

銅이온이 도롱뇽幼生の 成長에 미치는 影響

朴震鎬·朴元學·朴商玉*

(嶺南大學校 生物學科·曉星女子大學校 生物教育學科*)

Influence of Cu[II] on the Growth of Korean Axolotl, *Hynobius leechii*

Park, Jin Ho, Won Hark Park and Sang Ock Park*

(Dept. of Biology, Yeungnam University, Dept. of Biology Education, Hyosung Women's University*)

ABSTRACT

The growth of Korean axolotl., *Hynobius leechii*, was analyzed in natural water as control group and in six copper ion groups contaminated by 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6ppm of copper ion.

The copper ion checks the growth of the axolotl. The axolotl was not survived during 30 days in the copper ion of 0.3ppm, and, in the 0.4ppm the axolotl was not survived during 10 days after hatch. The growth of head width and body length show a convexing increase pattern, while that of hind leg shows a concaving increase pattern. The copper ion checks the development of hind leg. In the growth quantity of head width, body length and hind leg, that of natural water show the most rapid increase pattern, and copper ion groups of 0.1, 0.2, 0.3ppm follow in that order. The coefficient of relative growth(α) of control group is the greatest value, and the copper ion groups of 0.1, 0.2, 0.3ppm follow in that order. The contaminated groups show the negative allometry in the relative growth of the contaminated groups to the natural water. Body length shows positive allometry, while hind leg shows negative allometry in the relative growth to head width.

緒 論

生物의 生活과 成長에 影響을 끼치는 環境因子는 여러 가지를 들 수 있으나 重金屬과 農藥의 汚染을 빼 놓을 수 없다. 重金屬으로는 農藥에 많이 이용되고 動植物의 必須元素로서 生物에 널리 分布되어 있는 것으로서 銅이온을 代表的으로 들 수 있다.

銅 및 그 化合物은 1978年 7月 1日 法律 第3078號로 公布된 環境保全法 第2條 第2號의 규정에 의한 汚染

物質(規則 第3條)로서 규정되어 있고, 法2條 第11號의 規定에 의한 特定 有害物質(規則 第5條)로서도 規定되어 있고, 法 第41條의 規定에 의한 用水의 水質基準設定項目(令 第25條)으로서도 規定되어 있으며, 法 第42條 第1項의 規定에 의한 農水産物의 栽培制限基準으로도 規定하고 있어 그 制限 濃度를 土壤 中에는 銅含量 125ppm, 水域에서는 0.01ppm以上으로 정해두고 있는 實情이다.

動物에 있어서 $CuSO_4$ 의 LD_{50} 을 제시하고 있는데 흰 쥐(經口) 300mg/kg, 토끼(靜注) 4~5mg/kg으로 정해

저 있다(日本藥學會, 1980).

Lee와 Lee(1981)는 Cu 0.1ppm에서 참개구리 幼生은 모든 個體가 生存할 수 있으나 體重減少를 가져왔고, 1ppm以上에서는 生存不可能하다는 사실을 밝히고 있다. 그러나 0.2~0.9ppm에서의 生存與否와 體重的變化는 밝히지 않아 致死濃도가 明確하지 않았다.

이 論文에서는 農藥으로 汚染된 水質에서 棲息하는 動物의 成長과 發生을 究明하고자 重金屬으로 一般農家에서 많이 使用하는 보르도液(Bordeaux mixture)과 같은 農藥의 成分인 銅이온을 選定하여 水質을 汚染시켜 이것이 도롱뇽(*Hynobius leechii* Boulenger) 幼生の 成長에 미치는 影響을 檢討하고자 하였다.

材料 및 方法

大邱 近郊 水系의 溪流에 棲息하는 도롱뇽科에 속하는 도롱뇽(*Hynobius leechii* Boulenger)의 卵을 1982年 4월에 採集하여 試料로 使用하였다. 採集된 卵塊는 對照群과 6個 銅이온濃도로 區分된 水槽(20×30×18cm)에 넣어 孵化시켰다. 對照群으로서는 自然水를 使用하였으며 6個 銅이온濃도의 實驗群으로서는 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6ppm으로 濃도를 調整하였다. 10日만에 卵塊를 脫出한 100個體 이상의 幼生을 對象으로 10일 간격으로 每回 5~10마리씩 標本으로 뽑아 μ 單位로 長이를 測定한 후 mm로 換算하여 實測值로 삼았다. 測定 對象은 頭幅, 全長(體長), 後肢의 長이 3個 體量이다. 長이는 實體顯微鏡(Olympus SZ-III)下에서 測微計(micrometer)로 測定하였다. 有對性인 後肢의 長이는 한쪽만 測定하였다.

20°C 內外의 室溫, 水溫은 17.6°C, 生物學的 酸素要求量(BOD) 2.2ppm, 溶存酸素(DO) 6.2ppm의 條件에서 飼育하였으며, 飼育水는 大邱直轄市 南區 鳳德洞 고산골 입구 溪谷에서 採水한 自然水를 供給하였으며 10일마다 갈아 주었다. 먹이로서는 Tetramin(Baby fish food)을 1日 2回 定期的으로 供給하였다.

銅이온이 成長에 미치는 影響을 分散分析法으로 檢定하였으며, 아울러 成長式을 도입하여 成長에 따른 變化狀態를 定式化하고 各 體量의 成長狀態를 解釋하였다. 成長式은 成長量의 變化를 時間의 函數로 表示하는 $y=a+bt+ct^2$ 를 適用시켜 成長量(growth quantity)으로 表示함으로써 Zimmerman(1934) Ishikawa(1934)의 式을 變形하여 使用하였으며 이것으로부터 成長率(growth rate)도 誘導하였다. 이같은 絕對成長

(absolute growth)과는 달리 生物의 體量이 반드시 같은 比成長率(specific growth rate)을 가지지 않는 成長關係를 表示하기 위하여 $y=bx^a$ 로 表現되는 Huxley와 Teissier(1937)의 相對成長式(relative growth formula)을 適用하였다.

結果 및 考察

Table 1은 各 期間과 銅이온의 濃度別, 도롱뇽 幼生의 成長實測值(平均値±標準偏差)를 mm로 나타내고 있다. Table 1에 나타난 成長量에 대한 分散分析(analysis of variance)結果 銅이온이 도롱뇽 幼生의 成長에 미치는 影響은 $p<0.01$ 로서 매우 有意的으로 그 差를 인정할 수 있다.

Lee와 Lee(1981)는 참개구리의 幼生을 銅이온 0.1 ppm 濃도에 10日동안 暴露시켰더니 生存은 可能하나 23%의 體重減少를 가져왔고, 1ppm以上 濃도에서는 生存하지 못하고 對照群의 自然水에서는 生存이 可能한 동시에 18%의 體重增加를 보였다고 밝혔다. 그러나 0.2ppm~0.9ppm에서의 生存與否와 體重的變化는 밝히지 않아 致死濃도가 명확하지 않았다. Table 1에서 볼 수 있는 것처럼 0.4ppm以上の 銅이온 濃度에서 後肢의 發生이 進展되지 않았다는 사실로 보아 頭幅, 全長, 後肢의 3個 體量 중 銅이온 濃도에 가장 影響을 많이 받는 體量은 後肢라고 할 수 있다. 또한 3個 體量 중 가장 安定된 것은 頭幅으로서 이것은 Park과 Lee(1971)가 밝힌 昆蟲의 成長分析結果와도 일치하고 있다. 本 實驗의 結果 0.6ppm以上에서는 暴露 1日만에 모든 個體가 죽었으며 0.4ppm以上에서 卵塊脫出後 10日을 經過하지 못하고 모두 사망하였고, 0.3ppm에서는 卵塊脫出後 30日間の 生存이 不可能하였다. 도롱뇽(*Hynobius leechii* Boulenger) 幼生의 成長實測值로부터 成長傾向을 分析하기 위하여 成長式을 導入하였다.

絕對成長

Zimmerman(1934)과 Ishikawa(1938)로부터 變形된 成長式은 $y=a+bt+ct^2$ 으로 表示된다. 이때 y 는 部分 및 全體成長量을 나타내고, t 는 時間으로 經過日數를 나타내며, a, b, c 는 常數로서 最小自乘法(least square method)으로 결정한다. 成長量은 上記 成長式에 의해 換算되며, 成長率(growth rate)은 上記 成長式에서 誘導되는 $dy/dt=b+2ct$ 로 나타낸다.

頭幅의 成長: Fig. 1은 各 濃度別 頭幅 成長의 變化

像을 나타내고 있다.

對照群에서 成長式은 $y = -0.03 + 1.80t - 0.06t^2$ 으로 凸曲線으로 表示되고, 上記 成長式은 7.24%의 誤差範圍內에서 그 成長現狀을 完全히 나타내며, 最大 誤差幅은 15.94%였다. 成長量은 6.21倍가 增加되었다. 成長率은 1.80mm/t에서 1.32mm/t로 완만하게 減少되었다.

0.1ppm濃度群에서 成長式은 $y = 0.08 + 1.95t - 0.30t^2$ 으로서 凸曲線으로 表示되고, 上記 成長式은 10.40%의 誤差範圍內에서 그 成長現狀을 完全히 나타내며, 最大 誤差幅은 13.80%였다. 成長量은 3.08倍가 增加되었다. 成長率은 1.95mm/t에서 -0.45mm/t로 急激하게 減少되었다.

0.2ppm濃度群에서 成長式은 $y = 0.22 + 1.31t - 0.16t^2$ 으로서 凸曲線으로 表示되고, 上記 成長式은 37.22%의 誤差範圍內에서 그 成長現狀을 完全히 나타내며, 最大 誤差幅은 46.81%였다. 成長量은 2.90倍가 增加되었다. 成長率은 1.31mm/t에서 0.03mm/t로 急激하

게 減少되었다.

0.3ppm濃度群에 成長式은 $y = 0.03 + 1.73t - 0.34t^2$ 으로서 凸曲線으로 表示되고, 上記 成長式은 4.92%의 誤差範圍內에서 그 成長現狀을 完全히 나타내며, 最大 誤差幅은 9.14%였다. 成長量은 2.16倍가 增加되었다. 成長率은 1.73mm/t에서 0.31mm/t로 急激하게 減少되었다.

對照群을 除外한 0.1ppm以上の 濃度群에서 卵塊脫出 以後 銅이온 汚染에 대한 暴露 30日만에 成長率이 거의 0로 떨어지는 것으로 미루어 이 後의 期間 동안에 生存을 보장받지 못한다는 結果를 分析할 수 있어 環境保全法 第42條 1項의 規定에 의한 水域에서의 農水産物의 栽培制限基準인 0.01ppm으로부터 0.09ppm까지의 影響을 分析해 볼 必要가 있다고 보겠다.

體長(全長)의 成長: Fig. 2는 各 濃度別 全長 成長의 變化狀을 나타내고 있다.

對照群에서 成長式은 $y = 0.66 + 10.36t - 0.61t^2$ 으로서 凸曲線으로 表示되고, 上記 成長式은 21.32%의 誤差

Table 1. Growth in mm of Korean axolotl exposed in various concentrations of copper during 30 days after the egg hatch of *Hynobius leechii*(mean±standard deviation)

Body part	Copper concentration	Days				
		0	10	20	30	40
Head width	control	E	1.76±0.05	3.04±0.46	5.18±1.01	6.10±0.51
	0.1ppm	E	1.91±0.14	2.79±0.20	3.12±0.17	3.20±0.22
	0.2ppm	E	1.88±0.16	2.00±0.24	2.49±0.20	3.03±0.42
	0.3ppm	E	1.49±0.06	2.04±0.10	2.17±0.22	—
	0.4ppm	E	1.50±0.10	—	—	—
	0.5ppm	E	1.64±0.10	—	—	—
Body length	control	E	12.63±0.44	16.26±1.62	27.64±3.82	32.14±3.13
	0.1ppm	E	13.04±0.60	16.18±1.06	17.60±1.52	17.80±0.81
	0.2ppm	F	12.11±0.45	12.66±0.52	16.19±0.26	17.20±1.20
	0.3ppm	E	10.75±0.20	13.53±0.56	14.60±1.43	—
	0.4ppm	E	11.55±0.44	—	—	—
	0.5ppm	E	12.00±0.17	—	—	—
Hind leg	control	E	0	0.61±0.14	3.28±0.71	4.34±0.79
	0.1ppm	E	0	0.60±0.10	1.32±0.14	1.71±0.08
	0.2ppm	E	0	0.02±0.00	1.08±0.27	1.51±0.24
	0.3ppm	E	0	0	0.74±0.36	—

E: Egg, —: Death, 0: Non development

範圍內에서 그 成長現象을 完全히 나타내며, 最大 誤差幅은 35.46%였다. 成長量은 32.34倍 增加되었다. 成長率은 10.36mm/t에서 5.48mm/t로 完단하게 減少되었다.

0.1ppm濃度群에서 成長式은 $y=1.29+10.51t-1.$

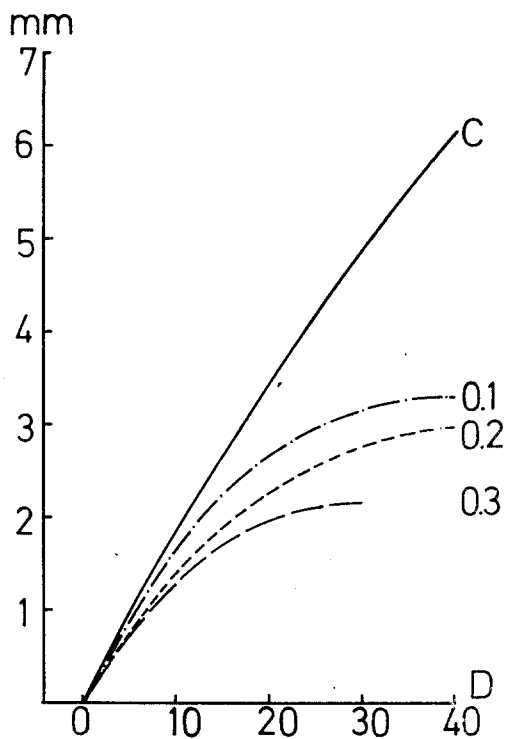


Fig. 1. Growth in head width for each copper concentration in *Hynobius leechii*. D: Days after egg hatch

mm: length of head width in mm

0.1 : 0.01ppm of copper ion

0.2 : 0.2ppm of copper ion

0.3 : 0.3ppm of copper ion,

C: Control(0ppm of copper ion)

42t²으로서 凸曲線으로 表示되고, 上記 成長式은 25.86%의 誤差範圍內에서 그 成長現象을 完全히 나타내며, 最大 誤差幅은 31.08%였다. 成長量은 20.29倍가 增加되었다. 成長率은 10.51mm/t에서 -1.01mm/t로 急激하게 減少되었다.

0.2ppm濃度群에서 成長式은 $y=1.19+9.34t-1.37t^2$ 으로서 凸曲線으로 表示되고, 上記 成長式은 32.20%

의 誤差範圍內에서 그 成長現象을 完全히 나타내며, 最大誤差幅은 44.22%였다. 成長量은 16.60倍 增加되었다. 成長率은 9.34mm/t에서 -1.62mm/t로 急激하게 減少되었다.

0.3ppm濃度群에서 成長式은 $y=0.31+11.92t-2.$

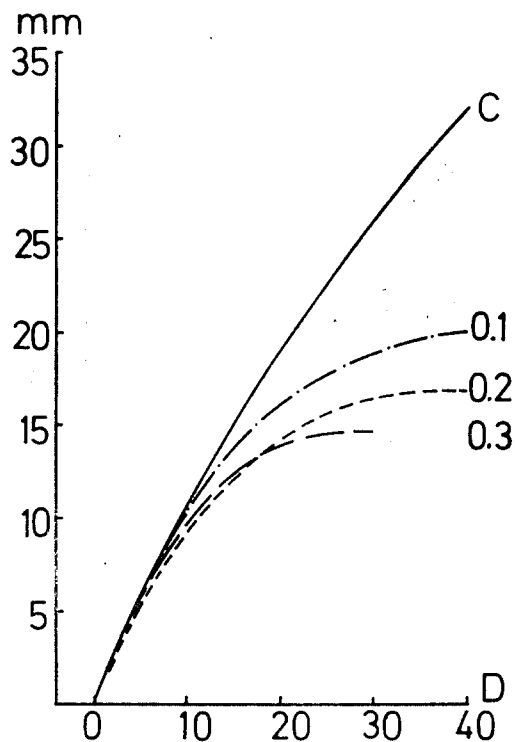


Fig. 2. Growth in body length for each copper concentration in *Hynobius leechii* (Abbreviations are the same as in Fig. 1).

42t²으로서 凸曲線으로 表示되고, 上記 成長式은 9.58%의 誤差範圍內에서 그 成長現象을 完全히 나타내며, 最大 誤差幅은 16.07%였다. 成長量은 14.29倍 增加되었다. 成長率은 11.92mm/t에서 -2.60mm/t로 急激하게 減少되었다.

後肢의 成長: Fig. 3은 各 濃度別 後肢의 成長을 나타내고 있다.

對照群에서 成長式은 $y=-0.15+0.001t+0.30t^2$ 으로서 凹曲線으로 表示되고, 上記 成長式은 41.90%의 誤差範圍內에서 그 成長現象을 完全히 나타내며, 最大 誤差幅은 70.52%였다. 成長量은 4.65倍 增加되었다.

成長率は 0.001mm/t에서 2.40mm/t로 완만하게 증가되었다.

0.1ppm濃度群에서 成長式은 $y = -0.09 + 0.22t + 0.06t^2$ 으로서 凹曲線으로 表示되고, 上記 成長式은 18.91%의 誤差範圍內에서 그 成長現象을 完全히 나타내며, 最大 誤差幅은 21.19%였다. 成長量은 1.75倍 增加되었다. 成長率は 0.22mm/t에서 0.70mm/t로 완만하게 增加되었다.

0.2ppm濃度群에서 成長式은 $y = -0.03 - 0.13t + 0.14t^2$ 으로서 凹曲線으로 表示되고, 上記 成長式은 92.55%의 誤差範圍內에서 그 成長現象을 完全히 나타내며, 最大 誤差幅은 121.12%였다. 成長量은 1.69倍 增加되었다. 成長率は -0.13mm/t에서 0.99mm/t로 완만하게 增加되었다.

0.3ppm濃度群에서 成長式은 $y = 0.01 - 0.27t + 0.16t^2$ 으로서 凹曲線으로 表示되고, 上記 成長式은 15.62%의 誤差範圍內에서 그 成長現象을 完全히 나타내며, 最大 誤差幅은 28.53%였다. 成長量은 0.64倍 增加되었다.

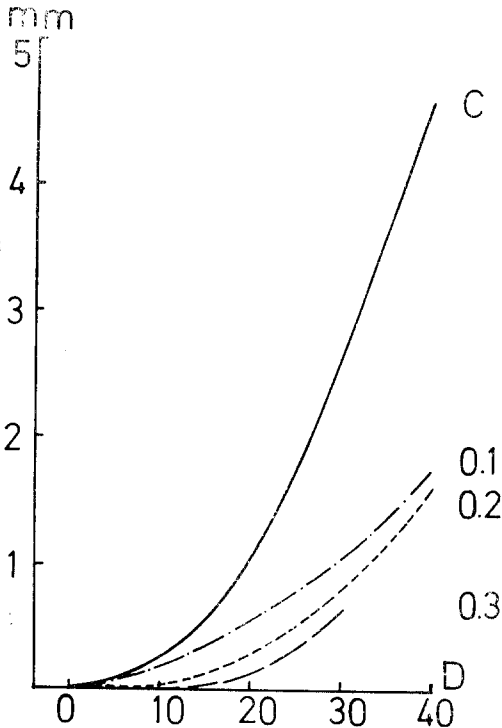


Fig. 3. Growth of hind leg for each copper concentration in *Hynobius leechii* (Abbreviations are the same as in Fig. 1).

었다. 成長率は -0.27mm/t에서 0.69mm/t로 완만하게 增加되었다.

相對成長

Huxley와 Teissier(1937)에 의해 體系化된 相對成長(relative growth)의 概念은 成長後 2個의 部分成長量을 x, y 라 하여 成立되는 關係를 말하는데, $y = bx^a$ 로 나타내고 있다. 이 式의 兩邊에 對數를 취하면 $\log y = \log b + a \log x$ 로 되어 代數誘導領域에서는 x, y 가 直線의 關係에 있는 것이다. 相對成長式에서 x, y 는 時間(t)의 函數이므로 t 로서 微分하면 $\frac{1}{y} \cdot \frac{dy}{dt} = \alpha \cdot \frac{1}{x}$

로 되어 x 와 y 의 成長率을 나타내며, 이때 $\alpha = \frac{1}{y} \cdot \frac{dy}{dt} / \frac{1}{x} \cdot \frac{dx}{dt}$ 로서 x 의 比成長率에 대한 y 의 比成長率의 比를 나타내게 된다. 이때 α 는 相對成長係數(coefficient of relative growth) 또는 成長比(growth ratio)라 한다. y 는 x 에 대하여 $\alpha > 1$ 일 때 優成長(positive allometry), $\alpha = 1$ 일 때 等成長(isometry), $\alpha < 1$ 일 때 劣成長(negative allometry), $\alpha = 0$ 일 때 成長停止(ceasing of growth), $\alpha < 0$ 일 때 負成長(actual negative growth)이라 한다.

對自然水 相對成長: 對自然水 相對成長이란 自然水에서의 成長量 x 에 대한 各濃度에서 成長量 y 의 關係를 말한다.

頭幅의 경우 (Fig. 4) 自然水인 對照群에 대한 各濃度の 相對成長係數를 보면 0.1ppm에서는 $\alpha = 0.6224$ 로서 $y = 1.171x^{0.6224}$ 인 相對成長式을 갖고, 0.1ppm에서의 比成長率은 自然水의 그것에 비해 62%로서 劣成長임을 알 수 있다. 0.2ppm에서는 $\alpha = 0.5248$ 로서 $y = 1.135x^{0.5248}$ 인 相對成長式을 갖고, 0.2ppm에서의 比成長率은 自然水의 그것에 비해 52%로서 劣成長임을 알 수 있다. 0.3ppm에서는 $\alpha = 0.1572$ 로서 $y = 1.240x^{0.1572}$ 인 相對成長式을 갖고, 0.3ppm에서의 比成長率은 自然水의 그것에 비해 15%로서 劣成長임을 알 수 있다.

全長의 경우 (Fig. 5) 自然水인 對照群에 대한 各濃度の 相對成長係數를 보면 0.1ppm에서는 $\alpha = 0.8954$ 로서 $y = 1.091x^{0.8954}$ 인 相對成長式을 갖고, 0.1ppm에서의 比成長率은 自然水의 그것에 비해 89%로서 劣成長임을 알 수 있다. 0.2ppm에서는 $\alpha = 0.8466$ 으로서 $y = 1.094x^{0.8466}$ 인 相對成長式을 갖고, 0.2ppm에서의 比成長率은 自然水의 그것에 비해 84%로서 劣成長임을 알 수 있다. 0.3ppm에서는 $\alpha = 0.4579$ 로서 $y = 1.526x^{0.4579}$ 인 相對成長式을 갖고, 0.3ppm에서의 比成長率은 自

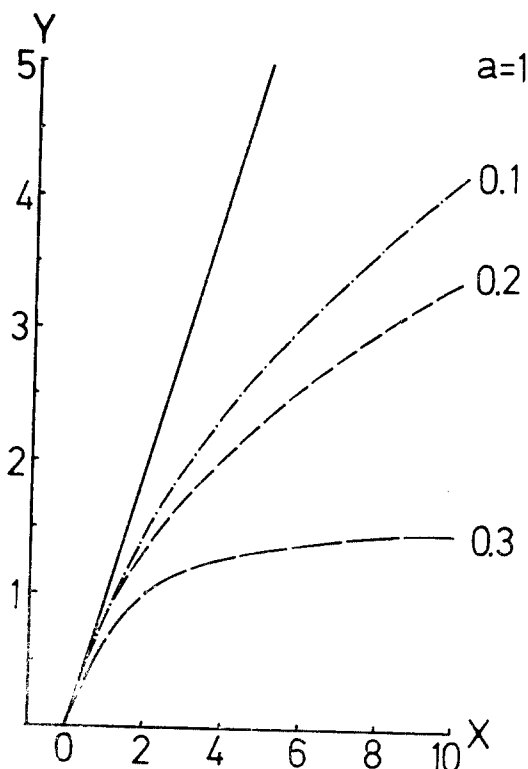


Fig. 4. Relative growth curve of each concentration(y) to control(x) in head width of *Hyobius leechii*(α : Coefficient of relative growth. Other abbreviations are the same as in Fig. 1).

Table 2. Relative growth coefficient of each concentration group(y) to control group(x) in three body parts.

x	y		
	0.1	0.2	0.3
Control			
Head width	0.6224	0.5248	0.1572
Body length	0.8954	0.8466	0.4579
Hind leg	0.5761	0.5670	0.1594

然水の 그것에 비해 45%로서 劣成長임을 알 수 있다. 後肢의 경우 (Fig. 6) 自然水인 對照群에 대한 各濃度の 相對成長係數를 보면 0.1ppm에서는 $\alpha=0.5761$ 로서 $y=1.041x^{0.5761}$ 인 相對成長式을 갖고, 0.1ppm에서의 比成長率은 自然水の 그것에 비해 57%로서 劣成長임을 알 수 있다. 0.2ppm에서는 $\alpha=0.5670$ 으로서 $y=0.937x^{0.5670}$ 인 相對成長式을 갖고, 0.2ppm에서의 比成

Table 3. Relative growth coefficient of body length (y) and hind leg(y) to head width(x) in control group.

x	y	
	Body length	Hind leg
Head width	3.9710	0.8585

長率은 自然水の 그것에 비해 56%로서 劣成長임을 알 수 있다. 0.3ppm에서는 $\alpha=0.1594$ 로서 $y=0.995x^{0.1594}$ 인 相對成長式을 갖고, 0.3ppm에서의 比成長率은 自然水の 그것에 비해 15%로서 劣成長임을 알 수 있다.

上記와 같이 自然水에 비해 銅이온에 의한 汚染濃度群이 劣成長으로 나타나고 있는 것은 銅이온이 도롱뇽幼生の 成長에 阻害作用을 한다고 할 수 있다.

對頭幅 相對成長: 對頭幅 相對成長이란 自然水에서의 頭幅成長量(x)에 대한 自然水에서의 全長(y)과 後

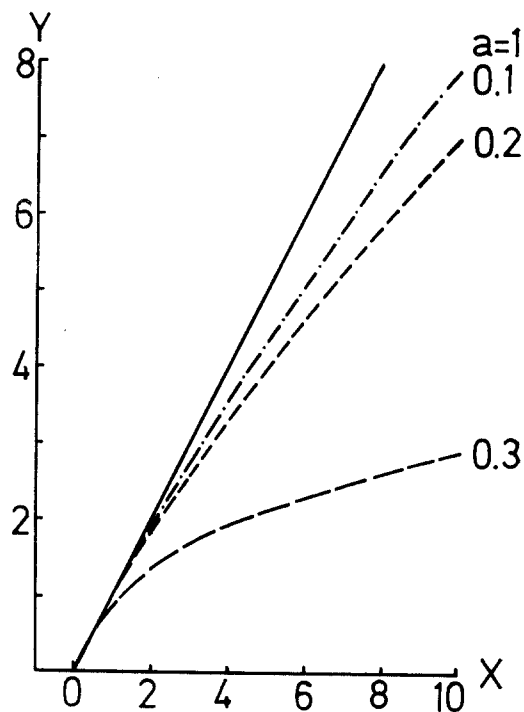


Fig. 5. Relative growth of each concentration(y) to control(x) in body length of *Hyobius leechii* (Abbreviations are the same as in Fig. 4).

肢(y)의 關係를 말한다.

自然水(對照群)인 경우 頭幅에 대한 全長과 後肢의 相對成長係數를 보면 全長에서는 $\alpha=3.9791$ 로서 $y=1.984x^{3.9791}$ 인 相對成長式을 갖고, 全長에서의 比成長率은 頭幅의 그것에 비해 397%로서 優成長임을 알 수 있다. 後肢에서는 $\alpha=0.8585$ 로서 $y=0.711x^{0.8585}$ 인 相對成長式을 갖고, 後肢에서의 比成長率은 頭幅의 그것에 비해 85%로서 劣成長임을 알 수 있다(Fig. 7).

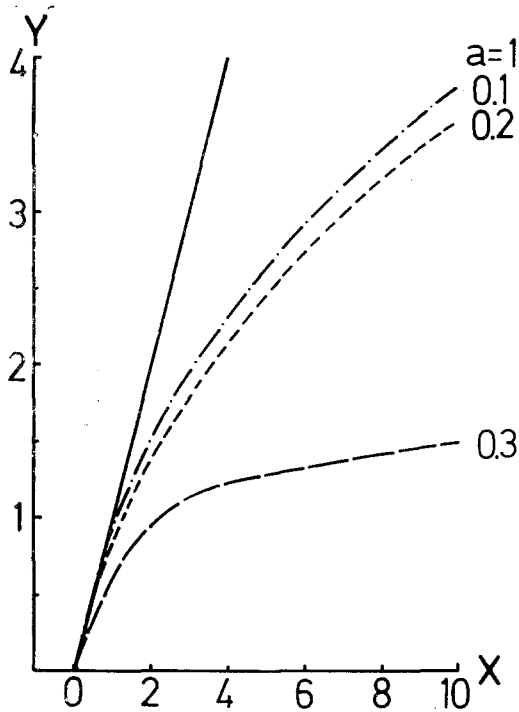


Fig. 6. Relative growth of each concentration(y) to control(x) in hind leg of *Hynobius leechii*(Abbreviations are the same as in Fig. 4).

結 論

大邱 近郊의 水系에 棲息하는 도롱뇽(*Hynobius leechii*)의 卵을 對象으로 銅이온의 濃度가 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6ppm인 汚染水와 對照群인 自然水에서 各各 孵化, 飼育하여 銅이온이 도롱뇽 幼生의 成長에 미치는 影響을 分板한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다:

① 銅이온은 도롱뇽 幼生의 成長에 阻害作用을 하였다. ② 銅이온 0.3ppm에서는 卵塊脫出後 30日間の 生存이 不可能하였고, 0.4ppm以上에서는 10日間の 生存이 不可能하였다. ③ 頭幅과 全長은 凸型의 成長狀態를 보였고, 後肢는 凹型의 成長狀態를 보였다. ④ 後肢의 發生出現은 銅이온에 의해 沮止되었다. ⑤ 體量의 增加는 모든 部位에서 自然水가 가장 크고 0.1, 0.2, 0.3ppm의 順이었다. ⑥ 相對成長係數는 自然水

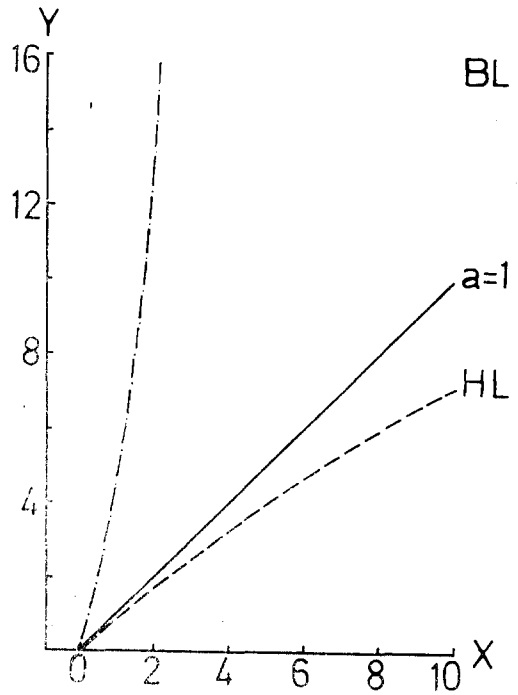


Fig. 7. Relative growth of body length(y) and hind leg(y) to head width(x) in control of *Hynobius leechii*(Abbreviations are the same as in Fig. 4).

의 것이 0.1ppm以上群의 것에 비해 항상 優成長이었고 0.1, 0.2, 0.3ppm 順이었다. ⑦ 對頭幅 相對成長에서 全長의 成長을 優成長이었고, 後肢의 成長은 劣成長이었다.

參 考 文 獻

Chung, H. M. and G. M. Malacinski, 1977. The mexican axolotl (*Ambystoma mexicanum*) as experimental mat-

- erial for studies in embryology. I. General introduction. Kor. J. Zool., 20(1) : 49~56.
- Huxley, J. S. und G. Teissier, 1937. Zur Terminologie des relativen Grössenwachstums. Anat. Bericht, 35(4) : 6.
- Ishikawa, A., 1938. Die quantitative Forschung über das Wachstum der Orbita des Japaners in der letzten Hälfte des Fetal-lebens. Kaibogaku Zassi., 13(2) : 277.
- Kang, Y. S. and I. B. Yoon, 1975. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Vol. 17. Amphibia and reptilia. Sam Wha Pub. Com.(Ministry of Education).
- Lee, S. J. and C. E. Lee, 1981. Effects of heavy metal ions on(*Rana nigromaculata*) tadpole. Nature & Life, 11(2) : 67~76.
- Park, S. O. and C. E. Lee, 1971. An analytical study on the growth of *Anoplocnemis dallasi* Kirichenko. Kor. J. Zool., 14(3) : 139~158.
- Schreckenber, G. M. and A. G. Jacobson, 1975. Normal stages of development of the axolotl, *Ambystoma mexicanum*. Develop. Biol., 42 : 391~400.
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf, 1973. Introduction to biostatistics. Freeman. 368.
- Zimmerman, A. A., 1934. The changes in position of the eye-ball during fetal life. Anat. Rec., 59 : 186.
- 高文社, 1978. 環境保全法令集, 高文社, p.84.
- 崔承允・李科珩・梁擔承, 1981. 新稿新農藥, 鄉文社, p.415.
- 日本藥學會, 1980. 衛生試驗法注解. 金原出版株式會社.

(1983年 2月 21日 接受)