

下水汚泥のエネルギー化導入 簡易検討ツール

操作説明書

平成29年度版

目 次

1. はじめに.....	1
1-1 動作環境.....	1
1-2 起動及びツールの構成.....	1
2. 操作方法.....	2
2-1 データ入力.....	2
2-2 計算例.....	3
(1) 固形燃料化(脱水→高温焼却、脱水→固形燃料(炭化)、消化→脱水→固形燃料(炭化))	3
(2) 小型消化ガス発電.....	7
(3) 水素製造+小型ガス発電.....	9

1. はじめに

下水汚泥のエネルギー化導入簡易検討ツール（以下、本ツールと表記します）」は、下水汚泥のエネルギー化導入の初期検討（事業効果の概算）を支援するものです。本ツールでの計算は一般的な状況を想定した概算ですので、導入検討の初期段階における目安であり、詳細検討に当たっては別途効果を検討する必要があります。

なお、本ツールは国土技術政策総合研究所 下水道研究部の研究成果及び「水素社会における下水道資源利活用検討委員会」の成果をベースに作成しております。

1-1 動作環境

本システムの動作環境は以下の通りです。

- | | |
|-----------|------------------------|
| ①アプリケーション | MicroSoft Excel2000 以降 |
| ②OS | ①が動作する環境 |
| ③CPU | ①が動作する環境 |
| ④モニタ解像度 | 1024 × 768 以上(推奨) |
| ⑤ハードディスク | 特に制約はありません |
| ⑥メモリ | 特に制約はありません |

1-2 起動及びツールの構成

本エクセルファイル「下水汚泥のエネルギー化導入簡易検討ツール.xlsx」をそのままご使用ください。本計算シートは、下記の構成になっています。

- ① 固形燃料（脱水→高温焼却、脱水→固形燃料(炭化)、消化→脱水→固形燃料(炭化)）
- ② 小型消化ガス発電
- ③ 水素製造+小型ガス発電

The screenshot shows an Excel spreadsheet with two main tables: '基本諸元入力(着色部入力)' and '換算係数(着色部自由設定可)'. The spreadsheet is titled 'エネルギー化導入検討ツール.xlsx'.

基本諸元入力(着色部入力)			
項目	単位	入力	備考
日最大処理水量	m ³ /日	50,000	ユーザー入力
年間処理水量	m ³ /年	14,800,000	
固形物濃度	mg/l	200	
除去率	%	85	
固形物放流水質	mg/l	10	
固形物除去量	t-ds/年	2,774	計算値
年間発生固形物量	t-ds/年	2,774	計算値
年間発生濃縮汚泥量	m ³ /年	277,400	計算値

換算係数(着色部自由設定可)	
設定値	備考
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

2. 操作方法

2-1 データ入力

計算シートのユーザ入力欄に「日最大処理水量(m³/日)」を入力してください。入力操作はこれだけです。なお、日最大処理水量は、処理能力と実績値とで開きがある場合は、実績値を入力してください。また、必要に応じて個別の実績値（年間処理水量、年間発生固形物量、脱水ケーキ含水率、年間発生消化ガス量など）の項目を入力することで、より実態に即した結果を算定できます。

基本諸元入力(着色部入力)

項目	単位	入力	備考
日最大処理水量	m ³ /日	50,000	ユーザ入力
年間処理水量	m ³ /年	14,600,000	
固形物濃度	mg/l	200	
除去率	%	95	
固形物放流水質	mg/l	10	
固形物除去量	t-ds/年	2,774	計算値

上記入力を行うことで、計算に必要な諸元(下図の入力値目安)が自動計算されるとともに、技術導入に必要なコスト、省エネ効果、GHG削減量が算出されます。

ツール入力目安値

固形燃料(未消化)

算出項目	入力項目	単位	入力値
建設費	脱水汚泥	t-wet/日	32.82
維持管理費	脱水汚泥	t-wet/日	32.82
省エネルギー	発生汚泥固形物量	ds-t/日	7.6
GHG削減	発生汚泥固形物量	ds-t/日	7.6

固形燃料(消化)

算出項目	入力項目	単位	入力値
建設費	脱水汚泥	t-wet/日	22.80
維持管理費	脱水汚泥	t-wet/日	22.80
省エネルギー	発生汚泥固形物量	ds-t/日	7.6
GHG削減	発生汚泥固形物量	ds-t/日	7.6

2-2 計算例

(1) 固形燃料化(脱水→高温焼却、脱水→固形燃料(炭化)、消化→脱水→固形燃料(炭化))

a) 計算条件

ここでは計算例として固形燃料化技術を対象に以下の条件で行った場合を示します。現況施設を現況の機能のまま更新する場合と新技術を導入する場合でコスト、省エネ効果、GHG削減量を比較し総合評価します。

<検討条件>

・日最大処理水量：50,000m³/日

b) コスト比較

① 固形燃料(炭化)に関する建設費、維持管理費、処分費

日最大処理水量：50,000m³/日を入力すると、「①固形燃料化コスト」のシートに下図の結果が算出されます。3手法の比較結果として表示しています。脱水→高温焼却は固形燃料化との比較です。

コスト算出

		脱水→高温焼却		脱水→固形燃料(炭化)		消化→脱水→固形燃料(炭化)	
建設費 耐用年数	合計(百万円)	処理能力 脱水汚泥 t-wet/日	32.8	処理能力 脱水汚泥 t-wet/日	32.8	処理能力 脱水汚泥 t-wet/日	22.8
		濃度1% 換算汚泥量 m3/日	760.0	濃度1% 換算汚泥量 m3/日	760.0	濃度1% 換算汚泥量 m3/日	760.0
		土木・建築(消化、脱水 百万円)	431.6	土木・建築(消化、脱水 百万円)	431.6	土木・建築(消化、脱水 百万円)	1,035.1
		土木・建築(焼却、固形燃料 百万円)	512.8	土木・建築(焼却、固形燃料 百万円)	265.2	土木・建築(焼却、固形燃料 百万円)	230.0
		合計(百万円)	944.5	合計(百万円)	696.9	合計(百万円)	1,265.1
		耐用年数(年)	50	耐用年数(年)	50	耐用年数(年)	50
		設備(消化、脱水 百万円)	515	設備(消化、脱水 百万円)	515.3	設備(消化、脱水 百万円)	1,089.3
		設備(焼却、固形燃料 百万円)	1,994	設備(焼却、固形燃料 百万円)	1,754.5	設備(焼却、固形燃料 百万円)	1,403.8
		合計(百万円)	2,509.3	合計(百万円)	2,269.8	合計(百万円)	2,493.1
		耐用年数(年)	15	耐用年数(年)	15	耐用年数(年)	15
		3,453.8		2,966.7		3,758.2	
維持管理費	合計(百万円/年)	脱水	68.4	脱水	68.4	消化	22.7
		焼却	159.5	固形燃料	167.5	脱水	50.5
						固形燃料	148.7
						消化ガス利用による燃料削減効果	-39.2
		合計(百万円/年)	227.9	235.9	182.6		
処分委託費	脱水汚泥	脱水汚泥量(t/年)	0.0	脱水汚泥量(t/年)	0.0	脱水汚泥量(t/年)	0.0
		単価(円/t)□	16,000.0	単価(円/t)□	16,000.0	単価(円/t)□	16,000.0
		処分委託費(百万円/年)	0.0	処分委託費(百万円/年)	0.0	処分委託費(百万円/年)	0.0
	焼却灰	焼却灰量(t/年)	554.8	焼却灰量(t/年)	0.0	焼却灰量(t/年)	0.0
		単価(円/t)□	8,000.0	単価(円/t)□	8,000.0	単価(円/t)□	8,000.0
		処分委託費(百万円/年)	4.4	処分委託費(百万円/年)	0.0	処分委託費(百万円/年)	0.0
製品販売	固形燃料			固形燃料製造量(t/年)	814.5	固形燃料製造量(t/年)	1,306.6
				販売単価(円/t)	100	販売単価(円/t)	100
				販売額(百万円/年)	-0.1	販売額(百万円/年)	-0.1
出典		下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン(案)	下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン(案)	下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン(案)	下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン(案)		

② 固形燃料(炭化)に関する総費用

結果として、以下のようになります

脱水→高温焼却 : 建設費で 3,453.8(百万円)、維持管理費 227.9(百万円/年)
 脱水→固形燃料(炭化) : 建設費で 2,966.7(百万円)、維持管理費 235.9(百万円/年)
 消化→脱水→固形燃料(炭化): 建設費で 3,758.2(百万円)、維持管理費 182.6(百万円/年)

さらに、建設費に国庫補助率や利子率を考慮した年価と維持管理費、処分費、製品販売の合計が計算されます(下図参照)。

コスト集計

		脱水→高温焼却	脱水→固形燃料(炭化)	消化→脱水→固形燃料(炭化)
建設費(百万円)		3,453.8	2,966.7	3,758.2
維持管理費*(百万円/年)		232.3	235.9	182.5
国庫補助率(建設費)		0.55	0.55	0.55
利子率(%)		2.3	2.3	2.3
建設費年価 (国庫補助控除、百万円/年)		104.3	91.9	108.6
建設費年価(国庫補助控除)+ 維持管理費*(百万円/年)		336.6	327.8	291.1
検討施設				
対象技術		脱水→高温焼却	脱水→固形燃料(炭化)	消化→脱水→固形燃料(炭化)
建設費 (国庫補助控除)	土木・建築(百万円)	425.0	313.6	569.3
	設備(百万円)	1,129.2	1,021.4	1,121.9
	合計	1,554.2	1,335.0	1,691.2
年価 換算値	土木・建築(百万円/年)	14.4	10.6	19.3
	設備(百万円/年)	89.9	81.3	89.3
	合計(百万円/年)	104.3	91.9	108.6
維持管理費(百万円/年)		227.9	235.9	182.6
処分委託費 (百万円/年)	脱水汚泥	0.0	0.0	0.0
	焼却灰	4.4	0.0	0.0
製品販売(百万円/年)			-0.1	-0.1
合計値(百万円/年) (建設年価+維持管理費+処分委託費+製品販売)		336.6	327.8	291.2

※処分費、製品販売収入を含む

c) 省エネルギー

省エネルギーは、技術導入によって削減できるエネルギー量を試算するものです。電力消費量、燃料(A重油)及び技術導入による再生エネルギー量が計算されます。

消費エネルギー計算

	脱水→高温焼却	脱水→固形燃料(炭化)	消化→脱水→固形燃料(炭化)
発生汚泥固形物量(ds-t/日)	7.60	7.60	7.60
消費電力量(千kwh/年)			
消化槽			294.0
高温焼却施設	1,276.0		
固形燃料化施設		1,789.2	1,073.5
脱水機	80.4	80.4	166.4
燃料(A重油)(kL/年)			
高温焼却施設	346.8		
固形燃料化施設		471.6	640.8
再生エネルギー量			
バイオガス発電(千kwh/年)			
都市ガス利用(千MJ/年)			
固形燃料(千MJ/年)		16,033.7	19,598.3
消化ガス燃料利用(千MJ/年)			17,041.5

また、同時に処理プロセスから排出されるN₂Oが計算されます。

処理プロセスからのN₂O排出量

排ガス(tN ₂ O/年)			
高温焼却	8.9		
固形燃料化施設		0.43	0.26

d) GHG削減

GHG削減量は、省エネルギーの試算結果に連動して自動計算されます。

省エネルギー計算による、消費電力量や燃料から発生するGHG量について換算係数を用いて試算します。

値がマイナスになっている部分は、再生可能エネルギーを創出したことによりGHG発生量が減少していることを意味します。

GHG削減量計算

	消費量	係数	GHG排出量	消費量	係数	GHG排出量	消費量	係数	GHG排出量
検討施設1	脱水→高温焼却			脱水→固形燃料(炭化)			消化→脱水→固形燃料(炭化)		
消費エネルギー量									
電気(kgCO ₂ /kwh)	1,356.5	0.550	746.1	1,869.7	0.550	1,028.3	1,534.0	0.550	843.7
A重油(kgCO ₂ /L)	346.8	2.71	939.7	471.6	2.71	1,278.0	640.8	2.71	1,736.6
排ガスN ₂ O(t CO ₂ / t N ₂ O)	8.9	298	2,666.0	0.4	298	129.0	0.3	298	77.4
再生エネルギー量									
固形燃料(kgCO ₂ /MJ)	0.0	0.091	0.0	-16,033.7	0.091	-1,459.1	-19,598.3	0.091	-1,783.4
消化ガス燃料利用(kgCO ₂ /		0.058			0.058		-17,041.5	0.058	-988.4
LCCO ₂		1.247			1.247			1.247	
合計	-	-	5,426.6	-	-	1,577.7	-	-	542.2

(2) 小型消化ガス発電

a) 計算条件

ここでは計算例として小型消化ガス発電技術を対象に以下の条件で行った場合を示します。消化槽を有している処理場において、小型消化ガス発電を設置する場合のコスト、省エネ効果、GHG削減量を比較し総合評価します。

<検討条件>

・日最大処理水量：50,000m³/日

b) コスト比較

① 小型消化ガス発電に関する建設費、維持管理費

日最大処理水量：50,000m³/日を入力すると、「②小型消化ガス発電」のシートに下図の建設費、維持管理費が算出されます。

コスト算出

		小型バイオガス発電	
建設費 耐用年数		総発電施設規模(kw)	266.0
		土木・建築(百万円)	12.8
		耐用年数(年)	50
		設備(百万円)	349.4
		耐用年数(年)	15
	合計(百万円)	362.2	
維持管理費		総発電施設規模(kw)	266.0
		合計(百万円/年)	15.4
出典		下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン(案)	

② 小型消化ガス発電に関する総費用

結果として、以下のようになります

建設費 362.2(百万円)、維持管理費 15.4(百万円/年)

さらに、建設費に国庫補助率や利子率を考慮した年価と維持管理費の合計と電力単価を 14 円/kWh とした場合の電力料金削減効果が計算されます(下図参照)。

コスト集計

		小型バイオガス発電
建設費(百万円)		362.2
維持管理費(百万円)		15.4
国庫補助率(建設費)		0.55
利率(%)		2.3
建設費年価 (国庫補助控除、百万円/年)		12.7
建設費年価(国庫補助控除) + 維持管理費(百万円/年)		28.1
検討施設		
対象技術		小型バイオガス発電
建設費 (国庫補助控除)	土木・建築(百万円)	5.8
	設備(百万円)	157.2
	合計	163.0
年価 換算値	土木・建築(百万円)	0.2
	設備(百万円)	12.5
	合計	12.7
維持管理費		15.4
合計値(百万円/年) (建設年価+維持管理費)		28.1
発電による電力料金削減効果 (百万円/年) (電力料金: 14円/kwhとして試算)		32.6

c) 省エネルギー

省エネルギーは、技術導入によって削減できるエネルギー量を試算するものです。小型消化ガス発電による再生エネルギー量が計算されます。

消費エネルギー計算

		小型バイオガス発電
年間発生消化ガス量(Nm ³ /日)		1,220,560
再生エネルギー量		
バイオガス発電(千kwh/年)		2,330.5

d) GHG削減

GHG削減量は、省エネルギーの試算結果に連動して自動計算されます。

バイオガス発電によって再生可能エネルギーを創出したことにより、GHG発生量が減少していることを意味します。

GHG削減量計算

小型バイオガス発電	消費量	係数	GHG排出量
検討施設	バイオガス発電		
再生エネルギー量			
バイオガス発電(kgCO ₂ /kwh)	-2,330.5	0.550	-1,281.8
合計	-	-	-1,281.8

(3) 水素製造+小型ガス発電

a) 計算条件

ここでは計算例として水素製造+小型消化ガス発電技術を対象に以下の条件で行った場合を示します。消化槽を有している処理場において、小型消化ガス発電の排熱によって消化槽を加温し、残りの消化ガスによって水槽製造するものとし、コスト、省エネ効果、GHG削減量を比較し総合評価します。

<検討条件>

・日最大処理水量：75,000m³/日

b) コスト比較

① 小型消化ガス発電に関する建設費、維持管理費

日最大処理水量：75,000m³/日を入力すると、「③水素製造コスト・GHG（水素+発電）」のシートに下図の建設費、維持管理費、売却益、事業収支が算出されます。

コスト集計

	水素製造+発電	備考
建設費（百万円）	1,101	
維持管理費（百万円/年）	103	
売却益（百万円/年）	195	
事業収支（百万円/年）	32	+；黒字，-；赤字

結果として、以下のようになります

建設費 1,101(百万円)、維持管理費 103(百万円/年)

さらに、建設費に国庫補助率や利率を考慮した年価と維持管理費の合計と水素販売単価を 100 円/Nm³、電力単価を 39 円/kWh とした場合の売却益が計算され、事業収支が 32 百万円/年と算定されます。

c) GHG削減

GHG削減量は、FCV 利用、バイオガス発電による効果と製造に伴う排出量が自動計算されます。

FCV 利用及びバイオガス発電によって再生可能エネルギーを創出したことにより、GHG発生量が減少していることを意味します。

GHG削減量計算

	水素製造+発電	備考
F C V利用	-2239	+ ; 排出, - ; 削減
バイオガス発電	-1631	
水素製造供給施設からの排出量	751	
GHG排出量	-3120	

以 上