

工業用水道

大阪大学工学部 宮北敏夫

1. 量質両面からみた場合の水源問題

水道は種々の用途を目的として敷設されるものであるが、既に江戸時代に当時の諸外国に比し遜色のない水道ができていたことはよく知られている。もつとも家事用水、商工業用水、防水用水などを目的とする近代水道のはじまりは、明治18年起工し、同20年竣工の横浜市であるが、その後開港場、主要都市において水道事業がづきづきと行われるようになり、今日では全国至るところの都市で普及を見ている。これは人口の増加、文化の向上、商工業の発達に伴う自然の結果であつて、今後の発展が期待される。ところがわが国はその国土は甚だしく狭小でありながら、きわめて過多の人口を養わねばならない。しかも国民生活の安定を計り、国富を増進させるためには所詮産業を盛んにし、輸出の振興を計らねばならないし、従来の上水道の整備、拡充を計り、上水の供給はもちろん、さらに進んで生産工場に必要な工業用水に対しても豊富、低廉に供給せねばならない。工場の少い場合、あるいは所要水量の比較的僅少な場合は、自家水源を求めて専用水道を工場自体で作るなり、あるいは従来の水道水を以て賄うことなどが考えられるが、工場地帯が随所に出現し、規模が大きくなれば到底従来の水道水だけでは賄いきれるものでなく、またかりに大量の水を水道水に依存しえたとしても生産コストの割高を来し、経済的に採算がとれなくなることは必然である。ここにおいて一般上水道とは別個に工業用水道を企図せざるをえないことになる。

由来わが国は降雨に恵まれ、一見水資源豊富な国柄のようではあるが、一般に山地は多く、平地は少く、土地は急峻であるから自然のままに放置したのでは、この降水を十分に利用しえない悩みがあつた。したがつて水資源の開発を一層必要とするわけである。特に戦後顕著となつたように、わが国の至る所で水資源の開発利用の処置が講ぜられつつあることは同慶に耐えない。ところがこれらの開発利用については、専ら量の面に力が注がれた嫌いがあつた。いうまでもなく水源問題は量だけでは解決のつくものではなく、質が伴わなければならない。さて量の問題の解決を計るだけでも容易ならぬ大事業であつてみれば、国家は質まで考える余猶がなかつたと善意に解釈しておこう。ところが今日となつては余猶がな

いなどと悠長なことがいえないまでに、特に都市の近傍では事態が悪化してきて、わが国水道水源の将来は決して樂觀を許さない。

大都市あるいは工業都市の近傍では水源汚染の深刻化につれ、量の上では満足な水源がえられても質の上では遺憾な点多く、折角の手近な水源を有効適切に利用しえない恐れが逐次加わつてきた。そこで質をも考慮に入れた水資源の開発利用でなければならない。すなわち現状を放置したのでは、都市の近傍で量質の面からみて良好な水源はいよいよ求め難くなり、自然良水源を遠方に求めざるをえない結果となる。かくては取水設備に徒らに多額の費用を投ぜねばならないばかりでなく、その延長の増大に伴い、維持管理の面においてもその範囲が拡まるので不利不便となる。のみならず問題の根本となる取水権獲得の困難さが一層加わることになり、場合によっては事業の遂行を不可能ならしめる。また下流の都市が上流において多量の河水を取水することは、その地点より下流では河水の減少を来すからその影響の大なる場合は、河川の利用上の不利はまぬがれない。したがつていづれの点からするもこれほど不経済なことはない。したがつてこのようなことを考えると、水源汚濁防止の徹底を期することの必要性が一層痛感される。ところがわが国の現状では、いまだこの点について徹底した立法処置すら講じられていないのは極めて遺憾なことである。もつとも単に立法処置を講じただけでは、十分な目的を達しうるものではない。徹底を期するためには、総合的な水道取水計画をたてることはもちろん必要であるが、同じく総合下水道計画をもたてて上流都市村落の一般下水、工場廃水の適切妥当な処理をしなければならない。しかしこの目的を達成するためには、多額の資金、多大の労力と資材及び長年月を要することであろうから重点的に順序を追つて実施しなければならず、極めて強い忍耐と大なる努力とを要する。たとえば京阪神地方600万の住民に関係の最も深い淀川本流について論ずれば、京都市の都市下水、工場廃水の適正な処理こそ焦眉の急を要する重要事項であつて、この問題を先ず解決しない以上は淀川水系の適正な使用はありえない。

さて京都市において広域の下水道計画をたてて完全処理を早期に実行に移すことの困難である原因については、いろいろと考えられるが先立つものは財源問題だと思

う。著者の計算によれば一応百数十億円の投資をしなければ、京都市主要地域の完全処理は覚束ないであろうが、この事業が達成されなければ、淀川本流汚染の軽減は永久にありえないと思う。しかしこれだけの事業を早期にやり遂げることは容易なことではない。国家はこの河川の重大性に鑑み十分な財的援助を与えねばならない。なおこの計画の早期実現を期するために場合によつては、淀川本流を水道水源として利用する都市が、その費用のいくらかを負担するだけの備があつてしかるべきものと思う。その負担額の決定は問題であろうが、決して無意義な投資でないと思う。それは数字の上では明になしえないが、ここにはじめて信頼するに足りる水道水がえられ衛生上の安全性がまし、危険性がなくなるという大きな無形の利益がえられるし、また浄水作業費のいくらかの軽減も当然期待される。なお水源汚濁の問題は、従来の家庭用水、商工業用水、消火用水などを主目的とする水道に限らず、工業用水道についても程度の差はあろうが同じことがいえる。

2. 用途別水道及び二水源以上原水混合の水道

上記の通り水源問題の解決を計るためには、水源汚染防止の徹底を期するとともに原水浄化方式の改良進歩を計らねばならない。またさらに根本的には従来の水道計画——取水、浄水、給配水計画——の再検討をなすべきものと思う。この水道計画については用途別水道と二水源以上原水混合の水道との著者の構想をここに述べてみたいと思う。

用途別水道とは飲用、台所用、商工業用、消火用、撒水用、道路及び下水管渠の洗滌用などという如く、その用途に応じて別個に水道を作ることである。それら水道に必要とする原水水質標準に応じた経済的な水源を求めらるわけであるが、飲用、台所用の場合は、その原水は良質なものであり、浄水は飲料水判定標準に適合したものでなければならない。ところが上記の通り水源汚濁の問題は人口の増加と工業の発展に伴い重大化する。いかに下水道が完備し、完全処理がえられても従来の如き清冽さは到底のぞまれるものでもないし、また完全下水道と一口にいっても並大抵の事業ではないから従来の取水型式による適当な水道水源は求め難くなる。そこで少量で足りる飲用、台所用水に対しては、これのみによる水源を考えるとときはその良水源が遠く上流にあつても、取水費はそれほど高増するものとも考えられないし、根本問題である水利権獲得の問題も、その解決を容易にすることは想像に難くない。つぎに消火用、撒水用、道路及び下水管渠洗滌用などは、その原水水質標準が飲用、

台所用のそれらに比し著しく低下しても差支なく、大量を要するこの種の水に対し従来のように良質の飲用水と同質のものをあてていたということ事態が、浄水費の点、水源問題の点などから考えてきわめて不経済で不自然だといわざるをえない。幸いこれらに対する原水水質標準は、一段と格下げしたものでよいのであるから、飲用、台所用水道水源のように上流でなくともこの場合の水源は、都市の近傍で求められる機会が多くなるので、水源問題の解決が容易となり、取水費の低減が期待される。また原水の水質いかんによつてはなんらの処理を必要としないことも起ろうし、必要があつても最少限度の処理でよいことになるから、浄水費の甚だしい軽減が期待される。工業用水道の場合だとそれぞれの目的に応じた浄化をするのが理想であろうが、それは経済的に実行困難である。工業用水道が工場全体を包含して計画される以上は、工場としてその最も大量を必要とする用途の使用水を対象とすればよろしく、特殊な水質を必要とする場合は一応これは対象外として、この場合は単に対象となつた水の供給を行い、工場自体がその水に対し必要とする程度の浄化を行えばよい。一般的には工業用水道の場合は、原水及び浄化水の水質標準は前二者の中間程度と考えてよいと思う。このように考えてくると飲用、消火用、工業用などとその水源は別々であり、浄化の程度もことなり、それぞれの水道が三つもできることになる。取水浄水設備の二重三重となることはそれほど問題とするに足りない。かえつて取水設備が二重であれば給水上の安全性が増すこととなり、また浄水設備の方は場合によつてはこれを一箇所にあつめ、そこで浄化の程度を変えればかえつて浄水費の軽減が期待される。ただ給配水設備の二重、三重は複雑さを加えるからこの点は好ましくないが、工業用水道の場合は全市域に亘るのではなく、特定の工場地帯を対象とするものであるから、この地帯に限り便宜上消火用、撒水用、道路及び下水管渠洗滌用などの水道水源は、工業用のものと共通にすればその地域の給配水設備の三重はさけられる。

つぎに二水源以上原水混合の水道とは、水源の水質が極めて不良で場合によつては不適當と思われるものであつても、豊富な水源が手近に求められるならば、とりあえず先ず、この方の量は確保しておくこととし、これにたとえ遠隔の地であつても水質良好な原水を適宜混合して、上水道としての原水標準を下らないものとすれば飲用、台所用水としては、水質は用途別水道には劣ろうが給配水設備の二重となる欠点はまぬがれうるものである。この構想は上水道は在来の施設そのままとし、工業用水道だけについて考えた場合でも水源問題解決に大に役立つものとする。

3. 工業用水道の必然性、将来の水 源及び水質基準

工業水道を必要とする地帯は全市域に亘るものではないが、とくにわが国のような山地は多く、平地の少い、海岸線の長い国柄では、自然大工業地帯は海岸埋立地とか臨海地帯になることが多からうし、同じ市域でも上水道水源から最も遠く離れた地域となる場合が多いと考えられるから、この地帯の工業用水を水道水によつて賄うものとするれば、浄化に余計な費用を投じたことになり、さらに、送水距離が長くなるため給水上それだけ余計な経費が必要となり、採算のとれない恐れが出てこないとは限らない。したがつて工業用水道としては、原水水質の点では上水の場合には及ばないが、できれば比較的工場地帯に近接した地点に水源を選び、従来の水道とは別個に計画するのが水源問題解決と用水費の低減とを計る上で有利であつて、今後工業の発展に伴いこの種の水道の進展が期待されるわけである。また従来、工業用水に対してはなんらの保護育成の処置が講ぜられなかつたために個々の工場は、その必要量を地表水または地下水に求め、独力でもつて自己の便宜に応じた施設を施して取水していたが、次第に同一地域に工場が密集して工業地帯を形成するに及んで、水源の涸渇、海岸地帯において地下水の低下に伴う塩水の混入、地盤の沈下あるいは新たに水源を確保することの困難なことなど種々の支障を来し、これらの解決のため近年個々の専用水道から、逐次組合または地方公共団体などの経営にかかる漸次大規模の工業用水道に、切換えようとする傾向がみられるようになった。もつともこの傾向は戦前にもあつたことだが、戦後その傾向が一層強くなつたことは事実であつて、

特に工業用水道に関する行政が通産省の所管することとなるに及び、昭和31年度からは上記の如き理由で工業用水道事業を起す場合は事業費の $\frac{1}{4}$ 国庫補助の恩典が与えられるようになり、また32年度は工業立地の見地から必要不可欠のものと認められる場合は、上記の理由でなくとも国庫補助の制度が適用されることになつた。北九州の工業用水はこの例である。このような状勢であるのでこの事業の今後の進展が一段と期待されるわけである。

一体工業地帯の工場で使用する水量は極めて大量で、その水量は工業都市である以上は上水道の使用量を遙かに突破するのが常である。また使用目的に応じてその水量には大きな相違のあるもので、そのきわ立つて大量を必要とするものは川崎市、大阪市の例によるも各業種別を通じ冷却用水のようである。わが国の現状では工場用水の供給を多くの場合地表水を水源とする大規模の工業用水道び上水道からうけるものと河海水または地下水を水源とする工場各自の専用水道からうけるものなどがあるが、工場地帯が河海に近接する場合は工場各自の使用目的にもよろうが、河海水による場合がきわめて多いのが自然である。なお建設省計画局の最近の調べによればわが国工業地帯及び準工業地帯において使用される工業用水は、海水は除外されているがその使用量一日4,769,100m³に達し、その水源の利用率は河川55%、深井戸22%、工業用水道12%、上水道9%、浅井戸2%となつている。表一1及び表一2に示す如く大阪市及び川崎市におけるものによれば供給源としては河海水、用途別としては冷却用としての使用水量が断然多いことがわかる。なお大阪市におけるものは工業用水道開始前のものであるが、この一兩年の実績によれば工業用水道の使用量は年間おおむね福島12,000,000m³、三国1,000,000m³内外に達するからこの水量は無視することはできない。

第1表 大阪市における用途別工業用水使用量 (昭和28年度)
(単位 m³/年)

用途別	供給源	上水道	河川水	地下水	海水	計	
飲料用		4,394,640	—	531,409	—	4,926,049	(3.7%)
汽罐用		2,829,740	390,394	335,383	—	3,555,517	(2.7%)
原料用		2,840,319	3,276,635	1,924,146	54,600	8,095,700	(6.0%)
洗滌用		7,489,331	16,717,372	5,181,648	369,200	29,757,551	(22.2%)
冷却用		5,043,539	29,276,562	11,292,102	23,367,376	68,979,579	(51.4%)
その他		4,965,661	11,265,608	2,583,138	68,074	18,882,481	(14.0%)
計		27,563,230 (20.5%)	60,926,571 (45.4%)	21,847,826 (16.3%)	23,859,250 (17.8%)	134,196,877 (100.0%)	

備考：① 本表は大阪府土木部計画課で作製した琵琶湖調査地域、工場実態調査報告書（昭和30年3月）より抜萃する。
 ② 調査対策工場数は従業員30人以上の2,127工場である。
 ③ カッコ内数字はそれぞれの比率を示し、表一2も同じである。

第2表 川崎市における用途別工業用水使用量 (昭和29年度)
(単位 m³/d)

用途別	供給源					計
	工業用水	上水	地下水	海水	回収水	
冷却用	140,535	4,627	11,995	758,400	86,410	1,001,967 (94.8%)
洗滌用	19,920	8,440	—	—	—	28,360 (2.7%)
汽罐用	3,180	4,913	25	—	—	8,118 (0.8%)
原料用	—	2,110	200	—	—	2,310 (0.2%)
飲料その他	2,151	12,919	500	—	—	15,570 (1.5%)
計	165,786 (15.7%)	33,009 (3.1%)	12,720 (1.2%)	758,400 (71.8%)	86,410 (8.2%)	1,056,325 (100%)

備考：① 本表は田上稔氏の「工業用水道水源として下水利用について」と題し、水道協会雑誌、第264号(昭和31年10月)に発表したものの中から引用した。
 ② 工業用水、上水は市水道給水であつて、特に工業用水は凝集沈殿処理のみを行う。
 ③ 回収水は工業用水77.3%，上水22.7%である。

第3表 大阪市工業用水道福島浄水場水質試験成績 (昭和30年度)

試験項目	原水			沈殿水			濾過水		
	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均
気温 (°C)	34.7	2.9	18.7	33.8	1.8	19.0	33.6	1.5	18.0
水温 (°C)	30.4	3.9	16.7	31.2	3.7	16.7	30.4	4.1	16.0
濁度	250.0	5.0	13.7	13.0	0.5	1.8	2.5	0	0.2
色度	90.0	3.5	7.4	8.0	0.5	1.4	1.5	0	0.3
pH値	7.0	6.6	6.9	7.2	5.3	6.7	6.9	6.3	6.7
総アルカリ度	29.8	23.2	27.0	28.0	16.8	23.0	27.3	18.2	23.0
総酸度	5.5	4.0	4.8	8.9	6.5	7.4	8.6	6.6	7.4
塩素イオン(ppm)	9.9	7.8	8.9	10.1	7.6	8.9	10.2	8.4	9.2
KMnO ₄ 消費量(ppm)	20.11	4.11	6.85	6.95	2.53	3.43	4.94	1.88	2.69
総硬度	29.8	24.0	27.0	31.3	25.1	27.3	31.4	25.8	28.0
蒸発残留物(ppm)	97.8	82.8	88.5	80.3	63.5	72.9	79.5	59.0	70.1
総鉄量(ppm)	0.86	0.39	0.59	0.29	0.12	0.18	0.20	0.07	0.13
一般細菌数(1cc中)	710,000	740	36,000	21,000	8	2,800	9,100	1	420

備考：① 本表は大阪市水道局水質試験所調査報告ならびに試験成績(第7集)による。
 ② 硫酸イオン、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素、アルブミノイド性窒素は痕跡程度である。
 ③ 水源は淀川水系中津川運河で、薬品沈殿、急速濾過の処理をうけている。

第4表 川崎市における給水源別工業用水水質

試験項目	給水源	上水	地下水		工業用水	海水
			海浜	奥地		
浮遊物質(ppm)		1.1	16.79	18	12	9.7
蒸発残留物(ppm)		95.7	14.95	303	97	35.31
シリカ(sio ₂ ppm)		12.2	40.4	35.3	19.20	5.1
総鉄量(Feppm)		0.77	2.25	7.0	0.35	1.89
カルシウム(Cappm)		14.94	44.24	20.58	16.42	385.22
マグネシウム(Mgppm)		2.42	49.28	12.52	2.18	744.10
硫酸イオン(SO ₄ ppm)		14.52	2.28	4.5	13.5	2,357.32
塩素イオン(Clppm)		88	696.7	37.0	8.26	NaCl/27.4g/l
pH		6.9	7.3	6.9	7.1	7.4
硬度(°dH)		2.7	15.03	5.79	2.8	339.68

備考：① 本表は田上稔氏の「工業用水道について」と題し昭和32年3月、土木学会関西支部において衛生工学の講習会において発表のものである。
 ② 工業用水道の水源は相模川表流水沈殿水、多摩川表流水沈殿水及び鑿井水との混合水である。

第5表 東京都三河島下水処理場3 過水水質試験成績 (昭和30年4月~同年7月)

試験項目	処理下水			濾過水		
	最大	最小	平均	最大	最小	平均
気温 (°C)	34.0	11.0	24.6	34.0	11.0	24.6
水温 (°C)	28.2	15.6	21.45	28.2	15.6	21.88
色相			淡灰黄色			なし
臭気			なし			なし
pH 値	7.2	6.8	7.07	7.2	6.8	7.06
蒸発残留物 (ppm)	1682	512	11.21	1598	708	1146
熱灼残留物 (ppm)	1094	298	756	1038	486	791
熱灼減量 (ppm)	588	202	365	560	156	355
溶解性物質 (ppm)	1636	482	1087	1572	686	1126
溶存酸素 (ppm)	4.5	1.0	2.12	4.5	0.63	2.63
酸素飽和百分率 (%)	48.3	11.9	23.34	48.4	7.5	29.20
アンモニア性窒素 (ppm)	14.3	9.6	11.75	12.6	9.3	10.43
亜硝酸性窒素 (ppm)	2.2	0	0.29	2.0	0	0.24
硝酸性窒素 (ppm)	1.5	0	0.3	1.3	0	0.31
塩素イオン (ppm)	640	150	394	600	150	375
アルカリ度	148	120	131	148	120	130
酸度	7.5	5.0	6.2	7.0	6.0	6.23
硬度	367	140	255	367	160	247
透視度	100以上	29	52.7	100以上	50	95
濁度	10	3	6.00	4	1.5	2.55
浮遊物質 (ppm)	52	22	34.00	26	12	19.60
B. O. D. (ppm)	15.1	1.8	5.18	5.2	1.1	2.48
C.O.D. (高温法) (ppm)	18.0	12.5	15.75	15.0	10.5	12.95
総窒素 (ppm)	16.51	11.73	13.99	13.70	10.43	11.70
アルブミノイド窒素 (ppm)	0.5	0.1	0.31	0.3	0	0.17
有機性窒素 (ppm)	1.7	0.5	1.34	0.9	0.2	0.55
硫化物(ヨウ素消費量)(ppm)	9.52	4.44	6.58	8.88	3.80	5.52
油類 (ppm)	5.2	1.6	2.96	3.6	1.0	2.12
一般細菌数 (lcc中)	534,000	8,000	161,000	232,000	2,000	41,000
遠藤赤変菌数 (lcc中)	600	80	238	150	20	95
鉄 (Fe) (ppm)	2.8	1.4	2.30	2.1	1.0	1.73

備考：① 本表は野中八郎、沢田敬一氏の「工業用水になつた下水」と題し、水道協会雑誌、第252号（昭和30年10月）に発表したものの中から抜萃した。

② 処理下水は活性汚泥法によるものである。

なお工業用水道の原水及び処理水の水質については、大阪市及び川崎市におけるものを表-3及び表-4に示しておく。その原水水質のいかんによつて当然浄化程度をことにしなければならないことはもちろんであるが、普通は上水ほどの清澄度を要しないようである。

工業用水道を計画するに当つては、もちろん採算を度外視することはできない。工場の経営費中の水の費用の占める比率を調べておくことは、工業用水道事業を経営する上において大に参考となり、役立つものであつてこの比率は、一般にきわめて低値であらねばならない。田上稔氏の川崎市における調べによれば、最高の化学工業

において1.94%、最低の機械工業において0.11%となり平均すると0.5%の比率を示している。また現在1m³当りの費用は上水14円、工業用水4円、地下水5.6円、海水1.3円の割合になる。大阪市の場合だと1m³当りの費用は上水13.5、工業用水6.8円となる。なおこの工業用水道水の料率については通産省ではさらに低値を対象としているようである。

さて工業用水道の水源を求めることの困難なために近年下水の処理水を再生利用する方法が始められた。このことは下水の高級処理の実現の上にも甚だしくプラスになるものと思われる。わが国では東京都三河島下水処理

場において最近近接の一製紙会社の要請を入れて実行されるようになった。ここに至つたわけは製紙工場で使用中の荒川の河水が逐年汚染され、かつ高潮時に多量の塩分が存在して製紙用水としては、不向きになつてきたため鑿井に頼らねばならなくなつたのであるが、この地域においては各種工場の鑿井利用のために地下水の水位は低下し、水量は減少して所要量の水がえられなくなつたので、さらに深い鑿井を掘りあててその希望を満たそうと試みたが遂には水量の期待ができない事態に立ち至つたからだといわれている。

三河島下水処理場は沈砂池、スクリーン、第1沈澱池で予備処理を行い、さらにシェフィールド式活性汚泥法または走行式散水濾床法によつて第2次処理が行われていることはよく知られている。工業用水に利用しているのはこの活性汚泥法処理水の一部であつて、この処理水を急速濾過にかけ、その濾過水を工業用水として使用しているのである。もつともこの場合の特徴は、従来から急速濾過の場合欠かさない硫酸アルミニウムのような凝集剤を以てする混和、凝集、沈殿の予備処理操作の不用であることで、活性汚泥法第2沈殿池流出水中にわずかに混入する活性汚泥フロクの微量による一種の生物的濾膜を作らせる所にあるのであつて、従来の人工濾過膜に相当するものである。このような企てはわが国では、最初の試みであるだけに今後の成果が期待される。なお急速濾過池の容量は一日15,000m³である。料率は一箇月使用水量250,000m³までは1m³につき2円、これを超えた分については1m³につき1.8円とし、使用水量の多少にかかわらず一箇月250,000m³の水量を以つて基本料金とすることになつている。なおこの場合の水質試験成績を表一5に示しておく。

以上述べた通り工業用水道の水源は従来主として河河水、地下水とされていたが、今日では処理下水までがその水源として利用されるようになってきたことは、いかにその水源を求めることの困難になつてきたかを現実に

証明するもので、水資源の貴重なこと及び水資源の高度の利用の必要なことを教えるものである。

さて工業用水として断然多く必要とされる冷却用水としては、その水温はできるだけ低いことがのぞましいところが冷却用水の水質または水温によつて製品の品質に影響を与える場合があり、また水質によつて腐蝕水蝕作用を促し、設備を破損し、スケール附着、スラッジ形成、生物繁殖により操業効率の低下が起る。とにかく水温は主要な因子となり、直接生産に影響し、使用水量にも関係する。冷却用水として海水使用の場合は水温の高いことは豊富な水量によつて相殺しうるが、淡水の場合は工業用水道としては水量が限定されるから、水温としては20°~22°Cという如く適当な数値が考えられる。ところで地下水の場合は、ほぼ16°Cと一定しているから夏期における表流水の温度上昇を井水の混合によつて調節するというようないわゆる二水源原水混合方式も考えられ、十分検討してみなければならない。

冷却器の附着物を放置すると当然その命脈に影響し、冷却効果、生産効果に影響を及ぼす。そこで冷却器の清掃は少くとも年1~2回は必要であろう。附着物は浮游物質の量と質、その種類に支配され、常温ではその硬度とは無関係のようである。水による金属の腐蝕は水温、pH、電解質、溶存酸素等に主因があり、その内でも溶存酸素の量が一番大きい影響があるようである。

上水道において飲料水判定標準があるように、工業用水道においても適当な水質標準があつてよいはずである。これには最も多く使用される冷却用水を対象にして考えればよい。汽罐給水、原料用水などについては一応対象となつた冷却水を供給することにとどめ、それぞれ必要とする水質標準にまで工場自体が冷却水に対し処置を講ずればよい。いずれにしても使用者側、供給者側、水質専門家など関係者が相寄つて協議し、適切妥当な工業用水判定標準を作るべきものと思う。

TOPIC

無音無振動式の杭・浮基礎

大阪のような地盤の悪い所に大きなビルでも建てることになると、今まではガンガンと杭打を行つて、近所の人々から苦情を持ち込まれるのが当然のようになっていた。しかしお蔭で最近はその心配も大分少なくなつたようである。それは杭を打たないで建物を地中に浮かせるような設計や、音も振動も与えないで前よりもよい杭を打ち込む工法が進歩したためである。もつとも“建物

を浮かせる”などというといかにも乱暴のようで、監督官庁が仲々認可してくれないこともあるが、要するに1つ1つの独立した基礎ではなくて、底面全体にスラブを張りその全面で反力を受けるようにするのであるから、全く心配はないはずである。

次に無音無振動式の杭について説明しよう。これは従来のように衝撃力を加えて無理矢理に杭を打ち込むのではなくて、中空の杭に油圧を加えると共に、その先端附近の土をウォーター・ジェットまたは棒でかき乱しなが

生産と技術

ら沈下させて行くものである。そして崩し取られた土はサクシオン・ポンプで水と共に吸い出して行く。かようにすれば音や振動を生じないのは当然であるが、さらに杭の支持力をかなり増大し得るという利点がある。なぜならば今までの方法であると、多くの場合余り深くない弱い層の所で杭が止つてしまつたのに、今度はその層を貫いてもつと強い地層にまで杭を到達させることができるからである。またペDESTALといわれる杭、すなわち鉄管を打込みそれを引抜きながらコンクリートを詰めて行くものでは、そのコンクリートが途中で切れるかも知れず、また良質のコンクリートを打つことは困難であるが、無音無振動式では工場入念に製作した杭を用いるので、かような心配は全くない。

しかしこの方式の大きな欠点は、現在の所打ち込みの工費が他に比べてかなり高くなることである。この点については、今後打ち込みの方法そのものについても色々工夫を加えねばならないが、最もよい対策は杭の直径を大きくすることであろう。いいかえればその直径を現在の50cmから70cm位にまで増大させて1本の支持力を上げ、かくして杭の本数を減らすことによつて、打ち込みの費用をカバーするわけである。そうすれば今までのように適用個所が特に音と振動を嫌う所に限られることなく、どこでも使われるようになるであろう。

(工学部・伊藤富雄)

既設水力発電所の改修とその水理実験

経済的に開発可能なわが国の包蔵水力の大部分が、既に利用しつくされた感のある現在、将来の莫大な電力需要に応ずるため原子力発電が華々しい脚光を浴びて論議されてはいるが、今一つ極めて対蹠的に地道ではあるけれども既設の水力発電所の改修による効率の向上と発電量増加の対策も決して忘れてはならないと考える。

現存する発電所で、かなり古いものは屢々巷間で批判されるように、ダム貯水池の土砂堆積等、設備自身の老廃によつて発電量の低下や種々の trouble を伴うものもあるが、更に学問の進歩につれて建設当初は判らなかつ

た設計上の難点が今日になつて指摘されるものもある。

水力発電所に限らないが、一般に水理構造物の建設に際して、大規模な模型実験を行いその実験資料によつて設計上の諸問題を補足検討するという行き方は、きわめて最近になつて採られる方法であつて、昔は技術者の経験に基づくカンと初歩的な理論による予測によつて工事が行われたことが多い。水理学の漸進的な発展と、水理実験技術の飛躍的な進歩に伴つて、既設発電所の種々な欠点が明らかになつてくるのも当然の勢であろう。

一般に老旧化した諸施設を新規に改築するにはかなり大きな投資を必要とするらしいが、上に述べたような類の改修工事はしばしば極く僅かな改築によつて比較的大きな発電量増加を期待出来るので、たとえ模型実験に要する(通常取るにたらぬ些細な費用であるが)経費を見込んだ所で、十分経済的に有効な方法であろう。

一つの例として、われわれが行つたこの種の実験について述べると、30,000KW水路式発電所の取入口形状が適当でないため、設計出力を一杯に出すことが出来ないので、模型実験によつて、適確な取入口形状を定めた。実験結果によれば、取入口の下流側 Corner を約4~5m陸側に引いて、取入口幅を拡巾してやれば、取入流量が現状より約1割程度(従つて電力換算:3,000KW)増加することが確認された。取入口の片側 Corner のみを僅か4~5m程度けずるだけのことで出力が1割も増加するのであるから経済的な効率是非常によいことになる。

このような改良案が理論的な予測のみでなく、かなり大規模な模型自身によらなければ解明されない理由は、主として流れの糸の中に含まれる大小の渦領域の複雑な挙動が現在のところ解析的な取扱いが出来ないことに起因しているようである。

ともかく単に水力発電所の問題に限らず、一般の水理構造物の計画設計に当つては、徹底的な模型実態による問題の究明が必要であり、経済的にもきわめて有効であると考える。

(工学部・室田 明)