

衛 生 工 学 特 論 (II)

正 員 工学博士
医学博士 広 瀬 孝 六 郎*

11. 散水濾過の新形式

散水濾過¹⁾が活性汚泥法²⁾と共に現在高級処理の両花形である事は、恐らく異論のない所と思われるが、最近のアメリカの散水濾過の形式は以前とは余程趣を異にしている。傾向としては大体高率濾過に向つている様であるが、之は従来³⁾の率の10倍以上即ち6~15 m³/日 以上の下水を濾材1m³により、又は20m³/日以上の下水を濾過面積1m²により濾過するものをいうと考えてよからう。之を次の3種に分ける。

- 1) 循環を行う：即ち次の流出下水の一部を沈澱又は散水濾過の流入下水に返送する。
- 2) 多段濾過：二段が多いか時に其の順序を変え又は並列にする事もある。
- 3) 以上の組合せ：

循環させる量は循環比で表わされ、それは循環下水量対流入下水量の比である。1から3位迄の変化があり結局濾過の負荷は(1+循環比)×流入下水量となるから、見かけの負荷は増大する事になる。流出下水をどこからとつてどこで流入下水に加えるかに従つて色々の場合が生ずる。

- 1) 濾過の流出下水を沈澱の流入下水に返送する。
- 2) 沈澱の流出下水を濾過の流入下水に返送する。
- 3) 沈澱の汚泥を沈澱の流入下水に返送する。

二段濾過は普通浅い濾過床(1~1.5m)を直列に高率で働かせる。二段にすると散水による曝気を繰返し濾過床の下水分布も均等になる。又浅い床は容易に通風されるから床内の通風もよくなる。一定時間毎に濾過床の順をかえる事も有効である。特に下水が濃度高く工場下水を多く含む時に然り。もし順序をかえないならば第二段の濾過床は少しく小なる濾材としてよい。そうする事により濾材の表面積が大になるが、已に濾過を経た弱い下水に対しては閉塞の危険が少いから差支えない。

以上の組合せも多種多様であつて一々述べるわけに

* 東京大学教授、工学部土木工学教室

- 1) 下水を噴水状として粗濾材上に散布すると、下水が其の空隙を通つて落下する間に濾材表面の好気性細菌膜に於て酸化処理されるのである。
- 2) 下水に酸素を通じて十分に攪拌し次に静置すると汚泥は容易に沈澱し上澄水は清澄となる。

いかない。但し之等複雑な操作を行うとすれば常時監督を必要とし、散水濾過の長所であるところの人手を要する事少なしという点は、最早や考えられなくなるから、余りに複雑な操作は避くべきであろう。

高率と従来から間歇的に散水が行われた低率との優劣の比較は、今日時期尚早であるとの見方もある。低率の方は過去数十年間充分に満足な結果を得て来たものではあるが、周知の通りの長所短所を持つている。高率濾過の長短は次の通りである。

- 長所：1) 濾過床が小さくてよいかから建設費は廉い。
2) 蠅の発生がない。
- 短所：1) 循環を行わないと処理程度が低く、循環は作業費を増大する。
2) 作業は敏感になるから、毒物や下水濃度の変化に堪えるという長所は失われる。(二段濾過を行えば別である)
3) 雨期には流入下水量を余り増すわけにはいかない。
4) 沈澱により余計の汚泥を除かねばならず、其の汚泥は含水率大で腐敗し易く汚泥処理が困難になる。

従つて高率濾過の費用節約は最初考えられた程大ではなくなる。併し高率によつて得られた知識経験は低率の設計作業等に改良をもたらしつつあるから、両者の率の差は将来は少くなり或いは両者の中間程度に落付くのではないかも知見られている。

アメリカでは矩形濾過床で固定式散水方法が専ら行われ、ドイツでは特に円形濾過床で回転式散水方法が多かつたが、最近ではアメリカでも回転式が増えて来た。我国では戦前は東京都三河島の矩形濾過床で走行式というのが唯一のものであつたが、最近集団住宅地区の汚水処理に散水濾過を使つている。矩形床固定式が多いが、近く回転式も作られ又其の実験も行われる筈であるから、之が都市下水処理に實際化されるのもそう遠くはあるまい。

12. 下水の簡易処理

下水処理としてはドイツでいう簡易処理場(Behelfsanlage)がある。之は必ずしも処理程度の低下を意味せず、単に建設の簡易化又は既設々備の利用を主眼としたもので、アメリカの様な富裕な国では恐らく必要なからうが、歐洲大陸特にドイツでは此の簡易処理

は実施経験済みである。例えば都市下水道に水洗便所を連結する為には処理場が要るが、其の際応急処理として高級処理に対して特に廉価なものがある。之が即ち簡易処理であつて之等の方法は必ずしも無臭とは限らないが、其の処理効果に於ては高級処理に劣るものではない。かかる方法は多くの場合単に過渡期に應急的に用い得るのみならず、實際作業の傍ら永久処理場として次第に拡張する事も出来る。特に之等は小都市の郊外処理場に推奨し得るものである。今後の日本の下水処理のあり方に就いて多分に示唆を与えるものであるが、未だ日本には導入されていないので詳細は拙著「下水道学」を参照して頂きたい。

13. 尿尿問題と下水道

尿尿問題は下水道と密接な関連があるのでこゝで取上げて見たい。以下に述べるのは経済安定本部資源調査会衛生部会で検討し提出した「尿尿の資源科学的衛生処理勧告」の内、下水道に関連の深い部分である。元来尿尿問題は都市と農村とは当然其の対策を異にするべきで、都市に於ては改良下水道の完成と共に水洗便所の連結により、下水渠を経て処理場に至りそれぞれ処理処分に附せらるべきものであるが、我国に於ける特殊事情ともいふべきは尿尿肥料化の問題である。此の問題は戦前もそうであつたが、特に戦後の過密人口を養う為には超精密農業でなければならない。其の為には尿尿を肥料化する外ないのであるが、都市の尿尿を下水に流した場合にも下水又は汚泥を通じて肥料成分が回収出来るから、或いは回収能率に於て多少の低下はあつても、衛生学的に安全になる事は償つて余りありといえよう。そこで尿尿肥料化は我国経済の大方針として当然と上げらるべき国策であるが、下水を通じて行わない限りは消化器系伝染病と寄生虫病との伝播を来す恐れがある。戦時家庭菜園の普及の為現在80%の蛔虫保持者を見る状態は思い半ばに過ぎるものがある。然も都市下水道普及の不良なる為に此の対策が寧ろ都市に於て急を要する事は、之が我国の今一つの特長である。そこで下水中の肥料成分回収に適した下水処理を考えて見よう。之には下水の液体分と汚泥との2利用方法があるが、肥料成分は何方かといへば汚泥よりは液体分の方に移る傾きのある事は注目すべきである。灌漑というのは下水を地表に導き地下に滲透濾過させて処理する方法である。下水は全くの原下水、予備処理後のもの、高級処理後の放流下水等が使われる。原理は大気中の好気性細菌による生物学的酸化で、雨量少く砂地である所は昔から行われ、ベルリン、パリ等では今日でも其の一部の下水を之によつて処理している筈である。農産物収穫は果

実を主とし野菜もあるが、多少の危険を慮り安くしている。欠点は悪臭発散、附近の地下水汚染、大面積を要する事等である。汚泥の地上投棄は乾沼と埋込とに分ける。乾沼とは汚泥を砂地又は排水のよい土地に導き、滲透と蒸発とによつて乾燥し同時に肥料として利を要するから10cm位の厚さに汚泥を流し、2~6月用する。地上大面積を要する。埋込とは深さ60cm位の溝を掘り、之に汚泥を流し込み其の上を土で蔽うのである。汚泥は又乾燥後固体粉末状の肥料として売出す事がある。乾燥には日光の力を利用する外、真空濾過、圧迫、遠心力利用等の人工脱水がある。肥料成分としては窒素と磷酸とに富むがカリは比較的少い。我国では名古屋市で乾燥汚泥を更に火炉に入れて充分乾燥の上、砂類を篩別し粉砕して「名古屋市活性汚泥肥料」の名で市場に売出して居た。以上の内で下水の灌漑と汚泥の地上投棄とは我国では余り試みられない様であるが、肥料成分回収の立場から将来は充分に考慮の価値があるであろう。

14. 下水道の効果と水洗便所

下水道完成の効果は消化器系伝染病の著しい減退にある事はいう迄もないが、此の効果は処理場を有する所謂完全下水道で、各戸が悉く水洗便所を備えて下水道に連結してくれなければ期待は出来ない。ミュンヘン市に於ける実例を表-2に示す。然るに我国の現状は処理場区域内でも水洗便所を備えない家が多く、其

表-2 ミュンヘン市に於ける腸チフス死亡率の減少

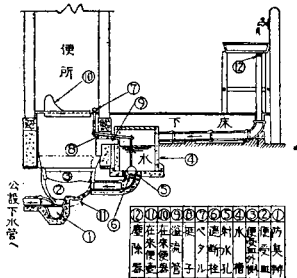
年	腸チフス死亡数	人口1万に対する死亡率	年	腸チフス死亡数	人口1万に対する死亡率
1871	220	13.2	1887	28	1.0
" 3	228	12.8	" 9	31	1.1
" 5	234	12.3	1891	24	0.7
" 7	173	8.3	" 3	57	1.5
" 9	233	10.5	" 5	15	0.4
1881	43	2.8	" 7	23	0.5
" 3	45	1.8	" 9	15	0.3
" 5	45	1.7	1901	24	0.5

註 1859年から1873年に第1期下水工事を市の一部に施し、それから漸次全市に拡張した。

の普及率は都市によつて異なるが、恐らく20~30%にも達しないのであろう。其の理由は多々あるが結局は工費の高い事に帰着しよう。そこで如何にすれば工費を安くする事が出来るかという事を前記衛生部会でも検討した。其の結論として材料を落し型式を変えて廉価にするものと、在来の汲取便所を水洗式に改造するものとの2つがある。前者では低置水槽で容量12立位とし、其の代りに洗滌管径を大にして水勢を大にし、

水槽の材質は鉄板で防銹塗料を施す。便器は陶器よりも安価なるものとして金属製を考え、アルミニウム、珪瑯鉄板等も研究されたが、之は尙研究の余地がある。之を衛生部会では普及型と名づけたが、主として西原修三委員の考案試作によるものである。第二の型式は各都市共色々考案して居り、東京型、名古屋型、京都型等がある。その内東京型の簡易水洗便所を採用したのであるが、(図-2 参照)之は主として台所の流場の廃水を洗滌水に利用するものであつて、上水使用料金の軽減と節水にも役立つのである。此の型は已に10

図-2



年前東京都の原田、新倉両技師によつて完成され、東京都に於ては相当普及されていたものであるが、在来の汲取便所の便器はそのまゝとし、便壺は取除くか又は土で埋めて上半部をかきとり、代りに便皿をなじみよく据付けトラップを経て公設下水管に導く構造とし、一方洗滌水は台所の廃水を床下に布設する導水管により、便所の土台附近に設けられた水槽に貯溜し、用便後は便器近くに取付けたペダルを踏めば甕子の作用で木製の遮断栓を開き、水槽に貯溜せられた廃水が勢よく便皿に射出しきれいに洗い流す仕組である。其の特長の一部は上にも記したが、

- 1) 廃水利用であるから節水となり水道料金が軽減される。
- 2) 装置が簡単で故障がない。
- 3) 工費低廉で汲取便所の改造が出来る。
- 4) 水道が断水しても心配はない。

強いと難点をいえば台所水の貯溜は腐敗の恐れある事、又逆に偶々水槽の水がなくなつて洗滌の出来ない場合のある事であろう。前者は台所水と尿尿と何れが汚穢不潔なものかを考えれば其の何れを貯溜する方がより衛生的なるかは議論の余地はない。後者は確かに其の恐れがあるが、尙此の型では台所水を使わず水道水を使う様な構造にも出来る。最近東京都では半額補助の下に水洗便所の普及に乗出しているが、極めて好成绩で予算が不足する位であるときいている。

15 下水道普及方策

下水道普及方策も衛生部会で採択されたが、之は水道協会の方策に準據して検討された。その技術的方策として分流式下水道を推奨した事は前にも記したが、尙簡易な処理施設を設けて高級処理に代える事もすゝめて居る。其の他財政上の問題もあり寧ろ此の方が主な隘路をなしている様にさえ考えられる。之に関しては政府は下水道築造に対して最大限の財政的援助をなす事、各都市は下水道使用料、受益者負担金等を徴収して財政的基礎を強固にする事等を希望して居るが、其後の状勢としては下水道公共事業費の増額、下水道起債の大幅引上等を政府に希望して居る。之を促進せんが為に水道協会の主催で2月5日東京で下水道促進全国大会が開かれた事を附記する。

16 水道工事の機械化

上水道、下水道両方に関連した事柄に移ると、土木工事機械化という問題がある。之は上下水道の工事が比較的規模が小さい事等から他の方面程活潑ではない様に思われるが、貯水池築造の為の土工掘鑿又は堰堤工事等には当然使われて然るべきものであろう。之等は水道特有のものではないので此の際省略する事とするが、唯上水道では配水管、下水道では下水管の布設工事は何れも水道特有のものであろう。之等も当然機械化さるべきものではあろうが、其の規模が余り大でない事と都市内道路路面下の工事である事、一部では失業対策の対象となつて居る事等の為か余り機械化されない様である。それよりも水道で最も機械化の要望されるものは緩速砂濾過の汚砂運搬ではあるまいか。之も実はアメリカでは已に実施済みであるが、我国でも戦時中の労働力不足による苦い経験もあり、之が甚しい重労働で誰にも出来るものではなく、為にこゝに緩速の一弱点がある事を思えば当然機械化を考慮すべきであらう。

17 河湖汚染と水源保護

上下水道に関連する問題では河湖汚染と水源保護とが最も重大であらう。之は水の循環の途中で起る悪循環、即ち下水道から上水道への直接循環を断ち切る事にあるが、尙河湖を汚染するものは都市下水道よりも工場下水の方が現在日本では重大である事、及び之が害を受ける者に上水道以外に農漁業のある事は問題を複雑にしている。之に関して上記経済安定本部の衛生部会では「水質汚濁防止法案」を討議決定し、資源調査会は之を採択し政府に勧告した為に、今期の通常国会に厚生省から提出される予定である。其の全貌を簡単に紹介する事とする。

各種工場下水が公共水を汚染し、灌漑用水、水産、保健衛生に障害を与え、特に我々の立場からは上水道

水源が汚染される恐れがある。併し此の問題は我国でも歴史的のものであつて、他は暫く措き水源保護の点丈を考へても、已に 30 余年の年月を経過して居る。即ち水道協会の前身である上水協議会時代から此の問題が繰返し討議され、又当局に建議陳情して来たのである。又将来に於て寧ろ悪化するとも好転すべき問題でない事も議論の余地はない。然らば今日にして之が対策を強力に実行に移さない限り、将来に禍根を残す事は英米諸国の実例に徴するも火をみるよりも明かである。併し水質の取締を極度に行えば各種産業及び鉱山を脅かし、廃水処理に無理な負担をかければ当然の結果として鉱工業は萎縮せざるを得ない。此の問題をめぐつて鋭い対立を生ずる所以である。安本資源調査会総会でも異常な迄に緊張し反対抗議も提出されたが、其の主なもの法案は個別的に実情を調査してから作るべきで、先ず研究所丈を設けられ度、経済的に不可能な場合は除外され度い等であつたが、結局 10 対 2 で水質汚濁防止法案の勧告が成立したのである。同法案には過去 2 年間資源調査会衛生部会長龜山直人工博始め委員の努力の跡がはつきり現れたもので此の点は筆者も委員の 1 人ではあるが、部会長始め幹事に多大の敬意を払うものである。即ち民主主義国として農漁民の側の権利を認める一方、産業側に対しても廃水処理の目標を設定するに当つては、十分な調査と審議とを行つて地域別に特殊事情を考慮し、処理の費用負担に堪えない時は国或いは地方自治体が費用を援助する事が出来る旨を明記して居る。以上の取締の為に総理大臣所轄の下に水質汚濁防止委員会をおき、水質汚濁に関する紛争の解決に当る。委員会には水質調査事務局を設けて事務の処理と諸種の調査を行うが、尙所属機関として水質科学研究所を設定し、水質汚濁防止に関する一切の技術的実験並びに研究を行う。委員会は中央と地方とに分れ地方は全国を 8 地区に分けて各地区毎に之をおく。水質科学研究所は全国に亘る公共水の水質の科学的調査、水質汚濁防止、産業廃水処理の実験研究を行い、之に関する専門技術家の養成をも行うもので、所長、次長以下、総務、公共水質試験、下水及び産業廃水、水産及び農業灌漑水、上水及び工業用水、水質技術者養成の 6 部をおく。次に本問題解決の鍵である所の水質標準であるが、之を何によつて明示するかどの点で汚濁されていると認めるかの標準を規定する事である。此の標準に選ぶべき項目とその限度とは最も激しい論争的であつて、公共水を汚染する側としては限度の低下を願ひ、公共水を使う側からは限度の上昇を願うのは蓋し当然であろう。両者の中間をとつて何れも共存共栄の実をあげるべく判

断決定した所に、衛生部会の最大の苦心が払われたといつても過言ではあるまい。其の項目と限度とをあげて説明を加えると次の通りである。

- 1) 溶存酸素と生物化学的酸素要求量：自然水には自浄作用といつて自ら浄化しようとする力があるが、其の内の大きな力は酸化作用であつて水中の溶存酸素を消費して好気性生物が生物学的酸化を行うのである。其の為には先ず水中に十分の量の溶存酸素がなければならぬ。又一方之を消費する被酸化物質の標示は生物化学的酸素要求量で表わされる。即ち溶存酸素は現存の酸素量を現わし之が多い事は水質のよい事を示すが、もし之を消費する生物化学的酸素要求量が多ければ、何れは溶存酸素が減少し好気性生物も死滅して腐敗菌乃至嫌気性細菌が之に代り、腐敗即ち嫌気性分解に移行する。従つて溶存酸素の大量なる事と同時に生物化学的酸素要求量の小なる事を必要とし、其の限度を規定しようというのである。公共水の生物化学的酸素要求量は 20°C 5 日間で 5ppm 以下、溶存酸素は 5ppm 以上を限度とした。尙純良水中の溶存酸素は普通 10ppm 位である。
- 2) 浮遊物質：下水又は産業廃水中の浮遊物質は放流を受ける河川、湖沼、港湾底を埋め、然も浮遊物質が有機質の場合には底で腐敗即ち嫌気性分解を受け、其の分解成生物が水の溶存酸素を消費するばかりでなく、魚類の鰓に附着して死の原因を作り物質が浮上して河川を醜くする。
- 3) 大腸菌群数：病原菌が公共水中に存在する事は勿論不可であるが、之を簡単に検出する事が出来ない。それで腸内菌の標示となる大腸菌群を検出して衛生的判断を下すのが常法である。公共水では 1cc 中に 250 以下とすべきである。
- 4) pH：公共水は中性を維持すべきで酸性或いはアルカリ性に傾くと、水中の好気性生物の生存或いは活動に不適となるのみならず、農業、水産業に害があり工業によつては其の用水としても使用出来ない。酸性或いはアルカリ性の示標は水素イオン濃度即ち pH であつて、公共水では 5.8~9.0 の間に保つのを適当とする。
- 5) 特殊毒性物質：更に微量であつても有用な水中生物及び農作物、水産物に害ある物質に就いては、一定濃度以内に止まる様に規定すべきである。之等に就いては水質汚濁防止委員会で審議し適当な処置を勧告する

以上が水質汚濁防止に関する勧告案の大要であるが、此の勧告案が法律化するならば我国の公共水は汚濁を防止せられ常に良好の水質を維持し、一般民衆の保健と産業全般の興隆とに大なる貢献をなし所謂共存共栄の実をあげる事が出来るであろう。