

## 第3章 導入検討

### 第1節 導入検討手法

#### §16 導入検討の手順

本技術の導入の検討に当たっては、下水道施設およびリンの除去・回収の目的および課題等を把握した上で導入効果の評価を行い、適切な導入範囲および事業形態等について判断する。

- (1) 導入検討フロー
- (2) 基礎調査
- (3) 導入効果の検討
- (4) 導入判断

#### 【解説】

富栄養化対策としてのリン除去、MAPによる維持管理上のトラブル防止および資源回収の観点から、建設および維持管理に関わるコスト、温室効果ガス排出量等を踏まえ導入検討を行う。

#### (1) 導入検討フロー

導入検討に当たっては、導入の目的を明確にした後、**図3-1**に示される検討フローに従って、必要な情報の収集、情報整理を行い、課題を抽出したのち、導入の有効性、コスト試算、温暖化ガス排出量、エネルギー消費量の試算を行い、導入効果をまとめ導入判断を行う。

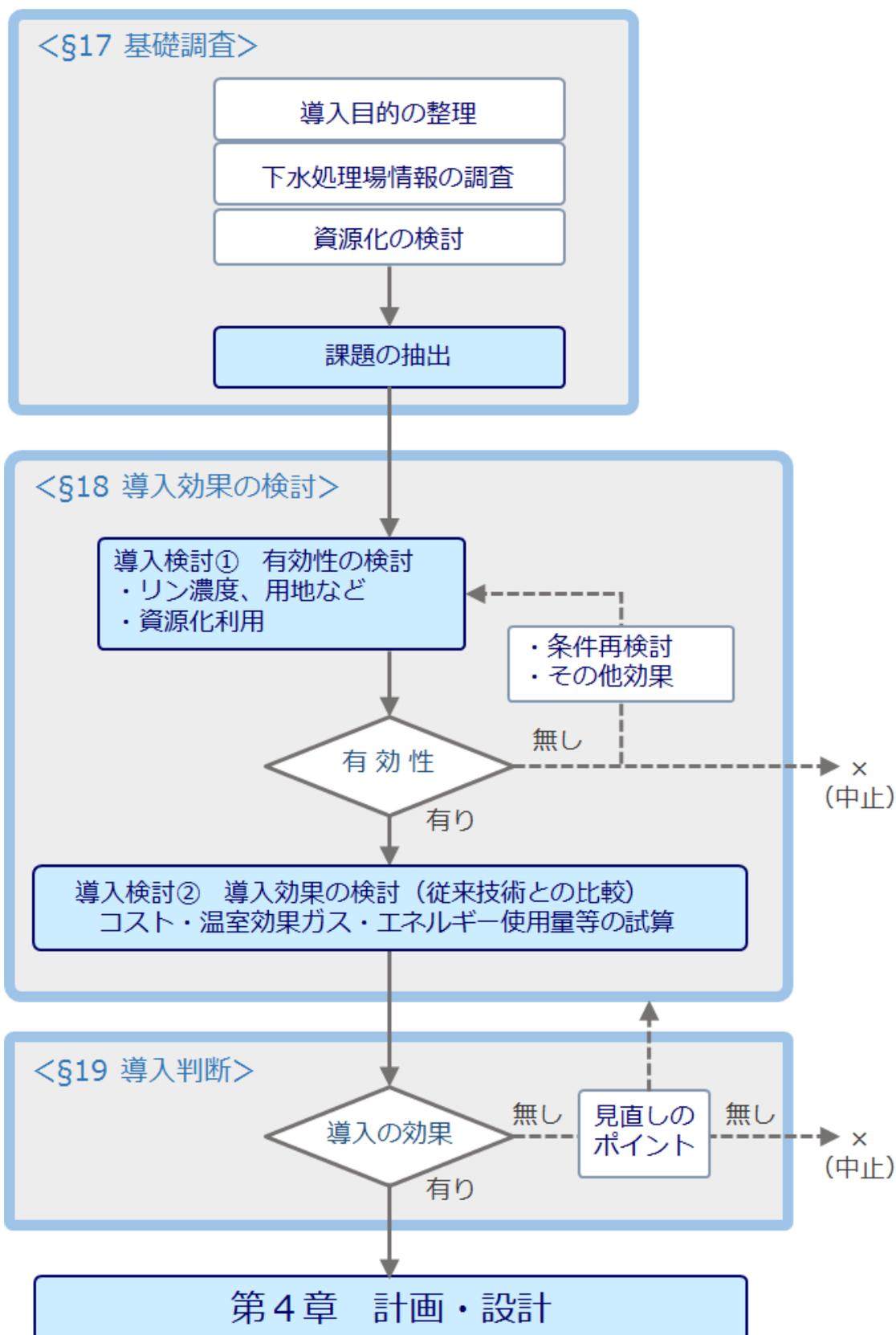


図3-1 導入検討フロー

(2) 基礎調査

基礎調査では、処理場の現状・課題・関連計画を整理し、技術導入の目的・必要性を明らかにする。

次に肥料利用の可能性・必要条件の整理を行う。

調査を通して明らかになった課題を抽出し、対応策を検討する。

基礎調査の詳細は、**§ 17**を参照のこと。

(3) 導入効果の検討

導入検討①（導入の有効性に関する検討）では、対象原水のリン濃度を把握し、**§ 12**の適用条件を満足するか確認するとともに、設備規模の類推から用地面積を概算し、設置スペースの有無を確認する。リン資源として有望な引取り先が期待出来れば資源化利用を検討する。

導入検討②（導入効果の検討）では、導入検討①で有効性が認められる場合、従来技術との比較を行っていく。

詳細は、**§ 18**を参照のこと。

(4) 導入判断

導入効果が見込まれると判断される場合には、本技術導入に係る意思決定を行い、第4章の計画・設計を行っていく。

導入判断の詳細は**§ 19**を参照のこと。

## § 17 基礎調査

基礎調査では、リンの除去・回収の目的を明確にし、下水道施設の現況および課題等を把握する。

- (1) 導入目的の整理
- (2) 下水処理場情報
- (3) 回収リンの資源化

### 【解説】

本技術導入の詳細な計画策定に先立ち、リンの除去・回収の目的を明確にし、下水道施設やバイオマス受け入れの現況ならびに関連計画等を把握する。また、本技術導入検討の基礎となる既存施設の運転データを収集・整理し、運転状況ならびにリンの収支を把握する。

#### (1) 導入目的の整理

汚泥消化が行われている処理場、又は今後汚泥消化の導入を検討する処理場が、本技術の導入を検討する前提条件となる。

導入に当っては、第2章 § 12技術の適用条件、§ 13導入シナリオ例を参照し、目的を明確にした後、以下の情報を整理し、導入シナリオを策定する。

##### 1) 環境基準への適用

放流基準、総量負荷制限、地域協定等を調査し、リン除去・回収必要量の算定根拠とする。

##### 2) スケールトラブルの状況

発生箇所、発生状況等を把握する。

##### 3) バイオマス受入の場合のリン除去・回収における影響の把握

通常の下水汚泥の他に、地域利用バイオマスやし尿汚泥を受入れる場合、消化汚泥のリン・アンモニア等の濃度が変わることが考えられるため、外部バイオマスを受入れる計画がある場合は、外部バイオマスに含まれるリン濃度を検討し、受入れの影響を事前に把握することが望ましい。

#### (2) 下水処理場情報

計画立案にあたっては、まず処理場の特性・計画および現状について把握することが重要である。各原単位を把握し、試算および設計の資料とする。主な調査項目を以下に示す。

- 1) 消化汚泥発生量（汚泥引抜量）：容量計算、設備建設費に使用
- 2) 引抜時間（単位時間当たりの汚泥量）：ポンプ等の装置容量設計に使用
- 3) 汚泥中の溶解性リン濃度：リン除去・回収設備の容量算出に使用
- 4) 水処理方法（凝集剤使用の有無）：固形物量およびリン濃度の把握に使用
- 5) バイオマス受け入れ量（ある場合）または受け入れ計画量：固形物量およびリン濃度の把握に使用
- 6) 設備の設置スペース：建設費の算定に使用

(3) 回収リンの資源化

回収リンした MAP の肥料（原料）利用の可能性、必要条件を調査・整理する。

引き取り可能な施設や業者、想定MAP回収量、販売想定価などを把握する。

引き取り条件等の確認事項は第6章に記載する。

§18 導入効果の検討

導入効果は、基礎調査により得られた情報に基づき、建設費・維持管理費・エネルギー消費量・温室効果ガス排出量等を算出し、従来技術との比較により総合的に評価する。

【解説】

下水道革新的技術の導入によって見積もられる建設や維持管理に係るコストおよび温室効果ガス排出量・栄養塩類除去効果等を算出し、従来技術との比較結果から総合的に導入効果を評価する。

技術導入のシナリオ設定において既存技術の効果を検討する場合は、「下水道におけるリン資源化の手引き」等の既往指針を参照のこと。

(1) 導入判断フロー

導入効果の検討においては、以下の手順にて行う。

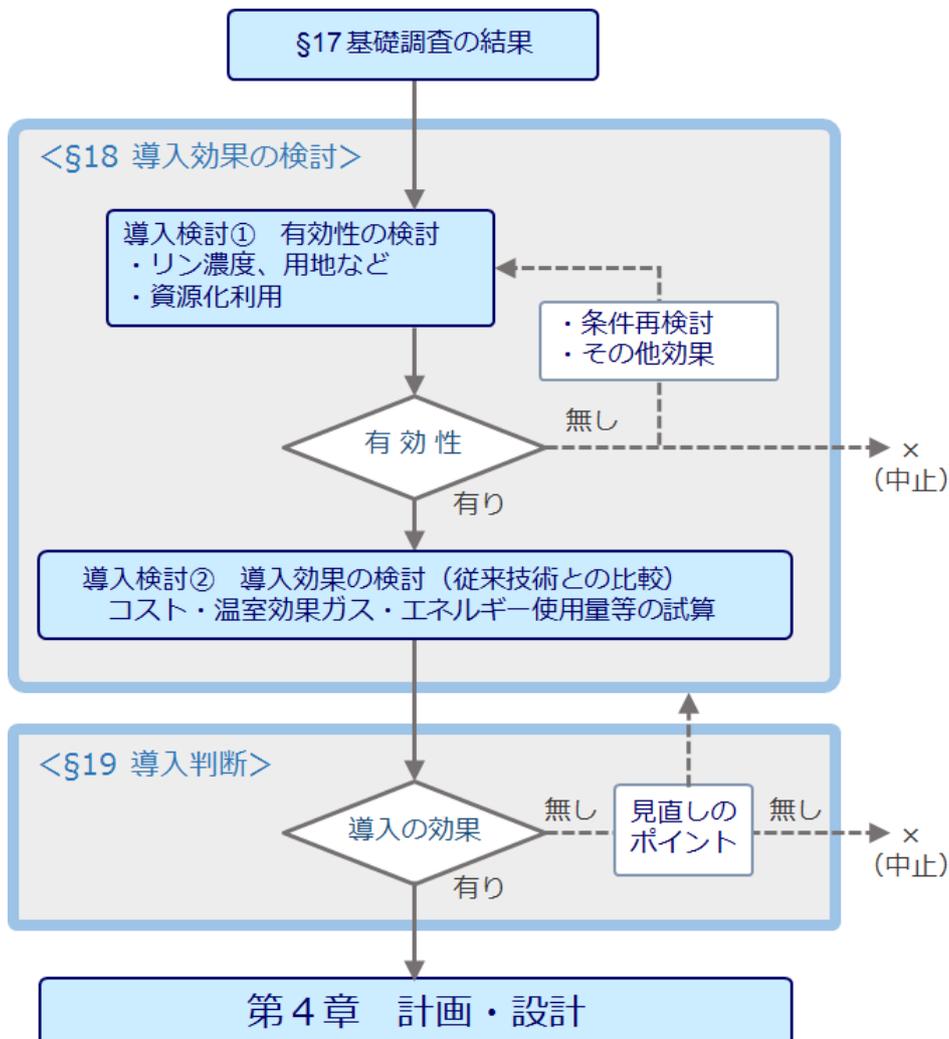


図3-2 導入判断フロー

## (2) 導入の有効性に関する検討

設定した処理量と流入リン濃度からリン除去・回収量を推定し、適用において、リンの排水基準等の基準・規制の達成維持について定量的に確認する。また、回収リンの資源化の可能性についても検討する。

次に、下記の有効性の判断基準により、導入の有効性を判断する。なお、この段階で導入効果が無い、または明確でない場合は、日報等過去データを精査し流入リン濃度の設定値を見直す、あるいは運転時間を見直す、などの条件の変更や、スケールトラブル発生に関わる費用といった、その他の効果を追加するなどして、再検討する。

### <有効性の判断基準>

- ・流入汚泥中のリン濃度： 除去・回収量の指標。採算性を考えると溶解性リンで50mg/L以上
- ・用地：機種選定は出来ても配置場所が無い場合、設置場所への汚泥移送や回収リンの搬出が困難な場合、などでは適用は困難となる。設置可能なスペースがあること。

## (3) 導入効果の検討

導入効果を定量的に把握するため、コスト・温室効果ガス・エネルギー消費量等の試算を行い、従来技術との比較を行う。

比較における算定手法は、以降による。

### 1) コスト算定

コスト算定は、検討を容易にするため、実証試験から得られたデータに基づき建設費および維持管理費を算定式化した。

また、導入において参考となる資料を以下に示す。

参考：「下水道におけるリン資源化の手引き」（平成22年3月 国土交通省都市・地域整備局）

算定式は、処理量およびリン酸態リン濃度を変数としている。標準は屋外設置とする。設置予定場所に既に設置に耐えうる基礎がある場合、土木設備は不要である。

### ①建設費

建設費は、リン除去設備に関わる機械設備工事費・電気設備工事費・土木設備工事費・建築設備工事費を合計したものである。検討においては、用途に応じてMAP乾燥設備の有無を決定する。

建設費の算出に当たっては、表3-2の耐用年数を使用する。耐用年数は、「標準的耐用年数」（国土交通省通達 国都下事第77号 平成15年6.19）による。

建設費の算定式を以下に示す。

表 3-1 建設費の算定式

設備区分	コスト算定方法	備考
機械設備工事 (主要設備構成) ・受泥槽 ・リン除去回収装置 ・薬品注入装置 ・MAP 洗浄装置	処理消化汚泥量、リン酸態リン濃度による 工事費 Y (百万円) の算定式 $Y=0.001X_d^2+0.4X_d \times (A/200)^{0.5} + 130 \times (A/200)^{0.5}$	$X_d$ : 日最大処理汚泥量 (m <sup>3</sup> /日) (～600 <sup>*</sup> ) $A$ : リン酸態リン濃度 (mg/L) (100～300 <sup>*</sup> )
電気設備工事 (主要設備構成) ・現場操作盤 ・計装設備	処理消化汚泥量、リン酸態リン濃度による 工事費 Y (百万円) の算定式 $Y=0.2X_d+7 \times (A/200)$	
土木設備工事	処理消化汚泥量、リン酸態リン濃度による 工事費 Y (百万円) の算定式 $Y=0.1X_d+3.8 \times (A/200)$	杭打ち工事は地域条件により大きく異なるので含めず。
建築設備工事	建築設備および MAP 乾燥設備を設ける場合はメーカーヒアリングとする。	第 4 章に記載。

※適用範囲を超える場合はメーカーヒアリングを行う。

建設年価の算出方法は以下のとおり。

「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル(案)」(平成 15 年 8 月 国土交通省都市・地域整備局下水道部) より、

$$\text{年価} = [ i + \{ i / (i+1)^{n-1} \} ] \times \text{建設費}$$

i : 利子率 = 2.3%

n : 耐用年数 (標準耐用年数は次表による。)

表 3-2 耐用年数

設備	項目	耐用年数	備考
リン除去・回収設備	機械・電気	15 年	汚泥濃縮設備 濃縮タンク(鋼製)相当
	土木・建築	45 年	汚泥処理施設 相当
MAP 乾燥設備	機械	10 年	汚泥処理設備コンポスト相当 (低温のため)

②維持管理費

本技術の維持管理に関わるコスト額を算出する。

維持管理費は、電力費、薬品費、日常点検費およびオーバーホール等の定期点検費（消耗品、人工等）について算出する。維持管理費の算出にあたっては、15年間運転を継続した場合の1年当たりの平均値とし、稼働率を見込む。

また、MAPとして固形物が削減されることによる、後段の汚泥処理（脱水、焼却）に伴う維持管理費の削減効果、およびリン除去効果により返流水リン負荷が低減されることで、水処理側の薬品費が削減できる場合はこれも加算する。

本技術の維持管理年価の算定式を以下に示す。

表 3-3 維持管理年価の算定

設備区分	コスト算定方法	備考
電力 ・受泥槽 ・リン除去回収装置 ・薬品注入装置 ・MAP洗浄装置	処理消化汚泥量、リン酸態リン濃度による 電力費 Y (百万円/年) の算定式 使用電力 $Y_0$ (kwh/日) $=0.0045x^2-0.87x \times (A/200)^{0.5}+368 \times (A/200)^{0.5}$ $Y=Y_0 \times R/24 \times e \times D/10^6$	X : 日平均処理汚泥量 (m <sup>3</sup> /日) (~600*) A : リン酸態リン濃度 (mg/L) (100~300*) R : 稼働時間 (時間/日) D : 稼働日数 (~365 日) e : 電力単価 (円/kwh)
薬品 ①水酸化マグネシウム	処理消化汚泥量、リン酸態リン濃度による 薬品費 Y (百万円/年) の算定式 使用量 $Y_m$ (kg/日) $=X \times A \times M \times (58.3/31) \times (100/C_m)/1000$ $Y=Y_m \times k \times R/24 \times D/10^6$	M : 添加モル比 (Mg/P) $C_m$ : 有効水酸化マグネシウム濃度 (%) k : 水酸化マグネシウム単価 (円/kg)
②クエン酸	使用量 $Y_n$ (kg/年) $=X \times 0.25$ Y (百万円/年) $=Y_n \times L/10^6$	L : クエン酸単価 (円/kg)
点検補修費	機械および電気設備建設年価の比率による 点検補修費 Y (百万円/年) の算定式。 $Y=(X_1+X_2) \times r$	X <sub>1</sub> : 建設年価 (機械) X <sub>2</sub> : 建設年価 (電気) r : 比率 (標準 0.03)
労務費	同上	

※適用範囲を超える場合は、メーカーヒアリングを行う必要がある。

本技術の維持管理費の算出に必要なユーティリティ単価の一例を、表 3-4 に示す。

表 3-4 ユーティリティ単価（例）

項目	設定単価	備考
電力	12 円/kWh	—
A 重油	91 円/L	—
上水	200 円/m <sup>3</sup>	—
苛性ソーダ	55,000 円/t	48%製品として
水酸化マグネシウム	20,000 円/t	35%スラリー製品として
PAC	40,000 円/t	—
クエン酸	400,000 円/t	—
点検修繕費	機械設備＋電気設備費の 3%	—
労務費	機械設備＋電気設備費の 3%	—

### ③廃棄費

廃棄費は、設備の耐用年数使用後の撤去に関わる費用である。算出方法は、建設費の 10%とした。

2) エネルギー消費量

エネルギー消費量としては、リン除去・回収設備に関わる電力、薬品の使用量に伴うエネルギー消費量を算出する。また、MAPとして固形物が削減されることにより、後段の汚泥処理（脱水、焼却）に伴うエネルギー消費量が削減される場合、およびリン除去効果により返流水リン負荷が低減されることで、水処理側の薬品削減に伴うエネルギー消費量が削減される場合はこれも加算する。

エネルギー消費量の算定式を以下に示す。

表 3-5 エネルギー消費量の算定

設備区分	エネルギー消費量算定方法	備考
電力	電力使用量によるエネルギー消費量 E (GJ/年) の算定式 $E = X_e \times E_e \times R / 24 \times D / 10^3$	$X_e$ : 使用電力 (kWh/日) [ $X_e = (3)$ 項の $Y_e$ ] $R$ : 稼働時間 (~24 時間/日) $D$ : 稼働日数 (~365 日) $E_e$ : 電力原単位 (MJ/kWh)
薬品	薬品使用量によるエネルギー消費量 E (GJ/年) の算定式 $E = (X_m \times E_m \times R / 24 \times D_m / 10^3) + (X_k \times E_k / 10^3)$	$X_m$ : 水酸化マグネシウム使用量 (kg/日) [ $X_m = (3)$ 項の $Y_m$ ] $X_k$ : クエン酸使用量 (kg/日) [ $X_k = (3)$ 項の $Y_k$ ] $E_m$ : 水酸化マグネシウム原単位 (MJ/t) $E_k$ : クエン酸原単位 (MJ/t)

本技術のエネルギー消費量の算出に必要なエネルギー原単位の一例を以下に示す。

表 3-6 エネルギー原単位 (例)

項目	エネルギー	備考
電力	9.68 MJ/kWh	
A 重油	39.1GJ/kL	
上水	30.7MJ/m <sup>3</sup>	
薬品	水酸化マグネシウム	2,853 MJ/t 濃度 100%として
	苛性ソーダ	16,950MJ/t (NaOH 純分として) 濃度 100%として
	PAC	2,871MJ/t
	クエン酸	97,948MJ/t 濃度 100%として
	高分子凝集剤	220,123 MJ/t

### 3) 温室効果ガス排出量

温室効果ガスの試算方法においては、ユーティリティ毎に使用量を把握し、各ユーティリティの温室効果ガス換算係数で変換することで排出量を評価する。

#### ①温室効果ガスの排出源

- i) 電気，燃料（石油，ガス等）のエネルギー消費に伴う排出
- ii) 上水，工業用水，薬品類の消費に伴う排出
- iii) 施設の建設および廃棄に伴う排出

「下水道におけるLCA適用の考え方」（平成22年2月国土交通省 国土技術政策総合研究所）より終末処理場における環境負荷量(LC-CO2)の算定事例【建設段階19.3%、供用段階80.2%、解体・廃棄段階0.5%】の比率で換算

#### iv) 固形物削減による効果

汚泥処理における後段の脱水工程および焼却にかかる温暖化ガス排出量の削減。  
地球温暖化対策の推進に関する法律では6種類の温室効果ガスが規定されているが、このうちフロン系ガスについては、地方公共団体の実行計画によるものとし、下水道温暖化防止計画では『二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)』『メタン (CH<sub>4</sub>)』『一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O)』を対象としている。

温室効果ガスの排出量は、次の計算式により算定する。

$$\begin{aligned} (\text{各温室効果ガスの排出量}) &= \Sigma \{ (\text{活動の種類ごとの排出量}) \} \\ &= \Sigma \{ (\text{活動量}) \times (\text{排出係数}) \} \end{aligned}$$

#### ②算定方法

- i) 「電気，燃料のエネルギー消費に伴う排出」は，期間内（通常1年間）に使用した電力量，燃料使用量に排出係数を乗じて算定する。
- ii) 「上水，工業用水，薬品類の消費に伴う排出」は，期間内に使用した上水等の使用量に排出係数を乗じて算定する。
- iii) 「施設の建設および廃棄に伴う排出」は，①②で求めた供用段階の温室効果ガス排出量に上述の①iii)に記載の比率で換算する。
- iv) 「固形物削減による効果」は，期間内に削減された固形物量に伴う汚泥処理（脱水、焼却）にかかるユーティリティ削減量等に排出係数を乗じて算定する。

上記により算定された対象物質(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O)ごとに地球温暖化係数を乗じて，その合計値である「総排出量」を求める。その式を以下に示す。

温室効果ガス総排出量 (t-CO <sub>2</sub> )			
= Σ {各温室効果ガスの排出量 (t) × 各温室効果ガスの地球温暖化係数}			
(地球温暖化係数)			
二酸化炭素	(t-CO <sub>2</sub> /年)	× 1	= 温室効果ガス排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)
メタン	(t-CH <sub>4</sub> /年)	× 21	= 温室効果ガス排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)
一酸化二窒素	(t-N <sub>2</sub> O/年)	× 310	= 温室効果ガス排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)

温室効果ガス排出量の算定式を以下に示す。

表 3-7 温室効果ガス排出量の算定

設備区分	温室効果ガス排出量算定方法	備考
電力	電力使用量による温室効果ガス排出量 G (t-CO <sub>2</sub> /年) の算定式 $G = X_e \times R / 24 \times D \times G_e / 10^3$	X <sub>e</sub> : 使用電力 (kwh/日) [X <sub>e</sub> =(3)項の Y <sub>e</sub> ] R : 稼働時間 (~24 時間/日) D : 稼働日数 (~365 日) G <sub>e</sub> : 電力排出係数 (t-CO <sub>2</sub> /kwh)
薬品	薬品使用量による温室効果ガス排出量 G (t-CO <sub>2</sub> /年) の算定式 $G = (X_m \times R / 24 \times D_m \times G_m / 10^3) + (X_k \times G_k / 10^3)$	X <sub>m</sub> : 水酸化マグネシウム使用量 (kg/日) [X <sub>m</sub> =(3)項の Y <sub>m</sub> ] X <sub>k</sub> : クエン酸使用量 (kg/日) [X <sub>k</sub> =(3)項の Y <sub>k</sub> ] G <sub>m</sub> : 水酸化マグネシウム排出係数 (t-CO <sub>2</sub> /t) G <sub>k</sub> : クエン酸排出係数 (t-CO <sub>2</sub> /t)

技術の温室効果ガス排出量の算出に必要な温室効果ガス排出係数の一例を表 3-8 に示す。

表 3-8 温室効果ガス排出係数

項目	排出係数	
電力	0.000550 t-CO <sub>2</sub> /kWh	
A 重油	2.71 t-CO <sub>2</sub> /kL	
薬品	水酸化マグネシウム	0.547832 t-CO <sub>2</sub> /t
	クエン酸	14.392t-CO <sub>2</sub> /t
	苛性ソーダ	0.938t-CO <sub>2</sub> /t (濃度 100%のとき)
	高分子凝集剤	6.5 t-CO <sub>2</sub> /t
	PAC	0.17 t-CO <sub>2</sub> /t
下水污泥焼却に関わる排出係数	原単位 : 0.2001537t-CO <sub>2</sub> /t-wet(ケーキ) (0.000645t-N <sub>2</sub> O × 310 + 0.0000097t-CH <sub>4</sub> × 21/t-wet)	

(6) その他導入効果

ここでは、MAP販売やMAP閉塞による修繕といった諸条件により変わる効果を示す。

1) 資源有効利用効果

本技術の処理により回収するMAPは、有価物と扱えるため、リン肥料としての販路が確立することで販売収益を得ることが可能である。この場合にはコストの縮減効果を見込むことができる。

2) MAP 閉塞トラブルの解消

導入前、MAP による配管閉塞等のトラブルにより定期的に清掃を行っている場合、本技術の導入により清掃費用の削減が期待できる。また、汚泥脱水機にスケールトラブルを抱えている場合、メンテナンス費用の削減に加え、処理の安定化・稼働率の向上も期待できる。

## § 19 導入判断

導入効果を検討し評価結果を踏まえて、導入について判断する。

## 【解説】

技術の適用性および回収したMAPの取り扱い方法を検討し、総合的な導入効果の評価を網羅的に行うことにより、導入の判断を行う。

導入判断フローに従って評価を行った結果、十分な導入効果が見込まれなかった場合は、原因を把握し表 3-9 に示されるポイントに従って導入シナリオを見直した上で、再評価を行う。

表3-9 導入シナリオ見直しのポイント

評価項目	目標不達の原因	対応策
設計要件	原汚泥中のリン酸態リン濃度が低い (他設備での水処理への返流負荷が高い)	汚泥濃縮槽の滞留時間が長い場合、リン放出量を下げる運用を検討 一例として、2槽使用している場合は1槽のみとし滞留時間の短縮を試みる。
費用対効果	費用以外の必要性	スケール除去費用などの維持管理費が発生する場合、施設運用の安定性や事故リスクを検討に追加する。
MAP 販売	事前調査では、MAP の利用先が想定できない場合	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探索範囲を広げ再度ヒアリング</li> <li>・他部門への問い合わせ</li> <li>・地理的条件などの見直し</li> </ul>

## 第2節 導入効果の検討例

### § 20 試算条件

本技術の導入効果を総合的に評価するため、従来技術との比較を行う。比較に当たっての項目と試算条件を定める。

#### 【解説】

以下に本技術と従来技術の適用箇所および設備構成の比較を示す。(図 3-3、図 3-4)

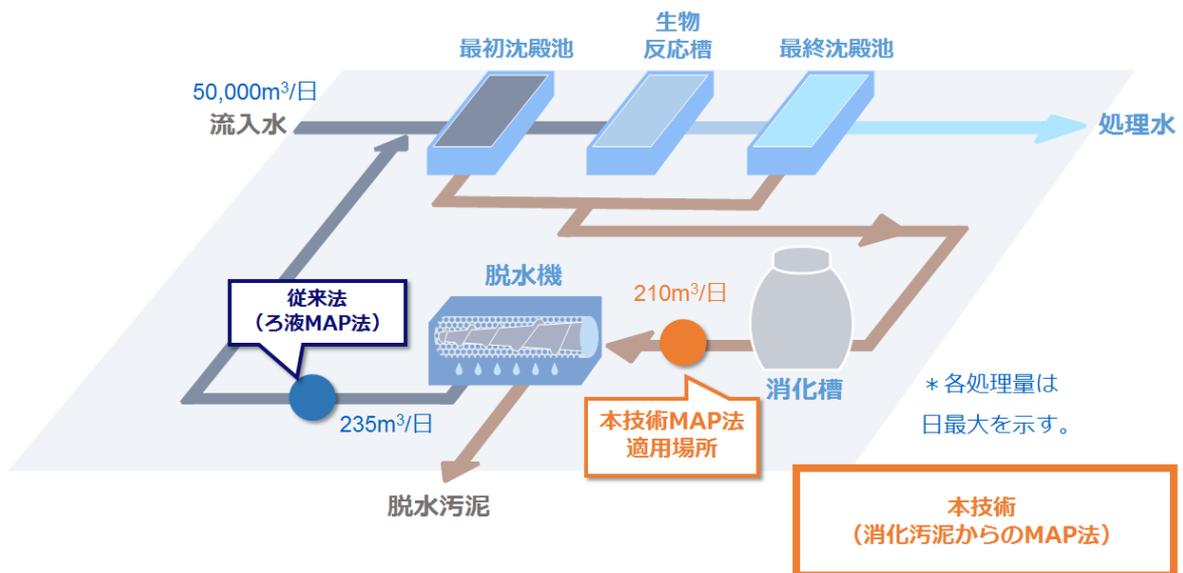


図 3-3 従来技術と革新的技術の比較

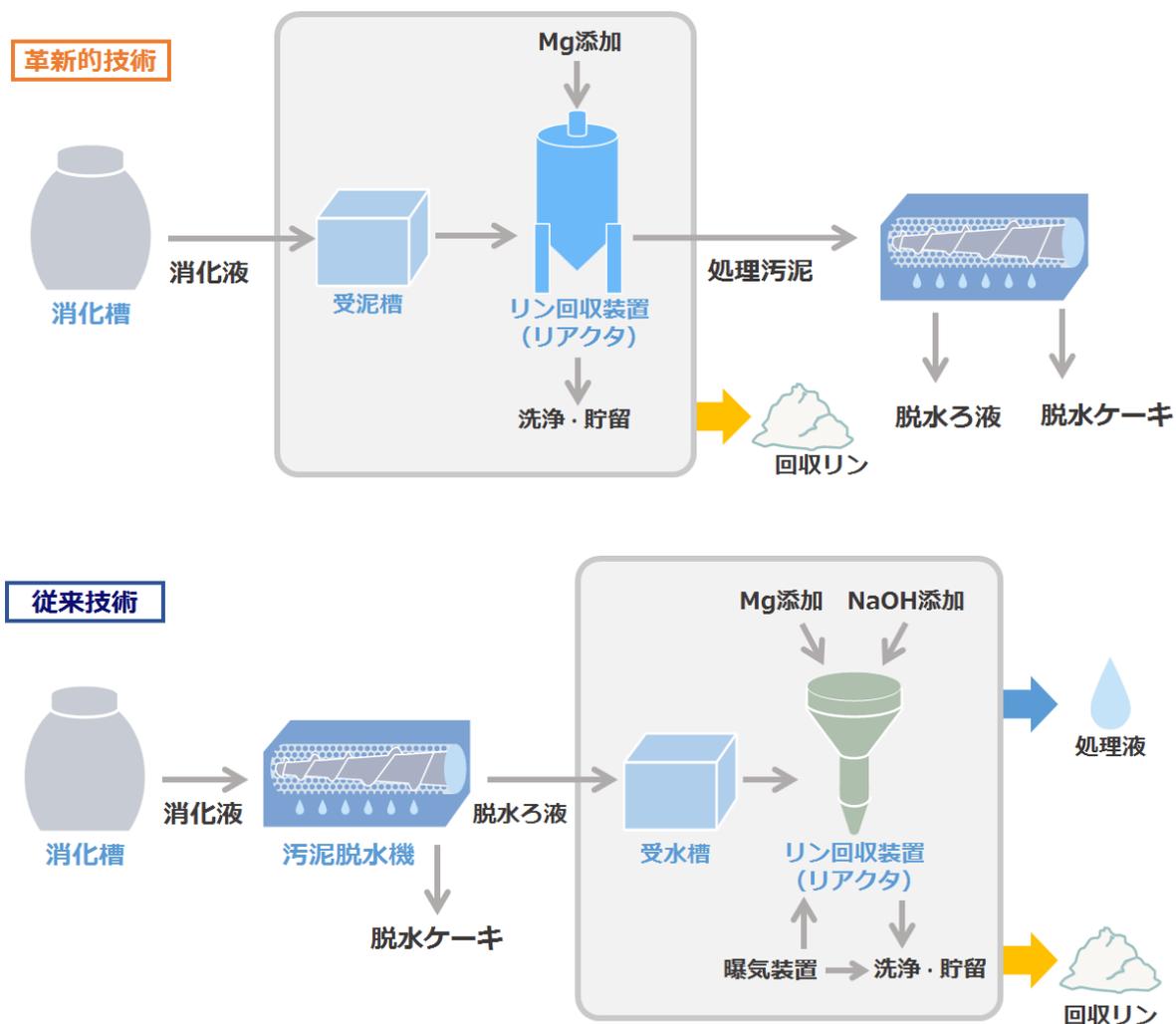


図 3-4 設備構成の比較

従来法との比較にあたっては、表 3-10 に示す検討条件例を参考に、導入予定施設における検討条件を設定する。表 3-10 にはコスト（建設費、維持管理費、LCC）、エネルギー消費量、温室効果ガス排出量、返流水リン負荷量削減量、リン資源回収量の比較に必要な項目とその代表的な数値を示した。なお、凝集剤添加によるリン除去等を行っている場合は、本技術ならびに従来法の導入に伴って削減される凝集剤の使用量と凝集汚泥発生量の削減による効果を加味することが必要である（資料編 2 項参照）。

表 3-10 検討条件例

検討項目	検討条件
①汚水処理量（参考）	50,000m <sup>3</sup> /日（日最大汚水量）
②混合汚泥 ・汚泥濃度（TS） ・強熱減量（VS） ・汚泥固形物量	・ 3.33% ・ 80% ・ 7t-DS/日
③嫌気性消化汚泥 ・消化率 ・T-P 濃度 ・PO <sub>4</sub> -P 濃度 ・自然発生 MAP-P 濃度	・ 50% ・ 650 mg/L（メーカ経験値平均） ・ 150 mg/L（日平均；メーカ経験値平均） ・ 65 mg/L（メーカ経験値平均）
④脱水設備 ・ケーキ含水率 ・固形物回収率 ・薬注率 ・薬品溶解濃度 ・洗浄水量	・ 80% ・ 95% ・ 1.5%（高分子凝集剤1液調質） ・ 0.2% ・ 15 m <sup>3</sup> /日
⑤従来技術 ・主要設備 ・脱水ろ液量	・ リン除去回収設備 [従来 MAP 法（脱水ろ液より）] ・ 235 m <sup>3</sup> /日（日最大汚泥量時の脱水ろ液量） ・ 188 m <sup>3</sup> /日（日平均汚泥量時の脱水ろ液量） ・（脱水ろ液での T-P 除去率：70%※）
⑥革新的技術 ・主要設備 ・消化汚泥量	・ リン除去・回収設備 [MAP 法（消化液より）] ・ 210 m <sup>3</sup> /日（日最大汚泥量時） ・ 168 m <sup>3</sup> /日（日平均汚泥量時） ・ 脱水ろ液での T-P 除去率 80%（実証による）
⑦リン除去・回収設備稼働率 ・稼働率 ・稼働時間 ・稼働日数	・ 1.0（日平均消化汚泥量を年間平均で処理する条件として試算） ・ 24 時間 ・ 365 日/年 （革新的技術、従来技術とも同様の稼働率として試算）
備考	脱水設備を試算条件に加える場合は、形式、処理能力、建設コスト、および単位処理量当りの維持管理コストは等しいものとして検討を行う。

※ 出展：「下水道におけるリン資源化の手引き」（平成 22 年 3 月 国土交通省都市・地域整備局下水道部）P33 表

## § 21 導入効果の検討結果

革新的技術と従来技術とを比較した試算結果をまとめたものである。

- (1) 建設費、維持管理費、廃棄費、LCC の試算結果
- (2) エネルギー消費量の試算結果
- (3) 温室効果ガス排出量の試算結果
- (4) その他効果の試算結果

### 【解説】

- (1) 建設費、維持管理費、廃棄費、LCCの試算結果

建設費、維持管理費、廃棄費、LCCについて、コスト縮減効果のケーススタディを行った。

- 1) 建設費

建設費は土木・建築・機械・電気設備から構成される。

試算にあたって、従来技術は「下水道におけるリン資源化の手引き」(平成22年3月 国土交通省都市・地域整備局)に記載されている算定式を、革新的技術については§18に記載している算定式を使用して算出を行った。

建設費の試算結果を次表に示す。従来技術と比較した場合、建設費(総価)で15.8%、建設費(年価)で8.4%の縮減効果が得られる試算結果となった。

表 3-11 建設費の試算結果

	単位	革新的技術	従来技術	縮減率
総価				
土木・建築	百万円	23.90	76.51	68.7%
機械	百万円	229.4	203.02	-13.0%
電気	百万円	47.3	77.42	38.9%
合計	百万円	300.5	357.0	15.8%
年価				
土木・建築	百万円/年	0.81	2.59	68.7%
機械	百万円/年	18.26	16.16	-12.9%
電気	百万円/年	3.76	6.16	38.9%
合計	百万円/年	22.83	24.91	8.4%

## 2) 維持管理費

維持管理費は、電力費、薬品費、日常点検費およびオーバーホール等の定期点検費（消耗品、人工等）および汚泥発生量削減の影響を受ける汚泥脱水、焼却設備の維持管理費増減分の合計で示す。算出においては、ユーティリティ使用量に原単位をかけて試算とした。

ユーティリティ使用量試算結果を次表に示す。

表 3-12 ユーティリティ使用量の試算結果

	単位	革新的技術	従来技術	備考
リン除去・回収設備				
電力	kWh/日	319.1	240.4	
水酸化マグネシウム	kg/日	136	161	35%製品として
苛性ソーダ	kg/日	0	47.8	48%製品として
クエン酸	kg/年	42	345	洗浄時に使用
脱水設備				
電力	kWh/日	774	798	50kWh/t-wet（ケーキ）
高分子凝集剤	kg/日	48.9	50.4	薬注率 1.5%
焼却設備				
電力	kWh/日	1,548	1,596	100kWh/t-wet（ケーキ）
A 重油	L/日	464	479	30L/t-wet（ケーキ）

維持管理費の試算結果を次表に示す。従来技術と比較した場合、リン除去・回収技術単独では21.6%の縮減効果が得られる結果となり、汚泥削減による脱水・焼却における維持管理費の削減効果を加味することで、83.4%の縮減効果が得られる結果となった。

表 3-13 維持管理費の試算結果

	単位	革新的技術	従来技術	縮減率
リン除去・回収技術単独				
電力	百万円/年	1.40	1.05	-32.7%
薬品	百万円/年	1.01	2.28	55.8%
上水	百万円/年	0	0.08	100%
定期点検修繕	百万円/年	0.66	0.67	1.3%
労務費	百万円/年	0.66	0.67	1.3%
小計①	百万円/年	3.73	4.75	21.6%
汚泥固形物削減による効果				
汚泥脱水設備※1	百万円/年	-0.81	0.00	—
焼却設備※2	百万円/年	-2.13	0.00	—
小計②	百万円/年	-2.94	0.00	—
合計 (①+②)	百万円/年	0.79	4.75	83.4%

※1 「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル(案)」(平成15年8月 国土交通省都市・地域整備局下水道部) の費用関数より

$$Y = 0.039Q_y^{0.596} \times (104.4/97.6)$$

$Q_y$  : 年間処理汚泥量 (1%換算) ( $m^3$ /年)

デフレター : H15=97.6、 H21=104.4

※2 上記同費用関数より

$$Y = 0.287Q_y^{0.673} \times (104.4/97.6)$$

$Q_y$  : 年間処理汚泥量 (t/年)

デフレター : H15=97.6、 H21=104.4

## 3) ライフサイクルコスト (LCC)

LCCは建設費と維持管理費に廃棄費を足し合わせることによって算出する。

LCCの試算結果を次表に示す。従来技術と比較した場合、19.4%の縮減効果が得られる結果となった。

表 3-14 LCC の試算結果

	単位	革新的技術	従来技術	縮減率
建設年価	百万円/年	22.83	24.91	8.35%
維持管理費	百万円/年	0.79	4.75	83.4%
廃棄費	百万円/年	2.28	2.49	8.35%
合計	百万円/年	25.90	32.15	19.4%

## (2) エネルギー消費量の試算結果

エネルギー消費量は、リン除去設備に関わる電力、薬品等の使用量および汚泥固形物量削減の影響を受ける汚泥脱水、焼却設備のユーティリティ使用量増減分の合計で示す。

エネルギー消費量の試算結果を次表に示す。従来技術と比較した場合、リン除去・回収技術単独では7.7%増加する結果となったが、汚泥固形物量削減に伴う脱水・焼却におけるエネルギー消費量の削減効果を加味することで45.2%縮減される結果となった。

表 3-15 エネルギー消費量比較

	単位	革新的技術	従来技術	縮減率
リン除去・回収技術単独				
電力	GJ/年	1,127.5	849.4	-32.7%
薬品	GJ/年	53.5	234.6	77.2%
上水	GJ/年	0	12.6	100%
小計①	GJ/年	1,181.1	1,096.6	-7.7%
汚泥固形物量削減による効果				
汚泥脱水設備	GJ/年	-205.9	—	—
焼却設備	GJ/年	-373.8	—	—
小計②	GJ/年	-579.7	—	—
合計 (①+②)	GJ/年	601.4	1,096.6	45.2%

## (3) 温室効果ガス排出量の試算結果

温室効果ガス排出量は各ユーティリティ使用量等から算出した。

温室効果ガス排出量の試算結果を次表に示す。従来技術と比較した場合、リン除去・回収技術単独では 5.4%増加する結果となったが、汚泥固形物量削減に伴う脱水・焼却におけるエネルギー消費量の削減効果を加味することで 67.3%縮減される結果となった。

表 3-16 温室効果ガスの試算結果

		単位	革新的技術	従来技術	縮減率
リン除去・回収技術単独					
供用段階	電力	t-CO <sub>2</sub> /年	69.17	48.26	-43.3%
	薬品	t-CO <sub>2</sub> /年	10.06	26.08	61.4%
	上水	t-CO <sub>2</sub> /年	0	0.82	100%
	小計①	t-CO <sub>2</sub> /年	79.23	75.17	-5.4%
建設・廃棄に伴う 温室効果ガス排出量	建設	t-CO <sub>2</sub> /年	19.07	18.09	-5.4%
	廃棄	t-CO <sub>2</sub> /年	0.49	0.47	-5.4%
	小計②	t-CO <sub>2</sub> /年	19.56	18.56	-5.1%
合計 (①+②)		t-CO <sub>2</sub> /年	98.79	93.73	-5.4%
汚泥固形物量削減による効果					
汚泥脱水設備		t-CO <sub>2</sub> /年	-8.51	0.00	—
焼却設備		t-CO <sub>2</sub> /年	-59.60	0.00	—
小合計③		t-CO <sub>2</sub> /年	-68.11	0.00	—
合計 (①+②+③)		t-CO <sub>2</sub> /年	30.69	93.72	67.3%

以下に（１）～（３）における試算結果を以下に示す。

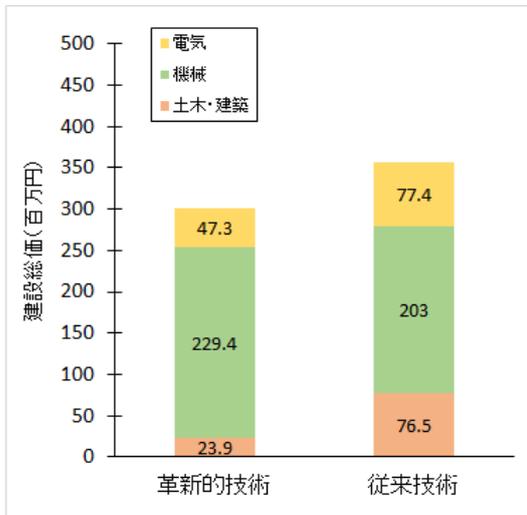


図 3-5 建設費（総価）の試算結果

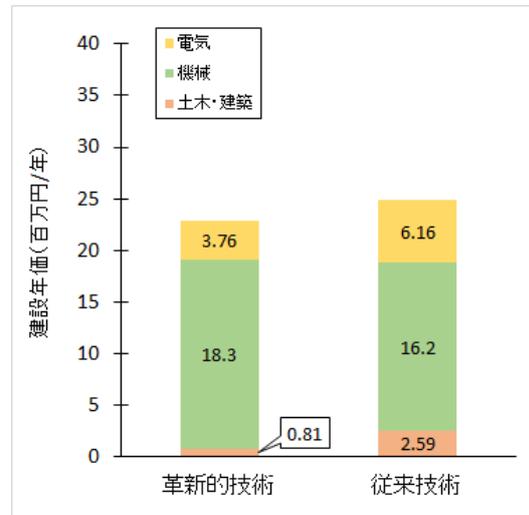


図 3-6 建設費（年価）の試算結果

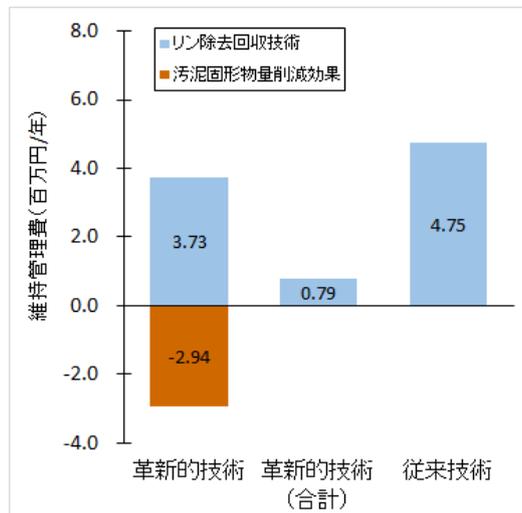


図 3-7 維持管理費の試算結果

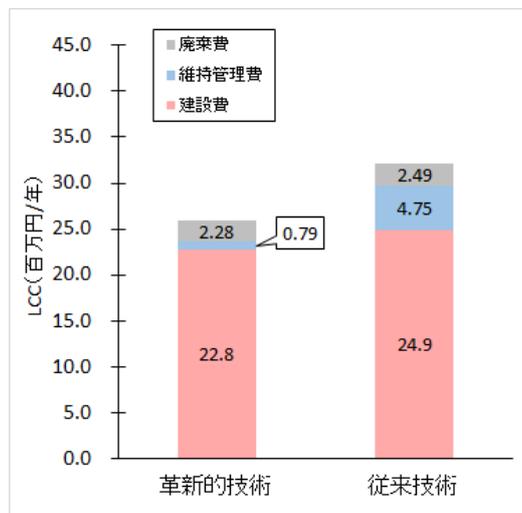


図 3-8 LCC の試算結果

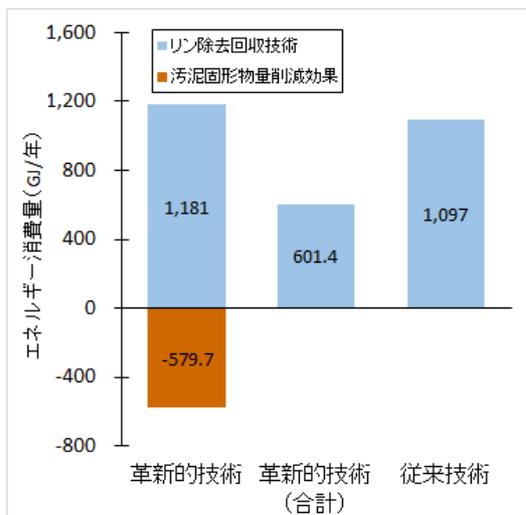


図 3-9 エネルギー消費量の試算結果

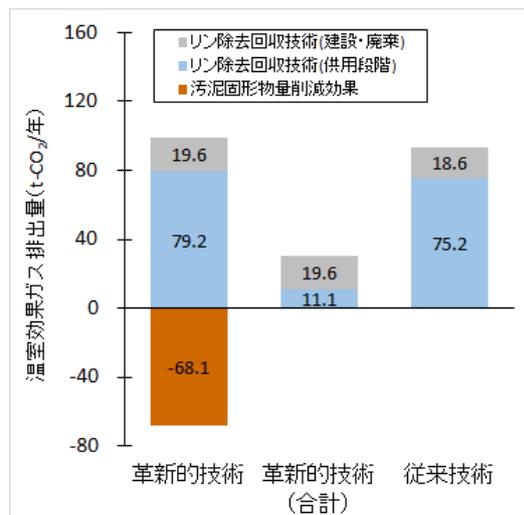


図 3-10 温室効果ガス排出量の試算結果

(4) その他効果の試算結果

革新的技術は消化汚泥からのリン除去・回収であり、従来技術は脱水ろ液からのリン除去であることから、適用箇所の違いがあり単純に比較してみることは課題も多い。そのため、リン除去・回収量あたりに換算して比較評価を行った。

1) MAP としてのリン除去・回収量の試算

本技術の導入による MAP としてのリン除去・回収量は、消化槽から引き抜く汚泥中の溶解性リンと自然発生 MAP の回収率から算定する。

MAP としての回収リン量は以下の式で算出する。なお、詳細な算出方法は第4章に記載する。

$$W_{MAP} = Q \times (PO_4-P \times r_{p1} + \text{自然発生 MAP-P} \times r_{p2}) \times 245/31 \times 10^{-3}$$

$W_p$  (kg-MAP/日) : 回収 MAP 量

$Q$  (m<sup>3</sup>/日) : 日最大処理汚泥量

$PO_4-P$  (g-P/m<sup>3</sup>) : リン酸態リン濃度 (不明の場合は T-P の 20~35%)

自然発生 MAP-P (g-P/m<sup>3</sup>) : 自然発生 MAP 態リン濃度 (不明の場合は T-P の 10~20%)

$r_{p1}$  :  $PO_4-P$  除去・回収率 (0.8)

$r_{p2}$  : 自然発生 MAP-P 回収率 (0.8)

MAP としてのリン除去・回収量の試算結果を次表に示す。従来技術と比較した場合、MAP 回収倍率は 1.84 倍となった。

表 3-17 MAP としてのリン除去・回収量

	革新的技術	従来技術
対象水量 (m <sup>3</sup> /日)	168 (日平均消化汚泥)	188 (日平均脱水ろ液)
PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	150	125
自然発生 MAP-P (mg/L)	65	0
MAP 回収量 (t-MAP/年)	87.3	47.5
MAP 回収倍率 (対従来技術)	1.84	1.0

2) リン除去・回収量あたりの試算結果

リン除去・回収量あたりの比較は、リン除去・回収設備および他設備への影響に関わる費用削減効果 (脱水ケーキ発生量削減による使用量) の合計で示す。

リン除去・回収量あたりの試算結果を次表に示す。従来技術と比較した場合、リン除去・回収技術単独ではすべての項目において縮減効果が得られる結果となり、特に②MAP 回収量あたりの維持管理費では縮減率 57.7%となった。また、汚泥固形物量削減による効果を加味した場合には更に大きな縮減効果が得られる結果となり、特に⑨MAP 回収量あたりのエネルギー消費量では縮減率 100.7%となった。

表 3-18 リン除去・回収量あたりの試算結果

	単位	革新的技術	従来技術	縮減率
リン除去・回収技術単独				
①建設年価／MAP回収量	千円/t-MAP	208.5	419.3	50.3%
②維持管理費／MAP回収量	千円/t-MAP	34.9	82.5	57.7%
③LCC／MAP回収量	千円/t-MAP	264.2	543.7	51.4%
④エネルギー消費量／MAP回収量	GJ/t-MAP	4.93	10.3	52.3%
⑤温室効果ガス排出量／MAP回収量	t-CO <sub>2</sub> /t-MAP	0.97	1.64	40.9%
汚泥固形物量削減による効果を加味				
⑦維持管理費／MAP回収量	千円/t-MAP	2.56	82.5	96.9%
⑧LCC／MAP回収量	千円/t-MAP	231.9	543.7	57.4%
⑨エネルギー消費量／MAP回収量	GJ/t-MAP	-0.07	10.3	100.7%
⑩温室効果ガス排出量／MAP回収量	t-CO <sub>2</sub> /t-MAP	0.169	1.64	89.7%

※維持管理費（供用段階）の汚泥脱水設備・焼却設備の削減をマイナスとして試算結果

リン除去・回収量あたりの試算結果のグラフを以下に示す。

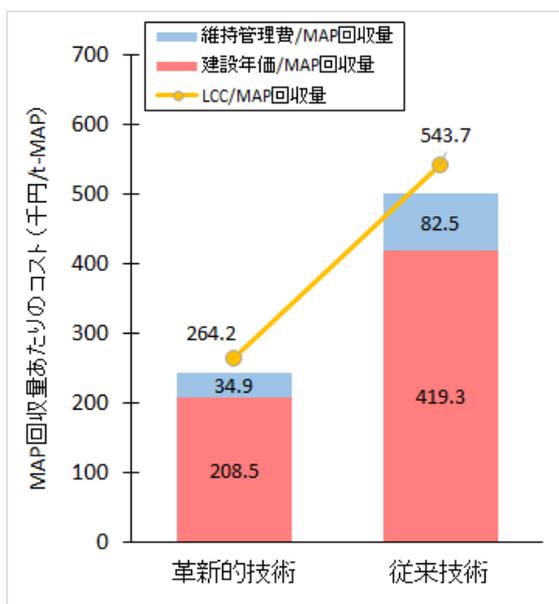


図 3-11 MAP 回収量あたりのコスト  
(リン除去回収技術単独)

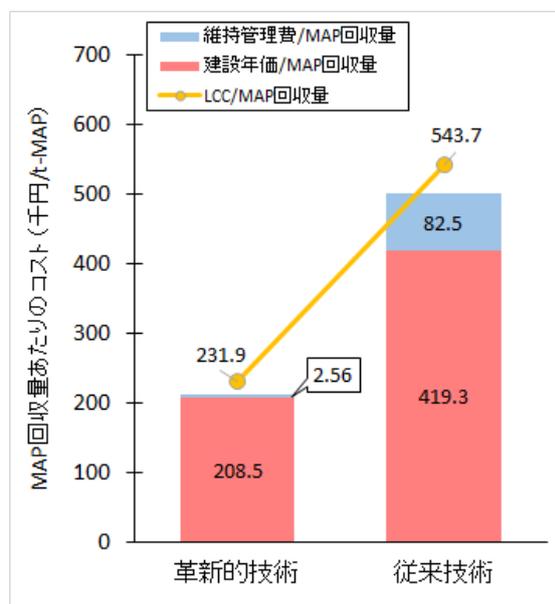


図 3-12 MAP 回収量あたりのコスト  
(汚泥固形物量削減による効果を加味)

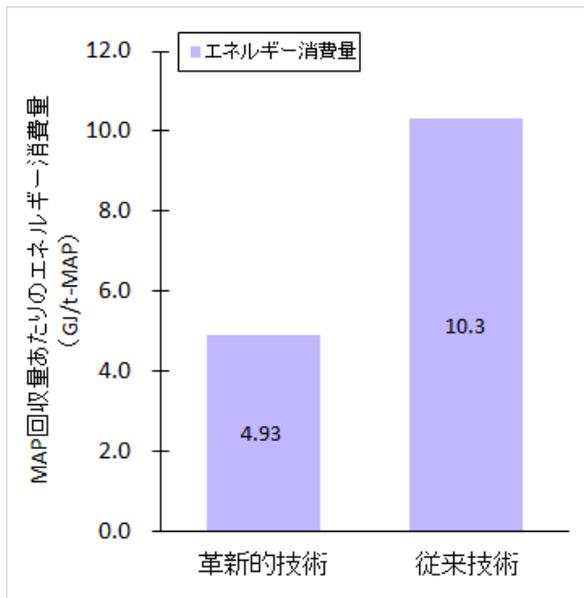


図 3-13 MAP 回収量あたりのエネルギー消費量  
(リン除去回収技術単独)

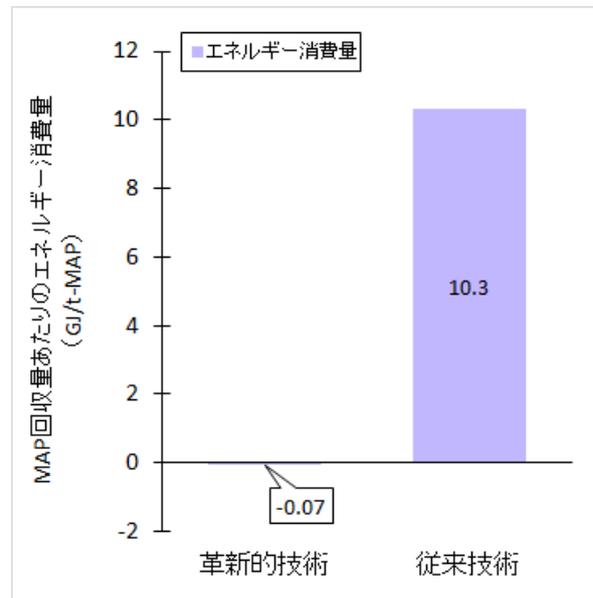


図 3-14 MAP 回収量あたりのエネルギー消費量  
(汚泥固形物量削減による効果を加味)

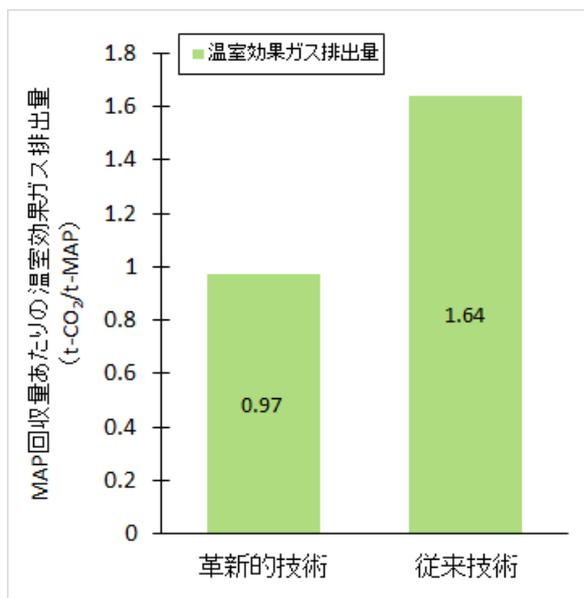


図 3-15 MAP 回収量あたりの温室効果ガス排出量  
(リン除去回収技術単独)

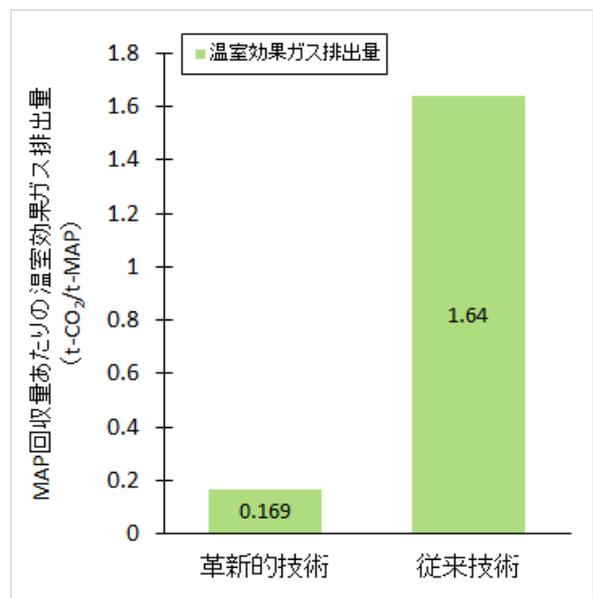


図 3-16 MAP 回収量あたりの温室効果ガス排出量  
(汚泥固形物量削減による効果を加味)