

炭素 14 年代法による高精度年代決定と編年モデル構築

北川 浩之

数式・数学キーワード

炭素 14 年代法, 炭素 14 年代キャリブレーション, モンテカルロ法, ベイズ統計, ウィグルマッチング法, 年代-深度モデル

1 はじめに

炭素 14 年代法は、放射性炭素 (^{14}C) が 5730 年の半減期で放射壊変することを利用した年代測定法である。1970 年代末に試料の炭素同位体を直接測定する加速器質量分析法 (AMS 法) が実用化され、従来の放射能計測法より分析時間の短縮が図られた。分析可能な試料数の制約が緩和され、限られた時間で多数の試料の年代測定を行うことが可能となった。本稿では、炭素 14 年代法による年代測定とその精度に関する原理的な限界について説明した後、複数の炭素 14 年代測定の結果を有効に使った年代測定法について紹介する。

2 炭素 14 年代法による年代決定

2.1 炭素 14 年代と較正年代

自然界には三つの炭素同位体 (^{12}C , ^{13}C , ^{14}C) が存在する。その中で ^{14}C だけが放射性同位体である。 ^{14}C は、5730 年の半減期 ($T_{1/2}$) で窒素 (^{14}N) に放射壊変する。 ^{14}C の壊変は、

$$M_t = M_0 \exp\left(-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t\right) \dots\dots\dots (1)$$

に従う。式 (1) の M_0 , M_t は、それぞれ標準物質 (「現代炭素」とも呼ばれる。) と年代測定を行う試料の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比である。 ^{14}C の平均寿命 $\tau (= T_{1/2}/\ln 2 = 8033)$ を用いて式 (1) を書き換えると、炭素 14 年代 $t(\text{BP})$ は、

$$t = -\tau \cdot \ln\left(\frac{M_t}{M_0}\right) \dots\dots\dots (2)$$

となる。BP は、「Before Present」あるいは「Before

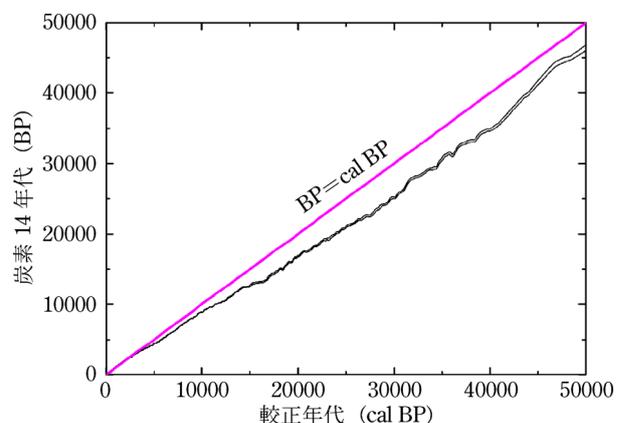
Basic Knowledge of Mathematical Theories of Analytical Chemistry—High-Precision Dating and Chronological Model Construction Using Multiple Radiocarbon Ages.

Physics」の略であり、炭素 14 年代は西暦 1950 年を基準年 (AD 1950=0 BP) として報告される。

炭素 14 年代は、「生存している生物の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比が時代を遡っても変化しない (M_0 =一定)」という前提で得られる年代である。実際には、地球に飛来する宇宙線強度や地球規模の炭素循環の変化に伴って M_0 が時代とともに刻々と変化し^{1)~3)}、また炭素 14 年代が正しい ^{14}C の半減期でなくリビーが用いた半減期 (5568 年) を用いて計算するという取り決めがあり⁴⁾、炭素 14 年代は実際の年代 (暦年代) と等しくならない。時代によっては、数千年の開きがある。炭素 14 年代から暦年代を知るためには、炭素 14 年代データを較正 (キャリブレーション) する必要がある。炭素 14 年代を暦年代に較正した年代は、「較正年代」(calibrated age) と言われ、cal BP、あるいは cal AD/BC を付して報告される。

図 1 に炭素 14 年代キャリブレーションカーブを示す⁵⁾。このグラフのデータは、IntCal09 と呼ばれる国際標準パッケージ (あるいは、専門家からの奨励データ) である。樹木年輪年代学の手法で年代が決定された木材、U-Th 法で年代が決定されたサンゴ化石、海洋の年縞堆積物コアの ^{14}C 分析の結果をもとに得られたものである。IntCal09 を用いることで、炭素 14 年代から較正年代が求められる。

炭素 14 年代の較正は確率的な方法で行われる^{6)~9)}。



大半の期間で炭素 14 年代は実際より新しい年代となる。

図 1 炭素 14 年代キャリブレーションカーブ (IntCal09)⁵⁾

年代 i における炭素14年代キャリブレーションデータ ($r_i \pm \sigma_i$) と試料の炭素14年代 ($r_m \pm \sigma_m$) との分散 (v_i) と確率 (p_i) は、

$$v_i = \frac{(r_m - r_i)^2}{\sigma_m^2 + \sigma_i^2} \dots\dots\dots (3)$$

$$p_i \propto \frac{e^{-v_i/2}}{\sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_i^2}} \dots\dots\dots (4)$$

で与えられる。 p_i は年代 i における試料の炭素14年代と炭素14年代キャリブレーションデータの一貫性を示し、 p_i をもとに較正年代の確率密度関数が求められる。炭素14年代キャリブレーションカーブは単調な形ではなく、他の放射性同位体を使った年代測定とは異なり、較正年代の確率密度関数が複雑な形をもつ。較正年代を求めるためには、 $\sum p_i = 1$ と規格した後、 p_i が最大値から小さい値へ順に並んだ数列を作成し、累積値が0.682あるいは0.954に達するまでに該当した年代を、それぞれ68.2%あるいは95.4%の有意水準での推定期間としている¹⁰⁾。

図2に、伊豆半島のカワゴ平火山の噴火で埋没した神代杉の最外年輪から5年分の炭素14年代 (2974 ± 27 BP) の較正年代を求めた例について図示した。68.2%の有意水準での推定期間は、3212~3141 cal BP, 3128~3110 cal BP, 3094~3081 cal BP となる (図2の黒塗り部分)。炭素14年代キャリブレーションカーブの揺らぎ (「ウィグル (wobble)」と呼ばれている。) によって複数の期間が推定されることも珍しくない。95.4%の有意水準での推定期間は、3261~3066 cal BP (196年間) となり (図2の灰色の部分)、この期間のいずれかの年にカワゴ平火山が噴火したことになる。

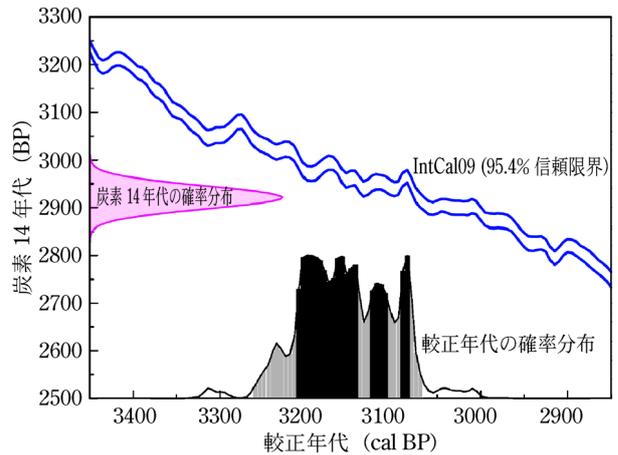
2.2 炭素14年代測定の限界

¹⁴Cの総計測数 N の計測誤差はピアソン分布に従い、

$$\sigma = 1/\sqrt{N} \dots\dots\dots (5)$$

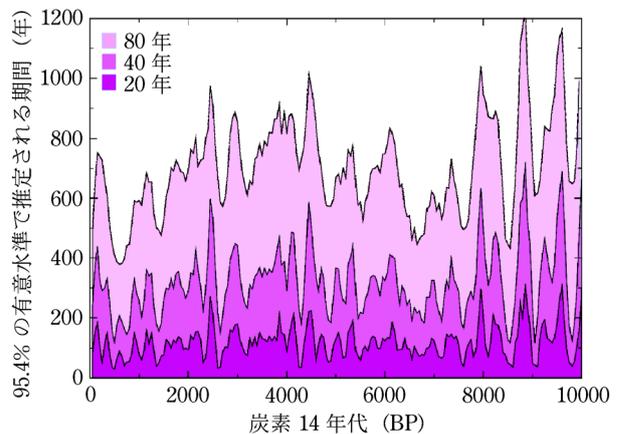
で与えられる。高出カイオン源を備えた最新の加速器質量分析装置を用いれば、年代が比較的新しい試料 (例えば、過去数千年間の試料) に関して、30分程度の計測時間で 10^6 個以上の ¹⁴C を計測することが可能となっている。この場合の計測誤差は $\sigma = 0.1\%$ ($= 1/\sqrt{10^6} \times 100\%$) となる。実際の炭素14年代の誤差計算では、年代測定の対象試料、標準試料、ブランク試料 (¹⁴C を含まない試料) の計数誤差が考慮される。現状では、炭素14年代測定の測定精度の限界は $\pm 0.2\%$ 程度である (炭素14年代の誤差は ± 16 年に相当)。

図3には、炭素14年代の測定誤差が $\pm 0.25\%$ (炭素14年代の誤差は ± 20 年)、 $\pm 0.5\%$ (± 40 年)、 $\pm 1.0\%$ (± 80 年) の場合に推定される較正年代の期間を示した。推定される期間は炭素14年代測定の誤差、炭



炭素14年代はピアソン分布に従い (赤色で示す)。較正年代は複雑な確率密度分布で示される (確率分布の黒塗り部分と灰色部分は、それぞれ較正年代の68.2%、95.4%の有意水準での推定期間である)。

図2 伊豆半島のカワゴ平火山の噴火で埋没した神代杉の炭素14年代 (2974 ± 27 BP) の較正年代



炭素14年代の測定誤差が ± 20 年、 ± 40 年、 ± 80 年の場合の較正年代の推定期間。炭素14年代測定の測定誤差が同じでも、較正年代の推定期間は異なる。

図3 炭素14年代の較正年代の推定

素14年代キャリブレーションデータの推定誤差と経年変動 (炭素14年代キャリブレーションカーブの形状) の影響を受ける。炭素14年代測定の測定精度が同じでも、時代によって推定される期間の長さが異なる。時代の進行とともに炭素14年代が変化しない時代 (炭素14年代キャリブレーションカーブが平らな時代) では炭素14年代の較正年代の推定される年代の期間は長くなり、一方、炭素14年代が急激に変化する時代では精度よく較正年代が定まる。炭素14年代測定を高精度に行っても、較正年代の推定期間が数百年に及ぶこともある。

このように、炭素14年代法には、年代測定の精度に関して原理的な制約がある。しかし、炭素14年代測定法の限界を超え、高精度な年代決定を行う統計的な解析法が提案されている。

3 高精度な年代決定に向けたデータ解析

3.1 ウィグルマッチング法

通常の炭素 14 年代測定では、研究に必要な十分な精度が得られない場合がある。この場合、炭素 14 年代測定の結果にウィグルマッチング法 (WM 法: wiggle matching method) が適用される。高精度な炭素 14 年代測定結果に WM 法を適用することで、数年の精度で試料の年代が決定できることもある。

WM 法では、木材の最外年輪から順々に n 個に分割し、それらの炭素 14 年代測定を行う。各試料の年代には、木材が埋没した年代 (最外年輪の年代) を t_s 、 i 番目の試料の年代を t_i 、両者の年代差を Δt_i とすると、

$$t_s = t_i + \Delta t_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots(6)$$

の関係がある。WM 法では、 t_s を n 個のデータから推定することで、高精度な年代決定を可能とする。

WM 法が考案された初期には、 t_s を求めるために χ^2 検定法 (較正年代の複雑な確率密度関数が考慮されない) が用いられたが^{11)~13)}、最近では、推定される年代の誤差をより厳密に求めることが可能なモンテカルロ法やベイズ統計を用いた方法が適用されている^{14)~18)}。

3.2 モンテカルロ法による WM 法

モンテカルロ法 (MC 法) は、確率的に数式処理を行う技法である。MC 法では、関数 $f(x) (\geq 0)$ の関数値に比例した密度の有限個の点をサンプリングすることで複雑な確率密度関数で表される較正年代を扱う。図 4 には、マルコフチェーンモンテカルロ法 (MCMC 法) の一つの方法であるメトロポリス法を用い、炭素 14 年代の較正年代の確率分布から 5000 個の年代値をサン

プリングした結果を示す。同様に WM 法に用いる他の炭素 14 年代測定結果の較正年代の確率密度分布からもサンプリングを行うと、各試料の較正年代はそれぞれ 5000 個の年代の集合となる。各々の年代の集合からランダムに一つの年代を選び、 $\{(t_1, \Delta t_1), (t_2, \Delta t_2), \dots, (t_n, \Delta t_n)\}$ のデータセットを作成し、回帰直線を求めると (Δt_i は年輪の観察から決定される)、その切片が t_s の推定値となる。この操作を 5000 回繰り返すと、 t_s の 5000 個の推定値が得られる。それをもとに、 t_s の確率密度関数 $P_s(t_s)$ (「事後分布」あるいは「事後確率分布」と言われる) を定め、炭素 14 年代の較正年代を求めるのと同様の手順で、 t_s の 68.2% あるいは 95.4% の有意水準での推定期間を求める。

3.3 ベイズ統計を利用した WM 法

ベイズ統計では、事後分布 $\pi(\theta|D)$ は尤度 $f(\theta|D)$ と事前分布 $\pi(\theta)$ の積に比例する。すなわち、

$$\pi(\theta|D) \propto f(\theta|D) \times \pi(\theta) \quad \dots\dots\dots(7)$$

の関係がある。したがって、 t_s の確率密度分布 $P_s(t_s)$ は、

$$P_s(t_s) \propto \prod_{i=1}^n P_i(t_s + \Delta t_i) \quad \dots\dots\dots(8)$$

で与えられる。実際の計算には、炭素 14 年代測定の結果の較正年代の確率密度分布から MCMC 法等を用いて年代値をサンプリングし、式 (8) の関係から $P_s(t_s)$ を求め、MC 法による WM 法と同様の方法で t_s を求める。この方法は、確率的な数値解析である MC 法で要求される繰り返し計算は必要なく、計算時間を短縮できる利点があり、多数の測定結果を扱う場合に有効である。

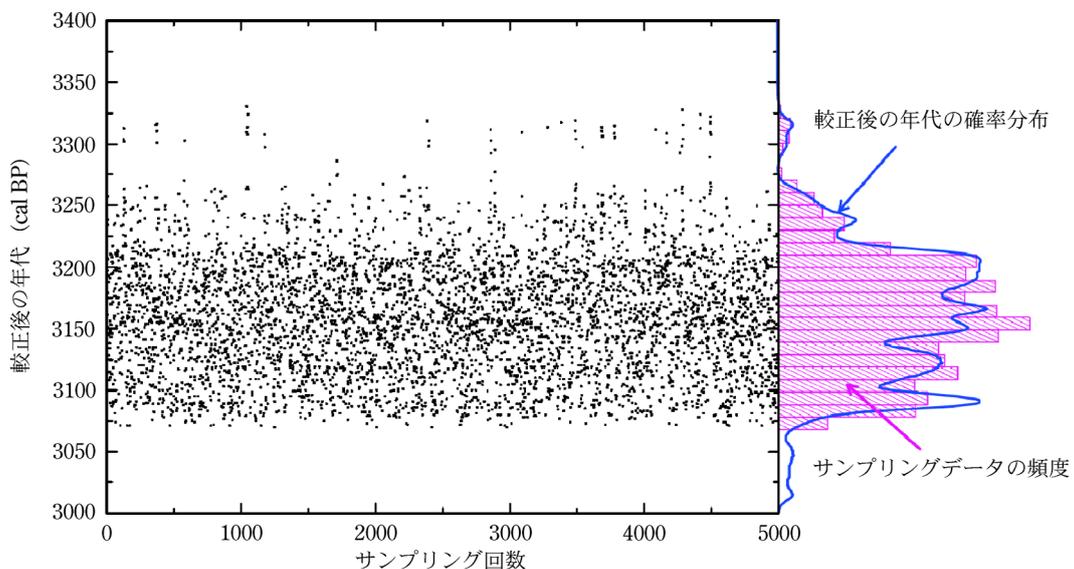
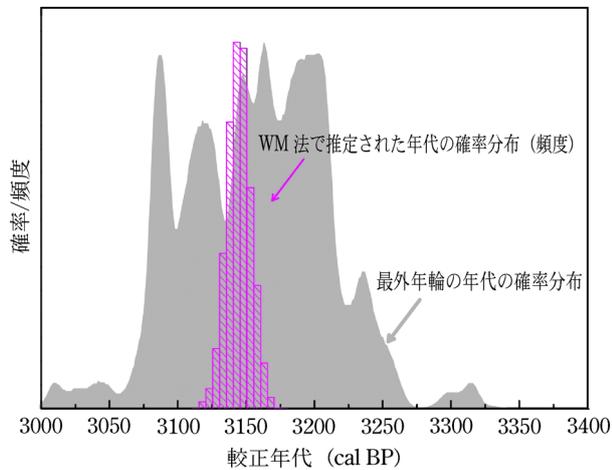


図 4 マルコフチェーンモンテカルロ法 (メトロポリス法) による炭素 14 年代 (2974 ± 27 BP) の較正年代からの年代値のサンプリング

3・4 カワゴ平火山の噴火年代

カワゴ平火山の噴火で放出された火山灰は近畿・中部地方の広範囲の地域で確認され、縄文時代後期の編年の鍵層となっている。カワゴ平火山の噴火年代を WM 法で精度よく決定した事例について紹介する¹⁹⁾。

カワゴ平火山の噴火で埋没した神代杉の最外年輪から5年年輪ごとの29個のブロック試料に分割し、各々の試料の炭素14年代測定を行った。神代杉からの29ブロック試料の炭素14年代にWM法を適用することで、20~30年(95.4%の有意水準)の精度で年代が決定された(図5)。既に説明したように(図2参照)、最外年輪(5年分)の炭素14年代測定結果の較正年代の推定期間は約200年であったが、WM法を適用することで20~30年の高い精度でカワゴ平火山の噴火の年代を決定することができた。このように、WM法は、炭素14



MC法とベイズ統計を使う方法で同じ結果が得られる。
 図5 ウィグルマッチング法による伊豆半島のカワゴ平火山の噴火年代¹⁹⁾

年代法による年代測定の精度に関する原理的な限界を超え、高精度な年代測定を実施する有力な方法である。

4 年代-深度モデル

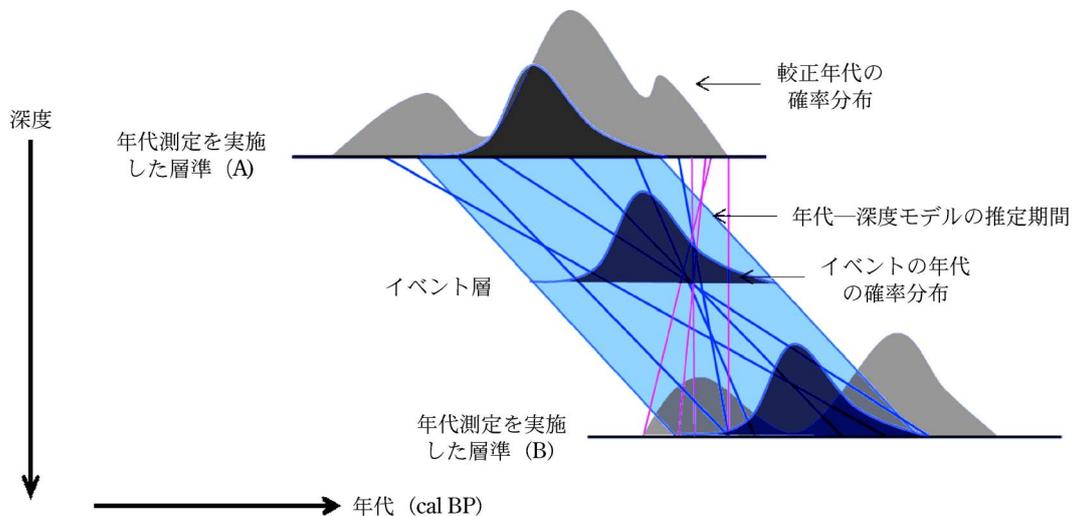
4・1 年代-深度モデルとは

考古学の遺跡発掘等で過去のイベントの発生や文化層が変化した年代、堆積物コアに記録されていた気候変動イベントが発生した年代等を正確に調べる必要がある場合がある。しかし、イベントと関係する地層から炭素14年代測定に適した試料が得られるとは必ずしも限らない。イベント層とは層準が異なる地層の年代測定の結果をもとにイベントの発生年代を推定することになる。このような場合には、年代-深度モデルを作成して、イベントが発生した地層の年代を推定する。

年代-深度モデルとは、「限られた年代測定の結果を用い、堆積の状況を仮定することで、任意の深度の年代を推定するモデル」である。数学的な取り扱いにはWM法とほぼ同様であるが、「下層ほど年代が古くなる」(地層累重の法則)、堆積の安定度(例えば、堆積物の粒度が大きくなれば、堆積速度の変動が大きくなる。)などを考慮して年代-深度モデルが作成される。図6には、年代-深度モデルの作成の概念図を示した。この場合は、年代測定が行われた地層(A及びB)の間は、堆積速度が一定(安定した堆積環境を想定)と仮定し、地層累重の法則を考慮している。

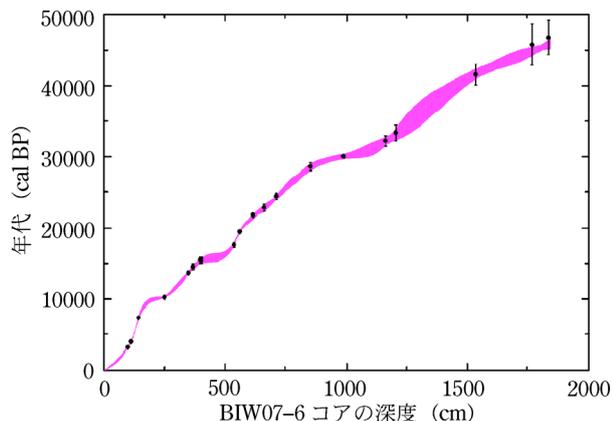
4・2 琵琶湖堆積物コアの年代-深度モデル

東アジアモンスーン地域の気候変動の特徴を詳細に調べるため、琵琶湖から堆積物コアが採集されてきた²⁰⁾。琵琶湖の湖底堆積物には、東アジア地域の気候や環境の変動が高い時間分解能で記録されていると考え



2層において炭素14年代測定を行い、その較正年代(事前確率)を使い2層間に発生したイベントの年代を推定する場合を想定している。黒塗で示される確率分布は年代-深度モデルで推定された年代の確率分布である。この確率分布(事後分布)から必要な有意水準で年代期間を求めることができる。

図6 年代-深度モデルの作成の概念図



グラフ上にプロットされた炭素 14 年代の較正年代を使い、モンテカルロ法を用いて、年代-深度モデルを作成している。年代測定が実施された頻度や堆積速度によって推定される年代の推定誤差は深度によって変化する。

図 7 琵琶湖堆積物コア (BIW07-6) の年代-深度モデル

られ、その記録を解釈する取り組みが進められてきた。しかし、琵琶湖堆積物コアには炭素 14 年代測定に有効な植物化石などがほとんど含まれていなく、気候や環境変動復元の編年学的な問題が残されていた。

図 7 には、MC 法を用いて作成した琵琶湖堆積物コア (コア名称: BIW07-6) の年代-深度モデルを示す。炭素 14 年代の較正年代の確率密度関数を求め、下層ほど古い時代の堆積物であるという制約 (地層累重の法則) のもとで作成している。具体的には、各々の炭素 14 年代の較正年代の確率密度分布から MCMC 法で 5000 の年代値をサンプリングし、5000 の平滑化スプライン曲線を描き (年代-深度モデルを作成するに有効な堆積学の情報が得られていないので、ここでは平滑化スプライン関数で年代測定が実施された地層間を内挿した)、堆積速度が負となる平滑化スプライン曲線を除き (約 40% の平滑化スプライン曲線は破棄される)、堆積速度が全期間で正の平滑化スプライン曲線に注目して任意の深度の確率密度関数を計算し、各深度の年代を 95.4% の有意水準で求めている。このように求めた年代-深度モデルから、任意の深度の年代を知ることができる。

5 おわりに

AMS 法による高効率な炭素 14 年代測定が実現し、多数の試料の測定が実施可能となった。複数の炭素 14 年代測定の結果を有効に使った高精度な年代測定を行うデータ解析法の数学的・統計学的な背景について簡単に説明した。現在、研究ニーズに合わせて炭素 14 年代測定の結果を解析する多様な解析ソフトが開発され、公開されている^{21)~28)}。これらの解析ツールを利用すれば、炭素 14 年代測定の結果をより有効に使うことができる。

文 献

- 1) H. E. Suess: "Radiocarbon Variations and Absolute Chronology. Proceedings of the 12th Nobel Symposium", p. 595 (1970), (Stockholm, Almqvist and Wiksell).
- 2) H. Kitagawa, J. van der Plicht: *Science*, **279**, 1187 (1998).
- 3) C. Bronk Ramsey, R. A. Staff, C. L. Bryant, F. Brock, H. Kitagawa, J. van der Plicht, G. Schlolaut, M. H. Marshall, A. Brauer, H. F. Lamb, R. L. Payne, P. E. Tarasov, T. Haraguchi, K. Gotanda, H. Yonenobu, Y. Yokoyama, R. Tada, T. Nakagawa: *Science*, **338**, 370 (2012); 北川浩之: *Isotope News*, **2013**年 4 月号, 15.
- 4) M. Stuiver, H. A. Polach: *Radiocarbon*, **19**, 355 (1977).
- 5) P. J. Reimer, M. G. L. Baillie, E. Bard, A. Bayliss, J. W. Beck, P. J. Blackwell, C. Bronk Ramsey, C. E. Buck, G. S. Burr, R. L. Edwards, M. Friedrich, P. M. Grootes, T. P. Guilderson, I. Hajdas, I., T. J. Heaton, A. G. Hogg, K. A. Hughen, K. F. Kaiser, B. Kromer, F. G. McCormac, S. W. Manning, E. W. Reimer, D. A. Richards, J. R. Southon, S. Talamo, C. S. M. Turney, J. van der Plicht, C. E. Weyhenmeyer: *Radiocarbon*, **51**, 1111 (2009).
- 6) M. Stuiver, P. J. Reimer: *Radiocarbon*, **31**, 817 (1989).
- 7) M. Stuiver, P. J. Reimer: *Radiocarbon*, **35**, 215 (1993).
- 8) J. van der Plicht, W. G. Mook: *Palaeohistoria*, **29**, 173 (1987).
- 9) H. Dekling, J. van der Plicht: *Radiocarbon*, **35**, 239 (1993).
- 10) J. van der Plicht: *Radiocarbon*, **35**, 231 (1993).
- 11) J. van der Plicht, E. Jansma, H. Kars: *Radiocarbon*, **37**, 965 (1995).
- 12) M. R. Kilian, J. van der Plicht J, B. van Geel: *Quaternary Science Review*, **14**, 959 (1995).
- 13) M. R. Kilian, B. van Geel, J. van der Plicht: *Quaternary Science Review*, **19**, 1011 (2000).
- 14) C. Bronk Ramsey: *Archaeological Computing Newsletter*, **41**, 11 (1994).
- 15) C. Bronk Ramsey: *Radiocarbon*, **37**, 425 (1995).
- 16) C. Bronk Ramsey: *Radiocarbon*, **40**, 461 (1998).
- 17) T. Goslar, W. Madry: *Radiocarbon*, **40**, 551 (1998).
- 18) J. A. Christen C. D. Litton: *Journal of Archaeological Science*, **22**, 719 (1995).
- 19) S. Tani, H. Kitagawa, W. Hong, J. H. Park, K. Sung, G. Park: *Radiocarbon*, **55**, 748 (2013).
- 20) 竹村恵二, 岩部智紗, 林田 明, 檀原 徹, 北川浩之, 原口 強, 佐藤智之, 石川尚人: *第四紀研究*, **49**, 47 (2010).
- 21) C. Bronk Ramsey: *Quaternary Science Reviews*, **27**, 42 (2008).
- 22) M. Blaauw, J. A. Christen: *Applied Statistics*, **54**, 805 (2005).
- 23) E. C. Grimm: *INQUA Working Group on Data-Handling*



北川浩之 (Hiroyuki KITAGAWA)

名古屋大学大学院環境学研究所 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)。名古屋大学大学院理学研究科修了。博士 (理学)。
 <現在の研究テーマ>安定同位体・放射性同位体指標を使った地球環境動態解析。
 <主な著書>“大英博物館双書 3 古代を解き明かす「年代測定」”(訳) (学芸書林)。
 <趣味>海外旅行・読書。
 E-mail: hiroyuki.kitagawa@nagoya-u.jp

- Methods Newsletter*, 4, 5 (1990).
- 24) K. D. Bennett : *The Holocene*, 4, 337 (1994).
- 25) M. Stuiver, P. J. Reimer, R. W. Reimer : CALIB 5.0.2.
<http://calib.org> (last accessed 22.10.2009.).
- 26) K. D. Bennett : Psimpollv. 4.263.
<http://chrono.qub.ac.uk/psimpoll/psimpoll.html> (last ac-

- cessed 17.02.2009.).
- 27) E. Heegaard, H. J. B. Birks, R. J. Telford : *The Holocene*, 15, 1 (2005).
- 28) C. E. Buck, J. A. Christen, G. N. James : *Internet Archaeology*, 7, (1999)
<http://intarch.ac.uk/journal/issue7/buck/>

新刊紹介

薬学生のための 実習実験安全ガイド

久保陽徳・小島周二・増野匡彦 監修

本書は、6年制薬学部における入学後早期の学部1~2年生を対象として、実験を安全に行うための基礎的事項やマナーについて、(主に)私立大学薬学部の教員陣により執筆されたものである。ハンディサイズのコンパクトな装丁は実験室の常備本としてもふさわしい。本書では、まず序章で(実験前の)準備や流れの説明をした後、本文を10章に分割し、実験の内容別に取り扱いの要点・注意点・法令などが簡潔でわかりやすく記載されている。具体的な内容としては、化学系実験、動物実験、バイオセーフティガイド、RI実験、廃棄物の取り扱い、基盤設備の取り扱い、緊急対応と防災対策、などのほかに、実験から論文投稿に至るまでの研究マナーに関する章もあり、さらに様々な事故事例のコラムも含まれるなど、幅広い内容が盛り込まれている。本書は、実習初心者の学生向けに書かれたものではあるが、実際に学生の指導に当たる教員の知識や取り組み姿勢の底上げを図る書籍でもある、といっても過言ではないだろう。

(ISBN 978-4-8079-0816-5・A5判・148ページ・2,200円+税・
2013年刊・東京化学同人)

高分子分析

—分析化学実技シリーズ 応用分析編4—

(公社)日本分析化学会 編, 大谷 肇ほか 著

私たちは古くから、紙やにかわ、あるいは各種天然繊維など、様々な天然高分子材料を利用してきた。そして、近代以降、合成高分子が登場し、各種プラスチック・ゴムあるいは繊維など、高分子(ポリマー)材料は、今や生活の色々な場面で用いられている。しかし、この合成高分子とはどのようなもの

なのか、その構造がすぐに思い浮かぶ人は少ないのではないだろうか。本書は、「わかりやすい」「役に立つ」「おもしろい」をコンセプトに、合成高分子とはどのようなものか、その解析にはどのような手法が利用されているのか、前処理、分光学的な方法、クロマトグラフィー、質量分析法など、有機解析を中心に、原理、特徴、測定上のポイントなど、具体例を交えながら簡潔に整理されている。これから高分子、もしくは高分子分析を学ぼうとする初心者にとっては最初に手にする一冊として、この分野の専門家にとっては、自らの参考書というだけでなく、後継者の教育や、門外漢への説明のための教科書として最適な一冊である。

(ISBN 978-4-320-04404-3・A5判・220ページ・2,900円+税・
2013年刊・共立出版)

金属錯体の電子移動と電気化学

—錯体化学会選書⑨—

西原 寛・市村彰男・田中晃二 編著

本書は錯体化学会選書シリーズの光化学、物性化学に続く、錯体の物性に関する3巻目の書籍となる。今まで電気化学と錯体化学、それぞれの専門書は数多く出版されてきているが、編者の緒言にもあるように、電気化学にかかわる応用まで視野に入れた内容と、錯体化学の基礎科学的なアプローチの両方をカバーする良書が少なかったことを考えると、本書はこの分野の研究者に望まれていた一冊と言える。構成は、電子移動の熱力学と速度論(1章)、電気化学測定法と解析法(2章)、金属錯体の電気化学的性質(3章)、最近のトピックス(4章)からなり、最近のトピックスでは、人工光合成から自己組織化単分子膜を利用した錯体ワイヤーの話題まで、興味深いトピックスのエッセンスがわかりやすく紹介されている。全体として複雑な内容の中から、その概念を理解しやすいように記述されており、本研究分野の研究者にとっても、また金属錯体を学び始める学部学生、大学院生にとっても薦められる書籍となっている。

(ISBN 978-4-7827-0699-2・A5判・244ページ・3,600円+税・
2013年刊・三共出版)