

교통량이 다른 高速道路邊 生態系의 營養段階別 납과 카드뮴 含量的 差異

鄭 玩 鎬 · 李 海 浜
(東國大學校 大學院)

Content Differences of Pb and Cd by Trophic Levels of the Ecosystem near Highways with Different Traffic Volumes

Chung, Wan-Ho and Hai-Poong Lee
(Graduate School of Dongguk University)

ABSTRACT

The content of Pb and Cd in the soil, producer, 1st consumer and 2nd consumer by the distance from two highways with different construction years and traffic volumes was measured from 1984 through 1986. The result was compared with that of a control in Yangsu-ri near Mt. Unak, Namyangju-gun, Kyunggi-do.

The producers in the area of Yangjae-dong are composed of 27 species of floras with *Glycine soja* being the dominant species while those in Shingal 20 species, with *Leesia japonica* being the dominant species. The faunas in the former area include 37 families and 69 species, with insects being dominant.

In the area of Yangjae-dong, the biomass by trophic levels increased from the ratio of 1/400 between producer and 1st consumer to the ratio of 1/10 between 1st consumer and 2nd consumer. The Pb content of the soil, producer, 1st consumer and 2nd consumer in Yangjae-dong near the Kyungbu highway with traffic jam has the significant difference of 1% level at the vicinity of 10 meters and it is the same with that of Shingal area near the Youngdong highway with relatively sparse traffic except for the 2nd consumer. In case of cadmium content, the 1st and 2nd consumer has 1% significant difference near the Kyungbu highway and other trophic levels have no difference. Besides, the content of Pb and Cd at the site 1, 2 and 3 within the range of 100 meters from the two highways has 1% significant difference from that of a control while the site 4 has no difference.

緒 論

우리나라 大氣 汚染의 主宗은 自動車배기가스이다(Choi *et al.*, 1984).

高速道路에서 자동차 배기 가스로 인하여 나오는 중금속은 일반적으로 교통량과 관계가 있다(Motto *et al.*, 1970; Page and Ganje, 1970; Lagerwerff and Specht, 1970; John, 1971; Byrd *et al.*, 1983). 그리고 도로변 토양에 함유된 金屬 中에서 납이 가장 많으며 그 농도

는 교통량에 비례하고 도로변에서의 거리에 반비례한다(Warren and Delavault, 1962; Motto *et al.*, 1970; Kim, H.J., 1984).

한편 카드뮴은 교통량이 많은 도로변과 타이어 잔유물에 의하여 오염된다고 보며(Lagerwerff and Specht, 1970) 다른 元素보다 生體에 치명적인 영향 주는 원소이다(Smith, 1955; Schroeder and Balassad, 1961; Axelsson and Piscator, 1966; Carroll, 1966; Kim, B.W., 1984). 우리나라에도 납이나 카드뮴 등 重金屬이 토양, 식물 및 동물에 함유되어 있으며 그들이 생물체에 미치는 영향이 研究되어 왔다(Kang and Choi, 1972; Cha, 1974; Cha and Kim, 1975; Sung, 1976; Sung and Jeong, 1977; Pak and Kim, 1983; Pak and Park, 1983; Kim, B.W., 1984).

그러나 도로변에서 거리에 따른 중금속의 함량에 관한 연구는 아직 없으며 더구나 토양으로 부터 생산자, 소비자로 이어지는 중금속의 먹이連鎖에 關한 연구는 未盡하다.

本 研究는 高速道路邊으로 부터의 거리에 따라 납과 카드뮴 함량의 분포와 그들이 생태계의 營養段階에 따라 어떻게 移動하는가를 밝히는데 그 目的이 있다.

材料의 採取場所 및 實驗方法

採取 場所

재료의 채취장소는 교통량이 많은 경부 고속도로와 교통량이 적은 영동 고속도로를 택하였다.

앞의 地域은 前報(李 및 鄭, 1987)에 記載한 곳과 같은 地所이며 뒤의 地域은 경부 고속도로와 嶺東 高速道路의 分岐點으로 부터 原州 方向으로 約 2 km 地點 即 京畿道 龍仁郡 駒城面 彦南里(新葛)이다(Fig. 1). 對照群은 前報(李와 鄭, 1987)의 兩水里이다.

경부 고속도로는 1986년 현재 日平均 49,839臺의 차량이, 영동 고속도로는 13,888臺가 通行한다. 교통량으로 본다면 경부 고속도로가 영동 고속도로의 3.5배나 되며 竣工도 10年이나 먼저 完成되었다. 두 地域 모두 材料 採取를 위하여 고속도로와 수직으로 10 m(地所 1), 50 m(地所 2), 100 m(地所 3), 160 m(地所 4)의 距離를 定하여 그 곳에서 흙, 생산자, 일차 소비자, 2차 소비자를 채취하였다.

材料 採取 方法

植物 群落 測定 Quadrat法으로 고속도로변의 식물 군락을 조사하였다.

優點種은 相對密度, 相對頻度, 相對被度



Fig. 1. Map showing the sampling sites near the Youngdong highway. Numerals indicate sampling sites.

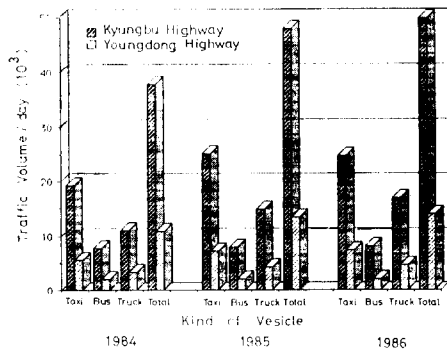


Fig. 2. Traffic volumes of the Kyungbu highway (Yangjae-dong) and the Youngdong highway (Shingal).

로부터 重要值를 計算하여 얻었다.

單位 面積當 生物量 피라미드 測定 地所別로 (2.5×2.5) m의 quadrat를 設定하여 그 속에 있는 植物群落, 即 生産者 그리고 1次消費者와 2次 消費者를 採集하여 그들의 種을 記錄하고 個體數를 세었으며 單位 面積當 生物量을 알기 爲하여 植物을 陰乾시켜 무게를 달았으며 消費者는 陰乾시킨다음 다시 dry oven에서 乾燥시킨 다음 乾量을 달았다.

重金屬 測定 土壤은 地所의 表土로부터 10 cm 程度까지 採土하여 乾燥시켰다. 生産者는 각 地所의 草本植物을 베어달렸다. 消費者는 다음의 3가지 方法으로 材料를 採集하였다.

곤충 채집망으로 同一 地所에서 20여차례 sweeping하여 昆蟲과 그의 動物을 채집하였다.

地表面을 기어다니는 節肢動物을 채집하기 위하여 직경 8 cm, 높이 19 cm되는 빈병에 과포화 피크린산을 넣고 지표면과 같은 높이로 묻고 매일 한번씩 그 병에 빠진 절지동물을 채집하였다. 이러한 pitfall trap병을 지소별로 15개씩 설치하였다(Martin, 1965; Rickard and Haverfield, 1965).

날아다니거나 기어다니는 절지동물을 채집하기 위하여 진공 청소기의 원리를 이용한 D-Vac을 이용하여 vacuum insect sucking法으로 모든 곤충을 흡인하여 신속히 채집하였다. 낱과 카드뮴의 定量은 前報(李와 鄭, 1987)와 같은 方法으로 實施하였다(日本藥學會 編, 1980).

結果 및 考察

植物群落

良才洞의 植物群落은 27種類가 出現하였고 돌콩(*Glycine soja*)이 優點하고 다음에 들피(*Echinochloa crus-galli*)가 많았다. 地所 1에서 地所 4까지 12, 9, 10, 11種의 植物이 各各 나타나며 地所 2만 들피가 優點하고 나머지 地所는 모두 돌콩이 優點하였다. 新葛에는 20種의 식물이 出現하고 나도겨풀(*Leesia japonica*)이 우점하였다.

動物 群集

良才洞의 動物相은 37科 69種이 出現하는데 昆蟲이 主宗을 이루며 그 중 긴노린재科의 흑다리긴노린재(*Paromius exiguus* D.)와 말매미충科의 말매미蟲(*Cicadella viridis* L.)이 대표적이다.

單位 面積當 生物量 피라미드

各 地所別로 1m²當 生産者, 1次 消費者, 2次 消費者의 生物量을 調査한 結果는 다음과 같다. 地所 1에는 生産者가 2,916 g/m², 1次 消費者가 6.8 g/m² 및 2次 消費者가 0.6 g/m² 있었다. 生産者, 1次 消費者 및 2次 消費者로의 段階別로는 約 1/400 및 1/10로 減少됨을 알 수 있다(Fig. 3). 地所 2에는 各各 2,490 g/m², 5.2 g/m² 및 0.5 g/m²이며 段階別로는 約 1/480 및 1/10로 減少되었다. 地所 3에는 各各 2,685 g/m², 5.8 g/m² 및 0.5 g/m²이며 단계별로 約 1/460, 1/10로 減少되었다. 地所 4에는 各各 3,145 g/m², 7.2 g/m² 및 0.68 g/m²이며 約 1/430, 1/10로 감소됨을 알 수 있다.

一般的으로 生産者에서 1次 消費者로 轉移되는 過程은 約 1/400로 減少하고, 1次消費者에서 2次 消費者로는 1/10로 減少한다. 即 소비자는 단위 면적당 존재하는 동물을 모두 채취할 수 없는 短點이 있기 때문에 생산자의 무게에 비하여 일차 소비자의 무게가 적은 편

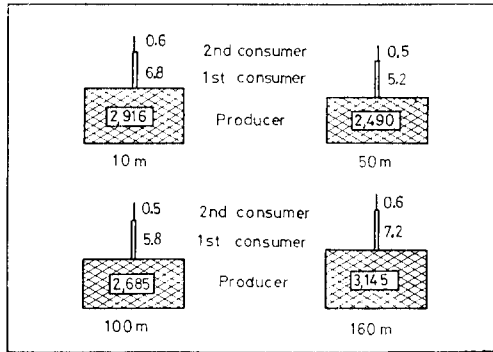


Fig. 3. Biomass pyramid(g/m²) at the sampling site near the Kyungbu highway in Yangjae-dong.

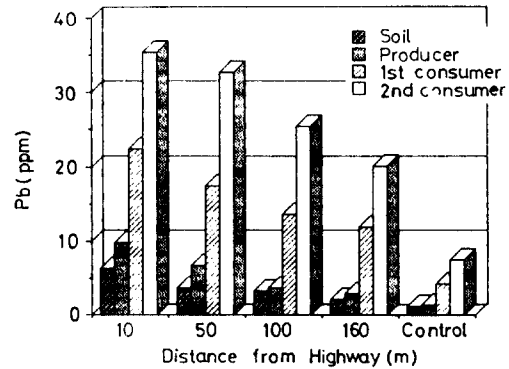


Fig. 4. Pb content by the distance from the Kyungbu highway at Yangjae-dong.

이라고 생각된다.

良才洞의 重金屬

납 함량 고속도로에서 地所 1, 2, 3 및 4 토양의 납의 양은 각각 6.4, 3.7, 3.2, 및 2.1 ppm이었다. 또 對照群의 토양은 1.2 ppm이었다. 이것은 거리가 멀어짐에 따라 토양 속에 납의 양이 감소한 연구결과와 일치한다(Singer and Hanson, 1969; Lagerwerff and Specht, 1970; Motto *et al.*, 1970; Schuck and Locke, 1970). 또 토양의 납과 교통량과는 상관관계가 없다고 보는 연구(Welch and Dick, 1975)도 있기는 하지만 陽의 상관관계가 있다고 보는 연구(Warren and Delavault, 1962; Singer and Hanson, 1969; Chow, 1970; Motto *et al.*, 1970)와 본 조사는 일치함을 알 수 있다.

미국 뉴저지의 고속도로변의 토양은 16~96 ppm(Prince, 1957), 10~700 ppm (Cannon and Bowles, 1965), 볼티모어의 표토는 99~122 ppm(Chow, 1970), 콜로라도의 오염되지 않은 토양은 22.9 ppm (Edwards and Corrin, 1971)이다. 그리고 고속도로에서 15m 거리의 토양은 73.0 ppm(Mierau and Favara, 1975)이다. 또 하루 평균 54,700臺의 교통량이 있는 도로변의 토양에는 118 ppm의 납이 존재한다(Motto *et al.*, 1970). 이러한 미국의 연구결과에 비하여 본연구의 결과는 그 값이 훨씬 적다. 그 이유는 1970년에 竣工한 京釜 高速道路보다 미국의 역사가 오래되고 교통량이 많은 도로에 있을 것이다(Singer and Hanson, 1969). 또 고속도로로부터 1.5 m 거리의 토양의 납 함량은 60 m 거리의 것보다 3배나 많은 미국의 경우보다(Singer and Hanson, 1969) 본 연구 결과는 거리에 따라 오히려 서서히 감소됨을 볼 수 있다. 다만 망우리 도로변 6m거리의 表土는 24.0 ppm이며 그 15 cm 깊이도 14.0 ppm (Kang and Choi, 1972) 보다 본 연구 결과는 납 함량이 적었는데 그 이유는 표토로부터의 깊이에 차이가 있었던 것 같다. 한편 표토의 납 함량이 17~52 ppm (Page and Ganje, 1970; Gatz *et al.*, 1981)이지만 반테리 공장이나 용광로 주위의 토양은 數萬 ppm (John, 1971; Miragaya *et al.*, 1981; Bisessar, 1982)로 증가하는 예도 알려지고 있다.

생산자의 납함량은 地所 1, 2, 3, 및 4에서 각각 9.7, 6.7, 3.6, 및 2.8 ppm으로 감소된다. 그리고 對照群의 植物은 1.3 ppm이다.

하루 평균 5萬 3千臺의 도로로부터 0 m의 식물은 65.2 ppm (Motto *et al.*, 1970), 8 m의 것은 68.2 ppm, 32 m는 26.3 ppm (Lagerwerff and Specht, 1970), 7 m는 48 ppm, 30 m는

33 ppm (Chow, 1970)로써 본 연구결과보다 훨씬 높은 양이었다. 이밖에 매릴랜드(Giles *et al.*, 1973)와 일리노이(Price *et al.*, 1974)에서 각각 고속도로변의 식물로부터 높은 양의 납을 검출하고 있다. 또 50 m 떨어진 곳은 10.5 ppm, control 地域은 3.1 ppm (Robel *et al.*, 1981)인 경우도 있다. 경북 왜관 근처 고속도로변의 목초에서는 3.51 ppm (Kim, B.W., 1984)이고 식물체내의 중금속양은 토양보다 훨씬 많은 연구결과(Cha, 1974)는 본 연구결과와 일치한다.

가로수 있는 북구주시가 30 ppm, 신호시가 45 ppm인데 비해 晋州市는 0.16 ppm, 大邱市는 0.35 ppm으로 일본이 우리나라보다 100배이상 높다(Sung, 1976). 우리나라도 木本이 草本보다 10배 이상이나 납의 농도가 높고 (Sung, 1976; Kang and Choi, 1972), 針葉樹 있는 草本의 10배 이상 높다(Grodzjnski and Yorks, 1981).

一次 消費者의 납 함량은 地所 1, 2, 3 및 4에서 각각 22.3, 17.4, 13.5 및 11.8 ppm이고 對照群의 것은 4.3 ppm이다. 이와 對照의 2次 消費者의 납 함량은 각각 35.4, 32.7, 25.4 및 20.1 ppm이며 對照群은 7.5 ppm으로서 一次 消費者보다 濃蓄되고 있다. 도로변 곤충의 납 함량은 50 ppm(Udevitz *et al.*, 1980)이었는데 이 값은 본 연구 결과의 2배 이상이며 또 170 ppm (Giles *et al.*, 1973)인 경우도 알려졌는데 이 결과는 高次 消費者까지 함께 分析했다 하더라도 무척 높은 값이다.

때로는 草食動物이 草本보다 납 농도가 낮은 경우가 있는데 그 이유는 납이 풀 表面에 묻기 때문일 것이다(Williamson and Evans, 1971). 곤충 중에도 특히 외골격이 발달한 것에서 납 함량이 많은데 그것은 Ca²⁺의 蓄積과 관계가 있을 것이다(Williamson and Evans, 1971). Fig. 5에서 모든 地所의 생산자로부터 고차 소비자로 올라갈 수록 납농도가 크게 농축됨을 알 수 있다.

Table 1은 良才洞의 地所別로 營養段階를 따른 有意性 檢定을 알기 爲하여 統計處理한 것이다. 對照群에 對해서 地所 1의 토양, 생산자, 1차 소비자 및 2차소비자는 모두 1%水準의 有意差가, 地所 1과 地所 4 사이에는 生産者가 1%의 有意差를 보인다.

카드뮴 含量 良才洞의 토양은 地所 1에서 0.007 ppm이 地所 4에서 0.005 ppm으로 감소하고 對照群에서 0.004 ppm이다.

도로변의 표토의 카드뮴 함량은 3 ppm이지만 거리가 멀어짐에 따라 급격히 감소한다(Gatz *et al.*, 1981). 하지만 農耕地에는 카드뮴이 많고 납이 적다(Carter *et al.*, 1980). 토양 속에서 카드뮴은 ion 상태로도 존재하지만 CdCO₃ 형태로도 존재한다(Sadiq and Zaidi, 1981).

Table 1. Pb content to the trophic level of the each site in Yangjae-dong

| Site | Soil | Producer | 1st Consumer | 2nd Consumer | |
|---------|------|----------|--------------|--------------|------|
| 1 | 6.1 | 9.3 | 22.7 | 35.4 | |
| 2 | 3.7 | 6.3 | 17.7 | 33.5 | |
| 3 | 3.2 | 3.5 | 14.0 | 25.4 | |
| 4 | 2.6 | 2.8 | 11.6 | 20.1 | |
| Control | 1.2 | 1.4 | 4.3 | 7.4 | |
| LSD | 5% | 2.8 | 4.1 | 11.2 | 15.8 |
| | 1% | 4.0 | 5.9 | 15.9 | 22.5 |

LSD: Least Significant Difference

unit: ppm

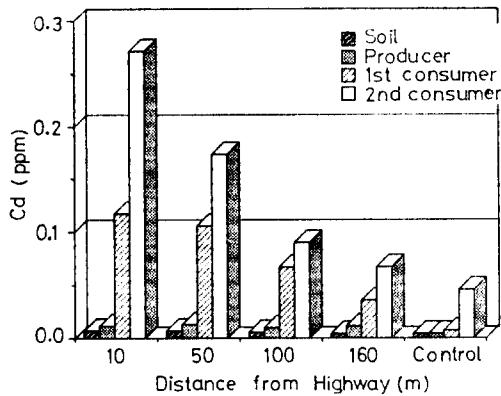


Fig. 5. Cd content by the distance from the Kyungbu highway at Yangjae-dong.

ppm이다. 즉 도로변이 대조군보다 6배 이상 많다. 카드뮴은 미량이라도 다른 원소보다 생체에 치명적인 영향을 주는 중금속으로 식물에서는 카드뮴을 처리하면 양분의 흡수가 저하되며 황화現象이 나타나고(Cha and Kim, 1975) 또 식물의 발아도 저하시킨다(Sung, 1979).

Table 2는 지소별로 영양단계에 따라 카드뮴함량의 유의성 검증을 한 것이다. 토양과 생산자 사이에는 유의차가 있지만 對照群과 地所 1의 1차소비자와 2차소비자 사이는 1% 수준의 유의차가 있다.

新葛의 重金屬

납 含量 신갈은 日平均 차량이 13,888臺가 通行한다. 그 量은 경부고속도로의 약 1/4에 지나지 않는다.

Fig. 6에서 表土의 납 含量은 地所 1이 다른 地所보다 많다. Fig. 6의 data를 통계처리하여 Table 3에서 各 地所별로 영양단계에 따른 유의성을 검증하였다.

토양, 생산자, 1차 소비자 사이에는 1% 수준의 유의차가 나타나지만 2차 소비자에서는 유의차가 없다.

카드뮴含量 카드뮴은 납과 같이 경부 고속도로에 비하면 그 量이 적다(Fig. 7). 거리에 따른 카드뮴양에 차이가 없는 것으로 미루어 보아 본 조사지소는 아직 카드뮴의 오염이 심

Table 2. Cd content to the trophic level of the each site in Yangjae-dong

| Site | Soil | Producer | 1st Consumer | 2nd Consumer |
|---------|-------|----------|--------------|--------------|
| 1 | 0.007 | 0.011 | 0.118 | 0.271 |
| 2 | 0.007 | 0.013 | 0.106 | 0.173 |
| 3 | 0.006 | 0.010 | 0.068 | 0.092 |
| 4 | 0.005 | 0.011 | 0.036 | 0.066 |
| Control | 0.004 | 0.005 | 0.007 | 0.046 |
| LSD | 5% | NS | 0.058 | 0.081 |
| | 1% | NS | 0.082 | 0.116 |

LSD: Least Significant Difference

NS: Nonsignificant

unit: ppm

카드뮴은 납과 같이 제철공장 주변의 토양 속에는 對照地域보다 30배 이상 含有된다 (Bissasar, 1982). 미국의 여러 주에서 도로변 8 m 거리의 포토는 0.90~1.82 ppm을 含有하는데(Lagerwerff and Specht, 1970) 이 결과는 본 연구결과 보다 100배 이상 많다.

생산자의 카드뮴 함량은 고속도로로부터의 거리에 관계없이 모든 지소에서 동일한 양을 가졌다. 그리고 1차소비자는 지소 1에서 0.118 ppm인데 地所 4에서 0.036 ppm으로 약 3배 농축되었다.

2차소비자는 지소 1에서 0.271 ppm이고 지소 4에서 0.067 ppm이며 對照群에서 0.046

Table 3. Pb content in ppm to the trophic level of each site in Shingal

| Site | Soil | Producer | 1st consumer | 2nd consumer | |
|---------|------|----------|--------------|--------------|----|
| 1 | 5.3 | 5.1 | 15.6 | 27.4 | |
| 2 | 1.7 | 2.1 | 10.9 | 20.9 | |
| 3 | 1.5 | 1.4 | 9.8 | 16.1 | |
| 4 | 1.3 | 1.4 | 7.3 | 12.9 | |
| Control | 1.2 | 1.4 | 4.3 | 7.4 | |
| LSD | 5% | 1.9 | 1.9 | 5.1 | NS |
| | 1% | 2.7 | 2.7 | 7.3 | NS |

LSD: Least significant difference NS: Nonsignificant

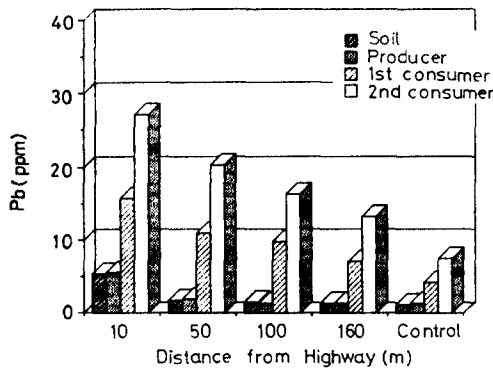


Fig. 6. Pb content by the distance from the Youngdong highway at Shingal.

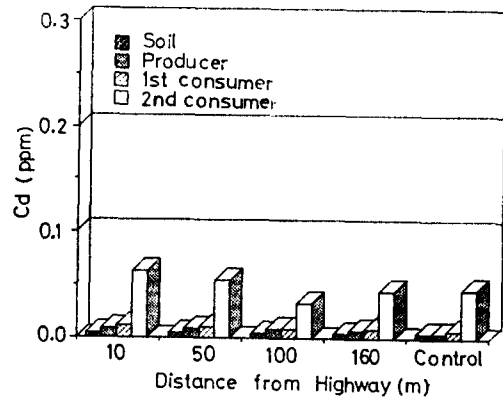


Fig. 7. Cd content by the distance from the Youngdong highway at Shingal.

각하지 않은 것으로 생각된다. 통계처리한 결과에서도 모두 유의차가 없다.

實驗 地域 間의 相關關係

良才洞과 新葛의 地所 1, 2, 3 및 4와 對照群에서 토양, 생산자, 1차소비자 및 2차소비자의 납과 카드뮴을 통계처리한 결과가 Table 4와 5이다. Table 4에서 地所 1의 납과 對照群의 그것 사이에는 良才洞은 1% 수준의 유의차가, 新葛은 5% 수준의 유의차가 있다. 地所 2 및 地所 3과 對照群 사이에는 良才洞만이 1%의 有意差가 있고 地所 4는 有意差가 없다.

Table 4. Comparison of the Pb content to the traffic volumes of the Kyungbu highway

| Area | Site 1 | Site 2 | Site 3 | Site 4 | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|----|
| Yangjae-dong | 18.4 | 15.3 | 11.5 | 9.3 | |
| Shingal | 12.8 | 8.9 | 7.2 | 5.7 | |
| Control | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | |
| LSD | 5% | 8.2 | 8.0 | 6.3 | NS |
| | 1% | 10.9 | 10.8 | 8.4 | NS |

LSD: Least Significant Difference NS: Nonsignificant

unit: ppm

Table 5. Comparison of the Cd content in ppm to the traffic volumes of the highway

| Area | Site 1 | Site 2 | Site 3 | Site 4 | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|----|
| Yangjae-dong | 0.102 | 0.075 | 0.044 | 0.040 | |
| Shingal | 0.022 | 0.019 | 0.015 | 0.016 | |
| Control | 0.015 | 0.015 | 0.015 | 0.015 | |
| LSD | 5% | 0.059 | 0.037 | 0.026 | NS |
| | 1% | 0.079 | 0.050 | 0.035 | NS |

LSD: Least significant difference NS: Non-significant

Table 5의 카드뮴은 地所 1에서 良才洞과 對照群 그리고 良才洞과 新葛이 모두 1% 有意差가 있다.

地所 2도 良才洞과 對照群 그리고 良才洞과 新葛이 모두 1% 有意差가 있다. 地所 3은 對照群과 新葛에 對하여 良才洞만이 5%의 有意差가, 地所 4는 有意差가 없다.

납과 카드뮴이 모두 地所 4는 아직 汚染되지 않았으며 車輛數가 3.5배 以上이나 되는 경부고속도로가 영동고속도로 보다 더 汚染되었다고 볼 수 있다.

摘 要

건설년수와 차량 통행수가 다른 두 고속도로로 부터의 거리에 따른 토양, 생산자, 1차소비자 및 2차소비자 체내의 납과 카드뮴을 1984~1986년에 定量하고 對照群으로서 京畿道 南楊州郡 雲岳山(兩水里)의 것과 比較하였다.

良才洞 地域의 生産者는 27種의 植物이 있으며 돌콩이 우점하고 新葛地域은 20種 있으며 나도겨풀이 優點한다. 良才洞 地域의 動物은 37科 69種이 있으며 昆蟲이 主宗을 이룬다. 良才洞 地域의 영양단계에 따른 生物量은 生産者—1次消費者 및 1次消費者—2次消費者가 各各 1/400 및 1/10로 減少한다. 交通量이 많은 경부고속도로변(良才洞)의 납 함량은 토양, 생산자, 1차소비자 및 2차소비자에서 近距離(10 m)에서는 1% 水準의 有意差가 있지만 交通量이 적은 영동고속도로(新葛)에서는 2次 消費者를 除外하고 1%의 有意差가 있다.

카드뮴은 경부고속도로에서 1次 및 2차 소비자에서 1%의 有意差가 있고 기타 영양단계에서는 差異가 없다. 또 兩高速道路邊에서 100 m까지의 거리 즉 地所 1, 2, 3의 납과 카드뮴 含量은 兩水里의 것과 1% 有意差가 있지만 地所 4에서는 差異가 없다.

引 用 文 獻

- Axelsson, B. and M. Piscator. (1966). Renal damage after prolonged exposure to cadmium. *Arch. Environ. Health*, **12** : 360~373.
- Bissessar, S. (1982). Effect of heavy metals on micro-organisms in soils near a secondary lead smelter. *Water, Air, and Soil Pollution*, **17** : 305~308.
- Byrd, D.S., J.T. Gilmore and R.H. Lea. (1983). Effect of decreased use of lead in gasoline on the soil of a highway. *Environ. Sci. & Technol.*, **17** : 121~123.
- Cannon, H.L. and J.M. Bowles. (1965). Contamination of vegetation by tetra-ethyl lead. *Science*, **137** : 765~766.

- Carroll, R.E. (1966). The relationship of cadmium in the air to cardiovascular disease death rates. *J. Amer. Med. Ass.*, **198** : 177~179.
- Carter, A., A. Kennedy and T.F. Gutrie. (1980). Earthworms as biological monitors of changes in heavy metal levels in an agricultural soil in British Columbia. *In*, Dindal, D.L. (Ed.), *Proceedings of the VIIIth international soil zoology colloquium of the international society of soil*. New York. pp.344~357.
- Cha, J.W. (1974). Ecological studies of plants for control of environmental pollution. III. The studies on the content and contamination of heavy metals and vegetation of roadside. *Korean J. Bot.*, **17** : 158~162.
- Cha, J.W. and B.W. Kim. (1975). Ecological studies of plants for the control of environmental pollution. IV. —Growth of various plant species as influenced by soil applied cadmium—. *Korean J. Bot.*, **18** : 23~30.
- Choi, D.I., Y.K. Kim, K.S. Koh, Y.H. Chung and K.H. You. (1984). Survey on air pollution leads from stationary sources in Daegu. The report of NEPI, ROK, **6** : 9~16.
- Chow, T.J. (1970). Lead accumulation in roadside soil and grass. *Nature, Lond.*, **255** : 295~296.
- Edwards, H.W. and M.L. Corrin. (1971). Impact on man of environmental contamination caused by lead. Interim report for period ending 30 Jun 1971. NSF G1-4. Fort Collins, Colorado State University.
- Gatz, D.F., J. Bartlett and J.J. Hassett. (1981). Metal pollutants in agricultural soils and the St. Louis urban rainfall anomaly. *Water, Air, and Soil Pollution*, **15** : 61~75.
- Giles, F., S. Middleton and J. Grau. (1973). Evidence for the accumulation of atmospheric lead by insects in areas of high traffic density. *Environ. Entomol.*, **2** : 299~300.
- Grodzinski, W. And T.P. Yorks. (1981). Species and ecosystem level bioindicators of airborne pollution: an analysis of two major studies. *Water, Air, and Soil Pollution*, **16** : 33~53.
- John, M.K. (1971). Lead contamination of some agricultural soils in western Canada. *Environ. Sci. & Technol.*, **5** : 1199~1203.
- Kang, S.J. and H.S. Choi. (1972). Effect of roadside soil and vegetation with lead and zinc by motor vehicles. *Korean J. Bot.*, **15** : 9~13.
- Kim, B.W. (1984). Studies on the effect of lead and Cadmium in growth of roadside plant. Doctoral thesis of graduate school of Dongguk University.
- Kim, H.J. (1984). Study on the heavy metal pollution in soils and barks of roadside trees. *Biology Edu. major, the graduate school of Education, Ewha Woman's Univ.*
- Lagerwerff, J.V. and A.W. Specht. (1970). Contamination of roadside and vegetation with cadmium, nickel, lead, and zinc. *Environ. Sci. & Technol.*, **4** : 583~586.
- Martin, J.L. (1965). The insect ecology of red pine plantations in central Ontario. III. Soil surface fauna as indicators of stand change. *Proc. Entomol. Soc. Ont.*, **95** : 87~101.
- Mierau, G.W. and B.E. Favara. (1975). Lead poisoning in roadside populations of deer mice. *Environ. Pollut.*, **8** : 55~63.
- Miragaya, J.G., S. Castro and J. Paolini. (1981). Lead and zinc levels and chemical fractionation in road-side soils of Caracas, Venezuela. *Water, Air, and Soil Pollution*, **15** : 285~297.
- Motto, H.L., R.H. Danies, D.M. Chilko and C.K. Motto. (1970). Lead in soils and plants: Its relationship to traffic volume and proximity to highways. *Environ. Sci. & Technol.*, **4** : 231~237.
- Page, A.L. and T.J. Ganje. (1970). Accumulations of lead in soils for regions of high and low motor vehicles traffic density. *Environ. Sci. & Technol.*, **4** : 140~142.

- Park, B.K. and O.K. Kim, (1983). Ecological effect of zinc and lead on plants. Korean J. Ecol., 6 : 98~105.
- Park, J.H. and S.O. Park. (1983). Influence of Cu on the growth of Korean axolotl, *Hynobius leechii*. Korean J. Ecol., 6 : 106~113.
- Price, P., B. Rathe and D. Gentry. (1974). Lead in terrestrial arthropods: Evidence for biological concentration. Environ. Entomol., 3 : 370~372.
- Prince A.I. (1957). Trace element delivering capacity of 10 New Jersey soil types as measured by spectrographic analysis of soils and mature corn. Soil Sci., 84 : 413~418.
- Rickard, W.H. and L.E. Haverfield. (1965). A pitfall trapping survey of darkling beetles in desert steppe vegetation. Ecology, 46 : 873~875.
- Robel, R.J., C.A. Howard, M.S. Udevitz and B. Curnutte. (1981). Lead contamination in vegetation, cattle dung, and dung beetles near an interstate highway, Kansas. Environ. Entomol., 10 : 262~263.
- Sadiq, M. and T.H. Zaidi. (1981). The adsorption characteristics of soils and removal of cadmium and nickel from wastewaters. Water, Air, and Soil Pollution, 16 : 293~299.
- Schroeder, H.A. and J.J. Balassad. (1961). Abnormal trace metals in man: Cadmium. J. Chronic Dis., 14 : 236~258.
- Schuck, E.A. and J.K. Locke. (1970). Relationship of automotive lead particulate to certain consumer crops. Environ. Sci. & Technol., 4 : 324~330.
- Singer, M.J. and L. Hanson. (1969). Lead accumulation in soils near highways in the twin cities metropolitan area. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 33 : 152~153.
- Smith, J.C. (1955). Determination of cadmium in urine and observations on urinary Cd and protein excreted in men exposed to CdO dust. Biochem. J., 61 : 698~701.
- Sung, M.W. (1976). Studies on the precipitation of lead ion and the inhibition of plant growth. Korean J. Bot., 19 : 1~6.
- Sung, M.W. and Y.H. Jeong. (1977). Effects of various anions on absorption and toxicity of lead in plants. Korean J. Bot., 20 : 7~14.
- Sung, M.W. (1979). Effects of Cd, Hg and Pb on the respiration of the germinating seeds. Korean J. Bot., 22 : 15~20.
- Udevitz, M.S., C.A. Howard, R.J. Robel and B. Curnutte. (1980). Lead contamination in insects and birds near an interstate highway, Kansas. Environ. Entomol., 9 : 35~36.
- Warren, H.V. and R.E. Delavault. (1962). Lead in some food crops and trees. J. Sci. Food. Argri., 13 : 96~98.
- Williamson, P. and P.R. Evans. (1971). Lead: Levels in roadside invertebrates and small mammals. Bull. Environ. Contam. & Toxicol., 8 : 280~288.
- 李海滨·鄭玩鎬. (1987). 高速道路로부터의 距離에 따른 쥐의 器官內 납과 카드뮴 含量. 환경태지, 10 : 1~6.

(1987年2月 16日 接受)