

# 深海底 망강瘤의 經濟的採掘法에 關하여

朴 相 潤

On the Economical Mining Method of Manganese

Nodules Deep-sea Floor

By

Sang-Yun Park

<目 次>	
1. 緒 論	4. Mero's Vacuum 式 採掘法
2. 成 分	5. 連續 Dredge 式 採掘法
3. 分 布	6. 結 言

## Abstract.

It was found out by the deep sea floor exploration executed by California University during the International Geophysical Year (1957-1958) that a great deal of manganese nodule is on the ooze at 2,000-5,000m deep on the sea floor.

In America, to mine this manganese nodule economically, Various mining methods were discussed but none of them are undertaken at this time.

I propose the continuity dredge form mining in this treatise.

Comparing this method with Mero's Vacuum form mining, it doesn't need much money at a time and it has fewer difficulties in designing a ship.

The result of mooring with mooring rope until 1,500 m depth of the bottom makes it possible to mine this manganese nodule economically.

## 1. 緒 論

海底에 分布하고 있는 망강瘤는 1891年 처음으로 Challenger 號의 探査에 依하여 發見되었다. 그후 1909年 Murray 와 Lee 兩 氏는 南東 太平洋에서 密度가 큰 망강瘤가 深海底의 軟泥 表面에 存在하고 있는 것을 發見하였다. 이와 같이 多量 分布되고 있는 망강瘤는 大部分 平均 水深이 4,000~5,000 m 에 存在하므로써 現在까지 손쉽게 採掘치 못하였다.

1957~1958年 동안 美國 California 大學 鑛物資源 研究所에서 深海底에 存在하는 重要 鑛物의 系統的 研究와 망강瘤의 單位 面積當의 集中度에 對하여 調査를 實施하였으며, 그 方法으로 海底 사진촬영, core sampler 를 利用하여 深海底 沈澱物의 採掘, 그리고 採集된 망강瘤를 化學 分析 하였다. 그 結果 망강瘤中 니켈, 코발트, 銅, 鉛이 微量 存在하였으며, 이의 分布量 및

鑛業으로서 有望한 海底 地域이 究明되었고, 이 鑛物資源中 망강瘤의 經濟的 採掘法에 對하여 美國에서 처음으로 論議되었다. 이때 Mero's Vacuum 式 採掘法을 시도해 보았으나 經濟的 採算이 맞지않아 實用化 시키지 못하였으므로, 이에 經濟的 採掘方法의 하나으로서 連續 Dredge 式 採掘法을 提案하며, 이 方法의 實用化 可能 與否 및 經濟性에 對하여 研究 檢討하였다.

## 2. 成 分

망강鐵 酸化物的 형태로서 작은 瘤, 瘤, 平板 等 3種이 있다. 작은 瘤의 크기는 0.1—20 cm 程度이며 集中度는 海底 地形에 따라 다르다. 瘤의 크기는 球形으로서 0.2~1 m 程度이며 어떤 것은 直徑이 1 m 以上の 것도 있다.

一般的으로 망강瘤는 輕石이나 탄탄한 物質이 中心이 되어 그 外部에 層狀으로 附着하면서 成長되고 있으며, 大部分의 것은 完全한 球形狀이다. 그리고 火山灰든지 沈澱物이 平板狀으로 凝固된 것 以外, 망강鐵 酸化물이 또 平板狀으로 凝固된것이 東 太平洋에서 많이 發見되었다. 그리고 採集된 망강瘤의 成分 分析表는 Mero's data에 依하여 Table 1과 같다.

Table 1. X-Ray Specturum 法으로 分析된 太平洋上 망강瘤의 成分

成 分	(重量比)		
	最 大 含 有 率	最 小 含 有 率	平 均 含 有 率
Boron	0.06	0.007	0.029
Sodium	4.7	1.5	2.6
Magnesium	2.4	1.0	1.7
Aluminium	6.9	0.8	2.9
Silic	20.1	1.3	9.4
Potassium	3.1	0.3	0.8
Calcium	4.4	0.8	1.9
Scandium	0.003	0.001	0.001
Titanium	1.7	0.11	0.67
Vanadium	0.11	0.021	0.054
Chromium	0.007	0.001	0.001
Manganese	77.0	8.2	24.2

Iron	26.6	2.4	14.0
Cobalt	2.3	0.014	0.35
Nickel	2.0	0.16	0.99
Copper	1.6	0.028	0.53
Zinc	0.008	0.04	0.047
Gallium	0.003	0.0002	0.001
Strontium	0.16	0.024	0.081
Yttrium	00.45	0.033	0.016
Zirconium	0.12	0.009	0.063
Molybdenum	0.15	0.01	0.052
Silver	0.0006	—	0.0002
Barium	0.64	0.08	0.18
Lanthanum	0.024	0.009	0.016
Ytterbium	0.0066	0.0013	0.0031
Lead	0.36	0.02	0.60
500℃ 加熱時 燃焼 消失	39.0	15.5	25.8

### 3. 分 布

얻어진 海底 사진 자료에 依하면 Fig.1과 같다. 海底 沈澱物의 最上層에 망강瘤가 많이 存在하고 있는 海域은 北緯 18°~20°N 帶狀의 幅과 南 太平洋上에서 發見되었다. Fig.1에서 보면 北 太平洋上의 帶狀이 160°W 海域까지 延長되어 있으며 中部 太平洋의 Sea-mount 와 North Marshall Is'land 가 이 帶狀에 包含된다. 이 海域에서 촬영된 海底 사진과 Dredge 로서 採集된 망강瘤의 大部分이 平板形이고, 망강瘤 存在 比率은 어느정도 系統적으로 나타났다. 그리고 水深이 깊은 西 太平洋에서 採集된 試料中 망강瘤가 檢出됨에 따라 이 帶狀의 分布는 Philippine 海까지 延長 되어져 있었다. 南西 太平洋에 망강瘤가 集中 되어있는 海域에서 촬영된 海底 사진을 檢討해본 結果 26~46% 程度로 망강瘤가 存在하고 있었으며 Newzealand 남쪽의 深海에서도 多量의 망강瘤가 發見되었다.



(5)

Scrips Institution of Oceanography 에서 實施한 46個所의 core sampler 中 12 個所가 腸胃瘤를 貫通치 못하였고, 貫通하여 얻어진 20個所의 試料는 全部 腸胃瘤가 表面에만 存在하고 殘餘 14 個所中 7 個所는 表面과 下部에 存在하였으며 그 나머지 7 個所는 地下에만 存在 하였다. 이 貫通된 34 個所의 core sampler 中 地表의 腸胃瘤가 地中보다 많은 것은 27 個所이며 地表가 地中보다 적은 것은 14 個所였다. 故로 地中에 있는 腸胃瘤의 量은 地表보다 約 半分 程度 存在함이 나타났다. 그리고 海底사진에서 얻어진 資料는 Table. 2와 같다.

Table. 2 海底사진 자료에서 얻은 太平洋上 深海底 腸胃瘤

緯 度	經 度	水深(m)	沈澱物形態	사진매수	分布度 (%)	瘤크기 (cm)	瘤表面에의 存在密度	其 他
22-20N	153-55E	5733	赤 泥 土	3	5			
17-38 "	153-54 "	5718	"	2	60			
4-35 "	153-54 "	3870	石 灰 質 軟 泥	3				
29-54 S	171-55 "	2400	岩	2				
25-51 "	171-48 "	3320	石 灰 質 軟 泥	1	5			
24-55N	144-12W	5190	赤 泥 土	2	2			
24-55 "	132-18 "	4975	茶 色 泥 土	2	10-25	1-7		
24-58 "	117-50 "	3765	赤 泥 土	2				
24-56 "	113-23 "	3585	綠 泥 土	1	1			
20-00 "	113-37 "	3778	茶 色 粘 土	2	100	5-10	6	
19-48 "	120-16 "	4104	暗 褐 色 粘 土	2	90	2-5	3-6	
19-57 "	125-06 "	4545	茶 色 泥 土	2	60-90	3-4	2.4-3.6	
21-25 "	126-50 "	4410	赤 泥 土	2	多量			
10-25 "	130-35 "	4712	赤 軟 泥	1	30	2-4	1	
18-21 S	141-24 "	4080	石 灰 質 軟 泥	2	2-10			
21-37 "	147-40 "	4684	暗 褐 色 粘 土	1	2-6		2-4	
32-08 "	140-30 "	4754	"	1	2-3	1-5	1	
42-50 "	125-32 "	4460	石 灰 質 軟 泥	1	4-6		4	
42-43 "	96-01 "	4460	赤 泥 土	1	1			
24-27N	135-17 "	4300	茶 色 泥 土	12	30-50			
23-17 "	141-13 "	5400	"	1				鮮明度不良
22-01 "	150-00 "	5240	茶 色 泥 土	1				"

#### 4. Meros Vacuum 式 採掘法

망간瘤의 經濟的 採掘法에 對하여 Mero가 研究한 結果는 다음과 같다. 海底로 부터 망간瘤 引揚時 金屬性 Dredge 網을 海底까지 내려놓고 즉시 꺼집어 올리는 方法으로서는 產出量이 적으므로 海底에 吸込式 Cleaner를 利用하여 망간瘤를 粉碎 混合시킨 뒤 물의 힘을 利用하여 輸送 Pipe를 通해서 表面까지 꺼집어 올릴 수 있도록 考案된것이 Fig.2와 같다. 여기서 全體를 떠받치는 浮力部는 흘러가는 波浪을 避하기 爲하여 表層 以深(約 200m)에 設置하여 두고, 深海의 壓力下에서도 作動할 수 있는 吸込式 Pump는 石油工業에서 많이 實用되고 있는 것을 가져와서 使用할 것을 強調하였다.

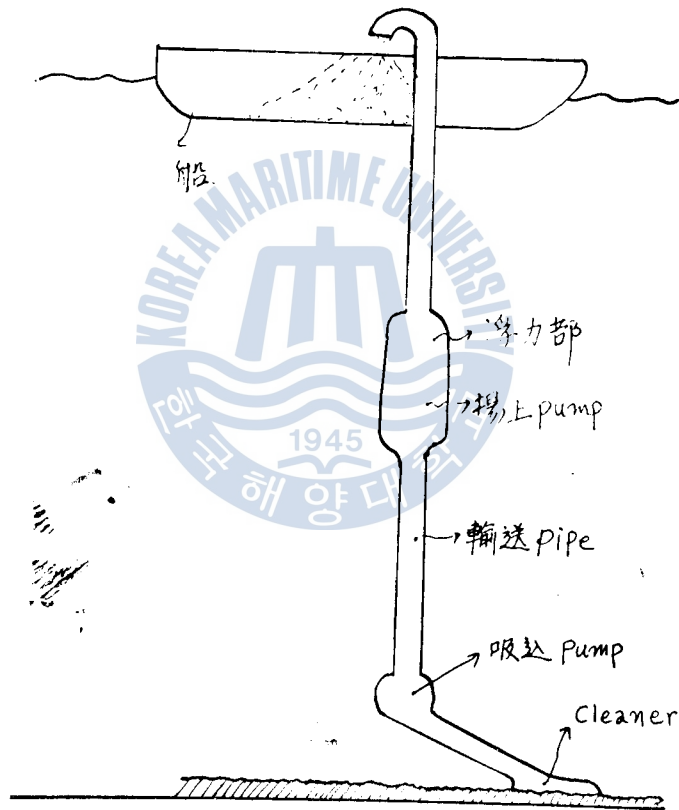


Fig. 2. Mero's Vacuum 式 採掘法

이 方法에 依하여 日産 500噸의 망간瘤를 產出할 수 있는 계획으로 水深 4,000m 深海에서 實施한다고 가정해 두고 그 다음에 Mero's 計算에 依하면 船과 水 Dredge 式이 900萬弗를 要하며, 꺼집어 올리기 爲한 動力과 Vacuum 移動을 하기 爲한 動力을 合하여 12,000 馬力이어야 되며, 꺼집어 올려진 망간瘤 1噸에 對하여 引揚費 5弗, 運搬費 10弗, 減價銷却費 10弗, 合計 25弗이 所要되며 1噸當 15~75弗의 利益金이 期待될 것이라고 하였다. 그러나 이 方法으로서는 너무나 巨額의 資金이 一時的으로 必要하기 때문에 美口內 大다수 企業家들은 지금까지 實施치 아니하였다

### 5. 連續 Dredge 式 採掘法

우리나라 水産用 器具中 海底 砂土속에 있는 貝類 採集用 “씨레”를 利用하였다. 이 씨레를 改良하여 Dredge 用 Net 를 Fig.3. 과 같이 만들었다. 이 Dredge 用 Net 를 使用하여 純結的으로 망간瘤를 꺼집어 올릴 수 있도록 製作된 것이 Fig.4 와 같으며 이 採掘方法을 提案코져 한다.

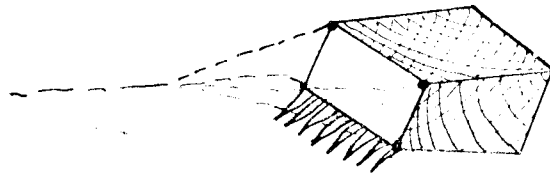


Fig. 3. “씨레”를 改良한 Dredge 用 Net

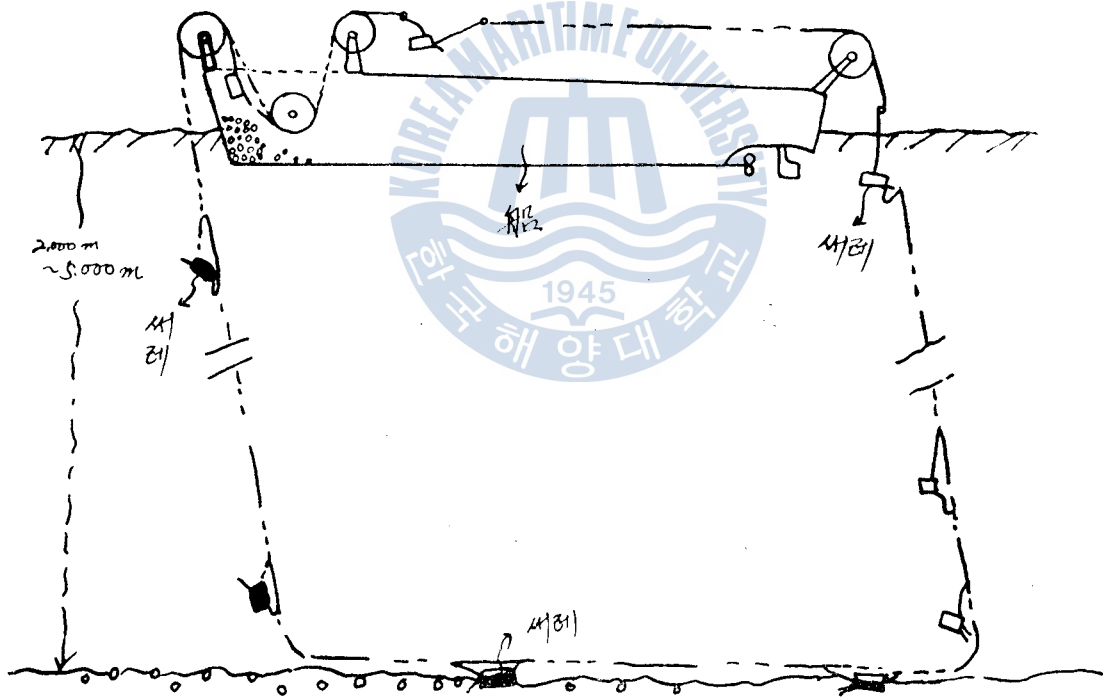


Fig. 4. 連續 Dredge 式 採掘法

이 方法은 가장 單純한 Mechanism 으로서 Long Rope 를 船尾로 부터 降下시킨다. 이 Rope 에 어느정도 間隔을 두고서 씨레를 改良시킨 Dredge 用 Net 를 固定시켜 둔다. 船은 천천히 움직이면서 Rope 를 감아 올리면 海底의 망간瘤는 Net 에 붙은 갈고리로 일구어져서 Net 속으로 들어간다. 계속적으로 위로 끌어올린 Net 는 크랭크 配列에 依해서 反對 方向으로 Net 가 놓여질 때 망간瘤를 船尾에 떨구어 놓고나서 텅 빈 Net 는 다시 船尾에서 海底로 내려간다. 이 方法으로 操作한다고 가정하여 經濟性을 檢討한 結果는 다음과 같다.

水深 4,000 m 로 부터 망강瘤를 採掘키 爲하여 Rope 의 必要한 길이는 約 10,000 m 이다. Net 의 크기로서 폭 1m, 높이 0.6 m, 길이 1.2 m 의 鐵材로 만들고 35 cm 길이로 갈구라를 8 個 붙였더니 Net 1 個의 重量은 約 85 kg 가 된다. 여기에 Wire 가 또 붙고 그 이외의 것을 모두 합하면 約 100 kg 가 Blank Case (Dredge 用 Net)의 重量이 된다. 이 Case 속에 망강瘤가 들어가면 容積으로 0.4 m<sup>3</sup> 가 되며 空中 重量은 840 kg 이고, 水中 重量으로서 約 500 kg 가 된다. Rope에 100 m 間隔으로 Net 를 1 個씩 붙였을 때 引揚側 Rope 에 25噸, 降下側 Rope 에 5噸의 重量이 더친다. 지금 流體抵抗과 接地抵抗의 値가 5噸 보다 약간 적다고 가정해서 Rope 의 安全率이 3 以上될 것 같으면 使用하는 Rope 로서는 Nylon Rope 80 φ mm 直徑, 破斷力 100噸의 Hawser 로 할 必要가 있다. 또 引揚의 速度는 Winch 의 設計上 느린것이 좋으며 지금 0.8 m/s 로 하면 引揚의 純馬力은 310 HP 이므로 約 600 HP 程度의 Motor 를 利用하면 된다. 이때 引揚되는 망강瘤를 1 時 間當 22噸까지 꺼집어 올릴 수 있다면 1日 約 500 噸이 產出된다. 그리고 年間 稼動日數를 160日 로 計算하면 8萬噸을 產出할 수 있다. 망강瘤의 粗價格을 噸當 40~80弗로 보면 約 12億~24 億圓(320萬弗~640萬弗)의 收入을 올릴 수 있다. 이것을 稼動 시키기 爲한 支出費로서는 Rope, Net 의 消耗費, 船의 銷却費 및 燃料, 승무원의 給料 등 여러가지가 있다. Rope 는 80 φ mm Nylon Rope 1萬米로서 3,300萬圓, Net 代 700萬圓, 合計 4,000萬圓이며 1년에 3回 交換할것 같으면 年間 1.2億圓이 必要한 것이다. 또 船의 銷却費와 燃料 그리고 승무원의 給料은 4,000 噸 級船으로서 年間 2.5億 그리고 10,000噸級는 4億圓이 計算되고 있다. 그러므로 必要 支出費는 年間 約 3.7億~5.2億圓 이며 이 金額을 收入金에서 減할것 같으면 年間 8.3億~18.8億圓 가량의 利益金이 計算될 수 있다.

## 6. 結 言

本案으로서 實用化 研究가 小規模로도 可能하고 船士 設備 等 設計上 困難한 점이 적을 것으로 尙料되며 기타의 문제점으로서는

1) Rope 相互間에 꼬이는 것을 防止 하는것이 必要하다. 만약 船을 定針시킬 것 같으면 문제 시 되지 않는다고 보지만 直接 實驗해볼 必要가 있다.

2) 日產 500噸 計劃 정도이면 Rope 는 하등 문제시 되지 아니하지만 生産量을 보다 많게하기 爲해서는 多數의 船을 同時 運行 하는것이 좋을 것이다.

現在 深海 Trawl 은 1,000~1,500 m 까지 實施되고 있으며, 深海 繫留用 Rope 를 1,500 m 까지 使用해서 Buoy 를 繫留해본 사실이 있으므로서 本案의 實現은 可能하다고 본다.

## 參 考 文 獻

- 1) Marine Geology of the Pacific
- 2) Mero's data
- 3) The Ocean
- 4) 日本 大洋漁業 資料集