

石炭 化学と工業

増補版

石炭 化学と工業

増補版

木村 英雄
藤井 修治
共 著

三共出版株式会社



増補版発行に当って

1973年10月に起った第4次中東紛争を契機として、急テンポな原油価格の高騰といういわゆるオイルショックに直面した世界は、石油に代る新エネルギーの開発に力を注ぎ今日に至っている。こうした厳しい情勢下における我が国の石炭資源再見直しに対する対応についてみると、我が国の大きな特徴となっている製鉄業におけるコークス工業の発展が主体であることは言うまでもないが、さらに新しく、石炭のガス化をはじめ液化などによる気体燃料や液体燃料として、また石炭を他の流体燃料と混合した各種混合燃料として、例えば重質油と混合した石炭石油混合燃料 (COM)、メタノールと混合したメタコール、水と混合した石炭水混合燃料 (CWM) などとして、それぞれ活用しようとする各種の技術開発が積極的に推進されているのが現状である。

また石炭のガス化や液化に関する技術開発は、サンシャイン計画として官民一体となって1974年10月よりスタートしたことも周知のとおりである。

本書は、こうした中であって、石炭のエネルギー源および化学工業原料源としての重要性に鑑み、また資源的に極めて豊富な内外の石炭資源のより効果的な有効利用の道を拡大し発展させるために、1977年1月に刊行したもので、幸いにも石炭利用の各分野に関係する技術者、研究者の方々や学生諸君に御高評を得るに至り、1979年には一部訂正を施して版を重ねたが、このたび、その後の研究と発展成果を取り入れて『増補版』として発行することになった。

今回の改訂増補に当っては、最近における著しい発展の中から主要なる項目として、石炭の分類についての見直し、微細組織成分の新情報、モデル構造、石炭の利用系統と需給実績、長期エネルギー需給見直し、世界におけるガス化・液化技術の開発状況およびコークス工業の各種新資料、またガス化ではサンシャイン計画における最近の研究開発、Texaco 法、Lurgi 法、さらに液化ではサンシャイン計画における最近の研究開発状況、SRC 法、EDS 法、西ドイツの現状など、各方面にわたって検討を加えた。

再度にわたる石油危機によって、現在世界は、今迄の高度成長時代から経済安定期に入ってきており、なおかつ1983年3月にはこれまでには考えてもみなかった石油価格の低下、石油需給の緩和という新しい時代を迎えている。しかしながら、われわれは人類に与えられた貴重な炭化水素源である石炭資源の有効利用を図るために、現在および将来にわたって、内外炭を問わず幅広い視野に立った大いなる自主技術開発を、じっくりと腰を据えて推進していく必要があるといえよう。

1983年12月

木村英雄

序 文

世界的な規模で起った 1973 年末のいわゆるオイルショックによるエネルギー危機以来、石油を中心とするエネルギー需給の見直し気運が急速に高まってきたが、ここに来て、かつてエネルギー源あるいは化学工業原料源として戦後のわが国産業発展の原動力となって活躍した石炭のもつ重要性が再認識され、広く注目されるようになってきた。

貴重な流体エネルギーでありかつ化学原料源でもある石油は、世界の石油埋蔵量の 58% が中東諸国に集中している上に、今後世界的にみて需給がよりタイト化することが予想されているだけに、将来における価格の上昇、供給量の不安定化など国際的にみて石油にかかわる問題には種々の要素が内蔵されているといえよう。

一方石炭は、石油、天然ガスをはじめタールサンド、オイルシェールなど他の化石燃料に比較して、資源的に埋蔵量がきわめて豊富であること、世界的に広範囲に分散して分布していることなどの注目すべき特徴があるので、われわれは将来にわたって石炭の活用を忘れることはできない。特に石油メジャーがこうした石炭資源に注目し、着々と資本参加、鉱区確保を進めていることが報道されているが、これは非常に注目されるところであり、まさに極論すれば、将来の石炭を制するものは世界を制するともいえそうである。

わが国では現在、年間国内炭の生産量約 2000 万 t、海外よりの輸入炭 6000 万 t、合計約 8000 万 t の石炭が利用されているが、主として製鉄用、鋳物用などのコークス製造のための乾留用に、その他発電用、一般燃料用など燃焼用に供され、わが国産業経済の発展に寄与している。しかしエネルギー危機以来これらに加えて世界的な規模で石炭のガス化、液化、炭素化などその活用がふたたび見直されるに至ったことは、いわば石炭の復活ということにもなるであろうが、当然の帰趨であるといえよう。

石炭は、きわめて長い地質時代を経過して生成された関係上、亜炭、褐炭、

瀝青炭、無煙炭など石炭化度の差異によって種々の炭種があるが、組成的には炭素、酸素、酸素を主成分とする有機質の固体で、成因的に粘土鉱物を主とする無機物を若干含有している。その上植物質を根源としているので石炭組織上の差異として活性成分と不活性成分との含有割合をも異にしている。従って石炭は、いわば複雑な高分子物質であると同時に相当な不均質物質でもあるが、今日その化学構造の考え方、基本的構造も次第に明らかにされている。

石炭をエネルギー源としてまた炭化水素および炭素材料などの工業原料源として利用しようとする場合に、不均質な固体である石炭がもつ基本構造および基礎的性状をよく十分に研究し、よく理解した上でもっとも効果的に利用することが重要である。石炭の性状を解明することはまた、よりユニークな利用法やより新しい製品を創造しうる可能性をも含めている。

国内資源に乏しいわが国としては、石油の場合と同様に、国内炭はもとより広く海外の石炭をも対象として幅広く産業活動に活用していかなければならぬ。資源の分散化、多様化を図る必要がある所以である。

しかるに、最近における内外の石炭を含めた石炭の化学と工業に関する総合的な専門書は少なく、ましてや世界的にみてもきわめて少ないといっても過言ではないであろう。このような観点から、石炭を基礎部門と工業利用部門に大別して、前者では内外炭を含めた石炭の物理的・化学的性状、基本構造、石炭を乾留したり、燃焼したりする熱処理に関連して重要な炭化初期段階における諸性状の変化および内外炭の差異、特徴などについて、後者では現在の石炭利用分野の主流をなしているコークス工業について、将来のエネルギー源および化学工業原料源として期待されている石炭のガス化、液化について、またその他の溶剤処理、活性炭、炭素材製造にかかわる化学工業などについて、最近の研究成果および動向、技術開発動向、問題点などについてまとめてみることにした。

石炭はその複雑性の故に、きわめて多方面にわたる研究分野、技術分野があること、いわば非常に広い裾野を有することはよく知られている。従って石炭は科学のあらゆる分野にわたって広範囲にかつ総合的な研究を進める必要があるので、限られた筆者でかつ限られた時間にまとめ上げることはおのずから限度があるが、数年間にわたって入手し得るできるだけ新しい内外の文献、資料

を集めこれらを取りまとめたつもりである。すなわち、主として前半の基礎部門を藤井修治が、後半の工業利用部門を木村英雄がそれぞれ担当し執筆した。

この意味で本書が、国内炭はもとより海外よりの輸入炭について、現在および将来にわたって研究の基礎構造および基礎性状の研究を進める大学、研究所の研究者をはじめ、これらを基礎とした石炭利用にたずさわるコークス工業、石炭をガス化したり液化したり、その他の化学的処理によって石炭を利用する石炭化学工業にたずさわる技術者にとって、さらに石炭に近いいわゆる黒物としての石油重質油をコークス工業あるいは石炭関連工業に利用しようとする技術者にとって、きわめてよき伴侶となるものと信ずる次第である。

わが国のエネルギー源としては、今後原子力エネルギーや太陽エネルギー、地熱エネルギーなどの利用も大いに推進されなければならないが、有機質の地下資源である石炭は石油や天然ガスなどとともに単にエネルギー源ばかりではなく、化学原料源としても大いに利用されなければならない。特に将来エネルギー源として原子力時代が出現したとしても、石炭は石油ともども化学工業原料源として重要視されてくるようになることは明らかである。

本書が将来の石炭化学と工業の発展のために、石炭を研究し利用しようとするこの方面の研究者、技術者、また石炭を科学的・工業的に全体として理解しようと望む学生諸君にとってなんらかの役に立つところがあるならば、われわれの喜びもこれにすぎるものはない。

1976年5月6日

木 村 英 雄
藤 井 修 治

追記

本書の刊行に当って、執筆者の一人である藤井修治氏には、残念ながら初校の校正を終えられて間もなく6月9日に目白の自宅において急逝されました。ここに同氏の御冥福を心からお祈りする次第です。

1976年11月3日

木村 英雄

目 次

1. 石 炭

1.1 石炭化作用より見た石炭	1	1.3.3 石炭層の生成	14
1.1.1 石炭化作用	1	1.3.4 石炭層に対する 地殻変動の影響	18
1.1.2 Krevelen のコールバンド	2	1.4 組織より見た石炭	24
1.2 石炭の分類	3	1.4.1 石炭と組織成分	24
1.2.1 分類のパラメーター	3	1.4.2 石炭の組織成分	25
1.2.2 地質学的分類	3	1.4.3 日本炭の組織成分	28
1.2.3 生物学的分類	5	1.4.4 石炭の微細組織成分 (マセラル)	35
1.2.4 元素分析による分類	5	1.4.5 微細組織成分の性状	42
1.2.5 炭田探査審議会の分類	5	1.5 石油アスファルト、ピッチ との類似性と相違点	50
1.2.6 国際的炭分類	5	1.6 エネルギー資源としての石炭	52
1.2.7 その他の分類	6	参考文献 (50)	55
1.3 地質的に見た石炭	9		
1.3.1 石炭の根源植物	9		
1.3.2 植物質の腐朽分解	11		

2. 物理化学的性質

2.1 石炭化度による物理的性質 の変化	58	2.1.8 紫外吸収スペクトル	69
2.1.1 湿潤性	58	2.1.9 赤外吸収スペクトル	70
2.1.2 湿潤熱	60	2.1.10 誘電率	75
2.1.3 内部表面積	60	2.1.11 電気伝導率	75
2.1.4 孔隙率	62	2.1.12 反磁性磁化率	77
2.1.5 密度	63	2.1.13 常磁性共鳴吸収 (ESR)	80
2.1.6 X線回折	65	2.1.14 核磁気共鳴吸収 (NMR)	80
2.1.7 反射率, 屈折率, 吸収率	67	2.1.15 硬度和粉碎性	82
		2.1.16 弾性	84

2.1.17 燃焼熱.....85	2.2.5 示差熱分析.....96
2.1.18 比熱.....86	2.2.6 高真空熱分解.....98
2.1.19 熱膨張.....86	2.2.7 溶剤抽出.....100
2.1.20 熱軟化性.....86	2.2.8 石炭の水素化分解.....104
2.2 石炭化度による化学的性質の変化.....89	2.2.9 湿式酸化.....108
2.2.1 工業分析.....89	2.2.10 乾式酸化.....112
2.2.2 元素分析値.....92	2.3 物理化学的性質の相関関係.....115
2.2.3 発熱量.....94	2.3.1 石炭化度との相関関係.....115
2.2.4 官能基.....95	2.3.2 水素含量との相関関係.....119
	■参考文献 (186).....122

3. 石炭の構造

3.1 石炭の化学構造の基礎的な考え方.....128	3.3.2 物理的方法.....149
3.1.1 石炭構造の類似性.....128	3.3.3 化学的方法.....157
3.1.2 重合体としての石炭.....130	3.3.4 石炭の骨格構造.....173
3.2 周囲の状態.....132	3.4 石炭中の水素の分布.....175
3.2.1 官能基.....132	3.4.1 芳香族水素と脂肪族水素の比.....175
3.2.2 水素結合.....133	3.4.2 脂肪族 CH 水素の分布.....176
3.2.3 アルキル基.....133	3.4.3 石炭中の全水素の分布.....178
3.3 石炭の骨格構造.....136	3.5 石炭のモデル構造.....179
3.3.1 統計的方法による構造解析.....137	■参考文献 (130).....183

4. 加熱による変化

4.1 加熱による物理的性質の変化.....187	4.1.5 赤外吸収スペクトル.....191
4.1.1 表面積.....187	4.1.6 誘電率.....192
4.1.2 密度.....188	4.1.7 電気伝導度.....192
4.1.3 X線.....189	4.1.8 反磁性磁化率 χ の変化.....192
4.1.4 反射率.....190	4.1.9 吊磁性共鳴吸収 (ESR).....193
	4.1.10 広幅 NMR の変化.....194

4.1.11 質量分析	194	4.2.7 熱天秤	200
4.1.12 ヌーブ硬度	194	4.2.8 熱分解により 生成するガス量	202
4.2 加熱による化学的性質 の変化	195	4.2.9 熱処理炭の溶剤抽出	202
4.2.1 元素組成	195	4.3 炭化に伴う構造の変化	203
4.2.2 官能基	195	4.4 熱分解の機構	206
4.2.3 平衡水分	197	4.5 石炭化と炭化	208
4.2.4 揮発分	197	4.5.1 原炭と加熱炭の性状の比較	209
4.2.5 高真空熱分解	198	4.5.2 石炭化作用と炭化作用	214
4.2.6 示差熱分析	199	圖参考文献 (59)	215

5. 日本炭と外国炭の相違

5.1 組織成分	217	5.6 電子スピン共鳴吸収 スペクトル (ESR)	220
5.2 工業分析	218	5.7 熱的性状	220
5.2.1 水分	218	5.8 日本炭と外国炭の性質 の相違についての考察	221
5.2.2 揮発分	219	圖参考文献 (2)	222
5.3 元素分析	219		
5.4 ヘリウム密度	219		
5.5 芳香族炭素分率 (f_a)	220		

6. 化学原料としての石炭

6.1 石炭利用の必要性	223	6.5.1 乾留タール	232
6.2 石炭利用大系	226	6.5.2 水素化	234
6.3 固体としての利用	229	6.6 石炭エネルギーの開発計画	235
6.3.1 乾留コークス	229	6.6.1 サンシャイン計画	235
6.3.2 賦活, 炭化, 酸化	229	6.6.2 アメリカのエネルギー 独立計画	239
6.4 気体としての利用	230	6.6.3 その他の諸国	242
6.4.1 乾留ガス	230	6.7 石炭利用における 原料石炭の選定	246
6.4.2 ガス化	230		
6.5 液体としての利用	232		

参考文献 (31).....	247
----------------	-----

7. コークス工業

7.1 概説	249	7.8.1 揮発分と最高流動度 による方法.....	299
7.2 石炭の乾留	251	7.8.2 粘結成分と繊維質部分 による方法.....	301
7.2.1 石炭の熱的性質.....	251	7.8.3 微細組織成分と反射率 による方法.....	302
7.2.2 乾留温度と乾留生成物.....	254	7.8.4 揮発分と粉碎性による方法.....	307
7.2.3 コークス用原料炭.....	257	7.9 新しいコークス製造技術 の開発	308
7.3 粘結性とコークス化性	257	7.9.1 予熱炭装入法.....	309
7.3.1 粘結性.....	260	7.9.2 成型炭装入法.....	310
7.3.2 コークス化性.....	262	7.9.3 不活性物配合法.....	313
7.3.3 コークス化機構.....	264	7.9.4 粘結材添加法.....	315
7.4 高温乾留と低温乾留	272	7.9.5 人造粘結炭法.....	319
7.5 コークス炉	273	7.10 成型コークス	323
7.5.1 コークス炉の種類.....	273	7.10.1 成型コークス開発の歴史	323
7.5.2 コークス炉の構造.....	276	7.10.2 成型法	324
7.5.3 コークス炉の形式.....	277	7.10.3 乾留法	329
7.5.4 コークス炉の大型化.....	282	7.10.4 成型コークスの性状	333
7.6 コークスの製造	285	7.10.5 成型コークスの将来性	334
7.6.1 装入炭の調整作業.....	285	7.11 コークス炉の熱精算.....	336
7.6.2 コークス炉の操業.....	288	7.12 コークス炉の 環境保全対策	337
7.7 コークス炉の操業条件	290	7.13 コークスの 物理化学的性質	340
7.7.1 乾留の進行状態.....	290	7.13.1 コークス類の試験方法	340
7.7.2 乾留時間と炉幅.....	291	7.13.2 コークス強度	342
7.7.3 乾留時間と発生ガス.....	292	7.13.3 反応性	346
7.7.4 フリュウ温度と乾留速度.....	294		
7.7.5 フリュウ温度と コークス品質.....	295		
7.7.6 乾留所要熱量.....	296		
7.8 実験室的にコークス強度を 予測する方法	299		

7.13.4	コークスの高温性状	347
7.13.5	高炉炉内コークスの性状	351

7.14	コークスの用途	353
■参考文献 (129)		356

8. 石炭のガス化工業

8.1	概説	360
8.2	ガス化の歴史	361
8.2.1	固定床による塊炭のガス化	361
8.2.2	流動床による粉炭のガス化	363
8.2.3	噴流床による微粉炭のガス化	363
8.2.4	熔融床による粉炭のガス化	363
8.3	ガス化ガスの種類と性状	365
8.3.1	発生炉ガス (Producer gas)	365
8.3.2	水性ガス (Water gas)	365
8.3.3	混成ガス (Mixed gas)	365
8.3.4	合成ガス (Synthetic gas)	366
8.3.5	乾留ガス (Carbonization gas)	366
8.4	原料石炭	367
8.5	石炭ガス化の基礎反応	368
8.5.1	一般的なガス化プロセス	368
8.5.2	ガス化の基本反応	370
8.6	ガス化の方式	371
8.6.1	固定床ガス化	373
8.6.2	流動床ガス化	373
8.6.3	噴流床ガス化	374
8.6.4	熔融床ガス化	374
8.7	わが国におけるガス化	375
8.7.1	Winkler 法によるガス化	375
8.7.2	Koppers Totzek 法	

	によるガス化	378
8.7.3	加圧流動ガス化炉の研究	381
8.7.4	サンシャイン計画による最近の研究開発	383
8.8	アメリカにおける最近の高カロリーガス化	387
8.8.1	Hy gas 法	388
8.8.2	BI gas 法	391
8.8.3	CO ₂ Acceptor 法	395
8.8.4	Synthane 法	396
8.8.5	Hydrane 法	398
8.8.6	Kellogg 法	400
8.8.7	その他	400
8.9	アメリカにおける最近の低カロリーガス化	401
8.9.1	U gas 法	402
8.9.2	WH 法	402
8.9.3	GE 法	403
8.9.4	CE 法	403
8.10	その他の諸国における最近のガス化	404
8.10.1	西ドイツ	404
8.10.2	イギリス	411
8.10.3	南アフリカ連邦 SASOL	413
8.11	石炭の地下ガス化	415
8.11.1	地下ガス化の原理	415
8.11.2	地下ガス化の方式	415

8.11.3 地下ガス化の実施例	418	問題点	425
8.12 石炭のガス化発電	422	参考文献 (60)	432
8.13 石炭ガス化の経済性と			

9. 石炭の液化工業

9.1 概説	434	9.6.4 当時の朝鮮人造石油阿吾地 工場における工業化	464
9.2 液化の歴史	435	9.6.5 当時の南満洲鉄道撫順 における工業化	470
9.2.1 開発より 1945 年 (第 2 次大戦終戦)まで	435	9.6.6 その他における試験	475
9.2.2 1945 年より 1973 年 (石油危機)まで	438	9.6.7 サンシャイン計画による 最近の研究開発	476
9.2.3 1973 年以降最近まで	440	9.7 アメリカにおける 最近の液化	479
9.3 原料石炭	440	9.7.1 CSF 法	480
9.4 石炭液化の基礎反応	441	9.7.2 COED 法	482
9.4.1 一般的なプロセス	441	9.7.3 H coal 法	484
9.4.2 液化の基礎反応	443	9.7.4 Synthoil 法	485
9.5 液化の方式	446	9.7.5 SRC 法	486
9.5.1 直接水添液化法	446	9.7.6 その他	487
9.5.2 乾留水添液化法	447	9.8 その他の諸国における 最近の液化	488
9.5.3 抽出水添液化法	447	9.8.1 西ドイツ	488
9.5.4 合成液化法	448	9.8.2 イギリス	490
9.6 わが国における液化	449	9.8.3 南アフリカ連邦 SASOL	489
9.6.1 資源技術試験所に おける試験	449	9.9 石炭液化の経済性と問題点	490
9.6.2 北大における研究	456	参考文献 (64)	498
9.6.3 海軍燃料廠徳山に おける工業化	461		

10. その他の石炭化学工業

10.1 概説	501	10.2 活性炭の製造	501
---------	-----	-------------	-----

10.2.1 種類, 原料	501	10.4.2 ベンゼンカルボン酸	525
10.2.2 炭化, 賦活	503	10.4.3 空気酸化による 風化と自然発火	526
10.2.3 性状, 用途	507	10.5 プラズマガス化による アセチレンの製造	527
10.3 炭素材の製造	510	10.6 溶剤処理による膨潤炭, 無灰コークス, 多環芳 香族化合物の製造	531
10.3.1 石灰系炭素材	510	10.6.1 膨潤炭	531
10.3.2 カーボンフィルム	518	10.6.2 無灰コークス	536
10.3.3 カーボンブラック	519	10.6.3 多環芳香族化合物	538
10.3.4 炭素中空体	522	■参考文献 (40)	538
10.4 酸化によるニトロフミン酸, ベンゼンカルボン酸の製造	523		
10.4.1 ニトロフミン酸	524		
索引	565		

■ 増 補 ■

1 石 炭

1.4.4 石炭の微細組織成分 (マセラル)	540
------------------------------	-----

3 石炭の構造

3.5 石炭のモデル構造	541
--------------------	-----

8 石炭のガス化工業

8.7.4 サンシャイン計画による最近の研究開発	544
8.8.8 Texaco 法	548
8.8.9 Lurgi 法	550

9 石炭の液化工業

9.6.7 サンシャイン計画による最近の研究開発	551
9.7.5 SRC 法	559
9.7.6 その他	560
9.8.1 西ドイツ	562

1 石 炭

1.1 石炭化作用より見た石炭

1.1.1 石炭化作用

石炭は植物が堆積し、好気性または嫌気性の菌が作用した後、地中に埋没し地圧と地熱を長い間受けて生成したものと考えられている。

植物の堆積の仕方には、原地生成と運搬生成の2つの考え方があり、前者は炭層の下盤に植物の成長に適した粘土があること、石炭の灰分の少ないことなどで支持され、後者は上下盤中に淡水魚類の化石が存在すること、堆積層の厚いことなどで支持される。実際には、おそらく両者いずれの場合も存在するであろう。

好気性菌は植物が空中にさらされているとき作用し、安定な樹脂質以外は CO_2 、 H_2O 、 CH_4 などに分解される。嫌気性菌は植物が水中に浸漬されているとき作用し、植物は長時間の間に腐植質（フミン質）に変化するが、このことを泥炭化作用と呼ぶ人もある。

堆積層が地中に埋没した原因としては、土砂を含んだ湧水が流れ込んだ場合と、地殻変動が考えられ、もちろん埋没した状態では菌の作用は停止する。

石炭化作用で受けた地圧は、石炭層の上部にある土砂による圧力と、地殻変動による圧力であり、数千気圧から数万気圧と考えられている。地熱は、通常地表からの深さに対する温度こう配は $3\sim 5^\circ\text{C}/100\text{m}$ といわれていることにより、一般に 200°C 以下であろう。しかしながらこれ以外に、地殻変動による熱および地殻の下マグマによる熱を受けた場合も考えられ、このときの温度の推定は困難である。

地圧と地熱による石炭化作用を加圧乾留と呼ぶ人もあるが、工業的な低温乾留の $500\sim 600^\circ\text{C}$ 、高温乾留の $1,000\sim 1,250^\circ\text{C}$ と比較して、その温度は前述のように 200°C 以下と非常に低い。しかしながら、時間の因子が工業的乾留の30時間以下であるのに対し、石炭化作用では数千万年から2億年以上であり、実験室的には考えられないような反応も起こりうる可能性がある。もう1つの石炭化作用の特徴は、加圧下に乾留を受けたことであり、石炭層は閉鎖系となっており、フス質の分解により生じた揮発物のガス以外の成分が、失われずに石炭中に保持されていることである。

このようにして生成された石炭は、地圧、地熱、時間の因子により石炭化度が相違し、これらの因子の1つが大きかったか、あるいは場合によれば2つまたは3つの因子がともに大きければ、亜炭、褐炭、瀝青炭、無煙炭と石炭化が進む。

1.1.2 Krevelen のコールバンド

石炭化作用は上述のように非常に複雑なものであるが、石炭を構成しているおもな元素

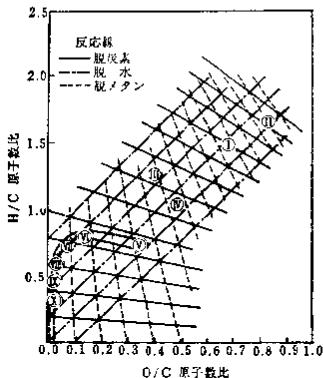


図 1.1 Krevelen のコールバンド

I. 木材, II. セルローズ, III. リグニン, IV. 泥炭, V. 褐炭, VI. 低度瀝青炭, VII. 瀝青炭, VIII. 高度瀝青炭, IX. 半無煙炭, X. 無煙炭

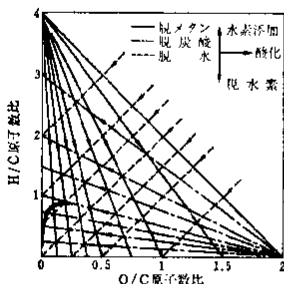


図 1.2 H/C-O/C 図

は炭素、水素、酸素の3元素なので、非常に単純にこれらの元素組成の変化のみから石炭化を追跡しようという試みがなされてきた。この中でもっとも有名なのが D. W. van Krevelen のコールバンド (Coal band) であり、縦軸に H/C 原子数比をとり、横軸に倍のスケールで O/C 原子数比をとり、この $H/C-O/C$ 図上に木材、セルローズ、リグニンおよび各種石炭化度の石炭をとると、図 1.1 のようになる。

この図の便利な点は、1) 図 1.2 に示すように脱メタン、脱炭酸、脱水および脱水素、水素添加、酸化などすべての簡単な反応は直線上にのり、2)

縦軸の H/C の値から炭素骨格構造に

ついて、たとえばシクロヘキサンでは2、ベンゼンでは1のような知見を得ることができる。

図 1.1 に示すように、褐炭、低度瀝青炭、瀝青炭、高度瀝青炭、半無煙炭、無煙炭と一連の石炭化度の石炭は1つのバンド上にのり、これをコールバンドと呼んでいる。もしこの順に石炭化が進んだものと考え、褐炭から低度瀝青炭までは主として脱炭酸反応であり、つぎに脱水反応などが起こって高度瀝青炭となり、さらに脱メタン反応により無煙炭となる。また木材およびその成分であるセルローズ、リグニン

ならびに植物が嫌気性菌の作用を受けて生成した泥炭からコールバンドに到達する過程は、主として脱水反応であろう。

しかしながら上述のように、コールバンドにそって石炭化が進んだものではなく、現在存在する石炭を $H/C-O/C$ 図上にとってみたら、たまたま1つのバンド上にのったにすぎないという考え方もある。たとえば、泥炭は過去に泥炭であったものが、さらに数千万年地中にあったため、コールバンドにそって石炭化が進んで生成したものではなく、別の経過、たとえば $H/C-O/C$ 図上で木材と泥炭とを直線で結んだ経路を通った可能性も考えられる。いずれにしても、われわれは現在手の中にある石炭についてのみ十分な知見を得ることができるにすぎず、その生成過程は想像するにすぎないし、その場合にも数千万年以上の長い時間なので、現在考えられている有機反応の常識で推定してよいが、大きな疑問が残る。

しかしながら、もし現存する石炭がたまたま $H/C-O/C$ 図上で1つのバンドにのったと考えた場合でも、石炭科学者にとっては幸せなことであり、もし石炭がこの図上で任意の点をとるのであるならば、石炭はもはや科学の対象とはなりえないであろう。このような意味でこのコールバンドは重要な意味をもつものである。

1.2 石炭の分類

1.2.1 分類のパラメーター

石炭を分類する場合、石炭生成の地質年代、石炭組織成分、根源植物、石炭化過程などをパラメーターとした分類も用いられている。また石炭はおもに炭素、水素および酸素原子からなっているので、これらの元素の含量を分類のパラメーターとして用いることが古くから行われてきた。しかし石炭の元素組成と、工業で技術上必要な石炭の性状との相関関係は複雑であり、実用上、燃料としてあるいはガスおよびコークス製造原料として石炭を用いる際、直接的な知見を与えるようなパラメーターが石炭を分類するうえに必要である。

技術上では発熱量のほかに粘結性、膨張性、コークス化性などの加熱したときの性状変化、および灰の性質などがパラメーターとして重要である。さらに石炭利用工業では、ガスおよびタールの生成量が重要となるので、揮発分、燃料比などもパラメーターとして欠かせないものである。

1.2.2 地質学的分類

地質学では夾炭層中に含まれる化石の地質年代をパラメーターとして表1.1、1.2のように分類している。