

참장어(뱀장어) *Anguilla japonica* 養魚場에서의 亞窒酸
中毒에 의한 Methemoglobin症과 病理組織學的 變性

梁 漢 春 · 田 世 圭*

麗水水産大學 養殖學科

*釜山水産大學校 魚病學科

On the Histopathological Changes and Methemoglobinemia to
Nitrite Toxicity in the Culture Farms of Eel,
Anguilla japonica

Han-Choon YANG · Seh-Kyu CHUN*

Department of Aquaculture,

National Fisheries University of Yeosu, Yeosu 550-180, Korea

*Department of Fish Pathology,

National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

Histopathological changes and methemoglobinemia of the eels (*Anguilla japonica*) reared at six culture farms in the vicinity of Yosu city were investigated under the conditions of 22.0~29°C, 4.33~7.33ppm of D.O., pH 6.1~8.2 and 0.03~10.1ppm of nitrite from December, 1989 to June, 1990.

All of the eels showed no any abnormal state in action, color and blood, but the eels reared in pH 6.0 had plenty of mucus and stickiness on their body surface. Methemoglobin levels were 1.03~9.86% of total erythrocytes in Dec. and 5.05~25.69% in June, and poikilocyte levels were 5.8~30.17% in Dec. and 8.67~74.45% in June. These results indicate the fact that the water management of the culture farms was worse in summer than in winter, even though not good in winter. Hypertrophy was found in the gill, hepatic and kidney tissue of the eels in all the culture farms. In March and June, Fish of all culture farms appeared the detachment of gill lamella epithelium cells, pyknosis and sinusoids of nucleus in the hepatic tissue and hemosiderosis in the kidney tissue.

2 Nitrite Toxicity in the Culture Farms of Eel

The trend of increase in methemoglobin levels appeared in the fish of culture farms with high nitrite concentration, which didn't appear equally in all the culture farms. However, in the culture farms of pH 6.0, methemoglobin and poikilocyte levels were increased independently of the concentration of nitrite, and degeneration in the tissue of the gill, liver and kidney was also appeared.

緒 論

우리나라 참장어(뱀장어) 養魚場의 大多數는 使用되는 水源에 比하여 過多한 養魚池 施設을 하고 있으나 水溫을 測定하는 以外에는 水質 測定用 器機를 具備하고 있으면서도 水質管理에 活用하는 養魚場은 많지 못한 實情이다. 지금까지 水質과 關係되는 疾病이나 成長障害 및 病理組織學의 研究로는 Colt and Tchobanoglous (1976), Colt 등(1981), 川津 등(1987), Konikoff (1975), Thurston 등(1978), 山形·丹羽(1979) 以外에 많은 研究가 있었으며, 窪田 등(1981, 1982)은 加溫循環濾過式 養魚場에서 $\text{NO}_2\text{-N}$ 7.8~10.5 ppm으로 水質이 惡化되어 참장어가 大量斃死한 일이 있었다고 했고 McCoy(1972)는 富營養湖에서도 $\text{NO}_2\text{-N}$ 가 16 ppm까지 上昇한다고 했으며, Mayo 등(1972)은 亞窒酸이나 암모니아의 높은 濃度에서 기른 고기에는 病理組織學의 變化와 細菌性 아가미病이 增加한다고 했는데 養魚場의 水質은 時時刻刻으로 惡化될 수 있고 그로 因하여 不時에 큰 被害를 입게되는 수가 많을 것이며 水質의 汚染度는 甚하게 높아지지 않더라도 慢性的인 侵害를 받은 것이 蓄積되었을 때는 역시 큰 被害를 입게 된다는 것도 無視할 수 없는 事實이다. 여기서 養魚場에서의 水溫, 溶存酸素, pH, $\text{NO}_2\text{-N}$ 등을 測定하고 養殖되고 있는 참장어의 아가미, 肝 및 腎臟組織과 血液中的 Methemoglobin 量을 調査하여 그 結果를 報告하는 바이다.

그리고 뱀장어를 참장어로 改名하자는 提案을 한다. 뱀장어의 첫 글자는 뱀(蛇)을 聯想케 하고 있어서 養魚象들이나 消費市場에서 마져도 呼稱하기를 避讓하면서 참장어, 민물장어, 장어 등으로 表記하고 있어서 듣기에 좋은 이름으로 바꾸는 것이 마땅할 것으로 思料되어 韓國魚類圖譜의 著者인 鄭文基 博士에게 改名에 關한 質疑를 하였던 바 改名을 한다면 "참장어"로 함이 무방할 것이라는 意見을 주시기도 하셨으므로 참장어로 改名하고자 한다.

材料 및 方法

麗水의 近郊에 있는 참장어(뱀장어) 養魚場 6個所를 擇하여 1989年 12月 26~31日, 1990年 3月 24~25日, 同年 6月 29~30日의 3個月 間隔으로 3회에 걸쳐서 水溫, pH, 溶存酸素 및 亞窒酸濃度 등의 水質을 測定하고 當該 養魚池에서 15~20g인 참장어 2尾씩을 採捕하여 血液은 抗血凝固劑 EDTA-2K를 利用하여 採血하고, 市販化驗法(月刊 medical Technology, 1984)으로 染色하여 變形赤血球과 Methemoglobin(MHb) 量을 調査하였고, 아가미, 肝 및 腎臟組織은 Bouin液으로 固定시키고 商法에 따라 組織切片을 만들어 Hematoxylin-Eosin 染色을 하였다.

水質測定에 使用한 器機는 養魚場에서 쉽게 利用할 수 있는 簡單한 器具를 選擇하였다. 水溫은 水銀棒狀 溫度計로 測定했고, pH는 NANNA器機社(Italy) 製品인 "pH 電了 paper(pH ep)"라는 携帶用 pH meter를 使用하였으며, 亞窒酸濃度는 KRK(菅原理工業·日本) 製品인 "VIS. Color $\text{NO}_2\text{-N}$ (GR法)"의 比色法과 Tetra社(獨逸) 製品인 携帶用 比色法 試藥으로 測定한 것을 서로 比較하여 正確한 測定值을 얻었다. 그리고 溶存酸素는 滴定法으로 測定했다.

結果 및 考察

麗水의 近郊에 있는 養魚場 6個所에서 1989年 12月, 1990年 3月 및 6月末의 3個月 間隔으로 3회에 걸쳐서 水質과 함께 아가미, 肝 및 腎臟 組織을 調査하였는데 이 중에서 養魚場 A와 D는 循環濾過式이고, 養魚場 B, C, E, F의 4個所는 換水에 의존하는 加溫養魚場이다.

水質環境은 Table 1과 같이 水溫은 12월에 22~25°C, 3월에 24~27°C, 6월에는 27~29°C였다. 그리고 溶存酸素는 12월에 4.33~7.33ppm였고, 3월에는 5.43~7.0 ppm으로서 大體로 좋은 편이었다. Rowchai등(1985)은 養魚場의 溶存酸素 飽和度가 60%(DO, 5ppm:飽和度

Table 1. Temperature and dissolved oxygen concentration measured in the experimental culture farms

Parameters	Temperature			Dissolved oxygen (ppm)		
	Culture farms	Dec. 1989	Mar. 1990	Jun. 1990	Dec. 1989	Mar. 1990
A	25	26~27	29	6.10	6.08	-
B	23~24	25~27	28	7.33	6.90	-
C	22~23	25	27~28	4.33	5.43	-
D	25	27	27.5	6.47	6.62	-
E	24	26	28	6.9~7.2	6.1~7.0	-
F	23.5	24~25	27.5~28	5.9~6.0	6.0~6.1	-

A : Tolsan, B : Yeongpung, C : Pungsung, D : Wólnae, E : Taehung, F : Haelyong

8.25ppm · 水溫 25℃) 以上에서는 正常 成長을 하지만 溶存酸素 飽和度 40% (DO, 3.3ppm) 以下에서는 體重 이 減少한다고 했고, 山形 등(1983)은 水溫 25℃일때 溶存酸素 4.5ppm (飽和度의 54%)에서 正常 成長을 계속했고 溶存酸素 4.5ppm 以上에서는 溶存酸素量이 增加해도 相對增重量에는 變化가 거의 없고, 溶存酸素 4.5ppm 以下에서는 相對增重量이 急激히 減少한다고 했는데 12월에 溶存酸素量이 4.33ppm으로 낮았던 養魚場 C에서는 Rowchai와 山形등이 指摘한 것과 같이 成長이 低下되는 溶存酸素濃度 範圍內에 있어서인지는 모르지만 變形赤血球가 28.62%로 높았으며 亞窒酸 濃度에 關係없이 Methemoglobin量이 9.86%로서 다른 養魚場에 比하여 높았고 (Plate I - 1) 酸素欠乏症의 特徵인 赤血球의 染色性이 약간 나빠지는 것을 볼 수 있었다.

養魚場의 亞窒酸量은 Fig. 1과 같이 12월에는 0.2~10.0ppm였고 養魚場 A에서 10.0ppm, C와 F에서 8.0 ppm였으며 3월에는 0.3~7.18ppm였고 養魚場 A와 E에서 亞窒酸 濃度가 7.0ppm以上으로 높았다. 6월에는 0.03~10.1ppm였고 養魚場 C에서 제일 높았다. 山形와 丹羽(1979)는 참장어의 亞窒酸에 의한 成長阻害 濃度는 9週間の 實驗에서 NO₂-N 30ppm였고 이 水準에서 血液은 Methemoglobin症의 特徵인 초콜레트色으로 變했으며 亞窒酸에 대한 安定 濃度는 10.0ppm이라고 하였으나, 各 養魚場의 亞窒酸 濃度는 10.0ppm 以下였으나 Table 2, 3, 4와 같이 아가미, 肝 및 腎臟組織의 退行性 變性이 심하고, Fig.3의 양어장 F에서는 6월에 Methemoglobin 量이 25.69%로 增加하고 있는 것은 對照의인 것으로 보이며, 養魚場에서는 다른 水質環

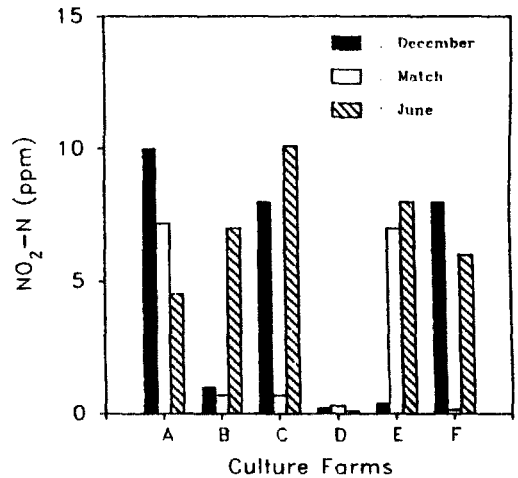


Fig. 1 Nitrite concentrations in experimental culture farms

境이나 第3의 原因이 重複되어 나타나기 때문에 약간의 水質變化에도 注意를 하여야만 効率的인 養魚를 할 수 있을 것이라고 생각된다.

養魚場의 pH는 Fig. 2와 같이 12월에는 養魚場 C와 D에서 pH 6.1~6.2 以下로 제일 낮았으며, 3월에는 養魚場 F에서 pH 8.2로 가장 높았고, 또 養魚場 D와 F에서는 3월에 다같이 NO₂-N가 0.3ppm으로서 亞窒酸 濃度는 낮았으나 Methemoglobin量은 7.72~10.08%였고, 變形赤血球는 21.17~33.39%로 높게 나타났다. 鄭·田(1989)은 水質의 酸性化로 많은 量의 Na⁺와 Cl⁻이 아가미를 通하여 流出되는 이온調節 機能障病가 일어난다고 했고, Wise and Tomasso(1988)는 pH가 낮은 環境에서는 水中의 塩素(Cl) 濃度에 關係없이

4 Nitrite Toxicity in the Culture Farms of Eel

Table 2. Regressive degeneration of gill lamelle of eel in experimental culture farms

Culture farms	December 1989					March 1990					June 1990				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
A		+	+						+	+	+	+++		++	+++
B	++	+		++			++		++	+++	+++		+++		++
C		++		+		++			++	+		++		++	+
D	++		+	+		++		+	+	-			+++	+	++
E	+++	++	+		+				++	+++			+++	+	
F	+++		+				++			++		+		+	+

1 : Hypertrophy, 2 : Clavate lamella, 3 : Curved of the secondary lamella, 4 : Thrombosis 5 : Detach of the lamella epithelium, + : Mild, ++ : Moderate, +++ : Extensive

Table 3. Regressive degeneration of hepatic tissue of eel in experimental culture farms

Culture farms	December 1989			March 1990			June 1990		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	+++			+++	++			++	+
B	+++			+++	++		+++	++	
C	+++	+		++			+++	+	
D	++			+++			+++	+	
E	+++					+			+
F	+++	+		++			+++	+	

1 : Hypertrophy, 2 : Pyknosis and sinusoids of nucleus, 3 : Necrosis, + : Mild, ++ : Moderate, +++ : Extensive

Table 4. Regressive degeneration of kidney tissue of eel in experimental culture farms

Culture farms	December 1989				March 1990				June 1990			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A	+++		+		+++		+++		+++		+++	
B	+++		+++		+++	+	+++		+++			
C	++		+++			++	+++		+++			
D	+++				+++		+		+++		++	
E	+++		+++				+++	+	+++	+++	+++	
F	+++	++	+++		++	+				+		+

1 : Hypertrophy, 2 : Renal tubule atrophy, 3 : Hemosiderosis, 4 : Necrosis + : Mild, ++ : Moderate, +++ : Extensive

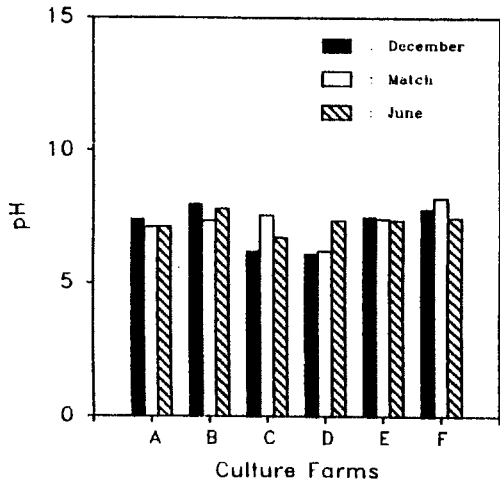


Fig. 2 pH levels in experimental culture farms

美國產 메기(Channel catfish)에 亞窒酸의 강한 毒性이 나타난다고 했는데 참장어에 있어서도 pH가 낮은 環境에서는 亞窒酸의 강한 毒性을 나타내는 現像은 같을 것이지만 본 實驗對象 養魚場에서 pH가 6.0程度로 낮거나 pH 8.0以上으로 높은 環境에서는 亞窒酸 濃度에 關係없이 組織이 退行性 變性和 變形赤血球의 出現量이 增加하는 것은 pH가 分明히 魚體의 生理作用과 큰 關聯이 있는 것으로 생각된다. 그리고 pH 6.0 程度의 養魚池에서 자란 참장어는 魚體 表面에 粘液質이 많았고 試料 採取時에 손에 묻은 粘液이 잘 씻겨지지 않을 정도로 粘着力이 강한 것을 볼 수 있었다. 그러나 外觀上으로는 採取한 試料의 活力과 体色이나 血液에서 아무런 異常이 없었다.

Methemoglobin (MHb)과 變形赤血球의 出現量은 Fig. 3, 4와 같고 12월에 MHb는 總 赤血球의 1.03~9.86%, 變形赤血球는 總 赤血球의 5.83~30.17%로서 養魚場 D, C, A의 順으로 많았고, 3월에 MHb는 1.75~10.34%, 變形赤血球는 11.33~41.38%로서 養魚場 E에서 MHb와 變形赤血球의 量이 제일 많았다. 그리고 6월에는 MHb는 養魚場 F에서 25.69% (Plate I-2), 變形赤血球는 養魚場 B에서 74.45%로서 MHb나 變形赤血球가 다같이 水溫이 上昇하면서 出現量이 두드러지게 增加하고 있다. 이들을 綜合해 보면 12월에 MHb와 變形赤血球의 出現量이 많은 養魚場 C는 亞窒酸 濃度가 8ppm으로 높으면서 pH가 6.2로 낮은 데에

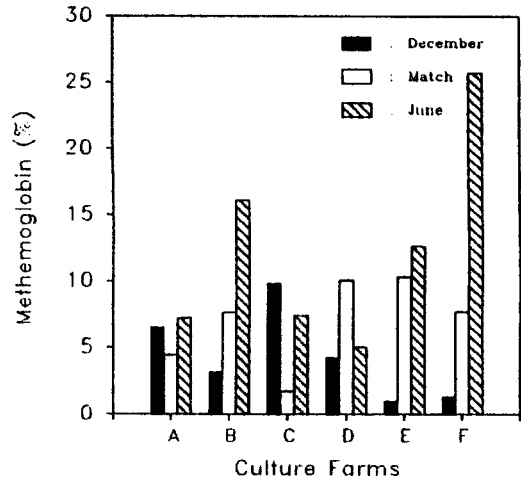


Fig. 3 Methemoglobin levels in experimental culture farms

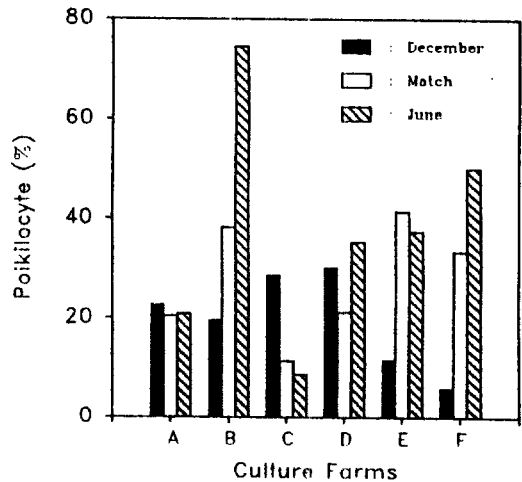


Fig. 4 Poikilocyte levels in experimental culture farms

原因이 있는 것 같았고, 養魚場 A는 NO₂-N이 10.0 ppm이며, 養魚場 D는 pH가 6.1로 낮은 데에 原因이 있는 것 같았다. 그리고 3월과 6월에는 養魚場 B, E, F에서 MHb와 變形赤血球의 量이 增加하는 것을 볼 수 있었는데 換水에 의한 것으로 추정되는 MHb와 變形赤血球의 量이 亞窒酸 濃度와 比例하는 傾向은 적었고, pH가 8.0 内外로 높거나 6.0 程度로 낮은 養魚場에서는 大體로 MHb와 變形赤血球의 量이 增加

6 Nitrite Toxicity in the Culture Farms of Eel

했으며 水溫이 上昇함에 따라 더 增加하는 傾向이 分明했으나 窪田 등(1982)은 MHb의 季節的인 變化에서 6~8月の 여름철에 減少한다고 한것과는 다른 結果를 보였는데 이는 養魚用水의 換水量과 密接한 關係가 있는 것으로 본다.

病理組織學的으로는 Table 2, 3, 4에서와 같이 調査된 養魚場에서 아가미, 肝 및 腎臟 組織이 中等 以上の 浮腫症狀을 보였고 아가미는 棍棒化(Plate I-3), 彎曲症, 血栓, 鰓弁 上皮細胞의 剝離症狀을, 肝臟은 核濃縮이나 核의 空胞化, 細胞質 및 核의 流失과 壞死를, 腎臟은 類洞細網 內皮系 細胞와 細尿管의 分離, 細尿管萎縮, 血鐵症, 壞死 등의 退行性 變性을 보였다.

아가미 組織(Table 2)은 多數의 養魚場에서 季節에 關係없이 彎曲症狀(Plate I-4)과 血栓(Plate II-1, 2)이 생기고, 養殖場 A를 除外하고는 2次鰓弁의 上皮細胞(呼吸細胞)가 剝離되는 症狀이 관찰되었다(Plate II-3, 4). 그리고 養魚場 C와 D는 12月에서 6月까지 계속해서 아가미에 血栓이 생겼고, 養魚場 D는 3月과 6月에 鰓弁의 上皮細胞 剝離와 彎曲症狀이 계속해서 甚하게 생긴 것은 亞窒酸의 毒性과는 關係없이 낮은 pH와 密接한 關聯이 있는 것으로 본다. 養魚場 D는 工場의 機械 冷却에 使用한 冷却水의 廢熱을 養殖에 利用하고 있어서 水質이 깨끗하고 豊富한 물을 使用할 수 있으며 循環濾過施設을 갖추고 있어서 亞窒酸濃度는 0.2ppm 以下였고, pH가 6.1~6.2 以下로 낮았으며 6月에 pH가 7.3으로 올라간 것도 測定하기 보름 前에 굴 껍질을 養殖用水中에 投入하여 pH가 上昇한 것이므로 慢性的으로 進行되었던 아가미 組織의 退行性 變性は 立川 등(1989)이 指摘한 바와 같이 回復이 되지 못한 狀態라고 본다. 그리고 Methemoglobin 量은 5.5%로서 3月에 比하여 절반으로 떨어진 것은 調査하기 보름 前에 굴 껍질을 養殖用水에 넣어서 pH를 上昇시켰던 效果가 나타난 것이 아닌가 생각된다. 또한 養魚場 F(Plate II-3), B(Plate II-4)에서 나타난 2次鰓弁 上皮(呼吸細胞)의 部分的인 異常浮腫과 剝離 등과 養魚場 F(Plate II-3)에서 볼 수 있는 2次鰓弁 上皮細胞의 部分的인 流失은 甚하게 浮腫되었거나 剝離된 2次鰓弁의 上皮細胞가 脫落되었기 때문이라고 생각된다.

肝臟 組織(Table 3)은 아가미나 腎臟 組織에 比하여

退行性 變성이 적게 일어나는 것이 普通인데(梁·田, 1986), 養魚場 C(Plate III-1)에서와 같이 3月에 中等 程度의 浮腫으로 적은 變性を 보인 것 以外的 大多數의 養魚場에서는 심한 浮腫症狀과 核의 濃縮이나 洞空化 가 일어났고 (Plate III-2) 養魚場 A와 E에서는 組織의 部分的인 壞死初期로 까지 甚한 變性を 보였는데 이는 亞窒酸이나 pH 等の 水質環境에 依해서 일어난 症狀만은 아닐것이고 다른 複合的인 原因이 있는 것으로 보인다.

腎臟 組織은 (Table 4) 細尿管이 類洞細網內皮系 細胞와 分離되면서 萎縮되는 症狀은 3月에 養魚場 B, C, F (Plate III-3)에서 볼 수 있었고, 6月에는 養魚場 E와 F에서 細尿管이 萎縮되는 症狀을 볼 수 있었다. 그리고 血鐵症은 甚한 浮腫症狀을 隨伴하면서 養魚場 A와 E(Plate III-4)에서는 계속해서 볼 수 있었고 養魚場 B, C, F는 12月과 3月에, 養魚場 D는 3月과 6月에 계속 生겼으며, 養魚場 F에서는 6月에 壞死初期의 甚한 變性を 보였는데 NO₂ 5~10ppm 程度로 높았거나 亞窒酸 濃도에 關係없이 pH가 6.0 程度로 낮은 養魚場에서는 거의 血鐵素가 沈着되고 있어서 血鐵症은 水質環境과도 密接한 關係가 있을 것이라고 보며, 水溫이 높아짐에 따라 組織의 退行性 變성이 더 甚해지는 傾向이 있음을 알 수 있었다.

감사의 말씀

本 實驗에 助力하여준 麗水水産大學 學生인 韓泰 瀾, 朴鉉, 金玟首, 梁福模 君에게 甚深한 感謝를 드린다.

要 約

加溫 養魚場에서 자란 참장어(뱀장어) *Anguilla japonica*의 病理組織學的 變化와 Methemoglobin症에 對해서 調査한 結果는 다음과 같다.

1. 養魚場의 水質은 水溫 22.0~29.0°C, DO 4.33~7.33 ppm, pH 6.1~8.2, NO₂-N 0.03~10.1ppm의 範圍였다.

2. 調査 對象인 참장어는 外觀狀으로는 活力이나 體色 및 血液에 異常이 없었고, pH 6.0 程度로 낮은 養魚場이 참장어는 體表面에 粘液質이 많았으며 粘着力이 컸었다.

3. Methemoglobin量은 12월에 總 赤血球의 1.03~9.86%, 6월에 5.05~25.69%였으며, 變形赤血球의 量은 12월에 5.83~30.17%, 6월에 8.67~74.45%로서 Methemoglobin이나 變形赤血球의 出現量이 다 같이 夏季에 많은 增加를 보인 것은 養魚場의 물 管理가 겨울철에도 좋지 못했지만 여름철에 더 좋지 못했다는 結果인 것 같다.

4. 아가미, 肝 및 腎臟 組織은 調査한 養魚場 全體에서 中級 以上の 浮腫症狀을 보였고, 3月과 6월에 아가미는 2次鰓弁 上皮細胞(呼吸細胞)의 剝離가 일어나는 甚한 變性을 보인 養魚場에 많아졌으며 肝臟은 核濃縮이나 洞空化된 細胞가 많아졌고 腎臟은 大多數의 養魚場에서 血鐵症이 생겼다.

5. 亞窒酸 濃度가 높은 養魚場에서 Methemoglobin이 增加하는 傾向은 있었으나 반드시 一致하지는 않았고, pH가 6.0 程度로 낮은 養魚池에서는 亞窒酸 濃度에 關係없이 Methemoglobin과 變形赤血球의 出現量이 大體로 增加했으며 아가미, 肝 및 腎臟 組織의 退行性 變性이 甚했다.

參 考 文 獻

Colt J. and G. Tchobanoglous (1976) : Evaluation of the short-term toxicity of nitrogenous compound to channel catfish. *Aquaculture* 8, 209~224.

Colt J., R. Luding, G. Tchobanoglous and J. J. Cech (1981) : The effects of nitrite on the short-term growth and survival of channel catfish. *Aquaculture* 24, 111~122.

月刊 *Medical Technology* (1988) : 染色法のずべて, 第2版. 醫齒藥出版株式會社(東京), 163~164 p.

川津浩嗣, 中西洋一, 岳田秀人 (1987) : ウナギ血液のメトヘモグロビン 定量法(英文). *日本水産學會誌*, 53(1), 9~14.

Konikoff M. (1975) : Toxicity of nitrite to channel catfish. *Pro. Fish-Cult.* 37(2), 96~98.

窪田三郎, 天野秀臣, 一岡 衛, 宮崎照雄, 丹毒 誠(1981) : 二木ンウメギのメトヘモグロビン 血症. 三重大學水産研報 第8號, 149~161.

窪田三郎, 天野秀臣, 宮崎照雄, 神谷直明, 一岡 衛(1982) : 二木ンウメギに對する 實驗的 Methemoglobin 症(MHb-emia)의 研究-I. 三重大學水産研報 第9號, 135~153.

Mayo R. D., P. L. Liao and W. G. Williams (1972) : A study for development of fish hatchery water treatment systems. Prepared for walla district corps of engineers in cooperation with U. S. Bureau of sport fisheries and wildlife, Kramer, Chin and Mayo, Seattle, 142 p.

McCoy E. F. (1972) : Role of bacteria in the nitrogen cycle in nonitary, Water pollution control service. 16010, EHR 03/72, Washington, D. C., 23 p.

Rowchai S., K. Chiba and R. Hirano (1985) : Influence of dissolved oxygen on growth of young eel. *Bul. Japan. Soc. Fish.* 52(4), 597~607.

鄭瀾起, 田世圭 (1989) : 수질의 산성화와 담수어의 생리적 장애, *韓國魚病學會誌* 2(2), 115~124.

立川眞理子, 澤村良二, 岡田昌二 (1989) : 環境汚染化學物質의 魚類의 鰓에對する 影響. *衛生化學* 35(6), 397~407.

Thurston R. V., R. C. Russo and C. E. Smith (1978) : Acute toxicity of ammonia and nitrite to cut-throat trout fry. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 107(2), 361~368.

Wise D. J. and J. R. Tomasso (1988) : Ascorbic acid inhibition of nitrite-induced methemoglobinemia in channel catfish. *Pro. Fish-Culturist* 50, 77~80.

山形陽一, 丹羽 誠 (1979) : 亞硝酸의 ウナギ에對する 毒性について. *水産増殖* 27(1), 5~11.

山形陽一, 大中澄美子, 原田増造, 丹羽 誠 (1983) : 二木ンウナギ의 生長に及ぼす 溶存酸素의 影響について. *日本水産學會誌*, 49(9), 1335~1339.

梁漢春, 田世圭 (1986) : 잉어 *Cyprinus carpio*에 미치는 암모니아 急性毒性의 組織病理學的 研究. *韓國水産學會誌*, 19(3), 249~256.

8 Nitrite Toxicity in the Culture Farms of Eel

Explanation of Plates

Plate I

1. Blood smear taken from the eel having Mhb-proportion of 9.86% and poikilocytes 28.62%, which was exposed to 20 ppm of $\text{NO}_2\text{-N}$ for 2 month. Calcium cyanite stain X 400.
2. Blood smear taken from the eel having Mhb-proportion of 25.69% and poikilocyte 50.03%, which was exposed to 20 ppm of $\text{NO}_2\text{-N}$ for 3 month.
3. Gill from eel exposed to 20 ppm nitrite for 3 months.
While most lamellae showed hypertrophy of lamellar epithelium. H-E stain X 100.
4. Severe hypertrophy of lamellar as shown in the figure 3. X 400.

Plate II

1. Fusions of gill lamellae in which several aneurysms are present. Note swollen epithelial and edema at bases of lamellae on opposite side of filament.
2. High-power view of aneurysms. Largest aneurysm contains liquefied blood and epithelioid cells as well as a few erythrocytes and cell debris.
3. A low power view of gill filament.
Extensive edema is seen in gill lamella. H.E. stain X 100.
4. A wigh power view of gill lamella in Fig. 3.
Arrows show vacuolization of cells from epithelial layer. X 400.

Plate III

1. general area of liver cell hypertrophy. H.E. stain, X 400.
2. All of liver cell most hypertrophy.
Note cells with pyknotic nuclei. X 400.
3. A high power view of kidney to the exposed eel to nitrite at 10 ppm for mouth.
The dilatation of the lumen of the renal tubules. H-E stain, X 400.
4. A high, power view of kidney of the exposed eel to nitrite at 18 ppm for 3 month. The hypertrophy of the lumen of the renal tubules. H.E stain, X 400.

Plate I

Plate II

Plate III