

屋外タンク貯蔵所の保安検査の周期に係る調査検討会委員名簿
(五十音順)

大塚 尚武	龍谷大学 機械システム工学科 教授
岡崎 慎司	横浜国立大学大学院 工学研究院機能の創生部門 准教授
亀井 浅道	元横浜国立大学 安心・安全の科学研究教育センター 特任教授
黒瀬 俊明	損保ジャパン・リスクマネジメント リスクエンジニアリング部長
次郎丸 誠男	元消防研究所 所長
土田 智彦	独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 石油備蓄部企画課 調査役
峯 昌紀	石油連盟 設備管理専門委員会委員長 (新日本石油株式会社工務 部副部長)
宮村 鐵夫	中央大学 理工学部経営システム工学科 教授
森 新一	全国消防長会 危険物委員会 (川崎市消防局予防部危険物課長)
山田 實	消防研究センター 技術研究部長

「屋外タンク貯蔵所の保安検査の周期に係る調査検討会」開催要綱（案）**1 目的**

容量 1 万キロリットル以上の液体の危険物を貯蔵する屋外タンク貯蔵所については消防法の規定により、周期 8 年（保安のための措置がとられたものは 10 年又は 13 年）ごとに市町村長等による保安検査を受けることとされているが、平成 21 年 11 月 27 日に行われた行政刷新会議による「国家備蓄石油管理等委託費」の事業仕分けにおいて、消防法におけるタンク検査間隔について、安全性は検証しながら規制緩和の可能性を探ることが求められた。

そのため、保安検査に係る周期について、安全性の評価や検査周期のあり方等の検討を行う、屋外タンク貯蔵所の保安検査の周期に係る調査検討会（以下「検討会」という。）を開催する。

2 検討項目

検討会は、次に掲げる事項について調査検討する。

- （1）基本周期を延長した場合の安全性の評価（事故の発生状況・腐食の進行・耐震性の低下）
- （2）検査周期のあり方
- （3）内面保護コーティングの耐用年数

3 組織

- （1）検討会の委員は、学識経験者等から消防庁長官が委嘱する。
- （2）検討会に座長を置き、委員の互選によってこれを定める。
- （3）座長に事故があった場合は、座長が指名した委員がその職務を代理する。
- （4）検討会には上記 2（3）に係るワーキンググループを設置し、当該ワーキンググループは次の事項について調査・検討を行う。

ア 浸漬試験実施計画及び試験結果の整理・評価

イ 実タンクのコーティング調査実施計画及び調査結果の整理・評価

ウ 耐用年数を評価するための検量線の作成

エ その他必要事項

- （5）座長は、必要に応じて、委員以外の学識経験者等を検討会に招へいし、意見を聴取することができる。

4 任期

委員の任期は、委嘱の日から平成 23 年 3 月 31 日までとする。

5 事務局

検討会に係る事務局を消防庁危険物保安室に置く。

6 雑則

- （1）この要綱に定めるもののほか、検討会の運営に関し必要な事項は、座長が定める。
- （2）検討会には、委員の代理出席を認める。

附則

この要綱は、平成 22 年 4 月 23 日から施行する。

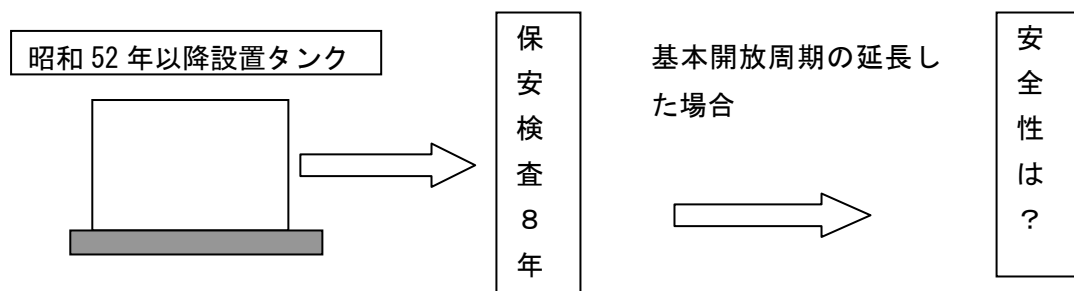
検討の背景及び検討事項

容量 1 万キロリットル以上の液体の危険物を貯蔵する屋外タンク貯蔵所については消防法令の規定により、周期 8 年（保安のための措置がとられたものは 10 年又は 13 年）ごとに市町村長等による保安検査を受けることとされているが、平成 21 年 11 月 27 日に行われた行政刷新会議による「国家備蓄石油管理委託費等」の事業仕分けにおいて、消防法におけるタンク検査間隔について、安全性は十分に検証しながら規制緩和の可能性を探ることが求められた。

このような状況を踏まえ、本検討会において次の事項について検討を行う。

1. 基本検査周期を延長した場合の安全性の評価

基本検査周期を延長した場合の安全性の評価について、事故の発生状況、要因分析、腐食の進行による流出事故発生の可能性、耐震性の低下等の検討を実施する。



2. 検査周期のあり方

従来、屋外貯蔵タンクの底部板厚の確認は、超音波厚さ計を用いた定点測定法（定点測定法による測定例を図 1 に示す。）による板厚管理が一般的であったが、最近では底部板厚を連続的に効率よく測定する機器を使用した板厚管理も実施されるようになってきた。これを受け、連続板厚測定（連続測定法による測定例を図 2 に示す。）の活用などにより安全性を低下せずにタンク個々に保安検査周期を決定することが可能かの検討をする。

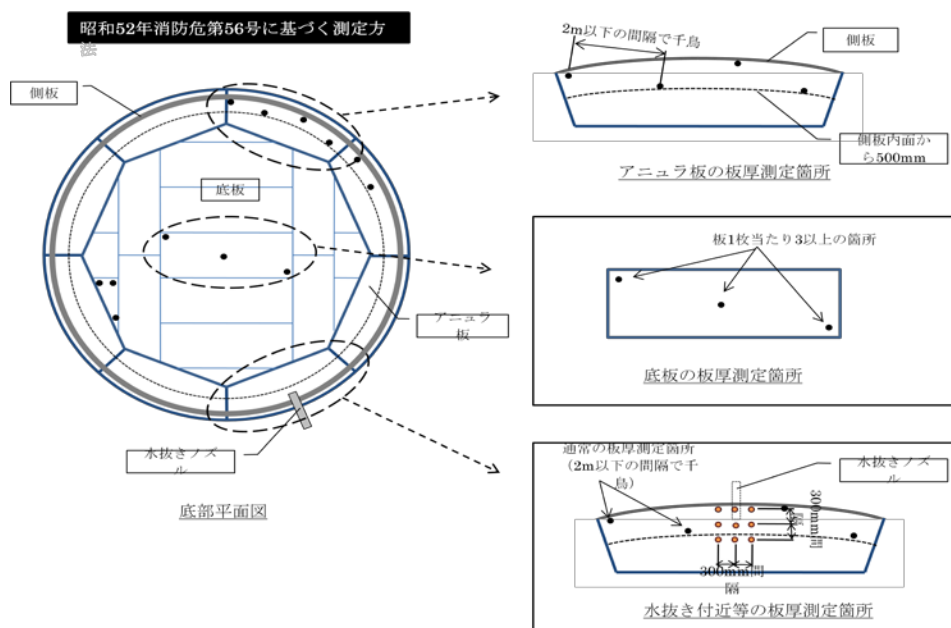


図1 タンクの底部板厚の定点測定の場合

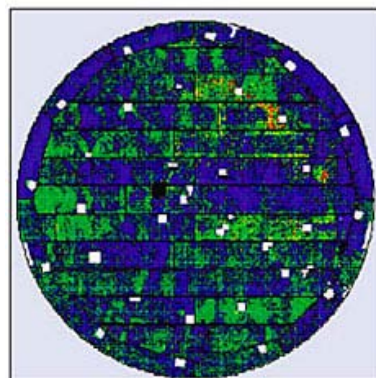


図2 タンク全面を連続板厚測定した例

3. 内面保護コーティングの耐用年数

容量1万kℓ以上のタンクに対する最長検査周期は13年であり、保安のための措置として内面コーティングが要件の1つとなっている。この内面コーティングの耐用年数については、20年とされている（コーティング指針平成6年9月1日付け消防危第74号）。近年この年数を超えて使用され健全であるものの実績などデータも蓄積されてきており、安全性を低下させずに、コーティングの耐用年数を延長することが可能かの検討を行う。

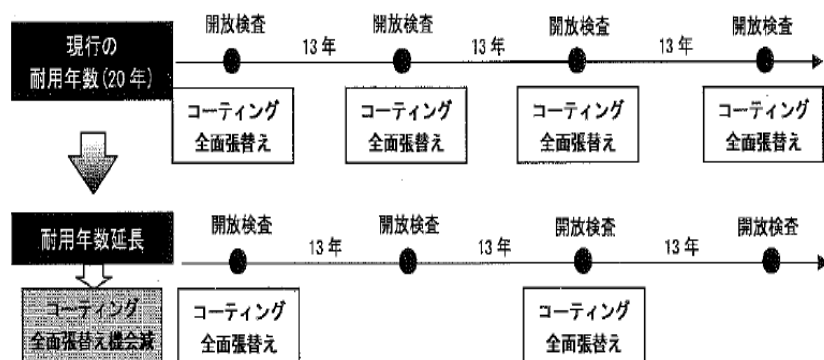


図3 コーティングの塗り替え時期のイメージ

※ 本検討会で使用する略語は以下のとおり

- (1) 消防法（昭和 23 年法律第 186 号）・・・法
- (2) 危険物の規制に関する政令（昭和 34 年政令第 306 号）・・・政令
- (3) 危険物の規制に関する規則（昭和 34 年総理府令第 55 号）・・・規則
- (4) 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（昭和 49 年自治省告示第 99 号）・・・告示
- (5) 危険物の規制に関する政令及び消防法施行令の一部を改正する政令（昭和 52 年政令第 10 号）の施行の際、現に法第 11 条第 1 項前段の規定による設置に係る許可を受け、又は当該許可の申請がされていた特定屋外タンク貯蔵所で、その構造及び設備が政令第 11 条第 1 項第 3 号の 2 又は第 4 号に定める技術上の基準に適合していなかったもの・・・旧法タンク
- (6) 旧法タンクのうち、その構造及び設備が昭和 52 年政令第 10 号附則第 3 項各号に定める技術基準に適合しているもの・・・旧法新基準タンク
- (7) 旧法タンクのうち、その構造及び設備が昭和 52 年政令第 10 号附則第 3 項各号に定める技術基準に適合していないもの・・・旧法旧基準タンク
- (8) 旧法タンク以外のもの・・・新法タンク
- (9) 旧法タンクのうち、その構造及び設備が平成 6 年政令第 214 号附則第 3 項第 1 号の総務省令で定める技術基準に適合しているもの・・・旧法第 1 段階基準

タンクの現況と法令総括

1. 保安検査の対象タンク

液体の危険物を貯蔵する屋外タンク貯蔵所のうち、容量が1万kℓ以上のものの所有者等は、当該屋外タンク貯蔵所の構造・設備が技術上の基準に従って維持されているかどうかについて、定期的に市町村長等が行う保安検査を受けなければならないこととされている〔政令第8条の4第1項〕。

2. 保安検査の内容〔政令第8条の4第3項、第6項〕

保安検査は、次に掲げる事項が技術基準に適合していることについて検査する。

- ①タンクの底部に係る板の厚さに関する事項
- ②タンクの底部に係る溶接部に関する事項

3. 保安検査の周期〔政令第8条の4第2項〕

表1の通り。

表1 保安検査の周期（注1）

保安のための措置	周期	保安の措置の内容
—	8年	—
腐食防止等の状況の措置	10年	コーティングによる内面腐食防止、底部板厚が適正であること、（注2）
貯蔵管理等の状況の措置	10年	水分管理がされていること、腐食性の危険物を貯蔵しないこと、貯蔵条件の変更がないこと、底部腐食率の実績値が小さいこと（0.05mm／年）、次回開放時の板厚推定値が適正であること、（注2）
腐食量に係る管理等の状況の措置（注1）	13年	コーティングによる内面腐食防止、次回開放時の板厚予測値が適正であること、底部腐食率の実績値が小さいこと（0.05mm／年）、加温貯蔵されないこと、基礎内部の水分を排出できる措置があること、（注2）

（注1）昭和52年以降に設置された屋外タンク貯蔵所及び昭和52年以前に設置された屋外タンク貯蔵所であって第1段階基準に適合するタンクに係る周期

（注2）10年以上の周期のタンクに係る措置の内容に共通する項目

- ・外面腐食防止措置
- ・構造上の影響をあたえるおそれのある補修又は変形がないこと。
- ・不等沈下量が直径の300分の1以下（地層が水平成層である場合は100分の1以下）であること
- ・地盤沈下量が年間1cm以下であること。
- ・維持管理体制が適切であること。

4. 保安検査周期の変遷

保安検査制度の周期の変遷を図1に示す。

(1) 保安検査制度の創設（昭和52年）

昭和49年岡山県倉敷市におけるタンクからの重油流出事故の原因調査報告において、タンク基礎の堅固さの確保、本体に用いる材料が保有すべき性能、溶接の適切な施工管理と非破壊検査の実施、消防機関による保安検査の必要性が提案された。これをうけ、5年ごとに開放し、保安検査と内部点検（自主点検）を交互に実施する制度が作られた。

(2) 保安検査の基本周期8年及び個別延長の周期10年が規定（平成6年）

昭和52年以降タンクの事故率が低く、不等沈下の発生も減少したこと、容量1万kl未満の特定屋外タンク貯蔵所において10年毎に開放（自主点検）された実績等を踏まえ、内面保護コーティングの高い腐食防止性能の確認を行った上で、タンク所有者、学識経験者、消防関係者により検討がなされ、基本周期を8年、安全性の高いタンクは周期を10年とされた。この際、容量1万kl以上のタンクは容量1万kl未満のタンクより液圧が高く、容量も大きなことから甚大な被害が生ずるおそれがあることも念頭に置かれたものである。

(3) 一定の措置がとられているものについて、周期13年が規定（平成15年）

タンク所有者、学識経験者、消防関係者による検討会が開催され、昭和52年以降に設置されたタンクに対して、底部の腐食速度の実績を収集し、腐食要因分析を行った。その結果、容量、油温、使用年数、不等沈下量、海岸又は河川への直面、雨水進入防止措置の有無により、そのタンクの最大腐食量を予測する式が提案され、底部腐食以外の劣化要因に対して安全性が確保された場合は、個別に周期を13年とすることができるとされた。

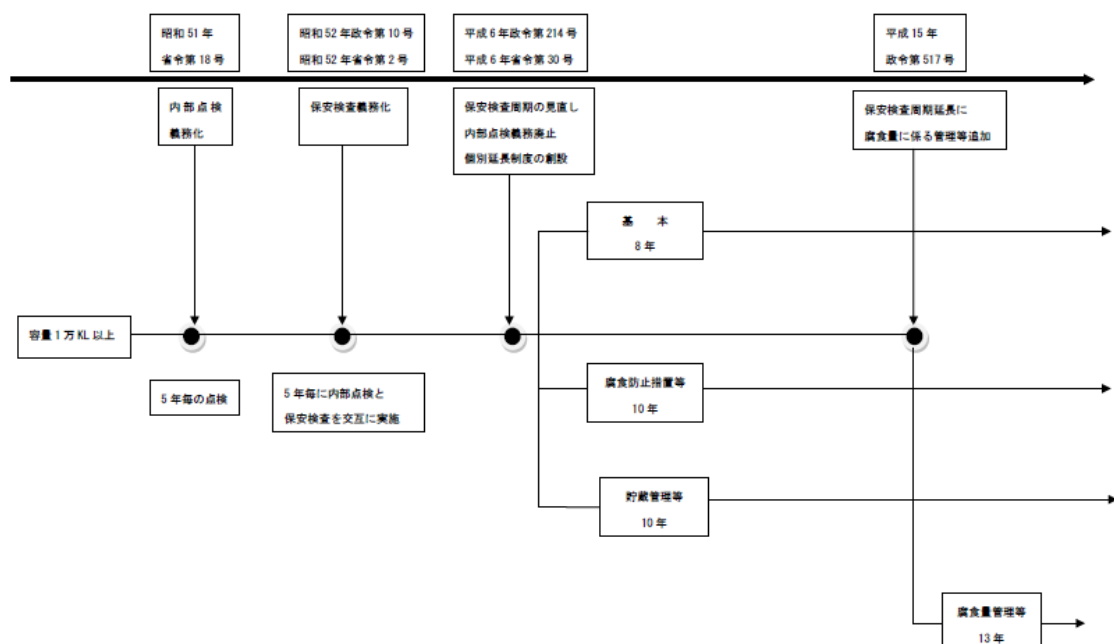


図1 保安検査周期の改正経緯

5. 屋外タンク貯蔵所の現状

(1) 保安検査時の補修状況

平成 18 年度から平成 20 年度に実施された昭和 52 年以降設置されたタンクの保安検査時の補修実績について調べた。表 2 に示すとおり、補修の全くなかったタンクは、0 又は 1 基であり、ほとんどのタンクにおいて補修がされている。これらのタンクの補修の内容について表 3、4 にまとめた。最も厳しい変形条件におかれるために重要な部位であるアニュラ板の一部又は全部取替が行われたタンクは約 6～13%あり、底板についても約 5～16%のタンクで一部又は全部取り替えが行われている。また、溶接部の補修についてみると、最も高い応力が作用する側板とアニュラ部の溶接線では、全線補修が過去 3 年間に 2 基見られるとともに、約 8 割のタンクで部分補修がされている。その他の部位でも 8 割以上のタンクで補修がされている。この補修によって次の開放までの安全性が担保されていると考えられる。

表 2 平成 18 年～20 年度保安検査時の補修概要

	保安検査 基数	取替・当て板	肉盛り補修	溶接部補修	補修がなかつた基数
平成 20 年度	79	19 (24%)	52 (66%)	75 (95%)	1 (1%)
平成 19 年度	69	10 (14%)	44 (64%)	67 (97%)	1 (1%)
平成 18 年度	60	7 (12%)	31 (52%)	60 (100%)	0 (0%)

注：補修内容が複数あるものは、当該内容をそれぞれ計上している。

表 3 底部板の補修概要

補修部位 年度		アニュラ板			底板			保安検査 基数
		全取替	部分取替	当て板	全取替	部分取替	当て板	
平成 20 年度	基	3	7	0	5	8	2	79
	%	3.8	8.9	0.0	6.3	10.1	2.5	
平成 19 年度	基	2	2	0	1	4	3	69
	%	2.9	2.9	0.0	1.4	5.8	4.3	
平成 18 年度	基	0	4	1	0	3	3	60
	%	0.0	6.7	1.7	0.0	5.0	5.0	

注：補修内容が複数あるものは、当該内容をそれぞれ計上している。

表 4 底部溶接線部の補修概要

補修部位 年度		アニュラ板タイプ								保安検査基数	
		側板・アニュラ板 間溶接線		アニュラ板相互 間溶接線		アニュラ板・底板 間溶接線		底板相互 間溶接線			
		全線補修	部分補修	全線補修	部分補修	全線補修	部分補修	全線補修	部分補修		
平成 20 年度		基	1	63	0	68	0	62	0	72	79
		%	1.3	79.7	0.0	86.1	0.0	78.5	0.0	91.1	
平成 19 年度		基	0	51	0	49	0	50	0	59	69
		%	0.0	73.9	0.0	71.0	0.0	72.5	0.0	85.5	
平成 18 年度		基	1	50	0	50	0	50	0	60	60
		%	1.7	83.3	0.0	83.3	0.0	83.3	0.0	100	

注：補修内容が複数あるものは、当該内容をそれぞれ計上している。

(2) 屋外タンク貯蔵所の設置許可年別基数

昭和 52 年以降に設置された容量 1 万kℓ以上の屋外タンク貯蔵所の設置許可年別基数を図 2 に示す。消防庁で把握している昭和 52 年以降に設置されたタンク 607 基のうち、昭和 50 年代に設置されたものは 465 基と約 7 割を占め、平成に入ってから設置されたタンクは 106 基と約 2 割に過ぎない。設置のピークは昭和 56 年でありいわゆる「新法タンク」も、30 年近く経過したものが多いことが分かる。

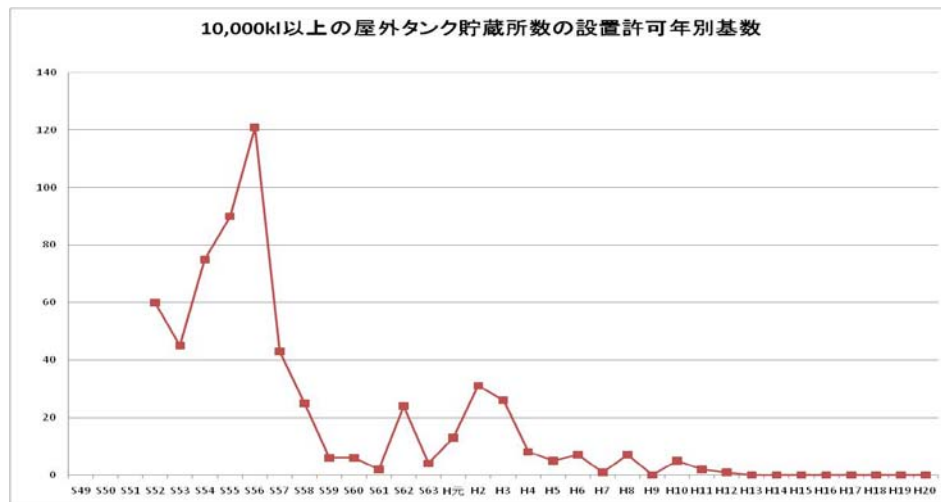


図 2 昭和 52 年以降に設置された容量 1 万kℓ以上の設置許可年別基数

(3) 1 周期前の保安検査時の補修状況

表 2 で調査したタンクのおおむね前回の検査時期にあたる平成 10 年から平成 12 年の補修概要について調べた。表 5 に示すとおり前回保安検査時にも多くのタンクで補修が行われている。また、表 2 の補修概要では、表 5 と比較して、肉盛り補修や溶接部補修の割合が増加していることが分かる。これは、経年劣化による補修が増加していると考えられる。

表 5 平成 10 年～12 年度開放検査時の補修概要

	保安検査 基数	取替・当て板	肉盛り補修	溶接部補修	補修がなかつた基数
平成 12 年度	82	10 (12%)	25 (30%)	53 (65%)	22 (27%)
平成 11 年度	76	8 (11%)	24 (32%)	59 (78%)	18 (24%)
平成 10 年度	70	11 (16%)	23 (33%)	53 (76%)	14 (20%)

注：補修内容が複数あるものは、当該内容をそれぞれ計上している。

(参考) 表 6 平成 18～20 年度保安検査時の補修概要 (3 年間の平均)

	保安検査 基数	取替・当て板	肉盛り補修	溶接部補修	補修がなかつた基数
平成 18～20 年度平均	69	12 (17%)	42 (61%)	67 (97%)	1 (1%)

事故の発生状況

総務省消防庁が全国の消防機関を通じて調査を行っている「危険物に係る事故事例」、総務省消防庁消防大学校消防研究センターによる地震被害の調査報告書を基に 1974 年（昭和 49 年）から 2007 年（平成 19 年）までの間に発生した屋外タンク貯蔵所におけるタンク本体（底部及び側板）からの流出事故を、本資料末尾の表 1（通常運転時）、表 2（地震時の事故）に整理した。

1. 屋外タンク貯蔵所の底部からの流出事故件数

表 1 から、通常運転時における底部からの流出事故件数を容量別に示す。

- (1) 容量千kℓ以上の屋外タンク貯蔵所の底部からの流出事故件数（図 1 参照）
- (2) 容量 1 万kℓ以上の屋外タンク貯蔵所からの底部からの流出事故件数（図 2 参照）

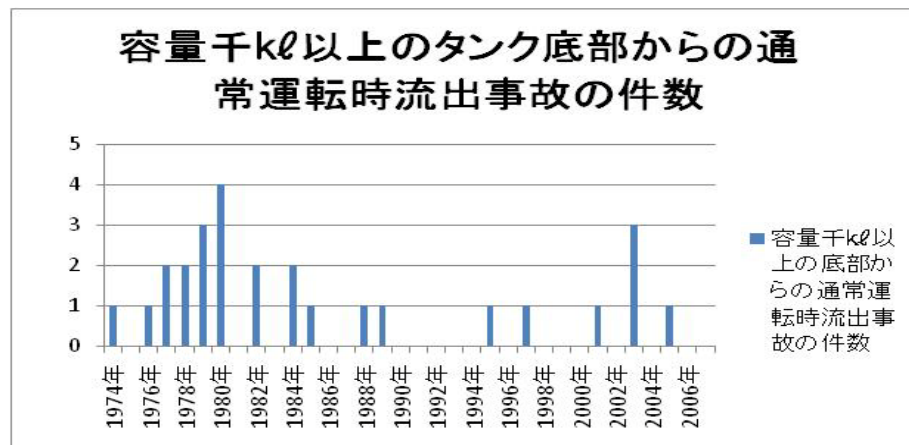


図 1 容量千kℓ以上の屋外タンク貯蔵所の底部からの流出事故件数

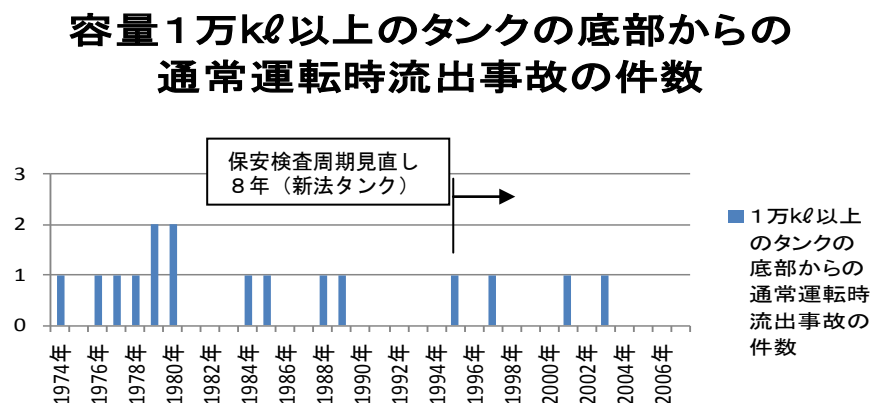


図 2 容量 1 万kℓ以上の屋外タンク貯蔵所の底部からの流出事故件数

1980 年以降容量千kℓ以上の屋外タンク貯蔵所の底部からの流出事故件数が減少しているのは、1977 年に開放検査が義務づけられ、1977 年以降順次タンクの開放検査が実施されたことによるものと考えられる。また、容量 1 万kℓ以上の屋外タンク貯蔵所は保安検査が実施されているにもかかわらず流出事故の発生が続いている。

2. 屋外タンク貯蔵所の設置経過年別流出事故件数

表 1 から、設置経過年別による通常運転時の流出事故件数を図 3 に示す。経過年が 10 年以上になると流出事故が増加している傾向にある。また、表 2 より地震時における流出事故は、設置経過年数が少ない場合でも流出事故は発生する傾向にある。

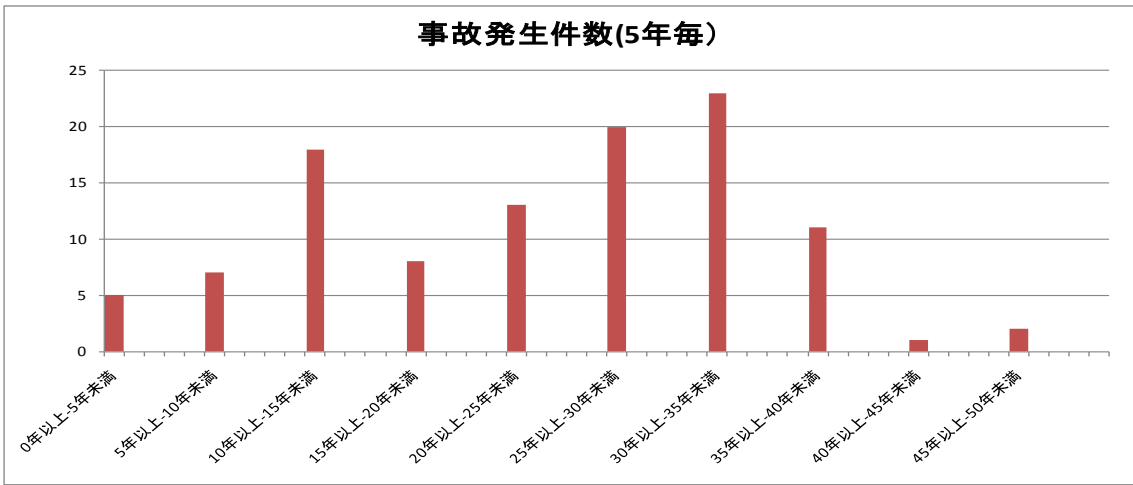


図 3 屋外タンク貯蔵所の設置経過年別流出事故件数

3. 屋外タンク貯蔵所の流出事故発生時の流出量

表 1、表 2 から屋外タンク貯蔵所のタンク容量別流出事故件数と流出量の関係を通常運転時の事故について表 3、地震時の事故について表 4 に示す。

表 3 タンク底部からの流出事故（通常運転時）の平均流出量

タンク容量	施設件数 (H20 年度統計)	流出事故件数 < > 流出量不明	平均流出量 (不明除く) (kℓ)
1000 kℓ未満	61, 425	52 < 8 >	6. 0
1000 kℓ以上 10000 kℓ未満	5, 617	11	12. 8
10000 kℓ以上	2, 361	15 < 1 >	3, 445. 9

表 4 タンク底部からの地震時流出事故の平均流出量

タンク容量	施設件数 (H20 年度統計)	流出事故件数	平均流出量 (kℓ)
1000 kℓ未満	61,425	0	0.0
1000 kℓ以上 10000 kℓ未満	5,617	2	0.0
10000 kℓ以上	2,361	5	13,960.6

これまでに発生した屋外タンク貯蔵所のタンク底部からの流出事故を整理すると、1万kℓ以上のタンクの平均流出量がそれ以下のタンクと比べてかなり大きく、特に地震時の流出量が大きくなることが分かる。

表 1 屋外タンク貯蔵所の底部板及び側板からの流出事故概要（通常運転時）

No.	発生年月日	許可容量 (kℓ)	貯蔵油種	発生箇所	箇所詳細	内裏面 コーデ ィング 有無	設置 年月 日	経過 年. 月	被害範囲	流出量 kℓ
1	1974/04/15	不明	重油	不明	不明		不明	不明	防油堤内	160.0
2	1974/06/12	不明	重油	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	防油堤内 のピット 内	0.1
3	1974/08/08	不明	重油	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	防油堤内	不明
4	1974/10/31	不明	硫酸※	側板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	防油堤内	0.0001
5	1974/12/17	50000	ミナス重油	不明	不明	不明 不明	不明	不明	不明	0.5
6	1974/12/18	50000	C 重油	底板×側板 溶接部	亀裂部		1973 12.15	1.0	海上	47,888.0
7	1974/12/28	1000	A 重油	不明	不明		不明	不明	防油堤内	0.5
8	1975/02/20	不明	重油	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	敷地内	不明
9	1975/04/01	3350	重油	側板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	敷地内	0.1
10	1975/04/22	10	A 重油	底板母材部	腐食開 孔部		1964 4.1	11.1	付近水 田・ハス 田	3.5
11	1975/05/30	不明	粗タール	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	防油堤内	192.0
12	1975/08/29	不明	クロールス ルホン酸	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	敷地内	0.01
13	1975/09/12	不明	塩酸	側板母材部	腐食開 孔部		1973 6.25	2.2	敷地内	0.1
14	1975/09/20	1084	A 重油	側板溶接部	腐食開 孔部		不明	不明	防油堤内	0.2
15	1976/05/14	30000	重油	底板母材部	腐食開 孔部	内面 不明	不明	不明	防油堤内	0.2
16	1976/09/28	44	ミナス重油	底板母材部	腐食開 孔部		1961 12.7	14.8	防油堤内	0.8
17	1976/10/08	不明	重油	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	敷地内	0.1
18	1977/01/31	30000	C 重油	底板母材部	腐食開 孔部	内面 不明	不明	不明	防油堤内	85.0
19	1977/02/07	不明	廃液、トル エン及び塩 素化炭化水 素の混合物	底板母材部	腐食開 孔部		1975 5.22	1.7	防油堤内	0.1

No.	発生年月日	許可容量 (kℓ)	貯蔵油種	発生箇所	箇所詳細	内裏面 コーデ ィング 有無	設置 年月 日	経過 年. 月	被害範囲	流出量 kℓ
20	1977/03/17	241	重油	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	公共下水 管	9.0
21	1977/11/07	不明	ジェットA ー1	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	海上	0.5
22	1977/12/08	4700	軽油	底板溶接部	割れ		1958 4. 28	19. 6	防油堤内	不明
23	1978/02/27	988	重油	底板母材部	腐食開 孔部		1968 3. 27	9. 9	ドレンボ ックス下 部	0.0005
24	1978/05/15	4740	重油	側板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	敷地内	0.04
25	1978/06/16	24000	原油	底板母材部	摩耗開 口部		1973 9. 17	4. 7	防油堤内	49.7
26	1978/07/29	3000	重油	底板母材部	腐食開 孔部	内面 不明	不明	不明	敷地内	1.2
27	1979/01/08	300	B重油	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	構内排水 溝	2.7
28	1979/02/04	50000	原油	底板溶接部	亀裂部		不明	不明	構内排水 溝	50.0
29	1979/02/13	7350	C重油	底板母材部	腐食開 孔部	内面 不明	不明	不明	敷地内	1.2
30	1979/04/22	22855	C重油	底板母材部	腐食開 孔部	内面 不明	不明	不明	敷地内	0.02
31	1979/08/08	160	重油	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	敷地内	22.0
32	1979/11/24	不明	第1石油類	側板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	敷地内	0.2
33	1979/12/21	不明	ミナス重油	底板母材部	亀裂部		不明	不明	防油堤内	0.5
34	1980/02/06	不明	原油	底板溶接部	亀裂部		1971 9. 14	8. 4	敷地内	0.1
35	1980/02/23	4000	C重油	底板母材部	腐食開 孔部	裏面	1958 4	21. 9	防油堤内	10.9
36	1980/05/12	30	酢酸エチル とジクロル メタン(4 8V o l パ ーセント) の混合液	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	敷地内	0.003
37	1980/06/12	不明	ポリブテン (火災)	側板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	防油堤内	不明
38	1980/06/16	390	C重油	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	敷地内	3.0

No.	発生年月日	許可容量 (kℓ)	貯蔵油種	発生箇所	箇所詳細	内裏面 コーデ ィング 有無	設置 年月 日	経過 年. 月	被害範囲	流出量 kℓ
39	1980/06/26	30000	灯油	底板母材部	腐食開 孔部	内面 不明	不明	不明	構内地中	16.0
40	1980/08/01	不明	ガソリン	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	敷地内	不明
41	1980/08/09	不明	ミナス重油	側板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	敷地内	1.6
42	1980/09/28	不明	重油	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	防油堤内	2.0
43	1980/12/06	3180	ナフサ	底板母材部	腐食開 孔部	内面 不明	1972 1. 17	8. 9	敷地内	不明
44	1980/12/22	10926	軽油	底板母材部	腐食開 孔部	内面 不明	1972 3. 4	8. 8	敷地内	不明
45	1981/03/20	不明	アセトン	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	敷地内	0.2
46	1981/06/22	不明	C重油	側板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	敷地内	0.0002
47	1981/08/06	28	A重油	側板溶接部	腐食開 孔部		1978 3. 18	3. 4	敷地内	0.001
48	1981/09/01	4655	C重油	側板溶接部	腐食開 孔部		1972 2. 21	9. 5	敷地内	0.0195
49	1981/12/02	150	A重油	底板母材部	腐食開 孔部		不明	不明	隣接田	5.0
50	1982/02/05	3	灯油	底板母材部	腐食開 孔部		1970 10. 27	11. 3	構外河川	0.1
51	1982/07/01	140	メタノール	側板母材部	腐食開 孔部		1970 7. 22	11. 9	敷地内	不明
52	1982/08/10	1024	ガソリン	底板母材部	腐食開 孔部	内面 不明	1964 1. 24	18. 5	構外畑地	46.1
53	1982/09/29	2000	C重油	底板母材部	腐食開 孔部	裏面	1969 5. 1	13. 4	敷地内	0.8
54	1982/10/21	995	大豆油	底板母材部	腐食開 孔部		1970 5. 9	12. 5	敷地内	不明
55	1982/12/09	500	重油	底板溶接部	割れ		1961 11. 18	21. 1	防油堤内	0.003
56	1982/12/22	31	C重油	底板母材部	腐食開 孔部		1971 10. 19	11. 2	防油堤内	0.2
57	1982/12/24	120	重油	底板母材部	腐食開 孔部		1968 5. 23	14. 6	海上	60.0
58	1984/04/23	10	A重油	底板母材部	腐食開 孔部	内面 不明	不明	不明	構外河川	0.1
59	1984/05/15	510	A重油	底板母材部	腐食開 孔部		1963 11. 1	20. 5	構内地中	17.8

No.	発生年月日	許可容量 (kℓ)	貯蔵油種	発生箇所	箇所詳細	内裏面 コーデ ィング 有無	設置 年月 日	経過 年. 月	被害範囲	流出量 kℓ
60	1984/11/22	300	C 重油	底板母材部	腐食開 孔部		1971 6. 28	13. 4	構内	0. 3
61	1984/12/10	1500	B 重油	底板母材部	腐食開 孔部	内面 不明	1952 6. 12	32. 5	敷地内	0. 6
62	1985/06/11	109817	原油	ミキサー下 部アニュラ 板	腐食開 孔部	内面 不明	1972 10. 3	12. 7	防油堤内	0. 1
63	1985/08/23	2000	クレオソー ト油	側板母材部	腐食開 孔部		1980 5. 7	5. 3	防油堤内	1. 0
64	1985/10/04	145	灯油	底板溶接部	亀裂部		1973 10. 25	11. 9	隣接水田	0. 2
65	1985/10/29	106	濃硫酸	底板母材部	腐食開 孔部		1976 12. 2	8. 9	防油堤内	1. 9
66	1985/11/29	500	軽油	底板母材部	腐食開 孔部		1966 4. 4	19. 7	防油堤内	5. 0
67	1986/01/06	600	エピクロル ヒドリン	底板母材部	腐食開 孔部		1967 12. 16	18. 1	防油堤内	4. 5
68	1986/08/30	15	B 重油	底板母材部	腐食開 孔部		1974 3. 27	12. 4	防油堤内	0. 1
69	1986/11/07	107	灯油	底板母材部	腐食開 孔部		1974 2. 4	12. 8	犬走り部	不明
70	1987/06/11	50	潤滑油	底板・マン ホールフラ ンジ	開放 部・腐 食開孔 部		1973 3. 28	14. 2	防油堤ピ ット内	不明
71	1987/09/08	20	脱硫 C 重油	側板母材部	腐食開 孔部		1970 10. 7	16. 9	防油堤内	10. 4
72	1987/09/09	145	A 重油	底板母材部	亀裂部		1971 6. 29	16. 2	海上	9. 7
73	1988/07/05	82641	原油	底板溶接部	亀裂部		1975 3. 6	13. 3	地中	0. 4
74	1988/08/26	2000	重油	側板母材部	腐食開 孔部		1968 7. 18	20. 1	防油堤内	0. 2
75	1989/12/17	84548	原油	底板母材部	腐食開 孔部	内面 不明	1973 8. 3	16. 4	防油堤内	0. 8
76	1991/02/24	15	重油	底板母材部	腐食開 孔部		1969 3. 3	22. 0	防油堤内	2. 0
77	1991/09/06	4000	溶融硫黄	側板母材部	腐食開 孔部		1969 9. 10	23. 0	構内	0. 3
78	1991/10/04	2400 ト ン	溶解硫黄	側板母材部	腐食開 孔部		1976 11. 18	14. 9	構内	43. 7
79	1992/07/29	40	重油	側板母材部	腐食開 孔部		1979 3. 28	13. 3	防油堤内	0. 001
80	1992/08/21	995	重油	底板母材部	腐食開 孔部		1961 3. 23	31. 4	防油堤内	5. 0

No.	発生年月日	許可容量 (kℓ)	貯蔵油種	発生箇所	箇所詳細	内裏面 コーデ ィング 有無	設置 年月 日	経過 年. 月	被害範囲	漏えい 量 kℓ
80	1992/08/21	995	重油	底板母材部	腐食開 孔部		1961 3. 23	31. 4	防油堤内	5. 0
81	1992/11/24	1750	ガソリン	側板母材部	亀裂部		1961 12. 6	31. 0	防油堤内	0. 2
82	1994/07/01	50	軽油	側板母材部	腐食開 孔部		1973 11. 29	20. 6	タンク犬 走り	0. 0005
83	1994/08/10	125	潤滑油	底板母材部	腐食開 孔部		1964 10. 5	29. 8	タンク基 礎地盤の み	0. 9
84	1994/08/25	500	灯油	側板サポ ート取付け部	腐食開 孔部		1973 10. 3	20. 9	タンク犬 走り	0. 001
85	1995/01/07	420	A 重油	側板母材部	腐食開 孔部		1967 12. 22	27. 0	被害なし	不明
86	1995/01/13	28970	軽油	底板溶接部	割れ		1968 5. 15	26. 7	防油堤内	142. 6
87	1995/03/27	192	A 重油	底板母材部 底板溶接部	割れ		1966 6. 5	28. 8	海上	0. 2
88	1995/05/18	10	重油	側板母材部	腐食開 孔部		1973 7. 6	21. 9	構外河川	8. 5
89	1996/02/29	30	重油	底板母材部	腐食開 孔部		1969 4. 23	26. 9	海上	1. 2
90	1997/04/13	110000	原油	底板母材部	腐食開 孔部	内面 有	1972 9. 28	24. 5	防油堤内	1. 3
91	1997/05/09	300	ガソリン	底板母材部	腐食開 孔部		1970 11. 2	26. 5	構外河川	不明
92	1997/05/28	200	A 重油	底板母材部	腐食開 孔部		1971 6. 2	26. 0	海上	26. 0
93	1997/07/10	670	軽油	底板母材部	腐食開 孔部		1976 11. 16	20. 7	防油堤内	0. 1
94	1997/11/13	20	A 重油	底板母材部	腐食開 孔部		1973 2. 3	24. 8	構外河川	0. 2
95	1998/03/04	500	灯油	底板母材部	腐食開 孔部		1971 11. 19	26. 3	海上	不明
96	1998/05/23	200	重油	底板母材部	腐食開 孔部		1972 3. 28	26. 2	防油堤内	20. 0
97	1998/07/04	30	A 重油	底板母材部	腐食開 孔部		1971 8. 30	26. 8	構外河川	0. 5
98	1999/01/09	12	重油	底板母材部	亀裂部		1970 7. 30	28. 4	防油堤内	0. 7
99	1999/01/15	54	軽油	側板母材部	腐食開 孔部		1972 9. 2	26. 4	海上	1. 0
100	1999/05/21	1450	ガソリン	側板母材部	腐食開 孔部		1972 11. 13	26. 5	防油堤内	0. 003
101	1999/06/11	4	軽油	底板母材部	腐食開 孔部		1976 12. 8	31. 5	犬走り部	不明

No.	発生年月日	許可容量 (kl)	貯蔵油種	発生箇所	箇所詳細	内裏面 コーティング 有無	設置 年月 日	経過 年. 月	被害範囲	漏えい 量 kl
102	1999/08/12	481	C 重油	側板母材部	腐食開 孔部		1963 10. 24	35. 8	防油堤内	0. 02
103	1999/10/11	2160	C 重油	側板母材部	腐食開 孔部		1972 10. 5	27. 0	構内	0. 5
104	1999/10/20	880	A 重油	底板母材部	腐食開 孔部		1980 12. 15	18. 8	海上	6. 3
105	2001/06/01	4880	ガソリン	側板母材部	腐食開 孔部		1970 9. 29	30. 7	1900/1/0	不明
106	2001/06/27	50000	原油	底板母材部	腐食開 孔部	内面 有	1970 12. 4	30. 6	防油堤内	8. 0
107	2001/08/15	15	重油	側板母材部	腐食開 孔部		1966 2. 23	35. 5	防油堤内	0. 3
108	2001/07/31	2050	JETA- 1	側板母材部	腐食開 孔部		1970 11. 19	30. 7	防油堤内	0. 1
109	2001/12/29	35000	原油	側板母材部	腐食開 孔部		1969 4. 10	32. 7	防油堤内	0. 002
110	2002/04/01	455	FCCボトム 油	底板母材部	腐食開 孔部		1957 2. 5	45. 2	海上	不明
111	2002/06/07	1255	C 重油	側板母材部	腐食開 孔部		1975 12. 9	26. 5	構内	0. 005
112	2002/07/02	40000	原油	側板母材部	腐食開 孔部		1971 5. 26	31. 1	構内	不明
113	2002/09/05	500	C 重油	側板母材部	腐食開 孔部		1970 10. 27	31. 9	防油堤内	2. 0
114	2003/01/25	9800	原油	底板母材部	腐食開 孔部	内面 不明	1967 12. 26	35. 1	構内	0. 03
115	2003/02/07	995	軽油	底板母材部	腐食開 孔部		1962 1. 18	41. 1	構内	0. 1
116	2003/02/24	700	キシレン	底板母材部	腐食開 孔部		1965 12. 28	37. 2	海上	不明
117	2003/03/15	50000	原油	底板母材部	腐食開 孔部	内面 有	1970 3. 15	33. 0	構内	0. 13
118	2003/03/20	57	重油	側板母材部	腐食開 孔部		1976 4. 15	26. 9	構内	0. 2
119	2003/03/27	8	重油	側板母材部	腐食開 孔部		1992 9. 4	11. 6	構内	0. 1
120	2003/06/11	100	重油	底板溶接部	割れ		1971 6. 11	32. 0	構外河川	不明
121	2003/07/07	2000	スチレン	底板母材部	腐食開 孔部	裏面	不明	不明	構内	0. 2
122	2003/10/23	40	重油	底板母材部	腐食開 孔部		1967 10. 12	36. 0	防油堤内	0. 1
123	2003/12/15	2330	重油	側板母材部	腐食開 孔部		1968 9. 18	35. 2	防油堤内	0. 04

No.	発生年月日	許可容量 (kl)	貯蔵油種	発生箇所	箇所詳細	内裏面 コーデ ィング 有無	設置 年月 日	経過 年. 月	被害範囲	漏えい 量 kl
124	2004/06/01	130	重油	底板母材部	腐食開 孔部		1973 7. 25	30. 9	防油堤内	0. 4
125	2004/07/22	7830	重油	側板母材部	腐食開 孔部		1980 10. 21	23. 8	防油堤内	0. 045
126	2005/01/06	28	重油	側板母材部	腐食開 孔部		1968 12. 27	36. 0	防油堤内	0. 4
127	2005/05/26	10	重油	側板母材部	腐食開 孔部		1976 11. 2	28. 6	防油堤内	0. 001
128	2005/07/01	1680	重油	側板溶接部	腐食開 孔部		1969 3. 27	36. 3	防油堤内	0. 1
129	2005/09/15	12000	軽油	側板母材部	腐食開 孔部		1972 12. 27	32. 7	防油堤内	0. 2
130	2005/09/21	7000	重油	側板母材部	腐食開 孔部		1959 4. 3	46. 5	防油堤内	0. 1
131	2005/11/14	620	メチルブチル トン	側板母材部	腐食開 孔部		1970 2. 12	35. 8	防油堤内	0. 003
132	2005/11/22	620	酢酸ブチル	側板母材部	腐食開 孔部		1970 1. 27	35. 8	防油堤内	不明
133	2005/12/07	2400	ナフサ	底板母材部	腐食開 孔部	内面 有	1973 9. 17	32. 2	構外河川	80. 0
134	2006/03/01	10	灯油	底板母材部	腐食開 孔部		1974 11. 9	31. 3	水路	不明
135	2006/04/08	20	重油	底板母材部	腐食開 孔部		1975 7. 16	30. 7	構内排水 溝	不明
136	2006/06/08	234	硝酸	底板溶接部	割れ部		1968 6. 11	38. 0	防油堤内	0. 0002
137	2006/07/01	15	重油	側板母材部	腐食開 孔部		1977 2. 18	29. 4	水田	1. 2
138	2006/07/06	24250	軽油	側板母材部	腐食開 孔部		1971 12. 27	34. 5	防油堤内	不明
139	2006/07/16	20	重油	底板母材部	腐食開 孔部		1981 7. 11	25. 0	防油堤内	1. 0
140	2006/08/01	9950	重油	側板母材部	腐食開 孔部		1972 3. 4	34. 4	防油堤内	不明
141	2006/08/10	5060	ガソリン	側板母材部	腐食開 孔部		1972 3. 4	34. 4	構内	不明
142	2007/03/15	740	重油	屋根支柱保 護板・底板	腐食開 孔部		1973 9. 6	33. 5	地中	50. 0
143	2007/04/01	200	重油	底板・側板 溶接部	腐食開 孔部		1978 6. 19	28. 8	防油堤内	0. 002
144	2007/05/13	200	スラッジ	側板母材部	腐食開 孔部		1973 12. 17	33. 4	防油堤内	不明
145	2007/11/26	53620	ガソリン	側板母材部	腐食開 孔部		1974 10. 15	33. 1	防油堤内	0. 012

表2 屋外タンク貯蔵所の底部板及び側板からの流出事故概要（地震時）

No.	発生年月日	許可容量 (kℓ)	貯蔵油種	発生箇所	設置年月日	経過 年・月	事故原因	漏えい 量 kℓ
1	1978/6/12	31,421	灯油	アニユラ板 ×側板	1972/8/15	5.8	宮城県 沖地震	滲み
2	1978/6/12	31,470	重油	底部亀裂	1972/11/8	5.6	宮城県 沖地震	26798キ ロリッ トル流 出
3	1978/6/12	31,508	重油	底部亀裂	1972/12/18	5.5	宮城県 沖地震	23705キ ロリッ トル流 出
4	1978/6/12	23,608	減圧軽油	底部亀裂	1973/1/25	5.4	宮城県 沖地震	45キロ リッ トル流 出
5	1978/6/12	23,588	減圧軽油	底部亀裂	1973/1/25	5.4	宮城県 沖地震	17644キ ロリッ トル流 出
6	1983/5/26	2,000	軽油	底板×側板	不明	12.7	日本海 中部地 震	滲み
7	1983/5/26	1,000	軽油	底板(ドレン 部)	不明	11.6	日本海 中部地 震	滲み
8 (参考)	1993/1/15	1,035 m³	アスファ ルト	側板座屈部	1972/7/29	20.5	釧路沖 地震	900t 流 出
9	1993/1/15	5,000	重油	側板座屈部	不明	不明	釧路沖 地震	漏れが あった かは不 明
10	1995/1/17	420	A重油	側板	1967/12/22	27.1	兵庫県 南部地 震	滲み
11	1995/1/17	990	エチルア ルコール	側板(座屈)	1973/9/21	21.3	兵庫県 南部地 震	3キロリ ットル 流出

事故要因の分析と規制の現状

1. 事故の発生要因

過去の主要な底部破損事故の5事例について本資料末尾にまとめた。

屋外タンク貯蔵所の底部からの流出事故の主たる素因（経年劣化要因）としては次の3つの要因が考えられる。

- ・ 内面腐食による減肉（事例4）
- ・ 裏面腐食による減肉（事例5）
- ・ 地震や繰り返し荷重による溶接部の劣化（事例1、2、3）

また、タンクに加わる応力の変化は流出事故の誘因になり得るが、主たる誘因としては次の3つがあげられる。

- ・ 液圧（静液圧、液圧変動、スロッシングによる動液圧）（事例3、4、5）
- ・ 地震（事例2）
- ・ 基礎の不等沈下・局部沈下（事例1、3）

なお、タンクの劣化要因に影響を与えるものとしては次が考えられる。

- ・ 内容物、液温、スラッジの性状、内面コーティングの劣化など
- ・ 底板裏面への水の進入、基礎の材質、地下水位、河川からの距離など
- ・ 液圧、液圧の変動、溶接部の初期欠陥など

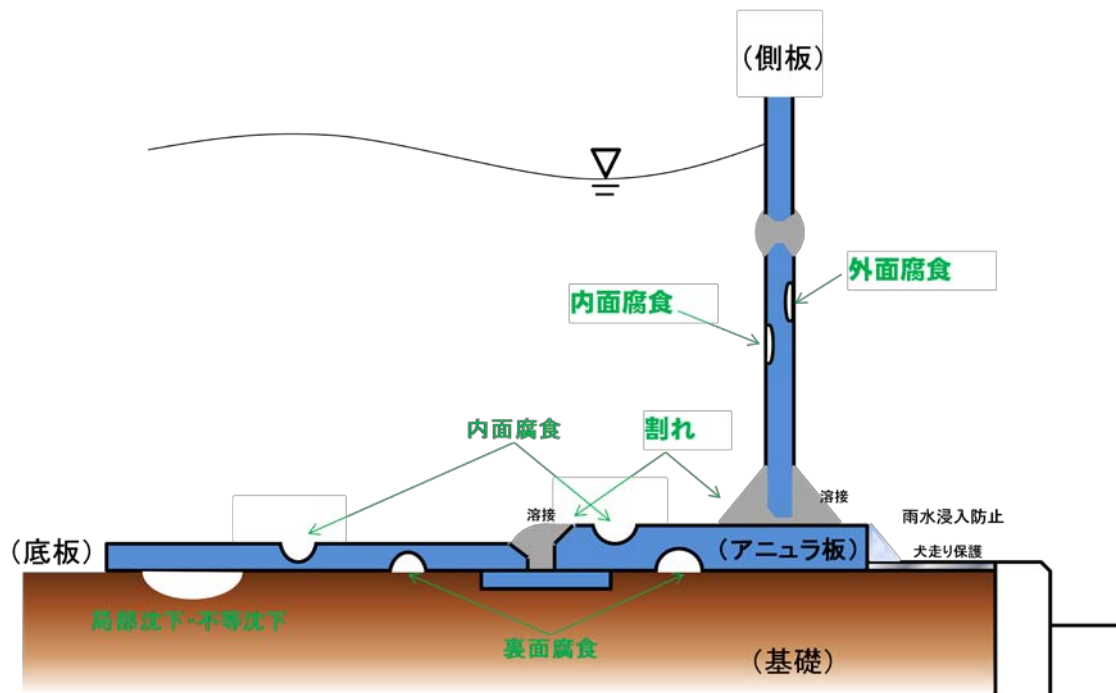


図1 タンク底部に係る経年劣化要因

2. 事故の発生プロセス

タンクの経年劣化から流出事故に至る過程を図2にまとめた。図中の括弧内の件数は資料1～5の表1、表2から容量千 $\text{k}\ell$ 以上のものを抽出して各項目に該当する事故の件数である。タンクには経年とともに腐食や溶接部欠陥（又はこれらの複合）により強度が低下した劣化箇所が発生する。開放点検によって事前に劣化箇所が見つければ補修され、タンクは再度健全な状態に戻るが、開放点検より前に更に劣化が進行した場合及び劣化箇所が見落とされた場合は、液圧（変動）や不等沈下・局部沈下、地震を誘因として流出事故に至る。千 $\text{k}\ell$ 以上のタンクについてこのような底部からの流出事故は昭和49年以来34件発生している。なお、ここでは溶接部の破断について全て疲労として分類したが、その中には腐食による減肉と溶接部の欠陥の複合要因であったものも含まれる。

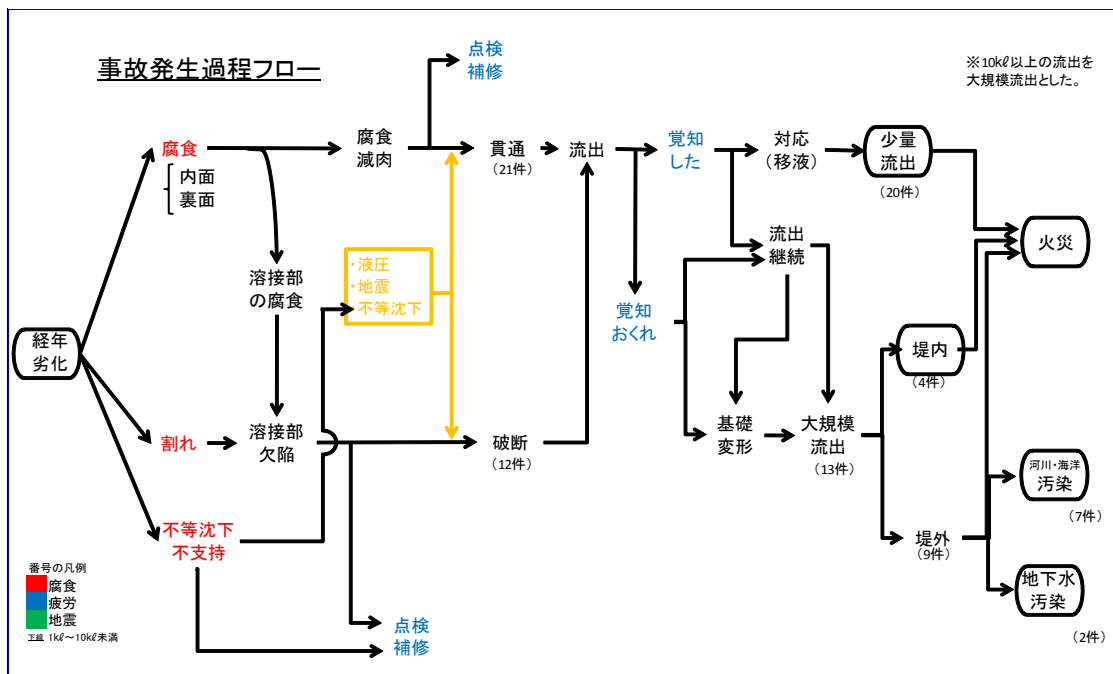


図2 底部流出事故の事故発生フロー

3. 流出事故の被害拡大シナリオ

流出後、油の流出速度に対して早い時間に覚知及び対応が完了できれば少量流出（図2では10 $\text{k}\ell$ 未満（ドラム缶50本分）の流出を少量と整理した）で収まるが、覚知や対応が遅れた場合や、流出圧や地震による基礎の変形・損壊などにより大規模な底部破断が発生した場合には、大規模流出に至る。流出拡大防止の最終的なよりどころとしては防油堤によって外部への危険物流出を防ぐことが期待されているが、事故事例で報告されているように、流出物の勢いによりオーバーフローや洗掘を受けるおそれ、及び防油堤内火災の可能性を考慮すると、タンク外への流出そのものを防ぐことが安全上重要である。

（１）流出事故による火災事例

危険物がタンク外へ流出した場合、火災の危険性がある。石油コンビナートの防災アセスメントにおいては、流出時の着火確率として 10^{-1} が使われることが多く（例えば、「石油コンビナートの防災アセスメント指針」消防庁特殊災害室）、想定しうる災害シナリオとして火災の危険性は認識しておく必要がある。屋外タンク貯蔵所からの流出事故に関連する火災事例としては次のような例がある。

- ・1980 年川崎市 ポリブテン（第４類第３石油類）が側板腐食孔から流出して火災となる。
- ・2003 年苫小牧市（十勝沖地震） 屋外タンク貯蔵所の配管から原油が流出し火災となる。
- ・2005 年英国（ハートフォードシャー）レベル計の不具合により無鉛ガソリンがあふれて火災となる。

（２）環境汚染

保安検査制度の契機となった 1974 年岡山県倉敷市の事故では、大規模な海洋汚染が発生した。流出した重油は瀬戸内海の約 3 分の 1 を汚染し、除去作業は約 4 ヶ月に及んだ。金額換算可能な被害額としては約 500 億円、うち漁業被害は約 214 億円（昭和 49 年環境白書）と算定されている。同様な重油による海洋汚染であった 1997 年ナホトカ号の座礁事故では、油処理費用及び漁業補償などの請求額は 358 億 1400 万円にのぼった。海洋汚染の他、土壌や地下水を汚染するとそれらの浄化が必要となる。

４．事故発生要因に対する管理の状況

（１）概要

特定屋外タンク貯蔵所における流出事故に関係する劣化要因に対して、関連する基準及び管理方法について表 1 にまとめた。管理方法としては、運転中の外部からの定期点検（標準的には 1 年に 1 回）と、定期的な開放点検（容量 1 万 $\text{k}\ell$ 以上のタンクの場合に 8 年、10 年、13 年周期）に分類した。

保安検査の周期を延長した場合、検査のための開放時に健全性が確認されている表中の網掛け部分の劣化が進行することになる。また、運転中の点検と開放時の点検で管理されているその他の要因については、内面からの点検と補修の機会が減る。

（２）保安検査の対象部分

底部から流出事故が発生すると、全量が流出するおそれがあること、高い液圧や流速による基礎変形・洗掘が発生するおそれがあること、覚知が遅れて流出が継続するおそれがあることなど、大量流出に至る危険性が高い。このように万一の事故時に危険性が高いことから、底部からの流出事故の要因については保安検査によって管理されている。具体的な事項は次の通り。

- ・底部の板厚（裏面腐食及び内面腐食）

- ・底部の溶接部の欠陥
- ・基礎の不等沈下に関する事項

なお、基礎の不等沈下については、その量がタンク径の 100 分の 1 以上になった場合には臨時保安検査を受けることにより管理されている。

（３）保安検査の対象でない部分

側板や屋根、附属設備については、公的な検査によって健全性を担保することまでは規定されておらず、その維持管理はタンクの所有者等にゆだねられている。これらの中には、運転中の管理が困難な部分（例えば側板内面腐食、ルーフドレーンなどの内部附属設備など）もある。このような部分に対しては容量 1 万 kℓ以上のタンクについては、8 年、10 年、13 年ごとの保安検査受検のための開放点検（補修）により、これらの管理の機会が担保されている。資料 1－5 の表 1 から分かるとおり、近年側板からの流出事故が目立っており、検査対象外のこれらの部位についての管理状況が懸念される。

表 1 屋外タンク貯蔵所における劣化要因と管理の方法

	劣化要因	技術基準など	運転中の管理（定期点検）	開放時の管理	備考
底部	表面腐食	必要板厚規定 裏面防食措置 （雨水進入防止措置）	（目視点検）	板厚測定	* 最小板厚規定には腐れしろ 3mm を含む。
	内面腐食	必要板厚規定 （コーティング）		目視、腐食深さ測定 （コーティング目視調査）	
	溶接部疲労・欠陥進展	表面欠陥の基準		目視及び非破壊検査	
基礎	不等沈下・局部沈下	支持力	外周での沈下量測定		
側板	外面腐食	必要板厚規定 （塗装）	目視点検（保温材があると点検不能。）	（板厚測定） （塗装目視調査）	* 最小板厚規定には腐れしろ 1mm を含む。
	内面腐食	必要板厚規定 （コーティング）	（外部からの板厚測定）	内部目視・腐食深さ測定 （コーティング目視調査）	
	溶接部欠陥進展	内在欠陥の基準	目視点検	（目視点検）	
屋根	腐食	必要板厚規定 気密性	目視点検 目視点検	（板厚測定） 内部目視点検	
附属設備	腐食		目視点検 作動試験	内部目視点検 （板厚測定）	

（４）底部の内面腐食に対する管理の方法

- ・所有者等は底部の全面に対して目視検査を実施し、コーティングの劣化状況と内面腐食の発生箇所を把握
- ・腐食箇所は腐食深さを測定。腐食の深さの他に当該腐食箇所の周囲の裏面腐食状況を確認し、内面腐食箇所の板厚が法令上の基準を満足しているかどうかを確認。
- ・法令上の基準を満足していない場合は補修。また、法令上の基準を満足している場合で

も所有者等の自主的な補修基準により当該内面腐食箇所が補修されることもある。

- ・保安検査において、目視検査及び腐食箇所の最小板厚が法令上の基準を満たしているかどうかを市町村長等が確認。

(5) 裏面腐食に対する管理の方法

- ・所有者等はタンク内部から超音波板厚計で板厚を測定する。
- ・一般的な測定箇所は、昭和 52 年 3 月 30 日付け消防危第 56 号通知「危険物の規制に関する政令及び消防法施行令の一部を改正する政令等の施行について」等に示された箇所(資料 1-3 図 1 参照)。
- ・法令上の技術基準を満足していない場合は、底部板の取替え補修が実施される。また、前回開放時の腐食の発生状況を勘案し、開放前から底部板を取替えるよう計画されていた板については、開放時の検査は実施されずに底部の板が交換されることもある。(補修実績については資料 1-4 5. 参照。)
- ・保安検査において、上記所有者等の測定箇所から抜き取り測定を行い、最小板厚が法令上の基準を満たしているかどうか市町村長等が確認。
- ・以上の通り、裏面腐食は内面腐食と異なり目視による点検ができないため、抜き取り点で測定した板厚によって管理されてきた。近年、全面を連続的に板厚計測できる技術が確立されており、その活用によって内面腐食と同等の管理が可能になると考えられる。

(6) 溶接部欠陥

- ・一般的に所有者等は溶接部全線の目視検査を実施する。
- ・昭和 52 年 3 月 30 日付け消防危第 56 号通知「危険物の規制に関する政令及び消防法施行令の一部を改正する政令等の施行について」に示された箇所または所有者等によっては溶接部全線に対して磁粉探傷試験等が実施される。
- ・磁粉探傷試験等の結果、溶接部欠陥が見つかった場合及び安全対策上の所有者等の判断により溶接部の補修が実施される(補修実績については資料 1-4 5. 参照)。
- ・保安検査において、目視検査及び上記所有者等の試験箇所から抜き取り点に対して非破壊試験を行い、法令上の基準を満たしているかどうか市町村長等が確認。
- ・(参考) 通知で示された溶接部の磁粉探傷試験等の検査箇所は以下のとおりである。

ア 側板およびアニュラ板(アニュラ板を設けていないものにあつては、底板をいう。以下同じ。)内側の溶接継手、アニュラ板相互の突合せ溶接継手、アニュラ板(側板の内側タンクの中心部に向かって張り出しているアニュラ板の幅 1 m 以下のものに限る。)および底板の溶接継手は全ての箇所

イ 底板と底板との溶接継手のうち、3 枚重ね溶接部継手及び 3 重点突合せ溶接継手は全ての箇所

ウ アニュラ板(側板の内側からタンク中心部に向かって張り出してアニュラ板の幅

が1mを超えるものに限る。)及び底板の溶接継手の3枚重ね溶接部継手及び3重点突合せ溶接継手は全ての箇所

エ 底板と底板との溶接継手のうち底板の横方向の溶接継手であって、溶接作業者及び溶接施工法が同一であるものは、任意の1箇所

オ ジグ取付け跡で試験を行うことが必要と認められる箇所

(7) 検査周期と事故要因との関連

タンクは、検査周期が長くなるとその間に劣化が進行する。その度合について本検討会において審議する。なお、劣化速さが経年的に一定であるかどうかについては、必ずしも明らかではないことには留意が必要である。

定期保安検査においては、底部の板厚や溶接部の健全性について確認されているが、その他に側板や屋根、附属設備についても点検補修されており、これらはタンクの余寿命を考える上で勘案すべき事項とされている(平成20年2月「屋外タンク貯蔵所の余寿命予測に関する調査検討報告書」)。保安検査の周期の検討にあたっては、このような事項についての安全性の担保方法についても配慮が必要である。

5. (参考) タンクの底部に作用する応力と構造基準

(1) 底板に作用する応力

- ・ 液圧による膜応力
- ・ 溶接による残留応力、基礎からの底板の浮き上がりに起因する応力
- ・ 基礎の不等沈下・局部沈下、地震による不等沈下、局部沈下による応力

(2) 底板に対する構造基準

- ・ 昭和52年以降設置の容量1万kℓ以上のタンクの底板の最小板厚は12mm(省令第20条の4第2項第2号、告示第4条の17第2号)。この厚さには腐食しろ3mmを含む。(「タンク及び基礎に関する技術基準(案)報告書 昭和51年12月 石油コンビナート地帯防災対策技術援助委員会)

(3) アニュラ板に作用する応力

- ・ 液圧による膜応力
- ・ 溶接による残留応力、基礎からの底板の浮き上がりに起因する応力
- ・ 基礎の不等沈下・局部沈下、地震による不等沈下、局部沈下による応力
- ・ 側板荷重、側板に対する液圧(静液圧、動液圧)による曲げ応力
- ・ 地震時の底部浮き上がりによる曲げ応力

(4) アニュラ板に対する構造基準

- ・ 昭和52年以降設置の容量1万kℓ以上のタンクのアニュラ板の最小板厚(及び寸法)は、最下段の側板厚さに応じて定まっている(省令第20条の4第2項第2号、告示第4条の16の2。表2)。この厚さには腐食しろ3mmを含む。

- ・また、地震時のタンク浮き上がり挙動に対しては、二次設計の考え方が取り入れられており、アニュラ板のうち側板から 500mmの範囲については、想定地震動に対し塑性変形が一定範囲でとどまるような板厚となるよう、規定されている（省令第 20 条の 4 第 2 項第 1 号の 2、告示第 79 条）。
- ・溶接方法は、容量 1 万kℓ以上のタンクについては裏当て材を用いた突き合わせ溶接（又はこれと同等以上の強度を持つ方法）（省令第 20 条の 4 第 3 項第 3 号）
- ・基礎は、変形しにくい構造となるよう、必要とする支持力や地下水からの距離、補強措置が定められている（省令第 20 条の 2 第 2 項第 4 号、5 号、6 号）。

表 2 アニュラ板の最小厚さに係る基準

側板の最下段の厚さ (単位 mm)	アニュラ板の各寸法等 (単位 mm)		
	側板外面からの張出し寸法	側板内面からタンク中心部に向かつての張出しの長さ	最小厚さ
15 を超え 20 以下のもの	75	1, 000	12
20 を超え 25 以下のもの	100	1, 500	15
25 を超え 30 以下のもの	100	1, 500	18
30 を超えるもの	100	1, 500	21

6. (資料) 過去の主要な事故の概要

(1) 事故事例 1 : 不等沈下による溶接部の割れ

①事故概要

岡山県倉敷市の製油所内のタンクにおいて、基礎の不等沈下を誘因として側板とアニュラ板を接合する溶接部が破断し、重油 42, 888 kℓが流出、そのうち 7, 500 kℓから 9, 500 kℓが海上へ流出し、瀬戸内海の約 3 分の 1 を汚染した。

②発生日時

1974 年 12 月 18 日 20 時 40 分ごろ

③タンク概要

- ・形式 固定屋根式
- ・形状 縦置円筒

- ・ 寸法 直径 52.307m × 高さ 23.67m
- ・ 容量 48,000 kℓ
- ・ 内容物 重油
- ・ アニュラ板：材質 HW50 板厚 12 mm 底板：材質 SS41 板厚 9 mm

④事故原因

側板に近いアニュラプレートと地盤の隙間の形成や側板とアニュラ板を接合する溶接部の部分的割れが生じたことにより、溶接部が破断し、危険物が流出した。

（２）事故事例２：腐食減肉したアニュラ部の溶接部の地震による割れ

①事故概要

昭和 53 年年宮城県沖地震により、宮城県仙台市の製油所の 3 基のタンクにおいて、側板とアニュラ板とを接合する溶接部分が破断し、貯蔵中の危険物 68,100 kℓ（3 基分）が、タンク周囲に設置されている防油堤を越え、また、防油堤下の地盤を洗掘して流出し、製油所構内に流出した。うち 2,900 から 5,000 kℓが海上へ流出した。

②発生日時

1978 年 6 月 12 日 17 時 14 分（地震発生）

③タンク概要（3 基分）

- ・ 名称 ①T-217 ②T-218 ③T-224
- ・ 形式 固定屋根式①②③
- ・ 形状 縦置円筒①②③
- ・ 寸法 直径 43.588m × 高さ 21.855m①②
直径 37.776m × 高さ 21.855m③
- ・ 容量 31,500 kℓ①②
23,700 kℓ③
- ・ 内容物 C 重油①②、減圧軽油③

④事故原因

宮城県沖地震によりタンクは、かなり大きな地震動を受けたと考えられる。側板とアニュラ板との溶接部が破断した原因については、アニュラ板外面裏面全面に腐食が見られ、また、溶接部の貫通割れ、不貫通割れが伝播し互いにつながり破断したものと考えられる。

（３）事故事例３：溶接部の割れ

①事故概要

横浜市内の製油所のタンクで底板相互の重ね継手溶接部が破断し、原油が排水溝に 50 kℓ流出した。

②発生日時

1979 年 2 月 4 日 12 時 30 分ごろ

③タンク概要

- ・形式 浮き屋根式
- ・形状 縦置円筒
- ・寸法 直径 69.765m × 高さ 15.29m
- ・容量 50,000 kℓ
- ・内容物 原油
- ・アニュラ板：材質 HT60 板厚 12 mm 底板：材質 SS41 板厚 8 mm

④事故原因

基礎の局部沈下、溶着金属の腐食及び溶接部内部の欠陥の相乗効果によって底板相互溶接部の重ね継手が破断したもの。

（４）事件事例４：内面腐食による貫通

①事故概要

新潟県上越市の製油所内のタンクで底板に生じた内面腐食による貫通孔によりナフサが流出。覚知したのは流出開始から 23 日後で、その間に地盤に浸透し、地下水を通じて河川へ流出した。推定流出量は 80 kℓ。河川とタンクの間で掘削を行い、地下水をポンプアップして河川への油流入を止めた。

②発生日時

2005 年 12 月 7 日

③タンク概要

- ・形式 固定屋根式
- ・形状 縦置円筒
- ・寸法 直径 15.490m × 高さ 13.655m
- ・容量 2,400 kℓ
- ・内容物 ヘビーナフサ
- ・アニュラ板：材質 SS41 板厚 6 mm 底板：材質 SS41 板厚 6 mm

④事故原因

タンク底板内面コーティングの施工不良箇所においてコーティングの剥離が発生し、内面から孔食が発生した。貫通孔（直径約 10mm）が形成され、流出が開始した。12 月 31 日に河川で油膜が発見され、事故覚知された。後日液面変動から流出開始日を推定したところ 12 月 7 日とされ、この間の推定流出量は 80 kℓとなった。電気防食が設置されており、貫通孔付近に裏面腐食はほとんどなかった。

（５）事件事例５：裏面腐食による貫通

- ①広島県大竹市の屋外タンク貯蔵所の底板裏面に結露が発生し裏面腐食が発生したもの。リング基礎に設けられている水抜き口よりスチレンが 200ℓ流出した。

②発生日時

2003 年 7 月 7 日

③タンク概要

- ・形式 固定屋根式
- ・形状 縦置円筒
- ・寸法 不明
- ・容量 2, 000 kℓ
- ・内容物 スチレン（第 4 類第 2 石油類）

④事故原因

常温管理の下、底板の裏面に結露が発生したことにより湿潤環境となり、劣化したアスファルトサンドを含有する塩化物が底板との密着部分で局部濃縮した。更に、通気差腐食・酸腐食作用も重なって異常腐食に発展したと推定される。

海外の状況

1. 環境に関する比較

(1) 自然環境

屋外タンク貯蔵所の劣化要因のうち裏面腐食は、地温、雨量などの環境要因により進行速度が異なる。我が国は、温暖で降水量が多いため、欧米諸国と比べて裏面腐食が促進される可能性が高い。また、基礎の変形の要因となる地震の発生頻度も高く、タンクの破損に対する環境要因は欧米に比べて不利な条件にある。

表1 タンクを破損する環境要因の比較

	年平均降水量 (mm)	年平均気温 (°C)	過去 10 年間のM7以上の地震の発生件数
日本	1690	東京 16.6	14
米国	国 715 ニューヨーク州 ニューヨーク市 1200 ミネソタ州 ミネアポリス 719 アラスカ州 ジュノー 1379 カリフォルニア州 ロサンゼルス 305	7.4 5.1 4.8 15.2	4
欧州	イギリス 1220 フランス 867 ドイツ 700	ロンドン 10.0 パリ 10.9 ベルリン 9.7	2 (トルコ)

出典：国別の降水量：「平成 21 年版日本の水資源」（国土交通省 土地・水資源局水資源部）、
米国都市別降水量：<http://www.allcountries.org/uscensus/>、米国都市別年平均気温：
<http://www.esrl.noaa.gov/>、欧州の都市別年平均気温は理科年表 2010 年版。

(2) 社会的環境

タンクから大規模に流出事故が起きた場合、火災のおそれと環境汚染が発生する。これらの被害の影響度は、住宅地との距離、地下水の高さや河川海岸までの距離などのタンク立地や、沿岸海域の利用状況などによって決定されると考えられる。また社会のリスク許容度とも関係するであろう。例えば、米国におけるタンクからの火災は 1990 年～2002 年の 13 年間に 124 件発生している（Henry Persson and Anders Lonnermak: "Tank Fires", SP Report 2004:14, SP Swedish National Testing and Research Institute.）。（参考：我が

国は2件。) また、バージニア州内の 380 kℓ (100 万ガロン) 以上の貯蔵容量を持つタンク施設で地下水の分析を行った施設のうち 85%で地下水の汚染が見つっているとされている (Kevin Mould: "Is Ground Water Protected against Releases from Aboveground Storage Facilities?" , International Oil Spill Conference, 1995.)。

2. 海外の規制の状況

(1) 米国

米国連邦政府としては 40 CFR 112 (パイプラインに係るタンクは 49CFR195) に陸上タンクについての規定があるが、構造健全性の検査の周期については規定されていない。主として州政府が、環境汚染防止の観点から、陸上タンクについての規制を行っているようである。陸上タンクの開放点検の周期などについては、規定がある州と規定がない州に分かれる。

内部を点検・補修する周期について、3つの州 (ニューヨーク州、バージニア州、サウスダコタ州) では、10 年と定めている。

- ・バージニア州：総計 3785 kℓ (100 万ガロン) 以上の貯留能力を持つ事業所の約 45 kℓ (12000 ガロン) 以上のタンク若しくは単体で 3785 kℓ以上の容量のタンクが対象。貯留場所で消費される No. 5No. 6oil (重油) タンクは例外。所有者等が州当局に対して正当性を示せば延長が可能。(9VAC25-91-130)
- ・ニューヨーク州：38 kℓ (10000 ガロン) 以上のタンクが対象。同州内に数十万基あり総容量は約 1320 万kℓとされる。例外：油井のタンク、二重底若しくは不浸透性障壁があり漏洩検知システム、電気防食、外面塗装がなされているタンク。(6NYCRR613)
- ・サウスダコタ州：陸上タンクの総容量が 946 kℓ (25 万ガロン) 超の施設の陸上タンク (容量 94.6 kℓ以下のものを除く) が対象。

州によっては、開放点検の周期についての規定がないところがある (例えばカリフォルニア州)。そのような場合にはタンク所有者等によって周期が決定されていると考えられるが、過去の調査等によれば、API653 (Tank Inspection, Repair, Alternation, and Reconstruction) という民間規格に基づいて周期など維持管理方法を決定する所有者が多いとされている。また、州によっては API653 に準拠することを定めている州もある。例えばアラスカ州では、陸上タンクの検査は API653 によることとしている。

- ・アラスカ州：容量 38 kℓ (1 万ガロン) 以上のタンク又は 1600 kℓ (42 万ガロン) 以上の精製油を扱う施設のタンク又は原油 3200 kℓ (21 万ガロン) を扱う施設のタンクが対象。30 年を超えるタンクについては州当局によって間隔を短くしても良いと付記されている。下記「類似タンク」仮定は認められていない。(18 AAC 75.065)

API653 第4版 (2009 年4月) では、標準として、タンクは設置後 10 年 (対象タンクに

よく類似したタンクがあつて当該類似タンクの腐食速度が対象タンクに適用可能とタンク技術者によって判断された場合には別途決めることができる。) 以内に開放点検することとされている。

2回目以降の開放点検の時期については、将来も同じ速さで腐食が進行すると仮定して前回開放時に測定された腐食速度を用いて、底部（又は側板）の板厚が一定の厚さになるまでの年数を計算してその年数を用いることとされている（但し最大でも 20 年以内）。この方法により、実際にどのくらいの周期でタンクの開放点検がなされているか実態は不明だが、ミネソタ州汚染管理庁（Minnesota Pollution Control Agency）によれば、2000 年に開放点検があつた容量 300 kℓ～12490 kℓのタンク（55 基）の平均検査間隔は 11.5 年であつたとされている。（Chris Bashor, ” Reducing the Risk of Aboveground Storage Tank Floor Leaks” , Freshwater Spills Symposium, 2002.）

API653 第 4 版（2009 年 4 月）では別な点検時期決定方法として、RBI という考え方に則り、タンク技術者が、タンクの仕様や流出した場合の影響も考慮して次の点検時期を決めることも可能とされている。この考え方を採用した場合、初回の点検はタンクの仕様に応じて 12～25 年以内、2回目以降の上限は 25 年、さらに、流出拡散防止障壁（タンクの底部や基礎に設置して流出を感知するとともに拡散を防止する機能を有する特別な機構）を有するものは上限として 30 年が示されている。なお、このような長期の期間が規定されたのは近年であり、適用実績（例えば事故の発生率など）は明らかではない。また、実際の点検期間は、容量や仕様、立地によって技術者が決めることとされており、我が国のタンクに相当するタンクに対してどのような期間が適用されつつあるのかについても情報が不足している。このため、このような上限年数が我が国のタンクに適用可能かどうか議論することは現時点では困難である。

（2）欧州

欧州については文献（（財）機械システム振興協会：「機械システム等のメンテナンス最適化のための RBM 手法の開発に関するフィージビリティスタディ」（平成 17 年 3 月））によれば次の間隔とされている。

ベルギー：20 年

フランス（原油及び clean product）：10 年、” hot product”：20 年

ドイツ：5 年（検査のレベルによっては 10 年へ延長可能。）。

オランダ：12 年

イギリス：規定なし

イギリスなど国による規定がない場合には、タンク所有者等が開放点検周期を決めることとなるが、その際には欧州の民間規格である EEMUA159（User’ s Guid to the Inspection, Maintenance and Repair of Aboveground Vertical Cylindrical Steel Storage Tanks）

又は API653 が参照されることが多いとされている。EEMUA159 第 3 版（2003 年）では、標準的な周期として表 2 の通り定めている。なお、EEMUA の 2003 年より前の版には、代表タンクの考え方が示されていたが、第 3 版には記載されていない。

表 2

グループ	サービス、条件	検査頻度						
		外部ルーチン 目視検査 (月)	外部詳細目視検査 (側板と屋根のUTによる 肉厚検査を含む) (年)			内部の詳細目視検査 (側板と屋根のUTによる 肉厚検査を含む) (年)		
			気候コード*					
			A	B	C	A	B	C
1	スロップ油、腐食性化学 物質、非処理水、海水 (コーティングなし)	3	1	1	1	3	3	3
1 A	上記サービス (コーティングあり)	3	5	5	7	7	7	7
2	低温貯槽	3	(特別に扱われている：詳細省略)					
3	原油	3	5	5	7	8	8	10
4	燃料油、ガス油、潤滑油、 ディーゼル油、苛性ソー ダ、不活性・非腐食性化 学物質、空気泡原液	3	5	8	10	12	16	20
5	Jet A-1 (コーティングあり)	3	10	10	15	15	15	20
6	軽質油、灯油、ガソリン、 分解留分、処理水 (コーティングなし)	3	3	5	7	8	10	12
7	加温・保温タンク 注) 外部UT検査は、側 板の底部近くと屋根の周 り何点かで測定する	3	3	3	5	6	6	6

* 気候コード

A：暖かく高湿。例えば熱帯、亜熱帯地域。

B：温暖でしばしば雨と風がある地域。

C：暖かく乾燥 例えば砂漠。

EEMUA ではこのほかに、RBI に則って開放周期を決める方法が規定されている。1 回以上の開放検査でタンクの腐食速さを求め、管理基準板厚までの残り板厚との関係から次の検査時期を決める方法であるが、タンクの仕様などによる事故の発生のしやすさと事故時の被害程度も勘案するものである。この手法によれば表 2 とは異なる周期を適用することができる。立地や仕様が我が国の保安検査対象タンクと同等なタンクに対してどの程度の周期が適用されているのかについて、また、その結果としての事故の発生状況など保安レベルについての情報は入手できていない。

(参考：EEMUA の RBI に基づく検査時期決定の具体的な方法)

将来も同じ速さで腐食が進行すると仮定して前回開放時に測定された腐食速度を用いて、底部（又は側板）の板厚が一定の厚さになるまでの年数を計算し、その年数に信頼性係数（例えば 0.5）を乗じた年数を次の開放までの期間とする。当該信頼性係数は「事故の発生しやすさ」と「事故時の被害程度」に応じて決める。事故の発生しやすさは電気防食の電位差などで評点化され、事故時の被害度合は経済的、環境、健康への影響を分類して評点を与える。この 2 つの因子を組み合わせで評点化し、信頼性係数とする。さらに信頼性係数を検査の精密さなどの度合によって増減させる。この信頼性係数を、計算上の余寿命（底板、側板又は屋根の板厚が一定値以下になるまでの期間）に乗じた年数を次の開放時期とする。

3. 海外の事故の情報

ウェブで公表されているデータを収集した。

(1) 米国の事故の概況

- ①1995 年米国 General Accounting Office の報告によれば、米国環境庁が推定した「漏えいしたあるいは漏えいしている陸上貯蔵タンク数」は 67034 基にのぼり、陸上タンクからの年間の推定漏えい量は 16 万～20 万 kℓ。(United States General Accounting Office: “Aboveground Oil Storage Tanks - Status of EPA’ s Efforts to Improve Regulation and Inspections-, GAO/RCED-95-180, July 1995.)
- ②1986 年サウスダコタ州の最大都市スーフォールズで大規模な地下水汚染が発見された。1986 年 9 月 17 日、ヘイワード小学校においてスーフォールズ市消防局が可燃性ガスの測定を行い爆発下限界の 40%の濃度のガスを検出したため、小学校に対し即時避難命令が出された。53 基の調査井が掘られ、浅層地下水の汚染調査が行われた。ベンゼン、エチルベンゼン、トルエン、キシレン、ガソリン、燃料油、ジェット燃料などが検出された。5 基の汚染除去用の井戸が掘られた。汚染発生源として、パイプライン事業者のタンク基地の中の容量 5845 kℓ (直径 25.9m、高さ 12.2m、底板板厚 6.35mm、浮き屋根式)の陸上タンクの可能性が指摘されている。(サウスダコタ州水・天然資源局: Assessment of Hydrogeologic and ground water contamination data in the vicinity of the Hayward Elementary School, West 12th street, Sioux Falls, South Dakota)
- ③1988 年 1 月 2 日 ペンシルバニア州において 15100 kℓ (400 万ガロン) の灯油タンクの側板が一気に裂け、10.7m (3.5ft) の波が生じて防油堤を破壊し 3785 kℓが構外へ流出した。一部は Monongahela 川に流入し広範囲に水環境を汚染し、飲料水の取水に支障が出た。約 1900 kℓ (51 万ガロン) 以上の油は未だ回収されていない。原因は側板最下段の溶接部欠陥と低温環境による脆性破壊とされている。

(連邦政府環境保護局及びペンシルバニア州環境保護局：

http://www.epa.gov/OEM/content/learning/national_response.htm、

<http://www.portal.state.pa.us/>)

(2) ベルギーの事故事例 (Federal Public Service, Employment, Labor and Social Dialogue, Document No. CRC/ONG/013-E による)

①事故概要

ベルギー連邦ペーフェレン市の大手石油会社の油槽所で、原油タンクの底板が破断し、在庫全量の 37,000 kℓが 15 分間で流出した。波となった油が防油堤を乗り越え、堤外に 3 kℓ流出した。防油堤内の油に対して泡消火剤による被覆を試みるが強風のため全面を覆うことはできなかった。幸い着火することはなかった。この事故によって、タンク基礎の一部が洗掘され、タンクが傾いた。前回の検査から 15 年が経過した時点の事故であった。

②発生日時

2005 年 10 月 25 日

③タンク概要

- ・形式 浮き屋根式
- ・形状 縦置円筒
- ・寸法 直径 54.5m × 高さ 17m
- ・容量 4,000 kℓ
- ・危険物 原油
- ・アニュラ板：材質不明 12.7 mm 底板：材質不明 板厚 6.35 mm

④事故原因

側板から約 1.5mの底板に、幅 20cm、長さ 35mの三日月状の内面腐食域があり、孔食はないものの、均一腐食が激しく、板厚はほぼゼロとなっていた。他の底板部分には大きな腐食は認められなかった。底板に低い部分が形成されて水が滞留し、腐食が進行したと考えられている。大量漏えいに先立って、少量の漏えいがあったが、基礎に浸透し肉眼検知されることがなかった。流出により基礎の一部の強度が低下し、底板の溝に沿って板が裂け、流れ出た原油によって基礎が洗掘され、タンク本体が傾いた。



写真 基礎破壊の結果傾斜しているタンクの状況

（３）フランスの事故事例

①事故概要

ボルドー近郊の Ambes 石油基地のタンクの底部からの流出事故。当初は小流出だったがその後基礎が破壊され底部が破断し、原油 13500 kℓが流出した。うち 2000 kℓは防油堤を乗り越えて構外へ流出した。泡消火薬剤による出火防止の他、周辺大気の監視、周辺事業所や鉄道、港湾管理者への警告（Alert）、流出防止水路の掘削、河川での防除が行われた。

②発生日時

2007 年 1 月 11 日

（Arnaud Guena, 他：Ambes Oil Depot - Crude oil tank failure 12/01/2007, Freshwater Spill Symposia 2009）



写真：11 日の小流出状況



写真：その後底板が破断した状況

（４）英国（Major accidents notified to the European Commission, England, Wales and Scotland (<http://www.hse.gov.uk/comah/eureport/>) による 1999 年～2006 年の記録から）

①溶接部欠陥に起因する事故（クリーブランド）

1999 年 7 月 21 日発生。内容物は 30%シアン化ナトリウム。内容物 750 トンのうち 16 トンが流出した。溶接部のスラグ巻き込み箇所でも局所腐食が発生したことが原因とされている。流出物は排水系から Tees 川に流入した。

②底部腐食による事故（ハンプシャー）

1999 年 7 月 14 日発生。製油所のタンクから 400 kℓの軽質シリア原油が流出した。同製油所ではその後 19 ヶ月の間に 2 件の流出事故が発生している（国内通報基準のため ECRA には報告していない）。原因はタンク底部の腐食とされている。

③底部腐食による事故（マイルドフォードヘブン）

2005 年 7 月発生。油槽所のタンクから 653 トンの灯油が流出した。原因はタンク底部の腐食とされている。同タンクでは 2001 年にも同様な事故を起こしている。その補修が要求規格（required standard）を満たしていなかったとされた。

開放検査周期を延長した場合の影響評価 (① 内面腐食)

開放周期を延長した場合の底部内面腐食による貫通流出事故件数の検討 (案)

開放検査周期を延長した場合に、底部内面腐食により底部板が貫通し流出事故が何件発生するかを、過去のデータを用いて模擬的に検討する。ここでいう流出事故とは、内面腐食により底部板の板厚が0mm となり貫通孔があくことと仮定する。なお、実際のタンクでは、液圧、残留応力、基礎からの底板の浮き上がりなどがあり、底部板厚が0mm よりも厚い条件で流出が発生すると考えられ、また腐食速さは変化する可能性があるが、ここでは、あくまで仮想的な検討のため、楽観的ではあるが単純な仮定をとり事故の発生条件を板厚0mm とし腐食速さを一定とした。もっとも、実際の管理にあたってこのような考え方は大規模流出事故を容認することになってしまうため適当でなく、安全率や管理板厚を設定する必要があることに十分留意すべきである。

(1) 内面腐食による底部板が貫通する年数を推定するために使用するデータ

- ① 各開放検査時における最大内面腐食量による当該箇所の残板厚
- ② 各開放検査時における内面腐食に対する補修基準（内面腐食量が何 mm 以上の場合に肉盛り補修を実施するか）から推定される内面腐食による補修後最小残板厚
- ③ 各開放検査の周期
- ④ タンクの底部設計（公称）板厚（実際のタンクでは公称板厚を上回るプラス公差の板が使用されるケースがあるが、本検討では楽観的な仮定をとり、公差は考慮しない。）
- ⑤ 最大内面腐食箇所の裏面には腐食がないものと想定する。

(2) 内面腐食による底部板が貫通する年数を推定するための検討方法

開放検査周期を延ばした場合の底部内面腐食により底部板が貫通する年数を以下の方法により推定する。

- ① 容量1万KL以上の新法タンク60基程度の内面腐食に関する(1)のデータを収集する。
- ② アニュラ板、底板に対して各開放時の内面腐食量と補修基準によりタンクの経過年数と残板厚の関係をグラフ化する。
- ③ ②で作成したグラフから前回開放時の補修基準から推定される内面腐食による最小残板厚及び設計（公称）板厚と今回開放時の内面腐食による残板厚の関係から腐食速度を求める。この求めた腐食速度で腐食が進行した際、開放検査周期を延長した場

合に何年で残板厚が0mmになるかを推定する。底部の腐食速度は、経年的に一定ではなく変化するおそれがあるが、腐食速度変化の把握が困難なため今回の検討では腐食速度が一定であると仮定して検討する。(図1参照)

- ④ 一つのタンクに対して、開放毎に残板厚が0mmになる推定年数を算出し、最も推定年数が短いものを当該タンクの底部板の貫通年とする。

内面腐食による底部板の貫通年数推定のための留意事項

- (1) 底部板の腐食速度は変化することが考えられ、設計（公称）板厚と1回目の開放時の最小板厚を直線で結んだ場合より大きくなるおそれがある。そのため、実際の管理にあたっては、将来の腐食速度は直線で結んだ腐食速度（青の実線）に対して安全率を見込む必要がある（緑の点線）。
- (2) 実際のタンクでは、液圧、残留応力、基礎からの底板の浮き上がりなどがあり、底部板厚が0mmよりも厚い板厚で流出が発生すると考えられるため、実際の管理にあたっては一定の管理板厚が必要である。
- (3) 本検討では腐食速度の変化を考慮することが困難なため、腐食速度は一定と仮定して、底部板厚が0mmとなる年数を推測するが、以上の理由から実際の管理方法とは異なることに留意が必要である。

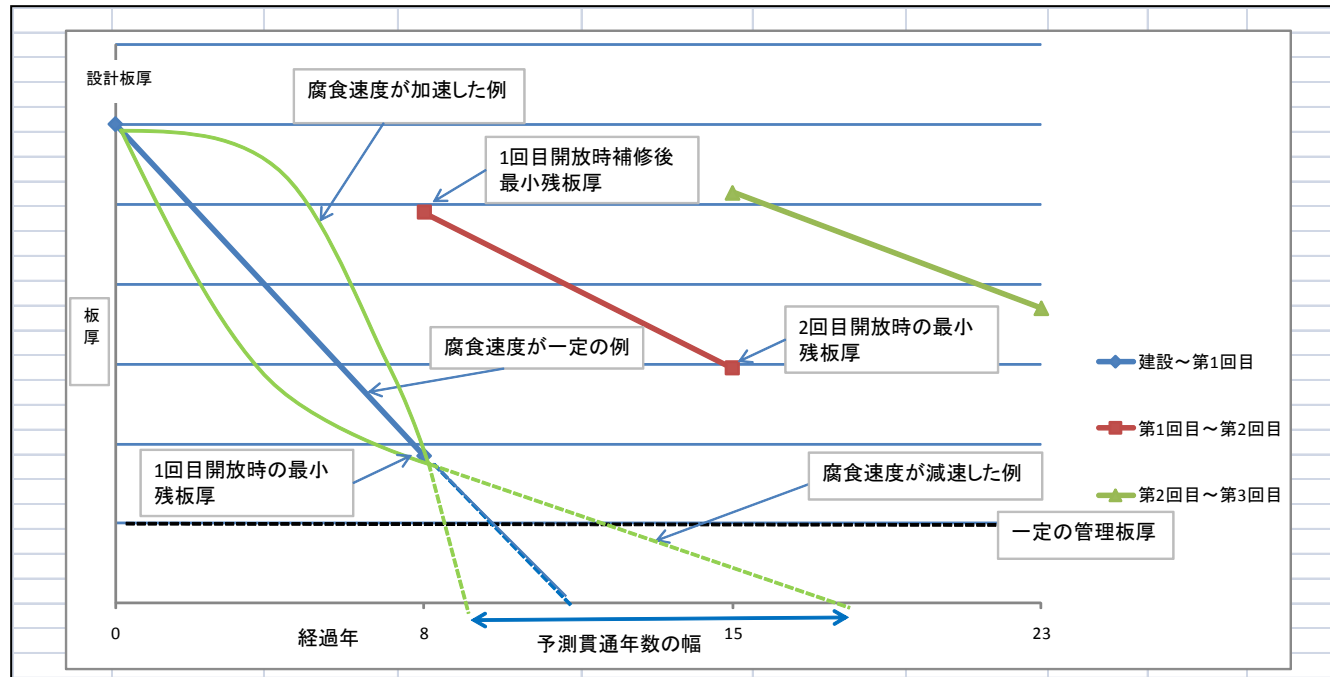


図1 腐食速度の変化例イメージ図

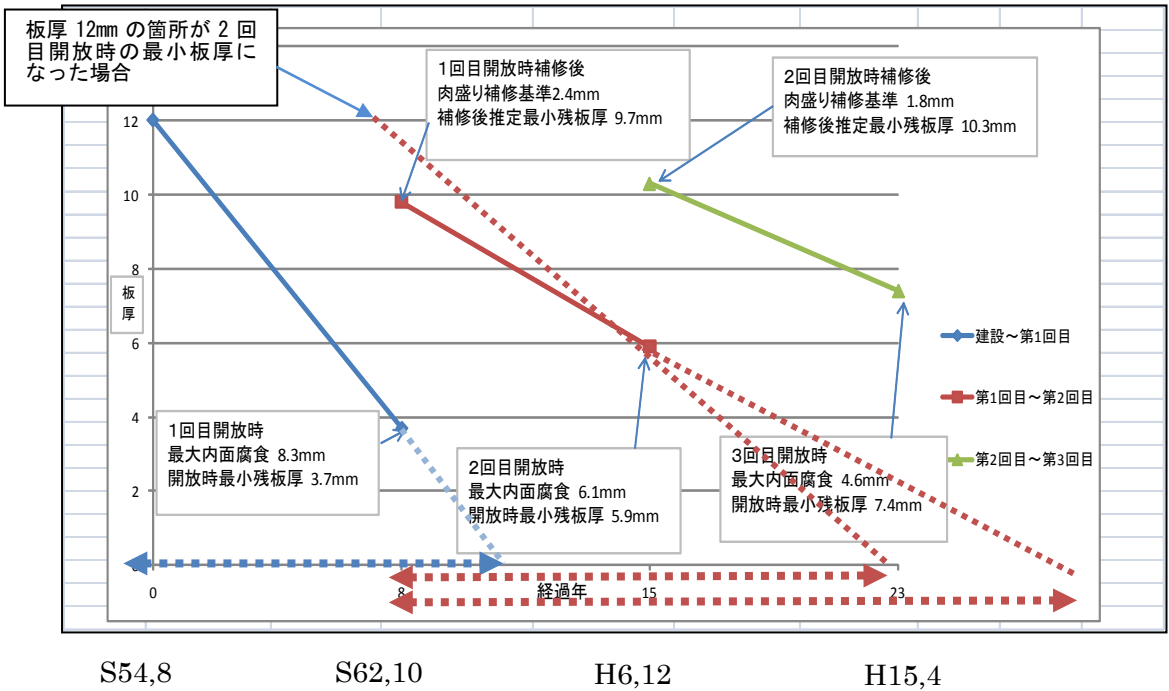
過去のデータから内面腐食による底部板貫通年を推定するための検討例

底板設計板厚：12mm

		経過年	開放周期(年)	開放時内面最大腐食量(mm)	開放時最小残板厚(mm) ※1	肉盛り補修基準(mm) ※2	補修後推定最小残板厚(mm) ※3	腐食速度(mm/年) ※4	貫通推定年数(年) ※5
建設時完成検査	昭和 54 年 8 月	0	—	—	—	—	—	—	—
第 1 回目開放検査	昭和 62 年 10 月	8	8	8.3	3.7	2.4	9.7	1.04	11.5
第 2 回目開放検査	平成 6 年 12 月	15	7	6.1	5.9	1.8	10.3	0.54~0.87	13.8~17.9
第 3 回目開放検査	平成 15 年 4 月	23	8	4.6	7.4	1.8	10.3	0.36~0.66	18.2~28.6

- ※ 1 開放時最小残板厚＝設計板厚－開放時内面最大腐食量
- ※ 2 肉盛り補修基準：開放検査時に所有者等が設定した補修をする内面腐食量の基準
- ※ 3 補修後推定最小残板厚＝（設計板厚－肉盛り補修基準）＋0.1
- ※ 4 腐食速度＝（前回開放時の補修後推定最小残板厚－開放時最小残板厚）÷開放周期又は（設計板厚－開放時最小残板厚）÷開放周期
- ※ 5 貫通推定年数(年)：各開放時の最小残板厚が今までと同じ腐食速度で腐食したと仮定して、残板厚が 0mm までの年数（点線矢印が貫通する年数を示す。）を予測する。

上記の結果より、本タンクは最短で、11.5 年（建設～1 回目の開放検査時のデータから外挿したもの）で貫通するものと推測される。



留意事項

・左記グラフは、仮想的な検討のための方法を示したものであり、実際の板厚管理方法を示すものではない。（危険側の仮定が含まれている。）

開放検査周期を延長した場合の影響評価（②裏面腐食）

開放周期を延長した場合の底部裏面腐食による貫通流出事故件数の検討（案）

過去のデータを用いて開放検査周期を延長した場合に、底部裏面腐食により底部板が貫通し流出事故が何件発生するかを模擬的に検討する。ここでいう流出事故とは、裏面腐食により底部板の板厚が0mmとなり貫通孔があくことと仮定する。なお、実際のタンクでは、液圧、残留応力、基礎からの底板の浮き上がりなどがあり、底部板厚が0mmよりも厚い条件で流出が発生すると考えられ、また腐食速さは変化する可能性があるが、ここでは、あくまで仮想的な検討のため、楽観的ではあるが単純な仮定をとり事故の発生条件を板厚0mmとし腐食速さを一定とした。もっとも、実際の管理にあたってこのような考え方は大規模流出事故を容認することになってしまうため適当でなく、安全率や管理板厚を設定する必要があることに十分留意すべきである。

（１） 裏面腐食による底部板が貫通する年数を推定するために使用するデータ

- ① 各開放時における定点測定法により検出された最大裏面腐食箇所の残板厚
- ② 各開放時における定点測定法による検出された最大裏面腐食量から連続板厚測定法を実施した場合に予測される最大裏面腐食量による当該箇所の残板厚（連続板厚測定法を実施した場合の最大裏面腐食量の算出方法は（２）に示す。）
- ③ 各開放時の補修後最小板厚（補修後最小板厚は、裏面腐食箇所、内面腐食箇所、内裏面腐食箇所を問わない）
- ④ 各開放検査の周期
- ⑤ タンクの底部設計（公称）板厚（実際のタンクでは公称板厚を上回るプラス公差の板が使用されるケースがあるが、本検討では楽観的な仮定をとり、公差は考慮しない。）
- ⑥ 推定にあたり、最大裏面腐食箇所の内面側には腐食がないものと想定する。

（２） 定点板厚測定データから全面連続板厚測定を実施した場合の裏面腐食量の予測

屋外貯蔵タンクの底部の板厚の測定方法には、定点測定法と連続板厚測定法がある。定点測定法は、「危険物の規制に関する政令及び消防法施行令の一部を改正する政令等の施行について」（昭和52年3月30日付け消防危第56号（以下「56号通知」という。））に示された測定方法と「屋外タンク貯蔵所の地震対策について」（昭和54年12月25日付け消防危第169号通知（以下「169号通知」という。））に示された2通りの測定方法がある（詳細な測定方法は図1及び2参照。）。これらの測定方法は、タンク底部の板厚を離散的に測定することにより底部裏面腐食量を把握する

方法である。

また、新たな技術としてタンク底部の板の厚さを広範囲にわたり連続的に測定できる技術が開発され、一部の事業者ではこの技術を活用した板厚測定方法により底部裏面腐食に対する管理が実施されるようになってきた。この連続板厚測定法の測定方法は、「連続板厚測定方法による特定屋外貯蔵タンク底部の板厚測定に関する運用について」（平成 15 年 3 月 28 日付け消防危第 27 号）に示されており、現在実施されている測定方法はタンク底部の板厚を 5mm ピッチで測定し、タンク底部全面の裏面腐食量をほぼ正確に把握することが可能である。

タンク底部の裏面腐食は一般的に局部減肉した部位で発生することが多く定点測定法で実施される離散的に測定する間隔は、通常観測される局部腐食の大きさに比べ大きな間隔となっていることも考えられることから、実際の底部板に発生している最大裏面腐食は定点測定法で検出される最大裏面腐食量よりも大きい可能性がある。

このようなことから、同一のタンクについて、定点測定法による測定結果から得られる最大裏面腐食量と連続板厚測定法による測定結果から得られる最大裏面腐食量を比較分析しこれらの測定方法の違いによる最大裏面腐食量の相関係数を導き出すことにより、定点測定法による測定結果から得られた最大裏面腐食量から、タンクに想定される最大裏面腐食量を算出する。

① 定点測定データと連続板厚測定データとの相関係数の算出方法

- (ア) 超音波を用いた連続板厚測定法で測定した容量 1,000 kℓ以上の昭和 52 年以降に設置された屋外貯蔵タンクの底部板厚測定データ（以下「連続板厚測定データ」という。）を 30 基程度収集する。
- (イ) 連続板厚測定法データから、アニュラ板、底板それぞれに対して 56 号通知及び 169 号通知で示された箇所の測定データを抽出し、抽出されたデータから各々の方法によって測定したと想定した場合の板厚最小値を算出する。
- (ウ) 連続板厚測定データから 56 号通知及び 169 号通知で示された箇所を抽出する際はタンクの板ごとに起点を設定する必要がある、起点は 5 通り設定する。
- (エ) 初期板厚の公差を考慮し、連続板厚測定データの板厚最小値と抽出された定点測定を想定した板厚最小値を比較し、連続板厚測定データから算出した最大裏面腐食量と 56 号通知及び 169 号通知で示された箇所それぞれの最大裏面腐食量を求める。
- (オ) 上記（エ）で求めた連続板厚測定法と定点測定法の裏面最大腐食量から、アニュラ板、底板それぞれについて、横軸に連続板厚測定データの裏面最大腐食量、縦軸に定点測定法で示された箇所の裏面最大腐食量を取り、回帰直線を示すことにより測定方法の違いによる最大裏面腐食量の相関係数を算出する。

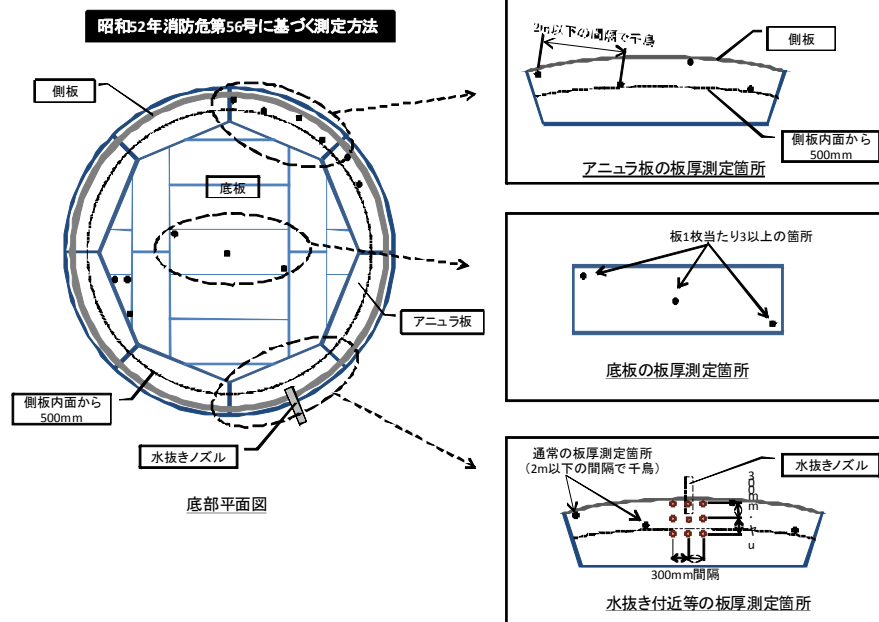


図 1 昭和 52 年消防危第 56 号通知に基づく測定方法

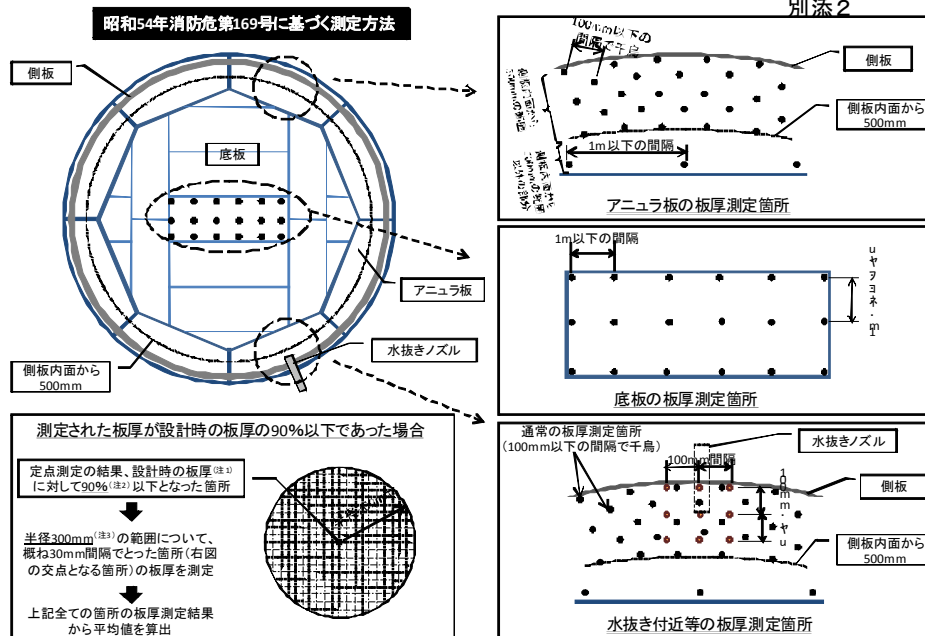


図 2 昭和 54 年消防危第 169 号通知に基づく測定方法

(3) 裏面腐食による底部板が貫通する年数を推定するための検討方法

開放検査周期を延ばした場合の底部裏面腐食により底部板が貫通する年数を以下の方法により推定する。

- ① 容量 1 万kℓ以上の新法タンク 60 基程度の裏面腐食に関する (1) のデータを収集する。
- ② アニュラ板、底板に対して各開放時の定点測定法により検出された最小板厚と各開放時の補修後最小板厚から経過年数と板厚の関係をグラフ化する。
- ③ アニュラ板、底板に対して各開放時の定点測定法により検出され最大裏面腐食量から連続板厚測定法を実施した場合に見つかる可能性のある最小板厚を算出し、この算出した最小板厚と経過年の関係をグラフ化する。
- ④ ②で作成したグラフから前回開放時の補修後最小板厚と今回開放時の定点測定で検出された最小板厚から腐食速度を求め、この腐食速度で腐食が進行した際、開放周期を延長した場合に何年で残板厚が 0mm になるか推定する。
- ⑤ ③で作成したグラフから前回開放時の連続板厚測定法を実施した場合の予測最小板厚と今回開放時の連続板厚測定法を実施した場合の予測最小板厚から腐食速度を求め、この腐食速度で腐食が進行した際、開放周期を延長した場合に何年で残板厚が 0mm になるか推定する。なお、底部の腐食速度は経年的に一定ではなく変化するおそれがあるが、腐食速度変化の把握が困難なため今回の検討では腐食速度が一定であると仮定して検討する。(図 3)
- ⑥ 一つのタンクに対して、開放毎に残板厚が 0mm になる推定年数を算出し、最も推定年数が短いものを当該タンクの底部板の貫通年とする。

裏面腐食による底部板貫通年を推定するための留意事項

- (1) 底部板の腐食速度は変化することが考えられ、設計（公称）板厚と1回目の開放時の連続板厚予測値を直線で結んだ場合より大きくなるおそれがある。そのため、実際の管理にあつては、将来の腐食速度は直線で結んだ腐食速度（紫の点線）に対して安全率を見込む必要がある（緑の点線）。
- (2) 実際のタンクでは、液圧、残留応力、基礎からの底板の浮き上がりなどがあり、底部板厚が0mmよりも厚い板厚で流出が発生すると考えられるため、実際の管理にあつては一定の管理板厚が必要である。
- (3) 本検討では腐食速度の変化を考慮することが困難なため、腐食速度は一定と仮定して、底部板厚が0mmとなる年数を推測するが、以上の理由から実際の管理方法とは異なることに留意が必要である。

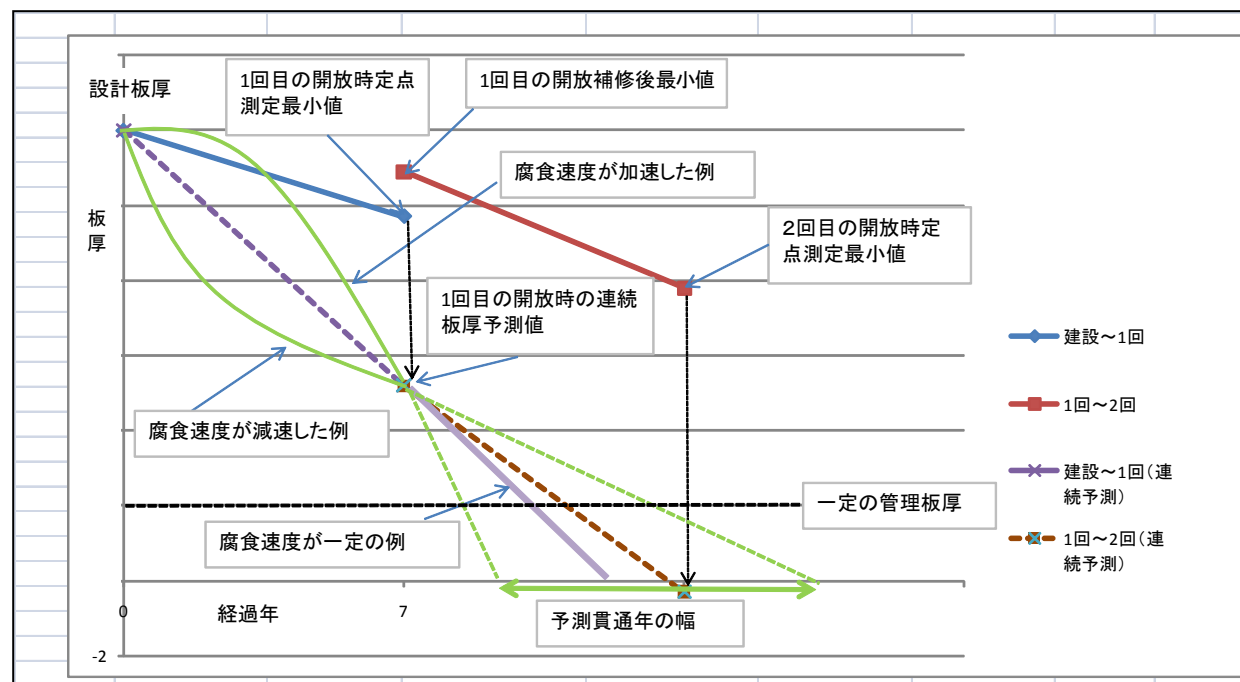


図3 腐食速度の変化のイメージ図

過去のデータから裏面腐食による底部板貫通年を推定するための検討例

底板設計板厚：12mm

		経過 年 (年)	開放 周期 (年)	定点測定最 小値 (mm) ※1	定点測定によ る裏面最大腐 食量 (mm) ※2	補修後最小 板厚 (mm) ※3	連続板厚測定 を想定した補正係数 ※4	連続板厚測定 による予測値 (mm) ※5	定点測定 による貫 通推定年 ※6	連続板厚 測定によ る貫通推 定年数※6
建設時完成検査	平成 2 年 10 月	0	—	—	—	—	—	—	—	—
第 1 回目開放検査	平成 10 年 6 月	7	7	9.7	2.3	10.9	2.94	5.2	36.6	12.4
第 2 回目開放検査	平成 18 年 7 月	15	8	7.8	4.2	10.7	2.94	-0.3	28.1	7.6

※1 定点測定最小値：開放検査時に底部板厚を離散的に測定した超音波板厚計による底部の板厚

※2 定点測定による裏面最大腐食量＝設計板厚－定点測定最小値

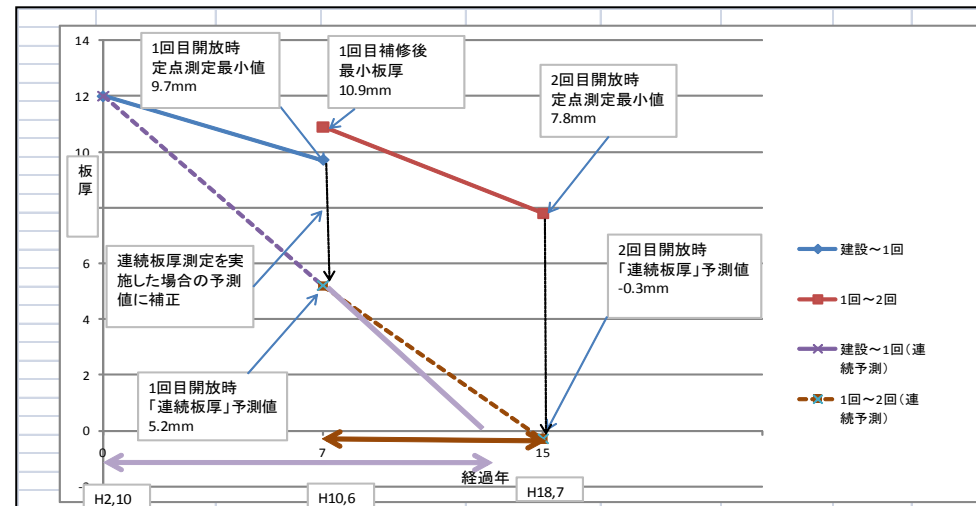
※3 補修後最小板厚：開放検査を実施し、補修が実施された後に現存する底部の最小板厚（内面腐食箇所を含む）

※4 連続板厚測定を想定した補正係数：定点測定による裏面最大腐食量から、連続板厚測定をした場合に予測される裏面腐食量を算出する係数。本検討例の補正係数は、「石油タンク底板裏面腐食の確率統計的研究」解析結果を採用している。

※5 連続板厚測定による予測値：定点測定最小値から、連続板厚測定を実施した場合に予測される最小値
設計板厚－{(定点測定による裏面最大腐食量) × (連続板厚測定を想定した補正係数)}

※6 貫通推定年数：各開放時の最小板厚から今までと同じ腐食速度で腐食を進行させて、残板厚が 0mm になるまでの年数（連続板厚測定による貫通推定年数は、 $\longleftrightarrow$ の部分を示す。）

上記結果より、本タンクの最低貫通年数は、定点測定法による推定で 28.1 年（第 1 回～第 2 回開放時のデータの外挿値）、連続板厚測定法による推定で 7.6 年（第 1 回～第 2 回開放時のデータの外挿値）と推測される。



留意事項

・左記グラフは、仮想的な検討のための方法を示したものであり、実際の板厚管理方法を示すものではない。（危険側の仮定が含まれている。）

開放検査周期を延長した場合の影響評価 (③ 耐震性)

1. 屋外タンク貯蔵所の底部の耐震性の考え方

構造物の強度設計法は、一般的に許容応力度設計法と終局強度設計法とに分類することができる。許容応力度設計法とは、地震時等において各部材に発生する応力が、弾性範囲内に留まるよう行う設計方法である。また、終局強度設計法とは、ある想定された地震動に対して各部材の変形は許すが、破断はさせないという限界値を求める設計法である。

地震時にアニュラ板や側板直下の底板（以下「アニュラ部」という。）に発生する応力が降伏点を越えたとしても直ちに破損するわけではない。アニュラ部は塑性変形によるエネルギー吸収能力があり地震による入力エネルギーが、そのエネルギー吸収能力の限界に達したとき破損に至る。このようなエネルギー吸収能力の限界をタンクの保有水平耐力として算定し、一方、想定した地震動において、アニュラ部が終局状態において耐えなければならない地震のエネルギーを必要保有水平耐力として算定し、保有水平耐力が必要保有水平耐力を上まわれればき裂、破損しないという考え方である。

2. 消防法令上の保有水平耐力と必要保有水平耐力の計算方法

屋外貯蔵タンクの保有水平耐力と必要保有水平耐力の計算方法は、告示第79条で定められている。計算方法を以下に示す。

(保有水平耐力等の計算方法)

第七十九条 規則第二十条の四第二項第一号の二、規則第二十条の四の二第二項第四号及び三〇号改正規則附則第七条第二項第二号の保有水平耐力及び地震の影響による必要保有水平耐力の計算方法は、次の各号に掲げるものとする。

一 保有水平耐力は、次の式によるものとする。

$$Q_y = 2 \pi R^2 q_y / 0.44 H$$

Q_y は、保有水平耐力（単位 N）

R は、タンク半径（単位 mm）

q_y は、底部の板の単位幅当たりの浮き上がり抵抗力であつて、次の式により求めた値（単位 N/mm）

$$q_y = \frac{2tb\sqrt{1.5p\sigma_y}}{3}$$

tb は、アニュラ板実板厚（単位 mm）

p は、静液圧（単位 MPa）

σ_y は、アニュラ板実降伏強度（単位 N/mm^2 ）

H は、最高液面高さ（単位 mm）

二 必要保有水平耐力は、次の式によるものとする。

$$Q_{dw} = 0.15 \nu_1 \cdot \nu_2 \cdot \nu_3 \cdot \nu_p \cdot D_s \cdot W_o$$

Q_{dw} は、必要保有水平耐力（単位 N）

ν_1 は、地域別補正係数

ν_2 は、地盤別補正係数

ν_3 は、屋外貯蔵タンクの固有周期を考慮した応答倍率

ν_p は、塑性設計係数 1.5

D_s は、構造特性係数

W_o は、有効液重量（単位 N）

3. 局部腐食によるタンク底部の耐震性がどの程度低下するかの検討方法

屋外貯蔵タンクは、水平方向の地震動を受ける場合、図1のようにロッキングと称される足あげ現象を起こすと考えられている。このタンクの足上げ現象に伴いアニュラ部の浮き上がりが生じる。この浮き上がりに抵抗するものがアニュラ部の板の曲げ抵抗力である。このアニュラ部の板の曲げ抵抗力は、 T_b （アニュラ部実板厚）の厚さが一因となっている。

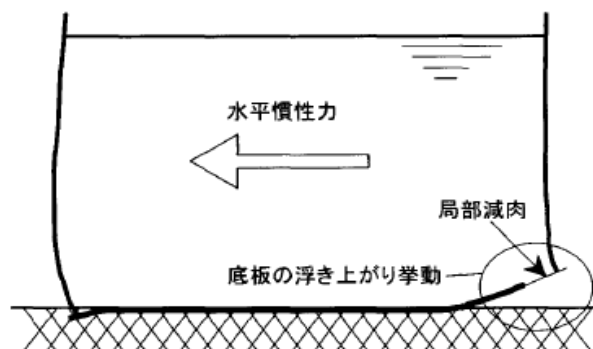


図1 タンクの片浮き上がり状態

保有水平耐力を計算する際に使用する係数 T_b （アニュラ板実板厚）の値は一般的に側板から 500mm 以内の範囲を円周方向におおむね 2m 以内の間隔で測定した値の平均値が採用さ

れている。水平保有耐力はタンク全体としての挙動を考えていることが理由である。一方、アニュラ部の腐食は局部的に発生することが多い。局部的に腐食した部分がある条件で、タンクが地震の影響を受け浮き上がった場合には、局所的な破断のおそれも考えられることから開放周期の延長を検討する際には、アニュラ部の局部腐食についても検討が必要である。

開放検査周期を延長した場合の影響評価（④ 溶接部欠陥）

1. 屋外タンク貯蔵所の溶接部に関する技術基準

容量 1 万kℓ屋外タンク貯蔵所の底部は、定期的に市町村長等によって底部の板厚と底部に係る溶接部について技術上の基準に適合しているかどうかについて、保安検査を受けなければならないとされている。

消防法令上の底部の溶接部に係る技術基準は、規則第 20 条の 8 に規定されている。

屋外タンク貯蔵所の底部の溶接部に係る技術基準では、割れは認められていない。割れが有害なものとして考えられるのは、割れのある材料に成長方向と直交する方向に引張り応力が加えられると、割れ先端で応力集中が起こり、割れが進展するおそれがあるからである。一般に割れが表面に近いほど、有害性は高くなり、表面に開口している場合が最も有害である。1978 年に発生した宮城沖地震における屋外タンク貯蔵所の危険物大量流出事故も溶接部の割れが一つの要因として考えられている。

2. 屋外タンク貯蔵所の底部に係る溶接部の割れの発生状況

屋外貯蔵タンクの所有者等による開放検査では底部に係る溶接部に対して、磁粉探傷試験等が実施される。その溶接部の自主検査の結果により技術基準に適合しない欠陥や技術基準に抵触しない欠陥も安全対策上の自主的な補修が実施されている。その開放検査時に発見される溶接部欠陥のうち供用中に発生するおそれがあり安全上有害な溶接部欠陥である割れの発生件数を過去の調査事例から表 1 に示す。この調査は平成 8 年、9 年度に実施された完成検査前検査、保安検査を実施した 1,223 基を対象にした調査（調査対象タンクの内訳は表 2 参照）であり、この調査は所有者等の自主点検結果記録に基づき作成されたものである。

表 1 開放検査時の底部に係る溶接部割れ発生件数

溶接継ぎ手種類	法令区分	容量区分	件
側板×アニウラ板（内）	旧法タンク	1 万kℓ未満	16
		1 万kℓ以上	18
	新法タンク	1 万kℓ未満	1
		1 万kℓ以上	1
側板×アニウラ板（外）	旧法タンク	1 万kℓ未満	1
		1 万kℓ以上	11
	新法タンク	1 万kℓ未満	0
		1 万kℓ以上	1
アニウラ板×アニウラ板（内）	旧法タンク	1 万kℓ未満	3
		1 万kℓ以上	16
	新法タンク	1 万kℓ未満	0
		1 万kℓ以上	1

アニュラ板×アニュラ板（外）	旧法タンク	1 万kℓ未満	1
		1 万kℓ以上	5
	新法タンク	1 万kℓ未満	0
		1 万kℓ以上	1
アニュラ板×底板	旧法タンク	1 万kℓ未満	4
		1 万kℓ以上	22
	新法タンク	1 万kℓ未満	0
		1 万kℓ以上	3
底板×底板	旧法タンク	1 万kℓ未満	13
		1 万kℓ以上	55
	新法タンク	1 万kℓ未満	1
		1 万kℓ以上	2

（出典：1 万キロリットル未満の特定屋外タンク貯蔵所の開放周期のあり方に関する調査検討報告書 平成 11 年 3 月）

表 2 調査対象タンクの内訳

（基）

	10,000 kℓ未満	10,000 kℓ以上
旧法タンク	489	618
新法タンク	14	102

検討対象となる、容量 1 万kℓ以上の新法タンクは、容量 1 万kℓ以上の旧法タンクと比較して発生件数は少ないものの、2 年間で 9 件の割れが発生している。対象タンク数 102 基に対する割合で 9 %にのぼる。

3. 保安検査周期を変更した場合の影響評価

溶接部の欠陥に起因する事故は本年 1 月にも発生し、その原因は溶接部の内部からの割れによるものであった（図 1 参照）。経年劣化により底部に係る溶接部の健全性は低下していることから開放周期の検討を行う際には溶接部の健全性に対して配慮が必要である。過去の事故事例から、事故に至る溶接部の割れの素因として、内部欠陥の存在が指摘されている。しかし屋外タンク貯蔵所の底部溶接部に係る内在欠陥を検査したデータがないことから、現段階では溶接部の割れの影響による屋外タンク貯蔵所の開放周期を延長した場合の溶接部の健全性の劣化度合の評価は困難であると考えられる。

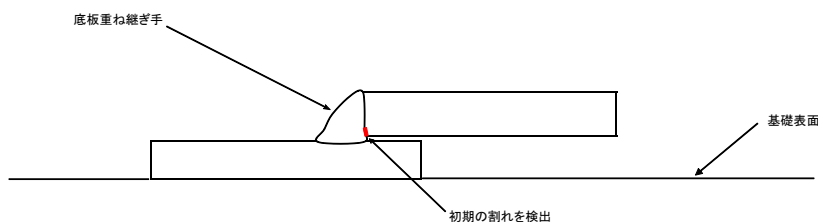


図 1 溶接部内部の割れ事例

内面コーティングの耐用年数に関する検討（案）

容量 1 万kℓ以上のタンクに対する最長検査周期は 13 年であり、保安のための措置として内面コーティングが要件の 1 つとなっている。この内面コーティングの耐用年数については、20 年とされている（コーティング指針平成 6 年 9 月 1 日付け消防危第 74 号）。近年この年数を超えて使用され健全であるものの実績などデータも蓄積されてきており、安全性を低下させずに、コーティングの耐用年数を延長することが可能かの検討を行う。

1 有機被覆による防食の原理

水分や酸素が存在する環境下に置かれた鉄は、金属組成の不均一な箇所や水分に溶け込んでいる酸素の濃度差がある箇所等に、電位の高い部分と低い部分ができ電気回路が形成され、電位の低い部分が腐食される。この腐食を防止するためコーティングの塗膜で鉄の表面を覆い、水と酸素を鉄の表面に触れさせないようにすることが、有機被覆による防食法の原理である。

しかし、十分に厚い塗膜でも、長時間使用していると、完全に水分や酸素を遮断することは不可能であり、僅かな水分や酸素が下地である鋼材の表面に到達する。この透過してきた水分が下地表面に遮られて接着界面に溜まり、鋼板から塗装の一部が浮上がる。このような現象を塗膜の膨れという。塗膜のふくれの模式図と発生状況を図 1、2 に示す。

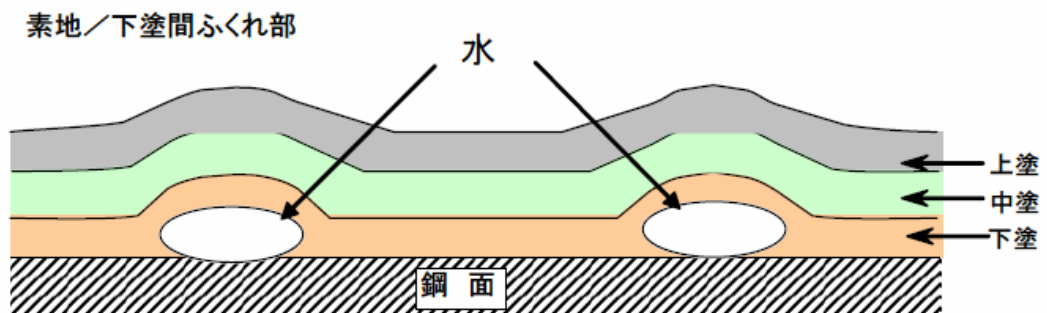


図 1 塗膜の膨れ模式図



図2 屋外貯蔵タンク内面コーティングの膨れの発生状況

多くの膨れは水分の透過により鋼板と塗膜の付着性が低下した箇所に発生し、局所的な発生が多い。また、塗膜中に浸透した水分が、塗膜の成分に含まれる顔料等を水分中に取り込むと、電気を通しやすくなる。電位の高い部分があれば、わずかでも電気が塗膜中を流れることも考えられ、その電流に応じて下地表面が腐食することになる。

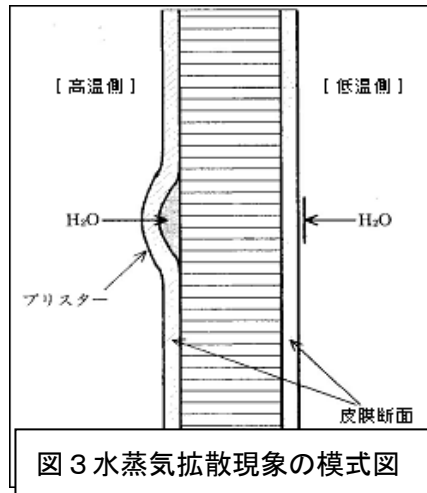
2 内面コーティングの耐用年数に関する検討

(1) 温度勾配浸漬試験

「屋外貯蔵タンクの安全性評価に関する調査検討報告書（平成15年3月 総務省消防庁）」（以下、「平成14年度報告書」という。）では、「塗料の耐久性限界を推定するには、温度勾配浸漬試験（40℃/20℃）を行い、膨れ発生までの日数を数式化した検量線に当てはめて耐久年数を算出することが可能である。」という結果が得られた。検量線とは、同一の条件で作成した試験片について温度勾配浸漬試験による膨れ発生までの時間（日数）と実環境における膨れ発生までの時間（年数）との相関を示すものである。

このことから、ガラスフレークコーティング（以下「G/Fコーティング」という）の耐用年数を推定するにあたり、実タンクに使用されている膜厚の試験片を作成し、膜厚の種類による耐用年数の変化に対する効果を確認するための温度勾配浸漬試験を行うこととする。

一般に塗装された鋼板が、水に接している場合に高温側の塗膜温度の熱の拡散の方向と水の塗膜中の透過の方向が一致するために、水の塗膜中の透過が著しく促進され、早期に塗装鋼板にふくれが発生し、接着強度が低下する。このような現象は水蒸気拡散と言われている。水蒸気拡散の模式図を図3に示す。



この水蒸気拡散の現象を利用して、塗膜の耐久性を推定する試験方法が温度勾配浸漬試験である。温度勾配浸漬試験器を図 4 に示す。温度勾配浸漬試験は、鉄板の片側にコーティング材を被覆し、被覆塗膜側を温水で加温し、裏面側を冷却することによって、実際の塗膜側と鋼板側の温度差よりも厳しい温度差を与えることにより、水の拡散浸透が促進される。このため、通常のタンク供用中に発生する塗膜のふくれ発生時間よりも短時間でふくれを発生させることができる。



(2) 屋外タンク貯蔵所の塗膜劣化状況の実態調査

「平成 14 年度報告書」では、今後、実タンクにおけるコーティングの耐用年数に関する実績データを蓄積することによって、より長期間での性能を検証することが可能であると考えられる、との結果が得られた。

このことから、本年度開放予定で、20 年以上経過し、G/F コーティング施工を行ったタンクに関する基本的な諸データ及び開放時毎の補修履歴のデータ調査を行うとともに、開放時における未補修箇所を中心とした塗膜の膨れ・さび等の劣化状況や膜厚等の実態調査を行う。

(3) コーティング耐用年数に関する検討

(ア) 検量線作成の検討

温度勾配浸漬試験結果との塗膜劣化状況の実態調査の結果等をふまえ、検量線の作成を試みるによりコーティングの耐用年数を検討する。検量線の作成例を図 5 に示す。

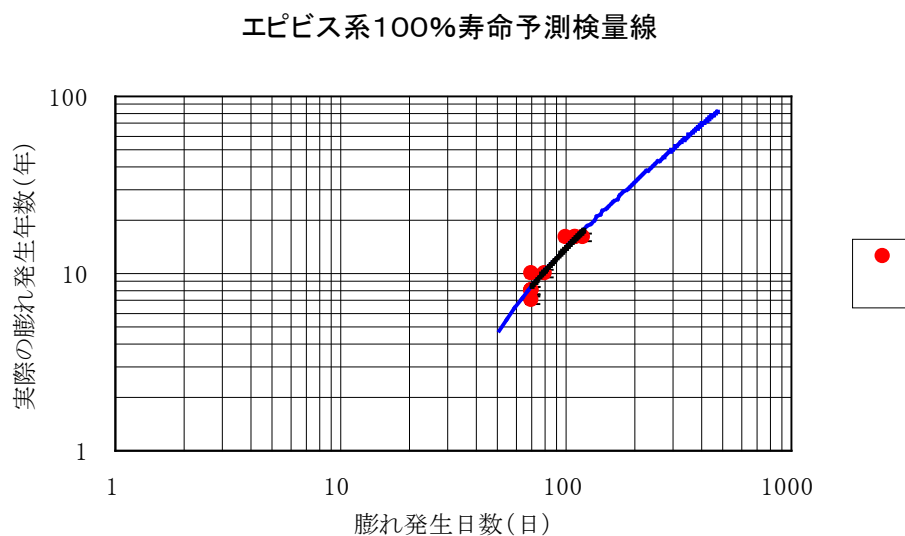


図 5 検量線の作成例

上記の(1)～(3)の詳細な実施方法については、ワーキンググループで検討することとする。ワーキンググループの委員案は以下のとおり。

「内面コーティングの耐用年数に係るワーキンググループ」名簿（案）

主 査 山 田 實 総務省消防庁消防大学校消防研究センター 技術研究部長

委 員 岡崎 慎司 横浜国立大学 大学院工学研究院機能の創生部門
准教授

〇〇 〇〇 塗料試験機関

〇〇 〇〇 石油タンクのコーティング施工会社

〇〇 〇〇 大型石油タンクの管理会社

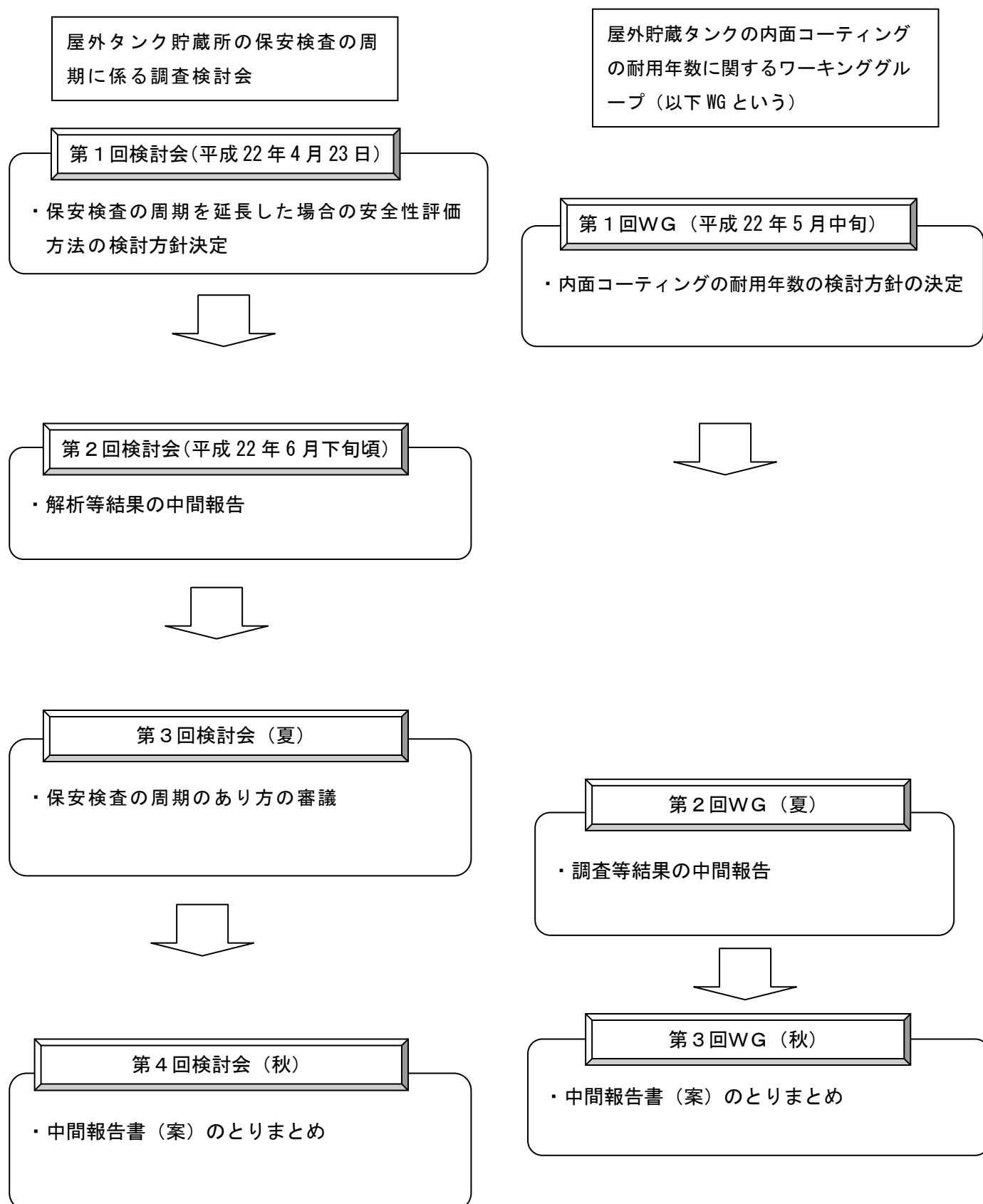
〇〇 〇〇 塗料製造メーカー業界団体

〇〇 〇〇 石油タンクのメンテナンス業界団体

〇〇 〇〇 石油タンク所有者団体

〇〇 〇〇 コーティング製造・施工業界団体

検討スケジュール（案）



※ 審議の進捗状況によっては、第5回検討会を開催する必要があることも考えられる。