



石油採掘促進을 위한 太陽熱應用技術

< 1 >

Peter deLeon 記

〈美 The Rand Corporation〉

Kenneth C. Brown 記

〈美 Science Application, Inc.〉

要約

太陽熱技術을 앞으로 短期間에 걸쳐서 운용할 수 있는 한 方法은 蒸氣를 생산하는 일이다. 즉 油田으로부터 보다 많은 量의 石油를 퍼올리기 위해서 蒸氣를 地下에 注入시킨다. 本稿는 太陽熱의 通路 및 집중적인 蒸氣저장소 이용등 두가지 형태의 太陽熱技術을 石油採取促進(EOR)을 위한 일반적인 方法과 比較 檢討하고 있다. 이것은 첫째로 太陽熱技術이 實効性있는 石油採取促進法을 제시하고 있는가의 여부를 결정하며 둘째로 그와같은 技術의 기타 蒸氣추진식 石油採取促進法과의 비교 결과는 어떠한가를 考察하기 위한 것이다. 이 論稿는 이와같은 여러 方法들을 技術, 經濟, 制度 및 環境등의 觀點에서 分析하고 있다. 끝으로 이 論稿는 ① 太陽熱을 이용한 石油再生促進法(EOR)은 現在 주로 現행 기술의 불확실성으로 말미암아 經濟的인 觀點에서 매력적인 方法은 아니며, ② 環境的인 이점

은 強點으로는 생각되지 않으며 그리고 ③ 政府의 展示效果를 노린 事業計劃보다는 稅制上的의 特惠措置가 太陽熱을 이용한 石油採取促進法을 고양시킬 수 있는 가장 效果的인 方法으로 생각된다고 結論짓고 있다.

序論

自國의 制限된 石油매장량이라는 문제점과 現行 그리고 예상되는 에너지 需要에 副應하기 위해서 外國으로부터의 석유공급에 보다 크게 의존하고 있다는 상황에 직면하여 政府 및 민간에 너지분석전문가들은 這間에 한결같이 石油 또는 석유 대체연료의 새로운 출처를 모색하고 있다. 이와같은 命題의 한 實證的인 사실로는 그들은 1990년까지 하루 150배럴의 生産水準달성을 목표로 人工燃料을 개발하기 위해서 間斷없는 努力을 傾注하고 있다는 점을 들 수 있다. 둘째번의 方法으로는 重石油 즉, 16度 또는 그 이하의 API 重力을 갖는 석유의——이것은 비교적 높



은粘性 또는 濃度를 갖고 있다——增産을 들 수 있다.

현재의 石油공급수준을 높이기 위해서 聯邦政府는 아직도 개발되지 않은 油田탐색을 장려하거나 또는 현존의 油田으로부터 發掘할 수 있는 石油량을 증가시키는 두가지 방법을 채택하게 될 것이다.

油田탐색과 試錐를 위해서는 갈수록 보다 큰 危險이 뒤따른다는 상황과 또한 現行 유류발굴 방법으로는 알려진 유류매장량의 3분의 2의 量을 지하에서 발굴하지 못하고 있다는 사실로 말미암아 둘째번의 방법에 보다 힘을 기울이고 있는 실정이다. 이와같은 목적달성을 위해서 美國政府 에너지省(DOE)과 石油會社들은 “제 3 차적인” 또는 “촉진법”에 의한 石油採取방편을 이용해서 이미 알려진 매장량으로부터 보다 많은 量의 유류를 發掘하는 방법을 강조하기 시작했다.

이 論稿는 하나의 유류발굴촉진법——즉, 이른바 “태양열”을 이용한 방법——을 고찰하고 있으며 또한 이 태양열을 이용한 방법을 채택하는 경우에는 太陽에너지기술의 능력을 太陽熱을 이용한 유류발굴촉진을 위한 기술적인 요건들을 충족시키게 된다.

事前調査

石油發掘促進法은 결코 石油生産을 增加시키기 위한 기발한 方法은 아니다.

石油發掘生産을 높이기 위하여 油田 깊숙이 燕氣를 삽입하므로써 實効를 거둘 수 있다는 것은 1917년에 이미 처음부터 제시되었었다. 그리하여 燕氣 삽입을 위한 大規模의 油田점점이 1950年代 후반에 시작되었으며 쉘 석유공사가 칼리포니아주에서 循環蒸氣확산법 적용에 성공한 후에 1960年代初에 얼마간의 관심을 집중시켰었다. 석유자원과 석유의 특징이 특히 燕氣삽입 石油採掘促進法에 유리한 條件을 갖추고 있는 칼리포니아주의 油田들은 증기삽입 石油發掘

促進法(EOR)이 가장 많이 적용된 경험을 갖고 있으며 그리하여 1971년까지는 칼리포니아주에 있는 油田중 53퍼센트에는 적어도 한번씩은 증기가 삽입되었었다.

1978년에는 石油 및 가스에 관한 時事誌는 美國내에서는 제 3 차 生産法에 의해서 日當 약 373, 000bbbl의 石油가 生産되고 있다고 推算했다. 이중에 3분의 2에 해당되는 250, 000bbbl이 증기 삽입방법에 의해서 채취되었다고 이 時事誌는 밝혔다.

만일 太陽熱을 이용한 石油採掘促進法에 대한 일반적인 效果에 대해서 의견이 통일되어 있다 하더라도 EOR 방법에 의해서 얻을 수 있는 잠재적인 收益규모에 대해서는 의견통일이 훨씬 약하다.

일반적인 제 1 차 및 제 2 차 生産법이 적용된 후에도 3兆바렐의 埋藏量으로 殘留하게 될 것이라는 점을 근거로 해서 추산된 EOR 방법의 의해서 採取할 수 있는 누진적인 석유의 量은 70 億바렐 내지 760 億바렐에 달하고 있다. 그동안 널리 알려진 여러 기관이 실시한 EOR에 관한 研究結果가 圖表 1에 표시되어 있다. EOR에 의한 석유채취추산량이 각 기관마다 크게 다른점은 EOR 기술 美國政府의 EOR에 관한 政策, 그리고 일반적인 정부의 시책상의 심각한 不安定性을 반영하고 있는 것이며 또한 무엇보다도 가장 심각한 것은 石油生産증가자들이 책정할 수 있는 價格이 크게 流動的이라는 점이다.

이 論稿는 거의 全적으로 熱을 이용한 EOR를 위해서 太陽熱 이용법을 집중적으로 검토하고 있으며 또한 여러 다른 太陽에너지 적용법의 비교 검토를 강조하고 있다는 점에서 다른 EOR 연구내용과는 그 성격을 달리하고 있다. 이 論稿는 어떤 것이 價格, 技術 및 現實性이라는 관점에서 가장 實効性이 있는가를 검토하고 있다. EOR이 美國의 石油에 대한 국내수요를 充足시키는 데 크게 이바지할 수 있다고 강력하게 주장하는 근거는 주로 현재 추산되고 있는(제시된



가격수준에서) 총 매장량과 대비해서 美國이 채취할 수 있는 埋藏量을 EOR이 추가시킬 수 있는 石油바렐 수에 관해서 여러 기관들이 제시한 分析내용이다. 地下에 삽입할 수 있는 質이 좋은 蒸氣를 太陽熱을 이용한 技術을 적용해서 生産할 수 있는 한편 ① 어떠한 技術的인 設計가 太陽熱을 EOR를 위해서 적용하는데 가장 적절한가 그리고 ② 이와같은 太陽熱적용에 관한 效果를 經濟, 環境 및 制度的인 観点에서 보다 상투적인 EOR 방법과 어떻게 비교하는 방법에 관해서는 의견이 엇갈리고 있다. 이 분석 논고는 太陽熱에 의한 EOR의 效果를 評價하기 위해서 전술한 모든 사항을 考察하고 있다.

圖表 1

石油採取促進을 위한 잠재력 推計

資料 出處	잠재적인 EOR 채취량 (10億바렐)
OTA 보고서 ^a (1976\$)	
\$ 11.62/bbl	21.2
\$ 13.75/bbl	29.4
\$ 22.00/bbl	41.6
NPC 研究結果 ^b (1976\$)	
\$ 5/bbl	2.2
\$ 10/bbl	7.2
\$ 15/bbl	13.2
\$ 20/bbl	20.5
\$ 25/bbl	24.0
GURC ^c (1974\$)	
\$ 10/bbl	18~36
\$ 15/bbl	51~78
마세메티카 ^d (1975\$)	
\$ 1~12/bbl	7
\$ 12~16/bbl	16
레윈과준회원 ^e (1975\$)	
\$ 11.28/bbl	15.6~30.5

- ※ 技術處의 評價(1978)
- ※ 國立石油協議會(1976)
- ※ 갈프대학중합조사研究會

※ 마세메티카社(1975)
 ※ 레윈과준회원(1976) : 이 범위는 예기되는 다양한 재정적인 대가의 비율에 의한 것이다. 우리가 알아야 하는 바로는 이와같은 石油採取促進을 위한 特殊한 방법은 아직 실험을 통해 검토되지 않고 있다.

太陽熱을 이용한 EOR 방법에 관한 기본적인 資料들은 증기를 생산하기 위해서 太陽에너지 이용의 가능성은 考察하지 않고 있으며 또한 그와같은 資料들은 太陽에너지 이용 效果의 分析 내용을 제시하지 않고 있다.

한 局部的인 例外事項은 1978年度의 노란의 EOR 조사 검토 결과이다. 노란은 이 결과보고서에서 “……의 資料에 의해서 일련의 算出결과 는…… 太陽熱을 이용한 蒸氣생산은 \$3,000/bbl의 生産費를 所要할 것이다”고 말하고 있다.

※ 예를들면 인디펜덴스사업을 위한 太陽에너지 特殊事業——즉, 美國을 外國의 石油資源으로부터 독립시키기 위하여 특별히 부과된 研究事業——은 EOR에 대한 太陽技術 적용에 대해서 言及하지 않고 있다(1974年, 國立科學財團).

이 論稿는 太陽 EOR에 관한 3가지의 주요 문제들을 檢討하고 있다. 첫째로 이 論稿는 太陽技術의 잠재적인 구매자이며 또한 經營자인 여러 石油會社들의 제도와 經營문제들을 면밀히 살피고 있다.

즉, 이 논문은 太陽 EOR에 대한 公業분야의 需要를 심사 분석하고 있다. 두번째로 이 論稿는 EOR에 관한 技術評價處와 國立石油協議會의 보고서가 제시한 法律 및 環境문제들을 분석하고 있다. 그와같은 事項들은 第3次的인 採取作業을 위해서는 잠재적으로 제한되어 있는 것이다. 이 論稿의 主要部分을 형성하고 있는 세번째의 分析內容은 EOR에 적용되고 있는 太陽技術의 技術 및 經費등을 比較檢討하고 있다. 마지막 부분에서 이 論稿는 內容을 要約하고 있으며 또한 몇몇 政策的인 勸告案을 提示하고 있다.



石油産業에 대한 展望

太陽 EOR에 대한 잠재적인 市場은 石油生産 工業에서 찾아볼 수 있다. 現在 約 17個 石油公 社들이 太陽熱을 이용한 EOR 방법을 채택하고 있다. 채취된 제 3 차 石油의 大部分 즉, 約 84 퍼센트는 게티, 웰 찬스터-웨스턴, 세부론, 텍 사코 및 모빌등의 6個 石油會社들이 生産하고 있다.

이와같은 提案된 太陽熱을 이용한 발동기에 대신하거나 또는 그것과의 聯關해서 이들 公社 들의 經營 및 財政的인 基準에 符合하지 못한 다면은 그와같은 EOR 방법에 대한 市場은 형성 되지 않을 것이다.

이와같은 理由를 말미암아 太陽 EOR 시설을 設置하는데 必要한 主要사업에 대한 投資를 결 정하기 위해서 이용되는 工業的인 要件과 基準 등을 充分히 납득하고 있지 않으면 안된다.

石油製造産業에 대한 一般的인 展望과 특수한 EOR 經營 要件등을 평가하기 위해서 앞에서 言 及한 회사들 그리고 아울러 테네코, 옥시덴탈 석유회사 및 엑손社들의 幹部陣들과의 인터뷰를 實施했다.

이 인터뷰에 대해서는 3가지 緊要한 事項을 留意하지 않았으면 안된다.

즉, 첫째로 우리는 生産的인 要件에 대해서 보다 큰 관심이 있었으므로 이 인터뷰는 대부분 조사연구직원들보다는 生産에 關여하고 있는 간 부들과 실시되었다. 둘째로 인터뷰에 참여한 모 든 會社들은 그들의 칼리포니아에서의 經營문제 를 論議했다.

왜냐하면 이곳에서 증기를 이용한 EOR의 대 부분 실시되고 있기 때문이었다. 세번째로 이 인터뷰는 카-터大統領이 大量石油生産을 규제 하지 않겠다는 聲明서를 발표하기 전에 실시되 었다.

太陽 EOR에 대한 關心

많은 石油會社들은 그동안 太陽 EOR 이용 가 능성에 대해서 多少間의 研究를 실시하였다. 이 들이 이와같은 研究를 하게 된 주동기는 EOR 를 위한 太陽熱에 의한 燕氣生産開發에 대한 최 근의 DOE 프로그램에서 찾을 수 있는 것 같다. 두번째로 石油會社들이 EOR에 대한 관심을 갖 게 된 동기는 이것도 역시 DOE 事業에 대폭적 으로 順응해서 여러 太陽集熱會社들이 대대적으 로 販賣작전을 전개한데서 緣由한 것이다. 인터 뷰를 통해서 만나본 石油會社의 일부 직원들은 이미 太陽集熱會社 경영자들과 만나서 DOE 전 시자금에 共同관심 表明 가능성 여부에 대한 타 진을 받고 있었다.

그러나 이들 중 대부분은 그들 해당 회사들의 企劃 및 開發部署와 同調하고 있었다. 이 論稿 作成을 위해서 만나본 대부분의 인사들은 生産 및 經營分野에 關여하고 있었다.

同一한 會社내의 여러 다른 부서들은 가끔 각 기 아주 判異한 의견들을 表明하므로서 놀라움 을 금치 못하게 했다. 즉, 한 實例를 들면 한 대규모의 油類會社의 한 生産關係 간부는 太陽 EOR에 대해서 關心이 전혀 없었으며 한편 同一 한 會社의 조사연구부에서는 DOE 프로그램에 참여하기 위한 서류를 作成하고 있었다.

生産에 關여하는 인사들은 어떻게 太陽 EOR 이 운영될 것인가에 대해서 일반적인 지식을 갖 고 있기는 했으나 그들은 대체적으로 太陽 EOR 에 대해서 共同的인 R&D 水準에서의 철두철미 한 共同的인 노력이 경주될 것을 제외하고 있었다. 한 實例를 들면 체부론社의 油田조사연구부는 칼리포니아 표준(체부론) 내에서의 太陽 EOR의 가능성 여부를 검토하는 共同體의 주역을 받고 있었다. 生産관계자들은 대체적으로 EOR은 R&D 段階에 있으며 어떤 중요한 조사연구 또는 豫 算은 營業部가 아니라 調查研究部를 통해서 활



당되어야 한다는 점에 同意하고 있었다. 한 生産關係者는 成功率이 낮다고 생각된다면 R&D 共同資金은 太陽 EOR를 위해서 배정되어서는 안된다고 제의하고 있었다.

가까운 期間내에(예를들면 앞으로 5年동안에) EOR 기술을 에워싼 성공여부에 대한 不安定性은 꽤 크다고 그는 주장했다. 또한 그는 그와 같은 사항을 長期間의 차원에서 아직 생각해 보지 않았다고 말하고 있었다.

財政的인 補助프로그램

인터뷰의 결과가 모범적인 事例를 보여 주듯이 石油産業은 EOR에 의한 생산고를 높이기 위해서 聯邦政府의 財政的인 補助 受惠의 格別한 우선권을 보유하고 있다. 大幅의인 減價 賦, 投資額의 融資 및 稅制上의 特惠등이 石油産業界가 누리고 있는 受惠로 들 수 있다.

수 많은 石油産業生産會社들은 石油生産의 규제완화야 말로 石油採取를 促進하기 위해서 제공된 무엇보다도 중요한 特惠措置라고 주장하고 있다. 그러나 그들은 石油의 大量生産을 위해서 모든 형태의 太陽熱을 이용한 EOR를 위해서 特惠를 주는 特別한 條項이 設定되지 않는 限 앞에서 언급한 조치는 太陽 EOR를 위해서 特別히 유리한 것은 아니라고 지적하고 있다. 이와같은 이유를 말미암아 일부 代表的인 인사들은 石油價格이 인상된다 하더라도 EOR은 보다 인기를 끌 것이라고 인정하였으며 또한 太陽 EOR에 特惠를 주는 것만으로는 충분치 않다고 그들은 말하고 있다.

石油價格의 인상은 모든 EOR의 조치에 利點을 초래할 것이다.

太陽 EOR은 引上된 石油價格에 의한 것보다는 太陽熱 이용 기제의 가격 인하 및 公開된 信賴性으로부터 큰 이득을 얻게 될 것이다.

石油産業은 展示事業 및 費用의 공동 부담을 위한 財政보조와 같은 直接 政府가 參與하는 프

로그램에 대해서 보다는 稅制上의 特惠와 같은 間接的인 재정보조조치에 대해서 보다 敏感한 反應을 보여주고 있다. 沿革的으로 살펴볼 때 石油公會들은 石油의 生産 및 경영면에 政府가 參與하는 것을 꺼려해 왔다.

政府의 展示프로그램 및 費用의 공동부담 프로그램은 石油公社들이 所有權을 갖고 있다는 정보를 부분적으로 제공하며 때로는 공개해야 한다. 이와같은 프로그램들은 또한 政府의 보도 목적을 위해서 人員들을 보다 많이 배치해야 하는 문제도 안고 있다.

수 많은 石油産業界 重鎮인사들은 만일 개발이 가능한 경우에는 그 기술을 聯邦政府의 直接的인 財政的인 支援없이 개발하기를 원하고 있다고 그들의 의사를 表明하고 있다. 이와같은 목적을 위해서 당시 에너지기술부의 次官代理였던 존·듀치氏는 石油産業界의 의사를 반영하였으며 그는 議會에 제출한 그의 보고서 중에서 EOR 조사연구 豫算에 대한 DOE의 삭감조치를 說明했다.

1980 會計年度의 豫算은 石油産業界를 유지하기 위해서 최소한의 수준을 유지하고자 倅하였다. 에너지부가 設置될 당시에는 石油採取 促進活動은 短期間의 生産目標를 강조한 戰略에 근거를 두었었다. 그러나 經濟統制部는 그후에 民間部門에 의한 短期間接技術의 商業化를 고무장려하기 위한 목적으로 規制的인 재정보조프로그램을 作成하였다.

한 기업체의 太陽熱 EOR 分野에 대한 投資 결정사항에 영향을 주며 또한 太陽熱 EOR 사업에 대해서 잠재적으로 영향을 미치는 몇몇 美國外 聯邦 및 州政府 프로그램이 論及되었다. 한 가지 고무적인 사항은 太陽熱을 위한 機材들을 産業用으로 사용하는데 대해서 聯邦정부는 10퍼센트의 附加的인 稅制上의 特惠를 주고 있다는 사실이다. 이와같은 조치로 말미암아 投資를 위한 전반적인 稅制上의 特惠는 20퍼센트가 된다. 一部 石油生産企業家들은 이와같은 附加的인 稅



制上の 特惠를 알지 못하고 있으며 또한 그들중 일부는 太陽 EOR의 經濟性을 評價하는 경우 그와같은 사항을 감안하지 않고 있다.

稅制上の 特惠를 알고 있는 사람들 중 많은 사람들은 기업들은 이와같은 稅制上の 特惠는 期間이 불확실하며 또한 政治的인 操作의 대상이 될 우려가 있기 때문에 그 特惠조치에 순응하기를 주저하고 있다고 지적하고 있다.

예를들면 그들은 太陽에너지 이용을 장려하고 있는 캘리포니아주의 法律의 有効期間이 5年인 것을 지적하고 있다.

石油生産企業家들은 대체적으로 資本의 75퍼센트를 최대한 2천만불까지 보상하며 또한 제 3차 분야로부터 채취한 일반적인 제품을 世界石油市場價格으로 자유로히 販賣할 수 있다는 經濟統制部(ERA)의 提案은 EOR活動에 혜택을 준 것이라는 점에 同意하고 있다.

부과적인 EOR 유류만을 세계시장에서 판매할 수 있도록 許容한 從前의 EOR 提案은 많은 石油生産會社들에게 迎合하기에는 너무나 부담이 크며 또한 非經濟的이라는 이유로 크게 비난을 받았었다.

이와같은 石油生産企業家들은 附加的으로 促進된 生産品들을 價格統制로부터 자유화하는 經濟統制部의 새로운 규정들은 제 3차 사업들을 促進하기 위해서는 거의 또는 아무런 혜택을 주지 못할 것이라고 公言하고 있다. 促進事業에 의해서 生産된 모든 原油의 價格은 자유화되거나 또는 전력가동생산은 통제되어야 할 것이라고 그들은 말하고 있다.

石油生産關係 人사들은 政府가 예산을 뒷받침

한 特惠조치에 대해서는 無關心했다. 그들의 無關心한 이유로는 수 많은 사항이 지적되었다. 그러나 가장 두드러진 이유로는 ① 非經濟性 ② 불확실한 잠재 가능성 및 ③ 政府介入을 기피하는 일반적인 경향이 열거되었다. 石油生産企業家들은 太陽熱集熱生産者들의 능력에 대해서 시인할 수 있는 水準의 확신을 갖고 있지 않으면 않된다. 이것은 이와같은 생산제도가 奏効하도록 費用을 充分히 삭감하기 위한 것이다. 그들의 主要 관심사는 ① 높은 施設費用 ② 불확실한 運營經費 ③ 可用性 ④ 可用土地면적 및 ⑤ 効用性등이다. 石油生産企業家들은 기본적으로 太陽系의 商業的인 이용가능성에 관해서 關心을 表明하고 있기는 하나 그들은 R&D가 이 시점에서 보다 必要하다고 생각하고 있다. 많은 사람들은 에너지資源을 개발하기 위해서 政府의 事業과 제휴하기 위해서는 政府의 介入없이 獨自으로 運營하는 것보다 많은 시간과 經費를 必要로 한다고 말하고 있다.

전자의 경우 報告書를 제출해야 하는 사항은 번거로운 점으로 지적되고 있다. 아직까지도 이와같은 石油生産企業家들은 太陽 EOR 實驗施設을 設置하기 위해서 政府의 補助金을 아무런 異議없이 받아들여야 한다는 점을 是認하고 있다. 이와같은 自家撞着은 명백하며 또한 되풀이되고 있다. 즉, 인터뷰를 통해서 만나본 石油生産企業體들의 重要인사들은 그들 企業運營에 대한 政府의 介入을 반대하고 있었다. 그러나 그들은 그들의 조사연구활동을 확장 발전시키기 위해서 政府의 補助資金을 기꺼이 받아들일 자세를 갖추고 있었다. 一계 속—