顕微鏡による原料炭のコークス化性の検討

—昭和45年4月15日第49回コークス特別会講演—

日本鋼管株式会社 奥山 泰男・宮津 隆
石炭技術研究所 杉村 秀彦・熊谷 光照

1. 緒 言

石炭の主成分であるビトリニットの反射率の測定が可能になつて以来、マセラル分析と組み合わせて、コークス化性を推定する方法が種々検討されている。Ammosov¹⁾が Sundgren Test (GOST) 指数を、N. Schapiro²⁾が Tumbler Test (ASTM) の Stability factor を推定する方式をそれぞれ報告して以来、数多くの追試が行なわれた。Brown³⁾は、米炭とマセラル組成の異なるオーストラリア炭には Schapiro の方式は適用できないと報告し、高橋ら⁴⁾も日本炭の場合、コークス強度計算値と実測値間に大きな偏差がみとめられると述べている。Benedict⁵⁾はビトリニットの中で反射率の高い成分 (pseudo-vitrinoid) の不活性度を考慮した修正方式を提案した。しかしながら Schapiro の方法はその後改良されて、不活性成分 (イナーナート質) と活性成分の最適比率が修正されている⁶⁾。

筆者らは Schapiro の方式* を日本鋼管(株)に入荷した各種原料炭に適用することを試みるとともに、前報⁸⁾ではふれなかつた石炭、コークスの諸特性と反射率およびイナーナート質の量との関係をも併せ検討した。

2. 実験方法

2-1 石炭の反射率の測定およびマセラル分析

2-1-1 測定装置

反射率の測定には、E. Leitz 社製の Mikroskop-Photometer M. P. E. を使用し、これを E. Leitz 社製の Ortholux-Pol 型偏光顕微鏡に取付けて測定した。装置の詳細は杉村ら⁸⁾の前報告に示すとおりであるが、要点を再記するとつぎのようになる。

- ・光源……6V, 30W タングステン電球
- ・フィルター…… $\lambda=525m\mu$
- ・対物鏡……単独倍率 $\times 25$ (倍率)
- ・接眼鏡……単独倍率 $\times 10$

* Consolidation Coal Corp. の数値表⁷⁾により再修正を行なった。

・測定視野……20 $\mu\phi$ 円形

・基準物質……Zinc blend

マセラル分析には上記の Ortholux-Pol 型偏光顕微鏡を使用した。諸元も上記と同様である。

写真 1

2-1-2 測定方法

杉村ら⁸⁾の前報告と同様であるが、その後入手した下記規格案を参考とした。

- 1) 試料調製・研磨……ASTM : D2797-70T
- 2) 反 射 率 測 定……ASTM : D2798-70T
- 3) マセラル分析……ASTM : 第5次案

2-2 石炭の流動性の測定

2-2-1 測定装置

Fuel Research 社製の constant torque 型ギヤーセラープラストメーター (ASTM : D2639-67T) を使用した。この装置は、レトルト部、電気炉部などは従来の手動式の装置 (ASTM : D 1812-66) とほぼ同様であるが、スターラーの回転を指針でなくマグネチッククラッチを介してカウンターで直読しうるようになって

いる点が異なる(写真参照)。高流動度炭の場合でも連続的に測定可能なので精度はよいが、スターラーを駆動するモーターの回転数が 275 rpm であるために、27,500 ddpm でスケールアウトしてしまうのが欠点である。

2-2-2 測定方法

ASTM : D2639-67T に準じた。測定結果の表示は

つぎの方式によっている。

- ・軟化開始温度 (Initial Softening Temperature)
……スターラーが回り始めて、1ddpm に達したときの温度
- ・最高流動点温度 (Maximum Fluid Temperature)
……最高流動度に達したときの温度
- ・最高流動度 (Maximum Fluidity)……スターラー

Table 1 Properties of coal and coke tested

Nation	Name of Sample	Coal					Coke			
		VM (daf)	Mean Reflectance (in oil)	Total inerts (%)	Max. Fluidity (ddpm)	Total Dilatation (%)	Drum Index DI ₁₀	Micro strength M.S.I. ₂₈	M.S.I. ₆₅	Reactivity $\frac{CO}{CO+CO_2} \times 100$
U. S. A.	Beatrice	17.8	1.86	21.1	1.4	0	93.6			
	"	18.5	1.81	17.7	1.5	12.2	93.4			
	"	18.6	1.75	13.1			92.4			
	Bird B	18.2	1.76	9.2	2.2		91.7			
	"	18.6	1.80	8.5			92.2			
	Keystone	17.7	1.78	18.7	3.8	53.5	93.3	14.7	36.0	29.3
	"	18.1	1.77	14.6			92.6			
	Tams	20.2	1.71	17.1	3.5	29.8	92.6			
	Indian Ridge	21.2	1.61	19.9	10.2		92.2	12.6	41.5	14.0
	"	19.6	1.70	21.1	12.3	53.5	92.9			
	"	20.2	1.70	15.5	12.5	53.5	91.6			
	"	20.0	1.60	11.0			91.6			
	"	18.5	1.75	17.8	2.5	52.3	93.0	14.3	41.3	17.7
	Itmann	19.4	1.66	17.7	3.8	23.9	91.4	16.3	42.8	27.0
	Gem. No. 3	19.7	1.65	12.9	59	65.9	92.5	17.2	39.4	24.2
	Jewell Poca	22.4	1.50	31.8	610	97.7	92.4			
	C. C. B.	27.5	1.46	16.2	320	84.8	93.6	10.6	50.0	23.3
	Royal	27.8	1.43	19.7			93.4	12.5	46.2	22.8
	Davis Blend	30.3	1.28	15.7			92.3			
	"	28.9	1.27	16.8			93.2	17.7	45.0	20.3
Canada	Straight Sewell	30.0	1.17	17.4	1,770	165.9	90.2	9.6	51.9	24.3
	"	29.0	1.19	13.3	650	168.2	90.9	12.2	50.2	21.7
	Gem. No. 5	30.1	1.16	18.1	3,200	207.0	91.2			
	Moss No. 3	30.9	1.16	12.6	7,500	228.6	90.1			
	Elkhon Blend	35.5	1.09	18.3	2,050	100.0	88.6			
	Lynco	35.2	1.04	20.0	4,200	173.9	89.7			
	Blackhawk	36.2	1.02	17.1	10,700	190.5	86.4			
	Balmer	21.6	1.50	34.4	2.2	0	91.6	23.6	39.5	24.4
	"	20.6	1.57	23.5	2.0	0	91.8			
	Vicary	24.7	1.45	29.4	3.2	0	91.8	12.5	46.2	22.8
Australia	"	25.1	1.36	30.7	10.5	0	90.9			
	South Bulli	23.8	1.43	49.9			89.2			
	Coal Cliff	26.2	1.31	37.9			89.4			
	Moura	28.8	1.10	31.2	4.5	0	91.2			
	"	27.8	1.12	23.7			90.0	7.0	44.8	38.9
	Wollondilly	31.7	1.02	43.0	260	0	89.2			
	"	31.5	1.02	39.3	13.2	0	87.2	14.0	43.5	15.7
	"	30.6	1.05	49.1			86.2			
	Daiyon	39.2	0.82	24.9			66.4	5.7	40.9	34.0
	Liddell	43.3	0.80	16.9	12.9	37.5	75.0	5.4	42.0	28.7
Japan	Newdell	42.7	0.76	15.7	7.3	7.1	69.4			
	"	42.5	0.77	21.1	45	42.6	75.3	5.7	44.0	35.4
	"	43.0	0.74	22.5			63.7			
	Hebbern	44.9	0.76	19.1	10	0	65.8	2.2	40.4	55.1
	Yūbari	42.1	0.90	5.2	27,500		79.0			
	Ōyūbari	42.5	0.89	9.4	27,500	285.4	81.8			
	Kyōei	43.6	0.82	5.8			69.6			
	Heiwa	43.5	0.80	4.8			77.9			
	Miike	46.0	0.78	5.5			59.6			
	Mojiri	44.3	0.79	4.5	186	56.1	62.6			
USSR	Tōro	40.0	0.80	4.8	9.0	14.3	72.0			
	Kuznets G-6	42.5	0.73	12.3	1.4	0	58.9	1.3	45.1	53.0
	" KJ-14	31.4	1.27	36.9			88.6			

の回転が最高に達したときの、1分間当たりのダイヤルの目盛数(ただし水平回転ダイヤルは100等分してある)

- ・固化温度 (Solidification Temperature)……最高流動点温度を過ぎてコークスが固化し始め、再び1 ddpm になったときの温度

2-3 石炭の Dilatation の測定

吉田製作所製の Audibert-Arnu 型 Dilatometer を使用した。測定方法は Draft ISO Recommendation No. 238 に準じた。

2-4 石炭の乾留

250kg 試験炉を用いた。乾留条件はつぎのとおり。

- ・試料粒度……3mm 以下80%, 6mm 以上0%
- ・試料水分……10%
- ・フリー温度……1, 100°C
- ・乾留時間……12.5hr
- ・置時間……4.5hr

2-5 コークスの性状測定

2-5-1 ドラム強度

JIS K 2151 (1960) 6. により、30 回転指数で表示した。

2-5-2 マイクロ強度

H. L. Riley ら⁹⁾の方法に準じ、つぎのように表示した。

M. S. I_{25} ……14~28mesh の重量%

M. S. I_{65} ……28~65mesh の重量%

2-5-3 反応性

JIS K 2151 (1960.) 7. に準ずるが、生成した一酸化炭素の流量をオリフィス-マノメーターで測定するかわりにガスクロマトグラフィーでCO%をもとめ、CO/(CO+CO₂) %を反応性指数¹⁰⁾として表示した。ガスクロマトグラフィーの測定条件はつぎのとおり。

- ・カラム……活性炭, 4mmφ×75cm
- ・カラム温度……100°C
- ・キャリアーガス……ヘリウム, 30ml/min
- ・検出感度……65mV

3. 実験結果

日本鋼管(株)で入手した国内、外原料炭53試料およびその単味コークス(250kg 試験所)について実測した各種性状を Table 1 に示す。

4. 考 察

4-1 ギーセラー流動度と反射率の関係

Table 1 に示した各種データのうち、ビトリニットの反射率とギーセラー最高流動度をプロットすると Fig. 1 のようになる。イナート量が比較的少ない(9

~25%) 米国炭, 国内炭, 豪州弱粘結炭のグループを結ぶと、図の実線で示したような関係曲線が得られ、反射率0.9~1.0付近で流動度が最大となり、反射率がこれより高くても低くても流動度は急激に低下することがわかる。カナダ炭, 豪州中揮発分炭のグループはイナート量が多い(26~34%)のために同一反射率の他のグループより流動度が低く、上記の関係曲線より下方に外れる。Audibert-Arnu Dilatometer の測定値についても同様の傾向がみとめられるが、イナート量の影響はギーセラー流動度の場合よりさらに鋭敏で、カナダ炭, 豪州中揮発分炭のグループは軟化時に収縮するのみで膨張を示さない (Fig. 2 参照)。一方高炉の使用に適する高強度のコークスを得るためには、配合炭として適度の石炭化度と流動性を必要とするが、その範囲は経験上、図の斜線で囲まれた領域でなければならない。石炭化度がこれ以下になるとコークスとしての固さが不足し、流動度が高すぎるとクラックが多くなり、低すぎると粒子間の接着が不良となる。したがって、配合炭として必要と考えられる流動度の下限*および平均反射率の下限(約 1.2)を基準として原料炭を4群に分類することができよう。すなわち Fig. 1 の第1, 4象限に属する石炭は配合炭の平均石炭化度を維持するために絶対必要であり、現在のところ米国炭, カナダ炭以外にこのグループに属するものはきわめて少ない。第1, 2象限に属する石炭は平均流動度を維持するために是非必要であり、とくに国内炭はすぐれた接着剤としての効果をもっている。将来国内炭の比率が減少する場合には、このグループの石炭の重要性はさらに増加するであろう。第3象限の石炭は、石炭化度も流動性も低いので、配合時の炭素源としての意味しかない。たとえば豪州弱粘結炭の使用量を増加するためには、配合炭領域の対照の位置にある米国中揮発分炭を増配合するかあるいは米国低揮発分炭と国内炭の増配合を必要とすることになる。

以上のような検討方式によれば、今後開発予定の原料炭が Fig. 1 のどの位置に属するかによつて開発の方針をきめることができよう。

4-2 単味コークス強度 (DI₁₅³⁰) の推定

4-2-1 Consolidation Coal Corp. の数値表による推定

反射率の測定値とマセラル分析のデータからタンブラー強度を推定するための Consolidation Coal Corp. の数値表⁷⁾(その1部を Table 2, 3 に示す)を使用

* 現在まだ明確ではないが、約 60 ddpm と推定される。

Fig. 1 Relation between maximum fluidity and rank of coals

Table 2 Example of strength index for each vitrinoid type

Vitrinoid type	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Reflectance in oil (%)	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	2.10
Inerts vol. %	0.39	0.49	0.59	0.69	0.79	0.89	0.99	1.09	1.19	1.29	1.39	1.49	1.59	1.69	1.79	1.89	1.99	2.06	2.19
10.0	2.15	2.35	2.40	2.50	2.65	2.75	3.25	3.50	4.30	4.50	5.75	7.05	7.25	7.40	7.55	7.70	7.85	6.70	5.70
20.0	2.20	2.35	2.50	2.65	2.80	2.90	3.50	3.75	4.50	4.75	5.95	7.00	7.15	7.30	7.45	7.60	7.75	6.35	5.00
30.0	1.70	1.95	2.10	2.30	2.40	2.85	3.65	3.85	4.45	4.70	5.80	6.85	7.00	7.10	7.30	7.40	7.60	5.85	4.05

Table 3 Optimum inerts ratio

Vitrinoid type	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ratio	4.4	4.0	3.7	3.3	3.0	2.8	2.5	2.5	2.9	3.5	4.5	6.0	8.0	10.9	13.6	16.0	18.2	20.7	23.0

Fig. 2 Relation of reflectance to dilatation

Fig. 3 Relation among Composition Balance Index, Strength Index and determined iso DI_{15}^{30} lines

して、ドラム強度を推定するグラフ (Fig. 3) の作成を試みた。手順はつぎのとおり。

1) Strength Index をもとめる

各試料炭ごとに実測した反射率およびマセラル分析値をつぎの手順によつて処理する。

手順 1) 100 点の反射率測定値を Table 1 によつて各 Vitrinoid type に分類し、それぞれのビトリニット% x_i をもとめる。

手順 2) 各 Vitrinoid type ごとに、全イナータ量に対応する係数 ($a, b, \dots, s$) を Table 1 から求め、これに上記%を積算する。

手順 3) 次式によつて算出する。

$$\text{Strength Index} = \frac{ax_3 + bx_4 + \dots + nx_i + \dots + sx_{21}}{\sum x_i}$$

ただし x_i : Vitrinoid type i におけるビトリニット%

$\sum x_i$: 全ビトリニット%, これは 100-(イナータ%) に等しい。

たとえば、ある試料のイナータ量が20%であつたとすれば、Table 1 から $a=2.20$, $b=2.35$, $\dots, s=5.00$ であるから、Strength Index はつぎのようにしてもとめられる。

$$\text{Strength Index} = \frac{2.20x_3 + 2.35x_4 + \dots + 5.00x_{21}}{100 - 20}$$

2) Composition Balance Index (C.B.I.) をもとめる

手順 1) 各 Vitrinoid type ごとに、 x_i をそれぞれ Table 3 の Optimum Inerts ratio で割つて集計する。

手順 2) 次式によつて算出する。

$$\text{C.B.I.} = \frac{100 - \sum x_i}{x_3/4.4 + x_4/4.0 + \dots + x_{21}/23.0}$$

3) Strength Index を縦軸に、C.B.I. を横軸にとり、各試料炭ごとの実測ドラム指数 (DI_{15}^{30}) の等高線を引くと Fig. 3 が得られる。

このようにして得たグラフによる DI_{15}^{30} の推定値と実測値の関係は Fig. 4 に示すとおりで、高度の相関は認められる ($r=0.92^{**}$) のもの、 $DI_{15}^{30} < 80$ の領域では推定の精度がわるい。とくに高流動度の (イナータの少ない) 国内炭は実測値が推定値より高く、低流

Fig. 4 Estimation of coke strength from petrographic analyses

動度の（イナータの多い）豪州高揮発分炭ではこの逆の傾向を示している。このことは、タンブラー強度推定用に作られた Table 2, 3 の係数が、ドラム強度推定用には適当でない——とくに低反射率領域におけるイナータ質の効果を過少評価している——ことを意味している。いいかえると、タンブラー強度とドラム強度に対するイナータ量の寄与の程度が異なっているために Fig. 4 のような偏差が生じたものと考えられる。

Fig. 5 Relationship between petrographic composition and DI_{15}^{30}

4-3 ドラム強度とタンブラー強度の差異

上述したように、石炭の Petrography は原料炭の価値判定（とくにコアサンプルの場合など、試料が少量しか得られないとき）にはきわめて有力であるが、コークスのドラム強度の予測の精度は、タンブラー強度予測の場合に比較してあまり良好とはいえない。この理由の一つはドラム試験とタンブラー試験の本質的な差異によるものと考えられる。Fig. 5 に示したドラム強度予測のさいの、各反射率ごとの最適イナータ量と、Table 3 から算出*したタンブラー強度予測用の最適イナータ量をプロットすると Fig. 6 のようになる。低反射率の領域 ($\bar{R}_0 \leq 1.0$) では両強度指数に対する最適イナータ量の傾向は似ているが絶対値は10%近く差があり、 $\bar{R}_0 > 1.0$ になるとさらに著しい差がみとめられる。この理由は明確でないが、つぎのような推測をすることはできよう。すなわち $\bar{R}_0 > 1.0$ の傾

4-2-2 反射率とイナータ量のみによる推定

あらためて、ドラム指数を縦軸に、全イナータ量を横軸にとつて実測値をプロットし、等反射率の点を結ぶと Fig. 5 のようになる。図から明らかなように、低反射率領域では比較的検出力が大きい、1.1 以上になると検出力は小さくなり、イナータ量の効果も小さくなってしまふ。このことは後述するようにドラム試験法自体の本質的な問題に起因するものと考えられる。

域では Fig. 1 に示したように $\bar{R}_0$ の増加とともに急激に流動性が低下（粘性の低下を意味する）するので、タンブラー試験のように耐摩耗性をよりよく表示する試験法の場合には粒子間の接着が不良となり、イ

Fig. 6 Chart of the amount of optimum inerts for each vitrinitoid type

* Table 3 の最適イナータ比の値はイナータ 1 に対する活性成分量を示している。たとえば Vitrinitoid type 10 ($\bar{R}_0 = 1.00 \sim 1.09$) ではイナータ：活性成分 = 1 : 2.5 であるから石炭全量に対する最適イナータ率は $(1/1+2.5) \times 100 = 28.9\%$ となる。

ナートの添加許容量が急激に低下してゆくが、 DI_{15}^{30} の場合にはコークス塊の亀裂がより問題であるために最適イナート量はあまり変化しないものと考えられる。

4-4 コークスのマイクロ強度と石炭性状の関係

Table 1 の $M.S. I_{65}$ のデータは石炭の反射率の値によつても変化しているが、イナート量の影響も受けているようなので、 $C.B.I.$ の値で5とおりに層別 (タンブラー強度推定の場合の層別方式と同じ) すると Fig. 7 が得られる。データ数が少ないのであまりはつきりしたことはいえないが、全般的に反射率 1.2 付近に極大点があり、 $C.B.I.$ の値が増大する (イナートの量が増加する) ほど $M.S. I_{65}$ の値が低下する傾向がみとめられる。このことから、 $M.S. I_{65}$ はコークス粒子間の接着状況を示唆しているといえるかも知れない。

$M.S. I_{28}$ のデータについては、とくにイナート量の

Fig. 7 Relation among the micro strength, the mean reflectance, and the entity composition of coal

Fig. 8 Relation between the mean reflectance and the micro strength of coke

効果を検出できなかったので、全データをプールして反射率との関係をプロットすると Fig. 8 のようになる。反射率 1.2 までは、かなり急激な $M.S. I_{28}$ の向上がみとめられるが、その後は極めてゆるやかな上昇傾向を示すことがわかる。

4-5 コークスの反応性と石炭性状の関係

コークスの反応性についても、 $M.S. I_{28}$ と同様イナート量の効果は検出されなかつたので、全データをプールして反射率との関係をプロットすると Fig. 9 のようになる。かなりばらつきはあるが、傾向としては反射率 1.2 付近に変曲点があり、Fig. 8 と対照的な曲線が得られる。コークスの反応性とマイクロ強度間に負の相関関係があることは従来から知られていた¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾が、Fig. 8, 9 の関係も同様な傾向があることを示唆している。

Fig. 9 Relationship between the mean reflectance and the reactivity of coke

5. 総 括

日本の鉄鋼業で使用される各種の原料炭の単味コークスドラム強度の予測に、Schapiro ら²⁾⁶⁾⁷⁾の方式の適用が可能かどうかを検討した。53試料についての実験結果からつぎの事項が推測される。

1) タンブラー強度予測用に作成された数値表⁷⁾を使用してドラム強度 (DI_{15}^{30}) を予測すると、計算値と実測値間に高度の相関 ($r=0.92^{**}$) はみとめられるものの、とくに低炭化度の領域では推定の精度はあまりよくない。この理由はタンブラー試験とドラム試験の本質的な差異にもとづくものと考えられる。

2) ビトリニットの平均反射率とイナート量の実測値のみから DI_{15}^{30} を予測する図表を作成すると、高炭化度の領域 ($R_0 \geq 1.1$) での検出力が低くなる。したがって、 DI_{15}^{30} 予測の精度を向上するためには今後さらに精密な実験を行なつて、ドラム強度予測用の独自

の数値表を作成する必要があるだろう。

3) 石炭の性状(反射率, イナート量)からコークスのマイクロ強度, 反応性を予測することは, 精度をあまり問題にしなければある程度可能である。

4) 反射率とギーセラー流動度によつて原料炭を層別すると, 両者の関係によつて各国のグループごとの特長が明確になり, 今後の原料炭新規開発の方向づけが容易となる。この方式はとくに少量のコアサンプルしか得られないときに有効であろう。

本研究の実施に当たり種々御指導, 御援助を賜わった公害資源研究所資源第 1 部木村英雄課長に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) I. I. Ammosov, I. V. Eremin, S. I. Sukhenko, L. S. Oshurkova, *Koks i Khimiya*, No. 12, 9 (1957)
- 2) N. Schapiro, R. J. Gray, G. R. Euser, "Blast Furnace, Coke Oven and Raw Materials Conference" *Coal*, 89~112 (1961)
- 3) H. R. Brown, G. H. Taylor, A. C. Cook, *Fuel*, **42**, 43 (1963)
- 4) 高橋良平, 永井利明, 燃協誌, **48**, 928 (1969)
- 5) L. G. Benedict, R. R. Thompson, R. O. Wenger, *Blast Furnace and Steel Plant*, No. 3, 217 (1968)
- 6) N. Schapiro, R. J. Gray, *J. Inst. Fuel*, **37**, 234 (1964)
- 7) G. R. Friedrich (Consolidation Coal Corp.), 私信
- 8) 杉村秀彦, 紫波正史, 燃協誌, **46**, 911 (1967)
- 9) H. E. Blayden, W. Noble, H. L. Riley, *J. Iron Steel Inst.*, **136**, 47 (1937)
- 10) 福山辰夫他, 燃協誌, **47**, 607 (1968)
- 11) 久田清明, 日本鉄鋼協会第 39 回講演大要録, 47 (1950)
- 12) 城博, 西徹, 仲摩博至, 同誌, **46**, 582 (1967)

Prediction of the Coking Property of Coal by Microscopic Analyses

by Yasuo Okuyama*, Takashi Miyazu*, Hidehiko Sugimura**
and Mitsuteru Kumagai***

(*Nippon Kokan Technical Research Centre,

Miike Coke Corp, *Coal Mining Research Centre)

SYNOPSIS:—We attempted the application of Schapiro's method to the prediction of Drum Index of coke made by many kinds of single coal, Informations obtained are as follows;

- 1) It is possible to predict the DI_{15}^{30} from the petrographic study of coal, but the precision of the estimation was not so good, though high correlation was found between estimated DI_{15}^{30} and determined DI_{15}^{80} ($r=0.92^{**}$).

It suggests that the property presented by Drum Test is differ from that of Tumbler Test. It is necessary, therefore, to perform more detailed studies to obtain the precise prediction system of DI_{15}^{80} .

- 2) It was not impossible to predict the micro-strength or reactivity of coke from the petrographic study of coal, but the precision of the estimation was also not so good.

- 3) Various coking coals can be stratified by two parameter—Reflectance of Vitrinites and Gieseler max. fluidity of coal—.

This statifying system is useful to pre-evaluation of coking coals, especially in the case of large quantity of sample can not be obtained.