

# 魚池施肥養魚試驗研究 第一報

劉嘉剛 吳榮藩 彭弘光

邱長吉 王芳祥

Studies on Using Chemical Fertilizers in Fish Ponds

By

C. K. Liu, S. F. Wu, H. K. Peng,

C. J. Chion and F. C. Wang

## 一、前言

鑒於五十八年施肥試驗肥料施用量似嫌過多，為探求池底底泥堆積之肥分再溶於水中，對於魚產之影響，浮游生物發生情形及營養鹽類溶出情形，今（五十九）年決定分為兩個階段進行，第一階段於上半年實施，自二月十六日起注水，注水前各池均曾晒場一個月，並各按1000kg/ha量，施放石灰撒佈底泥表面，二月廿八日放養供試魚，至六月廿九日清池，歷時120天。試驗期間各池皆不施肥。第二階段於下半年度實施。本試驗之實施由劉嘉剛督導協調。試驗計劃之擬訂，供試魚放養、收成之測定，魚池日常管理等由吳榮藩執行。水質分析由彭弘光、邱長吉分項執行。浮游生物定量由王芳祥執行。

## 二、試驗實施方法

### (一) 試驗池

繼續使用去（五十八）年試驗池10口6871M<sup>2</sup>，各地面積水深如表一：

表一 試驗池面積、水深

池號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
面積 (m <sup>2</sup> )	485	1115	970	1067	611	582	679	485	485	388
平均水深 (cm)	85	85	85	85	85	80	80	80	80	80

### (二) 供試魚

供試魚按每公頃鱧 800尾、鱮 100尾、鮠60尾、河內鯽 600尾、鯉 200尾、鱸 200尾之放養率，分別於三月廿八日及三月二日配放，放養情形如表二：

表二 試驗池供試魚放養情形

放 養 日 期		二 月 廿 八 日			三 月 二 日			
類 別		鱧	鱖	鮭	河 內 鯽	鯉	鱸	
供 試 魚	最 大	體 長 (cm)	12.0	14.5	20.5	7.5	9.5	1.5
		體 重 (g.)	34	65	167	1.4	24	0.2
	最 小	體 長 (cm)	10.0	10.0	13.5	4.6	6.5	1.4
		體 重 (g.)	20	27	44	5	9	0.2
	平 均	體 長 (cm)	11.4	12.3	17.2	6.5	8.0	1.4
		體 重 (g.)	27.2	47	113.7	9.2	14.5	0.2
放 養 尾 數	1 號 池	39	5	3	29	10	10	
	2 號 池	89	11	7	67	22	22	
	3 號 池	78	10	6	58	19	19	
	4 號 池	85	11	6	64	21	21	
	5 號 池	49	6	4	37	12	12	
	6 號 池	47	6	3	35	12	12	
	7 號 池	39	5	3	29	10	10	
	8 號 池	54	7	4	41	14	14	
	9 號 池	39	5	3	29	10	10	
	10 號 池	31	4	2	23	8	8	

## (三) 採水分析

水質分析於每星期一、四上午十時，以虹吸法採取水樣，用預先洗滌乾淨之塑膠瓶盛裝，然後帶回實驗室分析。分析的項目星期一為水溫、PH、透明度、溶氧量、氨態氮、硝酸態氮、亞硝酸態氮、溶磷、總鹼度、Kjeldahl-N、有機碳、總磷。星期四為水溫、PH、透明度、溶氧量、氨態氮、硝酸態氮、亞硝

酸態氮、溶磷。分析方法如下：

水溫：利用水銀溫度計於採水同時測定。

PH：利用丹麥PH meter測定。

透明度 (Transparency)：以直徑 5cm 之白色鐵板，置於池水中漸漸下沉，至白色消失時，記其深度，然後，慢慢上升至白色重現時，再記其深度，求其兩次之平均值。

溶氧量 (Dissolved oxygen)，以 Winkler method 測定。

氨態氮 ( $\text{NH}_4\text{-N}$ )：將 Nessler's reagent 加於試水中使呈黃褐色，以光電比色計測定。

硝酸態氮 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )：以 Diphenylamine 法則定。

亞硝酸態氮 ( $\text{NO}_2\text{-N}$ )：加 Griess-Romijn Reagent 於試水中使形成微紅色之 azo 色素，然後以光電比色計測定。

溶磷 ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )：以 Denigé-Atkins 法測定。

總鹼度 (Total Alkalinity)：加 MR 混合液於試水中當指示劑，以 1/10N 之 HCl 滴定。

Kjeldahl-N：將 Conc  $\text{H}_2\text{SO}_4$  及分解促進劑加於試水中，以微火加熱至試水剩餘 2c.c 左右時，以強火加熱分解至液體呈透明為止，然後以微量 Kjeldahl 法蒸餾，再用  $\text{H}_2\text{SO}_4$  滴定。

有機碳 (Organic carbon)：將試水 100ml (浮游生物多則少取，少則多取) 置於椎型燒杯，在水浴 (Water bath) 加熱乾燥，加 0.05N  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  10ml 後再加入 Conc  $\text{H}_2\text{SO}_4$  11cc，然後蓋以 Watch glass，於水浴中加熱 3 小時 (每隔 30 分振盪一次)，取出加 150cc 之蒸餾水及 5cc 之磷酸 (Phosphoric acid) 3 滴之指示劑，最後用 0.03N 之硫酸亞鐵 ( $\text{FeSO}_4$ ) 溶液滴定。

總磷 (Total-P)：試水 25ml 加 0.25ml 之過氯酸 ( $\text{HClO}_4$ )，以微火加熱至發生白煙，蓋以錶玻璃 (Watch glass) 繼續加熱至無色為止，取出放冷，以蒸餾水洗滌數次後加一滴 Phenolphthaleine indicator 以及 0.5N 之 NaOH 溶液使呈微紅色，再以蒸餾水稀釋至 100ml，取其 25ml 依  $\text{PO}_4\text{-P}$  測定法測定。

#### (四) 浮游生物定量

浮游生物定量方法，分兩個步驟進行，茲分述於下：

(一) 野外工作：浮游生物水樣之採集，於每星期一上午十時，在各試驗池中央，使用直徑 20cm 高 100 cm 圓柱型採水桶。採水時先將底板放在水裡，然後對準底板中軸，將桶柱徐徐套入，旋緊螺絲，記錄水柱高度後，提出水面置於塑膠容器中，鬆開螺絲水即流入容器內，以容量 250cc 之塑膠瓶一個裝滿留作浮游性植物之樣品。其餘之水使用 Hensen 式浮游生物網 (2 號篩絹網布) 予以過濾，收集塑膠瓶中作為浮游性動物之樣品。

(二) 實驗室工作：樣品由野外收集後帶回實驗室，用 5% 福馬林防腐液予以固定，經過 24 小時靜置後，浮游動物定量用有刻度 (0.1~10cc) 大型 100cc 裝沉澱管使其沉澱，經過 24 小時後記錄沉澱量之體積。浮游植物定量，用 50cc 裝大型離心管，以 3,500 轉 (RPM) 離心 20 分鐘，直到 250cc 水樣離心完畢為止，然後將所有沉澱物取出，例入已校正之有刻度 (0.01~2 cc) 小型離心管，再作最後離心 20 分鐘，記錄其沉澱體積。由離心前水樣之量及沉澱體積，計算單位含有量。

### 三、試驗結果與討論

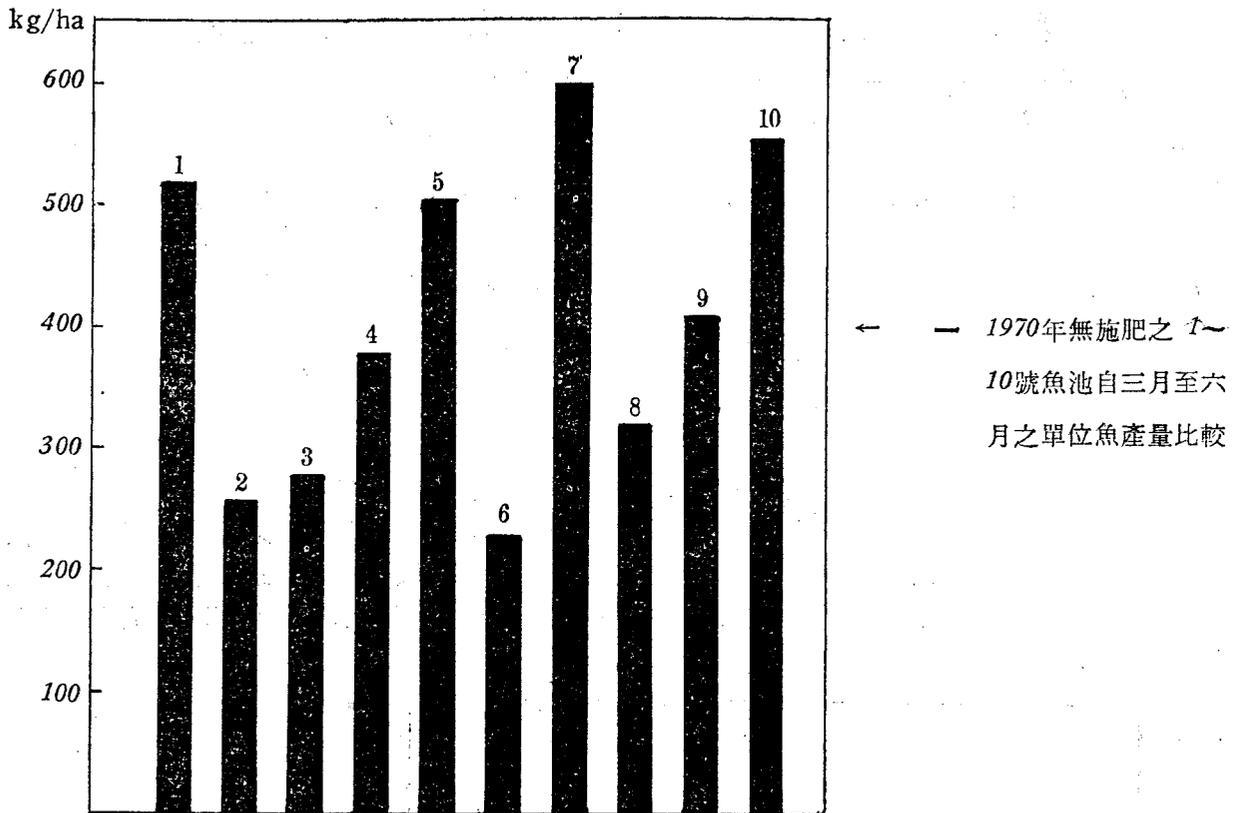
#### (一) 池魚收成

供試魚於六月廿九日開始清池，飼育期間歷 120 天，單位生產量以 7 號池 599.85kg/ha 為最高，依次是 10 號池 553.09kg/ha，1 號池 517.32kg/ha，5 號池 502.95kg/ha，9 號池 407.36kg/ha，4 號池 375.45kg/ha，8 號池 317.94kg/ha，3 號池 277.63kg/ha，256.32kg/ha，6 號池最低為 226.29kg/ha。各池收成情形如表三，圖一。

若依去(五十八)年處理區分為A、B兩區，以當年生產量為基數 100計算，則以兼施氮、磷肥之B區生產指數平均在40左右，較單用磷肥之A區為高如圖二，表四所示。

表三 試驗池供試魚收成情形

池別	項 目	供 試 魚 (1)							(2) 生 產 量			
		鱧	鱖	鯢	鯉	河內鯽	鱸	小計	雜魚	(1)+(2)kg	kg/ha	
1 485 M <sup>2</sup>	放 養	尾數	39	5	3	10	29	10	96			
	收 成	尾數	26	5	3	6	23	3	66	8.0	25.09	517.32
	養 成 率	%	66.67	100	100	60	79.31	30	68.75			
2 1115 M <sup>2</sup>	放 養	尾數	89	11	7	22	67	22	218			
	收 成	尾數	75	10	7	22	65	6	185	2.5	28.58	256.32
	養 成 率	%	84.27	90.91	100	100	97.01	27.27	84.86			
3 970 M <sup>2</sup>	放 養	尾數	78	10	6	19	58	19	190			
	收 成	尾數	75	7	4	19	52	7	164		26.93	277.63
	養 成 率	%	96.15	70	66.67	100	89.66	36.84	86.32			
4 1067 M <sup>2</sup>	放 養	尾數	85	11	6	21	64	21	208			
	收 成	尾數	82	11	4	21	62	9	189	2.0	40.06	375.45
	養 成 率	%	96.47	100	66.67	100	96.88	42.86	90.87			
5 611 M <sup>2</sup>	放 養	尾數	49	6	4	12	37	12	120			
	收 成	尾數	46	6	4	12	20	3	91		30.73	502.95
	養 成 率	%	93.88	100	100	100	54.05	25	79.83			
6 582 M <sup>2</sup>	放 養	尾數	47	6	3	12	35	12	115			
	收 成	尾數	46	6	3	11	26	3	95		13.17	226.29
	養 成 率	%	97.87	100	100	91.67	74.29	25.00	82.61			
7 679 M <sup>2</sup>	放 養	尾數	54	7	4	14	41	14	134			
	收 成	尾數	52	7	4	14	40	2	119	7.1	40.73	599.85
	養 成 率	%	96.30	100	100	100	97.56	14.29	88.81			
8 485 M <sup>2</sup>	放 養	尾數	39	5	3	10	29	10	96			
	收 成	尾數	39	5	3	9	29	2	87	1.0	15.42	317.94
	養 成 率	%	100	100	100	90	100	20.00	90.62			
9 485 M <sup>2</sup>	放 養	尾數	39	5	3	10	29	10	96			
	收 成	尾數	37	3	3	10	23	2	78	1.0	19.92	407.36
	養 成 率	%	94.87	60	100	100	79.31	20	81.25			
10 388 M <sup>2</sup>	放 養	尾數	31	4	2	8	23	8	76			
	收 成	尾數	31	4	2	8	22	1	68	2.0	21.46	553.09
	養 成 率	%	100	100	100	100	95.65	12.50	89.47			



表四 魚產量比較

池號	A 1 1	A 2 2	A 3 3	A 4 4	A 5 5	B 1 6	B 3 7	B 2 8	B 4 9	B 5 10
五十八年產量	kg/ha 1256.91	1149.60	1664.02	1568.23	1521.77	524.57	1421.65	785.57	1100.00	1231.19
五十九年3-6月產量	kg/ha 517.32	256.32	277.63	375.45	502.95	226.29	599.85	317.94	407.36	553.09
指數	41.16	22.30	16.68	23.94	33.05	43.14	42.19	40.47	37.03	44.92

(二) 水質分析

去(五十八)年施肥試驗,除1、6號池不施任何肥料外,其他各池全年施肥量如下表:

池號	A 1 1	A 2 2	A 3 3	A 4 4	A 5 5	B 1 6	B 2 8	B 3 7	B 4 9	B 5 10
肥料										
磷 g/m <sup>3</sup>	0	104	204	609	1023	0	104	204	609	1023
氮 g/m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	192.5	195	195	195

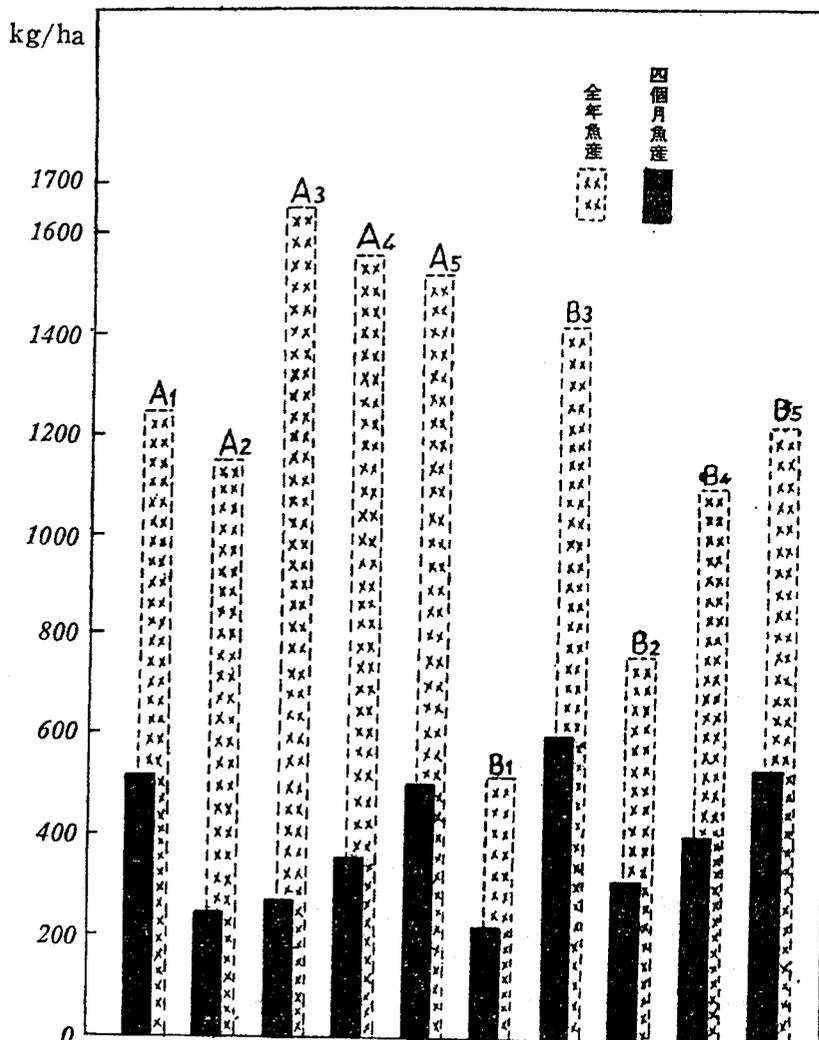
水質分析結果分述如下:

1. 磷 (PO<sub>4</sub>-P): 各試驗池中磷之月平均含量如表五

表五 各試驗池中磷(PO<sub>4</sub>-P)之月平均含量(ppm)

池號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
三 月	0.010	0.021	0.007	0.195	0.172	0.014	0.003	0.012	0.071	0.260
四 月	0.003	0	0.003	0.172	0.358	0	0.011	0.008	0.113	0.316
五 月	0.019	0.058	0.103	0.463	0.752	0.014	0.104	0.099	0.338	0.694
六 月	0.01	0.14	0.38	0.74	0.50	0.03	0.08	0.13	0.20	0.14

由上表可知魚池施放磷肥，有殘留效應存在。而且大體而言，過去施放磷肥多之魚池，其含磷量亦大，亦即其殘留量多。同時殘留在池底泥中的磷，其滲出水中的量與水溫和時間的長短成正比。但至一定程度以後則消滅。魚池中之浮游生物在生長繁殖時，需消耗部份的磷及其他營養元素。故研究殘餘效應之多少時，應與浮游生物發生之量與種類配合討論。



← 圖二 1969全年施肥之 A. B 區各魚池之單位魚產量與1970年無施肥之 1~10號池自三月至六月之單位魚產量比較

2. 硝酸態氮 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) : 各試驗池中硝酸態氮之月平均含量如表六。

表六 各試驗池中硝酸態氮( $\text{NO}_3\text{-N}$ )之月平均含量(ppm)

池號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
三 月	0.151	0.023	0	0	0	0.139	0.019	0.028	0.010	0.114
四 月	0.381	0	0	0	0.045	0.052	0	0	0.034	0.006
五 月	0.138	0	0	0	0	0	0	0	0	0
六 月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

由上表可知硝酸態氮之含量均極微，但去年所施之氮肥 ( $\text{NH}_4$ )<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 似乎也有極細微之殘留效應存在。因由所測之結果推測，在三月時月平均硝酸含量以施氮肥魚池較多，但這些殘留的量，可能不足以對浮游生物的增殖有所影響。五月以後除 1 號池尚有少量外，其餘各池都不含硝酸，六月時各池含量都為 0。

3. 亞硝酸態氮 ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) : 藻類在死亡分解時，最初主要變成  $\text{NH}_4\text{-N}$ ，在氧氣充足下經氧化變成  $\text{NO}_2\text{-N}$  再變成  $\text{NO}_3\text{-N}$  亞硝酸態氮一般都極微，如表七所示，通常在雷雨後大氣中分子狀態氮因雷電的作用，會合成氮的各種化合物。另外光化學 (Photo Chemical) 的作用亦能使大氣中，分子態氮變成各種氮的化合物。還有土壤中細菌的固氮作用 (Nitrogen fixation) 在量的方面，亦有大的重要性。

表七 各種試驗池中亞硝酸態氮( $\text{NO}_2\text{-N}$ )之月平均含量(ppm)

池號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
三 月	0.009	0.004	0.002	0.002	0.002	0.015	0.004	0.013	0.007	0.049
四 月	0.045	0	0	0	0.005	0.003	0	0.002	0.002	0.002
五 月	0.020	0	0	0	0	0	0	0	0	0
六 月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4. 有機質 (Organic matter) : 有機質包括所有動植物性浮游生物，懸浮水中之各種有機質及細菌等。在試驗初期之三月有機質的月平均含量都比較低，其中以 9 號、5 號、4 號池較高。四月份平均則比三月份為高，這因為在此期間水溫較三月份為高，浮游生物較多之故。六月份之有機質有的較四月份時為高，有的則較低。各試驗池中有機質之月平均含量如表八。

表八 各試驗池中有機質(Organic matter)之月平均含量(ppm)

池號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
三 月	9.17	8.72	9.91	10.33	11.59	7.49	8.23	9.0	13.09	9.76
四 月	11.06	12.95	23.17	14.63	11.62	15.96	18.34	9.94	13.09	11.27
五 月										
六 月	18.31	14.77	12.11	9.24	12.74	10.57	14.79	19.18	11.62	14.63

5. 總磷 ( $\Sigma P$ ) : 總磷包括水中溶磷及浮游生物及其他所有含於水中之物質之含磷量。各試驗池中總磷之月平均含量如表九。

表九 各試驗池中總磷( $\Sigma P$ )之月平均含量(ppm)

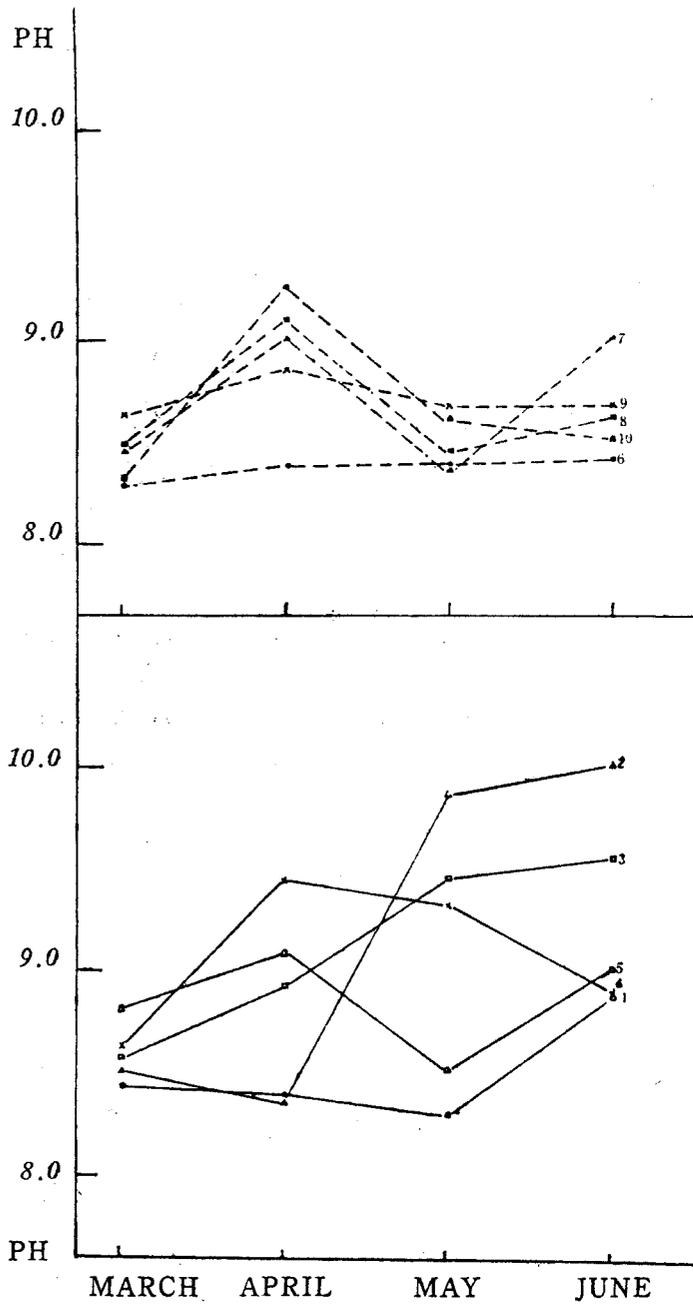
池號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
三 月	0.054	0.078	0.090	0.333	0.319	0.078	0.066	0.690	0.95	0.319
四 月	0.293	0.346	—	0.266	0.931	0.164	0.139	—	0.280	0.374
五 月										
六 月	0.401	0.320	0.374	0.966	1.394	0.252	0.415	0.931	0.682	0.745

由上表可看出在試驗初期，總磷的含量都比較少。隨著溫度的增高浮游生物也漸增多，因而總磷的含量也增多。除4、9號池稍有偏差外其他各池之總磷月平均含量均係逐漸增高。

6. pH值：所有各池pH值之月平均最低為8.31，最高為10.20 施肥魚地之pH值通常都在8.3以上，亦即都呈鹼性。鹼性池水適合魚類之生長，但鹼性亦不能過高，以免對魚類之生長有不良之影響。各試驗池中pH值月平均變化如表十，圖三。

表十 各試驗池中pH值之月平均讓化

池號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
三 月	8.44	8.51	8.58	8.64	8.80	8.28	8.44	8.48	8.63	8.31
四 月	8.41	8.37	8.94	9.85	9.11	8.38	8.90	9.10	8.85	9.25
五 月	8.31	9.88	9.47	9.34	8.53	8.39	8.37	8.45	8.67	8.60
六 月	8.91	10.20	9.57	8.91	9.03	8.41	9.02	8.62	8.68	8.51



圖三 各試驗魚池pH 值之月平均變化

7. 溶氧量 (Dissolved Oxygen)

：水中溶氧量的多寡，與藻類及風浪有密切的關係。大凡水中藻類（植物性浮游生物）多時，光合作用較旺盛，放出之氧氣多。風浪大時較易將大氣中的空氣溶於水中，所以水中之溶氧氣也隨着增加。由圖四觀之，三月到四月各試驗池中除 4、8 兩口池因為四月份發生大量水綿Spirogyra，使水中溶氧氣大大的增加外，其餘各池之溶氧氣都呈減少狀態，乃因為四月份植特性浮游生物普遍比三月份為低之緣故。五、六月份溶氧氣除 1、7 兩口池外，亦普遍較四月份為低，且呈下降之勢，此可能因為各池中浮游生物並未大量發生，同時又因水溫漸漸升高，池魚的活動較大，以及池中水綿之死亡、腐爛、分解等無形中消耗大量溶氧之故。1、7 兩口池六月份之溶氧比五月份增加，也可能是因為浮游生物顯著的增加（1號池由 6.95ml/m<sup>3</sup> 增至 108.58ml/m<sup>3</sup>）7號池由 103.9ml/m<sup>3</sup> 增至 164.73ml/m<sup>3</sup>）之故。各試驗池之月平均溶氧氣最高為 10.09mg/l，最低為 5.86mg/l，除少數外，大部份均在 7.5mg/l 以上，可說不至於影

響池魚之生長。

各池溶氧氣之月平均含量如表十一。

表十一 1970年3~6月各池溶氧氣D.O.之月平均含量 (mg/l)

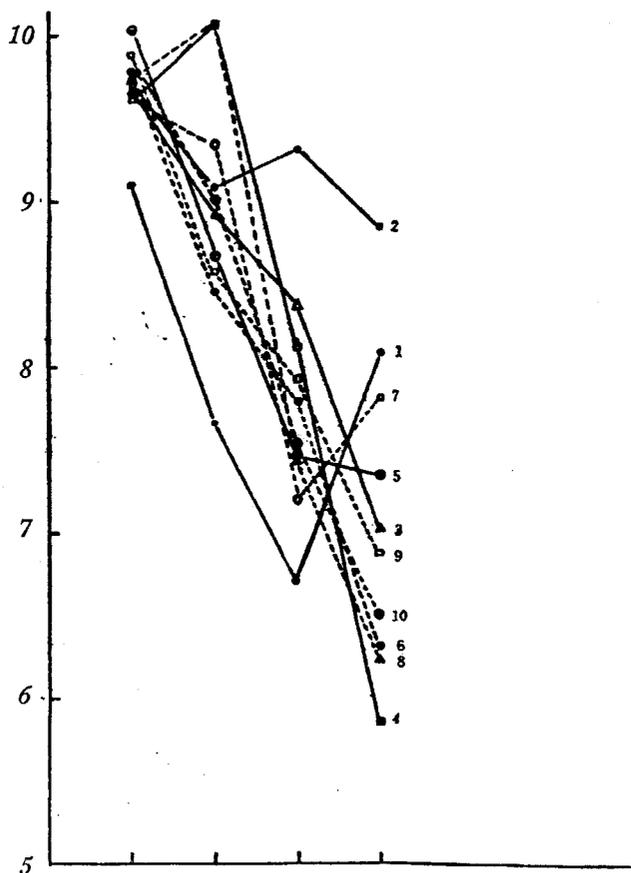
池號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
三 月	9.10	9.71	9.68	9.63	10.03	9.79	9.62	9.74	9.87	8.88

四 月	7.67	9.09	8.93	10.09	8.69	8.47	9.35	10.09	8.58	9.01
五 月	6.72	9.31	8.38	8.12	7.47	7.80	7.20	7.44	7.92	7.54
六 月	8.10	8.85	7.03	5.86	7.36	6.32	7.82	6.24	6.86	6.51

表十二 1970年3~6月各池有機態氮之月平均含量(mg/l)

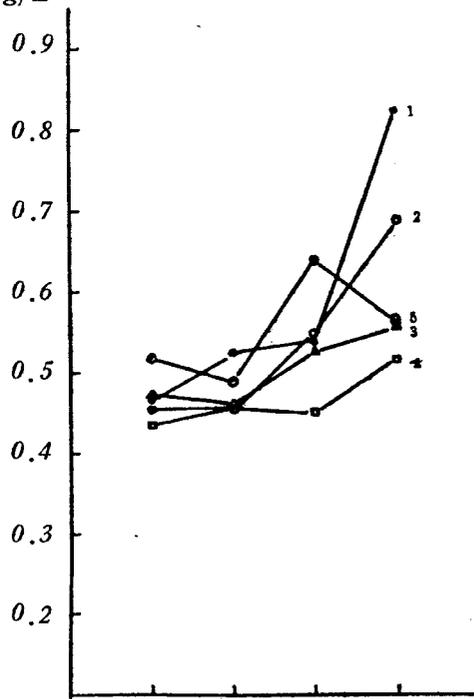
池號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
三 月	0.466	0.452	0.470	0.435	0.517	0.429	0.434	0.476	0.605	0.523
四 月	0.523	0.452	0.458	0.454	0.488	0.414	0.405	0.177	0.464	0.347
五 月	0.535	0.547	0.524	0.448	0.635	0.498	0.540	0.526	0.743	0.696
六 月	0.820	0.686	0.554	0.515	0.561	0.517	0.620	0.723	0.590	0.628

Mg/L

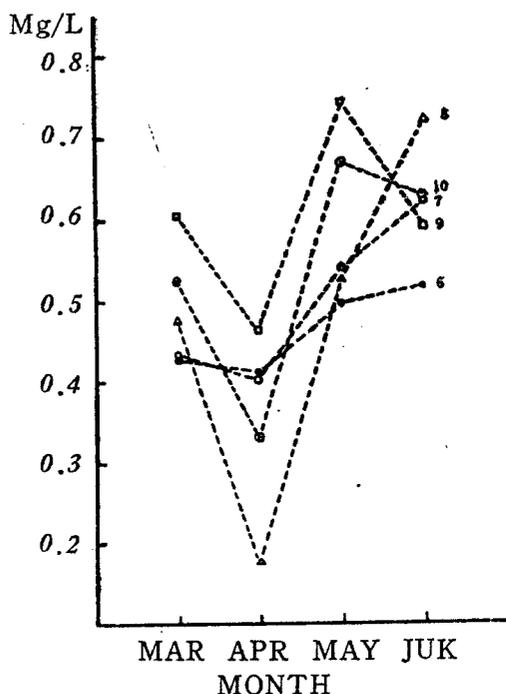


圖四 一~十號魚池溶氧量之月變化

Mg/L



圖五 一~五號魚池有機氮之月變化



圖六 六~十號魚池有機氮之月變化

(Satomi 1962b)。本試驗之單位魚產量順序及其鹼度為7號池 (1.86meq/l)、10號池 (2.26meq/l)、1號池 (1.72meq/l)、5號池 (2.26meq/l)、9號池 (2.36meq/l)、4號池 (2.19meq/l)、8號池 (1.85meq/l)、3號池 (1.46meq/l)、2號池 (1.26meq/l)、6號池 (2.10meq/l) 由括弧之數字大略可看出，鹼度大其生產量也高，但也有例外如7號池，1號池之鹼度雖不是最高，但其魚產量較其他各池為好，此或是另有其他因素所致。

表十三 1970年3~6月各池總鹼度之月平均含量(meq/l)

池號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
三 月	1.72	1.69	1.68	2.10	2.06	2.04	1.89	1.86	2.21	2.25
四 月	1.74	1.25	1.29	1.97	2.12	1.87	1.52	1.29	2.20	2.12
五 月	2.05	1.04	1.21	2.23	2.46	2.30	2.25	1.97	2.56	2.45
六 月	1.38	1.06	1.66	2.44	2.38	2.17	1.76	2.28	2.45	2.20

各池總鹼度之月平均含量如表十三。月變化如圖七。

10. 氨態氮 (NH<sub>3</sub>-N)：由表十四可知氨態氮除10號池外，三、六月份的含量少，而四、五月之含量多。這可能是因為三月份清池後剛注入新水，泥中之氨態氮尚未大量溶於水中，而六月份則可能是池水溫度升高，浮游生物逐漸繁殖，泥中之氨態氮溶於水之後立即被吸收利用之故。四、五月含量多，可能是介於上述兩種原因之間使然。總體言之氨態氮含量並不高，各池平均大部份在0.02~0.1mg/l之間。

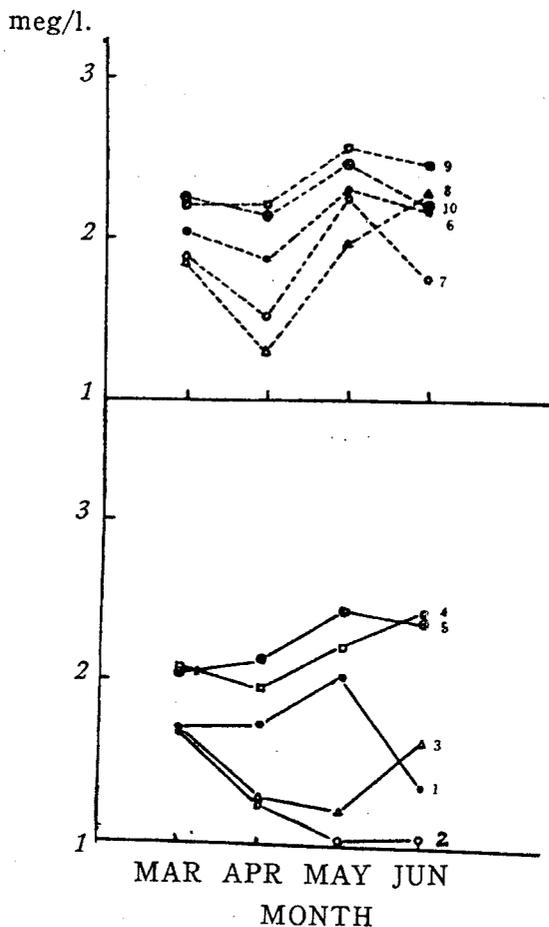
各池氨態氮之月平均含量如表十四。

8. 有機態氮 (Organic nitrogen)：有機氮主要是浮游生物中，所含有之氮，及溶於水中之有機氮。本試驗是以 Kjeldahl-N減去 NH<sub>4</sub>-N而得。試驗初期因為各池均未施放肥料，浮游生物的發生緩慢，池水幾乎清澈見底。至五、六月時池水溫度漸高部份透明度逐漸減小，但水色較之上年施肥時相差甚多。因此各池有機氮含量很少，月平均最高僅 0.820mg/l，最低為 0.177mg/l，而大部份均在 0.4~0.6 mg/l 之間，各池相差無幾。由圖五、六，可知有機氮含量到五、六月漸漸增多，這因水溫上升，浮游生物逐漸繁殖之緣故。除 9、10兩口池浮游生物含量六月較五月減少，有機氮含量隨之減少外，其他各池浮游生物含量五月比四月多，六月比五月多，有機氮同樣有此趨勢。各池之月平均含量如表十二。

9. 總鹼度 (Total Alkalinity)：總鹼度為表示以標準酸 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 液滴定至指示藥 Methyl orange 變色時，所得之水中鹽基總含量的一種方法，包括氫氧鹼度，酸鹼度及重碳酸鹼度三種。通常來說，鹼度大時魚產量也大

表十四 1970年3~6月各池氨態氮之月平均含量(mg/l)

池號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
三 月	0.027	0.007	0	0	0.024	0.010	0	0	0.024	0.194
四 月	0.127	0.046	0.041	0.044	0.057	0.048	0.048	0.059	0.071	0.062
五 月	0.105	0.075	0.060	0.069	0.078	0.087	0.073	0.087	0.076	0.098
六 月	0.024	0	0	0.020	0.028	0	0.027	0.021	0	0



圖七 一~十號魚池總鹼度之月變化

，次為1號池、4號池、9號池、10號池為最低、4號池為中間值。分級施用磷肥加施氮肥之B區(6~10號池)浮游性植物總含量以7號為最高，依次為9號池、8號池、10號池、6號池最低。浮游性動物則以8號池為最高，依次為10號池、7號池、9號池、6號池為最低。

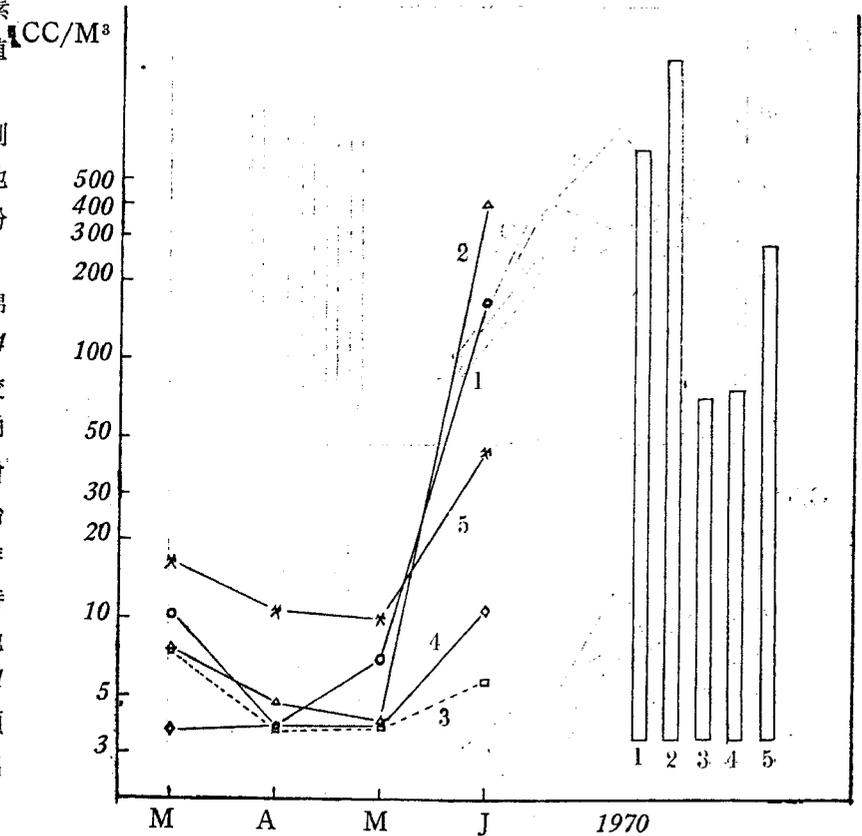
各池浮游生物量之月變化如圖八、九、十、十一所示，1至5號池之浮游性植物，在三月至五月無多大變化，甚至有下降之勢，此乃因初期水溫較低(約20°C左右)，抑制浮游性植物之生長。而且水溫不

### (三) 浮游生物定量

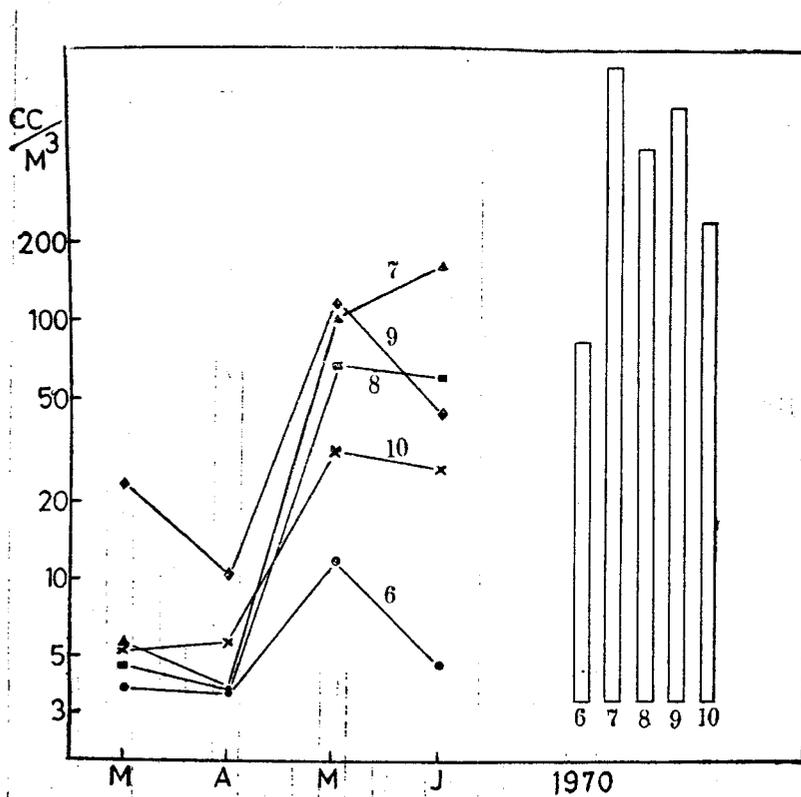
根據浮游生物定量研究結果如圖八、九所示，浮游性植物總含量以2號池419.13cc/m<sup>3</sup>為各池之冠，依次為7號池278.07cc/m<sup>3</sup>，9號池194.68cc/m<sup>3</sup>，1號池189.78cc/m<sup>3</sup>，8號池135.06cc/m<sup>3</sup>，5號池81.24cc/m<sup>3</sup>，10號池69.65cc/m<sup>3</sup>，6號池24.21cc/m<sup>3</sup>，4號池22.29cc/m<sup>3</sup>，2號池最低僅20.78cc/m<sup>3</sup>，8號與5號池為各池之中間值。浮游性動物總含量次8號池30.41cc/m<sup>3</sup>為最高，依次為10號池24.81cc/m<sup>3</sup>，5號池20.63cc/m<sup>3</sup>，1號池19.79cc/m<sup>3</sup>，7號池19.10cc/m<sup>3</sup>，4號池18.78cc/m<sup>3</sup>，9號池18.31cc/m<sup>3</sup>，6號池17.77cc/m<sup>3</sup>，2號池16.02cb/m<sup>3</sup>，3號池12.73cc/m<sup>3</sup>為最低。

若依五十八年處理分為A、B兩區，則分級施用磷肥之A區(1~5號池)浮游性植物總含量以2號為最高，依次為1號池，5號池，4號池，3號池為最低，5號池為中間值。浮游性動物則以5號池最高

高，不能使池底無機質（如磷素等）完全溶解於水中，浮游性植物不能獲得水中之各種營養素，其繁殖亦受影響；另一最大抑制浮游性植物生長之原因，是各池大量發生水綿，水中營養大部份為水綿所吸收。在三月底 2、3、4、5 各池就開始發生水綿以後遂大量繁殖，其中以 3、4 號池最多，5 號池次之 2 號池較少，雖經人工撈取，但亦未能抑制其生長。在六月初夏，水溫增高（約 30°C 左右），藻類開始大量繁殖，水色即已變綠，浮游性植物之生長呈直線上升，此時水綿逐漸萎縮而消失。雖然各池之殘餘效應程度各有高低，但 1 至 5 號池浮游性植物各月變化頗為一致。6 至 10 號池在四月間出現水綿，所以藻類之生長在四月份時不高，五月間藻類量增高，



圖八 無施肥之 1~5 號魚池植物性浮游生物含量之月變化



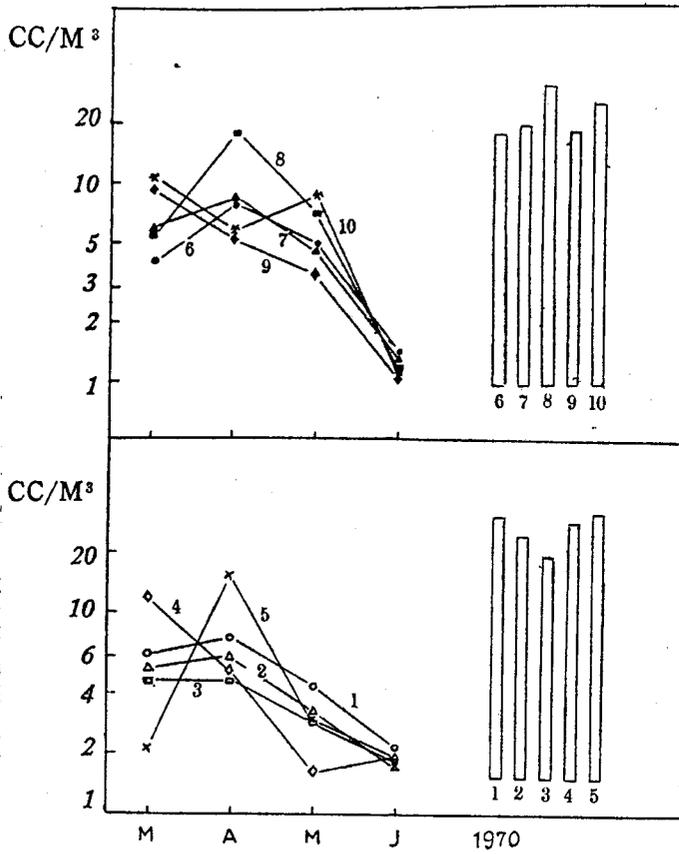
圖九 無施肥之 6~10 號魚池植物性浮游生物含量之月變化

水色變綠，此時水綿亦漸消失。但至六月份時藻類量則有消滅之勢，可能是因殘餘效果降低之故。惟有 7 號池仍繼續升高，但植物性浮游生物之消長亦頗為一致。

若依五十八年施肥處理分區比較，則 1 至 5 號池之浮游生物對於殘餘效果的變動在六月份較大，6 至 10 號池則在五月份變動較大。

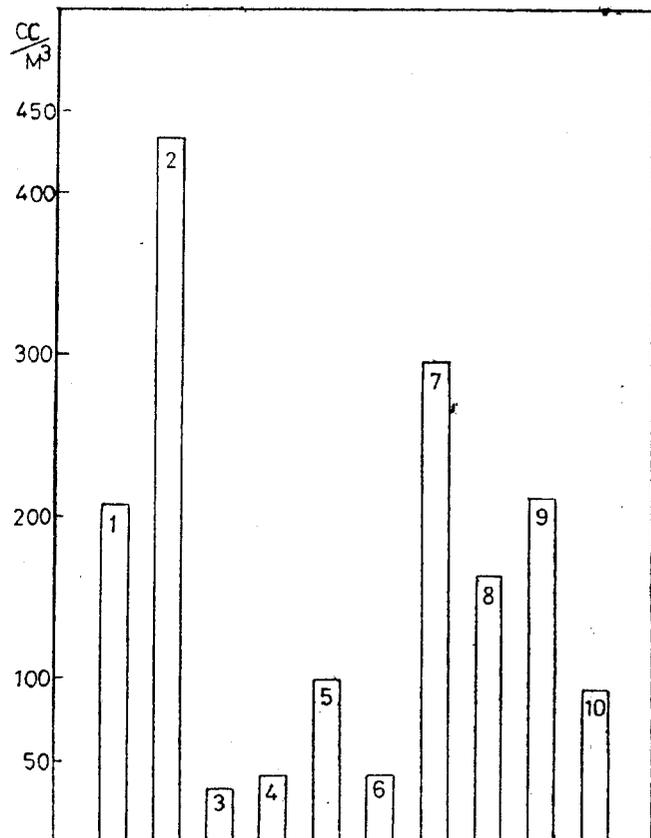
動物性浮游生物量的月變化，大都以三、四月份最多，五月份迅速銳減，至六月份最少。只有 5 號及 8 號池在四月份有較高之含量，而 4、10、9 號池在三月份時有稍高之含量外，其餘各池變化幅度並不大。

按浮游生物之變化，動物性多發生在春季，至夏季時即降至



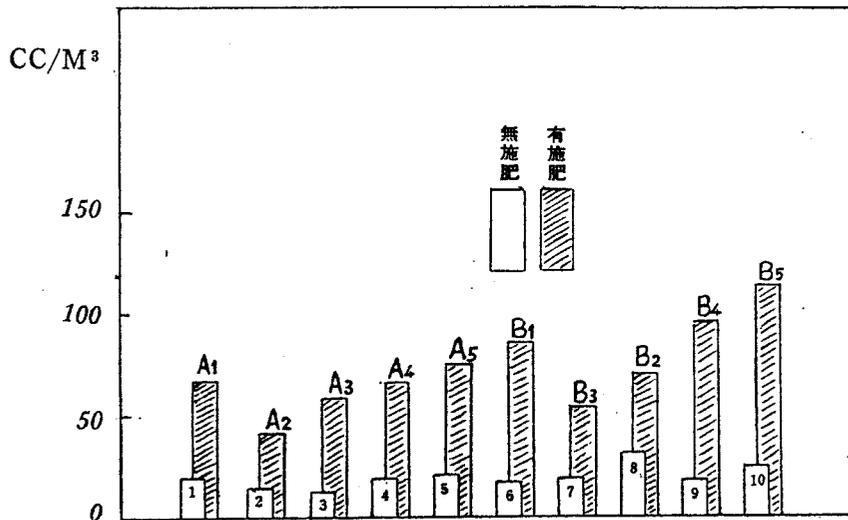
← 圖十 無施肥之 1~5 及 6~10 號魚池  
動物性浮游生物含量之月變化

圖十一 無施肥之 1~10 號魚池自三月至 →  
六月浮游生物總含量之比較



最低限度，而植物性則在夏季最多，兩者成一強烈之對比。

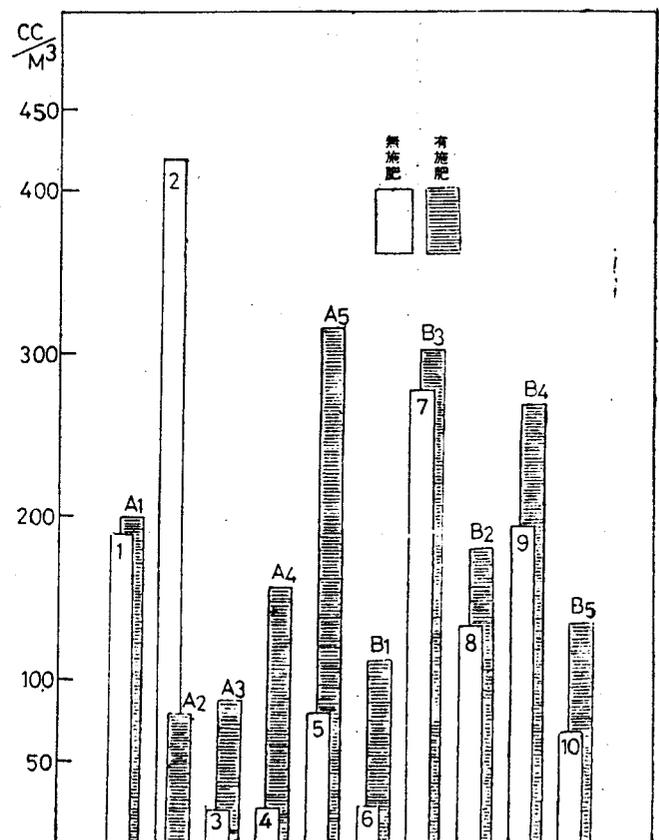
總之本試驗與去（五十八）年同時期（3~6月）浮游生物含量比較如圖十二、十三所示可見施肥於魚池，對於浮游性植物之繁生有大大效果，對於浮游性動物之繁生亦有間接之效果。



← 圖十二

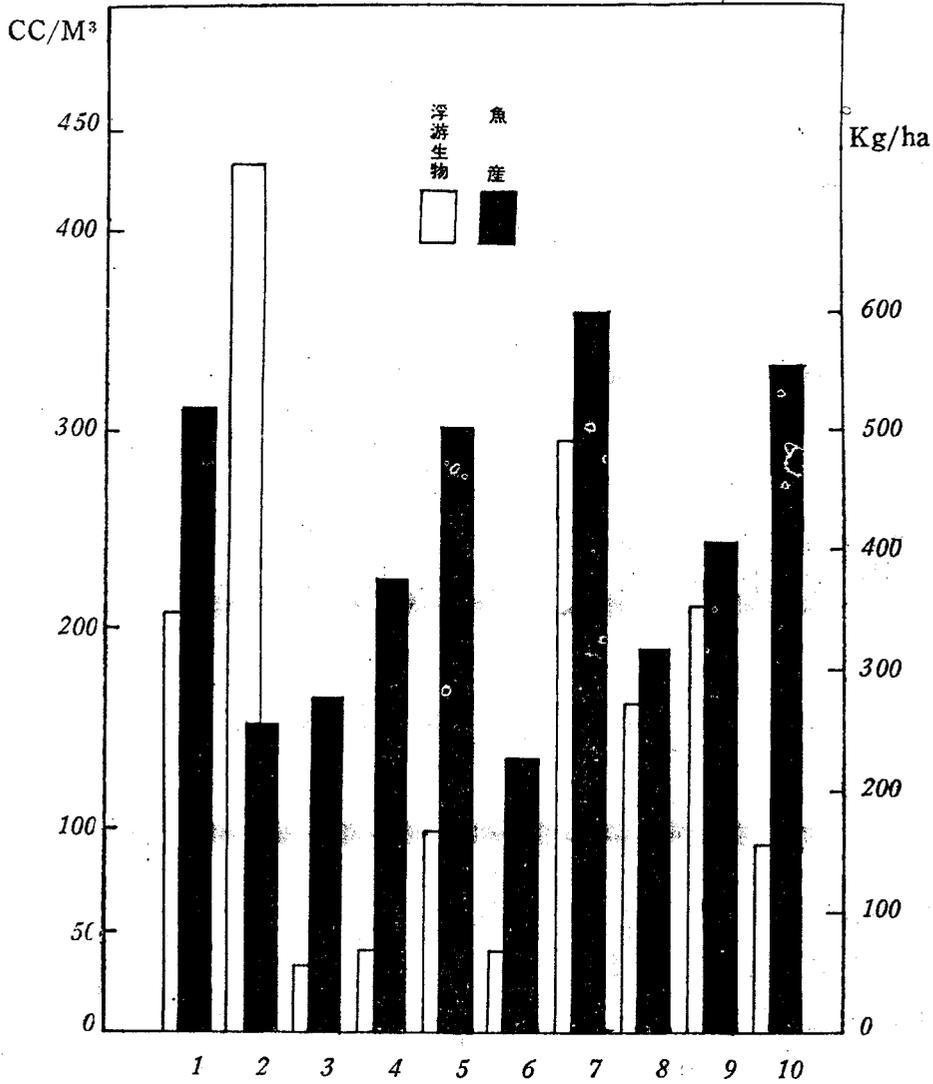
1970年無施肥之1~10號魚池與1969年有施肥之A<sub>2</sub>~A<sub>5</sub> (A<sub>1</sub>為對照地)及B<sub>2</sub>~B<sub>5</sub> (B<sub>1</sub>為對照地)號魚池自三月至六月動物性浮游生物總含量之比較 (以前之B<sub>2</sub> B<sub>3</sub>池即今之8.7號池)

圖十三 1970年無施肥之1~10號魚池與1969年有施肥之A<sub>2</sub>~A<sub>5</sub> (A<sub>1</sub>為對照池)及B<sub>2</sub>~B<sub>5</sub> (B<sub>1</sub>為對照池)號魚池自三月至六月植物性浮游生物總含量之比較 (以前B<sub>2</sub> B<sub>3</sub>即今之8.7號池)



魚產量與浮游生物量之關係如圖十四所示。除2號、10號池外其他各池魚產與浮游生物總含量成一正比。2號池浮游生物含量最高，而魚產很低，10號池浮游生物含量雖不多，而魚產很高，經將浮游性植物作定性分析。2號池綠藻類之 *Chlorella* sp. 佔 72.73%，藍藻類之 *Anabaena* sp. 佔 15.03%。由此觀之 *Chlorella* sp. 及 *Anabaena* sp. 不易被魚類所消化 (Lin, 1966和1969)，且在表層大量繁殖，吸收營養鹽素，遮住光線，影響富有營養之底藻如矽藻等繁生受到抑制，而影響到池魚的成長。10號池矽藻類之

*Cyclolla* sp. 佔 78.39%，因此池魚成長良好。



圖十四 魚產量與浮游生物量之關係

#### 四、摘要

1. 魚池施放磷肥有殘留效應存在，其殘留量多寡影響浮游生物發生。
2. 植物性浮游生物與魚產有明顯之關係，動物性浮游生物則不明顯。
3. 浮游生物含量增加總磷量隨着增多。
4. 綠藻類之 *Chlorella* sp. 及 *Anabaena* sp. 含量雖多但對魚類成長未必有助。
5. 總碱度與魚產有關，碱度大時魚產量多。

## 五、參考文獻

- Hchinson G, E., 1957. A Treatise on Limnology. Vol 1. Geography, physics, and Chemistry. John Willy, N. Y.
- Hepher, B., 1958. on the dynamics of phosphorus added to fish pond in Israel. Limnol. Oceanogr. 3(1) : 84-100
- American Public Health Association, 1961. Standard methods for examination of water and wastewater.
- Hickling, C. F., 1962. Fish culture, 295 pages. Faber and Faber, London.
- Lin, S. Y. and Chen, T. P., 1966. Increase of production in freshwater fish ponds by use of inorganic fertilizers. Proceedings of the World Symposium on Warm-water Pond Fish Culture, FAO Fisheries Report No.44, 3: 210-225 p. Rome.
- Heper, B., 1966. Some limiting factors affecting the dose of fertilizers added. Proceedings of the World Symposium on Warm-water Pond Fish Culture, FAO fisheries Report No.44 3:1-6p
- Frey, Favid G., 1966. Limnology in North America. The University of Wisconsin Press
- Liaw, W. K., and Lin, C. N., 1967. Chemical and biological studies of fertilizer ponds and lakes. China Fisheries No.174, 3-9p.
- Lin, S. Y., 1968. Pond fish culture and the economy of inorganic fertilizer application. Jcrr Fisheries No.6 37p.
- Lin, C. N., 1968. Phosphorus dynamics in fertilized ponds. China Fisheries No.181, 5-9p.
- Liaw, W. K., 1969. General features of water quality and biological aspect of some freshwater fish ponds in North Taiwan. Jcrr Fisheries Series: No.8 21-29p.
- Chiou, C. J. etc., 1970. The Effect of Phosphorus and Nitrogen Fertilizers on Fish Production in Freshwater Ponds (1). China Fisheries No.212 p. 2-12
- 西條八東 1962. 湖沼調査法
- 日本分析化學會北海道支部 1966. 解説水の分析
- 半谷高久 水質調査法
- 丸茂隆三、元田茂 1965. 動物プランクトンの採集及び處理

