

土壤汚染, 어느 정도인가?



李 瑞 來

〈梨花女大 식품영양학과 教授〉

1. 머릿말

土壤은 지구의 表層을 구성하고 있는 부드러운 물질로서 氣圈, 水圈과 아울러 자연계의 주요한 環境因子를 구성하고 있다. 土壤圈은 암석의 風化로 생긴 무기물과 그곳에 서식하는 동식물의 분해산물인 유기물로 구성되어 있고 植物이 생육하고 있는 장소이기도 하다.

食糧생산적인 측면에서 토양은 農作物의 生産培地가 되어 왔고, 토양의 肥沃度를 올리기 위하여 농민은 무진한 노력을 경주하여 왔다.

그러나 産業化 과정에서 인구의 都市 집중, 산업 폐기물의 排出은 土壤汚染을 가속화하였고 농작물의 生育장해와 汚染문제를 초래하기에 이르렀

다. 더 나아가 오염된 농작물은 이것을 먹게 되는 가축이나 사람에게 건강상의 피해를 가져올 가능성이 있으므로 우리는 토양오염에 신경을 쓰고 있는 것이다. 이러한公害현상은 工業化 과정에서 부득이 겪게 되는 과정이라 하지만 일본에서 발생한 이따이이따이病은 너무나 큰 충격이었고 이에 버금가는 대형 公害를 되풀이하지 않기 위하여 우리는 모든 지식과 경험을 현명하게 활용해야 될 것이다.

土壤오염은 大氣오염이나 水質오염에 비하여 그 문제성이 뒤늦게 인식되었기 때문에 汚染 실태조사나 危害평가가 아직 부족한 상태에 있으며 일반대중의 관심도 비교적 적은 편이다. 그러나 토양오염은 農作物오염을 초래하게 되고, 궁극적으로 국민保健에 직결되는 문제이므로 汚染의 실태 파악과 대책수립에 게을리해서는 안 될 것이다.

여기에서는 우리나라와 그의 産業형태 및 環境여건이 비슷한 일본에서의 조사자료와 비교하면서 土壤 및 農作物의 오염실태 및 문제점을 알아보고자 한다.

2. 土壤汚染의 현황

토양오염의 원인물질로서는 첫째 重金屬으로서 카드뮴, 구리, 아연, 납, 비소 등을 들 수 있다. 그외에도 토양잔류성 農藥, PCB(Polychlorinated biphenyls), 합성洗劑 등의 合成有機화합물을 들 수 있지만 이들 유기화합물은 중금속 만치 문제되지는 않고 있다.

日本에서의 실태조사에 의하면 중금속에 의한 土壤汚染 면적은 전체 農耕地의 0.7%인 3만 7천 헥타르로서 그중 85%는 논이다. 오염면적은 汚染源별로 보면 排水 80%, 排煙 13%, 폐기물 9%, 기타 5%로 나타나 토양오염의 대부분은 水質汚染에서 유래된다는 것을 알 수 있다. (오염면적의 비율 합계가 100%를 초과하는 것은 중복오염 때문이다.)

중금속에 의한 토양의 汚染상태란 자연상태에서의 함유량 (Natural Background level) 과 비교하여 중금속 함량이 異常으로 높아서 人爲的 所産에 의한 것으로 생각되는 동시에 농업의 파괴나 農産물의 汚染 가능성이 있는 경우를 말한다.

일반적으로 토양오염의 基準으로 생각하는 유력한 指標로서는 海面下 10마일까지의 地表岩石을 구성하는 원소의 構成比인 이른바 Clark 數가 이용되고 있다. 그러나 지역에 따라 토양의 生成과정이 다르고 국민보건에 문제되는 것은 農작물을 재배하게 되는 地表面의 土壤이므로 지역별 또는 국가별로 農경지 토양에 대한 自然含有量을 실제로 분석해서 알아놓아야 한다.

우리나라와 農업형태가 비슷한 일본에서는 토양오염에 대한 실태조사가 1970년대에 들어오면서 전국적으로 실시되어 많은 資料가 축적되어 있다. 그 결과를 보면 <표-1>과 같이 非汚

<표-1> 일본토양중 중금속의 자연함유량 (ppm)

중금속	Clark 數	非汚染地域		汚染地域	
		평균	최고	평균	최고
As(비소)	5	9.2	213	23.3	449
Cd(카드뮴)	0.5	0.3	7	0.9	14
Cu(구리)	100	6.8	308	30.3	383
Pb(납)	15	4.4	187	24.9	1,949
Zn(아연)	40	11.6	710	38.0	513

자료: 農業公害ハンドブック (1974)

染지역과 汚染지역간의 차이를 쉽게 파악할 수 있다. 이러한 기초자료를 얻기 위해 일본에서는 農경지 550만 헥타르에서 4,100 지점의 시료를

분석하였고, 그 중 汚染지역은 364 지점이었다. 이와 같이 많은 수의 시료를 가지고 분석한 자료는 有意性이 높아서 오염지역을 확인하는데 충분히 활용될 수 있다고 생각된다.

한편 우리나라에서는 環境廳이 발족되면서 1980년대에 들어와 비로소 전국적인 규모로 논토양의 중금속·자연함유량 (천연賦存量) 을 조사하기 시작하였다. 그 결과는 <표-2>와 같이나

<표-2> 한국 논토양의 중금속 자연함유량

(ppm)

중금속	총 중금속함량 *1		0.1N염산可溶性중금속 *2	
	평균	최고	평균	최고
As	4.8	49.2	-	-
Cd	0.14	1.07	0.13	0.38
Cu	15.7	47.0	4.2	14.0
Hg	0.09	0.42	-	-
Pb	17.3	78.8	4.7	25.0
Zn	40.4	91.6	4.0	59.3

자료: * 1. 국립환경연구소보 제 4 권 (1982) (220개 지점)

* 2. 농사시험 연구보고 제 24 집 (1982) (407개 지점)

타났다. 여기에서 분석시료수는 일본에 비하여 너무 적은 감이 있다. 즉 전국의 논 면적 130만 헥타르에서 220개 지점의 시료를 취했으나 일본과 비교하여 1/4에 불과하다. 물론 예산과 인력 부족으로 그럴 수 밖에 없었지만 概略조사치고는 너무 허술한 것 같이 느껴진다. 앞으로 더 많은 시료에 대하여 분석함으로써 汚染지역을 찾아내는데 활용될 수 있도록 그 資料가 補完되어야 할 것이다.

環境保全法에서 農작물 재배를 제한할 수 있는 汚染基準을 보면 밭토양의 경우 구리 125 ppm 이상, 비소 15 ppm 이상으로 되어 있고 논토양의 경우 생산된 玄米중 카드뮴 1 ppm 이상으로 되어 있다.

다른 한편 農촌진흥청에서도 전국의 논 토양 407개 지점에서 채취한 토양시료중 0.1N염산可溶性 중금속 함유량을 분석하였는데 그 결과는

〈표-2〉와 같다. 여기에서 0.1N염산 可溶成分은 이곳에서 재배된 玄米중의 중금속 함량과 높은 相關關係를 가지며 총 함량의 약 80%를 차지하는 것으로 알려져 있다.

일반적으로 우리나라 토양의 중금속 함량은 일본에서 보다 낮은 값을 나타내고 있는데 이는 토양의 生成母岩이 다르기 때문인 것으로 생각된다.

즉 우리나라의 논토양은 花崗岩系 사질토가 많은데 비하여 일본의 논토양은 火山灰土가 많기 때문이다. 환경청의 자료와 농촌진흥청의 자료를 종합하여 전국적으로 또는 지역적으로 활용될 수 있는 基礎資料가 제시되어야 할 것이다.

중금속에 의한 土壤오염이 염려되는 지역은 鑛山이나 製鍊所 주변, 河川敷地, 高速도로변 등을 들 수 있다. 鑛山 주변의 논토양에 대한 조사결과는 〈표-3〉과 같다.

〈표-3〉 아연광산 주변토양의 중금속 함량 (ppm)*

지 역	시료수	카드뮴		아 연	
		평균	최고	평균	최고
시 흥	6	7.7	14.7	938	1,763
창 원	8	1.3	2.9	61	167
성 주	12	1.5	4.2	106	173
울 진	9	2.2	3.6	105	230
칠 곡	10	0.8	3.2	18	81
전체(평균)	45	2.7	14.7	245	1,763

자료 : 학술원논문집 (자연과학편) 제 19 집(1980)
* 表土시료로서 0.1 N염산 浸出성분임.

이들 지역은 분명히 중금속으로 오염된 것으로 인정되며 평균치만 보더라도 이미 전국 논토양의 자연함유량 최고치를 초과하는 경우가 많음을 볼 수 있다.

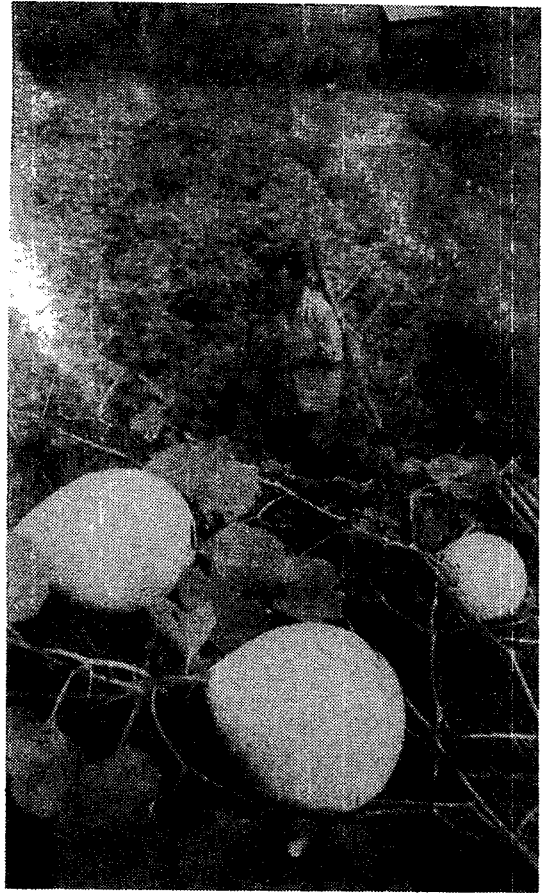
銅광산 주변토양의 중금속 함량을 분석한 결과를 보면 〈표-4〉와 같이 평균치만으로 볼 때 전국 논토양의 자연함유량보다 훨씬 높았으며 분명히 중금속에 의한 汚染지역으로 판단할 수 있다. 최고치를 비롯한 자세한 조사결과에 근거하여 오염 대책 지역을 확인해야 될 것이다.

〈표-4〉 銅광산 주변토양의 중금속 함량(ppm)

중 금 속	평 균 치
As	10.7
Cd	0.78
Cu	59.1
Hg	0.43
Pb	42.9
Zn	68.8

자료 : 국립환경연구소보 제 4 권 (1982)

河川부지는 도시나 공장지대의 폐수로 오염된 河川水가 浸水되거나 관개수로 이용되는 지역으로서 이곳에서 채소를 재배하는 경우가 흔히 있



〈토양오염의 원인물질은 주종이 중금속으로 카드뮴 구리, 아연, 납등을 들 수 있다〉

다. 국내에서의 조사자료를 보면 <표-5>에서와 같이 河川부지는 鑛山 주변의 논토양만치 심각하지는 않지만 중금속의 종류에 따라 자연함유량보다는 매우 높게 汚染된 지역이 발견되고 있으므로 이러한 지역에 대해서는 농작물의 재배를 금지하도록 규제해야 될 것이다.

<표-5> 河川敷地 토양의 중금속 함량 (평균치; ppm)

중금속	갑천	금호강	광주천	전주천
As	5.7	37.8	8.8	6.0
Cd	0.34	9.58	0.29	0.11
Cu	23.5	95.7	29.5	27.8
Hg	0.09	0.07	0.23	0.30
Pb	22.0	45.1	26.4	27.7
Zn	82.9	156.9	100.5	115.8

자료: 국립환경연구소보 제4권 (1982)

非鐵금속 공업단지인 溫山지역은 특히 중금속에 의한 오염이 우려되는 지역으로서 공단이 가동되기 직전의 土壤중 자연함유량을 조사한 결과는 표6과 같다. 이 자료는 공단 가동에 따라 중금속 오염의 進陟여부를 체크하는데 긴요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

<표-6> 溫山工團 주변토양의 중금속 함량 (ppm)

중금속	평균치	최고치
As	3.5	9.3
Cd	0.1	0.6
Cu	11.1	22.4
Hg	0.05	0.37
Pb	26.2	43.4
Zn	56.6	93.0

자료: 溫山工業團地 環境調査 (한국원자력연구소; 1979)

3. 農作物의 중금속 오염

토양오염은 그곳에서 생육하는 植物에 미치는 영향때문에 문제시되고 있다. 이때 그 被害는 두 가지로 나누어 생각할 수 있다. 그 하나는 토양

오염으로 농작물의 生育이 억제되는 경우이다. 즉 농작물의 可食部를 食品이나 飼料로 이용할 때 有害한 중금속 농도로 되기 이전에 식물이 枯死하거나 생육장애를 일으키는 경우로서 As, Cu, Pb, Zn 등이 이에 속한다. 다른 하나는 식물생육에 별로 피해를 주지 않지만 汚染된 농산물을 사람이나 가축이 섭취하였을 때 毒性을 나타내는 경우로서 As, Cd, Hg 등이 이에 속한다.

국내산 玄米중 중금속 함량에 대한 조사결과를 보면 <표-7>과 같다. 이들 자료는 오염되지

<표-7> 한국산 玄米중 중금속의 자연함유량 (ppm)

중금속	평균치	최고치
Cd	0.05 0.02*	0.19 0.03*
Cu	3.04	9.12
Hg	0.05*	0.31*
Pb	0.44	0.89
Zn	20.6	32.4

자료: 농사시험 연구보고 제24집 (1982)

(407개 전국시료)

* 한국식품과학회지 제11권3호(1979)
(112개 전국시료)

않은 지역의 결과로서 앞으로 논토양의 汚染을 判定하는데 긴요하게 이용될 수 있을 것이다. 일본에서의 조사결과를 보면 전국의 非汚染지역에서 재배된 작물중 중금속의 평균함량이 Cd 0.08 ppm, Cu 2.89 ppm, Zn 17.5 ppm으로 나타났으며 우리나라도 일본과 비슷한 수준임을 알 수 있다.

한편 중금속 오염이 염려되는 鑛山 주변에서 생산된 玄米의 중금속 함량을 보면 <표-8>과 같이 나타났다. 아연은 非汚染지역의 분석치보다 약간 높으나 큰 문제가 있을 것으로는 생각되지 않는다. 그러나 카드뮴의 경우를 보면 어느 지역에서나 평균치가 토양오염 判斷基準농도인 0.4 ppm을 초과하였고 최고치는 환경보전법에서 농작물 재배를 규제할 수 있는 농도인 1.0 ppm을 초과하고 있었다. 그리고 0.4 ppm을 초과하는

조사지점의 비율은 46%에 이르고 있다.

〈표-8〉 아연광산 주변의 玄米중 중금속 함량 (ppm)

지역	시료수	카드뮴		아연	
		평균	최고	평균	최고
시흥	6	0.87	1.63	34.1	40.6
창원	8	0.57	1.57	29.6	33.8
성주	12	0.55	1.31	28.7	55.0
울진	9	0.43	1.13	29.3	35.0
칠곡	10	0.31	1.11	24.1	28.3
전체(평균)	45	0.55	1.63	29.2	55.0

자료: 학술원논문집(자연과학편) 제 19집(1980)

일본에서는 玄米중의 Cd 농도가 0.4 ppm 이 되면 그 지역에 대한 精密조사를 실시하고 나아가 要觀察지역으로 지정하여 여러 측면에서의 필요한 對策사업을 추진하고 있다. 현재까지 카드뮴 汚染 對策사업지역으로 지정된 농경지는 4천여 헥타르에 이르고 있고 玄米중 Cd 함량은 최고 3.75 ppm, 지역별 평균(최고) 1.13 ppm에 이르고 있다. 참고로 이따이이따이病이 발생했던 神通川 유역에서의 玄米중 Cd 함량(1968년)은 평균 1.4 ppm, 최고 4.2 ppm이었다.

따라서 우리나라에서도 중금속 汚染이 예상되는 地域을 빨리 찾아내어 精密조사를 실시하고 이에 필요한 對策을 수립해야 될 것이다.

중금속 이외의 有害化學물질에 의한 농작물의 汚染은 土壤오염에만 依存하는 것이 아니며 전국적인 규모로 조사된 資料도 그리 많지 못하다. 그리고 토양중 이들 化學물질의 汚染基準도 아직 설정되지 못하고 있는 형편이므로 여기에서는 더 이상 설명하지 않기로 한다.

4. 맺는말

重金屬으로 오염된 土壤은 어떠한 방법에 의하여 중금속을 제거한다 하여도 완전히 消滅되는 것이 아니고 그 汚染이 다른 장소로 옮겨갈 뿐이다. 따라서 중금속에 의한 토양오염은 오염된 후의 事後對策보다는 근본적인 오염 豫防對策만이 최선의 방법으로 알려져 있다.

국내에서는 土壤 및 農作物의 汚染 실태조사가 보고되고 있으나 조사대상이 限定되어 있고 非持續적으로 추진되는 경향이 있다. 전국적인 규모의 실태조사는 농촌진흥청과 환경청 산하연구소에서 별도로 추진되고 있다. 豫算과 人力이 제한되고 있는 현실하에서 힘을 분산시키고 있는 것은 매우 아쉬운 일이며 두 기관에서의 조사내용이 相互補完的이기를 바란다. 조사연구자간의 資料交換 및 業務協議가 잘 이루어져 環境保全 더 나아가 國民保健의 향상에 이바지할 수 있도록 資料축적 및 對策수립이 이루어지기를 간절히 바랄 뿐이다. *

