

「東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に係る検討会
第 1 回屋外タンク貯蔵所等分科会」議事概要(案)

1. 開催日時

平成23年10月19日（水） 10:00～12:00

2. 開催場所

金融庁中央合同庁舎第 7 号館 9 階 共用会議室 2 904

3. 出席者

石井委員、今村委員、亀井委員、木村委員、越谷委員（代理 小川氏）、
平委員（代理 穴戸氏）、中井委員、畑山委員、三浦委員、八木委員、柳澤委員

4. 配付資料

資料 1 - 1 分科会委員名簿

資料 1 - 2 開催要綱（案）

資料 1 - 3 小名浜地区における東北地方太平洋沖地震による被害概要とその推定要因

資料 1 - 4 津波による屋外貯蔵タンク及び配管の被害分析

資料 1 - 5 被災時における緊急しゃ断弁の運用について

資料 1 - 6 浮き屋根及び浮き蓋の被害概要と課題の抽出

資料 1 - 7 移送取扱所における被害状況の詳細及び検討課題について

資料 1 - 8 今後のスケジュール資料

参考資料 1 第 2 回検討会の概要

参考資料 2 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会
報告要点

参考資料 3 危険物施設の津波・浸水対策に関する調査検討報告書概要

参考資料 4 緊急しゃ断弁の種類と構造

参考資料 5 防油堤が津波からタンクを守った事例調査結果

5. 議事

開催要綱が承認された後、亀井委員が分科会長に選任された。

分科会長より分科会長代理として今村委員が指名された。

(1) 小名浜地区における東北地方太平洋沖地震による被害概要とその推定要因(資料1-3)

【委員】N値のバラつきについては、過去の河道などの影響を受けている可能性が高いという事か？

【委員】そのとおり。

【委員】油の漏えいは無かったということか？

【委員】当該タンクは底部形状が凹状のものが側板部分の沈下により凸状となり、中央支柱の底部当板付近の溶接線が損傷したため、当該箇所から微量の貯蔵液が流出している。

【委員】被災タンクとそれ以外のタンクにおいて基礎形状に違いはあるか？

【委員】周辺のタンクは同じ盛り土構造である。海側に一部杭基礎のタンクも存在する。

【委員】 P_L 値は0であったということであるが、この事例について見れば、 P_L 値は妥当な判断基準にあるということと考えられる。

【委員】地域的な特性とのことで、2基以外のところは被害がないとのことであるが、この2基とそれ以外のところで地盤改良の違い等はあるのか。

【委員】周辺のタンクについては同じ盛り土構造であるが、海側の方になると杭基礎となる。これらの場所では被害は確認されていない。

(2) 津波による屋外貯蔵タンク及び配管の被害分析(資料1-4)

【委員】被災率の算出について、母数を浸水域に絞った被災率を可能であれば出してほしい。

【委員】顕著な自治体に絞って調査するといいいのではないか。

【委員】津波により被災したタンクの分析について、浸水深とタンク容量について整理しているが、被災しなかったタンクについても分析すると、被災限界が見えてくるのではないか。

【委員】屋外タンクの具体的な津波については、被害想定が地域・場所等によって異なることが考えられることから、全国一律に同じ対策をとることは好ましくないと考える。

【座長】全国一律の対策に関しては、重要な提案であり、今回の震災における津波のレベルを全国展開することは必ずしも妥当ではないと考える。

(3) 緊急しゃ断弁の種類と構造(参考資料4)

【委員】動力供給が断たれた時に安全にかつ自動的に弁を閉止できるようにシステムを作り込むことはできないのか？

【協力員】遠隔操作のアクチュエータとしては電気駆動や圧縮空気駆動のほか、電源喪失した場合にバネにより弁を閉止する等様々な形態があるが、駆動源からくる制約から適用できる配管サイズが限定されるものがあるため、大きなバルブにそのような対策をすることは一般論としては難しい。

【委員】新たに設置する場合のコストは？

【協力員】既存の手動弁に電動アクチュエータを設置する場合で、小さな弁の場合 50 万円程度。ただし、制御関係については含まない。

(4) 被災時における緊急しや断弁の運用について（資料 1－5）

【委員】予備動力源としては電力会社からの買電ということか

【委員】議論はあると思うが、それでやっていた。

【委員】津波で配管が損傷したのはどの部分か？

【委員】バルブの先の配管である。

【委員】受入、払出配管において、弁が閉まっている割合はどのくらいか？

【委員】石油精製の原料供給タンクであれば 24 時間開いている。基本的には、受入配管の弁は受入時に、払出し配管の弁は払出し時に開いているが、使用する目的に応じて割合は変わってくると考えられる。

(5) 防油堤が津波からタンクを守った事例調査結果（参考資料 5）

【委員】防油堤のタイプは？

【委員】タイプの内訳については調査していない

(6) 浮き屋根及び浮き蓋の被害概要と課題の抽出（資料 1－6）

【委員】酒田地区の浮き蓋について、フロート長さが 6 m 以下であれば今回損傷がなかったと考えられるか？

【事務局】酒田地区については強い長周期地震動を受けているようである。内部浮き蓋の検討会においては、現在の消防法において規定しているレベルの地震動に耐えることができる条件として、6 m 以下のフロート長さを規定しているところであることから、その可能性が高いのではないかと考えている。

(7) 移送取扱所における被害状況の詳細及び検討課題について（資料 1－7）

【委員】小さな影響のところでは対応できる部分があるのではないか？その辺りを整理することが重要ではないか？

【事務局】現状の技術基準のレベルと、今回の被害実態について確認し、総合的に考える必要があると思っている。

【委員】今回技術基準の適合に実際に問題があったのか、それに基づいた対応策であるのか等、具体的な被害の例示をしてもらい、問題点を整理していただきたい。

【委員】事例を併記し問題点を浮かび上がらせるようにすること。

(8) 全体を通じて

【委員】基準では求めてないが、緊急遮断弁について、〇〇ガル以上で自動的に閉止するシステムが欲しいと思う。

【委員】自動閉止については、系統全体にどのような影響を与えるかを把握する必要がある。単純な自動閉止では悪影響を及ぼすシステムも出てくる。本当に安全かどうかといったことも考え、非常に慎重に考える必要がある。

【座長】インターロックで作動した場合の弊害といったものも整理すべきである。

東日本大震災における浮き屋根・浮き蓋の被害分析と対策について

1 浮き屋根の耐震対策について

平成 15 年の十勝沖地震を受け、浮き屋根に対する耐震性能が技術基準化された。浮き屋根の耐震基準に対する主な考え方は次のとおりである。

- ① スロッシングの一次および二次モードにより浮き屋根のポンツーンに発生する荷重に対して強度上の余裕を持つこと。
- ② ①を実現するための溶接施工方法が取られていること
- ③ 万一ポンツーンが破損した場合を想定し、一定以上浮き屋根が傾斜しない浮き室構成とすること。
- ④ ポンツーンマンホールからポンツーン内への浸水を防止するマンホールの構造とすること。
- ⑤ ルーフドレンが破損等により、タンク内の危険物がルーフドレンを通じてタンク外に流出することを防止する緊急しゃ断弁を設置すること。

今回被災した浮き屋根について、特に上記①～③に着目した分析を実施する。対象となる 7 基の諸元は以下のとおりである。

タンク	内径(m)	高さ(m)	許容量 (kl)	許可液面高さ (m)	被災時液面高さ (m)
A	38.740	19.650	19,365	16.429	8.940
B	67.370	18.290	51,418	14.424	9.485
C	32.910	15.250	9,950	11.697	11.250
D	76.000	22.000	88,824	19.580	19.100
E	78.460	23.700	100,000	20.683	20.300
F	29.050	15.555	9,185	13.858	9.508
G	29.060	14.620	7,927	11.952	6.210

タンク A～E：耐震基準対象タンクのうち、基準に未適合のもの

タンク F、G：耐震基準の対象でないもの

タンク A は被災数日後に浮き屋根が沈没したものである。タンク B～F はポンツーン内に漏油が確認されるものの、比較的軽微な被害であった(タンク B、D、E、F は応急処置で使用が可能なもの、タンク C は漏れ試験により溶接部の損傷が確認されたもの。なお、タンク B については、今後詳細な確認を行う予定である)。タンク G はポンツーン内に滞油したことで浮き屋根が傾斜したものである。

(1) 強度評価

評価の実施にあたって、液面高さについては被災時の液面高さを、長周期地

震に係る地域特性に応じた補正係数 $\nu 5$ については告示に示されたものを使用した。つまり、タンク設置付近の強震計の記録から得られた速度応答スペクトルの結果を反映させたものではない。得られた結果を以下に示す。

タンク	許容応力 (N/mm ²)	発生応力 (N/mm ²)	外リム板厚 (mm)	すみ肉溶接 必要サイズ (mm)	すみ肉溶接 設計サイズ (mm)
A	220.6	423.8 (196%)	4.5	6.75	4.5
B	220.6	145.3 (66%)	4.5	6.75	4.5
C	220.6	121.4 (55%)	4.5	6.75	4.5
D	220.6	264.9 (120%)	6.0	6.75	4.5
E	220.6	288.1 (131%)	10.0	6.75	4.5
F	220.6	121.4 (55%)	6.0	6.75	4.5
G	220.6	233.0 (106%)	4.5	6.75	5.0

上記条件による解析の結果、ポンツーン外リムに発生する応力が、許容応力を大きく上回る結果となったタンクは、A、D、E、Gである。また、いずれのケースも、耐震性能上必要となるすみ肉サイズを下回っている。

(2) 浮力評価

浮き屋根が沈没、傾斜したタンク A、タンク G の浮力性能について、浮き屋根の重量と浮力の関係について整理した。

タンク	浮き屋根重量 (kN)	総室数	総浮力 (kN)	2室破損時浮力 (kN)
A	882.206	13	989.968	837.665
G	510.300	9	645.877	502.349

両タンクとも、2室破損時におけるポンツーン浮力が浮き屋根の重量に対して不足していることがわかる。これらのタンクについては、経年劣化に伴う浮き屋根のデッキ板等の腐食に対して当板補修が行われており、設置時に比べ浮き屋根の重量が増加していることが考えられる。

参考までに、両タンクに対して平成19年10月19日消防危第242号通知で示された浮き屋根の最大喫水を求めるための計算方法に基づき浮力計算を行ったところ、タンク A、タンク G について、ポンツーンのうち1室が破損した場合において、最大喫水がポンツーン外リムと上板との交点を両タンク共に50mm程度上回る結果となった。

(3) 浮き屋根の耐震性能について

分析した7基の浮き屋根のポンツーンの強度は、発生応力が許容応力を超え

ているもののほかポンツーンのすみ肉溶接のサイズが小さいことから、浮き屋根の耐震基準で要求される強度に満たないものであったといえる。また、当該タンク付近で観測された地震動の記録から得られた速度応答スペクトルは、告示で示された ν_5 に基づく速度応答スペクトルに比べていずれも小さいことが確認されている。従って、耐震基準対象タンクのうち基準に未適合のものについては、基準に適合させることにより安全性を確保することができると思われる。

沈下傾斜の発生した2基（タンクA及びタンクG）については、特定タンクの浮き屋根全てに求められる浮力性能（相隣接する2室が破損した場合に沈下しないこと）を満たしていない結果となった。これは経年劣化による補修の結果、浮き屋根重量が増加したことにより浮力性能を満足しなくなったものと考えられる。さらに、浮き屋根の耐震基準で求めているポンツーン破損時の傾斜計算を実施した結果、ポンツーンのうち1室が破損した場合における浮き屋根の傾斜量が基準を満たさないことも分かった。耐震基準の対象でないタンクの浮き屋根に関しても、隣接する2室が破損した場合の浮力性能が求められており、当板補修を実施している浮き屋根については、上述のとおりタンク設置時に比べ浮き屋根重量が増加していることが考えられることから、浮力性能について再度検証を実施することが重要であると思われる。

2 浮き蓋の耐震対策について

東日本大震災による浮き蓋の被害は10基において報告されている。このうち、被害の大きいものとして、アルミニウム製簡易フロート型の破損事例が1件報告されている。

アルミニウム製簡易フロート型の耐震性能については、平成22年度に実施した「内部浮き蓋付き屋外貯蔵タンクの安全対策に関する検討会」において検討されている。報告書によれば、簡易フロート型浮き蓋の非弾性解析では、タンク中央に配列されたフロートチューブに応力負担・歪みが集中する傾向にあることが分かったことから、フロートチューブ単体の耐震強度（変形追従能力）に着眼して、フロートチューブの長さ、材質等を変化させてケーススタディを行っている。その結果として、浮き蓋の材料がアルミニウムの場合、歪み振幅 $\varepsilon_a=1.4\sim 1.5\%$ に対して許容されるフロートチューブの長さについて、タンクが比較的大きい場合（ $D=30\text{m}$ 、 40m ）には、フロートチューブ長さに関わらず許容歪み振幅を下回ることから長尺でも問題は無いと判断されたものの、タンク内径 20m （補正係数 $\nu_5=2.0$ ）の場合には、フロートチューブが長くなると歪みが高くなることから、フロートチューブの長さとして 6m が許容される長さになると結論付けられた。なお、ここで想定した歪み振幅は、消防法で想定する液面揺動の最大振幅が破壊に至るまで繰返される回数が $15\sim 19$ 回として見積もられたものである。

被災した浮き蓋はタンクの内径が 15.508m と小さいこと、また、被災時の液面

高さから推定される液面揺動の固有周期がおよそ4秒であることから、今回タンク設置場所付近で観測された長周期地震動の速度応答スペクトルから補正係数 ν_5 が2.0に近いことが推定されること及びフロートチューブの長さが6.72mと長いことの3点から、フロートチューブに対して許容を超える歪みとなり破断に至ったものと推定される。

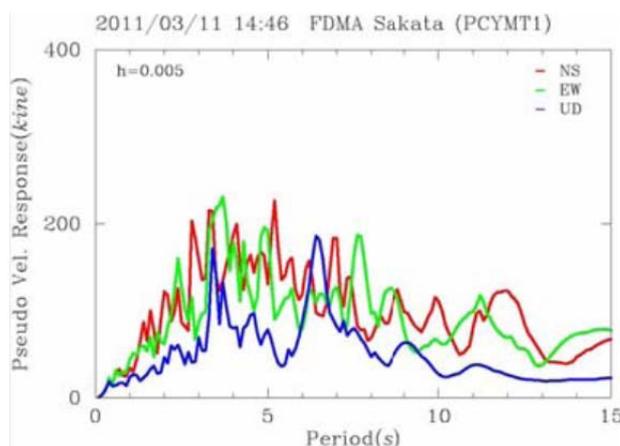


図1 浮き蓋破損タンク設置場所付近における速度応答スペクトル

なお、消防研究センターの調査によれば、最大応答値で基準化したスロッシング応答の頻度分布をみると、1時間の応答の中で最大値の90%~100%の振幅で揺れた回数は5回、50%以上で揺れた回数は73回と多いことが、激しい破断をもたらした原因の一つとなった可能性があると考えられている。

以上のことから、「内部浮き蓋付き屋外貯蔵タンクの安全対策に関する検討会」において結論づけられたアルミニウム製簡易フロート型の耐震基準は妥当なものであると考えられる。

なお、浮き蓋の形式のうち鋼製ポンツーン型については、シングルデッキの浮き屋根と同様の耐震基準が求められることとなる。今回の震災において、鋼製ポンツーン型の浮き蓋については大きな被害が報告されていないものの、その構造はシングルデッキの浮き屋根と全く同じであることから、1で整理した浮き屋根の耐震対策の分析から、基準は妥当なものであると考える。

したがって、今後改正される技術基準に対応することで、長周期地震動に対する浮き蓋の安全性を確保することが可能であると考えられる。

津波による屋外タンク貯蔵所の被害に係る整理と対策

1 被害形態の整理

津波による屋外タンク貯蔵所の被害形態について、次の3ケースに分類した。
対象は244基である。

①タンク本体、付属配管共に被害がないケース（116基）

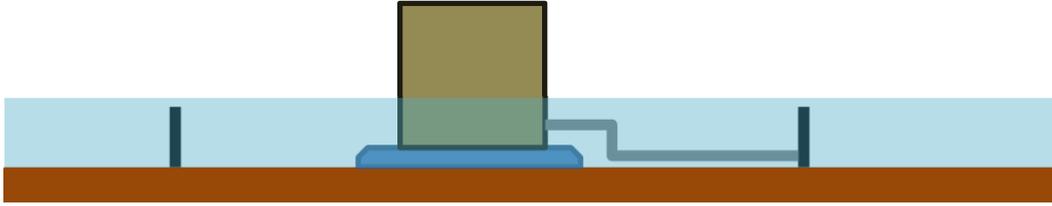


図1 被害形態イメージ①

②タンク本体は被害がないものの、付属配管が被害を受けるケース（60基）

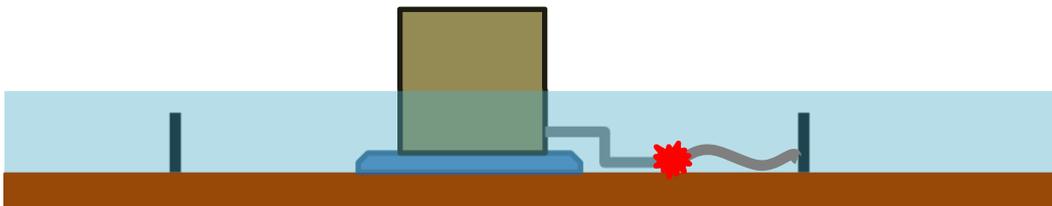


図2 被害形態イメージ②

③タンク本体、付属配管共に被害を受けるケース（68基）

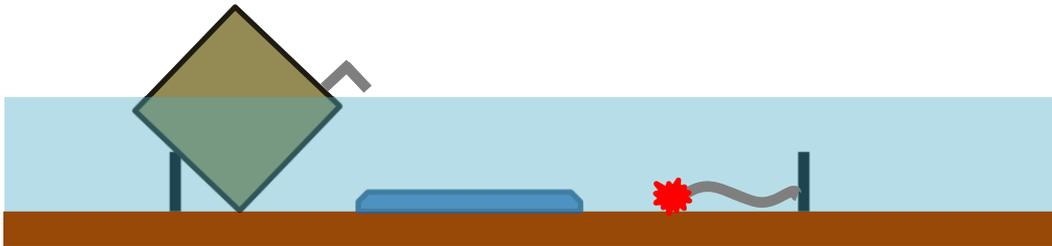


図3 被害形態イメージ③

津波を受けた屋外貯蔵タンクについて、タンクの許可容量、被災時の危険物貯蔵量、津波浸水深等の整理を行った（図4）。

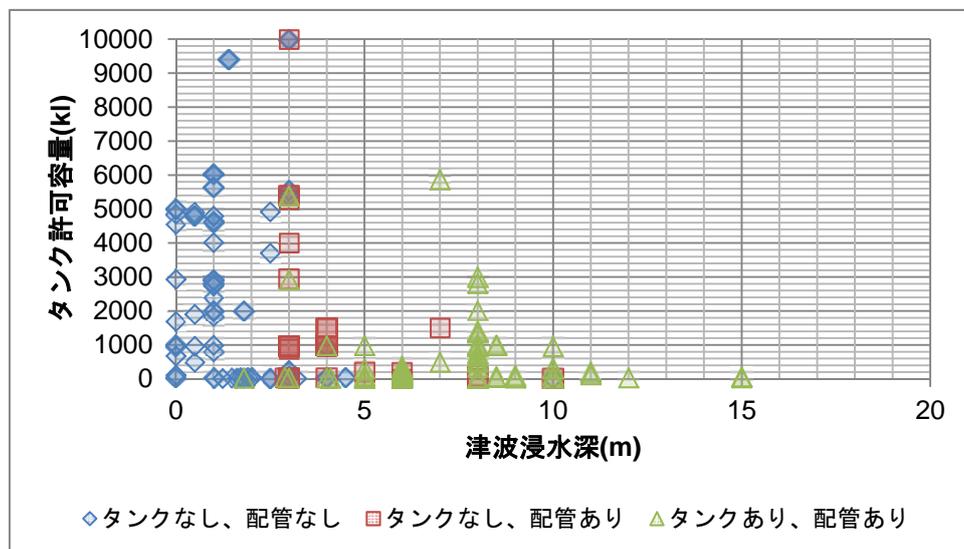


図4 津波による被害形態別の整理

配管の被害は、津波浸水深が概ね3mを超えたところから発生している。
 また、タンクの被害は、津波浸水深が概ね3mを超えたところから発生し始めており、7mを超えると被害の発生が顕著になる。なお、タンクの被害については、後述するように被災時における貯蔵量を考慮する必要がある。

2 津波浸水深に応じたタンク被害の整理

タンクの許可容量と被災時の貯蔵量との関係について、津波浸水深に応じた被害形態別の整理を行った。

(1) 浸水深 < 1 m

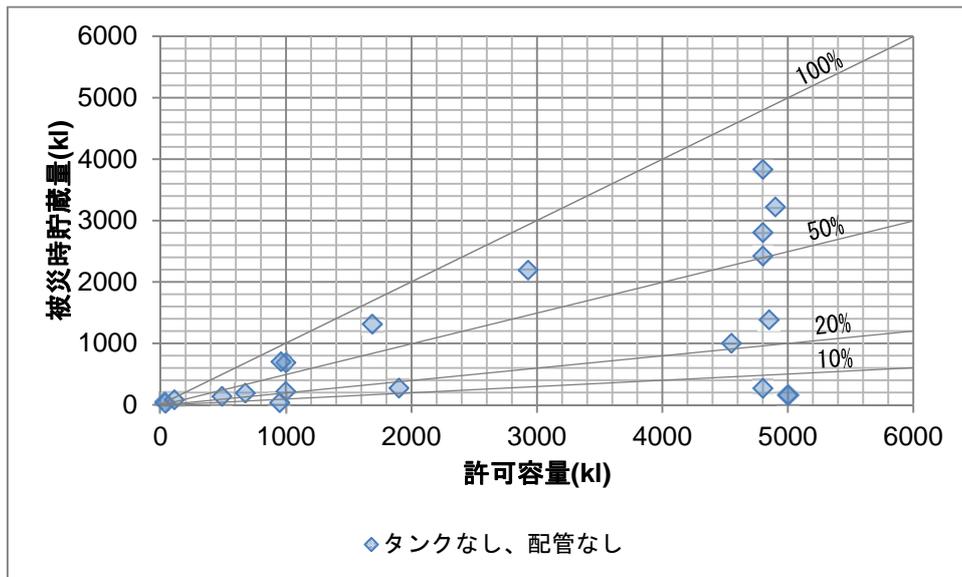


図5 津波浸水深1m未満におけるタンク・配管の被害

このケースにおいてはタンク本体、配管共に被害が発生した事例はない。

(2) 1m ≤ 浸水深 < 3m

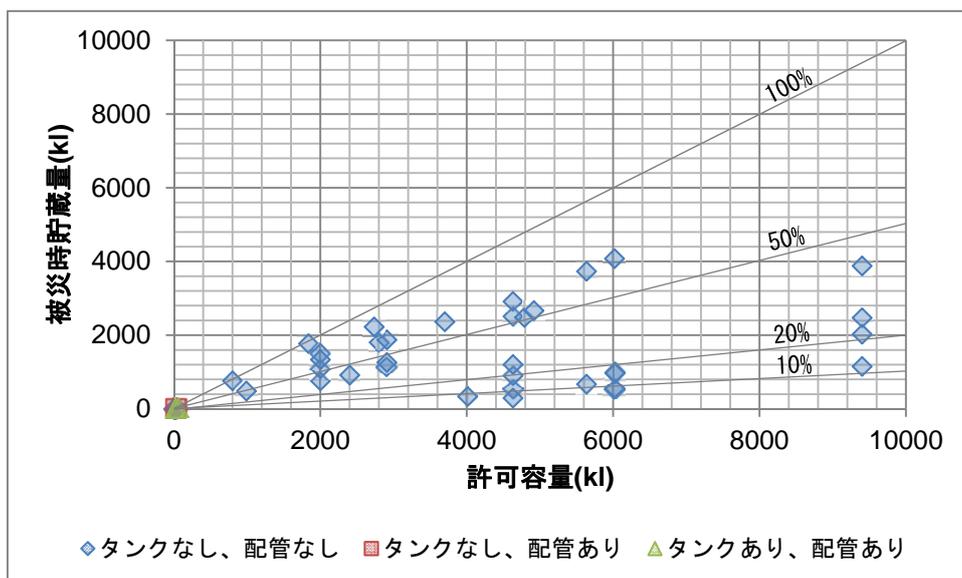


図6 津波浸水深1m以上3m未満におけるタンク・配管の被害

許可容量が小さなタンクにおいてタンク及び配管に被害を受けたものがあるが、ほとんどのタンク、配管では被害は発生していない。

(3-1) 3m ≤ 浸水深 < 5m (全対象タンク)

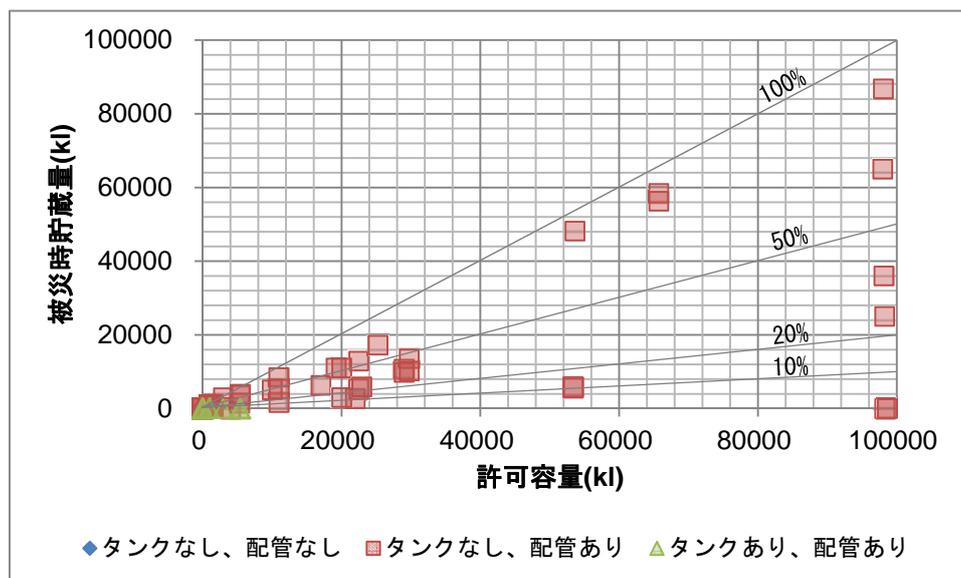


図7 津波浸水深3m以上5m未満におけるタンク・配管の被害 (全容量対象)

1で述べたように津波浸水深が3mを超えると、ほとんどの事例で配管に被害が発生している。

(3-2) 3m ≤ 浸水深 < 5m (許可容量10,000キロリットル以下)

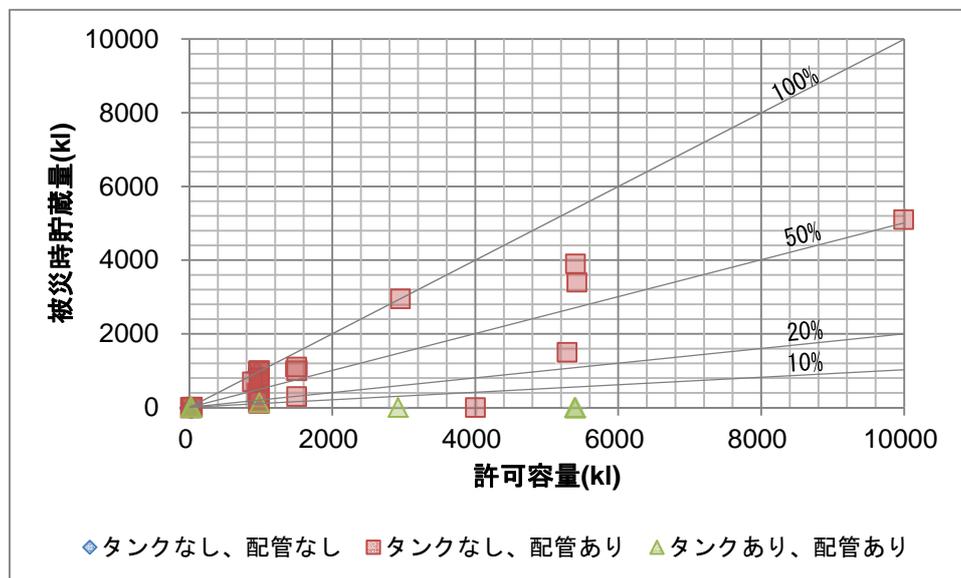


図8 津波浸水深3m以上5m未満におけるタンク・配管の被害 (容量10,000kl以下)

タンク本体に移動の被害が発生した事例は、許可容量が小さいものに限られるが、その中でも被災時の貯蔵量が空（もしくはほぼ空の状態）であったことがわかる。

(4) $5\text{ m} \leq \text{浸水深} < 7\text{ m}$

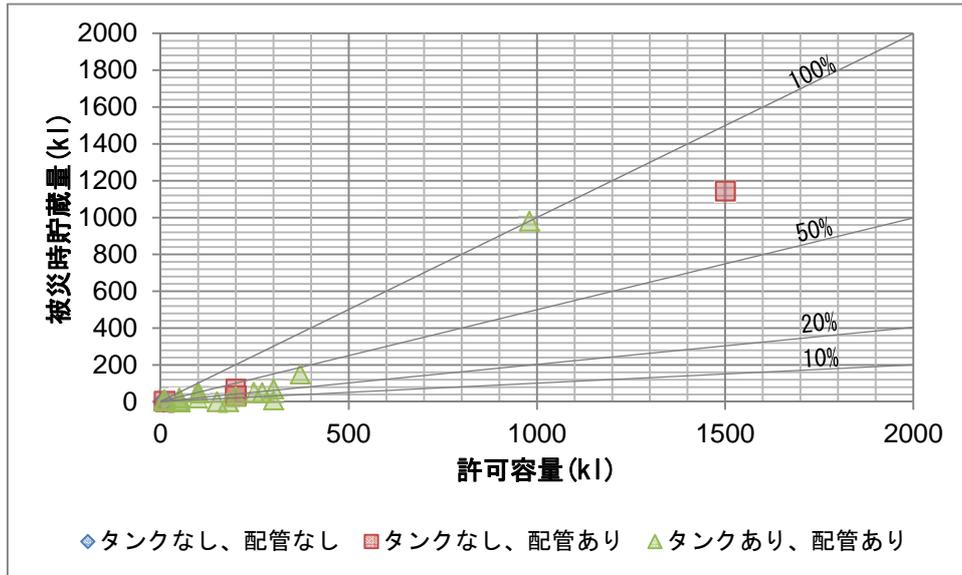


図9 津波浸水深5 m以上7 m未満におけるタンク・配管の被害

津波浸水深が5 mを超えると、多くのタンクに移動の被害が発生するが、比較的容量が大きく一定の貯蔵量があるタンクで移動の被害が発生していないものもある。

(5) $7\text{ m} \leq \text{浸水深}$

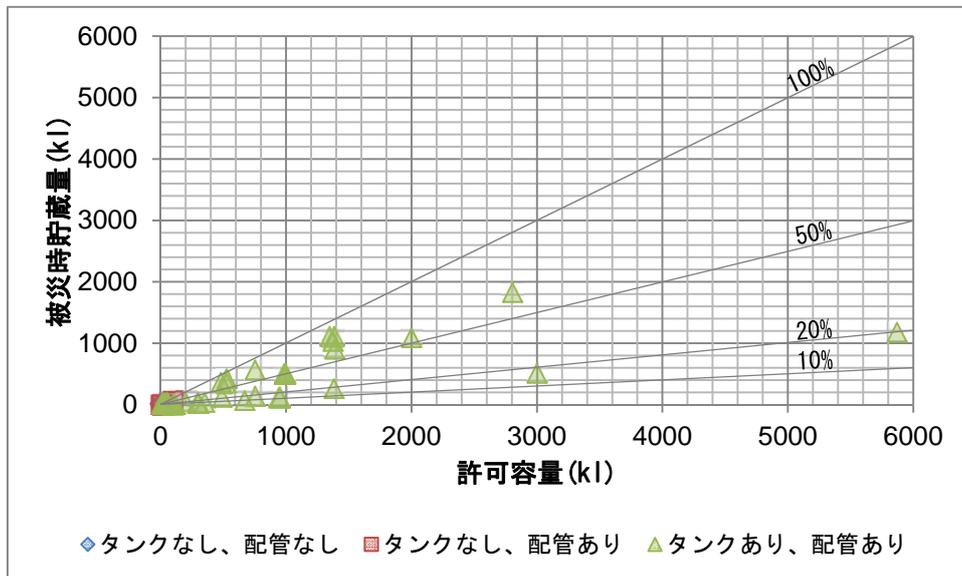


図10 津波浸水深7 m以上におけるタンク・配管の被害

津波浸水深が7 mを超えると、ほとんどのタンクに移動の被害が発生していることがわかる。ただし、許可容量が大きなタンクについてはデータが得られていない。

3 タンクの津波被害シミュレーション

これまでに提案されている津波による水平、鉛直波力の算定式を用いたタンクの津波被害シミュレーション結果と今回の被害実態を照らし合わせて、津波被害シミュレーションの妥当性について検証する。

(1) タンクに移動の被害があった事例

津波によってタンクに移動の被害があった事例の 68 基について、津波被害シミュレーションの結果との比較を行った(図 1 1)。

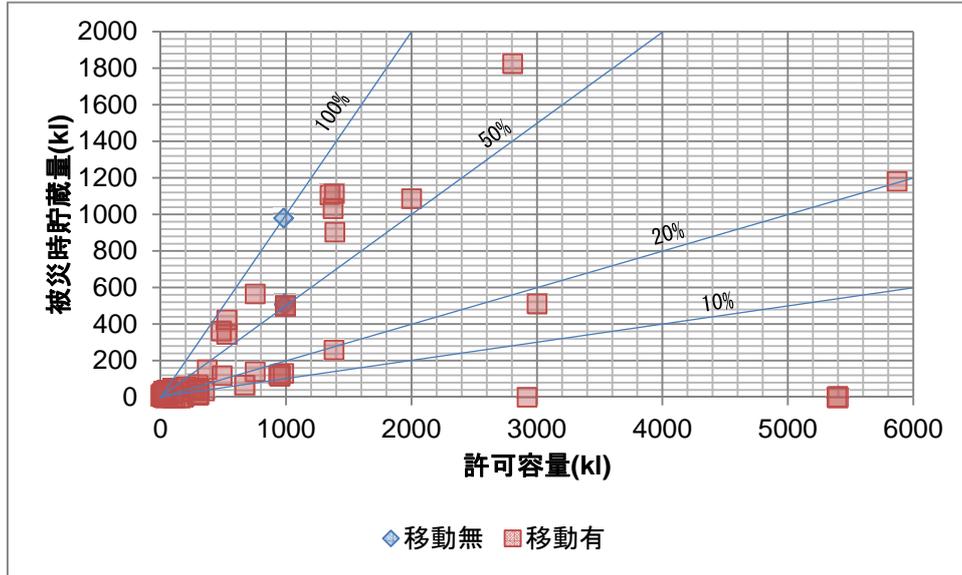


図 1 1 津波によりタンクが移動した事例とシミュレーション結果

津波被害シミュレーションでは、68 基中 62 基についてはタンク本体が移動する結果が得られており、高い相関を示している。

(2) タンクに移動の被害がなかった事例

津波によってタンクに移動の被害がなかった事例の 176 基について、津波被害シミュレーション結果との比較を行った(図 1 2)。

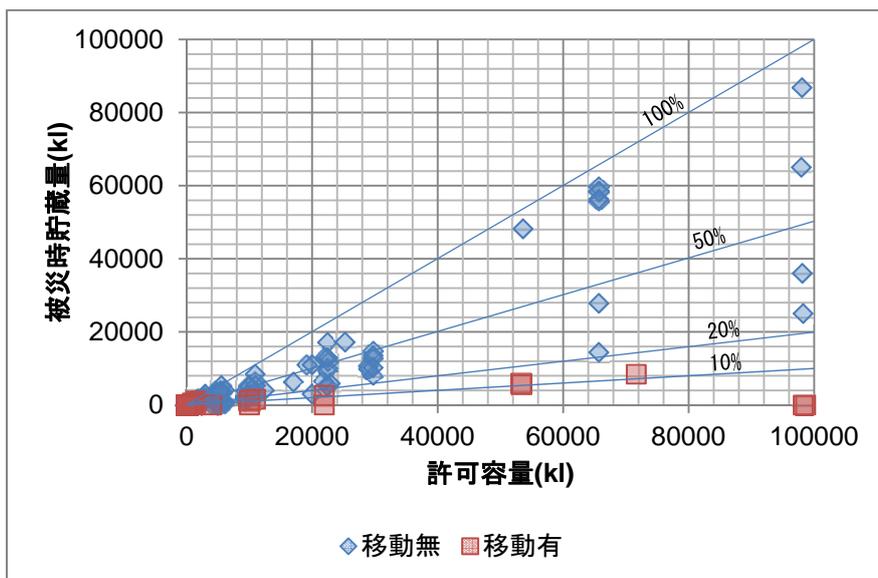


図 1 2 津波によりタンクが移動しなかった事例とシミュレーション結果 (全容量対象)

津波被害シミュレーションでは、176 基中 138 基についてはタンク本体が移動しない結果となった。

シミュレーションにおいてタンク本体が移動するとされたケース(38 基)は、タンクの許可容量が小さいもの及び被災時の貯蔵率が少ないものに限定されており、やや安全側の評価にはなっているが、良好な結果が得られている。

なお、許可容量が10,000キロリットル以下の部分を拡大すると次のようになるが、比較的小規模なタンクについても良好な結果が得られているといえる(図13)。

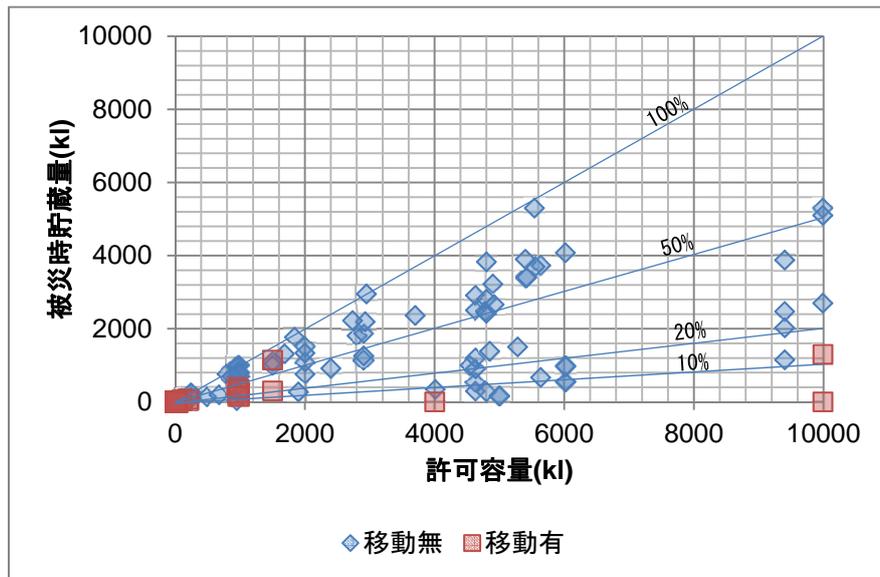


図13 津波によりタンクが移動しなかった事例とシミュレーション結果(容量10,000kl未満対象)

(3) シミュレーション結果の考察

津波でタンクが移動した事例については、シミュレーション結果と高い相関が見られた。また、津波でタンクが移動しなかった事例について、シミュレーションでは「移動する」と判定されるケースもあったが、その代表的なものは以下の場合である。

- ①比較的容量が大きなタンクが空(若しくは空に近い状態)の場合(38基中12基)
- ②タンクがアンカーにより基礎に固定されている場合(38基中12基)

以上のことから、これまでに提案されている津波による水平、鉛直波力の算定式を用いた津波被害シミュレーションは、やや安全側に評価する傾向はあるものの、タンクの被害を予測するツールとして有効であると考えられる。

4 緊急しゃ断弁の設置が必要な範囲

1で述べたように、配管の被害はタンクヤードにおける津波浸水深が3m以上の場合に顕著になることが明らかになっている。津波によるタンクの被害調

査において津波浸水深が3 m以上であったものについて、再度整理・分析を行う(図14)。

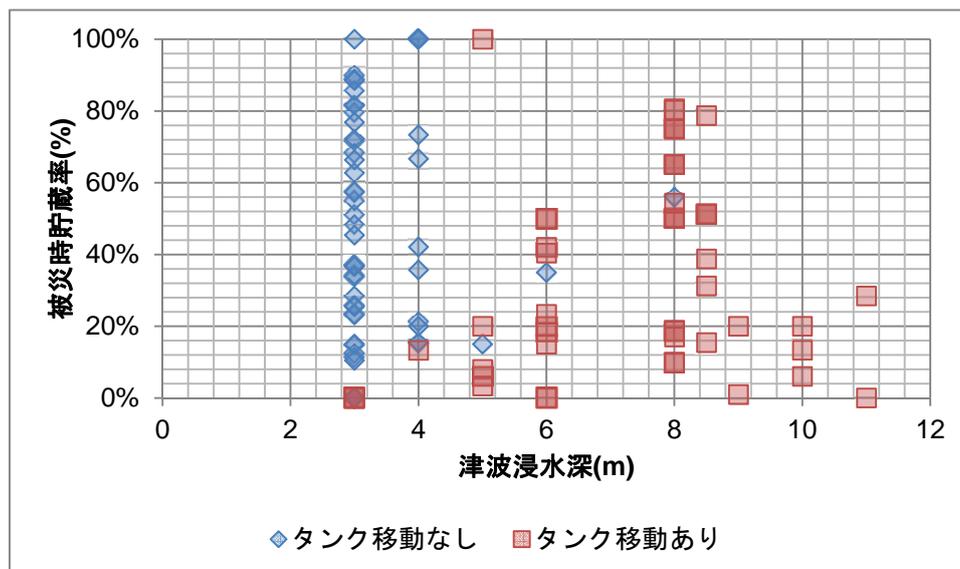


図14 津波浸水深3 m以上におけるタンク移動の有無

配管の被害を受けたタンクについて、津波浸水深と被災時の貯蔵率の関係を示した。タンクの移動がなかったケースについては、津波浸水深が3～5 mの範囲に集中していることがわかる。一方、津波浸水深が5 mを超えると多くのタンクは津波により移動してしまうことがわかる。

緊急しゃ断弁の設置により、津波によるタンクからの危険物流出を最小限にする対策として最も有効なケースは、タンクは移動しないものの配管が被害を受けるケースであると考えられる。このケースにおいては、津波が到達する前に弁を閉止することができれば、タンク内の危険物が配管を通じてタンク外に流出することを完全に防ぐことが可能であると考えられる。

津波によりタンク、配管共に被害を受けるケースにおいては、緊急しゃ断弁の設置によりタンク本体が密閉されることが期待される。タンクの移動が浮上を伴わずに防油堤内でとどまるような場合であれば、緊急しゃ断弁による流出防止効果はかなり期待できると考えられる。一方、タンクが浮上し防油堤をこえて漂流するような場合については、漂流に伴うタンク本体の破損等について現時点では評価できないため、緊急しゃ断弁の設置効果を評価することは難しい。

従って、津波によるタンクからの危険物流出を最小限にする対策としての緊急しゃ断弁の設置を求めるタンクの範囲について検討するにあたり、「タンクは移動しないものの配管が被害を受けるケース」についての分析結果を用いることとする。

津波で被災したタンクの事例のうち、タンクが移動しなかったものの配管が損傷したケースについて分析を実施した結果について、次に示す(図15)。

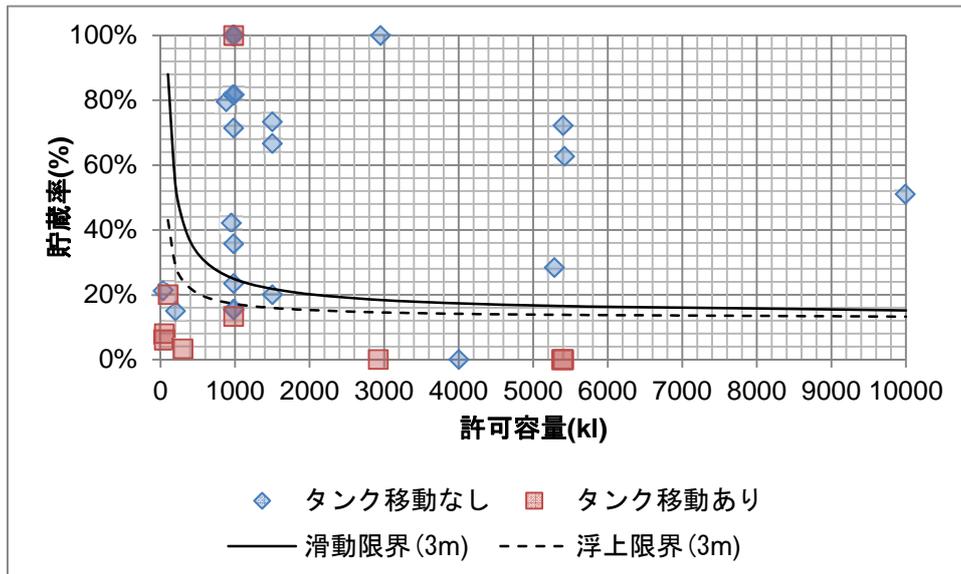


図15 津波浸水深3m以上におけるタンク移動の有無と津波被害シミュレーション

当該ケースは概ね以下の範囲において発生していることが分かった。

- ①津波浸水深は、およそ3～5mの範囲であること。
- ②タンクの許可容量は、およそ1,000キロリットル以上の範囲であること。
- ③被災時の貯蔵率は、およそ20%以上の範囲であること。

容量が1,000キロリットル以上の屋外タンク貯蔵所は「特定屋外タンク貯蔵所」として規定されており、当該タンクから危険物の流出事故が発生した場合においては、周囲に与える影響が甚大なものになることから、様々な観点から危険物の流出を防止するための技術基準が規定されている。

今回、津波によるタンクの被害を分析した結果についても、1,000キロリットル以上のタンクに対して緊急しゃ断弁を設置することは、津波対策として最も効果がある範囲であると整理されたことから、これまでの様々な危険物流出防止対策を踏まえたうえでも妥当であると判断するものである。

5 緊急しゃ断弁設置の対象とならないケース

今回検討している緊急しゃ断弁は、津波によるタンクからの危険物流出を防ぐ目的で設置を求めるものであることから、次に挙げるようなケースについては、容量が1,000キロリットル以上のタンクであっても緊急しゃ断弁を設置する必要がないと考える。

- (1) タンクヤードにおいて津波浸水深が3メートル以上となるおそれのない場合
- (2) 夜間、休日も含めて津波が到達する前に常にタンクの元弁を閉鎖することが可能な体制が構築されている場合

津波を想定した屋外タンクの危険物流出防止対策のあり方について

資料2-4

1. 目的

津波により屋外タンクからの危険物流出を最小限にするためには、地震発生後、津波到達前までにタンクの元弁を確実にかつ安全に閉止することが重要となることから、1,000キロリットル以上のタンクに対して緊急しゃ断弁の設置を提案している。

緊急しゃ断弁を確実に閉止するためには、万一地震により主電源を喪失した場合における予備動力源の確保が課題として挙げられる。

緊急しゃ断弁を安全に閉止するためには、タンクの用途や危険物の受入先、払出先の制約について考慮する必要がある。こうした条件は個々のタンクに応じて様々であることから、事業者が各タンク毎に制約を洗い出し、緊急しゃ断弁を安全に閉止するためのシーケンスについて明らかにすることが重要と考えられる。

地震発生後、津波が到達するまでの時間も重要な要素である。地震発生の30分後に津波が到達することが予想される場合、タンク元弁を閉止するのに50分かかるケースについては安全確実な弁の閉止が期待できない。このようなケースについては、制約条件等の可能な範囲においてできるだけ早く弁を閉止できる対策をとることが重要となる。

事業所において各タンクの現状について洗い出すことで、想定される津波に対する対応を検討することが可能となる。こうした検討結果を踏まえ、それぞれの事業所において有効な予備動力源のあり方、緊急時の対応について、再検討の材料としてもらい、今後の地震・津波対策の見直しを図ることが重要と考える。

見直された対策内容については予防規程等に明記し、津波を想定した訓練等を実施することにより、想定される地震・津波からの被害の軽減が期待される。

2. 検討のサンプル

緊急しゃ断弁を設置している事業所から緊急しゃ断弁閉止までの手順、閉止までの必要時間、最低人員等について調査を依頼し、得られた65の回答から7パターンをサンプルとして抽出し、津波被災時の対応について検討した。

パターン1：石油化学精製（作業人員4名）

パターン2：石油精製（作業人員2名）

パターン3：石油化学（作業人員4名）

パターン4：石油精製（作業人員6名）

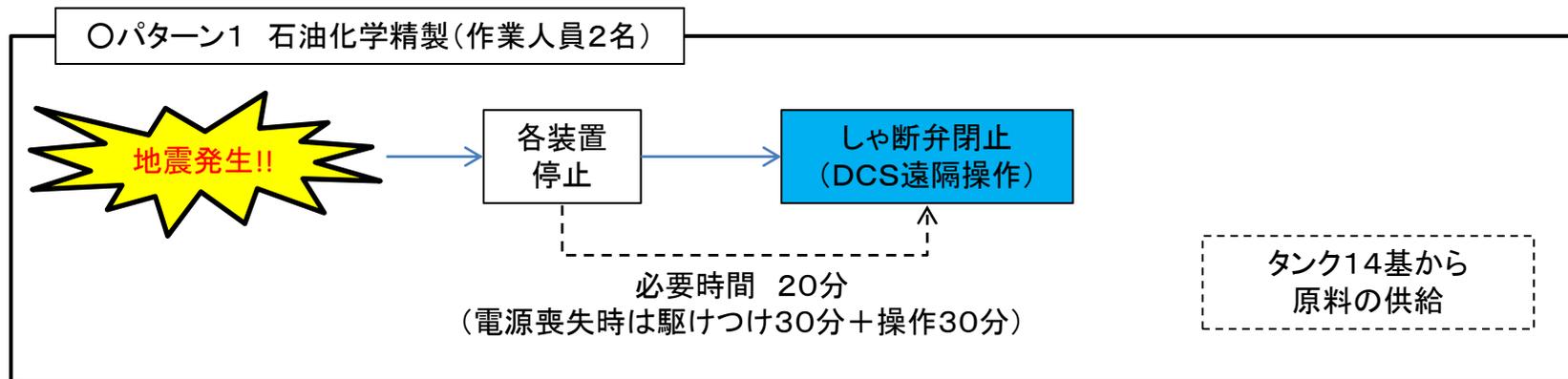
パターン5：電力（作業人員4～8名）

パターン6：油槽所（作業人員0名）

パターン7：石油化学（作業人員5名）

この7パターン以外にも様々な事例があるが、ランダムに抽出し検討の材料とした。

緊急しゃ断弁閉止フロー

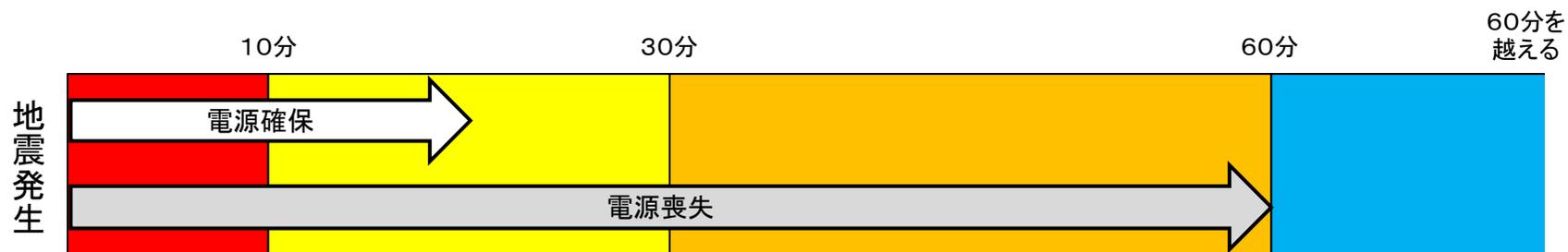


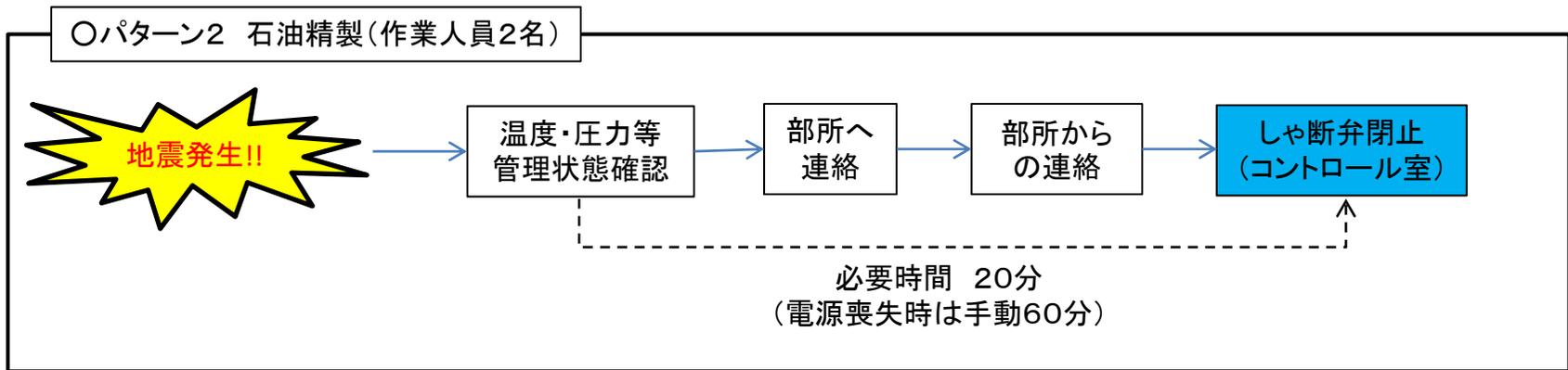
電源確保

- ・津波到達まで10分の場合 ……しゃ断弁閉止不可
- ・津波到達まで30分以上の場合……しゃ断弁閉止可能

電源喪失

- ・津波到達まで10分の場合 ……しゃ断弁閉止不可
- ・津波到達まで30分の場合 ……しゃ断弁閉止不可
- ・津波到達まで60分以上の場合……しゃ断弁閉止可能





電源確保

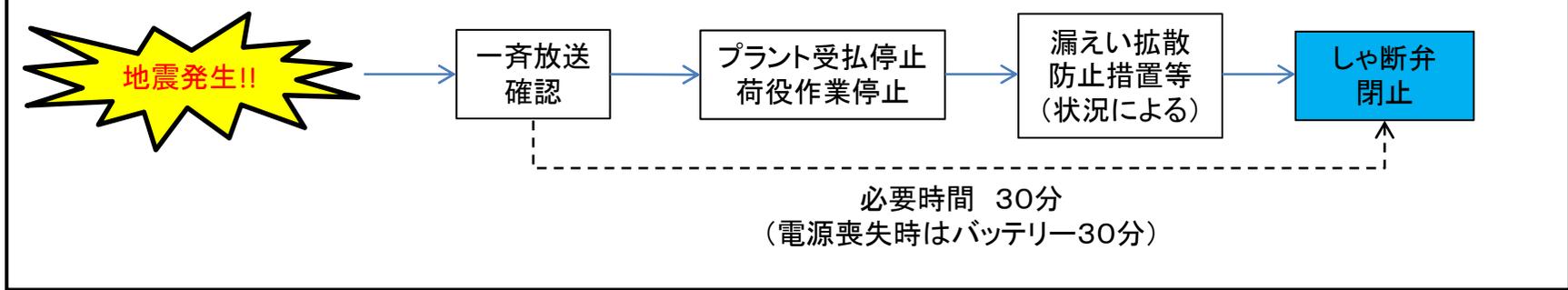
- ・津波到達まで10分の場合 ……しゃ断弁閉止不可
- ・津波到達まで30分以上の場合 ……しゃ断弁閉止可能

電源喪失

- ・津波到達まで10分の場合 ……しゃ断弁閉止不可
- ・津波到達まで30分の場合 ……しゃ断弁閉止不可
- ・津波到達まで60分以上の場合 ……しゃ断弁閉止可能

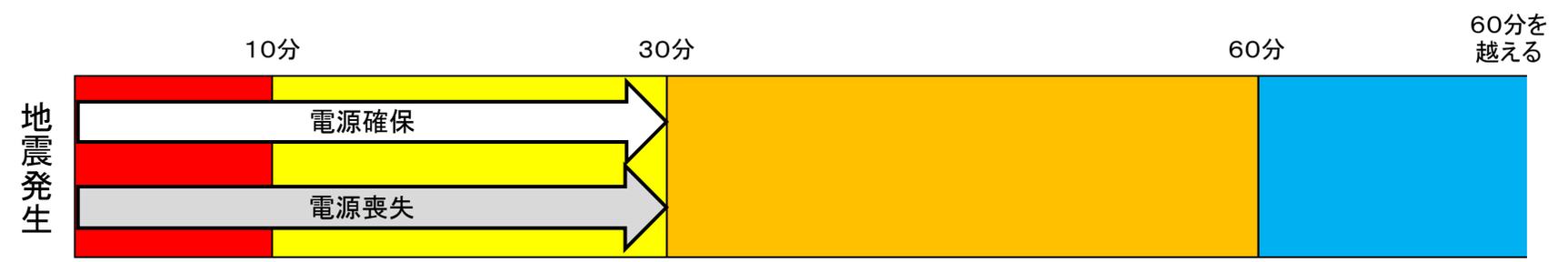


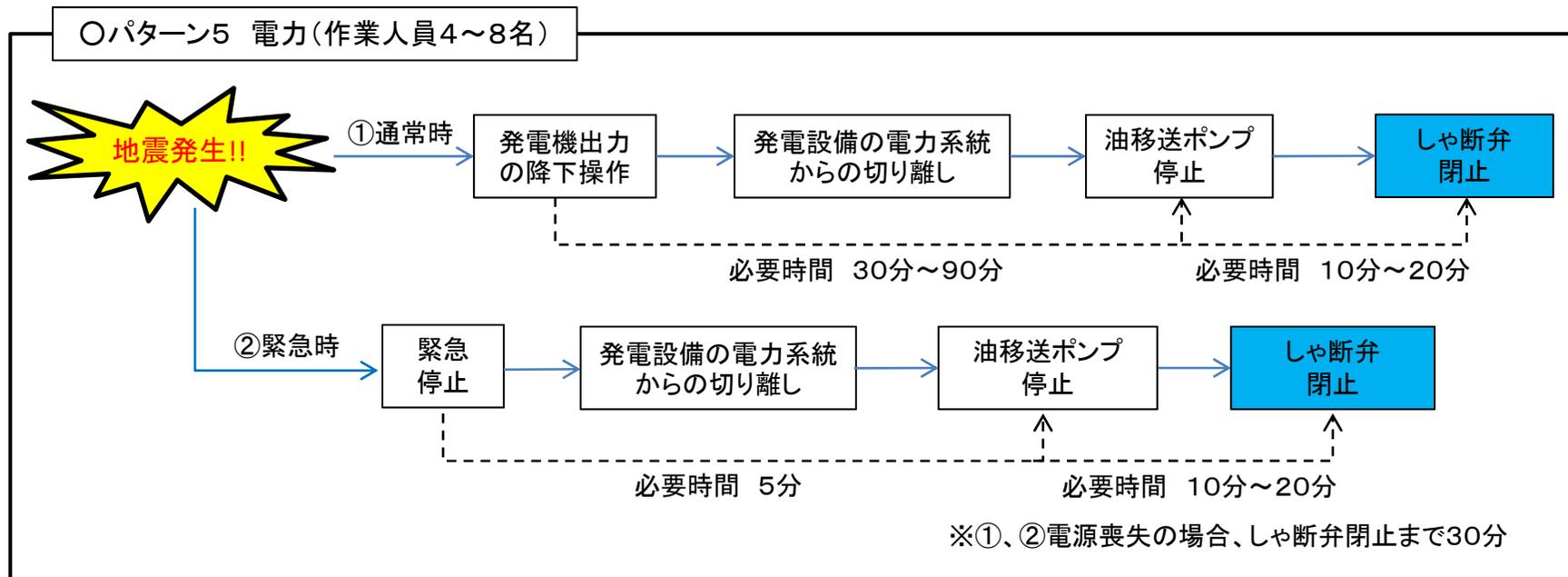
○パターン3 石油化学(作業人員4名)



電源確保
・津波到達まで10分の場合 ……しゃ断弁閉止不可
・津波到達まで30分以上の場合……しゃ断弁閉止可能

電源喪失
・津波到達まで10分の場合 ……しゃ断弁閉止不可
・津波到達まで30分の場合 ……しゃ断弁閉止可能



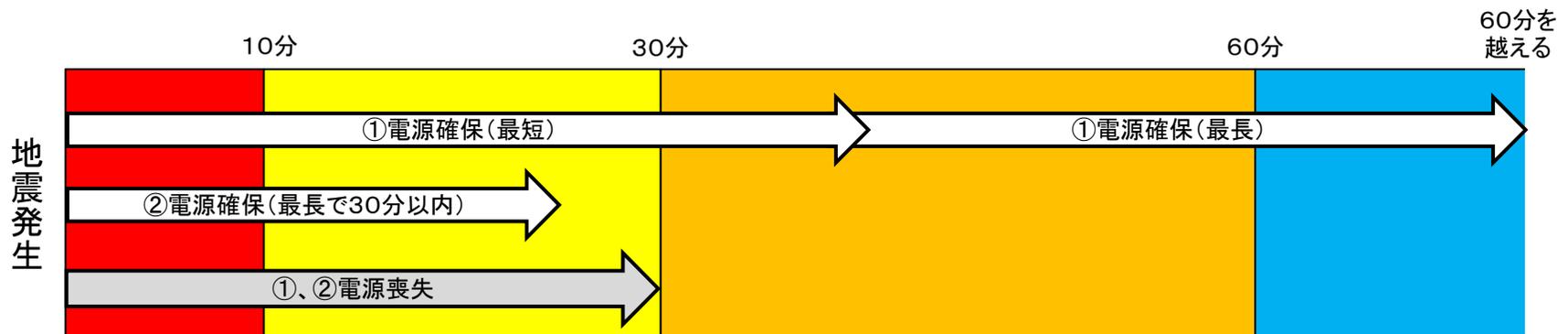


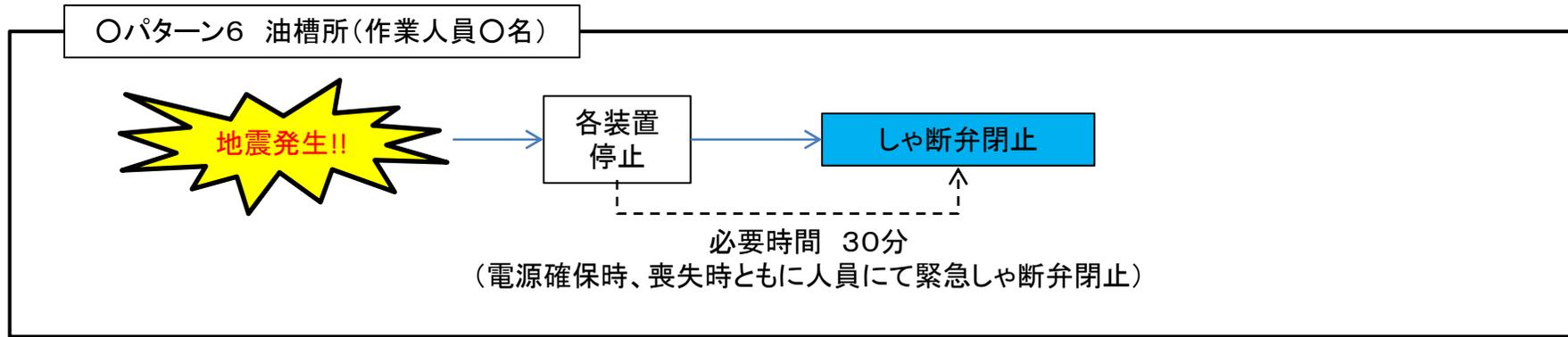
電源確保(①通常時)

- ・津波到達まで10分の場合 ……しゃ断弁閉止不可
 - ・津波到達まで30分の場合 ……しゃ断弁閉止不可
 - ・津波到達まで60分の場合 ……しゃ断弁閉止可能(必要時間による)
- ※電源喪失時は、30分以内での緊急しゃ断弁閉止可能

電源確保(②緊急時)

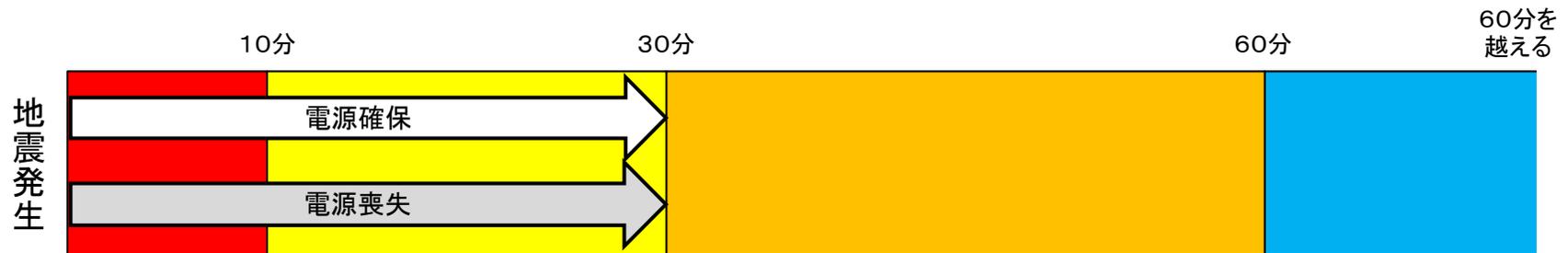
- ・津波到達まで10分の場合 ……しゃ断弁閉止不可
 - ・津波到達まで30分以上の場合……しゃ断弁閉止可能
- ※電源喪失時は、30分以内での緊急しゃ断弁閉止可能

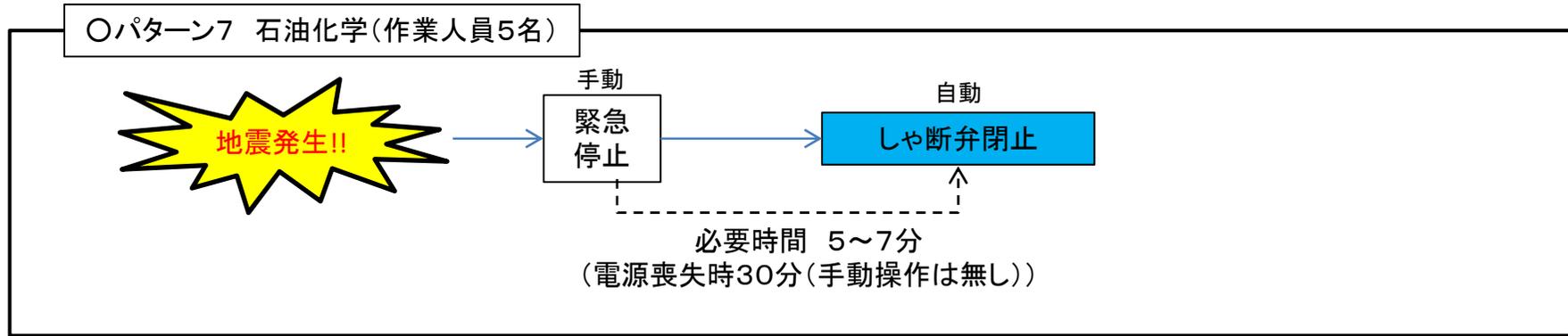




電源確保(①通常時)

- ・津波到達まで10分の場合 ……しゃ断弁閉止不可
- ・津波到達まで30分の場合 ……しゃ断弁閉止可能
- ・津波到達まで60分以上の場合 ……しゃ断弁閉止可能



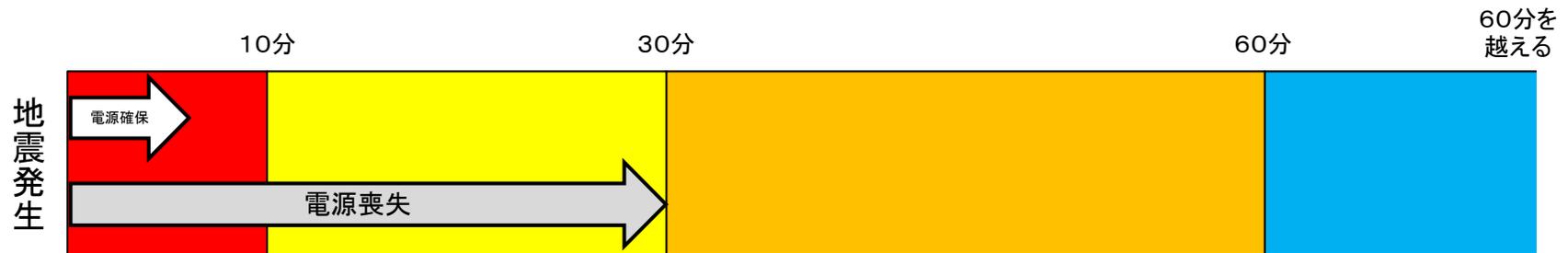


電源確保

- ・津波到達まで10分以内でしゃ断弁閉止可能

電源喪失

- ・津波到達まで10分以内 ……しゃ断弁閉止不可
- ・津波到達まで30分以上の場合 ……しゃ断弁閉止可能



緊急しゃ断弁閉止における課題と対策

1. 東日本大震災での津波最大波到達の最短時間は約30分であることから、30分以内に着目しどのような対応が可能か検証する。

○パターン1、パターン2

・電源喪失時には、緊急しゃ断弁の閉止不可能。

○パターン3

・電源確保に関わらず緊急しゃ断弁の閉止可能。

○パターン4

・30分以内での緊急しゃ断弁の閉止不可能。

○パターン5

・緊急停止措置により緊急しゃ断弁の閉止可能。

○パターン6、パターン7

・電源確保に関わらず緊急しゃ断弁の閉止可能。

2. 課題

・地震の影響で常用電源、予備動力源が使用不能となる可能性がある。

・津波到達時間までに閉止操作を行えない場合がある。

3. 対策

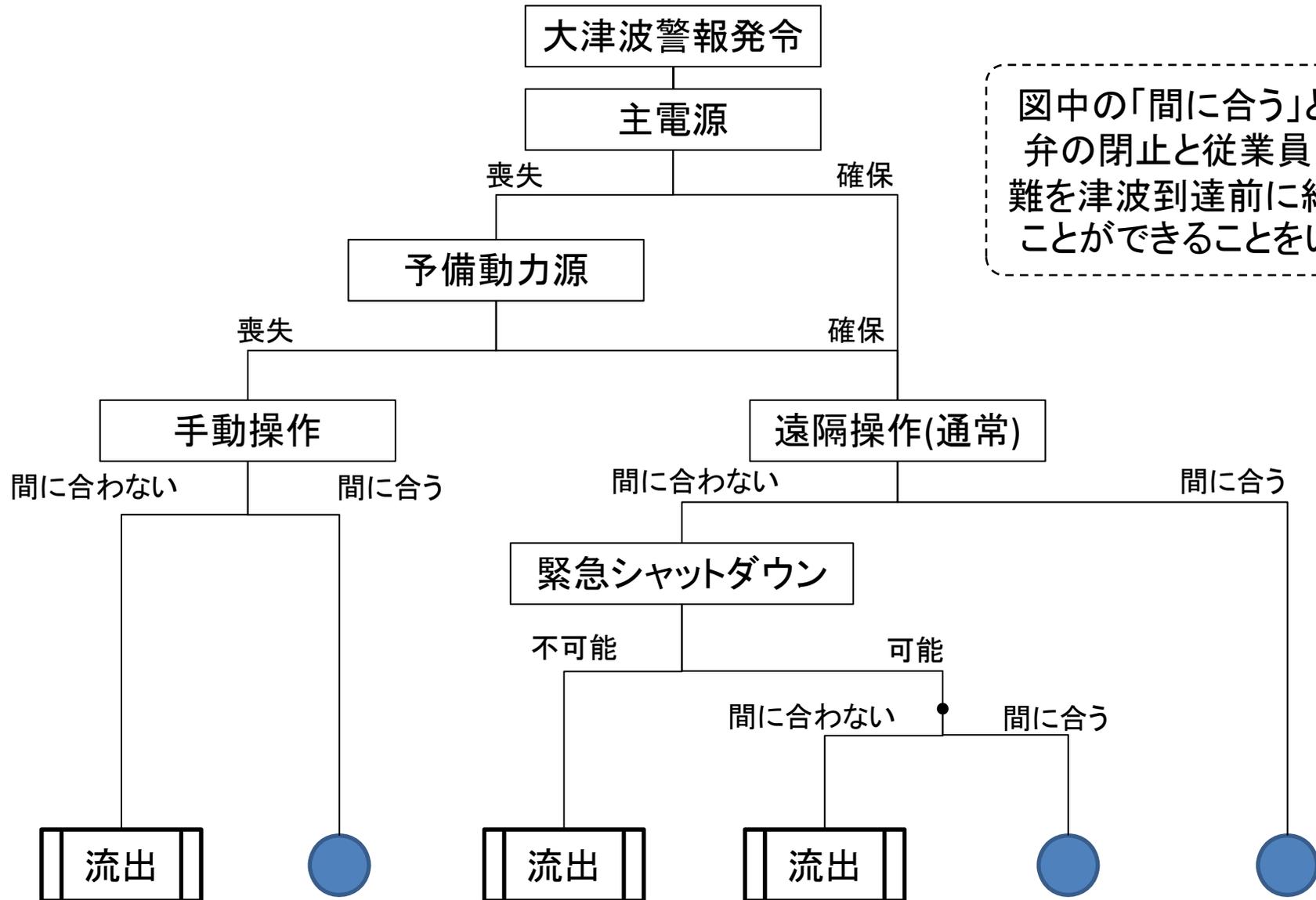
・各事業所の実情に合わせた常用電源、又は、予備動力源で確実に電源を確保できるようにする。

・電源が喪失することで緊急しゃ断弁閉止時間が大幅に伸び、閉止不可能となる場合は、確実に電源を確保する。

・緊急時の連絡体制、作業手順等の見直しにより、30分以内での閉止操作が可能か、また、30分以内でどのような対応が可能かを再検討する。

・緊急しゃ断弁閉止の難しい事業所において、時間の短縮が可能か、また、限られた時間での被害軽減について、どのような対応が考えられるかを見直す。

<参考> 津波発生時のイベントツリーの一例



図中の「間に合う」とは、
弁の閉止と従業員の避難を津波到達前に終えることができることをいう。

予防規程について

地震対策の一環としてすでに容量 1 万 k l 以上の屋外貯蔵タンクの配管にはタンクからの流出防止対策として緊急遮断弁の設置が義務付けられているが、今回新たに津波対策として危険物の流出量を減少させることを目的とした緊急遮断弁の設置を提案しているところである。

津波発生時において緊急遮断弁を閉止する場合には、必要な作業時間、閉止時期や方法等をはじめ、業態、事業所環境、工程などにより、二次災害の誘発や火災等出火原因につながる危険性を内蔵している場合も考えられる。

そのため、津波警報等が発令されてから津波到達までの時間内で、人命被害及び危険物流出被害を最小限にとどめるため、事業所の職員が実施することのできる最善の措置を、様々なケースを想定しより具体的に予防規程で定め災害時における作業を安全、確実、迅速に実施し早期避難が可能となるよう、その内容を予防規程に追加することとする。

(津波対策の予防規程への記載例 (案))

参考：() 内は説明用で記載文ではない。

<想定 1：津波到達まで 10 分の場合>

○タンクから船舶への出荷途中の場合

タンクの払出緊急遮断弁を計器室から遠隔閉止し、全職員○○事業所の屋上に緊急避難する。

(状況説明：遠隔操作により 5 分で緊急遮断弁は閉止可能。)

<想定 2：津波到達まで 30 分の場合>

○タンクから船舶への出荷途中の場合

タンクの払出緊急遮断弁を現場で手動閉止したうえで、事務所内の安全確認を行い全職員で○事業所の屋上に緊急避難する。

(状況説明：遠隔操作により 5 分で緊急遮断弁は閉止可能であるが、自動閉止できない場合は現場で閉止する作業に 15 分必要。)

<想定 3：津波到達まで 60 分の場合>

○移送取扱所における原材料供給作業の場合

関連部署と連絡調整を行い業務停止に向けた手順確認を行ったうえで、移送ポンプの停止及び緊急閉止作業を実施したのち、事務所内の安全確認を行い全職員で○○事業所の屋上に緊急避難する。

(状況説明：緊急遮断弁の閉止操作は、大量漏えい等異常現象発生時の想定で 10 分～30 分必要。)

<想定 4：津波到達まで 60 分を越える場合>

○移送取扱所における原材料供給作業の場合

関連部署と連絡調整を行い業務停止に向けた手順確認を行ったうえで、移送ポンプの停止及び緊急閉止作業を実施したのち、事務所内の安全確認を行い全職員で○○事業所の屋上に緊急避難する。

(状況説明：大量漏えい等異常現象発生時の想定は 10 分～30 分で緊急遮断弁の閉止作業は可能であるが、自動閉止できない場合は現場で閉止する作業に 20 分～60 分必要。)

移送取扱所における被害状況及び対策について

第2回検討会において示したとおり、被害の主たる原因が地震による場合と津波による場合とでは、危険物施設に与える被害状況が異なる。被災した移送取扱所は44施設であり、調査地域における全移送取扱所数587施設の約7.5%である。(平成22年3月31日現在)

1 地震による被害の詳細

移送取扱所において地震による被害を受けた施設数は19施設となっており、今回火災は発生していない。被災内容は破損15件、流出3件、その他1件である。

被災施設数	被災施設の主たる原因				
	地震				
	計	火災	流出	破損	その他
44	19	0	3	15	1

表 7-1 移送取扱所の地震による被害概要

被災内容	総施設数	施設数	被害概要
流出	587	3	フランジより漏えい(2) 配管移動(1)
破損		15	保温ずれ、配管シューずれ(12)
			パース沈下、隆起により使用不能、消火設備浸水(1)
			配管サポートねじれ(1) 配管が架台から脱落(1)
その他	1	液状化により配管架台が沈下、隆起(1)	

(流出の詳細な状況)

- 移送配管のフランジ接続部が地震動により緩み、油が漏えいした。
- 移送配管が軸方向と直角に移動したことにより、装置接続部から油が漏えいした。

(破損の詳細な状況)

- 保温材及び配管シューのズレが生じた。
- 配管が架台から脱落(落下)し破損した。
- 配管を設置している基礎が沈下し配管が変形した。

2 津波による被害の詳細

移送取扱所において津波による被害を受けた施設数は23施設となっており、今回火災は発生していない。被災内容は破損14件、流出2件、その他7件である。

被災施設数	被災施設の主たる原因				
	津波				
	計	火災	流出	破損	その他
44	23	0	2	14	7

表 7—2 移送取扱所の津波による被害概要

被災内容	総施設数	施設数	被害概要
流出	587	2	バージ出荷場の防油堤を含み 10m 四方幅で配管サポートを含み洗掘 バージ出荷場の防油堤を含み 10m 四方幅の洗掘により、建屋手前の移送配管フランジ部に負荷がかかり滲みが発生（1） ローディングアーム 2 基折損、受入配管 2 条折損、栈橋破損（1）
破損		14	配管破損、配管一部亀裂（1）、ポンプ破損、警報設備破損、拡声装置破損（1）、電気設備破損（1）、ローディングアーム破損（1）、保温材ずれ、配管シューずれ（1） 消火配管冠水、オイルフェンス等損傷（1）、ネットフェンス倒壊（1）、消火配管等破損、栈橋破損（1）、架台沈下・傾斜（1）、電気設備水・汚損（1） 土砂・瓦礫堆積（1）、土砂流出（1）、防油堤内土砂堆積（1）、配管基礎部の土砂流出による傾斜、建築物地盤損傷（1）
その他		7	ポンプ・モーター冠水（1）、ポンプ・モーター浸水（1） 汚泥集積、電気設備使用不可、ポンプ・モーター冠水（4） ポンプ水没（1）

<被災箇所の詳細な状況>

(流出の詳細な状況)

- 津波により栈橋等の設備（ローディングアーム）及び移送配管が破損したことにより、ローディングアームとの接続部から油が流出した。
- 周囲地盤の洗掘により、建屋手前（ポンプ室）の移送配管フランジ部に負荷がかかり油の滲みが発生した。



(その他の詳細な状況)

- ポンプ設備、モーター、電気設備などが冠水し使用できなくなった。

- 消火配管等消火設備が破損し使用できなくなった。
- 保有空地内や設備などへ土砂等が堆積した。

3 被害の判断ができない施設の詳細（地震か津波か判断不能）

移送取扱所において地震か津波か判断できない施設数は2施設となっている。いずれも栈橋設備であるローディングアームの破損及び移送配管の保温材及び配管シューのずれによる破損である。

被災施設数	被災施設の主たる原因				
	津波				
	計	火災	流出	破損	その他
44	2	0	0	2	0

表7—3 移送取扱所の被害概要（判断不能）

被災内容	総施設数	施設数	被害概要
破損	587	2	ローディングアーム破損（1） 保温材ずれ、配管シューのずれ（1）

4 移送取扱所における対策

（1）地震に対する対策

地震の揺れによる危険物施設の配管や危険物を取り扱う設備等が破損する被害が発生し危険物の流出被害が3件発生しているが、流出箇所はいずれもフランジ部分である。このことから地震時における二次災害防止のため、事業者において施設の基準適合状況や維持管理状況について再確認させる。

（2）津波に対する対策

ア 施設の位置、構造及び設備（ハード面）における津波対策

津波により移送取扱所の配管や設備等が破損する被害が発生し危険物の流出被害が2件発生しているが、流出箇所はいずれも附属設備との接続部又はフランジ部分である。

今回のような大規模な津波に対し、危険物施設のハード面に対する対策を講じさせることは事業者到大規模な防潮堤の設置等を課すこととなるが、個別の危険物施設における対策により津波による被害を軽減することには限界がある。

中央防災会議において設置された「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」の報告書（平成23年9月28日取りまとめ）では、津波被害を軽減するための対策について、「地震・津波に強いまちづくり」として、海岸保全施設等や多重防護としての道路盛土等の交通インフラの活用等による二線堤を整備する等の方向性が示されている。

これらのことから、津波に対するハード面の対策は、危険物施設のみならず、地域全体を視野に入れた総合的な対策が必要であり、危険物施設の事業者のみにその対策を課すことは適当ではないと考える。

イ 津波発生を念頭に置いた緊急停止措置等の対応に係る予防規程等への明記

津波発生時又は発生するおそれのある状況において、従業員等が避難する際の緊急停止措置等の対応について、予防規程に明記させる。

この場合において、施設を緊急停止することにより他の施設や設備に不都合が発生しないよう、緊急停止を行う際の安全確保についても留意する必要がある。