

深海底 鑛物資源 探查現況과 展望

姜 正 極 · 韓 相 俊*

目次

- I. 序論
- II. 深海底 鑛物資源 探查現況
 - 1. 歷史的 背景
 - 2. 探查結果
 - 3. 探查技術
- III. 韓國의 深海底 鑛物資源 探查
 - 1. 深海底 鑛物資源 研究
 - 2. 深海底 探查技術 水準
 - 3. 探查計劃

I. 序論

海底鑛物資源에 대한 體系的인 研究는 1960年代 후반부터 始作되어, 최근 海洋 探查技術과 探查機器의 發達로 水深 5000m 以上의 深海에 賦存하는 鑛物資源까지도 資源으로써의 開發價值가 높아졌으며, 현재 開發을 위한 막대한 投資도 이루어지고 있다.

海底鑛物資源은 크게 淺海底 鑛物資源과 深海底 鑛物資源으로 구분하고 있다. 淺海底 鑛物資源은 水深 200m 이하의 大陸棚地域에 分布하는 鑛物資源으로 모래, 자갈과 같은 骨材資源, 砂金, 砂鐵, 鑄石과 같은 砂礫床, 그리고 石油, 天然가스, 石炭과 같은 에너지資源 등이 포함된다. 石油의 경우 현재 全世界 石油 生產量의 약 30%를 海底에서 開發하고 있으며, 2000年代에는 水深 1000m 이상의 소위 大陸斜面 地域에서도 石油資源을 開發·生產할 수 있으리라는 展望이다.

* 海洋研究所 責任研究員 · 地質學

深海底 鑛物資源은 크게 4가지로 分類된다. 水深 4000m 以上의 海底面에 分布하는 망간團塊(Manganese Nodules), 海底山 地域에 分布하는 망간殼(Manganese Crust), 海底 擴張帶와 龜裂帶에 分布하는 热水硫化鑛物鑛床(Hydrothermal Sulfide Deposits), 有用金屬을 大量 含有하는 深海底 堆積物(Metalliferous Sediments) 등이다.

1960年 이전에는 거의 관심을 끌지 못했던 深海底 鑛物資源은 1970年代 海洋探查技術과 探查機器의 發達과 더불어 太平洋, 大西洋, 印度洋 등의 深海地域에서 수많은 探查活動이 遂行되어 왔다. 現在에는 深海底 망간團塊의 商業的 生產을 위한 準備段階에 이르렀다.

深海底 鑛物資源에 대한 經濟學者들의 최근 分析에 의하면 1995年부터 1997年 사이에는 망간團塊의 商業的 生產이始作될 것으로 展望되고 있다. 本 發表에서는 深海底 鑛物資源 중 開發展望이 가장 밝은 것으로 判斷되고 있는 망간團塊를 中心으로 深海底 鑛物資源의 探查現況과 韓國의 探查方向에 대하여 論하고자 한다.

II. 深海底 鑛物資源 探查 現況

1. 歷史的 背景

深海底 망간團塊는 1870年代初 大西洋에서 발견된 이래 단순한 科學的 호기심에서 研究가 시작되었으나 1958年 美國 海洋學者들이 廣範圍한 地域에서遂行한 體系的인 海洋探查 結果, 망간團塊가 深海底面에 막대한 量이 賦存되어 商業生產이 可能함이 밝혀졌다.

1960년 망간團塊 分布 및 賦存潛在力이 最初로 발표되어 망간團塊에 함유된 망간, 鐵, 니켈, 코발트의 賦存量은 全人類가 약 200年 이상 使用할 수 있는 量으로 評價되었다. 특히, 한 探查地點에서 약 40kg의 망간團塊를 採取하였으며, 망간團塊 分析結果 코발트의 含量이 약 1%로 그 資源的 價值가 높게 評價되었다. 이때부터 深海底 망간團塊를 開發하기 위한 研究가 多각적으로 遂行되었다.

망간團塊의 開發에最初로 관심을 갖고 探查活動을始作한 것은 카나

다의 International Nickel Company(INCO) 였다. INCO 는 1959年부터 太平洋海域에서 망간團塊를 學術的 次元을 넘어 開發을 위한 探查를 집중적으로 수행하였으며, 망간團塊의 採礦 및 製鍊 System 을 개발하였다. 또한 1961年부터 美國의 Kennecott Copper 社도 深海底 망간團塊 開發을 위한 研究에 참여하여 太平洋에서 探查活動을 계속하고 있다. 1962年에는 美國의 造船業界가 深海底 資源 探查에 참여하였고, 深海底 망간團塊 開發을 위한 探查船, 採礦船을 建造하였다. 1964年에 世界 最初의 망간團塊 專門探查船 Prospector 號가 建造되어 太平洋 지역에서 探查活動에 활용되었고, 1977年에는 Deep Sea Miner II 號를 建造하여 採礦試驗을 마쳤다. Lockheed Missiles and Space 社는 1964年부터 망간團塊 開發에 참여하여 Glomar Explorer 號를 이용하여 太平洋에서 探查活動을 벌였고 1976年 콘소시엄 OMCO 를 설립하였다.

이러한 민간기구들의 활발한 망간團塊 開發活動에 힘입어 美國政府는 1969年부터 NOAA(美海洋大氣廳)를 통하여 망간團塊 探查 및 研究를 지원하였다. 1973年부터는 NSF(美科學財團)를 통하여 每年 10억 원 이상씩을 망간團塊의 成因研究와 探查에 지원하고 있다. 이러한 財政的 託임으로 美海洋學者들은 太平洋에서 DOMES 및 MANOP Project 를 수행하였다.

프랑스에서는 國立海洋研究所가 주관이 되어 1970年부터 太平洋에서 망간團塊 探查活動을 시작하였고, 1974年에 深海底礦物資源 開發을 위한 콘소시엄 AFERNOD 를 設立하여 探查와 開發을 위한 研究에 주력하였다. 1984年에 深海底礦業의 실질적인 準備를 위하여 GEMONOD 를 設立하여 深海底礦業에 필요한 技術的인 제반 문제점을 검토하고 있다.

日本의 경우에는 1974年부터 政府가 직접 망간團塊 探查와 開發에 投資하였고, 현재에는 深海底 망간團塊 開發을 위한 會社인 DORD 를 設立하여 探查活動과 開發을 위한 準備를 하고 있다. 또한 日本 企業들도 國際콘소시엄을 통하여 막대한 投資를 하고 있다.

그외 蘇聯, 뉴우질랜드, 英國 및 獨逸 등의 國家도 政府主管으로 망간團塊 探查 및 開發에 參與하고 있다.

이상과 같이 深海底 망간團塊 探查 및 開發研究에는 美國의 4大 深海底礦業 콘소시엄이 주축이 되어 주로 太平洋에서 활발히 探查活動을 전개하고 있다.

2. 探查結果

1960年代부터 深海底礦業을 目的으로 활발히 수행된 망간團塊 探查結果는 극히 제한된 地域에 한해서 公開되었다. 1972年까지의 探查活動結果 망간團塊 開發潛在力이 가장 큰 지역은 太平洋의 클라리온-클리퍼턴地域으로 判明되었다.

약 250萬㎢에 달하는 클라리온-클리퍼턴 海域에는 多樣한 形態의 망간團塊가 밀집·분포되어 있다. 그러나 제1세대 深海底礦業에 필요한 採算點은 니켈과 구리의 含量이 1.8% 이상, 망간團塊 賦存量이 $5\text{kg}/\text{m}^2$ 이상이 되어야 한다. 따라서 실제 開發可能한 地域은 약 125萬㎢이다.

1972年 이후 美國의 深海底礦業 콘소시엄과 日本, 프랑스, 英國, 蘇聯 등의 여러 국가들은 北東 太平洋 클라리온-클리퍼턴 지역을 집중적으로 探查하였다.

美國의 경우 콘소시엄이 實海域 探查에 投資한 額數는 약 2000억 원에 이르며, 實海域 探查時間은 75000時間 즉, 3000日을 太平洋海域에서 망간團塊 探查에 소요하였다.

프랑스의 公式發表에 의하면, 1970年부터 1986年까지 17年동안 遂行한 深海底 망간團塊 探查回數는 42회이며, 망간團塊 探查에 소요한 海洋에서의 實作業日數는 1200日이었다. 채취한 망간團塊試料는 5500個, 化學分析資料 45000點, 海底面 사진 12000枚를 획득하였다.

지금까지 각국의 探查成果에 대한 綜合評價는 최근 유엔海洋法協約下에서 深海底礦業 開發礦區를 申請·割當된 것으로 알 수 있다. 일찌기 망간團塊를 調査·研究한 先行投資家들은 개발이 가장 유망한 지역에 開發礦區를 신청하여 프랑스, 日本, 蘇聯의 경우 각각 75,000㎢씩의 礦區를 인정받았으며, 美國, 英國 및 獨逸은 이와는 달리 自國의 海洋礦物資源開發法 體制下에서 開發礦區를 확보하였다.

3. 探查技術

深海底 探查技術은 鎳物資源 開發에 필수적인 정보를 얻기 위한 방편으로 점차적으로 발달하여 왔다. 深海底 鎳物資源 開發에 필요한 探查技術은 일반 海洋探查와 마찬가지로 다음과 같은 條件들을 만족하여야 한다.

첫째, 探查地點의 정확한 位置測定

둘째, 探查地域의 精密한 水深과 地形의 把握

셋째, 攪亂되지 않은 研究試料의 採取

넷째, 試料 採取地點의 海底面 狀況의 把握

다섯째, 地層探查, 重力探查 및 磁力探查를 통한 地質環境과 海流, 水溫, 鹽分度 등의 海洋環境 把握등이다.

망간團塊 開發을 위한 研究가 시작된 1960年代初에는 水深 5000m 이상의 深海底 探查活動에 어려운 점이 많았다. 探查地點 位置把握의 不正確性, 探查航行線上에서만 이루어지는 水深과 地形探查, 試料採取의 높은 失敗率, 低速의 항해시에만 가능한 地層探查 등으로 廣闊한 深海底의 精密한 探查研究에는 많은 제한이 있었다.

오늘날의 深海底 探查技術은 과거 調査船上에서 간접적인 方法으로 정보를 얻는 데 반하여 직접적인 方法으로 정보를 얻는 探查技術로 발전했다. 調査地點의 위치는 GPS 시스템의 開發로 深海에서도 精密度가 수미터 이내로 정확해졌으며, 多技能 探查機器의 開發로 짧은 시간에 넓은 지역에 대하여 正確한 水深, 地形, 海底面 狀況 등의 情報를 동시에 획득할 수 있게 되었다. 水深 6000m 이상의 深海에서 사용할 수 있는 Deep-Towed Side-Scan Sonar, Multi-Beam Echo-Sounder(Sea Beam, Hydrosweep), Deep-Towed Video Camera System 등의 開發로 망간團塊 探查의 非能率性과 資料의 不正確性을改善할 수 있었다.

위의 多技能 精密機器들은 10cm 정도의 精密度를 갖고 있어서 採鑛時 문제가 되는 海底絕壁, 岩體 등 地形障礙物의 把握은 물론, 探查地域의 廣域 精密地形을 짧은 시간내에 把握할 수 있는 長點이 있다.

또한 1980年 후반에는 6000m 이상의 深海까지 潛航할 수 있는 有人

또는 無人 潛水艇들이 開發되어 海底面狀況을 직접 관측하거나 필요한 試料를 직접 채취할 수 있게 되었다. 實例로 프랑스의 경우에는 潛水艇 *Nautile*號를 利用하여 6000m 水深에서 海底堆積物의 地質工學的 特性을 직접 測定하였다.

III. 韓國의 深海底 鑛物資源 探查

1. 深海底 鑛物資源 研究

韓國의 深海底 鑛物資源 研究는 西歐先進國에 비하여 매우 늦게 시작되었다. 그러나 海洋學者 및 地質學者들은 海外情報률 廪集하는 과정에서 망간團塊에 대한一般的事實과 世界研究動向을 認知하고 있었다.

1982年 科學技術處 주관하에 海洋研究所가 國내에서는 처음으로 “深海底 鑛物資源 開發方案 研究”를 遂行하여 우리나라가 深海底 資源開發에 참여할 方案과 이에 필요한 國家政策 決定에 참고되는 資料를 제시하였다.

1983년에는 科學技術處로부터 研究費를 지원받아 海洋研究所 주관으로 “深海底 鑛物資源 開發研究”를 遂行하였으며, 研究遂行過程에서 우리나라 最初로 深海底 探查를 실시하였다. 探查地域은 太平洋 클라리온-클리퍼턴 地域이었으며 探查結果 20개 調查地點에서 망간團塊 약 100kg과 海底堆積物을 採取하였으며 地球物理探查도 실시하였다. 이 때 採取된 망간團塊 및 堆積物 試料를 대상으로 계속 研究를 수행하였다.

1988年 海洋研究所는 “深海底 鑛物資源 開發研究”를 3次年 計劃으로 재차 遂行하고 있다. 1次年度 研究內容은 韓國의 독자적인 망간團塊 開發鑛區를 확보하기 위한 戰略方案과 有望 開發鑛區 選定 그리고 探查 計劃을 수립하는 것이다. 有望 開發鑛區는 太平洋 클라이온-클리퍼턴 地域에서 약 520,000㎢ 地域을 選定하였다.

2. 深海底 探査技術 水準

深海底 鑛物資源 探査는 深海底 專門探査船, 深海底 探査機器 및 鑛物資源 專門研究人力이 갖추어졌을 때 가능하다. 또한 深海底 探査技術과 충분한 經驗이 있을 때 효율적인 探査遂行과 探査結果를 기대할 수 있다.

국내 最初로 遂行한 太平洋 망간團塊 探査時에는 이러한 여러 여건중 어느것 하나 충분하지 못하였음에도 探査結果는 성공적이었다. 비록 外國의 探査船과 探査機器를 賃借하여 활용하였다 하더라도 韓國 海洋學者들이 探査計劃을 수립하고 실행을 주도한 것은 독자적 深海底 探査 가능성을 보여준 것이다.

海洋研究所는 국내에서는 유일한 1200톤급 深海專門探査船을 1991年 까지 건조할 計劃이다. 探査船은 深海底 망간團塊를 精密探査할 수 있는 특수장비를 갖추게 된다. 人工衛星 航法 System, 水深 6000m 의 深海底面 試料採取 System, 그리고 深海底 精密地形 探査機器인 Sea Beam, 深海底面 觀擦機器인 TV-Camera System, 深海底面 障碍物 調査機器인 Deep Towed Side Scan Sonar 등의 深海底 探査機器가 搭載될 예정이다.

海洋研究所는 국내 유일한 海洋綜合研究所로 深海底 鑛物資源을 研究하기 위한 충분한 研究人力을 확보하고 있다. 1983年 實海域 探査에서 採取한 망간團塊와 深海底 堆積物에 대한 研究를 꾸준히 수행하여 왔으며 深海底 鑛物資源을 研究할 수 있는 專門性을 構築하였다. 특히 그동안 遂行하여 온 研究事業을 통하여 深海環境에서의 探査活動은 深海底 鑛物資源 探査에 임하는 충분한 經驗과 技術蓄積의 계기가 되었다.

따라서 調査船이 건조되는 1991年에는 韓國의 深海底 鑛物資源 탐사 여건이 완전히 갖추어지며 지금까지 蓄積된 海洋探査 經驗은 韓國이 독자적으로 深海底 鑛物資源 探査活動을 하기에 충분한 技術水準으로 판단된다.

3. 探查計劃

韓國의 獨자적 深海底 망간團塊 開發鑛區를 확보하기 위한 方案으로 太平洋 클라이온-클리퍼턴 地域에서 망간團塊 賦存 潛在力이 높은 곳으로 판단되는 5개 地域의 有望 開發鑛區 약 520,000㎢ 를 우선 선정하였다.

選定된 각각의 開發 有望地域에 대한 망간團塊의 分포 및 潛在力を 評價하고 地質·地理的 環境을 조사하여 實海域 探查에 기본적 방향을 설정하였다.

1回의 實海域 探查에서 遂行할 수 있는 능력은 概括探查의 경우 探查面積 5만 ㎢ 가 적절하며, 이보다 작을수록 效率적인 探查結果를 얻을 수 있다.

開發 有望地域으로 선정된 第 1候補地域은 약 18만 ㎢, 第 2候補地域은 약 15만 ㎢, 第 3候補地域은 약 9만 ㎢로 1회의 � 實海域 探查能力을 초과하는 방대한 地域이다. 따라서 實海域 探查効率을 높이고 開發 有望地域을 精密評價·分析하기 위하여 각 候補地域에 대해 探查를 목적으로 하는 몇 개의 小區域으로 세분하였다. 探查 小區域은 약 4~6만 ㎢의 面積을 가지며, 각각의 小區域에 대한 探查 優先順位를決定하였다.

有望 開發鑛區 探查計劃은 每年 3회의 探查活動을 4年間 遂行하는 것이다. 이러한 집중적인 探查에서 얻어진 調査結果는 開發鑛區를 選定하기에 충분한 것으로 판단된다. 선정된 開發鑛區에 대한 精密調査는 현재 先進國에서 수행하고 있는 深海底 鑛物資源 探查技術 Phase III와 Phase IV의 方法을導入, 應用할 것이다.

망간團塊를 위시한 鑛物資源 探查計劃의 일환으로 1989年에는 약 50 일간의 實海域 探查를 計劃하고 있다. 韓國은 아직 深海底 探查專門調查船이 없고 또한 探查機器도 확보하지 못한 점을 고려하여 調査船이 확보될 때까지 深海底 探查에 經驗과 裝備를 보유한 外國과 共同研究形態로 探查를 수행할 計劃이다.

今年의 경우는 韓·美 共同海洋調查를 9月 6일부터 10月 28일까지 太平洋 Marshall 群島와 클라이온-클리퍼턴 海域에서 각각 수행할 예정이다.

討 論 內 容

金榮球 : 우리나라가先行投資家가 되면 광대한先行投資鑛區를 확보하여 國土에 준하는 國際的 地位向上을 꾀할 수도 있고 資源獲得의 가능성이 많아지는 것은 틀림없지만 그에 따른 유엔海洋法協約上의 義務履行 條項이 있음을니다. 현재 PrepComm에서도 이와 관련되어先行投資家 義務履行 문제가 논의되고 있는데 우리측의 입장은 정립되어 있는지, 정립되었다면 어떤 방향인지 묻고 싶습니다.

그리고 中國은 이미 1983年度에先行投資家로서의 登錄申請要件을 갖추었음에도 현재까지 관망의 태도를 견지하고 있는데 거기에는 그만한 이유가 있지 않을까 생각됩니다. 개인적 의견을 말한다면, 協約發效前까지는先行投資家를 전제하지 말고 국제콘소시엄에 우리 技術水準과 國力에 알맞게 參與하다가, 發效後 確保鑛區에 單獨開發로 參與한다면 여러가지 財政的 義務를 면 할 수 있고 技術蓄積도 가능할 것 같습니다.

鄭鍾洛 : 深海底事業 自體가 不確實性이 많고 環境要因의 변화 가능성이 많은 것 같은데 單獨開發의 경우 어느 정도의 評價만으로 經濟性이 있다고 할 수 있는지 궁금합니다. 덧붙여 이事業을 政府에서 주도해간다고 하셨는데 產·學協同을 통해서 기업과 공동으로 投資할 방안이 있는지도 알고 싶습니다.

洪載熹 : 우리나라가 登錄要件을 갖추어 등록한다고 했을 때 우리에게 그만한 시간적 여유가 있는지, 또 300만불을 投資해서 探查活動을 했을 경우 가장 유망한 노른자위 鑛區를獲得할 수 있는지 묻고 싶습니다.

洪承湧 : 金榮球 교수님의 質問은 첫째가先行投資家の 義務事項을 충분히 검토했느냐 하는 것과 協約發效前先行投資家와 協約發效後 留保鑛區 參與중 어느 것이 유리하겠느냐 하는 質問으로 이해했습니다. 먼저先行投資家에 도전하는데 따르는 財政的 義務에는 첫째先行投資家로서 등록비 250萬弗, 둘째 광구등록이후 년간고정납부료 100萬弗씩, 세째先行投資家로서 광구확보 후定期的 探查活動이 있습니다. 이에 덧붙여 開發廳에 납부한 유보광구에定期的 探查活動을 수행하라는 權利이자 義務를 수 있는 條項이 있습니다. 광구확보후 언제일지도 모르는 商業生產 時點까지 매년 100萬弗씩 납부해야 하는 것은 財政的 負擔임에 틀림없습니다. 그러나 현재 海洋法準備委員會에서 이를 완화하는 問題가 금년 봄부터 심도있게 검토되고 있으며,先行投資家가 開發廳의 留保鑛區를 探查할 경우 探查活動에 소요된 實費를 유엔에서 들려주게 되어있습니다. 이것은 어떤 의미에서는 義務條項이 아니라 技術開發을 위한 잇점으로서 이를 年間固定納付料와 연계시키는 문제를 準備委議長이 절충중에 있습니다. 제 의견으로는 이 問題가 낙관적으로 진행되리라 생각됩니다.

두번째 質問 즉 協約發效前에 資本投資家를 서두를 필요가 있겠느냐 하는 것인데 사실 이 두가지는 똑같은 이야기가 됩니다. 留保礦區 參與는 한 世代 다음에나 실행되는 것으로 착각을 하곤 하는데 사실은 留保區域에도 기술과 경험이 있어야만 들어갈 수 있습니다. 더군다나 유보구역에 들어가려면 좀 더 많은 政治力도 있어야 된다고 봅니다.

흔히들 中國과 우리를 비교하는데 中國과 우리나라는 세가지 점에서 다르다고 볼 수 있습니다. 첫째, 中國은 資源貧國이 아닙니다. 陸上資源이 엄청난 나라인데 비해 우리나라는 資源貧國입니다. 둘째, 정치적 측면에서 中國은 開途國의 리더로서 中國이 先行投資家가 되려 한다면 유엔에서 77그룹을 위시해 모두 도와주려는 입장인데 비해 우리나라는 그렇지 못합니다. 세째, 中國은 현재 아무런 활동도 하지 않으면서 國際動向을 예의주시하고 있는 것이 아니라 1976年 이후 10여년 동안 中太平洋에서 수많은 調查活動을 벌여왔습니다.

鄭鍾洛 교수님께서는 먼저 經濟性 分析에서 이를 둘러싼 여러가지 불확실한 요소들 즉 에너지 價格, 政治的 環境, 유엔準備委에서 海洋法協約이 어떤 식으로 절충될 것인가 하는 등의 요인들을 모두 포함시켰느냐 하는 것과 둘째 企業의 參與可能性에 대해 물으셨습니다. 먼저 불확실한 요인을 감안한 經濟性 分析은 어느정도 가정하에 확실한 상황에서의 投資分析技法을 그것도 단지 商業生產段階의 分析技法을 사용했을 뿐입니다. 또 80년대 초반보다 2배이상 인상된 니켈, 코발트, 망간각등의 金屬價格을 감안하지 못했습니다. 그래서 앞으로 經濟性 分析은 크게 3段階의 각 決定時點마다 수행되어야 할 것입니다.

현재까지 적극적인 參與 움직임을 보이는 企業은 없읍니다. 그러나 日本의 경우 政府에서 70%, 民間에서 30%의 合作企業形態로 DORD라는 公社를 만들었듯이 우리의 경우도 有望礦區의 探查活動이 1~2년 추진된 다음에 우리 政府의 태도가 확정되면 礦區確保 이후의 활동을 위한 公企業形態의 公社가 반드시 필요하고 거기에는 一般企業體의 參與가 포함되어야 한다고 생각됩니다.

洪載熹 局長님의 질문은 投資時限이 과연 충분한가 하는 것과 노른자위 礦區를 확보하겠느냐 하는 것인데 1983年부터 1989年 현재까지 7年間 41個國이 批准했습니다. 나머지 19個國이 批准를 완료하는 時點은 대략 1992年 6月 정도로 전망됩니다. 60個國 비준 1년후 海洋法協約이 발효될 것이므로 1993年 중순까지 미국, 프랑스, 일본, 유엔의 모든 資料를 찾아서 가장 유망한 지역을 확보해야 되리라 봅니다.

金洙鎮 : 深海底礦業은 우선 探查가 이루어져야 하고 採礦, 選礦, 製錬過程까지의 기술이 확보되어야 합니다. 그러나 현재 우리나라가 관련기술을 확보하지 못하고 있으며 가장 취약분야가 소위 選礦分野라고 봅니다. 망간團塊는 여러 金屬이 복합되어 있어 비정상적이라 할만큼 粒度가 작습니다. 보통 礦

石과 다른 特性을 갖고 있어서 이를 만져보지 못한 사람은 접근할 수가 없읍니다. 이를 製鍊할 기술자가 얼마나 확보되어 있는가 하는 문제도 綜合的으로 검토되어야 할 것입니다.

망간團塊의 開發은 종합기술이 필요하기 때문에 探查에만 그칠 것이 아니라 採鑛·選鑛·製鍊등 綜合開發對策을 세워야만 事業의 성과가 있을 것으로 생각됩니다.

韓相俊：日本의 경우 探查는 海洋研究所·地質調查所등 연구기관에서 맡고 選鑛·採鑛試驗은 별도로 事業團을 구성하여 JAMSTEC같은 機構에서 수행하고 있습니다. 물론 日本은 探查段階를 지나 採鑛을 위한 最精密 調査와 採鑛試驗이 주를 이루고 있기는 합니다. 현재 段階에서 採鑛은 우리에게 대단히 광범위한 분야이며, 외국에서도 이 분야는 대부분 비밀로 하기 때문에 資料를 입수해서 보고 있는 정도입니다. 水深 1500~2000m에서 採鑛試驗을 했다고는 하나 國家別·試驗方式別로 다르기 때문에 계속적인 연구가 뒤따라야 할 분야입니다. 그러나 앞으로 商業的 採鑛이 이루어져 판매가 가능해지면 裝備나 기술도입이 용이해질 것으로 판단됩니다. 事前準備만 철저하다면 單獨鑛區를 확보하여 探查에 들어가도 큰 문제가 없으리라 봅니다.

製鍊에 대해서는 구리와 니켈 두가지 金屬을 합하여 1.8%정도면 經濟性이 있다고 합니다. 구리에 대한 製鍊은 가능하고 니켈은 아직까지 문제점이 있는 것 같습니다. 또 可採回收率은 經濟性 分析에서도 그렇고 實제로 미국 콘소시엄이 멕시코灣 水深 1500m에서 테스트한 결과 25%가 나왔습니다. 回收率은 裝備와 망간團塊의 크기, 海底面 狀態가 대단히 중요합니다. 예를 들어 sea beam裝備는 multi channel로서 水深의 90%가량을 탐사할 수 있는 우수한 裝備로서 水深 5000m를 한번 지나가면 4km이상의 海底面 狀態가 綜合的으로 그려집니다. 우리나라에도 후년 이후에 투입될 전망입니다.

金鍾煥：망간團塊가 深海에서 형성되면 海底가 소위 海底擴張說에 따라 海溝쪽으로 이동할텐데 圖面에서 보는 바와 같이 海溝 가까운 쪽에 망간團塊가 거의 부존하지 않고 있습니다. 그 이유를 설명해 주십시오.

金洙鎮：왜 太平洋의 表面에만 망간團塊가 있느냐하는 문제에 대해서 많은 사람들이 연구를 해왔습니다. 그것은 소위 環境과 관련되는데 일반적으로 밀으로 내려가면 없어지는 것으로 되어 있으나 環境만 허락하면 그대로 보존되어 있는 경우도 있습니다. 그러나 현재 太平洋 海底에는 없는데 그것은 망간團塊가 有機物과 함께 쌓여 소위 reduction environment가 되면서 Mn^{4+} 가 Mn^{2+} 로 녹아버립니다. 녹아서 위로 올라오기 때문에 海底 表面에만 망간團塊가 존재하게 되는 것입니다.

朴炳權：이 프로젝트를 기획하고 있는 입장에서 選鑛과 製鍊에 관해서 말씀드리고 싶습니다. 현재 海洋研究所에서 추진하고 있는 이 프로젝트가 海洋研

究所의 單獨 프로젝트가 아니고 national project이기 때문에 시작은 海洋研究所가 했으나 海洋研究所만 하는 프로젝트라고는 생각하지 않습니다. 그래서 앞으로 政府에서 추진하는 여러가지 事業이 大規模化 되면서 研究所·學界·企業이 공동으로 이를 추진하는 體制가 될 것으로 전망됩니다.

羅貞烈 : 探査와 관련해서 기술적인 말씀을 드리겠습니다. 맨처음 acoustic裝備인 sea beam 내지는 side scan sonar로 探査를 한 다음에 부존여부는 TV camera를 내려서 시각적으로 확인하는 探査方法을 쓴다고 하셨는데 카메라가 200m 촬영하는데 약 10시간 걸린다면 第1候補地域의 면적 약 20만km²를 탐사하는데 1000일이 걸린다는 결론이 나옵니다. 우리나라가 아직 가져보지 못한 sea beam 내지는 deep towed side scan sonar에 대한 資料를 외국에서는 어떤 식으로 分析하고 있는가를 미리 연구하신다면, 또는 探査時間 동안 기술을 축적하신다면 그 넓은 지역에서 可能性이 높은 지점을 찾는데 시간적·비용적으로 效率을 볼 수 있지 않을까 합니다.

또 한가지 앞으로 生產을 염두에 두신다면 그 候補地域의 environmental impact도 대단히 중요한 것 같은데 강박사님께서 발표하실 때 3가지 海流, 鹽分, 溫度만을 언급하시고 氣象에 대한 말씀이 없으셨습니다. 氣候條件 및 海洋物理的 調査를 철저히 하면 나중에 큰 도움이 될 것으로 생각됩니다.

韓相俊 : acoustic裝備를 먼저 쓰고나서 그것에 의해 망간을 探査하는 것으로 말씀하셨는데 사실은 그렇지가 않습니다. 현재 acoustic裝備의 해석에 대한 모델도 나와있고, acoustic裝備를 신게되면 배의 航海速度가 대단히 늦어지는 단점이 있습니다. 또한 side scan sonar를 水深 6000m에 내린다는 것은 대단히 어려운 工學으로서 어떤 의미에서는 探礦보다 더 힘듭니다.

실제로 망간團塊 表面의 分布量이 얼마나 하는 것은 약 80m × 80m, 30m × 30m되는 box corer나 free fall grab을 여러개 내려서 그 지점의 算術平均을 먼저 구합니다. camera, side scan sonar, sea beam과 같은 장비는 확인 작업에 쓰이는 것입니다.

吳在京 : 深海底開發이 위협이 있는 事業임에는 분명하나 海洋을 개발한다는 긍지와 자신감을 넣어주는 측면에서 危險要所를 감안하고서라도 적극적으로 추진해야 할 것입니다.

許亨澤 : 이 프로젝트의 始作段階부터 참여한 한 사람으로서 감회가 깊습니다. 1983年度에 처음으로 韓相俊 박사가 중심이 되어 探査活動을 수행하기도 했습니다. 그 당시에는 1984年度가 先行投資家가 되는 限界時點이어서 그 時點을 맞추기 위해 노력했었습니다. 그러나 이 사업이 좌절되었던 이유는 每年 100萬弗씩 내는 年間固定納付料에 대한 負擔 때문이었습니다.

海洋法 批准自體가 예상보다 늦어짐으로써 先行投資家가 될 수 있는 기회가 다시 온 것 같습니다. 未來指向의인 國家計劃을 추진한다는 관점에서 불

때 太平洋 한가운데 75,000㎢의 거대한 鎳區를 확보한다는 것은 상당히 의미 있는 일입니다. 先行投資家가 되든 留保鎳區에 참여하든간에 이 시점에서 技術開發만은 꼭 이루어야 된다고 봅니다.

司　會：이러한 세미나를 개최해주신 海洋研究所 뿐만 아니라 科學技術處, 外務部, 動力資源部에 감사드리며, 적극적으로 討論에 참여해주신 討論者 여러분께도 감사를 드립니다.