

機械的衝撃による塊コークスの粉化機構

有馬 孝*・西 徹*²・奥原 捷晃*

Mechanism of Coke Size Degradation by Mechanical Impact

Takashi ARIMA, Tetsu NISHI and Toshiaki OKUHARA

Synopsis :

The rates of the volume breakage and surface breakage of lump coke and the particle size distribution of the resultant products were investigated using a shatter tester and a drum tester. It was found that the change in the probability of the volume breakage of coke could be expressed by the Weibull function and that the surface breakage rate of coke was basically proportional to the weight of the particles.

Based on the experimental results and applying the concept of the theory of comminution kinetics, the size degradation process of coke was analyzed. It was found that the size degradation process of coke could be described by the above two mechanisms and the effect of the volume breakage on the apparent surface breakage rate and that parameters of the volume breakage and the intrinsic surface breakage could be estimated from data on the size degradation behavior.

Key words : coke ; size degradation ; coke strength ; volume breakage ; surface breakage.

1. 緒 言

高炉の安定操業や塊コークス歩留向上のため、コークスは機械的衝撃による粉化が少ないことが要求される。コークスの耐粉化性の評価には、試験機で実際にコークスを粉化させることにより求められるドラム強度指数等の回転強度指数が用いられている。

しかし、回転強度指数は、特定の粉化条件での特性にしか過ぎずその物理的な意味が明確にされていないため、これを用いてコークス輸送工程や高炉内など異なる条件下での粉化を推定するには統計的手法に頼らざるを得ない。また、回転強度指数をコークスの構造や物性と直接に関係づけることも困難である。近年、引張強度などの物理的な意味の明確な強度の測定も試みられているが、コークスの持つ不均質性のゆえに数多くの測定を必要とすることだけでなく、コークスの粉化挙動との関係が明確にされていないため、実用には至っていない。

従って、コークスの製造および使用に関する技術をさらに発展させていくためには、コークスの物性や構造および粉化条件と粉化挙動との関係を明らかにすることが重要な課題である。そのためには、まず、コークスの粉化がどのような破壊機構により起こっているかを解明する必要がある。

それにより粉化挙動から破壊のパラメーターが推定できれば、異なる条件下での粉化を推定することや、粉化挙動をコークスの構造や物性と関係づけていくことが可能になる。

粉碎生成物の粒度分布は、十分広い範囲について求めると、二成分性を示す。コークスの場合も、粉化後の粒度分布は二成分性を持つことが知られており、遷移成分(粗粒側の成分)は体積破壊により生成し、固有成分(細粒側の成分)は表面破壊により生成すると考えられている¹⁾。粉碎の分野では、遷移成分が実用上問題となるので体積破壊のみを考慮することで十分である。コークス

平成3年11月6日受付 平成4年4月10日受理 (Received on Nov. 6, 1991; Accepted on Apr. 10, 1992)

* 新日本製鉄(株)プロセス技術研究所 (Process Technology Research Laboratories, Nippon Steel Corp., 20-1 Shintomi Futtsu 299-12)

*² 新日本製鉄(株)プロセス技術研究所 工博 (Process Technology Research Laboratories, Nippon Steel Corp.)

の場合は、問題にしている粒度域に両成分が含まれているので、粉化挙動と二つの破壊機構との関係を明らかにすることにより粉化機構（細粒化機構）を解明することがまず必要である。

そのためには、二つの破壊機構について、それぞれの速度と生成物粒度分布に関する情報が必要である。体積破壊については Peirce ら²⁾による破壊確率の研究があるが、破壊生成物の粒度分布が調べられていない。表面破壊については Lister ら³⁾による破壊速度の研究があるが、十分スタビライズされたコークスについてのものであり、実際の粉化過程の解析にはコークスがスタビライズする過程での破壊速度が必要である。

そこで、本研究では、まず、コークスの二つの破壊機構について、それぞれの速度と生成物粒度分布を調べた。次に、それに基づいて粉化過程を速度論的に解析し、粉化機構を検討した。

2. コークスの破壊挙動の実験的検討

2.1 実験方法

2.1.1 コークスの破壊挙動

試験コークス炉を用いて、乾留条件の異なる2種類のコークス A と B を製造した。コークス A は炉温 1350°C、コークス B は炉温 900°C で乾留した。原料石炭は、新日本製鉄(株)八幡製鉄所の装入炭を用いた。その性状は、灰分 9.0% (無水ベース)、揮発分 27.5% (無水ベース)、全膨張率 55%、最高流動度 125 DDPM である。試験コークス炉は、炉幅 400 mm、有効内容積 0.11 m³で、加熱壁には珪石煉瓦を用いたものである。

コークスの破壊挙動は、粒度により変化すると考えられる。そこで、製造したコークスをふるい分けし、各粒度区分ごとに破壊試験を行った。破壊試験は落下強度試験機 (JIS K 2151) を用いて行った。落下高さは 2 m である。全試料を 1 度には落下させず、落下強度試験機の試料箱に 1 段に並べられる量を 1 度に落下させ、全粒子が直接落下台に衝突するようにした。

各粒度区分の破壊試験において、1 回の落下ごとにふるい分けを行って破壊生成物を除き、残った破壊前の粒度範囲内の粒子を非破壊粒子(体積破壊していない粒子)とみなして、そのみを次の破壊試験の供試試料とした。このような破壊試験を 20 回繰返し、破壊生成物の粒度分布を測定した。

一部の粒度区分については、非破壊粒子の数も測定し、かつ破壊試験を最大 100 回まで繰返し、非破壊率(体積破壊していない粒子の比率)の落下回数による変化を求めた。

2.1.2 コークスの表面破壊速度の粒度依存性

コークスの表面破壊速度式の検討のため、以下のような実験を行った。

表面破壊速度は、被破壊粒子の表面積または重量に比例することが知られている⁴⁾。表面破壊速度が表面積に比例する場合は粉の生成量は(粒径)⁻¹に比例し、表面破壊速度が重量に比例する場合は粉の生成量は粒径に依存しないことになる。したがって、表面破壊速度の粒度依存性を調べることで表面破壊速度式を決定できる。

コークスの場合、一般に、小粒の方が粉化量が少ないことが知られているが⁵⁾⁶⁾、これには粒度により性状が異なっていることの影響が含まれていると考えられる。

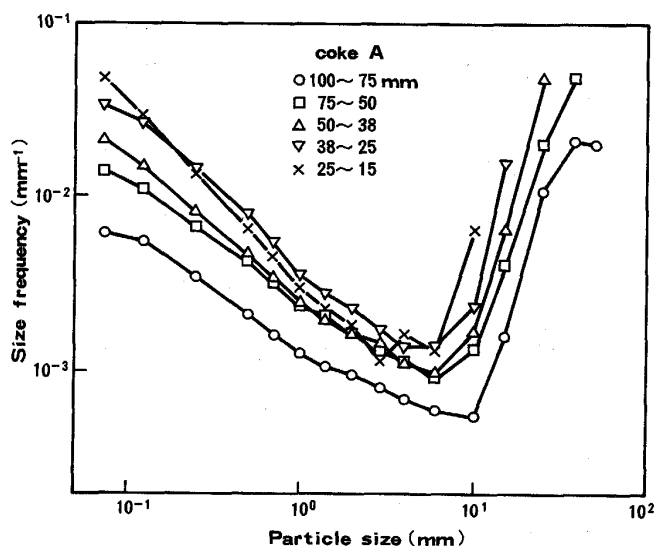


Fig. 1. Particle size distributions of breakage product.

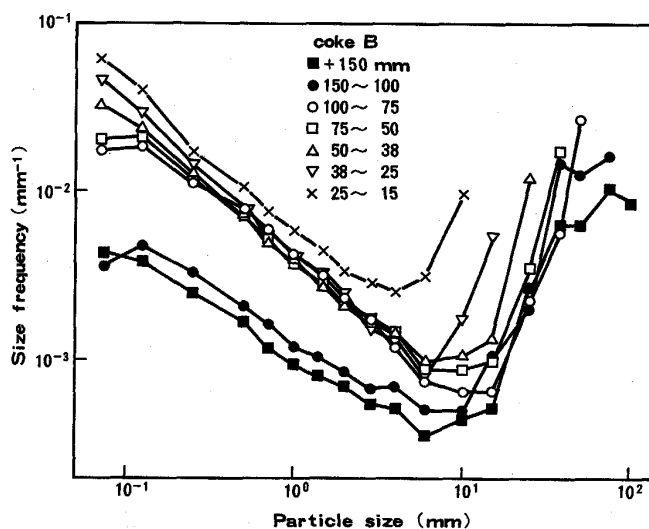


Fig. 2. Particle size distributions of breakage product.

そこで、同一ロットのコークスをドラム試験機で処理していくことにより粒度の異なるコークスを得て、その表面破壊速度を調べた。コークス試料としては、できるだけ均質なものであるという観点から、試験炉製コークスの38-75 mm のものを用いた。表面破壊速度は、ドラム試験機でコークス 10 kg を 100 回転処理する間の粉化量として求めた。この操作を繰り返すことにより、粒径の異なるコークスの粉化速度を得た。繰返しの際には、10 mm 以下の粉を表面破壊生成物とみなして除き試料量が 10 kg となるように、この試料と同一量の衝撃をドラム試験機で与えたコークスを補給した。

2.2 実験結果と考察

2.2.1 破壊生成物の粒度分布

各粒度区分のコークスについて、落下 20 回までの全破壊生成物の粒度分布を、Fig. 1 と Fig. 2 (横軸の値は各粒度区分の下限の値を示す) に示す。全てのケースで粒度分布は二成分性を示している(ただし、十分細かい粒度までふるい分けを行っていないため、細粒側のピークは現れていない)。すなわち、破壊生成物粒度分布は二つの分布を重ね合わせたものになっており、極小値を示す点を境界として、それより粗粒側の量を体積破壊生成物の量と、また、細粒側の量を表面破壊生成物の量と、みなすことができる¹⁾。このようにして破壊生成物を体積破壊生成物と表面破壊生成物とに分離して以後解析した。

被破壊粒子粒度が大きくなると破壊生成物の粒度分布は粗粒側にシフトし、その極小値を示す点の粒度は、Fig. 3 に示すように、被破壊粒子粒度(粒度区分の上限と下限の算術平均をとった)に比例して大きくなっている。すなわち、表面破壊生成物の最大粒度は、被破壊粒子粒度に比例している。

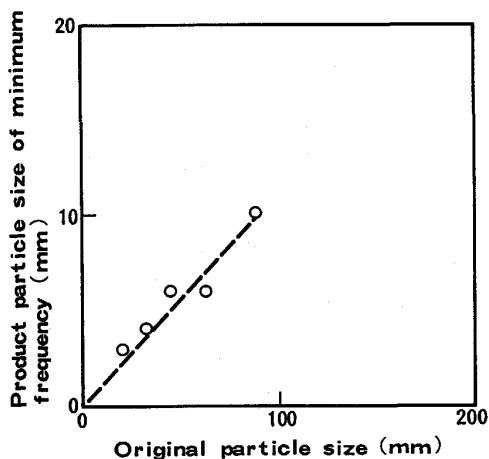


Fig. 3. Product particle size of minimum frequency (coke A).

2.2.2 体積破壊の速度と生成物粒度分布

各粒度区分コークスの非破壊率 P の累積落下回数 t による変化を Weibull 確率紙にプロットしたものを Fig. 4 と Fig. 5 に示す。 t のごく小さい領域を除いてほぼ直線になっており、Peirce らの結果²⁾と一致した。この結果から、 P は、 K' 、 m' を定数にして、

$$P = \exp(-K' t^{m'}) \dots\dots\dots(1)$$

の形に表せる。

m' の値は、コークスの種類や粒度によらず、ほぼ 0.7 となった。 K' の値は、被破壊粒子粒度 x により、Fig. 6 に示すように変化した。これより、 P は、 K'' 、 n 、 m' を定数として、

$$P = \exp(-K'' x^n t^{m'}) \dots\dots\dots(2)$$

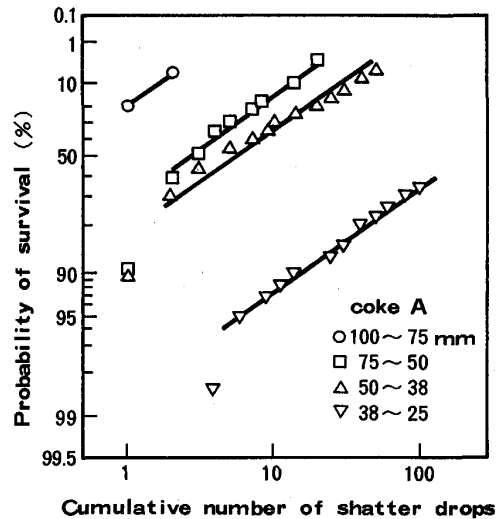


Fig. 4. Volume breakage characteristics of coke A.

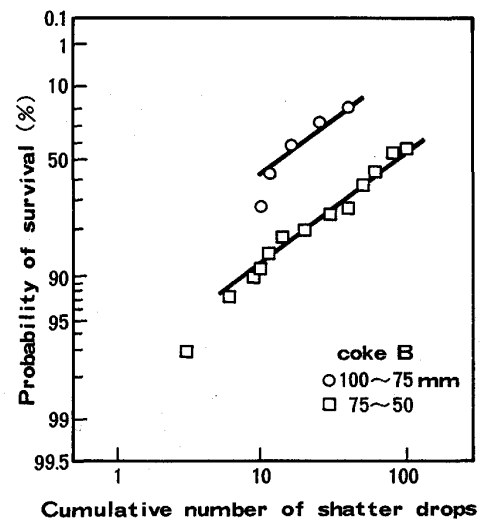


Fig. 5. Volume breakage characteristics of coke B.

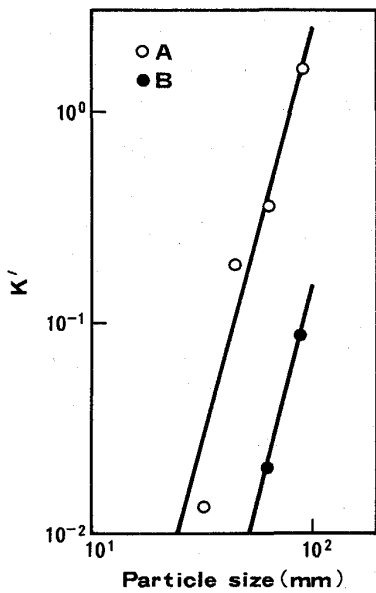


Fig. 6. Relationship between K' and particle size.

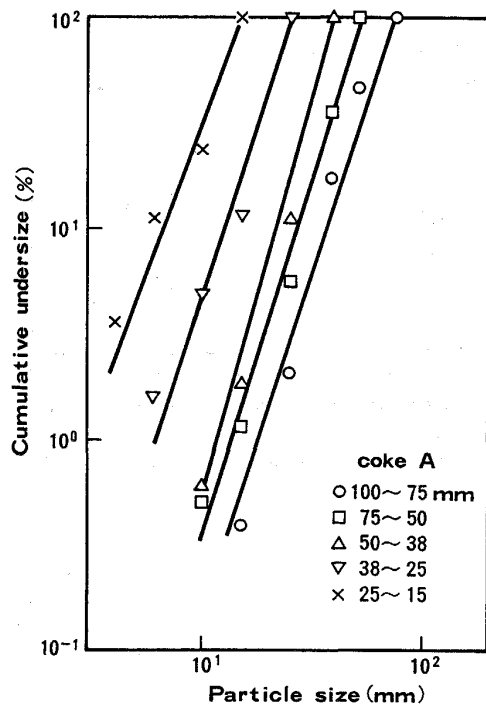


Fig. 7. Particle size distributions of volume breakage product.

の形に表せる。 n の値は、ほぼ 3 となった。

体積破壊生成物の粒度分布の例として、各粒度区分コークスから落下 20 回までに生成した体積破壊生成物の累積ふるい下分率を Fig. 7 に示す。これより、粒度 x のコークスの体積破壊生成物の粒度分布を、粒度 y 以下の累積ふるい下分率 $B(y, x)$ で表すと、 B は、 n' を定数として、

$$B(y, x) = (y/x)^{n'} \dots\dots\dots (3)$$

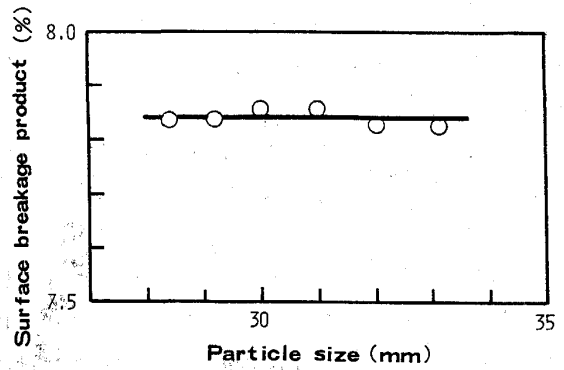


Fig. 8. Effect of particle size on quantity of surface breakage product by 100 revolutions treatment in the JIS drum.

の形に書ける。 n' の値は、落下回数によらず、ほぼ 3 となった。

2・2・3 表面破壊の速度と生成物粒度分布

ドラム試験機で 100 回転処理したときの粉化量で表した表面破壊速度の粒度 (算術平均粒度) 依存性を Fig. 8 に示す。この図には、コークス粒子の角が取れ、また、体積破壊が始ど起こらなくなってから以降のデータのみを示した。この結果から、コークスの表面破壊速度は、粒度に依存せず、従って、粒子重量に比例するといえる (もし、表面破壊速度が粒子の表面積に比例するとすると、Fig. 8 の粒度最大の場合と最小の場合とで、粉化量が 1.4% 異なることになる)。

被破壊粒子速度が大きくなると比表面積が減少するにもかかわらず、一定衝撃量での表面破壊生成物の比率 (粉化率) が変わらないということは、表面積当たりの粉化量が多いことを意味する。すなわち、被破壊粒子粒度が大きくなると落下エネルギーが大きくなる結果、表面からより深い部分まで破壊することが考えられる。このことは被破壊粒子粒度が大きくなると表面破壊生成物の粒度が大きくなった (2・2・1 項) ことと対応している。

以上から、コークスの表面破壊は、従来考えられていたようにコークス粒子同士の摩擦により起こるのではなく、コークス粒子と試験機の鉄板との衝突により起こっている可能性も考えられる。

Lister³⁾は、マイカム試験機で表面破壊速度の粒度依存性について調べている。その結果、表面破壊速度は、煉瓦の場合は粒度に依存しないが、コークスの場合は、同一ロットのコークスの粒度を変化させていって調べた場合でも、粒度の 0.33 乗に比例したと報告している。かれらの場合、実炉コークスの平均試料をスタビライズしたコークスを用いたため試料の均質性が低く、さらに、粒度を最初の 1/2 にまで (38.25 mm から 19.2 mm ま

で) 変化させている. そのため粒度を小さくしていく過程でのコークス中の脆弱部分減少の影響が大きかったため, 粒度が小さくなると表面破壊速度が減少した結果, 表面破壊速度の粒度依存性がみかけ上現れた可能性がある.

コークスの表面破壊速度は, 初期には大きく, 衝撃回数とともに減少していく. これは, コークス塊の角張った稜が破壊しやすいためと考えられる. そこで, 重量 M のコークス粒子の表面破壊速度がその重量に比例すると考えて,

$$dM/dt = -aM \dots\dots\dots(4)$$

と表したときの表面破壊速度定数 a は, (5)式のように, 固有の表面破壊速度定数 a_0 と稜の破壊速度定数 a_1 との和により表されると仮定した.

$$a = a_0 + a_1(t) \dots\dots\dots(5)$$

粒度区分コークスの落下強度試験機による破壊試験の結果を解析するため, 試験後のコークスをさらに十分スタビライズした後表面破壊速度定数を求めて, これを a_0 とみなした. 得られた a_0 の値は, コークス A, B について, それぞれ, 8.3×10^{-4} , 8.9×10^{-4} であった. これらの数値を用いて, 粒度区分コークスの破壊試験の結果から a_1 を算出した例を Fig. 9 に示す. これより, a_1 は, k, p を定数として,

$$a_1 = kt^p \dots\dots\dots(6)$$

の形に表せる. 今回の結果では, p の値はほぼ -0.7 であり, また, k の値は a_0 より 0.8 桁大きい.

表面破壊速度生成物の粒度分布の例として, コークス A の落下 20 回までに生成した表面破壊生成物の累積ふ

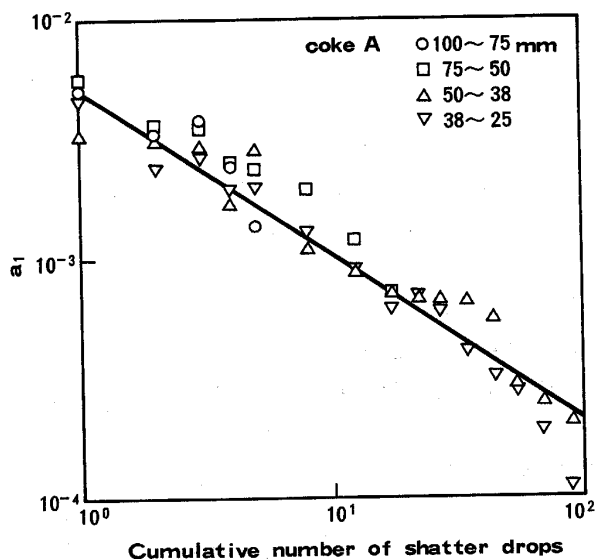


Fig. 9. Variation of a_1 with cumulative number of shatter drops.

るい下分率を, Fig. 10 に示す. これより, 粒度 x のコークスの表面破壊生成物の粒度分布を, 粒度 y 以下の累積ふるい下分率 $F(y, x)$ で表すと, F は, 粒度 y が 1 mm 程度以上では, 体積破壊生成物の場合と同様に, (7) 式の形に表せる.

$$F(y, x) = (y/x)^q \dots\dots\dots(7)$$

定数 q の値は, ほぼ 0.5 であった.

3. コークスの粉化過程の解析

以上の知見を用い, 粉碎速度論の考え方を応用して, コークスの粉化過程の解析を行った. 粉碎速度論では体積破壊のみ考慮しているが, 表面破壊も並行して独立に起こると仮定して解析した.

3.1 基礎式

累積落下回数 t における粒度 x 以上の塊コークスの累積ふるい上分率を $R(x, t)$ とすると, $x \sim x + dx$ 間の粒子量 $(\partial R / \partial x) dx$ の $t \sim t + dt$ 間の表面破壊による変化量 $[\partial \{ (\partial R / \partial x) dx \} / \partial t] dt$ は, $x \sim x + dx$ 間のマスバランスをとることにより, 粒径の減少速度を $T(x, t)$ とすると次式で表される.

$$\begin{aligned} \frac{\partial t}{\partial} \left(-\frac{\partial R}{\partial x} dx \right) dt = & - \left(-\frac{\partial R}{\partial x} \right) T dt \\ & + \left[\left(-\frac{\partial R}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(-\frac{\partial R}{\partial x} \right) dx \right] \left(T + \frac{\partial T}{\partial x} dx \right) dt \\ & - \left(-\frac{\partial R}{\partial x} dx \right) \left[x^3 - (x + Tdt)^3 \right] / x^3 \dots\dots\dots(8) \end{aligned}$$

(8)式右辺の第一項は粒子径の減少により $x \sim x + dx$ 間から x 以下に移っていく粒子量 (減少) を, 第二項は粒子径の減少により $x + dx$ 以上から $x \sim x + dx$ 間に移ってくる粒子量 (増加) を, 第三項は $x \sim x + dx$ 間の粒子から表面破壊により取れていく微粉の量 (減少) を, それぞれ表す. ここで, 粒子重量 M は, 粒度 x の

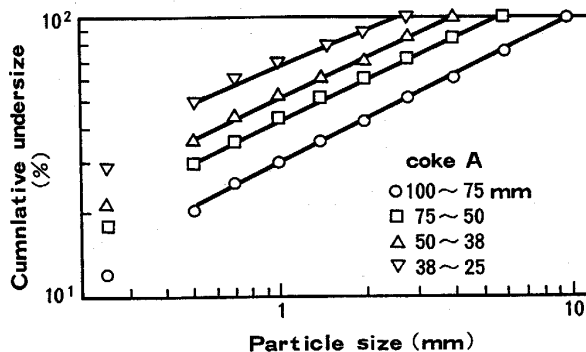


Fig. 10. Particle size distributions of surface breakage product.

3 乗に比例すると考え、 b を定数として、

$$M = bx^3 \dots\dots\dots (9)$$

の形に表せると仮定した。(9)式と(4)式とから、

$$T = -(a/3)x \dots\dots\dots (10)$$

となることを用い、また dx と dt の 2 次以上の項を無視すると、(8)式は(11)式に整理される。

$$\partial R / \partial t = -aR + (a/3)x(\partial R / \partial x) \dots\dots\dots (11)$$

R の体積破壊による変化に関する基礎式⁷⁾に、(11)式で表される表面破壊による変化を加えると(12)式が得られる。

$$\begin{aligned} \partial R(x, t) / \partial t &= \int_x^{x_m} \{ \partial R(\gamma, t) / \partial \gamma \} S(\gamma, t) B(x, \gamma) d\gamma \\ &\quad - A(x, t) R(x, t) \\ &\quad + (1/3) A(x, t) x \{ \partial R(x, t) / \partial x \} \dots\dots\dots (12) \end{aligned}$$

(12)式右辺の第一項は、体積破壊による変化を表し、 S は選択関数、 B は破碎関数、 x_m は最大粒度を表す。第二項は表面破壊による粉の生成を表し、第三項は表面破壊による塊コークス粒度の変化を表す。

選択関数 $S(x, t)$ は、(2)式を用いて、

$$\begin{aligned} S(x, t) &= -(\partial P / \partial t) / P \\ &= K'' m' x^n t^{m'-1} \dots\dots\dots (13) \end{aligned}$$

となるので、

$$S(x, t) = K x^n t^m \dots\dots\dots (14)$$

の形に表される ($K = K'' m'$, $m = m' - 1$)。破碎関数 $B(y, x)$ は、(3)式で表される。

$A(x, t)$ は、表面破壊速度定数に相当するものである。本来、名粒子はそれぞれの衝撃回数に応じて(5)式で表される表面破壊速度を持っている。例えば、体積破壊により小粒子が新たに生成すると、その粒子は角張った稜を持ち表面破壊速度が大きい。したがって、表面破壊による粉化量を算出するには、基本的には、各粒子毎に計算を行う必要があるが、ここでは $x \sim x + dx$ 間の全粒子についての $t \sim t + dt$ 間の表面破壊速度の平均値をとったものを $A(x, t)$ と定義して用いた。 $A(x, t)$ は、体積破壊の状況によって変化するので、一般的な形にその関数形を表現することはできない。

(12)式では、表面破壊生成物を、消滅するものとして、扱っている。したがって、(14)式から得られる R に、表面破壊生成物の量にその粒度分布を乗じたものを加えれば、全試料の粒度分布が得られる。

(12)式に基づいて、まず、解析解により検討し、次に、各粒子ごとの数値計算により検討した。

3.2 解析解による検討

(12)式に(14)式と(3)式を代入し、以下の2つの仮定を用いると、(12)式は(17)式に還元される。

(a) $A(x, t)$ の x による変化は小さいので、無視できるとする。すなわち、

$$A = A(t) \dots\dots\dots (15)$$

とする。

(b) 選択関数 S 中の定数 n は約 3 であり、破碎関数 B 中の定数 n' も約 3 であるので、

$$n = n' \dots\dots\dots (16)$$

とする。

$$\begin{aligned} \partial R / \partial t - (A/3)x(\partial R / \partial x) &= -(K x^n t^m + A) R \\ &\dots\dots\dots (17) \end{aligned}$$

これは Lagrange の偏微分方程式であり、補助方程式により任意関数を含む一般解が得られ、それに、初期条件

$$R(x, 0) = R_0(x) \dots\dots\dots (18)$$

を代入すると(19)式に示す解が得られる。

$$\begin{aligned} R(x, t) &= R_0(X) \exp \left[- \{ K / (m+1) \} x^n t^{m+1} \right. \\ &\quad \left. - \int_0^t \{ K / (m+1) \} x^n t^{m+1} (1/3) n A(t) e^{-na(t)/3} dt \right. \\ &\quad \left. - \alpha(t) \right] \dots\dots\dots (19) \end{aligned}$$

ここで、

$$X = x e^{\alpha(t)/3} \dots\dots\dots (20)$$

$$\alpha(t) = \int_0^t A(t) dt \dots\dots\dots (21)$$

(19)式右辺[]内の第一項は体積破壊による変化を、第二項は体積破壊により生成した粒子の表面破壊による粒度の変化を、第三項は表面破壊による粉化を、それぞれ、表している。全体に、 $R_0(x)$ でなく、 $R_0(X)$ が掛るのは、表面破壊による粒径の減少のためである。

(19)式を変形すると、(22)式が得られる。

$$\begin{aligned} R(x, t) / (R_0(X) e^{-\alpha(t)}) &= \exp \left[- \{ K / (m+1) \} x^n \right. \\ &\quad \left. \{ t^{m+1} + \int (1/3) n A(t) e^{-na(t)/3} t^{m+1} dt \} \right] \dots\dots (22) \end{aligned}$$

(22)式の左辺は、表面破壊により生成した粉を除いたものの累積篩上歩留と初期累積篩上歩留との比を意味する。これを R' で表すと、 R' に関して以下のことがいえる。

(a) ある t における R'

R' は Rosin-Rammler 分布になる。したがって、Rosin-Rammler 線図へのプロットの傾きから、 n が得られる。

(b) ある x に対する R' の t による変化

R' は、 t の小さい範囲では(21)式の指数関数中の積分の項が無視できるので、Weibull 型の変化をすることになる。したがって、Weibull 確率紙へのプロットから、 $m+1$ と $Kx^n / (m+1)$ が得られる。これらと(a)で得

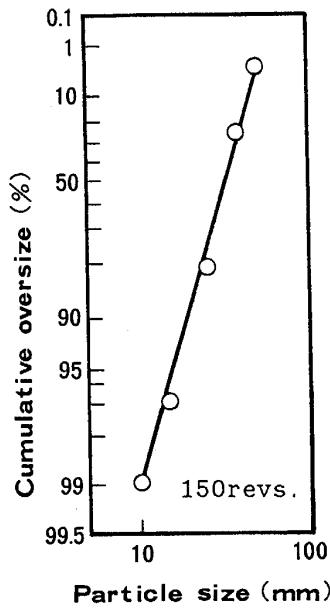


Fig. 11. Particle size distribution after drum test (Rosin-Rammler plot).

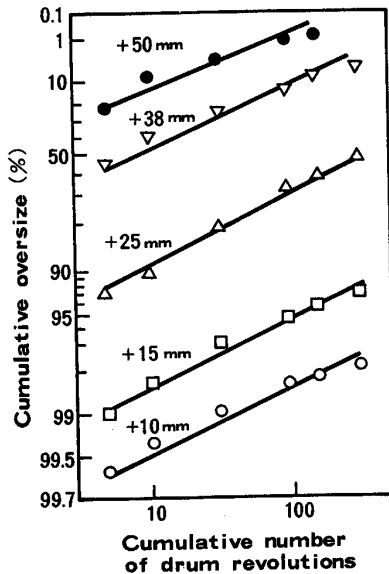


Fig. 12. Particle size distributions after drum test (Weibull plot).

られる n とから m と K が得られる。

Fig. 11 と Fig. 12 は、試験炉製コークスの JIS ドラム強度試験後の粒度分布から 6 mm 以下を表面破壊生成物として R' を算出し、それぞれ、Rosin-Rammler 線図と Weibull 確率紙に、プロットしたものである。いずれも、ほぼ直線に乗っており、これから破壊のパラメーターを求めると、 $n = 3$ 、 $m = -0.5$ 、 $K = 1.0 \times 10^{-6} \text{ mm}^{-3}$ となった。この場合、 m の値が、落下強度試験の場合の -0.3 と比較して、小さくなっている。この傾向は、Peirce ら¹⁰⁾の結果と一致しており、1 回

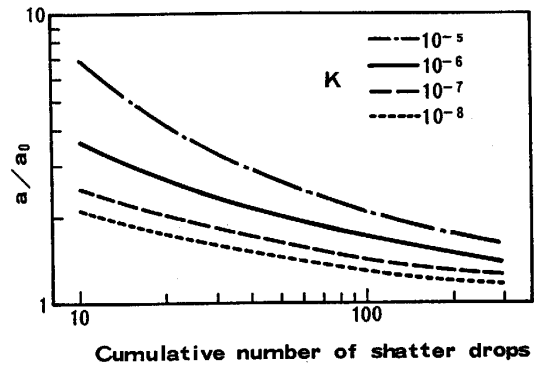


Fig. 13. Effect of K on surface breakage ($n = 3$, $m = -0.3$).

当たりの落下高さの相違がその原因と考えられるが、今後の検討課題である。

3.3 数値計算による検討

表面破壊については、粒子ごとの破壊量を求める必要があり、数値計算により検討した。

体積破壊により新たに生成した粒子は、平均 12 個の稜のうち 4 個の $t=0$ における a_1 をもつ新しい角張った稜ができると仮定し、粒子全体の a_1 は全 12 稜の a_1 の平均になると考え(14)式に基づいて、 n 、 m 、 K および a_0 を与えて数値計算を行った結果を整理した例を Fig. 13 に示す。この図の縦軸は、ある t における全粒子の平均表面破壊速度定数 a の、固有の表面破壊速度定数 a_0 に対する比をとったものである。 K が大きいと、体積破壊量が多いため、 a_0 は同一でも表面破壊速度が大きくなるのが分かる。

この結果を用い、コークス A について、 K の実測値 ($1.7 \times 10^{-6} \text{ mm}^{-3}$) を用いて、みかけの表面破壊速度定数 a の実測値から a_0 を推定すると 8.1×10^{-4} となり、実測値とほぼ一致した。

以上のように、回転強度試験などについて、複数の累積落下回数での粒度分布を測定すれば、 K 、 m 、 n の推定ができ、得られた K 、 m 、 n の値を用いた表面破壊速度の計算結果とみかけの表面破壊速度の測定値との比較から a_0 を推定することができる。

回転強度指数などのコークス強度指数は粉化試験後の特定の粒度以上または以下の歩留を表すものであって、通常、体積破壊生成物と表面破壊生成物の両方を含んでおり、指数の物理的意味は明確でない。また、表面破壊生成物のみの量でコークス強度を表示したとしても、今回の結果から、表面破壊生成物の量には体積破壊が影響を及ぼしているといえる。強度をコークスの構造や物性と関連づけ、また、高炉内などでの粉化を推定するには、体積破壊確率パラメーター K と固有の表面破壊速度定

数 a_0 による強度表示がより有効である。

4. 結 論

コークスの破壊速度と生成物粒度分布を検討し、それに基づいて表面破壊をも考慮した粉碎速度論を展開し、以下の結果を得た。

(1) コークスの破壊生成物は、体積破壊生成物と表面破壊生成物とからなっており、両生成物の境界の粒度は、被破壊粒子の粒度に比例している。

(2) コークスの体積破壊確率の変化は、Weibull 関数により表せる。コークスの表面破壊速度は、基本的には、粒子重量に比例する。体積破壊は、角張った稜を生成させるので、表面破壊速度を増大させる。

(3) コークスの粉化挙動は、体積破壊と表面破壊および体積破壊の表面破壊への影響を考えることにより記述できる。また、粉化挙動のデータから破壊のパラメータを推定できることが示唆された。これにより、回転

強度指数をコークスの構造や物性と関係づけることや、異なる条件下での粉化を推算することが可能になると考えられる。

文 献

- 1) R. V. Wallach and H. S. Sichel: J. Inst. Fuel, **36** (1963), p. 421
- 2) T. J. Peirce, A. E. Horton and J. Tucker: J. Phys. D Appl. Phys., **13** (1980), p. 953
- 3) J. D. Lister, A. G. Waters and S. K. Nicol: Trans. Iron Steel Inst. Jpn., **26** (1986), p. 7; **27** (1987), p. 3
- 4) 神保元二: 化学工学, **29** (1965), p. 660
- 5) 井田四郎, 城 博: 製鉄研究 (1968) 262, p. 8087
- 6) 吉見克英, 堀江利雄: コークスサーキュラー, **17** (1968), p. 65
- 7) 中島耀二, 田中達雄: 粉碎 (1974) 29, p. 2
- 8) 荒川正文: 粉体一理論と応用 (久保輝一郎編) (1979), p. 449 [丸善]
- 9) 岡村弘之, 岡垣 弘: 強度の統計的取扱 (1979), p. 38 [培風館]
- 10) T. J. Peirce, J. Tucker and D. Johnson: Proc. 4th Int. Carbon Graphite Conf., London (1974), p. 644