



Title	低濕地帯の水質並びにその処理に関する研究. その2 : 低濕地帯の水処理
Author(s)	岡本, 剛; Okamoto, Go; 大藏, 武 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 9, 141-147
Issue Date	1953-12-10
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/42585">https://hdl.handle.net/2115/42585</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	9_141-147.pdf



## (その 2) 低濕地帯の水處理

岡 本 剛  
大 藏 武  
奥 田 正 夫  
Go OKAMOTO  
Takeshi ŌKURA  
Masao OKUDA

### § 緒 言

前報で述べた如く本道に特に多い低濕地帯の水には、有機物に伴われる鐵の含量が極めて多い。鐵及び有機物含量の大きいことは工業用水としても又飲料水としても種々の問題を起す。例えばこの水をパイプで送る場合には非常に早く所謂「水垢」が沈着してパイプが充填されてしまう。或は又通常の工業用水處理法として行われているパームチットによる軟化操作に於ては、パームチットの表面に鐵が沈着して之の再生賦活を不可能ならしめるばかりでなく、パームチットを粉碎する原因となることも認めた。

又高級な水を必要とする製紙工業、合成樹脂工業、醸造工業等に於ては少なくとも 0.1 ppm 以下に迄鐵含量を低下せしめる必要がある。

この様な點から考えれば従來困難とされて餘り研究の無い低濕地帯の水の處理は、特に本道に於て極めて重要である。

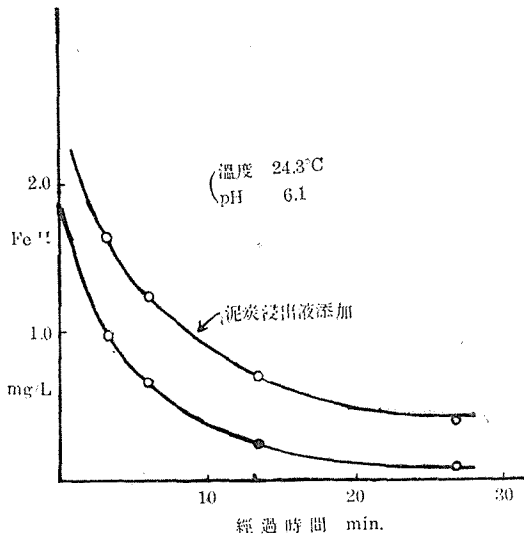
水中の鐵の除去方法としては通常所謂「曝氣—沈降濾過分離」の操作が行われ、又近くはイオン交換樹脂或は石炭ゼオライト等によるイオン交換法等が採用されている。然るに有機物に伴われる鐵、所謂「有機鐵」はこの方法によつても十分には除去されない。

著者等は本道に於ける脱鐵の問題の重要性を考へて、有機鐵の完全な除去方法について研究した。

### § 有機鐵の酸化速度

低濕地帯の水中の有機物は主にフミン酸と考えられているので、フミン酸の共存によつて水中の鐵イオンの空氣酸化速度が如何に影響を受けるかについて實驗した。

一立の耐壓吸引濾過瓶に試水を入れ、一定の壓で吸引して空氣泡を透つた。又強い攪拌による空氣酸化についても測定した。分析は第一鐵イオンについて行つた。即ち試水 5 cc、を取り出し豫め HCl (1:1) 0.2 cc を入れた試験管に入れて酸化を止め、醋酸—醋酸ソーダ緩衝溶液 2 cc、ディピリゲル 0.1% 水溶液 1 cc を添加して、生じた桃色を、同様に發色せしめた標準液と比色測定した。



第 1 圖

來の曝氣方法の不適であることが結論される。

### § 砂濾過法による脱鐵

低濕地帯の有機鐵は砂濾過によつて一應飲料水或は通常の工業用水として用い得る程度に迄除去し得ることが認められた。勿論前述の如く特に用水中の鐵が問題になる工業即ち製紙、醸造、合成樹脂工業等に必要の用水は砂濾過のみでは得られない。

(その 1) 第 1 表中の片岡家の水並びに鐵含量 1~4 mg/L を有する菊地家の水を用いて實驗した。

二斗樽に約 20 cm の川砂層を積み、之を用いて片岡家地下水を濾過した、濾液の分析結果を第 1 表に示す。原水そのまま、又原水に痕跡程度の  $\text{KMnO}_4$  を添加したもの等について濾液中の Fe を分析した。分析方法は(その 1)に述べた方法によつた。實驗番號は濾過を連続的に行つていることを示し、各 1 回の實驗に 10 l の濾過を行つた。この結果から  $\text{KMnO}_4$  は砂に何等かの形で保持されるので、一旦  $\text{KMnO}_4$  含有の水を濾過すれば、その脱鐵作用の上昇はしばらく続くことが認められた。この作用は砂の一種のイオン交換性によつて  $\text{KMnO}_4$  が何らかの形で吸着されて生ずると推定される。脱鐵劑としてマンガンゼオライト或はバーム等があるが、砂のみを用い

試水は蒸留水に硫酸第一鐵アムモニウムを溶解し Fe として 8.5 mg/L のものを調成した。有機物の影響を見る爲に砂糖より合成したフミン酸或は泥炭の水による抽出液を添加した。

結果の一例を第 1 圖に示す。即ち  $\text{Fe}^{\text{II}}$  が空氣酸化されて、時間的に如何に  $\text{Fe}^{\text{III}}$  に變るかを示したが、フミン酸の共存によつて著しく酸化速度が小さくなり、又酸化平衡量即ち酸化されずに残る  $\text{Fe}^{\text{II}}$  の量にも大きい差が認められた。

この結果から(その一)で報告した有機鐵の粒度の小さいことと相まつて、低濕地帯の水の完全な脱鐵に對しては従

第 1 表  
(濾過速度約 1 l/min.)

實 驗 番 號	原 水 の 状 態	濾過水中の Fe mg/L
1	そのまま	3
2	$\text{KMnO}_4$ 0.3 mg/L 添加	0.45
3	そのまま	0.45
4	そのまま	0.55
5	$\text{KMnO}_4$ 0.1 mg/L 添加	0.45
6	$\text{KMnO}_4$ 0.03 mg/L 添加	0.53
7	そのまま	0.56

ても微量の  $\text{KMnO}_4$  添加によつて、通常の目的に用い得る程度の脱鐵が可能になることは極めて興味深い現象である。又痕跡程度の  $\text{KMnO}_4$  の添加は飲料水として考える場合には細菌學的にも推奨さるべき方法であらう。

本道に於ける低濕地帯には點在する農家が非常に多いので、原始的ではあるがこの様な單

第 2 表  
(濾過速度約 0.5 l/min.)  
(原水 Fe 4.0 mg/L)

濾過劑	原水の狀態	濾過水中の Fe mg/L
砂	そのまま	1.47
砂+ $\text{Mn}(\text{OH})_2$	そのまま	0.44
砂	$\text{KMnO}_4$ 0.3 mg/L 添加	0.51
砂	そのまま (連続)	0.55
砂	そのまま (連続 5 l 濾過)	1.44
コークス	そのまま (濾過速度約 1/3)	0.54
コークス + $\text{Mn}(\text{OH})_2$	そのまま	0.55

純な方法がその用水の處理法として考えるべきであらう。

砂以外に例えば砂に  $\text{Mn}^{++}$  を添加し、之を  $\text{NaOH}$  で沈澱せしめて水洗したものを、コークスを同様に處理して之等の表面に水酸化マンガンを沈着させたものを用いて脱鐵能力を比較して見た。菊地家の水を用いた結果を第 2 表に示す。

濾過層は直径 5 cm の管に川砂層約 15 cm を填めたものを用いた。第 2 表に見

られる如くこの場合にも痕跡の  $\text{KMnO}_4$  の共存で著しい脱鐵能の改善が認められた。

## § 電解脱鐵法

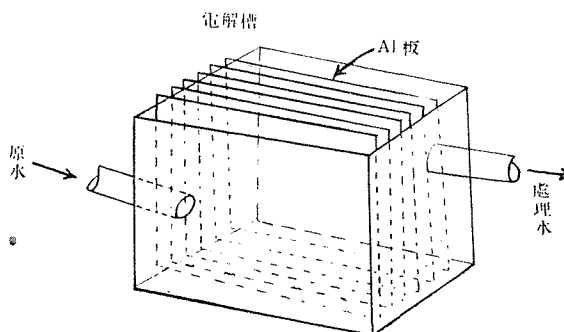
前述の如く低濕地帯の水中の鐵は一般に行われている曝氣法や單なる砂濾過のみでは完全な除去が希まれないので、除濁法として用いられている硫酸礬土添加—沈降—濾過の操作が用いられる。本研究ではこの様な硫酸礬土添加の代りに數年來研究を續けた電解脱鐵法<sup>2)</sup>をこの目的に利用して、その脱鐵能力を検討し、通常行われている硫酸礬土法に比べて遙かに優れていることを確認した。

### (1) 實驗方法

約 20 l 立のタンクに原水を入れ、中間に一種の緩衝槽を通して電解槽に水を導いた。緩衝槽は電解槽の流量を一定に保つ目的でとりつけたが、この方法で流量は±2% の範圍で一定に保ち得た。

電解槽は木製で第 2 圖の如くである。概略の構成は  
内容 約 800 cc  
電極 Al 板 (厚み 1.5 mm, 14.5 × 10 cm<sup>2</sup>)  
間隔 0.75 cm に 6 枚を並べた。

この Al 板電極に直流をかけ、種々の電流密度で電解してこの中を流れる水に  $\text{Al}^{+++}$  を供給した。



第 2 圖

Al<sup>+++</sup>は水中でただちに Al(OH)<sub>3</sub> フロックを生成し同時に水中の種々の物質を吸着するので、之を沈降又は濾過によつて分離すれば水の処理が可能となる。

試料水は(その1)の第1表中にその性質を示した小林家の井戸水並びに菊地家の水を用いた。

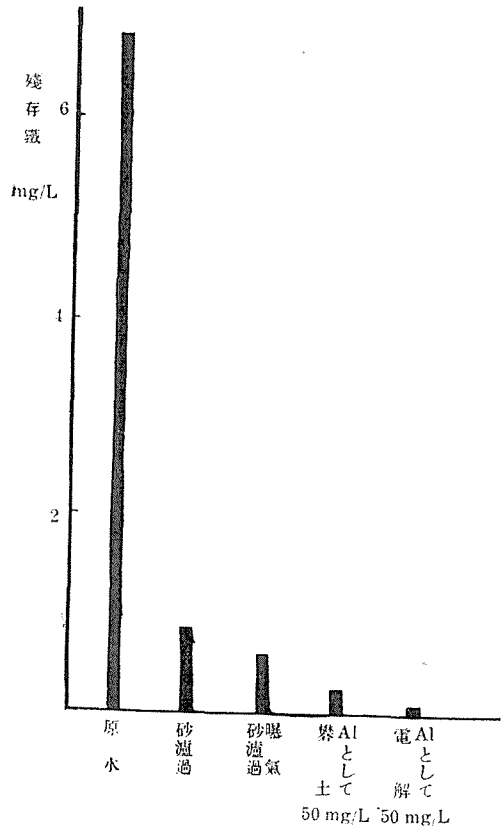
水中の鉄は比較的短時間でその状態が變化するので出来るだけ實驗直前に採水して用いた。

(2) 常法との比較

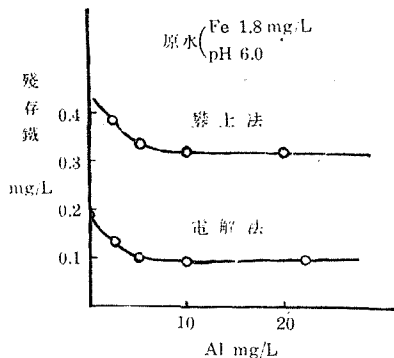
小林家の地下水を用いて各種の方法を適用し、処理水を分析して脱鉄効果を比較した。結果を第3圖に示す。即ち電解脱珪法は脱鉄に對しても非常に有力であることが認められる。そしてこの方法によれば従來處理が困難とされていた「有機鉄」をも殆んど完全に除去し得ることが結論される。

次に硫酸礬土法と電解法とについて Al の添加量を變えてその脱鉄効果を比較して見た。菊地家地下水を用いた結果を第4圖に示す。この結果からわかる如く兩方法共 Al を増加しても脱鉄に限度があるが、電解法の遙かに優れていることが結論し得る。即ち Al 添加量を増加しても硫酸礬土法に於ては 0.3 mg/L の鉄が除去されないで残るが、電解法に於て 0.1 mg/L 迄除去し得た。

又原水中に有機物の含量を多くして同様に兩方法を比較した。即ち泥炭の水による浸出液(茶褐色状)を少量添加した水(KMnO<sub>4</sub>消費量として16 mg/Lのもの)について脱鉄の試験を行つた。その結果は第3表に示す如く兩方法共脱鉄能の低下が見られたが、それでも電解法の方が著しく優れていると結論し得る。



第 3 圖



第 4 圖

第 3 表

添加アルミ量 mg/L	電 解		硫酸礬土	
	4.4	11.0	5.4	13.8
濾過後残存 Fe mg/L	0.15	0.10	0.30	0.24

実験には東洋濾紙 No. 3 を用いて濾過を行つたが、濾紙による濾過と砂濾過とはその濾過能が相當異なる。1例を第4表に示す。即ち砂濾過は濾過速度が非常に大きいにも拘らず脱鐵

第 4 表  
(原水 Fe 4.3 mg/L)

濾 過 劑	濾過速度 cc/min.	脱鐵率%
東洋濾紙 No. 3	10	50
砂	100	82

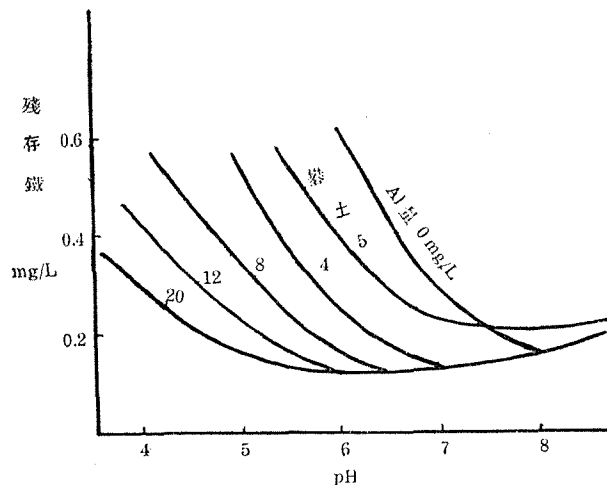
が極めて良く行われる。故に以上の結果も砂濾過を行えば相當脱鐵能が良くなることになる。

### (3) 電解法に於ける pH の影響

凝集剤を用いて除濁を行う場合に pH は重要な要因の一つとなるので、<sup>2)</sup> 電解脱鐵法に於ても pH の影響を明にする必要がある。

種々の電流密度で電解して  $Al^{+++}$  を供給した処理水に電解直後に NaOH 或は  $H_2SO_4$  の微量を加えて pH を調整し、静置後東洋濾紙 No. 3 で濾過した。濾液中の鐵を分析して脱鐵能に與える pH の影響を明かにした。

菊地家の水を用いて実験した結果を第5圖に示す。



第 5 圖

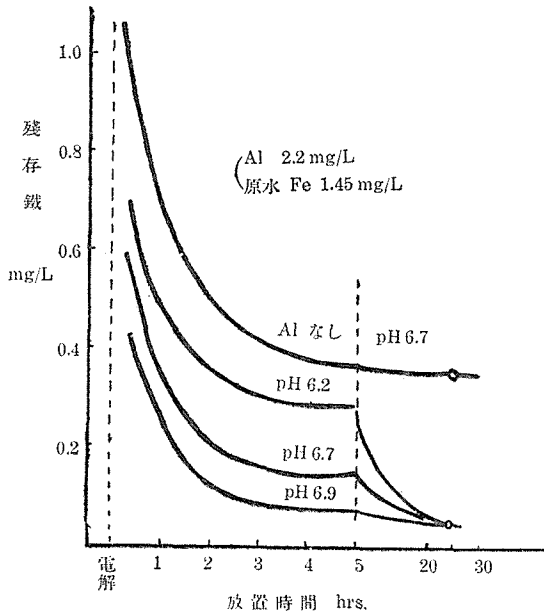
この結果から結論し得ることは、添加 Al の量によつて最適の pH が異なることである、即ち添加 Al の少ない時は pH を高くする必要がある。

### (4) 電解処理後の放置時間の影響

電解処理後そのまま放置すれば  $Al(OH)_3$  フロックの成長、或は鐵イオンの空氣酸化等によつて脱鐵がより良く行われるので、特に實際の工業装置の設計に必要と思われるので、放置による變化を調べた。

原水は菊地家の水を用いた。添加 Al の量を一定にして各種の pH で放置し、種々の時間放置後濾過残存鐵を定量した。実験結果を第6圖に示す。

この結果から電解処理後約 3~4 時間で一應脱鐵が最高になることが認められる。電解脱



第 6 圖

の存在は  $Fe^{II}$  の酸化速度を著しく増大し、又泥炭浸出液を共存せしめても殆んどその効果に變りがないことが結論される。

實際に脱鐵を工業化する場合には銅板を陽極にして Al 板極と共に原水中で電解すれば良く、この様にして行つた基礎的實驗に於ては満足な結果を得た。小林家の水を用いた實驗結果を第 5 表に示す。之は銅鋼

第 5 表  
原水 pH 9.0  
Fe 4.9 mg/L

添加 Al 量 mg/L	殘存鐵 mg/L		銅鋼挿入 處理水濾過前 $Fe^{III}$ mg/L
	銅鋼なし	銅鋼挿入	
2.2	3.7	1.25	3.6
8.8	3.5	1.5	3.7
22.0	2.6	0.2	4.7

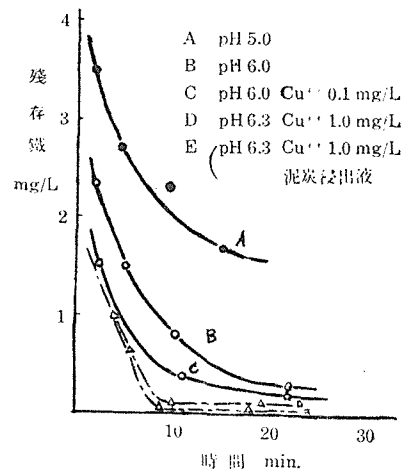
を陽極に入れた場合の結果であり、銅鋼の無い時と比較して興味深い。この表には處理水の濾過前の鐵の状態(酸化されているか?)を知る爲に、濾過しないで第二鐵イオンの量を測定して比較した。即ち  $Cu^{++}$  の微量の存在によつて第一鐵イオンの酸化が著しく促進され、その爲脱鐵も非常に良く行われた事を物語っている。

珪の場合の工業操作に於て  $Al(OH)_3$  の沈降分離に必要な時間も約 3~4 時間であるが、脱鐵に際しては添加 Al の量が極めて少量であるけれども電解脱珪の時と同様沈降分離槽の容積は相當大きいことが必要である。

(5) 電解脱鐵に於ける  $Cu^{++}$  の影響  
種々の反應に痕跡の  $Cu^{++}$  が接觸的作用を示すことが知られているが、<sup>30</sup>水中に於ける  $Fe^{II}$  の酸化に對してもこの作用が豫想されるので、痕跡の  $Cu^{++}$  の存在のもとで脱鐵を行つて見た。

實驗は前述の有機鐵の酸化速度を調べた方法と全く同様に行つた。 $Cu^{++}$  は硫酸銅の稀薄溶液を用いた。

結果を第 7 圖に示す。 $Cu^{++}$  の微量



第 7 圖

## (6) 電解脱鐵による有機物の除去

電解法に於ては生成物の  $\text{Al}(\text{OH})_3$  の吸着性によつて當然各種の物質が除去されるが、低濕地帯の水に特に多い有機物が如何に除去されるかについて二三の検討を行つた。

結果の 1 例を第 6 表に示す。之によれば有機物の除去に對しても硫酸礬土法に比べて電解法が著しく高い除去能力を有することが結論される。

第 6 表

原水 Fe 4.9 mg/L  
 $\text{KMnO}_4$  消費量 30mg/L

添加 Al 量 mg/L	$\text{KMnO}_4$ 消費量 mg/L	
	電解後 1hr	硫酸礬土 添加 2.5hrs.
1.5	20.0	25.7
15.0	8.5	26.0

## § 總 括

本研究に於ては本道に特に廣範圍に存在する低濕地帯の水の特徴を明にし、この水は工業用水として良くないことが結論されたので、その處理について検討した。特にこの様な水には「有機鐵」の含量が大きいので、飲料水としての處理法並びに高級な工業用水としての處理法に關して夫々實驗を行つた。

飲料の目的には特に本道で問題になる點在農家の處理方法として簡単な砂濾過、特に豫め過マンガン酸カリの痕跡を添加して後の砂濾過が非常に効果があることを見出した。

製紙その他の如き高級な工業用水の必要とされる場合 (鐵含量 0.1~0.05 mg/L) には従來原水に「有機鐵」がある時は處理が困難とされていた。著者等は電解脱珪法をこの目的に擴張研究して、従來の硫酸礬土法と比較した結果「有機鐵」に對しても極めて高い脱鐵能を示すことを確認した。そして實際工業化に必要なと考えられる pH の問題、處理後の放置時間の問題、その他について實驗考察した。

本法によれば pH その他を適當に保つことにより、鐵の含量を 0.1~0.05 mg/L に迄除去し得、更に操作は極めて單純であり、コストも比較的低廉であり、又原水の性質の變化にも大幅に應じ得る等の特徴がある。

終りに臨み研究に御協力戴いた栗山町小林酒造 KK、田中並びに堀兩氏に厚く感謝する。又研究費の一部は文部省科學研究費に仰いだことを附記する。

## 文 献

- 1) (その 1) の文献 (1) 参照.
- 2) 荒 金: 水道協會誌 207 號 25 (1952) その他
- 3) 例えば 大 藏: 日化 71 48 (1950).