



1. 머리말

탐 사라 함은 일반적으로 지하에 있는 물질을 지상에 큰 손상이 없이 과학이나 공학을 이용하여 찾아내는 활동이 되겠다. 이 물질이 지하수이든, 오염된 탱크이든, 석유이든, 광물이든 원리는 비슷하다. 흔히 지구물리학적 탐사(*geophysical exploration*)가 탐사작

구조의 4기본요건은 근원암, 저류암, 모암, 집적 구조이다.

이상의 석유유망지를 발견하는데 필요한 탐사 자료를 이해하고 사용하는데에는 불투명한 과학부터, 고도의 정확성을 필요로 하는 공학 뿐만 아니라, 때론 이해하기 힘든 예술적 손질을 요구한다. 석유탐사 성공원인이 되었다고 고려되고 있는, 고도의 정밀도를 요하는 과학 또는 공학을 이용하는 예를 들면 *Digital Recording, Super*

국제석유기업의 탐사전략과 우리의 진로

柳志秀

〈서울대공대 자원공학과 객원교수〉

업의 주요 부분을 차지한다.

여기에서는 찾는 물질이 지하 약 4,000피트나 20,000피트 사이에 있는 석유층이 탐사 대상이다. 석유의 생성과정은 현재까지 명확히 규명되어 있지는 않았지만, 지층에 퇴적된 유기물이 장기간에 걸쳐 열과 압력의 영향을 받아서 생성됨은 알고 있다. 일단 근원암(*source rock*)에서 생성된 석유는 주로 지압의 영향으로 투수성이 좋은 곳으로 이동하며 때로는 이 거리가 수 백 킬로미터에 이른다. 이동하는 석유는 저류암(*reservoir rock*)과 모암(*cap rock*)이 적절한 구조를 형성하는 곳에 집적하여 우리의 탐사성공의 목적이 되는 석유층을 형성하게 된다. 따라서 석유유망

Computer, Satellite Imagery and Navigation, Fiber Optics 등이 있다.

석유유망지에는 지질학적 유망지(*geological prospect*)와 지구물리학적 유망지(*geophysical prospect*)로 구분되는데 현재 대부분의 탐사는 지표에 지질이 잘 노출되어 있지 않은 사막같은 육상이나 해상에서 이루어지므로 지구물리학적 유망지를 토론의 중점으로 삼는다.

2. 석유탐사사업의 단계적 활동

탐사작업을 위하여 대개 〈그림-1〉과 같이 여덟단계를 거치게 된다. 여덟번째 단계는 경영진

측이 마지막 결정을 내리는 단계이므로 처음 일
 곱단계에 대한 개괄적인 이해 능력이 경영진에
 요구된다.

우선 첫단계가 무엇보다 중요하리라 사료되며,
 이 단계에서는 지질학자들이 중요한 역할을 담당
 한다. 현명한 지질학적 선택이 좋은 결과를 얻는
 데 필요하다. 광구권획득은 때론 탐사작업후 결
 과에 따라서 추구하는 경우가 많다. 이와 달리 탐
 사결과없이 광구권을 획득하였을
 경우에는 광구계약조건들이 탐사
 작업을 어려모로 영향을 주게 된다.

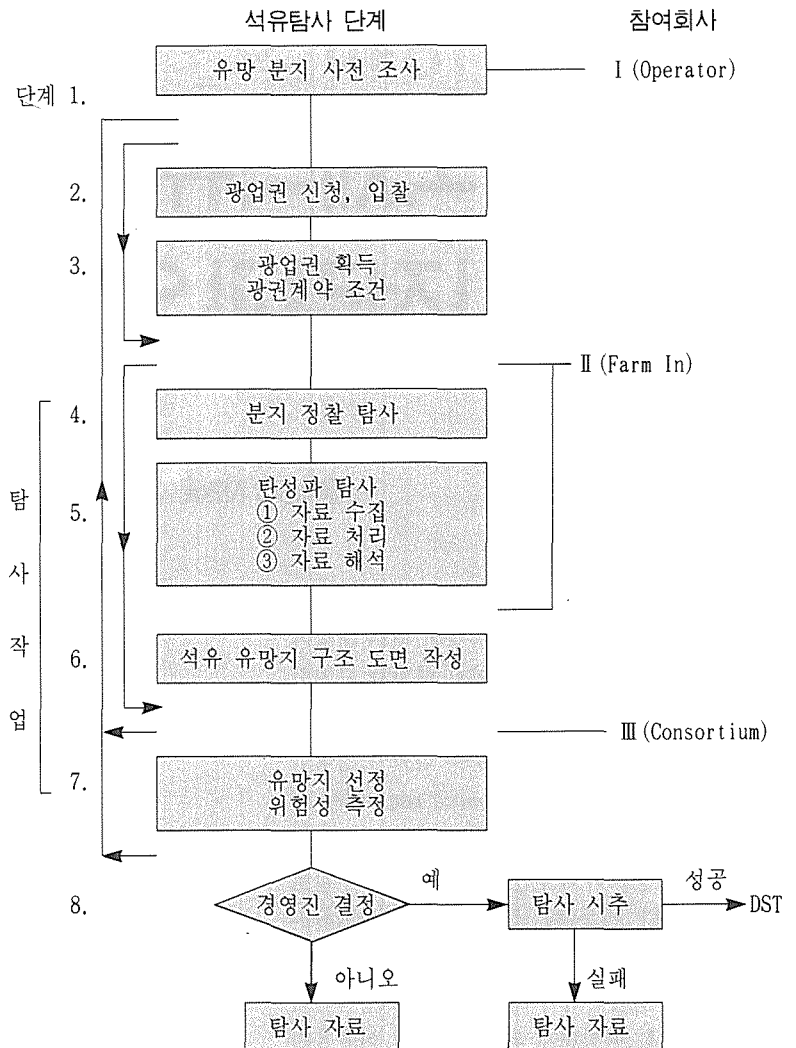
실제적인 탐사작업은 단계 4에
 서 7까지의 과정이다. 단계 4의
 분지정찰탐사는 여러가지 지질탐
 사와 자력, 중력탐사들이 포함된
 다. 탐사비용의 80% 이상을 차지
 하는 단계 5의 탄성과탐사와 단계
 6의 석유유망지 구조 도면작성은
 <표-1>에서 개별적으로 중요성을
 지적하겠다. 단계 7에서는 발견된
 유망지 (prospects)들을 여러가지
 탐사과정에서의 여건을 참조하여
 심단위 위험척도(risk scale)를 주
 어 분류한다.

<그림-1>에 보듯이, 탐사에 참
 여하는 방법은 세 가지가 되겠다.
 첫 두방법으로 운영권자가 되는 경
 우이며, 이와 같은 탐사사업으로
 심지어는 작년에 멕시코만에서 5
 억배럴 이상의 거대한 유전이 발견
 되었다. 세째로는 유망지를 사서
 참여하는 방법이다. 이 세가지 방
 법에 대하여 좀더 자세한 설명이
 <그림-3>에 주어져 있다.

3. 석유탐사사업이 성공하는데 필요한 여건

물론 만전을 기하더라도 탐사사업은 실패로 끝
 나는 경우가 대부분이다. 그러나 아직도 거대

<그림-1> 석유 탐사사업 체계



〈표-1〉 단계5와 단계6에서 집행하는 방법과 자료들

	작업과정	집행방법	자료정리
	탄성과 탐사		
단계 5	① 자료수집	자체 지시에	① 수집된 자료
	② 자료처리	의하여 용역	② 얻어진 자료
	③ 자료해석	회사가 집행	③ 해석한 자료
단계 6	석유유망지 구조도면 작성	자체내의 노력하에 용역회사와 공동작업	지질도면 단면, 지화학적 자료 등등

〈표-2〉 석유탐사에 참가하는 회사 종류

1. 광구자체를 연구 선택하는 회사
 - 거대한 유전 (Giant field <5억배럴이상>) 계속 발견
 - 메이저 뿐만 아니라 세계의 많은 회사가 참여함.
2. 주어진 광권내에서 시추점을 찾는 회사
 - 탐사사업 뿐만 아니라 개발사업에도 참여함.
 - 적은 위험성은 결코 아님.
3. 선택된 유망지에 참여하는 회사
 - 탐사성공은 주어진 탐사자료의 질에 달려 있음.
 - 높은 위험성을 소지하고 있음.
 - 1987년 이전에 나온 유망지는 좋은 탐사자료에서 나왔을 확률이 큼.

(giant) 또는 초거대 (super giant) 유전이 우리를 기다리고 있음은 분명한 사실이며 계속 발견되고 있다. 따라서 다른 에너지 방도가 뚜렷이 나타나기 전에는 탐사사업은 지속하리라 본다.

그러면 탐사사업이 성공하는데 필요한 기술과 사용방법은 무엇인가라는 질문이 있겠다. 자동차, 구두, 또는 라디오 같은 물품을 제작하는 기술과 같이 석유탐사 기술도 잘 기록되어 있어서 쉽게 이해할 수 있는 기술이다. 즉 배우면 지식 (knowledge)이 될 수 있다. 그러나 다른 제조업과 달리 탐사사업은 지혜로워야만 보다 쉽게 성공할 수 있다고 믿는다. 따라서 그 지혜 (wisdom)가 오

로지 탐사경험에서만 온다는 것을 여기서 유의하고 또 특별히 강조하고 싶다.

탐사사업에 필요한 여건들은 다 아는 지식이나 〈표-3〉 성공과 실패는 얼마나 충실히 또 지혜롭게 탐사작업을 하였나에 달려 있다고 본다. 〈표-3〉의 I 은 운영권자가 되었을 경우이다. 이 여덟가지가 새로운 것은 아니나, 흔히 한 두 가지를 소홀히 하게 될 수도 있으며, 그러면 실패율이 올라가기 마련이다. 비운영권자일 경우이면 단연코 주어진 자료의 정확한 평가에 달려 있으며, 또 주어진 자료가 정확하지 않으면 해석된, 처리된, 또는 수집된 자료까지 조사하여 위험성평가에 만전을 기하여야 한다. 끝으로 기억할 것은, 때론

〈표-3〉 석유탐사 사업의 성공에 필요한 요점

- I. 운영자 (Operator)가 되었을 때
 1. 보다 석유 존재 가능성이 높은 곳을 선택할 것.
 2. 그 선택된 지역의 독특한 점들을 잘 파악하고 사용할 것.
 3. 새 자료수집에 만전을 기하고 기존자료와 훌륭히 결부시킬 것
 4. 탐사사업 처음부터 최소한 한명의 유경험 지구물리학자 (Geophysicist)가 전반적으로 중사할 것.
 5. 여러 전문가들 사이에 빈번한 정보교환.
 6. 지나친 과학적인 염려는 성공의 장애가 됨
 7. 유망지 맨 꼭대기점 근처에 시추점을 정할 것
 8. 만일 첫 시추공에 실패하면, 또 예산이 허락하면 제2의 시추공을 정하여 실행할 것.
- II. 비운영자 (Non-Operator)의 경우는 위의 8가지 사항을 염두에 두고,
 1. 주어진 탐사자료를 정확히 평가할 것.
 2. 해석된, 처리된, 수집된 탐사자료를 평가할 것.
 3. 이상의 자료전부를 검토한 후 집단위 위험척도를 사용하여 재고려할 것.

탐사작업은 위험성이 크다고 판정되어 중지되는 경우가 많으며, 이때 지출이 안된 상당한 액수가 절약되어, 손실을 감소시킬 수가 있다.

4. 국제기업의 탐사전략

세계적인 석유회사들의 1987년에서 91년까지의 탐사결과가 <표-4>에 나와 있는데 약 470억

달러를 지출하여 330억 BOE(*barrel of oil equivalent*)를 발견하여 평균 1.39\$/BOE의 경비가 소모되었음을 알 수 있다. 따라서 이 거대한 자본이 투자되고 있는 석유탐사가 결코 최대의 도박에의 도전이 아니며 큰 이익을 추구하는 대기업의 사업임을 뚜렷이 보여주고 있다.

뿐만 아니라 현 메이저인 *Atlantic Richfield* (*Arco*)는 세계적인 석유회사이거나 30년도 안되는

<표-4> 해외석유회사들의 석유개발 현황

	미국내 석유·가스 탐사			해외 석유·가스 탐사		
	1987~'91 (5년간 실적)			1987~'91 (5년간 실적)		
	총투자 억 \$	발견량 억BOE	탐사코스트 \$/BOE	총투자 억 \$	발견량 억BOE	탐사코스트 \$/BOE
일관조업회사 (18사)						
Royal Dutch/Shell*	21.33	9.36	2.28	45.63	83.40	0.55
Exxon*	(19.09)	(1.51)	(12.64)	31.39	22.46	1.40
British Petroleum*	10.68	16.44	0.64	37.45	10.73	3.49
Amoco*	25.38	11.93	2.13	28.59	10.34	2.76
Mobil*	15.02	11.22	1.34	23.39	16.17	1.45
Chevron*	17.03	10.10	1.69	18.85	4.36	4.32
Atlantic Richfield*	18.38	14.70	1.25	10.75	3.08	3.49
Texaco*	13.35	14.08	0.95	15.04	6.82	2.21
Unocal	7.95	4.06	1.96	7.64	6.31	1.21
Phillips Petroleum	6.46	6.45	1.00	6.16	4.74	1.30
Dupont (Conoco)	8.28	4.62	1.79	15.13	5.69	2.65
USX (Marathon)	7.31	3.18	2.30	5.51	3.80	1.45
Occidental	2.09	2.35	0.88	6.14	4.41	1.39
Amerada Hess	5.51	1.97	2.80	5.57	3.65	1.92
기타 4사	11.68	5.30	2.20	3.55	1.31	2.71
일관조업회사 합계	170.45	115.76	1.47	260.79	187.27	1.39
독립계회사 (12사)						
Oryx Energy	8.03	3.34	2.40	1.06	0.75	1.41
Burlington Resources	1.72	3.46	0.50	0.00	0.00	-
Enron	1.81	1.35	1.34	0.81	0.22	3.68
Union Texas Petroleum	2.62	0.71	3.69	2.14	1.10	1.95
Anadarko	2.25	1.34	1.68	0.11	0.05	2.20
Maxus Energy	2.18	0.62	3.52	1.80	2.15	0.84
기타 6사	10.65	2.48	4.29	0.94	0.43	2.19
독립계회사 합계	22.26	13.30	2.20	6.86	4.70	1.46
주요석유회사 합계	199.71	129.06	1.54	267.65	191.97	1.39

(주) 발견량 = 발견 + 기존 유층의 연장 + 회수를 향상 + 기존 유전의 평가 교체분 (천연가스 포함)

*Exxon의 발견량은 평가교체로 인하여 4.31억 BOE 감소했다. 그 특수 케이스를 제외하고 탐사비용의 평균치를 산출.

*Major

(자료) Kidder, Peabody & Co. Inc. "Proved Petroleum Reserves & 30 Large Energy Companies (Nov. 1992. Edition)을 저자 재편.

〈표-5〉 석유회사들의 탐사비용

(단위 : \$ /BOE)

	미국내 사업	해외 사업	전세계 평균
(A) 일관조업회사 18개사 평균	5.13	4.06	4.67
(B) 독립계 회사 12개사 평균	5.47	2.24	5.28
(C) 상기 30개사 총 평균	5.15	4.05	4.07

〈자료〉 해외석유개발협회, 석유개발기업에 있어서의 기술의 역할(1993) p. 79.

$$\text{발견비용(경영베이스)} = \frac{\text{탐사비} + \text{개발비} + \text{매장량구입 취득비}}{\text{추가매장량(신규발견, 기존유전의 확장, 회수율 향상, 기존매장량의 재평가, 순매장량 구입량)}}$$

발견비용 가운데 탐사비는 대략 25 내지 35%임

역사로 두 탐사자가 경제성이 큰 유전 하나를 남가주에서 발견함으로써 시작한 것을 이해한다면, 우리나라 회사도 적절한 방법으로 탐사를 할 경우에 이삼십년 후에는 아시아의 Arco가 될 수 있지 않을까 생각한다.

〈표-4〉에서 탐사비용(\$/BOE)의 편차가 상당히 큰 이유는 집계 기간이 5년으로 비교적 짧은 데 기인한다. 〈표-5〉에 보듯이, 총 발견비는 약 4달러에서 5\$/BOE가 되며 탐사비는 그 중에서 약 25에서 35%가 된다.

저자는 1990년 8월에 자진사퇴하기 전까지 Exxon에서 5년, 그후 Chevron에서 14년을 탐사 연구와 실무에 종사했다. 〈표-6〉에 Chevron회사의 개략적인 설명과 탐사활동을 간단히 소개하였는데 여기에 나와 있는 숫자들은 정확한 것은 아니며, 기억에 의지한 대략적인 숫자임을 밝힌다. Chevron은 1985년에 메이저였던 걸프사를 샀으며, 현 고용자 수가 걸프사 매입전과 비슷한 인원을 유지하고 있다. 여기서 인상깊은 점은 한 시점에서 작업중에 있는 시추공 수가 보통 5에서 15개 정도로 유지되고 있는 점이다.

본인의 소견으로는 한 탐사사업에서 처음부터 마지막 단계인 시추점 결정까지 어렵듯이 이해하고, 위에서 말한 탐사작업에 지혜롭게 되기 위하여는 최소 10년 이상의 연구와 실무 경험이 필요

〈표-6〉 석유회사들의 석유발견비용

<p>Chevron Corporation : SOCAL, CALTEX - 美國 메이저 석유회사 중의 하나임. * 록기산맥, 서쪽에서 제일 큰 회사임. * 본부는 샌프란시스코에 있으며, 세계 전역에 방개회사들이 있음. * 연간 수입은 약 4백억달러임. * 상류부문(Exploration & Production) 예산은 약 40~60억달러임. * 총 고용인은 약 6만명임(급1에서 급10).</p> <p>- 세계 전지역에 걸쳐서 탐사활동을 전개함. * 연간 탐사예산은 5억~10억달러임. * 탐사와 개발에 종사하는(주로 지구과학 전공) 탐사자수는 약 1300명임.(급1: 200명, 급2: 400명, 급3: 나머지) * 한 시점에서 진행되고 있는 탐사 또는 개발시 추공수는 5~15개임. * 상, 중, 하 위험성 전체지역에 걸쳐서 시추작업을 수행함.</p>
--

하다고 보며 대부분의 경우는 非메이저 회사에서 그와 같은 경험을 얻기는 힘들다고 사료된다.

Chevron Exploration & Production 조직을 간단히 〈그림-2〉에 그려 보았으며 세 가지를 중시하고자 한다. 첫째, 탐사 및 개발에 필요한 시추자금은 탐사자 출신이며 Board of Directors의 한 책임자로서 특별히 결정을 짓고 사용한다. 둘째,

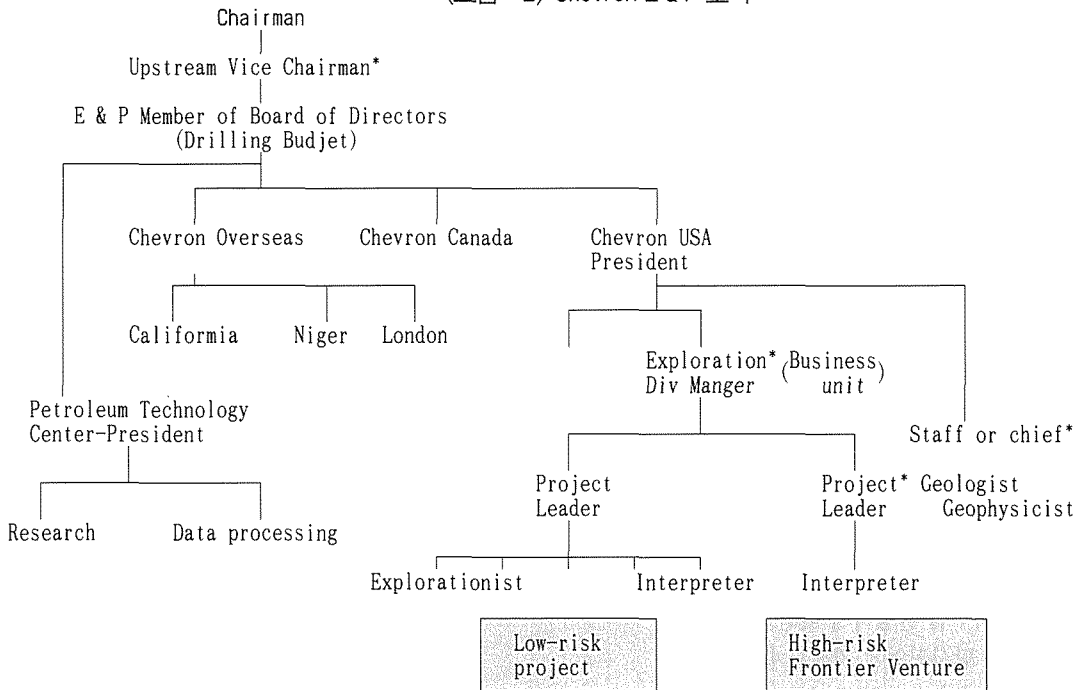
Chief or Staff Geologist와 Geophysicist가 횡적으로 존재하여 탐사회사의 재산인 인력기술, 인사와 그리고 모든 탐사 자료를 책임진다. 따라서 수직 인사이동에 구애없이 탐사사업이 계속된다. 셋째로는 위험성 높은 Frontier Exploration Venture일 경우에는 대개 탐사자 한 두명이 참여하여 최소의 경비와 노력으로 광구권 조건을 만족시키는데 노력하므로, 위험성도 큰데다가 이와 같이 등한시하는 경향 때문에 실패할 확률이 대단히 높다. 이때까지의 우리나라 근해에서의 외국회사와 공동탐사사업의 실패가 이 경우에 해당되었기 때문이라 생각할 수 있다.

대부분의 메이저와 마찬가지로 Chevron도 거대한 유전탐사에 박차를 가하는 경향이며, 지난 십여년 동안 Chevron의 많은 탐사 성공사례 중

에 캘리포니아의 거대한 Point Arguello Field와 카자흐스탄의 초거대한 Tengiz Field는 실례이다. <그림-3>의 Risk-Reward Model에서 Tengiz와 Point Arguello의 경우 일반적인 경우선 위에 위치하여 Chevron의 명성 높은 탐사기술을 알게 해준다. 이와 같이 성공적인 석유탐사의 핵심적인 방법은 위험성 감축기술, 즉 위에서 설명했던 현대 탄성과 기술이다. 현재의 Chevron 탐사 성공률은 20% 근처가 되지 않을까 생각된다.

그러면 왜 이 시점에서 우리나라가 석유자원산업을 국제경쟁에 투신하여야 하겠는가? 물론 2000년까지 10%의 수율을 확보한다는 목표도 중요하겠으나, 또 다른 두 가지 이유가 있겠다. 첫째는 석유사업이 부를 추구하는 엄연한 사업으로서 지름길이 될 수 있다. 둘째는 이런 사업경쟁

<그림-2> Chevron E & P 조직



* Geologist or Geophysicist

에서 日本이 중요경쟁자가 되는 것보다는 서양국이 낫다는 것이다. <표-7>에 있듯이 Energy Equipment & Services나 Energy Sources 산업들에서는 美國이나 유럽이 日本을 능가하므로 경쟁자가 될 확률이 크다. 따라서 우리나라가 이 에너지 산업들, 특히 탐사 분야로부터 시작하여 국제 무대에 진출하는 전략은 현명하다고 생각한다. 또 이 그림은 美國회사들의 총 이익율이 판매율을 증가한다고 과시하며 자랑하고 있다.

그러면 이상의 토론으로써 석유탐사사업의 중요점들을 다음과 같이 열거할 수 있다.

1. 석유탐사는 우리나라(참여회사들)의 부추적의 지름길이 될 수 있다.
2. 석유탐사는 고도의 기술을 사용하므로 결코 도박의 도전이 아니라고 본다.
3. 석유탐사는 우리의 인력과 재력으로 수행할 수 있는 사업이다. 그러나 현 인력의 대단히 부족함을 인식하고 있다.

5. 우리의 진로에 대한 건의

(1) 국내 대륙붕 탐사

현황

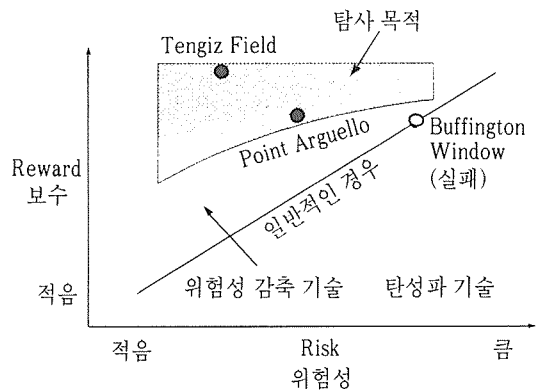
지난 20여년동안 외국회사들과 탐사를 하였으

나, 뚜렷한 성공은 없으며, 27개 시추공중에서 작년에 6광구시추에서 가스층을 발견하고, 탐사 성공에 필요한 4요소의 존재는 긍정적으로 판정됨.

- 연구자료에 의하면 보다 큰 유망지는 황해임.
- 매년 소규모의 물리탐사작업이 계속됨.
- 기본 정책은 외국석유개발회사를 유치하여 탐사시추를 하려고 노력함.
- 석유개발공사와 자원연구소에서 큰 규모는 아니나 탐사작업이 계속되고 있음.

계속되는 현황의 결과는 대단히 비관적이며, 발견확률이 양호한 황해의 석유층을 3년 내지 4년내에 발견하기 위하여는, 과감한 전환을 취하

<그림 3> Chevron의 탐사목적 추이



<표-7> 세계 기업의 경영실적 증가 추이 (1987~1992)

	美 國		日 本		유 럽	
	이 익	매 출	이 익	매 출	이 익	매 출
• Energy Equipment and Services	99.6%	92.7%	0.8%	1.0%	-0.4%	6.3%
• Aerospace & Military Technology	81.6	75.8	0	0.4	18.4	23.8
• Energy source	50.4	45.8	2.6	13.5	47.0	40.7
• Automobiles	23.6	37.0	31.0	35.3	45.5	27.6
• Metals	2.3	10.1	51.2	57.0	46.5	32.9
(14 other Industries)						
全 산 업 計	47.7%	37.4%	15.5%	31.5%	36.8%	31.1%

(자료) Wall Street Journal 1994. 2. 15.

여 소규모 수동적으로부터 보다 대규모 적극적인 활동이 필요하다.

건의

- 산재해 있는 국내 인력과 해외 탐사기술자를 관료적이 아닌 한 곳에 집중시켜, 지혜로운 연구를 할 수 있게 시작함.
- 흥미있는 황해자료를 재처리하고 해석을 다시 함.
- 탄성과 탐사작업을 상당히 증가시켜야 함.
- 지질연구를 위하여 육상과 해상 탐사 시추작업을 시작함.
- 탐사작업의 성공을 위하여 후한 예산이 필요하며, 시추를 위한 경비는 특별히 따로 할당하여야 함.

(2) 해외석유탐사

현황

- 해외 분지 지질연구활동이 대학이나 연구소에서 거의 없음.
 - 지난 10여년 탐사에 많은 참여가 있었으나 자랑할 수 있는 탐사는 예멘성공 등 몇개 안됨.
 - 현재 20여 회사들이 탐사 컨소시엄에 참여하고 있으며 대부분의 탐사참여가 투기업으로 고려되고 있음.
 - 최근에 몇 회사들이 운영권자(Operator)로 탐사작업을 함.
- 계속되는 현황은 과거 보다는 진보적이나, 최근 탐사결과는 낙관적이 될 수 없으므로, 국가정책상 차원에서 진로 변화가 필요하다.

건의

- 탐사에 종사하는 회사의 탐사원들의 탐사지식을 상당히 증가시켜야 함.

- 유망한 분지를 연구한 후 탐사지역을 선택하도록 장려함.
- 그러기 위하여 대학이나 연구소에서 석유유망 분지연구를 세계화시킴.
- 기술적 면에서 탐사 컨소시엄사업 평가를 보다 엄밀히 시행할 것.

(3) 국가정책상

건의

- 국가의 부의 축적과 환경정화를 위하여 정부차원에서 지구과학(Earth Sciences, Geology and Geophysics)의 교육과 연구를 교육체제내에서 훨씬 중시하여야 함.
- 우리나라 대륙붕 탐사작업을 외국회사 의존없이 자체내에서 할 수 있도록 적극화시킴.
- 지질연구를 위한 육상과 해상의 시추사업을 함으로 우리나라 지하를 연구시킴.
- 탐사기술을 향상시키며 탐사능력을 진전시키기 위하여 「석유탐사기술연구소」가 필요함. 두가지 임무가 주어지겠다. 탐사기술의 도입, 흡수와 제공이며 탐사자료의 수집, 평가, 분산이 되겠다.

6. 맺는말

- (1) 국내 대륙붕에서 경제성 있는 석유층 존재가 유망하므로 보다 적극적인 탐사작업이 필요하다.
- (2) 해외탐사 사업은 참된 기업으로 현재가 국제무대에 오르는데 좋은 시기이며 우리들도 이 산업에서 크게 활약할 수 있다.
- (3) 해외 탐사사업 성공을 위하여서는 보다 진보적인 탐사기술이 절대로 필요하다. 따라서 선진기술도입과 기술자양성이 급선무가 되겠다. ♣