

# イオン交換法による河川毒水処理の研究

Treatment of Acid Surface Water by Ion-exchange Method

山 辺 武 郎・妹 尾 学・高 井 信 治

Takeo YAMABE, Manabu SENŌ and Nobuharu TAKAI

## 1. 緒 言

最上水系の源をつくる醉川は、しばしば pH 1 に近い著しい酸性を示す蔵王毒水に汚される<sup>1)</sup>。このため、山形市周辺を流れる須川は、灌漑用水としても、工業用水としても使用に耐えない。この毒水を処理して pH を上げ、中性に保つことができれば、その益するところははなはだ大きい。pH を処理する方法としては、毒水を集め廃棄する方法、水酸化カルシウム（消石灰）で中和する方法などが考えられるが、近時めざましい発展を遂げているイオン交換膜を用いる方法も、有力な一手段となりうると思われる。本研究室において山形市の協力を得て、この方法の実用性について予備的検討を行なったので、その結果について報告する。

交換膜とを交互に並べて隔膜とし、多室の電気透析装置を組み立てて、電解質溶液を流しながら電気透析を行なうことにより、電力効率良く、イオンの濃縮された部分とイオンの希釈された部分とに分けることができる<sup>2)</sup>。

実験に先立ち、イオン交換膜電気透析装置が理想的に働くとして、蔵王毒水を処理するための所要電力量、電力量などについて検討を行なった。その結果を以下に示す。蔵王毒水の必要な性質は次のとおりである。

水素イオン濃度 pH 1.55 すべて硫酸  $H_2SO_4$  とし  
て 0.064 N (3.140 mg $H_2SO_4$ /l)

流量 0.28 m<sup>3</sup>/sec=1,000 m<sup>3</sup>/hr=24,045 m<sup>3</sup>/day

(1) 所要電力量 全流量の 4/5 を脱硫酸の後放流し 1/5 を濃縮液として廃棄すると、1 hr あたりの所要電力量は 1,340,000 A・hr と計算される。

(2) 所要電力量 計算の基礎となる構成要素の電気抵抗値は次のようである。

イオン交換膜	比抵抗 Ω・cm	実効抵抗 Ω・cm <sup>2</sup>
陽イオン交換膜	300	7
陰イオン交換膜	150	3

処理水 比抵抗 Ω・cm

未処理水 (pH 1.55)	5.6×10
処理水 (pH 2.5)	6.3×10 <sup>2</sup>
” (pH 3.0)	2.5×10 <sup>3</sup>
” (pH 4.0)	2.5×10 <sup>4</sup>

装置の全抵抗値は、処理水の pH により著しく左右されることになる。装置各室の有効膜面積 1 m<sup>2</sup>、膜間距離 0.5 cm とし、電流密度 2 A/dm<sup>2</sup> に固定すると、所要電力量は表 1 のようになる。

表 1 理論所要電力量

処理水 pH	1 hr あたり所要電力量 kWh	処理水 1 t あたり所要電力量 kWh/t
2.0	4,300	5.4
2.5	5,900	7.4
3.0	8,100	10.1
4.0	15,400	19.3

(3) 装置の規模 上に示した値から装置の大体の規模を予想することができる。すなわち、構成単位として陽イオン交換膜—濃縮室—陰イオン交換膜—希釈室をとり、膜面積 1 m<sup>2</sup>、膜間距離 0.5 cm とすると、流量 1,000 t/hr を連続的に処理するためには、構成単位

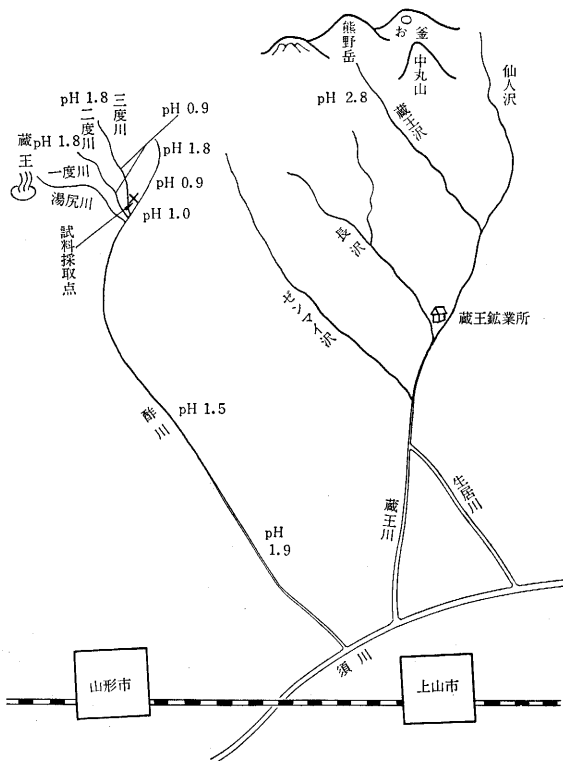


図 1 須川水系概略図

## 2. 原 理

イオン交換膜は、荷電の種類に応じてイオンを選択的に透過させる性質をもち、陽イオン交換膜と陰イオン

研究速報  
6,700 個を必要とする。よって 1,000 個の構成単位より成る電気透析装置を 7 基必要とする。

以上の結果を要約して図 2 に示した。実際の運転では電流効率 80%，電力効率 60% 程度になることも予想される。

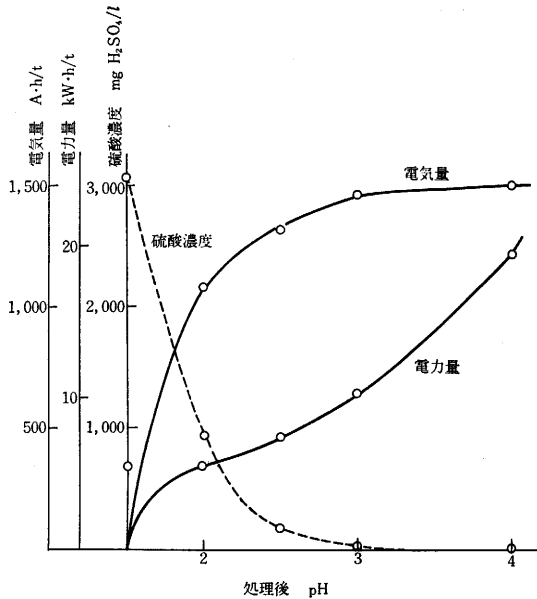


図 2 イオン交換膜による毒水 pH 処理の所要電力量，電力量

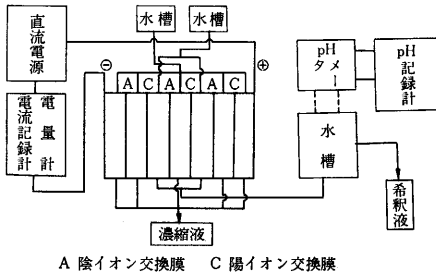


図 3 イオン交換膜電気透析実験装置

### 3. 実験

以上の原理に従って、現地で採取した毒水を用いて予備的試験を行なった。その概要を次に述べる。

**装置** 使用した装置の配置は図 3 に示すようである。膜面積 33 cm<sup>2</sup>，膜間隔 0.5 cm，イオン交換膜は旭硝子 KK のセレミオンである。

**結果** pH 1.55 の毒水 1 l を繰返し希釈室に通し，pH 変化を記録した。得られた結果を表 2 に示す。

実験の結果，次のことが指摘された。

(1) pH 1.55 の毒水を 2 から 3 付近まで上げることは比較的容易である。しかし pH 3 以上に上げることは過大な電力を必要とすることになる。

表 2 蔵王毒水のイオン交換膜電気透析

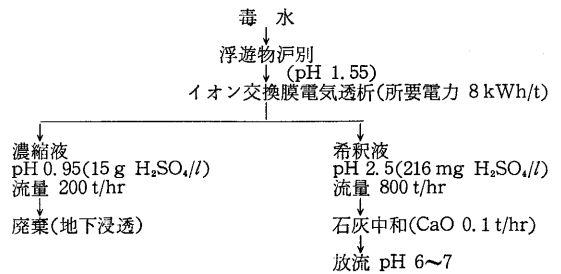
電流密度 A/dm <sup>2</sup>	電流 A	通電時間 hr	電気量 A·h	電圧 V	処理後 pH	電力量 Wh
0.5	0.165	9.1	1.5	25~65	2.2	37.5
1.0	0.33	4.85	1.6	40~75	2.2	64
2.0	0.66	4.55	3.0	75~180	3.2	225

(2) 電流密度小のときの方が電流効率，電力効率ともに良い。たとえば 0.5 A/dm<sup>2</sup> のとき，電流効率 80%，電力効率 16% である。しかし電流密度は装置の規模を決定し，電流密度を大きくとった方が，その点では有利である。なお装置の規模を大きくすることにより，電力効率は著しく改善することができる。

(3) 陰イオン交換膜の陽極に向かう面にスケールが付着する。しかし膜抵抗を著しく高くする事実は認められなかった。スケール沈着を防ぐには予め口過処理を施すことが望ましい。なお，pH 3 以上ではとくに水酸化鉄の沈着が顕著となるので，この点からも pH 3 以上までの処理は不利である。

### 4. 結論

以上にその概要を示した予備実験の結果，蔵王毒水を処理するためには，次の方法にしたがうのが有利であると考えられる。



なお，さらに有利となりうると思われる方法として，次のことが考えられる。

(1) イオン交換膜処理を pH 2.2 付近で止め，以後の処理を石灰中和にゆだねる(これにより，所要電力を 6 kWh/t 以下に下げうる可能性がある)。(2) 希釈，濃縮側に向ける流量比を 4:1 より高く，たとえば 9:1 までとし，濃縮液の利用を考える。(3) 石灰中和の代わりにイオン交換樹脂(弱塩基性陰イオン交換樹脂 OH 形)による処理を加えることにより，きわめて良質の水をとり出すことができるので，そのまま日常用水，工場用水として利用する。

調査，実験にあたりご協力いただいた山形市役所経済局農地課の諸氏に感謝する。(1967 年 11 月 29 日受理)

- 1) 加藤武雄：「須川水系に関する地球化学的研究」山形大学紀要，5，No. 2 (1961)。
- 2) 山辺武郎，妹尾学：「イオン交換樹脂膜」技報堂 (1964)。