

## Carbofuran의 土壤中 分解에 대한 Cellulose의 影響에 關한 研究

杜玉珠·鄭文鎬\*

서울市 保健環境研究院, \*서울大學校 保健大學院

### A Study on the Effect of Cellulose on Degradation Rate of Carbofuran in Flooded Paddy Soil

Ock-Ju Tu and Moon-Ho Chung\*

Seoul Metropolitan Government Institute of Health and Environment,  
\*Graduate School of Public Health, Seoul National University

#### ABSTRACT

Carbofuran was incubated for four weeks in three different types of paddy soil samples at 25°C. The soil samples prepared in the present study were as follows : control soil, 3% cellulose added soil and 10% cellulose added soil. The degradation rate of carbofuran significantly decreased by the addition of cellulose to soil( $p < 0.05$ ). The initial pH of soils was 5.0. After incubation for four weeks, the pH of 10% cellulose added soil sample was lower than those of control soil and 3% cellulose added soil. According to increased organic carbon content of the soil, redox potentials of soils decreased. The decreased degradation rate of carbofuran in 10% cellulose added soil was related to the highly negative redox potentials in contrast with the oxidised conditions of control soil and 3% cellulose added soil.

**Keywords :** Carbofuran, Cellulose, pH, Redox potential, Degradation rate

#### I. 緒 論

農藥은 生産性 向上에 必須的인 要素로서, 1945年 부터 개발되어 강력한 殺蟲力으로 全世界 農業의 生産性을 向上시키는데 크게 寄與했던 有機鹽素界 農藥은 環境내에 오랜 기간 殘留하여 먹이사슬을 통한 蓄積으로 生態界를 위협할 뿐 아니라 그 分解産物 들의 毒性이 강하여 環境生態界에 문제를 惹起시킴이 밝혀져 多數의 有機鹽素界 農藥들의 사용이 禁止되었다. 1970年 以後에는 이들 農藥이 內包하고 있는 모든 問題點을 改善하고 補完하여 人畜에 더욱 毒性이 적고 環境生態界에 적은 影響을 주는 안전한 農藥을 개발하는데 主力한 結果, 比較的 低毒性을 지닌 유기인제 및 carbamate제 農藥이 개발되어 이용되고 있다.<sup>1)</sup>

그러나, 1979年 美國 New York의 Suffolk County 地域의 地下水에서 carbamate계 殺蟲劑의 一種인 aldicarb과 그 分解産物인 aldicarb sulfone, aldicarb

sulfoxide 성분이 地下水와 우물에서 多量 발견되었고, 이들 化合物의 汚染이 地下水를 飲用水로 이용하고 있던 이 地域 住民들의 健康에 甚大影響을 미치고 있는 것으로 調査結果 밝혀졌다.<sup>2)</sup> 그 이후, 土壤內에서 比較的 빨리 분해됨으로써 殘留성이 적어 안전한 것으로 여겨졌던 carbamate계 殺蟲劑들의 土壤內 잔류와 土壤을 통한 地下水로의 流入<sup>3)</sup>과, 降雨를 통한 地表水로의 流出<sup>4)</sup>, 低濃度의 carbamate 成分에 의한 nitrosamine의 生成<sup>5)</sup> 등에 關하여 새로운 관심이 集中되고 이에 대한 활발한 研究를 促進시키게 되었다.

Carbofuran은 1967年에 美國의 FMC 社에서 개발한 carbamate계 浸透性殺蟲劑로서 FMC 社는 商標名 Furadan<sup>6)</sup>으로, Bayer 社에서는 Curaterr<sup>7)</sup>로 생산하고 있다. 우리나라에서는 1975年 부터 水稻의 멸구(Brown plant hoppers)와 이화명나방(Rice stem borers) 등의 防除用으로, 그리고 各種 野菜와 土壤害蟲 防除에 광범하게 사용되며<sup>8)</sup>, 國內 總 殺蟲

劑 生産量의 약 33%를 차지하고 있는 대표적인 carbamate계 殺蟲劑중 하나이다.<sup>10)</sup>

土壤內에서의 微生物의 作用은 土壤內 有機物 含量과 密接하게 관련되어 있는데, 有機物을 土壤에 注入하면 微生物 作用이 活潑해지며 그 結果로 各種 化合物의 분해 速度가 빨라진다고 보고된 반면<sup>11)</sup>, 유기인계<sup>12)</sup>와 유기염소계 殺蟲劑 그리고 窒素를 포함한 殺蟲劑<sup>13)</sup>는 有機物 含量이 높은 土壤에서의 분해속도가 有機物 含量이 낮은 鏽物性 土壤보다 증가되는 결과를 나타내어<sup>14)</sup>, 施肥나 객토 등에 의해 土壤內의 有機物 含量이 증가되는 경우에 殺蟲劑 成分의 分解速度의 변화에 관한 研究들은 一貫된 結果를 얻지 못하고 있다.

한편, 李 등<sup>15)</sup>은 carbofuran이 土壤에 殘留될 경우 土壤으로부터 溶出되는 特性을 분석한 研究에서 carbofuran 添加 3개월 후 92%의 農藥 成分이 水中으로 溶出되었는데, 그 原因은 carbofuran이 他 農藥에 比해 水溶性이 높고, 토양에서 많은 양의 水溶性 分解産物이 生成되기 때문이라고 보고하였다.

國內의 서울 등 6대 都市를 제외한 地域에서 平均 上水道普及率이 67.5%(1995년)<sup>16)</sup>에 불과하여 공동우물과 地下水 등을 飲用水로 사용하는 人口가 많은 狀況에서 carbofuran의 土壤 處理量이 많아지는 夏節期에, 이들 물질의 토양 및 수계 오염 可能性은 地域住民의 건강을 위협하는 重大한 問題로 생각된다.

이 研究에서는 國內에서 多量 使用되고 있는 carbofuran이 湛水土壤에서 分解될 때, 여러 環境的 要因 중 土壤에 첨가된 有機物로서 cellulose 性分과 이에 의해 變化되는 土壤의 pH와 酸化還元電位가 carbofuran의 分解速度에 미치는 影響을 분석하고자 한다.

## II. 實驗材料 및 實驗方法

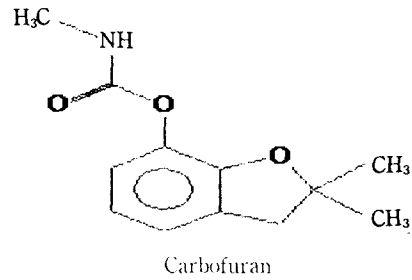
### 1. 實驗材料

#### 1) Carbofuran

Carbofuran(2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuran-N-methylcarbamate)은 分析用(純度: 99%, Chem Service Inc. U.S.A.) 標準品을 acetone에 녹여 1000 ppm이 되도록 母液을 만든다음 이를 희석하여 차례로 100 ppm, 10 ppm, 1 ppm, 0.1 ppm의 標準溶液을 제조하여 사용하였다.

#### 2) 土壤

##### (1) 試料의 採取



1996년 3월 下旬 경기도 시흥시에 所在한 논토양을 表層 20 cm 깊이에서 採取하여 그늘에서 乾燥시킨 후, 2 mm 분급제에 通過시켰으며, 分析한 土壤의 物理化學的 特性은 Table 1과 같다. 試料土壤의 有機物 含量은 2.37%로 國內 湛水土壤의 平均的인 有機物 含量 범위<sup>17,18)</sup>에 屬하였다.

##### (2) 試料의 調製

위의 土壤을 自然狀態로 對照土壤(토양 A)으로 使用하였고, 對照土壤에 有機物原으로서 cellulose를 重量比로 3%(土壤 B)와 10%(土壤 C)의 cellulose를 添加하여 均 一하게 混合하여 試料土壤으로 사용하였으며, 그 내용을 Table 2에 나타내었다. Cellulose는 Sigmacell<sup>®</sup> Type-100(Sigma Co.)을 사용하였다.

### 3) 試藥

(1) Hexane, acetone, dichloromethane, ethylacetate : Wako Co.(Japan), 殘留農藥分析用

(2) Sodium chloride, sodium sulfate(anhydrous) :

**Table 1.** Physico-chemical properties of the soil used

Characteristics	
Sand(%)	36.7
Silt(%)	29.4
Clay(%)	33.9
Soil type	Silty clay
pH	5.1
Organic carbon content(%)	1.37
Organic matter content(%)	2.37
Moisture(%)	10.9
Redox-potential(mV)	234.7

**Table 2.** Preparation of the soil samples for the experiment

Type of soil	Treatment
A	Control
B	Soil A+3%(wt/wt) cellulose
C	Soil A+10%(wt/wt) cellulose

Wako Co.(Japan), 殘留農藥分析用

(3) Florisil : Wako Co.(Japan)

4) 器具

(1) Rotary vacuum evaporator : Brinkmann Instrument Co.(Switzerland), Model Buch RE-120

(2) pH meter : Orion Research Inc.(U.S.A.), Model 520A

(3) Autochemical analyzer : Orion Research Inc.(U.S.A.), Model 940

(4) Gas chromatography-nitrogen phosphorous detector(NPD) : Hewlett packard 5890 II seriee installed HP 3365 chemstation(U.S.A.)

## 2. 實驗方法

### 1) Carbofuran의 添加 및 土壤의 培養

위에서 調製한 세 種類의 土壤을 20 g 씩 시험관 (25×200 mm)에 넣고, pH를 7.0으로 조정한 증류수를 각각 25 ml씩 가하여 土壤위의 水層이 약 1.5 cm 높이가 되도록 하였다. 위의 시험관에 acetone에 녹인 carbofuran을 總 50ppm 濃도가 되도록 첨가하여 은박지로 덮은후, 25°C의 恒溫培養器에서 4주동안 培養하였다. 培養 0, 1, 2, 3, 4주가 되는 날에 각 土壤別로 3 개의 試料를 取하여 carbofuran의 殘留量 측정을 위하여 사용하였다.

### 2) 酸化還元電位와 pH의 測定

土壤과 증류수의 比率를 carbofuran 殘留量 分析에 사용한 試料와 同一하게 맞추기 위하여, 土壤 50 g을 비이커에 넣고 pH를 7.0으로 미리 조정한 증류수 65 ml을 가한 다음 acetone에 녹인 carbofuran을 總 濃도가 50 ppm이 되도록 添加한 후, 은박지를 덮어서 25°C의 恒溫培養器에서 4週 동안 培養하면서 0, 2, 4주째 되는 날에 각 土壤別로 2개의 試料를 取하여 pH와 酸化還元電位를 測定하였다.

## 3. 分析方法

### 1) 試料土壤의 前處理

Carbofuran 殘留量的 測定을 위한 前處理는 carbamate제의 單性分析法 중 acetone과 dichloromethane을 이용한 <sup>17)</sup> 溶媒-溶媒抽出法을 變形하여 사용하였으며, 土壤試料의 前處理法을 簡略히 記述하면 다음과 같다.

土壤試料를 삼각플라스크에 옮긴후 acetone을 100 ml 가하여 12 時間동안 浸漬시킨 다음 1 時間 동안 진탕하여 여지에 여과시켜 그 濾液을 250 ml

등근 플라스크에 모았다. 이 土壤에 50 ml의 acetone을 加하여 30 分間 진탕시킨후 받은 濾液을 위의 濾液과 合하여, 真空농축기에서 농축시켰다.

위의 濃縮液을 250 ml 분액깔대기에 옮겨 飽和鹽化나트륨 溶液 50 ml와 증류수 200 ml를 加하고 여기에 hexane과 dichloromethane을 6:4로 혼합한 것을 100 ml 넣어 진탕시킨후, 有機溶媒層을 여지에 여과하여 濾液을 모았다. 위의 과정을 2회 反復하여 모아진 濾液을 合하여 真空농축하였다.

위의 過程에서 남은 殘渣를 acetone 10 ml에 녹여 응고액 50 ml를 넣고 흔들어서 섞은 다음 30분간 정치하고, 이를 여과하여 濾液을 받았다. 이 濾液을 250 ml 분액깔대기에 넣고 dichloromethane 100 ml를 가하여 진탕시켜 추출한 후 여과하여 dichloromethane層을 모았다. 이 과정을 2회 反復하여 모아진 dichloromethane層을 乾固時까지 真空농축하여 그 殘渣를 4ml의 hexane에 녹여 淨濟過程에 사용하였다.

抽出液의 淨濟를 위하여 미리 活性化시켜 hexane에 담고어둔 5 g의 florisil을 column에 채우고, sodium sulfate(anhydrous) 3 g을 넣은 다음 20 ml의 hexane으로 씻어내었다.

抽出液을 column에 loading한 다음 10% ethylacetate 함유 hexane 20 ml을 넣어 column을 통과시켜 通過液을 모으고, 30% ethylacetate 함유 hexane 15 ml를 넣어 通過液을 위의 溶液에 合하였다. 이것을 真空농축하여 殘渣를 4 ml의 acetone에 녹인 다음 GC-NPD 分析에 使用하였다.

### 2) Carbofuran 分析法 : GC-NPD 分析

試料土壤을 위와 같은 方法으로 전처리한 試料를 GC-NPD에 注入하여 carbofuran 殘留濃도를 측정하였으며, GC-NPD의 分析條件은 다음과 같다.

Column : HP-5

Oven temperature : 170°C

Injection port temperature : 230°C

Detection temperature : 270°C

### 3) 回收率 調査

試料土壤 20 g에 증류수 25 ml을 넣은후, 總濃도 50 ppm, 10 ppm그리고 1 ppm이 되도록 carbofuran 標準溶液을 加한 시료와 carbofuran을 加하지 않은 시료를 위의 方法으로 前處理한 후, GC-NPD로 분석한 結果와 標準溶液을 직접 GC-NPD로 分析한 結果를 비교하여 回收率을 調査하였으며, 調査結果 위의 實驗方法에 의한 시료토양에서의 carbofuran 回收率은 79.9-101.0%(평균 87.2%)였다.

4) 測定資料의 分析

Carbofuran의 殘留量의 培養期間別 측정치를 statistical analysis system(SAS)을 利用하여 分析하였고, 그 내용은 다음과 같다. 土壤別 carbofuran 殘留量 平均値를 比較하기 위하여 t-검정을 實施하였으며, 各 土壤에서의 培養期間 經過에 따른 carbofuran 殘留量의 比較는 培養期間과 土壤種類에 의한 분산분석(two factors ANOVA test)의 結果를 利用하여 評價하였다.

III. 結果 및 考察

1. Carbofuran의 土壤內 殘留量

土壤의 有機物 含量 차이의 carbofuran의 分解에 대한 影響을 分析하기 위하여 對照土壤에 有機物로서 cellulose를 重量비로 3%와 10%를 添加한 토양에 carbofuran을 添加하여 4週 동안 25°C에서 培養하였으며, 이를 土壤에서 carbofuran의 殘留量을 측정 結果는 Table 3 및 Fig. 1과 같다.

有機物은 環境內에서 農藥의 殘留에 影響을 미치며, 土壤內 有機物의 含量은 微生物의 作用과 密接하게 聯關되어 있다. 有機物의 土壤內 注入은 土壤을 肥沃한 狀態로 만들기위해 흔히 行해지는 것으로서, 이를 통하여 土壤內 微生物의 作用이 增強되어 결국 여러가지 農藥成分의 分解를 촉진시키는 것으로 알려져 있다. 朴 等<sup>1)</sup>은 有機物 含量이 높은 土壤에서 carbofuran의 分解가 지연되었다고 報告하였는데, 이들의 研究는 有機物 含量을 비롯한 諸般 特性이 다른 土壤을 對象으로한 것이어서 有機物 含量의 차이에 의한 carbofuran의 分解速度 變化를 正確하게 評價하기는 어려웠다. 따라서, 이 研究에서는 有機物이 carbofuran 分解速度에 미치는 影響을 정확하게 分析하기 위하여, 同一한 特性을 지닌 土壤에 有機物로서 cellulose를 첨가하여 調製한 土壤試料을 사용하였다.

對照土壤에서 初期에 첨가한 carbofuran 量의 59.3%~34.3%, 3% cellulose를 첨가한 土壤에서 61.5~33.1%의 잔류량이 측정되어서 全 培養期間에 걸쳐 carbofuran의 殘留量은 이들 두 土壤에서 有意한 差 異가 없었다( $p>0.05$ ). 全 實驗期間에 걸쳐 10%의 cellulose를 첨가한 土壤은 對照土壤이나 3%의 cellulose를 첨가한 土壤에 比해 carbofuran의 殘留量이 有意하게 많았다( $p<0.05$ ). 10% cellulose 첨가 土壤에서 carbofuran의 殘留量의 增加 現象은 培養 初期에 특히 두드러졌는데, 培養 1週째에 70.7%로서 다른 두 土壤에 비하여 약 10% 程度 많은 殘留量을 나타내었다.

그러나 培養期間이 경과함에 따라 위의 세 토양사이에 현저히 나타났던 carbofuran 殘留量 차이는 점차 감소해서 培養 4週째에 carbofuran 잔류량이 對照 土壤에서 34.3%, 3% cellulose를 첨가한 土壤에서 33.1%였고 10% cellulose를 첨가한 土壤에서 37.2%로 나타내서 다른 두 토양에 비해서 3~4% 정도 많았

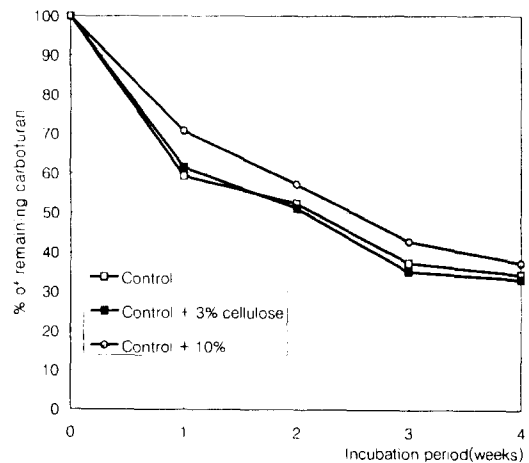


Fig. 1. Residual content of carbofuran in cellulose added paddy soils for four-week incubation.

Table 3. Trends of degradation of carbofuran in cellulose-added paddy soils for four-week incubation at 25°C

Incubation period (weeks)	Detected amount in soil(percent of carbofuran initially added, %)*		
	Control	Control+3% cellulose	Control+10% cellulose
1	59.3	61.5	70.7
2	52.3	51.1	57.2
3	37.3	35.1	42.8
4	34.3	33.1	37.2

\*carbofuran initially added 2.250 µg/20g soil.

다. 따라서, 培養 4週 以上の 기간이 經過하면 10%의 cellulose를 첨가한 土壤에서 carbofuran 殘留量은 대조토양이나 3% cellulose 添加 土壤과 거의 차이가 없어질 것으로 생각된다.

混水 土壤에 芻糞이나 cellulose를 첨가하여 有機物 含量을 增加시켰을 때  $\gamma$ -BHC와  $\beta$ -BHC의 分解가 促進되었다는 研究報告가 있으며<sup>21)</sup>, carbofuran을 對象으로한 研究<sup>20)</sup>에서도 有機物 含量이 각각 1.04%와 1.30%인 土壤에 芻糞을 0.5%(wt/wt)농도로 첨가하였을 때, 培養 40日 後에 carbofuran의 殘留量이 21%인 反面, 芻糞을 添加하지 않은 土壤에서의 carbofuran 殘留量은 34%로 나타나 芻糞의 添加에 의해 carbofuran의 分解가 促進된 結果를 報告하였다. 그러나, 유기염소계와 유기인계 및 질소를 포함한 殺蟲劑들의 殘留量이 有機物 含量이 높은 有機性土壤에서 有機物 含量이 낮은 礦物性土壤에 비해 상당히 增加된다는 研究 結果<sup>22,23)</sup>와, 有機物 含量이 서로 다른 水中에서 diazinon과 methyl parathion의 分解速

度の 差異가 없었고, 용존 有機物 含量이 34.5 ppm 일 때 chloropyrifos의 分解速度가 32%정도 減少되었다는 研究 結果<sup>24)</sup>도 보고되어서 有機物 含量이 殺蟲劑의 分解速度에 미치는 影響에 관한 이전의 研究 結果들은 서로 一致되지 않고 있다.

Rao 등<sup>25)</sup>과 Rajaram 등<sup>26)</sup>은 parathion을 대상으로한 研究에서, 첨가된 有機物質의 嫌氣狀態의 混水土壤에서 分解되어 低分子量 化合物이 生成되고 이 물질들에 parathion이 흡착됨으로써 分解가 지연된다고 報告하였으며, Lee 등<sup>27)</sup>은 carbofuran을 添加한 20日 後에 carbofuran 및 그 分解産物들이 耕作되고 있는 作物로 20% 정도 移行되고, 土壤에는 68%가 殘留되었는데 그 중에서 56.3%가 有機物에 吸着되어 있었다고 보고한 바 있다.

이 研究에서는 3% cellulose 첨가 土壤과 對照土壤은 carbofuran의 分解速度에서 差異가 없었으며, 10%의 cellulose를 첨가한 土壤에서만 carbofuran 殘留量이 증가되어, 土壤內에 存在하는 많은 양의 cellulose가 carbofuran 分解反應에 妨害物質로 作用하는 것으로 생각된다.

### 2. Cellulose 添加에 의한 土壤中 pH와 酸化還元電位の 變化

土壤에 첨가된 cellulose에 의해 變化되는 토양내 pH와 酸化還元電位가 carbofuran의 分解에 미치는 影響을 分析하기 위하여 對照土壤과 cellulose를 첨가한 土壤에서의 pH와 酸化還元電位를 4 週間 測定하였으며, 그 結果를 Table 4, Fig. 2와 3에 나타내었다.

培養 초기의 pH는 세 종류의 土壤에서 모두 5.0으로 같았으며, 培養 2주째에는 對照土壤과 3% cellulose 添加 土壤에서 5.2였고, 10% cellulose를 첨가한 土壤에서는 5.3으로 다른 두 토양과 비슷하였다. 그러나, 培養 4週째의 pH는 對照土壤은 6.3이었고, 3% cellulose를 첨가한 土壤에서도 6.4로 對照土壤과 비슷한 pH를 나타내었으나, 10% cellulose를 첨가한 土壤에서는 5.6으로 다른 두 토양에 비해 낮았다.

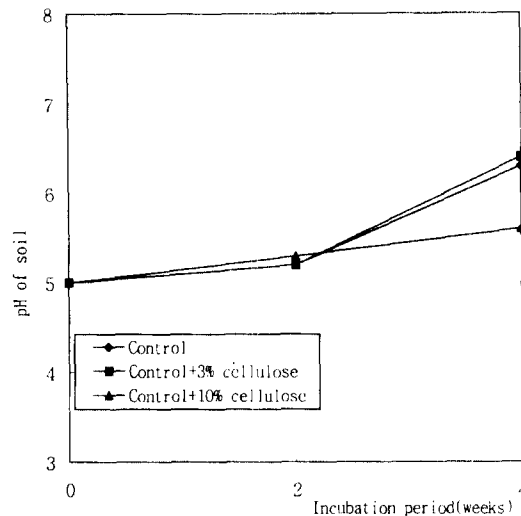


Fig. 2. pH changes of soils for four-week incubation at 25°C.

Table 4. pH and redox-potential changes in cellulose-added paddy soils for four-week incubation at 25°C

Incubation period (weeks)	pH			Redox-potential(mV)		
	Control	Control+3% cellulose	Control+10% cellulose	Control	Control+3% cellulose	Control+10% cellulose
0	0.5	5.0	5.0	234.7	235.1	105.6
2	5.2	5.2	5.3	178.9	175.2	-58.9
4	6.3	6.4	5.6	58.0	-13.2	-119.6

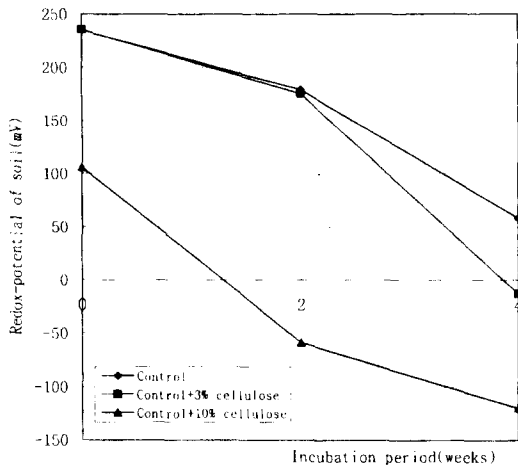


Fig. 3. Redox-potential changes of soils for four-week incubation at 25°C.

Leenheer 등의 연구<sup>22)</sup>에 의하면 중성이나 알칼리성 토양에 비해 산성인 토양에서 유기물에 의한 parathion과 carbaryl의 흡착량이 더 많았으며, 이러한 현상이 일어나는 이유는 pH가 낮을수록 유기물의 흡착部位에 대한 용媒의 경쟁력이 감소되기 때문이라고 하였다. 위와 같은 연구 결과를 고려할 때, 10% cellulose를 첨가한 토양에서 carbofuran의 잔류량이 다른 토양보다 많은 것은 다른 두 토양보다 산성인 토양 조건에 의해 cellulose에 carbofuran이 흡착되는 비이 증가하여 미생물이 이용할 수 있는 자유로운 상태의 carbofuran 성분이 감소되었기<sup>23)</sup>, 토양 내에서 carbofuran의 화학적 분해 반응이 중성이나 알칼리성 상태에서 보다 산성 상태에서 지연되며<sup>24)</sup>, 대부분의 토양 미생물 효소의最適 pH가 6.0~7.5로서 중성~알칼리성이므로<sup>25)</sup>, 10% cellulose를 첨가한 토양은 4주까지 산성 상태가 유지됨으로써 다른 두 토양에 비해 상대적으로 carbofuran의 분해 반응에 불리한 조건이 제공되었기 때문이라고 생각된다.

이들 세 토양에서 4주 동안에 따른 산화환원 전위의 변화를 살펴보면, 對照 토양은 234.7 mV~58.0 mV, 3% cellulose를 첨가한 토양은 235.1 mV~13.2 mV로서 두 토양에서 산화환원 전위는 비슷하였고, 10% cellulose를 첨가한 토양의 경우는 105.6 mV~119.6 mV로 다른 토양들에 비하여 낮은 산화환원 전위 값을 나타내었다.

토양에서의 산화환원 전위는 유기물의 함량이 높은 토양이 수층이 덮인 혐氣的인 상태가 되면 자연

적으로 감소되며, 유기물의 人爲的인 첨가에 의해서도 감소되는 것으로 알려져 있는데, 낮은 산화환원 전위를 지닌 토양에서 고리구조를 지닌 물질의 분해 반응은 현저히 阻害되며 심지어 완전히 停止할 수도 있다고 한다.<sup>26)</sup> 이 연구에서 10% cellulose를 첨가한 토양에서 나타난 낮은 산화환원 전위 값은 對照 토양이나 3% cellulose를 첨가한 토양에 비해 相對적으로 환元的 環境을 提供하게 되어 carbofuran의 분해 반응을 遲延시킨 것으로 생각된다.

#### IV. 要約 및 結論

이 연구는 토양에서 農藥의 분해 속도에 영향을 미치는 主要 要因으로 알려진 토양 내 유기물 함량, pH, 산화환원력이 灌水 토양에서 carbofuran의 분해 속도와 분해 시 생성되는 化合物에 미치는 영향을 評價하기 위한 것으로서 다음과 같은 方法으로 實施하였다.

試料로는 1996年 3月 下旬에 京畿道 始興市에 所在한 洞에서 採取한 토양을 사용하였으며, cellulose의 添加를 하여 다음과 같은 세 種類의 토양을 만들었다: 對照 토양, 3% cellulose 添加 토양, 10%의 cellulose 添加 토양. 위와 같은 토양 試料에 총 농도 50 ppm가 되도록 carbofuran을 添加하여 25°C에서 4 週間 培養하면서 carbofuran의 토양 내 잔류량을 測定하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

토양에 添加된 cellulose가 carbofuran의 분해에 미치는 영향을 分析하기 위하여 自然的인 유기물 함량이 2.37%인 對照 토양과 이 對照 토양에 3% 와 10% cellulose를 添加한 토양에서 4週 동안 carbofuran의 잔류량을 측정할 결과, carbofuran의 잔류량은 3% cellulose 添加 토양과 對照 토양이 有意한 差異가 없었으며 ( $p > 0.05$ ), 10% cellulose 添加 토양에서는 위의 두 토양에 비해 잔류량이 有意하게 많아서 ( $p < 0.05$ ), cellulose의 添加에 의해 carbofuran의 분해가 遲延되는 결과가 나타났다. 또한, 토양의 pH와 산화환원 전위도 10% cellulose 添加 토양에서 가장 낮은 값이 測定되어 cellulose 첨가에 의한 carbofuran 잔류량 增加 現象이 토양의 pH 및 산화환원 전위의 低下와 같이 關聯된 것으로 나타났다.

#### 參考文獻

- 1) 정영호, 박영선. 農藥學: 308-310. 全國農藥技術者協會, 1990.
- 2) Zaki, M.H., D. Moran, and D. Harris. Pesticides in

- groundwater: The Aldicarb history in Suffolk County NY. *AJPH*. 72(12) : 1391-1395. 1982.
- 3) Leistra, M., and J.J.T.I. Boesten: Pesticide contamination of groundwater in western Europe. *Agric. Ecosys. and Environ.* 26 : 369-389. 1989.
  - 4) Iwakuma, T., H. Shiraishi, S.M. Nohara, and K.M. Takamura: Runoff properties and change in concentrations of agricultural pesticides in a river system during a rice cultivation period. *Chemosphere*. 27(5) : 757-763. 1993.
  - 5) Ayanaba, A., W. Versraete, and M. Alexander: Formation of dimethyl nitrosamine, a carcinogen and mutagen, in soils treated with nitrogen compounds. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 37 : 565-568. 1973.
  - 6) 韓國農藥工業協會: 農藥年譜. 1997.
  - 7) Chakarabarry, A.M.: Biodegradation and detoxification of environmental pollutants: 10-12. CRC Press. Boca Raton. Florida 1982.
  - 8) Harris, C.R., R.A. Chapman, and J.R. Miles: Insecticide residues in soils on fifteen farms in Southwestern Ontario, 1964-1974. *J. Environ. Sci. Health B12* : 163-174. 1977.
  - 9) Szeto, S.Y., and P.M. Price: Persistence of pesticide residues in mineral and organic soils in the Fraser Valley of British Columbia. *J. Agric. Food Chem.* 39 : 1679-1684. 1991.
  - 10) Castro, T.F., and T. Yoshida: Effect of organic matter on the biodegradation of some organochlorine insecticides in submerged soils. *Soil Sci. Plant Nutr. Tokyo*. 20 : 263. 1974.
  - 11) Scow, K.M., R.R. Merica, and M. Alexander: Kinetic analysis of enhanced biodegradation of carbofuran. *J. Agric. Food Chem.* 36 : 908-912. 1990.
  - 12) Chapman, R.A., C.R. Harris, and C. Harris: Observation on the effect of soil type, treatment intensity, insecticide formulation, temperature and moisture on the adaptation and subsequent activity of biological agents associated with carbofuran degradation in soil. *J. Environ. Sci. Health. B21(2)* : 125-141. 1986.
  - 13) 이재구, 오경석: Carbofuran, Bentazon 및 TCAB 殘留物の土壤中 溶脫. 韓國環境農學會誌. 12(1) : 9-17. 1993.
  - 14) 環境部: 環境統計年監. 제 9호 p. 554. 1996.
  - 15) 玄根朱, 朴昌緒, 鄭頌在, 文準: 우리나라 農耕地土壤의 地形別 理化學的 特性. 韓國土壤肥料學會誌. 22(4) : 271-279. 1989.
  - 16) 玄根朱, 朴昌緒, 鄭頌在, 林尙奎, 嚴基泰: 우리나라 土壤의 土性別 양이온 置換容量. 韓國土壤肥料學會誌. 24(1) : 10-16. 1991.
  - 17) 農村振興廳, 農藥研究所: 農藥殘留性試驗法. p. 154. 1992.
  - 18) 朴昌奎, 諸年太: 灌水土壤中 BPMC 및 Carbofuran의 分解特性. 韓國環境農學會誌. 2(2) : 65-72. 1983.
  - 19) Siddaramappa, R., and N. Sethunathan: Persistence of gamma-BHC and beta-BHC in Indian rice soils under flooded conditions. *Pestic. Sci.* 6 : 395. 1975.
  - 20) Venkateswarlu, K., and N. Sethunathan: Metabolism of carbofuran in rice straw amended and unamended rice soils. *J. Environ. Qual.* 8 : 365-368. 1979.
  - 21) Parkin, T.B., D.R. Shelton, and J.A. Robinson: Evaluation of methods for characterizing carbofuran hydrolysis in soil. *J. Environ. Qual.* 20 : 763-769. 1991.
  - 22) Matsumura, F.: Toxicology of insecticides. 2nd ed. p. 101-110. Plenum Press, New York and London. 1982.
  - 23) Noblet, J.A., L.A. Amith, and I.H. (Mc)Suffet: Influence of natural dissolved organic matter, temperature, and mixing on the abiotic hydrolysis of triazine and organophosphate pesticides. *J. Agric. Food Chem.* 44 : 3685-3693. 1996.
  - 24) Rao, Y.R., and N. Sethunathan: Effect of ferrous sulfate on the degradation of parathion in flooded soil. *J. Environ. Sci. Health 14B* : 335. 1979.
  - 25) Rajaram, K.P., Y.R. Rao, and N. Sethunathan: Inhibition of biological hydrolysis of parathion in rice straw-amended flooded soil and its reversal by nitrogen compounds and aerobic conditions. *Pestic. Sci.* 9 : 155-159. 1978.
  - 26) 李泳得, 李康徽, 朴昌奎: 水稻澆 및 灌水土壤 중 14C-carbofuran의 行跡에 關한 研究. 韓國環境農學會誌. 6(1) : 7-16. 1987.
  - 27) Leenheer, J.A., and J.L. Ahlrichs: Division S-2 - Soil chemistry: A kinetic and equilibrium study of the adsorption of carbaryl and parathion upon soil organic matter surfaces. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35 : 700-705. 1971.
  - 28) Venkateswarlu, K., and N. Sethunathan: Degradation of carbofuran in rice soils as influenced by repeated application and exposure to aerobic conditions following anaerobiosis. *J. Agr. Food Chem.* 26 : 1148. 1978.