

# 河川等の水域에 있어서 酸化還元電化値의 評價 및 그 要因에 관한 考察

## 4.2 결과 및 고찰

「표3」과 같이 侍從川의 源인 St.1 및 St.1-1에 있어서는 온도도 낮고 외관은 무색투명이며 DO도 포화용존산소량에 거의 가까운 값이었다. 또 BOD値는 1.3~1.6mg/l, COD値는 1.6~2.4mg/l이며, ORP는 Eh値로서 430mV, rH値로서 31이었다. 그러나 St.6~St.8에서는 온도도 높고, DO도 St.1 및 St.

.1-1에 비교해서 약 50%의 낮은 용존량이고 BOD는 약 15mg/l, COD는 약 10mg/l에 달하고 있었다. 또 Eh値도 前者에 비교해서 약 200mV 낮은 235mV이며, rH値로서는 6정도 낮은 25였다. 이것은 시가지에 들어서면水域의 오염이 급속히 진행되고 있는 전형적인 도시하천의 특징을 보이고 있다.

Table 3. Summary of measurement and analysis data in the Jiju River waters  
n = 5 ~ 6 1982 ~ 83

St.	No.	1	1-1	2	3	4	5	6	7	8
Distance (m)		-	-	40	540	180	1130	600	570	830
Temp. (°C)	Avg. σ	15.8 3.07	15.8 3.58	16.2 1.57	17.9 3.32	19.3 3.94	20.8 4.84	22.1 5.99	21.8 5.76	20.7 5.14
pH	Avg. σ	7.93 0.39	7.85 0.26	7.43 0.27	7.87 0.37	7.73 0.27	7.87 0.35	7.88 0.49	7.82 0.50	7.97 0.46
DO (mg·l <sup>-1</sup> )	Avg. σ	9.02 0.76	9.29 0.77	8.58 0.45	8.86 0.54	8.72 0.82	5.84 1.06	5.39 2.00	4.11 1.28	6.37 5.21
Eh (mV)	Avg. σ	434.2 51.35	432.5 61.76	370.0 18.48	400.0 40.77	333.0 36.28	312.0 26.38	273.0 50.95	273.0 36.70	235.0 61.91
rH	Avg. σ	31.1 2.21	30.9 2.31	27.8 0.96	29.9 2.05	27.0 1.51	26.6 1.04	25.2 1.13	25.1 1.87	24.1 2.02

Transp.	Avg.	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	25.9	> 30	28.5	25.0
	$\sigma$	0	0	0	0	0	9.09	0	2.57	7.16
SS	Avg.	11.25	13.50	11.50	8.50	7.25	10.00	21.25	33.75	80.00
( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	$\sigma$	7.25	1.50	0	1.50	0.25	3.00	3.25	2.25	39.50
BOD	Avg.	1.56	1.29	2.74	3.31	7.14	11.07	14.41	13.43	17.12
( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	$\sigma$	0.79	0.50	1.76	1.54	3.09	3.94	3.28	2.16	3.28
COD	Avg.	1.56	2.38	2.83	2.45	6.82	6.53	10.05	8.58	10.19
( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	$\sigma$	0.70	0.64	0.88	0.42	2.50	2.63	1.06	1.15	3.16
TOC	Avg.	21.67	15.29	23.91	22.69	21.67	26.51	26.52	26.45	22.31
( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	$\sigma$	11.67	8.27	11.08	10.72	10.98	11.81	11.15	11.29	9.28
$\text{NH}_4^+$	Avg.	0.23	0.31	0.67	0.86	3.19	3.84	4.09	3.95	2.39
( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	$\sigma$	0.23	0.23	0.49	1.02	3.12	2.47	1.37	0.78	1.87
$\text{NO}_2^-$	Avg.	0.06	0.15	0.45	0.35	0.56	0.66	0.59	0.67	0.40
( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	$\sigma$	0.10	0.32	0.34	0.27	0.31	0.32	0.24	0.16	0.20
$\text{NO}_3^-$	Avg.	1.22	6.75	8.96	6.41	5.36	1.81	1.12	2.35	0.71
( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	$\sigma$	2.22	3.41	3.19	1.91	1.33	1.13	1.16	2.22	1.59
$\text{NO}_x$	Avg.	1.28	6.90	9.41	6.77	5.91	2.47	1.71	3.02	1.11
( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	$\sigma$	2.31	3.41	3.52	2.00	1.46	1.16	1.18	2.24	1.78
$\text{Cl}^-$	Avg.	13.30	16.34	16.66	16.45	17.50	21.57	939.5	3995	11222
( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	$\sigma$	2.29	0.32	0.50	0.96	2.08	2.21	1030	4222	3963

(Note) Distance of from St. 1-1 to St. 3 is 550m

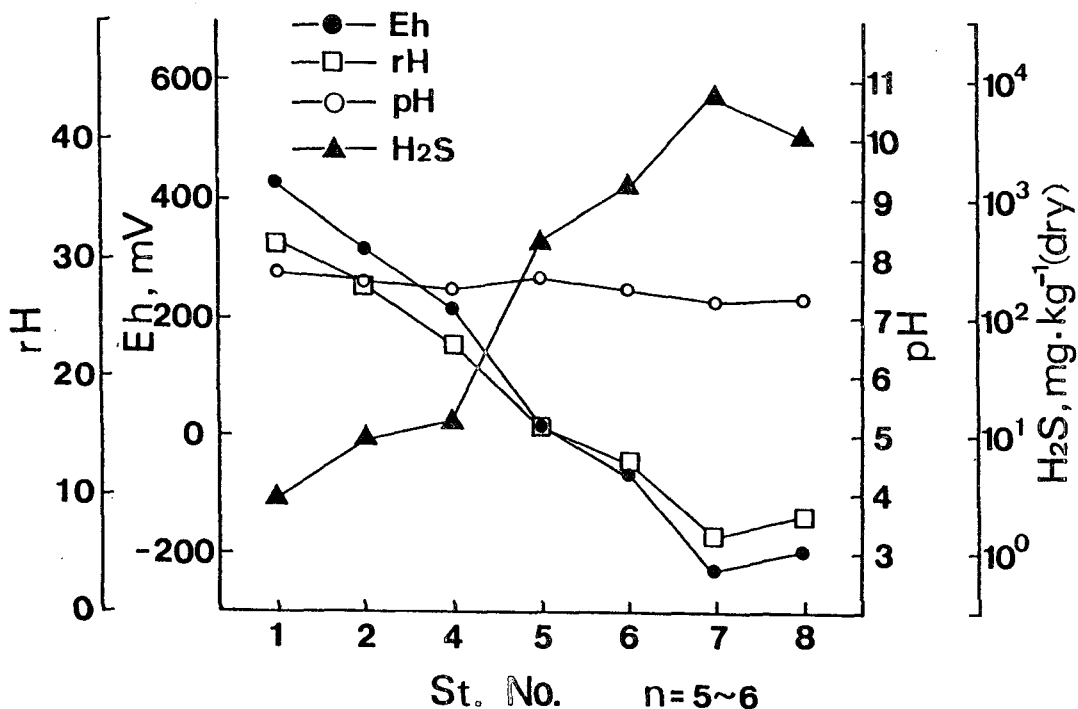


Fig.3 Summary of measurement and analysis data in the Jiju River sediments

다음에 侍從川의 底泥에 대해서는(그림-3)과 같이 상류로부터 하류에 이르기까지 ORP 値는 현저하게 낮게 되는 것을 알 수 있다. 반면, 황화수소량은 반대로 높아지고 있다. 이것은 중류로부터 하류에 걸쳐서 底泥가 혐기성상태로 급속히 변화되고 있는 것을 의미하고 있다.

이 水系에 있어서 황화물( $H_2S$ )은, 예를 들면 感潮域인 St.7~St.8에서는 평균치로서  $4000mg/kg \cdot dry$ 의 고농도이며, 또한 이 水系에 있어서의 ORP와  $H_2S$ 와의 관계는(그림-4)와 같다. 즉, 상당히 높은 역상관관계를 보이고 있다. 이 관계로서 식(3)이 성립된다고 생각된다.<sup>18),19)</sup>

$$Y = 445.17 - 75.25 \cdot \ln X \dots\dots\dots (3)$$

여기에서

$$Y : Eh \quad [mV]$$

$$X : H_2S \quad [mg/kg \cdot dry]$$

또 식(4)에 있어서는

$$Y = 31.44 - 2.77 \cdot \ln X \dots\dots\dots (4)$$

여기에서

$$Y : rH \quad [-]$$

$$X : H_2S \quad [mg/kg \cdot dry]$$

이 경우  $H_2S$ 와 ORP (Eh, rH)와의 상관관계수(r)는 양자 다 -0.95이다. 즉,  $H_2S$ 와 ORP와의 사이에서는 높은 상관관계를 보이고 있으며 그 결과로서 하천의 底泥의 ORP의 측정에 의해서 그 底泥의 酸化還元系레벨, 즉 이 경우에는 그 깨끗함이나 부패상태를 알 수 있다.

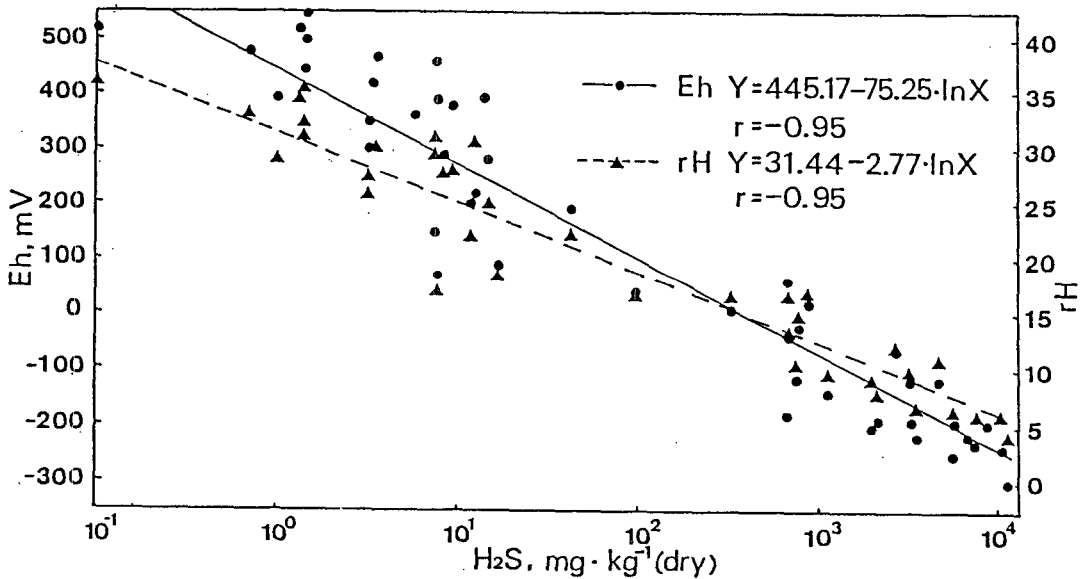


Fig. 4 Relationship between ORP and  $H_2S$  in the Jiju River sediments

## 5. 富川

### 5.1 시료 및 측정방법

(그림 2)와 같이 富川의 상류(카마리아)로부터 하류(平瀉灣에 합류되는 지점)까지 약 3690 m의 사이에 7지점을 두고 그 하천수 및 底泥를 채취하고 또 ORP 등의 측정 및 수질·底泥 시험을 행했다.

하천수 및 底泥 다 St.1~St.3에서는 하천 중에 측정기의 전극 등을 직접 넣어 측정을 행하였으며 또 St.4~St.7에서는 폴리바게츠 및

採泥器를 사용하여 채취하고 현지에서 하천수 및 底泥에 대해서도 온도, pH 및 ORP의 측정을 행했다.

### 5.2 결과 및 고찰

(표 4)의 侍從川과 같이 물에 대해서는 유기물질이 혼입되지 않는 St. 1에서 처럼 DO도 풍부하고 BOD 및 COD도 극히 낮고, 또 ORP (Eh, rH)도 상당히 높은 값을 보이고 있다. 그러나 생활배수 및 공장배수 등이 유입되고 있는 St.3~St.7에서는 DO도 상류의

50%정도이며 BOD는 약 20mg/l, COD는 약 12mg/l의 오염된 상태를 보이고 있다. 또 Eh 값은 상류에 비교해 약 100mV 낮은 200mV 이며 rH值로서는 4 정도 낮은 21.7이다.

**Table 4. Summary of measurement and analysis data in the Miya River waters**

St.	No.	1	2	3	4	5	6	7
Distance (m)		-	860	1290	360	390	360	430
Temp. (°C)	Avg.	14.0	16.5	17.8	19.8	19.8	20.0	19.8
	σ	3.04	3.22	3.37	4.43	4.53	4.48	5.07
pH	Avg.	7.18	7.52	7.57	7.50	7.48	7.42	7.37
	σ	0.44	0.15	0.29	0.16	0.12	0.11	0.31
DO (mg·l <sup>-1</sup> )	Avg.	9.19	8.75	4.54	4.09	3.93	3.43	5.53
	σ	0.46	0.54	1.24	0.50	0.29	0.58	2.79
Eh (mV)	Avg.	307.5	281.7	216.7	243.0	224.8	201.7	200.0
	σ	20.56	31.01	18.18	11.66	35.22	37.60	17.32
rH	Avg.	25.3	24.9	22.7	23.3	22.8	21.8	21.7
	σ	1.36	1.06	0.92	0.55	1.27	1.27	0.93
Transp.	Avg.	> 30	28.8	26.8	29.6	25.5	26.8	26.8
	σ	0	0.37	4.64	0.93	5.60	4.19	5.05
SS (mg·l <sup>-1</sup> )	Avg.	27.1	32.4	24.7	19.3	31.1	26.7	82.2
	σ	15.6	14.0	13.1	4.27	15.6	7.53	61.8
BOD (mg·l <sup>-1</sup> )	Avg.	1.96	3.40	20.7	13.6	19.0	20.1	21.3
	σ	0.66	1.97	1.98	3.17	1.43	3.56	3.84
COD (mg·l <sup>-1</sup> )	Avg.	2.97	4.09	12.7	10.4	11.1	12.0	12.7
	σ	1.37	0.57	1.83	2.72	2.45	3.95	2.68
TOC (mg·l <sup>-1</sup> )	Avg.	14.9	15.1	22.7	20.6	19.2	18.5	17.2
	σ	9.97	17.0	12.8	13.7	12.7	14.0	13.4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg·l <sup>-1</sup> )	Avg.	0.07	0.96	7.50	4.98	5.98	5.43	4.23
	σ	0.10	0.93	5.19	1.71	1.66	0.91	1.36
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg·l <sup>-1</sup> )	Avg.	0.01	0.15	1.01	1.17	0.79	1.09	0.58
	σ	0.01	0.06	0.78	0.53	0.17	0.69	0.15
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg·l <sup>-1</sup> )	Avg.	10.6	5.32	4.25	5.44	8.69	5.14	2.42
	σ	4.00	3.00	3.69	4.11	2.67	3.77	2.90
NO <sub>x</sub> (mg·l <sup>-1</sup> )	Avg.	10.7	5.46	5.26	6.61	9.48	6.23	3.00
	σ	3.98	2.96	3.79	3.88	2.52	3.46	2.96
Cl <sup>-</sup> (mg·l <sup>-1</sup> )	Avg.	17.5	17.5	36.0	1980	1263	1729	5460
	σ	2.50	2.37	10.3	3435	1872	1841	3678

다음에 宮川의 底泥에 대해서는 <그림 5>와 같이 St.1, 2에 있어서는 ORP는 상당히 높은 값을 보이고 있으며 또 H<sub>2</sub>S는 반대로 10mg/kg·dry 이하인 비교적 깨끗한 水域이었다.

반면에 St.3으로부터 급격한 ORP의 저하 (Eh值 0mV이하, rH值 약 10)를 보였으며 반대로 H<sub>2</sub>S량은 약 1000mg/kg·dry를 보였다.

특히 感潮域인 St.4~St.7에서는 극히 오염된 水域으로서 그 底泥가 黑色과 H<sub>2</sub>S의 악취를 풍겼다. 이 水域에 있어서의 H<sub>2</sub>S와 ORP와의 관계는 <그림 6>과 같다. 여기에 있어서는 O RP值가 낮으면 H<sub>2</sub>S농도가 높은 것을 알 수 있다. 이 관계로부터 Eh와 H<sub>2</sub>S에 대해서는 식(5)로서 rH와 H<sub>2</sub>S에 대해서는 식(6)이 성립된다. <sup>18)19)</sup>

$$Y = 452.01 - 77.58 \cdot \ln X \dots\dots\dots (5)$$

여기에서

$$Y : Eh \quad [mV]$$

$$X : H_2S \quad [mg/kg \cdot dry]$$

또 식(5)에 있어서는

$$Y = 30.62 - 2.74 \cdot \ln X \dots\dots\dots (6)$$

여기에서

$$Y : rH \quad [-]$$

$$X : H_2S \quad [mg/kg \cdot dry]$$

이 경우 H<sub>2</sub>S와 ORP (Eh, rH)와의 상관 계수(r)는 H<sub>2</sub>S-Eh에서는 -0.93이며 H<sub>2</sub>S-rH에서는 -0.94이다. 즉, H<sub>2</sub>S와 ORP와의 사이에는 侍從川과 같이 상당히 높은 상관관계이며 그 결과 하천의 底泥의 ORP측정에 의해서 그 底泥의 깨끗함과 부패상태를 알 수 있다.

## 6. 두 하천에 있어서의 종합적인 평가

### 6.1 하천수

侍從川 및 宮川에 있어서 ORP와 BOD 및 COD와의 사이에 높은 상관관계가 있는 것이 인정되었다. 즉, 두 하천에 있어서의 ORP와 BOD, COD와의 상관관계는 <표 5>와 같다. <표 5>의 상관식으로부터 산출된 값은 Eh[mV]가 100, 200, 300, 400, 500일 때 BOD [mg/l]는 각각 23~34, 17~20, 6~11, 1~5 및 1이하로 되며 COD [mg/l]는 각각 14~22, 10~14, 6, 2~1이하 및 不檢出로 된다.

한편, pH의 영향을 받지 않는 rH值로서 평가해보면 다음과 같다. rH值가 15, 20, 25, 30일 때 BOD [mg/l]는 각각 26~43, 19~26, 8~12, 5~1이하로 되며 COD [mg/l]는 각각 17~27, 12~17, 3~6 및 1이하로 된다.

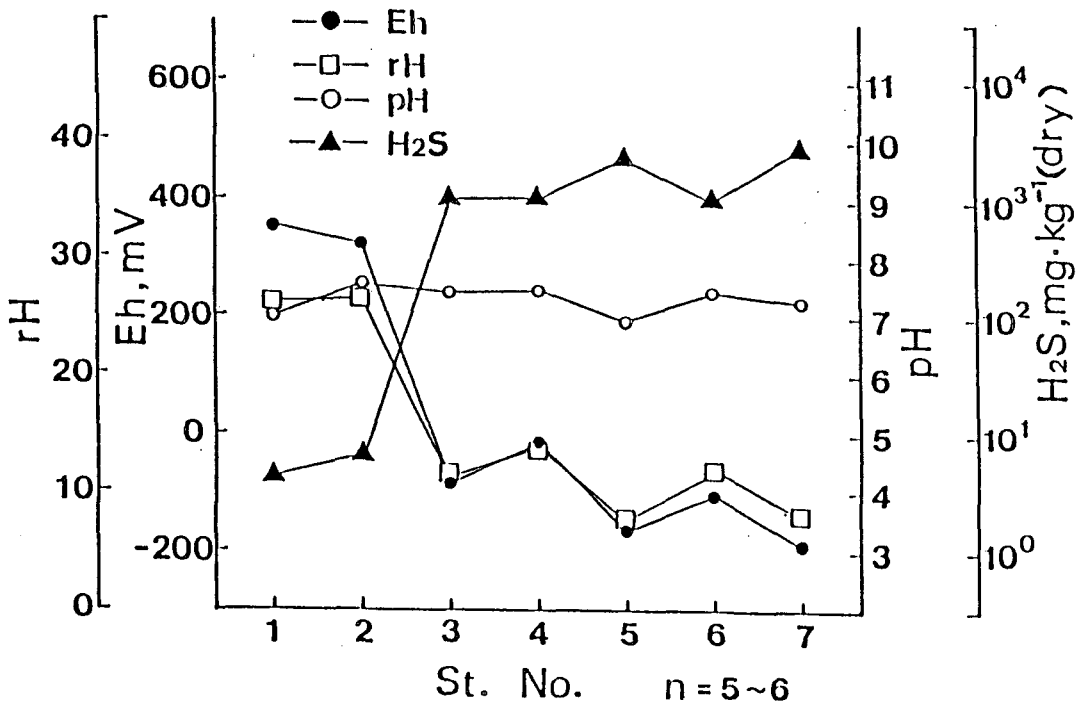


Fig. 5 Summer of measurement and analysis data in the Miya River sediments

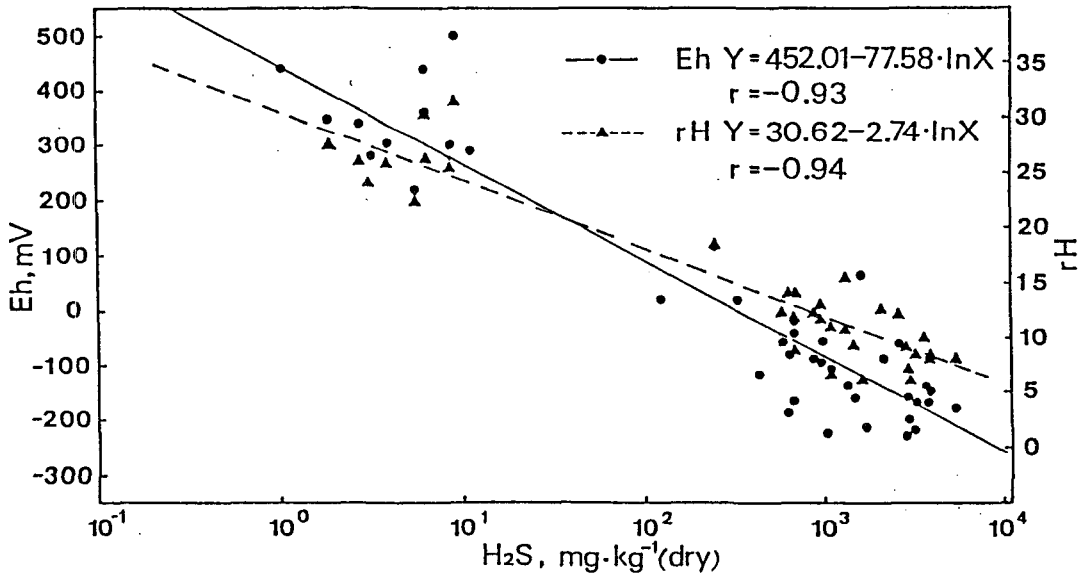


Fig. 6 Relationship between ORP and H<sub>2</sub>S in the Miya River sediments

### 6.2 底泥

侍從川 및 宮川에 있어서의 底泥의 상태에 대해서 이미 논했다. 즉, 底泥에 대한 ORP 値는 水系오염의 소견으로서는 하천과 비교해서 상당

히 확실한 형태를 보이고 있기 때문에 ORP 値의 意義는 상당히 높다고 생각되어진다.

그 중에서도 특히 ORP 値와 H<sub>2</sub>S 値와의 意義는 높다. 前述한 것처럼 두 하천에 있어서의

ORP值와 H<sub>2</sub>S值와의 사이에 상관관계가 상당히 높기 때문에 그 底泥에 의한 그 水系의 오염階級 (Saprobic Step) 을 평가하면서 또한 구별하는 것을 시도해보았다. 20) 21) 22)

즉, 이미 논한 두 하천에서의 H<sub>2</sub>S와 Eh와

**Table 5 Evaluation of ORP by H<sub>2</sub>S concentration in the Jiju River and Myeongju River sediments** (at pH 6.9~8.9)

H <sub>2</sub> S, mg·kg <sup>-1</sup> (dry)	Eh, mV	rH	saprobic step
1	442~ 445	30.6~31.4	Aerobic (Oligosaprobic)
7	299~ 301	25.3~26.0	
30	188~ 189	21.3~22.0	Quasi-Aerobic
100	95~ 99	18.0~18.7	β-Mesosaprobic
1000	-75~ -84	11.7~12.3	α-Mesosaprobic
2500	-144~-155	9.2~ 9.8	Polysaprobic
5000	-196~-209	7.3~ 7.8	Polysaprobic
10000	-248~-263	5.4~ 5.9	Polysaprobic

의 관계 [식(3) 및 식(5)] 또 H<sub>2</sub>S와 rH와의 관계 [식(4) 및 식(6)]으로부터 검토하여, 산출·정리를 행하면(표6)과 같다. 즉, 호기성(貧腐敗性)으로서는 rH值로서 25 이상, 준호기성으로서는 rH 21~23, β中腐敗性으로서는 rH 16~20, α中腐敗性으로서는 rH 10~15, 強腐敗性은 9이하로 된다.

한편 侍從川을 포함한 4 유입하천의 침전지로 생각되어지는 平瀉灣의 底泥에 대해서도 侍從川 및 宮川의 하류(St.7, 8)와 거의 비슷한 측정치였다.

그 평균치는 Eh가 -250mV, rH가 6.2이다. 또 H<sub>2</sub>S濃度도 상당히 높고 臭氣도 강하고 용존산소가 존재 안하는 強腐敗性 수역이었다.

平瀉灣의 底泥에 있어서 ORP值와 H<sub>2</sub>S와는 두 하천의 底泥와 같이 상당히 높은 상관관계를 가지고 있으며, 앞에서 논한 식(3), (4), (5) (6)에 의해서 試算 또는 實態를 평가할 수 있었다. ② <다음호에 계속>



金甲守 / 工學博士 (환경공학).  
日本 關東學院大學을 나와  
日本 東洋施設(株), 日本水  
處理技研(株) 등에서 재직.  
지금은 우리나라「韓國建設  
技術研究院」의 先任研究員  
으로 있다.

會 告

紙面관계상 연재될 예정이던 「환경관계민원사무...」는 다음 호에 게재됩니다. - 편집자注 -

**의식개혁 9대 실천요강**

정직 모든 생활은 정직에 원칙을 두고 새시대의 올바른 가치관을 정립하여 불신풍조를 과감히 추방한다.

질서 모든 생활의 기초를 질서에 두고 이를 체질화하기 위해 국민적 역량을 최대한 경주한다.

창조 왜곡된 미풍양속의 본질을 되찾아 민족정기와 전통을 창조적으로 계승·발전시킨다.

책임 모든 공직자는 청렴의무를 준수하고 무사안일등 고질적인 폐습에서 탈피 스스로를 철저히 책임지는 풍토를 확립한다.

본분 각자가 자기본분에 충실하고 부여된 책임과 의무를 성실히 수행한다.

분수 생활주변의 고질화된 각종 낭비 요소를 과감히 제거하여 분수에 맞는 생활자세를 정립한다.

주인의식 민주시민으로서의 주인의식을 가지고 사회의 부정·비리와 무질서에 대한 건전한 고발정신을 함양한다.

국민화합 지나친 이기주의와 뿌리깊은 파벌, 연고의식을 철저히 불식함으로써 국민화합의 기반을 확충한다.

가정교육 모든 교육은 가정교육에서 비롯된다는 점을 깊이 인식, 여성의 적극적인 참여가 있어야 한다.