立炉による石炭灰を原料とする軽量骨材製造 プロセスの開発（第3報）

石炭灰の連続焼成実験装置による焼成固化

河村 光隆・大竹 武・内田 邦夫・神谷 国男・伊ヶ崎 文和

(化学技術研究所)

Development of Light-Weight Aggregate Production Process from Coal Ash with a Shaft Kiln (Part 3)

Results of Continuous Calcination Test of Coal Ash with a Shaft Kiln

Mitsutaka KAWAMURA, Takeshi OHTAKE, Kunio UCHIDA,

Kunio KAMIYA and Fumikazu IKAZAKI

(National Chemical Laboratory for Industry)
(Yatabe-cho, Tsukuba, Ibaraki 305)

One t/d test plant facilities of the shaft kiln for calcination of coal ash pellets is designed and constructed. Experimental studies are carried out with this test plant to examine the relationship between reactor behavior and product properties and to clarify the technical problems of the shaft kiln necessary to attain the stable operation. It is found that the most important factor is smooth movement of the pellets supplied from the top of the kiln. Steady and smooth discharge of the pellets could be achieved by applying a forced discharger like a ram feeder. The maximum temperature level of the moving bed in the shaft kiln is governed by not only operational conditions but green pellet composition such as carbon and moisture content. The position of the maximum temperature is affected by an air flow rate as well as discharge rate. The calcined pellets are tested according to JIS A 5002 (Light-weight concrete for structure) and Announcement No.13 of Environmental Agency (Industrial Waste Disposal Regulation) and tested properties satisfy the specification and regulation values. Especially, the compressive concrete strength shows 550 kgf/cm² which is about 40% stronger than that of JIS value. Conceptual design of a 50 t/d pilot plant and cost estimation of the developed process are performed based on the studies conducted up to now. In case of a 1000 t/d plant, production cost is estimated under 3000 yen/m³.

[Received June 29, 1985]

Key words : Coal ash, Light-weight aggregate, Shaft kiln, One t/d test plant, Ram feeder

1. 緒 言

著者らは、立型移動層で石炭灰から人工軽量材を製造する技術を開発するため一連の研究^{1)~3)}を行ってきた。本プロセスの特徴は移動層で成形物を装置上部より移動降下させ、下部から吹き込んだ空気と向流接触させ、石炭灰中に残存する未燃炭素の燃焼熱を利用して成形物の焼結をはかるところにある。本プロセス開発の技術的課題として、(1) 移動層におけるホットスポットの形成と位置及び最高温度の制御、(2) 焼成物の円滑な降下移動を行わせるための装置構造及び排出機構の開発がある。前者に関しては、成形物降下速度、ガス流量、及び酸素濃度のような移動層レベルでの操作条件ばかりではなく、成形物の反応進行と焼結速度との関係を考慮する必要がある²⁾。後者に関しては、成形物の塊状化現象への装置構造的対策が必要となる。課題(1)、(2)を分離して(1)に関しては固定層での焼成操作の制御に関する実験的研究を実施し、装置操作因子と焼成物物性と

の間の関係を前報に報告した³⁾。課題(2)については移動層焼成実験装置を製作し、実験的に検討した。更にこれらの結果をもとに実規模プラントの経済性予測を行ったのでここに報告する。

2. 実 験

2.1 前処理

実験に使用した石炭灰は前報³⁾で用いた石炭灰と同じ電源開発磯子火力発電所から産出する石炭灰である。また、成形も前報で報告した同じ方法で行った。成形物の性状は乾燥見掛け比重 1.50~1.60、一軸方向全潰強度 2~4 kgf、成形直後の未乾燥物の強度は 0.4~0.6 kgf である。焼成実験は電気乾燥器で十分に乾燥した成形試料を用いる実験と、成形直後の未乾燥成形物を用いた二通りの焼成実験を行った。

2.2 連続式立型焼成試験装置

図1に試作した連続式試験装置の概略図を示す。本体

Fig. 1. Schematic diagram of the experimental shaft kiln.

の移動層の大きさは塔頂径 300 mm, 塔底径 390 mm の末広がり型であって, 高さ 2500 mm である。移動層の上部に約 1 m³容量の成形物ホッパーがあり, 移動層下部には, 焼成物ホッパー (容量約 2 m³) を設置した。全装置の高さは 7 m である。移動層内の計測は焼成温度 (図 1~14), 焼成空気吹き込み位置及び排ガス出口位置の酸素濃度 (▲1, ▲16), 及び炉内圧力 (移動層上下差圧) である。

2.3 実験手順

成形物試料を移動層本体②及び①の成形物ホッパーに充てんした後, ④のプロパンバーナーに点火し, 温度計そう入位置●5~●6の充てん成形物に着火する。着火後バーナーを消火し, ⑧の位置から燃焼空気を吹き込み, 焼成する。焼成物の排出は⑤のテーブル排出機及び⑥の油圧式強制排出機によって, 排出し, ③の焼成物ホッパーに蓄積する。強制排出機は排出量に応じて, タイマーによって間欠に作動する。バーナー点火から消火までの時間は乾燥試料実験の場合 25~30 分, 未乾燥試料の場合 60~70 分であった。消火の時期は移動層の温度測定位置●5又は●6の温度が乾燥物試料実験の場合 400°C 前後, 未乾燥物試料の場合 800°C 前後に到達したときとした。

実験は空気量, 排出速度, 含有炭素量, 含有水分 (未乾燥物) 及び酸素濃度の移動層操作に及ぼす影響を検討した。

3. 実験結果と考察

3.1 焼成操作条件と移動層の焼成挙動

焼成量を 200~270 kg として, 焼成操作条件と立型移動層の焼成挙動との関係を実験的に検討した。排出はの場合テーブル排出機のみ使用した。

(1) 酸素濃度の影響

回分式立型炉実験において焼成中の過度の温度上昇によって発生する粒同士の付着を防止する操作として, 吹き込み燃焼ガスの酸素濃度を制御することによって, 付着現象をある程度防止できることが見いだされた。しかし, 連続式立型炉の予備実験において, 塔頂からの廃ガスを循環させ, ガスの酸素濃度を制御して, 酸素濃度を低く抑えると粒同士の付着が増進し, 炉内棚吊り, あるいは閉塞が起こり, 操業できなくなることが分かった。このことは低酸素濃度での焼成では, 炉内は, 還元雰囲気になり, 成形物の軟化温度が下がり融着が生じたことに起因する。したがって連続操業の場合は炉内を酸化雰囲気とし, 粒表面に酸化殻を形成し, 軟化温度を高くして粒同士の付着を抑制することが必要である。

(2) 空気量の影響

図 2 は成形物の炭素含有量, 焼成物の排出量が一定の場合の炉高さ方向温度分布で, 吹き込み燃焼空気が 1 m³/min と 2 m³/min としたときの時間をパラメーターとして示したものである。吹き込み燃焼空気量が多くなると温度の山が層上部へと移ることが認められる (横軸の内側の数字はそう入熱電対の番号 (位置) である)。

(3) 排出量

図 3 は燃焼空気量, 成形物の炭素含有率を一定として焼成物の排出量を変化させた場合の炉高さ方向の温度分布である。この場合, 焼成物の排出量が増えると温度の山が層下部へと移動することが観察される。

Fig. 2. Effect of the gas flow rate on the axial temperature distribution in the shaft kiln.

Fig. 3. Effect of the discharge rate on the temperature profile along the height of the shaft kiln.

(4) 水分の影響

未乾燥成形物の焼成実験において、図4に示すように乾燥成形物と比較すると成形物の含有炭素率は同じでも、最高温度に50°C以上の差が生じた。この原因は成形物の乾燥に熱量が消費されたためと思われる。また、移動層内温度分布に大幅な時間的変動が見られた。乾燥帯高温部で成形物から蒸発した水分がその上の低温部で凝縮し、その結果、棚吊り現象が発生し、これが次第に

Fig. 4. Effect of moisture content of the pellet on the axial temperature profile.

乾燥され崩壊し落下するという断続的な層内移動が発生したためと思われる。

(5) 炭素含有率の影響

成形物の炭素含有率を変えた場合の温度分布の移動を図5に示す。成形物の炭素含有率が増えるとともに最高温度が上昇する。一方発熱量が大きくなりすぎて焼成物粒同士が融着を起こし塊状化する。図6は成形物の炭素含有率と塊発生量の関係を示したものである。乾燥試料の炭素含有率が4%以上になると塊の生成が急激に増加することが認められる。

(6) 塊状物強度

排出機を設計するうえで課題となるのは塊状物の大き

Fig. 5. Effect of carbon content of the pellet on the axial temperature profile.

Fig. 6. Relationship between the amount of the block formed and carbon content of the pellet.

さと強度である。塊状物の大きさは実験装置内全体にわたって形成される場合も観察された。したがって塊の最大寸法は立炉の大きさとなる。一方形成された塊状物の強度は、数回の実験により得られた塊状物を万能試験機で一軸圧縮破壊して測定して求めた。そのときの塊状物の大きさは最小周長を測定し、その周長が等しい相当円半径を求め、その相当円面積で圧縮強度を計算した。図7に横軸を圧縮強度、縦軸に頻度によって塊状物の強度分布を示した。ただし、図での頻度は正規化している。これから塊状物の最大強度は約 40 kgf/cm^2 にものが現れる可能性があることを示している。強度が弱い塊状物はサンプリングの過程でほぐされていることも考えられ、したがって非常に強い塊状物の出現確率は図に示す

Fig. 7. Strength distribution of the block formed.

Fig. 8. Schematic diagram on effect of the various parameters on the axial temperature distribution in the shaft kiln.

よりはるかに小さいと思われる。実際には塊状物をほぐすのに必要な最大圧力は、したがって $30 \sim 40 \text{ kgf/cm}^2$ に見積もれば十分であると思われる。

以上述べた結果から定常温度分布を支配する因子として、燃焼用空気量、成形物降下速度の炉操作条件と、成形物水分、及び炭素含有率等反応熱に係わる因子がある。すなわち、空気流量一定のもとで降下速度が速いと最高温度は層下部に移動し、遅いとそれは上部に移動する。逆に降下速度が一定では空気流量が大きくなると最高温度は層上部へ移動する。水分、炭素含有率は最高温度値を支配し、一定水分のもとで炭素含有率が多くなると最高温度が上昇する。この関係の模式図を図8に示す。

3.2 大量焼成実験

テーブル排出機のための焼成運転では成形物同士が融着して生じた塊状物が円滑な排出を阻害しその結果塊状物の急速な成長が炉内で発生し焼成操作を中止する場合が生じた。そこで油圧式ラム型強制排出機の効果を検討した。

(1) 炉内温度分布

乾燥物試料を用いて実験した場合の層内各点温度の時

Fig. 9. Temperature vs. time on stream for the dry pellet when a table discharges is operating.

Fig. 10. Temperature vs. time on stream for a dry pellet when both a ram and a table discharger are operating.

間の変化を図9, 図10に示す. 図の $T(i)$ の i は図1の位置番号に対応する. この場合図9がテーブル排出機のみで運転したときの温度変化, 図10がラム排出機を併用した場合の温度変化である. 図10でラム型排出機が作動する周期に対応して, 周期的に温度の上下する部分が現れることが認められる. 一方テーブル排出機の場合, 図9の $T(5)$, $T(6)$, $T(7)$ に示すようにいったん温度上昇し始めるとテーブル排出機の回転速度を増してもそれを抑えることは困難であった. このことは塊状物が発生したため, 炉内の成形物の均一降下が阻害され排出速度が低下したことを意味している. 一方, ラム型排出機を用いた場合, 例えば $T(7)$ の変化のように周期的に温度低下が認められることは一回のラム排出量の範囲で層が均一降下していることを意味し, したがって, ある温度幅で炉内温度制御が可能となり, また最高温度位置もある層高の幅の間に制御できることを示している. すなわち立型移動層焼成装置で最大の技術的課題であった成形物の均一降下が強制排出機を採用することにより, 達成できることが実験的に証明されたといえる.

(2) 乾燥物と未乾燥物焼成との比較

Fig. 11. Temperature vs. time on stream for a wet pellet when a table discharger is operating.

Fig. 12. Temperature vs. time on stream for a wet pellet when both a ram and a table discharger are operating.

未乾燥物については図11にテーブル排出機のみを用いた場合, 図12にラム型排出機を併用した場合の温度変化を示す, 図11での温度変動は非周期不規則的なに対し, 図12では図11のような非周期温度変動は認められない. 図11での $T(7)$ のような非周期温度変化は乾燥水蒸気の凝縮によって起こっていると推察されるが, 図12に示すように強制的に成形物を降下させると温度は周期的に変動し, このことは乾燥水蒸気が凝縮して起こる種々のトラブルが緩和されることを示している. 図10, 図12を比較すると, 周期的な温度変動幅が未乾燥物の場合大きくなっている. このことは, 加熱帯長が, 未乾燥物の場合非常に小さいことを意味している.

(3) 移動層における熱収支と成形物発熱量との関係
炭素燃焼反応の場合の移動層における最高温度 $T(K)$ 炭素含有率 x_{co} (—), 移動層高 $z(m)$, 及び空気流量 G_g (kg/m^2h) との関係は Johnson ら⁴⁾の式を用いて

$$T - T_0 = \frac{Qx_{co}}{M_g C_p x_{co} - 1} \tanh \left(\frac{z \rho_s M_g k P}{4 G_g M_c} \left(1 - \frac{M_c C_p y_{o_{20}}}{M_g C_p x_{co}} \right) \right)$$

Fig. 13. Relationship between carbon content and z/G_g plotted by temperature isolines.

Fig. 14. Energy and mass balance for the 1 t/d facility.

Table 1. Comparison of the product properties by a shaft kiln with those by a fixed bed.

Exp. No.	Sample state	Falling rate (m/h)	Maximum temperature (°C)	Apparent density (g/ml)		Water absorption ratio (%)		Compressive strength (Kgf)	
				Shaft	Fixed	Shaft	Fixed	Shaft	Fixed
591127	dry	1.0	1020-1050	1.68	1.60	11.4	15.0	122	100-120
591129	dry	1.85	1100-1140	1.51	1.58-1.6	10.6	9-10	181.2	130-160
591203	dry	1.58	1050-1080	1.74	1.58-1.6	9.2	11-13	175.7	110-130
591205	dry	2.08	980-1020	1.65	1.6 -1.61	13.3	15-16	129.5	90-110
591212	dry	1.54	1010-1040	1.66	1.61-1.59	9.9	14-15	159.5	100-110
591220	dry	2.64	1180-1200	1.62	-	9.3	-	162.9	150-160
600306	wet	1.91	920- 960	1.51	1.58	15.5	15-16	109	60- 70
600308	wet	1.70	1050-1080	1.57	1.58-1.6	13.9	11-14	166.2	110-130
600320	wet	2.19	1070-1110	1.57	1.59-1.6	12.5	10-12	146.7	120-130

で近似できる。この式で $M_g=29$, $M_c=12$, $Q=7821$ kcal/kg, $C_{pg}=0.25$ kcal/kg, $C_{ps}=0.24$ kcal/kg, $\rho_b=1050$ kg/m³, $kP=20.8$ h⁻¹, $y_{020}=0.208$ において $T-T_0$ が 1200 K 以上となる炭素含有率を求めると、図 13 に示すように炭素含有率がおよそ 3% 以上あれば層高と G_g を適当に選ぶことによって焼成に必要な温度を達成できることが分かる。一方、1 t/d の実験装置の熱収支を概算すると図 14 のようになる。炭素含有率を 4% とした場合、乾燥成形物と未乾燥成形物とでは余熱が大幅に異なることが分かった。実験的には実験装置での熱損失はかなり大きく乾燥成形物では炭素含有率が 3% で必要な焼成温度を得ることができたのに対し、未乾燥成形物の場合は約 5% の炭素含有率を必要とした。この原因の一つとして焼成量に対して、実験装置の熱容量が大きく、また焼成時間は比較的短時間のため、壁温はあまり上昇せず乾燥過程で発生する水蒸気が冷壁で凝縮し壁面熱伝達係数が見掛け上乾燥物の場合と比較して大きくなったためと考える。

4. 焼成物の品質

4.1 乾燥物焼成品と未乾燥物焼成品との比較

乾燥物試料実験と未乾燥物実験を比較して、ほぼ最高温度の平均温度が変わらないのに未乾燥物を焼成して得られた焼成物の品質（吸水率、圧縮強度）が乾燥物のそれと比較して劣ることが特徴的である。長時間の連続操業でもこの点は是正されない。炉内温度分布を比較すると乾燥物実験では 800°C 以上の温度を示す層厚が未乾燥物実験の場合と比較して大きいことが認められた。すなわち未乾燥物の場合焼結温度での滞留時間が相対的に

Table 2. Ignition loss, sulfur trioxide, chlorides and calcium oxide content of the product pellet (%).

Test item	1	2	mean	Specified value in JIS A5002
Ignition loss	0.8	0.8	0.8	less than 1
Sulfur trioxide	0.2	0.2	0.2	less than 0.5
Calcium oxide	5.5	5.5	5.5	-
Chlorides	0.0008	0.0007	0.0008	less than 0.01

小さくその結果低い強度を示していると思われる。

4.2 固定層実験結果との対応

前報で固定層焼成条件と製品の性質との相関図を報告したが、それを用いて移動層での操作条件における焼成物の物性の推定値と実際の実験結果との対応を表 1 に示す。実験範囲で固定層実験結果は移動層における焼成物物性をひかえ目に推定していることが分かる。

4.3 規格試験結果

連続焼成装置で焼成した焼成物について骨材試験 (JIS A 5002 構造用軽量コンクリート) 及びすりへり試験 (JIS A 1121 ロスアンゼルス試験による粗骨材のすりへり試験方法) を (財) 建材試験センターに依頼して行なった。また産業廃棄物埋め立て基準に基づく有害金属溶出試験、及びアルカリ金属溶出試験も同時に行なった。

(1) 強熱減量、三酸化硫黄、酸化カルシウム、及び塩化物は表 2 に示すとおり、いずれも人工軽量骨材の規格値を十分に満たした。

(2) 有機不純物、安定性、粘土塊及び絶乾比重は表 3 に示すとおり人工軽量骨材基準値をみたとともに、軽量骨材としての分類は H 型に相当する。一方すりへり減量は 25.6% と天然骨材の 16.5% 前後と比較して高いが JIS A 5005 で規定されている II 級砕石の規格値 40% の範囲内にある。

(3) コンクリートの圧縮強度は表 4 に示すとおり、553 kgf/cm² と通常の軽量骨材を使用したときの 400

Table 3. Organic impurities, stability, clay and specific gravity in absolutely dry state of the product pellet.

Test item	1	2	Mean	Specified value in JIS A5002
Organic impurities	paler than standard color (good)			paler than standard color
Stability (%)			19.5	-
Clay (%)	0.6	0.6	0.6	less than 1
Sp. gr. in abs. dry	1.68	1.68	1.68	H*
Sp. gr. in surface dry	1.86	1.86	1.86	-
Water absorption ratio (%)	10.5	10.7	10.6	-
Wearing loss (%)		25.6		-

* Classification by JIS A5002

Table 4. Concrete test results.

Item	Result	Classification by JIS A5002
Slump (cm)	8.0	-
Water to cement ratio(%)	39.9	-
Fine aggregate fraction	0.37	-
unit volume	water 180 cement 143 river sand 248 sample 422	-
unit volume weight(kg/l)	2.070	2.1
Air content (%)	weight method 0.7 pressure method 0.7	-
Compressive strength kgf/cm ² (N/mm ²)	Age 7days 1 417 2 435 3 433 mean 428 (42.0) Age 28days 1 550 2 546 3 564 mean 553 (54.2)	- 400

kgf/cm²よりもはるかに高く、良好な圧縮強度を有している。

(4) 有害重金属溶出実験及びアルカリ金属溶出実験結果(表5)から、有害金属及びアルカリ骨材反応で問題となるアルカリ金属の環境汚染及びコンクリート物性に対する影響は小さいと考えられる。ただし、アルカリ骨材反応の一方の反応成分である可溶性シリカは石炭灰原料特性から考えて、かなり多量に存在すると予測され、したがって可溶性シリカの作用については今後検討を要する課題である。

5. 経済性予測

5.1 プロセスフローシート

開発した石炭灰焼結プロセスフローシートを図15に示す。石炭灰は原料受入ホッパー TK に貯蔵され、石炭灰フィーダーより定量抜き出され、スネークコンベア C-101 で加湿混合機 S-101 に供給される。一方結合材ベントナイトはホッパー TK 102 より定量フィーダーによって抜き出され、コンベア C-102 にて加湿混合機 S-101 に供給される。加湿混合機では石炭灰と結合材を混合しながら水を加え加湿する。滞留時間約10分で加湿粉体コンベア C-103 に排出された試料は同コンベアによって、成形機(ブリケットマシーン) Z-101 に供給され成形される。成形物は成形物抜き出しコンベア C-104 及び、ブリケットコンベア C-105 により立炉上部に設置した振動ふるい R-101 に供給される。網下は戻りコンベア 106 によって成形機に戻される。網上は立炉 K 101 に供給される。立炉内で成形物は立炉下部から吹き込まれた空気と接触し、乾燥、燃焼、焼結、冷却過程を経て、製品振動ふるい R-102 によりふるいわけされる。ふるい R-102 の網下は製品コンベア C-108 によって、製品貯蔵場へ運ばれ、そこで貯蔵される。一方、網上はコンベア C-107 で運ばれ規格外品として廃棄される。塔底より吹き込まれた空気は焼成物と熱交換し、加熱され、燃焼帯では酸素を消費しながら、乾燥帯では冷却され、炉外へ抜ける。サイクロン F-103 で粗粉を落とした後、バグフィルターサイクロン F-104 で脱塵し排気ブロー B-101 によって、既存煙突系へ排気さ

Table 5. Elution test results of toxic heavy metals and alkalis (ppm).

	As	Cd	Cr	Hg	Pb	Na	K	Ca	PH
Raw material (Isogo ash)						26.3	2.85	417	12.15
Product	0.02	0.026	0.025	0.0005	0.05	1.37	0.46	43	10.3
Regulation value	<1.5	<0.3	<1	<0.005	<3

Fig. 15. The 50 t/d production plant process flow sheet.

Table 6. Cost estimation results.

	Calculation condition			Annual cost (kyen)			cost per m ³ (yen)		
	50 (t/d)	500 (t/d)	1000 (t/d)	50 (t/d)	500 (t/d)	1000 (t/d)	50 (t/d)	500 (t/d)	1000 (t/d)
Depreciation	construct- ion fee	$((\frac{10+1}{2}) \times 0.08) \times \frac{1}{10}$		24,336	142,560	285,120	1,714	1,004	1,004
Raw material	@26000x0.02x300dxcapacity			7,800	78,000	156,000	550	550	550
Fuel				0	0	0	0	0	0
Power	79KW x (@21x0.7x24hx300d)	460KW x	920KW x	8,362	48,587	97,373	589	343	343
Repairs	0.03 x 101,400	0.03 x 594,000	0.03 x 1,188,000	3,042	17,820	35,640	215	126	126
Waters	@120x0.15m ³ /dx300dxcapacity			270	2,700	5,400	20	20	20
Labours	13persons x @5,000,000	19persons	20persons	65,000	95,000	100,000	4,578	670	353
Miscellaneous	annual labor cost x 0.5			32,500	47,500	50,000	2,789	335	177
Total				141,310	432,267	729,533	10,455	3,048	2,573
Product(t) amount (m ³)	15,000 14,200	150,000 142,000	300,000 284,000	Apparent density of pellet			1.68 g/cm ³		
Construct- ion fee(kyen)	169,000	990,000	1,980,000	Packing fraction			0.63		
				Bulk density			1.058g/cm ³		

れる。

5.2 予測の前提

経済性を予測するため 50 t/d プラントの基本設計を行ないその設備費を算定した。その費用をもとに実用規模プラントの設備の算定を行った。移動層のスケールアップは塔径 2 m までが技術的に安全な範囲である。しかし、実際の設備を考えると立炉一基当たりの能力として少なくとも 250 t/d 以上必要である。実験で用いた装置の能力は 4 t/d まで確認されているので 250 t/d の立炉の径は処理能力は塔径の 2 乗に比例する関係を用いて求めると約 3 m となる。一方設備費はスケールアップに関して 2/3 乗則にのるとすれば 250 t/d プラントの場合は 50 t/d の設備費の 2.93 倍となる。500 t/d, 1000 t/d プラントは 250 t/d の装置の併列と考えれば、2.93 倍に 250 t/d 系列数を乗じて、設備費の倍数とした。50 t/d プラントの設備費算定の内訳で、成形機は大きな割合を占めるが、成形機に関しては 1000 t/d プラントに対しても一機で対応可能なので、上の倍数は安全側にあると考える。また、立炉一基の能力を将来大型化することができれば、より設備費の低減が可能となろう。

なお 50 t/d パイロットプラント設備費はバッテリーリミット (B.L.) 内の機器、配管、計装、電気、建屋、保温冷、塗装等の設計、製作、据付工事を施工し、試運転を行うところまでの経費を見積もった。また除外した項目は B.L. への 1 次工事費及び用地代である。

5.3 コスト試算

以上の前提のもとでコスト試算を行った結果を表 6 に示す。500 t/d の場合の設備費は約 10 億円、1000 t/d では 20 億円となる。1 m³当たりの製造原価は、製品比重 1.68、充てん率を 0.63 と仮定して 500 t/d 約 3000 円、1000 t/d では 2600 円となる。ただし、ここで考慮していない運転費としては、ブリケット型成形機のロール損料

で、現在これがどの程度になるか予測できない。しかし、ロール損料が大きくなる場合でも、成形機を皿型造粒機に変えることによって少なくとも 1000 t/d 規模で m³当たり 4000 円以下の原価で製造する見通しを得たと考える。またこのコスト試算結果から製造原価が 4000 yen/m³となるプラント規模は 300 t/d 以上と予測される。

6. 総 括

連続式立型試験装置の実験から次の結論を得た。

- (1) 炉操作条件と炉特性との関係を明らかにした。
- (2) 強制型排出機によって安定して炉操業が可能なることを実証した。
- (3) 固定床における実験結果から推定した移動層焼成物性値とその実験値とがよく対応した。
- (4) 移動層焼成実験で得られた焼成物の性状は、乾燥試料で見掛け比重 1.62~1.65、吸水率 9.0~11.0、B.S. 強度 (10% 破砕荷重) 7.0~10.5 t であった。また、強熱減量は JIS 規格 (1% 以下) を合格した。JIS A 5002 及び JIS A 1121 による骨材の試験の結果十分な人工軽量骨材の H 型 (見掛け比重 1.5~2.0) 骨材としての数値に合格した。
- (5) コスト試算の結果 500 t/d 規模の場合約 3000 yen/t, 1000 t/d で 2600 yen/t の参造原価が予測される。

文 献

- 1) 大竹 武, 内田邦夫, 神谷国男, 伊ヶ崎文和, 河村光隆, 窯協, 92, 454-60 (1984).
- 2) 河村光隆, 大竹 武, 内田邦夫, 伊ヶ崎文和, 粉体工学学会誌, 20, 755-58 (1983).
- 3) 河村光隆, 大竹 武, 内田邦夫, 神谷国男, 伊ヶ崎文和, 窯協, 94, 998-1003 (1986).
- 4) B.M. Johnson, G.F. Froment and C.C. Watson, Chem. Eng. Sci., 17, 835-48 (1961).