

수질중 농약잔류 허용기준 설정을 위한 근거자료

李瑞來* · 金容華** · 李美京*

Information Resources for the Establishment of Tolerances on Pesticide Residues in Water Quality

Su-Rae Lee*, Yong-Hwa Kim** and Mi-Gyung Lee*

Abstract

The objective of this paper is to present relevant information and data from domestic and foreign references and to propose legal standards on pesticide residues in order to mitigate the pesticide contamination in the water environment. Among 200 pesticide ingredients in use in Korea, items necessary for standard setting were selected and theoretical residue limits were computed. The results are summarized as follows.

In advanced countries, drinking water standards are established on the basis of health index ADI and water intake, whereas standards for surface water are established temporarily on the basis of different parameters, inconsistent with different countries. Pesticide residue limits applicable in Korea were proposed for 24 pesticides in drinking water(health basis) and for 25 pesticides in surface water(ecotoxicological basis), as selected by risk priority. It was recommended to accumulate scientific data by persistent research efforts in order to maintain the justification of the pesticide residue limits in water and relevant research topics to be undertaken in future were proposed.

Key words : tolerances, pesticide residues, water quality

서 론

환경기준이란 환경을 보전하고 나아가 사람의 건강을 보호하기 위한 행정목표 또는 지침으로서 이 기준을 달성하기 위해 오염물질의 배출 허용기준을 설정하고

있다. 이러한 기준 설정에는 경제적, 사회적, 기술적인 달성가능성, 경제성장 목표, 지역특성, 국민의 건강지표, 현실적인 오염수준 등을 종합적으로 고려해야 되며 타당한 허용기준을 설정하기 위해서는 뒷받침되는 과학적 자료가 요구된다.

* 이화여자대학교 식품영양학과(Department of Food and Nutrition, Ewha Woman's University, Seoul 120-750, Korea)
** 한국화학연구소 안전성연구센터(Toxicology Research Center, Korea Research Institute of Chemical Technology, Daejeon 305-600, Korea)

현재 국내에서는 농약의 품목고시를 위한 시험항목으로서 농약의 수질오염, 작물잔류성 및 토양잔류성이 요구되고 있고 이에 필요한 조사연구가 1980년대부터 농약관리법에 근거하여 수행되고 있다.^{1,2)} 그러나 시험 대상이 되고 있는 농약의 품목수가 아직 많지 않으며 더우기 실험결과는 환경관리를 위한 기준 설정에는 상당한 거리가 있다. 더우기 물의 사용목적에 따른 농약 성분의 허용기준을 설정하는 데에는 고도의 기술적 및 행정적 경험과 이를 뒷받침하는 근거자료가 축적되어야 비로소 가능하게 된다. 최근 국내에서는 환경오염물질의 위해성 평가를 위한 조사연구가 착수되고 있으나, 아직도 평가기술이 미숙한 상태이며 축적된 자료도 부족하여 환경보전을 위한 정책수립에 직접 활용되지 못하고 있는 것이 우리의 현실이다.

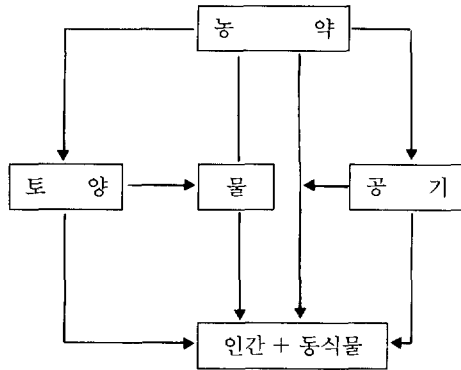
한편 선진외국에서는 농약의 어독성, 수질오염성, 토양잔류성과 아울러 자연생태계에 미치는 파급효과에 관한 연구가 상당한 수준에 도달되었으며 이들 자료에 근거하여 합리적인 농약관리 및 환경보전을 꾀하고 있다.³⁾ 그러나 이러한 자료들은 자국(自國)의 환경조건이나 산업활동에 적합하도록 실험설계가 되어있고 그 결과를 우리나라의 여건에 그대로 적용하는데에는 문제점이 뒤따를 수 있다. 수질에 적용할 수 있는 농약잔류 허용기준은 우선 선진외국에서 얻어낸 자료를 참고해야 되겠지만 그 기준을 우리나라에 적용하려면 데이터의 선별적 수용(受容)을 비롯하여 종합적이고 면밀한 검토가 요구되는 것이다.

본 자료는 농약에 의한 수질오염을 방지하기 위해 농약잔류 허용기준에 관련된 국내의 자료를 수집, 평가하는 동시에 그 허용기준 시안을 제안하는데 그 목적이 있다. 현재 국내에서 기준설정의 법적 근거는 수질환경보전법 제47조 농약잔류 허용기준과 토양환경보전법 제14조 토양오염 우려기준 및 제16조 토양오염 대책기준이다. 이러한 기준 설정은 ① 농약사용량의 증가로 농수산생태계 및 자연생태계의 파괴와 국민의 건강피해에 대한 우려가 현실화되고 있고 ② 농약의 유출(流出)로 인한 수질 의 오염방지를 위해 법적 허용기준을 시급히 마련할 필요가 있다는데 연유한다.

농약이 수질환경에 미치는 영향

1. 농약의 오염경로

농약사용의 목적은 병해충이나 잡초의 방제이므로 사용한 농약이 모두 방제대상이 되는 유해생물에만 부착하고 목적을 달성한 다음에는 무독한 물질로 분해되어 버리는 것이 이상론이다. 그러나 현재의 기술로는 사용한 농약의 일부만이 유해생물에 도달할 뿐 뿌려진 농약의 대부분은 비표적 생물(非標的生物)이나 주위환경에 분포하게 된다 <그림 1>.



<그림 1> 살포된 농약의 환경내 행동

이와같이 자연환경에 분포하게 되는 농약은 그곳에서 분해, 소실, 독성영향 등을 일으키는데 공기, 물, 토양에서의 상대적 영향이 다름을 볼 수 있다<표 1>. 여기에서 보면 물 즉 수권생태계(水圈生態系)가 농약의 영향을 가장 쉽게 받을 수 있으며 그 다음이 토양생태계인 것으로 나타났다. 즉 농약의 환경생태독성 연구는 수서생물에서 출발되었으며 육상생물에 대한 연구는 이를 뒤따르고 있다.

농약이 수계(水系)로 들어가는 경로로서는 논에 살포한 것이 관개수(灌漑水)에 녹아 하천으로 유입되는 것이 가장 많은 것으로 추정된다. 그 다음으로는 밭이나 임야에 사용한 농약이 빗물과 함께 하천으로 유입되거나 지하로 깊이 침투되어 지하수계로 들어갈 수도 있다. 또 빗물은 공중에 비산(飛散)된 농약을 녹여 내린다.

〈표 1〉 자연환경에서 농약의 상대적 중요도⁴⁾

환경대응력	공기	물	토양
생물량	+	++	+++
이동거리	+++	++	+
이동량	++	+++	+
취약성	+	+++	++
제거역할	+	+++	+++
분포균질성	+++	++	+
회석능력	+++	++	+

자료 : OECD Guidelines for the Testing of Chemicals (1993)

따라서 사용된 농약은 분해되지 않는 한 상당한 부분이 수계로 들어가게 마련이다.

수계에 들어간 농약의 대부분은 부유입자에 흡착되어 침강한 후 저질(底質)중의 유기물에 흡착되므로 수중에 잔존하는 농약성분은 매우 적다.⁵⁾ 더우기 수중의 농약은 분해, 소실되는데 농약의 종류에 따라 안정도가 다르다. 예컨대 유기염소제는 하천수 중에서 8주 후까지 안정하나 유기인제는 4-8주후에, 카바메이트제는 2-4주 후에 거의 분해된다.

2. 하천수의 농약오염 현황

하천수계 중 농약오염에 대한 모니터링 자료는 외국에서 유기염소제에 대한 데이터가 상당히 축적되어 있으며 농약살포 시기와 계절(강수량)에 따라 큰 차이를 보이고 있다. 더우기 이들 지속성 농약(persistent pesticide)은 사용이 금지된지 수년 후에도 하천수를 비롯한 환경에서 검출되고 있어 세계적인 관심을 끌고 있는 것이다. 그러나 국내에서는 1980년대에 접어들면서 BHC, DDT, heptachlor, drin 제의 사용이 금지되었기 때문에 이들 농약에 의한 수질오염을 걱정할 필요는 없을 것이다.

유기염소제 후에 등장한 유기인제나 카바메이트제 농약은 지속성이 적고 오염수준이 낮아 환경오염 조사 사례가 유기염소제에 비하여 매우 제한되어 있다. 그러나 이들 농약은 잔효성(殘效性)이 작기때문에 오히려 그의 사용량이나 사용횟수가 많아져 단위면적당 사용

량이 증가할 뿐만 아니라 사용시기가 봄부터 여름에 걸쳐 집중되므로 이들 농약에 의한 일시적인 수질오염의 우려가 높아지고 있다.

국내에서 5대강 본류에서의 유기인계 농약에 대한 조사결과(평균치)를 보면(1982년 8월) diazinon, iprobenfos 만이 검출되었고 기타 유기인제인 chlorfenvinphos, chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, edifenphos, fenithion, fenitrothion, phenthoate는 검출되지 않았다 〈표 2〉.⁶⁾ 한편 같은해 낙동강 수질 중 유기인계 농약의 검색결과를 보면 8월에 높은 수준으로 나와 농약별 평균치(ppb)는 iprobenfos(4.3) > diazinon(0.49) > phenthoate(0.22) > parathion(0.11) > malathion(0.05) > fenitrothion(0.04)의 순으로 나왔고 최고치는 iprobenfos 11 ppb, diazinon 2 ppb, phenthoate 1.3 ppb 이었다.⁷⁾ ⁸⁾ 이러한 농도의 차이는 채수지점, 채수시기에 따라 낙동강의 유수량이 크게 달라지므로 나타난 결과가 아닌가 생각된다.

〈표 2〉 5대강 본류에서 유기인계 농약의 검출현황⁶⁾
(1982년 8월, 강별 평균치 ppb)

강	별	Diazinon	Iprobenfos(IBP)
한	강	0.02	0.20
금	강	0.24	1.08
만	경 강	0.03	0.15
영	산 강	0.03	0.28
낙	동 강	0.05	0.33
검	출 최 고 치	0.39	1.53

1991년 6대강 분류 및 지류에서의 농약분석치를 보면 diazinon 외 4종의 농약성분이 검출되었으나 매우 낮은 농도였으며 기타 농약은 검출되지 않았다.⁹⁾

최근에는 농약의 공중살포가 많아지면서 하천수 오염의 우려가 늘어나고 있다. 1960년 미국 일리노이주에서는 농경지에 100 kg/ha의 aldrin을 항공살포한 후 다수의 물고기 치사사건이 발생하였다. 그 원인을 규명하기 위해 수서곤충상을 조사한 결과 하루살이는 10% 이하로 급격히 감소하였고 날도래와 모기붙이는 5-6배로

〈표 3〉 5대강 수질의 농약검출 결과 (최고농도 ppb)⁹⁾

강 별	Diazinon	Iprobenfos	Chlorpyrifos	Dichlofluanid	Procymidone
한 강	흔적	0.30	불검출	0.025	0.08
금 강	0.08	0.50	불검출	0.105	흔적
만 경 강	0.40	0.83	흔 적	0.063	0.10
영 산 강	0.12	0.73	불검출	0.074	0.18
낙 동 강	0.06	0.56	불검출	0.044	0.04
섬 진 강	흔적	0.10	불검출	0.023	흔적

〈표 4〉 수권생태계에 대한 독성시험의 종류와 특성⁴⁾

시 험 생 물 군	시험행물(OECD추천)	관찰내용	결과 활용
어 류	잉어, 송사리, 무지개 송어, bluegill, fathead minnow	급성독성(LC ₅₀) 만성독성(NOEL) 생육초기독성(NOEL)	독성의 예비검색 어류군집의 영향 평가 /
무 척 추 동 물	물벼룩	급성독성(LC ₅₀) 만성독성(NOEL)	독성의 예비검색 군집의 영향 평가
조 류	<i>Selenastrum sp.</i> <i>Scenedesmus sp.</i> <i>Chlorella sp.</i>	급성독성(EC ₅₀)	독성의 예비검색
생 태 계	모의생태계 야외시험	생태계 기능과 구조 (NOEL)	생태계에 미치는 영향 평가

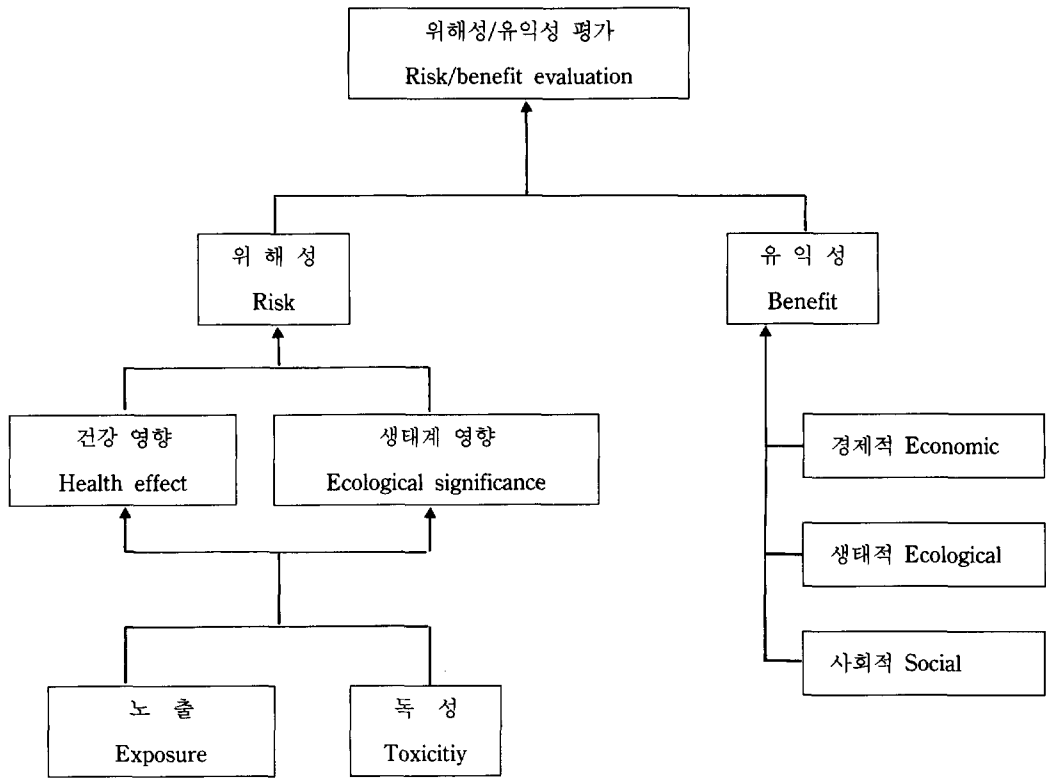
증가하는 이상(異常)현상이 일어남을 발견하였으며 수서곤충상은 1년반 후에야 원상태로 회복되었다. 캐나다에서는 1950년대에 들어와 25-50 kg/ha 의 DDT를 산림에 항공살포한 결과 DDT가 하천에 오염되어 연어에 커다란 피해를 초래하였다. 그 원인으로는 물에 오염된 DDT로 수서곤충계가 전멸되었으며 생태계 회복에는 5-6년이 소요되었다.

일본에서도 1975년 담수논에 fenitrothion(40%)과 fenobucarb(BPMC, 36%)를 1-1.5 L/ha로 항공살포한 후 논물, 배수로수, 하천수의 농약을 조사한 결과 논물에서는 살포 2시간후에 fenitrothion 106 ppb, fenobucarb 156 ppb 이었고 6일후에는 각각 1과 6 ppb로 감소하였다. 배수로수에서는 1/2로, 하천수에서는 다시 1/2로 그 농도가 감소하고 있었다고 한다. 그 후 일본 환

경에서는 공중살포하는 농약에 의한 피해를 우려하여 공공수역에 대한 27개 농약성분의 수질평가 지침치를 1994년 설정한 바 있다 <표 12 참조>.

3. 수권생태계(aquatic ecosystem)에 미치는 영향

수권생태계는 생산자-소비자-분해자 의 역할을 하는 다양한 생물종(미생물, 조류, 무척추동물, 어류, 포유동물 등)이 모여있는 유기체이다. 이러한 생태계를 구성하고 있는 다양한 생물종들은 환경변화에 매우 예민하여 수계(水系)의 농약농도와 지속시간에 따라 각각 독성 영향이 달리 나타난다. 수권생태계는 내륙지방에서의 하천, 호소(湖沼)와 연해안, 해양을 생각할 수 있으며 수산업과 수자원 공급 그리고 자연보존이라는 측면이 우리의 관심사가 되고 있다.



수서생물에 대한 기본독성자료(base-set toxicological data)로는 수권생태계에서의 먹이망(food web)을 고려하여 생산자인 식물성 조류(algae)중에서 1종, 1차 소비자이면서 다음 단계의 먹이가 되는 무척추동물인 물벼룩 1종, 최종소비자인 어류 중에서 1종을 합하여 모두 3종 생물에 대한 급성독성치(2일 또는 4일에 걸친 LC₅₀ 또는 EC₅₀값)가 요구된다(표 4). 이러한 기본자료는 농약의 등록과정에서 요구되는 데이터 이기때문에 국내외에서 완전하지는 않지만 이미 상당한 자료가 축적되어 있다.

농약의 사용패턴이나 독성에 따라서는 수서생물에 대한 급성독성치만으로 농약의 위해성을 평가하기 어려운 경우가 있는데 이때에는 시험생물의 전 생육기간에 걸친 만성 독성시험이 요구된다. 시험기간은 어류의 경우 6개월-2년 이상, 물벼룩은 약 20일에 걸쳐 생식과 생육인자에 관한 사항을 조사한 다음 최대허용농도(maximum acceptable toxicant concentration)와 무영향농

도(no observable effect concentration, NOEL)를 구하게 된다. 이때 어류에서는 소요시간을 단축하기 위하여 가장 민감한 생육단계(수정란에서 부터 부화후 30-60일)에서 독성시험을 실시한 후 만성독성을 예측하는 생육초기 독성시험법이 개발되어 1992년 OECD에서 지침으로 채택되었다.

수서생물에 대한 급성독성 및 만성독성 시험은 실험실 시험이기때문에 재현성과 신뢰성이 높다는 장점이 있으나 자연생태계의 구조와 기능에 미치는 영향을 예측하는데는 한계성이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 자연생태계에 가까운 실험조건에서 실시하는 모의생태계(model ecosystem, mesocosm) 시험이 개발되었다. 1980년대 초에 이르러서는 몇몇 국가(미국, 영국)에서 만일 전단계시험(급성 및 만성)의 결과와 환경예상농도(estimated environmental concentration, EEC)를 비교하여 농약사용으로 인하여 수서생물이 영향을 받을 가능성이 있는 경우에는 농약 등록시의 최종 시험항목

〈표 5〉 농약의 생태계 위해성 평가기준 (US EPA)¹⁰⁾

독성시험	대상생물	위해성 없음	위해성 경감가능	큰 위해성 인정
급성독성치	포유동물	$EEC < 0.2LC_{50}$	$0.2LC_{50} \leq EEC < LC_{50}$	$EEC \geq LC_{50}$
	조류(鳥類)	$EEC < 0.2LG_{50}$	$0.2LC_{50} \leq EEC < LC_{50}$	$EEC \geq LC_{50}$
	수서생물	$EEC < 0.1LG_{50}$	$0.1LC_{50} \leq EEC < 0.5LC_{50}$	$EEC \geq 0.5LC_{50}$
만성독성치		$EEC < \text{no effect level}$	—	$EEC \geq \text{effect level}$

으로 모의생태계 또는 실제생태계 시험결과를 요구하게 되었다.

4. 농약의 환경위해평가(environmental risk assessment)

농약을 포함한 화학물질의 위해성은 노출과 독성에 의해 좌우된다. 즉 위해성(risk&hazard) = 독성(toxicity) × 노출(exposure)이다. 농약의 사용여부 즉 법적 허용여부는 농약의 필요성이 인정되는만치 다음과 같이 위해성/유익성 평가(risk/benefit evaluation)가 면밀하게 이루어진 다음에 취해질 사항이다.

농약이 가져올 위해성 중에서 인체건강에 미치는 영향은 식품의 안전성 확보를 위한 위생규제에서 FAO/WHO를 비롯한 여러나라에서 잘 대처하여 왔다. 즉 보건당국과 식량생산부처에서는 오래전부터 인체 1일 섭취허용량(acceptable daily intake for man, ADI), 식품계수(food factor), 안전계수(safety factor), 그리고 농약의 사용필요성(GAP하에서의 PRL)에 관한 축적된 자료에 의하여 식품중 농약잔류 허용기준(maximum residue limit, MRL)을 국내기준 또는 국제규격(Codex)으로 설정하였고 1995년 WTO의 출범에 따라 회원국은 이에 따르도록 권유하고 있다. 그러나 농약이 환경생태계에 미치는 영향과 관련된 법적규제는 근래에 와서 비로소 착수되고 있다.

미국 EPA에서는 1975년 농약의 생태독성 평가기준을 개발하였다.¹⁰⁾ 즉 농약의 환경예상농도(EEC)와 생물에 미치는 독성치 간의 비율에 따라 농약의 생태계 위해성을 세가지로 분류하고 있다 <표 5>. 이 평가에서 위해성이 있을 것으로 판단되면 모의생태계(model ecosy-

stem)와 실제생태계(field ecosystem)에 의한 시험을 통하여 그의 위해성을 확인하고 있다. 이를 위해 미국에서는 수권생태계를 위한 모델시험 지침서를 이미 발간하였다.

농약의 환경위해평가에서 EEC와 독성치의 비교에 의한 평가방법은 객관적이고 수량화될 수는 있으나 실제 생태계에서의 불확실성 즉 ① 실험실 조건과 실제 환경간의 차이 ② 먹이연쇄와 같은 간접적 영향 ③ 생태계에서 농약의 역동적 변화(dynamic change)와 같은 관점이 고려되지 않았다는 약점을 지니고 있다. 따라서 실제환경에서의 야외시험이 병행되고 있는 형편이다.

선진외국의 수질 중 농약잔류 기준 현황

1. 미 국

미국에서는 음용수의 오염이 심각해짐에 따라 EPA로 하여금 공중건강의 위해를 야기하는 음용수 오염물질에 대한 기준을 설정하도록 하였다(Safe Drinking Water Act, 1986).¹¹⁾ EPA에서 설정하는 음용수 규제에는 독성물질에 근거한 음용수 1차규제(National Primary Drinking Water Regulation)와 관능적 특성 또는 기술적 관점에 근거한 음용수 2차규제(National Secondary Drinking Water Regulation)가 있다.

음용수 1차규제에서는 강제기준인 최대오염기준치(maximum contaminant level, MCL)와 비강제기준인 최대오염기준 목표치(maximum contaminant level goal, MCLG)가 설정된다. MCL이나 MCLG의 설정에서 고려하는 첫째요인은 인체건강이지만 기타 고려사항으로

〈표 6〉 미국 음용수의 잔류농약 1차 기준 (1993. 1. 1 현재)¹²⁾
 (National Primary Drinking Water Standards-US EPA)

농약성분	건강영향	MCL* (mg/L)	MCLG** (mg/L)	급 원
Alachlor	probable cancer	0.002	zero	herbicide on corn and soybeans ; under review for cancellation
Aldicarb	nervous system	0.003	0.003	insecticide on cotton, potatoes ; restricted in many areas due to ground-water contamination
Aldicarb sulfone	nervous system	0.002	0.002	degraded from aldicarb by plants
Aldicarb sulfoxide	nervous system	0.004	0.004	degraded from aldicarb by plants
Atrazine	reproductive and cardiac	0.003	0.003	widely used herbicide on corn and non-crop land
Carbofuran	nervous system and reproductive system	0.04	0.04	soil fumigant/insecticide on corn/cotton ; restricted in some areas
Chlordane	probable cancer	0.002	zero	soil insecticide for termite control, corn, potatoes ; most uses cancelled in 1980
2,4-D	liver, kidney, nervous system	0.07	0.07	herbicide for wheat, corn, rangelands
Dibromochloropropane (DBCP)	probable cancer	0.0002	zero	soil fumigant on soybeans, cotton ; cancelled in 1977
Dichloropropane (1, 2-)	probable cancer, liver, lungs, kidney	0.005	0.005	soil fumigant ; industrial solvent
Endrin	nervous system, kidney effects	0.0002	0.0002	insecticide on cotton, small grains, orchards (cancelled)
Ethylene dibromide (EDB)	probable cancer	0.00005	zero	gasoline additive ; soil fumigant, solvent cancelled in 1984 ; limited uses continue

농약성분	건강영향	MCL* (mg/L)	MCLG** (mg/L)	급 원
Heptachlor	probable cancer	0.0004	zero	insecticide on corn; cancelled in 1983 for all but termite control
Heptachlor epoxide	probable cancer	0.0002	zero	soil and water organisms convert heptachlor to the epoxide
Lindane	nervous system, liver, kidney	0.0002	0.0002	insecticide for seed/lumber/lives- tock pest control ; most uses restricted in 1983
Methoxychlor	nervous system, liver, kidney	0.04	0.04	insecticide on alfalfa, livestock
Pentachlorophenol	probable cancer, liver, kidney	0.001	zero	wood preservative and herbicide ; nonwood uses banned in 1987
Toxaphene	probable cancer	0.003	zero	insecticide/herbicide for cotton, soybeans; cancelled in 1982
2-4-5-TP (Silvex)	nervous system, liver, kidney	0.05	0.05	herbicide on rangelands, sugar cane, golf courses; cancelled in 1983

* maximum contaminant level(enforceable)
 ** maximum contaminant level goal(non-enforceable)

는 분석검출한계, 존재가능성, 기술달성도, 경비 및 타당성 등이 포함되며 충분한 데이터가 있어야 되므로 EPA에서의 기준설정에는 36개월이 소요된다. 음용수 1차기준치는 또한 가정하수 처리능력, 유해성 폐기물 처리, 공업폐수 배출규제, 비료 농약 사용관습, 지하수 규제기준과 같은 환경규제에서 지침이 되고 있다.

음용수 수질기준을 설정하는데 공통적으로 채택된 가정을 보면 다음과 같다. 이들의 가정은 생물학적, 계절적, 지리적 그리고 환경적 요인에 따라 좌우되지만 규제당국에 의하여 널리 받아들여지고 있다.

- ① 국민 평균수명 70세
- ② 성인 평균체중 70 kg, 어린이 평균체중 10 kg

- ③ 성인 1일평균 물섭취량 2 L, 어린이 1일평균 물섭취량 1 L
 - ④ 음용수로 부터의 상대적 노출비율(총 환경노출량 대비) 20%
- 음용수 수질기준의 설정과정을 보면 비발암성물질에 대한 것과 발암성물질에 대한 것의 두가지 방법이 있다.
 가) 비발암성물질의 기준설정
 Oral reference dose(WHO에서 정하는 ADI와 유사)의 산출 :

$$RfD(\text{mg/kg bw/day}) = \frac{\text{NOEL}(\text{mg/kg bw/day})}{\text{Uncertainty factor}}$$

음용수가 오염물질의 유일한 급원인 경우 :

$$\text{Standard(mg/L water)} = \frac{\text{RfD(mg/kg/day)} \times 70 \text{ kg}}{2 \text{ L/day}}$$

음용수로 부터의 오염물질 노출비율이 식품, 공기, 토양을 포함한 총 환경노출량의 20%가 되는 경우

$$\text{Standard(mg/L water)} = \frac{\text{RfD(mg/kg/day)} \times 0.20 \times 70 \text{ kg}}{2 \text{ L/day}}$$

나) 발암성물질의 기준설정

US EPA의 발암성물질 A,B군에 속하는 경우 : MCLG는 보통 “영”으로 설정하고 MCL은 여러가지 요인에 따라 acceptable excess risk level 이 10^{-4} – 10^{-6} 범위에서 다음 식에 의하여 설정한다.

$$\text{Dose(mg/kg/day)} = \frac{\text{excess cancer risk level}(10^{-4} - 10^{-6})}{\text{cancer potency factor}(q_1^*)(\text{mg/kg/day})^{-1}}$$

$$\text{Standard(mg/L)} = \frac{\text{dose(mg/kg/day)} \times 70 \text{ kg}}{2 \text{ L/day}}$$

발암성물질 C군에 속하는 경우(예, atrazine) : Threshold model 법에서 oncogenic potential 에 대한 부가적인 uncertainty factor 10을 이용한 RfD로 부터 기준치를 산출한다.

미국의 주(州) 정부에서는 연방정부인 EPA에서 설정한 수질기준을 그대로 채택하여도 좋지만 지역적인 수리(水理) 및 생태조건이 다르므로 다른 수질기준을 설정할 수 있도록 허용되어 있다. EPA에서 설정한 바 있는 1993년 1월부터 유효한 음용수의 잔류농약 1차기준(MCL 및 MCLG)을 보면 <표 6>과 같다.¹²⁾

미국 EPA에서는 1975년 농약의 생태계 위해성 평가기준 <표 5 참조>을 개발한 이후 환경상태독성에 관한

많은 데이터가 축적됨에 따라 자원보전 및 재생법(Resource Conservation and Recovery Act)에 근거하여 지표수에 대한 잔류농약 잠정기준을 제안하고 있다 <표 7>.¹³⁾ 이들 기준의 산출근거는 알 수 없지만 수질보전이라는 관점에서 하나의 지침이 될 수 있을 것이다.

<표 7> 미국의 환경인자중 잔류농약 잠정기준¹³⁾
(Proposed action levels by Resource Conservation and Recovery Act, USA)

농 약 성분	지표수 (µg/L)	농 약 성분	지표수 (µg/L)
Aldicarb	50	Endosulfan	2
Aldrin	0.006	Endothal	70
Aluminium phosphide	10	Endrin	(0.2)*
Arsenic	(50)*	Heptachlor	0.008
Chlordane	0.03	Heptachlor epoxide	0.004
D D D	0.1	Lindane	(0.2)*
D D E	0.1	Methomyl	900
D D T	0.1	Methyl parathion	9
Dieldrin	0.002	Parathion	200
Disulfoton	0.1	Toxaphene	(3)*

* MCL defined by National Primary Drinking Water Regulations

2. 캐나다

캐나다 연방정부(Canadian Council of Resource and Environment Ministers)에서는 수자원의 용도에 따른 수질지침을 만들기 위하여 1983년 수질지침 작업반(Task Force on Water Quality Guidelines)을 설치하였다. 여기에서는 “Canadian Water Quality Guidelines, 캐나다 수질지침서”를 작성하여 물의 용도에 따른 수질평가인자와 특정지역에 적용할 수 있는 수질목표에 관한 과학적 정보를 제공하고 있다.¹⁴⁾

이러한 지침은 육수면(陸水面)의 지표수와 지하수에 만 적용되고 연해안수나 해수에는 적용되지 않는다. 그리고 물의 용도를 5가지로 구분하여 수질기준을 설정하고 있으며 이 중에서 농약에 대한 지침치가 정해진 것은 현재 ① ③ ④항 뿐이다 <표 8-10>.

- ① 음용수 원수(raw water for drinking water supply)

〈표 8〉 캐나다 음용수 원수의 농약잔류 지침 및 계산근거 (1987년 현재)¹⁴⁾
(Canadian water quality guidelines for raw water for drinking water supply)

농 약 명	최대허용농도 (µg/L)	계 산 근 거*
Aldrin/Dieldrin	0.7	ADI=0.1 µg/kg/d, 70 kg bw/adult, 20% allowance of ADI, 2 L/day/adult
Chlordane	7	ADI=1.0 µg/kg/d, 20% allowance
2,4-D	100	20% allowance
DDT	30	ADI=5.0 µg/kg/d, 20% allowance
Diazinon	14	ADI=2 µg/kg/d, 20% allowance
Endrin	0.2	ADI=0.04 µg/kg/d, <20% allowance
Heptachlor	3	ADI=0.5 µg/kg/d, 20% allowance
Heptachlor epoxide	3	
Lindane	4	ADI=6 µg/kg/d, 20% allowance
Methoxychlor	100	ADI=20 µg/kg/d, 20% allowance
Methyl parathion	7	ADI=1 µg/kg/d, 20% allowance
Nitritotriacetic acid	50	
Parathion	35	ADI=0.5 µg/kg/d, 20% allowance
2,4,5-TP	10	ADI=2 µg/kg/d, 20% allowance
Toxaphene	5.0	organoleptic or aesthetic level

* 성인 평균체중 70 kg, 성인 1일 음용수 섭취량 2 L, 캐나다에 고유한 ADI값을 채택한 후 음용수 기여도를 감안한 이론치를 계산한 다음 끝자리 절하함.

$$\text{음용수 기준 이론치} = \frac{\text{ADI}(\mu\text{g/kg bw/day}) \times 0.2 \times 70 \text{ kg}}{2 \text{ L/day}}$$

- ② 레크레이션 및 미관용(recreational water and aesthetics)
- ③ 담수생물 보호(freshwater aquatic life)
- ④ 농업용-관개 및 축산용(Agricultural uses ; irrigation and livestock watering)
- ⑤ 공업용(industrial water supplies)

연방정부의 수질지침(water quality guideline)은 국가수준의 총괄치가 아니고 권고치이기 때문에 각 지방 정부는 이들 지침치에 그대로 따라가도 좋고 만일 환경조건이 달라 이들 권고치를 따를 수 없을 때는 이들 지침으로 부터 지역특성에 맞는 수질목표(water quality objective)와 수질기준(water quality standard)을 제정하여 시행할 수 있다.

〈표 9〉 캐나다 담수생물 보호를 위한 지표수의 농약잔류 지침 및 계산근거¹⁴⁾
(Guidelines for surface water for freshwater aquatic life)

농 약 명	지침치(µg/L)	계 산 근 거
Aldrin/Dieldrin	0.004	Marketability of edible fish in Canada
Chlordane	0.006	(U.S. EPA 1980)
DDT	0.001	U.S. EPA 1980
Endosulfan	0.02	Application factor : 0.05 LC ₅₀ , rainbow trout=0.34 g/L
Endrin	0.0023	U.S. EPA 1980
Heptachlor	0.01	Marketability of edible fish U.S. EPA 1980
HCH	0.01	Application factor : 0.01 LC ₅₀ , stonefly=1 µg/L
Phenoxy herbicide	4.0	Mout and Stephan(1976) Safety factor : 0.2
Toxaphene	0.008	Max. acceptable concn. for brook trout fry : 0.039 µg/L

〈표 10〉 캐나다의 농업용수에 대한 농약잔류 지침 및 대상작물¹⁴⁾
(Canadian water quality guidelines for agricultural uses)

농 약 명	Recommended maximum concentration(mg/L)	대 상 작 물
〈관개용〉 (irrigation)		
Acrolein	60	콩류(bears), 옥수수, 사탕무우
	20	콩(soybean)
Chlorfenac	10	콩(soybean)
	0.1	알팔파
	0.1-10	사탕무우
Diquat	125	옥수수
	5	콩류(bears)
Simazine	0.15	알팔파, 브롬그래스
〈축산용〉 (livestock watering)		
		15종 농약, 음용수 기준에 준함.

3. 일본

일본에서는 수질 중 농약에 관한 기준이 여러 법규에 의해 설정되고 있으며 이들 기준은 서로 관련이 있으면서 서로 다르다.¹⁵⁾

수도수질 기준으로는 수도법 제4조에서 유독물질 중 유기인이 검출되어서는 안되는 것으로 되어 있었다. 그러던 중 1992년 후생성에서는 수도수질의 안전성을 향상시키기 위하여 기준항목을 26개에서 46개로 개정한 외에 수도수의 목표치(쾌적수질항목-신규) 13항목, 수도수의 안전성을 감시할 수 있는 지침치(감시항목-신규) 26항목을 설정하였다. 이 중 농약성분은 기준항목으로 4개, 감시항목으로 10개가 채택되었다 <표 11>.

환경기준으로는 공해대책기본법(환경기본법) 제9조에서 사람의 건강을 보호하고 생활환경을 보전하기 위해 「수질오탁에 관한 환경기준」이 있었다. 그러던 중 1993년 환경청에서는 사람의 건강보호에 관한 환경기준 9항목(=수질환경기준 건강항목)중 유기인을 삭제하고 새로이 15항목을 선정, 추가하였다. 이 외에 현실점에서는 환경기준으로 하지는 않지만 앞으로의 지견(知見)

〈표 11〉 일본의 수도수질 기준 (수도법)¹⁵⁾
(단위: mg/L)

농 약 명	기준항목	감시항목
1, 3-Dichloropropene	0.002	-
Simazine	0.003	-
Thiobencarb	0.02	-
Thiram	0.006	-
Chlorothalonil	-	0.04
Diazinon	-	0.005
Dichlorvos	-	0.01
E P N	-	0.006
Fenitrothion	-	0.003
Fenobucarb	-	0.02
Iprobenfos	-	0.008
Isoprothiolane	-	0.04
Isoxathione	-	0.008
Propyzamide	-	0.008

에 의하여 환경기준으로 이행할 가능성이 있는 지침치로서 요감시항목 25개를 설정하였다. 이와 같이 개정된 항목중에서 농약성분은 환경기준으로 4개, 요감시항목으로 11개가 각각 채택되었다 <표 12>.

한편 농약의 공중살포 등 일시에 광범위하게 사용되는 농약중 수질환경기준이 설정되지 않은 품목은 그 사용량이나 공공수역에서의 검출상황 등을 감안하여 수질의 안전성을 평가하기 위한 지침치의 설정이 요구되었다. 이에 따라 1994년 환경청 수질보전국에서는 「공공용수역 등에 있어서 농약의 수질평가지침」을 정하여 우선 27개 농약을 선정하였고 <표 12> 그 후에는 필요에 따라 대상농약을 추가할 수 있도록 하였다.¹⁶⁾

농약의 수질환경기준 및 수질평가지침은 모두 현재까지 축적된 과학적 지견을 기본으로, 주로 장기간에 걸친 음료수를 통한 섭취에 따른 건강영향을 고려하여 설정한 것이다. 따라서 검출치의 평가에서는 연간평균치를 가지고 행할 것이며 일시적으로 이러한 기준치를 초과하는 일이 있어도 곧 건강에 영향이 있다는 뜻은 아니다. 그러나 수도수원으로 이용되고 있는 공공수역에 있어서 일시적으로 기준치를 초과하는 경우에는 농약의 수질오염 미연방지의 관점에서 신속하게 그 원인을

〈표 12〉 일본의 수질환경기준(환경기본법)¹⁵⁾ 및 수질평가지침¹⁶⁾

(단위 : mg/L)*

농약명	기준항목	요감사항목	수질평가지침
I, 3-Dichloropropene	0.002	—	—
Simazine	0.003	—	—
Thiobencarb	0.02	—	—
Thiram	0.006	—	—
Chlorothalonil	—	0.04	—
Diazinon	—	0.005	—
Dichlorvos	—	0.01	—
E P N	—	0.006	—
Fenitrothion	—	0.003	—
Fenobucarb	—	0.02	—
Iprobenfos	—	0.008	—
Isoprothiolane	—	0.04	—
Isoxathione	—	0.008	—
Oxine-copper	—	0.04	—
Propyzamide	—	0.008	—
Bencyclon	—	—	0.04
Bensulide	—	—	0.1
Bromobutide	—	—	0.04
Buprofehtion	—	—	0.01
Buprofezin	—	—	0.04
Butamifos	—	—	0.004
Carbaryl	—	—	0.05
Chlorpyrifos	—	—	0.03
Dichlofenthion	—	—	0.006
Edifenfos	—	—	0.006
Esprocarb	—	—	0.01
Ethofenprox	—	—	0.08
Flutolanil	—	—	0.2
Fthalide	—	—	0.1
Imidacloprid	—	—	0.2
Iprodione	—	—	0.3
Malathion	—	—	0.01
Mefenacet	—	—	0.009
Mepronil	—	—	0.1
Molinate	—	—	0.005
Pendimethalin	—	—	0.1
Probenazole	—	—	0.05
Pyridaphenthion	—	—	0.002
Simetryn	—	—	0.06
Trichlorfon	—	—	0.03
Trichlorfos-methyl	—	—	0.2
Tricyclazole	—	—	0.1

* 공공용수역 등에 적용하는 기준으로 연간 평균농도임.

규명하는 동시에 그 후의 추이를 정확하게 파악하면서 적절한 대책을 검토하도록 되어 있다.

4. 유럽연합(EU) 및 호주

미국이 음용수의 대부분을 지하수에 의존하고 있는 반면 유럽에서는 나라에 따라 음용수원이 크게 다르므로 지표수와 지하수에 대하여 똑같이 강조하고 있다. 즉 1980년 EC Drinking Water Directive(No.80/778/EEC)에서는 음용수원에 관계없이 농약 및 PCB와 같은 유해성분을 동일그룹으로 생각하여 최대허용농도(maximum allowable concentration, MAC)를 설정하고 있다. ¹⁷⁾ 여기에서 MAC는 개별성분의 경우는 0.1 µg/L, 전체성분의 경우는 0.5 µg/L로 설정하고 있으며 만일 사람건강에 위험이 없거나 다른 대체수원(代替水源)이 없을 경우에는 한정된 기간동안 초과되어도 무관하다.

EU의 음용수 기준인 MAC는 검출한계에 가까운 매우 낮은 농도이며 가능하면 농약성분이 없는 음용수를 얻겠다는 희망을 반영한 것이다. 그러나 이러한 수준은 300여 농약의 각각 다른 독성을 감안하지 못하여 과학적 근거가 결여되어 있다. EU회원국은 1985년부터 이 기준에 따르도록 되어 있으나 1989년까지 덴마크, 독일, 네덜란드, 벨지움, 룩셈부르크, 영국, 이태리 만이 이를 승락하였다.

호주에서는 음용수에 대한 농약기준을 식품표준규격(Food Standard Regulation, 1983)에 따라 73종 농약성분에 대한 기준을 설정하고 있다 <표 15 참조>.

6. 세계보건기구(WHO)

WHO Regional Office for Europe에서는 유럽지역의 지표수와 지하수에서 농약 특히 제초제가 문제가 제기되자 1987년 각국 전문가들이 모여 기존의 WHO 기준에 추가하여 음용수의 농약기준 지침치를 추가로 권고하기에 이르렀다 <표 13>. 이때 지침치 계산에서는 WHO의 Guidelines for Drinking-Water Quality(Vol. 1, 1984)의 원칙에 준하였다.¹⁸⁾ 즉

- ① 성인의 1일 음용수 섭취량 2 L

- ② 성인 평균체중 70 kg
- ③ ADI 중 음용수로 부터의 기여율 10%

$$\text{지침치(guideline value)} = \frac{\text{ADI} \times 70 \text{ kg} \times 0.1}{2 \text{ L/day}}$$

<표 13> WHO의 음용수 중 잔류농약 기준

농약성분	기준(µg/L)*	농약성분	권고지침(µg/L)**
Aldrin/dieldrin	0.03	Alachlor	0.3
Chlordane	0.03	Atrazine	2(잠정)
2, 4-D	100	Bentazone	25
Heptachlor/epoxide	0.1	M C P A	0.5
Hexachlorobenzene	0.01	Metolachlor	5
Methoxychlor	30	Molinate	7
		Pendimethalin	17
		Propanil	170
		Pyridate	60
		Simazine	17
		Trifluralin	170

* Standard established

** Guideline value recommended(1987)

세계 여러나라에서 수질 중 농약잔류기준의 설정 상황을 요약해보면 표 14, 15와 같다. 현재 국내에서는 음용수 수질기준으로 유기인계 농약인 4개 성분만이 지정되어 있다.

<표 14> 외국의 수질 중 농약잔류기준 설정 개요

국 가 명	관련법	관련기준	대 상 지 역	항목수
미 국	안전음용수법	국가1차음용수기준	음 용 수	19
	자원보전, 재생법	환경인자중 잠정기준	자 연 수	20
카 나 다	자연환경부 심의회	캐나다 수질지침서	음 용 수 원 수	15
			지 표 수	9
			농 업 용 수	4
일 본	수 도 법	수질기준	수 도 수	14
	환경기본법	환경기준	공 공 수 역	15+27
호 주		식품표준규격	음 용 수	73
유 럽 연 합	EU음용수관리처	최대허용농도	음 용 수	2
세계보건기구	음용수질 지침	수질기준 및 권고지침	음 용 수	21

수질 중 농약잔류 허용기준의 설정 시안

1. 우선순위 선정기법의 이론적 배경

유해화학물질의 관리방향을 결정할 때 제일 먼저 필요한 것은 무엇을 대상으로 할 것이냐 하는 것이다. 물론 관련되는 모든 대상물을 포함시키는 것이 이상적이겠으나, 투입되는 노력과 경비의 한계성을 감안한다면 우선적인 관심을 기울여야 할 대상물과 그렇지 않은 것을 구별하는 작업이 매우 필요하다. 특히 선진국의 풍부한 예산과 인력에 비하여 극히 빈약한 자원을 가진 개발도상국에서 정책의 입안, 추진을 위해 대상물질의 우선순위를 지혜롭게 결정하는 것 만큼 중요한 작업은 없다. 특히 산업발달에 따라 필연적으로 점증하게 되는 화학물질의 사용으로 환경문제가 심각하게 된 최근에 이르러 화학물질의 우선순위를 결정하여 효율적으로 관리해 나가는 것은 지속적인 경제발전과 환경보전을 동시에 추구해야 하는 우리나라의 현실에서 시의적절한 작업이다.

우선순위의 선정과정을 보면 이미 1970년대에 미국, 유럽 등지에서 여러가지 모델이 고안되었다. 이러한 모델은 적용대상이 다르고 각각 장단점이 있는데 여기에서는 수질 중 위해성이 예상되는 농약의 우선순위를 계산하기 위하여 DRANC, TSCA, EEC의 세가지 방법을 구사하였다 <표 16>.

〈표 15〉 음용수 중 농약잔류 기준의 각국별 비교

(단위 : µg/L)

농약성분	한국	WHO*1	EU*2	미국	캐나다	일본	호주	프랑스
전체농약	-	-	0.5	-	-	-	-	0.5
개별농약	-	-	0.1	-	-	-	-	0.1
Acephate	-	-	-	-	-	-	60	-
Alachlor	-	0.3	-	2	-	-	10	-
Aldicarb	-	-	-	3	9	-	-	-
Aldrin/dieldrin	-	0.03	-	-	0.7	-	1	0.03
Amitrole	-	-	-	-	-	-	1	-
Atrazine	-	(2)	-	3	60	-	-	-
Azinphos-methyl	-	-	-	-	20	-	10	-
Benomyl	-	-	-	-	-	-	200	-
Bentazone	-	25	-	-	-	-	400	-
Bromacil	-	-	-	-	-	-	600	-
Bromoxynil	-	-	-	-	5	-	-	-
Butachlor	-	-	-	-	-	-	30	-
Carbaryl	-	-	-	-	90	-	60	-
Carbendazim	-	-	-	-	-	-	1	-
Carbofuran	-	-	-	40	90	-	-	-
Carbophenothion	-	-	-	-	-	-	1	-
Chloral hydrate	-	-	-	-	-	8	-	-
Chlordane	-	0.03	-	2	7	-	6	-
Chlorfenvinphos	-	-	-	-	-	-	30	-
Chloronitrofen	-	-	-	-	-	5	-	-
Chlorothalonil	-	-	-	-	-	40	-	-
Chlorpyrifos	-	-	-	-	90	-	2	-
Cyanazine	-	-	-	-	10	-	-	-
Cyhexatin	-	-	-	-	-	-	200	-
2, 4-D	-	100	-	70	100	-	100	-
Dalaphon	-	-	-	200	-	-	-	-
D D T	-	(1)	-	-	30	-	3	-
Demeton-O(S)-methyl	-	-	-	-	-	-	30	-
Diazinon	20	-	-	-	20	5	10	-
Dibromochloropropane	-	-	-	0.2	-	-	-	-
Dicamba	-	-	-	-	120	-	300	-
Dichlobenil	-	-	-	-	-	-	20	-
Dichloropropane	-	-	-	5	-	-	-	-

농약성분	한국	WHO*1	EU*2	미국	캐나다	일본	호주	프랑스
Dichlorvos	—	—	—	—	—	10	20	—
Diclofop-methyl	—	—	—	—	9	—	—	—
Dicofol	—	—	—	—	—	—	100	—
Dimethoate	—	—	—	—	20	—	100	—
Dinoseb	—	—	—	7	—	—	—	—
Diquat	—	—	—	20	70	—	50	—
Disulfoton	—	—	—	—	—	—	60	—
Diuron	—	—	—	—	150	—	40	—
Endosulfan	—	—	—	—	—	—	40	—
Endothal	—	—	—	100	—	—	—	—
Endrin	—	—	—	0.2	—	—	1	—
E P N	—	—	—	—	—	6	—	—
Ethion	—	—	—	—	—	—	6	—
Ethylene dibromide	—	—	—	0.05	—	—	—	—
Fenitrothion	40	—	—	—	—	10	60	—
Fenobucarb	—	—	—	—	—	20	—	—
Fenvalerate	—	—	—	—	—	—	60	—
Formothion	—	—	—	—	—	—	100	—
Glyphosate	—	—	—	700	280	—	500	—
Hexachlorobenzene	—	0.01	—	1	—	—	—	0.01
Heptachlor	—	0.1	—	0.4	3	—	3	—
Heptachlor epoxide	—	—	—	0.2	—	—	—	—
Iprobenfos	—	—	—	—	—	5	—	—
Isoprothiolane	—	—	—	—	—	40	—	—
Isoxathion	—	—	—	—	—	8	—	—
Lindane(γ -HCH)	—	(3)	—	0.2	4	—	100	—
Malathion	25	—	—	—	190	—	100	—
Mancozeb	—	—	—	—	—	—	400	—
Maneb	—	—	—	—	—	—	30	—
M C P A	—	0.5	—	—	—	—	—	—
Methidathion	—	—	—	—	—	—	60	—
Methomyl	—	—	—	—	—	—	60	—
Methoxychlor	—	30	—	40	900	—	—	—
Metolachlor	—	5	—	—	50	—	800	—
Metribuzin	—	—	—	—	80	—	5	—
Mevinphos	—	—	—	—	—	—	6	—
Molinate	—	7	—	—	—	—	—	—
Monocrotophos	—	—	—	—	—	—	2	—
Omethoate	—	—	—	—	—	—	0.4	—
Oxamyl	—	—	—	20	—	—	—	—

농약성분	한국	WHO*1	EU*2	미국	캐나다	일본	호주	프랑스
Paraquat	-	-	-	-	10	-	40	-
Parathion	60	-	-	-	50	-	30	-
Parathion-methyl	-	-	-	-	-	-	6	-
Pendimethalin	-	17	-	-	-	-	2000	-
Pentachlorophenol	-	(10)	-	1	60	-	-	-
Perfluidone	-	-	-	-	-	-	20	-
Permethrin	-	-	-	-	-	-	300	-
Phorate	-	-	-	-	20	-	-	-
Picloram	-	-	-	500	190	-	1000	-
Piperonyl butoxide	-	-	-	-	-	-	200	-
Pirimicarb	-	-	-	-	-	-	100	-
Pirimiphos-ethyl	-	-	-	-	-	-	1	-
Pirimiphos-methyl	-	-	-	-	-	-	60	-
Profenofos	-	-	-	-	-	-	5	-
Propanil	-	170	-	-	-	-	-	-
Propargite	-	-	-	-	-	-	1000	-
Propoxur	-	-	-	-	-	-	1000	-
Pyrazophos	-	-	-	-	-	-	6	-
Pyrethroids	-	-	-	-	-	-	60	-
Pyridate	-	60	-	-	-	-	-	-
Quintozene	-	-	-	-	-	-	40	-
Simazine	-	17	-	4	10	3	-	-
2,4,5-T	-	-	-	-	-	-	2	-
T C D D	-	-	-	3×10 ⁻⁵	-	-	-	-
Temephos	-	-	-	-	280	-	-	-
Terbufos	-	-	-	-	1	-	-	-
Thiobencarb	-	-	-	-	40	20	40	-
Thiometon	-	-	-	-	-	-	20	-
Thiophanate-methyl	-	-	-	-	-	-	400	-
Thiram	-	-	-	-	-	6	30	-
Toxaphene	-	-	-	3	-	-	-	-
2,4,5-TP(Silvex)	-	-	-	50	280	-	-	-
Triallate	-	-	-	-	230	-	-	-
Trichlorfon	-	-	-	-	-	-	30	-
Trifluralin	-	170	-	-	45	-	500	-
Zineb	-	-	-	-	-	-	30	-
기준합계(성분수)	4	21	2	25	38	15	73	4

1) () 안 숫자는 잠정기준

2) 회원국중 덴마크, 독일, 네덜란드, 벨지움, 룩셈부르크, 영국, 이태리 만이 이를 승락.

〈표 16〉 수질오염물질의 우선순위 선정모델 비교

선정모델	정량화	결과해석	입력자료
DRANC 방법	이론식	총합적	농약사용량 환경유출량 독성자료
TSCA 방법	점수화	사안별	농약사용량 환경방출량 생물농축성 독성자료
EEC 방법	점수화	총합적	환경분해성 생물농축성 독성자료

가) DRANC 방법¹⁹⁾

이 방법에서는 다음의 계산식에 의하여 MOS(margin of safety) 또는 drink dose(음용수로 부터의 약물 섭취량)를 구한다.

$$MOS(\text{margin of safety for drinking water}) = \frac{\text{dose without effect for mammals}}{\text{drink dose}}$$

$$\text{Drink dose} = \frac{\text{drink concn} \times \text{drink total}}{\text{drink dose}}$$

$$\text{Drink concn} = \text{dissolved surface concn} \times \text{purifactor}$$

$$\text{Dissolved surface concn} = \frac{\text{total surface concn}}{1 + K_{\text{sed, water}} \times \text{Sed concn} \times 10^{-6}}$$

여기에서 $K_{\text{sed, water}} = 0.411 \times K_{\text{ow}} \times \text{fraction of org C} (= 0.2)$

$$\text{Sediment concn} = 25$$

$$\text{Total surface concn} = \frac{\text{total effluent concn}}{\text{dilution factor}}$$

Total effluent concn

$$= \frac{\text{pesticide usage} \times \text{effluent ratio} (\% Y)}{\text{Total effluent volume}}$$

총 유출수 농도(total effluent concentration)는 $Y(\%) = 1.06 + 1.84 \log WS$ 라는 유출관계식을 사용하여 각 화합물의 수용성(WS)에 따른 유출율(effluent ratio)을 계산하였고, 여기에 대상화합물의 사용량을 곱한 뒤, 일정한 지역(100m×10m)을 가정한 후, 이 지역에 내리는 평균 강우량을 곱하여 얻은 총 유출량으로 나누었다. 희석배수(dilution factor)는 37로 계산하였고, 총 유출수 농도를 희석배수로 나누어 총표면농도(total surface concentration)를 구하였다.

Drink dose에 있어서 체중은 60 kg으로 계산하였고, total drink는 1일에 2 L를 마시는 것으로 계산하였다. 이와 같이 계산된 drink dose와 급성독성치(LD₅₀), 만성독성치(ADI)를 사용하여 우선순위를 결정하였다.

나) TSCA 방법²⁰⁾

두번째 방법인 TSCA ITC 방법에서는 〈표 17〉과 같은 방법으로 점수를 각각 부여하였다. 그런 다음 다음과 같은 계산식에 의하여 환경노출지수(EEI)를 계산하였다.

EEI(environmental exposure index)

$$= \frac{1}{9} \left(\frac{Q + Re}{2} + H + \frac{B + L}{2} \right)$$

Q : Annual production(농약의 연간 사용량)

Re : Fraction released into environment(환경방출비율)

H : Persistence(지속성/가수분해율)

B : Bioaccumulation potential(생물농축성)

L : Influence on environment(환경에 미치는 영향)

이 때 L 항목은 정확하게 파악할 수 없으므로 계산에서 배제하였으며, Re 항목은 수계(水系)로 유입되는 비율에 따라 점수를 부여하였다. 위와 같은 방법으로 EEI를

구한 뒤 급성독성치 또는 만성독성치를 곱하여 각 농약성분에 대한 우선순위를 결정하였다.

다) EEC 방법 (compartmentalization score method)²¹⁾

〈표 17〉 TSCA 방법에서의 점수 부여법

평가요인	구 분	점 수
사용량(Q)	0.01톤 미만	-2
	0.01-0.1톤	-1
	0.1-1톤	0
	1-10톤	1
	10-100톤	2
	100-1000톤	3
	1000-10000톤	4
	10000-100000톤	5
	100000톤 이상	6
환경방출비용(Re)	< 30%	3
	3-30%	2
	0.3-3%	1
	< 0.3%	0
지속성(가수분해율: H)	Years	3
	Months	2
	Days	1
	Hours	0
생물농축성(B)	log P* > 5	3
	log P = 3-5	2
	log P = 1-3	1
	log P < 1	0
급성독성(LC ₅₀)	1 mg/L 이하	3
	1-10 mg/L	2
	10-100 mg/L	1
	100 mg/L 이상	0
만성독성(NOEL)	1 mg/kg 이하	3
	1-10 mg/kg	2
	10-100 mg/kg	1
	100 mg/kg 이상	0

*P: 생물체/수질에 대한 화학물질의 분배계수

세번째 방법인 EEC 방법에서는 구획화(compartmentalization)항목, 생물농축계수 항목, 물에서의 가수분해 요인에 대한 항목, 미생물 분해에 관한 항목, 광분해에 관한 항목, 그리고 급성독성 및 만성독성에 대한 항목에 대하여 〈표 18〉과 같은 방법으로 점수를 각각 부여하였다. 이 때 total persistence 점수는 가수분해, 미생물 분해, 광분해성 점수를 더한 뒤 3으로 나누었고 여기에 생물농축계수, 구획화에 따른 항목의 점수를 합산하였다. 이 점수에 급성독성치 또는 만성독성치에 따른 점수를 각각 곱하여 나온 총점수로 부터 우선순위를 결정하였다. 여기에서는 농약사용량에 대한 항목이 들어가지 않으므로 농약성분에 고유한 생태독성 만을 나타낸다고 할 수 있다.

EEC 점수

$$= \left\{ \frac{\text{가수분해성} + \text{미생물분해성} + \text{광분해성}}{3} \right.$$

+ 생물농축성 + 구획화

× 급성독성(또는 만성독성)

여기에서

$$H = \frac{\text{vapor pressure(mmHg)} \times \text{molecular weight}}{\text{water solubility(ppm)}}$$

$$S = \frac{\text{water solubility(ppm)}}{\text{molecular weight}}$$

2. 대상농약의 선정 및 허용기준의 산출근거

환경부가 보유하고 있는 데이터베이스(한국화학연구소와의 용역연구)를 이용하여 음용수 및 하천수(지표수)에 대한 기준설정 대상농약의 우선순위를 국내에서 유통되고 있는 200여종의 농약성분을 대상으로 DRANC방법, TSCA방법, 및 EEC방법에 의하여 선정하였다. 여기에서 1년평균 농약사용량은 1989-93년 사이의 5년간 농약출하량²⁾에서 계산하였다. 급성독성치는 수서생물인 잉어, bluegill, fathead minnow, rainbow trout(무지개송어)에 대한 LC₅₀ 값과 Daphnia(물벼룩)에 대한 EC₅₀값에서 가장 민감한 생물에 대한 것(가장

〈표 18〉 EEC 방법에서의 점수 부여법

평가요인	구 분	점 수
생물농축성	Kow>100000	16
	1000-100000	8
	100-1000	4
	Kow<100	2
가수분해	반감기 1년이하	1
	반감기 1년이상	2
미생물분해성	> 50 %, < 28 일	1
	< 50 %, > 28 일	2
광분해성	반감기 1년이하	1
	반감기 1년이상	2
구획화*	B>C, B>A	3
	C<B<A or A<B<C	2
	B<C, B<A	1
급성독성(LC ₅₀)	1 mg/L 이하	3
	1-10 mg/L	2
	10-100 mg/L	1
	100 mg/L 이상	0
만성독성(NOEL)	1 mg/kg 이하	3
	1-10 mg/kg	2
	10-100 mg/kg	1
	100 mg/kg 이상	0

* 구획화 점수(compartmentalization score)

$$A(\% \text{ in air}) = -0.247(1/H) + 7.9 \log S + 100.6$$

$$B(\% \text{ in water}) = 0.054(1/H) + 1.32$$

$$C(\% \text{ in soil}) = 0.914(1/H) - 7.65 \log S - 1.93$$

낮은 값)을 이용하였으며 만성독성치는 FAO/WHO의 ADI값을 이용하되 이 값이 없는 경우에는 NOEL의 1/100값으로 대입하였다.

이들 세가지 방법에서 EEC방법은 농약의 이화학적 안정도, 생물농축성, 독성치 만을 활용하였고 농약사용량을 감안하지 않았다는 점에서 특정지역에는 잘 적용될지 모르나 범용성(凡用性)이 없는 것으로 판단되어 본 연구에서는 그 결과를 이용하지 않았다. DRANC, TSCA방법은 농약사용량, 환경예상농도, 생물독성치가 모두 활용되어 널리 이용할 수 있을 것으로 생각되며

몇가지 농약성분에 대하여 검토한 바에 의하면 DRANC방법이 좀 더 적합한 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서는 음용수 기준을 위한 건강기준으로는 ADI값을 이용한 것에서, 수서생태계를 위한 환경기준으로는 LC₅₀값을 이용한 것 중에서 각각 DRANC방법에서 20종, TSCA방법에서 5종을 선정하였다. 이들 25종의 농약에 대해서는 개별 데이터의 재검토, field data나 monitoring data에 의한 검증을 통하여 신중한 재검토가 요구되지만 우선 이들 25종을 잔류허용기준 대상농약으로 선정하였다.

음용수 중 농약잔류 기준은 WHO, 미국, 캐나다에서의 설정근거에 준하여 다음과 같이 이론치를 산정하였다. 여기에서는 한국인의 성인 평균체중 60 kg, 성인 1일 음용수량 2 L, ADI의 20%를 음용수에 할당하는 것으로 가정하였다 〈표 19〉.

음용수 중 농약잔류 기준(μg/L)

$$= \frac{ADI(\mu\text{g/kg bw/day}) \times 60 \text{ kg} \times 0.2}{2 \text{ L/day}}$$

지표수(하천수)의 농약잔류 기준은 주요 수서생물 5종(carp, bluegill, fathead minnow, rainbow trout, Daphnia)중 가장 민감한 생물에 대한 LC₅₀ 값(g/L)을 안전계수 100으로 나누어 이론치를 산정하였다 〈표 20〉.

지표수 중 농약잔류 기준(μg/L)

$$= \frac{LC_{50}(\mu\text{g/L, most sensitive aquatics})}{100(\text{safety factor})}$$

환경수질기준은 나라에 따라 적용원칙이 다르므로 대상농약의 종류와 허용기준치, 그리고 법적 조치가 제각기 달라 일률적인 국가 비교가 매우 곤란하다. 본 연구에서의 시안은 5종의 수서생물을 국내에서 중요한 수생 지표생물(aquatic indicator organism)로 간주하였으며 안전마진 100은 적절한 값으로 간주된다. 예컨대 미국 EPA에서는 환경예상농도(EEC)가 수서생물에 대한 LC₅₀값의 10-50% 범위에서는 위해성이 있으나 그의 경감책이 가능하며 10% 미만에서는 위해성이 없을

<표 19> 음용수 중 농약잔류 기준안 계산근거

대 상 농 약	선정순위*1)	A D I*2) ($\mu\text{g}/\text{kg bw}$)	이론치*3 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	잔류기준안 ($\mu\text{g}/\text{L}$)
Carbofuran	D-10	10	60	60
Chlorothalonil	D-9	30	180	180
Chlorpyrifos	T-5	10	60	60
Demeton-Smethyl	D-5	0.3	1.8	2
Diazinon	D-6	2	12	10
Dichlorvos	D-11	4	24	20
Ethoprophos	D-1	0.3	1.8	2
Fenitrothion	D-8	5	30	30
Fenobucarb	D-17	(40)	240	200
Fenthion	D-7	1	6	6
Mancozeb	D-2	50	300	300
Methamidophos	D-20	4	24	20
Methidathion	D-18	1	6	6
Metolachlor	T-7	(900)	5400	-
Molinate	D-15	(2)	12	10
Monocrotophos	D-4	0.6	3.6	4
Pencycuron	T-3	(25)	150	150
Phenthoate	D-13	3	18	20
Phorate	D-16	0.2	1.2	1
Pyrimiphos-ethyl	D-19	(0.8)	4.8	5
Pretilachlor	T-6	(75)	450	450
Profenofos	D-14	10	60	60
Terbufos	D-3	0.2	1.2	1
Triazophos	D-12	1	6	6
Tricyclazole	T-2	(180)	1080	1000

* 1 D- 는 DRANC 방법에 의한 위해순위, T- 는 TSCA방법에 의한 위해순위임.

* 2 () 안 숫자는 NOEL의 1/100로 추정한 ADI값임.

* 3 $ADI(\mu\text{g}/\text{kg bw}) \times 60 \text{ kg}(\text{성인 평균체중}) \times 0.2/2 \text{ L}(\text{성인 1일 음용량})$

것이라는 생태독성 평가기준을 설정해 놓고 있다. 따라서 여기에 uncertainty factor 10을 감안하면 안전마진 100이 된다.

환경생물을 보호하기 위한 환경기준(급성독성치×안전계수)이 사람이 마시는 음용수 기준(만성독성치×안전계수)보다 더 엄격한 것을 이해할 수 없다는 막연한 주장은 설득력이 없는 논거라 할 수 있다. 일본에서는 수도수질 기준을 ADI에 근거하여 설정하고 있고 수질

<표 20> 지표수 중 농약잔류 기준안 계산근거

(환경기준)

대 상 농 약	선정순위*1)	LC ₅₀ *1 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	이론치*2 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	잔류기준안 ($\mu\text{g}/\text{L}$)
Azocyclotin	D-7	1(RT)	0.01	0.1
Bifenthrin	D-11	0.15(RT)	0.0015	0.1
Butachlor	D-15	400(BG)	4	5
Captafol	D-13	150(BG)	1.5	2
Captan	D-17	70(RT)	0.7	1
Carbendazim	T-10	360(RT)	3.6	4
Carbofuran	D-12	280(RT)	2.8	3
Cartap	D-16	1300(Ca)	13	10
Chlorothalonil	D-19	250(RT)	2.5	3
Chlorpyrifos	D-4	3(BG, RT)	0.03	0.1
Cyfluthrin	D-18	1(BG, RT)	0.01	0.1
Diazinon	T-6	2600(RT)	26	30
E P N	D-14	110(BG)	1.1	1
Endosulfan	D-1	1(BG)	0.01	0.1
Ethalfuralin	D-20	7(RT)	0.07	0.1
Fenitrothion	D-6	9(Da)	0.09	0.1
Fenvalerate	D-10	4(RT)	0.04	0.1
Methidathion	D-2	22(BG)	0.02	0.1
Methomyl	D-3	9(Da)	0.09	0.1
Metolachlor	T-5	2000(RT)	20	20
Monocrotophos	D-8	34(Da)	0.34	0.3
Pyrimiphos-ethyl	T-2	220(Ca)	2.2	2
Pretilachlor	T-4	900(RT)	9	10
Terbufos	D-5	4(BG)	0.04	0.1
Tralomethrin	D-9	0.4(Da)	0.004	0.1

* 1 가장 예민한 수서생물에 대한 반수치사농도(Ca, carp, BG : bluegill, RT : rainbow trout, Da : daphnia)

* 2 LC₅₀값의 1/100 농도(안전계수 100)

환경 기준은 막연하게 수도수질 기준에 준하여 설정하고 있다. 여기에서는 하천수의 농약잔류 기준을 LC₅₀값에 근거하여 제안하였는데 ADI값은 포유동물에 대한 독성자료이므로 환경수질기준으로는 ADI값보다는 환경 생물 보호를 위한 독성자료인 LC₅₀ 값에 근거함은 지극히 당연한 일이다.

수질에서 농약잔류량의 검출한계치(정량한계)는 일반적으로 0.1 $\mu\text{g}/\text{L}$ (ppb) 수준이며 ECD(전자포획검출

〈표 21〉 음용수 및 지표수의 농약잔류 허용기준안
(단위 : µg/L)

농약 성분	품목명(용도)*	음용수 기준	지표수 기준
Azocytotin	아제틴(충)	-	0.1
Bifenthrin	비펜스린(충)	-	0.1
Butachlor	부 타(초)	-	5
Captafol	캡타폴(균)	-	2
Captan	캡탄(균)	-	1
Carbendazim	가벤다(균)	-	4
Carbofuran	카 보(충)	60	3
Cartap	칼 탑(충)	-	10
Chlorothalonil	타로닐(균)	180	3
Chlorpyrifos	그로프(충)	60	0.1
Cyfluthrin	싸이스린(충)	-	0.1
Demeton-S-methyl	메 타(충)	2	-
Diazinon	다수진(충)	10	30
Dichlorvos	디디브이피(충)	20	-
E P N	이피엔(충)	-	1
Endosulfan	지오릭스(충)	-	0.1
Ethalfuralin	에탈푸루라린(초)	-	0.1
Ethoprophos	에토프(충)	2	-
Fenitrothion	페 프(충)	30	0.1
Fenobucarb	비 피(충)	200	-
Fenthion	펜치온(충)	6	-
Fenvalerate	프로상(충)	-	0.1
Mancozeb	만코제(균)	300	-
Methamidophos	메타포(충)	20	-
Methidathion	메치온(충)	6	0.1
Methomyl	메소밀(충)	-	0.1
Metolachlor	메톨라클로(초)	-	20
Molinate	몰리스(합제)(초)	10	-
Monocrotophos	모노포(충)	4	0.3
Pencycuron	펜시쿠론(충)	150	-
Phenthoate	파 프(충)	20	-
Phorate	포레이트(충)	1	-
Pirimiphos-ethyl	프리미(충)	5	2
Pretlachlor	프레타라클로(초)	450	10
Profenofos	프로펜(충)	60	-
Terbufos	타 보(충)	1	0.1
Tralomethrin	트랄로메스린(충)	-	0.1
Triazophos	아조포(충)	6	-
Tricyclazole	트리졸(균)	1000	-

* (균) : 살균제, (충) : 살충제, (초) : 제초제

기)로 검출하게 되는 유기염소계 만은 이보다 약간 낮은 수준이 된다. 따라서 허용기준에 대한 이론치에서 0.1 µg/L 미만의 농약성분은 모두 0.1µg/L로 상향 조정하였다. 국내에서 수질 중 농약잔류 허용기준의 설정이 요구되는 품목에 대하여 제안한 잔류기준을 요약하면 〈표 21〉과 같다. 현재 국내에서는 음용수에 대한 농약 잔류 기준으로 옛날에 문제되었던 유기인제인 diazinon, fenitrothion, malathion, parathion의 4종에 대해서만 적용하고 있는데 앞으로는 실제적인 농약사용량과 최근의 독성자료에 근거하여 음용수 및 환경수질에 적용할 수 있는 대상농약의 선정과 기준을 재조정하게 되기를 기대한다.

결 론

국내에서는 농약사용량이 상당한 수준에 도달하였고 소비자들도 환경보전 및 국민보건에 미치는 유독성 농약의 위해가능성을 우려하고 있다. 선진국에서는 수질에 대한 농약잔류 기준을 법적으로 설정하여 환경보전을 기하려는 추세에 있다. 우리나라도 세계화 정책을 표방하고 있으므로 농약규제도 국제적 추세에 동조해야 될 것으로 판단된다. 여기에서는 현재 음용수에 국한하고 있는 4종의 농약잔류 허용기준을 더 광범위한 수질환경에 대하여 더 많은 종류의 농약성분에 적용하기 위한 시안을 마련하였다.

농약과 같이 식량생산 및 환경위생 측면에서 필요성에 의해 사용하고 있는 화학물질의 법적 규제에서는 농약의 환경내 행방, 분해과정, 잔류농도와 아울러 인체건강 및 환경생태계에 미치는 부적(負的) 영향을 종합적으로 평가하여 합리적인 규제지침이 마련되어야 한다. 그러나 현재 국내에서 사용되고 있는 200여종의 농약성분(품목수로는 530여종)에 대한 과학적 자료가 아직 축적되지 못한 상태에서 규제대상이 되는 농약성분의 선정, 잔류기준치의 설정 및 기준준수 여부의 감시에는 많은 문제점이 대두될 수 있다. 따라서 다음과 같은 점을 감안하여 기준을 설정하고 가까운 앞날에 필요한 데이터를 보완하게 되기를 강력히 건의한다.

- 〈1〉 수질에서 음용수(마시는 물) 및 하천수(지표수)에 대한 농약잔류 허용기준은 위해성이 크게 예상되는 25개 성분에 대해서만 법적 기준을 설정하고 위해성이 적거나 데이터가 불완전한 성분에 대해서는 잠정기준 또는 지도지침으로 설정하게 되기를 건의한다.
- 〈2〉 농약잔류 허용기준 설정에 필요한 과학적 자료를 보완하기 위하여 다음과 같은 관점에서 기준의 타당성 재검토 및 지속적인 연구개발이 요구된다.
 - ① 국내사용 농약에 대한 환경화학적 및 환경잔류 데이터의 축적
 - ② 농약성분의 인체에 대한 만성독성치(ADI값) 및 환경지표생물(수서생물 및 육상생물)에 대한 급성독성치(LC₅₀값 및 dietary LC₅₀값)의 축적
 - ③ 주요 농약성분의 환경예상농도(EEC)에 대한 이론치와 실제 관측치 간의 차이점 또는 일치성 검토
 - ④ 선진외국에서의 환경시료 중 농약잔류 기준 설정 및 규제 동향의 지속적인 파악
 - ⑤ 환경인자 중 농약잔류 규제를 위한 연구집단(연구회 또는 관련학회)의 구성 및 활성화 지원

감사의 글

본 자료는 한국환경과학연구협의회가 지급하는 환경처 환경과학연구비(1994년도 정책과제)에 의하여 수행된 연구사업의 일부이며 이에 감사의 뜻을 표하는 바이다.

참고문헌

1. 이서래(1993) : 식품의 안전성 연구, 이화여대 출판부 제3장.
2. 농약공업협회(1983, 1987, 1991, 1994) : 농약연보.
3. 이서래(1991) : 미국에서의 농약문제와 규제현황,

한국환경농학회지, **10**(2), 178.

4. 이성규(1994) : 농약의 환경생태독성에 대하여, 농약정보, **15**(4), 32 ; **15**(5), 36 ; **15**(6), 48.
5. 안용준, 신진섭, 이해근(1992) : 농약, 환경 그리고 인간, 농촌진흥청 심포지움(농약연구소), **19**, p.78.
6. 이해근, 이영득, 박영선, 신용화(1983) : 주요 하천에 대한 농약잔류 실태조사, 한국환경농학회지, **2**(2), 83.
7. 이서래 외 8명(1982) : 잔류농약과 환경오염에 관한 조사평가, 1982년도 용역연구 최종보고서, 56pp.
8. 박창규, 한대성, 허장현(1984) : 낙동강 주요 환경구성분중 유기인계 농약잔류분, 한국환경농학회지, **3**(1), 36.
9. 정영호, 송병훈(1992) : 잔류농약의 안전성 평가, 농촌진흥청 심포지움(농약연구소), **19**, p.112.
10. US EPA(1986) : *Standard Evaluation Procedure - Ecological Risk Assessment*. EPA-504/9-85-001.
11. Sidhu, K.S.(1991) : Standard setting processes and regulations for environmental contaminants in drinking water : state versus federal needs and viewpoints, *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, **13**, 293.
12. US EPA(1991) : Fact Sheet-National Primary Drinking Water Standards, EPA 570/9-91-012FS.
13. USA : Resource Conservation and Recovery Act. *Federal Register* Vol. **55**, No. **145** [*Farm Chemicals Handbook* E11(1994)]
14. Task Force on Water Quality Guidelines, Canadian Council of Resource and Environment(1987) : *Canadian Water Quality Guidelines*.
15. 日本植物防疫協會(1993) : 最新 農藥の 規制基準 値 便覽.
16. 日本 環境廳 水質保全局 土壤農藥課(1994) : 公共水域等における 農藥の 水質評價指針について.
17. Roberts, T.(1989) : General pesticides in drinking water, *GIFAP Bulletin*, **15**(3).
18. WHO(1987) : *Drinking-Water Quality : Guidelines for Selected Herbicides*, Environmental Health

- 27**, WHO Regional Office for Europe.
19. Visser, C.J.M. and Toet, C.(1992) : Manual of DRANC, *National Institute of Public Health and Environmental Protection*, Bilthoven, Netherlands, Project No. 679102.
20. CRCS, Inc.(1984) : TSCA Interagency *Testing Committee Scoring Task Force(Final Report)*, US EPA Contract No. 68-01-6650.
21. Schmidt-Bleek, F., Haberland, W., Klein, A.W. and Caroli, S.(1982) : Steps toward Environment Hazard Assessment on New Chemicals, *Chemosphere*, **11**(4), 383.