

2022年度 SIP国家レジリエンス ピアレビューに向けた助言のための報告会

テーマVI スーパー台風被害予測システムの開発

高潮・高波ハザード予測システムの開発

令和4年10月29日（土）

岡安 徹也



第2期5年間の設定目標に対する達成度について 研究開発により実現したい目標

① 《見逃し0（ゼロ）》

アンサンブル予報を用いて最大51通りの台風コースの高潮・高波・浸水を予測計算し、住民や施設管理者等に対して、最悪の高潮・高波を含む「幅のある浸水予測」情報を提供することにより、情報利用者が高潮・高波の防災リスクを正しく認識することを可能とする、「リスクの見逃し」のゼロを実現。また、アンサンブル予報の時空間内挿、観測値によるデータ同化により、予測精度の向上を図る。

**技術目標1 ⇒ アンサンブル気象予報を活用した予測モデルの構築
予測精度向上を図るための時空間内挿・データ同化技術の導入**

② 《リードタイムの確保》

6時間毎に更新されるアンサンブル予報の活用により72時間先の予測情報を提供し、避難や施設操作のリードタイムを確保する。

技術目標2 ⇒ 72時間先予測、6時間毎逐次更新の情報提供

③ 《我が事に感じるリスク情報をいち早く提供》

住民や施設管理者、店舗・イベント業者等に対して、台風接近時に、自分の居る場所に関する高解像度の高潮・高波・浸水の情報を、台風位置情報の発表後1時間以内に逐次更新提供することにより、情報利用者が適切な防災対応を取ることができ、被災者や施設の被災を軽減する。

**技術目標3 ⇒ いつのタイミングに・どこで・誰が ピンポイント情報を提供
高空間分解能（3.3m格子）の浸水予測、計算高速化**

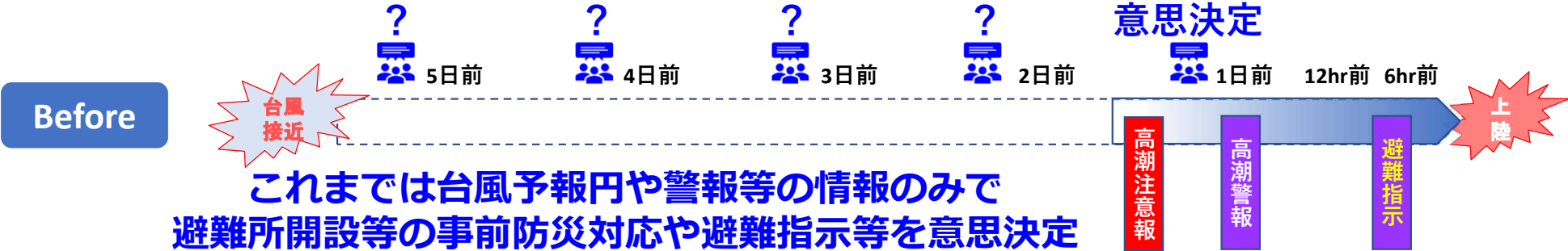
東京湾・伊勢湾・大阪湾におけるリアルタイム高潮・高波浸水予測システムを
全国展開することで、**人的損失ゼロ、浸水被害軽減の実現が最終目標**

第2期5年間の設定目標に対する達成度について

SIP第2期開始時の状況・課題と達成目標

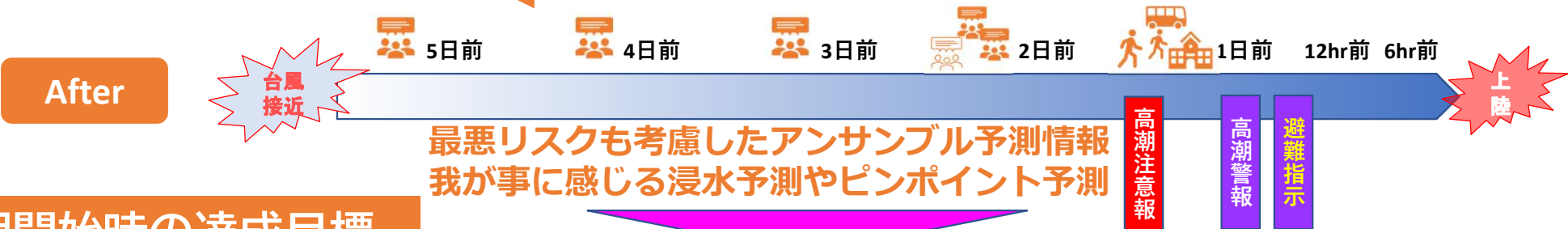
SIP第2期開始時の状況・課題

初年次 長時間予測に伴う不確実性を考慮したアンサンブル気象予測による高潮・高波・浸水予測情報が無い
意思決定



SIPによる新たな予測情報の自治体への試行提供を実現

意思決定 リードタイムの確保 的確な避難所開設等の事前防災行動に貢献



SIP第2期開始時の達成目標

アンサンブル予報・時空間内挿・データ同化技術の導入

7 2 時間先予測・6 時間毎更新の予測情報の提供

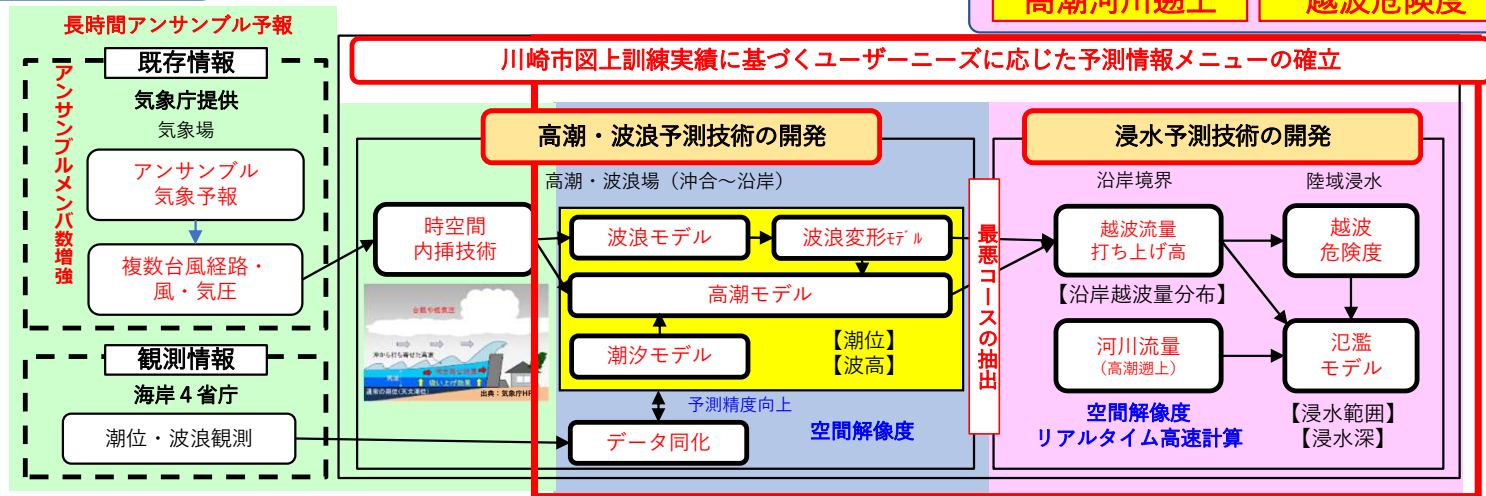
高分解能（最小3.3m格子）の浸水予測と計算の高速化

第2期5年間の設定目標に対する達成度について
現時点での目標達成状況

技術目標

システムは概成

社会実装に向けたシステム
最終年次以降



荒川水系における
データ連携

週間アンサンブルメンバー数 51
6時間毎予測（1日4回）



三大湾含む解析広領域
解析領域の拡大
（三大湾を含む海域広領域の一体解析）
実台風を対象に試行運用

社会実装目標

社会実験計画の立案

①予測精度の検証

— 洪水

— 高潮

社会実装段階の
全視点において、
水害発生頻度の
高い洪水が先行

差を縮める必要あり

③法改正等
制度設計

②予測情報の
活用リテラシー

社会実装段階（到達点）の概念イメージ

フェーズⅠ
（技術確立段階）

フェーズⅡ
（フォローアップ段階）

フェーズⅢ
（社会実装段階）

GOAL

SIP期間内

技術仕様書の作成

R5年台風

①予測情報の精度検証

川崎市
ほか

②予測情報の活用リテラシーの向上策の検討

SIP後

システム暫定運用による
予測情報の活用リテラシー向上策の実践

活用
実績

③法制度
の検討

・情報提供体制、
システムの整備
・リテラシーの
熟度に応じた法
制度

国による
システム
運用と情報
提供

予測技術確立後、ユーザーに混乱を引き起こさないように社会実装を進める必要がある。

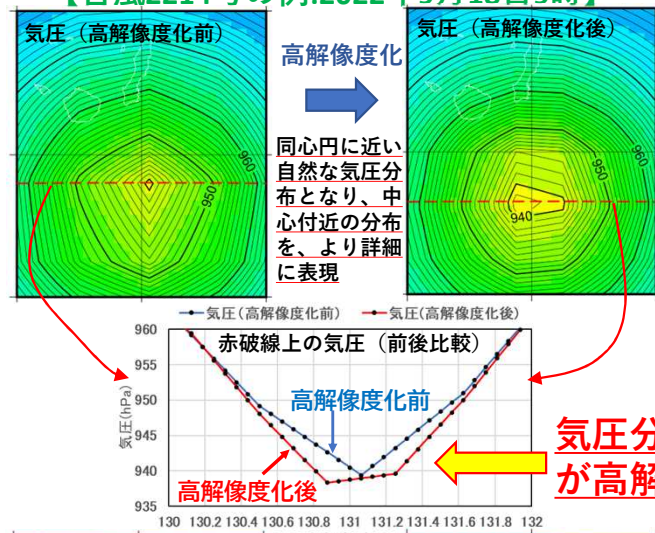
第2期5年間の設定目標に対する達成度について

技術目標1 週間アンサンブルの高解像化とデータ同化技術の実装

○週間アンサンブル高解像度化(格子間隔約60km→約40km)への対応

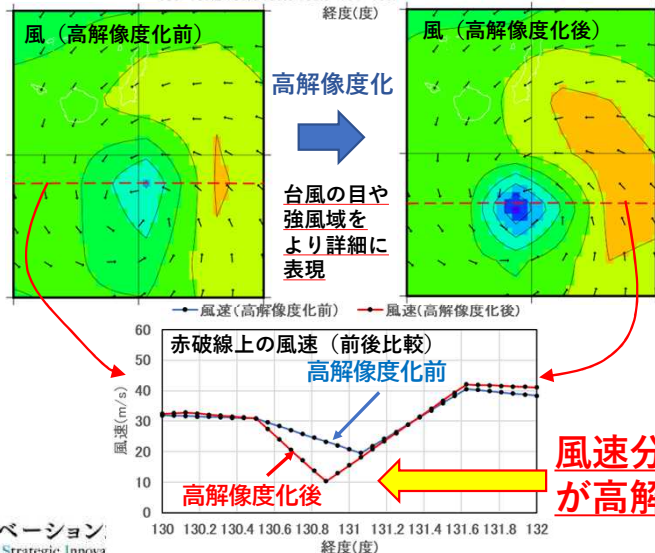
【台風2214号の例:2022年9月18日9時】

気圧



気圧分布の形状が高解像度化

風場

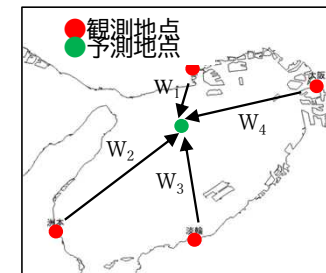


風速分布の形状が高解像度化

○観測値を用いた予測値の高精度化(データ同化)

【最適内挿法のイメージ】

複数の観測地点の情報を用いて予測値を補正する技術



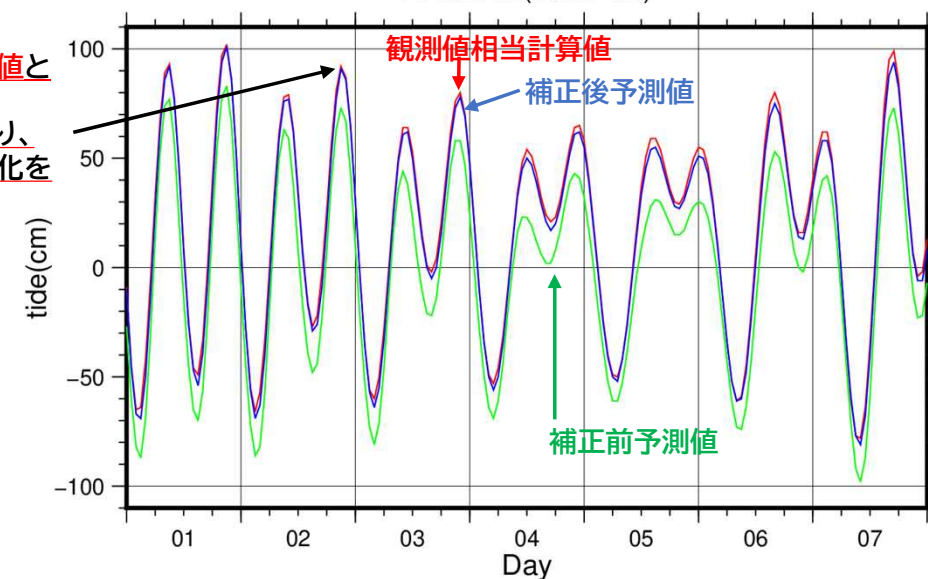
$$F^I = F^P + \sum_{i=1}^N W_i (F_i^O - F_i^P)$$

F^I : 補正後予測値
 F^P : 予測値、 W_i : 重み
 F_i^O : 観測値
 F_i^P : 観測地点の予測値
 N : 地点数、 i : 地点番号

【天文潮位の適用例：最適内挿法】

NAGOYA(2022-09)

観測値相当計算値と補正後予測値はほぼ一致しており、予測値の高精度化を実現



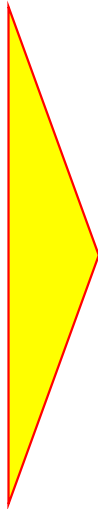
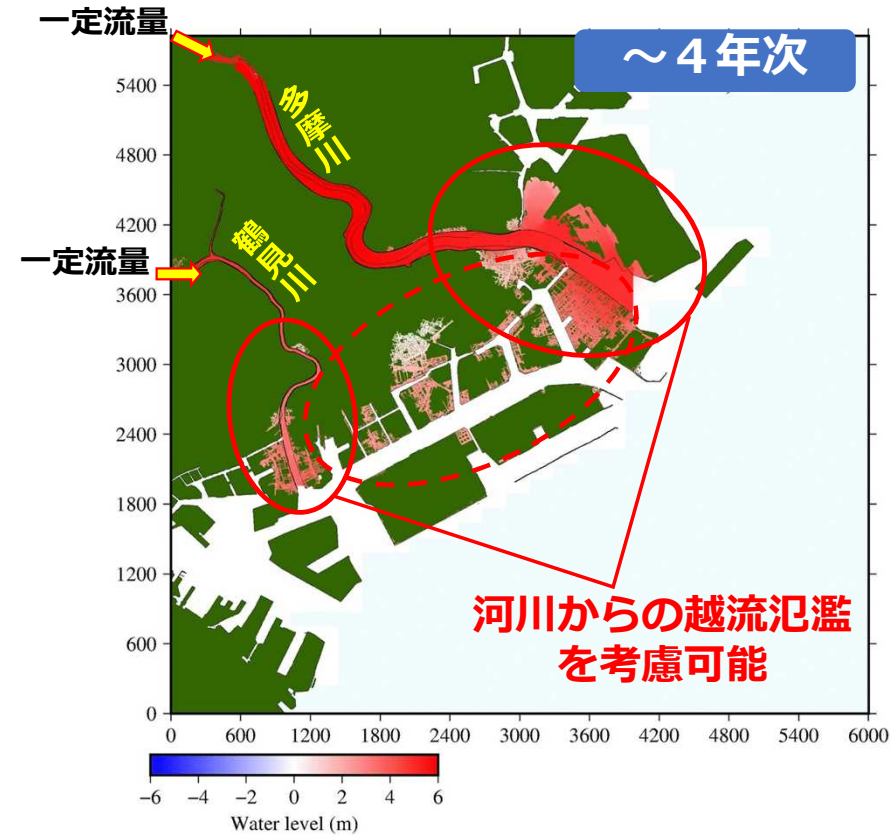
技術目標3 高潮浸水予測に港湾防潮扉の開閉条件・河川堤防の破堤条件機能の追加

評価項目
A③

6

施設条件の設定機能を実装

- 港湾防潮扉の開閉条件と河川堤防の破堤条件の設定機能を追加
- 技術的にはリアルタイム予測に防潮扉の開閉条件を考慮可能



高潮河川遡上有り

防潮扉の開閉・河川堤防の破堤条件

第2期5年間の設定目標に対する達成度について
技術目標の達成度と今後の見込み（総括表）

■技術目標の達成度

設定目標	技術目標	当初目標	5年次目標	5年終了時の達成状況
①見逃しゼロ	アンサンブル予報の活用(ENS)	● 週間ENS：27メンバー※ ● メソENS：21メンバー	● 週間ENS：51メンバー※ ● メソENS：21メンバー	● 週間ENS：51メンバー 達成 ● メソENS：21メンバー 達成 ● ユーザーニーズに応じた出力仕様
	時空間内挿技術	● 実装	● 継続的な予測精度の向上	● 継続的な予測の精度向上
	データ同化技術	● 実装	● 継続的な予測精度の向上	● 継続的な予測精度の向上
②リードタイムの確保	予測時間 目標72時間先予測	● 週間ENS：132時間先 ● メソENS：39時間先	● 同左	● リードタイム100時間以上達成
	予測頻度 目標6時間毎	● 海域：6時毎1日4回予測 ● 陸域：6時毎1日4回予測	● 同左	● 1日4回予測達成
③我が事に感じるリスク情報提供	高分解能（3.3m）の浸水予測	● 沿岸高潮河川遡上モデルの実装	● 継続的なシステム検証	● 河川遡上を考慮した浸水予測 ● ユーザーニーズに応じた出力仕様
	高速化	● 自動処理 ● 海域：所要時間3時間以内 ● 陸域：所要時間3時間以内	● 完全自動化（統合） ● 海域：所要3時間※ ● 陸域：3.3m格子(768並列) 実12時間⇒計算約2時間以内	● 完全自動化達成 ● 海域：所要3時間 ● 陸域：10m格子(383並列) 実12時間⇒計算約10分以内 3.3m格子(768並列) 実12時間⇒計算約30分以内
実台風に対する事前予測実績	大阪湾 伊勢湾（4年次追加） 東京湾	● 三大湾の実台風を対象とした事前予測	● 継続的な試行運用によるシステム検証	● R2年台風10号,12号,14号 ● R3年台風5号,8号,9号,10号,14号,16号 ● R4年台風4号,8号,11号,14号,18号 ● 提供先：国交省・川崎市・江戸川区・愛知県・大阪府・兵庫県
データ連携状況	テーマⅠ(SIP4D) テーマⅦ(IDR4M) テーマⅥ	● テーマ内、テーマ間連携の実現	● 荒川水系を対象としたsub2長時間洪水予測システムとのデータ連携 ● SIP4D⇒IDR4M等具体的な活用方法の検討	● 継続的なテーマ間連携
外部システムレビューR3.8.17開催	システム構成・機能・入出力の検証等	● 試行閲覧システムの構築	● データ利用者のニーズに応じた入出力仕様を引き続き検討	● 技術仕様書 ● データ利用者のニーズに応じた入出力仕様

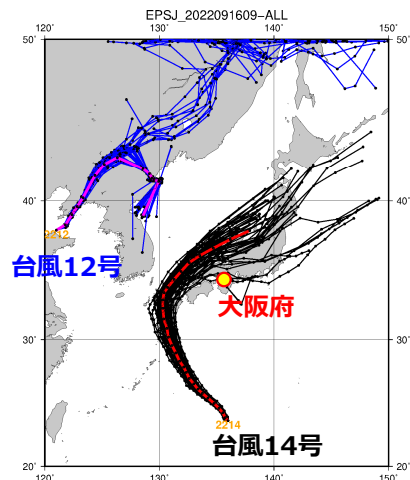
※ R3.3以降、週間アンサンブル/広領域の気象庁アンサンブルメンバー数を27→51に増強

令和4年台風14号に対する活用場面

連休前の予測情報を参考とした職員の体制構築に活用



台風経路予測



複数の台風を同時計算

赤色線：コントロールラン
黒色線：その他のメンバー

5日先予測の確認

16日 (金)

17日 (土)

18日 (日)

19日 (月)

16日9時(EPSJ)の予測情報(確率情報)により高潮注意報の発表可能性を確認



高潮注意報：大阪府大阪市他※

9月19日05時56分

発表
高潮注意報

9月19日22時05分

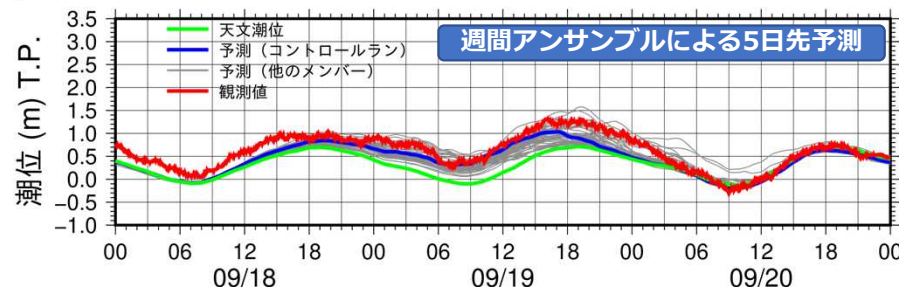
解除
解除

高潮注意報発表を前提とした体制構築

予測初期時刻：2022/09/16 09:00 [EPSJ]

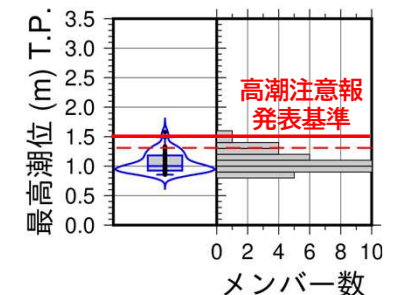
2022年台風第14号 (T2022-14)

大阪 (簡易計算)



高潮注意報の発表可能性

高潮注意報(1.5m): 1/51
観測最大 (1.31m): 6/51



※気象庁による高潮注意報は、注意報基準を超過すると予測した場合や実況が注意報基準を超えた場合に発表

社会実装の展開 高潮浸水予測の平時の活用

令和元年台風19号規模相当の疑似シミュレーション

川崎市との意見交換を通じた活用場面

- 高潮浸水予測システムを平時の計画検討に活用
- 例えば、防潮扉の開閉条件、気候変動の影響等を考慮したオフライン浸水計算により将来の浸水被害発生リスクを把握



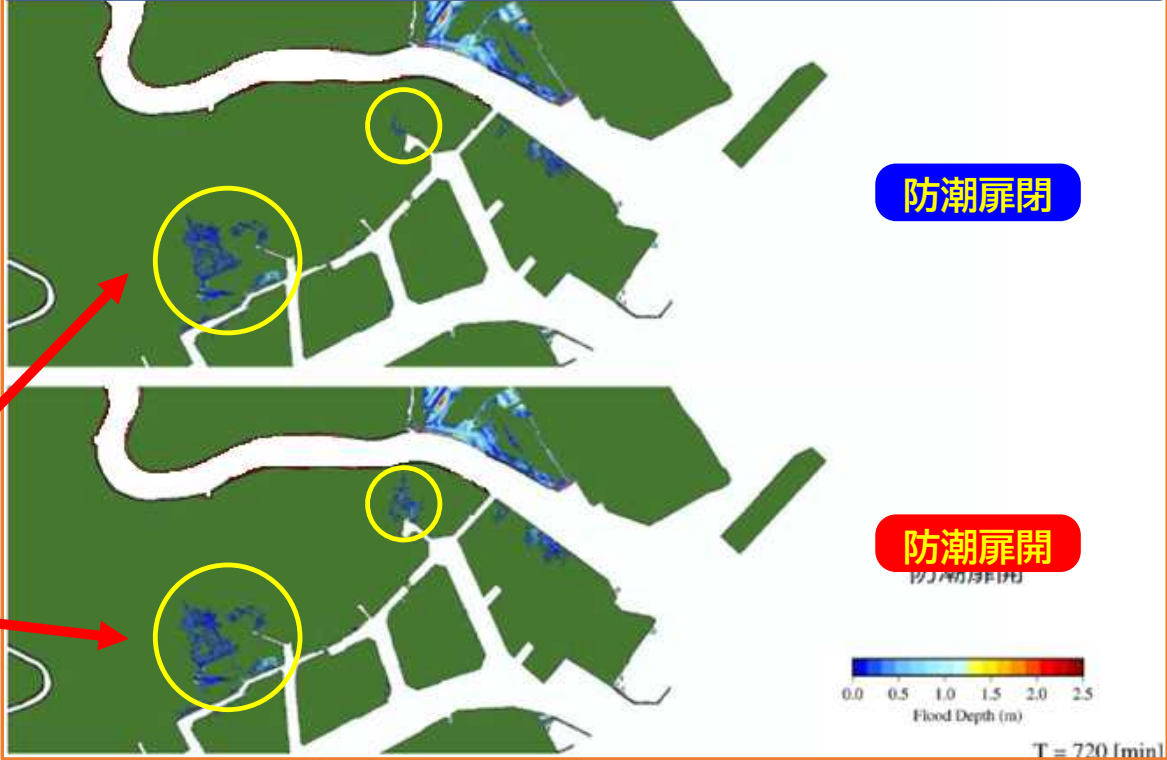
防災に係わる計画検討

解析ケース例

解析ケース	防潮扉	気候変動の影響	開放条件
0 1	閉	無し	
0 2	閉	2度上昇相当 (+0.39m)	
0 3	閉	4度上昇相当 (+0.71m)	
1 1	開	無し	常時閉鎖・廃止したものを含む。
1 2	開	2度上昇相当 (+0.39m)	常時閉鎖・廃止したものを含む。
1 3	開	4度上昇相当 (+0.71m)	常時閉鎖・廃止したものを含む。
2 1	開	無し	実態を反映
2 2	開	2度上昇相当 (+0.39m)	実態を反映
2 3	開	4度上昇相当 (+0.71m)	実態を反映

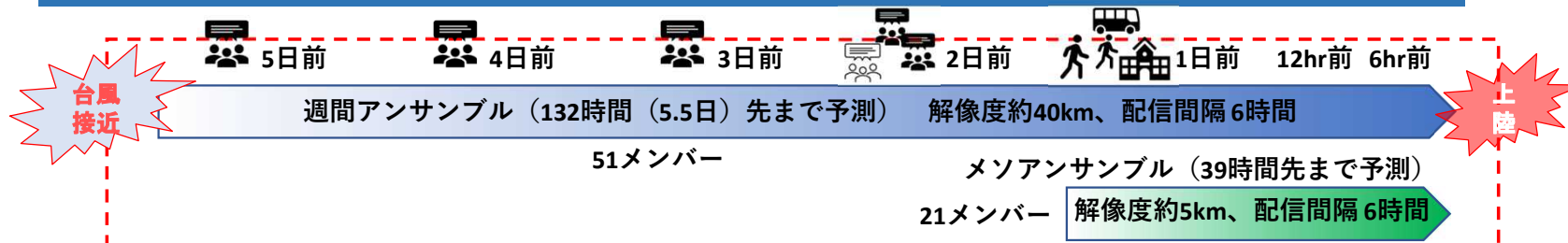
将来の気候変動の影響下（4度上昇相当）、防潮扉全開時に令和元年台風19号相当（満潮時）の台風が来襲した場合、浸水被害が発生リスクが増大

防潮扉全開条件（常時閉鎖・廃止も含む）

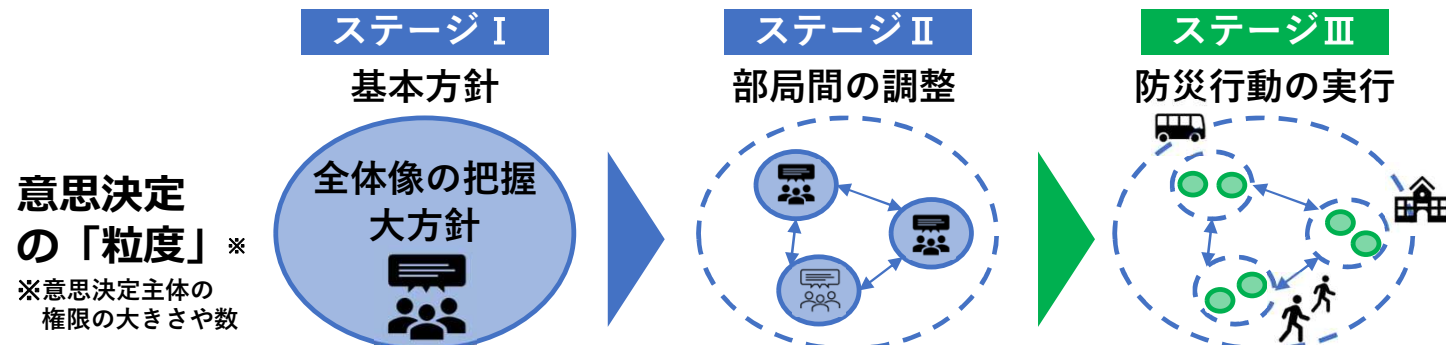


浸水予測計算結果例

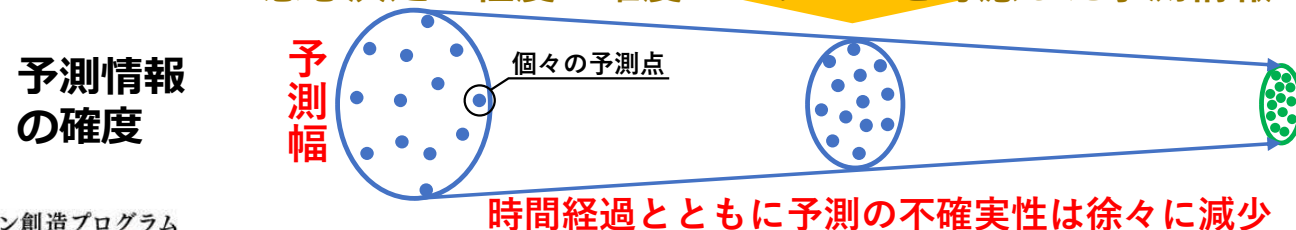
意思決定の粒度と予測情報の確度を考慮したユーザー目線の情報提供



- 川崎市図上訓練を通じ、Ⅰ：予測情報の不確実性が高い3日から2日前までは全体像の把握、Ⅱ：方向性の共有や部局間の調整、Ⅲ：予測情報の確度が高まる1～2日前からは具体的な防災行動に向けた情報活用等、予測情報を提供する際に、防災対応に係わる意思決定の「粒度」のメリハリを意識することが重要であることがわかった。



意思決定の粒度と確度のバランスを考慮した予測情報（要検討中）



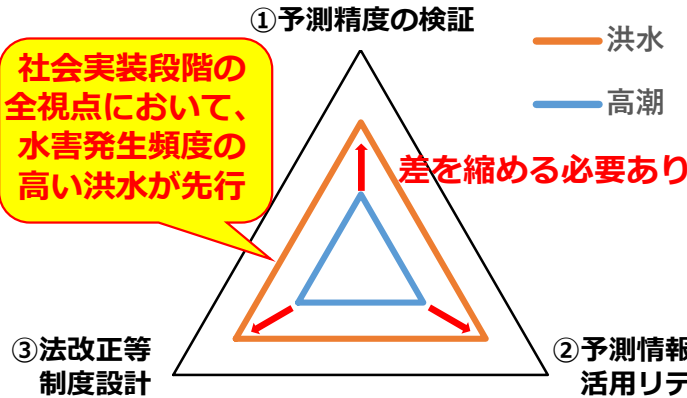
社会実装の展開 3つの視点に基づく社会実装計画

■ 海岸（高潮・高波）と河川（洪水）の3つの視点の対比

視点	海岸（高潮・高波）	河川（洪水）
①予測精度の検証	検証イベント：観測箇所が限定されており、近年の主要な台風イベントは、平成30年台風21号（大阪湾）、令和元年台風19号（東京湾）と数年に1回程度のため、 検証用イベントの蓄積※が洪水と比べて少ない。	検証イベント：海域と比べて、観測網も充実している中、毎年のように各地で豪雨災害が発生し、検証用イベントは年々蓄積されている。
②予測情報の活用リテラシー	これまでユーザーが活用する情報は、予報円や警報等が主であったが、今後はアンサンブル予測による確率情報となるため、実台風による事前防災への活用実績を蓄積し、活用リテラシーを醸成させていく必要がある。	洪水予報、水害リスクラインやキキクル等、既に自治体ユーザー、エンドユーザー（事業所/住民）への情報は提供されており、ユーザーの活用リテラシーは一定程度醸成されている。
③法制度の検討	②及び右記の動向も踏まえ、 オープン・クローズ情報の課題を整理した上で具体的な議論を進める必要がある。	「洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会R3.1～第4回」において具体的な議論が進められている。

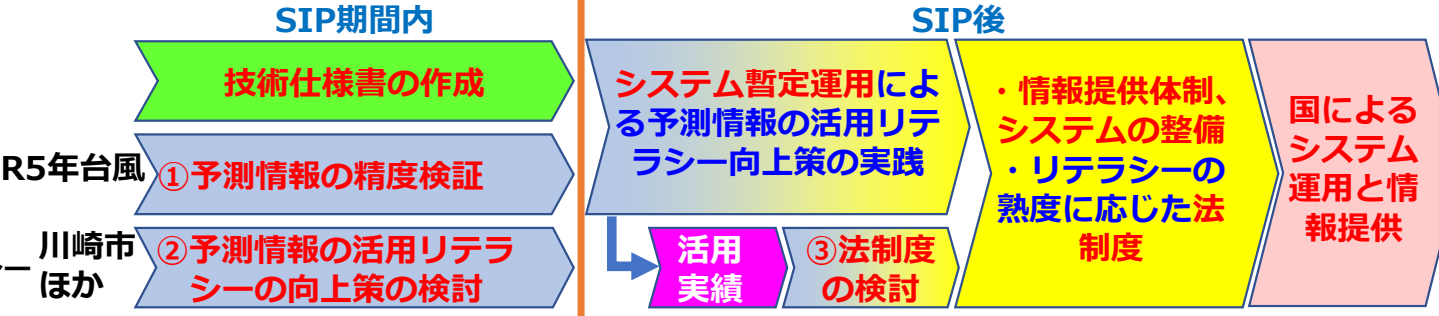
※ 詳細計算の予測精度検証が可能となる高分解能メソアンサンブル予報配信は2019年6月以降

■ 社会実装計画



社会実装段階（到達点）の概念イメージ

フェーズⅠ（技術確立段階） フェーズⅡ（フォローアップ段階） フェーズⅢ（社会実装段階）



予測技術確立後、ユーザーに混乱を引き起こさないように社会実装を進める必要がある。

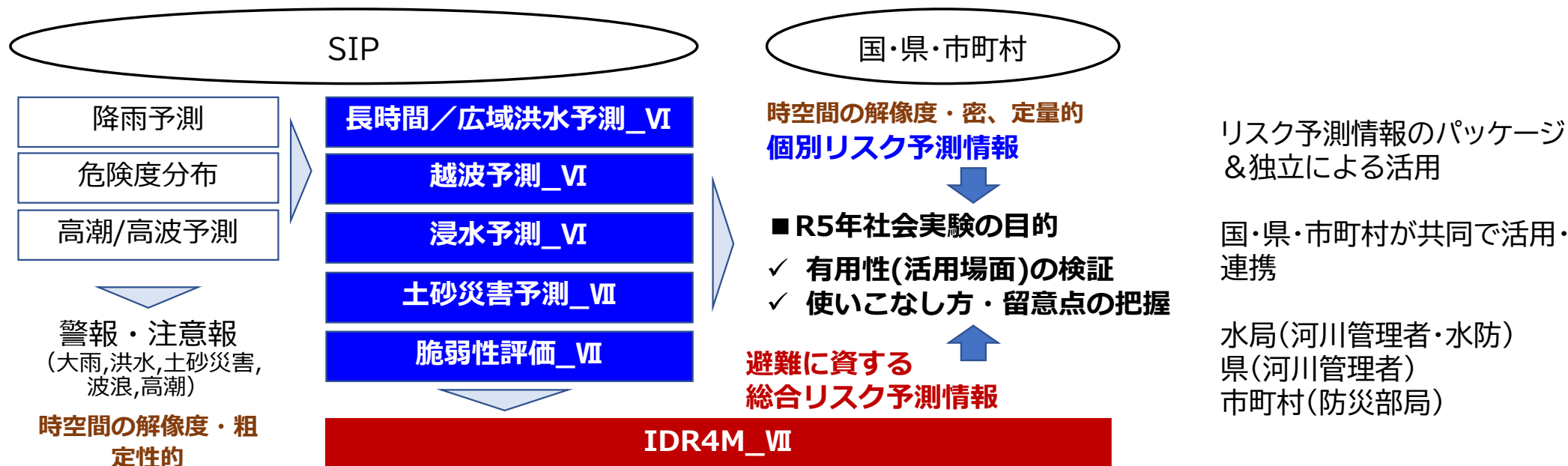
○社会実験プロジェクト実施の背景

- 国土交通省の「流域治水」の施策推進において、テーマⅥ＆Ⅶのコア技術は、水害の発災前後の避難や各種流域対策（防災・減災行動）の実施支援に有効と考える（**避難も含めたコア技術の多面的活用展開**）
- テーマⅥ＆Ⅶのリスク予測情報は、地域防災力向上に資する、これまで**実務での適用実績のない**ものであり、活用・普及(社会実装)に向けては、リスク予測情報の**有用性(活用場面)の検証**や**使いこなし方・留意点**の把握を行う必要がある

○社会実験プロジェクト実施の目的

- ポストSIP（R5年以降）にて、洪水・高潮予測システム・IDR4Mの継続運用を、**国交省や都道府県、市町村のユーザーと共同社会実験**として行い、これまで**実務での適用実績のない**リスク予測情報の**有用性(活用場面)の検証**や**使いこなし方・留意点**の把握を行う
- 社会実験（**実績づくり**）により、リスク予測情報を実装するための**法制度の検討**及び**情報提供体制の整備**を加速させる





< 社会実験プロジェクトの候補案 >

- ① リアルタイム長時間洪水予測（全国版RRI+ダム群統合操作+高潮予測）とIDR4M連携による長時間・広域避難の高度化
（テーマVI・VII究極版）
：荒川、東京湾
- ② 洪水・高潮の浸水予測・リスクを考慮した防災対応の高度化（全国版RRI+高潮浸水予測+水門+IDR4M）
：多摩川・鶴見川、東京湾

取り組み			2022年度		2023	2024	2025	2026	2027
社会実装	体制構築	国	国交省システムの構築/運用体制検討→協議		活用リテラシー向上策の実行 ↓ 国交省による社会実験プログラム実施 ・川崎市 ・荒川/江東五区 国土交通省と地方自治体の連携活用 長時間/広域洪水予測システムとの連携推進 水門一元監視との連携活用		国によるシステム暫定運用と情報提供	国によるシステム本格運用と情報提供	
			R5以降の社会実験計画に係る協議開始						
		自治体等	川崎市/予測システムの活用リテラシーの検討						
			リアルタイム予測活用後の意見交換						
		活用普及展開検討							
	民間(鉄道・道路)	兵庫県・芦屋市/大阪府・大阪市/江戸川区							
予算化・事業化・実用化	高潮・高波・越波量・浸水予測システム	荒川水系洪水予測システムとの連携調整					システム構築		
	高潮・高波ハザード予測による施設管理支援システム	川崎市ANNハザード予測システムの試行実装							
制度	水防法・気象業務法の改正	水防法・気象業務法改正等の必要性の検討		水防法・気象業務法の法制度検討		水防法・気象業務法の改正		改正法の施行	

災害時のSociety 5.0の強化

国際競争力

- 予測情報を**波浪・潮位・越波打ち上げ高・陸域氾濫**に分類した。
- 我が事に感じるリスク情報の**最小解像度**、見逃しゼロの**アンサンブルメンバー数**、リードタイムの確保の**最長予測対象時間**を定量指標として設定した。
- 市町村単位に提供する予測情報として**最も重要な要素である最小解像度**、台風発生後の防災体制の判断時期やアンサンブル予測幅も勘案した**72時間先以上の予測時間**に主眼を置き、分類別に順位付けした結果、**全ての項目で上位となり、開発技術の国際的な優位性を確認した。**

分類	No	国名	所管	予測情報				我が事に感じるリスク情報		見逃しゼロ アンサンブル メンバー数	リードタイムの確保		
				波浪	潮位	越波 打上高	陸域 氾濫	最小解像度			最長予測対象時間 時間	日	予測 頻度
波 浪	1	日本	SIP	●					約2500m⇒270m	51	132時間先	5.5日先	6時間毎
	2	米国	NOAA (アメリカ海洋大気庁)	●					500m	20	180時間先	7.5日先	6時間毎
	3	ドイツ	DWD(German Weather Service)	●				30"×50"	約900m	1	78時間先	3.3日先	12時間毎
	4	スウェーデン	SMHI (スウェーデン気象水門研究所)	●					約1.8km	1	60時間先	2.5日先	24時間毎
	5	デンマーク	DMI (デンマーク気象研究所)	●					2km	19	51時間先	2.1日先	6時間毎
	6	英国	Met Office (イギリス気象庁)	●					6km	24	168時間先	7.0日先	6時間毎
	7	欧州22か国	ECMWF (ヨーロッパ中期予報センター)	●				0.1°×0.1°	約11km	1	240時間先	10.0日先	12時間毎
	8	オーストラリア	Bureau of Meteorology	●				0.1°×0.1°	約11km	1	168時間先	7.0日先	12時間毎
	9	欧州22か国	ECMWF (ヨーロッパ中期予報センター)	●				0.25°×0.25°	約28km	51	360時間先	15.0日先	12時間毎
	10	日本	気象庁	●				0.5°×0.5°	約55km	51	264時間先	11.0日先	12時間毎
	11	ノルウェー	The Norwegian Coastal Administration	●				－	特定地点	1	60時間先	2.5日先	4時間毎
	12	カナダ	Government of Canada	●				－	－	1	48時間先	2.0日先	12時間毎
潮 位	1	米国	OCEAN PREDICTION CENTER		●				200m	1	180時間先	7.5日先	6時間毎
	2	日本	SIP		●				2430m⇒270m	51	132時間先	5.5日先	6時間毎
	3	デンマーク	DMI (デンマーク気象研究所)		●			12"×20"	約370m	19	51時間先	2.1日先	6時間毎
	4	日本	気象庁		●				1km	6	39時間先	1.6日先	3時間毎
	5	オランダ	KNMI (オランダ王立気象研究所)		●				1.6km	1	48時間先	2.0日先	6時間毎
	6	スウェーデン	SMHI (スウェーデン気象水門研究所)		●				約1.8km	1	60時間先	2.5日先	24時間毎
	7	ノルウェー	Norwegian Meteorological Institute		●				4km	51	120時間先	5.0日先	12時間毎
	8	ドイツ	BSH (ドイツ連邦海運水路局)		●				5km	1	168時間先	7.0日先	6時間毎
	9	オランダ	KNMI (オランダ王立気象研究所)		●				8km	51	240時間先	10.0日先	6時間毎
	10	英国	Met Office (イギリス気象庁)		●				12km	24	168時間先	7.0日先	6時間毎
越 波	1	日本	SIP			●			10m	3	132時間先	5.5日先	6時間毎
	2	米国	U.S. Geological Survey			●			沿岸代表地点群	1	144時間先	6.0日先	24時間毎
浸 水	1	日本	SIP				●		3.3m	1	132時間先	5.5日先	6時間毎
	2	米国	NOAA (アメリカ海洋大気庁)				●		500m～700m	確率台風	80時間先	3.3日先	6時間毎

社会実装を実現するためのマネジメント体制等

●社会実装を実現するためのマネジメント体制等

- **サブグループ内にて社会実装責任者と密に検討**を重ね、その結果を、社会実装先となる国土交通省（水管理・国土保全局：海岸室・保全企画室）と社会実装の課題共有、取組・解決のロードマップについて検討を行い、社会実装の実現に努力した。
- 合わせて、**社会実装後のユーザーとなる川崎市長以下、関係各課とも、図上訓練等を通じて様々なニーズの掘り起こし・予測情報活用の課題を把握**し、社会実装の検討に反映させた。

●研究テーマに対する評価、マネジメント等

- 当該研究テーマの社会実装実現に向けたマネジメントとして、**SPDや戦略コーディネーターに大局的な観点からの開発と実装の方向性について確認**し、検討を進めた。
- テーマ全体での打合せの他、サブテーマにおいても適時意見交換や**有識者（港湾空港技術研究所、気象研究所）による予測精度検証WGを実施**した。波浪・潮位・越波・浸水に関する予測情報の試行閲覧システム活用状況、**グローバルベンチマークの更新を行い研究テーマの目標設定・計画変更の必要性がないことを確認**し、研究開発を実施した。

● 技術仕様書 目次案

高潮・高波・浸水リアルタイム予測システム
技術仕様書（案）

令和4年10月

SIP 戦略的イノベーション創造プログラム
VI. 国家レジリエンス（防災・減災）の強化
Sub 1. 高潮・高波ハザード予測システム開発

高潮・高波・浸水リアルタイム予測システム技術仕様書（案）

目次

はじめに	1
1. 本書の利用にあたって	1
2. 用語説明	2
3. SIP II 期における開発内容及び仕様変更履歴	3
第1編 要求仕様書（外部仕様書）	5
1. 全体概要	5
2. 気象場作成	6
3. 高潮予測	6
4. 高波予測	6
5. 越波越流・うちあげ高予測	6
6. 浸水予測	6
7. 外部との連携	6
7.1. 自治体への予測情報提供	6
7.2. 荒川水系におけるテーマ内連携	6
8. アンサンブル予測情報の解釈	7
9. 意思決定における課題整理	7
第2編 機能仕様書（内部仕様書）	8
1. 全体概要	8
2. 気象場作成	8
2.1. 週間アンサンブル	8
2.2. メソアンサンブル	15
3. 高潮・高波	19
3.1. 潮汐	19
3.2. 高潮	20
3.3. 高波	25
3.4. データ同化	34
4. 越波越流・うちあげ高	46
4.1. 越波越流量	46
4.2. うちあげ高	46
5. 浸水	46
6. 外部との連携	47
6.1. 自治体への予測情報提供	47
6.3. 荒川水系におけるテーマ内連携	48
第3編 技術仕様書	49
1. 気象場作成	49
1.1. 空間内挿方法	49

i

1.2. 時間内挿方法	49
1.3. 台風中心の推定方法	51
2. 高潮・高波	53
2.1. 潮汐	53
2.2. 高潮	53
2.3. 高波	54
2.4. データ同化	63
3. 越波越流・うちあげ高	70
3.1. 越波越流量	70
3.2. うちあげ高	70
4. 浸水	70

ii