中津市中津終末処理場における創エネルギー手法選定ケーススタディ

日本水工設計株式会社　　得能　太郎

１．はじめに

「下水道ビジョン 2100」の基本方針のひとつである「資源のみち」では、化石燃料に依存しないエネルギー100%自立型処理場の構築を目指して、下水処理場内の未利用エネルギーに注目した資源回収及び供給ネットワークの創出を推進する必要があるとしている。また、昨年度 8 月に閣議決定された、平成 24 年度から平成 28 年度までの 5 年間を計画期間とする新たな「社会資本整備重点計画」では下水汚泥エネルギー化率を約 13%（平成 22 年度末）から約 29%（平成 28 年度末）へ、下水道に関わる温室効果ガス排出削減量を約 129 万 t-CO_2/年（平成 21 年度末）から約 246 万 t-CO_2/年への引き上げを目標に掲げている。

今回検討を行った中津市では、平成 19 年 2 月に「中津市地域新エネルギービジョン」を策定しており、エネルギー安定供給の確保及び地球温暖化防止に貢献することを目的として、市内における「新エネルギーを創出する対策手法（以下「創エネルギー手法」)」導入のための方向性を示している。

本ケーススタディは、中津市中津終末処理場において採用が考えられる創エネルギー手法について比較・検討を行い、中津終末処理場における化石燃料（電力、重油等）由来のエネルギー消費量削減のための最適システムについて費用便益比（B/C）を含めて検討したので報告する。

２．中津終末処理場の概要

中津市は、大分県の北西部に位置しており、市北東部が周防灘に面し、瀬戸内式気候のため温暖で、海岸部や山間部では風速が高い地理的特徴がある。本ケーススタディの対象処理場の施設計画を表 2-1 に示す。本処理場は昭和 62 年 4 月に供用開始し、現在までに約 25 年が経過している。水処理施設は全体計画 8 池の内 2 池が稼働中であり、汚泥処理プロセスは濃縮→消化→脱水→場外搬出処分をおこなっている。

表 2-1　中津終末処理場の計画概要

項　目		全体計画	既　設
計画概要	計画処理面積	2,588ha（分流式）	－
	計画処理人口	72,400人	－
	水処理能力	54,200m^3/日	13,550m^3/日
	水処理方式	ステップ流入式 多段硝化脱窒法	標準活性汚泥法
実績 (H22年度)	流入水量	8,794m^3/日	
	発生汚泥量	4.2t/日	
	電力使用量	1,788,000kWh/年（4,897kWh/日）	

Copyright © 2013 日本水工設計株式会社 All Rights Reserved.

３．創エネルギー施設導入効果の検討

中津終末処理場における創エネルギー施設導入効果の検討は、全体計画に基づく施設配置計画、現在の汚水処理状況、既存施設の運転状況及び該当地域における自然条件を考慮し、下水処理場において実現性のある太陽光発電、風力発電、小水力発電、消化ガス発電の 4 手法について、施設規模の選定、導入効果の検討を行った。各創エネルギー施設の導入効果の評価は、発電電力量による使用電力費の削減（便益 B）と事業費（建設費及び維持管理費）（費用 C）から費用便益比（B/C）を算定し、評価とした。

３－１．太陽光発電設備の検討

（１）太陽電池種類の選定

太陽電池の種類は、埋蔵量も多く製造コストも比較的安価なシリコン系の中で、限られたスペースの中で高出力を得るために、発電効率の高い<u>単結晶系の太陽電池を選定した。</u>

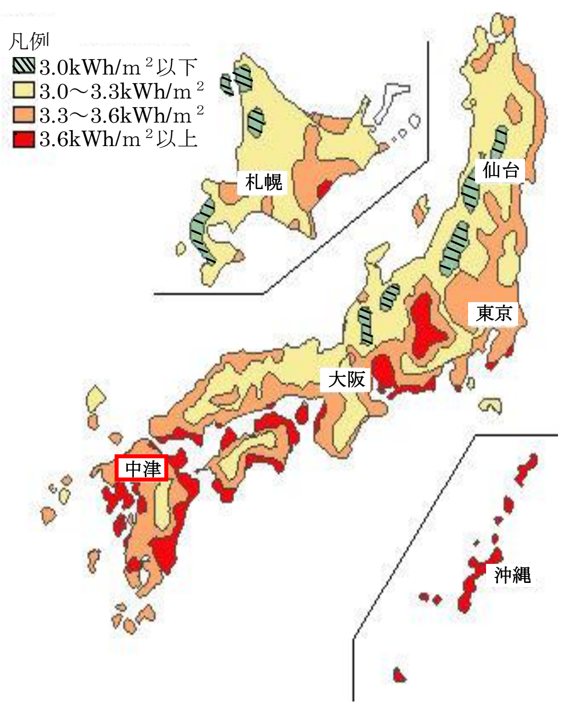

図 3-1　年平均全天日射量マップ（日射量データ）
（ＮＥＤＯ全国日射関連ﾃﾞｰﾀﾏｯﾌﾟより）

（２）各種条件の整理

①概略日射量の確認

新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO」）の日射関連データベースより、大分県中津市の「各月の平均日射量」を<u>「3.95kWh/m²・day」と設定した。</u>

②太陽電池設置候補の整理

太陽光発電設備は相応の出力を得ようとするならば、広い設置面積が必要となる。本処理場における太陽電池パネルの設置候補地を図3-2に示す。

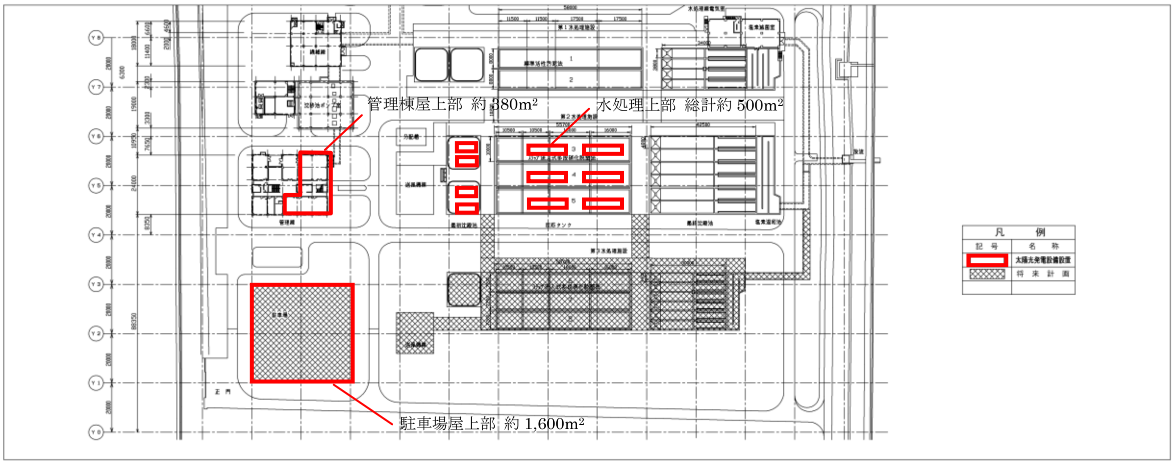

図 3-2　太陽電池パネル設置候補地

Copyright © 2013 日本水工設計株式会社 All Rights Reserved.

（３）各設置候補地における太陽電池設置による導入効果

各設置候補地における導入効果を表 3-1 に示す。なお、太陽光発電設備の耐用年数は、「NEDO：太陽光発電フィールドテスト事業に関するガイドライン 2010」より 20 年とした。本処理場における<u>太陽電池の設置は「駐車場屋上」が最も導入効果が高い。</u>

表 3-1　各設置候補地導入効果

	管理棟屋上	駐車場屋上	水処理上部
設置面積（m^2）	380	1600	500
太陽電池パネル出力（kW）	28.5	120	37.5
概算事業費（円）①※1	40,800,000	108,000,000	47,250,000
総維持管理費（円）②	2,000,000	2,000,000	2,000,000
発電電力量（kWh/年）	28,763	121,107	37,846
総削減売電電力費（円/20 年）③※2	**6,327,841**	**26,643,540**	**8,326,106**
費用対効果③/（①+②）	**0.15**	**0.24**	**0.17**
CO2 排出量削減効果[t･CO2/年・kW]	10.757	45.294	14.154

※1 地上部に設置した事業費を示す。

※2 維持管理費　出典「NEDO：太陽光発電フィールドテスト事業に関するガイドライン2010」より

３－２．風力発電設備の検討

（１）風車形式の選定

風車形式は、発電効率が高く、中大規模（10～500kW 以上）において大部分を占めているプロペラ型を選定した。<u>ただし、プロペラ型の採用に際しては運転時に発生する低周波が近隣住民に騒音公害を与えるといった事例が報告されているため、予定される風況調査と合わせ、事前に騒音調査を行い形式検討を含めた導入の可否について確認を行う必要がある。</u>

（２）立地調査

①平均風速の確認

NEDO の局所風況マップ（地上高 30m）においては、年平均風速が 5m/s 以上が有望となっている。<u>本終末処理場における年平均風速は「5.0～5.5m/s」であり、風力発電設備の立地条件としては有望と考えられる。本検討においては、平均値 5.25m/s と設定した。</u>

図 3-3　「NEDO」局所風況マップ

Copyright © 2013 日本水工設計株式会社 All Rights Reserved.

②風力発電設備の設置候補地

風力発電設備の設置候補地は、自然環境を考慮して、周辺住宅施設から離れている処理場内北側を選定した。

（３）風車定格発電出力の設定

設置する発電機の定格発電出力については、本処理場の全使用電力量（1,788,000kWh/年）を 100%程度賄うことを目標として計画するものとし、<u>**定格発電出力 1,000kW と設定した。**</u>

（４）風力発電設備の導入効果

風力発電設備における導入効果を表3-2に示す。なお、風力発電設備の耐用年数は、「NEDO：風力発電導入ガイドブック2008」より17年とした。

表3-2　風力発電設備の導入効果

	風力発電
耐用年数（年）	17
概算事業費（円）①	310,000,000
総維持管理費（円）②※１	51,000,000
発電電力量（kWh/年）	1,686,790
総削減売電電力費（円/17 年）③	**315,429,642**
費用対効果　③/(①+②)	**0.87**
CO2 排出量削減効果[t･CO2/年・kW]	630.859

※１　維持管理費　出典「NEDO：風力発電導入ガイドブック2008」より

３－３．小水力発電設備の検討

（１）水車形式の選定

下水道施設のような低落差の水頭エネルギー、流水エネルギーを利用する場合の小水力（マイクロ水力）発電として「サイホン式立軸水車」「横軸プロペラ水車」の２機種が挙げられる。小水力発電は、有効落差 2m 程度以上の確保が設置の目安となっているが、中津終末処理場では、水理計算書より、放流部の落差が 2m 前後しか確保できず、適用落差 2m 以下も対応可能な<u>**サイホン式立軸水車を選定した。**</u>

（２）小水力発電設備設置位置について

中津終末処理場において小水力発電設備を設置する位置としては、水理的な落差が2m程度確保でき、安定して水が確保できる箇所として、<u>**塩素混和池放流部とした。**</u>

Copyright © 2013 日本水工設計株式会社 All Rights Reserved.

（３）小水力発電設備の導入効果

小水力発電設備における導入効果を表3-3に示す。なお、小水力発電設備の耐用年数は、15年とした。下水処理場は水理的な落差が小さいため、小水力発電設備の費用対効果はでにくい傾向にある。

表 3-3　小水力発電設備の導入効果

	小水力発電
発電出力	2kW
概算事業費（円）①	55,100,000
総維持管理費（円）②※１	5,100,000
発電電力量（kWh/年）	17,809.1
総削減売電電力費（円/15 年）③	**2,940,000**
費用対効果　③/①+②	**0.05**
CO2 排出量削減効果[t･CO2/年・kW]	7.011

※１ 維持管理費　メーカーヒアリングより

３－４．消化ガス発電設備の検討

（１）検討概要

現在、本処理場におけるエネルギー利用としては、消化タンクで発生した消化ガスを利用して消化タンクの加温を行っているが、余剰分は余剰ガス燃焼装置により燃焼処理されている状況であり、地球温暖化防止の面からも、今後は余剰ガスの有効利用を図ることが求められる。

ここでは、本処理場に消化ガスを利用した発電をおこない、発電した電力を場内で利用したケースを検討する。消化ガスの発生量は、季節によって変動することから、現状の消化ガス発生状況を確認した上で、その変動を考慮した発電設備容量、台数を設定する。また、排熱回収をおこない、現状、消化タンク加温に利用されている消化ガスを有効利用して発電を行うことを想定する。

（３）検討条件

消化ガスの発生量及び加温ガス量の季節変動を考慮して、発電に利用するガス量、発電量を算出する。本処理場では表 3-4 に示す通り、消化ガス発生量が 816m³/日と少ないこと、また消化ガス量の季節変動に対応するために<u>「マイクロガスエンジン」を複数台設置するものとする。</u>

表 3-4　検討条件

項目	検討条件	備考
日平均水量(㎥/日)	8,794	年報より
消化ガス発生量(㎥/日)	816	年報より
加温ガス量(㎥/日)	339	年報より
電力使用量(千 kWh/年)	1,787.5	年報より
契約電力(kW)	326	ﾋｱﾘﾝｸﾞより
発電機機種	ﾏｲｸﾛｶﾞｽｴﾝｼﾞﾝ	
１台当たり発電機容量	25kW	
発電機台数	常時：２台 最大：２台	消化ガスの季節変動を考慮
発電の排熱利用	消化槽加温	

Copyright © 2013 日本水工設計株式会社 All Rights Reserved.

（４）消化ガス発電設備の導入効果

消化ガス発電設備導入による導入効果を表3-5に示す。なお、消化ガス発電設備の耐用年数は、15年とした。

表3-5 消化ガス発電設備の導入効果

	消化ガス発電
概算事業費（円）①	110,000,000
総維持管理費（円）②	31,600,000
発電電力量（kWh/年）	433,620
総削減売電電力費（円/15年）③	**71,550,000**
費用対効果　③/①+②	**0.51**
CO2排出量削減効果[t･CO2/年・kW]	162.174

※1　維持管理費　出典「国土交通省：下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）」より

４．検討結果と考察

創エネルギー施設導入効果の検討結果まとめを表4-1に示す。

表4-1　創エネルギー施設の導入効果の検討結果まとめ

項　目	単位	算定式	太陽光発電	風力発電	小水力発電	消化ガス発電
耐用年数	年		20	17	15	15
概略事業費	千円	①	108,000	310,000	55,100	110,000
総維持管理費	千円	②	2,000	51,000	5,100	31,600
発電電力量	kWh/年		121,107	1,686,790	17,809	433,620
削減電力費	千円/年		1,332	18,555	196	4,770
総削減電力費	千円	③	26,644	315,430	2,939	71,547
CO_2排出量削減効果	t･CO_2/年･kW		45	631	7	162
エネルギー自立率[1)]	%		**6.8**	**94.4**	**1.0**	**24.3**
費用便益比		③/(①+②)	**0.24**	**0.87**	**0.05**	**0.51**

1)エネルギー自立率は、中津終末処理場における平成22年度使用電力量に対する割合である。

創エネルギー施設の導入効果について検証を行った結果、「太陽光発電」「小水力発電」は、設置可能な施設が小規模であるため、年間発電量が少なく、B/C値として0.24、0.05となり共に有望な費用便益比は得られなかった。

また「風力発電」は、B/C値として0.87と費用便益比が最も高く、有望な創エネ対策手法であることが確認出来たが、今後の導入に際しては、詳細な風況調査や、騒音調査、電波障害調査等の環境影響予測に関する事前調査を行うことが必要条件となる。

一方、「消化ガス発電」はB/C値が0.51と風力発電に比べて費用便益比は低いものの、現在、場内で余剰ガスとして燃焼処分している消化ガスを利用することが可能である設備のため、場内未利用エネルギーの有効利用の観点で評価される手法である。

Copyright © 2013 日本水工設計株式会社 All Rights Reserved.

よって、本浄化センターにおいて、最も有効性の高い創エネルギー施設は、『風力発電』であり、未利用エネルギーの有効利用を考慮すると『消化ガス発電』の選定も考えられる。

ここで、平成 24 年 7 月より実施される「固定価格買取制度」を導入した場合の創エネルギー施設導入効果の検討結果まとめを表 4-2 に示す。

これより、固定価格買取制度を実施すれば、「太陽光発電」についても費用便益比が高くなることがわかる。

表 4-2　創エネルギー施設の導入効果の検討結果まとめ（固定価格買取実施時）

項　目	単位	算定式	太陽光発電	風力発電	小水力発電	消化ガス発電
耐用年数	年		20	17	15	15
概略事業費	千円	①	108,000	310,000	55,100	110,000
総維持管理費	千円	②	2,000	51,000	5,100	31,600
発電電力量	kWh/年		121,107	1,686,790	17,809	433,620
買取価格[1)]	円/kWh		40	22	34	39
買取期間[1)]	年		20	20	20	20
電力売却益	千円/年		4,844	37,109	606	16,911
総電力売却益	千円	③	96,886	630,859	9,083	253,668
CO_2排出量削減効果	t･CO_2/年･kW		45	631	7	162
費用便益比		③/(①+②)	**0.88**	**1.75**	**0.15**	**1.79**

1)買取価格、買取期間については、平成24年4月25,27日に開かれた調達価格等算定委員会における「意見書案」による。

7．おわりに

今回のケーススタディでは、全体計画を踏まえた施設配置計画、現在の処理状況及び自然条件を整理してこれらのデータを基に各創エネルギー施設の導入効果の検討を行ったことにより、本処理場に適した創エネルギー施設の選定を行うことが出来た。

また、実際に事業を実施する場合は、風況調査等の詳細な環境調査及び電力会社等の関連事業者との事前調整が必要となるため、各創エネルギー施設の事業化に対しては、事業実施計画も併せて立案することが必要となる。

創エネルギー施設の導入効果の検討については、全国一律の検討条件ではなく、今回のケーススタディの様に、各処理場の置かれている地域特性及び将来計画、施設の構造的特徴、現状の処理状況や便益として考慮する対象項目の設定により、導入効果の検証結果が大きく異なることから、対象となる施設について十分に把握したうえで検討を進めることが重要である。

また、平成 24 年 7 月より、再生可能エネルギーの固定価格買取制度が実施され、前述の通り費用便益比は更に向上することが考えられるため、今後、本業務のような創エネルギー導入可能性調査業務が多く出てくることを期待する。

Copyright © 2013 日本水工設計株式会社 All Rights Reserved.