

溫山工團 주변 農作物의 重金屬 농도조사

李 瑞 來* · 宋 基 俊**

(1985년 11월 14일 접수)

A Survey on the Heavy Metal Concentrations of Crop Materials Grown near Onsan Industrial Complex

Su-Rae Lee* and Ki-Joon Song**

Abstract

In order to evaluate the pollution potential of agricultural crops after the construction of Onsan Industrial Complex (non-ferrous metal refineries), concentrations of hazardous heavy metals were analyzed for crop samples (rice, barley, soybean, vegetables and fruits) grown near the Complex in 1978.

Although a slight difference was found among the kinds, parts and growing regions of the crops, no definite tendency was observed. The mean/maximum concentrations of crop samples were 0.23/4.0ppm As, 0.4/1.2 ppm Cd, 4.88/12.7ppm Cu, 0.09/0.4 ppm Hg, 3.86/5.0 ppm Pb and 41.3/105 ppm Zn, which may serve as the natural background data for this region.

서 론

溫山工團에는 非鐵金屬공업을 위시한 공장이 들어서 重金屬 오염을 비롯한 環境汚染이 문제시될 수 있는 특수지역이다. 따라서 溫山工團이 正常稼動되었을 때 발생할 수 있는 汚染상태를 判定하는데 필요한 기초자료를 제공하기 위하여 工團建設중인 1978~79년도에 工團 全域에 대한 環境調査를 실시한 바 있다.⁽¹⁾

植物體중의 重金屬 농도는 土壤으로 부터의 흡수와 아울러 大氣로 부터의 沈積에 의하여 좌우된다. 그런데 토양으로 부터의 吸收과정만 보더라도 토양중 重金屬의 전체농도뿐만 아니라 重金屬化合物의 형태, 作物의 종류, 生育상황과 水分함량, 作物체내에서의 移行 과정에 따라 달라지기 때문에 토양중의 重金屬농도로부터 食物체중의 重金屬 농도를 豫測하는 것은 매우

어려운 일이다. 최근 柳 등⁽²⁾은 玄米중의 重金屬 함량을 豫測하기 위한 방법으로 土壤浸出液의 종류를 달리 하여 실험한 바 있다. 그러나 植物 자체는 사람의 食糧이나 가축의 飼料로 이용될 뿐만 아니라 環境오염의 指標가 되므로 食物체중의 重金屬농도를 직접 測定하는 일은 매우 重要한 일이다.

本報에서는 前報⁽³⁾에 이어 工團 주변의 農作物에 대한 重金屬 농도의 分析결과를 정리하여 이에 보고하는 바이다.

조사시료 및 방법

1. 시료 채취지점 및 시기

경남 울주군 온산면 온산공업단지 주변의 5개 부락을 설정하여 가능한 한 前報⁽³⁾에서의 토양시료 채취지점과 동일한 圃場에서 농작물 시료를 채취하였다. 시료

*梨花女子大學校 食品營養學科 (Department of Food & Nutrition, Ewha Woman's University, Seoul 120)
**韓國人蔘煙草研究所 耕作試驗場 (Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Banwol, Kyonggi 170~31)

채취지점은 Fig. 1과 같이 방도리에서 19개지점, 덕신리에서 14개지점, 화산리에서 14개지점, 원산리에서 18개지점, 강양리에서 11개지점으로 합계 76개지점이며 작물의 종류에 따라 1978년 3월부터 12월에 걸쳐 시료를 채취하였다.

2. 시료 채취방법

선정된 지점에서 재배되고 있는 대표적인 농작물로서 水稻, 보리, 대두, 채소(고추, 배추, 양파), 과일(배, 포도)에 대하여 각각 수확시기에 이르러 種實,

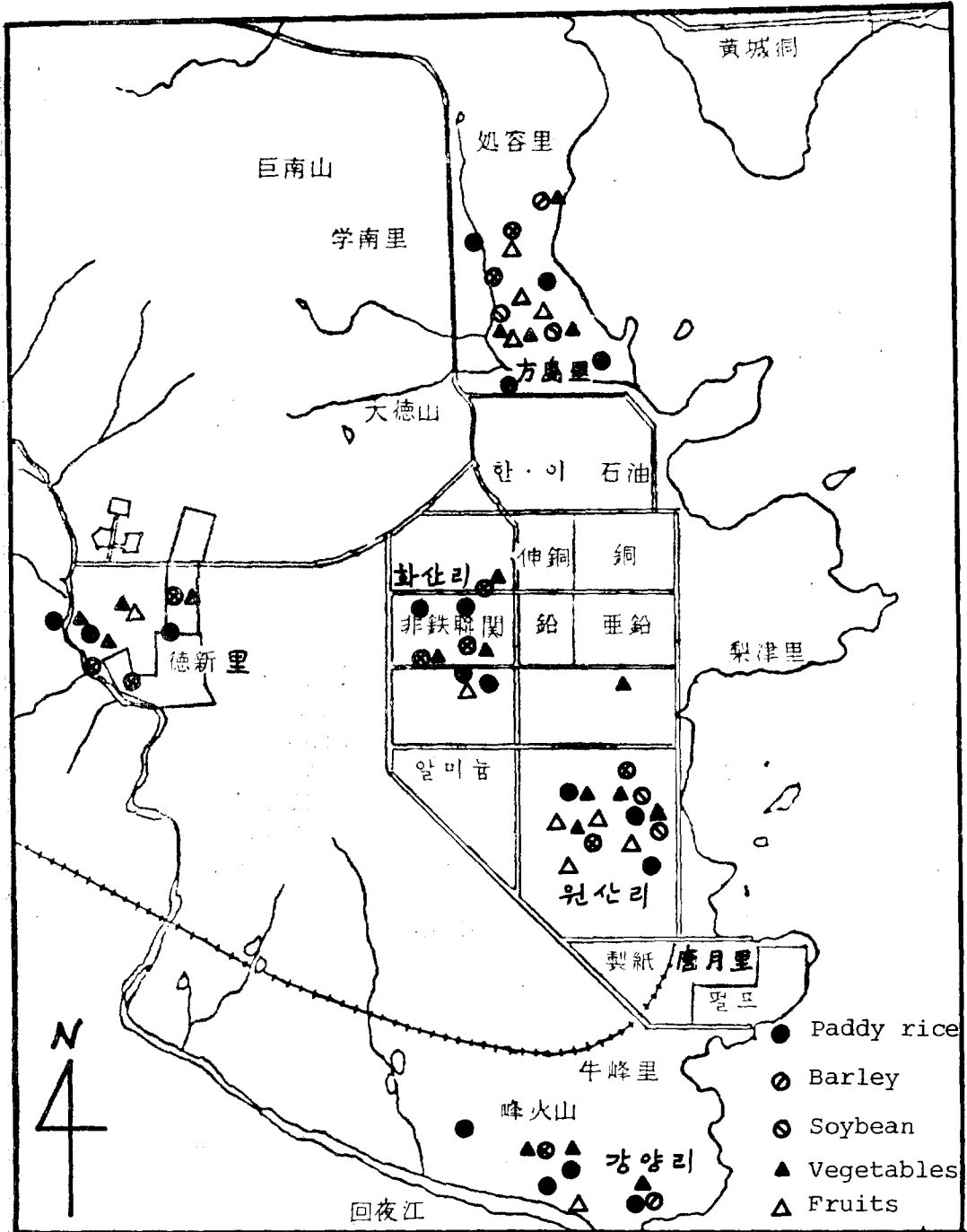


Fig. 1. Sampling sites of plant materials around Onsan Industrial Complex

있, 줄기등의 可食部位를 각각 1kg씩 채취하였다. 채취된 시료는 75°C의 열풍건조기에서 충분히 건조시킨 다음 Wiley mill로 분쇄한 것을 중금속 분석시료로 사용하였다.

3. 중금속 분석방법

1) 비소(As)

日本公害分析指針⁽⁴⁾에 준하여 濕式분해(질산, 황산 사용)를 시킨 후 AOAC 公定分析法⁽⁵⁾에 준하여 총비소의 농도를 比色定量하였다.

2) 수은(Ag)

前報⁽³⁾에서와 같이 총수은을 정량하였다.

3) 기타 중금속(Cd, Cu, Pb, Zn)

植物體分析法^(6,7)에 준하여 濕式분해(질산, 과염소산, 염산 사용)를 시킨 후 前報⁽³⁾에서와 같이 원자흡

광분석법으로 각종 중금속의 총농도를 정량하였다.

조사결과 및 고찰

土壤汚染은 그곳에서 생육하는 植物에 영향을 미치기 때문에 문제시되고 있다. 이때 그 被害는 두가지로 나누어 생각할 수 있다. 즉 하나는 토양오염으로 인하여 농작물의 生育이 억제되는 경우로서 사람이나 가축에게 毒性을 나타내기 이전의 농도에서 植物이 枯死하거나 생육장애를 일으킨다. 다른 하나는 식물생육에 별로 피해는 주지 않지만 汚染된 農産物을 사람이나 가축이 섭취하였을 때 毒性을 나타내는 경우가 된다.

溫山工團이 가동되기 직전인 1978년중 공단주변에서 생육한 농작물의 중금속 함량을 분석한 결과는 Table 1~5와 같다. 이 결과에 의하면 작물의 종류, 부위, 생

Table 1. Heavy metal concentration of rice plants grown near Onsan Industrial Complex

(Unit: ppm on air-dry basis)

Plant material (sample number & date)	Concentration	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
Rice grain (13; October)	Minimum	<0.1	0.2	1.7	<0.01	<1.0	19
	Maximum	1.5	0.6	4.6	0.38	5.0	50
	Mean	0.23	0.39	2.85	0.13	—	28.3
	S.D.	0.32	0.11	0.76	0.10	—	8.0
Rice straw (13; October)	Minimum	<0.1	0.3	1.5	<0.01	<1.0	37
	Maximum	4.0	0.8	3.9	0.40	5.0	86
	Mean	1.07	0.61	2.81	0.08	—	54.8
	S.D.	1.00	0.15	1.10	0.10	—	13.8

Table 2. Heavy metal concentration of upland crops grown near Onsan Industrial Complex

(Unit: ppm on air-dry basis)

Plant material (sample number & date)	Concentration	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
Barley grain (13; June)	Minimum	<0.1	0.2	2.6	0.01	<1.0	34
	Maximum	0.2	0.5	4.8	0.12	5.0	74
	Mean	—	0.38	3.33	0.04	—	44.8
	S.D.	—	0.09	0.60	0.04	—	10.0
Barley straw (13; June)	Minimum	<0.1	0.3	1.8	0.01	<1.0	12
	Maximum	0.2	0.7	6.4	0.19	5.0	57
	Mean	—	0.45	2.92	0.05	—	20.5
	S.D.	—	0.13	1.38	0.05	—	12.2
Soybean grain (15; June)	Minimum	<0.1	0.1	4.6	0.04	<1.0	42
	Maximum	0.2	0.5	11.8	0.18	5.0	74
	Mean	—	0.23	8.32	0.07	—	49.4
	S.D.	—	0.10	2.22	0.04	—	7.9

Table 3. Heavy metal concentration of vegetable crops grown near Onsan Industrial Complex (Unit: ppm on air-dry basis)

Plant material (sample number & date)	Concentration	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
Chinese cabbage leaf (12; October)	Minimum	<0.1	0.5	3.2	<0.01	<1.0	32
	Maximum	0.5	0.9	5.2	0.33	5.0	105
	Mean	—	0.65	4.00	0.09	—	52.2
	S.D.	—	0.14	0.57	0.09	—	23.9
Onion bulb (4; June)	Minimum	<0.1	0.5	1.3	<0.01	<1.0	18
	Maximum	0.2	0.7	3.2	0.31	5.0	27
	Mean	—	0.58	2.50	0.11	—	22.3
	S.D.	—	0.08	0.76	0.12	—	4.3
Hot pepper pod (9; September)	Minimum	<0.1	0.3	3.7	0.05	<1.0	15
	Maximum	0.9	0.5	8.3	0.30	5.0	34
	Mean	—	0.43	5.66	0.12	—	21.8
	S.D.	—	0.08	1.65	0.07	—	5.4

Table 4. Heavy metal concentration of orchard tree leaves grown near Onsan Industrial Complex (Unit: ppm on air-dry basis)

Plant material (sample number & date)	Concentration	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
Pear leaf (7; September)	Minimum	<0.1	0.3	4.0	0.05	5.6	25
	Maximum	0.2	1.2	10.6	0.09	12.4	95
	Mean	—	0.64	7.08	0.08	8.77	61.4
	S.D.	—	0.26	1.95	0.02	2.25	20.0
Grape leaf (3; September)	Minimum	<0.1	0.1	5.4	0.08	7.8	45
	Maximum	0.2	0.5	12.7	0.11	13.7	90
	Mean	—	0.26	9.30	0.10	9.87	57.9
	S.D.	—	0.13	2.60	0.01	1.77	16.5

Table 5. Heavy metal concentration of plant materials grown near Onsan Industrial Complex before its operation (Unit: ppm on air-dry basis)

Heavy metal	Mean	Maximum
As	0.23	4.0
Cd	0.46	1.2
Cu	4.88	12.7
Hg	0.09	0.4
Pb	3.86	5.0
Zn	41.3	105

육지역과 아울러 중금속의 종류에 따라 그 함량이 달리 나타났다. 외형적으로 볼 때 중금속에 의한 생육장애는 전혀 관찰할 수 없었다.

국내에서 생산된 농산물중 중금속 함량에 관한 조사는 여러 연구자에 의하여 단편적으로 보고되고 있으나 전국적인 규모에서 自然含有量으로 활용할 수 있는 基礎資料는 玄米에 대한 보고가 있을 뿐(8) 그 이외의 농작물에 대해서는 아직 나오지 않고 있다. 중금속 汚染의 基準으로는 環境保全法에서 玄米중 Cd의 함량이 1ppm 이상인 경우에는 농작물의 재배를 제한할 수 있도록 法的措置가 취해지고 있다. 그러나 環境保全의 측면에서나 食品衛生의 측면에서 모든 有害중금속에 대한 殘留許容基準은 아직 설정되지 못하고 있다.

日本에서의 조사결과에서(9) 전국의 非汚染지역에서 재배된 작물중 중금속의 平均含量을 보면 Cd 0.08ppm, Cu 2.89ppm, Zn 17.5 ppm으로 나타났다.

위의 여러 자료와 비교해볼 때 淵山지역의 農作物은 아직 중금속에 의한 汚染이 문제시되지 않는 것으로

판단된다. 그러나 非鐵金屬공업의 가동이 지속될때 중금속 汚染의 진행상태를 파악하기 위하여 본 연구의 결과가 크게 活用될 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

溫山공업단지 造成에 따른 農作物의 汚染가능성을 조사하기 위하여 1978년 3월부터 12월에 걸쳐 주변 농경지에서 재배된 農作物(수도, 보리, 대두, 채소, 과일) 중의 중금속 농도를 분석한 결과는 다음과 같다.

중금속 함량은 농작물의 종류, 부위, 재배지역에 따라 약간의 차이가 있었으나 일정한 경향은 찾아 볼 수 없었다. 분석한 농작물 시료의 平均値를 보면(風乾物 기준) As 0.23 ppm, Cd 0.46 ppm, Cu 4.88 ppm, Hg 0.09 ppm, Pb 3.86 ppm, Zn 41.3 ppm으로서 이 지역에 대한 自然含有量 基準으로 이용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 盧在植, 李瑞來 외 21명(1979): 溫山工業團地 環境調査, 한국원자력연구소, 231면.
2. 柳順昊, 朴武彦(1985): 玄米中 重金屬含量豫測을 위한 土壤浸出液의 比較(I, II), 한국환경농학회지, 4, 25, 31.
3. 李瑞來, 宋基俊(1985): 溫山工團 주변토양의 重金屬 농도조사, 한국환경농학회지, 4: 88.
4. 日本分析化學會 關東支部(編)(1972): 公害分析指針 7, 食品編 1-b, 共立出版株式會社, 56p.
5. AOAC (1970): *Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists*, 11th ed., Washington, D.C., p. 402.
6. Black, C.A. and Evans, B.D. (1965): *Methods of Soil Analysis (II)*, American Society of Agronomy, pp.1019~1021.
7. Yoshida, S., Forno, D.A. and Cock, J.H. (1971): *Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice*, IRRI, pp. 1~12.
8. 金福榮, 金奎植, 趙在規, 李敏孝, 金善實, 朴英善, 金福鎮(1982): 韓國 논土壤 및 玄米中 重金屬(Cd, Cu, Zn, Pb)의 天然賦存量에 關한 調査研究, 農試報告 24(土肥, 作保, 菌茸, 農加), 51.
9. 徐胤洙(1985): 土壤 및 農產物 汚染(總說), 한국환경농학회지, 4: 126.