

し尿処理施設における温室効果ガス排出抑制の試み

船越康夫*・中村 修**・坂本直久*・遠藤はる奈***・二見勇二****

Trial for Control of Greenhouse Gas Emission at a Night Soil Treatment Facility

Yasuo FUNAKOSHI, Osamu NAKAMURA, Naohisa SAKAMOTO,
Haruna ENDOU, Yuji FUTAMI

Abstract : The government has presented the construction cost reduction plans in public facilities since 1997 and has achieved fixed effects. But the contents are concerning an initial cost such as the cost of construction, the concrete plan is not shown in the running cost such as the processing expense.

In that case, the Night soil treatment facility "Seisuikan" of Kagoshima Prefecture was enabled the about 30% reduction of the running cost in five years by an original plans.

This result is achieved by using a "Water for night soil treatment plant Recycling Car", that reduces the water resource and the fuel fee in facilities.

Among these, in electric cost and A-heavy oil, as a result of computing the effect of control of greenhouse gas emission with a carbon dioxide base, it turns out that about 100t (14.1%) control is attained. Thus, it is clarified that the Seisuikan's approach of the running cost reduction leads to control of greenhouse gas emission.

Key words : control of greenhouse gas emission, night soil treatment facility

1. はじめに

本研究では、し尿処理施設におけるコスト削減の試みが、地球温暖化対策としても有効であることを論証する。

地球温暖化対策は自治体の大きな課題である。当初は、設備投資の伴わない節約やムダな電気を使わないなどの一般的な省エネなどで効果を上げてきた。しかし、それ以上の効果を上げるには、例えば太陽光発電の建設、庁舎の大幅な改築など、大きな投資が必要になってきた。温暖化対策にはお金がかかる時代になってきたのである。

そういうなかで、自治体の施設であるし尿処理施設において、現場の技術者の工夫によって、コストダウンと温暖化対策が同時に成功した事例は、今後の自治体の温暖化対策の手法としても注目すべきことだと考える。

し尿処理施設をはじめとする公共施設におけるコスト削減に関する施策は、平成9年4月「公共工事コスト削減対策に関する行動指針(旧指針)」として政府が策定して以降、平成12年9月「公共工事コスト削減対策に関する新行動指針(新指針)」、平成15年9月「公共事業コスト構造改革プログラム(政府プログラム)」の順で策定されてきた。これらの施策は「公共事業のすべてのプロセスをコストの観点から見直す」(政府プログラム、2003)ことを目的としており、その結果平成14年度までのコスト削減率は、平成9年度と比較し12.9%を達成するなど(政府プログラム、2003)一定の成果が報告されている。

しかし、これら一連の施策においては、建設費や調査費などイニシャルコストについて具体策が示さ

* 株式会社モリタ 環境科学研究所

** 長崎大学大学院生産科学研究科

*** 長崎大学大学院生産科学研究科博士前期課程

****霧島市し尿処理施設「清水館」

受領年月日 2006(平成18年) 1月24日

受理年月日 2006(平成18年) 5月23日

れている一方で、その後発生するランニングコストについてはその記述がほとんど見受けられない。該当する項目は、「施設の省資源・省エネルギー化（運用、維持管理費の低減）ライフサイクルを通じてのコスト低減の観点から、施設の省資源・省エネルギー化を図る」（新指針、2000）

「管理の見直し 社会資本整備の進捗とともに維持管理の重要性が増している。低コストの維持管理を実現するため、（中略）、IT等の新技術活用、ライフサイクルコストを考慮した計画的な維持管理の推進、（後略）」（政府プログラム、2003）という2箇所となっている。

ちなみに、新指針は30項目から、政府プログラムは10項目から成り立っている。

このような背景のもと、鹿児島県霧島市（旧牧園町）にある、し尿処理施設「清水館」（以下、清水館）は、独自のランニングコスト削減計画を掲げて実行し、5年間で約30%のコスト削減を達成している。

イニシャルコストやランニングコストの削減は、同時に「温室効果ガスの排出の抑制等のための施策」（地球温暖化対策の推進に関する法律第3条ほか、2002）とも考えることができる。

本研究では、清水館のランニングコスト削減の活動を紹介するとともに、このランニングコスト削減が実際に二酸化炭素（以下、CO₂）などの温室効果ガス抑制につながっていることを明らかにする。

2. し尿処理施設の事業費

2-1 し尿処理施設とは

し尿処理施設とは、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に基づき実施運営されており、し尿の処理・収集は市町村などの自治体が責任を持って行うこととされている。また、人口規模の小さい自治体では、近隣の市町村と一部事務組合を設立し共同で運営する場合も多く、し尿の収集形態においても、市町村または組合の直営による場合と、委託または許可などの方法で収集計画のみを市町村・組合が実施し、収集業務は清掃業者に任せる場合とがある。

（タクマ環境技術研究会、2000）

わが国のし尿処理方法は、①下水道終末処分場によるもの ②浄化槽によるもの ③くみ取りによるものの3種類に大別することができる。このうち、浄化槽汚泥とくみ取りによるし尿の大部分がし尿処理施設に運び込まれ処理されている。

浄化槽汚泥の年間発生量は1513万kl、そのうちの約90%がし尿処理施設に運び込まれ、同様にし尿の発生量は1539万klであり、そのうちの約92%にあたる量がし尿処理施設において処理されている。（環境省、環境統計集平成17年度版、2005）

全国のし尿処理施設の設置件数は、平成13年度現在で1124件ある。（環境省、環境統計集平成17年度版、2005）

2-2 し尿処理施設事業費の推移

し尿処理施設の事業費については、「建設改良費」（イニシャルコスト）と「処理及び維持管理費」（ランニングコスト）に大きく区分される。

建設改良費とは、中間処理施設・最終処分場の調査費と建設費が主たる項目であり、処理及び維持管理費については、人件費、処理費（収集運搬、中間処理、最終処理）、車輛等購入費、委託費などが含まれている。（環境省、環境統計集平成17年度版、2005）

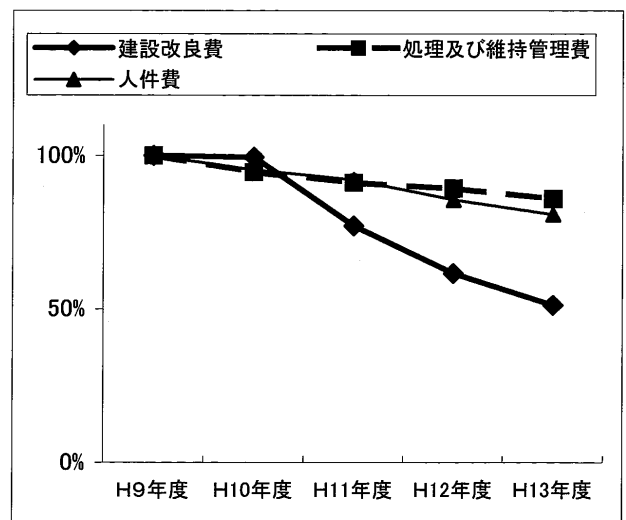
し尿処理施設の事業費の推移について表1にまとめた。平成9年度を100とすると、建設改良費については平成10年度も横ばいであったものの、平成11年度からは急激に減少しており、平成13年度では、平成9年度の約半分になっている。

同時期の施設数の推移については、

平成9年度…1161件、平成10年度…1150件
平成11年度…1116件、平成12年度…1119件
平成13年度…1124件

となっており、し尿処理施設の建設改良費については、施設数自体の減少要因があるものの、前述した政府のコスト削減に関する施策が一定以上寄与していることがわかる。

表1 事業費の推移



その一方で、処理及び維持管理費については、若干の減少は見られるが、これは主に人件費削減によるものと考えることができる。処理及び維持管理費の傾きが、人件費の傾きと一致しているためである。このことは、平成9年度からの一連の施策において

は、(人件費以外の)処理及び維持管理費に関して何らの方策を提示していないという裏づけでもある。

3. し尿処理施設「清水館」における試み 3-1 清水館におけるコスト削減計画

清水館では、平成12年4月に「施設運転経費削減実行計画」(以下、実行計画)を策定し、処理能力を落とさずに運転コストの削減に取り組んでいる。

「し尿・浄化槽汚泥を安全化・安定化させ環境衛生上支障のない放流水として排出する性能を定常的に維持し、なおかつ施設の効率的な運転等を行うことにより施設運転経費削減を図る事を目的とする」(実行計画、2000)として、施設の運営コスト削減と放流水の水質基準維持という2つの課題の両立を目指している。

平成16年度における施設運転経費削減額の目標では、平成11年度比で15%以上に設定しており、この目標の達成にあたり、

- ・施設全体の機能を見直し、設備毎に効率的な運転を行うことにより、電力、薬品、燃料の使用量削減を実施する
- ・EM菌処理により処理効率を向上させ、施設運転経費削減に努める

という二つの指針(実行計画、2000)を掲げている。なかでも「施設全体の機能見直し」については、30項目にわたる具体的行動を示し、平成12年4月から平成17年3月までの5ヵ年にわたり実行してきた。

なお、この行動計画の前例になるような先行事例を調査したが見つけることは出来なかった。

清水館でのヒアリング調査では、「4人の現場担当者が、これまでの経験を活かしてお互いの意見を出し合い集約するところから出発した」ということであり、実行計画は独自に試行錯誤して作成されたものであることがわかった。

「前処理設備の省エネモードを積極的に活用することにより、空運転をなくし電力費の削減を行う。」(実行計画1.③、2000)

「前処理設備の運転終了後は主幹ブレーカーを落とすことにより、待機電力の削減を行う。」(実行計画1.⑧、2000)

「余剰汚泥を乾燥汚泥として肥料化することにより、焼却量を減らす。それにより焼却灰の発生量を減らし処分料及び電力費、燃料費も合わせて削減を行う。」(実行計画3.③、2000)

「高圧受電設備において最大瞬間使用電力が基本料金となるため瞬間最大電力を考慮した運転を行い電気料基本料金を削減する。」(実行計画4.⑦、2000)など、家庭でも実行できる基本的な省エネ手法のレベルから、施設の特性や現場に即した計画まで、様々なコスト削減案を掲げ、取り組

んでいる。

また、EM菌の処理効率向上の効果としては、

- ・EM菌処理に伴いブロワの間欠運転が実現
- ・薬品使用量削減に伴う薬品注入ポンプの稼働時間削減

により、電気代が3分の2に、メタノール使用量が2分の1にそれぞれ削減された。

3-2 浄化槽水リサイクル車

清水館のCO₂排出抑制への取組みのなかでもうひとつ注目できるのが「浄化槽水リサイクル車」(以下、リサイクル車)の使用である。

リサイクル車の浄化槽汚泥処理工程を図1に添って説明する。

- ① 浄化槽内のスカム(浮上している汚泥)を汚泥タンクに吸引する
- ② スカムを抜き取った後の液体(中間水)を反応層に吸引する
- ③ 堆積汚泥を汚泥タンクに吸引する
- ④ 反応槽において空気攪拌を行いながら凝集液を添加し、中間水に含まれる汚泥分をフロック(塊)にする
- ⑤ 反応槽を減圧し、フロックを液面に浮上させる
- ⑥ 反応層の固液分離を行い、分離水は浄化槽の張り水として返送、汚泥は汚泥タンクに吸引する

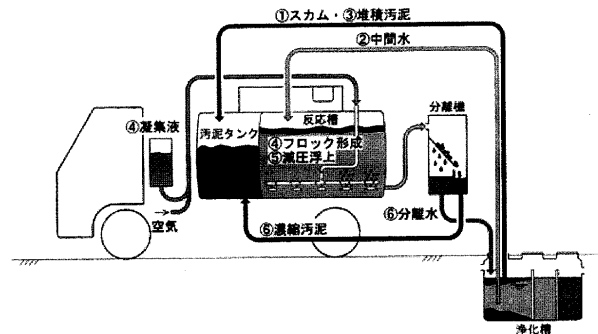


図1 浄化槽水リサイクル車の処理フロー図

また、特徴としては、「従来のバキューム車のタンクを2層構造とし、一方を(凝集)反応タンク、他方を汚泥貯留タンクとし」(渡辺ら、2003)、「薬剤注入による凝集処理及び固液分離設備を付加した車輜で、単独処理浄化槽汚泥を1/4、合併処理浄化槽汚泥を2/5にまで濃縮することが可能である」(廃棄物研究財団、2002)と、従来のバキューム車とはまったく異なっている。

清水館では、平成16年7月からリサイクル車によるし尿処理を開始しており、1月あたり4000円の経

費削減効果をあげている。

この車の導入効果は主に次の2つである。

一つ目は、水資源の節約である。リサイクル車は、浄化槽の汚泥を凝集剤によって反応させるが、反応後は「汚泥水を分離機に排出し、固液分離した分離水は浄化槽に張り水として返送」(E社パンフレット)することが可能で、渡辺ら(2003)も「100kl/日程度の分離液が浄化槽に返送されることになり、水資源の節約にも有効であることが明らかとなった」とその効果を報告している。

実際、清水館におけるヒアリング調査においても、リサイクル車使用前の平成15年度には6595.2klの浄化槽汚泥受け入れ量であったが、平成16年度は7月までが今までどおりで8月からリサイクル車の利用開始という形態であったが、6013.8klつまり8ヶ月で580klという削減結果が出ている。

ちなみに通常のバキューム車で搬入されるし尿の受け入れ量は、平成15年度4734.0kl。平成16年度4546.8klであった。

二つ目は、し尿処理施設における灯油、ガスの使用量削減とそれに伴う消化槽の加温にかかる熱量の減少である。渡辺ら(2003)によると、汚泥温度が低下する11月から3月までの平均値を、リサイクル車導入前後で比較すると、導入によって灯油使用量が16.4%、ガス使用量が31.6%減少し、リサイクル車の「導入後の処理汚泥総容量が増加していることを考慮すると、消化に関わるエネルギー効率は大幅に改善されたといえる」と報告している。

リサイクル車は平成17年度末には全国で100台を超える予定である。

4. 削減効果

4-1 清水館におけるコスト削減効果

これらの努力により、清水館は平成11年度2998万円であったランニングコストを2098万円に削減させた(29.7%削減)。(清水館、施設運転経費削減実行計画に対する点検・評価書、2005)その結果を表2にまとめた。

まず大きな成果は、経費上最大の負担となっている電力費において30%の削減を達成したことである。平成11年度では1412万円であった電力費を平成16年度には987万円に削減した。(清水館、施設運転経費削減実行計画に対する点検・評価書、2005)

同じ平成11年度において、し尿処理に必要な各種薬剤については、苛性ソーダ(汚泥を凝集する目的の槽に無機凝集剤を投入するが、そのときpHを中性にするために必要)が、270万円を51万円(81%削減)、メタノール(脱窒素工程で脱窒素菌の栄養源として必要)が、255万円を63万円(75%削減)な

ど大幅な削減を実現したほか、消泡剤など使用しなくなったものも見受けられた。

その一方で、A重油においては、汚泥を乾燥させる焼却炉の炉内設定温度を650℃から730℃に変更したことによる使用量増加と契約単価の上昇が原因となって支出額が増加している。また、EM菌についても平成11年度には使用していなかったため増加することとなった。

表2 支出額比較表

項目	平成11年度	平成16年度	削減率
電気代	14,115,789	9,869,131	-30%
A重油	3,021,165	4,903,500	62%
苛性ソーダ	2,708,466	509,090	-81%
メタノール	2,545,404	627,102	-75%
活性炭	2,477,475	2,154,800	-13%
無機凝集剤	2,275,291	1,221,696	-46%
高分子凝集剤	1,681,680	762,115	-55%
次亜塩素酸ソーダ	724,789	361,477	-50%
硫酸	401,459	1,636	-100%
消泡剤	30,240	0	-100%
EM菌	0	587,607	-
合計	29,981,758	20,998,154	-30%

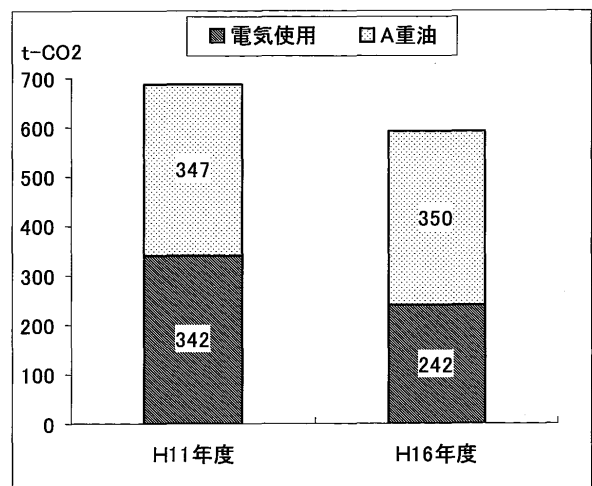
4-2 清水館における温室効果ガス排出抑制効果

これらの結果のうち、特に経費負担の大きい電気代と、逆に使用量が増えたA重油において温室効果ガスの排出量をCO₂ベースで算出した。

電気の使用における排出量は平成11年度は342t-CO₂であったが、平成16年度には242t-CO₂となり100t削減されている。A重油では、平成11年度347t-CO₂であったが、平成16年度には350t-CO₂と約3t増加している。

以上の結果をCO₂の増減として表3に示すと、平成16年度は平成11年度比で97t-CO₂(14.1%)減を達成している。

表3 電気使用とA重油におけるCO₂排出量比較

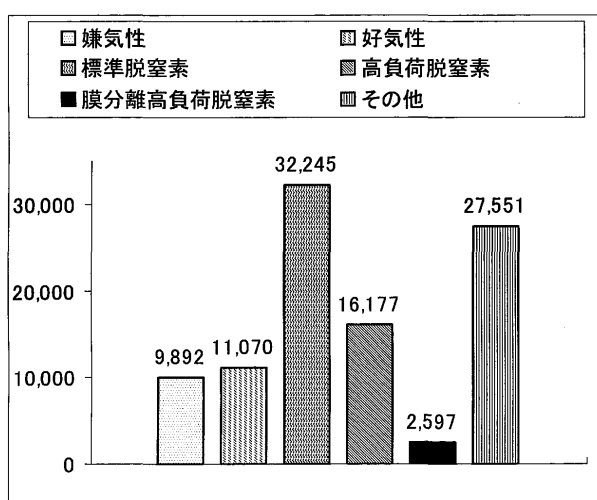


4-3 清水館のコスト削減計画の意義

清水館は、日量 36kl の処理能力があるので（資料 3）、単純に計算すると、処理量 1kl あたり年間 25 万の経費節減、2.7t-CO₂ の CO₂ 排出抑制効果になる。

わが国のし尿処理施設で清水館と同型式である膜分離高負荷脱窒素処理の施設は 41 件あり、表 4 によりその処理能力総計は日量 2597kl なので（環境省、環境統計集平成 17 年度版、2005）、仮に同型施設のすべてで清水館のランニングコスト削減策が実施されるだけでも年間約 6 億 5 千万円、約 7000t もの CO₂ 排出抑制効果が期待できると考えられる。

表 4 平成 13 年度し尿処理施設型式別処理能力



5. さいごに

平成 17 年 2 月、京都議定書が発効し、わが国は CO₂ をはじめとする温室効果ガスを 7 年後の平成 24 年度（2012 年度）までに、平成 2 年度（1990 年度）比で 6%削減しなければならぬ。しかし、その実態は、平成 14 年度時点で 7.6%増加しているため 13.6%という数字になる。（地球温暖化対策推進本部、2005）

しかも、政府は公共施設のランニングコストにおけるコスト削減策・温室効果ガス抑制策について、いまだ具体策を提示しきれていない。

このような状況において、清水館はランニングコストにおいて 5 年間で 29.7%削減を実現すると同時に、電気・A 重油において 14.1%の温室効果ガスの排出抑制を実践してきた。これは京都議定書の目標を達成した数字であり、ランニングコスト削減が同時に温室効果ガスを抑制することを示しており多いに評価できる。

残念なことは、このような視点での先行研究、先行事例が皆無に近い、ということである。

リサイクル車をのぞけば、大きな投資をすることなしに、現場の合理的な工夫と試みだけで、大幅なコストダウンと温暖化ガスの削減を実現している。

にもかかわらず、清水館の試みは研究者からも、行政内部、し尿処理事業者のなかからも高く評価されることはなかった。

民間企業においては、単に節約レベルの工夫だけでなく、業務の全面見直し、製作工程の全面見直しによって、コストダウンや温暖化対策、あるいはゼロエミッションを実現している。

ところが、行政においては、節約や多少の工夫で終わり、業務の見直しによるコストダウン・温暖化対策といった事例はほとんどなかった。

こうしたなかでの清水館の試みは、今後の自治体の温暖化対策の優れた事例として高く評価することができる。

資料 1 清水館、施設運転経費削減方法計画一覧

1.主処理・前処理関係

- ①EM 菌処理を積極的に行うことにより、電力費・薬品使用量等の削減を行う。
- ②MLSS を適性に保つことによりバッキ風量を少なくする。さらに膜の透過量を高めで保持できるようにし、1 日当たりの膜の起動回数を少なくすることにより電力費の削減を行う。
- ③NO₃ 濃度に応じてメタノールの適切な注入量を維持することにより、薬品代の節約及び余剰汚泥発生量を抑える。これにより、汚泥脱水機稼働時間を削減し電気代の削減を行う。
- ④汚泥脱水機の 1 回当たりの運転時間をできる限り長く保つことにより、月当たりの運転回数を減らし電力費の削減を行う。
- ⑤スカム破碎ポンプの運転時間はスカムの発生状況により調整し、無駄な起動をなくし電力費の削減を行う。
- ⑥前処理設備の省エネモードを積極的に活用することにより、空運転をなくし電力費の削減を行う。
- ⑦タイマーにより運転を行う機器類については、効率の良い運転を行い電力費、薬品類の削減を行う。
- ⑧前処理設備の運転終了後は主幹ブレーカーを落とすことにより、待機電力の削減を行う。
- ⑨前処理設備の省エネモード中は電力費削減のためインバーター電源を切る。
- ⑩前処理設備で中継槽満水時には、スクリーン、加圧脱水装置が空運転になるため、安全策を講じた後スクリーン、加圧脱水装置の電源を切り

電力の削減を行う。

- ⑪洗浄用温水タンクのヒーター起動開始を洗浄前の時間に設定温度になるように注意し余分な待機時間をなくすことで電力費を削減する。
- ⑫前処理設備の運転中に省エネモードを利用する際に洗浄水を使用するため、当日の搬入量を考慮し、1日の運転回数をなるべく減らす。

2.高度処理・放流・脱臭関係

- ①高度処理設備（凝集沈殿槽）では、水質の状況により、薬品添加量を適性に保つことにより薬品使用量、電力費の削減を行う。
- ②高度処理設備で水質の状況によっては、凝集沈殿槽から凝集膜分離装置を経由せず凝集膜分離原水槽から直接活性炭原水槽へのバイパスラインを利用することにより、電力費の削減を行う。
- ③脱臭設備の pH、残留塩素の設定、ファン回転数を臭気の見合った設定とすることで、電力費、薬品使用量の削減を行う。

3.焼却炉関係

- ①焼却炉設備では起動開始 30 分、停止中 35 分は、焼却が行われないため、1 回あたりの運転時間をできるだけ長く保ち、効率的な運転を行い、運転回数を減らすことで、A 重油・電力費の削減を行う。
- ②乾燥取り出し焼却による運転の場合、通常の焼却に比べ焼却時間が短いため、バーナー開放までの工程を業務終了時間までとし、停止させることで運転時間を延長させ燃料費、電力費の削減を行う。
- ③余剰汚泥を乾燥汚泥として肥料化することにより、焼却量を減らす。それにより焼却灰の発生量を減らし処分料及び電力費、燃料費も合わせて削減を行う。
- ④焼却設備では、焼却時に焼却する量が一定しないため最大能力で運転が行えるよう調整し運転中のロスをなくすことで電力費、燃料費の削減を行う。

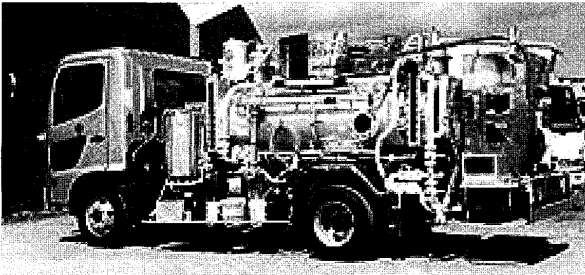
4.その他

- ①無人の室内、処理室等の節電を積極的に行う。
- ②洗浄清掃時のプロセス用水量を減らすことにより、電力費削減を行う。（床排水ポンプの起動回数の減、薬剤使用量にまで関係する。）
- ③分析器機類の電源は、分析直前に入れる。
- ④蒸発皿やその他の乾燥等は、分析の工程を考え業務時間内に終わらせ、分析室の主幹ブレーカ

ーをおとし、待機電力の削減を行う。

- ⑤クーリングタワー設備ではスケールの付着により熱効率が悪くなり稼働時間の増大等が予想されるため、スケール付着具合を定期的に確認し必要に応じて薬品洗浄を確実にいきクーリングタワー全体の電力費を削減する。
- ⑥事務所等において、帰宅後使わない電気製品のコンセントを抜いておくことにより、待機電力を無くし電力費の削減を行う。
- ⑦高圧受電設備において最大瞬間使用電力が基本料金となるため瞬間最大電力を考慮した運転を行い電気料基本料金を削減する。
- ⑧不使用時のデータログ、各処理室のモニター電源を切り電力費削減を行う。
- ⑨分析作業中は分析を行わない測定器まで電源が入るため、測定に必要な器機以外は、コンセント、又はブレーカーから電源を落とすことにより待機電力を無くし電力費の削減を行う。
- ⑩作業時、点検時の証明は必要最小限とし電力費を削減する。
- ⑪各階清掃時は清掃箇所のみ点灯し、かつ照明の範囲を複数人で行い点灯時間を減少させ電力費を削減する。

資料2 浄化槽水リサイクル車外観



資料3 清水館施設概要

名称	霧島市（旧牧園・横川町衛生管理組合）し尿処理施設「清水館」
施設稼動	平成10年11月現施設稼動
処理方式	膜分離高負荷脱窒素処理＋高度処理
建設事業費	9億4,339万円
財源内訳	国庫補助 2億2,175万円
	起債6億7,800万円
	一般財源4,374万円
処理能力	36kℓ/日（生し尿 14kℓ/日、浄化槽汚泥 22kℓ/日）
処理人口	総人口 14,580人のうち13,905人
	（計画収集人口 4,627人、浄化槽人口 9,278人）
処理量	生し尿 平均12.4kℓ/日、浄化槽汚泥 平均16.5kℓ/日
処理事業費	26,650,728円（平成16年度）
管理体制	事務局長1名、現場4名、事務員1名

参考文献

環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会：温室効果ガス排出量算定に関する検討結果、(2000)

公共工事コスト削減対策関係省庁連絡会議：公共工事コスト構造改革プログラム、(2003)

建設省（当時）：公共工事コスト削減対策に関する行動計画、(1997)

建設省（当時）：公共工事コスト削減対策に関する新行動計画、(2000)

清水館：施設運転経費削減実行計画、(2000)

清水館：施設運転経費削減実行計画に対する点検・評価書、(2005)

タクマ環境技術研究会：水処理技術 絵とき基本用語、オーム社、(2000)

地球温暖化対策推進本部：京都議定書目標達成計画、(2005)

内閣官房：公共工事コスト削減対策に関する新行動指針、(2000)

中村修・小林将也・三浦真慈・石崎勝義・田中宗浩：適材適所の環境技術 屎尿処理、長崎大学総合環境研究、6巻1号 pp81-89、(2003)

廃棄物研究財団：汚泥再生処理センター等の基盤整備促進に関する研究、(2002)

株式会社モリタエコノス：「浄化槽水リサイクル車」パンフレット

渡辺孝雄、濱中俊輔、加藤裕之、根本正、山川敏幸、遠藤辰幸：浄化槽汚泥濃縮車の活用に伴う汚泥性状の変化と処理施設への影響、都市清掃、56巻253号 pp63-66、(2003)

参考ホームページ

環境省 環境統計集：
<http://www.env.go.jp/doc/toukei/index.html>

株式会社モリタエコノス：
<http://www.morita-econos.com/>