

# 汚泥集中処理計画調査

## 1. 目的

大阪市は市勢の発展と市域の拡張に対応した数次にわたる下水事業の推進により、普及率はほぼ100%を達成しており、普及率の促進など初期の目的はほぼ達成されつつある。しかし、下水道が果たすべき役割はこれに止まるものではなく、来るべき21世紀に向けて各下水処理場に分散している汚泥処理施設を集中し、効率的な汚泥処理をすべく集中処理計画を立案している。

本調査は、大阪市の汚泥集中処理計画を推進していく上で、その必要性を検討し、震災等における危機管理の観点からの検討、技術的課題の検討をも踏まえ、本計画の事業化への提言を行うことを目的とする。

## 2. 研究内容

本調査・研究は、平成7年度、1カ年で以下の研究を実施するものである。

### (1) 汚泥集中処理計画の必要性に関する検討

現在、全国で展開されつつある汚泥集中処理の動向、課題を整理するとともに、大阪市内で計画策定中である汚泥集中処理計画における基本事項を整理し、計画を進めるにあたっての課題を抽出する。さらにその意義に関する検討を行う。

### (2) 汚泥集中処理計画における危機管理の検討

汚泥集中処理計画に対し、地震時および平常時

におけるシステム面・構造面での危機管理に配慮した計画のあり方を検討する。

### (3) 汚泥集中処理計画における技術的検討

汚泥集中処理計画を事業化するにあたっての技術的検討課題として、高濃度消化汚泥の管路輸送および返流水処理等に関する課題について検討する。

### (4) 汚泥集中処理計画の事業化に向けた提言

上記の(1)~(3)の検討を踏まえ、汚泥集中処理計画の意義を検討し、事業化に向けた提言を行う。

検討のフローを図-1に示す。

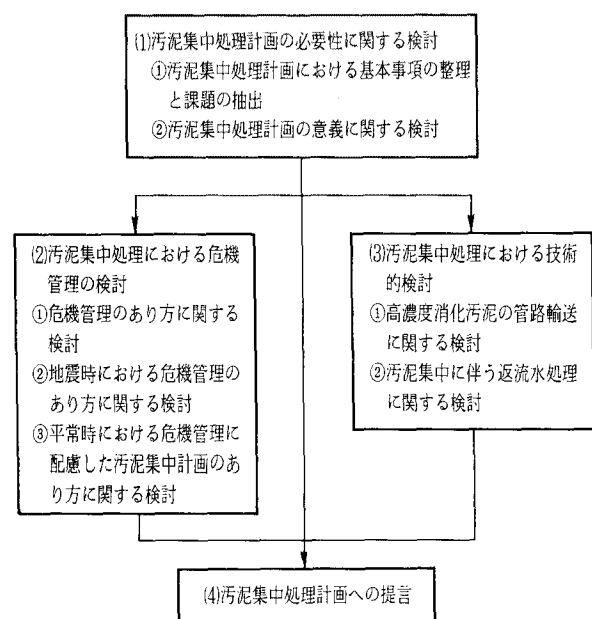


図-1 検討フロー

### 3. 研究結果

#### 3.1 汚泥集中処理計画の必要性に関する検討

##### 3.1.1 基本事項の整理と課題の抽出

###### (1) 汚泥集中処理の現状

平成4年度の調査によれば、全国で汚泥集中処理を行っている都市は、複数の処理場を有している126のうち、約70%にあたる83都市である。

また、第4次下水道整備五箇年計画に向けた審議会の答申において、広域的な汚泥の処理・処分の内容が示され、第6次下水道整備五箇年計画からエースプランとして事業化されている。

我が国の管路輸送の現状をみると、送泥量2万 $\text{m}^3$ /年を越える汚泥量の場合は、車両輸送ではなく、管路輸送が採用されている。

管路輸送の汚泥の固形物濃度は、我が国では1~2%程度であるが、海外の事例では3~7%、輸送距離も12kmに及ぶものもある。

###### (2) 汚泥集中処理の課題

汚泥集中処理の実施例から、課題・問題点として以下のようなものがあげられる。

###### ① 汚泥性状の変化と処理効率の低下

管路輸送に伴い、長時間嫌気状態に置かれるため、汚泥の沈降性が低下したり、腐敗に伴うガスが発生する。

###### ② 集中処理に伴う返流水処理

集中処理に伴い発生する返流水は水質濃度が

高く、難分解性の成分を含む。

###### ③ 非常時の対応策

集中化に伴い、震災などの非常時に対する対応策が問題となる。

#### 3.1.2 汚泥集中処理計画の意義に関する検討

##### (1) 大阪市における下水処理・汚泥処理の現状

大阪市では12の処理場で下水処理を、そのうち8の処理場で汚泥処理も行っている。汚泥処理施設を持たない市岡、千島の両下水処理場は津守処理場へ、今福処理場は放出処理場へ、十八条処理場は大野処理場へ、それぞれ発生汚泥を送泥している。

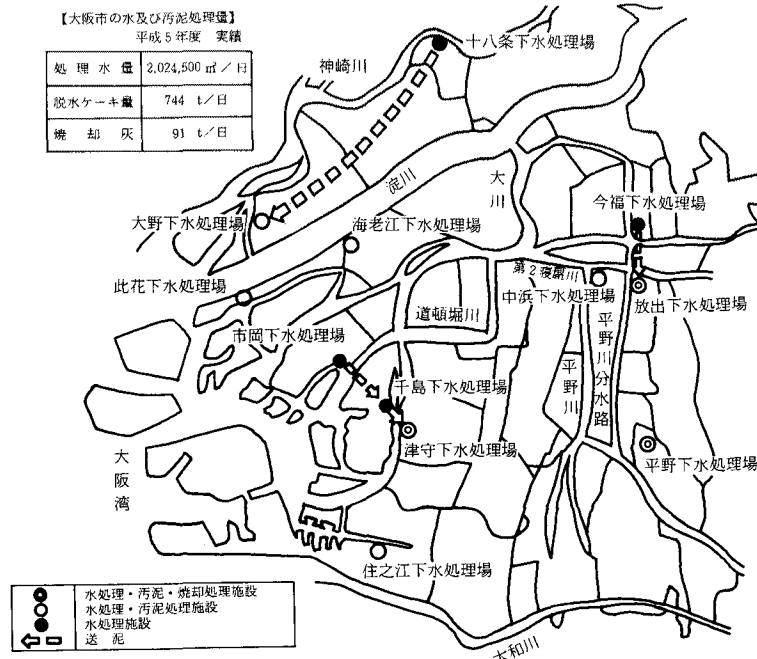
各処理場で発生した脱水ケーキは、津守、放出、平野の各下水処理場の焼却施設(1,200t/日)でその全量を焼却しており、焼却灰は大阪湾北港(南地区)、フェニックス(泉大津沖)に埋立処分している。処理場の位置、汚泥処理状況を図-2に示す。

##### (2) 舞洲スラッジセンター計画

###### 1) 集中処理における効果

本計画では、既存処理場の周辺に新たな用地を確保することは現実的に困難であるが、仮に用地を取得できた場合、この現況方式(現況の処理場で処理を行っていく方式)と集中方式の経済比較を行った。この結果、建設費、処理費共、集中処理方式が有利であるとの試算結果が得られた。

一例として建設費の比較を図-3に示す。



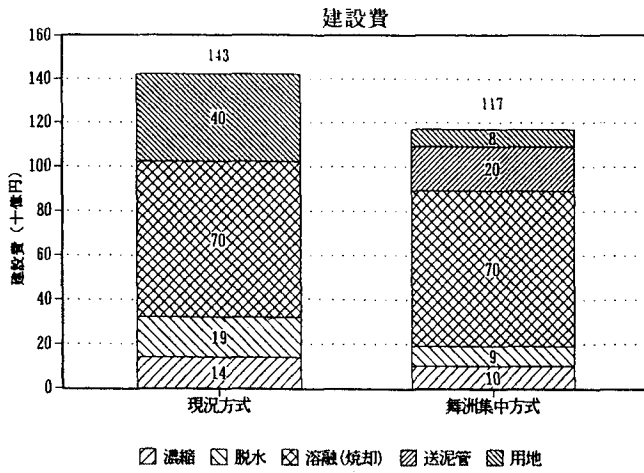


図-3 建設費の比較

2) 集中処理計画の比較検討

集中処理計画を検討する上で、既存の施設を活用しながら建設を進めるという制約条件を考慮し、3つのケースを選定して、比較検討を行った。

その結果、新設される夢洲下水処理場以外の汚泥を全て消化後、送泥し、舞洲、放出、平野の3処理場で脱水、溶融（あるいは焼却）するケース（以下“舞洲スラッジセンター計画”という）が経済性が高く、その他、維持管理性、緊急時の対応性、返流水の処理性等からも優れているとの結論を得た。

舞洲スラッジセンター計画の概要図を図-4に示す。

(3) 汚泥集中処理の意義

大阪市では21世紀中葉を展望した、新しいまち

づくりの指針として、『大阪市総合計画21』を策定している。これを受けて、新しい「水の都」の創造に向けての下水道計画、下水道基盤整備が求められている。本計画はその一環として、各処理場に分散している汚泥処理施設の集中化を目指すとするもので、次のような意義を持つものである。

- ① 清らかな水環境創出に向けての対応  
高度処理の導入と越流水負荷対策を推進するための用地の確保
- ② 老朽化施設の計画的な更新  
焼却炉等の大規模な施設更新のための新たな広い用地の確保
- ③ 環境対策の推進  
汚泥のトラック輸送廃止等、環境対策に配慮した輸送方法の確立
- ④ 資源有効利用の促進  
埋立地分地の延命化と焼却灰や溶融スラッグの有効利用によるリサイクル型社会形成への寄与
- ⑤ 下水汚泥量増加に対する対応  
高度処理、合流式下水道の改善に伴う下水汚泥増加に対応できる施設の構築

3.2 汚泥集中処理における危機管理の検討

3.2.1 危機管理のあり方

ここで対象とする危機は、地震、風水害、津波等の大規模な災害のうち、特に汚泥集中処理に対して最も甚大な被害を与える恐れのある地震をその代表として取り上げ、さらに平常時に起こりうる事故についても取り上げることとした。

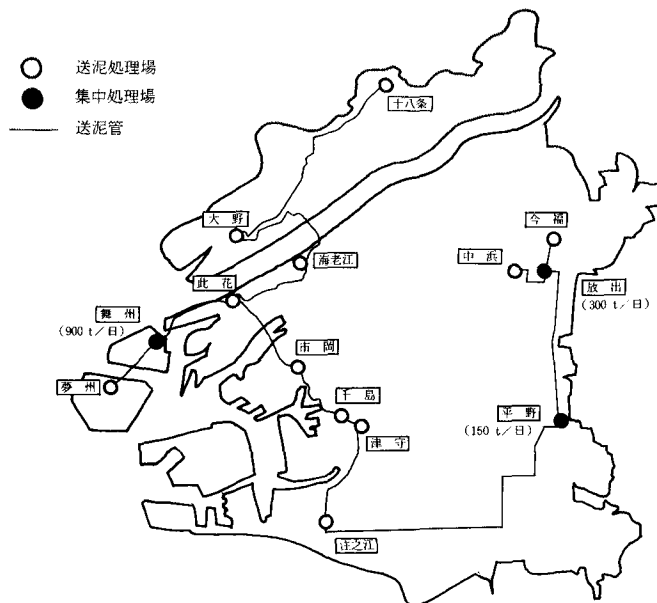


図-4 舞洲スラッジセンター計画概要図

### 3. 2. 2 地震に対する危機管理

これまでの震災事例をみると、構造物に対して十分な耐震設計がなされているならば、処理場施設が壊滅的な被害を受ける可能性は低く、また、今後建設される舞洲スラッジセンターについては、十分な耐震設計の実施が前提となっているため、ここでは送泥管に係わる危機と他のライフライン施設の被害が下水道に及ぼす影響を中心に対策を検討した。

#### (1) 汚泥集中処理システムにおける対策

##### 1) 一時貯留による対策

送泥ポンプ、送泥管の破損等により送泥できなくなった場合の対策として、送泥側処理場の水処理反応タンクあるいは最初沈殿池へ一時的に貯留する。

##### 2) 船舶による汚泥緊急輸送・処分による対策

送泥側および受泥側での対策として、大阪市および民間で多数保有している船舶を活用して汚泥緊急輸送・処分を行う。特に集中処理場である舞洲スラッジセンターでは、臨海部に位置するという立地特性を活かせる。なお、この場合、輸送される脱水ケーキは消化プロセスを経ており、安定化しているため輸送、処分上有利である。

##### 3) 送泥管ネットワークによる対策

送泥管の破損を想定して、将来的にバイパスルートを設け、ネットワークの強化（ループ化）を図る。送泥ルートの液状化については、大阪市防災会議で作成された液状化マップに照らし合わせて、危険箇所の検討を行った。

##### 4) ユーティリティ対策

プラント用水、燃料、薬品などの機械設備、電気設備についても2重化や予備の設置による対策を講ずる。

##### 5) 情報管理システムにおける対策

監視制御システムについては、広域ネットワーク化と得られた情報を一元管理するシステムの構築を図る。

#### (2) 構造面における対策

##### 1) 管路施設における対策

液状化マップにおいて危険性の高いルートについては、適正な管渠の埋戻しや伸縮継ぎ手の設置による対策を講ずる。

##### 2) 新設構造物における対策

新設の土木・建築構造物については建設省より指針、通達が通知されており、これらにしたがった十分な耐震設計と適切なエキスパンションジョイントの設置による耐震性能の向上を図

る。

### 3. 2. 3 平常時の危機管理

大阪市をはじめ他都市の平常時の事故事例調査から①硫化水素に起因するとみられる送泥管や電気機械設備の腐食、②道路掘削等、他の事故による管の損傷、③ガス溜まりによる送泥不能、閉塞があげられる。

このうち、②は他の事業との連絡調整を図り、万全を期す必要があるが、これは地震時に被災した場合の対応と同様であると考えられ、また、③は後述する発生ガスの対策で述べることにし、ここでは①について言及する。

本集中処理計画では、一部を除いて消化汚泥を送泥するため、硫化水素による腐食の恐れは少ないと考えられるが、万全を期すため、既設送泥管については塩化第二鉄等の薬品添加、新設送泥管については内面あるいは外面ライニング管の使用による対策を講ずることとする。

### 3. 3 汚泥集中処理における技術的検討

#### 3. 3. 1 高濃度消化汚泥の管路輸送に関する検討

##### (1) 圧力損失の予測

摩擦損失水頭の算出方法としては、経験的計算法やヘーゼン・ウィリアムズ式から求めるのが一般的であるが、本計画では高濃度消化汚泥を対象としているため、実験管路を設けて水理実験を行い、圧力損失式を求めた。

実験による予測式を以下に示す。

##### ① 層流の場合

$$H_f = 1.27 \times \mu_{PT}^{0.882} \times \frac{L}{\rho \times g} \times \left[ \frac{8}{D} \right]^{n \cdot 1.11} \times V^{n \cdot 1.11}$$

$H_f$  : 摩擦損失水頭 (m)

$V$  : 平均流速 (m/s)

$D$  : 管径 (m)

$L$  : 管路延長 (m)

$\mu_{PT}$  : T°Cにおける擬塑性粘性係数

$n$  : 擬塑性粘性指数

$\rho$  : 液体の密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

##### ② 乱流の場合

$$H_f = \frac{a}{2g} \times \left[ \frac{\mu_{PT}}{\rho} \right] \times L \times \frac{8^{b \cdot n - b}}{D^{b \cdot n + 1}} \times V^{2 \cdot b \cdot (2 - n)}$$

$$a = 0.246 \times 10^{-3} \times \left[ \frac{\epsilon \times F}{D} \right]^{-0.780}$$

$$b = 0.889 \times 10^{-3} \times (\epsilon \times F)^{-0.521}$$

$\epsilon$  : 絶対粗度 (m)

- (a) 清水の場合  $F = 1$
- (b) 消化汚泥の場合  $F = n^{995 \times \epsilon^{0.656}}$
- (c) 濃縮汚泥の場合  $F = n^{1024 \times \epsilon^{0.654}}$

(a) 消化汚泥の場合

$$\mu_{PT} = \mu_{P20} \times (0.742 \times \mu_{P20}^{0.479} + 2.38) / T^{(0.083 \times \mu_{P20}^{0.489} + 0.29)}$$

$$\mu_{P20} = 0.041 \times e^{0.959 \times c}$$

$$n = 0.521 \times e^{-0.102 \times c}$$

(b) 濃縮汚泥の場合

$$\mu_{PT} = \mu_{P20} \times (0.260 \times \mu_{P20}^{2.32} + 2.38) / T^{(0.032 \times \mu_{P20}^{2.03} + 0.29)}$$

$$\mu_{P20} = 0.039 \times e^{0.927 \times c}$$

$$n = 0.586 \times e^{-0.137 \times c}$$

(2) 消化汚泥からの発生ガスへの対策

1) 可燃性ガスについて

生汚泥からのメタン発生量は消化日数が10日程で極端に減少し、また消化温度が高い程、発生日数が短くなる。本計画では50°Cの高温で消化することから、その後の発生ガスは少ないと考えられるが、安全を期すため、発生ガス量を測定する実験を行った。

実験は50°Cで高温消化した汚泥を、送泥中の温度低下を考慮して30°C、45°Cに保持し、発生ガス量を測定した。その結果、滞留時間89時間で、単位汚泥当たり最大200cc/lのガスが発生した。一般的に発生量は、10,000cc/lといわれているので、量としては少ないが、連続的な送泥により、曲部上部等にガスが滞留して、通水障害を引き起こすことも考えられる。

したがって、送泥管における対策としては、下水道用空気弁を火気のない凸部に設置する。また受泥施設における対策としては、必要に応じて、消火・警報設備および防爆装置付き電気機器の設置などの措置を講ずることとする。

2) 硫化水素について

消化ガス中の硫化水素は一般に、200~800 mg/lといわれ、ガス事業法、労働安全衛生法

で定められている規定濃度より、かなり高くなることも予想されるため、消化ガスの漏洩防止に努めるとともに、屋内換気に留意しなければならない。

臭気については、消化汚泥のため比較的弱いと考えられるが、必要に応じて臭気防止の設備の設置や施設の覆蓋化を進める。

3. 3. 2 汚泥集中に伴う返流水処理に関する検討

(1) 返流水処理の現状と課題

返流水は一般的にCODを主体とした難分解性物質、高濃度窒素・リンを含んでおり、汚泥集中処理においては水量も多量となり、何らかの対策が必要となる。汚泥集中処理の実施都市でも生物学的処理法を中心とした処理法で対処している。

(2) 返流水水質と目標処理水質

舞洲スラッジセンターからの返流水は此花処理場に送る計画であるが、これを返流しない場合(計画流入水質)と、する場合の此花処理場の流入水質は表-1のように予測される。

返流水処理目標水質は、計画流入下水水質と同程度とし、現行標準処理および高度処理導入時に水処理施設の処理効果に支障を及ぼさないようにする。

(3) 返流水の処理技術

1) 返流水の処理技術の開発状況

窒素、溶解性有機物の除去方法としては生物学的処理を主体としている事例が多く、比較的高濃度の窒素の処理法としては循環法および包括固定循環法が採用されている。

一方、物理化学的処理法としては、主にリン、溶解性有機物除去を対象として、凝集沈殿法、活性炭吸着法、各種酸化法、MAP法などがあげられる。

集中する汚泥性状の違いはあるが、多量の返流水が発生するという意味で本計画と比較的類似する事例として横浜市南部汚泥センターでの返流水処理があり、ここでは循環法を用いている。

2) 返流水処理の検討

表-1 此花処理場の返流水を考慮した流入水質

区 分	BOD mg/l	S S mg/l	COD mg/l	T-N mg/l	T-P mg/l
計画流入水質	150	100	100	40	4.0
返流水を考慮した流入水質	146	107	110	76	4.3

返流水処理では、発生処理場で所定の水質まで下げる単独処理と、複数の送泥元の処理場へ返流する接分処理が考えられるが、ここでは汚濁物質の削減および返流に係る経済性、危機管理の面から単独処理が望ましい。

処理フローは、処理対象水質項目に汎用性の高い生物学的処理法を基本とすることが望まれる。特に、舞洲スラッジセンターでは返流水のT-N濃度が高いことから、T-N除去を中心に処理フローを構築すべきと考えられる。

### 3.4 汚泥集中処理計画の事業化への提言

#### 3.4.1 危機管理に関する提言

大阪市の汚泥集中計画は嫌気性消化までを既存処理場で行い、消化汚泥を舞洲スラッジセンターと他の2ヶ所の処理場で、脱水、焼却・熔融を行うもので、効率処理を実現するための機能集中と危機回避のための危険分散の両面に配慮した計画である。

また将来構想においても、危機管理の見地から舞洲を含めて2ヶ所で汚泥集中処理を行うことは妥当と考えられる。

しかしながら、本計画においては、さらに次のような対策を行い、より安全なシステムを構築することが望まれる。

#### (1) 汚泥集中処理システムにおける対策

汚泥集中処理システム内の個別のプロセスが被害を受け、運転停止となった場合においても、根幹的な処理機能が維持できるように、以下に示す対策等を実施することが望ましい。

- ① 一時貯留・緊急処分システム
- ② 船舶による汚泥の緊急輸送
- ③ 送泥管ネットワーク
- ④ 適正な非常時対策

#### (2) 構造面における対策

液状化が懸念される処理場および送泥管ルートにおいては伸縮可とう継ぎ手の設置や管廊、大規模雨水幹線等への収容を図り、舞洲スラッジセンターをはじめとする新設構造物については、各種の指針通達等を踏まえた適切な耐震設計が望まれ

る。

#### (3) 平常時の事故対策

平常時の事故対策は送泥管の腐食について対策を講ずる。既設送泥管については薬品添加等による硫化水素発生防止対策を、新設送泥管についてはライニング管の採用等の対策が望まれる。

#### 3.4.2 技術的課題に関する提言

##### (1) 高濃度消化汚泥の輸送に関して

高濃度消化汚泥の輸送に関しては、長距離輸送部において高揚程のポンプが必要となるので、実験結果に基づく適切なポンプ揚程・仕様の設定が望まれる。

送泥管中で発生するガスについては、通水障害を引き起こす可能性があり、また、可燃性のメタンを含むため、ガスの発生そのものを抑制する措置、あるいは安全な排出方法の採用が望まれる。

##### (2) 返流水処理に関して

返流水処理は、単独による前処理によって所定の目標水質まで下げることを目指し、処理方法は生物学処理を基本に処理フローを構築することが望まれる。

## 4. まとめ

### 4.1 まとめ

本調査は、大阪市汚泥集中処理計画を大規模プロジェクト委員会の下、当該分野の専門家による検討部会を設置して、本計画の意義、必要性について検討した。さらに、先般の兵庫県南部地震等の大震災に対しての汚泥集中処理における危機管理、あるいは汚泥輸送や返流水処理に関する技術的検討を行い、事業化に向けた提言を行った。

### 4.2 今後の課題

本報告書は、長期にわたる汚泥集中処理計画に対しての基本的な考え方、方向性を示すものである。したがって、今後、本計画の細部については、本調査に基づいた検討がなされ、汚泥集中事業が推進されることを切望する。

#### ● この調査に関する問い合わせは

研究第一部長

佐藤 和明

研究第一部主任研究員

関根 富明

研究第一研究員

井上 茂治