

甲府市街地河川水質の pH 値等の変動に関する一考察

今岡正美*, 平山公明*, 平山けい子*, 佐藤英夫*

(平成7年8月30日受理)

Variation of Values of pH and Some Other Water Qualities of a River in Urban Area in Kofu

by Masaharu IMAOKA*, Kimiaki HIRAYAMA*, Keiko HIRAYAMA* and Hideo SATO*

Abstract

Water quality survey of rivers in urban area in Kofu shows a yearly remarkable decrease in BOD and increase in pH at Shorobashi station. Those years high BOD concentration larger than 10 mg/l made the station fall out of the categories in environmental water quality standards, but these years the station falls out of the categories mainly because of high pH larger than 8.5. Since carbonic acid assimilation by aquatic algae seems to be a cause of high pH, investigation of whole day and seasonal variation in water quality was carried out. It can be pointed out that (1) pH keeps slightly alkaline during night and reaches as high as 9 or 10 during daytime, which makes the station out of the environmental water quality standard categories, (2) DO concentration is over-saturated during daytime and reaches around 2 mg/l during night, which means out of the categories, and (3) remarkable variations in pH and DO are observed in summer. River section profiles may amplify the variation at Shorobashi station.

1. はじめに

甲府市内中心部を流れる河川は、下水道施設の普及など環境保全対策がとられた結果、次第に清浄さを取り戻してきた。河川の水質環境を示す目安として環境基準と比較するのも一つの方法と考えられる。甲府市内の主要河川水質について継続的に調査を行ってきた結果¹⁾を、たとえば濁川の省路橋地点の場合についてみると、1971年に調査を開始した頃には、BODは50 mg/l以上を示したが、最近では環境基準のE類型、すなわち環境保全上の限界とみなされる10 mg/l以下の状態を示している。しかし、pH値に関してはこれ

とは逆に環境基準の類型内にあったのが、E類型の値の範囲を超えて類型外のアルカリ性を示す場合が増加してきた。一般にpH値の上昇する原因としては、上流側における水路改修工事、産業排水の流入、河川の水質改善における一つの過程などが考えられる。省路橋における主な理由として、1963年に、周辺および上流側の地域の下水道が供用開始され、さらに上流側のそれ以後の供用開始区域の拡大もほぼ終了してから相当期間を経過し、現在では生活排水の流入が激減してきたとみられること、あるいは河川の改修等により、藻類が生育しやすい程度に水質その他の環境が改善された結果、昼間の炭酸同化作用が盛んになったことによるものと推定された。従って水質環境が改善されれば直ちに環境基準を満たすとは限らないことにもなる。

* 土木環境工学科, Department of Civil and Environmental Engineering

また、省路橋以外にも夏期に pH 値の上昇を示す地点が増加してきている。さらに程度の差はあっても、全国的にこのような現象が発生しているものと推測される。これまでも、水質調査結果を環境基準類型と比較し、環境保全状況を判断する一つの目安とする方法をとってきた。しかし、省路橋地点の水質調査データは 1 日 1 回のみの調査結果であるため、この状況をさらに詳細に調査する目的で、省路橋地点における pH 値その他の 1 日の水質変化の状況の観察を中心に、より詳細な水質調査を試みた。

2. 省路橋の水質継続調査結果と環境基準類型との比較

河川水質環境について、生活環境保全に関する環境基準があり、主要河川に対して環境基準類型のあてはめが行われている。濁川の場合、濁川橋で類型 D である。また一般的に、この環境基準の AA から E までの類型の数値を、河川水質環境の良否の程度を判断する一つの目安とする事ができる。省路橋における継続的な水質調査結果のうち、pH、BOD、DO の経年変動の状況について図 1 に示す。また、これらの値を環境基準の類型別に区分した階級表示とし、その経年変動の状況を図 2 に示す。BOD に関しては、1985 年以後ほとんどの場合 10 mg/ℓ 以下となり、類型区分では、より

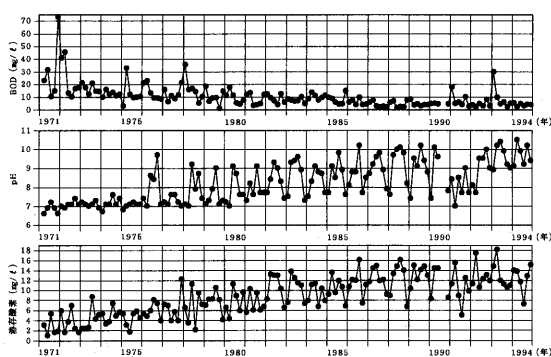


図 1 水質の経年変動 (省路橋)

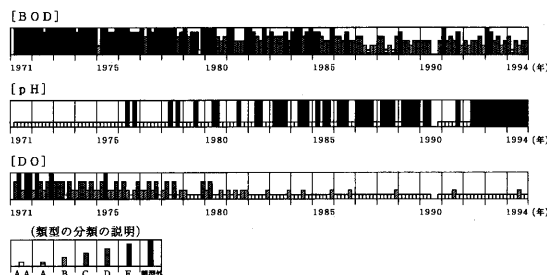


図 2 水質環境基準類型と比較した経年変動の状況 (省路橋)

清浄度の高い類型に相当するものが増加してきている。これに対して、pH 値は 1976 年頃より夏期の pH 値が高い値を示し、その後夏期を中心に、次第に類型外を示すことが多くなり、1991 年にはやや下がったが、1992 年以後は連続して類型外の値を示している。溶存酸素は 1971 年には 2 mg/ℓ 以下の類型外の値を示す場合もあったが、1982 年頃からは、ほとんどの場合 7.5 mg/ℓ 以上の類型 AA の状態を示している。なお、pH 値上昇の原因の一つともなり得る省路橋付近の河川改修は 1975 年頃に行われ、その後、上流側にむかって改修が行われた。

環境基準は、環境保全のための維持されることが望ましい基準であり、行政上の目標として定められるものであるとされている。この対象とするものは公害によるものであり、自然汚濁によるものは通常考えないものと思われるが、明確な説明はされていないようである²⁾。省路橋地点の pH 値の測定結果は、明らかに環境基準をこえている場合がみられるが、この水質環境に対する影響も、強アルカリ性物質による場合と、ここで推定される炭酸同化作用による場合では異なると思われる。しかし、環境基準の測定法では pH 値の変化の原因となる物質の区別はされていない。その他、環境基準は毎月 1 回の日間平均値によると定められており、測定回数、時間は示されていない。また毎回達成する必要はなく、年間達成率は約 70% 以上ならよいことになっている。省路橋の継続調査結果は、隔月の午後 2 時から 4 時頃の 1 回の測定結果であり、この条件を満たすものではないが、長期間の測定結果としてみた場合、水質の経年変動の傾向は十分示されているものと考えられる³⁾。

3. 省路橋における水質の時間変動調査

3.1 調査目的と調査方法

省路橋地点における pH 値の環境基準類型 E をこえる上昇が、もし炭酸同化作用によるものとするれば、季節的変動や 1 日の時間変動がみられる筈である。従って、特に炭酸同化作用が盛んと思われる夏に重点をおいて、週 1 回から月 1 回程度の間隔で水質の時間変動調査を行った。水質調査項目は炭酸同化作用と関係の深い pH、DO、水深、照度、および、生活排水による水質変動が簡易に推定できる導電率を 2 ~ 4 時間毎に調査し、その他参考項目として BOD、COD、アンモニア性窒素、リン酸イオン、クロロフィル a の量を調査した。また、炭酸アルカリ度、重炭酸アルカリ度の調査も行った。測定は省路橋の定期的な調査地点で行った。水路の断面形状は、採水地点付近は中央部を掘り

下げた2段の水路で、平常は、この中央部の幅1mの水路で、水深20cm程度の流れがある。この上流部は、底部がコンクリートのインバートとなっており、流れの幅は広いが水深は極めて浅くなっている。省路橋その他の調査地点の位置の概要を図3に示す。

3.2 調査結果

予備調査を含めて7月に2回、8月に5回、9月および10月に各2回、11月および12月に各1回の計13回の調査を行った。水質等の測定結果を表1に示す。また、図4は、pH値、溶存酸素、水温、照度についての測定値をほぼ月毎のブロックに分け、それぞれの平均値をとり、季節的変動の状況およびそれぞれの時間変動

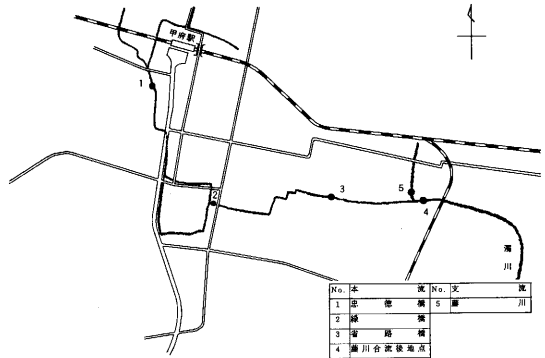
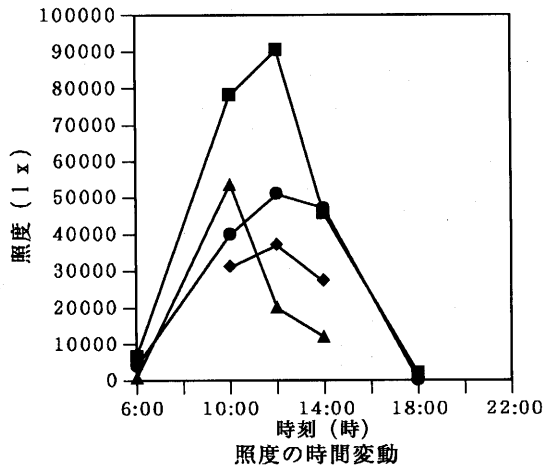
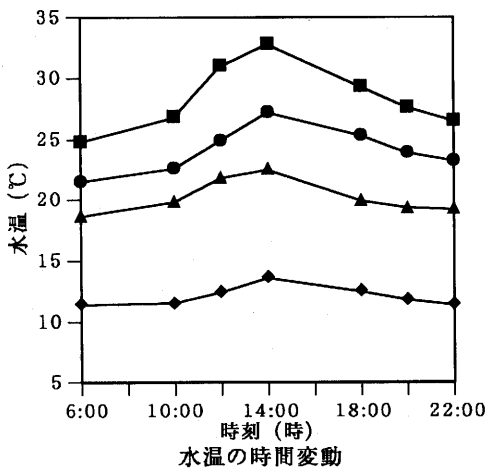
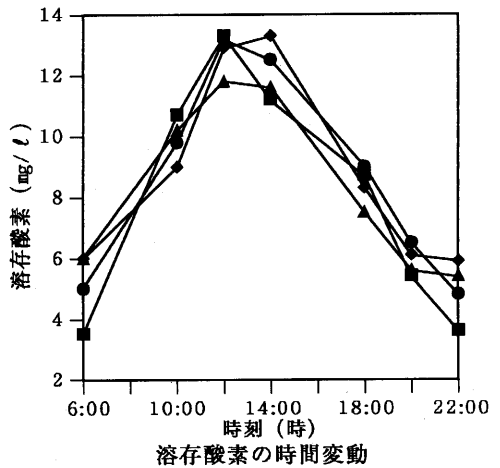
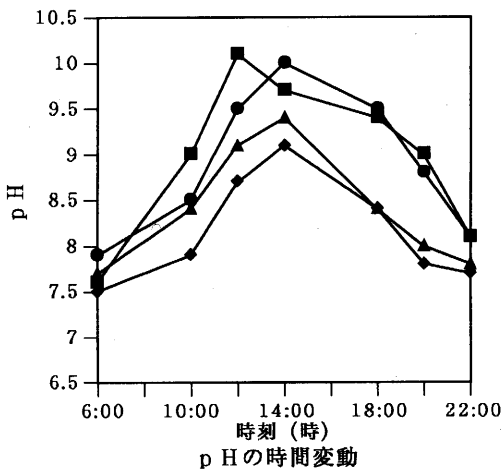


図3 採水地点の位置概要



(凡例)

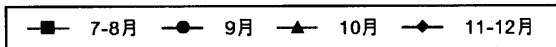


図4 水質等の時間変動 (省路橋)

表1 省路橋における水質の時間変動調査

| 採水日 | 採水時刻 | 気温 (°C) | 水温 (°C) | 照度 (lx) | pH | DO (mg/l) | 導電率 (μ S/cm) | 水深 (cm) | BOD (mg/l) | COD (Mn) (mg/l) | アンモニア 性窒素 (mg/l) | リン酸 イオン (mg/l) | 塩素 イオン (mg/l) | クロロフィルa (μ g/l) |
|--------------|-------|------------|------------|------------|------|--------------|----------------------|------------|---------------|-----------------------|------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| 1994 7/25 | 6:00 | 28.0 | 24.4 | — | 7.7 | 3.2 | 285 | 18.3 | 2.8 | 5.7 | 0.35 | 0.30 | 16.5 | 3.7 |
| | 10:00 | 33.3 | 27.2 | 102000 | 9.1 | 10.2 | 250 | 18.3 | — | — | — | — | — | — |
| | 12:00 | 35.6 | 31.6 | 110000 | 10.2 | 11.5 | 245 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 14:00 | 31.7 | 33.8 | 28000 | 10.5 | 9.8 | 241 | 19.0 | 3.7 | — | 0.08 | 0.65 | 14.6 | 9.8 |
| | 18:00 | 29.6 | 28.5 | 1950 | 9.9 | 9.3 | 230 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 20:00 | 28.6 | 27.2 | — | 9.2 | 6.5 | 249 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 22:00 | 27.7 | 26.0 | — | 8.1 | 3.5 | 260 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| 1994 8/2 | 6:00 | 29.5 | 26.3 | — | 7.4 | 1.9 | 225 | 18.3 | 1.3 | 1.4 | 0.02 | 0.54 | 16.1 | 13.9 |
| | 10:00 | 34.6 | 27.6 | 60000 | 8.7 | 7.8 | 205 | 18.3 | — | — | — | — | — | — |
| | 12:00 | 36.8 | 31.4 | 102500 | 10.1 | 10.5 | 205 | 18.3 | — | — | — | — | — | — |
| | 14:00 | 38.8 | 25.1 | 75000 | 10.3 | 9.7 | 220 | 18.3 | 3.4 | — | 0.00 | 0.80 | 14.8 | 54.3 |
| | 18:00 | 35.8 | 32.3 | 3800 | 10.6 | 8.0 | 231 | 18.3 | — | — | — | — | — | — |
| | 20:00 | 32.9 | 30.1 | — | 9.7 | 6.0 | 232 | 18.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 22:00 | 31.6 | 28.6 | — | 8.6 | 2.2 | 269 | 18.0 | — | — | — | — | — | — |
| 1994 8/12 | 6:00 | 28.9 | 24.6 | 13000 | 7.5 | 3.7 | 260 | 19.0 | 4.9 | 3.1 | 0.34 | 0.68 | 27.2 | 7.8 |
| | 10:00 | 28.8 | 25.8 | 26000 | 8.8 | 10.2 | 230 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 12:00 | 31.4 | 28.1 | 19500 | 9.8 | 11.8 | 315 | 19.2 | — | — | — | — | — | — |
| | 14:00 | 28.0 | 27.6 | 9300 | 6.7 | 6.6 | 290 | 21.0 | — | 6.8 | 5.75 | 0.84 | 73.9 | 45.5 |
| | 18:00 | 27.0 | 26.8 | 1800 | 7.5 | 5.5 | 371 | 20.5 | — | — | — | — | — | — |
| | 20:00 | 27.7 | 25.9 | — | 7.8 | 4.6 | 280 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 22:00 | 25.2 | 25.6 | — | 7.8 | 3.9 | 280 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| 1994 8/15 | 6:00 | 26.8 | 25.2 | — | 7.5 | 3.3 | 240 | 18.3 | 5.0 | 3.6 | 0.63 | 0.60 | 16.5 | 14.1 |
| | 10:00 | 31.3 | 27.4 | 100000 | 9.1 | 12.9 | 225 | 18.3 | — | — | — | — | — | — |
| | 12:00 | 37.3 | 32.4 | 110000 | 10.1 | 16.2 | 221 | 18.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 14:00 | 39.8 | 35.4 | 81000 | 10.6 | 17.7 | 255 | 18.0 | — | 16.4 | 0.03 | 0.71 | 70.8 | 151.3 |
| | 18:00 | 31.3 | 31.6 | 1800 | 9.7 | 11.3 | 265 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 20:00 | 29.5 | 29.1 | — | 9.1 | 3.1 | 248 | 18.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 22:00 | 28.0 | 27.4 | — | 8.0 | — | 278 | 18.0 | — | — | — | — | — | — |
| 1994 8/19 | 6:00 | 23.5 | 23.6 | 1950 | 7.8 | 4.1 | 258 | 17.3 | 3.5 | 2.7 | 0.19 | 0.73 | 23.2 | 29.3 |
| | 10:00 | 32.0 | 25.4 | 90000 | 8.6 | 10.1 | 230 | 18.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 12:00 | 33.8 | 31.0 | 100000 | 10.2 | 15.4 | 215 | 18.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 14:00 | 29.7 | 31.5 | 5000 | 9.5 | 9.7 | 215 | 20.0 | — | 47.6 | 0.05 | 1.67 | 18.1 | 428.0 |
| | 18:00 | 28.1 | 26.7 | 1300 | 8.8 | 7.7 | 190 | 18.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 20:00 | 27.4 | 25.8 | — | 8.2 | 5.1 | 230 | 18.5 | — | — | — | — | — | — |
| | 22:00 | 25.9 | 25.1 | — | 7.9 | 4.3 | 240 | 18.2 | — | — | — | — | — | — |
| 1994 8/27 | 6:00 | 26.3 | 24.4 | 4500 | 7.9 | 4.9 | 245 | 18.3 | 2.4 | 2.9 | 0.07 | 0.55 | 14.4 | 10.3 |
| | 10:00 | 33.2 | 27.4 | 90000 | 9.7 | 13.1 | 185 | 18.8 | — | — | — | — | — | — |
| | 12:00 | 36.3 | 31.3 | 100000 | 10.2 | 14.3 | 190 | 18.3 | — | — | — | — | — | — |
| | 14:00 | 37.5 | 33.4 | 75000 | 10.5 | 13.5 | 225 | 19.0 | 7.5 | — | 0.03 | 0.64 | 13.2 | 27.8 |
| | 18:00 | 29.6 | 29.9 | 1100 | 10.1 | 10.5 | 296 | 18.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 20:00 | 27.8 | 27.7 | — | 9.7 | 6.8 | 280 | 18.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 22:00 | 27.7 | 26.1 | — | 8.3 | 4.0 | 295 | 17.8 | — | — | — | — | — | — |
| 1994 9/10 | 6:00 | 23.0 | 22.7 | 6500 | 7.9 | 4.5 | 255 | — | 3.3 | 3.4 | 0.06 | 0.56 | 17.8 | 7.4 |
| | 10:00 | 30.9 | 24.3 | 70000 | 8.8 | 10.7 | 240 | 16.9 | — | — | — | — | — | — |
| | 12:00 | 35.6 | 27.7 | 90000 | 9.9 | 14.7 | 231 | 17.5 | — | — | — | — | — | — |
| | 14:00 | 36.7 | 31.6 | 80000 | 10.7 | 13.0 | 262 | 18.0 | 3.4 | — | 0.04 | 0.78 | 17.1 | 25.5 |
| | 18:00 | 30.0 | 28.6 | 120 | 10.2 | 9.7 | 255 | 17.5 | — | — | — | — | — | — |
| | 20:00 | 28.3 | 26.6 | — | 9.5 | 6.8 | 268 | 17.5 | — | — | — | — | — | — |
| | 22:00 | 27.3 | 25.6 | — | 8.2 | 3.7 | 280 | 17.0 | — | — | — | — | — | — |

(次頁に続く)

(表1 省路橋における水質の時間変動調査続き)

| 採水日 | 採水時刻 | 気温 (°C) | 水温 (°C) | 照度 (lx) | pH | DO (mg/l) | 導電率 (μ S/cm) | 水深 (cm) | BOD (mg/l) | COD (Mn) (mg/l) | アンモニア 性窒素 (mg/l) | リン酸 イオン (mg/l) | 塩素 イオン (mg/l) | クロロフィルa (μ g/l) |
|---------------|-------|------------|------------|------------|-----|--------------|----------------------|------------|---------------|-----------------------|------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| 1994 9/22 | 6:00 | 19.8 | 20.2 | 1200 | 7.9 | 5.5 | 258 | 17.0 | 2.1 | 2.8 | 0.06 | 0.53 | 11.4 | 6.9 |
| | 10:00 | 22.7 | 20.8 | 9500 | 8.1 | 8.8 | 255 | 17.5 | — | — | — | — | — | — |
| | 12:00 | 24.5 | 22.0 | 12000 | 9.1 | 11.7 | 314 | 17.9 | — | — | — | — | — | — |
| | 14:00 | 24.3 | 22.7 | 14000 | 9.3 | 11.9 | 257 | 18.2 | 5.2 | — | 0.05 | 1.25 | 28.4 | 8.9 |
| | 18:00 | 20.7 | 21.9 | — | 8.8 | 8.2 | 241 | 18.2 | — | — | — | — | — | — |
| | 20:00 | 19.6 | 21.1 | — | 8.0 | 6.1 | 240 | 18.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 22:00 | 20.2 | 20.8 | — | 7.9 | 5.9 | 240 | 17.5 | — | — | — | — | — | — |
| 1994 10/3 | 6:00 | 18.8 | 20.7 | 700 | 7.7 | 5.6 | 140 | 18.0 | 2.4 | 3.1 | 0.07 | 0.36 | 1.2 | 2.6 |
| | 10:00 | 25.2 | 22.6 | 50000 | 8.7 | 10.7 | 175 | 24.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 12:00 | 28.0 | 24.7 | 23000 | 9.3 | 11.8 | 189 | 23.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 14:00 | 25.0 | 25.5 | 11000 | 9.5 | 11.8 | 204 | 23.0 | 3.6 | — | 0.05 | 0.64 | 8.0 | 4.1 |
| | 18:00 | 22.2 | 21.4 | — | 8.5 | 7.0 | 239 | 22.8 | — | — | — | — | — | — |
| | 20:00 | 21.2 | 20.6 | — | 8.0 | 5.5 | 251 | 22.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 22:00 | 21.4 | 20.6 | — | 7.9 | 5.3 | 259 | 22.0 | — | — | — | — | — | — |
| 1994 10/28 | 6:00 | 14.2 | 16.4 | 450 | 7.7 | 6.4 | 225 | 17.0 | 0.6 | 1.9 | 0.05 | 0.52 | 12.4 | 5.3 |
| | 10:00 | 20.0 | 17.0 | 57000 | 8.0 | 9.7 | 224 | 18.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 12:00 | 20.9 | 18.9 | 17000 | 8.9 | 11.8 | 214 | 17.3 | — | — | — | — | — | — |
| | 14:00 | 20.8 | 19.5 | 13000 | 9.2 | 11.4 | 220 | 18.0 | 2.4 | — | 0.03 | 0.82 | 14.0 | 7.8 |
| | 18:00 | 17.6 | 18.3 | — | 8.3 | 8.0 | 360 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 20:00 | 17.0 | 17.9 | — | 8.0 | 5.7 | 268 | 18.9 | — | — | — | — | — | — |
| | 22:00 | 17.1 | 17.7 | — | 7.6 | 5.4 | 250 | 18.9 | — | — | — | — | — | — |
| 1994 11/23 | 6:00 | 6.2 | 11.0 | — | 7.5 | 6.2 | 222 | 18.0 | — | 3.2 | 0.10 | 0.60 | 13.2 | 6.0 |
| | 10:00 | 9.9 | 10.7 | 50000 | 8.0 | 8.7 | 220 | 18.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 12:00 | 11.7 | 11.3 | 60000 | 8.5 | 12.5 | 212 | 17.8 | — | — | — | — | — | — |
| | 14:00 | 14.5 | 13.4 | 52000 | 9.1 | 13.5 | 221 | 18.0 | — | — | 0.03 | 0.91 | 13.0 | 18.2 |
| | 18:00 | 9.5 | 12.3 | — | 8.9 | 10.5 | 245 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 20:00 | 8.8 | 11.1 | — | 7.9 | 6.8 | 250 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 22:00 | 7.6 | 10.6 | — | 7.7 | 6.6 | 238 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| 1994 12/13 | 6:00 | 9.8 | 11.8 | — | 7.5 | 5.7 | 230. | 18.0 | 4.2 | 3.4 | 0.02 | 0.68 | 17.2 | — |
| | 10:00 | 12.1 | 12.2 | 12000 | 7.7 | 9.3 | 218 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 12:00 | 13.7 | 13.4 | 14000 | 8.8 | 13.2 | 212 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 14:00 | 12.0 | 13.7 | 2400 | 9.0 | 13.0 | 222 | 19.0 | 3.1 | — | 0.28 | 0.80 | 15.8 | — |
| | 18:00 | 10.7 | 12.7 | — | 7.8 | 6.0 | 290 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 20:00 | 9.8 | 12.5 | — | 7.6 | 5.3 | 245 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |
| | 22:00 | 9.2 | 12.1 | — | 7.6 | 5.1 | 232 | 19.0 | — | — | — | — | — | — |

動の状況を同時に示し、表1をわかりやすくしたものである。12月の調査の時にアルカリ度に関する測定を行ったが、その測定および計算結果を表2に示す。

3.3 省路橋における水質の時間変動の考察

3.3a 水質変動の概況

表1および図4によれば、水温については気温の変化にともない水温も上昇し14時頃最高値を示している。照度の大きさは季節により異なるが、調査中に天候の変化があった場合を除き、12回中8回までは12時頃が最高となっている。流量の変化の有無は水深測定によったが、表1に示すように、日中において多少の

変動はあるものの著しい変化はみられなかった。pH値については、全期間を通じて6時、22時は7から8程度と比較的低く、昼間は高い値を示している。特にこの現象は夏期の7月下旬から9月上旬に顕著で、最高値は10以上を示している。溶存酸素はこの逆に、夜間に低い値を示し、夏期の6時、22時はいずれも5mg/l以下である。調査結果の最低値は1.9mg/lを示している。昼間は全期間を通じて1日の最高値は10mg/l以上となり、一般に過飽和の状態で、8月の最高値は17.7mg/lである。クロロフィルaの量は6時より14時の方が大きい値を示し、とくに8月中旬の

表2 省路橋地点のアルカリ度およびpH値の測定結果と算定値

| 採水日 1994年 | 時刻 | 総アルカリ度 測定値 (mg/l) | Pアルカリ度 測定値 (mg/l) | 炭酸水素アルカリ度算定値 | | 炭酸アルカリ度算定値 | | pH | |
|--------------|-------|-------------------------|-------------------------|--------------|-----------|------------|-----------|-----|-----|
| | | | | (mg/l) | (m mol/l) | (mg/l) | (m mol/l) | 測定値 | 算定値 |
| 12/13 | 6:00 | 80.1 | 0 | 80.1 | 1.60 | 0 | 0 | 7.5 | — |
| 〃 | 10:00 | 75.1 | 0 | 75.1 | 1.50 | 0 | 0 | 7.7 | — |
| 〃 | 12:00 | 70.1 | 6.0 | 58.1 | 1.16 | 12.0 | 0.12 | 8.8 | 9.3 |
| 〃 | 14:00 | 75.1 | 9.0 | 57.1 | 1.14 | 18.0 | 0.18 | 9.0 | 9.5 |
| 〃 | 18:00 | 65.1 | 0 | 65.1 | 1.30 | 0 | 0 | 7.8 | — |
| 〃 | 20:00 | 85.1 | 0 | 85.1 | 1.70 | 0 | 0 | 7.6 | — |
| 〃 | 22:00 | 81.1 | 0 | 81.1 | 1.62 | 0 | 0 | 7.6 | — |

14時には2回の異常に大きな値を示しているが、これらの原因は不明である。BOD値はほとんどが5 mg/l以下で、比較的清浄な状態を示し、導電率の変化からみて極端な変動はないものと推定される。アンモニア性窒素は降水時の異常値を除いて0.02から0.63 mg/lでありリン酸イオンは0.30から1.67 mg/lである。リン酸イオンは生活排水によるものとするればBODおよびアンモニア性窒素の量に対し、比較的大きな値を示しているように思われる。

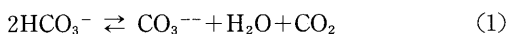
3.3b 環境基準類型との比較

水質調査結果から環境保全状態の良否を調べる場合に、環境基準類型と比較するのも一つの方法と思われる。河川が生活排水で汚濁されている場合、一般的に問題となっている項目はBOD値と大腸菌群数、ついでBODによる溶存酸素不足である。省路橋地点の水質測定結果はBODに関しては、類型Cより良い状態となり、甲府市内でもまだ10 mg/lをこえる類型外の地点が多い中で、下水道等の効果により著しく改善されてきているものと思われる。大腸菌群数は類型C以下は制限されていない。pH値については特に7、8月の値が高く、昼間の値は6.0以上8.5以下の範囲をこえ類型外の値となっている。夜間は8.5以下となるため、類型AA相当となる。しかし、採水時刻にもよるが、1～2時間ごとに測定した1日の平均値による場合、夏期はこの6.5～8.5の範囲をこえる可能性が十分考えられる。溶存酸素は夜間に低下し、類型外となる2 mg/l以下を示したのは1回のみであるが、5 mg/lのD類型以下の値も相当みられる。しかし、昼間は7.5 mg/l以上のAA類型に相当する状態となり、夏期の昼間は180%程度の過飽和の状態を示すため、1日の平均値による場合は溶存酸素の値はあまり小さくはならない。このような状況を示す原因としてBODがある程度低下して藻類の生育できる水質環境となり、窒素やリンの適度な栄養源の存在により炭酸

同化作用が盛んに行われた結果と推定される。省路橋地点は、BOD値が高いので類型外に相当していたのが、BODが低下し、次はpH値の上昇により、やはり類型外相当の状態にある。この後の現象は、単に自然現象とみるべきか、あるいは生活排水が原因の、ある程度の栄養源を含む水によるたとえば赤潮のような公害とみるべきか、また、pH値の変動も、強酸、強アルカリによるものではなく、しかも短時間内の変動は環境保全にどのような影響を与えるのか等不明なことが多い。現時点では、水質環境基準にこの内容についての区別はなされていないが、ある程度明確にされる必要が生じる場合もあると思われる。

3.3c 省路橋地点における水中の二酸化炭素の消費によるpH値の上昇について

省路橋地点における昼間のpH値の上昇は、溶存酸素についても夜間の濃度低下がみられること、また夏にこの現象が顕著なこと、この時期にクロロフィルaの量も増加することなどから、炭酸同化作用によるものと推定されたが、さらにアルカリ度の測定を試みた。アルカリ度は総アルカリ度とフェノールフタレインアルカリ度を測定し、その結果から水中の重炭酸イオン、炭酸イオン量を推定し、その状態におけるpH値を算出した⁴⁾。水中で光合成が行われると水中のCO₂が利用される。この利用速度に比べ大気中からの供給速度が極めて遅いので、水中のHCO₃⁻の平衡状態が次式で右に移動することにより発生するCO₂を利用すると考えられている。



ここでアルカリ度がHCO₃⁻からCO₃⁻⁻に変化しているHCO₃⁻とCO₃⁻⁻の平衡関係は



$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{--}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 4.7 \times 10^{-11} \quad (3)$$

である。またpH値は

表3 緑橋における水質の時間変動調査結果

| 採水時刻 | 気温 (°C) | 水温 (°C) | 照度 (lx) | pH | 溶存 酸素 (mg/l) | 導電率 (μ S/cm) | BOD (mg/l) | COD (Mn) (mg/l) | アンモニア 性窒素 (mg/l) | リン酸 イオン (mg/l) | 塩素 イオン (mg/l) | クロロ フィルa (μ g/l) | 水深 (cm) |
|-------|------------|------------|------------|-----|--------------------|----------------------|---------------|-----------------------|------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------|------------|
| 6:00 | 14.2 | 19.2 | 450 | 7.6 | 6.2 | 220 | 1.7 | 1.7 | 0.29 | 0.66 | 10.8 | 9.8 | 7.0 |
| 10:00 | 20.0 | 20.3 | 57000 | 8.0 | 7.9 | 192 | — | — | — | — | — | — | 7.5 |
| 12:00 | 20.9 | 19.4 | 17000 | 8.8 | 7.4 | 220 | — | — | — | — | — | — | 8.0 |
| 14:00 | 20.8 | 19.0 | 13000 | 7.8 | 7.0 | 680 | 3.2 | — | 0.16 | 0.62 | 94.6 | 3.2 | 8.0 |
| 18:00 | 17.6 | 19.8 | — | 7.8 | 5.5 | 228 | — | — | — | — | — | — | 7.8 |
| 20:00 | 17.0 | 19.5 | — | 7.7 | 5.4 | 234 | — | — | — | — | — | — | 8.0 |
| 22:00 | 17.1 | 19.4 | — | 7.7 | 5.4 | 230 | — | — | — | — | — | — | 8.0 |

(採水日 1994年10月28日)

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log k - \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_3^{--}]} \quad (4)$$

から求められる。

表2に示すように例えば12時のpH値は計算値で9.3、実測値で8.8、14時の場合は計算値9.5、実測値9.0でほぼ近似の値が求められ、pH値の変動の原因となり得ることが示されている。

4. 省路橋周辺地点との水質の比較調査

省路橋地点におけるpH値などの水質の変動の現象との比較のために、上流側の緑橋地点における時間変動調査、および上流部および下流部の数地点についての水質調査を行った。

4.1 緑橋地点における水質の時間変動

省路橋地点から約900m上流の緑橋付近で水質の時間変動調査を行った。省路橋地点との比較のために10月28日に同時に調査したもので、測定結果を表3に示す。緑橋地点は忠徳橋の下流で水路が二つに分かれ、再び合流した直後の地点で、この間の相当区間は暗渠となっている。測定結果は緑橋においてもpH値は12時に8.8、14時7.8と多少上昇がみられるが、省路橋の同時刻頃の8.9、9.2に比較して低く、溶存酸素も緑橋の最高7.9mg/lに対して11.8mg/lと差がみられる。しかし、クロロフィルa量は緑橋の方がやや多い。ここでは流下する時間差について詳細な調査は行わなかったが、上流側の緑橋では省路橋ほど著しい時間変動はみられないので、この間において水質に変化が生じているように思われる。

4.2 省路橋地点の上流部および下流部における水質の比較

省路橋地点の上流および下流部における水質の比較調査を行った。調査回数は8月から9月にかけての計3回で、採水時刻は午後2時頃である。調査地点は省

路橋地点の上流側では忠徳橋と緑橋、下流側では支流の藤川(流末)および藤川合流後地点の4地点である。調査地点の概要は図3に示されている。

調査結果を表4に示す。また、各水質項目について3回の測定の平均値を採水地点について比較したものを図5に示す。この結果、pH値は忠徳橋と省路橋の値が高い。この原因が炭酸同化作用によるものとすれば、この時刻には溶存酸素およびクロロフィルaの値も高いと思われるが、忠徳橋ではこれらに関してはいづれも低いので、pH値の高い原因としては、本流の流量も少ないことから、付近の側溝からの流入水による影響も考えられる。クロロフィルaの量が緑橋地点と省路橋地点が高く、特に緑橋が高いのは、緑橋付近の浅くて藻類等の生育しやすい水路の形状とも関係があるかも知れない。生活排水による汚濁については、濁川本流がBODが比較的低い状況を示しているのに対し、支流の藤川はBODはやや高く、pH値は中性であり、クロロフィルa量も少ない。藤川合流後はこの影響と考えられるが、濁川本流の汚濁は大きくなるが、pH値は藤川より高い値を示している。結局、省路橋地点は、原因としていくつかの条件の重なりによるものと推定されるが、pH値、さらには溶存酸素など、生活環境を示す基本的な水質項目について、水質環境基準と比較した場合、やや特異な状態を示しているように思われる。

5. 総合考察

省路橋地点におけるpH値の変動を中心とした水質調査結果は次のようである。

(1) 甲府市内河川水質の継続調査の結果、全体として次第に清浄さを取り戻している傾向がみられる。濁川の省路橋地点で、BODは1985年以後、ほぼ10mg/l以下で環境基準の類型EのBOD10mg/l以下を示

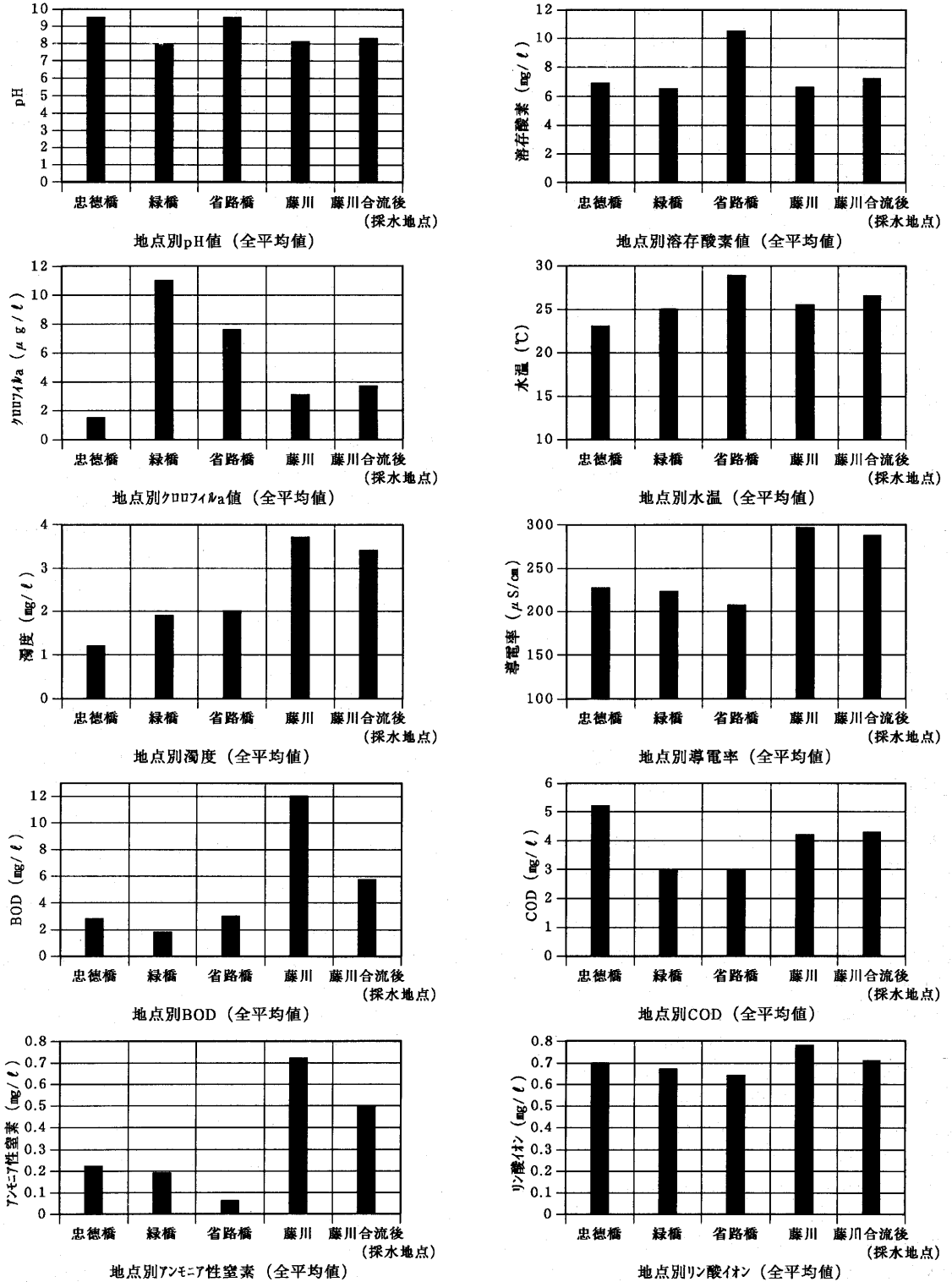


図5 省路桥地点上流および下流側の水質比較

表 4 濁川上流地点別水質調査結果

| 採水日 | 採水地点 | 気温 (°C) | 水温 (°C) | pH | 溶存 酸素 (mg/ℓ) | 導電率 (μS/cm) | BOD (mg/ℓ) | COD (Mn) (mg/ℓ) | アンモニア 性窒素 (mg/ℓ) | リン酸 イオン (mg/ℓ) | 塩素 イオン (mg/ℓ) | クロロ フィルa (μg/ℓ) | 水深 (cm) |
|--------------|-------|------------|------------|------|--------------------|----------------|---------------|-----------------------|------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|------------|
| 1994 8/24 | 忠 徳 橋 | 31.4 | 21.6 | 10.0 | 5.9 | 200 | 2.9 | 5.0 | 0.60 | — | 17.7 | 1.0 | 4.5 |
| | 緑 橋 | 38.2 | 25.6 | 8.0 | 6.4 | — | 1.2 | 3.4 | 0.18 | 0.64 | 16.3 | 9.9 | 5.0 |
| | 省 路 橋 | 37.8 | 30.1 | 9.7 | 11.3 | 243 | 3.4 | 4.3 | 0.04 | 0.71 | 18.3 | 8.3 | 18.0 |
| | 藤 川 | 34.8 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 藤川合流後 | 34.8 | 28.2 | 9.0 | 8.9 | 300 | — | 5.2 | 0.37 | 0.69 | 22.8 | — | 15.0 |
| 1994 9/2 | 忠 徳 橋 | 35.6 | 26.0 | 9.5 | 7.1 | 227 | 2.6 | 3.1 | 0.02 | 0.51 | 9.9 | 0.9 | 3.5 |
| | 緑 橋 | — | 26.9 | 7.8 | 5.7 | 240 | 2.2 | 3.6 | 0.37 | 0.69 | 21.2 | 7.4 | 5.5 |
| | 省 路 橋 | 32.5 | 30.2 | 9.4 | 8.8 | 149 | 2.6 | 2.0 | 0.10 | 0.46 | 11.1 | 4.3 | 17.0 |
| | 藤 川 | — | 28.0 | 8.0 | 6.2 | 309 | — | 3.9 | 0.60 | 0.61 | 15.7 | 2.8 | — |
| | 藤川合流後 | — | 28.0 | 8.0 | 5.7 | 282 | 5.2 | — | 0.50 | 0.62 | 15.6 | 3.5 | — |
| 1994 9/26 | 忠 徳 橋 | — | 21.5 | 9.1 | 7.7 | 253 | — | 7.6 | 0.04 | 0.88 | 17.4 | 2.5 | 2.5 |
| | 緑 橋 | 28.0 | 22.5 | 8.0 | 7.3 | 205 | 2.1 | 1.9 | 0.01 | 0.68 | 8.8 | 15.7 | 7.0 |
| | 省 路 橋 | 27.6 | 26.4 | 9.4 | 11.3 | 230 | 3.1 | 2.8 | 0.04 | 0.75 | 12.1 | 10.3 | 18.0 |
| | 藤 川 | 29.1 | 23.0 | 8.1 | 7.0 | 283 | 12.0 | 4.5 | 0.83 | 0.95 | 14.1 | 3.3 | 32.0 |
| | 藤川合流後 | — | 23.6 | 8.0 | 7.0 | 278 | 6.2 | 3.4 | 0.63 | 0.82 | 13.9 | 3.8 | 16.0 |

している。しかし、その逆に1976年頃より夏期の pH 値の著しい上昇がみられるようになった。他にもいくつか地点で類似の現象がみられたが、省路橋地点は特に顕著で環境基準の限度となっている8.5に対し10を超える場合が多くなっている。溶存酸素についても改善の方向を示している。しかし、この測定は毎回午後2時から4時頃の間に行われているものである。

(2) 省路橋地点の時間変動の調査結果について、pH 値は朝晩は7.5～8.5で割合低く、日中は高く類型外の状態となっている。この現象は夏期に顕著で10程度となり冬期は9程度である。pH 値上昇の直接の原因はアルカリ度測定結果などから炭酸同化作用によるものと推定された。また、溶存酸素も昼間は14 mg/ℓ程度となり過飽和の状態を示すが、特に夏期の朝は4 mg/ℓ以下となり類型外の2 mg/ℓ以下の値も観測され、夜間は良い状態でないことを示した。

(3) 省路橋地点で炭酸同化作用がやや特異と思われる程著しく行われる理由については、その上流側、下流側も含めて調査したが特定の原因と思われるものは見当たらず、水路の形状や水質等の条件が複雑に絡み合ったものと推測される。なお、pH 値の上昇がみられ始めた時期と水路改修が付近で行われていた時期がほぼ合致するので、初期の頃はコンクリート打設の影響もあったかも知れない。

(4) 環境基準と比較して環境保全状態を判断することについては、1日平均値のとり方や年間達成率を考慮

する場合と、通常、昼間における測定が行われる時刻のみ考慮する場合がある。後者の場合、省路橋地点では年間を通じてほとんど8.5を超え、pH 値が原因で類型外の状態となっている。また、時間変動については昼間における pH 値と共に溶存酸素も夏期の夜間において類型外に近い極めて不足した状態を示している。従って、このような時間変動あるいはそれらの原因について環境に与える影響の程度を分析し、また環境基準の値のみを環境保全状態を示す目安に使用した場合の留意すべき点等を考える必要が感じられる。

この研究において現地における水質調査は、当時土木環境工学科学生、奥山一江、仲澤健二の両氏により行われたものであることを付記する。

参考文献

- 1) 今岡正美：甲府市内河川水質汚濁状況の20年間の推移と考察（甲府市環境部）、(1993)
- 2) 環境庁企画調整局企画調整課：環境基本法の解説（ぎょうせい）、p.193(1994)
- 3) 今岡正美他：甲府市内河川の水質汚濁特性のマトリックス型配列グラフによる表示と考察、山梨大学工学部研究報告、Vol. 40、pp.55-71(1989)
- 4) C. N. Sawyer and P. L. McCarty：Chemistry for Sanitary Engineer (McGraw-Hill)、p. 320(1967)