

# 南極隕石の落下<sup>14</sup>C年代測定を試み

南 雅代<sup>1)</sup>・中村俊夫<sup>2)</sup>

- 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資料研究センター

## 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、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、裸氷上に出るといった集積機構をとり、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、落下頻度の時代変化など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<sup>14</sup>C ( $t_{1/2}=5,730$ 年)、<sup>36</sup>Cl ( $t_{1/2}=3.1\times 10^5$ 年)、<sup>26</sup>Al ( $t_{1/2}=7.2\times 10^5$ 年) などがある。Firemanらは10g以上の南極隕石試料を用いて、従来の計数法により落下<sup>14</sup>C年代測定を行った (e.g., Fireman, 1978, 1979)。従来の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。そこで我々は、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ム2号機を用いて<sup>14</sup>C法による南極隕石の落下年代測定を行うべく、高周波加熱炉を用いた炭素抽出ラインを製作した。本研究においては、この炭素抽出ラインを用いて行った鉄鋼標準試料(炭素定量専用綱)の炭素抽出テストの結果、ならびに、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、隕石がメーターサイズの大きさになって宇宙をさまよっている間、宇宙線照射下にある。隕石内部で原子核反応を引き起こす宇宙線はGeVオーダのエネルギーをもつ陽子が主体であり、この陽子が原子核と反応を起こす有効距離は1m程度と考えられている。隕石に入射した荷電粒子は物質と作用してエネルギーを失い停止するが、一部は原子核と反応してさまざまな核種を生成する。宇宙線

による放射性核種（崩壊定数 $\lambda$ ）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、生成速度と崩壊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( $R'$ )を測定すると、

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

で与えられる（高岡, 1987）。

### 3. 試料

鉄鋼標準試料は、LECO社および(社)日本鉄鋼協会(JSSと略す)製の炭素定量用標準鉄を用いた。LECOについては炭素含有量が4.67%の1種類、JSSについては0.196% (part No. 030-7), 0.050% (part No. 201-10), 0.049% (part No. 201-12)の3種類を用いた。いずれの標準鉄も細粒状である。

南極隕石は、国立極地研究所から配分されたやまと隕石 Y-75102 (L6)とアランヒルズ隕石 ALH-77294 (H5)を用いた。地上落下 $^{14}\text{C}$ 年代は、前者が $3 \pm 1$  kyr, 後者が落下年代が $10 \pm 1$  kyrと報告されている (Jull *et al.*, 1984, 1989)。

助燃剤は、LECO社のW+Sn (LECOCEL2 HP, part No. 502-173; 炭素含有量 $< 3$ ppm), 普通のグレードのFe (part No. 501-077), 高純度のFe (part No. 502-231; 炭素含有量 $< 8$ ppm)の3種類を用いた。以下、普通のグレードのFeを"Fe", 高純度Feを"pure Fe"と記すことにする。

### 4. 実験方法

名古屋大学年代測定資料研究センターには、鉄器からの炭素抽出のために、高周波加熱炉 (LECO HF-10)を用いた燃焼ラインが設置されていた。図1に燃焼炉を含む従来の燃焼ラインの概略を示す。この燃焼ラインにおいては、鉄試料と助燃剤を入れたアルミナのるつぼを燃焼炉の反応管内にセットし、捕集バックを含めた燃焼ライン内に $\text{N}_2$ を流して大気を追い出した後、脱 $\text{CO}_2$ および脱水処理をした $\text{O}_2$ で置換、 $\text{O}_2$ を流しながら3分間加熱し、その後、燃焼ガスの入った捕集バックを真空ラインに接続して $\text{CO}_2$ の分離・精製を行う、という方法を用いている。しかしこの方法では、燃焼ライン内での大気の残留、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。そこで、本研究においては、燃焼系と $\text{CO}_2$ 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 (図2)。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、本方法においては、ダスト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。

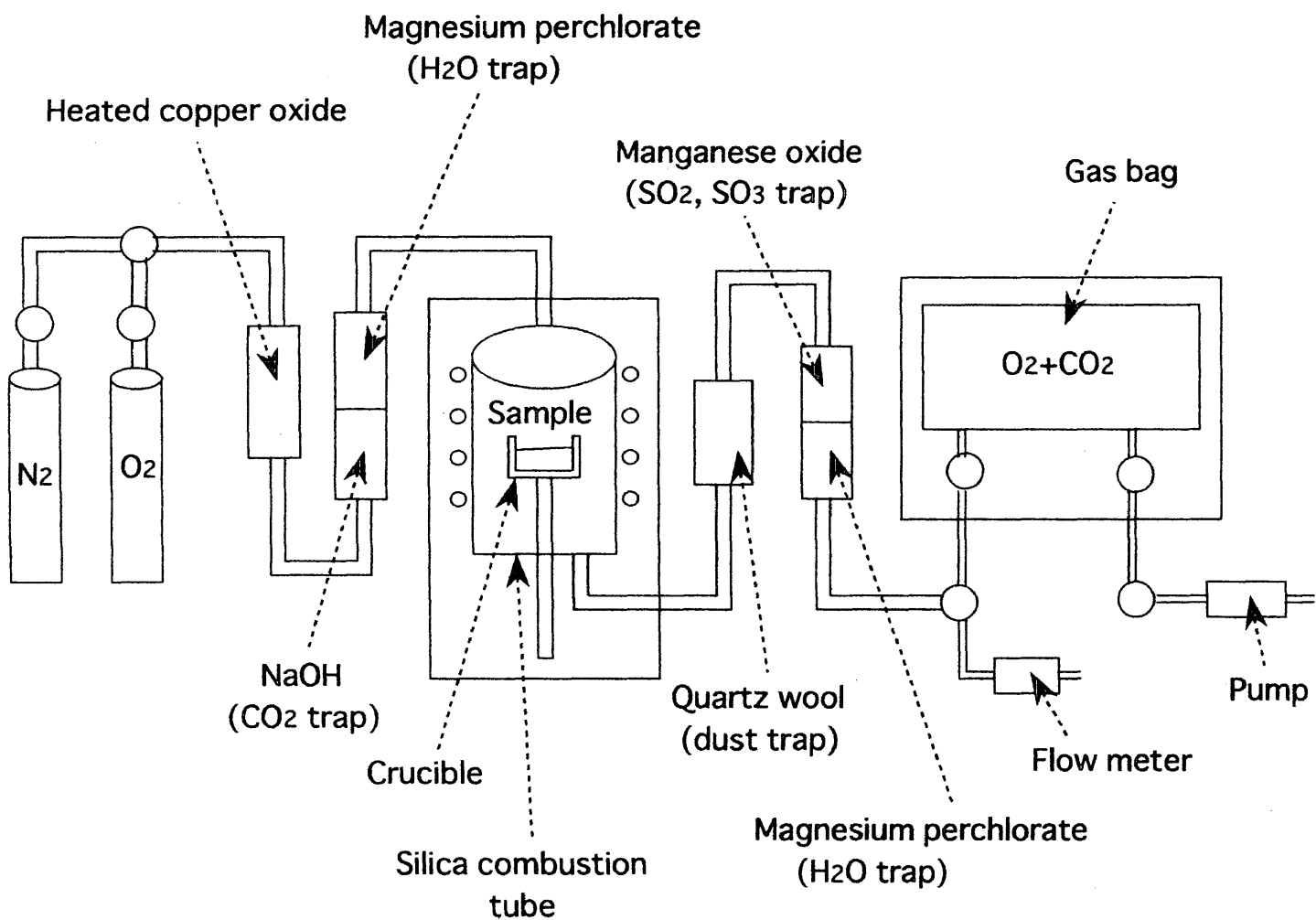


図1 従来の乾式炭素抽出ライン図

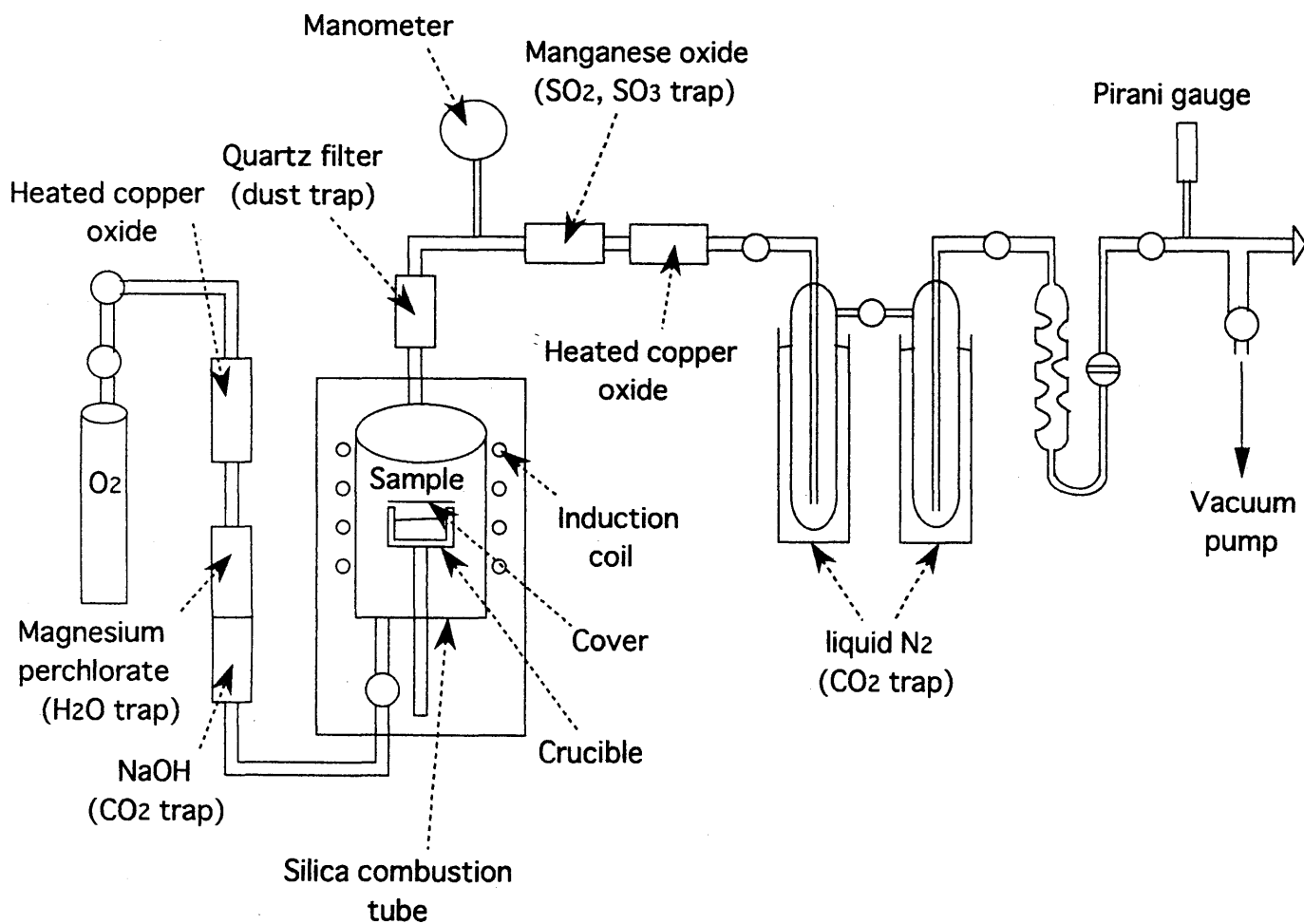


図2 改良した乾式炭素抽出ライン図

実験方法は、主としてJull *et al.* (1993)を参考にした。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と混ぜ、るつぼに入れる。隕石試料は500℃で1時間、電気炉で加熱した後、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の反応管内にセットし、真空に排気する。系内に脱CO<sub>2</sub>および脱水処理をしたO<sub>2</sub>を流しながら3分間加熱し（燃焼温度約1,700℃）、燃焼ガスはMnO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>にする。CO<sub>2</sub>はO<sub>2</sub>とともに液体窒素にトラップし、試料が冷却した後、酸素のみを排気する。エタノール-液体窒素トラップに替え、CO<sub>2</sub>から水分を取り除き、隕石試料については、抽出されたCO<sub>2</sub>を<sup>14</sup>C-freeのCO<sub>2</sub>で希釈する。CO<sub>2</sub>を鉄触媒を用いてグラファイトに変え、タンデム加速器質量分析計によって、その<sup>14</sup>C濃度を測定する。

## 5. 結果と考察

### 5-1. 標準鉄による炭素抽出テスト

表1～3に、3種類の鉄鋼標準試料による炭素抽出テストの結果を示す。従来の乾式抽出法による結果（山田ほか, 1997）、ならびに塩化銅水溶液を用いた湿式抽出法による結果（小田ほか, 1997）も合わせて示す。

助燃剤としてW+Snを使用した場合、Feを使用した場合よりも若い年代が得られており、W+Snの助燃剤は現代炭素の影響を受けている可能性が強い。W+Snの助燃剤は炭素含有量が3ppmと高純度であるが、Feに比べて燃焼時に発生するダスト量も多いため、本研究においては助燃剤としてFeを使用することにした。

#### LECO Fe (4.67%)

炭素含有量4.67%の標準鉄においては、ほぼ90%の抽出効率を得られた。しかし、試料の量が少なく、抽出される炭素の量が少なくなると、抽出効率は下がる傾向が見られ（No.5～7）、これは、試料の燃焼後O<sub>2</sub>を排出する際に試料のCO<sub>2</sub>の一部と一緒に排出されているためと考えられた。そこで、燃焼時のO<sub>2</sub>圧を0.5atmとしていたが0.1atm以下に下げ、さらに燃焼後のO<sub>2</sub>排出流量を少なくし、CO<sub>2</sub>をトラップしておく液体窒素トラップを5ヶ所に増やした結果、抽出される炭素の量が少ない場合においても90%以上の抽出効率を得られた（No.8, 9）。

得られた<sup>14</sup>C年代は、従来の乾式法において得られた年代値より約8,000年、湿式法に比べて約2,000年古くなった。

#### JSS Fe (0.196%)

炭素含有量0.196%の標準鉄においては、No.11を除いてほぼ80～90%の抽出効率を得られた。しかし、LECO Fe (4.67%)と同様に、抽出される炭素の量が少なくなると、抽出効率は下がる傾向が見られ（No.11）、O<sub>2</sub>量を少なくし、液体窒素トラップを5ヶ

表1 LECO Fe (4.67%)の燃焼結果

|                                     | 試料の<br>量 (g) | 助燃剤<br>の種類 | 助燃剤<br>の量(g) | 抽出量<br>(mgC) | 抽出効率<br>(%) | $\delta^{13}\text{C}$<br>(‰) | $^{14}\text{C}$ 年代<br>(yrBP) |
|-------------------------------------|--------------|------------|--------------|--------------|-------------|------------------------------|------------------------------|
| [改良法]                               |              |            |              |              |             |                              |                              |
| 1                                   | 0.0693       | W+Sn       | 1.1          | 2.281        | 70.5        | ----                         | 34,870±600                   |
| 2                                   | 0.0824       | Fe         | 1.0          | 3.434        | 89.2        | -26.0                        | 38,280±640                   |
| 3                                   | 0.0946       | pure Fe    | 1.0          | 4.252        | 96.2        | -25.9                        | 40,870±580                   |
| 4                                   | 0.0906       | pure Fe    | 3.0          | 4.070        | 96.2        | -26.1                        | 38,950±480                   |
| 5                                   | 0.0598       | pure Fe    | 2.3          | 2.300        | 82.1        | -26.5                        | -----                        |
| 6                                   | 0.0334       | pure Fe    | 2.0          | 1.358        | 87.0        | -26.6                        | -----                        |
| 7                                   | 0.0161       | pure Fe    | 2.0          | 0.629        | 83.7        | -26.5                        | -----                        |
| (O <sub>2</sub> 量を少なくし、液体窒素トラップ5ヶに) |              |            |              |              |             |                              |                              |
| 8                                   | 0.0726       | pure Fe    | 2.0          | 3.229        | 95.4        | -26.2                        | -----                        |
| 9                                   | 0.0079       | pure Fe    | 2.0          | 0.344        | 93.7        | -26.4                        | -----                        |
| [従来法]                               |              |            |              |              |             |                              |                              |
|                                     | 0.10         | W+Sn       | 1.0          | 2.05         | 43.7        | -26.1                        | 30,150±390                   |
|                                     | 0.10         | W+Sn       | 1.0          | 3.61         | 77.4        | -26.4                        | 31,230±300                   |
|                                     | 0.10         | W+Sn       | 1.0          | 4.17         | 86.7        | -25.9                        | 32,400±520                   |
| [湿式法]                               |              |            |              |              |             |                              |                              |
|                                     | 0.159        |            |              | 6.15         | 83.0        | -25.2                        | 37,150±330                   |
|                                     | 0.067        |            |              | 2.66         | 84.8        | -25.1                        | 36,290±330                   |

\* $^{14}\text{C}$ 年代が未記入の欄は、未測定であることを示す。

表2 JSS Fe (0.196%)の燃焼結果

|                                      | 試料の<br>量(g) | 助燃剤<br>の種類 | 助燃剤<br>の量(g) | 抽出量<br>(mgC) | 抽出効率<br>(%) | $\delta^{13}\text{C}$<br>(‰) | $^{14}\text{C}$ 年代<br>(yrBP) |
|--------------------------------------|-------------|------------|--------------|--------------|-------------|------------------------------|------------------------------|
| [改良法]                                |             |            |              |              |             |                              |                              |
| 1                                    | 1.004       | W+Sn       | 1.0          | 1.996        | 101.4       | -23.4                        | 21,740±240                   |
| 2                                    | 1.056       | Fe         | 1.1          | 1.733        | 83.7        | -23.8                        | 27,420±240                   |
| 3                                    | 1.081       | Fe         | 2.0          | 1.558        | 73.5        | -24.3                        | 26,800±230                   |
| 4                                    | 1.019       | Fe         | 3.1          | 1.425        | 71.4        | -24.5                        | 26,800±270                   |
| 5                                    | 1.012       | pure Fe    | 1.0          | 1.788        | 90.2        | -23.5                        | 27,480±230                   |
| 6                                    | 1.004       | pure Fe    | 3.0          | 1.788        | 93.7        | -24.9                        | 27,500±260                   |
| 7                                    | 1.035       | pure Fe    | 2.1          | 1.566        | 77.2        | -23.8                        | 26,690±270                   |
| 8                                    | 1.005       | pure Fe    | 2.0          | 1.496        | 76.0        | -24.2                        | -----                        |
| 9                                    | 1.008       | pure Fe    | 2.1          | 1.560        | 79.0        | -24.2                        | -----                        |
| 10                                   | 0.524       | pure Fe    | 2.0          | 0.844        | 82.1        | -24.4                        | -----                        |
| 11                                   | 0.217       | pure Fe    | 2.1          | 0.242        | 56.9        | -26.0                        | -----                        |
| (O <sub>2</sub> 量を少なくし, 液体窒素トラップ5ヶに) |             |            |              |              |             |                              |                              |
| 12                                   | 1.044       | pure Fe    | 2.0          | 1.731        | 84.6        | -24.4                        | -----                        |
| 13                                   | 0.233       | pure Fe    | 2.0          | 0.400        | 87.7        | ----                         | -----                        |
| [従来法]                                |             |            |              |              |             |                              |                              |
|                                      | 1.49        | W+Sn       | 1.5          | 2.39         | 81.6        | -23.3                        | 25,560±230                   |
|                                      | 1.52        | W+Sn       | 1.5          | 2.36         | 79.5        | -23.5                        | 25,550±280                   |
|                                      | 1.50        | W+Sn       | 1.5          | 2.63         | 89.5        | -23.3                        | 25,100±220                   |
| [湿式法]                                |             |            |              |              |             |                              |                              |
|                                      | 1.53        |            |              | 2.65         | 88.4        | -23.0                        | 25,980±270                   |

\* $^{14}\text{C}$ 年代が未記入の欄は, 未測定であることを示す。

所に増やすことによって、抽出炭素量が少ない場合においても90%近い抽出効率が得られた(No.13)。また、得られた<sup>14</sup>C年代は、従来の乾式法、湿式法によって得られた年代より約1,000年古い値を示した。

JSS Fe (0.049%, 0.050%)

炭素含有量が一番低い0.049%の標準鉄においては、抽出効率が60%位しか得られない結果となった(No.1~5)。これはやはり、抽出炭素の量が少ないため、試料の燃焼後O<sub>2</sub>を排出する際に試料のCO<sub>2</sub>の一部と一緒に排出されているためと考えられた。O<sub>2</sub>流量を少なくし、液体窒素トラップを5ヶ所に増やすことによって、90%の抽出効率が得られるようになった(No.6)。<sup>14</sup>C年代値についても今後測定する予定である。

表3 JSS Fe (0.049%, 0.050%)の燃焼結果

|  | 試料の<br>量 (g) | 助燃剤<br>の種類 | 助燃剤<br>の量(g) | 抽出量<br>(mgC) | 抽出効率<br>(%) | $\delta^{13}\text{C}$<br>(‰) | <sup>14</sup> C年代<br>(yrBP) |
|--|--------------|------------|--------------|--------------|-------------|------------------------------|-----------------------------|
| JSS Fe (0.049%)                                    |              |            |              |              |             |                              |                             |
| [改良法]  |              |            |              |              |             |                              |                             |
| 1  | 1.977        | W+Sn       | 2.0          | 0.614        | 63.4        | -26.0                        | -----                       |
| 2  | 1.906        | Fe         | 2.1          | 0.501        | 53.6        | -26.0                        | -----                       |
| 3  | 1.011        | Fe         | 2.1          | 0.329        | 66.4        | -23.4                        | -----                       |
| 4  | 1.005        | pure Fe    | 1.0          | 0.327        | 66.4        | -23.7                        | -----                       |
| 5  | 1.052        | pure Fe    | 3.1          | 0.272        | 52.8        | -27.4                        | -----                       |
| (O <sub>2</sub> 量を少なくし、液体窒素トラップ5ヶに)                |              |            |              |              |             |                              |                             |
| 6  | 1.034        | pure Fe    | 2.0          | 0.448        | 88.5        | -25.8                        | -----                       |
| [従来法]  |              |            |              |              |             |                              |                             |
|  | 2.49         | W+Sn       | 2.5          | 0.99         | 81.1        | -23.6                        | 19,930 ± 290                |
|  | 2.00         | W+Sn       | 2.0          | 0.54         | 55.5        | ----                         | 20,750 ± 340                |
|  | 2.03         | W+Sn       | 2.0          | 0.83         | 83.3        | ----                         | 20,410 ± 830                |
| JSS Fe (0.050%)                                    |              |            |              |              |             |                              |                             |
| [改良法]  |              |            |              |              |             |                              |                             |
| (O <sub>2</sub> 量を少なくし、liq.N <sub>2</sub> トラップ5ヶに) |              |            |              |              |             |                              |                             |
|  | 0.995        | pure Fe    | 2.0          | 0.459        | 92.2        | -26.2                        | -----                       |
| [湿式法]  |              |            |              |              |             |                              |                             |
|  | 6.04         |            |              | 2.61         | 86.4        | -24.2                        | 19,330 ± 140                |

\*<sup>14</sup>C年代が未記入の欄は、未測定であることを示す。



以上、いくつかの標準鉄の炭素抽出テスト結果から、本研究で改良した高周波加熱炉を用いた乾式炭素抽出法により、炭素抽出量が少ない場合においても90%以上の炭素抽出効率を得られることがわかった。燃焼時の $O_2$ 量を少なくすることによって、燃焼後の余剰の $O_2$ 量を減らし、さらに燃焼後の $O_2$ 排出流量を少なくし、液体窒素トラップ箇所を増やすことによって、燃焼ガス( $CO_2+O_2$ )から $CO_2$ を分離・精製する過程における $CO_2$ の損失を防ぐ効果があったことがわかる。また、 $^{14}C$ 年代は、ガスバックに捕集する従来の乾式抽出法に比べて古い年代を示し、燃焼部と $CO_2$ 分離・精製部を真空ラインで接続したことにより、大気混入が激減し、現代炭素による汚染のない、信頼できる $^{14}C$ 年代値が得られたと考えられる。

## 5-2. 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。そこで、アルミナるつぼに助燃剤のみを入れて燃焼させ、抽出した炭素量を測定した。結果を表5に示す。

"Fe"の助燃剤はブランク値が高く、隕石を燃焼する場合には、"pure Fe"の助燃剤を使用する必要があることがわかった。No.2とNo.10, 11を比較してみると、るつぼを電気炉内で $1,000^{\circ}C$ で焼き出した場合と、焼き出しを実施していない場合で、ブランク値はほとんど変わらない。これは、 $1,000^{\circ}C$ という温度が低く、焼き出しの効果が現れていないか、あるいは、焼き出したものをデシケーターに保管しておく間に再び汚染されたかのいずれかと考えられる。るつぼは $1,000^{\circ}C$ で5分以上加熱することによって、 $\sim 10$ ppmあったブランク値が $0.2$ ppm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)、今回の結果は、るつぼが保管されている間に再び汚染されたと考えられる。したがって、隕石を分析する場合は、るつぼを $1,000^{\circ}C$ で焼き出した後、ただちに試料と助燃剤を入れ、再び $500^{\circ}C$ で焼き出しをした後、ただちに高周波加熱炉内にセットすることが必要と考えられる。

ブランク値は、るつぼ・助燃剤を焼き出すことにより若干低くなるが、2週間ぶりに燃焼・真空ラインを使用した場合や、炭素濃度の比較的高い試料を燃焼させた後はブランク値が高くなっており、るつぼ・助燃剤の焼き出し以前に、高周波加熱炉内あるいは真空ライン内の汚れがブランク値に影響を及ぼしている可能性が考えられる。現在、高周波燃焼部にロータリーポンプを1台、 $CO_2$ の分離・精製部にロータリーポンプを1台、計2台を接続して系内を真空に引いているが、ロータリーポンプが引く真空能力は決して優れているとはいえず、またロータリーポンプはオイルを使用しているためノックスが真空ライン中に入る可能性も考えられる。したがって、オイルフリーのターボポンプなど、真空に引く能力に優れたポンプを増設して、系内を十分に真空に引く必要がある。また、燃焼部を使用前に空焼きしたり、 $CO_2$ の分離・精製ガラスライン部にリボンヒーターを巻き付けるなどして、系内をきれいにしておくことも重要と考えられる。

表5 ブランクテストの結果

|                                   | 助燃剤<br>の種類 | 助燃剤の<br>量(mg) | 炭素収量<br>(mgC) | 備考            |
|-----------------------------------|------------|---------------|---------------|---------------|
| [るつぼを1000℃で焼き出し]                  |            |               |               |               |
| 1                                 | W+Sn       | 3.03          | 0.048         |               |
| 2                                 | Fe         | 3.01          | 0.172         |               |
| 3                                 | pure Fe    | 3.02          | 0.044         |               |
| 4                                 | pure Fe    | 3.01          | 0.823         | るつぼ, 土台溶解     |
| [るつぼの焼き出しなし→直前にるつぼ+助燃剤を500℃で焼き出し] |            |               |               |               |
| 5                                 | pure Fe    | 2.06          | 0.022         |               |
| 6                                 | pure Fe    | 2.05          | 0.038         | 標準鉄燃焼後        |
| 7                                 | pure Fe    | 2.01          | 0.065         | 2週間ぶりに高周波炉を使用 |
| 8                                 | pure Fe    | 2.05          | 0.028         | 隕石燃焼後         |
| 9                                 | pure Fe    | 2.02          | 0.045         | 標準鉄燃焼後        |
| [るつぼの焼き出しなし]                      |            |               |               |               |
| 10                                | pure Fe    | 2.00          | 0.031         |               |
| 11                                | pure Fe    | 2.00          | 0.044         |               |

表6 南極隕石の炭素抽出結果

|             | 試料の<br>量 (g) | 炭素抽出量<br>(mgC)  | $\frac{(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{Sam}}}{(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{STD}}}$ | $^{14}\text{C}$<br>(dpm/kg) | $^{14}\text{C}$ 年代<br>(kyr) |
|-------------|--------------|-----------------|---|-----------------------------|-----------------------------|
| Y-75102-1   | 0.265        | 0.0207 (0.008%) | -----   | -----                       | ----                        |
| -2          | 0.982        | 0.0234 (0.002%) | 24.3±0.9  | 11.6±0.4                    | 12±1                        |
| -3          | 0.682        | 0.0185 (0.003%) | -----   | -----                       | ----                        |
| ALH-77294-1 | 0.362        | 0.0124 (0.003%) | -----   | -----                       | ----                        |
| -2          | 0.832        | 0.0881 (0.011%) | 1.8±0.1   | 3.7±0.2                     | 21±1                        |
| -3          | 0.831        | 0.0368 (0.004%) | -----   | -----                       | ----                        |

### 5-3. 南極隕石からの炭素抽出

助燃剤にLECO社のpure Fe 2gを使用し、南極隕石Y-75102とALH-77294の炭素抽出を行った結果を表6に示す。燃焼時のO<sub>2</sub>圧は、No.1の時は約0.5atm、No.2の時は0.1atm以下、No.3の時は約0.2atmであった。<sup>14</sup>C年代濃度の標準体にはNIST蓼酸(RM-94)を用い、<sup>14</sup>C年代値はLibbyの半減期5,568年を用いて算出した。また、飽和放射能は、Y-75102では51dpm/kg、ALH-77294では47dpm/kgを使用した。

表5, 6から、隕石から抽出された炭素量は、ブランク値と大差なかった。報告されている炭素含有量はY-75102では0.075% (Jull *et al.*, 1984), ALH-77294では0.019% (Jull *et al.*, 1989)であり、今回の炭素抽出量は非常に少ない。標準鉄による炭素抽出テストから、少量の炭素量を抽出する場合も損失はないと考えられるので、収量が悪いのは、試料が完全に燃焼してしていないためと考えられる。落下年代も、報告値とは大きくちがう結果となった。

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。

## 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<sup>14</sup>C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た。また、得られた<sup>14</sup>C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。

標準鉄と同様の方法で、南極隕石(Y-75102およびALH-77294)の分析を行った結果、炭素抽出効率が非常に悪く、隕石試料が完全に燃焼していないことが示唆された。また、炭素含有量が非常に低い隕石を分析するには、ブランク値が高く、無視できないことも明らかとなった。今後、試料を完全に燃焼させて抽出効率を上げること、ブランク値を低減することが重要な課題である。

## 謝 辞

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資料研究センターの吉岡茂雄氏には、燃焼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)  $^{14}\text{C}$  ages of 10 Yamato and Allan Hills meteorites. *Proc. NIPR Symp. Antarkt. Meteorites* **1**, 224-230.
- Fireman, E.L. (1978) Carbon-14 in lunar soil and in meteorites. *Proc. Lunar. Planet. Sci. Conf. 9th*, 1647-1654.
- Fireman, E.L. (1979)  $^{14}\text{C}$  and  $^{39}\text{Ar}$  abundances in Allan Hills meteorites. *Proc. Lunar. Planet. Sci. Conf. 10th*, 1053-1060.
- Jull, A. J. T. and Donahue, D. J. (1988) Terrestrial  $^{14}\text{C}$  age of the Antarctic shergottite, EETA 79001. *Geochim. Cosmochim. Acta* **52**, 1309-1311.
- 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. 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., Donahue, D. J. and Linick, T. W. (1989) Trends in carbon-14 terrestrial ages of Antarctic meteorites from different sites. *Lunar. Planet. Sci.* **XX**, 488-489.
- 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.
- 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.
- 小田寛貴・中村俊夫・古川路明 (1998)  $^{14}\text{C}$ 年代測定用鉄試料からの湿式炭素抽出法. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **VIII**, 258-266.
- 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.
- 山田淳子・平沢政広・中村俊夫・井垣謙三・小田寛貴・青木 浩 (1998) 中世・古代鉄器の年代測定. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **VIII**, 267-270.

# An attempt to measure carbon-14 terrestrial ages of Antarctic meteorites with a Tandetron AMS at Nagoya University

M. Minami<sup>1)</sup> and T. Nakamura<sup>2)</sup>

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

2) Dating and Materials Research Center, 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  $^{14}\text{C}$  measurements have been performed intensively by the Toronto AMS group, Canada, the Arizona AMS group, USA, and so on.

In Japan, AMS  $^{14}\text{C}$  measurements of meteorites have been scarcely performed, to our regret. We are now at the early stage of the program for studying  $^{14}\text{C}$  activities in meteorites, and constructing a system to extract  $^{14}\text{C}$  from 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  $\text{MnO}_2$  and  $\text{Pt/CuO}$  traps, and then the  $\text{CO}_2$  is separated in a liq.  $\text{N}_2$  trap, by pumping out oxygen completely. The amount of  $^{14}\text{CO}_2$  is determined by a pressure transducer in a certain volume and diluted with a known amount of  $^{14}\text{C}$ -free  $\text{CO}_2$ . The total  $\text{CO}_2$  is graphitized by reducing with hydrogen in a Fe-powder catalyst and the produced graphite is measured of its  $^{14}\text{C}$  concentration with a Tandetron accelerator mass spectrometer at the Dating and Materials Research Center, Nagoya University.

Extraction yields of  $\text{CO}_2$  using the above method which employs RF melting of steel standards of known carbon content were about 90%. The new extraction procedure gave higher extraction yields and older  $^{14}\text{C}$  ages than those using the old extraction method. Carbon yields of two Antarctic meteorites (Y-75102 and ALH-77294), however, were significantly low, and the carbon-14 terrestrial ages for the meteorites were different from the reported values. The results might be caused by imperfect combustions of the meteorites and high blanks from the crucible with iron chips alone. Further studies are needed to improve analytical techniques.