

南極隕石の落下¹⁴C年代測定

南 雅代¹⁾・中村俊夫²⁾

1) 名古屋大学大学院理学研究科地球惑星理学専攻

2) 名古屋大学年代測定総合研究センター

1. はじめに

隕石の地上落下年代は、隕石が地上に落下してから現在までの歴史を知る重要な手がかりを与える。特に、南極隕石は、(1) 広い範囲に落下したものが氷河の中へ埋没し、氷河によって集積地まで運搬され、裸氷上に出るという集積機構をとる、(2) 太古に落下した隕石が風化をほとんど受けずに発見回収される、という特殊な環境下にあるため、落下年代の詳しい研究は、隕石集積機構や雪氷学・隕石のペアリング・落下頻度の時代変遷等を調べる上で重要である。

現在よく用いられている落下年代決定法には、半減期が5,730年の¹⁴C (e.g., Fireman, 1978; Brown *et al.*, 1984; Jull *et al.*, 1984, 1989a, 1993) , 3.1×10⁵年の³⁶Cl (e.g., Nishiizumi *et al.*, 1979, 1981, 1983) , 2.1×10⁵年の⁸¹Kr (e.g., Freundel *et al.*, 1986; Miura *et al.*, 1993) などがある。南極やまと山脈の氷原上で採取される隕石は50~60kaまでの若い落下年代を示すものが多く、短い半減期を持つ¹⁴Cはこれらの落下年代を決定するために有用である。

隕石の落下¹⁴C年代測定は、まず初めに計数法により、10g以上の多量の試料を用いて行われた (e.g., Fireman, 1978, 1979)。計数法を用いる限り、1回の測定に10g以上の隕石を必要とし、貴重な隕石を用いる研究にとってこの試料量は大きな障害となっていたが、加速器質量分析法が実用化され、少ない試料量でも超感度の測定が可能となるとともに、カナダのトロント大やアメリカのアリゾナ大グループなど、世界で精力的に隕石の落下年代に関する研究が行われるようになった (e.g., Jull *et al.*, 1984, 1989; Beukens *et al.*, 1988; Jull and Donahue, 1988, 1991) 。しかし一方、我が国においては、有数の南極隕石保有国でありながら、加速器質量分析計による落下年代の研究はほとんど行われていないのが現状である。

名古屋大学年代測定総合研究センターにおいては、高周波加熱炉(LECO HF-10)を用いた鉄器からの炭素抽出はすでになされていたが、捕集バックに試料燃焼ガスと酸素を回収し、そのバックを真空ラインに接続してCO₂の分離・精製を行うため、操作が煩雑であり、また、燃焼ライン内での大気残留、ガスバックへの大気の混入といった現代炭素による汚染の可能性が示唆されていた。隕石など、炭素含有量の極めて低い試料に対しては、特に外来炭素による汚染を除去することが重要である。そこで我々は、燃焼

系とCO₂分離・精製系をガラス管で接続し、系全体を真空に引けるように改良した。また、従来法では燃焼時にるつぼにふたをしていなかったが、ノックスの真空ラインへの飛散を防ぐため、粗粒なアルミナのふたをすることにした。炭素濃度が既知の標準鉄を用いて行った炭素抽出テストの結果、炭素含有量が低い試料においても約90%の抽出効率が得られ、また、得られた¹⁴C年代値は、大気への混入等による現代炭素の汚染のない、信頼できるものと考えられた（南・中村, 2000; Minami and Nakamura, 2001）。

本報告においては、落下年代が報告されている南極隕石を用いて行った炭素抽出の結果、ペアと考えられているいくつかの南極隕石の落下年代測定結果について述べる。

2. 落下年代について

隕石母天体が他の天体と衝突して壊れ、メートルサイズの大きさになって宇宙をさまよっている間、銀河宇宙線や太陽宇宙線といった宇宙線照射下にある。これらの宇宙線はGeVオーダのエネルギーをもつ水素原子核（陽子）が主体であり、隕石内部で核破碎反応を引き起こして、もとの原子核より質量数の小さい、いくつかの原子核や粒子を生成する。¹⁴Cは主に酸素やケイ素の核破碎反応によって生じたものと考えられている。

隕石が宇宙線の照射を受けていた期間よりずっと短い寿命をもつ放射性核種は放射平衡に達している。今、宇宙線による放射性核種（壊変定数 λ ）の生成速度をPとすると、T年間の宇宙線照射で生成される量(R)は、

$$R = (P/\lambda)(1 - e^{-\lambda T})$$

で与えられる。半減期に比べて照射年代が十分に長い場合は、 $\lambda T \gg 1$ となり、上式は

$$R = P/\lambda$$

$$\therefore \lambda R = P$$

となる。すなわち、生成速度と壊変速度が等しい平衡の状態となる。落下年代(t)は、飽和量(R)に達して落下した放射性核種の現在量(R')を測定することにより、

$$t = (1/\lambda) \ln (R/R')$$

で与えられる（高岡, 1987; 島, 1998）。

3. 試料

本炭素抽出系のチェックのために、すでに落下年代が報告されているやまと隕石 Y-75102 (L6) とアランヒルズ隕石 ALH-77294 (H5) および ALH-77262 (H4) を用いた。Y-75102 の地上落下¹⁴C年代は、計数法により 4.2 ± 0.8 ka (Fireman, 1983), AMSにより 1.7 ± 0.3 ka (Jull *et al.*, 1984) と報告されている。ALH-77294 は、計数法により 30 ± 0.8 ka (Fireman and Norris, 1981), AMS法により 9.5 ± 1.0 ka (Jull *et al.*, 1989), 16.5 ± 1.3 ka (Jull *et al.*, 1998) と報告されている。ALH-77262 は、AMS法により 18.0 ± 1.3 ka (Jull *et al.*, 1998) と報告されている。

また、Y-75102 とペアと考えられる Y-74190 (L6), Y-75097 (L6), Y-75108 (L6) についても、測定を行った。

助燃剤は、高純度の Fe (part No. 502-231; 炭素含有量 < 8ppm) を用いた。

4. 実験方法

実験方法は、主としてJull *et al.* (1993)を参考にした。図1に、実験の流れ図を示す。標準鉄試料はそのまま、隕石試料は、ステンレス乳鉢を用いて粉末にしたものを助燃剤(LECO社, C<8ppm)と混ぜ、るつぼに入れる。るつぼとふたは使用する前日に1000℃で10時間程度焼き出しておいたものを使用した。隕石試料は500℃で1時間、マッフル炉で加熱した後、また標準鉄試料については、500℃での加熱は行なわずただちに、るつぼを真空ガラスラインと接続した高周波加熱炉(LECO HF-10)の反応管内にセットし、真空に排気する。系内に脱CO₂および脱水処理をしたO₂を流しながら3~4分間加熱し(燃烧温度約1,700℃)、燃烧ガスは室温のMnO₂トラップを通してイオウ化合物を除去した後、500℃のPt/CuOトラップを通してすべての炭素化合物をCO₂にする。CO₂はO₂とともに液体窒素(-196℃)にトラップし、試料が冷却した後、酸素のみを排気する。エタノール-液体窒素トラップ(-100℃)に替え、CO₂から水分を取り除き、隕石試料については、抽出されたCO₂を¹⁴C-freeのCO₂で希釈する。希釈率は20~50倍である。CO₂を鉄触媒を用いてグラファイトに変え、名古屋大学年代測定総合研究センターに設置されているタンデム加速質量分析計(2号機)によって、その¹⁴C濃度を測定する。

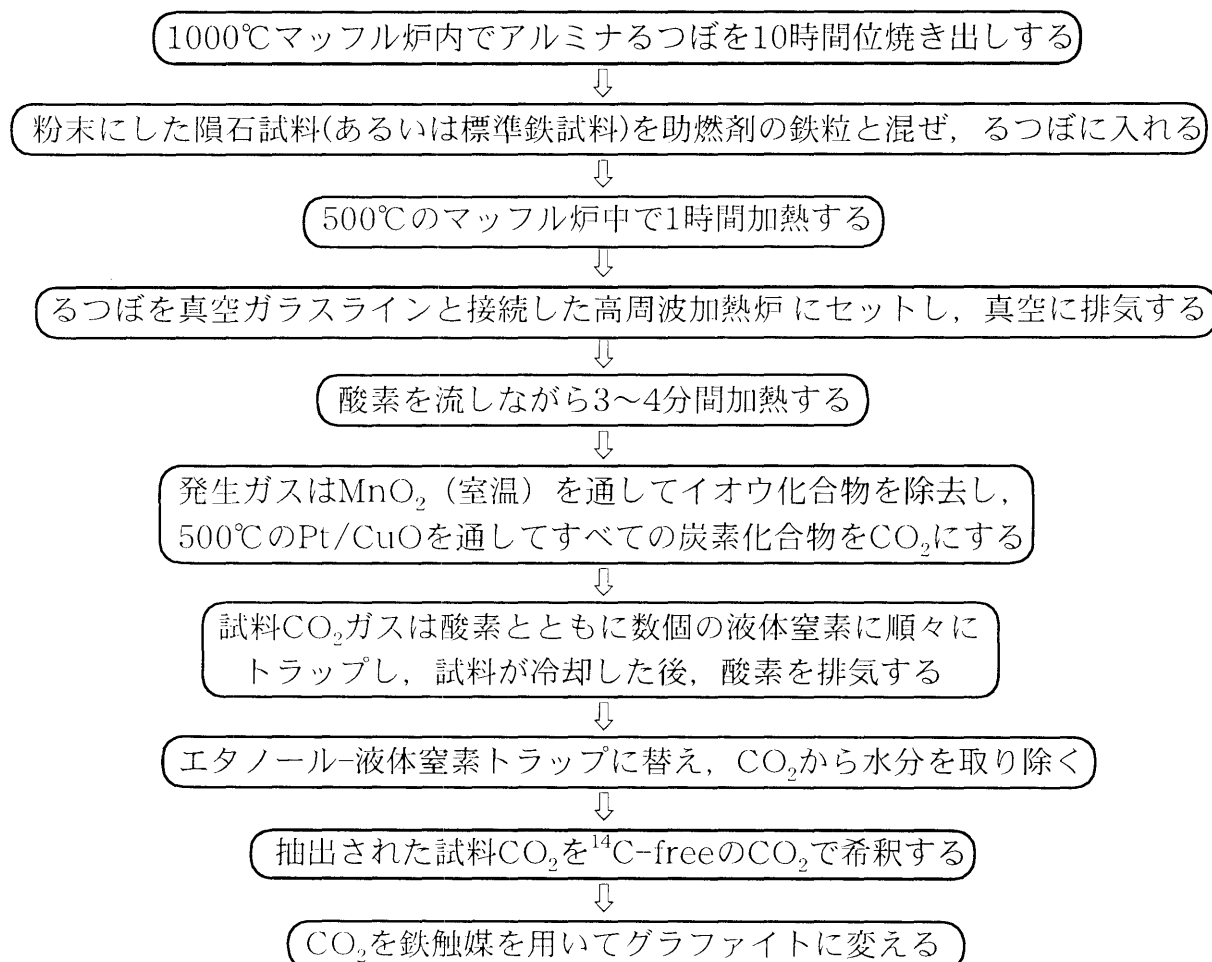


図1 実験方法

5. 結果と考察

5-1. ブランクテスト

隕石中の炭素含有量は非常に低く、精度の高い測定のためには、ブランク値を考慮する必要がある。アルミナるつぼは1,000℃で5分以上加熱することによって～10ppmあったブランク値が0.2ppm以下になるが、30分の保管時間で約2ppmまで増加するという報告例があり（岡ほか, 1992）、昨年度の我々の研究報告でも、るつぼを1,000℃で焼き出した後すぐに使用せず、デシケーターに保管しておく間に再び汚染される可能性が考えられた（南・中村, 2000）。今回は、前日にるつぼを1,000℃で焼き出した後、マッフル炉内で冷まし、翌日使用することにした。ブランク値を下げるためには、焼き出した後すぐにるつぼを高周波加熱炉にセットするほうが好ましいが、隕石を燃焼するのと同じ条件ということで、敢えてるつぼを焼き出した翌日使用することにした。

るつぼに助燃剤2gのみを入れて燃焼させた結果を表1に示す。るつぼは青みがかつたものと白色のもの2種類を用いた。青みがかつたるつぼの方が炭素含有量が少ないと言われているが、両者のるつぼでブランク値に違いは見られなかった。しかし、青みがかつたるつぼのほうが白色のるつぼに比べて熱に弱く、高周波加熱炉で加熱をしている間に破損することが何回かあり、白色のるつぼのほうが使用するのに適していると考えられる。

るつぼ+助燃剤を高周波加熱炉にセットする前にマッフル炉で500℃、1時間焼き出ししてもブランク値はほとんど変化しなかった。一方、酸素ガスを脱水・脱硫することにより、若干ブランク値は下がる傾向が見られる。ブランクは、るつぼから、というよりは、酸素ガスに由来するものと考えられる。酸素ガスを脱水・脱硫するための装置は以前のものを使用しているため、内部が汚れている可能性も考えられる。今後は、新しい脱水・脱硫装置を取付け、ブランクテストを行いたいと考えている。

表1 ブランクテストの結果

preheatなし	500℃のマッフル炉で1時間preheated			
	酸素ガスを脱水・脱硫		酸素ポンペを直接接続	
青るつぼ	青るつぼ	白るつぼ	青るつぼ	白るつぼ
0.044	0.022	0.051	0.078	0.032
0.031	0.038		0.036	0.047
	0.065		0.020	0.018
	0.028		0.078	0.057
			0.073	0.071
			0.022	0.048
				0.047
0.038	0.038	0.051	0.051	0.046

(mgC)

表2 やまと隕石 Y-75102 とアランヒルズ隕石 ALH-77294, ALH-77262 の落下 ^{14}C 年代測定

	Weight (g)	CO_2 (cm^3 STP)	$\frac{(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sum}}}{(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{std}}}$	^{14}C (dpm/kg)	Saturated activity	Terrestrial age (ka)	Reference
Y-75102-1	0.982	0.015	74.6±0.8	35.3±1.1	53	3.4±0.7	This work
-2	0.682	0.014	44.9±0.3	30.1±1.5	53	4.7±0.7	This work
-3	-----	-----	-----	34.1±2.7	57	4.3±1.0	Fireman (1983)
-4	5.0	7.6	-----	46.3±1.4	57	1.7±0.3	Jull <i>et al.</i> (1984)
ALH-77294-1	0.832	0.147	2.0±0.1	4.2±0.2	43	19.2±0.8	This work
-2	0.831	0.048	4.1±0.2	3.9±0.2	43	19.8±0.9	This work
-3	10.5	1.32	-----	1.6±0.3	61	30±2	Fireman and Norris (1981)
-4	0.42	-----	-----	13.9±0.3	44	9.5±1.0	Jull <i>et al.</i> (1989)
-5	-----	-----	-----	6.8±0.2	50	16.5±1.3	Jull <i>et al.</i> (1998)
ALH-77262-1	1.645	0.067	-----	1.4±0.1	45	28.5±0.9	This work
-2	0.60	-----	-----	4.9±0.1	45	18.1±1.0	Jull <i>et al.</i> (1989)

5-2. 南極隕石からの炭素抽出

助燃剤にLECO社の超高純度Fe 2gを使用し、やまと隕石Y-75102 (L6)とアランヒルズ隕石ALH-77294 (H5)の炭素抽出を行った結果を表2に示す。¹⁴C年代濃度の標準体にはNIST蔭酸 (RM-94) を用い、¹⁴C年代値はLibbyの半減期 5, 568年を用いて算出した。測定誤差は1σで示した。¹⁴C落下年代は、上記に示したように、

$$t = \tau \ln(R/R')$$

τ : ¹⁴Cの場合, 8,268年

R: saturated activity

R': 試料のactivity

と表わされる。最近落下した隕石のsaturated activityがいくつかの隕石について測定されている (表3)。我々の炭素抽出システムにおいては、これらの隕石のsaturated activityを実際に測定していないので、Lタイプ隕石の平均値53dpm/kgをY-75102, Hタイプの平均値43dpm/kgをALH-77294に用いることにした。表2の値は、ブランクのactivity 0.27 ± 0.03 dpm/kgによって補正した値である。また、落下年代の誤差は¹⁴C測定における計数誤差のみである。

Y-75102の落下年代測定結果はFireman (1983)の結果とほぼ等しく、Jull *et al.* (1984)の結果よりも少し古い結果が得られた。Jull *et al.* (1984)は、500°Cで試料から抽出された¹⁴Cから計算すると、Y-75102の変成年代は 5.1 ± 0.5 kaとなり、落下年代よりも古いと報告している。この古い変成年代は、古い年代をもつmelt waterによって変成を受けたためであると彼らは述べているが、実験誤差範囲であるとも考えられる。落下年代と変成年代の平均値は 2.8 ± 0.5 kaとなり、我々の結果と一致する。

ALH-77294の落下年代測定結果はFireman and Norris (1981)の結果とJull *et al.* (1989b)の結果の間にあり、Jull *et al.* (1998)の結果に最も近い値となった。ALH-77262の落下年代測定結果はJull *et al.* (1989b)よりも古い値となった。

表3 最近落下した隕石の¹⁴C saturated activities

タイプ	隕石名	saturated activity	文献
L6	Bruderheim	49.8±1.8	Brown <i>et al.</i> , 1984
		54.6±0.5	Cresswell <i>et al.</i> , 1993
		51.9±0.3	Jull <i>et al.</i> , 1993
		47.6±2.0	Knauer <i>et al.</i> , 1995
	Peace River	55.1±1.0	Cresswell <i>et al.</i> , 1993
	Peekskill	51.1±0.4	Graf <i>et al.</i> , 1996
	Mbale	58.1±0.4	Jull <i>et al.</i> , 1998
	平均	52.6±0.4	
H5	Holbrook	44±1	Jull <i>et al.</i> , 1998
	Torino	42±2	Wieler <i>et al.</i> , 1996
	平均	43±1	

隕石中の ^{14}C を決定するために、Fireman (1983), Fireman and Norris (1981)は”段階加熱法+計数法”, Jull *et al.* (1984, 1989b, 1998)は”高周波加熱法+AMS法”を、そして我々は、後者と同じ方法を用いている。前者の結果は古い年代を示し、後者の結果は若い年代を示し、我々の結果はその中間的な年代を示すという傾向が見られた。この違いは、分析誤差、試料中の汚染、試料の不完全な燃焼などに起因していると考えられる。特に、少量の試料の場合、抽出される CO_2 量がブランク値と大差なく、ブランクで補正した値は大きな誤差をもつ。表2から、隕石からは非常に少量の CO_2 しか抽出されておらず、ブランクが無視できないことがわかる。

隕石中の ^{14}C saturated activityは、隕石表面からの距離、隕石の大きさによって異なる (Reedy, 1985; Graf *et al.*, 1990; Jull *et al.*, 1994; Wieler *et al.*, 1996)。Wieler *et al.* (1996)は、Torino (H6)の断片における ^{14}C 測定から、隕石母天体の半径が20~45cmの場合、saturated activityは40~52dpm/kgの範囲にあり、20cmより小さい場合は40dpm/kgよりも小さいsaturated activityを示すことを報告した。本研究においては、隕石母天体の大きさに基づくsaturated activityの違いまでは考慮に入れておらず、得られた落下年代は、表2に示された値以上の誤差をもつと考えられる。 ^{10}Be は ^{14}C と同様、酸素の核破砕反応で主として生成されると考えられており、 ^{14}C saturated activityを ^{10}Be activityで規格化することにより、隕石試料の遮へい効果を見積もることができる。今後、隕石の ^{10}Be 測定も行い、より正確な落下年代を求めていく必要がある。

5-3. 南極隕石のペアリング

Y-75102 (L6)と同時落下と考えられるY-74190 (L6), Y-75097 (L6), Y-75108 (L6)について、 ^{14}C 測定を行った結果を表4に示す。 $^3\text{He}/^{21}\text{Ne}$, ^{53}Mn の値は、高岡 (1987)から引用した。Y-74190の落下年代が若干若いものの、4つの隕石はほぼ同じ落下年代を示した。追試が必要であるが、これらの隕石はペアである可能性が示唆された。

今後、高周波加熱炉による加熱時間、助燃剤の量などを検討して隕石試料の燃焼を完全にすること、ならびにブランク値を下げるのが、必要不可欠である。他方、我々の炭素抽出ラインにおいて、最近落下した隕石のsaturated activityを測定し、他の研究室と値の比較をすることも必要である。

表4 Y-75102シリーズ隕石のペアリング

Sample	Weight (g)	CO_2 (cm^3 STP)	^{14}C (dpm/kg)	Terrestrial age (ka)	$^3\text{He}/^{21}\text{Ne}$	^{53}Mn (dpm/kg Fe)
Y-74190	1.058	0.056	40.8 ± 1.2	2.8 ± 0.3	2.2	441
Y-75097	1.201	0.055	37.5 ± 1.2	3.5 ± 0.3	4.6	424
Y-75108-1	0.933	0.074	35.9 ± 0.8	3.8 ± 0.2	4.0	407
-2	0.800	0.087	34.7 ± 0.9	4.1 ± 0.2		
Y-75102				$4.1 \pm 0.7^*$	4.8	452

*表2の”This work”の値の平均値で示した

6. まとめ

名古屋大学年代測定資料研究センターに設置されているタンデトロン加速器質量分析計を用いて南極隕石の地上落下¹⁴C年代測定を実施するため、隕石からの炭素抽出装置を製作した。炭素濃度が既知の標準鉄を用いて行った炭素抽出テストの結果、約90%の抽出効率が得られ、また、得られた¹⁴C年代値は、大気の混入等による現代炭素の汚染のない、信頼できるものと考えられたため、標準鉄と同様の方法で、南極隕石(Y-75102, ALH-77294およびALH-77262)の分析を行った結果、文献値とほぼ同じ結果が得られた。また、Y-75102と同時落下と考えられるY-74190, Y-75097, Y-75108について¹⁴C測定を行った結果、これら4つの隕石がペアである可能性が示唆された。

しかし一方、本炭素抽出法は炭素含有量が非常に低い隕石を分析するには、無視できない程のブランク値が存在し、ブランク値で補正する必要がある。抽出炭素量が少ない場合は、ブランク値と大差なくなり、誤差の要因となってくる。したがって、炭素抽出系のブランク値を下げる、試料を完全に燃焼させて抽出効率を上げる、などの分析技術の改良が望まれる。また、本抽出法により、最近落下した隕石のsaturated activityを測定し、他の研究室が出している値と同じ値がでるかどうかも調べる必要がある。

謝 辞

国立極地研究所からは貴重な隕石試料を分けていただきました。九州大学理学部の高岡宣雄教授には、この研究を始めるにあたり、貴重な助言をいただきました。名古屋大学年代測定総合研究センターの吉岡茂雄氏には、炭素抽出ガラスラインを作っていただき、同センターの丹生越子博士には、タンデトロン2号機による測定をしていただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

引用文献

- Beukens, R.P., Rucklidge, J.C. and Miura, Y. (1988) ^{14}C ages of 10 Yamato and Allan Hills meteorites. *Proc. NIPR Symp. Antarct. Meteorites* **1**, 224-230.
- Brown, R.N., Andrews, H.R., Ball, G.C., Imahori, Y., Milton, J.C.D. and Fireman, E.L. (1984) ^{14}C content of ten meteorites measured by Tandem Accelerator Mass Spectrometry. *Earth Planet. Sci. Lett.* **67**, 1-8.
- Cresswell, R.G., Miura, Y., Beukens, R.P. and Rucklidge, J.C. (1993) ^{14}C terrestrial ages of nine Antarctic meteorites using CO and CO_2 temperature extractions. *Proc. NIPR Symp. Antarct. Meteorites* **6**, 381-390.
- Fireman, E.L. (1978) Carbon-14 in lunar soil and in meteorites. *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf. 9th*, 1647-1654.
- Fireman, E.L. (1979) ^{14}C and ^{39}Ar abundances in Allan Hills meteorites. *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf. 10th* 1053-1060.
- Fireman, E.L. (1983) Carbon-14 ages of Antarctic meteorites. *Lunar Planet. Sci.* **14**, 195-196.
- Fireman, E.L. and Norris, T. (1981) Carbon-14 ages of Allan Hills meteorites and ice. *Proc. Lunar Planet. Sci.* **12B**, 1019-1025.
- Freundel, M., Schultz, L. and Reedy, R.C. (1986) Terrestrial ^{81}Kr -Kr ages of Antarctic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **50**, 2663-2673.
- Graf, Th., Signer, O., Wieler, R., Heppers, U., Sarafin, R., Vogt, S., Fieni, Ch., Pellas, P., Bonani, G., Suter, M. and Wolfli, W. (1990) Cosmogenic nuclides and nuclear tracks in the chondrite Knyahinya. *Geochim. Cosmochim. Acta* **54**, 2511-2520.
- Graf, Th., Marti, K. and Xue, S. 1997. Exposure history of the Peekskill (H6) meteorite. *Meteoritics and Planetary Science* **32**, 25-30.
- Jull, A. J. T., Donahue, D. J. and Linick, T. W. (1984) Carbon-14 activities in recently fallen meteorites and Antarctic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **53**, 2095-2100.
- Jull, A.J.T., Donahue, D.J., Zabel, T.H. and Fireman, E.L. (1984) Carbon-14 ages of Antarctic meteorites with accelerator and small-volume counting techniques. *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf. 15th, J. Geophys. Res.* **89**, C329-335.
- Jull, A. J. T. and Donahue, D. J. (1988) Terrestrial ^{14}C age of the Antarctic shergottite, EETA 79001. *Geochim. Cosmochim. Acta* **52**, 1309-1311.
- Jull, A.J.T., Donahue, D.J. and Linick, T.W. (1989a) Carbon-14 activities in recently fallen meteorites and Antarctic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **53**, 2095-2100.
- Jull, A.J.T., Donahue, D.J. and Linick, T.W. (1989b) (abstract) Trends in carbon-14 terrestrial ages of Antarctic meteorites from different sites. *Lunar Planet. Sci.* **20**, 488-489.
- Jull, A. J. T., Donahue, D. J. (1991) Carbon-14 content of the Antarctic meteorite, MacAlpine Hills 88105. *Geochim. Cosmochim. Acta* **55**, 2681-2682.
- Jull, A.J.T., Donahue, D.J., Cielaszyk, E. and Wlotzka, F. (1993) Carbon-14 terrestrial ages and weathering of 27 meteorites from the southern high plains and adjacent areas (USA). *Meteoritics* **28**, 188-195.

- Jull, A.J.T., Cloudt, S. and Cielaszyk, E. (1998) ^{14}C terrestrial ages of meteorites from Victoria Land, Antarctica, and the infall rates of meteorites. In: Grady, M.M. et al., editors. *Meteorites: flux with time and impact effects. Geol. Society of London Special Publication* **140**, 75-91.
- Knauer, M., Neupert, U., Michel, R., Bonani, G., Dittrich-Hannen, B., Hajdas, I., Ivy-Ochs, S., Kubik, P.W. and Suter, M. (1995) Measurement of the long-lived radionuclides Beryllium-10, Carbon-14 and Aluminum-26 in meteorites from hot and cold deserts by accelerator mass spectrometry (AMS). Houston: Lunar and Planetary Institute. *Lunar and Planetary Institute Technical Report* **95-02**, 38-42.
- 南 雅代・中村俊夫 (2000) 南極隕石の落下 ^{14}C 年代測定を試み. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **XI**, 100-112.
- Minami, M. and Nakamura, T. (2001) An extraction system to measure carbon-14 terrestrial ages of meteorites with a Tandatron AMS at Nagoya University. *Submitted to Radiocarbon*.
- Miura, Y., Nagao, K. and Fujitani, T. (1993) ^{81}Kr terrestrial ages and grouping of Yamato eucrites based on noble-gas and chemical compositions. *Geochim. Cosmochim. Acta* **57**, 1857-1866.
- Nakamura, T., Hirasawa, M. and Igaki, K. 1995. AMS radiocarbon dating of ancient oriental iron artifacts at Nagoya University. *Radiocarbon* **37**, 629-636.
- Nishiizumi, K., Arnold, J.R., Elmore, D., Ferraro, R.D., Gove, H.E., Finkel, R.C., Beukens, R.P., Chang, K.H. and Kilius, L.R. (1979) Measurements of ^{36}Cl in Antarctic meteorites and Antarctic ice using a van de Graaff accelerator. *Earth Planet. Sci. Lett.* **45**, 285-292.
- Nishiizumi, K., Murrell, M.T., Arnold, J.R., Elmore, D., Ferraro, R.D., Gove, H.E. and Finkel, R.C. (1981) Cosmic ray produced ^{36}Cl and ^{53}Mn in Allan Hills-77 meteorites. *Earth Planet. Sci. Lett.* **52**, 31-38.
- Nishiizumi, K., Arnold, J.R., Elmore, D., Ma, X., Newman, D. and Gove, H.E. (1983) ^{36}Cl and ^{53}Mn in Antarctic meteorites and ^{10}Be - ^{36}Cl dating of Antarctic ice. *Earth Planet. Sci. Lett.* **62**, 407-417.
- 岡 圭男・西野和美・猪熊康夫 (1992) 鋼中微量炭素分析におけるブランクの低減および付着炭素除去法. *CAMP-ISIJ* **5**, 440.
- Reedy, R.C. (1985) A model for GCR-particle fluxes in stony meteorites and production rates of cosmogenic nuclides. *Proc. Lunar. Planet. Sci. Conf. 15th, J. Geophys. Res.* **90**, C722-728.
- 島 正子 (1998) 隕石 宇宙からの贈りもの. 科学のとびら29. 東京化学同人. 131-153.
- 高岡宣雄 (1987) 南極隕石の宇宙線生成核種と落下年代. 国立極地研究所編: 南極の科学. 6. 南極隕石. 古今書院. 228-242.
- Wieler, R., Graf, Th., Signer, P., Vogt, S., Herzog, G.F., Tuniz, C., Fink, D., Fifield, L.K., Klein, J., Middleton, R., Jull, A.J.T., Pellas, P., Masarik, J. and Dreibus, G. (1996) Exposure history of the Torino meteorite. *Meteoritics and Planetary Science* **31**, 265-272.

Carbon-14 terrestrial ages of Antarctic meteorites with a Tandetron AMS at Nagoya University

M. Minami¹⁾ and T. Nakamura²⁾

1) Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science,
Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-8602 JAPAN

2) Center for Chronological Research, Nagoya University, Chikusa, Nagoya
464-8602 JAPAN

Terrestrial age of meteorites gives us important information to estimate the terrestrial history of the meteorites. With the advent of AMS, the required sample mass of meteorite for measurement has been reduced as small as 0.1g. As a result, many more ¹⁴C measurements have been performed intensively by the Toronto AMS group, Canada, the Arizona AMS group, USA, and so on.

In Japan, AMS ¹⁴C measurements of meteorites have been scarcely performed, to our regret. We have constructed a system to extract carbon from meteorites using a vacuum-tight RF melting method in order to study ¹⁴C activities in meteorites, in a similar method used by the Arizona group. A meteorite powder sample mixed with pure iron chips is combusted in a RF furnace (Leco HF-10) in the presence of purified carbon-free oxygen in a closed vacuum-tight glass line system. The sample gases evolved are passed through MnO₂ and Pt/CuO traps, and then the CO₂ is separated in a liq.N₂ trap, by pumping out oxygen completely. The amount of ¹⁴CO₂ is determined by a pressure transducer in a certain volume and diluted with a known amount of ¹⁴C-free CO₂. The total CO₂ is graphitized by reducing with hydrogen in a Fe-powder catalyst and the produced graphite is measured of its ¹⁴C concentration with a Tandetron accelerator mass spectrometer at the Center for Chronological Research, Nagoya University.

Terrestrial ¹⁴C ages of two Antarctic meteorites, Y-75102 from the Yamato icefield, ALH-77294 and ALH-77262 from the Allan Hills icefield, were determined. The age of Y-75102 is estimated 4.0±1.0 ka, the age of ALH-77294 is 19.5±1.2 ka, and the age of ALH-77262 is 28.5±0.9 ka. The ¹⁴C ages on the meteorites roughly agree with the literature value. However, the results of the small-counter method (Fireman, 1983; Fireman and Norris, 1981) tend to be oldest, the results of the AMS method by Jull et al. (1984, 1989b, 1998) are youngest, and our results of the AMS method are intermediate. The difference would be caused by analytical uncertainties, contamination in samples, incomplete fusion of samples and back-ground value in the extraction system.

Y-74190, Y-75097 and Y-75108, which are thought to have fallen at the same time as Y-75102, gave similar ages of ~ 4 ka, though Y-74190 gave a slightly younger age of 2.8 ka. These four chondrites might have fallen at the same time.

Further studies are needed to improve analytical technique: reducing back-ground value of the extraction system and complete combustion of meteorites by such as longer heating time in RF furnace and use of much more combustion accelerator. It is indispensable to measure saturated ^{14}C activity of recently fallen meteorites with our extraction system. Furthermore, shielding or depth corrections are needed for ^{14}C terrestrial age determination of a meteorite sample if the meteoroid was very large or very small. We intend to obtain the other radioisotope data such as ^{10}Be to estimate the shielding effect. By normalizing the saturated activity of ^{14}C to that of ^{10}Be in a meteorite, more correct terrestrial age for the meteorite could be obtained.