

水試料の放射性炭素分析のための前処理法の比較検討

Start on RICE-W (Radiocarbon Intercomparison on Chemical Experiments, Water series) project

南 雅代^{1*}・高橋 浩²・荒巻能史³・太田友子¹・中村俊夫¹

Masayo Minami^{1*}, Hiroshi A. Takahashi², Takafumi Aramaki³, Tomoko Ohta¹, Toshio Nakamura¹

¹名古屋大学年代測定総合研究センター・²産業技術総合研究所・³国立環境研究所

¹Center for Chronological Research, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-8602, Japan

²Geological Survey of Japan, AIST, Tsukuba, Ibaraki 305-8568, Japan

³National Institute for Environmental Studies, Ibaraki 305-8506, Japan

*Corresponding author: minami@nendai.nagoya-u.ac.jp

Abstract

We have initiated a Radiocarbon Intercomparison on Chemical Experiments, Water series (RICE-W) project. Here are briefly summarized the contents of the past international intercomparison programs of ICS, IAEA, TIRI, FIRI, and VIRI, and introduced the ¹⁴C preparation systems of dissolved inorganic carbon in water samples by precipitation, gas extraction, and headspace extraction. Four kinds of water samples (surface seawater, ground water, hot spring water, and sodium bicarbonate solution) have been already provided to 6 laboratories, and are being prepared for ¹⁴C measurements. The participation of more AMS facilities that are now carrying out or interested in ¹⁴C study on water samples are welcomed. We are scheduled to start the RICE-W project in earnest this year.

Keywords: RICE-W project; radiocarbon; water sample; intercomparison

1. はじめに

放射性炭素 (¹⁴C) は、年代測定の手段としてのみならず、環境動態解析におけるトレーサーとしても重要である。加速器質量分析法 (Accelerator Mass Spectrometry: AMS) による ¹⁴C 測定が可能になったことで、測定に必要な試料炭素量が大幅に減少するとともに、短時間で大量の ¹⁴C データが得られるようになり、多くの測定データが必要とされる環境動態解析も盛んに行なわれるようになってきた。特に近年、数 μg というごく微量の炭素量で ¹⁴C 測定が可能になってきたことで、試料の適用範囲が大幅に広がり、¹⁴C データが量産される状況にある。¹⁴C データの信頼性をチェックするために、これまで数回、¹⁴C 分析に対する研究機関に

よるばらつきを検討する ^{14}C の国際比較プログラムが実施されてきている。しかし、これらは木片、大麦、フミン酸、骨といった固体試料が対象であり、水試料についての比較検討はこれまでなされていない。水試料中の溶存無機炭素 (DIC) の ^{14}C 分析のための前処理法としては、DIC を炭酸塩として沈殿生成させた後、酸を添加して CO_2 を発生させる沈殿法が古くから用いられてきた。近年は、バブリングによって水試料中の CO_2 を分離抽出するバブリング法が一般的であり、また、水試料を導入する容器のヘッドスペースを利用して CO_2 を抽出させる方法も導入されつつある。日本の ^{14}C 研究機関においては、これらの方法のいずれか、あるいは独自に改良した方法を用いて水試料の前処理を行っており、統一基準がないにもかかわらず、前処理法の違いによる ^{14}C 相互比較はこれまで行われていない。そこで我々は、炭素濃度・塩濃度の異なる共通の水試料 (海水、温泉水、地下水、炭酸水素ナトリウム水溶液) を各機関に配布し、通常行っている前処理法で水試料の調製を行ってもらうことにより、水試料の前処理法の違いによる ^{14}C 比較を行うプロジェクト (RICE-W: Radiocarbon Intercomparison on Chemical Experiments, Water series) を立ち上げた。本プロジェクトにおいては、水試料の前処理法の違いの他、水銀添加の有無や保存容器の違いによる ^{14}C 値への影響など、いくつかの検討項目を設定している。本稿においては、過去に行なわれた ^{14}C 国際比較プログラムの内容を概観し、今回の RICE-W プロジェクトの概要を示す。

2. ^{14}C 国際比較プログラム

これまでに、5 回の ^{14}C 国際比較プログラムが行なわれている。第 1 回目は、1980 頃から始動し、1986 年の第 12 回 International Radiocarbon Conference で本格的に開始された International Collaborative Study program (ICS) である。16 試料が各研究室に配布され、グラスゴー大学を中心に 60 研究室が参加した。このときはガス比例計数管 (GPC: Gas Proportional Counters), LSC による ^{14}C 国際比較が実施された (Pazdur *et al.*, 1990)。

第 2 回目は、1990 年 5 月に、IAEA が中心となり、137 研究室が参加して実施された。用いられた試料は IAEA-C1~C6 であり、現在、 ^{14}C 標準試料として用いられているものである (表 1)。この時に得られた 69 の ^{14}C 結果のうち、25 が GPC, 38 が LSC, 6 が AMS によるものであった (Rozanski *et al.*, 1992)。

Table 1. Samples in IAEA program with consensus values
表 1. IAEA プログラムの試料と ^{14}C 推奨値

Sample	Material	^{14}C (pMC)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰)
C-1	Marble	0.00±0.02	2.4±0.3
C-2	Travertine	41.14±0.03	-8.3±0.3
C-3	Cellulose	129.41±0.06	-24.9±0.5
C-4	Wood	0.20~0.44	-24.0±0.6
C-5	Wood	23.05±0.02	-25.5±0.7
C-6	Sucrose	150.61±0.11	-10.8±0.5

第3回目 (Third International radiocarbon Intercomparison: TIRI)は1991年の第14回 International Radiocarbon Conference で口火が切られた。表2に示すように、考古学から地質学の分野を網羅する大麦、フミン酸、骨、年輪試料等、多種類の13試料が用いられた。ステージ1は、核となる6試料 (TIRI-A~F)について実施され、90の研究室が参加している (Gulliksen and Scott, 1994)。用いられた手法は42がLSC, 18がGPC, 11がAMSによるものであった (Scott, 2003a)。さらに、ステージ2の7試料 (TIRI-G~M)は、希望する40研究室のみが参加し、11がGPC, 25がLSC, 3がAMSによるものであった (Scott, 2003a)。

第4回目 (Fourth International radiocarbon Intercomparison: FIRI)はグラスゴー大学が中心となり、1999年に開始された。試料は木片、フミン酸、大麦、セルロース、タービダイトの5種類、10試料 (FIRI-A~J)である (表3)。FIRI-A, Bは、IAEA C-4と同様、Kauri wood試料であり、FIRI-Cは、TIRI-Kと同じものである。また、オプション試料として、Cambridge cellulose (FIRI-K), Dogee Barrow wood (FIRI-L), St Bees whole peat (FIRI-M), Mammoth tusk (FIRI-N, O, and P), Leather (FIRI-Q)も用いられている。FIRIの際は70研究室が参加し、用いられた手法は19がGPC, 42がLSC, 17がAMSによるものであった (Scott, 2003b)。

Table 2. Samples in TIRI program with consensus values

表2. TIRIプログラムの試料と¹⁴C推奨値

Sample	Material	¹⁴ C age (BP)
TIRI A	Barley mash	116.35±0.0084 pMC
TIRI B	Belfast pine	4503±6
TIRI C	IAEA cellulose	129.7±0.08 pMC
TIRI D	Hekla peat	3810±7
TIRI E	Ellanmore humic	11,129±12
TIRI F	Doublespar	46,750±208 (0.18±0.006 pMC)
TIRI G	Fuglaness wood	39,784±620
TIRI H	Ellanmore peat	11,152±23
TIRI I	Travertine	11,060±17
TIRI J	Buiston Crannog wood	1605±8
TIRI K	Turbidite	18,155±34
TIRI L	Whalebone	12,788±30
TIRI M	Icelandic peat	1682±15

Table 3. Samples in FIRI program with consensus values

表3. FIRIプログラムの試料と¹⁴C推奨値

Sample	Material	¹⁴ C age (BP)
FIRI A, B	Kauri wood	0.24 pMC
FIRI C	Marine turbidite	18,176±10.5
FIRI D, F	Belfast dendro-dated wood	4,508±3
FIRI E	Humic acid	11,780±7
TIRI G, J	Barley mash	110.7±0.04 pMC
TIRI H	Hohenheim wood	2,232±5
TIRI I	Belfast dendro-dated cellulose	4,485±5

第5回目 (Fifth International radiocarbon Intercomparison: VIRI)は、3ステージにわたって、試料の不均質性などの検討も含め、さまざまな種類、さまざまな年代をもつ試料を用いて比較検討が行なわれた (表4)。2004年の9月に始まったステージ1は、塊状の試料の比較として大麦、炭化物の2種類、4試料 (VIRI-A~D)について行なわれた。VIRI-Cは TIRI-G, Jと同じものである。ステージ1には70研究室が参加し、GPCによって12, LSCによって33, AMSによって35の ^{14}C 結果が報告されている (Scott *et al.*, 2007)。ステージ2は2005年10月に始まり、5種類の骨試料について実施された。GPCによって6, LSCによって5, AMSによって40の ^{14}C 結果が得られている (Scott *et al.*, 2010a)。さらにステージ3は、木片、セルロース、貝殻、大麦の粉、フミン酸、炭化物の12試料が配布され、52の研究室が参加し、GPCによって2, AMSによって32の ^{14}C 結果が報告されている (Scott *et al.*, 2010b)。

Table 4. Samples in VIRI program with consensus values

表4. VIRIプログラムの試料と ^{14}C 推奨値

Sample	Material	^{14}C age (BP)	Sample	Material	^{14}C age (pMC)
VIRI-A	Barley mash grain	109.1±0.04 pMC	VIRI-J		0.4603±0.008
VIRI-B	Charred grain	2820±3.3	VIRI-T	Humic acid	65.821±0.0333
VIRI-C	Barley mash grain	110.7±0.04 pMC	VIRI-U		23.079±0.0155
VIRI-D	Charred grain	2836±3.3	VIRI-K		0.0576±0.0062
VIRI-E	Mammoth bone	39,305±121	VIRI-L		75.719±0.0395
VIRI-F	Horse bone	2,513±5	VIRI-M	Cellulose	73.900±0.0322
VIRI-G	Human bone	969±5	VIRI-N		73.839±0.0392
VIRI-H	Whalebone	9,528±7	VIRI-O		98.457±0.0385
VIRI-I	Whalebone	8,331±6	VIRI-P	Charcoal	80.457±0.0862
			VIRI-Q		92.383±0.0512
			VIRI-S	Barley mash	109.96±0.0417
			VIRI-R	Shell	73.338±0.0368

上述した5回の ^{14}C 国際比較プログラムにおいて、 ^{14}C 測定に用いられたGPC, LSC, AMS各手法の割合を図1に示す。GPCは1990年から2010年にかけて常に減少、LPCは1995年頃にピークを迎えた後に減少、AMSは2000年半ば頃から飛躍的に増大し、2010年においてはほとんどがAMSに代わってしまっている。この結果からも、 ^{14}C 国際比較プログラムは、FIRI辺りまでは測定法の違いによる ^{14}C 値の比較という意味合いが大きなウェイトを占めていたと考えられるが、VIRIのステージ2, 3の頃には、試料調製法

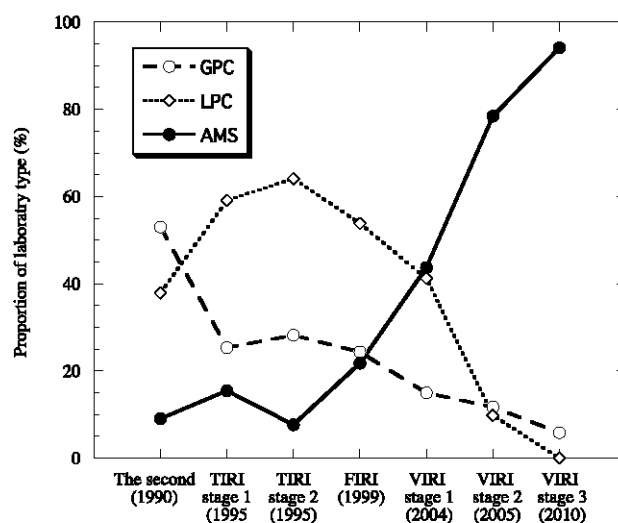


Fig. 1. Proportion of GPC, LPC, and AMS used in individual international comparison programs.

図1. それぞれの国際比較プログラムで用いられたGPC, LPC, AMSの割合

や AMS- ^{14}C 測定のパックグラウンド補正の違いによる ^{14}C 値の比較という意味合いが強くなってきていると言える。この他、大気中の ^{14}C 国際比較 (Miller *et al.*, 2013) や、大気エアロゾルの ^{14}C 国際比較 (Szidat *et al.*, 2013) も実施されているが、全てが AMS を用いており、特に、Szidat *et al.* (2013) は、全炭素 (TC) を有機炭素 (OC)、元素炭素 (EC) に分離抽出する方法の違いに起因する ^{14}C の比較を主としている。

近年、数 μg という微量の炭素量で高精度な AMS- ^{14}C 測定が可能になり、汚染、試料の不均質、試料調製法による違いなど、以前は測定誤差に含まれ、見えなかった違いが判別可能になってきた。水試料の ^{14}C 分析においても同様のことが言え、沈殿法、バブリング法、ヘッドスペース法など、水試料の前処理法の違いによる ^{14}C 値の違いの有無を詰めておくことは重要であると考えられる。次の章においては、現在、日本の ^{14}C 研究機関において主に行われている水試料の前処理法について簡単に紹介する。

3. DIC の ^{14}C 分析の前処理法

水中の DIC の ^{14}C 前処理法の必要条件として、①外来炭素の汚染がないこと、② CO_2 回収率が高く、同位体分別がないこと、③さまざまな炭素濃度の試料に対応できること、④試料調製にかかる手間が少なく短時間で処理可能なこと、⑤低コストなこと、などが挙げられる。④⑤は大量の数の ^{14}C 分析を行なう際に重要な事項であり、③は陸水のように DIC 濃度が数 mg/L から数千 mg/L と数 100 倍以上変化する試料を扱う際に問題となっていく事項である。

水中の DIC の ^{14}C 分析の前処理法としては、水試料に SrCl_2 や BaCl_2 試薬を添加して炭酸塩を沈殿生成させた後、酸（リン酸を用いることが多い）を添加して発生する CO_2 を回収する方法（沈殿法）が古くから用いられてきた (e.g., Haynes and Haas, 1990; Drimmie *et al.*, 1991)。沈殿法の概略を図 2 に示す。沈殿法は、通常の CO_2 精製ラインを用いて試料精製が可能であり、容積の異なる反応容器を用いることにより、DIC 濃度の異なる水試料に対しても柔軟に適用可能であるという利点を有している反面、沈殿成長に時間を要するため、化学処理に時間がかかる（約 1 週間）上、塩分の多い海水など、水試料の化学組成によっては、沈殿が生成せずに、炭素回収率が低いことが起こることがあるという欠点を有している。

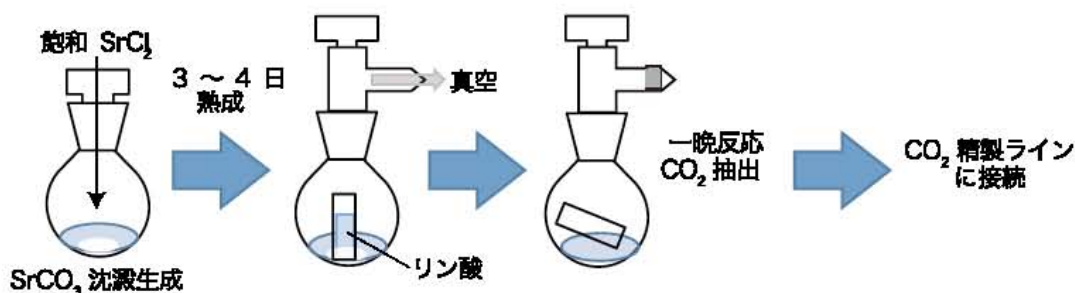


Fig. 2. Scheme of the precipitation method for ^{14}C analysis of water samples.

図 2. 沈殿法による水試料 ^{14}C 分析の概略

一方、現在、世界的に最もよく用いられている前処理法は、水試料に酸を注入し、 N_2 や He ガス等でバブリングすることにより、水試料から CO_2 を分離抽出する方法である。海水の ^{14}C 分析においては、海洋循環に関するグローバルな研究推進のために、WOCE (World Ocean Circulation Experiment) 基準と呼ばれる国際標準手法として、バブリング法が採用されている (McNichol *et al.*, 1994; Key *et al.*, 1996)。図3に、国立環境研究所の荒巻ラボのWOCE基準の海水調製用ライン図を示す。この方法は、試料調製時間が30分以内（脱気10–15分、精製10–15分）と短く、さらに炭素回収率が高く（98%以上）、短時間で高精度な処理が可能であるという利点を有するが、水試料をバブリングするためのガス導入装置、ガス循環ポンプ等が必要な上、バブリングガスに含まれる微量 CO_2 が水試料を汚染する可能性があるという欠点を有している。また、陸水のように、試料によってDIC濃度が数 mg/L から数千 mg/L と数100倍以上異なる場合は、導入する試料の量を変化させるために、それぞれの試料量に合う容積の試料容器、採気管等の用具を揃える必要があるという面倒さ、コストの問題がある。したがって、バブリング法は、海水のようにDIC濃度があまり変化しない試料に対しては非常に有効であるが、陸水のように、DIC濃度が高低さまざまな試料の場合は、不向きであると言える。

土屋・和田（2002）は、これらのバブリング法の欠点を解消するために、DURAN社製の採取容器をそのまま使い、蓋に穴を開け、注射器でリン酸を注入して攪拌した後、超音波によって CO_2 を発生させるDIC抽出方法を試みている。この方法は、試料のDIC濃度によって、容器が容易に変更できるという利点を有しているが、針を刺した状態で接続部の真空を保持することが難しく、大気混入の恐れがあるという欠点を有している。

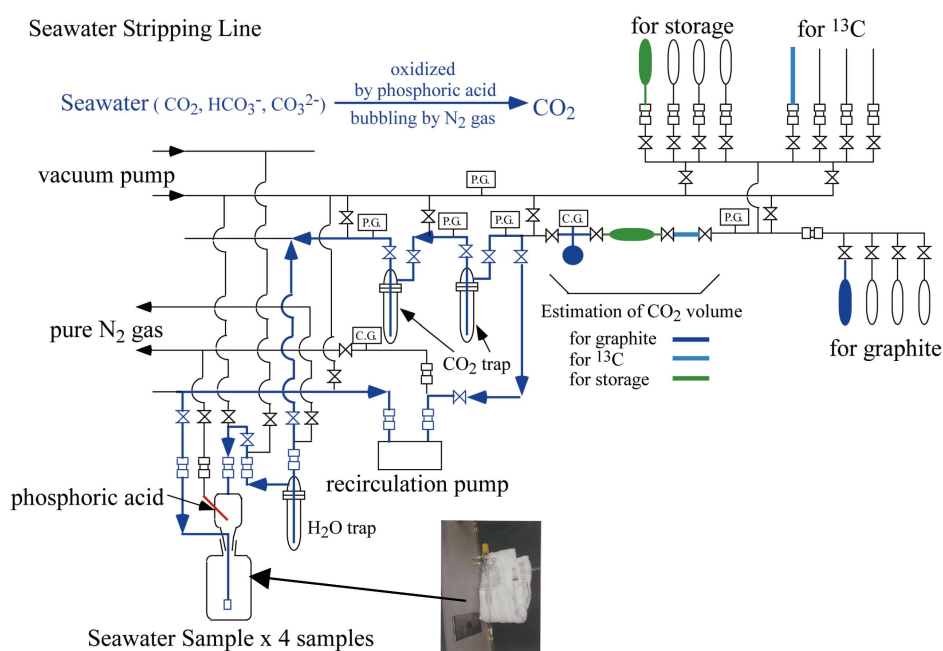


Fig. 3. Scheme of the gas extraction method for ^{14}C analysis of water samples.

図3. バブリング法による水試料の ^{14}C 分析の概略

この他、水試料中の DIC の ^{14}C 分析の手法としては、水試料を導入する容器のヘッドスペースを利用する方法がある。この前処理法は、すでに $\delta^{13}\text{C}$ 分析の手法として用いられており (e.g., Miyajima *et al.*, 1995; Salata *et al.*, 2000), 試料の DIC 濃度によって、バイアルサイズと試料導入量が容易に変更できるという利点を有している。そこで、より多量の水試料を処理する必要がある ^{14}C 分析に対しても、ヘッドスペース法が使えるかどうかを明らかにするため、産業技術総合研究所高橋ラボにおいて、現在、容器の容量、回収のためのフロー時間と流速などの抽出条件を検討中である (高橋・半田, 2014)。高橋・半田 (2014)は、バイアル瓶の容量が 50 mL 以下であれば、30–45 分間の回収時間で安定して 90%以上の CO_2 が回収できる一方、バイアル瓶の容量が 100 mL より大きくなると回収率が下がるという結果を報告しており、今後、RICE-W プロジェクトにおいて ^{14}C 結果を加味しつつ、抽出条件をさらに詰めていく必要がある。このヘッドスペース法は、沈殿法よりも短時間で処理が可能である上、DIC 濃度が異なる水試料に対しても柔軟に対処しやすいため、抽出条件が確立されると、簡便な ^{14}C 分析の手法として有能と考えられる。

4. 水試料

表 5 に示した 8 試料を準備し、名古屋大学年代測定総合研究センター、産業技術総合研究所高橋ラボ、国立環境研究所荒巻ラボ、日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター、株式会社 パレオ・ラボ、静岡大学理学部地球科学科和田ラボに水試料の一部を配付済みである。現在、この 6 機関において、各自が通常行っている前処理法で水試料の調製中であり、順次 ^{14}C 分析を行いつつある。本プロジェクトは、準備期間を終えた後、本格的に始動する予定にしており、得られる結果は、まとめ次第、公表を予定している。

5. まとめ

水試料の ^{14}C 分析のための前処理法の比較検討 (RICE-W) のプロジェクトを立ち上げるにあたり、これまでに行われた 5 回の ^{14}C 国際比較 (ICS, IAEA, TIRI, FIRI, VIRI) プログラムについて、試料の種類、 ^{14}C 推奨値、ならびに GPC, LPC, AMS の参画状況についてまとめた。また、水試料の ^{14}C 分析のための前処理法として、沈殿法、バブリング法、ヘッドスペース法について簡単にまとめた。現在、4 種類 (海水、地下水、温泉水、炭酸水素ナトリウム水溶液) の水試料を準備し、6 機関において比較検討を開始した。1 種類の水試料の分析、 CO_2 抽出まで (^{14}C 測定は依頼)、といった部分参加も考慮に入れ、現在の準備期間が終わり次第、本格的に RICE-W プロジェクトを走らせる予定である。

Table 5. Chemical compositions of water samples

表 5. 水試料の化学組成

	RICE-W01	RICE-W02	RICE-W03	RICE-W04	RICE-W05	RICE-W06	RICE-W07	RICE-W08
	表層海水*	温泉水	温泉水	温泉水	地下水	地下水	NaHCO ₃ 溶液	NaHCO ₃ 溶液
推定 C	24	42	4,600	22	21	9.5	24	2,400
推定 ¹⁴ C	modern	dead	dead~low	dead~low	modern	low	dead	dead
pH	(8.4)	6.5	7.3	7.2	7.9	9.4	8.3	8.3
Na ⁺	(11,000)	8,700	13,000	6,800	9.3	34	46	4,600
K ⁺	(410)	1,600	42	42	5.0	0.2	0.0	0.0
Mg ²⁺	(1,300)	15	1.5	48	5.7	0.0	0.0	0.0
Ca ²⁺	(420)	1,400	7.5	420	180	1.2	0.0	0.0
Li ⁺	(0.2)	27	6.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
NH ₄ ⁺	—	74	18	21	0.9	0.0	0.0	0.0
Cl ⁻	(19,000)	18,000	6,700	11,000	6.2	2.0	0.0	0.0
SO ₄ ²⁻	(2,700)	1.6	5.3	0.0	0.2	2.9	0.0	0.0
HCO ₃ ⁻	(28)	200	22,000	120	100	42	120	12,000
CO ₃ ²⁻		0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	0.0	0.0
F ⁻	(1.4)	1.9	3.3	1.3	0.1	1.7	0.0	0.0
NO ₃ ⁻	—	1.3	0.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Br ⁻	(67)	27	200	490	0.0	0.0	0.0	0.0

*海水のデータは「地球の化学と環境」(多賀・那須)による

(mg/L)

引用文献

- Drimmie, R.J., Aravena, R., Wassenaar, L.I., Fritz, P., Hendry, M.J., Hut, G. (1991) Radiocarbon and stable isotopes in water and dissolved constituents, Milk River aquifer, Alberta, Canada. *Applied Geochemistry* 6, 381–392.
- Gulliksen, S., Scott, M. (1994) Report of TIRI Workshop, Saturday 13 August 1994. *Radiocarbon* 36, 820–821.
- Haynes, C.V., Haas, H. (1990) Radiocarbon evidence for Holocene recharge of groundwater, western desert, Egypt. *Radiocarbon* 22, 705–717.
- Key, R.M., Quay, P.D., Jone, G.A., McNichol, A.P., von Reden, K.F., Schneider, R.J. (1996) WOCE AMS radiocarbon I: Pacific Ocean results (P6, P16 and P17). *Radiocarbon* 38, 425–518.
- McNichol, A.P., Jones, G.A., Hutton, D.L., Gagnon, A.R., Key, R.M. (1994) The rapid preparation of seawater ΣCO_2 for radiocarbon analysis at the national ocean sciences AMS facility. *Radiocarbon* 36, 237–246.
- Miller, J.B., Lehman, S., Wolak, C., Turnbull, J., Dunn, G., Graven, H., Keeling, R., Meijer, H.A.J., Aerts-Bijma, A.T., Palstra, S.W.L., Smith, A.M., Allison, C., Southon, J., Xu, X., Nakazawa, T., Aoki, A., Nakamura, T., Guilderson, T., LaFranchi, B., Mukai, H., Terao, Y., Uchida, M., Kondo, M. (2013) Initial Results of an Intercomparison of AMS-Based Atmospheric ¹⁴CO₂ Measurements. *Radiocarbon* 55, 1475–1483.
- Miyajima, T., Yamada, Y., Hanba, Y.T., Yoshii, K., Koitabashi, T., Wada, E. (1995) Determining the stable isotope ratio of total dissolved inorganic carbon in lake water by GC/C/IRMS. *Limnol.*

- Oceanogr.* **40**, 994–1000. DOI: 10.4319/lo.1995.40.5.0994.
- Pazdur, A., Awiuk, R., Goslar, T., Padur, M.F., Walanus, A., Zastawny, A. (1990) Interlaboratory verification of radiocarbon dating precise. *Zeszyty Naukowe Politechniki Slaskiej. Seria Matematyka-Fizyka. Geochronometria* **6**, 91–99 (in Polish).
- Rozanski, K., Stichler, W., Gonfiantini, R., Scott, E.M., Beukans, R.P., Kromer, B., van der Plicht, L. (1992) The IAEA ^{14}C intercomparison exercise 1990. *Radiocarbon* **34**, 506–519.
- Salata, G.G., Roelke, L.A., Cifuentes, L.A. (2000) A rapid and precise method for measuring stable carbon isotope ratios of dissolved inorganic carbon. *Marine Chemistry* **69**, 153–161.
- Scott, E.M. (2003a) Part 2: The Third International Radiocarbon Intercomparison (TIRI). *Radiocarbon* **45**, 293–328.
- Scott, E.M. (2003b) Section 10: Summary and Conclusions. *Radiocarbon* **45**, 285–290.
- Scott, E.M., Cook, G.T., Naysmith, P., Bryant, C., O'Donnell, D. (2007) A report on phase 1 of the 5th international radiocarbon intercomparison (VIRI). *Radiocarbon* **49**, 409–426.
- Scott, E.M., Cook, G.T., Naysmith, P., Bryant, C., O'Donnell, D. (2010a) A report on phase 2 of the fifth international radiocarbon intercomparison (VIRI). *Radiocarbon* **52**, 846–865.
- Scott, E.M., Cook, G.T., Naysmith, P. (2010b) The fifth international radiocarbon intercomparison (VIRI): an assessment of laboratory performance in stage 3. *Radiocarbon* **52**, 859–858.
- Szidat, S., Bench, G., Bernardoni, V., Calzolari, G., Czimczik, C.I., Derendorp, L., Dusek, U., Elder, K., Fedi, M.E., Genberg, J., Gustafsson, Ö., Kirillova, E., Kondo, M., McNichol, A.P., Perron, N., Santos, G.M., Stenström, K., Swietlicki, E., Uchida, M., Vecchi, R., Wacker, L., Zhang, Y., Prévôt, A.S.H. (2013) Intercomparison of ^{14}C Analysis of Carbonaceous Aerosols: Exercise 2009. *Radiocarbon* **55**, 1496–1509.
- 高橋 浩・半田宙子 (2014) ヘッドスペース法による前処理法の検討. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 **XXV**, 180–187.
- 多賀光彦・那須淑子 (2001) 地球の化学と環境 (第2版). 三共出版
- 土屋理恵・和田秀樹 (2002) 加速器質量分析計による ^{14}C 測定のための海水溶存無機炭素真空抽出法. 静岡大学地球科学研究報告 **29**, 113–118.

日本語要旨

我々は、水試料の前処理法の違いによる ^{14}C 比較を行うプロジェクト (RICE-W: Radiocarbon Intercomparison on Chemical Experiments, Water series) を立ち上げた。本稿においては、これまで過去に行われてきた5回の ^{14}C 国際比較プログラム (ICS, IAEA, TIRI, FIRI, VIRI プログラム) における試料および内容を簡単にまとめ、日本で用いられている水試料の溶存無機炭素の ^{14}C 前処理法 (沈殿法, バブリング法, ヘッドスペース法) についてその長所, 短所を紹介した。RICE-W プロジェクトに供する水試料は、6つの研究機関にすでに配付され、それぞれの機関が通常行っている前処理法で水試料の調製を終え、順次 ^{14}C 分析を行いつつある。本プロジェクトは、現在の準備期間を終えた後、本格的に始動する予定にしている。