

지표면 오염 3차원으로 추정한다!

중금속, 연직(鉛直)방향으로 지수 함수적 감소 ... 수복(修復)평가 용이

일본 교토대학(京都大學)의 모리자와(森澤) 교수진을 주축으로 하는 연구그룹(Research Group)은 토양 속 오염물질을 통계적으로 파악해 지표면의 오염 중금속 농도가 연직(鉛直)방향으로 지수 함수적으로 감소하는 것을 확인하고, 3차원 분포의 추정기법을 적용함으로써 처리대상지역을 합리적으로 설정하는 기법을 개발했다.

이에 따라 수복공사(修復工事)의 신뢰성 평가에서도 오염이 잔존할 가능성이 있는 영역을 통계적으로 추정할 수 있게 됐다. 아울러 공사 후 효과의 확인과 처리 후 오염감시의 합리적 설계에 있어서도 중요한 정보를 얻을 수 있게 됐고, 수복 토양의 감시에서도 효과가 기대된다.

오염토양 처리체적의 변화

설정처리기준 (mg/kg-건 토)	평가 퍼센타일(Percentile)			
	50%치	90%치	95%치	99%치
1	26.9	71.7	82.3	92.4
3	11.6	49.8	65.7	83.6
10	3.0	24.4	39.6	66.5
30	0.5	8.7	18.5	43.0
90	0.0	1.9	5.2	20.8

+ 처리기준 및 농도평가 확률치(평가 퍼센타일(Percentile) 치를 초과한 경우

++ 숫자는 대상영역 총체적의 약 6만6000m²에 대한 백분율(%)로 체적을 나타냄

일본은 2002년 2월부터 본격적으로 시행되고 있는 토양오염 대책법에 따라 오염토양의 수복이 커다란 이슈가 되고 있다. 여기에는 오염물질을 정확히 파악하고, 동태를 예측하는 것이 필수적인 요소이고, 특히 오염감시의 모니터링(Monitoring) 설계와 자료채취법의 설계가 중요해지는 한편 오염범위의 특정(特定)과 오염물질량의 파악도 토양수복의 출발점이 되고 있다.

지하수 층을 구성하는 토양오염에 대해서는 오염의 장래예측과 모니터링 망의 설계가 핵심으로, 지금까지는 이류분산(移流分散) 모델을 사용한 시뮬레이션(Simulation)에 의해 가능했다. 물을 매체로 한 오염물은 공간적인 평균화가 진행돼 대표농도를 형성하기 쉽기 때문이다.

그러나 지표면 부근의 통기층(通氣層)에서는 평균화가 일어나기 어렵기 때문에 지하수층에서의 동태평가와는 다른 어프로치(Approach)가 요구되고 있다.

모리자와(森澤) 교수는 지표면의 오염된 수은 농도가 연직방향으로는 지수 함수적으로 감소한다는 사실을 발견했다. 수은의 연직분포를 실제로 측정해 계산한 지표면 농도에 대비한 평균치는 깊이가 증가함에 따라 편대수지 상에서 직선적으로 감소한다. 즉, 총수은의 농도가 깊이와 함께 지수 함수적으로 감소한다고 하는 것으로, 실측치가 나타내는 연직분포는 이류분산 모델에 표현된 물리적인 수송현상의 결과로서 설명할 수 있다.

실측치를 기준으로 설정한 처리기준치 10mg/kg 건토를 초과할 확률이 5% 이상을 흑색, 처리기준치 이하를 회색으로 표현하면 오염상황을 확률 통계적으로 재현할 수 있다. 또 3차원 분포의 추정기법을 적용함으로써 처리대상을 합리적으로 설정하는 기법이 개발됐다.

설정된 처리기준치를 초과하는 토양을 수복대상으로 해 총 토양의 몇%가 되는가를 패러미터로 나타냄으로써 수복대상의 토양량을 확률 통계적으로 추정할 수 있는 것이다.