

# 焼却灰を原料にした園芸用人工培土 の製造の実用化研究

## 1. 研究の目的

横浜市では、下水汚泥焼却灰の有効利用方法のひとつとして、従来から焼却灰を造粒・固化した粒状培土（ハマソイル）を製造しているが、造粒・固化に用いるPVAの価格の上昇により、製造コストが増加したことや、1年程度経過すると分解して灰に戻り根詰まりによる成育障害を生じるといった問題があった。このような問題を解決するために開発された本技術は、焼却灰を脱水ケーキと混合造粒して焼成するもので、従来品より強度及び保水性に優れているほか、固化に薬品を使用せず、また、焼成の際、汚泥消化ガスを利用することで製造コストを低減することを目的としている。

本実用化研究は、平成5年度～7年度の3ヶ年度にわたって新技術活用モデル事業として横浜市と共同研究を実施するものであり、上記技術について、製品の園芸用資材としての品質向上を図るとともに、造粒・焼成等の効率的な製造方法を確立することを目的とするものである。

## 2. 研究内容

本研究の主要な研究内容は以下のとおりである。

- (1) 園芸用人工培土製造装置の設計手法
- (2) 園芸用人工培土製造装置の最適運転条件
- (3) 園芸用人工培土の品質向上方法

本年度は、焼成ハマソイルの最適運転条件に関し

て、前年度の研究結果選定された図-1に示すフローについて実験製造設備を用いた運転により、造粒工程及び焼成工程の最適運転条件に関する調査を行った。また、ハマソイルの使用感について一般市民を対象としたアンケート調査を実施した。

## 3. 研究結果

### 3.1 造粒工程の運転調査

バイブロミキサを用いた造粒工程については、以下の条件について実験を実施し、最適運転条件の検討を行った。

#### 3.1.1 脱水ケーキ添加量

脱水ケーキ添加量は、実験設備の仕様である焼却灰供給量80kg/時に対して50kg/時程度が適当と考えられる。この添加率は、固形分ベースでは焼却灰に対して12.5%の添加率に相当する。これは、吸水率40%を確保するためには、脱水ケーキ添加量は40kg/時が最低限であったこと、及び、図-2に示すように添加量が多いと不良品（径30mm以上の粗粒品）の割合が多くなることによるものである。

#### 3.1.2 バイブロミキサ振動数

粒度分布及び不良品（径30mm以上の粗粒品）の発生率の点から振動数は、50Hzが適当と考えられた。

#### 3.1.3 バイブロミキサロッド数

不良品（径30mm以上の粗粒品）の発生率は、図-3に示すようにロッド数が少なくなると高くなる傾向があるため、ロッド数はφ44×20本が適当と考え

られる。

### 3.2 焼成工程の運転調査

ロータリーキルンを用いた焼成工程については、以下の事項について最適運転調査の検討を行った。

#### 3.2.1 炉内温度分布について

本実験製造設備において用いているロータリーキルンは外熱型であり、図-4に示すように、2箇所

からジャケットに熱風を吹き込むことにより炉の加熱を行うものである。炉内温度分布は、図中に示した6点で測定した。

測定の結果、炉内温度は図-5に示すように供給側から排出側に向かって高くなる傾向があり、最も排出側の温度測定点で最高温度を示した。また、最高温度はほぼ設定温度に等しくなっていた。

#### 3.2.2 焼成温度と焼成品性状

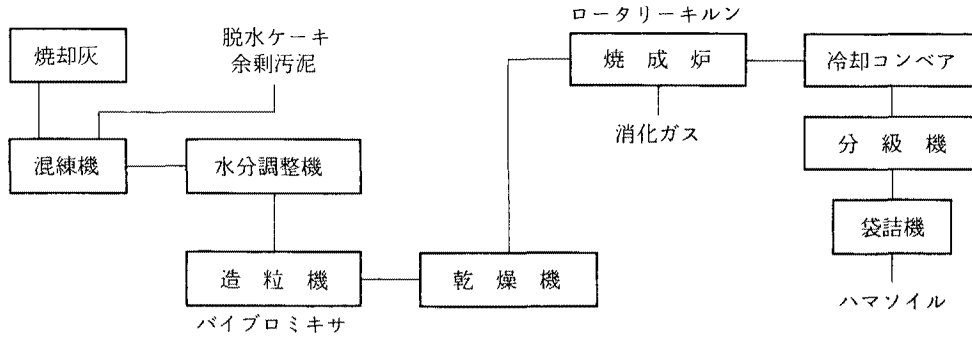


図-1 ハマソイル実験製造設備フロー

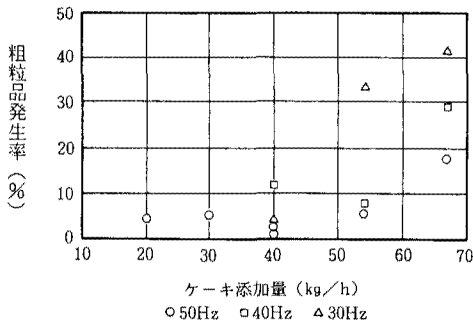


図-2 ケーキ添加量と粗粒品発生率（ロッド数20本一定）

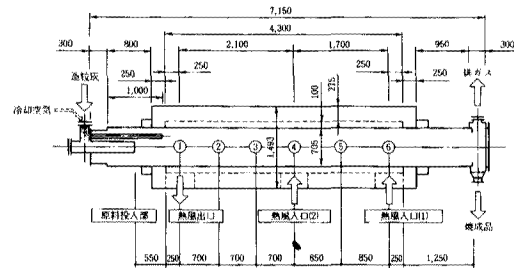


図-4 炉内温度分布測定位置

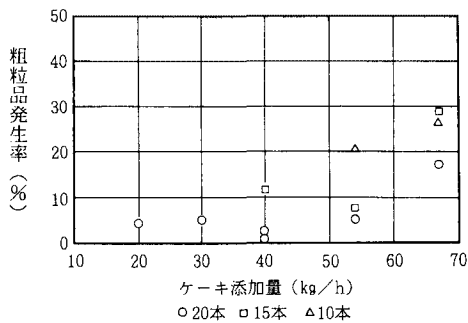


図-3 ケーキ添加量と粗粒品発生率（振動数50Hz一定）

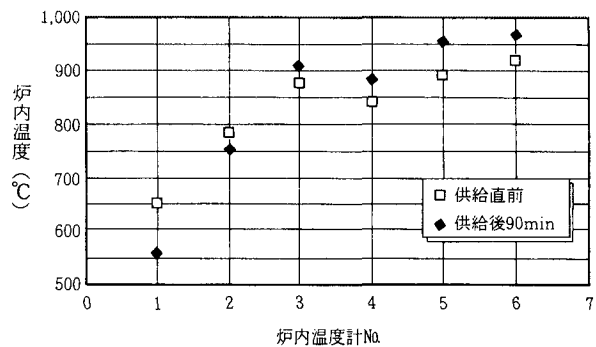


図-5 供給前後の炉内温度分布の変化

(1) 焼成温度と圧壊強度

焼成温度（炉内最高温度）と圧壊強度の関係については、図-6に見られるように温度が高くなるほど圧壊強度は高くなる傾向が見られ、焼成温度が950℃を超えると圧壊強度は急激に増加した。

これは、この温度を超えると焼却灰構成成分の一部の溶融が始まり、材料が緻密化するためであると推定される。逆に焼成温度930℃以下では、焼成品の強度にはバラツキが大きく、品質が不安定になる傾向が見られる。

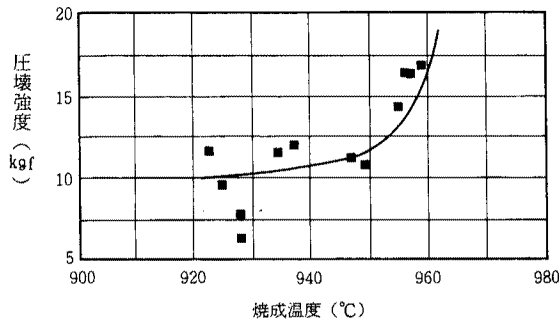


図-6 焼成温度と圧壊強度

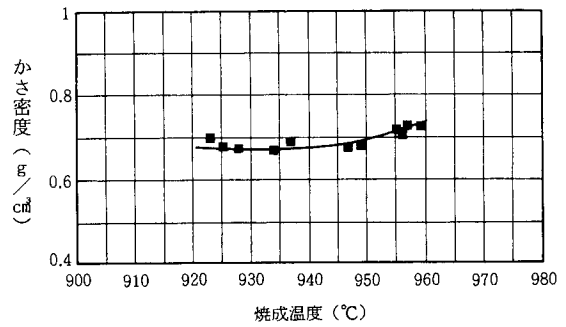


図-8 焼成温度とかさ密度

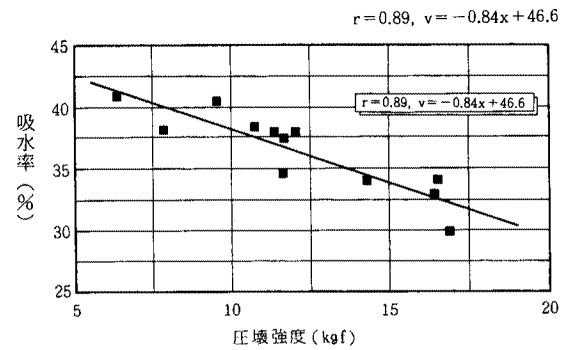


図-9 圧壊強度と吸水率の関係

(2) 焼成温度と吸水率

焼成温度と吸水率の関係については、図-7に示すように圧壊強度と逆の傾向が見られ、950℃を超えると吸水率は急激に低下する。これは、前述した要因により焼成品の緻密化が進行し、空孔が減少したためと考えられる。

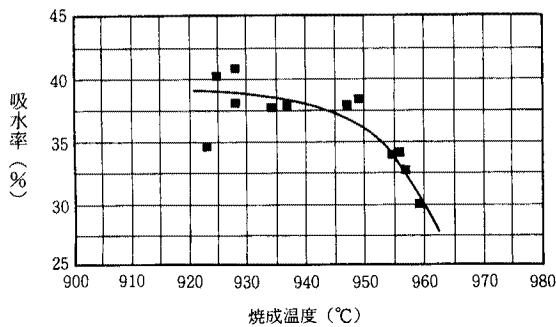


図-7 焼成温度と吸水率

土壌の水分保持力の指標となるpF-水分曲線の測定の結果は、表-1、表-2に示すように焼成品の有効水分は7~10g/土100ccで、鹿沼土、バーミキュライトと同等の値を示した。

表-1 pF試験結果

種類	測定項目	pF				
		0	1.8	3.0	3.5	4.2
焼成品 930℃	体積含水率(%)	57.7	28.9	21.9	10.7	5.8
	含水比(%)	79.3	39.8	30.1	14.7	8.0
焼成品 950℃	体積含水率(%)	53.7	30.5	20.1	9.0	5.1
	含水比(%)	70.6	40.1	26.4	11.8	6.7
焼成品 970℃	体積含水率(%)	58.1	27.8	20.1	7.9	5.0
	含水比(%)	71.1	34.0	24.5	9.7	6.1
鹿沼土	体積含水率(%)	70.1	44.5	35.4	24.0	15.6
	含水比(%)	310.7	197.2	157.0	106.6	69.3
赤玉土	体積含水率(%)	71.3	38.6	32.9	30.3	26.6
	含水比(%)	152.9	82.8	70.7	65.0	57.0
バーライト	体積含水率(%)	56.5	31.7	13.9	9.0	5.3
	含水比(%)	326.0	182.9	80.4	51.9	30.8
バーミキュライト	体積含水率(%)	67.5	42.2	34.1	24.5	10.1
	含水比(%)	319.5	199.7	161.4	115.8	47.8

※ 体積含水率(%) = 試料重量 / 容積 × 100  
 ※ 含水比(%) = 吸水量 / 乾土重量 × 100

表-2 有効水分

930℃	950℃	970℃	鹿沼土	赤玉土	バーライト	バーミキュライト
7.0	10.4	7.7	9.1	5.7	17.8	8.1

※ 有効水分：pF3.0とpF1.8の体積含水率の差

(3) かさ密度

焼成温度とかさ密度の関係は、図-8に示すように焼成温度が950℃を超えると、かさ密度はわずかに高くなる傾向が見られた。

(4) 圧壊強度と吸水率

焼成温度に対して圧壊強度と吸水率は逆の傾向を示すことから、これら両者の関係は図-9に示すように負の相関を示した。

(5) pF-水分曲線

3.2.3 焼成時間と焼成品性状

今回設定した焼成時間の範囲（60分～120分）では、焼成品の性状との間に特に関連性は見られなかった。

3.2.4 焼成炉回転数について

ロータリーキルンにおける製品の炉内滞留時間は回転数により決定され、回転数が高いほど炉内滞留時間は短く、供給可能量は増加する。

焼成温度が950℃以上では、図-10に示すように焼成炉回転数が低いほうが歩留まりが良くなる傾向が見られている。

これは、回転数が高いと焼成品同士の衝突や炉内壁との摩擦により焼成品の破壊がおこるためと考えられる。

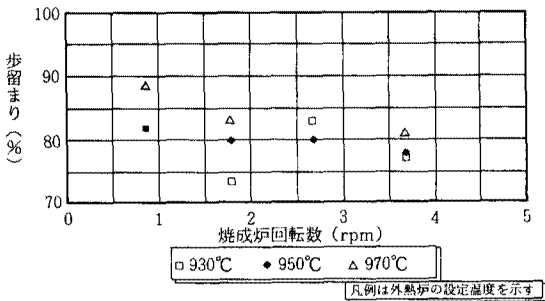


図-10 焼成炉回転数と歩留まり

3.2.5 アンケート調査結果

全国下水道促進デー中央行事の際に東京駅南口において、ハマソイル、植木鉢、苗木を一般市民2,000人を対象に配布してアンケート調査を実施した。

109人から回答があり、その結果は以下のとおりであった。

(1) 回答者の約80%がハマソイルに好印象をもっていた(図-11)。

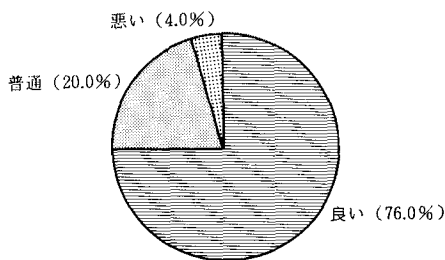


図-11 ハマソイルの印象について

(2) ハマソイルの色については様々な意見があったが、もう少し黒っぽい方がよいという意見がやや多かった。

(3) 回答者の約70%が「市販されれば購入する意志がある。」と回答した(図-12)。

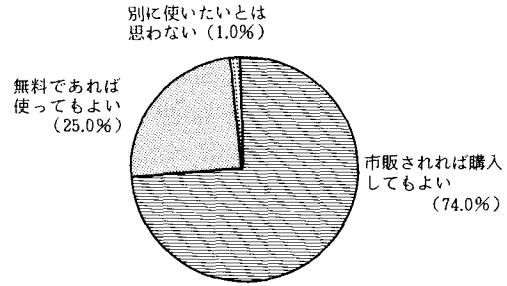


図-12 ハマソイルの購入の意志について

4. まとめと今後の予定

4.1 まとめ

造粒工程及び焼成工程の最適運転条件について検討した結果、以下の結論が得られた。

- (1) 造粒工程での脱水ケーキ添加量は、実験設備の仕様である焼却灰供給量80kg/時に対して、50kg/時程度が適当と考えられる。
- (2) バイブロミキサの振動数は50Hz, ロッド数φ44×20本が適当と考えられる。
- (3) 焼成品の圧壊強度は、焼成温度は高くなるほど増加する傾向が見られた。逆に吸水率は、焼成温度が950℃を超えると低下する傾向が見られた。
- (4) 土壌の水分保持力の指標となるpF-水分曲線の測定の結果、焼成品の有効水分は、鹿沼土、バーミキュライトと同等の値を示した。
- (5) 圧壊強度と吸水率から判断すると、ある程度の圧壊強度を有し、吸水率の高い製品を得るための焼成温度範囲は930～950℃程度であると考えられる。

4.2 今後の予定

今後は、製造装置の連続運転のなかで以下の項目について調査を実施する予定である。

- (1) 設備設計手法の確認
- (2) 維持管理手法の確認
- (3) 製造コストの検討
- (4) まとめ

<参考>

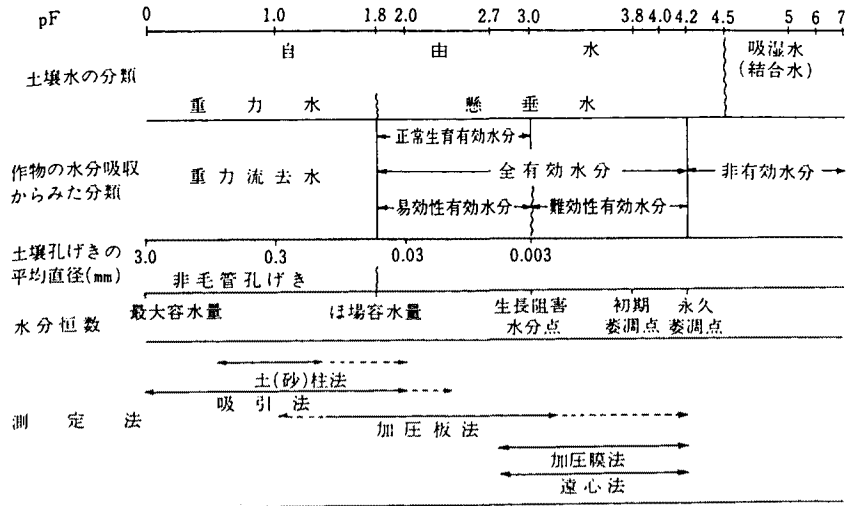
pF-水分曲線

pFとは水が土壌に引きつけられている強さの程度を水柱の高さ(cm)の対数で表した数値であり、植物の吸水に対する難易の程度を支配する<sup>(1)</sup>。

pF-水分量表示は表-3に示すように、土壌水の一般的分類や作物の水分吸収から土壌水の分類、

水分恒数，土壤の孔隙分布等を表示できる方法として有用である<sup>(2)</sup>。

表-3 土壤水の分布と測定方法



- (1) 土壤肥料用語事典 ((社) 農山漁村文化協会)
- (2) 土壤標準分析・測定法 (博友社)

●この研究に関する問い合わせは 研究第1部長 佐藤 和明  
 研究第1部主任研究員 村上 孝雄  
 研究第1部研究員 須賀 研二