

# 下水道設備の地球温暖化防止対策検討書

平成16年4月



社団法人東京下水道設備協会



## はじめに

大気中の温室効果ガス（二酸化炭素、メタン等）の増大は地球を温暖化し、自然の生態系などに悪影響を及ぼす恐れがある。このことを背景に、大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを目的として、1992年の地球環境サミット（UNCED）で“気候変動枠組条約”が署名された。この条約の目的を達成するため、1997年、京都で開催されたCOP3（Conference of the Parties3：第3回締約国会議）で採択された京都議定書では、先進国などに対し、温室効果ガスを1990年比で、2008年～2012年に一定数値（日本6%、アメリカ7%、EU8%）を削減することを義務づけられた。これらの動きにあわせ、2003年には“改正エネルギー使用合理化法（省エネ法）”が施行され、工場、オフィスなどのエネルギー効率向上を目指す規定が制定された。

下水道設備の技術向上を目的の一つとする当協会では、東京都下水道局の要請を受けて、下水道設備にポイントを当て、下水道設備地球温暖化防止検討委員会を設立した。

本委員会は、東京都下水道局職員を委員長として、会員である機械・電気のメーカーの方々を委員として、下水道設備の全般にわたり、省エネルギー技術及び温室効果ガスの削減策につき詳細に検討した。また先に発表した中間報告書に対して、第5章「温暖化防止対策のケース・スタディ」を試みて完成したものである。

本報告書のポイントは下水道に採用されている種々の設備・技術に対し、採用可能な地球温暖化防止対策技術を網羅して、その技術概要、導入効果、導入コスト及び導入時の課題を検討した点である。

もとより、地球温暖化防止対策は一朝一夕に解決できる訳ではなく、費用対効果を勘案しつつ、再構築や改良工事実施時に着実に実施されることが重要である。本報告書が下水道設備における地球温暖化防止対策の一助となれば幸いである。

なお、本報告書の作成にあたり、東京都下水道局をはじめ会員各社のご協力いただいたこと、各種参考文献を活用させていただいたことに深く感謝いたします。

平成16年3月

社団法人東京下水道設備協会



## 地球温暖化防止検討委員会メンバー

(順不同・敬称略)

委員長	東京都下水道局	杉田 龍宣
委員	東京都下水道局	水上 啓
委員	石川島播磨重工業株式会社	杉本 一次
委員	株式会社荏原製作所	石川 安居
委員	三機工業株式会社	松本 昌彦
委員	月島機械株式会社	寺腰 和由
委員	株式会社電業社機械製作所	武田 裕久
委員	日本ガイシ株式会社	森 潤
委員	株式会社日立製作所	中村 恭之
委員	三菱重工業株式会社	工藤 弘文
委員	三菱電機株式会社	嶋岡 正浩
委員	株式会社明電舎	村上 英樹
委員	社団法人東京下水道設備協会	内田 眞吾
旧委員	三機工業株式会社	三村 和久
旧委員	株式会社日立製作所	柏木 雅彦



# 目 次

第1章 概要	1
1.1 検討目的	1
1.2 地球温暖化防止の経緯の概要	1
1) 地球温暖化	1
2) 地球温暖化防止の経緯の概要	1
1.3 関係機関の取組み	3
1) 国	3
2) 東京都	3
3) 下水道局	4
第2章 検討諸元	5
2.1 下水道における対象の温室効果ガス	5
2.2 温暖化防止対策の目標	5
2.3 温室効果ガス排出量算定の基礎数値	5
1) 排出係数	5
2) 総排出量の算定	6
3) 電力料金	6
4) 下水の未利用エネルギー換算	6
5) 排出量削減分への換算について	7
6) その他	7
第3章 温暖化防止対策	8
3.1 温暖化防止対策手法の検討	8
3.2 エネルギー・資源消費の削減	8
3.3 省エネルギー機器の採用（機械設備）	8
1) ポンプの無注水化	8
2) 汚泥かき寄せ機チェーンの合成樹脂化	10
3) インレットベーン付高効率ブロワ	12
4) 省エネルギー型脱水機	15
5) 循環流動炉	17
6) 雨水ポンプ駆動用ガスタービン	19
3.4 省エネルギー機器の採用（電気設備）	20
1) 省エネルギー型照明器具	20
2) LED ランプ	22
3) 液晶ディスプレイ	23
4) 高効率変圧器	25
5) 高効率電動機	27

6)	既設大型電動機の高効率化	29
<b>3. 5</b>	<b>省エネルギー管理システムの導入</b>	<b>30</b>
1)	変圧器の最適化	30
2)	電動機容量の最適化（ブロワ）	32
3)	電動機容量の最適化（ポンプ）	34
4)	個別負荷電力使用量の計測化	36
5)	事務所等への ESCO 事業の導入	38
6)	省エネ型硝化制御システムの検討	40
7)	主ポンプの速度制御化	42
8)	汚泥焼却炉燃料の重油から都市ガスへの転換	44
9)	メンブレンパネル式散気装置の導入	47
10)	マイクロフィルタの導入	49
<b>3. 6</b>	<b>温室効果ガス (N<sub>2</sub>O) の発生抑制</b>	<b>51</b>
1)	水処理における A <sub>2</sub> O 法の拡大	51
2)	汚泥焼却の高温燃焼	54
<b>3. 7</b>	<b>未利用エネルギーの活用</b>	<b>57</b>
1)	アーバンヒートシステムの導入	57
2)	小水力発電	59
3)	下水汚泥高効率ガス変換発電システム	61
<b>3. 8</b>	<b>クリーンエネルギーの採用</b>	<b>64</b>
1)	太陽光発電	64
2)	燃料電池発電	66
3)	NaS 電池	69
4)	風力発電	71
<b>第4章</b>	<b>技術開発の促進</b>	<b>73</b>
<b>4. 1</b>	<b>位置付け</b>	<b>73</b>
<b>4. 2</b>	<b>技術開発テーマ</b>	<b>73</b>
1)	焼却炉の酸素富化	73
2)	バイナリー発電	77
3)	メタン濃縮	80
4)	薬品注入率の最適化による焼却燃費の削減	81
5)	N <sub>2</sub> O 触媒分解塔	83
6)	新型高効率型遠心脱水機	85
<b>第5章</b>	<b>温暖化防止対策のケース・スタディ</b>	<b>87</b>
<b>5. 1</b>	<b>ケース・スタディの目的</b>	<b>87</b>
1)	目的	87
2)	A 処理場の概要	87
3)	ユーティリティー	88

5. 2	ケース・スタディの方法	88
5. 3	省エネルギー機器の採用（機械設備）	89
1)	ポンプの無注水化	89
2)	汚泥かき寄せ機チェーンの合成樹脂化	92
3)	インレットベーン付高効率ブロワ	94
4)	省エネルギー型脱水機	97
5)	循環流動炉	101
6)	雨水ポンプ駆動用ガスタービン	105
5. 4	省エネルギー機器の採用（電気設備）	106
1)	省エネルギー型照明器具	106
2)	LED ランプ	109
3)	高効率変圧器	111
4)	高効率電動機	113
5. 5	省エネルギー管理システムの導入	114
1)	電動機容量の最適化（ブロワ）	114
2)	電動機容量の最適化（ポンプ）	115
3)	個別負荷電力使用量の計測化	117
4)	事務所等への ESCO 事業の導入	119
5)	省エネ型硝化制御システムの検討	121
6)	主ポンプの速度制御化	126
7)	メンブレンパネル式散気装置の導入	128
8)	マイクロフィルタの導入	130
5. 6	温室効果ガス（N <sub>2</sub> O）の発生抑制	132
1)	水処理における A <sub>2</sub> O 法の拡大	132
2)	汚泥焼却の高温燃焼	134
5. 7	未利用エネルギーの活用	136
1)	アーバンヒートシステムの導入	136
2)	小水力発電	140
3)	下水汚泥高効率ガス変換発電システム	142
5. 8	クリーンエネルギーの採用	145
1)	太陽光発電	145
2)	NaS 電池	147
3)	風力発電	149
5. 9	まとめ	153
1)	A 処理場の温室効果ガス	153
2)	ケース・スタディの結果	153
3)	費用対効果	156
	参考文献等	157
	資料	159



# 第1章 概要

## 1. 1 検討目的

地球温暖化防止の本質は、膨大な化石燃料の消費に依存した20世紀型経済・社会構造からの脱却である。その対策には持続的な経済・社会の発展と環境との調和であり、非常に難しい問題である。政府は平成14年6月4日京都議定書を批准した。小泉首相を本部長として地球温暖化対策推進本部を設立して考え方を打ち出している。

一方、下水道事業は公共事業の中で、温暖化効果ガス（以下「温室効果ガス」という）の消費・発生する割合が高いとされている。そこで当協会は東京都下水道局（以下「下水道局」という）の要請を受けて下水処理にポイントを当て、地球温暖化防止対策検討委員会を立ち上げ、設備関係を重点に幅広く検討したものである。もとより地球温暖化防止対策（以下「温暖化防止対策」という）は期限をもって終わるものではなく永遠に続く大きな課題であり、小さな省エネルギーなどの積み重ねが、大きな効果となるので、意識改革も図られるように配慮して下水道局に提案する。

## 1. 2 地球温暖化防止の経緯の概要

### 1) 地球温暖化

地球温暖化とは六フツ化硫黄（SF<sub>6</sub>）、ハイドロフルオロカーボン（HFC）、パーフルオロカーボン（PFC）、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）の6種類の温室効果ガスによる温室効果により地球の地表の温度が上昇することをいう。温室効果とは二酸化炭素が可視光線を通すが、赤外線を吸収するため、熱量をためる効果のことをいう。すなわち、大気中の水蒸気やCO<sub>2</sub>は太陽光の光を通すが、地表や海面から出る熱線のかなりの部分は吸収するため地表の温度が上昇する。例えば、CO<sub>2</sub>の濃度は18世紀後半の産業革命以前では280ppmであったが、1998年では365.9ppmに上昇している。

世界の年平均地上気温は最近の100年で0.6℃上昇しており、また日本の気温は約1℃上昇している。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)が2001年4月に示した第3次評価報告によると、2100年には世界の平均気温は1990年との比較で1.4～5.8℃上昇し、海面水位は9～88cm上がる可能性が高いとしている。海面の上昇は洪水の増加、海岸の侵食、地下水の塩水化などにより、生態系や食料生産などに多くの影響をもたらすとされている。

### 2) 地球温暖化防止の経緯の概要

- (1) 1985年、フィラハ会議で21世紀前半に地球の気温上昇が人類未曾有の規模で起こることを警告する。
- (2) 1992年、ブラジルリオデジャネイロで地球サミット(UNCED)が開催され、150ヶ国が気候変動枠組み条約に調印、温室効果ガスの排出量を1990年度レベルに戻すことを提案する。
- (3) 1997年12月、京都で気候変動枠組み条約第三回締約国会議(COP3)で京都議定書を採択する。
  - ①先進国の温室効果ガス排出削減量の数値目標

日本	: 6%
アメリカ	: 7%
E U	: 8%

(4) 数値目標を達成するため排出量取引、クリーン開発メカニズム (CDM)、共同実施 (JI)、炭素基金などの補助的制度や方法が提案されている

①排出量取引とは、排出量を目標以上に減らし排出枠が余った国と足りなくなった国の間で排出枠を売買すること。また、発展途上国の温室効果ガス削減に協力した場合には削減分の一部を先進国の削減実績にカウントできるクリーン開発メカニズム (CDM) と、これを先進国間で行う共同実施 (JI) など京都議定書の削減目標の補助的制度である。

②炭素基金とは世界銀行に設けた基金でオランダ、スウェーデンなどの4カ国ほか、東京電力、三井物産などはこの基金を通じて途上国で安い費用で省エネルギーや温室効果ガスの削減をする。

③目標期間：2008年～2012年に先進国が実施する。

(5) 1998年、ブエノスアイレスでCOP4が開催され、ブエノスアイレス行動計画で次の項目が合意された。

①資金メカニズム

②技術開発及び技術移転

③気候変動による悪影響及び対応策による影響への対応

④共同実施活動

⑤京都議定書の締約国会議への準備

(6) 1999年、ドイツのボンでCOP5が開催された。

(7) 2000年、オランダ・ハーグでCOP6が開催され、次の議案が提出されたが、意見がまとまらず決裂する。

①柔軟性メカニズムの課題：アメリカは上限を設けず自由に、ヨーロッパは制限

②吸収源は森林の植栽

③炭素税の導入：課税によりCO<sub>2</sub>の発生を引き起こす化石燃料の価格を相対的に高くして化石燃料の消費を抑制する。しかし、導入すると化学、石油・石炭製品、電気・ガス・水道、金属の順で生産が低下する。

(8) 2001年、モロッコ・マラケツシュでCOP7が開催され、主な合意内容は次のとおりである。

①京都議定書の運用ルールの合意

②ロシアのCO<sub>2</sub>森林吸収量を3,300万トンとする。

③京都議定書の「順守規定」違反を京都メカニズムの参加資格要件としない。

④CO<sub>2</sub>の排出・吸収量の測定データが不正確だったり、報告義務を怠ったりしても、京都メカニズムの参加停止要件としない。

⑤京都メカニズムのうち、排出量取引と共同実施 (JI) から、クリーン開発メカニズム (CDM) から生じる排出量削減量は基本的に同価とし、交換可能とする。JIとCDMの排出量削減量の時期や約束期間への繰越を制約する。

(9) 2001年3月、アメリカがCOP3の京都議定書から離脱宣言する。

## 1. 3 関係機関の取組み

### 1) 国

(1) 2002年(平成14年6月4日)に京都議定書の批准

(2) 地球温暖化対策推進大綱の策定

(3) 地球温暖化対策推進法及び地球温暖化対策推進法改正の施行

国, 地方自治体, 事業者は削減計画の作成, 実施の公開, 温室効果ガスの総排出量を公表する。

① 燃料電池、バイオマスエネルギーなどを複合的に導入システムを構築し実施検討の上、全国的に普及・展開させる。

② 排出量取引などの経済的手法の検討及び国民的合意の形成

③ 全国センターの取組みの活性化による民生部門対策の強化

④ 産官学一体となった地球環境保全技術の開発支援

(4) 改正エネルギー使用合理化法(省エネ法)が2003年4月から施行

① 第一種エネルギー管理指定工場の対象は5業種の限定を撤廃して、年間エネルギー使用量12,000kw以上を使用する事業所に拡大する。

② 自動車、家電などのエネルギー効率向上を目指す規定の追加

③ 工場、オフィスなどのエネルギー効率向上を目指す規定の追加

④ 新たな建築物の省エネルギー性能の向上を目指す規定の追加

(5) 電気事業者による新エネルギーなどの利用に関する特別措置法(RPS法)が2003年4月から施行

① 新エネルギーに風力発電、太陽光発電、小水力発電、バイオマス発電などが指定された。

② 電気事業者は自らの新エネルギーなどの電気を発電する、他から新エネルギーなどを購入する新エネルギーなど電気相当量を取得する。

③ 小水力発電は1,000kw時以下の水路式発電が認められた。

### 2) 東京都

東京都は温暖化防止対策が本格的に実行すべき段階に入ったとして、3つの目標と5つの政策及び7つのアクションを提案している。

(1) 3つの目標

① 活発な議論を巻き起こし、我が国の温暖化防止対策を強化実現する。

② 先駆的な事業者やNGOとの連携を進めて、実効性のある施策を開始し、東京を先進の省エネルギー型都市に変えていく。

③ 自然エネルギー、省エネルギー製品・技術の開発普及で、環境産業の拡大を目指す。

(2) 5つの政策

① オフィスなど大規模事業所へ、CO<sub>2</sub>排出削減義務の導入

② 「CO<sub>2</sub>削減証書」市場の創設で、風力発電や森林再生を促進

③ 新建築物に太陽光発電など自然エネルギー利用の義務付け

④ 自動車の燃費基準を強化、拡大

⑤ 電力多消費型製品は買わない、売らない、作らない

(3) 7つのアクション

- ①インターネット討論会
- ②オフライン討論会
- ③討論ペーパーの連続発行
- ④「地球温暖化対策計画書」制度・「建築物環境計画書」制度の本格実施
- ⑤「CO<sub>2</sub>削減証書」市場創設プロジェクトの実施
- ⑥省エネルギー、新エネルギー商品市場拡大キャンペーンの実施
- ⑦風力発電・水素供給ステーションのパイロット事業の実施

(4) 平成14年1月に策定した東京都環境基本計画において、2010年（平成22年）における東京都の温室効果ガス排出量を1990年（平成2年）比で6%削減するという目標を掲げている。

(5) CO<sub>2</sub>の排出削減を一定規制値以上の事業者には義務づける。温暖化防止対策条例を平成15年度に制定する予定である。

### 3) 下水道局

(1) 下水道局の取組みは「下水道構想2001」による。

(2) 下水道局は東京都の事務事業活動に伴う温室効果ガス排出量の約46%を占める最大の排出者である。

(3) 削減目標

平成16年度の温室効果ガス削減量（CO<sub>2</sub>換算）を約30,000 t/年（平成11年度の約3%に相当）を目標。これは約78,000 kw/年の電力削減が必要となる。

(4) 取組み方針

- ①地球を守る都庁プランと整合を図り、温暖化防止に取り組む
- ②温室効果ガス削減に配慮しながら、事業の推進
- ③新技術の導入に際しては防止効果と経済性の配慮
- ④温室効果ガスの効率的な削減に向けた技術開発
- ⑤実態調査を継続して行い、排出係数などの精査
- ⑥下水処理に伴う温室効果ガス発生メカニズムなどを大学などと連携して研究の推進

(5) 主な内容

- ①汚泥焼却の温度を上昇させることで、N<sub>2</sub>Oの抑制
- ②軽油・灯油などの燃料を都市ガスに転換
- ③下水熱の有効利用を促進し、温室効果ガスを削減
- ④効率的な運転管理による省エネルギーの推進

(6) 下水道局は地球温暖化防止に寄与するため、地球温暖化防止対策プロジェクトチーム（PT）を設置して検討している。PTは計画部会、水処理検討部会、汚泥処理検討部会、管渠検討部会、新電源検討部会の5部会で構成されている。平成15年度に中間報告をまとめる予定である。

## 第2章 検討諸元

### 2. 1 下水道における対象の温室効果ガス

(1) 温室効果ガスは6種類が指定されているが、下水道における温室効果ガスは次の4プロセスを検討の対象とする。

- ①電力・燃料の消費に伴う CO<sub>2</sub>
- ②処理プロセスで排出する N<sub>2</sub>O 及び CH<sub>4</sub>
- ③上水、薬品の消費に伴う CO<sub>2</sub>

下水道事業から排出されるものとして CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O の3種類とする。ただし、生物処理に伴い排出する CO<sub>2</sub>、消化ガスの燃焼に伴い排出する CO<sub>2</sub>、汚泥焼却に伴い排出する CO<sub>2</sub> など、生物起源の CO<sub>2</sub> は対象にしない (IPCC の取り決めによる)。

(2) 平成 11 年度の下水道局の温室効果ガス発生量は水処理で 46%、汚泥処理で 43%、その他で 11%である。

### 2. 2 温暖化防止対策の目標

- (1) 下水道局の削減量を目標とする。
- (2) 各種機器単価及び燃料単価などは平成 14 年度の値を採用する。
- (3) 評価を客観的にするためエネルギー消費原単位の算出を試みる。

### 2. 3 温室効果ガス排出量算定の基礎数値

#### 1) 排出係数

温室効果ガス排出量の算定に当たっては排出係数を採用している。この値は「地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン」をベースにした「下水道における地球温暖化防止実効計画策定の手引き」(以下「手引き」という)の値及び下水道局が設定した値を採用する。具体的数値は表 2. 3. 1 に示す。

表 2. 3. 1 排出係数

ガソリン	kg-CO <sub>2</sub> / l	2. 3587
灯油	kg-CO <sub>2</sub> / l	2. 5284
軽油	kg-CO <sub>2</sub> / l	2. 6444
A 重油	kg-CO <sub>2</sub> / l	2. 6977
B 重油	kg-CO <sub>2</sub> / l	2. 8325
C 重油	kg-CO <sub>2</sub> / l	2. 9393
液化石油ガス (LPG)	kg-CO <sub>2</sub> /kg	3. 0065
液化天然ガス (LNG)	kg-CO <sub>2</sub> /kg	2. 6879
電力	kg-CO <sub>2</sub> / k w h	0. 384

都市ガス	kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	1.9914
上水	kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	2.011
工業用水	kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	0.108

次亜塩素酸ナトリウム	kg-CO <sub>2</sub> /t	321
塩化第二鉄	kg-CO <sub>2</sub> /t	318
消石灰	kg-CO <sub>2</sub> /t	447
高分子凝集剤	kg-CO <sub>2</sub> /t	6,534
ポリ塩化アルミニウム	kg-CO <sub>2</sub> /t	405
過酸化水素	kg-CO <sub>2</sub> /t	3,922

レンガ	kg-CO <sub>2</sub> /万円	307
-----	------------------------	-----

## 2) 総排出量の算定

### (1) 各温室効果ガス排出量の算定

各温室効果ガス排出量 =  $\Sigma \{ (\text{各ガス活動量}) \times (\text{排出係数}) \} = \Sigma \{ (\text{活動の種類ごとの排出量}) \}$

### (2) 温室効果ガス総排出量の算定

温室効果ガス総排出量 =  $\Sigma \{ (\text{各温室効果ガス排出量}) \times (\text{地球温暖化係数}) \}$

地球温暖化係数 = CO<sub>2</sub> : 1、CH<sub>4</sub> : 21、N<sub>2</sub>O : 310、SF<sub>6</sub> : 23,600

## 3) 電力料金

温暖化防止対策でランニングコストを比較する場合の電力料金は次のとおりとする。

(1) 基本料金 : 1550 円/kw

(2) 使用料金 : 昼間 : 11 円/kw, 夜間 (22 時~翌日 8 時) : 6 円/kw

## 4) 下水の未利用エネルギー換算

### (1) 消化ガス

消化ガスの有効利用量としては発電量 (kwh/年) ガス供給量 (m<sup>3</sup>/年) を把握する。

### (2) 下水及び処理水の熱

これらの熱は空調用熱源として利用する場合を対象とする。そして冷暖房供給熱量 (J/年) をベースとして、電力量に換算する。

$$\text{換算電力量 (kwh/年)} = \frac{\text{供給量 (J/年)}}{\text{COP (}\simeq 4.0\text{)}} \times \frac{1}{\text{電力の換算係数 (0.538)}} \times 0.3$$

ただし、0.3 は熱供給される電力の 3 割が下水熱を利用することによって削減されるものとする。

## 5) 排出量削減分への換算について

- (1) 消化ガス発電によって電力を買電している場合の排出量削減分は、電力量あたりの二酸化炭素排出量に換算する。
- (2) 消化ガスを燃料として売却している場合の排出量削減分は、都市ガスの排出係数を用いる。
- (3) レンガは価格あたりの排出係数を用いるので、市販製品の価格を用いて使用量あたりの金額を設定して計算する。
- (4) 再生水の場合外利用している場合は工業用水の二酸化炭素排出係数を用いて利用水量から計算する。

## 6) その他

温室効果ガスの一つに六フッ化硫黄 ( $\text{SF}_6$ ) がある。下水処理には直接関係がないが電力機器の絶縁ガスとして使われてきた。 $\text{SF}_6$ は温暖化係数が  $\text{CO}_2$  の 23,900 倍と高いので、これらの設置状況の実態と取扱方法を整理して資料にまとめた。

## 第3章 温暖化防止対策

### 3. 1 温暖化防止対策手法の検討

温暖化防止対策の基本は温室効果ガスの発生に関係する要因の削減である。その要因の削減には新システム・設備の採用及び処理プロセスからの温室効果ガス発生抑制である。これを下水道事業に関して整理すると①電力、ガス、燃料、薬品、上水などエネルギー・資源消費に伴う二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の削減②省エネルギー機器の採用③省エネルギー管理システムの導入④処理プロセスで排出する温室効果ガスの発生抑制⑤未利用エネルギーの活用⑥クリーンエネルギーの採用などである。

各項目について、①技術概要②導入効果、例えば、電力、燃料などの削減に伴う二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の削減量、あるいは一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O) の削減量での評価③導入コスト④導入時の課題などについて整理したものである。温暖化防止対策には効果が大きいものや、そうではないものがあるが、費用対効果から判断して導入するための、選択枝の一つとして、可能な限りの対策を提案する意義があると考えられる。温暖化防止対策は長期間にわたって、常に意識しながら対応することが肝要である。また、今後の技術開発により、さらに素晴らしい技術が誕生することに期待をしている。

### 3. 2 エネルギー・資源消費の削減

電気、ガス、燃料、薬品、上水などのエネルギー、又は資源の消費は二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の発生に関係している。下水処理プロセスでは多くの電力及びガスを使用していることから、これらの削減は不可欠な対策である。特に、電力は下水処理プロセスの動脈的役割を果たしている重要なものであるが、思い切って省エネルギーを推進することは温暖化防止対策だけでなく、資源の延命化、下水処理費用の削減などにも結びつくものである。具体的には節電・節水などの日頃のきめ細かな実施、省エネルギー機器の採用、省エネルギー管理システムの導入などが必要である。

### 3. 3 省エネルギー機器の採用（機械設備）

#### 1) ポンプの無注水化

##### (1) 技術概要

従来の殆どの汚水、雨水ポンプは水中軸受、軸封部、スラスト軸受などに潤滑水、冷却水を必要としていた。このため、何かのトラブルで潤滑水、冷却水の供給がダウンすると、汚水、雨水ポンプは運転停止を余儀なくされた。

このような状況を解決するために各種の無注水機器が開発された。昭和 60 年代に注水形ゴム軸受に変わるセラミックス軸受（起動時のみドライ、運転中は揚水により潤滑される）が開発された。このセラミックス軸受が汚水、雨水ポンプに無注水水中軸受として導入されて普及した。同時期に、軸封部注水形ランドパッキンに変わる無注水形メカニカルシールが開発された。処理場内の汚泥ポンプに採用されて普及した。

また、平成10年度から、下水道局はポンプメーカー3社と共同研究を行い、先行待機形雨水ポンプにおいても無注水化を実現した。無注水化の適用範囲は、水中軸受、軸封部、スラスト軸受、駆動機である。平成12年度から注水形先行待機雨水ポンプが無注水形先行待機雨水ポンプへの改良工事が進行している。

## (2) 導入効果

無注水形メカニカルシールのシーリング水供給ポンプ(1.5kw×1台)が撤去されることによる電力量よりCO<sub>2</sub>排出量の削減量を評価すると、次のCO<sub>2</sub>削減が期待できる。

また、従来の潤滑水、冷却水設備の機器点数が減ることでシステムが簡素化され、信頼性が向上し維持管理コストも削減される。

$$\text{年間CO}_2\text{削減量} = 1.5\text{kw} \times 24\text{h/日} \times 365\text{日/年} \times 0.384\text{kg-CO}_2/\text{kwh} = 5.0\text{t-CO}_2/\text{年}$$

## (3) 導入コスト

導入コストは仕様条件によって大きく異なるが、次に一例を示す。

- ①500mm 汚水ポンプ（立軸渦巻斜流ポンプ）をグランドパッキンから  
無注水メカニカルシールに改造：12,000 千円/台
- ②1350mm 雨水ポンプ（立軸斜流ポンプ）を注水形先行待機雨水ポンプから  
無注水形先行待機雨水ポンプに改良：95,000 千円/台

## (4) 導入時の課題

ポンプの無注水化には、次の点について導入時に注意が必要である。

- ①新旧システム・機器が同一場所に混在するために発生する様々の制約条件を調査し、適切な処置、安全対策を講じる。
- ②システム・機器の変更により、運転操作手順の見直しが必要となるため、設備全体の整合性を図る。
- ③先行待機形雨水ポンプにおける無注水水中軸受は、軸受単体形とシステム形の2種類があるので、使用条件、特徴などを考慮し選定する。

## 2) 汚泥かき寄せ機チェーンの合成樹脂化

### (1) 技術概要

沈殿池で使用される汚泥かき寄せ機にはチェーンフライント式とモノレール（レシプロ）式があり、下水道局では主として表3. 3. 2に示すように第二沈殿池（最終沈殿池）チェーンフライント式が採用されている。チェーンフライント式は従来、SUS製や鋳鉄の金属製チェーン・スプロケットを使用していた。これを合成樹脂製とすることにより、軽量化、張力の低減が可能となり、第二沈殿池に採用すると効果的である。

### (2) 導入効果

下水道局のB処理場において、金属製チェーンと樹脂チェーンのチェーンフライント式汚泥かき寄せ機において、運転時の電流値比較を調査した結果を表3. 3. 1に示す。クロス汚泥かき寄せ機については、ほぼ同等であるが、メイン汚泥かき寄せ機については平均電流値で50%強の減となる。

表3. 3. 1 チェーンフライント式汚泥かき寄せ機電流値調査

		黒 A	白 A	赤 A	平均 A	定格 A	定格出力 kw
金属製	2-1系メイン	2.03	2.05	2.08	2.05	3.5	1.5
	2-1系クロス	1.00	1.10	1.01	1.04	1.2	0.4
樹脂製	3-1系メイン	0.98	0.98	0.93	0.96	1.2	0.4
	3-1系クロス	0.94	1.04	0.99	0.99	1.2	0.4

池形状は2系、3系とも同じ。メイン→6.8m巾×46.2m長

クロス→5.7m巾×15.0m長

この結果より、現状の下水道局のチェーンフライント式汚泥かき寄せ機について、金属製から合成樹脂製に変更した場合の電力削減量を試算すると、

$$\textcircled{1} \text{従来の金属製} - \text{合成樹脂製} = (1.5\text{kw} + 0.4\text{kw} - 0.4\text{kw} - 0.4\text{kw}) \times 0.8 \times 24\text{h/日} \times 365 \text{日/年} \times 185 \text{池} = 1,426 \times 10^3 \text{kwh/年}$$

となる。これをCO<sub>2</sub>排出削減量、及び電力料金削減量に換算すると、次のようになる。

$$\text{年間CO}_2\text{排出削減量} : 1,426 \times 10^3 \text{kwh/年} \times 0.384 \text{kg-CO}_2/\text{kwh} = 548 \text{t-CO}_2/\text{年}$$

$$\text{年間電力料金削減量} : 1,426 \times 10^3 \text{kwh/年} \times (10 \times 6 + 14 \times 11) / 24 \text{円/kwh} = 12,742 \times 10^3 \text{円/年}$$

### (3) 導入コスト

合成樹脂製チェーンフライント式汚泥かき寄せ機については、規格・仕様が新しいため仕様に応じた見積りとなり、標準的な導入コストの算出は困難である。一般的にはSUS製の105～110%程度の金額と見なされており、設備更新時に導入することで、大幅なコストの上昇は避けられるものと考えられる。

### (4) 導入時の課題

省電力型の汚泥かき寄せ機としては、合成樹脂製チェーンフライント式汚泥かき寄せ機以外にもレシプロ式ではモノレール式汚泥かき寄せ機がある。モノレール式汚泥かき寄せ機は一種の水中クラリファイアであり、元々低動力の機器である。

しかしながら、

- ①かき寄せインターバルが長く、沈殿池濃縮汚泥濃度が不安定である。
- ②原則1池1水路であり、必ずしも省電力にならない。
- ③第二沈殿池での実績はない。など現状ではさらに検討が必要であろう。

表3. 3. 2 下水道局処理場第二沈殿池汚泥かき寄せ機一覧

処理場名	処理方式	最終沈殿池	計 画	計 画	処 理 水 量
		池 数	水面積負荷	沈澱時間	日 平 均 量
		(池)	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ・日	(時間)	(m <sup>3</sup> /日)
三河島	標準活性汚泥法	30			369,297
	嫌気-好気活性汚泥法	2			45,428
砂 町	標準活性汚泥法	8			387,504
	標準活性汚泥法	16			103,824
芝 浦	ステップエアレーション法	28	30	3.00	676,450
小 台	ステップエアレーション法	8			268,430
落 合	標準活性汚泥法	10			314,493
	標準活性汚泥法	2			47,403
森ヶ崎	ステップエアレーション法	40			1,337,545
新河岸	標準活性汚泥法	15			584,730
小 菅	深層エアレーション法	2	18	4.70	122,064
	嫌気-好気活性汚泥法	4	33	2.60	75,044
葛 西	標準活性汚泥法	10	18	4.00	281,320
中 川	標準活性汚泥法	4	18	3.98	125,530
	嫌気-好気活性汚泥法	1	18	3.98	36,130
	嫌気-無酸素-好気法	1	13	5.42	20,260
中 野	嫌気-好気活性汚泥法	2	18	4.00	37,230
有 明	嫌気-無酸素-好気法	3	24	3.00	10,500
北多摩一号	標準活性汚泥法	4	15	3.50	193,027
	標準活性汚泥法	2	18	4.10	
北多摩二号	標準活性汚泥法	3	20	2.50	34,744
	嫌気-無酸素-好気法	1	26	1.89	18,222
多摩川上流	標準活性汚泥法	6	19	4.00	187,450
浅 川	標準活性汚泥法	4	20	4.20	50,590
八王子	標準活性汚泥法	4	19	4.30	55,540
南多摩	標準活性汚泥法	4	20	3.60	99,600
	標準活性汚泥法	4	22	3.20	
清 瀬	標準活性汚泥法	7	17	4.20	210,630
終沈池数合計		225	—	—	—

### 3) インレットベーン付高効率ブロワ

#### (1) 技術概要

下水処理設備におけるエネルギー使用量のうちブロワは約 40%と高い比率を占めている。したがって、ブロワはCO<sub>2</sub>削減の観点から高効率であることが望ましい。

ブロワの性能は近年の流れ解析技術の進歩により設計点におけるピーク効率はほぼ理論上の上限に近づいている。一方、下水道処理設備においては流入下水水量の変動に対し、台数制御及び個別ブロワの風量制御を行うが、端末の散気装置へ安定した送風を行う必要性から、制御方式は「定風圧制御」が採用され、ブロワ性能は低風量運転に対しても高効率を維持する特性が求められる。

通常風量制御に広く採用されている「回転数制御」は、散気水深がブロワ昇圧の 80%程度であるため、回転数低下率の二乗に比例して圧力が低下する同制御方法は不向きである。また、従来採用されてきた吸込弁の開度調節による風量調節は、絞り抵抗により羽根車の吸込み圧が負圧となり、空気の比重が小さくなる現象を利用する制御方式であるが、省エネルギー効果は小さい。

インレットベーンは、ブロワの羽根車に流入する空気の流に旋回を与えることにより、羽根車の消費するエネルギーを制御する機能を持ち、低風量領域での圧力と効率を保持することを可能とすることから図 3. 3. 1 に示すように下水処理設備用ブロワに適した機構である。

下水道局では、1979 年に砂町処理場に 1 号機 (φ700×600×830kw) を導入し、以降の新規計画では標準的にインレットベーン付ブロワを採用している。

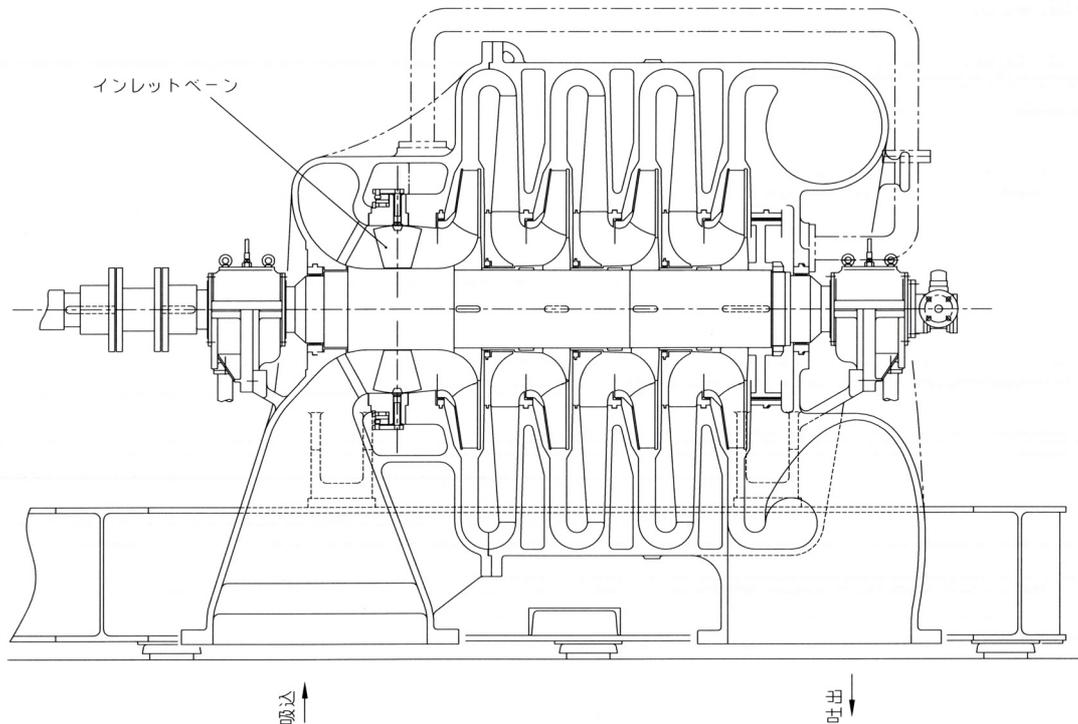


図 3. 3. 1 インレットベーン付多段ターボブロワ

(2) 導入効果

風量制御方式による部分負荷軸動力の比較数値例(200m<sup>3</sup>/分×5段)を表3.3.3に示す(日本下水道事業団、「設計指針」機械設計編より一部抜粋)。

表3.3.3 多段ターボブロワの部分負荷特性

		風量制御方式		
		インレットベーン	吸込蝶形弁	回転速度
軸 動 力 比 (%)	100	100	100	100
	90	92	97	91
	80	87	93	85
	70	81	89	—
	60	73	83	—
	50	65	76	—
	40	57	66	—
	30	47	55	—

従来の吸込弁とインレットベーンによるCO<sub>2</sub>削減量は次のように評価される。

ブロワ仕様 280m<sup>3</sup>/分 × 60kPa × 380 k w

仕様点全断熱効率 : 76%

運転条件 年間稼働率 : 70% (6,130時間/年)

年間平均風量 : 70%

仕様点における所要軸動力L<sub>0</sub>(k w)

$$L_0 = \frac{Q_1 \times P_1}{60 \times \eta} \times \frac{\kappa}{\kappa - 1} \left\{ \left[ \frac{P_2}{P_1} \right] - 1 \right\}$$

ただし、Q<sub>1</sub> : 風量 280m<sup>3</sup>/分

P<sub>1</sub> : 吸込絶対圧力 P<sub>0</sub> + P<sub>1g</sub> (kPa)

P<sub>2</sub> : 吐出し絶対圧力 P<sub>0</sub> + P<sub>2g</sub> (kPa)

P<sub>0</sub> : 大気圧 101.3 (kPa)

P<sub>1g</sub> : 吸込圧力(ゲージ) -2 (フィルタ圧損とする) (kPa)

P<sub>2g</sub> : 吐出し圧力(ゲージ) 60-2=58 (kPa)

η : 仕様点全断熱効率 0.76

κ : 空気の比熱比 1.4

以上より L<sub>0</sub>=309 k w

吸込弁に依る風量制御時の動力量 L(kwh)

$$L = 309 \times 0.89 \times 6,130 = 1,685,811 \text{ kwh}$$

インレットベーンに依る風量制御時の動力量

$$L = 309 \times 0.81 \times 6,130 = 1,534,278 \text{ kwh}$$

したがって、インレットベーン付ブロワへの更新によるCO<sub>2</sub>削減量は次のようになる。

$$\text{年間 CO}_2\text{削減量} = (1,685,811 - 1,534,278) \text{ kWh/年} \times 0.384 \text{ kg-CO}_2\text{/kWh} = 58.2 \text{ t-CO}_2\text{/年}$$

(3) 導入コスト

従来形ブロワとインレットベーン付ブロワの概略価格比較を表3.3.4に示す（本価格は電動機、制御装置、据付工事費を含まない機器費）。

表 3. 3. 4 ブロワの価格比較（単位 千円）

構 造	口 径 (mm)		
	400	500	600
従 来 形	119,000	130,000	140,000
インレットベーン付	133,000	147,000	155,000

(4) 導入時の課題

インレットベーンは開度調整を電動機構により行なうので、更新時は電気制御系の改造を伴う。なお、本構造の採用に伴い、従来機と比べて軸方向（吸込、吐出し方向と直角方向）寸法が若干大きくなるが、据付配置上支障になることは殆どない。

#### 4) 省エネルギー型脱水機

##### (1) 技術概要

近年、下水道普及率の増加と共に中小規模の下水処理場が増加しており、ベルトプレス脱水機より大容量で、なお、かつ維持管理が容易な脱水機のニーズが増えつつある。特に、小規模下水処理場では現場の省力化から運転管理も容易な脱水機が求められている。これらのニーズに応えるため金属ろ材系脱水機が開発された。

金属ろ材系脱水機は、固液分離の操作をろ過で行っている点において、ベルトプレス脱水機と同様といえるが、ベルトプレス脱水機がろ布ろ過であるのに対して、金属ろ材系脱水機はウエッジワイヤやパンチングメタルなどの金属ろ材でろ過されている点が最大の相違点といえる。

金属ろ材を使うメリットは、ろ布よりも汚泥に対して高い面圧を掛けられる点やろ布を交換する必要がないなどをあげることができる。デメリットとしては、難脱水性汚泥に対して省エネルギー型であるが薬注率が高くなる点がある。

金属ろ材系脱水機としては次の2機種がある。

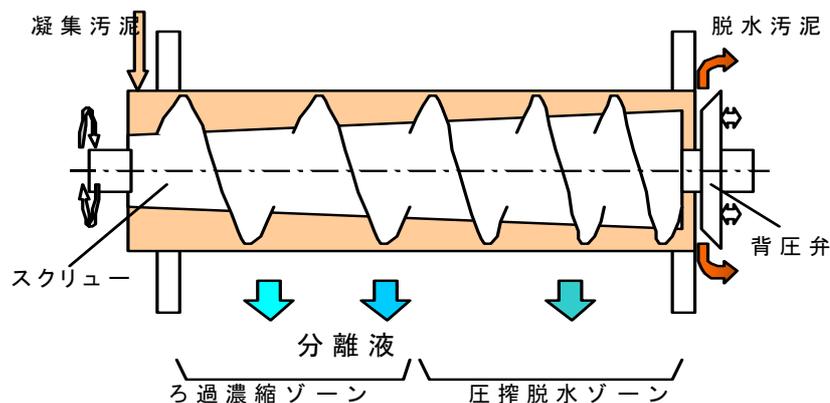


図 3. 3. 2 スクリュープレス脱水機

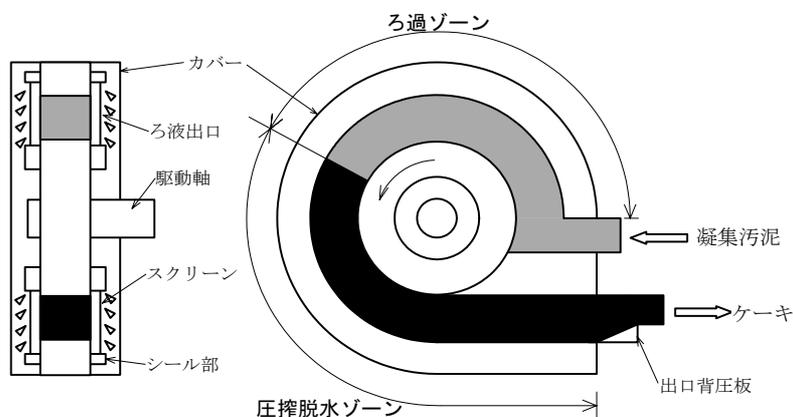


図 3. 3. 3 ロータリープレス脱水機

(2) 導入効果

(財) 下水道新技術推進機構 技術マニュアルから 10,000m<sup>3</sup>/日規模のケーススタディ結果を抜粋し電力由来のCO<sub>2</sub>排出量を追記する。

表3.3.5 「圧入式スクリーンプレス技術マニュアル」 (ただし、運転時間5日/週)

型式	ベルトプレス脱水機	遠心脱水機	スクリーンプレス脱水機
容量	ろ布幅 2m	処理量 10m <sup>3</sup> /h	スクリーン径 φ500
台数	2台(常用2台)	2台(常用2台)	2台(常用2台)
電力量	295.62 kwh/日	470.99 kwh/日	201.32 kwh/日
CO <sub>2</sub> 排出量	29.6 t	47.2 t	20.2 t

年間稼働日数は261日として試算する。(365日/年÷7日/週×5日/週=261日/年)

表3.3.6 「回転加圧脱水機技術マニュアル」 (ただし、運転時間7日/週)

型式	ベルトプレス脱水機	遠心脱水機	ロータリープレス脱水機
容量	ろ布幅 3m	処理量 15m <sup>3</sup> /h	ろ過面積 4.5m <sup>2</sup>
台数	2台(内1台予備)	2台(内1台予備)	2台(内1台予備)
電力量	156.2 kwh/日	285.6 kwh/日	160.5 kwh/日
CO <sub>2</sub> 排出量	21.9 t	40.0 t	22.5 t

年間稼働日数は365日として試算する。

(3) 導入コスト

(財) 下水道新技術推進機構 技術マニュアルから 10,000m<sup>3</sup>/日規模のケーススタディ結果を抜粋する。

表3.3.7 「圧入式スクリーンプレス技術マニュアル」 (ただし、運転時間5日/週)

型式	ベルトプレス脱水機	遠心脱水機	スクリーンプレス脱水機
容量	ろ布幅 2m	処理量 10m <sup>3</sup> /h	スクリーン径 φ500
台数	2台(常用2台)	2台(常用2台)	2台(常用2台)
建設費	121 %	101 %	100 %

表3.3.8 「回転加圧脱水機技術マニュアル」 (ただし、運転時間7日/週)

型式	ベルトプレス脱水機	遠心脱水機	ロータリープレス脱水機
容量	ろ布幅 3m	処理量 15m <sup>3</sup> /h	ろ過面積 4.5m <sup>2</sup>
台数	2台(内1台予備)	2台(内1台予備)	2台(内1台予備)
建設費	113 %	122 %	100 %

(4) 導入時の課題

金属ろ材系脱水機は前述のように金属ろ材を用いて高い面圧の圧搾力で脱水を行うため、消化汚泥などの難脱水性汚泥の場合は薬注率が高い傾向がある。このような場合はろ材交換不要によるオーバーホール費用の低減など、金属ろ材系脱水機のコストメリットが相殺されてしまう場合がある。

また、遠心脱水機からの更新の場合は設置面積が増加する場合があるので、十分な配置検討を行う必要がある。

## 5) 循環流動炉

### (1) 技術概要

現在、污泥焼却炉の主流である気泡流動炉は、優れた焼却効果・維持管理の容易性といった特徴から多数採用されており、全国の設置基数の70%以上を占めるにいたっている。

循環流動炉は、気泡流動炉と同様流動層炉の一形式であるが、炉本体がコンパクト、ブロウ動力を低減できるといった特徴から近年注目されてきており、徐々に採用を増やしてきている。循環流動炉の最も大きな特徴は、脱水污泥の面積負荷が大きく取れるため、気泡流動炉と比較してコンパクトなことであり、炉周りの設置面積で約20%程度の省スペース化を図ることができることであるが、地球温暖化防止の観点から見た場合には、設備の使用電力量を低減できるといったメリットが上げられる。これは、循環流動炉の場合、気泡流動炉と比較して炉内の保有砂量が少ないため、循環に必要な圧力損失を小さくすることが可能であり、流動ブロウの動力が低減できることによるものである。さらに、循環流動炉は砂層とフリーボードの温度差がつきにくいいため、気泡流動炉に比べ比較的低温空気比での運転が可能である。実用上気泡流動炉の空気比1.5程度であるのに対し、循環流動炉は空気比1.3で、これにより設備から排出されるCO<sub>2</sub>の低減効果も期待できる。

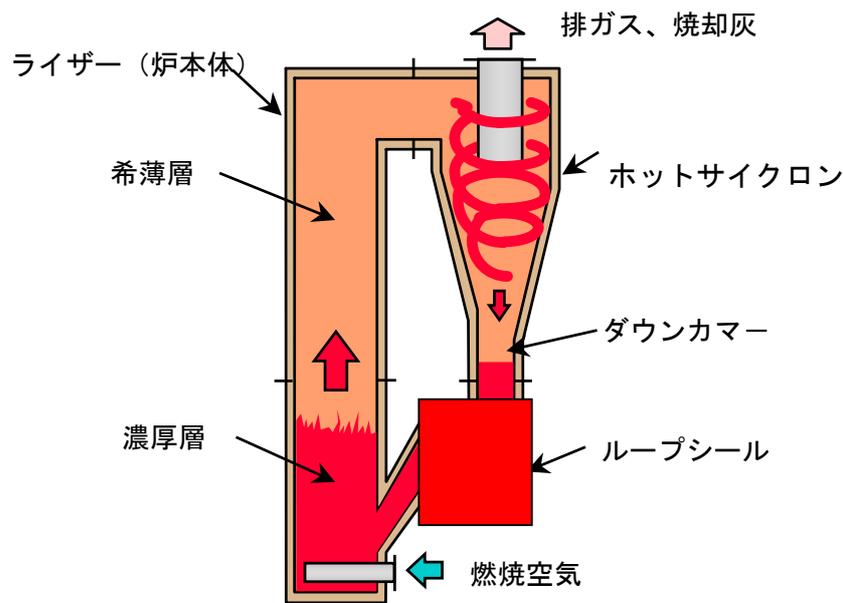


図3. 3. 4 循環流動炉構造図

## (2) 導入効果

導入効果は、気泡流動炉と循環流動炉における CO<sub>2</sub>発生量の試算結果を示す。試算条件は次のとおりである。

- ①設備規模 : 300t/日
- ②焼却温度 : 850℃
- ③空気比 : 気泡流動炉 1.5、循環流動炉 1.3
- ④電力量 : 循環流動炉の流動ブロウは気泡流動の70%動力とした。
- ⑤N<sub>2</sub>O : 操炉温度に依存すると考えられるためここでは考慮しない。

表 3. 3. 9 気泡流動炉、循環流動炉 CO<sub>2</sub>発生量比較

炉形式	気泡流動炉		循環流動炉	
	数値	CO <sub>2</sub> 換算値	数値	CO <sub>2</sub> 換算値
燃焼温度	850℃			
空気比	1.5		1.3	
都市ガス消費量	28.5Nm <sup>3</sup> /t	0.057t-CO <sub>2</sub> /t	24.5Nm <sup>3</sup> /t	0.049t-CO <sub>2</sub> /t
電力消費量	68.6kwh/t	0.026t-CO <sub>2</sub> /t	58.2 kwh/t	0.022t-CO <sub>2</sub> /t
発生 CO <sub>2</sub> 合計	0.083t-CO <sub>2</sub> /t-ケーキ		0.071t-CO <sub>2</sub> /t-ケーキ	
比率	1		0.86	

表 3. 3. 9 に示すように、循環流動炉では CO<sub>2</sub>の発生量を約 14%削減することが可能である。本試算によれば、300t/日気泡流動炉 1 基から発生する CO<sub>2</sub>発生量は 25t-CO<sub>2</sub>/日 (7,500t-CO<sub>2</sub>/年) であるため、循環流動炉 1 基当たりの削減量は 1,050t-CO<sub>2</sub>/年となる。

## (3) 導入コスト

新規炉建設において循環流動炉を採用する場合には、気泡流動炉を採用する場合のコストと概ね大差はないが、若干循環流動炉の方が低コストとなる。既存気泡流動設備において焼却炉のみ循環流動炉へリプレースすることは可能であるが、導入コストは採用する既設機場の状況により大きく異なる。

## (4) 導入時の課題

現在循環流動炉は数基が建設、運転されており、特に大きなトラブルが発生したなどの情報は無いが、導入にあたっては次のことを考慮する必要がある。

- ①現在稼働中の循環流動炉は 6 基であり、運転データ等の蓄積は少ないこと。
- ②現状の最大炉規模は 110t/日であり、300t/日規模の実績は無いこと。

## 6) 雨水ポンプ駆動用ガスタービン

### (1) 技術概要

雨水ポンプ設備は都市の進展により治水の安全性を高めるうえで、その重要性はますます大きくなっている。従来の雨水ポンプ駆動用原動機としては、電動機とディーゼル機関が主流であった。電動機は運転操作、維持管理が容易で、ポンプ回転速度に適した極数の電動機を選定できる。また、ディーゼル機関は停電時でも、燃料と冷却水が確保できれば運転可能であるなどの優位性を備えていた。しかし、近年冷却水不要による簡素化が図れること、ディーゼル機関に比べて軽量、コンパクト、環境・騒音対策が容易、軽負荷運転可能などの優れた点からガスタービンが採用され始めている。

### (2) 導入効果

原動機にガスタービンを採用すると同時に、空冷減速機、無注水水中軸受、無注水軸封装置などの採用は機場全体を無水化にすることが可能となる。機場全体の無水化が可能となれば、冷却水は冷却水ポンプ、クーリングタワー、冷却水水槽などが不要となり、建設コストと運転コスト（省エネルギー）が削減できる。機場全体が無水化され、冷却水ポンプなどが撤去されることによる電力量よりCO<sub>2</sub>排出量の削減量を評価する。

一例として、ポンプ設備設計マニュアル（下水道局建設部 平成14年12月）により雨水ポンプの1800mm立軸斜流ポンプ3台で評価すると次のとおりである。

①150mm 高架水槽揚水ポンプ (18.5kw) × 1台

②150mm 二次冷却水ポンプ (22kw) × 1台

③25mm シーリング水ポンプ (3.7kw) × 1台

年間CO<sub>2</sub>削減量 = (18.5 + 22 + 3.7kw) × 50h/年 × 0.384kg-CO<sub>2</sub>/kwh = 0.8t-CO<sub>2</sub>/年

### (3) 導入コスト

導入コストは仕様条件によって大きく異なるが、次の条件で改良するものとする。

1800mm 注水形先行待機雨水ポンプ (773kwディーゼル機関) を横形ガスタービン、空冷減速機、無注水水中軸受、無注水軸封装置に改良：433,000千円/台

### (4) 導入時の課題

ガスタービンはディーゼル機関と比べると価格が高い、燃料消費率が悪い、ダクト占有面積が大きいなどの劣る点もある。よって雨水ポンプ駆動用ガスタービンの採用は、経済性、信頼性、スペース、維持管理性などを総合的に比較検討して決定する必要がある。

なお、ガスタービンは品揃えが少ないという面があったが、多くの出力範囲のものが開発されてきており近年横形ガスタービンに比べて設置面積を少なくすることができる立形ガスタービンも採用され始めている。その普及とともに、メンテナンス体制も整ってきている。

### 3. 4 省エネルギー機器の採用(電気設備)

#### 1) 省エネルギー型照明設備

##### (1) 技術概要

超高周波インバータ安定器による省エネルギーを実現する照明設備である。インバータ安定器は、商用周波数の交流電源を整流し得られた直流を、インバータ回路により商用周波数の約10,000倍ほどの超高周波に変換し、蛍光灯を点灯させる安定器である。周波数が高くなることにより、巻線数が少なくなり、内部のトランス・コイルは小型化が可能となりエネルギー損失が少なく効率が良くなるものである。さらに、ランプ電流が高速となるため、電子流も安定し、光として使用されるエネルギーの割合が大きくなり、発光効率が良くなるものである。

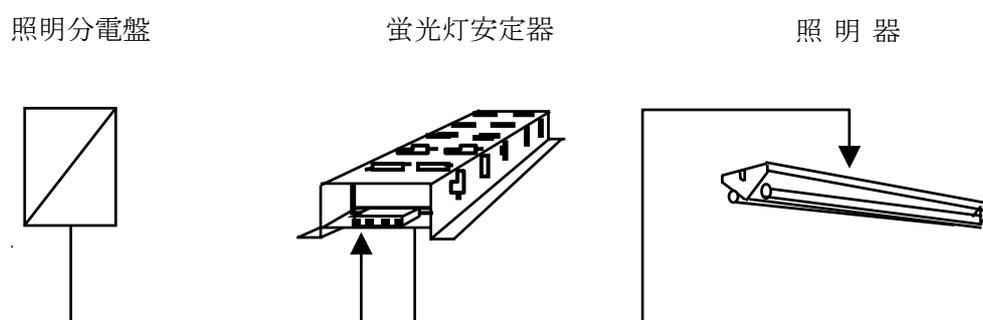


図3. 4. 1 インバータ安定器による照明

##### (2) 導入効果

40w×2灯用の場合の入力電力は、従来型で95w(88~105w)、省エネルギー型では65wとし40w×2灯用が250台設置されているオフィスを想定すると次の導入効果が見込まれる。超高周波インバータ安定器を導入することにより、消費電力量及びCO<sub>2</sub>排出量ともに約33%の削減が期待される。

表3. 4. 1 従来型と省エネルギー型照明設備の消費電力費及びCO<sub>2</sub>排出量の比較

	年間消費電力 (kwh)	年間電力費 (千円)	年間CO <sub>2</sub> 排出量 (t)
従来型	71,250	784	27.4
省エネ型	48,750	536	18.7
差	22,500	248	8.7

(年間使用時間は、3,000 hと想定)

超高周波インバータ安定器の節約電力は約30wである。

- ①年間使用電力削減量 : 約22,500kwh/年
- ②年間CO<sub>2</sub>排出削減量 : 約8.7 t-CO<sub>2</sub>/年
- ③年間電力料金削減量 : 約248千円/年

### (3) 導入コスト

40w×2灯用の超高周波インバータ安定器では約15千円程度で、従来型の安定器が約半額程度とすると、250台の安定器の差額は、約1,875千円の導入コストとなる。

### (4) 導入時の課題

イニシャルコストの回収は上記の事例で試算すると、40w×2灯用の安定器を250台超高周波インバータ安定器にする場合の差額は約1,875千円なので回収期間は約8年となり、特に問題はないと考える。

## 2) LED ランプ

### (1) 技術概要

手元盤の表示灯などに用いられているランプを、白熱灯に変わって LED ランプを採用する。LED とは、発光ダイオード (Light Emitting Diode) の略で、半導体の結晶体内に一定方向の電流を流すときに発生するエネルギーが光になって放射される性質を利用したものである。

### (2) 導入効果

手元盤などに用いられる表示灯 1 灯あたりの消費電力は、白熱灯は約 2w、LED ランプでは約 0.5w であり、手元盤 1 面あたり、ランプ 10 個、手元盤 100 面で試算すると、表 3. 4. 2 の導入効果が見込まれる。

表 3. 4. 2 白熱ランプと LED ランプの消費電力費及び CO<sub>2</sub> 排出量の比較

	年間消費電力 (kwh)	年間電力費 (千円)	年間 CO <sub>2</sub> 排出量 (t)
白熱ランプ	8,760	78	3.36
LED ランプ	2,190	20	0.84
差	6,570	58	2.52

(点灯率 50%として試算)

LED ランプの節約電力は、約 1.5w である。

①年間使用電力削減量 : 約 6,570kwh/年

②年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量 : 約 2.5 t-CO<sub>2</sub>/年

③年間電力料金削減量 : 約 58 千円/年

### (3) 導入コスト

数百円～千円単位程度で交換が可能である。

### (4) 導入時の課題

基本的にはランプ交換だけで対応できるが、照度の低下がある場合や同形状の LED ランプがない場合は、表示灯本体ごと交換する必要がある。なお、白熱ランプと違い球切れがないので、保守などに手間がかからないメリットがある。

### 3) 液晶ディスプレイ

#### (1) 技術概要

従来、プラントの中央監視制御装置のディスプレイ装置としてはCRT（Cathode-Ray Tube）装置、いわゆるブラウン管が多く使用されているが、近年液晶ディスプレイが多く用いられるようになってきている。液晶ディスプレイの仕組みは、電圧がかかると液晶分子の並びが変わるという液晶の性質を利用するものである。光が透過しないように直行させた偏光板の間にねじれた液晶をはさむ。電圧をかけない状態では光は液晶分子の間に沿って90度ねじれて下の偏光板を透過する。電圧をかけると液晶分子は直立し、ねじれがなくなり光は直進し下の偏光板に遮ぎられる。すなわち、電圧をかけていない時、光は透過するが、電圧をかけると90度並びが変わり光を透過せず、これをスイッチとして応用して画面が表示されるというものである。

当初液晶ディスプレイは、価格が高いこと、視野角が狭いこと、表示の応答性が遅いことなどから監視制御装置のディスプレイとしてはあまり採用されなかったが、近年の技術革新でこれらの問題が大幅に改善され採用されるようになってきている。

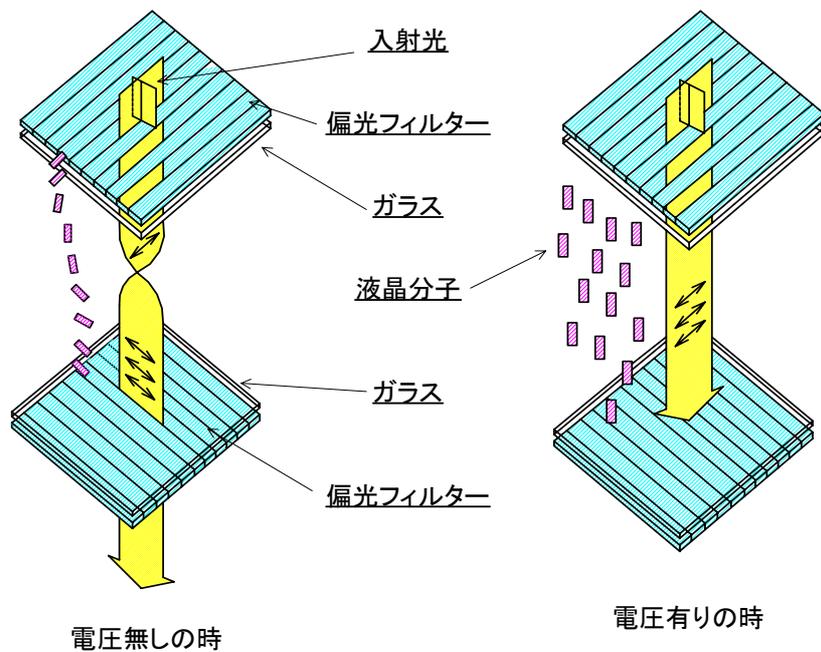


図3. 4. 2 液晶ディスプレイの原理

#### (2) 導入効果

モニターとして、監視制御用に24時間連続稼働のものを3台、事務処理用など含めてその他1日8時間使用のものを10台と想定すると表3. 4. 3の導入効果がある。

消費電力はCRTディスプレイ（22インチ）で135W、液晶ディスプレイ（18インチ）で38wとする。

表 3. 4. 3 CRT と液晶ディスプレイの消費電力費及び CO<sub>2</sub> 排出量の比較

	年間消費電力 (kwh)	年間電力費 (千円)	年間 CO <sub>2</sub> 排出量 (t)
CRT ディスプレイ	7,490	75	2.88
液晶ディスプレイ	2,108	21	0.81
差	5,382	54	2.07

液晶ディスプレイの節約電力は、約 97w である。

- ①年間使用電力削減量 : 約 5,382kwh/年
- ②年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量 : 約 2.1t-CO<sub>2</sub>/年
- ③年間電力料金削減量 : 約 54 千円/年

### (3) 導入コスト

ディスプレイの価格は CRT ディスプレイ (22 インチ) で約 200 千円、液晶ディスプレイ (18 インチ) では約 250 千円で上記の台数 (13 台) とすると、液晶ディスプレイにする場合の差として、650 千円の導入コスト高となる。

### (4) 導入時の課題

導入コストの回収としては約 12 年 (650 千円 / 54 千円/年) でありモニターの更新にあわせて実施するのがよいと考える。なお、技術の進歩により液晶ディスプレイの低価格化が進む方向にあるので導入コストは下がっていく傾向にある。初期の製品では視野角の狭さなどが指摘され CRT 装置に比べ視認性が劣るとされていたが、近年技術改良が進んでおり、特に問題はないレベルになっている。

## 4) 高効率変圧器

### (1) 技術概要

変圧器は静止機器で電気機器の中では高効率な機器の一つであるが受配電設備に必須な機器として、連続して常時電力を供給しているため長期に渡る電力損失が累計するとかなり大きなものとなる。高効率変圧器の採用により変圧器の電力損失を低減することができる。

変圧器の無負荷損は鉄心材料の材質によるが、けい素鋼帯やアモルファスなどの低損失材料を採用することにより低損失化が図られている。

また、変圧器の負荷損は巻線の材質や設計によるが、材質面では銅導体の採用による低損失化が図られ、設計面では低圧巻線、高圧巻線それぞれでの専用設計などにより低損失化が図られている。

その他の損失では変圧器の騒音が上げられる。変圧器の騒音は電気エネルギーが結果的に音エネルギーに形を変えて損失となるものであるから無視できないものである。低騒音設計による高効率変圧器では標準品の80%程度まで騒音を低減している。

表 3. 4. 4 モールド変圧器の特性と諸元

項目	標準変圧器	高効率変圧器
無負荷損(w)	2,700	1,300
負荷損(w)	6,500	5,200
全損失(w)	9,200	6,500
幅(mm)	1,460	1,930
奥行(mm)	650	660
高さ(mm)	1,505	1,370
質量(kg)	2,470	3,350

注) A社、3φ1,000kVA、6.6kV/420V、50Hzの例。

### (2) 導入効果

1,000kVAのモールド変圧器で負荷率60%の場合は標準変圧器の損失電力が約5.04kWである。高効率変圧器の損失電力は約3.17kWで高効率変圧器の節約電力は、1.87kW(5.04-3.17kW)となる。したがって、年間の各削減量は、次のようになる。

- ①年間使用電力削減量 : 16,381 kWh/年 (365日×24時間×節約電力)
- ②年間CO<sub>2</sub>排出削減量 : 約6.3 t-CO<sub>2</sub>/年
- ③年間電力料金削減量 : 約145千円/年

また、500kVAのモールド変圧器で負荷率60%の場合は標準変圧器の損失電力が約3.00kWである。高効率変圧器の損失電力は1.81kWで高効率変圧器の節約電力は、1.19kW(3.00-1.81kW)となる。したがって、年間の各削減量は、次のようになる。

- ①年間使用電力削減量 : 10,424 kWh/年 (365日×24時間×節約電力)
- ②年間CO<sub>2</sub>排出削減量 : 約3.9 t-CO<sub>2</sub>/年
- ③年間電力料金削減量 : 約93千円/年

### (3) 導入コスト

1,000 kVA のモールド変圧器で、標準変圧器の本体コストを 100%とすると、高効率変圧器の本体コストは約 180%程度となる。

500 kVA のモールド変圧器で、標準変圧器の本体コストを 100%とすると、高効率変圧器の本体コストは約 130%程度となる。

### (4) 導入時の課題

#### ①導入コストの回収

1,000 kVA のモールド変圧器に高効率変圧器を採用する場合の回収期間は約 90 年となり、500 kVA のモールド変圧器に高効率変圧器を採用する場合の回収期間は約 30 年となるので、現状の機器の更新時期に合わせて実施するのがよいと考えられる。

#### ②重量の増大

外形寸法は同等程度、又は小型であるが、専用の低損失設計のため、重量が大幅に増加しており設置条件に制約の少ない新設の場合に適しているといえる。

## 5) 高効率電動機

### (1) 技術概要

電動機の使用電力量は、全施設の電力使用量の中で大きなウェイトを占めており、大きな省エネルギー効果が期待できる。高効率電動機の採用により電力損失の低減することが可能である。電動機はその発生損失である一次・二次銅損、鉄損、漂遊負荷損、機械損などを次の低減技術により実現している。

#### ①一次・二次銅損の低減

銅損は導体に電流が流れることによって発生する  $I^2R$  損 ( $I$ =電流、 $R$ =抵抗) である。したがって、銅損を低減するには導体抵抗の低減が最大のポイントである。

一次の銅損の低減では電線の巻数減と断面積増、新しい巻線方式の採用により電線長とコイルエンド長の短縮を行い二次銅損の低減では、形状の変更による二次導体の断面積増などを行うことによって導体抵抗の低減を図っている。

#### ②鉄損の低減

鉄損は電磁鋼板を積層したステータ鉄心に回転磁界を加えることによって発生するヒステリシス損と渦電流損である。新しい鉄心の開発と採用により、鉄損の低減を図っている。

#### ③漂遊負荷損の低減

漂遊負荷損は {電動機入力 - (出力 + 一次・二次銅損 + 鉄損 + 機械損)} と定義され、主なものには負荷時の高調波銅損や高調波磁束による鉄損、積層鉄心間の絶縁不足による導通損、ロータスロットの絶縁不足によるバー間の渦電流損などがあり、これらが複合した損失である。今日ではこれらの要因の多くはまだ十分な説明がされていないが、実機による検証を基に、ステータとロータの溝数比の最適化、ステータとロータ間のギャップ長、ロータのスキュー量、ロータスロットのブリッジ厚さなどの改善によって漂遊負荷損の低減を図っている。

#### ④機械損の低減

機械損は電動機運転中の軸受の摩擦損、冷却ファンの風損などによって発生する損失である。摩擦損失の小さい設計と、標準電動機と比べ風損の小さなファンの採用などによって機械損の低減を図っている。

### (2) 導入効果

75 kw のポンプの場合で標準電動機の損失電力は約 6.20 kw である。高効率電動機の損失電力は約 4.62 kw となり、節約電力は、1.58 kw (6.20 kw - 4.62 kw) となる。したがって、年間の各削減量は次のようになる。(稼働率を 60% とした場合)

①年間使用電力削減量 : 8,304 kwh/年 ; 365 日 × 24 時間 × 0.6 × 節約電力)

②年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量 : 約 3.2 t- CO<sub>2</sub>/年

③年間電力料金削減量 : 約 74 千円/年

### (3) 導入コスト

75 kw の標準電動機の本体コストを 100% とすると、高効率電動機の本体コストは約 130% となる。

#### (4) 導入時の課題

導入コストの回収が課題であるが、75 kwの電動機に高効率電動機を採用する場合の回収期間は8～9年程度となり、電動機を20年使用の条件で考えれば、特に問題はない。

## 6) 既設大型電動機の高効率化

### (1) 技術概要

絶縁劣化の進んだ既設大型電動機の延命のためにコイルの巻替えを行う際に、最新の絶縁システムや磁性楔を適用することにより、銅損や漂遊負荷損を削減し、電動機を高効率化するものである。

#### ①銅損の低減

ステータコイルの巻替えをする際に、絶縁特性の向上、絶縁厚さの合理化を実現する絶縁方式の採用により断面積の大きく抵抗の小さい素線構成が実現でき、銅損の大幅な削減ができる。

#### ②漂遊負荷損の低減

誘導電動機はエアギャップ長が小さいため、ロータ表面でのエアギャップ磁束はステータ歯部位置で密、ステータスロット位置で粗となる傾向が大きい。磁性楔の適用によりロータバー表面損を発生させる原因となる、エアギャップ磁束の不均一な状態を均一化し、エアギャップ磁束の脈動を低減させ高効率化が図れる。

### (2) 導入効果

500kwの電動機の導入効果を次に示す。500kwの電動機の場合、巻替え前の損失電力は約23kwで巻替え後の損失電力は約21.2kwである。

表 3. 4. 5 巻替え前と巻替え後の消費電力費及びCO<sub>2</sub>排出量の比較

	年間電力 (kwh)	年間電力費 (千円)	年間 CO <sub>2</sub> 排出量 (t)
巻替え前	201,480	1,797	77.4
巻き替後	185,712	1,656	71.3
差	15,768	141	6.1

高効率電動機の節約電力は、約1.8kw (23kw - 21.2kw) である。

- ①年間使用電力削減量 : 約15,768kwh/年
- ②年間CO<sub>2</sub>排出削減量 : 約6.1t - CO<sub>2</sub>/年
- ③年間電力料金削減量 : 約141千円/年

### (3) 導入コスト

500kw電動機の巻替え費用は約20,000千円である。

### (4) 導入時の課題

延命のための巻替え時に採用するので特に問題はない。

### 3・5 省エネルギー管理システムの導入

省エネルギーを図るには、省エネルギー型単体機器への取替えや導入が効果的であるが、さらに一歩進めてシステム及び使い方の視点から運用するのも一つの方法である。また、省エネルギーの実行についてはPDCA サイクル、すなわち、目標を定め(Plan)、実施し (Do) エネルギー量を計量し (Check) 目標との差を改善する (Action) が必要である。

#### 1) 変圧器の最適化

##### (1) 技術概要

変圧器の最適化としては変圧器容量の最適化（過大容量の最適化）及び使用していない変圧器の無負荷損の削減があげられる。

##### ①変圧器容量の最適化

変圧器の容量を決定する際に容量検討を行うが、安全サイドで積み上げる傾向があるため、実運用に比して大きな容量となる場合がある。変圧器設備の更新時においては、単に負荷が既設と同様ということで変圧器の容量も既設と同様とするのではなく、実負荷データを計測し分析することにより変圧器容量の適正化を図ることが可能である。

##### ②使用しない変圧器の無負荷損の削減（一次側遮断器の開放による損失の削減）

雨水ポンプ所などでは、豪雨時のフル稼働を想定して大きな容量の変圧器を2台など複数台設けている場合がある。負荷が少ない通常時には、使用していない方の変圧器の一次側を開放して変圧器を非励磁にして損失(無負荷損)を削減することが考えられる。

##### (2) 導入効果

変圧器容量低減による無負荷損の削減では、変圧器の損失として負荷電流の影響を受けない無負荷損(鉄心中に磁束を通したときに発生するもの)があるが、変圧器容量を低下させることにより損失の低減が図れる。(無負荷損は750kVA、1,000kVAの高圧変圧器で約0.2~0.3%程度)1,000kVAのモールド変圧器の無負荷損は2.7kw、750kVAで1.7kwとすると次のようになる。

表3, 5. 1 無負荷損による消費電力費及びCO<sub>2</sub>排出量の比較

	年間電力 (kwh)	年間電力費 (千円)	年間 CO <sub>2</sub> 排出量 (t)
1,000 kVA の場合	23,652	210,897	9.1
750 kVA の場合	14,892	132,787	5.7
差	8,760	78,110	3.4

容量適正化による節約電力は、約1.0kwである。

①年間使用電力削減量 : 約8,760kwh/年

②年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量 : 約3.4t-CO<sub>2</sub>/年

③年間電力料金削減量 : 約78千円/年

また、使用しない変圧器の無負荷損の削減（一次側の開放による損失の削減）。

1,000kVAの動力変圧器が2台ある場合に通常使用しない1台の一次側遮断器を開放した場合の削減量を次に示す。通常、変圧器1台の場合は、2台運用を年間30日と想定して試算した。

表3. 5. 2 一次遮断器開放による無負荷損による消費電力費及びCO<sub>2</sub>排出量の比較

	年間損失電力 (kwh)	年間電力費 (千円)	年間CO <sub>2</sub> 排出量 (t)
変圧器 2 台とも一次遮断器入りの場合(従来)	47,304	421,794	18.2
変圧器 1 台の遮断器を切りの場合	25,596	228,231	9.8
差	21,708	193,563	8.4

一次遮断器開放による節約電力は、約 2.7kw である。

- ①年間使用電力削減量 : 約 21,708kwh/年
- ②年間CO<sub>2</sub>排出削減量 : 約 8.4 t -CO<sub>2</sub>/年
- ③年間電力料金削減量 : 約 193 千円/年

### (3) 導入コスト

導入コストとしては特にかからない。

### (4) 導入時の課題

変圧器の更新時には実負荷データによる検討を行い変圧器容量が既設に比べて低下させることができれば、その分のインシヤルコストは削減できるが無負荷損の削減による電力費削減の効果はさほど多くはなく、通常使用しない変圧器の一次遮断器を開放する効果のほうが大きい。

なお、その場合、雨天時などには変圧器一次遮断器を自動投入する回路を設けておくなど考慮しておくことが望ましい。

## 2) 電動機容量の最適化 (ブロワ)

### (1) 技術概要

ブロワ用電動機の容量は基本的には散気装置に必要な圧力と風量の積で定まる。必要な圧力は散気装置の水深 (実揚程)、送風用配管での損失、散気装置の圧力損失、散気装置の閉塞に対する余裕を加えて決定される。また、ブロワの特性上、動力は設計流量より若干大風量側で最大となる場合が多く、電動機容量はこの値に 5% 程度の余裕をみて決定される。

ブロワ容量 (風量、圧力) は散気装置からの要求に応じて決定されるため、同装置の特性を充分把握しなければ電動機容量の最適化はできない。電動機容量に影響を与える要因として、散気装置の水深を浅くする場合の影響について述べる。

### (2) 導入効果

ブロワ必要圧力の約 75%~80% は散気装置の没水深さによる水圧に抗するもので、水深 4.0~5.0m である場合ブロワの圧力は 60kPa (約 6000mmAq) 程度となることが多い。仮定として、水深 4.5m の散気装置を 0.5m 上げて 4.0m とすることにより得られる省エネルギー効果を示す。

①ブロワ仕様 280 m<sup>3</sup>/分 × 60kPa × 380kw

仕様点全断熱効率 : 76%

②運転条件 インレットベーンによる定圧制御

年間稼働率 : 70% (6,130 時間 / 年)

年間平均風量 : 70%

表 3. 5. 3 散気装置没水深さ変更による省エネルギー効果

		水 深	
		4.5m	4.0m
風量 100%	軸動力比 (%)	100	96.9
	動力 (kw)	309	299.5
風量 70%	軸動力比 (%)	81	78.5
	動力 (kw)	250.3	242.5

①水深 4.5m 時の動力量 L(kwh)

$$L = 250.3 \times 6,130 = 1,534,278 \text{ kwh}$$

②水深 4.0m 時の動力量

$$L = 242.5 \times 6,130 = 1,486,302 \text{ kwh}$$

したがって、水深を変更することによる CO<sub>2</sub> の削減量は次のとおりとなる。

$$\text{年間 CO}_2 \text{ 削減量} = (1,534,278 - 1,486,302) \text{ kwh/年} \times 0.384 \text{ kg} \cdot \text{CO}_2/\text{kwh} = 18.4 \text{ t} - \text{CO}_2/\text{年}$$

### (3) 導入コスト

インレットベーン付ブロワで運転点を制御する場合には、ブロワ自体に関する改造コストなどは全く発生しない。

#### (4) 導入時の課題

本手法による CO<sub>2</sub> 削減検討は散気装置深さの若干の変更がエアレーション機能に大きな影響を与えないとの仮定に基づいており、この仮定への別途検証が必要である。

### 3) 電動機容量の最適化 (ポンプ)

#### (1) 技術概要

ポンプの全揚程は、一般に吐出水槽のHWLと吸込水槽のLWLから計画実揚程を決定し、経年変化を考慮して大きめの管路損失水頭を加えその上に多少の余裕を持って決定されることが多い。こうように決定された全揚程から電動機容量が決定されている。さらに、このように余裕を持って決められたポンプ要項に基づいて、ポンプの設計を行う時、JISの性能試験が規定水量で全揚程が僅かでも下回ることが許されないので、製造上に生じる性能誤差を含めて、性能に余裕がとられる。

これらの余裕は全てポンプの所要動力を増すことになるので、省エネルギーの観点からこの余裕を切り詰めて電動機容量を選定することが重要である。

電動機容量の最適化を目指すためには、次の対応が求められる。

##### ①適正な計画実揚程

汚水ポンプの実揚程を決定する計画吸水位は、合理式では計画時間最大汚水量、分流式では計画1日最大汚水量が流入する際のポンプ水位となる。同計画揚水位は、合流式では計画時間最大汚水量、分流式では計画1日最大汚水量の揚水時の吐き出し管端部を計画水位とすることになっている。

また、雨水ポンプの実揚程を決定する計画吸水位及び計画排水位は、計画雨水量が流入する際のポンプ井水位、放流河川の計画高水位とすることになっている。運転条件に見合った計画実揚程を決定することが重要であり、次の注意点が上げられる。汚水ポンプの計画吸水位、計画揚水位は、汚水の日変動、時間変動を考慮し、計画実揚程を決定する。雨水ポンプの計画排水位は、東京湾の塑望平均満潮位に動水勾配を加えて水位としているので下水処理場及びポンプ所の放流地点により違ってくるので注意を要する。

##### ②適正な損失水頭

直管(管渠)の損失水頭計算は、ダルシー・ワイズバッハ公式、ヘーゼン・ウイリアムス公式、マンニング公式など多数あり、その公式を適正に使用し、かつ摩擦損失係数などについても経年変化等を考慮し、適正な値を採用する。また、曲管部の損失水頭を求める係数についても同様に配管条件を吟味し、適正な値を採用する。

##### ③適正な電動機出力

電動機出力は軸動力に余裕を見込んで定められた計算式で決定される。電動機出力の決定には、定められたポンプ効率、伝達効率、余裕率を採用するとともに電動機の定格出力値は、JEM 1188 (1969)に定められた定格出力値を採用する。

##### ④適正なポンプ設計

ポンプ設計はそのポンプ性能と過去の試験データを把握して、最適な羽根車寸法を決定し、設計点に対して極力余裕の小さいポンプ設計を実施する。

以上の対応をすることにより、運転条件に適した電動機容量となり、省エネルギーに貢献することになる。

#### (2) 導入効果

ポンプ全揚程、電動機出力を決定する計画上の余裕及びポンプメーカーの製作上の余裕は、多

く取られている傾向にあるので、導入効果は十分期待できる。

(3) 導入コスト

適正なポンプ全揚程、電動機出力を決定は計画上の手順であり、また、適正なポンプ設計も通常の製作上の範囲であることから、特に導入コストは発生しない。

(4) 導入時の課題

ポンプ電動機容量の最適化には次の点について注意する必要がある。

①計画水位の取り方、軸動力に対する電動機の余裕率などで定められているので、異なる数値を採用する場合は、事前に関係者と打合せし、承諾を得ておく必要がある。

②特に、大出力の電動機については電動機メーカーの製作枠番との関係などがあるので、事前に電動機メーカーへ技術紹介をする。

## 4) 個別負荷電力使用量の計測化

### (1) 技術概要

エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）では、電気使用量などの実態把握を義務付けており、管理基準としてエネルギー消費原単位が用いられている。つまり、このエネルギー消費原単位を管理基準として削減目標をたて計画的に省エネルギー活動を行うことが規定されており、この活動は一時的なものではなく、継続的に実行することが要求されている。

このためには電気設備全体での把握でなく設備単位、さらに負荷単位まで踏み込んだ電力使用の実態把握・管理が必要である。

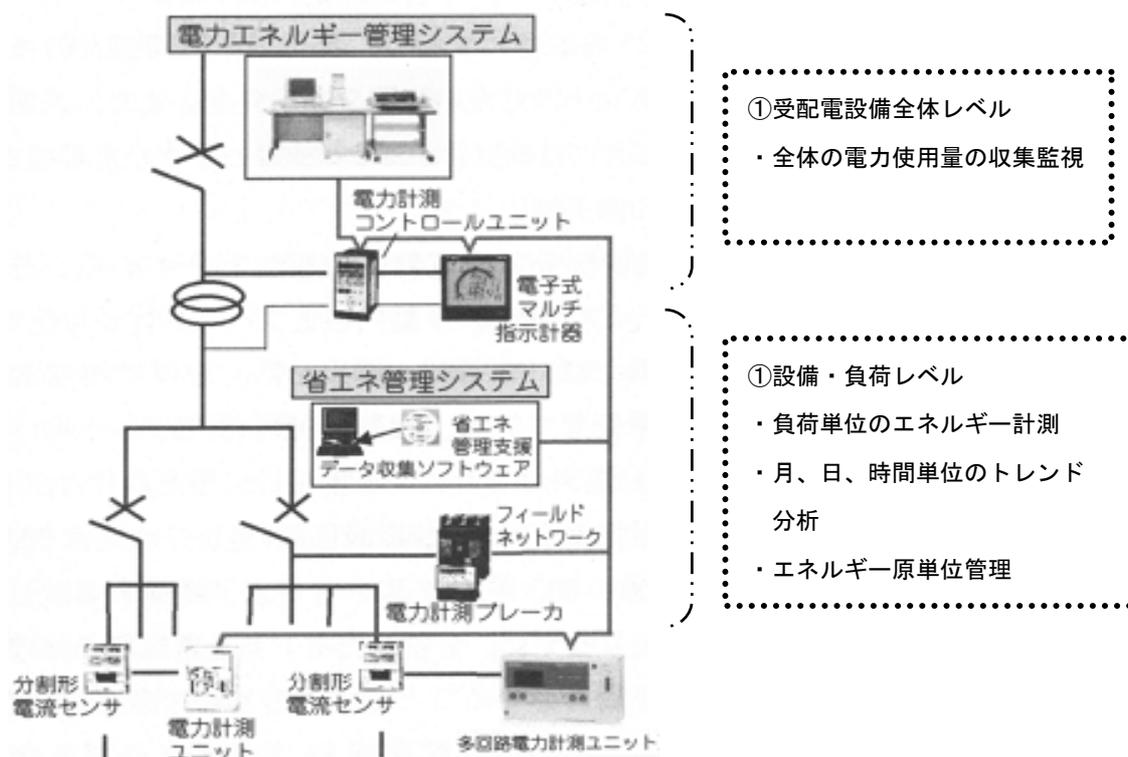


図3. 5. 1 電力計測システム構成例

### (2) 導入効果

受配電設備全体レベルの電力計測における効果・目的は、ピーク電力のカット(基本料金の管理・削減)、力率100%運転(基本料金の管理・削減)、無駄電力の顕在化などの撲滅である。そのためには全体の電力使用量収集・監視を行い、デマンド監視制御や力率自動調整を行う。

負荷単位の電力計測における効果・目的はエネルギーの予算管理、負荷ごとの無駄電力の撲滅である。そのためには負荷ごとのエネルギー計測、月、日、時間単位のトレンド分析、エネルギー原単位管理を行う。

こうして得られた計測データの分析により、負荷容量や運転制御方法の見直し改善の支援が可能になる。

### (3) 導入コスト

新設及び更新時に個別負荷電力使用量の計測化を組込むことによって少ないコストで効果が期待できる。

### (4) 導入時の課題

当然のことながら、計測システムの導入だけではエネルギー消費は改善できない。計測されたデータの管理、分析により現状把握を行い、改善計画を立案し、改善策の実行、評価を一連のサイクルとして継続していくことが必要となる。

## 5) 事務所等への ESCO 事業の導入

### (1) 技術概要

ESCO 事業とは Energy Service Company の略で、ビル、ホテル、病院、工場やプラント設備などを対象に電気、ガス、水道、排水について、省エネルギーをユーザに代わって計画・提供する省エネルギーサービス事業である。ESCO 事業者が、省エネルギー改善に必要な設備・技術・人材・資金などすべてを包括的に提供して省エネルギーにより実現される経費節約分で、省エネルギー投資の一切を回収する。ESCO 事業を行う場合には診断、コンサルティングを実施するが、客観的なものとするためにエネルギー診断士などの専門家により行なわれることが望ましい。ESCO 事業の特長としては、

- ①省エネルギーにかかる設備投資をエネルギー削減コストより回収
- ②事業者が設備投資費用のファイナンスを提供
- ③事業者とユーザ間で省エネルギー量を保証するパフォーマンス契約の締結があげられる。

また、省エネルギー改善の主なメニューとしては、次のものがある。

- ①運転設定条件（温度、圧力、流量、測定位置）の見直しによる損失の削減
- ②廃熱の有効利用、入熱削減・放熱防止システムによる空調損失の削減
- ③使用エネルギーの計測、管理や高効率機器導入による使用エネルギー量の削減
- ④作業環境（空調、照明、換気）の適正化による使用エネルギー量の削減

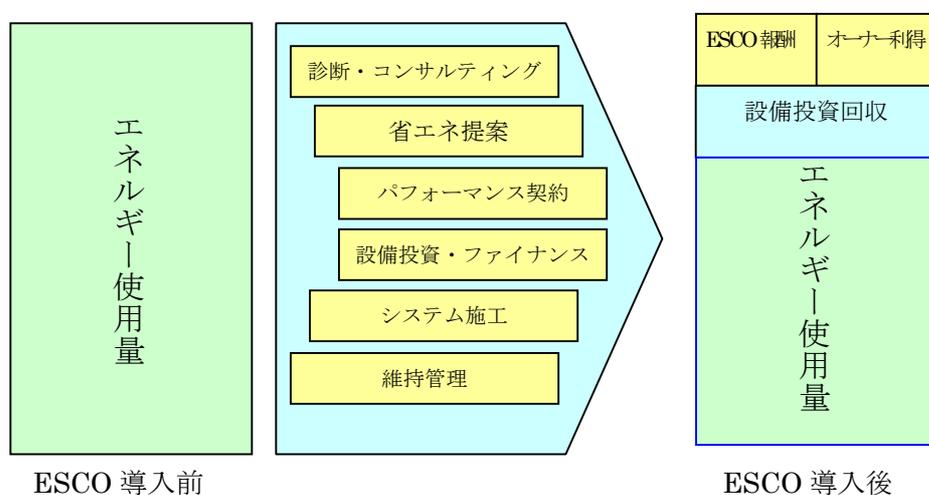


図 3. 5. 2 ESCO 事業の仕組み

### (2) 導入効果

ESCO 事業は、事業者が対象設備の省エネルギーを計画・提供する省エネルギーサービス事業である。このため導入効果は省エネルギー分の CO2 削減効果が見込まれる。また事業者とユーザ間でエネルギー削減量の保障契約を締結するので、ユーザサイドとしては次の利点がある。

- ①エネルギー削減量保証のため、エネルギー削減リスクがない。
- ②ファイナンス提供によるため設備投資の削減ができること。

があげられる。

なお、削減したエネルギー使用量から設備投資回収費を引いた残りの利益は事業者とユーザが折半する。表3. 5. 4に導入効果事例を示す。

表3. 5. 4 導入効果事例

NO	事 例	採用した省エネ手法	削減率 (%) *	CO <sub>2</sub> ガス 削減量 (t-CO <sub>2</sub> /年)
1	A 市市民病院	・高効率照明器具への更新 ・動力インバータ制御 ・エネルギーモニタリングシステム導入	20.0	455
2	B 区役所	・高効率照明器具への更新 ・動力インバータ制御 ・エネルギーモニタリングシステム導入	18.0	209
3	C 市市役所	・高効率照明器具への更新 ・冷却塔の効率化 ・動力のインバータ化(ファン・ポンプ) ・エネルギーモニタリングシステム導入	10.0	66

\* : 削減率は建物全体のエネルギー消費量に対する割合

(出典 : (財) 省エネルギーセンター ホームページ : <http://www.eccj.or.jp/index.html>)

### (3) 導入コスト

費用負担の方法はユーザが事業資金を調達するギャランティード・セイビングス方式と事業者が調達するシェアード・セイビングス方式がある。後者はESCO事業者が診断・改修工事の資金を提供するため診断・改修工事にかかわるユーザの自己資金の調達は不要となる。ユーザはESCO事業者と設備のリース料、保守運転管理などを含むパフォーマンス契約を締結する。よって、ユーザは導入コストとして、従来一般的な省エネルギー改修工事のような工事費の負担は必要なくなる。

### (4) 導入時の課題

公共物の場合には償却期間の関係で設備更新できず、省エネルギー製品の導入ができないケースがある。また、公共プラントの場合には改修のための設備停止の制約がある場合が多いが、工程調整や施工方法の工夫により対応していくことが可能である。

## 6) 省エネ型硝化制御システムの検討

### (1) 技術概要

生物学的窒素除去プロセスにおいて最も動力を消費するのは、アンモニア性窒素を硝酸性窒素に変換する硝化に必要な曝気風量の供給に必要な曝気動力である。省エネ型硝化制御は、好気槽出口側のアンモニア性窒素を直接計測して曝気風量制御を行うもので流入窒素負荷の高低に関係なく過不足のない空気を供給することにより曝気風量を低減し、送風機動力を削減する。従来のD0制御では、直接硝化状態を反映できないので流入窒素負荷が高い時期に合わせたD0設定値で運転することになるために、硝化制御を行うことにより通常10～15%の送風機動力の削減が期待できる。

省エネルギー型硝化制御の構成を図3.5.3に示す。省エネ型硝化制御は、アンモニア性窒素測定設備を処理系列あたり1台追加設置して従来の風量制御回路に硝化制御ループを追加して、代表槽制御を行うことで実現できる。送風機は圧力一定となるように吸込風量制御を行う。

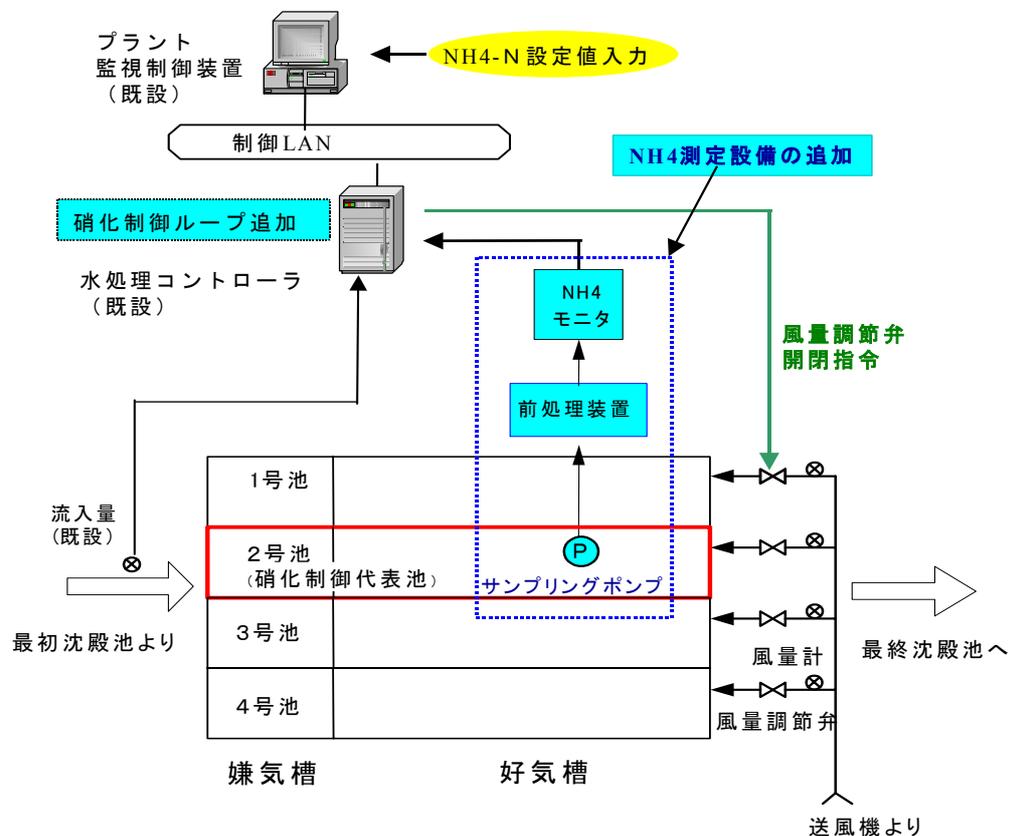


図3.5.3 省エネ型硝化制御システム構成構

### (2) 導入効果

処理水量 100,000m<sup>3</sup>/日の処理系列に省エネ型硝化制御を導入した場合には、D0制御と比較した送風機動力削減量を試算する。試算条件を次に示す。

表 3. 5. 5 計算条件

処理水量	(m <sup>3</sup> /日)	100,000
風量削減率	(%)	12
送風機動力削減率(インレットベーン制御) (%)		12
DO 制御処理水量あたりの送風機電力 (kwh/m <sup>3</sup> )		134.7 /1,000

年間送風機動力削減量

- ①DO 制御の送風機平均動力 :  $134.7 \text{ kwh}/1,000\text{m}^3 \times 100,000\text{m}^3/\text{日} = 13,470\text{kwh}/\text{日}$
- ②年間送風機動力削減量 :  $13,470\text{kwh}/\text{日} \times 365 \text{ 日} \times 12 \% / 100 = 590,000\text{kwh}/\text{年}$
- ③年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量 :  $590,000\text{kwh}/\text{年} \times 0.384 \text{ kg-CO}_2 = 227\text{t-CO}_2/\text{年}$

(3) 導入コスト

導入コストは、アンモニア測定設備の設置条件や既設改修条件により異なるが標準的な目安は次のとおりである。

- ①初期費用 : 約 20,000～30,000 千円 アンモニア測定設備 1 セット、既設改修・工事費一式)
- ②年間保守費 : 約 600 千円/年 (アンモニア測定の試薬・消耗品費用)

(4) 導入時の課題

曝気動力削減量は流入窒素負荷変動及び送風機吸込風量制御方式により異なるので、導入する下水処理場の条件で確認する必要がある。なお、動力削減率はインレットベーン制御の場合は風量削減率とほぼ同じ程度となるが、吸込みダンパ制御の場合はこれより小さくなる。また、送風機吐出側での放風弁による風量制御では動力削減効果はない。

## 7) 主ポンプの速度制御化

### (1) 技術概要

ポンプなどの負荷は流量と回転速度に比例し、全揚程が回転速度の2乗に比例して変化するため、軸動力は回転速度の3乗に比例する。電動機の回転速度を低下させると軸動力は全揚程に比べて大幅に低減され多大な省エネルギー効果が期待できる。セルビウスやインバータを導入して、主ポンプの必要揚水量に応じた速度制御運転を実施しエネルギー削減効果を図る。

①流量 $Q$ ……………回転速度( $N$ )の2乗に比例( $Q \propto N^2$ )

②全揚程 $H$ ……………回転速度( $N$ )の2乗に比例( $H \propto N^2$ )

③軸動力 $L$ ……………回転速度( $N$ )の3乗に比例( $L \propto N^3$ )

図3. 5. 4に回転速度を $N_1$ から $N_2$ に変化させた場合の流量( $Q_1, Q_2$ )、揚程( $H_1, H_2$ )、軸動力( $L_1, L_2$ )の変化を示す。(なお実際の運転状態では流量 $Q_2$ は、管路抵抗曲線との交点で運転されるため、 $H_2$ 、 $L_2$ とも若干異なった値となる)

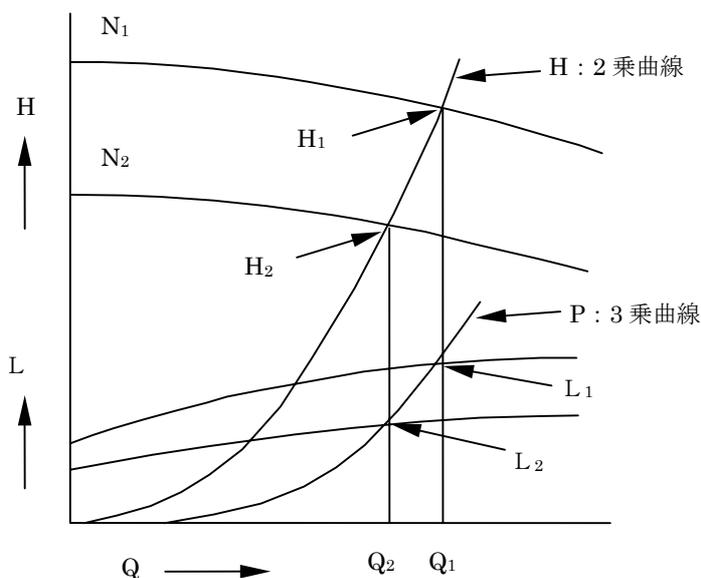


図3. 5. 4 回転速度を変化したときのポンプ特性

### (2) 導入効果

電動機が一定回転速度の場合に流量をバルブの開度で制御する場合は、流量を下げてもバルブでの損失水頭が発生して電動機軸動力の低減が余り期待できない。すなわち省エネルギー効果はあまり期待できない。一方、必要揚水量に応じたポンプの電動機の回転数制御を行うと次の効果が期待できる。

①揚水量は回転速度に比例

②軸動力は回転速度の3乗に比例

定格の80%の揚水に必要な軸動力は約50%となり、その場合は約60%の電力量になる。電力量は理想状態で約50%になるが、実際にはインバータでのロスがあるため約60%の電力量となる。

300kwの電動機のポンプを、70%の使用率でON-OFF制御した場合と、インバータにより70%の流量で連続運転させた場合の概略値は次のようになる。(70%流量では、インバータなどのロスを勘案した電力量は約40%となる)

表3. 5. 6 ON-OFF制御と速度制御の場合の消費電力費及びCO<sub>2</sub>排出量の比較

	年間電力量 (kwh)	年間電力費 (千円)	年間CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)
ON-OFF制御の場合	1,839,600	16,403	706,406
回転数制御の場合	1,051,200	9,373	403,661
差	788,400	7,030	302,745

### (3) 導入コスト

高圧6.6kv、300kw用のインバータ盤の費用は概略約50,000~70,000千円程度である。回収期間は約7~8年程度である。ただし、既設の改造の場合は工事費など発生し回収期間は長くなるが、導入効果は大きく有効な削減策と考える。

### (4) 導入時の課題

複数台の主ポンプの一台のみを速度制御対応にすると、運転台が速度制御対応機に偏る傾向になる。

## 8) 汚泥焼却炉燃料の重油から都市ガスへの転換

### (1) 技術概要

現在区部の汚泥焼却炉では、補助燃料として重油、都市ガスの2種類が用いられている。表3.5.7に区部の各機場における焼却設備用燃料の種類を示す。

表3.5.7 焼却設備における補助燃料の種類

重油	都市ガス
新河岸処理場	東部汚泥処理プラント
	南部汚泥処理プラント
	葛西処理場
	小台処理場

両者にはそれぞれ一長一短があるが、都市ガスは重油に比較してCO<sub>2</sub>の排出量が少ないことから地球温暖化防止の観点からは適した燃料であるといえる。表3.5.8及び表3.5.9に重油と都市ガスの比較を示す。

### (2) 導入効果

補助燃料を重油から都市ガスへ変更した場合において、次に示すように300t/日炉でのCO<sub>2</sub>削減量は約847t/年となる。

表3.5.8 燃料組成 (代表的なもの)

	A重油	都市ガス
低位発熱量 (kJ/kg)	42,400	49,600
元素組成 C(%)	85.4	76.6
H(%)	12.6	23.4
N(%)	0.4	0.0
S(%)	0.9	0.0
O(%)	0.7	0.0
燃料1KgあたりCO <sub>2</sub> (kg/kg-Fuel)	3.212	2.6879

①焼却炉における補助燃料は汚泥の性状によって異なるが、試算例として南部汚泥処理プラント5号炉(300t/日)における補助燃料に必要な熱量は5,700MJ/h(基準性状時の計算値)であり、助燃に必要な補助燃料使用量およびCO<sub>2</sub>発生量は次のようになる。

#### ②A重油の場合

$$\text{補助燃料使用量(kg/h)} = 5,700 \times 10^3 \text{kJ/kg} \div 42,400 \text{kJ/Kg} = 134 \text{kg/h}$$

$$\text{CO}_2 \text{発生量(Kg/h)} = 134 \text{ kg/h} \times 3.212 \text{kg-CO}_2/\text{kg} = 430 \text{Kg/h}$$

#### ③都市ガスの場合

$$\text{補助燃料使用量 (kg/h)} = 5,700 \times 10^3 \text{kJ/kg} \div 49,600 \text{kJ/Kg} = 115 \text{kg/h}$$

$$\text{CO}_2 \text{発生量(Kg/h)} = 115 \text{kg/h} \times 2.6879 \text{kg-CO}_2/\text{kg} = 309 \text{Kg/h}$$

#### ④年間のCO<sub>2</sub>発生量の差 (年間7,000時間稼動)

$$(430 \text{ Kg/h} - 309 \text{ Kg/h}) \times 7,000 \text{h} = 847 \text{t/年}$$

### (3) 導入コスト

300t/日を想定した場合はガスガン、ガスバーナー及び制御盤費用約 100,000 千円に加え、電気設備の変更、都市ガス配管の布設費などが必要となる。これらは機場近辺の都市ガス配管布設状況、電気設備の現況により大きく異なる。

### (4) 導入時の課題

補助燃料に都市ガスを用いている処理場は、重油から都市ガスへの切替えについて技術上の問題は少ない。ただし、切替えにあたっては単にオイルバーナーを都市ガスバーナーに置きかえれば良いものではなく、機器（炉本体ノズルなど）、電気設備を含め大掛かりな改造が必要となる。

#### ①既設撤去項目

バーナー・オイルガン、重油・計装等配管設備、重油ポンプ・タンク、制御盤

#### ②新設機器設置項目

ガスバーナー・ガスガン、都市ガス・計装等配管設備、ガバナ室等補機類、制御盤

#### ③既設改造項目

電気設備（動力、シーケンス、ケーブル）、焼却炉本体ノズル（必要に応じて）

#### ④その他必要作業

消防申請（一般取扱所廃止届）、環境局、東京ガスとの契約手続き

表3. 5. 9 重油、都市ガスの比較

項目	重油	都市ガス	備考
燃料単価	0.88円/MJ (3.7円/Mcal)	1.1円/MJ (4.5円/Mcal)	石油連盟ホームページより抜粋。個々の契約により異なる
	○		
環境影響 (CO <sub>2</sub> 発生量)	0.074kg/MJ (0.31kg/Mcal)	0.057kg/MJ (0.024kg/Mcal)	試算による
		○	
届出申請	消防法 (一般取扱所、貯蔵所)	特になし (ガス会社との契約)	火を取り扱う施設、ばいじん発生施設など燃料によらず届出必要なものは除く
		○	
必要施設	貯蔵施設 (貯留槽) 供給設備 (ポンプ・配管) ※定期的にローリー車による受入が必要	供給設備 (配管・ガスバーナ) ※特に貯留施設は不用	
		○	
必要スペース	貯槽類配置スペース、保有空地等のスペースが必要	特に大きなスペースを必要としない。(場合によってはガバナ室が必要)	
		○	
災害対応	自己貯留のため、災害時の自給能力に優れる	場外においてガス管が被災した場合、供給が止まる可能性有り	
	○		
運転制御	焼却炉温度による自動制御	焼却炉温度による自動制御	
	○	○	

## 9) メンブレンパネル式散気装置の導入

### (1) 技術概要

メンブレンパネル式散気装置はベースプレートと膜の間に空気を吹き込み、膜が空気圧で膨らむと、気孔より超微細気泡が発生する仕組みになっている散気装置であり、次のような特長を有している。

#### ①散気装置構造

ベースプレート（合成樹脂製又は SUS316 製）に厚さ約 1mm の微細な穴をあけた特殊ポリウレタン製の膜を張り、ステンレス製のチャンネルで固定した構造である。

#### ②高い酸素移動効率

本散気装置の気泡径は直径約 1mm で従来の 2mm, 4mm の散気装置に比べ、非常に小さい。同一空気量で気泡を発生させた場合、直径 1mm の気泡の総表面積（発生個数×1個あたりの表面積）は 2mm, 4mm 径の気泡の 2 倍, 4 倍となり、気液接触面積が大きくなるため酸素移動効率が高くなる。また、気泡径が小さいと上昇速度が遅くなるため気液接触時間が長くなり、より高い効率を得られる。

#### ③目詰まりしにくい

曝気停止時の膜は、膜の張力によりベースプレートに張り付いた状態になる。このため、膜に開いた気孔は水頭圧を受けることがなく、セラミック製散気装置などで問題となる内外圧力差により生じる汚水の侵入がないため気孔の目詰まりは起こりにくい。

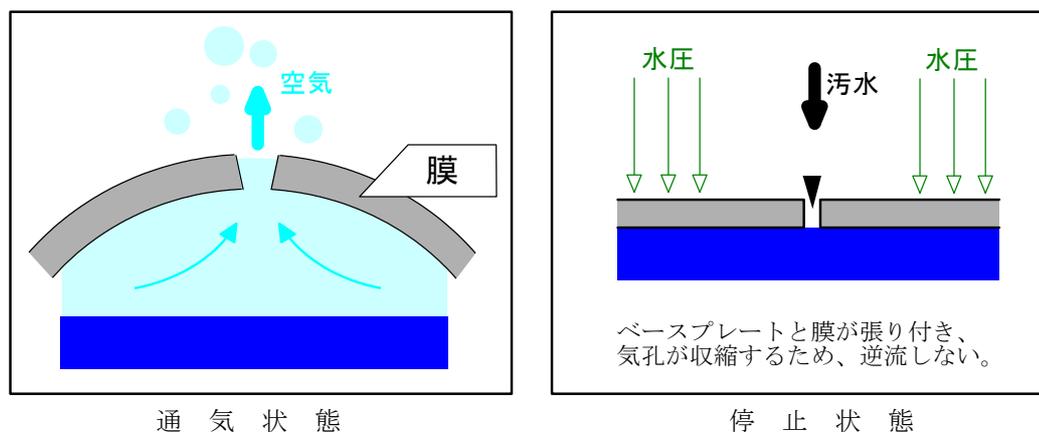


図 3. 5. 5 通気時と停止時の様子

#### ④広い風量制御範囲であり、曝気停止も可能

汚水逆流による目詰まりが起こりにくいため、従来式の散気板などを誘発するためにできなかった間欠運転や長期間の曝気停止も可能であり、量を自由に調節可能である。

### (2) 導入効果

流入水量が 100,000m<sup>3</sup>/日の場合の深槽において、散気板・散気筒、メンブレンパネル式散気装置それぞれの電力消費量、CO<sub>2</sub> 排出削減量についてブロウ理論軸動力より検討を行った。検討結果は次のとおりである。

メンブレンパネル式散気装置を導入することにより、CO<sub>2</sub>排出量ともに約25%の削減が期待できる。

表3.5.10 消費電力費及びCO<sub>2</sub>排出量比較（新設の場合）

	散気板・散気筒	メンブレンパネル式 散気装置
流入水量 (m <sup>3</sup> /日)	100,000	100,000
必要空気量 (m <sup>3</sup> /分)	373	267
酸素移動効率 (%)	20	28
ブロワ吐出圧力 (kPa)	54.9	59.0
ブロワ理論軸動力 (kw)	498	377
年間CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)	1,675	1,268

### (3) 導入コスト

流入水量が100,000m<sup>3</sup>/日の場合の深槽における、散気板・散気筒とメンブレンパネル式散気装置について機器費の比較を行った。

散気装置のみではメンブレンパネル式散気装置の方が高くなるが、ブロワ設備を併せて考えると、メンブレンパネル式散気装置は約10%削減することが可能である。

表3.5.11 イニシャルコスト比較(参考値)

	散気板・散気筒	メンブレンパネル式 散気装置
散気装置	100	105~115
ブロワ	100	80~90
合計	100	90~98

### (4) 導入時の課題

既設処理場において、既設散気装置からメンブレンパネル式散気装置に更新し、ブロワを共通使用する場合は異なる散気装置特性を十分に把握し、圧損差を考慮した散気水深の設定や風量制御方法、関連設備の機器仕様確認などを行う必要がある。

既設の更新にあたっては、風量低減により常用運転ブロワが1台以上停止する範囲まで更新を行わないと電力削減効果がでにくい面がある。

## 10) マイクロフィルタの導入

### (1) 技術概要

マイクロフィルタは円盤状にディスクを取り付けたフィルタで、処理水中の浮遊物質を効率よく分離するものである。図3. 5. 6に示すように流入水はセンタードラムとディスクの間に設けた開孔から、自然流下で各ディスクのセグメントの中に入る。浮遊物質はセグメントの両面に取り付けられたフィルタエレメントでろ過され、ろ過水はタンクの中に入る。損失水頭が増加してセンタードラム内の流水の水位が高くなると、洗浄装置が作動してフィルタを洗浄する。洗浄排水はドラフで受け形外に排出する。

処理能力はフィルターの開孔径  $10\mu\text{m}$  でろ過した場合、原水の SS 濃度  $11\text{mg/l}$  のろ過水が  $0.5\text{mg/l}$  程度となる。また、フィルターの孔径は  $5\sim 1,000\mu\text{m}$  の種類があるため、フィルターのエレメントを変えることにより広い範囲で適用できる。ディスクの回転数は  $3\sim 5\text{min}^{-1}$  である。また、損失水頭は  $200\text{mm}$  である。用途として、合流改善対策用、高度処理用に適用可能である。

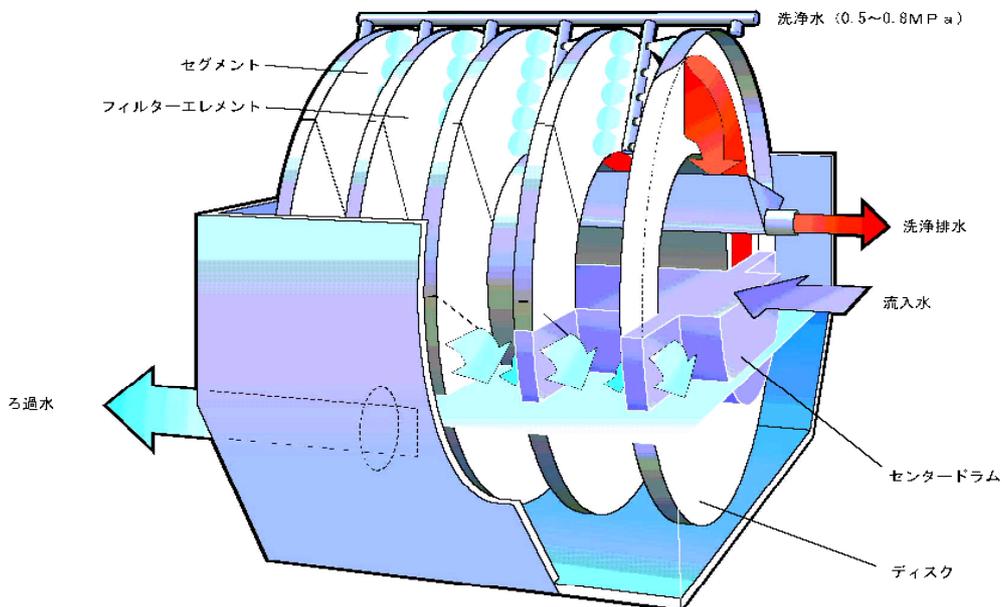


図3. 5. 6 マイクロフィルタ

### (2) 導入効果

導入効果として上向流砂ろ過と比較すると次のように電力削減を図ることができる。

表3. 5. 12 上向流式砂ろ過と比較

処理水量	200,000m <sup>3</sup> /日	
処理方式	マイクロフィルタ	上向流式砂ろ過
ろ過面積 (m <sup>2</sup> /日)	54	70m <sup>2</sup> /池
ろ過速度 (m/日)	600	200
所要台数 (台)	6	15池
設置面積 (m <sup>2</sup> )	約300	約1,800
動力 (kw)	約76	約566
CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)	256	1,904

注) 動力：マイクロフィルタの駆動、逆洗ポンプ

上向流式砂ろ過 : 原水ポンプ、洗浄ポンプ

年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量 : 1,904—256=1,648=1,648 t - CO<sub>2</sub>/年

電力の他に、マイクロフィルタは表 3. 5. 1 2 で示すように駆体のコンパクト化が図れる。

### (3) 導入コスト

導入コストは移動床式砂ろ過方式に比べて処理能力 50,000m<sup>3</sup>/日で建設費が約半分で、維持管理費では約 3 分の 1 である。

### (4) 導入時の課題

マイクロフィルタはスウェーデンからの導入技術であり、国内の実績が少ないので事前にフィールドテストを行うのが好ましい。

### 3. 6 温室効果ガス (N<sub>2</sub>O) の発生抑制

下水処理に伴い排出される温室効果ガスの総排出量中に占める一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O) の割合は CO<sub>2</sub> に次いで高い。これは N<sub>2</sub>O の地球温暖化係数が 310 と大きいことによる。下水処理場における N<sub>2</sub>O の発生源は主として①水処理 (生物反応槽) ②汚泥焼却炉の二つであり、いずれも生成プロセス及び抑制のための技術が解明されている。N<sub>2</sub>O は温暖化係数が大きいことから低減させた場合の寄与度は大きく、温暖化防止対策への即効性が期待される。

#### 1) 水処理における A<sub>2</sub>O 法の拡大

平成 11 年 4 月に施行された処理場処理水に対するリン、窒素の規制強化に対応するため、従来の標準、又はステップエアレーション活性汚泥法が徐々に A<sub>2</sub>O 法に変換しつつある。A<sub>2</sub>O 法の導入は、温室効果ガスとの係わりでは必要動力の増加を伴う。一方、生物反応槽から発生する N<sub>2</sub>O ガスの減少を期待できるので効果が大きい。

##### (1) 技術概要 (標準活性汚泥法と A<sub>2</sub>O 法)

表 3. 6. 1 には各処理法の処理フローと滞留時間及び除去対象項目の概ねの除去率を示す。

表 3. 6. 1 各処理法の処理フローと滞留時間及び除去対象項目の概ねの除去率

	処 理 フ ロ ー	滞留時間	除去対象項目と概ねの除去率		
			BOD	窒素	りん
標準活性汚泥法		6~8Hr	80~95%	30%	30~50%
嫌気-好気活性汚泥法		6~8Hr	80~95%	30%	70~80%
嫌気-無酸素-好気法		13~17Hr	80~95%	60~70%	70~80%

A<sub>2</sub>O 法の導入は、嫌気槽及び無酸素槽の攪拌機、好気槽から無酸素槽への硝化液循環のためのポンプ設備が新たに必要となる。

また、好気槽における滞留時間が標準法に比べて長くなる。これはいい換えれば、流入水当たりの送風倍率が大きくなることを意味する。設備、送風倍率の増加は必要動力の増加をもたらす。

##### (2) 導入効果

###### ① 必要動力の比較

100,000m<sup>3</sup>/日の処理施設を想定し、標準活性汚泥法と A<sub>2</sub>O 法の必要動力をそれぞれ積算比較した。

表 3. 6. 2 に標準活性汚泥法の必要動力、表 3. 6. 3 に A2O 法の必要動力を示す。  
積算結果の比較から、A2O 法導入における必要動力の増加は次のとおりである。

5,935 千 kw h—3,022 千 kw h =2,913 千 kw h / 年

これを A<sub>2</sub>O 法導入における CO<sub>2</sub> 増加として換算すると次のようになる。

2,913 千 kw h × 0,384 k g -CO<sub>2</sub> / kw h =1,119 t -CO<sub>2</sub> / 年

表 3. 6. 2 標準活性汚泥法の必要動力

	容量 (m <sup>3</sup> )	攪拌・散気装置 動力 (kw)	空気量		必要動力 (千 kw h / 年)
			送風倍率 (倍)	総量 (m <sup>3</sup> / 日)	
好気槽	33,300	52.5	—	—	—
好気送風	—	255	4.5	450,000	2,234
返送ポンプ	返送率 50%	80	—	—	701
余剰ポンプ	—	10	—	—	87
合計	—	345	—	—	3,022

表 3. 6. 3 A<sub>2</sub>O 法の必要動力

	容量 (m <sup>3</sup> )	攪拌・散気装置 動力 (kw)	空気量		必要動力 (千 kw h / 年)
			送風倍率 (倍)	総量 (m <sup>3</sup> / 日)	
嫌気槽	10,500	52.5	—	—	460
無酸素槽	21,000	105	—	—	920
好気槽	35,100	—	—	—	—
好気送風	—	370	6.3	631,579	3,241
循環ポンプ	200%	60	—	—	526
返送ポンプ	50%	80	—	—	701
余剰ポンプ	—	10	—	—	87
合計	—	677.5	—	—	5,935

## ②生物反応槽における N<sub>2</sub>O

水処理における生物反応槽からの N<sub>2</sub>O 排出量については硝化の程度に関係する。宮本などは実  
際槽の測定結果から硝化の程度と N<sub>2</sub>O 排出量(排出係数)の関係を表 3. 6. 4 に示している。

表 3. 6. 4 硝化 N<sub>2</sub>O 排出係数

処理状況区分	処理水の窒素態水質 (mg / l)			N <sub>2</sub> O 排出係数 (g / m <sup>3</sup> )
	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	
硝酸型	下記の 4 タイプに該当しないもの			0.061
亜硝酸型 I	—	> 1、≤ 2	—	0.261
亜硝酸型 II	—	> 2	—	0.61
硝化脱窒型	≤ 1	≤ 1	≤ 5	0.012
未硝化型	> 10	≤ 1	—	0.023

(出展：第 39 回下水道研究発表会講演集)

A<sub>2</sub>O 法は表 3. 6. 4 の区分によると排出係数の最も小さい硝化脱窒型になる。標準活性汚泥法は、概ね亜硝酸型 I か亜硝酸型 II になる。

両法を 100,000m<sup>3</sup> の処理施設で N<sub>2</sub>O 排出量を比較すると次のようになる。

A<sub>2</sub>O 法の N<sub>2</sub>O 排出量 : 1.2kg/日 × 365 = 438kg/年

標準活性汚泥法 (亜硝酸型 I) の年間 N<sub>2</sub>O 排出量 : 26.1kg/日 × 365 = 9,526kg/年

標準活性汚泥法 (亜硝酸型 II) の年間 N<sub>2</sub>O 排出量 : 61kg/日 × 365 = 22,265kg/年

よって、標準活性汚泥法 (亜硝酸型 I) では 9.1t/年、標準活性汚泥法 (亜硝酸型 II) では 21.8t/年となり A<sub>2</sub>O 法より N<sub>2</sub>O の排出量が多いことになる。

これに N<sub>2</sub>O の温暖化係数 310 を掛けると次のようになる。

標準活性汚泥法 (亜硝酸型 I) の年間 CO<sub>2</sub> 排出量 : 2,821 t-CO<sub>2</sub>/年

標準活性汚泥法 (亜硝酸型 II) の年間 CO<sub>2</sub> 排出量 : 6,758 t-CO<sub>2</sub>/年

③A<sub>2</sub>O 法導入による温室効果ガスの削減量 (CO<sub>2</sub> 換算)

標準活性汚泥法を A<sub>2</sub>O 法に変換した場合の温室効果ガス量 (CO<sub>2</sub> 換算) は次のとおり削減になる。

a) 標準活性汚泥法 (亜硝酸型 I) = (2,821 t-CO<sub>2</sub>/年 - A<sub>2</sub>O 法における CO<sub>2</sub> の増加 1,119 t-CO<sub>2</sub>/年) = 1,702 t-CO<sub>2</sub>/年

b) 標準活性汚泥法 (亜硝酸型 II) = (6,758 t-CO<sub>2</sub>/年 - A<sub>2</sub>O 法における CO<sub>2</sub> の増加 1,119 t-CO<sub>2</sub>/年) = 5,639 t-CO<sub>2</sub>/年

### (3) 導入コスト

過去の建設実例を参考にすると、A<sub>2</sub>O 法の処理施設は標準活性汚泥法のそれに比較して建設費 (土木、設備) は、ほぼ 1.5 倍となる。

### (4) 導入時の課題

高度処理としての A<sub>2</sub>O 法導入は、温室効果ガス (N<sub>2</sub>O) の排出量の削減に寄与するのは前記のとおりである。しかし、既設の処理場では A<sub>2</sub>O 法導入で反応槽の滞留時間がほぼ倍になるため、全体の処理能力を 2/3 に減少しなければならぬという大きな問題がある。この課題解決のため、ステップ A<sub>2</sub>O 法の技術開発が進められている。

## 2) 汚泥焼却の高温燃焼

汚泥焼却設備から排出される一酸化二窒素 ( $N_2O$ ) は、地球温暖化係数が 310 と高く、また汚泥由来の  $CO_2$  が温室効果ガスとしてカウントされない(カーボンニュートラル)ため、焼却設備からの温室効果ガス総排出量に占める割合が極立って大きい。

汚泥焼却炉で発生する  $N_2O$  は、燃焼温度を高温化すると低減することが知られている。発生量を大幅低減することが容易でない  $CO_2$  に比べて、既存の技術の範疇で大幅低減可能な  $N_2O$  は、下水処理場の温室効果ガス排出量の削減に効果が期待できる。

### (1) 技術概要

汚泥焼却炉内における  $N_2O$  の生成・消滅挙動は未解明な部分も多いが、概ね図 3. 6. 2 に示すようなものと考えられている。すなわち、炉内での反応は次の 3 段階に分かれる。

- ①段階 1 : 中間生成物からの NO 生成 (図中①、②)
- ②段階 2 : NO の分解と  $N_2O$  の生成 (図中③、④)
- ③段階 3 :  $N_2O$  の分解 (図中⑥)

図 3. 6. 3 に、流動焼却炉におけるフリーボード燃焼温度と  $N_2O$  排出係数の関係の一例を示す。燃焼温度が高い程、排出係数(汚泥中の固形物あたりの  $N_2O$  排出量)が顕著に減少している。燃焼温度の高温化に伴い、段階 2 の  $N_2O$  の生成速度が低下、段階 3 の  $N_2O$  分解速度が増加するため、結果として  $N_2O$  濃度が低下するものと推定されている。

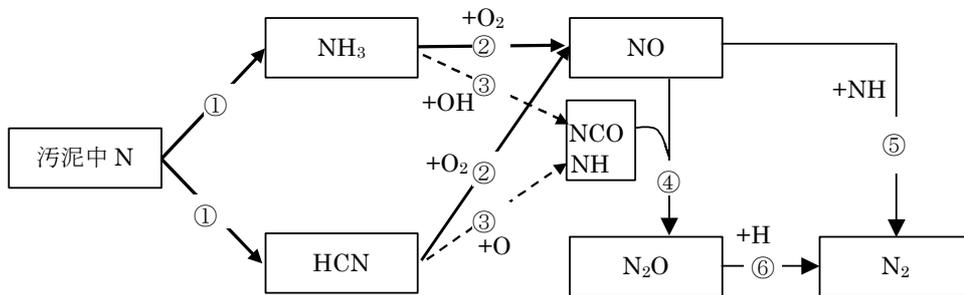


図 3. 6. 1 汚泥焼却炉内における  $N_2O$  の生成・消滅挙動

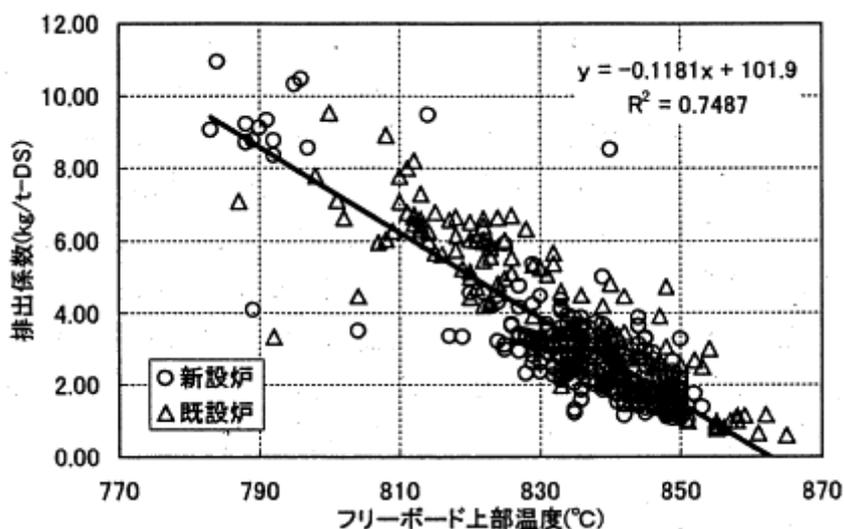


図3. 6. 2 汚泥焼却炉におけるフリーボード燃焼温度と N<sub>2</sub>O 排出係数の関係  
(出展：第39回 下水道研究発表会講演集)

(2) 導入効果

高温燃焼を採用した場合は助燃料増加による影響(CO<sub>2</sub> 増加)と、N<sub>2</sub>O 削減効果を総合的に評価する必要があるが、一般的には N<sub>2</sub>O 削減効果が助燃料増加の影響を大幅に上回ることが知られている。

表3. 6. 5及び表3. 6. 6で、焼却能力300t/日の流動焼却炉における、高温燃焼による温室効果ガスの削減効果の試算例を示す。脱水ケーキの性状及び燃料使用量は下水道局と焼却炉メーカー4社の共同研究「既存流動焼却システムの高効率化技術の開発(平成12年度から14年度)」の報告書から抜粋、又は同一条件で計算した。

低温燃焼(800℃)に対し、高温燃焼(850℃)を行った場合は使用助燃料(都市ガス)の増加に伴いCO<sub>2</sub>排出量が約40%増加する。一方、N<sub>2</sub>O排出量は約80%低減するため、総排出量(CO<sub>2</sub>換算)としては、約70%低減する。

表3. 6. 5 流動焼却炉における高温燃焼時の温室効果ガス総排出量の試算条件

	低温燃焼	高温燃焼	備考
脱水ケーキ 処理量 (t/年)	90,000		300t/日×300日/年=90,000t/年 (年間稼働日数300日/年とする)
脱水ケーキ性状 (%-WS) (%-DS)	含水率：79% 可燃分：79%		
燃焼温度 (°C)	800	850	
N <sub>2</sub> O 排出係数 (kg/t-DS)	7.42	1.52	図3. 6. 3による
N <sub>2</sub> O 排出量 (kg/t-ケーキ)	1.56	0.32	脱水ケーキ含水率：79%

表 3. 6. 6 流動焼却炉における高温燃焼時の温室効果ガス総排出量の試算例

	汚泥 焼却量 (t/年)	使用 重油量 (kl/年)	燃焼 温度 (°C)	温暖化ガス年間 発生量(kt/年)		温室効果ガスの総排出量 (CO <sub>2</sub> 換算値 kt/年)		
				N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	計
低温燃焼	90,000	1,796	800	0.140	3.6	43.4	3.6	47.0
高温燃焼		2,508	850	0.029	5.0	9.0	5.0	14.0

注) CO<sub>2</sub> 発生量は燃料由来

### (3) 導入コスト

#### ①建設費・点検補修費

基本的には既存設備をそのまま利用できるが空気予熱器の改造などの高温化対策費用が必要な場合もある。また、設計温度よりも高い温度で運転する機器については、損耗の進行が早まる可能性もあり、点検・補修費への影響が出る可能性があるため注意を要する。

#### ②維持管理費(助燃料代)

低温燃焼の場合 :  $1,796\text{km}^3/\text{年} \times 40 \text{ 千円}/\text{km}^3 = 71,840 \text{ 千円}/\text{年}$

高温燃焼の場合 :  $2,508\text{km}^3/\text{年} \times 40 \text{ 千円}/\text{km}^3 = 100,320 \text{ 千円}/\text{年}$

高温燃焼に伴うコストアップ分 :  $100,320 - 71,840 \text{ 千円}/\text{年} = 28,480 \text{ 千円}/\text{年}$

すなわち、高温燃焼により維持管理費は、年間 28,480 千円高くなる。

### (4) 導入時の課題

汚泥焼却の高温燃焼を既存設備に導入する場合には次のことを検討することが必要である。

①高温化に伴い炉出口排ガス温度が高くなり、後段の空気予熱器への熱負荷が高まるため、空気予熱器の耐熱性、高温強度、摩耗などを充分検討する必要がある。

②燃料使用量増加に伴いや排ガス量が増加するため、既設の焼却設備に高温燃焼を適用する場合は熱回収設備、排ガス処理設備や誘引ファンなどの能力に余裕があるか確認する必要がある。

### 3. 7 未利用エネルギーの活用

下水そのものにエネルギーを持っており、かつ下水道処理施設の中には、まだ活用されていない多くのエネルギーが潜在的に存在している。これらを有効に活用するには温暖化防止対策はもとより、省資源・省エネルギーの視点から有意義であり、今後の技術開発が期待される面が大きい。

#### 1) アーバンヒートシステムの導入

##### (1) 技術概要

一般家庭から下水道に排出される生活雑排水は、貴重なエネルギーを秘めている。風呂や洗濯、台所からの排水は、年間を通じて12～25℃と安定している。この下水熱は都市廃熱のひとつで、東京都区部の場合、1年間の未利用エネルギーの39%を占める。エネルギー換算すると3,767万GJで、40万世帯の冷暖房に使用するエネルギーの1年間分に相当する。下水熱の有効利用は3段階のステップを経て進化を遂げている。

まず考案されたのが、下水熱(12～25℃)と外気温度(夏=約30℃、冬=約5℃)の温度差を利用する冷暖房システム「アーバンヒート」である。ただ単に電気エネルギーなどで外気を冷やしたり暖めたりする一般の冷暖房システムよりも、下水熱と外気の温度差を利用するシステムの方がエネルギー利用効率は高いことはいままでもない。そのうえ、アーバンヒートはもともとある熱を利用するため、省エネルギーや大気汚染物質削減効果もある。1987年に落合処理場で初めて導入されて以降、現在までに16の下水道施設で活用されている。だが、アーバンヒートには、「供給先が供給元と同じ施設内」という点が課題として残った。

アーバンヒートの実施経験を生かして、1994年には文京区後楽1丁目で、未処理下水を活用した「地域冷暖房事業」が国内で初めて開始された。地域冷暖房とは、熱供給プラントで製造した冷水や温水を一定地域内の複数の建物に地域導管を通じて供給し、冷暖房を行うシステムである。この地域冷暖房の熱源に、文京区にある後楽ポンプ所の未処理水が利用されている。供給面積は21.6ha、供給温度は冷水7℃、温水47℃で、従来の下水道施設内の利用だけでなく、施設以外のオフィス・商業ビルを対象を広げた点が大きなポイントとして注目された。

さらに、文京区後楽1丁目の地域冷暖房を強力的に性能アップしたシステムが2004年4月、江東区新砂3丁目地区に「下水熱+汚泥焼却炉熱で新型地域冷暖房」がお目見えした。下水道局と東京ガスは共同で、通常の下水熱(12～25℃)に加えて、下水処理で発生する汚泥を焼却した煙を、抑えるために放水した水(洗煙水)、その高温部分(約70℃)を取り出した熱を利用する新方式を開発した。洗煙水は、約60℃の安定した熱エネルギーを供給し、各建物内で上水道を温めて風呂や台所などの給湯や暖房に利用される。汚泥を処理する際の廃熱を地域冷暖房に利用するのは全国ではじめてである。このシステムは個別に冷暖房設備を運転した場合に比べて、エネルギー消費量を6割削減できる。また、二酸化炭素排出量は6割、窒素酸化物も7割削減できる見込みである。

## (2) 導入効果

下水熱利用システムの導入効果を従来システムと比較すると次のようになる。

「下水熱利用システム計画マニュアル（財団法人 日本地域開発センター 1998年2月20日）  
401 下水熱利用システムの計画」のデータより。

下水熱利用システム：処理水直接利用システム＋ヒートポンプ

従来システム：冷熱源／吸収式冷凍機、 温熱源／ボイラー

### a) 比較検討条件

①熱利用用途 : 下水処理場管理棟

②延床面積 : 2,000m<sup>2</sup>

③想定運転時間と空調時間 : 4月～10月冷房 月間25日 8:00～19:00  
11月～3月暖房 月間25日 8:00～19:00

### b) CO<sub>2</sub>削減効果

下水熱利用システム CO<sub>2</sub>排出量

年間電力消費量×電力 CO<sub>2</sub>排出量原単位

108,324kwh×0.384kg-CO<sub>2</sub>/kwh = 41.6t/年

従来システム CO<sub>2</sub>排出量

(年間電力消費量×電力 CO<sub>2</sub>排出量原単位) + (年間ガス使用量×ガス CO<sub>2</sub>排出量原単位)

( 117,035kwh × 0.384kg-CO<sub>2</sub>/kwh ) + ( 13,636 Nm<sup>3</sup> × 1.9914kg-CO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup> )  
= 72.1t-CO<sub>2</sub>/年

年間 CO<sub>2</sub>削減量 = 従来システム CO<sub>2</sub>排出量 - 下水熱利用システム CO<sub>2</sub>排出量

= 72.1t-CO<sub>2</sub>/年 - 41.6t-CO<sub>2</sub>/年 = 30.5t-CO<sub>2</sub>/年

## (3) 導入コスト

前項に示す 2,000m<sup>2</sup>下水処理場管理棟空調設備の場合は次のとおりである。

イニシャルコスト：62,300 千円/一式

ランニングコスト：2,297 千円/年

## (4) 導入時の課題

下水熱を利用した地域冷暖房事業を実施するうえでの課題は次のとおりである。

①構想、計画、設計といった段階において、国や自治体の関係部局、熱需要家と十分に協議・調整を図っていく必要がある。

②熱源水配管、地域導管の施工は道路法、共同溝法との調整が必要である。

③下水熱利用を促進するための各種支援制度を活用し、熱供給コストを軽減させる工夫が必要である。

## 2) 小水力発電

### (1) 技術概要

小水力発電とは水力発電のうち規模の小さなものをいう。はっきりした定義はないが、概略 1,000 kW 程度以下のものを指す。そのほか、より小規模の水力発電を定義するため、ミニ水力やマイクロ水力という場合もある。

大規模の水力発電と同様、水の持っている位置エネルギーを利用して発電するもので、大気汚染物質の排出がなく、極めてクリーンな発電方式である。小水力発電の主な特長として次のものが上げられる。

- ①クリーンで環境にやさしい。
- ②低落差(約 3 m 以上)でも発電が可能。
- ③構造が簡単でコンパクトであり、無人運転が可能のため、維持管理費が比較的少ない。

小水力発電用水車には落差、水量に応じて種々のタイプがあり、適切な水車形式を選定することにより水のエネルギーを有効に利用することができる。図 3. 7. 1 に水車形式の選定図を示す。

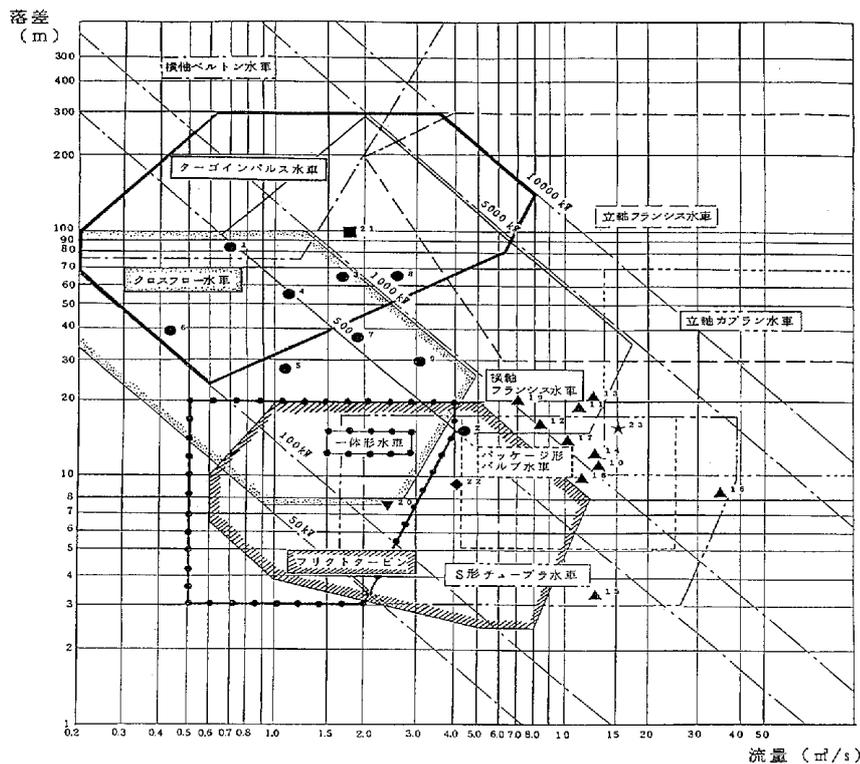


図 3. 7. 1 水車形式の選定  
(出展：電気学会技術報告第 605 号)

## (2) 導入効果

発電出力は水量と落差に依存し、次式で計算される。

$$P = \rho \times G \times 10^{-3} \times Q \times H \times \eta$$

ただし、  
P： 発電出力 (kw)  
 $\rho$ ： 密度 (水の場合 1,000 kg/m<sup>3</sup>)  
G： 重力加速度 (9.8 m/s<sup>2</sup>)  
Q： 使用水量 (m<sup>3</sup>/s)  
H： 有効落差 (m)  
 $\eta$ ： 総合効率 (水車効率×発電機効率；概略 70~80%)

例えば、水量 100,000 m<sup>3</sup>/日 (約 1.16 m<sup>3</sup>/s)、有効落差を 3 m とすれば、発電出力は約 25kw となる (総合効率=75%と仮定)。年間の発電電力量は 219,000kwh/年となり、約 84.1 t- CO<sub>2</sub>/年相当の CO<sub>2</sub>削減が可能である。

## (3) 導入コスト

小水力発電としての設置コストのデータとして公式なものは見当たらないが、一般水力発電の設置コストは、760 千円/kw (複数のモデルプラントより算出) というデータがある。

(出典：通商産業省、総合エネルギー調査会 新エネルギー部会資料、2000 年)

## (4) 導入時の課題

下水処理場は大きな落差を意識して建設されていないため有効落差が極めて小さい場合が多いが、放流口と河川との間の有効落差がある程度確保できる場合には導入できる可能性がある。

しかし、水量は少なからずあるものの、落差は極めて小さく大きな発電電力が得られないケースが多い。したがって、現時点での下水道施設への導入はあまり多くないのが実状であるが、現在、様々な技術開発や制度の設定などが行われている。

例えば、配管途中に容易に設置できるインライン形の発電機直結タイプなどの技術開発が進められており、設備コスト及びメンテナンスコストの低減により、今後この分野への小水力発電の導入が進むと予想される。また「電気事業者による新エネルギーなどの利用に関する特別措置法」(RPS 法)の対象エネルギーとして、ダムを伴わない中小水力発電 (1,000kw以下のもの) が新エネルギーとして認められたことにより、小水力発電の導入が加速されるものと期待される。

### 3) 下水汚泥高効率ガス変換発電システム

#### (1) 技術概要

「高効率ガス変換発電システム」は、脱水汚泥を乾燥・熱分解した後、ガス改質することにより、可燃性ガスを発生させ、これをガスエンジンに利用して発電するシステムである。

システムの中心となるガス化炉及び改質炉では、乾燥汚泥を 500～700℃の高温の還元雰囲気中で熱分解した後、酸素を用いた部分燃焼で、さらに改質し、CO、H<sub>2</sub>などを主成分とした可燃性ガスを得る。この可燃性ガスをその後段で精製し、クリーンなガス燃料としてガスエンジンに供給し発電を行う。このシステムでは、従来焼却処理に必要であった燃料と商用電力を必要としない。従って、「エネルギーを消費しての汚泥処理」から「汚泥からエネルギーを創出するシステム」への変換が可能である。

ガス変換技術は、主に都市ごみを対象とした技術開発が既に行われている。さらに、下水汚泥の特徴である高含水率・高窒素分に対応した技術開発が現在実施されている。

システムの一例を、図 3. 7. 2 示す。

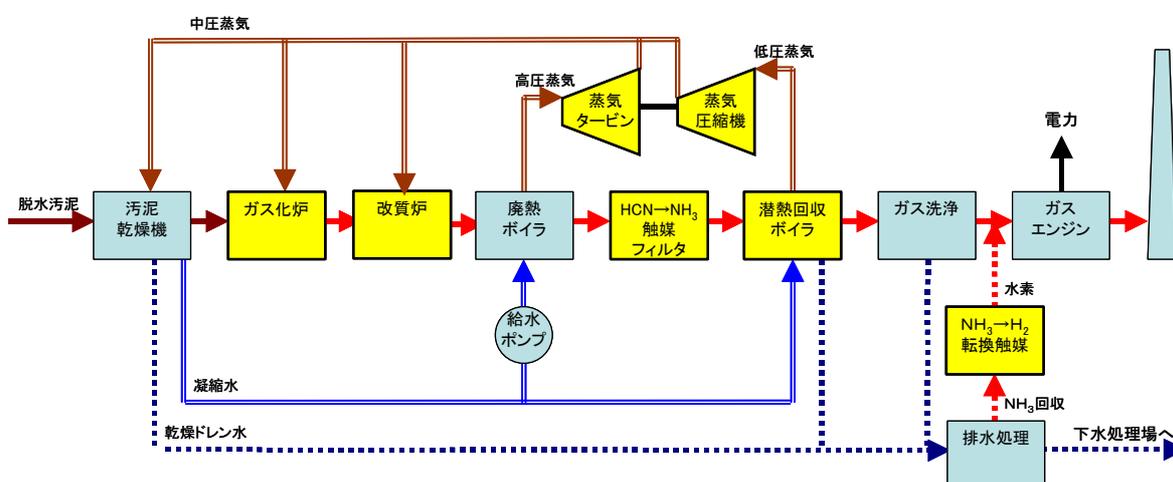


図 3. 7. 2 高効率ガス変換発電システムフロー

システムの特長としては次のことがいえる。

#### ①ガス化・改質炉とガスエンジンの採用

下水汚泥を熱分解ガス化・改質・精製してCO、H<sub>2</sub>を含む燃料ガスとし、蒸気タービンと比較して小規模でも効率の高いガスエンジンにより発電を行う。一連のシステムでは燃料と商用電力を必要とせず、余剰電力を他所で利用することができる。

#### ②触媒フィルタによるダスト除去と有害成分の分解

ガス中のダスト除去と有害成分(HCN, COS)の触媒による加水分解を目的に、一体型でコンパクトな触媒担持セラミックフィルタを適用する。

#### ③汚泥の蒸発潜熱を回収

ヒートポンプの原理(VRC:蒸気再圧縮式)を適用し、汚泥から発生する水蒸気の凝縮潜熱の一部を回収し圧縮して、乾燥機の熱源として再利用する。

#### ④排水中NH<sub>3</sub>からH<sub>2</sub>を回収

乾燥工程、ガス洗浄工程から排出される排水中のNH<sub>3</sub>を触媒により分解し、H<sub>2</sub>として回収し、ガスエンジンなど発電設備の燃料として再利用する。

## (2) 導入効果

下水汚泥が保有するエネルギーの有効利用技術としては、従来から焼却設備に廃熱ボイラを設置し、蒸気タービン発電を行う方法がある。高効率ガス変換発電システムは、この焼却発電と比較して発電効率を大幅に高め、余剰電力は他の設備に供給することで処理場全体の電力自給率向上、温室効果ガス削減に貢献することが可能である。

脱水汚泥 300t/日規模を想定した場合、発電端出力は 2,500kw～3,500kw の出力を得ることが出来、設備消費電力分を差し引いても 1,500kw～2,500kw を外部へ供給できるとともに、助燃料も不要である。表 3. 7. 1 に発電量等を焼却発電方式と比較したものを示す。焼却発電は東プラを想定したもので、発電端出力 800kw (300t/日規模) とした。

従来の焼却発電と比較すると、次に示すように、年間 CO<sub>2</sub> 排出量を 7,942～11,014t 抑制でき、年間ランニングコストも 175～247 百万円低減可能である。

表 3. 7. 1 焼却発電とガス変換発電の比較

項目	焼却発電	ガス変換発電
発電量 a (kw)	800	2,500 ～3,500
設備消費電力 b (kw)	900	1,000
正味発電量 a-b (kw)	Δ 100	1,500 ～2,500
助燃料(都市ガス)消費量 (Nm <sup>3</sup> /h)	190※	0

※： 東プラの平成 13 年度の実績平均値

$$\begin{aligned}
 \text{①年間 CO}_2 \text{抑制量} &= ([\text{ガス変換正味発電量}] - [\text{焼却発電正味発電量}]) \times 0.384\text{kg-CO}_2/\text{kWh} \\
 &\quad + [\text{焼却発電助燃料消費量}] \times 1.9914\text{kg-CO}_2/\text{Nm}^3 \\
 &= ((1,500 \sim 2,500) - (-100))\text{kw} \times 8,000\text{h/年} \times 0.384\text{kg-CO}_2/\text{kWh} \\
 &\quad + 190\text{Nm}^3/\text{h} \times 8,000\text{h/年} \times 1.9914\text{kg-CO}_2/\text{Nm}^3 \\
 &= ((4,915 \sim 7,987) + 3,027)\text{t-CO}_2/\text{年} \\
 &= 7,942 \sim 11,014\text{t-CO}_2/\text{年}
 \end{aligned}$$

### ②年間ランニングコスト低減

$$\begin{aligned}
 &= ([\text{ガス変換正味発電量}] - [\text{焼却発電正味発電量}]) \times 8.92 \text{円/kWh (昼夜間平均値)} \\
 &\quad + [\text{焼却発電助燃料消費量}] \times 40 \text{円/Nm}^3 \\
 &= ((1,500 \sim 2,500) - (-100))\text{kw} \times 8,000\text{h/年} \times 8.92 \text{円/kWh} \\
 &\quad + 190\text{Nm}^3/\text{h} \times 8,000\text{h/年} \times 40 \text{円/Nm}^3 \\
 &= (114,000 \sim 186,000) + 61,000 \text{千円/年} \\
 &= 175,000 \sim 247,000 \text{千円/年}
 \end{aligned}$$

注)本計算は設備としての余剰電力であるが、下水処理場全体として見た場合は「場内利用」となるため、余剰電力量＝低減電力量として算出した。

## (3) 導入コスト

開発途中であるが従来型の焼却発電方式の同等以下を目指している。

#### (4) 導入時の課題

導入時の次の対応が必要である。

- ① 従来の焼却発電と比較してシステムが複雑となっており、簡素化の検討が必要である。開発中のシステムは、最高効率を目指したものであり実機導入に当たっては費用対効果を検討してのシステム選定が必要である。
- ② 可燃性ガスを扱うための安全対策が必要である。

### 3. 8 クリーンエネルギーの採用

クリーンエネルギーとは太陽光、風力、潮力などの自然エネルギーと新たな燃料電池などで化石燃料を使用しないエネルギーであり、温暖化防止対策の大きな柱となっているが、コストが高いのが課題である。そのため「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」(RPS法)が施行され、太陽光発電、風力発電、小水力発電、バイオマス発電などが認められている。

#### 1) 太陽光発電

##### (1) 技術概要

太陽電池は、太陽の光エネルギーを電気エネルギーに変換するものである。図3. 8. 1に太陽光発電システムの構成例を示す。

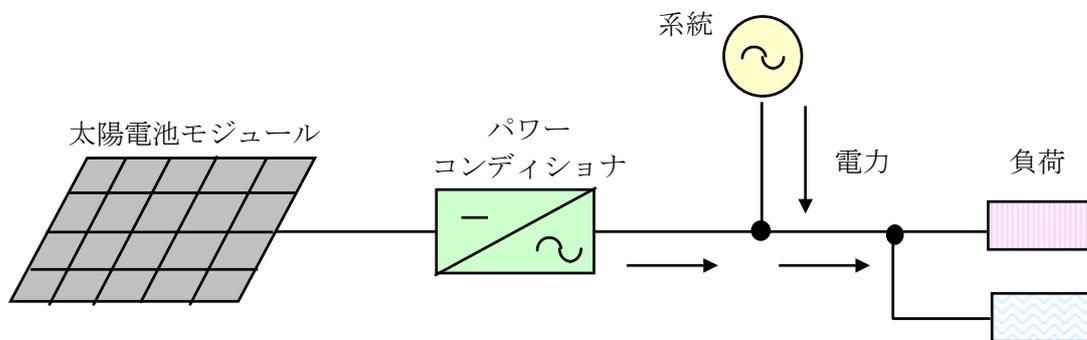


図3. 8. 1 太陽光発電システムの構成例

太陽光の有するエネルギー量は、1 m<sup>2</sup>当たり約1 kwに相当する。太陽電池そのものの変換効率や周辺機器の効率により、実際の総合変換効率は10%程度と考えられ、1m<sup>2</sup>当たり0.1 kw程度の出力が得られる。すなわち、1 kwの出力を得るために必要な太陽電池の面積は10m<sup>2</sup>である。太陽光発電システムの特長としては次のものが上げられる。

- ①エネルギー源が無尽蔵で、しかも費用がかからない。
- ②熱や機械エネルギーを介在しない直接発電方式のため、騒音や排ガスなどの環境問題を起こさない。
- ③回転部分がないため、運転が簡単で、無人化・自動化が容易である。

##### (2) 導入効果

太陽光発電による発電電力量は、日射量に依存し次式により計算される。

$$E = P_{AS} \cdot (H_A / G_S) \cdot K$$

ただし、 E : 発電電力量 (kwh/年)  
P<sub>AS</sub> : 太陽電池定格出力 (kw)

$H_A$  : 日射量 (kwh/m<sup>2</sup>・年)  
 $G_s$  : 標準状態における日射強度 (=1 kw/m<sup>2</sup>)  
K : 総合設計係数 (0.65~0.8 程度≒0.7)

日本各地の日射量は 3.3~4.4 kwh/(m<sup>2</sup>・日)と報告\*されており、これより年間では 1,200~1,600 kwh/m<sup>2</sup>・年となる。 $H_A=1,400$  kwh/m<sup>2</sup>・年、 $K=0.7$ を仮定すると、定格出力 1 kwの太陽光発電システムによる発電電力量は約 1,000 kwh/年が期待できる。

したがって、10 kwの太陽光発電システムの設置により、年間 10,000kwh の発電電力量が得られ、約 3.8 t- CO<sub>2</sub>/年相当の CO<sub>2</sub>削減が可能である。

(出典：NEDO 編 太陽光発電導入ガイドブック<本編>2000年改訂版)

参考までに森ヶ崎水処理センターに太陽光発電設備を導入した場合の試算を次に示す。

(西施設) 一沈上部屋根上部 (1~12号池上部)

面積 : 1,040 m<sup>2</sup>/号池×9 = 9,360 m<sup>2</sup>

発電容量 : 約 1,000 kw

注) 1号池から3号池間での上部は公園のため、4号池から12号池の上部で試算

(東施設) 反応タンク覆蓋部 (1~8号池覆蓋部)

面積 : 2,356 m<sup>2</sup>/号池×6 = 14,136 m<sup>2</sup>

発電容量 : 約 1,500 kw

注) 7,8号池(3系)は、屋根有りで屋根上部はコアジサシの営巣地のため1~6号池(1・2系)の覆蓋部で試算

西、東の合計発電容量は約 2,500 kwとなり年間約 2,500,000 kwh/年の発電電力量が得られ、約 960 t-CO<sub>2</sub>/年相当の CO<sub>2</sub>削減が期待される。

### (3) 導入コスト

NEDO の産業等用 PV (Photo Voltaic : 太陽光発電) フィールドテスト事業における発電規模別 PV 設置コストによれば、平成 11 年度平均コストで 1,080 千円/kw となっている。

(出典：新エネルギー・産業技術総合開発機構資料)

### (4) 導入時の課題

下水処理場において太陽電池パネルの設置場所としては、沈殿池やエアレーションタンクなどの覆蓋の上部や管理棟の屋上などが利用可能である。導入する上での技術的課題は特にないが、イニシャルコストに比較して得られる発電電力量が少ないため、経済的なメリットが得られないのが課題である。

## 2) 燃料電池発電

### (1) 技術概要

燃料電池は、水素と酸素とを電気化学的に反応（水の電気分解と逆の反応）させて発電するもので、小容量でも発電効率が高く、電力と同時に得られる排熱を利用することにより総合効率70%以上が得られるコージェネレーションシステムのひとつである。燃料電池の特長としては、次のものが上げられる。

- ①エネルギー変換効率が高い。（発電効率：38%～，総合効率：70～87%）
- ②大気汚染の原因となるNOxの排出量が少なく、環境性に優れている。
- ③電池本体には駆動部分がないため、回転型発電装置と比較して低騒音・低振動である。
- ④炭化水素系の燃料を水素に変換（水蒸気改質）して利用できるため、種々の燃料を用いることができる。（メタンを含む都市ガスや消化ガスを燃料として利用可能）

燃料電池には、電解質の種類によっていくつかのタイプがあるが、実用段階にあるのはリン酸型燃料電池である。表3.8.2に燃料電池の種類と特長を示す。

表3.8.1 燃料電池の種類と特長

	リン酸形 (PAFC)	熔融炭酸塩形 (MCFC)	固体酸化物形 (SOFC)	固体高分子形 (PEFC)
電解質	リン酸	Li・Na系炭酸塩 Li・K系炭酸塩	安定化ジルコニア	高分子イオン交換膜
作動温度	200℃	650～700℃	900～1,000℃	70～90℃
燃料源	天然ガス メタノール ナフサ・灯油	天然ガス メタノール ナフサ・灯油 石炭ガス化ガス	天然ガス メタノール ナフサ・灯油 石炭ガス化ガス	天然ガス メタノール ナフサ
発電容量	50kw～200kw	250kw～3000 kw	500kw～	1 kw以下～250kw
発電効率	35～42%	45～60%	45～65%	30～40%
NOx	200ppm以下	1ppm以下		
用途	コージェネレーション 分散型電気事業用 可搬型電源 輸送用電源	コージェネレーション 分散型電気事業用 火力発電代替電気事業用（大規模）	コージェネレーション 分散型電気事業用 火力発電代替電気事業用（大規模）	コージェネレーション 小規模発電用 自動車・輸送用電源 可搬型電源
開発段階	ほぼ商用化段階	実証段階	実証段階	実証～商用化段階

（出典：第1回「熔融炭酸塩型燃料電池発電技術開発」（中間評価）分科会 資料）

### 【都市ガス燃料の場合】

### (2) 導入効果

燃料電池による発電出力は次式で計算される。

$$P = H_L \times Q \times \eta / 3.6$$

ただし、 P : 発電出力 (kw)

- $H_L$  : 燃料の低位発熱量 (MJ/ Nm<sup>3</sup>) ; 都市ガス 13A のとき  
41.57 MJ/ Nm<sup>3</sup> (9.90Mcal/ Nm<sup>3</sup>)
- $Q$  : 燃料流量 (Nm<sup>3</sup>/h)
- $\eta$  : 発電効率
- 3.6 : 換算係数 1 kwh=3.6 MJ(0.86Mcal)

例えば、発電効率を 40%と仮定すると、100 kw の発電出力を得るのに必要な都市ガス流量は、22 Nm<sup>3</sup>/h である。年間の運転時間を 8,000 時間と仮定すれば、都市ガス消費量は 176,000 Nm<sup>3</sup>/年、発電電力量は 800,000kwh/年となる。

また、排熱回収率を 40%と仮定すると、年間の排熱回収量は約 2,900 GJ(690Gcal)となる。したがって、ボイラー効率を 80%と仮定すれば、燃料電池からの排熱利用により年間 87,000 m<sup>3</sup>の都市ガス消費量を削減可能である。

一方、燃料電池導入による CO<sub>2</sub>排出削減量は、次式により算出される。

$$\begin{aligned} \text{年間 CO}_2 \text{ 排出削減量} &= (\text{発電電力量相当 CO}_2 \text{ 量} + \text{排熱利用量相当 CO}_2 \text{ 量}) \\ &\quad - \text{燃料消費量相当 CO}_2 \text{ 量} \\ &= 800 \text{ Mwh/年} \times 0.384 \text{ t-CO}_2 \text{ /Mwh} + 2.15 \text{ kg-CO}_2 \text{ /m}^3 \times (87,000 - 176,000) / 1,000 \\ &\doteq 307.2 - 191.4 = 115.8 \text{ t-CO}_2 \text{ /年} \end{aligned}$$

したがって、都市ガスを燃料とする 100kw 級燃料電池導入による年間 CO<sub>2</sub>削減量は 115.8 t-CO<sub>2</sub>/年となる。

### (3) 導入コスト

燃料電池の設置コストは、現時点実績値（代表値、平均値）を用いた試算に使用されているデータとしては、750 千円/kwとなっている。

（出典：通商産業省、総合エネルギー調査会、新エネルギー部会資料 平成 12 年 1 月）

### (4) 導入時の課題

都市ガスを燃料とする場合は燃料コストが高いため、都市ガス料金によって経済メリットが左右される。また、得られた排熱の有効活用が課題であり、事前に排熱利用法について十分に検討しておく必要がある。

#### 【消化ガス燃料の場合】

### (2) 導入効果

消化ガスは、濃縮汚泥を嫌気発酵処理して得られるメタンを主成分とするガスである。これまで、消化ガスは主として消化タンクの加温用熱源として利用されているが、燃料電池用の燃料として利用することにより、加温用熱源を確保するとともに電力としてもエネルギー回収することができる。

消化ガス発電による発電出力は次式で計算される。

$$P = H_L \times Q \times \eta / 3.6$$

ただし、P : 発電出力 (kw)

$H_L$  : 消化ガスの低位発熱量 (MJ/ Nm<sup>3</sup>) ; CH<sub>4</sub> 濃度 60% のとき  
21.48 MJ/ Nm<sup>3</sup> (5.11 Mcal/ Nm<sup>3</sup>)

Q : 消化ガス流量 (Nm<sup>3</sup>/h)

$\eta$  : 発電効率

3.6 : 換算係数 1 kwh=3.6 MJ(0.86 Mcal)

例えば、発電効率を 38% と仮定すると、100 kw の発電出力を得るのに必要な消化ガス流量は、44 m<sup>3</sup>N/h (すなわち、約 1,060 m<sup>3</sup>N/日) である。年間の運転時間を 8,000 時間と仮定すれば、発電電力量は 800,000kWh/年となる。消化ガスのように生物起源の炭素は CO<sub>2</sub> 排出量に含めなくてもよいため、発電によって得られた電力量分はすべて CO<sub>2</sub> 削減量とみなすことができる。したがって、消化ガスを燃料とする 100 kw 級燃料電池導入による CO<sub>2</sub> 削減量は、307 t- CO<sub>2</sub>/年となる。消化ガスを用いた燃料電池発電システムの適用例を図 3. 8. 2 に示す。

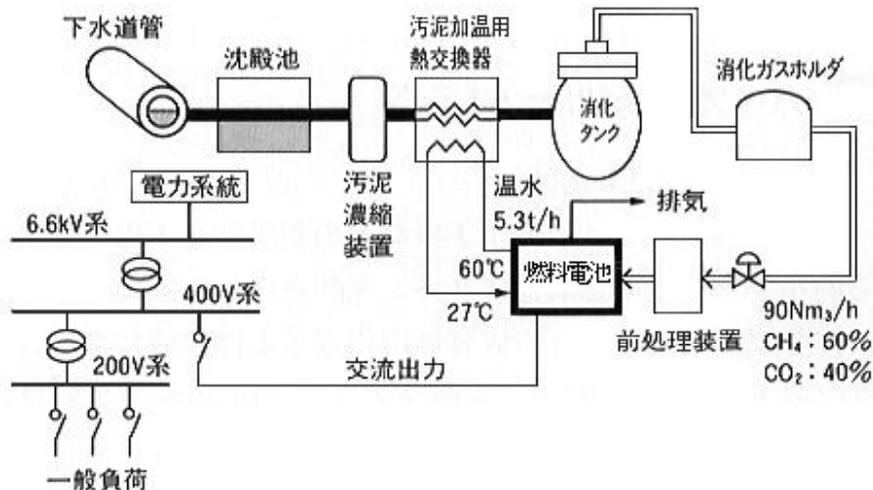


図 3. 8. 2 燃料電池プラントの下水処理場への適用例

### (3) 導入コスト

消化ガス燃料の場合には設置コストのデータとして公式なものは見当たらないが、前処理装置などの装置が余分に必要のため、都市ガス燃料の場合よりは高価となる。

### (4) 導入時の課題

消化ガス中に含まれる硫化水素、アンモニアなどは、燃料電池に有害であるため、予めそれらを除く前処理装置を設置する必要がある。また、消化ガスは、主成分であるメタンを含めて、各成分が季節ごとに変化するため、季節ごとのガス組成の挙動を分析し、最適な前処理装置を選定する必要がある。

また、燃料電池で得られた排熱を有効に活用するためには、消化槽の加温に必要な熱量の季節別変化を把握し、余剰熱の有効利用法を検討しておく必要がある。

### 3) NaS 電池

#### (1) 技術概要

NaS 電池は、負極物質としてナトリウム、正極物質として硫黄、電解質としてナトリウムイオン伝導性を持つ固体電解質のベータアルミナセラミックスから構成され、約 300 °C 付近で充放電を行う高温作動型の二次電池である。NaS 電池の原理を図 3. 8. 3 に示す。放電時には、負極のナトリウムは電子を放出しナトリウムイオンとなり固体電解質を通り、正極の硫黄は正極に到達したナトリウムイオンと負荷を通過して正極に到達した電子とで多硫化ナトリウムとなる。一方、充電時には、正極の多硫化ナトリウムはナトリウムイオン、硫黄、電子に分かれ、ナトリウムイオンは固体電解質を通過して負極で電子を受け取りナトリウムに戻る。

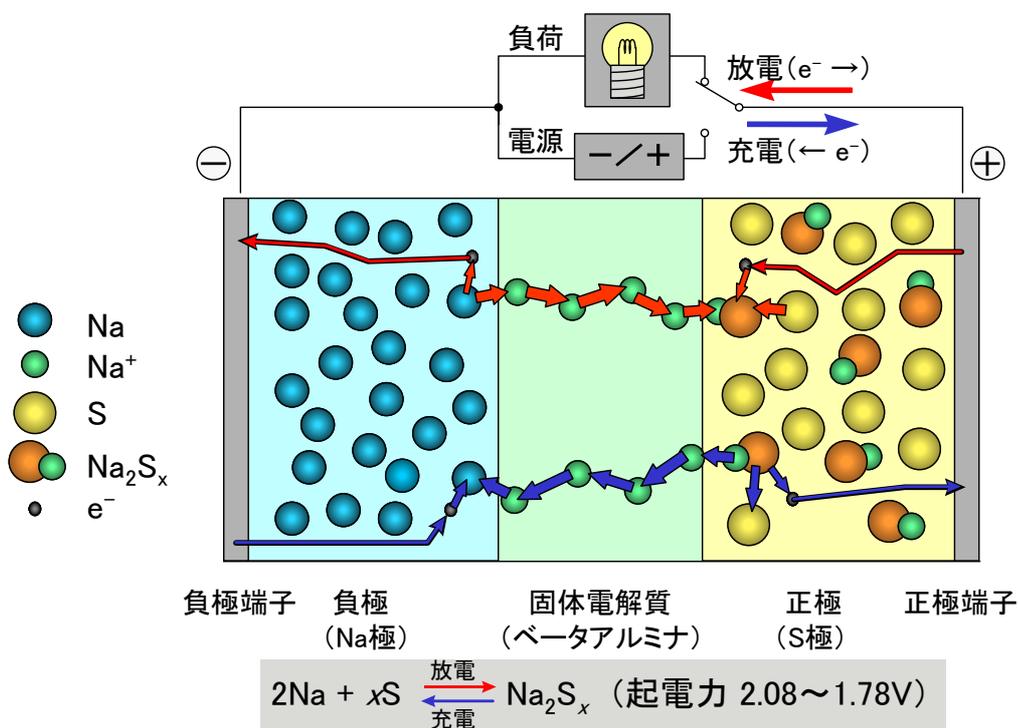


図 3. 8. 3 NaS 電池の原理

NaS 電池は次のような特長を持っている。

- ①環境性に優れる (無排煙、無振動)
- ②高充放電効率 (DC ベース : ~90%)
- ③長期耐久性 (15 年の安定性能)

#### (2) 導入効果

浄水場やポンプ場では昼夜の使用電力量に大きな差があるため、夜間電力を利用して昼間のピークカットを行うことにより、契約電力の低減と割安な夜間電力の活用による大幅な電力コストの削減が図れる。また、契約電力を抑えることにより特高受電の回避が期待できる場合がある。さらに、発電機によるピークカットと比較して、クリーンかつ CO<sub>2</sub> 発生量も少なく、CO<sub>2</sub> 削減に寄与できる。

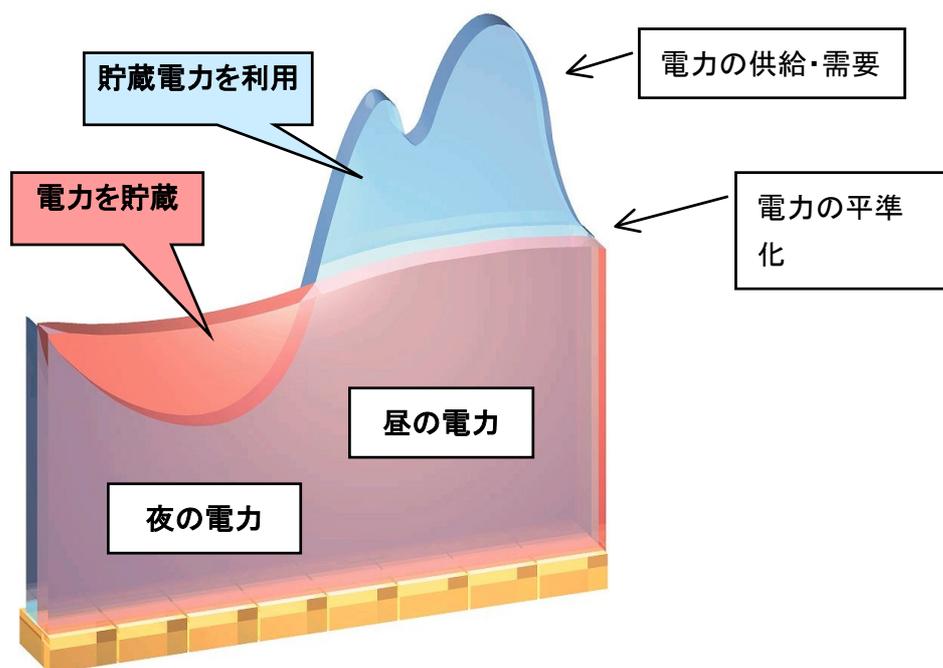


図 3. 8. 4 電力の平準化

### (3) 導入コスト

NaS 電池の設置コストのデータとして公式なものは見当たらないが、約 300 千円/kw程度とされている。

### (4) 導入時の課題

NaS 電池に用いられているナトリウム (Na)、硫黄 (S) は、消防法で危険物に該当するため、届出を行うとともに予防規定の制定、危険物保安監督者の選任等の手続き等が必要である。また、建築基準法により用途地域ごとに設置できる規模が定められており、指定数量を超える場合には許可が必要である。

さらに、停電時の非常用電源として使用した場合は長時間停電の対応のためには相応の電池容量が必要で設置スペース、導入コストなどの問題が大きくなる。停電時に電池が放電状態の場合には給電不可となるため、電池容量の選定には十分な検討が必要である。

## 4) 風力発電

### (1) 技術概要

風力発電は、風の運動エネルギーを風車の動力エネルギーに変換し、発電機を回すことで電気エネルギーに変換する発電システムである。図3. 8. 5に風力発電システムの構成例を示す。風力発電の特徴としては、次のものが上げられる。

- ①自然エネルギーを利用した発電であり、資源枯渇の心配がない。
- ②発電に伴う大気汚染物質の排出がなく、クリーンな発電システムである。
- ③風がエネルギー源であるため、出力が不安定である。
- ④電波障害、航空法などの対策が必要な場合がある。

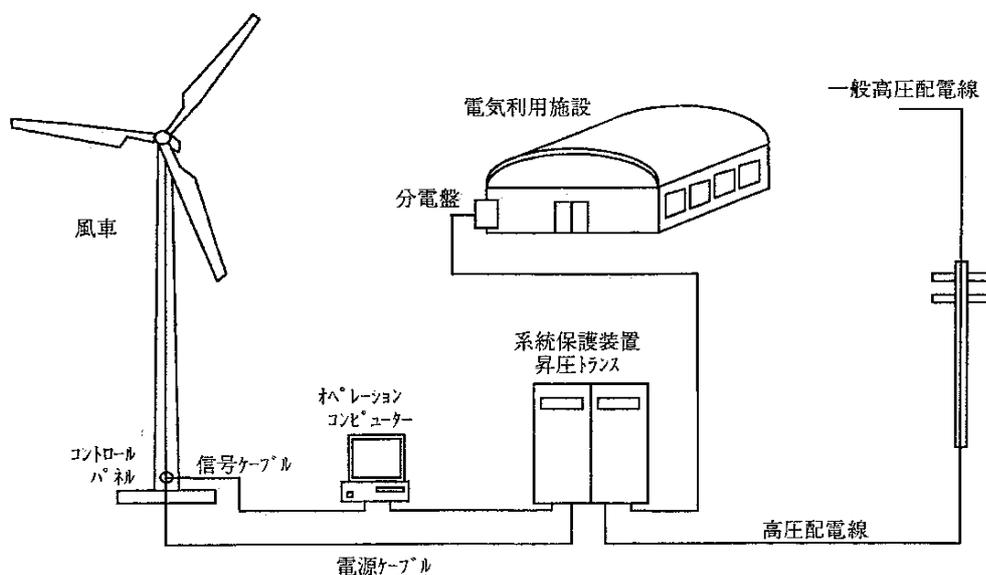


図3. 8. 5 風力発電システムの構成例

### (2) 導入効果

受風面積Aの風車を考えると、風のエネルギーPは次式で表され、風速の3乗に比例する。

$$P = 1/2 \times \rho \times A \times V^3$$

ただし、 P : 風のエネルギー (kw)

$\rho$  : 空気密度 (kg/m<sup>3</sup>)

A : 風車の受風面積 (m<sup>2</sup>)

V : 風速 (m/s)

一般に風は地上からの高さが高いほど強くなるため、風力発電機の高さもできるだけ高くした方が有利である。また、風力発電システムによる発電電力量の算定は、風力発電システムの出力曲線と設置地点の風車タワー高さにおける風速出現率分布を用いて、次の式により求められる。

(出典 : NEDO、<http://www.nedo.go.jp/intro/shinnene/wind/ryoul.html>)

$$\text{年間発電電力量 (kwh)} = \sum (V_i \times f_i \times 8,760 \text{ (h)})$$

ただし、 $V_i$  : 風速階級  $i$  の発電出力 (kw)

$f_i$  : 風速階級  $i$  の出現率

風速出現率分布の観測データがない場合、平均風速より推定される風速出現率により発電電力量を推定することが可能である。風速出現率としてレイリー分布を仮定した場合の年平均風速に対する年間発電電力量の例を図3. 8. 6に示す。なお、レイリー分布（レーレ分布）とは確率関数の一つであるレイリー確率関数から求められる分布で、平均風速より風速出現率を仮定する場合などに用いられる。

例えば、年平均風速 6 m/s で 500 kW機の場合、約 900,000kwh/年の発電電力量が得られる。したがって、約 345.6 t- CO<sub>2</sub>/年相当のCO<sub>2</sub>削減が可能である。

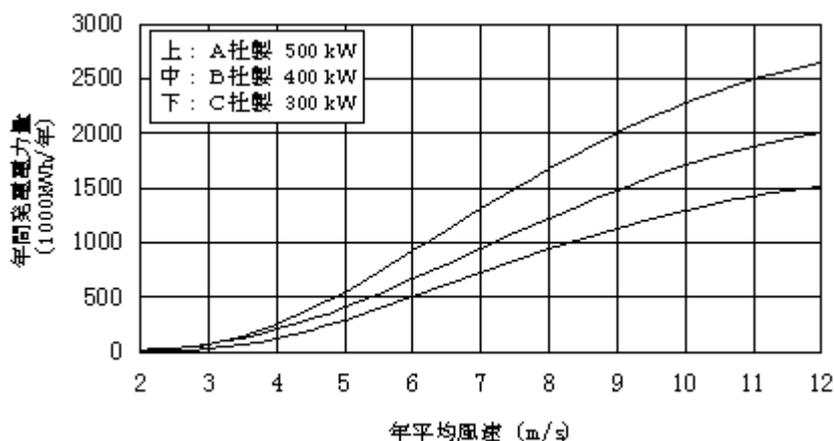


図3. 8. 6 年平均風速に対する年間想定発電電力量  
(出典：NEDO)

### (3) 導入コスト

風力発電の設置コストは、自家消費で 300 千円/kw、売電事業で 250 千円/kw というデータが代表的なコスト算出の前提条件として整理されている。自家消費は、風力発電フィールドテスト事業において自家消費として活用事例の多い 600 kW 級を想定している。また、売電事業は近年の売電事業で導入事例が多くなっている 1,000 kW 級を想定している。

(出典：新エネルギー・産業技術総合開発機構資料)

### (4) 導入時の課題

風力発電システムが導入可能かについては、NEDO 作成の風況マップなどを参考にして検討を行うことができる。しかし、発電電力量は風速の変化により大きく増減するため、同じ平均風速であったとしても発電電力量に差がでるケースがある。したがって、精度の高い予想を行うためには予定地のハブ高さ(風車の中心高さ)における風況のデータ(風向、風速など)を長期(1年間程度)にわたり測定する必要がある。

## 第4章 技術開発の促進

### 4. 1 位置付け

温暖化防止対策には下水道事業だけではなく、家庭、官公庁、各種産業などエネルギーを使用するあらゆる分野で歩調をあわせて対応することが必要なことはいまでもない。また、他人まかせではなくできる分野で率先することが結果的に温暖化防止対策を前進させることになる。温暖化防止対策に節電・節水など日常のきめ細かな活動や下水処理プロセスの変更、既存設備の見直し、新技術の導入などを着実に促進することである。

それを担保し、さらに、前進するには技術開発が不可欠である。従来から下水道事業では効率化、省エネルギー化、省力化などを目的に多くの技術開発が実施されてきている。これらの目的に温室効果ガスの削減を追加した技術開発が期待されている。

### 4. 2 技術開発テーマ

具体的テーマとしては①焼却炉の酸素富化②バイナリー発電③メタン濃縮④薬品注入率の最適化による焼却燃費の削減⑤ $N_2O$ 触媒分解塔⑥新型高効率遠心脱水機などがある。これらの実用化にあたっては、フィールドでの効果を立証することが重要である。

#### 1) 焼却炉の酸素富化

##### (1) 技術概要

酸素富化燃焼には次の効果が見込まれ、いずれも直接・間接に温暖化防止対策に寄与する。

①補助燃料(化石燃料)の削減(処理原単位当りの)。

②高温燃焼運転がやり易くなることによる、 $N_2O$ の削減効果。

③排ガス量削減、いい換えれば関連設備・機器の小型化が可能となることにより、建設費・ユーティリティの削減が可能である。

一方では、酸素富化装置の建設費やその運転管理費(電気代等)が余分にかかることから、温暖化防止対策に逆行する要素もある。したがって、温暖化防止対策としての酸素富化燃焼の検討に当たっては、これらの要素を総合的に勘案したものでなければならない。なお、既存焼却設備における酸素富化燃焼の検討に関しては、下水道局とメーカー4社の共同研究「既存流動焼却システムの高効率化技術の開発(平成12年度～14年度)」において研究済みである。

したがって、本検討ではこの共同研究における研究・検討結果を踏まえつつ、主として新設炉への適用に関して検討する。酸素富化燃焼は、燃焼用空気の全部、又は一部に酸素富化空気を利用した燃焼である。

下水汚泥焼却炉に適用した場合のシステムの一例を図4. 2. 1に示す。

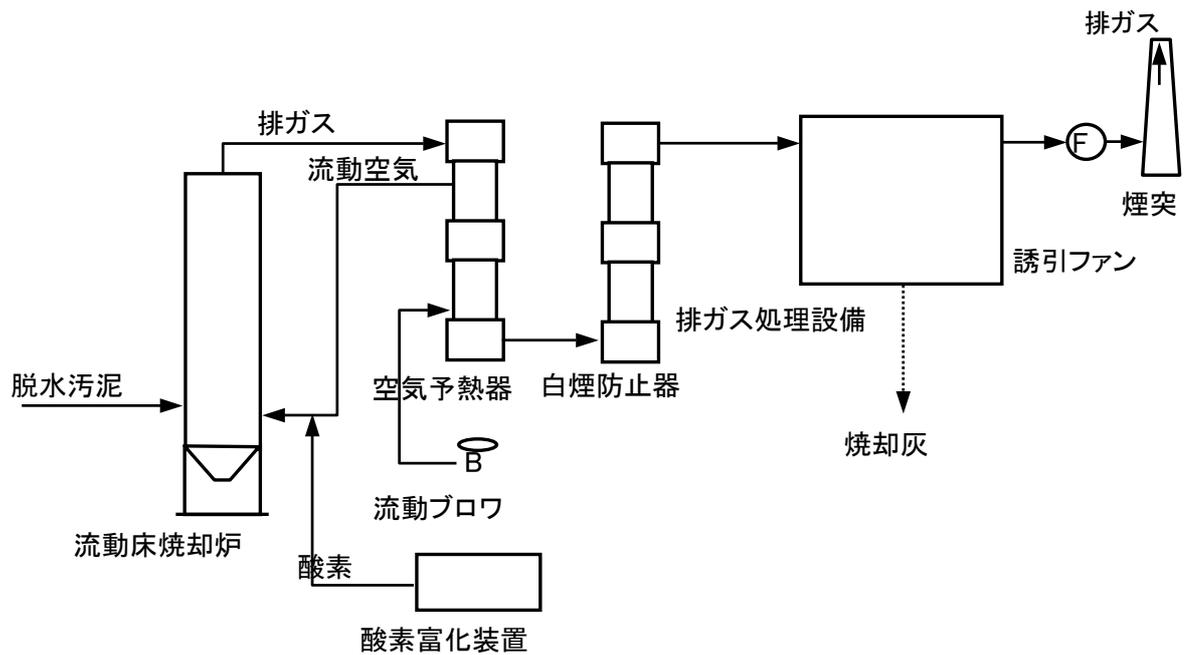


図4. 2. 1 下水汚泥焼却炉への酸素富化燃焼の適用例

空気比・温度条件その他設計諸元、機械的条件については、基本的には通常の流動焼却炉の考え方と同じでよい。ただし、23区内の生汚泥のように、既に自燃、又は自燃に近い性状をもつ場合には、理論的に炉内温度コントロールは酸素富化率(いい換えれば、酸素濃度)によりコントロールすることが可能となる(→「導入時の課題」参照)。

酸素富化装置は、圧カスイング式吸着装置(PSA)を用いるのが一般的である。PSAは業務用・工業用のものが広く市販されており、信頼性の高い汎用機械である。

## (2) 導入効果

### [検討条件]

#### ①対象汚泥：葛西処理場の代表的性状

- ・含水率 : 79%
- ・可燃分 : 79%
- ・発熱量 : 16.3 MJ/kg-DS

#### ②運転条件

- ・供給酸素濃度 : 90% (供給圧力 : 0.1 MPa)
- ・燃焼空気酸素濃度 : 25%、30% (2ケースで検討)
- ・燃焼温度 : 830℃、850℃ (2ケースで検討)
- ・空気比 : 1.3

#### ③その他、計算条件

- ・酸素富化装置動力原単位 : 0.365kwh/Nm<sup>3</sup>-O<sub>2</sub>
- ・N<sub>2</sub>O発生原単位 : 0.81kg-N<sub>2</sub>O/t-ケーキ (at830℃)

- : 1.52kg-N<sub>2</sub>O/t-ケーキ(at850°C)
- : O<sub>2</sub>が25%時は、上記の85%とする
- : O<sub>2</sub>が30%時は、上記の70%とする

[検討結果]

収支計算・ユーティリティ使用量、及び830°C通常燃焼時対比のCO<sub>2</sub>削減率を、表4. 2. 1に示す。

最大の効果は燃焼温度850°Cで30%の酸素富化燃焼を行った場合で、53%のCO<sub>2</sub>削減効果が得られる。

表4. 2. 1 収支計算及びユーティリティ使用量

項目		酸素富化燃焼				通常燃焼	
焼却処理量 (t/日)		300					
燃焼温度 (°C)		830		850		830	850
酸素富化濃度 (%)		25	30	25	30	—	—
総燃焼空気量 (Nm <sup>3</sup> /h)		15,375	13,230	16,366	13,678	19,093	19,686
排ガス量 (Nm <sup>3</sup> /h)		29,926	27,261	30,507	27,790	33,227	33,866
都市ガス使用量 (Nm <sup>3</sup> /h)		278	255	315	288	307	348
酸素供給量 (Nm <sup>3</sup> /h)		819	1,482	839	1,519	—	—
純酸素供給量 (Nm <sup>3</sup> /h)		737	1,334	733	1,367	—	—
消費電力	焼却設備 (kwh/h)	764	636	773	655	818	875
	酸素発生装置 (kwh/h)	269	487	267	555	—	—
CO <sub>2</sub> 発生量	助燃料由来CO <sub>2</sub> (kg/h)	534	508	627	574	612	693
	N <sub>2</sub> O由来換算値 (kg/h)	2,668	2,197	1,054	868	3,139	1,240
	電力由来CO <sub>2</sub> (kg/h)	396	431	400	465	314	336
CO <sub>2</sub> 総排出量(合計) (kg/h)		3,598	3,136	2,081	1,907	4,065	2,269
CO <sub>2</sub> 削減率 (%)		12	23	49	53	0	44

(3) 導入コスト

単純な比較によると、酸素濃度25%の場合も30%の場合もともに、酸素富化装置の電力消費量増加によるコストアップが、燃料及び酸素富化装置以外の電力消費量の減少によるコストダウンを上回る。したがって、建設費は排ガス量減少などによる建設費のコストダウン分が酸素富化装置を設置することによるコストアップ分を上回るとともに、その差がユーティリティ増加によるコストアップ分以上にならないとコストメリットはないことになる。

(4) 導入時の課題

導入時の課題として次のことが必要である。

①酸素富化空気の使用は、燃焼においては燃料投入と同じ効果をもつため、N<sub>2</sub>O、又はそれぞれに代わるパラメータを用いた流動空気酸素濃度制御による燃焼制御方法及びそのためのソフトの開発が必要である。

②共同研究の結果からも明らかなように酸素富化燃焼をした場合は、炉内の温度分布が従来の燃焼とは異なる挙動を示すため、炉内温度分布に与える影響をさらに調査(試験)するとともに、炉内(砂層部・フリーボード部)の全域に亘って温度をコントロールできるハード・ソフトの開発が必要である。

## 2) バイナリー発電

### (1) 技術概要

バイナリー発電は通常の蒸気タービン発電と比較して、水の代わりに媒体として低沸点流体（フロンなど）を使用することで、低温度差発電を実現するものである。我が国ではオイルショック後の1970年代に注目され、鉄鋼や石油などの工場排熱回収、LNG基地冷熱エネルギー回収などの設置例がある。また、地熱発電用としては海外で多く建設されており、国内でもNEDOで実証機レベルでの開発が継続されている。

バイナリー発電は使用する媒体の種類にもよるが、100から300℃程度の低温廃熱からの熱回収に適している。下水処理場においても、低温廃熱がある程度まとまった規模で排出される設備に適用することで処理場の消費電力を低減し、温室効果ガス低減に貢献することが可能となる。バイナリー発電システムのフローを図4. 2. 2に示す。バイナリー発電システムは通常の蒸気タービン発電と同様のランキンサイクルであり、原理的にも構造的にもシンプルである。

媒体蒸発器では、熱源流体から受熱して高圧の媒体蒸気を発生する。これをタービンで膨張させて発電機を駆動した後、凝縮器で液体に戻し、ポンプで昇圧して再び媒体蒸発器に供給する。熱媒体にはフロンなどの低沸点媒体を使用する。沸点が低いので熱源が低温でも蒸発し、高いエネルギーの作動流体が得られる。また、媒体の蒸発潜熱に比べて比熱が大きく、排熱を低い温度まで下げることができ、高い熱回収効率が得られる。

バイナリーサイクル(binary-cycle)という表現は、地熱流体で直接タービンを駆動するシステムと比較して、地熱流体と低沸点媒体の2種の流体が関係するシステムという意味で使用しており、実際に熱サイクルとしてはsingle-cycleである。

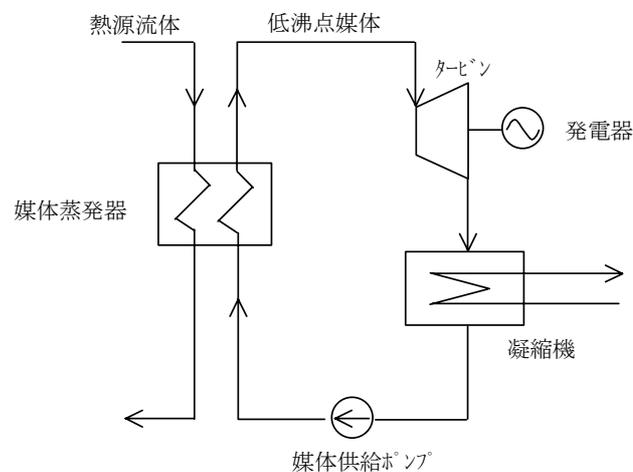


図4. 2. 2 バイナリー発電システムフロー

(2) 導入効果

葛西処理場4号焼却設備(処理規模:脱水汚泥300t/日)を想定して検討を実施する。想定したフローを図4.2.3に示す。本プラントの白煙防止器では、排ガスからの熱回収によって白煙防止空気を250~300℃に予熱し、これを煙突排ガスに合流させて白煙防止を図っている。

一方、白煙防止器は、排ガス温度を低下させることで後段の排ガス処理設備の負荷を低減する役割もあり、実際に白煙防止に必要な量より過剰の熱量を回収している。そこで、この過剰分の熱量を白煙防止空気からバイナリー発電により回収することを考える。

[検討条件]

- ①設備規模 : 300t/日
- ②熱回収ポイント : 白煙防止空気 (250~300℃)
- ③回収熱量 : 7,000 (1,670 Mcal) MJ/h
- ④低沸点媒体 : HCFC123
- ⑤発電量 : 熱効率を7%とすると、 $7,000 \times 10^3 \text{KJ/h} / 3,600 \text{KJ/kwh} \times 0.07 = 136 \text{kw}$   
したがって、発電量100kw/hのバイナリー発電設備設置を想定する。

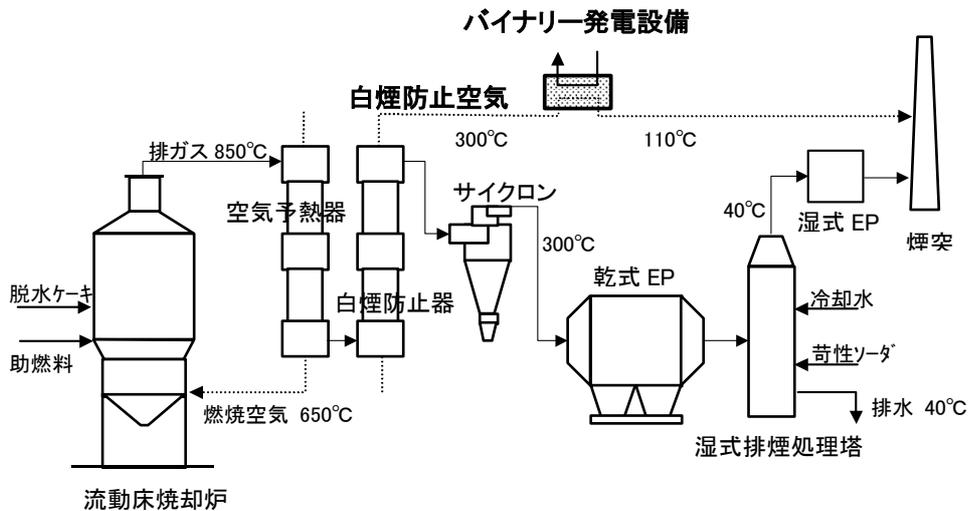


図4.2.3 葛西処理場4号焼却設備にバイナリー発電を付加したフロー

[温室効果ガス削減量]

温室効果ガス削減量は、バイナリー発電に伴う電力削減効果で求める。

電力削減量 : 788,400kwh/年 (年間稼働率90%, 平均発電量100kw)

より、電力削減による温室効果ガス削減量 =  $788,400 \text{kwh/年} \times 0.384 \text{kg-CO}_2/\text{kwh} = 303 \text{t-CO}_2/\text{年}$ となる。

### (3) 導入コスト

葛西4号焼却設備を改造し、100kwバイナリー発電設備を設置した場合のコスト試算結果を示す。発電単価は12.7円/kwhとなり、買電単価と比較して若干割高となる。

- ①建設費 : 120,000 千円
- ②維持管理費 : 2,000 千円/年
- ③原価償却費(15年償却として金利及び物価変動は見込まず)  
: 120,000 千円/15年 = 8,000 千円/年
- ④年間発電量 : 788,400kwh/年 (導入効果検討と同一条件)
- ⑤発電単価 : (維持管理費+原価償却費)/年間発電量  
=(2,000+8,000)千円/年/788,400kwh/年= 12.7 円/kwh

### (4) 導入時の課題

①装置自体はシンプルである半面、300t/日の大規模焼却プラントに設置しても発電量は高々100kw程度と小さく、規模のメリットは出難い。

したがって、建設費のコストダウンが望まれるが、導入効果・コスト検討のケースのように既設改造ではなく、新設の焼却設備に最初から計画的に設置することで、改造にかかるコストを削減することが可能である。

②媒体として使用されるHCFC123は僅かながらオゾン層破壊効果があり、モントリオール議定書により2020年までに全廃と定められている(いわゆる過渡的代替フロン)ため、将来的には適当な媒体の開発が必要となる。

なお、オゾン層を破壊しないイソブタン、ペンタンなども媒体として一部実用化されているが、引火性が強いいため、焼却プラントで使用するには安全性の面で問題がある。

### 3) メタン濃縮

#### (1) 技術概要

メタン濃縮とは消化ガス中の二酸化炭素を除去し、消化ガス中のメタン濃度を相対的に高める技術である。メタン濃縮によって単位体積あたりの発熱量が増加することから、さまざまな効果が期待できる。

- ①貯蔵設備の実質容量が増え、有効利用に向けた貯蔵設備の省スペース性が実現できる。
- ②熱効率の向上によって発電効率は向上し、二酸化炭素排出削減につながる。
- ③ガスの品質が大幅に改善されて、都市ガスと遜色なくなり、都市ガスの代替エネルギーになるばかりでなく、都市ガス会社への売却も可能となる。

#### (2) 導入効果

消化ガス発生量 2,000m<sup>3</sup>/日、メタン濃度 60%として試算を行う。

- ①メタン濃度 90%にした場合の消化ガス量

$$2,000 \times 0.6 \div 0.9 = 1,333 \text{m}^3/\text{日}$$

- ②メタン濃縮によるガス減容率

$$1 - (1,333 \div 2,000) \times 100 = 33.4\%$$

- ③ガス発熱量の増加率

純メタンの発熱量： 40 MJ/Nm<sup>3</sup> (9,524kcal/Nm<sup>3</sup>) とすると

メタン濃縮前       : 24 MJ/Nm<sup>3</sup> (5,714kcal/Nm<sup>3</sup>)

メタン濃縮後       : 36 MJ/Nm<sup>3</sup> (8,571kcal/Nm<sup>3</sup>)

メタン濃縮により 1.5 倍に増加

- ④CO<sub>2</sub>削減量（消化ガス約半量が余剰ガス燃焼装置で焼却されていると仮定の試算）

都市ガス会社に売却し、売却分だけ都市ガス使用量が削減出来たとして試算。

メタン濃縮ガス量       : 1,333m<sup>3</sup>/日、そのうち余剰ガス燃焼量 700m<sup>3</sup>/日を売却とすると

年間 CO<sub>2</sub>搬出量削減量： 700m<sup>3</sup>/日 × 1.9914kg-CO<sub>2</sub>/日 = 1,394kg-CO<sub>2</sub>/日 = 418t-CO<sub>2</sub>/年

#### (3) 導入コスト

1,000m<sup>3</sup>/日規模の濃縮設備として概算 100,000～150,000 千円程度である。

#### (4) 導入時の課題

メタン濃縮技術によって二酸化炭素の排出を抑制しようとした場合、実際にはコージェネレーションなどによるガス有効利用技術との組み合わせやガス会社への売却など、有効利用率向上が必要である。

#### 4) 薬品注入率の最適化による焼却燃費の削減

##### (1) 技術の概要

本技術は脱水設備と焼却設備を一体で考え効率化を図るもので、図4. 2. 4に示すように相互設備の相関がある。焼却設備では、ダイオキシン対策や温室効果ガス(N<sub>2</sub>O)抑制のために高温焼却の傾向があり、燃費向上が課題である。焼却設備における補助燃料使用量に影響を与える因子は脱水ケーキ水分とケーキ発熱量であるが、この2つの因子のうち脱水ケーキ水分は薬注率によって経験的に操作することが可能である。この考え方を利用して脱水設備における薬注量と焼却設備における補助燃料使用量という相反する因子を薬注率によって適正化しようとするものである。

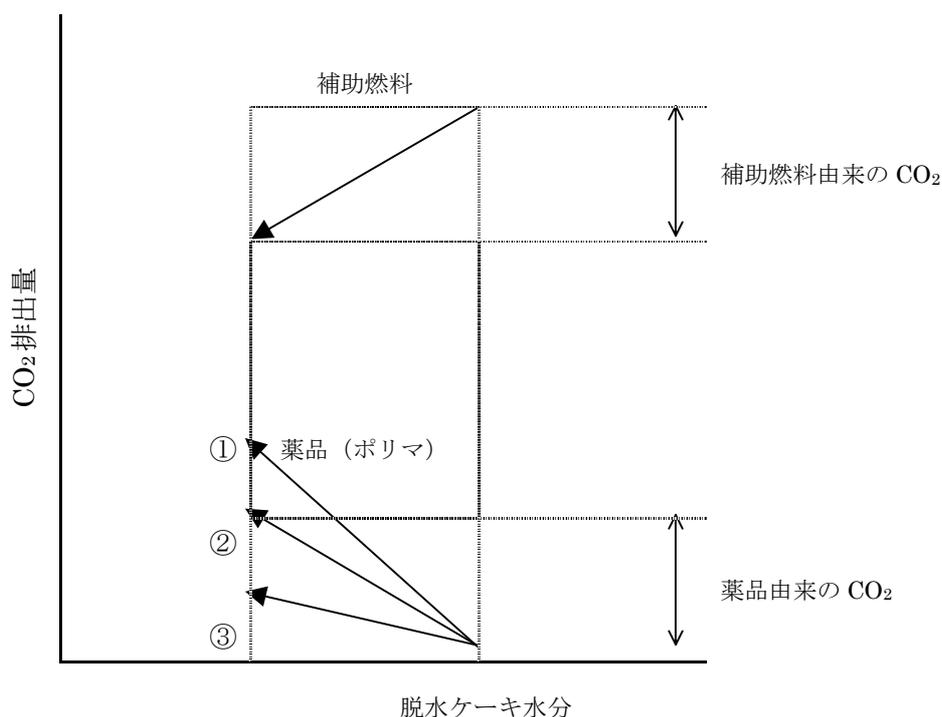


図4. 2. 4 焼却設備と脱水設備の相関

補助燃料由来のCO<sub>2</sub>減少分と薬品由来のCO<sub>2</sub>増加分が等しくなるのが矢印②である。矢印③では薬品由来のCO<sub>2</sub>増加量に対し、補助燃料由来のCO<sub>2</sub>低減量の方が勝るためトータルではCO<sub>2</sub>排出量は減少する。汚泥性状によっては脱水時の薬品量を増すことにより焼却炉での補助燃料を大幅に低減させトータルのCO<sub>2</sub>排出量を削減出来る場合があるので適正な薬品量の選定が重要である。

##### (2) 導入効果

300t/日(78%水分)規模の焼却炉について試算した結果を次に示す。薬品(ポリマ)注入率を0.3%から0.4%に増加させた時、ケーキ水分が78%から76%に低減できればCO<sub>2</sub>排出量は削減される。

表 4. 2. 2 薬品注入率の最適化の比較

項目	通 常	低水分
処理規模 (t/日)	300	275
固形物量 (t/日)	66	66
ケーキ水分 (%)	78	76
ポリマ使用量 (kg/日)	1,980	2,640
ポリマ注入率 (%)	0.3	0.4
補助燃料使用量 (m <sup>3</sup> /日)	7,848	4,514
ポリマ由来 CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /日)	12,937	17,250
燃料由来 CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /日)	15,629	8,989
CO <sub>2</sub> 排出量合計 (kg-CO <sub>2</sub> /日)	28,566	26,239
年間 CO <sub>2</sub> 排出量 (t/年)	8,570	7,872
排出量の割合 (%)	100	92

## (3) 導入コスト

導入コストは通常の薬品注入設備と変わらない。

## (4) 導入時の課題

前述の試算では、薬注率に対するケーキ水分を想定して試算したが、ポリマの CO<sub>2</sub> 排出係数が高いため、ポリマ添加率の増加率に対してケーキ水分低減率が相対的に大きく下がらない限り、CO<sub>2</sub> 削減には大きな効果がないことになる。また、薬注率とケーキ水分の関係は汚泥性状によって異なるため、現状では定量的な評価をしようとする場合、少なくとも対象施設の運転データによる検証が必要である。

## 5) N<sub>2</sub>O 触媒分解塔

### (1) 技術概要

N<sub>2</sub>O は、オゾン層内で紫外線を受けてオゾン分解作用や赤外活性であるため温室効果の原因になることが知られている。温室効果においては CO<sub>2</sub> の数百倍の効果があるといわれており、先頃の COP3 において温室効果ガスとして指定され、地球温暖化物質として注目され始めた。放出量は自然発生源からの寄与率が高いが、増加分の多くは人為的起源で、特に污泥焼却炉から高濃度放出されていると予想されている。

N<sub>2</sub>O は高温焼却 (850℃以上) することにより低い値に抑制することができるが知られているが、炉本体もしくは排ガス処理系での高温への対応が必要になることから、後段に設置できる触媒分解塔も有効な技術として考えられている。

触媒塔はハニカム触媒層が何層も積層された構造になっており、排ガスを導入することにより N<sub>2</sub>O が N<sub>2</sub> まで分解される。既設炉へ適用する場合には、排煙処理塔以降に所定温度まで昇温できる加熱設備、熱交換設備とともに設置される。

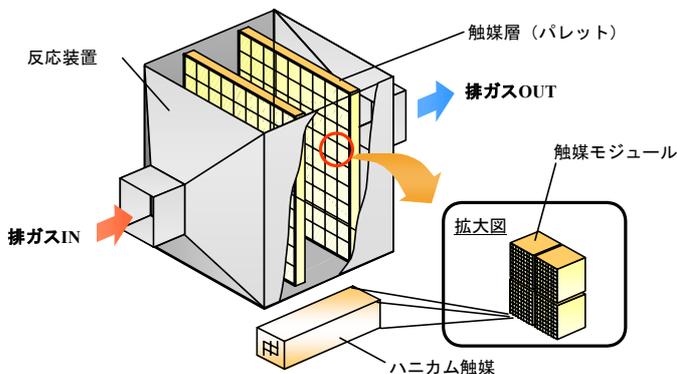


図 4. 2. 5 触媒分解塔構造図

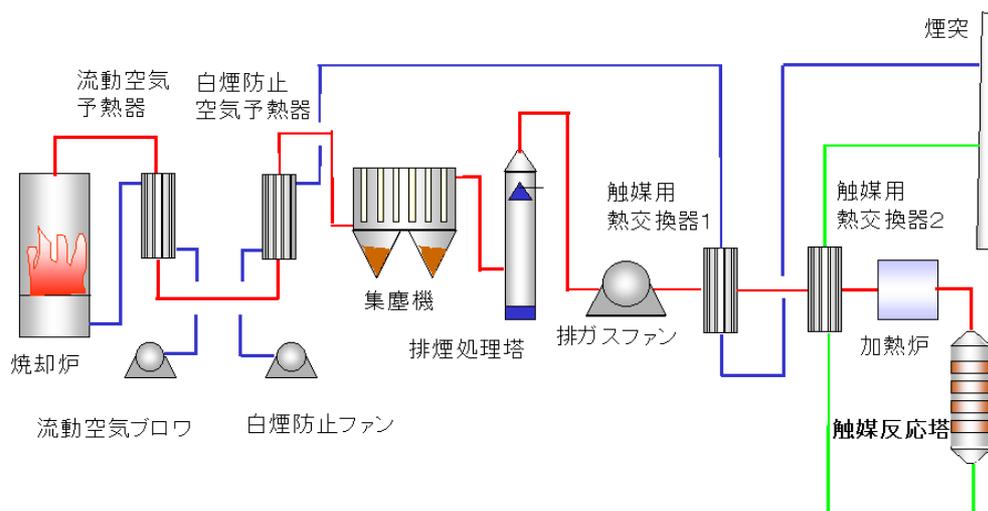


図 4. 2. 6 触媒分解塔適用例

## (2) 導入効果

既設気泡流動炉 (N<sub>2</sub>O 対応無し) と触媒反応塔設置後の気泡流動炉における温室効果ガス発生量の試算結果を示す。試算条件は次のとおりである。

- ①設備規模 : 300 t / 日
- ②運転日数 : 300 日 / 年
- ③焼却温度 : 830°C
- ④CO<sub>2</sub> : 燃料及び電力由来の CO<sub>2</sub> を考慮
- ⑤N<sub>2</sub>O : 既設気泡流動炉 290ppm (排煙処理塔出口)  
触媒反応塔分解率 90%
- ⑥地球温暖化係数 : CO<sub>2</sub>=1、N<sub>2</sub>O=310

表 4. 2. 3 温室効果ガス発生量比較

炉形式	既設気泡流動炉		触媒反応塔設置気泡流動炉	
	数値	CO <sub>2</sub> 換算値	数値	CO <sub>2</sub> 換算値
燃焼温度 (°C)	830			
CO <sub>2</sub> (t/t, t-CO <sub>2</sub> /t)	0.07	0.07	0.08	0.08
N <sub>2</sub> O	9.2E-4 t / t	0.28t- CO <sub>2</sub> /t	9.1E-5 t / t	0.03t- CO <sub>2</sub> /t
温室効果ガス合計 (t- CO <sub>2</sub> /t- ケーキ)	0.35		0.11	
比率	1		0.31	

表 4. 2. 3 に示すように、触媒反応塔を設置した場合には温室効果ガス (CO<sub>2</sub> 換算 : CO<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>O) の発生量を約 69%削減することが可能である。本試算によれば、300t / 日気泡流動炉 1 基から発生する温室効果ガス削減量は、既設炉の発生量が 31,500 t- CO<sub>2</sub> / 年 であることから 21,700t- CO<sub>2</sub> / 年となる。

## (3) 導入コスト

導入時には触媒反応塔、加熱炉、熱交換器の導入設備費が必要となる。

## (4) 導入時の課題

現在、N<sub>2</sub>O 分解触媒は開発段階であり、触媒寿命の把握、経済性等も含め実排ガスでの実証が課題となっている。

## 6) 新型高効率型遠心脱水機

### (1) 技術概要

遠心脱水機は下水汚泥脱水用として、大型～中・小型に至るまで広範囲で使われているが、省エネルギー（電力使用量の低減）及び脱水の高効率化（薬注率低減、含水率低下）のニーズが高い。これらのニーズに応えるため、新型高効率遠心脱水機が開発・実用化されている。

新型高効率遠心脱水機の特長は次の2点である。

#### ①直同型ボウルの採用

直同型ボウルを採用することにより、ケーキ排出部まで厚い汚泥層が安定的に形成され、最大限に遠心効果を受け圧密脱水が進行する。

#### ②脱水ケーキ排出部絞り機構の採用

最も含水率の低下している汚泥層下部の汚泥がソリットリングとコンベヤリングから構成される絞り機構に押し込まれ排出される。これにより、省エネルギー・高効率を実現している。構造の一例を図4. 2. 7示す。

供給汚泥はフィードパイプより脱水機内に投入され、フィードゾーンで高分子凝集剤と混合された後にボウル内に入る。ボウル内に供給された凝集汚泥は比重差を利用して固液分離が行われ、ボウル内に厚く堆積し圧密される。

圧密された汚泥はスクリーコンベヤにより排出部方向に搬送され、コンベヤリングとソリットリングによって構成される絞り機構部を通してボウル外に排出される。一方、分離された分離液は固形物排出方向と反対側よりボウル外に排出される。

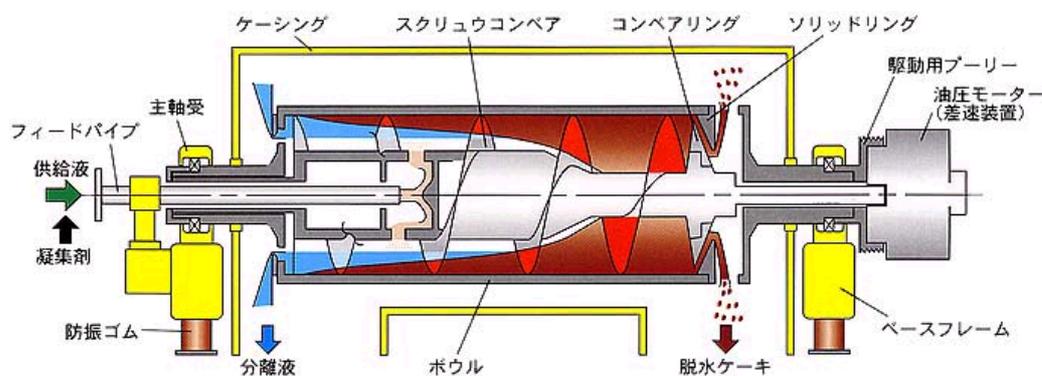


図4. 2. 7 新型高効率遠心脱水機の構造

### (2) 導入効果

[検討条件]

10,000m<sup>3</sup>/日の処理場を想定して検討する。条件は(財)下水道新技術推進機構技術マニュアルに準じて次のとおりとする。

- ① 容量 : 10m<sup>3</sup>/h
- ② 処理固形物量 : 2,000 kg/日

- ③ 脱水機設置台数 : 2 台
- ④ 脱水機運転時間 : 5.6 h / 日 (5 日 / 週 運転)

[脱水性能及びCO<sub>2</sub>排出量の算出]

表4. 2. 4に脱水性能とCO<sub>2</sub>排出量を、それぞれ高効率型遠心脱水機と比較したものを示す。薬品注入率、固形物回収率、含水率は実績値に基づくが、新型高効率の含水率を高効率型と同等とした場合は、薬注率低減が可能となりCO<sub>2</sub>排出量の差はさらに大きなものとなる。

表4. 2. 4 脱水性能及びCO<sub>2</sub>排出量

		新型高効率 (含水率 優先)	新型高効率 (薬注率 優先)	高効率
脱 水 性 能	含水率 (%)	73 以下	76 以下	76 以下
	固形物回収率 (%)	95 以上	95 以上	95 以上
	薬品注入率 (%)	1.0 以下	0.7 以下	1.0 以下
消費電力 (kwh/日)		198	198	276
薬品使用量 (kg/日)		20	14	20
排 出 量	電力由来 (kg-CO <sub>2</sub> /日)	76	76	106
	薬品由来 (kg-CO <sub>2</sub> /日)	131	92	131
	合計 (日間) (kg-CO <sub>2</sub> /日)	207	168	237
	合計 (年間) (kg-CO <sub>2</sub> /年)	54.0	43.8	61.9

注1)消費電力は新型高効率 29.5kw/台(設備)×2台×0.6(負荷率)×5.6h/日=198kwh/日  
高効率型 41.0kw/台(設備)×2台×0.6(負荷率)×5.6h/日=276kwh/日

注2)年間稼働日数は261日として計算する。(365日/年÷7日/週×5日/週=261日/年)

### (3) 導入コスト

処理量を同じとした場合は、高効率型遠心脱水機と同等である。

### (4) 導入時の課題

高速回転体のため、定期的な点検・設備が必要である。

## 第5章 温暖化防止対策のケース・スタディ

### 5.1 ケース・スタディの目的

#### 1) 目的

第3章で温暖化防止対策及び第4章で技術開発の促進について①技術概要②導入効果③導入コスト④導入時の課題を整理した。これらを実際に適用する場合はどのようにしたら良いのかを中心に既存の処理場でケース・スタディを実施した。処理場は多様な処理技術を採用している東京都のA処理場を対象とした。

#### 2) A処理場の概要

A処理場の概要は表5.1.1のとおりです。

表5.1.1 A処理場の概要

項目		内容	
創設		昭和56年9月	
下水道処理方式		合流式下水道	
計画処理水量 (m <sup>3</sup> /日)		630,000	
現有処理能力 (m <sup>3</sup> /日)		400,000	
処理方法		標準活性方法 (深槽旋回流)	
汚泥処理方法		脱水、焼却	
水 処 理 施 設	第一沈殿池 (池)	北系 (1階層)	8
		南系 (1階層)	4
	反応槽 (槽)	北系 (深槽)	8
		南系 (深槽)	4
	第二沈殿池 (池)	北系 (2階層)	8
		南系 (2階層)	4
主 要 設 備 ※	受変電 (kv)	2回線	60
	ディーゼル発電機 (台)	7,500kVA	2
	汚水ポンプ (台)	立軸斜流	6
	雨水ポンプ (台)	電動機直結立軸斜流	6
		D・E直結立軸斜流	6
	送風機 (台)	片吸込多段ターボ	4
	遠心濃縮機 (台)	スクリュウデカンタ	9
	脱水機 (台)	ベルトプレス型	22
焼却炉 (基)	流動層型	4	

※：詳細は本文を参照

### 3) ユーティリティー

平成 14 年度実績のユーティリティーなどは表 5. 1. 2 に示す。

表 5. 1. 2 ユーティリティーなど

項 目		内 容
受水量 (m <sup>3</sup> /年)		114, 942, 990
高級処理水量 (日平均 m <sup>3</sup> /日)		355, 400
汚泥発生量 (m <sup>3</sup> /年)		3, 848, 050
電力使用量 (kwh/年)		70, 759, 360
内 訳	揚水用	15, 130, 000
	水処理用	20, 823, 300
	諸機械用	3, 939, 300
	照明その他	諸機械用を含む
	その他設備	3, 813, 190
	汚泥処理用	27, 053, 570
A 重油 (1)		298, 160
灯油 (1)		66, 240
都市ガス (Nm <sup>3</sup> )		2, 448, 130

### 5. 2 ケース・スタディの方法

ケース・スタディの方法は第 3 章で提案している温暖化防止対策技術の対象となる機器及びシステムが A 処理場にあるかどうかの調査から始め、適用技術について①設備の現状②試算条件③試算結果④考察についてまとめた。③の試算結果での概算コストは指数を用いているものもあり、あくまでも目安で、具体的実施には精査する必要がある。④の考察の項目では実施時の課題や適用時期も考察した。

### 5. 3 省エネルギー機器の採用（機械設備）

省エネルギー機器の採用（機械設備）は、1)「ポンプの無注水化」2)「汚泥かき寄せ機チェーンの合成樹脂化」3)「インレットベーン付高効率ブロウ」4)「省エネルギー型脱水機」5)「循環流動炉」6)「雨水ポンプ駆動用ガスタービン」についてケース・スタディをした。

#### 1) ポンプの無注水化

##### (1) 設備の現状

A処理場の主ポンプは汚水ポンプ6台と雨水ポンプ12台から構成されている。主ポンプ設備の仕様を表5.3.1に、平成14年度の運転年報に基づく運転時間と冷却水、潤滑水使用量を表5.3.2に示す。

表5.3.1 主ポンプ設備の仕様

号機	口径 (mm)	型式	全揚程 (m)	吐出量 (m <sup>3</sup> /分)	原動機出力 (kw)	回転数 (min <sup>-1</sup> )	摘 要
汚水1号	1000	2床式 立軸斜流 ポンプ	33	130	1,000	585	電動機駆動
汚水2号	1500		33	310	2,300	367	電動機駆動 回転数制御
汚水3号	1500		33	310	2,300	367	電動機駆動 2号と切替
汚水6号	1500		29	310	2,000	367	電動機駆動
汚水7号	1500		29	310	2,000	367	電動機駆動 回転数制御
汚水8号	1500		29	310	2,000	367	電動機駆動 7号と切替
雨水1号	1800	2床式 立軸斜流 ポンプ	16	450	1,600	291	電動機駆動
雨水2号	1800		16	450	1,600	291	電動機駆動
雨水3号	1800		16	450	1,600	291	電動機駆動
雨水4号	1800		16	450	1,600	291	電動機駆動
雨水5号	1800		16	450	1,600	291	電動機駆動、回転数制御
雨水6号	1800		16	450	1,600	291	電動機駆動、回転数制御
雨水7号	1800		15	455	2,350※	288	エンジン掛、回転数制御
雨水8号	1800		15	455	2,350※	288	エンジン掛、回転数制御
雨水9号	1800		15	455	2,350※	288	エンジン掛、回転数制御
雨水10号	1800		15	455	2,350※	288	エンジン掛、回転数制御
雨水11号	1800		15	455	2,350※	288	エンジン掛、回転数制御
雨水12号	1800		15	455	2,350※	288	エンジン掛、回転数制御

※：エンジン駆動の軸動力の単位はPS

表5. 3. 2 主ポンプ設備の運転時間と冷却、潤滑水量

号機	主ポンプ 運転時間 (h)	冷却水 (m <sup>3</sup> /分)	潤滑水 (m <sup>3</sup> /分)	冷却 水量 (m <sup>3</sup> )	潤滑 水量 (m <sup>3</sup> )	冷却水 ポンプ (kwh)	潤滑水 ポンプ (kwh)
汚水1号	3,610.5	0.055	—	11,915	—	2,721	—
汚水2号	195.5	0.205	—	2,405	—	549	—
汚水3号	3,732.5	0.685	—	153,406	—	35,031	—
汚水6号	495.0	0.145	—	4,307	—	983	—
汚水7号	1,150.3	0.145	—	10,007	—	2,285	—
汚水8号	1,818.7	0.145	—	15,822	—	3,613	—
雨水1号	6.3	—	0.145	—	55	—	7
雨水2号	5.6	—	0.145	—	48	—	6
雨水3号	5.1	—	0.145	—	44	—	6
雨水4号	3.4	—	0.145	—	30	—	4
雨水5号	4.0	—	0.145	—	35	—	4
雨水6号	1.8	—	0.145	—	16	—	2
雨水7号	49.7	6.100	0.100	18,184	298	380	38
雨水8号	50.2	6.100	0.100	18,385	301	384	38
雨水9号	21.4	6.100	0.100	7,820	128	163	16
雨水10号	16.7	6.100	0.100	6,118	100	128	13
雨水11号	19.6	6.100	0.100	7,174	118	150	15
雨水12号	13.8	6.100	0.100	5,033	83	105	10

(2) 試算条件

表5. 3. 2に対応する補機ポンプの仕様と動力使用量を表5. 3. 3に示す。

表5. 3. 3 補機ポンプの仕様と動力使用量

	用途	流量 (m <sup>3</sup> /分)	全揚程 (m)	効率 (%)	動力 (kw)	冷却水 (m <sup>3</sup> )	動力量 (kwh)	
	汚水ポンプ用	冷却水	1.2	60	69	22	197,861	45,183
	雨水ポンプ用	冷却水	2.3	35	75	22	62,714	1,311
	雨水ポンプ用	潤滑水	4.6	6	78	22	1,256	159

無注水化により、冷却水及び潤滑水の全てを廃止するとの仮定で電力量とCO<sub>2</sub>の削減量を算出する。

(3) 試算結果

①年間CO<sub>2</sub>排出削減量

表5. 3. 3より、(45,183+1,311+159)kwh×0.384kg-CO<sub>2</sub>/kwh= 17.9t-CO<sub>2</sub>/年

動力使用量の大半を占める冷却水は原動機の冷却用であるが、設備全体の無水化を図るには、原動機の空冷化、ポンプ水中軸受の無注水化などの構造変更が必要となる。

## ②概算コスト

汚水ポンプを例とした概算コストは次のようになる。

汚水ポンプ 1 台当たりの平均 CO<sub>2</sub> 削減量 : 2.9t-CO<sub>2</sub>/年

### a) 巻線形電動機の無冷却水化費用

機器費（機能増設）及び工事費 : 約 13,000 千円/台

### b) ポンプの無注水化（口径 1500mm）費用

機器費、工場整備費 : 約 130,000 千円/台

## （4）考察

主ポンプ、電動機の無注水化はシステムの簡素化、信頼性の向上などの利点もある。なお、費用に関しては前項以外にも、制御システムの変更、現状設備の撤去、再据付などを必要とする。適用は設備の再構築時に図ることが望ましい。なお、ポンプの無注水化にあたっては口径、揚程、電動機出力、首下長さ、スラスト支持方法等の条件によって可能性が異なるので、これらの事項を整理した上で十分検討する。

## 2) 汚泥かき寄せ機チェーンの合成樹脂化

### (1) 設備の現状

A処理場の第二沈殿池の汚泥かき寄せ機チェーンの仕様を表5. 3. 4に示す。

表5. 3. 4 A処理場第二沈殿池汚泥かき寄せ機チェーンの仕様

かき寄せ機種類		主な仕様	電動機出力	数量
北系 ・ 8池	メインコレクター上段	79m×5列/池 ×5連1駆動×SUSチェーン	2.2kw	1台/池
	メインコレクター下段	78m×5列/池 ×5連1駆動×SUSチェーン	2.2kw	1台/池
	クロスコレクター	51m×1列/池 ×1連1駆動×SUSチェーン	0.75kw	1台/池
南系 ・ 2池	メインコレクター上段	73m×6列/池 ×3連1駆動×SUSチェーン	1.5kw	2台/池
	メインコレクター下段	72m×6列/池 ×3連1駆動×SUSチェーン	1.5kw	2台/池
	クロスコレクター	60m×1列/池 ×1連1駆動×SUSチェーン	0.75kw	1台/池

### (2) 試算条件

第3章では、B処理場における既設汚泥かき寄せ機の電動機出力を基準に、金属チェーンと樹脂チェーンの電力削減量を算定したが、A処理場では既設汚泥かき寄せ機はすべて金属チェーンであるため、チェーン材質毎の必要動力計算値から消費電力の削減量を試算した。

### (3) 試算結果

必要動力の計算結果を表5. 3. 5に示す。

表5. 3. 5 第二沈殿池汚泥かき寄せ機の必要動力

		金属製必要動力 (kw)	樹脂製必要動力 (kw)	必要動力の差 (kw)
北系	上段メイン	1.01	0.457	0.553
	下段メイン	1.01	0.457	0.553
	クロス	0.218	0.118	0.100
南系	上段メイン	0.150	0.067	0.083
	下段メイン	0.149	0.068	0.081
	クロス	0.075	0.037	0.038
合計 (既設に対する比率)		19.25 (100)	8.87 (46)	10.38 (54)

金属製チェーンと樹脂製チェーンの必要動力の差を合計する。

①北系での動力差

$$(0.553\text{kw}+0.553\text{kw}+0.100\text{kw})\times 8\text{池}=9.648\text{kw}$$

②南系での動力差

$$((0.083\text{kw}+0.081\text{kw})\times 2\text{台/池}+0.038\text{kw})\times 2\text{池}=0.732\text{kw}$$

$$\text{差の合計 } 9.648\text{kw}+0.732\text{kw}=10.38\text{kw}$$

③年間の電力削減量は次のとおりである。

$$\text{年間電力削減量}=10.38\text{kwh}\times 24\text{h}\times 365\text{日}=90,929\text{kwh/年}$$

④これをCO<sub>2</sub>排出削減量及び電力料金削減量に換算すると、次のようになる。

$$\text{a)年間CO}_2\text{排出削減量}=90,929\text{kwh/年}\times 0.384\text{kg-CO}_2\text{日/kwh}$$

$$=34,917\text{kg-CO}_2\text{/年}=34.9\text{t-CO}_2\text{/年}$$

$$\text{b)年間電力料金削減量}=90,929\text{kwh/年}\times (10\times 6+14\times 11)/24\text{円/kwh}=810,784\text{円/年}$$

なお、樹脂チェーン化によるCO<sub>2</sub>排出量及び電力料金は、既設金属チェーンに対して約54%の削減率となる。

⑤概算コスト

機器費は次のとおりである。

$$\text{a)金属チェーンの場合(北系8池、南系2池)} \quad 100\%$$

$$\text{b)樹脂チェーンの場合(北系8池、南系2池)} \quad \text{約 } 102\%$$

(4) 考察

汚泥かき寄せ機は消費動力が小さいため、樹脂チェーン化によるCO<sub>2</sub>排出削減量は約34.9t-CO<sub>2</sub>/年と小さいが、既設金属チェーンに対する削減率は約50%という大きな効果が期待できる。チェーン材質の変更による処理機能や他の機器・設備への影響もほとんどないため、設備更新時には比較的容易に導入が可能である。

### 3) インレットベーン付高効率ブロワ

#### (1) 設備の現状

曝気ブロワは大容量機 2 台 (1, 2号)、小容量機 2 台 (3, 4号) で、全システムを網羅している。高温多雨となる 4~9 月は 1, 2号を主に、10~3 月は大容量機 1 台、小容量機 1 台を選択して運転を行っている。なお、小容量機はブロワ内蔵のインレットベーン (以下「インレットベーン方式」という) により、また大容量機は吸込配管に設置した蝶型弁により風量制御 (以下「蝶型弁方式」という) を行っている。ブロワの仕様を表 5. 3. 6 に示す。

表 5. 3. 6 ブロワの仕様

号機	型式	口径 (mm)	風量※1 (m <sup>3</sup> /分)	吸込 温度 (°C)	吸込 圧力 (mmAq)	吐出 圧力 (mmAq)	全断熱 効率 (%)	電動機 出力 (kW)	回転数 (min <sup>-1</sup> )
1号	片吸込	800×700	780	33(-2)	-200	5,300	79	940	2,960
2号	多段ター	800×700	780	33(-2)	-200	5,300	79	940	2,960
3号	ボ	700×600	650	33(-2)	-200	5,300	82	810	2,960
4号	ブロワ	700×600	650	33(-2)	-200	5,300	82	810	2,960

※1 : 20°C, 1atm, 65%RH

#### (2) 試算条件

平成 14 年度の運転年報に基づくブロワの運転実績概要を表 5. 3. 7 に示す。同表より運転時間は 1, 2号機が圧倒的に多いので、これらのインレットベーン方式への変更による省エネルギー効果について検討する。

表 5. 3. 7 平成 14 年度のブロワ運転実績 (1)

	送風量 Nm <sup>3</sup> /分	運転時間 (h)			
		1号機	2号機	3号機	4号機
4月	1,406.7	487.57	717.88	2.12	232.38
5月	1,466.6	741.87	652.87	67.12	0.00
6月	1,443.6	706.37	718.23	1.97	13.40
7月	1,375.7	744.00	744.00	0.00	0.00
8月	1,402.9	725.83	716.68	27.73	17.62
9月	1,407.5	717.85	709.00	9.10	2.73
10月	1,351.8	259.58	724.45	13.80	478.67
11月	1,334.4	712.58	1.20	713.35	0.57
12月	1,331.0	130.48	613.53	130.52	613.47
1月	1,291.6	432.43	311.53	432.50	311.50
2月	1,216.5	14.78	657.15	14.70	654.37
3月	1,212.7	744.00	42.22	691.28	0.00
平均	1,353.4	534.8	550.7	175.3	193.7

表5. 3. 7 平成14年度のブロワ運転実績(2)

	総電力量 kwh	電力量 (kwh)			
		1号機	2号機	3号機	4号機
4月	1,316,900	454,100	674,300	1,700	186,800
5月	1,382,600	687,200	638,800	56,600	0
6月	1,320,200	644,800	663,600	1,400	10,400
7月	1,330,600	669,400	661,200	0	0
8月	1,331,800	650,200	646,600	21,600	13,400
9月	1,313,800	653,000	651,600	7,200	2,000
10月	1,314,100	241,600	678,500	11,800	382,200
11月	1,264,400	655,900	1,200	606,900	400
12月	1,287,400	120,600	579,600	111,400	475,800
1月	1,284,800	396,800	287,200	366,000	234,800
2月	1,105,200	12,600	596,400	12,800	483,400
3月	1,229,000	646,200	38,400	544,400	0
平均	1,290,067	486,033	509,783	145,150	149,100

①年間稼働率

年間送風量(Nm <sup>3</sup> )	711,688,900		
年間運転時間(h)	8,760		
1、2号運転時間(h)	6,540	稼働率	74.6
3、4号運転時間(h)	2,224	(%)	25.4

②年間平均風量

a) 仕様点流量 :  $780 + 650 = 1430 \text{ Nm}^3/\text{分}$

b) 平均流量 :  $1,353.4 \div 1430 = 94.64\%$

(3) 試算結果

①年間平均風量比(実績平均風量/仕様点風量)94%時の最高効率点に対する動力比は、蝶型弁方式で0.984、インレットベーン方式で0.961(風量制御時の部分負荷特性は本編3.3の3)項を参照)を用いる。消費動力量は

a) 現状  $L = 917 \times 6,540 = 5,997,180 \text{ kwh}$

b) インレットベーン方式に変更  $L = 917 \times (0.961 / 0.984) \times 6,540 = 5,857,002 \text{ kwh}$

c) インレットベーン方式への更新による電力削減量のCO<sub>2</sub>換算値(1台当り)は  
 $(5,997,180 - 5,857,002) \text{ kwh} \times 0.384 \text{ kg-CO}_2/\text{kwh} \approx 54 \text{ t-CO}_2/\text{年}$

## ②概算コスト

インレットベーン方式への構造変更費用

機器費、工場持込改造費（含性能試験）、現地作業　：　約 120,000　千円/台

ただし、電気設備の改造、配線変更などは含まない。

## (4) 考察

ブロワは常時運転されるため、風量制御方式の差による動力消費量への影響が大きい。大容量機（1,2号）は現状の蝶型弁方式からインレットベーン方式への変更により、有効なCO<sub>2</sub>の削減が可能となる。負荷に応じた風量制御の採用により、さらなる効果も期待される5.5.の5)項の「省エネ型硝化制御システム」を参照願いたい。

#### 4) 省エネルギー型脱水機

##### (1) 設備の現状

A処理場の脱水機は次のとおりである。

形 式	: ベルトプレス脱水機 (3m幅)
電動機出力	: 総合 5.6kw
設置台数	: 22台 (1系列4台×5系列+2台)
稼働時間	: 24h/日

##### (2) 試算条件

既設ベルトプレス脱水機を省エネルギー型脱水機の一例として、金属ろ過式脱水機であるスクリーンプレス脱水機及びロータリープレス脱水機に更新したケースについて試算する。平成 14 年度の汚泥性状などは次のとおりである。また削減効果の試算には予備機は考慮しないものとする。

汚泥発生量	: 4,074 m <sup>3</sup> /日 ※1
汚泥濃度	: 3.8 % ※1
固形物発生量	: 154,812 kg-DS/日

※1 : 平成 14 年度 A処理場の日平均値を採用した。

##### ①脱水機必要台数の算出

##### a) ベルトプレス脱水機 (既設)

$$N = S_0 \div (R \times t \times W)$$

ただし、	N	: 脱水機設置台数	...
	S <sub>0</sub>	: 固形物処理量 (154,812 kg・DS /日)	
	R	: ろ過速度 (150 kg/m・h)	
	T	: 1日あたりの脱水機運転時間(20h/日, 負荷率 80%)	
	W	: ろ布巾 (3m)	

$$N = 154,812 \div (150 \times 20 \times 3) = 17.2 \rightarrow 18 \text{ 台}$$

##### b) スクリュープレス脱水機

脱水機 1 台あたりの処理固形物量の算出は日本下水道事業団標準仕様書による。

$$Q_A = \left( \frac{A}{100} \right)^{2.2} \times Q_{100}$$

ただし、	Q <sub>A</sub>	: スクリーン径 Amm の処理量 (kg-DS/h)
	A	: スクリーン径 (1,200mm)
	Q <sub>100</sub>	: スクリーン径 φ100mm の処理量 (4.4kg-DS/h)

$$Q_A = \left( \frac{1200}{100} \right)^{2.2} \times 4.4$$

$$= 1,041 \text{ kg- DS /h}$$

$$N = S_0 \div (Q_A \times t)$$

ただし、 N : 脱水機設置台数 (台)

$S_0$  : 固形物処理量 (154,812 kg- DS/日)

$Q_A$  : 脱水機 1 台あたりの処理固形物量 (1,041 kg- DS/h)

t : 1 日あたりの脱水機運転時間 (20h/日)

$$N = S_0 \div (Q_A \times t) = 154,812 \div (1,041 \times 20) = 7.43 \rightarrow 8 \text{ 台}$$

c) ロータリープレス脱水機

脱水機 1 台あたりの処理固形物量の算出は下水道新技術推進機構技術資料による。

$$A = S_0 \div (V \times t)$$

ただし、 A : 必要ろ過面積 ( $\text{m}^2$ )

$S_0$  : 固形物処理量 (154,812 kg- DS/日)

V : ろ過速度 ( $120 \text{ kg-DS/m}^2 \cdot \text{h}$ )

t : 1 日あたりの脱水機運転時間 (20h/日)

$$A = 154,812 \div (120 \times 20) = 64.5 \text{ m}^2$$

$$N = A \div (a \times n)$$

ただし、 N : 脱水機設置台数 (台)

a : 1 チャンネルあたりのろ過面積 ( $1.5\text{m}^2$  ( $\phi 1200$  形))

n : 脱水機 1 台あたりのチャンネル数は最大チャンネル数 (6)

$$N = 64.5 \div (1.5 \times 6) = 7.2 \rightarrow 8 \text{ 台}$$

②消費電力集計

表 5. 3. 8 消費電力集計表

機器名称	機器仕様	台数	動力 (kw)	総合 動力 (kw)	稼働時 間 (h/日)	負荷率 (—)	消費電力 (kwh/日)
------	------	----	------------	------------------	-------------------	------------	-----------------

a) ベルトプレス脱水機

ベルトプレス脱水機	3mW	18	5.6	100.8	20	0.7	1,411.2
汚泥供給ポンプ	0.42m <sup>3</sup> /分	18	3.7	66.6	20	0.7	932.4
薬液供給ポンプ	0.25~1.8m <sup>3</sup> /h	18	0.75	13.5	20	0.7	189.0
ろ布洗浄水ポンプ	2.8m <sup>3</sup> /分×70m	4	55	220	20	0.7	3,080.0
高圧ろ布洗浄ポンプ	0.3m <sup>3</sup> /分×240mH	4	30	120	20	0.7	1,680.0
空気圧縮機	2.5Nm <sup>3</sup> /分	2	22	44	10	0.7	308.0
ベルトコンベヤ	600mmW×52m	5	3.7	18.5	20	0.7	259.0
合計		—	—	583.4	—	—	7,860.0

b) スクリュープレス

スクリュープレス脱水機	φ1200mm	8	11.75	94	20	0.7	1,316.0
脱水機油圧ユニット	脱水機付属	8	2.2	17.6	20	0.7	246.6
汚泥供給ポンプ	0.7m <sup>3</sup> /分	8	15	120	20	0.7	1,680.0
薬液供給ポンプ	4.5m <sup>3</sup> /h	8	1.5	12	20	0.7	168.0
ベルトコンベヤ	600mmW×52m	2	3.7	7.4	20	0.7	103.6
洗浄水ポンプ	0.5m <sup>3</sup> /分×30mH	1	5.5	5.5	1	0.7	3.9
合計		—	—	251※4	—	—	3,518.1

c) ロータリープレス

ロータリープレス脱水機	φ1200mm×6ch	8	18.5	148	20	0.7	2,072.0
フロキュレータ	脱水機付属	8	3.7	29.6	20	0.7	414.4
汚泥供給ポンプ	0.7m <sup>3</sup> /分	8	15	120	20	0.7	1,680.0
薬液供給ポンプ	4.5m <sup>3</sup> /h	8	1.5	12	20	0.7	168.0
ベルトコンベヤ	600mmW×52m	2	3.7	7.4	20	0.7	103.6
洗浄水ポンプ	1.3m <sup>3</sup> /分×50mH		18.5	18.5	1	0.7	13.0
合計		—	—	317※4	—	—	4,451.1

※4：断続運転の洗浄水ポンプは加味せず

③総合電力差 (対ベルトプレス脱水機)

a) スクリュープレス 7,860 - 3,518 = 4,342 kwh/日

b) ロータリープレス 7,860 - 4,451 = 3,409 kwh/日

④高分子凝集剤の薬品注入率及び使用量

a) 既設ベルトプレス脱水機薬品注入率 : 0.32%-DS (平成14年度の日平均値)

b) スクリュープレス脱水機薬品注入率 : 0.52%-DS ※

c) ロータリープレス脱水機薬品注入率 : 0.52%-DS ※

※：一般的に金属ろ過脱水機はベルトプレス脱水機と比較し、薬品注入率が高いことから本試算では既設実績値より0.2%高く設定した。

a)既設ベルトプレス脱水機薬品使用量

固形物処理量 154,812 kg-DS /日より、 $154,812 \times 0.32/100 = 495\text{kg/日} \approx 181 \text{ t/年}$

b)その他脱水機薬品使用量

固形物処理量 154,812 kg-DS /日より、 $154,812 \times 0.52/100 = 805\text{kg/日} \approx 294 \text{ t/年}$

高分子凝集剤使用量差  $= 495 - 805 = -310 \text{ kg/日} \approx -113 \text{ t/年}$

(3) 試算結果

①CO<sub>2</sub>削減量

電力及び高分子凝集剤由来によるCO<sub>2</sub>削減量の試算結果を表5.3.9に示す。

表5.3.9 CO<sub>2</sub>削減量

脱水機 更新機種	削減項目	電力使用量,凝集剤 (kwh/日, kg/日)	削減量 (kwh/日, kg/日)	CO <sub>2</sub> 削減量	
				日 (kg-co <sub>2</sub> )	年 (t-co <sub>2</sub> )
ベルトプレス 脱水機	電力使用量	7,860	—	—	—
	高分子凝集剤	495	—	—	—
スクリーブレス 脱水機	電力使用量	3,518	4,342	1,667	608.5
	高分子凝集剤	805	-310	-2,025,540	-739.3
合計		—	—	-2,023,873	-130.8
ロータリープレス 脱水機	電力使用量	4,451	3,409	1,309	477.8
	高分子凝集剤	805	-310	-2,025,540	-739.3
合計		—	—	-2,024,232	-261.5

CO<sub>2</sub>原単位： 電力：0.384kg-CO<sub>2</sub>/kwh、高分子凝集剤：6,534 kg-CO<sub>2</sub>/t

②概算コスト

脱水機本体及び主要補機の機器費の概算コストを次に示す。なお、機器の据付、既設の撤去費は含めない。

a)ベルトプレス脱水設備 : 100%

b)スクリーブレス脱水設備 : 83%

c)ロータリープレス脱水設備 : 89%

(4) 考察

金属ろ過式脱水機の採用はベルトプレス脱水機に比べ、電力由来のCO<sub>2</sub>排出量は削減が可能である。しかし、高分子凝集剤の増加により、トータルとしてCO<sub>2</sub>排出量は増える。A処理場では集約処理による汚泥性状の変動により、試算した薬品注入率がさらに高くなる可能性がある。また、採用にあたっては金属ろ過式以外の脱水機特性も十分把握した上で選定することが望ましい。

## 5) 循環流動炉

### (1) 設備の現状

A処理場汚泥焼却設備の現状について、平成14年度同処理場汚泥処理年報を基に算出した。運転状況などを表5.3.10に、検討対象の各ユーティリティの消費量・N<sub>2</sub>O排出量の実績値・計算値などを表5.3.11に示す。また、表5.3.11の各消費量・排出量から算出した温室効果ガス排出量を表5.3.12にまとめた。

表5.3.10 運転状況

焼却炉名称	処理規模など	運転条件	運転状況	
		焼却炉設計温度(°C)	ケキ処理(t/年)	運転時間(h/年)
1号炉	150t/日乾燥機付	780	4,357	1,279.2
2号炉	180t/日乾燥機付	780	9,898	1,643.3
3号炉	300t/日乾燥機付	800	49,893	4,567.5
4号炉	300t/日直投	800	51,549	4,341.7
5号炉	300t/日直投	850	54,231	4,828.5
合計	—	—	169,928	16,660.2

表5.3.11 温室効果ガス排出量

焼却炉名称	検討対象 消費量・排出量(—/年)					原単位(—/t-ケキ)				
	電力(kwh)	都市ガス(Nm <sup>3</sup> )	重油(1)	灯油(1)	排ガス中N <sub>2</sub> O※1(Kg)	電力(kwh)	都市ガス(Nm <sup>3</sup> )	重油(1)	灯油(1)	排ガス中N <sub>2</sub> O※2(kg)
1号炉	1,177,630	—	108,700	560	9,368	270.3	—	24.9	0.1	2.15
2号炉	1,084,760	—	106,380	65,680	21,281	109.6	—	10.7	6.6	2.15
3号炉	3,847,540	573,170	—	—	81,326	77.1	11.5	—	—	1.63
4号炉	4,216,420	724,340	—	—	84,025	81.8	14.1	—	—	1.63
5号炉	5,282,010	1,150,620	—	—	17,896	97.4	21.2	—	—	0.33
合計	15,608,360	2,448,130	215,080	66,240	213,896	—	—	—	—	—

※1：N<sub>2</sub>Oの排出量は「ケキ処理 t/年×排出原単位」より算出。

※2：N<sub>2</sub>Oの原単位は 排出係数(kg/t-DS)×(1-0.78[ケキ含水率])より算出。

排出係数は第39回 下水道研究発表会講演集のデータを適用。

表 5. 3. 1 2 温室効果ガス排出量

焼却炉 名称	温室効果ガス排出量(t-CO <sub>2</sub> /年)						原単位(kg-CO <sub>2</sub> /-)				
	電力 由来	都市ガス 由来	重油 由来	灯油 由来	N <sub>2</sub> O 由来	合計	電力 (kwh)	都市ガス (Nm <sup>3</sup> )	重油 (l)	灯油 (l)	N <sub>2</sub> O (kg)
1号炉	452	—	293	1	2,904	3,650	0.384	1.9914	2.6977	2.5284	310
2号炉	417	—	287	166	6,597	7,467					
3号炉	1,477	1,141	—	—	25,211	27,829					
4号炉	1,619	1,442	—	—	26,048	29,109			—	—	
5号炉	2,028	2,291	—	—	5,548	9,867			—	—	
合計	5,993	4,874	580	167	66,308	77,922			—	—	

(2) 試算条件

- 汚泥性状 ・ 含水率 : 78%
- ・ 可燃分 : 79%
- ・ 低位発熱量 : 16.3MJ/kg-DS (3,900kcal/kg-DS)

①ケース I

4号炉・5号炉について、現状の運転条件・温度条件などを、循環流動炉の条件に置き換えた場合を想定し削減量を算出する。汚泥処理量は、各号炉の実績値を使用する。具体的な条件は、表5.3.13に示す。

表 5. 3. 1 3 試算条件 ケース I

	現 状		循環流動炉		備考
	4号炉	5号炉	4号炉	5号炉	
燃焼温度 (°C)	800	850	850		※1
空気比	1.5~1.7		1.3		※2
電力 (kwh/t)	81.8	97.4	69.5	82.8	※3
燃料 (Nm <sup>3</sup> /t)	14.1	21.2	16.3	18.0	※4
N <sub>2</sub> O (kg/t)	1.63	0.33	0.33	0.33	※5

- ※1：焼却温度 : 循環流動炉では高温焼却を考慮して、850°Cとする。
- ※2：空気比 : 気泡流動炉は実績などより1.5~1.7、循環流動炉1.3とする。
- ※3：電力量 : 循環流動炉の流動ブロワは気泡流動炉の70%動力とし、全体では現状より、15%減とする。
- ※4：燃料 : 循環流動炉では空気比が低減するため、現状より、15%減とし、4号炉では高温焼却での試算値から15%増とする。
- ※5：N<sub>2</sub>O : 循環流動炉では燃焼温度を850°Cとするため、4号炉の排出量は低減する。

②ケースⅡ

300t/日の循環流動炉を、年間稼働率80%で運転した場合(即ち、年間運転日数292日、年間処理量87,600t)を想定した温室効果ガス発生量を試算する。具体的な条件は、表5.3.14に示す。

表 5. 3. 14 試算条件 ケースⅡ

	循環流動炉	備考
燃焼温度(°C)	850	※1
空気比	1.3	※2
電力(kwh/t)	58.2	※3
燃料(Nm <sup>3</sup> /t)	18.0	※4
N <sub>2</sub> O(kg/t)	0.33	※5

※1：焼却温度： 循環流動炉では高温焼却を考慮して、850°Cとする。

※2：空気比： 循環流動炉1.3とする。

※3：電力量： 平成14年度報告書(中間報告)の数値を採用。

※4：燃料： ケースⅠの5号炉の数値を採用。

※5：N<sub>2</sub>O： 850°Cでの数値とする。

(3) 試算結果

①ケースⅠ

試算結果は表5.3.15及び表5.3.16に示す。

表 5. 3. 15 各種消費量・排出量 ケースⅠ

	現 状		循環流動炉		備考
	4号炉	5号炉	4号炉	5号炉	
電力(kwh/年)	4,216,420	5,282,010	3,582,656	4,490,327	
燃料(Nm <sup>3</sup> /年)	724,340	1,150,620	840,249	976,158	
N <sub>2</sub> O(kg/年)	84,025	17,896	17,011	17,896	

表 5. 3. 16 温室効果ガス排出量 ケースⅠ (t-CO<sub>2</sub>/年)

	現 状		循環流動炉		削減量	備考
	4号炉	5号炉	4号炉	5号炉		
電力由来	1,619	2,028	1,376	1,724	547	
燃料由来	1,442	2,291	1,673	1,944	116	
N <sub>2</sub> O由来	26,048	5,548	5,273	5,548	20,755	
合 計	29,109	9,867	8,322	9,216	21,438	

すなわち、年間21,438 t-CO<sub>2</sub>の削減が可能である。

②ケースⅡ

試算結果は表 5. 3. 17 及び表 5. 4. 18 に示す。

表 5. 3. 17 各種消費量・排出量 ケースⅡ

	循環流動炉
電力 (kwh/年)	5,098,320
燃料 (Nm <sup>3</sup> /年)	1,576,800
N <sub>2</sub> O (kg/年)	28,908

表 5. 3. 18 温室効果ガス排出量 ケースⅡ (t-CO<sub>2</sub>/年)

	温室効果ガス 排出量
電力由来	1,958
燃料由来	3,140
N <sub>2</sub> O 由来	8,961
合 計	14,059

すなわち、年間 14,059 t-CO<sub>2</sub> の温室効果ガスを排出する。

(4) 考察

建設費は、入り(汚泥条件)・出(排ガス、他公害防止条件など)が同条件であれば従来型の気泡流動炉と同等と考えられる。温室効果ガス削減の観点以外にも、脱水汚泥の高カロリー化・低含水率化の傾向のなかで、循環流動炉の特徴を生かせる場面が多くなると考えられるため、増設・更新の機を捉えて導入を検討する。

現在、循環流動炉は数基が建設、運転されており、特に大きなトラブルが発生したなどの情報はないが、導入検討にあたっては次の点を考慮する必要がある。

- ①現在稼働中の循環流動炉の運転データ・トラブル情報収集し、反映させること。
- ②現状の最大炉規模は、稼働中のものが 110t/日、建設中のものが 200 t/日であり、300 t/日規模の実績はないことからスケールアップに関する検討が必要である。

## 6) 雨水ポンプ駆動用ガスタービン

### (1) 設備の現状

雨水ポンプは電動機駆動6台とディーゼル駆動6台で構成されている(表5.3.1参照)。平成14年度の運転実績(表5.3.2参照)によれば、主にディーゼル駆動機が運用され、その平均運転時間は約29時間/年となっている。

### (2) 試算条件

雨水ポンプガスタービン駆動化を設備の無水化(冷却水、潤滑水の廃止)の観点から試算する。

### (3) 試算結果

雨水ポンプの冷却、潤滑水量と消費電力量は各々表5.3.2、表5.3.3から $(1,311+159)$  kWh $\times 0.384$ kg-CO<sub>2</sub>/kWh= 0.6t-CO<sub>2</sub>/年削減する。雨水ポンプは年間運転時間が短く冷却水用の電力量も少ない。したがって、A処理場では無水化の観点からのガスタービンの採用は難しい。

### (4) 考察

A処理場では雨水ポンプ用冷却水量削減のため、二重蛇管クーラ(排出雨水を用いた冷却水の熱交換システム)採用などの施策が実施されており、雨水排水ポンプの容量と比較して冷却水の使用量は少ない。ガスタービンの採用は第3章に述べたように総合的な視点からの検討が望まれる。

## 5. 4 省エネルギー機器の採用（電気設備）

省エネルギー機器の採用（電気設備）は、1)「省エネルギー型照明器具」2)「LEDランプ」3)「高効率変圧器」4)「高効率電動機」についてケース・スタディをしました。「液晶ディスプレイ」はディスプレイ装置のみを液晶化した場合は表示サイズが縮小して視認性が低下するので、また、「既設大型電動機の高効率化」は劣化が進んでいないために省略した。

### 1) 省エネルギー型照明器具

#### (1) 設備の現状

A処理場管理棟内の事務室内照明設備（電子スタート式を除く）では蛍光灯（40w-2灯用）に蛍光灯ダミー管1本を適用させることで省エネルギーを実践している。現状は表5. 4. 1及び表5. 4. 1に示すように管理棟照明設備には省エネルギー型照明器具（超高周波インバータ安定器）は設置されていない。

#### (2) 試算条件

- ①試算対象範囲は管理棟内照明設備で使用される照明器具の全てを対象とする。
- ②省エネルギー型照明器具（超高周波インバータ安定器）の導入効果は消費電力、CO<sub>2</sub>排出量とともに一律で導入前の約33%が削減できるものとする。
- ③管理棟照明設備仕様を表5. 4. 1及び表5. 4. 2に示す。
- ④照明設備の年間使用時間は、3,000時間と想定する。

#### (3) 試算結果

試算結果を表5. 4. 3に示す。

表5. 4. 3 従来型と省エネルギー型照明設備の消費電力費及びCO<sub>2</sub>排出量の試算結果

	年間消費電力 (kwh)	年間電力費 (千円)	年間CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> )
従来型	231,915	2,067	89.0
省エネ型	155,382	1,385	59.6
差	76,533	682	29.4

- ①年間電力削減量 : 76,533kwh
- ②年間CO<sub>2</sub>排出削減量 : 29.4t-CO<sub>2</sub>/年
- ③概算コスト

40w-2灯用の超高周波インバータ安定器は約15千円程度であり、従来型安定器の約半額程度とすると、約960台相当の安定器差額分相当として、約7,200千円のインシヤルコストがかかる。

#### (4) 考察

概算コストの回収は、上記試算結果から約10.6年となる。試算上では、管理棟内照明装置全数に超高周波インバータ安定器を適用する前提としているが、年間使用時間数の多い事務室内照明設備に限定した適用によって対費用効果はより高まると考えられる。

表5. 4. 1 管理棟照明設備仕様

ロケーション		導入前				導入後		
		器具型式	消費電力 (w/灯)	灯数	数量	消費電力 (w)	削減率 (%)	消費電力 (w)
地下1階	空調機械室	H42	40	2	10	800	33	536
	工作室	P41	40	1	5	200	33	134
		P41B	40	1	3	120	33	80
	電気室	H42	40	2	2	160	33	107
		P41	40	1	4	160	33	107
		P41B	40	1	4	160	33	107
		H42G	40	2	4	320	33	214
	配管室	H42	40	2	5	400	33	268
		H42B	40	2	5	400	33	268
	管廊他	P41	40	1	12	480	33	322
		H41A	40	1	2	80	33	54
		N21	20	1	1	20	33	13
		H42	40	2	3	240	33	161
		H42B	40	2	5	400	33	268
		V31B	30	1	2	60	33	40
		U1	10	1	1	10	33	7
	1階	ホール	Y10	100	1	57	5,700	33
		Y10B	140	1	11	1,540	33	1,032
		C26	20	6	10	1,200	33	804
		W41	40	1	1	40	33	27
		E41B	40	1	1	40	33	27
		G41	40	1	1	40	33	27
		T1	10	1	1	10	33	7
会議室他		D42	40	2	31	2,480	33	1,662
		D42B	40	2	5	400	33	268
発電機室		I42	40	2	8	640	33	429
		H42G	40	2	26	2,080	33	1,394
		K42	40	2	2	160	33	107
		W41	40	1	2	80	33	54
空調機械室		H41	40	1	4	160	33	107
電話交換機室		J41	40	1	2	80	33	54
脱衣室・浴室		P42WP	40	2	4	320	33	214
		D42	40	2	1	80	33	54
		D42B	40	2	1	80	33	54
湯沸室他		H41A	40	1	1	40	33	27
		D42	40	2	4	320	33	214
		D42B	40	2	1	80	33	54
		N21	20	1	4	80	33	54
		E41	40	1	1	40	33	27
	Z1	15	1	1	15	33	10	
2階	水質実験室他	D42	40	2	32	2,560	33	-81,920
		D42B	40	2	4	320	33	-10,240
		D43	40	3	40	4,800	33	-153,600
		D43B	40	3	6	720	33	-23,040
		41B	40	1	3	120	33	-3,840
		E41	40	1	8	320	33	-10,240
		E41B	40	1	5	200	33	-6,400
		O41	40	1	4	160	33	-5,120
		W41B	40	1	1	40	33	-1,280
	空調機械室	H41	40	1	6	240	33	-7,680
	湯沸室他	H41A	40	1	1	40	33	-1,280
		D42	40	2	4	320	33	-10,240
		E41	40	1	2	80	33	-2,560
		E41B	40	1	1	40	33	-1,280
		N21	20	1	4	80	33	-2,560
		Z1	15	1	1	15	33	-480
		T2P	10	1	1	10	33	-320
補機スペース他	H42G	40	2	16	1,280	33	-40,960	
	W41	40	1	2	80	33	-2,560	
	T1	10	1	1	10	33	-320	

表5. 4. 2 管理棟照明設備仕様

ロケーション		導入前					導入後		
		器具型式	消費電力 (w/灯)	灯数	数量	消費電力 (w)	削減率 (%)	消費電力 (w)	
3階	監視盤室	D42	40	2	104	8,320	33	5,574	
		D42B	40	2	14	1,120	33	750	
		Y10	100	1	24	2,400	33	1,608	
		E41	40	1	12	480	33	322	
		E41B	40	1	5	200	33	134	
	電子計算機室	D42	40	2	34	2,720	33	1,822	
		D42B	40	2	6	480	33	322	
		Y10	100	1	9	900	33	603	
		W41	40	1	2	80	33	54	
		T1	10	1	1	10	33	7	
		H41	40	1	2	80	33	54	
		電気室	I42	40	2	8	640	33	429
	休憩室他	E41	40	1	6	240	33	161	
		Q2B	20	1	2	40	33	27	
		M24	20	4	6	480	33	322	
	空調機械室	H41	40	1	6	240	33	161	
	厨房他	H42WP	40	2	3	240	33	161	
		D42	40	2	2	160	33	107	
		N21	20	1	2	40	33	27	
		Z1	15	1	1	15	33	10	
	V31B	30	1	1	30	33	20		
	E41B	40	1	1	40	33	27		
	T2P	10	1	1	10	33	7		
4階	事務室他	D42	40	2	104	8,320	33	5,574	
		D42B	40	2	16	1,280	33	858	
	会議室	D42	40	2	34	2,720	33	1,822	
		D42B	40	2	6	480	33	322	
		W41	40	1	2	80	33	54	
		E41	40	1	7	280	33	188	
		E41B	40	1	7	280	33	188	
	空調機械室	I41	40	1	6	240	33	161	
	図面倉庫他	I42	40	2	6	480	33	322	
	湯沸室他	D42	40	2	4	320	33	214	
		E41	40	1	5	200	33	134	
		E41B	40	1	1	40	33	27	
		H41A	40	1	1	40	33	27	
		G41	40	1	3	120	33	80	
		V31B	30	1	1	30	33	20	
		N21	20	1	4	80	33	54	
		Z1	15	1	1	15	33	10	
		T2P	10	1	1	10	33	7	
	5階	見学者説明室他	D42	40	2	65	5,200	33	3,484
			D42B	40	2	8	640	33	429
脱衣室		D42	40	2	37	2,960	33	1,983	
		D42B	40	2	6	480	33	322	
		W41	40	1	2	80	33	54	
空調機械室		H41	40	1	6	240	33	161	
厚生室		M24	20	4	4	320	33	214	
		Q6	60	1	11	660	33	442	
		Q2B	20	1	3	60	33	40	
湯沸室他		D42	40	2	4	320	33	214	
		E41	40	1	5	200	33	134	
		E41B	40	1	1	40	33	27	
		H41A	40	1	1	40	33	27	
		V31B	30	1	1	30	33	20	
		N21	20	1	4	80	33	54	
		Z1	15	1	1	15	33	10	
		T2P	10	1	1	10	33	7	
6階		空調機械室他	H42	40	2	4	320	33	214
			H41	40	1	4	160	33	107
			H41A	40	1	1	40	33	27
		H41MP	40	1	5	200	33	134	
		G41B	40	1	2	80	33	54	
合計	—	—	—	—	77,305	—	51,794		

## 2) LEDランプ

### (1) 設備の現状

A処理場の配電盤に使用される表示灯は、配電盤の設置時期によって白熱灯を使用したもの、LEDランプを使用したものが併存している。高低圧配電盤、監視操作盤、手元操作盤などの盤類を総じて配電盤という。表5.4.4に現在の配電盤の表示灯を示す。

表5.4.4 配電盤の表示灯

ロケーション	配電盤種類	全体面数	導入前			導入後	
			消費電力 (w/ 個)	個数 (個)	消費電力 (w)	消費電力 (w/ 個)	消費電力 (w)
特高変電所	集合操作盤	1	2	50	100	0.5	25
ポンプ棟	高压配電盤	43	2	2	172	0.5	43
	低压配電盤	23	2	10	460	0.5	115
	計装盤	4	2	50	400	0.5	100
	C/C	51	2	15	1,530	0.5	383
	手元盤	94	2	10	1,880	0.5	470
ブロー棟	高压配電盤	14	2	2	56	0.5	14
	低压配電盤	5	2	10	100	0.5	25
	計装盤	2	2	50	200	0.5	50
	C/C	26	2	15	780	0.5	195
	手元盤	40	2	10	800	0.5	200
管理棟	高压配電盤	27	2	2	108	0.5	27
	低压配電盤	12	2	10	240	0.5	60
	計装盤	4	2	50	400	0.5	100
	監視盤	8	2	50	800	0.5	200
	操作卓	8	2	50	800	0.5	200
A系水処理	手元盤	16	2	10	320	0.5	80
	高压配電盤	9	2	2	36	0.5	9
	低压配電盤	7	2	10	140	0.5	35
	計装盤	9	2	50	900	0.5	225
	C/C	78	2	15	2,340	0.5	585
B系水処理	手元盤	112	2	10	2,240	0.5	560
	高压配電盤	13	2	2	52	0.5	13
	低压配電盤	9	2	10	180	0.5	45
	計装盤	1	2	50	100	0.5	25
	C/C	27	2	15	810	0.5	203
砂ろ過棟	手元盤	75	2	10	1,500	0.5	375
	高压配電盤	2	2	2	8	0.5	2
	低压配電盤	4	2	10	80	0.5	20
	計装盤	2	2	50	200	0.5	50
	C/C	8	2	15	240	0.5	60
汚泥処理棟 (焼却ヤード含む)	手元盤	17	2	10	340	0.5	85
	高压配電盤	38	2	2	152	0.5	38
	低压配電盤	19	2	10	380	0.5	95
	計装盤	13	2	50	1,300	0.5	325
	C/C	163	2	15	4,890	0.5	1,223
合計	監視盤	7	2	50	700	0.5	175
	操作卓	3	2	50	300	0.5	75
	手元盤	240	2	10	4,800	0.5	1,200
合計			—	—	30,834	—	7,709

※：C/C：コントローセンター

## (2) 試算条件

①試算対象範囲は、A処理場内の配電盤の全てを対象とする。

白熱灯を使用する配電盤は全体の約50%と想定する。

②白熱灯の消費電力は約2w、LEDランプの消費電力は約0.5wとする。

③表示灯の年間使用時間は、年間点灯率50%と想定する。

④配電盤種類毎の表示灯使用個数は次のとおりと想定する。

高圧配電盤 : 2個/面

低圧配電盤 : 10個/面

計装盤 : 50個/面

C/C : 15個/面

手元盤 : 10個/面

集合操作盤 : 50個/面

監視盤 : 50個/面

操作卓 : 50個/面

## (3) 試算結果

試算結果を表5.4.5に示す。

表5.4.5 白熱ランプとLEDランプの消費電力費及びCO<sub>2</sub>排出量の試算結果

	年間消費電力 (kwh)	年間電力費 (千円)	年間CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> )
白熱灯	67,526	602	25.9
LEDランプ	16,882	150	6.4
差	50,644	452	19.5

①年間電力削減量 : 50,644kwh

②年間CO<sub>2</sub>排出量削減量 : 19.5t-CO<sub>2</sub>

## (4) 考察

A処理場におけるLEDランプの概算コストは、ランプ1個当たり約500円～数千円程度とすると、対象個数を約7,700個として約4,000千円となる。

なお、既設ランプと同形状のLEDランプが無い場合は、表示灯自体の毎交換となり、概算コストは若干大きくなる。

### 3) 高効率変圧器

#### (1) 設備の現状

A処理場の特高変圧器、高圧変圧器は特高変電室及び各高圧配電盤室に配置されている。設置状況は表5. 4. 6のとおりである。使用されている変圧器は、油入式変圧器が多く、また設置後約15～20年が経過している。なお、近年設置されたものには、モールド式変圧器が使用されているが、高効率変圧器は採用されていない。

表5. 4. 6 特高変圧器・高圧変圧器仕様

ロケーション	名称	相数	電圧 (V)	容量 (kVA)	形式	導入前			導入後		
						60%負荷時 負荷損 (kw)	無負荷損 (kw)	全損失 (kw)	60%負荷時 負荷損 (kw)	無負荷損 (kw)	全損失 (kw)
特高変電室	主変圧器1	3	63,000	23,000	油入	62.1	16.9	79	28.08	10	38.08
特高変電室	主変圧器2	3	63,000	23,000	油入	62.1	16.5	78.6	28.08	10	38.08
特高変電室	所内動力	3	6,300	75	油入	0.44	0.437	0.877	0.27	0.26	0.53
本館	発電機補機	3	6,300	500	油入	2.17	1.26	3.43	1.27	0.9	2.17
本館	低圧動力1	3	6,300	500	油入	2.17	1.26	3.43	1.27	0.9	2.17
本館	低圧動力2	3	6,300	300	油入	1.51	1.3	2.81	0.74	0.67	1.41
本館	低圧動力3	3	6,300	300	油入	1.51	1.3	2.81	0.74	0.67	1.41
本館	低圧電灯1	1	6,300	100	油入	0.55	0.47	1.02	0.28	0.23	0.51
本館	低圧電灯2	1	6,300	100	油入	0.55	0.47	1.02	0.28	0.23	0.51
ポンプ棟	逆変換	3	6,300	1,100	乾式	2.2	1.42	3.62	2.03	1.43	3.46
ポンプ棟	建物動力	3	6,300	200	油入	1.17	0.732	1.902	0.61	0.3	0.91
ポンプ棟	建物照明	1	6,300	150	油入	0.76	0.624	1.384	0.41	0.27	0.68
ポンプ棟	所内動力1	3	6,300	1,000	油入	4.35	1.96	6.31	2.03	1.43	3.46
ポンプ棟	所内動力2	3	6,300	1,000	油入	4.36	1.88	6.24	2.03	1.43	3.46
ポンプ棟	消毒動力	3	6,300	750	油入	2.93	1.27	4.2	1.81	1.14	2.95
ブロウ棟	所内動力	3	6,300	500	油入	2.42	1.36	3.78	1.27	0.9	2.17
ブロウ棟	照明	1	6,300	500	油入	2.19	1.419	3.609	1	0.85	1.85
ブロウ棟	電力貯蔵連系1	3	6,300	1,340	モールド	4.2	3.2	7.4	2.69	2.04	4.73
ブロウ棟	電力貯蔵補機1	3	6,300	200	モールド	1.08	0.93	2.01	0.61	0.3	0.91
ブロウ棟	電力貯蔵連系2	3	6,300	1,340	モールド	4.24	3.36	7.6	2.69	2.04	4.73
ブロウ棟	電力貯蔵補機2	3	6,300	200	モールド	1.07	0.83	1.9	0.61	0.3	0.91
ブロウ棟	電力貯蔵連系2	3	6,300	540	モールド	2.37	1.52	3.89	1.81	1.14	2.95
ブロウ棟	電力貯蔵補機3	3	6,300	75	モールド	0.5	0.38	0.88	0.27	0.26	0.53
砂ろ過棟	所内動力	3	6,300	500	油入	2.29	1.25	3.54	1.27	0.9	2.17
A系水処理	所内動力1	3	6,300	750	油入	3.38	1.84	5.22	1.81	1.14	2.95
A系水処理	所内動力2	3	6,300	750	油入	3.24	2.1	5.34	1.81	1.14	2.95
A系水処理	照明	1	6,300	200	油入	0.98	0.84	1.82	0.61	0.3	0.91
B系水処理	所内動力	3	6,300	1,000	油入	3.84	2.56	6.4	2.03	1.43	3.46
B系水処理	建物動力	3	6,300	500	油入	2	1.48	3.48	1.27	0.9	2.17
B系水処理	照明	1	6,300	200	油入	0.94	0.47	1.41	0		0
汚泥処理棟	脱水動力1	3	6,300	1,500	油入	6.48	2.32	8.8	2.69	2.04	4.73
汚泥処理棟	制御計装	3	6,300	400	油入	1.8	1.47	3.27	1.27	0.9	2.17
汚泥処理棟	建物電灯	1	6,300	300	油入	1.63	0.98	2.61	0.76	0.42	1.18
汚泥処理棟	遠心濃縮設備1	3	6,300	2,000	油入	6.93	2.29	9.22	3.8	2.61	6.41
汚泥処理棟	遠心濃縮動力1	3	6,300	1,000	油入	3.71	1.61	5.32	2.03	1.43	3.46
汚泥処理棟	濃縮槽動力	3	6,300	750	油入	3.51	1.7	5.21	1.81	1.14	2.95
汚泥処理棟	古紙添加動力	3	6,300	300	油入	1.27	1.06	2.33	0.74	0.67	1.41
汚泥処理棟	炉動力1(休止中)	3	6,300	1,000	油入	3.84	1.62	5.46	2.03	1.43	3.46
汚泥処理棟	炉動力2	3	6,300	1,500	油入	5.52	1.85	7.37	2.69	2.04	4.73
汚泥処理棟	炉動力3	3	6,300	1,500	油入	5.35	1.75	7.1	2.69	2.04	4.73
汚泥処理棟	炉動力4	3	6,300	1,500	油入	5.19	1.91	7.1	2.69	2.04	4.73
焼却炉5号	炉動力5	3	6,300	1,000	モールド	4.17	2.53	6.7	2.03	1.43	3.46
	合計	—	—	—	—	—	—	325.42	—	—	176.6

(2) 試算条件

- ①試算対象範囲は、A処理場内の特高変圧器及び高圧変圧器の全てを対象とする。
- ②特高変電室内の主変圧器を除く 2,000kVA 以下の変圧器については、モールド型高効率変圧器を適用するものと想定する。
- ③各変圧器の年間運転時間は、年間連続運転とし 8,760 時間と想定する。
- ④各変圧器の年間平均負荷率は 60%と想定する。

(3) 試算結果

試算結果を表 5. 4. 7 に示す。

表 5. 4. 7 従来型と高効率変圧器の消費電力費及び CO<sub>2</sub> 排出量の試算結果

	年間消費電力 (kwh)	年間電力費 (千円)	年間CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> )
従来型	2,850,679	25,419	1,094.6
高効率型	1,547,016	13,794	594.0
差	1,303,663	11,625	500.6

- ①年間電力削減量 : 1,303,663 kwh
- ②年間CO<sub>2</sub>削減量 : 500.6t-CO<sub>2</sub>/年
- ③概算コスト : 約29,000千円 (1000kVA変圧器 1 台)

(4) 考察

現状設備の多くを占める 500kVA から 2,000kVA までの高圧変圧器でモールド型高効率変圧器を導入した場合、標準変圧器コストの 130~200%程度となる。ここでは一例としてポンプ棟所内動力 1 号 1,000kVA 変圧器での導入コストと回収期間について試算する。

- ①年間電力削減量 : 約 24,966 kwh/年
- ②年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量 : 約 9.6t-CO<sub>2</sub>/年
- ③概算コスト : 約 29,000千円
- ④回収期間 : 約 130 年

上記試算結果から回収期間が非常に長くなり、現段階ではコスト的な導入効果は低いため、現状設備の更新時期に合わせて環境負荷低減効果からの導入を検討するのが良いと考えられる。

なお、設備更新計画時には寸法、重量条件などを踏まえた適用検討が必要となる。

#### 4) 高効率電動機

##### (1) 設備の現状

A処理場の汚水ポンプ、雨水ポンプ及びブロワ用各大型電動機の仕様は表5.4.8のとおりである。現状設備の大型高圧電動機は、非常に効率が低いものが採用されている。

表5.4.8 主ポンプ・ブロワ電動機の仕様

電動機名称	電圧 (V)	容量 (kw)	極数 (P)	形式	年間運転時間 (h)	導入前		導入後		年間電力削減量 (kwh)
						効率 (%)	損失 (kw)	効率 (%)	損失 (kw)	
汚水ポンプ1号	6,000	1,000	10	巻線型	3610.50	94.5	55.00	94.7	53.00	7,221.00
汚水ポンプ2号	6,000	2,300	16	巻線型	195.50	94.5	126.50	95.0	115.00	2,248.25
汚水ポンプ3号	6,000	2,300	16	巻線型	3732.50	94.5	126.50	95.0	115.00	42,923.75
汚水ポンプ6号	6,000	2,000	16	巻線型	495.00	95.1	98.00	95.3	94.00	1,980.00
汚水ポンプ7号	6,000	2,000	16	巻線型	1150.25	94.3	114.00	95.3	94.00	23,005.00
汚水ポンプ8号	6,000	2,000	16	巻線型	1818.65	94.7	106.00	95.3	94.00	21,823.80
雨水ポンプ1号	6,000	1,600	20	巻線型	6.27	93.5	104.00	94.0	96.00	50.16
雨水ポンプ2号	6,000	1,600	20	巻線型	5.55	93.7	100.80	94.0	96.00	26.64
雨水ポンプ3号	6,000	1,600	20	巻線型	5.08	93.6	102.40	94.0	96.00	32.51
雨水ポンプ4号	6,000	1,600	20	巻線型	3.40	93.6	102.40	94.0	96.00	21.76
雨水ポンプ5号	6,000	1,600	20	巻線型	4.02	93.6	102.40	94.0	96.00	25.73
雨水ポンプ6号	6,000	1,600	20	巻線型	1.83	93.6	102.40	94.0	96.00	11.71
ブロワ1号	6,000	940	2	巻線型	6417.00	95.2	45.12	95.5	42.30	18,095.94
ブロワ2号	6,000	940	2	巻線型	6608.00	95.2	45.12	95.5	42.30	18,634.56
ブロワ3号	6,000	810	2	巻線型	2104.00	94.0	48.60	95.0	40.50	17,042.40
ブロワ4号	6,000	810	2	巻線型	2324.00	94.0	48.60	95.0	40.50	18,824.40
合計						-	1,428	-	1,307	171,968

##### (2) 試算条件

①対象範囲は、A処理場の汚水ポンプ、雨水ポンプ、及びブロワに使用されている大型高圧電動機とする。

②各電動機の年間運転時間は、平成14年度年報による。

##### (3) 試算結果

試算結果を表5.4.9に示す。

表5.4.9 従来型と高効率電動機の消費電力費及びCO<sub>2</sub>排出量の試算結果

	年間消費電力 (kwh)	年間電力費 (千円)	年間- CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> )
従来型	1,873,453	16,709	719.4
高効率型	1,701,485	15,176	653.4
差	171,968	1,534	66.0

①年間電力削減量 : 171,968kwh

②年間CO<sub>2</sub>削減量 : 66 t-CO<sub>2</sub>/年

##### (4) 考察

既設の大型高圧電動機は、効率が低いものを採用しているため、さらなる高効率化を図っても1%未満の改善に止まる。したがって、概算コストの回収期間が非常に長くなり、設備更新時期に合わせて高効率化を検討することが良いと考える。

## 5. 5 省エネルギー管理システムの導入

省エネルギー管理システムの導入は、1)「電動機容量の最適化（ブロワ）」2)「電動機容量の最適化（ポンプ）」3)「個別負荷電力使用量の計測化」4)「事務所等へのESCO事業の導入」5)「省エネ型硝化制御システムの検討」6)「主ポンプの速度制御化」7)「メンブレンパネル式散気装置の導入」8)「マイクロフィルタの導入」についてケース・スタディをした。

「変圧器の最適化」についてはA処理場では処理計画水量で容量計算がされていること及び設置後20年を経過していますので、検討外とした。「汚泥焼却燃料の重油から都市ガスへの転換」は既に実施されていますので省略した。

### 1) 電動機容量の最適化（ブロワ）

#### (1) 設備の現状

ブロワ仕様は前述の表5. 3. 6による。

#### (2) 試算条件

第3章では散気装置の没水深さを浅くする方法により、電動機容量に与える影響を評価した。A処理場では散気装置の構造上、単に没水深度を浅くすると曝気性能が低下すると想定されるので同手法での検討は行わない。ただし、散気装置としてメンブレンパネル方式を採用する場合は没水深度が浅くなるので試算条件、結果については後述の5. 5の7)項の「メンブレンパネル式散気装置の導入」を参照願いたい。

#### (3) 試算結果

後述の5. 5の7)項を参照願いたい。

#### (4) 考察

ブロワ及び駆動用電動機の容量及び台数は散気装置の構造及び制御方式により大きく異なる。5. 3の3)項の「インレットベーン付高効率ブロワ」5. 5の5)項の「省エネ型硝化制御システム」5. 5の7)項の「メンブレンパネル式散気装置の導入」も併せて参照願いたい。

## 2) 電動機容量の最適化 (ポンプ)

### (1) 設備の現状

節電活動の一環として、晴天時にはポンプ井の高水位運転をおこなっていて、雨が予測される場合は計画水位にて運転して管渠内水位を下げて管内貯留による雨水放流の低減などの工夫を行っている。主ポンプ仕様は表 5. 3. 1、運転実績は表 5. 3. 2 による。

### (2) 試算条件

ポンプ駆動用電動機の容量は、計画時に将来想定される管路抵抗の変化に対し若干の余裕を加えた全揚程を基に決定される。余裕率の最適化は本来新設時に検討すべきであるが、ここでは運転実績から推定されるポンプ運転点が、最高効率点からずれていることに着目し、羽根車外径をカットして平均運転点を最高効率点に近づけることによる省エネ効果を評価する。試算は固定速運転の汚水ポンプ 6 号を例とした。

### (3) 試算結果

汚水ポンプの平均運転点は、実測動力使用量と理論動力量（仕様点動力値×運転時間）の比から動力が理論値の約 90% となる過大流量と推定される（図 5. 5. 1）。羽根外径カット（7%）で、平均運転点流量をほぼ仕様点流量とすることにより効率の回復が得られる。

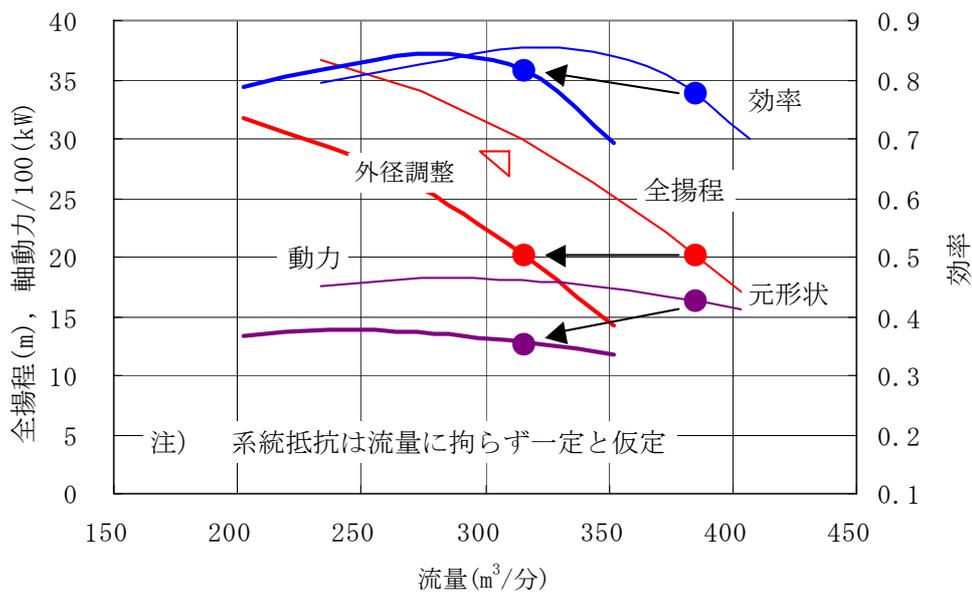


図 5. 5. 1 汚水 6 号機羽根外径調整時の特性

表 5. 5. 1 羽根車外径調整による動力量の削減

	流量 (m <sup>3</sup> /分)	全揚程 (m)	効 率 (%)	動 力 (kw)	運転時間 (h)	電力量 (kwh)
現 状	385.3	20.16	77.7	1,623	495	806,605
羽根外径調整	315.9	20.16	81.4	1,261	604	770,265

①年間 CO<sub>2</sub>排出削減量

$(0.807-0.770) \times 10^6 \text{ kWh} \times 0.384 \text{ kg-CO}_2/\text{kWh} = 14,208 \text{ kg-CO}_2/\text{kWh} \approx 14.2 \text{ t-CO}_2/\text{年}$

②概算コスト

羽根外径調整費用 : 約 2,000 千円

ただし、工場持込定期整備の一環として実施、分解据付費、運賃などは含まない。

(4) 考察

羽根車の外径調整は実効を得やすい施策であるが、導入に際しては将来の運用計画、実際の運転点の確認などを行い、定期整備作業の一環としての実施が望ましい。ただし、計画水位、排水位において計画汚水量が揚水できることを前提に検討する必要がある。

なお、雨水ポンプは短時間の排水を目的とするので、羽根外径カットによる動力削減の概念は適用されない。

### 3) 個別負荷電力使用量の計測化

#### (1) 設備の現状

省エネルギー法では、事業所において、設備単位のきめ細かいエネルギー管理を徹底し、エネルギー消費原単位で年1%以上の削減目標を立て、計画的な省エネルギー活動を行うことを規定している。

A処理場においては、受電総電力量と各施設毎の施設電力量の管理を行っており、また力率管理などの電力使用の効率化も実施されている。電力量の計測の面では、主ポンプや送風機などの主要な大型機器では個別の電力計測を行っているが、照明やエアコンなどの建屋に付帯する設備では、機器個々の電力計測は行われていない。

表 5. 5. 2 A処理場年間電力使用状況 (平成 14 年度)

総使用電力量 (kwh)	使用内訳				
	主ポンプ (kwh)	水処理 (kwh)	諸機械照明他 (kwh)	その他設備 (kwh)	汚泥処理 (kwh)
70,759,360	15,130,000	20,823,300	3,939,120	3,813,190	27,053,170

#### (2) 試算条件

使用電力計測システムを導入しただけではエネルギー消費は改善できない。また計測による省エネルギー活動は次のように実施される。

- ①計測されたデータの管理、分析を実施することにより現状を把握する。
- ②改善計画を立案する。
- ③改善策の実行する。
- ④改善効果の評価を実施する。

以上の実施項目を一連のサイクルとして継続していくことが必要となる。そのために省エネルギー対象負荷ごとのエネルギーを計測し、月・日・時間単位のトレンド分析、エネルギー原単位管理を行うことが重要となる。

#### (3) 試算結果

短期的には、無駄な照明の消灯・夏季のエアコンの使用電力を削減することができる。また中長期的には、本書で検討された省エネルギー技術を導入した際の検証に役立たせることができる。さらに長期的には蓄積したデータの統計処理・モデル化・シミュレートを行い、建物や空調の改修などに活用することができると考えられる。A処理場におけるこれらの目的のために必要とする計測個所について、表 5. 5. 3 に示す。

表 5. 5. 3 A処理場本館での個別使用電力の計測個所例

分電盤	動力	照明	コンセント	備考
L-1		○一括		玄関ホール
P1-1	○空調機			
P1-2				発電機室
L-2		○個別	○個別	水質実験室
L-2-1		○個別	○個別	特殊実験室
P2-1	○空調機			
P2-2	○一括			ドラフトチャンバー、スクラバー

L-3		○個別	○個別	監視室
P3-1	○空調機			2台個別監視
P3-2	○空調機			
L-4		○個別	○個別	事務室
P4-1	○空調機			2台個別監視
L-5		○一括		見学者室
P5-1	○空調機			2台個別監視
P6-1	○冷凍機			2台個別監視
P6-2				排気ファン
P6-3				排煙ファン
L-B1		○一括		
PB-1				排水ポンプ
PB-2				揚水ポンプ、給排気ファン
同上		○		ボイラ
PB-3				消火栓ポンプ、給排気ファン

ただし、個別計測については、各分電盤のスペースを勘案し、重要計測個所を選択するなど計測機器の取付けの費用が膨らみすぎないように留意すべきである。各電気室や管廊など一般人の出入りがない個所については、設備一括で計測することとし、照明変圧器電力量の計測信号をそのまま流用する。なお、L-2、L-2-1、L-3、L-4は個別確認となっている。

#### (4) 考察

建屋付帯の配電盤には通常測定用の変成器・変換器は取り付けられていない。したがって、建屋付帯の個々フィーダーの電力量を測定するには、各建屋付帯配電盤の更新が必要となる。ただし、これらの配電盤の更新時期に合わせて導入を行っていけば、概算コストとしては、管理用サーバー機及びクライアントとシステム構築費のみを考慮すればよい。

#### 4) 事務所等への ESCO 事業の導入

##### (1) 設備の現状

ESCO 事業者は、省エネルギー改善に必要な設備・技術・人材・資金などすべてを包括的に提供し、省エネルギーによって実現された経費節約分で、省エネルギー投資の一切を回収する。

A 処理場の省エネルギー活動は ISO14000 シリーズに則り、自主的に行われている。

##### (2) 試算条件

下水処理施設に導入可能な省エネルギー技術の検討項目として、照明・空調・換気・衛生・建築・受変電・動力・運転制御に分類し導入可能な省エネルギー技術を表 5. 5. 4 に示す。

表 5. 5. 4 導入可能な省エネルギー技術

区 分	省エネルギー技術	備 考
照 明	省エネルギー型照明器具	本 書
	適正照度の管理	△
	点灯区分の細分化・適時消灯	△
	誘導灯の省エネルギー	
	LED ランプ	本 書
	液晶ディスプレイ	本 書
空 調	VVVF 導入による動力の効率化	本書 (アーバンヒート)
	氷蓄熱機器の導入	アーバンヒート、深夜電力有効量としては NaS 電池と重なる
	適正空調温度の管理	△
換 気	VVVF 導入による動力の効率化	△
衛 生	節水コマ・節水シャワーヘッドの取付け	△
	節水型便器への交換	△
建 築	熱反射フィルムの貼付け・屋根の断熱	△
	ブラインドの取付け	△
受変電設備	高効率変圧器	本 書
	変圧器の最適化	本 書
動 力	高効率電動機	本 書
	既設大型電動機の高効率化	本 書
	電動機容量の最適化	本 書
	主ポンプの速度制御化	本 書
運転制御	省エネ型硝化制御システムの検討	本 書
その 他	小水力発電	本 書
	太陽光発電	本 書
	NaS 電池	本 書
	風力発電	本 書
	消化ガス発電	本 書

表中の備考欄に「本書」とある項目は、本検討書の中で CO<sub>2</sub> 削減効果を検討しているものである。また、備考欄に「△」とした項目は、比較的長期のエネルギー管理などを行った上でモデル化・シミュレーションなどにより削減策の検討が行なわれる手法であるため、本書では検討対象としなかった。

### (3) 試算結果

ESCO 事業は、事業者が対象設備の省エネルギーを計画・提供する省エネルギーサービス事業である。ESCO 事業導入による省エネルギー効果は事業者によって保証されるため、需要家の CO<sub>2</sub> 削減効果はそのまま見込まれる。なお、技術毎の削減効果は本検討書の各項を参照願いたい。

### (4) 考察

ESCO 事業にて導入した設備は基本的には ESCO 事業者の資産である。例えば、変圧器や VVVF 装置など処理場の性能・能力に関わる設備を ESCO 事業で導入した場合には、その運用について処理場との取り交わしが必要となる。

## 5) 省エネ型硝化制御システムの検討

### (1) 設備の現状

A処理場の反応タンク送風量制御方式は、DO一定制御と流量比例制御がある。現状では流量比例制御が主に使われている。しかし、曝気倍率を決定するために直接硝化状態を反映できないため、流入窒素負荷が高い時期に合わせたDO設定で運転を行うことになる。表5.5.5に現状の反応槽の運転状況を示す。

表5.5.5 反応槽の運転状況

	流入流量比例
目標値	送気倍率 6.19 倍
MLDO (mg/l)	4.6
放流水 NH <sub>4</sub> (mg/l)	年平均 0.8
送風機 月平均風量 (m <sup>3</sup> /分)	1,353
送風機年間 運転時間 (h)	8,760

### (2) 試算条件

- ①水質シミュレータを用い現状の制御とアンモニア性窒素制御を実行して、計算結果の比較を行う。
- ②シミュレーションモデルに使用する流入水質及び放流水質は、平成14年度の年報データを使用する。また、流入量は夏季の代表的な一日のデータを使用する。シミュレーションには表5.5.6のデータを参考にして流入水質とした。

表5.5.6 流入水質

	流入水	処理水
流入水量 (m <sup>3</sup> /日/池)	33,256	
BOD (mg/l)	135	2
SS (mg/l)	118	3
COD (mg/l)	79	9
T-N (mg/l)	27.6	12
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	16.3	0.8
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	0.2	10.3
MLSS (mg/l)	1,454	
MLDO (mg/l)	4.6	
水温 (°C)	22.7	
汚泥返送率 (%)	20	

- ③アンモニア性窒素一定制御の対象は全ての反応タンク（北系8池、南系2池）とする。

- ④送風機の制御は、吸込弁制御と台数制御の組み合わせとする。
- ⑤吸込弁制御による負荷特性の変化は、5.3の3)項の「インレットベーン付高効率ブロワ」に示された風量制御方式による部分負荷特性を参照する。
- ⑥流入流量比例制御時の送風倍率は6.0倍、曝気時間は11.6時間とする。またNH<sub>4</sub>一定制御時の送風倍率は4.8倍、曝気時間は9.2時間とする。
- ⑦流入流量比例制御及びNH<sub>4</sub>一定制御の時のブロワ1号は780m<sup>3</sup>/分、917kw、2台及びブロワ2号は650m<sup>3</sup>/分、810 kw、2台である。

### (3) 試算結果

シミュレータにより流入流量比例制御とアンモニア性窒素一定制御を試算した結果を表5.5.7に示す。また流入流量比例制御時の送風機電力量を表5.5.8に、NH<sub>4</sub>一定制御時の送風機使用電力量表5.5.9に示す。

表5.5.7 試算結果

	流入流量比例制御	NH <sub>4</sub> 一定制御
目標値	送気倍率6倍	NH <sub>4</sub> 0.5 mg/l
平均 MLDO (mg/l)	4.5	2.2
平均 NH <sub>4</sub> (mg/l)	0.1	0.2
曝気倍率 (倍)	6	4.8
送風機 平均風量 (m <sup>3</sup> /分)	1,301	1,014
平均風量率 (%)	91.0	69.5
送風機 運転時間 (h/日)	1号 24 2号 24 3号 5.2	1号 24 2号 24
送風機年間 使用電力量 (Gwh)	16.0	14.3
CO <sub>2</sub> 年間排出量 (t)	6,136	5,492

平均風量率=平均風量/1460 (ブロワ仕様点風量)

#### ①年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量

年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量=流入流量比例制御 (従来方法) - NH<sub>4</sub>一定制御  
 6,136 t-CO<sub>2</sub>/年 - 5,492 t-CO<sub>2</sub>/年 = 644 t-CO<sub>2</sub>/年

#### ②概算コスト

- a) 初期費用 : 約 13,000 千円 (アンモニア測定設備 1 セット分)  
 前処理装置及び既設改修・工事費は条件により異なるため含まない。
- b) 年間保守費 : 約 600 千円/年 (アンモニア測定の試薬・消耗品費用)  
 点検費用は含まない。

表 5. 5. 8 流入比例制御における送風機使用電力量

時刻	流入量 (m <sup>3</sup> /h)	北系			南系			送風機				
		北系最 終槽 DO	北系最 終槽 NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	北系最 終槽 NO <sub>3</sub> -N	南系最 終槽 DO	南系最 終槽 NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	南系最 終槽 NO <sub>3</sub> -N	送風量 (m <sup>3</sup> /h)	1/2号送 風量 (m <sup>3</sup> /分)	3/4号送 風量 (m <sup>3</sup> /分)	1/2号 電力 (kwh)	3/4号電力 (kwh)
1	14,965.3	4.75	0.08	8.49	4.77	0.07	7.92	89,792	1,372	0	1,809	0.0
2	15,023.1	4.84	0.08	8.40	4.83	0.07	7.81	90,138	1,377	0	1810.3	0.0
3	14,884.5	4.82	0.08	8.37	4.80	0.07	7.78	89,307	1,364	0	1807.2	0.0
4	13,498.8	4.65	0.08	8.45	4.61	0.07	7.85	80,993	1,237	0	1765.3	0.0
5	10,727.5	4.20	0.08	8.61	4.13	0.07	7.99	64,365	983	0	1619.9	0.0
6	7,956.11	3.47	0.08	8.81	3.37	0.07	8.17	47,737	729	0	1392.2	0.0
7	7,956.11	3.07	0.08	8.96	3.01	0.08	8.31	47,737	729	0	1392.2	0.0
8	10,727.5	3.62	0.08	8.95	3.66	0.07	8.30	64,365	983	0	1619.9	0.0
9	13,498.8	4.40	0.08	8.63	4.45	0.07	8.00	80,993	1,237	0	1765.3	0.0
10	16,270.2	4.93	0.08	8.02	4.97	0.07	7.52	97,621	1,053	574	1667.8	567.4
11	19,041.5	5.23	0.08	7.60	5.30	0.07	7.16	114,249	1,232	672	1763.1	483.3
12	19,041.5	5.21	0.08	7.84	5.31	0.07	7.21	114,249	1,232	672	1763.1	483.3
13	17,655.9	5.08	0.08	8.48	5.14	0.07	7.56	105,935	1,142	623	1720.6	526.3
14	16,270.2	4.94	0.08	9.04	4.95	0.07	7.97	97,621	1,053	574	1667.8	567.4
15	14,884.5	4.77	0.08	9.35	4.76	0.07	8.30	89,307	1,364	0	1807.2	0.0
16	13,498.8	4.58	0.08	9.45	4.56	0.07	8.50	80,993	1,237	0	1765.3	0.0
17	13,498.8	4.52	0.08	9.39	4.51	0.07	8.58	80,993	1,237	0	1765.3	0.0
18	12,113.1	4.35	0.08	9.24	4.34	0.07	8.56	72,679	1,110	0	1702.9	0.0
19	14,884.5	4.63	0.08	8.98	4.66	0.07	8.43	89,307	1,364	0	1807.2	0.0
20	14,884.5	4.77	0.08	8.65	4.80	0.07	8.20	89,307	1,364	0	1807.2	0.0
21	13,498.8	4.62	0.08	8.45	4.62	0.07	8.05	80,993	1,237	0	1765.3	0.0
22	12,113.1	4.36	0.08	8.42	4.35	0.07	8.02	72,679	1,110	0	1702.9	0.0
23	12,113.1	4.27	0.08	8.48	4.27	0.07	8.05	72,679	1,110	0	1702.9	0.0
24	13,498.8	4.48	0.08	8.53	4.49	0.07	8.02	80,993	1,237	0	1765.3	0.0
平均	13,854	4.52	0.08	8.65	4.53	0.07	8.01	83,126	1,171	130	1,715	109

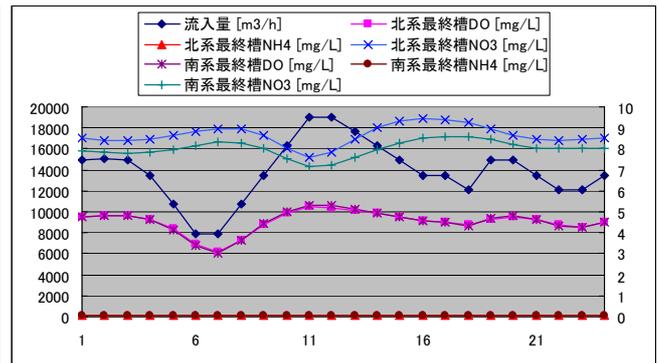
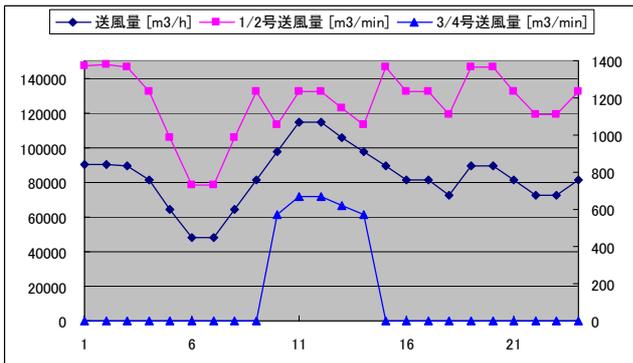
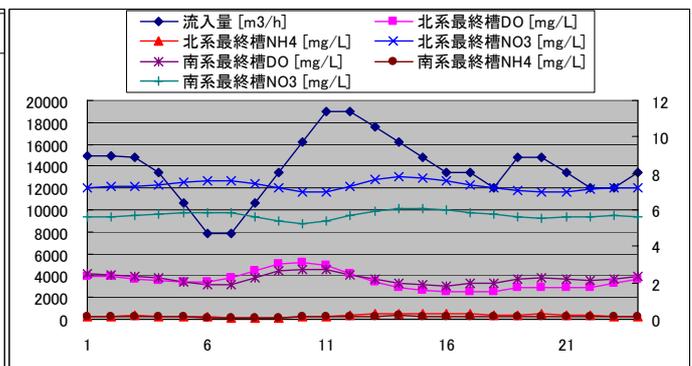
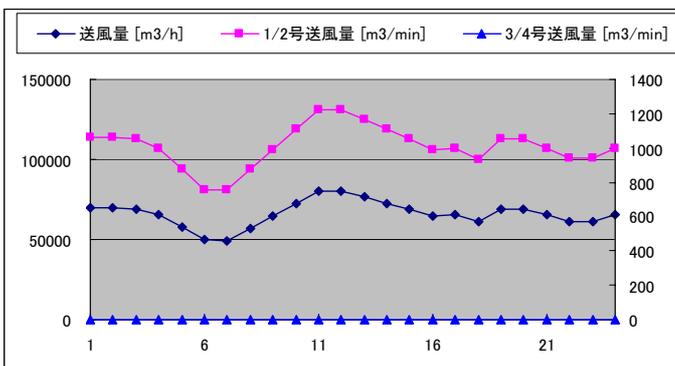


表 5. 5. 9 NH<sub>4</sub>一定制御における送風機使用電力量

時刻	流入量 (m <sup>3</sup> /h)	北系			南系			送風機				
		北系最 終槽 NH <sub>4</sub> -N	北系最 終槽 NO <sub>3</sub> -N	南系最 終槽 DO	南系最 終槽 NH <sub>4</sub> -N	南系最 終槽 NO <sub>3</sub> -N	北系最 終槽 NH <sub>4</sub> -N	送風量	1/2号送 風量	3/4号送 風量	1/2号 電力量	3/4号 電力量
		(mg/l)			(mg/l)			(m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> /分)	(m <sup>3</sup> /分)	(kwh)	(kwh)
1	14,965	2.33	0.17	7.24	2.47	0.13	5.58	69,644	1,064	0	1674.9	0.0
2	15,023	2.32	0.18	7.25	2.45	0.13	5.60	69,781	1,066	0	1676.3	0.0
3	14,885	2.23	0.19	7.31	2.38	0.13	5.67	69,379	1,060	0	1672.4	0.0
4	13,499	2.12	0.19	7.39	2.27	0.13	5.75	65,490	1,001	0	1632.3	0.0
5	10,727	2.05	0.16	7.49	2.09	0.12	5.81	57,709	882	0	1538.6	0.0
6	7,956	2.07	0.12	7.57	1.88	0.10	5.84	49,896	762	0	1426.4	0.0
7	7,956	2.28	0.10	7.58	1.90	0.10	5.81	49,810	761	0	1425.1	0.0
8	10,727	2.69	0.10	7.46	2.27	0.10	5.64	57,468	878	0	1535.4	0.0
9	13,499	3.02	0.10	7.20	2.62	0.10	5.39	65,127	995	0	1628.3	0.0
10	16,270	3.13	0.12	6.98	2.77	0.12	5.25	72,801	1,112	0	1703.9	0.0
11	19,042	2.94	0.16	7.00	2.73	0.14	5.36	80,508	1,230	0	1762.2	0.0
12	19,042	2.47	0.22	7.31	2.46	0.17	5.66	80,509	1,230	0	1762.2	0.0
13	17,656	2.03	0.28	7.64	2.17	0.19	5.93	76,680	1,171	0	1735.5	0.0
14	16,270	1.75	0.31	7.78	1.98	0.19	6.05	72,883	1,113	0	1704.6	0.0
15	14,885	1.58	0.32	7.73	1.88	0.18	6.04	69,101	1,056	0	1669.7	0.0
16	13,499	1.49	0.31	7.59	1.85	0.17	5.96	65,315	998	0	1630.4	0.0
17	13,499	1.52	0.30	7.39	1.94	0.16	5.83	65,393	999	0	1631.2	0.0
18	12,113	1.53	0.26	7.23	1.96	0.14	5.73	61,572	941	0	1587.4	0.0
19	14,885	1.74	0.26	7.05	2.21	0.14	5.60	69,368	1,060	0	1672.3	0.0
20	14,885	1.75	0.27	6.96	2.27	0.14	5.54	69,406	1,060	0	1672.6	0.0
21	13,499	1.72	0.25	7.01	2.19	0.14	5.58	65,560	1,002	0	1633.1	0.0
22	12,113	1.77	0.21	7.12	2.12	0.13	5.64	61,696	943	0	1588.9	0.0
23	12,113	1.94	0.18	7.21	2.18	0.12	5.66	61,686	942	0	1588.8	0.0
24	13,499	2.17	0.17	7.24	2.34	0.12	5.62	65,537	1,001	0	1632.8	0.0
平均	13,854	2.11	0.21	7.32	2.22	0.14	5.69	66,347	1,014	0	1633	0



#### (4) 考察

試算した結果、アンモニア性窒素に着目した制御を導入することにより、反応タンク内の平均 DO 値を現在よりも下げて運転することが可能であることが確かめられた。

ただし、反応タンクの運転管理を安全に行うためには、タンク流出口での DO 値を最低 2~3mg / l に保つことが好ましいとされている。シミュレーション結果では、アンモニア性窒素一定制御による平均 DO 値は 2.2mg / l となった。実際の運転にあたっては、DO の管理値は計算結果よりも安全サイドに運転がなされると考えられる。よって温暖化防止効果はこの試算結果よりも小さくなると考えられる。

## 6) 主ポンプの速度制御化

### (1) 設備の現状

ポンプ仕様は表 5. 3. 1、運転実績は表 5. 3. 2による。

### (2) 試算条件

ここでは運転実績から推定されるポンプ運転点が、最高効率点から過大流量側へ、ずれていることに着目し、回転速度を調整することにより、最高効率点近傍での運転を行うことによる省エネルギー効果を評価する。試算は運転頻度の高い汚水ポンプ 1 号を例とした。

### (3) 試算結果

汚水ポンプの平均運転点は、実測動力使用量と理論動力量（仕様点動力値×運転時間）の比から、動力が理論値の約 90%となる過大流量と推定される（図 5. 5. 2）。最適効率運転の回転数は約 83%となる。

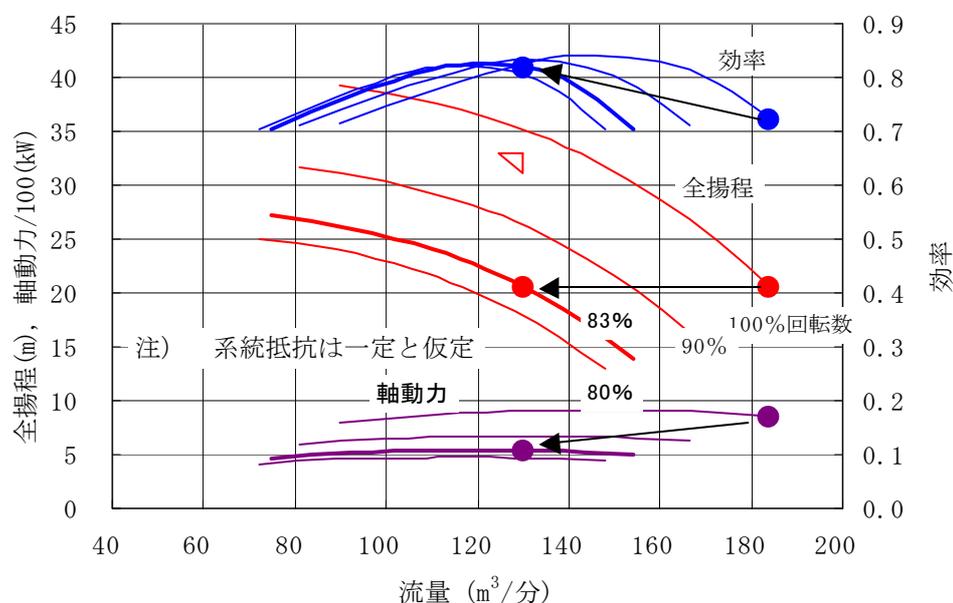


図 5. 5. 2 汚水ポンプ 1 号速度制御特性

表 5. 5. 10 速度制御による電力量の削減

	流量 (m³/分)	全揚程 (m)	効 率 (%)	動力 (kw)	運転時間 (h)	電力量 (kwh)
現 状	183.9	20.6	72.4	854	3610.5	3.083×10 <sup>6</sup>
速度制御	130.0	20.6	80.2	533	5106.5	2.720×10 <sup>6</sup>

#### ①年間 CO<sub>2</sub>排出削減量

$$(3.083 - 2.720) \times 10^6 \text{ kwh} \times 0.384 \text{ kg-CO}_2/\text{kwh} = 139 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

## ②概算コスト

速度制御化に必要な概算費用は次による。機器は新製品とする。

### 電動機更新

#### a) 巻線形電動機（立型）の仕様：1,000kw-10P

機器費：約 150,000 千円（含液体抵抗器）、工事費：約 55,000 千円

#### かご形電動機（立型）の仕様：1,000 kw-10P

機器費：約 83,000 千円、工事費：約 34,000 千円

#### b) 速度制御装置

IGBT セルビウス装置の仕様：瞬停対策有

機器費：約 190,000 千円、工事費：約 74,000 千円

#### c) 高圧インバータ装置

機器費：約 158,000 千円、工事費：約 64,000 千円

ただし、既設監視制御設備及び配電盤設備の機能増設費用は含まない。

## (4) 考察

汚水ポンプは運転時間が長いので、最高効率点近傍での運転を行えば、電力及び CO<sub>2</sub> の削減に有効である。速度制御については現状設備でも使用している液体抵抗器による方法、電動機が低コストとなる、かご形電動機とインバータの組み合わせによる方法、省エネルギー効果の大きい巻線形電動機とセルビウスの組み合わせによる方法などがある。いずれの方法でも電気設備の大規模な改造を必要とするので、再構築時の実施が望ましい。

## 7) メンブレンパネル式散気装置の導入

### (1) 設備の現状

A処理場における反応タンク設備は、北系（8池）、南系（2池）の計10池で処理を行っており平成14年度の実績によれば、日平均の流入水量は348,490m<sup>3</sup>/日/全体である。今回、既存10池の散気板をすべてメンブレンパネル式に変更することによる、ブロワ動力の削減量について検討した。

### (2) 試算条件

試算条件は次のとおりとした。

- ①平成14年度運転実績の送風量となるよう既設散気板の設計計算を実施し、SORを算出する仮定での各係数などの条件を設定した。
- ②酸素移動効率、 $\alpha$ 値、 $\beta$ 値などは、東京都酸素移動効率調査報告書（平成11年3月）に掲載されているA処理場の結果をもとに仮定した。
- ③更新時の使用電力量については、既設がすべてメンブレンパネル式散気装置に更新されたものとして、ブロワの総運転時間は既設同様とし、現状のブロワ（1～4号）の動力が最小となる組み合わせにて試算した。

### (3) 試算結果

#### ①年間CO<sub>2</sub>排出削減量

散気板を、酸素移動効率の高いメンブレンパネル式に変更することにより、曝気風量を削減することができ、ブロワの消費電力及びCO<sub>2</sub>排出量を削減することが可能である。表5.5.11に、散気板をメンブレンパネル式に更新した場合における導入効果を示す。なお、送風量が下がっている割合に比べ電力があまり下がらないのは容量の小さい送風機（3,4号）2台を運転しなければならいためである。

表5.5.11 電力消費量及びCO<sub>2</sub>削減量

		散気板（既設）	メンブレンパネル式
流入水量（m <sup>3</sup> /日/池）		34,849（一池）	34,849（一池）
		348,490（全体）	348,490（全体）
池（数）		10	10
送風量（Nm <sup>3</sup> /分/全体）		1,353	909
酸素移動効率（%）※		16.2	22
ブロワ運転時間（h）	1号	6,417	0
	2号	6,608	0
	3号	2,104	8,726
	4号	2,324	8,726
	合計	17,453	17,453
年間使用電力(kwh)		15,830,180	14,136,930
年間CO <sub>2</sub> 排出量(t-CO <sub>2</sub> )		6,079	5,429
年間CO <sub>2</sub> 削減量(t-CO <sub>2</sub> )		650	

※：清水、20℃、散気水深5m

## ②概算コスト

既設散気板を膜式散気装置に更新する場合、既存散気装置の保持具撤去、新規膜式用枝管、保持器具の設置など、散気板の更新のみに比して1.5～1.7倍程度の設置費用が必要となる。

## (4) 考察

膜式パネル式散気装置による年間CO<sub>2</sub>排出削減量は10池あたり650t-CO<sub>2</sub>/年、導入前の散気板における年間CO<sub>2</sub>排出量が6,079 t-CO<sub>2</sub>/年であるから、膜式パネル式散気装置によるCO<sub>2</sub>削減効果は約11%となる。

導入時期は、費用対効果の面からも設備更新時に再構築工事として導入することが望ましいが、ブロワ電力削減によるCO<sub>2</sub>削減効果を得るために、ブロワ1台を停止できる程度の範囲をまとめて実施することが効果的である。

## 8) マイクロフィルタの導入

### (1) 設備の現状

既設の砂ろ過設備は、上向流式の砂ろ過方式を採用しており、コンクリート製の水槽で8池が稼働している。原水は、水処理設備の2次処理水を分水し、処理水は主に消泡や封水などの場内雑用水に使用している。

表5. 5. 1 2 設備概要

処理対象水 (用途)	2次処理水 (場内雑用水)
処理水量 (m <sup>3</sup> /日)	50,240
原水 SS 濃度 (mg/l)	10(最大)
その他原水水質 (mg/l)	BOD : 4(最大)、TS : 482(平均)、COD : 11、pH : 6.5~7.1

### (2) 試算条件

導入効果として、既設2次処理水上向流式砂ろ過設備と比較すると表5. 5. 1 3のようになる。試算は既存施設の更新とし、マイクロフィルタの場合は水処理施設から自然流下とする。また、試算する方式の設備構成は表5. 5. 1 4のようになる。

表5. 5. 1 3 設備の比較表

処理方式	マイクロフィルタ	上向流式砂ろ過
ろ過面積 (m <sup>2</sup> /台・池)	81(フィルタ全ろ過面積)	35
参考ろ過速度 (m/日)	1,150(フィルタ面225 m/日)	180
所要台数 (台・池)	3	8
設置面積(ろ過機) (m <sup>2</sup> )	36(=12m <sup>2</sup> /台×3台)	280(=35m <sup>2</sup> /池×8池)
設置面積(設備) (m <sup>2</sup> )	180(ろ過機+水槽+管廊)	600(ろ過池+水槽+管廊)

表5. 5. 1 4 設備構成

マイクロフィルタ	機器 : マイクロフィルタ(2.2kw)×3、逆洗ポンプ(11kw)×3、
	水槽 : 排水槽(既設 洗浄水槽を利用)×1
上向流式砂ろ過	機器 : 送水ポンプ(22kw)×2、空洗ブロワ(55kw)×2、
	逆洗ポンプ(45kw)×2
	水槽 : ろ過池 RC 製×8、ろ過水槽(11.3w×13L×4.6Hm)×1、 洗浄水槽(11.3w×9.7L×7Hm)×1

### (3) 試算結果

#### ①年間電力使用量及びCO<sub>2</sub>排出量

##### a) マイクロフィルタ

洗浄稼働率を0.5、動力負荷率を0.8として、年間使用動力を求める。

(ろ過機 2.2kw+洗浄ポンプ 11kw)×3台×0.5×0.8×24h×365日=138.8×10<sup>3</sup>kw/年

年間CO<sub>2</sub>排出量 138.8×10<sup>3</sup> kw/年×0.384kg-CO<sub>2</sub>/kwh = 53.3 t-CO<sub>2</sub>/年

##### b) 上向流式砂ろ過

連続送水、洗浄は30分×2回/日、動力負荷率を0.8として、年間使用動力を求める。

$$[送水ポンプ 22\text{kw} \times 2 \text{台} \times 24\text{h} + (\text{フタリ 55\text{kw} + 逆洗ポンプ 45\text{kw}}) \times 2 \text{台} \times 0.5\text{h/日} \times 2 \text{回}] \times 0.8 \times 365 \text{日}$$
$$= 366.8 \times 10^3 \text{ kw/年}$$

$$\text{CO}_2 \text{排出量 } 366.8 \times 10^3 \text{ kw/年} \times 0.384\text{kg-CO}_2/\text{kwh} = 140.9 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

②年間CO<sub>2</sub>排出削減量

$$(140.9 - 53.3) \text{ t-CO}_2/\text{年} = 87.6 \text{ t-CO}_2/\text{年}$$

②概算コスト

概算コストは次のとおりである。

a) イニシャルコスト : 約 1,100,000 千円/一式

#### (4) 考察

既設上向流式砂ろ過の代わりにマイクロフィルタを導入した場合は年間CO<sub>2</sub>排出量で87.6 t-CO<sub>2</sub>/年の削減が可能となる。マイクロフィルタ方式は、従来の砂ろ過方式に比べ付帯機器や配管が少なく管理の面で有利である。必要敷地面積も1/2以下となるため、省スペースである。

本装置は、海外(スウェーデン)からの導入技術であり、国内においては民間用途では実績は多いが下水処理施設では導入実績が無く(2003年10月時点)、事前にフィールド試験を行うことが望ましい。特にマイクロフィルタ方式の場合、浮遊物質(SS)の粒径がフィルタ開孔巾より小さいものは通過するため、原水水質によっては除去率が低下することがある。

## 5. 6 温室効果ガス (N<sub>2</sub>O) の発生抑制

温室効果ガス (N<sub>2</sub>O) の発生抑制は、1) 「水処理における A<sub>2</sub>O 法の拡大」 2) 「汚泥焼却の高温焼却」 についてケース・スタディをした。

### 1) 水処理における A<sub>2</sub>O 法の拡大

標準活性汚泥法及びその変法による、下水処理水中の NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N 濃度のレベルによって生物反応槽から発生する N<sub>2</sub>O 排出量は異なる。

3・6・1) では標準活性汚泥法を A<sub>2</sub>O 法 (硝化脱窒型) に変換することによる N<sub>2</sub>O (CO<sub>2</sub>) の発生抑制に着目した。このことを A 処理場の実情に照らして検討した。

#### (1) 設備の現状

表 5. 6. 1 のとおり、A 処理場の反応槽は硝化反応が十分進行する条件の滞留時間と送風倍率を備えた運転といえる。

表 5. 6. 1 反応槽の現状

受水量 (m <sup>3</sup> /年)	高級処理水量 (m <sup>3</sup> /年)	反応槽容量 (10 槽) (m <sup>3</sup> )	滞留時間 (時間)	送風量 (Nm <sup>3</sup> /年)	送風倍率 (倍)
114, 942, 990	129, 721, 469	159. 760	12	711, 668, 900	6. 19

#### (2) 試算条件

表 5. 6. 2 は平成 14 年度処理水の硝化の程度で NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N 濃度の四季平均及び年平均である。

表 5. 6. 2 処理水にみる硝化の程度 (mg/l)

	春	夏	秋	冬	年平均
NH <sub>4</sub> -N	1. 1	0. 8	0. 4	0. 7	0. 8
NO <sub>2</sub> -N	0. 3	0. 1 未満	0. 1 未満	0. 1	0. 2
NO <sub>3</sub> -N	9. 3	9. 6	11. 4	11. 7	10. 4

表 5. 6. 2 の結果からして A 処理場の硝化の程度は、宮本等の 5 段階処理区分の硝酸型に該当する。(表 3. 6. 4 参照)

したがって、N<sub>2</sub>O 排出係数は 0. 061 (g/m<sup>3</sup>) となる。すなわち、反応槽において処理水 1 m<sup>3</sup> あたり 0. 061 g の N<sub>2</sub>O を排出することを意味し、すでに十分に N<sub>2</sub>O の排出量の低い運転を実施している。

#### (3) 試算結果

前記したように、A 処理場の反応槽は 12 時間の滞留時間と 6. 19 倍の送風倍率で運転している。そのため、A<sub>2</sub>O 法へ変換するには、現状の反応槽に隔壁を設置し、嫌気槽及び無酸素槽を造る。

設備としては嫌気槽及び無酸素槽に機械攪拌機を備え、処理水の循環ポンプを設置する必要が

ある。これらの設備の稼動に必要な動力は、表 3. 6. 3 で 100,000m<sup>3</sup> 規模の処理場のものとして記した。再録すると次のとおりである。

嫌気槽攪拌機	: 460 千 kwh/年
無酸素攪拌機	: 920 千 kwh/年
循環ポンプ	: 526 千 kwh/年
合計	1,906 千 kwh/年

この値を A 処理場の平成 14 年度日平均処理水量 355,000m<sup>3</sup> に当てはめると 1,906 千 kwh/年 × 3.55 = 6,766 千 kwh/年である。

上記を CO<sub>2</sub> 換算すると 6,766 千 kwh/年 × 0.384 k g/kwh = 2,598 t - CO<sub>2</sub>/年となる。

すなわち、現状から A<sub>2</sub>O 法へ変換した場合は新たに 2,598 t/年の CO<sub>2</sub> が増加発生する。

一方、N<sub>2</sub>O の発生量は表 5. 6. 3 のとおり削減される。

表 5. 6. 3 N<sub>2</sub>O の発生量及び削減量

	14 年度処理 水量(千 m <sup>3</sup> /年)	処理状況区分	N <sub>2</sub> O 排出係数 (g/m <sup>3</sup> )	N <sub>2</sub> O 発生量 (t/年)
現状	129,722	硝酸型	0.061	7.9
A <sub>2</sub> O 法変換時		硝化脱窒型	0.012	1.6
削減量	—	—	—	6.3

#### ②年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量

N<sub>2</sub>O の削減量を CO<sub>2</sub> 換算すると 6.3 t/年 × 310 = 1,953 t - CO<sub>2</sub>/年となる。

これらの結果を総合すると、増加設備の稼動動力による CO<sub>2</sub> が 2,598 t/年増加する。N<sub>2</sub>O の削減による CO<sub>2</sub> の換算により、1,953 t - CO<sub>2</sub>/年が削減する。差し引きで 645 t - CO<sub>2</sub>/年の増加になる。この結果から A 処理場の現状の運転は十分消化が促進されており、そのため、現状から A<sub>2</sub>O 法へ変換は CO<sub>2</sub> の削減という点では効果がない。

#### (4) 考察

A 処理場において、CO<sub>2</sub> の削減を目的に現状から A<sub>2</sub>O 法へ変換は効果がない。

一方、放流水中のりん、窒素の水質基準強化により A 処理場でも高度処理 (A<sub>2</sub>O 法) を導入の機運がある。反応槽の散気装置が更新時期にあり更新時に合わせて 1 槽ずつ、擬似的な A<sub>2</sub>O 法 (無酸素槽への処理水の循環を除く) の導入が考えられる。これに要する概算コストは約 1 億円/槽である。

## 2) 汚泥焼却の高温燃焼

### (1) 設備の現状

焼却炉の現状は5. 3の5) 項の表5. 3. 10及び5. 3. 11に示す。

### (2) 試算条件

- 汚泥性状
- ・含水率：78%
  - ・可燃分：79%、
  - ・低位発熱量：16.3MJ/kg-DS (3,900kcal/kg-DS)

4号炉について、現状の設備、運転条件、温度条件などを、高温燃焼の条件に置き換えた場合を想定しN<sub>2</sub>Oの削減量を算出する。汚泥処理量は実績値を使用する。具体的な条件は、表5. 6. 4に示す。

なお、5号炉は既に高温燃焼仕様で建設・運転されているため、検討対象から除外する。

表5. 6. 4 試算条件

	現 状	高温焼却
燃焼温度(°C)	800	850
電力(kwh/t)	81.8	→
燃料 (Nm <sup>3</sup> /t)	14.1	19.2
N <sub>2</sub> O (kg/t)	1.63	0.33

### (3) 試算結果

試算結果は表5. 6. 5及び表5. 6. 6に示す。

表5. 6. 5 各ユーティリティ消費量・N<sub>2</sub>O排出量

	現 状	高温焼却
電力 (kwh/年)	4,216,420	→
燃料 (Nm <sup>3</sup> /年)	724,340	989,741
N <sub>2</sub> O ( kg/年)	84,025	17,011

表 5. 6. 6 温室効果ガス排出量 (t-CO<sub>2</sub>/年)

	現 状	高温焼却	削減量
電力由来	1,619	1,619	0
燃料由来	1,442	1,971	△529
N <sub>2</sub> O 由来	26,048	5,273	20,775
合 計	29,109	8,863	20,246

すなわち、年間 20,246 t-CO<sub>2</sub> の削減が可能である。

#### (4) 考察

高温燃焼は、設備的には既存の設備を一部改造するだけで対応できる可能性が大きいことから、即効性が期待できる。

導入の検討に当たっては、助燃料使用量増加のほか、高温化に伴う炉その他の損耗によるコストアップを考慮する必要がある。具体的には、次の検討が必要となる。

- ① 出口排ガス温度が高温となるため、空気予熱器・白煙防止器の耐熱性、高温強度、摩耗などを十分検討する必要がある。
- ② 燃料使用量増加・炉出口排ガスの高温化に伴い、排ガス量(実ガス量、ノルマル換算量ともに)が増加するとともに、保有熱量も増加するため、熱回収設備、排ガス処理設備、誘引ファンなどの能力に増加分を吸収する余裕があるかを確認する必要がある。余裕がない場合には、何らかの改造をおこなう必要がある。

## 5. 7 未利用エネルギーの活用

未利用エネルギーは、1)「アーバンヒートシステムの導入」2)「小水力発電」3)「下水汚泥高効率ガス変換発電システム」についてケース・スタディをした。

### 1) アーバンヒートシステムの導入

#### (1) 設備の現状

下水処理水の温度は、夏は外気温より低く、冬は外気温より高い状況である。この熱を、夏は冷却水として、冬は熱源水としてヒートポンプを運転した場合、年間を通じて効率の良い運転が可能である。

すなわち、運転エネルギーの低減が図れることにより、一次エネルギー消費量が抑制でき、さらにCO<sub>2</sub>などの環境負荷の発生を抑制可能である。

①処理水温度と気温の関係を図5. 7. 1に示す。

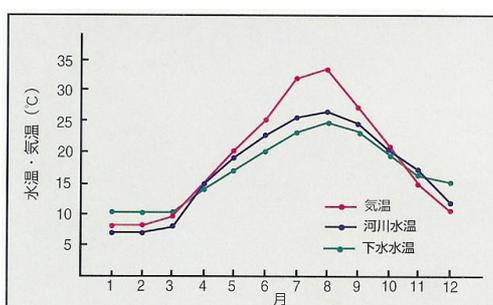


図5. 7. 1 処理水温度と気温

②システムフローを図5. 7. 2及び図5. 7. 3に示す。

a) 既設設備 (空気熱源ヒートポンプ方式)

b) 更新設備 (アーバンヒート方式)

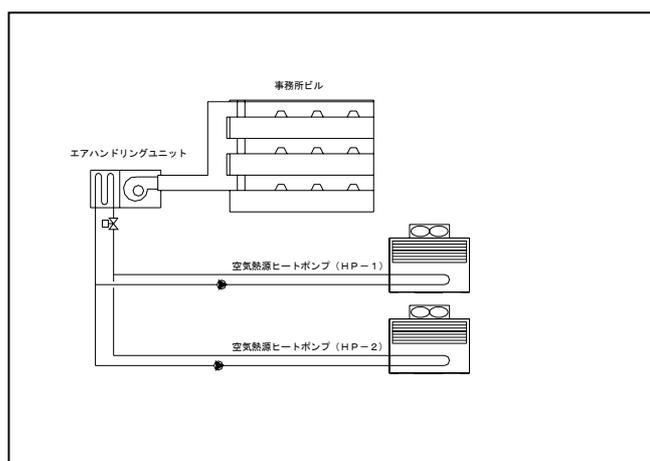


図5. 7. 2 空気熱源ヒートポンプ方式



B)暖房時

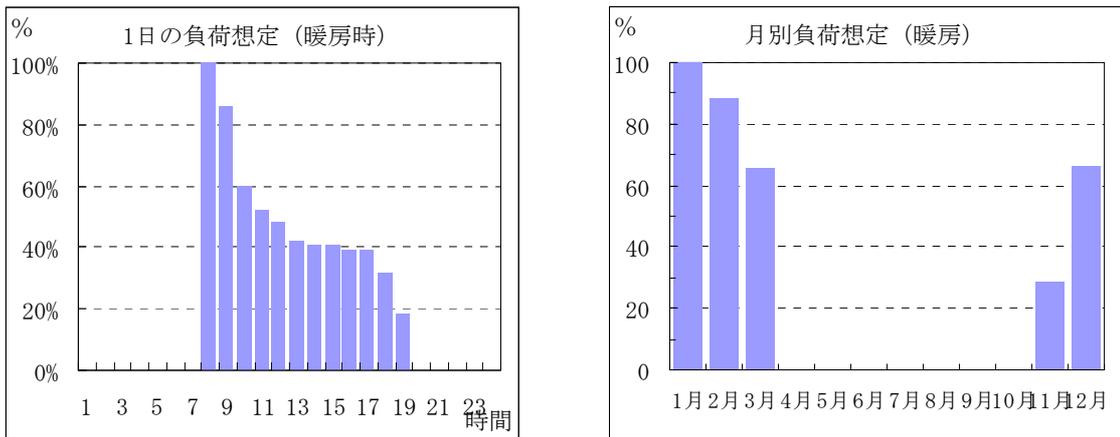


図 5. 7. 5 負荷の設定 (暖房時)

(3) 試算結果

①1日あたりの消費電力

a) 熱源機消費電力 kwh = 時間別負荷率×月別負荷率×熱源機定格入力 kw の1日積算値

b) 補機類消費電力 kwh = 運転時間 h/日×推定入力 Kw

c) 消費電力 kwh = 熱源機消費電力 kwh+補機類消費電力 kwh

②CO<sub>2</sub>排出削減量

a) 年間 CO<sub>2</sub> 排出量 kg-CO<sub>2</sub>/年 = 年間電力使用量×電力 CO<sub>2</sub> 排出係数 0.384kg-CO<sub>2</sub>/kwh

b) 年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量 kg-CO<sub>2</sub>/年 = 既設設備 CO<sub>2</sub> 排出量-更新設備 CO<sub>2</sub> 排出量

表 5. 7. 1 既設設備の月別消費電力(kw)

	既設設備			合計
	チラー	ファン	冷温水ポンプ	
1月	31,229	5,160	3,840	40,229
2月	27,606	5,160	3,840	36,606
3月	20,580	5,160	3,840	29,580
4月	0	0	0	0
5月	24,748	5,160	3,840	33,748
6月	36,996	5,160	3,840	45,996
7月	44,154	5,160	3,840	53,154
8月	50,404	5,160	3,840	59,404
9月	37,601	5,160	3,840	46,601
10月	0	0	0	0
11月	8,838	5,160	3,840	17,838
12月	20,705	5,160	3,840	29,705
合計				392,861

表5. 7. 2 更新設備の月別消費電力(kw)

	更新設備				合 計
	ヒートポンプ	熱回収水ポンプ	冷温水ポンプ	オートストレーナー	
1月	19,123	7,609	3,870	162	30,764
2月	16,750	7,609	3,870	162	28,391
3月	12,564	7,609	3,870	162	24,205
4月	0	0	0	0	0
5月	14,906	7,609	3,870	162	26,547
6月	22,283	7,609	3,870	162	33,924
7月	26,594	7,609	3,870	162	38,235
8月	30,359	7,609	3,870	162	42,000
9月	22,648	7,609	3,870	162	34,289
10月	0	0	0	0	0
11月	4,688	7,609	3,870	162	16,330
12月	11,942	7,609	3,870	162	23,583
合計					298,268

③ CO<sub>2</sub>排出削減量

a) 既設設備 392,861kw/年 × 0.384kg-CO<sub>2</sub>/kwh = 150.8t-CO<sub>2</sub>/年

b) 更新設備 298,268kw/年 × 0.384kg-CO<sub>2</sub>/kwh = 114.5t-CO<sub>2</sub>/年

④年間消費電力とCO<sub>2</sub>排出削減量

a) 年間消費電力は既設設備を100とした場合、約25%削減が可能である。

b) 年間CO<sub>2</sub>排出削減量 (=150.8-114.5)3t-CO<sub>2</sub>/年=36.3t-CO<sub>2</sub>/年

⑤概算コスト

a) イニシャルコスト： 約170,000千円/一式

ただし、既設機器の撤去費及び保守点検費は含まない。

(4) 考察

既設空気熱源ヒートポンプ方式の代わりに処理水利用ヒートポンプ方式（アーバンヒートポンプシステム）導入した場合は年間消費電力で既設設備を100とした時に約25%、年間CO<sub>2</sub>で36.3t-CO<sub>2</sub>/年の削減が可能である。アーバンヒートシステムを導入する際には負荷の実態把握や、屋上面積、荷重、処理水取水状況など設置場所の検討が必要である。

## 2) 小水力発電

### (1) 設備の現状

第二沈殿池から放流口までの最大落差は5mある。現在この部分の落差は利用されていない。  
年間処理水量は、H14年度で114,942,990m<sup>3</sup>である。

### (2) 試算条件

次の条件で検討を行う。

①導入機器：定格出力 : 37kw 級×1台

②システムフロー

システムフローを図5.7.6に示す。サイフォン式を利用し、工事の簡素化を図る。

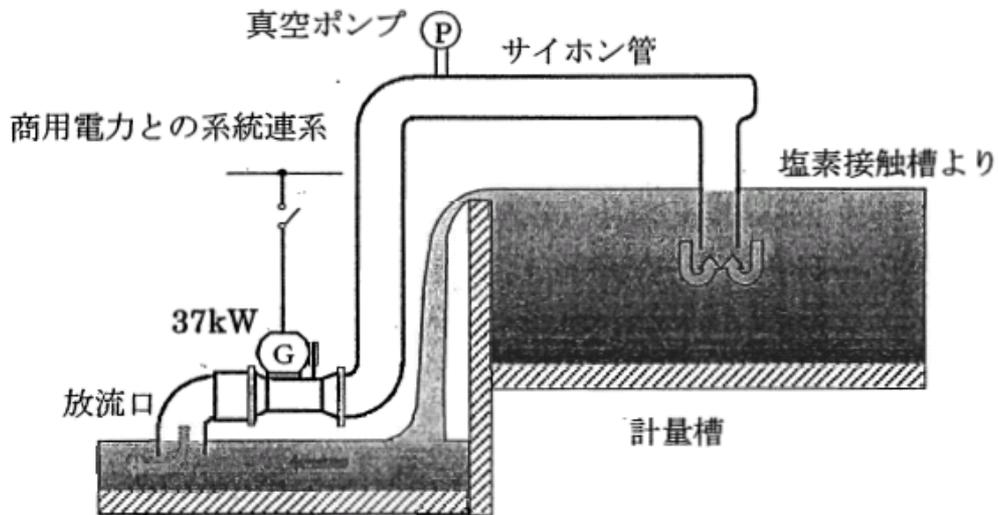


図5.7.6 システムフロー

### ③流出量と出力の関係 (A 処理場実測値)

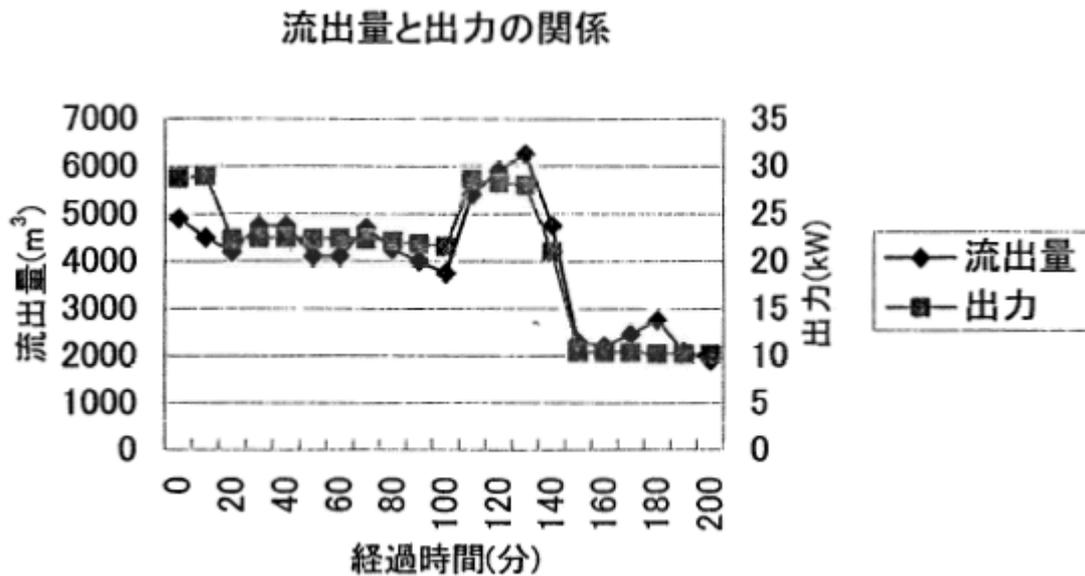


図5.7.7 流量と出力の関係

### (3) 試算結果

小水力発電による発電量は、140,000 kWh/年である。

a)年間買電電力削減量 : 140,000 kWh/年

b)年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量 : 53.8 t-CO<sub>2</sub>/年

c)年間電力料金削減量 : 1,248 千円/年

概算コストとしては、イニシャルコストが約 60,000 千円である。

### (4) 考察

CO<sub>2</sub>削減の効果としては、年間約 54 tが見込まれる。導入時の課題としては、小水力発電で発生される電力で賄う対象負荷の事前検討及び設置場所の検討がある。

なお、下水処理場は水を浄化することを第一目的とするプラントである。小水力発電設備は、コスト的には厳しいが、そこで取り扱う水の有するエネルギーから電力を生み出し、CO<sub>2</sub>排出削減に貢献することは、地球環境の保全の観点から有意義なものである。

### 3) 下水汚泥高効率ガス変換発電システム

#### (1) 設備の現状

焼却炉の現状は5. 3の5) 項の表5. 3. 10及び表5. 3. 11に示す。

#### (2) 試算条件

- a) 汚泥性状
- ・含水率：78%
  - ・可燃分：79%
  - ・低位発熱量：16.3MJ/kg-DS (3,900kcal/kg-DS)

#### ① ケース I

3号炉・4号炉・5号炉について、現状の運転及び温度条件などを、高効率ガス変換発電システムに置き換えた場合を想定、削減量を算出する。汚泥処理量は各号炉の実績値を使用する。具体的な条件は、表5. 7. 3に示す。

#### ② ケース II

3号炉・4号炉・5号炉を現状(平成14年度)の運転条件で、年間稼働率80%で運転した場合(すなわち、年間運転日数292日、年間処理量87,600t)を想定し、300t/日の高効率ガス変換発電システムを年間稼働率80%で運転した場合と比較した温室効果ガス削減量を試算する。具体的な条件は、表5. 7. 4に示す。

なお、いずれのケースにおいても、生成ガスはエンジン燃料として高温燃焼するため、N<sub>2</sub>O発生量は0(ゼロ)とする。

表5. 7. 3 試算条件 ケース I

	現 状			ガス変換
	3号炉	4号炉	5号炉	
消費電力(kwh/t)	77.1	81.8	97.4	80.0
発 電 量(kwh/t)	—	—	—	△ 200~ △280
燃 料(Nm <sup>3</sup> /t)	11.5	14.1	21.2	0
N <sub>2</sub> O(kg/t)	1.63	1.63	0.33	0

表5. 7. 4 試算条件 ケース II

	ガス変換
電力消費(kwh/t)	80.0
発 電 量(kwh/t)	△200~△280
燃 料(Nm <sup>3</sup> /t)	0
N <sub>2</sub> O(kg/t)	0

#### (3) 試算結果

試算結果は表5. 7. 5及び表5. 7. 6に示す。

①ケース I

表 5. 7. 5 各種消費量・排出量 ケース I

	現 状			ガス変換 (全処理量について)
	3号炉	4号炉	5号炉	
電力 (kwh/年)	3,847,540	4,216,420	5,282,010	12,453,840
発電量 (kwh/年)	—	—	—	△31,134,600 ～△43,588,440
燃料 (Nm <sup>3</sup> /年)	573,170	724,340	1,150,620	0
N <sub>2</sub> O (kg/年)	81,326	84,025	17,896	0

表 5. 7. 6 温室効果ガス排出量 ケース I (t-CO<sub>2</sub>/年)

	現 状			ガス変換	削減量
	3号炉	4号炉	5号炉		
電力由来	1,477	1,619	2,028	4,782	342
発電由来	—	—	—	△11,956 ～△16,738	11,956 ～16,738
燃料由来	1,141	1,442	2,291	0	4,874
N <sub>2</sub> O 由来	25,211	26,048	5,548	0	56,807
合 計	27,829	29,109	9,867	△7,174	73,979
総合計	66,805			～△11,956	～78,761

すなわち、年間 74,979～78,761t-CO<sub>2</sub> の削減が可能である。

②ケース II

表 5. 7. 7 各種消費量・排出量 ケース II

	ガス変換 (全処理量について)
電力 (kwh/年)	7,008,000
発電 (kwh/年)	△17,520,000 ～△24,528,000
燃料 (Nm <sup>3</sup> /年)	0
N <sub>2</sub> O (kg/年)	0

表 5. 7. 8 温室効果ガス排出量 ケース II (t-CO<sub>2</sub>/年)

	ガス変換
電力由来	2,691
発電由来	△6,728～△9,419
燃料由来	0
N <sub>2</sub> O 由来	0
合 計	△4,037～△6,728

すなわち、年間 4,037～6,728 t-CO<sub>2</sub> の排出削減量となる。

#### (4) 考察

下水汚泥高効率ガス変換発電システムは開発途上であるが、発電設備込み・同処理能力(汚泥量ベース)で、従来の焼却+発電(廃熱ボイラ+蒸気タービン)方式と同等であることが開発目標であり、同時に導入に当たっての条件でもあることから、これが達成できれば従来方式と比べて発電単価の面でコストダウン可能である。導入にあたっては次の点を考慮する必要がある。

①従来の焼却方式、又は焼却+発電方式と比較してシステムが複雑となる要素があるため、実用化検討に当たっては運転の容易性も十分に考慮した、できるだけ簡素なシステムとすることが必要である。

②可燃性ガスを扱うため、安全対策が必要である。



(3) 試算結果

①年間使用電力削減量

$$E = P_{AS} \cdot (H_A / G_S) \cdot K$$

$$= (800+120) \text{ kw} \times (1,400 \text{ kwh/m}^2 \cdot \text{年} \div 1\text{kw/m}^2) \times 0.7 = 901,600 \text{ kwh/年}$$

②年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量 : 約 346.2t-CO<sub>2</sub>/年

(4) 考察

NEDO の PV フィールドテスト事業における発電規模別 PV 設置コストによれば、平成 11 年度平均コストで 1,080 千円/kw である。これによって試算すると概算コストは約 990,000 千円となる。上記試算結果から回収期間が非常に長くなり、現段階ではコスト的な導入効果は低いと考えられる。

## 2) NaS 電池

### (1) 設備の現状

A処理場では、まず 1,000 kw の NaS 電池を導入し、平成 13 年 12 月に稼働を開始した。その後、平成 15 年 8 月に 1,400 kw の増設を実施し、合計 2,400 kw になる。A処理場における NaS 電池導入の目的を表 5. 8. 1 に示す。

表 5. 8. 1 NaS 電池導入の目的

No.	導入目的	説明
1	非常用電力の確保	停電などの非常時に、NaS 電池から電力を供給することで、非常用電力としての役割を果たすことができる。NaS 電池は原動機駆動の非常用発電機と異なり放電終了後は使用できないが、排ガスを発生しないことから環境負荷が低い。このため、それぞれの特性を生かした非常用電源として、組み合わせて適用していくことが効果的である。
2	電力の平準化	電力使用量の少ない夜間に充電し、使用量の多い昼間に放電することで使用電力量の平準化を図る。これにより、契約電力量を下げることができ基本料金が削減できる。また、単価の高い昼間電力量を減らすことができるため、従量料金の削減も可能となる。
3	環境負荷の低減	昼間電力は、化石燃料を使用する火力発電の比率が高く、夜間電力に比べ二酸化炭素の排出量が多い。NaS 電池で積極的に夜間電力を使用することにより、二酸化炭素の排出抑制を図ることができる。

### (2) 試算条件

A処理場には平成 14 年度、現在 1,000 kw の NaS 電池が導入されているため、稼働実績のある平成 14 年度の効果を示す。効果算出に当たっての条件は次のとおりである。

- ①効果算定期期 : 平成 14 年度
- ②NaS 電池能力 : 1,000 kw
- ③電力排出原単位 : 昼間(8～22 時)の電力排出原単位 0.354kg-CO<sub>2</sub>/kwh  
夜間(22～8 時)の電力排出原単位 0.254kg-CO<sub>2</sub>/kwh

### (3) 試算結果

#### ①1,000 kw 導入時効果実績

1,000 kw 導入後、平成 14 年度 1 年間における導入効果は次のとおりであった。現在、さらに 2,400 kw まで設備能力を増強し、導入効果の拡大を図っている。

表 5. 8. 2 試算結果

項目	効果
基本料金の削減 (万円/年)	NaS 導入前 12,790kw→NaS 導入後 11,780 kw 1,960
従量料金の削減 (万円/年)	400
ピーク調整の削減 (万円/年)	1,680
CO <sub>2</sub> 削減量 (kg-CO <sub>2</sub> /年)	28,200

## ②概算コスト

2,400 kw NaS 電池概算コストは約 1,000,000 千円（ただし 400 kw 分は移設費用のみ）

## （4）考察

NaS 電池の作動のためには、電池温度を保持する必要がある。充放電時は自己発熱のためヒータを作動させる必要はないが、待機中には温度保持のためヒータを投入する必要がある。CO<sub>2</sub>削減効果をより高めるためには、電池の総合効率を高くするため、ヒータ電力を削減するなどの工夫が必要である。

平成 15 年度に、電池温度保持の目的で断熱マットを設置する改良を実施し、電池の総合効率をあげる試みを行っている。この改善による効果は効率が 72.8%から 78.8%と 6.1%と改善された。CO<sub>2</sub>の削減量は現状の 28,200kg-CO<sub>2</sub>/年から約 82,900kg-CO<sub>2</sub>/年程度へ増加する効果が期待されている。

### 3) 風力発電

#### (1) 設備の現状

場内の電力には、商用電力を使用しており風力発電設備は設けられていない。現在、南系水処理計画地が使用されておらず空間的に利用が可能である。

#### (2) 試算条件

次の条件で検討を行う。

##### ①導入機器

- a) 定格出力 (kw 級) : 750×4 台
- b) ハブ高さ (m) : 50
- c) プロペラ径 (m) : 45
- d) カットイン風速 (m/s) : 3
- e) カットアウト風速 (m/s) : 24
- f) 定格風速 (m/s) : 14

##### ②システムフロー

システムフローを図5.8.1に示す。

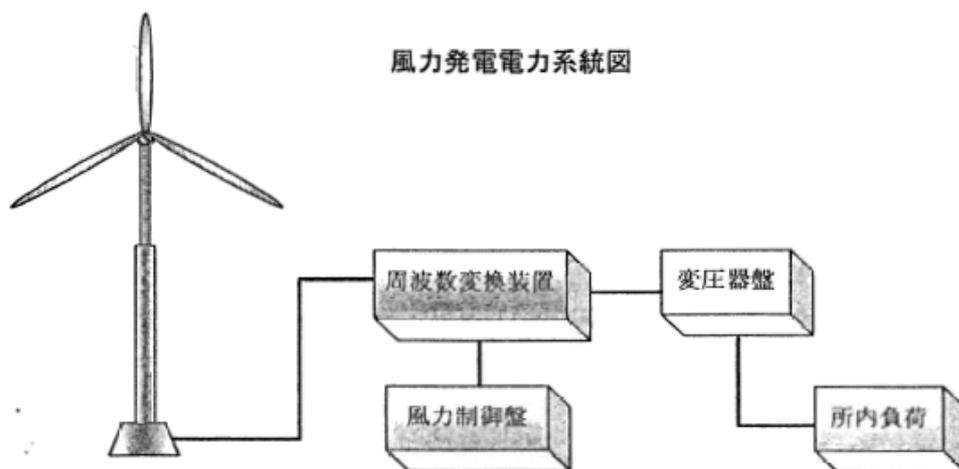


図5.8.1 システムフロー

③A 処理場実測値による月別平均風速及び時間別平均風速を図5.8.2及び図5.8.3に示す。

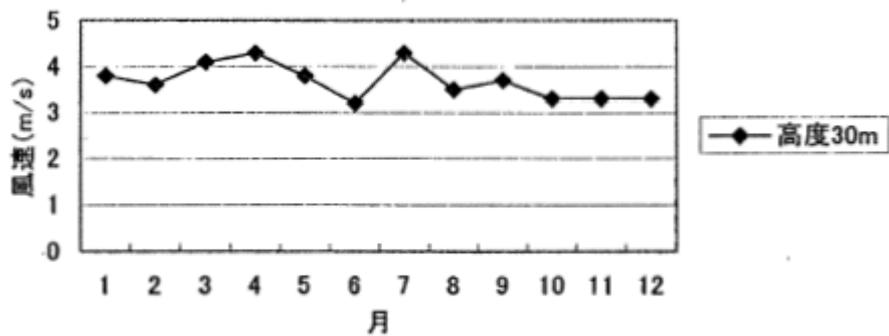


図5. 8. 2 月別平均風速

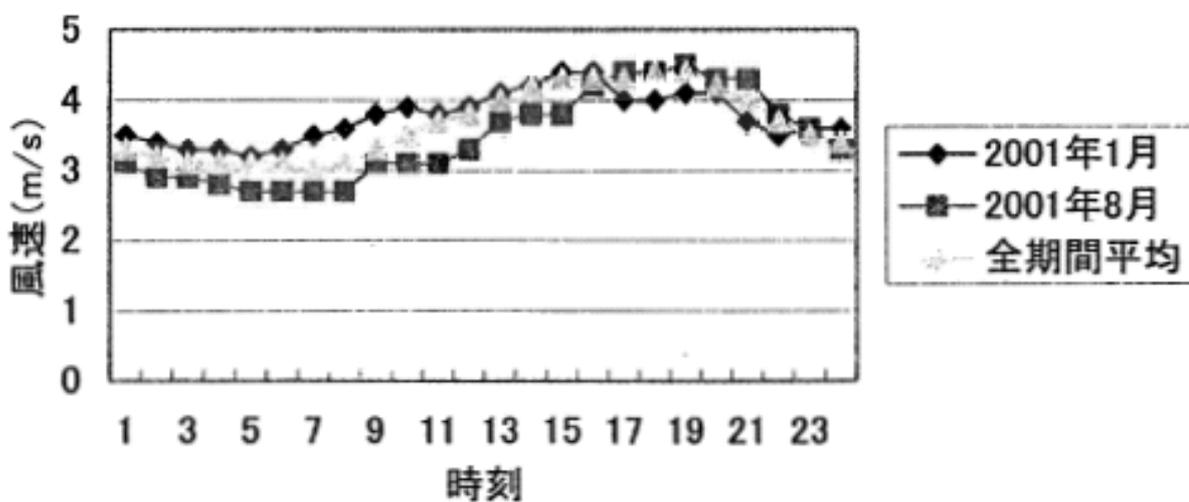


図5. 8. 3 時間別平均風速

③稼働率

月別平均風速及び時間別平均風速より、風車の稼働率（1台あたり）は図5. 8. 4に示す。

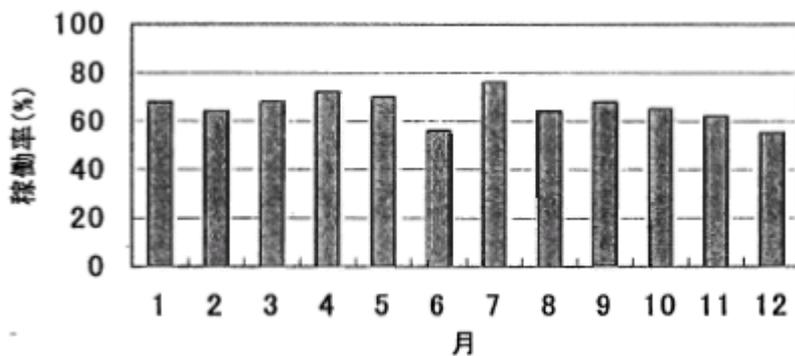


図5. 8. 4 稼働率

④設備利用率

$$\text{設備利用率 (\%)} = (\text{年間発電電力量 (kwh)} \times 100) / (\text{定格電力 (kw)} \times \text{年間暦時間 (h)})$$

ただし、年間稼働時間：8,760 h

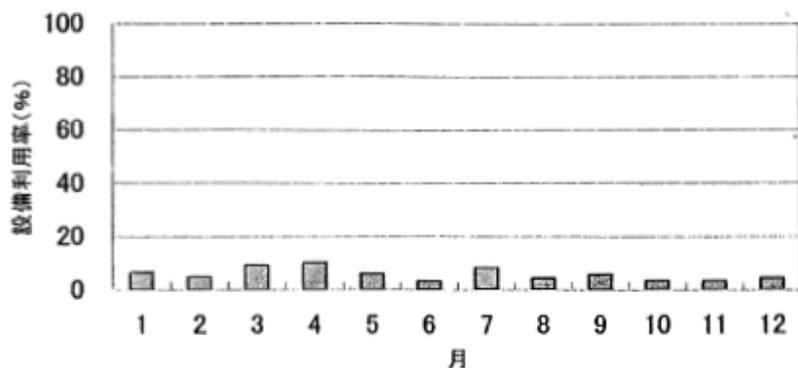


図5. 8. 5 設備利用率

(3) 試算結果

風力エネルギー取得量（1台あたり）は図5. 8. 6のようになる。

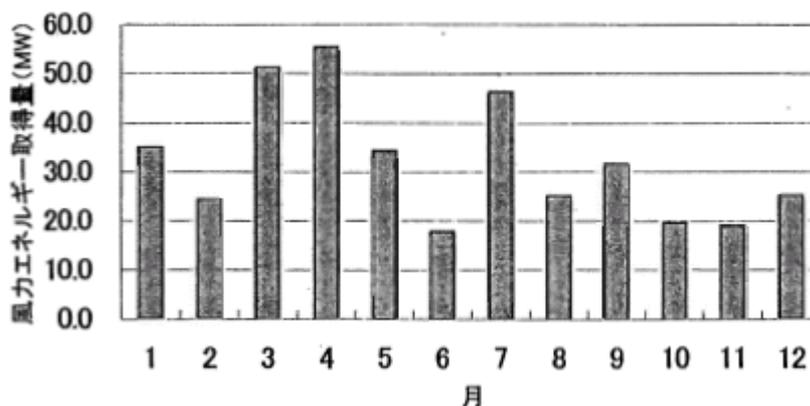


図5. 8. 6 風力エネルギー取得量

風力発電による年間発電電力量は、1台あたり 384,289 kwh/年で、4台トータルで、1,537,156 kwh/年となる。したがって、年間の各削減量は、次のようになる。

a) 年間買電電力削減量 : 1,537,156 kwh/年

b) 年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量 : 590.2 t-CO<sub>2</sub>/年

c) 年間電力料金削減量 : 13,711 千円/年

概算コストとしては、イニシャルコストが4台分で約840,000千円、ランニングコストが4台分で約9,000千円程度である。

#### (4) 考察

CO<sub>2</sub>削減の効果としては、年間約 590 tが見込まれる。導入時の課題としては、風力発電で発生される電力で賄う対象負荷の事前検討、設置場所の検討、周辺民家の分布、騒音予測、電波障害予測、系統連携する場合は電力会社との事前すり合わせなどがある。

なお、風力発電設備はコスト的には厳しいものがあるが、風車がシンボリックなものとなり、クリーンエネルギーを利用した設備のアピール効果が大きい。

## 5. 9 まとめ

### 1) A 処理場の温室効果ガス

#### (1) 電力由来の温室効果ガス量

表5・1・2の平成14年度の各ユーティリティ実績値より各排出係数を掛けて求めたCO<sub>2</sub>排出量は次のとおりである。すなわち、CO<sub>2</sub>排出量は各ガス活動量×排出係数である。

- ①電力使用量から： $70,759,360\text{kwh/年} \times 0.384\text{kg-CO}_2/\text{kwh} = 27,171\text{ t-CO}_2/\text{年}$
- ②A重油使用量から： $298,1601/\text{年} \times 2.6977\text{kg-CO}_2/\text{l} = 804,346\text{kg-CO}_2 = 804\text{t-CO}_2/\text{年}$
- ③灯油使用量から： $66,2401/\text{年} \times 2.5284\text{kg-CO}_2/\text{l} = 167,481\text{kg-CO}_2 = 167\text{t-CO}_2/\text{年}$
- ④都市ガス使用量から： $2,448,130\text{Nm}^3/\text{年} \times 1.991\text{kg-CO}_2/\text{m}^3 = 4,875\text{t-CO}_2/\text{年}$
- ⑤合計； $27,171 + 804 + 167 + 4,875 = 33,017\text{t-CO}_2/\text{年}$

#### (2) N<sub>2</sub>Oの想定

汚泥焼却及び水処理から発生する一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)は次のとおりである。

- ①汚泥焼却は表5. 3. 1より、次のようになる。

排ガス中のN<sub>2</sub>Oは213,896kgである。これをt-CO<sub>2</sub>/年に換算する。

$$213,896\text{kg/年} \times 310 = 66,307,760\text{kg-CO}_2/\text{年} = 66,308\text{t-CO}_2/\text{年}$$

- ②水処理時は表5. 6. 3より、次のようになる。

$$129,721,469\text{m}^3/\text{年} \times 0.06\text{g/m}^3 = 7,783,288\text{g} = 7,783\text{kg}$$

$$7,783\text{kg/年} \times 310 = 2,412,730\text{kg-CO}_2 = 2,412\text{t-CO}_2/\text{年}$$

ただし、5. 6の1)項で述べているように標準法をA<sub>2</sub>O法に変更するには攪拌機の電力増加によるCO<sub>2</sub>の増加がある。

- ③合計； $66,308 + 2,412 = 68,710\text{t-CO}_2/\text{年}$ 、N<sub>2</sub>O由来の温室効果ガスはいかに大きなウエイトを占めるのかわかる。

### 2) ケース・スタディの結果

#### (1) 適用技術のケース・スタディ

第5章でケース・スタディをおこなった結果のCO<sub>2</sub>排出削減量は表5. 9. 1に示す。

##### ①省エネルギー機器の採用（機械設備）

表5. 9. 1 適用技術のCO<sub>2</sub>排出削減量(1)

省エネルギー機器の採用（機械設備）	CO <sub>2</sub> 排出削減量（t-CO <sub>2</sub> /年）
ポンプの無注水化	17.9
汚泥かき寄せ機のチェーンの合成樹脂化	34.9
インレットベーン付高効率ブロワ	54.0
雨水ポンプ駆動用ガスタービン	0.6
小計	715.2

- a)省エネルギー型脱水機はスクリュープレスを例として、ベルトプレス脱水機と比較して電力由来のCO<sub>2</sub>排出削減量は608.5 t-CO<sub>2</sub>/年が削減できるが、高分子凝集剤を考慮するとトータルとして130.8 t-CO<sub>2</sub>/年の増加となる。

b)循環流動炉については別途述べる。

②省エネルギー機器の採用（電気設備）

表 5. 9. 1 適用技術の CO<sub>2</sub> 排出削減量（2）

省エネルギー機器の採用（電気設備）	CO <sub>2</sub> 出削減量（t-CO <sub>2</sub> /年）
省エネルギー型照明器具	29.4
LED ランプ	19.5
高効率変圧器	500.6
高効率電動機	66.0
小 計	615.5

a)液晶ディスプレイ及び既設大型電動機の高効率化はケース・スタディを省略した。

③省エネルギー管理システムの導入

表 5. 9. 1 適用技術の CO<sub>2</sub> 排出削減量（3）

省エネルギー管理システムの導入	CO <sub>2</sub> 排出削減量（t-CO <sub>2</sub> /年）
電動機容量の最適化（ブロウ）	省エネ型硝化システムに含む
電動機容量の最適化（ポンプ）	14.2
省エネ型硝化システムの検討	644
主ポンプの速度制御化	139
メンブレンパネル式散気装置	650
マイクロフィルタの導入	87.6
小 計	1534.8

a)変圧器の最適化は省略した。

b)個別負荷電力使用量の計測化及び事務所などの ESCO 事業の導入は方法を明示して、CO<sub>2</sub> 排出削減量は算出していない。

④未利用及びクリーンエネルギーの採用

表 5. 9. 1 適用技術の CO<sub>2</sub> 排出削減量（4）

未利用及びクリーンエネルギーの採用	CO <sub>2</sub> 排出削減量（t-CO <sub>2</sub> /年）
アーバンヒートシステムの導入	36.3
小水力発電	53.8
太陽光発電	346.2
NaS 電池	28.2
風力発電	590.2
小 計	1054.7

a)燃料電池発電は省略しました。

⑤表 5. 9. 1（1）から（4）の合計で 3,312.4t-CO<sub>2</sub>/年が削減されます。

⑥A処理場は積極的に省エネルギーに取り組んでいる。ケース・スタディの結果、表 5. 9. 1 でわかるように適用技術の中でも CO<sub>2</sub> 排出削減量は少なめになるものがある。

(2) 処理場全体の CO<sub>2</sub> 排出削減量

① A 処理場の電力に由来する温室効果ガス 33,017t-CO<sub>2</sub>/年に対して、前記の技術を無条件に適用したと仮定すると約 10%の削減と大きなものになる。これは省エネルギー脱水機、高効率変圧器の採用、メンブレンパネル式散気装置、太陽光発電、風力発電の採用が寄与している。

(3) N<sub>2</sub>O の削減

① 処理場からの N<sub>2</sub>O は水処理と汚泥焼却から発生するものが多い。3.6 項の「温室効果ガス (N<sub>2</sub>O) の発生抑制」を参照願います。A 処理場の試算では標準活性汚泥法で日平均高級処理水量の活性汚泥法から N<sub>2</sub>O 由来の温室効果ガスとして 2,412 t-CO<sub>2</sub>/年が発生する。汚泥焼却で N<sub>2</sub>O 由来の温室効果ガスとして 66,308t-CO<sub>2</sub>/年が発生する。このように反応槽における活性汚泥処理と汚泥焼却で 68,787t-CO<sub>2</sub>/年が発生している。

② 水処理では A<sub>2</sub>O 変換すると電力増加により新に 2,598t-CO<sub>2</sub>/年が発生するが、N<sub>2</sub>O が 1,953t-CO<sub>2</sub>/年となりトータルで 645t-CO<sub>2</sub>/年の増加となってしまう。

③ A 処理場の 1 号から 5 号の焼却炉の運転状態を分析して、提案している適用技術を表 5.9.2 に示す。

表 5.9.2 焼却炉の適用技術

焼却炉 名称	処理規模	適用技術			
		循環 流動炉	高温 焼却	ガス 変換	備考
1 号炉	150t/日 乾燥機付	×	×	×	稼働時間・処理量が少なく、平成 15 年度より運転休止のため、試算は行わない。
2 号炉	180t/日 乾燥機付	×	×	×	稼働時間・処理量が少ないため、試算は行わない。
3 号炉	300t/日 乾燥機付	×	×	○	乾燥機付のため、比較の困難な、循環流動炉、高温焼却、バイナリ発電の試算は行わない。
4 号炉	300t/日	○	○	○	—
5 号炉	300t/日	○	×	○	高温焼却対応炉のため、高温焼却の試算は行わない。

上記条件のケース・スタディは次のとおりである。

a) 循環流動炉

年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量： ケース I で 21,438 t-CO<sub>2</sub>/年  
 ケース II で 14,059 t-CO<sub>2</sub>/年

b) 汚泥焼却の高温燃焼

年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量： 20,246 t-CO<sub>2</sub>/年

c) 下水汚泥高効率ガス変換発電システム

年間 CO<sub>2</sub> 排出削減量： ケース I で 73,979～78,761 t-CO<sub>2</sub>/年  
ケース II で 4,037～6,728 t-CO<sub>2</sub>/年

④いずれも大きな削減量となる。その中で容易に導入しやすいで高温燃焼の改造で A 処理場の N<sub>2</sub>O 発生量の 66,308 t-CO<sub>2</sub>/年に対して約 70%削減できる。

### 3) 費用対効果

- (1) どの技術を適用するかは費用対効果の判断が重要となる。すなわち、温室効果ガス削減量/費用を算出することである。ケース・スタディで具体的費用の算出には①詳細の工事計画が必要なこと②実際の処理場であるため影響が大きいことなどで、費用の指数化や単体機器の概算コストに限定した。しかし、適用技術の概算コストはある程度想定できると思われるので、必要な場合は精査を願いたい。
- (2) 今回の適用技術は温室効果ガスの削減できるものを重視したので、それなりの費用増加が必要である。実際に既存処理場で採用するには改良工事や再構築工事の時に配慮するのが望ましい。
- (3) クリーンエネルギーは新たな技術で課題もあるが、地球温暖化防止対策には前向きに対応していくことが必要と考える。
- (4) 個別負荷電力使用の計測化と事務所等への ESCO 事業の導入は省エネルギーの基本データを把握するのに非常に大切ですが、その効果を証明するには費用が必要なため、今回は手法を整理した。

## 参 考 文 献 等

- 1) 下水道における地球温暖化防止実効計画の手引き (社)日本下水道協会 平成 11 年 8 月
- 2) ポンプ設備設計マニュアル 東京都下水道局 2004 年 12 月
- 3) 第 3 9 回下水道研究発表会講演集 (社)日本下水道協会 平成 14 年度
- 4) 下水熱利用システム計画マニュアル (財)日本地域開発センター 1998 年 2 月
- 5) 電気学会技術報告 605 号 電気学会 1996 年 9 月
- 6) 新エネルギー部会資料 通商産業省総合エネルギー調査会 2000 年
- 7) 太陽光発電導入ガイドブック NEDO 編 2000 年
- 8) 設計指針機械設計編 日本下水道事業団 平成 10 年 4 月
- 9) 圧入式スクリープレス脱水機技術マニュアル (財)下水道新技術推進機構 2001 年 3 月
- 10) 回転加圧式脱水機技術マニュアル (財)下水道新技術推進機構 2000 年 3 月
- 11) 月間環境自治体 日本工業新聞社 2002 年 8 月
- 12) 東京都下水道施設概要 東京都下水道局 平成 12 年度版
- 13) 事務所等の ESCO 導入事業 (財)省エネルギーセンターホームページ  
[Http : //www.sccp.or.jp/index.html](http://www.sccp.or.jp/index.html)
- 14) NEDO ホームページ [Http : //www,nedo.go.jp/intro/shinnene](http://www,nedo.go.jp/intro/shinnene)

以上



# 資 料 編



## 資料目次

- 資料―1 電力機器用SF6ガスの保管、使用上の留意点について
- 資料―2 下水道局のポンプ所及び処理場の年間電力使用量等
- 資料―3 下水道局の温室効果ガス排出量の推定値
- 資料―4 下水道局区部ポンプ所の汚水ポンプ制御方法
- 資料―5 下水道局の処理場の汚水ポンプ及び送風機の実態
- 資料―6 下水道局の処理場の汚泥焼却炉実態
- 資料―7 下水道局区部の処理場概要

## 資料－1 電力機器用 SF6 ガスの保管、使用上の留意点について

### 1. SF6 ガスの温暖化効果

日本における SF6 ガス（六フッ化硫黄）の保有はほとんどが電力設備用途で、いわゆる GIS（Gas Insulated Switchgear：ガス絶縁開閉装置）や GCB（Gas Circuit Breaker：ガス遮断機）の絶縁ガスとして使用され、これらの装置の飛躍的な縮小化による省スペースと容易な保守管理などを可能にした。SF6 ガスは 1997 年 12 月の地球温暖化に関する国際会議（COP3）で削減対象ガスの一つに定められた。

温室効果の指標として、GWP（Global Warning Potential）では表－1 のとおり、CO2 の 23,900 倍であるが、IEC（International Electrotechnical Commission:国際電気標準会議）規格、オーストラリア規格（AS）では、大気中濃度と排出量からみた温度上昇への寄与は CO2 の 1/6,000 で無視できるとしている。

表－1 ガス種類と GWP 及び温暖化効果

ガスの種類	GWP (1kg,100年間)	IEC1634-1995、 AS2791-1996
		温暖化効果
CO2	1	60
CH4	21	15
N2O	310	5
O3	—	8
CFC-11	—	4
SF6	23,900	10 <sup>-2</sup>

### 2. 日本電機工業会における SF6 ガス取扱い基準制定

1996（平成8）年10月、電気事業連合会ならびに日本電機工業会から電気協同研究会に対して研究依頼が出されたのを受け、「電力用SF6 ガス取扱い基準専門委員会（委員長：宅間京大教授）」が設立された。この専門委員会では、大学、電力会社、電気機器製造者、ガス製造者からの代表が一同に会し、SF6 の使用状況の現状、SF6 および分解生成物の特性、SF6 のリサイクル基準とガスの取扱いなどについて、各種の調査、検討を行った。検討の要点と得られた成果は概略次のとおりである。

#### 1) SF6 の使用状況の現状調査

- ①日本におけるSF6 の保有はほとんどが電力設備用途であると推定される。
- ②電力需要の増加と、空気遮断器（ABB）、油遮断器（OCB）からの取替えにより、ガス絶縁機器の保有量は急激に増加した。
- ③ガス絶縁機器メーカーにおけるSF6 の排出は工場内での開発・製品試験と現地での据付・試験時に発生しており、1995年までの排出量は購入ガス量の約30%である。
- ④電力会社における排出は主に機器の内部開放点検、機器撤去に伴う排出と運転中の自然漏洩であり、排出量は1990年から1995年までの間は50 t/年程度で推移している。
- ⑤点検時には、公称電圧110kv 未満の機器については全量が排出されているが、110kv以上の機器に

については0.005MPa（ゲージ圧）まで回収されてきた。

- ⑥機器からの自然漏洩については、理論式による計算、並びに実フィールドにおける自然漏洩量測定により、JEC-2350「ガス絶縁開閉装置」が定める1%/年以下に対して十分な実力を有しており、0.1%/年以下の値を使用しても差し支えない。
- ⑦ガス漏れ障害調査やシール技術変遷調査の結果により、ガスシールの障害によるSF6の排出は微量である。

## 2) SF6及び分解生成物の特性調査

- ①ガス絶縁機器では加熱、コロナ放電、断路器開閉、遮断器開閉、内部故障などにより分解ガス、分解生成物が発生することが知られているが、通常は装置内の吸着剤で除去されるうえに機器の開封時には大気と十分に混合、希釈されて人体に影響のない濃度になっており、換気に注意して作業を進めれば健康上まったく問題のないレベルである。
- ②国内電力会社、機器製造者に対して行ったアンケートの結果からも分解ガスおよび分解生成物による人体へのトラブルは1件も報告されていない。
- ③SF6ならびに分解ガスの分析結果によれば実フィールドの機器に使用されている分解ガスは検出されなかった。

## 3) SF6のリサイクル基準とガスの取り扱いについての調査

今後は次の終圧を目標として回収を行うこととした。

表2 SF6の回収終圧目標値

回収作業	回収終圧目標値
工場内	0.015MPa（絶対値）以下
据付時	
点検時	
撤去時	0.005MPa（絶対値）以下

次の品質管理基準に従って、SF6のリサイクルに取り組むこととした。

表3 SF6の許容値と品質管理基準

		許容値	管理値
SF6純度		95体積%	97体積%
空気		(5体積%)	(3体積%)
水分	電流を開閉しない機器	1000ppm（体積値）	500ppm（体積値）
	電流を開閉する機器	300ppm（体積値）	150ppm（体積値）
分解ガス・分解生成物		—	検知管で呈色反応を示さぬこと

SF6の回収作業にあたっては、機器点検時・機器撤去時には回収前に測定を行い、また、機器据付・機器点検後には復旧後にもガス測定を行い、ガスの品質を確認することとした。

### 3. 電気事業連合会と日本電機工業会による取り組み

電気協同研究会による検討結果を受ける形で、電気事業連合会と日本電機工業会はそれぞれ、機器からのSF6排出抑制に関する自主的な行動計画を発表した。自主行動計画は、関連業界の努力にもかかわらず、SF6に代わる代替物が見つからない現状を踏まえ、電力会社と電気機器製造者がガス絶縁機器を今後とも有効に利用してゆくためにSF6の大气への排出量を最小限に維持するよう努めなければならないという共通の理解に基づいたものになっている。双方で掲げられている行動計画は概略次のとおりである。

- ① 点検時におけるSF6の排出抑制
- ② ガス絶縁機器撤去時のSF6排出抑制
- ③ リサイクリング（SF6再利用）システムの確立
- ④ 現在のSF6管理システムの精度向上（SF6管理体制の強化）
- ⑤ 機器のSF6使用量を最小化する新技術の開発

上記を踏まえ、電気メーカー各社では、点検時や撤去時にSF6を安全に回収・保存する装置や巡回サービスを実施している。また、SF6使用量の縮減のため、機器の小型化などを進めている。

## 資料一 2 下水道局のポンプ所及び処理場の年間電力使用量等

### 1) ポンプ所総使用電力量 (平成14年度)

	年間電力使用量 (千 k w h)
揚水用	57,064
諸機械電力	34,263
照明その他	9,516
その他設備	1,641
合計	102,485

### 2) 区部処理場総使用電力量 (平成14年度)

	年間電力使用量 (千 k w h)
揚水用	108,319
水処理用	265,183
諸機械電力	77,466
照明その他	16,529
その他設備	23,055
汚泥処理用	207,372
合計	698,826

### 3) 流域処理場総使用電力量 (平成14年度)

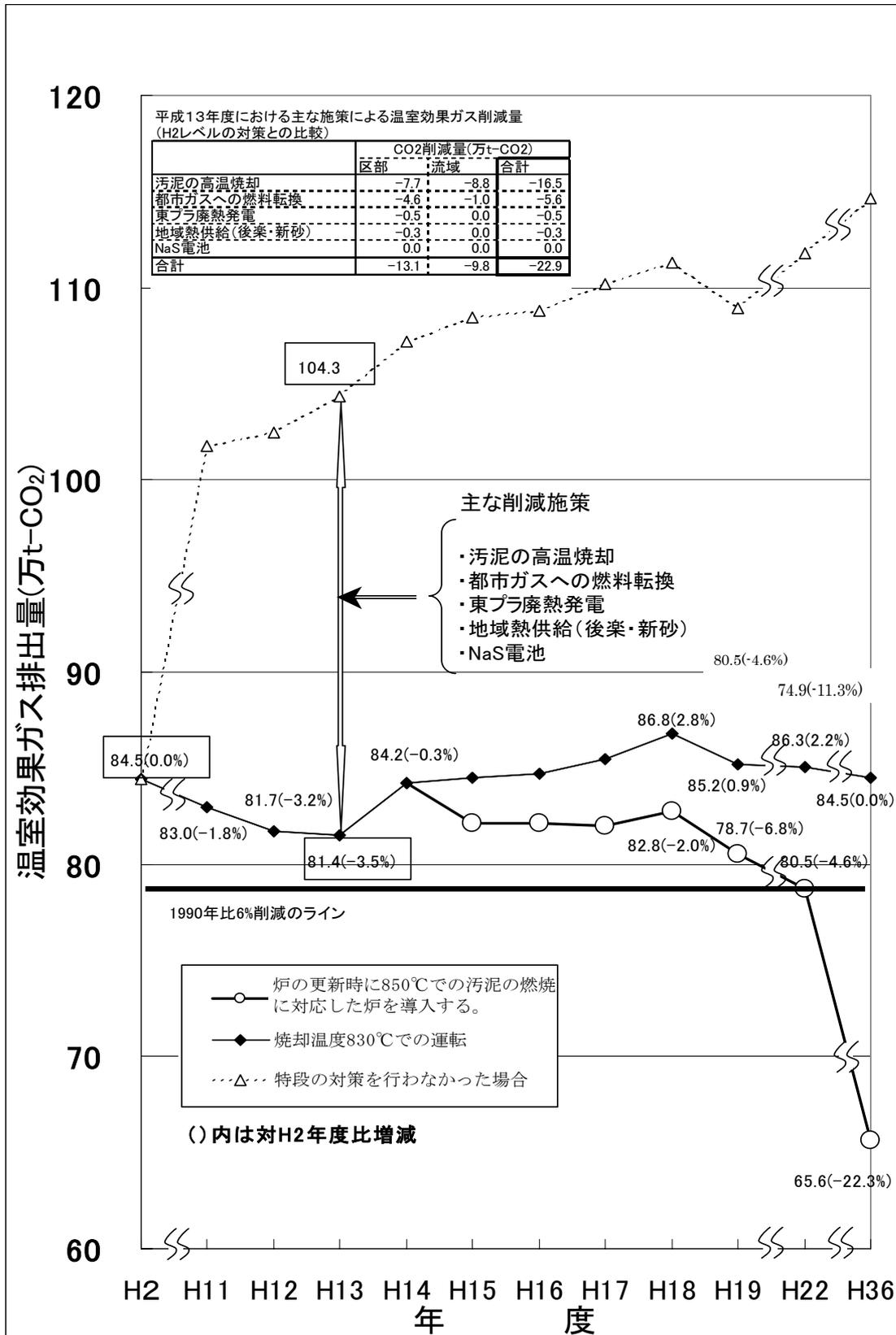
	年間電力使用量 (千 k w h)
水処理用	106,166
汚泥処理用	46,606
合計	152,772

### 4) 区部処理場の年間燃料等使用量 (平成14年度)

	年間使用量
重油 (千L)	3,329
軽油 (千L)	0.658
灯油 (千L)	884
都市ガス (千m <sup>3</sup> )	20,082

### 資料—3 下水道局の温室効果ガス排出量の推定値

下水道局は温室効果ガス排出量を次のとおりに推定している。



資料一 4 下水道局区部ポンプ所の汚水ポンプ制御方法

名 称	ポンプ所	設置台数	回転数制御の台数	回転数制御方式
中部管理事務所	銭瓶町	6	2	VVVF
	浜町第二	4		
北部第一管理事務所	白鬚西	3		
	和泉町	3		
	町屋	3		
	湯島	4	4	VVVF
	志茂	3		
	新田	3		
	梅田	4		
東部第一管理事務所	東雲	4		
	東雲東	3		
	新砂	4		
	新木場	2		
	若洲	2		
	三之橋	5		
	業平橋	3		
東部第二管理事務所	吾嬬	4		
	本田	3	3	2台セルビウス1台極数切替
	堀切	3		
	亀有	3		
	東小松川	6		
	西小松川	3		
	篠崎	5		VVVF
南部管理事務所	新小岩	4		
	平和島	4		
	大森東	5	2	
	鮫洲	4		
	浜川	2		
	東海	3		
	八潮	4		
	京浜島	3		
	羽田	4		
	六郷	11		
	東糀谷	4		
矢口	4			
芝浦処理場所管	品川埠頭	3		
	天王洲	3		
	芝浦	6		
有明処理場所管	台場その1	3		
	台場その2	3		
	青梅その1	2		
	青梅その2	3		

	有明南 1	2		
	有明南 2	2		
	有明北 2	2		
	有明	2		
	青海埠頭	3		
	中防內側	2		
	城南島	2		

資料—5 下水道局の処理場の汚水ポンプ及び送風機の実態

名称	汚水ポンプ						送風機		
	ポンプ施設	設置台数	回転数制御			備考	設置台数	ガイドベーン付	インレットベーン、ガイドベーン制御
		台数	有	台数	方式				
芝浦	本系高段ポンプ室	7	○	2	セルビウス		5	0	○
	本系低段ポンプ室	4	○	2	セルビウス				
	東系主ポンプ室	6							
三河島	藍染ポンプ所	8	○	2	セルビウス		10	0	—
	藍染ポンプ所第二地蔵堀系ポンプ室	6	○	2	V V V F				
中川	主ポンプ室	9	○	2	セルビウス		5	0	○
	放流ポンプ室	-							
小台	主ポンプ室	7	○	2	セルビウス	切替使用	6	0	—
	宮城ポンプ所	-							
有明	—	-					3	0	○
小菅	主ポンプ棟	4	○	3	セルビウス	内2台は切替使用	5	5	○
	第二主ポンプ棟	4							
葛西		6	○	3	セルビウス	内2台は切替使用	4	0	○
落合	高段ポンプ室	6					7	0	—
	超低段ポンプ室	5	○	2	V V V F				
新河岸	主ポンプ室	9					6	0	
	第二主ポンプ室	9							
新河岸東	赤羽系ポンプ室	4	○	2	V V V F		3	0	○
	新浮間系ポンプ室	-							
	浮間東系ポンプ室	3	○	2	V V V F				

砂町	砂系ポンプ棟	6	○	2	セルビウス		8	0	○
	東陽大島系ポンプ棟	9							
	吐口ポンプ室	-							
森ヶ崎	西系管理棟	10	○	2	セルビウス		14	0	-
	西系主ポンプ棟	10							
	大森南ポンプ室	-							
流域	北多摩一号	6	○	2	セルビウス		5	3	
	南多摩	8	○	4	セルビウス		4	4	
	北多摩二号	5	○	5	セルビウス (3) VVVF (2)		4	4	
	浅川	4	○	3	セルビウス		4	4	
	多摩川上流	6	○	6	セルビウス		6	3	
	八王子	4	○	3	セルビウス		3	0	
	清瀬	8	○	2	セルビウス		6	6	

資料一 6 下水道局の汚泥焼却炉の実態

処理場	機器名称	号機	方式・型式	台数	設置年度	備 考
葛西	焼却炉	4	立型流動層式	5	1991	
	焼却炉	3	立型流動層式		1990	
	焼却炉	2	立型流動層式		1985	
	焼却炉	1	立型流動層式		1982	
	焼却炉	5	立型流動層式		2000	
砂町	焼却炉	10	立型流動層式	1	1990	
小台	焼却炉	4	立型流動層式	3	1988	
	焼却炉	2	立型流動層式		1987	
	焼却炉	3	立型流動層式		1985	
新河岸	焼却炉	4	立型流動層式	3	1992	
	焼却炉	3	立型流動層式		1985	
	焼却炉	2	立型流動層式		2001	一号炉を撤去
東部 S P	焼却炉	1	立型流動層式	3	1996	
	焼却炉	2	立型流動層式		1998	
	焼却炉	3	立型流動層式		2000	
南部 S P	焼却炉	6	立型流動層式	6	2002	
	焼却炉	5	立型流動層式		2000	
	焼却炉	4	立型流動層式		1997	
	焼却炉	3	立型流動層式		1994	
	焼却炉	1	立型多段炉		1982	
	焼却炉	2	立型多段炉		1982	
北多摩一号	焼却炉	4	立型流動層式(100)	3	1987	
	焼却炉	2	立型流動層式(100)		2003	
	焼却炉	1	立型流動層式(130)		1996	
北多摩二号	焼却炉	2	立型流動層式(40)	2	1993	
	焼却炉	1	立型流動層式(40)		1926	
浅川	焼却炉	2	立型流動層式(100)	2	1995	
	焼却炉	1	立型流動層式(50)		1994	
多摩上流	焼却炉	4	立型流動層式(100)	4	1996	
	焼却炉	3	立型流動層式(50)		1990	
	焼却炉	2	立型流動層式(100)		1983	
	焼却炉	1	立型流動層式(50)		1979	
八王子	焼却炉	2	立型流動層式(100)	2	1997	
	焼却炉	1	立型流動層式(50)		1994	
清瀬	焼却炉	4	立型流動層式(100)	4	1995	
	焼却炉	3	立型流動層式(100)		1993	
	焼却炉	2	立型流動層式(100)		1987	
	焼却炉	1	立型流動層式(50)		1982	
南多摩	焼却炉	4	立型流動層式(60)	2	1993	
	焼却炉	3	立型流動層式(60)		1989	

備考 S P : スラッジプラント、  
流域( )数字 : 焼却能力、区部 : 全て 300t/日

資料一 7 下水道局(区部)処理場概要

センター 処理場	系列	反応タンク 処理水量 (m <sup>3</sup> /日)	一沈容量 (m <sup>3</sup> )	反応タンク 容量 (m <sup>3</sup> )	反応タンク 処理方式	散気方式	散気 装置	送風能力 (Nm <sup>3</sup> /min)	送風量 (Nm <sup>3</sup> /min)
芝浦	本系浅槽	140,450	65,040	52,740	標準法(ステップ)	浅槽旋回流	散気筒	5,700	608
	本系深槽東	156,610		50,670	標準法	深槽旋回流	散気板		822
	本系深槽西	159,560		50,670	標準法	深槽旋回流	散気板		812
	西系	64,990	9,600	22,520	標準法	深槽旋回流	散気板		264
	東系	101,690	16,860	39,300	標準法	深槽旋回流	散気板		374
砂町	東陽系	379,690	48,800	122,880	標準法	深槽旋回流	散気板	2,900	1,135
	砂系	124,360	36,240	36,280	標準法	全面曝気	散気板	2,530	405
森ヶ崎	西系	372,530	51,910	97,200	標準法(ステップ)	全面曝気	散気板	2,630	1,440
	東系	902,360	125,280	268,800	標準法	深槽旋回流	散気板	6,300	2,082
三河島 藍染 東系	浅草南系	125,770	22,580	38,400	標準法	旋回流/全面曝気	散気板	3,610	389
	浅草北系	122,820		32,520	標準法	全面曝気	散気板		386
	北系	35,000	—	9,000	担体添加ステップA 2O法	深槽旋回流	機械攪拌式		92
	藍染系	133,210	13,120	36,560	標準法	全面曝気	散気板		420
		42,210	6,660	13,640	AO法	深槽旋回流	散気板		202
中川 A20法		22,530	19,200	14,900	A20法	深槽旋回流	散気板	1,560	58
	AO法	29,430		14,900	AO法	深槽旋回流	散気板		107
	標準法	121,830		44,700	標準法	深槽旋回流	散気板		431
小台	西系	269,130	21,300	59,280	標準法(ステップ)	全面曝気	散気板	2,100	941
	東系								
有明		12,040	1,320	12,800	A20法	深槽旋回流	散気板	320	82
小菅	西系	65,840	9,600	37,840	AO法/標準法	機械攪拌/旋回流	散気板	1,665	223
	東系	108,180	18,420	41,400	AO法	機械攪拌/旋回流	散気板		465
葛西	北系	273,190	43,540	128,000	標準法	深槽旋回流	散気板	2,860	1,096
	南系	75,410	11,940	31,760	標準法	深槽旋回流	散気板		248
落合	南側1系	170,300	14,460	37,840	標準法	浅槽旋回流	散気板	1,440	474
	南側2系	151,340		37,840	標準法	浅槽旋回流	散気板		471
	北側	45,060	3,810	15,520	標準法	深槽旋回流	散気板		259
中野		28,170	5,740	8,080	AO法	機械攪拌/旋回流	散気板	420	96
新河岸		540,980	51,210	202,320	標準法	旋回流	散気管	5,220	1,526
新河岸 東		38,610	4,800	29,540	A20法	深槽旋回流	散気板 ・筒・管	320	190

---

---

## 下水道設備の地球温暖化防止対策検討書

平成16年4月30日 発行

発行者 藤村宏幸

発行所 社団法人東京下水道設備協会

東京都新宿区西新宿1-23-1

Tk新都心ビル

電話(03)3346-3051

---

---

本書の著作権は社団法人東京下水道設備協会にあります。

本書の一部または全部を無断で複写、転載、データファイル化することを禁じます。