩之⁴

1 筑波大, 2 東北大, 3 産総研, 4 東大

12:20-12:50 日本 AMS 研究協会総会

12:50-13:50 昼休み

3月5日(土)午後

特別講演 2

(座長: 米田 穰)

13:50-14:30

東京大学 AMS 年代測定 の 30 年

○吉田 邦夫

東大博物館

14:30-14:40 休憩

Session 4 : AMS 施設報告・技術開発 3

(座長: 尾崎 大真)

14:40-15:00 O4-1

総合科学としての放射性炭素年代測定と AMS 公開ラボ

○米田 穰, 尾崎大真, 大森貴之, 吉田邦夫

東大博物館

15:00-15:20 O4-2 (若手)

JAEA-AMS-TONO の現状 (平成 27 年度)

○藤田 奈津子¹, 松原 章浩¹, 渡邊 隆広¹, 國分(齋藤)陽子¹, 梅田 浩司¹,
西澤章光², 三宅正恭², 大脇好夫², 西尾智博², 加藤元久²

1 原子力機構東濃, 2 ペスコ

15:20-15:40 O4-3 (若手)
土壌中のヨウ素動態のモデル化へ向けて
○木島 渉¹, 松崎 浩之^{1,2}
1 東大院工, 2 東大 MALT

15:40-16:00 O4-4
パレオ・ラボ Compact-AMS の現状 (2015)
○佐藤 正教¹, 伊藤 茂¹, 安 昭炫¹, 廣田 正史¹, 山形 秀樹², Z. Lomtatidze²,
I. Jorjoliani², 小林 紘一¹, 中村 賢太郎²
1 パレオ・ラボ年測施設, 2 パレオ・ラボ東海

16:00-16:10 休憩

16:10-16:30 O4-5
山形大学高感度加速器質量分析センターの現状 2014-2015
○森谷 透¹, 宇野 久¹, 設楽 理恵¹, 鈴木 善美¹, 佐藤 里美¹, 武山 美麗¹,
門叶 冬樹¹, 櫻井 敬久¹, 豊口 貞子², 小林 武志²
1 山形大加速器セ, 2 山形大医

Session 5 : 応用研究 2

(座長: 松中 哲也)

16:30-16:50 O5-1
湖沼堆積物の全有機炭素の炭素 14 年代測定による高分解能年代編年
○北川 浩之¹, A・ホンワン², 林田 明³, 竹村 恵二⁴
1 名大院環, 2 韓国地質資源院, 3 同志社大, 4 京大

16:50-17:10 O5-2
福島第一原子力発電所事故によるヨウ素 129 の降水への影響
○松村 万寿美¹, 渡邊 雅也², 笹 公和¹, 松中 哲也¹, 高橋 努¹, 末木 啓介¹, 松崎 浩之³
1 筑波大学 AMS グループ, 2 愛媛産業技術研, 3 東大 MALT

17:10-17:30 O5-3
5-11 世紀の北日本の ¹⁴C 地域オフセット
○箱崎 真隆
歴博

17:30-17:40 発表賞授与式

17:40-17:45 閉会の挨拶

17:45- 施設見学会 (MALT)

Poster Session

コアタイム日時：3月4日(金) 13:00-14:00

場所：東京大学 理学部 2号館 講堂

施設報告・技術開発

P1-1 (若手)

MALTにおける負イオン減速チャンバーの作成

○三宅 泰斗¹, 松崎 浩之^{1,2}

1 東大院工, 2 東大博物館

P1-2

東京大学総合研究博物館 Compact-AMS の運用と性能評価

○大森 貴之¹, 尾崎 大真¹, 山崎 孔平¹, 内田 啓子¹, 金澤 礼雄¹, 米田 穰¹, 板橋 悠²,

松中 哲也³, 笹 公和³

1 東大博物館, 2 東大新領域, 3 筑波大 AMS グループ

P1-3

JAEA-AMS-TONOにおける¹⁰Be/⁹Be比測定 of 検出限界の改善

○松原 章浩¹, 三宅 正恭², 西澤 章光², 藤田 奈津子¹, 國分(齋藤)陽子¹

1 原子力機構東濃, 2 ペスコ

P1-4

JAEA-AMS-TONOでの元素分析計を用いた¹⁴C年代測定の前処理手法の改良

○渡邊 隆広¹, 國分(齋藤)陽子¹, 西尾 智博², 藤田 奈津子¹, 三宅 正恭²,

西澤 章光², 松原 章浩¹

1 原子力機構東濃, 2 ペスコ

P1-5

キャリア用ベリリウム標準溶液中の¹⁰Be/⁹Be比

○國分(齋藤)陽子¹, 西尾 智博², 松原 章浩¹, 石坂 千佳¹, 堀内 一穂³

1 原子力機構東濃, 2 ペスコ, 3 弘前大

P1-6 (若手)

グラファイト化のための硫黄不純物除去法における¹⁴C混入汚染の評価

○竹内 絵里奈¹, 小嵐 淳¹, 國分(齋藤)陽子², 安藤 麻里子¹, 西尾 智博²,

大脇 好夫², 松原 章浩²

1 原子力機構基礎工C, 2 原子力機構東濃

P1-7

名古屋大学宇宙地球環境研究所における¹⁰Be分析の立ち上げ

南 雅代¹, 藤沢 純平², 北川 浩之³, 國分(齋藤)陽子⁴, Wan Hong⁵

1 名大 ISEE, 2 名大理, 3 名大院環, 4 原子力機構東濃, 5 KIGAM

応用研究

P2-1 (若手)

Carbon-14 record in two coral cores from the Philippines

○ Angel T. Bautista VII^{1,2}, Hiroyuki Matsuzaki¹, Fernando P. Siringan³

1 東大院工, 2PNRI, 3MSI, Uni. Of the Philippines

P2-2 (若手)

福島第一原子力発電所周囲のヨウ素 129 沈着量の推定

○毛 偉¹, 松崎 浩之^{1,2}

1 東大 MALT, 2 東大院工

P2-3

ロシア極東新石器時代遺跡における土器付着炭化物の¹⁴C年代

○國木田 大¹, ポポフ A.N.², ラシン B.V.², 森先 一貴³, 松崎 浩之⁴

1 東大院人文, 2 極東連邦大博, 3 文化庁, 4 東大博物館

P2-4

顕微鏡観察と書誌学的考察を併用した古筆切の¹⁴C年代測定

○小田 寛貴¹, 安 裕明², 坂本 昭二³, 池田 和臣⁴

1 名大 ISEE, 2 多賀高, 3 龍谷大 DARC, 4 中央大文

P2-5

南極海オーストラリアー南極海盆における放射性炭素 (¹⁴C) と放射性セシウム (¹³⁷Cs) の鉛直分布

○熊本 雄一郎¹, 青山 道夫², 浜島 靖典³, 佐々木 建一¹, 村田 昌彦¹

1 海洋研, 2 福島大, 3 金沢大

P2-6

瀬戸内海周辺地域に産する塩水のヨウ素同位体比の測定

○東郷 洋子¹, 戸崎 裕貴¹, 森川 徳敏¹, 高橋 正明¹, 風早 康平¹, 松崎 浩之²

1 産総研, 2 東大博物館

P2-7

堆積岩地域における深層地下水の³⁶Cl年代分布：津軽平野および石狩低地帯の事例

○戸崎 裕貴¹, 森川 徳敏¹, 風早 康平¹, 高橋 浩¹, 安原 正也², 高橋 正明¹, 稲村 明彦¹

1 産総研火山, 2 立正大地球環境

P2-8 (若手)

北極海 - 北太平洋における 2014 年の海水中 ¹²⁹I 濃度の分布

○工藤 輝¹, 山形 武靖², 永井 尚生², 熊本 雄一郎³, 西野 茂人³, 松崎 浩之⁴

1 日大院総合基礎, 2 日大文理, 3 海洋研, 4 東大博物館

P2-9 (若手)

福島における西暦 2010 年の晩材に記録された $\Delta^{14}\text{C}$ 増大

○松中 哲也¹, 笹 公和¹, 高橋 努¹, 松村 万寿美¹, 末木 啓介¹, 松崎 浩之²

1 筑波大 AMS グループ, 2 東大博物館

P2-10 (若手)

宇宙塵を探すー太陽系内の固体微粒子の進化ー

○有馬 銀河¹, 上原 梨花子¹, 松崎 浩之², 楠野 葉溜香², 木暮 岳美¹

1 川越女子高, 2 東大 MALT

目 次

Oral Session

Session 1 : AMS 施設報告・技術開発 1	1
特別講演 1	9
MALT 共同利用開始 20 周年記念シンポジウム	13
Session 2 : AMS 施設報告・技術開発 2	21
Session 3 : 応用研究 1	27
特別講演 2	33
Session 4 : AMS 施設報告・技術開発 3	37
Session 5 : 応用研究 2	43

Poster Session

AMS 施設報告・技術開	47
応用研究	55

協賛企業 広告	67
---------	----

Session 1 : AMS 施設報告・技術開発 1

導入 1 年目を迎える東京大学総合研究博物館 Compact-AMS の現状 (2015 年度) Current status of Compact-AMS at UMUT (2015): The first year after installation.

尾崎 大真^{1*}・大森 貴之¹・山崎 孔平¹・金澤 礼雄¹・吉田 邦夫¹・米田 穰¹
Hiromasa OZAKI^{1*}, Takayuki OMORI¹, Kohei YAMAZAKI¹, Ayao KANESAWA¹, Kunio
YOSHIDA¹, Minoru YONEDA¹

¹ 東京大学総合研究博物館 (The University Museum, The University of Tokyo)

*Correspondence to: Hiromasa OZAKI; E-mail: ozaki@um.u-tokyo.ac.jp

東京大学における放射性炭素年代測定を利用した研究を推進する役割を担って、1967 年に発足した放射性炭素年代測定室は当初気体計数装置を保持し、資料から測定試料への調整を含めた放射性炭素年代測定の一貫した分析業務を行ってきた。1998 年からは MALT の加速器質量分析 (AMS) 計を利用して、年代室では試料の調整を行い、分析を進めてきた。その後、総合研究博物館所属の組織となり、自前での測定を達成するべく、AMS の導入を要求してきた。

昨年度末の 2015 年 3 月に東京大学総合研究博物館ではアメリカ NEC (National Electrostatic Corporation) 社製 Compact-AMS (NEC 1.5SDH-1) を導入した。同型機は日本で 5 台目、世界でも 16 台目となる。2015 年 2 月 14 日より搬入作業が始まり、2 週間ほどの組み立て作業の後、3 月 5 日には最初の ¹⁴C の検出を確認した。その後の調整を経て、測定自体は実施可能な状態となったが、¹⁴C/¹²C 比の測定値が時間とともに大きく変動してしまうという問題を抱えることになる。

今年度前半は、¹⁴C/¹²C 比の測定値変動の原因究明に多くの時間を費やした。装置のパラメータには異常は認められず、原因究明は難しいものであったが、まず ¹⁴C/¹²C 比測定値の変動が AMS 装置への供給電源の電圧の変動に依存していることが分かり、自動電圧調整器 (AVR) を原因となる可能性を持ったパーツに接続することにより、原因が加速電圧をモニタする GVM のアンプにあることを突き止めた。当座は GVM アンプに AVR を通して電源供給することで、通常測定を行えるところまでこぎつけた。

その後、簡単な測定条件についての検討を行った後、11 月に NIST (アメリカ国立標準技術研究所) SRM4990c および IAEA (国際原子力機関) 標準試料から調整した試料について測定を行い、推奨値と一致した結果が得られ、IAEA-C1 の測定結果による測定ブランクも 0.2pMC 以下であることが確認できた。2015 年 12 月以降は未知資料の測定を開始し、これまでに 200 点以上の資料の測定を行ってきた。

本報告では、いくつかの測定条件設定およびこれまでの測定結果から現状の性能について報告する。

Keywords: Compact-AMS; 放射性炭素年代測定;

自動グラファイト化装置 (AGE3) の能力評価 Ability evaluation of Automated Graphitization Equipment "AGE 3"

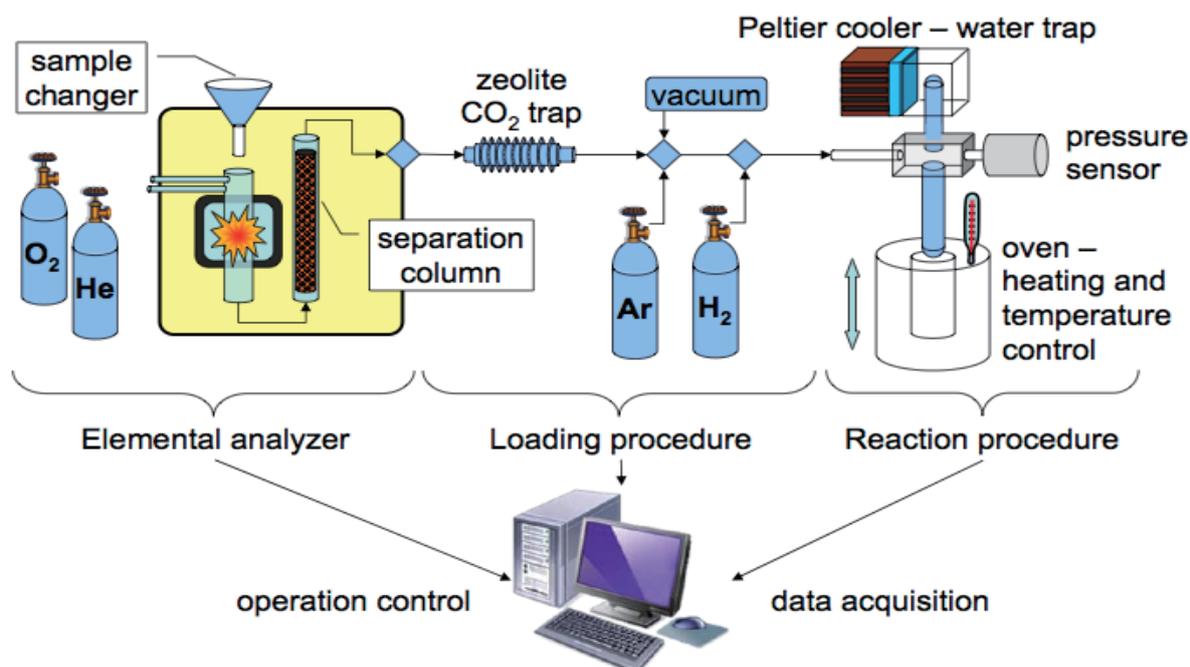
栞原繁和^{1*}・田中義文¹・吉田邦夫²・米田 穰²・尾崎大真²・大森貴之²
Shigekazu KUWABARA^{1*}, Norifumi TANAKA¹, Kunio YOSHIDA²,
Minoru YONEDA², Hiromasa OZAKI², Takayuki OMORI²

¹ パリノ・サーヴェイ株式会社 (Palynosurvey Co. Ltd.)

² 東京大学・総合研究博物館 (The University Museum, the University of Tokyo)

*Correspondence to: Shigekazu Kuwabara; E-mail: kuwabara@palyno.co.jp

IONPLUS 社の自動グラファイト化装置 (AGE3) は、ゼオライトへ二酸化炭素を吸着、放出することによって液体窒素を使用することなく、グラファイト作成が可能のため、従来のシステムと比べて簡便である。基本工程は、触媒となる鉄をガラス管に入れセットすると (最大7個まで可能)、加熱して不純物を焼き切る前処理を行う。その後、元素分析装置 (Elementar Analytical 製) により燃焼分解された二酸化炭素をゼオライトに吸着する。二酸化炭素を脱着させ、各ガラス管に水素と共に導入、加熱により還元し、グラファイトを得る。反応によって生じる水は、ペルチェ素子による冷却によってトラップする。これらの一連の操作は全てパソコンソフトによって管理され、元素分析装置と AGE3 本体もパソコンによってシンクロしているため、初期設定のあとは、操作する必要がほとんどない。このため、夜間の自動運転も含めると1日で21検体のグラファイト化が可能である。現在、東京大学総合研究博物館のコンパクト AMS (NEC 社製) を用い、AGE3 で作成した試料について性能評価を行っており、IONPLUS 社の報文と同等な結果が得られるか確認中である。



Keywords: IONPLUS; AGE3; 自動グラファイト化装置; ゼオライト

東京大学 MALT の現状 Status report of MALT, The University of Tokyo

松崎浩之¹²³・馬原保典¹²・土屋陽子¹²・中野忠一郎¹²・森田明¹³・川本万里奈¹²・
徳山裕憲¹²・楠野葉瑠香¹²・毛偉¹²・パウティスタ エンジェル VII³・三宅泰斗³・
木島渉⁴・中小司和広⁴・吉田邦夫¹²

Hiroyuki Matsuzaki¹²³, Yasunori Mahara¹², Yoko S. Tsuchiya¹², Chuichiro Nakano¹², Akira Morita¹³,
Marina Kawamoto¹², Hironori Tokuyama¹², Haruka Kusuno¹², Wei Mao¹²,
Bautista Angel VII Tugade³, Yasuto Miyake³, Wataru Kijima³, Kazuhiro Nakashoji³, Kunio Yoshida¹²

¹ 東京大学 MALT (MALT, The University of Tokyo)

² 東京大学総合研究博物館 (The University Museum, The University of Tokyo)

³ 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻 (Department of Nuclear Engineering and
Management, School of Engineering, The University of Tokyo)

*Correspondence to: Hiroyuki Matsuzaki; E-mail:hmatsu@um.u-tokyo.ac.jp

東京大学 MALT (Micro Analysis Laboratory, Tandem accelerator) は 1995 年の共同利用開始以来、加速器質量分析 (AMS) および、核反応分析 (NRA) をはじめとする各種イオンビーム分析手法を多くの研究者に提供し、貢献して来た。2015 年 6 月 8 日に、加速器総運転時間 100,000 時間を達成した。また、これまでに採択された共同利用研究課題数は、422 課題に上り、そのうち AMS を利用した研究課題は 366 課題である。

2015 年はいくつかの改良を行った。まず、入射および分析の両電磁石を Danfysik のものから Heinzinger のものに換装した。特に分析電磁石については許容電流を大幅にスペックアップし、思い核種の分析に対応できるようにした。また、加速器システム全体を制御する AccelNET を更新した。同時に、マルチファラデーカップに対しては、これまでの SRS (Stanford Research System) の高感度アンプに変えて、nec 製 PPCI (Precision Pulse Current Integrator) に変更した。PPCI は SRS に比べて直線性とバックグラウンドに優れる、とのことで交換したのだが、大きな誤算があった。感度が SRS に比べて大きく劣るのである。SRS の場合は、 10^{-13} A から測定できたが、PPCI の場合は 10^{-10} A がせいぜいである。確かに、通常の AMS においては、安定同位体の測定は nA オーダー以上であり、問題ない。しかし、MALT の場合、 ^{10}Be -AMS では内部ビームモニター方を使っており、 $^{17}\text{O}^{5+}$ のカレントが 10^{-10} 台である他、 ^{236}U -AMS の場合は、 $^{238}\text{U}^{5+}$ のカレントが pA 領域に入る。したがって、更新の結果、 ^{10}Be -AMS については、ジャンピング方式に変更を与儀無くされ、また、 ^{236}U -AMS は当面休止ということになってしまった。現在、SRS も再び使えるよう、モディファイを検討中である。

^{14}C -AMS について、昨年のシンポジウムで、分子イオンを利用して $\delta^{13}\text{C}$ を評価する方法を提案したが、 $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ と $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を同時に測定するために、マルチファラデーカップを 1 台増設した。改良後、 ^{14}C -AMS は 2 回しか行っていないが、 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比も何とか測れている。

^{10}Be および ^{26}Al については、イオン源でいかに大カレントを出すかがパフォーマンスに大きく影響するが、未だにイオン源の性質をつかめていないのが現状である。アイオナイザーの表面状態が重要ではないか、と考えている。 ^{10}Be については、ジャンピングを試しているが、同位体比の測定結果が安定しないのが現状である。最近、MALT のイオン源では、アイオナイザーの中心軸とエクストラクターの中心軸がわずかにずれていることが分かった。このことがイオン源でのビームの性質に影響を与え、測定を不安定にする可能性もある。

今回は、MALT-AMS に関する技術的な問題点に絞って発表する。

Keywords: 加速器質量分析；炭素 14；ベリリウム 10；イオン源；マルチファラデーカップ

MALT における ^{236}U -AMS の現状 — 土壌サンプル測定を目指して — Status report of ^{236}U -AMS in MALT – Development of soil measurements-

中小司和広¹・松崎浩之¹・三宅泰斗¹

¹ 東京大学工学系研究科原子力国際専攻

*Correspondence to: Kazuhiro Nakashoji; E-mail: kazuhiro.nksj@gmail.com

^{236}U ($T_{1/2}=2342$ 万年) は、天然において ^{235}U の熱中性子の捕獲により生成する一方、大気圏核実験及び使用済み核燃料再処理工場によって人為的に環境中へ放出される。例えばグローバルフォールアウトの影響を受けた環境試料中の ^{236}U の同位体比は、 $^{236}\text{U}/^{238}\text{U}\sim 10^{-9}$ 程度と見積もられている。また AMS による ^{236}U の同位体比測定を応用した研究が盛んに行われており、一例としてサンゴを利用した海流循環の研究が挙げられる。これらの研究を行うためには、 ^{236}U の同位体比を $^{236}\text{U}/^{238}\text{U}\sim 10^{-12}$ 程度で測定することが要求される。

現在 MALT では、ガスカウンターを最終検出器とする AMS (Fig.1.) によって、低同位体比の標準試料を $^{236}\text{U}/^{238}\text{U}\sim 2.0\times 10^{-10}$ 程度のバックグラウンドで測定することが可能である。バックグラウンドに影響を与えているのは、 ^{236}U の軌道に干渉する $^{235}\text{U}^{5+}$ (Fig.2) あるいは $^{238}\text{U}^{4+} \rightarrow ^{238}\text{U}^{5+}$ と荷電変換された ^{238}U であることが推察されている。これらの干渉要素を除外するために、最終検出器として TOF を導入すること、数値計算による適切なビーム軌道の解析を行うことが望まれる。

将来実サンプルの測定を行うにあたり、現在 MALT では (1) 土壌中からウランを抽出し、精製するための化学処理法の確立、(2) ICP-MS による ^{238}U の定量、(3) 数値計算を用いたビーム軌道の解析、の 3 点に注力している。

2016 年 4 月には TOF の導入を行い、更なるバックグラウンドの向上を目指すと共に、実サンプル測定のためのスキームの確立を想定している。

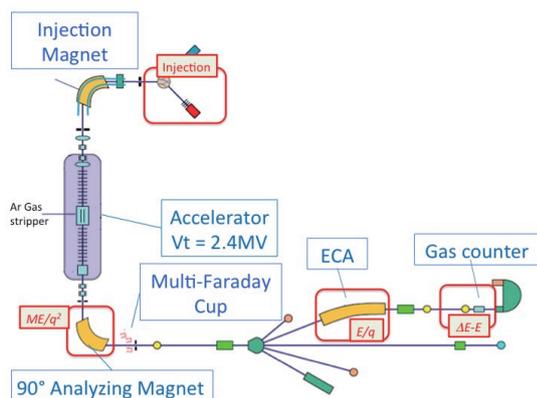


Fig.1. MALT における ^{236}U -AMS の構成

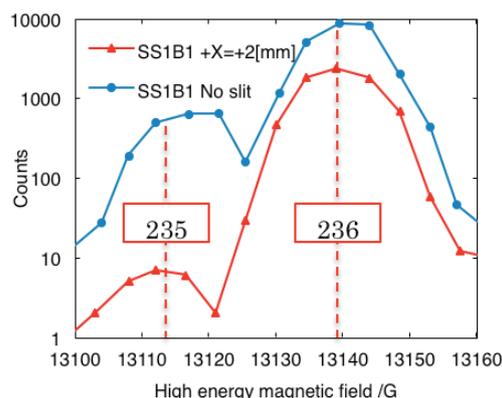


Fig.2. ^{235}U から ^{236}U への干渉

Keywords: ^{236}U ; AMS; ^{236}U isotopic ratio in soil

導入 3 年目を迎えた東京大学大気海洋研究所シングルステージ AMS
Status report of Single Stage AMS system at Atmosphere and Ocean Research Institute,
The University of Tokyo

宮入陽介^{1*}・阿瀬貴博¹・山根雅子^{1,2}・平林頌子^{1,3}・石輪健樹^{1,3}・佐藤菜央美^{1,3}・沢田近子¹・
 横山祐典^{1,2,3},
 Miyairi Y^{1*}, Aze T¹, Yamane M^{1,2}, Hirabayashi S^{1,3}, Ishiwa T^{1,3}, Sato N^{1,3}, Sawada C¹
 and Yokoyama Y^{1,2,3}

¹ 東京大学大気海洋研究所高解像度環境解析研究センター

(Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo)

² 国立研究開発法人 海洋開発研究機構

(Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC))

³ 東京大学 理学系研究科 (Graduate School of Science, The University of Tokyo)

**Correspondence to: Yosuke Miyairi; E-mail: miyairi@aori.u-tokyo.ac.jp*

東京大学大気海洋研究所高解像度環境解析研究センター環境解析分野では 2013 年 2 月に国内で初めて米国 NEC (National Electrostatics Corporation) 社製のシングルステージ型加速器質量分析計を導入した。本装置は 5m × 7m (将来計画のデュアルイオン源オプション装備時：現在はシングルイオン源として運用) の小型の放射性炭素分析に特化した AMS 機器であり、250KV と低い加速電圧で放射性炭素分析を可能とした。従来の AMS 装置にくらべメンテナンスが容易であり、測定効率も一か月に約 600 検体の分析が可能と非常に高い。また、設計測定精度も $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比測定 0.3% 以下、 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比測定 0.3% 以下と非常に高い。測定限界も $^{14}\text{C}/^{12}\text{C} \leq 2.5 \times 10^{-15}$ と十分な性能を有している

2010 年度より 4 箇年にわたり進められてきたシングルステージ加速器質量分析計の導入作業も完了し、2013 年に装置のインストール、Lab コード (放射性炭素測定施設コード) を YAUT とし 2013 年 8 月より定常測定を開始した。本年度で導入後 3 年を迎え、いくつかの修理を必要とする不具合も経験してはいるものの順調に測定を進めている。

2014 年度より、本装置の利用体制が整備され「高解像度環境解析研究センター加速器装置利用」が開始され、高解像度環境解析研究センター教員と共同研究体制を構築の上、装置維持のための利用分担金を負担することで本装置の環境解析分野外のユーザの利用が可能となった。2015 年度は約 2800 個の測定を行った (うち未知試料量は 2100 個)。そのうち大気海洋研究所内の利用が約 8 割を占める。本装置での利用で特徴的なのは少量試料の分析の利用が約 1 割を占めることである。導入当初から、少量サンプルでの測定システムの開発を進め、2014 年度より、従来の約 10 分の 1 である 0.1mg (100 μg) C での測定を定期的に行っている。前処理の工程の複雑さ等から、従来の 1mgC の測定を置き換えるには至っていないが、少量の有孔虫化石の年代測定や高分解能炭酸塩試料の環境解析研究、化合物レベル放射性炭素分析 (CSRA: Compound Specific Radiocarbon Analysis) の分野では積極的に活用されている。

2015 年度は、装置の再アライメントが必要になるなど、中規模な装置メンテナンスも必要となる局面にも遭遇した。今後も新規技術開発とともに装置の良好なコンディションの維持にも注力し、装置の積極的な活用を図っていきたいと考えている。

特別講演 1

マルチターン飛行時間型質量分析計の開発とその応用 Development of Multi-turn Time-of-Flight Mass Spectrometers and Their Applications

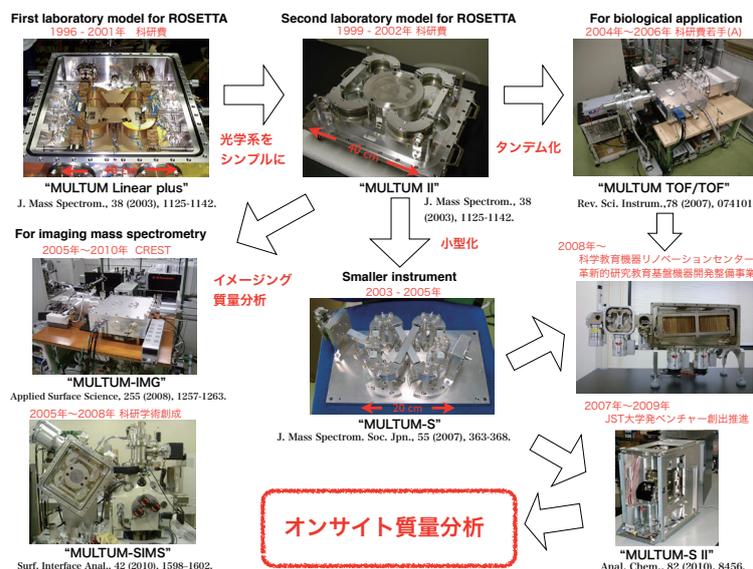
豊田 岐聡^{1*}
Michisato Toyoda^{1*}

¹ 大阪大学大学院理学研究科附属基礎理学プロジェクト研究センター
(Project Research Center for Fundamental Sciences, Graduate School of Science, Osaka University)

*Correspondence to: E-mail: toyodam@phys.sci.osaka-u.ac.jp

大阪大学では、小型でありながら非常に高い質量分解能が得られる「マルチターン飛行時間型質量分析計 (MULTUM)」を開発した^{1),2)}。飛行時間型質量分析計の質量分解能は、飛行距離に比例する。そこで、MULTUMでは、扇形電場で ∞ 形状の閉軌道を作りイオンを多重周回させることで、飛行距離をかせいでいる。一号機「MULTUM Linear plus」は、彗星探査ロゼッタミッションへの搭載を目指して開発した装置で、分析部の大きさが40 cm × 40 cmと小型でありながら、飛行時間型としては世界最高となる、質量分解能35万を得ることができている。その後、タンデム飛行時間型質量分析計や、イメージング質量分析計、小型質量分析計「MULTUM-S」などの開発を進めてきた。

小型質量分析計「MULTUM-S II」は、簡単に移動できるデスクトップパソコン程度の大きさ (50cm×30cm×60cm, 35kg (電源・真空系全て込み)) でありながら質量分解能5万以上という大型機の性能を凌駕する性能を達成している。現在、この装置の特長を活かして、「オンサイトマススペクトロメトリー (現場での質量分析)」の開拓を行っている。これまでの技術では、装置の大きさや性能の問題で、質量分析が用いられることが出来なかったような環境分析や医療、安心・安全の「現場」に、MULTUM-S IIを持ち込むことにより、「これまで見る事が出来なかったモノを観ることができるようにする」、すなわち新しいサイエンスを切り拓くことを進めている。本講演では、マルチターン飛行時間型質量分析計の概略と、オンサイト質量分析の例として環境応用、医療応用について紹介する。



- 1) 豊田岐聡, 新聞秀一, 青木順, 石原盛男, J. Mass Spectrom. Soc. Jpn., 60 (2012), 87-102.
- 2) M. Toyoda, D. Okumura, M. Ishihara and I. Katakuse, J. Mass Spectrom., 38 (2003), 1125-1142.

Keywords: マルチターン飛行時間型質量分析計；高質量分解能；オンサイトマススペクトロメトリー

**MALT 共同利用開始 20 周年
記念シンポジウム**

MALT - AMS の初期歴史 – 多核種 AMS の開発研究

小林 紘一
株式会社パレオ・ラボ

*Correspondence to: Koichi Kobayashi; kobak@paleolabo.jp

AMS のアイデアは、R.A. Muller により 1977 年の Science 誌に初めて発表された。そこには、長半減期放射性核種を定量するには、放射線を計数するよりもむしろ核種の数を実数計数する方が桁違いに効率が高い。それは、対象核種を加速器により高エネルギーに加速してそのイオン数を低バックグラウンドで計数することにより可能である、という AMS の原理が述べられている。

このアイデアは爆発的に世界に広がり、早くも翌年の 1978 年 4 月にはアメリカのロチェスター大学で第 1 回 AMS 国際会議が、“1st Conf. on Radiocarbon Dating with Accelerators” として開催されている。この名が示すように、初期の AMS 研究は ^{14}C の測定法とその応用に関する開発が主であったが、報告論文集を読むと、既に ^{10}Be と ^{36}Cl の測定方法の開発研究も精力的に行われていた。

その当時、日本の宇宙物質研究グループがこの情報をきっかけに、直ちに日本での AMS 立ち上げを検討した。その頃、九州大学で手作りタンデム加速器の開発研究に参加していた筆者の小林も宇宙物質グループの一人として AMS 立ち上げに参加した。

一番の問題は、使える加速器の入手であったが、原子核物理実験装置として東大で使用されていた 1964 年製の古いタンデム加速器がほとんど使われていなかったことを知り、交渉の結果 AMS 用への改造が認められた。ここから、日本での AMS 開発研究が開始された。(以下、箇条書きとする)

- 1980 年 : 東京大学原子力研究総合センターの古い加速器 (1964 年製; 4MV タンデム加速器)
 - 1982 年頃 : ^{10}Be -AMS 測定法の開発成功 (特殊技法: 内部ビームモニター法の開発)
 - 1985 年頃 : 内部ビームモニター法による ^{14}C -AMS 成功
開発者: 今村峰雄、永井尚生、吉田邦夫、小林 紘一、大橋英雄、中野忠一郎、山下博、
 - 1981 年頃 : 名古屋大学 ; ^{14}C -AMS 専用機 (2MV タンデムトロン; 同時入射法) で年代測定開始
: 京都大学; 既存の旧加速器 (8 MV) を改造し、 ^3H , ^{14}C -AMS の開発を試みる
 - 1989 年頃 : 筑波大学、既存の 12MV ペレトロン; (分子パイロットビーム法) ^{36}Cl , ^{14}C , ^{129}I -AMS を開発、(2011 大震災で崩壊)
: 九州大学、10MV の手作りタンデム加速器を利用して、 ^{14}C -AMS の開発を試みる
 - 1991 年頃 : 東大原セの旧タンデム加速器; 老朽化、更新、(米国 NEC 社製 5MV ペレトロン) AMS、PIXE、RBS、NR、イオン照射、マイクロビーム分析等の専用ビームコース、AMS 特化制御システム、40 試料装填イオン源などを整備。
 - 1993 年頃 : 更新作業終了。MALT (Micro Analysis Laboratory, Tandem Accelerator) と命名。
 - 1995 年 : MALT 学内共同利用開始, MALT-AMS 開発開始
 ^{36}Cl (GFM), ^{10}Be (IBM, GC), ^{14}C (IBM, SIM, H-SSD), ^{26}Al (SIM, GC), ^{129}I (SIM, TOF, GC)
開発参加者: 小林 紘一、羽鳥聡、松崎浩之、中野忠一郎、山下博、春原陽子
 - 1995 年~現在 (2016 年): 国立環境研究所; 5MV; 0.5MV, ^{14}C , ^{10}Be , ^{26}Al , 山形大; 0.5MV, ^{14}C
日本原研東濃地科学センター; 5MV, ^{14}C , ^{10}Be , 日本原研むつ事業所; 3MV, ^{14}C , ^{129}I
東大大気海洋研究所; 0.25MV, ^{14}C , 東大総合研究博物館; 0.5MV, ^{14}C , (+ MALT)
(株)パレオ・ラボ; 0.5MV, ^{14}C , 筑波大学; 6MV, ^{36}Cl , ^{129}I , ^{14}C etc.
 - 1997 年 6 月 2-3 日: 第 1 回 AMS シンポジウム (by 日本大学) (at. 千葉 日本エアロビクスセンター)
 - 2001 年 1 月 13 日 : 第 3 回 AMS シンポジウム (by MALT)。AMS 研究協会 発足
- MALT-AMS の将来: 多核種 AMS → 核種の組み合わせ → 新応用分野の開発 !!

Keywords : AMS の誕生、日本の AMS, MALT, MALT-AMS, 多核種 AMS

MALT-AMS の応用研究のあゆみ Exploration for new application of AMS at MALT

松崎浩之

Hiroyuki Matsuzaki

東京大学 MALT (MALT, The University of Tokyo)

東京大学総合研究博物館 (The University Museum, The University of Tokyo)

*Correspondence to: Hiroyuki Matsuzaki; E-mail:hmatsu@um.u-tokyo.ac.jp

東京大学 MALT (Micro Analysis Laboratory, Tandem accelerator) は 1991 年から 1993 年にかけて装置の導入・建設が行われ、1994 年ビームテスト、1995 年から共同利用が開始された。その後の数年間は、主に検出器の開発が同時に行われ、AMS、NRA、PIXE などの分析システムが整備された。2001 年に小林から松崎がバトンを受け取った頃には、ほぼ現在の測定体制は整っていたと考えられる。

2001 年以降、主に注力したのは、応用研究の領域を広げる事であった。MALT の特徴の一つとしては、 ^{14}C の他に、 ^{10}Be と ^{26}Al の AMS が行える事であった。それまでも日大の永井を中心として、海水や堆積物等のメテオリック ^{10}Be が測定されていた。また、現弘前大学の堀内がバイカル湖のプロジェクトで ^{10}Be の測定を精力的に行っていた。しかし、当時世界ではやりつつあった、*in situ* CRN を利用した応用研究、いわゆる「表面照射年代法 (当時の言い方)」をぜひとも日本でも発展させたいと思った。そんな中で、筑波大地形学の松倉の研究室との共同研究がはじまり、若狭、松四といった気鋭の学生がこの手法に取り組み、発展させた。2002 年に横山が東大に赴任してからは、横山研でも *in situ* CRN の応用研究を発展させた。こうして、*in situ* CRN の応用研究は MALT の大きな柱として定着していき、現在京都大学の松四、現在産総研の中村らの研究成果に結実していった。

2001 年から MALT にポスドクとして筑波大土壌学の研究室から来た前島が、「土壌」という未知の研究対象を持ち込んで来た。土壌は極めて複雑な物質系であり、核種の動態も不明なことが多い。しかし、AMS の応用研究対象として重要であるという認識を持つ事ができた。特に、2002 年から ^{129}I -AMS の開発に取り組んだが、その第一の応用としては土壌が選ばれた。

^{129}I -AMS の開発は村松 (放医研 à 学習院大) の協力なくしてはできなかった。技術的にはガスカウンターを最適化することで極めて高いパフォーマンスを得る事ができたが、試料の調整は完全に村松のノウハウが生かされた。元々、天然のヨウ素同位体システムに関心があったのだが、奇しくも福島第一原子力発電所事故の影響で、人為起源 ^{129}I を多量に測定する事になった。

研究プロジェクトとしては、2004 年から始まった歴博の学術創成研究に ^{14}C の年代測定で貢献した。その後、南極ドームふじのアイスコア中の主として ^{10}Be の分析により、多くの研究成果が出た。アイスコアプロジェクトのもっとも大きな成果は、 ^{10}Be が宇宙線強度変動のプロキシとして最適である事をアピールできたことであろう。

共同利用開始から 20 年、AMS の応用分野はまだまだ広い。振り返ってみると、装置のパフォーマンスを安定させ、もしくは新しい測定手法を開発し、それを利用して新しい研究分野を開拓していくのがもっとも楽しい作業であった。

最近では、新しい核種の測定法の開発、新しい原理による同重体干渉回避技術の開発などに取り組んでいる。また新たな研究分野の開拓につながることを期待したい。

(文中、敬称略。)

Keywords: 加速器質量分析; *in situ* CRN; アイスコア; ヨウ素 129; ベリリウム 10; 炭素 14

MALT-AMS の将来の技術的展望 Future prospects of MALT-AMS

三宅泰斗^{1*}・松崎浩之²
Yasuto Miyake^{1*}, Hiroyuki Matsuzaki^{1,2}

¹ 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻 (Department of Nuclear engineering and management, School of Engineering, The University of Tokyo)

² 東京大学総合研究博物館 (The University Museum, The University of Tokyo)

**Correspondence to: Yasuto Miyake; E-mail: yasutomiyake@n.t.u-tokyo.ac.jp*

質量分析において、同重体の分離は低バックグラウンドかつ高精度の測定のために極めて重要である。加速器質量分析では、目的核種と同重体を分離するために、従来ガスカウンターやガス充填型電磁石、ストリッパフォイルなどが用いられてきた。これらの装置では、気体や固体物質中での目的核種と同重体のエネルギー損失の違いを検出し分離が行われる。しかしながら、エネルギー損失の違いは主に原子核中の陽子数の違いに起因するため、目的核種と同重体核種の陽子数が大きくなるほどエネルギー損失の差は小さくなり分離が難しくなる。そのため、加速電圧が大きい場合を除き、Cl-36(Z=17) や Ni-59(Z=28) などある程度陽子数の大きく、あからさまな同重体の干渉 (S-36、Co-59) のある核種の測定は困難である。

この問題を克服するため、近年、新たな同重体分離手法としてイオンビームとガスとの相互作用やレーザーとの相互作用を利用するための装置の開発が進められている。前者にはコリジョン・リアクションセルと呼ばれる装置が用いられ、後者の手法はレーザー光脱離法と呼ばれる。これらの手法では、目的核種と同重体核種の陽子数の違いではなく、電子配置の違い、すなわち電子親和力の違いを利用して分離が行われる。これらにより、陽子数の違いを利用するだけでは分離が困難で測定ができなかった核種も測定できるようになる可能性がある。新しい核種が測定できるようになれば、AMS による新たな分野の開拓も期待される。

以上のような背景をもとに、MALT では現在アクチノイド AMS やレーザー光脱離法のための装置開発が行われている。MALT での研究開発と合わせて、本発表では MALT-AMS の将来の技術的展望について紹介する。

共鳴核反応法による水素の時空間分解測定 Space-time resolved measurements of hydrogen by nuclear reaction analysis

小倉 正平^{1*}・マーカス ビルデ¹・福谷 克之¹
Shohei Ogura^{1*}, Markus Wilde¹, Katsuyuki Fukutani¹

¹ 東京大学生産技術研究所 (Institute of Industrial Science, The University of Tokyo)

**Correspondence to: Shohei Ogura; E-mail: ogura@iis.u-tokyo.ac.jp*

表面・界面または固体中の水素は、水素による半導体デバイスの劣化や水素脆性などその物性に大きな影響を与えることがある。一方で水素はクリーンなエネルギー源として期待されており、水素の貯蔵・純化のための水素吸蔵材料や燃料電池の電極材料などの研究が行われている。また遷移金属表面における炭化水素の水素化反応等においては、吸蔵された水素が表面水素とは異なる反応性を示すことも報告されている。これらの現象の理解と制御、よりよい材料の開発には表面近傍での水素の振る舞いの理解が不可欠である。

我々は表面近傍の水素の振る舞いを明らかにするために、東京大学タンデム加速器研究施設において共鳴核反応法 (Nuclear reaction analysis: NRA) を利用した水素の深さ分布測定を行ってきた。この手法では、加速器により加速した ¹⁵N イオンビームを試料に入射させ、¹⁵N(¹H,ag)¹²C の共鳴核反応による生じる g 線を測定することにより、高い深さ分解能で水素分布を定量的、非破壊的に測定することができる。我々はこれまでに、超高真空槽と共鳴核反応法を組み合わせることによる単結晶試料表面近傍における水素分布の測定、キャピラリーや隔膜を用いてビームを大気中に取り出すことによる大気圧下での実材料中の水素分布測定、さらにビームを取束して面内を走査することによる試料中の 3 次元水素分布測定などを行ってきた。本講演では、NRA の測定原理と実際の測定手順 [1,2] について説明し、これまでに得られた実験結果について紹介する。

[1] M. Wilde, K. Fukutani, Surf. Sci. Rep. 69, 196 (2014)

[2] M. Wilde et al., J. Vis. Exp. in press.

Keywords: Hydrogen; Nuclear reaction analysis

半導体素子の劣化機構解明に向けた共鳴核反応法による水素分布測定 Study of hydrogen depth distributions by resonant nuclear reaction analysis toward the clarification of the reliability degradation of semiconductor devices

高石理一郎^{1*}・東悠介¹・鈴木正道¹・三谷祐一郎¹・富田充裕¹・
松本益明²・小倉正平²・福谷克之²

Riichiro Takaishi^{1*}, Yusuke Higashi¹, Masamichi Suzuki¹, Yuichiro Mitani¹, Mitsuhiro Tomita¹,
Masuaki Matsumoto², Shohei Ogura², and Katsuyuki Fukutani²

¹ (株) 東芝 研究開発センター (Corporate R&D Center, Toshiba Corporation)

² 東京大学 生産技術研究所 (Institute of Industrial Science, University of Tokyo)

*Correspondence to: Riichiro Takaishi; E-mail: riichiro.takaishi@toshiba.co.jp

半導体素子の開発において寿命は重要な要因のひとつである。素子中で使用される絶縁膜の劣化には、絶縁膜と Si チャネルとの界面における水素の寄与が示唆されてきた [1]。しかしながら、水素は自然界に多量に存在し、また X 線や電子線などとの相互作用が小さく定量が難しいことから、直接的に水素の存在と劣化機構を結びつけることは困難であった。 $^1\text{H}(^{15}\text{N}, \alpha \gamma)^{12}\text{C}$ 反応を用いた共鳴核反応法 (Resonant Nuclear Reaction Analysis; NRA) はこうした極薄の絶縁膜中の水素深さ分布測定において大きな力を発揮する。本発表では、NRA を用いた絶縁膜中水素の高精度深さ分析の結果と、測定を通じて得られてきた絶縁膜中での水素の挙動について報告する。

γ 線検出を行う ^1H -NRA 分析においては、放射性同位体や宇宙から降り注ぐミューオンが主要なバックグラウンド要因となる。後者の低減を図るため、我々はアンチコインシデンス計測系の導入を行った。その結果、バックグラウンドが約 30% 減少し、 SiO_2 中での水素検出限界 3×10^{19} atom/cm³ を達成した。また、NRA 分析ではイオン照射そのものが試料の水素分布に影響を与えることが報告されている [2]。この現象を調査するため、Al/SiO₂/Si 試料系での特定深さにおける水素濃度を、N イオン照射量に対して追跡した。その結果を Fig. 1(a) に、また深さ分布の変遷に変換した結果を Fig. 1(b) に示した。イオン照射に伴って Al/SiO₂ 界面の水素量は減少し、SiO₂/Si 界面の濃度が増大する様子が見られている。これらの結果は試料が本来有する水素分布を取得する上で重要な知見であると共に、イオン照射を電気的ストレスとみなすことで素子劣化と関連した情報であることが示唆される。

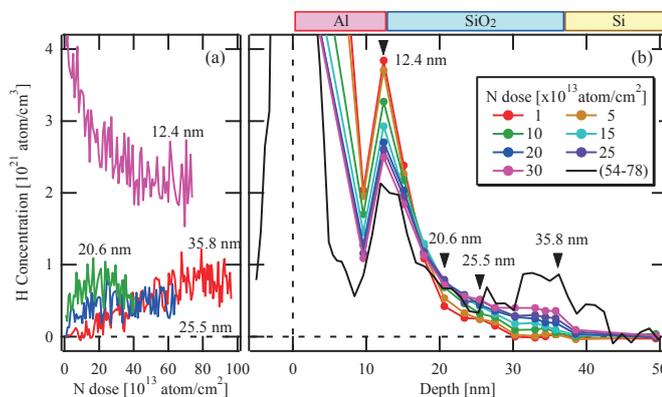


Fig. 1 (a) $^{15}\text{N}^{2+}$ イオン照射に伴う Al/SiO₂/Si 試料の特定深さにおける水素濃度推移。(b) イオン照射量に対する水素深さ分布変化。

- [1] I. Hirano et al., Proc. IEEE International Reliability Physics Symposium, (2010) 424.
[2] Z. Liu et al., ECS Transactions, 35 (2011) 55.

Keywords: NRA ; 水素 ; 信頼性

5MV タンデム加速器を用いた重イオン反跳原子検出法の開発 Development of ion beam analysis using 5 MV tandem accelerator

原山 勲^{1*}・関場 大一郎¹・廣瀬 靖²

Isao Harayama¹, Daiichiro Sekiba¹, Yasushi Hirose²

¹ 筑波大学大学院数理物質科学研究科 (University of Tsukuba)

² 東京大学大学院理学系研究科 (The University of Tokyo)

*Correspondence to: Isao Harayama; E-mail:s1430122@u.tsukuba.ac.jp

近年、透明導電膜、強誘電体、磁性半導体の材料として、遷移金属酸化物薄膜に注目が集まっている。遷移金属酸化物の物性制御は、従来金属元素(カチオン)置換が主流であったが、最近ではアニオンである酸素サイトを窒素やフッ素で置換した複合アニオン酸化物が盛んに研究され、アニオン置換による新たな物性が期待されている。一方で、薄膜材料中に複数含まれる軽元素の同時定量分析は容易ではなく、アニオンの組成評価は物性研究をする上で問題となる。我々は東京大学タンデム加速器研究施設(MALT)において、重イオンビームを用いた HIERDA (Heavy-Ion Elastic Recoil Detection Analysis)・RBS (Rutherford Backscattering Spectroscopy) のビームラインを構築、運用することで、複数アニオン・カチオンの定量分析を実現し、材料研究に取り組んでいる。

多くの材料研究において IBA (Ion Beam Analysis) 技術は極めて強力な材料物性評価手法である。とりわけ MeV 領域のイオンビームを用いる RBS や ERDA は、マトリクス効果の影響を受けずにあらゆる元素に対して絶対定量が可能であるため、世界中の線形加速器施設で運用されている。ERDA ではイオンビームが測定材料に照射された際に、弾性反跳される材料中元素をエネルギー分析することで、深さ方向の組成評価が得られる。そのためプローブビームより軽元素の深さ分布観察に適している。MALT における HIERDA・RBS ビームラインではプローブビームに 40 MeV ³⁵Cl を用いることで、酸素や窒素などのアニオンを HIERDA、カチオンなどの重元素を RBS にて検出する。重元素同士の散乱事象は、通常 1 MeV/nucl. 以上までプローブビームを加速させなければ電子によるスクリーニングにより、散乱断面積がラザフォード散乱で計算出来なくなる。そのため、³⁵Cl による HIERDA・RBS では必然と 5 MV タンデムクラスの線形加速器が必要となる。MALT の HIERDA では、ガス電離箱と半導体検出器を組み合わせた DE-E テレスコープ方式を採用しており、現在まで遷移金属酸窒化物や窒化アルミなど、コンベンショナルな ERDA・RBS だけでは困難であった組成評価を実現し、材料研究に貢献してきた。発表では現在の IBA 技術の紹介を踏まえ、MALT における既存の HIERDA ビームラインや、今後導入を予定している飛行時間測定 (TOF) 方式の HIERDA について紹介する。

Keywords: イオンビーム分析； 重イオン反跳原子検出法 (HIERDA)；ガス電離箱；

イオンビーム分析を活用した機能性薄膜材料開発
－複合アニオン酸化物を例として－

Ion beam analysis for development of functional mixed oxide thin films

廣瀬 靖^{1*}・山崎崇範¹・岡大地¹・関場大一郎²・原山 勲²

Yasushi Hirose¹, Daiichiro Sekiba², Isao Harayama²

¹ 東京大学大学院理学系研究科 (The University of Tokyo)

² 筑波大学大学院数理物質科学研究科 (University of Tsukuba)

**Correspondence to: Yasushi Hirose; E-mail: hirose@chem.s.u-tokyo.ac.jp*

金属酸化物はワイドギャップ半導体、強誘電体、超伝導体といった多彩な電子機能を示し、エレクトロニクスデバイスへの応用が進められている。近年、酸素サイトの一部に窒素やフッ素などを含む複合アニオン酸化物が新たな機能材料として注目されているが、高品質試料の合成が難しく、その電子機能については未開拓であった。我々は、各種薄膜成長技術を駆使することで、複合アニオン酸化物の高品質薄膜合成と機能探索に取り組んでいる [1-5]。

複合アニオン酸化物薄膜の合成では、アニオン組成の定量分析が困難な問題である。共鳴核反応分析 (NRA) や重イオン弾性反跳粒子検出分析 (ERDA) は、酸素や窒素・フッ素を高感度かつ絶対定量が可能な分析法として、合成条件探索や電子機能の解明において重要な役割を担っている。本発表では、これらイオンビーム分析を活用した具体例として、鉛 (有毒元素) やインジウム (希少金属) を含まない強誘電体や高移動度非晶質半導体の開発について紹介したい。

[1] A. Suzuki et al., Chem. Mater. 26, 976 (2014).

[2] D. Oka et al., Sci. Rep. 4, 4987 (2014).

[3] D. Oka et al., Cryst. Growth Des. 14, 87 (2014).

[4] S. Okazaki et al., Thin Solid Films 559, 96 (2014).

[5] J. Takahashi et al., Appl. Phys. Lett. 107, 231906 (2015).

Keywords: 遷移金属酸化物；軽元素；薄膜；イオンビーム分析；エレクトロニクス

Session 2 : AMS 施設報告・技術開発 2

筑波大学 6 MV 加速器質量分析システムの現状と AMS 試験測定結果 Status and first experiment of the 6 MV AMS system at the University of Tsukuba

笹 公和^{1*}・高橋 努¹・松中 哲也¹・松村 万寿美¹・坂口 綾¹・佐藤 志彦¹・本多 真紀¹・
富田 涼平¹・細谷 青児¹・末木 啓介¹・Mark Stodola²・Mark Sundquist²
Kimikazu Sasa^{1*}, Tsutomu Takahashi¹, Tetsuya Matsunaka¹, Masumi Matsumura¹, Aya Sakaguchi¹,
Yukihiko Satou¹, Maki Honda¹, Ryouhei Tomita¹, Seiji Hosoya¹, Keisuke Sueki¹,
Mark Stodola², Mark Sundquist²

¹ 筑波大学 AMS グループ (AMS, University of Tsukuba)

² National Electrostatics Corporation (NEC, USA)

*Correspondence to: Kimikazu Sasa; E-mail: ksasa@tac.tsukuba.ac.jp

筑波大学研究基盤総合センター応用加速器部門において、震災復興計画により開発をおこなった 6 MV タンデム加速器が 2015 年度に完成した。6 MV タンデム加速器は、2016 年 1 月 20 日付けで放射線発生装置としての施設検査に合格しており、2016 年 3 月より本格的な運用を開始する予定である。また、³⁶C AMS に用いていた 12 UD ペレトロンタンデム加速器は廃止措置を実施中であり、加速器本体内部の撤去作業が終了している。

6 MV タンデム加速器は、ペレトロン型タンデム (National Electrostatics Corp., USA 製, 18SDH-2) と 5 台の負イオン源及び 12 本のビームラインから構成されている。国内最大規模となる 6 MV AMS システムの極微量核種検出ラインは、22.5° 静電分析器と 5 電極型のガス Δ E-E 検出器からなっており、¹⁰Be, ¹⁴C, ²⁶Al, ³⁶Cl, ⁴¹Ca, ¹²⁹I 等の多核種の高感度 AMS 測定が可能である^[1]。また、6 MV AMS システムには、40 試料を装填できる Cs スパッタ型負イオン源 (MC-SNICS) が 2 台備わっている。また、そのうち 1 台は、¹⁴C-AMS 測定のために CO₂ ガスから直接 C を引き出し可能なハイブリット型固体/ガス負イオン源となっている。図 1 に 6 MV AMS システムの概略図を示す。

現在、6 MV AMS システムでは、¹⁴C, ³⁶Cl, ¹²⁹I 等の試験測定に成功している。¹⁴C-AMS では、加速電圧 5.0 MV により荷電数 4+ を用いて 25.0 MeV での試験測定をおこなった。試験測定結果として、¹⁴C-AMS では、マシンバックグラウンドが ¹⁴C/¹²C 比で 2.4×10^{-16} となり、測定精度は 0.4% であった。また、¹²⁹I の試験測定では、¹²⁹I/¹²⁷I 比で 10^{-13} 台の測定が可能であり、測定精度として約 1% の評価となった。本発表では、筑波大学 6 MV AMS システムの現状と多核種の AMS 試験測定結果について報告する。

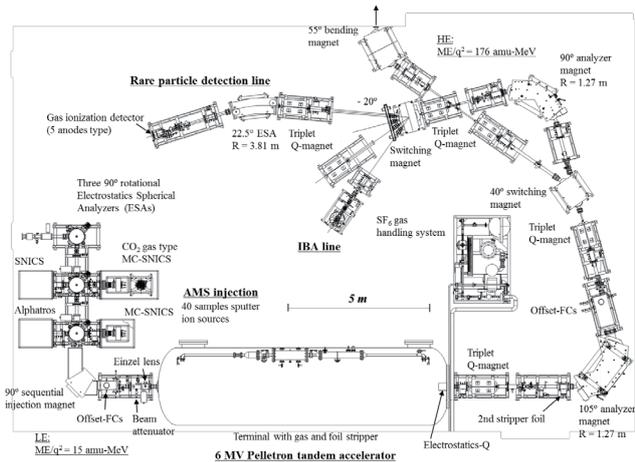


図 1 筑波大学 6 MV AMS システムの概略図

参考文献

[1] K. Sasa et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 361 (2015) 124-128.

Keywords: AMS 施設現状 ; 6 MV タンデム加速器 ; 多核種 AMS

難測定核種 AMS 開発に向けた PHITS シミュレーションの適用 Application of the PHITS code simulation for hard-to-measure nuclides of AMS

細谷 青児^{1*}・笹 公和¹・松中 哲也¹・松村 万寿美¹・高橋 努¹・
Mark Sundquist²・Mark Stodola²・末木 啓介¹
Seiji Hosoya^{1*}, Kimikazu Sasa¹, Tetsuya Matsunaka¹, Masumi Matsumura¹,
Tsutomu Takahashi¹, Mark Sundquist², Mark Stodola², Keisuke Sueki¹

¹ 筑波大学 AMS グループ (Accelerator Mass Spectrometry Group, University of Tsukuba)

² National Electrostatics Company

*Correspondence to: Seiji Hosoya; E-mail: s120888@u.tsukuba.ac.jp

筑波大学応用加速器部門 (UTTAC) では、2016 年度から 6MV タンデム加速器の本格的運用を予定している。これまで、UTTAC では 12UD ペルトロンタンデム加速器を用いて ^{14}C 、 ^{26}Al 及び ^{36}Cl の AMS 測定が行われていたが、加速器の更新によって最大加速電圧が 12 MV から 6 MV へ下がり、検出器の構成も変更された。従って、新たに対象核種ごとの AMS 測定の条件 (加速電圧, 検出イオンの価数, 検出器の条件) を検討する必要がある。この内、検出器の条件は経験的に設定された推奨値が提示されているが、実際の検出器内でのビームの挙動を詳細に理解することは難しい。そのため、同重体などの妨害粒子によって測定が難しくなる核種、例えば ^{36}Cl についてはトライアンドエラーを繰り返す必要があり、検出器の最適な条件を決定するために時間と労力がかかる。そこで、重イオン・粒子輸送コード (Particle and Heavy Ion Transport code System: 以下 PHITS) を用いて検出器内のビームの挙動を再現し、実際に測定する前に妨害粒子が分離される条件を決定する。これによって効率的な難測定核種の測定開発の推進が期待される。

本発表では、その第一段階として 6MV タンデム加速器での測定と同条件での PHITS によるシミュレーション結果について、実際の測定結果と比較する。そして、シミュレーション結果が AMS 測定を正しく再現できているかどうかを議論し、PHITS の AMS 測定についての有用性について検討する。

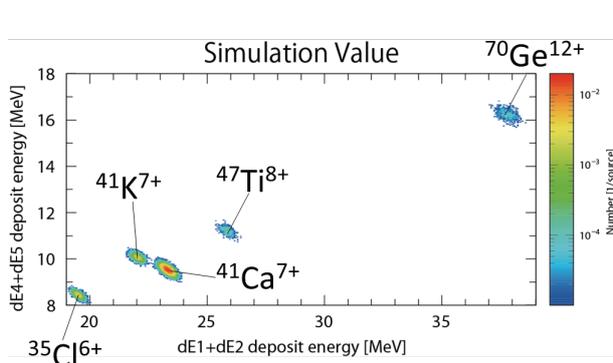


図 1: シミュレーション結果 (^{41}Ca -AMS)

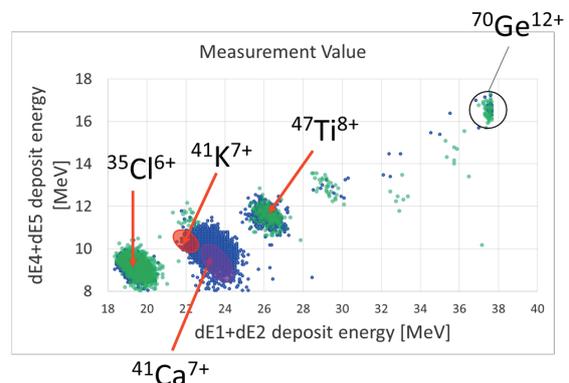


図 2: 実際に得られた 2 次元プロット (^{41}Ca -AMS)

Keywords: PHITS; \triangle E-E 検出器; 6MV; ^{41}Ca -AMS; ^{36}Cl -AMS

名古屋大学タンデトロン AMS システムの現状 (2015 年度) Status and Application of AMS System at Nagoya University (2015)

中村俊夫^{1*}・南 雅代¹・小田寛貴¹・池田晃子¹・箱崎真隆^{1,2}・太田友子¹・西田真砂美¹・
吉田滯代¹・池盛文数³・椋本ひかり³・藤沢純平⁴

Toshio Nakamura^{1*}, Masayo Minami¹, Hiroataka Oda¹, Akiko Ikeda¹, Masataka Hakozaiki^{1,2}, Tomoko
Ohta¹, Masami Nishida¹, Kazufumi Ikemori³, Hikari Mukumoto³ and Junpei Fujisawa⁴

¹ 名古屋大学宇宙地球環境研究所 (Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya
University)

² 国立歴史民俗博物館 (National Museum of Japanese History)

³ 名古屋大学大学院環境学研究科 (Graduate School for Environmental Studies, Nagoya University)

⁴ 名古屋大学理学部地球惑星科学科 (School of Science, Nagoya University)

* Correspondence to: Toshio Nakamura; E-mail: nakamura@nendai.nagoya-u.ac.jp

昨年 2015 年の 10 月 1 日から、名古屋大学年代測定総合研究センターは宇宙地球環境研究所へ移行した。この研究所に、1997 年 3 月に設置された High Voltage Engineering Europe (HVEE) 社製 Tandetron (Model 4130-AMS) は、放射性炭素測定専用のシステムである。Cs スパッタ負イオン源 (Model 864B)、リコンビネーター、3MV ベースのタンデム加速器、110 度および 90 度曲げ角度の質量分析電磁石 2 台、33 度曲げ角度の静電デフレクタ、およびイソブタンガスを用いる電離箱型重イオン検出器からなる。リコンビネーターシステムにより、まず ¹²C、¹³C、¹⁴C ビームを分離させ、このときに Chopper を用いて ¹²C ビーム強度を約百分の一に減衰させ、その後 ¹²C、¹³C、¹⁴C ビームを再集合して加速器に同時に入射する。こうして炭素 ¹⁴C、¹³C、¹²C の同時測定を行い、炭素の同位体比を高精度に測定できる。1999 年 1 月に ¹⁴C/¹²C、¹³C/¹²C 比測定の性能検収を終了し、2000 年度から学内共同利用を開始した。

2015 年は、常連ともいえる小規模の故障は発生したものの、装置を長期間停止し、加速器タンクをオープンするような事態には至らなかった。2015 年の測定ターゲット数は 1156 個と昨年比べて 600 個程度少なかった。1999 年から 2015 年末までの総数は、23,921 個に及ぶ。

宇宙地球環境研究所への移行に伴って、3 月には完成の新棟が新築されている。現有のタンデトロン AMS システムを、新棟へ移行する計画が持ち上がり、測定作業へ集中できなかったことも測定数が減った原因であるが、今のところ、試料のターゲットで未測定なものはない。

2015 年に発生した主な故障としては、以下に挙げるようなことであった。

1. イオン源のターゲット表面スパッター位置の移動制御の故障による点検 (1-2 月)
2. イオン源のターゲット交換システムのエアシリンダーの不良 (4 月)
3. 加速器高電圧が原因不明のダウン (スパークなしにスパーク・エラーが表示される) (4, 7, 8, 10, 11, 12 月) に発生し、12 月には、ついにスパークのリセットが出来なくなった。
4. イオン源における Cs の枯渇のため洗浄保守、アイオナイザーの交換, Cs 充填 (6 月)
5. HE-Magnet 電源の冷却不良による停止 (8, 11 月)

以上のような出来事があったが、大きな問題に至らず、そのために装置を停止させる必要もなく対処できた。

Keywords: accelerator mass spectrometry, radiocarbon, spark detector, magnet power supply, target positioning system

¹⁴C年代測定のための青銅器資料の試料調製法の開発と考古資料への適用
Development of preparation of bronze implement for radiocarbon dating and application to archaeological samples

小田寛貴^{1*}・塚本敏夫²・山田哲也²
 Oda Hirotaka^{1*}, Tsukamoto Toshio², Yamada Tetuya²

¹名古屋大学宇宙地球環境研究所 (ISEE, Nagoya Univ.)

²元興寺文化財研究所 (Gangoji Institute for Research of Cultural Property)

*Correspondence to: Oda Hirotaka; E-mail: oda@nendai.nagoya-u.ac.jp

¹⁴C年代測定法の主要な対象は、木・紙・骨などの動植物の遺骸である。故に、CuとSnの合金である青銅器は、測定対象とはなりえない。しかし一方で、¹⁴C法の対象は、大気中CO₂を固定したものであるということが出来る。この視点に立つと、青銅器表面に発生する緑青(塩基性炭酸銅, CuCO₃・Cu(OH)₂)は、大気中のCO₂, O₂, H₂Oから生じたものであるため、¹⁴C法の対象となりうる可能性がある。しかも、緑青は、保存科学の分野では「良い錆」とよばれ、一旦形成されるとそれ以降の新たな緑青の形成を阻止する性質をもっている。したがって、緑青に含まれる炭素の抽出法が開発されれば、その¹⁴C年代測定が可能となる。さらに、考古学的年代の判明している資料について検証することによって、¹⁴C年代と錆の形成年代および青銅器の使用年代の関係を明らかにすることができる。

そこで本研究では、緑青からの炭素抽出法を開発することを第一の目的とした。その上で、考古学的な視点から年代の判明している青銅器の緑青について測定をすることで、緑青が形成当時の大気中CO₂を保持していることを実証する点を第二の目的とした。

大気中において緑青は加熱(200°C)により、CuCO₃・Cu(OH)₂ → 2CuO + CO₂ + H₂Oのように分解し、CO₂を生成する。¹⁴C年代測定ではこの分解反応を真空中において行う必要がある。そこで、緑青を真空中にて、温度と時間を変えて加熱し、CO₂の収率およびδ¹³C値を測定した。その結果、1h, 250°C以上の加熱で、CO₂が収率80%以上で抽出されること、δ¹³Cも約10%で安定した値が得られることが判明した。

その上で、年代の判明している考古資料に適用した。一つは和歌山県日高郡天音山道成寺に伝わる弥生時代後期の鐘巻銅鐸である。また、もう一つは1953年に制作された出雲大社の垂木先の金具である。青銅器表面から採取した緑青を真空中で加熱し(250°C, 2h)、生成したCO₂からグラフアイトを調製し、その¹⁴C年代を(株)パレオ・ラボ Compact AMSによって測定した。鐘巻銅鐸の結果は、1759±19BPであり、暦年代に較正すると3世紀中～4世紀初頭となる。すなわち、弥生時代末期から古墳時代前期にかかる結果であった。出雲大社垂木先金具は、1956～1958[cal AD]という結果であり、制作年代と数年の差しかないことが示された。

これらの結果は、最初に形成された緑青が保存されており、後世に新たな緑青が継続的に付加されていないことを示しており、青銅器に対して¹⁴C年代測定法が有効な手法となることを実証している。

Keywords: 青銅器; 緑青; ¹⁴C年代測定

Session 3 : 応用研究 1

ヨウ素 129 同位体比から考察する海洋生物のヨウ素同化機構

An observation of biological iodine assimilation system in marine environment using iodine-129 isotopic ratio

楠野葉瑠香^{1*}・松崎浩之¹・永田俊²・宮入陽介²・横山祐典²・大河内直彦³・
徳山弘憲¹・川本万里奈¹・田中えりか⁴

Haruka Kusuno^{1*}, Hiroyuki Matsuzaki², Toshi Nagata^{1,2}, Yosuke Miyairi², Yusuke Yokoyama²,
Naohiko Okouchi³, Hironori Tokuyama¹, Marina Kawamoto¹, Erika Tanaka⁴

¹ 東京大学 MALT (Micro Analysis Laboratory, Tandem Accelerator, The University of Tokyo)

² 東京大学大気海洋研究所 (Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo)

³ 海洋研究開発機構 (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

⁴ 東京大学工学部システム創成学科 (Department of Systems Innovation, Faculty of Engineering,
The University of Tokyo)

*Correspondence to: H. Kusuno; E-mail: kusuno@um.u-tokyo.ac.jp

天然のヨウ素同位体は、安定ヨウ素 127 (¹²⁷I) と、放射性ヨウ素 129 (¹²⁹I, H.L. = 6×10^7 year) が存在し、その同位体比 (¹²⁹I/¹²⁷I 比) は 10^{-12} と考えられている。ところが、1950 年代以降の人間の核活動 (原子核実験、原子力発電) に伴って、多量な ¹²⁹I が放出され、¹²⁹I/¹²⁷I 比が大きく上昇している。人為起源の ¹²⁹I は地球環境中の循環システムに取り込まれると、¹²⁷I と共に挙動する。また、¹²⁹I は非常に長い半減期を持つため、¹²⁷I との同位体比 (¹²⁹I/¹²⁷I 比) を追跡することで、ヨウ素そのものの長期的な循環を理解するトレーサーとして利用できる。

ヨウ素は地球表層に分布する元素で、様々な化学形態をとりながら、地圏、水圏、気圏、生物圏を循環している。ヨウ素は親生元素としても知られており、脊椎動物においては、甲状腺ホルモンの構成物質として代謝を司っている。このように私たちにとって身近な元素ではあるものの、生物圏が関わるヨウ素の循環は、未だに解明されていない部分が多い。本研究では、¹²⁹I/¹²⁷I 比を用いることで、海洋の生物圏を中心としたヨウ素の循環を理解することを試みている。ここでは、表層に生息するプランクトンから、魚類、甲殻類、海底を這う底生生物 (ナマコ) に至る、多種の海洋生物と、それらを取りまく海水の ¹²⁹I/¹²⁷I 比を分析し、その関係性を考察した。

試料は大西洋西部沖で採取した。海水は表層から海底 (0-6,000m) にかけて 10^{-11} から 10^{-13} に減少するプロファイルをとった。一方、生物試料の ¹²⁹I/¹²⁷I 比は、種や生息深度にかかわらず、 10^{-10} 前後で一定だった。¹²⁹I/¹²⁷I 比が一定である理由は、食物連鎖によって、¹²⁹I/¹²⁷I 比が低次生産者から高次生産者、底生生物 (デトリタス食者) に伝達した結果だと考えられる。生物試料の ¹²⁹I/¹²⁷I 比が海水よりも高い理由は、海水中のヨウ素の化学形態が関係していると考えられる。Hou et al. (2009) は、雨水に含まれる人為起源の ¹²⁹I のほとんどが I⁻であることを示した。すなわち、表層海水中の I⁻ は高い ¹²⁹I/¹²⁷I 比を持つことが予想される。海水中では IO₃⁻ が主成分だが、生物は (¹²⁹I/¹²⁷I 比の高い) I⁻ を選択的に取り込んだ結果 ¹²⁹I/¹²⁷I 比が高くなったと考えられる。講演では、¹²⁹I/¹²⁷I 比トレーサーを用いた、海洋生物のヨウ素同化と、海洋環境のヨウ素化学形態との関係について議論する。

引用文献 X. L. Hou et al. (2009) Environ. Sci. Technol. 43, 6522-6528.

Keywords: ¹²⁹I, 海洋生物; 海水

フィリピン、ルソン島中央部のパイタン湖のコア試料の AMS¹⁴C 年代と古環境
AMS¹⁴C dates and Paleoenvironment of cored sediments from Paitan Lake, Philippines

山崎圭二¹・鳥井真之²・中西利典¹・エリクソンバリソ³・ダニコリベラ³・
ロブジュネリエアアリム³・キャシーポガイ³・アルトロダアグ³・中村俊夫⁴・
ホンワン⁵・鹿島 薫⁶・檀原 徹⁷・藤木利之⁸・奥野 充^{1*}
Keiji Yamasaki^{1*}, Masayuki Torii², Toshimichi Nakanishi¹, Ericson B. Bariso³, Danikko J. Rivera³,
Robjunelieaaa B. Lim³, Cathy Pogay³, Arturo Daag³, Toshio Nakamura⁴, Wan Hong⁵,
Kaoru Kashima⁶, Tohru Danhara⁷, Toshuyuki Fujiki⁸ and Mitsuru Okuno^{1*}

- 1 福岡大学 (Fukuoka University, Japan)
- 2 熊本大学 (Kumamoto University, Japan)
- 3 フィリピン国立火山地震研究所 (PHIVOLCS, Philippine)
- 4 名古屋大学 (Nagoya University, Japan)
- 5 韓国地質資源研究院 (KIGAM, Korea)
- 6 九州大学 (Kyushu University, Japan)
- 7 (株) 京都フィッシュン・トラック (Kyoto FT, Japan)
- 8 岡山理科大学 (Okayama University of Science, Japan)

*Correspondence to: Mitsuru Okuno; E-mail: okuno@fukuoka-u.ac.jp

フィリピン共和国ルソン島のパイタン湖は、Amorong 単成火山群に属するタフリングである。現在は、北側に人工的に作られた幅数 m の河川があるのみであり、湖の形成から人間に改変されるまで閉鎖的な環境が持続され、その間に堆積物の流入および河川水流入に伴う擾乱や削り込みをほとんど受けず、環境変遷を良好に記録している (吉田ほか, 2011; 田代ほか, 2015)。そこで演者らは、湖畔で深度 28 m のコア試料を採取し、珪藻群集分析のほか、¹⁴C 年代測定、火山灰分析、初磁化率測定、炭素・窒素含有量測定を行った。

¹⁴C 年代は植物片 7 点 (Nakanishi et al., 2015) に加え、有機質堆積物 12 点を名古屋大学と (株) 加速器分析研究所の加速器質量分析計を用いて測定した。これらの ¹⁴C 年代にもとづくと、得られたコア試料は、最近約 24,000 年間に記録しており、その堆積速度は 0.8 ~ 2.4 m/kyr の範囲であると見積もられる。また、テフラ層は 6 枚が検出され、岩石記載学的特徴からいずれもピナツボ火山が起源であると考えられる。珪藻群集分析では、深度 0 ~ 3 m で付着性珪藻が出現し、沼沢もしくは泥炭地と推定された。この層準では、下位の淡水湖沼環境に比べ CN 比が高くなる傾向が見られた。一方、3 m 以深では淡水浮遊性珪藻へと優占種が変化し、淡水湖沼環境であったことを示す。さらに深度 6 m 付近で *Aulacoseira granulate* から *Aulacoseira muzzanensis* へ優占種が変化しており、この 2 種の変化が水深変化を示す可能性がある。また、深度 25 m でのみ *Cyclotella radiosa* が優占種となり、この層準が最終氷期極相期 (LGM) に相当することから、環境変遷に何らかのイベントが生じたことが示唆される。

Keywords: Paitan Lake; Luzon Island; Radiocarbon dating; Diatom analysis; Tephra

琵琶湖流入河川の河床堆積物の meteoric-¹⁰Be Mereoric-¹⁰Be in bed-sediments of rivers flowing to Lake Biwa

藤沢純平^{1*}・南 雅代²・國分(齋藤)陽子³
J. Fujisawa¹, M. Minami², Y. Saito-Kokubu³

¹ 名古屋大学理学部地球惑星科学科 (Department of Earth & Planetary Sciences, Nagoya University)

² 名古屋大学宇宙地球環境研究所 (DCR, ISEE, Nagoya University)

³ 日本原子力研究開発機構東濃地科学センター (Tono Geoscience Center, JAEA)

*Correspondence to: Jumpei Fujisawa; E-mail: fujisawa.jumpei@j.mbox.nagoya-u.ac.jp

高層大気中で2次宇宙線と窒素原子や酸素原子との核破碎反応によって生成する meteoric-¹⁰Be は、生成後1年程度大気中に滞留した後、地表や海面に降下し、土壌(堆積物)の粒子の表面に強く吸着する。このことを利用し、meteoric-¹⁰Be は、土壌の生成年代や浸食年代の推定に使われている。von Blanckenbrug et al. (2012) はアマゾン川流系河川の河床堆積物の meteoric-¹⁰Be/⁹Be を調べ、この比が集水域の母岩の浸食速度を見積もるのに有効な指標であることを示した。本研究では、琵琶湖流入河川の河床堆積物の ¹⁰Be/⁹Be を測定し、比較的流域面積の狭い日本の河川においても、河床堆積物の ¹⁰Be/⁹Be が集水域の浸食速度の指標となるかどうかを調べた。

試料は知内川、安曇川、比良川、野洲川、姉川、日野川、草津川、柳川の河口付近で採取した粒径 180 μm 以下の河床堆積物を用いた。試料約 1g を硝酸/フッ酸/過塩素酸により分解した。一部を ICP-MS (Agilent 7700) による ⁹Be 濃度測定用に分取した後、残りに ⁹Be キャリアーを約 1mg 添加し、陰イオン交換樹脂、陽イオン交換樹脂を用いて Be を分離抽出した。その後、NH₃ 水を加えて Be(OH)₂ 沈殿を生成した後、加熱して BeO とし、Nb 粉末と混ぜカソードに詰めた。¹⁰Be 測定は日本原子力研究開発機構東濃地科学センターのタンデム型加速器質量分析計 (NEC 15SDH-2, 加速電圧 5MV) で行なった。

河床堆積物の ¹⁰Be 濃度は、安曇川が 17.1×10^7 atoms/g と高い値を示した他は、 $1.9 \sim 8.6 \times 10^7$ atoms/g の範囲内の値を示した。河床堆積物の ¹⁰Be/⁹Be から求めた浸食速度 (t/km²/yr) は険しい山間部を流れる河川で大きく、平野部を流れる河川では小さい傾向が見られた。この傾向は藤原ほか (1999) が高度分散量から求めた山地の浸食速度の値と調和的であった。また、求めた浸食速度と各河川に最も近い観測所で観測された年平均降水量 (mm/yr) の間には、安曇川試料を除き、よい正の相関 ($R^2=0.985$) が見られた。この結果から、琵琶湖周辺においては降水が浸食に与える影響が大きく、河床堆積物の ¹⁰Be/⁹Be が周辺地域の降水量の指標として使えることが示唆された。一方、安曇川試料の ¹⁰Be 濃度が高い原因を探るため、各試料の粒径分布を調べた結果、安曇川試料のみ、他の試料に比べて細粒分画 (< 32 μm) の割合が非常に高い (92%) ことがわかった。また、XRF による主成分元素分析および XRD パターンから、¹⁰Be 濃度の高い試料には1次鉱物である長石類が少ない傾向が見られることもわかった。堆積物の粒径が小さいほど表面積が大きくなり、特に粘土鉱物には ¹⁰Be が多く吸着することが知られている。以上のことから、安曇川試料は、他の河川の試料に比べ、細粒であったために、¹⁰Be 濃度が高くなったと考えられる。今後、堆積物の粒径による ¹⁰Be の挙動の違いを詳細に調べる必要はあるが、粒径の揃った河床堆積物の ¹⁰Be/⁹Be は、流域母岩の浸食速度の評価、ならびに周辺地域の降水量の評価に有効である可能性が示唆された。

Keywords: meteoric-¹⁰Be; stream sediment; denudation rate; precipitation rate

蔵王山における火口湖と地熱帯で観測されたヨウ素同位体比の低下 Decrease of iodine isotopic ratio observed in crater lake and geothermal area at Zao volcano

松中哲也^{1*}・笹公和¹・高橋努¹・松村万寿美¹・末木啓介¹・後藤章夫²・渡邊隆広²・
土屋範芳²・平野伸夫²・久利美和²・高橋正明³・風早康平³・宮城磯治³・松崎浩之⁴

T. Matsunaka, K. Sasa, T. Takahashi, M. Matsumura, K. Sueki, A. Goto, T. Watanabe,
Y. Tuchiya, N. Hirano, M. Kuri, M. Takahashi, K. Kazahaya, I. Miyagi, H. Matsuzaki

¹ 筑波大学 (University of Tsukuba)

² 東北大学 (Tohoku University)

³ 産業技術総合研究所 (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

⁴ 東京大学 (The University of Tokyo)

*Correspondence to: T. Matsunaka; E-mail: matsunaka@tac.tsukuba.ac.jp

東北地方太平洋沖地震後、宮城・山形の蔵王山において火山活動の高まりが確認されている。2015年4月～6月にかけて、火山性地震が月最大で319回観測され、火口周辺警報が発令された^[1]。2013年9月から東北大グループは、火山活動に伴う火口湖と地熱帯の水質変化を把握するために定点観測を実施し、本研究では特にヨウ素同位体比 ($^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 比) の変化に着目してきた。これまでの研究から、火口湖と地熱帯におけるヨウ素は、低い同位体比 ($< 1.5 \times 10^{-12}$) をもった地下からのヨウ素と高い同位体比 ($> 9.0 \times 10^{-9}$) をもった天水からのヨウ素を起源とし、 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 比は主に両者の混合で決まっていると考えられた^[2]。

火口湖における $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 比は、2014年10月中旬に起こった白濁現象直後に 5.6×10^{-9} から 4.3×10^{-10} へ急減した (図)。一方、地熱帯における $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 比は、2014年8月の火山性地震の増大に伴って 5.3×10^{-9} から 1.6×10^{-9} へ減少した (図)。これらの同位体比低下は、地下起源ヨウ素の寄与増加によると考えられるが、火山活動との関連性について議論するためには更なるデータ蓄積が必要である。新たに得られた湖水・湧水の $\delta^{18}\text{O}$ 、および主要イオンの結果を含めて報告する。

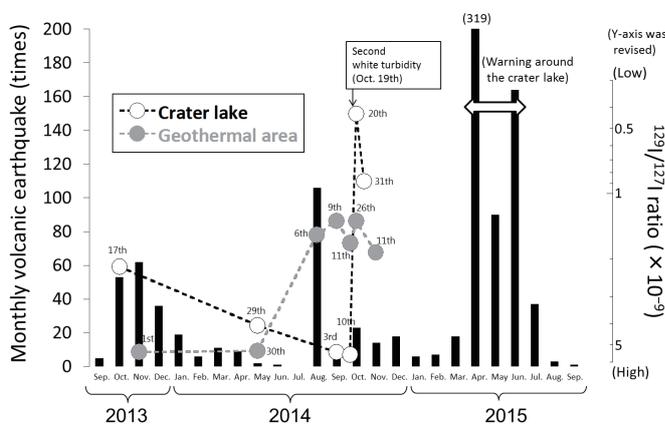


図. 蔵王山における火山性地震 (黒棒) の変動、および火口湖 (白丸) と地熱帯 (灰丸) におけるヨウ素同位体比の変動

[1] 気象庁 (2015) 火山活動解説資料 . [2] 松中ら (2015) KEK Proceedings 2015-4, 55-61.

Keywords: 蔵王山；火山活動；火口湖；地熱帯；ヨウ素同位体比

特別講演 2

東京大学 AMS 年代測定 の 30 年
Thirty Years of Radiocarbon Dating by AMS at the University of Tokyo

吉田 邦夫
YOSHIDA, Kunio

東京大学 総合研究博物館
The University Museum, the University of Tokyo

**Correspondence to: YOSHIDA, Kunio; E-mail: gara@um.u-tokyo.ac.jp*

わが国における AMS 開発研究は、1977 年に発表された Muller, R.A. の論文をはじめとした 3 論文に触発されて始まった。1980 年、東京大学原子力研究総合センターに設置されていたタンデム・ヴァンデグラーフ加速器（(株) 東芝製）の改造に着手した。同位体比の測定は、通常、放射性核種と安定同位体を交互に入射・加速する方法が一般的であるが、東京大学では、独自に「内部ビームモニター法」を開発した。分子イオンを入射・加速し、放射性核種と安定核種を同時に測定する手法である。1981 年、 ^{10}Be の検出に成功し、定常的な測定が始まった。

その後、1983 年春の地震で、加速管の真空漏れが発生し、加速管の交換などにより、2 年間のシャットダウンを余儀なくされた。運転再開後、1985 年 7 月 17 日に、 $^{14}\text{C}^{3+}$ を検出し、加速器質量分析法による放射性炭素年代測定を開始した。 CH^- を分子イオンとして入射する方法であった。タンデム加速器更新のために運転を停止した 1991 年 10 月まで 6 年間にわたって、主に考古資料の測定を行ってきた。考古学年代を決定した資料は、木片・炭化物・泥炭・人骨・歯・貝殻・漆・布・ミイラ・鉄器などで、炭素を含んでいるものなら、ほとんどありとあらゆるものを測定してきた。また、火山ガス・中性子照射試料・隕石などについて、 ^{14}C 濃度を測定した。

1992 年から 3 年間かけて、タンデム加速器の更新が行われた。AMS 研究を主として扱うことを念頭に置き、AMS 法に最適化した、米国 NEC 社製の 5 MV ペレトロン加速器である。同位体比の測定は、逐次入射法を用いている。1995 年から共同利用を開始したが、放射性炭素年代測定は、不安定な状況が続き、年代測定の再開は難航した。1999 年秋からは、ほぼ定常的に測定できる状態になった。

東京大学では、1962 年以来、全学委員会のもとに年代測定室が設置され、 β 線計測装置による放射性炭素年代測定が行われてきた。1995 年、発表者が年代測定室に着任したことから、AMS 法による年代測定への転換を検討し、1998 年後半から、委員会で AMS 法による資料を受け付ける準備を進めてきた。こうして、2000 年前後から、学内の年代測定は、AMS 法によって行われることになった。2012 年に退職するまで、このような形で、年代測定が行われてきたのである。

そして、昨年 2015 年 2 月、東京大学の AMS 年代測定にとっては、3 代目のマシン、CAMS が、博物館に導入されたのである。東京大学で初めて ^{14}C が検出されてから、ちょうど 30 年目であった。

Keywords: 炭素年代測定、AMS、タンデム加速器、東京大学

Session 4 : AMS 施設報告・技術開発 3

総合科学としての放射性炭素年代測定と AMS 公開ラボ
Radiocarbon Dating as an Integrated Science Shown in the AMS Open Laboratory,
UMUT.

米田 稔^{1*}・尾崎大真¹・大森貴之¹・吉田邦夫¹
Minoru YONEDA^{1*}, Hiromasa OZAKI¹, Takayuki OMORI¹, Kunio YOSHIDA¹

¹ 東京大学総合研究博物館 (The University Museum, the University of Tokyo)

**Correspondence to: Minoru YONEDA; E-mail: myoneda@um.u-tokyo.ac.jp*

東京大学総合研究博物館では、知のフロンティアを切り開く大学の役割を発信するために、研究現場を展示室に配した新たな常設展示「知の回廊」を本郷キャンパスの博物館本館に建築中である（2016年5月開館予定）。その研究現場展示の目玉として、総合研究博物館放射性炭素年代測定室に設置されたコンパクト AMS が展示最奥部のガラス張りの観覧空間に設置された。AMS が東京大学を舞台として繰り広げられる知的生産の代表的な装置として位置づけられた理由には、AMS によって実施されている放射性炭素測定が、単なる年代決定にとどまらず、考古学や文献学などの人文科学、人類学や地質学、生態学などの自然科学、防災科学や温暖化対策などの応用分野にわたる、多様な研究が実施されており、ひとつひとつの測定資料には様々な野外調査における努力と創意工夫が秘められている点を評価したためである。

このような多様な研究領域にわたる研究の展開をわかりやすく展示解説するために、我々はコンパクト AMS 装置とともに次の6つの標本資料を並べることにした。(1) カラフト、三重県英虞湾、小笠原で戦前に採取された貝殻標本、(2) 三陸沖水深10mと4500メートルで採取された海水（国立研究法人海洋研究開発機構提供）、(3) 東京都北区西ヶ原貝塚から出土したと考えられる詳細不明の古人骨、(4) トルコ共和国ゴルディオン王墓建築材ならびにペルー共和国ナスカ台地出土の木材、(5) 屋久杉の年輪（宇宙線研究所提供）、(6) 水月湖堆積物のコア切片標本である

これらの標本群の真の年代と見かけ上の年代が意味するところを通じて、地球規模での炭素循環と私たち自身と生態系の関係を体感し、より真の年代をもとめるために開発されたウィグルマッチング法や校正年代の高精度化を紹介し、さらに放射性炭素濃度の時間変動そのものが意味をもつデータであり、太陽活動や古気象に関する情報源となることを提示する計画である。本発表では、展示場に関する解説スライドを例示することで、他方面からのご意見を賜りたい。

Keywords: アウトリーチ；放射性炭素年代測定；博物館

JAEA-AMS-TONO の現状 (平成 27 年度) Present status of the JAEA-AMS-TONO (2015)

藤田奈津子^{1*}・松原章浩¹・渡邊隆広¹・國分(齋藤)陽子¹・梅田浩司¹・
西澤章光²・三宅正恭²・大脇好夫²・西尾智博²・加藤元久²
N. Fujita^{1*}, A. Matsubara¹, T. Watanabe¹, Y. Saito-Kokubu¹, K. Umeda¹,
A. Nishizawa², M. Miyake², Y. Ohwaki², T. Nishio², M. Kato²

¹ 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター (Tono Geoscience Center, JAEA)

² 株式会社ペスコ (Pesco Corp., Ltd.)

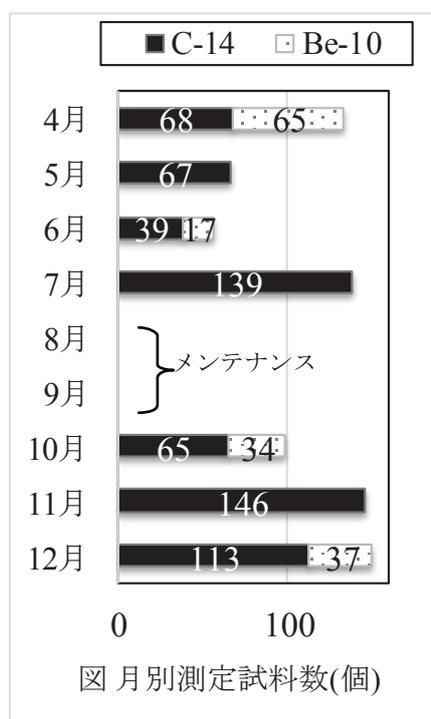
*Correspondence to: Fujita N.; E-mail: fujita.natsuko@jaea.go.jp

日本原子力研究開発機構(以下、機構)東濃地科学センターでは、JAEA-AMS-TONO(NEC製 15SDH-2 ペルトロン加速器 最大電圧 5.0 MV)を用いて、機構で進める深地層の科学的研究や、施設供用利用制度による外部機関の研究に関わる年代測定等を行うため、放射性炭素(¹⁴C)、ベリリウム-10(¹⁰Be)及びアルミニウム-26(²⁶Al)のルーチン測定を行っている。また、最近では塩素-36(³⁶Cl)の測定技術の整備にも取り組んでいる。

装置は大きな故障もなく順調に稼働しており、¹⁴C及び¹⁰Beの標準試料の測定では、精確な結果が継続して得られている。図に平成27年12月までの月別測定試料数を示しており、毎月の測定試料数は例年程度となっている。¹⁴C及び¹⁰Beの試料数の累計は、それぞれ637個、153個であり、全測定試料数は790個である。²⁶Al測定に関しては3月以降に¹⁴C及び¹⁰Be測定の状況を勘案しつつ、検出限界の改善等を行っていく予定である。³⁶Clの測定に関しては、平成27年度よりルーチン測定に向けた技術基盤の整備として、安定同位体を用いたビーム調整などを行った。今後は標準試料の測定や測定条件の最適化などを行っていく予定である。

¹⁴C及び¹⁰Be測定での利用内容は、平成27年12月までで地球科学に関する研究が59%となっており、次いでAMS(R&D)19%、環境科学17%となっている。R&Dでは測定技術向上のため、¹⁰Be測定における検出限界の改善を行った。また、¹⁴C測定の前処理手法の改良として元素分析計を使用した二酸化炭素回収システムを導入した。

本発表では上記を含めた平成27年度のJAEA-AMS-TONOの現状について報告する。



Keywords: JAEA-AMS-TONO; ¹⁴C; ¹⁰Be; ²⁶Al.

土壤中のヨウ素動態のモデル化へ向けて Modelling of iodine dynamics in soils

木島渉^{1*}・松崎浩之^{1, 2}

Wataru Kijima^{1*}, Hiroyuki Matsuzaki^{1, 2}

¹ 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻 (Department of Nuclear Engineering and Management, School of Engineering, The University of Tokyo)

² 東京大学 MALT (MALT, The University of Tokyo)

**Correspondence to: Wataru Kijima; E-mail: w.kijima.3@gmail.com*

土壌は固相、液相、気相の三相からなる。固相は無機結晶物質（一次鉱物、二次鉱物、酸化物、炭酸塩など）、無機非結晶物質（含水酸化物）、有機物質（腐植、多糖類）から成り、イオン交換や固定による吸着および沈殿の形成を行って核種を保持する。液相は土壌水と言われ、溶液であり様々な溶質およびコロイド物質を含み核種を溶解し移行させる。気相は空気成分、水蒸気、多様なガス成分を含む。

ヨウ素はこの土壌中を移動しているが、安定ヨウ素 127 と放射性ヨウ素 129（半減期 1570 万年）では状況が異なる。¹²⁷I は平衡状態であると考えられるが、¹²⁹I は 1950 年代以降に多量に人為起源のものが放出され、今現在も動きつつある。更には、福島近傍では原子力発電所事故の影響によりここ数年で形成された分布を示す。¹²⁷I と ¹²⁹I の分布から、異なるタイムスケールでの分布を得ることが出来る。

また、ヨウ素は主に固相に吸着されているが、そのサイトによって吸着のされやすさが異なると考えられる。そこで、土壌を Water Soluble フラクション、Exchangeable フラクション、Oxide フラクション、Organic フラクションに分け、ヨウ素はこれらの水平方向の各フラクション間で交換される。そして、降雨の影響で Water Soluble フラクションのみは深さ方向へと浸透する。このようなモデルを考え、ヨウ素の挙動を計算することを試みた。

今後は、実際の土壌サンプルで各フラクションに含まれるヨウ素を分画実験によって測定し、このモデルに組み込むことでより精密にしていく。

Keywords: ヨウ素；土壌；モデル化；分画

パレオ・ラボ Compact-AMS の現状 (2015) Current status of the Compact AMS system at Paleo Labo Co., Ltd. (2015)

佐藤正教^{1*}・伊藤茂¹・安昭炫¹・廣田正史¹・山形秀樹²・
Z.Lomtatidze²・I.Jorjoliani²・小林紘一¹・中村賢太郎²
Masanori SATO^{1*}, Shigeru ITOH¹, Sohyeon AHN¹, Masasi HIROTA¹, Hideki YAMAGATA²,
Zaur LOMTATIDZE², Ineza JORJOLIANI², Koichi KOBAYASHI¹, Kentaro NAKAMURA²

¹(株)パレオ・ラボ AMS 年代測定施設 (AMS Dating Facility, Paleo Labo Co., Ltd.)

²(株)パレオ・ラボ東海支店 (Tokai Branch, Paleo Labo Co., Ltd.)

*Correspondence to: Masanori SATO; E-mail: sato@paleolabo.jp

パレオ・ラボは 2005 年に Compact-AMS を導入して以来の積算測定試料数が 35000 点を超え、2015 年末で 36276 点 (未知試料 26801 点 + 標準試料 9475 点) に達した。6 月から 11 月近くまでチラーの故障の影響があったが、未知試料測定数が昨年度と比べてわずかに減少しただけで、例年通りの年平均の測定数となった。

2015 年の測定数は 3445 点 (未知試料 : 2340 点、標準試料 : 1105 点) であり、標準試料の平均値は IAEA C1=0.126±0.034pMC、C6=150.35±0.34pMC (標準値 : 150.61±0.11pMC) という安定した測定が行われた。

2014 年 4 月から弊社でも自動前処理システムを導入し稼働させている。自動前処理システムを用いて精製した標準試料の平均値は IAEA C1=0.23±0.06pMC となり、バックグラウンド試料である C1 が東海支店の手動ラインで処理した物より高い値を示したが問題ないレベルだと考えられる。また、自動前処理システムを本格稼働させてから、未知試料を 400 点近く測定したが、さらに効率を上げられないかと検討中である。

本件では AMS の運転状況や自動前処理システムの稼働状況等の報告を行う。

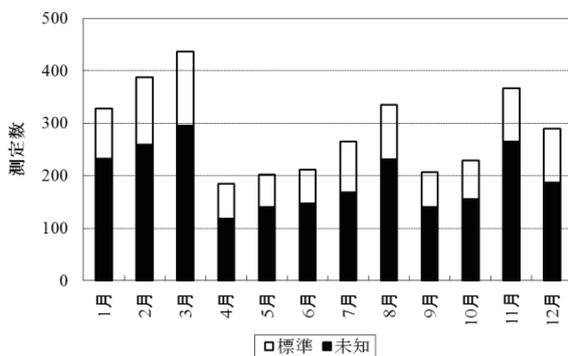


図 1 測定試料数の推移 (2015 年)

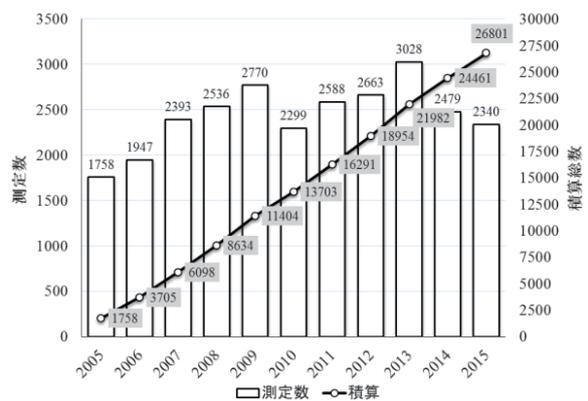


図 2 未知試料数の推移

Keywords: AMS; ¹⁴C; 自動前処理ライン

山形大学高感度加速器質量分析センターの現状 2014-2015 Present status of YU-AMS 2014-2015

森谷透^{1*}・宇野久¹・設楽理恵¹・鈴木善美¹・
佐藤里美¹・武山美麗¹・門叶冬樹¹・櫻井敬久¹・豊口貞子²・小林武志²
T. Moriya^{1*}, H. Uno¹, R. Shitara¹, Y. Suzuki¹,
R. Sato¹, T. Takeyama¹, T. Tokanai¹, H. Sakurai¹, T. Toyoguchi², T. Kobayashi²

¹ 山形大学 高感度加速器質量分析センター
(Center for Accelerator Mass Spectrometry, Yamagata Univ.)

² 山形大学 医学部附属病院
(University Hospital, Faculty of Medicine, Yamagata Univ.)

*Correspondence to: Toru Moriya; E-mail: moriya@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

山形大学は平成 22 年 3 月、試料中に含まれる炭素 ¹⁴C 濃度の高感度質量分析を目的に、コンパクト AMS システム (NEC 1.5 SDH-1) および自動型グラファイト作製システムを山形県上山市にある山形大学総合研究所に導入し、平成 23 年 2 月に山形大学高感度加速器質量分析センター (YU-AMS) として運営を開始した。

平成 25 年度に、文部科学省教育研究力強化基盤整備費により自動型グラファイト作製システムとイオン源システムを新たに導入した。グラファイト作製システムは、元素分析計 (elementar 社、Vario MICRO cube) とガラス真空ラインで構成された自動型システムである。また AMS システムに導入した新型イオン源システム (MC-SNICS II) は、これまでと同様の 40 試料が装填できるセシウムスパッタ型負イオン源である。新型グラファイト作製装置および新型イオン源装置の特性試験を NIST (アメリカ国立標準技術研究所) が提供する SRM4990C(HOxII) を標準試料として、IAEA (国際原子力機関) が提供する C1 から C9 の標準試料を測定することで行い、従来の装置と同等の性能を持つことを示した。

平成 26 年度の主なトラブルに、新型グラファイト作製システムのガラス破損、AMS システムでは、X,Y ステアラーで用いる高圧電源の故障、コントロール用 PC の電源故障などがあったものの、1 年を通して安定に測定を行うことができた。新型グラファイト作製システムでは、ガラス真空ラインの CO₂ 回収の自動シーケンスから、鉄を触媒とする水素との還元反応によるグラファイト化までを、20 サンプル 12 時間で行うことができることがわかった。さらに、このガラスラインを手動モードで操作することで、リン酸処理による貝殻等の試料のグラファイト化が可能になった。また、2 台のイオン源システムによって、1 台が動作中でも、もう 1 台にサンプルをセットして真空引きを行うことができることや、アイオナイザー交換なども独立して行うことができるなど、システム調整に必要な時間を短縮することが可能となった。本シンポジウムでは、YU-AMS の平成 27 年度の運用状況について発表する。

Keywords: YU-AMS; Ion source; graphitization line

Session 5 : 応用研究 2

湖沼堆積物の全有機炭素の炭素 14 年代測定による高分解能年代編年 Adjustment of bulk radiocarbon age offset of lake sediments for high resolution chronology

北川浩之^{1*}・ホンワン・林田明・竹村恵二
Hiroyuki Kiragawa^{1*}, Wan Hong², Akira Hayashida³, Keiji Takemura⁴

¹ 名古屋大学 (Nagoya University)

² 韓国地質資源院 (Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources)

³ 同志社大学 (Doshisha University)

³ 京都大学 (Kyoto University)

**Correspondence to: Hiroyuki Kitagawa; E-mail: hiroyuki.kitagawa@nagoya-u.jp*

湖沼堆積物コアには、過去の気候変動が高い時間分解能で記録されている。しかし、堆積物から得られたデータの解釈は、時には低分解能の編年によって制限される。気候イベントの発生日代、気候変動の他地域からの記録との対比には、堆積物コアの高分解能な編年の構築が必須である。

炭素 14 年代法は過去 5 万年間の年代決定に有効な手段である。堆積物コアの編年は、通常、保存の良い陸上植物遺体の炭素 14 年代をもとに行われている。しかし、高分解能な編年を構築する十分な数の陸上植物遺体が堆積物コアから得られるとは限られない。そのような場合、堆積物中の全有機炭素や化学的に分離された成分などの炭素 14 年代測定が行われているが、編年学に意味のある年代が得られるとは限らない。

湖沼堆積物中の全有機炭素は、湖沼内の生物活動で生産される有機炭素と湖周辺から流入する陸上有機炭素の混合物であり、その炭素 14 年代は、主にこれらの有機炭素の寄与の割合で決定される。陸上有機炭素の寄与が大きいと、全有機炭素の炭素 14 年代は古く測定される傾向にある。

今回の発表では、琵琶湖の湖心から採集された堆積物コア (BIW07-6) を例に、陸上有機物の寄与率を中赤外波長領域の FTIR 分光分析で求め、湖沼堆積物中の全有機炭素の炭素 14 年代の堆積年代からの年代シフトを補正する新たな方法について提案する。今後、本アプローチがどのような環境の湖沼の堆積物コアに適用できるかについての検討が必要ではあるが、高分解能の編年が必要にも関わらず、炭素 14 年代法が適用できる陸上植物遺体が十分に含まれてない堆積物コア試料に関しては、試す価値があるアプローチと考えている。

なお、本発表は第 22 回ラジオカーボン・コンファレンス (ダカール) での基調講演「Adjustment of bulk radiocarbon age offset of lake sediments using Fourier Transform Infrared Spectra」の内容をもとに、新たなデータを加え、データの再解析を行ったものである。

Keywords: 湖沼堆積物、¹⁴C 年代、全有機炭素、FTIR、PLSR

福島第一原子力発電所事故によるヨウ素 129 の降水への影響

Environmental impact of the Fukushima accident on iodine-129 levels in meteoric water

松村 万寿美^{1*}・渡邊雅也²・笹 公和¹・松中 哲也¹・高橋 努¹・末木 啓介¹・
松崎 浩之³

M. Matsumura^{1*}, M. Watanabe², K. Sasa¹, T. Matsunaka¹, T. Takahashi¹, K. Sueki¹, H. Matsuzaki³

¹ 筑波大学 AMS グループ (AMS Group, University of Tsukuba).

² 愛媛県産業技術研究所 (Ehime Institute of Industrial Technology)

³ 東京大学 MALT (MALT, The University of Tokyo)

* Correspondence to: Masumi Matsumura; E-mail: masumi@tac.tsukuba.ac.jp

【はじめに】 多様な放射性核種が2011年の福島第一原子力発電所(FDNPP)の事故により、環境中に放出され、大規模な放射能汚染が国内の陸域・海域に引き起こされた^[1]。大気中に放出された放射性核種のうち、¹²⁹Iの半減期は約1,570万年と極めて長いため、環境中での濃度や挙動を調べる必要がある。雨水は大気中の放射性核種の重要な媒介源であり、同時に放射性核種の地上への降下量を得ることができる。我々は、つくば市のFDNPP事故前後の雨水中の¹²⁹I濃度について、昨年度の報告^[2]からさらに時系列観測点を増やしたので、その結果を報告する。

【試料と実験方法】 筑波大学に設置した雨水サンプラーにて、月ごとに雨水試料を採取した。採取後、雨水試料を0.45 μmのフィルターを用いてろ過を行い、ICP-MS測定による安定ヨウ素(¹²⁷I)濃度測定とAMSによる同位体比(¹²⁹I/¹²⁷I)測定のために、それぞれ必要量を分取した。AMS測定は東京大学タンデム加速器実験施設(MALT)にて行った。

【結果】 昨年度の報告と併せて、2009年3月から2014年9月までのつくば市におけるFDNPP事故前後の雨水についての¹²⁹I濃度(atoms・L⁻¹・month⁻¹)を求めた。図に示すように、事故前の¹²⁹I濃度平均値は8.5×10⁷ atoms・L⁻¹・month⁻¹ (3σ上限値は2.9×10⁸)、2011年3月事故該当月は4.5×10¹⁰ atoms・L⁻¹・month⁻¹と、おおよそ3ケタ近くの上昇を示した。この値は、同月の福島県での雨水中の¹²⁹I濃度のおよそ

0.1倍であった^[3]。なお、降水量と¹²⁹I濃度との間の相関は特に見られなかった。また、事故後からおおよそ1年後には、つくば市の雨水中の¹²⁹I濃度は元のレベルに戻った。

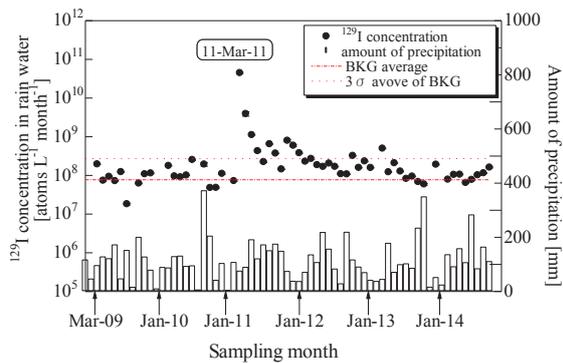


図 つくば市の月別降水量と雨水中の¹²⁹I濃度

【参考文献】

- [1] 放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト, 原子力規制委員 <http://emdb.jaea.go.jp/emdb/>
- [2] 渡邊雅也ら, 第17回AMSシンポジウム, つくば(2015), 報告集112.
- [3] S. Xu, et al., Environ. Sci. Technol. 47 (2013) 10851.

Keyword: 雨水; 大気中からの¹²⁹I; FDNPP

5-11 世紀の北日本の ^{14}C 地域オフセット Regional ^{14}C offsets of the 5th-11th centuries in the Northern Japan

箱崎真隆^{1*}

Hakozaki M^{1*}

¹ 国立歴史民俗博物館

(National Museum of Japanese History)

*Correspondence to: Hakozaki M; hakozaki@rekihaku.ac.jp

近年、日本で著しい発展を遂げている酸素同位体比年輪年代法（中塚・佐野 2014）は、年輪幅に基づく従来法では暦年代の決定・検証ができなかった古材（古建築材・遺跡出土材・自然埋没木）の年代決定・検証に寄与しはじめている。青森県青森市石江遺跡群新田(1)遺跡の出土アスナロ材はそのひとつであり、長野県の年代既知ヒノキ酸素同位体比標準年輪曲線（中塚ほか 2013）とのクロスデーティングの成功によって、それらの年輪の年代が西暦 417-1047 年と確定した（箱崎ほか 2016）。このとき暦年代が確定した同遺跡の 5 資料は、先行研究（伊藤ほか 2011）において、AMS 法による ^{14}C 年代測定と ^{14}C ウィグルマッチングが実施されていた。その較正年代と年輪年代を比較した結果、数年～数十年のズレがあることが明らかとなり、個々の年輪の ^{14}C 年代を IntCal13（Reimer et al. 2013）と比較すると平均 35 年古いことが判明した（図 1）。

北日本は Bomb Carbon 濃度の地域区分 (Hua et al. 2013) において、北半球の Zone1 と Zone2 の境界に位置し、IntCal とほとんど差がない“はずの”場所にある。しかし、箱崎ほか(2013)は、14-15 世紀半ばの北日本樹木の年輪 ^{14}C 年代が IntCal13 より平均 31 年古くなることを確認し、北緯 41 度付近の地域にも系統的 ^{14}C 地域オフセットが存在した（する）可能性を指摘した。今回の比較結果から、このオフセットは 5-11 世紀にも存在したことが明らかとなり、その性質がより「系統的」である可能性が強まった。北日本以外の地域の日本産樹木では、1-3 世紀において、特に大きな ^{14}C 地域オフセットの存在が知られている (Sakamoto et al. 2003; 吉光・中村 2012)。今後も日本の暦年較正の高精度化を見据えて、北日本産樹木の年輪年代決定と ^{14}C 年代分析を継続し、1-3 世紀の ^{14}C 地域オフセットが北日本ではどのように認められるかを明らかにしていく必要がある。

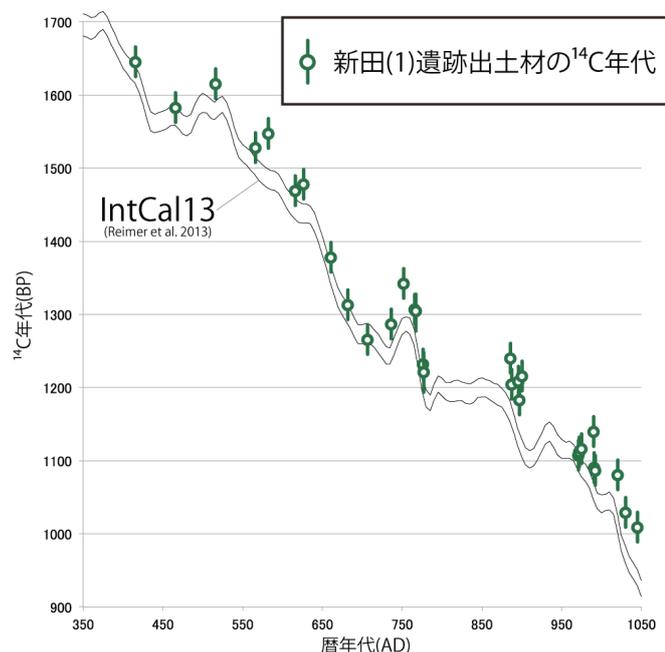


図1 IntCal13と新田(1)遺跡出土木材試料(年代既知)の ^{14}C 年代

Keywords: Hiba arborvitae; northern Japan; ^{14}C dating; regional ^{14}C offset; ^{14}C calibration

Poster Session

AMS 施設報告・技術開発

MALT における負イオン減速チャンバーの作成 Development of a negative ion cooler at MALT

三宅泰斗^{1*}・松崎浩之^{1,2}
Yasuto Miyake^{1*}, Hiroyuki Matsuzaki^{1,2}

¹ 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻 (Department of Nuclear engineering and management, School of Engineering, The University of Tokyo)

² 東京大学総合研究博物館 (The University Museum, The University of Tokyo)

*Correspondence to: Yasuto Miyake; E-mail: yasutomiyake@n.t.u-tokyo.ac.jp

加速器質量分析において、近年新たな同重体分離手法として、レーザー光脱離法 (laser photodetachment, LPD) の研究が行われている。LPD における同重体の分離には、負イオンビームとレーザーを十分に相互作用させることが重要であり、反応時間を稼ぐための負イオンを減速する装置の開発が進められている。

東京大学タンデム加速器施設 (MALT) でも、LPD の導入に先駆けて負イオン減速チャンバーを製作した。減速チャンバーは、減速部、四重極部、そして再加速部から構成されている (図 1)。

減速部は減速電極とガイド電極で構成されており、負イオンビームは減速・収束され、四重極部に入射される。四重極部は四重極電極と静電電極で構成され、四重極電極でイオンビームの発散を抑え、静電電極でイオンを出口まで導く。四重極部の内部には He ガスが導入され、ガスとの衝突により負イオンは進行方向、同径方向ともに減速され、結果としてより収束される。減速部、四重極部、再加速部はそれぞれ径 3mm の開口部で分割されており、ガスを導入してもチャンバー前後の真空度を保つことが可能である。

四重極部を通過した後、イオンは再加速部でもとのエネルギーまで加速される。再加速部の構成は減速部と対称である。

従来の研究では、イオンビームのチャンバー内の透過率が最大でも 60% 程度であることが問題であった。そこで、本研究では減速部と四重極部、再加速部と四重極部の間にガイド電極を挿入し、イオンの収束を調整できるようにした (図 2)。これにより、透過率の改善が期待される。

今後の予定として、イオン源、電磁石、負イオン減速チャンバー等から構成されるテストベンチビームラインを作成し、装置の性能の実証試験を行う。

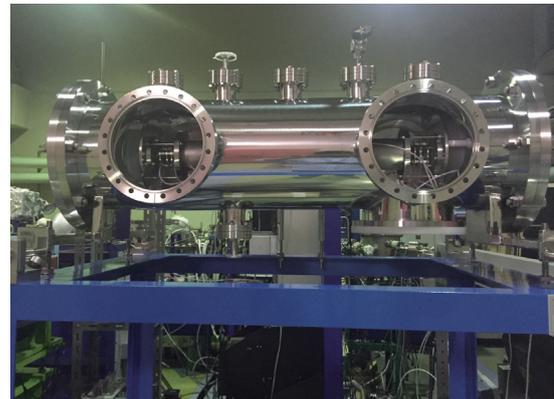


図 1 チャンバー全体図

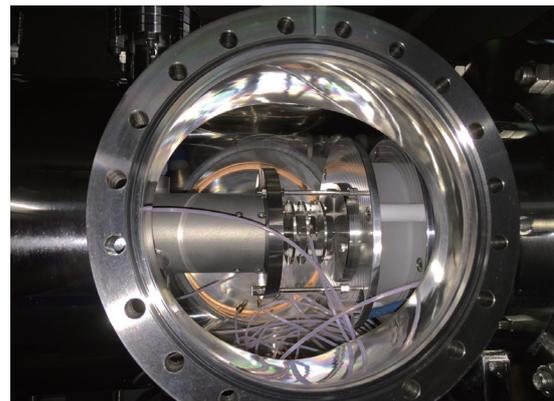


図 2 ガイド電極

Keywords: 5 つ以内 ; 負イオン ; レーザー光脱離 ; 同重体分離

東京大学総合研究博物館 Compact-AMS の運用と性能評価 Operation and Performance Evaluation of Compact-AMS at UMUT

大森貴之^{1*}・尾嵯大真¹・山崎孔平¹・内田啓子¹・金澤礼雄¹・米田穰¹・板橋悠¹・
松中哲也¹・笹公和¹

Takayuki Omori^{1*}, Hiromasa Ozaki¹, Kohei Yamazaki¹, Akiko Uchida¹, Ayao Kanesawa¹,
Minoru Yoneda¹, You Itahashi², Tetsuya Matsunaka³, Kimikazu Sasa³

¹ 東京大学総合研究博物館 (The University Museum, The University of Tokyo)

² 東京大学新領域創成科学研究科 (Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo)

³ 筑波大学 AMS グループ (AMS, University of Tsukuba)

*Correspondence to: Takayuki Omori; E-mail: omori@um.u-tokyo.ac.jp

東京大学総合研究博物館へ2015年3月に導入された Compact-AMS は、様々なトラブルシューティングを経て、2015年末までに未知資料の通常測定が可能となった。本報告では、これまでに分析した NIST 及び IAEA 標準試料の測定結果を精査し、尾嵯ら (本ジンポジウム O1-1) による放射性炭素年代測定室 CAMS の現状報告も踏まえ、性能評価を行う。また、通常測定の実施稼働開始に伴い、当該室における分析資料管理から試料調製の管理、CAMS における ¹⁴C 測定の運用やデータ解析のスキームの現状についてまとめる。

また、トラブルシューティングから試験測定までに分析したグラファイトの多くは、筑波大学 AMS グループの自動前処理システム (光信理化学製作所製) により生成された試料を用いた。筑波大自動前処理システムの性能評価については、これまでも松中ら (2015) による性能評価の現状について報告されているが、今年度ではさらに安定的かつ効率的なグラファイト生成をはかるなど、運用におけるブラッシュアップを行った。本報告では、放射性炭素年代測定室で生成された標準試料分析結果に加え、筑波大学自動前処理システムで生成されたグラファイトの分析結果の現状について報告する。

松中哲也, 笹公和, 末木啓介, 高橋努, 松村万寿美, 大森貴之, 松崎浩之, 中村俊夫 (2015) 「筑波大学における GC-AMS 開発と炭素 14 自動前処理システムの性能評価」第 17 回 AMS シンポジウム, 筑波大学, 2015 年 3 月 2-3 日.

Keywords: Compact-AMS; ¹⁴C ; IAEA-C series; 自動前処理装置

JAEA-AMS-TONO における $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比測定 of 検出限界の改善 Improvement of the detection limit of $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ ratio measurements in the JAEA-AMS-TONO

松原章浩^{1*}・三宅正恭²・西澤章光²・藤田奈津子¹・國分(齋藤)陽子¹
A. Matsubara^{1*}, M. Miyake², A. Nishizawa², N. Fujita¹, and Y. Saito-Kokubu¹

¹ 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター (Tono Geoscience Center, JAEA)

² 株式会社ペスコ (Pescor Corp., Ltd.)

*Correspondence to: A. Matsubara; E-mail: matsubara.akihiro@jaea.go.jp

日本原子力研究開発機構 東濃地科学センターでは、地質試料の年代測定等のため、AMS 装置 (15SDH-2 ペレトロン加速器, 最大電圧 5 MV) による ^{14}C , ^{10}Be , ^{26}Al の測定を実施している。本年度は、 ^{14}C および ^{10}Be のルーチン測定を行いつつ、測定技術の向上に取り組んでいる。この一環として、 ^{10}Be 測定の検出限界の改善を進めた。

当施設での ^{10}Be 測定の検出限界の評価は、Merck 社製の ICP 用標準溶液より作製した試料等を利用しており、同位体比としては実用的な水準を満たす $^{10}\text{Be}/^9\text{Be} = (5 \sim 10) \times 10^{-15}$ がほぼ定常的に得られている。しかし、他の施設で使用される検出限界評価用 (ブランク) 試料を用いた場合、当施設の $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比は、他の施設に比べ有意に高いことが判明した。 $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比が高い原因としては、 ^{10}Be 測定の妨害核種である ^{10}B に由来する ^7Be の信号が、エネルギー・スペクトル上の ^{10}Be 検出用の枠内に混入することが指摘されている [1-3]。 ^7Be は、 ^{10}B が重イオン検出器の入射窓 (HAVAR 膜) の不純物である水素原子核との核反応 $^{10}\text{B}(p, a)^7\text{Be}$ で生成され、その信号は ^{10}Be 検出枠を含む広い領域に分布することが知られている。これを踏まえ以下の様々な対処を行った。入射窓の不純物低減に向け、窓の溶剤洗浄、高温乾燥を行った。検出器への不純物の入射率を低下させるため、ビームライン・スリットをビームの裾の位置まで絞り込んだ。また、 ^{10}Be 検出枠内への ^7Be 信号の混入を抑えるため、パルス信号のノイズの低減や加速器の比較的高いターミナル電圧 (4.8 MV) の使用により ^{10}Be のスペクトル・ピークの先鋭化を図りつつ、 ^{10}Be 検出枠の大きさを ^{10}Be スペクトル・ピークの半値全幅まで縮小した。これらの効果を調べるため、種々のブランク試料を用いた試験測定を実施した。その結果、 $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比は、Merck 社製試料で $(3 \sim 6) \times 10^{-15}$ (以前の測定値の 40 ~ 90%)、Wako 社製の原子吸光用標準溶液 [3] で $(8 \sim 16) \times 10^{-15}$ (以前の測定値の 30~60%)、Scottish Universities Environmental Research Centre (SUERC) で使用されるブランク試料 [4] で $(0.3 \sim 1.2) \times 10^{-15}$ (以前の測定値の 10% 未満) を示した。Wako 社製及び SUERC の試料の $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比は、報告値に匹敵するとともに、特に SUERC の試料の $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比は、これまで当施設で得られた中での最低値となった。これより、検出限界の改善には ^{10}B に由来する ^7Be への対処が重要であることを確認した。

[1] H. Matsuzaki, et al., Nucl. Instr. and Meth. B 172 (2000) 218.

[2] S. Xu, et al., Nucl. Instr. and Meth. B 294 (2013) 403.

[3] K. Horiuchi et al., Nucl. Instr. and Meth. B 294 (2013) 72.

[4] SUERC の Xu 氏との私信 (関連文献として D. McPhillips, et al., Nature Geosci., 7 (2014) 925) .

Keywords: JAEA-AMS-TONO ; ^{10}Be 測定, 検出限界 ; ^{10}B ; ^7Be .

JAEA-AMS-TONO での元素分析計を用いた ^{14}C 年代測定の前処理手法の改良 Preparation techniques for radiocarbon dating using the elemental analyzer-cryogenic trap system at the JAEA-AMS-TONO

渡邊隆広^{1*}・國分(齋藤)陽子¹・西尾智博²・藤田奈津子¹・三宅正恭²・西澤章光²・松原章浩¹

Takahiro Watanabe^{1*}, Yoko Saito-Kokubu¹, Tomohiro Nishio¹, Natsuko Fujita¹, Masayasu Miyake¹, Akimitsu Nishizawa¹, Akihiro Matsubara¹,

¹ 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター (Tono Geoscience Center, JAEA)

² 株式会社ペスコ (Pesco Corp., Ltd.)

*Correspondence to: Takahiro WATANABE; E-mail:watanabe.takahiro46@jaea.go.jp

加速器質量分析法 (AMS: Accelerator mass spectrometry) を用いた放射性炭素 (^{14}C) 測定技術は、地層科学研究や環境科学等の応用研究の発展に必要不可欠である。有機物や炭酸塩の ^{14}C 測定結果をもとに、地層の形成年代、地質イベントの発生年代、地下水の滞留時間に関する情報が得られる (Iwatsuki et al., 2002; Watanabe et al., 2012)。AMS による ^{14}C 測定を実施するためには、試料洗浄・化学処理、燃焼、二酸化炭素の精製、グラフアイト調製等の前処理作業を行う必要がある。これらの前処理作業には多大な労力と時間を要する。従って、AMS 技術の発展とともに、前処理手法の簡略化と迅速化が求められている。これまでに、元素分析計 (EA: Elemental Analyzer) を用いた前処理の改善手法が報告されている (Yoneda et al., 2004; 松中ほか, 2014)。EA を用いることにより、試料燃焼と二酸化炭素の精製作業が自動化される。

本講演では、日本原子力研究開発機構 東濃地科学センターにおける EA (Vario MICRO cube, Elementar 社製) と CO_2 トラップを連結させた ^{14}C 測定用前処理システムの状況について報告する。本研究では、標準物質 (有機物) である IAEA-C4、C5、C6、C7 および NIST-SRM-4990C を用いて、前処理システムの適用性を評価した。放射性炭素濃度 (pMC) 測定には東濃地科学センターに設置されている AMS 装置 (15SDH-2 ペレトロン加速器、National Electron Corp. 製) を使用した。バックグラウンド評価のために使用した IAEA-C4 の測定結果は 0.16 ± 0.02 pMC であり、現代炭素による汚染は認められなかった (合意値 $0.20\text{--}0.44$ pMC, Rozanski et al., 1992)。C5 の測定結果は 23.00 ± 0.15 pMC であり、合意値 (23.05 ± 0.02 pMC) と不確かさの範囲内で一致した。他の標準試料の測定結果についても、それぞれの合意値と不確かさの範囲内で一致した。従って、本研究で使用した ^{14}C 測定用前処理システムは有機物試料の年代測定に適用可能であることが示された。今後は、本手法を用いて、カルサイトなど他成分の ^{14}C 年代測定を実施する予定である。

引用文献

- (1) Iwatsuki et al., Appl. Geochem. 17, 1241–1257, 2002.
- (2) Watanabe et al., Glob. Planet. Change. 88-89, 53–63, 2012.
- (3) Yoneda et al., Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B 223–224, 116–123, 2004.
- (4) 松中ほか, 第 17 回 AMS シンポジウム講演要旨集, 5, 2014.
- (5) Rozanski et al., Radiocarbon 34, 506–519, 1992.

Keywords: AMS ^{14}C , EA, preparative method, CO_2 purification

キャリア用ベリリウム標準溶液中の $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比 Ratios of $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ in Beryllium standard solutions for a carrier

國分 (齋藤) 陽子^{1*}・西尾智博²・松原章浩¹・石坂千佳¹・堀内一穂³
Saito-Kokubu Y^{1*}, Nishio T¹, Matsubara A¹, Ishizaka C¹, Horiuchi K³

¹ 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター (Tono Geoscience Center, JAEA)

² 株式会社ペスコ (Pesco Corp., Ltd.), ³ 弘前大学 (Hirosaki Univ.)

*Correspondence to: Kokubu Y; E-mail: kokubu.yoko@jaea.go.jp

石英や氷床コア中のベリリウム -10 (^{10}Be) を測定する場合、試料中のベリリウムが少ないため、試料調製の際、安定同位体であるベリリウム -9 (^9Be) を含むキャリアを添加する (e.g. Kohl&Nishiizumi, 1992, Horiuchi, 2007)。しかし、キャリアにはわずかながら ^{10}Be が含まれる。これまでの調査により国内で購入可能な試薬では、Merck 製の標準溶液中の ^{10}Be 濃度が低いことをわかっているが (Saito-Kokubu, 2015)、キャリアとして扱う場合、 ^{10}Be 濃度が低いことに加え、 $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比が変動しないことが望ましい。本研究では、キャリアとして使用可能な標準溶液について、ロット等による $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比の違いに調べたので、報告する。

キャリアに使用可能な Merck 製の原子吸光用、ICP 用標準溶液、関東化学製原子吸光用標準溶液や国内の研究で一般的に使用されている和光純薬製原子吸光用標準溶液等を試料とし、異なるロットのものや、同じロットで異なる容器に入ったものについて調べた。各標準溶液は液体であるため、数〜数十 ml を石英ビーカーに入れ、ホットプレート上で蒸発乾固した後、電子レンジ用るつぼに入れ、電子レンジの 500 W の電力で約 15 分加熱することにより焼結させ酸化物とした。試料調製及び測定は、原子力機構東濃地科学センター JAEA-AMS-TONO で行った。

各標準試料の $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比は 10^{-14} ~ 10^{-15} の範囲内で関東化学製、和光純薬製、Merck 製の順で低くなることが確認できた。ただし、同位体比の絶対値は、測定や解析条件に依存するが、最新の代表的な値としては、Merck 製 ICP 用標準溶液で、 2×10^{-15} 程度となった。和光純薬製原子吸光用標準溶液について、異なるロットの 7 つの試料の同位体比について一元配置分散分析により検定したところ、 $p < 0.05$ となり合格したため有意な差はないと考えられる。発表では、他の標準試料のロット違いや容器違いの結果についても報告する。

C.P. Kohl, K. Nishiizumi, Geochim. Cosmochim. Acta, 56, 3583 (1992).

K. Horiuchi et al., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B, 259, 584 (2007).

Y. Saito-Kokubu et al., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B, 361, 48 (2015).

Keywords: ベリリウム、 $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比、キャリア、標準溶液

グラファイト化のための硫黄不純物除去法における ^{14}C 混入汚染の評価 Evaluation of ^{14}C -contamination in different graphite-preparation methods to remove sulfur impurities

竹内絵里奈^{1*}・小嵐 淳¹・國分(齋藤)陽子²・安藤麻里子¹・
西尾智博²・大脇好夫²・松原章浩²
E. Takeuchi^{1*}, J. Koarashi¹, Y. Saito-Kokubu², M. Atarashi-Andoh¹,
T. Nishio², Y. Ohwaki², A. Matsubara²

¹ 日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究センター
(Nuclear Science and Engineering Center, JAEA)

² 日本原子力研究開発機構 東濃地科学研究センター (Tono Geoscience Center, JAEA)

*Correspondence to: E. Takeuchi; E-mail: takeuchi.erina@jaea.go.jp

【目的】加速器質量分析法 (AMS) による ^{14}C 測定では、試料精製中の CO_2 ガスに硫黄酸化物やハロゲン化物等の不純物が含まれているとグラファイト化を阻害するため、銀シート、銀線、サルフィックス試薬 (酸化銀と酸化コバルトの混合物) 等を用いてガス中の不純物を除去する。一方で、多量のサルフィックス試薬を用いると $\delta^{13}\text{C}$ 値が減少する傾向がみられ、AMS 測定値に影響を及ぼす例も報告されており^[1]、不純物除去法自体が炭素の汚染源になることが懸念される。こうした前処理法による汚染は、特に古い年代の試料や少量の試料で推定年代に大きく影響を与えるため、不純物除去法に起因する汚染について評価する必要がある。本研究では、Dead Carbon である試料を用いて、3 種類の不純物除去法について汚染の程度を比較した。

【実験】試料は Aso-4(12 万年前の阿蘇山噴火時の木片) を用い、不純物除去は銀シート (昭光通商)、銀線 (和光純薬工業)、サルフィックス試薬 (キシダ化学) を用いて行った。精製後の CO_2 は、それぞれ鉄触媒水素還元法によりグラファイト化を行い、AMS(JAEA-AMSTONO、15SDH-2、NEC 製) を用いて pMC 値を測定した。

【結果】図 1 に各不純物除去法で得られた pMC 値を示す。pMC 値は、銀シート > 銀線・サルフィックス試薬 (15 粒) であり、銀シートを用いた場合に Modern Carbon による汚染の程度が大きかった。サルフィックス試薬を用いた不純物除去法について、サルフィックス試薬の使用量を 3 粒、45 粒に変化させて比較した。その結果、3 粒使用した場合 (pMC 値 = $0.19 \pm 0.05\%$) では、15 粒使用した場合と比較して pMC 値が低く、サルフィックス試薬自体が Modern Carbon による汚染源になっている可能性が示唆された。今後は、各方法の不純物除去能を評価し、最適かつ効率的な CO_2 ガス精製法を検討していく予定である。

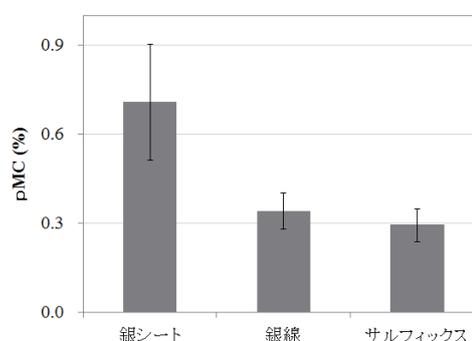


図 1. 各不純物除去法で得られた pMC 値

[1] 中島ら, J. Mass Spectrom. Soc. Jpn., Vol. 52, No.6, 339-346 (2004).

Keywords: グラファイト化、硫黄除去法、銀シート、銀線、サルフィックス試薬

名古屋大学宇宙地球環境研究所における ^{10}Be 分析の立ち上げ Start-up of ^{10}Be analysis at ISEE, Nagoya University

南 雅代^{1*}・藤沢純平²・北川浩之³・國分(齋藤)陽子⁴・Wan Hong⁵
M. Minami^{1*}, J. Fujisawa², H. Kitagawa, Y. Saito-Kokubu³, Wan Hong⁴

¹ 名古屋大学宇宙地球環境研究所 (DCR, ISEE, Nagoya University, Japan)

² 名古屋大学理学部地球惑星科学科 (Department of Earth & Planetary Sciences, Nagoya University, Japan)

³ 名古屋大学大学院環境学研究科 (Graduate of Environmental Sciences, Nagoya University, Japan)

⁴ 日本原子力研究開発機構東濃地科学センター (Tono Geoscience Center, JAEA, Japan)

⁵ AMS Laboratory, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), Korea

*Correspondence to: Masayo Minami; E-mail: minami@nendai.nagoya-u.ac.jp

大気中における ^{14}C ・ ^{10}Be 生成率は、地球に入射する宇宙線の強度に依存して変化する。そのため、樹木年輪、アイスコア、湖底・海底堆積物の ^{14}C ・ ^{10}Be 濃度の変動から、過去の宇宙線強度の変動が復元可能である。さらに、 ^{10}Be は大気エアロゾル等に酸化物や水酸化物の形で付着し、主に降水によって地上に沈積する過程で、地球表層における大気循環や水循環など、全球的・地域的な物質循環の影響を受けることから、過去の気候変動を調べる指標の一つとして近年注目されている。

名古屋大学宇宙地球環境研究所年代測定研究部(旧名古屋大学年代測定総合研究センター)では、過去の太陽活動と地球気候変動に関する研究の推進を1つのミッションとしており、そのための環境試料の ^{10}Be 分析の立ち上げを開始した。まず、堆積物試料の分析法の確立を目指し、① $\text{HNO}_3\text{-HF-HClO}_4$ 混酸を用いた試料分解、②陰イオン交換樹脂(DOWEX 1-X8, 100-200 mesh)ならびに陽イオン交換樹脂(DOWEX 50W-X8, 100-200 mesh)を充填したカラムを用いた Be 分離、③ Be 分画(溶液)からの $\text{Be}(\text{OH})_2$ 沈殿、④ $\text{Be}(\text{OH})_2$ の電子レンジ内での加熱による BeO 生成について検討を行った。本方法で得られた BeO 試料は、Nb 粉末を加え、加速器質量分析用のカソードに詰めた。 ^{10}B 濃度は、日本原子力研究開発機構東濃地科学センターの 5MV ペレトロンタンデム加速器質量分析計(米国 NEC 製、以後 5MV-AMS)ならびに韓国 KIGAM の 1MV タンデトロン加速器質量分析計(オランダ HVEE 製、以後 1MV-AMS)で測定した。

^{10}Be 測定のブランク試薬として、関東化学、和光化学、Merck、Sigma-Aldrich (4 試薬とも原子吸光分析用)、ならびに Merck (ICP 用) の Be 標準液を検討した。その結果、Sigma-Aldrich と Merck (ICP 用) の ^{10}Be 濃度が最も低かった。和光化学と Merck (原子吸光分析用) はそれよりもわずかに ^{10}Be 濃度が高く、また、関東化学は明らかに ^{10}Be 濃度が高かった。このことから ^{10}Be 測定のブランク試薬としては Sigma-Aldrich あるいは Merck (ICP 用) が適切であることがわかった。Merck (ICP 用) 標準液の ^{10}Be 濃度は、5MV-AMS では $^{10}\text{Be}/^9\text{Be} = (7.5 \pm 0.5) \times 10^{-15}$ 、1MV-AMS では $(1.2 \pm 0.2) \times 10^{-14}$ であった。また、 ^{10}Be 濃度の既知試料(ICN 01-5-1 と 01-5-4) の測定における 5MV-AMS の ^{10}Be 計数率は 1MV-AMS に比べて 4-5 倍ほど高かった。

琵琶湖への流入河川の河床堆積物バルク試料の ^{10}Be 測定を 1MV-AMS と 5MV-AMS で行ったところ、ブランク補正後の結果 ($^{10}\text{Be}/^9\text{Be} = 0.9 - 7.5 \times 10^{-12}$) はほぼ一致しており、この濃度範囲においては、加速電圧 1MV の小型 AMS においても、 ^{10}Be が正確に測定可能であることが明らかになった。一方で、緑柱石試料のブランク補正後の $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 測定結果は 1MV-AMS が $(2.6 \pm 1.7) \times 10^{-14}$ 、5MV-AMS が $(2.9 \pm 1.1) \times 10^{-15}$ と大きく異なる値となった。低濃度の ^{10}Be 試料の測定にはより厳密なブランク補正が必要であり、バックグラウンドが低く、 ^{10}Be 計数率の高い 5MV-AMS のほうが有利であることが確認された。

Keywords: ^{10}Be ; sample preparation; 5MV AMS; 1MV AMS

Poster Session
応用研究

Carbon-14 record in two coral cores from the Philippines

Angel T. Bautista VII^{1,2*}, Hiroyuki Matsuzaki¹, Fernando P. Siringan³

¹Department of Nuclear Engineering and Management, The University of Tokyo, Japan

²Philippine Nuclear Research Institute – DOST, Quezon City, Philippines

³Marine Science Institute, University of the Philippines Diliman, Quezon City, Philippines

Correspondence to: Angel T. Bautista VII; E-mail: atbautistavii@gmail.com

In this study, two coral cores from the east (Pacific Ocean, PO) and west (South China Sea, SCS) sides of the Philippines were analyzed for ^{14}C by AMS. A sharp increase in the $\Delta^{14}\text{C}$ of the SCS record was observed between the years 1960-1970. This is mainly attributed to nuclear bomb testing. The PO record, in contrast, recorded the same increase much later at around 1964-1976. It is notable, however, that there was a sharp peak in 1962. This delayed increase in ^{14}C of the PO is possibly attributed to the larger size of the Pacific Ocean (compared to the SCS), which gives the PO stronger buffering capacity to resist changes in isotopic ratios. This discrepancy ^{14}C bomb signals between PO and SCS is contrary to the ^{129}I bomb signals observed in the same corals, which occurred exactly during the same years. These trends demonstrate the difference in ^{14}C and ^{129}I deposition rates, with ^{129}I being faster. Furthermore, prominent peaks were observed around 1959, 1966, 1973, 1982 in the PO record and these remarkably coincide with El Niño events. The PO side of the Philippines is known to have increased upwelling during El Niño episodes, which may explain the perceived correlation with ^{14}C . Lastly, a large increase in $\Delta^{14}\text{C}$ was observed around 1976, coinciding with the north pacific climate regime shift of 1976/77, associated with the Pacific Decadal Oscillation (PDO). Further investigation is needed to explain the correlation between these events.

Keywords: C-14, coral, bomb testing, isotope geochemistry, atmosphere-ocean circulation

福島第一原子力発電所周囲のヨウ素 129 沈着量の推定
Estimation of total deposition amount of ^{129}I around FDNPP

毛偉^{1*}・松崎浩之^{1,2}
 Wei Mao^{1*}, Hiroyuki Matsuzaki^{1,2}

¹The Micro Analysis Laboratory, Tandem Accelerator, The University Museum, The University of Tokyo, 2-11-16 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0032, Japan

²Department of Nuclear Engineering and Management, School of Engineering, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656, Japan

**Correspondence to: Wei Mao; E-mail: mao@nuclear.jp*

On March 11, 2011, a powerful earthquake (magnitude 9.0) occurred in the east coast of Japan and subsequently a gigantic tsunami triggered by the earthquake hit the east coast of the Japan, especially Fukushima prefecture. The emergency cooling facilities of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) was destroyed by the tsunami. Due to the failure of the emergency cooling systems, amounts of radionuclides (e.g., Kr, Te, I, Cs) of the reactor pressure vessels were released into the environment. This leads to an environmental pollution which has radiation effects on humans. One of the most harmful radionuclides is ^{131}I which can be accumulated in the human thyroid gland and cause the thyroid cancer. However, the radioactive half-life for ^{131}I is only 8.02 days. As the atom ratio of $^{129}\text{I}/^{131}\text{I}$ reported by Miyake et al. was constant (31.6 ± 8.9 , 03/15/2011) [1,2], it is reasonable to reconstruct the distribution of ^{131}I by measuring the density deposition of ^{129}I (half-life: 1.57×10^7 yr) around the FDNPP accident region.

In the experiment, 828 surface soil samples were collected around FDNPP region using soil sampler with 5 cm diameter and 5 cm height. After being homogenized and dried, iodine was extracted from the samples by thermal hydrolysis method [3]. ^{129}I was measured using accelerator mass spectrometry (AMS) at Micro Analysis Laboratory, Tandem Accelerator (MALT), The University of Tokyo [4], and AMS results were normalized to the standard Z94-0956 provided by PRIME Lab [5]. For ^{129}I measurement, terminal voltage was 3.48 MV and charge state was 5+. ^{129}I was detected at the final detector filled with P10 gas of 60 Torr. Total deposition amount of ^{129}I around FDNPP was obtained from two-dimensional data interpolation of AMS data in small mesh grids (100×100 , 2 km mesh).

As a result, the distribution of ^{129}I around FDNPP is elucidated. The total deposition amount of ^{129}I around FDNPP is about 1.02 GBq, less than X.L. Hou et al.'s data which is released from FDNPP (8.06 GBq) [6]. The distribution or total deposition amount of ^{129}I will be calculated using physical models (e.g., SPEEDI) [7], in comparison with our AMS data.

[1] Y. Miyake, H. Matsuzaki, T. Fujiwara, T. Saito, T. Yamagata, M. Honda, Y. Muramatsu, *Geochem. J.* 46, 327 (2012). [2] Y. Muramatsu, H. Matsuzaki, C. Toyama, T. Ohno, *J. Environ. Radioact.* 139, 344 (2015). [3] Y. Miyake, H. Matsuzaki, K. Sasa, T. Takahashi, *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B* 361, 627 (2015). [4] H. Matsuzaki, Y. Muramatsu, K. Sato, M. Yasumoto, C. Nakano, *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B* 259, 721 (2007). [5] P. Sharma, D. Elmore, T. Miller, S. Vogt, *Nucl. Instr. Meth. B* 123, 347 (1997). [6] X. Hou, P.P. Povinec, L. Zhang, K. Shi, D. Biddulph, C.-C. Chang, Y. Fan, R. Golser, Y. Hou, M. Jeskovsky, et al., *Environ. Sci. Technol.* 47, 3091 (2013). [7] H. Nagai, H. Yamazawa, *J. Nucl. Sci. Technol.* 34, 835 (1997)

Keywords: Accelerator mass spectrometry, soil, ^{129}I deposition density, data interpolation, physical models

ロシア極東新石器時代遺跡における土器付着炭化物の ^{14}C 年代 Radiocarbon dating of charred residues from Neolithic sites in the Russian Far East

國木田大^{1*}・ポポフ A.N.²・ラシン B.V.²・森先一貴³・松崎浩之⁴
Kunikita, D.^{1*}, A. N. Popov², B. V. Lasin², K. Morisaki³ and H. Matsuzaki⁴

¹ 東京大学大学院人文社会系研究科 (Faculty of Letters, The University of Tokyo)

² 極東連邦大学科学博物館 (Scientific museum, Far Eastern Federal University)

³ 文化庁 (Agency for Cultural Affairs, Government of Japan)

⁴ 東京大学総合研究博物館 (University Museum, The University of Tokyo)

*Correspondence to: Kunikita, D.; E-mail: dkunikita@yahoo.co.jp

近年、遺跡出土土器に付着した炭化物の ^{14}C 年代測定、炭素・窒素同位体分析が盛んに実施され、先史時代における文化編年や食性復元への理解が進みつつある。これまで、筆者らは、東北アジア地域、特にロシア極東地域を研究対象として研究を行ってきた。沿海州ウスチノフカ 8 遺跡の研究事例^[1]、土器出現期の年代解明や食性復元^[2]等に取り組んできた。これらの遺跡では、海洋資源（遡上性のサケ・マス類も含む）や、 C_3 植物および陸上動物、淡水魚を利用した食性が推定される。本研究では、当該地域の新石器時代前期から中期における文化編年や食性に関して議論を行う。

本発表では、ロシア極東沿海州に所在するルザノバ・ソプカ 2 遺跡（ルドナヤ文化）、セルゲエフカ 1 遺跡、ベトカ 2 遺跡、ボイスマン 2 遺跡の計 4 遺跡に関して報告を行う。現状で、測定試料は計 29 試料で、ルドナヤ文化（9080-6485BP）、ボイスマン文化（7160-4870BP）、ベトカ文化（6430-6270BP）の年代値が得られている。当該時期には、世界規模での 8.2k 寒冷化イベントが存在するが、ルドナヤ文化以外は関係しないと考えられる。炭素・窒素同位体、C/N 比分析では、内陸部（ルザノバ・ソプカ 2 遺跡とセルゲエフカ 1 遺跡）と海岸部（ベトカ 2 遺跡とボイスマン 2 遺跡）で大きな差異がある。内陸部の試料は、炭素同位体比が -25‰ よりも軽く、窒素同位体比が 10‰ より低い。対して、海岸部の試料は、炭素同位体比が -25‰ よりも重く、窒素同位体比も 10‰ より高い傾向にある。前者は、窒素同位体比が 9‰ 前後で比較的高いため、淡水魚類等を中心とした陸域生物、後者はサケ・マス類を含めた海洋生物の影響が考えられる。海岸部試料は、海洋リザーバー効果の影響を考慮し、数百年年代値が古く得られている可能性が高い。文化間の比較では、ボイスマン文化プロトタイプ（7000-6730BP）の方が、ボイスマン文化より窒素同位体比が低い傾向を示す。このことは、同文化が年代を経るにしたがい、海洋適応の度合いを増したと評価できるかもしれない。

参考文献

[1] Kunikita, D. et al. (2007) Analysis of radiocarbon dates of an archaeological site in the Russian Far East: The marine reservoir effects as seen on charred remains on pottery. Nucl. Instr. and Meth. B, 259, 467-473.

[2] Kunikita, D. et al. (2013) Dating charred remains on pottery and analyzing food habits in the Early Neolithic period in Northeast Japan. Radiocarbon, 55(2-3), 1334-1340.

Keywords: ロシア極東；沿海州； ^{14}C 年代測定；炭素・窒素同位体比；土器付着炭化物

顕微鏡観察と書誌学的考察を併用した古筆切の¹⁴C年代測定
The dating of ancient calligraphy which used microscope observation, bibliographical consideration and radiocarbon dating

小田寛貴^{1*}・安裕明²・坂本昭二³・池田和臣⁴
 Oda Hirotaka^{1*}, Yasu Hiroaki², Sakamoto Shoji³, Ikeda Kazuomi⁴

¹名古屋大学宇宙地球環境研究所 (ISEE, Nagoya Univ.), ²多賀高等学校 (Taga High School),
³龍谷大学古典籍デジタルアーカイブ研究センター (Degital Archive Research Center, Ryukoku Univ.), ⁴中央大学文学部 (Faculty of Letters, Chuo Univ.)

*Correspondence to: Oda Hirotaka; E-mail: oda@nendai.nagoya-u.ac.jp

貴重な古写経・古写本等には、¹⁴C年代測定法という「破壊」分析を適用することができないことが多い。これに対し、古写経・古写本等が掛軸などにするために数行ごとに切り取られた断簡では、分析への抵抗はやや低い。この断簡を古筆切という。

現在、正倉院には唐風の楷書体で書かれた16巻の四分律が残されている。近年、これらが753年に来日した鑑真によって将来された四分律の一部である可能性が指摘された(杉本一樹,2007)。ただし、奈良時代よりも後世の写しである可能性も残っている。故に、その料紙の¹⁴C年代を測定したいところであるが、「破壊」分析であるが故、その実施は困難である。鑑真が将来した四分律は60巻である。その内、16巻が現存しているわけだが、残り44巻分は散佚してしまっている。近年、この散佚した四分律の一部と思われる古筆切が発見された。第27巻の内容が書かれたこの古筆切(以下、四分律巻第二十七断簡)について、年代測定を行うことで、間接的に正倉院蔵の四分律の年代も求めることができる。そこで、本研究では、まず四分律巻第二十七断簡について顕微鏡観察・書誌学的考察を行うことで、真に正倉院蔵四分律と同一のシリーズの断簡(ツレという)であるかを判定し、その上で、四分律巻第二十七断簡の¹⁴C年代測定を行い、正倉院蔵四分律の年代を明らかにすることを目的とした。

書誌学的な面から対称切・正倉院蔵四分律の両者を比較したところ、法量・界高・界幅・字の大きさ・間隔に有意な差は認められなかった。また、デジタル顕微鏡(KEYENCE社製、VHX-1000)による観察を対称切について行い、正倉院蔵四分律の結果(正倉院紀要,2010)との比較を行った。簀目・紙厚は両者で一致しており、方形の透明な結晶(Cubic Crystal)の混入・打紙加工の跡がともに確認された。以上の結果から、対称切は、正倉院蔵四分律のツレと判定できる。その上で、対象切の¹⁴C年代測定を行った。裏打紙の無いことを確認した後、超音波洗浄、HCl・NaOH処理、グラファイト合成を行い、(株)パレオ・ラボ Compact AMSによって、1323±21BPという¹⁴C年代を得た。

これらの結果から四分律巻第二十七断簡は正倉院蔵四分律のツレであり、これらは、7世紀半ば～8世紀半ばに唐で書写されたものということができる。¹⁴C年代測定法を正倉院蔵四分律に直接適用することは困難である。しかし、そのツレと判断できる古筆切があれば、書誌学的情報・顕微鏡観察を併用することで間接的に¹⁴C年代を求めることが可能となる。

Keywords: 顕微鏡観察；書誌学的考察；¹⁴C年代測定；鑑真将来四分律

南極海オーストラリアー南極海盆における放射性炭素 (^{14}C) と放射性セシウム (^{137}Cs) の鉛直分布

Vertical profiles of radiocarbon (^{14}C) and radiocesium (^{137}Cs) in the Australian-Antarctic Basin in the Southern Ocean

熊本雄一郎^{1*}・青山道夫²・浜島靖典³・佐々木建一¹・村田昌彦¹

Yuichiro Kumamoto¹, Michio Aoyama², Yasunori Hamajima³, Ken'ichi Sasaki¹, Akihiko Murata¹

¹ 海洋研究開発機構 (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

² 福島大学 (Fukushima University)

³ 金沢大学 (Kanazawa University)

*Correspondence to: Y. Kumamoto; E-mail: kumamoto@jamstec.go.jp

南極大陸に隣接する南極海表層で形成される低温・高密度の海水は、南極大陸斜面に沿って沈み込み、海洋底に到達する（南極底層水）。その南極底層水は、海底地形に沿って三大洋を北上し、全球規模の海洋大循環の一翼を担う。その海洋大循環は、過去の気候変動に大きな影響を与えてきたと考えられており、南極底層水の定量化は気候変動に関する研究分野において最も重要な課題の一つとなっている。大気・海洋間気体交換によって海洋に移行したフロンガスは、その形成量を推定するための最も有力な化学トレーサである。一方、1960年代を中心に大気中で実施された核実験によって放出された放射性物質も、フロンガスと同様に化学トレーサとなり得る。その中にはトリチウム、炭素 14、セシウム 137 などが含まれるが、南極海におけるセシウム 137 濃度は 1 Bq/m^3 以下と低いため、その挙動はこれまで不明であった。我々は、2012 年 12 月に南極海インド洋セクションのオーストラリアー南極海盆（南緯 62 度 / 東経 133 度）において、フロンガス、炭素 14、そしてセシウム 137 を同時に観測し、それらの鉛直分布を明らかにした。海水試料は、「みらい」MR12-05 航海において採取された。フロンガスは船上において、ECD 付ガスクロマトグラフィーで測定された。炭素 14 は、海水約 250ml を陸上ラボに持ち帰り、溶存無機炭素の抽出・精製とグラフアイト化を行い、原子力研究開発機構のタンデトロン AMS を用いて測定された。セシウム 137 分析用の海水は各 100L 以上を採取し、陸上ラボにおいて濃縮後、金沢大学低レベル放射能実験施設でそのガンマ線を測定した。セシウム 137 は、フロンガスと同様に海洋表面混合層と海底近くの底層水で相対的に高い濃度が検出された。これは、表層水中セシウム 137 が南極底層水の形成に伴って底層に運ばれたことを示唆している。一方で炭素 14 は、表層水中では高い濃度が観測されたものの、底層水を含む深層水中では鉛直的な変化が見られなかった。これは、炭素 14 には核実験起源だけでなく天然起源のものも存在することから、表層水と深層水の間で濃度差が小さいことが要因であると考えられる。簡単な箱モデルを使って計算すると、セシウム 137 から求められた南極底層水の形成量は、フロンガスから求められたそれよりも一桁程度小さくなった。このことは、両者の気体交換の有無の違いによるものと推察された。本研究成果の一部は、日本原子力研究開発機構の施設供用制度によって得られたものである（課題番号 2014A-F02）。

Keywords: 放射性炭素；放射性セシウム；オーストラリアー南極海盆

堆積岩地域における深層地下水の ^{36}Cl 年代分布：津軽平野および石狩低地帯の事例 Distribution of ^{36}Cl -based ages of deep groundwater in sedimentary areas: case studies from the Tsugaru Plain and the Ishikari Lowland

戸崎裕貴^{1*}・森川徳敏¹・風早康平¹・高橋 浩¹・安原正也²・高橋正明¹・稲村明彦¹
Y. Tosaki^{1*}, N. Morikawa¹, K. Kazahaya¹, H.A. Takahashi¹, M. Yasuhara², M. Takahashi¹, A. Inamura¹

¹ 産業技術総合研究所活断層・火山研究部門 (Geological Survey of Japan, AIST)

² 立正大学地球環境科学部 (Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho University)

*Correspondence to: Yuki Tosaki; E-mail: yuki.tosaki@aist.go.jp

沿岸地域では、超長期的な海面変化によって地下水流動に大きな変化が生じているものと考えられる。氷期の海面低下時には、広域地下水流動の流出域が海側に移動することによって、より深層の地下水流動が活発化する可能性が考えられる。また、沿岸地域では海面変化によって海岸線の形状や流出域の位置が変化しうるため、例えば内海・内湾地域では地下水流動系が大きく変化すると考えられる。したがって、長期の地下水流動を予測する上で、海面変化の影響を評価することは重要である。そのためには、現在の沿岸地域に分布する深層地下水を対象として、過去の海面変化によってもたらされた塩水成分の分布域とその年代を明らかにする必要がある。

本研究では、堆積岩地域の事例として津軽平野と石狩低地帯における結果を報告する。両地域に分布する掘削井から主として高塩濃度の深層地下水試料を採取し、 $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比を測定した。また、対象とした深層地下水の主要な取水層に相当する岩石の全岩化学組成の分析を行い、地層中の $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比の放射平衡値を求めた。

津軽平野では、掘削井のボーリング資料から、ほぼすべての深層地下水は中新統から鮮新統の地層から採取されたものと判断された。Cl 濃度は、海岸から 35 km 程度、標高 40 m 程度内陸までの多くの地点で 1,000–5,000 mg/L であり、 $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比は 12.8×10^{-15} および 14.1×10^{-15} の 2 試料を除いて $3.5\text{--}7.6 \times 10^{-15}$ の範囲であった。これに対して、津軽平野の安山岩・凝灰岩の化学組成から計算される放射平衡値は、 $10.8\text{--}10.9 \times 10^{-15}$ ($n=2$) である。一方、石狩低地帯においても、多くの深層地下水は中新統から鮮新統の地層に相当する。Cl 濃度は、海岸から 40 km 程度、標高 30 m 程度の内陸部まで 5,000 mg/L 以上の地点が多数あり、10,000 mg/L を超える地点も見られた。地下水の $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比が $3.2\text{--}7.2 \times 10^{-15}$ の範囲であったのに対して、放射平衡値は鮮新統荷葉層の砂岩・泥岩で $9.4\text{--}10.4 \times 10^{-15}$ ($n=2$)、始新統若鍋層の砂岩で 10.1×10^{-15} ($n=1$) である。このように両地域において、ほとんどの深層地下水の $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比は、岩石の組成から計算された放射平衡値よりも小さく、放射平衡にはまだ達していないものと推定された。したがって、これらの塩水成分は地層の堆積時に由来するものではなく、海成段丘の旧汀線高度分布を踏まえると、過去数回の海面変化の海進時にもたらされた海水を起源としているものと考えられる。一方で、海水を初期値とした ^{36}Cl 年代は全体として 10 万年から数十万年程度であり、年代分布に明確な傾向は見られなかった。酸素安定同位体比の分布からは、山地部等で涵養された地下水によって塩水がフラッシングされつつある傾向が伺えるが、 ^{36}Cl 年代が 10 年以上を示していることは、堆積岩地域の深層地下水が一度の氷期―間氷期の海進・海退過程では入れ替わらず、置換されにくい特徴をもつ可能性を示唆している。

Keywords: 深層地下水； ^{36}Cl ；地下水年代；堆積岩地域；海面変化

瀬戸内海周辺地域に産する塩水のヨウ素同位体比の測定 ¹²⁹I/¹²⁷I ratios of deep saline water in coastal region of Seto Inland Sea

東郷 洋子^{1*}・戸崎 裕貴¹・森川 徳敏¹・高橋 正明¹・風早 康平¹・松崎 浩之²
 Yoko Togo^{1*}, Yuki Tosaki¹, Noritoshi Morikawa¹, Masaaki Takahashi¹, Kohei Kazahaya¹,
 Hiroyuki Matsuzaki²

¹ 産業技術総合研究所 (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, AIST)
² 東京大学 (The University of Tokyo)

*Correspondence to: Yoko Togo; E-mail: yoko-togo@aist.go.jp

瀬戸内海周辺には、後期白亜紀の花崗岩類や流紋岩類が広く分布している。瀬戸内海沿岸域に産する深層地下水はこれらの岩体の亀裂系に存在しており、高塩分濃度の地下水は、過去から現在にかけて陸域に侵入した海水が含まれると考えられる。このような塩水の塩素同位体年代は、瀬戸内西部で主に2万年以下、東部で2万年以下から10万年以上であり、西から東にかけて年代が古くなる傾向がみられる [1]。本研究では、同じハロゲン元素であるヨウ素や臭素の濃度やヨウ素同位体比 (¹²⁹I/¹²⁷I) の測定を行い、深層地下水の起源の推定を行った。

山口・広島・岡山・兵庫県の沿岸域に産する深層地下水 14 試料を採取した。塩素および臭素濃度はイオンクロマトグラフィー (Dionex, DX-500)、ヨウ素濃度は ICP-MS (Agilent 7700) を用いて測定した。また、ヨウ素が 50 mg/L 以上含まれる 7 試料を対象にヨウ素同位体比の測定を行った。ヨウ素濃度が 350 mg/L 以下の 5 試料については、試料 2L に対してキャリア (Woodward iodine) 1 mg を添加して測定に供した。試料は、四塩化炭素を用いた溶媒抽出および逆抽出を行い、ヨウ素を分離精製した後、ヨウ化銀として沈殿させた。ヨウ化銀は真空乾燥させ、ニオブ粉末と混合し、東京大学 MALT にて ¹²⁹I/¹²⁷I の測定を行った。

試料の塩素濃度は 2800-16200 mg/L、臭素濃度は 6-52 mg/L、ヨウ素濃度は 42-1630 mg/L の範囲であった。I/Cl 比と Br/Cl 比の関係から、最もヨウ素濃度の高い試料はスラブ脱水流体 (スラブ水) の特徴を持ち、他の試料は最もヨウ素濃度の高い試料と海水の混合曲線上に位置した (図 1)。また、ヨウ素同位体比から推定されたヨウ素年代 (初生比 1.5×10^{-12} を仮定 [2]) は、スラブ水の混合割合が高くなるにつれて、古い年代となる傾向があった。ヨウ素年代は塩素年代よりも古く、古い年代を持つスラブ水の寄与が大きい可能性がある。今後、塩素年代とヨウ素年代を同一試料で測定し、詳細に比較する必要がある。

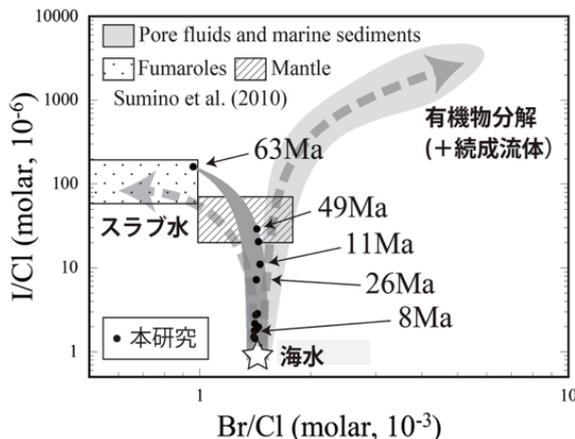


図 1. 試料の I/Cl 比と Br/Cl 比の関係。図中に、ヨウ素同位体比から推定された年代と、間隙水および海底堆積物、火山ガス凝集物、マンタルの持つ範囲を示した [3]。

[1] 戸崎ほか (2013) 日本地下水学会 2013 年度秋季講演会講演要旨, 6-9. [2] Fehn (2012) Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 40, 45-67. [3] Sumino et al. (2010) Earth Planet. Sci. Lett. 294, 163-172.

北極海 - 北太平洋における 2014 年の海水中 ^{129}I 濃度の分布 Distribution of ^{129}I concentration in the Arctic Ocean and North Pacific in 2014

工藤輝^{1*}・山形武靖²・永井尚生²・熊本雄一郎³・西野茂人³・松崎浩之⁴
A.Kudo^{1*}, T.Yamagata², H.Nagai², Y.Kumamoto³, S.Nishino³, H.Matsuzaki⁴

¹ 日本大学大学院総合基礎科学研究科

(Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University)

² 日本大学文理学部

(College of Humanities and Sciences, Nihon University)

³ 海洋研究開発機構 (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

⁴ 東京大学総合研究博物館 (The University Museum, The University of Tokyo)

*Correspondence to: A.Kudo ; E-mail: akira-k@chs.nihon-u.ac.jp

^{129}I は半減期 1570 万年の長半減期放射性核種であり、天然では Xe と宇宙線との核反応や、地殻中 ^{238}U の核分裂によって生成する。しかし、現在、環境中に存在する ^{129}I は核燃料再処理施設や核実験などで放出された人為起源の ^{129}I が支配的であり、特にラ・アーク再処理施設 (仏)、セラフィールド再処理施設 (英) から放出された ^{129}I は人為起源 ^{129}I の 95% 以上を占めている。ヨウ素は海水中の平均滞留時間が 30,000 年と長いため、近年放出の始まった ^{129}I は表層海水の化学トレーサーとして有用である。そこで本研究では、人為起源 ^{129}I をトレーサーとして用いて、北極海、北太平洋における海水の循環構造を明らかにすることを目的とした。

海洋地球研究船『みらい』の MR1404,05 次航海 (2014/7/14-2014/10/7) において採取された海水試料 1L をろ過し、ヨウ素担体を 1mg 加え、 CCl_4 を用いた溶媒抽出法でヨウ素を濃縮した。その後 AgNO_3 を加え、 AgI 沈殿を生成し、東京大学 MALT において加速器質量分析により測定した。

北極海 (75°N,162°W) における ^{129}I 濃度の鉛直分布は、深度 300m 付近に極大層が存在し、表層の ^{129}I 濃度は 300m よりも 2 桁低かった (Fig.1)。2013 年の同測点 (MR1306 次航海) の ^{129}I 濃度の鉛直分布と比較したところ、ほぼ一致した。この測点では、大西洋から北極海に流入した高 ^{129}I 濃度の海水が 300 m 以深に存在し、表層は低 ^{129}I 濃度の太平洋の海水によって薄められるため (Nagai et al., 2015)、深度 200-300m 付近に極大層が存在する鉛直分布となると考えられる。また北太平洋 (47°N,160°E-131°W) の鉛直分布は表層で高く、深層にいくにつれて濃度が減少する傾向が見られ、MR1404 次航海 St.73 (47°N,160°E) と 2012 年 8 月の同測点 (KH-12-4 次航海) の ^{129}I 濃度の鉛直分布と比較したところ、100m 以深から MR1404 次航海の ^{129}I 濃度が KH-12-4 次航海の ^{129}I 濃度よりも低くなる分布を示し、時間経過による変動が見られた。

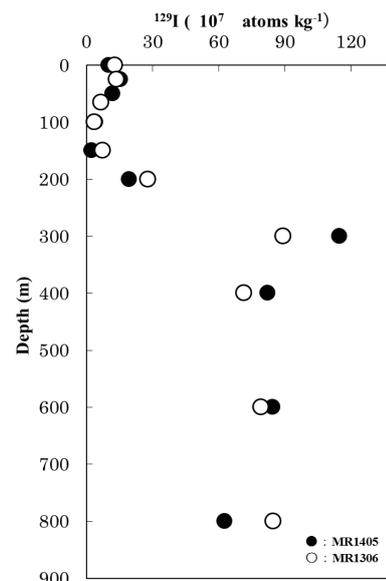


Fig.1 北極海における ^{129}I 濃度の深度分布

Keywords: ^{129}I , 北極海, 北太平洋

福島における西暦 2010 年の晩材に記録された $\Delta^{14}\text{C}$ 増大 Atmospheric $\Delta^{14}\text{C}$ increase recorded in latewood of AD2010 at Fukushima

松中哲也^{1*}・笹公和¹・高橋努¹・松村万寿美¹・末木啓介¹・松崎浩之²
T. Matsunaka^{1*}, K. Sasa¹, T. Takahashi¹, M. Matsumura¹, K. Sueki¹, H. Matsuzaki²

¹ 筑波大学 AMS グループ (AMS group, University of Tsukuba)

² 東京大学 総合研究博物館 (The University Museum, The University of Tokyo)

*Correspondence to: T. Matsunaka; E-mail: matsunaka@tac.tsukuba.ac.jp

1986年のチェルノブイリ原子力発電所 (CNPP) 事故において、 ^{14}C の放出量は 44 TBq と推定され^[1]、30 km 圏内の樹木年輪の ^{14}C 濃度は前後単年輪に比べ 280 Bq kgC^{-1} 増加した^[2]。炉内では $^{14}\text{N} (n, p) ^{14}\text{C}$ 、 $^{13}\text{C} (n, \gamma) ^{14}\text{C}$ 、 $^{17}\text{O} (n, \alpha) ^{14}\text{C}$ の放射化に加え、 ^{235}U の熱中性子核分裂によって ^{14}C が生成される。一方、2011年3月の福島第一原子力発電所 (FDNPP) 事故において、炉内では放射化によって $200\text{--}250 \text{ GBq core}^{-1}$ 、熱中性子核分裂によって $230\text{--}290 \text{ MBq core}^{-1}$ の ^{14}C が生成されたと推定されている^[3]。Tanaka et al. (2014) は、3-4号機付近の瓦礫から $130\text{--}610 \text{ Bq kg}^{-1}$ の ^{14}C を検出した^[4]。FDNPP 事故によって ^{14}C が環境中に放出された可能性があるが、程度や生態系への移行については不明瞭である。FDNPP 事故による ^{14}C 放出を検討するため、25 km 圏内の常緑針葉樹年輪について、事故前後における ^{14}C 濃度を把握した。

2014年6月、FDNPP から北西へ 24 km 地点の常緑針葉樹 (杉) から年輪コアを採取した。年輪年代を決定した西暦 2009 年から 2014 年の単年輪について、早材と晩材に分けてセルロースを抽出した。これらのセルロース試料、NIST-HOxII、IAEA-C1・C6・C8 についてグラフアイトを作製し、東京大学にて $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比と $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を計測した。ターミナル電圧 4.8 MV の条件で、荷電数 4 の $^{14}\text{C}^{4+}$ を固体検出器で計数した。試料の $\delta^{13}\text{C}$ を -25% に規格化して樹木内炭素固定と前処理・測定の際に生じる同位体分別効果を補正し、試料の $\Delta^{14}\text{C}$ を算出した。

西暦 2009 年から 2014 年にかけて、 $\Delta^{14}\text{C}$ が $93.7 \pm 1.1\%$ から $21.7 \pm 0.3\%$ へ減少する中で、2010 年の晩材に増大 ($112 \pm 1\%$) が認められた。樹木の早材は主として春季 (5-7 月) に成長し、常緑針葉樹は冬季の間も成長を続けることが知られている。2011 年 3 月の時点において、杉の早材が未だ成長していなかったとすると、FDNPP 事故起源 $^{14}\text{CO}_2$ が 2010 年晩材に固定された可能性がある。FDNPP 事故の影響が少ない地域における年輪中 ^{14}C バックグラウンドを含めた更なるデータ蓄積が必要である。

[1] UNSCEAR (2000) UNSCEAR Report. [2] Kovaliukh et al. (1998) Radiocarbon, 40, 391-397.

[3] Nishihara et al. (2012) JAEA-Data/Code, 2012-018.

[4] Tanaka et al. (2014) Journal of Nuclear Science and Technology, 51, 1032-1043.

Keywords: $\Delta^{14}\text{C}$, tree ring, Fukushima accident

**第 18 回 AMS シンポジウム
協賛企業 御芳名 (50 音順)**

Ionplus AG

SI サイエンス株式会社

極東貿易 株式会社

有限会社 光信理化学製作所

ジャスコインターナショナル株式会社

JAPAN PJK 株式会社

伯東 株式会社

パリノ・サーヴェイ株式会社

株式会社 パレオ・ラボ



High Voltage Engineering Europa



HVE FACILITY AMERSFOORT, THE NETHERLANDS



HVE 3.0 MV Tandatron Accelerator System equipped for I₂, RBS and PIXE

RBS and PIXE



HVE 5.0 MV Tandatron Accelerator System, detail interior rolled out

Tandatron



HVE 1.0 MV Tandatron ME AMS System, Total System

1.0MV AMS



HVE 3.5 MV Coaxial Singletron

Singletron



HVE 5.0 MV Tandatron ME AMS System, Total System

5.0 MV multi-element AMS



HVE Air Insulated Accelerator System, 500 kV, view Accelerator Tube Side

Air insulated



極東貿易株式会社

電子計測機器部

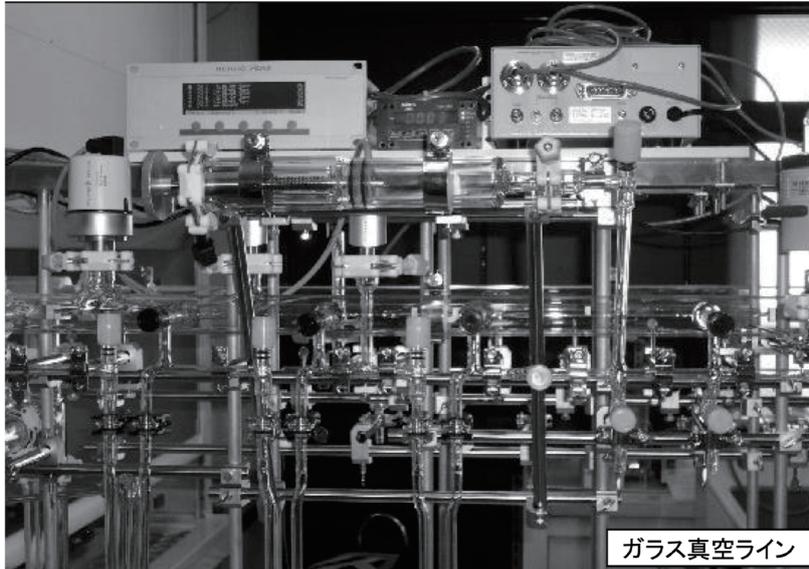
TEL:03-3244-3602

FAX:03-3246-1846

URL:<http://www.kbk.co.jp>

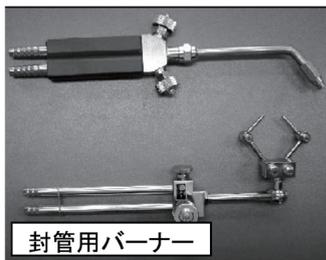
〒100-0004 ● 千代田区大手町2丁目2番1号
● 新大手町ビル 7階

AMS関連機器ラインナップ



ガラス真空ライン

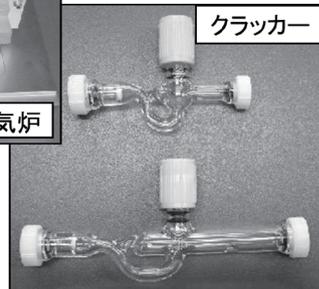
- 真空ライン
 - ・AMS用ガラス真空ライン
 - ・既存ラインの自動化が可能
- 封管バーナー
 - ・アンプル封じ用バーナー (KSE-2/KSE-4)
- 電気炉
 - ・グラファイト還元用電気炉
 - ・ローコストタイプが好評！
- クラッカー
 - ・封管したガラス管のブレーク (φ6/φ9)
- プレス機
 - ・AMS用グラファイトのプレス
 - ・自動により安定したプレスが実現！
- 薬品処理
 - ・AAA自動処理装置



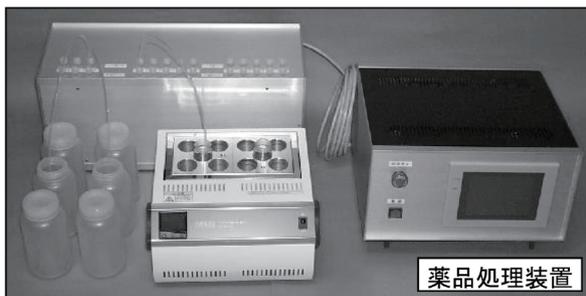
封管用バーナー



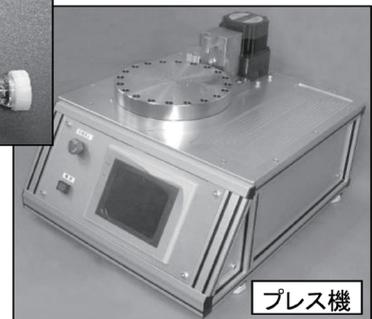
電気炉



クラッカー



薬品処理装置



プレス機

アイデアと匠の創造企業



製造元

販売

光信理化学製作所

本社・東京都豊島区池袋本町1丁目39番2号
 TEL03(3986)0566 FAX03(3986)4756
 HP:<http://www.koshin-rs.co.jp>
 E-mail: daiyou@koshin-rs.co.jp

- 理化学器械
- パイレックス・石英硝子加工及び研磨
- KS式バーナー
- 分析用バーナー
- ガラスフィルター
- 各種濾過装置
- 自動制御機器の開発設計
- 環境測定用真空装置



加工品目

半導体製造装置部品
真空関連機器
精密自動制御機器

取扱材料

タングステン、モリブデン、タンタル、ニッケル、インコネル、ハステロイ
アルミニウム、ステンレス、鉄、真鍮、チタン、白金、金、銀、銅 等金属全般
石英、ガラス類、セラミックス、ピーク、デルリン、テフロン 等絶縁物全般

大学、研究機関向け部品



ハンドプレス機

電子ビーム解析やX線回折などの物性研究に不可欠な粉末圧縮サンプルを安定して製作するには、サンプル製作時のプレス圧を管理する事が必要となります。

これまでは、機械のばらつきや研究者の経験に頼るなど非効率な工程が存在しました。ロードセル付ハンドプレスは、プレス圧を目で確認しながらサンプル製作作業を進めることができます。

シンプルかつ堅牢な構造で、大学や各研究機関で活躍しております。



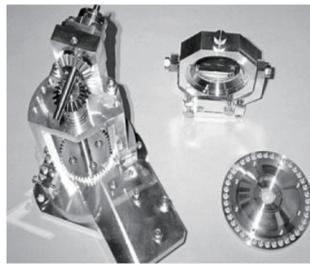
カソードに試料をセットする際に使用する治具とプレスピン

カソードにサンプルをセットする作業性の向上を考え作成いたしました。

また、底辺に位置出し治具を用いることにより治具の変更によりサンプルの位置を自在に変更することができます。



タンタル加工品
ヒーター温度2000°C
反射板 シャッター
すべてタンタル製です。
曲加工 絞り加工
切削加工
ワイヤーカット 放電加工
溶接 スポット溶接
すべての加工可能です



アル加工品

曲加工 絞り加工
切削加工 溶接
一部条件がありますが
すべての加工が可能です。

アルマイト 電解研磨等
表面処理もお任せ下さい。

JAPAN PJKの特徴

- 高融点材料加工及び超硬材料加工を得意とし、試作品、治工具などをはじめ、少量多品種製品のお取扱い。
- 部品及び装置の設計からお手伝いをさせて頂き、完成後のテストまで一貫生産ができます。
- 各種ヒーター及びペルチェユニットの設計製造も行っており、お客様のニーズにお応えしております。
- お客様の案件に、0からお応えさせて頂き、研究 実験のお手伝いをさせて頂いております。

アル加工品



直線導入機



直線回転導入機



JAPAN PJK 株式会社

本社工場 〒144-0056 東京都大田区西六郷1-1-1

TEL : 03-3735-8800 FAX : 03-3735-8799

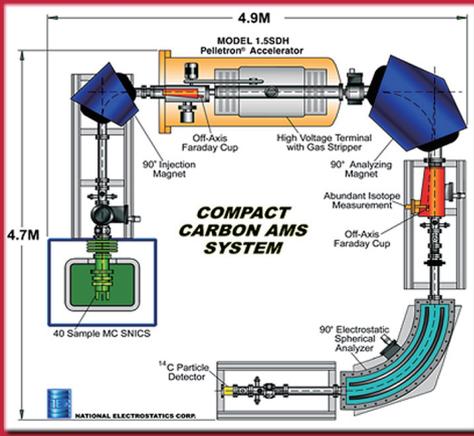
URL:<http://www.jpco.jp/> e-mail:konagaya@jpco.jp



ACCELERATOR MASS SPECTROMETRY

THE WORLD LEADER IN MEGAVOLT ACCELERATOR TECHNOLOGY

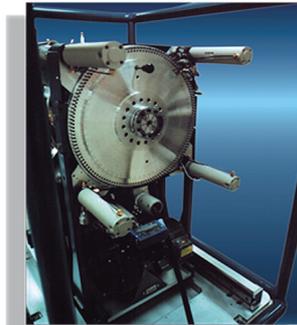
COMPACT CARBON AMS



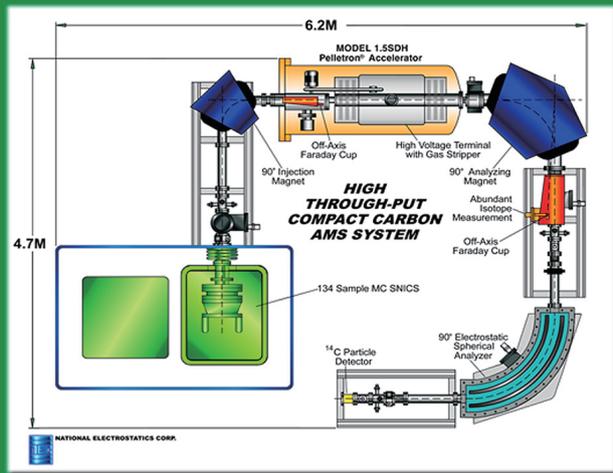
- 高精度 : 0.5%
- 固体・ガスサンプル対応
- 迅速なサンプル交換
- オール金属セラミック製加速管
- 自動データ収集解析システム

- 最大 400 サンプル / 日の処理能力
- 2% 精度 : モダンカーボン

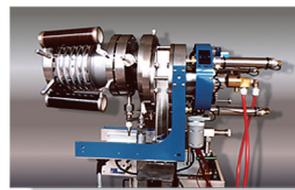
NEC 134 サンプル
マルチカソード SNICS は
単一のカソードホイール
に同時に 134 サンプルを
真空中に装填できます。
通常のサンプル交換に
要する時間は 5 秒以下
です。カソードホイール
の交換に必要な時間は
約 45 分です。



HIGH THROUGH-PUT COMPACT CARBON AMS

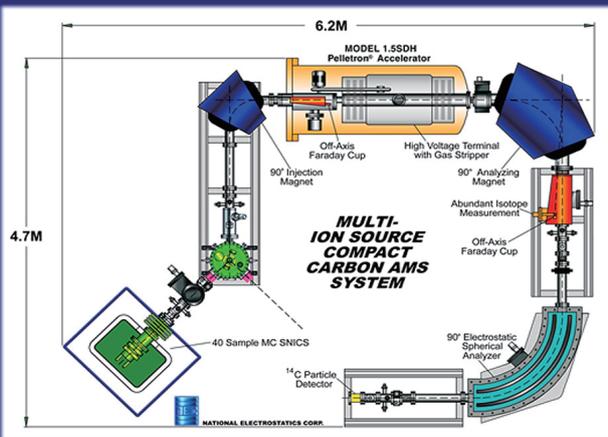


- より広範な用途
- 稼働時間を最大化する
マルチイオン源システム
- 134/40 サンプルイオン源の
で最大のスループット



40 サンプルマルチ
カソード SNICS は
世界の 15 以上の
研究機関で非常に
精度の高い AMS 測定
研究に使用されており、
高い評価を得ています。
ガスレディモデルが
完成しました。

MULTI ION SOURCE COMPACT CARBON AMS



日本総代理店 : ● 伯東株式会社

- 〒 160-8910 東京都新宿区新宿 1-1-13 ● 電話 (03) 3225-8051 ● FAX (03) 3225-9011
- Website: <http://www.g5-hakuto.jp> ● contact@g5-hakuto.jp



HiCubeClassic



HiPace



ASM340



PrismaPlus



ACP

～ファイファーバキューム社 年度末短納期製品のご紹介～

Pfeiffer Vacuum社は昨年、創立125周年を迎えました。
今後ともPfeiffer Vacuum社製品をご愛顧の程、宜しくお願ひ申し上げます。

PFEIFFER VACUUM



TMP排気ユニット HiCube シリーズ

- ▼ボタン一つで全自動運転, 用途に適したポンプを組み合わせることが可能・・・卓上型、可搬型ユニット

ターボ分子ポンプHiPace シリーズ【排気速度(N₂): 35 ~ 685 L/s】

- ▼HiPaceシリーズ: ベアリング型/磁気浮上型 用途に合わせてご提案可能
- ▼高圧縮・高性能・低振動, ディスプレイで各種ステータスのモニターが可能

多段 Roots型ドライポンプ ACP シリーズ

- ▼パーティクルフリー/オイルフリー
- ▼低いメンテナンスコスト(推奨メンテナンスタイム20,000~22,000時間)
- ▼HiPaceと組み合わせ た省エネ運転が可能

ヘリウムリークディテクタ ASM シリーズ

- ▼微小リーク測定可能
最小検知リークレート(真空法) $5 \times 10^{-13} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$
- ▼高速レスポンス
He排気速度 2.5 L/s(ASM340の場合)
- ▼取り外し可能な操作パネル, 9ヶ国言語対応(日・英・中・韓など)

四重極質量分析計 PrismaPlus

- ▼2ms からの高速測定
- ▼8桁のダイナミックレンジ
- ▼128種までのイオンを同時測定可能

フルレンジゴールドカソードゲージ PKR シリーズ

- ▼1台で大気圧から超高真空まで測定可能
- ▼測定原理 ピラニ+ゴールドカソード

伯東株式会社



本社 〒160-8910 東京都新宿区新宿1-1-13
関西支店 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原4-1-6 アクロス新大阪
名古屋支店 〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄1-10-21
伊勢原サービスセンター 〒259-1146 神奈川県伊勢原市鈴川42
<http://www.hakuto-vacuum.jp/>

TEL 03-3225-8938/8939
TEL 06-6350-8913
TEL 052-204-8910
TEL 0463-96-2005

地球の過去から現在を考える。 環境の変遷を時間を追って解明します。

年代・地層対比・環境解析の手段に

花粉化石分析, 珪藻化石分析, 石灰質ナノ化石分析, 有孔虫化石分析, 放散虫化石分析,
植物珪酸体分析, 炭粉分析, 寄生虫卵分析, 脂肪酸分析
火山灰分析(重鉍物組成・屈折率測定),
¹⁴C年代測定

岩石・土壌・資材の分析に

岩石・土壌・コンクリート薄片作製, 顕微鏡観察, 軟X線撮影, X線回折試験,
海浜・河川の重鉍物分析, 資材評価. pH・EC・有機炭素・CEC測定, 蛍光X線試験,
示差熱分析, 赤外線分光分析,
粒度分析, 電子顕微鏡観察. 地層汚染調査分析.

考古学調査に

現地調査・簡易ボーリング・計画立案,
遺跡の層序地形解析・古環境解析
(山地・丘陵地・台地・低地における層相解析, 微化石分析等),
遺構解析
(水田・畑・窯跡・墓・トイレ等の検証),
遺物分析
(石材鑑定・土器胎土分析・種子・材・骨等の同定解析).



PALYNO

パリノ・サーヴェイ株式会社

PALYNOSURVEY Co.

URL ; <http://www.palyno.co.jp> E-mail ; office@palyno.co.jp

本社 〒103-0023東京都中央区日本橋本町1-10-5日産江戸橋ビル2F
TEL 03-3241-4566(代表) FAX 03-3241-4597
E-mail: office@palyno.co.jp

研究所・関東支店 〒375-0011群馬県藤岡市岡之郷戸崎559-3
TEL 0274-42-8129 FAX 0274-42-7955
E-mail: gunma@palyno.co.jp

大阪支店 〒564-0044大阪府吹田市南金田2-3-26 ファー・イースト21 503
TEL 06-6193-9885 FAX 06-6193-9886
E-mail: osaka@palyno.co.jp

沖縄支店 〒901-2226 沖縄県宜野湾市嘉数1-18-1
TEL:098-942-8030 FAX 098-942-8031
E-mail: okinawa@palyno.co.jp

株式会社 パレオ・ラボ

お問い合わせ先

本 社： 048-446-2345

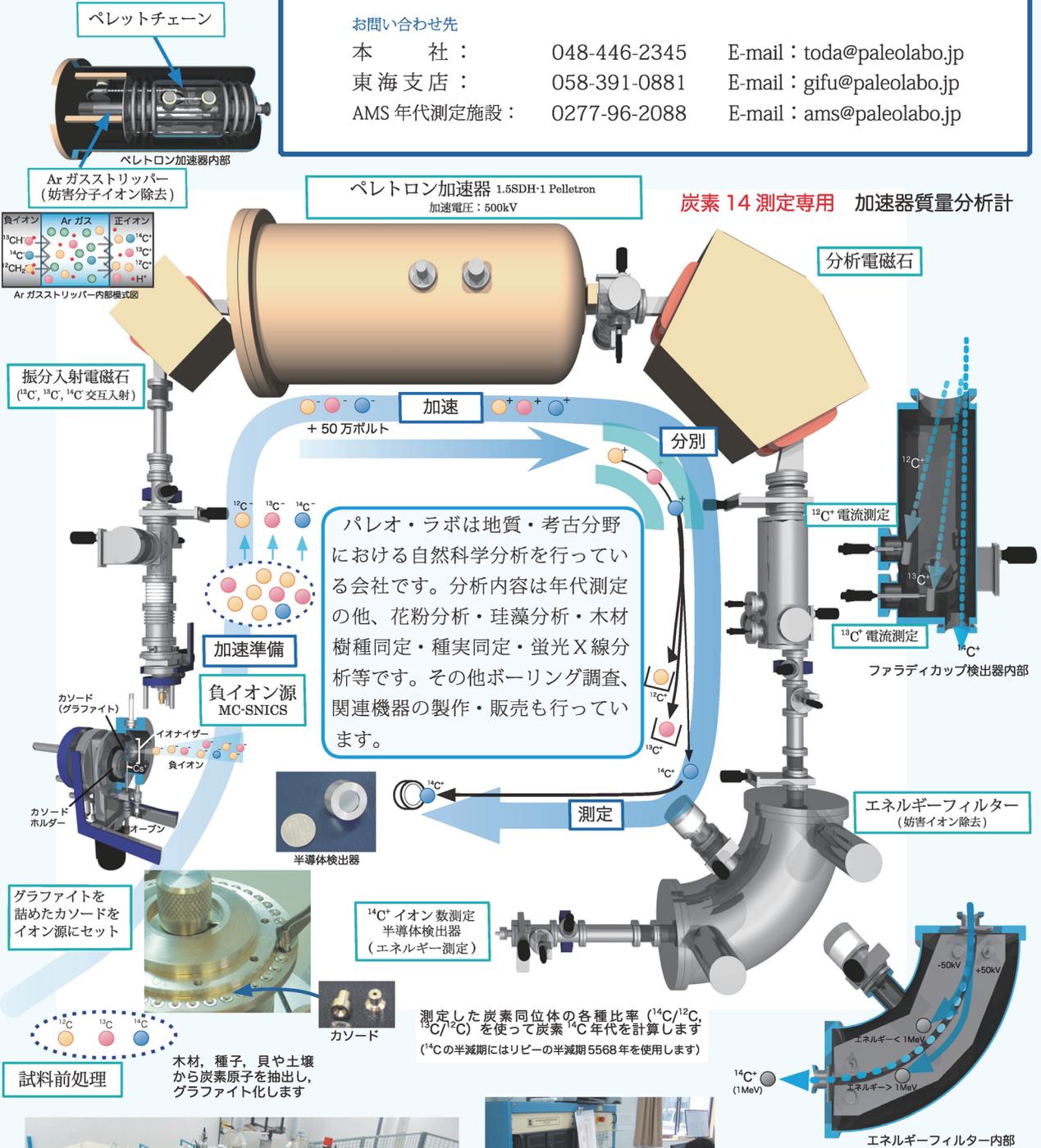
E-mail: toda@paleolabo.jp

東海支店： 058-391-0881

E-mail: gifu@paleolabo.jp

AMS 年代測定施設： 0277-96-2088

E-mail: ams@paleolabo.jp



パレオ・ラボは地質・考古分野における自然科学分析を行っている会社です。分析内容は年代測定その他、花粉分析・珪藻分析・木材樹種同定・種実同定・蛍光X線分析等です。その他ボーリング調査、関連機器の製作・販売も行っています。

炭素 14 測定専用 加速器質量分析計

測定精度
 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$: $< \pm 0.2\%$
 (±18yr に相当)
 (^{14}C : 250,000 カウントの場合 ;
 測定時間, 試料量, 年代による)
 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$: $< \pm 0.2\%$

マシンバックグラウンド
 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$: $< 1.5 \times 10^{-16}$
 (72,000 yrBP に相当)



加速器質量分析計全体



コントロールパネル操作卓

分析の詳細は当社ホームページをご覧ください

<http://www.paleolabo.jp>

編集

実施委員長 米田 穰

実施委員事務局代表 大森 貴之

東京大学 総合研究博物館

〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

TEL: 03-5841-2811 FAX: 03-5841-8451

.....

発行

2016 年 3 月 4 日

日本 AMS 研究協会

.....

印刷

秋田活版印刷株式会社

〒 011-0901 秋田市寺内字三千刈 110-1

TEL: 018-888-3500 FAX: 018-888-3505

.....

第 18 回 AMS シンポジウム ホームページ

URL: <http://c14.um.u-tokyo.ac.jp/jams18/>