

論 説 報 告

工業用水の水質及廢水に就て (其の1)

准 会 員 相 原 龍*

1. 緒 言

近時各種工業特に化學工業の發達が旺盛を極めるに從ひ、其等に使用せらるゝ用水の使命は誠に重大なものとなつて來た。即ち水は化學工業に於ては直接原料となることもあり、化學反應の媒介や洗滌劑となることもあります。更に溶媒として精製操作に關係することもある。從て其等用水の水質の如何に依て化學反應を妨害し、化學薬品を浪費せしめ、精製を困難にし或は製品の質を低下せしめることもある。因て各種の化學工業に於てはその要求する水に對して、工業の種類及用途に據じて一定の條件を必要とする。勿論化學工業に於ては、水質の問題も甚だ重要ではあるが、人造絹絲、麥酒の製造の如き、或は漂白、染色工業の如きは、日々相當な水量を必要とするものであるから、斯る工場の設計に當ては、適正な水質と共に水質豐富なる地點を選擇せねばならぬ。

猶之等工業に多量の水が使用されるに伴ひ、必然的に多量の廢水が河川に放流されることとなる。而も之等廢水は昔ての工場の昔かつた或は小規模な時代には、無處理のまゝ河川に放流しても別に支障も起らなかつたが、近時に至り工場の増加と生産擴充の趨勢は、廢水の河川水量に對する比を大ならしめ、河川の汚濁が著しくなり易く漁民農民に被害を與へ又工場同志がその河川水を用水とするに困つて來たのである。

滿洲に於ては内地程痛切に此の問題に悩んで居らむが、漸くこの傾向を生じて來た。依て以上の諸問題に對處する際の参考資料にと思ひ文献を調べて本稿を草した次第である。

2. 工業用水の水質

各工業種類毎に述べる前に、飲用水としての條件を參

考として記す。

1 飲用水(水道協會に依る上水判定標準)

- I 濃度 1° を超ゆべからず。
- II 色度 2° を超ゆべからず。
- III 异常の臭味を有すべからず。
- IV 反應は中性或は弱アルカリ性又は微弱酸性なるべし。
- V 亞硝酸性窒素は定性試験に於て之を検出すべからず。
- VI アンモニア性窒素は定性試験に於て之を検出すべからず。
- VII 1l に付 0.3mg 以上の鐵を含有すべからず。
- VIII 銅及鉛は定性試験に於て之を検出すべからず。
- IX 1l に付 10mg 以上の過マンガン酸カリを消費すべからず。
- X 1l に付 5mg 以上の硝酸性窒素を含有すべからず。
- XI 1l に付 30mg 以上の鹽素イオンを含有すべからず。
- XII 硬度 18° を超ゆべからず。
- XIII 1l に付 500mg 以上の蒸留過濾水を残すべからず。
- XIV 培養基を用ひ $20\sim22^{\circ}\text{C}$ に於て48時間培養したときは 1c.c. に付100個 37°C に於て24時間培養したときは 1c.c. に付 50 個の細菌集落を發生するに止まるべし。
- XV 1c.c. に付速赤變菌を検出すべからず。
- XVI 1c.c. 以下に於て大腸菌陰性ならざるべからず
但し上記の標準に適合せざる水と雖衛生上支障なしと認めらるゝものは此の限りに非ず。

2 麥酒釀造工業

麥酒の製造に於ては大麥の浸漬、麥芽糖化、酵母室、貯藏室及醸詰場諸装置の洗滌、麥芽汁の冷却、製冰機及蒸氣機等に水を必要とする。而して其等の必要水量は其

の生産量の10~25倍である。

麥酒醸造に直接使用される水は洗滌用水と醸造用水とである。

I 洗滌用水、酵母桶、貯造槽、麥酒濾過槽、濾過材料、壇等の洗滌用水としては鐵、マンガン及細菌の繁殖を助ける如き物質を含まぬ水が良い。飲料水として適してゐる水なら差支へない。唯濾過及濾過材料等の洗滌水としては、硬度高き時は其等にスケールを附着せしめ又は沈殿物を生ぜしめる恐れがあるので、硬度の低い水が良い。

II 醸造用水、之の用水には麥芽製造の爲の浸漬用水と仕込用水とある。

鹽化ナトリウム(食鹽)を含む水は麥芽製造に使用すれば麥芽を遅延せしめるが麥芽糖化に於ては格別の影響は認められない。又麥酒の90%は仕込用水であるから、特に浮遊物、味、臭並に溶存物に細心の吟味を要する。

硫酸ナトリウムの存在は麥酒の味を損ふ恐れがあるが硫酸カルシウム(石膏)の適量の存在は酵酵作用を激活ならしめ、清潔作用に好影響を與ふるを以て特に醸造用水に石膏を加ふることもある。この適量は80~120mg/l位とされてゐる。

炭酸カルシウムは麥芽中に含まれてゐる磷酸鹽を不溶解性の磷酸カルシウムに變じ、麥芽汁より析出せしめて麥芽汁の酸度を減少させると云はれる(之は麥芽の糖化を遅延せしめる)。殊に可溶性磷酸鹽は緩衝物質として酵母の栄養物質として又酒精酵母の助酵素として麥芽汁中の有用成分である。依て仕込用水としては少くとも中性であることが望ましい。鹽素の最高限界は50mg/lとされてゐる。

此の外鐵を含有する水は麥酒の製造の際水酸化第二鐵となり大麥に附着して麥芽の色及光澤を損ふ原因となる之等の理由から鐵の含有量は大體0.2mg/l以下が良い。

3 清酒醸造工業

清酒は古來兵庫縣蘿五郷が名產地として知られてゐるが、同地をして斯くも有名にさせた最大の原因は其の地に於ける宮水の發見(櫻正宗の始祖山邑太郎左衛門氏に依り天保10年發見さる)に由來するものである。

宮水の分析結果を記すと次の如くである。

反 應	微アルカリ性	苦 土	21.43 mg/l
蒸餾殘渣	-	加 里	20.77
硬 度	9.06	曹 達	80.20
硅 酸	25.10 mg/l	磷酸	4.02
氯 土	1.96	硫酸	25.23
酸 化 鐵	0.15	鹽 素	98.00
石 灰	60.60	遊離炭酸	36.70

鹽素含量の多いのは此水の湧出する地域が海に近い爲である。

次に清酒醸造用水の内仕込用水の理想水質は次の如くである。

I 水量四季を通じて同一にして且つ低温なる事(普通13~14°C)

■ 無色透明にして浮遊物無く異味異臭無きもの

■ 反應はロゾル酸に對し中若くは微アルカリ性なる事(即ち水素イオン濃度はPH=6.0~8.1)

■ 鐵、アンモニア、硫酸、有機物の有害成分は殆ど含有せざるもの

■ 鐵は清酒に色を附し、殊に遊やサリチル酸に對して清酒の色を劣化する許りでなく、香味を損ふことが多い。

其の爲に鐵の存在は最も嫌はれ0.05mg/l以下であることを要す

V 石灰、苦土、加里、磷酸、鹽素等の有效成分は適當に含有する事(即ち石灰は30~50mg/l、苦土は石灰の1/3~1/4、磷酸は200mg/l以上、鹽素は100mg/l内外)

石灰、苦土の存在は糖化、酵酵を促進し酵母の活性を防ぎ酒の香味を向上する。然し石灰及苦土は水の硬度を形成してゐるから餘り多きに過ぎると却て酒質を低下する恐れがある。次に鹽素10mg/l位水中に存在しても酵母の糖化を促進し酵母の繁殖、酵酵力を旺盛ならしめる。更に清酒の研えた光澤を向上する上に効果がある。この様に鹽素は酒造上必要な成分なるも多きに過ぎれば酵母の酵酵を餘りに促進し過ぎて清酒の味を悪くする、酒母用水としては40~70mg/l鹽素水としては30~50mg/lが適當である。

VI 微生物の含有成る可く少きもの

VII 硬度は2~10°を適當とす。(酵酵促進のに當には

10°以上を良しとする)

酒母用には5~7°、醸用水には3~5°が適當との事である。原料米の浸漬水は軟水にては養分特に無機物質の浸出損失が大なる爲硬水が安全なるを以て、場合に依ては加工硬水を必要とする事がある。

次にアルコールを蒸留して之に水を混じ酒精飲料を造る場合には無色、無味、無臭の軟水を選ぶべきであつて

硬水は往往沈殿物を生ずる。又製餾用水は細菌を有せず且カルシウム鹽及鐵を含まぬが良い。之はカルシウム鹽は製品の芳香を失はしめ鐵の存在は不快な臭味を與へるからである。

4 清涼飲料工業

清涼飲料水として使用される水は飲料水として合適のものたる事は勿論、軟水にして細菌的に清淨なる事が絶對的に必要である。即ち天然温泉の如きは一見此の工業に適當の如くであるが、之等の水は多くは硬度高く石灰

苦土等を比較的多量に含有してるので酒石酸、磷酸等の酸性物と不溶性鹽を生じ、濁渙又は沈殿の原因となる。又細菌的に清淨ならざる時は発生する野生酵母又は絲状菌により味、色、香等を漸次變化し遂には其の變態により渾り又は沈殿を生ず。又石灰、苦土は其の鹽化物も磷酸鹽も凡て味に悪影響を與へる。加里及曹達は鹽化物にして一定量(1l中0.2~0.5gr)存する時は味に好結果を示すものである。

5 製革鞣皮工業

水は製革鞣皮工業に於て最も重要な助劑であつて皮の準備作業及鞣しの際用ふる水の性質及水温に依り、製品の品質に大きな影響を與へる。概して硬水は裏皮の製造に、軟水は面皮の鞣しに適してゐる。故に鞣皮工業に要する水としては、出来るだけ純度で且つ鐵分少く又腐敗性の有機物及無機性化合物の含有の少ない軟水が良い。又鞣の底革の様な硬直強韌な皮を造る場合は、水温は四季を通じて出来るだけ均一で且低い方が良く、軟い革を造る時は水温の稍高い水が良い。鞣皮の準備作業たる水處理及鞣しの初期に於ては特に此點に留意すべきである

有機物を含むこと多き水は自然腐敗菌をも含み勝ちで斯る水は革の性質に悪影響を及ぼす。重炭酸鹽の溶解せ

る水を用ふる時は皮革中の石灰に依り炭酸石灰を生じ銀面を損ひ且斑點を生ずる原因となるのみならず、タンニンの使用を妨害する。之に反し硫酸石灰及磷酸マグネシウムは皮を膨脹せしめ柔軟感を與へるを以て適當の含有は望ましい。又鐵はタンニンと化合して黒色の沈殿を生ぜしめるもので鹽化物は皮の膨脹を妨げて吸濕性にする。

6 製膠工業

製革の副生産物である膠を造るには、成る可く清澄なる水で鐵は0.1mg/l以下にして硬度低く且固形物總量の少き水を良しとする。

即ち多量の水を濃縮して製造する故に、水分中に不良含有物多き程製品は劣悪である。又硬水を使用して煮沸精製せる膠は之を溶かしても透明なものとならぬ。

7 洗滌漂白及染色工業

纖維或は織布の洗滌操作には多量の石鹼を使用するので硬水を用ふると石鹼を浪費するのみでなく、不溶解性の石灰及マグネシア石鹼を生じ纖維間に残り、纖維を脆弱ならしめ且黄變させる。斯る織布は染色後に斑點を遺す。水の硬度を完全に除去することが經濟的に困難なる場合には織布洗滌の際ソーダの如き軟化剤と共に助剤として硼砂を使用すると良い。又洗滌水中に微量の鐵及マンガンが0.1mg/l以下存在しても織布又は纖維は純白にならぬ。從て洗滌には鐵の全く存在せぬ水を用ふるべきである。

漂白に使用する水は無色透明な軟水で鐵の含有量は0.1mg/l以下なるを要す。鐵を含有する水にて纖維をソーダ處理すると鐵は纖維に固定され又石鹼を使用する時は鐵石鹼となつて纖維或は織布に斑點を生ずる。因て鐵の除去法並に水の軟化を必要とする。

染色する際硬水を使用すると、硬水は染色すべき織布や絲の精練工程に於て既に染色上の障礙を孕むのみならず、染色操作を施す場合に於ても染料と作用して染料の浪費を來し又染色を害す。又鐵分の含有は布片を着色する。其の外水の中には染料と化學的結合をなし又其の色を變ずる様な化合物があつてはならぬ。從て許される夾雜物は使用染料に依て異るべきであつて、例へば石灰が

工業用水の水質及廢水に就て¹

稍多量に水中に存在すると媒染劑として作用する故、染色効果を損ふがトルコ赤の如きにあつては却て石灰の媒染的効果が美しい色相を示現するから喜ばれる。

天然水は多くはアルカリ性を有するが、斯る水を使用して媒染劑を施し鹽基性染料に依る染色を行ふ時、或は染色後の洗滌を爲す場合には豫め酸を以て中和すべきである。酸性染料を用ふる時は少量の重金属の存在及水のアルカリ性の如何は問題ではない。

8 人造絹絲工業

ビイスコース人造絹絲の製造に於ては水の性質が其の工業の全操作に大なる關係を有する。

人造絹絲の製造に使用される水は極めて清澄にして、粘土其の他の浮遊物は極めて微細なものと雖も存在することを許されない。又鐵及びマンガン並に腐蝕質の如き有色物質を含まず、又腐敗による臭氣なきものでなければならない。其の外普通地下水中に存在するカルシウム

マグネシウム及びアルミニウム等の諸金属鹽も嫌はれる。尤も之等は水の精製操作に依て比較的容易に除去し得る。

人造絹工業に於ては驚くべき多量の水を必要とし、一日に人絹 1kg の生産に對し 3~3.5m³ の水を要する。而も其の中の多くは廢間に必要である。因て日產 1t の工場に於ては日々 20,000~35,000m³ の水が要求される。

人絹工場に於て要する水には次の二種類がある。即ち(イ) ビイスコース調製用水と(ロ) 人造絹絲の洗滌及び漂白用水とである。其の中後者は前述の一般的の洗滌及び漂白用水の條件に適すれば良いが、ビイスコース調製用水は出来るだけ化學的純粹な硬度も 0° に近いものでなければならない。之は鐵素ザントゲン酸ナトリウムは容易に水中の鹽と化學反応を起すからである。天然には斯る純粹に近き水は得難いので、多くの場合は化學的精製を施して夾雜物の除去を行ふ。而して硬度除去法として石灰、ソーダ法を用ふると硬度を 2° 以内に低下することを得るが精製後には鹽化ナトリウム及び硫酸ナトリウムの如き可溶性アルカリ鹽が残る。此の際鹽化ナトリウムが多量に存在するとビイスコースの濾過及び紡絲を困難ならしめるから注意を要す。又有機物の除去には清

澄劑として硫酸アルミニウムを應用し、更に濾過法を採用すべきである。

9 製紙工場

パルプ及紙を製造する工業に於ては極めて多量の水を必要とする。

此の工業に要する水は色、浮遊物、鐵及びマンガンの少き軟水が良い、尤も紙の種類に依り要求せられる水は同じではない。新聞紙、ボール紙の如き低級紙にあつては、結局水質よりも唯水量が問題になり、多くは河水を工場内の沈殿池に導き固形分を沈殿せしめ、其の儘使用するのが普通である。高級紙に於ては前記の條件を満足するものが選ばれる。高級紙の製造にも多量の水を要し多くは河水を利用し、先づ沈殿池に導いてから砂濾過して用ふる。

使用水中に浮遊物のある時は製品斑點を残すことがある。又浮遊物は殆ど例外なく色を有するので、水に溶解して存する色素と同様な影響を與へる。鐵の存在は紙に黃色の色を與へ、着色紙は色相を損ふ。就中寫眞用の紙は最も鐵分を含む。マンガンを含む水は一般的には少いが、マンガンは鐵と略同じ性質を持つて居て、其の水酸化物は褐色を呈して紙に汚點を遺し、また鐵離がマンガンを伴ひ漂白操作に會へば、鐵素に依て酸化されてマンガン酸鹽となり、鐵離に暗綠色を與へる。其の外マンガンを含む水は鐵管中に黑色酸化物を堆積せしめて閉塞することがある。因て鐵よりもマンガンの存在は一層嫌はれる。

製紙工場にて使用する水の中の鐵及びマンガンの許容量は紙の種類に依り異なるが、白色高級紙に於ては水中の鐵は 0.1mg/l 以下、高級筆記用紙に於ては 0.2mg/l 位迄の存在を差支へない。水の化學的精製及濾過を併用すれば 0.05mg/l 迄鐵分の含有量を減退せしめることが出来る。之に對しマンガンの許容量を數字的に示すことは困難であつて、水がマンガンを含むことが明かになつたならば、可及的完全にマンガンを除くべきである。

次に硬水を用ひ亞硫酸パルプを洗滌する時は、不溶解性のカルシウム及マンガンの樹脂酸鹽を生じ、後者が鐵離に附着すると漂白を至難にする。ソーダパルプの場合

はソーダに依つてカルシウム及マンガン鹽が色素を伴つて鐵錆の面に沈殿し、漂白を困難ならしめる。

10 セルロイド、フィルム製造工業

特に寫眞フィルム製造工業に於ては水質に充分の注意を拂はなければならぬ。最近富士寫眞フィルム會社が小田原町の郊外足柄村に工場を建設した一半の理由は、良質の水が得られるからである。此の工業に要する水は、浮遊物を伴はざる無色透明な水で、腐敗性有機物を含まず、鐵の含有 0.06mg/l 以下、固形物總量 60mg/l 以下にして、硬度低きものが良い。且水温は年を通じて 10°C 附近にあるものが良い。

11 粉、粉工業

馬鈴薯より澱粉を造る時使用すべき水は、浮遊物を有せずして酸酵又は腐敗の原因となるべき細菌、亞硝酸、アンモニア、有機物及び鐵を含まぬものを良しとす。

小麦、米等より澱粉を造る場合には灰分量を増加せしめたり、品質を低下せしめたりする原因となるカルシウム、マグネシウムの重炭酸鹽を含有せざる水を選擇すべきである。

12 製糖工業

甜菜糖工場にて甜菜の滲出に使用する水は、軟水にして鹽を含むことの少なき水が要求される。之に反する水は甜菜の滲出を悪しからしめ、且收率を減ずる。

また精製糖工場にては原料糖溶解に用ふる水は、腐敗性有機物や微生物を含まず、且出来るだけ無機鹽の少ない水が良い。

一般に砂糖工場に於て無機鹽多き水を使用すると、糖液濃縮の際効用蒸留罐及び結晶罐に罐石沈着の原因となり、蒸発能力を減殺し、燃料を浪費せしめる外、糖中の灰分を増す一因となり、更に其の中の感物は堅密を多からしめる。硝酸鹽は其の8倍の糖分をして結晶不能に陥らしめ、堅密の成因に重大なる關係がある。其の外硫酸鹽及び炭酸鹽も硝酸鹽と同様堅密を多からしめる。

13 煤 業

光學用ガラスを製造する場合、其の原料には鐵其の他の鹽に富む水の接觸を成る可く避けなければならない。

又陶磁器、焼瓦の製造には硫酸鹽、鹽酸鹽に富む水は使用せぬ方が良い。殊にカルシウム、マグネシウムの鹽

酸鹽は製品を漏り易からしめ、且汚點生成の原因となる。

セメント及びモルタルに混和する水は酸性反應を有せず、石灰侵蝕性炭酸を含まぬものであつて、更に有機物就中油脂なき水でなければならない。斯の如き有機化合物が含有してると石灰と共に不溶解性の石鹼を生ずる恐れがある。其の外硫酸物の存在する水も避けた方が良い。

更に硫酸鹽特に石膏を含む水も好ましくなく、此の化合物が 30.2g/l 以上に達すると極めて嵩だかな硫酸アルミニウムカルシウムを生じ、コンクリートを破壊せしめ、遂には泥状たらしむる恐れがある。

14 パン及び饅詰工業

之等の工業には飲用水としての條件に叶ふ水なれば無論である。鐵、マンガンは最も嫌はれる。硝酸鹽を含む水は肉をして變色せしめる。バクテリアを含まぬことは無論である。

15 製氷工業

此の工業には鐵、マンガンを含有せず、一時硬度低き水が要求せられる。即ち鐵、マンガンは氷を着色し、又重炭酸石灰を有する一時硬度の高き水は、製水中炭酸石灰を生じて沈殿分離する爲め氷を不透明とする外、結氷の際之が中心核となり一部を濁らすものである。

故に煮沸して炭酸石灰を分離せるもの又は蒸溜水は、良質の氷を製することが出来る。又硬度餘り高き水は、結氷の際破裂を生ずることがある。

16 汽 鏡 用 水

汽鏡用水として最良なるものは、鐵を腐蝕せしめざるものとしては、酸素、炭酸、鹽及脂肪、硫酸水素、有機ブミン酸等の存在せざる水が良く、又罐石を生ぜざるものとしては、硬度低く可溶性固形物少く、腐敗性化合物に變する成分少く、又アルカリ性の餘り強からざるもののが良い。罐石は硬水を用ふる爲に生ずるものである。即ち水が蒸発するに從つて罐物性雜物たる石灰、苦土の炭酸鹽及重炭酸鹽(一時硬度にして軟質罐石となる)及硫酸鹽(永久硬度にして硬質罐石となる)は沈殿し、汽鏡の内壁、鐵管等に附着して罐石となるのであつて、熱の傳導率を低下し、燃料の莫大なる損失を來し、又罐の掃除を煩雑ならしめ、罐底及罐管の過熱膨脹により汽鏡を損

傷せしめて其の壽命を短からしめる。

罐石の熱傳導に対する抵抗性は極めて大であつて、ランキン氏に依れば、炭酸カルシウムの抵抗性は鐵の17倍

硫酸カルシウムは鐵の48倍である。更に同氏の計算に依れば、同量の蒸氣を造るとして、罐石なき汽罐に要する燃料に對して、罐石が0.63cmの厚さの時には1.5倍を要し

更に1.72cmの厚さに達した時には、2.5倍の燃料を要すといふ。又罐石の附着せざる罐板の温度が195°Cに於て水を蒸氣に變ずる時、厚さ1.72cmの罐石の附着せる同じ罐板に於て同量の蒸氣を得る爲には417°Cの温度を要する。

即ち水を蒸氣に變ずる實際の温度よりも、上記量の罐石の附着せる罐板は220°以上過熱せらるゝ事となり、罐板を非常に損傷し、極めて危險である。従つて近時汽罐が益々高溫、高壓、高蒸發率の多管式汽罐の普及するに従ひ、一層汽罐用水の水質は重大性を有するものとなつて來た。

又化學的純粹なる蒸溜水又は其の水に近き凝縮水は、汽罐用水として必ずしも安全でなく、寧ろ水の防錆層の生成なく、水に溶存の酸素及炭酸の爲腐蝕の原因となるから、已むなく使用する時は硫酸ナトリウム又は磷酸三ナトリウムを併用すると良い。

又炭酸曹達、苛性曹達を多量に含有する水は罐板を脆弱化し、罐板に龜裂を生じて漏水し遂に爆破に至らしむる事がある。

又硫酸曹達、鹽化曹達の如き罐石不生成物を多量に含

有する水は、罐内に生ずる沈殿浮遊物と共に汽罐内に起泡し、其の爲に汽水共発を起し、蒸氣と共に多量の水滴を送出する爲、汽罐の運轉を不能ならしむる事がある。又汽罐内にては結へず水の濃縮が行はれて居るものであつて、水の成分によつては、汽罐を腐蝕する有害なる酸類を生ずるものがある。其の主なるものは硫酸マグネシウム、鹽化マグネシウム(加水分解により鹽酸を生ず)、鹽化石灰、硅酸曹達又は稀に炭酸マグネシウム(沸騰により炭酸を遊離す)等とす。又酸性の水は豫め石灰にて處理してアルカリ性となし給水するものとする。

17 冷却用 水

冷却用としては鐵、有機物、遊離炭酸、その他不純物少く水が良好である。即ち鐵、有機物はパイプを破壊する外、冷却面に罐行の如き附着物の層を作り、熱の傳導を妨げ、冷却能率を低下す。遊離炭酸を含むものはパイプを腐蝕せしむる恐れある故避けるべきである。

18 無機化學薬品工業

無機化學薬品は其の種類が極めて多いので、水中の夾雜物の影響も色々であつて簡単に云ひ盡せぬが然し一般的に云ひ得ることは、出来るだけ純粹な水であることを要する。此の種工業に於ては、水は化學反應の媒質として、又精製用溶媒として使はれるのであるから、水中の夾雜物の種類と、量に依ては製品の色を悪くし、灰分を多からしめ、時には收率を悪くすることがある。

(未完)

× × × × × × × × × ×

× × × × × × ×