

# 深海底鑛物資源開發의 投資妥當性

## —多變數意思決定分析技法의 應用—

趙東成\* · 洪承湧\*\* · 朴在天\*\*\*

〈目 次〉	
I. 要 約	IV. 適 用 例
II. 背 景	V. 結 論
III. 理 論	

### I. 要 約

多變數意思決定分析(multi-attribute decision analysis)技法은 간단히 직관에 의하여 해결되기 어려운 意思決定環境 下에서 意思決定者로 하여금 주어진 問題를 조직적으로 分析할 수 있는 도구를 제공하여 준다. 同方法은 절대적이고도 객관적인 가치에 의해 分析되어 오던 종래의 意思決定方法과는 달리 效用이라는 주관적 가치를 척도로 最適代案을 선정하므로 그 應用範圍가 매우 넓고 意思決定者에 대하여 높은 설득력을 가질 수 있다.

深海底에 散存해 있는 망간단괴를 開發하고자 추진하고 있는 政府事業을 私企業이 아닌 政府의 眼目에서 問題를 分析하고자 多變數意思決定分析技法을 適用하였다. 適用決果는 종래의 수입·지출로 이루어지는 단순분석보다는 政府의 立場을 더욱 效果의으로 設明하였으며 또 事業의 公共性을 잘 表現하여 주었다. 選定된 最適代案, 즉 事前投資家資格을 획득 하자는 方法은 事業費用, 財政負擔 等の 面에서는 他案보다 열등하지만 技術開發, 産業聯關 等の 效果面에서는 他案보다 월등히 우월하여 종합적인 見地에서 가장 적절한 案으로 選定되었다. 多變數意思決定分析技法은 意思決定者의 주관적 가치의 계량화를 통하여 문제를 포괄적이고 체계적으로 이해하는 수단이라 할 수 있다.

\* 本研究所 研究員, 서울大學校 經營學科 助教授

\*\* 韓國科學技術院 附設 海洋研究所 海洋政策研究室長

\*\*\* 韓國科學技術院 附設 海洋研究所 海洋政策研究室 前任研究員

## II. 背 景

1982년 봄 뉴욕에서 開催된 제11次 UN 海洋法會議에서는 10년이나 끌어 오던 海洋法案을 타결시켰다. 이로써 同法에서 논쟁의 초점이 되었던 深海底鑛物도 開發이 可能하게 되었다. 深海底鑛業의 對象物인 망간단괴에는 約 40여종의 有用금속이 포함되어 있으며 이 중에서도 니켈, 銅, 코발트, 망간 등이 經濟的인 價値를 지니고 있다고 알려져 있다. 따라서 深海底鑛業을 위한 投資分析을 위하여 國際的 動向 및 우리나라의 立場을 살펴 보도록 한다.

### 1. 深海底鑛業의 現狀

深海底鑛業에 대한 海洋法の 基本精神은 「人類的 共同遺産」이라는 概念으로서 國際連帶性에 입각한 共同體 의식에 따라 深海底를 어느 特定한 國家의 獨占下에 두지 않고 人類全體가 共同으로 利用하여야 한다는 것이다. 이러한 제의는 곧 開發途上國들의 환영을 받았으며 1969년 UN總會에서는 深海底를 관장할 國際體制가 條約으로 確定되기 前에는 深海底資源의 探查 및 開發을 금지하기로 決意한 바 있다. 이러한 行動은 自由로운 開發을 主張하고 있는 先進諸國들과 利害가 相衝되는 까닭에 많은 논란이 계속되어 왔다. 그러나 UN 海洋法協約에서는 深海底가 人類的 共同遺産이란 立場에서 그 資源의 開發에 關하여도 종래의 公海自由의 原則에 입각한 個別國家의 開發을 허용치 않도록 타결되었다. 그에 따라서 國際深海底機構(International Sea-bed Authority)가 성립하였다. 이러한 체제는 深海底의 開發이 世界經濟의 健全한 發展, 國際貿易의 균형 있는 성장, 特히 開發途上國들의 發展을 위한 國際協力增進을 도모하는 方向으로서 成立되었으며, 本來 意味의 國際共同開發과 先進國私企業을 통한 國際統制下의 個別的 開發이라는 併行 開發制度를 採擇하고 있다.

한편 深海底鑛業에 도전하고 있는 國際 콘소시움의 動向을 살펴보자. 世界的으로 가장 活潑하게 進行中인 망간團塊의 探查 및 開發을 위한 活動은 主로 5個의 국제 콘소시움에 의하여 이루어지고 있다. 여기에는 美國, 英國, 日本, 캐나다, 西獨, 벨기에, 네델란드, 프랑스, 이탈리아 등의 先進工業國들이 참여하고 있다(<표 1>).

이들은 대부분이 探查와 試驗模型테스트를 끝냈으며 技術水準은 大規模 商業生産이 可能的 단계에 이르고 있다. 海洋法은 이 國際 콘소시움들에게 深海底開發에 있어 우선권<sup>(1)</sup>을 주고 있어 여기에 참여하고 있는 國家들에 의하여 이미 確保된 鑛區數는 美國이 1.76개, 日本이 1.37개, 프랑스 1개, 영국이 0.36개, 캐나다가 0.37개, 네델란드가 0.39개, 그리고 벨

(1) 海洋法은 이미 投資한 실적이 있는 기업이나 국가의 기득권을 존중하여 이들에게 事前投資家(pioneer investor)의 자격을 부여하고 1개 鑛區씩 우선 배정하였다.

〈表 1〉 주요심해광업콘소시움

참 가 자	모 기 업	모기업의국적	참여율 (%)
OCEAN MINING ASSOCIATES (Formed May 1974. Estimated expenditures to date: \$ 80 million.)			
Essex Minerals Co.	U.S. Steel Corp.	U.S.	25
Union Seas, Inc.	Union Miniere	Belgium	25
Sun Ocean Ventures	Sun Company, Inc.	U.S.	25
Samim Ocean, Inc.	Ente Nazionale Idrocarburi(ENI)	Italy	25
KENNECOTT CONSORTIUM (Formed Jan. 1974. Estimated expenditures to date: \$ 50~60 million.)			
Kennecott Minerals Company	Sohio (British Petroleum owns majority of stock.)	U.S.	40
RTZ Deepsea Enterprises, Ltd.	Rio Tinto-Zinc Corp., Ltd.	Britain	12
Consolidated Gold Fields, PLC	Same	Britain	12
BP Petroleum Development, Ltd.	British Petroleum Co., Ltd.	Britain	12
Noranda Exploration, Inc.	Noranda Mines, Ltd.	Canada	12
Mitsubishi Group	{ Mitsubishi Corp. Mitsubishi Metal Corp. Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.	Japan	12
OCEAN MANAGEMENT, INC. (Formed Feb. 1975. Estimated expenditures to date: \$ 45~50 million.)			
Inco, Ltd.	Inco, Ltd.	Canada	25
AMR(Arbeitsgemeinschaft Meerestechnisch gewinnbare Rohstoffe)	{ Metallgesellschaft AG Preussag AG Salzgitter AG	West Germany	25
SEDCO, Inc.	Same	U.S.	25
Deep Ocean Mining Co., Ltd. (DOMCO)	23 Companies	Japan	25
OCEAN MINERALS COMPANY (Formed Nov. 1977. Estimated expenditures to date: \$ 120 million.)			
Amoco Ocean Minerals Co.	Standard Oil of Indiana	U.S.	30.7
Lockheed Systems Co., Inc.	{ Lockheed Aircraft Corp. Lockheed Missiles and Space Co., Inc.	{ U.S. U.S. }	30.7
Ocean Minerals, Inc.	{ Billiton BV (Royal Dutch/Shell group) BKW Ocean Minerals (subsidiary of Royal Bos Kalis Westminster Group, NV)	{ Netherlands Netherlands }	{ 30.7 7.9 }

기에, 서독, 이탈리아가 각각 0.25개씩이다. 이 밖에 광구확보에 우선권을 갖고 있는 나라는 소련과 인도로 각각 1개씩 保有하기로 되어 있다. 따라서 現在까지 海洋法上에 인정된 鑛區數는 8個에 이르고 있다. (2)

(2) 許亨澤, A Feasibility Study on Deep Sea-bed Mining, 科學技術處, 1982, p. 44.

〈表 2〉 4大金屬의 國內需要展望

(單位: %)

		1981	1991	2001
니	켈	4,439	8,500	18,500
	銅	57,710	205,500	499,950
코	발트	27	180	420
망	간	112,806	266,400	372,000

資料: 許亨澤, 前掲書, pp. 103-106.

## 2. 우리나라의 立場

망간團塊의 4大金屬(니켈, 銅, 코발트, 망간)은 非鐵金屬合金, 鐵鋼機械, 電線, 自動車製造業 等 거의 모든 產業에서 利用되고 있는 필요불가결한 금속으로서 그 重要性이 높게 인정되고 있다. 그러나 우리나라는 4大金屬을 모두 수입하고 있어 높은 海外依存度가 문제점으로 지적되고 있다. 1981년 消費를 살펴 보면 니켈이 4,439톤, 銅이 57,710톤, 코발트가 27톤, 그리고 망간이 112,806톤으로 거의 全量를 海外에서 輸入하였으며 이를 위하여 2억 4,500만달러를 지불하였다. 앞으로의 需要展望을 살펴 보면 〈表 2〉와 같다.

表에 의하면 4大金屬 中 가장 經濟性이 높은 니켈을 기준으로 하여 생각하면, 2001년에는 18,500톤의 수요가 발생할 것으로 전망되며 이는 深海底 망간團塊 約 150만톤<sup>(3)</sup>에 해당한다.

한편 海洋法에 의하면 開發途上國의 경우 1985년 1월 1일까지 研究開發活動에 3,000만달러 以上을 投資하면 事前投資家(pioneer investor)의 資格을 取得하게 된다. 우리나라의 경우도 開發途上國에 對한 條項이 適用되며 既存探查活動을 基盤으로 次後 探查活動을 적극 活化할 경우 事前投資家資格을 取得할 수 있다. 이러한 方案을 包含하여 現海洋法 下에서 우리나라가 深海底開發에 참여할 수 있는 方案은 다음과 같다.

① 1985년 1월 1일까지 研究開發活動에 3,000만달러 以上을 投資하여 事前投資家資格을 獲得하는 方法.

② 既存 國際 欸소시움에 출자하여 지분을 확보함으로써 間接적으로 참여하는 方法.

③ UN 海洋法協約 發效 이후 留保地域<sup>(4)</sup>에 技術을 保有한 開發途上國으로 參與하는 方法.

④ UN 海洋法協約 發效 以後 國際深海底機構 傘下의 深海底企業(enterprise)에 參與하는 方法.

(3) 망간團塊의 니켈 함유량을 1.4%로 보고 제련효율을 90%로 보아 逆算하였음.

(4) 事前投資家は 設定鑛區와 같은 조건의 1개 鑛區를 深海底機構에 헌납하여야 하며 이러한 영역은 國際共同開發을 위하여 留保된다.

⑤ 先進國들로 구성된 小條約<sup>(5)</sup>에 加入하는 方案.

### III. 理 論

投資決定을 보조하기 위한 方法으로는 資本回收期間法(PBP: Payback Period), 內部收益率法(IRR: Internal Rate of Return), 純現價法(NPV: Net Present Value), 投資收益率法(ROI: Return on Investment) 등이 있다. 그러나 이러한 方法들은 다음과 같은 矛盾點을 內包하고 있다.

- ① 特定假定下에서 理論이 展開되어 普遍妥當性을 갖지 못한다.
- ② 數値의 絕對性을 欠缺하고 있으며 그 可能性, 즉 確率은 무시되고 있다.
- ③ 計量化되기 어려운 質的 變數는 다루어지지 않고 있다.

反面 深海底開發事業은 經濟·技術的 側面과 함께 政治·外交的 側面, 또 公共的 性格을 고려해야 하며 많은 不確實性이 介在되는 까닭에 最近 效用理論을 基礎로 하여 發展되어 온 多變數意思決定分析技法이 더 나은 分析技法이라고 판단된다. 따라서 同事業의 속성을 分析하여 이 分析技法을 利用할 必要性和 함께 그 根幹理論을 說明하기로 한다.

#### 1. 內包된 問題點

最近 플립스가 발표한 報告書에서는 深海底開發事業의 內部收益率(IRR)이 8.5%로 算定되었다.<sup>(6)</sup> 우리나라의 경우는 상당한 費用節減을 이룰 수 있을 것으로 期待되어 이보다 높은 14.79%의 內部收益率이 계산된다.<sup>(7)</sup> 그러나 深海底開發에 따르는 諸般 問題點을 살펴 볼 때 이 정도의 內部收益率은 同事業의 當爲性을 立證하기에 매우 부족하다. 그러나 投資收益率만으로 同事業을 評價할 수는 없으며, 그 理由는 다음과 같다.

- ① 政府는 深海底鑛業을 收益性的 概念에서가 아니라 深海底鑛業의 育成, 鑛物需給의 安定, 深海底技術의 開發 等 보다 多角的인 面에서 검토하여야 한다.
- ② 同事業은 世界的으로 과거에는 존재하지 않았던 新種鑛業으로서 이에 부수되는 많은 위험이 예견된다.

結論的으로 이러한 事項을 表現할 수 있는 質的 變數의 分析이 없이는 同事業의 評價가 不可能하다. 따라서 深海底開發을 위한 投資分析技法은 다음과 같은 事項을 만족시켜야 한다.

(5) 1982년 9월 조인된 美, 英, 佛, 獨 間의 條約으로 海洋法과 對置하고 있다.

(6) J.E. Flipse, *An Economic Analysis of a Pioneer Deep Ocean Mining Venture*, Texas A&M University, p. 62.

(7) 許亨澤, 前揭書, p. 117.

① 深海底開發로 인한 直接 또는 間接效果가 充分히 分析 檢討되어야 한다. 檢討事項으로는 鑛物의 安定需給, 經濟的 波及效果, 技術開發, 政治的 波及效果 等を 包含하여야 한다.

② 深海底開發은 大規模 資本과 長期 회기기간을 要하는 事業이므로 우리나라의 財政的 부담능력과 事業의 收益性이 比較 檢討되어야 한다.

③ 深海底鑛業은 과거의 경험이 전혀 없는 새로운 分野인 만큼 무경험에서 派生될 수 있는 問題點이 發生할 소지가 많다. 따라서 이러한 政治, 經濟, 技術上의 不確實性<sup>(8)</sup>을 充分히 고려하여야 한다.

이러한 檢討事項을 보건대 단순한 수입과 지출의 分析보다는 위에서 제시된 目的變數들을 주관적 價値를 나타내는 效用의 개념으로 綜合 檢討할 수 있는 多變數意思決定分析技法이 더욱 妥當하다.

## 2. 效 用

效用의 概念은 意思決定을 行할 때 代案들을 比較하기 위한 數量的 基準設定의 必要에 의하여 發展되어 왔다. 이 概念의 基本前提는 어느 한 意思決定者가 選擇한 案을 다른 案보다 더 選好하게 되면, 그 사람에게는 選擇한 案이 보다 큰 效用을 가진다는 것이다. 이러한 效用의 對象은 貨幣, 商品, 危險性, 知識 等 모든 實體가 될 수 있다.

베르누이<sup>(9)</sup>는 不確實성이 介在된 金額의 가치를 測定하기 위하여 聖페테르스부르크의 역설이라는 게임을 고안하여 이 게임이 무한의 期待値를 가졌지만 참여한 사람은 단지 2~3달 러만을 投資하려는 矛盾된 現狀을 지적하였다. 결국 이 게임은 사람의 行動이 期待値에 의하여만 좌우되지 않는다는 것을 보여 주었다. 이어 베르누이는 이 矛盾에 對한 說明으로 베르누이原則(또는 期待效用의 原則)을 假定하여 사람들은 게임의 效用에 상응하는 現金을 지불하려 한다고 主張하였다. 이 原理에 입각하여 그는 聖페테르스부르크 게임은 무한의 기대치를 가졌음에도 불구하고 이 게임의 效用은 단지 2달러에 지나지 않음을 밝혔다. 베르누이의 해석은 행동적(behavioral) 관점에서는 충분히 입증되지 않았었다. 최근 들어 수학자 노이만과 경제학자 모겐슈테른은 『게임이론과 경제활동』<sup>(10)</sup>을 共著하여 合理的 行動公理(axioms of rational behavior)를 設定하고 期待效用의 假說을 立證하였다. 當時에는 이 假

(8) 朴在天, 「深海底鑛業의 不確實性」, 『海洋研究所報』, 4권 1·2호(1982).

(9) Daniel Bernoulli, "Exposition of a New Theory of the Measurement of Risk," *Econometrica*, 1954, pp. 23-36. (Translation of a paper, "Specimen Theorie Novae de Measura Sortis," *Papers of the Imperial Academy of Sciences in Petersburg*, 1738.)

(10) J. von Neumann and Oskar Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behavior*, 2nd ed., Princeton, N.J.; Princeton University Press, 1947.

說이 게임理論과 관련된 行動樣式을 說明하는 근거로서만 重要하게 여겨졌지만 現代에는 多方面에서 광범위하게 適用되고 있다. 이들은 期待效用의 假說을 通하여 傳統的 經濟學者가 商品의 選好順位(preference ordering)를 말하는 것과 같이 不確實性이 介在된 期待補償金額에 對한 選好順位測定을 가능하게 하여 준다. 즉 이들의 根本的인 공헌은 개인이 期待效用(expected utility)에 따라 行動한다는 것은 그의 主觀的 實際價値에 따라 行動한다고 볼 수 있으므로 效用이 意思決定問題에 適用될 수 있다는 것을 보여준 것이다. 따라서 不確實性 下에서의 最適投資政策은 最大期待效用(maximum expected utility)을 가지는 政策과 一致한다는 行動原則(behavioral principle)이 說明되게 되었다.

效用의 基本的 概念에는 論爭할 만한 여지가 별로 없으나 問題는 效用을 計量的으로 測定하려는 데서 發生한다. 效用을 測定하는 方法에는 다음의 4가지 主要그룹이 있다.<sup>(11)</sup>

- ① 直接順位測定法(Direct Rating Methods).
- ② 標準賭博方法(Standard Gamble Method).
- ③ 中央值方法(Mid Point Method).
- ④ 序列間隔方法(Ordered Metric Method).

### 3. 多變數意思決定分析技法

同分析技法의 根幹은 앞서 말한 노이만과 모겐슈테른에 의하여 설정된 行動公理에 基礎를 두고 있다. 이 公理는 다음과 같은 事項을 意味하고 있다. 즉 代案의 選好度는 ① 각 代案의 結果가 發生할 수 있는 可能性과, ② 意思決定者가 그 結果를 選好하는 程度에 좌우된다는 것이다. 이러한 意味의 基本的 概念은 모든 意思決定은 主觀的 판단과 結果에 대한 可能性을 요구하며 또 그들의 好感度는 確率과 效用으로 각각 測定될 수 있다는 것이다. 方法論的인 면에서 보면 確率과 效用보다 더 높은 期待效用을 가진 代案이 選好되어야 한다는 것이다. 이러한 點은 실질적으로 意思決定을 위한 代案分析에 있어 價値와 판단을 포함하는 合理的이고도 一般的인 接近을 可能하게 하여 준다.

多變數意思決定分析技法의 應用은 다음의 4段階를 거친다.

① 「問題를 構成한다.」 이는 주어진 문제를 意思決定問題形式으로 構成하는 것을 意味하며 意思決定者의 認識, 代案과 目的變數의 選定이 包含된다. 意思決定者는 個人일 수도 있고 그룹이 될 수도 있다. 그룹일 경우 構成員이 모두 同一한 效用을 가질 수도 있으나 대부분의 경우 서로 다른 效用을 가진다. 이럴 때는 그룹을 分解(decompose)하여서 各各의

(11) J.C. Hull et al., "Utility and its Measurement," *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, Vol. 136 Part 2, 1973.

效用을 算定한 다음 다시 組合하는 과정을 취할 수 있다.<sup>(12)</sup> 代案과 目的變數의 設定은 問題의 철저한 分析이 先行되어야 하며, 一般的으로 많은 經驗이 요구된다. 代案의 數는 有限할 수도 있고 無限할 수도 있다.

② 「相異한 代案의 結果를 評價한다.」 代案에 의하여 예상되는 結果의 集合과 각 結果가 發生할 수 있는 確率을 算定한다. 結果에 對한 確率은 客觀的으로 예측되는 경우도 있으나 그렇지 못한 많은 경우에는 主觀的 예측치를 使用한다. 이러한 測定은 많은 問題를 야기하고 있다. 여러 方法이 이 목적을 위하여 개발되었으나 모든 方法이 많은 훈련과 經驗을 요구하고 있다.<sup>(13)</sup>

③ 「意思決定者의 效用을 測定한다.」 效用의 測定은 먼저 各變數에 對한 效用  $u_i(x_i)$ 를 測定한 다음 각 代案에 對하여 綜合된 多重變數效用(multiple attribute utility)  $u(x_1, \dots, x_n)$ 을 測定한다. 이 두 效用 間에는 函數關係가 成立되며 다음과 같이 표현된다.

$$u(x_1, \dots, x_n) = f(u_1(x_1), \dots, u_n(x_n), k_1, \dots, k_n). \quad (14)$$

$k_i$ 는 變數들 間의 代替(trade-off)를 表現하는 常數로서 각 變數의 重要度를 의미하는 것으로 解析된다. 特別한 多重變數效用函數에 關하여 많은 研究가 進行되어 있으나<sup>(15)</sup> 本稿에서는 線型加法效用函數(linear additive utility function)<sup>(16)</sup>를 가정하여 使用하였다. 이 函數는 다음과 같은 形態를 갖는다.

$$u(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n k_i u_i(x_i).$$

④ 「代案을 評價한다.」 代案을 評價하기 위하여는 代案  $A_i$ 에 對한 期待效用, 즉

$$E_i(u) = \int p_i(x) u(x) dx$$

를 구한다. 期待效用이 높을수록 그 代案은 더 選好되는 代案이다. 따라서 期待效用  $E_i(u)$ 는 각 代案에 對한 意思決定者의 選好度를 나타내는 척도로 使用된다.

⑤ 「感度分析.」 意思決定에 있어 相異한 견해와 價値基準에 對한 感度分析은 매우 重要하게 취급된다. 意思決定에 對한 感度分析은 價値와 不確實性이 모두 計量化되어 있기 때

(12) R.L. Keeney and H. Raiffa, *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*, John Wiley & Sons, 1976, pp. 539-548.

(13) P.G. Moore and H. Thomas, *Measuring Uncertainty in Modern Decision Analysis*, Gordon and et al., 1975, pp. 18-38.

(14) R.L. Keeney, "Decision Analysis: An Overview," *Operations Research*, Vol.30 No. 5, 1975, p. 814.

(15) Hull et al., *op. cit.*, pp. 226-47.

(16) 一般的으로 많이 사용되는 形態로 다른 어떤 效用함수보다 비교적 단순하게 측정될 수 있는 것이 장점이다. 그러나 경우에 따라서는 特別한 效用函數를 가정하여야 할 경우가 있다.



문에 比較的 쉽게 進行될 수 있다.

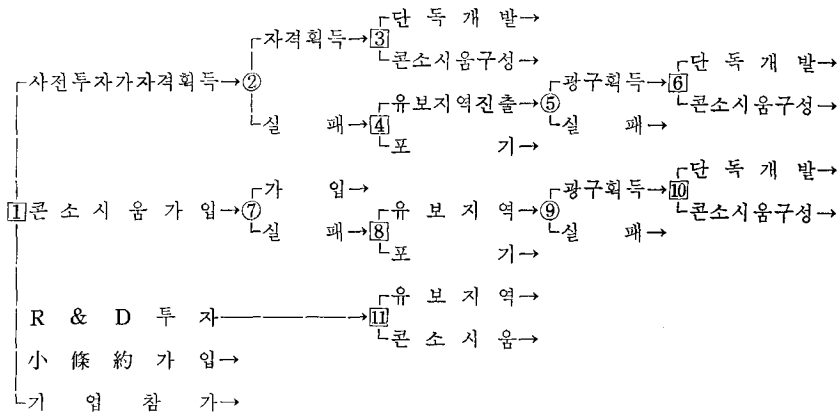
上記한 諸段階의 測定과 판단은 主觀的으로 이루어지기 때문에 環境的 要因에 따라 意思決定이 바뀌어 질 수도 있다. 따라서 意思決定分析家는 意思決定者 및 事業(project)에 가담하고 있는 專門家와의 유기적인 상호연락관계가 지속되어야 하며 意思決定이 安定될 때까지 반복 시행되어야 한다.<sup>(17)</sup>

#### IV. 適 用 例

1982년 7월부터 始作된 深海底資源開發 妥當性調査研究에서 深海底開發을 爲한 우리의 最適代案을 選定하기 爲하여 多變數意思決定分析技法이 應用되었다. 同研究를 爲하여 科技處, 動力資源部, 海洋研究所, 動力資源研究所, 各大學校, 大韓鑛業進興公社 등에서 36名의 專門家가 참여하였다. 分野別 構成을 보면 海洋法, 經濟, 探查, 採鑛, 製鍊分野의 專門家들로 構成되었다. 따라서 最適代案의 選定作業은 이 專門家그룹에 對하여 對話式(interactively)으로 進行되었다.

##### 1. 意思決定戰略 및 代案의 選定

앞에서 이미 열거한 5가지 參與方案을 포함하여 意思決定樹(decision tree)를 考案하면 <그림 1>과 같다. 그림에서는 5가지 방안 外에 事前投資家資格을 取得한 後에 獨自的으로 國際 콘소시움을 形成하는 方案(마디 ③, ⑥, ⑩)을 추가하였다. 이 意思決定樹는 多段階의



<그림 1> 深海底開發方案 意思決定樹

(17) Keeney, *op. cit.*, pp. 818-820.

意思決定마디(decision node)를 가지고 있어 動的 意思決定(dynamic decision making) 또는 段階的 意思決定(sequential decision making)의 形態를 가지고 있다. 그러나 마디 ④, ⑧, ⑩은 다음과 같은 이유에서 고려대상에서 除外되었다.

① 留保地域에 進出하는 方案은 生産制限政策에 의하여 鑛區獲得에 어려움이 클 것으로 전망된다. (18)

② 開途國들끼리의 심한 競爭이 있을 것으로 豫測되며 이러한 경우 鑛區獲得에 높은 不確實性이 있다.

③ 海洋法에 規定된 15年後의 再檢討會議 및 國際深海底機構의 意思決定에 의하여 鑛區設定에 對한 基準이 달라질 수 있어 不確實性이 높다.

④ 時間的으로 볼 때 事前投資家資格 獲得方案보다 적어도 15~20년 후에나 가능하다.

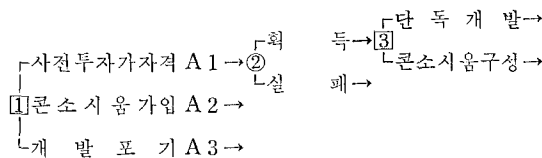
⑤ 이 方案은 他方案에서부터의 韃度수정이 가능하여 現時點에서 決定하여 높은 不確實性을 감수하기보다는 次後의 再事業評價를 通하여 다시 評價함이 유리할 것이다.

마찬가지로 深海底企業에 참여하는 方案과 小條約(Mini Treaty)에 참여하는 方案도 다음과 같은 理由에 의하여 代案에서 제외되었다.

① 深海底企業에 參與하는 方案은 約 120개의 海洋法條約國의 一員으로 參與하는 것으로 資源開發에 參與한다기보다는 UN의 活動에 消極的으로 同參하는 政治外交的인 性格이 强하다.

② 小條約에 加入하는 方案은 UN海洋法에 反對하는 것으로 볼 수 있으며 現實的 國際政治狀況에서 보건대 우리나라로서는 不可能한 方案으로 사료된다.

따라서 <그림 1>의 意思決定樹는 <그림 2>와 같이 單純化될 수 있다, 그림에서는 <그림 1>에서 留保地域進出에 對한 마디가 제외되었으나 새로운 方案으로 開發을 拋棄하고 海外輸入을 계속하자는 方案이 추가되었다. 이 方案은 기존의 두 方案을 all or nothing 方式으로 比較 檢討하기 위하여 추가되었다. <그림 2>는 <그림 1>보다 상당히 單純化되었지만 가지 A1은 마디 ③을 포함하고 있어 動的 意思決定形態를 보이고 있다. 그러나 우리의 問



<그림 2> 단순화된 意思決定樹

(18) 生産制限政策에 의하면 최초 商業生産 以後의 增加分에 對한 60%로 生産限界를 制限하고 있어 鑛區를 先占하지 않으면 鑛區獲得이 尙당기간(2000년까지 豫상) 불가능할 것으로 전망되고 있다.

題는 多段階의 意思決定을 分析하기에는 마디 ③에서의 意思決定時期 또는 콘소시움을 形成하기 위한 우리나라의 最適戰略 等에 關한 不確實性이 크다. 따라서 마디 ③에서의 lower bound를 구하고 branch and bound技法<sup>(19)</sup>을 使用함으로써 現問題에서 動的인 面을 제거하고 現時點(마디 ①)에서의 靜的 意思決定分析問題로 單純化하였다. 마디 ③에서의 lower bound는 單獨開發方案으로 推定되었으며 이는 다음과 같은 점에서 明白하다.

① 政府는 深海底開發을 資源의 安定的 供給面에서 보고 있으며 商業的 利潤의 極大化와는 거리가 멀다.

② 우리나라 망간團塊 需要는 2001년도에 約 150만톤으로 現在 經濟的 適定規模로 알려져 있는 300만톤의 1/2정도이다. 따라서 잔여분에 대한 市場的 不確實性이 있다.

③ 國際 콘소시움을 形成함으로써 財政, 市場 等の 위험을 分散하는 效果가 크다.

④ 따라서 單獨開發方案의 效用은 最適 國際 콘소시움의 形成보다는 그 效用이 낮을 것으로 생각된다.

따라서 現時點에서의 意思決定問題는 다음의 세 代案中에서 最適代案을 選定하는 作業으로 單純化되었다.

代案 1(A1): 事前投資家資格을 獲得한다.<sup>(20)</sup>

代案 2(A2): 既存 콘소시움에 加入한다.

代案 3(A3): 開發을 拋棄하고, 계속 輸入한다.

同意思決定問題는 단지 現時點에서의 最適 가치를 선정하는 것으로 이해되어야 하며 現時點에서의 最適 가치는 商業開發까지의 長期計劃을 지배하는 것으로 볼 수는 없다.

## 2. 目的變數의 設定

目的變數는 델파이(Delfi)法으로 選定하였으며 다음의 6가지의 變數가 考慮되었다.

### ① 開發費用

開發費用이란 3個 金屬生産을 위한 初期投資 및 年次費用의 現價를 말한다. 費用의 現價는 深海底開發事業이 政治, 經濟, 技術의으로 많은 危險性을 內包하고 있는 事業이라는 點에서 不確實性을 감안한 期待值(expected value)로서 表現된다. 開發費用에 關聯되어 감안해야 할 不確實性 要因은 다음과 같다.

- 海洋法の 發效 및 技術開發 진척에 따른 事業의 지연.
- 市場變化에 따른 國際金屬價格의 등락.

(19) Hillier and Liebermann, *Introduction to O.R.*, Holden-day, San Francisco, 1980, p. 716-725.

(20) 單獨開發方案과 同等하게 취급되어도 現時點에서의 意思決定에는 問題가 없다. 以後 第一案은 單獨開發案과 同一하게 使用한다.

- 單獨開發時 經濟的 生産規模인 3百萬톤 中 內需充當分 以外에 對한 輸出市場의 確保問題.
- 事前投資家資格 획득에 실패.

以上的 不確實性은 代案에 따라 정도의 차이가 있으며, 各 代案에 따라 個別的으로 다루어 져야 한다. 上記 4가지 要因을 事象으로 선정하여 <表 3>과 같은 意思決定樹를 만들 수 있다.

<表 3> 代案別 期待費用計算을 위한 意思決定樹

(單位: 백만달러)

代 案	海洋法·技術	金 屬 價 格	世界金屬市場	
사전투자자자격 획득(A1) 95%(861.5)	順 調 롬 게 개 발 70%(831.6)	15%상승 50% (734.18)	제 값 70% (704.9) 10%덤핑 30% (802.6)	
		일 정 30% (874.9)	제 값 50% (832.4) 10%덤핑 50% (917.4)	
		15%하락 20%(1,010.44)	제 값 30% (959.9) 10%덤핑 70% (1,032.1)	
	개 발 지 연 1 年 20%(907.7)	15%상승 50% (830.8)	제 값 70% (807.7) 10%덤핑 30% (884.8)	
		일 정 30% (941.8)	제 값 50% (908.3) 10%덤핑 50% (975.4)	
		15%하락 20% (1,048.7)	제 값 30% (1,008.9) 10%덤핑 70% (1,065.8)	
	개 발 지 연 2 年 10%(978.3)	15%상승 50% (920.02)	제 값 70% (902.5) 10%덤핑 30% (960.9)	
		일 정 30% (1,004.1)	제 값 50% (978.7) 10%덤핑 50% (1,029.6)	
		15%하락 20% (1,085.1)	제 값 30% (1,055.1) 10%덤핑 70% (1,098.1)	
	콘소시엄加入(A2) (757.0)	순 조 롬 게 進 行 90%(755.7)	15%상승 50% (785.8)	
			일 정 30% (742.8)	
			15%하락 20% (699.8)	
개 발 지 연 1 年 10%(768.4)		15%상승 50% (802.3)		
		일 정 30% (753.8)		
		15%하락 20% (705.3)		
輸 入(A3) (695.4)		15%상승 50% (765.4)		
		일 정 30% (665.5)		
		15%하락 20% (565.7)		

各代案의 期待費用은 플립스<sup>(21)</sup>의 원가분석을 토대로 하였다. 單獨開發의 경우(代案 A1)는 金屬價格과 市場의 불확실성을 고려하여 金屬市場의 價格變動이 없고 국제시장에서 제 값을 받을 수 있는 경우 以外에는 假定別로 修正을 加하여 費用·便益을 現在價値化한 것이다. 콘소시움 가입(대안 A2)의 경우에는 1/4정도의 生産量을 할당받는 것을 가정하여 費用·便益을 現在價値化한 것이다. 輸入의 경우(대안 A3)는 3個金屬을 해외에서 구입하는 비용을 현재가치화한 것이다.

주의할 점은 그림에서의 개발비용은 질적 의미에서의 비용이 아니며 니켈, 코발트는 우리나라의 수요를 충족시키기 위한 비용, 銅은 망간단괴 300만톤에서 추출될 수 있는 量에 대한 비용을 산정하여 습한 금액으로서 代案間의 相對的인 意味의 開發費用으로 이해되어야 한다.

各代案의 期待費用은 Folding Back Method<sup>(22)</sup>를 利用하여 單獨開發은 861.5 百萬달러, 콘소시움加入은 757.0 百萬달러, 輸入의 경우는 695.4 百萬달러로 算定되었다.

### ② 技術開發의 效果

여기에서 말하는 技術開發은 우리나라 自體의 技術開發 및 外國의 技術導入 등을 포함하며 同事業에 關聯된 核心技術을 우리의 것으로 소화하는 一聯의 活動을 총칭하여 말한다.

深海底資源開發과 關聯된 技術은 海底 3000~5000m에 賦存하는 망간團塊를 探査하고 採取하는 技術, 海面의 船舶까지 끌어 올리는 技術, 船上에서 處理하는 技術, 陸上基地까지 輸送하는 技術, 製鍊技術까지 일련의 技術로 世界的인 尖端技術이 複合된 産業이다. 따라서 이 技術의 開發은 우리나라 鑛區의 開發技術 以外에도 次後 發生하는 他深海底鑛區에서의 用役을 可能케 해 줄 뿐만 아니라 沿近海 大陸棚의 石油·天然가스의 開發과 海洋科學, 특히 軍事科學技術의 發展에 지대한 영향을 준다.

技術開發의 效果는 直接順位決定法을 使用하여 單獨開發의 경우는 1, 콘소시움加入의 경우는 0.1, 輸入의 경우는 0이라는 계량화된 값을 얻었다.<sup>(23)</sup>

### ③ 財政負擔

變數로서의 財政負擔이 의미하는 것은 비교적 短期間에 걸쳐 행하여지는 投融資로 인한 國家的인 財政負擔을 말한다.

우리나라와 같은 작은 經濟規模의 경우 國際收支 및 外換事情에 영향을 미칠 정도의 巨大한 資本投資는 國家財政에 악영향을 미칠 수 있다.

(21) Flipse, *op. cit.*, p. 62.

(22) Raiffa, *op. cit.*, p. 21.

(23) Raiffa, *op. cit.*, p. 21.

특히 建設期間의 6~7年 동안 集中的인 資本投資는 內資에 의하건 外資에 의하건 一時的인 財政的 負擔을 야기할 것이므로, 이의 負擔을 가능한 最小化하는 方向으로 事業이 展開되어야 할 것이다.

單獨開發時 財政負擔은 1,494.4百萬달러<sup>(24)</sup>이며, 淸소시움加入時 財政負擔은 373.6百萬달러가 所要된다(25%의 지분을 가정).

#### ④ 資源의 長期安定的 確保

深海底鑛物資源開發에서 얻을 수 있는 金屬은 우리나라 基幹産業에 必須不可缺한 戰略非鐵金屬인 만큼 이 變數는 國家政策的인 面에서 重要하게 다루어져야 한다.

美國의 경우, 스태포드大學이 議會에 제출한 研究報告書 內容中에는 美國 國家危機時, 主要 戰略鑛種 15個中 망간 資源은 石油 다음의 第2位로 選定하여 重要性을 強調했다. 또 日本의 경우에는 니켈, 망간, 코발트 등을 11個 稀少金屬에 包含하여 國家備蓄하도록 政策的 配慮를 하고 있다.<sup>(25)</sup>

最近의 급격한 國際情勢에 따라 資源의 武器化 및 金屬價格의 앙등이 심화되고 니켈, 코발트, 망간 등의 供給源이 소련, 가봉, 뉴칼레도니아, 자이레, 남아공화국 등에 편재되어 있어 이들 국가들이 우리나라와 政治 外交的으로 소원한 國家인 점을 고려할 때 資源의 長期安定的 確保는 매우 重要하다. 單獨開發時 金屬의 供給率은 100%이고 淸소시움 가입시 는 54%이다.

#### ⑤ 産業聯關效果

深海底開發事業은 造船工業, 電子, 機械, 土木, 製鍊工業 및 海運業 등의 水平的 垂直的 技術이 結合된 시스템 複合的 事業으로서 産業聯關效果가 크다.

産業聯關效果分析은 産業聯關表에 의하여 計量化되어질 수 있으며 深海底開發事業을 위한 投資는 乘數效果를 極大化하는 方向으로 유도되는 것이 바람직하다. 韓國銀行의 産業聯關表<sup>(26)</sup>에 의하여 前方産業效果가 分析되었다(〈表 4〉).

#### ⑥ 海洋資源에 對한 資源外交的 實利

深海底開發事業은 鑛區 하나에만 局限되는 것이 아니고, 次後 UN의 深海底企業 등 2000年代까지 約 17個의 鑛區가 豫想되므로 深海底開發事業의 조속한 參與는 次後 他國家 또는 企業의 새로운 鑛區設定時 技術用役 등을 겨냥할 수도 있으며 南極開發 및 未知의 海洋資源의 開發에서도 國際社會에서 有利한 高地를 占할 수 있다.

(24) Flipse, *op. cit.*, p. 124.

(25) 日本, 『每日經濟新聞』, 1982.8.22, 8面.

(26) 韓國銀行, 『産業聯關表』, pp. 91-93.

〈表 4〉 代案別 產業聯關效果分析

(單位：百萬달리)

韓銀產業構造分類	逆行列係數의 $\Sigma a_{ij}$	單 獨 開 發	콘소시움加入
37. 非鐵金屬 및 同一次製品	1.635	製鍊시스템 458.2 458.2 × 1.635 = 749	
42. 輸 送 用 機 械	1.826	採鑛船 156.6 鑛石運搬船 174.5 港灣輸送 39.7 370.8 × 1.82 = 677	鑛石運搬船 174.5 174.5 × 1.826 = 319
46. 土 木 및 建 設	1.870	港灣터미널 30 폐기물處理시스템 22.8 52.8 × 1.87 = 97	
51. 運 輸 및 保 管	1.556	年輸送費 31.1을 26年間 現價計算 117.7 117.7 × 1.556 = 183	
56. 社 會 서 비 스	1.464	建設期間의 運營費 126.2 126.2 × 1.464 = 185	

單獨鑛區를 確保하는 경우에는 開發途上國에게 주어지는 國際深海底機構(International Seabed Authority)의 理事資格取得으로 國際의으로 海洋資源에 對한 外交的 發言權 強化 등의 利點이 있다.<sup>(27)</sup> 이 變數에 對하여서도 直接順位測定法을 使用하여 事前投資家資格의 獲得은 1, 콘소시움 가입은 0.1, 수입의 경우는 0으로 그 效果가 측정되었다.

3. 效用測定

前項에서 選定된 變數들에 對한 效用을 測定하기 전에 代案別 變數들의 값을 要約하여 보면 〈表 5〉와 같다.

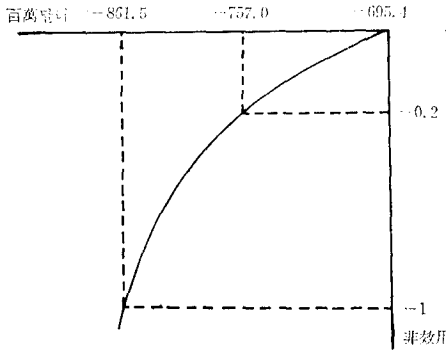
6가지의 變數는 그 값의 性質에 따라 크게 두가지의 범주로 나눌 수 있다. X1, X3, X4, X5는 연속변수이며 X2, X6는 불연속변수로 분류된다.

〈表 5〉 代案別 費用計算

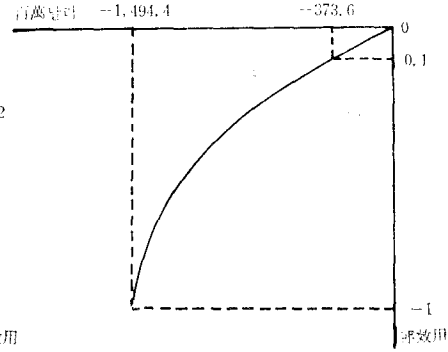
(單位：百萬달리)

費	用	사전투자자 자격획득	콘소시움加入	國際市場輸入
(X1) 開發費用		861.5	757.0	695.4
(X2) 技術開發의 效果		1	0.1	0
(X3) 財政負擔		1,494.4	373.6	0
(X4) 資源의 長期安定的 確保(니켈基準)		100(%)	54(%)	0
(X5) 產業聯關效果		1,891	319	0
(X6) 海洋資源에 對한 資源外交的 實利		1	0.1	0

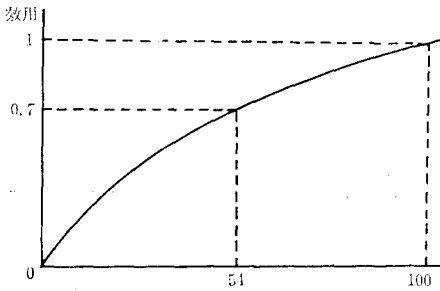
(27) 第3次 UN 海洋法協約 161條, 1982.



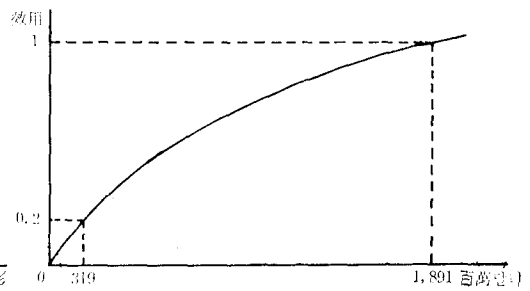
(X1) 開發費用的 效用測定



(X3) 財政負擔의 效用測定



(X4) 資源의 長期安定的 確保에 대한 效用測定



(X5) 産業聯關效果의 效用測定

<그림 3>

① 連續變數에 對한 效用的 測定

開發費用, 財政負擔率 等 計量化된 變數의 效用은 連續的이며 일반적으로 <그림 3>과 같은 形態를 보이고 있다. 이러한 函數의 形態는 危險回避型의 典型으로서, 利益이 클수록 危險度도 같이 커갈 경우의 效用을 說明하여 주고 있다. (28) 그림에서 보듯이 利益 및 費用에 대한 效用은 線型으로 증감하지 않고 오목한 曲線을 따라 變化한다. 따라서 利益의 限界效用은 金額의 絶對值가 커질수록 감소하며 費用의 負의 限界效用은 絶對값이 커질수록 감소한다. 특히 費用에 對한 效用曲線은 利益에 比하여 더욱 빠른 속도로 감소하고 있다. 이는 利益의 單位 增加에 對한 效用의 增加보다는 費用의 單位증가에 對한 效用의 감소(disutility)가 더욱 크다는 것을 말한다. 전문가들에게서 이러한 效用曲線을 도출해 내어 다음과 같이 諸變數들에 對한 效用이 算定되었다.

② 不連續變數에 對한 效用的 測定

(28) L.E. Bussey, *The Economic Analysis of Industrial Projects*, Prentice-Hall, 1982, p. 348.



〈表 6〉

	單獨開發	콘소시움加入	國際市場輸入
(X2) 技術開發의 效果	1	0.1	0
(X6) 海洋資源에 대한 資源外交의 實利	1	0.1	0

技術開發의 效果, 資源外交의 實利의 效果를 計量하기 위하여서는 먼저 주관적 판단이 기초된다. 즉 「上·中·下」, 「크다·중간이다·작다」, 또는 「아주 크다·크다·약간 크다·보통이다·약간 작다·작다」 등으로 測定될 수 있다.

또 한 方法은 0부터 1까지의 숫자로 직접 전문가들에 의하여 측정될 수 있다. 이러한 方法을 直接順位測定法이라 하며, 이 方法을 使用하여 效用을 〈表 6〉과 같이 測定하였다.

#### 4. 複合效用의 測定

本稿에서는 多變數 效用函數로 線型加法效用函數(linear additive utility function)를 假定하였다.

$$U(A_j) = \sum_{i=1}^6 k_i u_i(x_i), \quad j=1, 2, 3.$$

이 函數는 각 변수의 個別 效用函數를 scaling constant  $k_i$ 를 使用하여 線型的이고 加法的으로 組合하여 多變數의 效用(代案의 效用)을 算定하고 있다.

각 變數의 效用  $u_i(x_i)$ 는 앞에서 計算되었으므로 代案의 效用을 測定하기 위하여서는  $x_i$ 에 對한 scaling constant<sup>(29)</sup>  $k_i$ 를 算定하여야 한다.  $k_i$ 는 變數의 重要度를 나타내고 있으며 變數 간의 trade-off에 의하여 決定된다.  $k_i$ 는 다음과 같이 算定되었다.

$$k_1=0.105, \quad k_2=0.211, \quad k_3=0.316, \quad k_4=0.105, \quad k_5=0.211, \quad k_6=0.052.$$

上記 scaling constant를 利用하여 각 代案의 效用은 다음과 같이 計算되었다.

$$\begin{aligned} U(A_1) &= 0.105(-1) + 0.211(1) + 0.316(-1) + 0.105(1) + 0.211(1) + 0.052(1) \\ &= 0.158 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U(A_2) &= 0.105(-0.2) + 0.211(0.1) + 0.316(-0.1) + 0.105(0.7) + 0.211(0.2) + 0.52(0.1) \\ &= 0.0894 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U(A_3) &= 0.105(0) + 0.211(0) + 0.316(0) + 0.105(0) + 0.211(0) + 0.522(0) \\ &= 0 \end{aligned}$$

綜合된 各代案의 效用을 比較하여 볼 때 代案 A1 즉 單獨開發하는 案이 가장 높은 效用을 보여 주고 있어 3가지 方案 중 가장 最適의 方案임을 表示하고 있다.

지금까지의 計算結果를 要約하면 〈表 7〉과 같이 된다.

(29) Keeney and Raiffa, *op. cit.*, pp. 121-123.

〈表 7〉 代案別 效用

	加 重 值	사 건 투 자 가 자 격 회 득	콘소시움加入	輸 入
(X1) 開發費用	0.105	-1	-0.2	0
(X2) 技術開發의 效果	0.211	1	0.1	0
(X3) 財政負擔	0.316	-1	-0.1	0
(X4) 資源의 安定的 供給	0.105	1	0.7	0
(X5) 產業聯關效果	0.211	1	0.2	0
(X6) 海洋資源에 대한 資源外交의 實利	0.052	1	0.1	0
Scale	-	0.158	0.0894	0

5. 感度分析

多變數意思決定分析技法에 對한 感度分析(sensitivity analysis)은 一般的으로 두가지 方法으로 進行될 수 있다.

첫째는, scaling constant를 變化시키거나 둘째로는, 各變數의 效用 自體를 變化시켜 意思決定의 민감도를 調査할 수 있다.

① 意思決定變數의 加重值 變化

本論文에서의 意思決定變數中 X1과 X3는 負의 效果를, X2, X4, X5, X6는 正의 效果를 미친다. 앞에서의 分析에서 주어졌던 加重值를 두 方向別로 合計하여 보면 負의 效果가 0.421, 正의 效果가 0.579가 된다. 이렇게 편향된 加重值는 충분히 論爭點이 될 수가 있다. 따라서 加重值의 感度分析을 위하여 두 方向의 加重值를 同等하게 조정하여 보았다.〈表 8〉에 의하면 두 方向의 加重值가 同等할 경우에는 代案 2가 약간 우월한 것으로 나타나 있다. 그러나 效用의 값을 볼 때 콘소시움가입이 단독개발안보다 단지 0.06만큼 큰 것은 두 대안의 차이가 크지 않고 오히려 대등하다고 말할 수 있다.

② 效用의 變化

〈表 8〉 加重值 變化에 따른 感度分析

	加 重 值	사 건 투 자 가 자 격 회 득	콘소시움加入	國際市場輸入
X1	0.125	-1	-0.2	0
X2	0.182	1	0.1	0
X3	0.375	-1	-0.1	0
X4	0.091	1	0.7	0
X5	0.182	1	0.2	0
X6	0.045	1	0.1	0
Scale	-	0	0.06	0

〈表 9〉 效用變化에 따른 感度分析

	加 重 值	單 獨 開 發	콘소시업加入	國際市場輸入
X1	0.105	-1	-0.2	0
X2	0.211	1	0.2	0
X3	0.316	-1	-0.1	0
X4	0.105	1	0.7	0
X5	0.211	1	0.35	0
X6	0.052	1	0.1	0
Scale	—	0.158	0.142	0

本研究는 結果的으로 單獨開發하는 案과 콘소시움에 加入하는 案을 評價하는 데 主안점을 두고 있다.

이 中 콘소시움에 加入하는 方案의 效用는 特히 變化할 수 있는 소지가 많아 意思決定에 큰 영향을 미칠 수 있다. 또 그 效用는 근본적으로 콘소시움 內에서 우리나라가 취할 수 있는 實利에 많이 依存한다.

이러한 面에서 樂觀的인 見解와 悲觀的인 見解가 엇갈리고 있다. 여기에서는 感度分析을 위하여 樂觀的인 見解를 대변하여 效用의 變化를 피하고 이에 따른 意思決定의 變化를 주시하였다.

樂觀的인 見解를 반영하여 産業聯關效果를 378.2百萬달러로 技術開發의 效果를 單獨開發의 20% 水準으로 增加시켰을 경우, 變化된 産業聯關效果를 측정하였다(〈表 9〉).

分析結果 代案 1이 代案 2보다 약간 우월한 것으로 나타났다.

### 6. 結果의 解析

本研究 以前의 一般的인 單純投資分析, 즉 內部收益率이나 純現價法을 通해서 代案들을 比較할 경우, 單獨開發이나 콘소시움加入案은 輸入案보다 열등하다고 하겠다. 그러나 本論文에서 實證的으로 分析한 多變數意思決定分析(multi-attribute decision analysis)技法에 의한 結果를 綜合하여 보면 다음과 같다.

먼저 各意思決定變數들의 重要도는 델파이法을 통한 線型加法的 效用函數로 計算한 結果, 財政負擔이 0.316으로 가장 높고 技術開發의 效果, 産業聯關效果가 0.211이며, 開發費用 및 資源의 長期安定的 供給은 0.105이고, 마지막으로 資源外交의 實利가 0.052로 算出되었다. 이러한 加重值를 各代案의 意思決定變數別 效用에 積算을 한 結果 單獨開發方案이 巨大한 開發費用과 재정부담의 非效果가 있지만 資源의 長期安定的 確保, 産業聯關效果面 등에서 他案보다 유리하여 전체적으로 볼 때 가장 우월한 方案으로 나타났다. 次善의 方案

으로는 콘소시움加入方案인데, 이는 産業聯關效果, 技術開發의 效果, 外部的 實利面 등에서 單獨開發보다 效用이 그 만큼 감소하기 때문이다. 가장 열등한 案은 輸入案으로 나타났다. 이는 우리나라가 主要鑛物을 必須的으로 確保해야 하는 立場과 시스템 複合的인 深海底開發事業을 통해서 關聯産業界의 波及效果和 海洋開發技術 等の 發展이 多大한 點 등이 意思決定要因으로서 더 重要視되었다고 말할 수 있다.

따라서 전반적으로 深海底 資源開發에서 얻는 主要金屬의 單略的 價値와 投資로 유발되는 産業技術의 間接的 效果가 重要하게 反映되었다고 말할 수 있다. 이는 深海底鑛物資源開發事業이 갖는 政治, 經濟, 技術, 外交的인 複合性을 잘 나타내고 있다 하겠다. 한편 感度分析의 結果는 最適代案으로서 單獨開發을 選擇하는 意思決定이 不安定하지 않고 있음을 나타내고 있다.

## V. 結 論

以上 檢討한 結果, 우리나라가 現時點에서 취하여야 할 最善의 代案은 現海洋法體制 下에서 積極的인 研究開發活動을 推進하여 事前投資家의 資格을 獲得하는 것이다. 이러한 結論은 內部收益率法과 같은 單純한 投資分析의 技法으로는 도출하지 못하는 것이다. 실제로 深海底事業의 內部收益率은 우리나라의 경우 14.8%에 지나지 않는다. 이러한 數値는 이 事業이 政治·經濟·技術上으로 많은 不確實性을 포함한 것을 볼 때 投資를 위한 決定을 유도해 내지는 못할 것이다. 그러나 多變數意思決定分析技法은 기존의 投資分析技法이 淸缺하지 못하였던 間接效果에 對한 變數와 質的 變數까지도 統一된 척도로 比較 檢討할 수 있는 技法을 제공함으로써 이와는 다른 結論을 유도하고 있다. 즉 事業費用 및 財政負擔 等の 劣等한 點에도 불구하고 單獨開發하는 方案이 深海技術의 開發, 産業聯關, 政治外交 等の 效果面에서 他案보다 우월하여 綜合的으로 最善策으로 選定되었다. 이러한 結果는 政府에 의하여 說得力 있게 받아 들여짐으로써 同分析技法의 有用性은 充分히 立證되었다. 本稿에서 주어진 問題를 動的 意思決定形態로 分析함으로써 結果는 더욱 세련되어 질 수 있다. 이를 위하여는 각 마디에서 取할 수 있는 方案들을 同一한 條件下에서 分析할 수 있도록 充分한 資料가 보장되어야 한다.

多變數意思決定分析技法은 意思決定者(또는 그룹)의 主觀的 價値를 使用함으로써 測定에 對한 問題點을 배제할 수 없다. 效用의 測定은 意思決定者의 기본상태, 주위환경 等 時間的 空間的 또는 知的 環境에 따라 달라질 수 있다. 따라서 效用의 測定에 있어서는 意思決

定者로 하여금 問題를 充分히 인식하게끔 하여야 하며 계속되는 반복시행을 통하여 수렴점을 찾아야 한다. 반복되는 가운데 意思決定은 반복될 수도 있으나 대부분의 경우 回數가 거듭되는 가운데 效用의 測定値와 意思決定은 安定된다. 즉 意思決定者와 分析家의 相互有機的 關係를 계속 유지함이 必要하다.