

浸出水処理における濃縮・乾燥工程の低炭素・低コスト化技術

鹿島建設(株) 正会員 ○間宮 尚 北島洋二 岡部元宣 古野間達 中川友菜
鹿島環境エンジニアリング(株) 菊池 茂 柴西 聡 宮川善年 渡邊裕貴

1. 本研究開発の背景と目的

資源循環の最後に位置する最終処分場では浸出水が発生する。焼却灰の埋立てが多い無放流・被覆型処分場では、塩類を含む浸出水の脱塩のために逆浸透膜処理か透析処理が必要となる。これらは処理水の純度が高いことが特徴であるが、後段の濃縮・乾燥工程で膨大な熱エネルギーを要し、維持管理費に影響を与える。

浸出水の逆浸透膜処理の流れを図-1に示す。逆浸透膜で濾された浸出水は濃縮・乾燥を経て乾燥塩となる。従来は、1tの水を蒸発(Q)させるために、単純に1.1~1.2Q程度のエネルギーを要することが課題であった(図-2左)。これに対し、大気に放散していた蒸気を回収し、圧縮機で昇温・昇圧して蒸発熱の一部として再利用することでボイラー蒸気量を減らす熱回収システム VCC (Vapor Compression and Condensation、図-2右)を開発した。

2. VCC 実証機の構成と運転フロー

2.1 システム概要

VCC 実証機の外観を図-3に示す。濃縮・乾燥は立上げ、濃縮1(析出前)、濃縮2(析出後)、乾燥の4工程からなり、濃縮1(図-4)では蒸発器外部のプレート型熱交換器、濃縮2(図-5)では蒸発器とジャケット(凝縮器)の界面で伝熱させる。前者は伝熱面積を大きく取れるため、圧縮機の選定の自由度が高くなる。

2.2 選定した圧縮機

VCCの心臓部である圧縮機には揺動式圧縮機を採用してきたが、実証機では揺動式に加え、濃縮1でルーツ式も比較できるようにした。ルーツ式の圧縮比は揺動式よりも小さいものの、水蒸気圧縮機として実績がある。

2.3 濃縮工程の運転フロー

濃縮1は、被処理水中の塩が析出しない範囲で濃縮を行う工程である。蒸発釜内の被処理水をプレート型熱交換器に通流し、圧縮機で昇温・昇圧させた蒸気と熱交換させて、被処理水の温度を上げる。昇温した被処理水を蒸発釜に戻すと、蒸発釜内の被処理水の温度よりも高いために蒸発が促進される。

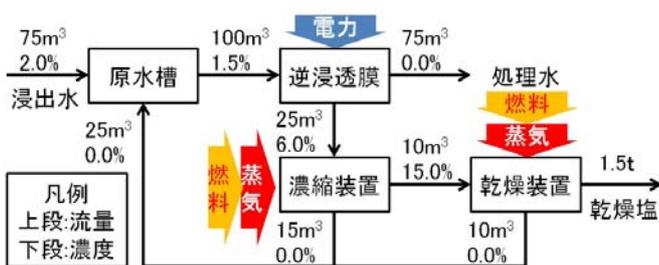


図-1 逆浸透膜浸出水処理の水・塩類フローの例



図-3 熱回収型 VCC 実証機の外観

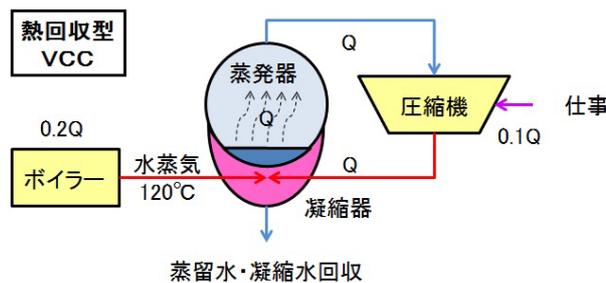
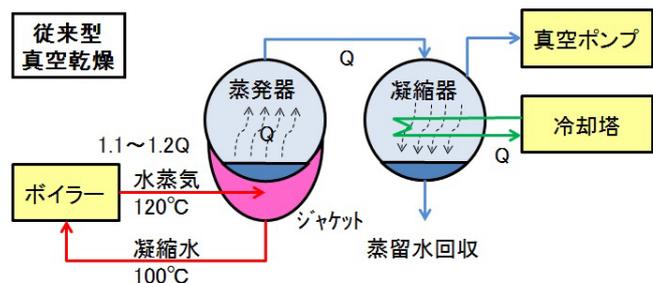


図-2 従来型(左)と熱回収型(右)の比較

キーワード：廃棄物処分場、浸出水処理、濃縮・乾燥、熱回収、低炭素化

連絡先：〒107-8348 東京都港区赤坂6-5-11 鹿島建設(株)環境本部 TEL 03-5544-0781

濃縮 2 は、析出の有無に関わらず熱回収型濃縮を行う工程である。被処理水から蒸発した水蒸気を圧縮機で昇温・昇圧して凝縮器に導き、蒸発器との界面で熱交換・凝縮させて被処理水の蒸発熱を凝縮熱で賄う。

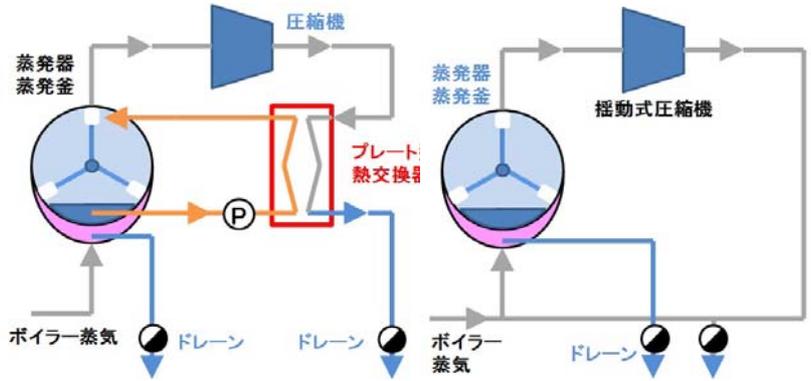


図-4 濃縮 1 のフロー

図-5 濃縮 2 のフロー

3. 工場試験

3.1 工場試験の概要

工場試験は、工場を借りてユーティリティ設備を整備し、各工程の性能把握と運転方案の確立を目的として実施した。蒸発釜に模擬被処理水を 400L 入れ、圧縮機を稼働しながらボイラー蒸気で昇温し、圧縮機が圧縮仕事を始める段階（蒸気圧 90kPaA 以上）までを「立上げ」、それ以降を「濃縮」と定義して性能評価を行った。

3.2 工場試験の結果

工場試験における圧縮機の吸引・吐出側の圧力・温度、蒸発量の時系列変化の一例を図-6 に示す。立上げ時は蒸発釜内圧力の上昇とともに吐出圧が上昇するが、90kPa 以上では低下して安定する。また、温度・圧力が上下に振動しているのは、模擬水の追加時に蒸発釜内の温度が低下するためである。

工場試験結果のまとめを表-1 に示す。揺動式を用いた場合、濃縮 1 の方が濃縮 2 よりも大きい伝熱面積が効いて蒸発速度は速かったが、ボイラー蒸気利用率は高かった。また、揺動式 (10.5kW) とルーツ式 (55kW) の濃縮 1 での比較では、出力当たりの蒸発速度は同程度、ボイラー蒸気利用率はルーツ式が高かった。これは等量の被処理水で比較・評価する場合、蒸発スピードが速いほど放熱ロスが低下するためと考えられる。一方、従来型の濃縮・乾燥に対応する減圧乾燥では、蒸発量の 1.35 倍のボイラー蒸気を消費することを把握した。

4. まとめ

浸出水処理工程の低炭素化・低コスト化を目指して、逆浸透膜処理の後段の濃縮・乾燥工程に熱回収型の VCC 実証機を組み込み、最適な運転方案を探索した結果、従来型よりもボイラー蒸気供給量を約 1/5 に低減可能との結果を得た。なお、本報告は、環境省「平成 28 年度 CO₂ 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業 (CO₂ 排出量を半減する高効率熱回収型濃縮・乾燥システム (VCC) の開発) 委託業務」で実施したものの一部である。

参考文献

- 1) 間宮ら：浸出水処理の高度化による温暖化対策、土木学会第 71 回年次学術講演集、pp. 171-172、2016。

表-1 工場試験の結果のまとめ

工程	圧縮方式	伝熱面積 [m ²]	処理速度 [kg/h]	ボイラー蒸気利用率 [%]
濃縮 1	揺動	11	157	25
濃縮 1	ルーツ	44	700	10
濃縮 2	揺動	7.6	135	15
乾燥	揺動		500	135

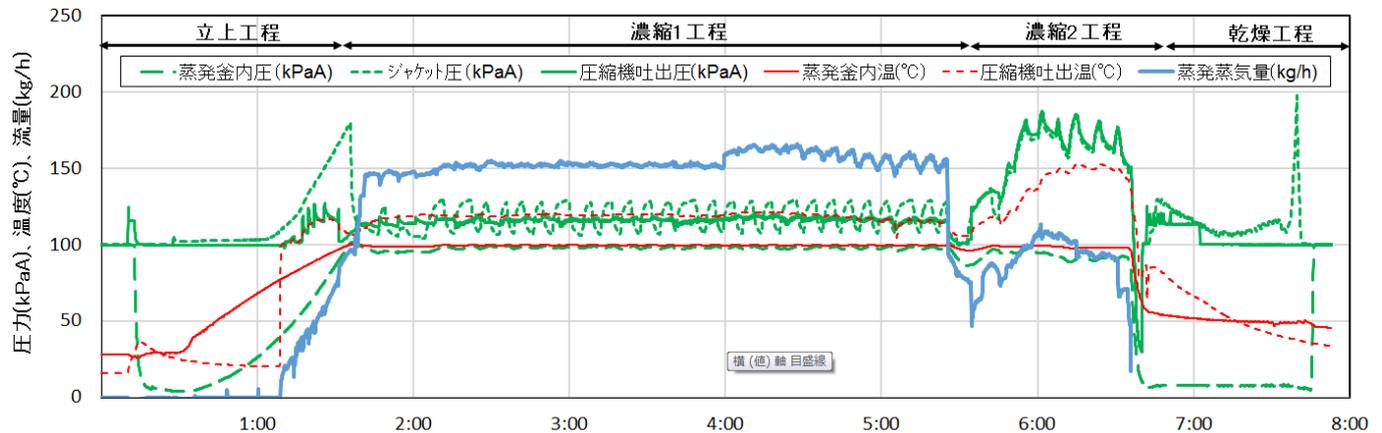


図-6 工場試験の結果の一例