

発行人：惑星地質研究会 小森長生・白尾元理

事務局：〒193 八王子市初沢町 1231-19 高尾パークハイツ B-410 小森方 TEL. 0426-65-7128

サドベリーー隕石孔訪問記

高田 亮 Akira TAKADA

1. はじめに

1992年5月中旬にモントリオール（カナダ）で開催されたAGUに出席した。帰りにサドベリーー（Sudbury）に立ち寄ってみた。といっても現地はよくわからないので、トロント大学の知人に Dressler 氏（Precambrian Gology Section, Ontario Geological Surbey）を通じて、Ministry of Northern Development and Mines の若手鉱山学者 Michael Cosec 氏を紹介してもらった。

Ministry of Northern Development and Mines（159 Cedar Street, Sudbury, Ontario P3E 6A5, TEL: 705-670-7326, FAX: 705-670-7323）では、Ontario 州や Sudbury の地質に関する出版物を買うことができる。たとえば、E.J.Pye ほか編集の Sudbury 特集号や Sudbury の5万分の1地質図（Ontario Geological Surbey Map2491）などである。5月19日にここを訪問し、午前中は所内を見学し、巡検のビデオをみせてもらい、午後から露頭を案内してもらった。5月18日午後と20日は1人で露頭をまわった。ニッケル鉱山の坑内見学は、かなり前もって鉱山に案内を頼んでおかないと無理なようで、今回はあきらめた。

2. Sudbury へ

日本からトロントへは直行便があり、格安航空券なら往復10万円台で手にはいる。トロントから Sudbury structure の東縁にある空港までは飛行機で約1時間、1日に10便のフライトがある。空港でレンタカーを借り、Sudbury Structure 南東縁にある Sudbury City へ向かう。ここには、12軒のモーテルやホテルがある。私は City Center にある Holiday Inn に宿をとった。鉱山関係の研究とか仕事にきたという、1泊90カナダ\$を70カナダ\$にまけてくれた。Ministry of Northern Development and Mines に歩いていける距離で、便利である。City の南には Ramsey 湖をはじめ、多くの湖がある。しかし、ニッケル鉱山精練所の超高層煙突（高さ370m）をみるとドキッとする。

1970年代には、ここから年間180万トンの硫黄酸化物を放出していた。そのため鉱山付近は酸性雨汚染で、森林が消え、湖から魚がいなくなってしまった。とても湖と森の国カナダとは思えない光景である。

図1. カナダの隕石孔と、隕石孔と推定される構造⁴⁾。

A: Hudson 湾、B: St. Lawrence 湾





③ Whitewater 層群：Sudbury Structure の上部を構成し、下部の Onaping 層と上部の Onwatin 層・Chelmsford 層に細分される。Onaping 層は、隕石衝突による fall back の堆積物と考えられている。このほか、最下部（Contact sublayer）やクレーター底に発達している放射状および同心円状の岩脈（Offset dike）にはニッケル—銅硫化物が多く濃集している。

3. Sudbury Structure

Sudbury の歴史は、1856 年に Salter という人が鉱石を発見したことにはじまる。そして Geological Survey of Canada の A. Murry がこの産状を報告した。やがてニッケル鉱山の開発が進んだ。Dietz (1964) は Sudbury Structure は隕石の衝突によって形成されたという説（アストロブレーム astrobleme 説）を提唱した¹⁾。それ以後、この説を支持するいくつかの証拠がみいだされ、多くの研究がなされた。Sudbury Structure の特徴は、後の変形・変成を受けているとはいえ、地球上の他の隕石孔と違って、10km³ のオーダーの大規模な火成複合岩体をともしなうことである。詳細は最近のレビュー^{5), 6)}を参考にしてみようとして、ここでは簡単に説明しておく。なお、1992 年 8 月 31 日～9 月 2 日には International Conference on Large Meteorite Impact and Planetary Evolution が開催されたはずで、最近の話題はこの出席者に聞かれるとよいと思う。

カナダには実に多くの隕石孔や隕石孔と推定される構造がある（図 1）。たとえば、隕石孔という確証は得られていないが Hudson 湾、St. Lawrence 湾はそれぞれの直径が 500km、300km を超える。また Manicouagan Impact Structure (212Ma) はさまざまな探査がおこなわれて有名である³⁾。

Sudbury Structure (1836Ma, 1849Ma) は長径 60km、短径 25km の楕円形で、全体として盆状構造を示す（図 2）。他の地球上の隕石孔での衝撃作用とクレーターリムの直径との関係から類推すると、Sudbury Structure 形成当時のクレーターリムの直径は 150～200km 程度と推定できる⁵⁾。北東部がくびれているのは、37Ma 前に直径 8.5km の別の隕石孔が形成されたからである。そこは現在、Wanapitei 湖となっている。Sudbury Structure の母盤は、北側では始生代の花崗岩・片麻岩（たとえば 2600～2700Ma）、南部は堆積岩と火山岩（2400～2500Ma）からなり、それにこれらに貫入した花崗岩体（2200～2400Ma）からなる。Dressler などによれば、Sudbury Structure は図 2 のようにまとめられる²⁾。

ブーゲー異常・地磁気の異常・反射法による地震探査から、Sudbury のクレーター底は約 10km の深度にあると推定された^{2), 7)}。また、南北の断面では Sudbury Structure は盆地状というより、南縁の地下で折れ曲がっているか、断層で切れてずれて非対称であると考えられている⁷⁾。これは Sudbury Structure が楕円形を示す事も関連していて、後の褶曲によるものかもしれない。

4. 野外で

Sudbury Structure は数 10km の広がりをもち、道路はよく、その舗装率も高い。このため普通のレンタカーさえあれば、Sudbury 火成複合岩体のどこでもまわれる。鉱山周辺では酸性雨等で森林がなくなり、露頭がむき出しになっている。ただ、問題は鉱山の私有地が多く、勝手に立ち入れないことである。クレーター底付近は鉱石が濃集しているので、クリティカルな境界はみな鉱山の私有地ということになる。

北方の Timmins で始生代のコマチアイトをみて、5 月 18 日に 300km 南下し、午後に Sudbury の北部についた。当日は祝日で、Strathcona 鉱山入口のゲートがあいていたので、無断で中にはいったら、鉱山のパトロールカーがあらわれて、すぐに捕まってしまった。いろいろ事情を話したら、1 時間だけ鉱山事務所前の露頭なら観察してよいという条件で、ようやく許可をもらった。翌日、Cosec 氏にこの事を話したら「地元の地質屋も無断では絶対鉱山に入らない」といって驚いていた。かなり前もって許可をとる必要があるようだ。つぎに Sudbury Structure に関係する地層について述べる。

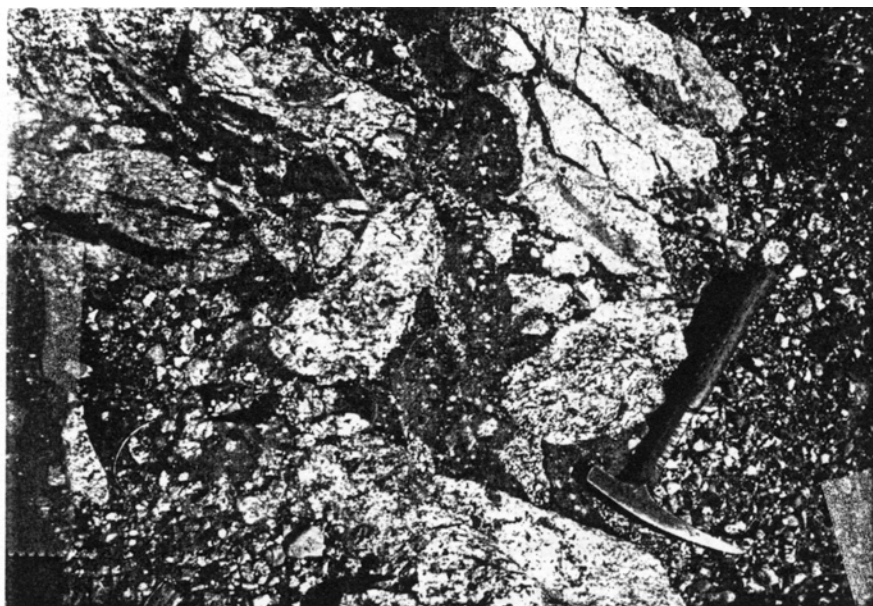


図3. Sudbury Structureの北西方、国道144号沿いのSudbury breccia。

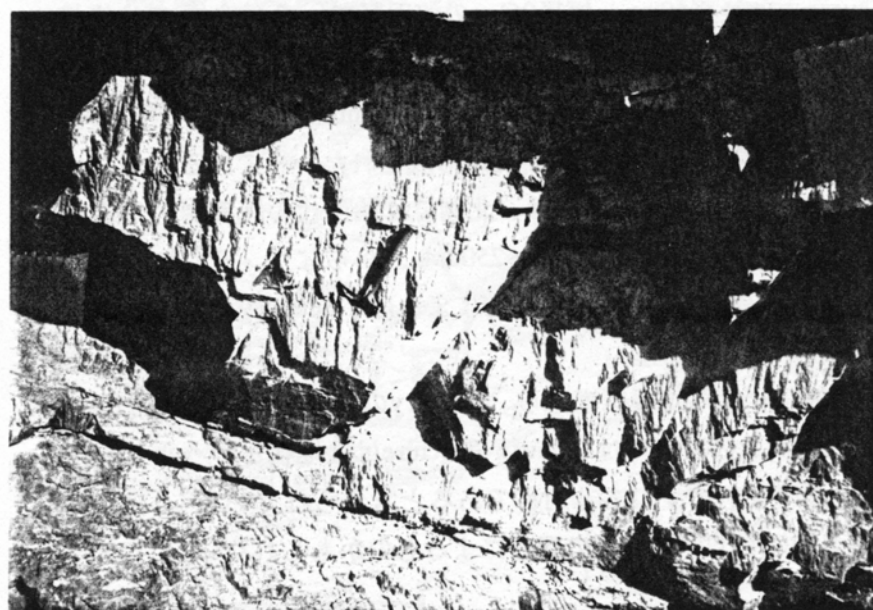


図4. Sudbury Structureの南方、Ramsey Lake Road沿いのシャッターコーンの露頭。写真下部の砂質の母岩では発達が悪い。見かけ上、円錐は下を向いている。衝撃の中心は写真の手前方向のより深部にあるらしい。



図5. Sudbury Structureの北西部、国道144号沿い. Onaping 層のGrey Member中の堆積岩起源の礫. 礫の周囲が丸くなり細粒化し同心円状の縞構造が見られる。

① Sudbury breccia

火成複合岩体とクレーター底の北西側の境界 Onaping 付近から国道 144 号を北西に向かうと、道路ぞいに延々と Sudbury breccia の露頭が続く。隕石衝突の衝撃の大きさに驚いた。角礫化は Sudbury breccia との境界から外側 80km の範囲におよんでいるそうである。ただこの値は、クレーター底からの現在の水平距離であることに注意しなくてはならない。母岩は始生代の花崗岩と片麻岩である。さまざまな時代の長大な mafic dike も走っている。角礫岩の基質は psedotachlytes に類似している。流理構造が観察される所もある。周囲の母岩と異なる礫もあり、運搬作用もあったことが推定できる。礫の中には角がとれて丸くなったものもみられる (図 3)。角礫岩中の石英や長石には面構造が、雲母やざくろ石にはキンクバンドが観察され、衝撃変成作用の結果と解釈されている²⁾。基質の化学組成は、母岩とほぼ同じという話であった。

シャッターコーンは細粒の堆積物中でよくみられる。クレーター底の境界から外側 17km の範囲まで確認できる²⁾。Sudbery City の南部、国道 80 号から Ramsey 湖ぞいの Ramsey Lake Road に入るとよい露頭がある。母岩は砂泥互層で、粗粒な砂岩の中には明瞭なシャッターコーンが少ない (図 4)。ハンマーでたたこうとしたら、Cosec 氏に「典型的な露頭だからみるだけにしてくれ」と怒鳴られた。

② Sudbury 火成複合岩体

この火成複合岩体は厚さ 1.5～3 km で、現在の体積は $4 \sim 8 \times 10^3 \text{ km}^3$ である。1849Ma の年代が報告されており、B の形成時期と区別はつかない。岩体の平均化学組成は $\text{SiO}_2=64\%$ で、衝撃により周囲の母岩を融解しても同じ組成のメルトはつくられる⁵⁾。

北西部 Windy 湖付近 Onaping の国道 144 号ぞいで、下部の斜方輝石ハンレイ岩から上部のグラノファイアーまでの岩相の変化を観察した。クレーター底には放射状と同心円状に角礫をともなった石英閃緑岩の岩脈 (Offset dikes) が発達し、長さは 20km にも達している。この Offset dikes は南部の国道 144 号から Copper Cliff へ通じる道路付近に露頭があったが、あまりぱっとしなかった。しかし、鉬石を多く含む岩脈は鉬山の敷地内なので見学できなかった。

クレーター底直上の火成複合岩体は、角礫をともなった塩基性～中性の火成岩からなる (Contact sublayer)。これは北西部の国道 144 号の Onaping から北東へ入る道路ぞいの鉬山 (Levack、Strathcona、Coleman) 周辺で観察できる。付近には、立入禁止の地域がかなりある。上述したように、かろうじて許可をとって Strathcona 鉬山事務所前の露頭で Contact sublayer を観察した。基質は塩基性～中性の火成岩で、母岩の礫が圧倒的に多い。ニッケル―銅硫化物も濃集している。

③ Whitewater 層群

この層群は Sudbury Structure の上部を構成し、下部の Onaping 層と上部の Onwatin 層・Chelmsford 層に細分される。

Onaping 層は、隕石衝突による fall back の堆積物と考えられている。この地層は凝灰岩と凝灰角礫岩からなり、約 1500m の厚さがあり、全体の体積は 1000 km^3 を超える²⁾。凝灰岩中の衝撃変成作用を受けたジルコンからは、1836Ma の年代が報告されている。下位より角礫岩が卓越する Basal Member、粗粒な岩片とガラス片が多い Grey Member、細粒な Black Member からなり、各 Member は漸移している。Onaping 層は下部付近の所々に Melt body とよばれる岩体があり、この岩体は全体として流理構造が発達し、周囲の Member に対してシャープな境界で接することが多い。

Onaping 川の High Falls 滝から上流 1 km の範囲には上記の各 Member が露出する。国道 144 号ぞいにも連続露頭がある。火山活動による降下堆積物にくらべて細かい層がみられず、上位に向かって礫径が小さくなっていくだけのようである。何回も爆発を繰り返すとか、次々と強弱をもって地下からマグマが供給されると、細かい層ができるはずだが。なにか巨大な事件が短期間に起こったという印象をもった。火山ガラス状の破片が目立ち、火砕岩との区別ができない。堆積岩起源の礫岩のなかには、その周囲がまるくなり、細粒化して同心円状の縞構造をもつ礫岩も存在する(図5)。Cosec 氏は「これが融けかけた岩石だ」と説明してくれた。Onaping 層中には特定の面にそって包有物が配列しているのが観察される²⁾。

地図によると国道から北西方向に 500m 山林を進むと Melt body があるはずなので、藪こぎをして、山の斜面を登ったがよくわからなかった。Sudbury 火成複合岩体との境界もどうなっているかわからなかった。Cosec 氏は「地表では境界はみつからない」とあっさり言った。Sudbury では意外と肝心の露頭はないものだなと感じた。

Onwatin 層は粘板岩からなる厚さ 1000m 前後の地層で、Chemsford 層は砂岩・泥岩からなり現在の厚さは約 850m である²⁾。Sudbury Structure の中央部、国道 144 号ぞいの露頭でも斜交成層などの堆積構造がよくわかる。これらの 2 層はインパクト・クレーター形成後、かなり時間がたってから、周囲の基盤が rework された堆積層といわれている。

5. おわりに

野外での印象からすると、Sudbury Structure が隕石の衝突で形成されたことは、ほぼ間違いないように思えた。しかし、Lowman (1992) も指摘しているように、形成当時の規模、隕石の大きさ、火成複合岩体とニッケル-銅硫化物の成因、そして地表や地球内部にあたえた影響などはまだ完全に解決されていないようである。Grieve et al. (1991) は、火成岩体の起源を、衝突によってマントルをふくめた地下深部で部分溶融が誘発されて生じたマグマが貫入したものというよりむしろ、浅所に母岩が融けてたまった Impact melt complex の層と解釈している。また、 $\text{SiO}_2=64\%$ のマグマで大量のニッケル鉱石をまかないきれぬのか疑問が残る。隕石の衝突もさることながら、環境汚染の凄まじさを感じたことを、最後に付け加えておく。

謝辞： 野外を案内してくれた Ministry of Northern Development and Mines の Michael Cosec 氏に感謝します。

主として最近の論文

1) Dietz, R.S., 1964: Sudbury Structure as an astrobleme. *J. Geol.*, 72, 412-434. / 2) Dressler, B.O., Gupta, V.K. and Muir, T.L., 1991: The Sudbury Structure. In Thurston, P.C., Williams, H.R., Sutcliffe, R.H. and Stott, G.M., eds., *Geology of Ontario. Spec. Volume 4, Part 1*, Ontario Geol. Survey, Ministry of Northern Development and Mines, 593-625. / 3) Grieve, R.A.F. and Head, III, J.W., 1983: The Manicouagan impact structure: an analysis of its original dimension and form. *J. Geophys. Res.* B88, Supplement, A807-A818. / 4) Grieve, R.A.F., Wood, C.A., Garvin, J.B., McLaughlin, G. and McHone, Jr., J.F., 1988: Astronaut's guide to terrestrial impact craters. LPI Technical Report Number 88-03, Lunar and Planetary Institute, NASA, 89p. / 5) Grieve, R.A.F., Stoffer, D. and Deutsch, A., 1991: The Sudbury Structure: controversial or misunderstood? *J. Geophys. Res.*, E5, 22753-22764. / 6) Lowman, Jr., P.D., 1992: The Sudbury Structure as a terrestrial mare basin. *Rev. Geophys.*, 30, 227-243. / 7) Milkereit, B., Green, A., and Sudbury Working Group, 1992: The Sudbury Structure from seismic reflection profiling. *Geology*, 20, 807-811. / 8) Pye, E.G., Naldrett, A.J., and Gibling, P.E. (eds.), 1984: The geology and ore deposits of the Sudbury Structure. Spec. Volume 1, Ontario Geological Survey, Ministry of National Resources, 603p

(地質調査所環境地質部)

論文紹介

45 億年前にできた地球の原始地殻

Harper Jr., C.L., and Jacobsen, S.B., 1992 : Evidence from coupled systematics for very early (4.5-Gyr) differentiation of the Earth's mantle. *Nature*, 360, 728-732.

地球の最初の地殻がいつごろ形成されたかは、証拠となる資料が乏しく議論のあるところである。著者らはこの論文で、地球最初の原始地殻が地球誕生後間もない45億年昔につくられたという興味深い事実を、近年質量分析器の精度向上で急速に発展してきた、サマリウム (Sm) - ネオジウム (Nd) 法年代測定の結果をもとに論じている。

Sm-Nd 壊変系列には、一般に用いられる ^{147}Sm - ^{143}Nd 系 (^{147}Sm の半減期 1.06×10^{11} 年) のほかに、 ^{146}Sm - ^{142}Nd 系 (^{146}Sm の半減期 1.03×10^8 年) という別の系列がある。 ^{146}Sm は半減期が短いのでとうの昔に消滅しているが、太陽系初期には存在したことが、隕石中の $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比の高いことから証明されている。そこでもし隕石中と同様な ^{142}Nd の過剰が地球上の岩石にみつかれば、マンツルの分化過程が早い時期におこって ^{146}Sm が上方に濃集し、最古の地殻が形成されたと考えることができるだろう。

グリーンランドの Isua にみられる岩石 (年齢 38 億年) では、すでに知られているように $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比が高く、この岩石をもたらししたマンツル中では 38 億年前以前に分化が進行していたことを示している。これに加えて、 $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比を同じ岩石試料で求めると、地球の基準値 (コンドライト質未分化モデル、いわゆる bulk Earth) にくらべてわずかばかり高い (ϵ 値*で 0.3 程度) という結果が得られた。下図に Isua 試料 (No.715-28) の 6 つの測定結果を示す。

$$* \epsilon^{142}\text{Nd}(\text{O}) = \left\{ \left(\frac{^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}}{^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}} \right)_{\text{試料}} / \left(\frac{^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}}{^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}} \right)_{\text{Bulk_Earth}} - 1 \right\} \times 10^4$$

以上のデータをもとに、 ^{147}Sm - ^{143}Nd と ^{146}Sm - ^{142}Nd 系列を結びつけた議論から、著者たちは、Isua の岩石をもたらししたマンツルリザーバーは、44.4~45.4 億年前に分化がおこり、軽い希土類元素にとんだ原始地殻と、それらの deplete したマンツルが形成された、と結論している。

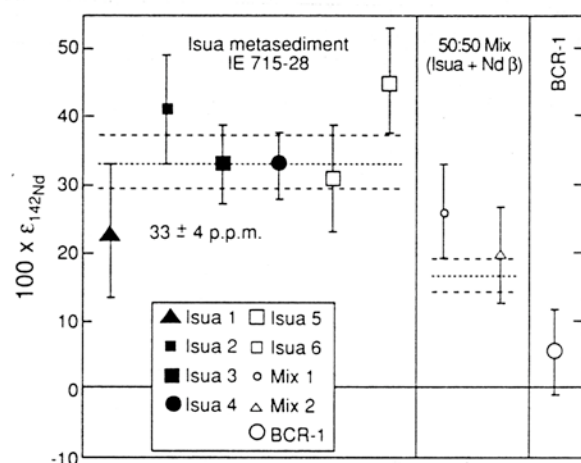
このような原始地殻の痕跡は、これまで地球の表面では発見されていなかった。そのわけは、地球誕生後のげいしい衝突とその後の侵食作用でこわされ、またプレートの沈み込みのようなテクトニックな運動で、マンツル中にリサイクルされたからだという。地球創成期にできた ^{142}Nd にとんだ地殻は静的で、おそらく 40 億年前以前には、リサイクルはおこらなかったと思われる。

以上の結論に対する問題点として、著者らは Isua の試料は $\epsilon^{143}\text{Nd}$ 値についてはいろいろな変異が

あり、それらの試料の $\epsilon^{142}\text{Nd}$ 値の測定がもっと必要であるとのべている。

またこの報告に対して、オーストラリア国立大学の S.R.Taylor が『Nature』の同じ号にコメントを寄せている。それによると、Isua のほかの岩石や Amitsoq 片麻岩など、他地域の同時代の岩石からは ^{142}Nd の過剰はいまのところ発見されておらず、Isua の試料だけが異常なのかどうか、問題があると指摘している。これらの点については、今後の一層の検討が望まれる。

(小森長生)



新刊紹介

火 星 (MARS)

Kieffer, H.H., Jakosky, B.M., Snyder, C.W., & Matthews, M.S., eds., 1992 : Mars. Univ. Arizona Press. 1498pp, 155×234×75mm, \$65.

アリゾナ大学出版部の Space Science Series の第 24 冊目として、『Mars』が昨年秋に出版されました。本書の内容は、次のまえがきから読みとることができます。「長年にわたって惑星関連分野での本棚には隙間があった。金星と小惑星帯の間には 2 つの惑星と 3 つの衛星があり、地球と月については多数の本がある。しかし、火星とその 2 つの衛星について知られている事実を総括した本がなかったのは、全く奇妙なことであった。この本が、少なくとも今後数年間は、この隙間を埋めてくれることを期待している。」

目次を見てもわかるように望遠鏡時代から探査機時代までの、天文・気象・物理・地質・化学・生物学など人類の火星に関する知識の集大成といえます。巻末の約 2000 の文献リストだけでなく、Nature、Science、JGR、Icarus などの特集号のリスト、専門外の分野の章も読みやすくするために 400 項目にわたる Glossary を設けるなど理解を助ける細かな配慮がされています。火星の何がわかっており、また何が未解決なのかをきちんと整理されているのも第一線の著者達による本ならではのです。百科事典的に使うことができ、惑星科学の研究者必携の本となるでしょう。希望者は、下記のアリゾナ大学出版部から直接購入するのが安上がりです。

The University of Arizona Press, 1230N.Avenue, Tucson, AZ 85719 USA (VISA、MasterCard の使用可)

- Part I-Introduction 1.The Planet Mars : From Antiquity to the Present (Kieffer, H.H.++) / 2.Telescopic Observations (Martin, L.J.++) / 3.Space-craft Exploration of Mars (Snyder, C.W.+) / 4.Major Issues and Outstanding Questions (Pepin, R.O.+) /
- Part II-Solid Body Geophysics 5.Origin and Thermal Evolution of Mars (Schubert, G.++) / 6.The Bulk Composition, Mineralogy and Internal Structure of Mars (Longhi, J.++) / 7.Gravity and Topography (Esposito, P.B.++) / 8.Stress and Tectonics on Mars (Banerdt, W.B.++) / 9.Long-term Orbital and Spin Dynamics of Mars (Ward, W.R.) / 10.Geodesy and Cartography (Davies, M.E.++) /
- Part III-Bedrock Geology and Geologic Units 11.Global Stratigraphy (Tanaka, K.L.++) / 12.The Martian Impact Cratering Record (Strom, R.G.++) / 13.The Physical Volcanology of Mars (Mouginis-Mark, P.J.++) / 14.The Canyon System on Mars (Lucchitta, B.K.++) / 15.Channels and Valley Networks (Baker, V.R.++) / 16.Ice in the Martian Regolith (Squyres, S.W.) /
- Part IV-Surface Properties and Processes 17.The Composition and Mineralogy of the Martian Surface from Spectroscopic Observations (Soderblom, L.A.) / 18.Surface Chemistry and Mineralogy (Banin, A.++) / 19.Physical and Chemical Weathering (Gooding, J.L.++) / 20.Radar Determination of Mars Surface Properties (Simpson, R.A.++) / 21.The Martian Surface Layer (Christensen, P.R.++) / 22.Martian Aeolian Processes, Sediments, and Features (Greeley, R.++) / 23.Polar Deposits of Mars (Tomas, P.++) /
- Part V-Current Atmospheres 24.Comparative Aspects of the Climate of Mars (Zurek, R.W.) / 25.The Composition and Early History of the Atmospheres of Mars (Owen, T.) / 26.Dynamics of the Atmosphere of Mars (Zurek, R.W.++) / 27.The Seasonal Cycle of Carbon Dioxide on Mars (James, P.B.++) / 28.The Seasonal Behavior of Water on Mars (Jakosky, B.M.+) / 29.The Martian Dust Cycle (Kahn, R.A.) / 30.Aeronomy of the Current Martian Atmosphere (Barth, C.A.) / 31.The Intrinsic Magnetic Field and Solar-Wind Interaction of Mars (Luhmann, J.G.++) / 32.Mars: Epochal Climate Change and Volatile History (Fanale, F.P.++) / 33.Quasi-Periodic Climate Change on Mars (Kieffer, H.H.+) /
- Part VI-Biology 34.The Search for Extant Life on Mars (Klein, H.P.++) / 35.The Possibility of Life on Mars during a Water-Rich Past (Makay, C.P.++) /
- Part VII-Satellites of Mars 36.Geodesy and Cartography of the Martian Satellites (Batson, R.M.++) / 37.Satellites of Mars : Geologic History (Tomas, P.++) / 38.Contradictory Clues as to the Origin of the Martian Moons (Burns, J.A.) /

(各論文の第 1 著者のみを示し、著者が 2 人の場合は+で、3 人以上の場合は++で示した)

(白尾元理)

J G R のマゼラン特集号

Jour. Geophys. Res. (Planets) Magellan at Venus. Part 1, 2, vol.97, no.E8 and E10, 1992

91年3月の『Science』の速報に続いて、昨年8月と10月のJ G R (Planets) にマゼランの金星探査の特集号が出版されました。『Science』の速報が最初の1／3周にもとづいているのにたいして、今回は最初の1週のデータにもとづいての論文集です。重力データや高度データの不足、レーダー照射角が1つしかないなど、今後のマゼランの観測によって新しい成果が出てくる可能性は、充分考えられますが、金星についての大部分の仮説はこの2冊にみることができそうです。合計ページ数が1100ページにもおよぶ膨大なもので、今後の金星研究を進めていくうえでの必読書といえます。参考のために論文題目を以下に並べます。

- No. E8 Magellan Mission Summary.(Saunders,R.S.++) / Venus Surface Radiothermal Emission as Observed by Magellan (Pettengill,G.H.++) / Venus Topography and Kilometer-Scale Slopes (Ford,P.G.++) / Scattering Properties of the Venusian Surface (Tyler,G.L.++) / The Rotation Period, Direction of the North Pole, and Geodetic Control Network of Venus (Davies,M.E.++) / Venus Volcanism (Head,J.W.++) / Venus Tectonics (Solomon,S.C.++) / Geology and Distribution of Impact Craters on Venus (Schaber,G.G.++) / Surface Modification of Venus as Inferred From Magellan Observations of Plains (Arvidson,R.E.++) / Aeolian Features on Venus (Greeley,R.++) / Global Distribution and Characteristics of Coronae and Related Features on Venus (Stofan,E.R.++) / Reflection and Emission Properties on Venus (Tryka,K.A.+) / Regional Topographic Rises on Venus (Senke,D.A.++) / Channels and Valleys on Venus (Baker,V.R.++) / Steep-Sided Domes on Venus (Pavri,B.++) / An Unusual Volcano on Venus (Moore,H.J.++) / Coldspots and Hotspots (Bindschadler,D.L.++) / Features on Venus Generated by Plate Boundary Processes (MaKenzie,D.++) / Critical Taper Wedge Mechanics of Fold-Thrust Belts on Venus (Suppe,J.++) / Magellan Observations of Alpha Regio (Bindschadler,D.L.++) / Plains Tectonism on Venus (Squyres,S.W.++) / Joints in Venusian Lava Flows (Johnson,C.L.+) / The Morphology and Evolution of Coronae on Venus (Squyres,S.W.++) / Fractal Analysis of Venus (Kucinskis,A.B.++) / Images and Topographic Relief at the North Pole of Venus (Leberl,F.W.++) / Initial Results from the magellan Stereo Experiment (Leberl,F.W.++)
- No.E10 Impact Craters and Venus Resurfacing History (Phillips,R.J.++) / Small Volcanic Edifices and Volcanism in the Plains of Venus (Guest,J.E.++) / Pancakelike Domes on Venus (Mckenzie,D.++) / Dike Emplacement on Venus and on Earth (Mckenzie,D.++) / Mylitta Fluctus, Venus (Roberts,K. M.++) / Geological Correlations With the Interior Density Structure of Venus (Herrick,R.R.++) / Anatomy of a Venusian Hot Spot (Grimm,R.D.+) / Geophysical Models for the Formation and Evolution of Coronae on Venus (Janes,D.M.++) / Flexural Ridges, Trenches, and Outer Rises Around Coronae on Venus (Sandwell,D.T.++) / Style of Deformation in Ishtar Terra and Their Implications (Roberts,L.M.+) / Gravitational Spreading of High Terrain in Ishtar Terra, Venus (Smrekar,S.E.+) / Small-Scale Fracture Pattern on the Volcanic Plains of Venus (Banerdt,W.B.+) / Impact Cratering on Venus (Khazins,V.M.) / Atmospheric Effects on Ejecta Emplacement and Crater Formation on Venus from Magellan (Schultz,P.H.) / Magellan Observations of Extended Impact Crater Related Features on the Surface on Venus (Campbell,D.B.++) / Comparison of Goldstone and Magellan Radar Data in the Equatorial Plains of Venus. (Plaut,J.J.+) / Analysis of Volcanic Surface Morphology on Venus From Comparison of Arecibo, Magellan, and Terrestrial Airborne Radar Data (Campbell,B.A.+) / Geology of the Venera 8 Landing Site Region From Magellan Data (Basilevsky,A.T.++) / Mass Movements on Venus (Malin,M.C.) / Mineral Equilibria and the High Reflectivity of Venus Mountaintops (Klose,L.B.+) / Enhanced Visualization for Interpretation of Magellan Radar Data (Kirk,R.L.++)

AGU (American Geophysical Union) の会員は1冊それぞれ\$20で下記の宛先に申し込めば、購入できます。American Express、VISA、MasterCardのカード保持者ならばこの際、自分のカード番号の名前、番号、有効期限、直筆サイン、AGU会員番号を記しておけば、直接送ってしてくれます。支払いは郵便局のMoney Orderでも可能です。AGU会員以外の人、やや割高になりますが購入できますので、下記の宛先に問い合わせてください。

AGU-ORDERS 2000 Florida Avenue N.W. Washington, DC 20009 USA

(白尾元理)

論文紹介

コロナの分布・特徴・起源

Stofan, E.R., Sharpton, V.L., Schubert, G., Baer, G., Bindshadler, D.L., Janes, D.M., and Squyres, S.W., 1992 : Global Distribution and Characteristics of Coronae and Related Features on Venus : Implications for Origin and Relation to Mantle Processes. J. G. R., 97, E8, 13347-13378.

金星のコロナは直径 60km から 2000km 以上のものまであり、形態や構造にもいくつかのタイプがある（左下写真）。地形的にみると、ドーム、高原、中央凹地のある高原、凹みのあるリムをもつものなどがあり、大スケールのカルデラと解釈できるものもある。分布はランダムでなく、グループをなすものやチェーン状に連なるものがある。コロナはマントルプリュームの地表への現われのようにみえる。コロナの形態とサイズの差異は、金星でのマントルの湧き出しに、いろいろな空間的スケールのちがいがあつたことを示している。（K）

金星のチャネルと峡谷

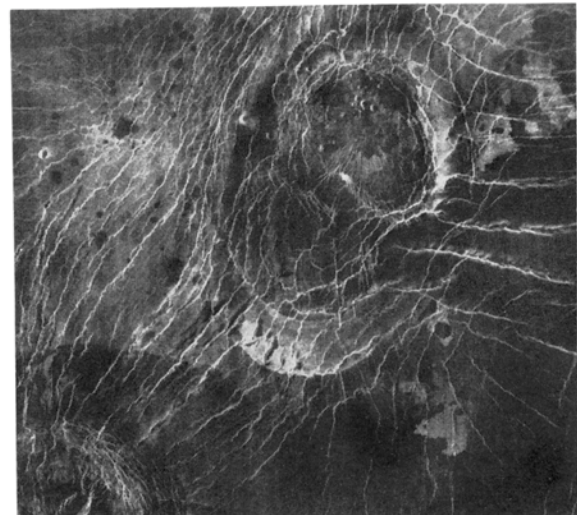
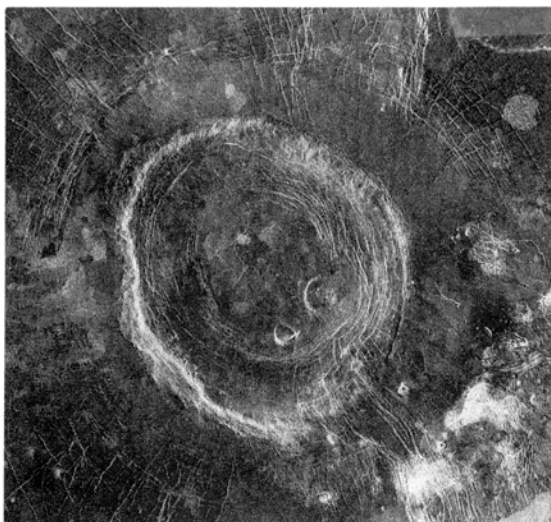
Baker, V.R., Komatsu, G., Parker, T.J., Gulick, V.C., Kargel, J.S., and Lewis, J.S., 1992 : Channels and Valleys on Venus : Preliminary Analysis of Magellan Data. J. G. R., 97, E8, 13421-13444.

マゼラン画像の予備的解析によって、金星表面に 200 以上のチャネルと峡谷地形が見出された。チャネルには、月にあるものによく似た曲がりくねったリルや、幅と深さの比が大きく、幅が一様な長いリル、6800km におよぶ驚くべき長さの運河状のリルがある。また、アウトフローチャネル状の複合谷もある。これらは、超マフィック珪酸塩溶融体、硫黄、炭酸塩溶融体等の流体の侵食作用によると考えられるが、流水の作用についても除外すべきでないように思われる。（K）

金星と地球の岩脈によるマグマの移動

Mckenzie, D.E., Mackenzie, J.M., and Saunders, R.S., 1992 : Dike Emplacement on Venus and on Earth. J. G. R., 97, E10, 15977-15990.

マゼラン画像によって金星表面に、地球の岩脈群によく似た、線状の溝が多数発見された（右下写真）。幅 2～5 km、長さ数 10km～200km のものが多く、最長 1000km 以上もある。マグマが幅 30m の岩脈によって 2000km 以上の距離を輸送される例はカナダ楕状地にも知られており、金星の線状の溝は、地下数 km まで上昇した岩脈による表面の展張割れ目だと推定される。（S）



コロナ（左）と地球の岩脈によく似た金星の線状の溝（右）。写真の幅はどちらも 375km.

金星のパンケーキ状ドーム

Pavri,B., Head III,J.W., Klose,K.B., and Wilson,L., 1992 : Steep-Sided Dome on Venus : Characteristics,Geologic Setting and Eruption Conditions From Magellan Data. J. G. R., 97, E8, 13445-13478.

金星表面の97%以上のマゼラン画像から、急斜面でかこまれた平らな頂部をもつドーム地形が145発見された。直径は10km弱～100kmで平均23.8km、平均高度700mである。地球上の同様の地形にくらべ10～100倍大きい。これらは地球の安山岩、デイサイト、流紋岩溶岩がつくるドームと性質がよく似る。このことから、金星でも粘性の高いマグマの生成の可能性がある。分布は平面的には規則性はないようだが、高度が金星の平均面（半径6052kmの面）近くに集中していることは、高粘性溶岩をもたらしただまりの生成と関係があるのかもしれない。(K)

マゼランのデータによるベネラ8号着陸地点の地質

Basilevsky,A.T., Nikolaeva,O.V., Weitz,M., 1992 : Geology of the Venera 8 Landing Site Region From Magellan Data : Morphological and Geochemical Consideration. J. G. R., 97, E10, 16312-16337.

ベネラ8号による金星表面のガンマ線スペクトロメトリーとマゼランの地形データとの関係を調べた。着陸が推定される直径300kmの地域は、大部分が多角形割れ目の発達するまだら模様の火山平原で、北端に直径20kmの急峻なドームが存在する。ベネラ8号の高いK₂O-U-Th値は、急峻なドームを構成する分化の進んだ岩石か、火山平原に分布するより始原始的なランプロファイアーであるとするとうつようよく説明できる。(S)

金星の風成地形

Greeley,R.,Arvidson,R.E., Elachi,C., Geringer,M.A., Plaut,J.J., Saunders,R.S., Schubert,G., Stofan,E.R.,Thouvenot,E.J.P., Wall,S.D., and Weitz,C.M., 1992 : Aeolian Features on Venus: Preliminary Magellan Results. J. G. R., 97, E8, 13319-13345.

マゼランSAR画像によって、金星表面にはストリークス（すじ）、ヤルダン、砂丘などの風成地形があることがわかった。ストリークスは3400以上も認められる普遍的なもので、赤道を向くストリークスが卓越する。このことは、金星表面の大気ハドレー循環があることを示唆している。風成地形は衝突クレーター、テッセラ、複雑な褶曲帯付近に限られることから、衝突や構造運動によってできる粒子が、風成地形を形づくるらしい。(S)

INFORMATION

●地球惑星科学関連学会のお知らせ

恒例の上記学会が都立大教養部で開催されます。惑星地質関連分野では以下の講演があります。3月19日 午前シンポジウム：宇宙のリズムと地球のリズム／21日 午前・午後 惑星科学一般講演／22日 午前シンポジウム：初期地球。ふるってご参加下さい。

期 日：1993年3月19日（金）～22日（月）

会 場：東京都立大学教養部（京王相模原線南大沢（新宿から特急で40分、各駅停車で60分）下車で徒歩5分）

●International Symposium on Atmospheres and Surfaces of Mars and Venus 開催される

1993年2月16・17日、宇宙科学研究所講堂にて上記のシンポジウムが開催されました。外国からの招待講演者は以下の通り。T.Owen (Univ. Hawaii)、C.Leovy (Univ. Washington)、C.Plicher



(NASA)、A.Nagy (Univ. Michigan)、A.Basilevsky (Vernadsky Inst. ; 講演内容は 11 ページに抄録)、K.Roberts (Brown Univ.)、M.Carr (USGS)、A.Albee (JPL)、V. Moroz (IKI)。

The Surface of Mars の著者であり、火星の地質の第一人者でもある USGS の Carr 博士 (右写真) は、火星の地質、特に火星表面に存在した過去の水の量を話題にしました。惑星化学・物理的に推定した水の量は火星全面にならずと数 m の深さにしかならず、地質学的に推定した数十 m のいう深さとは大きな違いがあり、このギャップをうめるのはマーズオブザーバーの観測データだろうということです。また Carr 博士は、アリゾナ大学の Baker らが最近提唱している火星には大洋が存在したという説を、根拠が不十分であると強く否定していたのが印象的でした。

ひとりあたりの講演時間が 40 分しかなく、物足りなさを感じましたが、昨夏の京都で開催された惑星地質の講演会に引き続いて、第一人者達の講演を聞くチャンスが増えたのは嬉しいことです。参加者は約 60 名でした。

●今後のシンポジウム等のお知らせ

- ・ 24th Lunar and Planetary Science Conference, Houston, Texas. March 15 -19.

連絡先 : Program Service Department, LPI, 360 Bay Area Boulevard, Houston TX 77058-1113.

Tel: 713-486-2150 Fax: 313-994-5123

- ・ 第 18 回南極隕石シンポジウム、国立極地研究所、5 月 31 日 (月) ~ 6 月 2 日 (水)

連絡先 : 国立極地研究所隕石資料部門 (〒173 板橋区加賀 1-9-1 Tel: 03-3962-4711 Ext.155

Fax: 03-3962-5711 (直通)

●UNIVERSE '93 のお知らせ

世界最大のアマチュア天文グループのひとつである The Astronomical Society of the Pacific と月刊雑誌 ASTRONOMY の主催で 93 年 7 月 10・11 日、カリフォルニア州サンディエゴで UNIVERSE '93: A National Astronomy Exposition and Fair が開催されます。内容は Sally Ride、William Hartmann、Stephen Saunders、他 10 人による宇宙開発、金星探査、ブラックホール、光害問題などの講演、望遠鏡や撮影機材、天文ソフトのデモ等です。夏にアメリカ旅行を計画されている方は、ついでに立ち寄ってみてはいかがでしょうか。

会 場 : San Diego State Univ., San Diego, California.

連絡先 : ASP Meeting Info., 390 Ashton Ave., San Francisco, CA 94112, USA

Tel: 415-337-1100, Fax: 415-337-5205

編集後記：本号は高田氏の興味深いサドベリー隕石孔訪問記や火星・金星の論文紹介で 12 ページになりました。最近古本屋でみつけたチオルコフスキーの『月面到着』（原題：地球の外で）を面白く読みました。1916 年の作品で一種の SF ですが、小惑星の資源としての利用法や、スペースコロニーの話まで出てきて、その科学的創造力に感服しました。惑星地質学はやがて人類の幸せに大きく役だっていくでしょう。今年もよろしく。

(K)