

クリーン・エネルギーを求めて

石炭調査研究の新しい道

まえがき

わが国では石炭資源についての本格的な調査研究がはじまってから今日まで 約100年の歩みがある。その間幾多の出来事 変遷 盛衰の歴史があったわけだが それらの多くの事象の背後にあるものは 石炭資源のエネルギーとしての価値や石炭地質学における研究の変遷 業界における盛衰等であって その反映は当然地質調査所の石炭地質調査研究と無縁ではない。

その間の関連をときほぐしつつ 今日石炭資源の評価がいかに変わりつつあるか またいかにこれを新しい視点でみななければならないかということをもてみたい。従来からの固体燃料としてだけの見方で 石炭を扱う時代はすでにすぎさりつつあり こうした固定的な観点だけではもはや時代おくれといわなければならない。

現代の科学の進歩と技術の改良 資源の評価は流動的である。わが国の石炭資源についても 再び見直しの時代が来つつあるのではないだろうか 以下にその流れを見ることにしよう。

1. 調査研究の進んできた道

すでによく知られているように 明治6年から8年にわたるライマンの北海道炭田の地質調査によって はじめてわが国での石炭地質学の歴史がはじまったといってもよい。当時の厳しい自然環境の中で 彼等が行なった資源調査と 当時協力した人々によってうけつがれた炭田調査の考え方と技術とは 今だに語りつがれているのである。

一方 実際の炭鉱業の方は九州の一角高島その他において 徳川の時代から始められていたということである。燃料としての石炭は それより以前すでに注目され使われていたであろうし この採掘が企業としての体裁に整えられたのは 明治6年(1872)であるといわれている。そこにわが国における企業と調査技術の結びつきをみる事ができる。やがて地質調査にもとづく石炭の採掘が 北海道ではじめられ それが延々と最近でもつづけられている。その間にあって地質調査所は もちろん国の立場としての基礎的な炭田調査を継続していた。しかし 当初これにたずさわっていた人は少数で 明治20年(1887)常磐炭田の一部が 同26年(1893)福岡県豊前および筑前炭田調査報告が完成をみている。その

石炭課長 徳永重元

後大正年間には むしろ研究調査というより業界の発展と繁栄が先を越し 炭鉱は拡張につぐ拡張をもってした。何しろ国のエネルギーの大半は石炭に負う時代であった。

はなはだ香しくない関係であるけれど 日清戦役(明治27~28年) 日露戦役(明治37~38年) 第一次世界大戦(大正6~7年)等の出来事の時期と国内の出炭量とを比較すると その都度増産されている数字が示されている。

エネルギーとして 石炭がもっとも本命であった時代の大正2年には 全国埋蔵炭量調査が初めて行なわれている この時明らかにされた値は全国で913,900万トン さらに第2回は昭和4年(1929)再度行なわれ この時の値は1,668,693万トンと公表されている。

昭和10~14年(1935~39)は地質調査所の石炭調査研究にとっては 正に画期的な時期であった。それは常磐炭田の炭田地質図がはじめて組織的に完成され公表されたからである。中村新太郎技師をはじめ数名の技師によって 系統的かつ組織的な炭田調査が本格的に行なわれ 1区から6区に至る区分地質図によって示された。すでにこの頃までに宇部・常磐・北九州等の炭田について大学では研究が行なわれており 長尾巧 徳永重康等は当時の先駆者ではあったけれども 単独の研究としてで総合的な立場から扱っていなかった。実際採掘その他のこまかい点にまで利用できる 1万分の1~1万5千分の1実測図を基にした広範囲にわたるものは 初めてといってよかった。

第2次大戦直後 昭和20年以後復興の原動力となるエネルギーを 海外から全く求めることのできなくなったわが国では 国内の燃料資源とくに石炭の開発に重点をおかざるをえなかった。

炭田調査会が地質調査所の中に設けられたのもこの頃である。とにかく国内の石炭資源の実態 とくに開発可能地域と埋蔵炭量をつかもうという目的で 国内の地質学者や技師と海外より引揚げて来た地質関係・採鉱関係者の総力をあげてこれに当たったのである。

当時の地質調査所にあつては 60数名のこれら参加者は東奔西走 文字通り席の暖まる暇もなく それに一同が帰って来たら所内にいる場所すらないという状況であった。長いものは6カ月近く野外にあって調査を行な

第1表 地質調査所における石炭調査研究の変遷

項目	年度 (昭和)																								
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
地質調査研究 {地質調査を主とするもの 室内研究を主とするもの}	44	52	22	16	14	24	22	12	14	10	12	16	14	13	9	7	5	6	5	5	4	7	6	5	6
					3	3	5	4	4	2	3	6	4	4	4	2	5	6	6	7	3	1	2	8	9
海底調査研究 (炭田地域)					1		2	1				1			4	4	5	3	3	1	1	3	3	3	2
物理探査研究 (電気・重力・弾性波調査など)	2	7	8	3	3	3	4	9	1	2	4	4	3	3		1	1	1	1		2	2	1	1	
原料炭田地域地質調査 (含物探)					4	4		3	9	1			1						1	1	3				
試錐	5	27	9	4	4		3	9	1																
ゲルマニウム調査									1	1	1	1													
ウラン調査										1	4	5	5	5	3	3	3	6	11	11	5	3	3	4	3
石炭ガス地質調査・研究									1	1	2	2	1	1	4	4	4	5	2	2	2	2		1	
資料収集															1	1			3	3	3	2	4	3	3

ったが その結果は 多くの報告書となり集められ一部は炭田調査会報告その他となってまとめられている。

一方通産省本省にあっては 全国の埋蔵炭量を正確に把握する必要から 昭和31年 (1956) 各炭鉱に依頼し埋蔵炭量調査を行ないその結果 2,024,578万トンという数値が明らかにされた。各炭鉱からの精細な資料はその後地質調査所に大切に保管されている。

炭鉱各社における開発は その後いくたの新しい方法たとえば 物理探査・試錐等を加えてすすめられた。昭和36年前後は 出炭年間5,541万トンに達し その生産規模においても最もピークの時代であった。調査所においては 炭田調査会の解散とともに石炭課が設けられ 全国主要炭田において広域の総合的地質図いわば炭田全域をまとめ 一見して全体が把握できるような基礎となる地質図を作成しはじめた。

その後この方針にそって 日本炭田図ⅠからⅪまでが刊行されている。その対象となったのは 常磐炭田・佐世保炭田・留萌炭田その他であって その後石狩炭田

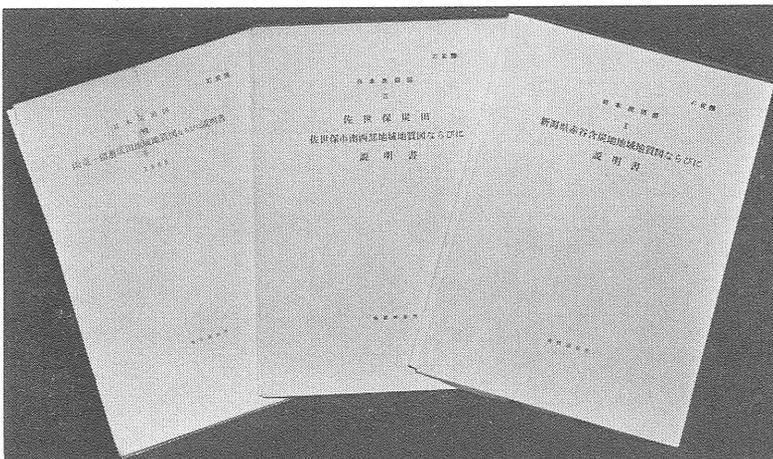
は印刷中であり 釧路炭田・最上炭田は目下とりまとめ中である。このような地質図の特色としては 石炭資源開発の基礎となる地質について 各炭鉱の鉱区にとらわれずこれらをつなげる立場で作成されていること また地質的な問題についても諸説のうちから偏することなく取上げ また永年にわたる炭鉱側の調査結果を大幅に取入れ重視していることである。

これらは石炭資源の量的把握はいかえれば分布を中心とするものだが 他方次第に質的な問題が重視されて来たことは 需給の面から当然のことである。

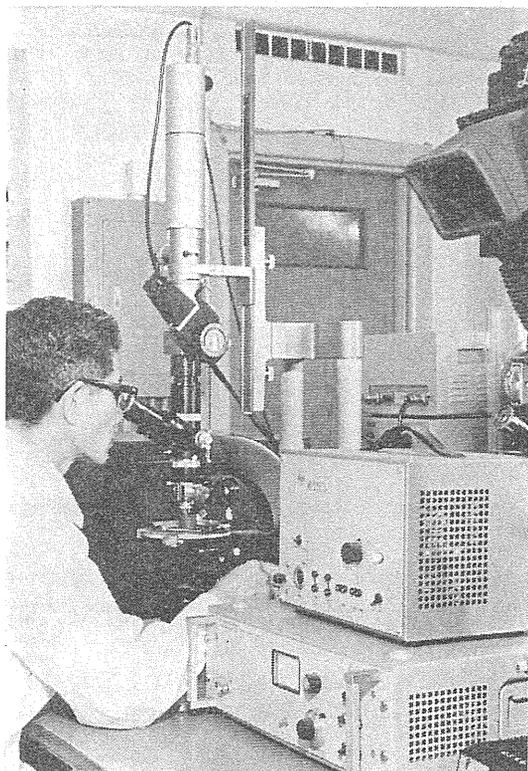
昭和37年頃からこれらの方面の研究も行なわれて来た。たとえば 石炭組織学がその1例である。石炭の研磨面の観察にもとづくこの質的な分類法は 地質学的な問題の解決 たとえば炭層を形成した堆積の構成物の変化を知るという面もあるが さらに実際の要望と強いむすびつきをもったのは石炭のコークス化 その他の物理性との関係である。

わが国では石炭資源開発についてその発展の割には 研究の面が伴っていかなかったのは事実であろう。採掘法 選炭法等いかに合理的にその資源をえるかという点に重点が傾き 欧州におけるような石炭の成分的研究等少なくとも業界とのむすびつきが遅れていた。この遅れがやがていろいろな波紋を現してくるのであるが石炭の液化その他の研究もやがて中断されてしまった。

昭和28年頃 石炭中の鉱物資源とくにゲルマニウムについての関心の高まった時がある。この資源は電機産業の発達とともに関心もたれ 国内のとくに炭化の



第1図 日本炭田図 (全国主要炭田の総合地質図)



第2図 石炭組織を研究する

すすでない褐炭(亜炭)中に含有されているのが明らかになって本州の内陸部の亜炭田がこの見地から調べられ 炭層の上下盤近くの炭層中に順環水によって吸着されているという考察がなされた。しかし海外からの輸入に圧倒され企業化は成功しなかった。これより少し以前に 国連の勧告による 石炭の地下ガス化の問題が起こって来た。さらに工業技術院でもテーマ

として取上げようとし 候補地の検討も行なわれた。

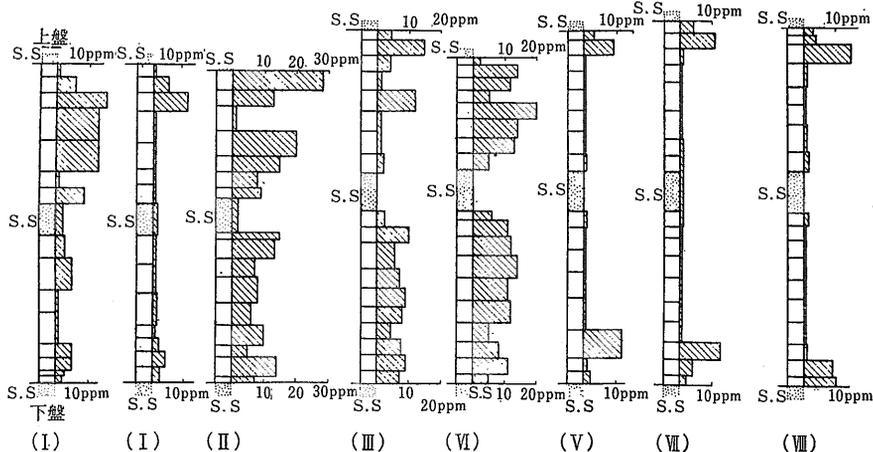
この問題が提起された際の大きなプロジェクトとしてまず地下ガス化に際して 地下で燃焼させる方法 また旧坑等によってガスが逃げぬような場所の選定 発生した低カロリー(2,500~3,000cal.)のガスに使用するタービンの開発 さらにこれらガス利用の工業立地の条件など検討された。その結果当時の見通しとしては時期尚早ということで見送られたのである。

しかし今日この地下ガス化の問題をみなおしてみると当時とはちがった状況があり 無視できぬ点があり後のべるガス化の問題と関連して再考の余地がある。

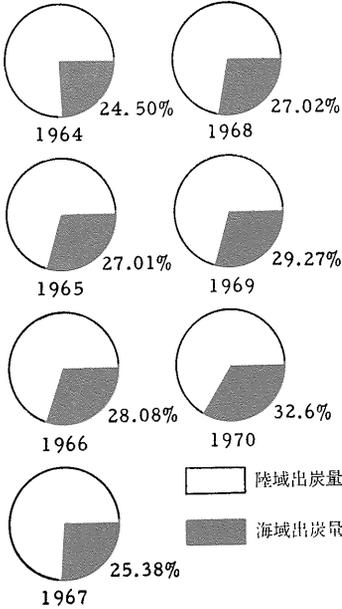
生産と開発は国内を中心としてすすみ 昭和36年頃一部地域においては 炭層が海域下において採掘され とくにそれが生産地域の主体を形づくるようになった。海底炭田または伏在炭田とよばれる 海底下・平原下の炭田は 図に示すようにわが国の出炭量中次第にその比重をまして来ている。

海底炭田の調査は 海上からの重力 弾性波 音波 電磁波等を使っての方法が主体となり それに海上試験も加わって重要地域は明らかになりつつある。このような技術の進歩 地域の拡大とうらはらに 石炭のエネルギーとしての需要が急速に減少して行ったことは周知のことである。エネルギー革命と世論ではいわれているが 革命といわれるような断絶的な変革ではなく 雪なだれのように急速に そして確実に石炭の使用の減少は起こって来た。蒸気機関車は廃止され 船舶燃料はすでに重油使用となり 火力発電所 各種工場も液体燃料に多くのものが切かわった。陶磁器をやく窯でさえ重油燃料を使用している。このような状況に加えて 石炭鉱業も長年の採掘に伴う採掘費の上昇 自然条件の

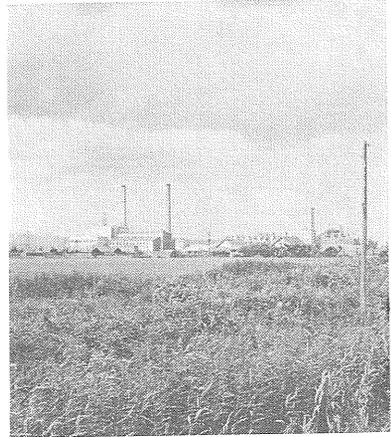
悪化等も加わって 休・廃する炭鉱も多く ビルト・アンド・スクラップ方式も予想外にスクラップ化の割合が多くなった。しかし今後経営面資金繰の面で 政府のテコ入れ



第3図 炭層中のゲルマニウム分布図



第4図 海底炭田出炭量の国内炭中にしめる割合



第5図 石炭専用火力発電所（北海道江別）

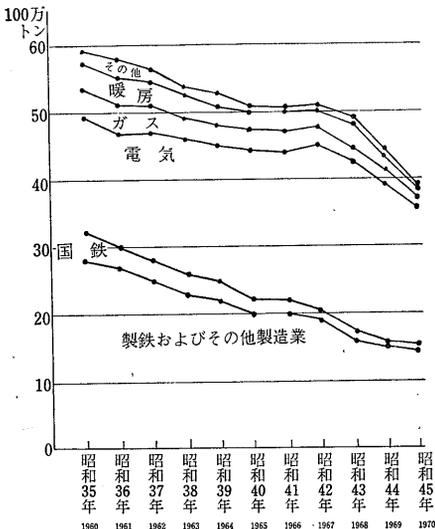
質とを把握しなければならない。 当所においてはいくつかの炭鉱をモデルに湧出量の測定 測定法 測定器具の開発等を行ない 一方地球化学的解釈によってその成因を研究している。 しかし坑内ガス利用が企業として稼働しているのは常磐炭鉱 幌内炭鉱その他限られた個所であって エネルギー源としてよりむしろ化学工業用が主であるが 発電に利用されたことも九州の大島でみられた。 このように石炭のエネルギーとしての利用は大きな変動期に逢着しているのである。

で どうような止り方をするか注目したい。

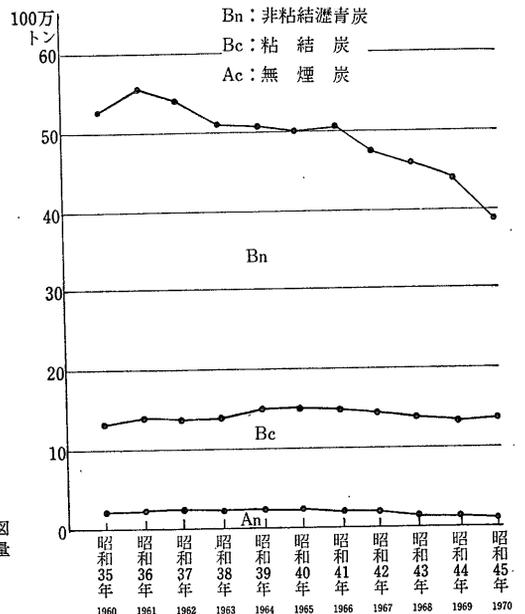
また石炭の採掘に伴って発生するいわゆる 坑内ガスや炭田地域から生産される炭田ガス等の調査研究は 地質調査所においても 全国的な規模で行なわれたことがある。

1970年現在 主要な炭鉱から排出されるガス量は $10 \times 10^8 \text{m}^3$ にものぼっているが これは排気とガス抜試錐よりのものを合計したものである。

これらの利用計画に際しては 何よりもその湧出量と



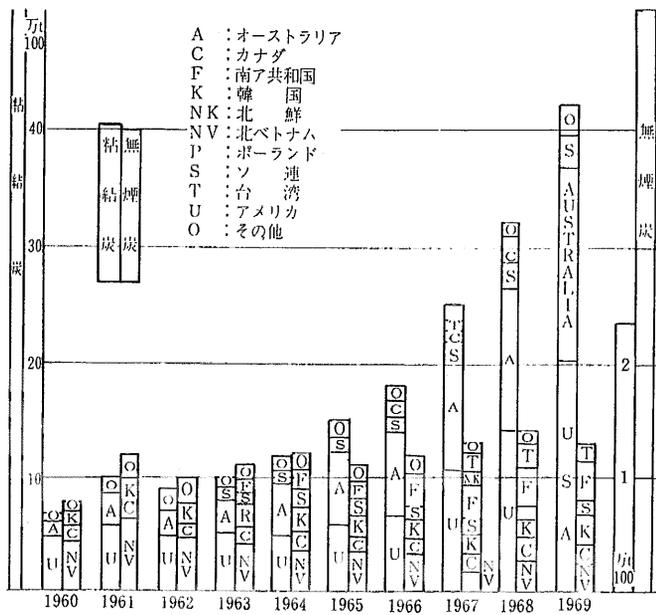
第6図 国内炭需給変化図



第7図 国内炭炭質別出炭量

2. 原料としての石炭

エネルギー源としての石炭が 前章までのような状況に至ったことは一般的には 石炭鉱業が斜陽化したとして受けとられていることは無理のないところである。



第8図 原料炭輸入内訳表

ところがこれは石炭資源利用の明暗のうちでも暗の部分のみを見ているといえよう。明の部分とは何か それはエネルギー源そのものでなく 製鉄業になくはならぬコークス用炭としての石炭である。たとえば1970年のわが国の輸入実績をみると 実に5,095万トンもの原料炭(粘結炭)が輸入されている。これは国内で同年度生産された石炭総額 3,832万トンの約1.1倍に当たっている。どうしてもなくてはならぬ原材料としてのこの石炭はもはやエネルギー源として燃焼させるものとしての性格から粘結性をもっているものは 大きな工業原料としての面に移り変わっているといえよう。したがって私たちがそれら粘結炭の自然物としての性格を分析するには従来のような観点でよいのだろうか。そこに

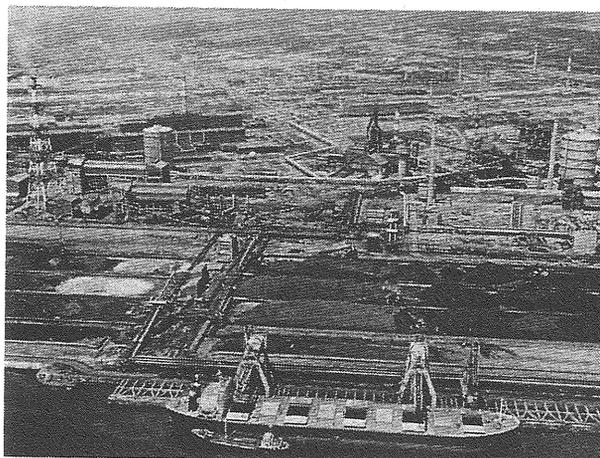
は当然異なった要素が必要となってくる。大手製鉄会社をはじめ かねてこの方面に関連ある研究陣は 使用する石炭の炉内における反応・作用等を最も適した状況におき製品の上に反映させるべく日夜努力している。その結果粘結炭の熔融する温度とけ方 膨脹度 含有鉱物成分等々につき細かい資料が得られている。それら石炭の性質については 別表に示されているように わが国の石炭は独特の性質をもち 外国炭との混炭は絶対必要という結果がでてきている。

その1, 2の点をあげれば 石炭を400°Cから次第に温度を上げ溶融させてゆくとわが国の粘結炭は全般的にきわめて流動性が大となり その中で羽根をまわしその廻転数でもって比較する装置(オート・ギヤセラー・プラストメーター)によれば その最高値が1分間に1万回転以上にもなる

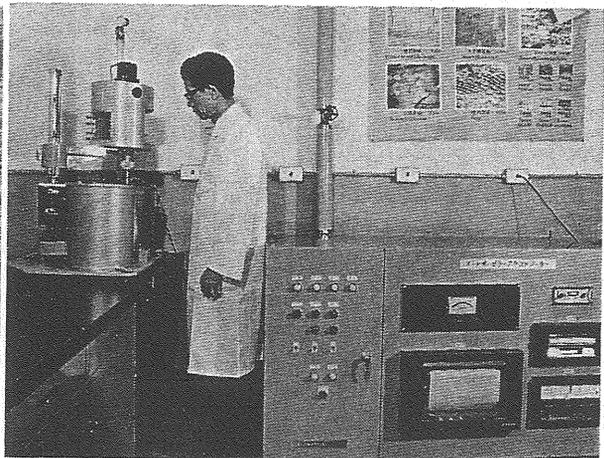
流動性の大きいものも少なくないという。事実当所におけるこの装置による実験においても1万回転に近いものがえられている。

しかし表にみられるように外国炭については わが国のものと時代的な差はあるにせよ流動性は少なく またコークスにおいてもいわゆる“腰の堅い”ものが一般的である。

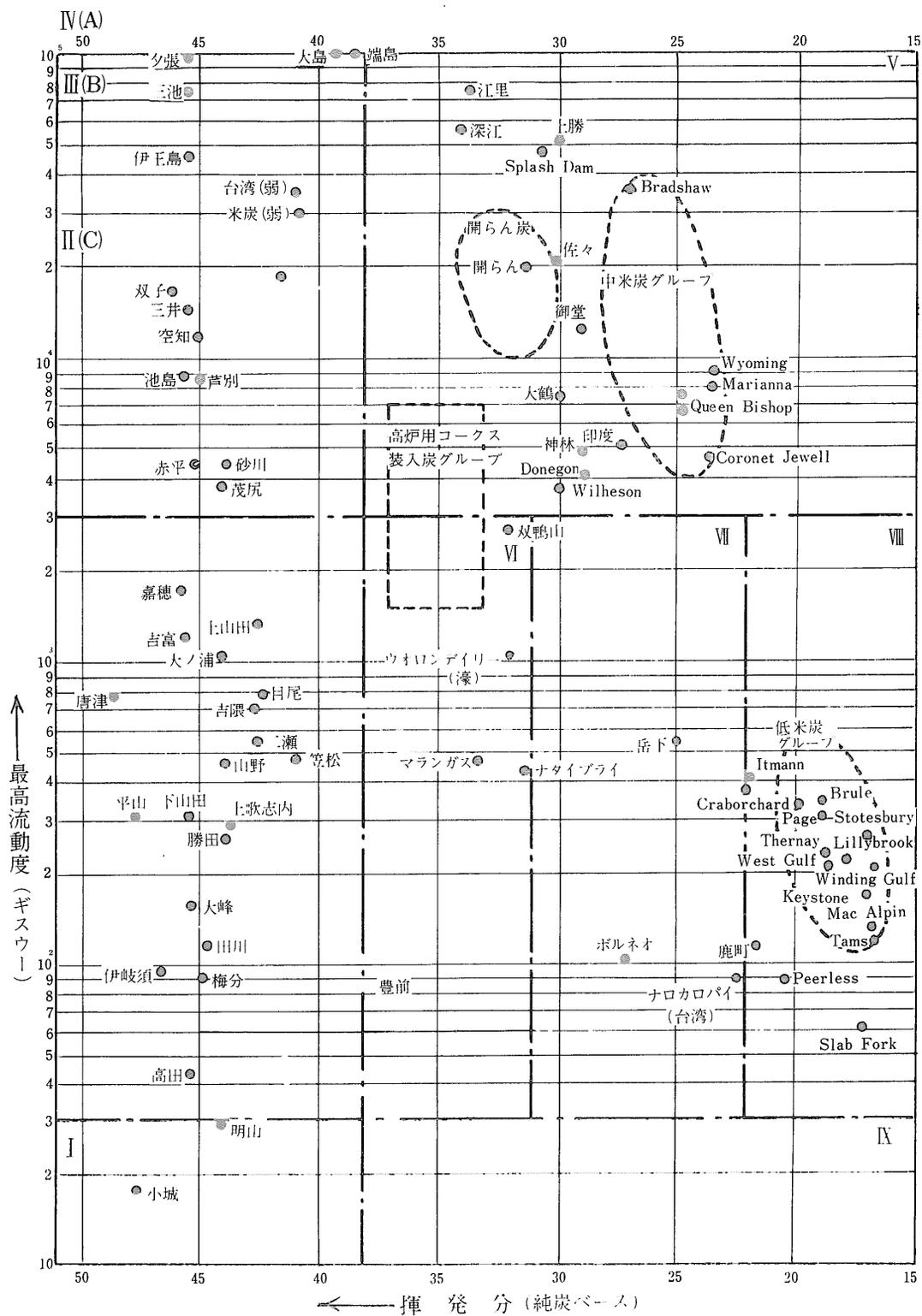
こうした外国炭とわが国の石炭の質的差がどのような理由によるのか とくにそれが形成された環境において隔りが生じた原因は何か こういった調査研究は当所の研究の1つの目標となるものであろう。しかしながら炭質的なこの問題を捉える場としては わが国では北海道の石狩炭田の一部 九州の三池炭田 佐世保炭田 松



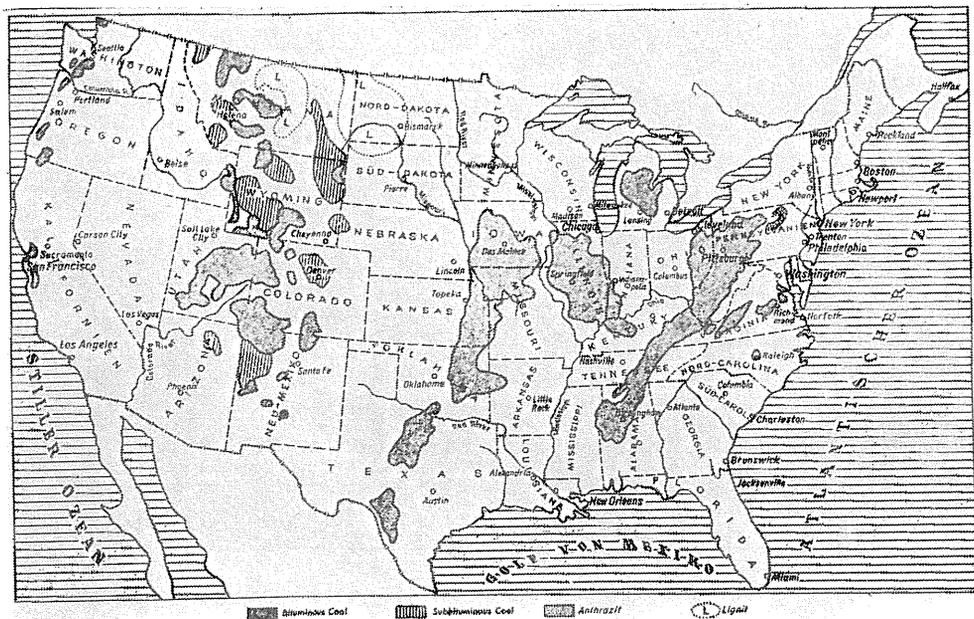
第9図 製鉄所 [住友金属工業(株)提供]



第10図 オート・ギヤセラー・プラストメーター (粘結炭の流動性をはかる装置) 左は炉部 右は測定器機



第11図 石炭の流動性と炭質との関係 縦軸は流動度 (1分間の羽根の回転数) 横軸は揮発分% [田部: 鉄鋼原料編 I]



第12図
ガス化の対象とな
っているアメリカ
中西部の炭田（こ
のうち Montana
Colorado Wy-
oming Utah 州
内の炭田が問題と
なる）

高一高炭炭田など限られた地域しかない。わが国の悩みは粘結炭がこうした所しか生産しないことである。もし現在の鉄鋼生産量を維持しようとするならば鋼8,555万トンに対し5,400万トンの原料炭を必要とし国産粘結炭は約2,500万トンにすぎず約3,000万トン以上を外国からの輸入にたよらざるをえない。

石炭の今日的なテーマは正に原料炭（粘結炭）問題といってもよく macro の視野よりする地質的な研究と micro よりする炭質とくに含有灰分その他成分の研究とはまだ密接なむすびつきの余地をのこしているといえよう。このような悩みを切実にもつ場合当然考えられることは原料炭の節約である。機能的には炉は高炉がもっとも経済的といわれわが国ではほとんどこれを用いその他の形式（平炉 転炉等）のものも種々比較されてきたが 出銑量その他生産の量と速さ 質等においてとくに転換するほどのメリットではなく 現状の形式が用いられている。恐らく当分は変わらないといわれる。そのため原料炭の節約ということが考えられ炉の高さを低くすることによる節約が当然行なわれる。しかしこれとても反応の関係で $\frac{1}{3}$ 程度短くするのが限度といわれる。

海外よりの原料炭輸入は $\frac{1}{3}$ へるといっただけでますます生産量が増える場合には量的にはあまり有効ではない。

さらに粘結炭以外の炭を用いたいという希望から研究がすすめられわが国でもかつての資源技術試験所において研究され一応の成果がえられている。要するに非

粘結炭を主体とした素材はペレットやブリケット状のものに成形される。ただ質の安定性の問題には非常に苦心があったときくが 中間プラントの段階にまで達していた。さらに最近ではいくつかの製鉄会社で非粘結炭のコークス化について成案をえてやがてこれらの方法による製品が市場に出るのもそう速くはないと考えられる。

現在原料炭の膨大な輸入に伴い 輸入先の資源や開発の状況さらに炭質変化の問題はつねに話題にのぼることである。こうした問題に対しできるだけわが国の炭質との比較が好ましいがわが国でそれと関連ある炭質のもの成因が明らかになっていれば先方に対する解釈もよりしやすくなる。いわば国内の炭田をモデルフィールドとしてその形成についての法則性を考えるという仕事は地質調査所で行なう研究の一つではないだろうか。

もはや私たちは一塊の石炭をエネルギー源としてのみみることはできないということは以上で明らかであろう。

またわが国独自の石炭の用法としてはその他にもいろいろある。その一つをあげれば 褐炭や泥炭を粉末とし肥料とともに混ぜこれを大豆または豆炭状に成型して施肥するという方法もある。これらは肥料が徐々に作物に作用するため 有機酸と肥料とのきめこまかい配合によって効用を上げている例がある。

また褐炭をアルカリで処理し抽出した可溶フミン酸を集め乾燥させ粉末とし 試験に用いるベントナイト等の順環水の粘度調節剤として混用している。この方法はわが国の試験工事においてはかなり普及しておりこ

れまた効果的であるといわれる。このように化学肥料・粘度調節剤等 わが国ならではのきめこまかい用途が生まれており こうした面はさらに研究する必要がある。そして炭質や地質の研究の上においても こうしたことをふまえて観察する必要がある。

3. 再びエネルギー源として

1971年6月4日 アメリカにおいてはニクソン大統領が議会へエネルギーに関する特別教書を送った。それはアメリカ国内産エネルギー資源の有効利用を訴えたもので公害を防ぎ自然環境を保護しつつ エネルギー需要の増大に対処してゆこうという呼びかけであった。その内容には石炭の直接ガス化 核燃料のための核増殖炉の開発 硫酸化物規制技術が中心となっており その他原子炉安全技術 地中送電 太陽エネルギー利用 オイル・シエールの開発 天然ガスの安定供給等の研究が付け加わっている。要するにエネルギー需要に見あうものを新たにみつけ それもきれいな形でえたいということである。石油を中心とするエネルギーは 好むと好まざるとにかかわらずその量に限りがあり 原油生産国の圧力により輸入される石油の価格は高くなる。

そのため今米国の中に余っている非粘結性の石炭を利用しガス化しようという考えが強く打出されていた。この直接石炭からの CH_4 ガスの製造には 水素とスチームとでガス化する水素添加ガス化法 褐炭を CO_2 と水蒸気によりガス化する方法 アーク炉中に粉炭を吹込み急速に熱分解させる法 等々約7つの方法が現在研究中であり それらはいずれも 1973年までに一段階をおえることになっている。そしてこれらはアイオワ大学・ウエストバージニア大学等や 石炭研究機関において研究がすすめられている。これらの研究を統率する機関としては 米国石炭研究局 (O. C. R. Office of Coal Research) で 上記の研究をさらに促進させ 5~7年後にこれらを経済ベースの上のせようとしている。そしてその実現を期そうというのが上記の狙いでもある。

そうなると石炭が 再び形の変ったエネルギー源として用いられることになり 事実すでにこれを見こして米本土およびオーストラリアの瀝青炭田または低品位炭田内の鉱区を石油会社が買いあさっているという話もあるくらいである。

ここでとくに注目したいのは これらガス化の材料となるのは 米国中西部に広く分布している中生代白亜紀以降の低度瀝青炭または褐炭であって これらをわが国の同時代のもものと比較すると 釧路炭田・常磐炭田・最上炭田やその他北西九州の一部のものに該当する。

しかし わが国のものは比較的高揮発分であり ここ

に彼我の炭質的な比較研究が上記の観点からの適・不適という意味から行なわれるのが望ましい。

粘結炭よりもむしろ非粘結炭がその原材料となるし また先にのべたようにコークス製造に当って 非粘結炭の配合の問題がクローズ・アップしてきているので 今後は低度瀝青炭に対する見方も変える必要がある。

4. 将来への展望

燃料エネルギーとしての石炭 すなわち固体燃料としての石炭は かつて100年近くの間有用であった。その間私たちの生活に産業に大きなプラスを与えてきたことはいうまでもない。ところが他のエネルギー源がその量をますますつれ 次第に後退し それとともに製鉄用コークス原料として また活性炭などや炭素源としての石炭がにわかにクローズ・アップされてきたのである。

それと共にわずかではあるが 液化や化学的原料(肥料および粘着剤)としての用途もひらかれた。こうした用途がすべてであるかのようにみえた折 石炭は再び以前とはことなつた方法によるガス化の源として脚光をあびようとしている。したがって私たちは石炭に対する見方を二転 三転して変えなければならないのである。

前にものべたように技術の革新と人間の生活を守る環境保全 必要対象の変化等に対し 私たちはたえず頭のきりかえを行なつてゆかねばならない。これに伴って当然石炭資源の調査研究の方向も また方法も変えてゆかねばならないと考えられる。

石炭資源の実態把握という言葉は 昔から随分使われてきた。炭田や炭層の賦存を正確に調査することが基本となることはいつの時代でも変わりはないが これとともに得るデータの取り方が少なくとも以前とは異なつたものでなくてはならない。過去100年のエネルギーの歴史の流れから 石炭は姿をけしうようになったが また再び装いを新たに登場してくる気配は濃厚である。

参考文献

1. 須貝貫二・徳永重元・曾我部正敏：戦後における地質調査所の石炭調査・研究の概況 鉱山地質 v. 11 no. 45—46 1961
2. 徳永重元：地質調査所における石炭調査研究の概要(昭和35—40年) 地調月報 v. 17 no. 10 1966
3. 徳永重元：石炭地質学の進歩 日本地質学会75周年記念 出版1968
4. 地質調査所：日本鉱産誌 A 総編 1959
5. 地質調査所：日本鉱産誌 V—1-a 主として燃料となる鉱石 1960
6. 科学技術庁資源調査所：エネルギー部会資料
7. 徳永重元：地質調査所における石炭調査研究の概要(昭和41—45年) 地調月報 V. 23 no. 7 1972