

論 説 報 告

工業用水の水質及廢水に就て（其の2）

正 会 員 相 原 龜

3 工業用水の廢水

廢水と云はるゝものを分類すれば、其の生因に依て、都市の廢水、化學工業の廢水、機械工業及紡織工業の廢水、鐵山の廢水等の如く分類せられる。本項に於ては、都市廢水には觸れざることにして、専ら其れ以外の廢水に就て述べ度いと思ふ。

猶其の前に、参考の爲に水道協會協定の放流下水の水質及英國王立下水處理委員會に於ける河川の水質標準を記述する。但し日滿兩國に於ては河川の水質標準は、未だ其の制定を見て居らぬ。從て工業廢水の河川毎水に放流する際の何等の制限も現在の所制定されてない。又本項に云ふ下水とは、古來より云ひ來つた所謂下水であつて、工業廢水とは意義の異なることを附言して置く。

1 放流下水の水質標準（水道協會昭和13年）

放流し得べき下水の水質標準次の如し。但し放流場所の下流に、水道原水取入口等の存する場合は、特別の考慮を要することあるべし。

I 異常の色相及臭氣を有すべからず。

II pHは6.3~7.6なるべし。

III メチーレン青脱色試験に於ては、5日間を経過するも脱色すべからず。

IV 生物化學的穀素要求量 B.O.D.は20 p.p.m を超ゆべからず（穀素吸收量による場合は、15 p.p.m を超ゆべからず）。

V 浮遊物質（濾紙法）は 100 p.p.m を超ゆべからず。

VI 酸素飽和100分率は20%以上なるべし。

VII 蛋白アンモニア性窒素は2 p.p.m を超ゆべからず。

VIII 遠藤赤黒菌（大腸菌）集落數は 1 c.c. に付 3,000 を超ゆべからず。

上記の標準に適合せざるものと雖も、特殊の事情あるものは此の限りにあらず。

2 河川の水質標準（英國王立下水處理委員會制定）

之は最も一般化されてるもので河川の純度を次の様に5日間のB.O.D. によつて區別してゐる。

5日間のB.O.D. (65°F)

非常に清潔な河川	1 p.p.m 以下
清潔な河川	2 p.p.m
稍清潔な河川	3 ヶ
汚染された疑のある河川	5 ヶ
汚染された河川	10 ヶ

3 麥酒工場の廢水

麥酒の製造は、麥芽の製造と麥芽より麥酒の醸造の2種に分れる。從て廢水も2種となる。麥芽製造の廢水は、大麥の洗滌水、及浸漬水と裝置の洗滌水である。大麥の洗滌水は大麥に附着せる無機物を含み、浸漬水は腐敗し易き有機物を含んでる。其の他の洗滌水は裝置又は床に附着せる物を含むのであるが、其等の多くは大麥又は綠麥芽に由來する物質である。之等廢水は 50kg の麥芽製造に對し 1~1.5m³ であり、又廢水としては餘り問題とすべきでない。

麥芽より麥酒を醸造する時に出來る廢水は、量も多く且廢水として重要性を持つてゐる。即ち麥芽滓、ホップ滓の洗滌を初めとし、醣酵桶、醣酵槽、麥酒濾過材料、壘等の洗滌水がそれである。斯る廢水は固形分としては麥芽、ホップの残渣及酵母を含み、可溶分としては炭水化合物及アルコールを含み、而も其等の大部分は容易に分解を起す有機物であり、且酸敗菌の適好なる培養基であると共に、間接に酸敗を促進すべき酵素を含んでる。因て此の廢水を放置すれば酸敗して乳酸、醋酸を生じ酸性反應を呈する。若し此の廢水が地中に滲み込んで漏敗すると惡臭は容易に消えぬ。

之等廢水を薬劑によつて處理する時には、浮遊物が多

くて薬劑要求量が大なる訳でなく、發生汚泥量が甚大で、且溶解性物質による汚染物質が多くて皆く除去出来ないが、適當に稀釋したのちに撒布灑床法によると良く處理出来る。猶東京市技師柴田博士は階段式撒布灑床法と活性汚泥法との併用により好結果を得たといふ。この場合 B.O.D.11,112p.p.m の造酒廢水を 50p.p.m 迄にすることが出来たといふ。

4 製革鞣皮工場の廢水

製革鞣皮工場に於ける皮の豫備處理及鞣しの際には、腐敗性有機物の多量を含む廢水を生ずる。特に皮の洗滌水及浸漬水は細菌含有の危険性が極めて多い。新鮮なる皮の洗滌水或は乾燥せる皮の浸漬水は、極めて腐敗し易き物質を含むものである。猶廢水には此の外脱毛操作に於ける石灰水、脱石灰に於ける腐蝕液及鞣皮液等も混入する。前二者は何れの工場に於ても唯濃度を異にする以外に殆ど相違を見ないが、最後の鞣皮液は植物性鞣皮液を使用する場合と、礦物性鞣皮液を使用する場合とで廢水の成分を異にし、タンニン、ソーダ、炭酸カリウム、食鹽、脂肪、アルミニウム、鐵、クローム、硫黃化合物の何れかを含まざつてゐる。其の外製革工場で皮を着色する場合には染色操作に因る廢水もある。浸漬水及脱毛の廢水はアルカリ性、鞣しの廢水は酸性である。猶脱毛の際の廢水は硫酸ナトリウムを含むから直ちに下水に流してはならぬ。何となれば下水中で酸性反応を有する廢水（例へば麥酒工場の廢水）と混和する時は、硫酸水素を生じ塔へ難き惡臭の原因となるからである。

何れの場合にも此の廢水には腐敗性物質及時に有害なる細菌の外に、無機性の有害物が見出される。更に廢水が鐵鹽を含む水で稀釋せられる場合には、タンニン酸鐵或は硫酸鐵を生じ深黒色となる。使用水量は大約皮 100 枚に對し $60\sim100m^3$ を用ふるのが普通である。

之等廢水の完全な處理方法は未だ出現していないが、現在の所、油脂浮上槽、凝聚槽、沈殿槽による物理的處理以外に良い方法はない。化學薬劑處理法としては 300~400p.p.m の明礬や硫酸を加へると良いとされてるが、大した効果も無く、B.O.D.は 40% 位しか減少せぬといふことである。

5 屠殺場、飼畜場及皮剥場の廢水

之等の廢水は家庭の廃水と相似する處がある。斯る操作場では骨、角、皮、臓腑、肉、血、脂肪等は夫々用途がある故廢棄せぬ様に努めて、其等の若干及臓腑の内容物は廃水内に入ることを防ぐことは出来ない。

結局此の廃水の厄介な點は油脂と蛋白質の量の莫大なる所にある。下水管に放流するにしても次の如き前處理をしてからにしないと厄介な問題を惹起することがある。即ち油脂浮上槽を具へて浮上した油脂を除去し、又沈殿槽で沈殿物を除去し、最後に水で 5 倍位に稀釋して放流する。又下水管に放流出来ないとすれば次の如き處理の何れかをしなければならない。そうでないと死獸から来る蛋白系統の毒素（アトマインが其の一例）によつて恐い結果が魚介を通して吾々人類に與へられることがある。（イ）重金屬鹽による處理（ロ）鹽素添加處理（ハ）活性汚泥法による處理（ニ）高速度濾過法。

6 紡織工場の廢水

羊毛の加工工場に於ては、羊毛を洗滌する時には、完全に汚物（可溶性加里石鹼、硫酸鹽、鹽酸鹽、及若干の磷酸鹽、アンモニア鹽等）を除去する爲に、アルカリ性の洗滌液或は揮發性の溶媒を使用する。從て洗滌廢液としては強アルカリ性のものであり、猶其の中に羊毛の纖維片が混じてゐる。尤もこの羊毛は廢水中より回収される。又植物纖維製縫に於ては、最初に脂肪及蠟物質を除き然る後漂白を行ふのであるが、前者の操作はアルカリ處理であつて、纖維に對し約 10% のソーダ或は炭酸加里の稀薄溶液と共に煮沸するものである。次に漂白は多く硝粉を使用し、漂白効果を良好にするために少量の硫酸を添加するのが普通であるので、之等の廢水は以上の様な處理廢液が洗滌水に因て薄められたものであつて、有機物、アルカリ性物質並に漂白劑基等である。

染色工場の廢水中には、過剰染料の外に、染色方法に依て違ふが使用せる諸種の助剤（重金屬鹽、炭水化物、タンニン酸、媒染劑、酸及アルカリ等）が含まれてゐる。

更に仕上工場に於ても稀薄な廢水を生じ、其の中には仕上げ劑として使用した澱粉、デキストリン、油脂、石鹼、蠟、グリセリン等の過剰分、增量劑として用ひたバ

リウム鹽、石膏、白亞、カオリン等種々の可溶性鹽を含んでる。以上の如き諸操作の廢水は合して工場廢水となるのであるが、必要ならば一度沈殿池に導いて清澄せしめて下水に放流する。更に必要ならば化學薬剤を加へて清澄後漏過して精製する。

7 パルプ工業の廢水

製紙用パルプは木材、藁、稻屑、亞麻、黃麻、エスペルト、紡績屑等の植物性纖維から造る。其の方法は上記諸原料を化學薬剤と共に加熱し、皮殼物質を纖維より取去つて溶液中に溶解せしめるのである。洗滌の際に當然其等は洗滌水の中に移され使用せる化學薬剤と共に廢水中の主要成分を爲す。實際問題としては、現今製造されてゐるパルプ製造は、其の原料は殆ど90%が木材であり、又アルカリ性蒸解に於ては、廢水は薬品の回収に利用されるので、パルプ製造の廢水として考へるべきものは、亞硫酸法廢液のみである、と云つて良い。亞硫酸蒸解法による時は、蒸解釜より排出せる纖維の液は、亞硫酸に原因する臭氣を有し、赤褐色を呈しリトマス試験紙に對し強酸性反應を呈する。尚廢液の量はパルプ 1t に對し 2.8~3.5m³ と云はれる。又亞硫酸パルプ廢水は含有する糖類やリグニン、タシニンフルフラールその他アルコール類等の含水炭素系物質にみちてゐるもので、そのためにB.O.D. は 20,000~50,000 p.p.m に達する。その外無水亞硫酸を含むのでその方面的毒性もあるが、主として河川海に放流された時その溶存酸素を速かに奪取して尚も不充分であるので河川を酸性化に導き川、沼底の泥土から硫化水素、メタン等を発生せしめる。200倍位に稀釋されたとしてもその川が急流でよく大氣からの再曝氣を受け得るものでない限り魚介の生存はむづかしく、灌漑用水にも不適である。故に放流するにしても、更に處理して無害としなければならぬ。最近行はれる方法は、廢液をセーブ・オールに通つて纖維の断片を除去し、更に石灰乳と氷化鐵とで處理する。然る時は氷酸化鐵の沈殿を生じ其れが沈降する際に、浮遊粒子や色素を抱合沈下するが故に、液は透明となる。因て更に階段的に液を漉下せしめて溶解せる無水亞硫酸を驅逐して後放流する。尚廢水中には微量乍ら種々の有用成分が存在する爲に、其

等を回収又は利用する方法等が大部考案されてゐるが、實用化されてない。唯アルコールを製造する方法が時局の影響に依て工業化されてゐるのである。又米國では最近道路の塵除けとして利用してゐる。

又碎木パルプ工場に於ては、其の廢水中に微細なる纖維片及び少量の良繊維が浮游し白濁を呈し白水と云はれてゐるが、餘りに纖維質に富む故以て排棄に困難を來したのであるが、今日に於ては白水を循環的に使用する途が開かれ、一方に於て纖維質の損失を少なからしむると共に他方にて廢水量を減ずることに成功した。且この白水の處理にはセーブ・オールと云はれるドラム型の迴轉スクリーンを用ひて纖維を回収する。次いで廢集槽で一寸攪拌して沈殿槽に導き、充分によく沈殿させる。この白水の B.O.D. は 100~150 p.p.m で大したことがないが、更に之を安全にするためには撒布漏床法が良い。

8 製紙工場の廢水

パルプを原料とする製紙工場に於ける廢水は、パルプ製造工場の廢水程有害ではないが、然し其の僅では之を排棄することは避けなければならない。此の廢水は小纖維の多量と可溶性有機物と漂白劑残基、酸、染料、カオリン、重晶石、白亞等の無機物を含んでる。若し纖維の除去が不完全であつて其の廢水が小さな流れに放流されると植物に纖維が絡まつたり、或は出水期に水が氾濫すると草に纖維が附着して層を形成し、往々草を枯らして終ふことがある。但し廢水が 60mg/l 以下の纖維を含むに至るならば、纖維の除去は可なり完全であると云つて良い。廢水中の有機物は概ね微量であるから水を腐敗せしめることは無い。製紙工場に於ては極めて多量の水を使用する爲に廢水は著しく稀釋され、殆ど害作用は認められない。優良紙の製造過程水を多量に使用するので、從てそれだけ廢水は稀釋される。工場内的一部より出る廢水は強アルカリ性であるが多量の洗滌水に稀釋されるので、全體としての廢水は弱アルカリ性である。

澱粉工場の廢水

澱粉工場に於ては、原料として消費する馬鈴薯、米、小麥、玉蜀黍の相違に依り廢水の性質も亦多少異なるのである。次に 2, 3 の例に就いて述べる。

馬鈴薯澱粉を製造するには、洗滌に依て原料に附着せる固形分を除き、馬鈴薯を磨り潰したる泥状の物質から洗滌精製に依て澱粉を得るものであつて、其等の操作に依て生じたる廢水は即ち、馬鈴薯洗滌水、羊膜液、澱粉洗滌水及浮游物等からの廢水である。廢水量は一定しないが、1,000 kg の馬鈴薯から凡そ 8m³ 得られる。馬鈴薯洗滌水は泥の外、馬鈴薯の根、腐敗性の可溶物も含むも、後者は微量なる爲無害と考へて其の儘河川の中に流して差支へない。馬鈴薯を磨り潰して澱粉を沈降せしむる際に得られる廢水は、馬鈴薯中の總ての可溶性成分を含み、而も濃度は相當に大である。此の廢水は直ちに分解を起し強酸性を呈する。新鮮な此の廢水は、馬鈴薯の臭を有するも分解するにつれて酵穀の臭を發する。但し硫化水素は検出されない。色は赤褐色を呈するが、時には黄褐色を呈することもある。

小麥から澱粉を製造する場合は、第一の方法の醸酵法に依る時に得られる廢水は酸敗性で比較的濃厚で、且可溶物及浮游物の化學的成分は馬鈴薯澱粉製造の廢水に似てる。

第二の方法の副産物としてグルテンを得る方法に依て得られる廢水は、第一の方法による廢水よりも薄いが、矢張り酸敗性である。

米より澱粉を製造した場合に得られる廢水には、苛性ソーダが含まれて居り、外に腐敗し易い可溶性の含窒素化合物がある。

結局澱粉工場より得られる廢水は、之を放置すると著しく泡が立ち不快なる菌が盛に繁殖する。

10 製糖工場の廢水

製糖工場の廢水として注意すべきものは、主に甜菜糖工場の廢水である。甜菜糖工場の製糖期間は比較的短期間であるから、一年を通じて廢水を生ずる譯でなく、且又廢水としては澱粉工場の廢水と同様其れ程恐るべきものではない。

此の工場に於ける廢水は第一に甜菜の洗滌水、第二に効用蒸發罐及び結晶罐沸氣の凝縮水、第三に甜菜の浸出液の搾汁等である。

第一の廢水は原料として使用する甜菜の約 8~12 倍に

當り、其の夾雜物は植物性纖維、甜菜の葉及土壠等であつて、比較的無害である。此の水は貯水池に溜めて固形分を沈殿せしめて後之を放流する。

第二の廢水は効用蒸發罐及結晶罐の沸氣の凝縮水と、コンデンサー水の混和せるもので、夾雜物の量は第一の廢水と同程度であるが、稍濁濁せる黄色であつて、酸性反應を呈し、酸性の臭氣と腐敗性の臭氣があるが、惡臭と云ふ程ではない。廢水は 40°C 前後の溫度を有するので其の一部分を寒冷時に凍れる甜菜を温める爲に使用する。此の廢水の量は甜菜 1,000 kg に對し凡そ 10m³ である。次に第三の廢水は甜菜の加熱細片と接觸するものであるから、極めて夾雜物に富み、1% 以下の砂糖を含み、醣酵性であり蛋白質を比較的多く有する外に酪酸、乳酸及醋酸のカリウム鹽、アスパラギン、グルタミン及ベクチン質を含んで居る。此の廢水は甜菜 1,000 kg に對し 1.8~1.9m³ に過る。因みに全廢水は甜菜 1,000 kg に對し 15m³ であつて其の中 10m³ は第二の廢水である。この様な第三の廢水を直接河川に放流することは危険であるが、此の廢水は砂糖と熱エネルギーを有する爲、工場操作に於て循環的に使用することを心掛くべきである。獨逸にては之を利用して甜菜より糖汁を得ることが行はれてる。

11 石炭工業廢水

この廢水はガス廢水、コールタール工業廢水等であつて、その含有するタール状物質、石炭類、シアン化物等によつて工業廢水中非常に厄介なものである。

この廢水は石炭酸を 200~2,500 p.p.m. も含むので、勿論如何なる魚介も微生物も、生存し得ない。シアン化物も KCN として 200~1,500 p.p.m. 存在するものである。3 p.p.m. 以上の石炭酸の存在は確かに魚介に害を與へる様である。シアン化物もその様な量であらうと思はれる。

ガス廢液の混入せる水を灌漑用水として使用すると、植物を枯死せしめる。この廢水は沼等に貯留して置いて大氣中の空氣で幾分酸化させ得ると昔は考へられたが、そうすると折角石炭酸カルシウム等となつて沈殿したものまで分解されて遊離のフェノールを出し、更に臭氣も惡害も増加されるといふことが最近判明した。水中に 0.

1p.p.m の石炭酸がある廢水を放流したとしてもその 70 哩下流に至つても臭氣が認められると云はれる。魚介を殺さないとしてもその肉に臭氣を與へる。

之等廢水の處理方法として嘗ては、地上灌漑が行はれたが、地下水に石炭酸が混じて臭氣を井戸水に與へるので駄目になつた。又壠格子上に撒布して蒸發させる方法もあるが、之は再び空中から雨や霧その他と共に地面に下りて附近の農作物を害し、又河川水に入つて上水道の水源に悪影響を與へるので寧ろ避けた方が良いとされる。蒸發塔によつて加熱蒸發すれば、石炭酸をも回収出来て良いとされ、方々で行はれてゐる。2,500p.P.m 以上の石炭酸を含む廢水なら、經濟的に蒸發回収を爲し得ると云はれる。現在主に行はれてる之等廢水は撒布壠床によつて處理し方々で成功してゐる。又石炭を原料とする人造石油工業の廢水は活性汚泥法により最も良く處理出来ると柴田博士は云つてゐる。

12 油田及び精油工場廢水

石油の油田からの廢水は、油及び食鹽その他の鹽類を含み、且その水量も多いので厄介な問題となる。勿論灌漑用水にはならず、餘程大きな川でないと魚介を死滅させる。海水に放流すれば、灘内の魚は被害を受ける。家畜はこの水が食鹽を含んでるので寧ろ喜んで飲むが、その結果下痢と消化不良を起して死に至る。

この廢水の處理は仲々面倒で、地面に灌漑すればその附近の地下水に鹽分と油臭を増さしめる。然し地質によつては土壤中に之等厄介な物質が捕へられるので良いともされ壓力を加へて砂床に押しつぶし、無理に地下水に戻す方法も探られる。或は空になつた油井に再び戻して終つたりする。然し最も良い方法は、先づ廢水を籠の如く流した後、多くの阻板を持つた油の浮上槽内を通らして浮いた油を除去し、凝集槽で沈殿物を凝集せしめ更に沈殿槽に導いて沈殿せしめ、次いで曝氣し更に之を油の浮上槽に入れて油を除去し、最後に木屑を滤材とした濾床を通らしめた處理水を貯水池に貯留した上で放流する。

精油工場廢水は石油、石炭酸、シアン化物等を含有する點で石炭ガス廢水に類似してゐる。從て之の處理方法もそれに準ずれば良い。

13 錫金工場廢水

此の工業は小工場として存在する事が多いので、目立つ量の廢水は出さぬが小下水管を侵蝕する。殊にシアン化物を含むので注意を要する廢水である。酸の中和は石灰又は石灰石によるのが最も經濟である。中和槽中に阻板を置いて廢水を上下と交互に通過せしめ槽中に籠に入れた石灰石片を満たしたものを使ふのが簡易である。但し放流水はリトマス紙を變色せしめぬ様に絶えず注意しなければならない。カルシウム鹽類が石片心を被覆すると効力が減ずるから籠は時々取り出し水洗する。

鍍金廢水中のシアン化物の除去には種々な方法がある。即ち過マンガン酸カリを加へて静置し酸化する法。之は高溫程良く行はれる。硫酸を加へた上で曝氣する方法。廢水中に CO₂ を吹き込んでシアン化物を HCN(シアン化水素、弱酸)とし、氣散除する方法等である。鍍金廢水中の硫酸銅は消石灰を加へて水酸化銅として沈殿除去出来るし、銅鹽でも同様に處理出来る。尚銅や鐵を回収しようとすれば加熱蒸發するのが簡単な方法である。

14 主として無機化合物を含む廢水

以上述べた外に、無機化學工業は其の種類極めて多いが、次に簡単に其の廢水の主要成分を記す。

I アセチレン工場 アセチレン・ガス發生の場合に生ずる廢水には水酸化カルシウム、炭酸カルシウム、アセチレン並に少量のアンモニア及び硫化水素が含まれてゐる。

II 過燐酸鹽工業 カルシウム鹽及び遊離磷酸。

III 晒粉工業 遊離鹽酸、遊離塩素、鹽化マンガン、並にカルシウム、マグネシウム及び重金属の鹽化物

IV 殺菌操作 飲用水、公共用水及び廢水は遊離鹽素で處理する。此の時生ずる廢水が遊離鹽素を 15mg/l 或は其れ以上含む時は植物に害作用を及ぼす恐れある故廃水の處分には此の點を留意すべきである。

V ソーダ工業 アンモニアソーダ法に於てソーダ 1t を造る毎に約 15 m³ の廢水を生じ、廢水の主成分は鹽化カルシウム及鹽化ナトリウムである。

VI ダイナマイ工業 硫酸、硝酸、カルシウム鹽