

MBOD法에 의한 河川의 水質評價

— 영산강과 섬진강을 중심으로 —

金 明 淑

서울대학교 保健大學院

Evaluation of River Water Quality by MBOD Method

Myung Suk Kim

*School of Public Health,
Seoul National University*

Abstract

Evaluation of water quality of Yeong San river and Seomjin river by using of newly simplified MBOD method was performed. Of course, thought that there is some differences between nutrient demands of heterotrophic bacteria and those of Algae which obtain it by photosynthesis, but it has little influence on evaluation of Algae Growth potential.

The result of this study were as follows:

- 1) In both river, the value of Chemical analysis and MBOD method of inorganic salts reveals as nearly same result.
- 2) Though organic pollution of Seomjin river is less than that of Yeongsan but inorganic contamination is somewhat advanced; BOD 2.8 ppm. and MBOD 340 ppm. in Seomjin river but BOD 22 ppm. and MBOD 480 ppm. in Yeongsan river.
- 3) Both river have tendency to reveal higher Nitrogen value is $MBOD \approx MBOD - P < MBOD - N$.

So phosphorus value is relatively low, it acts as limiting factor.

- 4) The sampling site Y_1 , downstream of Kwang Ju river, which is heavily polluted, reveals such tendency as $MBOD < MBOD - P < MBOD - N$

So we can guess that there Y_1 any other substance which controls growth of organisms. Consequently Nitrogen and phosphorus are prevented to flow-in so as to limit the development of red tide of Seomjin river and eutrophication of Yeong San river.

結 論

오늘날 河川, 湖沼, 港灣 등의 水質評價에 있어서 有機物汚濁의 指標인 BOD를 비롯하여 理化學的的分析에 의한 여러 項目들이 中心이 되어 利用되고 있다.¹⁷⁾ 최근 都市下水, 工場廢水 등의 排水中에 함유된 많은 營養鹽類의 流入에 의해 湖沼, 河川, 內海 등의 水域에서의 富營養化로 인한 水質惡化가 크게 社會問題로 대두되고 있고 이 方面에서의 水質評價에 관한 새로운 方法들이 활발히 연구되어지고 있다. 즉 과거 水域의 富營養化를 評價하는 方法으로써 ① 指標生物의 調査 ② 溶存酸素의 測定 ③ 生物의 現存量調査 (Chlorophyll 등) ④ 基礎生産量調査 ⑤ 透明度의 測定 ⑥ 질소(N), 인(P) 등의 營養鹽濃度測定 등이 실시되었으며 이들 方法을 종합함으로써 富營養化現象¹²⁾은 충분히 파악할 수 있었으나 富營養化의 豫測 制御등을 目的으로 藻類生産에 직접 영향을 미치는 河川水의 水質이나 藻類增殖의 制限物質推定등을 하는 데는 불충분하였다.¹⁾

근래에는 藻類培養試驗을 통하여 現存하는 營養鹽類가 生物에 어느 정도 利用 가능한 것인가? 또는 그 營養鹽類가 각기 生物의 成長增殖에 적당한 量의 下水處理水의 水質을 生物學的 側面에서 評價하고자 하는 경향이 높아 潛在藻類生産量測定法^{2,3,4,18)} (Algal growth potential : AGP) 藻類培養試驗暫定法 (Provisional Algal Assay Procedure : PAAP), 藻類培養驗回分法^{6,7,8,9)} (Algal Assay Procedure Bottle Test : AAP) 등 여러가지 Bioassay 法이 研究開發되었었다. 그러나 이들 方法들이 복잡한 설비나 번잡한 조작을 필요로 하기 때문에 널리 일반화되지 못하고 있었다. 그래서 최근 BOD 측정원리를 응용하여 간단하게 AGP測定과 거의 같은 潛在生物利用可能 營養物質量을 評價할 수 있는 새로운 Bioassay 법인 MBOD¹⁶⁾

(Modified BOD) 측정법이 中本(日)^{19,20)}에 의해서 고안되었다.

本橋는 이 새로운 MBOD 측정법을 利用하여 비교적 좋은 수질인 섬진강과 오염도가 높은 영산강에 대한 生物이 利用 가능한 潛在營養物質量을 比較推定함으로써 최근 섬진강하류 광양만의 赤潮現象과 영산강하류에 축조된 榮山湖의 장래에 우려되는 富營養化現象 억제를 위한 制限因子를 찾아내보고자 하는 것이다. 이 연구결과는 섬진강과 영산강의 수질관리에 도움이 될 수 있으리라 기대된다.

調 査 对 象

1. 調 査 期 間

섬진강 : 1982年 9月 12日 ~ 10月 12日

영산강 : 1982年 10月 5日 ~ 10月 30日

2. 調 査 地 點

1) 섬진강

전라북도 진안군에서 발원하여 韓國南部의 光陽灣에 流入되는 延長 212 km의 江으로써 全羅南道 谷城附近에서 보성강이 合流되며 流域面積 4,896 km²에 관개용수로 使用되고 일부 電力生産에도 利用되고 있다.²⁰⁾ 本研究를 위해 採水한 位置는 Fig. 1과 같으며 섬진강 本流에 1個地點(S-1 : 전남곡성군압록리), 보성강과 合流後의 下流에 1個地點(S-2 : 전남구례군구례읍구산리) 求禮邑附近에 1個地點(S-3 : 전남구례군구례읍신원리(구례교) 섬진강 下流에 1個地點(S-4 : 전남구례군토지면송정리)을 選定하였다.

2) 榮山江

全羅南道 潭陽郡 龍面 秋月山에서 發源하여 西南으로 흘러 光州의 極樂江에 이르고 光州川과 合流한 後 松汀里에서 長城郡 白岩山에서 흘러오는 黃龍江과 合流하고 다시 羅州에서 砥石江과 合流하여 木浦 앞바다로 흐르는 延長

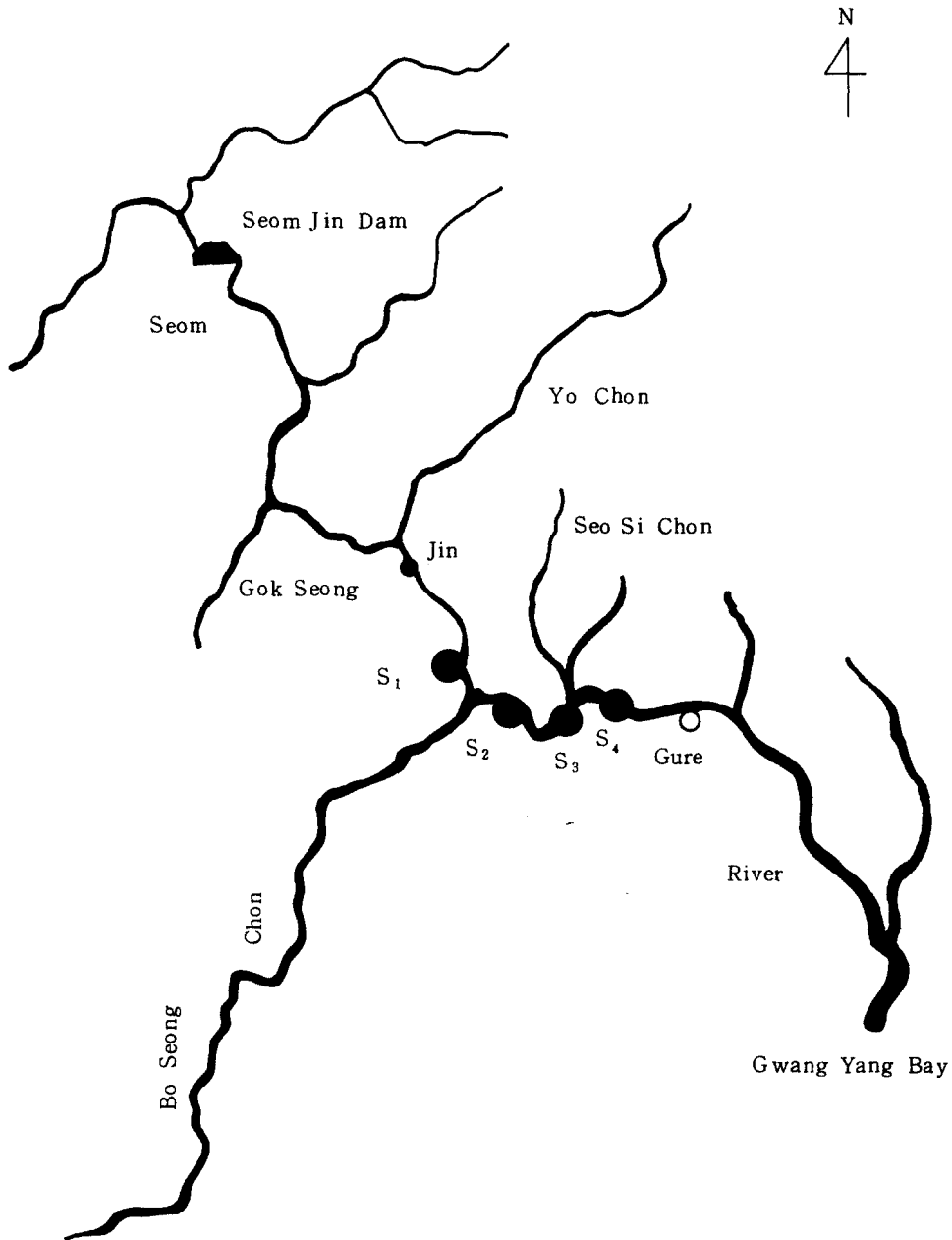


Fig. 1. Sampling Sites of the Seomjin River

115.8 km 인 韓國 4大江의 하나다. 流域面積 2,798 km²에 관개용수를 供級하며, 1981年12月 下流인 木浦에 댐을 막아 巨大한 榮山湖가

만들어졌다. 本研究를 위하여 採水한 位置는 Fig. 2와 같으며 가장 큰 汚染源인 光州川下流에 1個地點(Y-1 : 光州市유덕동) 極樂江과

光州川이 합流된 後의 下流에 1 個地點(Y-2 : 全南光山郡 서창면 마극리(極樂橋)) 黃龍江과 합流된 後의 下流에 1 個地點(Y-3 : 全南

光山郡松汀邑도산리) 砥石江과 합流된 後의 下流에 1 個地點(Y-4 : 全南羅州郡羅州邑 삼도리 (나주교) 등 4 個地點을 選定하였다.

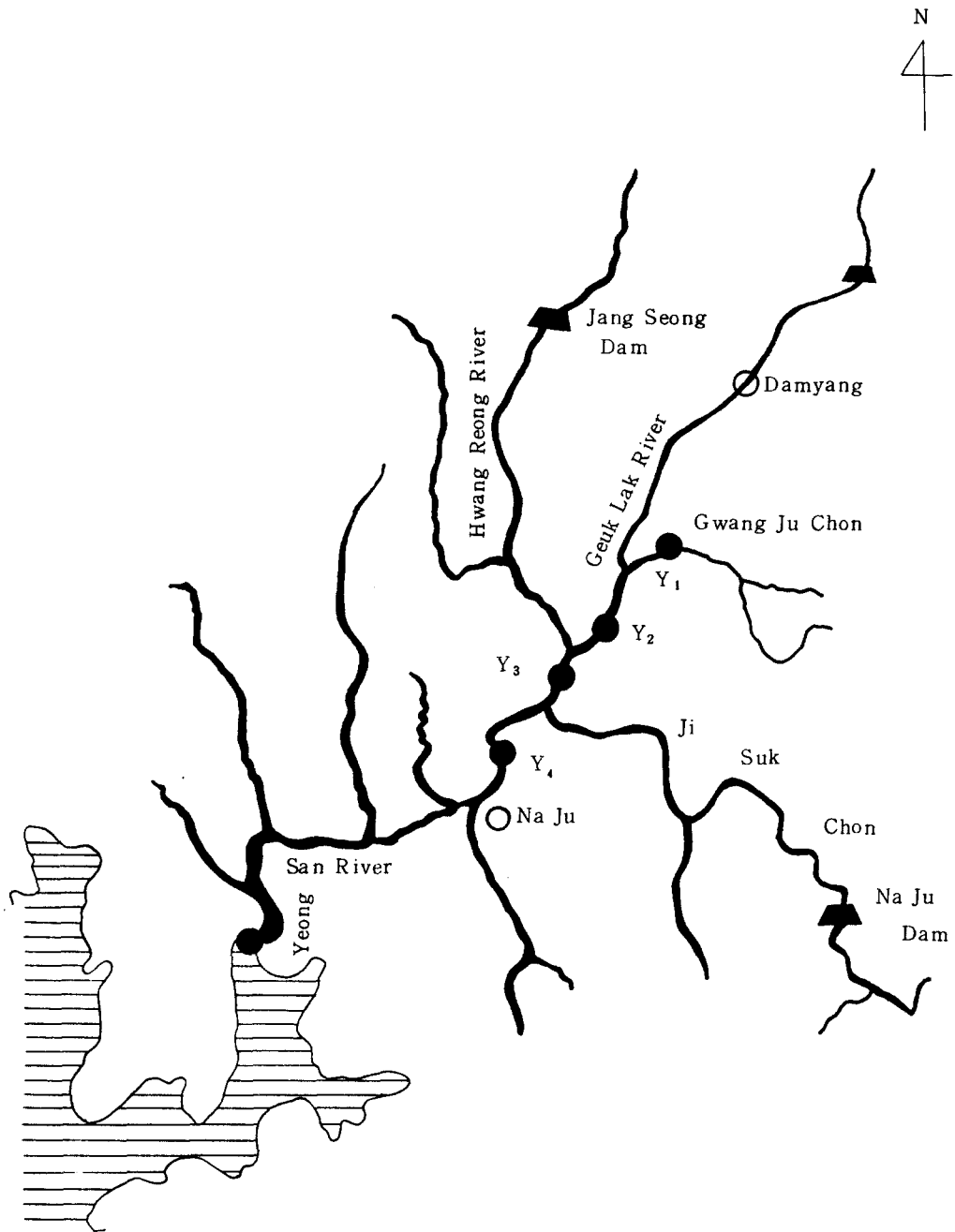


Fig. 2. Sampling Sites of the YeongSan River

3. 調査項目 및 分析方法

實驗에 사용된 檢水는 釜山江은 1982年 9月 12日에 榮山江은 1982年 10月 5日에 採水하였고 採水前 1週日 以內에 降雨는 없었다. 檢水는 採水 즉시 ice box에 넣어 實驗室로 運搬하였으며 理化學的인 各項目에 對한 分析方法^{14,15)}은 Table 1과 같으며 Bioassay에 關한 測定은 中本(日)^{19,23)}이 實施한 方法에 따랐다. Table 2는 Bioassay에 關한 調査項目과 分析法을 간단히 要約했으며 다음과 같이 測定하였다.

1) MBOD

生物은 基本的으로 $CO_2 + H_2O + energy \rightleftharpoons CH_2O + O_2$ 와 같은 反應을 한다고 볼 수 있다.

AGP測定은 試水中에서 藻類를 生長 增殖시켜 試水中의 N, P 등 無機鹽類가 制限될 때까지 右邊의 方向으로 反應을 進行시켜 이때 生産된 CH_2O 또는 그것에 의해 成長된 生物體量을 測定하는 方法이 AGP法이다.

MBOD法은 이것의 逆方向으로 反應을 進行시켜 測定하는 方法으로써 試水中에 存在하는 無機鹽類를 利用하여 從屬營養細菌이 成長 增殖하는데 充分한 CH_2O (탄수화물)를 加하고

이때 消費하는 酸素量을 測定함으로써 生物에 利用可能한 無機鹽類量을 測定하자는 것이다. 그러나 이것은 20℃에서 5日間만 培養함으로써 BOD_5 와 같이 利用可能無機鹽類의 相對量을 나타낸 것이 된다.

MBOD法의 測定절차를 記述하면 다음과 같다.

① BOD測定原理와 같으므로 培養期間中에 DO가 不足되지 않도록 檢水의 水質에 따라 10~50倍로 희석하고 曝氣하여 DO 를 飽和시키고 空氣와 平衡되게 한다.

② 2組의 BOD병에 ①의 試水를 채우고 Glucose 溶液 (2 g/100 ml) 을 0.2 ml/100 ml의 比로 加했다(試水中 Glucose는 40 mg/l相當)

Table 1. Analytical Method of Water Quality

Item	Experimental methods and Apparatus
Temperature	Mercury-filled celsius thermometer
pH	pH meter (Orion model 301)
BOD	Standard Method
NH_3-N	Nesslerization method
NO_2-N	G.R. method
NO_3-N	Zinc reduction method
PO_4-P	Stannous chloride Method

Table 2. Experimental method on Bioassay

Item	Addition	Measurable Substance
Blank	None	* Resp
BOD	N, P, TE	Resp + usable OS
MBOD	OS	Resp + usable IOS
MBOD-N	P, TE, OS	Resp + usable N
MBOD-P	N, TE, OS	Resp + usable P

* Resp = Respiration (amounts of oxygen consumption)

N = Nitrogen

P = Phosphorus

TE = Trace elements

OS = Organic substance

IOS = inorganic substance

③ 1組는 培養前 溶存酸素(DO)測定에 使用하고 다른 1組는 20℃에서 5日間 暗所에서 培養한 後 DO를 測定하여 그 最初와 最後의 DO差를 MBOD 값으로 算定한다.

2) MBOD-N

MBOD-N은 完全培地에서 N源만을 除外한 것을 첨가함으로써 微生物이 原水中에 存在하는 利用可能 N源을 使用하도록 한 것이다. 즉 N가 制限의 要素로 作用하여 微生物의 增殖이 끝날 때까지에 必要한 酸素量을 測定하는 것인데 5日間만 培養하기 때문에 試水中에 存在하는 利用可能N源의 相對量만을 나타낸 것이 된다.

MBOD-N法의 試驗절차는 다음과 같다.

① MBOD測定時와 同一한 試水를 使用한다.

② 2組의 BOD병에 ①의 試水를 채우고 N源을 除한 營養鹽溶液(KH₂PO₄ 0.33g + Glucose 2g + MgSO₄·7H₂O 2.5g + CaCl₂·2H₂O 0.75g + FeCl₃ 0.15g 인 100ml 용액)을 0.2ml / 100 ml의 比率로 加한다. 이것은 試水中 P - 0.15mg / l Glucose - 40mg / l Mg SO₄ · 7H₂O - 50mg / l, CaCl₂ · 2H₂O - 1.5mg / l, FeCl₃ - 0.3mg / l 에 相當한 것이다.

③ MBOD測定과 같이 20℃에서 5日間 培養後 DO를 測定하여 消費된 DO를 算出함으로써 MBOD-N을 算定한다.

3) MBOD-P

完全培地로부터 P源만을 除外한 것을 첨가한다. 이때 消費된 酸素量은 試水中에 存在한 利用可能 P의 相對量을 나타내게 된다.

이 試驗절차는 다음과 같다.

① MBOD測定時와 同一한 試水를 使用한다.

② 2組의 BOD병에 ①의 試水를 채우고 P源을 除한 營養鹽溶液(KHO₃ 0.38g + Glucose 2g + MgSO₄ · 7H₂O 2.5g + CaCl₂·2H₂O 0.75 + FeCl₃ 0.15g 인 100ml 溶液)을 0.2 ml / 100 ml의 比率로 加한다. 이것은 試水中

N - 1.05mg / l, Glucose 40mg / l, Mg SO₄ · 7H₂O 50mg / l, CaCl₂ · 2H₂O - 15mg / l, 0.3mg / l에 相當한 것이다.

③ MBOD測定과 같이 20℃에서 5日間 培養하여 이때 消費된 酸素量을 MBOD-P로 算定한다.

4) Blank

試水中에 있는 微生物이 試水中에 含有되어 있는 營養鹽을 利用하여 暗所에서 5日동안 순수하게 增殖 呼吸하는데 消費되는 酸素量을 測定하기 위해 아무런 營養鹽도 加하지 않고 증류수로만 희석하여 20℃ 5日間 培養하여 消費된 DO를 測定하여 Blank로 한 것이다.

調査結果 및 考察

1. 理化學的 調査

1) DO

人爲의 汚染源이 별로 없는 섬진강과 都市下水의 流入이 있는 榮山江의 理化學的 水質分析結果는 Table 3과 같다. 여기서 보면 섬진강은 DO가 8.2~8.6mg / l로 거의 포화되어 있다.

2) BOD

섬진강의 BOD₅도 2.6~3.1mg / l로 낮은 값을 보이고 있다.

3) 총무기성질소와 인산성인

주로 山野와 農耕地流出水인 섬진강은 無機營養鹽類인 總無機窒素(NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N의 合)의 濃度는 3.120~3.219mg / l로서 平均 3.165mg / l로 높은 편이었고 대부분 질산성질소가 높은 濃度를 유지했다. 또 PO₄-P濃度는 0.137~0.187mg / l로서 平均 0.161mg / l로서 총무기질소에 비해 대략 1/20程度이었다.

榮山江에 있어서는 主汚染源인 光州川(Y-1)이 光州市內 貫流川으로서 70萬人口의 生活下水가 無處理狀態로 流入되고 있고 1日 300k / 糞尿終末處理水가 流入되고 있어 DO가 3.1

Table 3. Results of chemical/physical analysis Seomjin River & Yeong San River

River	Sampling Site	Water temp(°C)	pH	DO (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
Seomjin River	S ₁	22	7.4	8.6	0.778	0.523	1.853	0.137
	S ₂	24	7.5	8.2	0.783	0.475	1.862	0.149
	S ₃	23	7.4	8.3	0.784	0.506	1.875	0.172
	S ₄	23	7.2	8.6	0.787	0.545	1.885	0.141
Yeongsan River	Y ₁	21	6.9	3.1	3.958	1.357	16.535	1.768
	Y ₂	21	7.1	5.4	2.197	0.726	7.281	0.502
	Y ₃	21	7.2	8.3	3.852	0.521	4.372	0.437
	Y ₄	21	7.1	6.8	1.247	0.545	5.225	0.469

Table 4. Results of Bioassay by Heterotrophic Bacteria

(unit : mg/l)

River	Site	Blank	BOD ₅	MBOD	MBOD-N	MBOD-P
Seomjim River	S ₁	2.8	2.9	335	365	330
	S ₂	2.7	2.6	300	360	315
	S ₃	3.0	3.1	340	370	345
	S ₄	2.7	2.8	325	365	330
Yeongsan River	Y ₁	34.5	36.0	476	574	511
	Y ₂	21.5	21.0	406	553	406
	Y ₃	15.6	16.0	354	444	348
	Y ₄	12.4	12.0	396	444	384

mg/l, BOD가 36mg/l로 대단히 汚染이 甚한 河川水이었다.

총무기질소는 21.85mg/l로서 섭진강의 약 7배가 되어 있고 PO₄-P도 1.768mg/l로서 섭진강의 약 10배에 達하는 高濃度이었다. 그러나 下流로 내려가면서 極樂江, 黃龍江, 砥石江과 合流되어 희석됨으로써 羅州橋(Y-4)에서는 總無機窒素가 7.017mg/l, PO₄-P 0.469mg/l로 나타나고 있으나 섭진강에 比해서는 2~3배 程度의 高濃度를 維持하고 있어 河口에 築造된 榮山湖는 앞으로 甚한 富營養化現象이 초래될 것이 우려된다.

2. Bioassay 調査

化學分析에 依한 總無機鹽類濃度가 生物에 利用可能한 것인지를 評價하기 위해 從屬營養

生物에 依한 生物檢定(MBOD)法을 한 結果 Table 4, Fig. 3, Fig. 4와 같은 結果를 얻었다.

1) Blank와 BOD와의 관계

Table 4에서 보는 바와 같이 河川水中에서 生息하고 있는 微生物에 依한 呼吸量 즉 Blank와 微生物에 依해 利用可能한 有機物의 現存量 즉 BOD值가 거의 비슷한 값을 나타내고 있는 것은 두 江 모두가 從屬營養生物에 必要한 有機物과 無機營養鹽類의 存在量比가 相對的으로 無機營養鹽類쪽이 充分하다는 것을 意味하고 있다. 즉 N, P, 및 微量元素와 같은 微生物의 增殖에 必要한 無機鹽類를 添加해 주지 않아도 水中에 現存하고 있는 無機鹽類만으로 5日間 微生物이 增殖하는데 아무런 制限을 받지 않는다는 것을 알 수 있다.

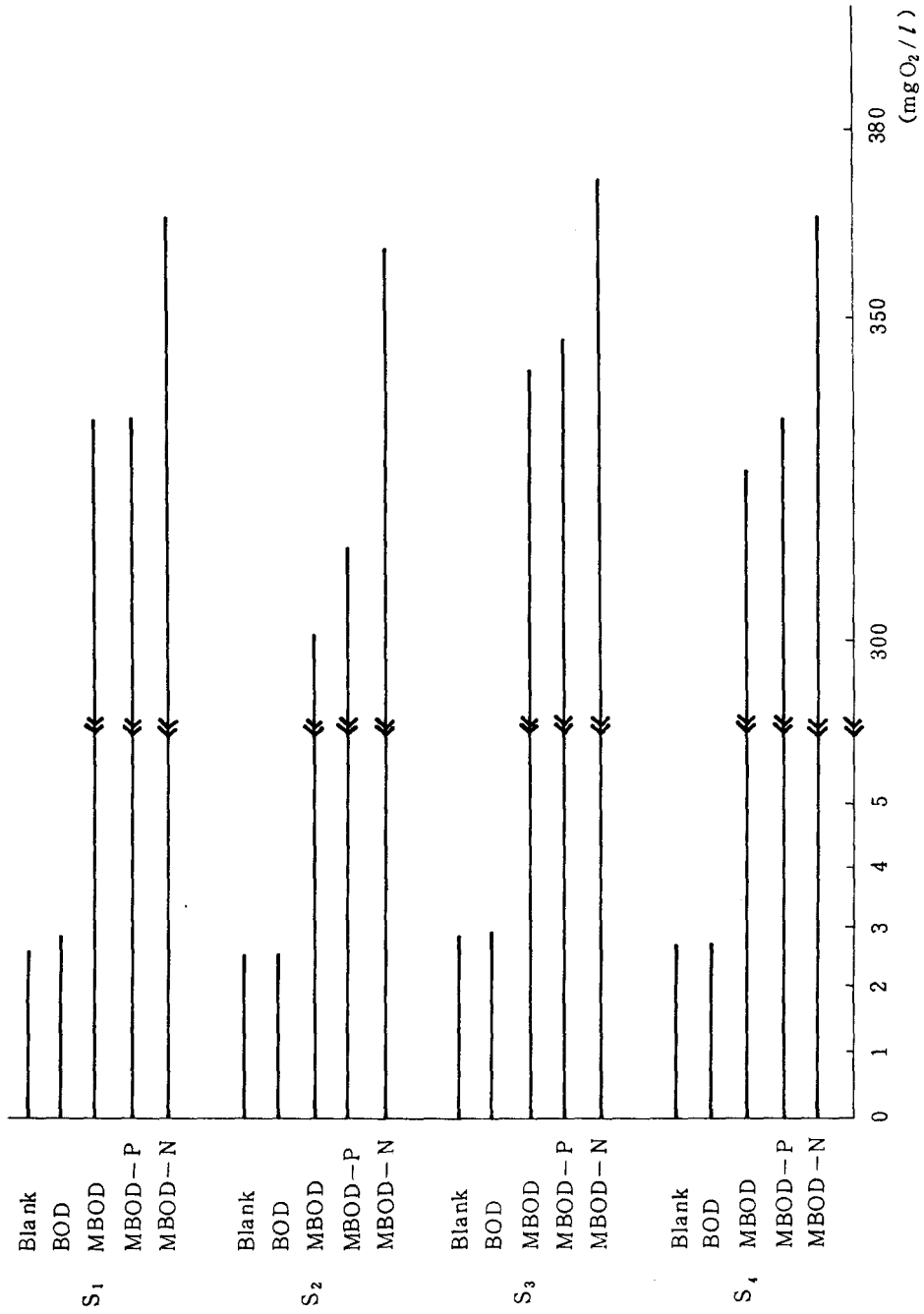


Fig. 3. Seomjin River Bioassay Results.

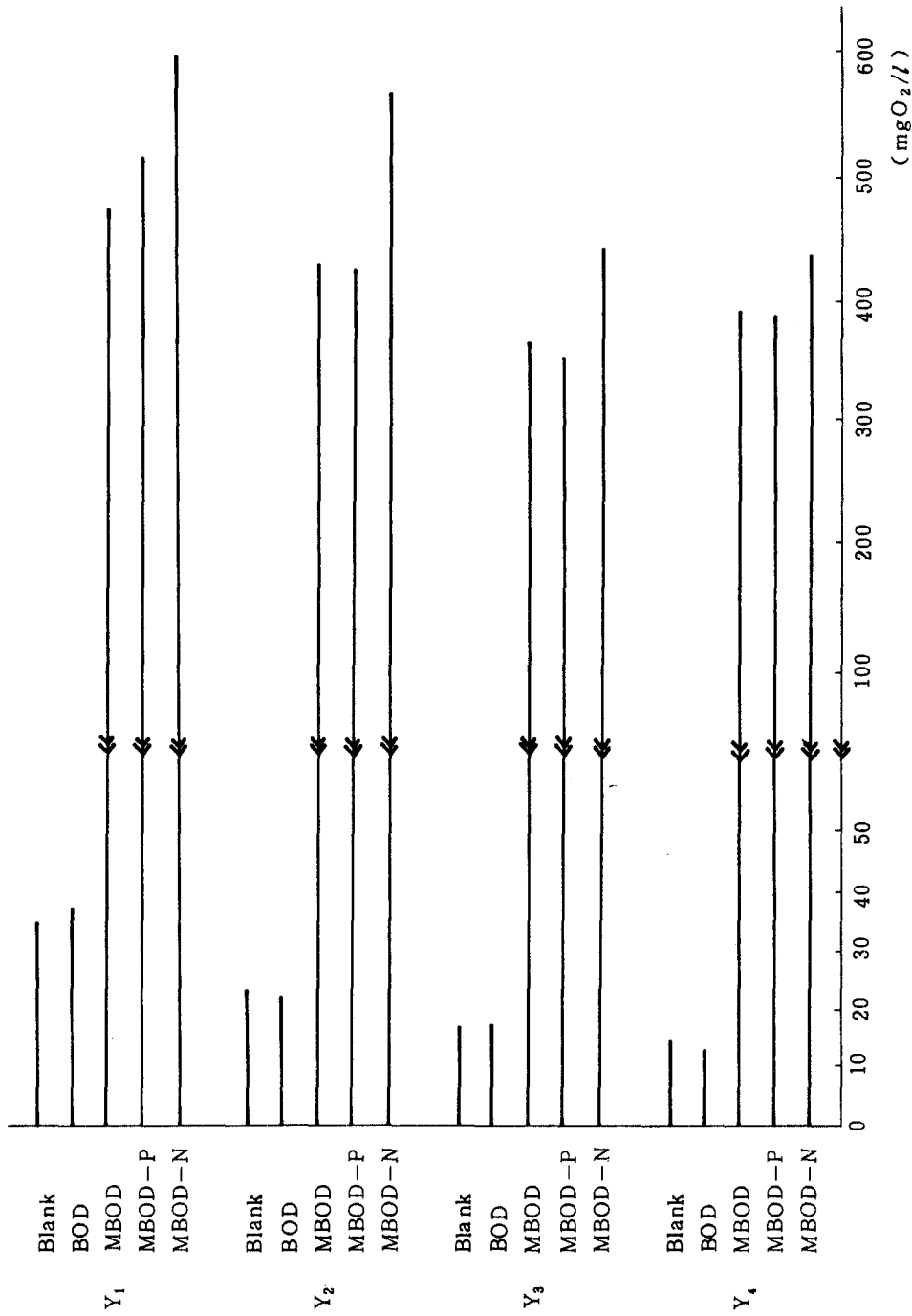


Fig. 4. Yeongsan River Bioassay Results.

(2) BOD와 MBOD와의 관계

또 MBOD 값을 BOD 값에 比較하면 모든 地點에서 數倍에서 100倍以上의 높은 값을 나타내고 있다. 이는 現在의 水質에 有機物汚染이 더욱 增加(Glucose 40ppm 相當)하여도 增殖할 수 있는 微生物에 利用可能無機營養鹽類가 充分하다는 것 즉 無機營養鹽類가 과잉으로 存在한다는 것을 意味하며 따라서 自營養生物인 藻類에 對해 潛在的 利用可能物質이 많아 이런 물을 貯水하면 藻類가 大量 繁殖할 可能性을 나타내고 있다.

섬진강과 같은 人爲的인 汚染이 적은 江의 境遇 化學分析에 依해 測定된 無機營養鹽類의 增加率과 MBOD에 依해 測定된 값을 比較하면 거의 비슷한 增加率을 나타내고 있으나 人爲的汚染이 큰 都市河川인 榮山江은 이러한 比率이 無視되었다.

(3) MBOD, MBOD-P, MBOD-N과의 관계
生物利用可能N에 依存하는 酸素要求量(MBOD-N)은 섬진강, 榮山江 모두 MBOD보다 높은 값을 나타내고 있으나 生物利用可能P에 依存하는 酸素要求量(MBOD-P)은 全般的으로 MBOD와 거의 비슷한 값을 나타내고 있어 水中의 窒素와 磷의 均衡은 生物利用可能 窒素쪽이 과잉임을 알 수 있다. 따라서 自營養生物인 藻類의 成長增殖制限因子로서는^{11,24)}

P임을 알 수 있었다. 그러나 光州川下流인 Y-1 地點에 있어서는 MBOD < MBOD-P << MBOD-N으로써 窒素나 磷 以外的 營養物質에 依해 制限을 받고 있는 것 같다. 都市下水中에는 窒素와 磷 以外的 여러가지 營養物質이 풍부하여 이것이 生物提殖에 關與함으로써 N나 P를 制限하여도 酸素要求量이 MBOD 值보다 더 높게 나타난 것 같다.

日本에서 調査된 報告에서도²²⁾ 都市汚濁型 河川의 境遇는 窒素, 磷 以外的 制限要素가 關與한다고 하고 있다.

Table 5.는 섬진강과 榮山江의 MBOD, MBOD-P, MBOD-N 값의 관계와 成長增殖制限因子를 나타낸 표이다.

3. 理化學的 調査結果와 Bioassay 調査結果의 比較

Bioassay 調査結果 두江 모두 藻類增殖에 制限因子는 P라는 것을 알았다. 따라서 MBOD 값과 MBOD-P 값이 거의 비슷한 값을 나타낸다는 것도 알 수 있었다.

Fig. 5와 6은 化學分析에 依해 測定된 P의 값과 MBOD 값의 變化를 比較해 본 그림이다.

여기에서 두江 모두 化學分析에 依해 測定된 P의 값의 變化曲線과 Bioassay 값(MBOD)

Table 5. Results of Bioassay value and growth limiting factor

River	Sampling Site	bioassay value relations	Growth limiting factor
Seomjin River	S ₁	MBOD ≅ MBOD-P < MBOD-N	phosphorus
	S ₂	MBOD ≅ MBOD-P < MBOD-N	phosphorus
	S ₃	MBOD ≅ MBOD-P < MBOD-N	phosphorus
	S ₄	MBOD ≅ MBOD-P < MBOD-N	phosphorus
Yeongsan River	Y ₁	MBOD < MBOD-P << MBOD-N	phosphorus nitrogen except any other substance
	Y ₂	MBOD ≅ MBOD-P << MBOD-N	phosphorus
	Y ₃	MBOD ≅ MBOD-P << MBOD-N	phosphorus
	Y ₄	MBOD ≅ MBOD-P < MBOD-N	phosphorus

의 變化曲線이 거의 一致하게 나타났다.
 이러한 結果는 化學分析에 依해 測定된 P의

量이 모두 生物에 利用可能하다는 것을 알 수
 있다.

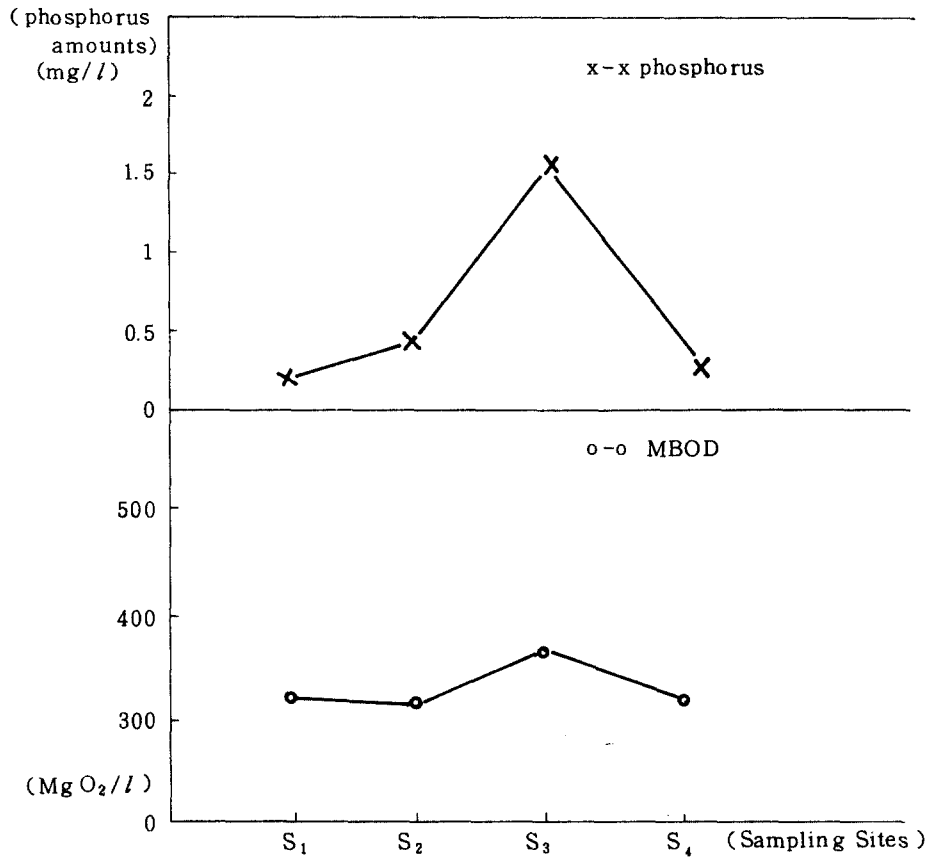


Fig. 5. Relationship of phosphorus by chemical analysis and MBOD value (Soemjin River).

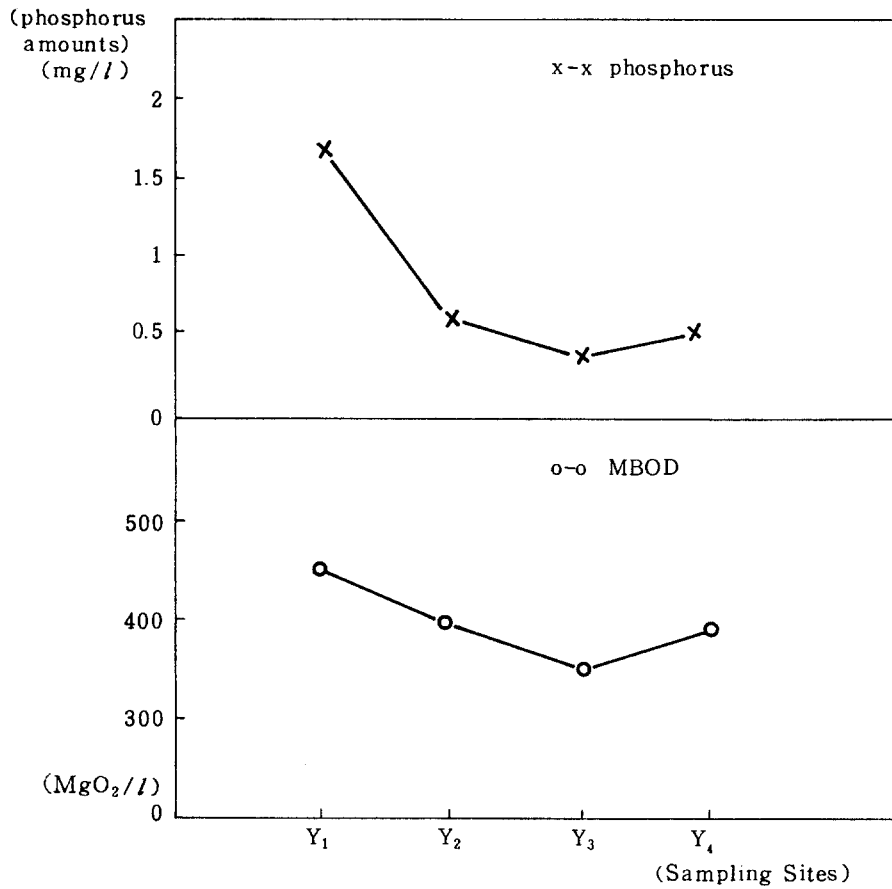


Fig. 6. Relationship of phosphorus value by chemical analysis and MBOD value (Yeongsan River).

結 論

本論文은 榮山江과 蟾津江에서 生物이 利用 가능한 潛在的인 營養物質量을 MBOD 法으로 推定하여 光양만의 赤潮現象과 榮山湖의 富營養化의 억제를 위한 制限因子를 究明하는데 目的이 있다. 調査期間은 1982年 9月과 10月로 서 本 評價에서 얻어진 重要結果는 다음과 같다.

1) 영산강과 섬진강에서 모두 無機營養鹽類의 化學的分析値와 MBOD 値를 比較해 본 結

과 거의 비슷한 增加狀態를 나타내고 있다.

2) BOD 값을 보면 섬진강이 약 2.8 mg/l, 榮山江이 약 22 mg/l로 섬진강의 有機物汚染은 적었으나 MBOD 값을 보면 섬진강이 약 340 mg/l로 N. P. 이 相當量 存在하였고, 榮山江은 약 480 mg/l로 藻類增殖에 必要한 N. P. 量이 과잉 存在하였다.

3) 영산강과 섬진강에서 모두 MBOD = MBOD - P < MBOD - N의 關係를 나타내고 있고 P가 制限因子로 되고 있음을 알 수 있었다.

4) Y-1 地點(光州川下流) 즉 汚染이 甚한 光州下流에서는 MBOD < MBOD - P << MBOD

-N의 관계를 나타내고 있는 點으로 보아 여러 가지 營養物質이 生物增殖에 關與하고 있음을 알 수 있다.

References

1. Mitumasa Okada, and Ryuichi Sudo : The Methodology of Algal Assay Procedure and it's Application to Eutrophication Research, Journal of Water and Waste 20, 765.(1978)
2. Bringmann, G. und Kühn R.: Der Algal-Titerals Masstab der Eutrophierung von Wasser und Schlamm: Gesundheitsingenieur, 77, 374.(1976)
3. Bringmann, G. und Kühn R. : Veränderungen der Eutrophierung und Bio Production gemessen am Biomassentier von Testalgen, Gesundheitsingenieur, 79, 50. (1958)
4. Skulberg, O. M.: Algal Culture as a Means to Assess the Fertilizing Influence of Pollution. Proc. Int. Cond. on Water Pollution Research, 1, 113.(1966)
5. Joint/Industry Government Task Force on Eutrophication : Provisional Algal Assay Procedure. (1969)
6. National Eutrophication Research Program EPA; Algal Assay Procedure Bottle Test. (1971)
7. U. S. Environmental Protection Agency : Marine Algal Assay Procedure Bottle Test, Eutrophication and Lake Restoration Branch, Corvallis, Oregon. EPA-660/3-75-008. (1974)
8. U. S. Environmental Protection Agency : Proceedings : Biostimulation Nutrient Assessment Workshop, Corvallis Environmental Research Laboratory, Corvallis, Oregon. (1975)
9. Middlebrooks, E. J., Falkenberg, D. H. and Maloney, T. E. : Biostimulation and Nutrient Assessment Workshop Proceedings, Utah Water Research Laboratory. (1975)
10. Clair N. Sawyer, Perry L. MacCarty : Chemistry for Sanitary Engineering, McGraw-Hill, 416-487. (1978)
11. Harry W. Jacob I. Bregman : Handbook of Water Resources and Pollution Control. Ven Nostrand Reinhold, 139-215. (1976)
12. Middlebrooks, E. J., Falkenberg D. H. and Malony, T. E. : Modeling the eutrophication process. Ann Arbor Science Publishers, 1-5, 15, 16 (1975).
13. Herbert E. Allen. James R. Krammer : Nutrients in Natural Waters, Wiley, 1-6, 21, 22 (1975).
14. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods 15th Ed., 124, 355, 402, 417, 483 (1981).
15. 金榮錫 : 公害公定試驗概論, 高文社, 40-46 (1979).
16. 權肅杓, 김원만, 나상기 : 環境工學, 普成文化社, 64 (1979).
17. 保健社會部 : 環境保全法 施行規則 第 7 條 別添 4, 別添 7-2 (1981).
18. 公害と對策 : Vol. 16, NO. 8, 65 (1981).
19. 中本信忠 : 從屬營養細菌の生長を利用した AGP 測定, 用水と廢水 Vol. 19, NO. 6 (1977).
20. 建設部 : 韓國河川要覽
21. 岡田光一, 須藤隆一 : AGP をめぐる諸問題, 用水と廢水 Vol. 20, NO. 7 (1978).
22. 中本信忠, 坂井正 : MBOD 法による河川,

- 湖沼の水質評価, 用水と廃水 Vol. 23, NO. 11 (1981).
23. 中本信忠, 長島英二: 貯水池における流入, 流出水の水質評価, 用水と廃水 Vol. 23, NO. 5 (1980).
24. Journal WPCF, Vol. 53, NO. 6, 912 (1981).