

海洋開發 및 海洋工學에 關한 심포지엄

海 底 鑛 物 資 源

金 元 祚*

1. 序 論

1-1 海底鑛物資源 探查 開發의 世界的 趨勢

最近 科學技術分野의 高速한 進전에 따라 宇宙開發, 地球內部 探查, 原子力利用開發, 海洋開發 등 Big Science Project가 各 先進國家間에 경쟁적으로 推進되고 있다.

이 中에서도 특히 最近에는 海洋의 開發 利用에 對해서 各國이 열을 올리고 있으며, 佛蘭西는 1960年度에 美國은 1961年度에 大統領으로 하여금 國會에서 그 重要性을 演說케 하는 한편 佛國은 海洋開發委員會 海洋評議會를 設립하고 1966년에는 海洋技術研究 Center로서 海洋開發研究所를 設立하였다.

美國은 ICO 즉 海洋調查機關間委員會가 每年 海洋研究 關係 計劃을 策定하고 1966년에는 海洋資源 開發法을 制定, 副統領을 議長으로 하는 海洋資源技術開發委員會를 設치하여 강력히 海洋開發技術政策을 推進하고 있는 것이다.

英國과 프랑스에서도 오래전부터 꾸준한 海洋調查計劃을 계속 推進中에 있으며, 日本에서도 最近 4~5年來로 급진적인 海洋調查開發策을 樹立 推進하기에 이르렀으며, 드디어 國際聯合 自體의 活動으로서도 1966年 12月 第21회 國聯總會에서 “海洋資源의 開發에 關한 決議”가 採擇되기에 이르렀던 것이다.

이렇게 하여 海洋開發을 國際의인 共同協助努力으로 해결하고자 하는 Mood가 造成되고 있는 것이다. 이렇듯 世界各國이 海洋開發에 總力을 傾注하는 까닭은 勿論 海洋에는 그 무진장한 資源이 있기 때문인 것은 두말할 나위도 없다.

地球의 全 表面積의 약 71%를 占하는 바다에는 實로 老대한 資源이 있음을 살펴볼때 우리는 다시한번 새삼스럽게 놀라지 않을 수 없으며, 이에 對한 開發 利用 對策을 하루속히 세워야 겠다. 海水 그 自體가 資源의으로 無限한 가치를 지니고 있음은 別個로 치고라도, 生物을 主體로하는 水產資源外에 石油, 石炭, 金屬類의 鑛產資源이 老대함이 近年에 이르러 특히 注目되고 있는 데이다.

1-2 우리나라의 現況

이러한 世界的인 海洋開發 利用에 對한 急進의인 趨勢에 따라 1953年 ECFAFE가 主動이된 淺海 海底鑛物資源 共同 探查委員會가 發足하게 되어 우리 韓國도 4 個國共同委員國이 한 나라로 活躍하게 되었다. 1965年 以來 1968年까지 5次에 걸친 會議을 가진바 있으며, 이러한 ECFAFE 支援下에 其間 地質調查所는 韓·美 共同探查 推進으로서 西海와 南海 및 東海一部 地域에 對한 海上彈性波探查와 航空磁力探查法에 依한 概查를 實施한바 있으며, 이러한 共同探查結果는 年末까지는 그 結果 資料가 밝혀질 것으로 본다.

한편 地質調查所는 獨自의인 海底資源 및 海底地質 探查計劃으로 1968年度와 1969年度에 調査船을 備船하여 西海岸에서 海上磁力探查를 一部 實施하였고, 또 앞으로 實施豫定中에 있으며, 海底堆積物 및 海底地質 調査計劃도 同時에 推進中에 있다.

* 科學技術處 國立地質調查所

한국대륙붕해저지질모식도
MAP SHOWING POSTULATED SEA-BOTTOM GEOLOGY OF KOREAN CONTINENTAL SHELF

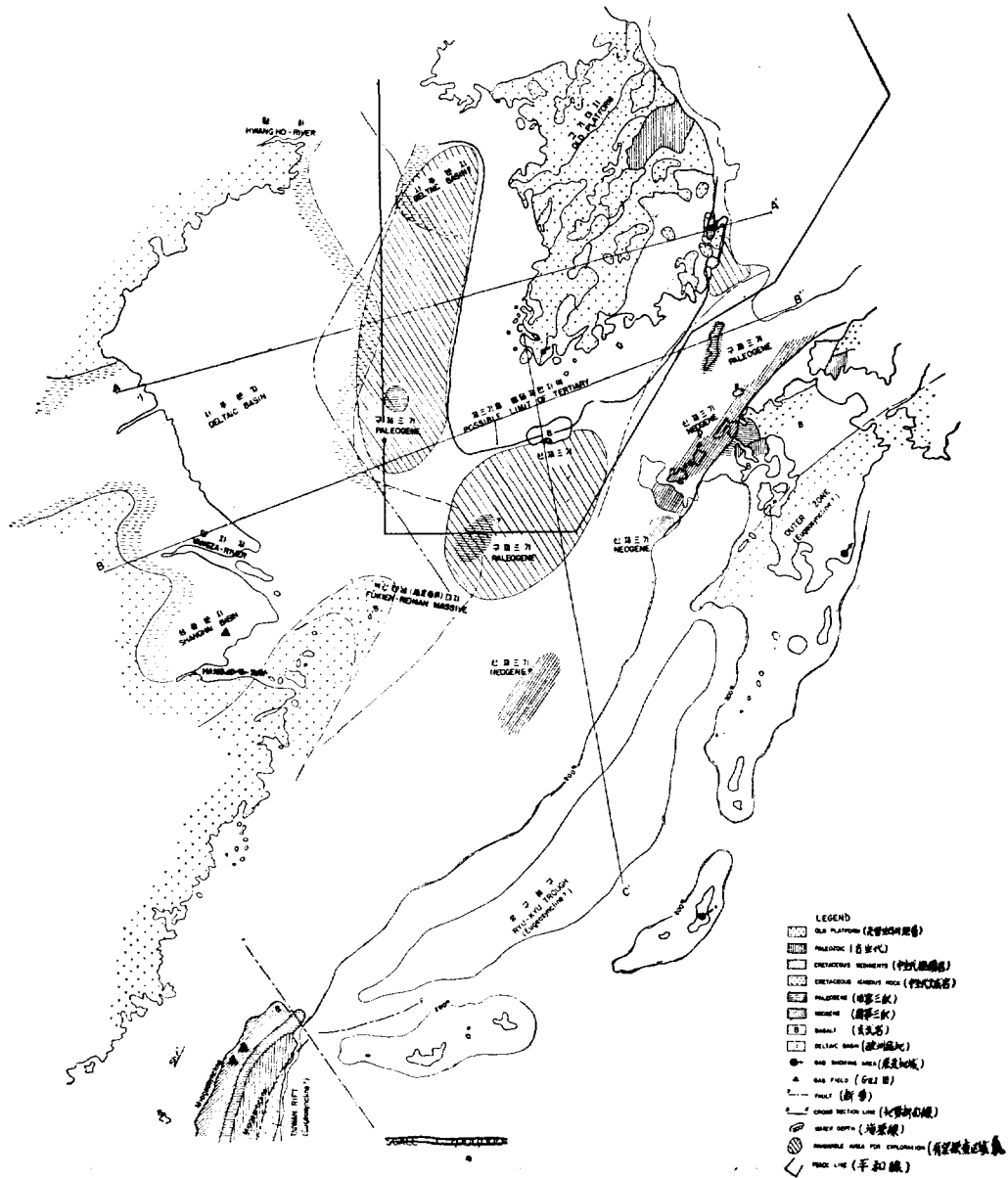


Fig. 1

이러한 調査는 現在 主로 近海大陸棚인 西海, 南海 및 東海 一部에서 實施中에 있으나 그 主된 對象鑛物資源은 石油과 天然 Gas가 되는 것이다. 왜냐 하면 이들 調査對象地域은 우리가 目的하는 第三紀層이 比較的 넓게 發達되어 있으리라는 展望을 보이고 있기 때문이다.

勿論 앞으로는 계속하여 ECAFE 支援으로 더 많은 調査가 實施될 것으로 보며 보다 具體的인 調査計劃이 이루어질 것이다.

우리는 大陸棚內에서의 石油과 天然 Gas 등을 主對象으로 探查하는 外에도 西海岸 各處의 陸地에 가까운 곳에서는 砂鐵(Magnetite 와 Ilmenite)과 其他 重砂 即 Monazite, Zircon Garnet 등의 混合砂鑛도 調査하고 있으며 一部 海岸地域에서는 砂金鑛도 調査하여 이미 開發資料를 提供한 바 있다. 이들은 永宗島, 大川里(忠南) 및 全南의 海際 海岸砂鑛들이다. 混合重砂鑛은 東海岸 一部에서도 (高城, 화진포, 三陟地區) 發達되고 있으며 꽤 오래전부터 採行된바도 있고 앞으로는 施設과 技術의 改善으로 보다 活潑히 開發이 促進될 것으로 보고 있는 것이다.

2. 海底鑛物資源의 大別과 各論

2-1 概 論

海底鑛物은 바다의 位置와 海深, 地形, 地質構造 등에 따라서 다음과 같이 4가지의 種類로 大別하여 各各 說明하는 것이 좋을 것으로 본다. 먼저 바다에 對한 極히 簡單한 概況을 살펴보면, Fig. 2에 보는 바와 같이, 海底는 그 深度에 따라서 크게 4種類로 區分할 수 있다. 沿岸에서 깊이 約 200 m 까지의 海底는 陸地의 延長으로 생각하여 “大陸棚” 또는 “陸棚”이라고 부르고 있다. 이 部分은 一般의으로 2~3度의 比較的 완만한 傾斜를 이루고 있고, 全海洋面積의 7.6%를 占하고 있는바 人類가 優先 占有하여 利用 開發해야 할 陸地와의 연속部分이다. 그 다음 깊이 200 m ~ 2000 m의 海底는 大陸棚에 比較하면 그 傾斜는 急하게 깊어지는 바 이 部分은 “大陸斜面”이라고 불리우며 全海洋面積의 8.5%를 占하고 있다. 一般的으로 海洋底 또는 深海底라고 불리우는 것은 2000 m ~ 6000 m의 海底인바 이 部分은 全海洋底面積의 82.7% 即 4/5 以上을 占하고 있으며, “海洋臺地”라고도 불리우는 이 部分의 地形은 大端히 複雜하고 “海底山脈”을 이루는 “海嶺”을 비롯해서 “海膨” “海臺” “海山” “GYUYO” 海底火山 등의 隆起地形과 “海盆” “海谷” 등의 凹地形들이 있다. 깊이 6000 m 以上은 “海溝”라고 불리우는 溝狀의 地形이며, 特히 海淵이라고 불리우는 深淵部도 있다. 海溝가 占하는 部分은 不過 1.2%에 지나지 않는다. 여러 鑛物資源을 1) 海邊 即 海岸, 2) 大陸棚 및 大陸斜面, 3) 深海底, 그리고 4) 海水로 4區分하여 論하기로 한다.

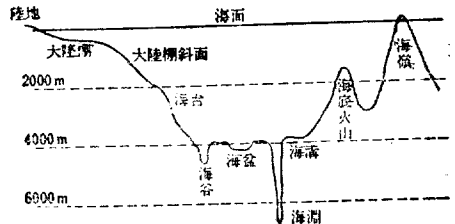


Fig 2. 海底의 地形

2-2 海岸(Marine Beach)의 鑛物

海岸堆積物中の 鑛物資源을 大別 하면 生物體의 Shell Cement 와 黑砂(Black Sand)로 나눌 수 있다. 前者는 貝, 貝類의 殘骸로 이루어지며 主로 石灰質物質로서 Cement의 原料로 使用되며 主로 California, Gulfcoast, San Francisco灣, 아일랜드 等地에서 採取 이용되고 있다. 黑砂는 Titanium ilmenite, Rutile 및 其他 重鑛物로서 Monazite, Chromite, Zircon, Magnetite, 金, Diamond等 數十種을 包含한다.

이들中 世界的으로 主要한 것들을 추려보면 다음과 같다.

① 아라스카의 Nome 海岸에선 60年의 歷史를 가진 砂金鑛이 現在 Shell Oil 會社에 依해 開發되고 있으며 水深 60 ft 정도에서 작업이 進行되고 있다.

② 西南아프리카의 大西洋쪽 海岸에 따른 淺海에선 Orange 江에서 流入된 Diamond가 採鑛되고 있으며(4.5

ton의 砂礫에서 9 카라트 卽 450 弗相當), 1962 年度 記錄에 依하면 Dredger 1 隻에 60 餘名이 조업하여 1 個月에 18,000 ton의 砂礫을 採取, 1日 700 carat의 純 Diamond를 얻었다고 한다.

③ 砂 礫(Ilmenite와 Magnetite) 砂鐵採鑛은 Australia와 日本이 가장 活潑하며 其他 세일론, California의 Redono 海岸, 印度의 西海岸, 南부라질 等地에서도 多年間 採取되었다.

世界 各國의 重要한 重砂鑛物 產出地域別 生産量과 開發狀況을 綜合해보면 表 1과 같다.

表 1. 海底砂鑛賦存開發狀況

鑛物名	賦 存 狀			生 產		
	主 要 賦 存 海 域	水深(ft)	採鑛可能如否	生産地名	年 生 産 量	生 産 量 度 生 統 計 年 度
錫	말레이지아, 印度, 泰, 英, 알라스카	-400	可能	泰國	2,406 ton	1966
砂 鐵	日本, 濠洲, 印度, 美太平洋沿岸	100~400	//	日本	40,000 ton	//
다이아몬드	西南아프리카	-200	//	南阿	236,095 carat	1965
치 탄 鐵	브라질, 南部濠洲, 印度, 세일론	100~400	//	濠	450,000 ton	1966
金	美太平洋沿岸, 알라스카沿岸	-400	//	—		
白 金	//	-400	//	—		
모나즈石	南印度, 세일론, 濠洲	-200	//	—		
호 주 石	美太平洋 및 大西洋沿岸	-200	//			
질 콘 石	濠洲	-100	//			

2-3 大陸棚 및 大陸斜면의 鑛物

大陸棚은 비교적 淺海이며 陸地로부터 가깝다는 利點때문에 많은 관심이 集中되어왔으며, 表面의 軟質堆積物 中에는 磷灰石 結核體(Posphorite Nodule), 海綠石(Glaucinite), Barium Sulphate Concretion, 有機質堆積物 및 砂鑛이 賦存하며 基盤岩中에는 石炭, 石油 및 天然 Gas가 埋藏되어 있으며 이들中 磷灰石은 肥料에 使用되고 有機物質堆積物은 Cement原料로 그리고 石炭, 石油 및 天然 Gas는 燃料 및 化學工業原料로 利用하려는 努力이 두드러지게 나타나고 있다.

大陸棚의 石油 및 天然 Gas開發은 美國 以外에도 페르시아灣, Australia, 나이지리아, 페루, 베네주엘라 및 北海等 世界의 수 많은 地域에서 가장 모험에찬 그리고 有望한 企業으로 각광을 받고 있다.

現在 海底石油開發은 生産量에 있어서 베네주엘라가 第一位이고, 페르시아灣과 美國이 그 뒤를 따르고 있다. 大陸棚 및 大陸斜면의 鑛物中에서 몇가지 重要한 것을 소개한다.

2-3-1 磷 鑛 (Phosphorite)

磷은 모든 生物體가 필요로 하는 元素로서 B.C. 200 年부더 동물의 便, 魚類, 구아노(guano)등이 磷酸비료의 源泉으로 利用되었으며 1957 年 磷灰石을 이용하면서부터 産業化되고 수요도 急增하여 1963 年엔 世界의으로 4 천만 ton을 生産하였다. 磷灰石의 主産地는 美國, 모로코, 소련, 튀니시아 및 印度洋과 太平洋의 몇몇 섬들이며 上位 8개국에서 世界의 98%를 生産하고 있으며 영국, 일본, 독일, 오스트라리아 등은 海外에서 수입하지 않으면 안되는 상태하에 있다. 磷灰石은 대개 10~35%의 P₂O₅를 가지며 31~36% 정도로서 상품화 된다. 海底의 磷灰石 結核體는 20~30%의 P₂O₅를 갖이나 32%로 濃集시킬 수 있는 방법이 연구, 이용되고 있으며, 價格中 운송비가 차지하는 비율이 크므로 海底의 磷灰石 개발은 대단히 유리하다.

世界의인 수요를 볼때 年間 6%의 증가율로 1965 年에 6천 3백만 ton이었던 것이 10 年 후인 1975 年엔 1억 2 천만 ton으로 증가될 것으로 예상된다. 1964 年과 1965 年의 통계에 의하면, 自由世界의 磷의 소비는 산업용에

20%, 농업용에 80%를 소비했다(赤磷酸(CH₃PO₄) 및 磷). 다음은 世界의 磷灰石소비량을 地域別로 표시한 것이다.

◎ 大陸別 磷灰石 수요 및 소비량 (단위 : 1,000 MT)

지 역	총 계		증 가 율 (%)	산 업 용 소 비		증 가 율 (%)
	1964	1965		1964	1965	
북 미	18,014	21,207	18	5,525	6,348	11
서 부 유 럽	13,569	14,600	7	2,325	2,575	15
아 시 아	3,310	3,596	9	480	500	4
오 스트라 리아	3,473	3,569	3			
아 프 리 카	1,637	1,958	20			
남 아 메 리 카	480	500	-1			
소련과 동구 제국	13,409	14,932	11			
공 산 아 시 아	2,155	2,455	14			
세 계 총 량	56,304	63,049	12%	8,320	9,423	13%

2-3-2 海底炭田

沿岸의 炭田이 바다로 연장되어 있는 경우에 이를 海底炭田이라 부르며 世界的으로 29 개소에 달한다. 特히 集中되어 있는 곳은 英國南部, 日本九州西部 및 캐나다 東部 등이다.

이들중 가장 오래전부터 알려진 것은 英國의 England 南西岸의 Bristol 灣에 연해있는 South Wales 炭田이다. 또한 캐나다 東部の Novascotia 半島에 있는 炭田도 여러 섬에서 探炭하여 地下로 뚫고 있다.

부라질 및 더이키의 北西部 黑海에 면한 지역인 Zangul Dak 에는 이나라 최대의 炭田이 있어 海域에서의 개발이 당면목표로 되어 있다. 현재 海底에서 石炭을 채광하고 있는 나라는 日本, 英國, 캐나다, 칠리, 臺灣의 5 개국으로 年産약 34 만 ton 이다. 日本의 경우 海底 석탄생산량은 국내생산량의 20%로서 英國에 다음가며 世界의 1/3 을 차지한다. 海底 坑道の 기록은 940 m 에 이르고 있다. 또한 海岸으로부터의 최대 거리는 7 km 이다. 英國은 오랜 역사를 가졌으며 1963 년에 31 개의 炭礦이 1,400 萬 ton 을 생산했다. 探査와 개발에는 海底地形 測量, 海底地質 調査, 物理探査(海底磁氣探査, 地震探査, 音波探査) 및 試維作業등이 進行되어야 한다.

2-3-3 其他鑛物

大陸棚 및 大陸斜面에는, 磷灰石結核體, 石油 및 天然가스, 石炭 以外에도 海綠石(glaucinite), 硫酸바륨結核體 有機物質 및 砂鑛등이 分布된다.

海綠石은 칼륨(K), 鐵(Fe), 알루미늄 Silicate 로 構成되었으며, 比較的 淺海底의 Terrigenous 堆積物中에 광범위하게 分布되고, Authigenic 堆積物中에는 分布하지 않는다. 2~9%의 K₂O 를 함유하므로 비로나, 工業用칼륨의 원료로 쓰인다.

지금까지 알려진 바로는, 캘리포니아 沿岸 및 오스트라리아의 東岸에서 採取되고 있으며, 그 외에도 폴트갈, 西部아프리카, 北아메리카東部, 뉴질랜드, 필리핀, 中國, 日本, 스코트랜드 및 南아프리카聯邦의 西岸에도 海綠石이 分布한다.

2-3-4 海底石油資源

1967 년도의 世界의 석유 총생산량은 20 억 1,600 만 kl 로 이중 16%가 海洋油田으로부터 생산되었다. 이 16% 중에는 베네주엘라의 마라카이보湖나, 소련의 카스피海 등의 생산량도 포함되었으며 大陸棚內에서의 생산량은 약 8%에 이르렀다. 그러나 海洋油田으로부터의 석유생산량은 해마다 증가하여 過去 10 년간에 4 배나 증가되었

으며, 今後에도 이런 경향은 계속되어 앞으로 10년 후에는 全世界 石油생산량의 약 30%에 달할 것이다.

가) 展 望

1967년에 있어서의 自由世界의 探鑛計劃을 보면 다음과 같다. 현재 35개국 이상의 大陸棚海域에서 掘削裝置가 가동하고 있으며 그 수는 250개에 가깝다. 앞으로 1~2년 후에는 15개국의 大陸棚에서 새로운 掘削作業이 시작될 것이다. 結局 현재 22個國이 이미 沿岸稼行油田, Gas田을 가지고 있으며, 새로히 油井을 발견한 나라는 아라비아灣, 가빈다, 리비아, 다호메(以上 Africa)의 4개國이다. Fig 3은 세계의 主要油田과 掘削活動이 진행되고 있는 지역을 나타낸다.

石油探鑛이 역사가 오랜 Mexico灣과 Arabia灣에 集中 하던 시대는 지나서 世界的인 探鑛활동이 시작되고 있다. 그 이유를 살펴 보면 대략 다음과 같다.

- 1) 인구증가와 工業의 발전에 따라서 年年증대하는 石油수요량을 充足하기 위하여 그 資源確保 때문에 未探鑛地域으로 남아 있는 海洋에 눈을 돌리는 것은 당연한 일이다.
- 2) 현재 및 가까운 장래 掘削 기술을 위시하여 생산 기술등의 진보에 의해서 개발가능한 水深 200m의 大陸棚面積은 2,800萬 km²나 되며, 그중 探鑛이 行하여진 것은 5%에 지나지 않는다. 2,800萬 km²중 1,579萬 km²가 石油 賦存가능 堆積岩으로 되어 있으며, 이중 400萬 km²는 特別히 유망하다고 한다.
- 3) 여기에 대장되어 있는 採取possible한 石油와 天然 Gas는 4,000億 kl 정도로 推算되고 있는바 이중 현재까지 확인된 埋藏量은 石油 86億 kl, 天然 Gas 1.8兆 m³이다. 世界에서의 石油와 天然 Gas의 埋藏量은 大體로 陸地의 것이 15,000億 바렐이고 海底의 것이 7,000億바렐로 推定하고 있다. 그 中 陸地에서 2,500億바렐, 海底에서 600億바렐이 確認되고 있을 뿐이어서 陸地에서는 約 17%, 海底에서는 約 8.7%만이 確認되어 있을 뿐이다.

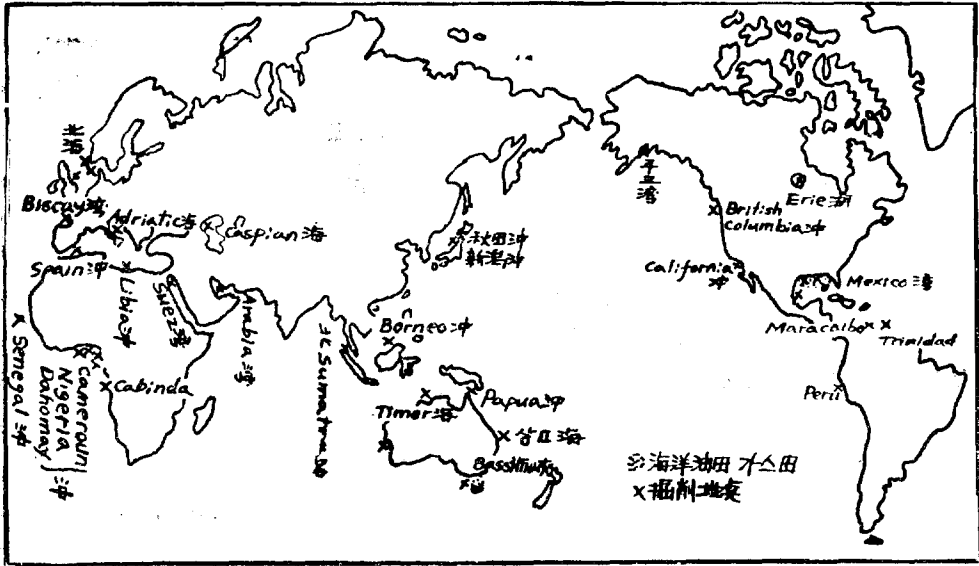


Fig. 3. 世界 海底石油, 가스田分布地域 및 掘削 主要地點

4) 陸上의 油田地域에서의 石油발견이 점차困難하여진 뒤에 未探鑛地域으로서 남겨져 있는 地域은 海岸에서 먼 砂漠지대나 沼澤地 내지는 장릉등으로 探鑛作業에 막대한 비용을 요하며 만일 성공해서 생산한다 하더라도 石油수송에 다액의 비용을 필요로 한다. 이런 점을 생각할때 海洋쪽이 探鑛개발 作業이 용이하며 비용도 적게 들 것으로 예상된다.

5) 海洋에서의 試掘성공率 및 1井당의 생산량은 巨액의 投資를 回收하며 利潤을 올리게 된다. 예를 들면 美國 루이지아나州 沿岸에서의 생산비는 1 바렐당 50~60 cent 로 見積되어 同州의 陸上의 경우보다 싸게 되어 있다.

나) 世界의 主要 海底油田地域

현재 개발하고 있는 주요한 해양유전지역을 간단히 설명하면 다음과 같다.

① Mexico 灣

옛날부터 海底油田 개발을 하고 있으며, 포 4에서 보는 바와 같이, 현재도 세계의 海洋 掘削裝置의 약 半數가 이 지역에 집중되고 있다. 특히 루이지아나 沿岸에서의 1955년 石油생산량은 약 3,200萬 kl로 1960년의 2배로 증가하였으며, 1967년에는 약 4,500萬 kl로서 루이지아나州 전체 石油생산량(약 1億 1,300萬 kl)의 약 40%를 占하고 있다. 또한 油井掘削도 1966년에는 370井이 掘削되어 있다. Texas州 沿岸도 오래전부터 개발되고 있는바 일시 掘削活動이 정지되었으나, 최근 天然 gas가 발견되어 다시 활발히 개발하고 있다.

② California 州 沿岸

옛날부터 로스앤젤스의 沿岸에서 油田개발을 하고 있었으며, 수년전부터 산다바바라 海峽이 주목되어 大陸棚 斜面까지 掘削活動이 활발하다.

③ Alaska 극구灣

최근 北海나 Australia 海역과 나란히 가장 주목되고 있는 지역의 하나로서, 현재까지 발견된 Granite Point 石油, Middle Ground Shell 石油, Mcarther River 石油 등은 어느 것이든 埋藏量 2,000萬 kl 이상으로 알려졌으며, 기타에도 다소 규모가 작으나 Troding Bag 油田이 있으며, 1968년 1월 현재 이 4개 油田의 50 油井에서 日産 17,000 kl의 石油을 산출하고 있다. 이는 지상의 貯油능력이 더 없기 때문이며 貯油설비가 정비되는 1968년에는 日産 45,000 kl에 달하게 될 것이라 한다.

④ 北 海

1965년부터 試掘하였으며 同年 British Petroleum 회사가 掘削한 油井으로부터 日産 28萬 m²의 Gas가 분출하여 일약 각광을 받아 各社가 다투어 探鑛 開發을 해서 1967년까지에 적어도 4개의 大 Gas田이 발견됐다. 이 Gas를 현재 英國에 보내기 위해 pipe line 기타 Gas수송의 설비가 진행중인바, 이 Gas를 이용하게 되면 이때까지 石炭이 60%가까이 占하고 있던 英國의 energy源의 비율은 대폭적으로 변하게 될것이다. 그렇지만 이들 北海에 있어서의 探鑛에서도 1966년도 Continental社의 Great Yarmonth의 北東 70 mile, 水深 24 m의 지점에서의 試掘은 深度 2,100 m로 日産 94,000 m³의 Gas를 Rotligendes層에서 발견했으나 이것으로는 採算이 맞지 않는 것으로 판단됐다.

⑤ Arabia灣(Persia灣)

Arabia灣의 어떤 지역 즉 中東지역은 세계 石油資源의 寶庫로 세계의 확인 埋藏量의 60% 이상을 차지하고 있어서, 海底油田을 봐도 세계 海底 확인 埋藏量의 3/4에 해당하는 69億 kl을 占하고 있다. 따라서 그 生産量도 共產圈을 제외한 海底油田의 약 50%에 달하고 있다.

⑥ Australia

1966년 Victoria州 南東의 Bass 海峽에서 ESSO社가 Marine 油田을 발견한 것에 이어서 1967년에는 King Fish 油田을 발견했다. 兩 油田이 모두 아직 생산이 안되고 또 그 埋藏量에 대해서도 명확하지 않으나 대단히 많다고 알려졌다. 이러한 油田의 발견에 의해서 금후 점점 探鑛 開發 활동은 活潑化 될것이 예상되어 油田발견의 가능성은 크며 금후 10년 이내에는 Australia의 全石油수요를 넘어 수출될 것이 예상되고 있다.

Marine 油田은 1966년 3월 완성된 제 1호井의 시험결과 日産 188 kl였고, King Fish 油田의 1967년 6월에

성공한 제 1 호井의 시험결과를 日産 238 kl의 산출을 기록하고 있다. Australia의 石油, 天然가스 探鑛 개발은 陸域, 海域 모두 활발하며, 이 뒤에는 Australia 정부의 에너지 資源정책이 크게 영향하고 있다고 생각된다.

⑦ 부루네이

1963년부터 부루네이 Shell 石油가 Ampa 油田에서 29개의 淺油井에서 累計 365萬 kl를 생산하였고, 현재 日産 9,190 kl을 산출하고 있다. 이 油田지역의 天然가스를 日本에서 수입할 계획이 진행되고 있다.

⑧ 아프리카 西海岸

가본, 다호메이, 카메룬 沿岸에서 掘削이 계속중이며 특히 다호메이 沿岸에서는 1976년 2월에 石油가 발견해서 금후의 개발이 기대된다.

⑨ 인도네시아海域

현재 인도네시아 石油資源 開發株式會社가 北스마트라 沿岸에서 試掘을 개시했을 뿐 아니라, 금년말부터 내년 에 걸쳐서는 가리만 沿岸에서 前記會社 외에 歐州石油開發株式會社가, 또 자바沿岸에서는 Independent Indonesia American Petroleum Co.,(IAPCO)나 Australian Drilling Co.가 각각 試掘을 계획하고 있다. 그 외에 아도리아海 에서는 이태리의 ENI와 Shell 등이 공동으로 試掘하고 있으며 금년 5월에는 최초의 油井이 日産 28萬 1967 m³의 Gas를 산출했다.

2-4 深海底의 鑛物

深海底의 鑛物(망간을 中心으로)

망간은 現在로서 深海資源중 經濟的으로 가장 기대되는 것으로 深海底 거의 全域에 小粒子 結核體, 版狀體 등의 形態로 分布되며, 化學的으로는 망간과 鐵의 過酸化물로 存在한다. 이들은 또한 岩石의 表面에 부착되거나 공극에 충전되거나 산호 및 유기물 잔해에 交代로 존재하기도 한다. 거의 黑色인 경우가 支配的이며 강도는 2~4 정도, 크기는 0.5~25 cm(직경)가 보편적이나 가장 큰 例로는 필리핀近海에서 850 kg 짜리가 발견되

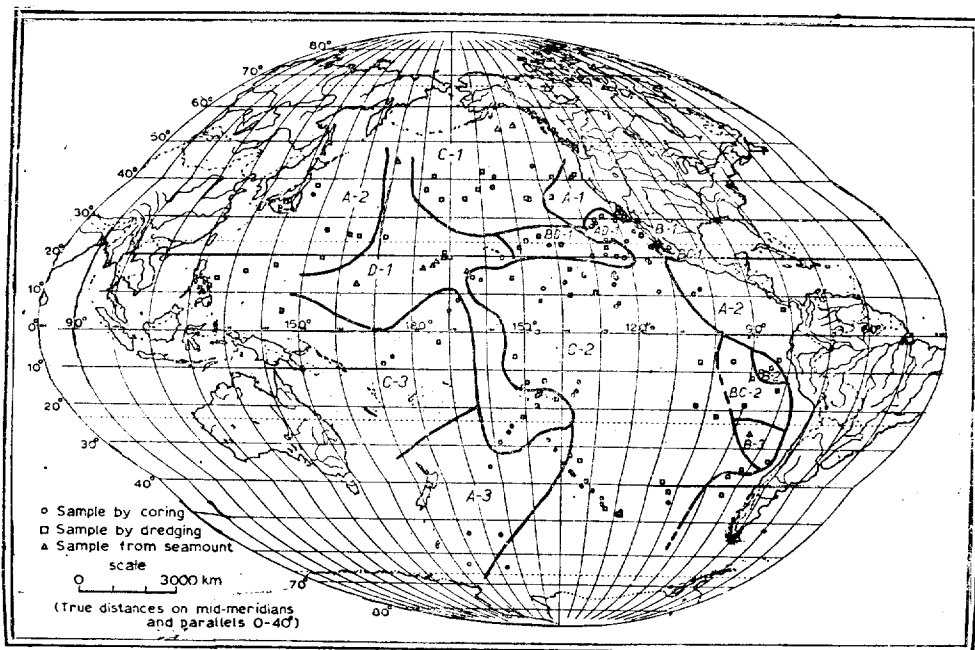


Fig. 4. 世界 海底 Mn의 分布

있다. 深海底의 鑛物로는 망간 以外에도 粘土 및 우우즈(ooze)內에 各種 鑛物이 부존되어 있다. Fig. 4는 世界에서의 海底 망간의 分布를 보여주고 있다.

망간 結核體(manganese nodule)

가) 環境 및 形成

대부분의 경우 MnO_2 (酸化망간)의 小粒子들은 망간의 結核體와 밀접한 關係를 가지며 이들은 그 地域의 堆積物과 상관關係를 갖는데 Radiolarian ooze에 많이 分布하는 傾向이 있다. 海流는 ion化된 망간과 鐵의 酸化物만을 海底表面에 남겨 함으로써 結核體의 生成을 도우며, 底物性 동물들은 堆積物을 攪拌시킴으로써 망간 化合物이 表面에 존재케 하는데 도움을 준다. 海底의 망간 結核體 形成에 필요한 망간은 河川, 海底火山폭발물, 海底泉 및 海底의 火山岩 露頭로 부더 얻어진다. 結核體는 不溶解性의 물질들을 포함하고 있으나 이에 對한 學說은 여러가지이다.

나) 鑛物學的 考察

Muray 와 Renard(1891)는 불순한 망간의 酸化物類를 망간土(bog 또는 wad 망간 ore)로 분류하였다. 이들은 주로 망간의 過酸化物, 褐鐵鑛(limonite), 少量의 코발트, 니켈, 구리 로 구성된다. 이로 인해 많은 사람들이 하나의 岩石으로 간주하였으며 碎岩性 물질外에, 珪素, 蛋白石(opal), 辟사이트(goethite), 金紅石(rutile)등을 含有한다.

다) 分布 및 集積

試料채취 以外的 方法으로 사진촬영이 分布를 파악하는데 利用된다. 그러나 이의 이용에는 몇가지의 難點이 있다. 즉 사진 만으로 是 結核體의 比중을 판단할 수 없으며, 만일 海底의 丘陵地域에 망간 結核體가 分布하는 경우 이를 海底사진으로 完全 파악하기는 어렵다. 分布의 密度를 판단하는 또 하나의 方法은 一定 面積內에서 채취된 結核體의 수와 크기로서 결정하는 것이다.

라) 化學成分

結核體의 化學的 成分은 地域에 따라서 또한 1개의 結核體內라 할지라도 部分에 따라 다른 傾向을 보인다. 表 2는 망간 結核體內의 主要鑛物의 成分을 表示한 것이다.

表 2-1 深海底 망간 結核體內 主要鑛物의 最高 最低 및 平均値의 百分率

成 分	百 分 率 (무 계)		
	最 高	最 低	平 均
MnO ₂	63.2	11.4	31.7
Fe ₂ O ₃	42.0	6.5	24.3
SiO ₂	29.1	6.0	19.2
Al ₂ O ₃	14.2	0.6	3.8
CaCO ₃	7.0	2.2	4.1
CaSO ₄	1.3	0.3	0.8
Ca ₃ (PO ₄) ₂	1.4	traces	0.3
MgCO ₃	5.1	0.1	2.7
H ₂ O	24.8	8.7	13.0
Insoluble in HCl	38.9	16.1	26.8

表 2-2 太平洋, 大西洋에서의 망간 結核體中の 27 元素含有率(最高, 最低, 平均)

(Mero: The mineral resources of the sea 에서 引用함)

元 素 名	重			量		
	太 平 洋 (54試料平均)			大 西 洋 (4試料平均)		
	最 高	最 低	平 均	最 高	最 低	平 均
B	0.06	0.07	0.029	0.05	0.009	0.03
Na	4.7	1.5	2.6	3.5	1.4	2.3
Mg	2.4	1.0	1.7	2.4	1.4	7.1
Al	6.9	0.8	2.9	5.8	1.4	3.1
Si	20.1	1.3	9.4	9.6	2.8	11.0
K	3.1	0.3	0.8	0.8	0.6	0.7
Ca	4.4	0.8	1.9	3.4	1.5	2.7
Sc	0.003	0.001	0.001	0.003	0.002	0.002
Ti	1.7	0.11	0.67	1.3	0.3	0.8
V	0.11	0.021	0.054	0.11	0.02	0.07
Cr	0.007	0.001	0.001	0.003	0.001	0.002
Mn	41.1	8.2	24.2	21.5	12.0	16.3
Fe	26.6	2.4	14.0	25.9	9.1	17.5
Co	2.3	0.014	0.35	0.68	0.06	0.31
Ni	2.0	0.16	0.99	0.54	0.31	0.42
Cu	1.6	0.028	0.53	0.41	0.05	0.20
Zn	0.08	0.04	0.047	—	—	—
Ca	0.003	0.0002	0.001	—	—	—
Sr	0.16	0.024	0.081	0.14	0.04	0.09
Y	0.045	0.016	0.033	0.024	0.008	0.018
Zn	0.12	0.009	0.063	0.064	0.044	0.054
Mo	0.15	0.01	0.052	0.056	0.013	0.035
Ag	0.0006	—	0.0003 ²	—	—	—
Ba	0.64	0.08	0.18	0.36	0.10	0.17
La	0.024	0.009	0.016	—	—	—
Yb	0.0066	0.0013	0.0031	0.007	0.002	0.004
Pb	0.36	0.02	0.09	0.14	0.08	0.10
L.O.I. ³	39.0	15.5	25.8	30.0	17.5	23.8

1. 이 結果는 X-線發光分析法에 依함.
2. 銀(平均)은 5 個試料에서 發見된 것의 平均
3. L.O.I.(強熱減量)는 1 時間當 1100°F(500°C)

表 2-3 地上鑛山과 大平洋海底 Mn 瘤의 埋藏量과 其資源壽命

主 要 成 分	Cu	Ni	Mn	Co
世界의 經濟的 地下鑛山의 埋藏量(t)	1億	0.15億	10億	0.01億
世界의 年間消費量(t)	250萬	12萬	140萬	700
現狀의 產出量으로서의 地下資源의 壽命(年)	40	120	700	140
太平洋의 底土 1m 깊이까지의 埋藏量 (t)	50億	90億	2,000億	30億
太平洋 Mn 鑛의 埋藏量을 現狀대로 消費하였을 境遇의 資源壽命 (年)	2,000	72,000	140,000	420,000

表 2-4 太平洋 Mn 瘤과 各種資源量의 推定(重量은 gm 單位)

地	域	Mn 瘤 ($\times 10^{17}$)	Mn ($\times 10^{17}$)	Co ($\times 10^{15}$)	Cu ($\times 10^{15}$)	Ni ($\times 10^{15}$)
表面에 存在하는 分	南 西 海 域	2.6	0.7	1.0	0.5	1.6
	北 等 緯 度 域	2.5	0.5	1.0	1.1	3.5
沈 澱 物이 表土 1m 까지 에 含有되어 있는 分	南 東 低 Mn 域	2.8	0.6	0.3	2.5	2.8
	南 東 高 Mn 域	0.5	0.2	0.02	0.2	0.5
	北 等 緯 度 域	1.8	0.2	0.2	0.8	0.5
	南 西	0.8	0.2	0.3	0.2	0.5
合	計	10.0	2.4	2.8	5.3	9.4

2-5 海水중의 鎳物質 및 元素資源

地表面의 71%를 차지하고 있는 바다는 전체의 3.5%에 달하는 각종 鎳物質을 溶解하고 있다. 海水중의 鹽分전체를 抽出해서 陸上에 分布 시키면 그 평균 깊이가 500ft에 달할 것이며, 그 밖에도 약 60여종의 元素가 용해되어 있다. 上記 元素들중 나트륨과 鎳素가 차지하는 百分率은 전체의 85.2%이며 이들 上位 9종의 총량은 전체의 99% 이상을 차지한다.

2-5-1 海水로부터의 鎳物質 抽出(4種)

上記 60여종 가운데 단지 4種만이 경제적으로 이용되어 왔는데, 이들중 2종은 食鹽으로 産出되는 鎳素와 나트륨이고, 나머지는 마그네슘과 臭素(Bromine)이다. 少量의 칼슘 및 칼슘化合物이 食鹽이나 마그네슘 抽出過程에서 副産物로 산출되기도 하나, 다른 물질들의 抽出은 경제적으로 실패했다. 현재까지 沃素(I), 칼륨(K), 칼슘(Ca) 및 金(Au), 銀(Ag)의 抽出에 관한 特許가 이루어졌으며, 食鹽, 마그네슘, 마그네슘化合物 및 臭素(Br)의 抽出에 관한 特許가 신청중에 있다. 表 3 및 4는 海水中에 包含되는 元素의 量을 보여준다.

表 3. 海水中 9大元素別이온 百分率

① 鎳 素 이 온	54.8%	⑥ 칼 륨 이 온	1.1%
② 나 트 륨 이 온	30.4%	⑦ 炭 素 이 온	0.3%
③ 硫 黃 이 온	7.5%	⑧ 부 륨 이 온	0.2%
④ 마 그 네 슴 이 온	3.7%	⑨ 硼 酸 鎳 이 온	0.07%
⑤ 칼 슴 이 온	1.2%		

가) 食 鹽

지급도 中國, 印度, 日本, 터키, 필리핀 및 其他 여러 나라에서 天日鹽을 생산, 이용하고 있다.

나) 臭 素

全地球 臭素 총량의 99% 이상이 海水중에 集中되어 있으며(0.0065%), 1825년 佛人 A. J. Balard에 의해서 Montpellier의 鹽水湖에서 食鹽을 얻은 후의 간수에서 발견, 그 후 1926년에 California의 食鹽생산과정에서 抽出함으로써 상품화 되었다.

다) 마그네슘

海水중 0.13%를 차지하며, 英國에서 처음 抽出에 성공한 후 Texas의 Freeport에 대규모의 工場이 設立되었다. 이 工場 건설 以前엔 美國內의 마그네슘 생산은 Magnesite와 大陸內의 鹽水湖에 의존했었다. 마그네슘 化合物은 MgO, Mg(OH)₂, MgCl₂ 등의 상태로 존재한다. 마그네슘 抽出과 같은 과정을 지났으며, MgO는 絕緣體

表 4. 海水中에 包含된 元素의 量

Element	Concentration(mg/l)	Amount of element in sea water(tons/mile ³)	Total amount in the oceans (tons)
Chlorine	19,000.0	89.5×10^6	29.3×10^{15}
Sodium	10,500.0	49.5×10^6	16.3×10^{16}
Magnesium	1,350.0	6.4×10^6	2.1×10^{15}
Sulphur	885.0	4.2×10^3	1.4×10^{15}
Calcium	400.0	1.9×10^3	0.6×10^{15}
Potassium	380.0	1.8×10^6	0.6×10^{15}
Bromine	65.0	306,000	0.1×10^{15}
Carbon	28.0	132,000	0.04×10^{15}
Strontium	8.0	38,000	$12,000 \times 10^9$
Boron	4.6	23,000	$7,100 \times 10^9$
Silicon	3.0	14,000	$4,700 \times 10^9$
Fluorine	1.3	6,100	$2,000 \times 10^9$
Argon	0.6	2,800	930×10^9
Nitrogen	0.5	2,400	780×10^9
Lithium	0.17	800	260×10^9
Rubidium	0.12	570	190×10^9
Phosphorus	0.07	330	110×10^9
Iodine	0.06	280	93×10^9
Barium	0.03	140	47×10^9
Indium	0.02	94	31×10^9
Zinc	0.01	47	16×10^9
Iron	0.01	47	16×10^9
Aluminum	0.01	47	16×10^9
Molybdenum	0.01	47	16×10^9
Selenium	0.004	19	6×10^9
Tin	0.003	14	5×10^9
Copper	0.003	14	5×10^9
Arsenic	0.003	14	5×10^9
Uranium	0.003	14	5×10^9
Nickel	0.002	9	3×10^9
Vanadium	0.002	9	3×10^9
Manganese	0.002	9	3×10^9
Titanium	0.001	5	1.5×10^9
Antimony	0.0005	2	0.8×10^9
Cobalt	0.0005	2	0.8×10^9
Caesium	0.0005	2	0.8×10^9
Cerium	0.0004	2	0.6×10^9
Yttrium	0.0003	1	5×10^8
Silver	0.0003	1	5×10^8
Lanthanum	0.0003	1	5×10^8
Krypton	0.0n03	1	5×10^8
Neon	0.0001	0.5	150×10^8
Cadmium	0.0001	0.5	150×10^8
Tungsten	0.0001	0.5	150×10^8
Xenon	0.0001	0.5	150×10^8

Germanium	0.00007	0.3	110×10^6
Chromium	0.00005	0.2	78×10^6
Thorium	0.00005	0.2	78×10^6
Scandium	0.00004	0.2	62×10^6
Lead	0.00003	0.1	46×10^6
Mercury	0.00003	0.1	46×10^6
Galium	0.00003	0.1	46×10^6
Bismuth	0.00002	0.1	31×10^6
Niobium	0.00001	0.05	15×10^6
Thallium	0.00001	0.05	15×10^6
Helium	0.000005	0.03	8×10^6
Gold	0.000004	0.02	6×10^6
Protactinium	2×10^{-9}	1×10^{-5}	3,000
Radium	1×10^{-10}	5×10^{-7}	150
Radon	0.6×10^{-15}	3×10^{-12}	1×10^{-3}

耐火벽돌 인조건사 제조과정 등에 이용된다.

라) 海水에서의 金 抽出

金の 抽出을 위하여 많은 연구와 노력이 이루어졌으며 1866 년경 불란서 Academy 의 몇 과학자들이 海水에 少量의 金이 포함되어있음을 보고한 이래로 世界 각처에서 그의 抽出에 성공했으나, 아깝게도 1 ton 당 0.001 mg 을 넘지 못했다. 지금까지 가장 높은 品位가 측정된 것은 南태평양에서의 0.044 mg 이었다. 기술적인 面에서는 硫化物과 水銀의 이용이 보고되었으며, 현재 "Dow Chemical"회사는 이에 흥미를 갖고 있어 海水 1 ton 에서 0.09 mg 의 金을 抽出했으나 이는 불과 0.0001 \$ 에 지나지 않는다.

마) 기타 礦物質

食鹽, 臭素, 마그네슘, 金 外에 몇가지 元素가 食鹽의 抽出과정이나 海棲動植物體 內에서 부산물로 얻어진다. 沃度가 海藻(특히 Laminalia)에서 일어나는데 평균 0.05 p.p.m. 혹은 0.000005 %의 沃度を 갖는 海水중에서 10,000 배로 농집시키는 역할을 한다. Courtois 가 이를 발견한 직후 醫學적인 重要性이 인식되고 영국 北部에서 산업화하기 始作했다. 바닷말(Sea weed)은 丈上으로 3 번, 즉 알카리, 沃度, 그리고 칼슘의 원천으로 이용되어 왔다. 海藻로 부터 얻어지는 Sodium alginate 는 여러가지 식품 생산과정의 膠着 및 乳劑로서 이용한다.

2-5-2 抽出의 기술적인 面

최근에는 ion 교환의 역할을 하는 樹脂酸鹽을 넣은 透水性容器를 海水중에 넣고 이동함으로써 海水 ion 을 흡수하는 方法이 연구 논의되고 있다. 앞으로 海水중의 生物體들에 의한 容器와 內部물질에 대한 피해를 막는 일이 문제이며 회귀하고 경제적으로 타산이 맞는 元素만(우라늄, 銀등)을 작용하게 하느냐가 해결 되어야 할 것이다. 이미 선택적 Resins(樹脂酸鹽)이 연구되고 있으며, 머지않아 실용화 될 것이다.

海水의 淡水化工場이 많이 건설되고 있으며 附帶 시설을 갖춤으로써 마그네슘, 臭素, 알루미늄, 구리, 우라늄, 모리브덴 등을 얻고 있는데, 예를 들면 北部 California 에 30 萬 kw 짜리 발전소가 건설된 예정인데 1 日 3 億 6 千萬 개론의 海水를 처리, 막대한 量의 광물을 副產物로 얻게 될 것이다.

3. 結 論

以上 海底礦物자원을 바다의 地域의 위치에 따라서

1) Marine Beach 의 각종 重砂礦物

2) 大陸棚과 大陸斜面的 岩石內에 賦存하는 石油, 天然 Gas, 石炭 및 化學的 沈澱作用에 의해서 特定地域에 堆積된 磷鐵.

3) 深海底에 賦存하는 各種 金屬鑛物을 含有하는 망간(Nodule)鑛.

4) 海水中에 溶存하는 各種 金屬, 非金屬 資源.

等に 對해서 論하였으나, 이들 鑛物中에서 우리나라에서 探掘되고 있거나, 기대가 가는 鑛物은 西海岸에서의 砂鐵, Monazite, Zircon, 砂金, 珪砂等이고, 東海岸 수계처에서도 Ilmenite, Monazite, magnetite, Zircon 등의 混合重砂鑛이 探掘方法과 選別 技術改善과 운영합리화를 꾀한다면 상당한 經濟性을 지니고 있는 鑛物資源의 하나라고 할 수 있을 것이다. 이 외에 근년에 들어서면서 급격히 각광을 받기 始作한 大陸棚의 石油 및 天然 Gas 에 對한 지금까지의 探查結果는 온 國民이 바라고 바라는 희망적이고도 용기를 주는 海洋資源이라고 아니할 수 없으며 앞으로 많은 기대를 걸어보는 것이다.

本人은 여기서 特히 海底資源 鑛物로서 강조하고 싶은것은 國民전체나 또는 뜻있는 斯界의 技術 科學者들로 하여금 저 深海底의 富진장한 망간 金屬資源 探查開發에 전력을 다하게 하여 우리도 先進國 隊列에서 너무 뒤늦어지지 않게 深해망간塊 探掘에 나서야 하겠다는 것이다. 1967年 및 1968年度의 Ocean Industry誌나 日本 鑛山 地質學會誌 등에 發表된 바에 의하면, 美國이나 日本에서는 2, 3년 內에 이 深海 즉 太平洋底의 망간 團塊를 企業的으로 探掘하게 될 것이라는 바, 一例로 鑛山地質學誌의 發表內容에 의하면, Mn Nodule 1噸의 가치 換算은 Mn 만 하여도 200\$ 以上의 가치가 있으며 Ni, Co, Cu 등을 包含하여 150\$ 以上의 가치에 해당한다고 하였으며, 이것을 1年間 探掘量 50,000噸으로 보면, 投資금액 55億圓(약 1,500萬\$)으로 5년간의 純이익은 70億圓(약 2,000萬\$)에 달한다고 說明하고 있다. 이것은 遠洋漁業의 投資규모면 日本에서 가까운 太平洋公海에서의 海底망간鑛 探掘計劃이 우리나라에도 可能하게 될날이 멀지 않다는 것을 啓示해 주는 根據이며, 이렇게 實現할 수 있는 오직 하나의 길은 우리를 國民과 뜻있는 技術 科學者들의 진지한 연구노력과 實踐을 위한 前進만이 있어야 한다고 강조하는 바이다.