

새 文明을 만들어 내는 이 新素材

—不可能을 可能케 하는 36개의 超素材—

(7) 자원고갈을 해결하는 결정적인 수단

—심해저금속자원(深海底金屬資源)

대광맥의 Mangan 단괴(團塊)

금속자원에 있어서 철광석, Bauxite에 대해서는 자원필박의 염려는 21세기에 이르러서도 그렇게 없을 것으로 생각되는 것이나 선단기술분야에 있어서 중요시 되는 니켈, 코발트등의 희소금속의 부족은 점차로 표면화 되어가고 있다.

그러나 심해저에는 자원부존지도를 단번에 다시 그릴 수 있을 정도로 보고(寶庫)가 간직되고 있다.

먼저 Mangan 단괴란, 수심4,000M에서 6000M의 깊은 해저에 옥석과 같이 퇴적되어 있는 경1~25cm의 물질괴이다. 이것이 주목을 받고 있는 것은 풍부한 비철금속을 함유하고 있기 때문이다. 하와이해역에서 채취된 Mangan단괴에는 다음의 물질이 함유되고 있었다.

Mangan 22.8%, 철 6.64%, 니켈 1.22%, 동 0.99%, 티탄 0.61%, 코발트 0.23%, 몰리브덴 0.048%, 이 Mangan단괴의 성인은 지열작용에 의한 해저화산설 또 미세한 암석편과 고래 상어의 이빨 이석(耳石) 등으로 생긴 중심핵(中心核)에 무기물이 흡착한 것이라고 하는 코로이드·이온설, 그리고 망간을 농축침전 시켰다는 박테리아설등 여러가지 설로 나누어지고 있으나 아직 정설은 없다. 또한 해저 외에도 담수호저(淡水湖底)에도 존재하며 100만년에 10mm정도 성장한다고 알려져 있다.

그 자원량은 태평양 해역만으로도 1조~1.7조톤이나 된다고 추정되며, 특히 하와이의 남동 해역은

Mangan 은좌(銀座)라고 말할만큼 고품위의 것이 고밀도로 잠자고 있다. 이외에도 남아프리카 남서해역도 유망시되고 있다.

태평양 해역의 망간단괴를 1조톤이라고 본다고 해도 표 4와 같이 방대한 량이 된다.

〈표-4〉 深海底 金屬資源

	망간團塊에 賦存하는 資源量	陸上鑛山賦存量
망간	100~2000億톤	60億톤
니켈	10~90億톤	0.6億톤
銅	5~50億톤	5億톤
코발트	0.3~30億톤	300萬톤

현재 일본은 Mangan의 93%, 동의 92%, 니켈, 코발트의 100%를 해외에 의존하고 있다. 특히 Cobalt에 있어서는, 그 옥상자원은 Zaire에 편재하며 Zaire정부의 의향에 따라 가격이 오르 내리고 있다는 불안정한 원자재이므로 실로 Mangan단괴는 다시 없는 존재가 되고 있다.

현재 Cobalt의 연생산량은 3만5000톤(이 가운데 40%가 Zaire)이므로, 만약 망간단괴에서 대량생산이 가능하게 된다면 일거에 시장가격은 안정될 수 있을 것이다.

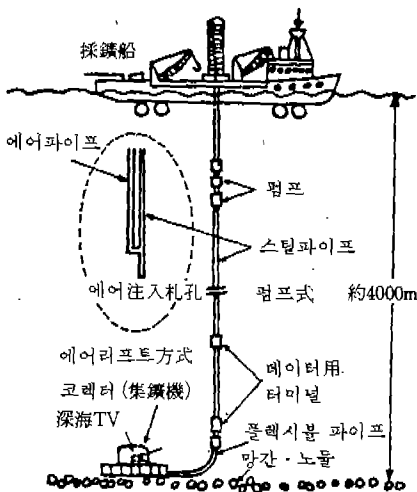
그러나 Mangan 단괴의 개발에는 1프로젝트(연간 300만톤 산출)에 2000억엔~3000억엔이 소요된다. 그래서 리스크의 분산이나 자금부담의 경감에서 선

진국 기업간의 국제합병사업의 결성이 진행되고 있는데, 현재 표 5와 같은 5대 Consortium이 생기고 있다.

Mangan 단괴 채광시스템은 ① 집광(集鑛), ② 양광(揚鑛) ③ 핸드링 ④ 제척제어의 4개 서브시스템으로 이루어진다. 그림 17에 보는바와 같이 심해저에서 모은 망간단괴를 파이프를 통해, 수중펌프나 에어리

〈표-5〉 5대 Consortium의 概要(주요參加企業)

US스틸·그룹
US스틸(美), 유니온·미뉴엘(벨기에), 선·오일(美)
인코·그룹
인코(加), AMR그룹(西獨), 세두코(美), 日本深海鑛業(美)
케네코트·그룹
케네코트(美), 리오·벤트·징크(英), BP(英), 콘솔리테티드·골드·필즈(英), 노런드·마인즈(加), 三菱그룹
로키드·그룹
로키드(美), 스탠다드·오일·인디아나(美), 로얄·다져·웰(英·네덜란드), 로얄·보스·카리스(네덜란드)
프랑스政府그룹
투·니켈(佛), 크네크스(佛政府의 海洋開發會社)



〈그림-17〉 망간團塊採鑛시스템概念圖

프트로, 해양상의 채광선까지 연속적으로 빨아 올리는 방식이 가장 유망시 되고 있으며, 이것은 1일 당 채광량 3000톤, 연간 300만톤의 규모가 된다.

먼저 집광시스템인데, 연약한 표면을 이동하면서 망간단괴를 모으는 집광기(コレクター)는 전기청소기의 선단부에 상당하며, 여기에서 흡인되어 모은 것을 필터등으로 망간단괴(사이즈 20cm경 이하)와 퇴적물로 구분된다. 그리고 구분된 단괴를 내경 20cm의 양광 파이프로 채광선에 빨아 올린다.

양광방식으로는 당초 Bucket방식이 고려되었으나 이 방법은 기구가 간단하여 고장이 적은 장점이 있는 반면, 다량집광에 한계가 있다고 하여 현재는 이를 대신하여 흡인(吸引)방식이 주류를 이루고 있다.

흡인방식에는 펌프로 물과 망간단괴를 퍼올리는 방법과 파이프 속에 공기를 빨아들여 공기의 상승력으로 해수와 단괴를 퍼올리는 에어리프트법이 있다. 펌프방식은 에너지 절약형인 반면에 펌프용 전 원으로서 고내압전선이 필요하게 된다. 한편 에어리프트법은 해중에 기계나 전기의 장치가 없으므로 신뢰성이 높은 반면 에너지효율이 나쁘다. 그리고 물, 공기, 단괴의 3개 물질에 의한 3상류가 되어 파이프를 상승하므로 제어가 어렵다는 일장일단이 있다.

해양법이 발효하는 90년 전후에는 망간단괴 채광시스템이 태평양상에서 본격가동할 듯하다.

신자원·열수광상(熱水鑛床) “해저중금속진흙(海底重金屬泥)”

해저를 둘러싼 보물창고와 같으나 포스트·망간단괴로서 열수광상이 일약 각광을 받기 시작했다.

먼저 1948년에 스웨덴의 조사선 알바트로스호가 홍해(紅海)에서 관측중 수심이 깊어지면서 염분농도와 수온이 높아진다는 것을 알았다. 그리고 1965년말에 같은 스웨덴조사선 아트란티스 2세호가 2000M 이상의 심해저를 탐사했을 때, 채집한 퇴적물을 분석한 결과 깜짝 놀랐다. 거기에는 톤당으로계산하여 200g의 은을 포함한 많은 중금속이 류화물(硫化物)로서 함유되고 있었다. 이것은 육상의 어떠한 광산도 미치지 못하는 고품위광이다. 이것이

열수광상으로 그 퇴적광물은 “해저중금속진흙”이라고 호칭하고 있다.

그후, 1973년에는 멕시코 연안과 갈라파고스해안에서 중전에 보지못한 큰 퇴적물이 발견되었다. 갈라파고스 신광상은 폭 300m 길이 1000m 두께 40m로 약 1200만톤이나 된다는 거대한 것이었다. 이와 같은 중금속수령이는 1981년에 오리건주 해안에서도 발견되었다. 또 최근에는 멕시코 연안에서 발견되고 있다.

이들 중금속수령이는 금, 은, 동, 주석, 철, 납 등을 풍부하게 함유하고 있는데, 화산성금속 유화물이라 점에서 마그마에서 고온열수가 분출하여 해수로 냉각된 광물이 퇴적, 생성된 것으로 생각되고 있다. 따라서 화산국인 일본의 주변해저에도 이같은 퇴적물이 부존할 가능성이 있어 최근 탐사가 진행되고 있다.

또 제미니우주선의 관측에 의하면 해령(海嶺)이 육지에 접근하고 있는 장소 혹은 연안에 해저Plate에서 금속이 분출하고 있을 가능성이 높다고 알려지고 있다. 이 중금속 수령이는 망간단괴와는 달리 2000~3000m의 비교적 중심도(中深度)의 해저에 퇴적하고 있으므로, 채광도 쉬우며 또한 귀금속도 함유되고 있어 채산도 잡기 쉽다는 매력 있다.

갈라파고스 퇴적물의 예로서는 금의 함유율이 지

상금광의 40배 그리고 10%의 철, 동, 0.1%의 은, 카드뮴, 몰리브덴, 납, 주석, 바나듐, 아연이 함유되고 있으므로, 0.1%의 금만으로도 2만톤, 시가로 약 50조엔이나 된다.

코발트의 용단, 코발트·Crust

그리고 최근 새로운 해저광물 자원이 주목을 받고 있다. 그것은 Cobalt·Crust 라고 호칭하는 것으로서 해령(海嶺)의 중북부근에 수cm의 두께로 겹질처럼 깔려 있다. Cobalt·Crust에 함유되고 있는 코발트는 망간단괴의 경우보다 수배나 되며, 더우기 1000~2000m 수심의 곳에 있으므로 채광도 쉽다. 하와이 동서센터(정부계 연구기관)의 조사에서는 하와이제도 경제수역에만도 1000만톤이나 있다고 한다. 아직 탐사는 하지 않고 있으나, 일본 근해에도 퇴적하고 있을 가능성이 크다. 특히 크러스트 채집에는 일본이 개발한바 있는 Bucket 방식이 적합하다고 생각되어 하와이 동서센터는 일본에 협력을 요청하고 있다.

이같은 망간단괴나 중금속수령이등 심해저금속자원이 상용베이스로 개발하게 된다면 인류의 금속수요가 10배나 늘어났다고 해도 충분히 공급할 수 있게 될 것이다.

(8) 우주에서 만드는 경이(驚異)의 성질-초재료(超材料)

재료면에서 본다면 지구는 어떠한 환경인지 먼저 비중이 동떨어진 2개종류의 소재를 혼합하여 합금 또는 복합재료를 만드는 것으로 한다. 이 경우 2개종류의 재료는 고르게 혼합될 것인지. 그 답은 「노우」이다. 왜냐하면 지구상에는 중력이 있다. 그 중력은 비중이 다른 소재에 각각 작용하므로 아무리 혼합시간을 주어도 혼합되지 않는다. 또 보울·베어링은 랍동부품(摺動部品)으로서 사용되고 있으나, 완전한 진구(眞球)가 아니면 마찰손(摩擦損)은 거의 발생하지 않는다. 그러나 지구의 중력이 있으

므로 아무래도 어느 정도는 비틀어지고 만다. 그래서 이같은 제조를 무중력 공간에 행하면 완전하게 균질(均質)된 합금·복합재료 혹은 지구의 베어링이 되는 것이다. 여기에 우주공장의 훌륭한 장점이 생기게 된다.

우주기술개발사업단이 실시한 실험은 먼저 어느 섬의 기지에서 T-500A형 로켓을 발사한다. 이것은 궤도에 올리는 것이 아니라, 대륙간탄도(大陸間彈道)미사일과 같이 500km까지 비행시키고 그뒤는 낙하산으로 회수한다. 이 로켓에는 전기로(電

氣爐)가 적재되고 있으며, 로케트가 지표상 고도 290km의 무중력공간(10⁻⁴G)을 7분간 통과할 때의 조건을 이용하여 다음의 재료를 만들어 보았다.

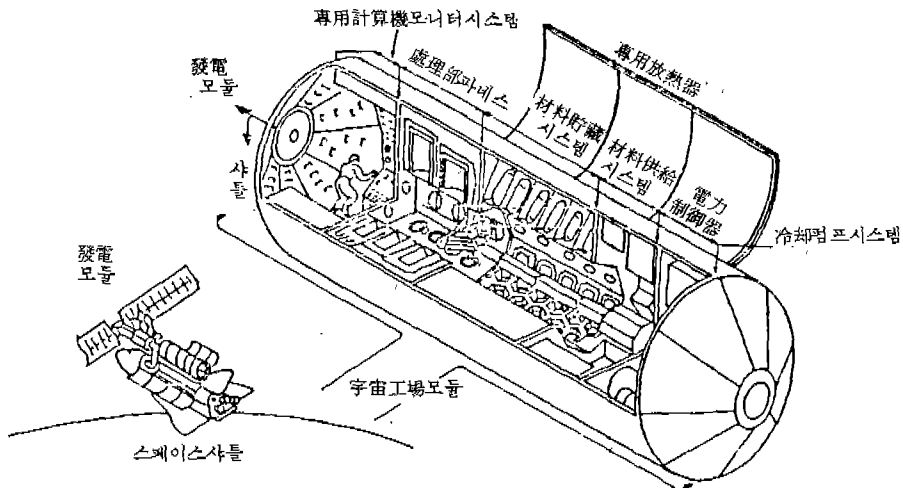
(i) 니켈 모재중에 비중이 전혀 다른 티탄·카바이드·위스 카를 균일하게 분산시켜 지상에서의 제조보다도 2배의 경도를 갖는 복합재료를 얻을수 있었다.

(ii) 실리콘·비소(砒素)·Tellur 단결정(單結晶)을 액상법(液相法)으로 지상에서의 성장스피드보다 빨리 균질하게 결정화하는데 성공하고 있다. 이것은 지상에서는 중력의 영향으로 결정성장이 저지되고 있으나, 무중력 공간에서는 그것이 없으므로 성장이 빠르다는 식으로 우주생산의 훌륭함을 엿볼수 있다(표6 참조).

한편 해외에서는 Apollo·Soyuz 결합선내에서 행한 Mangan과 Bismuth 자성합금의 정제실험에서는 조성의 균일성이 유지되어 자구(磁區)가 흐트러지지 않고 결정결합이 적은 고보자력(高保磁力) 자석 재료를 얻을 수 있었던 것과 Skylab에서 행하여진 전자재료의 기상법 결정성장실험(氣相法結晶成長實驗)에서는 지상에서 얻을 수 있었던 것보다 6배의 크기로서, 결정구조도 보다 완전성이 높은 대형결정이 만들어졌다는 것등의 실적도 있다.

〈표-6〉 이때까지 實施된 TT-500A 에 의한 材料實驗의 테마

發射年月日	實 驗 테 마
1980. 9. 14	○니켈-炭化티탄系 複合合金제조 ○실리콘-砒素Tellur系아몰파스半導體제조
1981. 1. 15	○Nobelium-炭化티탄系複合合金제조 ○니켈-알루미늄系複合合金제조 ○실리콘-砒素-Tellur系아몰파스半導體제조
1981. 8. 2	○실리콘-砒素-Tellur系아몰파스半導體제조 ○납-주석-Tellur系化合物半導體의 에피타키살結晶成長
1982. 8. 16	○니켈-炭化티탄系 複合合金제조 ○실리콘-砒素-Tellur系아몰파스半導體제조
1983. 1. 27	○납-주석-Tellur系單結晶化合物半導體제조 ○실리콘-砒素-Tellur系아몰파스半導體제조 ○할로겐램프의 無重力下에서의 動作확인
1983. 8. 19	○炭素섬유強化金屬 複合材料제조 (가스封入型 電氣爐의 機能확인) ○非混合系合金 複合材料제조 (교반장치 附着 電技爐의 機能확인) ○粒子分散型글라스複合材料製造(小型 이미지 爐의 機能확인)



〈그림-18〉 宇宙工場概念圖

최근에는 ESA(유럽우주기관)가 Space Shuttle에 적재한 제 1회 Space lab의 실험에서 알루미늄과 아연의 합금이라는 꿈의 합금을 얻게 되었으며, 다시 마그다벨·더그러스사, 존슨·엔드·존슨사는 우주공간에서 전기영동법(電氣泳動法)에 의해 지상의 20배 이상의 효율로 되는 우로키나제(腦血栓藥)의 분리정제 혹은 고순도 인티페론의 제조등에 착수하려고 하고 있다.

우주공장의 기술모델은 체린저호에 실려 저주회 궤도(低周回軌道)에서 우주공간으로 내어 던진후기 환시에 회수한 서독제의 우주실험 복스·SPAS(스파즈)일 것이다. 그 때는 7일간에 회수되었으나 만약 실험과 제조에 보다 많은 시간이 필요할 때는 다음의 Space Shuttle로 회수하여 지상에 갖고 돌아오거나 낙하산에 의해 회수하면 된다. 이것을 프리이 프라이아라고 한다.

또 미국 페어차일드·인더스트리드사는 NASA와 특약하고 「리스그라프」라고 하는 4.5m 입방의 플랫폼을 개발했다. 우주연락선에 적재하여 비행하나 문

자대로 희망자에 유상으로 대여한다.

또 NASA도 G·A·S라고 하는 원통용기를 제공하고 사용자에게 실험장치를 조립케 하여 우주연락선에 적재하는 방법을 제안하고 있다. 그러나 어느 것도 단기간의 실험으로 끝나는 것으로서 본격적인 것이 못된다.

그래서 다음의 단계는 우주연락선으로 기재를 운반하고 무중력 공간에서 우주실험실, 우주공장을 구축하는 방법이 생각되었다. NASA가 계획중인 PMSS(Permanent·Man·Space·Station=恒久有人宇宙基地)가 바로 이것이다(그림 18 참조).

이에 앞서 무인정거장이 구축되므로 프리이 프라이아와 연결한 우주생산방식을 생각할 수 있다.

단 우주생산에 의해 코스트적으로 가능한 소재는 그 발사코스트(저궤도)가 최저라 해도 톤당 1.5억엔(kg당 15만엔)이 소요되므로 여기에 맞은 고가재료(예로 반도체, 의약품)가 아니면 안되나 지상 보다는 훨씬 생산성이 높으므로 그 범위는 생각외로 넓게 될지도 모른다. *

(103페이지에서 계속)

다. 해리성대동맥류는 대동맥의 벽이 상하게 되므로 아픔도 심합니다. 그리고 등쪽에 아픔을 느끼는 것이 심근경색과 다른 점입니다.

질문하시는 것과 같이 마음이 조마조마하여 계속 담배를 피우면서 근무를 한다고 한다면 혹 협심증의 징후일지도 모르겠습니다. 곧 심전도검사(心電圖檢査)를 받아 보도록 해야 합니다.

엄동시기에 읍주후 갑자기 차가운 바람이 부는 밖으로 나갔을 때 흉통이나 흉부의 압박감을 느낄 때는 우선 심장성이라고 생각해도 좋을 것입니다.

협심증에 의한 증상은 이외에 계단을 오를 때, 무거운 것을 들 때, 레스링이나 복싱등 흥분하기 쉬운 TV를 보고 있을 때 갑자기 머리가 울컥하며 감정이 불안정할 때에도 느낄 수 있습니다.

☐ 또 다른 증상이 있을 때, 어떠한 병을 생각할 수 있는지요.

☐ 감기등과 같은 증상으로 기침과 호흡을 할 때나 상체를 비틀 때에 아픔이 강하게 되는 것은 심막염이나 흉막염을 의심하는 수가 있습니다.

또 돌연 가슴의 아픔과 호흡이 고통스러운 증상일 것 같으면, 자연기흉일 수도 있습니다.

심장부근에만 국한하여 아픔이 있을 때는 심장신경증을 의심할 수 있습니다. 쿡쿡 찌르는 아픔이면 늑간신경통일지도 모릅니다.

이외에도 식사와 관계가 있는 것 같은 아픔일 것 같으면 식도의 병이나 위의 병 또는 담낭, 췌장의 병을 생각할 수 있습니다.

가슴의 아픔이라 하니, 문학적인 감각을 느끼는 수도 있겠으나 실제로 신체상에 일어나는 가슴의 아픔은 이와같이 여러가지 병이 있습니다.

견딜 수 없는 아픔을 느낄 때는 주저함이 없이 곧 구급차로 병원에 가야할 것입니다. *