

下水汚泥セメント資源化技術の 実用化研究

1. 研究目的

1.1 はじめに

奈良県では公共用水域の水質汚濁防止を図るとともに、農村部に至るまでの水洗化を図り、快適な生活環境を確保することを目標として、昭和45年度から大和川上流流域下水道事業に着手したのをはじめ、55年度から宇陀川流域下水道事業、59年度から吉野川流域下水道事業に着手している。現在、これらの三流域4処理区では流域関連市町村の汚水を受けた処理場がすべて稼働している。

一方、流域下水道以外に、奈良市他の一部で単独公共下水道事業により、下水道の整備を行っている。

これらのことにより、現在県内では47市町村中34市町村が下水道事業を実施している。

平成4年度末現在奈良県の下水道普及率は、41%と全国で13位の水準であるが、今後下水道の整備の進捗に伴い下水道普及率が向上し、下水処理の過程から発生する下水汚泥は年々増加してくる。

現在、各処理場から発生する下水汚泥は、

- (1) 脱水-焼却-場内処分（浄化センター）
- (2) 脱水-陸上埋立て（第二浄化センター、宇陀川浄化センター、吉野川浄化センター、単独公共下水道）

の2系統で処分している。

しかし、近年汚泥処分地での処分可能量が産業廃棄物の増加によって減少しており、今後の汚泥の処分地の確保が困難となりつつある。

海を持たない奈良県では、埋立処分地の確保が特に困難であることから、下水汚泥の安定的な処分方法を確立する必要がある。

このため、下水汚泥の有効利用を図るとともにリサイクルが可能な最終処分を行うことが求められる。

1.2 目的

汚泥の有効利用技術は、緑農地への利用技術と建設資材化技術の開発が精力的に進められており、特にタイル、ブロック、レンガ、路盤材といった建設資材利用に関する技術開発が著しい。また、下水汚泥をセメント製造に有効利用する技術として、焼却灰のセメント原料化調査や製造工程で下水汚泥を燃料として利用する燃料化技術調査が行われている。

汚泥利用には、脱水汚泥、及び焼却灰からの利用技術があるが、奈良県では焼却出来ない処理場があり、今後の汚泥処理について苦慮している。

このようなことから、新技術の中で、焼却を必要としなく、二次廃棄物の処理が不要で、安定的に処理が可能な処分方法であるセメント資源化技術について実用化研究を実施した。

2. 研究内容

2.1 技術の概要

対象技術は下水汚泥をセメント製造時の燃料及び原料として利用する方法である。脱水汚泥を生石灰を主成分とした添加剤で処理すると、脱水汚泥中の

約80%の水分は、添加剤との水和反応及びその反応熱で蒸発し含水率の低い粉粒体（以下、「カンブン」という）となる。この反応は、
 $CaO + H_2O = Ca(OH)_2 + 15.33kcal/mol$
 であり、脱水汚泥 1tよりカンブン1.7tができる。カンブン製造時の理論物質収支を図2.1に示す。

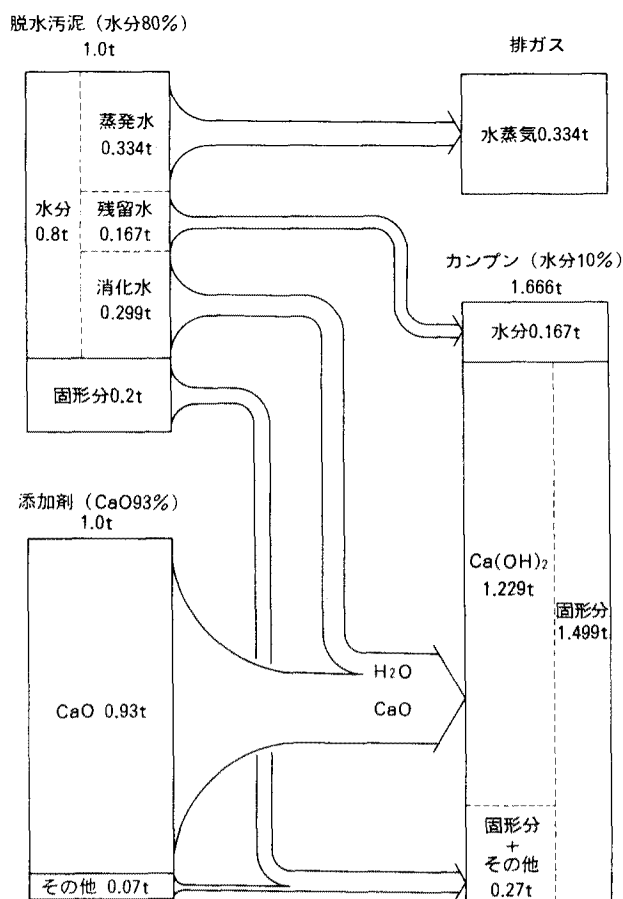


図2.1 カンブン製造時の理論物質収支

カンブン中の下水汚泥有機分はセメント製造の焼成工程で燃焼し、また、下水汚泥無機分はセメントの原料となる。

(1) 下水汚泥有機分

下水汚泥の有機分は低品位の石炭と同程度の熱量を有しているため、セメント製造過程で必要とするエネルギーの一部として利用できる。

(2) 下水汚泥無機分

下水汚泥の無機分は、セメントの原材料の石灰石、粘土の成分とほぼ同じであるためセメント原料として利用できる。

下水汚泥セメント資源化システムは、下水処理場では、脱水汚泥を添加剤処理してカンブンを製造するまでを受け持ち、セメント工場では、セメント製造過程にカンブンを投入して、燃料かつ石灰石代替原料として有効利用するものである。

下水汚泥セメント資源化システムの概念フローを図2.2に示す。

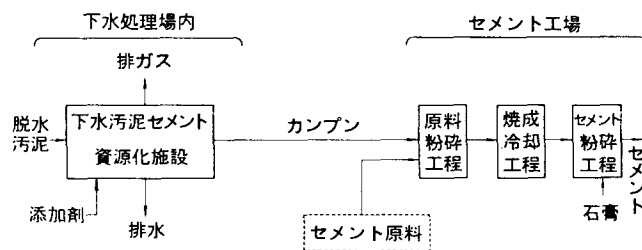


図2.2 下水汚泥セメント資源化システム概念図

2.2 特徴

本技術の特徴は次の通りである。

(1) 下水汚泥の有効利用ができる

下水汚泥が全量有効利用されるので、埋め立て地が不要となる。

(2) 製品の用途が広い

セメントの用途は広大で、新たな市場及び用途開発の必要がない。

(3) 焼却炉が不要

下水処理場に焼却炉が不要である。

(4) 長期的に安定

セメント産業は永続的であるため、長期間安定処理できる。

(5) 有機物の熱利用

汚泥中の有機物の熱量は、セメント製造工程で有効に利用される。

(6) 設備が簡単

下水処理場に設置するのは主として脱水汚泥を添加剤処理する設備である。

2.3 下水処理場に設置する施設

下水処理場に設置する施設は、セメント資源化設備と排ガス排水処理設備から構成される。各設備を以下に示す。また、下水汚泥資源化施設の代表的フローを図2.3に示す。

(1) セメント資源化設備

セメント資源化設備は、以下の装置で構成される。

(a) 定量供給装置

脱水汚泥と添加剤を一時貯留し、必要に応じて混合熟成装置に一定量搬送する装置である。

(b) 混合熟成装置

脱水汚泥と添加剤を混合し、カンブンを製造する装置である。

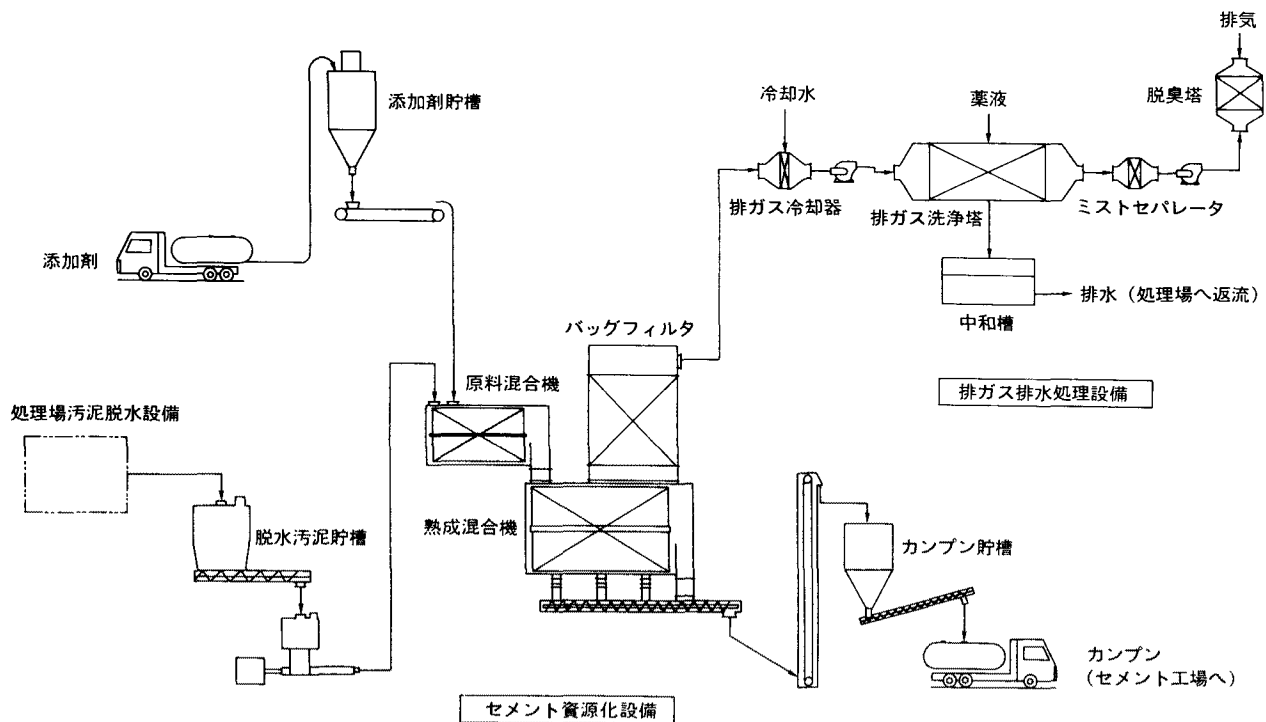


図2.3 下水汚泥セメント資源化施設フローシート

(c) 搬出装置

カンプンを一時貯蔵し、必要に応じてタンクローリに積み込む装置である。

(2) 排ガス排水処理設備

混合熟成装置で発生した排ガスを薬液洗浄し、活性炭吸着により脱臭処理する設備である。

2.4 セメント工場に設置する施設

セメント工場に設置する施設は、カンプンをセメント製造工程に投入するための受入れ、貯蔵及び製造工程へ一定量供給する設備で構成される。

セメント工場におけるカンプン受入れプラントの一例を図2.4に示す。

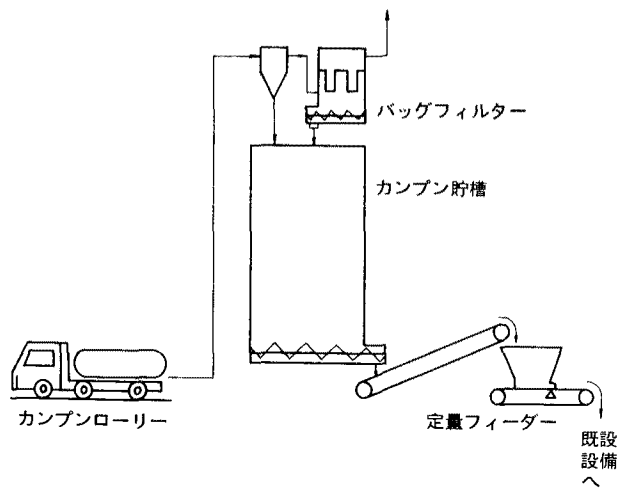


図2.4 カンプン受入れプラントフローシート

の研究項目について実験及び調査研究を行った。

- (1) 下水汚泥セメント資源化施設及びセメント製造に関すること
 - (a) 混合熟成装置
 - (b) カンプンの性状及びハンドリング
 - (c) 排ガス排水処理設備
 - (d) セメント主原料の石灰石に対するカンプンの混合比率

2.6 実用化研究内容

奈良県第二浄化センターへの本技術の適用に当たり、同センターの脱水汚泥を使用して、室内実験、パイロットプラント、実セメント工場に於いて、次

- (e) 調合原料の易焼成性
- (f) セメントのモルタル強度
- (g) 重金属
- (2) 経済性
 - (a) 建設工事費
 - (b) 処理コスト

3. 研究結果

本技術を実用化研究した結果は次の通りである。

3.1 カンプンの性状及びハンドリング

- (a) カンプンの性質：カンプンの物性調査の結果、流動性が良くない上に噴流性が非常に強い粉体であることが判明した。
- (b) カンプンの貯蔵：カンプン中の繊維質の影響で、圧密されることなく、50日間の長期貯蔵でも経時変化は認められなかった。
- (c) カンプンの粒径：平均粒径
約100～200 μ m
- (d) カンプンの水分：ハンドリング性及びセメント原料水分の管理値から、10%以下とすることが適切である。

以上により、カンプンサイロの設計に当たってはブリッジ及びフラッシュ対策が必要である。

3.2 下水汚泥セメント資源化施設

- (1) 混合熟成装置

脱水汚泥水分80%，添加剤粒径5mm以下とした場合は、次の通りである。

 - (a) 混合比率→脱水汚泥：添加剤＝約1：1
 - (b) 混合時間→約5分
 - (c) 熟成時間→40～60分
- (2) 排ガス排水処理設備
 - (a) 排ガス処理

下水汚泥の添加剤処理で発生する排ガスは、薬液洗浄並びに活性炭処理等の対策を行うことにより、環境に対する影響はないと判断される。
 - (b) 排水による窒素負荷

排ガス洗浄排水による下水処理場での窒素負荷の増加率は、約5.5%（濃度約2.2mg/l）であるが、逆流負荷の均等化を図れば特に影響ないと判断される。

3.3 セメント製造

- (1) カンプンの添加量

小野田セメント（藤原工場）に於いて、実際のセメント製造工程にカンプンを石灰石原料の2.3%投入してセメントの長時間製造実験を行った結果、製造上の問題はないことが確認された。
- (2) 易焼成性

カンプンを添加したセメント原料の易焼成性は、通常のセメント原料と同等と確認された。
- (3) モルタル強度

実機によるセメント製造実験で得られたセメントのモルタル強度は、JISに規定されている強度以上であり、また、通常セメントと変わらないことが判明した。
- (4) 重金属
 - (a) セメント工場の排ガス

セメント製造工程からの重金属類の大気中への排出は、現状を上回ることがないことが確認された。
 - (b) 重金属の溶出

セメント製造試験で得られたセメントから作ったセメント硬化体からの、重金属類の溶出はないことが確認された。

3.4 経済性

- (1) 建設工事費

下水処理場に建設する処理施設の建設工事費の試算結果では、同一条件（処理量等）の他の有効利用施設の実績値に比べて経済的である。
- (2) 処理コスト
 - (a) カンプンは、石灰石原料と同等の有効物であるので、処理コストの一部を回収できる。
 - (b) セメント資源化技術の処理コストの試算結果では、本技術は、他の有効利用技術と同程度と判断される。

4. 結論と今後の課題

4.1 結論

実用化研究によって、下水汚泥セメント資源化技術を奈良県第二浄化センターにおいて実用化するに当たり、技術的な課題はほぼ解明でき、経済的にも実施可能なことが明かとなった。

また、カンプンは、石灰石原料と同等であり、下水汚泥の資源化技術として有効である。

4.2 今後の課題

本技術を今後さらに充実・発展させる上での課題は、次の通りである。

(1) 処理コストの低減

乾燥工程の導入等により、処理コストの一層の低減を図るための技術開発が望まれる。

(2) カンプン添加量

セメント製造時のカンプン添加量（石灰石原料の2.3%まで確認済み）の上限値を実施設により確認する。

(3) セメント製品及び汚泥の品質管理

セメント製品の品質に応じた汚泥性状の管理技

術の開発（塩素、燐等セメント製造及び製品の品質管理上必要な成分管理技術等）

4.3 今後の予定

本技術は建設省新技術活用モデル事業として、平成5年度において、パイロットプラントを用いて実用化の確認と実施設設計のために必要な諸元を決定したものである。今後は、奈良県において実施設の設計、建設を行った後、本機構との共同研究により、実施設の性能評価等を行い、新技術としての確立・普及を図る予定である。

● この研究に関する問い合わせは

研究第一部長	佐藤 和明
技術部長	村上 忠弘
技術部主任研究員	間野 昭
研究第一部主任研究員	松岡 秀男
研究第一部研究員	桑原 秀斗