研究報告

粒状石炭の流動性の検討*

Flow Properties of Granular Coal

青木 隆一** 保田 晴一***
Ryuichi Aoki Seichi Yasuda

1. 緒 言

高温高压流動層による石炭のガス化反応プロセスは、代替天然ガス（SNG）の製法として、これからのエネルギー源の一つとして注目を浴びている。石炭としては非粘結性の一般炭を0.1~3mm程度に調製した粒状石炭が対象となるが、高温高压でのガス化炉の連続操作であるため技術的に未解決の問題が多い。

本研究では、粒状石炭の流動性に及ぼす温度および水分の影響を、一般的かつ実用的と考えられる方法（かくはんトルクおよびホッパーからの流出速度）により検討した。その結果、1) 100℃と400℃において流動性の変化が現われること。2) 試料の風乾状態より2~3%水分が増加すると、流動性は急激に低下することが明らかとなった。

2. 実験装置および方法

2.1 試料の調製

測定に用いた4種類の試料のうち、太平洋炭、三池炭、北炭は水洗いして風乾後、輸入炭はそのままハンマーで粉碎し、篩で分級して粒度をそろえた。使用した篩は、7, 16, 32, 150, メッシュで4炭種とも粒径範囲を、0.1~0.5, 0.5~1.0, 1.0~2, 8mmの3種類に分けた。また150メッシュを通過した0.1mm以下のものは微粉とした。調整後のこれらの試料はシリカゲルを入れたデシケータ中で保存し、これを乾燥試料とした。

測定に用いた4炭種の恒湿試料による工業分析値を、Table 1に、また参考資料として国内炭の一般的な元素分析値をTable 2に示した。

2.2 トルクの測定

容器中の試料を櫓型かくはん翼でかくはんし、そのと

Table 1 測定に用いた試料の工業分析値

分析項目 銘柄	固定炭素 (%)	灰分 (%)	揮発分 (%)	恒湿水分 (%)	ボタン指数 (-)
太平洋炭	37.4	14.5	42.5	5.6	0
三池炭	37.2	23.7	37.6	1.6	6~6.5
北炭	39.2	18.7	39.5	2.6	7.5~8
輸入炭	45.3	9.3	35.3	10.1	2~2.5

備考：1. 試料は恒湿試料を用いた。ボタン指数†
2. 太平洋炭、三池炭、北炭は試料を電源開発（株）より入手した。
3. 輸入炭は低グレード歴青炭で弱粘結炭に属する。

きのトルクによって粉粒体の流動性に対する目安を求めようとするものでFig. 1に示した装置を用いて常温および加熱でのかくはんトルクを測定した。

(1) 常温でのかくはんトルク測定

かくはん槽に乾燥試料を深さ70mmの位置まで入れ、充てん状態を均一にした後、翼の下端と試料の表面がちょうど接した位置を粉深 $h=0\text{mm}$ として、5mmづつかくはん槽の位置を上げていき、その都度できるだけ一定速度（約100 r.p.m.）で翼を手回しして、ばね式トルクメータによってかくはんトルクを測定した†。

(2) 加熱でのかくはんトルク測定

常温でのかくはんトルク測定後、再び充てん状態を均一にし、かくはん槽に巻いたニクロム線ヒータによって試料を静止状態のまま所定温度まで加熱する。熱電対（C.A）温度計によって、試料の温度が槽の中心部と壁側で等しくなったら、(1)と同様にしてかくはんトルクを測

† ボタン指数（Crucible swelling number）³⁾

石炭の工業分析の一つで粘結性の度合を表わす。JISに規定されている、るつば試験方法（ボタン方法）で所定のるつばに試料1.0gを入れて、820℃±5℃で2分30秒間急速加熱し、生成したコークスの形状、大きさを標準輪かくと比較して、ボタン指数（CSN）で表示する。指数が高いほど粘結性が高い石炭といえる。

†† 回転速度のかくはんトルクに及ぼす影響は、90~110 r.p.m. において認められなかった。

昭和52年3月10日受理

* 粉体工学研究会春期例会にて発表（1977, 6大阪）

** 横浜国立大学工学部（〒232 横浜市区大岡2-31-1）

TEL 045-741-3541

*** 三菱化成工業（株）総合研究所技術研究所（〒227 横浜市区緑区鳴志田町1000）

TEL 045-981-1212

Table 2 国内炭の元素分析値¹⁾

分 類	(無 水 無 灰 基)				水 分 (%)	比 重 (g/cm ³)
	炭 (%)	素 (%)	水 (%)	揮 発 分 (%)		
亜 炭	65	5	30	55	15	—
カ ッ 炭	75	5	20	50	12	1.46 ($c=70\%$)
非 粘 結 炭	80	6	14	50	4	—
歴 青 炭	弱 粘 結 炭	82	6	12	45	—
	粘 着 炭	85	6	9	45	1.23
	強 粘 結 炭	90	5	5	20	—
無 煙 炭	93	4	3	5	2	1.42

Fig. 1 かくはんトルク測定装置

Fig. 2 流出速度測定用コーン型ホッパー

定した。

(3) 測定条件

かくはんトルクの測定は試料に輸入炭を用いて、粒径範囲、0.1~0.5, 0.5~1.0, 1.0~2.8mmの3種類について、測定温度を常温(20℃), 100, 200, 300, 400℃の条件で各測定温度毎に試料を変えて、かくはんトルクの温度による影響をみた。

(4) 加熱後放冷してのかくはんトルク測定

加熱でのかくはんトルクを測定したら試料を取出し、常温まで放冷した後、(1)と同様にしてかくはんトルクを測定し加熱後の温度履歴の影響をみた。

2.3 流出速度の測定

流出速度の測定は、ホッパー内の試料が重力流動によって流出するに要する時間を測定し、流動性の指標にしようとするもので、Fig. 2 に示したアルミ製コーン型ホッパーを用いて、温度による影響と試料中の水分量による影響をみた。排出口径は 13mmφ、容量は約180cm³である。

(1) 常温での流出速度測定

試料を 100g 精秤し、コーン型ホッパーに入れてストッパーによって保持する。ストッパーをはずして試料の流出開始から終了までをストップウォッチで計時し、4~6 回の測定値を平均して流出速度 (g/sec) を求めた。

(2) 加熱での流出速度測定

加熱での流出速度測定は、試料とホッパーの両方を同一温度に加熱しておこなった。ホッパーの加熱は、ホッパーに巻いた nichrome 線ヒータによっておこない、試料はかくはんトルク測定に用いた容器によって、かき混ぜながら加熱した。試料とホッパーの両方が所定の温度になったら、試料 100g を精秤し、(1)と同様にして加熱試料の流出速度を測定した。

(3) 加熱後放冷しての流出速度測定

加熱での流出速度を測定したら、試料とホッパーを常温まで放冷し、(1)と同様にして流出速度を測定して加熱後の温度履歴の影響をみた。

(4) 試料中の水分量を変えての流出速度測定

試料中の水分量を変えての測定は、増湿した試料を用いて、(1)と同様にして流出速度を測定後、2.7 に示した方法によって水分量を求めた。

試料の増湿は試料に水蒸気を通して適度に加湿することによっておこなった。増湿後は、恒湿デシケータ（飽和食塩水を入れたもので常温での湿度が約75%）中で保存して、1日以上経ってから流出速度を測定し、そのときの水分を求めた。また、経時変化について調べるため、7日目まで測定をおこなった。

(5) 測定条件

温度による影響は同一試料で温度を連続的に変えておこない、所定温度に到達後すぐに流出速度を測定した。

4炭種とも常温から300℃までは100℃おきに測定し、300℃以上では400℃まで昇温すると熔融（凝結）するもの（三池炭、北炭）については350℃で測定し、他は400℃で測定した。また350℃または400℃で一定時間保持した場合の経時変化を測定した試料もある。

試料中の水分による影響は、太平洋炭と輸入炭を用い、水分量を変えた試料を2～3とおり調製して増湿試料の流出速度と水分との関係、および増湿後の経時変化を測定した。

また測定はすべて、通常充てん（ピーカーからホッパーへ自然に試料を流し入れる）による疎充てんの状態においておこなった。測定に用いた粒径範囲が0.1～2.8mmの試料では、100gの流出時間が5～10秒の間であり測定値のバラツキは0.2秒以下であった。

なお、0.1mm以下の微粉および2.8mm以上の粗粒はともにアーチを形成して、このホッパーからは流出しなかった。

Fig. 3 ホッパーからの流出限界寸法測定装置

2.4 ホッパーからの流出限界寸法測定

石炭は取り扱い上の性質から、湿った状態にあって、粒径範囲も一定していない場合が多い。そのような状態のままでの取り扱い、および貯蔵を考えるときの指標を得るため、Fig. 3 に示したホッパーからの流出限界寸法測定装置により、充てん状態と流出限界寸法の測定、および流出状態の観察をおこなった。

試料は石炭を大量に使用するユーザーから入手したもの（ここでは未処理試料と呼ぶ）を用いた。

装置は前後がガラス張りで、ホッパー部分（傾斜壁）は幅50mm、開き角度60°で左右に自由に移動できて排出口寸法が調節できるようになっている。測定は装置の排出口を所定の寸法に合わせ、試料を上部より投入し、粉体層を均一にならして19.5cmとした後、排出口のストッパーをはずして流出状態を観察した。なお、投入量とホッパー体積から求めた、かさ密度によって充てん状態を決めた。

2.5 粒子密度の測定

粒子密度 ρ_P の測定はピクノメータ法でおこなった。試料の脱気には真空ポンプを用いて、減圧度8～10mm Hg×4～5hrの条件で4炭種につき、それぞれ3種類の粒径範囲の試料について測定した。

2.6 かさ密度の測定

かさ密度 ρ の測定は流出速度の測定に用いたコーン型ホッパーと、50.46 ϕ ×50 H の円筒型100cm³容器（金属製）を用いておこなった。試料約100gをホッパーに入れ、落下高さ（ホッパー排出口と容器上面との間隔）2.5cmで容器に流出させ、容器からあふれたよぶんの試料を金属製のへらで摺り切り、ちょうど100cm³分の試料の重さを測定した。6～8回の測定をおこなって、その平均値からかさ密度（g/cm³）を求めた。

2.7 水分の測定

試料中の水分の測定は、JISに基づいた工業分析方法に従って、試料数gを秤量瓶に精秤し、電熱式乾燥機中で105～110℃×1hr加熱したときの試料に対する減量割合から、水分（wt%）を求めた。

3. 結果および考察

3.1 粒子密度およびかさ密度の測定結果

測定に用いた石炭試料の使用した粒径範囲における、おのおのの測定結果をTable 3 に示した。ここに示した結果で粒子密度 ρ_P は、2～3回の測定の平均値である。一般にピクノメータ法による測定では、粒子密度の値は減圧度によって決まるといわれている²⁾。今回の測定ではこの関係を検討していな

Table 3 粒子密度とかさ密度の測定結果

炭 種	太 平 洋 炭		三 池 炭		北 炭		輸 入 炭	
粒 径 範 囲(mm)	ρ_P	ρ	ρ_P	ρ	ρ_P	ρ	ρ_P	ρ
0.1 ~ 0.5	1.35	0.62	1.45	0.70	1.43	0.71	1.35	0.61
0.5 ~ 1.0	1.34	0.63	1.41	0.70	1.38	0.69	1.35	0.62
1.0 ~ 2.8	1.34	0.68	1.43	0.72	1.36	0.70	1.33	0.66

Fig. 4 かくはんトルク測定結果

Fig. 5 かくはんトルクと試料温度との関係

いために、さらに減圧して測定した場合、これらの値より若干大きくなることが考えられるが、太平洋炭の炭素組成は 76.6% で、Table 2 から粒子密度を推定すると、 $\rho_P=1.36$ となり Table 3 に示す測定値とほぼ一致

* 100 r.p.m. 程度の低速回転においては、単純化したモデルによる考察から、トルク T はほぼ粉深 h^2 に比例する⁴⁾。Fig. 4 からは $T \propto h^{2.05-2.3}$ となり、装置の寸法や形状による特異な現象は現われなかった。

する。

かさ密度は疎充てんの状態での測定であるが、6~8 回の繰り返し測定におけるバラツキが約 $\pm 1\%$ と少なく、再現性の良い測定方法であるとおもわれる。

3.2 かくはんトルクの測定結果

試料に輸入炭を用いて、0.1~0.5, 0.5~1.0, 1.0~2.8mm の 3 種類の粒径について、常温~400℃ の温度で 100℃ おきに各温度毎に試料を変えて測定をおこない、それぞれの測定で粉深 (h) 毎のかくはんトルクの平均値によって比較した。

粉深を徐々に変えてかくはんトルクを求めると、粉深が深くなるにつれてかくはんトルクが増加していく曲線が得られた。一例として 400℃ における測定結果を Fig. 4 に示す。この結果、 $h=10\sim 50$ mm の範囲で粉深のトルクに及ぼす影響は予期されたとおりであり*、かくはん翼の位置が粉体層の表面付近、あるいは底部付近にある場合でも特異な傾向はみられなかった。したがって以下、かくはんトルクの比較は $h=30$ mm においておこなった。

粉体層の昇温速度は、100℃/30min の見当であり、所定の温度に達した後、直ちにかくはんトルクの測定をおこなった。なお実験の範囲では、昇温速度の影響はみられなかった。

Fig. 5 に試料温度によるかくはんトルクの変化を粒径をパラメータとして示した。ここで粒径についてみると、各試料温度において粒径の小さい方がかくはんトルクは低い値になる傾向があった。また 100℃ と 400℃ の測定では、他の温度に比べて粒径間の差が少なかった。

これは実験に使用した輸入炭では、100℃ において内部水分が粒子の表面に移動して水膜を形成し、その潤滑作用のために粒子層の摩擦抵抗がいくぶん減少し、かつ粒度依存性がなくなるためと思われる。また、400℃ では揮発分の放出、ならびに表面の軟化開始のため小粒子は凝結状態となり、粒度依存性が少なくなるものと考えられる。

温度履歴の影響については次のごとき知見を得た。すなわち試料を各温度に加熱後、常温まで放冷して測定し

Fig. 6 かくはんトルクに及ぼす温度履歴の影響

た結果は、Fig. 6 に示すように加熱時の測定値とはほぼ同程度であったが、最終温度 100℃ の場合に多少の変化がみられ、また粒径 0.5~1.0 mm のもので 200℃、300℃ の測定値が低下しているのが目立った。なお、この状態におけるかさ密度の測定結果は Table 4 のとおりであった。以上のことからかくはんトルクの測定では、容器内にある試料を集合体として全体的にみているのでかくはんトルクの値は、粒径および粒子形状の違い、ならびに温度による粉粒体の挙動の変化が流動性に及ぼす

Table 4 温度履歴によるかさ密度の変化

最終温度 (°C)	かさ密度 ρ [g/cm ³]		
	0.1~0.5	0.5~1.0	1.0~2.8
常 温	0.61	0.62	0.66
100	0.61	0.64	0.67
200	0.64	0.66	0.68
300	0.63	0.64	0.68
400	0.62	0.61	0.60

備考：試料：輸入炭

各最終温度を履歴後、常温での測定値

影響を良く現わしていると考えられる。

また、この測定は試料が周囲の雰囲気に影響されにくく、試料温度の調節も容易であるため、粉粒体の流動性、およびその温度による影響を検討するための、簡便で適当な測定手法であるとおもわれる。

3.3 流出速度の測定結果

Table 5 に流出速度測定結果一覧表を示した。

(1) 温度による影響

Table 5 流出速度の測定結果一覧表

炭 種 粒径(mm)	流 出 速 度 W (g/sec)											
	太 平 洋 炭			三 池 炭			北 炭			輸 入 炭		
	0.1~0.5	0.5~1.0	1.0~2.8	0.1~0.5	0.5~1.0	1.0~2.8	0.1~0.5	0.5~1.0	1.0~2.8	0.1~0.5	0.5~1.0	1.0~2.8
測定温度 (°C)												
常 温 (20)	19.0	17.9	14.1	22.7	19.4	14.9	22.4	19.6	14.5	17.9	17.6	14.3
100	18.5	17.5	13.8	21.3	19.1	14.4	21.9	19.1	13.7	17.0	17.1	13.3
200	17.4	17.4	13.3	21.1	19.2	14.1	21.1	18.9	13.6	17.9	17.2	13.7
300	17.6	17.6	12.9	21.1	19.3	14.3	21.9	19.2	13.6	17.8	18.1	13.9
350	—	—	—	—	19.0	—	—	18.1	11.8	—	—	—
400	17.4	16.5	12.5	17.2	—	—	18.1	—	—	16.5	16.2	10.8
一定温度に保持しての測定	—	—	—	16.7 (400-30)	15.0 (350-30)	14.6 (300-30)	17.7 (400-30)	16.9 (350-30)	11.2 (350-30)	—	—	—
() 内、温度-時間	—	—	—	16.0 (400-90)	15.3 (350-90)	14.6 (300-90)	17.9 (400-90)	14.3 (400-15)	8.8 (400-25)	—	—	—
(min)	—	—	—	—	—	—	—	12.7 (400-30)	—	—	—	—
常温まで放冷後	14.9	16.3	12.4	17.4	15.9	15.7	18.1	13.0	9.9	17.9	16.6	10.6
かさ密度 (g/cm ³)												
常 温	0.62	0.64	0.68	0.70	0.70	0.72	0.71	0.61	0.70	0.61	0.62	0.66
加熱後放冷	0.58	0.60	0.62	0.55	0.57	0.75	0.58	0.48	0.51	0.60	0.59	0.54
流出速度 (cm ³ /sec)												
常 温	30.6	28.0	20.8	32.4	27.7	20.7	31.6	28.8	20.7	29.4	28.4	21.7
加熱後放冷	25.7	27.2	20.0	31.6	27.9	21.0	31.2	27.1	19.9	29.9	38.2	19.6

Fig. 7 粒径と流出速度の関係

Fig. 8 流出速度の測定温度による影響

流出速度の温度による影響は、太平洋炭、三池炭、北炭、輸入炭の4炭種について、粒径範囲0.1~0.5, 0.5~1.0, 1.0~2.8mmの3種類で測定した。

石炭は加熱すると水分、揮発分などが蒸発して重量が減少していくが、すべて試料 100g で流出時間を測定した。

粒径と流出速度の関係は、4炭種とも粒径の小さい方が速く、この傾向は測定温度が変わったとき、および加熱後放冷した温度履歴を経たもので同様な結果になった。一例として Fig. 7 に常温で測定した粒径と流出速度の関係を示す。

各炭種間の流出速度は、三池炭~北炭>太平洋炭~輸入炭であった。この順位は測定温度が変わってもあまり変わらないが、三池炭と北炭は粒径0.5~1.0, 1.0~2.8mmのものが 400°C まで加熱すると部分的に溶融して凝結した。特に三池炭は 300°C くらいからこの現象が起きた。

また、太平洋炭、輸入炭では 350°C くらいから凝結するが、400°C において10~20分間程加熱しても凝結は起きなかった。

流出速度の温度による影響は Fig. 8 に示すように、加熱状態での流出速度は常温に比べてほとんどが遅くなった。また、その変り方は常温から 100°C になったとき遅くなり、100, 200, 300°C はほぼ同程度で 300°C 以上で再び遅くなる傾向であった。このことから石炭試料は 100°C と 400°C 付近において流動性に变化の起きることが推察される。

また 350°C または 400°C で一定温度に保持したときの流出速度の経時変化は、保持時間30分までは流出速度が減少し、その後はほぼ一定となった。

なお、Table 5 に示した個々の試料において、粒径毎の常温および加熱後放冷での流出速度 W [g/sec] とかさ密度 ρ から求めた、体積基準の流出速度 Q [cm³/sec] は、常温と加熱後放冷においてほぼ同程度となった。

このことから加熱によって流出速度 W は遅くなっているが、流動性が低下しているとはいえないことがわかる。

(2) 水分による影響

流出速度の水分による影響は、太平洋炭と輸入炭の粒径範囲 0.1~0.5, 0.5~1.0, 1.0~2.8mm のもので増湿して水分量を変えた試料によって測定した。

石炭は Table 1 に示した 恒湿試料の水分からわかるように炭種によって含有する水分量（ここでは表面水分と内部水分の厳密な区別はせず、含有水分と呼ぶ）が異なる。

乾燥試料でも同様であるが、このときの炭種による水分の違いは流出速度に直接影響しないことが炭種間の比較によって明らかになった。そこで水分と流出速度の関係は、水分の絶対値でなく乾燥試料の水分を基準として比較した。

Fig. 9 (1)~(3) に太平洋炭での水分量と流出速度の結果を、また Fig. 9 (4) に輸入炭の一例として粒径 0.1~0.5mm の結果を示した。

この結果から、種類の粒径範囲の試料ではほぼ同じ傾向がみられた。すなわち乾燥試料からの含有水分の増加で比較したとき、太平洋炭では 1.5% ほど増すと流出速度が急激に遅くなり、2% ほど増加した状態では閉塞して流出しなかった。輸入炭では 2.5~3.0% 増したとき遅くなって、3~3.5% で閉塞が起こった。

これは水分による付着力の増加が炭種により、その表面の状態の相違のために異なるからと考えられる。

増湿後の経時変化については、同一試料において恒湿

Fig. 9 流出速度の水分量による影響

Fig. 10 未処理炭の粒度分布曲線

デシケーター中で5～7日間保存した場合、Fig. 9に点線で示すように水分はほとんど変わらずに流出速度が速くなるという結果になった。これは増湿後1～2日では粒子の表面にあって付着力に影響していた水分が、徐々に内部に移動して、含有水分量としてはほぼそのまま、付着力への影響が少なくなったためと考えられる。

以上、粒状石炭を用いて、温度および水分の影響による流出速度を測定したが、これらの結果からこの測定方法は、試料が自由流出する範囲において、試料の状態の変化による流動性の影響をほぼ定量的に比較できること

Fig. 11 流出限界寸法の測定結果

がわかった。

3.4 流出限界寸法の測定

ホッパーからの流出限界寸法の測定に用いた未処理試料は、湿った状態にあり Fig. 10 に示すような粒度分布をもっている。

測定は太平洋炭と三池炭でおこない、疎充てんと密充てんにおける流出限界寸法を測定し、そのときの流出状態を観察した。結果は Fig. 11 に示すように炭種と充てん密度によって流出限界寸法が違い、太平洋炭では流出限界寸法が疎充てんで50mm、密充てんで70mm。また三池炭の疎充てんでは90mmであった。

なお太平洋炭の疎充てんでおこなった充てんして放置し経時変化をみた実験では、排出口径50mmで1日後では流出したが、1週間後では流出しなかった。(充てん密度 0.78 g/cm³, 水分の変化は 8.5 から 7.4%に減って上部 1/3 くらいが乾燥していた。

以上の測定の結果によると、流出状態は試料および充てん密度によって違うことがわかった。また流出限界寸法より狭いところでは、アーチによって閉塞し、このときは下から衝撃を与えてアーチを壊しても、それより上部で再びアーチを形成し流出しないことがわかった。

これらのことから、流出限界寸法の測定によって試料の定性的な流れやすさを比較することができ、貯蔵時における粉粒体試料の取り扱いについて示唆を得ることができるものとおもわれる。

4. 結 論

粒状石炭の取り扱いに関する基礎的資料として、その流動性が温度および水分によって、どのように影響されるかということを検討した。また流動性の目安を得るための測定手法についても検討をおこなった。その結果として得られた事項をまとめると、

(1) 粒状石炭試料の流動性

粒状石炭試料の温度の影響による流動性の変化は、かくはんトルクと流出速度の測定結果から 100℃と 400℃付近で粒子の表面物性に变化がみられ、粒子の集合体としての性質が変わって流動性に变化の起こることが観察された。

また 0.1~2.8mmの粒径範囲では、常温から 400℃までの測定において、粒径の小さい方がかくはんトルクの値が低く、流出速度も速い傾向であったが、粉粒体の流動性は測定方法の装置的な特性と取り扱う状態によ

って表現が異なるために、粒径の小さい方が流動性が良いとはいえない。

含有水分と流出速度の結果から、乾燥状態の試料では 2~3%水分が増したときに流動性に顕著な変化がみられ、また時間の経過(5~7日間)によって水分は変らずに流動性が回復する現象がみられた。

このことから、乾燥試料の水分は表面から内部へ移動することが考えられ、内部にある水分は流動性に影響しないといえる。したがって石炭の流動性が直接、性能に影響する乾式の輸送、供給、篩分けなどの操作では、すくなくとも表面水分を2~3%以下に保つことが望ましい。

(2) 流動性の測定手法について

1) かくはんトルクの測定は、粉粒体の試料を集合体として全体的に評価でき、また測定中は周囲の雰囲気の影響されにくいので、流動性に及ぼす温度の影響をみるのに適し、やや定性的ではあるが試料の流動性を評価できることがわかった。

2) 流出速度の測定は、温度を変えたときと、水分量を変えたときの検討をおこなって、粉粒体試料が自由流出する範囲においては、それらが流動性に及ぼす影響について、ほぼ定量的に評価できる見通しが得られた。

3) 流出限界寸法の測定は、流出速度の測定に比べ装置のスケールが大きいため、付着性の粉体や粒径の大きい試料でも測定がおこなえて、流動性の定性的な評価と粉粒体試料の貯蔵に関する取り扱いについて有用な示唆を得られることがわかった。

〔謝 辞〕

この研究で使用した試料を提供して頂きました電源開発(株)磯子火力発電所に謝意を表します。

引 用 文 献

- 1) 共立出版：化学大辞典 v. p. 299
- 2) 三輪茂雄：粉体工学研究会誌, 6, [2], 115~120(1969)
- 3) 木村英雄, 藤井修治：石炭化学と工業, 共立出版
- 4) 飯山栄一, 青木隆一：化学工学, 24, [4], 205~213 (1960)

Flow Properties of Granular Coal

by

Ryuich AOKI and Seiichi YASUDA

(Dept. of Chem. Eng., Yokohama National Univ.

Mitsubishi Chemical Industries, Ltd.)

In this paper, influences of temperature and moisture on the flowability of granular coal are experimentally examined. Stirring torque required to an impeller rotating in the bed of coal and rate of gravitational flow of the coal are used as criterions of the flowability and the following results are obtained :

- (1) At the temperature of 100°C and 400°C, the coal showed a special feature of fluidity.
- (2) As the moisture content increased about 2-3% beyond the internal moisture of the coal, the gravity flow rate decreased rapidly to a choking state.

Figures and Tables

Fig. 1 Apparatus to measure stirring torque	particle size
Fig. 2 Hopper for measuring the rate of gravitational flow	Fig. 8 Effect of temperature of the specimens on flow rate
Fig. 3 Apparatus for measuring the span of critical arch	Fig. 9 Effect of moisture on flow rate
Fig. 4 Stirring torque vs. depth of powder bed	Fig. 10 Size distribution of the raw coal
Fig. 5 Relationship between stirring torque and temperature of specimens	Fig. 11 Length of critical arch span
Fig. 6 Effect of temperature history on stirring torque	Table 1 Proximate analysis of coal tested
Fig. 7 Relationship between flow rate and	Table 2 Ultimate analysis of domestic coal
	Table 3 Particle density and bulk density of specimens
	Table 4 Change in bulk density caused by temperature history
	Table 5 Results of measurement of flow rate