

第2回 資源・エネルギー・新技術部会説明資料

平成 29年 11月 27日

(公財)日本下水道新技術機構
資源循環研究部長 石田 貴

◇設置状況

湖南	湖西	東北部	高島
重力、常圧浮上、ベルト	重力、遠心	重力、常圧浮上、遠心	重力、常圧浮上

◇ユーティリティの比較（国総研調査H27.2）

	消費電力 (濃縮機本体) (kWh/m ³)	消費電力 (濃縮設備全体) (kWh/m ³)	ユーティリティ費 (円/t-DS)
遠心濃縮（薬注有）	1.44	3.10	8,518
遠心濃縮（薬注無）	1.31	2.22	7,547
常圧浮上濃縮	0.25	1.07	7,072
ベルト濃縮	0.13	0.97	6,510
差速回転型スクルー濃縮	0.11	1.16	6,357

◇設置状況

湖南	湖西	東北部	高島
スクリーンプレス	ベルトプレス	スクリーンプレス	スクリーンプレス

◇電力使用量の比較（国総研調査H28.2）

処理汚泥量480m³/日、DSベース16.8t/日

生汚泥脱水-焼却を前提に24時間運転を想定

	脱水機仕様	消費電力 (脱水機本体) (kWh/日)	消費電力 (脱水設備全体) (kWh/日)
ベストプレス	高効率型、ろ布幅 3m×2台	65	693
遠心	低動力型 30m ³ ×1台	857	1,187
スクリーンプレス	高効率型 Φ1,100×1台	56	373
回転加圧	高効率型 5チャンネル×1台	129	437

◇設置状況

湖南	湖西	東北部
循環式流動炉 120 t/日×1基 二段焼却式流動炉 120 t/日×1基	炭化炉（中温） 80 t/日×1基	熔融炉 110 t/日×1基

汚泥処理消費エネルギー（H26下水道統計）

（焼却有） $\log(Y[t\text{-CO}_2/\text{千m}^3]) = -0.282 \times \log(\text{日平均処理水}[\text{m}^3/\text{日}]) + 0.846$

（出典：下水道における地球温暖化対策マニュアル、環境省・国交省、H28.3）

	湖南	湖西	東北部
日平均処理水量（m ³ /日）	251,200	45,100	99,200
全体消費エネルギー（千kWh/年）、標準値	34,771	10,132	17,845
汚泥処理消費エネルギー（千kWh/年）、標準値	15,647	4,559	8,030
全体消費エネルギー（千kWh/年）、実績値	60,174	12,808	24,189
汚泥処理消費エネルギー（千kWh/年）、実績値	26,107	5,418	8,860
比率（全体）	1.73	1.26	1.36
比率（汚泥処理）	1.67	1.19	1.10

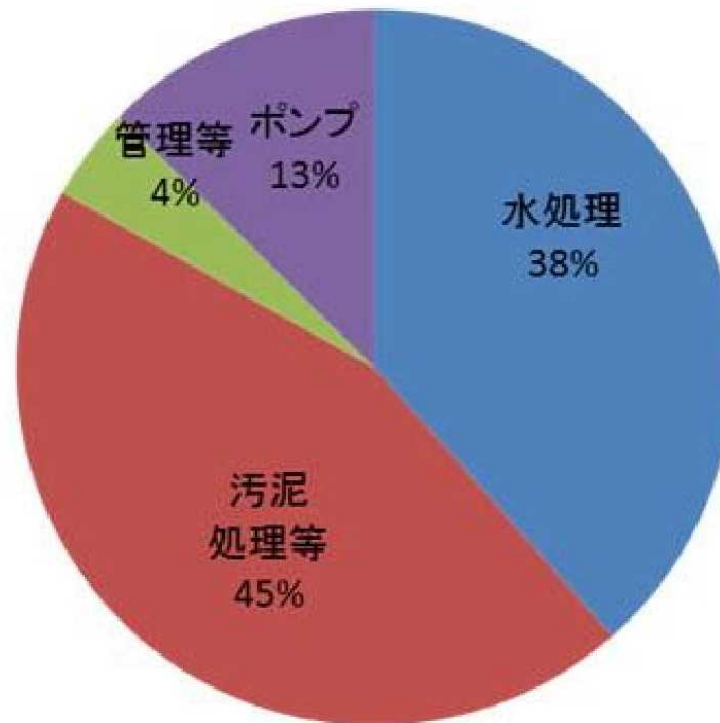


図-1 施設別のエネルギー消費量の割合

- 焼却炉性能指標（設置・改築の交付金対象要件） H29.9.15
- 廃熱回収率40%以上かつ消費電力削減率20%以上
- 前提となった50 t/日でクリアした方式
 - 多層焼却炉+流動タービン又はバイナリー発電（図-2）
 - 二段焼却炉+流動タービン又はバイナリー発電
 - 過給式焼却炉（図-3）
 - ストーカ炉+蒸気発電（図-4）

廃熱回収率の考え方

$$\begin{aligned} \text{廃熱回収率} &= (\text{廃熱から回収する熱量}) / (\text{焼却炉へ投入する熱量}) \\ &= (\text{③} + \text{④} + \text{⑤}) / (\text{①} + \text{②}) \end{aligned}$$

- ① : 焼却炉へ投入する脱水汚泥の熱量（含水率78%、有機分83%、高位発熱量19,448 kJ/kg-DS）
- ② : 焼却炉へ投入する補助燃料の熱量
- ③ : 空気予熱器による回収熱量
- ④ : 白煙防止熱交換器による回収熱量
- ⑤ : その他の回収熱量（過給機、流動タービン、バイナリー発電等）

従来型流動炉の消費電力量：123 kWh/t（国総研調査H28.3）

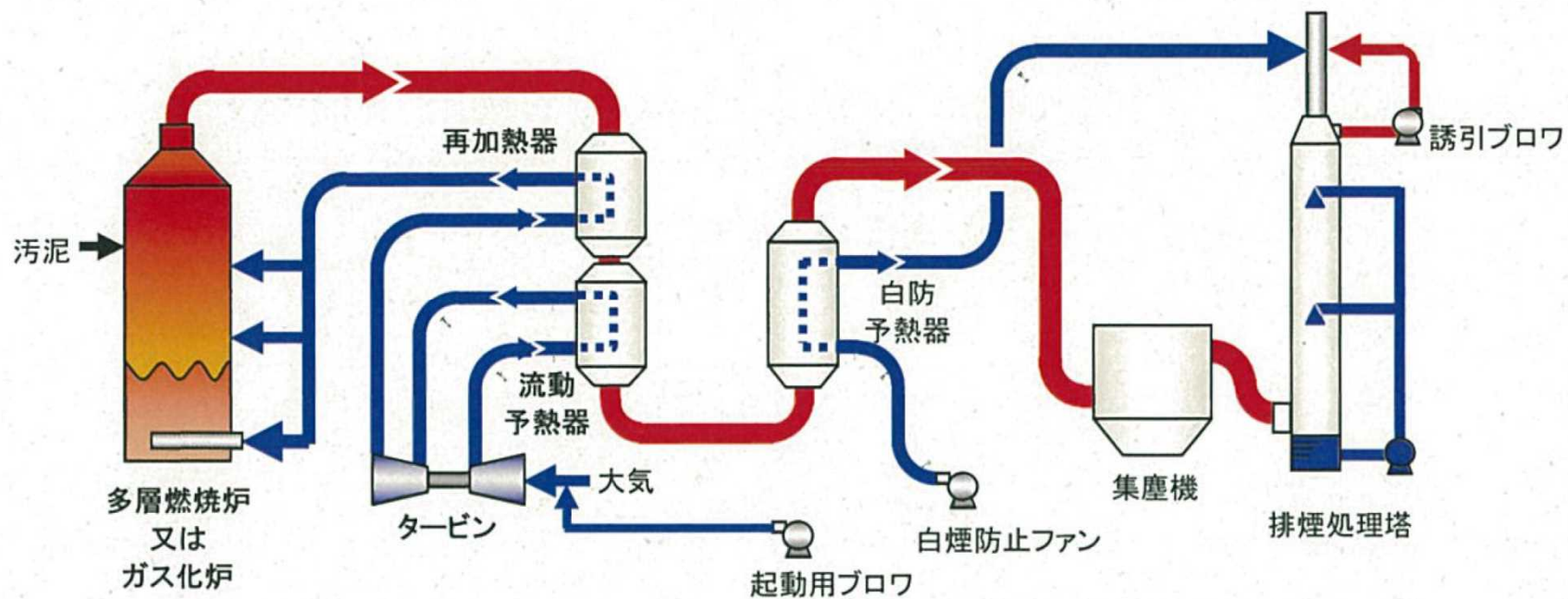


図-2 多層焼却炉+流動タービン又はバイナリー発電

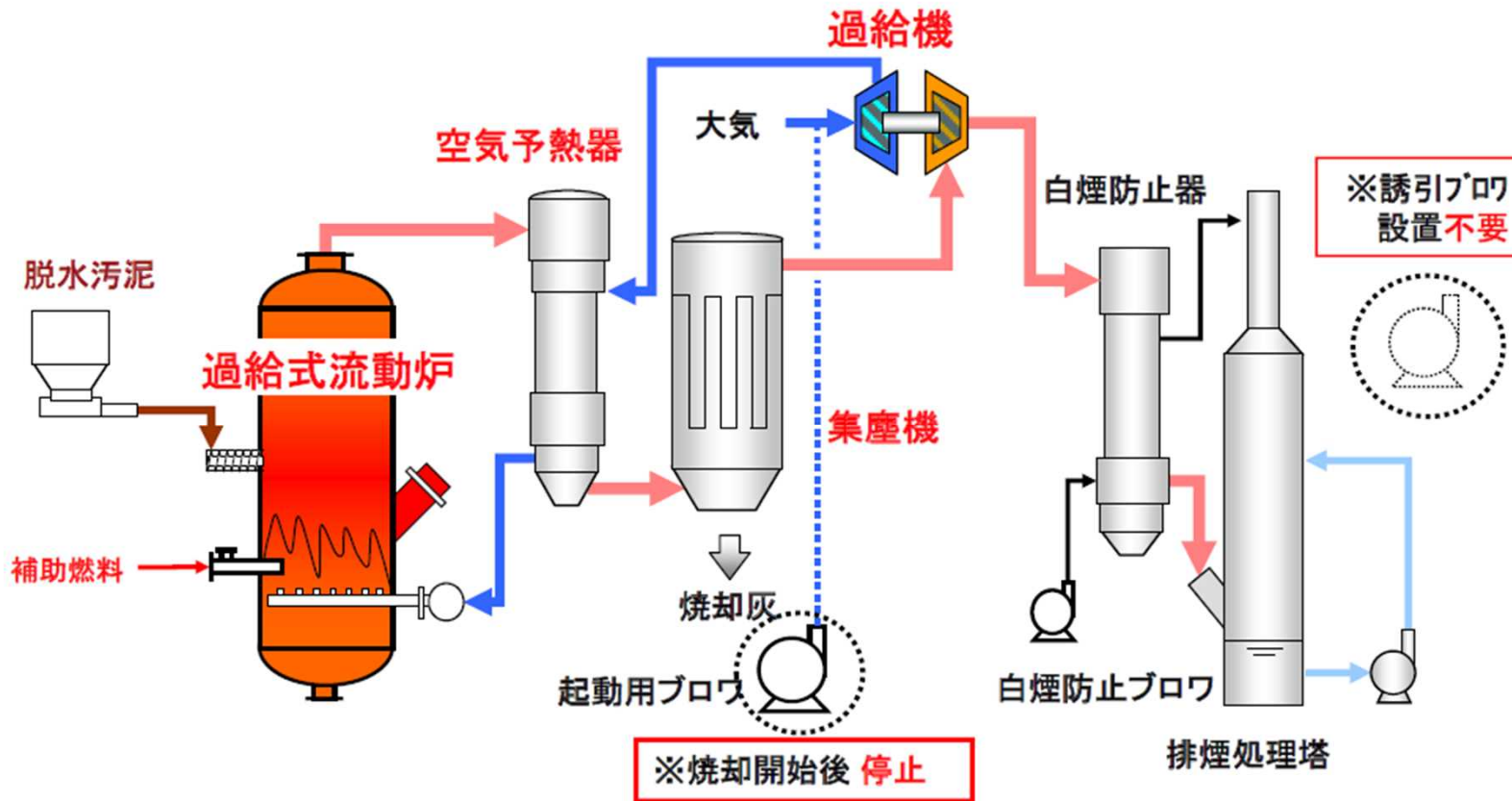


図-3 過給式焼却炉

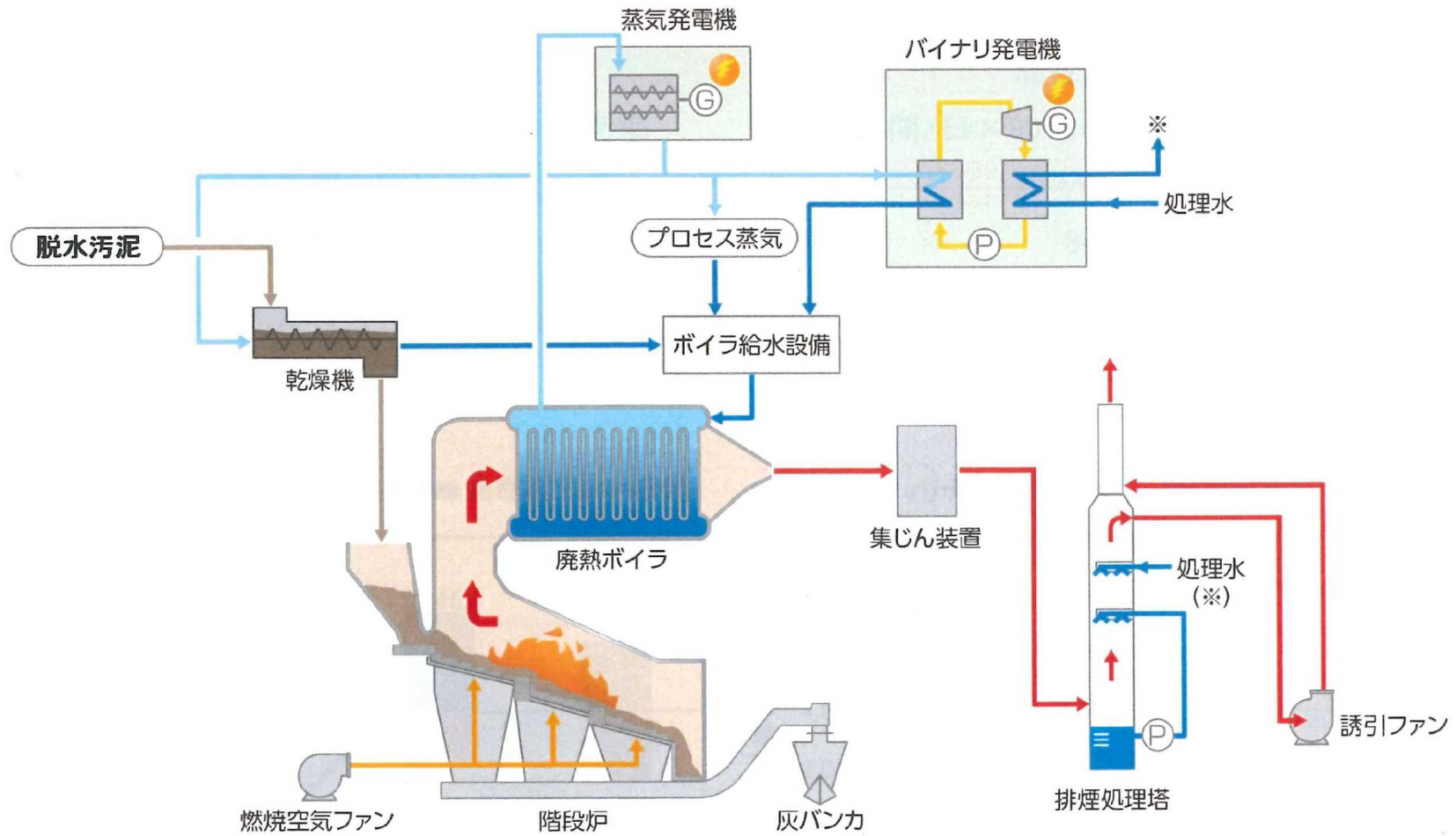


図-4 ストーカー炉+蒸気発電

低含水率脱水機との関係

- 後段が流動焼却炉の場合、必要以上に低含水率としても意味がない。温度管理が難しくなるだけ。むしろ冷却設備が必要となる。
- 後段がストーカ炉の場合、廃熱ボイラにより蒸気発電機でエネルギー回収が可能となる（B-DASH実証技術（図-5））。
- 圧送ポンプを利用しようとする場合、含水率72%以下は困難な場合が多い。

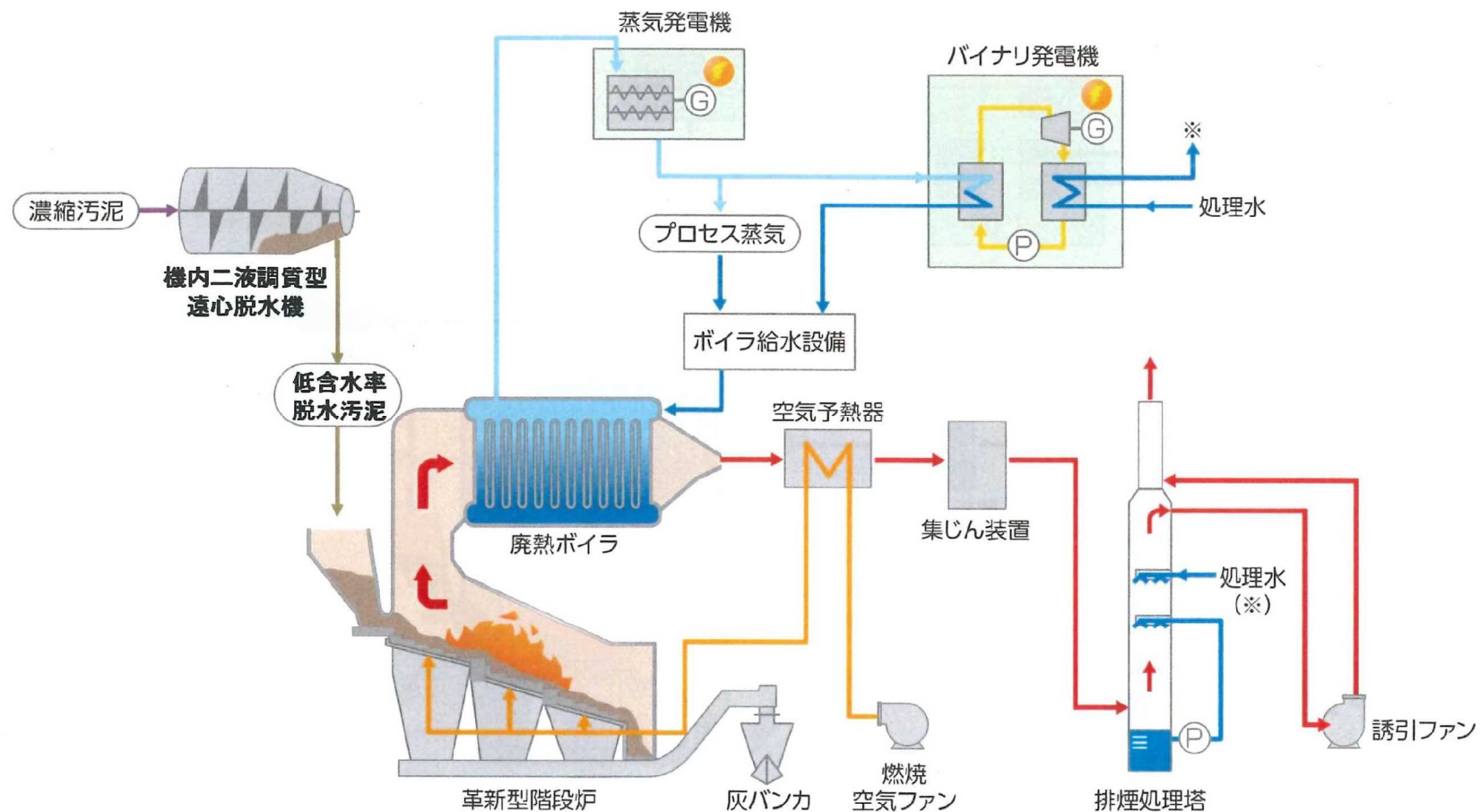


図-5 B-DASH実証技術

出典：B-DASHプロジェクトNo.10

「下水道バイオマスからの電力創造システム導入ガイドライン（案）」

- **ダイレクト型圧入式スクリーンプレス脱水機
(濃縮一体型脱水機)**
- **セミドライメタン発酵装置**
- **レセルシステム**

(出典：省エネ型汚泥処理システムの構築に関する技術マニュアル、日本下水道新技術機構、H28.3)

ダイレクト型圧入式スクリーブレス脱水機

- 濃縮プロセスを一体化した脱水法（システムフロー：図-7）。
- 未濃縮の汚泥を効率的に処理するため、ハイブリッド型スクリーブレス脱水機の濃縮部のろ過面積を増大。
- 導入効果を処理規模1万m³/日で比較。

従来技術：濃縮プロセスを重力濃縮槽と遠心濃縮機との分離濃縮、脱水プロセスを高効率型遠心脱水機とする。

→従来技術を100%とした場合、電力消費量で38%、CO₂排出量で52%、LCCで58%となる。

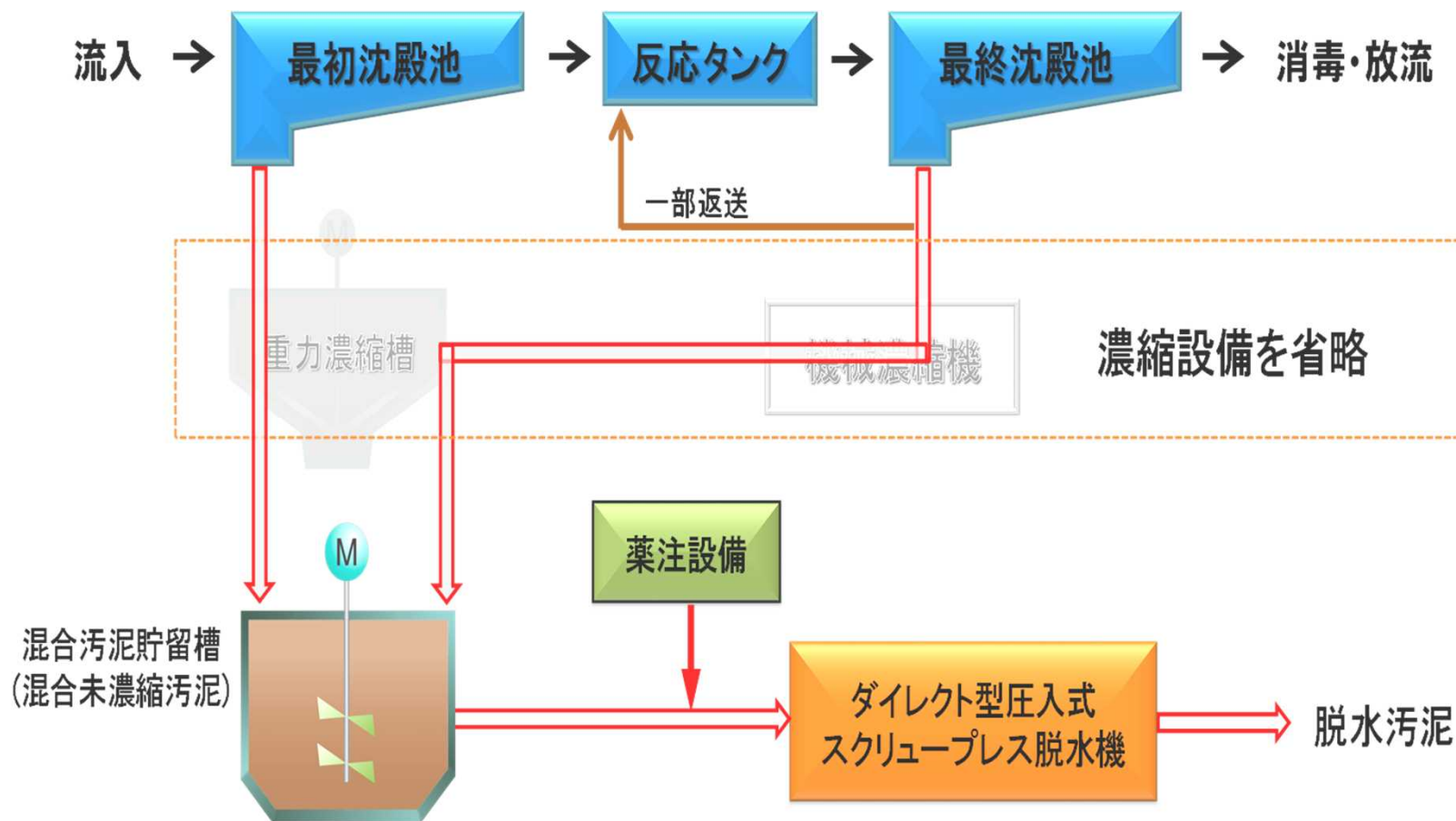


図-7 ダイレクト型圧入式スクリーブレスのシステムフロー

セミドライメタン発酵装置

- 消化タンクの上部に濃縮部を設け、余剰汚泥と重力濃縮した最初沈殿池汚泥を混合した汚泥を固形物濃度約8%に濃縮。

(標準フロー：図-8)

→中温消化を行う消化タンク容量を通常の1/2以下にできるとともに、消化日数を一番効率の良い15日とすることでさらなる減少を図る。

- 導入効果を処理規模6万m³/日で比較。

従来技術：余剰汚泥をベルト濃縮機で固形物濃度4%に分離濃縮し、消化日数を20日、脱水プロセスを遠心脱水機とする。

→従来技術を100%とした場合、電力消費量で85%、CO₂排出量で99%、LCCで97%となる。

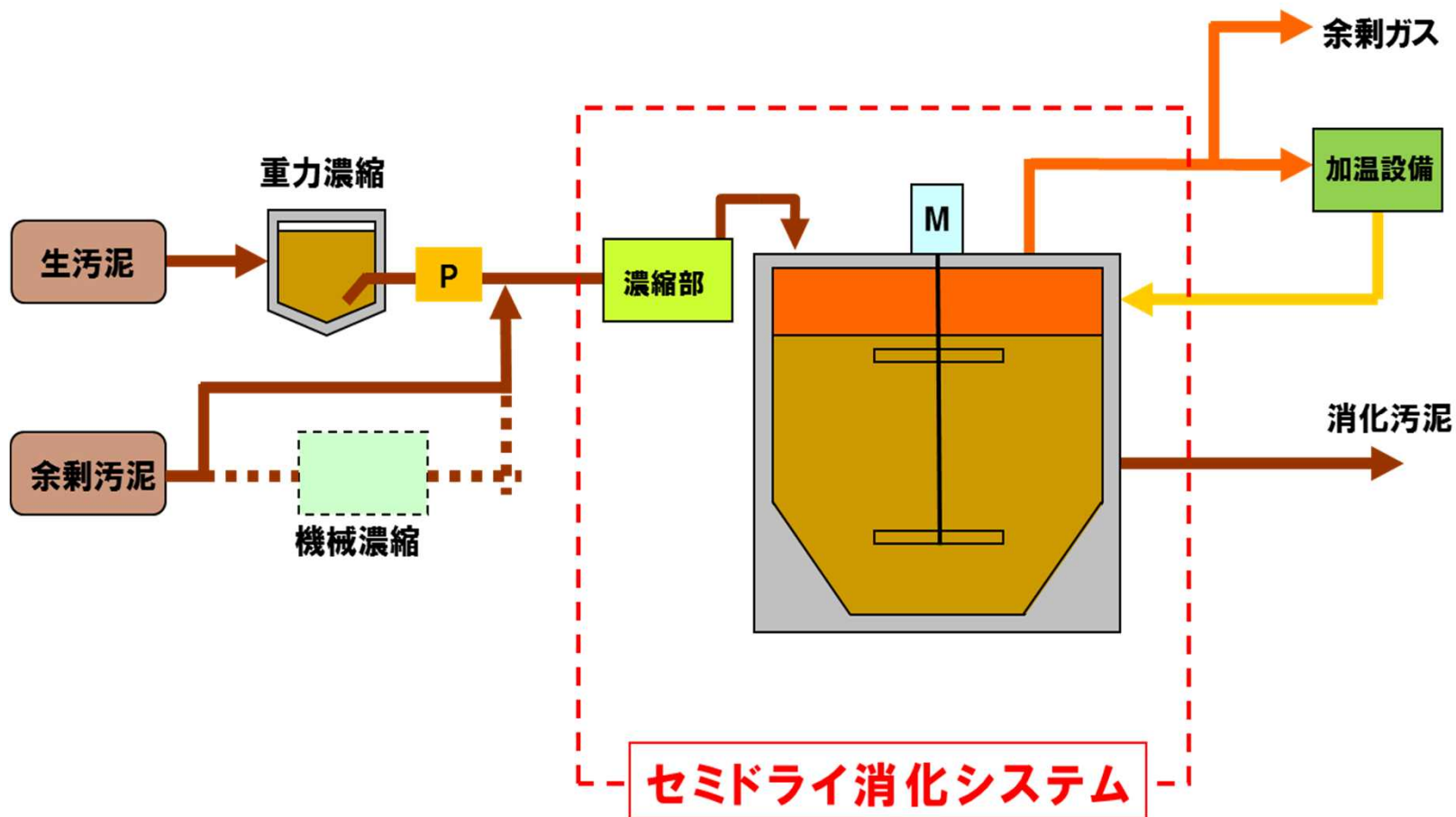


図-8 セミドライメタン発酵装置の標準フロー

レセルシステム

- 高濃度濃縮プロセス（固形物濃度約15%）、可溶化プロセス（1バッチ90分のサイクル運転）、消化プロセス、脱水プロセスより構成。
（システムフロー：図-9）
- 高濃度汚泥を熱可溶化するため、消化タンクの容量も従来の中温消化方式に比べて1/3程度となり、脱水性も著しく向上。
- 導入効果を処理規模10万m³/日で比較（汚泥焼却プロセス含む）。
従来技術：余剰汚泥をベルト濃縮機で固形物濃度4%に分離濃縮し、消化日数を20日、脱水プロセスを遠心脱水機とする。
→従来技術を100%とした場合、エネルギー消費量（原油換算）で68%、CO₂排出量で79%、LCCで91%となる。

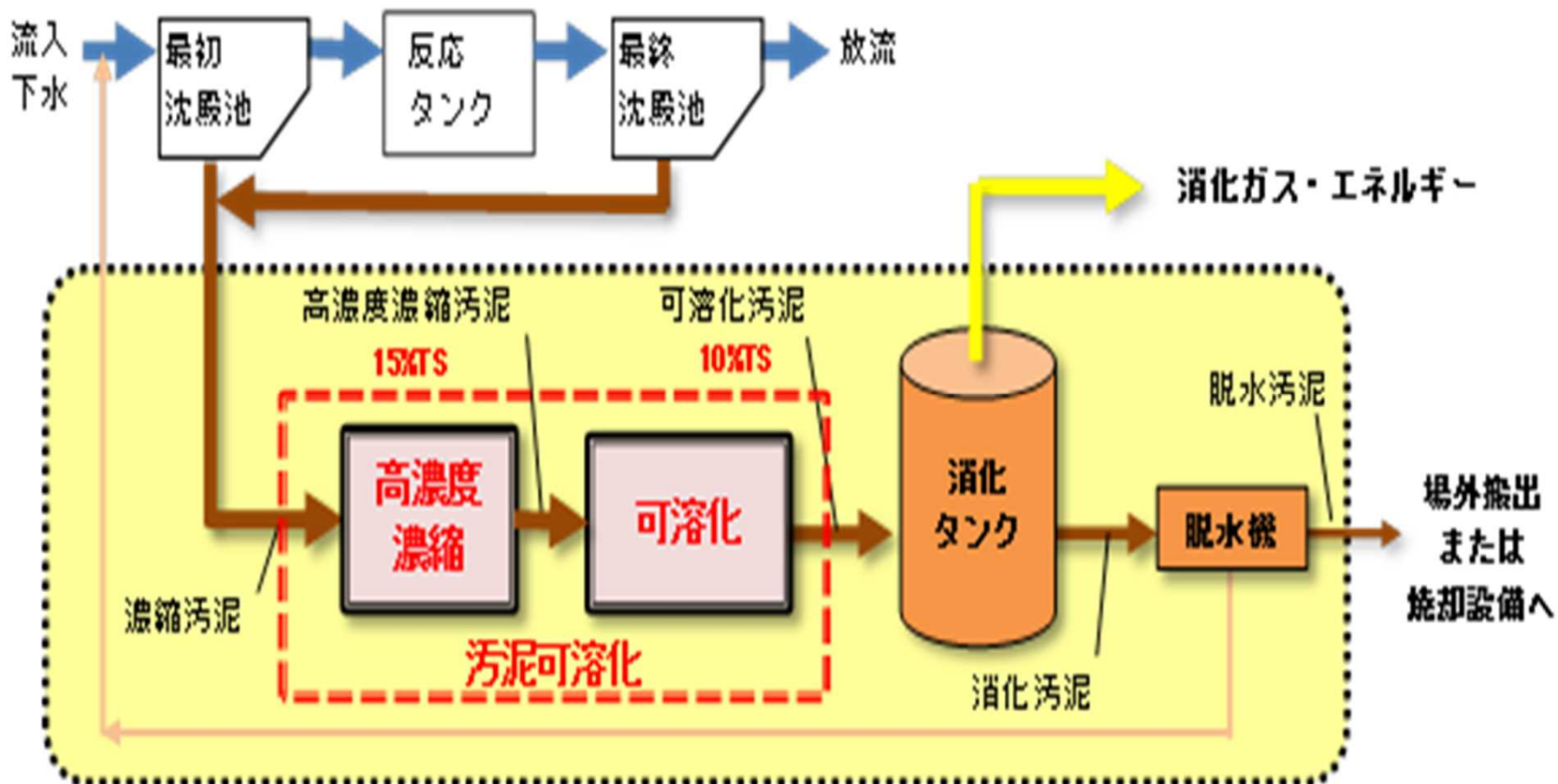


図-9 レセルシステムのシステムフロー

返流水による影響

嫌気性消化の導入により、返流水質の変化が生じるのは脱水ろ液の水質

◇混合生汚泥と消化汚泥の脱水ろ液の水質の比較（出典：国総研H27.2）

	混合生汚泥	消化汚泥
pH	5.6	7.7
BOD (mg/ℓ)	846	489
COD (mg/ℓ)	374	170
T-N (mg/ℓ)	112	548
T-P (mg/ℓ)	154	128

- BOD、COD、T-Pの各濃度は、消化汚泥のほうが小さいが、T-Nは消化汚泥のほうが4.9倍となっている。
- 湖南中部の脱水機投入汚泥濃度は2.8%と低いので、脱水ろ液量は流入水の0.5%と比較的多いが、脱水ろ液量を同じとした場合、消化によりろ液中のT-N濃度が436mg/ℓ増加するので、流入水中のT-N濃度は2.2mg/ℓ増加することになる。
- これは全量消化した場合なので、全体の1/3を消化する場合は0.7mg/ℓの増加にとどまる。

消化-焼却のエネルギーに関するトレードオフの関係

- 消化-焼却のエネルギーに関するトレードオフの関係の調査結果（国総研業務H28.3）によれば、消化することにより全体のエネルギー使用量は増えるが、消化ガスによる回収エネルギーにより、エネルギー的には消化したほうが有利となった。
- 試算方法：混合生汚泥を焼却している処理場20ヶ所、消化汚泥を焼却している処理場10ヶ所のアンケート調査に基づき、電力使用量や補助燃料使用量等を設定。

消化-焼却のエネルギーに関するトレードオフの関係調査結果 (出典：国総研業務H28.3)

ケース			1	2	3	4
流入水量	m ³ /日		50,000	100,000	200,000	300,000
濃縮汚泥 固形物量	ton-DS/年		3,103	6,205	12,410	18,615
混合生	脱水 電力	GJ/年	2,505	6,131	13,381	20,632
	焼却 電力	GJ/年	15,173	27,918	53,408	78,898
	焼却 補助燃	GJ/年	19,267	38,533	77,066	115,599
	必要エネルギー合計	GJ/年	36,945	72,582	143,855	215,129
消化	消化 電力	GJ/年	3,165	5,705	10,784	15,863
	消化 加温	GJ/年	11,710	21,900	42,281	62,662
	脱水 電力	GJ/年	3,131	5,443	10,066	14,689
	焼却 電力	GJ/年	13,249	21,675	38,527	55,380
	焼却 補助燃	GJ/年	19,696	40,385	81,764	123,143
	使用エネルギー合計	GJ/年	50,951	95,108	183,423	271,737
	消化ガス回収エネ	GJ/年	32,740	65,248	130,264	195,280
必要エネルギー合計	GJ/年	18,211	29,860	53,159	76,457	
総必要エネルギー比較 混合生-消化	GJ/年	18,734	42,721	90,696	138,672	

嫌気性消化導入におけるコスト面の便益

- 最終的に焼却をしているので、汚泥処分費の低減というよりも、脱水ケーキ量の低減による焼却処理の費用削減となる。
- 焼却処理に伴い発生する温室効果ガス（ N_2O ）の削減も期待できる。
- 湖南中部で、現状、含水率77%、有機分85%の脱水ケーキが201 t / 日発生していたとすると、仮に濃縮汚泥の1/3を消化したとすれば、消化率50%として脱水ケーキ量は178 t / 日（消化汚泥含水率を80%と仮定）となる。

汚泥燃料化

- 滋賀県では既に湖西で燃料化に取り組んでいるので、リスク管理の観点から、湖南では新型焼却炉がいろいろ開発されている焼却炉の採用が望ましいと考えられる。最近の焼却炉はエネルギー有効利用や省エネルギーに期待できる。
- 滋賀県は日本海側の原子炉銀座に近く、福島のような原子炉事故があった場合、一時的に汚泥の搬出が困難となる。この場合、炭化汚泥では発火の危険性から長期の貯蔵が困難であるが、焼却灰はテント等の簡易な施設で長期保存が可能である。また、湖西の炭化汚泥は湖南の焼却炉で処理が可能となる。

緑農地利用

- 下水汚泥の緑農地利用は、コンポスト業者等に原料として提供する機会が多いが、下水道管理者が行う場合の緑農地利用としては、消化汚泥を乾燥して汚泥肥料として無料配布するケースが多い。
- 湖南や東北部などでは発生汚泥量が多いので、緑農地利用を主として考えることは困難であるが、発生汚泥の一部を消化し、さらのその一部を消化ガスの活用により乾燥汚泥として近隣に提供することなどは検討の余地があると考えられる。
- 規模の小さな高島でも、汚泥処分費が18,000円/t以上であれば、発生汚泥量の半分を消化しても、鋼板製消化タンクの採用などのB/C改善手法により経済的に成り立つ（出典：嫌気性消化法の導入マニュアル、日本下水道新技術機構、H29.3）。消化汚泥の緑農地利用は同様に可能と考えられる。

りん資源化

- 水処理でりん資源化を図る方法は、経済性の観点で困難であるが、焼却灰からりん資源化を図る方法には、LOTUS技術（図-10）を採用した岐阜市北部プラントや鳥取市秋里処理場の例がある。また、最近では日本燐酸が下水焼却灰をリン鉱石代替原料としてトン当たり千円で買い取っている例がある。
- 滋賀県4処理場ではりん除去にPACを使用しており、肥料の品質には Al_2O_3 や Fe_2O_3 などの成分が阻害要因となることから、現状はあまり向いていないものと考えられる。

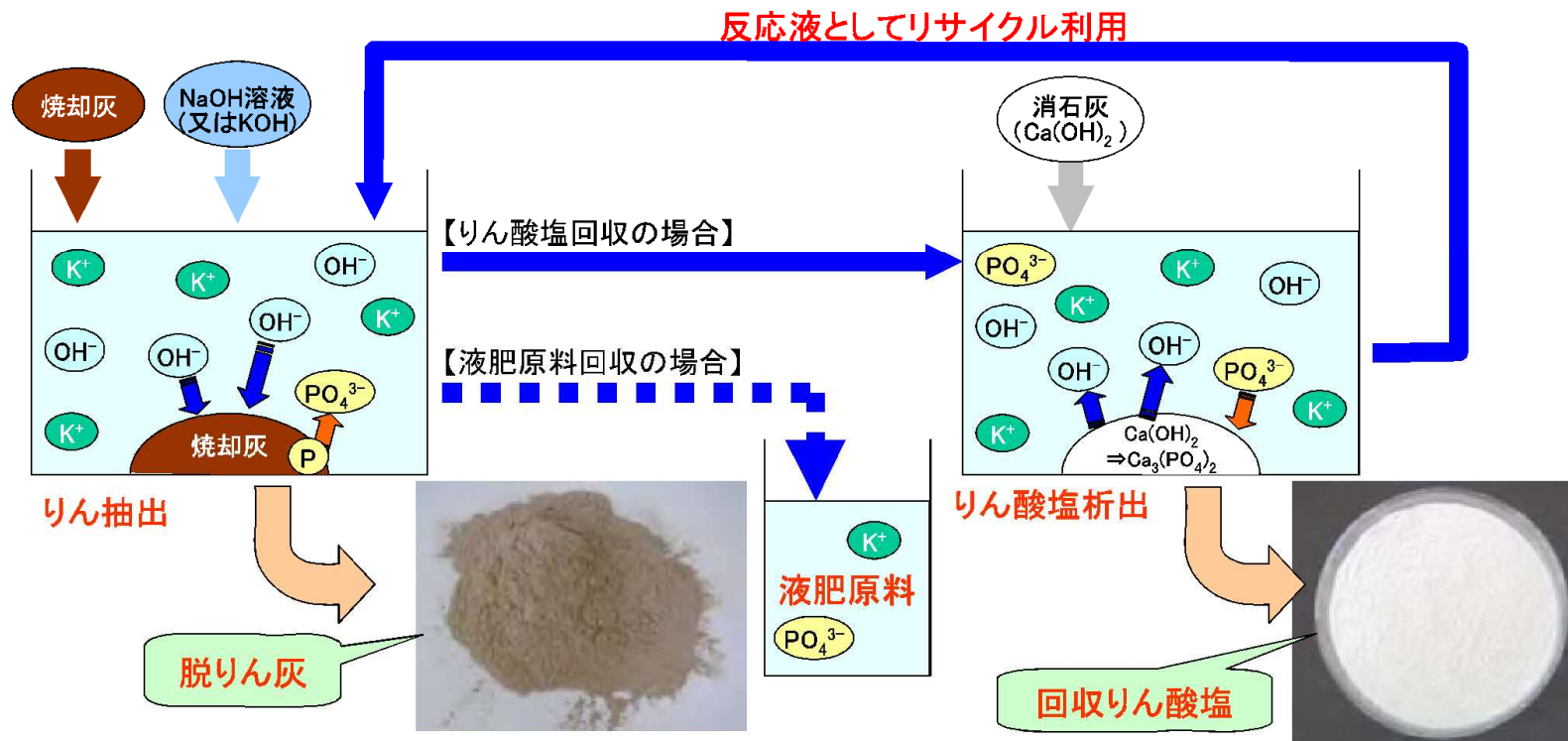


図-10 焼却灰からのりん回数技術の概略モデル
 (出典: LOTUS Project 「下水汚泥焼却灰からのりん回収技術に係る技術評価書」)