

Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. E, 15, December 22, 1992

本邦に落下，回収された隕石研究の推移

島 正子・村山定男

国立科学博物館理工学研究部

The History of Study on Meteorites Recovered in Japan

By

Masako SHIMA and Sadao MURAYAMA

Department of Science and Engineering, National Science Museum, Tokyo

Abstract

Meteorites from thirty two observed falls and eight finds were collected in Japan since the 9th century. If those numbers are divided by land area and compared with that in other countries in the world, it is found that meteorite-recovered-ratio in Japan belongs to the highest group in the world. The ratio trend between observed falls and finds of meteorites are similar with central European Countries but completely different from U.S.A. and Australia.

In Japan, those meteorites recovered and collected before 18th century have been kept in Shinto Shrines or Buddhistic Temples carefully as a treasure. This is the reason that we kept the meteorite of the oldest observed fall in the world, Nogata, and other chondrites fell in those periods in the highest ratio in the world.

Circumstances of falls or finds has been described in detail by the many observers and finders since the chondrite Nogata-fall, but modern scientific work started only on the occasion of the chondrite Takenouchi-fall on 1880, which was also just when Western style modern science started to develop in Japan.

Since then meteorite studies continued with varying intensity from time to time. Over this time, how those meteorites analyzed by mineralogically, petrographically and chemically, is discussed in this paper.

On 1984 and 1986, chondrites fell again in Japan after a 26 years interval. Those meteorites were analyzed by modern techniques within a week of meteorite-falls, which makes possible to measure cosmic-ray-produced-radioactive nuclides with very short-lives, for example, half-life 5.6 days ^{52}Mn and so on. This also demonstrates the superior technology, interstructure and public awareness existing in Japan.

1. はじめに

本邦に落下した個々の隕石の科学的研究の開始は、明治維新後、西洋文明が怒濤のごとく導入されてきた時期とその時期を一にする。日本に落下した隕石の最初の研究は農商務省のお雇いドイツ人技師 Korschelt が 1880 年（明治 13 年）に但馬国養父郡竹内村（現在：兵庫県朝来郡和田山町）に落

下した竹内隕石の分析を農務局地質課で行ったもので、日本語（明治 13 年 12 月述）¹⁾ およびドイツ語²⁾で発表された。その翌年には、FLIGHT³⁾ と DIVERS⁴⁾ が、前記竹内隕石と 1741 年に落下した小城隕石について報告している。このように日本における隕石研究、特に本邦に落下したのものに関する研究は竹内隕石の落下が発端となったといえよう。1885 年には日本人小藤文次郎⁵⁾による上記 2 隕石の研究成果が発表され、以後 19 世紀中にすでに 10 編以上の論文が出版された。

かくして隕石一般に関する解説も盛んに行われるようになったことは言を待たないが、また、日本に落下した隕石だけに関する総説、解説も数多く発表され⁶⁻²⁸⁾てきた。しかしこれらはいずれも落下または発見の経過、形状、大きさが主で、簡単な試験結果、保管状況等にまで言及しているものすらその数は少ない。ましてそれらの隕石がどのような科学的な研究をなされてきたか、それらのデータが世界の隕石研究の水準のどの位置に属するのか、隕石研究の歴史においてどのような位置を保ってきたのかに言及されているものは皆無といって良い。

本報告では、これらの隕石について、従来行われてきた記述を最新の情報に基づいて変更すると同時に、これらのどの隕石について科学的な研究がどの程度行われてきたか、また初期に行われた化学、岩石、鉱物学的研究の価値水準を今日のデータと比較しながら探り、それらのデータが国際的にどのような価値を持つものかを論ずる。

2. 前世紀以前の隕石落下目撃、発見、回収、保管の状況

研究対象である隕石自体の落下、回収または発見、そしてそれらの記録状態はどうであろうか。隕石発見率はその国の農業人口に比例する、あるいは文化発展の程度に比例するとはよくいわれることである。実際に隕石が落下してくる状況を目撃し、それを回収するには、落下してくる状況がよく把握できる環境が必要であり、さらにそれを回収し、保管しようという意志が働かなければならない。紀元前より、隕石落下の状況は聖書や、古くから栄えた国々の古典などに記述され、また言い伝えとして残ってはいるが、実際にその隕石自体がきちんと保管されているものは非常に少ない。

表 1 に 19 世紀までに落下が記録されている隕石の数を示す。これは 1992 年版の GRAHAM ら²⁴⁾による大英博物館の隕石カタログフロッピーディスクに記載されているデータによる。

表 1 によれば、日本はその陸地面積が全世界の 0.25%²⁵⁾ にすぎないにも拘らず、直方隕石をはじめとする、9 世紀から 18 世紀以前に落下し、しかもその本体が完全な形で保存されている隕石の数は断然多く、その割合は 10% を超え、19 世紀に落下確認、または発見され、保管された隕石をも加えて

表 1 19 世紀以前に落下などが記録された隕石*

年代	総数	疑問**	試料無し***	確実* ⁴⁾	本邦落下* ⁵⁾
15 世紀以前	28	26	1	1	1 (100)
15-16 世紀	24	18	3	3	0 (0)
17 世紀	27	14	9	4	2 (50)
18 世紀	50	11	9	30	1 (3.3)
19 世紀	717	28	51	638	15 (2.4)

*: データは文献 24) から採用した。

** : 記録自体が疑わしいもの

***: 記録は確からしいが、保管されていないので隕石と確認が出来ないもの

*⁴⁾: 隕石が保管され確認されたもの

*⁵⁾: 括弧内の数字は全世界の確認隕石に対する割合 (%)

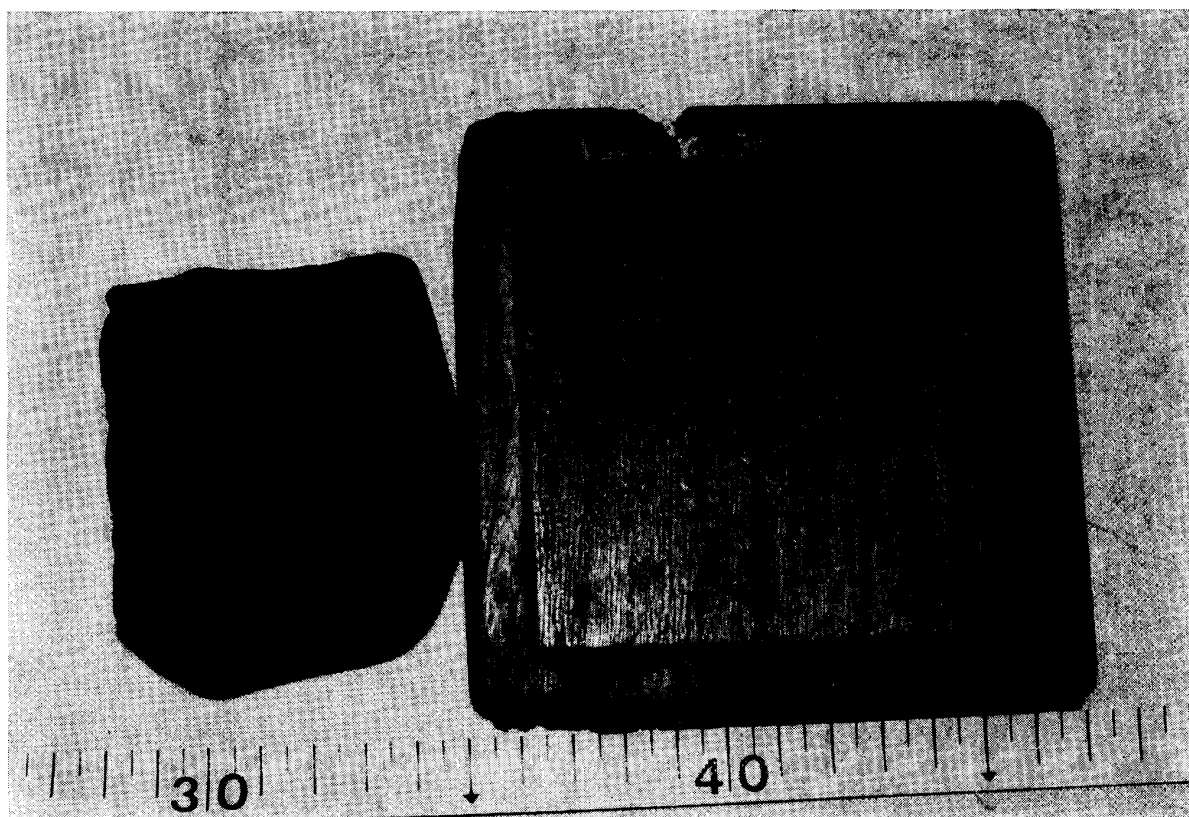


写真 1 直方隕石とこれが収められていた箱

もその割合は全体の 2.8%，世界の陸地面積から考えた平均値の実に 10 倍にも達する。

その内容を見ると，15 世紀以前には落下記録は 28 件あるが，そのうちの 26 件は疑わしいものであり，1 件は確からしいけれども隕石は保管されていない，そして残る 1 件が 861 年 5 月 19 日（貞観 3 年 4 月 7 日）に福岡県直方市に落下し，須賀神社に社宝として保管されてきた直方隕石である。写真 1 に示すように L6 に属する球粒隕石であり，落下年月日等は単なる言い伝えのみでなく，この隕石が納められていた箱に記されており，この箱が作られた木材は， ^{14}C による年代測定法により，隕石落下以前にすでに伐採されていたものであることが確かめられている²⁰⁾。その後 15 世紀から 16 世紀の終わりまでに落下，または発見されて現存する隕石はフランスの Ensisheim 隕石（1492 年落下，球粒隕石，LL6），チェコスロバキヤの Elbogen 隕石（1400 年頃落下，1811 年または 1812 年頃隕石と確認，鉄隕石，IID）及び Campo del Cielo（1576 年に発見，鉄隕石，IA）の 3 個のみであり，17 世紀のものでは現存する隕石 4 個のうち実に 2 個がわが国に落下した南野，および笹ヶ瀬隕石で，他の 2 個はメキシコで発見された鉄隕石，Chihuahua と，イタリアに 1688 年に落下した，H6 に属する球粒隕石である。18 世紀には 50 件の隕石が報告されているが，確実なものは落下目撃球粒隕石 18 件と落下目撃石質隕石（種類不明）1 件で，その中に寛保元年（1741 年）に落下した小城隕石が含まれている。さらに，鉄隕石 10 件，うち 1 件のみ落下目撃，石鉄隕石 1 件（1749 年）が記載されている。19 世紀には報告された落下隕石回収件数は桁違いに多くなってきたが，それと共に本邦に落下した件数も 14 件と飛躍的に増え，全体の確実な落下隕石回収件数の 2.4% を占めている。

ここで興味深いことは，18 世紀以前に，確認され，保管されている隕石のうち，わが国のものはす

写真 2 隕石であったかも知れない流星の記録の一例⁷⁾

べて落下目撃球粒隕石であるのに対し、外国のものには、発見された鉄隕石が多いことである。ただイタリアのみは、わが国と全く傾向が似ており、残念ながら保管されていないものがかなりの数にのぼるが非常に古い隕石の落下が記録されている。わが国でも、前記隕石カタログにこそ記載されていないが、すでに舒明天皇 9 年 (西暦 637 年) から大流星の記録があり (写真 2)⁷⁾、この内のいくつかは隕石として回収されなかったものでも隕石であった可能性が高い。

南野隕石²⁷⁾は写真 3 に、直方と同じくその取められた箱と共に示すように、典型的な球粒隕石で、寛永 9 年 (1632 年) に落下した。ただし、この箱は直方隕石の場合と異なり、明治 14 年に作られたものである。この隕石は、さらに、その落下を見て驚く人々の状況が、東京国立博物館にある、尾張名所図絵付録小治田真清水にもえがかれている (写真 4)。この隕石は発見者が家に持ち帰り、代々秘蔵してきたが約 200 年後の文政 12 年 (1829 年) になって喚続神社に寄進され、以来同社の社宝として

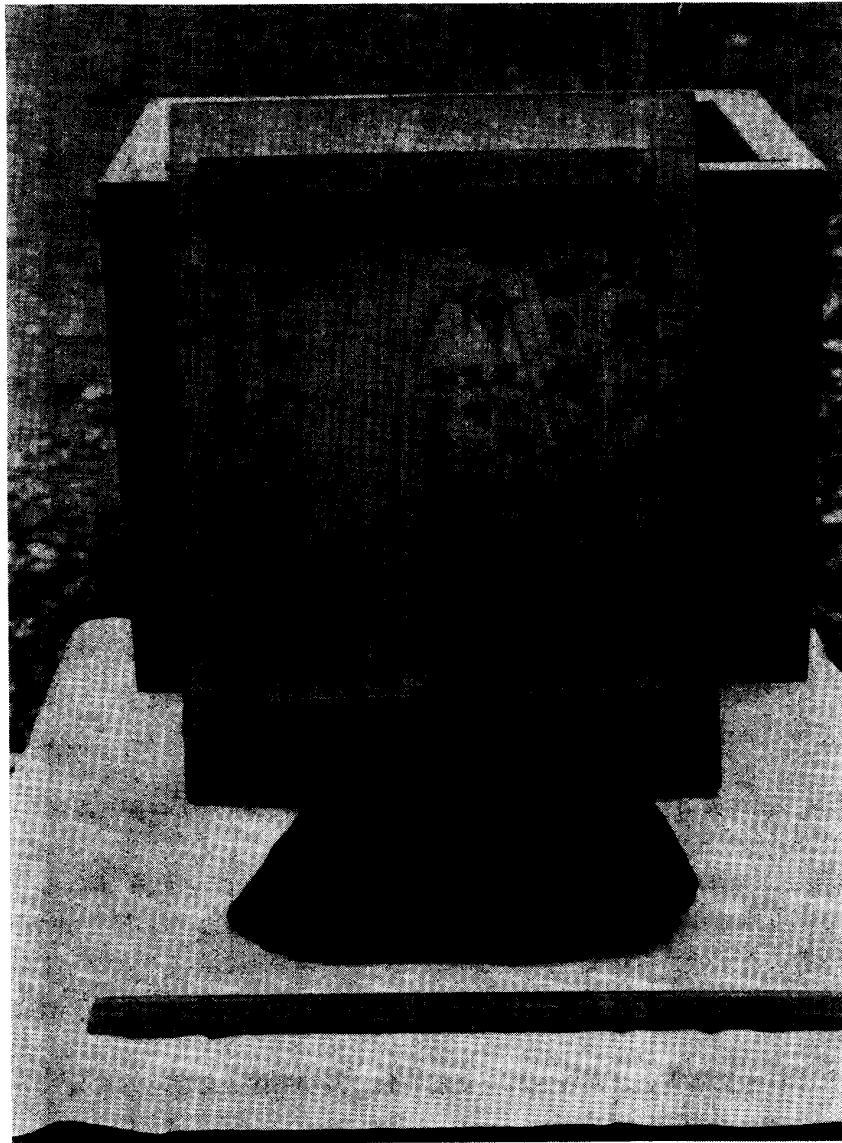


写真 3 南野隕石とこれが収められていた箱

保存されてきた。したがって、著者の一人が確認²⁷⁾した以外に、科学的研究を行う環境にはまだ至っていない。笹ヶ瀬隕石²⁸⁾は、同じく H グループに属する球粒隕石であるが、この落下は玉薬師如来の出生と考えられ²⁹⁾、この隕石がその僧坊の前に落下したといわれる増福寺に保管されてきたが、現在は浜松市郷土博物館に移管されている。

小城隕石^{3,4,7,10,13,30,31)}は H6 に属する球粒隕石である。鍋島直虎子爵の旧領地の田圃の中などに 10 個以上落下したといわれるが、そのうち 4 個が回収され、落下後しばらくは、鍋島家の菩提寺等近隣の寺に保管されていた。しかし、明治維新後、2 番目に大きな石 (4.3 kg) は鍋島家より英国公使パークスの要請により、大英博物館に寄贈され、その後切られて世界各地の博物館に配布された。最も大きな石 (6 kg) は鍋島家に所蔵されていたが、第 2 次大戦の際に戦災に遭い消失してしまった。他の約 2 kg あったといわれる 2 個は、1880 年代からその所在は不明と記されている。



写真 4 南野隕石の落下を見て驚く人々（尾張名所図絵付録小治田清水より）

18 世紀以前に落下した隕石がわが国で非常に高い確率で保管されてきた背景には、神社、仏閣に対する人々の信仰と切り離せないものがある。小城隕石のように一旦仏閣から取り出された隕石は、人々のその時々の時勢に対する思惑により、処理されてしまう可能性があることを示している。現在ではこの神社仏閣の役割は、隕石研究に精通した職員のいる博物館が果たしてゆくものと考えられる。

3. 日本に落下し、回収された隕石一覧、及び各国との回収率の比

これまでに本邦で隕石と確認された落下件数は 40 件である。件数で述べたのは、隕石落下の際には、多くの場合隕石が宇宙空間から地球の大気圏に突入する際にその衝撃により、割れて隕石シャワーといわれる、雨のように石を降らせる現象がおこることや、地表に激突して砕けることが多いので、一回の落下で一個の隕石のみ得られるということばかりではないからである。表 2 に日本に落下した球粒隕石の、表 3 に鉄及び石鉄隕石の一覧を示す。これらの隕石の日本地図上の落下分布図は、これまでの総説^{10,18,20,22,28}) に書かれており、それに数件加えたのみでは分布状況にさしたる変化はみられないので、ここでは特に記さない。古来定着人口密度が高かった地域にその落下回収件数も密集しているということを記すにとどめる。

40 件という落下件数は非常に少ないようにも見える。図 1 は世界の他の地域の落下回収状況をそれらの地域の面積ごとに統計をとり、100 万平方キロメートルあたりの落下隕石回収件数で表したもので比較した。この図は Graham らの隕石カタログ 1985 年版³²)、および理科年表²⁶) のデータによった。得られたデータの詳細は表 4 に示す。

図 1 及び表 4 からわかるように、日本における隕石回収率は、全体数の比率では、その比率が最も

表 2 日本に落下した球粒隕石*

隕石の名前	種類	落下年月日	落下地	緯度	経度	回収全重量 (kg)
1. 直方	L6	861/ 5/19	福岡県直方市	33°44'N,	130°45'E	0.472 (1)
2. 南野	L	1632/ 9/27	名古屋市南区	35°05'N,	136°56'E	1.04 (1)
3. 笹ヶ瀬	H	1688/ 2/13	静岡県浜松市篠ヶ瀬町	34°43'N,	137°47'E	0.695 (1)
4. 小城	H6	1741/ 7/ 8	佐賀県小城郡小城町	33°18'N,	130°12'E	14.36 (4)
5. 八王子	H?	1817/12/29	東京都八王子市	35°39'N,	139°20'E	? (多数)
6. 米納津	H4-5	1837/ 7/13	新潟県西蒲原郡吉田町	37°41'N,	138°54'E	31.65 (1)
7. 気仙	H4	1850/ 6/12	岩手県陸前高田市気仙町	38°59'N,	141°37'E	135 (1)
8. 曾根	H5	1866/ 6/ 7	京都府船井郡丹波町	35°10'N,	135°20'E	17.1 (1)
9. 大富	H	1867/ 5/24	山形県東根市	38°24'N,	140°21'E	6.51 (1)
10. 竹内	H5	1880/ 2/18	兵庫県朝来郡和田山町	35°23'N,	134°54'E	0.72 (1+1?)
11. 福富	L4-5	1882/ 3/19	佐賀県杵島郡福富町	33°11'N,	130°12'E	16.75 (3)
12. 薩摩**	L6	1886/10/26	鹿児島県大口市及び伊佐郡	32°05'N,	130°34'E	>46.5 (>10)
13. 仁保	H3-4	1897/ 8/ 8	山口県山口市仁保	34°12'N,	131°34'E	0.467 (3)
14. 東公園	H5	1897/ 8/11	福岡市東公園	33°36'N,	130°26'E	0.75 (1)
15. 神崎	H	<1905発見?	佐賀県神崎郡	33°18'N,	130°22'E	0.124 (1)
16. 木島		1906/ 6/15	長野県飯山市木島	36°51'N,	138°23'E	0.331 (2)
17. 美濃***	L6	1909/ 7/24	岐阜県岐阜市, 美濃市, 関市, 武儀郡, 山県郡	35°32'N,	136°53'E	14.29 (29)
18. 羽島	H4	1910頃	岐阜県羽島市	35°18'N,	136°42'E	1.11 (1)
19. 神大実	H5	1915頃	茨城県岩井市	36°03'N,	139°57'E	0.448 (1)
20. 富田	L	1916/ 4/13	岡山県倉敷市玉島	34°34'N,	133°40'E	0.60 (1)
21. 田根	L5	1918/ 1/25	滋賀県東浅井郡浅井町及 び湖北町	35°27'N,	136°18'E	0.906 (2)
22. 榎池		1920/ 9/16	新潟県中頸城郡清里村	37°03'N,	138°23'E	4.50 (1)
23. 白岩	H4	1920 発見	秋田県仙北郡角館町	39°35'N,	140°37'E	0.95 (1)
24. 長井	L6	1922/ 5/30	山形県長井市	38°07'N,	140°04'E	1.81 (1)
25. 沼貝	H4	1925/ 9/ 4	北海道美唄市光珠内町	43°17'N,	141°51'E	0.363 (1)
26. 笠松	H	1938/ 3/31	岐阜県羽島郡笠松町	35°22'N,	136°46'E	0.71 (1)
27. 岡部	H5	1958/11/26	埼玉県大里郡岡部町	36°11'N,	139°13'E	0.194 (1)
28. 芝山	L6	1969 発見	千葉県山武郡芝山町	35°46'N,	140°25'E	0.235 (1)
29. 青森	L6	1984/ 6/30	青森市松森	40°49'N,	140°47'E	0.320 (1)
30. 富谷	H4-5	1984/ 8/22	宮城県黒川郡富谷町	38°22'N,	140°52'E	0.0275 (2)
31. 国分寺	L6	1986/ 7/29	香川県綾歌郡国分寺町 及び坂出市	34°18'N,	133°57'E	11.51 (13)

*: 括弧内の数字は落下回収隕石個数を表す。**: 国際登録名, “九州”。***: 国際登録名, “岐阜”。

高いフランス, ドイツ, スイス, イタリアなど中部ヨーロッパ各国, 及びアメリカ合衆国のグループに属するが, 落下目撃隕石と発見された隕石の比率, すなわち, 回収された隕石の大部分は落下目撃隕石であり, 発見されたものが少ないというパターンは, ドイツ, スイスと酷似しており, 他のヨーロッパ各国とも似ているが, アメリカ合衆国やオーストラリアとは全く異なる。全体数は少ないが, インドなど古くから文化の発達した国も, 回収された隕石の大部分は落下目撃隕石である。英国に至っては, すべてが落下目撃隕石であり, 発見されたものは1件もない。

表 3 日本に落下した鉄隕石及び石鉄隕石*

隕石の名前	種類**	落下年月日	落下地	緯度	経度	回収全重量 (kg)
1. 福江	M. OctH	1849/1/	長崎県福江市	32°40'N,	128°50'E	0.008 (1)
2. 田上	IIIE	1885 発見	滋賀県大津市田上山	34°55'N,	135°58'E	174 (1)
3. 白萩	IVA	1890 発見	富山県中新川郡上市町	36°40'N,	137°26'E	33.61 (2)
4. 岡野	IIA	1904/4/ 7	兵庫県多紀郡篠山町	35°05'N,	135°12'E	4.74 (1)
5. 天童	IIIA	1910 発見	山形県天童市	38°21'N,	140°24'E	10.1 (1)
6. 坂内	Hex?	1913 発見	岐阜県揖斐郡坂内村	35°38'N,	136°23'E	4.18 (1)
7. 駒込		1926/4/18	東京都文京区駒込	35°44'N,	139°45'E	0.238 (1)
8. 玖珂	IIIB	1938 発見	山口県玖珂郡周東町	34°06'N,	132°02'E	5.6 (1)
1. 在所	Pal.	1898/2/ 1	高知県香美郡香北町	33°29'N,	133°48'E	0.33 (1)

*: 括弧内の数字は落下隕石個数を表す。

** : M. OctH; Medium Octahedrite, Hex; Hexahedrite, 他は現在用いられている化学的な分類法により、すでに分類が行われているので、それを記載した。

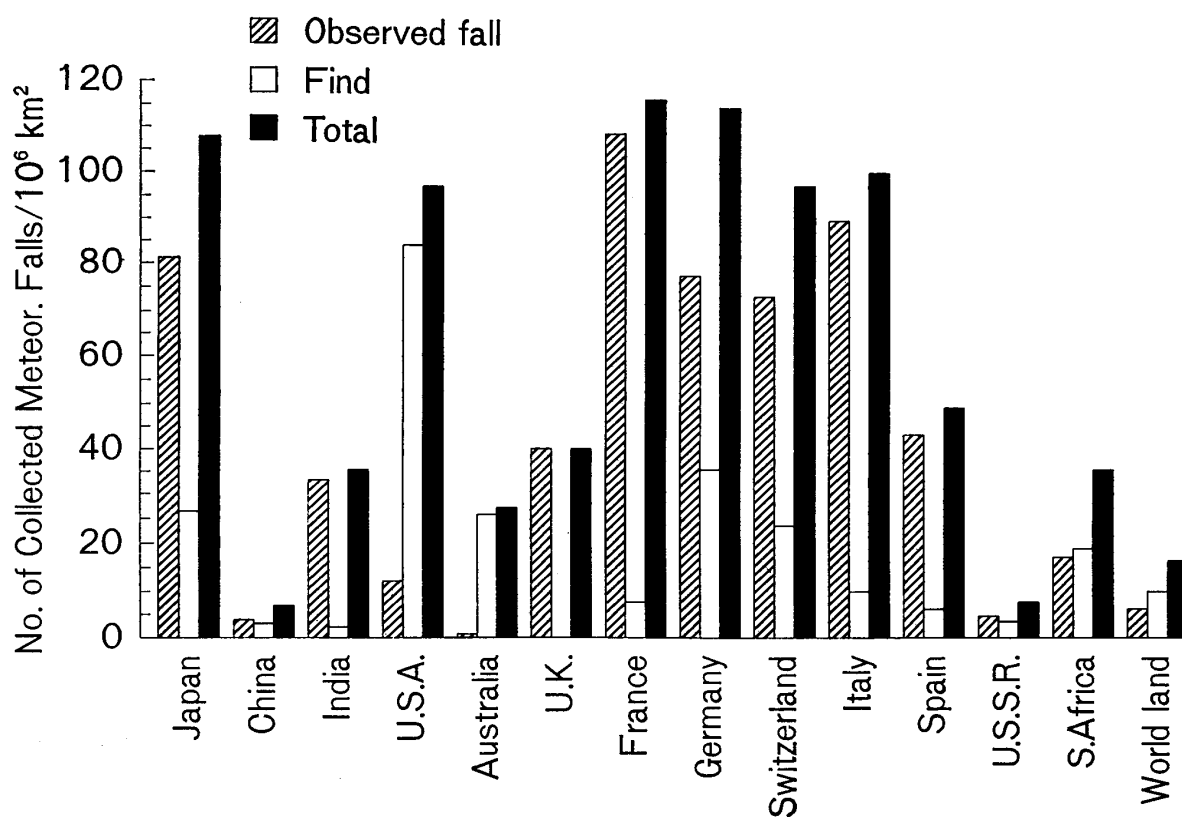


図 1 落下隕石回収状況の比較。主要国の落下隕石回収状況を 100 万平方キロメートルあたりの件数で表した

表 4 各地域における 10^8 km^2 あたりの隕石回収率*

国名	面積 ($\times 10^8 \text{ km}^2$)	落下隕石**	発見隕石**	合計**
全世界陸地	148890	6.12	9.97	16.1
日本	378	82.0	26.5	108.5
中国	9597	3.65	3.33	6.98
インド	3288	33.8	2.13	35.9
アメリカ合衆国	9373	12.4	84.7	97.1
オーストラリア	7687	0.64	26.5	28.1
英国	244	41.0	0	41.0
フランス	552	108.7	7.25	116.0
ドイツ	357	78.1	36.4	114.5
スイス	41	73.5	24.4	97.9
イタリア	301	90.1	9.97	100.1
スペイン	505	43.4	5.94	49.3
ソ連	22402	4.33	3.35	7.68
南アフリカ	1221	17.2	18.8	36.0

*: 各国の陸地面積と各国で回収された隕石数のデータは、それぞれ文献 25) と 32) によった。

** : 隕石数から文献 32) に疑わしいと記されているものは除いた。

4. 本邦で回収された隕石研究史

はじめに本邦における隕石の科学的な研究は 1880 年の竹内隕石の落下に始まると記した。それ以後どのような経過を辿ったのであろうか。その目安として、1881 年から 1990 年まで 110 年間に発表された研究論文数を 10 年毎に分けたものを図 2 に示した。取り上げた論文については、今はその質は問題にしていない。単に落下の記録にとどまるものも数えてあるが、単なる解説、及び落下隕石一覧表とそれに付随する説明だけの総説は除いた。いずれも研究対象が日本に落下し、回収された隕石に関する事項がはいっているものに限った。数え落としも否定できないので、図 2 は、単なる傾向をつかむためのものである。隕石落下後、あるいは隕石発見後、回収者、発見者が、大切に保管しており、学界に知られるようになるまで、あるいは学界で隕石と認められるまでにかかなりの年数が経過しているものも多く、また研究内容によっては、近年科学の進歩により、改めて研究されたもの、研究し直されたものもあるので、論文数の消長は必ずしも表 2, 3 に記した隕石落下、または発見の年と重なっているとは限らない。

1880 年代の外国人研究者による本邦落下隕石の研究は、はじめにも述べた通り、日本に在住したお雇い外人教師、技師によるものであったが、1900 年代の 2 件は日本に在住していない研究者によるもので、この 1 時期、ドイツやアメリカの博物館などと、国立科学博物館の前身である東京教育博物館或いは東京帝室博物館天産部とかなり活発に試料の交換等が行われたようである。ところが、隕石落下が、どのような理由からかとだえた、1926 年の駒込隕石の落下から、1958 年の岡部隕石の落下までの 32 年間、それまで順調に延びていた発表論文数が、極端に減少した。この間には、1938 年の笠松隕石の落下と玖珂隕石の発見があったが、1938 年には、単に笠松隕石の落下が報じられた^{33,34)}だけで、玖珂隕石が学界に認められたのは 1950 年³⁵⁾、その本体については 1959 年³⁶⁾になってからである。1940 年代の論文数の減少の理由は、この他に大戦の影響も見逃すことが出来ないであろう。1958 年末から 1984 年 6 月までの 25.5 年間は、本邦における隕石落下は皆無で、芝山隕石が 1969 年に発見されただけという、わが国がまったく隕石落下から見放された時代であったにも拘らず、論文数が増

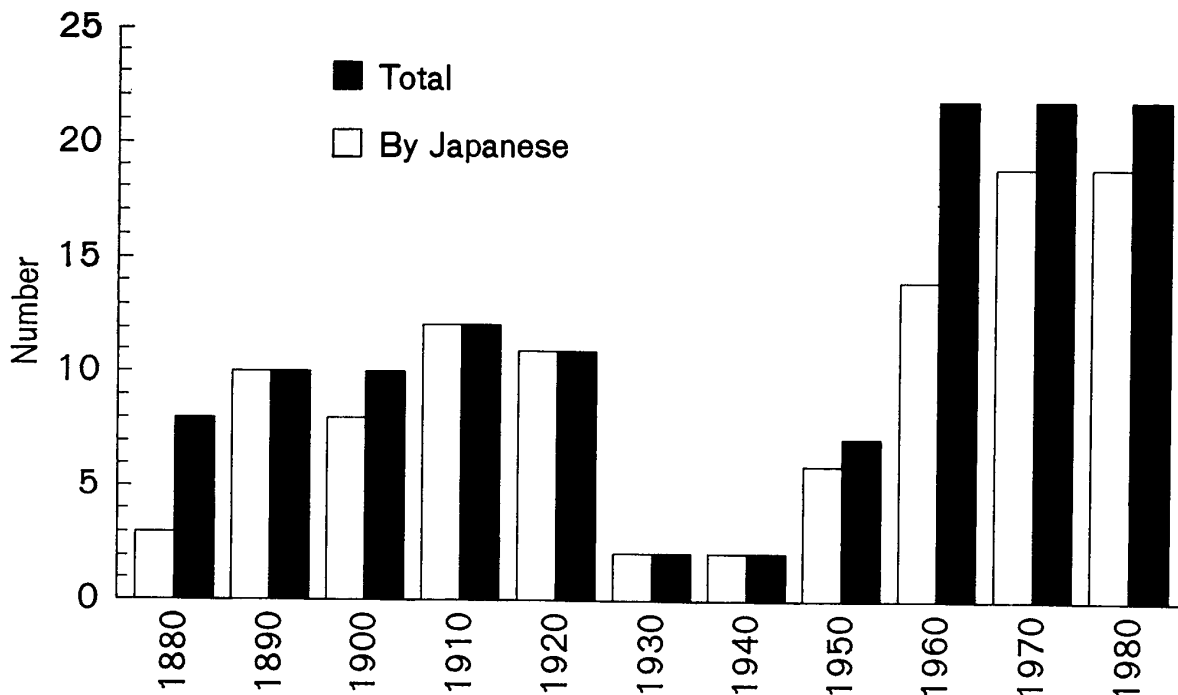


図 2 本邦に落下または発見された隕石の研究論文数の推移。(単なる落下隕石一覧表などだけの解説, 総説などは除いた)。

加しているのは, 戦後の科学, 特に宇宙科学の振興と無縁ではない。

日本に落下した球粒隕石の研究状況一覧を表 5 に, 鉄隕石, 石鉄隕石の研究状況一覧を表 6 に文献コードで示す形で表示した。

さて, 論文数とはにかく論文の質ではどうであろうか? 次に表 5, 表 6 に示した論文コードの主な論文の内容について順次述べてゆくことにする。なお以下の記述に関しては, 文献は表 5~表 8 の文献コードおよび付録の文献コード一覧の表を参照されたい。

1. 球粒隕石の場合

1-1) 岩石鉱物学的研究:

表 5 に示すように, 隕石破砕面の外観の観察は隕石研究が始まった当初から行われており, 少量の試料から薄片を作り顕微鏡で観察することもすでに 19 世紀に行われていた。すなわち最初の日本人, 小藤文次郎による竹内隕石に関する論文には詳細なスケッチが描かれている。この当時のスケッチはすべて非常に詳細で, たとえば種々の球粒の特徴などが非常によくとらえられている。

このような岩石鉱物学的研究は, 表 5 から明らかなように, 1910 年代の初頭までで, その後は 1920 年代に 2, 3 のその時に落下した隕石などについて行われたのみで中断してしまった。そして 1960 年代にまた再開された。しかし, この中断期間にも完全に研究者がいなくなってしまう, 本邦における隕石研究が完全に休止してしまったわけではなく, たとえば, 1926 年の楡池隕石の岩石鉱物学的研究は非常に微にいり細にわたったもので, 今日でもこのような研究例はほとんどでないのではないかと考えられるほどのものである。また, 1930 年(昭和 5 年)に発行された岩波講座には科外特別題目として特に南英³⁷⁾による“隕石及び隕石鉱物の化学成分”という項目が設けられ, そこには単に隕石中の各元素についての記述のみでなく, 隕石及び隕石の鉱物と地殻の岩石及び造岩鉱物との

表 5 日本に落下した球粒隕石の研究状況一覧

隕石の名前	落下状況	岩石、鉱物	化学分析	軽希ガス	²⁶ Al, ⁵⁵ Mn
1. 直方	24YAM 70SHI4 80MUR 80SHI 83SHI	80SHI 83SHI	80SHI 83SHI	81YAB2 83SHI 85TAK 89TAK	81YAB2 87NIS 89YAB
2. 南野	76MUR				
3. 笹ヶ瀬	50KAN 53MUR1	62MUR1 67MAS	62MUR1		
4. 小城	882DIV 02ENO 05JIM11 06JIM 11WAK3	63MAS 64KEI 81SHI1 81YAB1	882DIV 81SHI1 81YAB1	85TAK 89TAK	78NIS 79BHA 89YAB
5. 八王子	895SHI 06JIM 67MUR				
6. 米納津	06JIM 11WAK3	06JIM 11WAK3 51BEC	05KOD 51BEC	65HIN	78NIS
7. 気仙	890NIT 893WAK 11WAK3 05JIM1 06JIM 62MIY1	894WAK 05JIM1 06JIM 06WAK 62MIY1	894WAK 62MIY1 69MIC	65HIN 66ZAE 66EBE 85TAK 89TAK	78NIS 81YAB2 89YAB
8. 曾根	895SHI 06JIM 62KAN	63MIY1 67MAS	63MIY1	85TAK 89TAK	87NIS 89YAB
9. 大富	25HOS	25HOS 67MAS	25HOS		
10. 竹内	881KOR1 881KOR2 892INU 895SHI 04KLE2 05JIM1 06JIM	885KOT 06JIM 11WAK3 63MAS 73MIY	881KOR1 881KOR2 04KEI 73MIY	65HIN 85TAK 89TAK	87NIS 89YAB
11. 福富	895SHI 05JIM2 06JIM 11WAK3 66MIY	06JIM 11WAK3 63MAS 66MIY 79SHI1	66MIY 79SHI1	85TAK 89TAK	78NIS 81YAB2 87NIS 89YAB
12. 薩摩	888YOK 892SUZ 895SHI 05JIM2 06JIM 11WAK3 62MUR2	05JIM2 06JIM 11WAK3 61MAS	61MAS 69MIC	66ZAE 85TAK 89TAK	81YAB2 87NIS 89YAB
13. 仁保	897ZAT 06JIM 11WAK3 63MUR	06JIM 11WAK3 67MIY 84SHI	67MIY 84SHI	84SHI 85TAK 89TAK	81YAB2 87NIS 89YAB
14. 東公園	05JINM2 06JIM	84OKA 84SHI	84OKA 84SHI	84OKA 84SHI 85TAK 89TAK	
15. 神崎	06JIM 53MUR				
16. 木島	23YAG	23YAG			
17. 美濃	11WAK1 12WAK 62MIY2	11WAK2 62MIY2	10SUG 62MIY2		
18. 羽島	90HOS 92HOS	90HOS	90HOS		
19. 神大実	74MUR 78OKA 79OKA	78OKA 79OKA	78OKA 79OKA	85TAK 89TAK	87NIS 89YAB
20. 富田	18OKA 63MIY2	63MIY2	63MIY2		
21. 田根	18HIK 18NII 22FUR	63MAS 67MIY	67MIY	65HIN 85TAK 89TAK	81YAB2 87NIS 89YAB
22. 櫛池	21KAN1 21KAN2	26TOM	30MIN		
23. 白岩	20WAT 84SAT	20WAT 88SAG			
24. 長井	77MUR 78MUR1 78MUR2	78MUR1 78MUR2	78MUR1 78MUR2	85TAK 89TAK	87NIS 89YAB
25. 沼貝	26IMA1 26IMA2 70HAY 76YAG	26IMA1 26IMA2 76YAG	74SHI	89TAK	89YAB
26. 笠松	38FUC 38MAS 53MUR1 55MUR	63MIY3	63MIY3		
27. 岡部	59MUR1	67MIY	67MIY	85TAK 89TAK	81YAB2 87NIS 89YAB
28. 芝山	70MUR 78SHI2 79SHI2	78SHI2 79SHI2	78SHI2 79SHI2	85TAK 89TAK	89YAB
29. 青森	84MUR 85MUR 86SHI	86SHI	86SHI	85TAK 89TAK	85YAB 89YAB
30. 富谷	84MUR 85MUR 86SHI	86SHI	86SHI	85TAK 89TAK	85YAB 89YAB
31. 国分寺	87SHI 88MUR	87OKA	87SHI	89TAK 89SCH	87SHI 89YAB

表 6 日本に落下した鉄, 石鉄隕石の研究状況一覧

隕石の名前	落下状況	化学分析	微量元素分析	金属、組織	希ガス	^{53}Mn
1. 福江	33KAN 60MUR			60MUR		
2. 田上	899KOS 000TS 06JIM 11WAK3	899KOS 000TS 78SHI1	73SCO 81SHI2	000TS 06JIM 11WAK3 78SHI1	83VOS	
3. 白萩	895KON 02ENO 06JIM 100TS 11WAK3	895KON 02ENO 78SHI1	74WAS 79SHI3 81SHI2	11WAK3 53MUR2 78SHI1 81SHI2		
4. 岡野	04NAK 06JIM 11WAK3 12HIK 13CHI 14HIK	13CHI	69WAS 81SHI2	13CHI		
5. 天童	77MUR	78SHI1	79SHI3 81SHI2	78SHI1		89NIS
6. 坂内	17SAI 60MUR			17SAI		
7. 駒込	27FUR 29KAS 65SHI	65SHI		65SHI		
8. 玖珂	50MUR 53MUR1 59MUR2 65MUR	59MUR2 78SHI1	79SHI3 81SHI2	59MUR2 78SHI1		89NIS
1. 在所	51MUR 53MUR1	81SHI2(metal)	81SHI2(metal)	53MUR1 84BUS(stone)		

比較など、岩石鉱物学的内容まで詳述されている。

1960年代は KEIL らの研究を除き、もっぱら顕微鏡観察による記述のみに終始し、顕微鏡写真はもちろんそれ以前のようなスケッチすら論文中に記載されていない。1978年以降になってやっと顕微鏡観察の他に EPMA などによる鉱物同定や微細な包含物の組成の測定が行われるようになり、その隕石の特徴をとらえた顕微鏡写真も論文中に掲載され、各鉱物の定量的なデータも示されるようになった。このような近代的な手法による研究が行われた隕石は、まだ 12, 3 にしかすぎない。

1-2) 隕石構成主成分元素の分析:

隕石構成主成分元素の分析も、最も初期の竹内隕石の分析から始まっている。表 7-1 にその竹内隕石の分析値を、1881年の KORSCHOLT, 1904年の KLEIN のデータと 1973年の都城らのデータを直接比較し、また竹内隕石と同じ H5 グループに属する 1984年の東公園, 1979年の神大実隕石のデータを間接的に比較できるように並べて示した。この表には同じく H4 グループに属する気仙隕石の 19世紀後半に分析された値と 1960年以降の値, H 4-5 グループに属する米納津隕石の 1905年と 1951年の値, 富谷隕石の 1986年の値, H 6 グループに属する小城隕石の新旧の値なども比較のために示した。

19世紀後半には、分析は主として湿式の重量分析法で行われた。その複雑な非常に手間のかかる操作の繰り返しの結果得られた分析値が、後記の如く、今日の機器を用いた、当時と比べればずっと簡便になった方法で求められた値と、例えば、竹内隕石では、珪素、マグネシウム、アルミニウム、金属鉄、ニッケル等で非常によく一致していることがわかる。酸化鉄と硫化鉄における不一致は、おそらく操作中の硫化水素の逸失によるものであろう。またカルシウムやカリウムの高すぎる値は、このような操作における避け難い試薬などからの汚染によるものであろうと考えられる。また 3種の鉄の分離法も今日の方法と殆ど変わらない方法がとられている。ただ今日は試料をとかしさえすれば、各元素をそ

れほど真剣に分離しなくても、原子吸光分析法、プラズマ発光分光分析法などの優れた方法で分析することが出来、正確なデータを迅速に得ることが出来る。1980年代以降のデータはこのような方法で求められている。1882年のDIVERSの小城隕石のデータ(分析者、清水鉄吉)もKORSCHOLTやKLEINのデータよりさらによく1981年の矢吹らのデータと一致している。もちろん古いデータのすべてがKORSCHOLTやKLEINやDIVERSのデータのように非常によいわけではない。1905年の小寺の米納津隕石のデータでは3種の鉄の分け方にかなりの問題がみられるし、1925年の保科の大富隕石の分析では、その鉄は分離すら行われていない。また1951年のBECK等の米納津隕石の分析値に至っては、全く試料の無駄使いというしかないような値である。

Lグループの隕石は、表7-2に示す如く、不思議なことに、19世紀後期から20世紀初頭に測定されたデータは1910年の杉浦による美濃隕石のデータだけで、それ以外はすべて1962年以降である。

球粒隕石の主成分元素の分析で現在でも一番問題になるのは、3種の鉄、すなわち、金属鉄、酸化鉄(珪酸塩を構成している鉄)、硫化鉄(トロイライト)の分離である。この値はそれぞれの球粒隕石の分類に欠かせない重要な役割を持っているのだが、完全な分離は不可能に近い。その問題から逃れる為もあったのであろうか、むしろ球粒隕石間の差異をなくしてくらべた方が宇宙、地球化学的な議論が出来るという考えが強調された時代があった。その理由³⁷⁾は、球粒隕石間の差異はその酸化度に依存するので、分析値から酸素を除いたものの100分率をとれば、球粒隕石間の差がなくなり、分析値が比較しやすいというものである。この考え方により、すでに1895年に、小藤⁵⁾が計算しなおした値を用い、竹内隕石と小城隕石を比較している。その後の研究で、3種の鉄による分類が宇宙化学的な本質にかかわっているということがわかってきた。上記2隕石は、もとのデータ^{1,4)}があるので今日でももとの生のデータを使って議論することが出来るが、もとのデータがない1925年に落下した櫛池隕石³⁷⁾では、残念ながら今日他のデータと同等に用いて議論することが出来ないということになってしまった。もちろん3種の鉄は、“total鉄”から金属鉄の分析値と硫黄の分析値と等モルの鉄の値をさし引けば算出でき、それぞれの元素の分析値に酸素を加えてそれを100%とすれば大凡の値は計算することも可能である。しかしこれはあくまでも作りものであって、細かい議論に用いることは出来ない。この事実は、求めたデータをいろいろ変形させて考察することは必要だが、変形させる前のデータを必ず論文に記載することが必要であるということを示唆している。科学の進歩にともない研究者の考え方も時代と共に変わってゆくが、しっかりとられた生のデータは、100年たっても使用に耐えられるものだから、その時代の考え方で変形させたものだけ論文に記載することは決してよいことではない。

なお、19世紀後半化学分析値が出始めた時から1970年代にかけての分析には多量の試料を必要としたが、現在では1gの試料で十分に分析が出来るようになっている。ただし、湿式法による古典的な化学分析の特徴は、その隕石の平均の分析値を求めるために行うものであるため、あまり少ない試料では、試料の不均一性からくるデータのばらつきを避けることが出来ない。理想的には10グラム以上の試料を粉にして均一に混ぜてから分析することが推奨される。

1-3) 微量元素の分析

微量元素のうち、銅の分析は、今日原子吸光分析法などで簡単に出来るので、比較的データが多かったために、表7-1、表7-2に併記した。Hグループ隕石では銅は0.01~0.012%存在し、いずれも0.010%以上であるのに対し、Lグループの隕石では0.010%以下であることは興味深い。銅が金属鉄、すなわち還元形物質と行動を共にしていることを示すものであろう。

微量元素では、希土類元素の各鉱物間の分布状態などについては、著者らがいくつかの隕石につい

表 7-1. 球粒隕石の化学分析値の比較-1.

グループ 隕石名 文献コード	H		H-4			H 4-5	
	大 富 25HOS**	894WAK* ³⁾	気 仙 62MIY1* ⁴⁾	69MIC	米納津 05KOD	51BEC	富 谷 86SHI
SiO ₂	38.48	35.98	34.88	35.920	33.26	22.59	35.98
MgO	21.61	22.63	22.89	23.250	22.49	20.34	22.49
FeO		16.51	9.47		20.76		10.92
Al ₂ O ₃	2.15		2.29	2.000	5.63	3.60	2.22
CaO	2.55	2.20	1.68	1.680	1.18	2.39	1.67
Na ₂ O		0.36	0.85		0.86	1.64	0.75
K ₂ O		0.6	0.12	0.096	0.23	0.18	0.08
Cr ₂ O ₃	0.38		0.54		0.32		0.62
MnO		0.21	0.30	0.294	0.65		0.34
TiO ₂			0.16	0.100			0.11
P ₂ O ₅	0.41	0.31	0.37	0.245	0.49		0.41
Fe		12.79	18.23		7.62		16.80
Ni	0.11	2.32	1.59		0.27	1.77	2.02
Co	0.001		0.09		0.13	0.3	0.11
FeS	2.91	5.75	5.79		3.30		5.68
H ₂ O			0.64				
Cu	0.03						0.011
その他	0.18**						
Sum	92.55	99.66	99.89		100.67	99.12	100.21
Total Fe	29.37	29.28	29.27	27.160	25.86	30.22	28.89

*: H グループではこのほかに、笹が瀬, 仁保, 羽島, 沼貝, 曾根, 笠松, 岡部隕石の分析データ
 **: 分析者; 三菱鉱業研究所, 原文では Cr, P, S とし与えているデータを Cr₂O₃, P₂O₅, FeS
 *³⁾: 分析者; 近藤會次郎. *⁴⁾: 分析者; 原村寛. *⁵⁾: 原文では P とし与えているデータを P₂O₅
 *⁶⁾: 原文の NiO は計算しなおして Ni に加えた. この他原文には Fe₂O₃=0.36% が記載されて

表 7-2. 球粒隕石の化学分析値の比較-2.

グループ 隕石名 文献コード	L		L 4-5			直 方 83SHI
	富 田 63MIY2*	福富 (No. 1) 66MIY*	66MIY*	福富 (No. 2) 66MIY*	79SHI	
SiO ₂	38.91	38.96	36.90	39.25	39.46	40.61
MgO	24.72	25.33	24.27	25.07	24.29	25.74
FeO	12.99	11.62	11.96	11.76	13.36	14.84
Al ₂ O ₃	1.78	2.30	1.96	2.71	2.11	2.10
CaO	1.65	1.65	1.57	1.76	1.70	1.81
Na ₂ O	0.99	0.90	0.93	1.01	1.01	0.97
K ₂ O	0.18	0.18	0.19	0.11	0.12	0.11
Cr ₂ O ₃	0.87	0.60	0.48	0.47	0.50	0.52
MnO	0.35	0.32	0.31	0.29	0.32	0.34
TiO ₂	0.33	0.11	0.12	0.14	0.10	0.12
P ₂ O ₅	0.25	0.25	0.04	0.37	0.30	0.23
Fe	9.06	9.83	9.94	9.23	8.50	4.03
Ni	1.31	1.33	1.15	1.32	1.25	1.50
Co	0.06	0.02	0.03	0.02	0.071	0.069
FeS	6.77	6.37	9.57	5.69	5.96	6.12
H ₂ O		0.21	0.37	n.d.	0.21	0.21
Cu					0.0096	
その他	0.009*					
Sum	100.23	99.98	99.79	99.20	99.26	99.32
Total Fe	23.46	22.92	25.61	21.98	22.78	19.45

*: 分析者; 原村寛, その他は NiO のデータ. **: 分析者; H. B. Wiik, その他の項のデータは
 *³⁾: 原文の Mn, Fe₂O₃, S のデータはそれぞれ MnO, その他, FeS の項にそのまま, S のみ計算
 *⁴⁾: H₂O+C. *⁵⁾: 分析者; 島正子. *⁶⁾: 発見隕石のため, 内部まで酸化されているので, その

H-グループ隕石*

H-5					H-6	
881KOR1	竹内 04KLE2	73MIY* ⁴⁾	東公園 84SHI	神大実 79OKA* ⁷⁾	882DIV* ⁸⁾	小城 81YAB* ⁷⁾
34.75	36.34	36.92	37.39	37.89	36.75	39.73
21.60	20.91	24.47	23.50	23.81	23.36	24.92
12.28	14.76	7.89	7.54	8.76	8.64	7.05
1.73		1.82	2.12	1.89	1.89	2.05
2.55	2.47	1.84	1.50	1.74	1.94	1.76
0.34	1.18	0.78	0.98	0.95	0.97	1.15
0.21	0.28	0.14	0.11	0.12	0.16	0.12
	0.42	0.69	0.53	0.46		0.58
	0.15	0.30	0.33	0.32	0.51	0.30
		0.13	0.09	0.095		0.14
0.46* ^{b)}	0.18* ^{b)}	0.25	0.34	0.26	0.34	0.22
17.99	16.58	16.87	19.31	17.00	15.35	13.72
2.16	2.06* ^{b)}	1.59	1.97	1.69	1.75	2.07
0.40	0.05	0.07	0.11	0.08		0.10
2.01	7.54	5.44	4.75	5.54	5.91	5.87
		0.30				0.11
			0.012	0.010		
3.21* ^{b)}	0.95* ^{b)}					
99.43	99.40	99.50	100.58	100.61	99.01	99.88
28.82	28.55	16.46	28.19	27.33	26.13	22.93

タが報告されている。
に計算しなおした。その他は C。
に計算しなおした。その他はクロム鉄。
いる。*⁷⁾: 分析者; 島正子。*⁸⁾: 分析者; 清水鉄吉。

L-グループ隕石*

L-6								
薩摩(九州) 61MAS**	69MIC	美濃(八幡・藍見) 10SUG	62MIY*	田根 67MIY*	長井 78MUR* ^{b)}	芝山 79SHI	青森 86SHI	国分寺 87SHI
39.93	39.94	41.01	39.34	39.76	38.73	38.41	39.63	38.91
24.71	25.02	24.71	25.05	24.96	24.34	24.17	24.99	24.18
15.44			14.48	15.14	12.56	12.48	13.79	16.80
1.86	2.28		2.27	1.91	2.08	2.02	2.37	2.17
1.70	1.80	2.77	1.79	1.54	1.83	1.83	1.87	1.80
0.74			0.96	0.92	1.39	0.91	0.92	0.88
0.13	0.11		0.15	0.11	0.13	0.088	0.11	0.096
0.54			0.75	0.56	0.57	0.54	0.64	0.80
0.33	0.34		0.34	0.28	0.35	0.33	0.38	0.40
0.14	0.10	0.42	0.12	0.14	0.10	0.094	0.12	0.038
0.31	0.21	0.46	0.33	0.26	0.32	0.30	0.49	0.34
6.27			7.86	7.86	7.08	1.52	7.18	5.37
1.34		0.18	1.16	1.08	1.23	0.42	1.28	1.24
0.046			0.05	0.01	0.06	0.01	0.071	0.074
5.89		5.99* ³⁾	5.88	5.43	6.58	6.24	5.89	6.18
0.27		0.33	0.35* ⁴⁾					
					0.0091	0.010* ⁶⁾	0.0089	0.0096
0.03**		5.47* ³⁾						
99.67		99.23	100.88	99.96	97.35	99.11	99.73	99.28
22.02	21.22	20.58	23.05	23.08	21.01	21.41	21.64	22.36

C.
しなおして挿入した。SO₃; 0.20%, C; 微量が原文にはある。
他 Fe₂O₃; 8.91, NiO; 0.78, CoO; 0.055% が存在。

て中性子放射化分析法により測定を行ってきたが、まだ口頭発表以外の発表は行っていない。

ハロゲン元素の存在度については、後記の如く希ガスを多く含んでいる福富や仁保隕石、特に福富隕石に過剰に含まれている ^{36}Ar の希ガスの測定値と比較して議論するために、福富、青森、気仙、沼貝隕石（青森隕石以外岩石学的グループが“4”に属する、比較のために測定した青森隕石は“6”）の塩素と臭素の分析⁸⁸⁾を行ったが特に異常な結果は得られず、福富隕石で発見された ^{36}Ar の過剰の原因はわかっていない。

1-4) 希ガスの測定

ヘリウム、ネオン、アルゴンのような軽希ガスの測定は、まずこれらの石が確かに宇宙空間から来た隕石であるかどうかということを確認するために必要である。そしてさらには、これらのデータから隕石が宇宙空間でどのくらいの大きさであったか、どのような形をしていたか、どのくらいの間宇宙線の照射を受けていたのか、隕石が出来てからどのくらいたっているのか、宇宙空間で大衝突などを起こしたのかどうかということを知ることが出来る。現在までに我々が手にいれ、研究に消費することが許された試料については表 5 に示すように測定が行われた。

現存する隕石のうち、南野、笹ヶ瀬、大富、木島、美濃、羽島、富田、櫛池、白岩、笠松隕石の測定がまだ行われていないが、このうち、南野、美濃隕石以外は現在測定計画中であり、近々結果を得られる予定である。

1632 年と 1682 年に落下した南野及び笹ヶ瀬隕石は黒点数から太陽活動が極小期にあったと考えられるいわゆる **Maunder sunspot minimum (1645-1715)**⁸⁹⁾ 直前及び最中に落下した隕石である。この時期の太陽活動や地球近辺の宇宙線の状況を解明するために、この 2 隕石について宇宙線生成希ガスと共に、後記の宇宙線生成放射性核種、 ^{26}Al や ^{58}Mn のみでなく、もっと半減期の短いもの、たとえば半減期 269 年の ^{39}Ar 等の測定が渴望されている。しかし現在のところ試料の提供を受けられる可能性は低い。

美濃隕石はシャワーで 29 個が回収され、そのうちの 12 個が本館に保管されているが、これも現在すべて展示中で試料を採取することができないが近い将来何とかしたいと考えている。

希ガスの測定に要する試料は 0.1 g 程度で顕微鏡用薄片を作るに要する試料量と変わらない。確かにそれが隕石であるという証拠は宇宙線生成核種の測定によってはじめて確実にされるのであるから回収した、隕石と考えられる試料については、その一片から少なくともヘリウムやネオン、アルゴンのような軽希ガスを抽出、測定することは必要である。

クリプトン、キセノンのような重い希ガスの測定も隕石の故事来歴を知るために重要である。キセノンの化学記号“Xe”をとって“**Xenology**”という研究分野が出来、隕石の歴史のみでなく、元素生成が終わってから隕石ができるまでの年齢、元素生成時には生成されたが今は消滅してしまっている ^{129}I ⁴⁰⁾、 ^{244}Pu ⁴¹⁾ のような消滅核種が過去に存在していたことの証明も隕石中のキセノンの同位体比の測定によって行われたことはよく知られている。さらに現在でも、隕石中のクリプトンやキセノンの同位体組成から元素生成時には出来ていたかも知れない ^{248}Cm ⁴²⁾ 等の探査も行われている。

現在キセノンの同位体比は、福富、青森、沼貝、富谷、竹内、東公園、の 6 隕石について求められているだけである。また、ガスを多く含んでいる福富隕石の希ガスは、この他に段階的に温度を上げて脱ガスを行わせ質量分析する“**step-heating**”といわれる方法を用いて詳しい測定が行われている⁸⁸⁾。これは前節に書いたように、この隕石が異常に高い ^{36}Ar の値を示したために、このようなアルゴンがどうしてこの隕石中に存在するのかを調べるために行われた。すなわち、もし ^{36}Ar が ^{35}Cl の $n\gamma\beta^-$ 反応でできたとすると、同じように ^{79}Br 、 ^{81}Br の $n\gamma\beta^-$ 反応で生成した ^{80}Kr や ^{82}Kr にも異常があっ

もよいはずである。そして、これらの核種の生成エネルギーは当然異なるので、この隕石が宇宙空間に存在した時に、どのような大きさの母体の中にあったか、などをその関係から知ることができると考えた。しかしこれらアルゴン、クリプトンの同位体比異常と塩素、臭素との関連が得られず、未だにこの問題については解決されていない。

1-5) 宇宙線生成 ^{26}Al 及び ^{53}Mn の測定

^{26}Al は地球上では天然に存在することはなく、しかも強い特徴的な γ 線をだすので、宇宙線生成 ^{26}Al は、隕石を、よく遮蔽された γ 線測定器の測定室に、そのまま、処理することなく入れるだけで測定することができる。したがって、 ^{26}Al の検出は、宇宙線生成軽希ガスの測定と共に、隕石が確かに宇宙空間から、すなわち地球外からきたものであるということを証明する一つの、最も確実な手段である。また対象とする物質が隕石かどうかという決め手にもなる。ただ何分にも、隕石が宇宙空間に存在した間中に蓄積され、 7.2×10^5 年の半減期で壊変してきたとはいえ、その生成量が非常に微量なので、ある程度の大きさの試料で、しかも非常にバックグラウンドの低い測定器で長時間測定しないと結果を得ることができない。未だに ^{26}Al が測定されていない球粒隕石は、南野、笹ヶ瀬、八王子、米納津、大富、東公園、神崎、木島、美濃、羽島、富田、櫛池、白岩、長井、沼貝、笠松と約半分の16球粒隕石である。このうち羽島と白岩の2隕石は現在測定中であり、美濃、櫛池の2隕石には可能性が残されている。その他の隕石についても非常に小さい破片しか残っていないものはさておいても何とか測定を行えるようにしたいと考えている。この ^{26}Al または軽希ガスの測定を行わないことには、確実にこれらの資料が隕石であるとはいえないわけで、事実早急な測定が望まれている。

^{53}Mn も同じく宇宙空間に隕石が存在していたときに宇宙線で生成される原子核で、地球上では自然界に存在しない。ただ ^{53}Mn の標的核は主として鉄の原子核であるので、この核種は隕石中の鉄の中にできている。また ^{53}Mn は、X線しか出さないで、測定は一般に中性子放射化分析法により、 ^{53}Mn を ^{54}Mn に変換し、 ^{54}Mn の γ 線を測定するという方法をとっている。この方法で測定すると格段に感度を向上することができるので、0.1g以下という少量の鉄試料があれば測定できる。石質隕石中の ^{26}Al と ^{53}Mn を測定すると、それぞれの核種の出来方の違いから隕石が宇宙空間にいたときの経歴を知ることができるので、外国に落下した隕石については多くの研究が行われている。

問題は、 ^{26}Al は隕石全体として測定し、 ^{53}Mn は少量の試料を任意の場所から採取して測定しているために、厳密な議論をするときには直接比較できないということである。 ^{26}Al もタンデム質量分析計のような大型の機械を使えば少量の試料で測定できるので、近い将来には、同じ場所から取った試料からのデータで議論できるようになるであろう。

1-6) その他の宇宙線生成核種

青森、富谷、国分寺の3隕石は、落下後1週間を経ずして入手することができた。富谷隕石は小さかったので、放射線量が低く、かなりの無理があったが、青森、国分寺両隕石では半減期が5.59日の ^{52}Mn をはじめとする、宇宙空間に存在している間に宇宙線の照射で生成した、15の放射性核種^{43,44)}を測定することができた。このように隕石落下直後に隕石を手に入れることができたのは、ひとえにわが国のアマチュア天文家の組織と、落下地の住民の理解、協力の賜である。さらに受け入れた研究施設に測定できる機器があり、技術と研究能力のある研究者がいることも必須条件である。1980年代に本邦に落下したこの3隕石は世界でも数少ない僥倖に遭遇したわけである。国分寺隕石の場合には、この隕石が地球大気との衝突によって割れて雨のように落ちてくるいわゆるシャワーであったので、国分寺町から坂出市にかけて、約 $4 \times 10 \text{ km}$ の範囲に落下した。その各地点の代表的な試料5個を分析することができ、この隕石が地球大気と衝突したときの破壊され方、すなわち、それぞれの破片が

地球と衝突する前の母体中のどこにあったか、隕石が大気中をどのような姿勢で落下してきたかということまで考察することができた。

2. 鉄隕石の場合

2-1. 金属の組織:

鉄隕石は鉄とニッケルの合金で、大部分は 10^6 年に 1 度から数度の割合で冷却した結果、地球上では再現する事ができない **Widmanstätten figure** (ウィドマンステッテン模様) という美しい結晶組織を持っている。この組織については田上隕鉄ですでに 1900 年に大築が、続いて 1906 年には神保が、図入りで記述している。かつてはこの組織によって鉄隕石の分類が行われたが現在では化学的な分類が主流になり、組織の密度を計るということは殆ど行われなくなってしまった。

ニッケル含量が少ない (6% 以下) または非常に多い鉄隕石には、上記 **Widmanstätten figure** を持たないものがある。このような鉄隕石は珍しい。鉄含量が少ない、六面体組織を持ち、**Neumann line** (ノイマン線) を示す **Hexahedrite** (ヘキサヒドライト) に分類されている隕石が、表 3 に示すように、わが国では全部で 8 個しか回収されていない鉄隕石のうち、岡野と坂内の 2 個も回収されている。この坂内隕石が京大で紛失されたのは何としても残念である。

2-2. 化学分析:

主要成分の化学分析のうち重要なデータはニッケルの含量であろう。かつては鉄の分析も行われたが、現在では殆ど行われていないようである。鉄隕石分析結果の比較を表 8 に示す。田上隕石では 19 世紀末及び 20 世紀始めに分析された値と今日の値は良い一致を示しているが、白萩隕石では古いデータにかなりのばらつきがみられる。岡野隕石では 1913 年のデータの方が 1969 年のデータより 1981 年のデータと良い一致を示している。これらのばらつき中には、分析方法の問題と共に隕石自体の不均一性も関係している。

一般に、ニッケル、コバルト含量は鉄隕石中で比較的均一であるが、リン化物、硫化鉄-ニッケルは比較的大きな包含物となつてはいつているために、ばらつきが大きい。微量元素のクロムもその例にもれない。

2-3. 微量元素分析:

近年 **WASSON**⁴⁵⁾ らの提唱により微量元素、特に鉄隕石中でその含量の変化が、ニッケル含量、および隕石の組織と、大体において平行していて、しかも桁違いに変わっているゲルマニウム、ガリウム、イリジウムの含量をもとに、**I, II, III, IV** という番号及びこれに **A, B, C, D** を付した方法で分類をすることが行われるようになった。それをふまえて、現在手に入らない、または試料が極端に少ない坂内、駒込及び福江隕石以外のすべての隕石の微量元素の分析を、中性子放射化分析法で行った。

ゲルマニウム、ガリウム、イリジウム及びクロムの得られたデータは表 8 に記したが、これ以外の微量元素も 1 回の熱中性子放射化により放射化され、分析され得るものについてすべて行った。したがって本邦に落下または発見された鉄隕石は、豊富なデータを持っているといえる。

2-4. 希ガス:

鉄隕石の希ガス分析は試料を溶融するのに高温を必要とするため、高価なるつぼの消耗が激しいという理由で、わが国ではなかなか測定に踏み切れない。本邦の鉄隕石は田上が **Voshage** によって分析されているのみである。

2-5. 宇宙線生成核種の測定:

鉄隕石中の ^{58}Mn は少量の試料で分析することが可能なのにもかかわらず、まだ天童と玖珂でしかデータは得られていない。これらの測定は今後の課題である。 ^{26}Al は標的核となる原子核が鉄隕石で

本邦に落下，回収された隕石研究の推移

43

表 8. 鉄及び石鉄隕石の化学分析値の比較

隕石名	文献コード	Fe (%)	Ni (%)	Co (%)	Cu (%)	P (%)	insol. (%)	Ga (ppm)	Ge (ppm)	Ir (ppm)	Cr (ppm)
田上	899KOS*	88.941	8.651	0.594	trace	0.441	0.87				
田上	00OTS*	90.112	8.560	0.623	trace	0.425	0.133	18.2	34.6	0.22	
田上	73SCO		8.94								52
田上	78SHI1	87.80	8.52	0.50	0.013	0.150		15.6	25.5	0.11	70
田上	81SHI2			0.49	0.0076						
白萩1号	895KON**	93.52	5.92	0.20							
白萩1号	02ENO**	89.467	9.303	0.827	0.138	0.064	0.027				
白萩1号	74WAS		7.86								
白萩1号	78SHI1	89.22	7.68	0.39	0.015	0.0277					310
白萩1号	79SHI3		7.65	0.42	0.0143			1.89		2.37	61.3
白萩1号	81SHI2		7.86	0.455	0.0194			2.6		2.89	278
白萩2号	81SHI2		7.86	0.40	0.0165			2.5		2.7	231
岡野	13CHI	94.85	4.44	0.48	trace	0.23					
岡野	69WAS		5.55					59.9	180	11	
岡野	81SHI2		4.62	0.44	0.0614			56	174	11.6	
天童	78SHI1	87.00	8.89	0.45	0.015	0.297		18	37	0.330	3
天童	79SHI3		8.56	0.43				24.8	23.0	0.27	3.33
天童	81SHI2		8.70	0.435	0.0149						29
玖珂	59MUR2	91.13	7.92	0.58		trace					
玖珂	78SHI1	85.80	9.68	0.58	0.011	0.290					20
玖珂	79SHI3		9.63	0.594	0.012			16.5	26.5	0.034	5.09
玖珂	81SHI2		9.12	0.59	0.0116			16.7	29.5	0.028	14.9
在所(金属部)	81SHI2		7.20	0.53	0.0182			13.1		0.034	6.55

*: 分析者; 小寺房次郎

**: 分析者; 高山甚太郎, その他, Sn; 0.011, S; 0.219, C; 0.219 のデータの記載がある.

表 9 日本に落下した球粒隕石の保管状況など

隕石の名前	本館所蔵	主試料保管状況	薄片	模型
1. 直方 2. 南野 3. 笹ヶ瀬	2.5g(小片2), 0.1g 粉末:(0.09, 0.09, 0.56g) 30g	須賀神社 喚統神社 浜松市郷土博物館 明治18年火災に遭遇	1. 樹脂埋込: 4 1.	1.
4. 小城 5. 八王子 6. 米納津	55.2g, 2.08g, 0.07g, 粉末:(0.16g, 0.08g) 0.2g 37.9g, 1.0g	大英博物館 紛失 米納津村富永部落民 科博へ寄託, 展示中	1. 樹脂埋込: 2 1.	
7. 気仙 8. 曾根	106kg, 175.3g, 7.8g, 0.9g(小片3) 4g,	科博, 展示中 京都府, 科博へ寄託 展示中	1. 1.	
9. 大富	1.23g, 0.45g	個人所有 関東大震災火災に遭遇	1.	
10. 竹内 11. 福富	35.5g, 34.9g, 0.07g 1号:6.59kg, 1.8g, 2号:2.13kg, 81.7, 20.0g 26.5(10), 2.0, 10, 2.18(分離), 0.23(粉末)g 2号?: 37g	地質調査所 科博, 1号: 展示中 2号: 展示中	1. 1. (1号) 1. (2号) 樹脂埋込: 8	
12. 薩摩	重留1号:2316g, 重留2号:411g, 大島1号:862g 大島3号:20.51g, 0.53g, 1.9g, 菱刈:596g, 18g, 0.2g, 2.2g(小片) 2号:173g, 約2g(小片)	28.8kg 大英博物館 他 科博小片以外展示中 2号:科博展示中 1号:東京大学(紛失) 福岡県博(紛失)	1. 2. 樹脂埋込: 6 1. 樹脂埋込: 1	1.
14. 東公岡 15. 神崎 16. 木島 17. 美濃	0.85g, 0.23g 2号:5.1g 藍見:3843, 広見:883, 跡部1号:1069, 3号:539, 北野3号:345, 7号:207, 太郎丸1号:226g, 3号:213, 6号:141, 八幡2号?:39.9, 3.74g 巖見1号:158g, 刈安:10.4g	個人所有 科博, 展示中	1. 1. (藍見号)	太郎丸2号, 1
18. 羽島	7.4g	名大古川総合研究資 料館, 岐阜天文台 科博へ寄託, 展示中	?	1. 珪石用. 2
19. 神大実 20. 富田 21. 田根	4.8g+粉末2種 13.6g 1号:270g, 17.2g	金光教図書館 1号:科博展示中 2号:米国立博物館 清里村歴史民俗 資料館展示中	1. 1. 1.	1. 2. 1.
22. 梅池	1.3g	新潟県文化財指定 個人, 秋田県博展示 個人	1.	1. 珪石用. 2 1. 2. 1.
23. 白岩 24. 長井 25. 沼貝 26. 笠松	3.6g 30.2g, 0.671g, 屑 16.5g, 1.5g, 1.3g 22.5g	個人所有 個人, 岐阜天文台へ 寄託, 展示中	1. 1.	1. 1. 2. 1.
27. 岡部 28. 芝山 29. 青森 30. 富谷 31. 国分寺	119, 18.2, 6.09, 1.5, 0.5(2), 0.28, 1.38(粗粒) 18.7, 0.3, 0.2g, 粗粒, outer crust(2) 141.3, 8.3, 0.057g(powd) 1号:0.58g+outer crust 東山1号:4.65, 0.6, 0.4g, 国分1号:104.4, 0.2g 新居1号:14.5, 3.3, 0.7, 0.09(粗粒), 0.12, 0.07, 0.06g(powd), 福家2号:0.01g,	科博, 展示中 科博へ寄託, 展示中 科博, 青森県博等 個人所有 個人所有	2. 樹脂埋込: 5 1. 樹脂埋込: 2 樹脂埋込: 2 樹脂埋込: 3	1. 1. 珪石用. 珪石用. 5種

は主として ^{56}Fe だけしかないので、生成量が少なく、球粒隕石で頻繁に行われた非破壊法による測定は一般に困難である。

鉄隕石は殆ど純粋な鉄とニッケルの合金で、他の元素を殆ど含まないことから、隕石が宇宙空間にいるときに宇宙線で生成した希ガス、放射性核種以外の安定な核種を検出測定するのに、最も良い試料である。これらの核種を測定することにより、いわゆる常道となっている希ガスのデータのみ、あるいは希ガスと ^{26}Al や ^{53}Mn との比較によって隕石の過去を紐解く方法以外の方法で議論を進められる、すなわち異なった方向からの考察を可能にするという大きなメリットがある。玖珂隕石は幸いにしてその本体を本館が所有しているので、このような目的のために、隕石各部の試料を切り出すことができるため、測定の準備が進められているが、なかなか測定の段階に至らないというのが現状である。

3. 石鉄隕石

石鉄隕石は試料の入手が困難なこと、残念ながら所有者個人の家で戦災に逢い一旦焼けているということから、研究はほとんど進んでいない。非常に少量の試料を用い、金属鉄部の分析を我々のグループが、石質部の分析を Busek らが行っただけである。

表 10 日本に落下した鉄、石鉄隕石の保管状況など

隕石の名前	本館所蔵	主試料保管状況	模型
1. 福江	7.3g	科博	
2. 田上	170kg, 19.31g	科博, 展示中	
3. 白萩	1号:18kg, 90.5g, 5.35g 2号:146g	1号:科博, 展示中 2号:4.22kg;富山市科学文化センター 4.6kg ;栃木県在住個人	2号のみ 1個
4. 岡野	0.075g, 0.02g,	京都大学鉱物資料館	1個
5. 天童	10kg, 39.0g, 22.0g, 18.6g, 4.7g, 3.8g	科博, 展示中	
6. 坂内		京都大学岩石鉱物学教室紛失?	2個
7. 駒込		理化学研究所にて紛失	
8. 玖珂	[*] 5.4g, 3.6kg, 360g, 174g 27g, 1.3g(3), 0.076g	科博	
1. 在所	14.7g, 1.6g, 0.209g	個人所有 1945年戦災に遭遇	

* 玖珂が確認された最初の試料

5. む す び

以上、本邦に落下して、あるいは本邦で発見されて、回収された隕石研究の経過を記した。明治維新の西洋文明導入と時を同じくして始まった隕石研究ではあるが、その時々々の研究者のみならず、一般の人たちの興味の推移と共に、ある時はかなり盛大に、ある時は全く興味の対象からはずされて今日に至っている。いずれにしても試料の回収自体が一般市民の理解、協力なくしては手には入り得ないものであることから、他の自然科学の分野と異なった様相を示していることは否定できない。ただ隕石というものは、単に展示によってみるだけではその真価は発揮できないのであって、研究されてこそはじめて価値のものである。また宝石のようにおいておいて価値のものであるというものでもない。そのようなことがしっかりと理解されて、隕石の真価を充分知っている研究者のいる博物館のようなところで、すべての隕石がしっかりと管理され、適切な研究に提供されるようになることを願うものである。

最後に表 9 と表 10 に現在の日本の隕石の保管状況を示す。なおこの表には、研究に必要な場合には貸出も可能な薄片や、模型の、本館の所有状況も示した。薄片の欄に樹脂埋め込みとあるのは、EPMA 用の薄片であり、模型の欄にモックス用とあるのは、 ^{26}Al 測定時の標準試料用に作成した模型で、形のみはわかるが色などはわからないというものである。

文 献

- 1) KORCHELT, O., 1881 (明治 14 年). 隕石. 地質調査報文分析の部 第一冊, 農務局地質課, 9-14.
- 2) KORCHELT, O., 1881. Über den Meteorites von Tajima vom 18 Februar 1880. Mittheilungen von Deutsch Gesellschaft Natur- und Völkerkunde Ostasiens. 3: 204-205.
- 3) FLIGHT, W., 1882. On Meteorites. Geol. Mag. 92: 357, 446-448.
- 4) DIVERS, M. D., 1882. On two Japanese Meteorites. Trans. Asiatic Soc. Japan, 10: 199-203.
- 5) 小藤文次郎 1885. 天隕石. 東洋学芸雑誌 40 号 267-270.
- 6) 鈴木 敏 1892 (明治 25 年). 日本の鉱物産地. 地学雑誌, 4: 515-521.
- 7) 下野信之 1895 (明治 28 年). 隕石彙報. 気象集誌, 14: 200-209.
- 8) 渋川敬典 1895 (明治 28 年). 本邦隕石略記. 地質学雑誌, 2: 246-247.
- 9) 神保小虎 1905 (明治 38 年). 本邦天隕石の研究. 地質学雑誌, 12: 229-234, 309-317.
- 10) JIMBO, K., 1906. General Note on Japanese Meteorites. Beiträge zur Mineralogie von Japan von T. Wada, No. 2: 30-52.
- 11) 脇水鐵五郎 1911 (明治 44 年). 美濃隕石附日本隕石略説. 理學界, 8: 661-666.
- 12) 脇水鐵五郎 1911 (明治 44 年). 美濃隕石附日本隕石略説 (二). 理學界, 8: 836-840.
- 13) 脇水鐵五郎 1911 (明治 44 年). 美濃隕石附日本隕石略説. 美濃隕石以外の日本隕石. 理學界, 8: 892-900.
- 14) IIMORI, S., T. YOSHIMURA, 1929. Geographical Distribution of Certain Minerals in Japan. Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Res., 10: 5-37.
- 15) 神田 茂 1933 (昭和 33 年). 日本隕石一覧表. 天文月報, 28: 101-105.
- 16) 山本一清 1935. Preliminary List of Meteorites in Japan. (日本に於ける隕星一覧表). 花山ブレット, 4: No. 306.
- 17) 神田 茂 1938. 日本の隕石に就いて. 天文月報, 31: 199-204, 217-220.
- 18) 朝比奈貞一 1950. 日本の隕石. 自然科学と博物館, 17: 25-41.
- 19) 神田 茂 1952. 日本, 朝鮮, 中国の隕石について. Sci. Rep. Yokohama Univ., No. 1 97-106.
- 20) 村山定男 1960. 日本の隕石と国立科学博物館の標本. 自然科学と博物館, 27: 43-61.

- 21) 神田 茂 1960. 日本隕石概表. 隕石と隕鐵, **3**: 23-27.
- 22) 島誠, 木村喬 1979. 朝鮮半島, 台湾および日本列島の隕石. 理研報告, **55**: 103-109.
- 23) 村山定男 1980. 日本の隕石. 自然科学と博物館, **47**: 148-150.
- 24) GRAHAM, A. L., A. W. R. BEVAN and R. HUTCHISON, 1992. Catalogue of Meteorites. British Museum (Natural History), disk version, serial number: 43928411552.
- 25) 理科年表, 1992. 国立天文台編, 丸善 pp. 702-708.
- 26) SHIMA, Masako, S. MURAYAMA, A. OKADA, H. YABUKI, N. TAKAOKA, 1983. Description, Chemical Composition and Noble Gas of the Chondrite Nogata. Meteoritics, **18**: 87-102.
- 27) 村山定男 1976. 本邦最古の隕石を確認. 国立科学博物館ニュース, 10号, p. 6.
- 28) MURAYAMA, S., A. MIYASHIRO and H. HARAMURA, 1962. The Sasagase, Japan, Chondrite. Jap. J. Geol. Geography. **33**: 239-242.
- 29) 神田 茂 1950. 笹ヶ瀬隕石について. 天文総報, **4**: No. 4, 27-29.
- 30) 榎本武揚 1902. 流星刀記事 (明治 31 年 12 月誌). 地学雑誌, **14**: 33-39.
- 31) YABUKI, H., Masako SHIMA, S. MURAYAMA, 1981. The Petrography and Chemical Composition of the Ogi Meteorite, from Ogi-machi, Ogi-gun, Saga-ken, Japan. Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. E., **4**: 9-18.
- 32) GRAHAM, A. L., A. W. R. BEVAN and R. HUTCHISON, 1985. Catalogue of Meteorites with Special Reference to Those Represented in the Collection of the British Museum (Natural History), 4th Ed. (Rev. and Enl.). British Museum (Natural History).
- 33) 淵本 一 1938. 隕石観測. 気象要覧, 327-328.
- 34) 正村一忠 1938. 岐阜県笠松町に落下した隕石. 天界, **18**: 313-317.
- 35) 村山定男 1950. 玖珂隕鉄について. 天文総報, **4**: 27-29.
- 36) MURAYAMA, S., 1959. The Kuga, Japan. Siderite. Bull. Natn. Sci. Mus. **45**: 359-361.
- 37) 南 英一 1930. 隕石及び隕石鉱物の化学成分. 岩波講座, 物理学及び化学, 科外特別題目, (II), pp. 109-141.
- 38) TAKAOKA, N., Masako SHIMA, F. WAKABAYASHI, 1989. Noble gas record of Japanese chondrites. Z. Naturf. **44a**: 935-944.
- 39) EDDY, J. A., 1976. The Maunder Mininum, Science, **192**: 1189-1202.
- 40) REYNOLDS, J. H., 1960. Isotopic composition of primordial xenon. Phys. Rev. Letters, **4**: 351.
- 41) KURODA, P. K., 1960. Nuclear fission in the early history of the earth. Nature, **187**: 36-38.
- 42) SRINIVASAN, B. and K. F. FLYNN, 1980. Kr and Xe Isotopes from Spontaneous Fission of ^{248}Cm and ^{250}Cf : Comparison with Noble Gases in Carbonaceous Chondrites. Earth Planet. Sci. Lett., **47**: 235-242.
- 43) YABUKI, S., Masako SHIMA and S. MURAYAMA, 1985. Cosmic-Ray-Produced-Radioactive Nuclides in freshly fallen Chondrites, Aomori and Tomiya. Meteoritics, **20**: 768-769.
- 44) SHIMA, Masako and S. MURAYAMA, 1987. Cosmogenic-Radioactive Nuclides in the Chondrite Kokubunji. Meteoritics, **22**: 500-501.
- 45) WASSON, J. T. and J. KIMBERLIN, 1967. The Chemical Classification of Iron Meteorites-II. Irons and Pallasites with Germanium Concentrations between 8 and 100 ppm. Geochim. Cosmochim. Acta, **31**: 2065-2093.

追記：この研究報告印刷の最終段階にかかった 1992 年 12 月 10 日 21 時に本邦における第 41 番目の隕石が島根県八束郡美保関町惣津の松本 優氏宅の二階の屋根から一階の床下まで貫いて落下した。その組織の外観から球粒隕石であることは確かである。現在宇宙線生成短寿命放射性核種の測定からはじめて、鋭意分析中である。この隕石も松本氏御一家山陰および松江天文協会、同好会の方々、報道機関の協力で落下後 4 日目には研究に着手できた世界でも数少ない一例となった。

付録 表 5-表 8 中の文献コード一覧

- 881KOR1 : KORSCHULT, O., 1881 (明治 14 年 6 月). 隕石. 地質調査報文分析之部, 1: 9-14.
- 881KOR2 : KORSCHULT, O., 1881. Über den Meteorites von Tajima vom 18 Februar 1880. Mittheil. Deut. Gesel. Natur-Völker-kunde Ostasien. 3: 204-205.
- 882DIV : DIVERS, M. D. E., 1882. On two Japanese Meteorites. Trans. Asiatic Soc. Japan, 10: 199-203.
- 885KOT : 小藤文次郎, 1885. 天隕石. 東洋学芸雑誌, 40: 267-270.
- 888YOK : 横地石太郎, 1888. 隕石. 東洋学芸雑誌, 82: 354.
- 890NIT : 新渡部仙岳, 1890. 大なる天隕石 (岩手学事彙報 1890 年 2 月より), 地学雑誌, 2: 452.
- 892INU : 犬上宇市, 1892. 但馬の隕石. 地学雑誌, 4: 589-590.
- 892SUZ : 鈴木 敏, 1892. 日本の鉱物産地. 地学雑誌, 4: 520.
- 893WAK : 脇水鐵五郎, 1893. 陸前の一夫天隕石. 地学雑誌, 5: 99.
- 894WAK : 脇水鐵五郎, 近藤會次郎, 1894. 日本天隕石概説其一. 地学雑誌, 6: 421-425.
- 895KON : 近藤會次郎, 1895. 富山県にて発見せし隕鉄. 地学雑誌, 7: 274-276.
- 895SHI : 渋川敬典, 1895. 本邦の隕石略記. 地質学雑誌, 2: 246-247.
- 897ZAT : (雑報), 1897. 異石隕落. 地学雑誌, 9: 445.
- 899KOS : 高 壮吉, 1899. 稀有の天隕鉄. 地質学雑誌, 6: 446-448.
- 00OTS : 大築洋之助, 1900. 近江国田ノ上山の隕鉄. 地質学雑誌, 7: 85-93.
- 02ENO : 榎本武揚, 1902. 流星刀記事. 地学雑誌, 14: 33-35.
- 04KLE1 : KLEIN, C., 1904. Die Meoritensammlung der Königlichen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin am 21 Januar 1904. Sitz'ber. Königl. Preus. Akad. Wis. Berlin, pp. 114-153.
- 04KLE2 : KLEIN, C., 1904. Mittheilungen über Meteoriten. Sitz'ber. Königl. Preus. Akad. Wis. Berlin, pp. 978-983.
- 04NAK : 中川源三郎, 1904. 隕石丹波国に墜つ. 地学雑誌, 16: 340-341.
- 05JIM1 : 神保小虎, 1905. 本邦天隕石の研究. 地質学雑誌, 12: 229-234.
- 05JIM2 : 神保小虎, 1905. 本邦天隕石の研究 (第 142 の続き). 地質学雑誌, 12: 309-317.
- 05KOD : 小寺房治郎, 1905. 越後米納津隕石の分析. 地質学雑誌, 12: 341-342.
- 06JIM : JIMBO, K., 1906. General Note on Japanese Meteorites. Beiträge zur Mineralogie von Japan, 2: 30-52.
- 06WAK : 脇水鐵五郎, 1906. 隕石「気仙」の薄片視察. 地学雑誌, 18: 554-556.
- 10OTS : 大築洋之助, 1910. 早乙女について. 地質学雑誌, 17: 524.
- 10SUG : 杉浦稠三, 1910. 隕石の分析成績. 地質調査所報告, 23: 61.
- 11WAK1 : 脇水鐵五郎, 1911. 美濃隕石 附日本隕石略説. 理学界, 8: 661-666.
- 11WAK2 : 脇水鐵五郎, 1911. 美濃隕石 附日本隕石略説 (二). 理学界, 8: 836-840.
- 11WAK3 : 脇水鐵五郎, 1911. 美濃隕石 附日本隕石略説: 美濃隕石以外の日本隕石. 理学界, 8: 892-900.
- 12HIK : HIKI, T., 1912. The External Form of the Meteoritic Iron "Okano". Beiträge zur Mineralogie von Japan, 4: 142-144.
- 12WAK : WAKIMIZU, T., 1912. The Meteorite Fall on July 24 th, 1909 in Central Japan. Beiträge zur Mineralogie von Japan, 4: 145-150.
- 13CHI : 近重真澄, 比企 忠, 1913. 岡野隕鉄につきて. 地学雑誌, 25: 307-311.
- 14HIK : 比企 忠, 1914. 岡野隕鉄落下の状況. 地学雑誌, 26: 799-802.
- 17SAI : 斎藤大吉, 1917. 隕鉄四種. 東洋学芸雑誌, 34: 803-804.
- 18HIK : 彦根測候所, 1918. 隕石落下. 気象集誌, 37: 110-111.
- 18NII : 新帯国太郎, 1918. 滋賀県田根に落下せる隕石. 地学雑誌, 30: 178-183.
- 18OKA : 岡山測候所, 1918. 岡山県下に墜ちし隕石. 気象集誌, 37: 223-224.
- 20WAT : 渡邊萬次郎, 1920. 畑屋隕石について. 理学界, 18: 408-415.
- 21KAN1 : 神田 茂, 河合章二郎, 1921. 櫛池隕石の落下状況 (1). 天文月報, 14: 6-8.

- 21KAN2 : 神田 茂, 河合章二郎, 1921. 櫛池隕石の落下状況 (2). 天文月報, 14: 35-41.
- 22FUR : 古川龍城, 1922. 京都大学天文台所蔵の隕石, 天界, 2: 99-101.
- 23YAG : 八木貞助, 1923. 隕鉄及隕石. 信濃鉱物誌, 古今書店 (東京) pp. 25-32.
- 24YAM : 山田邦彦, 1924. 宝鉞 (隕石) 図一下境村須賀神社所蔵隕石之記. 大正 13 年 3 月 鑑定書.
- 25HOS : 保科正昭, 1925. 混鉄隕石 大富号. 地質学雑誌, 32: 177-179.
- 26IMA1 : 今井半次郎, 1926. 北海道空知郡に落下せる隕石, 地学雑誌, 38: 145-150.
- 26IMA2 : 今井半次郎, 1926. 最近北海道に落下した隕石「光珠号」の話. 科学知識, 6: 436-440.
- 26TOM : 富田 達, 1926. 櫛池隕石薄片の顕微鏡的観察, 地質学雑誌, 33: 357-370.
- 27FUR : 古川龍城, 駒込隕鉄に就いて. 天文月報, 19: 82.
- 29KAS : 加瀬 勉, 珍しい隕石の話. 岩波書店 (東京).
- 30MIN : 南 英一, 1930. 隕石及び隕石鉞物の化学成分. 岩波講座, 物理学及び化学, 科外特別題目 (II) pp. 140-141.
- 38FUC : 淵本 一, 1938. 隕石観測. 気象要覧, 昭和 13 年: 327-328.
- 38MAS : 正村一忠, 1938. 岐阜県笠松町に落下した隕石, 天界, 18: 313-317.
- 50KAN : 神田 茂, 1950. 笹ヶ瀬隕石について, 天文総報, 4: 27-29.
- 50MUR : 村山定男, 1950. 玖珂隕鉄について, 天文総報, 4:
- 51BEC : BECK, W. and R. G. Stevenson Jr., 1951. The Yonozu, Japan Stony Meteorite. Amer. J. Sci., 249: 815-821.
- 51MUR : 村山定男, 1951. 在所隕石について. 天文総報, 53: 37-38.
- 53MUR1: 村山定男, 1953. 近年調査した日本の隕石について. 自然科学と博物館, 20: 129-154.
- 53MUR2: MURAYAMA, S., 1953. The Peculiar Structure of the Shirahagi, Japan, Siderite. Meteoritics, 1: 99-102.
- 55MUR : MURAYAMA, S., 1955. The Kasamatsu and Kochi Meteorites, which struck Buildings in Japan. Meteoritics, 1: 300-305.
- 59MUR1: 村山定男, 1959. 最近落下した岡部隕石. 自然科学と博物館, 26: 63-65.
- 59MUR2: MURAYAMA, S., 1959. The Kuga, Japan, Siderite. Bull. Natn. Sci. Mus. (Tokyo), 45: 359-361.
- 60MUR : 村山定男, 1960. 日本の隕石と国立科学博物館の標本. 自然科学と博物館, 27: 43-61.
- 61MAS : MASON, B. and H. B. WILK, 1961. The Kyushu, Japan, Chondrite. Geochim. Cosmochim. Acta, 21: 272-275.
- 62KAN : 神田 茂, 1962. 曾根隕石に関する一史料. 隕石と隕鉄, 3: 39-40.
- 62MIY1 : MIYASHIRO, A., 1962. The Kesen, Japan, Chondrite. Jap. J. Geol. Geograph. 33: 73-77.
- 62MIY2 : MIYASHIRO, A., 1962. The Mino, Japan, Chondrite. Jap. J. Geol. Geograph. 33: 125-129.
- 62MUR1: MURAYAMA, S., A. MIYASHIRO and H. HARAMURA, 1962. The Sasagase, Japan, Chondrite, Jap. J. Geol. Geograph. 33: 239-242.
- 62MUR2: 村山定男, 1962. 薩摩隕石の標本について. 自然科学と博物館, 29: 7-20.
- 63MAS : MASON, B., 1963. Olivine Composition in Chondrites. Geochim. Cosmochim. Acta, 27: 1011-1023.
- 63MIY1 : MIYASHIRO, A., S. MURAYAMA and H. HARAMURA, 1963. The Sone, Japan, Chondrite. Bull. Natn. Sci. Mus. (Tokyo), 6: 352-355.
- 63MIY2 : MIYASHIRO, A., S. MURAYAMA and H. HARAMURA, 1963. The Tomita, Japan, Chondrite. Jap. J. Geol. Geograph. 34: 63-66.
- 63MIY3 : MIYASHIRO, A., S. MURAYAMA and H. HARAMURA, 1963. The Kasamatsu, Japan, Chondrite. Jap. J. Geol. Geograph. 34: 193-196.
- 63MUR : 村岡 豊, 1963. 山口県の隕石 (I). 山口県の自然, 10: 22-25.
- 64KEI : KEIL, K. and K. FREDRIKSSON, 1964. The iron, magnesium, and calcium distribution in coexisting olivines and rhombic pyroxenes in chondrites. J. Geophys. Res.

- 69: 6487-6515.
- 65HIN : HINTENBERGER, H., H. KÖNIG, L. SCHULTZ and H. WÄNKE, 1965. Radiogene, Spallogene und Primordiale Edelgases in Steinmeteoriten III. *Z. Naturf.* 20a: 983-989.
- 65MUR : 村山定男, 1965. 玖珂隕鉄の新標本. *自然科学と博物館*, 32: 46-49.
- 65SHI : 島 誠, 1965. 駒込隕石について. *岩石鉱物鉱床学会誌*, 54: 216-221.
- 66EBE : EBERHARDT, P., O. EUGSTER, J. GEISS and K. MARTI, 1966. Rare Gas Measurements in 30 Stone Meteorites. *Z. Naturf.* 21a: 414-426.
- 66MIY : MIYASHIRO, A., S. MURAYAMA and H. HARAMURA, 1966. The Fukutomi, Japan, Chondrite. *Jap. J. Geol. Geograph.* 37: 39-44.
- 66ZAE : ZÄHRINGER, J., 1966. Die Chronologie der Chondriten Aufgrund von Edelgas-Isotopen Analysen, *Meteoritika*, 27: 25-40.
- 67MAS : MASON, B., 1967. Olivine Composition in Chondrites-A Supplement. *Geochim. Cosmochim. Acta* 31: 1100-1103.
- 67MIY : MIYASHIRO, A. and S. MURAYAMA, 1967. The Nio, Okabe and Tane Chondrites and their Origin. *Chemie der Erde* 26: 219-231.
- 67MUR : 村山定男, 1967. 150年前の隕石雨—八王子隕石の話. *自然科学と博物館*, 34: 163-170.
- 69MIC : MICHAELIS, VON H., L. H. AHRENS and J. P. WILLIS, 1969. The Composition of Stony Meteorites II. The Analytical Data and an Assesment of their Quality. *Earth Planet. Sci. Lett.* 5: 387-394.
- 69WAS : WASSON, J. T., 1969. The Chemical Classification of Iron Meteorites-III. Hexahedrites and Other Irons with Germanium Concentrations between 80 and 200 ppm. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 33: 859-876.
- 70HAY : 早川和夫, 1970. 光珠内隕石の研究. 北海学院大学「学園論集」, 9号, pp. 23-24.
- 70MUR : 村山定男, 1970. 新しく発見された芝山隕石, *自然科学と博物館*, 37: 35-37.
- 73MIY : MIYASHIRO, A., S. MURAYAMA and H. HARAMURA, The Takenouchi, Japan, Chondrite. *Bull. Natn. Sci. Mus. (Tokyo)*, 16: 401-403.
- 73SCO : SCOTT, S. R. D., J. T. WASSON and V. F. BUCHWALD, The Chemical Classification of Iron Meteorites-VII. A Reinvestigation of Irons with Ge Concentrations between 25 and 80 ppm. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37: 1957-1983.
- 74MUR : 村山定男, 1974. 新しく発見された隕石. *国立科学博物館ニュース*, 11号, p. 6.
- 74SHI : SHIMA, MASAKO, 1974. The Chemical Composition of the Stone Meteorites Yamato (a), (b), (c) and (d), and Numakai. *Meteoritics*, 9: 123-135.
- 74WAS : WASSON, J. T., 1974. *Meteorite-Classification and Properties*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 272-309.
- 76MUR : 村山定男, 1976. 本邦最古の隕石を確認. *国立科学博物館ニュース*, 11号, p. 6.
- 76YAG : 八木健三, 大場与志男, 島 誠, 岡田昭彦, 1976. 沼貝隕石に関する鉱物学的研究. *岩石鉱物鉱床学会誌*, 71: 273-287.
- 77MUR : 村山定男, 1977. 山形県の新隕石2個. *国立科学博物館ニュース*, 9号, p. 6.
- 78MUR1: MURAYAMA, S., MASAKO SHIMA and A. OKADA, 1978. The Chemical Composition, Petrography and Mineralogy of the Japanese Chondrite Nagai. *Bull. Natn. Sci. Mus. Ser. E*, 1: 19-29.
- 78MUR2: MURAYAMA, S., Masako SHIMA, A. OKADA and Makoto SHIMA, 1978. Japanese Meteorite Nagai, Yamagata Prefecture, Chondrite. *Meteoritics*, 13: 570-572.
- 78OKA : OKADA, A., Makoto SHIMA, Masako SHIMA and S. MURAYAMA, 1978. Chemical, Petrographical and Mineralogical Studies on Japanese Meteorite Kamiomi. *Meteoritics*, 13: 588-590.
- 78NIS : NISHIZUMI, K., 1978. Cosmic-Ray-Produced ^{58}Mn in Thirty-One Meteorites. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 41: 91-100.

- 78SHI1 : SHIMA, Masako, A. OKADA, Y. OMORI, T. MASUDA and Y. TANAKA, 1978. Japanese Iron Meteorites: Chemical Composition and Microanalytical Observation of Kuga, Shirahagi, Tanakami and Tendo. *Bull. Natn. Sci. Mus., Ser. E*, 1: 1-18.
- 78SHI2 : SHIMA, Masako, S. MURAYAMA, A. OKADA and Makoto SHIMA, 1978. Japanese Meteorite: Shibayama, Sanbu-gun, Chiba Prefecture, Chondrite. *Meteoritics*, 13: 633-635.
- 79BHA : BAHNDARI, N., H. R. PRABHAKARA and T. RAMAN, 1979. Meteoritic Record of the Cosmic Rays during the Maunder Minimum based on ^{39}Ar . *Lunar Planet. Sci.* 10: 110-112.
- 79OKA : OKADA, A., Masako SHIMA and S. MURAYAMA, 1979. Mineralogy, Petrography and Chemistry of the Chondrite, Kamiomi, Sashima-gun, Ibaraki-ken, Japan. *Meteoritics*, 14: 177-191.
- 79SHI1 : SHIMA, Masako, A. OKADA and S. MURAYAMA, 1979. The Chemical Composition, Petrography and Mineralogy of the Japanese Chondrite Fukutomi. *Bull. Natn. Sci. Mus. Ser. E*, 2: 17-28.
- 79SHI2 : SHIMA, Masako, S. MURAYAMA and A. OKADA, 1979. Chemical Composition, Petrography and Mineralogy of the Shibayama-machi, Sanbu-gun, Chiba-ken, Japan. *Meteoritics*, 14: 317-330.
- 79SHI3 : SHIMA, Masako, 1979. The Determination of Major and Trace Elements in Iron Meteorites by neutron activation analysis. *Bull. Natn. Sci. Mus., Ser. E*, 2: 1-16.
- 79SHI4 : 舌間信夫, 1979. 直方むかしばなし. 市報のおがた 昭和 54 年 4 月.
- 80MUR : 村山定男, 1980. 世界最古の落下目撃隕石? 直方隕石を確認. 国立科学博物館ニュース, 2 号, p. 6.
- 80SHI : SHIMA, Masako, S. MURAYAMA, H. YABUKI and A. OKADA, 1980. Petrography, Mineralogy and Chemical Composition on the Chondrite Nogata, Nogata-shi, Fukuoka-ken, Japan: Oldest Observed Fall in the world. *Meteoritics*, 15: 365-366.
- 81SHI1 : SHIMA, Masako, S. MURAYAMA, H. YABUKI and Makoto SHIMA, 1981. Chemical Composition, Petrography, Mineralogy and Rare gases in the Chondrite Ogi. *Meteoritics*, 16: 386.
- 81SHI2 : SHIMA, Masako, S. YABUKI, T. KIMURA and H. YABUKI, 1981. A Revised Method for the Determination of Major and Trace Elements in Iron Meteorites by Neutron Activation Analysis. *Bull. Natn. Sci. Mus., Ser. E*, 4: 19-30.
- 81YAB1 : YABUKI, H., Masako SHIMA and S. MURAYAMA, 1981. The Petrography and Chemical Composition of the Ogi Meteorite, from Ogi-machi, Ogi-gun, Saga-ken, Japan. *Bull. Nat. Sci. Mus., Ser. E*, 4: 9-18.
- 81YAB2 : YABUKI, S., Masako SHIMA and N. Takaoka, 1981. ^{26}Al in Several Japanese Chondrites. *Meteoritics*, 16: 406.
- 83SHI : SHIMA, Masako, S. MURAYAMA, A. OKADA, H. YABUKI and N. TAKAOKA, 1983. Description, Chemical Composition and Noble gases of the Chondrite Nogata. *Meteoritics*, 18: 87-102.
- 83VOS : VOSHAGE, H., FELDMANN and O. BRAUN, 1983. Investigations of Cosmic-Ray-Produced Nuclides in Iron Meteorites, 5 More Data on the Nuclides of Potassium and Noble Gases, on Exposure Ages and Meteoroid Sizes. *Z. Naturf.*, 38a: 273-280.
- 84BUS : BUSEK, P. R. and J. CLARK, 1984. Zaisho-A Pallasite Containing Pyroxene and Phosphoran Olivine. *Miner. Magaz.*, 48: 229-235.
- 84MUR : 村山定男, 1984. 隕石の当たり年. 国立科学博物館ニュース, 187 号, p. 3.
- 84OKA : OKADA, A., Masako SHIMA, S. MURAYAMA and N. TAKAOKA, 1984. The Chondrite Higashi-Koen. *Meteoritics*, 19: 285-286.
- 84SAT : 佐藤直宣, 1984. 北日本の隕石について. 秋田大学教育学部研究紀要 (自然科学), 34: 83-93.

- 84SHI : SHIMA, Masako, A. OKADA, N. TAKAOKA and S. MURAYAMA, 1984. Chemical, Petrographical, Mineralogical and Noble Gas Studies on the Chondrite Higashi-Koen. *Bull. Natn. Sci. Mus. Ser. E*, 7: 1-13.
- 85MUR : 村山定男, 1985. 隕石をさがす. 星の手帖, 27: 85 冬号, 6-12.
- 85TAK : TAKAOKA, N., Masako SHIMA and F. WAKABAYASHI, 1985. Rare Gases in Japanese Chondrites. *Meteoritics*, 20: 768-769.
- 85YAB : YABUKI, S., Masako SHIMA and S. MURAYAMA, 1985. Cosmic-Ray-Produced-Radioactive Nuclides in Freshly Fallen Chondrites, Aomori and Tomiya. *Meteoritics*, 20: 789-790.
- 86SHI : SHIMA, Masako, S. MURAYAMA, F. WAKABAYASHI, A. OKADA and H. YABUKI, 1986. Two new Chondrite-Falls in Japan. *Meteoritics*, 21: 59-78.
- 87OKA : OKADA, A., 1987. private communication-, unpublished data (準備中)
- 87NIS : NISHIZUMI, K., 1987. ^{58}Mn , ^{26}Al , ^{10}Be and ^{36}Cl in Meteorites: Data Composition. *Nucl. Tracks Radiat. Meas., Int. J. Radiat. Appl. Instrum. Part D*, 13: 209-273.
- 87SHI : SHIMA, Masako and S. MURAYAMA, 1987. Cosmogenic-Radioactive Nuclides in the Chondrite Kokubunji. *Meteoritics*, 22: 500-501.
- 88SAG : 嵯峨二郎, 加納博, 1988. 白岩隕石. 秋田県立博物館研究報告 No. 13, 23-28.
- 88MUR : 村山定男監修, 国分寺町教育委員会編集, 1988. ドキュメント 国分寺隕石. 香川県国分寺町.
- 89SCH : SCHULTZ, L. and H. KRUSE, 1989. Helium, Neon, and Argon in Meteorites-A Data Compilation. *Meteoritics*, 24: 155-172.
- 89TAK : TAKAOKA, N., Masako SHIMA and F. WAKABAYASHI, 1989. Noble Gas Record of Japanese Chondrites. *Z. Naturf.*, 44a: 935-944.
- 89YAB : YABUKI, S., Masako SHIMA and F. WAKABAYASHI, 1989. Cosmogenic ^{26}Al and ^{58}Mn in Japanese Chondrites. *Bull. Natn. Sci. Mus., Ser. E*, 12: 1-14.
- 90HOS : 星野光雄, 諏訪兼位, 平岩五十鈴, 1990. 岐阜県羽島市に落下した明治年代の隕石 (1868-1912). 名古屋大学古川総合研究資料館報告, 6: 29-43.
- 92HOS : HOSHINO, M. and K. SUWA, 1992. The Hashima, Japan H4 Chondrite: A Newly Reported Meteorite. *Meteoritics*, 27: 179-181.