

については別途調整する。

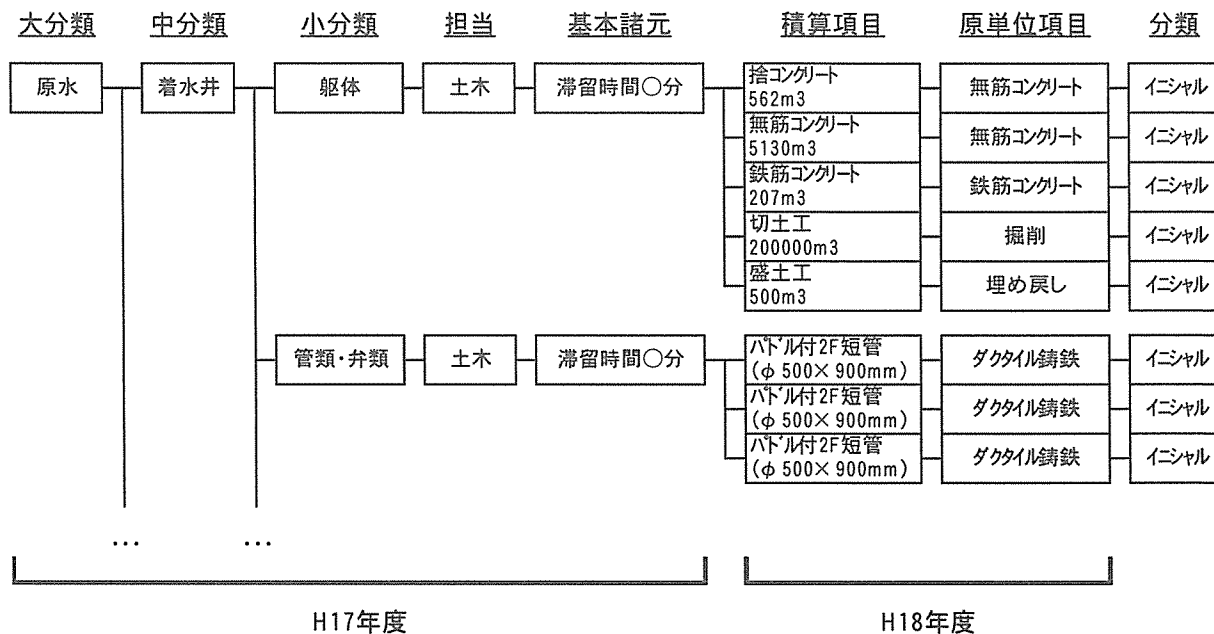


図 4-3 階層のイメージ

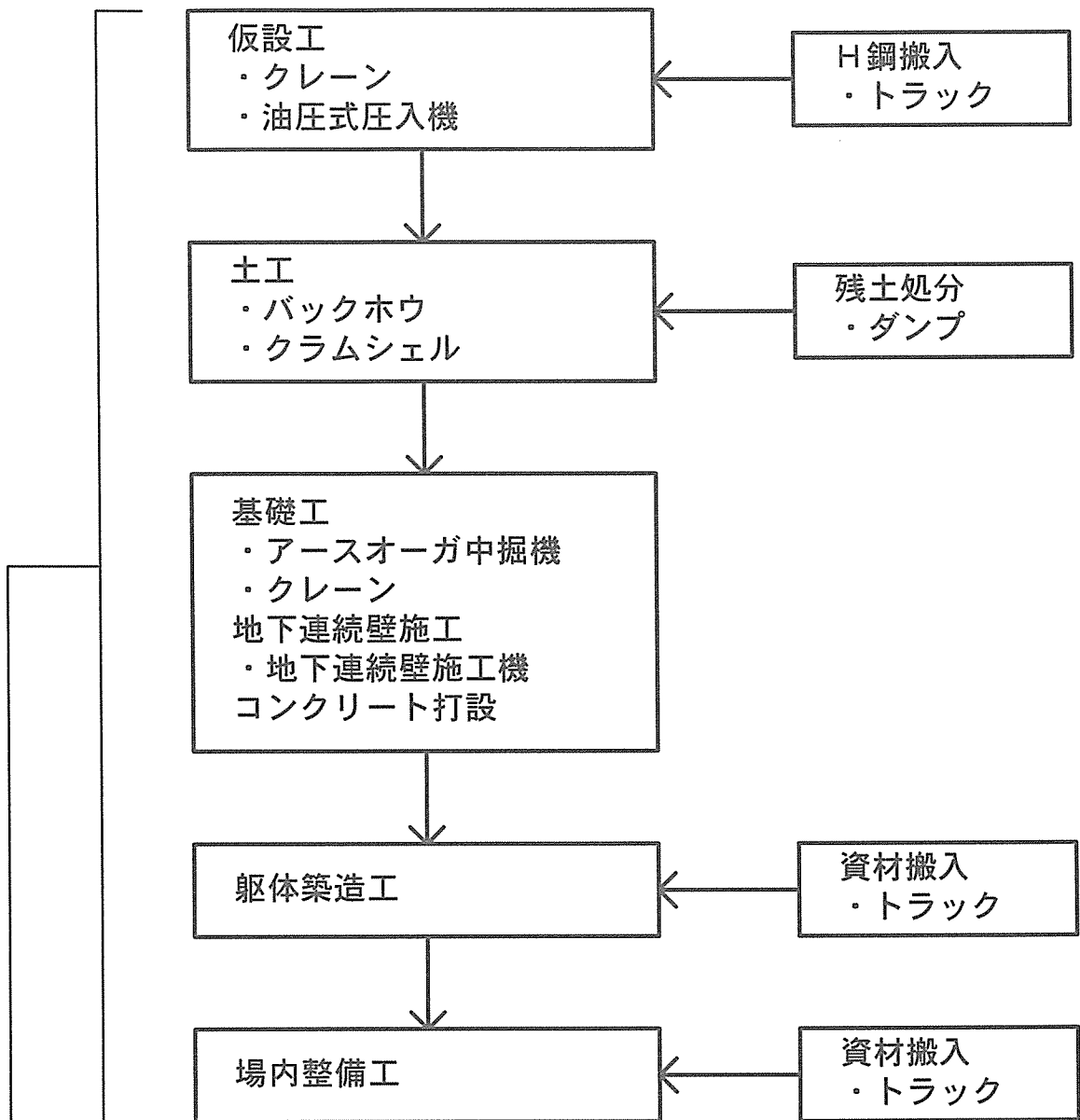
## 2) 現場施工における主要作業について

現場施工における主要作業の一例として、土木構造物を図 4-4、管路を図 4-5 に示す。

このように現場施工は様々な工程から構成されており、各段階でエネルギーの消費や二酸化炭素の排出が行われている。このことは土木構造物に限らず、電気、機械、建築全てに言えることであり、全てを厳密に検討しようとする膨大な作業となる。

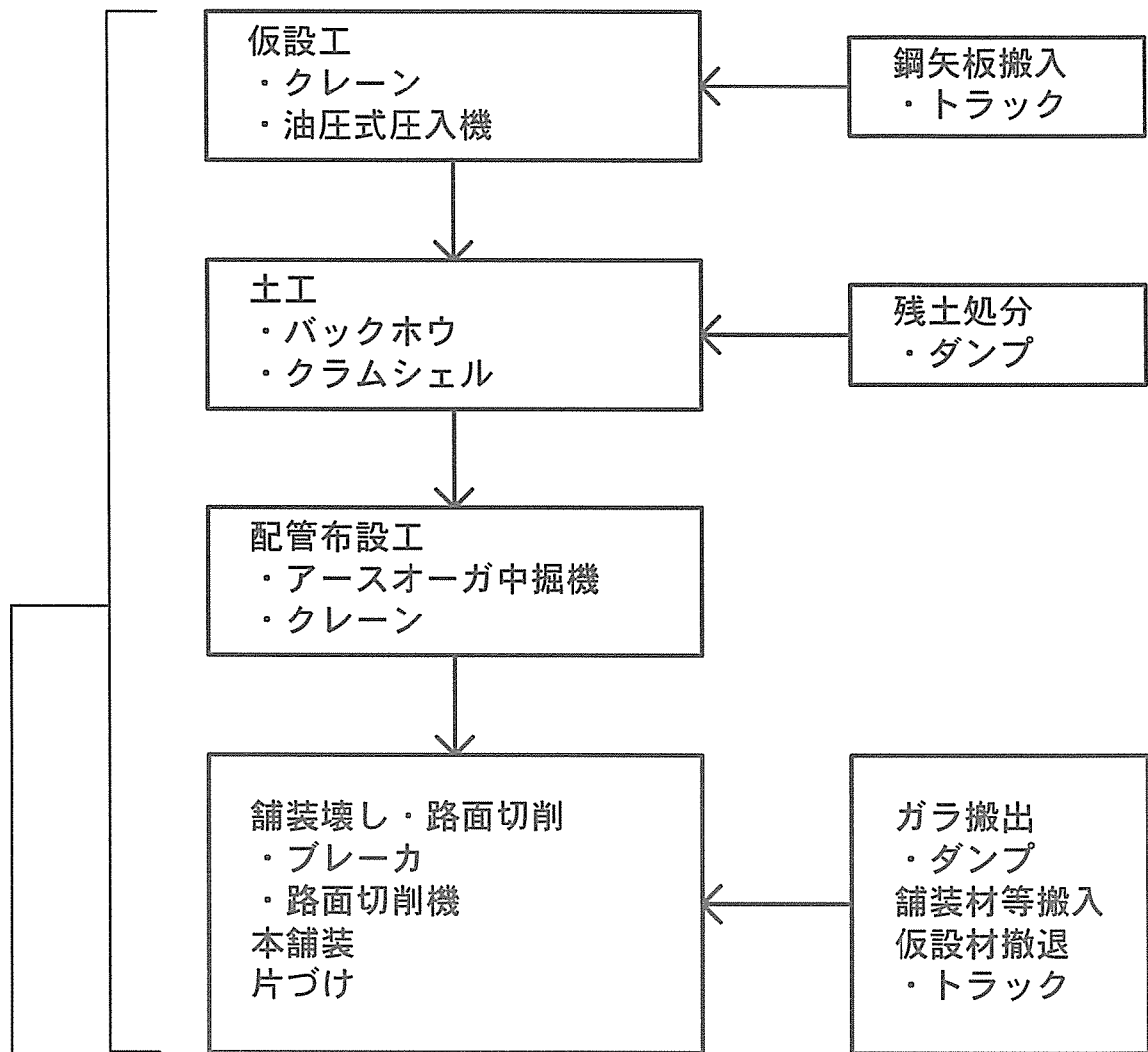
一方、建築建物については、建築学会の LCA データベースにおいて「延べ床面積当たりの原単位」が整備されており、非常に使いやすいものとなっている。このため、原単位の収集の作業では、以下の 2 段階で進めることが望ましい。

- ・ まず、一連の工程をまとめた原単位がないかどうか探す。
- ・ そのような原単位が無い場合、図 4-4～図 4-5 のように作業工程を整理し、各々について積算する。



- ・まず、これら一体の原単位を探す  
（建築の建物では、延べ床面積当たりの原単位がある）
- ・原単位が無い場合、作業工程を分割して個々に調べる必要あり

図 4-4 土木構造物の施工における主要作業



- ・まず、これら一体の原単位を探す  
（建築の建物では、延べ床面積当たりの原単位がある）
- ・原単位が無い場合、作業工程を分割して個々に調べる必要あり

図 4-5 管路の布設における主要作業

表 4-1 e-Water で収集・整理した原単位

No	原単位	エネルギー原単位			二酸化炭素(C)原単位			出典(エネルギー)	出典(CO2)
		上限	下限	単位	上限	下限	単位		
1	BC	48.90	48.90	MJ/kg	3.10	3.10	kg-C/kg		
2	CUT	48.90	48.90	MJ/kg	3.10	3.10	kg-C/kg		
3	銅板類	25.73	25.73	MJ/kg	0.34	0.34	kg-C/kg		
13	RC工場	9266.30	9266.30	MJ/m2	192.50	192.50	kg-C/m2	建築学会LCAデータベース	建築学会LCAデータベース
14	RC事務所	12523.90	12523.90	MJ/m2	247.60	247.60	kg-C/m2	建築学会LCAデータベース	建築学会LCAデータベース
22	SS材(亜鉛めっき鋼板)	21.16	21.16	MJ/kg	0.38	0.38	kg-C/kg		
29	SUS材	38.21	51.45	MJ/kg	0.69	2.68	kg-C/kg		
30	アスファルト	0.00	0.00	MJ/kg	0.03	0.03	kg-C/kg		
31	アルミニウム 素材	140.78	140.78	MJ/kg	2.18	2.18	kg-C/kg	独自調査	独自調査
32	アルミニウム 組立	56.31	56.31	MJ/kg	0.65	0.65	kg-C/kg	独自調査	独自調査
34	ゴム	239.90	239.90	MJ/kg	15.00	15.00	kg-C/kg		
35	コンクリート	2020.20	2020.20	MJ/m3	62.97	62.97	kg-C/m3	社団法人資源協会:「生活資源のライフサイクルエネルギーに関する調査(平成7年度科学技術庁委託調査報告書)」、pp.273~306, 平成6年3月	空気調和・衛生工学会:地球環境に関する委員会報告書, 1995
36	セラミック	16.80	16.80	MJ/kg	1.05	1.05	kg-C/kg		
37	ダクタイル鑄鉄バルブ/ゲート	26.72	26.72	MJ/kg	0.00	0.00	kg-C/kg		
38	ダクタイル鑄鉄管	25.73	25.73	MJ/kg	0.99	0.99	kg-C/kg		空気調和・衛生工学会:地球環境に関する委員会報告書,
39	ろ材	0.31	0.31	MJ/kg	0.01	0.01	kg-C/kg		
40	塩化ビニル	4.12	4.12	MJ/kg	0.49	0.49	kg-C/kg		空気調和・衛生工学会:地球環境に関する委員会報告書,
42	監視操作盤 素材	30.70	30.70	MJ/kg	0.45	0.45	kg-C/kg	独自調査	独自調査
43	監視操作盤 組立	12.28	12.28	MJ/kg	0.14	0.14	kg-C/kg	独自調査	独自調査
44	掘削	0.03	0.03	MJ/m3	0.60	0.60	kg-C/m3		
45	計装設備 素材	67.58	67.58	MJ/kg	1.75	1.75	kg-C/kg	独自調査	独自調査
46	計装設備 組立	27.03	27.03	MJ/kg	0.52	0.52	kg-C/kg	独自調査	独自調査
48	工業用プラスチック	80.30	80.30	MJ/kg	0.34	1.36	kg-C/m2		
49	鋼管/SUS管	25.73	25.73	MJ/kg	0.39	0.39	kg-C/kg	電力中央研究所:「発電のプラントエネルギー収支分析」, 1991	空気調和・衛生工学会:地球環境に関する委員会報告書,
50	高低圧盤 素材	28.21	28.21	MJ/kg	0.40	0.40	kg-C/kg	独自調査	独自調査
51	高低圧盤 組立	11.28	11.28	MJ/kg	0.12	0.12	kg-C/kg	独自調査	独自調査
52	高密度ポリエチレン材	4.09	4.12	kcal/kg	0.49	0.49	kg-C/kg		
54	残土処理	0.21	0.21	MJ/m3	0.42	4.26	kg-C/m3		
55	自家発 素材	29.45	29.45	MJ/kg	0.46	0.46	kg-C/kg	独自調査	独自調査
56	自家発 組立	11.78	11.78	MJ/kg	0.14	0.14	kg-C/kg	独自調査	独自調査
57	鉄筋	25.73	25.73	MJ/kg	0.26	0.26	kg-C/kg		空気調和・衛生工学会:地球環境に関する委員会報告書,
58	電子機器収納盤 素材	30.70	30.70	MJ/kg	0.45	0.45	kg-C/kg	独自調査	独自調査
59	電子機器収納盤 組立	12.28	12.28	MJ/kg	0.14	0.14	kg-C/kg	独自調査	独自調査
60	電線 素材	103.75	103.75	MJ/kg	1.89	1.89	kg-C/kg	独自調査	独自調査
61	電線 組立	41.50	41.50	MJ/kg	0.57	0.57	kg-C/kg	独自調査	独自調査
62	電動機	915.50	915.50	MJ/kW	22.00	22.00	kg-C/kW	独自調査	独自調査
63	電力	9.45	9.45	MJ/kWh	0.10	0.10	kg-C/kWh	電力中央研究所:「発電のプラントエネルギー収支分析」, 1991	環境庁:地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく地方公共団体の事務及び事業に係る温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン, 1999
65	発熱	0.01	0.01	検討中	0.00	0.00	検討中		
66	変圧器盤 素材	47.32	47.32	MJ/kg	1.38	1.38	kg-C/kg	独自調査	独自調査
67	変圧器盤 組立	18.93	18.93	MJ/kg	0.41	0.41	kg-C/kg	独自調査	独自調査
68	補助継電器盤 素材	34.60	34.60	MJ/kg	0.53	0.53	kg-C/kg	独自調査	独自調査
69	補助継電器盤 組立	13.84	13.84	MJ/kg	0.16	0.16	kg-C/kg	独自調査	独自調査
70	埋戻し	0.01	0.01	MJ/m3	0.32	0.32	kg-C/m3		
71	木材	34.30	34.32	MJ/kg	2.13	2.13	kg-C/kg		
72	ボール弁/逆止弁	1436.00	1436.00	MJ/kg	0.00	0.00	kg-C/kg		
73	PE	4085.00	4085.00	MJ/kg	0.00	0.00	kg-C/kg		
74	膜本体(無機膜)	54.40	108.80	MJ/千円	1.36	2.72	kg-C/千円	独自調査	独自調査
75	膜本体(有機膜)	27.20	54.40	MJ/千円	0.68	1.36	kg-C/千円	独自調査	独自調査

#### 4. 3 スケジュール

研究課題	平成 17 年	平成 18 年	平成 19 年
過去の研究事例のレビュー			
e-Waterの研究事例レビュー	←→		
文献調査	←→		
情報収集	←→		→
LCAの手法を確立			
原単位の検討	←→	→	
LCAの計算方法の検討		←→	→
ケーススタディ			
情報収集	←→	→	
対象の明確化		←→	
計算の実施		←→	→
まとめ			
報告書のまとめ	←→	←→	←→
技術資料の作成			←→
浄水ガイドライン改訂のための資料作成 協力			.....→

## 5. 添付資料

### 海外文献調査結果

原単位に関する情報収集と、上下水道分野における LCA の研究状況の調査を目的として、「3. 2 原単位情報の収集」表 3-3 に示すとおり、計 24 件の論文と 1 件の報告書を収集し、内容を調査した。以下に、その調査結果を記す。

#### No.1 「アムステルダム水道における環境効率の改善」

Improving eco-efficiency of Amsterdam water supply: A LCA approach

J Water SRT - Aqua (2002) Vol 51, pp.217-227

##### 【要旨】

- ・ アムステルダム水道では、年間 7,000 万 m<sup>3</sup> の施設能力を年間 8,300 万 m<sup>3</sup> に拡張予定である。拡張分の 1,300 万 m<sup>3</sup> について 2 案（双方とも逆浸透法を計画）あり、どちらのプロセスを採用するか LCA（論文では Life Cycle Analysis）手法により検討している。
- ・ 既設と既設 + 2 つの拡張案の環境評価はそれぞれ、2.89E+04、3.65E+04、3.44E+04 eco-point /年である。論文では、プラントのプロセスごとに eco-point（環境評価点）を求めている。
- ・ 環境への影響を削減するために、(1)グリーンエネルギー（風力発電等）の 100% 利用、(2)活性炭のランタイムを 2 倍にする、(3)ソフテニング（軟水化）プロセスにおいて既存の NaOH に替えて Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> を使用する、の全てを採用することにより 73% の削減効果がある。
- ・ 論文中の環境評価は、Dutch Eco-indicator 95（オランダ環境指標 95）をフォローするソフトウェア「LCA qua 2.0」（Kiwa N.V. Research and Consultancy 製、オランダ）で計算されている。

#### No.2 「飲料水の生産の環境管理ツールとしてのライフサイクル評価」

Life-cycle assessment as an environmental management tool in the production of potable water

Water Science & Technology (2002) Vol 46, No.9, pp.29-36

##### 【要旨】

- ・ この論文は、南アフリカで水道水の生産において異なる浄水処理方法から生じる環境影響に対する研究が LCA 手法に基づき行なわれたものである。
- ・ 比較は、従来からの凝集・沈澱・ろ過方式（ウムジェニ水道）と膜ろ過方式（3 箇所のパイロットプラント）の 2 種類の方式。
- ・ それぞれ、建設・運用・廃棄における全ての入力（原料、エネルギー）と出力（浄水、副産物等）を定量化し、環境影響度（地球温暖化、オゾン層破壊、酸性雨等）も定量化された。
- ・ 作業には、GaBi ソフトウェア（2 種のヨーロッパのデータベースを含む）が用いられた。
- ・ 2 種の方法とも、水道水生産における電力の消費が環境重荷の大きな要因であることが

ら電気効率を高めることが必要である。膜処理に於いては、最も低い電気消費を設計選択に選ぶべきである。

### No.3 「持続可能な都市の水系計画のためのライフサイクル評価」

Life cycle assessment for sustainable metropolitan water systems planning.

Environ Sci Technol. (2004) Vol 38(13), pp.3465-3473

#### 【要旨】

- ・この論文は、将来のライフサイクル評価を、2021年のシドニー水道に於ける全体活動の潜在的環境影響を調べるために実行されたものであり、水と廃水系のLCAモデルを作成する最初の研究である。
- ・本文では、LCAの方法論、シドニー水道への適用、シナリオ分析が具体的に述べられている。  
海水淡水化と環境影響、人口の変化と水需要、エネルギー使用と温室効果ガス等
- ・詳細なLCAモデルは、シドニー水道の将来のシナリオを比較する上で有効であった。

### No.4 「LCA手法による下水事業の3次処理後の総合環境評価」

Integrated environmental assessment of tertiary and residuals treatment - LCA in the wastewater industry

Water Science & Technology (2003) Vol 47 No.7-8, pp.109-116

#### 【要旨】

- ・シドニー水道会社における廃水処理用滅菌設備更新時の環境影響を研究したものです。
- ・環境影響測定を2つの側面からの評価を行なった。ひとつは電力等のエネルギー消費、資源の消費、廃棄に伴うもの、もうひとつは地球温暖化、排水による富栄養化、光化学スモッグ等の大気汚染からである。
- ・環境汚染の面では、河川及び海洋の汚染、人体への影響、土壌汚染を考慮している。
- ・塩素ガス、次亜塩素、紫外線を使用した場合について比較を行なっている。

### No.5 「ライフサイクル分析と下水道固形物」

Life cycle analysis and sewer solids

Water Science & Technology (2003) Vol 47 No.4, pp.185-192

#### 【要旨】

- ・下水設備は廃水と大量の流れの2種類の水を取り扱う。LCAは下水道固形物の範囲に対する基盤準備を評価するのに用いられ、下水道固形物を取り扱うためのエネルギー、大量の流れと環境影響を決定するためにSimaProソフトウェアが使用されている。
- ・また、多様な製品が環境に及ぼす影響評価にもSimaProソフトウェアが使用されている。

#### No.6 「尿中に含まれる栄養分の回収と回復エネルギーについて」

Nutrients in urine: energetic aspects of removal and recovery

Water Science & Technology (2003) Vol 48 No.1, pp.37-46

##### 【要旨】

- ・ 本文は、下水処理と肥料製造について、尿中栄養分の回収と回復エネルギーについて記述されている。
- ・ 尿中栄養分の回復が、天然資源からの生産や除去よりエネルギー的に有効であることが記述されている。
- ・ 窒素、磷、カリウムの回収方法と所要エネルギーについて記述されている。
- ・ 工程別の所要エネルギー等が示されている。

#### No.7 「排水処理による地域への継続的影響」

Sustainability of municipal wastewater treatment

Water Science and Technology (1997) Vol 35 No.10, pp.221-228

##### 【要旨】

この論文はオランダの下水処理施設による環境汚染を研究したものです。

オランダ国内の下水処理施設で実験を行なった。

- ・ LCA による評価は①一覽分析、②影響評価、③改良考査の要素により行なっていた。
- ・ 処理施設による処理方法の違いによって環境影響の変化は認められない。
- ・ 排水処理により汚染レベルは低減したが、さらに放流水汚染度の低レベルが求められる。
- ・ より高い処理能力を持つ施設はそれ自体がエネルギー消費の増加、使用薬品の増加を伴う事になる。
- ・ 地球温暖化に影響する二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) は下水処理施設より大工場によるものが大半である。
- ・ 地球温暖化は亜酸化窒素 (N<sub>2</sub>O) による影響も考える事が必要。

#### No.8 「下水処理事業におけるライフ・サイクル・アセスメントの背景からの評価管理オプション」

Assessing management options for wastewater treatment works in the context of life cycle assessment

Water Science and Technology (1998) Vol 38 No.11, pp.23-30

##### 【要旨】

- ・ この論文は、Life Cycle Assessment(LCA)の研究に基づき、イギリスのテムズウォーター社が運営している下水処理事業のいくつかを比較したもので、予備段階の結論である。15の代表的な処理能力や処理形態の事業についての研究を行った。
- ・ 最も実現可能性がある環境オプション(BPEO)を選ぶ際の手引を提供するため、LCAの背景から汚泥処理と廃棄処分を中央管理している5箇所の管理方式を分析した。



- ・ 地球温暖化の可能性を考慮すると、テムズウォーター社で採用している中央管理方式のうち4箇所は、現在の方式を環境面から改善する必要がある。
- ・ 地球温暖化の可能性に関しては、廃棄処分より汚泥の堆肥化を優先的に行っている完全な中央管理方式の一つが最も環境への影響が少なかった。
- ・ この研究では、堆肥化技術を採用しているクローリー処理場のケースによって、消化施設を増設することが環境面からは好ましいことが示された。

#### No.9 「産業水のリサイクルプラントのライフサイクル評価」

Life cycle assessment of an industrial water recycling plant

Water Science & Technology (2002) Vol 46 No.9, pp.55-62

##### 【要旨】

- ・ 産業排水を再処理し地域の産業で再利用するプラントの、建設及び水リサイクルに関係するプロセスの環境負荷を分析・評価を組織的にするものである。
- ・ LCA は製品がそのライフサイクルのすべての期間に亘って環境に与える影響を評価するプロセスで生産と消費のより持続可能な形を提案し、環境問題に対し客観的な答えを提供する。その方法として ISO14040 方法論を使い実行した。これは、4つのステージからなる。

①ゴール定義とスコーピング、②ライフサイクル目録、③影響評価、④改善評価

#### No.10 「自治体及び農業で発生する固形廃棄物の嫌気分解の環境に及ぼす影響」

Environmental aspects of the anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid wastes and of solid agricultural wastes

Water Science & Technology (2005) Vol 52 No.1-2, pp.203-208

##### 【要旨】

- ・ 自治体や農業で発生する固形廃棄物を分解する2つの方法について LCA 的な面から比較している。LCA の評価には“Ecoindicator 99” (Pre consultants, 2004) 法を適用している。2つの方法とは ①堆肥化/焼却法を含む6つの方法、②嫌氣的生物分解法である。
- ・ Ecoindicator による評価では、②は①より有利であった。その主な要因はエネルギーバランスが良いことにある。農業関係の廃棄物の嫌気分解ではガス（アンモニア、メタン、酸化窒素、硫化水素など）の発生が多く、それが LCA において負の効果をもたらした。比較に用いたデータは既存の施設から得られたものを用い、規模の異なる場合は規格化して用いた。

#### No.11 「アムステルダム住宅開発における新たな水供給システムの選定と評価」

Selection and evaluation of a new concept of water supply for "IJburg" Amsterdam

Water Science and Technology (1999) Vol 39 No.5, pp.33-40

##### 【要旨】

- ・ アムステルダムで新しい住宅地を建設するにあたり、水道事業者である Amsterdam

Water Supply (AWS) は、飲料水の他に別の用途の水を供給するシステムの実現可能性を調査した。検討項目は、衛生面、技術面、法律面、住民への許容、コスト、環境影響の6つである。

- ・ 環境影響に関しては LCA の考えに基づき、①材料消費、②燃料消費、③温室効果、④酸性雨、⑤富栄養化、⑥オゾン層への影響、⑦水中生物への影響、⑧大気汚染、⑨人間への害、⑩エネルギー消費、⑪有害物質の生成、⑫非有害物質の生成という 12 項目により評価した。
- ・ 全体として環境負荷が小さい IJ 湖の表流水を用いたシナリオが非常に好ましく、これを選択することにした。塩分を含む地下水を取水するシナリオについては、逆浸透膜処理を行うため、環境負荷を与えているが、処理システムの改良によって、環境負荷低減の可能性は残されている。
- ・ ライフサイクルアセスメントの結果より、AWS の浄水場で浄水された飲料水と、IJ 湖の表流水を用いて IJburg で浄化される家事用水から構成される多元給水システムは、環境負荷の面から有利と位置付けている。

#### No.12 「ライフサイクルアセスメント：幹線インフラ整備のための戦略的なオプション比較」

Life cycle assessment: comparing strategic options for the mains infrastructure - Part I

Water Science and Technology (1999) Vol 39 No.10-11, pp.315-319

##### 【要旨】

- ・ この論文は、ダクトイル鋳鉄管と中密度ポリエチレン管の比較を目的とした、ライフサイクルアセスメント研究の予備段階の記述である。
- ・ 配管の廃棄時期に焦点をあて、環境への影響低減を考慮した更新期間について検討している。
- ・ 内径 100mm、長さ 100mm の管を基本単位として評価している。
- ・ ダクトイル鋳鉄管の製造エネルギーは、製造工程よりも構成材料（特に亜鉛コーティング）の寄与度が高く地球温暖化に影響している。
- ・ 配管の再利用（通信ケーブル用途としての利用例あり）や回収・再生を推奨している。

#### No.13 「下水の汚泥処理工程で排出されるCO<sub>2</sub>：ライフサイクルアセスメント」

The generation of CO<sub>2</sub> in sewage sludge treatment systems: life cycle assessment

Water Science and Technology (2000) Vol 41 No.8, pp.107-113

##### 【要旨】

- ・ 下水の汚泥処理における濃縮、消化、脱水、焼却/溶融の各工程で排出されるCO<sub>2</sub>量を評価。
- ・ 最も一般的な施設として、日量50万m<sup>3</sup>の下水処理場における汚泥発生量1万m<sup>3</sup>/日の汚

泥処理プロセスを想定。

- ・ 建設～廃棄までを対象として積み上げ法により試算実施。建設段階の主要因子は、①機械や電気品の設置、②土木、③建築から構成した。
- ・ 炭素排出原単位(CIU)は、経済産業省の「1990年産業連関表」をレオンチェフモデルで分析して得た。(数値は文献中に記載なし)
- ・ 研究の結果、各工程における汚泥単位量あたりのCO<sub>2</sub>排出量をマトリックスとして算出できた。これにより、様々なタイプの処理プロセスからのCO<sub>2</sub>排出量を予測でき、各処理工程における主要CO<sub>2</sub>排出原因も調べることが可能となった。

#### No.14 「家庭廃水における持続可能な処理システムを選択するための意志決定支援ツールとなるモデルの開発」

Developing a model based decision support tool for the identification of sustainable treatment options for domestic wastewater

Water Science & Technology (2001) Vol 43 No.7, pp.265-269

##### 【要旨】

- ・ 意思決定者が持続可能な廃水処理システムを選択するため、その現場状況へ適応することの是非やその解釈に自由度があるようなわかりやすい方法で多様なシステムにおける持続可能性を識別できるようにすべきである。
- ・ この分析方法を提供するにあたり、持続可能な廃水処理システムを比較できるような構造的な方法理論を定義した。具体的には、ライフサイクル・アセスメント(LCA)と同様に、(1) 目標と範囲の定義 (2) リスト分析、および (3) 最適化と結論の3つの過程に分けた。
  - (1) 「目標と範囲の定義」：システムの対象に食物循環の一部分と水循環の大部分を含めた。更に、技術的、経済的、環境的、社会文化的な面から、持続可能性の指標を学際的に定義した。
  - (2) 「リスト分析」：これらの持続可能性の指標値は、廃水ユニット・オペレーションに関する単純静的モデルによって測った。このモデルの結果から得られるユニット・オペレーションを選択すれば、完全な廃水処理システムとなる。
  - (3) 「最適化」：意思決定者は、異なった持続可能性指標を測定し、また整数プログラミングを通すことにより、持続可能なシステムを選択することになる。

#### No.15 「生涯費用積算 (Whole life costing, WLC) : 配水網事業への適用」

Whole life costing: application to water distribution network

Water Supply (2003) Vol 3 No.1-2, pp.87-93

##### 【要旨】

- ・ 英国の水研究センター (Water Research Centre) は WLC の考え方の水道事業への適用を検討してきた。

- ・ WLC を水道に適用する場合は、建設、設備、保守、給水、廃棄などに関わる総ての経費を対象とする。経費の生涯に関わる全経費の計算は活動に関わる経費（ABC activity based costing）と LCA に関わる経費の組み合わせで得る。

#### No.16 「トイレ洗浄水に水道水や雨水を用いた場合の LCA について」

Life cycle assessment of drinking water and rain water for toilets flushing

J Water SRT - Aqua (1999) Vol 48, pp.73-83

##### 【要旨】

- ・ 近年、雨水利用や水道水使用量削減システムは、従来の水道水を使用するトイレ洗浄の代替として発展した。LCA を行うことで、これらのシステムの環境影響を数値化し、各システムのキーとなる因子を明確にした。
- ・ 従来の水道水供給は、水を再利用する場合に比べ、より低いエネルギー消費と環境負荷で行える。水道水供給に必要なエネルギーが  $0.8\text{kWh/m}^3$  を超えた場合、水再利用が有効となる。エネルギー消費と汚染物質の低減にはトイレ洗浄水の流量を抑えることが必要である。従来の水道水供給と水使用量低減方式を組み合わせることで、全ての環境問題は解決できる。

#### No.17 「塩素消毒と紫外線技術の生活環境評価」

Evaluating the life cycle environmental performance of chlorine disinfection and ultraviolet technologies

Clean Technologies and Environmental Policy, (2002) Vol 4, No.1, pp.32-43

##### 【要旨】

- ・ 消毒された排水は、水生生物相の生活環境に影響を与える。また、塩素ガスの輸送及び貯蔵施設の危険性を述べている。
- ・ LCA については、意義と適用について述べ、環境システム管理で重要な意思決定項目であると述べている。
- ・ 塩素ガスのタンクの破損によるガスの放出を数式で計算し、ケーススタディを行う。塩素ガス  $15\sim 20\text{ppm}$  を  $30\sim 60$  分吸引すると危険である。魚及び無脊椎動物を使い、残留塩素の濃度による影響を調べる。魚類の方が無脊椎動物より影響を受けやすい。
- ・ UV については、効率、影響因子、維持管理等について述べ、塩素との殺菌効果について比較実験（大腸菌、ブドウ球菌、等 6 種類）し、塩素は投与量が非常に多く必要である。
- ・ 塩素消毒（ガス、次亜塩素）と UV のコスト比較（約  $68,000\text{m}^3/\text{日}$ ）を行い、塩素消毒は、建設費は安い年間維持費等を考慮すると UV と同等になる。
- ・ 塩素消毒水の環境への影響を考慮すると、塩素消毒システムは経済的利益がない。
- ・ UV 消毒は、塩素消毒（ガス、次亜塩、脱塩素）より環境と健康影響に優しいシステムである。

### No.18 「商業的脱塩技術 (MSF, MED, RO) に対するライフサイクルアセスメント」

Life Cycle Assessment of Water Production Technologies - Part 1: Life Cycle Assessment of Different Commercial Desalination Technologies (MSF, MED, RO)

The International Journal of Life Cycle Assessment, (2005) Vol 10, No.4, pp.285-293

【要旨】

- ・ 3通りの脱塩技術 (多段フラッシュ法 (Multi-Stage Flash Distillation : MSF), 多重効用法 (Multi-Effect Distillation : MED), 逆浸透膜法 (Reverse Osmosis : RO)) について、ライフサイクルアセスメントによる環境影響を評価した。ライフサイクルの検討対象は、原料、生産、輸送、配水、運転、廃棄である。
- ・ 計算に使用した LCA ソフトウェアは、オランダのコンサルタントが開発した SimaPro 5.0 である。LCA の計算においては、3つの方法 (CML 2 baseline , Ecopoints97 , EI99) を採用した。
- ・ 脱塩のプロセスにおいてエネルギーはとても重要であり、主要な環境負荷は運転段階で発生した。これに比べると建設と廃棄はほとんど無視できるほどであった。

処理方式	LCA の段階	EI99	Ecopoints97	CML 2 baseline
MSF	建設 (%)	0.78	3.69	1.31
	運転 (%)	99.21	96.31	98.69
	廃棄 (%)	0	0	0
	総合得点	615 M 点	3,490 G 点	0.0168
MED	建設 (%)	2.00	11.37	3.01
	運転 (%)	98.00	88.63	96.99
	廃棄 (%)	0	0	0
	総合得点	476 M 点	2,790 G 点	0.0116
RO	建設 (%)	1.53	1.55	0.88
	膜 (%)	0.91	0.36	0.08
	運転 (%)	97.56	98.09	99.04
	廃棄 (%)	0	0	0
	総合得点	33.9 M 点	500 G 点	0.0053

### No.19 「洗濯廃水の水再生利用と残渣処理に関する意思決定支援ツールとしてのLCA手法の適用」

Use of life cycle assessment as decision-support tool for water reuse and handling of residues at a Danish industrial laundry.

Waste Manag Res. (2004) Vol 22(5), pp.334-345

【要旨】

- ・ デンマークにおける作業着洗濯廃水の処理方法を対象に実施されたLCA分析の報告である。
- ・ 作業着の洗濯廃水は重金属を含む。同国の環境政策では、水・電力の消費よりも重金属の流出に重点を置いている。本報のケーススタディでは、水処理残渣の安全な廃棄を考慮した水処理技術の選定においてLCA分析を実施し、以下の結論を得た。  
(1) 洗濯廃水をろ過 (生物膜/UF膜) して再利用すると、無処理で排水する場合と比

較して、水とエネルギーの消費量を低減可能。

(2) ろ過残留物を熔融処理すれば、重金属を固定化できる。この場合、さらにエネルギーを消費するが、重金属の管理に寄与するため、無処理で排水する場合より環境保全において好ましい。

(3) LCA分析は全体論的な側面を持つため、今回のようなクリーニング業における環境マネジメントの戦略構築や、洗濯工程での環境プロファイルに対する投資の優先順位決定の入力情報として利用できる。LCA分析の結果は、国の環境政策における環境影響の重み付けに依存する。

#### No.20 「下水汚泥の超臨界水酸化における LCA について」

Environmental assessment of supercritical water oxidation and other sewage sludge handling options.

Waste Manag Res. (2005) Vol 23(4), pp.356-366

##### 【要旨】

- ・ 超臨界水酸化(SCWO)は下水汚泥中の有機物を完全酸化し、有害物質の放出無しにエネルギーの回収ができる。本論文では、下水汚泥の超臨界水酸化における LCA について、他の汚泥処理と比較した（農業使用、都市ごみ焼却等）。
- ・ SCWO に関しては、反応熱の有効利用が重要であった。ポンプ消費電力と生成される亜酸化窒素は重要なパラメータである。環境観点から最も良い汚泥処理法は、影響評価をどう考慮するかによる。地球温暖化に関して、エネルギー回収方法は農業使用より好ましい。
- ・ LCA を行うに当たり、以下の index list を使用している。

Swedish Environmental Management Council(2000):<http://www.miljostyrning.se/>

Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment(Denmark)

#### No.21 「白いクラフト工場廃水に適用される各種の促進酸化処理の環境評価」

Environmental assessment of different advanced oxidation processes applied to a bleaching Kraft mill effluent.

Chemosphere. (2006) Vol.62(1), pp.9-16

##### 【要旨】

- ・ 生活環境評価の研究は、製紙工場から排出される漂白水の中の溶存有機炭素含有量を除去する為に、各種の促進酸化処理で比較実験を行った。結果としては、各種の促進酸化処理で想定していたエネルギーよりもさらに多くのエネルギーが必要である。その結果エネルギー消費は、主な環境影響を発生させる場となりうる。二酸化チタンによる光触媒反応の促進酸化処理とフォトフェトン反応の運転に必要な UV 光の環境影響を減少させるには、電気の代わりに太陽エネルギーを使用するべきである。これは、促進酸化処理に必要なオゾンの生産に大きなエネルギーを必要とするからである。

- ・ LCA は、各種の促進酸化処理の環境への影響を比較する為のツールとして利用した。
- ・ 各ツールの数値は、BUWAL250 のデータベース（1996）等を利用して算出し、各促進酸化処理のエネルギー(kWh)、地球温暖化(CO<sub>2</sub>)、オゾン層破壊(フロン)、富栄養化(リン酸)、酸性化(亜硫酸)、人への毒性化等の可能性を数値比較して評価している。二酸化チタンを使用した酸化処理が、DOC の低減効果は少ないが、環境への影響は小さいとしている。

## No.22 「水道事業に対する持続可能なエネルギー戦略の評価」

Evaluating sustainable energy strategies for a water utility.

Environ Technol. (2002) Vol 23(7), pp.823-838

### 【要旨】

- ・ 調査によると、英国とヨーロッパでは表流水の改善された水質を市民に提供すること、加えて農地に適用する生物汚泥の品質を管理し処理することは、下水処理と汚泥処理に使用されるエネルギーを増大させることを示唆する。ここでは、下水処理分野における将来のエネルギー使用と、CO<sub>2</sub> の排出を評価するための開発したモデルについて述べる。
- ・ そのモデルの中一長期の予測では、下水処理からの汚泥の焼却、また、農地へ還元することは、焼却のためのエネルギー使用・汚泥輸送における CO<sub>2</sub> の排出の増大を意味する。現行のこれらの処理施設を嫌気処理施設に更新・新設した場合、生成ガスなどのエネルギー回収により、CO<sub>2</sub> 排出を削減できる。また、処理施設の更新においては、Capex（設備投資）が増加する場合があるが、Opex（運転費用）の減少により総費用を削減できる。結果、嫌気性処理の発展と設置は将来の環境影響への負担をかなり軽くすることが示唆される。

## No.23 「LCA に基づいた都市水道のための環境持続可能性指標の開発手順」

A life cycle assessment based procedure for development of environmental sustainability indicators for urban water systems

Urban Water (2002) Vol 4, pp.145-152

### 【要旨】

- ・ 都市水道の環境保全を評価するための指標として LCA が示されている。
- ・ LCAの利点は、潜在的な影響がどこにあるかを集計し、定量化することで、環境への負荷を評価することに利用される。都市水道のLCA研究は、資源のリサイクルとエネルギーの回収の重要性を示唆したが、LCAの短所は、それが複雑で時間がかかる方法だということである。
- ・ そこでESI（Environmental Sustainability Index）環境持続可能性指数といったあまり複雑でない方法がある。ESIの手法はLCAのデータを基礎にしている。そして、それは環境保全の厳格な評価を提供している。

## No.24 「下水処理からの温室効果ガス発生」

Greenhouse gas production in wastewater treatment: process selection is the major factor.

Water Science & Technology (2003) Vol 47(12), pp.43-48

### 【要旨】

- ・ この論文は、ニュージーランド国内のいくつかの下水処理場で好気性処理、嫌気性処理および汚泥処理を比較し、さらにエネルギーバランスと経済性を考慮したものである。
- ・ 石炭火力発電が主流のニュージーランドで、化石燃料からの GHG 発生を削減するために、可能な限り嫌気性処理法を採用し発生したメタンを漏れなく回収し自家発電することで、環境負荷を削減することができる。
- ・ (a)外部エネルギーの購入価格(b)自家発電費用(c)余剰エネルギーの売却(d)GHG の削減に関する価値、等を考慮すれば嫌気性処理が有効である。

## 報告書 No.1 「カリフォルニア州における代替水供給システムのライフ・サイクル・エネルギー・アセスメントについて」

Life-Cycle Energy Assessment of Alternative Water Supply Systems in California

California Energy Commission Public Interest Energy Research (PIER) Program

Final Project Report (2005)

### 【要旨】

- ・ Water-Energy Sustainability Tool (WEST) の使用方法解説と、カリフォルニア州内 2 箇所の都市水道 (MMWD および OWD) の代替水供給システム (持ち込み水、RO 脱塩水、再利用水) に関する WEST を用いた LCA ケーススタディ結果 (金額換算素材使用量および電力使用量) が記載されている。
- ・ ケーススタディ結果として、MMWD (平均給水量 105,000m<sup>3</sup>/日、電力使用量 26,000MWh/年 (RO 含まず)) の持ち込み水 (27,000m<sup>3</sup>/日)、RO 脱塩水 (34,000m<sup>3</sup>/日予定)、再利用水 (2,400m<sup>3</sup>/日) に関する素材使用量の一覧 (表 C.9、C.14、C.19) および建設機械使用量の一覧 (表 C.10、C.15、C.20) が記載されている。また、OWD (平均給水量 111,000m<sup>3</sup>/日) の持ち込み水 (計 109,000m<sup>3</sup>/日)、RO 脱塩水 (9,100m<sup>3</sup>/日)、再利用水 (270m<sup>3</sup>/日) に関する素材使用量の一覧 (表 C.36、C.39、C.41) および建設機械使用量の一覧 (表 C.37、C.40、C.42) が記載されている。これらの結果を用いると、給水量に対する電力使用量、素材使用量、建設機械使用量の極概算ができるのではと思われる。
- ・ LCA の原単位としては、素材別の排出係数 (ドル当たり、Appendix D.1.1)、輸送の排出係数 (Appendix D.1.3)、建設機械の排出係数 (馬力・時間当たり、Appendix D.1.4) が記載されているが、分類は非常に大雑把なものである。



## Ⅱ－5 臭気評価委員会

## 1. はじめに

水道事業においては、安全でおいしい水を求める需用者の要望に応えるため、臭気原因物質等に対する迅速な検出と適切な処置が求められている。

臭気原因物質等としては2-MIB、ジェオスミン、および油分が代表的物質として知られているが、それらが検出されていない原水に対しても、浄水処理後、又は、給水末端において臭気が発生する場合がある。

より安全でおいしい水を供給するためには、このような臭気原因物質等をいち早く検出し、取水方法の変更や適切な浄水処理を行うことにより、安全性・快適性の向上を図る必要がある。

## 2. 臭気評価委員会の研究概要

### 2. 1 研究課題及び研究目的

#### 2. 1. 1 研究課題名

「臭気原因物質等に関する研究」

#### 2. 1. 2 研究目的

「安全でおいしい水を目指した高度な浄水処理技術の確立に関する研究」の一つの委員会である本委員会は、臭気原因物質等に関する検出・評価方法の検討、対策技術等の確立を図ることを目的とする。

### 2. 2 研究実施体制

本研究を実施するための研究体制は以下のとおりである。

臭気評価委員会

委員長 ; 伊藤 禎彦 (京都大学)  
副委員長 ; 長岡 裕 (武蔵工業大学)  
事業体委員 ; 中平 健二 (大阪府水道部<sup>※1</sup>)、三輪 雅幸 (大阪市水道局<sup>※1</sup>)、  
込山 健二 (阪神水道企業団<sup>※1</sup>)、畑澤 智 (横浜市水道局<sup>※2</sup>)  
中道 裕治 (神奈川県企業庁水道局<sup>※2</sup>)、  
大谷 喜一郎 (神奈川県内広域水道企業団<sup>※2</sup>)

(※1: 淀川水質協議会、※2: 相模川・酒匂川水質協議会)

企業委員 ; 中川 浩一 (東芝)、田中 宏樹 (西原環境テクノロジー)、  
中江 拓司 (富士電機システムズ)、土方 健司 (三菱電機)、  
川村 幸生 (横河電機)

アドバイザー ; 相澤 貴子 (横浜市水道局)

オブザーバー ; 柳橋 泰生 (厚生労働省健康局水道課)

## 2.3 活動内容

### 2.3.1 研究内容

(1) 臭気原因物質等に関する検出・評価方法の検討

揮発性の油分・有機物（VOC）などの臭気原因物質等を迅速に検出し、適切に対応するための総合的な評価方法について検討する。

(2) 臭気原因物質等に関する対策技術の確立

臭気原因物質等に対する浄水処理技術を整理し、原水水質、浄水水質、維持管理性、およびコストなどを考慮した対策技術の選定手法を確立する。

### 2.3.2 達成目標及び成果物

(1) 達成目標

オンライン監視やシミュレーションにより河川の汚染状況を把握し、臭気原因物質等の総合的な評価手法を提案する。また、臭気原因物質等に対する浄水処理技術を整理し、適用範囲を明確化することを目標とする。

(2) 成果物

臭気原因物質等の総合的な評価手法及び臭気原因物質等に対する浄水処理技術に関する技術資料を作成する。

### 2.3.3 研究スケジュール

研究課題	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度
過去の研究事例のレビュー			
e-Water の研究事例レビュー	←→		
文献調査	←→	→	
臭気評価方法の検討			
迅速な検出方法の検討	←	→	→
総合的な評価方法の検討		←	→
臭気原因物質等に関する対策技術の確立			
情報収集	←	→	
適用範囲の明確化		←	→
合同実験	←	→	→
まとめ			
報告書のまとめ	←→	←→	←→
技術資料の作成			←→
浄水ガイドライン改訂のための資料作成協力			.....→

## 2. 4 活動報告

### 2. 4. 1 平成17年度 委員会開催報告

本年度、委員会は3回開催した。また、合同実験の準備等の活動を円滑に進めるために、ワーキンググループ（WG）を作り、詳細事項の調整・検討を行った。

	会議名称	活動内容
H17.10.19	第1回臭気評価委員会 (水道技術研究センター)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ e-Water II および臭気評価委員会の概要説明 (研究体制、組織等)</li> <li>・ 幹事・副幹事の選出</li> <li>・ 臭気評価委員会研究基本計画について</li> <li>・ 「e-Water第3研究グループ」研究成果報告</li> <li>・ 本年度の研究内容について</li> </ul>
H17.12.16	第2回臭気評価委員会 (水道技術研究センター)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ AOP認可のための必要事項に関して</li> <li>・ 臭気評価研究合同実験について</li> <li>・ 作業WGの立ち上げについて</li> </ul>
H18.2.22	第3回臭気評価委員会 (水道技術研究センター)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 平成17年度報告書について</li> <li>・ 今後の進め方について</li> </ul>
H17.11.14	第1回合同実験準備WG (西谷浄水場、寒川取水場)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 合同実験の装置設置場所について</li> </ul>
H17.11.22	第2回合同実験準備WG (水道技術研究センター)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 合同実験の実験内容について</li> </ul>
H17.12.7	第3回合同実験準備WG (水道技術研究センター)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 合同実験に関する要望事項について</li> <li>・ 今後の協議事項について</li> </ul>
H17.12.9	第4回合同実験準備WG (水道技術研究センター)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 合同実験に関する調整事項について</li> <li>・ センサー提供の可否について確認</li> </ul>
H18.1.13	第1回対策技術WGに関する 事前打合せ (大阪市水道局職 員研修センター)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 対策技術WGへの要望事項について</li> </ul>
H18.1.17	第5回合同実験準備WG (西谷浄水場)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 合同実験に関する要望事項について</li> <li>・ 今後の協議事項について</li> </ul>
H18.2.16	第6回合同実験準備WG (寒川取水場)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 合同実験設備の細部調整について</li> <li>・ 必要な手続きの確認について</li> </ul>