

8. MBOD法による湖沼の制限因子の調査について

山口慎一，宇都宮高栄

内田利勝，田川専照

I 緒 言

水道水源のカビ臭，景観の悪化など湖沼の富栄養化による障害が全国的に問題となっている。本県にも三方五湖，北潟湖という天然湖沼があり，この中で三方湖，北潟湖においては，湖沼のCODの環境基準（B類型5 mg/ℓ ）を超えており富栄養湖となっている。このような状況のもとで59年から始まった窒素，リンの環境基準の類型指定のための業務の中で，富栄養化制限因子の調査をMBOD法により実施したので報告する。

II 調査方法

1. 調査地点および調査時期

○三方五湖——三方湖東部，久々子湖南部，水月湖南部，日向湖北部

昭和61年5月8日，7月31日，10月20日，昭和62年2月3日

○北潟湖——北潟湖北部，北潟湖湖心，北潟湖南部

昭和61年5月1日，7月25日，10月3日，昭和62年3月13日

2. 調査項目および分析方法

○水質調査——pH，COD，SS，DO，T-N，T-P，D-N，D-P，クロロフィル
分析方法是常法¹⁾による。D-N，D-PはミリポアAP25でろ過した。ろ液について過硫酸カリウム分解後，常法により分析した。

○MBOD試験——MBOD，MBOD-N（リン添加），MBOD-P（窒素添加）
分析方法是中本の方法²⁾による。希釈段階を2段階として，1段階について4本の同時平行測定をおこなった。

○模擬AGP試験——AGP-C（無添加），AGP+N（窒素），AGP+P（リン添加），AGP+PNP（窒素およびリンの両方添加）

湖水1.5 ℓ を3 ℓ ロービンに入れ³⁾，窒素（1 mg/ℓ ），リン（0.1 mg/ℓ ）となるよう添加して屋外で2週間程度，培養した。培養後，SS測定をおこない，SSの増加量をAGP量として求めた。

III 結果と考察

1. 水質調査結果

4回の調査結果の平均値として表-1に示した。三方湖，北潟湖については窒素，リン，COD，クロロフィルが高く，典型的な富栄養湖である。T-NとT-P比では，日向湖を除く湖では12～16と湖による差がないが，D-NとD-P比では17～41と湖による違いが見られた。

2. MBOD法による制限因子調査結果

(1) MBODの季節変化と変動係数

MBODの調査結果と変動係数(CV%)を表-2に示した。ここで変動係数が空白となっているのは，2段階，実施した中で平行測定をおこなった一段階が溶存酸素0(mg/ℓ)となり測定できな

表-1 各湖の水質測定結果

地点名	COD	クロロフィル a ($\mu\text{g}/\ell$)	T-N	T-P	T-N/T-P	D-N	D-P	D-N/D-P
北瀉湖北部	5.4	41	0.80	0.095	12	0.42	0.021	32
北瀉湖湖心	6.1	55	0.90	0.088	15	0.40	0.025	17
北瀉湖南部	6.0	65	1.5	0.11	16	0.92	0.023	41
三方湖	6.5	29	0.77	0.059	14	0.34	0.016	26
水月湖	4.4	18	0.51	0.035	16	0.23	0.014	17
久々子湖	4.0	12	0.52	0.039	14	0.30	0.017	20
日向湖	2.0	4.8	0.24	0.032	8.9	0.17	0.027	7.9

注) 測定値は5月, 7月, 10月, 2月の4回の平均値である。

かったためである。一部で変動係数が30~60%と高かったが、おおむね5~20%の変動係数を示した。MBODとMBOD-N, MBODとMBOD-Pについて平均値の差の統計的検討(t検定)をおこなった。北瀉湖北部7月, 北瀉湖湖心7月, 10月, 日向湖10月, 2月については統計的有意差が見られなかったが、これ以外については、MBODとMBOD-Nとの間に有意差があり、リンが制限因子と考えられる。

表-2 MBODと変動係数の季節変化

		春(5月)		夏(7月)		秋(10月)		冬(2月, 3月)	
		平均	CV%	平均	CV%	平均	CV%	平均	CV%
北瀉湖北部	MBOD	3.6	4.2	3.8	4.9	4.8	3.0	3.2	11
	MBOD-N	**8.4	7.4	3.8	3.8	8.6	—	27	—
	MBOD-P	3.1	3.1	4.2	13	4.2	3.1	3.0	5.7
北瀉湖心	MBOD	6.6	6.3	2.6	16	3.2	12	1.2	29
	MBOD-N	**10	3.5	3.4	15	3.7	14	19	—
	MBOD-P	5.0	5.7	2.4	22	4.0	5.5	1.0	11
北瀉南部	MBOD	3.8	2.1	4.0	2.9	3.6	3.2	1.7	13
	MBOD-N	36	—	30	—	22	—	74	—
	MBOD-P	2.3	9.5	3.3	5.0	3.4	5.4	1.7	24
三方湖	MBOD	1.4	6.5	1.4	19	1.7	19	1.0	15
	MBOD-N	**3.1	4.4	**3.2	13	**3.0	9.0	20	—
	MBOD-P	1.5	9.5	1.5	19	1.6	19	0.7	36
水月湖	MBOD	0.9	10	0.6	6.9	0.9	3.9	3.3	20
	MBOD-N	**1.3	6.5	*2.3	10	*1.9	19	13	—
	MBOD-P	0.9	6.1	0.5	13	0.8	33	3.1	17
久々子湖	MBOD	1.5	13	1.4	18	0.7	13	1.4	57
	MBOD-N	13	—	**2.4	8.8	**4.9	6.9	11	7.9
	MBOD-P	1.3	11	1.2	12	0.7	4.4	1.3	40
日向湖	MBOD	1.5	14	1.1	6.0	3.1	6.7	14	—
	MBOD-N	*4.9	2.3	*3.5	26	3.4	7.2	16	—
	MBOD-P	1.4	6.8	1.0	8.3	3.2	10	21	—

注) * 5%有意差 ** 1%有意差

(2) 三方五湖のMBODと窒素、リン比の季節変化

三方五湖におけるMBODと窒素、リンの比の季節変化を図-1に示した。T-NとT-Pの比よりも生物が利用可能な窒素、リンを示すD-NとD-Pの比の方が、MBODの調査結果と対応している。久々子湖の5月を例にとると、T-N/T-Pが12と他の月と変わらないがD-N/D-Pが32と高く、窒素が余りリンが足りない。この水質結果に対応してリンを添加したMBOD-NがMBODより大きく、リン制限型の傾向が強くあらわれている。また、日向湖を除く各湖では、いずれも冬季(2月)にはD-N/D-Pが増加するとともにMBOD-NがMBODより大きく、リン制限型の傾向が顕著である。日向湖では2月にMBOD、MBOD-N、MBOD-Pとも大きくなっている。これは、秋季から冬季にかけての循環期に底層と表層水が混合して窒素、リンが高くなることと⁴⁾対応していると思われるが、明確な原因は不明である。

(3) 北潟湖のMBODと窒素、リン比の季節変化

北潟湖におけるMBODと窒素、リンの比の季節変化を図-2に示した。三方五湖と同様に北潟湖においてもD-NとD-Pの比とMBODの結果の対応が見られる。特に北潟湖南部においては、年間を通してD-N/D-Pが高く、顕著なリン制限型湖沼である。三方五湖と同じく、冬季(3月)は、リン制限型の傾向が強くあらわれている。

3. 模擬AGP試験の結果

三方五湖における結果を図-3、北潟湖における結果を図-4に示した。窒素添加で増加している場合、リン添加で増加している場合もあり、傾向が必ずしも一定していないが、窒素、リンの両方添加すると増加する傾向にある。この模擬AGPの結果は、前述のMBOD試験の結果とは必ずしも一致していない。これに関しては、バクテリアの要求するN/P比(約12)と比べ、プランクトン(鞭毛藻 *Rhodomonas ovalis*)の要求するN/P比(約23)が高いという報告⁵⁾がある。このようなバクテリアとプランクトンの要求する窒素、リン比の違いが一因として考えられる。あるいは、バクテリアの場合よりもプランクトンを用いた試験の方が窒素、リン以外の複雑な因子が多くあり、水質の影響を直接、反映しないためとも考えられるが今後の検討を必要とする。

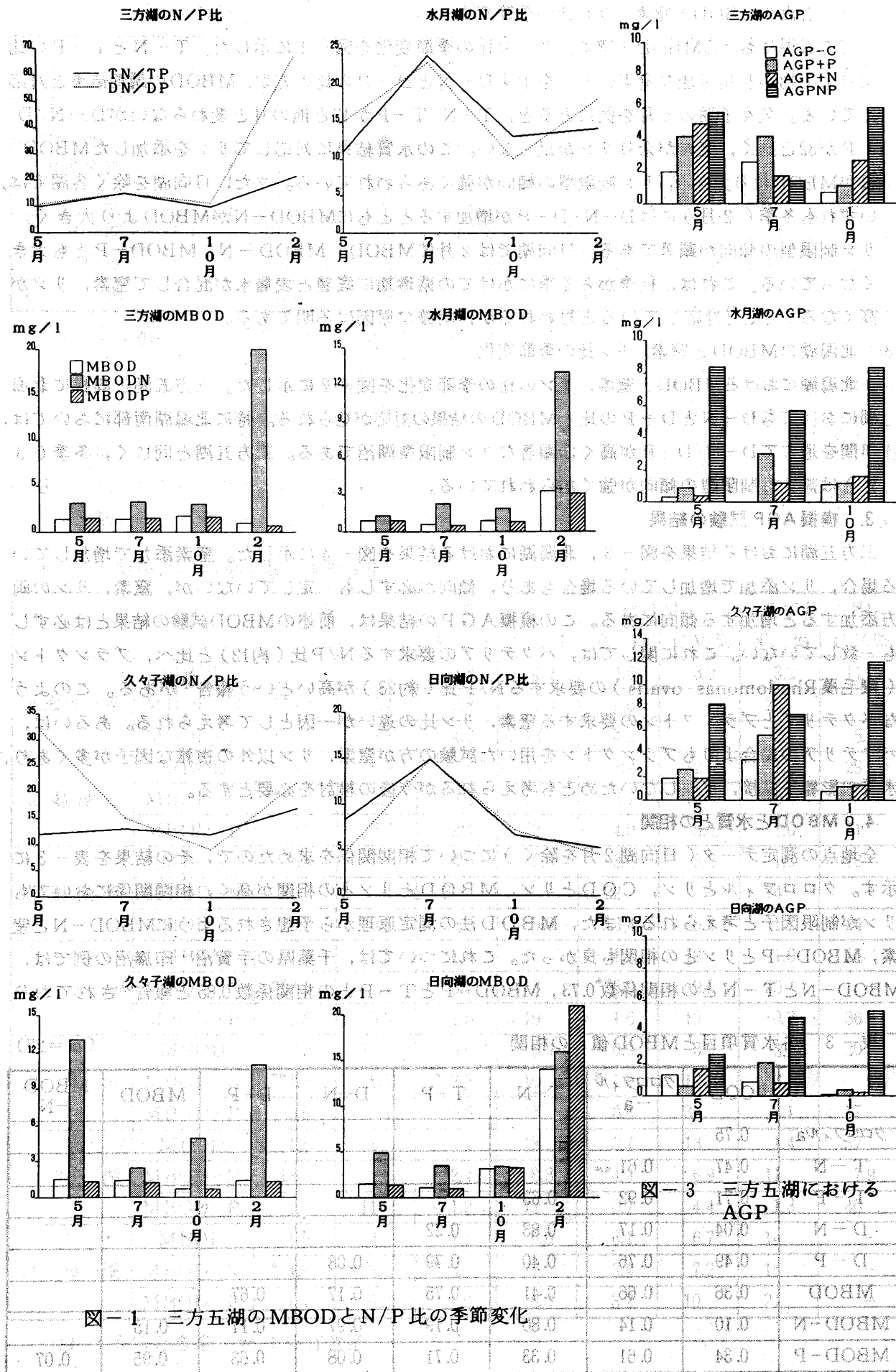
4. MBODと水質との相関

全地点の測定データ(日向湖2月を除く)について相関関係を求めたので、その結果を表-3に示す。クロロフィルとリン、CODとリン、MBODとリンとの相関が高く、相関関係においてもリンが制限因子と考えられる。また、MBOD法の測定原理から予想されるようにMBOD-Nと窒素、MBOD-Pとリンとの相関も良かった。これについては、千葉県の手賀沼・印旛沼の例では、MBOD-NとT-Nとの相関係数0.73、MBOD-PとT-Pとの相関係数0.85と報告⁶⁾されており

表-3 各水質項目とMBOD値との相関

(n=27)

	COD	クロロフィル -a	T-N	T-P	D-N	D-P	MBOD	MBOD -N
クロロフィルa	0.75							
T-N	0.47	0.61						
T-P	0.71	0.92	0.63					
D-N	0.04	0.17	0.83	0.22				
D-P	0.49	0.76	0.40	0.79	0.08			
MBOD	0.36	0.66	0.41	0.75	0.17	0.67		
MBOD-N	0.10	0.14	0.80	0.19	0.97	0.11	0.15	
MBOD-P	0.34	0.61	0.33	0.71	0.08	0.63	0.95	0.07



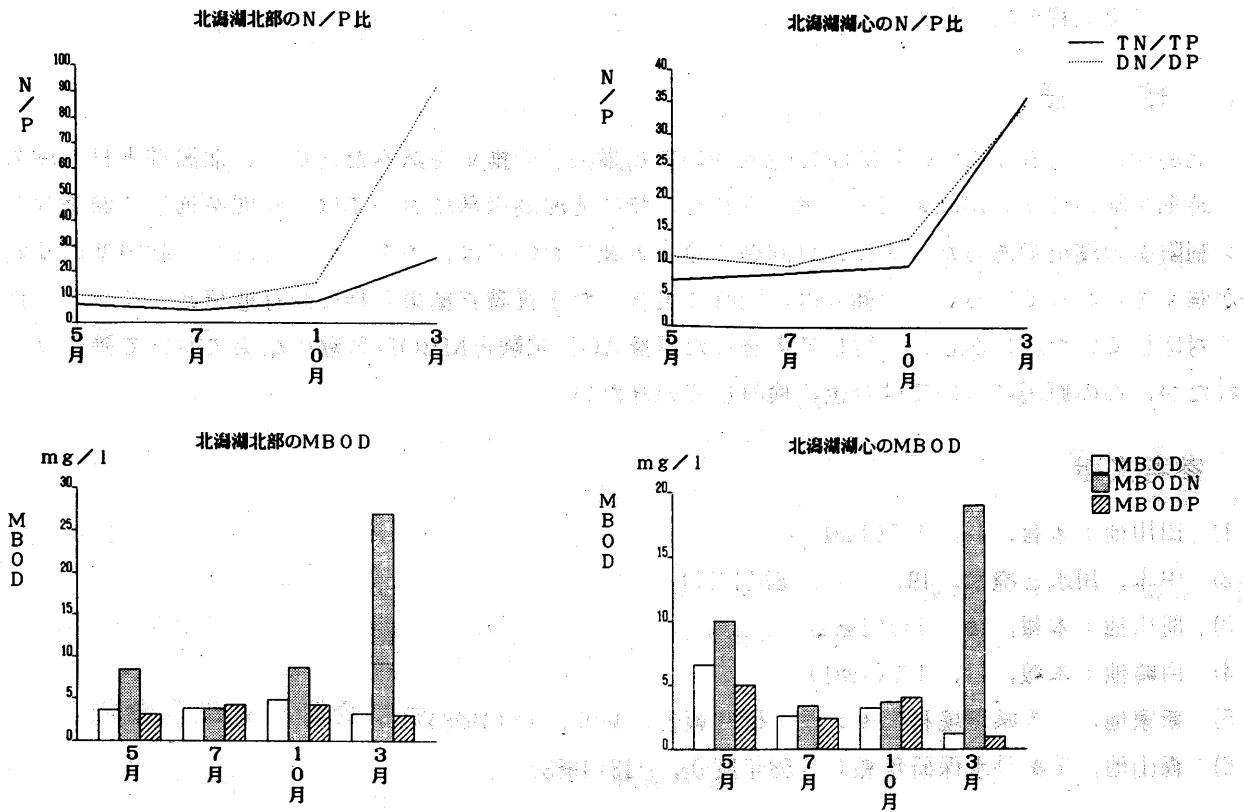


図-2 北湖湖のMBODとN/P比の季節変化

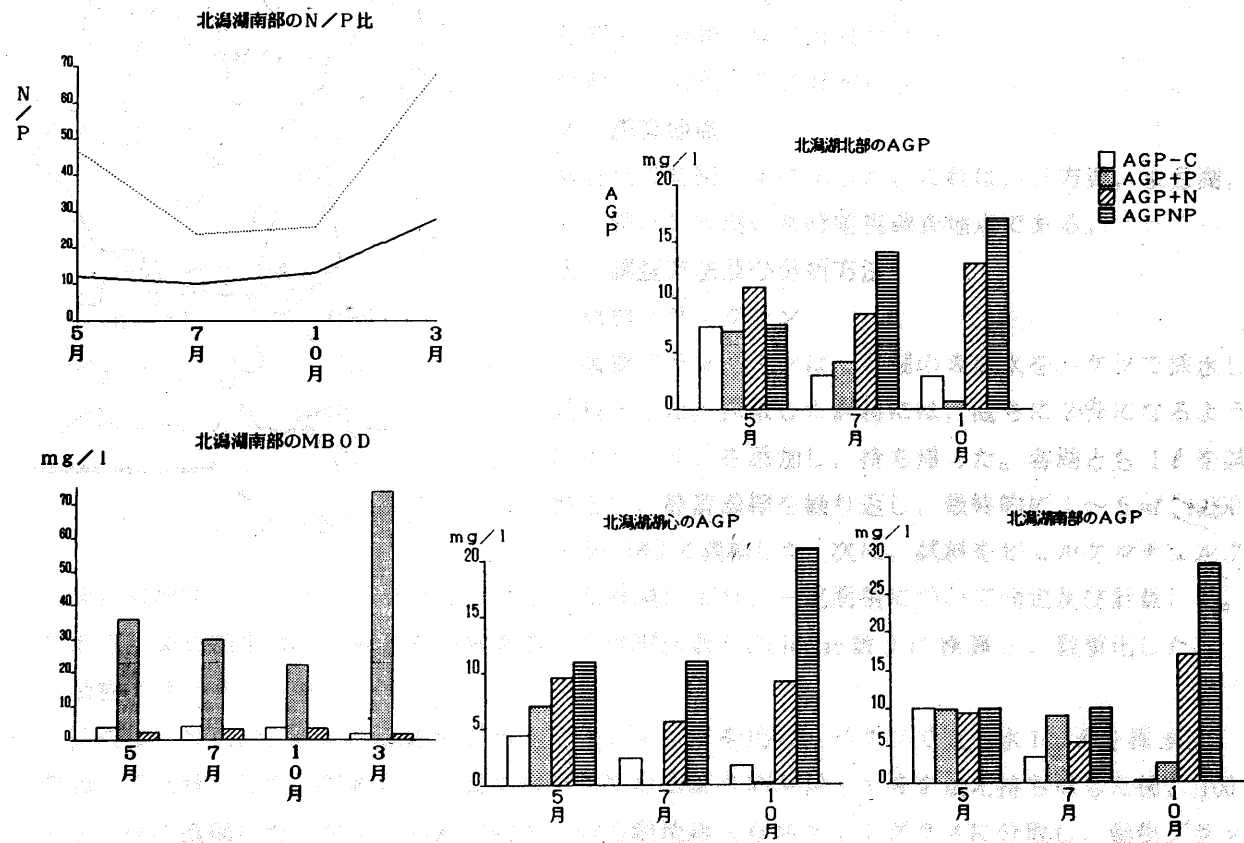


図-4 北湖湖におけるAGP

これとほぼ同程度であった。

IV 結 語

北潟湖，三方五湖についてMBOD法を用いて制限因子の推定を試みたところ，北潟湖と日向湖の一時期を除いてリンが制限因子と考えられた。特に北潟湖南部においては，年間を通じて顕著なリン制限型の湖沼であった。また，日向湖を除く各湖においては，冬季においてはリン制限型の傾向が強くなっている。この傾向は，同時に実施した水質調査結果（特に溶存態窒素・リン）と良く対応していた。しかし，平行して実施した模擬AGP試験とMBOD試験の結果において差が見られたが，この原因については今後，検討していきたい。

参考文献

- 1) 田川他：本報，11，167(1981)
- 2) 中本，用水と廃水，19，6，87(1977)
- 3) 前川他：本報，15，140(1985)
- 4) 白崎他：本報，11，197(1981)
- 5) 新家他，三重県環境科学センター研究報告，No.6，65(1986)
- 6) 森山他，千葉県水保研年報（S58年度），113(1983)

