

상수중 Trihalomethanes, 농약, 중금속 및 합성세제의 효율적인 제거를 위한 수처리 방법 제 2보. 상수중 농약, 중금속 및 합성세제의 효율적인 제거 방법

박종우 · 김정억*

경북대학교 농과대학 농화학과

초록 : 상수원으로 유입될 가능성이 있는 몇가지 농약과 중금속 및 계면활성제를 상수처리 과정을 달리하였을 때 효율적인 제거 정도를 알아보기 위하여 상수처리시 많이 사용되는 여러 산화제를 처리하고 응집제 및 수중의 유기물의 농도를 변화시켰을 때 이들 오염물질들의 제거에 미치는 영향을 조사하였다. IBP, diazinon과 CNP의 경우에는 Cl_2 처리에 의해 68~100% 제거되었으며 diazinon은 모든 산화제에 의해 매우 잘 산화되는 것으로 나타났으며 butachlor는 모든 산화제 처리에 의해 20.3~26.7% 정도로 영향을 적게 받았다. 계면활성제인 sodium dodecylbenzenesulfonate는 오존처리에 의해 효과적으로 산화 제거되었으나 다른 산화제에 대해서는 매우 안정하였다. 중금속(Cd, Pb, Cu, Zn)의 경우에는 산화제에 대해 아무런 영향을 받지 않았다. 수중에 유기물의 농도와 응집제의 투여량을 변화시켰을 때 농약과 계면활성제는 아무런 영향을 받지 않은 반면 중금속의 경우 응집제 투여량이 증가함에 따라 그 제거량이 증가하였으나 수중 유기물의 농도를 증가시켰을 때에는 중금속의 응집제에 의한 제거효율이 감소되었다(1994년 10월 17일 접수, 1994년 11월 11일 수리).

찾는말 : 농약, 중금속, 계면활성제, 유기물, 산화제, 응집제

서 론

최근 산업활동의 고도화와 생활의 다양화로 인하여 많은 종류의 화학물질들이 생산, 사용 및 확대 보급됨에 따라서 이러한 물질들이 환경 중으로 방출되어 미량이지만 하천 등의 수중에서 검출되는 사례가 나타나서 수도수(水道水)에서 이들의 함량이 염려되어 각 나라마다 수도수 검사기준 및 항목이 다양해지고 있는 실정이다.¹⁾ 농약은 농작물의 수량증수 및 품질향상을 위하여서는 꼭 사용되어야 하는 화학물질로서 특히 우리나라와 같이 수도작(水澆作)을 많이 하는 경우에는 관개수에 의해 하천으로 유입될 가능성이 많다고 할 수 있다. 농약이 수계로 유입되는 경로^{2,3)}는 관개수에 의해서 뿐만 아니라 휘산, 용탈, 토양침식, 살포용기의 세척, 수생잡초의 제거 등 여러경로를 거쳐서 하천으로 유입될 수 있다.

중금속은 주로 산업폐수 및 광산폐수에 의해서 수계의 유입이 가능하고 자연수 상태에서도 토양중에 있는 것들이 용출되어 유입될 수 있어서 여러 가지 문제점이

노출되기도 하였다. 생활하수 중에서 가장 많은 비중을 차지하고 있는 합성세제는 LAS(linear alkylsulfonate)의 사용으로 생분해 정도는 훨씬 더 빨라졌으나 워낙 배출되는 양이 많기 때문에 하천수에서 계속 검출되고 있는 실정이다. 이렇게 여러 경로로 하천으로 유입된 농약, 중금속, 합성세제들은 수중에서 유기물 및 점토광물 등과 결합되어 침전이될 수도 있고 또한 하류로 계속 흘러가면서 미생물,⁴⁻⁶⁾ 가수분해, 광분해작용^{7,8)} 등을 거쳐서 점차적으로 분해되어 간다.

따라서, 이러한 물질들은 아주 미량이지만 상수원으로 유입될 가능성이 있어서 상수처리시에 이러한 농약, 중금속 및 합성세제의 효율적인 제거방법을 알고자 전보⁹⁾에서와 같은 방법으로 각 처리별로 제거되는 정도를 알고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

공시 농약

Key words : Pesticide, heavy metal, detergent, humic matter, oxidant, coagulant
Corresponding author : J.-E. Kim

水稻用으로 많이 사용되고 있는 살균제 IBP, 살충제 diazinon 및 제초제인 butachlor와 CNP를 공시 농약으로 사용하였으며 이들의 화학구조와 화학명은 Fig. 1과 같다.

계면활성제

계면활성제는 음이온성 계면활성제인 sodium dodecylbenzenesulfonate를 1,000 ppm으로 제조하여 실험에 사용하였다.

중금속

중금속은 Cd, Pb, Cu 및 Zn을 Junsei社(일본)의 1,000 ppm 표준품을 구입하여 실험에 사용하였다.

실험방법

정수처리

증류수에 농약, 계면활성제 및 중금속을 각각 1 ppm이 되게 처리한 후 NaOH와 HCl로서 pH 7로 조절하고 산화처리 및 응집처리를 실시하였으며 정수처리시 사용된 약품의 처리량 및 처리 방법은 전보⁹⁾와 같았다.

산화제 처리

상수처리 시설에서 주로 사용되고 있는 산화제 Cl₂, ClO₂, NH₂Cl, KMnO₄ 및 O₃과 소독제로 Cl₂를 서로 조합하여 일정량을 처리한 후 24시간 후에 농약, 계면활성제 및 중금속의 잔류량을 정량분석하여 산화제 처리에 의해 제거된 양을 계산하였다.

응집제 처리

증류수 500 ml에 토양추출물을 0.2%를 처리하고 여기에 alum(aluminium sulfate·14-18H₂O)을 각각 10 ppm, 30 ppm 및 50 ppm을 처리한 후 pH 7.0으로 응집처리하

여 생성된 응집물을 2시간 정도 침전시켜 상정액을 glass filter로 여과하여 시료수 중에 잔류하는 농약, 계면활성제 및 중금속의 양을 정량분석하여 응집제 처리에 의해 제거된 양을 계산하였다.

농약 분석

24시간 incubation 시킨 시료 100 ml을 정확히 취하여 분액여두에 옮기고 5% NaCl용액 50 ml를 첨가한 후 hexane 50 ml로 2회 추출하였다. 추출 후 hexane층을 무수 sodium sulfate로 탈수시켜 40℃에서 감압 회전농축기로 일정량까지 농축한 뒤 질소 가스로 용매를 완전히 제거하였다. Hexane으로 재용해한 후 diazinon과 IBP는 column 충전물질 3% OV-17, column 온도 210℃, carrier gas(N₂) 유속 30 ml/min.의 조건하에서 FPD(flame photometric detector; P mode)를 장착한 GLC에 주입하여 정량 분석하였으며 butachlor과 CNP는 column 충전물질 2% OV-101, column 온도 230℃, carrier gas(N₂) 유속 35 ml/min.의 조건에서 ECD(electron capture detector)를 장착한 GLC에 주입하여 정량분석하였다.

계면활성제의 분석

시료수 100 ml을 정확히 취하여 JIS법¹⁰⁾에 따라 시료를 전처리하고 UV-Vis spectrophotometer(Hitachi U-2000)를 이용하여 640 nm 파장 범위에서 계면활성제를 정량 분석하였다.

중금속 분석

시료수 200 ml을 정확히 취하여 킬달 flask에 넣고 환경오염공정시험법¹¹⁾에 준하여 전처리한 후 50 ml로 정용하여 원자흡광분광도계(Perkin Elmer 2380)를 이용하여 각각의 중금속을 정량분석하였다.

유기물 분석

시료수중의 유기물 농도는 TOC분석기(Astro 2001)로 분석하여 총유기탄소의 양으로 나타내었다.

결과 및 고찰

농약 및 중금속의 회수율

본 실험에서 사용된 농약 IBP, diazinon, butachlor 및 CNP 그리고 중금속 Cd, Cu, Pb 및 Zn의 표준품을 증류수에 처리하여 본 분석법들에 의한 회수율을 조사한 결과는 Table 1과 같이 농약의 경우에는 90.0~101.0%, 중금속의 경우에는 83.5~106.0%이었다.

각 농약의 정량분석을 위해서 IBP와 diazinon은 GLC-FPD를 butachlor과 CNP는 GLC-ECD를 이용하였으며 이들을 물에서 분석한 결과의 chromatogram은 Fig. 2와 같았다.

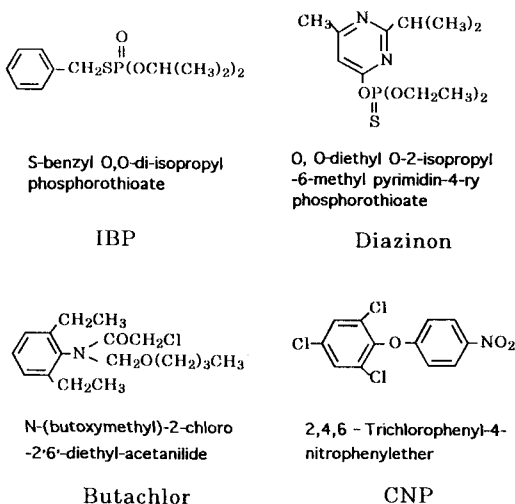


Fig. 1. Chemical structure and name of the pesticides.

Table 1. Recovery rate of pesticides and heavy metals in water fortified with 1.0 ppm

Fortification level (ppm)	Recovery rate (%)							
	Pesticides				Heavy metals			
	IBP	Diazinon	Butachlor	CNP	Cd	Cu	Pb	Zn
1.0	96.4	90.0	101.0	99.6	83.5	84.0	106.0	98.5

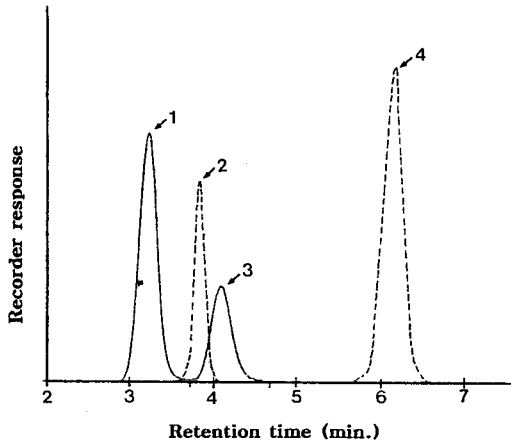


Fig. 2. GLC chromatogram of pesticides in water extracts 1, diazinon; 2, butachlor; 3, IBP; 4, CNP ---, ECD; —, FPD

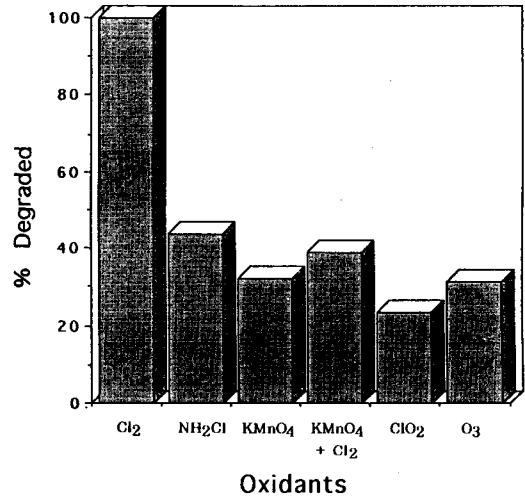


Fig. 3. Degradation of IBP by oxidants.

산화제 처리의 영향

원수를 상수처리할 때 원수에 포함되어 있는 여러가지 유기물 등을 분해시킬 목적으로 산화제를 처리하고 있으며 현재 많이 사용되고 있는 산화제로는 Cl_2 , NH_2Cl , ClO_2 , KMnO_4 , O_3 등이 사용되고 있다. 이들 각 산화제들을 처리하였을 때 원수중에 있는 농약은 처리되는 산화제의 영향을 받을 것으로 생각된다.

각 산화제를 처리하였을 때 IBP 제거율은 Fig. 3과 같았다.

산화제로 Cl_2 를 5 ppm 처리하여 20분간 접촉시킨 후 24시간 incubation 하였을 때 IBP는 거의 100% 제거되었으나 그의 다른 산화제에 대해서는 그 제거율이 약 43.7~23.3%로 크게 감소하였다. 특히 ClO_2 의 처리로서 IBP의 제거율은 23.3% 정도로 상당히 낮은 제거율을 보였다. 그리고 강산화제로 알려진 O_3 에 대해서도 31.3% 정도로 비교적 안정한 경향을 나타내었다.

Diazinon의 각 산화제에 의한 제거율은 Fig. 4와 같았다.

Cl_2 , ClO_2 , O_3 의 처리로 거의 100% 제거 되었지만 단지 산화제로 KMnO_4 를 처리하였을 경우에만 그 제거 효율이

92.5%로 약간 감소하였다. 따라서 diazinon의 경우 본 연구에 사용된 대부분의 산화제에 의해 매우 잘 분해되는 것으로 나타났다.

Butachlor의 산화제에 의한 제거율은 Fig. 5와 같았다.

Cl_2 , NH_2Cl , ClO_2 , KMnO_4 및 O_3 처리에 대하여 butachlor의 제거율은 각각 22.7, 26.7, 20.7, 20.3 및 21.0%이었다. 전체적으로 본 실험에 사용된 산화제에 대해 매우 낮은 제거율을 나타내었으며 그 중에서도 산화제로 ClO_2 와 KMnO_4 의 처리구에서 butachlor의 제거율이 보다 낮았다. Butachlor의 경우에는 모든 산화제에 대해 매우 안정한 것으로 나타났다.

CNP의 각 산화제에 의한 제거율은 Fig. 6과 같았다.

Cl_2 , NH_2Cl , ClO_2 , KMnO_4 및 O_3 과 같은 각 산화제에 대한 CNP의 제거율은 모두 70% 이하로 나타났다. 그 중 산화제로 Cl_2 를 처리하였을 경우 CNP의 제거율이 68% 정도로 51.3~38.7% 정도의 다른 산화제 처리시 보다 크게 나타났으며 산화제로 ClO_2 의 처리시 38.7% 로 가장 낮은 제거 효율을 나타내었다.

각 실험구에서 화학구조가 상이한 이들 4가지 농약들의 분해 제거 정도는 농약의 화학구조에 따라 매우

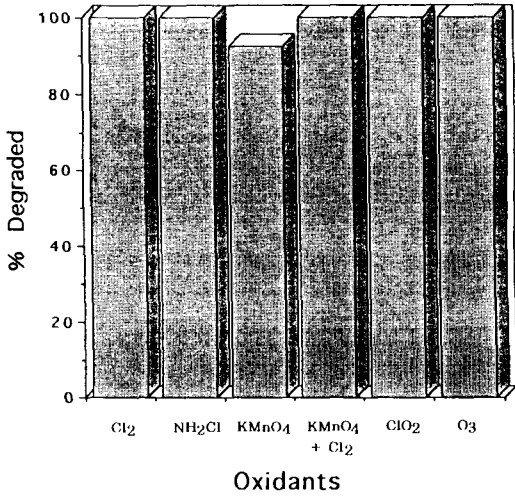


Fig. 4. Degradation of diazinon by oxidants.

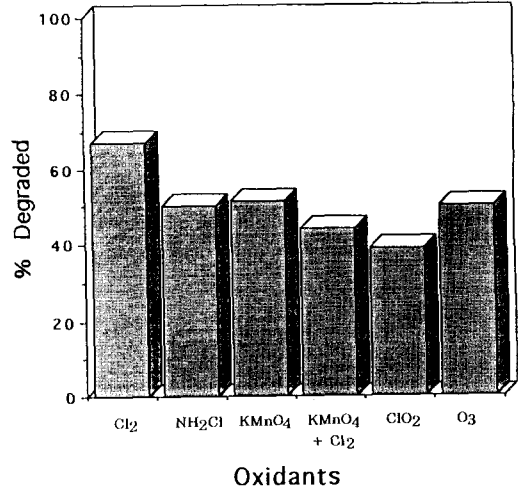


Fig. 6. Degradation of CNP by oxidants.

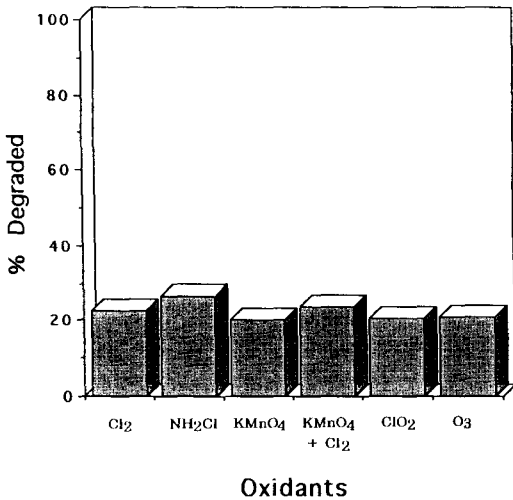


Fig. 5. Degradation of butachlor by oxidants.

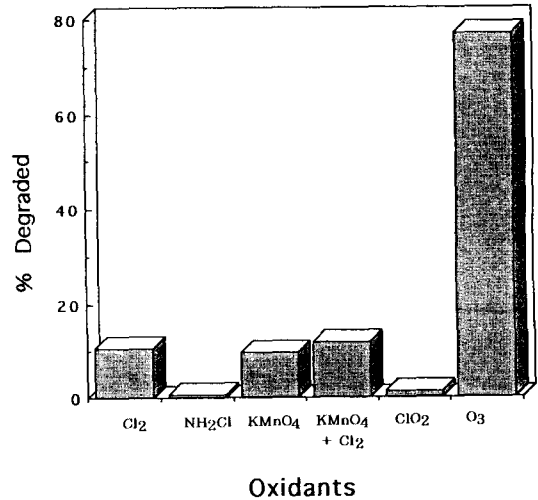


Fig. 7. Degradation of detergent by oxidants.

다른 양상을 보였는데 본 실험에 사용된 4가지 농약의 경우 diazinon이 산화제에 의해 분해가 가장 잘 되었지만 butachlor의 경우 매우 낮은 분해율을 나타내었다. Rice 등¹²⁾이 O₃에 의한 유기 염소계 농약의 분해 정도를 조사한 결과 aldrin, phosalone은 매우 잘 분해되었고 diel-drin, chlordane, DDT 그리고 PCBs는 잘 분해 제거되지 않는다고 보고한 결과와 Mason 등¹³⁾이 보고한 carba-mate계 농약인 aldicarb, methomyl, carbaryl 그리고 propoxur을 대상으로 Cl₂와 O₃의 농약 분해 제거율을 조사한 결과 각 약제의 분해 제거 정도가 같은 carba-mate계열 내에서도 화학적인 구조에 따라 서로 다르게

나타났음을 보고한 결과와 본 연구의 결과들로 미루어 볼 때 산화제에 의한 농약의 분해 제거는 각 약제의 물리 화학적 특성에 따라 그 분해 양상이 매우 상이할 것으로 추정된다. 본 연구에서 처리된 산화제 중에서는 4가지 약제의 분해 제거율이 Cl₂처리시 IBP, diazinon에서는 100% 분해 제거되었으며 butachlor, CNP 등에서도 제거율이 가장 큰 것으로 나타났으나 ClO₂의 처리시 이들 농약들은 분해 제거되는 정도가 가장 낮은 것으로 나타났다. Cl₂는 살균작용이 있어 상수처리시 소독제로서도 사용되지만 전염소 처리제로서의 효과도 기대할 수 있다. 상수처리시 사용되는 여러 산화제를 처리한 결과 중

금속 Cd, Cu, Pb 및 Zn의 산화제 처리에 의한 영향은 본 실험조건에서의 접촉시간으로는 그 제거정도가 전혀 나타나지 않았다. 계면활성제에 산화제를 처리하였을 때 분해 제거에 미치는 영향은 Fig. 7과 같았다.

산화제로 O₃을 사용한 구에서 20분간 접촉시키고 24시간 incubation 하였을 때 약 77%정도의 계면활성제가 분해 제거된 것을 제외하고는 다른 산화제처리에 의해서는 계면활성제가 11.9~0.7% 정도로 거의 분해 제거되지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 O₃처리로 ABS가 효과적으로 분해된다고 보고한 임 등의 결과¹⁴⁾와 거의 유사하게 나타났다.

응집제 처리의 영향

0.1N-NaOH를 이용하여 토양으로 부터 추출한 유기물을 0.2%로 처리하고 응집제 alum을 각각 10 ppm, 30 ppm 및 50 ppm 처리한 후 이들에 의한 농약, 계면활성제 및 중금속의 제거효율을 평가한 결과 농약의 경우 응집제처리에 대해 아무런 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 중금속의 경우는 Fig. 8과 같았다.

본 실험에 이용된 중금속인 Cd, Pb, Cu 및 Zn에 대해서 응집제의 양을 증가시킬수록 중금속 제거효율을 증가되었다. 특히, Cu의 경우 그 영향이 가장 크게 나타났고 Cd의 경우는 그 제거효율이 가장 낮게 나타났다. 응집제 양을 증가시킴에 따라 수중에 잔류하는 TOC의 농도를 분석한 결과 수중에 잔류하는 TOC의 농도가 감소되는 것으로 보아 유기물에 결합된 중금속이 응집

제의 투여량이 많을수록 보다 효율적으로 제거됨으로서 나타난 결과로 추론된다.

계면활성제의 경우 응집제의 양이 증가함에 따라 수중에 잔류하는 계면활성제의 양은 미세하게 감소하는 것으로 나타났지만 계면활성제의 제거효율은 투여되는 응집제양의 변화에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

유기물양의 영향

토양에서 추출한 유기물을 0.1%, 0.2% 및 0.5%을 각각 처리하고 응집제로 alum 30 ppm과 응집보조제로 Ca(OH)₂ 10 ppm을 처리한 후 이들에 의한 농약, 중금속 및 계면활성제의 제거량을 분석하여 수중에 존재하는 유기물의 농도가 이들 오염물질의 제거에 미치는 영향을 조사하였다. 농약과 계면활성제의 경우 수중에 잔류하는 유기물의 양에 대한 영향은 0.5%까지는 나타나지 않았다. Lee 등^{15,16)}에 의하면 수중에 가용성 유기물이 존재할 때 토양에 대한 농약들의 흡착이 감소됨을 보고하고 있는데 이는 토양에 농약과 DOM(dissolved organic matter)에 대해 친화성을 가진 특정 흡착부위의 존재와 관련 있을 것으로 추론하고 있다. 그리고 여러 조사자들에 의해 수중에 가용성 유기물이 존재할 때 농약을 포함한 소수성 유기화합물의 경우 용해도가 증가되는 것으로 알려지고 있으며¹⁷⁻²⁰⁾ Barriuso 등은²¹⁾ 가용성 유기물이 수중에 존재할 때 비이온성 농약들의 토양에의 흡착이 감소되며

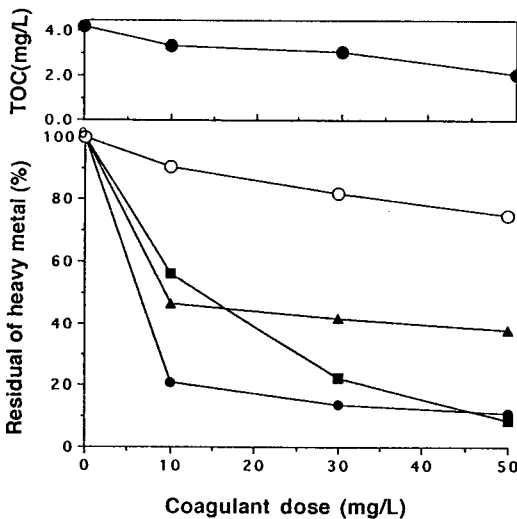


Fig. 8. Effect of coagulant dose on removal of heavy metal and TOC.

●—●, Cu; ▲—▲, Pb; ■—■, Zn; ○—○, Cd.

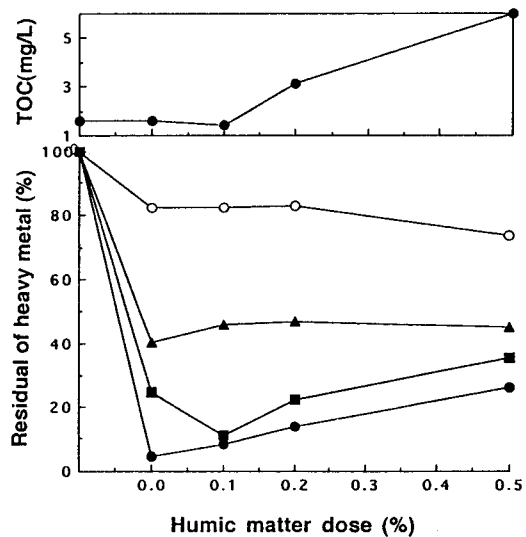


Fig. 9. Effect of humic matter dose on removal of heavy metal and TOC

●—●, Cu; ▲—▲, Pb; ■—■, Zn; ○—○, Cd.

이는 가용성 유기물에 의해 소수성인 비이온성 농약들의 용해도가 증가했기 때문이라고 보고하였다. 본 실험에서 응집제로 사용된 무기응집제인 alum은 입자크기가 1~1000 μm 인 colloid성 물질의 응집·제거에 적합하고 입자크기가 1 μm 이하인 용액상태에서는 적합하지 않은 것으로 알려지고 있으므로²²⁾ 본 실험에 사용된 농약들의 경우 이들 가용성 유기물에 의해 농약들의 용해도가 증가됨으로서 무기 응집제인 alum에 의해 응집·제거되지 않고 수중에 그대로 잔류된 것으로 추측된다.

수중에 처리한 유기물의 양이 중금속의 제거에 미치는 영향은 Fig. 9와 같았다.

Cu, Pb 및 Zn의 경우 수중에 유기물이 잔류하고 있지 않을 때 즉 토양추출물을 첨가하지 않았을 때 중금속의 제거율은 매우 높았으나 수중에 유기물의 양을 증가시키에 따라 잔류하는 중금속의 양이 증가하여 응집에 의한 제거 효율이 조금씩 감소되는 경향을 나타내었다. 또한 응집처리 후 수중에 잔류하는 TOC의 농도를 분석한 결과 유기물의 첨가 농도를 점차 증가시킬수록 수중에 잔류하는 TOC의 농도가 증가하는 것으로 나타났다. 이상의 결과를 종합하면 수중에 유기물의 양을 증가시켰을 때 수중에 잔류하는 중금속 농도가 증가된 것은 응집제에 의해 제거되지 못하고 수중에 남아있는 유기물에 결합된 형태의 중금속에 의한 것으로 추론된다. 따라서 수중에 잔류하는 유기물은 응집에 의한 중금속의 제거 효율을 감소시키는 것으로 생각된다.

감사의 말

본 연구는 한국학술진흥재단의 1993년도 자유공모과제 연구비 지원에 의해 수행된 것으로 당 재단에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 金澤純 (1992) '農藥の環境科學', p.174-185, 合同出版, 東京, 日本
2. Cheng, H. H. (1990) In 'Pesticides in the soil environment: Processes, Impacts, and Modeling', p. 303-350, SSSA Book Series 2, SSSA, Wisconsin, U.S.A.
3. Paolo, C., D. Paolo, M. Marco, M. P. Filippo and P. Renzo (1983) Herbicide residues in waster water from rice fields, *Pestic. Sci.*, 14, 130-134
4. Martani, E. and M. Seto (1991) Degradation of 2,4-dichlorophenol in the Microbial community of groundwater sample by bacterial isolate E-6, *J. Pestic. Sci.*, 16, 429-434
5. Joshi, M. M., H. M. Brown and J. A. Romesser (1985) Degradation of chlorsulfuron by soil microorganisms, *Weed Sci.*, 33, 888-893
6. Sakata, S., A. Mikami and H. Yamada (1992) Degradation of pyrethroid optical isomers by soil microorganisms, *J. Pestic. Sci.*, 17, 181-189
7. Pusino, A., C. Gessa and W. Liu (1992) Photolysis of dimepiperate aqueous solution, *J. Pestic. Sci.*, 34, 269-271
8. Rejt, M., S. Saltzman and A. J. Acher (1984) Photodecomposition of propachlor, *J. Agric. Food Chem.*, 32, 226-230
9. 박종우, 김장익 (1994) 상수중 Trihalomethanes, 농약, 중금속 및 합성세제의 효율적인 제거를 위한 수처리 방법; 제1보 상수중 THMs의 효율적인 제거방법, 한국농화학회지, 37(6), 투고중
10. 界面活性劑分析研究會編 (1987) '新版 界面活性劑分析法', p.311-313, 辛書房, 東京, 日本
11. 동화기술편집위원회 (1992) '수질오염·폐기물 공정시험방법', p.323-347, 동화기술, 서울
12. Rip, G. R., M. Robson, G. W. Miller, and A. G. Hill (1981) Uses of ozone in drink water treatment, *J. AWWA*, 73(1), 44-57
13. Mason, Y., E. Choshen and C. Rav-Acha (1990) Carbamate insecticides ; Removal from water by chlorination and ozonation, *Water Res.*, 24(1), 11-21
14. 임재명, 임경택, 조원득 (1990) 유동상에 의한 합성세제의 처리에 관한 연구, 대한환경공학회지, 12(2), 47-58
15. Lee, D. Y. and W. J. Farmer (1989) Dissolved organic matter interaction with napropamide and four other nonionic pesticides, *J. Environ. Qual.*, 18, 468-474
16. Lee, D. Y., W. J. Farmer and Y. Aochi (1990) Sorption of napropamide on clay and soil in the presence of dissolved organic matter, *J. Environ. Qual.*, 19, 567-573
17. Chiou, C. T., R. I. Malcolm, T. I. Brinton and D. E. Kile (1986) Water solubility enhancement of some organic pollutants and pesticides by dissolved humic and fulvic acid, *Environ. Sci. Technol.*, 20(5), 502-508
18. Gauthier, T. D., W. R. Seitz and C. L. Grant (1987) Effect of structural and compositional variations of dissolved humic materials on pyrene K_{oc} values, *Environ. Sci. Technol.*, 21(3), 243-248
19. Liu, H. and G. Amy (1993) Modeling partitioning

- and transport interactions between natural organic matter and polynuclear aromatic hydrocarbons in groundwater, *Environ. Sci. Technol.*, 27(8), 1553-1562
20. McCarthy, J. F. and B. D. Jimenez (1985) Interactions between polycyclic aromatic hydrocarbons and dissolved humic material : Binding and dissociation, *Environ. Sci. Technol.*, 19(11), 1072-1076
21. Barriuso, E., U. Baer, and R. Calvet (1992) Dissolved organic matter and adsorption-desorption of dimefuron, atrazine and carbetamide by soil, *J. Environ. Qual.*, 21, 359-367
22. 신정래 (1987) '수처리약품', p.9-21, 녹원출판사, 서울

Water Treatment Method for Removal of Trihalomethanes, Pesticides, Heavy metals and Detergent in Drinking Water (2). Effective Removal Method of Pesticides, Heavy metals and Detergent in Drinking Water

Jong-Woo Park and Jang-Eok Kim* (Department of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University Taegu 702-701, Korea)

Abstract : The present series of investigations have been undertaken to know the effective removal method of some pesticides, heavy metals and detergent when the doses of oxidants and coagulant were changed in the treatment process of drinking water containing organic material. Three pesticides, IBP, diazinon and CNP, were removed by about 68 to 100% by treatment of oxidant, Cl₂. Especially, diazinon was completely removed by treatment of Cl₂ and other oxidants such as ClO₂, KMnO₄ and O₃. However, butachlor removal measured only 20.3 to 26.7% due to treatment of all oxidant used. A detergent, sodium dodecylbenzenesulfonate, was effectively removed by treatment of O₃ but remained stable in the presence of other oxidants. The heavy metals of Cd, Pb, Cu and Zn in water were not affected by treatment of all oxidants used. By changing the concentration of humic matter and the dosage of coagulant, the removal of heavy metals was increased according to the increase of coagulant dosage, and decreased when increasing the concentration of humic matter, whereas the pesticides and detergent were not effectively removed.