

# 非武裝地帶 隣接地域 森林土壤의 微生物分布에 關하여

## On the Distribution of Soil Microbes near the DMZ

洪 淳 佑·崔 榮 吉  
(서울大學校 文理科大學)

Hong, Soon Woo and Yong Keel Choi  
(Seoul National University)

### 序 論

토양미생물의 분포에 관한 생태학적인 研究는 1930年代 이후부터 세계의 여러 地域에 걸쳐서 활발히 進行되어 왔고 미생물의 分布에 미치는 여러가지 환경 요인에 따라서 비교, 연구되어 왔다.

우리나라의 경우에도 土壤微生物의 分布에 관한 연구는 여러 方面에 걸쳐서 이루어졌는데 洪(1968, 1969) 등의 「간척지 토양에서의 미생물 분포 변화에 관한 연구」 洪, 河, 崔(1968)의 山火후의 토양미생물의 분포변화, 金, 張(1965)의 낙엽의 분해속도와 미생물과의 관계, 그리고 1967년도의 報文인 토양유기물의 분해속도와 微生物 분포의 소장에 관한 연구, 李(1972)의 죽림토양 생균류자원의 연구등이 발표되어 있다.

著者들은 한국자연보존연구회에서 실시한 非武裝地帶 인접지역의 종합학술조사에 참가하여 高度에 따른 미생물의 분포를 조사하여 이의 相關성을 비교 검토코져 하였다.

이 비무장지역은 생태학 전반에 걸친 가장 이상적인 연구대상지역으로서 생각되어지는데 그 까닭은 근 20년 동안 自然 그대로 보존 되어온 지역이기 때문이다. 저자들은 이 비무장지역내에 있어서 비교적 高度가 높은 두 지역을 중심으로 하여 材料를 채취 하였으며 저자들이 그간 調查한 여타 한국 각지역의 實驗結果들과 비교 검토하였다.

### 材料 및 方法

#### 1) 地 域

본 조사대상 지역의 地理的 위치는 다음과 같다.

▲ 大岩山(1,304 m) : 강원도 양구군 소재(N 38°10'~N38°15', E128°00'104"~E128°05'126")

① 頂上(1,300m), ② 高度 900m, ③ 高度 500m ④ 산록(100m)의 4個地域에서 토양을 채취하

였다(1972. 10. 4~8).

▲ 香爐峰(1,293 m) : 강원도 인제군 소재(N 38°10'~N 38°20', E 120°15'~E 128°20'144")

① 頂上(1,290m) ② 高度 1,100m ③ 高度800m ④ 산록(500m)의 4개지역에서 토양을 채집하였다.(1972, 9. 26~29)

## 2) 토양채집

上記의 表高에 해당하는 地域의 토양을 無作爲로 10區이상 선정하여 표층으로부터 10cm이내의 토양 약 300g씩을 채취하여 새 비닐봉지에 넣어 혼합한 후 봉하여 실험실로 운반하였다.

## 3) 콜로니 計算

미생물개체수의 측정을 위하여 먼저 토양시료의 함수량을 측정하였다. 토양시료 50g씩을 평량하여 건조기에 넣고 105°~110°C에서 6시간 건조시킨후 24시간 실온에서 냉각, 방치한 후 건조토양을 평량하였다 건조토양 20g에 상당하는 습토양 시료를 환산하여 평량한 후 멸균 증류수에 넣어서 全量이 200ml가 되도록 희석하고 이어서 같은 비율로 희석된 각 시료를 한천 평판배지 법으로서 다음과 같이 실시하였다.

◎ 일반세균(General bacteria) : Nutrient Agar medium에 접종한 후 항온기(28°±1°C)에 넣고 3日후에 나타난 콜로니수를 측정하였다.

◎ 일반균류(General fungi) : Czapek's의 Agar plate에 접종한 후 항온기(28°±1°C)에 넣고 7日후에 콜로니수를 측정하였다.

◎액티노미세테스(Actinomycetes) : 일반세균과 균류의 성장을 억제하기 위하여 희석된 토양시료 5ml에 140배로 희석된 phenol 용액 5ml을 혼합하고 7분 후에 이 혼합용액을 취하여 접종하였다. 28°±1°C의 항온기에서 배양 7일후에 콜로니수를 측정하였다.

## 4) 토양분석

pH : 토양시료와 증류수를 1 : 1이 되도록 희석하여 여과한 후 여과액의 pH를 측정하였다.

PO<sub>4</sub> : Ammonium molybdate blue 법에 의한 光電比色으로 측정하였다(660mμ).

K : Sodium cobalt nitrate에 의한 光電比色(505mμ)으로 측정하였다.

總有機物 : Walkley법에 의한 wet digestion후에 光電比色(625mμ)으로 측정하였다.

## 結果 및 考察

土壤微生物의 분포에 있어서 영향을 미치는 몇 가지 요인중, 토양환경을 알아 본 결과는 다음과 같다. 아래의 결과는 토양의 pH가 高度에 따라서 현격한 차이를 나타내지는 않았고 대체로 산림토양에서 흔히 알수 있는 범위의 값을 나타내었다. pH는 5.0~5.7 사이의 값을 가졌다, 著者の 다른

**Table 1. pH of Soil**

Site	Alt. (m)	Base(100)	500	800~900	1,100	1,300
Mt. Dai-am		5.2	5.7	5.1	—	5.3
Mt. Hyangro-bong		—	5.0	5.0	5.1	5.0

연구 결과(1973)와 비교해 볼 때 지리산 토양의 pH는 5.0~5.2의 범위에 속했으며 한라산의 경우에는 산록에서 부터 頂上에 이르기까지 pH의 값이 약간씩 상승하는 현상을 보여 주었는데(pH 5.9 → 6.5) 이는 한라산이 火山에서 유래된 생성요인에 기인한 것으로 보여진다.

한편 각 토양시료의 함수량은 다음 table 2와 같다.

**Table 2. Moisture Contents of Soil (%)**

Site	Alt. (m)	Base(100)	500	800~900	1,100	1,300
Mt. Dai-am		23.3	33.8	25.5	—	11.5
Mt. Hyangro-bong		—	14.7	29.5	18.3	9.5

Table 2.에 나타난 바와 같이 토양의 함수량은 高度에 따른 경향성을 나타내지 않았다. 그러나 정상부근의 토양은 낮은 고도의 토양에 비하여 훨씬 함수량이 떨어지는 것을 알수 있었으며 著者들의 실험한(1973) 他地域의 결과도 동일하였다.

微生物의 성장 및 에너지원으로서 중요한 요인인 토양의 총유기물 함량은 농황산과  $K_2Cr_2O_7$ 을 첨가하여 wet-digestion 시킨후에 토양추출물을 光電比色의 방법으로 측정결과는 다음 table 3과 같다.

**Table 3. Total organic matter(mg) Per Dried Soil(gm)**

Site	Alt. (m)	Base(100)	500	800~900	1,100	1,300
Mt Dai-am		280.0	152.0	272.0	—	64.0
M. Hyangro-bong		—	204.0	264.0	240.0	200.0

Table 3.의 결과는 경기도 광릉의 삼림지역을 중심으로 한 金, 張(1967)의 연구 결과와 비교할 때 L층과 F, H, 층의 총유기물 함량이 37.1, 29.9, 11.1%등으로 보고 된바 있는데 본 실험의 결과도 이러한 범주에 속한다고 볼 수 있다. 그러나 洪, 河, 崔(1969)의 山火후의 토양의 총 유기물량에 비교하면 근 10배에 달하는 유기물량인 것이다. 또한 본 결과는 저자들이(1973) 지리산, 한라산을 중심으로 조사해 본 수치와 유사한 값을 나타내었다.

고도와 총 유기물량의 分布에 있어서는 高度區間의 경향성은 없으나 4개地域 모두가 정상 토양이 산록의 토양에 비하여 총유기물함량이 적은 것으로 나타내었다. 이상과 같은 현상을 검토해 보면 토양의 高度에 따른 함량분포를 비교하고자 할 경우 적어도 고도구간은 1,000m이상으로 설정해야만 유의한 차이점을 나타낼 것으로 생각되어 진다.

다음 Table 4, 5, 6, 은 각 토양시료중에 포함된  $PO_4$ ,  $NO_3$ , K의 함량을 나타낸 것이다.

Table 4, 5, 6, 의 결과는 각 高度區間의 유의 있는 차이점을 나타내지 않는다. 다만 다른 경우와 마찬가지로 정상부근의 토양은 산록의 토양에 비하여 극히 少量의 함유량이 존재 한다는 것이 밝혀진 것이다.

**Table 4. PO<sub>4</sub> Content of Soil(mg) Per Dried Soil(gm)**

Site	Alt. (m)	Base(100)	500	800~900	1,100	1,300
Mt. Dai-am		0.015	0.00121	0.00197	—	0.00149
Mt. Hyangro-bong		—	0.00301	0.00367	0.00317	0.00167

**Table 5. Potassium Content of Soil(mg) Per Dried Soil(gm)**

Site	Alt. (m)	Base(100)	500	800~900	1,100	1,300
Mt. Dai-am		0.31978	0.07341	0.02204	—	0.00528
Mt. Hyangro-bong		—	0.18826	0.15847	0.09592	0.01759

**Table 6. Nitrate Content of Soil(mg) Per Dried Soil(gm)**

Site	Alt. (m)	Base(100)	500	800~900	1,100	1,300
Mt. Dai-am		0.05185	0.00806	0.01411	—	0.01329
Mt. Hyangro-bong		—	0.01508	0.01127	0.0222	0.00252

NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, K,의 세가지 성분 모두가 저자들(1973)이 다른 지역을 중심으로 얻은 한라산, 지리산의 수치에 속하는 것으로 나타난 것이다.

**Table 7. The Population of General Bacteria ( $\times 10^4$ )in Soil Per Dried soil(gm)**

site	Alt. (m)	Base(100)	500	800~900	1100	1300
Mt. Dai-am		109	24	28	—	83
Mt. Hyangro-bong		—	23	69	44	37

**Table 8. The Population of General Fungi ( $\times 10^4$ )in soil Per Dried Soil(gm)**

site	Alt. (m)	Base(100)	500	800~900	1100	1300
Mt. Dai-am		136	41	47	—	34
Mt. Hyangro-bong		—	21	25	13	11

**Table 9. The Population of Actinomycetes ( $\times 10^4$ )in Soi Per Dried soil(gm)**

site	Alt. (m)	Base(100)	500	800~900	1100	1300
Mt. Hyangro-bong		60	12	15	—	13
Mt. Hyangro-bong		—	120	24	53	19

Table 7, 8, 9,는 고도구간에 따라 전토양 1gm에서 나타나는 general bacteria, general fungi, actinomycetes의 개체 수를 나타낸 것이다. 토양의 고도와 상기의 미생물의 분포와 관련이 있는가의 여부를 판단하기 위하여 相關關係의 graph를 작성한 결과, 다음과 같은 Fig 1, 2, 3를 얻었다.

Fig 1.은 bacteria의 고도에 따른 分布수를 나타낸 것으로 大岩山의 경우 相關係數  $-0.1187$ , 回歸係數  $-0.00968$ , 香爐峰의 경우 相關係數  $-0.1747$ , 回歸係數  $-0.00894$ 로서 고도와 bacteria의 분포와는 相關關係가 희박한 것으로 판단 되었으며 저자들의 (1973) 한라산 및 지리산을 대상으로 실험한 연구 결과도 각각  $0.0308$  및  $0.2484$ 로서 유의성이 없는 결과를 얻었다. bacteria의 경우에 이러한

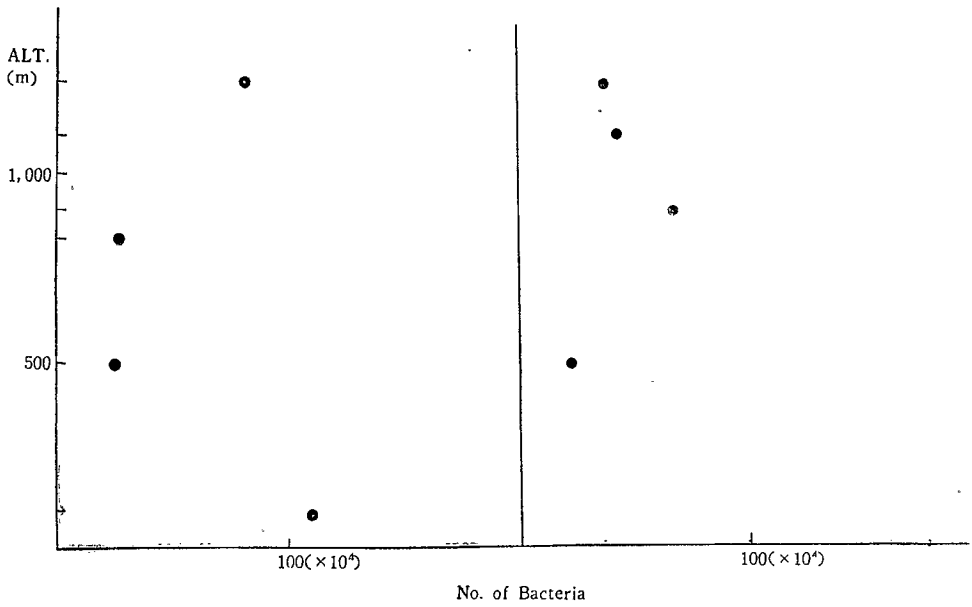


Fig 1. Distribution of general bacteria at the Mt. Dai-am (left) and Mt. Hyangro-bong (right). The number of bacteria is equivalent to the unit of  $10^4$ /gr. of dried soil.

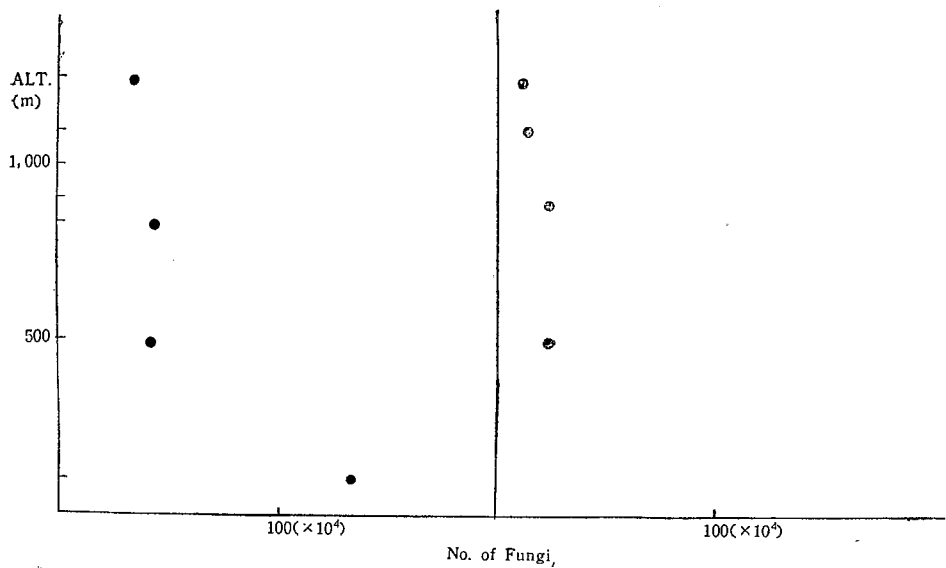


Fig 2. Distribution of general fungi at the Mt. Dai-am(left) and Mt. Hyangro-bong(right). The number of fungi is equivalent to the unit of  $10^4$ /gr. of dried soil.

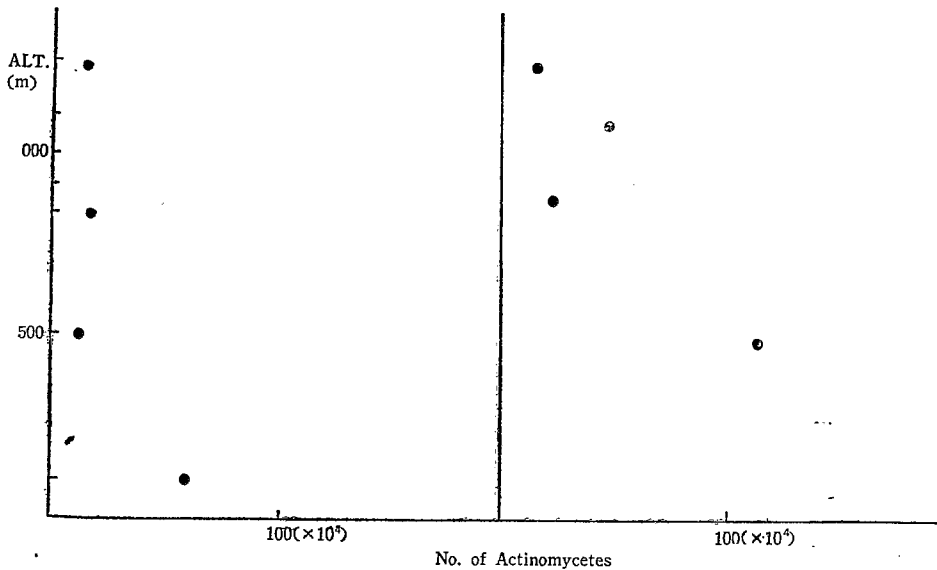


Fig 3. Distribution of actinomycetes at the Mt. Dai-am(left) and Mt. Hyangro-bong(right). The number of actinomycetes is equivalent to the unit of  $10^4$ /gr. of dried soil.

현상은 Burges(1960)의 實驗結果에 따르던 토양중의 fungi와 actinomycetes는 antibiotics를 生成하므로서 酸性土壤의 대부분의 경우에 dominant를 유지한다는 결론으로 미루어 해석해 볼 수 있으며 또한 bacteria 중에는 spore를 형성하는 종류가 적은 데에도 一因이 있을 것으로 생각된다. 토양 bacteria의 分布에 미치는 미생물의 상호관계에 대해서는 추후 연구되어야 할 과제의 하나라고 생각된다.

Fig 2는 general fungi와 고도에 따른 분포를 나타낸 것으로, 大岩山의 경우에 相關係數  $-0.783$ , 回歸係數  $-0.068$ 이며, 香爐峰의 경우는 相關係數  $-0.7638$ , 回歸係數  $-0.01341$ 로서 고도의 general fungi는 相關關係가 있음을 보여주고 있다. 이러한 현상은 著者들이(1973) 지리산과 한라산의 실험에서 각각  $-0.7722$ 와  $-0.63272$ 의 값을 얻은 바 있으며, 그 결과와 유사한 값을 나타내었다.

Fig 3은 토양중의 actinomycetes와 고도에 따른 이들의 분포수를 나타낸 것으로서 大岩山의 경우에 相關係數  $-0.7982$ , 回歸係數  $-0.0338$ 이며, 香爐峰의 경우 相關係數  $-0.7545$ , 回歸係數  $-0.10012$ 로서 general fungi와 더불어 이들의 分布도 토양의 고도에 따른 분포와 相關關係가 있음을 알 수가 있다. 한라산과 지리산의 연구결과는 각각 相關係數  $-0.6081$ 과  $-0.8965$ 이었던 바 이러한 결과와 잘 부합된다. 相關關係의 통계처리 결과는 다음과 같다.

Table 10. Relationships between Altitude and microbial Distribution

Microbes	sites	Mt. Dai-am	Mt. Hyangro-bong
Gen. bacteria		☆ $-0.1187(0.00968)$	☆ $-0.17474(0.00894)$
Gen. fungi		☆ $-0.783(-0.068)$	☆ $-0.7638(0.0134)$
Actinomycetes		☆ $-0.79823(-0.0338)$	☆ $-0.7545(-0.1001)$

☆ Corelation Coefficient, ( ) Regression Coefficient

上記의 고찰은 토양의 고도에 따라서 미생물 분포가 관련이 있는가의 여부를 논의하였던바, 고도 구간의 토양자체가 함유하고 있는 토양성분과 미생물의 분포 관계가 어느 정도인가를 알아보기 위하여 통계처리한 결과는 다음과 같다.

**Table 11. Relationship between Organic matter and microbial Distribution**

Microbes	Sites	Mt. Dai-am & Mt. Hyangro-bong
Gen. bacteria		☆0.0605(0.0275)
Gen. fungi		☆0.3804(0.3409)
Actinomycetes		☆0.3692(0.0810)

☆ Correlation Coefficient, ( ) Regression Coefficient

표11은 大岩山과 香爐峰의 고도와 偉도가 서로 비슷하므로 合算처리해 본 결과 얻은 통계치이다. general bacteria의 분포와 유기물 함량의 관계에서 相關係數 0.0605, 回歸係數 0.0275를 나타내었으며, general fungi에서는 相關係數 0.3804, 回歸係數 0.3409, actinomycetes에서 相關係數 0.3692-回歸係數 0.0810을 나타내었던바 上記의 모든 값은 토양의 총 유기물 함량과 미생물 분포의 상관관계는 고도에 따른 분포보다 희박한 것으로 나타났다.

문헌조사(Gray & Williams, 1971)에 의하면 유기물 모두가 humic material로 분해되는 것이 아니며 humus性의 유기물도 여러가지 물질의 복합체이며 동시에 수용성 유기물(예컨대, amino acid, sugar)의 함량이 매우 낮은 까닭에 위와 같은 관계가 나타난 것으로 해석된다. 본 실험의 유기물 측정 방법은 수용성 및 비수용성 유기물의 총량을 측정한 것이므로 저자들의 의견으로는 수용성 유기물, 예컨대 amino acid, sugar, organic acid등을 분리하여 측정할 경우에는 미생물의 분포와 어떤 경향성을 가질 것으로 생각하고 있다.

한편 K, PO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>의 함유과의 관계는 金, 張(1967)의 보고에 의하면 토양중의 K는 bacteria와 fungi의 數的인 增減에 밀접한 관련은 없다고 報告하였으며 아울러 PO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>의 함유는 이들의 數的 增減에 밀접한 관련이 있다고 보고 한 바 있다.

그런데 이들 K, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>의 함량에 따른 토양미생물 분포와의 相關關係를 구하여 본 결과는 다음과 같다.

**Table 12. Relationship between Soil Chemicals and microbial Distribution.**

Microbes	Site	Mt. Dai-am & Mt. Hyangro-bong		
	Chem	K	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>
Gen. bacteria		☆ 0.4989(0.0014)	☆ 0.6970(0.0146)	☆ 0.73255(0.0506)
Gen. fungi		☆ 0.6871(0.0025)	☆ 0.8763(0.0252)	☆ 0.9035(0.07992)
Actinomycetes		☆ 0.6197(0.0021)	☆ 0.36254(0.0090)	☆ 0.31764(0.026)

☆ Correlation Coefficient, ( ) Regression Coefficient

Gen. bacteria의 경우에 K, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>의 함량과 이들의 분포와의 相關係數는 각각 0.4989, 0.6970, 0.73255로서 이 양자는 어느 정도의 상관관계가 있다고 생각되며 general fungi의 경우에는 각각 0.6871, 0.8763, 0.9035로서 비교적 높은 相關關係를 가지는 것으로 판단된다.

한편 actinomycetes는 0.6197, 0.36254, 0.31764로서 K의 함량과 관계가 있는 것으로 판단될 뿐으로 이들 토양의 성분과의 상관 관계는 비교적 낮은 것으로 보여진다.

以上の 제결과들을 종합하여 볼 때 이들 토양미생물들은 bacteria의 경우를 제외하고 高度에 따라서 분포도가 낮아 지는 경향성을 보이고 곧, 이러한 사실은 고도에 따른 大氣 및 地中온도의 변화에 기인하는 것으로 해석되는 것이다.

Wilkins와 Harris(1947)의 연구결과에 의하면 月平均 토양의 표층온도의 변화 범위는  $2^{\circ}\sim 19^{\circ}\text{C}$ 였으며 7.5cm 이하의 토양온도는  $4\sim 14^{\circ}\text{C}$ 였다고 하는바 본 실험에서도 주로 10cm 이내의 표층토를 채집 하였으므로 온도에 따른 분포변화를 예측할 수 있고 다음으로  $\text{PO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , K의 함량이 이들의 분포에 또다른 한가지 요인으로 作用한다는 것을 예측 할 수 있다.

## 摘 要

General bacteria, general fungi, actinomycetes를 주로하여 이들의 분포를 非武裝地帶內的 2개지역의 고도에 따라서 調査를 하여본 결과 다음과 같이 정리된다.

- 1) 토양미생물의 고도에 따른 분포 조사를 하기 위해서는 적어도 고도구간을 1,000m 이상 설정할 필요가 있으며 그러한 경우에 대단히 높은 유의성 있는 결과를 얻을 것으로 기대된다.
- 2) 이 두 지역의 토양미생물 분포수는 general bacteria에서는  $23\sim 109\times 10^4/\text{soil gm}$  였으며 general fungi에서는  $11\sim 136\times 10^4/\text{soil gm}$ , actinomycetes는  $12\sim 120\times 10^4/\text{soil gm}$ 으로 나타났다.
- 3) 토양의 고도에 따른 미생물의 분포는 general bacteria에서는 상관관계가 나타나지 않았으나 general fungi와 actinomycetes에서는 이들은 고도에 따른 逆相關關係가 있는 것으로 판명되었다.
- 4) 토양의 몇가지 성분중에서 토양의 총유기물량(수용성 유기물+비수용성 유기물)과 이들 미생물 분포상과는 상관관계가 희박한 것으로 판단되며  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ , K의 함량은 이들 세종류의 미생물군의 분포에 있어서 부분적으로 相關關係가 있는 것으로 판단되었다.

## LITERATURES

1. Ahlgren I. F. and C. E. Ahlgren, 1960. Ecological Effects of Forest Fire. The Botanical Review 26(4);483-533
2. Burges, A. 1960. Dynamic equilibria in the soil. Liverpool University Press.
3. Gray, TR. G. and S. T. Williams. 1971. Soil. Micro-organisms: Liverpool University Review.
4. Hong, S. W., Y. C. Hah and K. W. Lee, 1968. Biological Improvement of Reclaimed Tidal land soil (II). Changes of Soil microbial population in the reclaimed tidal land soil. Kor. Jour Microbiol., 6(4)



5. Hong, S. W., Y. C. Hah., K. W. Lee., and Y. K. Choi., 1969 Biological Improvement of Reclaimed tidal land soil. (III) Changes of saline soil by addition of organic materials. Kor Jour. Microbiol. 7(1)
6. Hong, S. W., Y. C. Hah., and Y. K. Choi., 1968. Some Effects of fire on Vegetation, Soil and Microflora adjacent to DMZ in Korea. Kor. Jour. Bot. 11(4)
7. Hong, S. W. and Y. K. Choi. 1973. Unpublished
8. Johnson, L. F., E. A. Curl., J. H. Bund., and H. A. Friburg 1960 Methods for Studying Soil microflora and Plant disease Relationships. Burges Pub. Minne, Minn, pp 1-45
9. Kim, C. M. and N. K. Chang, 1967. On the Decay rate of Soil Organic matter and Changes of Soil Microbial Population. Kor. Jour. Bot.10(1,2)
10. Lee, J. Y. 1972. Soil Mycoflora in Larch Forest in Sugadaira. Bull. of the Sugadaira Biological Lab. Tokyo Kyoiku Univ. 5
11. Lee, J. Y. 1972. Studies on the microfungi in Bamboo Forest Soil. Theses Collection of Seoul Woman's College.
12. Thomas Grewling and Michael Peech, 1960. Chemical Soil Test. Bul, Cornell University Agr. Exp. Station.
13. Waksman, S. A. 1952. Soil Microbiology, John Wiley, N. Y. 29-148.
14. Wilkins, W. H. and G. C. M. Harris 1947. The ecology of larger fungi V. An investigation into influence of rainfall and temperature on seasonal production of fungi in a beech wood and a pine wood. Ann. Appl Biol. 33. 179-188.

#### SUMMARY

Microbial distribution in the limited area of DMZ were examined in an ecological viewpoint. Microbial population, such as general bacteria, general fungi, and actinomycetes were surveyed in accordance with the altitudes of soil and compared with the relationships between microbial distribution and the altitude of their habitat. The results are summarized as the followings;

- 1) In order to get a high significance on the ecological relationships, it is desirable to have each intervals of altitude, 1000 meters or more high.
- 2) The relationships between microbial distribution (general fungi and actinomycetes) and the altitude of their habitat were correlated as of 0.783 and 0.798, 0.763 and 0.754 in two area of Mt. Dai-am and mt. Hyangro-bong, respectively. In case of general bacteria, the relationships were not approved significantly.
- 3) Total organic matters including soluble and insoluble ones are hardly believed to correlate to the microbial distribution in this survey.