

泛池之研究 (第七報)

羅憲加 繆端生

一、緒言

關於泛池之現象、原理及防治，自民國三十四年以來，作者(繆)已先後發表論文六篇⁽¹⁻⁶⁾，分別刊載於上海水產月報、臺灣博物學會會刊及中國水產。本文係用人工引起泛池現象，然後設計兩種防治方法，比較兩者之效果。本試驗所設計之方法，一為用活性炭吸附水中之 CO_2 而解除泛池，一為用石灰水中和水中之酸性而消除泛池。試驗中承水產試驗所供給材料，特此誌謝。

二、泛池之原因

泛池之原因非傳染性疾病，其主要原因為水中氧氣不足而二氧化碳太多，引起此現象之因素，有下列數端：

1. 由於水溫上升，池底之腐植質分解，使水中之二氧化碳增加而氧氣減少⁽¹⁾。
2. 池底之動物屍體及排泄物分解，產生 H_2S ，使池水減少氧氣^(7,9,10)。
3. 由於水溫升高，魚之代謝旺盛，消耗大量氧氣而排出二氧化碳，使魚呼吸困難⁽¹²⁾。
4. 如飼料過多，則 *Gymnodinium* (一種鞭毛蟲) 大量繁殖，使池水減少氧氣，增多二氧化碳。
5. 魚池水面為兩種藻類 *Wolffia columbiana* 及 *Lemna minor* 所遮蔽，水中氧氣幾乎缺如，而二氧化碳則大量增加，使魚無法呼吸⁽¹³⁾。

上列五種因素，1, 2 兩種，最普遍且同時存在，為引起泛池之主要因素。

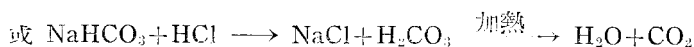
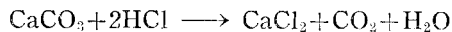
三、材料及方法

本試驗所用之材料，為吳郭魚 *Tilapia mossambica* Peters，體長自 6.0~15.0cm，由水產試驗所竹北工作站供給。

1. 呼吸曲線 用記紋鼓記錄，每五分鐘轉一次，魚固定後十分鐘記錄其正常呼吸曲線，然後記錄泛池後之呼吸曲線，最後記錄恢復後之呼吸曲線。

2. 二氧化碳定量 以 1/44N NaOH 為標準液，Phenolphthalin 為指示劑，正常時，泛池時，泛池後，加石灰水後分別滴定。

3. 人工泛池 用 CaCO_3 或 NaHCO_3 ，加 HCl 製備 CO_2 ，通入水中，即引起泛池。



CO_2 通入水中約十五分鐘魚即呈不安狀態，在水中急游，且頭口浮出水面吸取空氣，不久即倒臥於水底，體色失去原有光澤，體色變淡，胸鰭、尾鰭基部變紅，呼吸由正常轉快，倒臥後即轉衰弱，最後窒息而死。死時鰓蓋張開，口亦張開，背鰭豎立。

四、活性炭之試驗

活性炭有相當之吸附 (Adsorption) 能力，作者認為投入泛池之水中，可吸附其二氧化碳而減少其含量，但試驗結果並不理想，結果如表一所示，泛池之前水中 CO_2 為 0.000698g/L，呼吸次數 86/m，泛池之時 CO_2 升為 0.006958g/L，魚焦急不安，呼吸次數升為 90~95/min，此時加入

活性炭一克後 CO₂ 減為 0.006902~0.004144g/L，但魚始終側臥，呼吸次數逐漸減衰，最後停止呼吸而死。

表一 活性炭對於泛池的影響

時 間	呼 吸 次 數/m	水 中 CO ₂ g/L	生 活 狀 態	備 註
10.30	86	0.000098	正 常	
10.40	90	0.006958	焦 急 不 安	開始泛池
10.45	95	0.007476	側 臥	
11.30	56	0.006902	〃	投活性炭1克
12.00	50	0.006090	〃	
14.00	30	0.004354	〃	
14.30	48	0.004340	〃	
15.30	50	0.004340	〃	
16.30	60	0.004200	〃	
17.30	62	0.004200	〃	
18.30	30	0.004200	〃	
19.00	16	0.004200	〃	
20.00	10	0.004144	〃	
21.00	0	0.004144	死 亡	

作者繼用不同分量之活性炭加入泛池之中，觀察活性炭之濃度和水中 CO₂ 含量及魚類，有何關係。發現活性炭對於 CO₂ 之吸附力有限，並不能吸收多量之 CO₂，使魚類可以正常呼吸。

表二 活性炭濃度和泛池的關係

魚 體 長 cm	池 水 量 cc	泛池水 CO ₂ g/L	投 入 活 性 炭 g	CO ₂ g/L 變 化	結 果
10.8	5,000	0.0085	1	0.0082	死
12.5	5,000	0.0096	2	0.0090	死
14.6	5,000	0.0071	5	0.0063	死
10.2	5,000	0.0075	8	0.0074	死
11.7	5,000	0.0080	10	0.0078	死

依據表二，可知活性炭減少 CO₂ 之能力，極微，並不能解除泛池。活性炭投入水中後，引起水之混濁，且吸附於鰓之表面，使鰓呈黑色，有妨礙之氣體交換。

五、石灰水 Ca(OH)₂ 之試驗

泛池水中因含有大量之二氧化碳，溶於水中增加水之酸度，一方妨礙魚血中 CO₂ 之排出，一方引起魚之酸中毒，石灰水可以中和泛池水之酸度而獲防治之效果。本試驗先測試石灰水之復活濃度，表三示泛池水中含 CO₂ 0.00500g/L 時，0.5%，0.6%，0.7%石灰水，皆可使魚恢復正常。表四示泛池水中含 CO₂ 0.00700g/L 時0.7%、0.8%、0.9%石灰水，可使魚恢復正常。

表三 石灰水之恢復濃度測試

魚 體 長 cm	石 灰 水 之 濃 度	加 入 之 石 灰 水 量 cc	原 養 魚 池 水 量 cc	加 入 石 灰 水 後 之 水 量 cc	反 應	結 果
6.6	5%	500	5,000	5,000	略與鱗片刻後復側臥地底各鱗發紅	死 亡

6.4	4%	500	5,000	5,500	稍興奮片刻後復側臥池底 各鰭發紅	死 亡
6.8	3%	500	5,000	5,500	〃	〃
7.2	2%	500	5,000	5,500	〃	〃
7.4	1%	500	5,000	5,500	〃	〃
6.2	0.9%	500	5,000	5,500	〃	〃
7.3	0.8%	500	5,000	5,500	〃	〃
8.1	0.7%	500	5,000	5,500	體色變色二十分鐘後恢復 平衡與正常游泳	恢復正常
7.6	0.6%	500	5,000	5,500	〃	〃
7.5	0.5%	500	5,000	5,500	〃	〃
8.0	0.4%	500	5,000	5,500	無反應仍側臥	死 亡
8.3	0.3%	500	5,500	5,500	〃	〃

表四 石灰水之恢復濃度測試

魚體長cm	石灰水之濃度	加入之石 灰水量cc	原 養 魚 池 水 量 cc	加入石灰水後 之總水量cc	反 應	結 果
7.9	5%	500	5,000	5,500	略興奮片刻後復側臥於池 底鰭基部發紅	死 亡
8.0	4%	500	5,000	5,500	〃	〃
9.5	3%	500	5,000	5,500	〃	〃
10.2	2%	500	5,000	5,500	〃	〃
10.5	1%	500	5,000	5,500	〃	〃
11.5	0.9%	500	5,000	5,500	加入後二十分鐘恢復平衡 正常游泳	恢復正常
10.4	0.8%	500	5,000	5,500	〃	〃
10.7	0.7%	500	5,000	5,500	〃	〃
10.3	0.6%	500	5,000	5,500	無反應仍側臥池底	死 亡
8.6	0.5%	500	5,000	5,500	〃	〃
9.0	0.4%	500	5,000	5,500	〃	〃

表三、表四之測試，所用石灰水之濃度可變，而投入泛池水中之石灰水量則不變，皆為500 cc。換言之如投入泛池水中之石灰水量可變，則任何濃度之石灰水皆可用本法防治泛池(表五)。

表五 石灰濃度及投入石灰水量之關係

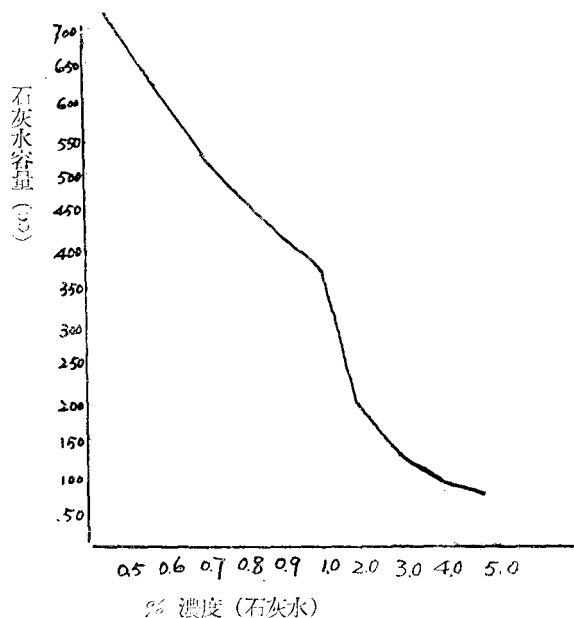
魚體長cm	石灰水濃度	泛池水量cc	應 加 之 石 灰 水 量 cc	加入石灰水後 之總水量cc	反 應	結 果
10.5	5%	5,000	74.0	5,074.0	體色轉變興奮狂游於水 中二十分鐘後恢復正常	復 活
11.2	4%	5,000	92.5	5,092.5	〃	〃
13.6	3%	5,000	123.3	5,123.3	〃	〃
14.2	2%	5,000	185.0	5,185.0	〃	〃
15.0	1%	5,000	370.0	5,370.0	〃	〃
12.8	0.9%	5,000	411.0	5,411.0	〃	〃
13.7	0.8%	5,000	462.5	5,462.5	〃	〃
10.9	0.7%	5,000	528.5	5,528.5	〃	〃
11.6	0.6%	5,000	616.5	5,616.5	〃	〃
14.8	0.5%	5,000	740.7	5,740.7	〃	〃

備註：表五泛池水中 CO_2 為 0.60700g/L

已知泛池水中 CO_2 量與養魚池之總水量，由 $nv = n'v'$ 公式，可算出各濃度石灰水，應投入

若干始能解除泛池。(n=水中 CO₂ 量, v=池水總量, n'=石灰水濃度, v'=應投入之石灰水量) 希閱表六。

表六 石灰水濃度與其容量的關係






六、石灰水投入時間之試驗





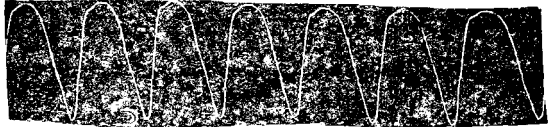


泛池之時，如投入適量之石灰水，雖可解除泛池，但投入之時間愈早愈好，若超過時間則仍不能恢復正常，終至窒息而死。表七示16時30分開始泛池，魚之呼吸頻率減少，振幅減小，於19時05分始投入適量之石灰水，泛池水中之 CO₂ 量雖由 0.007098g/L 減為 0.00056g/L，但因為時過晚，魚體中毒已深，無法恢復正常而死。表八則表示泛池後及時投入適量之石灰水，魚之生活情形，呼吸曲線均能維持正常，顯能防治泛池。

表七 泛池後二小時三十分投入石灰水(防治無效)

時間	呼吸次數	CO ₂ 在水中含量 g/L	生活情形	呼 吸 曲 線
15:55	105	0.000081	正 常	
16:16	120	0.007602	焦急不安	
16:30	125	0.008512	側 臥	
17:00	68	0.0084	〃	

18:00	48	0.008314	側臥	
19:00	41	0.007098	〃	
19:05	45	0.00056	加0.5% Ca(OH) ₂ 750cc	
21:00	10	0.00056	側臥	
22:30	0	0.00056	死亡	

表八 泛池後二小時十分投入石灰水(防治有效)

時間	呼吸 次數	CO ₂ 在水中 之含量g/L	生活情形	呼吸曲 線振幅 mm	呼 吸 曲 線
9:30	104	0.000081	正 常	4.5	
9:53	116	0.0009702	焦急不安	4.0	
10:00	126	0.01022	側 臥	3.0	
12:00	76	0.009660	〃	5.5	
12:10	82	0.00028	加0.5%石灰 水1.200cc後 恢復初期情 況	7.5	
12:30	85	0.00028	恢復游泳	2.0	
13:00	94	0.00028	〃	4.0	

七、討 論

泛池之時，水中之 CO₂ 量增加頗多，活性炭之吸附能力有限，並不能吸收足夠之 CO₂ 而解除泛池。且活性炭彌散於水中，使水質混濁，對於魚之生活相當不利。更值得注意之事，活性炭會吸

附於鰓之表面，阻礙鰓血之氣體交換。

熟石灰 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 在水中呈鹼性反應， $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{++} + 2\text{OH}^-$ 而 CO_2 溶解於水中呈酸性反應， $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \longrightarrow \text{H}^+ + \text{CO}_3^{--}$ ，故石灰水之 Ca^{++} 與二氧化碳產生之 CO_3^{--} 化合而成 CaCO_3 。 CaCO_3 為不溶性沈澱，其解離度很小，返離子狀態 CO_3^{--} 的可能性很小，為一種良好的中和劑，能使反應趨於完全。作者(繆)曾用氨水防治泛池，但石灰水顯較氨水為佳，因氨水與水中 CO_2 合成 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ，而 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2\text{NH}_4^+ + \text{CO}_3^{--}$ 解離為離子之可能性極大，因此對 CO_2 之消除不能完全⁽⁸⁾。且 NH_4^+ 很易合成 NH_4OH 而呈鹼性反應，極易傷害魚的皮膜組織⁽¹⁵⁾。

石灰水在水中，除中和 CO_2 外，尚能中和水中其他有機物質所發生的酸性離子，中和後成為各種含鈣物質或解離係數甚小之鹽類，如此也可減低水之酸度。

石灰水之濃度及使用量，隨水中 CO_2 量之多少及酸度之強弱而定。濃度一定則使用量可變，使用量一定則濃度可變，故任何濃度之石灰水皆能解除泛池之現象，無須考慮某種濃度之石灰水適宜，某種濃度之石灰水不適宜了。惟投入過量之石灰水，則池水變為鹼性，會傷害魚體。

泛池如得急症，一旦發現就應立刻防治，如拖延過久，則雖有良方，亦無法救治。 CO_2 中毒之魚，如於泛池二小時內，投以適量之石灰水，則可以恢復正常，若超過二小時十分以上，則因中毒已深，將難以防治。

八、摘 要

1. 泛池之原因，為過多之 CO_2 溶於水中。
2. 活性炭吸附能力有限，不能解除泛池。
3. 石灰水可以解除泛池。
4. 由 $NV = N'V'$ 公式，可以求得石灰水使用量。
5. 泛池開始二小時內，投以石灰水始能見效。

九、英文摘要

STUDIES ON THE SUDDEN MORTALITY OF FISHES

SHEN-JIA LO and TUAN-SHENG MIU

SUMMARY

1. Large amounts of carbon dioxide dissolved in water cause the sudden mortality of fishes.
2. Active carbon can not absorb completely the free carbon dioxide dissolved in water, so as to get rid of the sudden mortality of fishes.
3. Lime water can neutralize the dissolved carbon dioxide to prevent the sudden mortality of fishes.
4. If the amount of dissolving carbon dioxide in the water can be measured out, then, from the equation $NV = N'V'$ the quantity of lime may be calculated.
5. Lime water has to be added in the fish pond less than two hours after the sudden mortality has occurred.

十、文 獻

1. 繆端生 泛池之初步研究 上海水產月報34年
2. 繆端生 泛池之研究法 上海水產月報35年

3. 繆端生 泛池之民間防治 上海水產月報36年
4. 繆端生、張丙龍 泛池之研究 臺灣博物學會會刊第一期
5. 繆端生、林龍飛 泛池之化學防治 臺灣博物學會會刊第三期
6. 繆端生 泛池之原因及防治 中國水產 第七期
7. 繆端生 硫化氫在臺北水域之生態作用 師大學報第三期
8. 繆端生等 吳郭魚之生理生態 臺灣博物學會會刊第七期
9. 張麗芬 H_2S 對於龍泉水質的影響 博物學會會刊第四期
10. 林獻松 H_2S 對於水棲昆蟲的影響 博物學會會刊第四期
11. 唐允安 臺南上鯤鯓虱目魚塢泛池之觀察 中國水產 第三[一]期
12. 陳榮才 溫度對吳郭魚呼吸之影響 中國水產 第一〇四期
13. WILLIAM M. LEWIS and MICHAEL BONDER: Effect of a cover of duckweeds and alga pithophora upon the dissolved oxygen and free carbon dioxide of small ponds. *Ecology* Vol. 42 No. 3, 1961
14. GARTH S. KENNINGTON: The influence of temperature and atmospheric pressure on the rate of oxygen uptake in *Tribolium confusum*. *Ecology* Vol. 42 No. 1, 1961
15. MIU, T. S.: Ecological studies on the pisciculture in Taiwan. *Bulletin of Taiwan Normal University* Vol. XI, 1966