

# 실무자를 위한 용·폐수 처리기술

〈1〉



全炳俊  
《(株)한수 기획부》

## 서론

물은 자연계에 존재하는 모든 생명체의 가장 기본적인 필수요소로서, 생명의 근본이 되는 기초요소이나 풍족한 상황으로 인하여 그 중요성이 간과되어 왔다.

현대 사회에서는 산업체의 가동 또한 물을 기본 Utility로 이용하는 경우가 많아 물은 이제 산업의 가동이나 생명체 유지 모두에 기본인자가 되었다. 그러나 공업화의 진행과 함께 파생된 환경오염의 문제는 모든 생물의 삶의 터전이 되어온 생태계 파괴라는 문제로 대두됨으로써, 공업화의 부산물로 심각화되어 가는 각종용수나 폐수의 보다 효율적인 처리기술이 보편화 되어야만 하게 되었다.

한편, 선진각국에서 조차 환경관련기술의 핵심부분인 기술이전을 기피하는 실정으로 환경에 관련한 문제 제기에 대응한 실질적이고도 효율적인 처리기술의 보급은 다소 늦은 실정으로 판단된다.

따라서, 급격히 발전하고 있는 용·폐수처리 분야의 신기술이나 사용되는 기기·약제의 특성 등과 최근의 동향을 고찰해 봄으로써 향후 용·폐수처리 기술이 필요한 모든 부분에 조금이라도 도움이 되었으면 한다.

## I. 물의 기초적 특성 고찰

### 1. 물의 기초적 성질 이해

#### 가. 물의 개념

일반적으로 「물」이라고 호칭되는 것은 분자량이 18인  $H_2O$ 이다. 그러나 엄밀하게 말하면 「물」은 여러 가지로 나뉘어지는 것으로서, 구성원소인 수소가 안정 동위체 형태인 원자량 1인  $^1H$ 와 원자량 2인  $^2H$ 로 구분되어 진다.

또한 산소의 경우도 원자량이 16, 17, 18의  $^{16}O$ ,  $^{17}O$ ,  $^{18}O$ 의 동위체가 있다. 이들이 자연계에 존재하는 물에서의 비율은 대략 다음과 같이 알려져 있다.

$$^1H : ^2H = 99.844 : 0.015$$

$$^{16}O : ^{17}O : ^{18}O = 99.758 : 0.0373 : 0.2039$$

이러한 물은 지구상에 다량으로 존재하며, 표 1-1에 나타난 바와 같이  $1,400 \times 10^6 km^3$ 에 이르고 있으며 그중 96.5%는 해수로, 2.5%는 담수로, 기타 남극과 북극의 만년빙과 빙산으로 존재하는 물을 포함하여 우

리들이 일상에 이용하는 지하수, 호소수, 하천수 등이 약 0.8%를 점유한다.

[표 1-1. 지구상에 존재하는 물의 량]

수 종	수량( $10^6 \text{km}^3$ )	구성비(%)
해 수	1,338	96.5
담 수	35.03	2.53
빙산·빙하	24.06	1.74
지 하 수	10.85	0.78
대 기 중	0.01	0.0007
호 소	0.108	0.008
하 천	0.002	0.00015
기 타	12.97	0.97
총 량	1,386	100

이러한 수치들을 참조해 볼때 결국 우리들이 직접적으로 이용할 수 있는 용수의 양은 상당히 작은 수량에 불과하며, 한정된 강수량에 비하여 급속히 증가되는 용수의 증가량은 가까운 장래에 용수의 부족현상을 초래할 것이 명확해 짐을 알 수 있다.

나. 물의 성질

물의 분자식은  $\text{H}_2\text{O}$ 로 표시되는 수소원자 2개와 산소원자 1개로 구성된 단순한 화합물이다. 이것은 상온에서는 무색, 무미, 무취의 투명한 액체로 존재하며 일상적으로 접촉하는 것이 액체형태의 물인 것이다.

표 1-2에 물의 물리화학적 성질을 나타내었다.

[표 1-2. 물의 물리화학적 성질]

Properties	Temperature	$\text{H}_2\text{O}$
Specific gravity	200°C	0.9982
Melting point(°C)	-	0.00
Boiling point(°C)	-	100.00
Vapor pressure(mm.Hg)	20°C	17.535
Temperature at maximum density(°C)	-	4
Dielectric constant	20°C	82
Index of refraction(D line)	20°C	1.33300
Viscosity(c.p.)	20°C	1.009
Heat of fusion at melting point(kcal / mole)	-	1.435
Heat of evaporation at boiling point(kcal / mole)	-	9.719
ion product	25°C	$1 \times 10^{-14}$
Heat of formation	20°C	68.35
Dipole moment(cgs $\times 10^{18}$ )	(gas)	1.84
Density(g / ml)	Boiling point	0.958
Surface tension(dyne / cm)	Boiling point	58.9
Solubility of NaCl(g / 100g water)	25°C	35.9

물은 일반적인 다른 화학용매와 비교시 대단히 높은 비열, 용해열, 증발열을 나타낸다.

[표 1-3. 화학용매들의 물리화학적 성질]

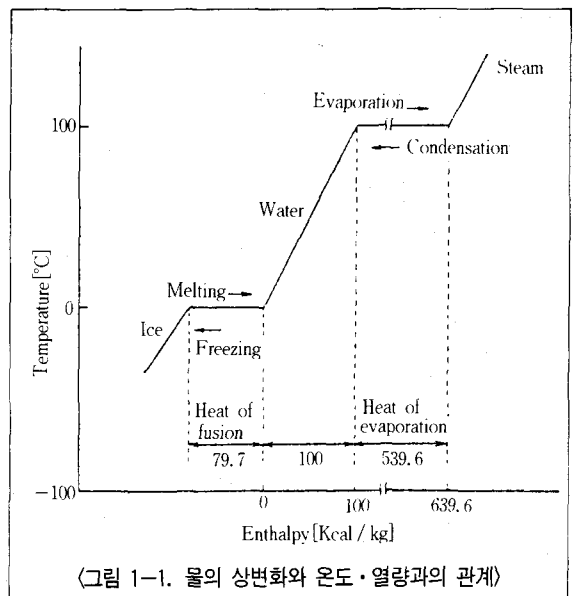
Substance	Heat of fusion (cal / g)	Heat of evaporation (cal / g)	Specific heat (cal / g °C)
Acetone	23.4	124.5	0.506
Ethyl alcohol	24.9	204.0	0.535
Sulfuric acid	24.0	122.1	0.270
Water	79.7	539.6	1.007

Note : Specific heat is the value at 0°C

따라서 다른 용매들에 비하여 가온시 물은 상대적으로 높은 열량이 소요되게 되며, 반면에 물은 상대적으로 다른 용매보다 에너지를 흡수할 수 있는 능력이 그만큼 크다는 의미가 된다.

물은 용해열과 증발열이 대단히 크기 때문에 온도의 변화 없이 상변화(Phase change)과정만으로도 많은 잠열을 조절할 수 있게 된다. 0°C의 얼음을 같은 온도의 물로 완전히 변화시키려면 1,435kcal / mol(79.7kcal / kg)의 열량이 필요하며, 20°C의 물을 100°C로 승온시키려면 80kcal / kg의 열량이 필요하다.

역으로 0°C의 물이 0°C의 얼음으로 변하기 위해서는 약 80kcal / kg의 열을 주위에 방출하여야 한다. 거



울철 온실내부에 물통 등을 놓아두는 것이 바로 물의 잠열을 이용하여 예비 열원으로 사용하는 예가 되는 것이다.

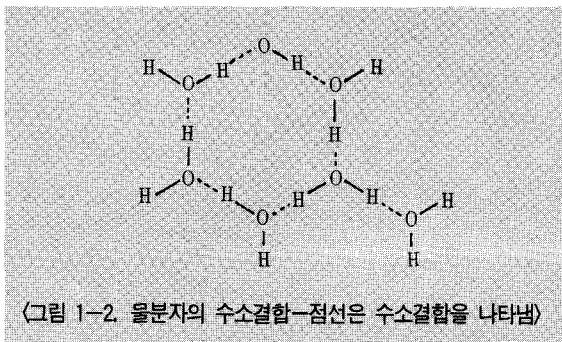
즉, 물이 어는 과정에서 방출된 열의 작용에 의하여 실내의 온도가 외부의 온도보다 따뜻할 수 있도록 다소의 보온작용을 하는 것이다.

더욱이 100°C의 물을 증기로 바꾸기 위해서는 9, 714kcal / mole(539.6kcal / kg)의 대단히 많은 열량이 필요하며, 이는 0°C의 물을 100°C로 올리는 데 소요되는 열량(100kcal / kg)에 비하여 5배 이상의 열량이 필요한 것이다. 결국 물은 증발되기가 어려운 용매라고 말할 수 있는 것이다.

물의 증발열을 이용한 것으로는 냉각탑에 있어서는 물의 냉각 등이 있다.

물이 이처럼 높은 비열, 증발열, 용해열 등을 나타내는 것은 물의 분자간 인력이 같은 류의 다른 화합물에 비하여 상대적으로 강하기 때문으로서, <그림 1-2>와 같이 수소결합에 의한 분자간 결합력의 증가에 기인된 것으로 판단된다.

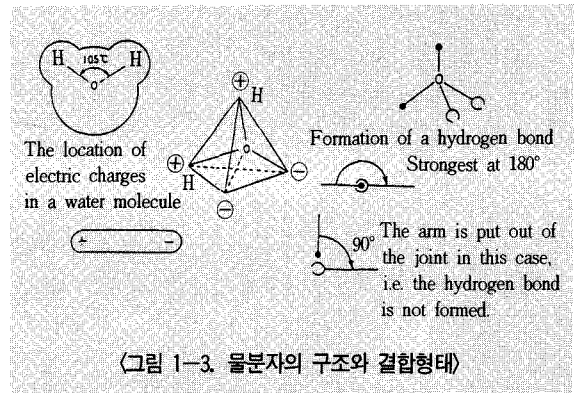
한편, 물이 얼음으로 변화될 때에는 그 분자형태가 균형적인 6각형을 형성하게 되며 이것도 역시 수소결합의 영향에 기인된 구조라고 할 수 있다.



물분자는 원자간 거리가 O-H : 0.96Å, 원자각도  $\angle\text{HOH} : 104^\circ 31'$ 인 2등변 삼각형 형태이다. 또한 산소원자를 중심으로 하였을 때 정4면체에 가까운  $109^\circ 5'$ 의 각도를 갖는 구조이다. 물분자는 4개의 전하가 있어 2개는 양전하를, 2개는 음전하를 대칭적 위치에 가지고 있다. 따라서 막대자석과 같은 형태의 거동을 나타내며, 쌍극자력(Dipole moment)을 갖는다.

기체형태의 물분자는 Dipole moment가  $1.84 \times 10$

$^{18}\text{cgs}$ 로 대단히 크며, 높은 유전율(誘電率—Dielectric constant)을 갖기 때문에 다른 분자나 이온들과 쉽게 밀착(Interaction)이 가능하다. 이러한 이유로 물은 극성이 강한 용매로 불려지는 것이다. 즉, 수소결합이 가능한 형태의 분자들(예, O-H...O, O-H...N, N-H...O 등)과는 쉽게 밀착되어 용매로서의 작용이 가능한 것이다.



다. 물의 용해작용  
 물질에 대한 용해력이 대단히 크기 때문에 물은 많은 물질을 용해시켜, 전해질 성분을 전리(해리, 이온화 등)용해시킨다.  
 알콜이나 당분 등과 같이 수중에서 전리가 되지 않는 물질도 물은 용해력을 갖게 되는데 이는 전술한 바와 같이 수소결합이라는 물의 특수한 결합력에 기인한다.

한편, 화합물질을 물에 최대로 용해시켰을 때, 평형 상태에서 용질의 농도를 용해도라고 하며, 이 용액을 포화용액이라고 한다.

용해도를 좌우하는 요인에는 온도, 산도(Acidity), 알칼리도(Alkalinity), 공존염류 등이 있다. 통상의 용해도는 순수(Deionized water)를 기준으로 한 것이 대부분으로 이 경우에는 온도가 최대변수로 작용하게 된다.

일반적으로 온도가 상승함에 따라 물질의 용해도가 증가하는 것이 일반적이나, 수중에서 가장 흔한 탄산칼슘(Calcium Carbonate)과 같은 칼슘염은 온도가 증가함에 따라 용해도가 감소하는 특징을 갖는다.

칼슘염의 이러한 상반된 용해도에 의하여 온도를 상

[표 1-4. 수처리약품의 물에 대한 용해도]

Chemicals	Molecular formula	Temperature°C						
		0	10	20	30	40	50	60
Aluminum sulfate	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	31.2	33.5	36.4	40.5	45.8	52.2	59.2
Sodium chloride	NaCl	35.7	35.8	36.0	36.3	36.6	37.0	37.3
Sodium carbonate(soda ash)	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	7	12.5	21.5		48.5		46.4
Sodium dihydrogenphosphate	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	57.9	69.9	85.2	106.5			
Sodium hydrogenphosphate	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1.67	3.6	7.7	20.8		80.2	82.9
Sodium phosphate	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1.5	4.1	11	20	31	43	55
Sodium hydroxide(caustic soda)	NaOH			109	119	129	146	
Sodium sulfite	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	13.9	20	26.9	36	28.0	28.2	28.8

승시키는 시스템, 즉 보일러시스템과 같은 경우에는 수중의 칼슘 용해도가 감소함으로 인하여 칼슘이 석출되게 되며 이를 통상 스케일이라고 칭한다.

[표 1-5. 기체의 물에 대한 용해도]

Temperature C	N <sub>2</sub>		O <sub>2</sub>		Total ℓ × 10 <sup>2</sup>	Air		CO <sub>2</sub>	
	α × 10 <sup>2</sup>	q × 10 <sup>3</sup>	α × 10 <sup>2</sup>	q × 10 <sup>3</sup>		ℓ × 10 <sup>2</sup>	ℓ × 10 <sup>2</sup>	α × 10	q × 10
0	2.31	2.94	4.89	6.95	2.86	1.84	1.02	17.13	3.346
10	1.83	2.31	3.80	5.37	2.24	1.45	0.79	11.94	2.318
15	1.66	2.09	3.42	4.80	2.01	1.31	0.70	10.19	1.970
20	1.52	1.90	3.10	4.34	1.83	1.19	0.64	8.78	1.688
25	1.41	1.75	2.83	3.93	1.67	1.10	0.57	7.59	1.446
30	1.32	1.62	2.61	3.59	1.54	1.03	0.51	6.65	1.257
40	1.16	1.39	2.31	3.08	1.32	0.87	0.45	5.30	0.973
50	1.07	1.22	2.09	2.66	1.14	0.75	0.39	4.36	0.761
60	1.02	1.05	1.95	2.27	0.98	0.65	0.33	0.36	0.576
70	0.98	0.85	1.83	1.86	-	-	-	3.19	-
80	0.96	0.66	1.76	1.38	0.60	0.40	0.20	-	-
90	0.95	0.38	1.72	0.79	-	-	-	-	-
100	0.95	0.00	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-

\* Values of q for N<sub>2</sub> containing 1.2 vol% of Ar

(Note) α : Bunsen absorption coefficient. Volume of gas at 0°C and 760 mmHg converted from the volume of gas (mL) soluble in 1 mL of solvent at a temperature of t°C, where the partial pressure of the gas is 760mmHg

β : Ostwald solubility coefficient. Volume of gas at t°C and 760mmHg measured from the volume of gas (mL) soluble in 1 mL of solvent at a temperature of t°C, where the partial pressure of the gas is 760mmHg. Value = α (273+t) / 273

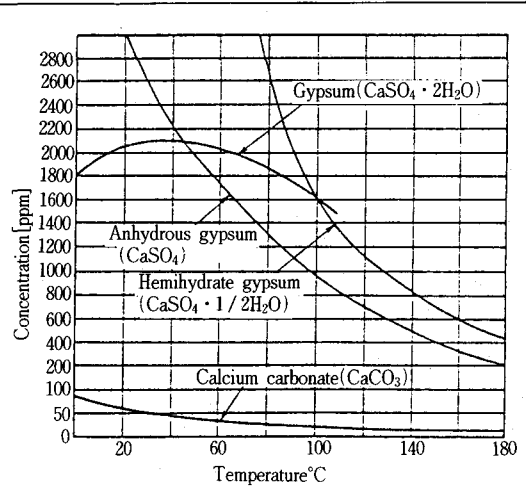
ℓ : Volume of gas at 0°C and 760mmHg converted from the volume of gas soluble in 1 mL of solvent at t°C. (the partial gas pressure plus the vapor pressure of the solvent) is 760mmHg.

q : Quantity of gas(g)soluble in 100g of solvent at t°C where total

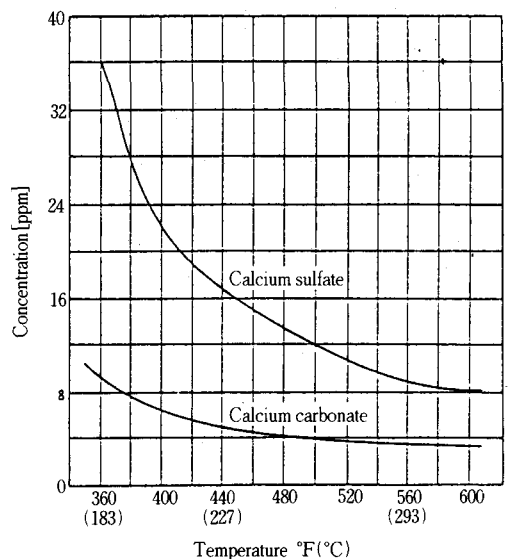
gas pressure (partial gas pressure plus vapor pressure of the solvent) is 760mmHg.

According to Henry's law, the solubilities of gas is proportional to its partial pressure at a constant temperature, thus the solubilities at p mmHg can be obtained by multiplying alpha or beta by p / 760.

Henry's constant =  $\frac{p}{x_2}$  (p:partial pressure, mmHg x<sub>2</sub> : mole fraction of solute)



<그림 1-5. 칼슘염의 저온에서의 용해도>



<그림 1-6. 칼슘염의 고온에서의 용해도>

[표 1-6. 산·염기 수용액의 전리도(0.1N 용액)]

Substance	Formula of dissociation	Degree of dissociation	Strength
Nitric acid	$\text{HNO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$	0.92	Strong acid
Hydrochloric acid	$\text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^-$	0.91	
Hydriodic acid	$\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{I}^-$	0.91	
Sulfuric acid	$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_4^-$	0.61	Quasi-strong acid
Phosphoric acid	$\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$	0.27	
Acetic acid	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$	0.013	Weak acid
Carbonic acid	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$	0.0017	
Hydrogen sulfide	$\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$	0.0007	
Boric acid	$\text{H}_3\text{BO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{BO}_3^-$	0.0001	
Potassium hydroxide	$\text{KOH} \rightleftharpoons \text{K}^+ + \text{OH}^-$	0.89	
Sodium hydroxide	$\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{OH}^-$	0.84	
Barium hydroxide	$\text{Ba}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^-$	0.80	Weak base
Aqueous ammonia	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$	0.013	

## 2. 용수의 부족과 재활용 개론

고도성장이 이루어짐에 따라 용수의 사용량은 급격히 증가된 것이 현실이나 한정된 강우량에 의하여, 도시집중화된 일부지역에서는 갈수기에 용수의 부족현상까지도 나타나는 것이 우리들의 실정인 것이다.

따라서 향후에는 공업화가 진행됨에 따라 용수의 사용량은 비례하게 됨으로 한정된 용수의 사용효율 증진 방법과 함께 재활용 방법들이 계속적으로 연구될 것이다.

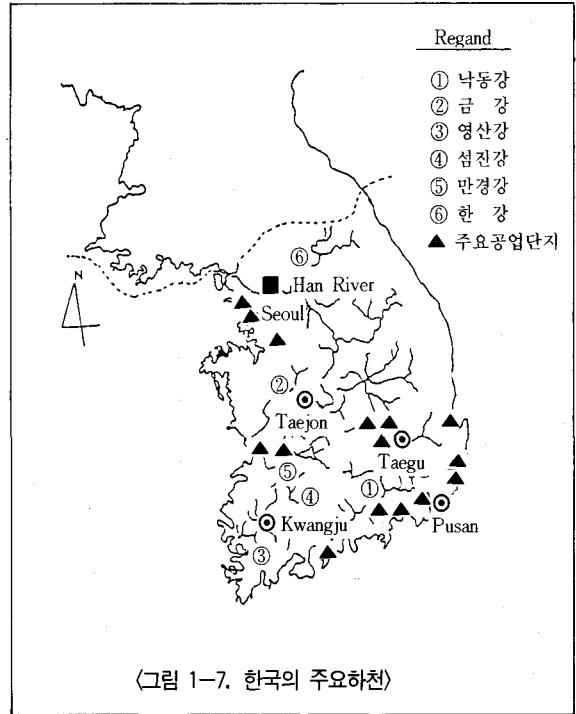
용수의 확보에 있어 한국은 주로 하천수에 의존하고 있으며, 이들 하천을 권역별로 구분해 보았을 때 (그림 1-7)과 같이 6대 하천권역으로 구분할 수 있다.

이들 6대수계의 유역면적의 약 2/3를 점하고 있는 정도로서 산업화에 의한 용수량의 증가와 함께 폐수량도 증가되어 주요 하천 수질오염은 점차 심각해지는 상황에 있다.

특히 한국은 협소한 국토면적에 비하여 인구증가율이 높아 1964년 2,798만 4,000명, 1983년에는 3,995만 명으로 경제개발이 추진되는 20년간 약 43%의 인구증가를 나타내었으며, 1km<sup>2</sup>당 404명의 높은 인구밀도를 갖는 것으로 나타났다.

강우량은 년평균 1,159mm로 세계평균 750mm보다 높으나, 강우량분포가 6~9월에 연간 강우량의 2/3가 편재되어 계절적 수질변화폭이 크게되는 기초인자로 작용한다.

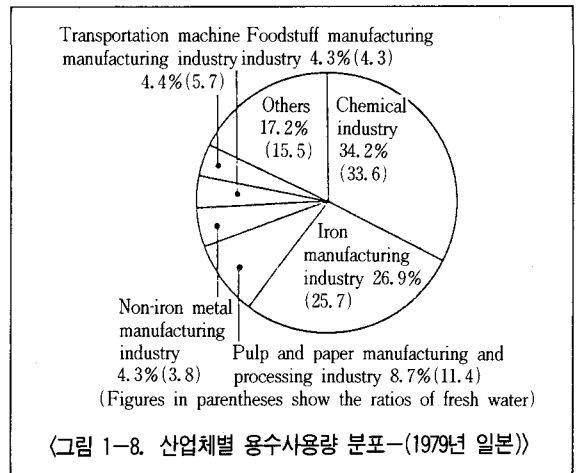
용수의 부족상황에 따른 대책으로는 물의 이용효율증진과 폐수 재이용등의 방안, 지하수의 개발과 갈

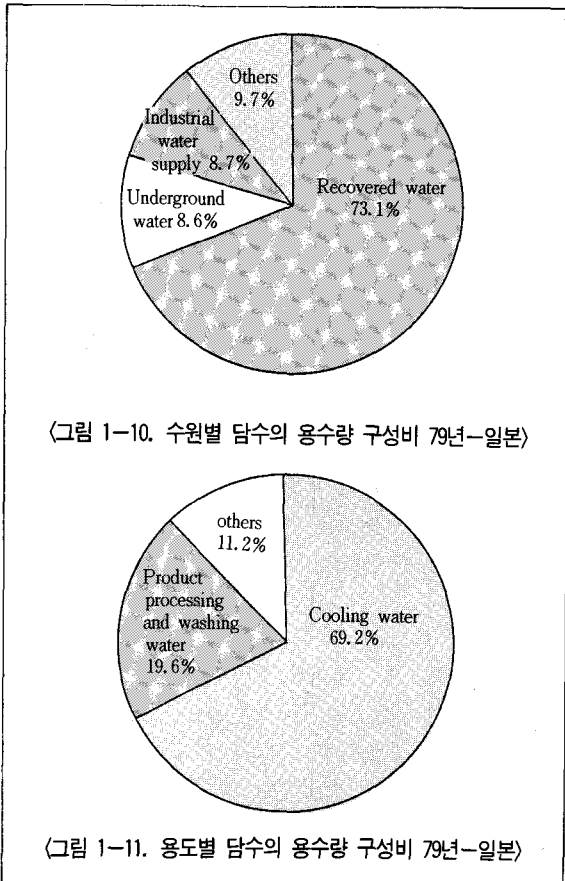
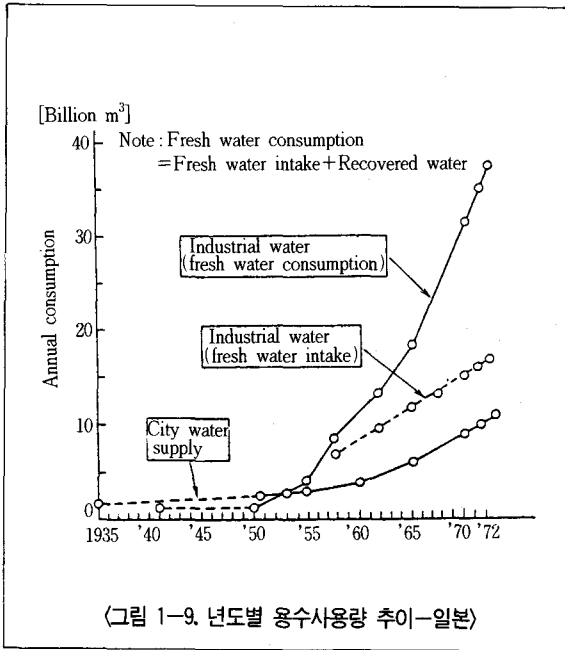


[표 1-7. 유역별 월평균 강우량(1972~1980년 평균치)

(단위 : mm)

구분 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년 강우량
전국	24.9	24.8	45.8	81.3	90.7	146.2	271.7	208.0	136.7	50.2	40.5	34.4	1,159.2
낙동강	27.5	32.5	66.3	134.9	118.6	166.0	224.6	205.3	110.3	59.4	49.8	24.7	1,220.2
금강	31.6	33.5	66.0	119.6	96.5	142.1	238.5	237.5	103.1	53.7	57.3	34.3	1,206.7
영산강	39.9	48.1	68.9	156.0	142.9	157.1	252.0	244.7	93.7	65.4	61.6	41.7	1,386.9
섬진강	34.6	42.7	73.2	168.9	148.5	160.6	283.9	231.5	100.3	63.6	59.2	36.8	1,404.7





은 추가적 수원개발이 있으나 지반침하등의 문제로 전면적인 지하수개발 이용은 곤란한 실정이다.

따라서 이러한 용수부족을 극복하기 위한 방법의 일환으로 국내 서산공업단지의 일부 플랜트에서는 해수를 담수화시켜 이를 역삼투막(Reverse Osmosis Membrane)을 통과처리하여 공업용수로 사용하는 단계에 있으며, 일본의 경우에는 폐수처리수를 잡용수 용도로 재이용하는 것이 시행되는 실정이다.

이러한 재이용의 시행은 먼저 재사용할 용도에 적합한 수질여부가 가장 중요하며, 이를 만족시키기 위한 처리방법과 경제성 등이 다각적으로 검토되어야 한다. 공업용수의 경우에도 폐수처리수의 재활용 방안 검토가 여러 공장에서 논의되고 있으나 공업용수의 주용도가 전술한 바와 같이 냉각수로 사용되고 있으므로, 이 경우 목표수질 기준이 오염도가 대단히 낮은(COD<sub>Mn</sub>: 10이하 정도)정도를 요구하게 되므로 현재까지 재이용율은 극히 낮은 실정이다. 또한 이를 위한 처리방법도 R/O(Reverse Osmosis)처리법, Ion Exchanger법, 전기영동법(Electric dialysis) 등이 소개되고 있는 상태이다.

[표 1-8. 폐수 재활용을 위해 제거해야할 물질]

항 목	원인물질	현 상	처리방법
취 기	H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , CH <sub>3</sub> SH	부패와 동반된 악취	염소살균, 산화처리 등
외 관	고형물, 탁도, 색	불쾌한 색도나 탁액 형성	침전, 응집처리, filtering
슬 라 임	세균, 유기물, 광선	녹조류·이끼 등을 형성	살균, 유기물제거(NP), 광선차단
스 케 일	경도, 실리카	배관막힘 등 초래	경도제거(이온교환수지 처리), pH조정
거 품	ABS, LAS	거품에 의한 불쾌감	황성탄 흡착, 장기포기법
물 때	유기물, 철분, 망간	위생기구에 물때 부착	황성탄 흡착, 응집처리 등
부 식	염류, 슬라임	적수형성, 점부식 진행 등	슬라임제거, 염류제거
저류시 부패	유기물, 세균 DO 부족	침전물 등의 부패, 악취	살균, 유기물제거, 포기
현탁물질의 증가	슬라임, 침전물	탁도 증가	슬라임제거
적수(赤水)	배관 등의 부식	적색의 색도증가	방식제사용, 재질변경, 염류제거

[표 1-11. 잡용수의 수질기준 예(일본경우)]

분 류	I 류		목표치	II 류				목표치
	용도	확장실		공조용	세 차	산 수(散水)	청소용	
항목								
탁도(SS)	30이하	10이하	10이하					
색	불쾌감이 없는 범위							
냄새								
pH	6.5-9.0	6.5-9.0	6.5-9.0	6.5-9.0	6.5-9.0	6.5-9.0	6.5-9.0	6.5-9.0
BOD	20이하	10이하	10이하	10이하	10이하	10이하	10이하	10이하
COD	40이하	20이하	20이하	20이하	20이하	20이하	20이하	20이하
용해성물질	5,000이하	1,000이하	1,000이하	500이하	1,000이하	500이하	1,000이하	500이하
NH <sub>3</sub> -N	20이하	20이하	20이하	10이하				
경 도	400이하	300이하	300이하	200이하	300이하	200이하	300이하	200이하
Cl-이온	400이하	300이하		200이하	300이하	200이하	300이하	200이하
ABS	2이하	1이하	1이하	1이하	2이하	1이하		
철+망간	1이하	0.5이하	0.5이하	0.3이하	1이하	0.3이하	1이하	0.3이하
잔류염소	-	-	-	0.2이상			0.2-0.5	0.2-0.5
대장균수	-	-	-	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

[표 1-9. 제품 1ton당 용수 소요량(m<sup>3</sup>)]

항목	사용수량(m <sup>3</sup> -개략치)	비 고
철강	40-100	해수사용량 제외
Pulp	300-700	
화학섬유	300-4,000	
합성고무	117-2,800	
Cellulose	3,000	
Cement	30-60	
정유	10-20	

이러한 장애는 통상 부식, 스케일, 슬라임 등에 의한 것으로 제품불량, 시설악화, 효율저하 등 설비의 정상적인 운전을 방해하게 된다.

나. 장애의 세부고찰

1) 부식장애

금속재질을 사용하는 설비에서 가장 흔한 장애는 부식으로서 특히 탄소강재질에서는 비교적 단시간에 진행된다. 부식은 물과 용존산소의 영향에 의하여 발생되며 염소이온과 같은 부식성이온이나 오염물의 부착 등에 의하여 부식속도가 증가하게 된다.

또한 제반조건(pH, 온도 등)에 의해서도 영향을 받으며, 설비의 직접적 파손의 원인이 된다.

이러한 부식을 방지하기 위해서는 통상 인산염계의 부식방지제를 적용하여, 금속표면에 피막을 형성시키는 방법이 채택되고 있으며, 보일러시스템과 같은 압

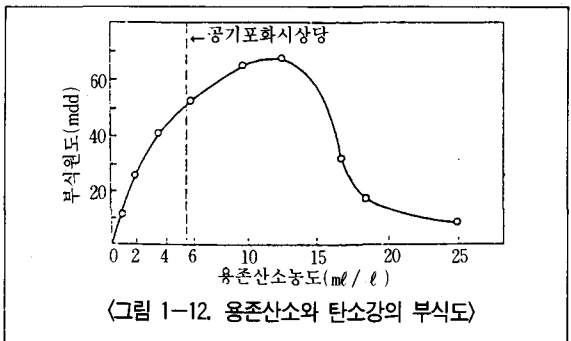
[표 1-10. 주요 공업용수 지역별 수질-한수 Data : 89-91평균]

지역	Cond. (μs/cm)	pH	Turb. (degree)	Ca-H (CaCO <sub>3</sub> )	Cl <sup>-</sup> (ppm)	T-Fe (ppm)	비 고
서울	219.2	7.47	2.0	36.2	21.7	0.23	팔당 1차 처리수
울산	176.3	7.08	8.8	33.4	16.2	0.13	낙동강 원수
여천	67.3	7.04	1.83	11.7	9.1	0.11	섬진강·주안댐 혼합용수
서산	1,217.7	7.59	10.7	53.7	347.1	0.98	대호댐·삼교천원수
구미	194.8	7.45	1.2	47.2	23.7	0.2	낙동강 1차 처리수
포항	102.7	7.04	1.1	21	11.2	0.16	영천댐 1차 처리수

3. 물에 의한 장애의 기초적 이해

가. 물에 기인한 장애

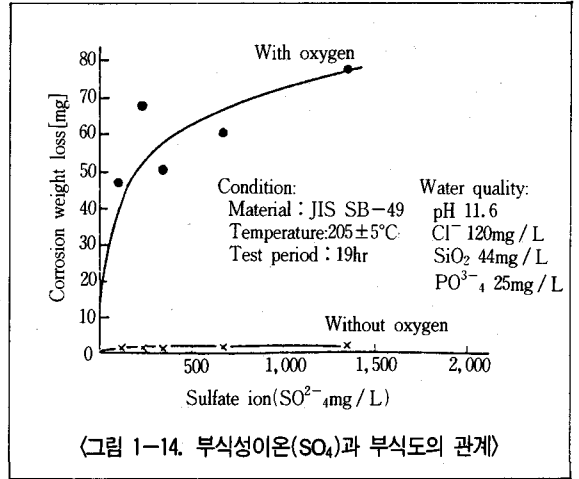
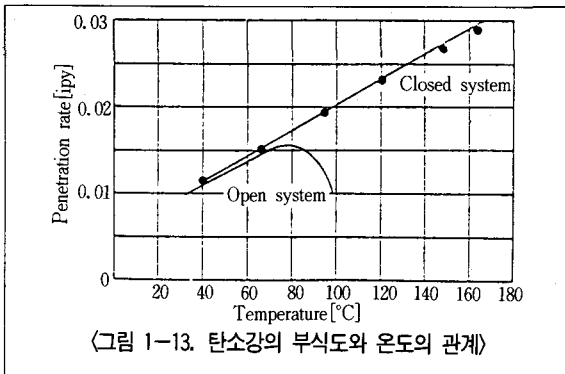
물을 이용하여 플랜트를 가동하는 공장이나 기타 부분에서 물에 용존된 각종 염류나 이온들에 의하여 장애를 초래할 수 있다.



<그림 1-12. 용존산소와 탄소강의 부식도>

[표 1-12. 수중에 존재하는 보통의 불순물]

성분	화학식	기인한 장애	대책
탁도	Gaolin degree, ppm으로 표시	탁액형성, Valve의 조작 저해	응집침전, 여과처리
색	색도로 표시	침전물과 결합후 착색형성	응집침전, 활성탄 흡착처리
경도	Ca-H, Mg-H, CaCO <sub>3</sub> ppm로 표시	열교환기, 보일러 등에 스케일 형성	양이온 교환처리, 적절한 수처리
알칼리도	HCO <sub>3</sub> , CO <sub>3</sub> , OH, CaCO <sub>3</sub> ppm로 표시	Ca와 결합 Scale형성 증기중의 CO <sub>2</sub> 로 부식유발	탈기처리, 음이온 교환처리
탄산가스	CO <sub>2</sub>	증기관의 부식, pH저하	알칼리 중화, 탈기처리
황산염	수소이온농도	pH가 높을 경우 Scale증가 낮을 경우 부식도 증가	적정 pH유지
염화물	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca와 결합하여 Scale형성 부식성 이온	탈염·중류
염화물	Cl <sup>-</sup>	물의 부식성을 증가시키는 요인	탈염·중류
질산염	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	고농도의 경우 유아에게 Methemoglo binemia의 원인	탈염·중류
불소	F <sup>-</sup>	수중 존재가능성이 낮음 강한 부식성	응집침전 처리등
실리카	SiO <sub>2</sub>	스케일 형성	음이온 교환처리
철	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	색도형성, 부식재유발	양이온교환, 흡착처리
산소	O <sub>2</sub>	부식의 직접적 원인	탈기처리, 부식억제제 사용
황화수소	H <sub>2</sub> S	악취유발	포기, 염소처리, 음이온 교환처리
암모니아	NH <sub>3</sub>	동재질의 부식 염소살균제의 효과 저하	Strainer처리, 여과, 흡착
도전율	비전도도로 표시	염류 양의 간접표시로서 다량의 경우 Foaming등 유발	탈염·중류등
현탁고체	SS 측정 후 ppm으로 표시	열교환기 침적 전열장애 등	응집, 침전처리, 여과, 흡착



력용기에서는 탈기처리를 실시함으로써 부식의 원인 물질이 되는 용존산소나, 탄산가스 등을 제거하는 방법을 채택하고 있다.

2) 스케일 장애

보일러시스템이나 냉각시스템과 같은 열교환이 일어나는 부분에서는 전술한 바와 같이 수중에 존재하는 경도성분이 온도가 상승함에 따라 용해도가 감소하여 (일반적인 물질과는 상반된 용해도) 가온부위에서 경도성분이 석출되어 스케일로 고착화되게 된다.

이러한 스케일은 전열효율의 저하는 물론 과열이 될 경우에는 모재의 Crack(균열)이나 직접적 파손의 원인이 되기도 한다.

[표 1-13. 주요 스케일성분의 열전도율]

물 질 명	열전도율(kcal / m <sup>2</sup> ·C)
실리카(SiO <sub>2</sub> ) 주체의 스케일	0.2-0.4
탄산염(CaCO <sub>3</sub> ) "	0.4-0.6
황산염(CaSO <sub>4</sub> ) "	0.6-2.0
탄 소 강	40-60
동(구리-Copper)	320-360
주 석	0.06-0.1
유 지 분	0.1

따라서 이러한 스케일을 방지하기 위하여 통상 보일러용수 처리시에는 이온교환수지를 이용한 순수나 연수를 만드는 이온교환처리가 일반화되어 있다.

아울러 냉각용수로는 스케일을 방지하기 위한 Synthetic dispersant를 채용하는 것이 일반적이다.