

無機材研ニュース

第 13 号

昭和 46 年 7 月

無重力状態での物質合成

— Space Processing —

ソビエットの宇宙ステーション計画やアメリカのスカイラブ (Skylab) 計画で試みられようとしているいろいろの宇宙ならびに地球に対する観測実験のなかで、地上の土壌表面の状態、あるいは大気圏における一酸化炭素の分布状態の調査等地上における人類の生活に直接的に関係のある問題とともに、宇宙工場として宇宙船の内外で物質合成を行なうことが注目され、この利得ということがすでにいろいろの機関で検討され予備的な実験も多少行なわれている。この問題、つまり Space Processing については、現在しばしば開催されている国際 Space Symposium ではまだ topics としてあまりとりあげられてはいないようであるが、ここでは主に G. E. の McCreight 博士等の調査研究を中心にしてその問題点や見通しを紹介する。

まず、第 1 に地球をまわる宇宙ステーションの軌道のまわりの環境を考えてみると、ここには、高真空、低温、太陽熱等々に加えてほとんど零に近い重力(零ではない)の場という状態がある。これらの状態のうちはじめにあげたものは、地上でもある程度達成されるが、後の無重力(実際は地球をまわる宇宙船内で約 10^{-3} g 程度——軌道修正などの行なわれるときはもっと大きい)という状態はきわめてユニークなものである。この場合の利点としては、熱の対流がない、沈降ないし不都合な分離がない、融体をささえる容器がいらないなどがあげられ、これらにより非常に純でかつ完全に近い単結晶、あるいはなにが特殊な微構造 (microstructure) をもったセラミックスの製造の可能性が考えられる。この無重力ということに加え、さらに利点となりうるものに高真空がある。

この状態は少なくとも地上で真空を得る場合のいわゆる “pumping rate” に値するものが高いこと、また 10^{-12} ないし 10^{-15} torr 程度の高真空をたいした苦勞もなく作りだせるだろうということが考えられ、Space Processing が真空処理をするものに対して非常に有効である。

将来の可能性、とくに経済的観点からそれを考えた場合、この Space Processing はどのような対象に対して行なうことが有利であるかが重要であろう。もちろんその第 1 は地上では不可能な事柄を選ぶことであろうが、より一般的にはこの地上で行なうよりはより有利に行なうものを選ぶことである。そのために選ばれる対象物としては、さし当って、少量でも極めて高価なもの、またはその処理過程において地上で行なうよりははるかにロスの出ないようなものが考えられる。こうした観点から現在考えられ、調査されているものには、次のようなものがある。

1) 半導体の浮遊帯域精製ないし結晶成長

Si 結晶を地上で育成、精製する場合にいろいろの点で重力に起因するトラブルがあることは、われわれが日常経験していることである。宇宙ではこれらのトラブルからのがれられることはまず確実であり、径が 5 インチ程度の結晶もそう困難なく作れよう。この浮遊帯域精製法が非常に有利に利用できるものとしては、この他に例えば電線用の高電導金属のリボンや線を作ることである。無重力状態ではこの金属融体を急冷する場合、融体はその表面張力によって棒あるいは恐らくリボン状にしたままで急冷され、地上で行なう場合のように重力がその型

をこわしたり変形することはないであろう。地上でSiのボール (boule) を薄く切ってウェファー (wafers) にする場合、その約60%は普通失われるのであるが、この種のロスはこの宇宙船の中では大きくさげることができ、現在の予備的な調査によると、このロスは約10~20%程度になると見込まれるのである。

2) 電子材料結晶の溶液からの成長

融液ガラスあるいは金属を溶媒として、それから酸化物、金属間化合物などを結晶させようとするものである。これを地上で行なうことに比べて利点の一つは、この融体をささえる容器を必要としないということであり、その結果、容器からくる不純物の混入が防げ、そのため小さな結晶核がやたらにできることが防げる。またできた結晶が下に沈降するというものもない。(この沈降については、地上でも容器をときどきひっくり返したり、ゆっくり回転させたりしてある程度防げる。) しかし、何んといってもこの最大の利点は熱の対流がないということである。地上では、大きな結晶はこの熱の対流のためさまざまな不完全性を内包してくるが、このSpace Processing ではより完全な結晶育成の可能性が考えられるのである。カリソーダ硅酸塩融体を溶媒として、稀土をドーブした磁性ガーネット結晶の製造などはこれに適した対象の一例である。

われわれは地上でこれと似た方法の一つに水溶液からの結晶成長を行なっている。たとえばTGS結晶 (Tri Glycine Sulfate) の水溶液からの結晶化をこの無重力、低温という環境で行なうことの有効性も上に求べたことからみて当然頭にかがぶものなのである。

3) 金属、ガラス、セラミックスなどの溶解や鑄造

この方面の宇宙船での実験の有効性はかなり高く、現在、さまざまな調査が各方面で行なわれているが、その第1の目標はこの無重力を利用してメルトをささえる容器を不要にすることで、その結晶は2)に述べたと同様に不純物の混入や、有害な結晶核の生成を最小限にしようというのである。また融体の中の色々の成分がその浮力のちがいで地上では互いに分離するが、これを防ぐこともできる。この無重力下による分離の防止ということは、溶解や鑄造に大きな利得をもたらすものの一つである。(前述したように無重力といっても地球をまわる宇宙船内には完全には重力は零ではない。これに対する対応策は当然考えておかねばならず、現在さまざまな工夫が考えられている。)

4) 金属の Slip-Casting

地上での slip の余分の binder や thickener はさまざまな害があることは周知のことであるが、宇宙では金属粒—水の懸濁液は安定であって、いろいろの形の金属の Casting が可能となる。

この他現在考えられるいろいろの実験の中で生物学的なもの、ことに virus の培養や分離の問題 (遠心分離—ベアリングや支持棒を必要としない—、電気泳動—アポロ14号での計画—) などがあるがここでは省略する。

宇宙船の内外で行なわれるさまざまな実験のうちでわれわれ無機材質の研究者にとって興味あるもの数例をあげたが、現在必要なことは地上で行なっているさまざまな Processing をこうした宇宙、ことに地球をまわる宇宙船内外の上述したような条件の下で行なった場合どのような利点があるかということを一覧表アップして試みることであろう。そうすることによって何が最も得であり、かつ将来経済的にも pay するものであるかということを選び出すことができるのである。

われわれはソビエットの宇宙ステーション計画がどのような形で進められているかについてはあまり知らないが、アメリカの Skylab 計画やその後の見通しについては新聞紙上にしばしば報道されているものがある。McCreight は、これを三つの段階にわけて述べている。

その第一は現在であってこの Space Processing に関する予備調査、着想の開発、実験手段の開発研究を中心とする。その第二は1973年の NASA Skylab I および1974年の Skylab II にはじまり1975~1985年にわたる広汎な研究、開発を宇宙船内外で行なうことであり、第三の段階は80年代後半の実用化時代ともいべき経済的ペースでのさまざまな開発がもくろまれる。この時代になると地球をまわるステーションと地上との輸送機関 (宇宙バス) あるいはステーション内の機器などがレンタル形式で使用者に与えられることが予想される。

この NASA の Skylab ならびにそれにつづく遠大な計画が実現されるための必須条件は宇宙空間での輸送方法が現在よりも遙かに安く行なわれることである。現在約5万ポンドの荷物を載せられる宇宙バス (これは何回も使用できなくてはならない) の開発が行なわれているが、これが成功すると現在1ポンド当り500~1,000ドルかかる費用が50~100ドルあるいはそれ以下になると見込まれている。その費用はこうした宇宙バスが数多く、また往復頻度が多くなることによって、さらに安くなるであろう。Space Processing に見込みがあればある程、こうした輸送手段はより開発され、また逆にそれが開発

されればされる程 Space Processing への意欲は増大するのである。

以上 McCreight 博士の記述や Leo Steg 博士などとの討議を中心として無重力状態などの宇宙環境がわれわれ無機材質研究者にとってどのような興味があるかということをも簡単にまとめてみたが、莫大な経費を使った宇宙船計画の中でこのことはただその一部にすぎないことは

勿論である。宇宙空間や地上のさまざまな観測，医学的，生物学的研究等々数え上げればきりが無い。要はこうした地上では達成しにくいしは到達し得ないような物理的条件下でわれわれの科学や技術がどのような展開を行なうかということであろう。

(総合研究官 中平 光興)

外部発表

※ 投稿

| 題 目 | 発 表 者 | 誌 名 等 |
|---|--------------------------|--|
| マグネシア多結晶体のクリープについて | 下平高次郎 | 耐火物 23 , 2, p. 23 ('71) |
| 窒化物 | 岩田 稔 | 電気化学 39 , 2, p. 173 ('71) |
| 加圧焼結終期における緻密化機構 | 下平高次郎 | 窯協誌 79 , 4, p. 34 ('71) |
| A New Polytype of Silicon Carbide 9T | 井上善三郎, 猪股吉三 | J. Crys. Grow. 3 , p. 179 ('71) |
| Crystalline Transformation of ZrO ₂ | 三橋武文, 藤木良規 月岡正至, 津田惟雄 | J. Phys. Soc. Japan 30 p. 1206 ('71) |
| Complex Formation of Beryllium (II) with Thorin : Reinvestigation and on Improved Spectrophotometric Determination of Beryllium | 永長久彦, 石井 一 | Anal. Chim. Acta 54 , p. 113 ('71) |
| 日高国千栄地域産のヴィリディン石英片岩について | 鈴木淑夫 | 岩石鉱物鉱床学会誌 60 , 5, p. 167 ('68) |
| 北海道山部地方の蛇紋岩類, 特にブルース石蛇紋岩の産状 とその成因について | 鈴木淑夫 | 岩石鉱物鉱床学会誌 68 , 4, p. 123 ('70) |

※ 口 頭

| 題 目 | 発 表 者 | 学 会 等 | 発 表 日 |
|--|-----------------------------|--------------|-------|
| 多結晶 MgO の酸素の自己拡散におよぼす Li ⁺ Fe ³⁺ のドーピング効果 | 白崎信一 | 日本化学会 (大阪) | 4月3日 |
| 複化合物の不定比性 | 白崎信一, 高橋紘一郎 村松国孝, | " | " |
| 化合物中での陽電子の寿命 | 千葉利信, 野口正安, 三橋武文, 津田惟雄 | 物理学会 (東京) | 4月6日 |
| 光学顕微鏡による結晶表面構造の観察 | 小松 啓 | 日本物理学会 (東京) | 4月8日 |
| 表面微形態と内部欠陥からみた SiC 単結晶の成長 機構 | 小松 啓 | 日本鉱物学会 (名古屋) | 6月3日 |
| 二三の物質のコンプトン・プロフィールについての 化学的意味 | 島津正司 | " | 6月14日 |
| Andorite VI (ramdohrite) の Subcell の結晶構造 | 川田 功 | 日本鉱物学会 | 6月3日 |
| アルミナ吸着カラムによる各種多環芳香族化合物 の分離 | 加茂陸和, 神田久生, 佐藤洋一郎, 瀬高信雄, | 学術振興会 (東京) | 5月7日 |

| 題 目 | 発 表 者 | 学 会 等 | 発 表 日 |
|--|---------------------|--------------|-------|
| Greigite (Fe ₃ S ₄) の合成 | 中沢弘基, 坂口幸助 | 日本鉱物学会 (名古屋) | 6月5日 |
| ZrO ₂ の相転移 | 三橋武文 | " | 6月4日 |
| フラックス法による ZrO ₂ 単結晶の育成 | 藤木良規, 鈴木淑夫, 小野 晃 | " | 6月5日 |
| 窒素レーザー光刺激による II—VI 化合物の励起子の発光 | 江良 皓 | 物性研短期研究会 | 6月24日 |

★ MEMO ★

運営会議

5月10日, 第32回運営会議が開催され, 昭和47年度の重要事項について検討が行なわれ, 引続いて「第4研究グループ (AIN) の研究現況について」第4研究グループから報告があった。

講演会

6月25日, 日本大学阿部高章助教授により「NMRについて」講演が行なわれた。

研 究 本 館 営 繕 工 事 状 況

| 工 事 件 名 | 契 約 金 額 | 工 期 | 請 負 会 社 |
|-------------------|---------|-------------------|----------------|
| く い 打 ち 工 事 | 13,440 | 45.12. 2~46. 1.20 | 大同コンクリート工業(株) |
| 建 築 工 事 (RC—3) | 283,000 | 46. 1. 9~46. 9.30 | 飛 島 建 設(株) |
| 空 気 調 整 そ の 他 工 事 | 99,000 | 46. 2.13~46. 9.30 | 川 本 工 業(株) |
| 電 気 設 備 工 事 | 68,000 | 46. 3. 5~46. 9.30 | 東 芝 電 気 工 事(株) |
| 受 変 電 設 備 工 事 | 33,000 | 46. 3.26~46. 9.30 | 日 新 電 気(株) |
| エ レ ベ ー タ ー 工 事 | 6,480 | " | 三 精 輸 送 機(株) |
| 屋 外 排 水 設 備 工 事 | 21,280 | " | 川 本 工 業(株) |
| 廃液処理機械室その他建築工事 | 3,020 | 46. 3.31~46. 9.30 | 飛 島 建 設(株) |
| 自家発電設備その他工事 | 8,840 | 46. 5.22~46.10.30 | 神 鋼 電 機(株) |
| ヘリウム液化設備工事 | 42,000 | 46. 5.29~46. 3.30 | 伊 藤 忠 商 事(株) |

発行日 昭和46年7月1日 第13号

編集・発行 科学技術庁無機材質研究所

〒113 東京都文京区本駒込2の29の3

電話 03 (944) 5371

NATIONAL INSTITUTE FOR RESEARCHES IN INORGANIC MATERIALS

29-3, 2-CHOME, HONKOMAGOME, BUNKYO-KU, TOKYO, 113, JAPAN