

# 米国ジョージア大学同位体研究センターの紹介

## —加速器質量分析法に関する技術交流—

川村秀久\*

### 1. はじめに

米国ジョージア大学同位体研究センター(Center for Applied Isotope Studies, University of Georgia以下CAIS)は、地球化学・環境科学の分野における放射性同位体・安定同位体の分析・動態解析に関し国際的に高い評価を得ている研究機関である。特に放射性炭素( $^{14}\text{C}$ )の半減期を利用した年代測定( $^{14}\text{C}$ 年代測定)技術に優れ、従来からの $\beta$ -線分析法に加え、西暦2000年に加速器質量分析法(AMS法)を新たに立ち上げることにより、分析技術力のさらなる向上と独創性の高い研究テーマの開拓に精力的に取組んでいる。( $\beta$ -線分析法とAMS法については後述する。)

高島理事長と私は、平成15年11月10日から17日にかけてCAISを訪問し、AMS法に関する技術交流を行うとともに、(財)九州環境管理協会(以下KEEA)からCAISに分析依頼する際の取り決めについて打合せを行った。本稿では、訪問に至る経緯を説明し、CAISが提供する分析サービスおよびその取り決め内容(覚書)について紹介するとともに、米国訪問の感想を順に記述する。

### 2. なぜ、AMS法は優れているのか?

$^{14}\text{C}$ 年代測定法は、測定原理により $\beta$ -線分析

法とAMS法の2種類に分類される。 $\beta$ -線分析法とは、 $^{14}\text{C}$ が放出する $\beta$ -線を測定することにより年代を決定する方法である。KEEAが $^{14}\text{C}$ 年代測定法として1994年から適用しているベンゼン合成-液体シンチレーション計数法は、 $\beta$ -線分析法の一つである。一方、AMS法とは、 $^{14}\text{C}$ 原子そのものを測定する方法である。

$\beta$ -線分析法は、Libbyが1950年頃に $^{14}\text{C}$ 年代測定法を確立した時に適用された手法であり、それ以降の長い間、多くの研究者に普及した。しかし、1970年代後半にAMS法が開発され改良がすすむと、現在ではAMS法が $\beta$ -線分析法に代わり主流になりつつある。その最大の理由は、AMS法が $\beta$ -線分析法に比較し千分の一程度の試料量(炭素量換算で約2mg)で $^{14}\text{C}$ を測定できるからである。 $^{14}\text{C}$ 年代測定法では、いざれの測定方法も試料の一部を分取し、その中に含まれる炭素を化学的に取り出して測定することから、一度測定されたものを元の状態に戻すことはできない。そのため、貴重な考古出土品であれば、測定のためだけに全量、そうでなくても試料のもともとの形状を大きく変化させる程度の試料量を分取することはできない。測定のために分取する試料量は極力少ない方が望ましく、この点が $\beta$ -線分析法に比較してAMS法の優れ

\* (財)九州環境管理協会 分析科学部

る大きなメリットになっている。

### 3. なぜ、 CAISなのか？

上述の理由により、試料提供者のニーズが $\beta$ -線分析法からAMS法に移行しつつあるのが現状である。しかし、AMS法は、測定試料（グラファイトターゲット）調製のための煩雑な高真空ガラスラインや高価で規模の大きい加速器などの設備だけではなく、それらを稼働させる高度な化学的・物理的専門知識を持つ人材を必要とする。そのため、日本国内でAMS法により $^{14}\text{C}$ をルーチンで測定できる機関は、名古屋大学、東京大学、国立環境研究所、核燃料サイクル開発機構、日本原子力研究所など公的機関がほとんどであり、これまでに潜在的ニーズはありながらもその商業的利用は極めて限定されていた。

ところで、KEEAはベンゼン合成-液体シンチレーション計数法を導入した1993年12月に、パッカードジャパン社を通じてCAISからお招きしたRandy氏に、 $^{14}\text{C}$ 年代測定法に関する講演と技術指導をお願いしていた経緯がある。その時私はまだ大学生であったが、KEEAへの就職が決まっていたことから、Randy氏から直接指導を受けた。私とCAISとの付き合いはその時からである。CAISがAMS法を導入したことを知ったのは、2002年9月に名古屋大学で開催された加速器質量分析に関する国際学会(AMS-9)で、そのシステムが明らかにされた時である。Randy氏に、KEEAがCAISの提供する分析サービスを利用できないかと相談すると、すぐにOKの返事をいただいた。その分析サービスは、 $^{14}\text{C}$ 年代測定に限らずその他の放射性同位体分析および安定同位体分析も含み、また国内の研究機関に比較して、技術的に優れかつ価格的に

にも大変魅力的である。

以上の経緯から、KEEAはCAISにお世話になることになった。

### 4. 訪問の目的は？

KEEAは、現在までに海外の研究機関にルーチンで分析または業務を依頼した実績はなく、今回が初めてのケースである。取引を行うには、KEEA側からすると納期通りにレポートが得られるか、一方CAIS側からすると請求書通りに分析料金が支払われるか、お互いリスクが想定される。国内で業務を受注する前に、予め取引条件の詳細について話し合い、お互いの立場について理解し合うことの必要性から、CAISを訪問することになった。その主な目的の詳細は以下のとおりである。

- CAISがKEEAに提供できる分析サービスの種類、料金およびレポート納期の確認
- CAISの所有する分析装置、前処理装置および手法の確認
- KEEAのCAISへの支払い条件（納期、取引手段および取引銀行）の確認
- CAISスタッフとの人的交流

### 5. 行程の概要

行程を地図とともに図1に示す。移動には、アトランタ-サンフランシスコ間でデルタ航空を利用した以外は、日本航空もしくはアメリカン航空との共同運行便を利用した（直行便が既になかったため、往きはシカゴ経由、帰りはサンフランシスコ経由。航空運賃はこの方が同一経路よりなぜか安い）。航空運賃はこの時期が一年を通して最も安く、また日本の航空会社は搭乗手続きが迅速で機内サービスも充実していた。ただ、米国内では日本国内に比較し搭乗前のボディーチェックが非常

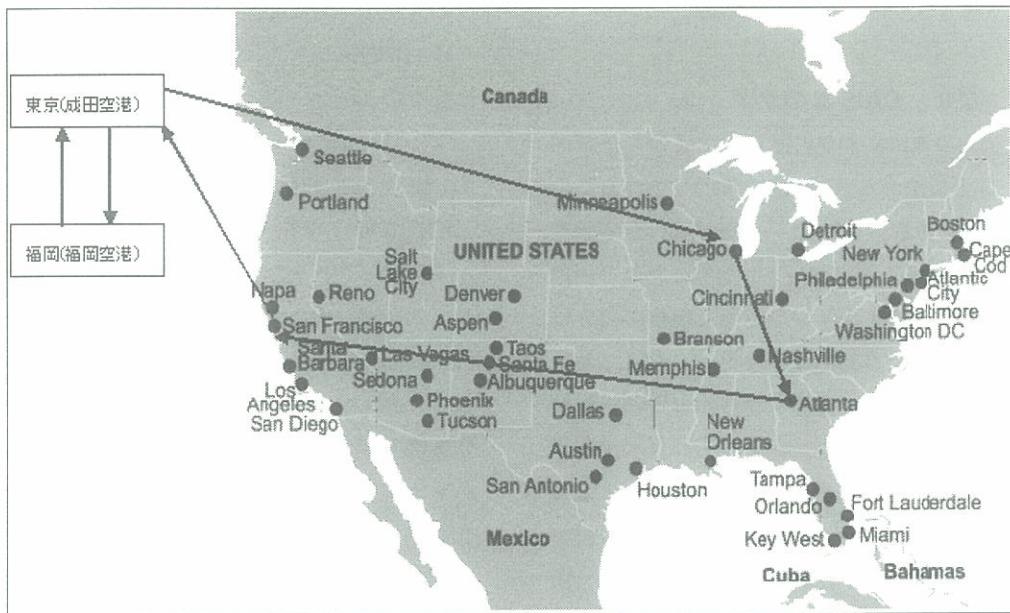


図1 米国地図と訪問の行程

に厳しく、財布や時計、アクセサリーだけでなく、靴やベルト、上着まで検査の対象になるのには驚いた（これは乗客だけでなく乗務員も同様）。

CAISがあるアテンという町は、アトランタ空港からシャトルバスで約2時間のところにある（KEEAを出発してから約27時間）。空港周辺だけでなくアテンまでの道周辺は森林に囲まれ、航空機の離着陸や自動車の交通量が

多いにもかかわらず、空気は大変澄んでいた。ジョージア大学は町のほぼ中心地にあり、CAISはそのキャンパス内にある。ジョージア大学の敷地自体が広大で、大学とダウンタウンの境界がどこなのかが分からない程であった（アテンの町の雰囲気は、日本で例えるとつくば市か？）。郊外にはコットン畑が広がり、農業や畜産業も盛んな町のようであった（図2と図3）。ちなみに、私の生まれ故郷の鹿

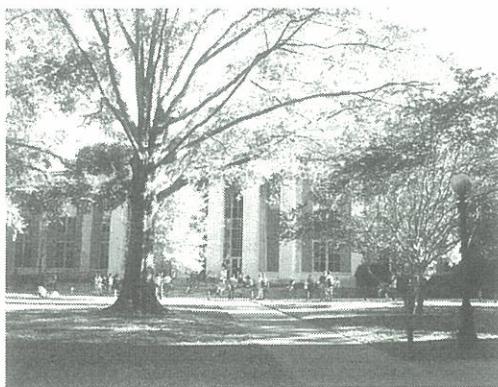


図2 ジョージア大学のキャンパス内



図3 アテン郊外のコットン畑  
(左側がNoakes教授で右側が高島理事長)

児島県とジョージア州は姉妹都市関係にあることを帰国後に知った。滞在期間中、町の“におい”に違和感を感じなかったのは、もともと共通するものがあったせいかもしれない。

11月11日と12日の両日に、CAISの所長であるNoakes教授、Randy氏、高島理事長および私の4人で打合せを行った。その後、CAIS側が MEMORANDUM OF UNDERSTANDING FOR ANALYTICAL SERVICES（分析サービスの取り決めに関する覚書）としてその内容を文書化してお互いサインした。内容の詳細については後述する。

## 6. CAISの紹介

### (1) スタッフ

CAISのスタッフは以下10名である(図4)。

#### ・技術スタッフ

John E.Noakes, Ph.D., Director

Michael P.Neary, Ph.D., Sr Research Scientist

Mohit Nigam, Ph.D., Assoc Research Scientist

Randy A.Culp, Research Coordinator

Doug K.Dvoracek, Research Coordinator

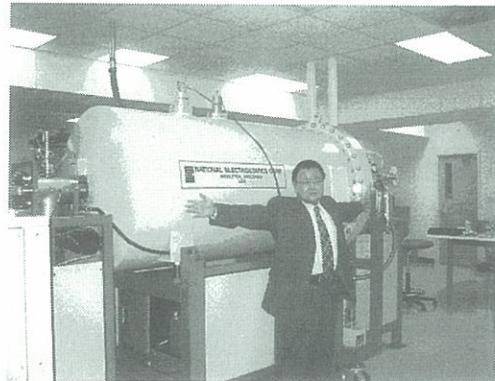


図5 加速器質量分析装置(NEC社製 1.5SDH-1)

Scott E.Noakes, Research Coordinator

Larry N.Greenway, Research Technician

David R.Smith, Research Technician

#### ・支援スタッフ

Carolyn Morrill, Office Manager

Dorothy B.O'Niell, Research Coordinator

### (2) 主な分析サービス

CAISが提供している主な分析サービスを箇条書きにすると以下のとおりである。

#### ・<sup>14</sup>C年代測定(図5は加速器質量分析装置)

図6はCAISが所有するベンゼン合成装置)

#### ・トリチウム分析(通常法と電解濃縮法)



図4 ステーキレストラン前で  
(左から Randy 氏, Dvoracek 氏, Noakes 教授, 私)

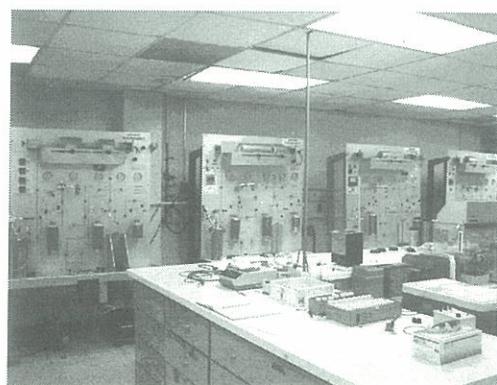


図6 ベンゼン合成装置

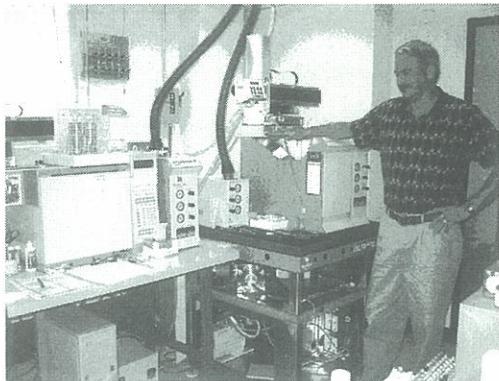


図7 安定同位体比分析装置（サーモクエスト社製DELTA plus XL）とRandy氏

- ・<sup>14</sup>Cとトリチウムを用いた天然品の素性検査
- ・安定同位体比測定（図7）
- ・蛍光X線分析
- ・水試料中ラドン分析
- ・ガスクロマトグラフ質量分析法
- ・希ガス分析
- ・ $\alpha$ -線／ $\gamma$ -線分析

## 7. 取引条件

覚書を図8に示す。その内容は以下のとおりである。

### ・GENERAL TERMS (一般条項)

次の取り決めは、CAISがKEEAに対して提供する分析サービスに関するものである。この取り決めは、ジョージア大学のキャンパス内にあるCAISで、2003年11月11日と12日の両日に開かれたミーティングにおいて、互いに有益になるものと同意した条項に基づいている。

### ・ANALYTICAL SERVICES and ASSOCIATED COSTS (分析サービスとそのコスト)

KEEAが利用可能なCAISの分析サービスの種類を添付資料Aに説明している。その分析サービスには、液体シンチレーション計数

法、GC/MS法およびAMS法などを用いて行われる様々な安定同位体比、放射性同位体測定が含まれている。それらの分析サービスに必要となる費用は、納期を標準納期と特級納期とに分けて添付資料Aに説明している。

### ・DELIVERABLES (納期)

CAISは添付資料Aに説明しているように納



**MEMORANDUM OF UNDERSTANDING  
FOR ANALYTICAL SERVICES**

Center for Applied Isotope Studies, University of Georgia  
Kyushu Environmental Evaluation Association  
November 12, 2003

**GENERAL TERMS**

The following understanding concerns analytical services to be provided by the Center for Applied Isotope Studies (CAIS) to the Kyushu Environmental Evaluation Association (KEEA). This understanding is based on mutually beneficial terms agreed upon during meetings held November 11-12, 2003, at the CAIS laboratory on the UGA campus.

**ANALYTICAL SERVICES AND ASSOCIATED COSTS**

Analytical service capabilities of the CAIS to be made available to KEEA are outlined in Exhibit A. Standard and advance stable isotope ratio and radiotracers measurements to be performed using liquid extraction counting, gas chromatography/mass spectrometry, and accelerator mass spectrometry techniques. The costs for the various analytical services, including separate pricing schemes for standard delivery and advance delivery (rush) samples, are also outlined in Exhibit A.

**DELIVERABLES**

The CAIS will retain the results of sample analysis submitted by KEEA for standard and advance delivery as outlined in Exhibit A. All results will be reported by e-mail to KEEA, and followed by a formal report and an air mailing. An example of the CAIS report to be provided by fax and e-mail is provided in Exhibit B.

118 Research Road • Athens, Georgia 30602 • Tel: 706-542-1270 • Fax: 706-542-4126  
An Equal Opportunity/Affirmative Action Employer

Memorandum of Understanding for Analytical Services (page 2)  
November 12, 2003

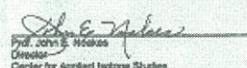
**PAYMENT**

Payment for analytical services will be made in U.S. dollars within 30 days of the receipt of the CAIS invoice. Payment will be accepted either by wire transfer to a bank account designated by the CAIS, or by a check drawn on a U.S. bank and delivered by express mail. KEEA will be responsible for any wire transfer transaction fees. No fees for analytical services will be charged unless final results are reported.

**SPECIAL TERMS**

CAIS will provide DARDG policy to KEEA upon request. Radiocarbon intercomparisons between CAIS AMS and KEEA beta-counting techniques will be performed by both the CAIS and KEEA once each year to confirm accuracy and precision.

**SIGNATURES**

  
Prof. John E. Hevesi  
Director  
Center for Applied Isotope Studies

  
Prof. Yoshiharu Takahashi  
President  
Kyushu Environmental Evaluation Association

図8 覚書

期を標準納期と特級納期とに分けて、KEEAにより依頼された分析の結果を報告する予定である。すべての結果は、はじめにe-mailでKEEAに速報した後に、FAXおよびエーメールで通知する予定である。FAXとエーメールで通知されるCAISのレポートのサンプルは添付資料Bのとおりである。

#### • PAYMENT (支払い)

分析サービスの支払いはCAISからの請求書を受取後30日以内にUSドルでなされるものとする。支払いはCAISにより指定された銀行口座への電信送金、または米国銀行で引き出し可能な送金小切手(速達利用)のどちらかによるものとする。

#### • SPECIAL TERMS (特別条項)

CAISはKEEAの要望によりQA/QCに関する情報を提供する。またCAISによるAMS法とKEEAによる $\beta$ -線分析法との間で、一年に一度、正確さと精度を確認するために $^{14}\text{C}$ の相互比較をするものとする。

#### • SIGNATURES (サイン)

CAISのNoakes教授とKEEAの高島理事長がサイン

#### • EXHIBIT A - ANALYTICAL SERVICES (添付A - 分析サービス)

分析サービスの概要は以下の通りである。

- (1) Radiocarbon dating -  $^{14}\text{C}$ 年代測定  
(AMS法と $\beta$ -線分析法) -
- (2) Natural product authenticity testing -  
天然品真偽検査 ( $\beta$ -線分析法) -
- (3) Stable isotope ratio analysis - 安定同位体比分析 ( $\delta\text{ D}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) -
- (4) Tritium & tritium enrichment analysis  
- トリチウム電解濃縮分析 -

#### • EXHIBIT B - TYPICAL ANALYSIS

#### REPORT (添付B - 分析レポート様式)

$^{14}\text{C}$ 分析レポートのサンプル。レポートには、年代測定機関コード番号(UGA #またはUGAMS #), サンプルID, 放射性炭素年代, 放射性炭素 $\delta^{13}\text{C}$ 補正年代,  $\delta^{13}\text{C}$ 値が記載される。

### 8. 米国訪問の感想

私にとって今回が始めての米国訪問であり、最初は私の貧弱な語学力のため躊躇したものの、訪問して本当に良かったと思うことが2つあった。一つは米国人の豊かさに触ることができたことである。土地が広く空間的に豊かでありまた経済的にも豊かであれば心の持ち方も豊かになるのか、米国人は非常におおらかである印象を受けた。これは大学関係者に限ったことではなく、様々な人々から受けた印象である。訪問前に私が抱いていたイメージとは全く違っていた。もう一つは人脈(人との出会いと付合い)の大切さを改めて学んだことである。Noakes教授やRandy氏は研究内容だけでなく人間的にも大変優れた方々で、このような方々と出会うことができまたこれからもお付合いさせて頂けることを今回の訪問中に大変嬉しく思った。いろいろな点で大変有意義な訪問であったと思う。

### 9. 謝辞

本訪問は、(財)環境科学技術研究所から多数の試料の分析を受託した事が機会となって実現した。同研究所およびご担当者の上田真司氏と柿内秀樹氏には大変お世話になった。ここに改めて御礼申し上げます。