

# 日本의 石炭地質

— '80 韓日技術士 會議參加報告 —

大韓石炭公社  
金 鎮 源\*

## < 목 차 >

1. 서 언
2. 일본 에너지 개발전망
3. 석탄산업의 역사적 연혁
4. 석탄매장량과 현황
5. 탄전별 현황
6. 탄광 개발 현황
7. 탄광별 개발 현황
8. 일본 석탄 매장량 산출방법
9. 지질조사소 석탄 연구사업
10. 三井탄광 주식회사 Miike 탄광 개발
11. 지질조사 자료의 전자 계산기 활용

## 1. 서 언

1980년 10월 28일부터 11월 7일 사이 일본 기술사회 초청으로 11일간의 짧은 기간에 한일 기술사들이 합석하여 당면한 문제점들에 대한 의견 교환이 있었다. 또한 새로운 기술적인 자료와 정보에 관한 사항을 상호 교환하므로써 기술사들의 자질향상에 도움이 되었으며 금번에 일본에서 얻어진 자료를 소개하므로써 현업의 석탄지질분야에 종사하는 기술자들에게 다소 도움이 되지 않을까 하여 수록한다.

## 2. 일본의 에너지 개발전망

### 가. 21세기

과도적인 상태로서 예상되며 oil 파동에 따른

쇼크(shock)가 예상된다. oil Sand 등의 저질화 석연료의 이용이 기대되며 석탄의 가스화, 액화 등의 기술향상이 기대된다.

핵 에너지의 다목적 이용기구, 핵 융합로의 개발, 수소에너지 이용기술등의 개발이 시급한 실정이다.

### 나. 22세기

화석연료나 핵연료에 의하지 않고 태양에너지와 같이 限界가 없는 에너지源의 開發에 中點的으로 조사 연구되고 있다.

현재 일본에서는 發電을 위한 fluided Bed 石炭의 가스화 연구가 活潑히 進行되고 있다.

직경 1.1M, 심도 276M의 수직공(垂直孔)을 採掘하지 않은 區域에 試錐하고 7個孔의 試錐孔을 166M~266M 심도로 放射狀 試錐를 시행하여 가스를 추출한다.

低質 Bituminous 석탄의 가스화 과정은 정부에서 전적으로 지원사업으로 1975년부터 5톤/일의 석탄을 소모시켜가면서 연구되었다. 그 과정에서 가장 힘들고 효율성있는 목적달성은 Clean fuel gas를 만드는데 있다. 이에 대한 상세한 내용은 생략하겠다.

## 3. 일본 석탄산업의 역사적 연혁

석탄 생산은 소금을 제조하기 위한 연료로 사용하기 위하여 약 200년전에 처음으로 시작되

\*産業應用技術士(應用地質)

었다.

Takashima 탄광이 Nabeshimahan 과 영국과 합資하여 개발되었으며 기체가 처음으로 소개되었다. 석탄 생산 기록은 1874 년에 21,000 톤이 생산되었으며 1940 년에는 5,630,000 톤으로 최대의 생산량으로 기록되어 있다.

세계 제 2 차 대전 기간에 석탄산업은 가장 어려운 시기에 빠졌었으며 그것은 광산유지, 인력 부족, 기계나 물자들의 부족에 기인한 것으로 어려운 조건에 있었기 때문이다. 그러나 전쟁이 끝난후 일본 정부의 강력한 지원으로 철강 산업과 함께 다시 석탄산업이 소생되기 시작하였다. 역사적으로 2 차적인 생산이 최대로 높았던 것은 1961 년도에 55,413,000 톤/年이었다.

그후로부터 값싼 기름에 의하여 석탄 생산은 감소되어 왔으며 많은 탄광이 폐광되었을 뿐만 아니라 현재는 1,800 萬톤/年 밖에 생산되지 않고 있는 실정이다.

일본의 1 차 에너지 공급 현황  
(단위 : 10.<sup>10</sup>kcal)

水	力	18,289	5%	비	교
원	자	13,842	3%		
석	탄	53,012	14%		
석	유	280,814	73%		
천	연	2,761	1%		
L	N	15,586	4%		
계		384,546	100%		

#### 4. 석탄 매장량과 현황

① 일본의 석탄 매장량 : 85 억톤

② 주로 Hokkaido 와 Kyushi 에 分布되어 있고 석탄을 사용하고 있는 지역은 주로 Honshyu 지역으로서 석탄 생산지와는 먼곳에 위치하므로 不利하며 石油는 바닷가에 공장들이 시설되어 있으므로 유리한 조건에 있다.

③ 석탄의 생산시기

거의 제 3 기층(tertiary)에 생성되었으며 석탄층의 상하반은 세일 사암으로서 loose 한 암석으로서 채탄기술 개발이 뒤따르기 마련이다.

④ 화산활동에 의한 관입운동과 지체구조적인 지각변동에 의하여 상당히 炭化(Carbonization)

되었다.

⑤ 개발대상 탄층은 Bituminous Coal Sub-bituminous Coal, 약간의 Anthracite 이다.

⑥ 모든 석탄기업은 민간소유이며 1979 년 말에는 26 개 탄광에서 17,760,000 톤을 생산하였으며 그중에서 8 대기업(12 개 광산소유)이 17,000,000 톤/年을 생산하였고 군소탄광(14 개)에서 760,000 톤/年을 생산한 점으로 보아 대기업에서 주로 석탄을 생산하고 있다는 것을 알 수 있다.

#### 5. 탄전별 현황

일본의 각 탄전별 탄전명은 다음과 같다.

- ① Ishikari 탄전
- ② Kushiro 탄전
- ③ Joban 탄전
- ④ Ube 탄전
- ⑤ Chikuhō 탄전
- ⑥ Miike 탄전
- ⑦ Sakito-Takashima 탄전

#### 6. 炭鑛 開發現況

① 생산지

1960 년 Kyshu: 50%  
Hokkaido: 61%  
1970 년 Kyshu: 50%  
Hokkaido: 61%

※ Hokkaido 가 최대 생산지

② 탄종별 생산(단위 1000 톤)

구분 \ 년도별	6 5	7 0	7 5
Coking Coal	12,607	12,759	9,265
Steam Coal	35,386	24,568	9,263
Anthracite	2,120	1,002	69
계	50,113	38,329	18,597

	7 6	7 7	7 8	7 9
	8,523	8,969	8,659	7,663
	9,769	9,602	9,890	10,093
	33	—	+1	+4
	18,571	18,571	18,550	17,760

일본 탄전 분포도

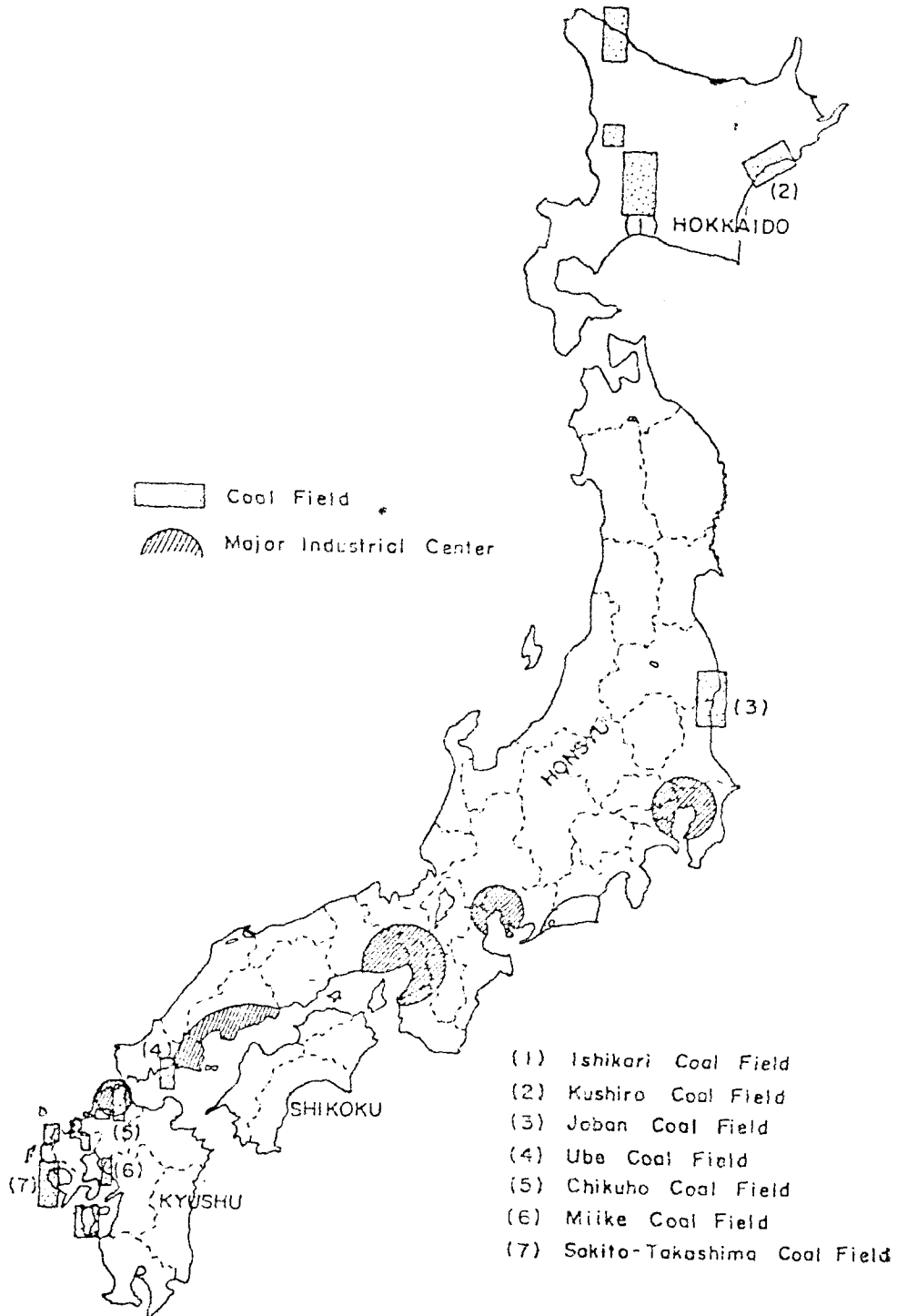


Fig 1. Location Map of Coal Fields

※ Steam Coal: 56.8%  
 Coking Coal: 43.1%  
 Anthracite: 0.1%

③ 생산방법  
 Open Cut 으로 5.1% 생산하고 나머지는 지하에서 생산되고 있다. 79년도에 대부분이 Conveyor, shaft, incline 에 의한 수송방법을 사용하고 있다.

④ 지하 자연조건  
 ㉞ 막장거리 : 수직심도 603M-78년도  
 수직심도 482M-70년도

㉟ 침하율 : 11.6M/年  
 坑口에서 500M 까지 채탄완료(73.6%), 당면 문제는 물과 까스가 큰 문제점이다. 까스는 시추공의 파이프를 이용하여 추출한다.

㊱ 탄폭 : 2.99M  
 ㊲ 경사 : 28°  
 ㊳ 막장심도 : -598ML  
 ㊴ 막장온도 : 23°C  
 ㊵ 수송이동거리 : 6.434M  
 ㊶ 유지거리 : 78M/1000 톤당  
 ㊷ 메탄가스(CH<sub>4</sub>) : 78M<sup>3</sup>/Ton  
 ㊸ 갱내수 양수량 : 4.5M<sup>3</sup>/Ton  
 ㊹ 채취율 : 73%

㊺ air 공급 : 528M<sup>3</sup>/Min  
 ㊻ 채탄법  
 ㊼ long wall method : 73%  
 ㊽ short wall method : ×  
 ㊾ Room and pillar : 2.5%  
 ㊿ hydraulic method : 3.8%  
 ㊽ open Cut : 5.1%  
 ㊾ 기타 : 15%  
 ㊿ 탄층 경사별 생산(%)

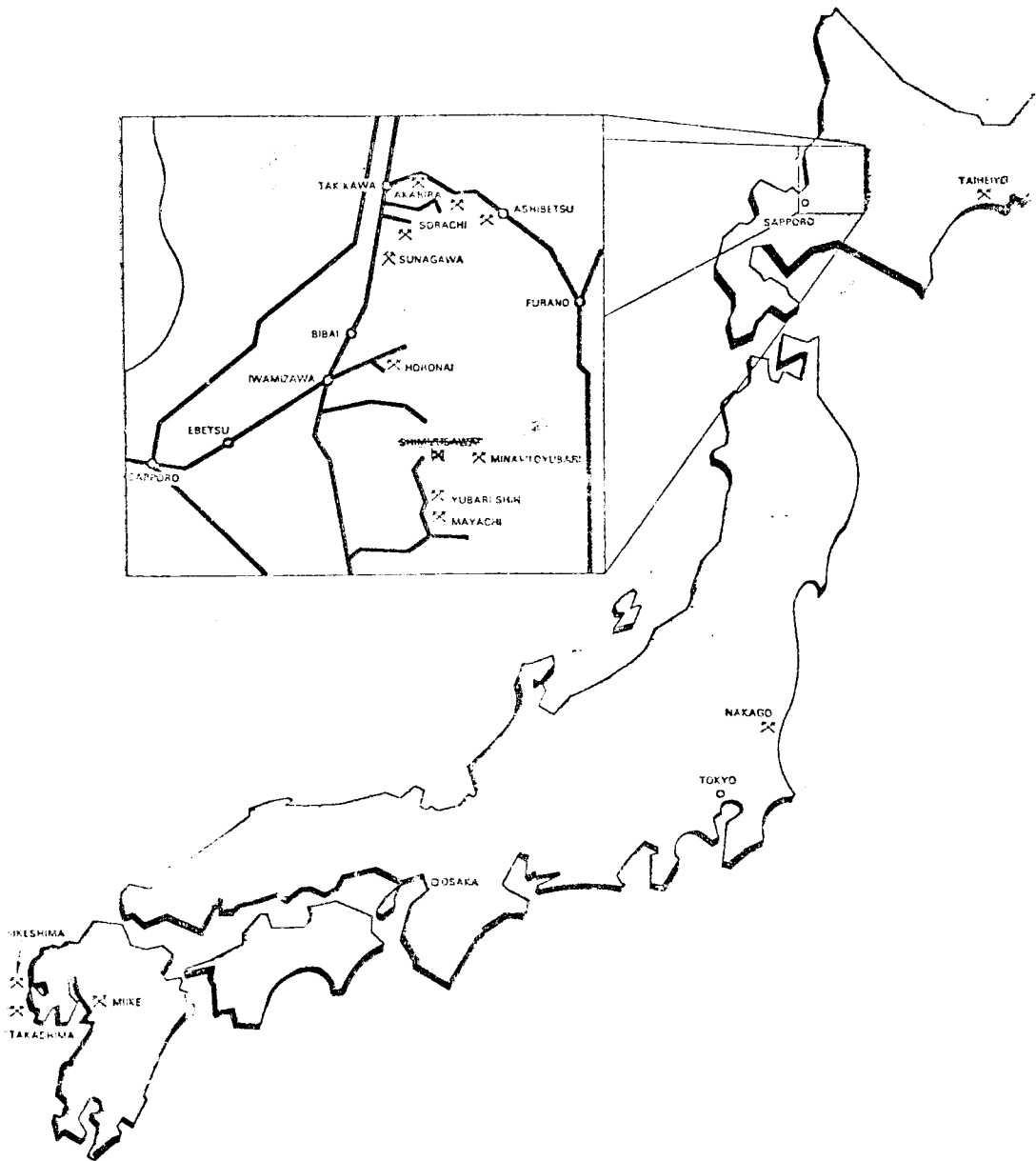
	65년	80년
flat sean(-20° 이내)	62.7%	72.2%
semi steep sean(20°~35°)	20.2"	11.4"
steep sean(35°~55°)	8.9"	11.6"
very steep sean(55°~이상)	8.2"	4.8"

㊿ 인력 노동력  
 1966년 107,100 명  
 1980년 18,816 명으로서 구인난이 문제점임  
 ㊿ 석탄부족으로 수입량은 5천만톤/년  
 ㊿ 석탄정책  
 1차 1958년 : 탄가를 낮추고 생산을 하였으나 실패되었다.  
 2차 1966년 : ₩609/Ton 이 결손되었으며 ₩243/Ton 은 정부가 보조하여 주었다.

### 7. 탄광별 개발현황

회 사 명	광 산 명	탄 전 명	위 치	생산(1,000ton)/년	인 원	심 도 (M)	가 행 탄층수	탄 폭 (M)	경 사
Mitsui 탄광	Ashibetsu탄광	Ishikari탄전	Hokaido	1,027	1,365	643~746	5	1~2.6	34°~48
Sumitomo "	Akabira "	"	"	1,133	1,492	495~755	10	1.18~3.6	9°~52
Sorachi "	Sorachi "	"	"	938	701	315~485	6	1.73~2.8	20~60
Mitsui "	Sunagawa "	"	"	1,040	1,014	585~870	4	1.9~4.0	55~76
Hokutan "	Horonai "	"	"	1,043	1,256	985	2	1.32~1.81	18~19
Hokutan "	Yurabinea "	"	"	1,148	1,609	866	2	2.4~2.9	10~15
Hokutan "	Mayachi "	"	"	536	758	483	4	2~2.3	48~76
Mitsubishi "	Minamiyub-ari "	"	"	940	1,424	841	2	1.63~2.28	17~31
Taiheyo "	Taiheyo "	Kushiro "	Hokaido	2,321	2,056	280~653	3	1.6~2.8	5°
Mitsui "	Miike "	Miike "	Fukuoka	5,046	4,100	227~643	3	1.5~2.5	1°~5°
Mitsubishi "	Takashima "	Jakito Tak-ashima "	Na Ga Saki	671	1,018	596	3	1.25~1.8	27°
atsushima "	ikeshima "	"	Na Ga Saki	1,156	1,390	668	2	1.9	3°~5°

# 일본 탄광 분포도



## 탐사개발

일본에서는 1953년 이후 값싼 석유의 범람으로 석탄이 중요한 에너지 원으로서 역할을 하기

위해서는 기술적인 저해요인을 없애고 석탄자원 개발을 위하여 석탄의 저질탄을 gas化하여 발전용 이용에 적극 추진중이다.

## 8. 일본 석탄매장량 산출방법

### ① 탄량 중별 정의

매장량별	종별	내용
확장매장량	제 1 류 갑	1km 이내 채탄 및 생산 가능 구역
	제 1 류 을	현재 채굴한계 심도내 구역
추정매장량	제 1 류	현재의 채굴 심도 한계 이내 확정 제 1 류를 인접 구역
	제 2 류	부존심도가 현재 채굴 심도 한계이상 장래의 채굴 가능 한계심도 이내
예상매장량	제 1 류	추정탄량 제 1 류 인접구역 채굴심도 구역내 광량
	제 2 류	채굴심도 한계 이상으로 장래 채굴심도내에 해당되는 광량
이론가치 매장량	이론 매장량은 채굴가능 구역의 광량	

이론불가채 매장량 :

이론 불가채 매장량은 채굴불가 구역의 광량 공해지 간척지.

안전 탄량 :

확정광량 제 1 류 甲 乙에서 안전율(%) 적용  
실收 탄량 :

안전 탄량의 실제 채굴광량 실수율(%)

② 탄폭 0.3M 미만은 제외 0.3M 이상만 매장량을 산출한다.

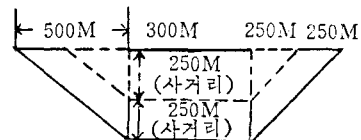
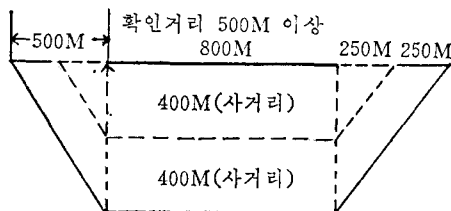
③ 급별 탄폭

1 급 : 탄폭 1M

2 급 : 탄폭 0.6M~1M

3 급 : 탄폭 0.3M~0.6M

<매장량 산출 요령 그림>



(斜거리 계산방법)

④ 표준 탄층

무연탄 : A층

역청탄 : B층 C층

아역청탄 : D층 E층

⑤ 탄량제산의 심도한계

㉞ 제 1 류 탄량(확정, 추정, 예상) 채탄 한계 심도

가행 표준탄층 배수준하부 600M

㉟ 제 2 류 탄량한계심도 : 배수준 하부 1,200M

탄종	급	별	채굴한계 심도 배수준下(M)	
			제 1 류	제 2 류
무연탄	1	급	600M	1,200M
역청탄(B.C)	2	급	450M	900M
아역청탄(D.E)	3	급	300M	600M
갈탄(F)	1	급	300	600급
	2	급	200	450

⑥ 탄량계산법

㉞ 탄층확인 상황

탄층노두가 확인되었을 경우, 탄층이 시추로 확인되었을 경우로서 가능하며 2개이상의 탄층 확인자료가 있을때 탄량을 계산한다.

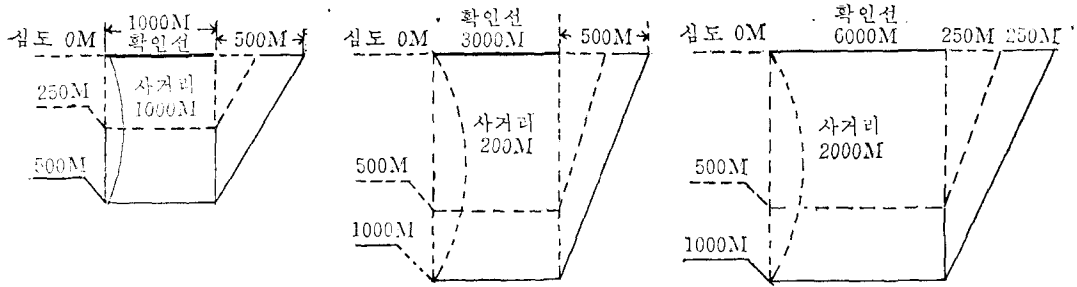
㉟ 계산법

계산법에는 쉐거리 계산법과 심도법이 있다.

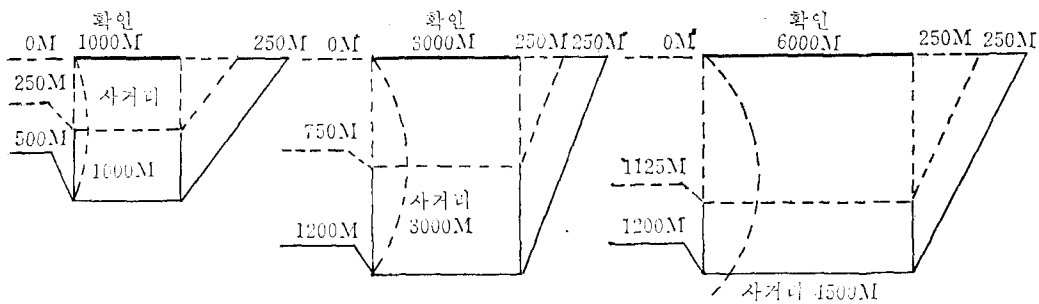
• 쉐거리 계산방법 : 탄층의 확인거리를 기초로 하고 탄층의 경사가 30° 미만인 경우로서 주향에 직각되는 경사방향의 연층거리로 계산하는 방법

• 심도법 : 30° 이상의 탄층을 부존심도로 계산하는 방법

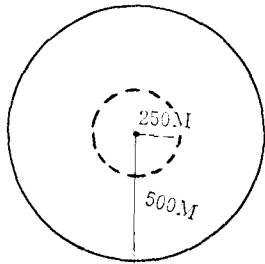
미개발구역(深度法, 경사 30° 평면도)



개발구역(삼노법: 경사 30° 평면도)

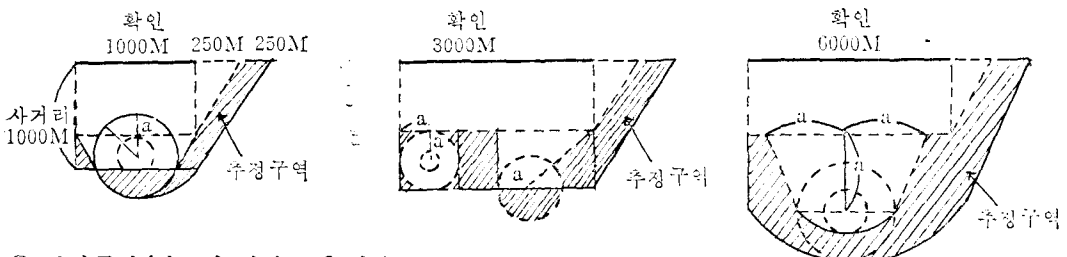


확인점(시추공)에서의 탄량산출 요령

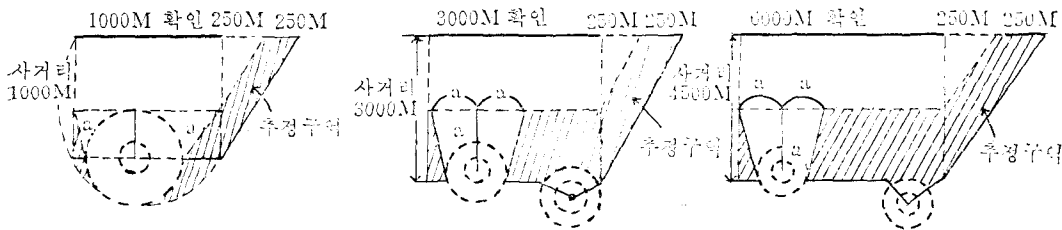


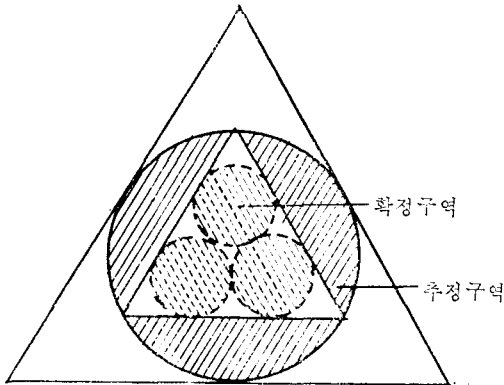
시추공의 확인점이 다른 확인선의 추정구역에 중첩되면 확정구역으로 한다. 그러면서 1km 이내에서 중첩되면 ①~②에 참조 확정구역 범위를 정할 수 있다.

① 미개발구역(심도법 경사 30° 평면도)



② 개발구역(심도법 경사 30° 평면도)





시추에서 확인된 곳 계산법이며 수갱의 보안 탄주 설정요령은 시추공과 동일하다.

Mitsui 탄광에서 사용하는 탄량 산출 양식을 소개하면 다음과 같다.

--구역--		총탄량 계산표				현재
탄량	구분	수준	탄급별	계산	산출	탄광 (M)
탄폭 (M)	비중	tM³	평면적 (M²)	경사 sec	사면적	안전율 (%)
이론가채 매장량	안전탄량	실수율 %	실수탄량	비고		

- 안전율 : 100% 변동 없는 것
- 95%
- 90%
- 85%

Mutsui 탄광주식회사 본사와 현장 광업소와 안전율 결정

실수율 : 단층이 없는 지역에서 실제로 채수율을 적용하며 생산실적을 근거로 하여 또한 채탄법에 의하여 보통 90%~93%로 결정

KS와 Jis 를 비교의론 결과 광량산출은 case by case 로서 산출되어야 한다는데 결론됨.

### 9. 지질조사소 석탄 연구사업

13개의 부실과 7개소의 지소가 있으며 석탄 분야에서는 연료부 석탄과에서 연구중이다. 최근에 조사 연구되고 있는 사항은 "태평양 탄광

에서의 탄질의 측변화와 탄층 탄폭변화에 관한 조사연구"로서 주요내용은 다음과 같다.

가) 조사대상 탄층명 : oiligocene age 의 urahoro group 인 Haratou 함탄층의 주탄층.

나) 탄질변화 : 휘발분, 탄화도, 탄의 조직성분(maceral) 함유의 차이에 있다.

다) 탄화도(carbonization) : 조직성분(maceral)의 함유량보다 열량에 더욱 관계가 깊다.

즉 휘발분이 maceral content 보다 관련이 깊다.

라) 堆積환경 : maceral content 는 古地理學的으로 主탄층이 퇴적될 당시 석탄 퇴적분지 형성과 관계가 깊다.

즉 분지 중심부근에서 그 degredinate 와 휘발분이 아주 많고 telenite 와 Collinite 의 함량은 탄전 끝으로 가면서 점차 많아지며 휘발분은 감소한다. 조직성분의 측변화는 식물사회(society)의 차이를 나타내며 그 이유는 휘발분 함량의 변화 차이에 있다.

마) 지각 구조 : 고질탄 구역이 NW-SE 방향의 rectangular shape 로 elongated 된 상태로 저질탄 구역과 호층을 이룬다. 이는 탄화도가 paleogene 퇴적 후 부존심도에 일치하지 않는 것으로 보이며 지각구조 운동에 관련된 것으로 결론지어진다.

日本에서는 석탄자원의 이용이 철강, 제철, 전력에 대부분 차지하고 있으며 풍부한 석탄자원을 gas 化 액화하는데 중점적으로 조사소 학교에서 연구되고 있기 때문에 석탄의 조직 성분에 대하여 연구가 활발하며 그에 따른 分布상태 지질구조적인 특성을 찾아 내려고 노력하고 있다.

즉, 석탄을 gas 化하여 발전용이나 공장용으로 이용하기 위한 적합한 조직 성분의 석탄자원 조사연구를 일본정부에서 지원하고 있다.

한국의 충남탄전 지대의 저질탄 발전용 석탄 자원 개발은 尙後 oil 가의 증가 추세를 대비하여 적극적으로 추진됨이 바람직한 것으로 생각된다.

### 10. 三井탄광 주식회사 Miike 탄광 개발

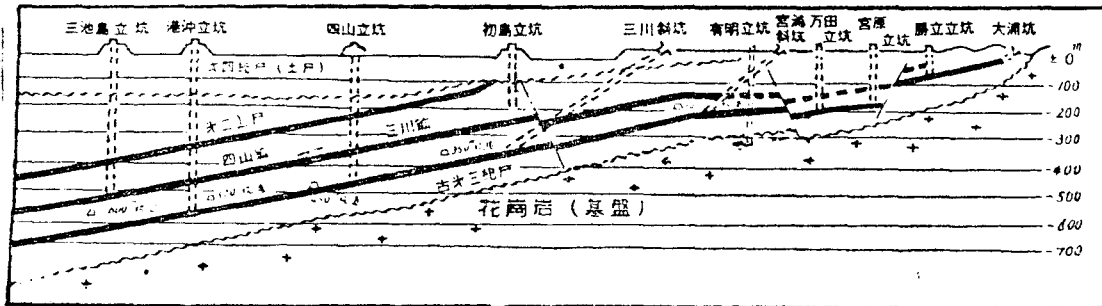
가) 위치 : 福岡縣 大牟田市 原山町 170



### 三池炭鉱 위치도



### 三池炭鉱模式断面図



나) 沿革: 약 500년전 (1480년) 석탄발견 계  
속생산 1981년 까지  
다) 地質: 화강암, 결정질편암(하반기반암)퇴

적암은 제 3紀층의 사암 세일로 구성되었다.

라) 탄층: 총탄층수는 9개층이며 그 중에서  
가행탄층은 본층, 상층 제 2상층이다.

층 명	탄 장(M)	탄 폭(M)	가 행 경 도	비 고
제 2 상 층	1.3M~2.7	1.1M~2.6	三川, 有明	주향 N60°W~ N30°E 경사 2°~6°W
상 층	1.85~5.6	1.74~5.0	" 四山	
본 층	2.4~5.9	2.25~5.6	"	

마) 광 구 수: 143  
매 장 량: 1,030,336,000ton  
자 행 광 구: 40  
기 생산 량: 226,847,000ton  
미 가 행 광 구: 103  
탄 질: 6,200~7,800kcal/kg  
生産의 60%는 철강제조에 이용  
生産의 16%는 전력에 이용

바) 排水: 11ton의 물을 배수/석탄생산톤당  
지표수 40m³/Min 배수

사) 온도: 50°C→30°C로 냉동 순환장치 활용

아) 채탄방법: 수압식 채탄법 활용

향내 시추 목적

- Gas extraction
- Prospecting drill for advance tunnel
- Water extraction

### 11. 지질조사 자료의 전자 계산기 활용

가) 지질주상도 作成  
• 시추공 매지층 주상도

• 특정층의 대비도  
• 특정의 지층면 동일수준에서 각주상도 대비  
가능도

나) 格子點置 변환작성

도면상에 산재된 자료(예: 어느 탄층의 수준  
탄층의 두께)는 方形的 格子點上에 변환된 규칙  
적인 배열로 수자 기록이 가능함.

- 가중이동 평균법
- 多項式近似法
- 重 fourier 級數 近似法
- 逐次 多項式 近似法
- Spline 近似法

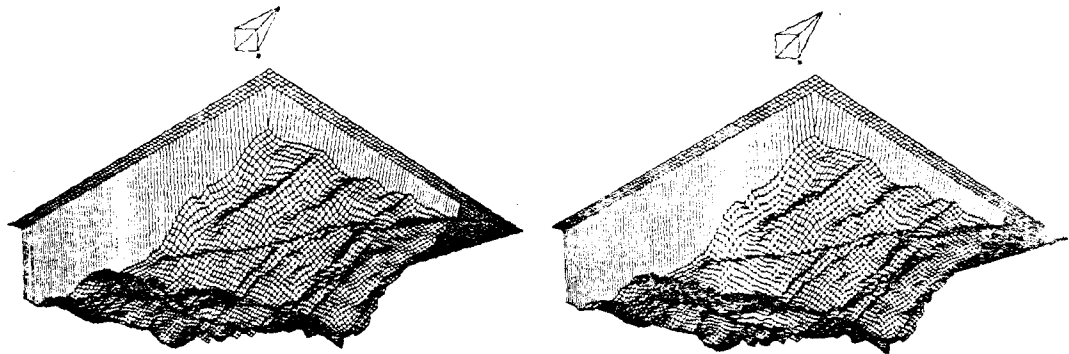
다) 等值線도 작성

산재된 자료에서 변환되어진 格子點置를 기준  
으로하여 等值線도 작성  
加重移動 평균법 多項式 近似法에 의한 도면  
제작

라) 지질 단면도 작성

단면상에 각점의 입체적인 위치(X, Y, Z 좌표)  
가 필요하다.

이 격자면을 사용하고저 하는 임의의 방향에  
단면을 표시하면 각각 단면도가 제작된다.



透 視 圖

마) 透視圖 제작

지표에서 標高分布, 炭層分布狀況을 視覺的 立體感을 나타낼 수 있다.

바) 탄량계산

탄폭별, 구역별 품위별 매장량을 구할 수 있다. 지표 표고의 格子點值群과 炭層 上面 표고의 格子點值群에서 노천굴 피복암층의 량을 구할 수 있다.

사) 측량계산

측량성과에서 얻어진 자료를 전자계산 이용으로 路線中心의 측량 좌표 계산이 가능하다. 그 例로서 주택지구 구획 측량도가 정확히 표기될 수가 있다.

아) 암반 역학 계산

여러가지의 未知의 조건하에서 空洞墜壤의 豫知라든가 또는 지표면의 이동을 豫測할 수가 있으며 地下 作業의 안전을 도모하고 암반 역학의 彈性, 彈塑性, 粘彈性 등의 수학적 Model을 계산할 수가 있으며 현재는 通常의인 업무로 처리되고 있다. 세계적으로 常用되고 있는 有限要素法은 저렴한 가격으로 구입이 가능하다.

자) 노천 채굴시 단면의 最適

노천 채굴 대상 구역을 입체적으로 단위당 鑛劃을 나누어 求하여 最適 採掘型을 計算할 수 있으며 그중에서 鑛劃 가치의 最大值를 求하므로서 最適 斷面을 三次元的 安息角 條件에 斷面間의 平滑化를 한다.

上記 事項外에도 鑛山에서 다음 사항들이 이용된다.

- ① Drum Shearer의 作業표 제작
- ② 長壁式 採炭 設備의 배치도
- Shearer의 배치 설계도

• Shearer 作業 설명도

③ Shield 支保棒의 最適化 設計圖

④ 통기 계산 결과 계통도의 작성

⑤ 갱내 온도 상승 요인을 원인별로 문제풀 해결

⑥ 석탄의 선탄 특성 파악

• 부선 시험계산표 제작

• 可洗 曲線表(wash) 제작

⑦ 선탄기의 특성파악

• 원탄의 입도별 분리 특성 곡선도 제작

• 선탄 계통도 제작

⑧ 투자 채산성의 계산

⑨ 위경사 곡선표 제작

주향과 단면선이 이루는 角에서 眞傾斜를 求할 수 있다.

정부에서 炭價를 인상시켜 주어서 탄광업계가 경제적인 타격을 받지 않는 우리나라와 같은 경우에는 하루 속히 Computer System 제도를 도입하여 大量으로 生産되는 炭鑛에서는 이용되므로서 人件費의 절감이 크게 期待된다. 日本의 三井鑛山株式會社 本社에서는 10年前부터 Computer System 部가 설치되어 각 광업소에서 보고되는 사항이 1日別 시간별 生産日報, 재해 상황, 기체가동상황, 통기현황, 운탄, 적재현황, 광산에서의 모든 움직임을 Computer 실에서 파악할 수 있도록 되어 있으므로 탄광 경영 개선에 획기적인 역할을 하고 있다. 따라서 국내에서도 우수한 탄광에서는 上記한 Computer System을 하루 속히 설치하고 광산 자체내의 업무외에도 다른 회사나 광산의 업무도 수탁 업무로 처리하여 주므로서 경영의 능률화를 기할 수 있다고 본다.

지혜로운 생활과학

행복한 우리 가정