

2-4-1 エネルギー自立型焼却システムの開発

計画調整部 技術開発課 竹谷 修平

1. はじめに

当局では、下水道事業における地球温暖化防止計画「アースプラン 2010」(平成 22 年 2 月策定)の取り組みを不断に継続し、地球温暖化対策を積極的に推進するために、省エネ・再エネ効果の高い技術の導入を進めている。こうした中、汚泥処理工程で発生する温室効果ガスに関しては、焼却炉の高温焼却により一酸化二窒素(N_2O)排出量の低減や、運転管理の工夫により補助燃料の使用による二酸化炭素(CO_2)排出量を大幅に削減してきたが、電力使用による二酸化炭素(CO_2)排出量は横ばいであった。

そこで、汚泥焼却時に買電より安価な発電を行い、汚泥焼却炉における使用電力量を発電電力量が年間で上回り、かつ補助燃料を不要にすることにより(以下、「エネルギー自立」という。)二酸化炭素(CO_2)排出量を一層削減可能な「エネルギー自立型焼却システム」(下水道事業におけるエネルギー基本計画スマートプラン 2014 より)の開発が完了したことから、その開発内容について紹介する。

2. エネルギー自立型焼却システム

エネルギー自立型焼却システムは、「超低含水率型脱水機」と「エネルギー自立型焼却炉」により構成される(図 1 右側)。このうち「超低含水率型脱水機」は、脱水汚泥の水分量を低動力で一層削減する脱水機で、年間の大部分を脱水汚泥含水率 71%以下で、汚泥の性状が悪化した場合でも脱水汚泥含水率 74%以下を達成する脱水機である。この更なる低含水率化により、第二世代型焼却システム(図 1 左側)に対し、汚泥焼却時における潜熱(脱水汚泥中の水分を水蒸気にする際に必要とされるエネルギー)が小さく、顕熱(脱水汚泥中の水分が水蒸気になった後の利用可能エネルギー)が大きくなるため、汚泥焼却炉における効果的な発電が可能となる。このため「エネルギー自立型焼却炉」は、第二世代型焼却システムの「高温省エネ型焼却炉」に発電機を付加することにより、エネルギー自立型の汚泥焼却を可能としたものである。

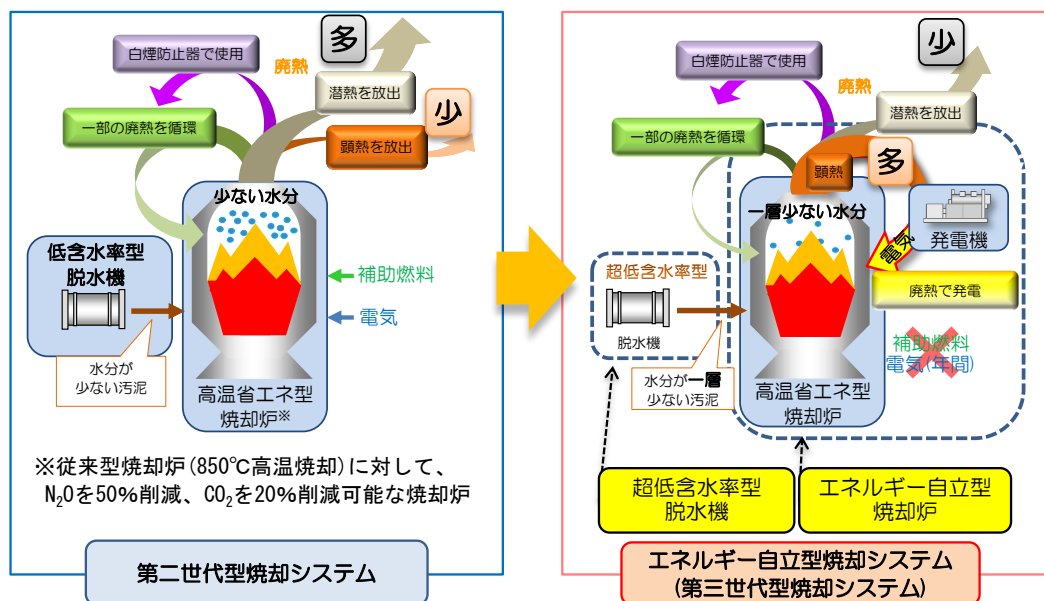


図1 エネルギー自立型焼却システム概要図

3. 超低含水率型脱水機の開発に関する共同研究

超低含水率型脱水機は、前述のとおり従来の低含水率型脱水機よりも更に含水率を低下させる技術であり、脱水技術のレベルが高く技術開発が必要と考えた。このため、超低含水率型脱水機の開発は、当局の汚泥を用いた脱水実証試験により実施することとした。

平成25年7月に「開発技術の導入を前提とした共同研究」の公募を行い、共同研究者6社1グループと平成25年8月～平成27年2月の期間で共同研究を実施した。なお、応募条件は、「下水汚泥用脱水機(処理能力10m³/hを超える)を、過去10年間に、公共下水道又は流域下水道施設に製作した実績を有する企業」とした。

(1) 研究目標

目標性能の設定に当たり、過去3年間の当局の汚泥性状に関する基礎調査(以下、「基礎調査」という。)を行ったのち、基礎調査結果に対する脱水機の開発可能性について、脱水機メーカーへのヒアリングを行った。

その結果、焼却炉で補助燃料を必要としない含水率74%以下の脱水性能は、表1に示すとおり汚泥性状範囲で達成可能であると想定された。この泥性状範囲に該当する汚泥は、基礎調査から年間出現率を3割と見込んだ。但し、この範囲の性状は、夏季等における悪化した汚泥性状に相当し、高分子凝集剤のみでの性能達成が困難な場合があることも想定されるため、無機凝集剤の添加も認める条件とした。

また、含水率71%以下の脱水性能は表1に示すとおり汚泥性状範囲で、達成可能であると想定された。この泥性状範囲に該当する汚泥は、基礎調査から年間出現率を7割と見込んだ。

この想定を基に、汚泥焼却炉における熱収支計算を行った結果、使用電力量を発電電力量が年間で上回ると試算されたことから、脱水機の目標性能を表1のとおり設定した。このうち、高分子凝集剤注入率や消費電力及び固形物回収率の目標値については、エネルギー自立を図る上で重要な脱水汚泥の低含水率化を優先し、従来の低含水率型脱水機と同等とした。

表 1 脱水機目標性能

目標脱水汚泥含水率(%)		71以下		74以下			
汚泥性状	濃縮汚泥	種別	混合汚泥		混合汚泥		
		汚泥濃度(%)	2.0以上	※1	1.3以上		※2
		有機分比(%)	88以下		90以下		
		繊維分(100mesh)(%)	15以上		4以上		
目標性能条件	凝集剤	種別	※3 カチオン系 高分子凝集剤溶液 (溶解濃度:0.2%程度)	※3 カチオン系 高分子凝集剤溶液 (溶解濃度:0.2%程度)	※4 無機凝集剤 ポリ硫酸第二鉄 (溶解濃度:11%程度)		
		注入率	1.0以下	1.0以下	15%程度		
		固形物回収率(%)	95以上				
		消費電力(kwh/m ³)	1.5以下				
		処理能力(m ³ /h・台)	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60 (各処理能力の脱水機を製造可能)				

※1, ※2 全て満たしている場合を指す。

なお、※1及び※2両方の条件を満たしている濃縮汚泥については脱水汚泥含水率71%以下とする。

※3 葛西水再生センターで使用している凝集剤と同等品を目安とする。

※4 高分子凝集剤のみで、脱水汚泥含水率74%以下の達成が困難な場合に無機凝集剤の添加を認める。

(2) 研究方法

基礎調査の結果、葛西水再生センターの汚泥が最も脱水困難な汚泥であることが分かった。開発後の局内での導入を考慮し、汚泥性状が局内で最も悪い葛西水再生センターにおいて、共同研究者が実証機(製品又は製品と同等の機構・性能を有する装置で処理能力1.5m³/h以上)を設置し、同センターで使用している凝集剤を用いて実証試験を実施することとした。

実証試験は、年間の汚泥性状変化に対する性能を確認するため、四季(春:6月、夏:7-8月、秋:10月、冬:12月)毎に平日48時間及び休日24時間の連続運転を各1回行い、その時の濃縮汚泥及び脱水汚泥の性状分析を行った。また、共同研究者の性状分析が正しいことを確認するため、当局でも別途、性状分析の調査を行いクロスチェックを行った。この分析結果より、研究目標の達成状況を確認することとし、実機よりも小型の実証機で試験を行った場合には、実機サイズでの設計性能が研究目標を達成できることをJIS規格や自社基準等により示すこととした。

(3) 研究成果評価方法

四季の連続運転時のデータが、脱水機目標性能(表1)を達成するかどうかを確認した。その際、脱水汚泥含水率は日単位で評価した。汚泥性状が、連続運転期間中に悪化した場合は、目標脱水汚泥含水率を74%をとした。

(4) 研究結果

共同研究者6者(5社1グループ)の技術が、すべて研究目標を達成し、当局の平成27年度第1回技術管理委員会にて超低含水率型脱水機として実用化技術として承認された。承認された技術を図2に示す。



・ 圧入式スクローレス型脱水機：(株)石垣



・ 遠心脱水機：(株)クボタ・寿工業(株)



・ 遠心脱水機：三機工業(株)



・ 遠心脱水機：月島機械(株)



・ 遠心脱水機：巴工業(株)



・ 遠心脱水機：(株)西原環境

図 2 超低含水率型脱水機

4. エネルギー自立型焼却炉の開発に関する共同研究

エネルギー自立型焼却炉は、前述のとおり「高温省エネ型焼却炉」に発電機を付加することにより、エネルギー自立型の污泥焼却を可能とする焼却炉である。ベースとなる高温省エネ型焼却炉の性能については、これまでに当局が実施した共同研究における実証試験で確認済である。また、これに付加するバイナリー発電機等の性能については、共同研究者が有する発電機の運転記録及び実績等により評価可能と考えた。このため、エネルギー自立型焼却炉の開発は、超低含水率型脱水機の共同研究における実証試験結果(脱水污泥含水率の出現割合)に基づき、実証試験に代えて熱収支計算によりエネルギー自立が図れることの確認を行うこととした。

平成27年1月に「開発技術の導入を前提とした共同研究」の公募を行い、共同研究者5者と平成27年2月～平成27年3月の期間で共同研究を実施した。なお、応募条件は、「高温省エネ型焼却炉を製造できる企業」とした。

(1) 研究目標

目標性能は、高温省エネ型焼却炉と同等の N_2O 排出量を満足した上で、エネルギー自立を図ることとした。焼却炉の目標性能を表2に示す。

ここで、脱水污泥含水率については、超低含水率型脱水機の共同研究により71%以上74%以下とし、その他の脱水污泥性状(代表値)及び性状範囲については、基礎調査よりズ3及び表3に示すとおり設定した。また、焼却炉における電力量区分は図4に示すとおりとした。

さらに、コスト条件として、焼却設備の建設費及び維持管理費は高温省エネ型焼却炉と同等し、発電設備の発電目標単価(発電設備の建設費及び維持管理費の総計/総発電電力量)は14円/kWh以下とした。

表2 焼却炉目標性能

目標性能	N_2O 排出量(kg- N_2O /t-DS)	1.15以下	
	使用電力量(kWh/t-DS)	161以下	※1
	補助燃料使用量(Nm^3 /t-DS)	0	※2
	発電は発電目標単価14円/kWhより安価に行い、 焼却炉における使用電力量を発電電力量が年間で上回る		※3

※1 含水率74%(他の性状は図3及び表3による)の脱水污泥焼却時のものとし、焼却能力300t/日に換算したものとする。

なお、発電電力量の一部で使用電力量を賄ってもよいこととする。

※2 焼却炉の立上げ・立下げ時及び脱水污泥含水率が74%を超える時を除く。

※3 含水率は年間の7割が71%、3割が74%(他の性状は図3及び表3による)とする。

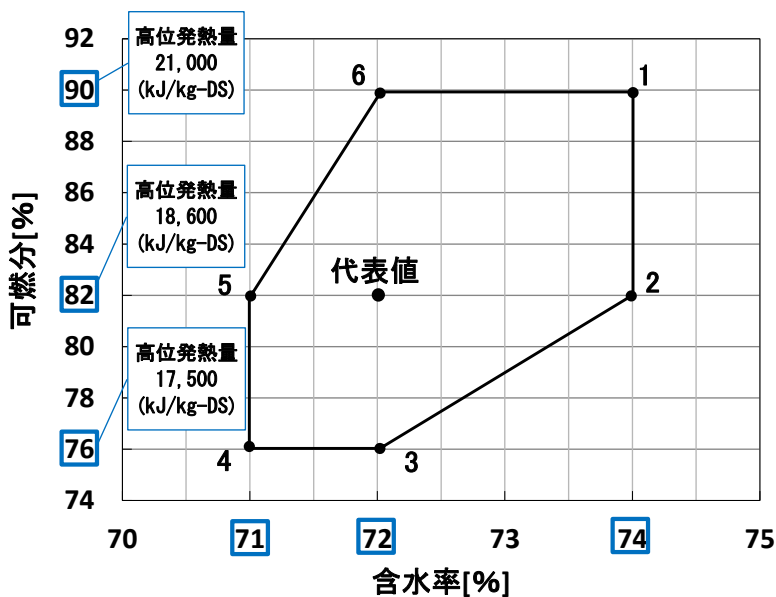


図 3 脱水汚泥の性状範囲

表 3 脱水汚泥の性状(代表値)

種別		混合汚泥
含水率 (%)		72
可燃分 (%-DS)		82
灰分 (%-DS)		18
高位発熱量 (kJ/kg-DS)		18,600
組成比率 (%-VTS)	炭素	51.5
	水素	7.8
	窒素	6.0
	酸素	33.6
	硫黄	1.0
塩素		0.1

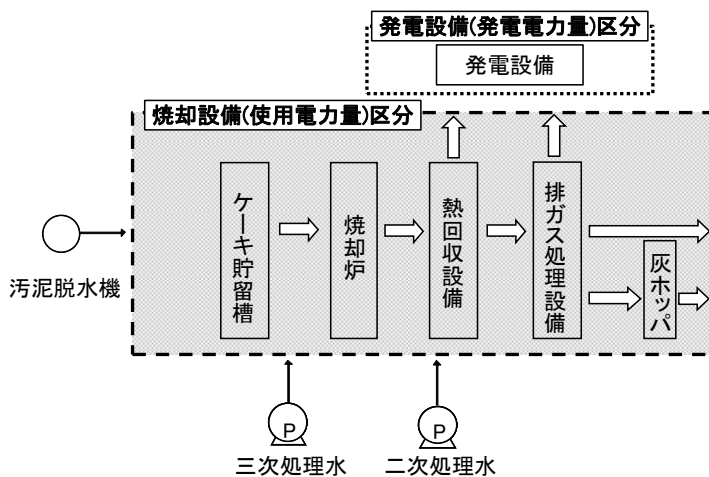


図 4 焼却炉設備(電力量)区分

(2) 研究方法

共同研究者が、熱収支計算、建設・維持管理費に関する費用の算出を行い、当局が研究目標の達成状況を確認することとした。

(3) 研究成果評価方法

上記結果から焼却炉目標性能を達成するかどうか確認した。

その際、発電電力量を評価するとともに、使用電力量の目標性能値である 161kWh/t-DS を上回る技術については、省エネ性能を評価に加えた。これにより廃熱の利用方法が違う技術を公平に評価することができた。

(4) 研究結果

共同研究 5 者の技術が、すべて研究目標を達成し、当局の平成 27 年度第 1 回技術管理委員会にてエネルギー自立型焼却炉として実用化技術として承認された。承認された技術を表 4 に示す。また、各者のエネルギー自立型焼却炉フローについて、図 5～9 に示す。

表 4 エネルギー自立型焼却炉

	三機工業(株)	(株)タクマ	月島機械(株)	三菱重工環境・化学エンジニアリング(株)	メタウォーター(株)
高温省エネ型焼却炉	・ターボ型流動炉	・ストーカ炉	・ターボ型流動炉	・燃焼最適化システム付流動焼却炉	・タービン多層型流動炉 ・タービンガス化炉
発電機	・バイナリー発電機	・蒸気タービン発電機	・バイナリー発電機	・バイナリー発電機	・バイナリー発電機

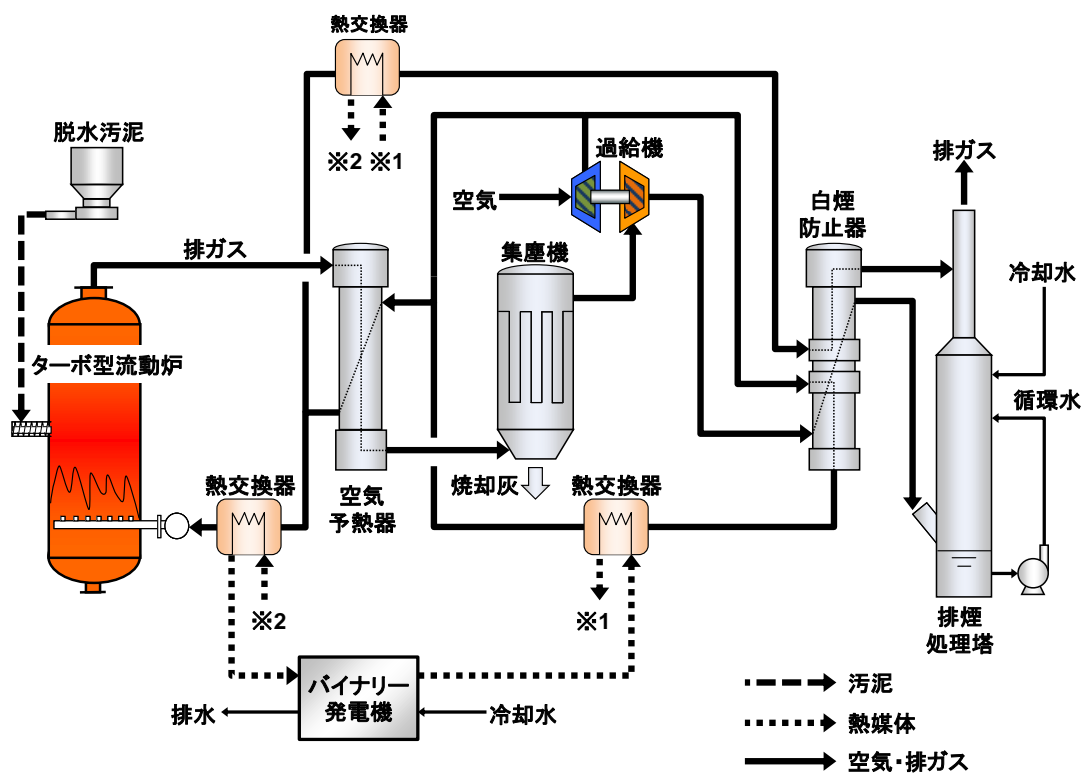


図 5 エネルギー自立型焼却炉フロー：三機工業(株)

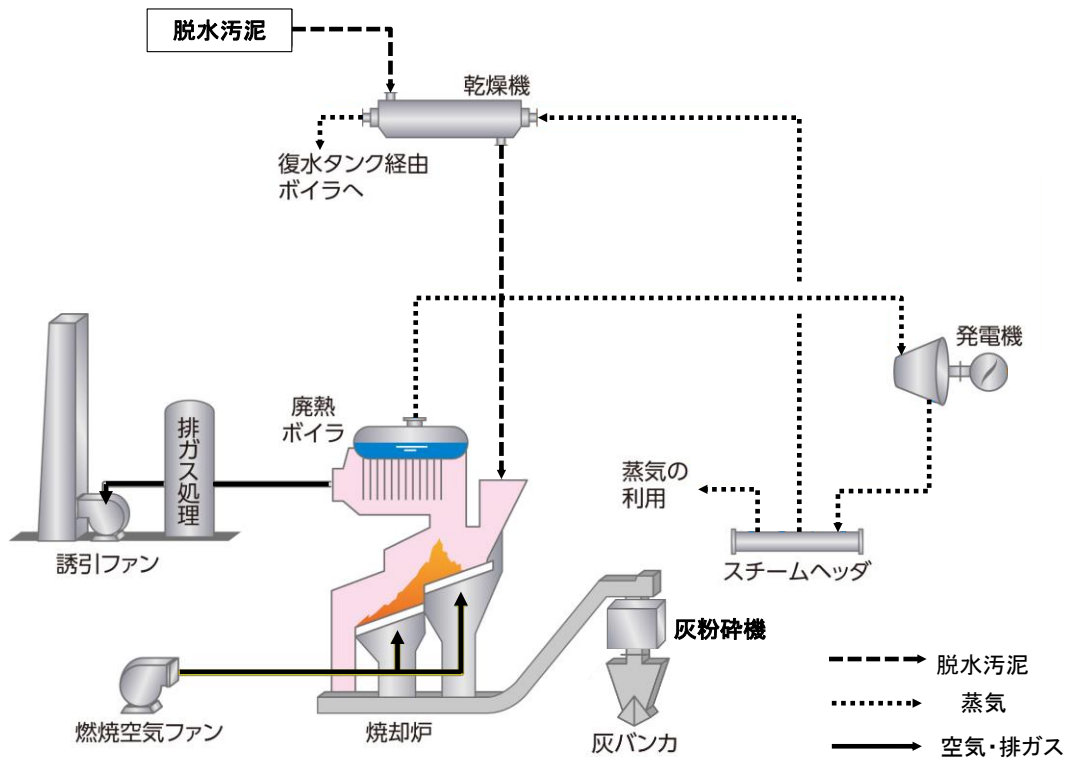


図 6 エネルギー自立型焼却炉フロー：(株)タクマ

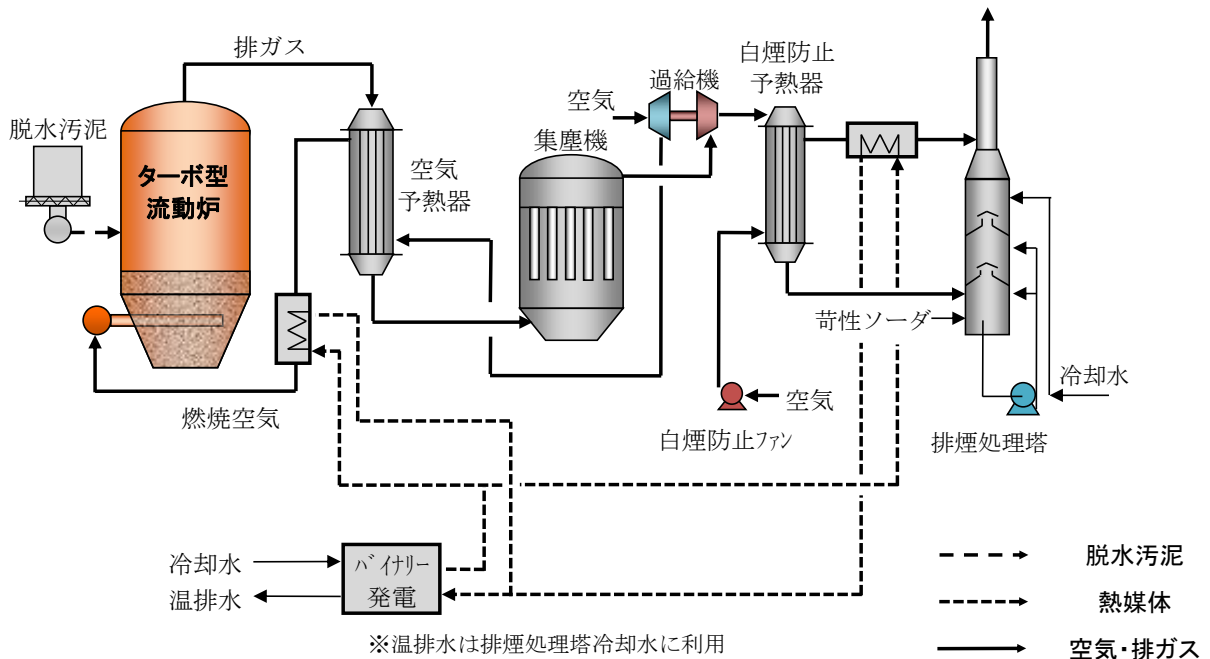


図 7 エネルギー自立型焼却炉フロー：月島機械(株)

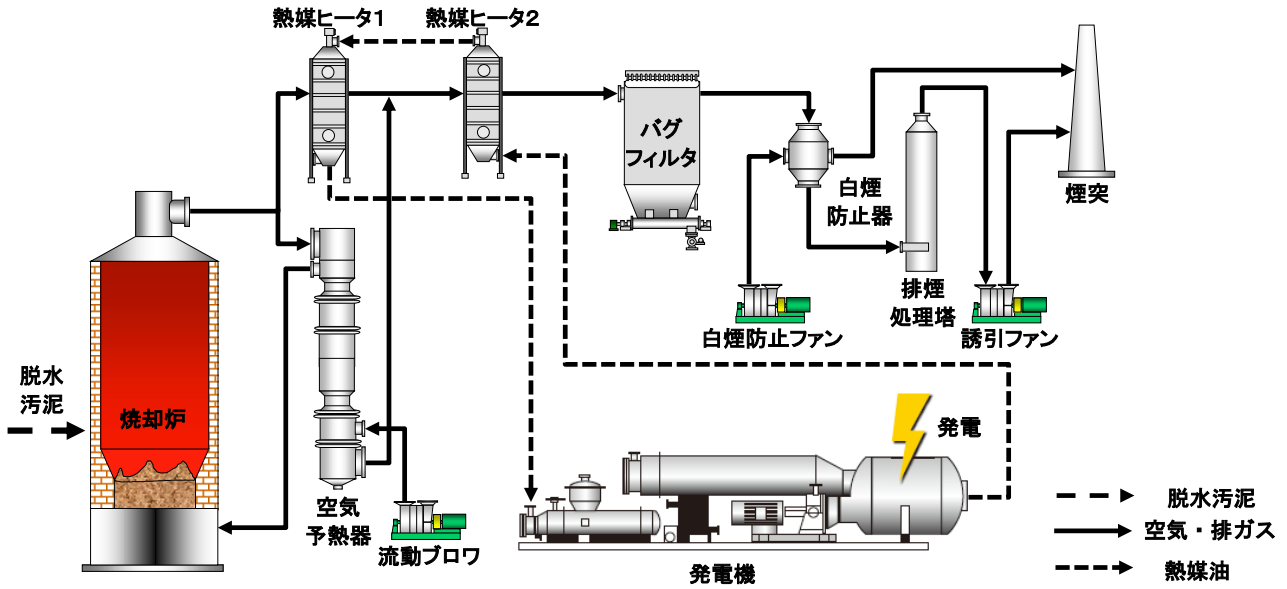


図 8 エネルギー自立型焼却炉フロー：三菱重工環境・化学エンジニアリング(株)

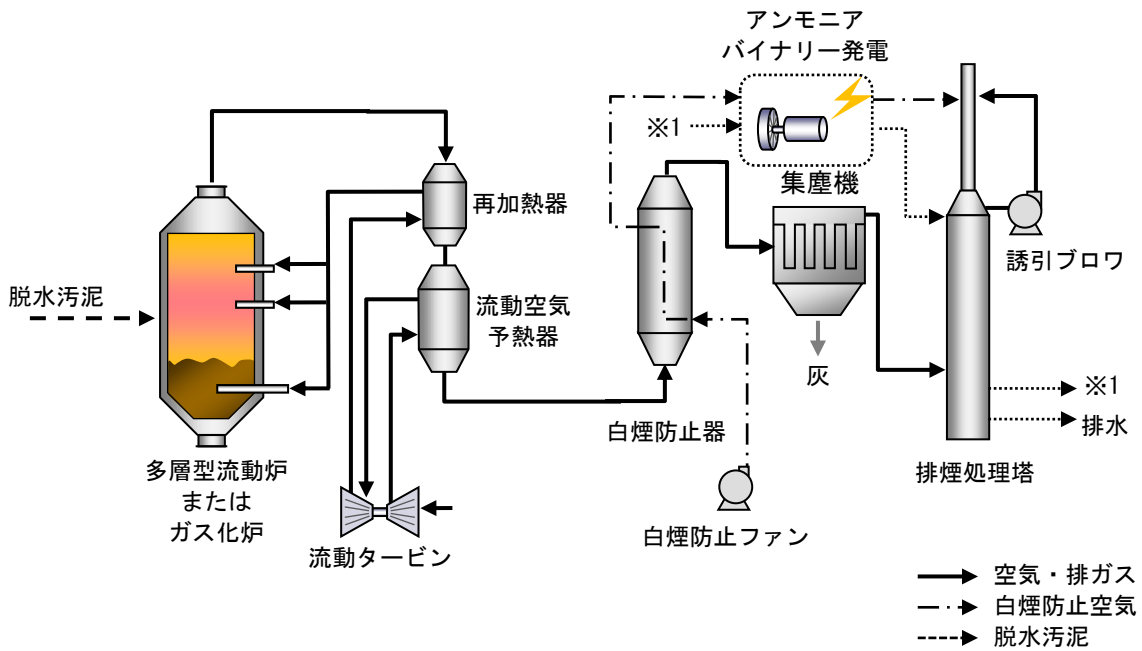


図 9 エネルギー自立型焼却炉フロー：メタウォーター(株)

5. 終わりに

今後、実用化の承認を得た機器を仕様書で指定し工事を発注した後、導入した実機の性能について研究目標が達成されていることを事後評価する予定である。