

## 특정토양오염관리대상시설의 최적 관리방안에 관한 연구

박재수 · 김기호\* · 김해금 · 최상일

광운대학교 환경공학과

## Optimum Management Plan for Soil Contamination Facilities

Jae-Soo Park, Ki-Ho Kim\*, Hae-Keum Kim, and Sang-Il Choi

Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University

This study was to investigate the unsuitable rate of the storage facilities, the changes in corrosion process over time after installation according to the status, the time to install the facilities, years elapsed after facilities installation, inspection of methods and motivation, and so on, based on the results of the inspection at the petroleum storage facilities conducted by domestic soil-relate specialized agency to derive optimal management plans which meet the status of soil contamination facilities. The results showed that the facilities more than 5 years after the initial leak test at the time of the installation need to be inspected periodically by considering costs of leak test and remediation of polluted soil. The inspection period can be decided by cost and leak test methods showing discrepancies for the results obtained from individual test whether it was direct or indirect. To compensate these matters, we suggested that the direct inspection method on regular schedule is recommended. On the other hand, the inspection can be voluntarily completed to ease burden of the results by inspection or equivalent level to this inspection method. Also, it may need improved construction supervision and performance test system to minimize the occurrence of the nature defects in installing the facilities as well as the upgrade program for the facilities during intervals of inspection period.

**Key words:** Leak test, Oil storage tank, Petroleum facilities

### 서 언

2010년 12월 31일 현재 국내의 특정토양오염관리대상시설은 신고업소수를 기준으로 22,394개소이고, 이중 석유류 시설이 22,089개소이며, 석유류시설 중에서는 주유소가 14,735개소, 산업시설 4,515개소, 기타 난방시설 등이 2,839개로서 전체 토양오염관리대상시설 중 주유소가 차지하는 비율이 약 66%에 이르고 있다. 주유소 토양오염은 넘침이나 흘림 등 취급상의 부주의로 발생되기도 하나 저장탱크 (Storage Tank)나 배관계통으로부터의 누설에 기인한 것이 절대다수를 차지하고 있는데, 석유류 저장시설은 탄소강으로 제작되어있어 시간이 지남에 따라 자연적으로 부식될 뿐 아니라, 외부로부터 작용하는 물리력에 의해 손상되기 쉬운 환경에 노출되어 있어 누출로 인한 토양오염을 예방하기 위해서는 정기적인 점검을 통해 시설의 이상을 조기에 발견하는 것이 무엇보다 중요하다.

그러나 1993년 소방법에서 위험물제조소 등에 대한 정기 점검 제도가 도입되어 1995년부터 1996년 사이에 일부 실시된 것을 제외하면 정기누출검사제도가 도입되기 이전까지는 토양오염도검사결과 오염의 개연성이 있는 시설에 대하여만 누출검사를 실시토록 하였는데, 토양이 오염된 것을 확인한 후에 누출검사를 실시하던 방식에서 누출을 사전에 예방하는 방안으로 개선하기 위하여 환경부에서는 2004년 토양환경보전법을 개정하고 정기누출검사 제도를 도입하였다.

이에 따라 특정토양오염관리대상시설의 설치자는 동법 시행일인 2006년 7월 1일을 기준으로 설치 후 15년이 경과한 시설은 2006년 7월 1일부터 2007년 6월 30일까지, 10년이 경과한 시설은 2007년 7월 1일부터 2008년 6월 30일까지, 10년 미만의 시설은 10년이 경과한 날로부터 6개월 이내에 누출검사를 받았다.

이와 같이 실시된 누출검사결과 2006년도에는 검사를 받은 업소의 8.04%가 부적합 되었으나, 2007년에는 2.17%, 2008년도에는 0.98%만이 부적합 되어 2006년 이전까지의 누출검사 평균 부적합률 (7.9%)에 비해 매우 낮고, 각종 선행연구에서 발표된 시설의 부적합률과도 차이가 나 향후 실

접수 : 2012. 2. 24 수리 : 2012. 3. 19

\*연락처 : Phone: +82314271195

E-mail: khgold@firenv.co.kr

Table 1. Overview of surveyed facilities.

Type	No. of businesses	
Motive of Inspection	Legal Leak Test	699
	Self-Precision Test	1,016
	Total	1,715
Method of Inspection	Direct Method	870
	Indirect Method	845
	Total	1,715
Year of Installation	Before 1985	126
	1986-1990	189
	1991-1995	609
	1996-2000	362
	2001-2005	57
	After 2006	44
	Total	1,387
Lapse of time after installation	Less than 5 Years	136
	From 6 to 10 Years	380
	From 11 to 15 Years	501
	From 15 to 20 Years	262
	More than 21 Years	108
	Total	1,387

효적인 토양환경관리를 위해서는 차이가 나는 원인 규명과 함께 국내 특정토양오염관리대상시설의 실질적인 상태를 파악하는 것이 중요하다고 판단되었다.

따라서 본 연구는 토양관련전문기관(누출)이 신청을 받아 실시한 법정누출검사, 시설의 소유자가 자발적으로 의뢰하여 실시한 자체정밀검사 결과 등을 토대로 시설의 설치시기, 사용경과년수, 사용환경 등에 따른 시설의 실질적인 상태를 파악하고, 아울러 점검을 실시한 동기와 점검방식 등에 따른 차이와 운용상의 문제점들을 개선하여 누출검사의 신뢰도를 제고하고 점검의 일관성을 유지할 수 있는 특정토양오염관리대상시설의 최적 관리방안을 모색하고자 하였다.

## 재료 및 방법

**조사범위** 본 논문은 한 토양관련전문기관이 2000년부터 2011년까지 실시한 법정누출검사와 자체정밀검사 결과를 표본으로 하였다. 조사 범위에는 총 1,715개 업소의 저장탱크 5,337기, 주입배관 5,208라인, 주유배관 13,091라인, 통기관 3,479라인에 대한 점검결과가 포함되었다.

조사 대상 업소는 법정누출검사를 실시한 곳은 699개소, 자체정밀조사 실시 업소 1,016개소 이고, 점검방식에서는 직접법과 간접법으로 점검한 곳이 각각 870개소와 845개소이며, 시설의 소유자별로는 정유사 직영주유소가 922개소, 일반자영주유소와 산업체 등이 793개소이다.

한편, 설치시기가 확인된 총 1,387개소를 5년 단위로 설치시기와 점검 실시 시점을 기준으로 환산한 설치경과년수에 따른 조사대상시설의 분포는 Table 1과 같다.

**조사방법** 국내 특정토양오염관리대상시설의 실태에 관한 선행 연구를 통해 얻은 일련의 정보에, 기존 데이터베이스로부터 시설의 설치시기에 따른 점검결과 및 특징과 사용경과년수에 따른 시설의 변화를 분석하여 실제 특정토양오염관리대상의 실태를 파악하고 점검결과가 상이하게 나타나는 요인을 규명하는데 유효하다고 판단되는 정보를 수집하여 다음과 같이 평가를 실시하였다.

국내 특정토양오염관리대상시설의 실제 상태를 객관적으로 파악할 수 있는 자료의 조건별 분류 및 평가, 점검을 실시한 조건과 방식에 따른 평가, 차이가 발생하는 요인 및 운용상의 문제점 분석, 설치 및 사용 이력에 따른 특징, 점검대상 및 점검주기의 설정에 유효한 정보, 기타 누출검사의 일관성, 공정성 정확성 및 실효성을 제고하는데 필요한 자료를 수집하였다.

## 결과 및 고찰

**특정토양오염관리대상시설 실태** 특정토양오염관리대상시설의 실태에 관한 선행 연구의 결과를 요약하여 정리하면 다음 각 호와 같다.

**Table 2. Unsuitable rate of business unit and compare with previous studies.**

Study Case		Unsuitable Rate
		%
This Research	Defect and leak of facilities including vent pipeline	58.7
	Defect and leak of facilities excluding vent pipeline	53.6
	Leak of facilities including vent pipeline	30.7
	Leak of facilities excluding vent pipeline	25.7
Konkuk Univ.	Affiliated research institute (1993)	75
Ju-young Kim	Pollution status of gas stations directly operated by refining companies	49
EPA	Steel Tank Leak	25
API	“50% leak experience in 15 years”	50

**Table 3. Comparison with legal leak test.**

Legal Leak test	Unsuitable Rate	Comparison (Multiple)
	%	
Average between 1996 and 2009	3.1	17.3
Average between 2006 and 2009 after introduction of legal regular leak test	2.0	26.8
2001 when unsuitable rate is the highest	21.4	2.5

**Table 4. Inspection result by unsuitable caused facilities.**

Type	No. of Businesses	Suitable		Unsuitable	
		No.	Rate	No.	Rate
			%		%
Storage Tank (Leak Only)	837	782	93.4	55	6.6
Storage Tank (Non-leak included)	837	548	65.5	289	34.5
Inlet pipeline	753	669	88.8	84	11.2
Outlet pipeline	819	596	72.8	223	27.2
Vent pipeline	640	488	76.3	152	31.1

**Table 5. Inspection result by each inspection motive.**

Inspection Motive	No. of Businesses	Suitable		Unsuitable	
		No.	Rate	No.	Rate
			%		%
Legal Leak Test	699	579	82.8	120	17.2
Self-Precision Test	1,016	434	42.7	582	57.3

업소단위의 평가에서 오염물질의 누출 및 저장탱크 용접 부의 결함을 기준으로 한 부적합률은 53.6%, 오염물질의 누출만을 기준으로 한 부적합률은 25.7%로 나타났으며, 이를 선행연구결과와 비교할 때 판정하는 방식에 따라 다소 차이가 있으나 실제 누설을 기준으로 한 결과에서는 EPA의 데이터와 근접한 결과를 나타냈다.

그러나, 토양환경보전법에 따라 실시한 누출검사의 부적합률과 비교하면, Table 3에서와 같이 토양오염도검사결과 오염개연성이 확인된 시설을 대상으로 실시한 2001년의 부

적합률과는 누출기준으로 비슷하나 여타 조건의 경우와는 많은 차이가 나고 있어 이에 대한 원인을 규명할 필요가 있는 것으로 판단된다.

부적합판정에 원인을 제공하고 있는 시설의 비율은 저장탱크의 누출이 6.5%, 결함을 포함한 누출이 34.5%, 주유배관이 27.2% 주입배관은 11.2% 통기배관은 31.1% 등으로 나타났다. 이와 같은 결과는 토양오염예방을 위해서는 주입/주유배관의 관리가, 누출검사에서는 저장탱크의 결함과 통기관의 관리가 중요함을 보여주고 있다 (Table 4).

점검 동기별 평가결과 특정토양오염관리대상시설의 소유자가 자발적으로 실시한 자체검사는 부적합률이 57.3%로서 토양환경보전법에서 규정하는 바에 따라 강제적으로 실시한 법정누출검사의 17.2%에 비해 3배 이상 높게 나타났다 (Table 5).

이와 같은 결과는 자체검사가 법정검사에 비해 직접법으로 점검하는 비율이 높은데서 오는 요인이 상당부분 작용하고 있으나, 자체정밀점검은 시설이상에 의한 직간접피해를 예방할 목적으로 사실적이고 엄격한 기준을 적용하여 자발적으로 실시하는 반면, 법정누출검사는 법에서 규정하는 바에 타의에 의해 강제적으로 실시하여 근원적으로 검사에 대한 기대치가 다른 점과, 법정누출검사 결과 부적합 판정을 받은 경우 관할 행정관서에서로부터 부과되는 토양정밀조사와 오염토양정화 등의 시정명령을 회피하기 위하여 상대적으로 부적합률이 낮은 간접법을 선택하거나, 부적합된 시설을 즉시 보수하여 적합판정이 되도록 하는 것 등이 주된 요인인 것으로 판단된다.

누출검사방식에 따른 평가결과는 저장탱크를 개방하여 비파괴검사법으로 실시하는 직접법의 경우 58.9%로서, 저장탱크를 개방하지 않고 가압법, 액면레벨측정법, 미가압법 등 간접법으로 점검한 경우의 부적합률 22.5% 보다 약 2.6

배 높게 나타났다. 이와 같은 결과는, 저장탱크를 개방하여 비파괴검사법으로 점검하는 경우, 당해 저장탱크에서 누출이 발생되지 않더라도 누출의 잠재적 요인이 될 수 있는 용접부의 결함 등이 부적합 판정의 사유에 포함되는 점과, 배관계통에 대한 점검에 있어 각각의 배관에 대하여 독립적으로 점검하는 직접법에 비해 저장탱크와 배관계통을 동시에 가압하는 간접법은 누출부위를 확인하기 어렵고 누출의 검출능력 또한 상대적으로 낮은데 기인하는 것으로 판단된다.

이와 같이 검사방식에 따라 나타나는 편차는, 특정토양오염관리대상시설의 소유자가 검사방식을 선택할 수 있도록 하고 검사방식에 관계없이 동일한 주기를 적용하고 있는 현행의 제도가 검사의 일관성, 공정성, 정확성 및 실효성 등의 측면에서 재고되어야 함을 보여주고 있다 (Table 6). 직접법에 의한 점검에서 부적합 사유가 되는 결함유형별 발생비율을 살펴보면 균열/기공 17.9%, 미용접 5.3%, 두께미달과 국부부식은 각각 2.2%와 4.4%로 나타났다. 결함 중 설치 후 외부응력 등에 의해 발생한 일부 균열 (Crack)을 제외하면, 균열 (Crack)/기공 (Blow hole)과 미용접은 저장탱크 제작시 발생한 결함으로서, 시설의 노후화에 따라 발생하는 두께미달이나 국부부식에 비해 발생비율이 월등히 높게 나타났다는데, 현재 신고된 특정토양오염관리대상시설의 약 20%

**Table 6. Inspection result by test method.**

Test Method	No. of Businesses	Suitable		Unsuitable	
		No.	Rate %	No.	Rate %
Direct Method	870	358	41.1	512	58.9
Indirect Method	845	655	77.5	190	22.5

**Table 7. Occurrence rate by each defect type of storage tank.**

Type	By each defect type			
	Crack/Blow hole	Non-welding	Insufficient thickness	Partial corrosion
No. of inspected tanks	3,322	3,322	3,322	3,322
No. of non-conformed tanks	594	175	72	146
Occurrence rate (%)	17.9	5.3	2.2	4.4

**Table 8. Inspection result by the lapse of time after installation.**

Lapse of time after installation	No. of Businesses	Suitable		Unsuitable	
		No.	Rate %	No.	Rate %
Less than 5 years	56	31	55.4	25	44.6
From 6 to 10 Years	197	74	37.6	123	62.4
From 11 to 15 Years	235	135	57.4	100	42.6
From 16 to 20 Years	99	47	47.5	52	52.5
From 21 to 25 Years	33	15	45.5	18	54.5
More than 26 Years	19	7	36.8	12	63.2

는 설치당시의 제작기술, 점검기준 등에 따른 원천적인 결함을 안고 누출의 잠재적 요인과 누출검사의 부적합요인이 되고 있는 것으로 볼 수 있다 (Table 7).

**시설의 설치경과년수별 조사결과** 점검한 시설을 설치경과년수 5년 단위로 분류하여 업소단위의 부적합률을 살펴본 결과, 전체적으로는 설치 후 점진적으로 높아지는 양상을 띠고 있으나, 6년 이상 10년 이하의 시설이 상대적으로 매우 높게 나타났다 (Table 8, Fig. 1).

특정토양오염관리대상시설의 설치경과년수에 따른 부적합률 (Fig. 2)은 저장탱크는 10년 이하의 시설이 상대적으로 높고 11년 이상이 경과하면서 완만하게 증가하다가 25년 이후에는 급증하며, 주유배관은 6년 이상 10년 이하의 시설이

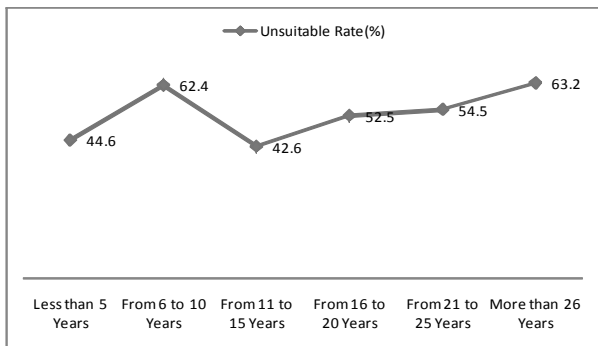


Fig. 1. Unsuitable trend of each business by the lapse of time after installation.

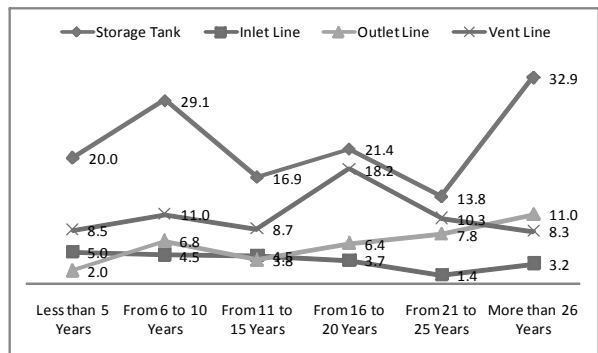


Fig. 2. Unsuitable trend of facilities by the lapse of time after installation.

가장 높으나 증가가 완만하고, 주입배관은 상대적으로 부적합률이 낮고 점차 감소되는 추세를 보이며, 통기관은 타 배관에 비해 높고 편차가 크게 나타나고 있다.

설치경과년수에 따른 조사결과는 저장탱크와 배관계통 공히 6년 이상 10년 이하의 시설이 가장 취약하며, 5년 이하의 시설도 상대적으로 부적합률이 높았는데, 이는 부실시공으로 인한 원천적인 문제가 설치 후 단기간에 집중적으로 나타나고, 설치 후 지반안정화 과정에서 응력 등에 의해 배관계통이 손상되는데 따른 결과로 보이며, 운영과정에서 발생하는 문제를 수시로 보완하여 시설이 안정상태에 이르고 난 이후부터 노후화에 따른 문제들이 나타나는 것으로 판단된다. 이와 같이 설치 후 10년 이하 시설의 부적합률이 상대적으로 높게 나타나고 있어, 설치 후 10년 이상의 시설에 대하여 누출검사를 실시하도록 한 규정의 재검토가 필요하다고 판단된다.

**시설의 설치경과에 따른 노후화** 설치경과년수와 두께측정결과 자료가 확보된 업체 507개소의 저장탱크 2,101기에 대하여 업소단위로 탱크의 최소두께를 조사한 결과 Table 9와 같이 전체 평균으로는 5.57 mm 였으며, 시간이 경과함에 따라 점차 두께가 감소하는 것으로 나타났다. 경과년수별 평균최소두께의 변화 추이는 Fig. 3과 같이 설치 후 5년이 경과하면서부터 매 5년당 약 0.5 mm, 연간 약 0.1 mm의 속도로 두께감소가 진행되는 것으로 조사되어 Joor

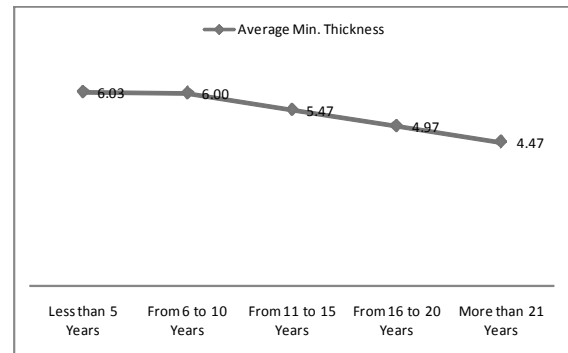


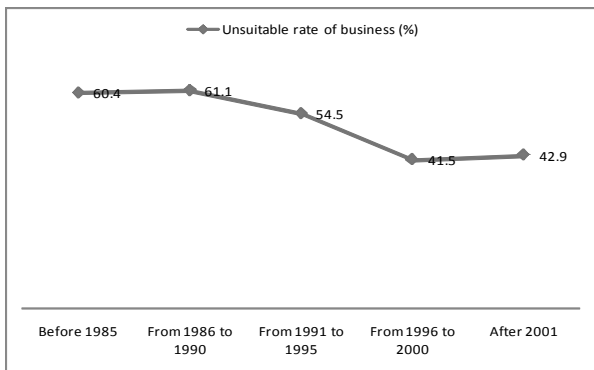
Fig. 3. Trend of changes in average minimum thickness by the lapse of time after installation.

Table 9. Average minimum thickness by the lapse of time after installation.

Lapse of time after installation	No. of data		Average Minimum thickness (mm)
	No. of businesses	No. of tanks (Unit)	
Less than 5 Years	50	199	6.03
From 6 to 10 Years	171	684	6.00
From 11 to 15 Years	180	741	5.47
From 16 to 20 Years	75	333	4.97
More than 21 Years	31	144	4.47
Total (Average)	507	2,101	(5.57)

**Table 10. Unsuitable rate by installation period.**

Installation Period	Unsuitable Rate				
	Business	Storage Tank	Inlet Line	Outlet Line	Vent Line
Before 1985	60.4	25.9	4.6	8.6	12.7
From 1986 to 1990	61.1	23.4	3.3	7.1	17.4
From 1991 to 1995	54.5	27.3	4.4	5.0	10.6
From 1996 to 2000	41.5	14.0	4.5	5.0	8.3
After 2001	42.9	13.5	2.6	1.3	7.6



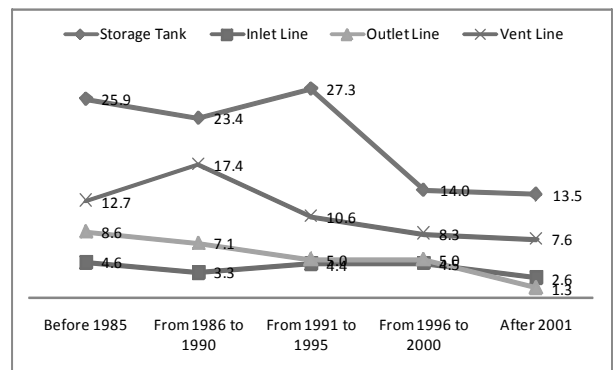
**Fig. 4. Unsuitable trend of each business by installation period.**

Manufacturing Inc. 의 연구결과에서 제시된 평균 부식진행속도 0.109 mm/년 (1986, H. Robbins)과 비슷한 결과로 나타났다.

위험물안전관리법에서 두께 3.2 mm 이상의 강판을 사용하도록 규정하고 있고 실제 주유소 등에 설치되는 탱크는 두께 6 mm 내지 8 mm의 철판으로 제작하고 있어 이론적인 내구연한은 6 mm의 철판을 사용한 경우라도 28년에 이르고 있으나, 일반적으로 철의 부식은 설치 환경에 따라 그 진행 속도의 편차가 크고 Table 7에서와 같이 부식으로 인한 두께 미달 외에도 국부적인 부식에 의한 두께부족 및 누설이 발생되고 있음에 유의할 필요가 있는 것으로 판단되며, 이론적인 내구연한이 경과한 시설들에 대한 관심과 정책 마련이 필요한 것으로 보인다.

**시설의 설치시기별 조사결과** 점검한 시설의 설치시기를 5년 단위로 분류하여 업소단위와 시설단위로 부적합률 등을 평가한 결과는 Table 10과 같다. 업소단위의 부적합률은 1985년 이전 시설과 1986년부터 1990년 사이 설치된 시설은 비슷한 수준을 유지하였고, 이후 점차 감소하는 추세를 보이고 있다 (Fig. 4).

시설별 설치시기에 따른 부적합률은 Fig. 5와 같이 저장탱크의 경우에는 1995년 이전에 설치된 것이 비슷한 수준을 유지하고 있으나 1991년부터 1995년 사이에 설치된 시설이 가장 높았으며, 1996년 이후의 시설은 절반수준으로 감소한 것



**Fig. 5. Unsuitable trend of facilities by installation period.**

으로 나타났다. 배관계통은 설치시기가 빠른 것일수록 높고 이후 점차 감소하는 추세를 보이고 있으나 통기관은 경우 1986년부터 1990년 사이에 설치된 것이 예외적으로 높았고, 주입배관은 설치시기에 관계없이 고른 부적합률을 나타냈다.

저장탱크의 경우 1995년 이전에 설치된 것이 1996년 이후에 설치된 것에 비해 월등히 높은 부적합률을 나타내고 있는데, 이와 같은 결과가 나타난 배경을 유추해보면, 탱크 제작기술의 지속적인 향상, 1990년대 이후 유류탱크 전문제조업체 출현, 이중벽탱크 보급, 1992년 탱크시험자에 의한 탱크안전성능시험제도 도입 및 성능시험을 비파괴검사로 실시할 수 있도록 개선한 것 등을 들 수 있다.

한편, 2000년 이전에 설치된 배관은 부적합률이 비슷한 수준을 유지하고 있는데 이는 사용과정에서 발생하는 누설 배관을 수시로 보완하는데 따른 결과로 보이며, 2001년 이후 설치된 배관이 그 이전에 설치된 것들에 비하여 부적합률이 현저히 낮은 것은 이중배관 및 코팅배관이 널리 보급되면서 배관 재료의 품질이 향상되고 비교적 최근에 설치된 시설에서는 노후화에 따른 문제가 아직 발생되지 않고 있는데 기인한 것으로 보인다.

통상 다수의 탱크와 배관이 설치되어 있는 주유소의 경우 각 시설은 시공상태나 관리조건이 같아 노후화가 유사하게 진행되며, 하나의 배관에 문제가 생기면 여타 배관도 약간의 시차를 두고 단계적으로 발생하는 경향이 있는데, 탱크 제작기술이나 완성된 탱크에 대한 성능시험제도가 상대

적으로 미흡한 시기에 제작된 시설들은 노후화에 따른 문제 이외에도 현재의 토양환경보전법에 의한 누출검사 방법 중 비파괴검사를 실시할 경우 부적합으로 판정될 수 있는 근원적 결함을 안고 있는 탱크가 많아, 이와 같이 누출의 잠재적 요인을 안고 있는 노후시설에 대한 포괄적인 보완대책이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구에서는 국내 한 토양관련전문기관에서 실시한 석유류저장시설에 대한 법정누출검사와 자체정밀조사에서 실제 특정토양오염관리대상시설로부터 오염물질이 누출되는 기준으로는 25.7%, 저장탱크의 결함 등으로 부적합 경우를 포함하면 53.6%가 부적합으로 나타나 환경부의 누출검사 통계의 평균 부적합률 3.1%와는 현저한 차이가 있으며, 누출검사를 실시하는 동기와 점검방식 등에 따른 부적합률이 매우 다르게 나타났다. 또한, 제작 당시에 발생된 결함이 남아 누출의 잠재적 요인이 되고 있는 탱크가 약 20%에 이르고 있으며, 시설의 사용연수 경과에 따른 조사에서는 설치 후 10년 이하 시설의 부적합률이 상대적으로 높게 나타났다. 이와 같은 결과들을 토대로 도출한 특정토양오염관리대상시설에 대한 최선의 사후관리방안은 다음과 같다.

본 연구 결과를 토대로 한 법정누출검사의 이상적인 부적합률은 직접법의 경우 53.6%, 간접법의 경우 30.7%로서 현재의 부적합률과는 많은 차이가 있으며 이는 누출이 되더라도 이를 감지하는 확률이 떨어지는 간접법과, 누출이 없더라도 결함 등으로 부적합으로 판정되는 직접법 등 검사방식에서 비롯된 원천적 차이와, 검사자의 부정 또는 부실검사 등 운용상의 문제로부터 야기되는 결과로 판단되며, 이를 개선하기 위해서는 현재 누출의 감지율이 극히 낮은 가압법 등의 검사방식은 전문적인 실험을 통해 실제 누출을 감지할 수 있는 수준의 시험기준을 마련하는 한편, 토양관련전문기관 및 이에 소속된 검사자에 대한 교육과 검사결과에 대한 사후검증을 통해 부실·부정검사가 이루어지지 않도록 해야 한다.

설치경과연수 10년 이하의 시설이 업소단위의 부적합률, 저장탱크 및 배관계통의 시설단위 부적합률에서 공히 상대적으로 높는데 이는 부실 시공 등으로 인한 문제가 초기에 집중적으로 발생하는 결과로 보이며, 이와 같은 문제를 해소하기 위해서는 신규 시설에 대한 관리제도를 개선하는 한편, 특정토양오염관리대상시설을 설치한 후 10년이 경과하였을 때에는 6개월 이내 누출검사를 받도록 한 현재의 토양환경보전법 시행령 제8조제1항제2호의 규정은 설치 후 5년이 경과한 시점으로 변경하는 방안을 고려해야 한다.

시설을 설치한 후 10년 이상 경과하면 업소단위의 부적합률은 년평균 약 1.4%씩, 시설로부터 누출 발생률은 약

0.25% 씩 증가하고 있는데, 누출검사의 주기는 새로이 발생하는 누출로 인한 환경적 피해와 복구비용, 누출검사에 따른 직접적인 경제적 비용, 행정규제에 따른 국가차원의 득실을 고려하여 결정하는 것이 타당하나 누출검사와 정화에 따른 직접적인 비용만을 비교하여 결정하는 것도 하나의 방안이 될 수 있다. 예를들어, 누출검사 비용을 업소당 150만원, 오염된 업소의 토양정화비용을 1억원으로 하면 경제성 관점에서의 바람직한 점검주기는 약 6년이 된다. 그러나, 업소에 설치된 저장탱크와 배관계통의 품질은 거의 동등하여 하나의 탱크나 배관에서 문제가 발생되면 나머지 시설에서도 순차적으로 유사한 문제가 발생되고, 시설이 내구연한에 도래할수록 그 경향이 뚜렷해지므로, 일련의 시설계통에서 누출이 발생된 경우에는 검사주기를 점차 단축하여 적용하는 것을 고려할 필요가 있다.

본 연구에서 검사방식에 따른 점검결과를 보면, 업소단위의 부적합률에서는 58.9%와 22.5%, 저장탱크에 대한 검사에서 23.1%와 1.6%, 주입배관의 경우 4.1%와 0.5%, 주유배관의 경우 5.5%와 4.1% 등 직접법으로 점검한 경우가 간접법에 비해 현저히 높아, 간접법으로만 점검을 지속하는 경우 그 차이만큼 누출을 방지하는 결과가 초래되는 것으로 나타났다. 이와 같은 문제를 해소하기 위해서는, 일정 주기마다 반드시 직접법으로 점검을 실시토록 하거나 직접법과 간접법을 교차하여 적용토록 개선할 필요가 있다.

비파괴검사에서 부적합 된 저장탱크를 결함의 유형별 분류한 결과 기공 또는 미용접 등 제작하는 과정에서 발생하는 선천적 결함으로 부적합 된 것이 약 20%에 이르고 있는데, 이는 시설의 노후화로 인한 두께미달과 국부부식 등의 후천적 결함에 의한 불합격률 보다 높은 것이다. 이와 같은 선천적 결함은 당해 저장탱크를 제작할 당시의 기술수준과 점검제도 등에서 기인한 것으로 이를 해소하기 위해서는 차기의 누출검사를 반드시 직접법으로 실시하여 원천적 결함을 보수하도록 하고, 현재의 위험물안전관리법에 의한 탱크 성능시험기준을 개정하여 새로이 설치되는 저장탱크는 모두 비파괴시험을 실시하여 제작과정에서 발생한 결함이 제거되도록 하여야 한다.

검사를 실시하게 된 동기를 자체정밀조사와 법정누출검사로 분류하여 평가한 결과, 자체정밀조사에서의 부적합률이 법정누출검사에서의 부적합률에 비해 현저히 높게 나타났는데, 검사결과 부적합 되는 경우 수반되는 2차적인 부담을 회피하려는 심리가 크게 작용하고 있는 것으로 판단된다. 즉, 법정누출검사에서 부적합 되는 경우 행정관서로부터 받게 되는 시설에 대한 보완 및 재검사, 토양정밀조사 및 오염토양 정화 등 일련의 조치를 회피하기 위하여 검사를 취소하거나 즉시 보수를 행하여 재검사를 받도록 함으로서 검사결과가 왜곡되고 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 법정누출검사 결과 부적합된 시설에 대한 시정명령

을 시설 보완과 재검사로 한정하여 특정토양오염관리대상 시설의 소유자가 사실적으로 점검할 수 있도록 하고, 시설로부터 저장물질의 누출에 의한 부지의 오염은 소유주가 상황을 고려하여 자발적으로 사후조치를 하게 하거나 차기 토양오염도 검사를 통해 오염여부를 확인하도록 부담을 완화 할 필요가 있다.

특정토양오염관리대상시설은 설치시기가 오래된 것 일수록 높은 부적합률을 나타내고 있다. 철판의 부식속도를 시설의 설치경과년수에 따른 평균최소두께의 추이에서 확인된  $0.1 \text{ mm yr}^{-1}$ 을 적용할 경우, 6 mm의 철판을 사용한 탱크는 위험물안전관리법상 탱크의 최소두께 (3.2 mm)에 이르기까지 이론상 내구연한은 28년으로서, 2012년 기준 내구연한을 초과한 시설이 7.3%에 이르고 있으며, 동시기에 설치된 주유배관 (표준두께 3.7 mm)의 경우 이론상의 잔존두께는 0.9 mm에 불과하다는 결론이다. 이와 같이 한계수명에 다다른 시설이나 이론상 내구연한을 초과한 시설에 대하여는 조속히 국가적 차원의 조사를 통해 그 실태를 파악하고 그 결과에 따라 폐쇄 또는 Upgrade 방안을 강구해야 한다.

## 사 사

본 연구는 환경부의 “토양지하수복원관리환경기술교육혁신지원사업단”의 지원을 받은 연구이며 이에 감사드립니다.

## 인 용 문 헌

- Bae, W.K., J.C. Hong, W.J. Kang, and J.W. Chung. 1999. Prevention of soil contamination from underground storage facilities. *Bulletin of Environmental Science*, Vol. 20, 1999, EERI. Hanyang Univ.
- Choi, M.J. 2006. The characterization and management of leaking underground storage tank in gas station. Univ. of Seoul.
- Fleischer, D.W. 1993. Error sources in automatic tank gauging systems. ASTM, *Leak detection for underground storage tanks*, pp. 17-29.
- Jeong, C.W. 2010. A study on interference of the stray current induced by electric railways on adjacent buried pipelines. SNU of S. and T.
- Jeong, J.S. 2000. A study of soil contamination sources and countermeasures in gas station. Yonsei Univ.
- Kim, B.R. 2003. An empirical study on safety management underground hazardous facilities. Univ. of Seoul.
- Kim, M.J. 2003. Plants of management reinforcement for underground storage tank. KIPe.
- Park, J.S. 2003. Comparison of leak testing methods for underground storage tanks. Hanyang Univ.
- Yoon, T.G. and S. Lee. 2006. A case study on the method to improve on the structure of oil tank. KSMI, Book 10 Vol. 2, pp. 185-190.