

上水スラッジの有効利用について

Recycling of Waterworks Sludge for Agricultural Use



(環)EO技術室
 佐野 滋
 Shigeru Sano
 石川 正 明
 Masaaki Ishikawa
 高井 義 和
 Yoshikazu Takai

The sludge generated from waterworks has been dehydrated into sludge cakes for landfill. Shortage of disposal sites and increase of transportation costs call for development of a system to decrease the water content with nonchemical injection and recycling these cakes. The average recycling rate of sludge cakes of waterworks in Japan increased from 25 % in 1989 to 30 % in 1990. A recycling system combining the pressurized electroosmotic dehydrator SUPER FILTRON, a pelletizer, and a dryer has enabled a product yield of more than 70 % for agricultural use.

まえがき

浄水場から発生するスラッジは、脱水してケーキ状にされ、そのほとんどが埋め立て処分されていたが、年々処分場の確保が難しくなっており、その運搬費も高騰しているため、脱水ケーキの処分は困難を窮めている。そこで、無薬注脱水による低含水率化や、脱水ケーキの有効利用を図ることが求められている。

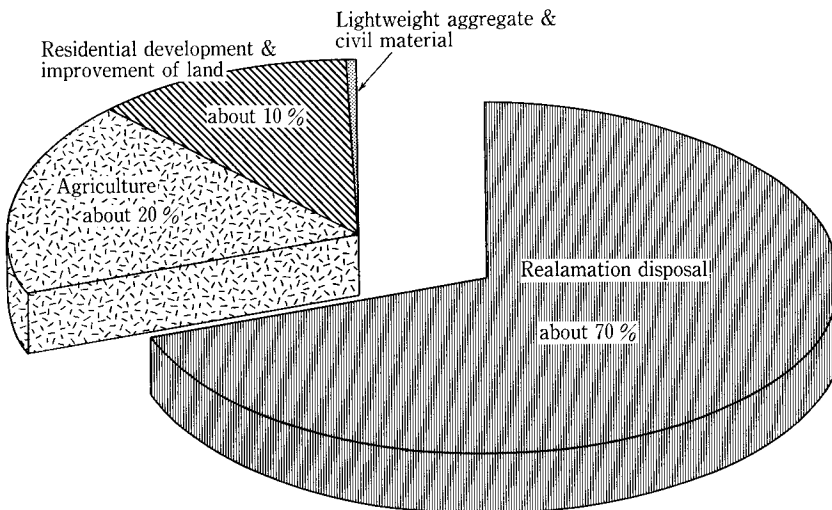
浄水場の排水処理施設において、脱水ケーキの有効利用される割合は、全国で1989年度は約25%¹⁾、1990年度は30%²⁾と増加している。このような状況を踏まえ、当社では、電気浸透式加圧脱水機「スーパーフィルトロン」を利用した有効利用システムを開発したので、その概要を報告する。

1. 有効利用の状況

浄水場より発生する脱水ケーキの有効利用例を第1表³⁾に示す。

第1表 有効利用例
 Table 1 Examples of effective use

Agriculture	Land cultivation, gardening, earth brought from some other places
Residential area and land development	Banking, Backfilling, Filling
Lightweight aggregate & construction materials	Cement material, wall material, asphalt filler, roadway subgrade, brick and block ceramics



第1図 浄水場発生ケーキの有効利用率
 約29万DS-t (1990)
 Fig. 1 The effective use ratio of dewatered sludge generated from the waterworks facilities
 (about 290 000 DS-t, 1990)

第 2 表 製品に求められる条件
Table 2 Conditions required of product

Use	Grain size	Grain shape	Water content
Land and rice paddy cultivation	0.5~3.0 mm	Aspherical shape is best. Milled shape is second best.	30~40 % Disinfects soil and kills off weed seeds.
Earth brought from other places	1.0~5.0 mm		
Gardening	1.0~7.0 mm		

上水スラッジの有効利用を考える上で大切なことは、需要が多く安定していることである。安定した需要が見込める主な利用方法には、農業利用、セメント原料用、レンガ、ブロック等の窯業原料用、壁工用がある。農業利用は下水スラッジと競合するが、需要は多く、セメント原料用も潜在的な需要がかなり見込まれる。しかし、窯業原料用や壁工用は、流通ルートに左右されるため、有効利用されている割合が少ない。

その他の利用方法には、宅地造成、土地改良用盛土、埋戻し材、路床、路盤材及びドレン材等がある。これらの季節的及び断続的な利用方法を採用した場合、大きなストックヤードが必要で、一つの利用方法では発生した脱水ケーキを処理出来ず、常に利用方法と処理先を探す必要がある。

全国で発生する上水スラッジ脱水ケーキの有効利用されている割合は、第 1 図に示すように 3 割程度²⁾で、残りのほとんどは埋立処分されている。今後、有効利用は増加すると考えられるが、求められる有効利用方法には、安定した需要が見込める農業利用と、全国で発生する脱水ケーキ量をはるかに上回る需要があるとみられるセメント原料への利用が中心になると考えられる。この 2 つの有効利用方法にはいろいろな制約条件があるが、上水スラッジの有効利用方法の中では最も有望であると考えられる。脱水ケーキは、浄水場や季節によりその性状、成分は様々であるため、それぞれの成分、性状にあった用途を検討することが重要である。

2. 有効利用システムの概要

前述のように、これからの有効利用としては、園芸用、畑地用、水稲用等の農業利用と、セメント原料への利用が中心になると考えられるが、本報では農業利用を中心としたシステムについて述べる。

システムを構築する上で重要な条件は、形状、粒径分布、乾燥程度である。条件の内容を第 2 表に示す。こうした条件を満足する製品を製造するための工程として、脱水、破碎、造粒、乾燥があげられ、これらの工程の組合せにより、種々の農業利用に対応可能なシステムフローを形成することにした。

本システムを開発するにあたり、製品が第 2 表で示した条件を満たすようにするため、破碎機や破砕機及び乾燥機を使用し、機器の性能調査と、最適な組合せや条件を調べる実験を行った。

第 3 表 実験プロセス
Table 3 Experimental process

Mark	Process
A	P.E.dehydrator → disc dryer
B	P.E.dehydrator → disc dryer → sifting machine ↑ crusher ←
C	P.E.dehydrator → breaker → disc dryer

P.E.dehydrator : Pressurized electroosmotic dehydrator

第 4 表 実験に使用した汚泥の成分分析結果 (対 SS %)
Table 4 Result of analysis of sludge used for experiment (SS %)

Mark	Sampling season	Concentration %	Ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	pH
A	Autumn	3.15	15.39	40.17	23.84	7.81	0.20	7.0
B	Winter	6.80	24.01	35.38	25.39	4.59	0.15	6.8
C	Winter	4.27	22.63	36.64	23.09	6.70	0.18	7.1

3. 実験概要

3.1 実験期間及び実験場所

本実験は、1993年4月から1994年3月にかけて、当社の播磨製作所 E O 実験場で行った。

3.2 実験設備

実験に使用した機器は、

- ・電気浸透式加圧脱水機 (以後、E O 脱水機^{*1}と称す)
- ・間接加熱式回転型ディスクドライヤ (以後、ディスクドライヤと称す)
- ・ローラ型破碎機 (以後、解碎機と称す)
- ・高速回転式パドル型破砕機 (以後、破砕機と称す)

で、各機器の形状を第 2 ~ 5 図に示す。

有効利用システムとして検討したプロセスを第 3 表に示す。

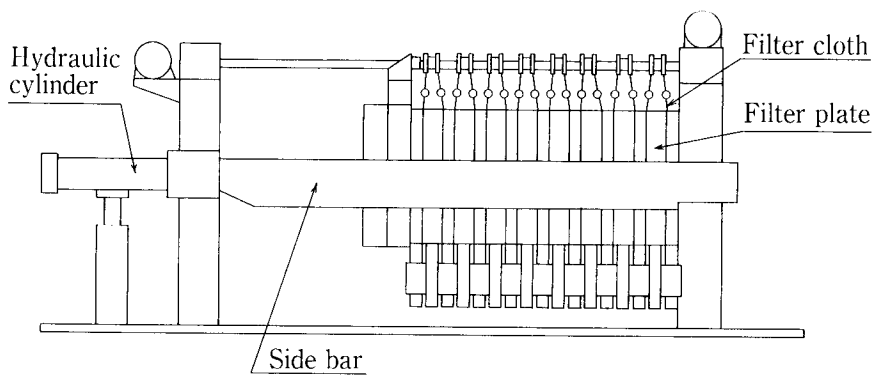
※ 1 : E O 脱水機 :

Pressurized electroosmotic dehydrator

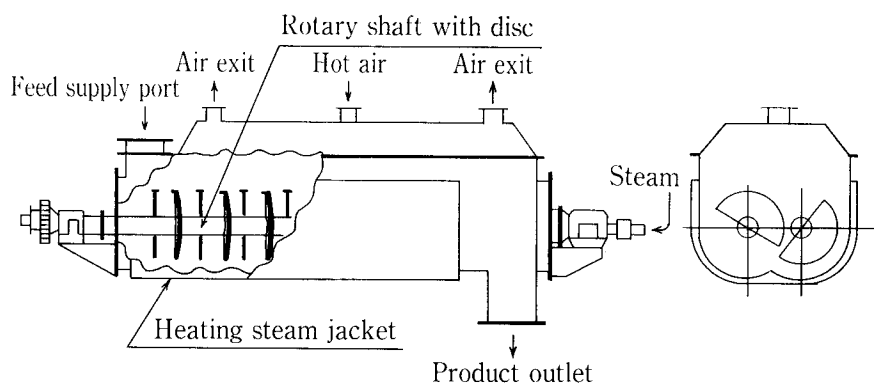
3.3 実験方法

第 3 表に示した実験で、使用したスラッジの成分分析結果を第 4 表に示す。通常、スラッジは冬期になると難脱水性を示し、脱水ケーキを安定した含水率で供給することは難しい。そこで、本実験では含水率のコントロールが可能な E O 脱水機を用いて、含水率 55 % 前後に脱水したケーキを使用した。

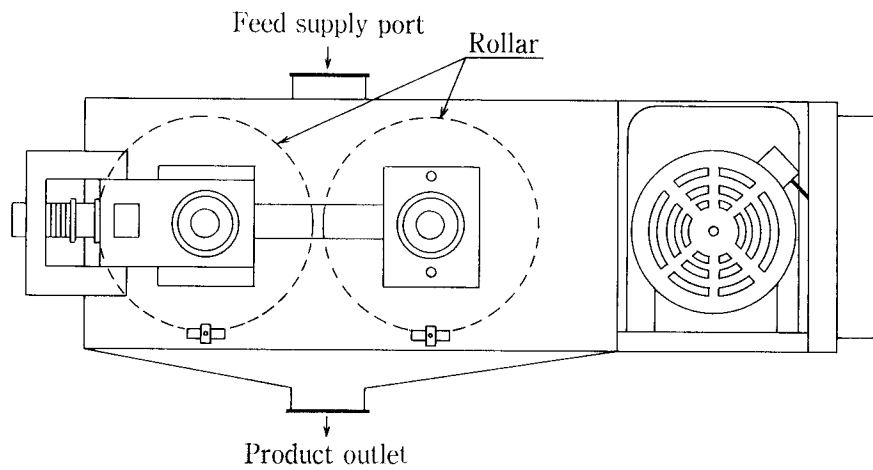
実験プロセス A は、ディスクドライヤの性能確認を目的としており、第 2 表に示した条件の製品が得られるように実験を行った。製品の形状、粒径分布、乾燥程度は、ディスクによる破碎程度、材料の滞留時間、乾燥能力により決まると考えられる。検討因子は脱水ケーキの投入量、ディスクドライヤの堰高さ、回転数とした。製品には、製品の



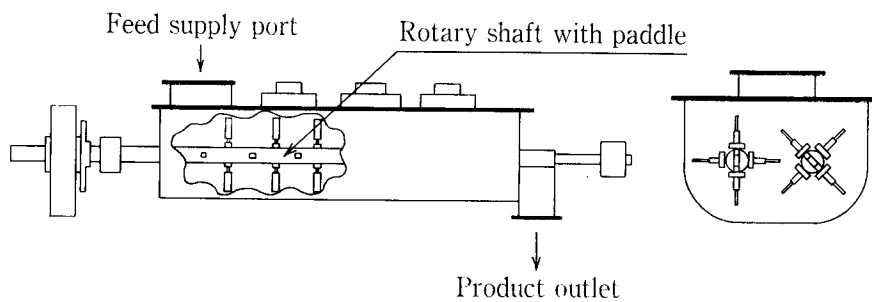
第2図 電気浸透式加圧脱水機
Fig. 2 Pressurized electroosmotic dehydrator.



第3図 間接加熱式回転型ディスクドライヤ
Fig. 3 Rotary disc dryer of indirect heating type.



第4図 ロール型解砕機
Fig. 4 Roller crusher.

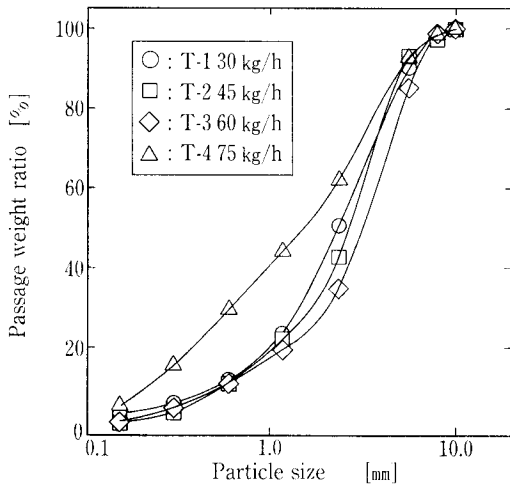


第5図 高速回転式パドル型破砕機
Fig. 5 Breaker of high-speed rotary paddle type.

第 5 表 実験Aの条件と結果
Table 5 Conditions and results of experiment A.

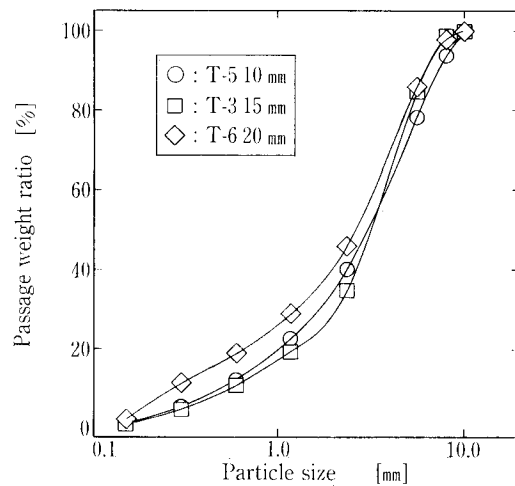
Item	Test No.	Condition			Product yield rate %				Shape	Dry degree	
		Input kg/h	r.p.m.	Dam height mm	0.5~3.0 mm	1.0~5.0 mm	1.0~7.0 mm	0.5~7.0 mm		Water content %	>75 °C min
Dewatered sludge input	T-1	30	40	15	53	71	78	87	◇	28.2	11
	T-2	45	40	15	49	70	78	89	◇	31.4	8
	T-3	60	40	15	39	62	78	87	△	35.9	8
	T-4	75	40	15	45	49	56	73	□	34.9	7
Disk dryer dam height	T-5	60	40	10	39	53	69	79	△	37.6	7
	T-3	60	40	15	39	62	78	87	△	35.9	8
	T-6	60	40	20	40	54	68	79	△	32.9	8
Disk dryer r.p.m.	T-7	60	20	15	38	60	72	80	△	28.1	8
	T-8	60	30	15	34	60	72	79	△	29.8	8
	T-3	60	40	15	39	62	78	87	△	35.9	8
	T-9	60	50	15	36	58	74	82	△	32.5	8

○ : Almost spherical shape ◇ : Spherical shape and milled shape
△ : Almost milled shape □ : Milled shape of much flat type



第 6 図 実験A 脱水ケーキ投入量別粒径加積曲線
Fig. 6 Experiment A

Cumulative grain size curves of dehydrated sludge by input amount.



第 7 図 実験A 堰高さ別粒径加積曲線
Fig. 7 Experiment A

Cumulative grain size curves by dam height.

約70%が一定の粒径分布内に収まることが求められており、また、乾燥程度における殺菌、雑草種子死滅効果は、川本⁴⁾の報告による75 °C以上の高温処理を行うことで有効であるとした。

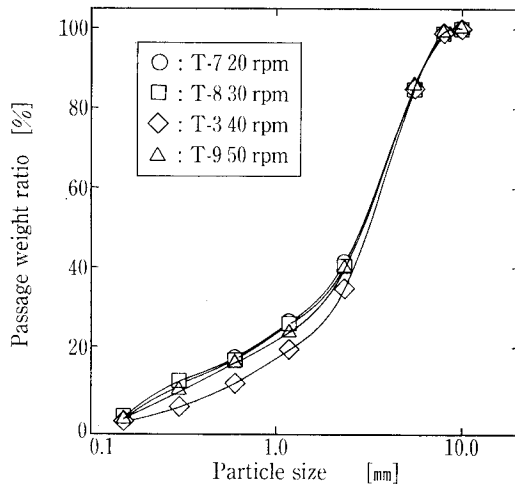
実験プロセスBは、粒径分布のコントロールを目的としており、目標とする粒径分布を超える粒径の粒子を篩で選別後解砕する実験を行った。解砕機のローラ間隔を調整することで粒径分布のコントロールを目指した。また、ディスクドライヤの造粒効果を確認するため、大径粒子再循環実験も行った。

実験プロセスCは、製品の形状を球状にすることを目的としており、破碎機の回転数、パドルの傾斜を調整することで、造粒効果を確認する実験を行った。

4. 実験結果

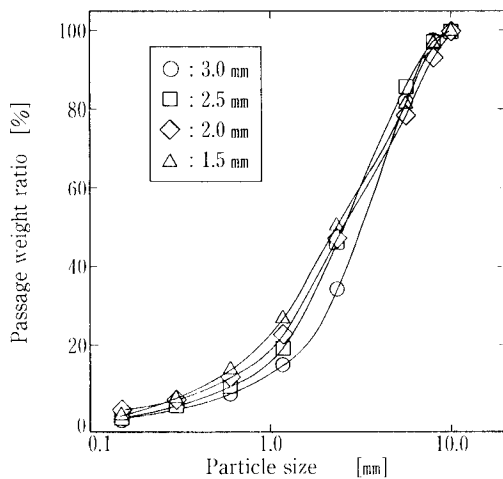
4.1 実験A

この実験では、脱水ケーキの投入量、ディスクドライヤの堰高さ、回転数、投入時の脱水ケーキの大きさによる影響を調べた。実験条件とその結果を第5表に示し、粒径加



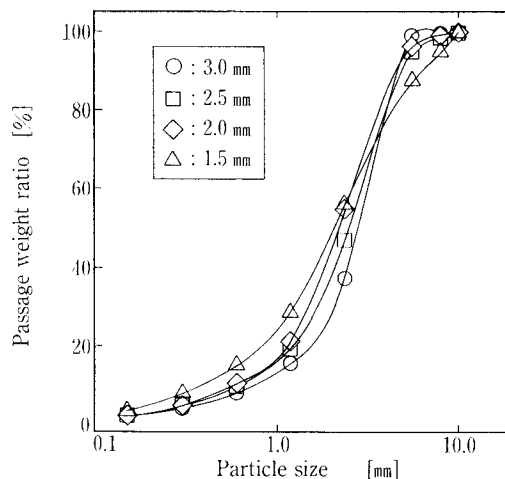
第 8 図 実験A 回転数別粒径加積曲線
Fig. 8 Experiment A

Cumulative grain size curves by disc dryer speed.



第9図 実験B ローラ間隔別に粒径5.6 mm 以上の粒子を解砕した場合の粒径加積曲線

Fig. 9 Experiment B
Cumulative grain size curves by gap between rollers
(for grains more than 5.6 mm).



第10図 実験B ローラ間隔別に粒径2.36~5.6 mm 粒子を解砕した場合の粒径加積曲線

Fig. 10 Experiment B
Cumulative grain size curves by gap between rollers
(for grains from 2.36 to 5.6 mm).

積曲線を実験項目別で第6~8図に示した。

- 投入量は、第5表より45 kg/h 以下であれば製品収率が良く、また、形状も多少球状がみられる。粉化率は、第6図より60 kg/h 以下であればほとんど差はない。
- 堰高さは、第7図より10 mm だと大径粒子が多く、20 mm では粉化率が高い。15 mm の製品収率が最も良く、粉化率も低い。形状への影響は見られない。
- 回転数は、第5表より40 rpm の製品収率が良く、また粉化率も第8図で最も低い。他の回転数は、第8図を見てもほとんど差がない。

4.2 実験B

解砕機のローラ間隔と試料の粒径との関係を調べ、粒径分布のコントロールが可能かどうかを検討した。実験の試料は、実験Aで造った造粒・乾燥ケーキを一つにまとめ、含水率を一樣にするため数日間おいたものを使用した。実験結果を第6表に、粒径加積曲線を第9、10図に示す。

- 第6表から5.6 mm 以上の粒子は、ローラ間隔2.5 mm で解砕した場合の製品収率が最も良く、2.36~5.6 mm の粒子は、2.0 mm で解砕した場合が良い。
- 第9、10図ともローラ間隔が狭くなるにしたがって粉化率が増加している。
- 第6表からローラ間隔2.0 mm 以下になると平状の大径粒子が多い。

この結果をふまえて、ディスクドライヤ造粒効果の確認と、粒径分布0.5~3.0 mm の製品収率に対する解砕効果を確認するため、製品出口で網目3.35 mm の篩により選別後、大径粒子の直接再循環した場合と、ローラ間隔2.5 mm で解砕後、再循環した場合の比較実験を行った。実験結果を第7表に、粒径加積曲線を第11図に示す。

- 造粒効果は、第7表より投入量60 kg/h の場合に多少球状がみられるようになったが、ほとんど球状になることはなかった。
- 解砕後再循環することで、粒径0.5~3.0 mm の製品収率は第7表より80%を越えており、T-11の結果から3種類全ての粒径分布に対し製品収率が80%を越えている。
- 直接再循環では、第11図より投入量の違いによる製品収率、粉化率の差はみられなかった。

第6表 実験B 解砕機性能調査実験結果

Table 6 Experiment B Results of experiment to investigate crusher performance

Item	Roller gap	Product yield rate (%)			Grain shape	Water content (%)
		0.5~3.0 mm	1.0~5.0 mm	1.0~7.0 mm		
>5.60 mm	3.0	40	63	82	△	37.8
	2.5	50	65	78	△	
	2.0	46	55	69	□	
	1.5	46	54	70	□	
2.36~5.60 mm	3.0	50	83	86	△	
	2.5	54	76	81	△	
	2.0	62	77	80	□	
	1.5	53	61	70	□	

○: Almost spherical shape ◇: Spherical shape and milled shape
△: Almost milled shape □: Flat milled shape

4.3 実験C

破砕機の回転数、パドルの傾斜を調整することで、脱水ケーキから破砕程度の異なる3種類の造粒ケーキを作成した。破砕程度は、角が取れて丸みを帯びているが脱水ケーキの平形を多少残した粒子が多いもの、多少あるもの、ほとんど無いものの3種類である。これらの造粒ケーキを用いて実験した結果を第8表に、粒径加積曲線を第12図に示す。

- 第8表から製品のほとんどが球状である。
- 粒径0.5~3.0 mm の製品収率は第8表より70%を越えており、破砕程度を変えることで3種類全ての粒径分布に対し製品収率が70%を越えている。
- 第12図から破砕程度が強くなる程、粉化率が高くなっている。

製品収率が良くても粉化率が高いと作業性が多少悪くなる。そこで、粉化に影響があると考えられる乾燥程度を、高温処理を妨げない範囲で変化させた。乾燥程度はディスクドライヤの蒸気圧力により調整することが可能で、粉化率の高かった破砕程度の強い造粒ケーキを使用して実験を行った。その結果を第9表に、粒径加積曲線を第13図に示す。

第 7 表 実験Bの条件と結果

Table 7 Conditions and results of experiment B

Item	Test No.	Conditions			Product yield rate (%)			Grain shape	Drying	
		Input (kg/h)	Speed (r.p.m.)	Dam height (mm)	0.5~3.0 mm	1.0~5.0 mm	1.0~7.0 mm		Water content (%)	>75 °C (min)
Recycled	T-10	60	40	15	47	78	83	◇	30.1	13
Recycled	T-11	45	40	15	48	80	85	◇	26.3	20
Recycled after crushing	T-12	45	40	15	81	73	74	◇	27.2	18

○ : Almost spherical shape ◇ : Spherical shape and milled shape
 △ : Almost milled shape □ : Flat milled shape

- ・乾燥程度の変化による影響は、第9表より製品収率、形状は損なわれることはないが、蒸気圧力を下げる程、含水率は高くなり、高温処理時間は多少短くなっている。
- ・粉化率は、第13図より蒸気圧力を下げる程、抑えられている。

5. 考察

5.1 農業利用について

脱水ケーキの成分は、農業利用における用途を左右するため、有効利用システムを構築するに当たり、成分が農業利用に適しているかどうか、また、どのような用途に向いているか、前もって十分に調査する必要がある。

例えば、浄水場のスラッジ処理には薬注方式と無薬注方式があり、石灰、PAC、硫酸バン土、高分子凝集剤等で薬注処理されたスラッジの脱水ケーキは、その成分に薬品の影響をかなり受ける。これらの脱水ケーキを農業利用する場合、酸性障害、アルカリ障害、リン酸欠乏、窒素過多等の要因となることがある⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾。また、薬品を添加しない場合でも、マンガンの含有量、pH等で育成の度合いが異なる植物がある²⁾⁹⁾。

用途が決まり利用する段階で、脱水ケーキに次のような性状が求められる。

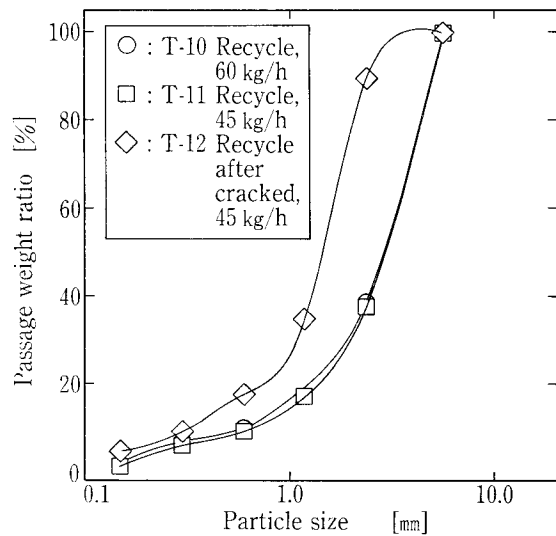
- ① 保水性とハッ水性の背反する性質が共存し、その維持のため、ある程度の強度があり、造粒されていること。
- ② 病原菌及び雑草種子が死滅されていること。
- ③ 比重は軽く、臭気が抑えられ作業性が良いこと。
- ④ 形状が見た目の良い球状であること。

保水性とハッ水性は、粒子間の空隙によって決まるため、粒径分布の影響を最も受け、用途に応じてその程度も異なる⁹⁾。②は75 °C以上の高温処理で、③は乾燥処理で実現可能と言われており⁴⁾、①の強度も乾燥程度で調整出来る。また、フィルタープレス型脱水機の脱水ケーキは板状であるため、①と④の理由から造粒する場合が多い¹⁰⁾¹¹⁾。

以上の要因から、農業利用を目的とした有効利用システムで製造される製品には、第2表に示すような条件が求められる。

5.2 乾燥機の選定

当社では、既に乾燥機の選定について、過去に1年余りの実験を行っており、その結果からディスクドライヤを選んだ。次に、実験結果を簡単に述べる。



第 11 図 実験B 再循環実験の粒径加積曲線

Fig. 11 Experiment B

Cumulative grain size curve of recycling test.

5.2.1 直接加熱方式と間接加熱方式の比較

直接加熱方式は導入熱風にて水分蒸発熱量をまかなうため排ガス量が多く、間接加熱方式では水分蒸発のキャリアガスが導入熱風となるため少なくなる。また、熱効率は、排ガスの排熱量に左右されるため、排ガス量が少ないと燃料使用量も減る。排ガス処理面とエネルギー面から比較すると、脱臭設備が小さくて済み、燃料使用量も少ない間接加熱方式の方が有利といえる。

5.2.2 間接加熱方式のロータリドライヤとディスクドライヤの比較

ディスクドライヤは、ロータリドライヤと比較して、乾燥物保有率^{※2}が大きく、単位伝熱面積に対する水分蒸発量を同一とすると、乾燥物保有量に比例する有効伝熱面積が大きいため、装置が小さくて済み。また、本体そのものが回転するロータリドライヤより、回転部が内部にあるディスクドライヤの方が安全性が高い。

熱効率、脱臭ガス量、殺菌効果等の技術的側面は、同等

第 8 表 実験C 破碎程度別実験結果

Table 8 Experiment C Results of experiment by degree of crushing

Item	Test No.	Conditions			Product yield rate (%)				Grain shape	Drying		
		Input (kg/h)	Speed (r.p.m.)	Dam height (mm)	0.5~3.0 mm	1.0~5.0 mm	1.0~7.0 mm	0.5~7.0 mm		Water content (%)	>75 °C (min)	
Degree of crushing	Low	T-13	45	40	15	69	71	76	82	○	36.1	10
	Medium	T-14	45	40	15	72	58	61	87	○	30.3	11
	High	T-15	45	40	15	74	48	49	90	○	26.2	12

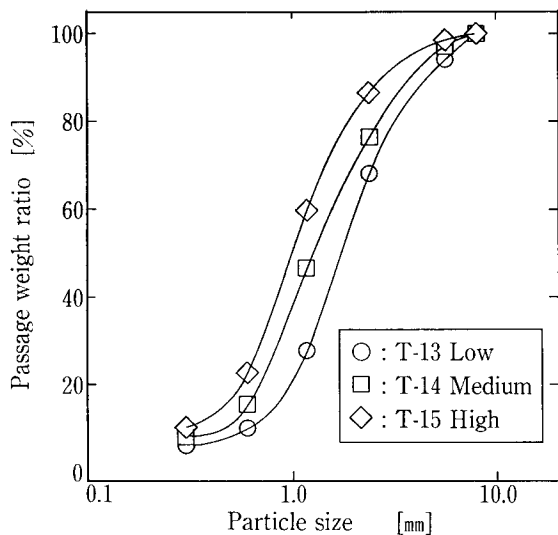
○ : Almost spherical shape ◇ : Spherical shape and milled shape
 △ : Almost milled shape □ : Flat milled shape

第 9 表 実験C 乾燥程度別実験結果

Table 9 Experiment C Results of experiment by degree of drying

Steam pressure of disc dryer (kg/cm ²)	Test No.	Condition			Product yield rate (%)			Grain shape	Drying	
		Input (kg/h)	Speed (r.p.m.)	Dam height (mm)	0.5~3.0 mm	1.0~5.0 mm	1.0~7.0 mm		Water content (%)	>75 °C (min)
4.0	T-16	45	40	15	73	48	51	○	29.4	11
3.5	T-17	45	40	15	72	50	52	○	31.8	11
3.0	T-18	45	40	15	72	51	54	○	33.0	10
2.5	T-19	45	40	15	72	51	56	○	36.6	10
2.0	T-20	45	40	15	71	52	59	○	38.1	9

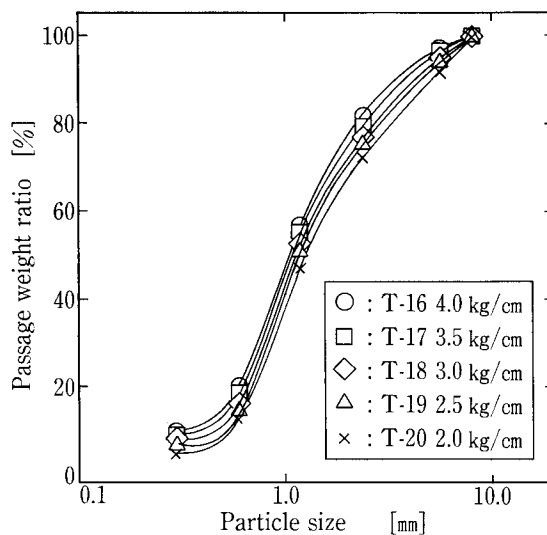
○ : Almost spherical shape ◇ : Spherical shape and milled shape
 △ : Almost milled shape □ : Flat milled shape



第 12 図 実験C 破碎程度別粒径加積曲線

Fig. 12 Experiment C

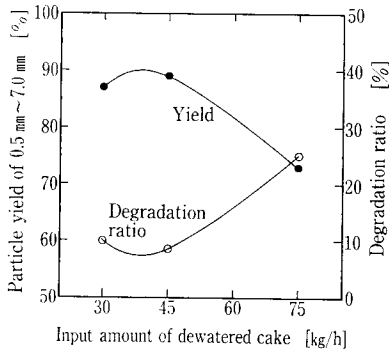
Particle size accumulation curve of separate crushing degree



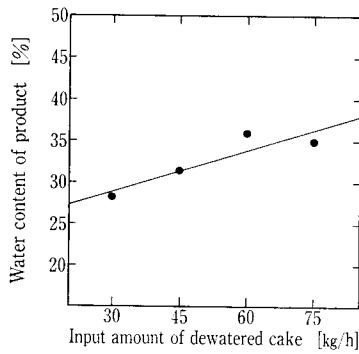
第 13 図 実験C 乾燥程度別粒径加積曲線

Fig. 13 Experiment C

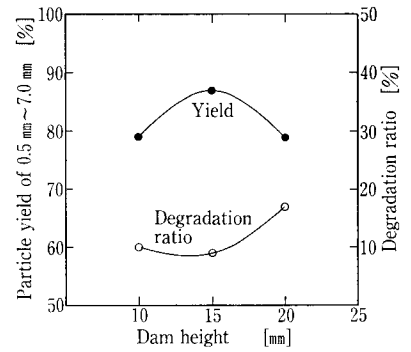
Particle size accumulation curve of separate dry degree



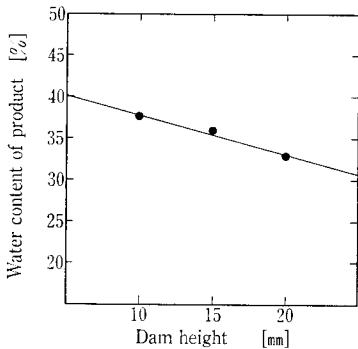
第14図 製品収率に対する投入量の影響
Fig. 14 Effect of input amount on product yield.



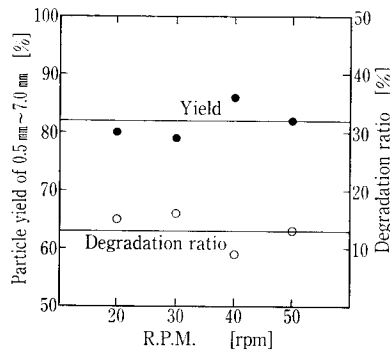
第15図 投入量と含水率の関係
Fig. 15 Relation of input amount and water content.



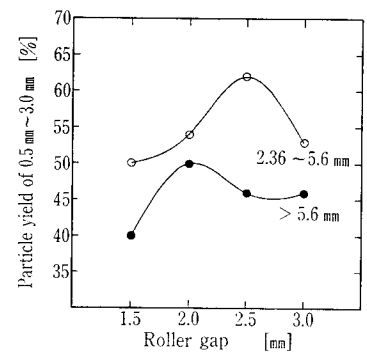
第16図 堰高さの影響
Fig. 16 Effect of dam height.



第17図 堰高さと含水率の関係
Fig. 17 Relation of dam height and water content.



第18図 回転数の影響
Fig. 18 Effect of speed.



第19図 ローラ間隔の影響
Fig. 19 Effect of roller gap.

であるが、乾燥設備がコンパクト化出来る点でディスクドライヤが優れていると考える。

※2：乾燥物保有量 m^3 /乾燥機容量 m^3

5.3 ディスクドライヤのパラメータ

5.3.1 投入量の影響

実験Aにおいて、投入量に対する0.5~7.0mmの製品収率を第14図に示す。この図では、粒径が0.5mm以下の割合を粉化率として示している。

投入量45kg/hの場合が最も製品収率が高く、粉化率も低くなっている。投入量は、少ない程収率は増加し、粉化率は低下しているが、少なくなりすぎると粉化率が増加している。これは、投入量が少なくなると乾燥程度が高くなることから、第15図に示すように含水率が低下し、粉化し易くなったためと考えられる。この実験では、蒸気圧を一定にしていたが、製品の含水率を蒸気圧でコントロールすれば、粉化率を低下させ、製品の収率を高くすることが出来ると考えられる。

5.3.2 堰高さの影響

製品収率と粉化率に対する堰高さの影響を第16図に示す。また、第17図は、堰高さと製品含水率の関係を示している。

堰が高くなると、滞留時間が増し、製品含水率が低下している。また、粒子どうしの衝突機会も増え、多少粉化が進むものと考えられる。

5.3.3 回転数の影響

製品収率と粉化率に対する回転数の影響を第18図に示

す。製品収率、粉化率ともに、回転数の影響はほとんど認められない。

5.4 乾燥後の大径粒子の解砕と再循環について

製品を粒径5.6mm以上と2.36~5.6mmに篩分け、ローラで解砕させたときの解砕前粒径と、ローラの解砕間隔の違いによる粒径0.5~3.0mmの製品収率の変化との関係を、第19図に示す。

製品収率が良いローラ間隔は、おおよそ2.0~2.5mmで、解砕後の大径粒子は、ほぼ50%が粒径0.5~3.0mmの範囲に入っている。ローラ間隔は、狭くなるほど粉化率も高くなっており、また、2.0mm以下になるとローラによる圧縮で、大径粒子が増加している。

最も適当と思われるローラ間隔2.5mmで解砕したものを再循環させると、粒径0.5~3.0mmの製品収率が81%となり、乾燥後の大径粒子を解砕することで、粒径分布のコントロールが可能になった。

形状に関しては、実験Aでディスクドライヤの造粒効果が、ほとんど見られなかったため、滞留時間が2倍になるよう再循環させてみたが、破碎状の粒子が多かった。

5.5 脱水ケーキの破碎造粒効果

破碎機による造粒効果は顕著に現れており、製品の90%以上が球状である。粒径5.6mm以上の粒子には、丸みはあるがやや平形の粒子が見られ、破碎程度が弱いT-13に多く見られる。また、第8表の製品収率も破碎程度を変えることで全て条件を満たしており、破碎機の使用でも粒径分布がコントロール出来ることが判った。

第9表の実験結果からも判るとおり、ディスクドライヤの蒸気圧力を変化させることで、製品収率、形状、乾燥程度も損なわれることなく、粉化が抑えられている。ただし、含水率は平均値で求めており、粒子の径によりかなり含水率が異なることを考慮すると、適当な含水率は、T-17の32%前後からT-19の36%前後までの範囲内と考えられる。この範囲内では、破碎機を使用し、ディスクドライヤの蒸気圧力を調整することで、全ての条件をクリアし、粉率を10%前後に抑えることが可能となった。

5.6 有効利用システム

破碎、造粒と乾燥の機能を、破碎機と乾燥機に分担させたプロセスCは、第2表に示した製品に求められる条件について、

- ・いずれの粒径分布にも対応可能で、70%以上の製品収率が得られる。
- ・製品の大部分が球状である。
- ・製品の含水率が30%~40%の範囲では、75°C以上の高温処理が10分以上行われている。

以上により、農業利用を主目的とした有効利用システムには、プロセスCを採用することにした。

5.7 セメント原料への利用¹²⁾

セメントの主成分は、シリカ、アルミナ、酸化鉄及び石膏で、シリカ、アルミナ、酸化鉄は上水スラッジの主成分であるため、脱水ケーキをセメントの粘土質原料として有効利用することが注目されている。また、全国で発生する脱水ケーキは年間約30万トンであるが、セメントの粘土質原料はその何十倍も使用されており、この状況だけから判断すれば、浄水場スラッジを全てセメントの原料として有効利用するだけの需要がある。利用可能な脱水ケーキには主に次のような条件がある。

- ① Al_2O_3 の含有率が10%~20%であること。
- ② CaO が多少含まれていること。
- ③ SO_3 , Cl_2 がほとんど含まれていないこと。
- ④ アルカリ分が少ないこと。
- ⑤ 脱水ケーキの含水率が50%以下であること。
- ⑥ 燐、マンガン、亜鉛、クロムなど重金属を含まないこと。

- ⑦ 成分の変動が少ないこと。
- ⑧ 臭気が無く、他の原料とハンドリングが良いこと。
- ⑨ 供給量が安定していること。

セメント原料への利用もセメント工場での乾燥工程があり、脱水ケーキの含水率は、乾燥にかかるエネルギーを押さえるためにも低いことが望ましい。当社のEO脱水機は、電気の効果により、冬季の難脱水性スラッジでも、無薬注による脱水ケーキの低含水率化が可能である。脱水ケーキをセメント原料へ利用するシステムでは、EO脱水機だけで十分対応可能である。

むすび

上水スラッジの有効利用は、有機物量の少なさと重金属含有率の低さから加工がし易く、農業利用が主流になっている。また、セメント原料への利用は大いに注目されており、その有効利用には、かなりの市場が存在すると考えられる。当社では、今後、さらに研究開発を進め、より良いシステムを提供する所存である。

最後に本有効利用システムの開発にあたり御協力いただきました(株)栗本鐵工所殿に深謝申し上げます。

〔参考文献〕

- 1) 郷田昭一ほか：「上水汚泥の農業利用」, 第43回全国水道研究発表会, 1992. 5, p. 376
- 2) 渡辺純也ほか：「ケーキの有効利用に向けての検討」, 第44回全国水道研究発表会, 1993. 5, p. 438
- 3) 日本水道協会：「水道維持管理指針」, 1982
- 4) 川本修一：「無薬注脱水ケーキの農業利用プロセス実験」, 第41回全国水道研究発表会, 1990. 5, p. 191
- 5) 岡高明：「浄水ケーキの農業面への利用」, 水, 1984, Vol. 23, No. 3, p. 94
- 6) 西塚正美：「浄水汚泥と有効的利用論」, 水道公論, 1981, Vol. 17, No. 11, p. 22
- 7) 石橋良信：「水処理汚泥の現状と方向」, 工業用水, 1982, No. 285号, p. 2
- 8) 上田哲夫：「神奈川県内広域水道企業団における浄水場発生ケーキの有効利用」, 工業用水, 昭和57年8月, 第287号, p. 51
- 9) 辻本正：「盆栽の土づくり」, 農山漁村文化協会, 1979, p. 126
- 10) 千葉欽治ほか：「浄水発生土の有効利用」, 第44回全国水道研究発表会, 1993. 5, p. 432
- 11) 生田昭二ほか：「三重県における浄水場排出ケーキ(再生土)の再利用について」, 工業用水, 1981, No. 268, p. 42
- 12) 窯業協会：「窯業工学ハンドブック」, 1982