

## Ⅶ. 中国の水質汚染と対策

- 1987.6, 中国, 北京工業大学土木系 (水処理・用水技術講義), 短期派遣
- 1990.10, 中国, 化学工学会第五回化工設備技術会 (濾過・乾燥技術講演), 短期派遣
- 1993.5, 中国安徽省定遠製塩廠 (製塩技術指導), 短期派遣
- 1994.4 中国, 北京工業大学土木系 (水処理技術講義), 短期派遣

播磨幹夫

### 1. はじめに

我が国の隣国でアジアの各国中、最大の人口と国土を有する中国は、寒帯地の東北地方から中央アジアに続く西北蒙古砂漠地区、ヒマラヤに接する西藏高原から山岳地帯を東に下り沿海地域に達する肥沃な穀倉地帯、亜熱帯に広がる海南地域の広大な国土を有し、地勢・気候の変化は人々の生活の水準の向上変化と共に、大気・水質の環境汚染の拡大進展がみられ、今後この儘の状況では人為的処理対策を施さない限り、その動向が一層進む恐れがある。そこには経済発展に伴って消費されるエネルギー量の増加で「三廃」による大気・河川・湖沼の汚染が進み、多くの人々の健康や自然への様々な影響が見られるようになる危惧がある。因みにこの大国は決して水資源は豊富な国ではなく、水資源の乏しい立地や水不足の状況が各所でみられる地域が少なくない状況である。

#### 1.1 我が国と異なる中国の河川・湖沼の水質の環境

中国の広大な地域の水質の環境を一口に述べることは難しい。中国の広大な地域は砂漠や季節による渇水状況の地域や、雨の多い山岳地を始め灌漑や水運に恵まれた地域、大雨・洪水被害の発生が頻繁に見られる治水を必要とする地域、工業設備の集まった地域や人々の生活状況による水質の汚染地域などがある。そして何より今まで人為的な汚染の発生源に対して本格的な水質汚濁防止装置の設置の遅れによる排水の河川・湖沼への放流による自然浄化の能力以上の汚染が目立つ。これらの広大な国の水質の環境汚染の全体の状況を数値的に知るには、畢竟政府機関の発表する国全体の統計数値に依存せざるを得ない。

各種の地域の水質汚染の程度は、河川や湖沼などの地表水と地下水などの汚染物の数値がその動向の一つの指標として挙げられる。また一方では中国の水資源問題例の一つに、中国を代表する母なる二大河の一つの黄河で最近渇水期に全く干上がった河口が見られるようになり、大河の水が渤海湾に届かない状況の発生が見られる。この国の西北の砂漠地は水資源不足の立地箇所である一方、西南部の西藏高原に源を発する長江は中国西部の山間を下り江蘇平野の灌漑、水運に大きな利用が見られる穀倉地帯を形成し、その他の中

国の代表的な大河の幾つかと同様、沿岸流域の都市や工業、農業施設から排出される各種排水による汚染が自然浄化の機能を上回る地点が多く見られるようになっている。

そして人口の密集する北京、上海、天津などの大きな各都市では、下水処理設備の遅れで市を流れる様々な河川や付近の湖などは産業排水や生活排水による汚染が著しい。

この国の二大河や運河などによる水に恵まれた地域も見られるものの、国全体としては華北地域や人口密度の高い都市などでは水資源は不足の状況にあり、シルクロードの砂漠地域では風力や太陽熱による発電、逆浸透膜法による飲料水の確保などが行われる機運にある。

華北の立地は首都北京などは水源に乏しく、其処に最近の経済発展に伴う生活様式の近代化への変遷は、用水の使用量の増加となり、水源の確保と排水処理施設の増設の必要に加え、中水の利用などを含めた水処理設備の充実を推進しなければならない状況が生じている。これらの状況は中国は水資源が決して豊富な国でなく、都市の生活排水汚染、農地での農薬や富栄養化汚染、鉱工業資源の開発による水資源の汚濁に加え、各種の排水の発生源に本格的な水処理設備の早急な設置が汚染防止に求められる状況下にあるといえる。

一方水質の点からは化学・生物的な上水処理設備の遅れにより、生水の飲料としての利用は行われず、内陸地域に比較して沿海地域への人口や各種設備の集中と、その中で更に都市などの局地での高密度の人口や、工業施設の集中による高い水質の汚濁状況が見られる。そして最近では経済の発展により都市での瓶詰飲料水製品の販売繁盛の現象も生じている。一方では世界最大の三峡ダムの建設推進工事は、この国の環境とエネルギー対策問題を踏まえ、屢々見られる長江下流の様々な氾濫防止、治水への貢献が期待されている。

この広大な国に比較して幅の狭い南北に長い我が国の地形は、太平洋ベルト地帯に高人口密度の都市や工業施設が集中し、生活用水を始め工業用水の不足が見られるものの、各地は降雨・降雪による水資源と水質に恵まれた環境といえる。其処では 1970 年代に見られた経済高度成長時と、その後の過程でそれに伴うエネルギー使用量の増加で発生する水質汚濁公害問題に産・官・学共同での対策の促進が見られ、生物・物理・化学処理各法の組み合わせによる工業排水の処理設備を始め、生活排水の処理設備の普及が見られるに至った。

そしてこれらの設備や装置は更に生活環境の変化と共に経済性の高い水処理プロセスや機器の開発が望まれている。すなわち大型化する都市化の状況や増加するエネルギー利用事情は、更に高度な排水処理装置や下水処理設備、中水処理設備などの建設が進められ、地球環境対策への水質汚濁防止、水の有効利用の状況が出現している。

## 1.2 中国の水質汚染の状況

中国での大気・水質・ごみ排出物の「三廃」と呼ばれる各汚染物による自然環境の破壊は、広大な規模で酸性雨や富栄養化現象を含む水質汚濁の現象が経済の発展並びにエネルギー消費量の増大でみられ、各種の防止装置の設置無しでは自然浄化の効果のみでは清浄化が及ばない段階となっており、国土の各所での自然破壊や人々の人体への悪影響が進むことが予想される。特に人口密度の高い都市や無計画に配置された工業施設の稼働地域などでは早急な今後を考慮した基本的な環境対策の実施が求められる。

長江沿岸の大小河川・運河などは農業・灌漑・交通・運輸への立地に恵まれる一方、水の少ない華北平原は北京に代表される生活様式の変化は、人口の集中・水の消費量の増加となり下水処理水などの再利用が推進されなければならない。最近は黄河の渇水期に見られる山東省の河口部での河水が干上がる現象が何度か見られるに至っており、農業、工業に於ける水の有効利用と汚染対策が共に求められるようになってきている。全国的な水の汚染状況は河川・湖沼などの自然浄化の水準を越す汚染防止には、排出元での水処理設備の設置が必要な状況が増加してきており、工業設備や都市からの排水処理が求められる。

一方水不足の地域では農業への利用法から、工業用水・生活用水の有効利用を始め様々な水の再利用が強く求められる。地下水の汲み上げは深度堀の競争現象から地盤沈下がひどい都市もみられるようになっている。

中国では以前はかつての先進国にも見られた一般の認識に、生産第一・環境第二といった傾向も見られたが、政府は現在では様々な法律・規制・標準の制定を実施し、その基礎となる汚染の状況の測定から解析が行われる一方、いわゆる公害防止機器や設備の関係事業者への設置義務付けから技術開発から設置へと環境対策に力が注がれてきており、我が国を始め欧米各企業からのこれら各方面への協力も少なくない。次に中国の水質汚染状況についてみてみることにする。

1993年の中国における排水の総排出量は全国で355.6億トンで前年比3.0%の低下、その中で工業排水の放出量は219.5億トンで前年比6.2%の低下である。工業排水の化学的酸素必要量は622万トンで前年比12.5%の低下、重金属排出量は1,621トンで前年比6.9%の低下である。

砒素の排出量は907トン前年比4.0%の増加、青酸化合物の排出量は2,480トン前年比30.7%の低下、揮発性フェノールの排出量は4996トン前年比22.2%の低下、石油類の排出量は71,399トンで前年比9.7%の増加である。

同年の全国の大きな河川の水質は基本的に良好であるが、これらの流れの都市部では汚染が深刻なものがみられる。七大水系と内陸の河の流れの水質の評価は123の重点河川中

で、「地面水環境質量標準」の 1.2 類に符号するものは 25%、3 類に符号するものは 27% で、4.5 類標準のものは 48%を占める。観測結果では全国の河川流域の水質汚染の種類は有機汚染で、主要な汚染物はアンモニア態窒素、高マンガン酸塩指数、生物化学的酸素要求量と揮発性フェノールである。

長江の水質は良好で、支流の水質も良好であるが重慶、武漢、南京、上海などの主要都市の水域の汚染は深刻である。50 の重点河の中で 1.2 類の標準に適合するものは 37%で、3 類の標準に適合するものは 31%、4.5 類の標準に適合するものは 32%で、主要な汚染物はアンモニア態窒素、高マンガン酸塩指数と揮発性フェノール、部分箇所では銅や砒素化合物が標準を超過しているものがみられる。

黄河流域の水質は良好であるが重点観測による支流の途中の汾河、淮河、伊洛河、小清河の河の途中では有機汚染が深刻である。16 箇所の重点観測河で 1.2 類の標準に適合するものは 13%で、3 類の標準に適合するものは 18%、4.5 類の標準に適合するものは 69%である。主要な汚染物はアンモニア態窒素、高マンガン酸塩指数、生物化学的酸素要求量と揮発性フェノールである。

珠江流域の水質は良好であるが部分的な支流の汚染は深刻で、桂江では持続時間が 4 月で汚染の長さが 250km に達する重大な事故がみられた。7 箇所の河川中の観測点では、1.2 類標準に適合するものは 29%で、3 類の標準に適合するものは 40%、4.5 類の標準に適合するものは 31%を占め、主要な汚染物質はアンモニア態窒素、銅と砒素化合物である。淮河の流域の水質は汚染が進み、渇水期の水質の汚染は深刻で、河川中の 82%を越している。13 箇所の河川中の観測点では 1.2 類標準に適合するものは 18.3%で、3 類の標準に適合するものは 15.7%、4.5 類の標準に適合するものは 66%である。主要な汚染物は高いマンガン酸塩指数とアンモニア態窒素、揮発性フェノールである。

松花江、遼河の流域の汚染は深刻で、松花江では 6 箇所の河川の重点観測点では 3 類の標準に適合するものは 38%、4.5 類の標準に適合するものは 62%である。主要な汚染物はアンモニア態窒素、揮発性フェノールである。遼河の流域の汚染も深刻で汚染物は標準値を超過し、その中で太子河の本溪では汚染がひどい。8 箇所の河川の重点観測点では 3 類の標準に適合するものは 13%、4.5 類の標準に適合するものは 87%である。主要な汚染物は高いマンガン酸塩指数とアンモニア態窒素、揮発性フェノール及び水銀で、部分的には銅の超過がみられる。海河の流域の水資源は乏しく汚染が進んでいる。10 条の河の流れの中で衛河、安陽河、滦河、御河、洋河などの河川の部分は有機汚染が進んでいる。前流域の 16 箇所で、3 類の標準に適合するものは 50%、4.5 類の標準に適合するものは 50%である。主要な汚染物は高いマンガン酸塩指数とアンモニア態窒素、揮発性フェノールで

ある。

中国の内陸河川の水質は良好で、自然条件の影響を受けているが、部分的な河流では pH 値が偏大し、総硬度や塩素イオン量が偏高で、重点観測の 4 箇所の中河川中で 1.2. 類標準に適合するものは 60%で、3 類の標準に適合するものは 30%、4.5. 類の標準に適合するものは 10%で、主要汚染物はアンモニア態窒素である。

都市の表水の水質汚染も深刻である。131 条の都市を流れる河川の部分では、汚染の深刻なものが 26 条あり、重度の汚染が 11 条、中度の汚染が 28 条である。その内 1 類の標準を満たすものが 9 条、2 類の標準を満たすものが 4 条、3 類の標準を満たすものが 46 条、4.5. 類を満たすものが 72 条である。汾河の太原市の部分や黄河の包頭市部分、南運河滄州市の部分では汚染がひどい。主要な汚染物は石油類、アンモニア態窒素、揮発性フェノールと高いマンガン酸塩指数と生物化学的酸素要求指数である。

中国の各湖は窒素、リンの富栄養物質汚染が広がり、一部の湖は水銀汚染が進んでいる。大淡水湖中で汚染の程度が進んでいるものには、洞庭湖、興凱湖、鏡泊湖、博斯騰湖、太湖、洪澤湖、南四湖、巢湖、滇池などがある。また都市内の湖で汚染が進んでいるものは玄武湖、淀山湖、大明湖などがある。

大型ダムの水質は一般的に良好で、主要な汚染物は総窒素と総リン、有機汚染が前年より増加している。汚染度が軽度から重度に至っているものには石門ダム、密雲ダム、新安江ダム、干橋ダム、大伙房ダム、門楼ダム、嶗山ダム、董鋪ダムがある。

全国の主要都市の地下水の供給と需要の矛盾は前年に比べ緩和されている。一部の都市の地下水水位は回復しているが採取超過現象は変わらない。全国の 70 の主要都市の中で、地下水の採取が著しい都市は天津、石家庄、太原、南京、大連、蘇州、無錫、常州、寧波、温州、大同、宝鶏、唐山、保定などがある。また前年に比較して各主要都市の地下水水質の変化は小さくなく、水質の良い都市は長沙、南昌、広州、済南、蘭州、海口、貴陽、銀川、西寧、桂林、湘潭、岳陽、遵義などである。水質差のみられる都市は西安、太原、宝鶏、大同などである。中国の渤海中部、黄海北部の海域の水質は良好である。近海海域の主要汚染物は油類、無機窒素、無機リンで、その中で前年比油類の汚染範囲が前年比拡大しており、無機窒素、無機リンの汚染は前年並である。珠江口や長江口と遼東湾海域の部分水の化学的酸素要求量は国家の一類海水水質標準を超過しており、重金属の含有量は国家の一類海水水質標準に符号している。しかし生物体中の重金属類（銅、亜鉛、カドミウム）は高い。また本年度に赤潮の現象は 19 回発生している。表 11.1.1、表 11.1.2 に 1990 年の実績と 1995 年の中国の主要都市の計画水質汚染状況を、図 11.1 に 1988～1993 年の全国排水の排出状況を示す。

表 11.1.1 中国主要都市の水質汚染状況(1993~1994)

都市名	都市地面水 COD 平均値 (mg/L)		新增工業廃 水処理能力 (10 <sup>4</sup> Ton/D)		工業排水 処理率 (%)		工業排水 排出量 (10 <sup>8</sup> Ton)		工業排水 COD 出量 (10 <sup>8</sup> Ton)	
北京	6.29	6.1	11.80	15.00	69.66	70.00	4.06	5.00	10.14	9.65
天津	7.	6	10.73	39.80	72.49	70.00	2.29	3.70	12.47	14.40
上海	7.17	<7	17.83	46.45	81.05	82.00	13.32	13.87	24.42	25.00
廣州	5.06	—	7.61	30.00	61.53	70.00	3.72	4.45	11.61	9.78
武漢	2.4	<3	4.33	12.12	41.90	47.00	6.86	7.90	9.74	15.50
重慶	3.9/4.0	3.8/4.0	6.00	20.00	40.44	50.00	4.90	6.40	7.02	7.38
沈陽	13	8	0.65	4.50	33.30	34.00	1.45	1.71	4.09	4.50
哈尔滨	8	8	5.30	8.00	14.82	20.00	1.79	2.61	4.51	6.60
南京	8.19	9	3.28	4.00	62.20	65.00	7.54	10.10	7.82	9.50
成都	8.5	<10	13.06	8.00	43.79	50.00	2.03	3.00	6.09	5.50
蘇州	9.6	9	2.28	—	30.90	60.00	2.78	4.50	5.95	11.00
桂林	2.10	1.7	0.50	4.15	69.30	85.00	0.37	0.37	0.50	0.54
昆明	8.03	6	—	0.30	22.37	60.00	1.61	1.80	3.39	3.00
西安	7.77	7.4	—	8.00	55.80	70.00	1.12	1.50	2.31	3.10
開封	36.60	12	2.06	6.50	86.10	85.00	0.71	0.87	1.99	2.50
深圳	6.09	6	1.10	5.00	87.00	88.00	0.20	0.70	0.21	0.70
珠海	2.9	5	0.28	15.00	16.00	80.00	0.50	0.60	0.40	0.40
汕頭	3	<6	0.41	5.80	16.00	32.00	0.57	0.82	—	—
廈門	10	8	0.80	4.00	38.21	50.00	0.32	0.40	1.67	2.00
福州	8.0	7	1.20	1.98	20.60	30.00	1.01	1.75	4.06	4.37
温州	5.7	6	4.44	3.80	41.14	45.00	0.31	0.55	2.71	2.50
寧波	8.7	8	0.18	10.19	50.66	58.00	1.14	1.56	2.37	3.00
南通	8.6	7.4	2.65	17.30	53.87	62.00	0.67	1.18	2.94	4.13
連雲港	10.0	8	0.38	9.20	47.83	60.00	0.70	1.09	3.99	4.00
大連	—	—	4.50	11.00	84.40	87.00	3.49	4.50	5.48	5.80
煙台	3.42	3.42	5.22	7.57	45.00	80.00	0.62	1.11	6.50	4.10
秦皇島	<6	<6	—	4.00	47.40	60.00	0.26	0.48	1.39	2.50
塔江	3.5	<6	0.39	15.19	50.20	67.00	1.01	1.43	3.22	4.58
北海	9	10	6.08	4.53	33.13	56.00	0.28	0.45	0.71	1.07
海口	3.9	3.7	—	2.86	42.60	55.00	0.13	0.38	0.62	1.32
蘭州	4.2	5	0.50	0.80	50.00	57.00	1.90	2.21	2.06	2.57
太原	205/65.26	150/45	1.14	8.00	72.90	73.00	1.10	1.36	6.51	7.08
吉林	9.8	8	15.10	27.00	81.20	90.00	2.56	3.34	10.00	8.50
唐山	6	6	6.02	4.36	70.36	70.00	1.68	3.11	4.33	3.86
石家莊	<6	<6	0.28	13.00	4.13	55.00	2.01	2.99	4.38	3.17
長春	13.8	15~25	0.02	1.20	27.40	39.93	0.43	0.53	0.79	1.05
濟南	44.7	30	—	14.40	75.40	79.20	1.34	1.85	5.59	7.89
鄭州	25	10	0.45	7.00	36.64	50.00	1.08	1.50	2.19	2.00
青島	2.75	—	8.80	10.00	57.40	57.00	0.95	1.35	3.92	5.10
長沙	3.22	3.34	3.49	4.00	50.00	60.00	1.39	2.10	1.90	2.20
合肥	8.08	8	3.00	15.00	25.00	30.00	1.28	1.57	3.45	3.14
南昌	4.35	5	—	—	56.00	75.00	—	—	—	—
洛陽	4.37	4.3	2.67	16.05	37.00	40.00	1.33	2.15	1.39	2.37
大同	70	50	0.31	6.00	61.47	54.54	0.42	0.54	0.90	1.00
貴州	10	8.5	—	—	32.48	34.25	0.59	0.75	1.43	1.50
南寧	11	10	0.19	1.70	25.30	50.00	1.14	1.55	4.70	4.96
烏魯木齊	1.83	1.85	0.27	1.00	53.00	55.00	0.65	0.81	1.19	1.10
西寧	5.30	5.35	0.32	0.35	14.80	16.00	0.28	0.40	0.22	0.25
呼和浩特	66	<66	0.67	1.47	30.00	35.00	0.41	0.65	0.89	1.39
銀川	10.7	12.9	—	1.05	16.30	21.77	0.19	0.23	0.36	0.40
			156.29	456.42	—	—	87.09	113.67	227.95	204.52

注: 1. \* 1990 年数值無 2. 杭州 - 拉薩は数值無

出處: 北京工業大学引用資料

表 11.1.2 中国主要都市の排水汚染状況

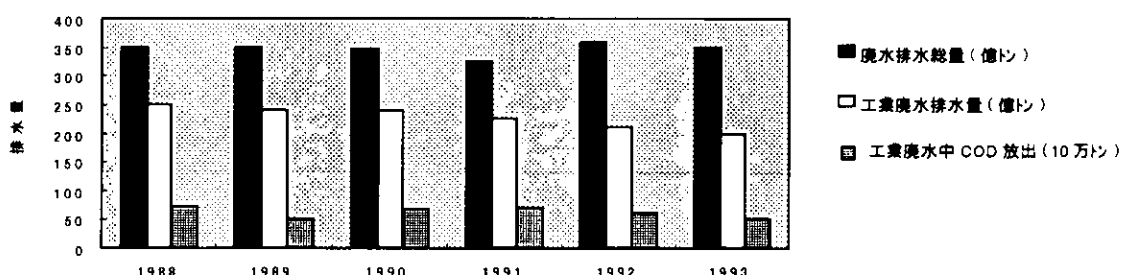
都市名	工業排水 処理量 (10 <sup>8</sup> Ton)	工業排水 COD 除量 (10 <sup>4</sup> Ton)	工業排水 排出達成 率 (%)	万元戸工業 排水排出量 (Ton/10 <sup>4</sup> 元)	万元戸工業 水 COD 排出量 (kg/10 <sup>4</sup> 元)	万元戸工業 煤 塵排出量 (Ton/10 <sup>4</sup> 元)	万元戸 発生 塵排出量 (Ton/10 <sup>4</sup> 元)				
北京	3.52	4.00	3.50	53.60	60.00	111.00	105.00	27.00	25.00	0.07	0.06
天津	1.99	2.10	10.88	53.30	64.00	68.20	81.10	37.00	31.57	0.05	0.06
上海	11.90	12.50	15.00	72.40	70.00	114.80	100.00	21.00	17.00	0.02	0.01
広州	1.59	2.00	12.72	57.29	67.00	178.00	180.00	55.39	53.00	0.02	0.03
武漢	1.60	2.00	5.70	64.60	67.60	313.70	250.00	44.52	48.20	0.03	0.04
重慶	1.10	1.62	10.72	44.48	50.00	227.13	213.42	34.04	27.88	0.09	0.06
沈陽	0.41	0.54	1.00	40.57	42.00	127.00	123.00	36.00	32.00	0.10	0.08
哈尔滨	0.24	0.52	1.00	18.83	20.00	136.70	136.00	31.50	34.50	0.25	0.20
南京	2.08	4.92	3.10	71.98	73.53	340.44	320.60	52.65	40.30	0.05	0.01
成都	0.87	1.60	—	58.14	60.00	149.25	120.75	34.52	22.14	0.12	0.09
蘇州	0.40	—	—	60.00	65.00	170.66	64.00	36.50	16.30	0.02	0.03
桂林	0.26	0.25	1.06	69.10	80.00	261.00	200.00	36.50	28.00	0.13	0.12
昆明	0.46	0.80	20.00	42.23	55.00	286.89	250.00	68.29	50.00	13.73	10.00
西安	0.42	0.70	—	44.00	60.00	130.00	100.00	23.10	20.00	0.11	0.06
開封	0.16	0.36	3.20	62.00	85.00	347.00	300.00	97.00	85.82	0.17	0.14
深圳	0.10	0.30	1.20	73.60	75.00	16.00	31.00	1.70	3.10	0.00	0.01
珠海	0.03	0.48	0.29	65.00	80.00	200.12	200.00	15.96	13.50	0.06	0.02
汕頭	0.09	0.26	—	7.80	25.00	76.00	100.00	—	—	0.01	0.01
廈門	0.07	0.16	1.12	45.00	60.00	50.00	50.00	45.31	40.00	0.02	0.02
福州	0.18	0.30	3.00	22.00	32.00	177.00	130.00	40.60	32.90	0.02	0.01
温州	0.11	0.22	0.30	38.53	40.00	133.41	150.00	88.86	70.00	0.06	0.07
寧波	0.35	0.55	1.00	55.00	60.00	155.37	140.00	32.19	32.00	0.05	0.07
南通	0.18	0.70	1.51	66.67	90.00	125.96	188.29	55.41	65.90	0.06	0.07
連雲港	0.32	0.60	1.85	14.75	30.00	181.00	175.40	103.00	70.00	0.07	0.07
大連	1.14	1.50	2.00	37.87	88.00	161.00	160.00	25.32	22.00	0.05	0.03
煙台	0.28	0.89	4.10	—	—	87.32	74.23	—	—	0.05	0.04
秦皇島	0.08	0.12	0.36	48.10	60.00	153.00	200.00	82.55	100.00	0.30	0.20
塔江	0.47	0.93	0.43	14.60	30.00	338.60	280.00	107.70	96.00	0.04	0.03
北海	0.01	0.25	1.10	34.39	41.00	304.00	250.00	238.00	72.00	0.10	0.03
海口	0.03	0.12	0.02	45.00	70.00	123.00	104.70	41.20	36.20	0.00	0.00
蘭州	0.62	0.75	3.37	—	—	224.00	189.00	—	—	0.11	0.09
太原	1.00	1.28	1.97	33.90	34.40	146.80	168.00	851.50	660.00	0.10	0.09
吉林	1.21	1.75	12.40	82.00	90.00	384.00	339.00	149.60	86.40	0.32	0.20
唐山	0.82	2.17	0.50	61.07	80.00	329.00	224.70	85.00	27.90	0.36	0.14
石家荘	0.51	0.99	4.36	62.70	70.00	226.20	230.00	65.31	24.38	0.12	0.07
長春	0.13	0.18	1.55	26.90	47.49	45.30	41.01	8.30	8.18	0.05	0.03
濟南	1.46	1.91	—	51.00	61.00	128.00	110.00	48.70	47.00	0.05	0.05
鄭州	0.39	0.75	11.70	41.09	50.00	178.82	190.00	36.36	10.81	0.10	0.10
青島	0.39	0.61	4.32	46.19	50.00	69.79	43.00	28.71	16.25	0.14	0.11
長沙	0.82	1.43	—	70.00	80.00	212.00	200.00	28.98	20.00	0.03	0.01
合肥	0.32	0.47	2.26	—	—	220.00	175.00	—	—	0.10	0.07
南昌	0.64	0.75	—	—	—	121.00	135.00	—	—	—	—
洛陽	0.39	0.86	0.95	40.50	55.00	234.92	179.20	24.46	19.75	0.16	0.10
大同	0.24	0.35	—	48.93	46.30	136.20	135.00	294.50	250.00	0.14	0.09
貴州	0.19	0.26	0.50	—	—	130.63	117.58	—	—	0.18	0.12
南寧	0.23	0.70	7.40	33.90	50.00	320.00	290.00	—	80.00	0.06	0.05
烏魯木齊	0.28	0.33	—	—	—	181.00	180.00	—	—	0.30	0.22
西寧	0.04	0.05	0.10	80.00	90.00	168.00	160.00	13.27	12.00	0.20	0.18
呼和浩特	0.12	0.23	0.26	—	—	188.00	200.00	—	—	—	—
銀川	0.03	0.05	0.01	—	—	165.24	174.83	—	—	0.14	0.13
	40.37	55.16	147.81	—	—	—	—	—	—	—	—

注 ; 1990 年實際数値. 1995 年計画数値. \* 工業排水 COD 除量は 1990 年数値無

1. \* 1990 年数値無 2. 杭州・拉薩は数値無

環境保護重点都市 8-5 計画と総量標準

出展: 北京工業大学引用資料



出展: 中国環境年間 1994

図 11.1 中国の排水排水量 (1988~1993 年)

### 1.3 効果的な水質汚染対策技術移転の事例とその概要

排水処理法には物理・化学・生物処理の各種の組合方法が用いられる。これら処理設備は土木・建築施設と機器・配管などから構成されており、土木・建築施設などはその仕様が定まれば中国に於いては自国での設計・施工が可能な場合が多い。また単位操作機器や計測機器類も海外製品の模倣から技術導入による国産品も増加してきているが、装置・設備などの全体の取纏め、すなわちプロセス設計に始まるエンジニアリング技術などの大型設備の一貫した実施体制は未だ先進国からの様々な技術の供与、協力無しでは難しい面が多い。其処には装置の各種の周辺補助機器や計器・電気品を始め様々な部品、材料や効率の高い触媒・薬剤などを始め、情報や資料の不足など大型設備全体の効率の良い建設から稼働への纏めの業務などは未だ難しいケースが多く見受けられる。

排水処理の工程や技術には、効率は別として目で見て判断ができる沈殿・濾過や乾燥・攪拌などの比較的容易な物理的、機械的な面では、対応国産機器もあるが高級金属や樹脂材や濾布・凝集剤といった材料などでは、その性能の比較で海外製品に較べると効率が劣る面が多く、これらが設備のエンジニアリング業務などにおける装置仕様の選定に当たって工程管理と共に充分配慮しなければならない点の一つである。技術の移転に当たってはこれらの事情と現地の状況と政府の指導方針を十分理解して置く必要があり、中国側にとっても日本側のこれら各種の周辺を取り巻く背景の理解が言語の相違を超えて必要である。

技術の移転に当たっては該当技術は様々な角度からの進め方が考えられる。特に生態系への影響問題などは、現地での長期な観測の動向変化の解析を必要とする。また水質汚濁は大気の汚染や固形廃棄物の汚染とも深い関係があり、いずれにしても防止には高額な投資を伴うものである。経済水準が我が国に比較して低い中国では、水処理設備一式の我が国からの直接の購入は高価で、先進技術の機器や材料の製造技術などの供与が補助機器類



を含め行われることが多く、その国産化や製品の開発が望まれる。そして多くの機器や部品から構成される大型設備の設置、稼働などは先進国の様々な国家的援助から企業の商業ベース契約に至る様々な方法での技術援助がみられる。先進国の各企業においても企業採算を度外視した技術や設備の供給は困難で、畢竟現地の様々な事情を加味し、中国側の立場も尊重する対応策となると、国家ベースでのソフトや大型機器、電気、計器などの分担に技術供与先の土木・建築・建設工事などの共同開発といった形式の推進が望まれることとなる。

生物処理法に見られる生物の生息条件制御技術や、各種分析・測定技術の供与は研究機関への技術指導などを通じて行われ、機器類や材料の選定などは企業間の商業契約で実施される場合も多い。

これら水質汚濁防止対策の効果的な技術移転に当たっては、新規案件の設計から現在稼働中の設備の改善などがあり、中国側の国家・省等の各種政府機関の要望に対応したことから、企業間の契約に基づく推進法がみられる一方、大学・研究機関・学会などを通じた専門的な協力研究法も見られる。

最近では各種の汚染被害の実態の経験の広がりから、被害の数量的な実態への認識のなどが一般にも知られるようになり、各種の政府機関の規制や具体的な指導、広報活動が進むにつれ改善対策がとられ始めてきている。数年前の松花江での有機水銀物の河川への放流による人々の被害に対する政府の排水処理対策への我が国への接触時には、各排水系統毎の分別と水量の計測に始まる処理法の第一歩からの実施などが見られた。

## 1.4 技術移転に当たっての課題と方法

### 1.4.1 プロセス設計からエンジニアリング業務

わが国の排水処理設備は下水処理から産業排水処理を含め多くの商業規模のものがみられ、生物処理法を始め機械・化学的処理法が処理水によって選定されている。生物処理によって発生する汚泥の処理対策は、海上投棄や農地還元の規制などから含有重金属量は、焼却減容に当たって飛灰或いは焼却灰中の重金属処理を必要とする事態となっている。これら我が国の最終処分地への処理状況と、広大な国土の中国での状況やその上流の排水処理工程や機器類を含む設備や処分法などには相違が見られる点である。

水質汚濁対策は、単に排出される排水処理を行うだけではなく、上流の排水発生装置のプロセスから機器・計測制御・管理体制の理解から、その量と質の改善への取組が先ず重要である。そしてこれらの技術は最終的に幾つかの対策の中から経済的な比較評価を必要とし、これらは各実施地における各種の経済指標に基づいた比較検討が必要である。そし

て既に始まっている大きな湖などへの無処理の排水の放流等は、早急な処理設備の設置を行わないと将来の大量の汚染水の処理は大きな負担と各種の犠牲を伴う事となる。

しかし一方ではこれら数値資料の不足や、国営企業にみられる原価などの経済評価基準算定法の評価の難しい点など、見積りや比較が出来る資料・情報も少ない場合が多く、これらはプラントの価格の提示などに於いては現地の事情を十分理解した上での提示が必要である場合が多い。

#### 1.4.2 計測・制御設備

一般に工業装置に計測設備が少ないことは、機器や設備の周辺部品や補助機器の製品不足や入手困難な事情は改善が見られるものの我が国との大きな相違点で、最近は大計測機器メーカーの営業活動の展開がこれら市場に向けて進み始めており、計器制御による省資源・エネルギー、省力による原価計算への認識の提供が必要である。その場合には一般論だけでなく中国の各現地における各種価格の把握が必要となり、これらも現地事情の事情を必要とする点である。

#### 1.4.3 経済試算

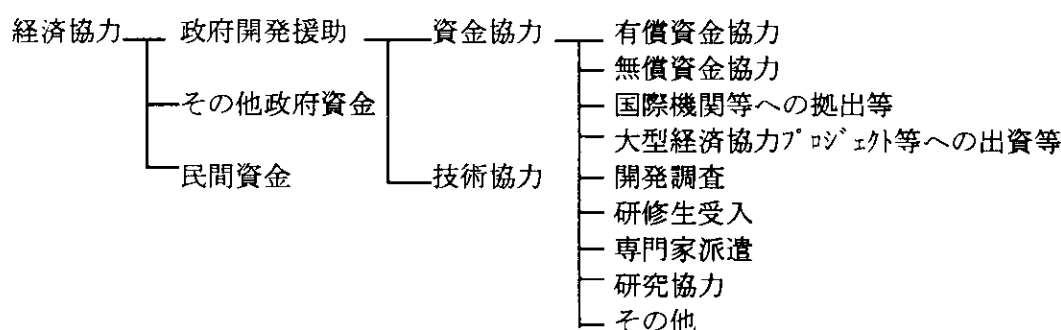
処理排水の処理費用は初期投資額と運転費用に関係し、その処理の程度は国並びに地方の行政指針の決定に従うこととなる。国家機関での経済援助などの場合に見られる相手先での内容などは別として、機器などで高価なものであれば現状は別として入手できれば手柄となる傾向もあり、現状を見て我が国で過去に使ってきた方法などを提示すると旧式な自分らを馬鹿にするなどの感觸を持たれ、更に最先端の機器や情報を望まれる場合も見受けられる。これらの場合に相手の求めているものの正確な理解と、相手の水準に応じた適切な複数の広範囲な周辺と考え方を含む広範囲な内容の提示が望まれ、考え方の段階や経緯を系統立てた理論と実例の提示が望まれる。そしてこれらの場合、通訳も観光的な通訳でなく技術の理解者であることが望ましい。人材の育成は海外からの中国で選出された各種専門分野の人々の日本国内での実地現場での実習機会を通じての教育から、彼等の帰国後の長い期間を踏まえた人脈の育成が重要である。

#### 1.4.4 技術移転の方法

水質汚濁防止対策は大気汚染防止対策設備の設置規模に比較して、一般に規模が小さい場合が多く、実験室的な測定・制御技術項目が多いと言える。一方では濾過・脱水・乾燥や攪拌などの各種単位機器の構造・材質など効率の向上や価格の低減対策問題があり、推

進に当たっては政府間での協力案件から、民間企業間の商業ベース案件、教育機関或いは個人的な技術指導案件などの様々な官・学・産分野での対応がある。工業設備における採算基準の判断は、複数技術の経済試算による比較を必要とし常に価格を含めた技術判断が必要である。これらの点は我々も現地の事情を十分知った上での論議が必要である。

一般的に最新の技術や装置への期待の余り、高額な機器を導入することによる評価を得るため内容より価格での判断ケースのため、折角の設備の能力が十分発揮されないままになる場合もみられる。この背後には自分で支払う金でない援助金は、高額程上司からの高い評価につながることとなる欠点もある。技術移転に当たっては短期的な指導或いは技術提供などの方法の他、留学生の受入や現地での教育機関を通じての人材の育成、各種要素技術の指導から実証装置の共同設計、実在装置の改善業務などの多方面での協力や技術移転法の遂行などの方法がみられる。わが国の中国の環境問題への各種協力は、直接・間接的なテーマから、その内容に応じた経済協力から技術協力、開発調査、研修生の受入、専門家の派遣、研究協力、その他の協力が次のように挙げられる。



また技術協力は開発途上国の状況が経営管理能力は技術を有する生産的人的資源不足、社会的制度の整備の遅れ、資本の投下の発展性の欠如などを踏まえた、資金協力、貿易、投資を通じた協力が望まれている。これら主要な技術協力の内容は次に示す様なものである。

経済協力；開発プロジェクトの発掘、形成、F/S などプロジェクト実施の調査協力

専門家派遣；わが国の官民専門家を派遣し、現地の公的機関、民間企業などで現地関係者の指導

研修生受入；現地官民研修生を受入れ、講義、実習による指導実施

研究協力；わが国及び相手国機関との共同研究で、相手国固有の技術開発ニーズの研究協力に実施

政府ベースでは JICA などによる開発調査、JICA による専門家派遣、JICA による研修生受入れ、JICA プロジェクト方式技術協力、民間ベースではプラ協の F/S、JODC(海外貿易開発協会)の専門家派遣、AOTS 及び (財) 交流協会の研修生受入れなどがある。

製鉄、冶金、化学を始め様々な工業設備からの発生排水は、先ず同発生源の工程改善を加味した効率と環境改善が必要で、その為には単に排水の性状のみでなく上流の原料から処理工程・機器などの十分な知識を基にした総合的な判断・指導が望まれる。

次に現在国家規模で進められているものには、鉱山排水処理計画調査や工場の近代化計画調査、汚水処理機器工場の近代化計画調査などがある。

その他学校・企業を通じた講義や技術指導依頼なども多く、個人ベースでの製品製造、技術指導などによる訪中ケースも少なくない。これらの場合専門日本語の通訳の協力が望ましいことは言うまでもないが、実際の技術移転面では接触する相手の人には、言葉は通じなくても相手方にはこちらの気持や態度、技術水準などは十分通じるもので、接触態度を始め広い応用面での助言が望ましい。また専門分野とは言うものの一般に複数の多くの技術者が派遣され同席で業務を遂行する事は少なく、周辺の各種事情などを広く知っておく事が望ましい。即ち国ベースの大きな問題から部品・材料などの機構・組成から、細かな周辺機器、計測器具などを含む機能は勿論国産メーカーの紹介等が求められる場合が少なくない。この場合即答出来なくても帰国後約束したことを果たす事が必要である。

言葉の障壁並びに郵便事情は、多くの海外との通信に不慣れな人々にはこちらからの質問に返事が来る事は少なく、助言の結果などの報告は余程親しい間柄にならないと得られない場合が多い。日本語の理解出来る人も増えてきており、従来は参考資料・参考書の入手が難しかった中国では日本語の技術資料を始めカタログなどは望まれる。以前からこれら渡した資料が私物化される危惧の話は屢々聞かされるところで、できれば多くの人の前で説明が望ましい。

#### 1.4.5 水質汚濁防止関連対策

公害防止対策は大気汚染問題が最初クローズアップされたのに続き、河川・湖沼・海洋などの水質汚染の進行が問題となった。水質汚染は工業排水や都市の生活排水による汚染が基本的な問題である。そしてこれら工業分野は鉱業・鉄鋼・冶金・化学・食品・その他の広範囲にわたり、更に最近多くの稼働がみられる郷鎮企業からの排水、人口の集中する生活様式の変化してきている都市からの排水も、水質の劣化など本格的な下水・水処理設備の設置が必要な段階となっている。

これら水質の汚濁は化学・生物酸素要求量や油、有機物、窒素化合物などの増加により、その水質に応じた水処理プロセスの選定が先ず重要である。

排水処理装置は、単体機器の単位操作、制御工程から構成されている。その他触媒、薬品をはじめ濾布などの性能も装置の機能に大きく影響する。以前は、これらの純度や材質

などに国産品と輸入品に大きな差がみられたが最近はこの点もその差の原因の認識が深まり自社における開発や先進国の産・学関係者の指導を受けるケースが増加する一方、海外製品の販売、アフターサービス、業務の体勢の構築がみられるようになってきた。また正式な技術導入、国産仕製品の生産も多くみられるようになってきている。排水処理装置は、その駆体が土木、建築分野の業勢が多く、これらは自国での設計、製作が広く行われる。しかし大型装置における基本設計案等は先進国により行われる場合が多い。その他、油水分離器、濾過機、回転機、攪拌機、乾燥機、燃料器等は輸入品から自国製品へのシフトが進んでいるが、大型単体機器には輸入品が多い。高度処理用の膜製品はUF、RO膜等は国産品は少ないが、精密濾過用膜は国産メーカー製が多い。しかし効率、寿命、材質等の面で今後の改良が望まれる点も見受けられる。

凝集剤などは、その使用料と凝集効率など低い国産品も見受けられ、これらメーカーよりわが国への製品品質の改善の指導を求められるケースも見受けられる。また先進国関係者の協力を得て開発途上国への水処理設備の建設への進出もみられる。

一方中国の都市における水資源が不足している地域も少なくなく、生活様式の向上と変化から使用水の量の増加対策に、中水製造技術並びに機器や装置を必要とするケースも多く、わが国では通商産業省外郭団体の造水促進センターなどの技術指導や設備の共同研究を始め、日中企業間の生産設備の合弁、技術提供時にみられる排水処理設備技術の提供の場も多い。

中国においては外国から指導・援助を受ける技術供与ではなく、共同研究と呼ぶ表現が屢々見られ、長期間の運転結果から相互の確認の形式が採用される場合が多い。わが国以外の海外からの技術供与や製品の購入がどのように行われているか、詳細は不明であるが、一般に企業への政府援助によるバックアップが協力である発言がみられる。

現在わが国の場合国家の各種海外援助機関によるプロジェクトにも、中国の水質汚濁防止分野案件が見られるようになってきている。水処理分野では大気汚染防止分野と異なり、多い案件や価格の問題から、我が国の中小企業の技術供与や販売提携、合弁合作のケースもみられる。一方欧米企業においても単体機器などは同様な傾向で、輸入品の販売企業の中国国内への進出・活動も多く見られる。

人脈への依存の多い中国社会では、特に水処理関連分野での多くの製品の取扱などはこれらへの対応が重要である。

排水処理対策中の大型設備の都市の大型排水処理場では大型脱水機などには欧米の機械の設置も多い。これらも納入経緯が完全なコマーシャルベースなのか、設備の設計に含まれたコンサル業務を含む結果かは確認は難しい。

での鹹水からの逆浸透膜による飲料水の製造などは、米国デュポン社などの先進企業のデモから設備販売戦略がみられる。

写真 11.1、写真 11.2、写真 11.3 に北京の近代的な高碑店下水処理場設備例を示す。また写真 11.4、写真 11.5、写真 11.6 水処理装置用国産機器例を示す。



写真 11.1 建設中の高碑店汚水処理廠一期

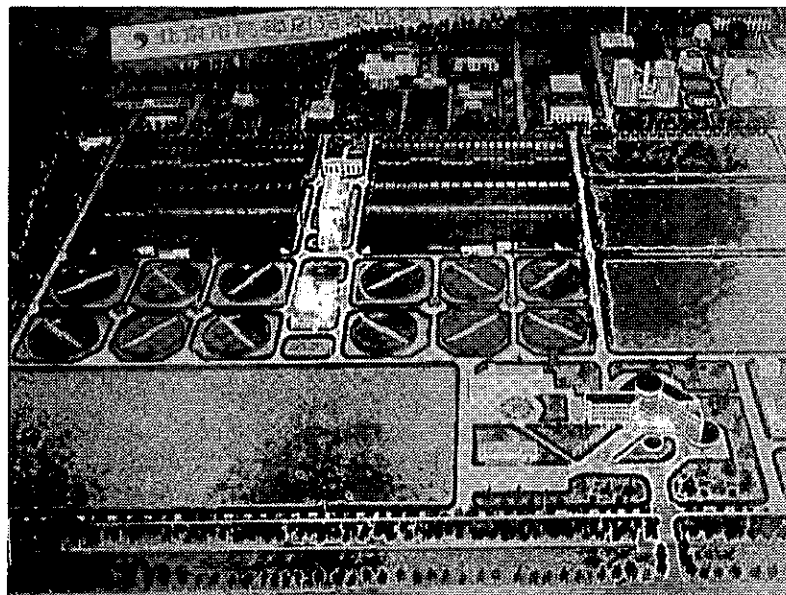


写真 11.2 高碑店汚水処理廠一期工事施設（右東方は二期工事敷地）

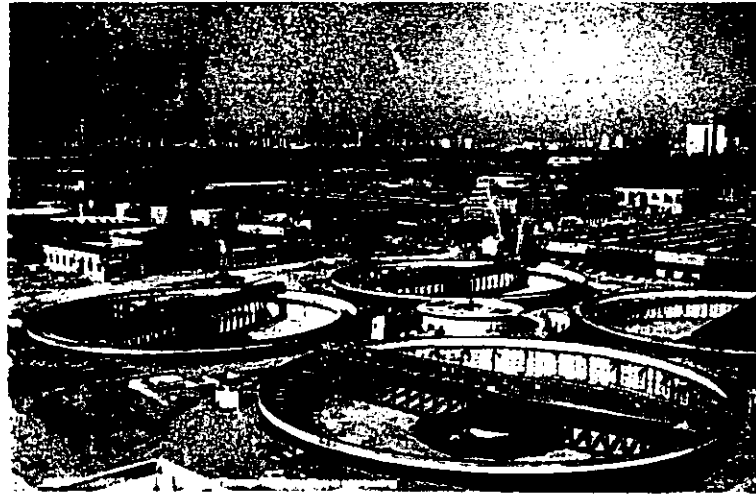
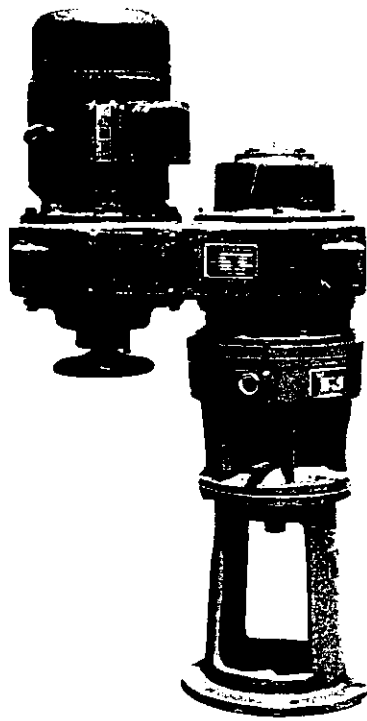
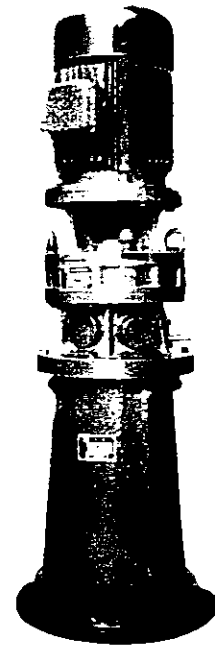


写真 11.3 西北方に北京市を望む高碑店污水处理場一期建設工事



V-DC 型無級變速組合減速機



XLD, BLD 型擺綫針輪減速機

写真 11.4 攪拌気用減速機



写真 11.5 水処理設備

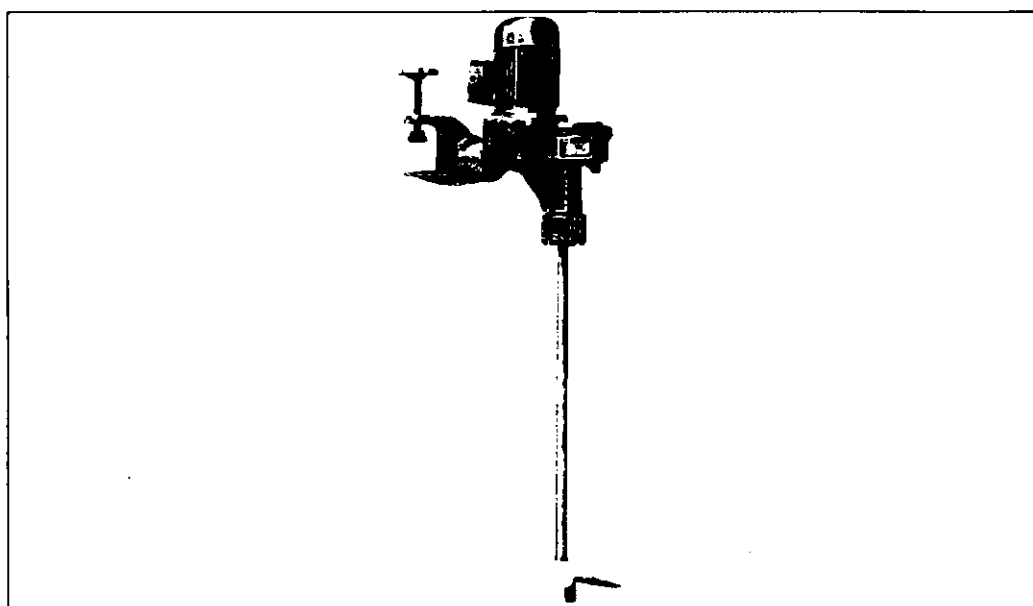


写真 11.6 KJ型攪拌機

#### 1.4.6 中国に於ける排水処理技術移転例

「三廢」対策の中の水質汚濁対策は、国の規制強化や構成する設備が必要に生産が追いつかない中、最近出回り始めた塩ビ製品や各種国産製固液分離機などに加え、海外との交流・情報入手の機会の増加、各設計院を始めとするいわゆる公害防止機器メーカーの技術水準の向上、比較的実現しやすい設備費額、敷地の状況などから様々な水処理装置が設置



され稼働してきている。これらの変化しつつある中国の環境対策問題中で、我々が十数年以前に経験してきた当時の幾つかの新しい水処理技術が様々な排水処理設備の設計から運転にみられる。ここではこれらの幾つかの例を示す。

排水処理法には化学・物理・生物法並びにこれらの組み合わせによるプロセス、機器が用いられており、その対象も都市下水処理から産業排水、生活排水処理などに至る様々な公害防止、環境保全対策が行われてきている。

図 11.2 に中国の水環境標準体系を示す。国家環境保護局は 1988 年 4 月 5 日に GB 8987-88 の污水総合排放標準と GB 3838-88 の地面水環境質量標準を発令し、1973 年に発令された工業三廃排放試行標準と 1983 年に発令された GB 3838-83 の地面水環境質量標準に代えた。

図 11.3 に国家污水総合排放標準・水環境質量標準・用水水質標準などの関係を示す。

次に中国の先進企業が実施している新しい食品製品生産工場の農業製品缶詰、ビール、屠殺工場の排水処理の実績などの排水処理設備例を示す。

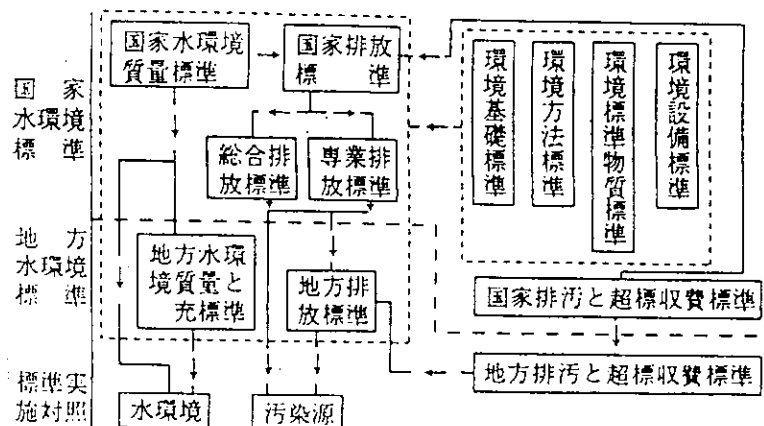


図 11.2 中国水環境標準体系

水質の分類	各種水質標準	水の用途	地表水の水環境質量標準 (五類)	污水の排放区の種類 (四類)
珍しい動物植物の水質基準	自然保護区の水質基準 (現在無)	自然保護区 国家・地方自然保護区	1類水域 汚染しない水源・ 国家自然保護区 II類水域	特殊な污水を排放できない 地区 (特殊地区)
飲料水の水質基準	生活飲用衛生 標準 GB 5747-85	生活飲用水 の水源	III類水域 - 一級保護区 - 城鎮生活の飲用水 II類水域 - 二級保護区 - 生活の飲用水 (分節)	III類水域 - 給水処理場の周辺
水に生物が住む用水基準	漁業関係水質標準 TJ 35-75	漁業の 用水区	IV類水域 - 養魚場とえびの 養殖場 (1級漁業用水地区) III類水域 - 漁業繁殖区 (2級漁業用水地区) II類水域 - その他 (3級漁業用水地区)	IV類水域 - 漁業一級保護区 III類水域 - 国家と重要観光地 II類水域 - 各所水域 I類水域 - 旧湖水域
観光地と公園の水質基準	国家と地方観光地 水質標準 現在無	観光の 用水区	IV類水域 - 国家の観光地 III類水域 - 各所の水域 II類水域 - 重要な観光地 I類水域 - 一般の観光地	IV類水域 - 重要観光地の水域 III類水域 - 重要な観光地の水域 II類水域 - 特殊な工業用水
工業用水水質基準	各類の工業用水 水質標準	工業の 用水区	IV類水域 - 特殊工業用水 (食品・薬品) III類水域 - 一般工業用水 II類水域 - 工業用冷却用水	IV類水域 - 一般工業用水 III類水域 - 漁業三級保護区 II類水域 - 一般の工業用水
農業用水水質基準	農業用水水質標準 GB 5084-85	農業の 用水区	V類水域 - 緑葉農産物産地 (1類水域) IV類水域 - 一般の農産物産地 (2類水域) III類水域 - 林業区 II類水域 - 草場区	V類水域 - 工業三級用水 IV類水域 - 林業・草場の用水

\*汚水処理場の排水を III IV V類域へ入れる時は同水質規制標準遵守

図 11.3 中国国家污水総合排放標準・用水水質標準 (水質基準の各分野との関係)

### (1) 上海の缶詰工場に於ける超深層曝気処理装置

この超深層曝気法の稼働例に食品缶詰工場があり、その主な製品はそら豆やトマト、茄子、桃、梅、青豆等の缶詰の生産である。これらの最近の年産量は 6,000~7,000 トンで主要原料である磨姑や香姑が 1,370 トン、蚕豆は 5,550 トン、その他蔬菜が 450 トンの生産で、全工場での使用水量は 1978 年に 34.5 万トン、その内生産用水が 32.4 万トンで排水量は 31.1 万トン、排水処理量は 31.1 万トンで排水規制が守られた処理がされている。図 11.4 に同工場の缶詰食品製造工程からの排水の系統を示す。

そしてこれら工場からの三種類の排水は、炭水化合物や食品滓、油塩、味つけの添加剤並びに生活排水など表 11.2 に示すような組成である。

本設備のフローシートを図 11.5 に、設備の設計値を表 11.3 に示す。同構成主要設備及び諸元を表 11.4 に示す。工程各段の水質を表 11.5 に示す通りで  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  除去率は 96.2%、色度除去率は 98.6%、 $\text{NH}_3\text{-N}$  除去率は 67.9%である。

設備敷地は 300 $\text{m}^2$  余、総投資額は 39.05 万元で、表 11.6 にその詳細内容を示す。運転費は排水当たり 0.12 元、水質は上海市の基準を満たし毎月の排水処理費の約 2,900 元が免除され、年間 3.48 万元以上の額となっている。

本設備は敷地面積が少なく一般の処理法の 30-50%で済む優れた点を有している。また設備費が 40 万元程度の排水トン当たりの投資額は 380 元程度で、一般の設備が 500 元程度以上であるのに対し少なく済み、消費動力が実測で 40.67 kw、処理水当たりの電力は 0.33 kwh と一般処理法の 0.6~1.1kwh より少なく済む。また負荷変動への対応も良好で、負荷能力は 5~8 kg  $\text{BOD}_5/\text{m}^3$  日で一般の工程の 10 倍、排水の曝気時間は 1100 トン/日 水量計算で 0.9 時間以下である。シャフト内の溶解酸素は 40~60mg/L で、酸素利用率は 50~90% である。一方汚泥量や水に含まれる酸素量で微生物自身の酸化により、余剰汚泥は 0.19kg/kg  $\text{BOD}_5$  程度の値で、一般の工程の 1/3 程度で済んでいる。

ここで日立グループの同製紙排水処理法との比較を表 11.7 に示す。また表 11.8 に本装置の試運転時の数値と、その他の運転されている設備の処理工程を示す。中国側の評価によれば、これらの設備には多くの利点があり、特に上海などでの敷地面積に制約のある立地には有効で、経済性のある設備であるとしている。

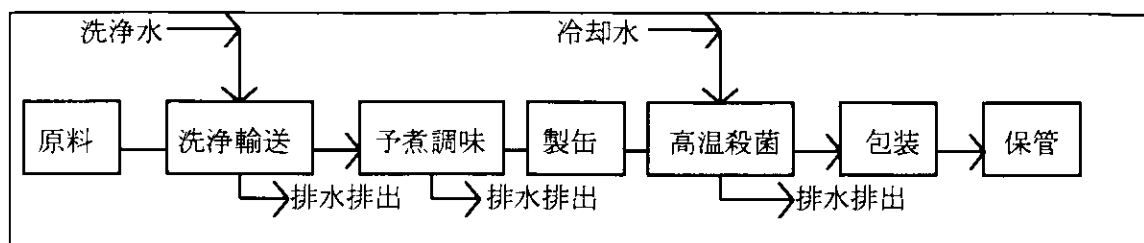


図 11.4 缶詰食品生産工程からの排水

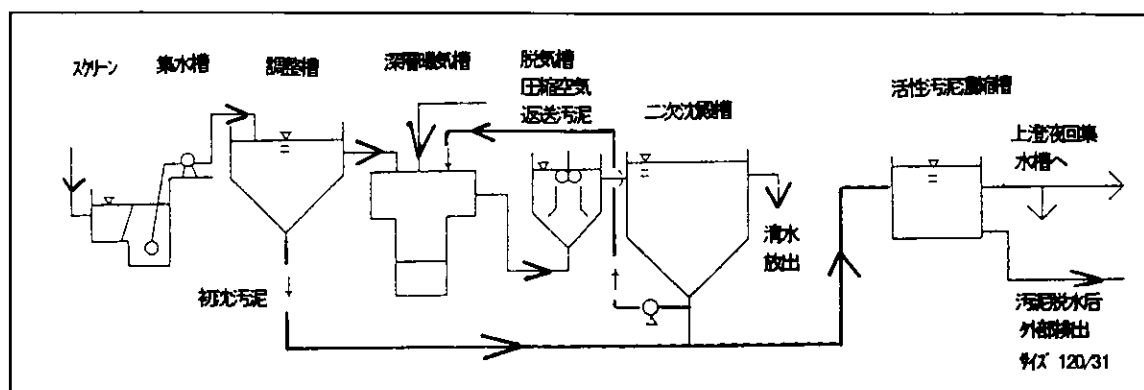


図 11.5 缶詰工場排水処理フロー

表 11.2 排水の性状

No	諸元	単位	実測値	No	諸元	単位	実測値
1	排水量	m <sup>3</sup> /日	385~1505	5	pH	—	7.0~7.45
2	COD <sub>Cr</sub>	mg/L	250~852	6	色度	—	150~900
3	BOD <sub>5</sub>	mg/L	136~472	7	NH <sub>3</sub> -N	mg/L	2~7
4	BOD/COD	—	0.45~0.65	8	SS	mg/L	200~850

表 11.3 設備設計参考数値

項目	設計値	項目	設計値
処理水量(m <sup>3</sup> /日)	1100	補充酸素能力(kg O <sub>2</sub> /時)	2.2~6.8
水 COD <sub>Cr</sub> 濃度(mg/L)	700	酸素利用率(%)	85 以上
取水 BOD <sub>5</sub> 濃度(mg/L)	350	槽内平均溶解度(mg/L)	20~60
取水 pH 値	6.0~7.5	槽深長(m)	85
処理水浮遊物濃度(mg/L)	200~500	槽直径(m)	6.4~6
液体循環流速(m/s)	1~2	空隙率	<0.2
設備負荷 kgCOD/m <sup>3</sup> 日	5.28~9.15		

表 11.4 主要設備及び諸元

No	設備名称	規格と型番	No	設備名称	規格と型番
1	スクリーン	6m x 0.5m x 1.5m	7	空気圧縮機	1.5m <sup>3</sup> /分-784.6kPa
2	集水槽	2.5m x 3.5m x 2.5m	8	脱気器	特製
3	調節池	10m x 10m x 4m	9	汚泥回流ポンプ	400mm 螺旋ポンプ H=1.75m
4	超深層曝気槽	0.85m 径 x 85m	10	排水提升ポンプ	3B 1 -13 4B 1 -18A
5	脱気槽	3.3m x 3.3m x 2.3m	11	泥削機	10 m 径
6	第二沈殿池	7.0m 径 x 5.8m			

表 11.5 設備各段排水水質値

項目	pH 値	COD <sub>cr</sub>	COD <sub>cr</sub>	色度	NH <sub>3</sub> -N	NH <sub>3</sub> -N	溶解酸素
	(mg/L)	除去率 %	度	(mg/L)	除去率 %	(mg/L)	
設備取水	7.3	399.0	0	750	3.42	/	0
曝気池	7.55	45.0	88.6	10	1.22	64.3	7.4
脱気池	7.70	40.5	1.3	10	1.16	1.8	3.4
第二沈殿池	7.85	15.2	6.3	10	1.10	1.8	0.5
処理水	7.85	15.2	0	10	1.10	/	6.0

表 11.6 設備費と運転費

各投資項目名	金額 (万元)	運転消費費	消費量	注
定型設備費	4.15	動力費	360.53KW 時/日	処理量 1100m <sup>3</sup> /日
超深層曝気槽	12.29	試薬費	100 元	(1月合計)
土建費	8.74	人件費	900 元	1人1月100元
電気・計器費	2.0			操作・管理9人
管及び配管費	2.0			
材料差価格	3.17			
安裝費	1.2			
現場の下水道改造	3.03			
道路費	0.6			
設計費	1.2			
計器類予定費用	0.67			
合計	39.05			

表 11.7 各種処理法の比較（日立公司の例）

No	項目	超深層曝気法	活性汚泥法	接触酸化法
1	滞留時間（時間）	1.0	7.0	6.5
2	汚泥負荷 kgCOD/kg-SS	0.98	0.2	/
3	容積負荷 kgCOD/m <sup>3</sup> d	4.8	0.7	0.75
4	汚泥回流率 %	100 ~150	50 ~150	
5	余剰汚泥量 kg/kg COD	0.2 ~0.5	0.5 ~0.6	0.2 ~0.6
6	酸素利用率 %	50 ~90	5 ~15	5 ~15
7	設置面積 m <sup>2</sup>	1.0	1.6	1.4
8	処理費用 万元	1.0	1.4	1.3
9	汚泥濃度— g/L	4.5 ~6.0	2.5 ~4.0	/

表 11.8 両種類の処理法の比較表

処理法	敷地 m <sup>2</sup>	投資額 元/m <sup>3</sup> 排水	電力量 kwh/m <sup>3</sup> 排水	O <sub>2</sub> 利用 率 %	汚泥の発生量 kg 汚泥/kgBOD	負荷能力 kg BOD/m <sup>3</sup> d
普通活性汚泥	≥ 600	≥500	0.6 ~1.10	4.0~5.0	0.5~0.6	0.5 ~0.8
超深層曝気	330	350	0.33	50~90	0.19	6.0 ~8.0

(2) ビール工場排水処理（上海益民啤酒工場）

上海益民ビール工場はビールを年産 12 万トン、麦芽を 1.8 万トンを生産している。第一期の設備は年産 6 万トン、麦芽 9,000 万トンで、中国国内で最大のビールの生産工場の一つである。この工場から麦の洗浄、ビールの製造工程から毎日 4,120 トンの排水が発生するため 332 万元を投じて排水処理設備が完成、その処理水は排水基準を満たす運転が行われてきている。これらの麦芽生産工程とビールの製造工程からの廃液排出工程を図 11.6 に、図 11.7 に排水処理工程図を示す。

排水の成分と分布は、ビール製造排水に含まれる主要な成分は澱粉、残糖、蛋白質、廃酵母、アルコール等の無毒性のものである。しかし懸濁物は多く、腐敗し易く排水は富栄養化や底部の沈澱有機物は分解し臭気や魚類その他の水生動物の死亡の原因となる。

表 11.9 に日 3,400 トンのビール排水の性状を示す。同排水は工場全体の排水の 69.1% を占めている。工場全体の排水は 4,920 トンで BOD<sub>5</sub> 平均値は 1,655mg/L、BOD<sub>5</sub>/CODCr は約 0.6 で、処理水は法規を満たし、工場から 4,000m 離れた張家塘外に排出されている。

これら工程の設計数値を表 11.10 に示す。また主要構造物と諸数値は、一次ポンプ流量は 160m<sup>3</sup>/時、揚程 25.5m、軸馬力 17.5kw、二次ポンプ流量は 90m<sup>3</sup>/時、揚程 43m、

軸馬力 18.5kw、ブロー風量は 15m<sup>3</sup>/分、回転数 1,450rpm 電動機 22kw、排水ポンプ 160m<sup>3</sup>/時、揚程 25.5m、軸馬力 17.5kw、汚泥ポンプ流量 100m<sup>3</sup>/時、揚程 11m、軸馬力 4.7kw、960 rpm、循環ポンプ 90m<sup>3</sup>/時、揚程 26m、2,920rpm、11kw、汚泥脱水機移動速度は 0.5～3m/分、1.5kw、圧搾圧 196kPa、濾過水 100～150 L/min、圧縮空気 98 kPa、80L/分である。表 11.11 に主要工程設備諸元を、表 11.12 に処理污水分析結果例を、表 11.13 に主要経済技術数値例を示す。

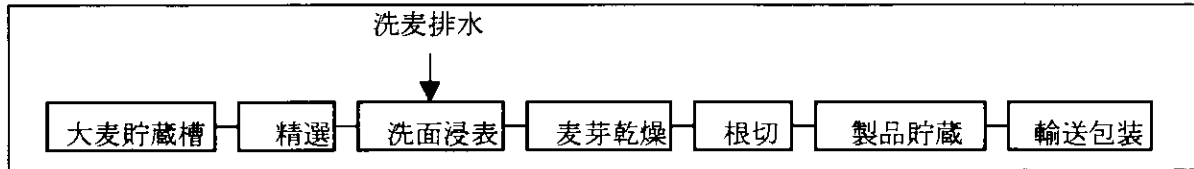


図 11.6 麦芽生産工程図と排水発生フローシート

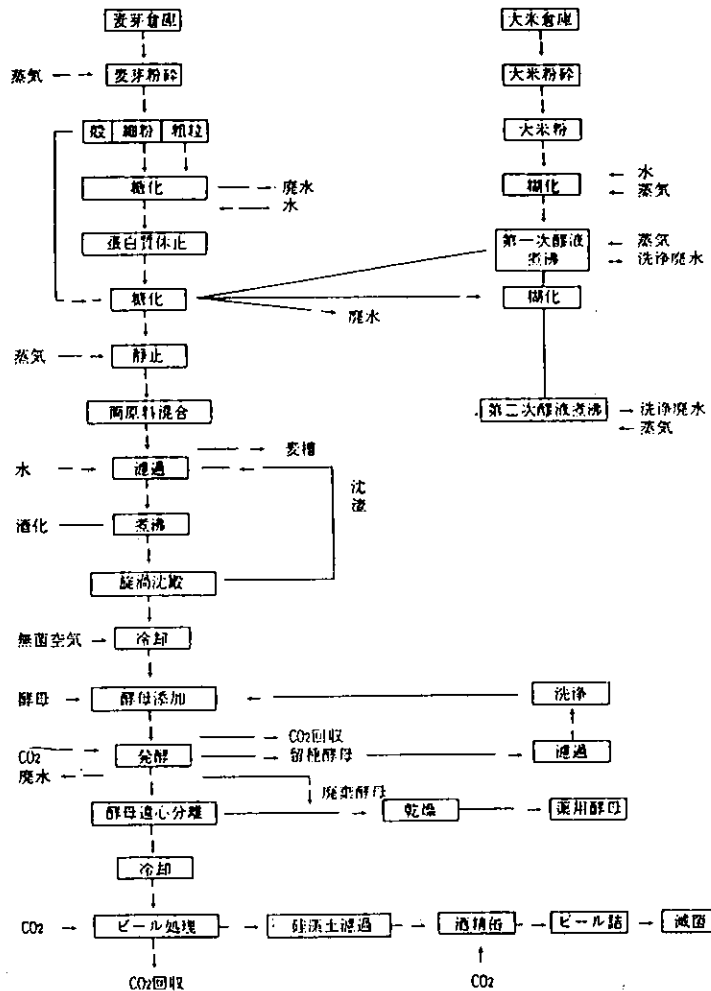


図 11.7 ビール生産工程と排水発生フローシート

表 11.9 各生産設備の排水水質と水量

排水の種類	水量	BOD <sub>5</sub>	排水の種類	水量	BOD <sub>5</sub>
	m <sup>3</sup> /日	mg/L		m <sup>3</sup> /日	mg/L
ビール製造排水	3400	2312	生活排水	200	40
麦芽工程排水	720	266			
ボイラー排水	600	138	総計	4920	平均 1655

表 11.10 処理工程設計参考数値

設備名称	参考数値	数値	設備名称	参考数値	数値
	初沈池	調節時間		3.74 時間	二次沈澱池
表面負荷	0.8m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> 時間		表面負荷	1.0m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> 時間	
生物濾過塔	除去率	60%	濃縮池	滞留時間	1.8 日
容積負荷	2.5kg/m <sup>3</sup> 日				
曝気池	曝気時間	9.2 時間			
容積負荷	0.74kg/m <sup>3</sup> 日				

表 11.11 主要工程設備諸元

設備名称	諸元	設備名称	諸元
集水槽	6 x 3.8 x 2.45 (m)	二次ポンプ	BA 3 台
初沈池	18 x 3 x 76.3 (m)	送風機	L 6300 x 200-1
生物濾過塔	5m 径 x 20 (m <sup>3</sup> )	排水ポンプ	4 kw
曝気池	1,417 (m <sup>3</sup> )	汚泥ポンプ	4 kw 1 kw
二次沈澱池	16 x 3 x 60.3 (m <sup>3</sup> )	循環ポンプ	2.5 kw
濃縮池	24.5 (m <sup>3</sup> )	汚泥脱水機	ベルトプレス式脱水機
一次ポンプ	4 kw 3 台		

表 11.12 処理汚水分析結果

汚染物質	名取水濃度 (mg/L)	排水濃度 (mg/L)	除去率%
BOD <sub>5</sub>	1,655	< 30	88
CODcr	2,758	< 100	96

表 11.13 主要経済技術数値

投資額	項目名	金額 (万元)	投資額	項目名	金額 (万元)
	設備費	土建費用		22.3532	運転費
取付費用		7.4349	人件費	0.7000	
設備費用		8.4314	減価償却費	2.3334	
保全費	2.0000				
総計		38.2195	総計		8.7126

注：年間処理量；17.855トン、処理費；0.48元/処理水トン

### (3) 運転結果の分析

この処理設備は1988年に完成して試運転に入り同時に汚泥の馴養から増殖が計られた。そして運転結果から排水が基準に達して排出が出来ることとなった。これらの結果からビール生産の排水の処理効果は高く、BOD<sub>5</sub>、COD<sub>Cr</sub>の除去率は96～98%である。濾過塔出口の水の濃度は入り口水の濃度に比べ27～35%と低く、曝気槽出口の水濃度は取水濃度より20～50%低く、二次沈澱槽出口水の水濃度は取水の35～50%で、この処理装置を運転したら基本設計値が達せられ、処理によってこの工場は少なくとも毎年排出量がCOD<sub>Cr</sub>が1,328トン、BOD<sub>5</sub>が841.2トンの能力を有するものである。

### (4) 主要経済指標と処理価格

この設備の主要経済指標の表11.13からトン当たりの排水処理費は0.48元で高価である。これは保全価格と減価償却費が高い為である。現在処理価格は高くても汚水排出に当たって基準を越すために罰金をとられるよりは高くない。工場は上海の黄浦江上流の遊泳保護区にあり、排水排出基準値の10倍超過はトン当たり0.7元の罰金を課せられるとなる。これらは公害防止装置の設置の効果が認められる例である。

### (5) 処理法の総合評価

最後に処理計画を定める前にこの工場の関係技術らは九種類の設計の投資額やエネルギー使用量、敷地面積等の三つの主要な数値を比較し、最後の現在使用されている処理方法が選定された。これらの三つの最適な方法を選んだ指標の比較表を表11.14に示す。これらから生物濾過塔・曝気法は設備投資額が少なく第一の方法の53%、第二の方法の60%で、設備面積が少なく済む事、動力消費量の少ない事が判る。

表 11.14 他の方法との比較

処理方式	投資額	敷地面積	消費動力
1. 充酸素生物回転板法	101 万元	900m <sup>2</sup>	0.457KW 時/kgBOD <sub>5</sub>
2. 超深層曝気法	90 万元	470m <sup>2</sup>	2.07KW 時/kgBOD <sub>5</sub>
3. 生物濾過塔・曝気法	54 万元	400m <sup>2</sup>	0.621KW 時/kgBOD <sub>5</sub>

注：在来工業規模での運転状況下で設計深度100mが必要となる難点有



(6) 棒状・シオンデイツ法による屠殺場排水処理装置（龍華肉類連合化工工場）

龍華肉類連合加工廠は豚の飼育や屠殺から肉の冷凍保存等を行っており、年間 90 万頭の豚の屠殺から冷凍鮮肉の生産、分割肉包装製品の冷蔵、油脂、血粉などの総合加工製品を生産している。年間生産額は 1985 年で 10,290.60 万円で、排出排水量は一日 2,430 万トンである。図 11.8 にこれら屠場のフローと発生排水を示す。

生産工程からの主要な排水は、皮剥から解体、内蔵処理、洗浄等の各工程からの排水で血液や蛋白質、油脂、毛、肉、糞便などが混ざっている。これらの混合生産排水の BOD<sub>5</sub> の値は、約 1100mg/L、COD は約 2500mg/L、SS は約 600mg/L である。

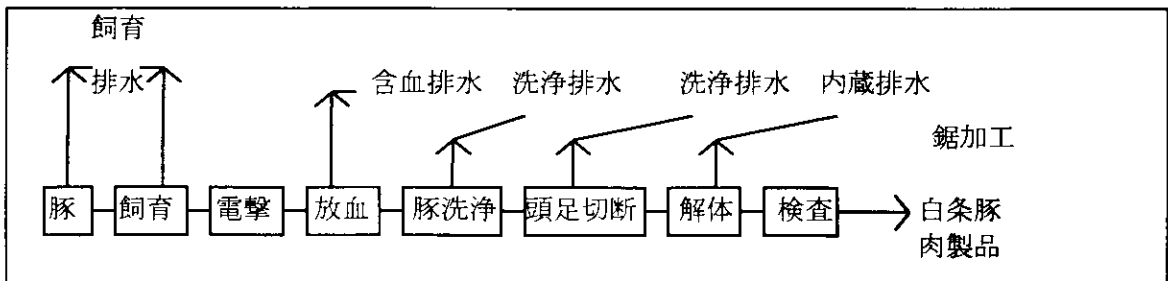


図 11.8 飼育・屠場のフローと発生排水

a. 排水処理工程とプロセス

龍華肉類連合加工廠の混合排水処理は、図 11.9、図 11.10 に示す Carrowsel 式曝気池による一種の環流完全混合式機械曝気低負荷生物酸化処理方式が用いられている。この典型的な方法は曝気池内の端部に曝気機が有り、両流の境が同図に示すように中心部にある。この方法の特徴の一つに向流する汚水汚泥混合液に酸素を加え良く混合し、もう一つの槽では一定の水平推力を生じさせる構造である。これら諸元は次に示す通りである。

1. 滞留時間 1～2 時間
2. 容積負荷 0.21 kgBOD<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>. 日
3. 汚泥負荷 0.07 kgBOD<sub>5</sub>/kg MLSS. 日
4. 泥令 30 日
5. MLSS 3 克/升
6. 酸素供給量 最高 25kgO<sub>2</sub>/kgBOD<sub>5</sub>
7. 槽内流速 一般的に 0.3 m/秒
8. 槽内混合液循環量 流入液量の 30～50 倍

- 9. 取水水質 BOD<sub>5</sub> 1100mg/L. COD 2,500mg/L
- 10. 二沈殿池 滞留時間 2.7時間 表面水力負荷 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. 時
- 11. 回流汚泥率 80%

主要設備の諸元は次に示す通りである。

- 1. 曝気池；容積 2,570m<sup>3</sup> 寸法；45.5 m x 22m x 2.9m
- 2. 汚泥池；容積 500m<sup>3</sup>
- 3. 第二沈殿槽；角型整流式、2槽、各槽平面寸法 5m x 5m
- 4. 調整池；容積 904 m<sup>3</sup> (汚水は昼の6～8時間の排出条件)
- 5. スラリー槽；容積 68 m<sup>3</sup> 2台攪拌機
- 6. 表面曝気器；3台、その内1台は予備、ランナー直径は3m、電動機40kw

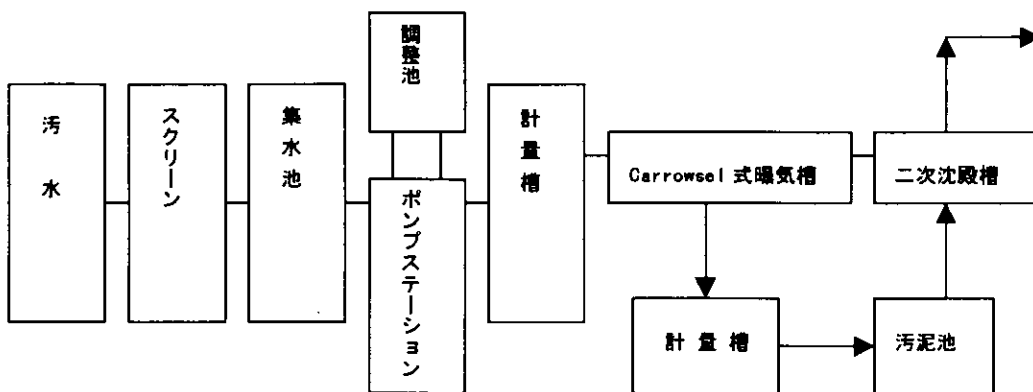


図 11.9 龍華肉類連合加工廠の Carrowsel 式曝気池の平面及び断面図

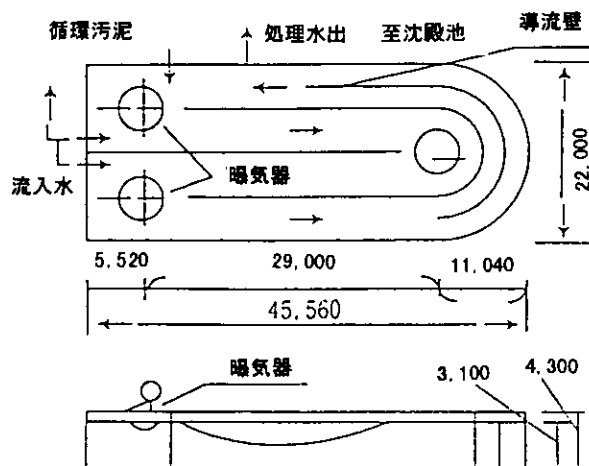


図 11.10 排水処理工程フロー

## b. 処理効果

1983年5月から11月までの間の43日の初期の運転結果を表11.15に示す。

1989年6月処理水の観測結果を表11.16に示す。

主要技術経済指標例

1. 消費電力 0.89 kwh/m<sup>3</sup> 汚水、 1.3 kwh/kg BOD<sub>5</sub>
2. 処理コスト 約 0.08 元/m<sup>3</sup> 汚水、
3. 敷地総面積 4,000 m<sup>2</sup>
4. 工程投資額 88.76 万元 (1982年価格)

表 11.15 初期運転結果

濃度	取水	処理水	除去率	項目	数値
COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	1,100	92.4	92 %	水量 (m <sup>3</sup> /d)	1,051
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	675	11.8	98 %	MLSS (mg/L)	4,460
TKN (mg/L)	56.3	10.5	81 %	SVI	81
NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	17.2	7.0		水温 (°C)	13~23
NO <sub>2</sub> -N (mg/L)		0.37		BOD <sub>5</sub> 容積負荷 (kg/m <sup>3</sup> ・日)	0.27
NO <sub>3</sub> -N (mg/L)		3.3		F/M (kgBOD <sub>5</sub> /kgSS・日)	0.06
総-N (mg/L)	56.3	14.2	75 %	除去 BOD <sub>5</sub> kg 当 O <sub>2</sub> 供給量	2.04
pH	6.6	7.0			

表 11.16 曝気池処理水資質測定結果例

項目	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	油
取水濃度 (mg/l)	1,000	500	20	30
処理水濃度 (mg/l)	55.29	9.88	9.4	3.2
除去率 (%)	94.5	98.2	53	89.3

## c. 工程の概要

Carrowsel 式曝気法は酸化溝の一種の発展形式で、酸化溝に特徴があり低速表面曝気器が用いられ、省エネルギー式で池を深くして占める面積を少なくしている。1968年にオランダの Carrowsel がこの形式の曝気池を造り、以後ヨーロッパで100基以上のものが造られ、米国にも普及した。この方法の特徴は、完全混合型と推流型活性汚泥法で、処理水の水質の要求度が高く、負荷の変化が比較的大きい場合に次の様な利点が見られる。

1. 高い水質の処理水と低余剰汚泥の発生率で、窒素の除去効果は40~70%で、余剰汚泥は0.3kg/除去BOD<sub>5</sub>kg程度である。
2. 省エネルギー型設備であり、省建設費用設備である。多くの場合初沈池は不要で、曝

気池中の汚泥は充分酸化され、汚泥消化装置が不要である。またこの方法は構造が簡単で機械設備が少なく一般のものの約半分である。

3. 曝気動力費の節減を図る低速表面曝気と、効果的な攪拌効果を得る設計であるので、高い酸素転移効率が得られ、反硝化作用がある。一方同様条件での活性汚泥法に比較すると排水容積当たり混合効率は低いので省エネルギー型の構造といえる。
4. この曝気槽のシステムでは初期の運行を通じて処理水水質や窒素分の除去効果、余剰汚泥の発生率、消費動力、負荷変動への適用性などの利点がある。そして運転の結果は国外での発表結果とほぼ同様の成績が得られている。本法は簡単な嫌気、好気の生物排水処理法で硝化効果を有しており、排水の水質が厳しく要求されている一方、負荷変動が大きく窒素分の除去が望まれている場合に適している。すなわち窒素成分の除去基準に従って曝気溝に供給する酸素は制御をする必要がある。

#### (7) 低圧曝気活性汚泥法による鶏処理設備からの排水処理（上海北宝興路家禽批発部）

上海北宝興路家禽批発部は上海市の閘北区にあり、鳩や鴨を解体処理し冷凍を行っている。生産工程は禽類を殺し血を抜き、湯に浸した後水で冷却し、脱毛、内蔵除去、解体整理し急冷して保存するこれら工程を図 11.11 に示す。排水は生産量の多い次期には 700m<sup>3</sup>/日 程である。排水は有機成分が多く、多くの懸濁物、溶解物、血液、肉、蛋白、油脂、糞等が含まれ一般に淡黒色或いは血液色で、BOD<sub>5</sub> 160～250 mg/L（多生産時 300～500mg/L）、COD<sub>Cr</sub> 450～600 mg/L（多生産時 600～1000mg/L）、SS 350～500 mg/L、塩化物が 1.33 mg/L、有機物 80～120 mg/L、pH 7.2、細菌総数 237,000 個程度のものである。

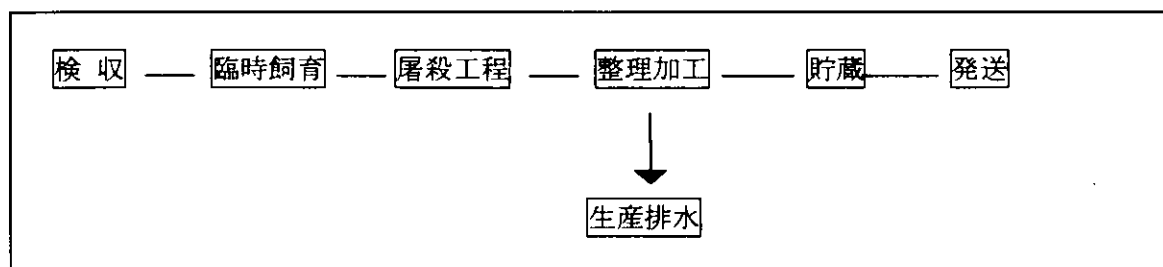


図 11.11 生産工程図

##### a. 排水処理工程

排水処理工程は図 11.12 に示される低圧曝気活性汚泥法が採用されている。洗浄水は先ずスクリーンで粗大物を除き、ポンプでナイロン濾過器に送り羽毛類を除いてから汚水を低圧曝気槽に導く。図 11.13 に処理設備の配置図を示す。

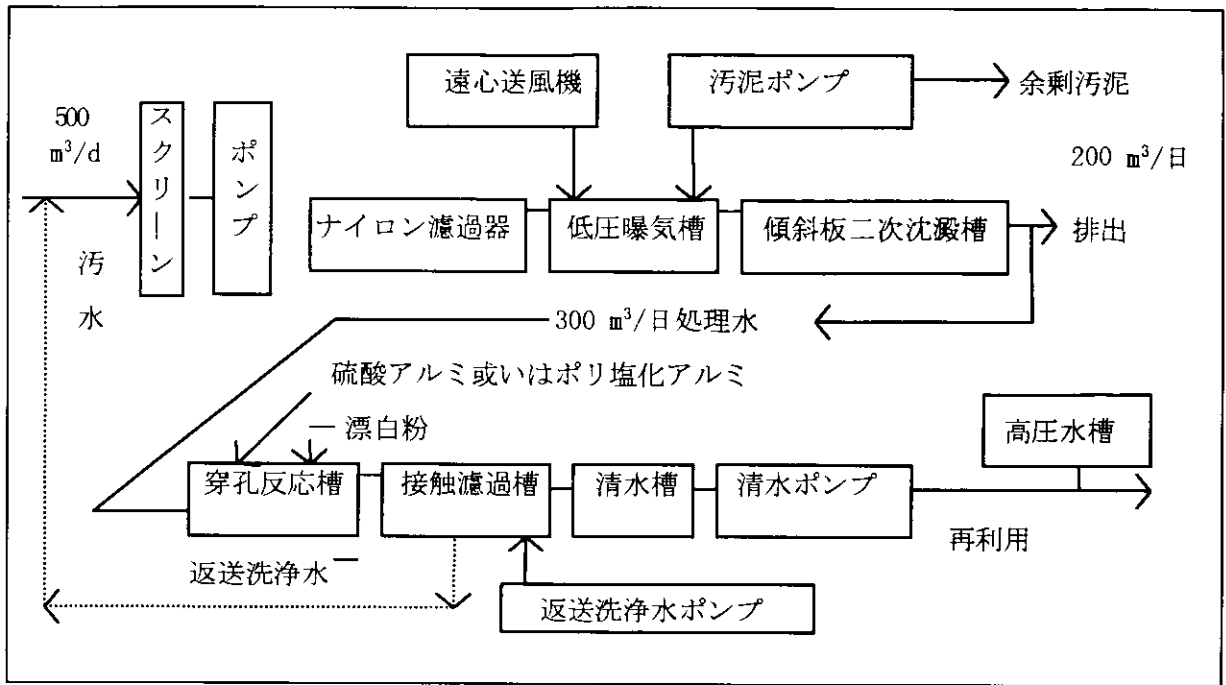


図 11.12 排水処理工程系統図

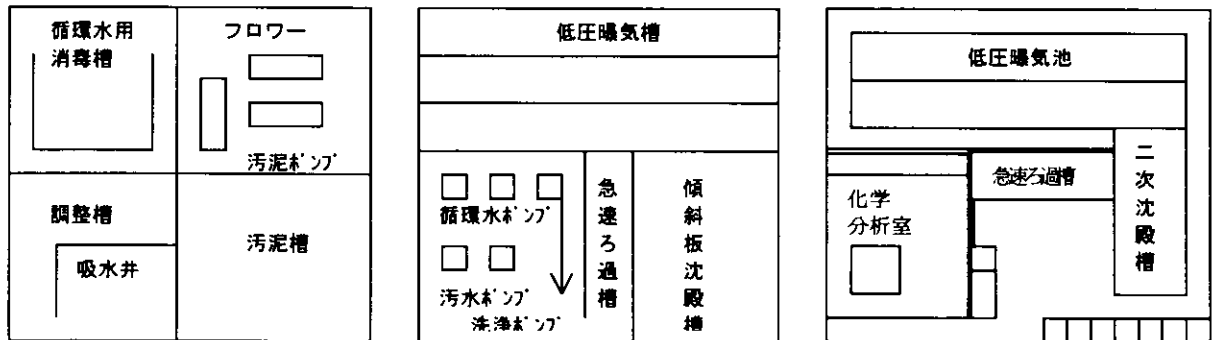


図 11.13 処理設備の配置図

b. 処理工程の設計参考数値

1. 低圧曝気槽；混合液濃度 (MLSS) 3000mg/L、体積負荷 1.2kg BOD<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>、全圧 1070 mm、風量 3320 m<sup>3</sup>/時
2. 傾斜板二次沈澱槽；表面負荷 4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>・時
3. 穿孔隔板反応槽； 反応時間 25 分間
4. 二層接触濾過槽； 濾過速度 6 m/時
5. 濾過槽水洗浄ポンプ；洗浄能力 18 L/秒・m<sup>3</sup>

c. 主要設備各規格・型番号等

1. 汚水ポンプ室；2. 5PWA ポンプ 2 台(1 台は予備) 3 BL-9 清水ポンプ 2 台(1 台は予備)(1

台は予備) 6B-13 型返送ポンプ 1 台

2. ナイロン濾過機 90 メッシュナイロン濾布 平板傾斜角度 60°
3. 低圧曝気槽 曝気槽幅 2.5m. 深さ 3.5m. 長さ 12m. 7号ブロー
4. 傾斜板二次沈澱池 3.5m x 5.8m 漏斗状排泥孔 傾斜角度 ; 50° 材料 ; アルミ板
5. 穿孔隔板反応槽 ; 0.4 m x 5 m
6. 二段接触濾過槽 ; 平均面積 8 m<sup>2</sup> 充填剤 粒度 0.8~1.8mm 無煙炭 0.4 mm 厚  
粒度 0.5~1.2mm 石英砂 0.5 mm 厚  
粒度 2 ~32 mm 砂石 0.6 mm 厚  
砂面水深 1.5 m 濾過池深度 3.15 m

#### d. 主要技術経済指標

1. 土地占有面積 160 m<sup>2</sup>
2. 作業員 3名 分析業務を含む。
3. 設備投資額 9.5 万元
4. 消費電力 0.35 kwh/m<sup>3</sup>汚水. 3,000gr 硫酸アルミ/m<sup>3</sup>汚水. 3,750gr 漂白粉/m<sup>3</sup>汚水.
5. 処理費用収支
  - (1)年間支出 (償却費含まず) + 人件費 (平均 60 元/日) 60x3(人数) x12(月) = 2,160 元  
電力費 ; 500 (汚水量) x 0.35 (電力) x 30(日数) x 7(日数) x 0.12 (電力費) = 4,410 元  
薬剤費 ; 252 元 (硫酸アルミ) + 158 漂白粉 = 410 元 総計 ; 年間 6,980 元
  - (2)年間収入 ; 羽毛回収 (平均 300 元/日) 300x7=2,100 元 循環水 300x30x7x0.08  
(仮定 0.08 元/トン計) = 5,040 元 以上収入総計 7,140 元 (支出と収入は平衡)

#### 3. 参考文献

- 1) 呂 鑑 北京工業大学土木系学内研究論文 (1993)
- 2) 中国環境年鑑 中国環境年間社, 北京 (1994)
- 3) 中国統計年鑑 中国統計出版社, 北京 (1994)
- 4) 中国強制性国家標準 環境保護編中国標準出版社, 北京 (1993)
- 5) 中国鉱業経済計画年鑑 中国经济管理出版社, 北京 (1993)
- 6) 汚水総合排水標準 中国標準出版社 (1991)
- 7) 中国経済年鑑 中国经济管理出版社, 北京 (1993)
- 8) 呂 鑑 中国における廃水再利用と処理技術  
播磨幹夫共著, アイピーシー東京 (1993)