

**徳島市一般廃棄物中間処理施設
建設予定地における災害リスクと
対策に関する検証結果報告書**

**令和7年2月
徳島市**

目 次

1	検証の目的	1
2	建設予定地の現況	1
(1)	建設予定地	1
(2)	新施設の検討状況	2
(3)	建設予定地の地質	2
ア	調査位置図	3
イ	地盤モデルと地層区分	3
ウ	調査ボーリング結果概要	4
エ	推定地質断面図	5
オ	液状化指数(PL)及び最大水平変位(Dcy)	8
カ	地質調査結果の概要	8
3	建設予定地における災害による被害想定	9
(1)	南海トラフ地震	9
(2)	想定震度	11
(3)	津波浸水予測	11
(4)	液状化危険度	13
(5)	その他の災害リスク	13
4	災害発生時に新施設に求められる対応	14
(1)	徳島市業務継続計画における現行施設の対応	14
(2)	新施設の業務継続計画を策定する際の考え方	14
(3)	長期の稼働停止を避けるために必要な事項	14
(4)	徳島市災害廃棄物処理計画の基本方針等	15
ア	基本方針	15
イ	協力・支援体制	16
5	新施設の災害対策	17
(1)	基本的な考え方	17
(2)	新施設の構想・計画段階における検討	18
ア	地域特性	18
イ	新施設に求める役割や機能の検討	18

ウ	新施設に求める安全性の目標設定	18
(3)	基本計画等における災害対策	19
ア	耐震対策	19
イ	津波対策	19
ウ	液状化・沈下対策	19
エ	基本計画における災害対策の概略図	21
(4)	設計・施工段階における検討及び確認事項	22
ア	耐震設計における確認事項	22
イ	浸水対策設計における確認事項	22
(5)	その他周辺のリスクと対策	23
ア	周辺道路の液状化等	23
イ	インフラ（電気・水道）等の被災対策	26
ウ	四国ガスの耐震化	26
6	災害発生時における新施設の被災状況の想定・検証	27
(1)	せり上がりによる津波の遡上	27
(2)	津波による盛土堤体の損傷	30
(3)	地盤沈下と地盤変位（側方流動）	31
ア	地盤沈下量	31
イ	地盤変位量	32
7	災害リスクを踏まえた新施設整備に対する本市の考え方	34
(1)	基本計画における災害リスクと対策	34
(2)	今回行った検証とその結果に対する考え方	34
(3)	今後の事業の進め方についての考え方	35
8	評価	36
(1)	徳島大学 馬場 俊孝 教授（津波防災学）	36
(2)	徳島大学 上野 勝利 准教授（基礎工学、地盤工学）	39
(3)	徳島大学 蔣 景彩 教授（地盤工学）	42
(4)	徳島大学 中野 晋 特命教授（リスクマネジメント、地域防災学）	44
(5)	香川大学 金田 義行 特任教授（防災工学）	46

1 検証の目的

徳島市一般廃棄物中間処理施設（以下「新施設」という。）の建設予定地であるマリンピア沖洲は、沖合の埋立地であることから、住民説明会等において、特に甚大な被害が想定される南海トラフ巨大地震に対し、津波に対する不安や災害対策についての意見があった。

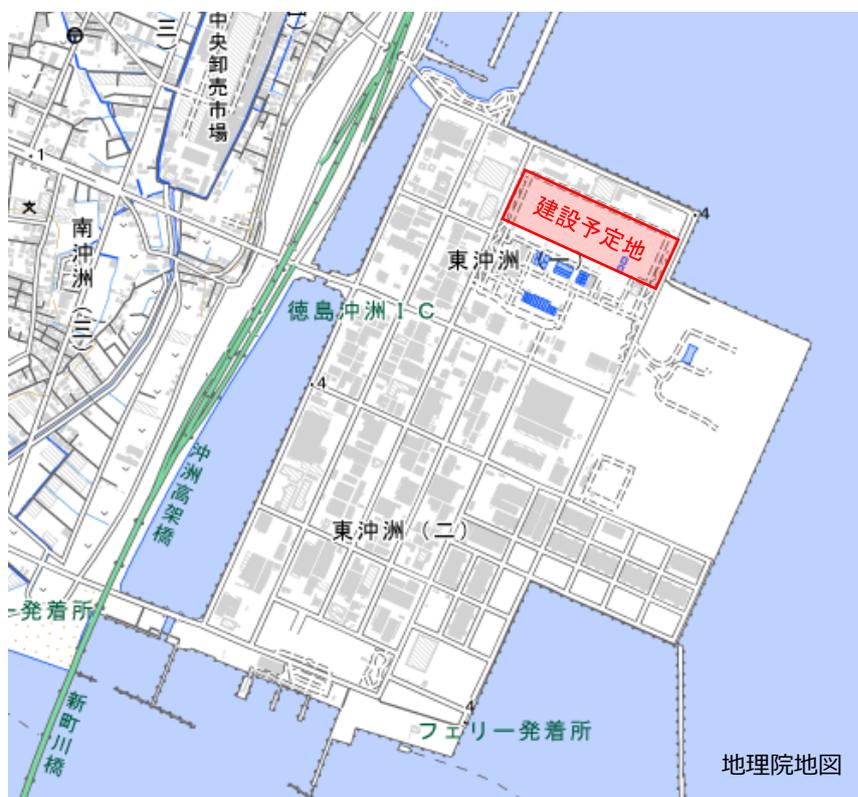
徳島市一般廃棄物中間処理施設整備基本計画（以下「基本計画」という。）において、こうした災害への対策を検討しているが、その対策が十分なものか検証を行うことで、市民の疑問や不安に応えることを目的とする。

2 建設予定地の現況

(1) 建設予定地

建設予定地は、マリンピア沖洲にある下水道の終末処理場である徳島市北部浄化センターの未利用敷地約 4.7ha であって、都市計画上の工業地域に指定されるとともに、港湾計画上の都市機能用地とされている。

なお、マリンピア沖洲は、昭和 61 年 10 月に埋立を開始し、平成 5 年に竣工しており、現在、埋立から約 30 年を経過している。



(2) 新施設の検討状況

マリニピア沖洲を建設予定地とする新施設の検討状況について、令和5年9月に基本計画を策定するとともに、徳島県環境影響評価条例に基づく環境影響評価手続きとして、令和5年9月に徳島市一般廃棄物中間処理施設整備事業に係る計画段階環境配慮書を策定し、同年11月に徳島県知事の意見を受領している。

基本計画では、新施設では、可燃ごみを焼却するとともに、その焼却熱を利用した高効率発電を行う熱回収施設、可燃ごみ以外のごみを資源化するための選別・貯留等を行うリサイクルセンターに加えて、魅力ある環境学習や住民のリサイクル活動の拠点となる環境学習施設を整備することとしている。

また、施設における防災対策として、立地上想定される地震や津波、液状化に対する十分な対策を行うとともに、津波避難ビルとしての活用に加えて、地域の防災拠点として、災害発生時に一時滞在場所として会議室を提供することとしている。

その他、環境に配慮するため、敷地の外周や緩衝部等に植栽を行い、緑地面積を敷地面積の20%以上確保するとともに、外観についても景観に十分配慮し、周辺環境を調和させることなどを定めている。

今後の事業については、施設の基本設計を行うとともに、環境影響評価の具体的な調査方法などを定める方法書の作成に着手する予定である。

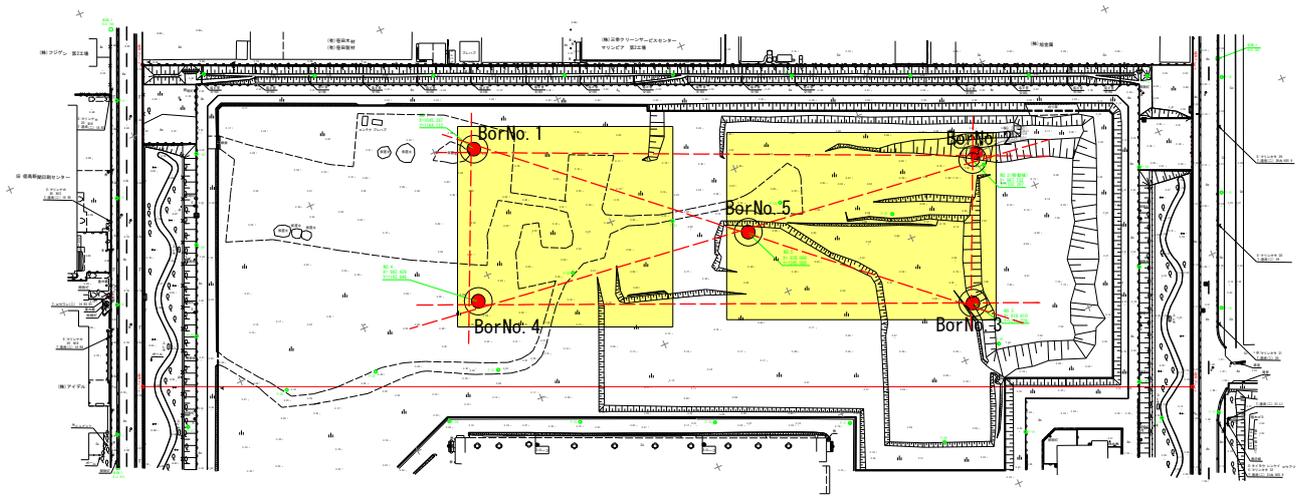
(3) 建設予定地の地質

令和5年11月から令和6年6月にかけて、新施設の設計の基礎資料とするため、5か所の調査ボーリングを行うとともに、標準貫入試験、現場透水試験、孔内水平載荷試験、室内土質試験等の方法により、建設予定地の地質調査を行った。

その調査結果は、概ね次のとおりであった。

なお、本調査成果については、国土交通省から認定された第三者機関である一般財団法人国土地盤情報センターの検定を受け、適合していることを確認している。

ア 調査位置図



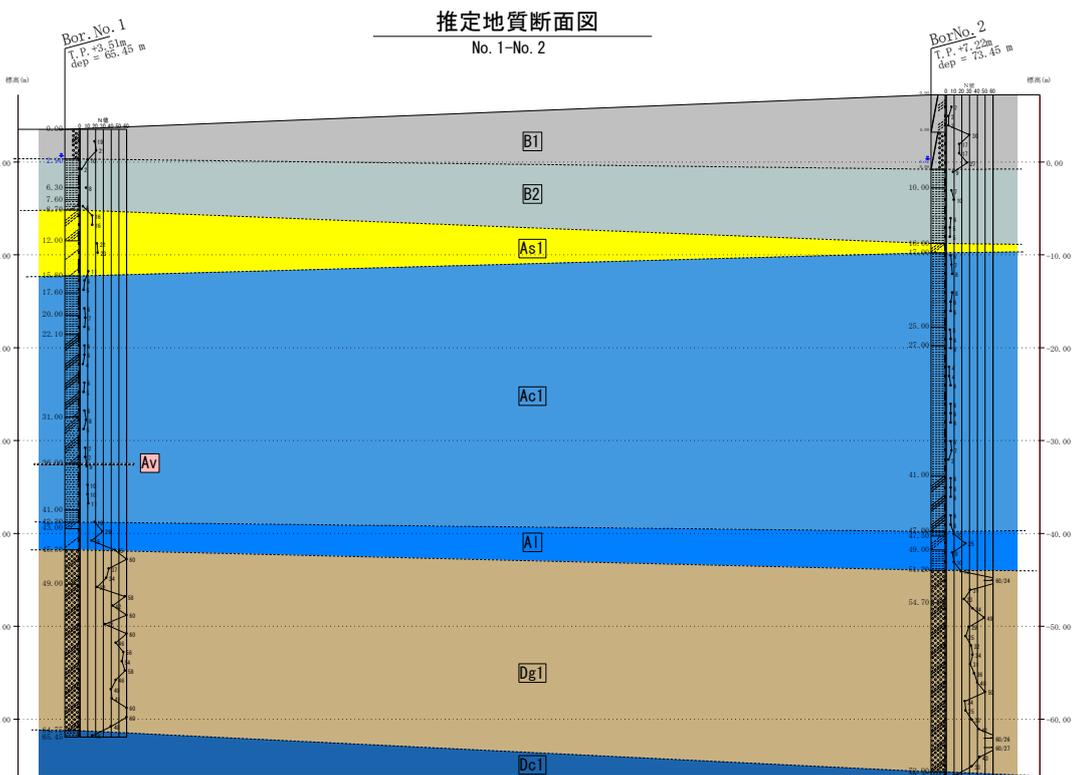
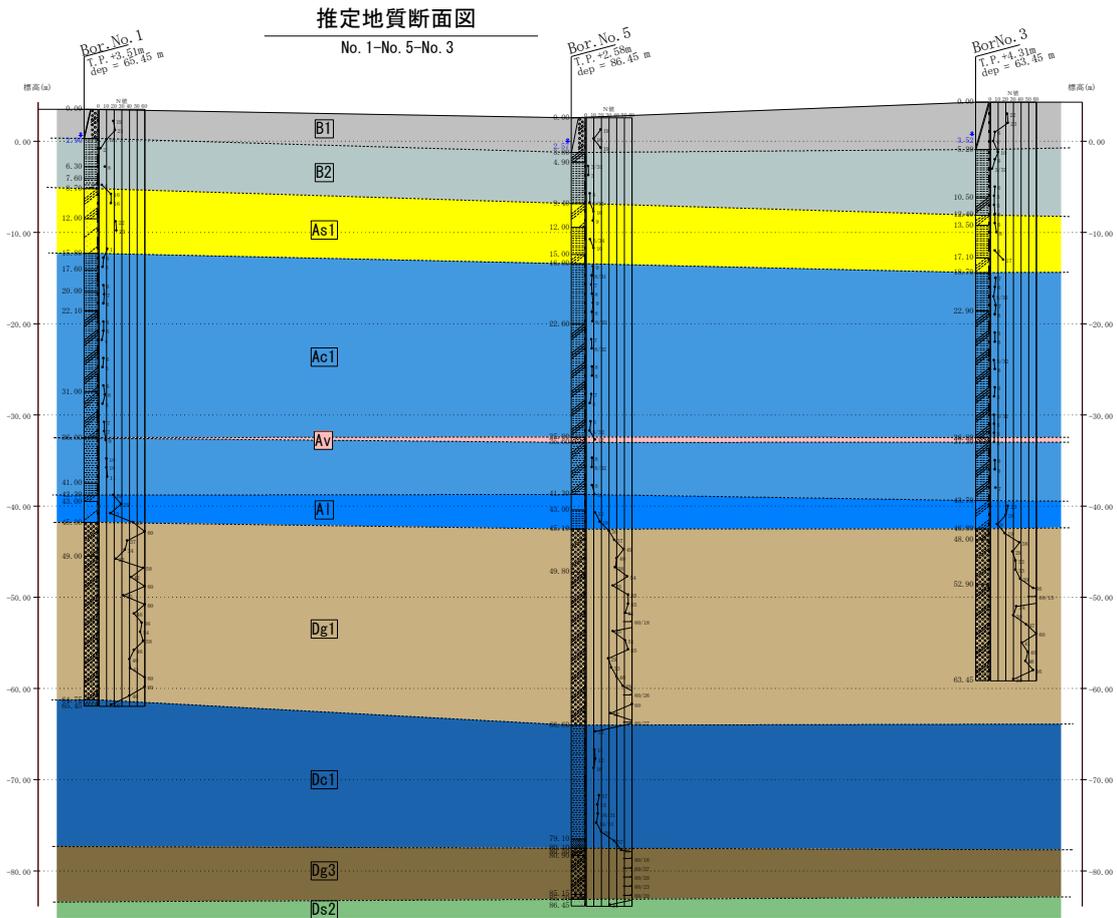
イ 地盤モデルと地層区分

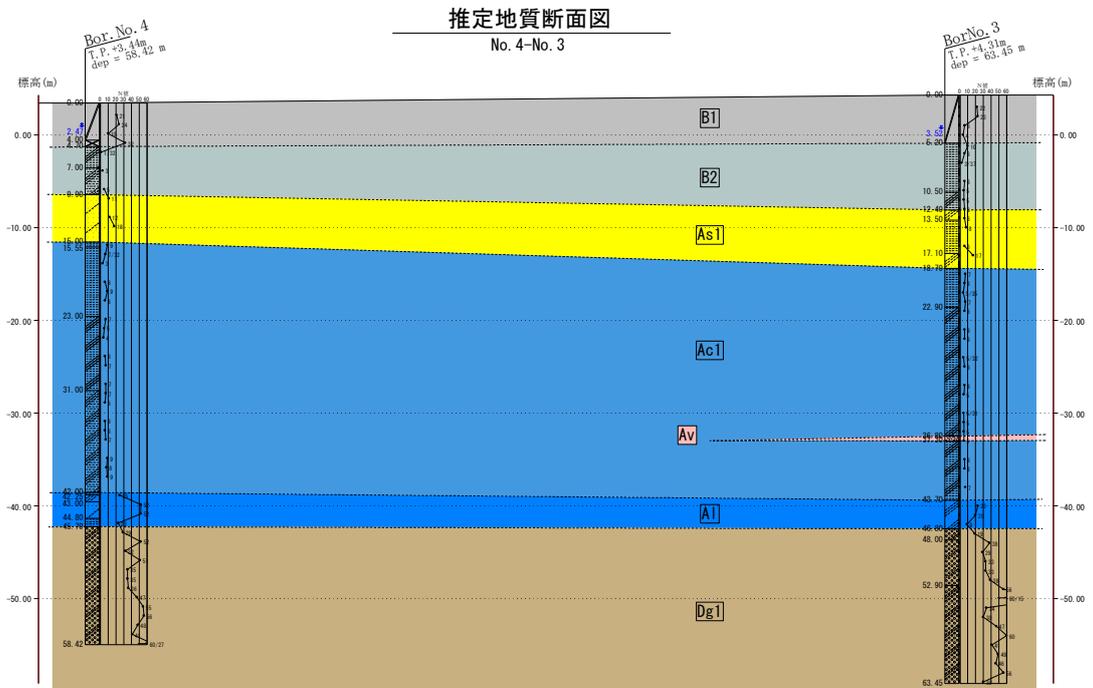
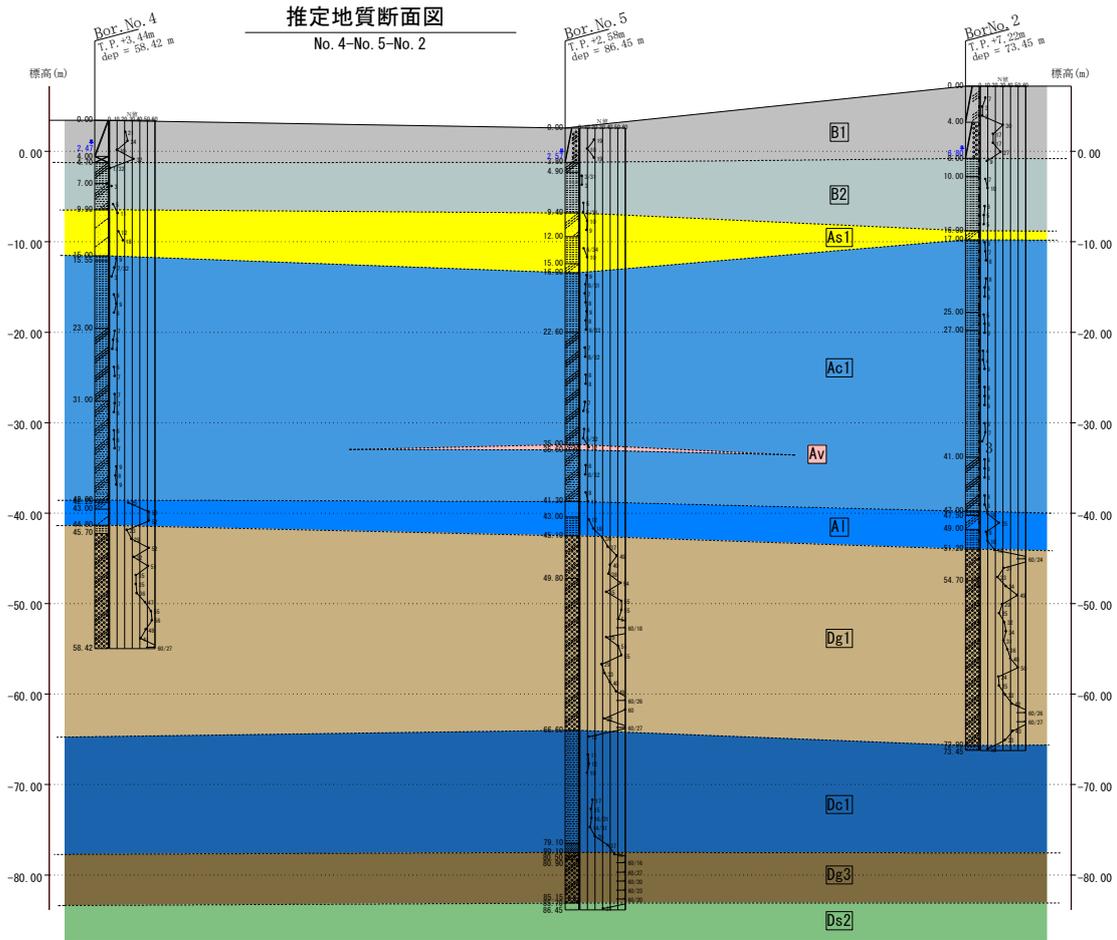
地質年代	地層区分		地質記号	色区	主たる土質名	概要	
	地層名	地層名					
新世 （上部） 完新世 （下部） 更新世	沖積	盛土（覆土）	B1	灰色	シルト混じり砂礫、砂礫	近傍山土他	
		埋立土	B2	淡青色	砂質シルト、シルト質砂	近傍海域の浚渫土 軟泥土 表層にヘドロ質砂層あり	
	中部	上部砂質土層	As1	黄色	シルト質砂、細砂	旧海底堆積土（在来土） 瀬海成堆積物	
			Ac1	淡青色	シルト質砂/砂質シルト	やや砂質な細粒土層 瀬海成堆積物	
		中部粘性土層	Av	赤色	火山灰	アカホヤ火山灰(TP-20m前後)	
			Ac1	淡青色	シルト・粘土	海成細粒土（粘土含有卓越）	
	下部	下部砂泥互層	Al	青色	粘土・シルト/砂質土	細礫・有機物含有あり	
	洪積	洪積	洪積第1砂礫層	Dg1	茶色	シルト混じり砂礫、シルト質砂礫	洪積世の河成礫層
			洪積第1粘性土層	Dc1	青色	粘土、礫混じり粘土	比較的硬質な粘土層
			洪積第3砂礫層	Dg3	茶色	シルト質砂礫	工学的基盤層と判断
洪積第2砂質土層			Ds2	緑色	シルト質砂、礫混じり砂	今回調査区間では最深層	

ウ 調査ボーリング結果概要

	BorNo. 1	BorNo. 2	BorNo. 3	BorNo. 4	BorNo. 5
孔口標高	T. P. +3. 51m	T. P. +7. 22m	T. P. +4. 31m	T. P. +3. 44m	T. P. +2. 58m
掘進長	L=65m	L=73m	L=63m	L=58m	L=86m
B1 盛土(覆土)	0~3. 2m 層厚 3. 2m	0~8. 0m 層厚 8m	0~5. 2m 層厚 5. 2m	0~4. 7m 層厚 4. 7m	0~3. 8m 層厚 3. 8m
B2 埋立土(浚 渫土)	3. 2~8. 7m 層厚 5. 5m	8~16m 層厚 8m	5. 2~12. 4m 層厚 7. 2m	4. 7~9. 9m 層厚 5. 2m	3. 8~9. 4m 層厚 5. 6m
As1 沖積上部 砂質土層	8. 7~15. 8m 層 厚 7. 1m	16~17m 層厚 1m	12. 4~18. 7m 層厚 6. 3m	9. 9~15m 層厚 5. 1m	9. 4~16m 層厚 6. 6m
Ac1 沖積中部 粘性土層	15. 8~42. 3m 層厚 26. 5m	17~47m 層厚 30m	18. 7~43. 7m 層厚 25m	15~42m 層厚 27m	16~41. 3m 層厚 25. 3m
A1 沖積下部砂 泥互層	42. 3~45. 3m 層厚 3m	47~51. 2m 層厚 4. 2m	43. 7~46. 8m 層厚 3. 1m	42~45. 7m 層厚 3. 7m	41. 3~45. 1m 層厚 3. 8m
Dg1 洪積第1砂 礫層	45. 3~64. 75m 層厚 19. 45m	51. 2~72. 9m 層厚 21. 7m	46. 8~63. 45m 確認層厚 16. 65m	45. 7~58. 42m 確認層厚 12. 72m	45. 1~66. 6m 層厚 21. 5m
Dc1 洪積第1粘 性土層	64. 75~65. 45m 確認層厚 0. 7m	72. 9~73. 45m 確認層厚 0. 55m	-	-	66. 6~80. 1m 層厚 13. 5m
Dg3 洪積第3砂 礫層	-	-	-	-	80. 1~85. 7m 層厚 5. 6m
Ds2 洪積第2砂 質土層	-	-	-	-	85. 7~86. 45m 確認層厚 0. 75m

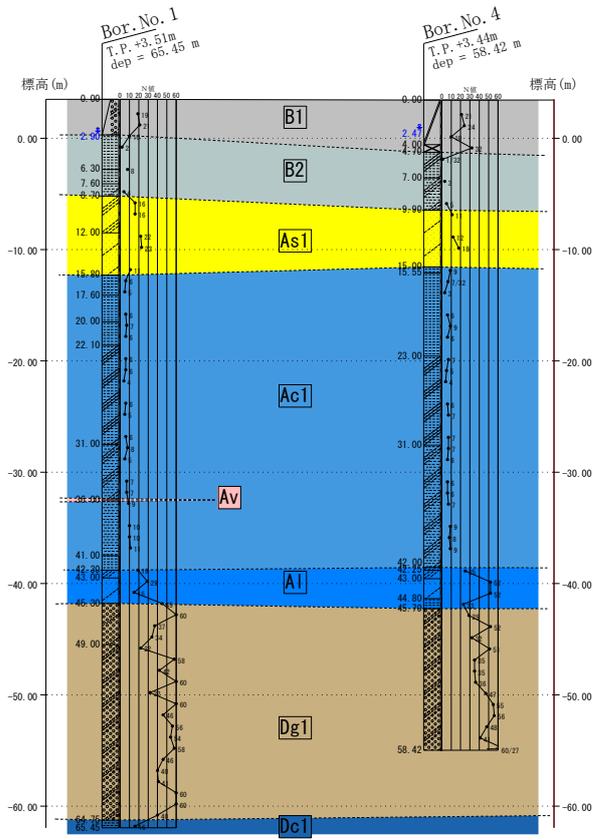
工 推定地質断面図





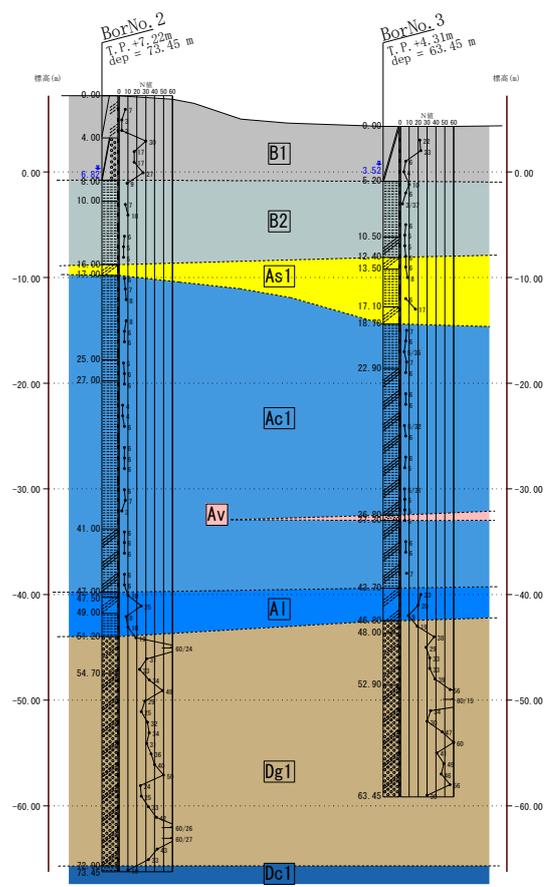
推定地質断面図

No. 1-No. 4



推定地質断面図

No. 2-No. 3



オ 液状化指数 (PL) 及び最大水平変位 (Dcy)

検討位置	マグニチュード M	水平加速度 Gal (cm/s ²)	液状化指数 PL	最大水平変位 Dcy (m)
BorNo. 1	7.5	150	0.000	0.000
		200	0.000	0.000
		350	1.182	0.015
BorNo. 2	7.5	150	0.000	0.000
		200	0.000	0.000
		350	2.682	0.088
BorNo. 3	7.5	150	0.000	0.000
		200	0.000	0.000
		350	3.809	0.074
BorNo. 4	7.5	150	0.000	0.000
		200	0.000	0.000
		350	8.448	0.093
BorNo. 5	7.5	150	0.000	0.000
		200	0.000	0.000
		350	11.285	0.115

カ 地質調査結果の概要

建築基礎構造設計指針に基づく液状化判定によるレベル2 (350gal) の場合、調査地点のうち3か所では、液状化指数 PL が 0~5 の範囲となっており、「液状化の危険度は低い、特に重要な構造物の設計に際してはより詳細な調査が必要」となり、残る2か所については、液状化指数 PL 値が、5~15 の範囲に属し、「液状化の危険度は高い、重要な構造物の設計に際してはより詳細な調査が必要」となっている。

最大水平変位 Dcy は 0.015~0.115m (1.5~11.5cm) となり、液状化の程度は「軽微」~「中」と判断される。

また、支持層と基礎形式については、洪積第1砂礫層 (Dg1) を杭先端とした完全支持杭の採用が望ましいと考えられる。

3 建設予定地における災害による被害想定

(1) 南海トラフ地震

南海トラフを震源とする地震は、これまで一定の周期で繰り返し発生しており、今後の発生に備え、国の中央防災会議においても防災・減災対策を進めているところであるが、東日本大震災を踏まえ、想定外となる事態が発生しないよう、レベル1とレベル2の2通りの被害想定を作成し、それぞれの想定に対して、防災・減災対策を進めるための考え方が示されている。

本市における想定については、徳島市地震・津波防災マップ（平成26年3月作成）によると、レベル1地震・津波は、南海トラフにおいて90～150年程度の周期で発生している、過去に大きな被害を発生させたクラスの地震・津波としており、レベル2地震・津波は、南海トラフにおいて、千年あるいはそれよりも発生頻度は低いものの、発生すればレベル1と比べ甚大な被害をもたらす最大クラスの地震・津波とされている。

レベル1の想定に対しては、人命・住民財産の保護、地域経済の確保の観点から海岸保全施設等を整備していくためのものとされている。

また、レベル2の想定に対しては、基本的には、住民等の生命を守ることを最優先とし、住民の避難を軸にソフト・ハードの取りうる手段を尽くした総合的な対策を確立していくためのものであり、被害の最小化を主眼とする減災の考え方にに基づき対策を講ずることが重要とされている。

「南海トラフ巨大地震の被害想定について（第二次報告）～被害想定（第二次報告）の趣旨等について～」(平成25年3月18日、中央防災会議・防災対策推進検討会議・南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ)では、被害想定の見え方について、特にレベル2の地震・津波について、「最新の科学的知見に基づく最大クラスの地震である。明確な記録が残る時代の中ではその発生が確認されていない地震であることから、一般的に言われている「百年に一度」というような発生頻度や発生確率は算定できず、千年に一度あるいはそれよりもっと低い頻度で発生する地震」であり、

「発生頻度が極めて低い地震ではあるが、東日本大震災の教訓を踏まえ、「何としても命を守る」ことを主眼として、防災・減災対策を検討するために想定したもの」としており、「最大クラスの地震は、発生頻度は極めて低いものの、仮に発生すれば、経済

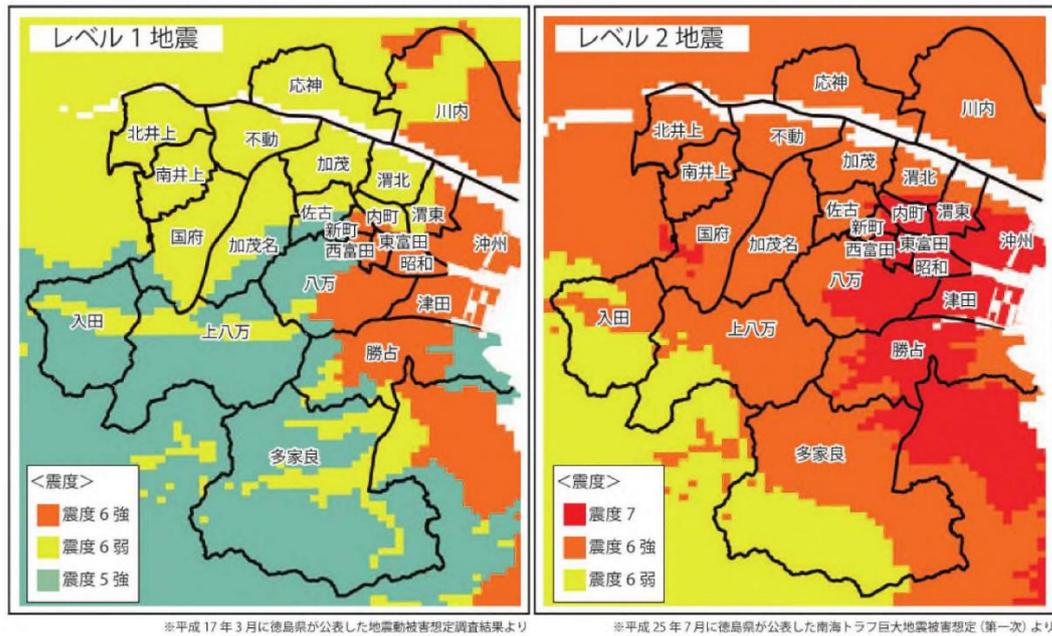
的な被害も甚大なものとなるが、今回の被害想定は、被害の様相や概ねの規模を認識・共有し、効果的な対策を検討するための資料として推計したものであり、地震の規模に関係なく、耐震化等の防災・減災対策を講じれば、被害量は確実に減じることができる。」「むしろ、巨大地震・津波が発生した際に起こり得る事象を冷静に受け止め、「正しく恐れる」ことが重要である。その上で、行政のみならず、インフラ・ライフライン等の施設管理者、企業、地域及び個人が対応できることを見極め、備えることによって、防災先進国として、世界で最も地震に対するリスクマネジメントがなされ、安全への意識が高い国であることを世界に示す必要がある。」としている。

また、「今後、発生が想定される地震・津波については、比較的頻度の高い地震・津波から最大クラスの地震・津波に至るまで相当の幅がある中で、行政、インフラ・ライフラインの施設管理者、企業、地域及び個人が、それぞれ果たすべき役割を踏まえ適切な目標を設定した上で、防災・減災対策を着実に進めていくことが重要である。」としたうえで、そのために、「津波による人的被害については、最大クラスの津波に対しても「何としても命を守る」ことを最優先として、住民等の避難を軸に、土地利用、津波避難施設、防災施設など、ソフト対策とハード対策の取りうる手段を組み合わせた総合的な津波対策を確立する必要がある。」としている。

加えて、「施設等や経済的な被害については、最大クラスの地震・津波に対して被害をゼロにすることを目標にすることは現実的ではなく、仮に最大クラスの地震・津波が発生した場合の被害の拡大を少しでも抑えることができるよう、各々が対応できることを見極め、備えておくことが重要である。」「地震動への対応については、最大クラスの地震によって震度6弱から震度7の強い揺れがこれまで以上に広範囲で想定されるということであり、必ずしも特別な対策が必要というものではなく、これまでの耐震対策を着実に進めることが重要である。」としている。

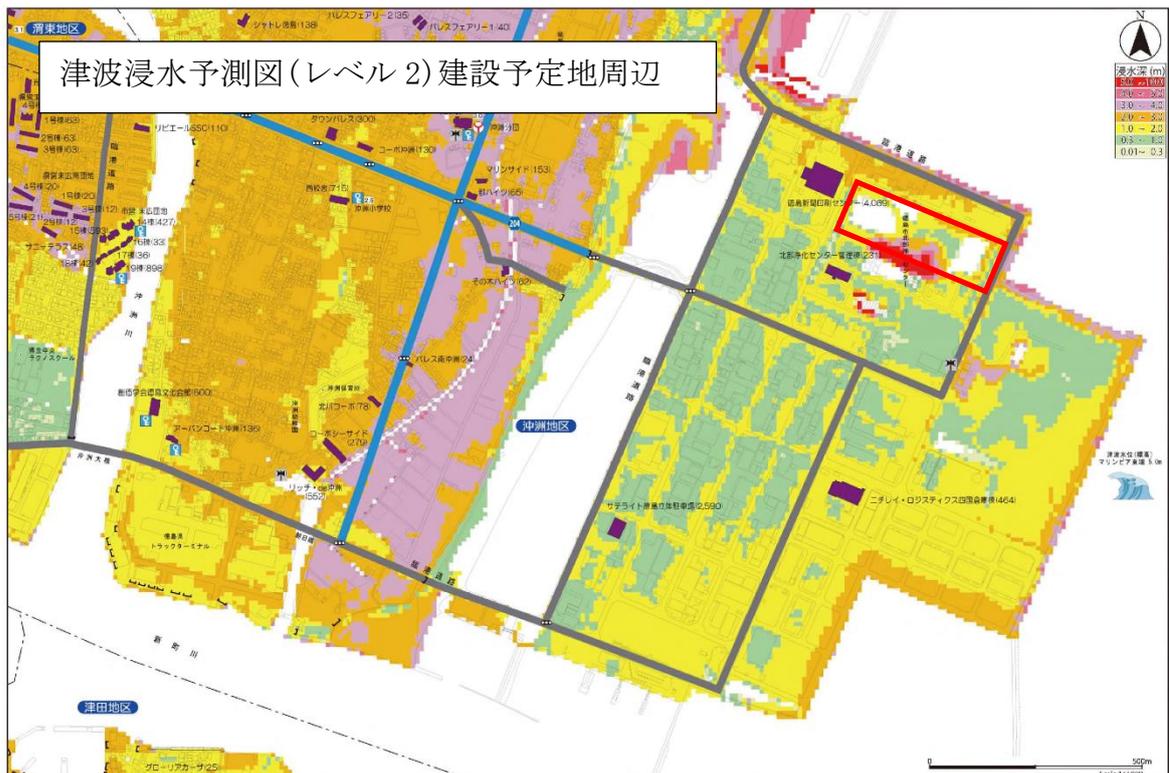
(2) 想定震度

建設予定地における想定震度分布は、レベル1の場合は震度6強、レベル2の場合は震度7とされている。



(3) 津波浸水予測

建設予定地における津波浸水予測は、レベル1の場合は浸水想定がなく、レベル2の場合は0~3.0mとされている。



なお、建設予定地について、TOPPAN 株式会社と防災科学技術研究所が共同研究したリアルハザードビューアを活用した浸水の情報では、次のようになっている。

(建設予定地東側)



(建設予定地西側)



(4) 液状化危険度

平成 25 年 7 月に徳島県が公表した南海トラフ巨大地震被害想定(第一次)では、建設予定地を含む徳島市内の大半の地域について、PL 値が 15 より大きく、液状化危険度が「極めて高い」と想定されている。

なお、本市が実施した地質調査の結果では、敷地内でボーリングを実施した 5 か所における液状化指数は、8 ページで示したとおり、最大クラスとなる 350gal の揺れの場合であっても No. 4 と No. 5 の PL 値は 5～15 であり、液状化危険度は「高い」とされる数値であるが、「極めて高い」とされる 15 より高い数値とはなっていない。また、No. 1～No. 3 の PL 値は 0～5 であり、液状化危険度は「低い」となっている。

この調査結果は、徳島県が公表した被害想定より液状化リスクが低くなっているが、液状化しやすい砂質土層（B2 埋立土、As1 上部砂質土層）が比較的薄く、全体的に液状化しづらいとされる粘性土分の含有量が厚くなっていることが原因と考えられる。

徳島市防災マップで示されている液状化危険度は、徳島県が平成 25 年 7 月に公表した第 1 次被害想定に基づくものであるが、その想定手法では、「徳島県内における液状化の傾向を表すものとして、県内を 250m メッシュに区分した平均的な地盤データに基づき液状化を判断したもの」であることから、今回実施した建設予定地の地質調査に基づく数値の方がより建設予定地の実情に即していると考えられる。

(5) その他の災害リスク

令和 3 年 3 月作成の徳島市洪水・高潮ハザードマップでは、建設予定地の高潮浸水想定は、敷地の大半では浸水想定がない又は 0.5m 未満の浸水、一部では 0.5～3.0m の浸水が想定されている。

なお、建設予定地において、洪水及び土砂災害に関する被害想定はない。

4 災害発生時に新施設に求められる対応

(1) 徳島市業務継続計画における現行施設の対応

南海トラフ巨大地震が発生した場合、本市の建物のうち約9割が全半壊し、1万人以上の死亡が想定されているが、こうした状況における、本市の一般廃棄物中間処理施設である東部環境事業所・西部環境事業所の非常時業務継続計画では、可能な限り早期の復旧を目指している。

第1局面	地震発生～津波到達	設備停止・職員避難
第2局面	津波到達～24時間	インフラ等の被害状況の把握
第3局面	発災後24時間 ～発災後72時間	インフラ等の被害復旧状況の把握、焼却灰運送業者・処分場等の被害状況収集、施工業者等の再稼働調査、燃料・薬品の確保
第4局面	発災後72時間 ～発災後1週間	緊急修繕、設備等点検、清掃・試運転、処理計画策定、ごみ受入れ（可能な場合）
第5局面	発災後1週間 ～発災後2週間	ごみ受入れ（可能な場合）

(2) 新施設の業務継続計画を策定する際の考え方

新施設の稼働後においても、災害により発生する廃棄物を、速やかに処理するためには、発災後1～2週間での復旧を目指すこととし、現施設の業務継続計画の考え方を踏襲することが考えられる。

ただし、発災時の帰宅困難者などの受入れを想定しており、新施設ではごみの焼却熱を利用し発電を行うことから、より早期の復旧が求められる。

(3) 長期の稼働停止を避けるために必要な事項

これまでの大規模災害で長期間の停止を余儀なくされた事例としては、津波浸水による設備損傷に伴うもの（石巻広域クリーンセンター、東日本大震災）や、地震動による煙突の破損（燕・弥彦総合事務組合（新潟県）、能登半島地震）、ごみクレーンの脱輪（仙台市松森工場、東日本大震災）、人工島への唯一の橋が不通となったことによ

り収集不可となったもの（港島クリーンセンター（神戸市）、阪神淡路大震災）、水・電気等の不通により稼働できなくなったもの（事例多数あり）などがあるが、発災後1～2週間で復旧するためには、このような長期間の停止が必要となるような事態を避ける必要がある。

こうした事態を避けるためには、①建物が地震の揺れや津波によって倒壊しない、②津波により重要な機器（特に電気を使用するもの）が浸水しない、③ごみピットが浸水しない、④運転に必要な備品の調達を速やかに行う又は備蓄を確保する、⑤その他施設へのアクセスを確保すること等が求められる。

(4) 徳島市災害廃棄物処理計画の基本方針等

ア 基本方針

徳島市災害廃棄物処理計画（平成28年6月）における基本方針は次のとおり。

基本方針	内容
①衛生的な処理	<ul style="list-style-type: none"> ・発災時は、被災者の一時避難や上下水道の断絶等の被害が想定される。その際に発生する家庭ごみやし尿については、生活衛生の確保を最重要事項として対応する。
②迅速な処理	<ul style="list-style-type: none"> ・生活衛生の確保、地域復興の観点から、災害廃棄物の処理は時々刻々変化する状況に対応できるよう迅速な処理を行う。 ・発災から概ね3年間で処理を終えることとする。 ・風水害は6か月以内に処理を終えることとする。
③計画的な処理	<ul style="list-style-type: none"> ・発災による道路の寸断、一時的に大量に発生する災害廃棄物に対応するため、仮置場を適正に配置し集積する。集積した災害廃棄物は計画的に処理施設に搬入し処理する。 ・災害廃棄物の処理は、県や近隣市町村と連携して行う。 ・災害廃棄物の処理の収束から、平常の清掃業務に移行する時期等についても十分に考慮する。
④環境に配慮した処理	<ul style="list-style-type: none"> ・災害廃棄物は、十分に環境に配慮し処理を行う。特に不法投棄及び野焼きの防止には十分に注意を払う。
⑤リサイクルの推進	<ul style="list-style-type: none"> ・災害廃棄物は、分別して再資源化を進めることで、処理・処分量の軽減を図り、適正な処理を行う。
⑥安全な作業の確保	<ul style="list-style-type: none"> ・発災時の清掃業務は、通常と異なり、発生量やごみの組成、危険物の混入等が考えられることから作業の安全性を確保するよう努める。

イ 協力・支援体制

大規模災害が発生し、被災市町村のみでは十分な応急対策及び復旧対策を実施することができない場合に、市町村相互の応援が迅速かつ円滑に実施されるよう、徳島県及び県内 23 市町村と「徳島県及び市町村の災害時相互応援協定」を締結している。

また、徳島県及び一般社団法人徳島県産業廃棄物処理協会、徳島県市長会、徳島県町村会とは「災害時における廃棄物処理等の協力に関する協定書」を締結している。

5 新施設の災害対策

(1) 基本的な考え方

「廃棄物処理施設の耐震・浸水対策の手引き」（令和4年11月、環境省環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課）では、対策の検討にあたっては、「①施設整備の構想・計画段階」「②設計・施工発注段階」「③運営・維持管理段階」それぞれの段階に応じた検討を行うこととされている。

①施設整備の構想・計画段階における検討事項としては、事業の目的・地域特性の把握として、事業の目的や、地域特性を把握し、想定する地震と浸水を設定、処理の代替性及び多重性の把握と可能性の検討が求められている。また、廃棄物処理施設の役割・機能の検討として、役割や機能を設定するとともに、耐震と浸水に対する確保すべき安全性の目標を設定することとされている。

次に、②設計・施工発注段階における検討事項として、基本設計、工事発注手続き、実施設計、施工及び施工管理の段階ごとに細分して検討事項が示されている。

基本設計においては、基本構想や計画段階で検討した結果を仕様書案（要求水準書案等）に反映させることや、メーカーヒアリングなどから確保すべき安全性の目標が過大・過小となっていないか検討すること、また、検討結果を発注図書（要求水準書等）へ反映させたうえで発注手続きを行うことが求められている。

性能発注方式を採用する場合の工事発注手続きでは、事業提案の内容が、求める機能や役割、確保すべき安全性の目標が守られているかを確認した上で、技術提案を審査することが求められている。

実施設計においては、性能発注方式を採用する場合は、耐震設計及び浸水対策設計について、事業者の説明を求め、発注図書及び技術提案の内容が守られているかの確認を行うことが求められており、図面発注方式を採用する場合は、基本設計での検討事項をより具体的に実施設計図書に反映させるとともに、設計者に耐震設計、浸水対策設計について説明を求め適切に設計されているか確認することが求められている。

施工及び施工監理においては、実施設計書等に基づいて適切に施工されているか確認することが求められている。

また、③運営・維持管理段階における検討事項については、施設の供用開始までに業務継続計画（BCP）と業務継続管理計画（BCM）の策定、またこれらに基づく施設の

運営・維持管理が求められている。

(2) 新施設の構想・計画段階における検討

本市の新施設は、①構想・計画段階を完了し、次の②設計・施工発注段階に着手しようとしているところであるが、本市における①構想・計画段階における検討内容は、次のとおりである。

ア 地域特性

新施設の地域特性のうち、代替性・多重性に関する事項としては、近隣に大規模な一般廃棄物中間処理施設が存在しないため、代替施設の確保が困難である。

また、地震・浸水に関する事項としては、「3 建設予定地における災害による被害想定」に記載したとおり、建設予定地は、南海トラフ巨大地震の被害が想定されている。

イ 新施設に求める役割や機能の検討

新施設の役割として、一般廃棄物の処理に加えて、①災害廃棄物の処理（但し、大規模災害時における災害廃棄物の全量処理を目標とするものではない。）、②津波避難ビル、③津波発生時の帰宅困難者用一時滞在施設（3日間程度の食糧等の備蓄）、④エネルギーの供給（電気）を計画している。

ウ 新施設に求める安全性の目標設定

新施設の地域特性から、施設機能を維持又は早期に復旧する必要性が高く、適切な災害対策を実施することが求められる。

これまでの地震・津波等の被害事例を踏まえると、長期間の停止を避けるため、①建物が地震の揺れや津波によって倒壊しない、②津波により重要な機器（特に電気を使用するもの）が浸水しない、③ごみピットが浸水しない、④運転に必要な備品の調達を速やかに行う又は備蓄を確保する、⑤その他施設へのアクセスを確保すること等を安全性の目標として設定することが求められる。

耐震に関する安全性の目標としては、「官庁施設の総合耐震・対津波計画基準（平成25年策定、国土交通省大臣官房官庁営繕部）」に示されている耐震安全性の分

類・耐震安全性の目標において、新施設については、構造体がⅡ類、建築非構造部材がA類、建築設備が甲類として取り扱うことが望ましいと考えられるが、新施設では、熱回収施設とリサイクルセンターの2棟を建設することとしていることから、今後の基本設計等において2棟の役割を整理する中で、津波避難ビルの指定や、また津波発生時の帰宅困難者用一時滞在施設をどちらの建物に設定するのかなどを考慮し、耐震安全性の分類を詳細に設定する必要があると考えられる。

浸水に関する安全性の目標としては、津波によって倒壊を防ぐため、2m程度の盛土を行うことで、浸水想定以上の高さとする。また、津波によるせり上がりなどを考慮し、ソフト対策として重要設備を2階以上の高さに設置するなど追加の対策も行う計画とする。

(3) 基本計画等における災害対策

ア 耐震対策

基本計画では、「国の基準を参考に建物の耐震性能を高めるとともに、プラント機器、付帯設備及び小配管に至るまで耐震強化を十分に図る。」としている。

イ 津波対策

基本計画では、「津波・高潮対策の観点から、盛土造成を行う。現状地盤高さから施設の建物を立地する部分を対象に、現状から2.0m程度嵩上げする計画とする。」としている。

現状の地盤高さがT.P. 3.5m程度であるため、概ねT.P. 5.5mの高さに造成することとなるが、これにより、マリニピア東端において想定されているレベル2津波の高さ(T.P. 5.0m)より高く敷地を造成することとなる。

また、想定以上の浸水に備え、「重要なプラント設備・機器を2階以上に設置」することとしている。

ウ 液状化・沈下対策

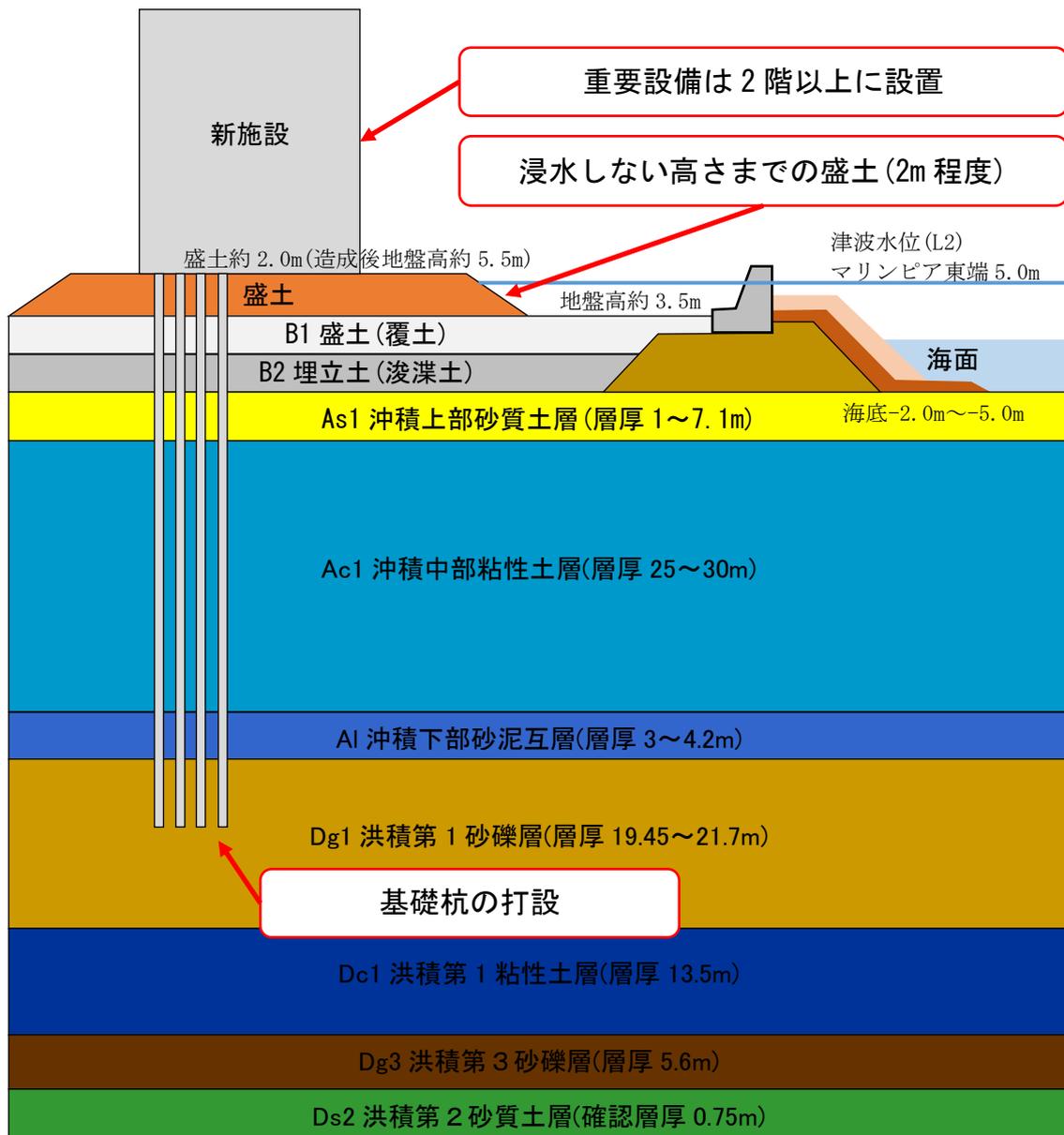
基本計画では、「液状化・地盤沈下対策として、必要に応じて地盤改良を行う。」としていることに加え、「建物の下部を十分堅固な地盤まで到達する杭により支持」することとしている。

令和6年6月に完了した地質調査では、新施設の敷地内の5か所にボーリングを行い、地質の調査を行っているが、液状化危険度を示すPL値が、「極めて高い」ではなく、2か所で「高い」、その他の3か所は「低い」となっている。

また、マリンピア沖洲は埋立地であり、地盤沈下のリスクも考えられるが、埋立後30年以上経過しており、埋め立てに伴う圧密沈下は概ね収束しているものの、ひとたび大地震が発生すれば、地震動によって更なる圧密の進行や液状化現象の発生も考えられることから、対策として、支持層に至る基礎杭を打設することとしている。

なお、地質調査の結果から、Dg1 洪積第1砂礫層を支持層とすることが望ましいと考察されているが、設計・施工にあたっては、地震に伴う地盤沈下などのリスクを踏まえた杭の方式や長さ等具体的な対策を決定することが求められる。

エ 基本計画における災害対策の概略図



- ※ 沖積世 約1万年前～現在
- 洪積世 約170万年前～約1万年前

(4) 設計・施工段階における検討及び確認事項

本市では、設計・施工発注の前段階であり、今後、次のような事項を検討し、確認することが必要となる。

ア 耐震設計における確認事項

構造体は、鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造、鉄骨造などのことであるが、耐震設計については、建築物の構造、高さなどを考慮し、地域係数と施設の役割・機能などから設定した耐震安全性の分類を踏まえて行う必要がある。

建築非構造部材とは、外壁（耐震壁を除く）、扉、ガラス、天井、間仕切りなどが対象となり、災害時の活動拠点として使用する場合などで部材のランクが a ランクと b ランクに分かれており、施設内の機能・役割に応じたランクを適切に設定する必要がある。

建築設備の耐震設計に関する基準は、「官庁施設の総合耐震・対津波計画基準及び同解説(国土交通省大臣官房官庁営繕部監修)」又は「建築設備耐震設計・施工指針 2014 年版」に基づき、機器の役割や位置づけ等について「重要機器」「一般機器」や「耐震クラス」を定める必要がある。例えば、インフラ設備や防災設備、中央監視盤等を重要機器とし、空調設備や一般照明などを一般機器とするなどの整理を行う。

プラント設備（機械・電気計装）については、施設の役割・機能等を踏まえて設計者と十分協議し、採用する基準に沿って適切な耐震設計を行う必要がある。

イ 浸水対策設計における確認事項

設備機器については、「電気設備などの共通設備で重要な機器」、「特殊な機器又は調達に時間を要する機器」、「汎用性があり調達が比較的容易な機器」、「防水性能を有する機器」などに分け、設計段階において重要な設備と一般的な設備に分けて対策を講じる必要がある。

例えば、ごみピットは周囲へのごみ流出を防止するためにプラットホームを上階配置することや、受変電設備、中央監視装置、発電設備、避難場所としての機能維持などについて浸水対策の考え方を「浸水させない」とするのか、「多少浸水するが施設の機能は維持される」とするのかなど考え方を整理し、設計に反映させる必要

がある。

(5) その他周辺のリスクと対策

ア 周辺道路の液状化等

災害時における施設へのアクセスについて、道路の液状化や、建物の倒壊による道路閉塞、橋梁の崩落等が懸念されるが、徳島県が人命の救助や生活物資・資機材等の緊急輸送を行うために指定している緊急輸送道路のうち、本市における区間としては、徳島自動車道や徳島南部自動車道、国道11号、国道55号などの主要幹線に加えて、新施設周辺においても、県道沖ノ洲徳島本町線及び臨港道路沖洲(外)中央線が第1次緊急輸送道路に指定されている。

このうち、臨港道路沖洲(外)中央線は、平成30年度～令和2年度に3か年緊急対策として、舗装下に高強度繊維からなる補強材を挟み込んだ砕石層を築造することにより、液状化による路面変形を抑制するための工事が実施されている。

また、マリンピア中央部の水域を横断する箇所は、ボックスカルバートで施工されているため、地震の揺れによる崩落の可能性が低い。なお、ボックスカルバートと陸との取り付け部は盛土であり、大規模な地震で取り付け部に段差が生じる可能性はあるが、段差を解消することで通行が可能となる見込みである。

なお、徳島県道路啓開計画（令和6年6月）では、これらの緊急輸送道路が道路啓開の対象とされており、道路啓開の目標は、広域移動ルート of 概ねの啓開が24時間、重要施設アクセス道路の概ねの啓開が24時間、被害が甚大な被災地内ルートの概ねの啓開が72時間とされている。

また、これらの緊急輸送道路に加えて、徳島県は、徳島市中洲町からマリンピア沖洲の南側に至る臨港道路に係る橋梁のうち、中洲みなと橋、沖洲大橋、朝日橋の耐震対策を実施している。

これ以外にも、吉野川南岸堤防沿いの県道沖ノ洲埠頭線からマリンピア沖洲北連絡ルートを経由してマリンピア沖洲に進入するルートもあり、中央、南、北の3方向からアクセスが可能な場所であり、リスク分散が図れている。

なお、本市に係る第1次緊急輸送道路は、次表のとおりであるが、このうち新施設の直近に臨港道路沖洲(外)中央線があり、また、マリンピアに至る第1次緊急輸送道路としても、市内中心部からマリンピアに至る県道沖ノ洲徳島本町線や四

国縦貫自動車道、四国横断自動車道などがある。

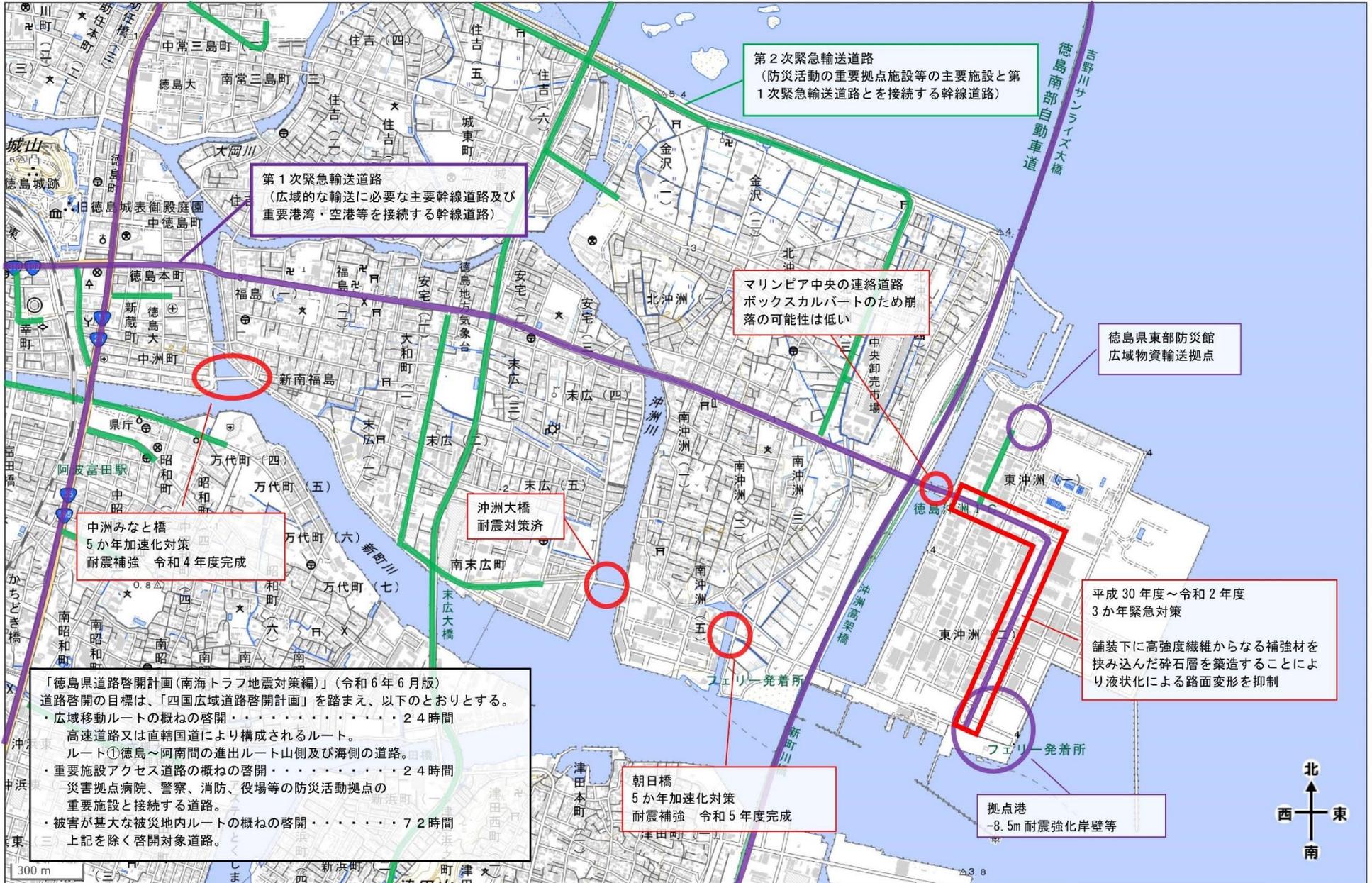
令和4年3月に開通した、徳島南部自動車道（四国横断自動車道）については、徳島JCTから徳島沖洲IC間はNEXCO西日本が、徳島沖洲IC以南は国土交通省が整備しているが、道路橋示方書等に定められた基準に基づき耐震化が図られており、大規模災害発生時における緊急輸送道路としての活用が期待されている。

こうしたことから、大規模な地震が発生した場合においても、新施設へのアクセスは確保されやすい場所であるといえる。

(第1次緊急輸送道路(本市関係部分))

路線名	管理区分	区間
四国縦貫自動車道 (徳島自動車道)	西日本高速道路(株) 管理道路	徳島IC～井川池田IC～三好市 愛媛県境
四国横断自動車道	西日本高速道路(株) 管理道路	鳴門JCT～徳島IC 徳島JCT～徳島沖洲IC
	直轄管理道路	徳島沖洲IC～徳島津田IC 徳島津田IC～阿南IC<事業中>
国道11号	直轄管理道路	徳島市～鳴門市 香川県境
国道55号	直轄管理道路	徳島市～海陽町 高知県境
国道192号	直轄管理道路	徳島市～三好市 愛媛県境 (全線)
国道192号 徳島南環状道路	直轄管理道路	国道192号(徳島市)～国道55号(徳島市)<事業中>
県道1号 (徳島引田線)	県管理道路	国道192号(徳島市)～板野インター線 (板野町)
県道38号 (沖ノ洲徳島本町線)	県管理道路	徳島市(全線)
県道204号線 (徳島沖洲インター線)	県管理道路	沖ノ洲徳島本町線(徳島市)～(港)沖洲 (外)中央線(徳島市)
(港)沖洲(外)中央線	県管理道路	徳島市(臨港道路全線)

建設予定地周辺の道路状況



イ インフラ（電気・水道）等の被災対策

電気については、新施設では、ごみの焼却熱を利用して、発電を行う計画であり、まずは、立ち上げ時に必要となる電源の確保が必要であるが、非常用発電設備を設置するとともに、必要な燃料を備蓄することとしている。なお、施設が稼働すれば、ごみの焼却熱を利用した発電が可能となる。

また、四国電力送配電株式会社においては、より迅速な復旧に向けて、被害状況の迅速な把握・共有、復旧方法の統一、地方自治体等の関係者との連携などについて、改善を図っている。

次に、水道については、新施設では上水道の利用を基本とし、下水道終末処理場からの放流水の活用も検討しているところであるが、上水道の管路等が被害を受けた場合に備え、新施設内に当面の稼働に必要な水の備蓄を行う。

なお、徳島市の上水道における耐震化率は、水道事業における耐震化の状況（厚生労働省）によると、令和4年度末時点で51.0%となっている。

ウ 四国ガスの耐震化

マリンピア沖洲には、四国ガス株式会社の徳島工場が立地している。同工場における製造設備は、液状化現象や地盤沈下が発生した場合でも被害が出ないよう杭基礎が施され、必要な強度を有するように設計がなされている。かさ上げされた地盤上の主要設備は、想定される最大クラスの津波でも浸水せずにガス製造を継続できるよう対策を取っている。

6 災害発生時における新施設の被災状況の想定・検証

地震・津波の被害想定に対する対策等については、これまで述べてきたとおりであるが、それ以外にも、盛土をしたとしても津波のせり上がりにより敷地が浸水するのではないか、津波により盛土が破壊されるのではないか、護岸が破壊されることに伴い液状化した地盤が側方流動により海側に流出するのではないかといった指摘があった。

これらの被害想定とは異なる観点からの指摘について、シミュレーション等により検証を行った。

(1) せり上がりによる津波の遡上

マリンピア東端における津波被害は、レベル2で津波水位がT.P. 5.0m、地震発生後53分後に最大の高さになると想定されていることから、基本計画では、建設予定地の標高約3.5mに、2m程度の盛土でかさ上げすることにより、浸水しないよう対策するほか、万一に備え、重要設備を上層階に設置し、想定外の浸水を防ぐ対策も講じることとしている。

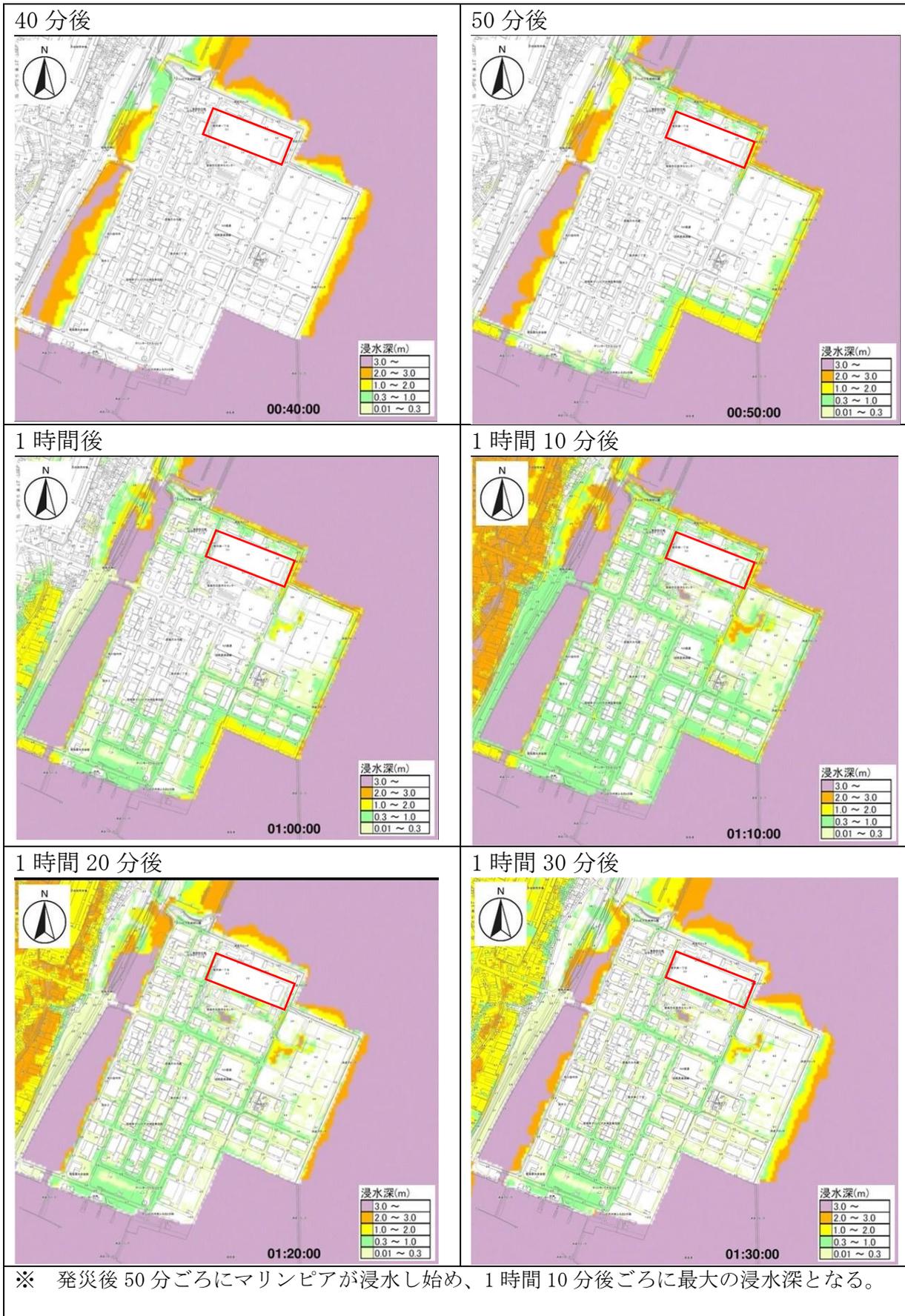
この想定に対して、建設予定地は、最も海側に近いため津波の勢いが最大であり、津波が陸地に到達すると、水位が大きくせりあがるとの指摘があったことから、せり上がりを考慮した津波の浸水深について、津波防災学を専門とする徳島大学の馬場俊孝教授に依頼し、シミュレーションを行った。

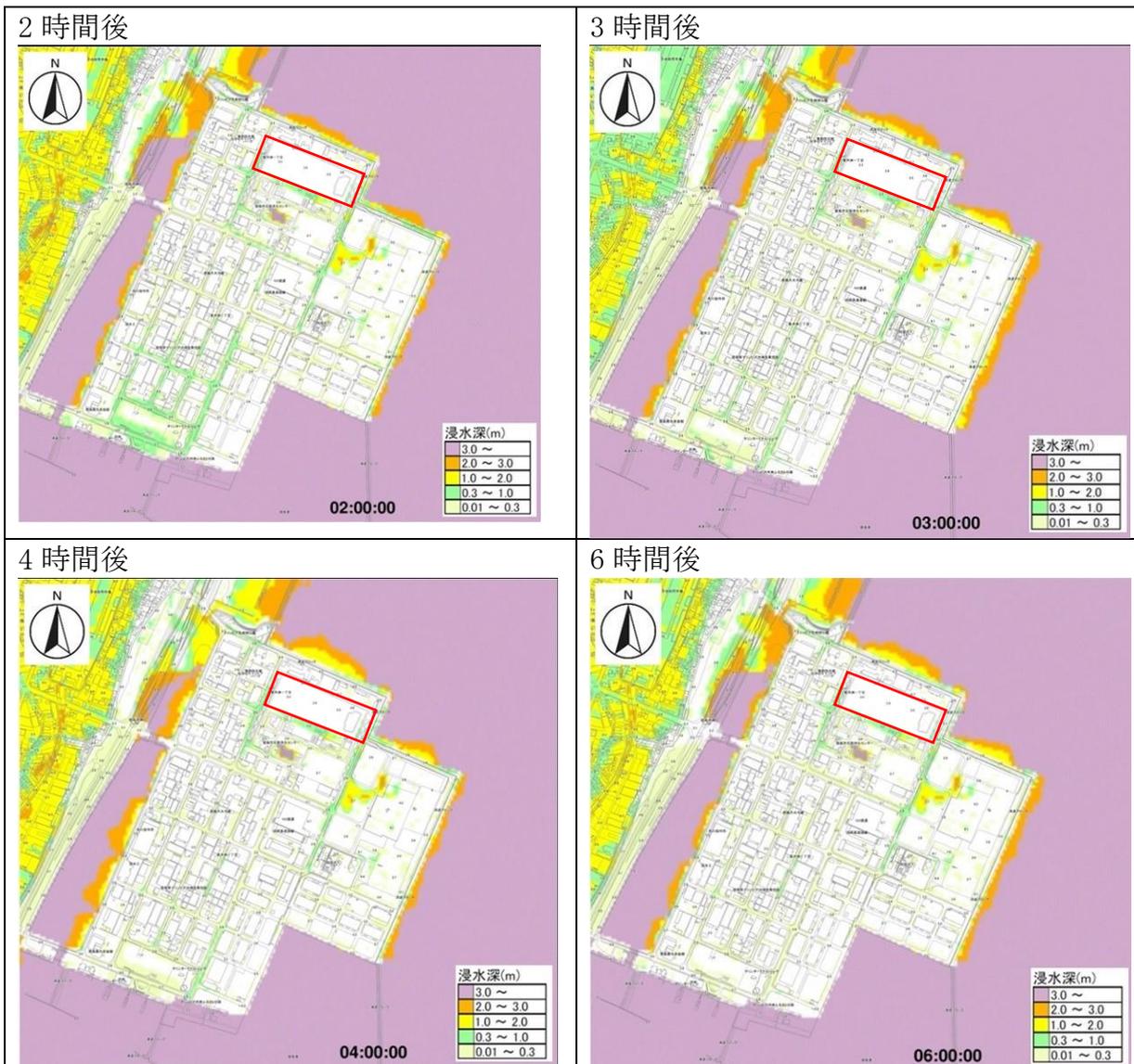
シミュレーションにあたっては、徳島県が津波被害を想定する際に使用したのと同様の波源断層モデルを使用し、堤防についても越流後破壊される想定で実施した。その結果、浸水深が最大となるケースであっても、盛土により津波による浸水を避けることが可能となることが明らかとなった。

時間ごとの浸水の経過を見ると、津波は、盛土に到達した際は、津波がせり上がることで盛土を乗り越えるのではなく、盛土を回り込むことも分かった。

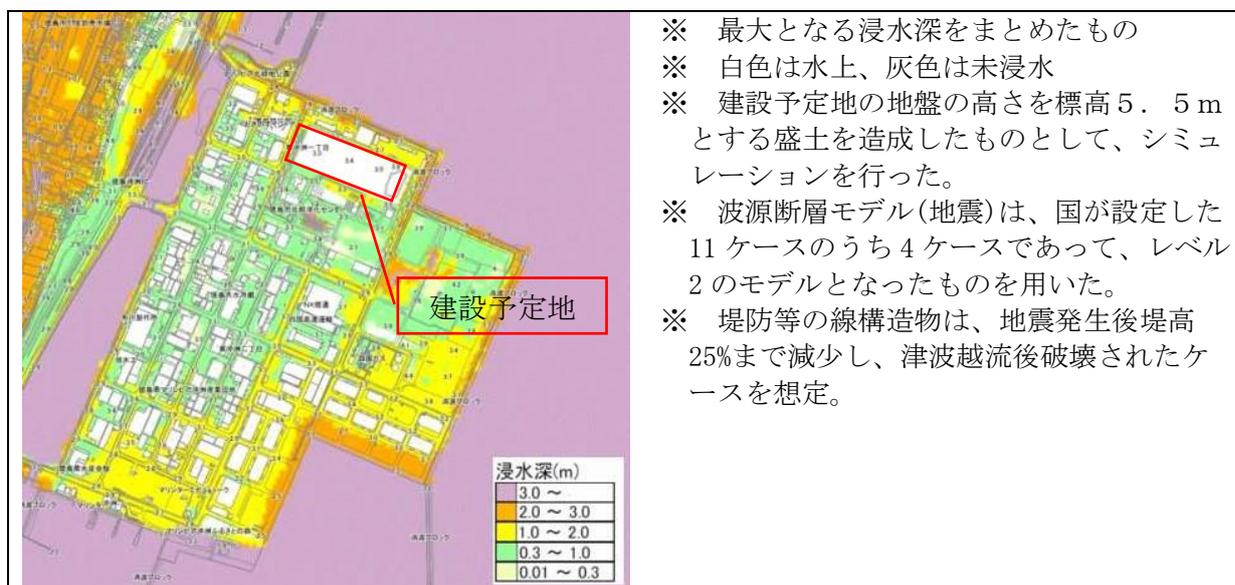
なお、堤防が破壊される場合と破壊されない場合の2通りの想定で、シミュレーションを行ったが、堤防が破壊されない場合の方が、浸水による被害は少なくなるものの、津波浸水後に長時間にわたって水が引かないとの結果になっている。

地震発生後の津波浸水シミュレーション（時間ごと）





マリニピア沖洲の浸水シミュレーション（最大）



- ※ 最大となる浸水深をまとめたもの
- ※ 白色は水上、灰色は未浸水
- ※ 建設予定地の地盤の高さを標高5.5mとする盛土を造成したものとして、シミュレーションを行った。
- ※ 波源断層モデル(地震)は、国が設定した11ケースのうち4ケースであって、レベル2のモデルとなったものを用いた。
- ※ 堤防等の線構造物は、地震発生後堤高25%まで減少し、津波越流後破壊されたケースを想定。

(2) 津波による盛土堤体の損傷

津波による盛土の破壊については、東日本大震災において、道路や線路の盛土が破壊された事例はあるが、破壊された盛土は、津波が盛土を越流することにより洗掘等が発生したことに伴うものが多い。

「津波防災地域づくりに係る技術検討報告書」（平成 24 年 1 月 27 日）によると、遡上した津波が盛土の海側のがけ面に達し、その前面で水位が上昇することや、盛土のがけ面に沿って、その背後に回り込むような流れが発生すること、津波の周期が長くても数十分程度のため、がけの浸水継続時間は同程度以下であることを想定し、がけ面の浸食、がけの周辺地盤の洗掘、浸透によるすべり破壊や越流によるがけ上端部の浸食について対応を検討することとしている。

この中で、がけ面の浸食については、許容浸食深を 2cm としており、シバの根毛量は地表面から 5cm 程度までと一定の深さがあることから、シバがある程度残っていればがけ面全体の破壊には及ばないと考えられる。そのため、浸食深が 5cm を越えると植生では耐えられないとしている。この前提に基づき行っている試算では、仮に浸水深が 5～10m の場合であっても、がけ面の植生を管理することで津波の流水による損傷を軽微なものに留めることができるとしている。

また、がけの周辺地盤の洗掘については、最大浸水深に応じて保護工を敷設するかどうか検討することとしている。

盛土への浸透については、盛土の材料、締固め、勾配等によりどの程度浸透することとなるか計算を行うことなど、宅地防災マニュアル等に準拠することで基本的には安全を保つことができるとされている。

越流によるがけ上端部の浸食についても、越流が生じる場合は保護工の幅についても基準が示されている。

(3) 地盤沈下と地盤変位（側方流動）

地震による地盤沈下や、側方流動に伴う地盤の変位がどの程度発生するか、地質調査のボーリング結果で得られた地盤データや今後予定している盛土を考慮した解析を行った。

解析は、特に変位が大きいと考えられる建設予定地敷地の海側に当たる東側で実施し、解析結果の概要は次のとおりであった。

ア 地盤沈下量

徳島県が作成した「平成 24 年度徳島県津波浸水予測調査（平成 26 年 2 月）」によると、南海トラフ地震が発生した場合の徳島市における基盤層の沈降量は、レベル 1 地震の場合で-36cm、レベル 2 地震の場合の最大で-1.18m としていることから、この沈降量を所与のものとして、FLIP 解析¹による地盤の沈下量に、盛土に伴う圧密及び即時沈下量を加えて合計の沈下量を算出した。

この場合、レベル 1 地震時において沈下量が最大となるのは、建物西側の①で 1.49m、レベル 2 地震時に最大となるのが、建物西側の①で 2.56m であった。

沈下量の計算結果

(単位:m)

項目		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
レベル 1	圧密・即時沈下量	0.49	0.44	0.35	0.20	0.20	0.29	0.18	0.09	0.03
	FLIP 解析	0.64	0.63	0.59	0.55	0.54	0.55	0.54	0.48	0.46
	沈降量	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
	合計	1.49	1.43	1.30	1.11	1.10	1.20	1.08	0.93	0.85
レベル 2	圧密・即時沈下量	0.49	0.44	0.35	0.20	0.20	0.29	0.18	0.09	0.03
	FLIP 解析	0.89	0.86	0.79	0.81	0.97	1.03	0.98	0.80	0.85
	沈降量	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
	合計	2.56	2.48	2.32	2.19	2.35	2.50	2.34	2.07	2.06

なお、この沈下量のうち、沈降量については、公表されている津波浸水予測や今回実施した津波シミュレーションにも考慮されている。

¹ FLIP(Finite element analysis of Liquefaction Program)は、有限要素法に基づく 2 次元動的有効応力解析プログラムであって、液状化する地盤上に構築された構造物の地震による被害の予測機能を持ち、岸壁や盛土構造物等の港湾施設の耐震解析に広く用いられている。

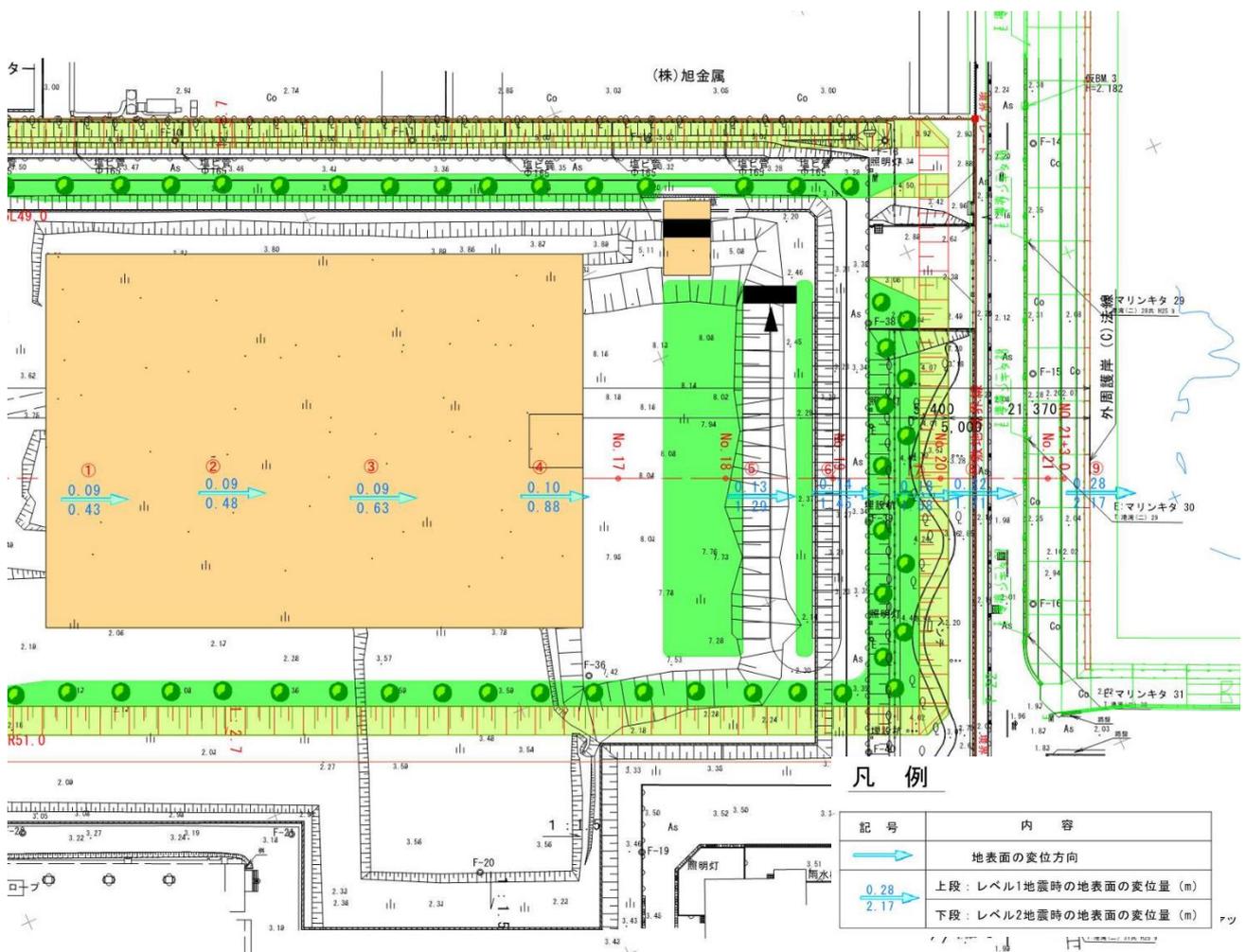
イ 地盤変位量

地盤変位については、レベル1地震の場合、敷地境界付近となる⑧では0.22m、建物の東側にあたる④で0.1m、建物の西側にあたる①で0.09m海側に変形、レベル2地震の場合、敷地境界付近の⑧で1.71m、建物東側の④で0.88m、建物西側の①では0.43m海側に変形が発生するとの結果であった。

また、変形量は、地表に近いほど大きくなっており、基礎杭の先端と想定される地下50m以上では、L2地震であっても、変形量はほとんどなかった。

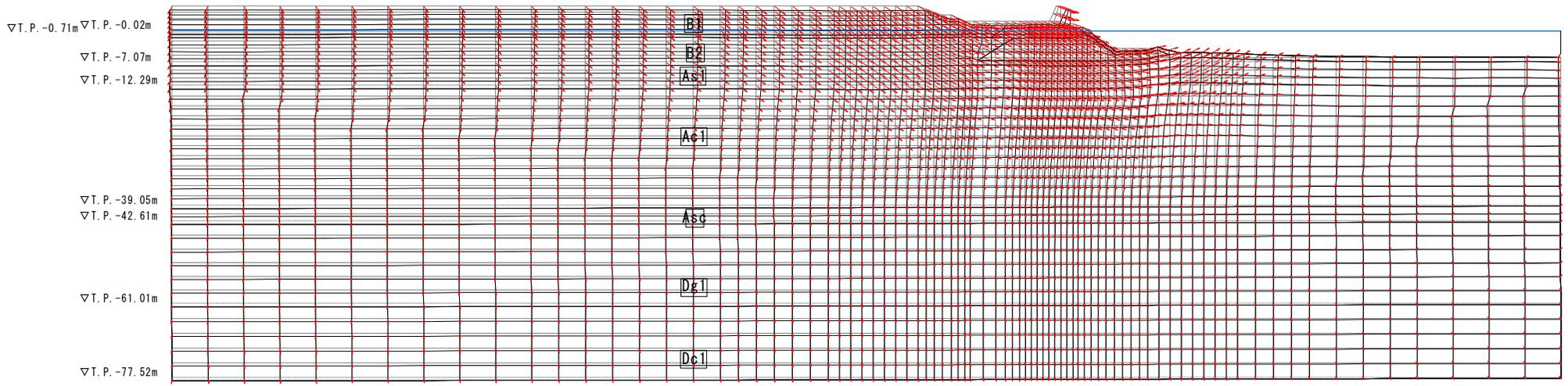
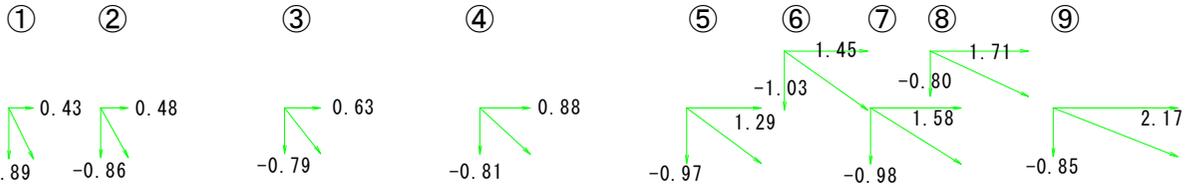
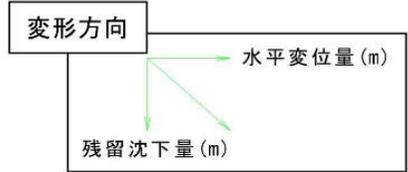
なお、地盤変位に対する対策工については、敷地の周囲に矢板を設置することなどが考えられる。

二次元 FEM 解析による変位量解析結果図



○変形量結果概要

残留変形ケース④L2盛土施工後



7 災害リスクを踏まえた新施設整備に対する本市の考え方

(1) 基本計画における災害リスクと対策

新施設は、災害発生時に災害ごみの処理を担う必要があり、周囲に代替施設がないことから、災害発生時においても施設の機能を維持する必要性は高く、想定される災害に対して十分な対策が求められる。

新施設における災害リスクについては、地震や津波だけではなく、高潮や洪水、土砂災害など、様々な自然災害を想定する必要があるが、その中でも最も影響が大きいものは南海トラフを震源とする巨大地震である。

南海トラフ地震については、レベル1とレベル2の2通りの被害想定が策定されているが、そのうち、レベル2の地震・津波は、千年あるいはそれよりも発生頻度は低いものの、発生すればレベル1と比べ甚大な被害をもたらす最大クラスの地震・津波であって、東日本大震災の反省を踏まえ、人命を守るための避難を呼びかけるために策定されたものである。

こうした被害想定に対して、新施設では、業務継続計画で発災後1～2週間での稼働を目指すことを検討しており、そのためには、レベル2が発生した場合であっても、倒壊などの壊滅的な被害を避けることが必要となる。

建設予定地における、南海トラフ地震の被害想定では、レベル2の場合、想定震度が7、津波浸水予測が0～3m、液状化危険度は極めて高いとされていることから、基本計画では、新施設の災害対策として、建物の耐震性能を高めることや、2m程度の盛土、重要設備の上層階への設置、堅固な地盤まで到達する杭による支持などの対策を行うこととしている。

(2) 今回行った検証とその結果に対する考え方

今回の検証に当たっては、公表されている被害想定に加えて、津波による浸水、液状化や地盤沈下などについて、建設予定地の被害を改めて検証し、壊滅的な被害を避けることが可能か検証を行った。

津波のリスクについては、盛土により、津波浸水想定よりも敷地の地盤を高くした場合、津波が盛土を乗り越えずに、盛土を回り込むとのシミュレーション結果であったことから、盛土によって建物の浸水を防ぐことは可能であると考えられる。

盛土への津波の浸透については、盛土の材料、締固め、勾配等によりどの程度浸透

することとなるか計算を行うことで、基本的には安全を保つことができるとされており、法面の崩壊についても、建物に影響するほどの被害はないものと考えられる。

地盤沈下については、解析の結果、レベル2の場合で、敷地内の大半の沈下量が約2.5mであり、そのうち津波浸水想定で考慮されていない沈下量が約1.3m程度との結果であった。

こうしたことを踏まえると、単純に盛土を2m程度とするのではなく、盛土の設置に伴う圧密や地震の揺れに伴う影響を考慮し、沈下後の高さがT.P. 5.5mを確保できるように盛土の高さを設定することで、津波浸水の被害を防ぐことができると考えられ、重要設備を上層階に設置することも併せて実施することで更なる津波対策につながると思われる。

なお、建物の倒壊や傾斜を防ぐため、基礎杭を打設することとしているが、今後の設計業務の中で、建物の重量や面積・形状などを踏まえ、杭の深さや方法などについて詳細な検討を行うこととなる。

地盤変位（側方流動）については、海に近いほど海側に向かって地盤が変位するが、建物が流出するようなものではなく、建物部分では、40～80cm程度の地盤変位が見込まれるとの結果であり、対策についても様々な方法が考えられることから、対策が不可能とまではいえない。

(3) 今後の事業の進め方についての考え方

今回の検証からは、災害リスクを否定することはできないが、対策についても様々な方法があることや、対策も十分可能な範囲であることから、現在の建設予定地で事業を進めていくこと自体に問題はない。

今後、実施する基本設計や実施設計においては、こうした被害の想定を踏まえるとともに、より詳細な調査や解析を行いながら、具体的な対策の検討を進めていく必要がある、その際には、できる限り安全寄りの考えで、対策を進めていくことが求められる。

また、こうした設計や建設段階での対策だけではなく、施設稼働後においても、発災に備えた訓練や検証などを重ね、より安全を担保できるような取り組みを行うとともに、新たな課題が判明した際には、その都度、対応を検討し実施していくことが求められており、このような考えを基に事業を進めていくことが重要と考えている。

8 評価

(1) 徳島大学 馬場 俊孝 教授² (津波防災学)

徳島市一般廃棄物中間処理施設建設予定地に対して、計画されている盛土造成を考慮した上で、徳島県の津波想定と同等のシミュレーション手法で津波を評価したところ、当該地に津波の浸水は確認されなかった。

1. 評価対象

本業務では徳島市マリンピア沖洲に建設予定中の一般廃棄物中間処理施設に対する津波を評価した。ここでは、マリンピア沖洲地区を対象として南海トラフ巨大地震が発生した場合の津波を数値シミュレーションによって計算した。その結果に基づいて、津波のせり上がりを考慮した浸水と、計画している敷地盛土について、津波浸食、洗堀等の可能性について分析した。

2. 津波シミュレーションの方法

津波の数値計算には詳細な海底および陸上の地形データ等が必要である。本業務では、評価対象の一般廃棄物中間処理施設近傍の地形データについては、盛土設計図面からデジタル化した。それ以外のマリンピア沖洲周辺の地形データは、徳島市から貸与いただいた徳島県の地形データを利用した。徳島県のデータというのは、平成 25 年に公表された徳島県津波浸水想定で利用されたデータである。なお、津波モデルの中では防波堤、防潮堤などの津波防御構造物は地盤の上に設置された板状のもの（以降、線構造物データと言う）として扱われている。この線構造物データの有無により津波防御構造物有り、無しを表現するのであるが、最悪のケースを想定するものとして、ここでは津波防御構造物無しで計算を実施した。

マリンピア沖洲周辺以外の広域の地域については、国土地理院基盤地図情報の数値標高モデルと津波計算でよく利用される GtTM (Global tsunami Terrain Model) を使って海底および陸上の地形をモデル化した。通常の津波想定では陸上の建物は除かれて、更

² 徳島大学 大学院 社会産業理工学研究部 理工学域 社会基盤デザイン系 教授、徳島大学 環境防災研究センター 防災研究部門長、文部科学省 地震調査研究推進本部 津波評価部会委員

地の状態で計算される。建物によって津波の侵入を防ぐ効果があるが、それは底面と海水の摩擦で表現される。本報告ではより精度のよい評価のため、建物の形状を考慮した津波シミュレーションも実施した。建物の形状データは国土交通省が主導する 3D 都市モデル (PLATEAU) から取得した。

津波を発生させる地震のモデルには、内閣府の巨大地震モデル検討会が提示しているマグニチュード 9.1 のモデルを利用した。巨大地震モデル検討会は南海トラフで発生しうる巨大地震として 11 ケースを提示しているが、ここでは徳島県に影響が大きいケース 3, 9, 10, 11 に対して計算を行った。

津波のシミュレーションには、平面二次元非線形長波モデルを用いた。このモデルは津波ハザードマップの作成に一般的に利用される方法である。

要約すると、対象地域である徳島市マリンピア沖洲の地形、建物データを高度化した上で、県の津波浸水想定の手法を用いて当該地域の津波リスクを評価した。

3. 津波シミュレーション結果とリスク評価

マリンピア沖洲では地震発生後約 50 分後から浸水が始まる。この地域では道路に沿って津波が浸水し、およそ 20 分後 (地震発生後 1 時間 10 分後) に最大の浸水となる。南東側の岸壁付近の浸水深の最大は 2~3m、南東部分の陸上では浸水深 1~2m が予測される (図)。また、処理施設の南側の最大浸水深は 0.93m (東京湾平均海面 (T.P.) を基準として 3.50m) で、北側ではやや高いが 1.37m (T.P. 基準で 4.15m) である。

処理施設の盛土造成かつ地震による地殻変動を考慮した地盤高は標高 (T.P. 基準) 4.82m であり、周辺地域の津波最大水位より高い (図)。少なくとも本計算条件においては、南海トラフ地震による津波の浸水は発生しない。また、盛土の四辺に 1/2.7 の勾配をつけているが、津波がそこをせり上がることもなかった。マリンピア沖洲地域の津波の浸水は道路に沿って、20 分かけて、地区内の道路を覆うように進むため、流速もさほど大きくない。このため、津波による洗堀が大規模に発生するとは考えにくい。

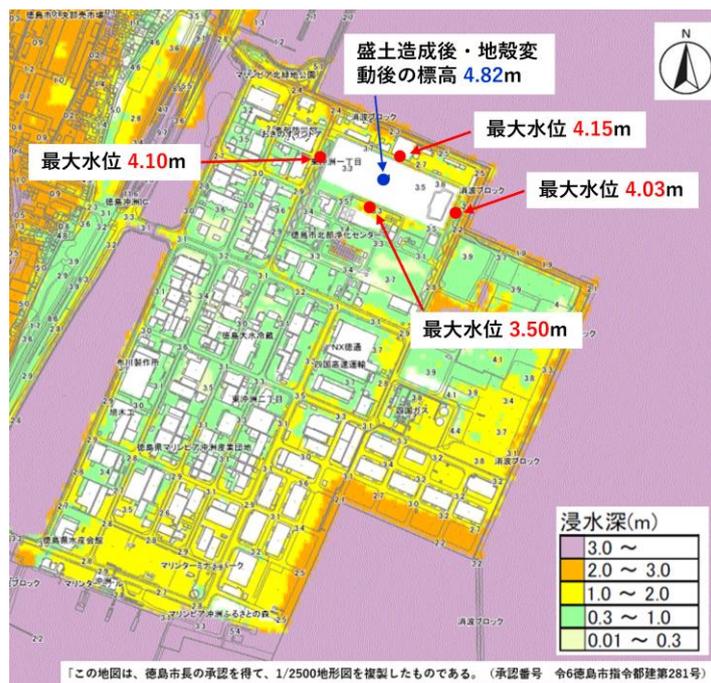


図 マリンピア沖洲の最大浸水深分布 (4つの内閣府モデルの最大包絡). 標高と水位はT.P.基準である.

(2) 徳島大学 上野 勝利 准教授³ (基礎工学、地盤工学)

マリニピア沖洲での一般廃棄物中間処理施設（以下「当該施設」という）の建設予定地の選定について、「災害リスクに対して理想的とは言えないものの、十分な調査と対策を行うならば、地盤工学的には候補地として事業を進めることに問題はない」と言える。

当該施設の建設予定地として、マリニピア沖洲にある下水道の終末処理施設の未利用敷地約 4.7ha が選定されている。ここは埋立から約 30 年経過した埋立地であって、T.P. 3.5m の比較的護岸に隣接した区画である。津波による浸水が懸念されることから、2m の盛土を行い、T.P. 5.5m の地盤を造成することが想定されている。

計画策定にあたっては、5 か所の調査ボーリングを行うとともに、標準貫入試験、PS 検層、現場透水試験、孔内水平載荷試験、室内土質試験等の地盤調査・試験が行われた。室内土質試験では物理的性質の他、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験（UU または CD 試験）および標準圧密試験の力学試験も行われた。これらの地盤調査の質・量ならびに内容は、計画策定の概略調査として十分なものである。

調査結果から建設予定地の地層構成として、上から覆土（B1）、浚渫土（B2）、沖積上部砂質土層（As1）、沖積中部粘性土層（Ac1）、沖積下部砂泥互層（A1）、洪積第 1 砂礫層（Dg1）、洪積第 1 粘性土層（Dc1）、洪積第 3 砂礫層（Dg3）、洪積第 2 砂質土層（Ds2）が同定された。このうち、T.P. -40m～-50m 程度までの B1 層から A1 層は検討を要する比較的軟弱な層であり、それ以深の Dg1 層が N 値 30 程度以上の支持層として判定できる。Dg1 層までの各層について標準貫入試験の N 値に基づいて判断すれば、覆土の B1 層に「非常に緩い」および「緩い」、浚渫土層である B2 層に「非常に軟らかい」および「軟らかい」、As 1 層の砂質卓越部分に「緩い」、細粒土卓越部分に「軟らかい」と判断される部分が一部ある。しかしながら、大多数は「中位」以上と判断される。

³ 徳島大学 大学院 社会産業理工学研究部 理工学域 社会基盤デザイン系 准教授、徳島大学 環境防災研究センター、国際圧入学会 理事

地盤解析業務として、盛土載荷による沈下量の計算、L1 および L2 地震波に対する地震応答解析と液状化の予測・判定が行われた。沈下量の計算では、盛土中央部における最終沈下量は 0.49m、90%圧密に要する日数は 548 日との予測結果が報告されている。液状化の予測・判定については、粒度による判定では対象とした全地点で液状化の可能性があると判定された。ただし PL 値による判定では、2 か所が液状化危険度が「高い」とされる PL=5～15 となり、3 か所が液状化危険度が「低い」とされる PL=0～5 となった。2次元 FEM による変形解析では、L1 地震動で 0.36m の沈降と合わせて最大 1.49m の沈下と 0.1m 程度の海側への側方変位が予測された。一方 L2 地震動に対しては、1.18m の沈降と合わせて最大 2.56m の沈下と 0.43～1.71m の海側への側方変位が予測された。

以上の予測結果から示されるように、盛土施工や地震によって相応の地盤の変形が生じると予測されている。一方、当該施設は高い煙突や大型機器類、多数のプラント配管など、不同沈下や相対的な変位に対する許容値が厳しい施設と思料される。沈下に対しては、地盤改良や適切な基礎工法を採用することにより対応が可能だろう。しかしながら地震時に施設全体の広い範囲にわたり側方流動を抑えることは難しい。ある程度の側方流動の発生は許容できるよう、施設をブロック化して設備間の相対変位を抑制する部分と、ブロック間の結合をフレキシブルな構造とし相対変位を許容できる部分に分けた構造とするなど、当該施設の設計も含めて合理的な対策方法の採用が必要である。

そのほか、調査結果から想起される懸案事項について、以下に列挙する。

- 1 細粒土層である B2 層および Ac1 層であっても、地震動による繰り返し載荷により過剰間隙水圧が発生すれば、その結果有効応力が低下しせん断抵抗も減少し、変形が発生する。砂層に比べて細粒土層では透水性が低いため、その過剰間隙水圧の消散には時間が必要となる。地震後数カ月から数年にわたり、過剰間隙水圧の消散に伴う圧密沈下が発生する可能性がある。これらの対策方法としては、たとえば SCP や圧密促進工法等による B1 層から Ac1 層までの密実化が有効である。
- 2 地表面での変位が大きくとも、支持層と想定される地下 50m 以上では L2 地震であっても変位はほぼないとのことであった。それにより杭は先端部が固定され上部が側方に変

位する。そのため、地震時に杭には大きな横荷重が作用する可能性がある。

- 3 下図に示すように候補地周辺の護岸には、波浪による変状の痕跡が良くみられる。またT字の交差点での舗装の損傷が激しい。土砂の吸出しや地中への海水の侵入などによる地盤の脆弱化が懸念される。

- ①護岸同士で2~4cm程度のずれが見られる箇所がいくつかある。
- ②T字の交差点あたりに舗装の傷んだ箇所がある。



(3) 徳島大学 蔣 景彩 教授⁴ (地盤工学)

地震による地盤災害は被災の媒体である地盤の構成と誘因である外力の地震動に左右され、地盤上の構造物等の安全性は地盤、地震動と構造物の相互作用に大きく依存する。新しいごみ処理施設の建設予定地であるマリンピア沖洲は全国的に見ても沖積層の厚い（約45m）軟弱地盤にあり、その上に十数メートルの浚渫土や盛土が埋め立てられている。このような地盤構成と南海トラフ巨大地震が発生した場合の長時間の強震動等を考えると、地盤液状化や沈下などのリスクは高く、地震動の増幅や構造物との相互作用などによる施設整備への影響は大きいと言わざるを得ない。

1) 地盤液状化および施設整備における災害対策の評価

現段階では液状化地層は液状化しやすい砂質土層（埋立土 B2 と上部砂質土層 As1）としているが、造成年代の若い地盤ほど液状化被害が顕著であったこと、余震によっても液状化が発生したこと、継続時間の長い強震動が液状化に影響したこと、N 値 10 以上の硬い砂質土や細粒分の多いシルトも液状化したことが東日本大震災や令和 6 年能登半島地震等で明らかとなったことを考慮し、南海トラフ巨大地震の継続時間の長い強震動や本震後大きな余震の頻発が想定され、地盤沈下や津波襲来に伴う表層盛土の飽和化なども考えられることから、埋立土 B2 と As1 上部砂質土に加えて、表層盛土 B1 及び沖積中部粘土層 Ac1 も液状化リスクのある土層として詳細な液状化の検討を実施する必要がある。

地盤液状化リスク、以下に述べる地盤沈下・側方流動リスク、及び施設の重要度などを併せて勘案すれば、施設部の基礎は杭基礎とすることが合理的であると考えられる。基礎の損傷は上部構造に与える影響が大きく、また上部構造に比べて発見しにくく補修も極めて困難であることなどから、杭基礎選定・設計には大地震動時の設計用外力として地盤変形を考慮し、構造物-杭-地盤系の地震応答解析を行いその安全性を確認・照査すべきである。なお、施設の要求性能に合わせて必要に応じて地盤の液状化対策や側方流動対策などについても併せて検討し照査することが望ましい。

⁴ 徳島大学 環境防災研究センター センター長、徳島県南海トラフ巨大地震被害想定検討委員会 委員

2) 地盤沈下と地盤変位（側方流動）および施設整備における災害対策の評価

現段階では地震による広域地盤沈下、盛土の嵩上げによる圧密沈下などが考慮されており、また地震による地盤沈下や地盤変位（側方流動）も2次元有限要素法（FLIP）によって評価されている。一方、液状化後の沈下量や地震後粘土層の長期的な沈下が評価されておらず、入力地震動の継続時間や周波数特性などの影響が十分に考慮されていないことから、南海トラフ巨大地震が発生した場合の地盤沈下量はより大きくなる可能性があると考えられる。また、地盤変位（側方流動）も液状化した後の地震動による地盤の揺れ、護岸の変状などによってより大きくなる可能性があり得る。こうしたリスク要因も考慮し、増設予定盛土の高さや敷地周辺の対策（矢板設置など）を検討すると共に、対策後の安全性照査を実施することが望ましい。

現段階における地盤リスク評価や施設構造物の対策は不十分なところもあるが、今後更なる詳細な検討が予定されている。想定外力の不確実性や地盤のばらつきの大きさ、地盤-基礎-構造物の相互作用の複雑さなどから、信頼性確保のため被害想定や地盤・施設の耐震性能に余裕を持たせることが必要であるが、不経済的になることが考えられる。建設予定地の地盤リスクをより適切に評価し、敷地や施設の壊滅的な被害を避けるための十分な災害対策を講じていくことが可能であるが、想定外の地震動や地盤変状、及びそれに起因する被害が起り得る可能性があることに留意すべきである。

(4) 徳島大学 中野 晋 特命教授⁵（リスクマネジメント、地域防災学）

徳島市の新しいごみ処理施設の建設予定地であるマリンピア沖洲は、その立地から、津波や液状化など、南海トラフ巨大地震が発生した場合の災害リスクは高いと言える。

こうした災害リスクに対する耐震や耐津波などの施設の対策については、災害に関する知見の増加や研究の成果も有り、被害想定が向上し、建築や土木の災害対策工法も数多く研究されていることから、被害想定を踏まえて災害対策を講じていくことは、技術的には可能であると考えられるが、道路の不通や、電気・水道の断絶などによる、災害発生後の施設の稼働やごみ収集の早期再開への影響など、施設の運用面についての不安は残ると言わざるを得ない。

このため、マリンピア沖洲が、新ごみ処理施設の整備場所として適地かどうかを災害の面から考えると、「大規模災害に対して安全な場所である」とは決して言えるものではなく、不安感は拭えない。

しかし、施設の整備場所として、他に「災害に対して安全な場所」があるかについては、徳島市全体が、河川に囲まれ水害の恐れがあることなど、地形的に災害リスクが高い地域であることから、どの場所で建設する場合でも、一定の災害対策は必要となる。

また、徳島の山地は標高が高く、固い地盤であり、高台を整備するにも大きな困難を伴うことなど、災害リスクを考えると、場所の選択肢は少ない上に、災害リスク以外にも検討すべき要素はある。

こうしたことも全て含めた上で、徳島市が「マリンピア沖洲は施設の整備場所として適地である」と判断したのであれば、現在の建設予定地で新施設を建設することも致し方ないと考ええる。

なお、1月の能登半島地震の例もあるように、大規模な災害が実際に起こった場合にどのような被害が発生するのかは、誰も確実なことは分からず、想定外のことは必ず起こり得るものである。

⁵ 徳島大学 環境防災研究センター 特命教授、徳島大学 名誉教授、徳島県南海トラフ巨大地震被害想定検討委員会 委員長

このため、現在の建設予定地で施設を整備していくのであれば、取り得る災害対策は確実に行っていくことは当然のことであるが、それでもなお、想定外の被害が起こり得る可能性や、災害発生後の施設の運用面についての不安が残ることに留意しなければならない。

(5) 香川大学 金田 義行 特任教授⁶ (防災工学)

1. はじめに

当該施設の立地条件に関しては徳島市のマリニピア沖州であり、南海トラフ地震発生時には強い揺れと津波浸水想定地域である。また、中央構造線沿いの地震発生時にも大きな地震動が想定されている。これらの地震に対し特に吉野川流域で想定されている軟弱地盤地域では、地震動ならびに液状化被害が想定されている。地震・津波被害の観点から、新規廃棄物中間処理施設の立地条件に関して地震・津波被害想定に基づく新規建設の妥当性について論じる。

2. 地震対応

- 1) 地盤条件：建設予定地点で実施されたボーリングの結果、3ヶ所では液状化リスクは大きくはないが、他の2ヶ所のボーリング結果では液状化リスクは「極めて高い」との評価ではなく、「高い」と評価されている。これは液状化リスクの高い砂質土層が薄く、液状化リスクの低い「粘性土層」が厚いためと考えられる。このことは今年元旦の能登半島地震の際に新潟で発生した液状化被害も、「粘性土質」の厚い地域では顕著な液状化現象は発生しなかったことから、このような評価は妥当である。この結果から今後は矢板などの液状化対策を十分行うことによって対応できるものと判断する。
- 2) 地震動対策：南海トラフ地震発生の際は、震度6弱から震度7の振れが想定されることから、地盤条件も考慮した対策が求められる。対策については、これまで各地域で建設された構造物の情報も加味して対策を行う事で地震動対応は可能と考えられる。
- 3) 耐震設計に関する確認も極めて重要であるが、この点も考慮されていると考えられる。

⁶ 香川大学 地域強靱化研究センター センター長、香川大学 四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構 副機構長、香川県南海トラフ巨大地震被害想定検討委員会 委員長、国立研究開発法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC) 海域地震火山部門アドバイザー

3. 津波対応

- 1) 当該地域では津波浸水想定は最大 3.0m。現状は TP3.5m であることから 2.0m の嵩上げは妥当であるが、盛土の損傷評価ならびに液状化による地盤沈下や側方流動の評価が不可欠である。

この点に関しての対策も検討されている。

- 2) 津波対策設計における確認事項として設備機器の機能維持については、2011年の福島原発事故の教訓として必要不可欠であり、この点も整理されて実施することであり評価できる。

4. インフラ・ライフライン被災対策

- 1) 電気、水道、ガスについては非常用電源確保、上水道の耐震化促進とともに水の備蓄および四国ガスの事業継続によるガスの供給も期待できる状況にある。
- 2) 周辺道路についても、液状化対策、緊急輸送道路の活用などが計画されている。また、マリンピア沖洲と陸域を繋ぐ橋梁に関しては、落橋リスク評価や液状化による段差対応も考慮されている。

5. 人命優先と事業継続

本事業では平時の一般廃棄物中間処理事業に加え、災害時の災害廃棄物処理が重要である。本施設では地震津波対策を前提として平時では市民の環境学習拠点、災害時では従業員の安全確保、避難民の受け入れならびに迅速な事業継続が必須の課題である。これらの点についても対策が検討されている点は評価できる。

6. まとめ

マリンピア沖洲の新規一般廃棄物中間処理施設は重要であるが、立地条件に関しては地震津波被災リスクが高い地域である。

そのため、人命優先を前提として事業継続のための地震対策、液状化対策、津波対策の検討がなされていると判断できる。

一方、重要施設の被災対策としては、想定外の状況も考慮することが不可欠であり、そのためのシミュレーションを計画されていることは評価される。

しかしながら、これらの被災検討事項が実際の施設建設の際、対策に反映されること

が重要である。

7. 結論

概ね問題無いが、建設時において議論されている検討事項を着実に反映される事, ならびに災害時を想定した各種訓練を地域コミュニティと実施することで人命優先、地域継続のための具体的な被災対応を共有することで、地域にとってもより安全かつ重要な施設となることが期待できる。

