

危険物地下タンク、埋設配管等の 漏れを容易に検査

(株)アイペック

中野 幸長

災害事故防止に繋がる漏れ検知・検査技術①

危険物地下タンク、埋設配管等の
漏れを容易に検査

(株)アイベック 中野 幸長

はじめに：開発の背景

平成23年3月11日の東日本大震災によるガソリンや軽油・灯油不足は大きな問題となったが、地震により危険物地下タンクや埋設配管が漏えい事故を起こしたり、設置されている場所が腐食しやすい状況下にあることにより、漏洩事故が生じた場合は環境に及ぼす影響は大きなものとなる。危険物を貯蔵する地下貯蔵タンク及び埋設配管、二重殻タンクの強化プラスチック製外殻及び地下埋設配管（以下、地下貯蔵タンク等）は、消防法（規則第62条の5の2第2項及び第62条の5の3第2項）により、定期的に漏洩検査を行うことが義務付けられている。

その漏れ検査のために認められている方法には、タンクの開口部を密封し、タンク内部を減圧して漏洩の有無を評価する「微減圧試験法」と、2kPaの加圧を行って評価する「微加圧試験法」、タンク内の危険物を空の状態にした後地下水位を考慮して20kPa以上の圧力を加えて評価する「加圧試験法」が告示第71条第1項及び第2項並びに第71条の2第1項に規定されている。

また、最近の地下貯蔵タンクは2重殻強化プラスチック製の外殻（以下、FRP外殻）を有し、漏洩事故に対処できるようになっている。このFRP外殻の検査を行うために20kPaの加圧か減

圧を行って検査する「加圧法」「減圧法」が規定されている。

しかし、「微減圧試験法」と「微加圧試験法」は、危険物と接触していない気相部に限るもので、この方法で実施する場合には、危険物や地下水と接触している液相部を検査することが必要となってくる。そのため液相部の漏れを検査することに関して、「その他の方法」として必要な要件を満たした機器を用いて検査することが条件とされている。

当社においては、平成16年4月1日以降実施が義務付けられた点検方法に沿って、気相部の全ての適用圧力と、液相部の検査のための機器の開発を実施してきた。

漏洩検査機器の特徴・機能

気相部漏洩検査機器・液相部漏洩検査機器の特徴と機能は以下のとおりである。

(1) 気相部漏洩検査機器

当社は2機種の気相部漏洩検査機器を開発販売しているが、以下にその特徴及び機能を説明する。

① 圧力レコーダ「FR-2011 pascal III」

現場で使用するため、できるだけ軽量に設計し、電源も乾電池動作できるものを特徴としたもので、圧力レンジは-20kPa/20kPa/50kPa

／100kPaのレンジを有する「減圧試験」「加圧試験」の機能と、-10kPa／-4kPa／-2kPa／2kPaの「微減圧試験」「微加圧試験」レンジを有する機能を持たせてある。

記録はペン式のレコーダで150mm幅の圧力目盛りが印刷された専用記録紙を用いるものである。

また、加圧・減圧は分解能が0.1kPa微減圧・微加圧が分解能0.01kPaであり、タンク容量に無関係に長時間の連続圧力計測を行うことができる。

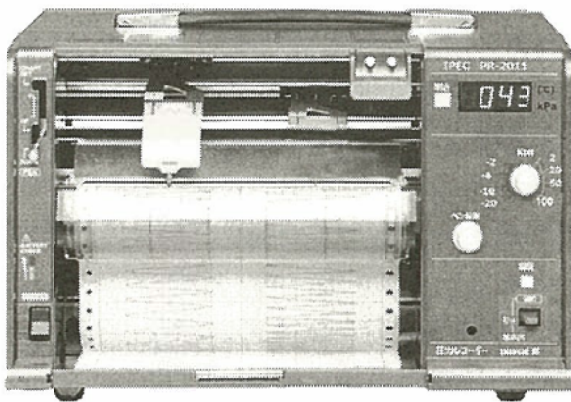


写真1 PR-2011 Pascal III

② タンクリークテスト PSR-3101

地下タンクの気相部漏洩検査と、移動貯蔵タンク（タンクローリー）の漏洩検査が1台の検査機器でできるように設計されたものである（移動貯蔵タンクも地下タンク同様に定期的な漏洩検査が消防法で義務付けられている）。

上記PR-2011圧力レコーダと同様に全ての圧力のレンジが装着されている。本体には最大10CHの圧力計測ユニットが任意に装着できる。内部にはCPUボード・CFカード・135mm幅の感熱プリンター・液晶画面などが組み込まれており、現場で報告書の一部を作成したり、圧力降下率の計算をプリントするとともに、保存したデータを用いてパソコンで簡単に報告書作成ができる。検査可能なタンク容量は最大190kLに対応し、1タンク当り300分のデータの記録保存が可能である。

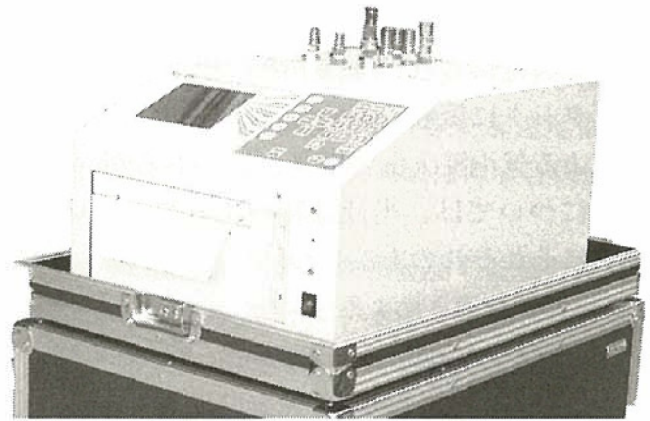


写真2 PSR-3101タンクリークテスト

(2) 液相部漏洩検査機器LLT-2200

本システムは、消防法の危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示第74条1項第5号の「地下貯蔵タンク液相部等の漏れの点検方法」及び「地下貯蔵タンク液相部等の漏れの点検機器」として、(財)全国危険物安全協会の性能評価に合格したもので、消防法でいう危険物施設のうち地下タンク貯蔵所、給油取扱所、一般取扱所の地下貯蔵タンク液相部の漏れの点検に「その他の方法」として適用されるものである。

液相部の漏洩検査装置として液相部ペアリークテストLLT-2200を紹介する。評価合格番号（全危協評第10-2号）液相部の漏洩の有無を評価する方法として、危険物地下貯蔵タンクが地下



写真3 LLT-2200液相部ペアリークテスト

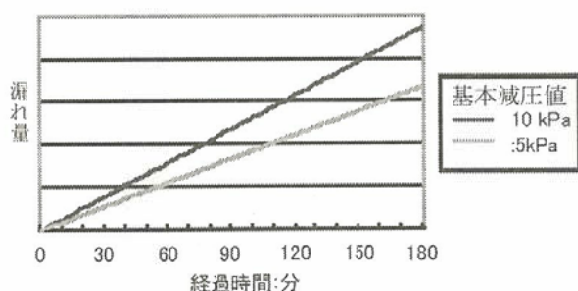
水に接触している場合の「地下水浸入による液面変位測定による評価法」と、地下水位が低く地下タンクに接触していない場合の「振動加速度による気泡浸入漏洩評価法」があるが、この方法については、当社は特許を取得している。以下にそれぞれの方法について説明する。

① 地下水浸入による

液面変位測定による評価法

本評価法はタンク内を規定の圧力で減圧し、一定時間内に生じた液面変化量（変位）により、漏洩の有無を評価する方法である。

液相部に直径0.3mmの穴のある危険物貯蔵地下タンクを開口部密封後減圧し、時間毎に浸入してくる地下水の量を、二通りの減圧圧力値で検証した結果は第1図の通りである。



第1図 φ0.3mmよりの漏れ量

地下貯蔵タンクの気相部の減圧には、上記減圧値に液相部の液面の水压を加えた圧力で減圧することが必要であり、また地下水がある場合には更にその減圧値から地下水位による水压を差引くことになる。例えば、地下水位が500mm、危険物が1,000mmの時は、10kPaまたは15kPaで減圧することになる（安全を考慮し危険物の比重を1.0としている）。

② 地下水浸入による液面変位測定の適用

地下タンクにはさまざまな容量のものがあるが、直径0.3mm以下の開口部からの漏れを検知する精度を十分満たすために、浸水した水がタンク中間の最も変位量の少ない部分で液面にどれほどの液面変化をもたらすかを計算する。タンク容量別に分類すると第1表「タンク最大容量」項目のようになる。

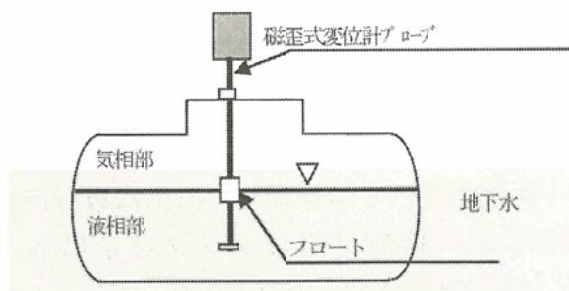
第1表 地下貯蔵タンク液相部の漏洩における評価判定基準

タンク最大容量	基本減圧値 5 kPa	基本減圧値 10 kPa
0 から 3 kℓまで	15 分	10 分
3 kℓを超え 5 kℓまで	20 分	15 分
5 kℓを超え 10 kℓまで	30 分	20 分
10 kℓを超え 20 kℓまで	45 分	30 分
20 kℓを超え 30 kℓまで	60 分	45 分
30 kℓを超え 50 kℓまで	80 分	55 分
50 kℓを超え 70 kℓまで	95 分	65 分
70 kℓを超え 120 kℓまで	130 分	95 分
120 kℓを超え 150 kℓまで	160 分	115 分

計算した結果から、磁歪式変位計の分解能を十分に考慮し0.020mmになる変位量が得られる時間をまとめたものが第1表である。この表が地下貯蔵タンク液相部の漏洩における評価判定基準となる。

③ 液面変位測定に磁歪式変位計を採用

変位上昇の限界値を0.020mm以下とするが、この小さい変位量を正確に検出するために、磁歪式変位計を用いる。これは磁歪線に電流パルスを与えるとねじり歪が発生する。このねじり現象は一種の機械振動であり、金属である磁歪線上を超音速で伝播する。この伝播時間を計測し、0.005mmの高分解能で液面変位を検知することにより、漏洩の有無を検知することができる。普通、磁歪式変位計等液面計は、温度の影響は無視することができないが、特許取得の2マグネット法式により、温度による影響を排除した。取り付けは第2図のように設置する。



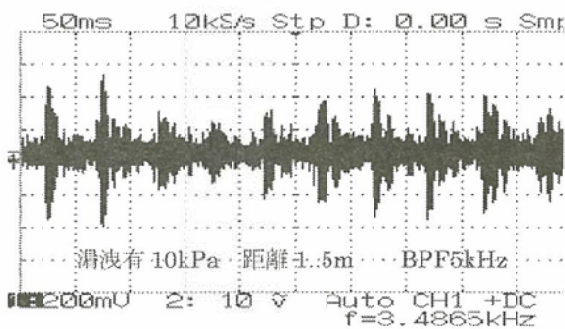
第2図 磁歪式変位計取り付け概略図

④ 振動加速度による気泡浸入漏洩評価法

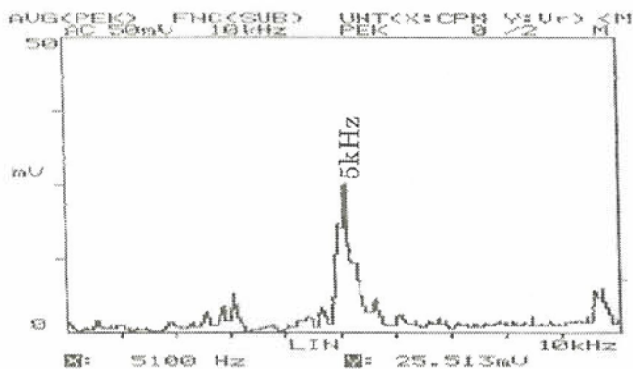
本評価法は、地下タンク外壁が空気に接触している場合で、地下タンク内の危険物の残量を測定した後、その残量による水頭圧より更に低い圧力でタンク気相部を減圧し、漏洩孔から発生する気泡の破裂時に生じる音響的振動を、タンク液相部に設置されている配管や磁歪式液面変位計の金属部を介して、タンク外部に取付けた振動加速度変換器で検知し、漏洩の有無を評価する方法である。 $\phi 0.3\text{mm}$ 以下の漏洩孔を検知することができる。

本評価法は振動加速度変換器で検知する方法であり、振動加速度は振動周波数の2乗に比例した信号を取り出せる。また変換器本体をタンク外部に取付けることができるメリットがあり、この方法を採用した。

$\phi 0.3\text{mm}$ の開口部から気泡が発生した時の振動加速度信号は第3図の通りである。また、その時に生じる加速度信号の周波数スペクトルは第4図のようになる。



第3図 オシロスコープによる波形



第4図 FFTアナライザーによる周波数分析

周波数分析結果から、ダイナミックマイクロフォン等の水中マイクで振動速度信号を検知するより、加速度変換器により振動加速度信号を検知するほうが $2\pi f$ 倍($f=5\text{kHz}$ の場合約30,000倍)の感度で検出できる。

吸込まれた気泡が危険物液面で破裂した時の振動は、空気中に比べて減衰の少ない、液中や金属で出来た磁歪式液面計や吸引管などを介して伝播してくるので、磁歪式液面変位計頭部や吸引管先端にマグネットで加速度変換器を取付け、ヘッドホンモニターと信号強度により異常音の検知を実施する。

判定は、減圧していない気泡のない時と、減圧して気泡の発生が生じた時の信号レベルの比較によって行い、第2表の通り判定基準を設けてある。

第2表 気泡侵入時判定基準

初期値と減圧時の 加速度レベル差	判 定
6 d b まで	漏洩なし
6 d b 以上	漏洩有

⑤ 液相部ペアリークテストLLT-2200の特徴
LLT-2200の特徴は以下の通りである。

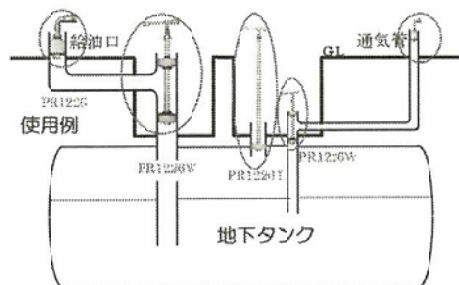
- 0.005mmの分解能により、短時間で漏洩を検知できる (10kLタンクの場合、15分又は30分の静置で判定)。
- 基準点が危険物内に設定されているので、外部の気温上昇にまったく影響されない。
- ステンレスで製作されているので、溶剤タンクに適用できる。
- 液面の変位測定方式であるので、アルコール等、水との融和する液種の漏洩検査にも使用できる。
- 最大容量190kLまでの地下タンクに適用する。

(3) 地下タンク気密のための治具

地下埋設タンクの漏れは、タンクに接続している配管をそれぞれ密閉した後減圧することに

より、漏洩検査を行う。ネジ配管の気密を保つために、配管継ぎ手を用いるのが一般的であったが、シールテープを巻いて締めこむのには多くの時間を要する。特に大きいサイズの配管や注入口（給油口）などは取り外すことが困難で、密閉にはかなりの労力を要していた。

当社が開発し、特許庁長官奨励賞を授与された配管密閉加圧治具は、簡単に密閉や取り外しができるので、最近多くの事業者が採用するようになった。特に継ぎ手ティー（T）の上下を同時に密閉できる治具は、2重殻タンクの外殻漏れ試験において、なくてはならない治具となっている。以下、第5図に気密のための密閉の場所を図示する。



第5図 配管密閉加圧治具取り付け概略図

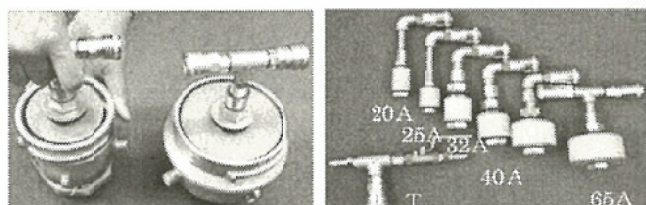
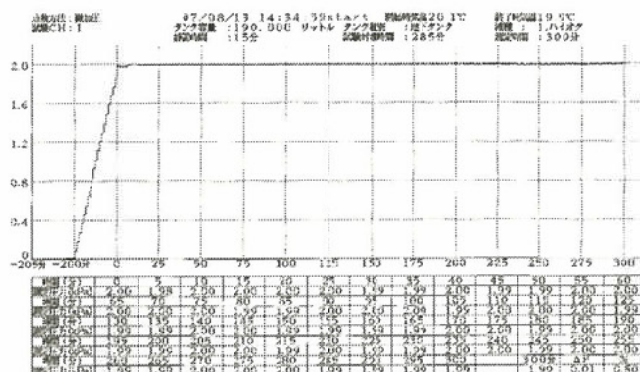


写真4 配管密閉治具

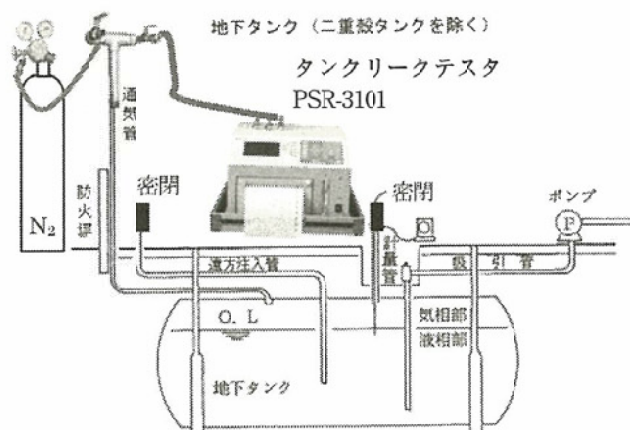
検査装置の使用事例の紹介

気相部における検査機器の接続と190kL地下タンクの微加圧試験での参考試験データを第6図に示す。

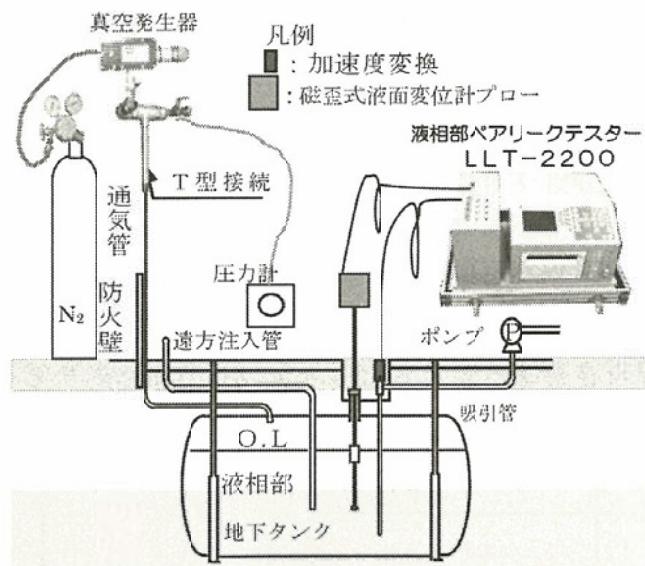
地下タンクは第5図や第7図のようにタンクに接続されている開口部を密閉した後、窒素を封入する微加圧法や窒素を用い真空発生器を介して減圧する微減圧法により、漏れ試験を行う。



第6図 微加圧試験データ例



第7図 タンクリークテスタ試験例



第8図 液相部ベアリークテスタによる試験実施概略図

第8図は液相部ベアリークテスタによる試験実施概略図である。

写真5は本システム、液相部ベアリークテス



写真5 本体とセンサー取付状態

第3表 液相部ペアリークテスト試験結果

設置値: 2CH
 液種: 軽油
 タンク容量: 3000リットル
 タンク高さ: 200mm
 基準液圧値 P_b : 10kPa
 液圧前液面安定確認時間: 5分
 減圧前液面安定確認時間: 10分
 減圧設定値: 12kPa
 減圧静置時間: 10分
 試験モード: 1 (通常試験)

単位: 上段mm 下段dB		1CH	2CH	3CH	4CH
2011.05.16.10:30	液面		0.000		
	加速度		-40.2		
2011.05.16.10:31	液面		0.000		
	加速度		-40.5		
2011.05.16.10:32	液面		0.000		
	加速度		-39.5		
2011.05.16.10:33	液面		0.000		
	加速度		-38.2		
2011.05.16.10:34	液面		0.005		
	加速度		-39.5		
2011.05.16.10:35	液面		0.000		
	加速度		-19.9		
2011.05.16.10:36	液面		0.000		
	加速度		2.0		
2011.05.16.10:37	液面		0.005		
	加速度		0.0		
2011.05.16.10:38	液面		0.005		
	加速度		-1.0		
2011.05.16.10:39	液面		0.005		
	加速度		0.0		
2011.05.16.10:40	液面		0.005		
	加速度		-4.3		
2011.05.16.10:41	液面		0.005		
	加速度		1.0		
2011.05.16.10:42	液面		0.005		
	加速度		2.0		
2011.05.16.10:43	液面		0.005		
	加速度		1.0		
2011.05.16.10:44	液面		0.005		
	加速度		2.3		
2011.05.16.10:45	液面		0.005		
	加速度		0.0		
2011.05.16.10:46	液面		0.005		
	加速度		0.0		
2011.05.16.10:47	液面		0.005		
	加速度		1.0		
2011.05.16.10:48	液面		0.005		
	加速度		5.6		
2011.05.16.10:49	液面		0.005		
	加速度		3.0		
2011.05.16.10:50	液面		0.005		
	加速度		0.0		
2011.05.16.10:51	液面		0.005		
	加速度		1.0		

LLT-2200 地下タンク液相部リークテスト結果		V2.006
CH-2	液種: 軽油	試験日時: 2011.05.16.10:29
地下タンク容量:	3,000リットル	
液面高さ:	200mm	地下水位: 90mm
基準液圧値 P_b :	10kPa	減圧前液面安定確認時間: 5分
設定減圧値:	12kPa	基本減圧静置時間: 10分
許容変位:	+0.020mm	許容加速度: +6.0dB
事前確認		
液面:	0.000mm	加速度: 0.0dB
減圧静置時の液面変動		
液面変位:	0.005mm	加速度値差: 0.0dB
判定		
液相部液面変動	異常なし	
液相部加速度	異常なし	
備考		

第3表は液相部ペアリークテストにより試験した結果プリントされたデータである。

おわりに：今後の展望

危険物地下貯蔵タンクは石油燃料の続く限り存続するが、地下に埋められており人の目で見えないので漏れが始まってからは後手となり、環境に与える影響は大きい。

現在、地下タンクの中には、埋設しての年月が長く老朽化しての漏えい事故も多発している。

消防庁では、地下貯蔵タンクの埋設年数、板厚、外面の防食処置等の状況に応じ、腐食が特に高いタンクにFRP内面ライニング又は「電気防食」措置を行う必要があるとした。また腐食のおそれが高いタンクについてはFRP内面ライニング若しくは電気防食又は常時監視のいずれかの措置を義務付けた。

今後、時間の経過とともに、老朽化したタンクが更に増加することは明らかであり、タンクに漏れを起こさせない技術や漏れをいち早く見つける技術の必要性は高まってくる。当社は今後このような技術面の開発にも、前向きに取り組んでいく予定である。

【筆者紹介】

中野 幸長

(株)アイベック 取締役 技術開発部長
 検査機器部長

〒931-8326 富山市上野新町7-57

TEL: 076-438-4116 FAX: 076-438-4301

E-mail: y_nakano@ipecc-com.jp

タLLT-2200を、地下貯蔵タンク漏洩検査に使用している場面である。