

屋外タンク貯蔵所の保安検査の周期に係る調査検討会報告書について(案)

平成22年12月●日
総務省消防庁

●屋外タンク貯蔵所の保安検査の周期に係る調査検討会

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(平成21年11月27日)において、消防法令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とを踏まえ、「屋外タンク貯蔵所の保安検査の周期に係る調査検討会」を開催し、保安検査に係る周期について検討を行った。

- * 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、基本周期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。
以下、検討の対象となった陸上にある屋外タンク貯蔵所を「タンク」という。

●調査検討会委員(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(座長)	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

●検討会の開催状況

4月23日	第1回検討会
6月24日	第2回検討会
8月23日	第3回検討会
10月22日	第4回検討会
12月16日	第5回検討会

●報告書の主な内容

- ・タンクの事故や劣化の現状
- ・検査周期を延長した場合の影響評価
- ・連続板厚測定方法を活用した保安検査の周期のあり方
- ・タンク内部のコーティングの耐用年数

●検討会の結論

- ①万が一、容量1万kl以上のタンクの底部から危険物流出事故が起きれば、きわめて大きな災害になることにかんがみれば、流出危険性が大幅に増大するような規制緩和は容認されるべきではない。
- ②タンクの流出事故事例やタンクの特性を踏まえた腐食の発生状況等について整理・分析・検討を行ってきた結果、現行の基本検査周期8年は過剰に安全余裕を見込んだものとは言えない。
- ③一方、保安検査時に新たな技術である連続板厚測定方法によりタンク底部の腐食状況を測定した際の裏面腐食速度が一定以下であること、一定の条件を満たすコーティングが施工されていること又は腐食性のない内容物で内面腐食速度が非常に小さいこと等の一定の要件を満たすタンクにあっては、保安検査周期を一定年数(最長15年を予定)まで延長することを可能とすることができる。
- ④適切な施工管理等の一定の条件を満たすガラスフレークコーティングが内面腐食防止機能を維持する耐用年数について、一定の膜厚要件を満たすものについては、26年とする。

タンクからの流出事故の発生危険性の評価

● 流出事故の主たる素因(経年劣化要因)

- ・内面腐食による減肉
- ・裏面腐食による減肉
- ・溶接部劣化

● 事故発生状況

1974年～2010年の間に、容量1万kℓ以上の屋外タンク底部から22件の流出事故が発生。

1978年に発生した宮城県沖地震により、容量1万kℓ以上のタンク底部から5件の流出事故が発生。

● 大規模タンクにおける事故の特徴

最初は小規模な流出であったものが急激に大規模流出事故に発展することがある(1974年岡山県倉敷市、1978年仙台市、2005年ベルギー、2007年フランス)。

● 欧米のタンクの実情

- ・米国連邦政府はタンクの構造健全性の検査周期を定めておらず、一部の州政府が規制を実施。3州は10年と規定。
- ・規定のない州では民間規格(API653)に基づき所有者が決定。民間規格では設置後10年、それ以降は腐食速度に基づいて次回開放年を決定(特殊な構造のタンクは別途規定)。

※米国バージニア州内の380kℓ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85%で地下水の汚染が見つかった。

- ・欧州ではフランス10年、ドイツ5～10年、オランダ12年、イギリス規定なし。欧州民間規格(EEMUA159)では、原油タンクを温暖湿潤な地域に置く場合、標準8年。

※ドイツでは地下水利用が多いことから伝統的にタンクの規制が厳しく、二重底タンクであることが必要。

● 日本固有の環境条件(欧米諸国との比較)

- ・我が国は高温多雨で腐食環境が厳しい。
- ・我が国は大規模地震が多くタンクの健全性を高く維持する必要。

タンクの補修状況(容量1万kℓ以上のタンク)

	H2年～H4年	H10年～H12年	H18年～H20年
取替	7.4%	12.7%	17.3%
肉盛り補修	19.5%	31.6%	61.0%
溶接部補修	72.4%	72.4%	97.1%

※ タンク設置後年数が経つほどタンクの経年劣化が進み、補修を要するタンクが増えている。

危険物が流出した場合の影響事例

タンクから危険物流出事故が発生

想定される事象

- 危険物が地中に浸透
- 河川、海に危険物が流出
- 油が滞留

被害として想定される危険要因

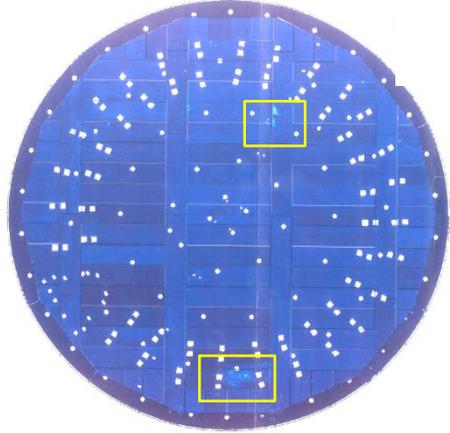
- 有害物質の混入した野菜を摂取
- 危険物が混入した井戸水を摂取
- 滞留した油が火災に発展

● 間接的被害として想定されるもの

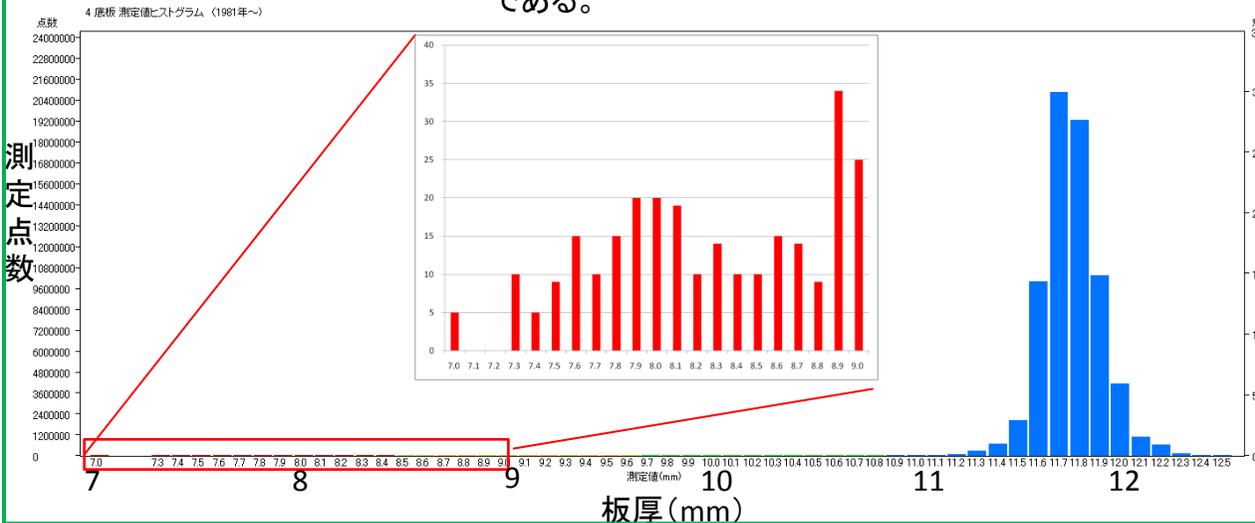
- ・有害物質の混入した農産物・海産物を継続的に摂取した人に健康被害が発生(流通形態の複雑化により被害が拡大)
- ・汚染物質が混入した農産物・海産物の販売不振により生業を圧迫され、経営危機に陥る事業者が発生(風評被害も)
- ・有害物質が地中に染みこんでいることに伴う地価の下落
- 防油堤内に危険物が溜まっている場合、防油堤内の全面火災が起き、隣接タンクの炎上・爆発の可能性も否定できない
- 発生したガスにより広範囲に悪臭・健康被害

タンク底部における腐食の実態

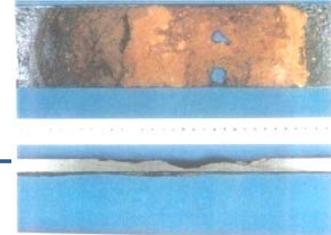
●タンク底部裏面(地盤側)の腐食の実態



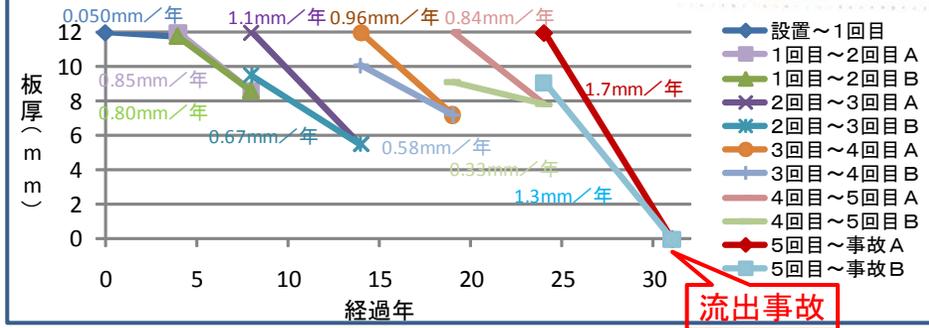
- ・左図はタンク底部の板厚を示したものである。青色部分は腐食が進行していない部分であり、黄色枠内の黄色部分は裏面腐食により板が薄くなっている部分である。
- ・左下図は左のタンクの底板の厚さの測定結果を板厚ごとの測定点数で表したもの(測定点数はおおよそ面積に比例)。板厚の大半は11.3から12.3ミリメートルの範囲内にあるが、板厚が7.0から9.0ミリメートルの範囲に減少してしまった部位も存在する。
- ・この例のようにタンク底部裏面は局所的に腐食が進む場合が多く、流出事故防止という観点からは注意が必要である。



●タンク底部内面の腐食の実態



ある事故タンクの内面腐食速度



- ・右上図は内面腐食により貫通孔を生じて危険物の流出事故を起こしたタンクの、事故以前の腐食の進行状況を表したものである。
- ・縦軸は内面腐食によって最も板が薄くなった部分の板厚を表し、横軸は設置からの経過年を表す。
- ・開放時に測定された当該板厚と、開放時の補修の後の最も薄い板厚を示した。
- ・開放と開放の間の実際の腐食は図のAとBの線の間にあった。AとBの線分の傾きは各期間の腐食の進行速度の上限及び下限となる。
- ・この図から、タンク底部内面における局所的な腐食は、毎回同様の速度で進行するわけではなく急激に進む場合があり、流出事故防止という観点からは注意が必要である。

検査周期を延長した場合の影響評価

●検査周期を延長した場合に腐食によって生じる流出事故の件数の予測

基本検査周期を延長した場合にどの程度の影響があるか評価するために、検査周期を延長したと仮定した場合の内面腐食により貫通孔が生じる件数及び裏面腐食により貫通孔が生じる件数を予測した(結果を下図にまとめた)。なお、内面腐食による貫通基数と裏面腐食による貫通基数の双方に現れるタンクについては、貫通予測年が長い方を除外した。

年	内面腐食による貫通基数 (累計)	裏面腐食による貫通基数 (累計)	重複しているもの (累計)	合計件数
8以下	1	3	1	3
~9	5	6	1	10
~10	5	7	1	11
~11	11	9	2	18
~12	15	10	2	23
~13	21	12	3	30
~14	23	14	3	34
~15	29	15	3	41
~16	33	17	4	46

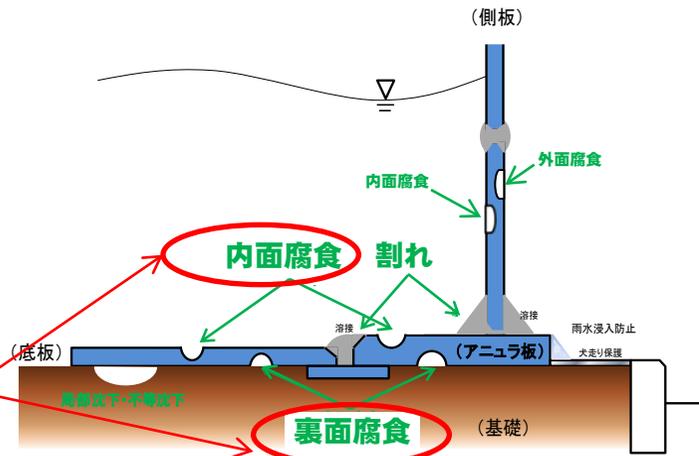
●試算結果の留意点

次の点については危険性を小さく評価する仮定を用いたことに留意する必要がある。なお、これらについて定量的に評価する技術が確立していないため、単純な仮定を用いている。

- ・板厚が0mmとなる年数を推定したもの。
- ・内面腐食又は裏面腐食のいずれかのみで算定したものであること(最大内面腐食箇所の裏に裏面腐食があることや最大裏面腐食箇所の内面に内面腐食があることは想定していない。)
- ・内面腐食速度の変化割合は平均値の変化割合を用いていること。
- ・裏面腐食速度が経年変化することは考慮していないこと。
- ・裏面最大腐食量は定点測定値に対して平均的な係数を乗じた深さとしたこと(実際には、より深いことも考えられる)。
- ・この結果は、腐食による貫通孔発生予測であり、溶接部割れや耐震性については考慮していないこと(下図参照)。

- 以上のことから、保安検査に係る現行の基本周期8年は、合理的な安全性を見込んだものであり、過剰に安全のための余裕を見込んだものとは言えない。
- 現在の検査方法を維持したまま基本周期を延長することは流出危険性が大幅に高まることから適当ではないとされた。

表に対応する事故要因



連続板厚測定方法を活用した保安検査の周期のあり方

●連続板厚測定方法の評価

タンク底部の板厚の測定に当たり、効率的に詳細に測定する連続板厚測定方法*を用いた場合、測定点の密度が数万～数十万倍となることから、タンク底部の裏面の腐食量の最大値の確度は約1.6倍～3.8倍となることが明らかになった。このことから、当該測定法を用いた場合には、最小板厚の測定及び腐食速度を高い精度で算出することが可能であり、従来の抜き取り点による測定結果から傾向管理されてきた裏面の腐食に対する管理とは別に、最小板厚や腐食速度に基づく板厚の管理が可能になることが明らかになった。

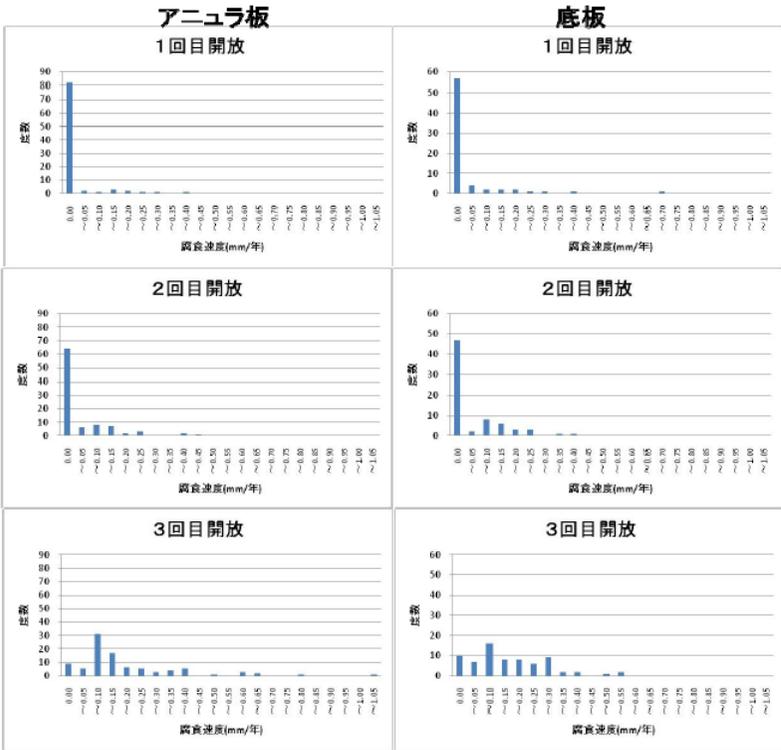
* 30mm以下の間隔でほぼタンク全面にわたって測定を行う技術

●連続板厚測定方法を活用した保安検査の周期の決定方法

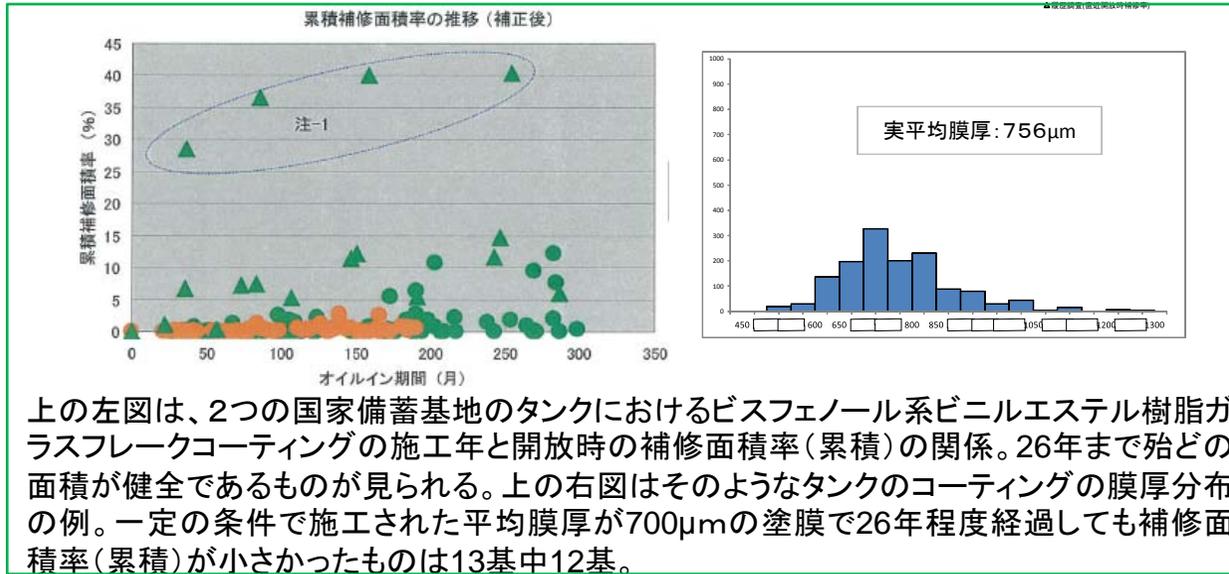
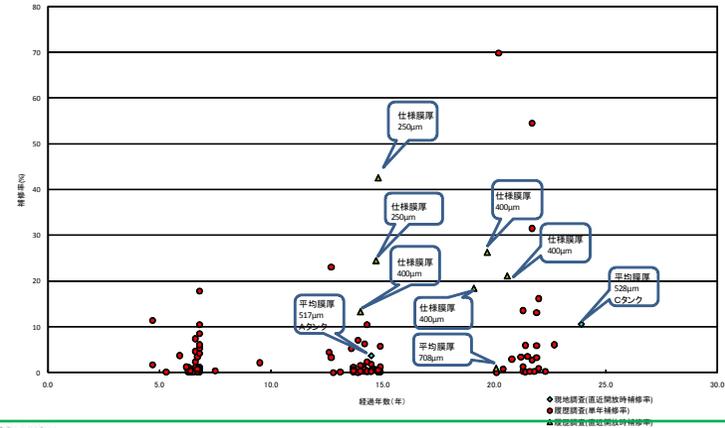
連続板厚測定方法の評価を踏まえ保安検査周期のあり方について検討した。その結果、連続板厚測定方法では検査できない溶接部の検査の期間や、タンク底部内面及び裏面の腐食速度の経年変化などに対する安全性確保を考慮し、次のような周期決定方法を提案する。

項目		開放周期延長の要件	
実施する検査		連続板厚測定方法を実施(機械測定が難しい部位については、手動で詳細測定を実施)。	
次回保安検査までの期間の求め方		$\text{次回検査までの年} = (\text{前回保安検査時の最小板厚} - \text{管理板厚}^*) \div (\text{腐食速度})$ * 管理板厚: 告示第4条の17の最小厚さより腐食しろ3mmを減じた値	
腐食速度の求め方	底板	○コーティングを施工したタンクの場合 連続板厚測定の結果から算出された裏面腐食速度の最大値	○コーティングを施工していないタンクの場合 連続板厚測定の結果から算出された裏面腐食速度の最大値と内面腐食箇所の腐食速度の最大値(当該箇所に裏面腐食が存在する場合は両方を考慮した腐食速度)のいずれか大なる値
	アニュラ板		
期間の上限		15年	
内面腐食に関する事項	底板	○コーティングを施工したタンクの場合 コーティング指針に基づき施工されたコーティング、若しくはそれと同等程度の性能を有しているもので、内面腐食防止効果が維持されているもの。	○コーティングを施工していないタンクの場合 ・腐食性の非常に低い内容物を貯蔵している(直近2回の開放において内面腐食速度が0.1mm/年以下であること)。 ・水分管理(固定屋根形式に限る。)が適切になされ、腐食環境に変化がないこと。
	アニュラ板		
裏面腐食に関する事項	底板	連続板厚測定法による測定データに基づく、前回の直近の検査から前回の保安検査までの間の腐食速度が0.2mm/年以下であること。	
	アニュラ板		
腐食環境に関する事項		危険物が加温貯蔵されていないこと。	
		腐食の発生に著しい影響を及ぼす貯蔵条件、構造の変更を行わないこと。	
タンク全体の維持管理		タンクに構造上の影響を与えるおそれのある補修又は変形がないこと。	
		著しい不等沈下がないこと。	
		地盤が十分な支持力を有するとともに沈下に対し十分な安全性を有していること。	
		特定屋外貯蔵タンクの維持管理体制が適切であること。	

コーティングの耐用年数



右の図は、民間タンクにおけるビスフェノール系ビニルエステル樹脂ガラスフレークコーティングの施工年と開放時の補修面積率の関係。20年を超えるると大きな面積の補修を要するものが多くなる。



上の左図は、2つの国家備蓄基地のタンクにおけるビスフェノール系ビニルエステル樹脂ガラスフレークコーティングの施工年と開放時の補修面積率(累積)の関係。26年まで殆どの面積が健全であるものが見られる。上の右図はそのようなタンクのコーティングの膜厚分布の例。一定の条件で施工された平均膜厚が700 μ mの塗膜で26年程度経過しても補修面積率(累積)が小さかったものは13基中12基。

上の図はビスフェノール系ビニルエステル樹脂ガラスフレークコーティングの開放検査時に見つかった内面腐食の速度。2回目(施工から平均14.7年経過)までは内面腐食を生じていないものが多いが、3回目(施工から平均22.8年経過)には、内面腐食が生じているものが多い。

タンク内面の腐食を防止するコーティングの耐用年数に関して、室内試験、現地調査及びコーティングの補修履歴データの収集分析を行い、一定の施工条件で品質が確認された材料を用いたガラスフレークコーティングが内面腐食防止機能を維持する耐用年数について、一定の膜厚要件を満たすものについては、26年と評価された(右の表)。

ビスフェノール系ビニルエステル樹脂ガラスフレークコーティング及びノボラック系ビニルエステル樹脂ガラスフレークコーティング	最小膜厚400 μ m以上	20年
	最小膜厚400 μ m以上かつ平均膜厚700 μ m以上であって、膜厚分布に著しい偏りのないもの	26年 6

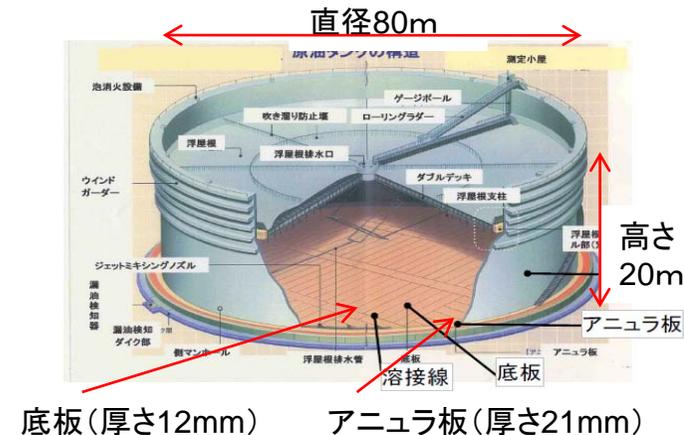
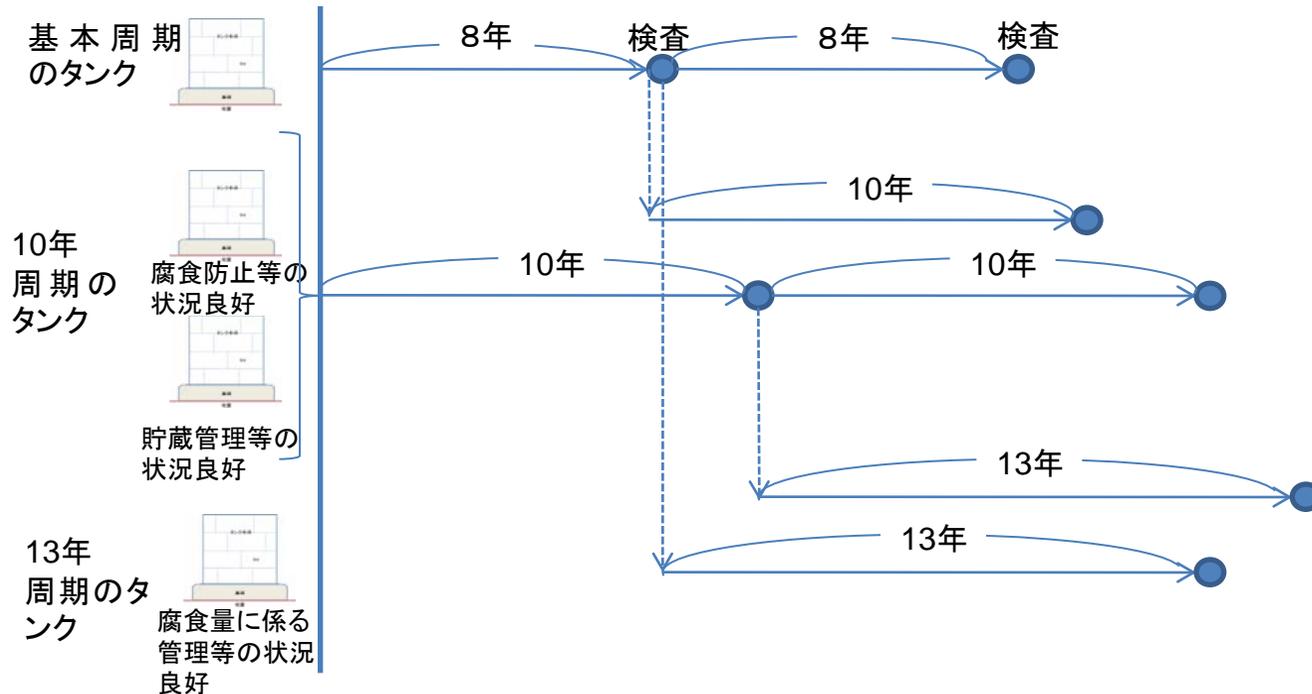
(参考1)保安検査とその周期

○保安検査とは、容量1万kℓ以上液体の危険物(原油等の石油類など)を貯蔵する屋外タンク貯蔵所(以下「タンク」と略称)について、タンク所有者等が自ら点検を行った後に、市町村長等がタンクの底部を定期的に検査*するもの。

* 開放状態のタンク底部の板厚と溶接部が技術基準に適合していることの検査

○検討対象タンクである新法タンクの保安検査の周期は8年を基本とするが、内面コーティング等一定の条件を満たすものは10年又は13年にすることができる。

(参考)新法タンクとは昭和52年以降に設置されたタンクを言う。



容量10万kℓのタンクの構造イメージ

* 容量1万kℓの場合、アニュラ板は15mm、底板12mm程度である

(参考2)タンクからの大規模な流出事故

- ①1981年8月20日 クウェート Shuaybah (11.9万kℓ)
- ②1979年7月6日 ナイジェリア Forcados (9.08万kℓ)
- ③1978年6月12日 日本仙台市(宮城県沖地震) (6.81万kℓ)
- ④1974年12月18日 日本倉敷市(水島製油所) (4.29万kℓ)

* 瀬戸内海の3分の1を汚染

- ⑤1978年12月14日 米国プエルトリコBunuelan (4万kℓ)
- ⑥1986年4月27日 パナマ Colon(Las Minas Bay) (3.84万kℓ)

(ここまでDagmar Schmidt Etkin and Jeff Welch, 1997. 国際油汚染会議の論文より)

他に、2005年10月25日 ベルギー-Beferen (3.7万kℓ)

(上記文献後の事故)



(写真)「1978年宮城県沖地震流出油事故の概要」宮城県より



(写真)坂出市HPより



(写真) Federal Public Service
Employment, Labour and Social Dialogue
Document No. CRC/ONG/013-Eより