

排水の回収技術と実施例

Wastewater Reclamation Technologies and Applications

——排水リサイクル率のさらなる向上を目指して——



水環境事業部 液晶水処理部
テクノサービス室
藤 井 匡
Tadashi Fujii
計画室
松 田 年 博
Toshihiro Matsuda
(技術士)
知 福 博 行
Hiroyuki Chifuku
(技術士)

水の回収をより進めてゆくためには冷却・温調用水以外の排水，たとえば無機系・有機系排水の回収が必要となる。無機系排水の回収では主として物理化学処理が使用され，有機系排水の回収では生物処理と物理化学処理が使用される。経済性の面からも両排水は分別して排水され，処理されることが重要である。本稿では排水回収のフロー例と2つの実施例を示した。実施例では無機系排水はイオン交換装置で純水として回収し，有機系排水は膜分離活性汚泥装置と逆浸透膜装置により処理し，中水として再利用されている。

In order to promote reclamation water more, it is necessary to reclaim not only cooling and heating water but also wastewater, for example inorganic and organic wastewater. On the one hand physico-chemical treatment is mainly used in reclamation of inorganic wastewater, on the other hand, biological treatment and physicochemical treatment are used in reclamation of organic wastewater. For not only easy reclamation but also economical reclamation it is important that both water are discharged separately and treated separately. In this paper, we show two examples of reclamation wastewater with application and flow. In one example, we recover the inorganic wastewater by a ion exchange treatment system, and the treated water is used for pure water. In the other example, we recover the organic wastewater by a membrane bio-reactor system and a reverse osmosis membrane system, and the treated water is used for process water.

Key Words :

排 水 回 収
無 機 系 排 水
有 機 系 排 水
イ オ ン 交 換
膜分離活性汚泥法

Wastewater reclamation
Inorganic wastewater
Organic wastewater
Ion exchange
Membrane bio-reactor

【セールスポイント】

当社の蓄積している排水回収技術・ノウハウを活用し，排水性状に応じた効率的な回収システムを提供しています。

まえがき

経済産業省「工業統計」によると2005年の我が国の淡水使用量は年間約516億 m³、淡水補給量は約110億 m³となっている。¹⁾ これらより淡水の回収率を計算すると78.7%となるが、2000年の78.6%、2004年の79.2%と比較してほとんど変化が見られていない。

淡水使用量と回収率の関係をみると、淡水使用量が多い業種ほど回収率が高い。また淡水使用量が多い業種ほど冷却・温調用水の比率も高いことより、回収の対象水は簡易な処理により回収することが可能なこれら冷却・温調用水が中心であることが推察される。

回収率をさらに向上させるためにはこれらの排水以外の部分、すなわち比較的汚れの多い排水を対象としなければならず、回収水の用途を見据えた適切な処理技術の適用が必要となる。²⁾

排水の回収により水処理コストの削減、水資源の節減、水系への環境負荷削減、用水の安定した確保などが期待できる。また水の使用量に制限を受けにくくなるため、市場動向を見定めながらの工場拡張に対しても自由度が増すものと考えられる。なかでも経済面の効果は回収設備導入のインセンティブとなるため1.1で述べる導入検討が重要となる。

本稿では排水回収システムの導入に役立てていただけるように、排水回収の基本的な考え方を述べる

とともに、無機系排水および有機系排水の回収例について紹介する。

1. 基本計画

1.1 回収設備の導入検討

水処理設備を計画するにあたっては排水条件、水源条件、放流条件などをもとに回収を検討してゆく。排水条件としては①排水の水質・含有物②水量など、水源条件として①現在の供給能力②将来における供給見込・増量対応力③供給単価④供給水質など、放流条件としては①放流可能な水量②放流水質（規制値、管理値）③放流費用（下水道料金）などが含まれ、これらより総合的に検討をおこなう。

経済性の面では【建設費＋運転費】のトータルで評価される。運転費のなかには水費用（購入費）と下水放流費用が含まれるがこの費用の大小により投資メリットが大きく変わってくる。わが国では水資源に恵まれているため安価な工業用水を入手できる地域も多いが、高価な上水を使用し、放流先が下水道である場合には水費用と下水放流費用のみで1 m³あたり数百円を超えることもある。このようなケースでは回収率を60%以上に高めても経済的なメリットが期待できる。

1.2 回収技術

無機系排水、有機系排水それぞれについての排水回収フローの例を図1に示した。無機系排水の回収では夾雑物を除去したのち流量を均一化し、凝集分

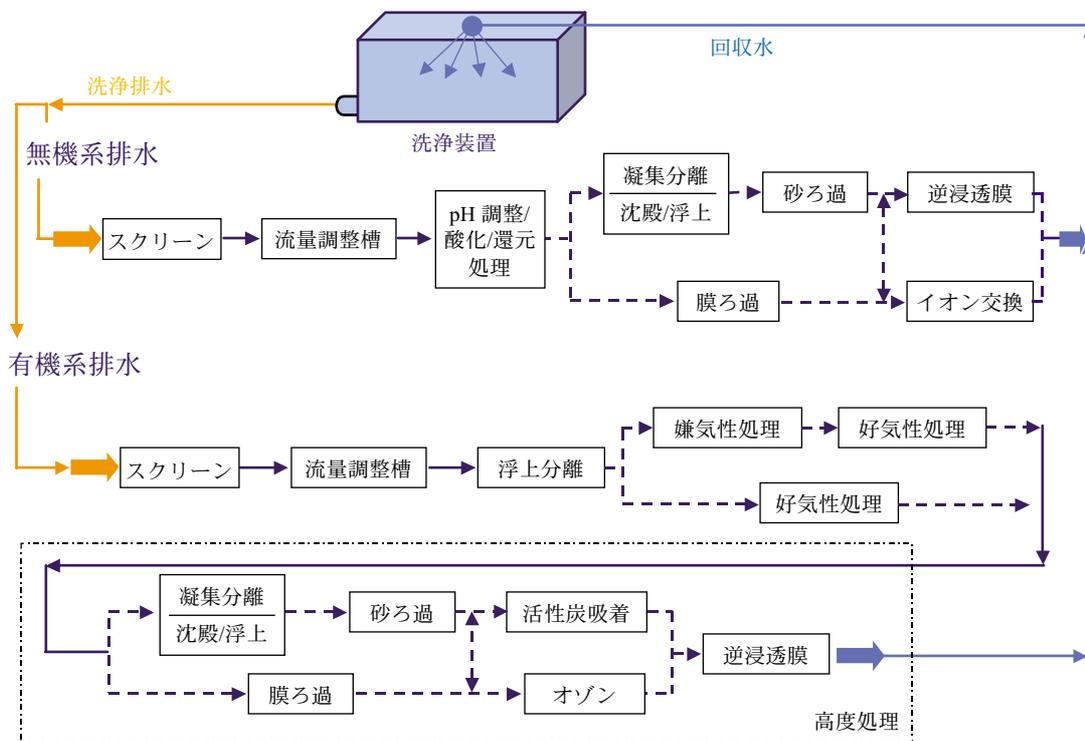


図1 排水回収フロー例

離・砂ろ過，または膜ろ過により濁質を除去する。溶解性塩類を低減する必要がある場合には逆浸透膜装置やイオン交換装置を設置する。

有機系排水については無機系排水と同様に前処理をおこない，生物処理により有機物を除去する。浮遊固形物が多い場合には浮上分離による前処理をおこなうことがある。排水の有機物濃度により嫌気性処理と好気性処理を組合せた二段処理か，または好気性による1段処理を選択する。通常はこのような生物処理による有機物除去の後には物理化学処理による高度処理設備を設置するケースが多い。

残留する少量の溶解性有機物を除去する必要がある場合には，活性炭吸着またはオゾン処理をおこなう。純水装置の原水として再利用する場合にはさらに紫外線酸化などにより微量な有機物も除去する。³⁾

このように生物処理を含めた有機系排水の回収では無機系排水の場合と比較して設備費用が増加しやすいが，逆に低濃度の有機系排水で再利用水の要求水質も緩やかであれば前段の生物処理を省略し経済的に回収がおこなえるケースもある。

1.3 分別回収

有機系排水では無機系排水と比較すると回収プロセスが複雑になりやすい。低濃度の無機系排水でも少量の有機物を含む場合，回収水の用途によっては回収コストが増加する場合もあるので，生産設備側での分別が望まれる。また回収には不適當な高濃度排水を混入させないような工場内の排水システムの計画も必要となる。

2. 無機系排水の回収例

2.1 設備導入の背景

本事業所ではふっ素などの処理をおこなったあと下水へ放流していたが，上水費用・下水放流費用の負担を低減するためイオン交換装置による回収設備を導入した。その結果，設備費用は数年で回収することができ，水資源の節減にもつながった。

2.2 イオン交換装置について

イオン交換装置はカチオンおよびアニオンのイオン成分をイオン交換樹脂に吸着させて除去し，樹脂

にイオンが飽和すると薬品により脱着（再生）させる。イオン交換樹脂にはカチオン成分を吸脱着する強酸性カチオン交換樹脂と弱酸性カチオン交換樹脂，アニオン成分を吸脱着する強塩基性アニオン交換樹脂と弱塩基性アニオン交換樹脂がある。強型の方が弱型に比べ吸着力が強いためイオンの除去能力は高いが，再生薬品の使用量は弱型に比べて多くなる。

イオン交換装置では，原水のイオン濃度が高いと再生間隔が短くなり回収率が低下するため，比較的イオン濃度が低い排水の回収に適している。

2.3 設備の概要

2.3.1 設備能力

生産活動にともない数種類の排水が排出されているが，そのなかで酸系排水と冷却塔ブロー水を対象として回収をおこなった。酸系排水はふっ素を含む

表1 無機系排水回収設備の設計条件

	排水		処理水 (回収水)
	冷却塔ブロー水	酸系排水	
水量(m ³ /d)	200	500	<0.05(>2MΩ・cm)
電気伝導率(mS/m)	30	70	



写真1 無機系排水回収設備

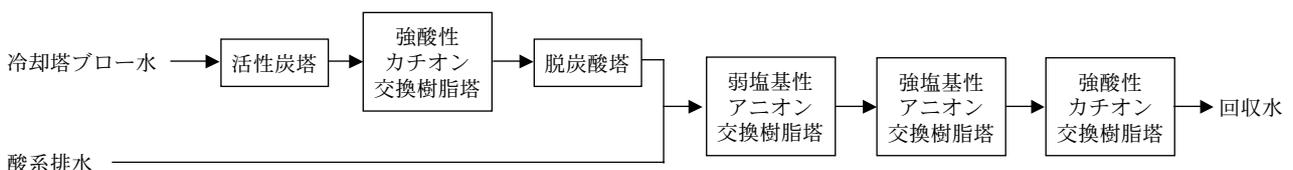


図2 無機系排水回収設備のフロー

排水で有機成分およびカチオン成分をほとんど含んでいない。

表1に本設備の設計条件を示した。回収対象排水の電気伝導率は上水の2～5倍あるが、回収水の電気伝導率は上水の1/200程度に低減されている。

回収水は純水として事業所内で再利用している。処理方式としては逆浸透膜方式も検討したが、排水の性状を考慮してイオン交換方式を採用した。なお回収しなかった他の排水については従来どおり排水処理設備で処理後、下水放流している。

2.3.2 設備フロー

図2に設備フローを写真1に設備全景を示す。冷却塔ブロー水は活性炭塔にて有機物を除去したのち、強酸性カチオン交換樹脂塔にてカチオン成分を除去する。その後、脱炭酸塔により炭酸分を除去する。その処理水と酸系排水を混合後、弱塩基性・強塩基性の二種類のアニオン交換樹脂塔を通してアニオン成分を除去する。最後に微量のカチオン成分を強酸性カチオン交換樹脂塔により除去する。

イオン交換樹脂の再生は塩酸と苛性ソーダにより実施しているが、再生排水にはふっ素が含まれるため、既設の排水処理設備で他の排水とともに処理したのち下水放流している。

2.4 本設備の特長

1) 再生効率が高い

弱塩基性・強塩基性アニオン交換樹脂塔を組み合わせ、強塩基性アニオン交換樹脂塔の再生廃液で弱塩基性アニオン交換樹脂塔の再生をおこなうことにより再生薬品使用量を削減した。また、強塩基性アニオン交換樹脂塔については再生後の立ち上がり早く、処理水質の良い向流再生（上向流通水、下向流再生）方式を採用している。

2) 純水レベルの回収水

最後段に強酸性カチオン交換樹脂塔を設け、微量のカチオン分を除去することにより処理水水質の向上を図り、回収水を純水として利用している。

3) 系統別処理によるコストダウン

酸系排水はほぼアニオン成分のみである。pHが低く炭酸をほとんど含んでいないため、活性炭塔→強酸性カチオン交換樹脂塔→脱炭酸塔を省略した。

この結果、設備費用およびランニングコストを低減できた。

2.5 排水の分別について

本設備を導入するにあたり客先と事前に調査・議論を重ね、回収に適さない成分を含む酸系排水について分離して分別排水していただいた。これにより、

効率的な回収システムが構築できた。

3. 有機系排水の回収例

3.1 設備導入の背景

本事業所ではすでに低濃度の有機系排水を回収・再利用していたが、新たに処理が必要となった有機性窒素を含む排水とIPA（イソプロピルアルコール）排水についても回収することになった。

設備の設置スペースの制限や有機物濃度が高い排水であることなどより、生物処理法としては膜分離活性汚泥法⁴⁾を採用した。

3.2 膜分離活性汚泥設備について

有機系排水処理では実績の多い活性汚泥法の固液分離（沈殿槽）を膜分離装置で代替したものである。膜分離活性汚泥法の特長を次に示す。

1) 処理水質の安定化・高度化

汚泥の固液分離を膜でおこなうため、使用する膜の分離孔径に応じた確実な懸濁物質の除去が可能である。また従来の活性汚泥法のように汚泥沈降性により処理水質が左右されないため、安定した水質がえられる。処理水はトイレ用水や散水用水等の雑用水として、また逆浸透膜処理を経てプロセス用水としても再利用が可能である。

2) 設備の省スペース化

沈殿槽が不要となる。また従来の活性汚泥法よりも2～3倍の汚泥濃度で運転が可能のため曝気槽容積を縮小できる。とくに窒素の硝化、脱窒をおこなう場合には設備のコンパクト化が可能となる。

3.3 設備の概要

3.3.1 設備の能力

表2に有機系排水回収設備の設計条件を示す。

処理された新旧の排水は、逆浸透膜による高度処理を経て中水（主に冷却塔補給水）として再利用されている。

逆浸透膜装置から排出される窒素分を含む濃縮液は他排水と混合されて放流されるため、前記の膜分離活性汚泥設備では窒素除去が可能な設計となっている。

表2 有機系排水回収設備の設計条件

	排 水		処 理 水
	窒素含有有機排水	IPA 排水	
水量(m ³ /d)	200	30	—
TOC(mg/L)	100	3 600	<20
T-N(mg/L)	50	—	<10

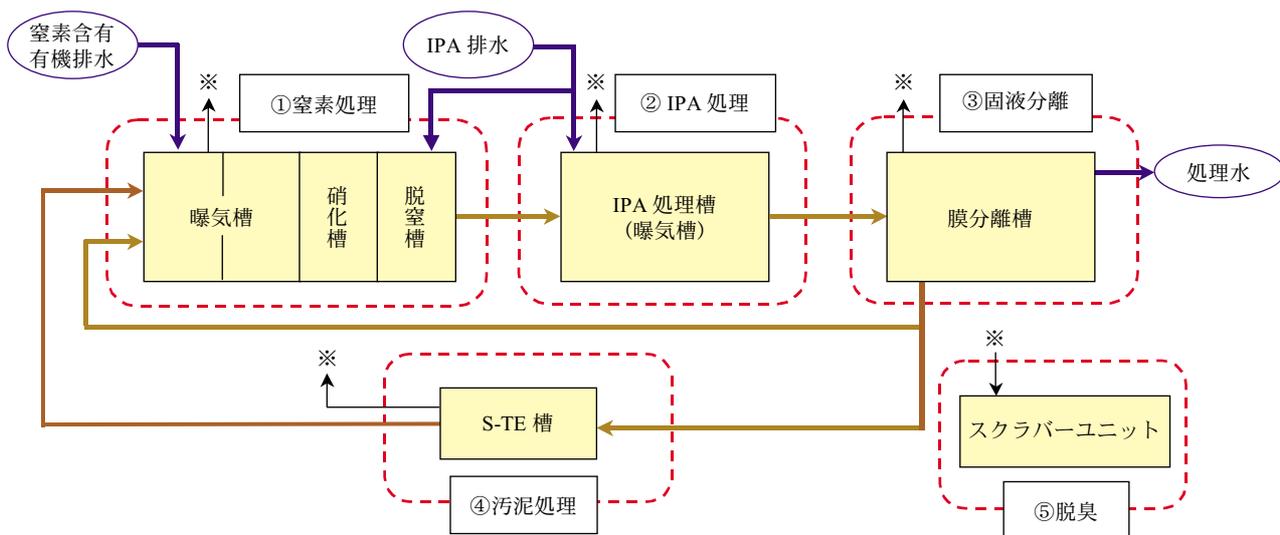


図3 有機系排水回収設備のフロー

3.3.2 設備フロー

設備フローを図3に、設備外観を写真2に示す。この設備は大きく次の5つの工程に分けられる。

① 窒素処理工程

窒素を含む有機物を生物分解するとアンモニアが生成するが、このアンモニアは硝化槽において微生物により亜硝酸・硝酸へ酸化される。次に脱窒槽において微生物によって窒素ガスへ分解除去される。この脱窒処理に必要な水素供与体には高濃度 IPA 排水の一部を利用している。また曝気槽および硝化槽における曝気手段には超微細気泡散気装置 (PABIO Flex⁵⁾) を、脱窒槽における攪拌手段には高効率水中攪拌装置 (PABIO Mix⁶⁾) を採用し、省電力化を図っている。

② IPA 処理工程

この工程では高濃度 IPA 排水の生物分解をおこなう。窒素処理工程から流入する汚泥混合液で IPA 排水を希釈することにより、高濃度による生物分解性への悪影響を低減している。ここでも曝気には PABIO Flex を採用している。

③ 固液分離工程

槽内に浸漬した膜分離装置 (浸漬膜) により、活性汚泥の固液分離をおこない処理水をえる。浸漬膜には耐薬品性、強度面で優れた PVDF 製の中空糸型精密ろ過膜を採用している。槽内の活性汚泥濃度は 10 000 mg/L 前後の高い濃度で運用している。

前述のとおり処理水は逆浸透膜装置を経て中水として再利用されるが、精密ろ過膜でろ過されているため砂ろ過などの前処理と比較して、安定に運転できている。



写真2 有機系排水回収設備

④ 汚泥処理工程

生物処理により発生した余剰汚泥を好熱菌を利用した S-TE プロセス⁷⁾ によって減容化する。発生汚泥の約 9 割を減容化しており、廃棄物の削減を図っている。

⑤ 脱臭処理工程

各生物処理槽からは処理状況によって悪臭防止法の規制物質である硫化メチル、メチルメルカプタン、アンモニア等の臭気が発生する。これらの臭気は薬品洗浄方式の脱臭塔によって臭気強度 2.5 以下に処理後、大気放出している。

3.4 設備導入による効果

当社の特長ある製品群を組合せることにより、排水を回収し有効再利用するだけでなく、設備スペース、消費電力および廃棄物量を最小限に押えた設備を納入できた。

む す び

排水回収設備を導入する場合の基本的な考え方と排水回収のフロー例・実施例を紹介した。回収設備の導入において経済的なメリットをえることは重要なポイントであるが、近年では企業ポリシーとして環境負荷削減の目的で回収率アップにとりくむ企業が増加している。また回収技術への要求もますます高度化しているため、当社では回収技術の効率化・開発にも取り組んでいる。工場がすでに稼動しているケースでは排水サンプルを頂くことにより、当社にてラボ試験を実施し経済的な回収プロセスをご提案することができる。

本稿が貴事業所での水リサイクル推進の一助にな

れば幸いである。

[参考文献]

- 1) 経済産業省経済産業政策局調査統計部：平成17年工業統計表「用地・用水編」データ，(平成19年)
- 2) 西澤昭彦ら：神鋼パンテック技報，Vol.46，No.2 (2003)，p.18
- 3) 杉澤政宣ら：神鋼パンテック技報，Vol.45，No.1 (2001)，p.51
- 4) 藤井匡ら：神鋼パンテック技報，Vol.44，No.1 (2000)，p.17
- 5) 松田年博ら：神鋼パンテック技報，Vol.44，No.2 (2001)，p.46
- 6) 松田年博ら：神鋼パンテック技報，Vol.44，No.2 (2001)，p.50
- 7) 長谷川進：神鋼環境ソリューション技報，Vol.3，No.1 (2006)，p.19