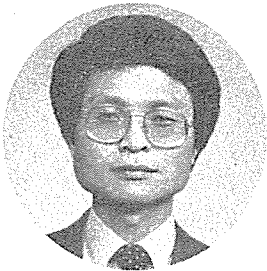


海洋鑛物 資源開發



韓 相 俊

〈韓國科學技術院 海洋研究所
海洋地質研究室長〉

◇ 머 리 말

鑛物資源은 생물자원이나 潮力, 風力, 波浪 등의 에너지자원과는 달리 再生成이 불가능하고 소모만 된다는 특징이 있다. 그러면 지구상의 陸上鑛物資源은 인류가 얼마나 더 사용할 수 있을까? 통계에 의하면 구리, 니켈, 망간을 포함한 대부분의 전략광물이 앞으로 10~50년 내에 고갈될 것이라 한다.

물론 採鑛 및 제련기술의 향상에 따른 低品位鑛床의 활용, 새로운 鑛山의 발견, 人工代替材의 개발등으로 어느 정도 연장은 가능하겠지만 결국은 고갈되고 말것은 명약관화하다.

그러나 인류는, 다행하게도 최근 급격한 발달을 보인 海洋科學技術의 덕택으로 海洋에서 그 해결책을 찾을 수 있게 되었다. 지구표면적의 71%를 차지하는 海洋에는 기존의 生物·水産資源외에도 거의 무진장한 鑛物資源이 부존되어 있음이 밝혀지고 있으며 선진각국과 함께 일부 개발도상국까지도 이의 탐사, 개발과 광구권 획득에 혈안이 되고 있다.

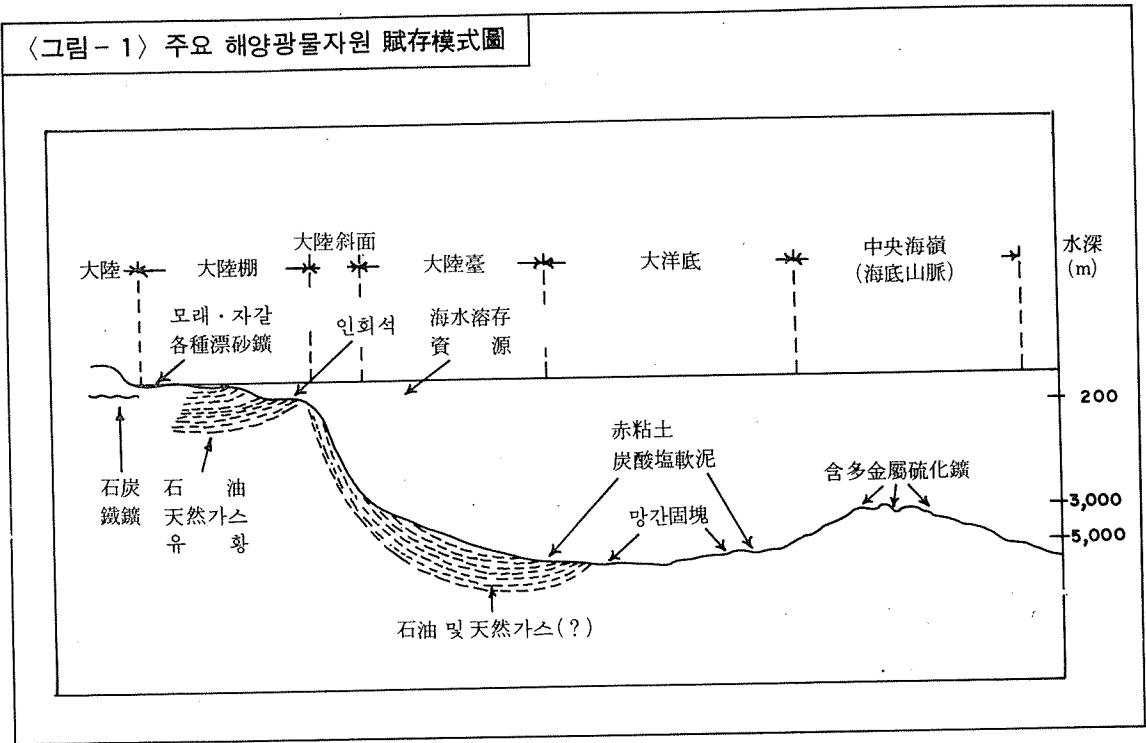
본고에서는 이미 개발되고 있거나 가까운 장래에 개발될 海洋鑛物資源을 水深과 環境에 따라 기술하고, 우리나라의 광물자원 개발의 현황과 입장을 분석하여 대책과 전망을 알아보고자 한다.

◇ 대륙주변부의 광물자원

대륙주변부는 대륙붕, 대륙사면 및 일부지역의 대륙대(Continental Rise)까지를 이르는 말로 해양중에서는 우리에게 가장 잘 알려진 지역이다. 이의 면적은 전 육지면적의 반에 달하며 大陸地殼과 海洋地殼의 遷移地域(Transition Zone) 특성을 지니며 堆積層厚가 보통 수 Km에 이를 정도로 두껍다.

주요광물자원으로는 이미 상업화된 해수의 淡水化, 소금, 마그네슘, 브롬을 비롯한 금, 백금,

〈그림 - 1〉 주요 해양광물자원 賦存模式圖



우라늄 등의 해수용존물 추출자원을 제외한 海底礦物資源만도 130여종에 이르며 대부분이 오래전부터 개발 생산중이다.

예를 들면, 모래, 자갈등 骨材資源의 경우 미국만해도 1974년에 이미 연간 9억톤(16억달러)을 생산했으며, 매년마다 증가하여 2,000년에는 생산량이 두 배가 넘을 것으로 추정되며 가격도 폭등될 것으로 예측되고 있다. 그외 채광중인 자원으로는 砂鐵, 砂金, 白金, 금강석, 金紅石, 모나자이트, 저어콘 등의 重砂鑛을 들 수 있다. 이는 陸地起源 碎屑性堆積物이 오랜 地質時代 동안 바다로 유입되어 潮流, 波浪, 海流등의 水動力이 큰 곳에서 비중의 차에 의한 自然選鑛이 이루어져 농축된 漂砂鑛床(Placer Deposit)이 주를 이루는 바, 현재의 해변과 砂洲는 물론 海底의 古海濱, 古砂洲도 주부존대상이다.

따라서 漂砂鑛床형성에는 水動力과 함께 인근 육상地質이 중요한 영향을 미치며 海水面變化 또한 큰 요인이 된다. 現世(Holocene)에 들어와서도 네번에 걸친 氷河期가 있었으며 結氷과 解氷에 의한 海水面變化가 따랐다. 최후빙하기

인 만5천~2만년 전에는 海水面이 약 130m가량 낮았으며 7,000년 전에는 20~40m가 낮았다. 이 의미는 우리나라 주변 黃海를 비롯한 상당한 대륙붕지역이 이 기간동안 陸地 또는 河川이었음을 뜻하며 따라서 漂砂鑛床探査에는 古海岸線, 古地形, 古水流調查가 절실히 요구된다.

활발한 漂砂鑛床生産國은(표-1)과 같이 미국의 경우 알래스카와 캘리포니아 연안에서 金(미국 총 생산량의 70%)과 白金을, 오레곤연안에서는 주석을, 그리고 플로리다연안에서는 모나자이트, 저어콘, 티탄철석을 생산중이다. 호주에서도 세계 총 생산량의 80%에 해당되는 金紅石을 비롯 金, 鐵, 보오키사이트 등을 해저에서 생산중이다. 가까운 일본만해도 오수마반도 연안에서 년 4만톤의 磁鐵石을 생산중이며, 인도네시아, 태국, 말레이시아 등의 동남아에서는 수심 50m까지의 해저에서 主석을 생산 수출하며 수심 1,000m까지의 해저개발계획을 세워 놓고 활발히 탐사중이다.

炭化水素資源(석유 및 天然가스)은 地質時代中 육지 또는 해양에서 생성된 有機物이 두꺼운

〈표 - 1〉 천해저표 사광상과 주요생산국.

광물자원	용도	생산지역	가격(1980년 기준)
해양사금 (砂金)	보석·전자 공업	알래스카, 오레곤, 캘리포니아, 필리 핀, 호주,	\$400/온스
백금 자철석	보석, 공업 철 광	알래스카 홍해, 소련, 일본, 필리핀,	\$500/온스 \$ 6 - 11/톤
티탄철석	티탄원료	박티해, 소련, 호주	\$20 - 35/톤
저어콘	지르코늄	홍해, 말타해, 호주	\$45/톤
티탄나이트	티탄	호주, 필리핀	\$100/톤
금홍석 석석(錫石)	티탄 주석	호주, 소련 말레이시아, 태국, 인도네시아, 호주, 영국, 소련	
모나자이트	희귀원소	호주, 미국	\$170/톤
크로마이트	크로뮴	호주	\$25/톤
모래, 자갈	건축재, 초자	전대륙봉	
탄산염 (조개)	세멘트, 농토	바하마군도, 아이 슬랜드, 미국	
유화바륨	시추용필, 초자, 페인트	알래스카	
금강석 인회석	보석, 공업 비료	아프리카남서부 미국, 일본, 호주, 스페인, 남미, 남아 프리카, 인도, 멕시코	\$ 6 - 12/톤
산화칼륨 해록석	카리비로 카리비로	영국, 알래스카	

堆積層중에 쌓여 생성된 것으로 현재 활발한 생산이 이루어지고 있는 대륙봉은 물론 大陸斜面 및 大陸臺內에 부존된 資源의 개발이 가까운 장래에 이루어질 것이다. 현재 採油중인 油田수는 매장량 5억바렐이상의 대유전만도 50개가 넘으며 海底石油 總生産量은 세계생산량의 22%를 이미 넘어섰다. 陸上油田의 생산량이 해마다 주는 데 비해 해저생산량은 날로 증가중이며 大陸臺內의 부존량을 포함한 海底石油埋藏量은 2

兆바렐에 달한 것으로 추정되는데, 그 양의 막대함은 현재의 세계1일생산량 6,300만 바렐에 견주어 가능할 수 있을 것이다. 생산중인 주요 해저유전은 멕시코만, 캘리포니아연안, 알래스카연안, 북해유전, 중동의 페르샤만, 호주남동연안, 인도네시아 및 보르네오海底油田, 아프리카 상아해안과 중공의 발해만유전을 들 수 있다.

대륙주변부에는 이들 자원외에도 低緯度淺海의 炭酸塩堆積物이 農土酸化防止劑와 시멘트원료로, 磷酸塩鑛物이 인산비료원료로 採鑛중이며 알래스카에서는 石油掘鑿用材인 바라이트가 1일 천톤규모로 생산되고 있다. 또한 철과 칼륨을 다량 함유한 해록석은 비료원료로 사용될 미래의 자원이다.

海底石炭은 육상탄전이 바다로 연장된 형태가 많으며 세계적으로 약 30여곳에서 採炭되고 있다. 主海底炭田으로는 英國南部, 日本九州西部, 캐나다東部 및 대만을 들 수 있으며 연간 약 3천만톤이 海底에서 生産되고 있다.

◇ 深海底의 광물자원

深海底에는 총연장이 60,000km나 되는 中央海嶺(Mid-ocean Ridge)이라 불리는 海底山脈을 따라 地殼內部的 마그마가 상승하는 현상이 일어나며, 이때 수반되는 熱水溶液에 의한 鑛化作用에 의해 여러종류의 金屬鑛物이 硫化物狀態로 부존된 곳이 많다. 가장 좋은 예가 紅海로서 수심 2,000m가 넘는 중앙부에 여러 금속함량에 높은 含多金屬泥(Polymetallic Mud)이 부존되어 생산을 눈앞에 두고 있다. 이泥의 금속함량은 鐵이 최고 65%, 구리 2%, 아연 20%정도며 비응고상태라 選鑛이 쉽다는 이점도 아울러 갖고 있다. 이 다금속泥은 불란서, 독일등의 선진기술과 인접 중동국가의 공동연구로 試驗採鑛과 함께 選鑛實驗까지 성공적으로 마치고 환경보존문제만 남아 있는 상태로 鐵 3천만톤, 亞鉛 250만톤, 구리 50만톤 및 9천톤의 銀이 매장되어 있을 것으로 기대되고 있다.

이와 같은 鑛化作用은 태평양, 대서양을 비롯



(사진) 수중카메라에 잡힌 태평양 심해저(수심 5,300m)의 망간단괴군, 말미잘등 저서생물도 보인다. (해양연구소 촬영)

한 全大洋의 中央海嶺을 따라서도 일어날 것으로 믿어져 미국, 블란서, 독일 등의 海洋先進國에서 치열한 탐사활동경쟁을 벌이고 있다. 한 예로 블란서는 1978년 3월 심해잠수정 'CYANA'를 이용하여 수심 3,000m가 되는 東太平洋海嶺에서 다금속함유 유화광(Polymetallic Sulphides)를 발견하였는 바 아연함량이 최고 28%, 구리 6%, 은이 0.05%에 달했으나 굳은 암석(玄武岩)으로 이루어져 채광문제가 남아 있다. 미국도 太平洋의 中央海嶺은 물론 海底火山潛島(Seamount)에 대한 鑛物探查를 國立研究所와 大學들이 中心이 되어 활발히 진행중이다. 한 예로 上記한 中央海嶺의 鑛床외에 83년 11월에는 미국령 Line Islands부근의 經濟水域內 화산섬 부근에서 니켈, 코발트, 망간, 구리등의 금속을 다량함유한 鑛床을 발견했다. 이 鑛床은 특

히 코발트의 함량이 육상의 최고품위광산보다도 2배이상 높은 2.5%에 달해 "코발트 노다지"로 불리고 있으며 부존지역의 수심이 2,000m 정도로 비교적 얕다는 장점이 있어 큰 관심의 대상이 되고 있다. 이와같은 鑛床이 특히 南·北韓 10°以內의 中央太平洋에 널린 海底潛島에 많이 분포되었을 것으로 믿어 진다.

심해저 광물자원으로 현재 가장 큰 관심을 끌고 경제적으로도 기대되는 것은 망간團塊(Polymetallic manganese nodule)이다. 망간團塊는 보통 직경 1~20cm의 球狀體로 산출되나 암석 또는 다른 물체의 표면에 붙은 상태로도 나타나 형태가 다양하다(사진). 망간단괴내에는 망간, 철, 니켈, 구리, 코발트, 티타늄등 육상에는 소규모 부존된 戰略鑛物 40여종이 함유되어 있으며 큰 호수 및 전대양저에 광범위하게 분포되어

있다.

그러나 전세계 대양중 품위와 부존량이 가장 좋은 지역은 하와이 동남방북위 0-20° 사이의 클라리온-클리퍼튼해역이다. 이 해역은 비교적 평탄하고 수심이 깊어(4,000-6,000) 탄산염이 용해되어 堆積率이 낮고 中央海嶺에 가까와 망간단괴 형성에 가장 좋은 조건을 갖고 있다.

1957년 미국 지질학자「존·메로」가 고품위의 금속을 함유한 망간단괴가 태평양에만도 380억 톤이 매장되어 있고 경제성이 있다고 보고한 이후 각국은 탐사활동을 치열하게 전개해 왔으며 U. N.해양법이 10여년에 걸친 난항을 거친 것도 결국은 망간단괴 광구권획득에 초점이 있었던 것이다. 1983년 U. N.해양법 타결과 함께 이미 채광자격을 얻은 나라로는 불란서, 일본, 중공, 인도와 미국이 중심되어 독일, 벨기에, 이태리, 캐나다 등의 대기업들이 형성한 4개의 국제콘소시엄이 있고 소련, 대만, 브라질 등도 큰 관심과 연구를 진행중이다. 우리나라도 1982년부터 탐사계획을 수립하여 연구를 진행중이며 1983년 말에는 해양연구소팀이 하와이 동남방 1,300 km지점의 20만km²에 대해 한국최초로 개략탐사를 성공리에 벌인 바 있다.

◇ 우리나라의 해저광물

우리나라의 陸上地質은 비록 매장량은 많지는 않지만 ‘鑛物의 展示場’이라 불릴만큼 230여종의 鑛物資源이 부존되어 있다.

대륙붕도 陸地의 연장이라는 사실을 감안할 때 黃海를 비롯한 대륙붕내에 매우 다양한 鑛物資源이 부존되어 있을 것은 쉽게 예측된다.

그러나 이제까지는 주로 砂金, 모나자이트, 磁鐵石, 저어콘 및 珪砂 등의 漂砂鑛床에 대해서만 소규모의 탐사와 개발이 이루어져 왔고 그것조차도 현재의 河床 및 해변과 砂洲에 국한된 감이 있어 큰 효과는 없었으며, 대륙붕에 부존된 海底鑛物의 종류 및 매장량에 대해서는 명확하게 밝혀진 바 없다.

砂金의 경우만해도 해방전에는 활발한 개발이

이루어져 1920년대까지는 30여곳의 砂金鑛에서 매년 1톤이상의 金을 생산했었으나 1954년 이후 급격히 감소되어 1954년부터 1968년 사이의 15년간 총생산량이 600kg미만이였다. 그 이후에는 더욱 감소되어 미미한 상태이며 鈾사생산량만이 다소 증가추세일 뿐이다.

이와 같은 부진한 원인은 露出鑛床의 고갈과 시설미비, 영세한 자본, 채광기술 및 경험부족 등 기술적 원인의외에도 탐사활동의 미약, 특히 고지형, 고수류연구에 기반을 둔 대륙붕 전해역에 대한 탐사가 全無한데에 더 큰 원인을 찾을 수 있을 것이다. 역사적 사실을 통해 우리나라가 계속 중요한 金生産輸出國이었음에 비추어 볼 때 그 이전 긴 地質時代를 통해 많은 露出金이 風化 운반되어 바다로 유입되었음은 쉽게 추측할 수 있다.

모래와 자갈의 骨材資源 역시 陸上資源의 고갈과 함께 海底資源의 개발이 불가피해질 것이나 개발에 앞서 채광에 따른 沿岸侵蝕문제와 높아질 濁度가 플랑크톤, 저서생물 등에 끼칠 환경문제에 대한 연구와 대책이 이루어져야 할 것이다.

石油資源확보를 위해서는 현재 활발히 진행중인 남·서해 대륙붕탐사는 물론, 海外油田 개발 참여에 곁들여 東海에도 눈을 돌려야 할 것이다. 東海의 大陸斜面과 깊은 堆積盆地에는 堆積層이 두껍고 地熱이 높아 炭化水素資源의 부존가능성이 높으므로, 이곳에서 벌써부터 활발한 조사를 벌리고 있는 미국, 일본, 소련에 맞서 우리도 우선 학문적인 조사와 연구라도 시급히 시작하여야 할 것이다.

또한 심해저 망간단괴개발을 위한 태평양 유망지역의 지속적이고 적극적인 탐사활동과 중앙해령부근의 多金屬硫化鑛에 대한 연구는 海洋學發展과 함께 우리나라가 세계로 진출하고 선진국으로 발돋움 할 추춨들이 될 것이다.

지구표면적의 71%를 접하며 육상자원고갈을 해결해 줄 ‘인류의 마지막 寶庫’인 바다는 有史 이래로 과감히 도전하는 민족만이 장악할 수 있었으며 바다를 차지한 나라만이 세계를 지배하였다.