

連続式流動床内の石炭粒子動特性の解明

須山 真一*・高谷 幸司*

Coal Particle Behavior in a Continuous Fluidized Bed

Shinichi SUYAMA and Kouji TAKATANI

Synopsis : In the coal pretreatment process of SCOPE21, a continuous fluidized bed dryer is used as the first stage equipment before rapid heating in pneumatic preheaters. Since raw coal is simultaneously dried and classified into fine and coarse coal, coal particle behavior should be clarified to design the equipment. The separation behavior and RTD (residence time distribution) are studied. The separation behavior affects the fine and coarse coal ratio and RTD affects the heat efficiency for drying and heating. Both behaviors are important factors for designing the dimensions and operational conditions of the pilot and actual plant. In this paper, cold model and bench plant results are described.

Key words: coking; SCOPE21; coal pretreatment; fluidized bed; classification.

1. 緒言

SCOPE21¹⁾ (Super Coke Oven for Productivity and Environmental enhancement toward the 21st century)の開発目標である石炭資源の有効利用と高生産性を達成するために、石炭事前処理工程では、石炭の急速加熱と加熱微粉炭の熱間成形を行う。このためには、高水分の原料石炭を乾燥するとともに、微粉と粗粒に分離しておくことが必要であり、連続式の流動床乾燥加熱装置（以後、流動床と略記する）が計画された。流動床の設備設計のためには、装置内の石炭粒子動特性、具体的には、微粉と粗粒との分離挙動に影響を与える分級特性および乾燥・加熱挙動に影響を与える滞留時間分布特性を明らかにする必要がある。

流動床内の粒子の動特性に関する研究として、例えば、J. Kuipersら²⁾は、ガス相と粒子のそれぞれを連続体近似する二流体モデルにより気泡挙動を解析し、細田ら³⁾は、離散要素法による数値シミュレーションによりバブリングやスラッキング現象を解析している。しかし、これらの数学モデルによって石炭の分級特性や滞留時間分布特性を明らかにするには計算量が膨大化すると考えられる。一方、L. Nilssonら⁴⁾は、滞留時間分布特性について実験的に検討し、拡散モデルによる解析から固相有効拡散係数の推定式を提出しているが、これが粒度分布の広い装入石炭に適用できるかどうかは明確ではない。

そこで、これらの動特性を明らかにするために冷間試験装置を製作し、トレーサー応答法による滞留時間分布測定試験ならびに分級試験を行い、これらの特性を調査した。さらに、分級特性については、ベンチ・プラント（以後、BPと略記する）試験においても確認することができたの

で、合わせて報告する。

2. 実験

2.1 実験装置

流動床の粒子動特性を評価する設備である冷間流動床試験設備とBP試験の流動床設備の主仕様をTable 1に示す。両者は同規模の装置であり、かつ本報告においては、BP試験の流動床設備は熱間運転において分級粒子径を確認したのみであるので、以下、冷間試験設備について述べる。

設備の概略フローをFig. 1に示す。試験設備は、使用する石炭粒子の流動化性と分級性を考慮して、流動部と分級部の幅が1:3の比となっている。流動部は分散板表面から約1000mm迄で、その上が分級部である。また、流動床面は長さ方向に3分割して仕切壁を設けて3室化構造として、各室に独立にガスを供給できる。さらに第3室は流動部直上のフリーボード部のガス流速を調整するため、長手方向の壁で2分割し、一方の流路のガス流量（以後、バイパス量と称する）をバルブ調整できる。仕切壁は高さ調節が可能であり、分散板表面から仕切壁下端までを仕切壁高さとして称する。流動部は側面に設置した透明板を通して外部から

Table 1. The geometrical and operational parameters.

Items	Cold model	Bench Plant
Width Bed	200 mm	250 mm
Freeboard	600 mm	500 ~ 1000 mm
Length	900 mm	950 mm
Height	4600 mm	5500 mm
Coal hopper	400 kg	400 kg
Coal rate	200 ~ 2000 kg/h	660 kg/h
Gas rate	40 m ³ /min	27 ~ 40 m ³ /min
Height of wall	25 ~ 600 mm	30 ~ 500 mm

平成16年1月8日受付 平成16年4月26日受理 (Received on Jan. 8, 2004; Accepted on Apr. 26, 2004)

* 住友金属工業(株)総合技術研究所 (Corporate Research & Development Laboratories, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 16-1 Sunayama Hasakimachi Kashima-gun Ibaraki-ken 314-0255)

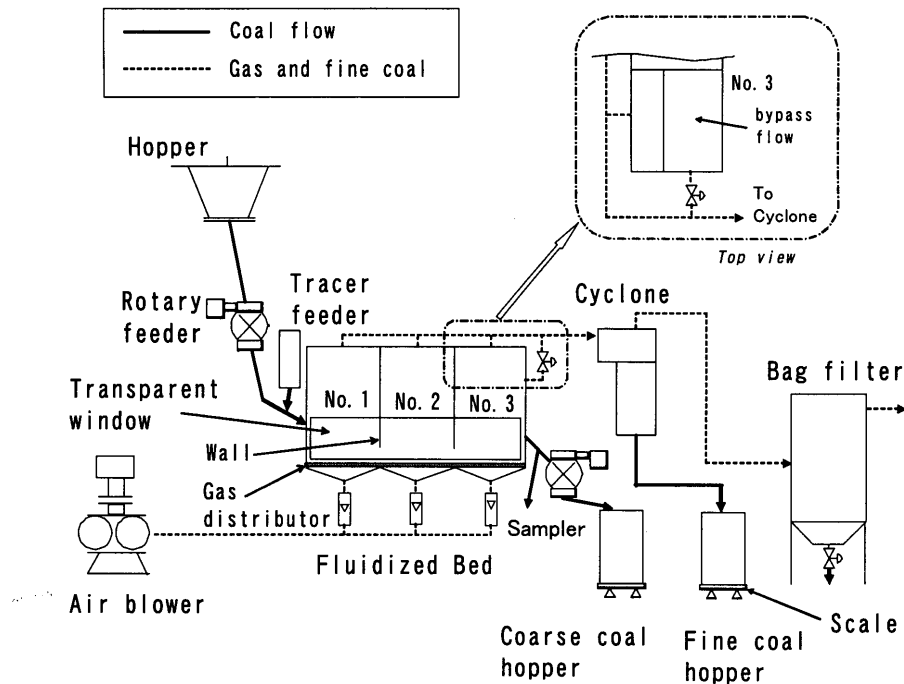


Fig. 1. Outline of experimental apparatus.

観察可能である。

装置寸法の特徴は、まず幅と長さ、すなわち断面積は実機想定より小型化した設備であり、一方高さは4600mmで実機と同規模なので、流動化挙動や分級性能については実機相当の評価が可能である。

分散板は、直径7mmの単孔円筒形の開口部を有し、開口比約17%、厚さ20mmで、下部から観察可能な透明板をベースとして使用した。実験に使用した石炭試料は、コークス配合用の水分4~5%の原料炭を10mm以下に篩分けしたものをベースとして使用した。水分変更試験の場合には、別途水分または乾燥炭をミキサーにて配合することにより水分調整を実施した。粒径を10mm以下としたのは、現状の配合炭の粒度分布（10mm以上が数%程度）から大きく逸脱しないことと、一方、設備能力上、最大粒子径の石炭粒子であっても十分に流動化すると考えられる範囲（10mm粒子の最小流動化速度⁵⁾は、約2m/s）に留めることの両面から決定した。

2・2 実験方法

2・2・1 分級特性試験

石炭供給ホッパーより原料石炭を所定供給量で流動床内に供給し、所定の静止層厚に達した時点で流動床内からの排出を行う。試験ケースによって分級される微粉炭の量が異なるために、流動部の差圧が一定となるように排出される粗粒炭量を変更することによって、流動床の静止層厚を調整する。

測定終了後、粗粒炭については重量を粗粒用フロアスケールで読みとり、微粉炭については、サイクロンからの回収炭重量を微粉用フロアスケールで読みとり、さらにバ

グフィルターからの回収炭重量は抜き取り計量を行った。さらに、それぞれのサンプルについて粒度分布を測定した。粒度分布の測定に際しては、試料を乾燥して水分によって大粒子に付着する小粒子、いわゆる疑似粒子を大粒子と分離した。試験条件をTable 2に示す。No. 1はベースとなる実験であり、No. 2~4は水分変更試験、No. 5, 6は分級部ガス流速変更試験である。No. 7~9は分散板形状の変更試験である。実験に使用した分散板について、ベースも含めた4種類の特徴をFig. 2に示す。ベースに対して、分散板Aはキャップ状で真横方向にガスが噴出する。分散板Bは長手方向にスリットが形成されており分散板上で幅方向斜め上にガスが噴出し、一方、分散板Cは幅方向にスリットが形成され、長手方向斜め上にガスが噴出する。

各試験における仕切壁高さは、100mm一定とした。

2・2・2 滞留時間分布測定試験

流動床装置の運転方法については分級特性試験と同様である。

滞留時間分布の測定は、トレーサー・インパルス応答法によった。トレーサーの選定については、(1)複数の粒径が必要であること、(2)母材の石炭中で特異な挙動をしないこと、(3)分析の簡便性などの観点から、篩分けにより粒度を揃えた石炭を過マンガン酸カリウム(KMnO₄)水溶液に含浸させたものを使用した。トレーサーは粒径の異なる3種類を作成した。名称と粒度は、[0.5] (0.42~0.59 mm), [1.0] (0.84~1.19 mm), [5.0] (4.75~5.66 mm)である。

トレーサー投入装置からトレーサーを投下後、流動床出口側すぐのサンプリング孔から所定時間毎に石炭を採取した。採取した石炭サンプルは、トレーサーの検出精度を上

Table 2. Experimental conditions.

Exp. No.	Bed Height (mm)	Mean Residence time (min)	Coal feed rate (kg/hr)	Coal Moisture (%)	Gas velocity		Distributor shape	Remarks
					Freeboard (m/s)	Bed (m/s)		
1	300	2.5	600	4.4	1.0	3.0	φ7	
2	300	1	1500	1.8	1.0	3.0	φ7	
3	300	2.5	600	1.8	1.0	3.0	φ7	
4	300	2.5	600	10.4	1.0	3.0	φ7	batch test
5	300	2.5	600	4.5	1.5	4.5	φ7	
6	300	2.5	600	4.5	1.5	3	φ7	Bypass control
7	300	2.5	600	4.5	1	3	TypeA	
8	300	2.5	600	4.5	1	3	TypeB	
9	300	2.5	600	4.5	1	3	TypeC	

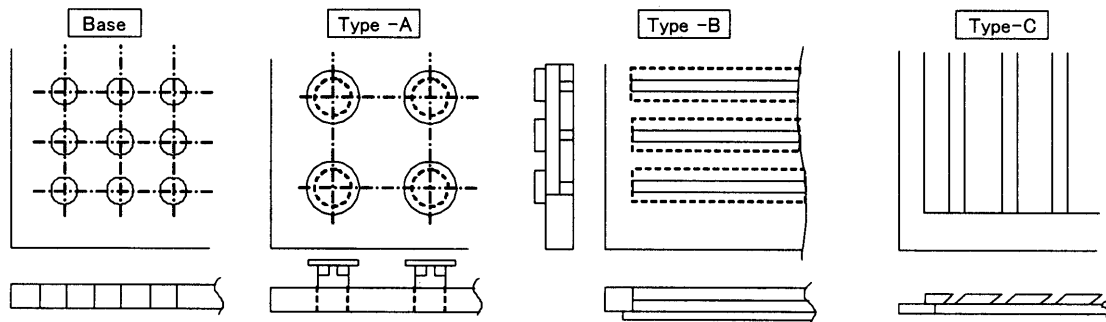


Fig. 2. Distributors used in the experiment.

Table 3. Conditions and results of solid dispersion coefficient measurement.

Exp. No.	Tracer	Bed Height (mm)	Mean Residence time (min)	Coal feed rate (kg/hr)	Gas velocity (m/s)	Solid dispersion coefficient D_s (m^2/s)		
						observed	estimated eq.(4)	estimated eq.(5)
1	[0.5]	300	5.0	300	2.4	0.00198	0.00588	0.00176
2	[1.0]	300	5.0	300	2.4	0.00157	0.00374	0.00156
3	[5.0]	300	5.0	300	2.4	0.00137	0.00157	0.00135
4	[0.5]	300	2.5	600	2.4	0.00260	0.00661	0.00312
5	[1.0]	300	2.5	600	2.4	0.00259	0.00421	0.00277
6	[5.0]	300	2.5	600	2.4	0.00229	0.00177	0.00239
7	[0.5]	300	1.0	1500	2.4	0.00606	0.00776	0.00678
8	[1.0]	300	1.0	1500	2.4	0.00633	0.00494	0.00603
9	[5.0]	300	1.0	1500	2.4	0.00586	0.00208	0.00520
10	[0.5]	300	2.5	600	2.7	0.00275	0.00717	0.00312
11	[1.0]	300	2.5	600	2.7	0.00272	0.00459	0.00278
12	[5.0]	300	2.5	600	2.7	0.00374	0.00201	0.00239
13	[0.5]	300	2.5	600	3.0	0.00161	0.00687	0.00176
14	[1.0]	300	2.5	600	3.0	0.00160	0.00442	0.00157
15	[5.0]	300	2.5	600	3.0	0.00156	0.00199	0.00135
16	[0.5]	150	1.3	600	2.4	0.00223	0.00521	0.00126
17	[1.0]	200	1.7	600	2.4	0.00255	0.00357	0.00167
18	[1.0]	400	3.3	600	2.4	0.00307	0.00485	0.00387

げるために整粒した後、Mn元素分析に供した。母材の石炭中にはMnは分析されなかったもので、分析されたMnはトレーサー由来としたが、一部の試験については、K元素分析を実施して、上記前提を確認した。

滞留時間分布測定試験の条件をTable 3に示す。No. 1~3は3種類の粒径のトレーサーに関してベースとなる実験である。No. 4~9は各粒径で石炭供給量を2段階で増加させて平均滞留時間を小さくした。No. 10~15はガス流速を変更した。No. 16~18は流動床の静止層高を変更した。

3. 実験結果

3.1 分級特性試験

3.1.1 石炭流動性確認試験

分級特性の測定試験に先立ち、特に高水分炭の流動性を確認するための試験を実施した。流動床乾燥・予熱装置の設計にあたって、石炭水分が異なる場合に石炭が安定流動できる流動部での最低ガス流速を確認することを目的とした。

流動部のガス流速を変化させた際の層の圧力変化に関し

Table 4. Effect of coal moisture on classification.

Exp. Case	MRT (min)	Fine coal efficiency (%)	Moisture (%)			Remarks
			Feed coal	Coarse coal	Fine coal	
1	2.5	31.3	4.4	2.8	2.9	
2	1.0	14.3	1.8	2.0	1.7	
3	2.5	27.7	1.8	1.8	1.7	
4	2.5	2.2	10.4	9.8(*)	2.5	(*)Sampling after 2minutes

MRT: Mean Residence Time

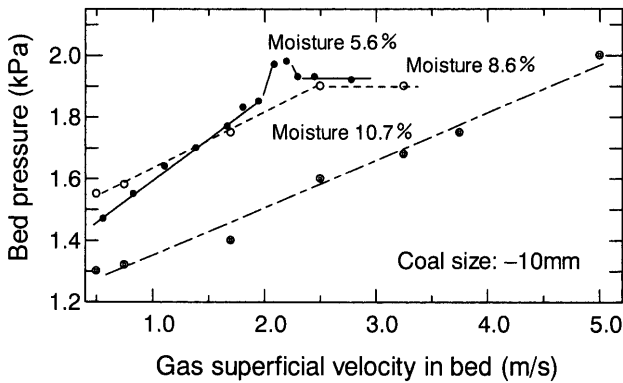


Fig. 3. Effect of coal moisture on fluidized behavior.

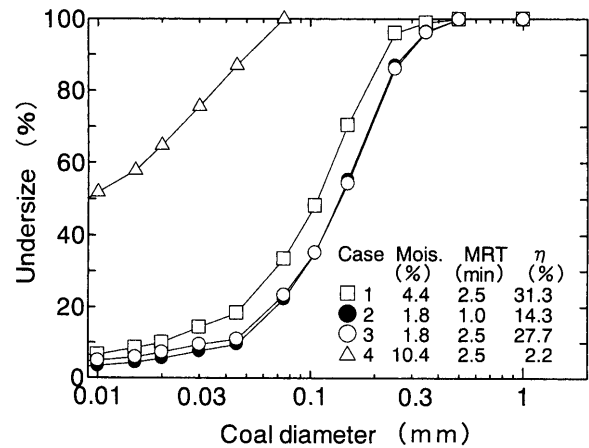


Fig. 4. Effect of coal moisture on classified fine coal.

て、石炭水分を変化させた場合の結果を Fig. 3 に示す。流動層高をほぼ同一（初期層高は 300 mm）で比較した結果を示した。この層高では、流動床圧力損失が約 1.9 kPa で最小流動化速度（約 2.2 m/s）に達する。目視からは、流動床圧力損失が約 1.4 kPa 程度で試料は十分に流動しているように観察された。ここで得られた最小流動化速度（約 2.2 m/s）は、ほぼ 10 mm の石炭粒子における最小流動化速度であることから、層全体が大粒子まで含めて完全に流動混合されるために必要なガス流速と考えられる。

一方、目視により観察された流動化は層の安定性、言い換えると、流動床運転時に流動化が阻害されて不安定であるかどうかを示すものと考えられる。

高水分炭においても、流動床圧力損失が約 1.4 kPa（流動部ガス流速 2.0 m/s）以上で層全体が流動するように観察されたことから、層の安定性の観点からは、高水分炭においてもガス流速 2.0 m/s 以上で安定に流動すると考えられる。このケースでは、ガス流速を上昇させると層内で吹き抜けが発生し、最小流動化速度を特定できるような圧力損失の一定領域は観測されなかった。実際の乾燥プロセスでは、高水分の原料炭は水分低下に伴い、完全流動混合域（最小流動化速度以上）に移行すると思われる。

3.1.2 石炭水分変更試験

石炭水分を変更（約 2~11%）した場合の分級挙動に関して調査した内容を Table 4 に示す。分級率 η は、(1) 式に基づいて算出した。ケース 4 についてはバッチ試験であるので、水分測定は、試験開始 2 分後に流動部サンプリング座から採取した試料を用いた。

$$\text{分級率 } \eta(\%) = \frac{\text{微粉炭量}}{\text{粗粒炭量} + \text{微粉炭量}} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

分級炭（微粉炭）の粒度分布を Fig. 4 に示す。まず、高水分 (No. 4) の場合には、流動部全体の水分は高いが、部分的に 2.5% 程度まで乾燥された粒径の小さい微粉が少量（分級率 2.2%）飛散する。水分を低下させた No. 2, 3 とベースを比較すると、粒度分布が変化しており、より大きい粒子までが飛散しやすい状態になっていることがわかる。No. 2 と No. 3 の比較では、分級率は異なっているが、粒度分布はほぼ同様であり、分級炭の粒度分布に関して変化は見られない。すなわち、流動床内での滞留時間が短い場合でも、粒径の小さい粉のみが優先的に分級され粒度分布が偏るような現象は見られないと思われる。

3.1.3 分級部ガス流速の影響試験

分級部のガス流速を変更させた場合の結果を、Fig. 5 に示す。No. 5 と No. 6 の差は、No. 5 は第 3 室のみガス流量を増加させた場合であり、No. 6 は分級部のバイパス量調整によって、分級部のガス流速のみ変更させた場合である。

本試験結果からは、バイパス量調整により、分級部でのガス流速を調整した場合 (No. 6) の方が、流動部を含めてガス流速を調整した場合 (No. 5) よりも分級粒子径を上げることができた。これは No. 5 では、第 3 室における流動部のガス流速が上昇しても、ガスの一部が第 2 室の方向に流出するために、実際には分級部のガス流量が設定以下になったためと考えられる。

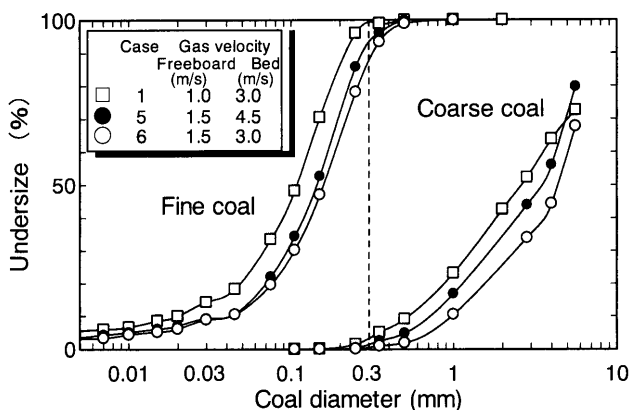


Fig. 5. Effect of gas velocity on classified coarse and fine coal.

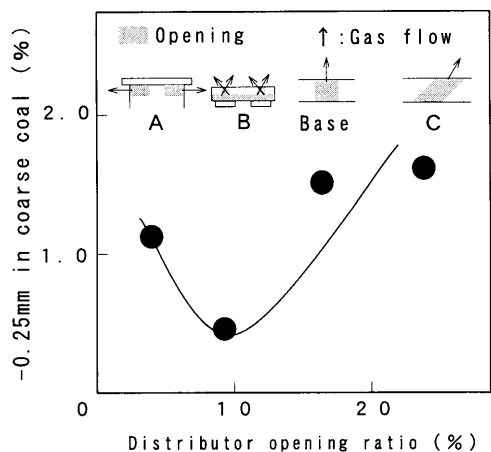


Fig. 6. Effect of opening shapes on fine ratio in coarse coal.

3.1.4 分散板形状の影響試験

ベースおよび形状の異なる3種類の分散板について、分級性を調査した。本試験は、乾留炉への装炭中の発塵やキャリーオーバーの原因となる粗粒中の微粉を低減する形状が有り得るかどうかを調べることを目的としているので、分級性の指標としては粗粒中に混入した-0.25mm粉の存在率で表示した。結果をFig. 6に示す。なお、-0.15mm粉も調査したが、No. 1, 7, 8, 9のいずれの場合もごく微量(最大0.2%)であり、有意差はなかった。全体としては、開口比が小さく開口部でのガス流速が大きいほうが、疑似粒子の崩壊が進むため微粉低減に有効と考えられる。分散板Bは、開口比が小さくガス流速が大きいため大粒子に付着している粉の分離が良好であったと考えられる。分散板Aの開口比はBよりもさらに小さいが、ガス噴出が真横であることもあり、粉の分離が不十分であったと考えられる。

3.1.5 フリーボード流速と分散粒子径の関係

冷間試験では、石炭水分の影響により分級挙動が変化することから、熱間試験であるBP試験により、フリーボードガス流速と乾燥・加熱された石炭の分級粒子径の関係を

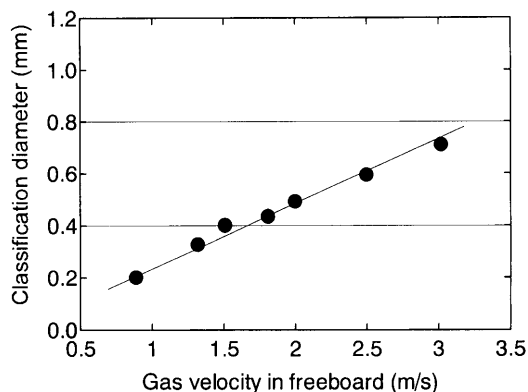


Fig. 7. Relation between freeboard gas velocity and classification diameter.

評価した。分級粒子径は、微粉炭の積算篩下が98%の粒子径とした。

フリーボード部のガス流速を約3m/sまで増加させた場合の結果をFig. 7に示す。BP試験装置も3室構造であるが、低温微粉を再加熱するために第1室(長さ150mm)からの微粉は、第3室に戻す構造となっており、本結果は、第2, 3室(長さ800mm)のガス流量ならびにフリーボード断面積を変更して得られた。

フリーボードガス流速を変更することで分級粒子径の制御が可能であることが判明した。

3.2 滞留時間分布測定試験

滞留時間分布曲線は、出口のトレーサー濃度Cの経時変化として、(2)式によって表される。ここで、Cは無次元化濃度(-)、Dsは固相有効拡散係数(m²/s)、Vsは粒子移動速度(m/s)、Lは装置長さ(m)、zは無次元化した流動床長手方向の位置(-)、θは無次元化時間(-)である。(2)式は一般的な混合拡散モデル式⁶⁾に対し、Dsが、後述する推定により装置長さ方向で変化することを表している。

なお、Cは、測定されたトレーサーのMn濃度C_{Mn}(%)を(3)式により無次元化したものである。またzは装置長さで、θは平均滞留時間で無次元化している。

装置全体の滞留時間分布特性を示すパラメータはDs/(Vs・L)であるので、冷間試験装置により固相拡散係数Dsが得られれば、装置・操業条件とあわせたスケールアップの検討が可能である。

$$\frac{\partial C}{\partial \theta} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{D_s}{V_s \cdot L} \cdot \frac{\partial C}{\partial z} \right) - \frac{\partial C}{\partial z} \dots\dots\dots (2)$$

$$\int_0^{\infty} C dt = \int_0^{\infty} \frac{C_{Mn}}{Q} dt = 1 \quad \left(Q = \int_0^{\infty} C_{Mn} dt \right) \dots\dots\dots (3)$$

3.2.1 流動床内粒度分布測定

流動床内での流動状態および分級部ガス流速に影響されることにより、流動床内の粒度分布は必ずしも原料炭と一致するとは限らない。すなわち、粒子群全体としての平均

Table 5. Coal size distribution inside fluidized bed in operation.

Size (mm)	Feed coal (%)	Inside fluidized bed (%)				Coarse coal (%)	RT (-)
		Total	No. 1	No. 2	No. 3		
+2.0	40.5	39.4	34.5	40.5	43.1	54.6	0.97
+1.0-2.0	25.0	22.5	24.3	22.0	21.1	23.4	0.90
+0.5-1.0	19.5	19.2	20.3	18.7	18.7	14.5	0.99
+0.25-0.5	15.0	18.9	20.9	18.7	17.0	7.5	1.26

RT: Residence time (Mean residence time = 1)

Table 6. Change of fine coal ratio caused by removing.

	Mean residence time (min)	Mean residence time (min)			
		1	2.5	5	10
(1) Feed coal	-0.25mm	20.6	20.6	21.4	27.4
	-0.105mm	8.7	8.7	10.1	11.4
(2) After experiment	-0.25mm	19.2	23.7	22.0	29.0
	-0.105mm	9.6	11.8	10.6	14.2
(2)/(1)	-0.25mm	0.93	1.15	1.03	1.06
	-0.105mm	1.10	1.36	1.05	1.25

滞留時間が、全粒度の粒子についても平均滞留時間であるとは言えない。そこで、試験終了後に試料を排出せずにそのままの状態では解体して、その粒度分布を測定した。

粒度分布の測定は、縮分による誤差を小さくするために1 mm以上粒子については全量測定し、1 mm以下粒子については縮分して測定した。結果を Table 5 に示す。ほぼ粗粒炭に相当する0.25 mm以上粒子の粒度分布変化を見ると、0.25-0.5 mmの細粒部粒子が床内での分布割合が原料炭に比較して20%程度大きい。この粒度の粒子は、流動部から分級部まで吹き上げられるが大部分は分級されずに流動部に戻る、という循環が生じていると考えられる。この結果は流動床の運転に問題になる程度とは考えられないが、固相有効拡散係数の推定式作成の際の滞留時間の評価については、粒径毎に補正した。

3.2.2 冷間試験時の粒度分布変化 (粒子割れの調査)

分級試験の前後で、石炭試料の粒度分布が変化するか否かを、分級試験の結果から評価した。結果を Table 6 に示す。滞留時間の依存性および-0.25 mmの変化はほとんど見られないが、-0.105 mmで見ると20%程度増加している。時間依存がないことから機械割れの可能性よりも、粗粒に付着していた微粉が水分低下に伴って粗粒からの分離が進む、いわゆる疑似粒子の崩壊の可能性が高いと考えられる。

3.2.3 滞留時間分布曲線と固相有効拡散係数の測定

実験No. 1~3のトレーサー濃度について、その実験値と(2)式においてDsを最小二乗法によりパラメータフィッティングした場合の計算結果を Fig. 8 に示す。本装置は流動床長さが短く、(2)式で示されるDs/VsLが大きくなるため、実機に比較すると装置全体の混合度は大きい。しかしながら、今回の実験結果から固相有効拡散係数Dsの値は粒子依存性を有し、石炭粒径が大きくなると、Dsは小さくなることが判明した。

ここで、固相有効拡散係数に与える各試験条件を検討する前に、仕切壁高さを変更して、その影響を調査した結果

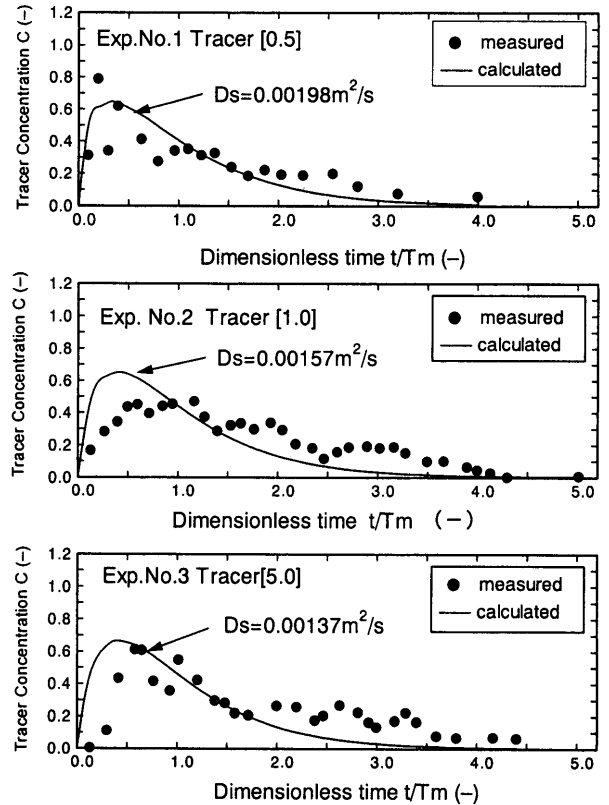


Fig. 8. Residence time distribution curve of experiment No. 1-3.

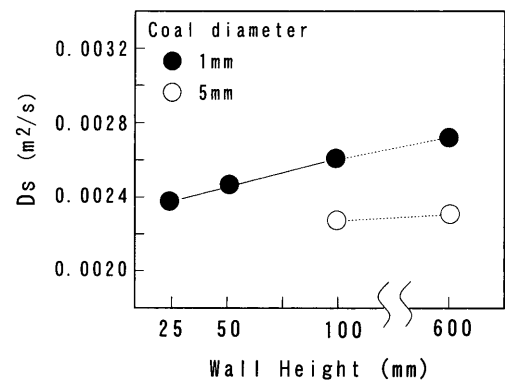


Fig. 9. Effect of wall height on solid dispersion coefficient.

を Fig. 9 に示す。仕切壁高さの影響は小さく、600 mmと100 mmの差においてもDsには数%程度の影響しかなかった。このことから、Table 3 に示す試験においては、仕切壁高さを100 mm一定として試験した。

流動床の固相有効拡散係数の推定に関しては、L. Nilssonら⁴⁾が、(4)式に示す実験式を提出している。そして、石

炭粒子を使用した本冷間試験において、Table 3から得られた結果から、式の形式を同一として得られた式を(5)式に示す。

$$D_s = \frac{1.49\{0.01(Z-0.05)+0.00165\rho_g(V_g-V_{mf})\} \cdot V_s^{0.23}}{V_{mf}^{1/3}} \dots\dots\dots (4)$$

$$D_s = \frac{1256\{0.003(Z-0.05)+2.47 \times 10^{-6} \rho_g(V_g-V_{mf})\} \cdot V_s^{1.12}}{V_{mf}^{0.1}} \dots\dots\dots (5)$$

ここで、 V_g はガス空塔速度(m/s)、 V_{mf} は最小流動化速度(m/s)、 Z は流動層静止層高(m)、 ρ_g : ガス密度(kg/m³)である。なお、(4)式あるいは(5)式中において、粒子径は直接現れないが、粒子径の影響は最小流動化速度(V_{mf})を介して反映される。すなわち、粒子径が大きい程、最小流動化速度は大きくなるので、(4)式あるいは(5)式により算出される固相拡散係数(D_s)は小さくなる。

(4)、(5)式による固相拡散係数の推定値と実測値の比較を、Fig.10, 11に示す。石炭試料で得られた(5)式を(4)式と比較すると、固相有効拡散係数のオーダーは同程度であるが、粒径依存性は小さいことが判明した。これは、Nilssonらの試験は川砂などを用いて、さらに粒度分布幅の狭い試料を使用したために粒子径の依存性が強く現れたと考えられる。一方、本試験においては、石炭は粒度分布幅の広い粒子が混在しているので、大小粒子が相互に影響しあうことで、依存性を小さくしていると考えられる。従って、ここで得られた D_s は、石炭粒子による流動床を(2)式で記述するためのモデル・パラメータであると考えべきであって、各種の流動床に適用できる汎用的な値として取り扱うのは困難であると考えられる。

4. 結言

SCOPE21条件の流動床に関して石炭の冷間乾燥分級試験を実施して検討した結果、以下のことが判明した。

(1) 微粉と粗粒を分離するための分級特性に関して、水分、ガス流速の影響を調査し、フリーボードガス流速により分級粒子径が制御できた。

(2) インパルス応答法による滞留時間分布測定試験により、固相有効拡散係数の推定式を作成した。

最後に、本研究は石炭生産・利用技術振興費補助金の石炭燃焼技術開発(石炭高度転換コークス製造技術)に係わ

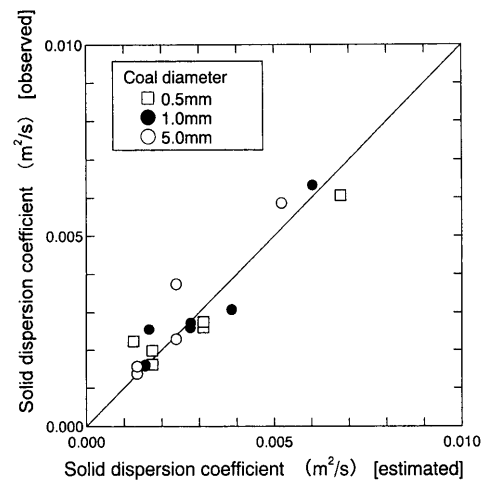


Fig. 10. Estimation of solid dispersion coefficient (this work).

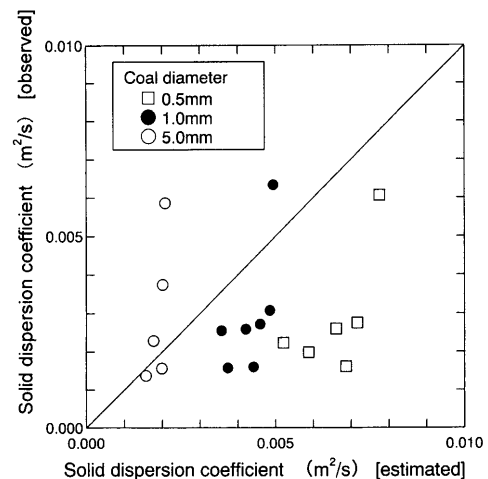


Fig. 11. Estimation of solid dispersion coefficient (Eq. (4)).

る研究の一環として実施されたもので、ここに関係各位に感謝の意を表します。

文 献

- 1) K.Nishioka: Proc. 3rd Int. Cokemaking Cong., Verlag Stahleisen, Düsseldorf, (1996), 285.
- 2) J.A.M.Kuipers, K.J.van Duin, F.P.H.van Beckum and W.P.M.van Swaij: *Computers Chem. Engng.*, **17** (1993), 839.
- 3) H.Hosoda, T.Kawaguti, T.Tanaka and Y.Tsuji: *Prepr. of Jpn. Soc. Mech. Eng.*, **944-2** (1994), 121, 285.
- 4) L.Nilsson and L.Wimmerstedt: *Chem. Eng. Sci.*, **43** (1988), 1153.
- 5) 流動層、化学工学会編、横書店、東京、(1992)、18.
- 6) O.Levenspiel: *Chemical Reaction Engineering*, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, (1972), 273.