

II. 簡易算定式

II-1. 簡易算定式の導出

本システムの性能評価に使用した $y_1 \sim y_{13}$ の 13 の算定式と、それぞれの導出方法を表資 2-1 に示す。実証試験結果に基づき導出した、 $y_6 \sim y_{13}$ の 8 つの算定式について、導出根拠をそれぞれ次に示す。

表資 2-1 簡易算定式（設備稼働率 80%条件）

		算定式	導出方法※
建設費	脱水設備	機械設備 : $y_1 = 3.365x + 444.3$	α
	燃焼設備	土木設備 : $y_2 = 0.438x + 117$	
		機械設備 : $y_3 = 9.000x + 1533$	
		電気設備 : $y_4 = 1.000x + 600$	
	発電設備	機械設備 : $y_5 = 0.772x + 282$	
消費量・ 発生量	脱水設備	電力 MWh/y : $y_6 = 4.654x$	β (γ 補機電力)
		高分子凝集剤 t/y : $y_7 = 0.516x$	
		ポリ硫酸第二鉄 t/y : $y_8 = 3.688x$	
	燃焼設備	電力 MWh/y : $y_9 = 15.26x + 115.3$	γ
		燃料 kL/y : $y_{10} = 0.252x + 1.439$	δ
		苛性ソーダ t/y : $y_{11} = 4.050x$	γ
		焼却灰 t/y : $y_{12} = 17.101x$	γ
	発電設備	電力消費 MWh/y : $y_{13} = 0.320x + 57.44$	γ
		発電量 MWh/y : $y_{14} = 13.04x - 275.1$	

$y_1 \sim y_5$: 建設費、 $y_6 \sim y_{14}$: 消費量・発生量

x : 検討規模[t-wet/d] (含水率 76%換算、適用範囲 $100 \leq x \leq 300$)

※導出方法

α : 積算による導出（対象範囲 100-300 t-wet/d）

100、200、300 t-wet/d 規模の共同研究体積算値の線形近似から導出、範囲外は別途積算要

β : 実証試験結果による導出

実証データに基づく消費原単位等から、汚泥量比例で簡易算定式を導出

γ : 化工計算による導出

化工計算と実証結果の比較により妥当性を確認した計算モデルで簡易算定式を導出

δ : 積算による導出

共同研究体知見に基づいて独自に簡易算定式を導出

(1) 脱水設備

1) 電力

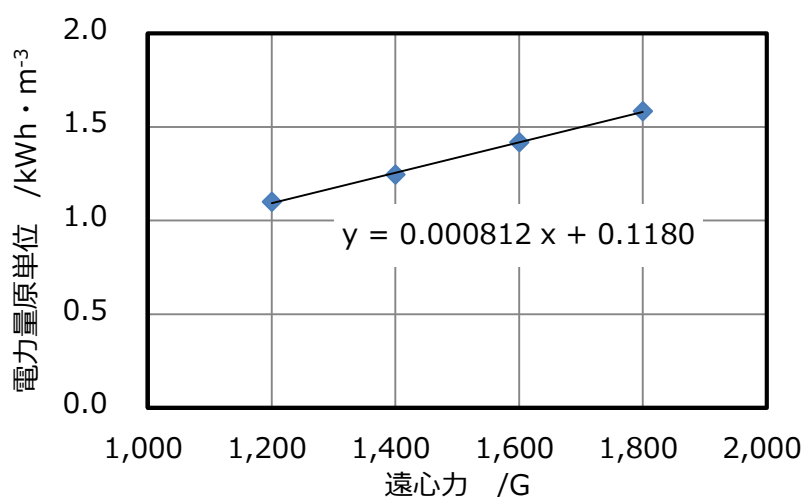
まず、脱水機本体の電力消費量は、実証試験結果を基に電力量原単位を設定し、汚泥量比例で算出した。実証試験において取得した、脱水機の運転条件（遠心力）と、濃縮汚泥 1m³ を処理するのに必要な電力量原単位 [kWh/m³] の関係を図資 2-1 に示す。今回の試算条件における濃縮汚泥性状では、脱水機の運転条件は遠心力 1,800 G とし、図中の 1,800 G における値 1.58 m³/kWh を用いて、処理濃縮汚泥量を掛けて電力費とした。

脱水設備における年間消費電力量 (kWh/y)

＝電力量原単位 1.58 [kWh/m³] × 処理汚泥量 [m³/d] × 年間稼働日数 [d/y]

＝電力量原単位 1.58 [kWh/m³]

× 処理汚泥量 7.66 x [m³/d] × 年間稼働日数 365・80% [d/y]



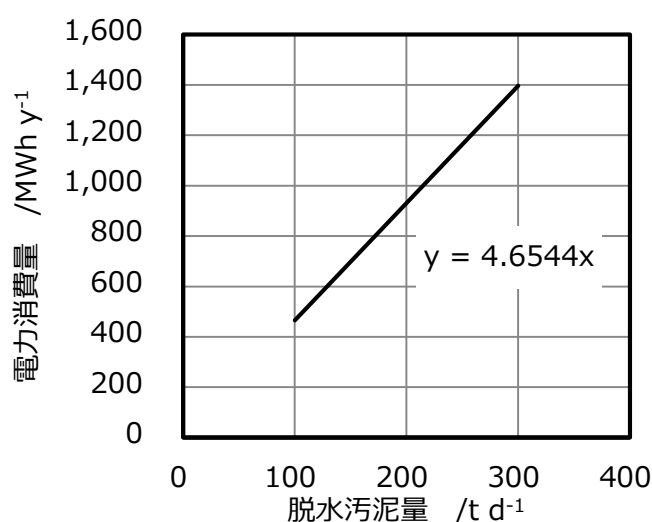
図資 2-1 脱水設備の遠心力と消費電力量原単位（実証値）

脱水機本体の消費電力量に対して脱水設備の補機類（脱水機への濃縮汚泥供給ポンプ、薬注ポンプなど）運転に伴う電力消費量を加えた 100、200、300 t-wet/d における試算値を表資 2-2 に示す。図資 2-2 に示した、これらの値を一次式で近似したものを簡易算定式とした。

表資 2-2 脱水設備の電力消費量

処理規模			電力消費量 MWh/y		
t-wet/d	t-DS/d	m ³ -濃縮汚泥/d*	脱水機本体	補機類	合 計
100	24	766	353	114	467
200	48	1,531	706	226	952
300	72	2,297	1,060	322	1,381

※濃縮汚泥量 (m³/d) は、濃縮汚泥濃度 3.30%、脱水設備での SS 回収率を 95%として試算



図資 2-2 脱水設備の電力消費量簡易算定式

2) 高分子凝集剤

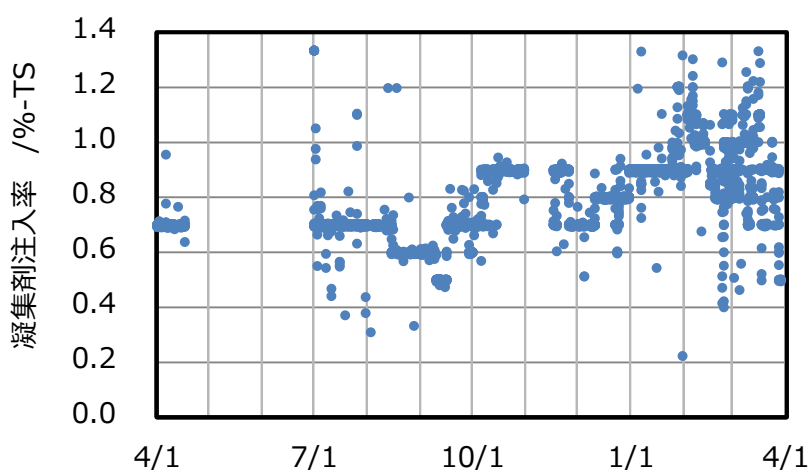
脱水設備の高分子凝集剤の消費量は、実証試験結果を基に消費量原単位を設定し、汚泥量比例で算出した。実証試験期間中の高分子凝集剤消費量を図資 2-3 に示す。期間中の消費量は一般的な高分子凝集剤の薬注率である 0.5～1.0%程度の範囲内であった。なお、高分子凝集剤の注入率は濃縮汚泥の性状や高分子凝集剤の銘柄によって大きく異なるが、今回の試算条件における濃縮汚泥性状から、脱水設備での高分子凝集剤消費量は実証試験同等と想定されるため、表資 2-3、図資 2-4 に示したように濃縮汚泥の固形物量に実証試験における平均的な薬注率である 0.7%-TS を掛けて高分子凝集剤消費量を算出した。

脱水設備における高分子凝集剤の年間消費量 [t/y]

＝薬注率 0.7%-TS × 処理汚泥量 [m³/d] × 濃縮汚泥濃度 TS% × 年間稼働日数 [d/y]

＝薬注率 0.7%-TS

× 処理汚泥量 7.66 x [m³/d] × TS 3.30% × 年間稼働日数 365・80% [d/y]

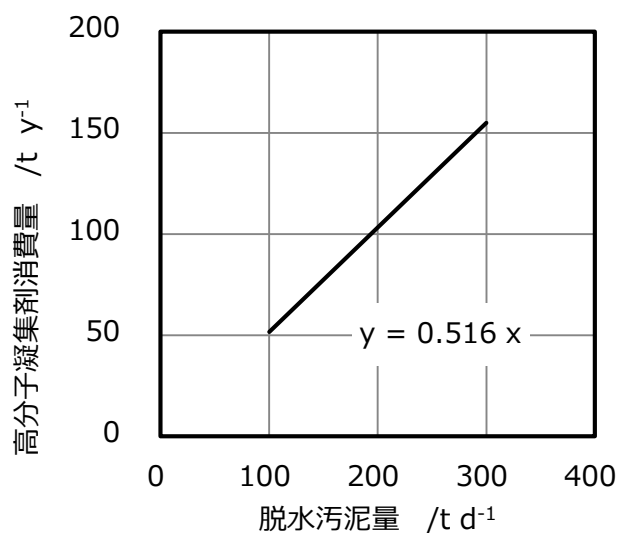


図資 2-3 実証期間における高分子凝集剤注入率（1 時間値）の推移

表資 2-3 脱水設備の高分子凝集剤消費量

t-wet/d	処理規模		高分子凝集剤消費量	
	t-DS/d	m ³ -濃縮汚泥/d※	t/y	
100	24	766	51.6	
200	48	1,531	103.3	
300	72	2,297	154.9	

※濃縮汚泥量 (m³/d) は、濃縮汚泥濃度 3.30%、脱水設備での SS 回収率を 95%として試算



図資 2-4 脱水設備の高分子凝集剤消費量簡易算定式

3) 無機凝集剤（ポリ硫酸第二鉄）

当該の含水率まで低減するのに必要なポリ硫酸第二鉄（以下、ポリ鉄）の注入率は、汚泥性状によって大きく変化する。実証期間中のポリ鉄注入率の推移を図資 2-5 に示す。ポリ鉄注入率が大きくなるほど脱水汚泥の含水率は低下するが、図資 2-6 に示した通り汚泥性状によって

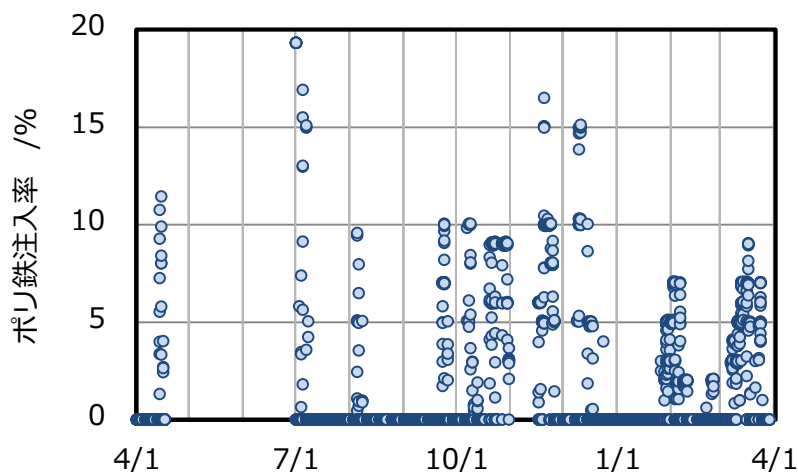
は、ポリ鉄を入れることなく自燃の目安である含水率 74%を大きく下回ることや、ポリ鉄を 10%以上いれても含水率 75%以上にとどまる例もあった。ポリ鉄を使用しなかった期間も含めた全期間平均の注入率は、約 1.1%であり、さらに、ポリ鉄を使用した期間のみの平均の注入率は約 5.9%であった。本試算では実証試験結果を保守的に評価し、遠心力 1800G、5%のポリ鉄の注入で 74%の含水率を実現することを前提として、表資 2-4、図資 2-7 に示したように固形物量に 5%を掛けてポリ鉄消費量を算出した。なお、この注入率は、日本下水道事業団の機械設備標準仕様書に示された注入率の範囲内である。

脱水設備におけるポリ鉄の年間消費量 [t/y]

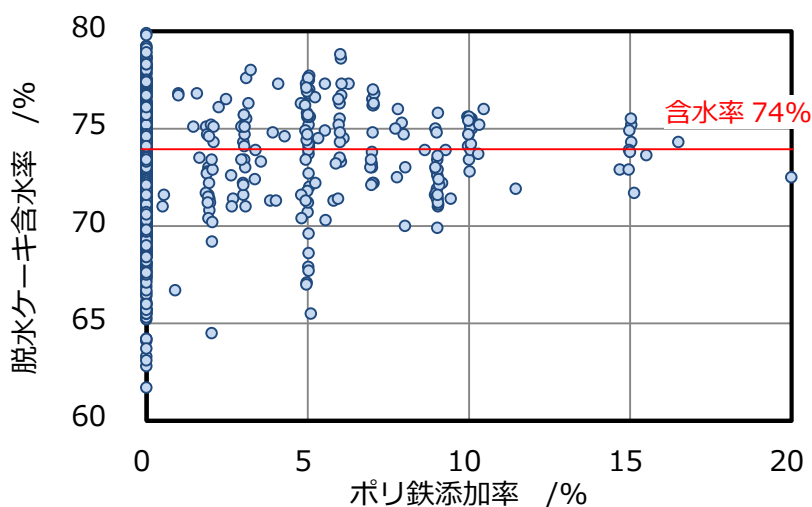
＝ポリ鉄注入率 5%-TS×処理汚泥量 [m³/d]×濃縮汚泥濃度 TS%×年間稼働日数 [d/y]

＝ポリ鉄注入率 5%-TS

×処理汚泥量 7.66 x [m³/d]×TS 3.30%×年間稼働日数 365・80% [d/y]



図資 2-5 実証期間におけるポリ鉄注入率（1 時間値）の推移

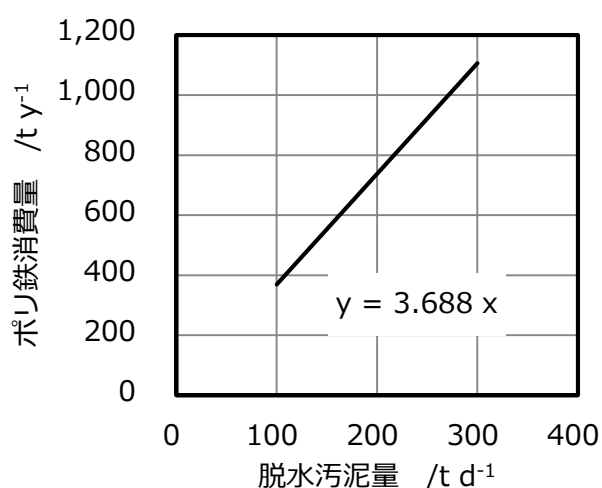


図資 2-6 実証期間におけるポリ鉄注入率と脱水ケーキ含水率の相関

表資 2-4 脱水設備のポリ鉄消費量

処理規模			ポリ鉄消費量
t-wet/d	t-DS/d	m ³ -濃縮汚泥/d※	t/y
100	24	766	368.8
200	48	1,531	737.7
300	72	2,297	1,106.5

※濃縮汚泥量 (m³/d) は、濃縮汚泥濃度 3.30%、脱水設備での SS 回収率を 95%として試算



図資 2-7 脱水設備のポリ鉄消費量簡易算定式

(2) 燃焼設備

1) 電力

燃焼設備の電力消費量は、容量計算を基に設備を構成する機器の仕様を決定し、電動機の稼働率、負荷率を考慮して消費電力を算出、年間の消費電力量とした。容量計算の妥当性確認のため、25 t-wet/d 規模の定格条件における計算値および実証値の比較結果を表資 2-5 に示す。実証値は容量計算値に対し若干低めではあるものの概ね一致しており、この計算手法を用いることで本システムの消費電力量を試算しても問題ないと評価した。例として、100 t-wet/d の場合の電動機容量と定格運転時の電力消費量を表資 2-6 に示した。年間の電力消費量は、表資 2-7、表資 2-8、図資 2-8 に示した通り、定格時の消費電力に停止期間中および立上げ・立下げ時の消費電力量を考慮して決定した。ただし、長期停止時には、バーナーで炉内を昇温した後、立上げ操作を行うこととして試算した。

表資 2-5 ファン・ブロワ類の容量計算値と実証値の比較 (25 t-wet/d 規模)

電動機	容量計算 kWh/h	実証値※ kWh/h
流動ブロワ	25.3	19.3～22.4
誘引ファン	6.3	4.6～6.1
熱回収空気ファン	4.2	3.3～3.9

※実証値の測定条件は表資 1-4 参照

表資 2-6 燃焼設備の主要電動機および定格時消費電力量の例 (100 t-wet/d 規模)

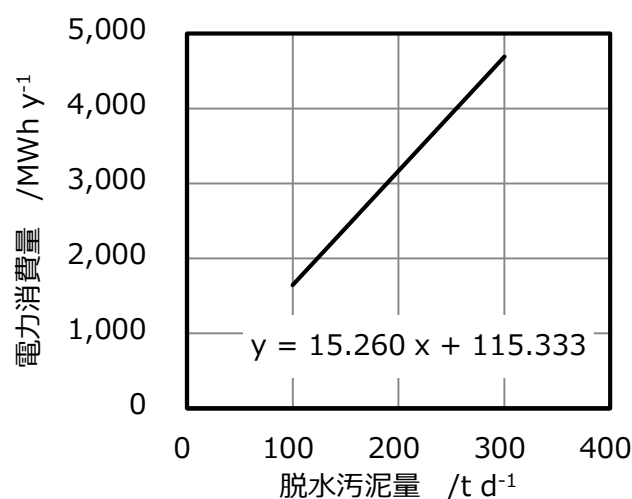
機器名	電動機容量 kW	稼働率 —	負荷率 —	消費電力 kWh/h
脱水汚泥貯留槽	5.5	1.0	0.6	3.3
ケーキ供給ポンプ	18.5	1.0	0.6	11.1
ケーキ供給ポンプフィーダ	5.5	1.0	0.6	3.3
セラミックフィルタコンベヤ	2.2	1.0	0.6	1.3
熱回収水循環ポンプ	22	1.0	0.7	21.0
流動空気ブロワ 1	110	1.0	0.67	73.8
流動空気ブロワ 2	11	1.0	0.17	1.9
熱回収空気ファン	75	1.0	0.3	22.6
誘引ファン	55	1.0	0.44	24.2
苛性ソーダ供給ポンプ	0.4	1.0	0.7	0.3
二次処理水ポンプ	30	1.0	0.7	21.0
ろ過水ポンプ	1.5	1.0	0.7	1.1
空気圧縮機	57.2	1.0	0.7	40.0
制御盤	2.0	1.0	0.5	1.0
分析計	3.9	1.0	0.5	2.0
合 計	—	—	—	227.9

表資 2-7 電力消費量の試算条件 (100 t-wet/d 規模)

	電力消費量 kWh/h	時間	電力消費量 MWh/y
定格電力	227.9	292×24 h/y	1,597
停止中の電力	11.9	73×24 - 123 h/y	19
立上げの電力	225	16 回×2 h/y	7
立下げの電力	219	16 回×3 h/y	11
バーナーの電力	178.2	1 回×43 h/y	8
合 計	—	365	1,642

表資 2-8 燃焼設備の電力消費量

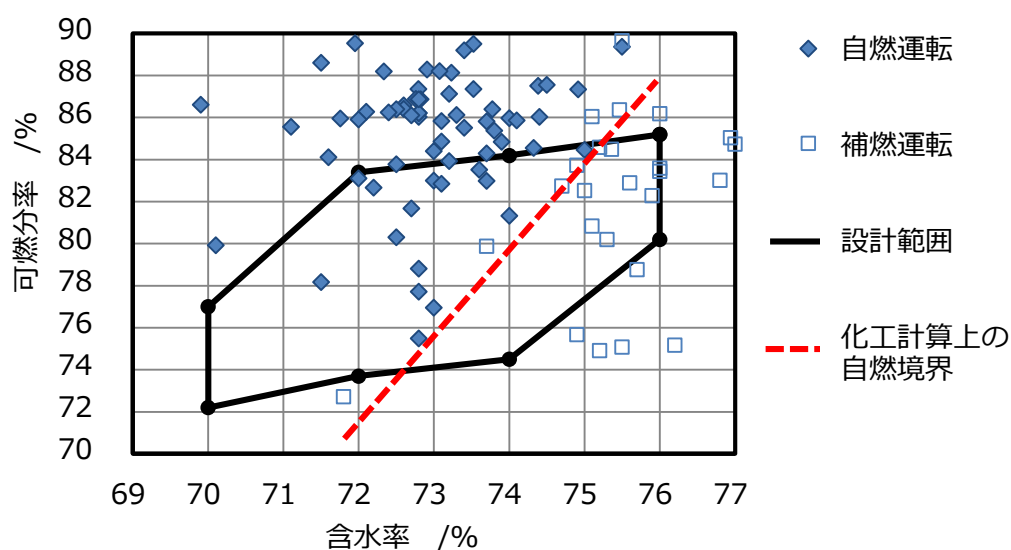
処理規模		電力消費量
t-wet/d	t-DS/d	MWh/y
100	24	1,642
200	48	3,166
300	72	4,694



図資 2-8 燃焼設備の電力消費量簡易算定式

2) 補助燃料

燃焼設備の運用の際には、定常的な運転の他、年1回の定期修繕工事や、汚泥量の変動に伴う小停止などが発生することがある。設備の停止状態から再び定常的な汚泥処理に移るためには、炉内の昇温工程が不可欠である。炉内の昇温には一般的にバーナー等で補助燃料を炊いて昇温を図ることが多い。燃焼設備の補助燃料消費量は、化工計算によって定常時、立上げ時の補助燃料消費量を算出し、処理規模に対する簡易算定式を導出した。化工計算の妥当性確認には、25 t-wet/d 規模における補助燃料消費量の化工計算結果と実証結果を照らし合わせた。図資 2-9 にその結果を示した。脱水汚泥の可燃分率と含水率から計算される自燃境界と、実証試験で得られた自燃境界が概ね一致している。



図資 2-9 補助燃料消費量の化工計算値と実証値の比較 (25 t-wet/d 規模)

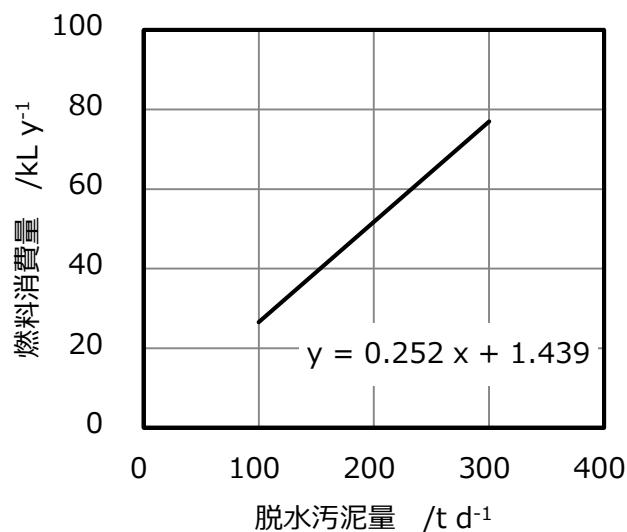
なお、試算の前提となる汚泥性状は、可燃分率 84%、含水率 74%であり、図資 2-9 より読み取れるように 25 t-wet/d 規模であっても定常時の補助燃料消費量は 0 (自燃) である。100 t-wet/d 規模では炉内容積と表面積の比率が低下し、放熱によって消費される熱量の割合が少なくなるため、より容易に自燃運転が可能であることは言うまでもない。次に、燃焼設備立上げ時に必要な補助燃料消費量の試算条件を表資 2-9、試算結果を表資 2-10、図資 2-10 にまとめた。定期補修における停止時は、炉内が完全に冷却されるため、常温からの昇温、小点検および汚泥量の変動によって停止する場合には、それぞれ数日間の停止となるため、炉内の温度はそこまで下がらず、停止期間に応じて 600～700℃から起動する際の消費量を計上している。

表資 2-9 補助燃料消費量の試算条件 (100 t-wet/d 規模)

	停止期間×回数	起動時砂層温度	重油消費量
定期補修による停止	30 日×1 回/y	20℃	10.5 kL/y
汚泥量不足による停止	3 日×13 回/y	633℃	14.2 kL/y
小点検による停止	2 日×2 回/y	693℃	2.0 kL/y
合 計	73 日/y	—	26.7 kL/y

表資 2-10 燃焼設備の補助燃料消費量

処理規模		補助燃料消費量
t-wet/d	t-DS/d	kL/y
100	24	26.7
200	48	51.5
300	72	77.1



図資 2-10 燃焼設備の補助燃料消費量簡易算定式

3) 薬品（苛性ソーダ）

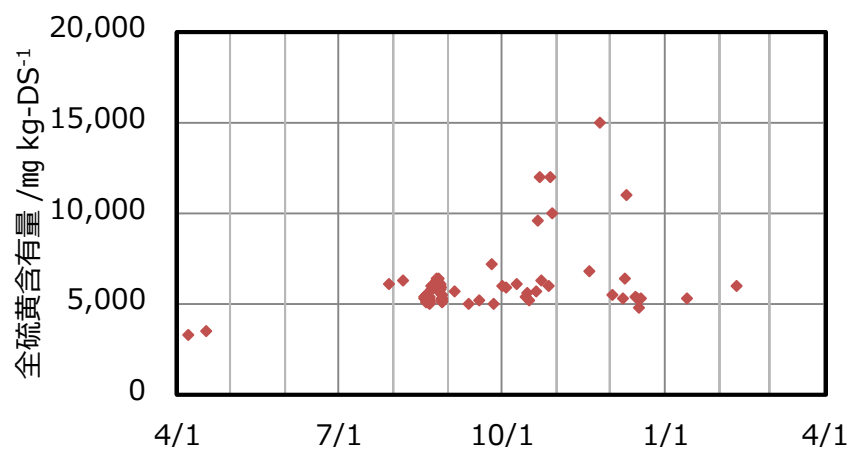
燃焼設備における薬品消費量は、図資 2-11 に示した脱水汚泥中の硫黄分に由来する排ガス中硫黄酸化物（SO_x）と、中和剤・pH 調整剤として添加される苛性ソーダが以下の化学反応式にて等量反応すると仮定し、供給量を試算した。試算方法の妥当性確認のため、実証規模での試算結果と実証結果を比較した。比較結果を図資 2-12 に示した。実証結果は試算結果に対し若干低めではあるものの、両者は概ね一致しており、この計算手法を用いて本システムの薬品消費量を試算することは合理的である。各規模の試算値を表資 2-11、図資 2-13 に示した。



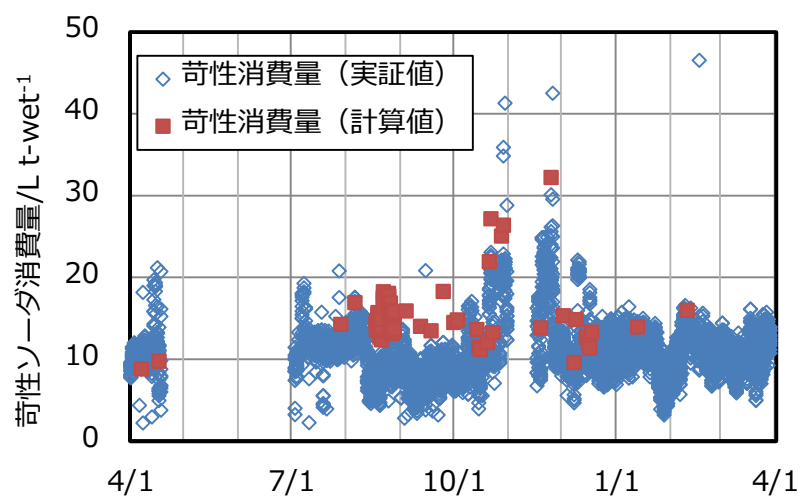
燃焼設備における苛性ソーダの年間消費量 [t/y]

＝脱水汚泥中硫黄量 [t-DS/d] × 40/32 × 2 × 年間稼働日数 [d/y]

＝脱水汚泥量 0.24 × [t-DS/d] × 硫黄含有率 %
 × 40/32 × 2 × 年間稼働日数 365 × 80% [d/y]



図資 2-11 脱水污泥中硫黄含有量



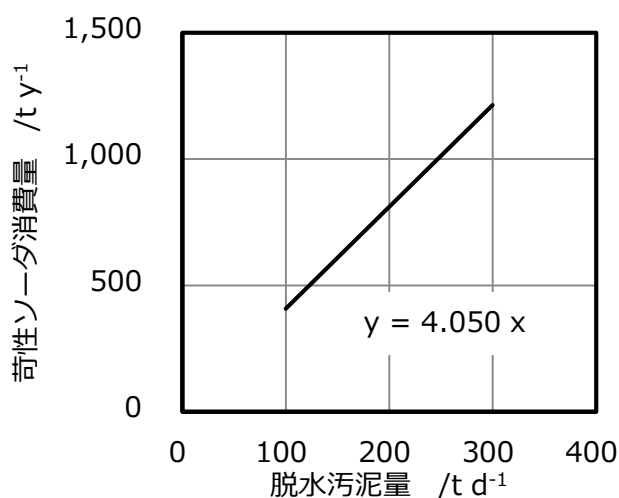
図資 2-12 苛性ソーダ消費量の計算値と実証値の比較 (25 t-wet/d 規模)

(※実証設備での供試苛性ソーダの組成：濃度 20%、比重 1.22)

表資 2-11 燃烧設備の薬品消費量

処理規模		薬品 (苛性ソーダ) 消費量
t-wet/d	t-DS/d	t/y
100	24	406.5
200	48	812.9
300	72	1,212.4

※苛性ソーダ濃度 48%想定



図資 2-13 焼却設備の苛性ソーダ消費量簡易算定式

4) 焼却灰発生量

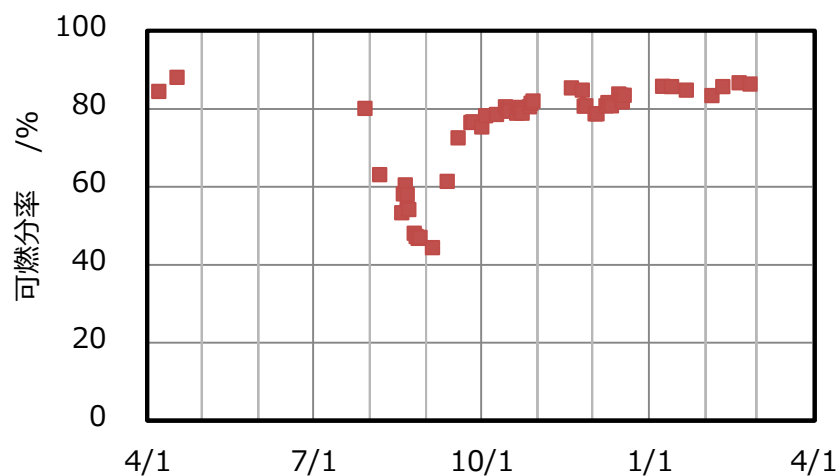
焼却設備における焼却灰発生量は、脱水ケーキの固形物量 (TS) から蒸発残留物 (VTS) を差し引いた無機物量が全て焼却灰になるとして試算した。図資 2-14 に可燃分率の推移を示した。また、飛散防止のための加湿による増量を 30% 見込んでいる。試算方法の妥当性確認のため、25 t-wet/d 規模の試算結果と実証結果を比較した。その結果を図資 2-15 に示す。実証値は容量計算値に対し概ね一致しており、この手法を用いて本システムの焼却灰発生量を試算することは合理的である。各規模の試算値を表資 2-12、図資 2-16 に示した。

焼却設備における焼却灰の年間発生量 [t/y]

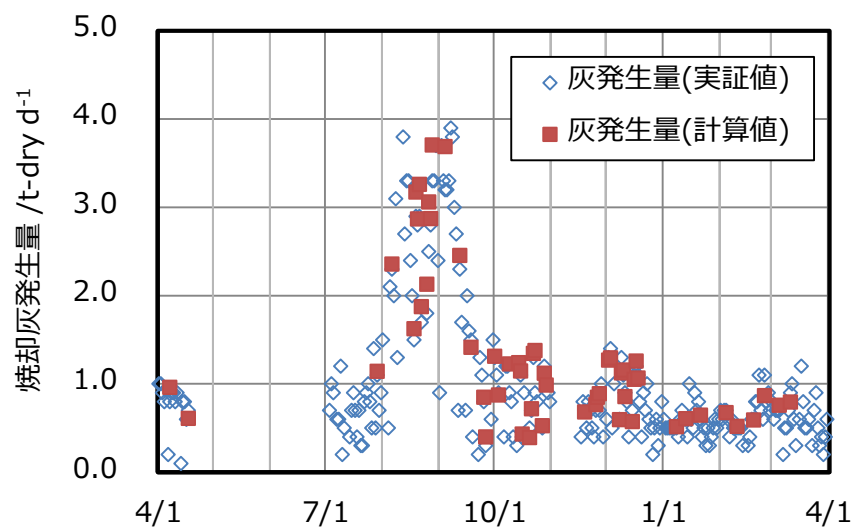
＝脱水ケーキ中無機物量 [t/d] / (1-加湿分 30%) × 年間稼働日数 [d/y]

＝脱水ケーキ量 0.24 x [t-DS/d]

× (1-可燃分率%) / (1-加湿 30%) × 年間稼働日数 365・80% [d/y]



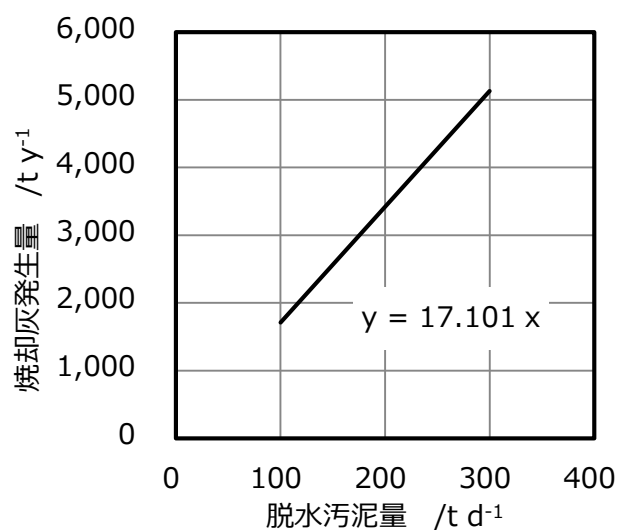
図資 2-14 脱水汚泥中の可燃分率



図資 2-15 焼却灰発生量の計算値と実証値の比較 (25 t-wet/d 規模)

表資 2-12 燃焼設備の焼却灰発生量

処理規模		焼却灰発生量
t-wet/d	t-DS/d	t/y
100	24	1,710
200	48	3,420
300	72	5,130

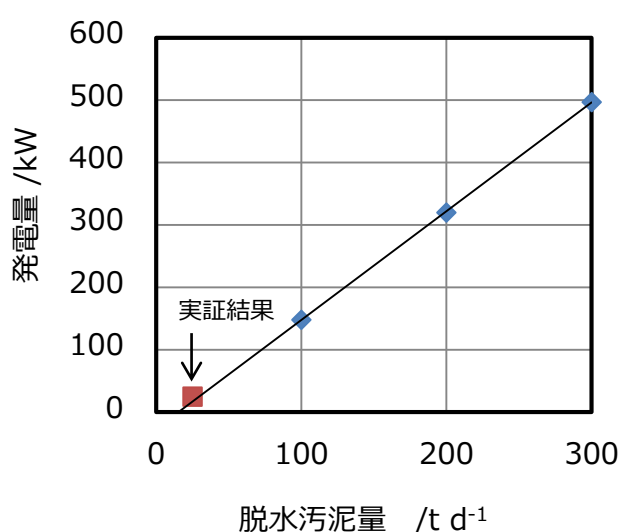


図資 2-16 燃焼設備の焼却灰発生量簡易算定式

(3) 発電設備

1) 発電量

発電設備による発電量は、処理規模毎の発電量を化工計算による算出し、線形近似することで簡易算定式を導出した。化工計算方法の妥当性確認のため、実証規模の試算結果と実証結果を比較した。その結果を図資 2-17 に示す。実証試験規模（25 t-wet/d）における発電量の化工計算値は 16.4 kW であり、実証試験で得られた概ね 25 kW 程度の発電量と概ね一致する結果となった。このことから、この化工計算手法を用いて発電量を試算することは合理的である。各規模の試算値を表資 2-13、図資 2-18 に示した。また、図資 2-19 に示したように、単位汚泥量あたりの発電量では大規模時を基準とすると実証試験規模で 3 割程度低下する。

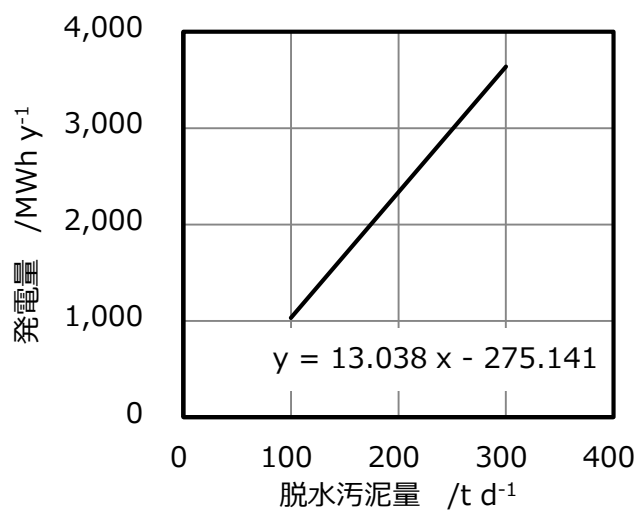


図資 2-17 処理規模毎の発電量試算結果と実証結果

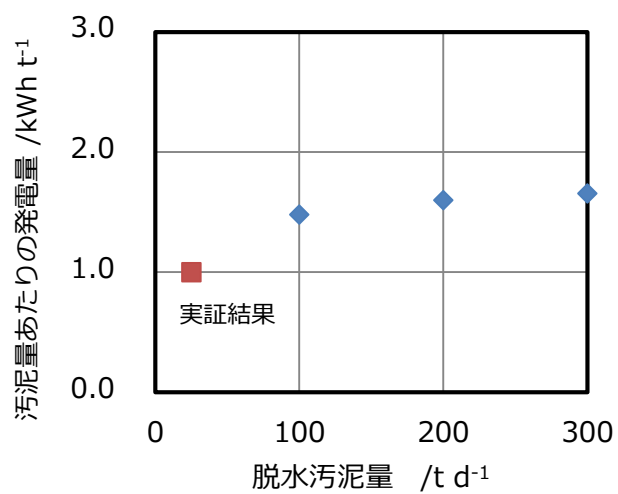
表資 2-13 発電設備での発電量

処理規模		発電量
t-wet/d	t-DS/d	MWh/y
100	24	1,025
200	48	2,340
300	72	3,632

Ⅱ. 簡易算定式



図資 2-18 発電量の簡易算定式



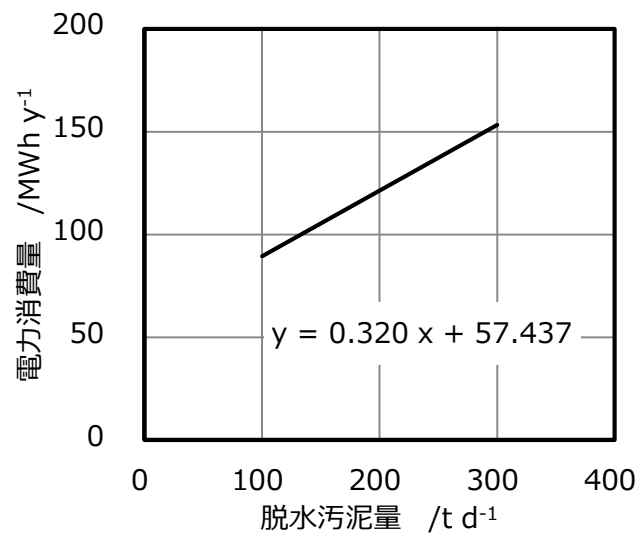
図資 2-19 処理規模と汚泥量あたりの発電量

2) 消費電力

発電設備による消費電力量についても、処理規模毎の値を化工計算による算出し、線形近似することで簡易算定式を導出した。表資 2-14 と図資 2-20 に各規模の試算値を示した。

表資 2-14 発電設備での消費電力量

処理規模		消費電力量
t-wet/d	t-DS/d	MWh/y
100	24	89
200	48	122
300	72	153



図資 2-20 電力消費量の簡易算定式

II-2. 様々な条件下における導入効果の試算方法と追加的費用

第2章第3節にて、簡易算定式を導出した前提条件について述べたが、前提条件に合致しないような条件における導入効果の試算方法と、段階的導入時に発生する場合のある追加的費用について説明する。

(1) 簡易算定式の補正方法

簡易算定式は三技術を一体的に導入する場合の費用を適用しているため、段階的に導入をする場合の建設費や、前段設備が揃わない状態での維持管理費（電力費・燃料費）については、一括導入時と差異が生じる。そのような場合には簡易算定式の補正が必要である。なお、個別の条件を反映した試算が可能な場合にはその結果を用いることが望ましい。特に三技術を全て導入しない場合の建設費の補正法の一例を表資 2-15 に示した。

脱水設備および発電設備の機械工事建設費が一括導入時と比較して増加するのは、燃焼設備と共用可能な機器を別途設ける必要があることや、建設工事における現場経費（共通仮設、安全対策等）の共有ができなくなるため別途計上することが必要なためである。電気工事建設費は一括工事の場合は燃焼設備がカバーしているが、燃焼設備が導入されない場合には、脱水設備、発電設備それぞれに必要な電気工事建設費が発生するため、燃焼設備における電気工事建設費に一定比率をかけて計上することが必要である。なお、燃焼設備の個別導入後に脱水設備、発電設備の追加導入を計画している場合は、それらに必要な取り合いを用意するため、費用は一括導入時と変わらない。一方で、追加導入を計画していない場合は、それらに取り合いを用意する必要が無いため、機械・電気工事建設費はそれぞれ安価となる。

表資 2-15 建設費の簡易算定式の補正法（例）

設 備	内 訳	補正法
脱水設備	機械	脱水設備簡易算定式×1.1
	電気	燃焼設備（電気）簡易算定式×0.3
	土木建築	簡易算定式によらず別途積算のこと
燃焼設備	—	補正無し ^{※1}
	機械	燃焼設備（機械）簡易算定式×0.95 ^{※2}
	電気	燃焼設備（電気）簡易算定式×0.75 ^{※2}
	土木建築	補正無し ^{※2}
発電設備	機械	発電設備（機械）簡易算定式×1.15
	電気	燃焼設備（電気）簡易算定式×0.25
	土木建築	簡易算定式によらず別途積算のこと

※1：脱水・発電の追加を計画している場合

※2：脱水・発電の追加を計画していない場合

維持管理費の補正法の一例を表資 2-16 に示した。一括導入でない場合は、脱水設備から排出

される脱水汚泥の含水率が高くなることや、燃焼設備から回収できる熱量が小さくなることから、後段の設備の維持管理費用が悪化する傾向がある。

表資 2-16 段階的導入時等の維持管理費の簡易算定式の補正法（例）

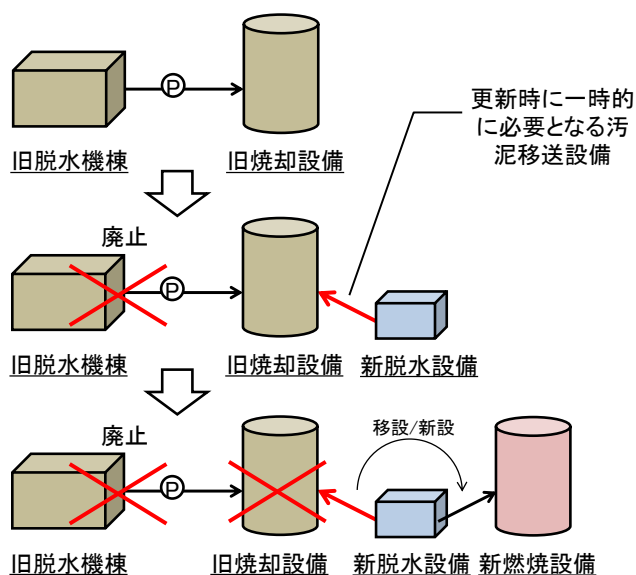
設 備	内 訳	補正法	備 考
脱水設備	—	補正なし	
燃焼設備	電力	燃焼設備電力費の簡易算定式×1.1	脱水未導入
	燃料	簡易算定式によらず別途試算要	脱水未導入
発電設備	発電量	補正無し	補助燃料分考慮

(2) 段階的導入時の追加的費用

三技術を同時に導入しない場合には、(1)で述べた個別導入に必要な費用の増減補正に加えて、追加的費用が発生する場合がある。追加的費用の発生ケースに分けて、以下に説明をする。

1) 汚泥移送設備の付け替えが必要となるケース

図資 2-21 に汚泥移送設備の付け替えに伴う追加的費用が必要となるケースを示した。このケースが発生する導入シナリオは図 2-16 に示した D1、D5、E1、P4 が該当する。脱水設備の更新を先行させると、当初は旧焼却設備への汚泥移送をし、脱水設備更新後には新燃焼設備への汚泥移送をする必要がある。旧燃焼設備への汚泥移送系は新燃焼設備稼働後に不要となる。

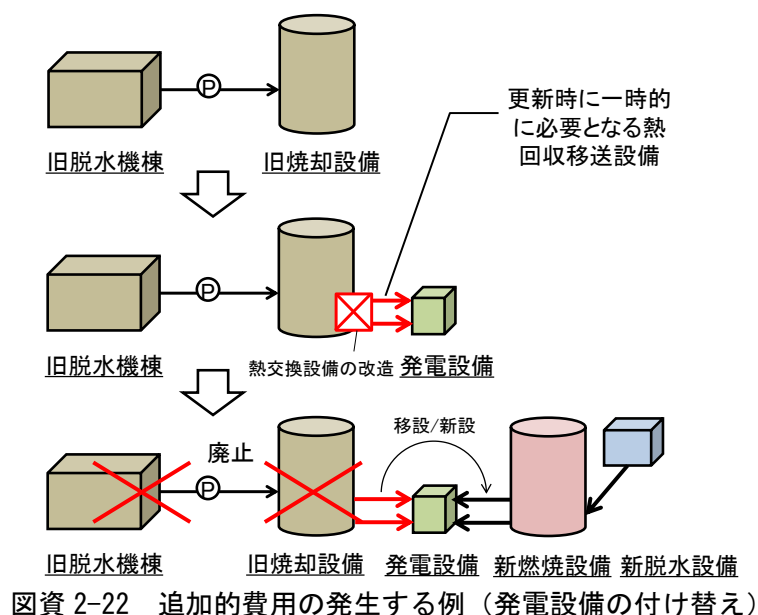


図資 2-21 追加的費用の発生する例（汚泥移送設備の付け替え）

2) 熱供給設備の付け替えが必要となるケース

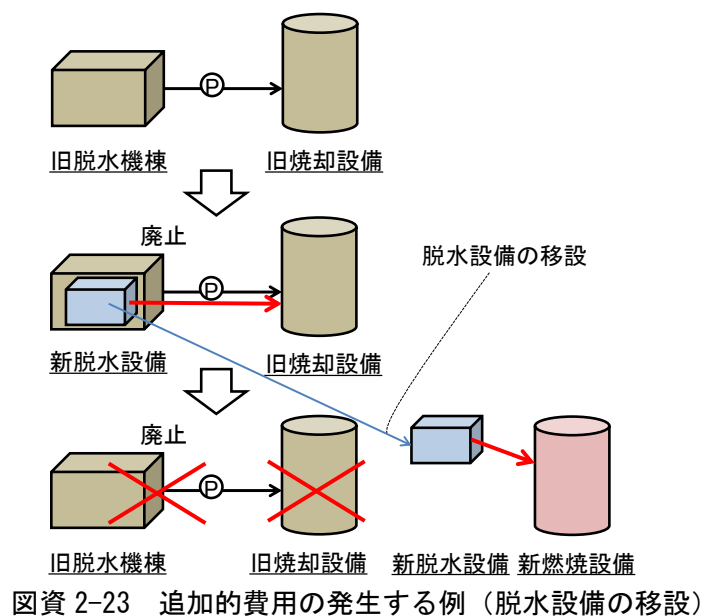
図資 2-22 に発電設備へ熱を供給する配管の付け替えに伴う追加的費用が必要となるケースを示した。このケースが発生する導入シナリオは図 2-16 に示した D2、D4、E1、E2、E5、P9 が

該当する。発電設備の更新を先行させるために、当初は旧焼却設備との熱供給設備（熱回収空気および排煙処理水）の接続をし、燃焼設備更新後には新燃焼設備へ熱供給設備を接続する必要がある。場合によっては、熱回収空気や排煙処理水の温度が低い等のため、旧焼却設備の熱交換器類の交換が必要になる場合もあり、熱供給設備の付け替え以外にその費用も追加的費用として計上する必要がある。



3) 脱水設備の移設が必要となるケース

図資 2-23 に脱水設備の移設に伴う追加費用が必要となるケースを示した。このケースが発生する導入シナリオは図 2-16 に示した D1、D2、D4、D5、E1 が該当する。脱水設備の更新を燃焼設備よりも先行させるため、脱水設備の設置場所の確保および、仮設の脱水汚泥移送経路の整備が不可欠である。場合によっては燃焼設備導入後に脱水設備そのものを移設することも検討する必要がある。



図資 2-23 追加的費用の発生する例（脱水設備の移設）

(3) 汚泥性状等の影響

簡易算定式は先に示した試算の前提条件下での導入費用を適用しているため、汚泥性状や冷却水温度等の異なる条件においては、建設費や維持管理費に差異が生じる。簡易算定式の利用にあたっては、そのような差異について理解することが重要であり、可能であれば個別条件を反映した試算・補正を行うことが望ましい。特に、導入検討の初期段階などにおいて、個別条件の反映が難しい場合における補正の考え方を示す。

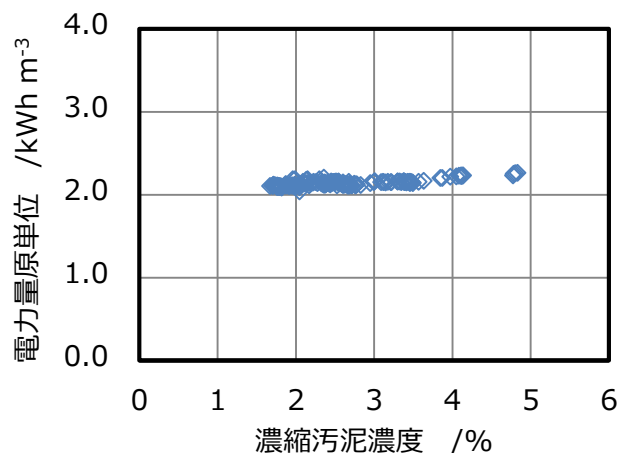
1) 脱水設備

① 建設費

脱水設備の建設費は、濃縮汚泥処理量から選定される機種ごとに決まる。本書に記載している簡易算定式は、固形物量ベースの規模毎の費用を試算するものであるため、汚泥の固形物濃度（TS）が変動した場合は、それに反比例して濃縮汚泥量が増加する。濃縮汚泥量と固形物濃度が特定されている場合には、それらから固形物量を算出し、脱水汚泥量あるいは一定濃度の濃縮汚泥量換算した上で簡易算定式に代入すると良い。

② 電力

実証試験期間における、濃縮汚泥濃度と脱水設備における電力消費量の関係を図資 2-24 に示す。濃縮汚泥濃度 1.5～5.0%程度の範囲では、電力消費量の原単位は大きく変化しないことから、濃縮汚泥濃度が異なる場合でも、簡易算定式をそのまま用いて導入効果を試算しても大きな問題にはならない。ただし、同じ固形物量の汚泥を処理する場合、濃縮汚泥濃度が低下することは濃縮汚泥量の増加を意味するため、結果として脱水設備での電力消費量が増加する。濃縮汚泥濃度が異なる汚泥を対象に簡易算定式を適用する場合には、固形物量基準に換算することが不可欠である。



図資 2-24 濃縮汚泥濃度と脱水設備における電力消費量の関係 (13 m³/h 時)

③ 薬品

高分子凝集剤および無機凝集剤（ポリ硫酸第二鉄）の消費量は、汚泥中の固形分量に応じて決定することが基本である。簡易算定式の試算条件は、それぞれ対固形物比率で 0.7%（高分子凝集剤）、5%（ポリ硫酸第二鉄）と設定している。また、簡易算定式は濃縮汚泥の固形物濃度が 3.30%条件下で導出しているため、固形物濃度が異なる場合には、固形物濃度比例で補正すると良い。また、汚泥性状が大きく異なり、脱水性や目標含水率が異なり薬品注入率を変える必要がある場合、あるいは実際の運用上の注入率を用いる場合等には、簡易算定式の試算条件との比例計算によって増減させることが可能である。

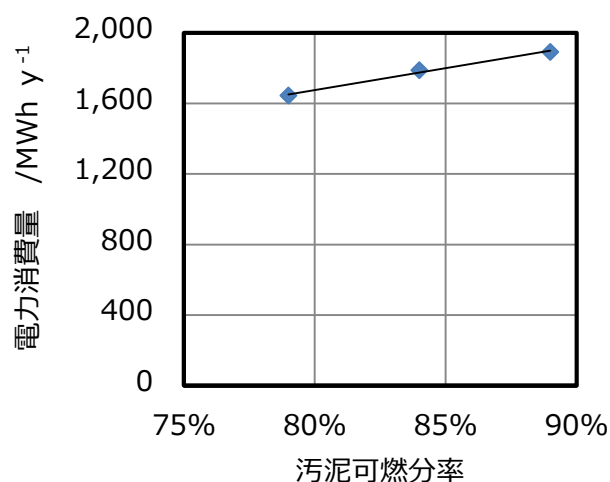
2) 燃焼設備

① 建設費

脱水汚泥性状（含水率、有機分率）が簡易算定式の試算条件と差異がある場合、排ガス量が増減するため費用に影響する。基本的に含水量の絶対値、有機分量の絶対値が高い程、排ガス量が比例して増加するため建設費が増加傾向となる。

② 電力

脱水汚泥性状（含水率、有機分率）に差異がある場合、排ガス量が増減し、ファン・ブロワ類の電力消費量も変化する。例として、100 t-wet/d 規模において、汚泥の可燃分率変化が燃焼設備の電力消費量に与える影響を化工計算で試算したものを図資 2-25 に示す。なお、この時の可燃分率以外の条件は一定である。可燃分率の増加に伴い電力消費量も増加しており、その変動率は有機分率が 5 ポイント程度変動した場合に、電力消費量も 5～10%程度である。



図資 2-25 脱水汚泥 VTS と燃焼設備での電力消費量の関係 (100 t-wet/d 規模)

③ 補助燃料

燃焼設備での補助燃料消費量は、図資 2-9 に示した通り脱水汚泥の有機分率および含水率により左右される。ただし、本システムにおいては、有機分率が変化した場合に、その有機分率において概ね自然可能な含水率となるよう、脱水設備の運転条件が自動的に調整されるため、一般的な混合生汚泥を対象とする場合には、定常運転時に概ね補助燃料消費量ゼロとなる。なお、立上げ、立下げ時の補助燃料消費量は主に規模のみに左右され、汚泥性状によらないことは言うまでもない。

④ 苛性ソーダ

燃焼設備における苛性ソーダ消費量は、概ね汚泥中の硫黄分量に比例する。そのため、脱水汚泥中の固形物量や可燃分量、硫黄分濃度（%-対 VTS）に差異がある場合には、比例計算によって増減させるとよい。

⑤ 焼却灰

燃焼設備における焼却灰発生量は、汚泥中の無機物量に比例する。そのため、脱水汚泥中の固形物量や可燃分量に差異がある場合には、比例計算によって増減させると良い。

3) 発電設備の導入効果試算方法

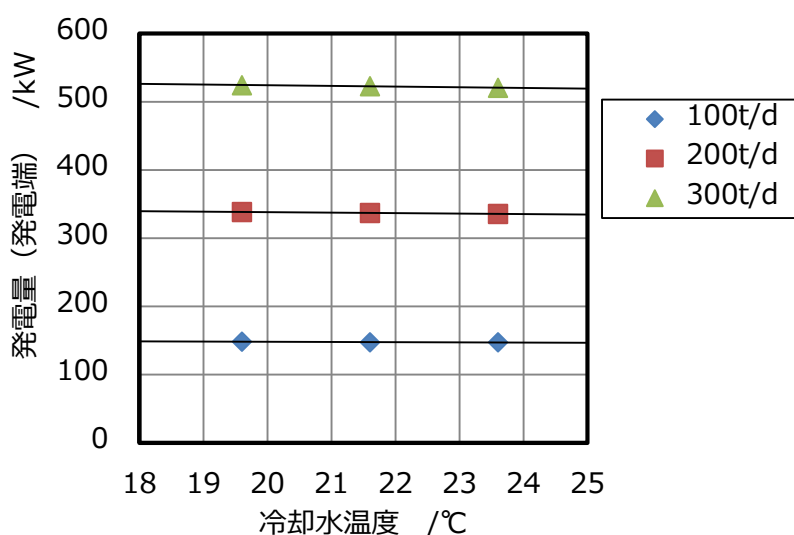
① 建設費

脱水汚泥性状（含水率、有機分率）に差異がある場合、排ガス系に供給される排熱量が上下するため、その量に対応した熱交換器やポンプ等を選定する必要があり、建設費が増減する。

② 電力（発電量）

- ・ 二次処理水温度

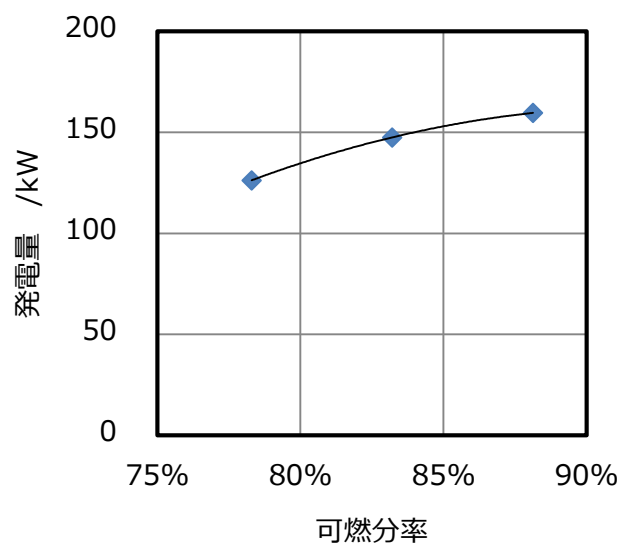
発電設備における発電量は、冷却水である二次処理水温度によってサイクル中の熱落差が変化することで、影響を受ける。図資 2-26 に規模ごとの発電量と冷却水温度の関係を化工計算により試算した結果を示した。冷却水温に差異がある場合には、本図を参考に + 4℃あたり - 1 % 程度の発電量補正をすると良い。



図資 2-26 規模ごとの発電量と冷却水温度

・汚泥性状

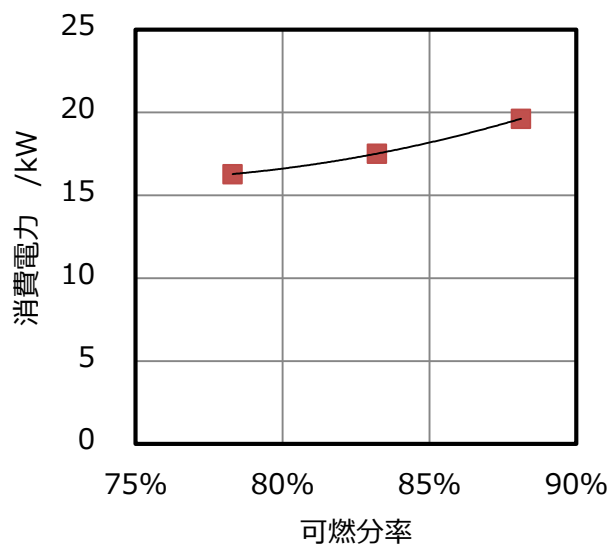
発電設備における発電量は二次処理水温度だけでなく、脱水汚泥性状（含水率、可燃分率）の影響も受ける。例えば可燃分率が変化すると熱回収空気で回収される熱量が増減し、発電設備への入熱も増減するため、発電量も同様に増減する。例として、100 t-wet/d 規模において、汚泥の可燃分率の差異が発電量に与える影響を化工計算に基づいて試算した結果を図資 2-27 に示した。可燃分率の増加に伴い発電量も増加している。その変動は線形ではないが、簡易算出式的前提となる性状（可燃分率 84%）に対して可燃分率が 5%程度増加した場合、発電量は 8%程度増加、5%程度減少した場合、発電量は 15%程度減少となる。



図資 2-27 汚泥の可燃分率と発電量 (100 t-wet/d 規模)

③ 電力 (消費量)

発電設備が自己消費する消費電力は主に熱媒体の循環量に依存している。汚泥性状の変化によって発電設備に与えられる熱量が増加すると、電力消費量も増加する傾向がある。例として、100 t-wet/d 規模において、汚泥の可燃分率変動が電力消費量に与える影響について、化工計算を基に試算した結果を図資 2-28 に示した。有機分率の増減に伴い消費電力量も増減しており、その変動は簡易算出式的前提となる性状 (可燃分率 84%) に対して有機分率が 5%程度増加した場合、消費電力は 12%程度増加、5%程度減少した場合、発電量は 5%程度減少となった。



図資 2-28 汚泥の有機分率と消費電力量 (100 t-wet/d 規模)

(4) 運転方針（稼働率・負荷率）の影響

簡易算定式は先に示したとおり、稼働率が脱水および燃焼設備は 80%、発電設備は 79.3%、負荷率はいずれの設備でも 100%の条件で設定している。そのため、稼働率や負荷率の異なる条件においては差異が生じる。

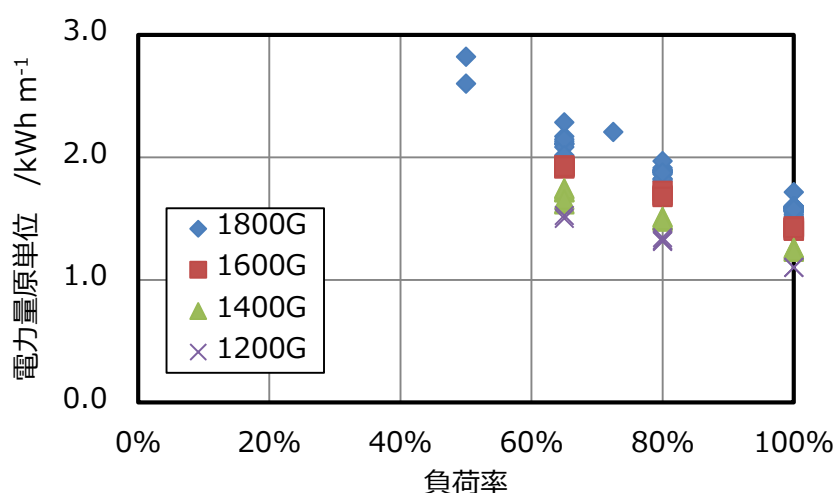
1) 脱水設備

① 稼働率

脱水設備の維持管理費は、年間の処理汚泥量に比例する。そのため、稼働率が変化し、処理汚泥量が増減する場合には、比例計算によって維持管理費も増減させると良い。

② 負荷率

脱水設備における負荷率と電力量原単位（消費電力量を処理汚泥量で割ったもの）の相関を図資 2-29 に示した。負荷率が低下すると消費電力量原単位が増加しする。なお、高分子凝集剤および無機凝集剤の消費量は、負荷率による影響は小さい。



図資 2-29 処理汚泥量と脱水機電力量原単位

2) 燃焼設備

① 稼働率

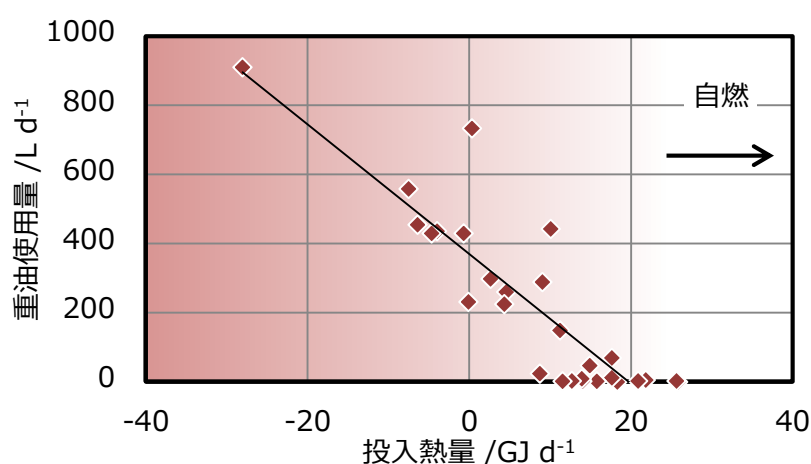
燃焼設備における稼働率が低い状態では、設備の停止期間が長くなる。表資 2-17 に 100 t-wet/d 規模における設備停止期間と補助燃料消費量の関係を示した。停止期間が長くなるほど、再立上げ時（起動時）の砂層温度が低くなるため、昇温に要する補助燃料消費量は増加する。また、設備の発停回数が増加すると、補助燃料消費量は増加する。また、稼働率が低下すると、年間の処理汚泥量が低下するため、電力消費量や薬品消費量、灰処分量等は低下する。

表資 2-17 補助燃料消費量の試算条件 (100 t-wet/d 規模)

	停止期間	起動時砂層温度	重油消費量
定期補修による停止	30 日	20℃	10.5 kL/回
汚泥量不足による停止	3 日	633℃	1.1 kL/回
小点検による停止	2 日	693℃	1.0 kL/回

② 負荷率

燃焼設備における負荷率が低下すると、焼却炉への投入熱量が不足し、自燃運転（補助燃料使用量=0での運転）を維持できなくなる。実証試験から得られた、焼却炉への投入熱量（汚泥中の固形分が保有する熱量から、水分の潜熱・顕熱分を差し引いた熱量）と自燃可否の関係を図資 2-30 に示す。投入熱量が低い場合には補助燃料が多く消費されているのが明確である。これらの傾向は実証試験で得られたものであるが、他の規模、性状であっても同様の傾向があると推定される。なお、25 t-wet/d 規模の実証設備では、図資 1-17 に示したように負荷率 50% 程度まで自燃運転が可能であることを確認している。



図資 2-30 投入熱量と補助燃料使用量（実証試験結果）

また、負荷率が低下する場合、汚泥投入量に合わせて燃焼空気量も低減させる必要があるが、燃焼炉の流動砂を流動させるために最低限必要な空気量以下には下げることが出来ないため、空気比 1.3 以下での運転が困難となる。空気比 1.3 以下を維持可能な負荷率では単位汚泥量あたりの電力消費量はあまり増加しないが、空気比 1.3 以下を維持できない低い負荷率では単位汚泥量あたりの電力消費量は顕著に増加する。

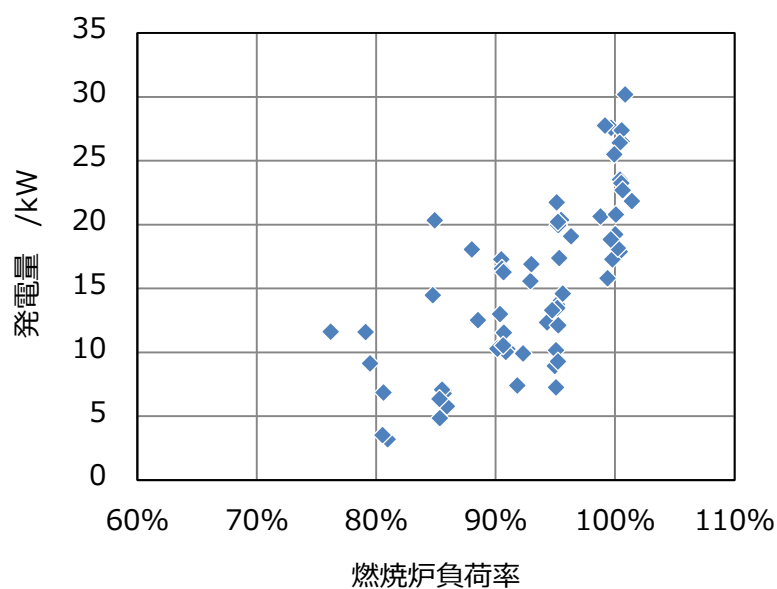
3) 発電設備

① 稼働率

発電設備における稼働率が低い状態では、設備の停止期間が長くなり、年間の発電量は、稼働率に比例して低下する。

② 負荷率

発電設備においては、低負荷率運転によって燃焼設備から供給される排熱量が減少すると、熱源の温度および熱量が減少するため、発電量も当然低下する。実証試験で得られた燃焼設備の負荷率と発電量の相関を図資 2-31 に示す。負荷率が 80%以下になると、発電量は期待できなくなる。



図資 2-31 燃焼設備の負荷率と発電量の相関