

N-3 流動床式晶析軟化+逆浸透膜による鹹水の脱塩処理

品田 司 (株)西原環境衛生研究所
金城 哲朗 (株)西原環境衛生研究所
○島袋 公男 (株)西原環境衛生研究所

1. はじめに

浄水処理では、塩素イオン、硝酸・亜硝酸性窒素イオン等の除去において、逆浸透膜や電気透析等の処理が用いられている。島嶼部等の場合は、水源を地下水に求める場合が多いが、地質の影響を受け硬度が高い原水では、膜表面でのスケール生成のために回収率を高く設定することができない。

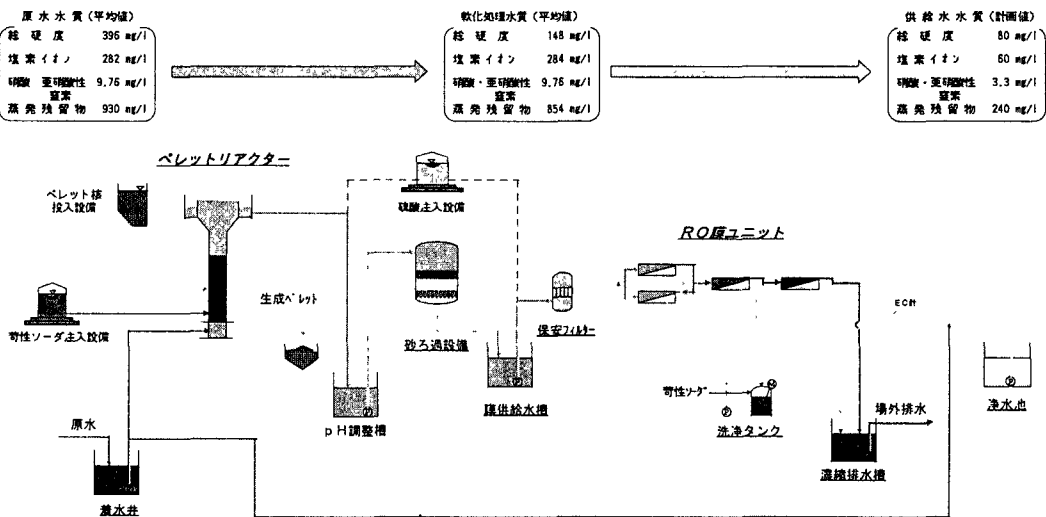
筆者らは、逆浸透膜処理の前段に流動床式晶析軟化法を採用し、カルシウム硬度を除去することによって、膜表面でのスケール生成を低減し、回収率の増加を図った。○県T村の水道原水を用いて総硬度、塩素イオン、硝酸・亜硝酸性窒素および、蒸発残留物の低減化を図ることを目的とした流動床式晶析軟化処理法+逆浸透膜処理法の実用化を行った。

本報では鹹水の硬度・脱塩処理施設の概要及び試運転時と1年経過後の運転状況等について報告する。

2. 鹹水脱塩処理施設の概要

2. 1 フローシート

地下水を着水井に受けたのちペレットリアクターの下部から原水を流入させ、リアクター内部のペレット核を流動させる。流動状態のペレット核群の中に苛性ソーダを注入し、地下水中のカルシウムイオンを炭酸カルシウムとしてペレット核表面に晶析させ、軟水化を行う。軟水化処理水は硫酸を用いてpH調整を行い、砂ろ過設備で浮遊物質および炭酸カルシウムの微細粒子を除去し、濃供給水槽に送る。砂ろ過設備は3日に1回の頻度で逆流洗浄を行う。砂ろ過設備のろ過水をRO膜ユニットに供給し、溶解性塩類を除去する。処理水は、未処理の原水を用いて調質され、浄水池に送られる。



2. 2 設備仕様

本浄水場は、膜ろ過水614㎥と原水116㎥を混合し、1日最大給水量730㎥の給水能力を有する施設である。受け入れる原水量は908㎥で、本施設全体の回収率は80.4%となっている。主要な設備であるペレットリアクターとRO膜ユニットの仕様を表-1に示す。

《表-1》 各設備の仕様

ペレットリアクター		RO膜ユニット	
型式	流動床式晶析軟化法	エレメント型式	スパイラル型
塔径	φ650mm	膜材質	架橋全芳香族ポリアミド系複合膜
塔高さ	6000mm	ユニット数	3ユニット（内1ユニット予備）
設置数	2塔（内1塔予備）	ベッセル本数	8本（3段：2-1-1×2ユニット）
空塔速度	100m/時	エレメント数	48本（6エレメント/ベッセル×8ベッセル）
		塩排除率	99.4%
		回収率	80%

2. 3 前処理の有用性

原水のカルシウムイオン濃度は平均123mg/ℓ、硫酸イオン濃度は平均45.2mg/ℓである。原水をそのままRO膜処理をする場合は、スケール防止のために硫酸でpH値5.0に調整（添加量：230mg/ℓ）し、回収率80%で処理を行うと、膜濃縮液のカルシウムイオン濃度は615mg/ℓ（15.4mmol/l）、硫酸イオン濃度は1373mg/ℓ（14.3mmol/l）となり、硫酸カルシウムの溶解度2.1g/ℓ（15.4mmol/l）に近い値となる。さらに、膜面近傍における濃度分極現象が起きるため、膜面で硫酸カルシウムが析出する。

一方、前処理として軟化処理を行い、カルシウムイオン濃度を20mg/ℓとして硫酸でpH値6.0に調整（添加量：120mg/ℓ）した後、80%回収率でRO処理を行った場合は、膜濃縮液のカルシウムイオン濃度は100mg/ℓ（2.5mmol/l）、硫酸イオン濃度は823mg/ℓ（8.6mmol/l）となり、硫酸カルシウムの溶解度に対して16.7%、55.8%となり、硫酸カルシウムの析出現象が抑制される。

3. 運転状況

3. 1 処理水質

試運転時の処理水質と1年経過後の原水、膜供給水、膜処理水および、供給水水質を表-2に示す。

《表-2》 試運転時と1年経過後の処理水質

項目	単位	試運転時			1年経過後			
		原水	膜供給水	膜処理水	原水	膜供給水	膜処理水	供給水
pH		7.2	5.8	5.3	7.1	6.3	5.2	6.6
水温	℃	25.0	25.3	27.2	26.0	26.4	26.8	26.68
Ca	mg/l	125	20	< 0.5	118	24.3	< 0.5	38.2
硝酸・亜硝酸性窒素	mg/l	9.6	9.6	1.2	8.9	9.4	1.7	4.3
塩素イオン	mg/l	282	230	5.8	168	167	6.3	58
蒸発残留物	mg/l	990	743	71	775	671	66	325
電気伝導度	μS/cm	1360	1228	57	1181	1103	58	456
Mg	mg/l	18.0	16.1	0.0	16.3	14.6	0.0	5.5
Na	mg/l	150	200	12	86	151	9.3	44.2
SO ₄ ²⁻	mg/l	44.8	167	< 0.4	38.8	103	0.7	13.1
総硬度	CaCO ₃ mg/l	383	120	0.0	360	140	0.0	112

注）試運転時の膜処理水はNo.1膜ユニット単独、1年経過後の膜処理水はNo.1+No.2膜ユニットの混合水

原水の総硬度は350～428mg/ℓ（平均：398mg/ℓ）、カルシウム硬度は260～324mg/ℓ（平均：307mg/ℓ）、塩素イオンは180～339mg/ℓ（平均：282mg/ℓ）と水質が変動しているが、これは地下水への海水混入が原因と思われる。

原水の総硬度（カルシウムイオン）は、ペレトリアクターにより80％程度除去され、RO膜ユニットへ供給される。RO膜ユニットにより、総硬度、塩素イオン、硝酸・亜硝酸性窒素および、蒸発残留物は目標の値まで除去できており、1年を経過した現在も安定した処理が維持されている。

RO処理水は、硬度等が過剰に除去されるので（ラゲリ指数が非常に低くなる）、原水により調質し、供給水としている。混合比の計画値は、8対2であるが、実績としては7対3～8対2の範囲内で供給が行われている。

3. 2 運転圧力

試運転時と1年経過後のNo. 1ユニットの圧力を表－3に示す。

《表－3》 膜ユニットの運転圧力

項目	単位	試運転時	1年経過後	試運転時	
		No. 1		No. 2	No. 3
膜入口圧力	kPa	800	875 (820)	670	640
膜濃縮水側圧力	kPa	490	530 (490)	320	320
平均操作圧	kPa	645	703 (655)	495	480
第1パッド差圧	kPa	108	128 (138)	125	118
第2パッド差圧	kPa	112	129 (130)	125	121
第3パッド差圧	kPa	54	68 (61)	62	64
透過水量	m ³ /h	12.6	12.6 (12.8)	12.8	12.8

() 内の数値は薬品洗浄後の値

約1年を経過したNo. 1 RO膜ユニットは、平均操作圧力が初期値と比較して75kPa、各パッドの差圧で20kPa程度の上昇と、運転状況としては良好な状態であり、薬品洗浄の必要性はなかった。しかし、約1年を経過しているのでクエン酸による洗浄を行った。その結果、平均操作圧力が初期値とほぼ同等まで回復した。

No. 2、3のRO膜ユニットの試運転時の平均操作圧力は、約500kPaであり、No. 1 RO膜ユニットの平均操作圧力と比べ、約150kPa低い値で運転を開始することができた。この平均操作圧の違いについては、膜エレメント及び、膜ユニットの違いに起因するものと思われる。

4. おわりに

この処理施設の大きな特徴は、

RO膜の前段で、カルシウムを除去することにより、膜表面での炭酸カルシウムの析出を低減し、回収率の増加が図られた。また薬品による洗浄頻度も低減した。

本施設は流動床式晶析軟化装置を逆浸透膜処理装置の前処理設備として設置した初めての処理プロセスであるが、1年以上を経過した現在でも安定した運転がなされ、初期の性能を維持している。今後、本処理施設の運転状況を引き続き調査し、膜の寿命等の確認を行っていきたいと考える。

また、この処理水は、“安全でおいしい水”として供給され、利用者から高い評価を得ている。