

表 3-1-2 凝集沈澱砂ろ過の設備仕様 (2)

プロセス区分	設計諸元		土木・建築設備		機械設備		電気設備	
	中塩素 濃度 PAC: 平均20mg/L	次亜塩素酸: 平均2mg/L 中塩素: 平均1mg/L 後塩素: 平均0mg/L	初期薬品注入室 7.3m x 11.8m x 泉下4.0m	中塩素注入室 5.0m x 5.8m x 泉下4.0m	後薬品注入室 4.7m x 5.7m x 泉下4.0m	夜亜貯蔵槽 FRP+PVC、φ2.0 x H2.8 x 2槽	夜亜移送ポンプ 1.5kW x 2台	コントロールセンター 薬品注入設備: 2面
薬品注入	照明・換気設備					夜亜移送ポンプ PVC、0.5 x 0.5 x 0.5 x 4槽、0.4 x 0.4 x 0.4 x 2槽	夜亜移送ポンプ PVC、φ2.0 x H2.8 x 2槽	薬品注入設備: 2面 夜亜移送ポンプ: 各1面
						PAC貯蔵槽 FRP、φ2.0 x H2.8 x 2槽	PAC移送ポンプ 1.5kW x 2台	夜亜移送ポンプ 1式
						小出槽	PVC、0.8 x 0.8 x 0.8 x 2槽	
						PAC注入槽	1台	
						排水移送ポンプ	補助運転ポンプ 2台	コントロールセンター 排水処理設備: 4面、脱水機設備: 2面
						排水池: 8.10.5m x L12.5m x H7.8m x 2池	仕様: φ150 x 2.11m3/min x 19m x 1.5kW	補助運転ポンプ 排水処理設備: 3面、脱水機設備: 1面
						送排槽: 10.5m x 10.5m x H7.8m x 2池	補助運転ポンプ 2台	ろ布洗浄ポンプ: 1面、排水移送ポンプ: 1面
						B0.5m x L23.8m x H10.4m	仕様: φ125 x 1.38m3/min x 7m x 3.7kW	上排水移送ポンプ: 1面、濃縮槽汚泥吸着機: 2面
							油圧ダイワラムポンプ: 3台	排水処理機床排水P: 1面、汚泥供給ポンプ: 1面
							仕様: 0.128m3/min x 15kg/cm2 x 3.7kW	排水流入弁: 1面、ケーシングポンプ: 1面
排水処理						0.75kW x 5台	排水機床排水P: 1面、ケーシングポンプ: 1面	
						台数: 1台/池 x 2池	1式	
						弁種: SS		
						サイクロン選別機: 0.75kW		
電気設備						シャフト他: SUS304		
						フライト: FRP		
							受変電設備 1式	
							自家発電設備 1式	
							計装設備 1式	
							監視制御設備 1式	
							ケーブル類 1式	

表 3-1-3 膜ろ過の設備仕様 (1)

プロセス区分	設計諸元	土木・建築	機械設備	電気設備	
原水槽	施設能力	20,000m ³ /日	RC造	自動ストレーナー、バケット型ストレーナー、配管・弁類	
	濾後水原水	濾後水原水	内法巾5.8m×長さ7.0m×高さ3.1m(有効1.8m)×2槽	逆水・逆洗ポンプ制御盤	鋼板製屋内スタンド形、800w×300D×(800+800)H×1面
	濾後水質	濁度5mg/L、有機物等5mg/L、(水温15℃以上、濁度50℃、総懸濁時間24hr、出現濃度3回)	73.0×2=146.0m ³	原水ポンプ (供給ポンプ)	
	(e-Waterケースシステム)		原水投入管 弁φ500、排泥管・弁φ200、送気管、人孔、梯子、掃運線弁φ100配管・弁	原水ポンプ (供給ポンプ)	
膜ろ過設備	膜設計の基礎資料	4面日排水量(14,400m ³ /日)の事例を参考	排水送送管(2巻)	膜ろ過動力盤(1)	鋼板製屋内閉鎖自立形、800w×700D×2,150H×2面
	膜の種類	膜外ろ過膜(有機膜)		膜ろ過動力盤(2)	鋼板製屋内閉鎖自立形、800w×700D×2,150H×1面
	膜モジュール	内圧式中空糸ケージ型吸納型	必要容量数	膜ろ過制御盤	鋼板製屋内閉鎖自立形、800w×700D×2,150H×1面
	運転制御	定流量制御、平時ろ過流量1.7m ³ /m ² ・日	膜モジュール数	定流量制御	鋼板製屋内閉鎖自立形、800w×700D×2,150H×1面
洗淨水槽	ろ過方式	全量ろ過方式	付属弁類	ろ過流量計	鋼板製屋内閉鎖自立形、500w×300D×600H×12面(1面/ユニット)
	駆動圧力方式	ポンプ加圧式			
	洗淨方法(1時間毎1分)	膜ろ過水による逆洗ポンプ及び空洗			
	膜モジュール交換周期	6年(想定)			
薬液槽	膜薬品洗淨(年1回)	オンサイトオンライン(次亜塩素酸ソーダ使用)	必要容量数	膜ろ過制御盤	
	容量	逆洗水量の5回分+滞留10分	膜モジュール数		
	1系列当り逆洗水量	8m ³ /min/回.....22回/日	付属弁類		
	容量	1ユニット洗淨薬液量の5倍分			
薬液槽	膜の有機物除去	次亜塩素酸ナトリウム	RC造	FRP+PVC製円筒型、φ2,800×3,300H、20m ³ ×2槽	鋼板製屋内閉鎖自立形、700w×600D×2,150H×2面
	膜の無機物除去	硝酸(0.05%)		膜ろ過制御盤	
	容量	逆洗後の薬液(薬液量+薬液供給量)		逆洗ポンプ	
	次亜塩素酸ナトリウム還元剤	苛性ソーダ(粒状)		逆洗ポンプ	
排水槽	排水中和剤	逆洗排水1.5時間以上	RC造	FRP+PVC製円筒型、φ3,400×3,500H、30m ³ ×2槽	鋼板製屋内閉鎖自立形、800w×700D×2,150H×1面
	容量	逆洗排水1.5時間以上		排水ポンプ	
	排水中和剤	逆洗排水1.5時間以上		排水ポンプ	
	排水中和剤	逆洗排水1.5時間以上		排水ポンプ	
排水槽	排水中和剤	逆洗排水1.5時間以上		排水ポンプ	
	排水中和剤	逆洗排水1.5時間以上		排水ポンプ	
	排水中和剤	逆洗排水1.5時間以上		排水ポンプ	
	排水中和剤	逆洗排水1.5時間以上		排水ポンプ	

表 3-1-4 膜ろ過の設備仕様 (2)

プロセス区分	設計諸元	土木・建築	機械設備	電気設備
凝集・凝集槽	容量	RC造、正方形	汚泥濃密機	重量減速ソーダ現場制御盤 600w x 400D x 1,850H x 1面
	1槽当り排水流入量の75%処理	槽構造	0.75kw x 2基	
	分離沈降速度 0.5m ³ /m ² ・hr	槽寸法	重量減速ソーダ貯槽	
		内法巾12.3m x 長さ12.3m x 深さ7.2m(水深5.8m) x 2槽	重量減速ソーダ貯槽	
凝集・凝集槽上澄水	有効容量	870m ³ (1槽当り表面積151.3m ²)	重量減速貯槽排液機	連続精製蓄電機制御盤 500w x 300D x (600+1,000)H x 1面
	重量減速ソーダ注入により、次亜塩素酸ナトリウムを還元させる。		重量減速注入ポンプ	
	容量	RC造	付属配管弁類 逆送ポンプ	
	逆洗排水1.5時間以上	槽構造	監視用サンプリングP	返送サンプリングP機制御盤 500w x 300D x (600+1,000)H x 1面
排水水質調整槽	原水槽返送又は河川放流膜の物理洗浄用次亜塩素酸の物理洗浄用次亜塩素酸	槽寸法	付属配管弁類 次亜塩素酸貯留タンク	
		内法巾14.5m x 長さ9.4m x 深さ4.0m(有効2.5m) x 1槽	次亜塩素酸注入ポンプ	
		有効容量	FRP+PVC、φ1,500 x 1,800H、3.0m ³ x 2基、付帯設備一式	
		逆洗2回/日に1回、注入率3mg/L、11回/系列		
薬品注入設備	最大注入率 1.0mg/L		電磁定量	
			207ml/min x 0.35MPa x 24W x 2台(内予備1台)	
			電磁定量	
			126ml/min x 0.7MPa x 24W x 2台(内予備1台)	
排水槽	膜ろ過設備室	構造	消毒用注入ポンプ	
	薬品設備室	RC造、半地下式、地下1階地上1階、1層	付属配管・弁類	
	水質調整室	RC造、半地下式、地下1階地上1階、1層	排水サンプリング	
	濃縮排水設備室	RC造、半地下式、地下1階地上1階、1層		
電気計装設備	原水配管、ストレーナ、建具類一式			
	計装盤			計装盤
	計測器			計測器
	レベルスイッチ(電極棒式)			レベルスイッチ(電極棒式)
	圧カススイッチ			圧カススイッチ
	配線装置(ターミナル)			配線装置(ターミナル)
	受電機設備			受電機設備
	非常用電源設備			非常用電源設備
	監視制御設備			監視制御設備

表 3-1-5 オゾン処理設備の設備仕様

区分	設計諸元	土木・建築設備	機械設備	電気設備
オゾン発生装置	施設能力	オゾン発生器室	オゾン発生装置	
	オゾン注入率	鉄筋コンクリート 10.0W×13.0D×4.0H		台数:2 発生量:1.0kg/h・台 電源:30kVA/台
オゾン注入設備			冷却水ポンプ	台数:2 容量:70L×20mH 電動機:1.5kW/台
			排気ファン	材質:SUS304 電源:1.1kW/台
			空気圧縮機	台数:2 2m3/min×0.7MPa 電源:1.5kW/台
オゾン接触槽	接触時間	RCコンクリート		
	系列数	4.5W×(1.5+1.5)L×6.0H×2系列		
排オゾン分解塔	接触方式	SUS304×(1+2)		
	排出オゾン濃度	モルタル金コブ	オゾン分解剤	触媒
ろ過原水ポンプ	交換期間		排オゾン用触媒量	20kg/塔
	オゾン吸取効率		排オゾン分解塔数	2
排水ポンプ設備	分解方式			
		タラップ		
電気計装設備		SUS304×1	上澄水ポンプ	0.267m3/min×H10m
			排水ポンプ	0.067m3/min×H10m
			雨水排水ポンプ	0.18m3/min×H8m
				監視制御盤
				照明分岐盤
				床排水ポンプ現場操作盤
				発生オゾン濃度計
				排オゾン濃度計
				残留オゾン濃度計
				溶存オゾン濃度計
				環境オゾン濃度計

表 3-1-6 活性炭吸着池の設備仕様

プロセス区分	設計諸元			土木・建築設備			機械設備			電気設備		
	施設能力	20,000m ³ /日	池仕様	活性炭	活性炭	活性炭	活性炭	活性炭	活性炭	活性炭	活性炭	活性炭
活性炭吸着池	通過方式	重力式固定床	池寸法	鉄筋コンクリート防水仕上	活性炭	活性炭	活性炭	活性炭	活性炭	活性炭	活性炭	活性炭
	活性炭ろ過池	4池	付帯設備	アルミ製手摺、FRP製蓋、グレーチング	ろ過砂	ろ過砂	ろ過砂	ろ過砂	ろ過砂	ろ過砂	ろ過砂	ろ過砂
	ろ過面積	27.7m ² /池×4池=110.8m ²			支持砂利	支持砂利	支持砂利	支持砂利	支持砂利	支持砂利	支持砂利	支持砂利
	接触時間	13.7~18.2min			流入装置	流入装置	流入装置	流入装置	流入装置	流入装置	流入装置	流入装置
	線速度(LV)	4池運転時:189.5m/日			流出可動セキ	流出可動セキ	流出可動セキ	流出可動セキ	流出可動セキ	流出可動セキ	流出可動セキ	流出可動セキ
	空間速度(SV)	3.29~4.39 1/h			排水装置	排水装置	排水装置	排水装置	排水装置	排水装置	排水装置	排水装置
	炭層厚	2.4m			排水弁トラフ	排水弁トラフ	排水弁トラフ	排水弁トラフ	排水弁トラフ	排水弁トラフ	排水弁トラフ	排水弁トラフ
					真空タンク	真空タンク	真空タンク	真空タンク	真空タンク	真空タンク	真空タンク	真空タンク
					真空ポンプ	真空ポンプ	真空ポンプ	真空ポンプ	真空ポンプ	真空ポンプ	真空ポンプ	真空ポンプ
					配管/弁類	配管/弁類	配管/弁類	配管/弁類	配管/弁類	配管/弁類	配管/弁類	配管/弁類
逆洗設備	逆洗速度	0.67m ³ /min・m ²	池仕様	鉄筋コンクリート防水仕上	空洗ブロワ	空洗ブロワ	空洗ブロワ	空洗ブロワ	空洗ブロワ	空洗ブロワ	空洗ブロワ	空洗ブロワ
	逆洗時間	10min	池寸法	槽水槽: W4.0×L7.3m×H6.4m×1池	掃水ポンプ	掃水ポンプ	掃水ポンプ	掃水ポンプ	掃水ポンプ	掃水ポンプ	掃水ポンプ	掃水ポンプ
	逆洗水量	18.6m ³ /min			逆洗補給水ポンプ	逆洗補給水ポンプ	逆洗補給水ポンプ	逆洗補給水ポンプ	逆洗補給水ポンプ	逆洗補給水ポンプ	逆洗補給水ポンプ	逆洗補給水ポンプ
	逆洗補給水量	6.5m ³ /池/回										
	空洗速度	0.83m ³ /min										
	空洗時間	6min										
排オゾン設備	標準通気量	13.8m ³ /基			排オゾン処理塔	排オゾン処理塔	排オゾン処理塔	排オゾン処理塔	排オゾン処理塔	排オゾン処理塔	排オゾン処理塔	排オゾン処理塔
	活性炭量	1.0m ³ /基			(活性炭吸着池用)	(活性炭吸着池用)	(活性炭吸着池用)	(活性炭吸着池用)	(活性炭吸着池用)	(活性炭吸着池用)	(活性炭吸着池用)	(活性炭吸着池用)
	処理ガス濃度	0.05ppm以下										
管理施設	活性炭吸着池設備積建設面積: 97m ²											

(3) 環境負荷項目

LCAでは、CO₂、SO₂、CH₄、NO_x等、様々な環境負荷物質を取り扱い、地球温暖化、オゾン層破壊、酸性化、富栄養化、資源枯渇等、多岐にわたる評価が可能である。

しかし、対象を広げるほど必要となる原単位などのデータ量や作業量は膨大になるため、目的や作業の可能な範囲にあわせて評価対象とする環境負荷項目を設定することが必要である。

ケーススタディでは、温暖化ガスの中では最も排出量が多く、温暖化に対する影響と社会的関心が最も大きいCO₂の排出量と、電力消費量などとの関連で算出結果のイメージがしやすいエネルギー消費量を評価の対象とした。

3. 2 データ収集

3. 2. 1 構成素材データ

ケーススタディでは、施設を構成する素材・機器類の重量・容量などは実際の浄水場建設工書の設計書を参考に拾い出した。

その際、データ収集の参考とした実際の施設固有の特殊性を排除するよう配慮した。

実際に建設された設備では、その案件特有の条件を持っている場合がある。例えば、

- ① 山間部に浄水場を建設する際には土工量が膨大になる。
- ② 土木構造物、電気設備等が将来の拡張分を含めて建設されている。

等のような場合である。

ケーススタディではその目的のひとつとして、最適な浄水システムの選定のための環境負荷の面からの指標の提供を挙げており、単純に実際の設計書の数量をそのまま採用して土木や設備の数量が過剰な例を算出しては、各処理プロセスの標準的な仕様における環境負荷量の把握ができないため、ある程度一般的な仕様となるよう数量などの見直しを行い、特殊性を排除したものになるよう配慮した。プロセスごとに具体例を挙げると、以下のようになる。

1) 凝集沈澱砂ろ過

- ・山地造成による残土処理量が過大であったため、更地に建設すると仮定して山地造成に係る残土処理は見込まないこととし、掘削量＝埋め戻し量＋残土処理量となるよう数量を調整した。
- ・着水井、薬品混和池、フロック形成池、沈澱池、砂ろ過池のコンクリート容量や土工量が一体で計上されていたため、各プロセスの平面積比で配分した。
- ・電気設備が将来の増設を考慮した設計になっており、土木、機械とのバランスがあっていない可能性があったため、電気盤の数量などの見直しを行った。

2) 膜ろ過

- ・設計書を収集した実際の施設の施設能力は14,400m³/日であったため、施設能力20,000m³/日となるように数量や機器の仕様を変更した。
- ・建築物が半地下という特殊構造であったため、掘削に伴う土工量は除外した。
- ・濃縮槽と排水水質調整槽が一体構造になっており、排水槽は浄水棟と一体構造となっていたが、排水槽と浄水棟の土工量の切り分けは行わず、排水槽・濃縮槽・排水水質調整

槽を一体の「排水・濃縮槽」として扱うこととし、機器類の数量はそのまま、土工量は濃縮槽・排水水質調整槽の数量を採用した。

・汚泥処理設備を除外した。

3) オゾン処理設備

・オゾン処理と活性炭処理のコンクリート容量が一体で計上されていたため、それぞれのプロセスの平面積比で配分した。

・オゾン処理の後段に中間ポンプが備えられていたが、一体とせず別の分類とした。

・建築物が半地下という特殊構造であったため、ドレン排水水中ポンプは除外した。

・オゾナイザ室は図面から底面積を読取り、RC工場の原単位を乗じて建築のCO₂排出量を求めた。

・一般的な仕様とするため、オゾン発生器は低濃度型、排オゾンの分解は触媒接触式とした。

4) 粒状活性炭吸着池

・粒状活性炭吸着池は将来増設分を考慮した設計(40,000m³/日)になっており、コンクリート容量や土工量はケーススタディ(20,000m³/日)に合うよう1/2の数量とした。

・凝集沈澱砂ろ過と同様に、掘削量=埋め戻し量+残土処理量となるよう数量を調整した。

・配管・弁類に関しても、ケーススタディ(20,000m³/日)に合うよう配管径を調整し、将来増設分は除外した。

3. 2. 2 原単位

LCAの算出方法には、大きく分けて「積み上げ法」と「産業連関法」、そして「両者の組合せ」がある。

積み上げ法による環境負荷算出方法は、例えば、対象とする製品を構成する原材料の重量に対して、単位重量あたりの原材料の製造・加工・組立で発生する環境負荷を表す原単位を乗じて加算していくというものである。この場合の原単位は、対象の重量や容積あたりの環境負荷を表す。

それに対して産業連関法は、対象の価格あたりの環境負荷を表す原単位を用いてLCAを算出する方法であり、原単位としては、独立行政法人国立環境研究所が公開している「産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)」が利用できる。産業連関法は経済活動全体の影響を考慮したLCAを実施できるという特長があり、対象製品の価格がある程度全国的に一定で安定している場合には有効な手法といえる。しかし浄水施設のように、仕様その他の条件によって価格幅が大きいものに対してはLCAの結果も変動することになるため注意が必要である。

ケーススタディでは上記を考慮して原則として積み上げ法を採用し、対応する原単位を収集した。原単位表を表3-2-1に示す。

(1) データベースや文献からの収集

原単位は、主に以下のデータベースや資料から収集した。

- ・ 社団法人産業環境管理協会 日本LCAフォーラム LCAデータベース

- ・ 社団法人産業環境管理協会 LCA 実務入門 資料編 Appendix3
- ・ 社団法人環境情報科学センター 製品環境情報提供システム事務局 消費者への「製品環境情報提供システム」マニュアル 「CO₂原単位表 Ver1.2」、「CO₂原単位（プロセスフロー） Ver1.2」
- ・ 環境共生住宅推進協議会 「環境共生住宅 A-Z」 集合住宅の建設時の原単位

これらの原単位情報やデータベースは継続的に改定や修正が行われている場合があるため、原単位の出典や版がいつの時点のものであるか、改定版が公開されていないかなどを確認することが望ましい。

原単位を選定する際は、その原単位が含む範囲を把握しておく必要がある。全ての原単位について、その原単位が含む範囲を把握できることが望ましいが、実際に収集してみると必ずしも詳細な情報が得られないものもある。その場合は出典を明確にしておき、継続的に見直し・改訂ができるようにしておくことが必要である。なお、ケーススタディで用いた原単位表にはデータベースから把握できる出典を記載した。

表 3-2-1 原単位表

原単位区分	エネルギー原単位		CO ₂ 原単位		エネルギー		出典
	MJ/(単位)	kg-CO ₂ /(単位)	製品製造	輸送	エネルギー	CO ₂	
RCI塊	9268.30	m ³	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
RC半ブロック	12923.90	m ³	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
コンクリート	2020.20	m ³	二次加工	陸上輸送			建築学会LCAデータベース
鉄板	18.50	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
粗切り	2.09	m ³	二次加工	陸上輸送			建築学会LCAデータベース
埋め戻し	7.95	m ³	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
珪土処分	33.49	m ³	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
ダクタイル鋳鉄管	25.73	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
電気めっき鋼板	21.40	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
アルミ押出製品	154.30	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
木材	1.80	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
PVC	25.80	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
泡発鋼管	21.50	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
HDPE	21.90	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
銅板類	25.73	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
ステンレス鋼板	27.80	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
合成ゴム	24.00	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
アルミセラミックス	323.53	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
天然けい砂	0.43	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
敷設活性炭	20.19	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
オゾン発生装置ユニット	93604.00	台	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
熱交換器	7272.00	台	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
抜オゾン分留塔	7931.00	台	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
紫外線消毒機	5028.00	台	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
膜本体(有膜)	191.87	m ²	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
自家発電	37.56	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
ケーブル類	38.90	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
電動機	794.60	kwh	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
電子機器収納盤	34.83	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
高圧圧盤	32.70	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
変圧器盤	55.89	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
補助制御盤	38.08	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
監視操作盤	34.83	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
計器設備	65.91	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
次亜塩素酸ナトリウム	3.83	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
PAC	4.58	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
硫酸アルミニウム	4.04	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
塩化第二鉄	3.60	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
苛性ソーダ	11.49	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
石灰消石灰	1.77	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
硫酸	1.17	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
精製塩	4.92	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
珪酸(60~68%)	11.88	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
電圧調整ノード(無水)	21.94	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
電圧調整ノード(有膜)	4.12	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
電力	9.45	kwh	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
軽油	38.20	ℓ	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
コンクリート塊輸送	79.06	m ³	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース
混合廃棄物輸送	0.045	kg	製品製造	輸送			建築学会LCAデータベース

(注) JLCA-LCAデータベースは2007年度3版を利用。継続的に更新中のため最新データはLCA日本フォーラム (<http://www.temai.or.jp/lcaforum/about.cfm>) に掲載のこと。

(2) 公開された原単位が無いもの

浄水施設の中には、一般的な原単位データベースなどには収録されていない、専門的な設備・機器が含まれる。本研究では、電動機、電気盤類、膜ろ過モジュール、オゾン発生装置についてメーカー等への問い合わせや独自設定を行った。

① 電動機

5.5kW のポンプを構成する素材とその使用量、ならびに機器の加工段階でのエネルギー消費量をメーカーへのアンケートにより調査した。ただ、浄水場で使用されるポンプには多くの種類があり、全ての機種に対して材料及び加工のエネルギーや CO₂ 排出量を調査することは困難であることから、例えばエネルギー消費量については、5.5kW ポンプのエネルギー4370.3 MJ/台を5.5kW で除した値794.6 MJ/kW を電動機1kW 当たりの原単位とした。算出に使用した調査値と原単位は、表 3-2-2 の通りである。

表 3-2-2 電動機の前単位 (アンケート調査値と前単位算出根拠)

原材料調達段階における	エネルギー消費量	3535.1 MJ
〃	CO ₂ 排出量	285.67 kg-CO ₂
機器の加工段階における	エネルギー消費量前単位	7200 kg/製品-ton
〃	CO ₂ 排出量前単位	400 kg-CO ₂ /製品-ton
5.5kw ポンプの重量		116 kg/台

電動機 1 台の製造に必要なエネルギー

$$= \text{原材料調達} + \text{加工} = 3535.1 + (7200 \times 116 / 1000)$$

$$= 4370.3 \text{ MJ/台}$$

→ 電動機 1kW 当たりのエネルギー消費量前単位

$$= 4370.3 \text{ MJ} \div 5.5\text{kw} = \underline{794.6 \text{ MJ/kW}}$$

電動機 1 台の製造に伴う CO₂ 排出量

$$= \text{原材料調達} + \text{加工} = 285.67 + (400 \times 116 / 1000)$$

$$= 332.1 \text{ kg-CO}_2/\text{台}$$

→ 電動機 1kW 当たりの CO₂ 排出量前単位

$$= 332.1 \text{ kg-CO}_2 \div 5.5\text{kw} = \underline{60.38 \text{ kg-CO}_2/\text{kW}}$$

② 電気盤類

各種の電気盤を構成する素材の割合を過去に実施したメーカーへのヒアリング調査結果などに基づいて表 3-2-3 のように設定した。素材の製造段階に関する環境負荷はこの構成割合と別途収集した前単位から積み上げて算出し、盤への加工・組立段階の環境負荷はこれもメーカーへのヒアリング調査結果などに基づいて、エネルギー消費量については素材製造段階の 40%、CO₂ 排出量については素材製造段階の 30% に相当する量が加工・組立段階で発生すると設定し、各種電気盤類の前単位重量あたりの前単位を算出・設定した。

表 3-2-3 電気盤類の素材構成割合の設定と原単位

	素材構成 (単位重量 (kg) あたりの構成割合)							エネルギー原単位	CO2原単位
	SS	SUS	銅	電線	アルミ	樹脂	珪素鋼板	MJ/kg	kg-CO2/kg
高低圧盤	0.9		0.05	0.025		0.025		32.70	2.80
変圧器盤	0.45		0.05		0.1	0.05	0.35	55.89	3.54
補助継電器盤	0.8		0.05	0.1		0.05		36.06	2.83
電子機器収納盤	0.85		0.05	0.05		0.05		34.83	2.85
自家発電設備	0.65			0.1		0.05	0.2	37.56	2.85
監視操作盤	0.85		0.05	0.05		0.05		34.83	2.85
計装設備	0.3	0.35		0.2	0.15			65.91	3.69

③ 膜モジュール

膜分離技術振興協会より、有機膜のモジュールを構成する素材の種類と膜面積、モジュール重量、モジュール1本あたりのエネルギー消費量、CO₂排出量のデータを入手した。

表 3-2-4 膜モジュールの原単位

	膜面積	重量	エネルギー消費量	CO ₂ 排出量
仮想有機系ろ過膜	50m ²	50kg	15,212 MJ/本	540 kg-CO ₂ /本

本データは特定の製品のものではなく、標準的な仕様にて設定された仮想のモジュールによるデータである。また、モジュールの製造過程で消費されるエネルギーなどは、様々な製品を製造している工場内で単一の製品の製造にかかる電力量などを抜き出すことは実際上困難であることからデータを収集することはできなかった。そのため本データによる算出結果はあくまで参考値として捉える必要がある。

④ オゾン発生装置とその周辺機器

製造メーカーより、オゾン発生装置および周辺機器類を構成する素材の種類と重量、運転時の消費電力のデータを入手した。構成素材の重量と素材ごとの原単位から、各機器の1台分の建設段階のエネルギー原単位とCO₂原単位を算出すると、表3-2-5のようになる。

なお、これらの機器についても製造・組立段階のデータを収集することはできなかった。そのため、原単位が含む範囲は素材の製造に関する部分のみである。

表 3-2-5 オゾン発生装置・周辺機器の建設段階の原単位

	エネルギー原単位 (MJ/台)	CO ₂ 原単位 (kg-CO ₂ /台)
オゾン発生装置ユニット	116,083 (101,542)	10,239 (9,161)
熱交換器	7,272	599
排オゾン分解塔	36,783 (19,761)	1,904 (1,089)
発生オゾン濃度計	4,658	439
排オゾン濃度計	5,132	478

環境オゾン濃度計	5,132	478
漏洩オゾン濃度計	4,887	458
溶存オゾン濃度計	4,678	437

※1 上記の値は注入オゾン濃度が 20g/m³(N)の仕様による。ケーススタディ採用値。

※2 括弧内の数値は注入オゾン濃度が 30g/m³(N)の仕様の場合。装置の小型化などにより、製造に必要な原材料が少なくなり、原単位は小さくなる。

3. 2. 3 データの収集書式の設定

(1) 対象の構造化

「3. 2. 1 調査範囲の設定」で述べた「システム境界」と「機能単位」の設定を踏まえたうえで、図 3-2-1 に示すように対象施設を「系」、「大分類」、「中分類」、「小分類」、「細分類／細目」のように分類する。これを対象の「構造化」と呼ぶことにする。

データの収集・整理は、この構造化に従って行う。結果の集計・グラフ化は「大分類」と「小分類」ごとに行った。LCAの実施にあたっては、結果をどのくらいの大きさのプロセスごとに把握したいか、また、プロセスを構成する要素をどの程度まで細かく分類して把握したいかなどの、目的にあわせた対象の構造化が必要である。

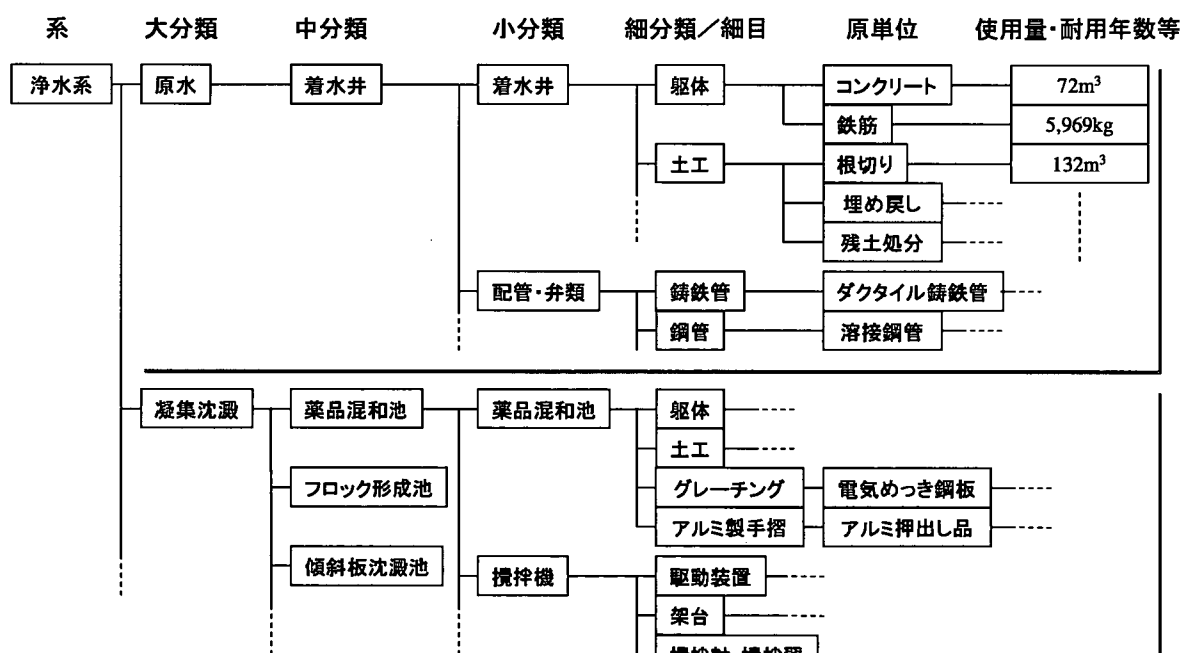


図 3-2-1 対象の構造化

(2) 標準データシートの作成

前述の対象の構造化を踏まえ、各プロセスのデータ収集という観点からデータシートを作成する。建設、運転、廃棄に段階を分け、各段階の入力 (Input) と排出 (Output) を区別して記入することを意図した。更新段階については、耐用年数ごとに建設時と同じ負荷が発生するとして設定しているためデータシートには更新段階の入力部分を設けていないが、計算結果としては更新段階の負荷も集計される。標準データシートを表 3-2-6 に示す。

3. 2. 4 段階別のデータ収集方法

(1) 建設データの収集方法

1) 土木・建築

建設素材としては、土木構造物、建物などを構成する素材が該当する。これらに対応する原単位として、例えばコンクリート、鉄筋、SS材、鋼板類などが挙げられる。

建築建物についても様々な素材により構成され、また、建設において重機などの稼働が生じる。精密な積み上げを行う場合には各建設資材の量を把握して、素材の種類ごとに原単位を乗じてLCAを算出することになるが、建築物については建築学会において延べ床面積当たりの環境負荷が原単位として整理されている。そこで本ケーススタディでは、この延べ床面積あたりの原単位を採用し、浄水施設の工事設計書をもとに建築建物の延べ床面積を抽出することによりLCAを算出した。

土木作業としては、土木構造物を建設する際の作業が該当する。これらに対応する原単位として、例えば掘削、埋め戻し、残土処理などが挙げられる。

これらの対象とするデータは、浄水施設の工事設計書をもとに数量を抽出することにより収集した。

2) 機械・電気設備

ポンプや電気盤などの機器・設備は、多数の素材や部品から構成され、また、工場での組み立てにおいて環境への負荷を生じている。これらの全てを収集することは膨大な手間を要することから、代表的な機器・設備について予め詳細な検討を行い、例えば規模に応じた原単位を作成しておけば、機器・設備を構成する個々の要素を抽出することなく、規模に関する情報をもとに、環境負荷を算出するという簡略化を図ることができる。対象とするデータは、浄水施設の工事設計書をもとに、機器・設備の名称と数量を抽出することにより収集する。

(2) 運用データの収集方法

1) 稼働時間の設定

施設の稼働時間は24時間運転とした。また、洗淨ポンプの運転時間などは、計画値または水道施設設計指針の値を採用した。

2) エネルギーデータの作成

運転によるエネルギー消費量、CO₂排出量は、稼働する機器の定格電力、稼働時間、電動機負荷率、電力生産の原単位から算出される。

機器の定格電力は機器の仕様から採用する。電動機負荷率はケーススタディでは原則として80%を採用したが、実際の施設のLCAを実施する場合は、それぞれの実情の運用値を採用する必要がある。なお、膜ろ過のケーススタディでは、LCA算出時の数量データの根拠となった実施設計資料（維持管理費積算資料）から、膜ろ過原水ポンプの電動機負荷率を50%、逆洗ポンプの電動機負荷率を60%と設定した。

3) 消耗材料 (薬品、ガス、砂、膜、その他)

薬品使用量、ガスの使用量、砂の交換量、膜モジュールの交換本数も実際の値または計画値を入力する。

ケーススタディでは、例えば次亜塩素酸ナトリウムの場合、処理水量と有効塩素濃度、比重、注入率を設定して使用量を算出した。

4) 保守/補修/更新機器の考え方

日常の保守・補修については、例えば特定の設備の仕様の異なる2つの製品間で、交換部品の多い製品とメンテナンスフリーの製品を比較して、製造・運転段階の環境負荷と総合して比較する、といった場合に効果を発揮する。

LCAの実施の目的が、例えば浄水場全体の数年間のトータルの負荷の算出のような場合、薬品注入機のOリングなど、非常に細かい部品について、それぞれ詳細のLCAを計算していても、手間がかかるばかりで最終結果に与える寄与は非常に小さい。

ケーススタディでは、日常の細かい部品の交換については対象外とし、更新については、耐用年数ごとに建設時と同じだけの資材が投入されるとして計算した。

(3) 廃棄データの収集方法

廃棄物量についても建設資材量と同様に、実際に発生した廃棄物量や将来発生すると見込まれる廃棄物量を計測または予測して算出する。しかし、検討の対象とする事業期間が長期にわたる場合など、将来に解体・廃棄する施設・設備について廃棄物量を正確に見積もることは実際上難しい。

そこで本ケーススタディーでは、基本的には建設時に投入した資材と同じだけの重量・容量の廃棄物が発生するとして考える。例えば、沈澱池を建設する時に用いたコンクリート量が1,000m³であったとすると、施設の解体・廃棄時にもコンクリート塊が1,000m³発生するとして考える。機械・電気設備についても同様である。

廃棄段階の環境負荷は、土木構造物、建物、機械・電気設備を解体して、ダンプトラック、トレーラーにて処分場に運搬する際に生じる環境負荷を、別途収集した廃棄に関する原単位を用いて算出する。

なお、廃棄物は建設、運転、維持管理、更新などの各段階で発生するが、本ケーススタディーでは事業期間の終了後に施設を解体する際に発生する廃棄物のみを検討対象とした。また、以下の項目については廃棄（搬出）の適用対象外とした。

- ・鉄筋（鉄筋コンクリートとして計上しているため）
- ・掘削、埋め戻し（建設時に見込んでいたため）

ケーススタディでは、土木構造物、機械設備については建設時と同じ重量分の廃棄物が「廃棄段階」で発生するとして算出したが、建築物については建設時の資材量が不明のため、建築物を解体した場合に発生する廃棄物量と解体に必要な軽油量については、以下の原単位を利用した。

原単位「分解・解体（建築物）」 単位量：m²

※JLCA-LCA データベースより。土木学会による 8 例の RC 造、SRC 造の現場解体処理のインベントリ調査資料、住宅産業連絡協議会による木造住宅の現場解体インベントリ調査資料に基づく推算。

（建築物を解体した場合、単位面積あたりでどれだけの軽油が必要になるか、また、どれだけの廃棄物量が発生するかを表している。）

1) 解体に必要な軽油使用量：2.71 L/m²

ただし、使用済み建築物の木造（W01m²）、非木造（W02m²）の割合が既知の場合、以下の数式により計算。

$$\text{Fuel} = W01 \times 1.13 + W02 \times 5.81 \quad \dots \textcircled{1}$$

2) 混合廃棄物：107 kg/m²

ただし、使用済み建築物の木造（W01m²）、非木造（W02m²）の割合が既知の場合、以下の数式により計算。

$$R01 = W01 \times 114 + W02 \times 92 \quad \dots \textcircled{2}$$

3) コンクリート塊：366 kg/m²

ただし、使用済み建築物の木造（W01m²）、非木造（W02m²）の割合が既知の場合、以下の数式により計算。

$$R02 = W02 \times 1076 \quad \dots \textcircled{3}$$

4) 固形廃棄物：332 kg/m²

ただし、使用済み建築物の木造（W01m²）、非木造（W02m²）の割合が既知の場合、以下の数式により計算。

$$R03 = W01 \times 439 + W02 \times 124 \quad \dots \textcircled{4}$$

5) CO₂ 排出量：7.16 kg/m²

ただし、軽油使用量が既知の場合、以下の数式により計算。

$$\text{Fuel} \times \text{CO}_2 \text{ 排出係数 (2.64kg/L)} \quad \dots \textcircled{5}$$

また、上記の原単位を利用して建築物の解体時に発生する廃棄物量を算出すると、その輸送によるエネルギー消費量および CO₂ 排出量は以下の数式により計算できる。

$$(R01 + R02 + R03) \times \text{輸送のエネルギー原単位 (CO}_2 \text{ 原単位)} \quad \dots \textcircled{6}$$

3. 3 事業期間、耐用年数の設定

ケーススタディの事業期間は 58 年と設定し、事業終了時に施設を解体廃棄すると設定した。施設の耐用年数は、地方公営企業法施行規則より、土木：58 年、配管類：38 年、機械・電機：16 年と設定した。

3. 4 計算・集計

計算・集計には Microsoft Excel を用いた。前述の「構造化」と表 2-3-6 の標準データシー

トに従って数量データの入力を行い、適した原単位を細目ごとに適用して積み上げていくことにより計算する。

この際、計算シートは計算・集計・グラフ化がある程度自動的に行われるように作成し、「浄水施設の LCA 簡易計算シート」として、後述する「浄水施設を対象とした LCA 実施マニュアル」に添付することとした。図 3-4-1 に計算シートの一部を示す。

ただし、この計算シートは計算・集計の流れの一例を具体的に紹介するために添付するもので、実際に LCA を行う際には、目的、調査対象、範囲、収集可能なデータなどにあわせて計算・集計を行う必要がある。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	集計表(元データ)				ライフサイクル	58年	平均稼働率			
2					エネルギー (MJ/58年)					
3	系	大分類	中分類	小分類	建設	運転	更新	廃棄	建	
4										
5	浄水系	原水	着水井	着水井	344,247	0	0	14,792		
6				配管・弁類	421,044	0	421,044	737		
7				床排水ポンプ	1,192	60,017	3,576	2		
8				凝集沈澱	薬品混和池	薬品混和池	344,247	0	0	14,792
9				攪拌機	8,047	5,761,627	24,142	16		
10					0	0	0	0		
11				薬品混和池	0	0	0	0		
12				上下流式加圧形成池	0	0	0	0		
13				横流式傾斜板沈澱池	0	0	0	0		
14				機械攪拌式フロク形成池	0	0	0	0		
15				水平流式フロク形成池	0	0	0	0		
16				横流式沈澱池	0	0	0	0		
17				横流式単層式沈澱池	0	0	0	0		
18				横流式階層式沈澱池	0	0	0	0		
19	原水小計				1,118,777	5,821,644	448,762	30,339		

図 3-4-1 「浄水施設の LCA 簡易計算シート」の一部

3. 5 結果と考察

(1) 凝集沈澱砂ろ過

図 3-5-1～図 3-5-4 に、凝集沈澱砂ろ過の LCA 算出結果を示す。

建設段階ではコンクリート構造物などの負荷が高くなっているが、機器類についてはそれほど大きな値とはなっていない。機器類の製造については原単位の都合上、大部分が素材の製造までの算出にとどまっており、組立・加工段階の算出が不十分であることも一因として考えられるが、仮に素材製造と同等のエネルギーが加工組立段階で消費されていたとしても、全体に対する割合はさほど大きくない。

運転段階では攪拌機、汚泥掻寄機、ポンプ、電気設備等が中心となっているが、薬品注入設備の運転に関する寄与が非常に大きい割合を占めている。この部分では凝集剤や次亜塩素酸ナトリウムなど薬品そのものの製造による負荷が高い値を示しており、58年という長期にわたって継続的に薬品が使用されることから、大きな割合を占めていると推察される。薬品注入量の削減は、コストや汚泥発生量の削減のみならず環境負荷の低減にも効果があることが伺える。

更新・廃棄段階についてはそれほど大きな負荷とはなっていない。

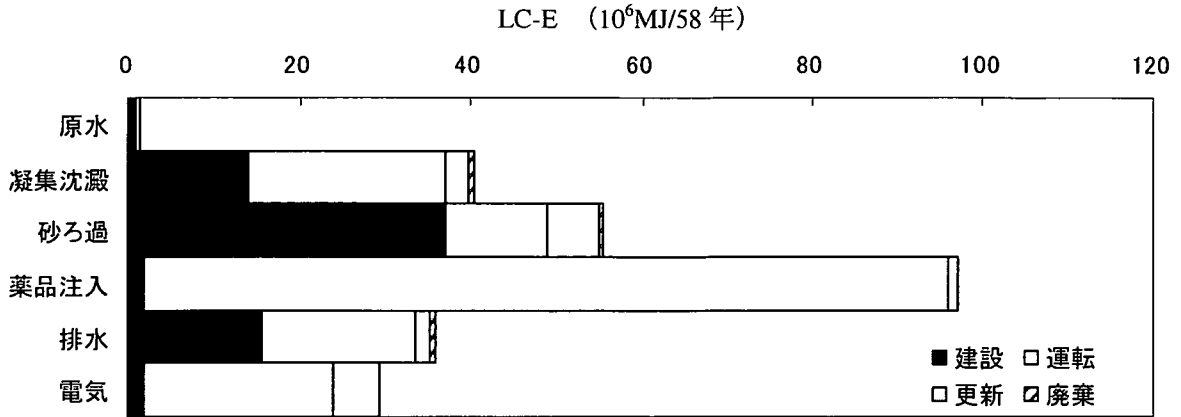


図 3-5-1 凝集沈澱砂ろ過設備のライフサイクルエネルギー消費量 (LC-E) 算出結果
(単位プロセス毎の累積)

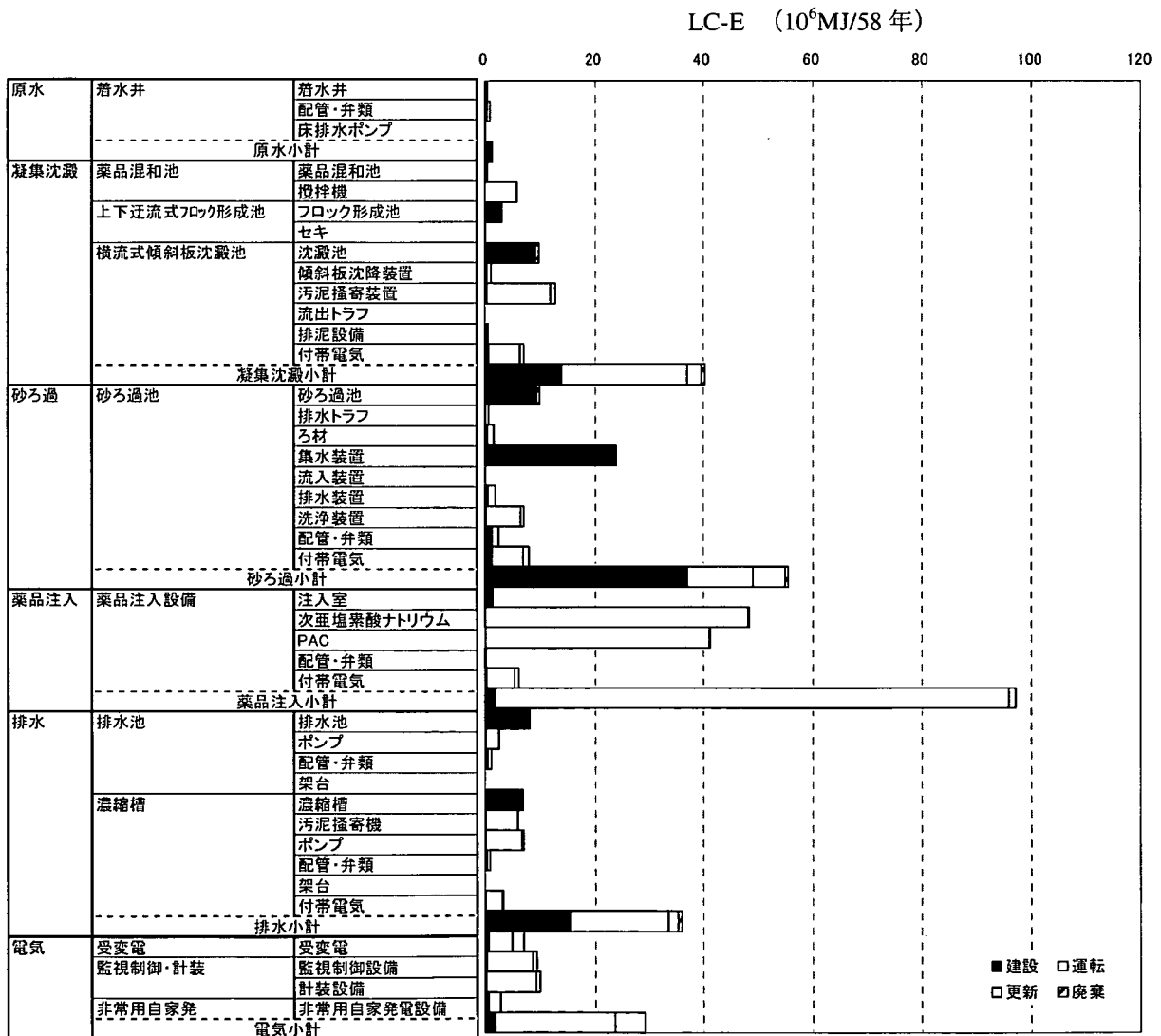


図 3-5-2 凝集沈澱砂ろ過設備のライフサイクルエネルギー消費量 (LC-E) 算出結果 (設備毎の累積)

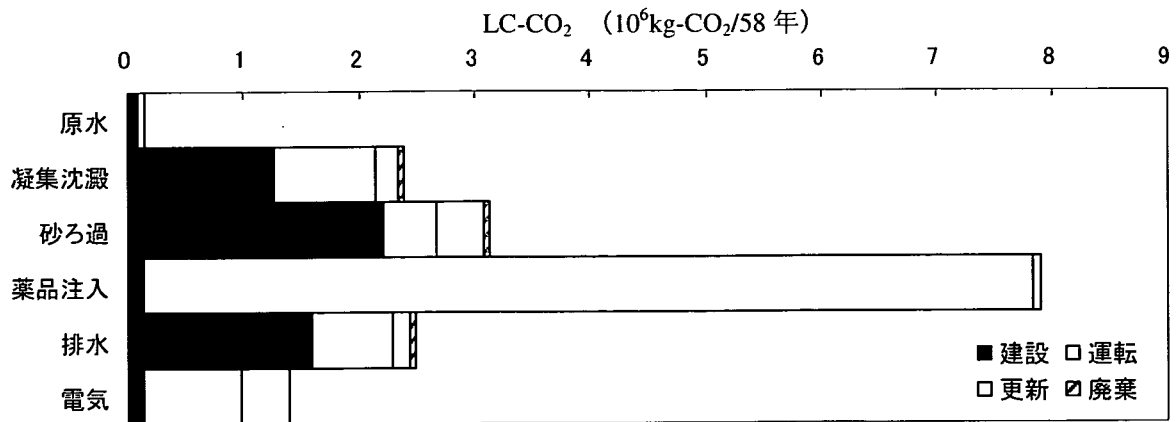


図 3-5-3 凝集沈澱砂ろ過設備のライフサイクル二酸化炭素排出量 (LC-CO₂)
算出結果 (単位プロセス毎の累積)

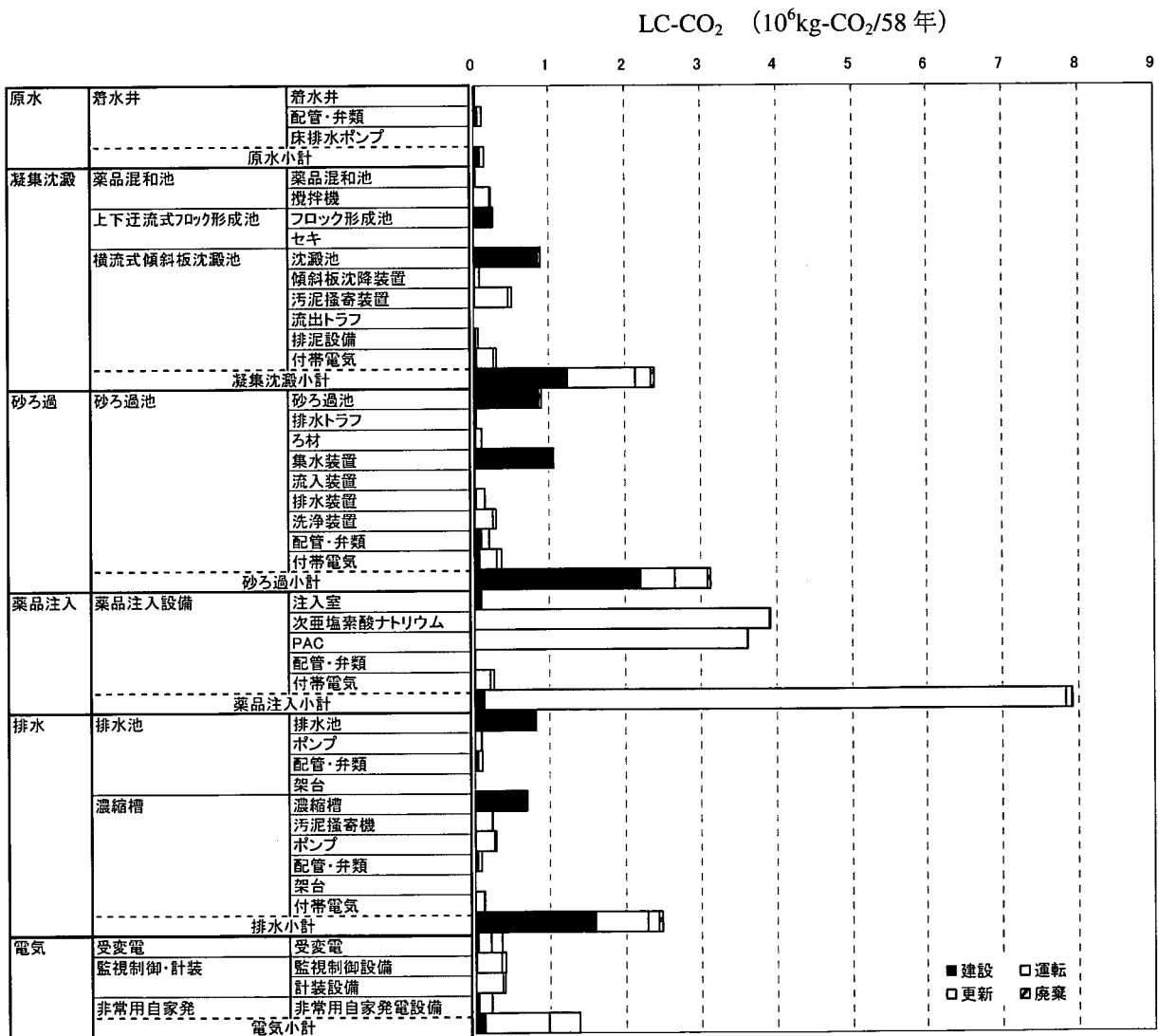


図 3-5-4 凝集沈澱砂ろ過設備のライフサイクル二酸化炭素排出量 (LC-CO₂)
算出結果 (設備毎の累積)

(2) 膜ろ過

図 3-5-5～図 3-5-8 に膜ろ過設備の LCA 算出結果を示す。膜ろ過設備の運転段階の負荷が大きな割合を占めており、その中では膜ろ過原水供給ポンプ、逆洗ポンプなどの電力消費に関する負荷が大部分である。

膜ろ過の原水供給ポンプについては、凝集沈澱砂ろ過などと比較すると浄水池の水位レベルを高く取ることができ、結果的に送水・配水の動力を削減できる、排水施設等のレイアウトの自由度が高くなるなどの側面があり、従来処理と比較する際にはこの点の留意が必要である。また、膜ろ過の動力については運転方法や方式などによって値が変動する部分であり、省エネの余地が大きい部分であると思われる。そのほか運転段階では、薬品洗浄及び消毒用の次亜塩素酸ナトリウム、排水処理の PAC、計装設備に関する負荷が若干高くなっている。

一方、建設段階に関する負荷は比較的少ない。これは膜ろ過施設が従来方式の施設と比べてコンパクトであり、土木工事なども少ないためであると考えられる。ただし、膜ろ過施設を構成する主要な資材である膜モジュールについては、240 本のモジュールを 6 年ごとに交換すると設定していることもあり、事業期間全体では若干の負荷を示している。

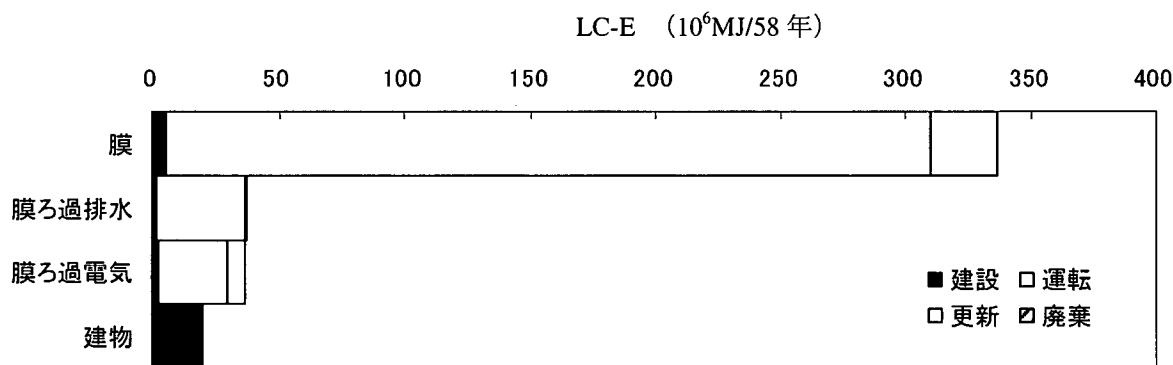


図 3-5-5 膜ろ過施設（有機膜）のライフサイクルエネルギー消費量（LC-E）
算出結果（単位プロセス毎の累積）

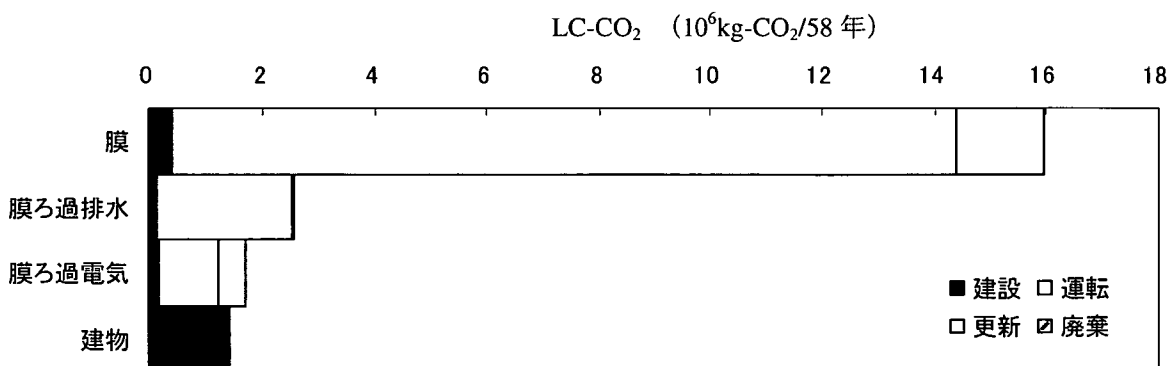


図 3-5-6 膜ろ過施設（有機膜）のライフサイクル二酸化炭素排出量（LC-CO₂）
算出結果（単位プロセス毎の累積）