

■ はじめに

- 本検討部会は、南海トラフ巨大地震による石油コンビナート地区における被害想定、防災対策を検討するため、平成 24 年 9 月に設置された。
- 平成 26 年 2 月、短周期地震動による「危険物施設等の確率的リスク評価」や津波、長周期地震動による「危険物タンクの影響評価」、「連鎖と複合の考え方に基づいた被害想定シナリオ案」などを検討・整理し、それらを踏まえ、防災対策の基本目標(方針)、新たな防災・減災対策等を取りまとめ、第一次報告を行った。
- その後も、最新の知見をもとに、「地盤の液状化に伴う側方流動評価」、「高圧ガスタンク(可燃性)の被害想定」について審議するとともに、防災関係機関、事業者による「防災計画の進行管理の仕組みづくり」、「事業所のための津波避難計画作成指針の改訂」などについて助言を行ってきた。
- 東日本大震災が発生して、間もなく 5 年が経過しようとしている。大阪府内の石油コンビナート地区では、この未曾有の災害で得られた教訓を南海トラフ巨大地震の防災・減災対策に活かすため、特定事業者を中心に、従来の対策に加え、新たな被害想定を踏まえた対策が推進されている。
- 本地区は、エネルギーの供給基地であり、また、産業の基礎素材の生産基地として日本の経済活動を支えている重要な拠点である。危険物が集積する本地区の被害を最小化するため、引き続き、地震・津波や火災などへの備えに、総合的に取組む必要がある。
- 今回の報告で対策が求められることが明らかになった災害についても考慮の上、優先順位をつけながら、防災計画で定めた基本目標の実現をめざし、予防対策や訓練などの取組を実践する、防災の足し算を着実に進めていくことが重要である。
- 近い将来、南海トラフ地震が発生することは避けられない。今後も阪神・淡路大震災や東日本大震災の教訓を風化させることなく、計画の進行管理の仕組みなども活用し、防災本部を中心に、関係者による連携・情報共有・リスクコミュニケーションの拡充や諸課題の解決に努め、本地区全体の防災力向上を図られたい。

■ 第1章 被害想定

- 特別防災区域に係る災害は、石油等の漏洩・流出、火災、爆発その他の事故や、地震・津波その他の異常な自然現象により生じる被害をいう。危険物等による災害の発生や拡大を防止するためには、起こり得る災害についてあらかじめ把握し、各区域における危険物施設等の種類・規模等の実態や周囲の状況を踏まえたものとする必要がある。
- 平成26年2月の第一次報告では、南海トラフ巨大地震による新たな津波浸水想定等を踏まえ、短周期地震動による「危険物施設等のリスク評価」や津波、長周期地震動による「危険物タンクの影響評価」などの定量評価、一般地域への影響を考慮した「連鎖と複合の考え方に基づいた被害想定シナリオ案」をとりまとめた。
- 本報告では、第一次報告で課題とした「地盤の液状化に伴う側方流動」、「高圧ガスタンク（可燃性）への対応」について、引き続き東日本大震災におけるコンビナート地区での被害状況を踏まえつつ、科学的知見や消防庁の防災アセスメント指針等を参考に検討を進め、以下のとおり被害想定を整理した。

1-1 地盤の液状化による側方流動

南海トラフ巨大地震発生に伴う石油コンビナート地区における地盤の側方流動の可能性について、典型的な断面で二次元動的有効応力解析を実施し、影響を検証した。なお、解析は、危険物タンク等の施設がなく、液状化対策がなされていないとの前提で行っている。

詳細は第6回検討部会【資料2-1】を参照。

■評価対象

堺泉北臨海地区の典型的な護岸※及びその背後地盤

※本地区を代表する護岸形式は傾斜護岸

■評価方法

- ①地盤情報データ等により堺泉北臨海地区全体の土質資料を整理
- ②護岸形式や地盤条件、液状化危険度、土地利用に着目し、現地を調査した上で代表断面の候補（6断面）を選定し、簡易耐震診断
さらに消波ブロックの有無や堺地区、泉北地区の地盤条件の相違点なども考慮して、絞り込みを行い解析断面（3断面）を選定
- ③収集・整理した土質資料をもとに、解析モデル図を作成し、解析に必要な地盤定数を設定
- ④国資料より想定地震外力を抽出し、地震動波形データを作成
- ⑤上記データをもとに、地震応答解析（FLIP）を実施し、変形状況を精査

■評価結果

本地区では、南海トラフ巨大地震に伴う地盤の液状化により側方流動が発生するおそれがある。代表3断面での護岸及びその背後地盤における水平方向、鉛直方向の変形は次のとおり。

なお、側方流動に伴い地盤に地割れや段差等が発生する場合もあることに留意。

○主要ポイントでの変位

護岸位置及び護岸背後(25m、50m)での変位は以下のとおり。

水平変位は護岸から離れるほど小さくなり、鉛直変位は護岸から離れた位置で最大値を示す傾向。

(単位:m)

断面	護岸位置(x=0)		護岸から25m位置(x=25)		護岸から50m位置(x=50)	
	水平変位	鉛直変位	水平変位	鉛直変位	水平変位	鉛直変位
CASE1	1.53	0.61	1.22	0.85	0.70	0.89
CASE2	1.89	0.75	1.69	0.75	1.10	1.03
CASE3	0.31	0.28	0.01	0.40	0.00	0.39

注)水平変位=残留水平変位、鉛直変位=残留鉛直変位+消散沈下量+広域地盤沈降量

○最大変位(詳細は図1-1参照)

水平・鉛直変位とも3ケースの中でCASE2の値が大きく、その変位量は以下のとおり。

・水平変位:護岸位置付近で残留水平変位 1.89m

・鉛直変位:護岸位置から 52.5m~55.0m間で残留鉛直変位が最大となり 0.64mで、その地点での消散沈下量 0.14mと広域地盤沈降量 0.26mを加えた鉛直変位は 1.06m

【被害想定概要】

○指針等による評価

地震による地盤の液状化に伴い、側方流動現象が発生し、護岸やその背後地盤が、水平方向で最大 1.9m程度(海側)、鉛直方向で最大 1.1m程度(沈下)の変位※が生じるおそれがある。

※代表3断面での地震応答解析結果

○災害拡大の様相

側方流動により護岸及び背後地盤にある配管、防油堤等の施設に影響が及び、油類やガス等が流出するおそれがある。着火した場合、陸上・海上火災、爆発等の災害が発生する可能性がある。

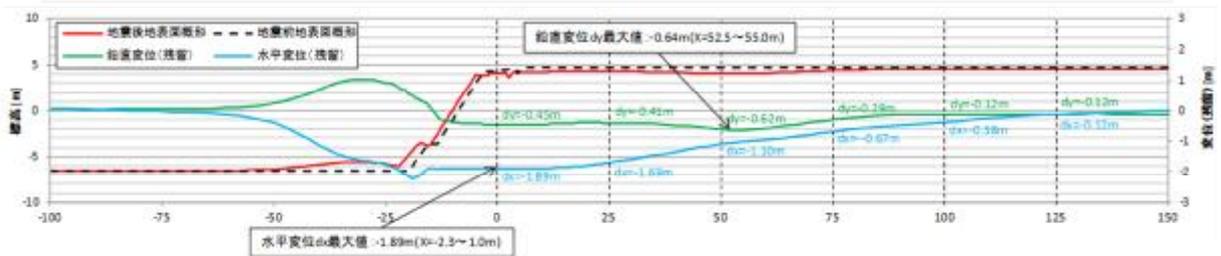
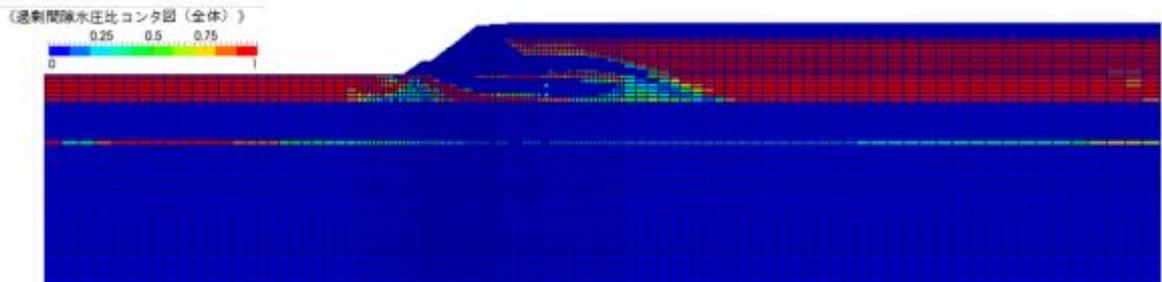
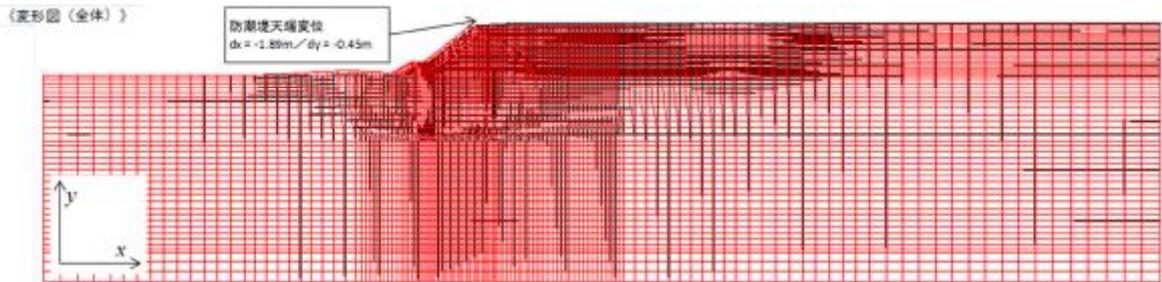
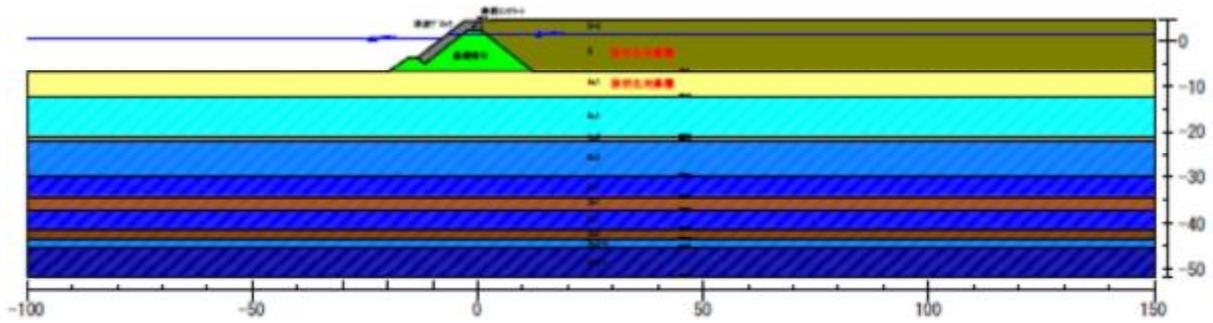


図1-1 CASE2 の地震応答解析結果

1-2 高圧ガスタンク(可燃性)

第一次報告では、高圧ガスタンク等の影響が一般地域に及び被害が発生する可能性があるとした。

それに対し、石油コンビナート区域内の事業所では、法令や大阪府石油コンビナート等防災計画に基づき、従来から取り組んできた災害予防対策に加え、東日本大震災以降は南海トラフ巨大地震による最大クラスの地震・津波を考慮したさらなる災害予防対策に取り組んでおり、地震・津波により事業所内の施設で漏えいや火災が発生しても、防災設備や防災活動がコンビナート区域内の防災・減災に有効に働くと考えられる。

また、事業所においては、東日本大震災で起きた LPG タンク爆発火災を契機に見直された球形高圧ガスタンクの耐震基準に従い、既存のタンクの鋼管ブレースの耐震対策も進められている。

【事業所で取り組んでいる災害予防対策例とその対策効果】

災害予防対策例	対策効果(現状)
緊急遮断弁の設置	タンクからの漏洩を防止(全ての高圧ガスタンクに設置済)
散水冷却	タンクの温度上昇防止(全て設置済)
球形高圧ガスタンクの鋼管ブレースの耐震対策	球形タンク倒壊による可燃性ガスの漏洩、火災発生防止 (基準適用されない既存タンクについても順次、耐震補強実施予定)
非常用電源の浸水対策	保安防災施設の電源確保
防液堤の耐震性の確保	漏洩した液化ガスの拡散防止

上記のような種々の対策が取られており、また、高圧ガスタンク(可燃性)での大規模災害の発生の可能性は、漏えいや火災などの単独災害が連鎖的複合的に重なり継続する場合にほぼ限定され、極めて低い。

このため、発生確率には言及せず、一定の条件下で「高圧ガスタンクで BLEVE 及びファイヤーボールが引き起こされる場合」を想定し、これまでの科学的な知見や国の防災アセスメント指針の評価手順を参考に、その影響について検討した。

■算定対象<参考資料2 参照>

可燃性ガスを大気圧沸点以上で貯蔵し、かつ、防液堤により個々仕切られていない高圧ガスタンク(堺・泉北臨海地区で全高圧ガスタンク 172 基中 83 基、その他地区なし)を算定対象とした。

■算定条件

○高圧ガスタンク(可燃性)の貯蔵容量が最大の時に健全なタンク本体が火災等の外的要因により破損し、BLEVE 及びファイヤーボールが発生したと仮定。

シナリオ例

非常に稀なケースではあるが、津波警報発令中のため漏洩停止作業ができない、消火活動(延焼防止)が長時間できない、想定以上の津波浸水により非常用電源が確保されないなど、タンクヤード内の健全なタンクの温度上昇を防止するための散水冷却ができないため、タンクが破損。

○防災アセスメント指針では、家屋や樹木等の障害物による影響を考慮していないため、本算定においても同様とする。

■算定項目の検討

①放射熱

高圧ガスタンク(可燃性)が BLEVE により破損した場合には、巨大なファイヤーボールが形成され、主に放射熱によって一般地域に影響を与えるおそれがあるため、防災アセスメント指針で示された式により放射熱とその影響距離を算定することとした。

なお、放射熱の影響については、想定されるファイヤーボールの継続時間を考慮して、放射熱強度を設定することとした。

②爆風圧

BLEVE に伴う爆風圧の影響については、人体より建屋等の構造物の方が脆弱と考えられているため、窓ガラスが割れる可能性があることに着目し、防災アセスメント指針の「表 5.23 爆風圧による被害」にある安全限界の値を参考として示すこととした。

なお、飛散物の影響については、防災アセスメント指針においても事前評価を行うことは事実上困難とされているため、算定項目から除外した。

■算定結果

①放射熱

ファイヤーボールによる放射熱について、 $4.5\text{kW}/\text{m}^2$ の放射熱が到達する可能性があるのは、浜寺水路付近の海岸線から最も遠いところで約3kmの地点である結果となった。

なお、 $4.5\text{kW}/\text{m}^2$ とは、約 30 秒間の曝露により肌の露出部分がやけどをする可能性がある強度であるが、ファイヤーボールの放射熱の強度は、時間とともに変動し、最大強度に達した後、徐々に低下するとされているため、最大強度の継続時間は、ファイヤーボールの継続時間に比べ、短時間であると考えられる。(ファイヤーボールの継続時間は最長 30 秒程度)

また、仮に BLEVE 及びファイヤーボールが発生するとしても、爆発時のタンクの貯蔵容量は最大でない可能性が非常に高い(一般的には、タンク内の液面が低く、気相部に接している部分が火炎による熱で脆弱化した場合にタンクが破損する)と考えられるため、実際の放射熱は算定結果より小さいと予想される。

②爆風圧

BLEVE に伴う爆風圧も、最大想定で安全限界(この値以下では 95%の確率で大きな被害はない)及び推進限界(物が飛ばされる限界)である 2.1kPa の爆風圧が到達する可能性があるのは、浜寺水路付近の海岸線から最も遠いところで約 1.5kmの地点である結果となった。

なお、 2.1kPa とは、窓ガラスの 10%が破壊される可能性がある強度であるが、それ以下の爆風圧でも窓ガラスは割れる、逆にそれ以上の爆風圧でも窓ガラスは割れない可能性もあるので、あくまで参考値とした。

1-3 新たな長周期地震動の知見

平成27年12月に内閣府から「南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告」が示された。

(1) 危険物タンクのスロッシング対策について

消防庁に設置された有識者会議「屋外タンク貯蔵所の耐震安全性に係る調査検討会」において、長周期地震動の推計結果を踏まえて危険物タンクへの影響を精査し、長周期地震動への対策について調査検討することとされており、その検討結果を踏まえ、関係機関とも連携しながら適切に対応する必要がある。

(2) 浮き蓋付特定屋外貯蔵タンクに係る耐震対策について

危険物の規制に関する政令、危険物の規制に関する規則等の一部を改正する政省令及び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等の一部を改正する件が平成23年12月に公布され、浮き蓋付特定屋外貯蔵タンクに係る耐震基準(浮き蓋の耐震補強)適合の法定期限が、平成36年3月31日となっている。

本対策については、第一次報告でスロッシング被害対策として、前記基準への早期適合の重要性を指摘したところであるが、現状把握の上、課題等をあらかじめ整理し、防災計画の進行管理において、対策の進捗状況を把握することが望ましい。

■ 第2章 防災・減災対策

- 防災・減災対策の検討にあたっては、第一次報告で示した被害想定に加え、「地盤の液状化に伴う側方流動」、「高圧ガスタンク（可燃性）の被害想定」に対応した次に示す対策等を考慮し、引き続き、重点化や優先順位づけに配慮しながら、着実に取り組みを進める必要がある。
- 第一次報告で求めた計画の進行管理について、事業者や防災関係機関の協力のもと具体的な取組みが進められようとしている。以下で示す進行管理のしくみの考え方をもとに、関係者が連携・協力して計画の実効性をより高め、基本目標（方針）の実現に向け努められたい。
- 事業者のための津波避難計画の作成指針の改訂にあたり、基本的な考え方等について助言を行ったところである。本指針をもとに、事業所では避難計画の見直しが進められているが、今後も積極的に防災教育や防災訓練を実施するとともに、訓練で計画を検証することなどにより、さらに実践的なもの改善していくことが重要である。

2-1 側方流動の抑制対策等

前章1-1の被害想定をもとに対策工法を検討の上、地震応答解析（FLIP）を実施し、対策効果を検証した。

①対策工法

護岸や背後地盤の液状化の抑制対策となる代表的な工法として、深層混合処理工法（地盤を固結）、薬液注入工法（過剰間隙水の移動を抑制）、締固め工法（地盤の密度を増大）がある。

②対策効果＜参考資料3、参考資料4 参照＞

既存の施設が立地する現場での施工性を考慮し、深層混合処理工法による効果について検討した。

改良範囲を(1)護岸直背後0～50m、(2)護岸背後50m～100m、(3)護岸直下の3ケース設定し、検証したところ、(1)及び(2)の対策では、主に背後地盤の沈下量の抑制に、また(3)の対策では、護岸と背後地盤の水平変位の抑制に効果がある。

③その他対策

側方流動発生に伴う災害やその拡大様相は、これまでの短周期地震動、津波等の災害想定で示した内容と共通部分があり、次のような具体の対策も側方流動による被害の軽減対策として有効である。

○危険物タンク等への緊急遮断弁の設置

○配管等からの流出防止のためにフレキシブルチューブを採用 等

【対策案】

- 事業所において、本評価の手法や結果を参考に、側方流動の可能性について必要に応じて即地的に調査を実施する。
- 危険物施設等への影響や災害発生のおそれがある場合には、被害の軽減対策として、必要に応じて地盤の液状化対策やその他の対策（危険物タンク等への緊急遮断弁の設置等）を実施する。
- 防災本部は、事業所の取り組み状況（調査結果や対策内容など）を把握し、今後の対応を検討する。

2-2 高圧ガスタンク(可燃性)対策

特定事業所において出火や漏洩等の異常現象が発生したときには、特定事業所は消防機関へ、消防機関は防災本部等へと直ちに通報する。また、防災本部は入手した情報を必要に応じて他の関係機関に連絡するという体制が、防災計画の「異常現象の通報及び災害情報の収集伝達」において定められている。

この通報・連絡体制に基づき、防災関係機関は、迅速かつ的確な災害応急活動を実施するために必要な情報の収集、伝達等を行い、その対応について総合的に判断する。

被害想定で算定した放射熱や爆風圧の強度は、海岸線に近いほど強くなるものの、以下に示す行動例のような回避行動を発災時にとることで、その放射熱は通常の日光と同じように直接遮断でき、また、爆風圧による間接的な負傷も回避することができるため、市民に対しては情報を正確に伝えた上で、大地震・津波に伴う適切な避難行動の一環として、啓発・訓練などを実施しておくことが望ましい。

<行動例>

- ・津波避難などで、屋外に出る場合には、「できるだけ肌の露出をなくす」
- ・屋外にいて熱を感じた場合には、「頭部等を物で覆う」、「木陰や建築物等の物陰に隠れる」
- ・屋内にいる場合には、「窓ガラスの破片により負傷しないよう、窓際を避ける」

【対策案】

- 防災関係機関は連携して、住民等が適切な回避行動をとれるよう、あらかじめ注意喚起の周知徹底を図り、安心・安全の確保に努める。

2-3 事業所のための津波避難対策の基本的な考え方

大阪府では、平成 25 年8月に新たな津波浸水想定等が確定したことを受け、特別防災区域内に立地する全ての事業所を対象とし、地震・津波の発生直後から津波が終息するまでの間について、従業員をはじめ事業所内のすべての人が安全に避難するために実施すべき内容について、津波避難計画作成指針(案)を改訂した。

この指針(案)をもとに、事業者自らが津波避難計画を作成し、定期的に避難訓練等を行うとともに、結果を検証し、その内容について適宜見直しを行っていくことが望ましい。

津波避難計画作成指針(案)の基本的な考え方を以下に示す。

(1)対象とする津波と範囲

①対象とする津波

南海トラフ巨大地震による最大クラスの津波とする。

②対象とする範囲

対象エリアは特別防災区域内とし、そこに立地する全ての事業所を対象とする。

また、内容については、地震・津波の発生直後から津波が終息するまでの間に実施すべき事項を対象とする。

(2)津波避難に関する基本方針

○南海トラフ巨大地震の発生時には、津波以外にも様々な災害が起こる可能性があるが、津波による浸水への対応を最優先に考えることを基本とする。

○従業員等が可能な限り浸水区域外へ安全に避難(以下「水平避難」という。)することを原則とする。

○水平避難することが望ましいが、浸水区域外までの距離が長い場合や、施設の緊急停止措置を行うために浸水区域外への避難が間に合わないと思われる場合には、浸水深より高い安全な場所に一時的に避難(以下「垂直避難」という。)する。

○避難者の集中による交通混雑・事故等により、渋滞や移動の危険性が高まると考えられることから、原則として、避難は徒歩や自転車によるものとする。

(3) 避難に際しての留意事項

【避難場所等に関すること】

○地震による建物や構造物の倒壊、地盤の液状化等により、避難経路の機能が損なわれる場合がある。また、一定の発生確率が認められる危険物タンク等の火災、爆発及び毒性ガス拡散により避難経路が寸断されるおそれもあるため、あらかじめ複数の避難場所及び避難経路を設定しておく。

○地震発生後、速やかに避難経路となる主要道路の状況を把握し、避難途中で孤立せず、確実に避難できるよう、地区ごとに集約して情報を共有できる情報入手・伝達体制を整備しておく。

○一時避難場所は、想定される地震に応じた耐震構造の建屋であることを確認しておく。

○避難が長期に及ぶおそれがあるため、その間に必要となる食料その他必需品を一時避難場所に備蓄しておく。

○従業員以外についても確実に避難できるように事業所内の体制を確立しておく。

○自社内に一時避難場所を確保できない場合には、近隣の事業所との間で避難に関する協定を締結

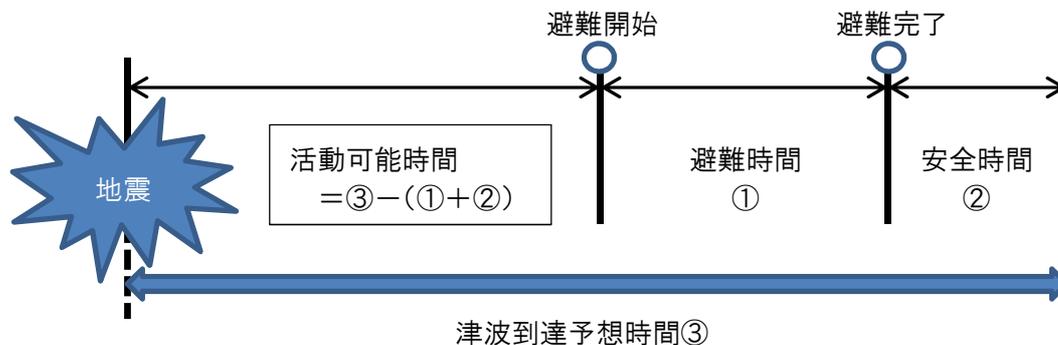
するなどにより、予め一時避難場所を確保しておく。

○外出時には無理に帰社せず近くの一時避難場所を利用する。

【緊急停止措置に関すること】

○製造設備等の緊急停止の活動時間は、津波到達時間に応じて避難時間や安全時間を確保するなど、人の安全を第一に置いて決めておく。

＜考え方：緊急停止措置の活動可能時間が経過すれば措置途中でも避難開始＞



○緊急避難が必要な場合に持ち場を放棄しても責任は問わないことを社内規定等に明文化しておく。

○被害予防対策の立案にあたっては、事業所で働いている従業員が少ない休日、夜間の想定も含め、その立案した緊急措置の訓練を定期的を実施しておく。

【未浸水箇所の活用に関すること】

○津波発生後の消防機能確保に向け、自衛消防車を浸水から回避するため、未浸水箇所を活用することも検討する。

(4) その他留意事項

地震・津波の想定と特性を踏まえた地区ごとの避難の考え方があるので、津波避難計画は、自社の立地する地区の特性を十分に理解した上で作成する必要がある。

また、津波到達時間は、想定モデル以外の津波が発生した場合には、到達時間が早くなる可能性もあることに留意しておく必要がある。

2-4 計画の進行管理の仕組み

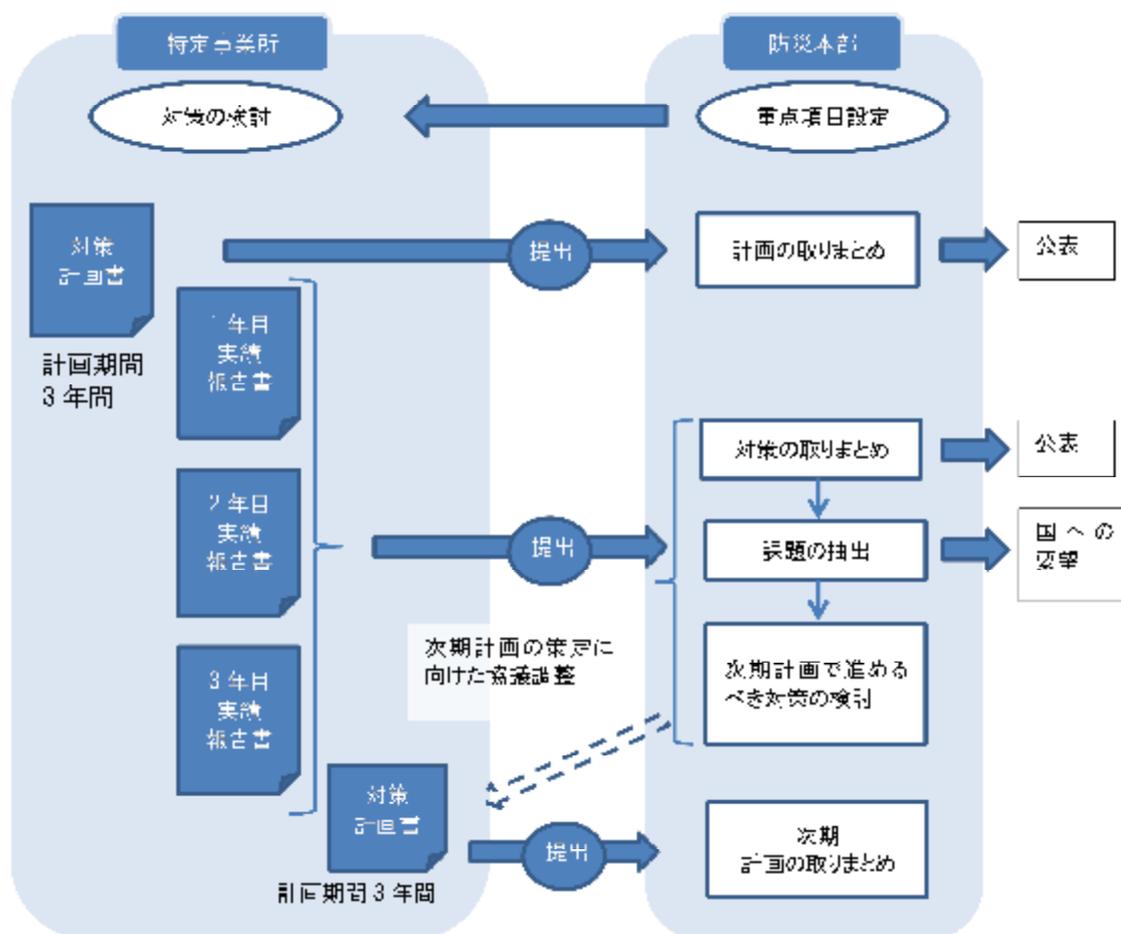
これまでも防災計画に基づき、様々な取組みが進められてきたが、南海トラフ巨大地震による災害想定等を踏まえ、対策をより一層充実強化するとともに、防災計画を着実に推進し実効性を高めるため、防災本部と特定事業所が協力し、以下の仕組みにより、進行管理を行っていくことが望ましい。

(1) 基本的な考え方

防災本部は、特別防災区域内の特定事業所の協力のもと、各事業所の設備改修の計画書(以下、「対策計画書」という。)を取りまとめ、毎年、その進捗状況を把握・公表するとともに、課題を抽出しながら、次期計画に向けた重点対策を検討する。

(2) 進行管理の流れ

- 防災本部は、重点項目の設定について協議調整し、特定事業所は対策を検討。
- 特定事業所は、3か年の対策計画書を提出。
- 防災本部は、特定事業所の対策計画書を取りまとめ、公表。〈参考資料5、6〉
- 以降、毎年、対策の実績報告書を提出。
- 提出される実績報告書により、毎年、対策の進捗状況を把握し、その概要を公表。



■ おわりに

本検討部会では、石油コンビナート等地区における地震・津波時の被害想定及び防災対策について審議するため、7回の会議を開催し、審議結果を二回の報告にとりまとめた。第二次報告では、第一次報告で残る課題とした被害想定やソフト対策に係る重要な事項を整理しており、両報告により南海トラフ巨大地震を想定した防災・減災対策の推進に向けた全体像を提示できたものと考えている。

防災本部においては、本報告を踏まえ、防災計画の修正に取り組まれない。また、災害発生に備え、情報伝達・情報共有の徹底など、関係者が一体となった取り組みをさらに推進されたい。なお、今後も最新の科学的知見を積極的に収集して検討を進め、防災・減災対策を適宜見直していく必要があることを申し添えておく。

最後に、本検討にあたって、ご協力をいただいた事業所や関係防災機関をはじめ、多くの関係者の皆様に感謝を申し上げます。