

図3-5 神戸市の事例（排水調整池水を下水放流）

### 3.3.3 海外事例調査

平成16年度に実施された「e-Waterプロジェクトに係わる海外水道技術視察調査」ではオーストラリアで5ヶ所の浄水場と1ヶ所の研究所、シンガポールで1ヶ所の浄水場の視察調査を行った。調査した6ヶ所の浄水場に対し排水処理に関する調査を行った結果、上下水道排水一体化処理を行っている事例が見られたため、海外での上下水道排水一体化処理の実施事例として調査結果を示す。

調査を行った全6ヶ所の浄水場のうち、オーストラリアで1ヶ所の浄水場を除いて、上下水道排水一体化処理を実施していた。

#### (1) ウイニケ浄水場（オーストラリア）

凝集沈殿+砂ろ過という日本の急速ろ過とほぼ同様の処理システムを採用する浄水場である。排水処理は、排水池2池、汚泥濃縮槽3槽からなり、濃縮槽からの引き抜き汚泥は2%まで濃縮し、300mmの送泥管によって下水処理場へ送られている。導入の経緯については定かではないが、海外調査事例の中で、汚水としてではなく、汚泥として下水放流を行っている唯一の例である。

#### (2) サンドハースト浄水場（オーストラリア）

オーストラリアで1998年に始められたAQUA2000プロジェクトによって建設された浄水場で、浄水処理方式に浸漬型のMF膜処理設備を採用している。浄水場からの排水には膜処理設備および生物活性炭処理設備からの逆洗排水と膜の薬品（CIP）洗浄排水がある。逆洗排水はシックナーで上澄み水と汚泥が分離され、上澄み水は原水流入ラインへ返送され、汚泥は天日乾燥床へ送られた後、埋立てなどで処分されている。薬品洗浄排水には低濃度のCIP洗浄排水と高濃度のCIP排水があり、このうち高濃度のCIP排水が中和処理された後、下水放流されている。低濃度のCIP洗浄排水は中和処理された後、逆洗排水のリカバリーシステムへ送られ、回収水として利用されている。

#### (3) キャッスルメイン浄水場（オーストラリア）

サンドハースト浄水場と同様にオーストラリアで1998年に始められたAQUA2000プロジェクトによって建設された浄水場で、浄水処理方式に加圧型のMF膜の設備を採用している。

（4）ワンネルー浄水場（オーストラリア）

地下水を原水とする浄水場で、浄水処理にイオン交換樹脂を使用しているなど珍しい浄水場である。イオン交換樹脂は強塩基性のもので地下水に含まれるDOCを除去するために用いられている。このイオン交換樹脂の再生には塩化ナトリウムが使用されており、再生液中のDOCや硫酸イオンの濃度が所定値に達した地点で廃棄処分されている。再生廃液は下水放流ではなく、トラックやタンカーで下水処理場へ運ばれている。そこで再生廃液は下水処理場の二次処理水で少なくとも2000倍以上で希釈された後、沖合い4km、深さ20mの地点に放流されている。

（5）ニューウォーター克蘭ジ浄水場（オシンガポール）

膜処理設備を有する浄水場で、浸漬型のMF膜とRO膜の設備を有している。ニューウォーター克蘭ジ浄水場は下水二次処理水の再生を目的として建設された浄水場で、下水処理場と同一敷地内に建設されている。そのため、一体化処理を実施する上で地理的な面での容易さもあり、浄水場からの排水はMF膜の逆洗排水だけでなく薬品洗浄排水についても下水処理場へ放流されている。ただし、RO膜については物理洗浄は行っておらず、薬品洗浄排水のみが排水として発生し、その排水は海中へ放流されている。下水処理場（処理能力：151,000m<sup>3</sup>/日）へ放流された排水は処理場の原水ラインへ送られ、下水とともに生物処理がなされている。薬品洗浄排水の流入による生物処理への影響はこれまでのところ見られていないようである。

### 3.4 関係法令

浄水場から排出される排水の処理及び処分に関しては、「循環型社会形成推進基本法」や「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」、「水質汚濁防止法」、「下水道法」などの制約を受ける。従って、排水処理施設の計画及び設計にあたっては、これらの関係法令に十分留意することが必要である。

「循環型社会形成推進基本法」では、廃棄物のうち有用なものを循環資源ととらえ、できる限りの循環利用を促進し、天然資源の消費の抑制、環境への負荷の低減に努めることがうたわれている。循環的な利用ができない循環資源については、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に従って、適正な処理、処分を行う必要がある。本法律は廃棄物処理に関する基本的事項を定めたものであり、廃棄物の区分や処理責任などが規定されている。

排水処理施設からの排水を公共用水域へ排出する場合には「水質汚濁防止法」の適用を受け排水基準を遵守する必要がある。また、一体化処理を下水放流によって行う場合には、「下水道法」の適用を受け、規制に従った適正な使用を行う必要がある。

上下水道排水一体化処理に係る法令を図3-6に整理する。

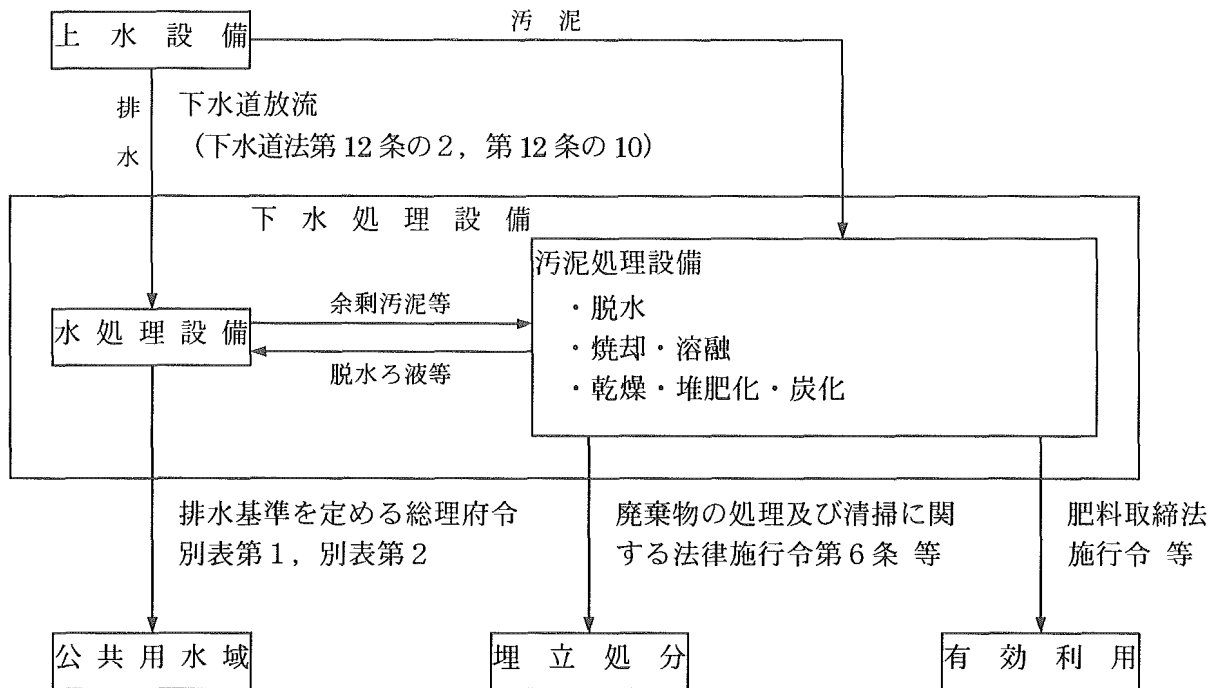


図3-6 上下水道排水一体化処理の関連法令

### 3.5 経済性の検討

浄水場にて発生する排水の処理方式について、各処理場毎に排水処理施設を設ける場合と、排水を濃縮し汚泥として下水汚泥処理施設へ送泥する、もしくは排水として下水道へ放流し、上下水道排水一体化処理を実施する場合の比較を行い、経済性の検討を行った。

#### 3.5.1 経済性検討手法

検討は下記手順にて行った。

- 手順① 検討施設の条件を決定
- ↓
- 手順② 検討する排水処理施設を決定
- ↓
- 手順③ 各ケースの建設費と維持管理費を算出
- ↓
- 手順④ 建設費と維持管理費の合計を比較

手順① 1日浄水量、処理水質等の条件を決定する。

手順② 排水処理施設のモデルを数ケースに分類して作成する。

手順③ 施設検討結果から、機械・電気・土木・建築工事費を算出し、施設

の建設費とする。また、年間の維持管理費についても算出する。

手順④ 個別処理の場合に設置する脱水施設の耐用年数を20年と仮定し、建設費と20年間分の維持管理費の合計にて、各ケースの経済性比較を行う。また、各ケースについて、施設を新設する場合と更新（既設設備の利用）する場合についても併せて比較を行う。尚、一般的な浄水場の機械・電気設備は耐用年数を15～20年程度とし設計されるため、今回の比較においては維持管理費20年間分の合計を比較に用いるものとする。

尚、本検討においては、下水処理場側の処理能力に余裕があるものとし、下水処理場側で新たな設備投資は必要ないものとした。

### 3.5.2 設計諸元

検討する浄水場の諸元については、下記（1）、（2）とする。

#### （1）概要

浄水場の取水源は河川表流水とし、凝集沈澱池及び急速ろ過池により固液分離し、消毒・配水する施設とする。設備、機器の詳細については、添付資料-3を参照。

#### （2）諸元

- |             |   |
|-------------|---|
| 1)原水の種類     | : 河川表流水   |
| 2)処理水量      | : $Q = 50,000\text{m}^3/\text{d}$   |
| 3)濁度        | : (平均)10度 (高濁)40度   |
| 4)SS換算率     | : 1.4   |
| 5)PAC注入率    | : (平均)15 (高濁)30   |
| 6)平均発生固形物量  | : $S_1 = Q (T \cdot E_1 + C \cdot A \cdot E_2) \times 10^{-6}$<br>$= 50,000 \times (10 \times 1.4 + 15 \times 0.1 \times 1.53) \times 10^{-6} = 0.815\text{t/d}$<br>$S$ : 計画処理固形物量 (t/dの乾燥重量)<br>$Q$ : 計画浄水量( $\text{m}^3/\text{d}$ )<br>$T$ : 計画原水濁度(度)<br>$E_1$ : SS換算率(濁度と浮遊物質(SS)との換算率)<br>$C$ : PAC注入率( $\text{g}/\text{m}^3$ )<br>$A$ : PAC中の酸化アルミニウム $[\text{Al}_2\text{O}_3]$ の比率=0.1<br>$E_2$ : $\text{Al}_2\text{O}_3$ から水酸化アルミニウム $[2\text{Al}(\text{OH})_3]$ への換算係数<br>$= 1.53$ |
| 7)高濁時発生固形物量 | : $S_2 = Q (T \cdot E_1 + C \cdot A \cdot E_2) \times 10^{-6}$<br>$= 50,000 \times (40 \times 1.4 + 1.53 \times 0.1 \times 30) \times 10^{-6} = 3.015\text{t/d}$  |
| 8)沈殿池排泥濃度   | : (平均)0.5% (高濁)1.0%   |
| 9)濃縮槽引抜濃度   | : (平均)2.0% (高濁)3.5%   |
| 10)脱水ケーキ含水率 | : 65%   |

11) 運転時間	:	調整濃縮施設機械設備	7日/週
			24時間/日
		脱水機械設備	5日/週
		(平均)	7時間/日
		(高濁)	24時間
12) ケーキ貯留日数	:	5日	
13) 脱水処理固形物量	:	(平均) $T_s=0.815 \times 7/5=1.141\text{t/d}$	
		(高濁) $T_K=3.015 \times 7/5=4.221\text{t/d}$	

\*SS換算率は通常、水質実験により決定するが、本検討では上記仮定値を採用する。

### 3.5.3 施設の新設及び更新時における経済性比較

結果を表3-6、図3-7に示す。

比較検討を行ったケースの中で、上水汚泥を配管にて送泥するケース2-1が最もコスト的に有利となった。また、上水排水を個別処理し、脱水ケーキを産業廃棄物処理するケース1-1はコスト的に最も不利となった。総じて、本検討においては、一体化処理が個別処理よりもコスト的に有利であると言える。

上水排水を個別処理し、脱水ケーキを有効利用するケース1-2は、脱水ケーキを産業廃棄物処理するケース1-1よりも約9%コスト低減が可能である。また、ケース1-2は、一体化処理する場合で、汚泥をトラックにて輸送するケース2-2よりもコスト的に有利であるという結果となった。

汚泥をトラックにて下水汚泥処理設備へ送泥するケース2-2は一体化処理の中で最もコストが高い結果となった。これは汚泥の配管輸送に比べ、トラック輸送費の負担が大きいため、一体化処理+産業廃棄物処理のケース1-1に比べて約7%程度しかコスト低減できなかった。

沈殿池スラッジとろ過池洗浄排水を濃縮せず排水として下水道へ放流するケース3-1、3-2については、個別処理を行うケース1-1よりも15~18%のコスト低減が可能であった。

設備更新時に一体化処理を導入する場合、既設機器を流用することで、コスト低減が可能であるが、排水を濃縮し、汚泥として下水汚泥処理設備へ送泥するケース2-1、2-2については、流用可能機器が少なく、新設時に対しての更新によるコスト低減はほとんどなかった。

表3-6 比較まとめ

（単位：百万円）

概要	ケース1-1	ケース1-2	ケース2-1	ケース2-2	ケース3-1	ケース3-2	
	個別処理		上下水道排水一体化処理				
	ケーキ投棄	ケーキ有効利用	汚泥送泥 (配管輸送)	汚泥送泥 (トラック輸送)	排水放流 (排水池、排泥池有)	排水放流 (排水池、排泥池無)	
建設費 (更新時)	2,041 (2,041)	2,041 (2,041)	948 ( 932 )	852 ( 852 )	586 ( 342 )	550 ( 80 )	
維持管理費 (20年間)	電気代	80	80	72	68	78	22
	脱水機消耗品費	38	38	-	-	-	-
	ケーキ処分費	170	-	-	-	-	-
	スラッジ輸送費	-	-	-	759	-	-
	下水道使用料	-	-	100千円/t-DS		基本料+16円/m <sup>3</sup> +水質使用料	
				595	595	1,505	1,505
	人件費	200	200	80	80	20	20
脱水ケーキ売却 による収益	-	10円/kg-DS 60	-	-	-	-	
合計 (更新時)	2,529 (2,529)	2,299 (2,299)	1,695 (1,679)	2,354 (2,354)	2,189 (1,945)	2,097 (1,627)	
ケース1との比率(% (更新時)	100 ( 100 )	91 ( 91 )	67 ( 66 )	93 ( 93 )	87 ( 77 )	83 ( 64 )	

\* ( )内は設備更新時の費用を示す。尚、更新の場合は既設土木槽及びポンプを移送汚泥・排水貯留槽、汚泥・排水移送ポンプとして利用できるものとして算出した。

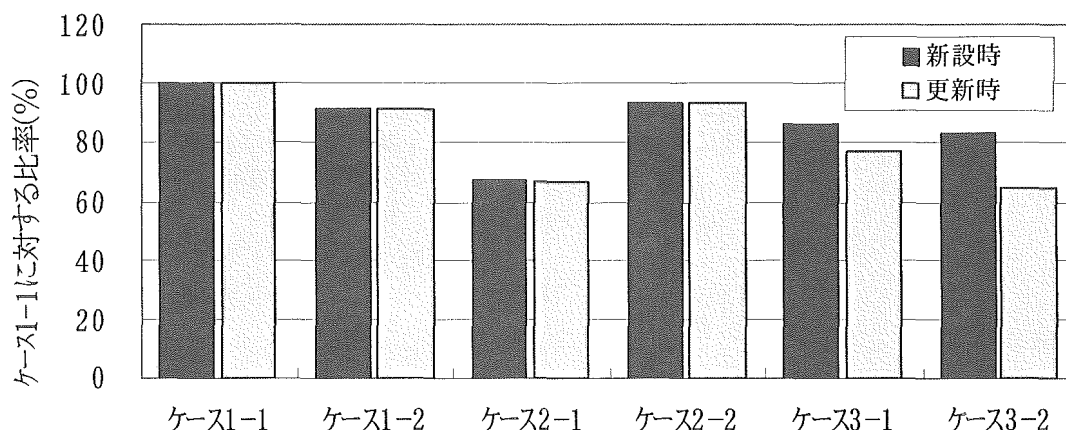


図3-7 ケース1-1に対する各ケースの比率

### 3.6 課題と対策

実施のうえでの課題と対策を表3-7に示す。上水汚泥の送泥に関しては、汚泥濃縮性の低下が懸念される冬季の汚泥濃度を考慮し、設備の設計を行う必要がある。また、上下水道排水一体化処理により、下水処理施設での汚泥脱水性は、一般に向上することが期待される。目的とする汚泥含水率まで脱水するのに必要な薬液注入量は削減できる可能性があるため、汚泥脱水性を定期的に確認することが望ましい。

しかし、導入事例が少ないため、対策については一般的な内容となっており、導入を検討する段階で、実験等により上水汚泥が下水処理、下水汚泥の処理に与える影響を把握しておき、具体的な対策を検討しておくことが望ましい。

表3-7 上下水道排水一体化処理の課題と対策

分野	方式	課題	対策
上水道	排水	<ul style="list-style-type: none"> <li>・汚泥の沈降</li> <li>・排出負荷変動による下水処理への影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・攪拌機を設ける</li> <li>・排出負荷を平準化する</li> <li>・平準化を確認できる設備（濁度計等）の設置や記録の保存を図る</li> <li>・場合によっては、調整池を設ける</li> </ul>
	送泥	<ul style="list-style-type: none"> <li>・汚泥性状の変化や汚泥濃縮性の季節変動による汚泥移送量の変化、調整・移送能力の不足</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポンプ能力に余裕をもたせる</li> <li>・適切な濃度管理を行う</li> <li>・場合によっては、調整池を設ける</li> </ul>
分野	目的・操作	課題	対策
下水道	輸送	<ul style="list-style-type: none"> <li>・管渠、ポンプ場での堆積、閉塞</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・適切な濃度管理</li> <li>・沈砂池での適切な除砂設備の運転</li> </ul>
	水処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・反応タンク生物活性、処理性に与える影響</li> <li>・消化活性、処理性に与える影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生物活性の低下が見られたときは負荷を検討する</li> <li>・流入原水の水質管理</li> <li>・消化率、発生ガス等消化活性の低下が見られたときは負荷を検討する</li> </ul>
	汚泥処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・脱水性に与える影響</li> <li>・乾燥、堆肥化、炭化、焼却、溶融などの運転に与える影響</li> <li>・有効利用の場合、製品に与える影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・適切な負荷を検討する</li> <li>・脱水性の良好な場合は、薬液注入量を減らす</li> <li>・適切な上水汚泥混合比にする</li> <li>・流入原水の水質管理</li> </ul>

### 3.7 環境影響評価

環境影響を評価する一つの手法として「費用便益分析」、被害算定型統合化係数－環境影響統合化手法（LIME）、LCAなどが知られているが、ここでは上下水道排水一体化処理に関するLC-CO<sub>2</sub>の試算を行った。

LCAの手法等の詳細を示すことを目的とはしていないため、下記の検討例は汚泥処理等における個別の計算例を参考に、「3.5 経済性の検討」に示す施設に当てはめた試算であるが、設備廃棄時のCO<sub>2</sub>排出量は含んでおらず、また、厳密な条件設定はしていないため、実際の一体化効果の検討に当たっては設備仕様の詳細等を反映したものとする必要がある。

#### （1）検討ケース

設備条件は「3.5 経済性の検討」における設備費検討ケースと同じとするが、大前提として、既存の上水処理場と下水処理場に一体化処理を導入することとし、比較対象

はケース1-1（個別処理，条件A）とケース3（一体化・排水放流，）の比較とし，下水処理側としては比較的小規模な下水処理場での汚泥処理として「遠心濃縮＋ベルトプレス」（脱水ケーキ処分，条件B）と大規模下水処理場での「遠心濃縮＋消化発電＋焼却」（条件C）の各システムを想定する。それぞれのケース，条件に対し，対象設備を既存上下水道設備からの更新ケースと，すべて新設するケースについて検討する。

### （2）CO<sub>2</sub>排出量計算手法

- ①一体化処理に伴い新規に導入する設備は平成14年度環境調和型水処理技術ガイドライン調査報告書（平成15年3月，経済産業省）にて提案されているCO<sub>2</sub>排出量計算式による。
- ②上水側設備の運転費関係は，同じく平成14年度環境調和型水処理技術ガイドライン調査報告書（平成15年3月，経済産業省）にて提案されているCO<sub>2</sub>排出量計算式による。
- ③ケース1-1における上水汚泥処分に係るCO<sub>2</sub>排出量は，脱水汚泥のトラック輸送に伴うCO<sub>2</sub>排出量とし，原単位は「輸送機関別二酸化炭素排出量原単位（平成13年度）」（国土交通省）による。輸送距離は30kmと想定した。
- ④一体化処理に伴う下水処理場での汚泥処理増加分のCO<sub>2</sub>排出量は，経済産業省「平成14年度環境調和型水処理技術ガイドライン調査報告書」の汚泥処理単位プロセス毎の原単位を使用して，一体化処理に伴う増分のみ計算した。
- ⑤条件A及びBにおける汚泥，ならびに条件Cにおける焼却灰の最終処分に係るCO<sub>2</sub>排出量の比較については，最終処分に係るCO<sub>2</sub>排出量試算例の報告例もあるが，最終処分場の立地等の個別的な条件による変動が大きいと思われるため，ここでは検討範囲外とした。すなわち，ここでは一体化処理導入に伴い設備ならびに運用上変更となる部分のみのCO<sub>2</sub>排出量を比較検討することとする。したがって，試算結果は設備全体での排出量を示すものではない。

### （3）試算結果

試算を行ったケースについての条件を表3-8に示す。また，浄水場の汚泥処理施設を更新する場合と新設する場合についての試算結果を表3-9に示す。

更新時の試算結果では，一体化処理に伴いケースBで20年間のCO<sub>2</sub>発生量が個別処理より減少するが，ケースCでは個別処理であるAより大きくなる。これはケースCでは汚泥を消化・脱水・焼却まで行うことにより，原単位が大きくなっているためである。また，上水側では当然のことながらCO<sub>2</sub>排出量は減少しているが，管路による下水側への送水のための電力消費が意外と大きく，CO<sub>2</sub>発生量の減少にあまり寄与していない。

なお，いずれのケースでも最終処分場への処分に伴うCO<sub>2</sub>排出量は含まれていないが，ケースCでは消化汚泥を焼却するため処分場への排出量が減少し，最終処分場でのCO<sub>2</sub>負荷は個別処理より小さくなる。

設備を新設する場合では，ケース1～3すべてにおいてケースB，Cとも個別処理よりCO<sub>2</sub>排出量は減少するという結果になった。



表3-8 LCA (CO<sub>2</sub>) 比較ケース

条件	A (個別処理)	B (下水で消化無)	C (下水で消化有)
上水側	原水 : 河川表流水 浄水方法 : 凝集沈澱池+急速ろ過 処理水量 : Q 50,000m <sup>3</sup> /d 濁度 : 平均 10 度 (SS 換算率 1.4) PAC 注入率 : 平均 15mg/L (高濁)30mg/L 固形物発生量 : 0.815t/d, ケーキ含水率 65%		
	排水池+排泥池→濃縮槽→給泥槽→加圧脱水機→ケーキホッパ→産廃 (輸送距離 30km)	排水池+排泥池→排泥池排水貯留槽→下水管へ放流	
下水側	500,000m <sup>3</sup> /日規模の都市下水処理場		
	ベース	遠心濃縮+ベルトプレス+脱水ケーキ処分 脱水ケーキの輸送分は含まず	遠心濃縮+消化発電+遠心脱水+焼却 焼却後の処分, 有効利用は含まず

表3-9 LCA (CO<sub>2</sub>) 試算結果 (%表示以外の数値は t-CO<sub>2</sub>/20 年)

		更新時			新設時		
		A	B	C	A	B	C
上水側条件		個別処理	一体化処理	一体化処理	個別処理	一体化処理	一体化処理
下水側条件		ベース	消化無	消化有	ベース	消化無	消化有
上水側	建設時	0	33	33	1,142	353	353
	運用時	3,402	2,980	2,980	3,402	2,980	2,980
	汚泥運搬時	63	0	0	63	0	0
下水汚泥処分増分		0	300	746	0	300	746
合計		3,465	3,313	3,759	4,607	3,633	4,079
Aとの差 (A-BまたはC)		-	152	-294	-	974	528
比率 (A=100%)		100%	95.6%	108.5%	100%	78.9%	88.5%

なお、計算根拠等については添付資料-4参照。

### 3.8 まとめ

3.1~3.7までの研究結果は、図3-8に示す上下水道排水一体化処理導入の検討フローとしてまとめることができる。

検討にあたっては、実施の目的を明確にした上で、各種条件を整理していくことが必要である。

特に、受入側となる下水道事業の状況を十分に把握した上で、経済性や技術的な課題と対策を検討し、環境影響評価とともに導入を検討していく必要がある。

なお、状況によっては、必ずしもこのフローの順番どおりに検討を進める必要はなく、導入可否の判断に影響が大きいと考えられる項目から検討を行うことも考えられる。

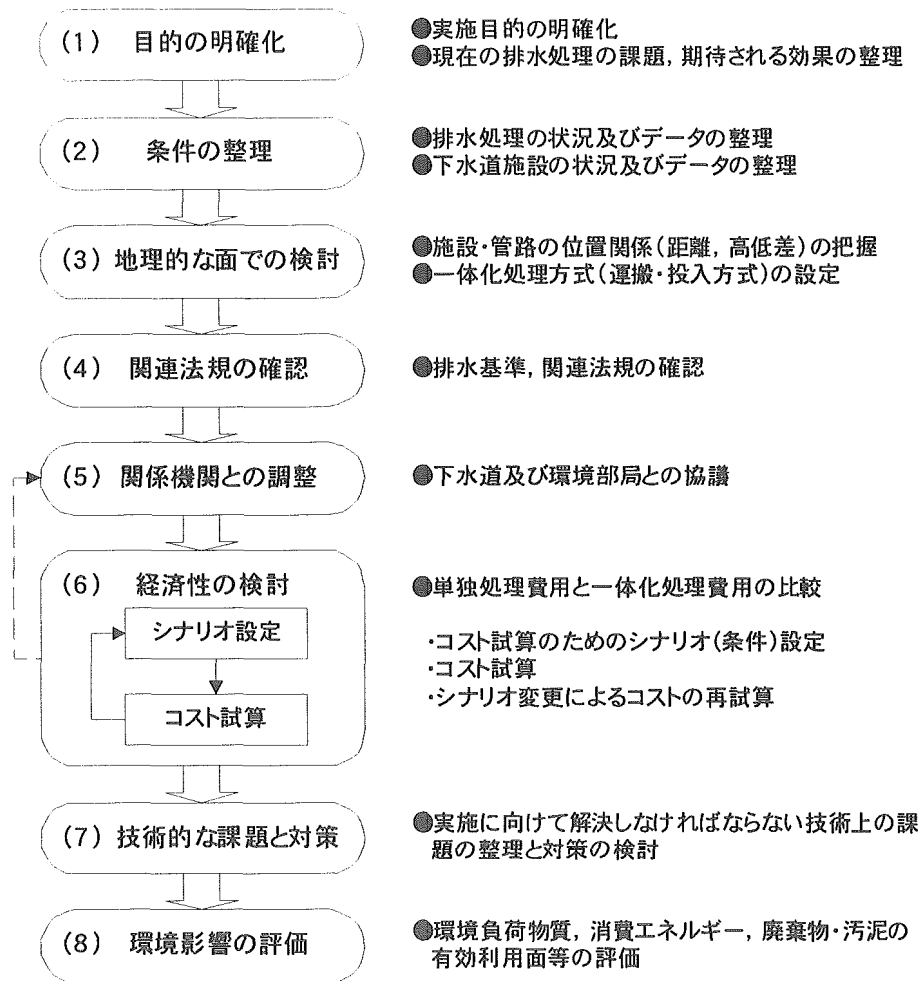


図3-8 上下水道排水一体化処理導入の検討フロー

#### 4. その他の成果

第56回全国水道研究発表会に「上下水道排水一体化処理導入における経済性の評価」の題名で発表申し込みを行った。

以上

## 文献検索まとめ

### 【検索方法】

JOIS のデータベース JICST より検索

JICST；1975年4月以降の科学技術（医学を含む）全分野に関する世界50数か国の情報を含む。収録文献数は約1,468万件。

①A～Fの検索式にて、延べ147件のタイトルを抽出。他のキーワードによる検索を行っても新たなものはほとんど無いと判断した。

検索式A 検索語；"上水汚泥"（94件）×"下水汚泥"（5155件）＝19件

検索式B 検索語；"浄水汚泥" OR "浄水スラッジ" OR "上水汚泥" OR "上水スラッジ"（788件）×"下水汚泥" OR "下水スラッジ"（14145件）＝95件

検索式C 検索語；"上水汚泥" OR "上水スラッジ" OR "浄水汚泥" OR "浄水スラッジ"（788件）×"下水道放流"＝2件

検索式D 検索語；"上水汚泥" OR "上水スラッジ" OR "浄水汚泥" OR "浄水スラッジ"（788件）×"下水汚泥" OR "下水スラッジ"×"汚泥混合" OR "汚泥処理"（1402件）＝3件

②表－1～表－6のタイトルから、重要と思われるものは抄録を確認した。

③抄録あるいはタイトルより必要と思われるものは全文取り寄せを行った。

全文取り寄せを行った文献を以下にまとめる。

1. 「汚泥の処理・処分の現況」；内田駿一郎（日本パブリック），工業用水 pp.2-13, 1996年
  - ・浄水汚泥の脱水方法，処分方法の比較
  - ・排水処理費の内訳（55,452円/DS-t）
  - ・浄水汚泥の各種脱水方法の説明
  - ・上水汚泥有効利用用途解説
  - ・下水汚泥の処分方法，海外での処分方法
  - ・下水汚泥の有効利用用途
2. 「上水汚泥の化学吸着に関する実験的研究」；豊島正久，篠原紀（近畿大），渡辺義公（宮崎大），近畿大学工学部研究報告 pp.143-149, 1989年
  - ・上水処理水量1万m<sup>3</sup>/日当たり発生する年間発生汚泥量約100DS-t/年
  - ・上下水汚泥混合処理によるメリットは
    - (1)沈降性，濃縮性，脱水性改善
    - (2)上水汚泥へ下水中のリン酸および金属イオン（Mn, Cd, Fe, Zn）が吸着される
3. 「上水汚泥と下水汚泥の混合処理に関する基礎的研究」；岡本健，中石一弘，渡辺

義公，石黒政義（宮崎大），土木学会西部支部研究発表会講演概要集 pp.308-309，1988年

- ・下水汚泥のみより混合汚泥の方がフロック密度は高く，混合比を上げるほど差が大きい。フロック密度が高いほど，界面沈降速度が向上
- ・上水汚泥の ALT 比が高い場合は，混合比を上げると界面沈降性は悪化。フロック密度も増加しない。

4. 「汚泥処分の実態と有効利用に関する調査研究報告書」；日本産業機械工業会，全95ページ，1987年

- ・上水汚泥の発生量，形態，処分，有効利用方法，成分
- ・下水汚泥の発生量，形態，処分，有効利用方法
- ・下水処理場の地域別，処理水量別内訳
- ・下水汚泥処分費用
- ・下水汚泥処分・有効利用の関連法規

5. 「上水汚泥と下水汚泥の混合処理」；豊島正久（近畿大），中石一弘，渡辺義公（宮崎大），土木学会年次学術講演会講演概要集第2部 pp.1028-1029，1987年

- ・凝集剤添加量の少ない凝集汚泥は，下水汚泥の沈降性，濃縮性改善
- ・凝集剤添加量の多い凝集汚泥は，混合比が低くても良好なリン酸溶出抑制能力を有している。
- ・下水汚泥の単独の農地還元は，栄養塩類を摂取してしまうが，リン酸を含有する混合汚泥は十分農地改良剤として利用できる可能性を有している。

6. 「上水汚泥と下水汚泥の混合処理に関する研究」；渡辺義公（宮崎大工）；福田与志一（オルガノ），全国水道研究発表会講演集 pp.268-270，1986年

- ・類似文献有り

7. 「下水汚泥の処理処分に関する研究」；大森正男，倉嶋賢（神奈川県工試資源環境部），小川浩（神奈川県工試応用化学部），神奈川県工業試験所研究報告 pp.27-30，1983年

- ・下水汚泥の高位発熱量は余剰汚泥の平均 3,968kcal/kg・DS，初沈汚泥 3,909kcal/kg・DS，濃縮汚泥 3,721kcal/kg・DS
- ・下水汚泥の可燃分濃度平均値は余剰汚泥 71.1%，初沈汚泥 68.2%，濃縮汚泥 64.6%
- ・上水汚泥は高位発熱量が平均 263kcal/kg・DS と低い。上水汚泥は燃料的価値がない。
- ・脱水ケーキの高位発熱量
- ・脱水ケーキの含水率
- ・脱水ケーキの低位発熱量

8. 「上下水処理汚泥の化学組成に関する調査研究」；石丸章，田中克（神奈川県工試応用化学部），齊藤朗（神奈川県工試企画指導部），神奈川県工業試験所研究報告 pp.127-130, 1982年

- ・上下水汚泥，一般土壌の化学組成，重金属量を分析
- ・上下水汚泥の採取個所による化学組成のばらつきはほとんど見られない
- ・上水汚泥と土壌の化学組成はカルシウム分を除いて大きな相違はない。有機物は一般土壌より多い。
- ・上水汚泥の有害重金属濃度は一般土壌に比べ，同程度か2～3倍以内の低い濃度である。
- ・下水汚泥は砒素を除いて上水汚泥や土壌に比べ高い濃度であったが，工場排水の流入する都市下水処理場汚泥よりは低い。
- ・上水汚泥の一般成分含有量は四半期で多少の変動あり。
- ・下水汚泥は強熱減量が43.3%から56.5%の範囲で変化

9. 「上水汚泥の全量下水道処理」；松本昌行（横浜市 水道局），全国水道研究発表会講演集 pp.324-325, 2002年

- ・小雀浄水場排水処理の既設排泥池より濃縮汚泥を引き抜き，新設汚泥濃度調整槽で度調整した後，自然流下方式により新設送泥管（φ300mm－約900m）で既設の下水道局送泥管（φ350mm）に接続し，西部下水処理場の汚泥受け入れ池に送泥する。ここから上水汚泥と下水汚泥を混合して南部汚泥処理センターに送り最終処理する。
- ・上水汚泥受け入れ時の確認事項（送泥量，送泥濃度，送泥日数，事故時の貯留施設，処理費用）
- ・水道局の事業効果（施設更新費用の削減他）
- ・下水道局の事業効果（スケールメリットによる汚泥処理の効率化他）

10. 「粘土建築煉瓦への3種副生廃棄物（焼却下水スラッジ灰を含む）の組み合わせ混合物利用の工場規模実証試験」；Anderson M (Staffordshire Univ.,Stoke-on-Trent, GBR),Journal of Chemical Technology and Biotechnology pp.345-351, 2002年

- ・上水汚泥を下水汚泥及び絨毯織り糸と混ぜてレンガを造る場合の影響について。
- ・上水汚泥の比率が6%を超えるとレンガの強度が落ちてしまう。

11. 「上水汚泥を調質剤として利用する下水汚泥処理について」；富田和邦，林幹雄（名古屋市 上下水道局），下水道研究発表会講演集 pp.677-679, 2001年

- ・上水汚泥の固形物1gあたりの $PO_4\text{-P}$ 吸着量は平均8.17mg。pHによって吸着量は異なる。
- ・濃縮における最適薬注率は上水汚泥添加率が大きくなるに従い減少する。
- ・下水汚泥と上水汚泥の最適混合条件はケーキ含水率の結果から判断すると上水汚泥添加率は大きい方が望ましいが，リン溶出量から判断すると添加率10%で十分である。

SS回収率から判断すると20%未満が適している。

- ・重力濃縮槽を省略した上水汚泥添加による濃縮型造粒槽とベルトプレス脱水機を組み合わせた直接脱水システムは変流水負荷を大幅に軽減できる。

12. 「欧州におけるスラッジキャラクターゼーションの開発」；Leschber R (DIN-Deutsches Inst. Normung e.V., Berlin, DEU), Water Science & Technology pp.1-7, 1998年

- ・上水汚泥, 下水汚泥各々について, 物理的, 化学的パラメータで標準化した。
- ・例えば, 含水率, pH, 重金属含有率, 窒素分濃度, リン濃度, 有機物濃度, CST など。

13. 「わが国における一般水処理プロセスと発生汚泥について」；田野崎隆雄, 野崎賢二, 松本匡史, 白倉桂一, 宮繁起苗 (秩父小野田), 秩父小野田研究報告 pp.55-74, 1997年

- ・上水スラッジの分析例 (利根川水系, 荒川水系, 多摩川水系)
- ・名古屋市下水道排水基準
- ・下水汚泥の形態別処分量 (容量ベース)
- ・下水汚泥の最終処分状況 (重量ベース)

14. 「汚泥の処理の最前線」；Francesco.Marzolo, Paolo.B., Inquinamento pp.8-13, 1997年

- ・特に有用な情報無し。

15. 「水処理スラッジのみの埋立地の場所選定のための地理情報システムの利用」；Karthikeyan K G, Elliott H A (Pennsylvania State Univ., PA), Integrated Resource management & landscape Modification for Environmental Protection pp.315-325, 1993年

- ・上水汚泥の埋立処分場を探す際に使用できるGIS情報に関して。
- ・土地の利用状況, 土壌, 地質, 岩盤などの情報を表示。

16. 「上・下水処理スラッジの廃棄 規格化の意義と目的」；Olivier D (Co. G..n.. Des Eaux), Techniques Sciences Methodes pp.593-595, 1993年

- ・EUにおける上下水スラッジ処分の規格について。

17. 「香港地区における汚泥処分戦略の進展」；Lowe P (Montgomery Watson Ltd.), Water and Environment Management Journal pp.350-353, 1993年

- ・香港では上水汚泥 28,900ton/年, 下水汚泥が 15,400ton/年であるが, 今後下水道が普及するにつれ上水汚泥 1 : 下水汚泥 9 になると思われる。

- ・焼却，石灰処理後に陸地埋立を行うことを検討。
- ・汚泥の輸送方法も検討。

18. 「環境部会共同研究報告書」；(神奈川県 試験研究連絡協議会)，1981年

- ・相対的に上水汚泥に比べ下水汚泥の方が重金属濃度は高い。ただし，ヒ素は上水汚泥の方が高い。
- ・上水汚泥の微量重金属には季節変動はみられない。
- ・下水汚泥は銅，亜鉛など，いくつかの重金属に季節変動が見られる。

19. 「上下水汚泥の林業への利用試験（Ⅱ）」；段林弘一，田中義則（兵庫県林試），兵庫県立林業試験場研究報告 pp.48-53，1987年

- ・上下水汚泥をアラカシに施用して，効果を検証。無施用区に比べ，20~30%成長量が大きい。
- ・施用区は土壌中の炭素，窒素が増加
- ・施用区の樹体の窒素含有量が増加
- ・土壌，樹体の銅，亜鉛含有量を調査した結果，無施用区と差は見られなかった。

20. 「上下水汚泥の林業への利用試験（Ⅰ）」；段林弘一，田中義則（兵庫県林試），兵庫県立林業試験場研究報告 pp.48-53，1987年

- ・上下水汚泥をスギ，ヒノキの苗畑に施用したが，一般の慣行施用区と比較してほとんど差は見られない。また，重金属の影響もほとんどない。

21. 「水酸化鉄を含むスラッジのけん気性消化の研究」；Fayoux C (Degremont S.A.,France), EWPCA-ISWA pp.445-463, 1984年

- ・スラッジ中の鉄濃度が10%以下であれば，汚泥消化への影響は少ないが，それ以上になると急激に消化効率が低下した。
- ・鉄濃度10%で消化率95%，鉄濃度18%で消化率50%であった。

22. 「浄水場の汚泥の処理 13 凍結融解による汚泥の濃縮，脱水効果について6」；川西しげる，田中栄次，前田吉門（大阪府公衆衛生研公衆衛生部），大阪府立公衆衛生研究所研究報告 公衆衛生編 pp.143-148，1983年

- ・凍結融解による汚泥の濃縮，脱水効果について記述。有用情報なし。

23. 「排泥の利用とその現状」；中井章，荒忠彦，化学と工業 pp.113-115，1984年

- ・排泥の有効利用例を紹介。有用情報なし。

24. 浄水システムでのスラッジ処理と処分方法の選択（英文）；丹保憲仁，小林三樹，北海道大学工学部研究報告 pp.13-24，1983

- ・上水汚泥の一般的な処理フローを紹介。

25. 「汚泥運搬費用を節約」；Good.L.L.(Florida cities Water Commpny), Water Engineering & Management pp.40-42, 1982年  
・活性汚泥の汚泥処理の話。
26. 「高レベルの衛生基準の水資源保持と給水の持続」；Heinzmann B, Sarfert F (Berliner Wasser Betriebe, Berlin, DEU), Water Supply pp.1-11, 1997年  
・コスト削減の方法の一つとして上水汚泥の下水道放流も考えられる。といった程度の内容。
27. 「近接する浄水場の相互利益になる浄水汚泥の分担処理」；Clark D K (Los Angelrs Dep. Water and Power, CA), Journal American Water Works Association pp.48-59, 1997年  
・南カリフォルニア首都圏水道局（MWD S C給水人口 1500 万人）における浄水汚泥の現行処分法は、下水道放流；処分費 \$ 791/DS-ton 水量 \$ 0.71/m<sup>3</sup> と SS 濃度 \$ 0.106/kg で料金計算。  
・現行方法の代替案を文献調査，業者による脱水試験，パイロット試験，他局との共同研究により検討した。  
・近くのロサンゼルス水道電力局（L A DWP）と契約し相互の汚泥を共同処理することにした。  
・MWD S Cの汚泥をL A DWPの蒸発池にポンプ輸送し，そこで処理処分を行い，節減経費を相互で分配することになる。  
・緊急時に水処理薬品を相互に利用する契約も合意された。  
・設備投資は，浄水場での処理 \$ 255 万，ジョイント \$ 100 万，運転費の下水放流との差額浄水場処理 \$ 72.5 万/年，ジョイント \$ 92.1 万/年。  
・ジョイントの場合 1 年強で設備費を回収できる。
28. 「東京と水道局浄水場における排水処理の発生土処分について」；細田三郎，高倉耕蔵（東京都水道局給水部），水 pp.75-85, 1981年  
・東京都水道局における上水汚泥の処分方法について。

表－1 検索文献タイトルリスト①

A 検索語； "上水汚泥"（94 件）×"下水汚泥"（5155 件）＝19 件

連番	タイトル	著者	発表年
1	リフォーム&リニューアル 長寿命建築と再生技術 廃棄物の資源循環技術と環境配慮商品		
2	汚泥の処理・処分の現況	内田駿一郎（日本パブリック）	1996



第5部会（上水道排水一体化処理WG）  
添付資料－1

3	特集／汚泥処理の今日的課題 汚泥の処理とリサイクル—動向と課題 生活系，建設系を中心に	田口計介（クリーン・ジャパン）	1994
4	上水汚泥の化学吸着に関する実験的研究	豊島正久，篠原紀（近畿大），渡辺義公（宮崎大）	1989
5	上水汚泥による下水汚泥の沈降性の改善	豊島正久，篠原紀（近畿大），渡辺義公（宮崎大）	1989
6	上水汚泥による下水汚泥の物性改善機構	渡辺義公（宮崎大），豊島正久（近畿大）	1988
7	上水汚泥と下水汚泥の混合処理に関する基礎的研究 混合汚泥のフロック有効密度と上水汚泥によるMn，Cdの吸着	岡本健，中石一弘，渡辺義公，石黒政義（宮崎大）	1988
8	汚泥処分の実態と有効利用に関する調査研究報告書	（日本産業機械工業会）	1987
9	上水汚泥と下水汚泥の混合処理	豊島正久（近畿大），中石一弘，渡辺義公（宮崎大）	1987
10	上水汚泥と下水汚泥の混合処理	高尾精一，柴田芳明，中石一弘，渡辺義公（宮崎大）	1987
11	上水汚泥による下水汚泥の物性改善とりんの化学吸着	渡辺義公，中石一弘（宮崎大），豊島正久（近畿大），福田与志一（オルガノ）	1987
12	重力式ろ過濃縮装置による下水汚泥の濃縮	新井利孝，山口幹昌，阿部俊幸（富士電機）	1986
13	上水汚泥と下水汚泥の混合処理に関する研究	渡辺義公（宮崎大工）；福田与志一（オルガノ）	1986
14	凝集沈殿汚泥との混合による下水汚泥の物性改善	福田与志一，渡辺義公，石黒政義（宮崎大工）	1986
15	汚泥の処理および有効利用 電気浸透脱水装置による下水および上水汚泥の脱水	山口幹昌（富士電機総研）；新井利孝，松下博史（富士電機）	1986
16	廃棄物還元と生態系	（文部省）	1983
17	下水汚泥の処理処分に関する研究 I 下水汚泥の発熱量	大森正男，倉嶋賢（神奈川県工試資源環境部）；小川浩（神奈川県工試応用化学部）	1983
18	上下水処理汚泥の化学組成に関する調査研究	石丸章，田中克（神奈川県工試応用化学部）；齊藤朗（神奈川県工試企画指導部）	1982
19	破砕かくはん装置付回転乾燥機（スラッジドライヤー）		

表－2 検索文献タイトルリスト②

B 検索語 "浄水汚泥" OR "浄水スラッジ" OR "上水汚泥" OR "上水スラッジ"（788件）×"下水汚泥" OR "下水スラッジ"（14145件）＝95件

連番	タイトル	著者	発表年
20	浄水汚泥の全量下水道局処理	松本昌行（横浜市 水道局）	2002
21	消石灰，フライアッシュ及びプレスで改質した用水／廃		

	水処理スラッジのエンジニアリング特性		
22	C r a c o w州内の水や廃水処理システム由来堆積物に混入する重金属分析		
23	粘土建築煉瓦への3種副生廃棄物（焼却下水スラッジ灰を含む）の組み合わせ混合物利用の工場規模実証試験	Anderson M (Staffordshire Univ.,Stoke-on-Trent,GBR); 他2名	2002
24	粘土建築煉瓦への3種副生廃棄物（焼却下水スラッジ灰を含む）の組み合わせ混合物利用の工場規模実証試験		
25	上水汚泥を調質剤として利用する下水汚泥処理について	富田和邦, 林幹雄（名古屋市 上下水道局）	2001
26	上水汚泥をのり面緑化基盤材に用いた現場試験		
27	ヒ素汚染問題を解明する 2 水道からのアプローチ 水循環システムにおけるヒ素汚染とリスク評価 札幌市を例に		
28	エコ産業最前線 焼却灰のセメント原料化 最終処分量を削減するうえで都市ごみ焼却灰のセメント原料化は非常に重要な意義をもつ		
29	リフォーム&リニューアル 長寿命建築と再生技術 廃棄物の資源循環技術と環境配慮商品		
30	加圧・加熱処理と酵母培養による有機性廃棄物の資源化		
31	汚泥の濃縮・脱水技術の現状		
32	リンの回収を主目的とした小規模分散型生活廃水処理汚泥の融合処理・処分に関する研究	渡辺義公（北大 大学院工学研究科）	2000
33	混練機の適応技術		
34	酵母生産を目的とした生物処理汚泥の可溶化		
35	生物処理汚泥の加圧・加熱処理液を用いた酵母生産		
36	内圧式膜処理システムによる汚泥濃縮処理		
37	上・下水汚泥の熱処理による農業資材化に関する研究	金善柱, ゆん春庚, 梁勇易（韓国建国大）; 金宝中, 端憲二（農工研）	1998
38	欧州におけるスラッジキャラクタリゼーションの開発	Leschber R(DIN-Deutsches Inst. Normung e.V.,Berlin,DEU)他2名	
39	ベルトプレス式脱水法 加圧ローラの研究室シミュレーション		
40	リサイクリング 秩父小野田熊谷工場におけるリサイクル資源の活用		

第5部会（上水道排水一体化処理WG）  
添付資料－1

41	高含水廃棄物から一般雑芥までクリーンに焼却 NS C形複合焼却炉		
42	汚泥試料の採取 国際規格化の進展		
43	我が国における一般水処理プロセスと発生汚泥について	田野崎隆雄, 野崎賢二, 松本匡史, 白倉桂一, 宮繁起苗 (秩父小野田)	1997
44	汚泥の処理の最前線	Francesco.marzolo, Paolo.B.	1997
45	粘土スラリーの圧搾を伴う過程におけるポリマ用量効果		
46	浄水汚泥の熔融処理への適用性について	小林康男 (クボタ)	1996
47	バイオガスの脱硫のための水道スラッジの使用	Depner H,Hedden K (Univ. Karlsruhe TH)	1996
48	1995年6月1日現在の規制の関連事情		1996
49	汚泥の処理・処分の現況		
50	水処理スラッジのみの埋立地の場所選定のための地理情報システムの利用	Karthikeyan K G, Elliott H A (Pennsylvania State Univ., PA)他1名	1993
51	Vechta郡の有機性残さ及び廃棄物の量的ならびに栄養バランス		
52	特集/汚泥処理の今日的課題 汚泥の処理とリサイクル—動向と課題 生活系, 建設系を中心に		
53	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 汚泥の脱水性に及ぼす異なる加水分解特性を備えたイオン吸着の影響		
54	日本における汚泥乾燥技術の現状		
55	上・下水処理スラッジの廃棄 規格化の意義と目的	Olivier D (Co. G..n.. Des Eaux)	1993
56	土壌のはなし I I		
57	香港地区における汚泥処分戦略の進展	Lowe P (Montgomery Watson Ltd.)	1993
58	底泥しゅんせつ土の固化処理特性		
59	氷核活性を利用した汚泥凍結融解処理の効率化に関する研究		
60	汚泥改質剤の性能に混合が及ぼす効果		
61	上水汚泥の調質におけるPDAによるフロック形成状態の検討		
62	汚泥処理トレンドの変化	Reimann D O	1990
63	上水汚泥の化学吸着に関する実験的研究		
64	上水汚泥による下水汚泥の沈降性の改善		
65	上水汚泥による下水汚泥の物性改善機構		
66	水処理より発生するスラッジの調整剤の評価に関する提案書		

第5部会（上水道排水一体化処理WG）  
添付資料-1

67	水処理より発生するスラッジの調整剤の評価に関する提案書	(神奈川県 試験研究連絡協議会)	1981
68	T o l o 港 沿岸環境の総合的水質管理の事例		
69	上水汚泥と下水汚泥の混合処理に関する基礎的研究 混合汚泥のフロック有効密度と上水汚泥によるMn, Cdの吸着		
70	汚泥脱水における混合強度とポリマーの性能		
71	海面埋立処分場溶出液に関するモデル実験 I 産 業廃棄物からのCOD成分の溶出およびその除去		
72	チェルノブイリ事故後の水中の放射能濃度		
73	上・下水汚泥の林業への利用試験 I I 治山事業 地に植栽されたアラカシへの施用効果	段林弘一, 田中義則 (兵庫県林試)	1987
74	上・下水汚泥の林業への利用試験 I スギ・ヒノ キ床替床への施用効果	段林弘一, 田中義則 (兵庫県林試)	1987
75	汚泥処分の実態と有効利用に関する調査研究報告書		
76	広域最終処分場計画調査 首都圏最終処分広域化検討 調査報告書 昭和61年度	(厚生省 生活衛生局 水道環境部)	1987
77	上水汚泥と下水汚泥の混合処理		
78	上水汚泥と下水汚泥の混合処理		
79	上水汚泥による下水汚泥の物性改善とりんの化学吸着		
80	重力式ろ過濃縮装置による下水汚泥の濃縮		
81	上水汚泥と下水汚泥の混合処理に関する研究		
82	凝集沈殿汚泥との混合による下水汚泥の物性改善		
83	汚泥の処理および有効利用 電気浸透脱水装置による 下水および上水汚泥の脱水		
84	水酸化鉄を含むスラッジのけん気性消化の研究	Fayoux C (Degremont S.A., France)	1984
85	発生源別にみた汚泥の処理と有効利用		
86	下関地区における廃棄物の処理システムの調査研究		
87	軟水化処理と廃水処理より生ずるスラッジの同時処理 (film)		
88	廃棄物還元と生態系		
89	強りん酸・よう素酸分解法による汚泥などのCOD値 の評価 強熱減量, 有機炭素, および発熱量との		
90	C S Tによるスラッジ脱水性の実験的評価		
91	浄水場の汚泥の処理 X III 凍結融解による汚泥の 濃縮, 脱水効果について6	川西しげる, 田中栄次, 前田吉門 (大阪府 公衆衛研公衆衛生部)	1983
92	排泥の利用とその現状	中井章, 荒忠彦	1984