

# 平成 22 年度 第 1 回外部評価委員会の概要と評価結果

## 1. 外部評価委員会の概要

独立行政法人港湾空港技術研究所(以下、研究所という)外部評価委員会は、研究所が実施する研究について、第三者による客観的及び専門的視点から評価を行うことを目的として「独立行政法人港湾空港技術研究所外部評価委員会規程」に基づき設置している。当委員会は、各年度2回開催し、研究所が実施する研究の実施前(事前)、実施途中(中間)、及び終了後(事後)の三段階について総合的に評価するとともに、特定の研究項目については個別に評価を実施している。

当委員会の委員は研究所が行う研究分野に係る外部の専門家であり、以下のメンバーで構成されている。

委員長	酒匂 敏次	東海大学名誉教授
委員	加藤 直三	大阪大学大学院工学研究科教授
委員	日下部 治	東京工業大学大学院理工学研究科教授
委員	坂井 利充	東京空港冷暖房(株) 副社長
委員	佐藤 慎司	東京大学大学院工学系研究科教授
委員	野田 節男	(株) シーラム 顧問

※委員長以外は五十音順、敬称略、平成22年6月10日現在

## 2. 研究体系及び評価方法について

### (1) 研究テーマとテーマリーダーの配置

研究所では、第 2 期中期目標に掲げられた3つの「研究分野」に、各々3～4の「研究テーマ」(計 11 テーマ)を設定し「テーマリーダー」を配置している(表-1)。

各研究テーマ毎に研究責任者として各テーマリーダーのリーダーシップの下で円滑な研究の推進と研究成果のとりまとめを実施している。

表-1 第 2 期中期計画の研究体系と平成 21 年度のテーマリーダー

研究分野	研究テーマ	分類番号	テーマリーダー
1 安心して暮らせる国土の形成に資する研究分野	大規模地震防災に関する研究テーマ	1ア	地盤・構造部長
	津波防災に関する研究テーマ	1イ	高橋研究主監
	高潮・高波防災に関する研究テーマ	1ウ	海洋・水工部長
	海上流出油対策等、沿岸域の人為的災害への対応に関する研究テーマ	1エ	施工・制御技術部長
2 快適な国土の形成に資する研究分野	閉鎖性海域の水質・底質の改善に関する研究テーマ	2ア	中村研究主監
	沿岸生態系の保全・回復に関する研究テーマ	2イ	中村研究主監
	広域的・長期的な海浜変形に関する研究テーマ	2ウ	中村研究主監
3 活力ある社会・経済の実現に資する研究分野	港湾空港施設の高度化に関する研究テーマ	3ア	地盤・構造部長
	ライフサイクルマネジメントに関する研究テーマ	3イ	北詰研究主監
	水中工事等の無人化に関する研究テーマ	3ウ	施工・制御技術部長
	海洋空間高度利用技術、環境対応型技術等に関する研究テーマ	3エ	海洋・水工部長

### (2) 3層3段階の評価方式研究テーマごとの評価方式の採用

研究評価は、3層(テーマ内評価会、内部評価委員会、外部評価委員会)3段階(事前、中間、事後)の評価方式によって実施している。3層の研究評価は以下のように位置づけられている。

#### ① テーマ内評価会

研究テーマを構成する研究実施項目の個別具体的研究の進め方などについて、当該テーマを担当する研究者らが自ら討議を行い、事前、中間、事後の評価を行う。

#### ② 内部評価委員会

研究テーマに対する研究目標の立て方、実施する研究内容、研究実施項目の構成など、研究所の取り組みなどについて、テーマ内評価会での討議結果を踏まえ、外部の理解を得る上で修正すべき事項を明らかにする観点から研究所幹部が研究テーマ毎に事前、中間、事後の評価を行う。

#### ③ 外部評価委員会

研究所の取り組みに関し、客観的及び専門的視点から研究テーマに対する研究目標の立て方、実施する研究内容、研究実施項目の構成などについて事前、中間、事後の評価を行う。

### (3)テーマ内評価会及び内部評価委員会の開催経緯

#### (3)－1 テーマ内評価会の開催状況

テーマ内評価会については、表－2に示す通り開催した。

表－2 テーマ内評価会の開催状況

研究分野	研究テーマ	分類番号	開催日時
1 安心して暮らせる国土の形成に資する研究分野	大規模地震防災に関する研究テーマ	1ア	平成22年4月23日 13:30～15:00
	津波防災に関する研究テーマ	1イ	平成22年4月15日 13:00～15:30
	高潮・高波防災に関する研究テーマ	1ウ	平成22年4月13日 13:20～15:30
	海上流出油対策等、沿岸域の人為的災害への対応に関する研究テーマ	1エ	平成22年4月20日 10:00～12:00
2 快適な国土の形成に資する研究分野	閉鎖性海域の水質・底質の改善に関する研究テーマ	2ア	平成22年4月26日 13:15～14:55
	沿岸生態系の保全・回復に関する研究テーマ	2イ	平成22年4月15日 10:00～12:00
	広域的・長期的な海浜変形に関する研究テーマ	2ウ	平成22年4月 7日 13:10～14:30
3 活力ある社会・経済の実現に資する研究分野	港湾空港施設の高度化に関する研究テーマ	3ア	平成22年4月23日 15:50～17:00
	ライフサイクルマネジメントに関する研究テーマ	3イ	平成22年4月16日 13:00～15:00
	水中工事等の無人化に関する研究テーマ	3ウ	平成22年4月20日 13:00～15:00
	海洋空間高度利用技術、環境対応型技術等に関する研究テーマ	3エ	平成22年4月 6日 15:30～16:45

#### (3)－2 内部評価委員会の開催状況

内部評価委員会については、以下に示す通り開催した。

##### ① 開催日時

平成22年5月18日 10:00～17:00

平成22年5月19日 10:00～17:00

##### ② 評価対象研究

研究テーマ 1ア、1イ、1ウ、2ア、2イ、2ウ、3ア、3イ、3エ

(今回1エ、3ウは平成21年度終了研究実施項目が無いため評価対象としていない。)

研究実施項目(平成21年度終了14件)

特別研究(平成21年度終了1件、ただし研究実施項目14件の内数)

特定萌芽的研究(平成22年度追加分8件)

##### ③ 出席者

理事長、理事、監事(2名)、研究主監(3名)、統括研究官、特別研究官(2名)、部長(4名)

### 3. 平成22年度第1回外部評価委員会

平成22年度の第1回外部評価委員会を平成22年6月10日(水)に研究所会議室において開催し、別添資料の「平成21年度研究実施項目一覧」に示すように、平成21年度の研究テーマ(計11テーマ)、平成21年度終了研究実施項目(14件、うち特別研究1件)及び平成22年度特定萌芽的研究(追加分)の評価を行った。さらに、21年度のエフォート調査、評価全般についての総括審議を行った。

#### (1) 研究テーマ別の外部評価結果(総括)

各テーマリーダーより研究目標、平成21年度終了研究実施項目について説明を行い、委員による質疑の後、研究テーマ毎に評価が行われた。研究テーマ別の外部評価結果を表-3に示す。

表-3 研究テーマ別の外部評価結果

研究分野	研究テーマ	分類番号	研究成果の妥当性			総合評価
			目標の達成度	成果の公表	成果の活用	
1 安心して暮らせる国土の形成に資する研究分野	大規模地震防災に関する研究テーマ	1ア	高い	適切	高い	高い
	津波防災に関する研究テーマ	1イ	高い	ほぼ適切	高い	高い
	高潮・高波防災に関する研究テーマ	1ウ	高い	適切	高い	高い
	海上流出油対策等、沿岸域の人為的災害への対応に関する研究テーマ	1エ	/	/	/	/
2 快適な国土の形成に資する研究分野	閉鎖性海域の水質・底質の改善に関する研究テーマ	2ア	高い	適切	高い	高い
	沿岸生態系の保全・回復に関する研究テーマ	2イ	高い	適切	高い	高い
	広域的・長期的な海浜変形に関する研究テーマ	2ウ	やや高い	ほぼ適切	やや高い	やや高い
3 活力ある社会・経済の実現に資する研究分野	港湾空港施設の高度化に関する研究テーマ	3ア	高い	適切	高い	高い
	ライフサイクルマネジメントに関する研究テーマ	3イ	高い	適切	高い	高い
	水中工事等の無人化に関する研究テーマ	3ウ	/	/	/	/
	海洋空間高度利用技術、環境対応型技術等に関する研究テーマ	3エ	やや高い	ほぼ適切	やや高い	やや高い

注:研究テーマ1エ、3ウについては終了した研究実施項目がないため評価していない。

(2) 研究テーマ別の外部評価結果

以下、各研究テーマの外部評価結果の詳細について示す。

表-3.1 1ア「大規模地震防災に関する研究テーマ」の外部評価結果

評価項目		評価の視点	評価結果(数字は得票数)							講評	
成果評価時項目	研究成果の妥当性	目標の達成度	○高い	5	やや高い	0	やや低い	0	低い	0	
		成果の公表	○適切	5	ほぼ適切	0	やや適切でない	0	適切でない	0	
		成果の活用	○高い	5	やや高い	0	やや低い	0	低い	0	
総合判定			○高い	5	やや高い	0	やや低い	0	低い	0	

表-3.2 1イ「津波防災に関する研究テーマ」の外部評価結果

評価項目		評価の視点	評価結果(数字は得票数)							講評	
成果評価時項目	研究成果の妥当性	目標の達成度	○高い	3	やや高い	2	やや低い	0	低い	0	・人的資源の恒常的確保が必要である。
		成果の公表	適切	2	○ほぼ適切	3	やや適切でない	0	適切でない	0	・アウトリーチ努力は高く評価する。
		成果の活用	○高い	5	やや高い	0	やや低い	0	低い	0	
総合判定			○高い	5	やや高い	0	やや低い	0	低い	0	

表-3.3 1ウ「高潮・高波防災に関する研究テーマ」の外部評価結果

評価項目		評価の視点	評価結果(数字は得票数)							講評	
成果評価時項目	研究成果の妥当性	目標の達成度	○高い	4	やや高い	1	やや低い	0	低い	0	
		成果の公表	○適切	5	ほぼ適切	0	やや適切でない	0	適切でない	0	
		成果の活用	○高い	5	やや高い	0	やや低い	0	低い	0	
総合判定			○高い	5	やや高い	0	やや低い	0	低い	0	

注: 1エ「海上流出油対策等、沿岸域の人為的災害への対応に関する研究テーマ」については終了した研究実施項目がないため評価していない。

表-3.4 2ア「閉鎖性海域の水質・底質の改善に関する研究テーマ」の外部評価結果

評価項目		評価の視点	評価結果(数字は得票数)							講評	
成果評価時項目	研究成果の妥当性	目標の達成度	○高い	4	やや高い	2	やや低い	0	低い	0	・成果として期待されている工法の提案に対する成果が十分に見えない。
		成果の公表	○適切	6	ほぼ適切	0	やや適切でない	0	適切でない	0	
		成果の活用	○高い	6	やや高い	0	やや低い	0	低い	0	
総合判定			○高い	6	やや高い	0	やや低い	0	低い	0	

表-3.5 2イ「沿岸生態系の保全・回復に関する研究テーマ」の外部評価結果

評価項目		評価の視点	評価結果(数字は得票数)							講評	
成果評価時項目	研究成果の妥当性	目標の達成度	○高い	6	やや高い	0	やや低い	0	低い	0	
		成果の公表	○適切	6	ほぼ適切	0	やや適切でない	0	適切でない	0	
		成果の活用	○高い	6	やや高い	0	やや低い	0	低い	0	
総合判定			○高い	6	やや高い	0	やや低い	0	低い	0	・地盤環境設計技術の開発は高く評価できる。適用事例の例示が望まれる。 ・地盤工字とのリンクを高く評価する。

表-3.6 2ウ「広域的・長期的な海浜変形に関する研究テーマ」の外部評価結果

評価項目		評価の視点	評価結果(数字は得票数)							講評	
成果評価時項目	研究成果の妥当性	目標の達成度	高い	0	○やや高い	6	やや低い	0	低い	0	
		成果の公表	適切	3	○ほぼ適切	3	やや適切でない	0	適切でない	0	
		成果の活用	高い	3	○やや高い	3	やや低い	0	低い	0	
総合判定			高い	2	○やや高い	4	やや低い	0	低い	0	・広域的、長期的な変形への局所的、短期的モデル開発の位置付けを明確にされたい。

表-3.7 3ア「港湾・空港施設の高度化に関する研究テーマ」の外部評価結果

評価項目		評価の視点	評価結果(数字は得票数)							講評	
成果評価時項目	研究成果の妥当性	目標の達成度	○高い	5	やや高い	0	やや低い	0	低い	0	
		成果の公表	○適切	5	ほぼ適切	0	やや適切でない	0	適切でない	0	
		成果の活用	○高い	4	やや高い	1	やや低い	0	低い	0	
総合判定			○高い	5	やや高い	0	やや低い	0	低い	0	

表-3.8 3イ「ライフサイクルマネジメントに関する研究テーマ」の外部評価結果

評価項目		評価の視点	評価結果(数字は得票数)							講評	
成果評価時項目	研究成果の妥当性	目標の達成度	○高い	3	やや高い	2	やや低い	0	低い	0	
		成果の公表	○適切	3	ほぼ適切	2	やや適切でない	0	適切でない	0	・ピークルに関する成果の公表には更に努力が必要である。
		成果の活用	○高い	3	やや高い	2	やや低い	0	低い	0	
総合判定			○高い	3	やや高い	2	やや低い	0	低い	0	・研究実施項目毎の成果にバラツキが見られる。

注:3ウ「水中工事等の無人化に関する研究テーマ」については終了した研究実施項目がないため評価していない。

表-3.9 3エ「海洋空間高度利用技術、環境対応型技術等に関する研究テーマ」の外部評価結果

評価項目		評価の視点	評価結果(数字は得票数)							講評	
成果評価時項目	研究成果の妥当性	目標の達成度	高い	0	○やや高い	5	やや低い	0	低い	0	
		成果の公表	適切	0	○ほぼ適切	5	やや適切でない	0	適切でない	0	
		成果の活用	高い	0	○やや高い	5	やや低い	0	低い	0	
総合判定			高い	0	○やや高い	5	やや低い	0	低い	0	・大水深海域については低い。

### (3) 特別研究の外部評価結果

平成 21 年度終了の特別研究は、「海底境界層内での物質輸送機構の解明」の 1 件であり、研究責任者による研究目標、成果と管理の説明後、外部評価委員による質疑及び評価を実施した。外部評価委員による評価結果と講評は表-4の通りである。

表-4 「海底境界層内での物質輸送機構の解明」の外部評価結果

評価項目	評価の視点	評価結果(数字は得票数)							
		高い	1	〇やや高い	5	やや低い	0	低い	0
研究 成果	研究成果の達成度	高い	1	〇やや高い	5	やや低い	0	低い	0
	学術上の成果のレベル	〇高い	5	やや高い	1	やや低い	0	低い	0
	実用上の成果のレベルと将来性	〇高い	4	やや高い	2	やや低い	0	低い	0
	研究ポテンシャルの向上	〇高い	6	やや高い	0	やや低い	0	低い	0
研究管理	問題点の有無	〇ない	5	あまりない	1	ややある	0	ある	0
	問題点の把握とその対応	〇適切	6	ほぼ適切	0	やや不適切	0	不適切	0
総合評価		〇高い	5	やや高い	1	やや低い	0	低い	0

#### 講 評

- ・難しいテーマで今後引き続き研究の推進が必要になると思う。
- ・現場の計測技術開発と水槽実験で検証を行っており、またそれらをもとにモデル構築へつなげ理想的な科学手法をとっていると評価できる。
- ・多様な室内、現場における観測により、機構解明に大きく貢献している。
- ・研究目的のひとつである「水質影響」の部分がどの程度解明できたのかが不明瞭である。「底泥の挙動」については、現地調査・室内試験のどちらにおいても格段の進歩が認められる。

#### (4) 特定萌芽的研究(追加分)の外部評価結果

前回の平成21年度第2回の外部評価委員会においては、平成22年度特定萌芽的研究として「港湾鋼構造物の劣化・変状検出のための接触型点検診断手法の開発」、「犠牲陽極の新たな残存質量計測手法の開発」の2件を選定した。

今回、平成22年度特定萌芽的研究の追加分として所内公募したところ8件の応募があった。それら8件について平成22年度第1回内部評価委員会において検討を行った結果、「脳活動を用いた避難行動メカニズムに関する研究」、「光学計測による港湾構造物のマルチタイムモニタリング」、「新形式把持装置(マニピレータ)の開発」、「水中物体識別用超音波センサに関する基礎的検討」の4件を平成22年度の特定萌芽的研究(追加分)として選定した。

今回の外部委員会では、これら4件について、研究責任者から説明を行い、外部評価委員から表-5のとおりコメントをいただいた。

表-5 特定萌芽的研究(追加分)外部評価結果

	研究名	コメント
1	脳活動を用いた避難行動メカニズムに関する研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>・個人、グループ、定住者、観光客等被験者の属性による違いが想定され、十分な事前検討が必要である。</li> <li>・個人体験を共有化できる仕組みを構築するのに資する方向を探してほしい。</li> <li>・共同研究を想定しているが、津波体験者等多様な属性の被験者をカバーする必要があるだろう。</li> <li>・避難行動を起こさせる情報提供について、有効な情報提示の可能性はある。</li> <li>・責任者の他研究課題への注力も不可欠であり、研究協力を有効に活用してほしい。</li> </ul>
2	光学計測による港湾構造物のマルチタイムモニタリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・着眼点は面白い。データをどう整理して実用化に結びつけるかが大きな課題だが、当面FSとして実施の価値があるだろう。</li> <li>・対象全体の挙動把握と局所的精度が必要な箇所の計測との整合性が課題となる。</li> <li>・基礎研究として研究成果を期待する。共同研究を想定しているようだが、実構造物に適用する際の視野の範囲、位置、モニタリング期間、計測精度レベルも頭に入れて研究を進めてほしい。</li> <li>・新たなモニタリングシステムの要素技術研究として萌芽的研究にふさわしい。</li> <li>・若手の共同研究で互いに良い影響を受けることを期待する。</li> </ul>
3	新形式把持装置(マニピレータ)の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・把持物体から離す場合を考慮する必要がある。</li> <li>・萌芽的研究というより、既往研究、発展的研究に近い。</li> <li>・網チェーンのようなこれまでのポテンシャルがあるので成果を期待する。</li> </ul>
4	水中物体識別用超音波センサに関する基礎的検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・おもしろい発想であり、今後の進展に期待が持てる。</li> <li>・港湾関係で応用範囲が広く、実用化を期待している。</li> </ul>

## (5) 総括審議

総括審議においては、平成 21 年度のエフォート調査結果と研究評価全般に関する審議が行われた。外部評価委員による指摘事項とその対応(概要)については、表-6の通りである。

表-6 外部評価委員による指摘事項とその対応

指 摘 事 項	対 応
<ul style="list-style-type: none"><li>・人事異動により十分な体制が確保できないために当初の研究目標に対して十分な研究成果が得られない場合、どのように評価するのか。</li><li>・研究テーマ3アの成果公表において、報告書や論文、特許の具体的な成果がない研究実施項目があるが、どういう状況なのか。</li><li>・研究テーマ3エは、ロードマップを見ると各研究実施項目の成果が研究実施項目3エ-0802に集約されるようになっているが、既に前倒しで平成21年度に終了している。ロードマップの修正が必要ではないか。</li><li>・エフォートの分析において、論文の執筆はどの項目にあたるのか明確にされたい。また、研究遂行の管理と研究のための環境創出の差をわかりやすくしてほしい。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・今後の評価において評価項目に反映できるよう検討する。</li><li>・人事異動等により、成果公表が十分になされていない項目もある。これらの項目の成果については、他の研究実施項目の実施に活用したり、今後の公表を検討したい。</li><li>・ロードマップの見直しを検討する。</li><li>・エフォートの事前、事後調査において調査項目及びその定義を再検討する。</li></ul>

以上

## 平成22年度 第1回外部評価委員会の概要と評価結果

(研究テーマ別の研究目標、平成21年度までの研究成果、平成21年度終了研究実施項目)  
及び  
(平成21年度終了特別研究の研究目標、研究成果)

### 1. 研究テーマ別の研究目標、平成21年度までの研究成果、平成21年度終了研究実施項目

#### 1) 1ア「大規模地震防災に関する研究テーマ」

表-1.1 1ア「大規模地震防災に関する研究テーマ」の研究目標

<p><b>・社会的、学術的観点から見た研究の必要性</b></p> <p>東海、東南海・南海地震等の大規模地震による巨大災害が予測されており、港湾空港技術研究所では、港湾・空港施設の防災対策実施のための技術開発が求められている。</p> <p>しかしながら、東海地震等の海溝型大規模地震発生時に予測されている長周期・長継続時間地震動そのものの規模や地域の地盤特性による地震動特性の把握、耐震性能照査手法の精度、構造物の耐震性能の向上策、必要な対策を速やかに実施可能とするため耐震性能を上げつつ整備コストを縮減する技術等に関する未解決の課題が多く、格段の技術力の向上が不可欠である。</p> <p><b>・研究テーマ、サブテーマ、重点研究課題、研究実施項目の関連</b></p> <p>地震は台風や冬季風浪等と比較して発生頻度の小さい自然現象であり、地震時の地盤や構造物の挙動には未解明な点が多く、それを予測するための技術は、例えば波浪作用下における防波堤の挙動を予測する技術などと比較して完成度の低い段階にあると言わざるを得ない。このため、被害地震発生時の地震波動を明確化するための強震観測の継続的な実施、地震による被災状況把握や復旧支援に基づく耐震強化手法に関するノウハウ蓄積のための地震後の被害調査に加え、強震動作用中の地盤・構造物の挙動を把握するためのモニタリングを実施し、具体的な地震防災の基礎的知見を得る必要があることから、サブテーマ①「強震観測・被害調査・被災モニタリングによる地震被災メカニズムの把握」を設定した。</p> <p>また、海溝型地震及び内陸活断層地震による設計地震波動を的確に設定するため、サブテーマ②「強震動予測手法の精度向上」を設定することとした。</p> <p>さらに、東海・東南海・南海地震等の巨大地震発生時に想定される長周期の地震動あるいは長継続時間の地震動に対する地盤-構造物系の動的挙動予測技術の信頼性向上のため、サブテーマ③「地震時の地盤の挙動予測と対策」を、既存施設の増深やリニューアル、耐震強化により複雑な断面を有する地盤-構造物系について、従前以上に耐震性評価を適切に実施するため、サブテーマ④「地震時の構造物の挙動予測と対策」を設定することとした。</p> <p><b>・得られる成果及び見込まれる成果の内容(アウトプット)</b></p> <p>サブテーマ①: 強震観測・被害調査・被災モニタリングによる地震被災メカニズムの把握</p> <p>以下のサブテーマ②、③、④の各研究を推進するための基礎的知見。</p> <p>サブテーマ②: 強震動予測手法の精度向上</p> <p>半経験的強震動評価手法に用いる震源のモデル化手法、表層地盤の非線形挙動評価手法の改良。より精度の高い強震動評</p>
---

価手法の提案・実用化。

サブテーマ③:地震時の地盤の挙動予測と対策

巨大地震発生時に想定される周期の長い地震動、あるいは継続時間の長い地震動に対する土の液化化特性の実験的解明。

長周期・長継続時間地震動への対応策に関する数値解析手法のガイドラインの作成。

地震時の地盤の挙動予測と対策法に関する新しい知見。

サブテーマ④:地震時の建造物の挙動予測と対策

既存施設の増深やリニューアルの事業として実施される場合の杭、矢板等を含む複雑な断面の建造物に対する適切な耐震性能評価手法。

耐震解析手法を複雑な断面へ適用する場合の技術マニュアル等。

地震時の建造物の挙動予測と対策法に関する新しい知見。

#### ・見込まれる成果の社会的及び行政的な効用、意義(アウトカム)

サブテーマ①:強震観測・被害調査・被災モニタリングによる地震被災メカニズムの把握

以下のサブテーマ②、③、④の各研究に活用できる技術情報が蓄積されることにより、港湾・空港施設の耐震性評価、地震後の施設の供用の可否判断、被災復旧方策の提案など地震防災行政の支援に貢献する。

サブテーマ②:強震動予測手法の精度向上

半経験的な強震動評価手法について、震源のモデル化手法、表層地盤の非線形挙動の評価手法に改良を加え、従前に比べて一層精度の高い強震動評価手法の提案・実用化を行うことにより、効率的な防災対策実施を支援する。

サブテーマ③:地震時の地盤の挙動予測と対策

大地震発生時における地盤-建造物系の被害予測により、港湾・空港施設の耐震補強の必要性の有無を判断することなどに役立てられる。この適用対象には防潮堤や護岸など津波対策施設も含まれ、港湾・空港行政において成果が活用される。

サブテーマ④:地震時の建造物の挙動予測と対策

港湾施設の既存施設の増深やリニューアルに伴う耐震補強、単独の耐震補強の実施にあたり、地震に強くかつコスト的にもリーズナブルな工法の選定を行うことに役立てられる。また、空港土木施設の耐震強化においても活用される。

**表－1.2 1ア「大規模地震防災に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度までの研究成果**

<p><b>平成 22 年度の子テーマ目標</b></p> <p>サブテーマ①：強震観測・被害調査・被災モニタリングによる地震被災メカニズムの把握</p> <p>入力地震動から施設の被災メカニズムまでを網羅した総合的な技術的検討を、サブテーマ②～④と有機的に連携しながら実施する。半経験的強震動評価手法に用いる震源のモデル化手法、表層地盤の非線形挙動評価手法の改良、より精度の高い強震動評価手法の提案・実用化、被害調査および計測センサーによるモニタリングなどによる港湾・空港施設の耐震性評価、地震後の施設の供用の可否判断、被災復旧方策の提案など地震防災行政の支援に貢献する。</p> <p>サブテーマ②：強震動予測手法の精度向上</p> <p>半経験的強震動評価手法について、震源のモデル化手法、表層地盤の非線形挙動の評価手法に改良を加え、従前に比べて一層精度の高い強震動評価手法の提案・実用化を行うことにより、効率的な防災対策実施を支援する。</p> <p>サブテーマ③：地震時の地盤の挙動予測と対策</p> <p>大地震発生時における地盤－構造物系の被害予測により、港湾・空港施設の耐震補強の必要性の有無を判断することなどに役立てられる。この適用対象には防潮堤や護岸など津波対策施設も含まれ、港湾・空港行政において成果が活用される。</p> <p>サブテーマ④：地震時の構造物の挙動予測と対策</p> <p>港湾施設の既存施設の増深やリニューアルに伴う耐震補強、単独の耐震補強の実施にあたり、地震に強くかつコスト的にもリーズナブルな工法の選定を行うことに役立てられる。また、空港土木施設の耐震強化においても活用される。</p>
<p><b>研究内容</b></p> <p><b>・課題解決のための研究内容</b></p> <p>サブテーマ①</p> <p>1962 年(昭和 37 年)以来継続している強震観測は継続して行い、地震に関する研究の基礎データとして整理・保管・提供する(6201)。地震により港湾・海岸・空港施設が被害を受けた場合には、現地では被災調査を行い地震時破壊過程を明らかにするとともに、地震動特性を把握するための余震観測、復旧工法に関する提案を行い耐震補強・被災施設の復旧・耐震技術へ反映させる(xxxx)。また、被災モニタリングについては多くの施設が結合して機能を発揮している空港施設を対象に、巨大地震時に被災程度を自動計測することにより航空機の安全運航・空港機能の迅速な復旧に資するために必要なセンサー設置箇所の選定、計測機器の実地調査、計測システムの構築等を行う。さらに、計測計画及び提案した計測システムを基にした維持・管理マニュアルを作成し被災モニタリングの導入に貢献する(0505)。サブテーマ①の成果により、地震防災を行うための技術的課題を解決するために設定したサブテーマ②、③、④に掲げた研究を推進するための基礎的知見を得る。</p> <p>サブテーマ②</p> <p>過去に実際に発生した内陸活断層地震及び海溝型地震の波形データに基づいてその震源特性を十分に調べ、その平均的な特性を与える経験式を提案する(0302)。サイト特性については、相異なる複数の評価手法について、それらの適用性や使い分け方の検討、さらにはデータに偏りがあるなどの理由でサイト特性が過大・過小評価される場合の対応など、実務上重要な課題を検討する(0701)。また、滑走路のような長延長の施設のための照査用地震動設定方法について検討し、効率的な設定方法の確立を目指す(1001)。</p> <p>サブテーマ③</p> <p>地震時の地盤の挙動予測と対策では、地震時の地盤の挙動予測を精緻に行うために、既に開発した液状化の数値解析手法の高度化および排水を考慮した液状化解析のための数値計算法の開発を進める(0301)。また、大規模地震時における破壊応力に近い状態での土の動的特性についても解明する(0802)。さらに、東海、南海、東南海地震などの海溝型地震で、巨大地震動、継続時間の長い地震動、長周期地震動が予測されているが、このような地震動に対する地盤挙動を実験および前記の数値計算法を用いて解析的に調べる(0502)。</p> <p>地震時の地盤対策を進めるために、空港基本施設については実証試験行い、どのような被災が発生するか調べ、災害リスクに</p>

関する基本的な資料を作成する(0702)。また、耐震補強、地盤改良技術については、SCP工法、固結工法を用いた改良地盤の地震時挙動を、遠心模型実験、振動台試験、数値計算などで調べ、効率的な地盤対策を検討する(0601)(0901)。

既設構造物直下地盤の液状化対策はコストが高く、また適用される地盤条件が限られることが多いので、その点について改善を図る(0501)(0801)。

地震動と津波作用の相互作用による地盤と施設の破壊プロセス解明のための実験技術を構築する(1002)。

#### サブテーマ④

地震時の基礎の変形特性の検討をするため、繰返し荷重が作用する場合の杭の変形挙動を実験と解析により検討する。その結果をもとに、矢板式岸壁のような柔な壁の耐震性向上に関する検討を行う(0503)。耐震性の向上には基礎の変形特性だけでなく、上部の施設そのものの耐震性も検討をする必要があるため、コンテナクレーンを題材として想定されるレールの変形に対応可能なクレーンの構造を検討する。これらの研究成果をもとに、要求レベルに応じた耐震補強工法を実現すべく、実験および解析を行う(0505)。

また、既存施設の耐震補強技術を性能設計体系の中で整理提案するとともに、矢板式係船岸等における杭を用いた耐震補強工法に関して、数値解析、模型実験により検討して合理的な形式を提案する(0803)。

### ・研究内容を構成する研究実施項目

研究実施項目は、各サブテーマの下に合計 17 項目を設定した。

#### サブテーマ①

- ・「港湾地域および空港における強震観測と記録の整理解析」(1ア-6201)
- ・「地震被害調査(永続的に実施)」(1ア-XXXX)
- ・「空港施設の観測に基づく地震被災程度評価に関する技術開発」(1ア-0505)

#### サブテーマ②

- ・「半経験的な強震動予測手法の検証とその応用」(1ア-0302)
- ・「シナリオ地震に対する強震動評価における各種パラメタの設定方法に関する検討」(1ア-0701)
- ・「大きな延長を有する施設に適した照査用地震動設定手法の開発」(1ア-1001)

#### サブテーマ③

- ・「液状化の数値解析手法の高度化」(1ア-0301)
- ・「地震による空港の地盤災害リスク評価方法の構築」(1ア-0702)
- ・「既存施設の耐震補強のための地盤改良技術の開発」(1ア-0601)
- ・「岸壁背後の格子状地盤改良の耐震効果の検討」(1ア-0901)
- ・「液状化を許容する地盤の数値解析的アプローチによる設計法の開発」(1ア-0501)
- ・「大規模地震動に対する既設構造物直下地盤の液状化対策の検討」(1ア-0801)
- ・「継続時間の長い地震動、長周期地震動に対する土の液状化特性の実験的解明」(1ア-0502)
- ・「破壊応力状態付近での土の動的特性に関する検討」(1ア-0802)

#### サブテーマ④

- ・「繰返し外力を受ける杭基礎と周辺地盤の挙動に関する実験」(1ア-0503)
- ・「コンテナパース機能維持を目的とした耐震性能向上技術開発」(1ア-0504)
- ・「矢板式係船岸等における杭を用いた耐震補強工法に関する検討」(1ア-0803)
- ・「既存港湾・海岸施設の耐震性能評価・向上に関する技術開発」(1ア-0804)

### 平成 21 年度までの研究成果

#### サブテーマ①

- ・地震観測結果を取りまとめたほか、鋼管杭の変位観測システムを開発した。
- ・全国をカバーする港湾地域強震観測網による強震観測を実施し、記録の収集・整理・解析・公表を行った。また、アレー観測記

録の解析に基づき空港滑走路を伝播する表面波の特性等を明らかにした。

・被害地震発生時に、調査を実施し被害メカニズムの解明・復旧に関する技術支援を実施した。

#### サブテーマ②

・表層地盤の非線形挙動の影響も含めた形で、半経験的な強震動評価手法の適用性を検証し、さらにその応用としてシナリオ地震に対する揺れの推定を実施した。

・半経験的手法により、設計に用いる地震波動の算定を行った。

・震源断層の破壊過程の解明を行った。(0701)また、因果性を満足する地震波を作成できるようになった。(0701)

#### サブテーマ③

・液状化解析手法の確認、排水を考慮した有効応力法に基づく液状化解析プログラムを開発した。継続時間の長い地震動による実験を実施し継続時間の影響の解明等の成果が得られた。また、岸壁前面部を深層混合固化処理工法により地盤改良した場合の既存岸壁の補強効果について、地盤反力係数を用いた数値解析によって、矢板挙動に及ぼす改良効果のある程度評価出来ることを示した。

・埋立地において実物大の空港施設を築造し、制御発破により人工的に液状化状態を再現し、液状化時の挙動把握、対策技術評価、地震後供用判断技術開発等に関する世界初・最大規模の実験を実施した。

・既存岸壁の耐震性向上を目的とした岸壁前面の地盤改良工法の効果について検討し、そのメカニズムを明らかにするとともに簡易な設計手法を提案した。

・進入灯橋梁の耐震性について検討し、適切な被災予測手法の提案を行った。

#### サブテーマ④

・繰返し水平力を受ける杭及び周辺地盤の挙動予測、コンテナクレーンの耐震補強・免震に関する検討を行い、岸壁とコンテナクレーンの動的相互作用を考慮した解析プログラムを開発した。

・控え工を増設した矢板式係船岸の挙動について、弾性床上の梁理論に基づいた数値解析を行い、組み杭による控え工の増設が最も効果的であることを確認した

### 平成 21 年度までの成果公表

#### サブテーマ①

・1ア-6201「港湾地域および空港における強震観測と記録の整理解析」

港空研報告1、港空研資料8、査読付和文論文0、査読付英文論文1、特許0、(昭和37年度～)

・1ア-XXXX「地震被害調査」

港空研報告0、港空研資料1、査読付和文論文0、査読付英文論文0、特許0、(平成18～21年度)

・1ア-6201「空港施設の観測に基づく地震被災程度評価に関する技術開発」

港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文9、査読付英文論文3、特許0、(平成18～21年度)

#### サブテーマ②

・1ア-0302「半経験的な強震動予測手法の検証とその応用」

港空研報告0、港空研資料4、査読付和文論文6、査読付英文論文0、特許0、(平成16～18年度)

・1ア-0701「シナリオ地震に対する強震動評価における各種パラメタの設定方法に関する研究」

港空研報告1、港空研資料2、査読付和文論文2、査読付英文論文3、特許0、(平成18～21年度)

#### サブテーマ③

・1ア-0301「液状化の数値解析手法の高度化」

港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文1、査読付英文論文0、特許0、(平成16～18年度)

・1ア-0501-カ-32「液状化を許容する地盤の数値解析的アプローチによる設計法の開発」

港空研報告0、港空研資料1、査読付和文論文2、査読付英文論文2、特許1、(平成17～19年度)

・1ア-0502-キ-32「継続時間の長い地震動、長周期地震動に対する土の液状化の実験的解明」

港空研報告0、港空研資料1、査読付和文論文1、査読付英文論文1、特許1、(平成17～19年度)

・1ア-0601-オ-33「既存施設の耐震補強のための地盤改良技術の開発」

港空研報告1、港空研資料0、査読付和文論文3、査読付英文論文5、特許0、(平成18～20年度)

・1ア-0702-オ-35「地震による空港の地盤災害リスク評価方法の構築」

港空研報告0、港空研資料3、査読付和文論文16、査読付英文論文5、特許0、(平成19～21年度)

・1ア-0801-オ-32「大規模地震動に対する既設構造物直下地盤の液状化対策の検討」

港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文1、査読付英文論文1、特許0、(平成20～22年度)

・1ア-0802-キ-32「破壊応力状態付近での土の動的特性に関する検討」

港空研報告1、港空研資料0、査読付和文論文1、査読付英文論文0、特許0、(平成20～22年度)

サブテーマ④

・1ア-0503-キ-34「繰返し外力を受ける杭基礎と周辺地盤の挙動に関する実験」

港空研報告1、港空研資料1、査読付和文論文1、査読付英文論文5、特許1、(平成17～19年度)

・1ア-0505「コンテナバース機能維持を目的とした耐震性能向上技術開発」

国総研資料1、港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文1、査読付英文論文1、特許0、(平成17～19年度)

・1ア-0803「矢板式係船岸等における杭を用いた耐震補強工法に関する検討」

港空研報告0、港空研資料3、査読付和文論文2、査読付英文論文8、特許0、(平成20年～平成22年度)

・1ア-0804「既存港湾・海岸施設の耐震性能評価・向上に関する技術開発」

港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文1、査読付英文論文0、特許0、(平成20年～平成22年度)

#### 平成21年度までの成果活用

サブテーマ①

・2003年十勝沖地震をはじめとする多くの貴重な強震記録を取得し、港湾構造物のみならず高層建築物や石油タンクの耐震性の検討において、必要な基礎データを提供することができた(6201)。港湾における強震観測は、同一地点で息の長い観測を行っていることが大きな特徴であり、それ故、社会的に高い評価を得ることができている。土木学会・建築学会の連名による「海溝型巨大地震による長周期地震動と土木・建築構造物の耐震性向上に関する共同提言(2006)」においても、苫小牧港等において長期間の観測を行い、複数の大地震の記録を同一地点で観測していることが高く評価されている。

・2005年福岡県西方沖地震、2007年能登半島沖地震、2007年新潟県中越沖地震、2009年駿河湾沖地震において技術支援・被害調査を実施し、復旧を支援した(xxxx)。

・羽田空港D滑走路建設工事において、国の実施するモニタリング技術として光ファイバー・GPS等を用いた計測が採用され、施工された(0505)(6201)。

サブテーマ②

・半経験的な強震動評価手法に関する検討を行い、一応の実用に供することができるまで、この分野の技術を向上することができた(0302)。このサブテーマで検討された強震動評価手法は、港湾の施設の新しい技術基準においても、標準的な方法として採用されている(0701)。

サブテーマ③

・排水を考慮した有効応力法に基づく液状化解析プログラムを開発し、地震時の地盤の沈下予測に用いられた(0301)(0501)。

・実物大の空港施設の液状化実験により、滑走路の機能維持を確保するための液状化対策範囲を提案し、コスト縮減に寄与した(0702)。

・岸壁前面部を深層混合固化処理工法により地盤改良した場合の既存岸壁の補強効果の評価技術を向上することが出来た(0601)。

・水・土連成の動的プログラムを開発し、地震時の液状化による地盤沈下、不飽和地盤の液状化解析が可能となった(0501)。

・繰返し三軸法による液状化判定において、換算係数を導入することにより、地震動継続時間の影響が液状化判定結果に反映できるようになった(0502)。

サブテーマ④

- ・港湾の施設の新しい技術基準において耐震強化岸壁に設置される免震コンテナクレーンに関する性能設計に採用された(0504)。
- ・二段タイ式矢板壁が仙台港で実用化された。

**表－1.3.1 1ア「大規模地震防災に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度終了研究実施項目(その1)**

<b>研究実施項目番号</b> 17-0701-キ-35
<b>研究実施項目名</b> シナリオ地震に対する強震動評価における各種パラメタの設定方法に関する検討
<b>研究目標</b> <p>・背景 当所ではこれまで半経験的な強震動評価手法に関する一連の研究を実施してきており、その成果は、平成 19 年 4 月に施行された新しい港湾の施設の技術上の基準の付属書に盛り込まれた。</p> <p>・目標、アウトプット 半経験的な強震動評価手法によりシナリオ地震に対する強震動の評価を実施する場合、地震動に影響を及ぼす 3 つの要因である震源特性・伝播経路特性・サイト特性に関する各種パラメタを設定する必要がある。本研究ではそれらのパラメタの設定方法を検討する。</p>
<b>研究内容</b> <p>震源特性としては、大地震の震源断層面上にあって、特に強い地震波を出す部分であるアスペリティに関するパラメタ(面積やすべり量)の設定が重要である。</p> <p>本研究では、内陸活断層地震及び海溝型地震の波形データに基づいてその震源特性を十分に調べ、その平均的な特性を与える経験式を提案する予定である。</p> <p>この点に関して、既往の研究の問題点としては、港湾構造物の耐震性照査において重要となる周波数帯域を十分にカバーできていないこと、海溝型地震については解析例が少ないこと等が挙げられる。</p> <p>本研究では特に港湾構造物の耐震性照査を念頭におき、周波数 0.2-2Hz の帯域の波形データを主に利用して、既往地震の震源特性を調べる。</p> <p>サイト特性については、相異なる複数の評価手法が存在しているが、それらの適用性や使い分けの方法が十分調べられていないことが一つの問題である。評価手法の適用性等について検討を行う。</p> <p>なお、本研究の実施時期は、半経験的な強震動評価手法が本格的に実務に導入されてから最初の三箇年に該当するため、半経験的な強震動評価手法の運用上生じる可能性のある新たな諸課題についても、軽微なものについては本研究実施項目のなかで対応する。</p>
<b>年度毎の研究内容</b> <p>平成 19 年度 2007 年能登半島地震、2007 年新潟県中越沖地震の震源過程の解明 因果性を満足する地震波を生成できる強震動評価手法の開発</p> <p>平成 20 年度 2008 年岩手・宮城内陸地震の震源過程の解明 海溝型巨大地震の震源モデルの提案</p> <p>平成 21 年度 2009 年駿河湾の地震の震源過程の解明 一部の地域におけるサイト特性の再評価 震源パラメタ間の平均的な関係を与える式の提案</p>
<b>研究成果(アウトプット)</b> <p>・最近起こった内陸地殻内地震のうち、2007 年能登半島地震、2007 年新潟県中越沖地震、2008 年岩手・宮城内陸地震を対象に、震源断層の破壊過程の解明を行った。海溝型地震については、2003 年十勝沖地震に関する解析結果のとりまとめを行った。</p>

た。そして、それらをもとに、より単純化された工学上利用しやすい震源モデル(特性化震源モデル)の作成を行った。

- ・強震動評価手法については、因果性を満足する地震波を作成できる強震動評価手法の開発を行った。
- ・これらの成果をもとに、上記の特性化震源モデルと、上記の強震動評価手法を用いれば、既往の大地震による揺れを一定の精度で再現できることを示した。
- ・一部の地域におけるサイト特性の再評価を行った。
- ・震源パラメタ間の平均的な関係を与える式の作成を行った。

#### 成果の公表

全文査読論文

- ・野津厚(2007)：“非線形パラメタと有効応力解析を併用した強震動評価手法(976KB)”、地震工学論文集、第29回地震工学研究発表会、Vol.29、pp.114-122
- ・Atsushi NOZU and Kojiro IRIKURA (2008): “Strong-motion generation areas of a great subduction-zone earthquake: waveform inversion with empirical Green’s functions for the 2003 Tokachi-oki earthquake”、Bulletin of the Seismological Society of America、Vol.98、No.1、pp.180-197.
- ・Atsushi Nozu (2008): “Rupture process of the 2007 Noto Hanto earthquake: waveform inversion using empirical Green’s function”、Earth Planets Space、Vol. 60、No.10、pp. 1029-1034.
- ・Atsushi Nozu (2008): “Rupture process of the 2007 Chuetsu-oki, Niigata, Japan earthquake - waveform inversion using empirical Green’s functions”、Earth Planets Space、Vol. 60、No.12、pp. 1169-1176.
- ・野津厚、長尾毅、山田雅行(2009)：“経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震動評価手法の改良－因果性を満足する地震波の生成－”、土木学会論文集A、第65巻、第3号、pp.808-813

港空研資料・報告

- ・野津厚、菅野高弘(2008)：“経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震動評価手法－因果性と多重非線形効果に着目した改良－”、港湾空港技術研究所資料、No.1173
- ・野津厚、菅野高弘(2010)：“スペクトルインバージョンに基づく道北の強震観測地点におけるサイト増幅特性”、港湾空港技術研究所資料(刊行予定)
- ・野津厚(2010)：“波形インバージョンにより推定された最近のわが国における内陸地殻内地震の震源過程”、港湾空港技術研究所報告(刊行予定)

#### 成果の活用

本研究において開発した強震動評価手法および特性化震源モデルは、全国の港湾・空港における照査用地震動の評価に用いられている。また、港湾・空港以外の分野への応用として、2007年能登半島地震による能登有料道路被害箇所での地震動の推定(土木学会)、2008年岩手・宮城内陸地震による地すべり発生箇所での地震動の推定(地盤工学会)、2009年駿河湾の地震による東名高速道路被害箇所での地震動の推定(土木学会)等に用いられている。

**表－1.3.2 1ア「大規模地震防災に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度終了研究実施項目(その2)**

<b>研究実施項目番号</b> 17-0702-オ-35
<b>研究実施項目名</b> 地震による空港の地盤災害リスク評価方法の構築
<b>研究目標</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・背景 大規模地震時の空港の果たす役割は大きく、救急・救命活動から復旧・復興へ向けたアクセス拠点となる。このため、国は「地震に強い空港のあり方委員会」を中心に検討を始めており、地震時の空港施設の健全度保持を目的とした耐震診断・耐震補強が急務となっている。</li> <li>・目標、アウトプット 地震が空港基本施設にもたらす被災程度の把握、被災程度に応じた補修費用・発生頻度などから災害リスクを推定する手法を構築する。地震に対する空港の効果的な予防対策に資する。そのため、全国各空港の地震危険度・地域防災計画等に基づく合理的・経済的な対応策の策定ための基礎資料を作成する。</li> </ul>
<b>研究内容</b> <p>地震動により地盤の液状化などが生じた場合に、空港施設がどの程度損傷するかについては、過去の被災事例のみでは把握しきれないのが現状である。</p> <p>本研究においてはどの程度の損傷が空港基本施設に発生するかについて実証試験に基づく挙動把握を実施。効率的な事後補修技術・予防保全技術、およびコスト検討により、地震による空港基本施設の災害リスクを管理者がイメージできるような基礎的な資料を構築することを目的とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・研究内容 平成 19 年度には、空港施設の地震時挙動を把握するために、実物大施設を建設し、制御発破による人工液状化状態を再現する。これにより我が国の空港施設の地震時損傷過程を精査、損傷メカニズムを把握する。</li> <li>平成 20 年度には、実験結果の分析・数値解析モデルの構築に基づき、予防保全と事後対応及び対象空港の運営・地域防災計画における位置付けなどを考慮できる合理的な対策を提案する。</li> <li>平成 21 年度は、災害リスクとコスト検討による合理的な対策の提案を目的に、前年度に提案した地下埋設物や構造を有する空港施設における空間分解能を高めた地盤評価手法(表面波探査+微動アレーを用いた技術)の高精度化、適用範囲、およびその活用の仕方について検討する。また、性能規定のない既存進入灯橋梁について、耐震性評価のための想定地震波による事例解析の実施を通じ、耐震設計思想を整理する。</li> </ul>
<b>年度毎の研究内容</b> <p>平成 19 年度 石狩湾新港において実験を実施(共同研究 41 機関) 地盤改良余改良域の縮減を提案</p> <p>平成 20 年度 滑走路・誘導路などの舗装構造に及ぼす基礎地盤の液状化挙動の影響評価 非破壊試験法(高密度表面波探査・微動アレー計測)による空間分解能を高めた液状化リスク評価手法を提案し、仙台空港・新潟空港等で実務に採用</p> <p>平成 21 年度 火山煤質砂を対象とした探査を実施し(宮崎空港)、空間分解能を高めた地盤評価手法の様々な物性を有する地盤に対する適応性検討 既存進入灯橋梁の耐震性評価のための想定地震波による事例解析実施、耐震設計思想整理、既存進入灯橋梁の数値解析</p>

## モデル構築

### 研究成果(アウトプット)

空港施設を対象とした爆薬を用いた実大実験を平成 19 年に主務機関として実施し、各種空港施設を対象とした対策工法の効果確認、被災予測手法の高度化、被災時施設共用の可否判断検討に資するデータを得た。あわせて水中振動台による舗装構造の液化化時挙動に関する模型実験も実施し、空港構造物の動的挙動および損傷メカニズムを把握し、施設損傷リスクを評価し得る地震発生頻度、地震動規模、損傷レベルの関係、手法を検討した。耐震対策における主要工法である地盤改良については、地震後に求められる機能を考慮しつつコスト削減・工期短縮を追求した改良率や施工範囲の決定手法を提案でき、空港施設の大規模地震に対する経済的予防策やリスクの低減に資することができた。また、効果的耐震対策や耐震診断にも寄与できる空間分解能を高めた地盤評価手法(表面波探査+微動アレーを用いた技術)を確立できた。

進入灯橋梁については既存橋梁を対象とした地震応答計算より被災状況を把握し、適切な被災予測手法・要求性能・照査項目の提案を行った。

### 成果の公表

#### 論文

・k.Kasugai, R.Ushijima, J.Mizukami, Y.Tsubokawa, K.Asayama, H.Nakazawa and T. Sugano: Observed Airport Facilities Performance during Liquefaction by Controlled Blast in Ishikari Bay New Port, Hokkaido, 5th International Conference on Urban Earthquake Engineering, Shinagawa, pp.263-268, 2008.3

・春日井康夫、牛嶋龍一郎、水上純一、麻山健太郎、中澤博志、菅野高弘: 海上空港・臨海部埋立空港の耐震対策戦略及び液化化現象に起因する施設の機能障害に関する検討、海洋開発論文集、Vol.24、pp.237-242、2008.7

・牛嶋龍一郎、春日井康夫、水上純一、中谷行男、中澤博志、菅野高弘: 臨海部埋立空港における地盤の液化化に伴う滑走路変状に関する実験的検討、海洋開発論文集、Vol.24、pp.279-284、2008.7

・中澤博志、菅野高弘、足立雅樹、山田和弘、大沢一実、新坂孝志: 空港滑走路を対象とした静的圧入締固め工法の液化化時効果確認に関する現場実大実験、第8回地盤改良シンポジウム論文集、pp.133-138、2008.

・前川亮太、坪川将丈、菅野高弘、中澤博志、水上純一: 液化化現場実験における空港舗装の変形及び FWD たわみ測定結果、土木学会舗装工学論文集、Vol.13、pp.157-162、2008.12

・中澤博志・菅野高弘・藤井照久、山田和弘、木村康隆: 液化化による臨海部埋立空港滑走路の残留変形に関する現場実大実験および再現解析、海洋開発論文集、Vol.25、pp-269-274、2009.7

・中澤博志、菅野高弘: 空港における滑走路を対象とした液化化対策に関する実験的研究、土木学会論文集 F、Vol.66、No.1、pp.27-43、2010.1

・中澤博志、菅野高弘、高橋清: 現場液化化実験における地中レーダーによる滑走路変状調査、地震工学論文集、Vol.30、pp.821-826、2010.3

・中澤博志、菅野高弘、足立雅樹、山田和弘、大沢一実、新坂孝志、原田良信: 空港滑走路における静的圧入締固め工法の液化化対策効果に関する実験的検討、材料、Vol.58、No.1、pp.8-13、2010.1

・東祥二、原田健二、仁田尾洋、橋本則之、鈴木亮彦、初山幸治、館下和行、菅野高弘、中澤博志: 実大実験における格子状固化改良の液化化対策効果に関する研究、材料、Vol.58、No.1、pp.14-19、2010.1

#### 研究所報

・菅野高弘、中澤博志: 液化化対策に関する実物大の空港施設を用いた実験的研究、港空研資料 No.1195、354p、2009、6

・菅野高弘、中澤博志、池野勝哉、三藤正明: 溶液型薬液注入工法を用いた滑走路地盤の液化化対策に関する研究、港空研資料、2010.3

### 成果の活用

本研究結果は、広大な空港用地に適した L1、L2地震動に対する空港施設全体の耐震性評価・耐震性向上等の基本となるものである。進入灯橋梁の性能規定について照査項目としての規定値を設けたことにより、合理的な進入灯橋梁の耐震設計が可能となる。空港施設の耐震対策として最も用いられる地盤改良工については、要求性能に着目しつつ改良率や施工範囲を縮減

可能な設計手法の提案ができた。このことは、空港土木施設耐震設計要領及び設計例（平成 20 年 7 月、国土交通省航空局監修）に反映された。また、発破による実物大実験や振動台実験による施設の液状化発生から終息に至るまでの舗装構造の変状挙動を把握できたことに加え、空間分解能を考慮した地盤評価手法を提案できたことから、舗装-地盤を一元化した経済的な耐震対策が可能となった。

## 2) 1イ「津波防災に関する研究テーマ」

表-2.1 1イ「津波防災に関する研究テーマ」の研究目標

<p><b>・社会的、学術的観点から見た研究の必要性</b></p> <p>東海、東南海・南海地震などの海溝型地震やその他の海洋性地震による巨大津波災害が予想されており、港湾空港技術研究所をふくめ多くの機関で津波防災の研究が進められており、この分野はかなり高度な技術レベルにあると考えられていた。</p> <p>しかしながら、インド洋大津波の発生によっていくつかの津波防災の問題点が明らかとなっている。特に、</p> <p>①来襲津波の高さの予測技術についてはある程度確立されているが、その破壊力を含めて災害を予測する技術及びそれを住民に理解させる技術のレベルが低いこと。</p> <p>②住民の避難を適切に行うためには津波の予測の信頼性が不十分なことなどが問題であり、地震津波観測や数値予測技術の格段の技術の向上が不可欠。</p> <p>③巨大な津波に対して有効な津波対策のハード技術が十分ではないこと。</p> <p>などが重要な課題であり、一層の技術の向上が不可欠である。</p> <p><b>・研究テーマ、サブテーマ、重点研究課題、研究実施項目の関連</b></p> <p>本研究テーマでは、このような海溝型地震に焦点をあて「巨大な津波から地域社会を守る研究」を重点研究課題として設定し、精度の高い災害の予測技術と予測のためのソフト技術の開発の観点から、次の2つをサブテーマとした。</p> <p>①災害の予測技術の開発</p> <p>②革新的なソフト技術の開発</p> <p>一方、津波に対する大規模な防護施設も早急に整備されなければ、津波の甚大災害を食い止めるのは困難なことから、効果的なハード技術の開発を行い、ソフト、ハードの両面から津波対策を講じることとし、</p> <p>③効果的なハード技術の開発</p> <p>をサブテーマとして加え、合計3つのサブテーマを設定することとした。</p> <p>これらのサブテーマの研究の成果によって、いかに社会及び行政に役立たせるかの方策づくりのための最終的な取りまとめも行っていく。</p> <p><b>・見込まれる成果の内容(アウトプット)</b></p> <p>研究テーマのロードマップで示した一連の研究を実施することによって、次の成果が得られる。</p> <p>①これまで開発されてきた津波予測のための数値計算プログラム(STOC)の基本プログラムを津波の遡上、破壊現象まで取り込んだ STOC の拡張版プログラム。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・STOCの発展型により得られたシミュレーション結果を住民に理解しやすい形でビジュアルに示すことのできる動的ハザードマップ。</li><li>・上記二つの成果を活用し、住民の津波災害の総合的な模擬体験を可能にする津波災害疑似体験シミュレーターの基礎的調査。</li></ul> <p>②沖合いでの津波の発生状況をリアルタイムにモニターすることにより海岸に來襲する津波を高い精度で予測することができるリアルタイム予測技術。そしてその津波による浸水被害のリアルタイム予測技術。</p> <p>③防波堤開口部からの大規模な津波の侵入を低減する新形式の津波防御施設、およびマングローブなどの海岸地域の植栽を利用した津波の低減技術。船舶の津波に対する安全性を高める技術。</p> <p><b>・見込まれる成果の社会的及び行政的な効用、意義(アウトカム)</b></p> <p>①・STOCの発展プログラムは、津波の海岸への到達時間、高さおよび津波の破壊力を精度良く数値計算することができ、津波災害から人命・財産を守るための施設の計画、設計に活用される。</p>
---

・動的ハザードマップは、地域の的確な避難計画や防災施設計画に活用される。

②リアルタイム予測技術により、リアルタイム観測網の整備と連携することにより、津波来襲までの余裕時間が確保でき、住民の命を守ることができる。

③新形式の津波防御施設によって、港湾を守りその背後の地域を大規模な津波から守ることができる。マングローブなどの植栽によって海岸地域の津波低減が図られる。

**表－2.2 1イ「津波防災に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度までの研究成果**

<p><b>平成 22 年度のサブテーマ目標</b></p> <p>本年は中期計画の最終年度であり、4 つの研究実施項目が終了する年であり、これまでの研究をとりまとめる年である。また、次期中期に向けて新たに1つの研究を立ち上げている。したがって、対外的な広報などの諸活動は抑えても、研究本体に力を注ぐ必要がある。</p> <p>サブテーマ①: 災害の予測技術の開発</p> <p>早期避難を促進するために必要な方策についてとりまとめる。また、港湾のBCPに関する研究を開始する。</p> <p>サブテーマ②: 革新的なソフト技術の開発</p> <p>平成 20 年度に開始したリアルタイムの津波浸水災害システムについて、成果をまとめる。</p> <p>サブテーマ③: 効果的なハード技術の開発</p> <p>グリーンベルトの効果の研究と小型船舶の耐津波係留の研究については人事異動のために休止したが、次期中期において再開するために、情報収集などを継続する。</p>
<p><b>研究内容</b></p> <p><b>・課題解決のための研究内容</b></p> <p>①STOCの改良・発展では、いくつかの実際の都市を対象にした検証ケースでSTOCの適用性を検討し数値計算モデルを開発する。</p> <p>研究手法としては、津波力や建物の破壊過程、船舶の漂流などを断面水理模型実験を使い、それらの算定法や評価法を検討し、得られたデータを3次元 CADMAS-SURF を連成させたSTOCに取り込みSTOCを改良、発展させる。</p> <p>3次元の CADMAS-SURF や新たなSTOCを用い、いくつかの海岸、都市をモデルケースとして数値計算し、動的ハザードマップを作成する。</p> <p>また、津波の来襲の様子をビジュアルに体験できる手法の検討を行い、津波被害を擬似的に体験できるシミュレーターの基礎技術の開発を行う。</p> <p>研究実施に当たっては、防衛大学校、東北大学、名古屋大学、海洋開発機構、沿岸技術研究センターと連携して実施する。</p> <p>②リアルタイム津波予測では、インバージョン手法などのデータ同化手法を用いて、沖合いのGPS波浪計を利用した津波観測データから各地に來襲する津波をリアルタイムで精度よく予測する技術について検討する。また、その津波による浸水災害のリアルタイム予測手法についても検討する。</p> <p>研究実施に当たっては、京都大学、東北大学、東京大学と連携する。</p> <p>③新形式の津波防御施設としては、直立浮上式とフラップ方式の防波堤形式の津波防御施設の有効性について、数値計算や大型実験施設による水理模型実験を行う。また、直立浮上式については、民間との共同研究により実海域実物大実験も合わせて実施する。</p> <p>インド洋の津波災害において植栽が津波低減に有効であったので、平面水槽による模型実験を行い、定量的にその低減効果を把握する数値モデルおよび簡易式について検討する。</p> <p><b>・研究内容を構成する研究実施項目</b></p> <p>研究実施項目は、各サブテーマの下に合計14項目を設定した。</p> <p>サブテーマ①</p> <p>「構造物に作用する津波力に関する模型実験と数値計算」(1イ-0401)</p> <p>「3次元モデルを使用した次世代津波被害シミュレーション」(1イ-0402)</p>

「津波被害シミュレーターの開発」(1 イ-0702)

「津波による大型物体の漂流に関する数値モデルの開発」(1 イ-0604)

「津波による建造物の変形および破壊に関する模型実験と数値計算」(1 イ-0701)

「津波に対する早期避難促進に関する基礎的研究(旧避難のための津波体験シミュレーター技術の開発)」(1 イ-0903)

「船舶の津波時係留評価」(1 イ-0602)

#### サブテーマ②

「データ同化手法によるリアルタイム津波予測手法の開発」(1 イ-0603)

「リアルタイム津波被害予測手法の開発」(1 イ-0801)

#### サブテーマ③

「直立浮上式防波堤の水理特性に関する数値計算」(1 イ-0501)

「植樹帯を活用した沿岸での津波対策」(1 イ-0601)

「グリーンベルトによる津波対策施設の適用性評価」(1 イ-0901)

「小型船舶の耐津波係留技術の検討」(1 イ-0902)

なお、次期中期計画に向けて「港湾のBCPにおける地震および津波複合被害想定技術の開発(1イ-1001)」を①のサブテーマ「災害の予測技術の開発」で開始するが、次期中期ではサブテーマの構成を変える予定である。”

### 平成 21 年度までの研究成果

#### サブテーマ①

##### ・構造物に作用する津波力に関する模型実験と数値計算

陸上構造物に及ぼす津波の作用波力特性について、これまでにない大規模な実験により検討したところ、特に海岸線近くにおいては、衝撃的な波力が作用する可能性について示唆する結果が得られた。

##### ・3次元モデルを使用した次世代津波被害シミュレーション

高潮津波シミュレーター(STOC)を並列化し、領域分割技術を組み込んで、大洋を伝播する津波から臨海部における津波の詳細な挙動までを解析可能になった。臨海部の計算では十数 km<sup>2</sup> の面積を対象として、建物等の影響を考慮できるものである。建物を考慮することにより、それらを粗度で表現する従来の計算手法とは異なった津波の浸水過程が計算できた。港湾域に適用する STOC-IC と、漂流物周りに配置してそれよりも計算格子サイズの小さい漂流物モデルとの接続を行って、モデル相互の流れ等の影響を考慮して漂流物の検討が可能になった。また、模型実験結果との比較を行って、漂流物モデルの精度の検証を行った。

##### ・津波による係留船舶の安全性評価に関する検討

津波外力を考慮した係留船舶の動揺シミュレーション手法を用いて、東海地震、東南海地震、南海地震による津波の港内係留船舶への影響について3つの港湾を対象として評価するとともに、係留索による係留方法を変更した場合の対策効果についても検討した。また、津波に対する係留船舶の基本的な応答特性を把握するために、水理模型実験を実施し、係留船舶の動揺シミュレーション結果と比較検討することにより、その応答現象を調べた。また、津波による係留船舶の被災事例の収集及び取りまとめを行った。

##### ・津波被害シミュレーターの開発(1 イ-0702)

STOC による計算結果を分かりやすく示す動的ハザードマップを試作した。これは、時々刻々変化する結果を3次的に示すと同時に、ユーザーの希望する視点から結果を見ることができるようになっている。表示される結果は、浸水域や浸水深、流速、圧力であり、あらかじめ設定した被災発生条件に基づいて被害エリアも表示可能とした。

##### ・津波による建造物の変形および破壊に関する模型実験と数値計算(1 イ-0701)

衝撃的な波力と建造物の変形および破壊との関連について大規模実験を用いて検討した。その結果、静的な力に比べて壊れにくくなるものの、静的な強度の3~4倍程度の力が作用すると衝撃的な力でも破壊に至ることがわかった。また、その建造物の破壊について数値計算法の開発を行った。

##### ・その他、インド洋大津波の災害調査関連

2006年ジャワ島 2007年ソロモン諸島沖の地震津波、スマトラ島南西沖の地震津波、2009年サモア地震津波、そして2010年チリ地震津波について災害調査を行い、災害の実態を把握した。

サブテーマ②

・データ同化手法によるリアルタイム津波予測手法の開発

地震位置情報の活用などインバージョン手法の改良を行ってリアルタイム津波予測の精度を向上させた。1707年宝永地震津波や1944年東南海地震津波、1946年南海地震津波、2004年東海道沖地震津波を対象とした数値実験による精度の検証を行い、これらの地震津波に対して、地震発生後15分間で沿岸の津波の予測が可能であることを明らかにした。

・リアルタイム津波浸水予測手法の開発

津波浸水計算手法としてレベル湛水法、STOC-MLなどを取り上げ、これらとこれまでに開発した海岸から数百m沖合における津波を予測するリアルタイム津波予測手法との接続方法について検討し、その結合システムによる浸水予測の即時性および精度を検討した。

サブテーマ③

・直立浮上式防波堤の水理特性に関する数値計算

1/5縮尺の大規模な模型実験を行って直立浮上式防波堤の効果について検討し、比較的周期が長い津波についても、渦や落差によるエネルギー損失により効果があることがわかった。さらに、波力と杭の前後運動との関係、および波力と杭の変形、に関する検討を行った。また、数値シミュレーションを用いて、現地における津波防護効果の検討を行い、適切な配置を行うことにより防護効果があることを確認した。

・植樹帯を活用した沿岸での津波対策

グリーンベルト内における津波力減衰効果を推定できるモデルを確立し、現地地形に適用して、その効果を調べた。また、実際には樹木の弾性による津波抗力の変化も影響を及ぼすので、森林総研と共同で、松の木を水槽内に設置して、流れの中での歪みを調べた。さらに、4月に発生したソロモン地震津波において、現地の樹木による被害軽減効果について現地調査を行った。

**平成21年度までの成果公表**

サブテーマ①

・構造物に作用する津波力に関する模型実験と数値計算 1イ-0401-オ-24

港空研資料1編 査読付論文(和文)3編 査読付論文(英文)3編

・3次元モデルを使用した次世代津波被害シミュレーション 1イ-0402-カ-61

港空研資料1編 査読付論文(和文)2編 査読付論文(英文)5編

・津波による係留船舶の安全性評価に関する検討 1イ-0602-オ-20

港空研資料1編 査読付論文(和文)2編 査読付論文(英文)1編

・津波による大型物体の漂流モデルの開発 1イ-0604-カ-61

査読付論文(和文)1編、口頭発表2編

・津波被害シミュレーターの開発(1イ-0702-カ-61)

査読付論文(英文)1編

・津波による構造物の変形および破壊に関する模型実験と数値計算(1イ-0701)

査読付論文(和文)1編

・津波に対する早期避難促進に関する基礎的研究(1イ-903)

港空研資料1編

サブテーマ②

・データ同化手法によるリアルタイム津波予測手法の開発 1イ-0603-キ-61

港空研報告1編 査読付論文(英文)3編

・リアルタイム津波浸水予測手法の開発 1イ-0801

査読付論文(和文)1編

サブテーマ③

- ・直立浮上式防波堤の水理特性に関する数値計算 1イ-0501-オ-24

港空研資料 1 編 査読付論文(和文) 3編

- ・植樹帯を活用した沿岸での津波対策 1イ-0601-オ-23

港空研資料 2編 査読付論文(英文) 3編

**平成 21 年度までの成果活用**

- ・構造物に作用する津波力に関する模型実験と数値計算

木造家屋模型の津波による破壊実験を公開するとともに、津波による人体流下実験などを広くマスメディアを通して公表し、津波の怖さの啓蒙に資する。

- ・3次元モデルを使用した次世代津波被害シミュレーション

STOC のプログラムの利用を促進する研究会を実施した。

このプログラムを利用して S 港などでの津波災害の検討を実施した。

- ・津波による係留船舶の安全性評価に関する検討

S 港など 3 港湾における係留船舶の安全性評価を実施した。

成果の一部を(財)沿岸技術研究センター刊の書籍や PIANC の報告書の中で公表した。

- ・津波による大型物体の漂流モデルの開発

S 港を対象に係留船舶の津波に対する影響の検討を実施した。

成果の活用を図るために、地方整備局、学識経験者等に成果の PR を行った。

- ・データ同化手法によるリアルタイム津波予測手法の開発

学会等で成果発表に加え、成果の活用を図るために、地方整備局等に成果の PR を行った。

- ・直立浮上式防波堤の水理特性に関する数値計算

直立浮上式防波堤の公開実験を行い、その効果を広く一般に公開した。

直立浮上式防波堤の実用化を目指すために、「新形式海洋構造物(直立浮上式防波堤)計画手法 検討委員会」が立ち上がり、可動式防波堤の課題の整理、設置・運用・管理マニュアルの整備を行うこととなった。また、同様に「新技術を活用した津波対策の適用性に関する技術検討委員会」において具体策の一つとして検討され、W 港などで具体的な設計検討がなされた。

- ・植樹帯を活用した沿岸での津波対策

国際会議等での広報や国際共同研究に参加することにより、現在、インドおよびマレーシアで実施されている沿岸防災林の育成に協力した。

**表-2.3.1 1イ「津波防災に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度終了研究実施項目(その1)**

<b>研究実施項目番号</b> 1イ-0701-キ-24
<b>研究実施項目名</b> 津波による構造物の変形および破壊に関する模型実験と数値計算
<b>研究目標</b> ・背景 近年、東海・東南海・南海地震などの巨大地震の発生が懸念されており、それらに伴う巨大津波に対する災害対策も緊急かつ重要な課題となっている。港湾における護岸、岸壁等の構造物や陸上構造物は、通常の波浪に対しては防波堤によって遮蔽されているため、強大な波力が直接作用することはない。これに対して、津波は防波堤の開口部から港内へ侵入するため、大きな津波力が護岸、岸壁および陸上構造物に直接作用し、構造物の破壊に至る危険性がある。そのため、津波による構造物の変形および破壊に関する検討が必要である。 ・目標、アウトプット 本研究では、津波に対する構造物の変形・破壊のメカニズムを解明し、津波による構造物の破壊の危険性を評価する手法について検討することを目標とする。
<b>研究内容</b> 本研究では、大規模水理模型実験を実施し、津波による構造物の応答特性および破壊メカニズムに関する検討を行う。また、数値シミュレーションによる構造物の破壊に関する計算手法を開発し、いくつかの現地を対象として、実際に構造物の破壊に関する検討を行う。
<b>年度毎の研究内容</b> 平成 19 年度 ①大規模実験では、1/10 程度の模型を用いて約 10m の津波に相当する津波力を作用させて、その応答解析を行った。避難ビルを対象とし、接合部や梁の弾塑性の検討、窓の検討を行った。 ②数値計算については、固体の破壊計算に個別要素法を用いて、流体計算との練成手法を検討し、陸上構造物の変形計算が行えるようにした。 ③漂流物に関する衝突力試験を行った。 平成 20 年度 ①構造形式の違いによる応答の変化を検討した。 ②大規模計算手法を確立した。 ③直立浮上式防波堤の耐津波力に対する変形応答特性についての大規模実験を行った。 ④護岸前面の津波による洗掘試験を行った。 平成 21 年度 ①丸太の衝突力に関する大規模実験を行った。 ②直立浮上式防波堤の周辺構造物に対する安定性についての研究実験を行った。 ③護岸の津波に対する安定性について検討した。
<b>研究成果(アウトプット)</b> ・大規模実験を用いて津波力による破壊形式の違いを明らかにした ・大規模実験を用いて漂流物の衝突力の算定手法を提案した ・津波による構造物の破壊シミュレーション手法を確立した ・津波防護として直立浮上式防波堤の実用化に向けた課題を解決した。
<b>成果の公表</b>

・港空研資料・報告

有川太郎・辰巳大介・松崎義孝・富田孝史(2009):2009年サモア諸島津波の現地調査、港空研資料、27p.

・和文(アブストラクト査読)

有川太郎・坂口章・小林真・山本邦弘・永友久信・木原一禎(2008):直立浮上式防波堤による波浪防御技術、防衛施設学会

・和文(全文査読)

有川太郎・大坪大輔・中野史丈・下迫健一郎・石川信隆(2007):遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験、海岸工学論文集第54巻

有川太郎・野村逸人・富田孝史・小林真・虎石龍彦・荒井清・木原一禎(2007):直立浮上式防波堤による現地津波防護効果に関する検討、海岸工学論文集第54巻

有川太郎・中野史丈・大坪大輔・下迫健一郎・石川信隆(2007):遡上津波力による構造物の変形・破壊挙動の検討、海岸工学論文集第54巻

有川太郎・中野史丈・菊池喜昭・小林真・木原一禎・櫻井良宏・虎石龍彦(2008):浮上型の模型を用いた直立浮上式防波堤に関する大規模実験、海岸工学論文集第55巻

有川太郎・中野史丈・下迫健一郎・山野貴司(2008):津波力による壁・柱部材の変形・破壊に関する大規模実験、海岸工学論文集第55巻

高橋重雄・酒井洋一・森屋陽一・内山一郎・遠藤公彦・有川太郎(2008):避難途中で津波によって溺れる危険性の検討、海洋開発シンポジウム

有川太郎・坂口章・小林真・虎石龍彦・櫻井良宏・木原一禎(2008):直立浮上式防波堤の実海域実証試験、海洋開発シンポジウム

木原一禎・有川太郎・坂口章・濱地克也・永友久信・山本邦弘(2009):直立浮上式防波堤の数値計算手法に関する研究、海洋開発シンポジウム

・英文(アブストラクト査読)

T. Arikawa (2007): LARGE MODEL TESTS OF SURGE FRONT TSUNAMI FORCE、Fourth International Conference on Urban Earthquake Engineering、

T. Arikawa (2009): Behaviors of Concrete walls under impulsive tsunami load、Earthquake and Tsunami、WCCE-ECE-TCCE Joint Conference、11p.

・英文(全文査読)

T. Arikawa (2009): Structural Behavior Under Impulsive Tsunami Loading、Journal of Disaster Research、Development Report、Vol.4 No.6、pp. 377- 382

・書籍等

津波研究小委員会編(2009):津波から生き残る、土木学会

沿岸センタ(2008):TSUNAMI

**成果の活用**

津波力による破壊等の実験は、津波の恐ろしさに対する啓蒙として活用され、メディア等により広く公開された。また、漂流物の衝突力について、実務で算定手法の一つとして活用された。直立浮上式防波堤については、実際に現地で施工されることとなり、本研究で行ってきた一連の研究成果が多いに活用された。

・広報

業界紙、雑誌、TVなどは複数

・特許

直立浮上式関係が4本

**表-2.3.2 1イ「津波防災に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度終了研究実施項目(その2)**

<b>研究実施項目番号</b> 1イ-0702-カ-61
<b>研究実施項目名</b> 津波被害シミュレーターの開発
<b>研究目標</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・背景 近年、東海・東南海・南海地震などの巨大地震の発生が懸念されており、それらに伴う巨大津波に対する災害対策も緊急かつ重要な課題となっている。港湾における護岸、岸壁等の構造物や陸上構造物は、通常の波浪に対しては防波堤によって遮蔽されているため、強大な波力が直接作用することはない。これに対して、津波は防波堤の開口部から港内へ侵入するため、大きな津波力が護岸、岸壁および陸上構造物に直接作用し、構造物の破壊に至る危険性がある。そのため、津波による構造物の変形および破壊に関する検討が必要である。</li> <li>・目標、アウトプット 本研究では、これまで開発した高潮津波シミュレーターSTOCにVOF法を適用した3次元CADMAS-SURFを組み込むことができるようにする。</li> </ul>
<b>研究内容</b> 3次元CADMAS-SURFは、構造物に作用する衝撃力等を推定することができるので、津波の波源域から陸上の詳細な津波の挙動を推定できるSTOCと3次元CADMAS-SURFとの連成により、津波の波源域を含む広領域から構造物の破壊までを推定できるようになり、津波による被害推定がより具体的になる。
<b>年度毎の研究内容</b> <p>平成 19 年度:STOC-IC と VOF 方によるモデルを圧力や流速などを直接的に連成するモデルを構築した。</p> <p>平成 20 年度:前年度に検討した数値モデルの現地適用を検討した。</p> <p>平成 21 年度:現地適用の結果を受けて、精度向上及び現地適用性に向けてモデル改良を行った。</p>
<b>研究成果(アウトプット)</b> <p>高潮津波シミュレーターSTOCとCADMAS-SURF/3Dを接続できるようにすることにより、想定津波による陸上構造物の損傷を判断するための基礎ツールを構築した。</p> <p>また、別途社会的な要請により、船舶、自動車、丸太など漂流物の計算モデルを進展させ、漂流物を伴った津波被害の推定手法を進展させた。</p>
<b>成果の公表</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・研究所発表 富田孝史・有川太郎・辰巳大介・本多和彦・東野洋司・渡辺一也:2007年ソロモン諸島津波の現地調査報告、No.1179、41p.、平成20年6月。</li> <li>・対外発表 -査読あり- 富田孝史・本多和彦・有川太郎:津波動的ハザードマップの開発、第20回海洋工学シンポジウム講演論文集、OSE-10、CD-ROM、2008年3月。 富田孝史・本多和彦、津波被害のイメージ力を向上させる津波動的ハザードマップ、海洋開発論文集、第24巻、pp.165-170、2008年7月 富田孝史・本多和彦、臨海部における津波解析への3次元非静水圧流動モデルの適用、海岸工学論文集、第55巻、pp.231-235、2008年11月 T.Tomita・K.Honda、Tsunami Simulator STOC and Tsunami Dynamic Hazard Map、Proc. 31st ICCE、2008年9月</li> </ul>

D.Cox・T.Tomita・P.Lynett・R.Holman, Tsunami Inundation with Macro-Roughness in the Constructed Environment, Proc. 31st ICCE, 2008 年 9 月

K.Honda・T.Tomita, Tsunami Inundation Simulation by Three-Dimensional Model, Proc. 31st ICCE, 2008 年 9 月

-査読なし-

富田孝史・小田勝也・梅野修一:新たな津波予測に関する研究、平成 19 年度国土交通省国土技術研究会指定課題、ホームページ、<http://www.mlit.go.jp/chosahokoku/giken/>、2007 年 10 月。

T.Tomita・K.Honda, Tsunami Simulator STOC and Tsunami Dynamic Hazard Map, Proc. 40th Joint Meeting of U.S.-Japan Panel on Wind and Seismic Effects, UJNR, 2008 年 5 月

T.Tomita・K.Honda・D.Tatsumi・T.Arikawa・H.Higashino, Lessons from Solomon Islands Earthquake Tsunami and Southern Sumatra Earthquake Tsunami in 2007, 5th Annual Meeting of Aisa Oceania Geosciences Society”

#### **成果の活用**

各地域で整備が進められている浸水予測図に代表されるように、津波による浸水域分布、到達時間などの推定は既に可能であった。しかし、津波は浸水被害のみならず、建物損傷や船舶等の漂流を発生させることは最近の津波被害事例から明らかである。本研究の成果により、建物損傷や漂流物挙動の推定などより具体的な津波被害の推定ができるので、それら災害を防ぐ手法あるいはそれら災害に対する業務計測計画などの進展が期待できる。

### 3) 1ウ「高潮・高波防災に関する研究テーマ」

表－3.1 1ウ「高潮・高波防災に関する研究テーマ」の研究目標

<p><b>・社会的、学術的観点から見た研究の必要性</b></p> <p>平成 16 年の台風やハリケーン・カトリーナによる高潮・高波災害にみられるように、近年勢力の強い台風による被害が頻発しており、その被害の総額は膨大なものになっている。また、地球温暖化による環境変化の予測には不確かなところもあるが、それにも対応できるような長期的な視野に立った沿岸防災の検討が求められている。将来にわたり安心して安全に暮らせる国土の形成を図るためには、高潮・高波に対する研究レベルを向上させる必要がある。これらの成果は国際的にも活用されるものとなる。さらに、この分野での現地観測、数値計算、水理模型実験による総合的な研究は我が国沿岸と周辺海洋に関する現象の一層の解明に資するものであり、学術的な意義は高い。</p>
<p><b>・研究テーマ、サブテーマ、重点研究課題、研究実施項目の関連</b></p> <p>高潮・高波防災に関する研究を実施するため、以下の5つのサブテーマを設け研究を実施する。なお、サブテーマ①④は、重点研究課題となっている。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>①効率的な海象観測と波浪推算技術の高精度化の組合せによる沿岸海象の把握</li><li>②越波算定精度の高精度化など高潮・高波被害の予測と対策の検討</li><li>③高潮・高波による地盤も含めた外郭施設の破壊現象等の解明</li><li>④地球温暖化の影響の解明と将来予測</li><li>⑤その他(プログラムやデータベースのメンテナンスやシステム改良など)</li></ul>
<p><b>・得られる成果及び見込まれる成果の内容(アウトプット)</b></p> <p>各サブテーマ毎のアウトプットを以下にまとめる。</p> <p>サブテーマ①:GPS 波浪計の導入等によって高度化される全国港湾海洋波浪情報網による沿岸海象観測情報と数値計算技術の高精度化を組み合わせ、沿岸海象観測・推算情報のオンラインリアルタイム発信と研究報告書等によるオフライン発信を行い、得られた情報を活用した基礎・応用研究を推進する。</p> <p>サブテーマ②:波浪の変形計算を高度化するとともに、短時間越波・浸水の数値計算手法を開発し、リアルタイム海象情報を活用した高潮・高波被害予測システムの設計を行う。</p> <p>サブテーマ③:沿岸構造物の変形・破壊を考慮した沿岸被災予測手法を確立し、対策を提案する。</p> <p>サブテーマ④:地球温暖化等長期環境変化に対応した波浪高潮推算法を開発し、沿岸域の危険度評価と対策提案を行う。</p> <p>サブテーマ⑤:プログラムライブラリーおよび関連データベースを用いた地方整備局等への技術支援を通じて、長年にわたって蓄積された港湾技術情報の有効活用をはかる。</p>
<p><b>・見込まれる成果の社会的および行政的な効用、意義(アウトカム)</b></p> <p>本研究のテーマの成果は高波・高潮に強い港湾空港の整備に役立つとともに、地球温暖化に伴う台風の強大化等によって沿岸域における高波・高潮に対する脅威が増大する中、効率的・効果的な沿岸防災対策の実現と安全な国土の形成に資する。</p>

**表-3.2 1ウ「高潮・高波防災に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度までの研究成果**

<p><b>平成 22 年度のサブテーマ目標</b></p> <p>サブテーマ①:GPS 波浪計の導入等によって高度化される全国港湾海洋波浪情報網による沿岸海象観測情報と数値計算技術の高精度化を組み合わせ、沿岸海象観測・推算情報のオンラインリアルタイム発信と研究報告書等によるオフライン発信を行い、得られた情報を活用した基礎・応用研究を推進する。さらに、これまでの長期的な観測資料を取りまとめ、今後の設計波の算定に役立つように 30 年年報の取りまとめを行う。</p> <p>サブテーマ②:波浪の変形計算を高度化するとともに、短時間越波・浸水の数値計算手法を開発し、リアルタイム海象情報を活用した高潮・高波被害予測システムの完成を図る。平成 22 年度には、沖縄のリーフ地形や富山湾の海底渓谷など複雑な海域での波浪計算精度を上げていく。また、その成果を、リーフ内のの構造物の設計や寄り回り波の予測システムの開発など現地の防災プロジェクトに活用していく。空港護岸の越波や打ち上げ対策には、引き続き、実験的な考察を行い、対応策を提案する。</p> <p>サブテーマ③:沿岸構造物の変形・破壊を考慮した沿岸被災予測手法を確立し、対策を提案する。平成 22 年度には地盤破壊のメカニズムについて CADMAS-SURF3D の適用を図り、沿岸防災総合実験施設で検証実験を実施する。これらの成果を基に、数値波動水槽による性能設計法の高度化を目指す。</p> <p>サブテーマ④:地球温暖化等長期環境変化に対応した波浪高潮推算法を開発し、沿岸域の危険度評価と対策提案を行う。平成 21 年度は地球温暖化に対応した潮位変動が構造物に及ぼす影響を検討し、危険度を評価してきた。これは特別研究として長期的な地球温暖化に伴う対応策を検討することに繋がっている。平成 22 年度には、実際の海面上昇や波高増大の傾向を検討し、特に東京湾近傍での局所的な海象変化を考察する。</p> <p>サブテーマ⑤:プログラムライブラリーおよび関連データベースを用いた地方整備局等への技術支援を通じて、長年にわたって蓄積された港湾技術情報の有効活用をはかる。また、今後のプログラム整備方針についても回答を導く。”</p>
<p><b>研究内容</b></p> <p><b>・課題解決のための研究内容</b></p> <p>高潮・高波防災に関する研究を実施するため、5つのサブテーマを設け研究を実施する。すなわち、下記のサブテーマ毎に、以下の内容の研究を実施する。</p> <p>サブテーマ①:効率的な海象観測と波浪推算技術の高精度化の組合せによる沿岸海象の把握</p> <p>ナウファス(全国港湾海洋波浪情報網)によって当所に収集される現地海象観測データをもとにした、数値シミュレーションモデルとシステムシステムの開発を行う。特に、GPS 波浪計の全国沿岸域展開に対応した、より大水深域におけるリアルタイム性の高い海面変動情報を、沿岸防災に効果的に活用するためのシステム開発に重点をおく。平成 22 年度には、これまでの長期観測年報も取りまとめる。</p> <p>サブテーマ②:越波算定精度の高精度化など高潮・高波被害の予測と対策の検討</p> <p>当所が長年にわたって研究開発を進めてきた浅海域における波浪変形計算法を応用し、越波等の従来は数値計算による再現が困難であった課題への、応用拡張をはかる。現地観測データに加えて、当所実験施設を活用した水理模型実験を実施し、数値計算の妥当性と適用性の検証を行う。また、現地で適用できる新しい施設の提案を行い、適用性を検証する。</p> <p>サブテーマ③:高潮・高波による地盤も含めた外郭施設の破壊現象等の解明</p> <p>当所が長年にわたって研究開発を進めてきた波力計算法を応用し、従来は数値計算による検討困難であった課題への、応用拡張をはかる。現地観測データに加えて、当所実験施設を活用した水理模型実験を実施し、数値計算の妥当性と適用性の検証を行う。また、既存防波堤にも活用できる地盤の改良法を提案し、施設の長寿命化に貢献する。</p> <p>サブテーマ④:地球温暖化の影響の解明と将来予測</p> <p>ナウファス(全国港湾海洋波浪情報網)によって当所に収集蓄積された長期間の現地波浪・潮位観測データ、および近年の高潮被災記録をもととして、複雑な自然現象をモデル化した、数値シミュレーションモデルの開発・構築を行う。平成 21 年度以降は特別研究として研究テーマを拡大する。すなわち、東京湾から相模湾への海象観測ネットワークを広げて、それらの観測情報を</p>

活用しながら、地球温暖化に伴う波浪と潮位変化を極値も含めて明らかにする。そして設計に取り入れる際の問題点や課題を明らかにする。

サブテーマ⑤:その他(プログラムやデータベースのメンテナンスやシステム改良など)

既存のプログラムやデータベースを継続的にメンテナンスするとともに、最新の研究成果やデータを反映させたシステムの改良を継続的に実施する。あわせて、システムのより一層の利用促進をおこなうため、研修等の技術サービス啓蒙活動も継続的に実施する。

#### ・研究内容を構成する研究実施項目

サブテーマ①:効率的な海象観測と波浪推算技術の高精度化の組合せによる沿岸海象の把握

以下の研究を進めることにより、効率的な海象観測と波浪推算技術の高精度化・効率化の組合せによる沿岸海象の把握を行い、港湾・海岸の調査・研究や高潮・高波防災対策の検討に資する。

・1ウ-0605-キ-29 は、波浪・津波・潮位・風に関する継続的な観測情報の蓄積を行ない、沿岸域の開発・利用・防災のための基礎的な海象情報の発信を行う。次期中期計画期間中では、切れ目のない波浪観測情報をもとに信頼性設計等の設計の高度化に適応した海象情報発信をめざす。さらに津波監視等にも貢献をめざす。

・1ウ-0401-オ-22 は、内湾域における台風の海上風や高潮・波浪の推算精度を高めるものである。

・1ウ-0601-カ-29 は、沿岸での波浪観測データ(NOWPHAS)を活用し波浪推算の精度向上を行うもので、波浪観測の効率化の検討に役立つとともに高潮・高波防災に役立つ。また、波浪推算で得られる空間的・時間的に密な波浪情報は、港湾・海岸の様々な調査・研究の基礎資料(波浪条件)を与えると同時に、各種数値シミュレーションの初期条件や境界条件の設定等にも活用できる。

・1ウ-0801-カ-29 は、1ウ-0601-カ-29 の成果を活用し、波浪推算結果のデータベース化を図るための研究であり、特に構造物の設計条件設定において重要となる高波浪時の波浪推算結果に焦点をあててデータベースを構築するものである。

・1ウ-0904-カ-22 は、上記の海象観測情報を用いて、現地における漂流油追跡計算システムを高精度で開発しようとするもので、22年度には、内湾海域で表層の流れを計り、漂流油シミュレーションの模擬的な試験運転を行う。

サブテーマ②:越波算定精度の高精度化など高潮・高波被害の予測と対策の検討

以下の研究を進めることにより、浸水解析、越波推算等を精度良く数値計算できるモデル等の開発し、それらを用いて高潮・高波被害の予測と対策の検討を行う。

・1ウ-0501-オ-23 は、地下街を有する複雑な臨海都市部の浸水解析と対策を提案するものである。

・1ウ-0502-オ-23 は、ビジネスモデルにおいて、現地観測等で得られる任意の沖波方向スペクトルの造波を可能にするとともに、波群性うねりの伝播変形を考慮した極大波の出現特性を数値計算により明らかにするものである。

・1ウ-0603-オ-23 は、ビジネスモデルを用いて、不規則波形の個々波の越波・反射過程を再現し、護岸等において時々刻々に変化する短時間越波量を平面的に精度よく算定する手法を開発するものである。

・1ウ-0901-カ-23 は、上記の数値計算モデルの開発を踏まえ、台風接近時に、岸壁、ガントリークレーン等の港湾施設に作用する風、波浪、潮位に加え、越流・越波量、背後地への浸水を、リアルタイムに確率分布として予測するシステムを構築するものである。

サブテーマ③:高潮・高波による地盤も含めた外郭施設の破壊現象等の解明

以下の研究を行うことにより、巨大な高潮・高波による防波堤など外郭施設の破壊現象等を解明することは、防災対策を検討する上で不可欠な知見となる。

・1ウ-0402-オ-24 は、3次元数値波動水槽(CADMAS-SURF/3D)と物体の変形計算を行うFEMのカップリングを行い、物体が変形する際の計算境界処理についての開発を行うもの。計算時間が膨大となるために、その並列手法を開発し効率化を図る。

・1ウ-0604-オ-24 は、高潮時における護岸等の破壊について、被災事例調査、大規模水理模型実験の結果に基づき、数値シ

ュレーション手法の開発を行うものである。

・1ウ-0606-オ-32 は、防波堤基礎地盤に巨大な外力が作用した場合の基礎地盤の変形を検討するため、波浪作用時の地盤の土要素の挙動を再現するための構成モデルを構築し数値計算プログラム(有限要素モデル)を開発するものである。

・1ウ-1002-オ-24 は、1ウ-0604-オ-24 および 1ウ-0606-オ-32 の研究成果を活かして、波浪によるマウンド被覆材および消波工の変形について実験と数値シミュレーションを開発するものである。

・1ウ-0902-カ-32 は、1ウ-0606-オ-32 で開発した数値計算手法を用いて、種々の形態の既存防波堤について基礎地盤の解析を行い、対策の検討と提案を行うものである。

・1ウ-1001-オ-24は、0604で開発した数値波動水槽を発展させ、大型模型実験で検証を行いながら、現在の性能設計に活用しようとするものである。計算プログラムは、他の実施項目でも活用できる。

#### サブテーマ④:地球温暖化の影響の解明と将来予測

以下の研究を進めることにより、沿岸域における地球温暖化の影響の解明と将来予測を通じた、高潮・高波の長期的な出現予測と対策の検討を行う。

・1ウ-0602-キ-22 は、地球温暖化の影響の解析を行う研究である。確率台風モデル(モンテカルロ・シミュレーション)によって与えられる、現状と地球温暖化後(100年後)のそれぞれの気象環境における台風に対してそれぞれ、内湾で生じる波浪と高潮の両方を推算するものであり、その結果から、長期の再現年数に対する波高を推定するとともに、高波の継続時間、波高と高潮のピークの同時生起性などを整理する。

・1ウ-0903-カ-29 は、1ウ-0602-キ-22 で得られるシミュレーション成果と、1ウ-0605-キ-29 で提供される波浪・潮位の出現特性の長期変動観測情報とを組み合わせて、長期的な沿岸域の危険度評価と対策提案を行うものであり、港湾・海岸施設の性能設計に活用されるものである。これは特別研究として相模湾-東京湾観測ネットワークの確立も含めて実施する。

#### サブテーマ⑤:その他(プログラムやデータベースのメンテナンスやシステム改良など)

港湾局関係機関において長年にわたって蓄積されてきた技術情報を、プログラムライブラリーおよび関連データベースとして整備・活用するための技術サービス活動を実施することによって、港湾にかかわる合理的な調査・設計が、各地方整備局等で行われることに貢献する活動を継続的に実施する。港湾 CALS(港湾WAN)で公開、各地方整備局等にプログラムおよびデータの CD 配布とマニュアルの配布、講習会の実施などを、その活動内容としている。

平成18年度までは、下記の3研究実施項目に分けて、技術支援活動が実施されていたが、平成19年度以降はこれらの研究実施項目を一つに統合し、より合理的統一的な技術支援活動を実施することとする。

##### a)平成18年度までの研究実施項目

- ・1ウ-0403-カ-11 プログラムライブラリーの各種パソコン OS への対応とプログラム改良(海洋・水工部関係)
- ・1ウ-0404-カ-11 港湾・空港の調査設計に関する基礎技術の向上と普及(海洋・水工部関係)
- ・1ウ-0405-カ-11 水深データベースおよび波浪外力データベースの更新と関連プログラムの改良

##### b)平成19年度以降の研究実施項目

- ・1ウ-0701-カ-11 プログラムライブラリーおよび関連するデータベースの構築・改良および運用(海洋・水工関係)”

#### 平成21年度までの研究成果

サブテーマ①:効率的な海象観測と波浪推算技術の高精度化の組合せによる沿岸海象の把握

平成21年度までに、以下の3実施項目の研究が行われている。

##### 1ウ-0801-カ-29 波浪推算に基づく日本沿岸高波データベースの構築と高波浪出現特性の検討

平成19年度までに確立させた高精度波浪推算法を用いて顕著な高波のデータベースと出現特性の検討を開始した。平成20年度には、平成20年2月に富山湾に襲った寄り回り波の推算を災害対策として緊急に実施して、日本海全域で長時間強風が続くことにより、長周期のうねりが形成され、富山湾に到達することを解明し、今後の寄り回り波予測システムの開発を開始した。平成21年度には、寄り回り波予測システムの WEB 配信に寄与するとともに、波浪推算データベースを完成させ、瀬戸内海等での

実用化を行った。

#### 1ウ-0401-オ-22 台風時の内湾海上風および高潮に伴う波浪の高精度な推算法の開発

平成 18 年度末に終了した実施項目である。瀬戸内海などを例として、台風周辺の風場を様々な方法(気圧分布の歪みやスパー・グラディエント・ウィンドを考慮した経験的台風モデル、このモデルによる風場を初期値としたマスコンモデル、気象庁や NCEP による気象 GPV に台風ボーガスモデルを挿入した気象場を入力データとする局地気象モデル MM5)で推算し、それぞれの推算精度を検証した。また、これらの海上風を用いて波浪や高潮の推算も行い、その推算精度も検証した。その結果、適切かつ従来より高精度に海上風、波浪、高潮の推算ができるようになった。

#### 1ウ-0601-カ-29 波浪観測データを活用した波浪推算の高精度化とその活用法

平成 18 年度に開始された実施項目である。データ同化技術を用いた波浪推算モデルの高精度化は、高波に関する研究等を進めるために重要である。また、波浪推算技術の精度の向上により現地観測の一層の効率化も期待できる。このため平成 18 年度には、モデル海域を設定し、波浪観測データに基づくデータ同化を考慮した日本沿岸の波浪推算の試算を行い、その精度検証を行った平成 19 年度には、平成 18 年度の検討結果をふまえ、一部計算過程を簡略化し、日本沿岸全体を対象とした波浪推算を実施した。平成 20 年度にはこれまでの成果をとりまとめるとともに、周防灘波浪推算への活用結果を示す。

#### 1ウ-0605-キ-29 アシカ島等における気象・海象の観測と解析および全国沿岸波浪・津波・潮位・風況観測データの集中処理解析における資料及び統計報の作成

現地観測の継続とGPS波浪計などの充実が重要であり、本中期計画期間においても継続して行うべきであることが指摘され、あわせて、数値計算と連係を図りより効率的な観測体制を目指すとともに、観測データの一層活用を図ることが、本研究実施項目の開始にあたって要請されていた。

こうした要請に沿って、以下の研究活動が着実に実施されつつある。

##### 1)全国波浪・潮位・風観測データの速報処理

平成 18 年度には、台風等による異常波浪として、台風 12 号、13 号、および 16/17 号崩れの温帯低気圧による高波が顕著であったため、この3気象擾乱に関する高波の観測結果を港空研資料にとりまとめた。また、平成 18 年 11 月 15 日に発生した千島列島沖の地震に伴う津波の観測結果についても、港空研資料にとりまとめた。平成 19 年度には、東北太平洋沿岸に 2 基の GPS 波浪計が導入されたことに伴い、GPS 波浪計によって観測された大水深海象観測情報のとりまとめを新たに実施し、その成果を港空研報告にとりまとめつつある。平成 19 年および平成 20 年にも観測報をとりまとめ、平成 20 年に執筆した平成 19 年度報には、はじめて平成 20 年の観測速報との比較を示した。平成 21 年度には GPS 波浪計の WEB 配信箇所を 8 カ所に増加させ、海象計との観測データの特性との比較を実施した。平成 21 年には、通常業務以外に、平成 21 年 7 月の山陰地方の副振動の解析や平成 21 年 10 月の台風 18 号による高波・高潮の解析を行った。

##### 2)速報処理済みの全国波浪観測データの統計処理

平成 18 年度には平成 17 年分の波浪観測年報を、港空研資料としてとりまとめた。平成 19 年度には平成 18 年分の波浪観測年報を、港空研資料としてとりまとめつつある。平成 21 年度も前年度までの統計報を取りまとめた。平成 21 年には、全国潮位観測の集中処理(平成 21 年分)を行った。

##### 3)潮位観測データの集中処理

長期潮位観測データをとりまとめ平均海水面変動モニタリングを継続している。潮位観測情報の共有化にむけて気象庁・海上保安庁等とのデータフォーマット統一に向けた調整を進めている。

##### 4)風力エネルギー活用にむけた風況観測データ解析

大学等との共同研究を推進中であり、平成 19 年度末に港空研資料としてとりまとめを行う予定である。

##### 5)GPS 波浪計の全国展開に対応した沿岸における津波観測監視網の構築

GPS ブイによって観測されるリアルタイムデータ処理解析システムの設計と構築を進めている。平成 21 年には、GPS 波浪計と海象計による観測値の相関解析、既存の海底設置式波浪計を含めた波浪観測網の考え方の整理、地震に伴う基地局変位の対処方法の検討を行った。

サブテーマ②:越波算定精度の高精度化など高潮・高波被害の予測と対策の検討

平成 18 年度～20 年度には、以下の3実施項目の研究が行われている。

1ウ-0501-オ-23 多層化した臨海都市部における氾濫災害の実態と対策提案

モデル地形を対象として浸水予測を行い、対策工の提案等を行った。平成 19 年度末に所期の目的を達成して本研究実施項目を終了する見込みである。

1ウ-0502-オ-23 沿岸波浪による水面波形の出現・伝播メカニズムに関する数値計算

数値シミュレーションにおける、沖合で得られた複数の方向スペクトルの時間・空間分布を考慮した、うねり波形の造波手法を開発し、平成 19 年度末に所期の目的を達成して本研究実施項目を終了する見込みである。なお、本研究実施項目を実施するための有力なツールとなっている当所が開発したプログラム”NOWT-PARI”は、プログラム著作権登録がなされている。

1ウ-0603-オ-23 波による平均水位上昇を考慮した短時間越波・浸水の数値計算

平成 18 年度および 19 年度に、実務で用いられている平均越波流量ではなく短時間の越波流量をターゲットとした越波災害への対策を検討する際に実務的に有力な手法を提供することを目的としてブシネスクモデルに適用可能な新たな越波モデルの基本設計を行い、それをもとに断面2次元モデルを開発を行った。2008 年度は、本研究実施項目の最終年度として、水理模型実験による数値モデルの妥当性と適用範囲の検討を行い、長周期の波がリーフ上で変形する様子を再現して、検証を行った。

1ウ-0901-カ-23 リアルタイム海象情報を活用したマルチスケール浅海域波浪計算システムの開発

平成 21 年度には、ブシネスクモデルの造波境界処理法を改良し、空間的に分布する任意水深上の方向スペクトルを各地点でそのまま入射することを実現するとともに、部分反射境界処理法による斜め反射波の計算特性の違いを明らかにした。さらに、リーフ上護岸の設計諸元の算定法を提案するとともに、3次元流体解析法を用いて、直立護岸に設置された簡易波返し工による越波低減効果を検証した。

1ウ-0904-カ-22 (特別研究)リアルタイム海象情報を用いた流出油の高精度漂流予測に関する研究

平成 21 年度には、粒子法による油漂流のシミュレーション基礎モデルの構築と検証、高潮津波シミュレーター (STOC)を用いた漂流シミュレーションプログラムの開発、風係数に関する現地実験の解析と模型検証実験を実施、油の拡がりに関する模型実験装置の製作と実験を実施を行った。

サブテーマ③:高潮・高波による地盤も含めた外郭施設の破壊現象等の解明

平成 18 年度～20 年度には、以下の3実施項目の研究が行われている。

1ウ-0402-オ-24 耐波設計に適応可能なハイブリッド計算手法の高度化

3次元数値波動水槽の並列化・可視化を行うことによって、数値シミュレーションの使用性を改善した成果をふまえて、各種海岸港湾構造物に対して、計算手法の適用性を検討し、所期の目的を達成し、予定通り平成 18 年度末に本実施項目を終了した。

1ウ-0604-オ-24 高潮・高波時における防波堤及び護岸の変形・破壊に関する予測手法の開発

平成 18 年度および 19 年度には、被災の進行と変形量に関して被災事例を整理するとともに、許容変形量の考え方について検討し、台風 0613 号や台風 0616/0617 号崩れの温帯低気圧による高波被災事例に関する資料収集も加わり、順調に実施されつつある。本実施項目は、4 年間の期間を想定したため平成 19 年度末に中間評価を行った。平成 20 年度は、地盤の変形予測を計算できるツールを完成させ、久慈港や伏木富山港万葉護岸等の被災メカニズム解明に活用した。

1ウ-0606-オ-32 巨大波浪作用時の防波堤基礎地盤の挙動予測の把握

本研究実施項目は、地震時の液状化解析のために開発した FEM 解析モデルを繰返し外力である波浪による防波堤等の基礎地盤の安定問題に適用するものであり、根入れ式の基礎構造などに対する合理的な設計法の開発が期待できると評価され開始された研究実施項目である。平成 18 年度および 19 年度には、波浪作用下の基礎地盤の応力状態に対しての土要素の挙動を再現する構成モデルを構築し、構成モデルを組み込んだ有限要素モデルの開発を進めており、波浪作用下の基礎地盤の応力状態に対しての土要素の挙動を再現する構成モデルを構築し、構成モデルを組み込んだ有限要素モデルの開発している。平成 20 年度にはマウンドの変形について大規模な実験を行い、洗掘・吸い出し災害のメカニズムを検討した。

1ウ-0902-カ-32 既存防波堤の高波に対する地盤補強法の検討

平成 21 年度は、白老港で透水性コラムを用いた現地試験を実施し、データの解析を行った。また、厚岸港でも透水性コラムを用いた現地試験の準備を進めるとともに、透水性コラムを用いた場合の地盤の安定解析手法を検討した。

#### サブテーマ④:地球温暖化の影響の解明と将来予測

平成 18 年度から 20 年度には、以下の1研究実施項目の研究が行われている。

##### 1ウ-0602-キ-22 高潮との同時性を考慮した波浪の出現確率分布の地球温暖化に伴う変化に関する数値解析

東京湾を例に、現状の気象環境で波浪を推算し、沿岸各地における波高の極値分布、高波の継続時間や高潮との同時生起性を明らかにした。また、関東から九州地方までを対象に、現状と将来の両方の気象環境で高潮を推算し、各地の海上風速、高潮、潮位の極値分布の地球温暖化による変化を調べた。2008 年度には、これまでに検討を進めてきた数値計算結果をもとにして、高潮と高波の同時生起性を考慮した地球温暖化を考慮した高潮対策施設の性能設計への活用についてとりまとめを行った。平成 21 年度からは、潮位の変化が構造物に及ぼす影響について新規研究テーマを開始する。

##### 1ウ-0903-カ-29 (特別研究)気候変動適応策の検討を目的とした波浪・潮位の極値の解析

平成 21 年度には下記の内容を実施した。A) 高潮推算値の感度解析:経験的台風モデル、海面抵抗係数のモデル、気候変動による台風特性の変化が高潮の極値に及ぼす影響を感度分析した。B) 既往の高潮の再解析:関東～九州を対象に、過去半世紀間の台風による高潮を計算し、各港の高潮の極値を推定した。C) 経験的台風モデルの改良:瀬戸内海において、過去約半世紀間の主要な台風に対する気圧と風を、経験的台風モデルと局地気象モデルとで比較した。そして経験的台風モデルの風速低減係数や吹込角を設定するとともに、陸上地形の影響を補正する係数を各計算格子で設定した。D) 東京湾口・相模湾の海象の解析:太平洋沿岸の各地の高潮偏差および潮位の観測データを収集するとともに、海域別に適切な極値分布関数を選択して、10～1000年確率値を推定した。また、東京湾口を中心とする関東沿岸において、黒潮の流路と潮位偏差の関係を整理するとともに、平塚観測塔で観測されたデータも含め波浪の特性を解析した。

#### サブテーマ⑤:その他(プログラムやデータベースのメンテナンスやシステム改良など)

平成 18 年度まで継続的に実施されていた下記 3 実施項目を、平成 19 年度には一つの実施項目(1ウ-0701-カ-11)に統合し、技術サービス活動を継続している。1ウ-0403-カ-11 プログラムライブラリーの各種パソコン OS への対応とプログラム改良(海洋・水工部関係)

平成 18 年度は、最終年度として、11 本のプログラムについて改良や修正を行うとともに、20 本のプログラムに Windows Installer や名称及びバージョン情報表示、ルートディレクトリ等の構成に関する統一を行い、各種モジュール、ドキュメント、取り扱い説明書、テスト結果等のドキュメントを整備した。

##### 1ウ-0404-カ-11 港湾・空港の調査設計に関する基礎技術の向上と普及(海洋・水工部関係)

平成 18 年度は、最終年度として、各地方整備局等からの問い合わせに対して回答・検証・指導を行うとともに、港空研プログラムライブラリ講習会を開催した(5 日間)他、延べ 13 地方整備局等で講習会を行った。9 本のプログラムについて詳細な検証を行った。3 冊のマニュアルを作成し各地方整備局等にプログラムCDともに配布した。プログラムライブラリ情報(配信システム)の構築事前作業を行った。

##### 1ウ-0405-カ-11 水深データベースおよび波浪外力データベースの更新と関連プログラムの改良

平成 18 年度は、最終年度として、「地形・港形・水深」では 71 港の見直しと地方整備局等の依頼で 50 港と周辺 7 領域の検証を行い水深データベースに登録した。これらの変更にとめない水深データ入力支援プログラムを修正した。波浪外力データベースではプログラムの維持を行うと共に、位置決定のリンクの見直しを行った。

##### 1ウ-0701-カ-11 プログラムライブラリーおよび関連するデータベースの構築・改良および運用(海洋・水工関係)

平成 18 年度まで継続的に実施されていた上記 3 実施項目を、統合した実施項目であり、整備局等への技術サービス活動の継続の実施に努めている。平成 19 年度は予算の制約により必ずしも十分な技術サービス活動を行うことができなかったため、平成 20 年度には前年度からの積み残したサービス業務の円滑な実施を行った。平成 21 年度には、波浪変形計算システムの改良(港内・港外・浅海域の 3 本のプログラム)、30 港と広域 7 箇所地形・港形・水深を修正・追加を行い、水深データベース(地形・

港形・水深)を更新などを行った。なお、プログラムライブラリ情報の更新は平成21年度で10回で延べ26本であり、アクセス数は4386回であった。”

#### 平成21年度までの成果公表

サブテーマ①:効率的な海象観測と波浪推算技術の高精度化の組合せによる沿岸海象の把握

1ウ-0401-オ-22 台風時の内湾海上風および高潮に伴う波浪の高精度な推算法の開発

港空研報告	1編
港空研資料	1編
英文査読論文	1編(テクノオーシャン)
和文査読論文	5編(海岸工学③/海岸工学①、海洋開発①)
その他	4編(波となぎさ、土木技術、海洋協会報/年講)
特許出願	0件

1ウ-0601-カ-29 波浪観測データを活用した波浪推算の高精度化とその活用法

港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	0編
和文査読論文	2編(2008 海洋開発シンポジウム、2008 海岸工学論文集)
その他	2編(2007 ブシネスクモデルによる波浪変形計算に関する勉強会、日本混相流学会誌)
特許出願	1件(2008NOWPHAS 沿岸波浪観測値を利用した方向スペクトル客観解析値の推定手法 with 日本気象協会、九州大学)

1ウ-0605-キ-29 アシカ島等における気象・海象の観測と解析および全国沿岸波浪・津波・潮位・風況観測データの集中処理解析における資料及び統計報の作成

港空研報告	1編
港空研資料	7編
英文査読論文	9編 (テクノオーシャン 2006 が3編、PIANC-06 が2編、CEJ が1編、ICCE06 が1編、CST2007 1編、テクノオーシャン 2007 2編、Isope2008 1編、Isope2009 1編)
和文査読論文	19編 (海洋開発 2006 が3編、海岸工学 2006 が3編、海洋開発 2007 が4編、海岸工学 2007 が3編、土木学会論文集 B63-4 が1編、2008 海岸工学-2 編)
その他	19編
特許出願	3件 (H18d に津波自動抽出データ処理関係2件出願、19年度に波向解析1件)

1ウ-0801-カ-29 波浪推算に基づく日本海沿岸高波データベースの構築と高波浪出現特性の検討

港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	1編+2編(投稿中)
和文査読論文	6編
その他	0編

サブテーマ②:越波算定精度の高精度化など高潮・高波被害の予測と対策の検討

1ウ-0501-オ-23 多層化した臨海都市部における氾濫災害の実態と対策提案

港空研報告	2編(2005Vol.44、No.2、2007Vol.46、No.3).
港空研資料	1編 (19.3月[空港島護岸の越波量低減法に関する模型実験])
英文査読論文	1編 (Journal of Disasater Research)
和文査読論文	1編 (H18 海講[水圧センサーを用いたオンサイト越波計の開発に関する模型実験])

その他	0編
特許出願	0件
1ウ-0502-オ-23 沿岸波浪による水面波形の出現・伝播メカニズムに関する数値計算	
港空研報告	0編
港空研資料	3編 (No.1101、1154、1159)
英文査読論文	1編 (Wave2005)
和文査読論文	5編 (海洋開発 2005 を2編、海岸工学 2005 を1編、航海学会論文集 2005 航海学会論文集 2007)
その他	2編 (2005 港空研講演会、2007 水工学夏期研修会)
特許出願	1件 (NOWT-PARI プログラム創作登録:P 第 8955 号)
1ウ-0603-オ-23 波による平均水位上昇を考慮した短時間越波・浸水の数値計算	
港空研報告	0編
港空研資料	1編 (No.1158)
英文査読論文	0編
和文査読論文	6編 (2006 海講1編 2006 海洋開発2編 2007 海洋開発 2007 海講 2008 海講)
その他	0編
特許出願	1編 (NOWT-PARI プログラム創作登録:P 第 8956 号)
1ウ-0901-カ-23 リアルタイム海象情報を活用したマルチスケール浅海域波浪計算システムの開発	
港空研報告	2編
港空研資料	0編
英文査読論文	1編
和文査読論文	1編
その他	0編
1ウ-0904-カ-22 (特別研究)リアルタイム海象情報を用いた流出油の高精度漂流予測に関する研究	
港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	0編
和文査読論文	1編
その他	0編
サブテーマ③:高潮・高波による地盤も含めた外郭施設の破壊現象等の解明	
1ウ-0402-オ-24 耐波設計に適応可能なハイブリッド計算手法の高度化	
港空研報告	0編
港空研資料	1編
英文査読論文	1編 (ISOPE2007 で1編)
和文査読論文	0編
その他	0編
特許出願	0件
1ウ-0604-オ-24 高潮・高波時における防波堤及び護岸の変形・破壊に関する予測手法の開発	
港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	1編 (CST2007 で1編を発表)
和文査読論文	2編 (2007 年海講1編、2008 海講)

その他	0編
特許出願	1件 (特願 2007-15808)
1ウ-0606-オ-32 巨大波浪作用時の防波堤基礎地盤の挙動予測の把握	
港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	0編
和文査読論文	2編(海洋開発 2006 を1編、海洋開発 2007 を1編)
その他	0編
特許出願	0件
1ウ-0902-カ-32 既存防波堤の高波に対する地盤補強法の検討	
港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	1編(投稿中)
和文査読論文	0編
その他	0編
特許出願	0件
サブテーマ④:地球温暖化の影響の解明と将来予測	
1ウ-0602-キ-22 高潮との同時性を考慮した波浪の出現確率分布の地球温暖化に伴う変化に関する数値解析	
港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	3編(ISOPE2007、4th Coastal Disasate、2008ISOPE)
和文査読論文	3編(海洋開発 2007 を1編、海岸工学 2007 を2編、)
その他	6編(2007 西部支部1編、CDIT1編、月刊建設1編、地球環境シンポ 2007 を1編、2008 西部支部 2編)
特許出願	0件
1ウ-0903-カ-29 (特別研究)気候変動適応策の検討を目的とした波浪・潮位の極値の解析	
港空研報告	0編
港空研資料	1編
英文査読論文	0編
和文査読論文	3編
その他	0編
特許出願	0件
サブテーマ⑤:その他(プログラムやデータベースのメンテナンスやシステム改良など)	
1ウ-0403-カ-11 プログラムライブラリーの各種パソコン OS への対応とプログラム改良(海洋・水工部関係)	
港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	0編
和文査読論文	0編
備考	(港湾 CALS(港湾 WAN)で公開、各地方整備局等にプログラムおよびデータのCD配布とマニュアルの配布)
特許出願	0件
1ウ-0404-カ-11 港湾・空港の調査設計に関する基礎技術の向上と普及(海洋・水工部関係)	

港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	0編
和文査読論文	0編
備考	(港湾 CALS(港湾 WAN)で公開、各地方整備局等にプログラムおよびデータのCD配布とマニュアルの配布)
特許出願	0件
1ウ-0405-カ-11 水深データベースおよび波浪外力データベースの更新と関連プログラムの改良	
港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	0編
和文査読論文	0編
備考	(港湾 CALS(港湾 WAN)で公開、各地方整備局等にプログラムおよびデータのCD配布とマニュアルの配布)
特許出願	0件
1ウ-0701-カ-11 プログラムライブラリーおよび関連するデータベースの構築・改良および運用(海洋・水工関係)	
港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	0編
和文査読論文	0編
備考	(港湾 CALS(港湾 WAN)で公開、各地方整備局等にプログラムおよびデータのCD配布とマニュアルの配布)
特許出願	0件
1ウ 高潮・高波防災に関する研究テーマの総計(-2009)を以下に示す。	
港空研報告	6編
港空研資料	15編
英文査読論文	22編
和文査読論文	76編
その他	33編
特許出願	7件

### 平成 21 年度までの成果活用

サブテーマ①: 効率的な海象観測と波浪推算技術の高精度化の組合せによる沿岸海象の把握

波浪推算等の数値解析モデルと組み合わせることによって、ナウファス(全国港湾海洋波浪情報網)による波浪・潮位・風観測データが、時空間的に内挿・外挿することができるようになり、海象の現況把握と予測が、より高い信頼性かつ高い精度でおこなわれることが期待される。こうした研究成果は、高潮・高波災害を防止・軽減させることに貢献するばかりではなく、港湾管理や海上工事などの効率化と安全性向上にも寄与するものである。GPS 波浪計によって得られるリアルタイム長周期海面変動記録は、津波防災への貢献も期待されている。21 年度中には、8 カ所の GPS 波浪計の観測データを WEB 上で公開した。

サブテーマ②: 越波算定精度の高精度化など高潮・高波被害の予測と対策の検討

沖合から海岸線に至る波浪変形や、海岸護岸の越波流量を、より一層合理的かつ高精度に算定できるようにすることによって、高潮・高波による災害予測を、よりリアルにかつ的確に行うことができるようになり、防災に大きく貢献することが期待される。また、空港護岸の越波特性を模型実験で解明しており、羽田空港島の既存施設の改良に活用できる。

サブテーマ③: 高潮・高波による地盤も含めた外郭施設の破壊現象等の解明

破壊現象の解明を進めることを通じて、より合理的・経済的かつ安全な、防波堤や護岸等の港湾・海洋・沿岸構造物の設計に

貢献することができるものである。21 年度までの数値解析等による破壊メカニズムの解明は、久慈港の防波堤復旧や富山湾の寄り回り波の対策工に活用されている。また、21 年台風 18 号による三河港の高潮によるコンテナ流出事故において局所的な高潮増大の影響を明らかにした。

サブテーマ④：地球温暖化の影響の解明と将来予測

不確実性の大きい地球温暖化の影響を、より合理的に評価することができるようになれば、長期間にわたって供用する社会資本整備を、より一層、安全・かつ合理的なものとする事ができる、行政貢献が期待されている。21 年度には、平塚観測塔(東京大学)の共同使用により、台風 18 号による相模湾周辺の高潮・高波特性の解明に尽力した。その成果は、一部が横須賀市の復旧事業に活用されている。

1 ウ-0602-オ-29「高潮との同時性を考慮した波浪の出現確率分布の地球温暖化に伴う変化に関する数値解析(2006.4-2009.3)」で求めた関東～九州沿岸の高潮の計算値は、中部・近畿・四国・九州地整の海岸保全施設長寿命化計画検討委員会(H21-22d)において、計画高潮位の評価に使われつつある。

サブテーマ⑤：その他(プログラムやデータベースのメンテナンスやシステム改良など)

港湾局関係機関において長年にわたって蓄積されてきた技術情報を、プログラムライブラリーおよび関連データベースとして整備・活用するための技術サービス活動を実施することによって、港湾にかかわる合理的な調査・設計が、各地方整備局等で行われることに貢献するものである。”

**表－3.3.1 1ウ「高潮・高波防災に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度終了研究実施項目(その1)**

<b>研究実施項目番号</b> 1ウ-0604-オ-24
<b>研究実施項目名</b> 高潮・高波時における防波堤及び護岸の変形・破壊に関する予測手法の開発
<b>研究目標</b> ・背景 性能設計の導入により、港湾構造物の耐波設計においては設計外力に対する構造物の安定性の検討だけでなく、設計を上回る外力が作用した場合の構造物の変形についても定量的な評価が必要となっている。こうした検討には、変形量を予測するための数値シミュレーションが不可欠であるが、現状においては、防波堤の滑動量に関する予測手法を除けば、このような変形量を精度よく推定できる手法は開発されていない。 ・目標、アウトプット 防波堤や護岸の総変形量の確率分布を高精度に推定する手法を確立することにより、人命の危険や経済損失の検討とその対策に役立つとともに、被災時の復旧費用を考慮した最適設計が可能となり、投資効果の向上にも役立つ。
<b>研究内容</b> 高潮時における防波堤および護岸の破壊について、現地の被災事例調査および大規模水理模型実験を行い、これらの結果を基に、数値シミュレーション手法の開発を行う。また、開発した数値シミュレーション手法を用いて、種々の外力に対する変形量を計算し、構造物の供用期間中に発生する高潮および来襲する高波の発生確率を考慮することにより、構造物の総変形量の確率分布を推定する。
<b>年度毎の研究内容</b> 平成 18 年度は、過去に発生した高潮・高波による防波堤・護岸の被災事例収集を行うとともに、新たに発生した被災の現地調査を実施し、被災原因の検討を行った。 平成 19 年度は、護岸の安定計算において背後地の水位上昇を考慮できる計算手法の構築を行った。 平成 20 年度は、高潮時における護岸背後への越波流体力に関する数値シミュレーションによる検討を行う。また、高潮・高波時における防波堤および護岸の破壊に関する断面実験を実施した。 平成 21 年度は、高潮・高波時における防波堤および護岸の破壊に関する数値シミュレーション手法の開発を行う。また、高潮・高波による防波堤および護岸の総変形量の検討を行った。
<b>研究成果(アウトプット)</b> 波浪・構造・地盤を連携した数値シミュレーションを構築し、その妥当性について小型実験から大規模実験まで用いて検討した。また、数値波動水槽を用いた実務への適用を鑑みて、防波堤の滑動、消波ブロックの効果、被覆ブロック等の安定性に対する検討手法の妥当性について確認をした。
<b>成果の公表</b> ・論文発表状況 下迫健一郎・千田奈津子・有川太郎・山野貴司:混成堤における滑動を考慮した信頼性設計法の高精度化に関する検討、海岸工学論文集第 54 巻、2007 G. Lupoi、 G. Cuomo、 K. Shimosako and S. Takahashi : Wave-loads fragility assessment of caisson breakwaters under breaking and non breaking wave attack、 Coastal Structures、 2007 有川太郎・山野貴司・秋山実:数値波動水槽における砕波変形計算の高精度化、海岸工学論文集第 54 巻、2007 有川 太郎・山野貴司:数値波動水槽を用いた衝撃砕波圧計算時におけるスパイクノイズ処理の適用性に関する研究、港湾空港技術研究所資料、2008 有川太郎・山野貴司:数値波動水槽を用いた衝撃波圧に関する大規模計算、海岸工学論文集第 55 巻、2008

T. Arikawa, T. Yamano and M. Akiyama: Large Scale Simulations on Impulsive Wave Pressures by using CADMAS-SURF/3D、International conference on coastal, Marine structures and Breakwaters 2009、ICE

近藤圭央・有川太郎・関克己・村川はるみ: 3次元数値波動水路を用いた防波堤堤頭部の被覆材移動による被災の検討、海岸工学論文集第 56 巻、2009

有川太郎・浜口一博・北川和士・鈴木智憲: 数値波動水槽と構造物変形計算との連成計算手法に関する研究、海岸工学論文集第 56 巻、2009

関 克己・有川 太郎・水谷 雅裕: 消波ブロック被覆堤における消波工被覆状態の静水面波圧に及ぼす影響、港湾空港技術研究所資料、2009

関 克己・有川太郎・水谷雅裕: 消波ブロック被覆堤における消波工被覆状態の波圧に及ぼす影響、海岸工学論文集第 56 巻、2009

T. Suzuki 、 T. Arikawa and M. Stive: Numerical modeling of hydrodynamics on a salt marsh、Coastal Dynamics、2009

Katsumi Seki, Taro Arikawa, Masahiro Mizutani and Ken-ichiro Shimosako: Study on the Performance-Based Design for Breakwater with Wave Dissipating Block、International Conference on Coastal Engineering、2010

T. Suzuki and T. Arikawa: NUMERICAL ANALYSIS OF BULK DRAG COEFFICIENT IN DENSE VEGETATION BY IMMersed BOUNDARY METHOD 、International Conference on Coastal Engineering、2010

・特許等の知的財産申請取得状況

「海上構造物の基礎構造及びその構築方法」(特願 2007-15808 出願日:平成 19 年 1 月 26 日)

捨石マウンドの構築における散乱と流出の防止対策として、捨石間の一部にアスファルト混合物を打設し、捨石どうしを局所的に一体化させることにより、施工時および完成時におけるマウンドの安定性を向上させる施工方法。

#### 成果の活用

滑動を考慮した防波堤の設計法に関して地方整備局や国総研などで研修を行い新基準への対応のためのフォローアップを行った。また、大学・民間会社と数値波動水槽を用いた実務適用についてのワーキングを3年間行い、数値波動水槽の実務としての精度などの課題抽出や課題解決に取り組んだ。それらの取り組みにより、平成 22 年度内に数値波動水槽を一般に公開し実務に使用していくこととなった。

#### 4) 1E「海上流出油対策等、沿岸域の人為的災害への対応に関する研究テーマ」

表-4.1 1E「海上流出油対策等、沿岸域の人為的災害への対応に関する研究テーマ」の研究目標

<p><b>・社会的、学術的観点から見た研究の必要性</b></p> <p>人為的な災害の一つである油流出事故については、ナホトカ号の事故に見られるように油濁事故が発生するとその被害は広範囲に及び人力を主体とした回収作業は困難を極め、長期間を要することになる。その結果、社会的な経済損失や生物への影響を中心として環境に与える影響は大きく、このため、事故後の迅速な対応が強く求められている。しかし、船舶等から漏出した油は海水と混ざり合うと粘性度が飛躍的に高まり、比重が大きくなり上げる動力が大きくなること、パイプ内等に付着し円滑な輸送が困難なこと、海水と油の分離が難しく回収後の処理に時間を要することなどにより、油回収のための効果的な対策が確立されているとは言い難いのが現状である。</p> <p>このような流出油対策技術は、流出油が海上のどこに漂流しているかを知る技術とそこでの流出油の特性に応じた回収技術から構成されるシステムである。これまでに回収技術についてはいくつかの新技术を開発しており、今後は高粘度油の回収技術について重点的に研究を進めるとともに、流出油の漂流予測に関する分野の研究を進めることによってシステムを完成させる。</p> <p>一方、人為的災害に関するもう一つの課題であるテロ対策については、平成13年の米国同時多発テロ以降、国民生活の安全保障に関する要請が高まってきたことを受けて、港湾に関してもセキュリティの向上が求められている。港湾に関するセキュリティの確保には港湾の空間的なセキュリティ確保が必要である。この中で、空間的なセキュリティ確保に関しては、陸上や海上に比して海中からのテロ行為への対策が遅れている。</p>
<p><b>・研究テーマ、サブテーマ、重点研究課題、研究実施項目の関連</b></p> <p>本研究テーマである「海上流出油対策等、沿岸域の人為的災害への対応に関する研究テーマ」に関しては、上記のとおり研究課題としては二つの独立的な課題を抱えており、それぞれ「サブテーマ①:海上流出油対策に関する研究」と「サブテーマ②:港湾セキュリティに関する研究」に分けて取り組むこととした。この中で、油流出事故対策の実施は特に急がれることから、重点研究課題として実施することとした。</p>
<p><b>・見込まれる成果の内容(アウトプット)</b></p> <p>研究テーマの一連の研究を実施することによって、次の成果が得られる。</p> <p>サブテーマ①:海上流出油対策に関する研究</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 海上に漂流している流出油や海岸に漂着した高粘度油を、水蒸気を用いることによって効率的に回収する油回収機材</li><li>2) 広範囲に漂流する油を迅速に回収するための回収資機材を効果的に配備するための油漂流予測シミュレーション等の油回収支援技術</li></ol> <p>サブテーマ②:港湾セキュリティに関する研究</p> <p>低透明度ないし明るさが十分でないことにより光学系のカメラでは視認できない海中において、音響技術を利用して不審者あるいは不審な小型船等の物体を映像化することにより海中での不審物が検知可能な装置</p>
<p><b>・見込まれる成果の社会的及び行政的な効用、意義(アウトカム)</b></p> <p>サブテーマ①:海上流出油対策に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・効率的な流出油回収システムの構築により、油流出事故時の沿岸域の油汚染による被害軽減が図られ、油流出事故時の経済的損失が最小限にいとめられると同時に環境被害の軽減が図られる。</li></ul> <p>サブテーマ②:港湾セキュリティに関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・広範囲にわたる不審物を検知する技術の開発で信頼性の高い港湾セキュリティが確保され、港湾域における人命・財産の安全が確保される。</li></ul>

**表-4.2 1E「海上流出油対策等、沿岸域の人為的災害への対応に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度までの研究成果**

<p><b>平成 22 年度のサブテーマ目標</b></p> <p>サブテーマ①:海上流出油対策に関する研究</p> <p>海上における油回収効率のさらなる向上を図るために、国土交通省が保有する油回収船に搭載可能な浮遊堰式油回収機の高機能化に関する研究開発や油汚染砂の洗浄化の応用研究を実施し、海上を浮遊する高粘度流出油や海岸部の漂着油による被害の軽減手法を構築する。また、浮遊油の追跡システムの精度向上を図るために、これまでの実海域試験の成果を踏まえてブイの改良を実施し、追跡手法を取りまとめる。</p> <p>サブテーマ②:港湾セキュリティに関する研究</p> <p>過年度に実施した実海域実験等の成果を踏まえ、運用マニュアルをとりまとめる。</p>
<p><b>研究内容</b></p> <p><b>・この分野における社会的な課題・解決すべき課題</b></p> <p>サブテーマ①:海上流出油対策に関する研究において解決を求められる課題は、油流出事故発生後の迅速な油回収を行うために油回収効率の高い回収機材の開発、油回収船の増強等による回収能力の向上及び流出予測手法の確立による回収機材の迅速かつ効果的な配備の実現である。</p> <p>また、サブテーマ②:港湾セキュリティに関する研究において解決すべき課題は、陸上、海面上、海面下を含めた広範囲かつ信頼性の高いセキュリティ確保であるが、特に対策が困難な海面下でのセキュリティ確保について取り組む。</p> <p><b>・課題解決のための研究内容</b></p> <p>サブテーマ①:海上流出油対策に関する研究</p> <p>1) 事故を起こした船舶等から漏出した油が海水と混ざることにより流出油は非常に粘度が高くなり、この高い粘度が回収作業を妨げる原因である。このため、効率的な流出油回収機材の開発には、高粘度の流出油を機械的にすくい上げる機構を開発するか粘度を低下させる物理化学的な手法を用いることになる。当研究所では、流出油を機械的にすくい上げる様々な機器を開発してきており、今後ともその効率性向上に取り組むこととしている。一方、粘度を低下させる物理化学的な手法については研究の蓄積が少ないが、この手法は回収後の油の処分にも有効であることから、今後さらに研究を進める必要がある。</p> <p>従来から、油回収船の増強を目的として、国土交通省が保有している環境整備船等を対象として、その船舶特性、作業海域の特性等に対応した油回収効率の高い船舶搭載型油回収機材の開発を行う。平成 22 年度は、海上における回収能力の向上や海岸への付着油対策について検討を進める。具体的には、国土交通省が保有する油回収船を対象に、水ジェットによる攪拌作用を利用した分散処理モードを付加した流出油回収機の開発や油汚染砂の洗浄技術の向上をさらに進める。</p> <p>2) 船舶等からの流出油は広範囲に漂流するが、漂流油を常に追跡するとともに漂流先を事前に予測し、先回りして回収機材を配備しないと効率的かつ効果的な油回収作業の実施は望めない。このため、他実施項目で開発している漂流シミュレーションモデルと連携しつつ、浮遊油の追跡システムの精度向上を図るために、過年度に実施した自動追従ブイの実海域試験の成果を踏まえ、引き続き大阪大学と共同でブイ模型の改良を行い、大型水槽及び実海域試験による動作確認及び擬似ターゲット追跡試験を実施する。これらから、本方式による浮遊油の追跡手法を取りまとめる。</p> <p>サブテーマ②:港湾セキュリティに関する研究</p> <p>平成 21 年度までに開発を行った装置を用いて、運用を目指したケーススタディを大型水槽及び海上にて実施し、運用マニュアルを取りまとめる。</p> <p><b>・研究内容を構成する研究実施項目</b></p> <p>サブテーマ①:海上流出油対策に関する研究</p>

イ)水蒸気を用いた油回収要素技術の開発

1エ-0401 水蒸気吸収式油回収装置に関する基礎実験(平成16～18年度)

1エ-0701 油回収除去における水蒸気の利用に関する応用研究(平成19～22年度)

ロ)海上での油回収機材の開発

以下に掲げる研究を行うことにより、海上での油回収機材を開発する。

1エ-0402 環境整備船に搭載する油回収システムの開発(平成16～18年度)

1エ-0403 工事用作業船を転用する油回収システムの開発(平成16～19年度)

1エ-0802 直轄船等による油濁防除技術に関する研究開発(平成20～22年度)

ハ)流出油の漂流追跡・予測システムの開発

以下に掲げる研究を行うことにより、流出油の漂流追跡・予測システム技術を開発する。

1エ-0404 エマルジョン化油の漂流追跡方法の開発(平成16～18年度)

1エ-0702 流出油のリアルタイム追跡システムの開発[旧:流出油のリアルタイム追跡漂流予測システムの開発](平成19～22年度)

サブテーマ②:港湾セキュリティに関する研究

以下に掲げる研究を行うことにより、安全で効率的な港湾の実現を目指す。

1エ-0501 海中における不審物等の探知技術の開発(平成17～19年度)

1エ-0703 コンテナ貨物の不良積み付け点検技術の開発(平成19～21年度)(取りやめ)

1エ-0801 不審物等の探知のための水中視認装置の実用化開発(平成20～22年度)〃

#### 平成21年度までの研究成果

サブテーマ①:海上流出油対策に関する研究

- ・近畿地方整備局所有の油回収船”はりま”を対象とした分散処理モードを追加した流出油回収機の開発を行った。
- ・平成19年12月に発生した韓国・泰安沖の大規模油流出事故の現地被害調査を契機に、韓国海洋研究院(KORDI)においてミニワークショップ”PARI-KORDI Mini-Workshop on Marine Oil Spill Problems”を開催し、緊密な情報交換を行った。
- ・過年度に開発した漂流油自動追跡ブイの改良を行い、神奈川県平塚沖での実海域試験において、動作確認及び評価を実施した。
- ・流出油の漂流予測シミュレーションの高精度化を図るために東京湾などの閉鎖性海域を対象とした基本モデルを構築するとともに、油回収環境再現水槽において風力によるドリフト力の検証を実施した。

サブテーマ②:港湾セキュリティに関する研究テーマ

- ・過年度に製作した水中音響レンズを用いた超音波式映像取得装置に関し、フレームレートの向上(1.1f/s→4f/s)、及びSN比の向上を図る等の改造を行い、室内水槽での性能確認試験や羽田空港D滑走路工事現場において動作確認及び評価を実施した。

#### 平成21年度までの成果公表

サブテーマ①:海上流出油対策に関する研究

英文論文 12編(うち査読10編)

和文論文 19編(うち査読12編)

港研報告 1編

港研資料 1編

特許出願 3件

サブテーマ②:港湾セキュリティに関する研究

英文論文 19編(うち査読18編)

和文論文 26編(うち査読5編)

港研報告	1編
港研資料	1編
特許出願	5件

**平成 21 年度までの成果活用**

サブテーマ①:海上流出油対策に関する研究テーマ

・研究中であり、成果の活用の段階に至っていない。

サブテーマ②:港湾セキュリティに関する研究テーマ

・研究中であり、成果の活用の段階に至っていない。

**注:研究テーマ1エについては終了した研究実施項目がないため評価していない。**

## 5) 2A「閉鎖性海域の水質・底質の改善に関する研究テーマ」

表-5.1 2A「閉鎖性海域の水質・底質の改善に関する研究テーマ」の研究目標

<p><b>・社会的、学術的観点から見た研究の必要性</b></p> <p>港湾域は人為的につくられた、閉鎖的で静穏な、深い空間である。そのため、様々な起源の汚濁物質が海底に堆積しやすい。一般に、港湾機能を維持するためには浚渫が不可欠であるが、さらに、スーパー中枢港湾化など、港湾機能の拡充のための浚渫量の増大が予想される港湾も多い。近年では、ロンドン条約に基づく浚渫土砂の海洋投入の原則禁止、港湾周辺の埋立て容量の減少といった情勢などから、干潟・浅場造成や覆砂などへの浚渫土砂有効利用を飛躍的に促進する必要がある。しかしながら、生物生息場の材料として浚渫土砂を利用しようとするとき、その物理的安定性の予測、生物や生態系影響の把握などについては、科学的な知見が乏しい。そのため、内湾の水質や生態系に及ぼす影響を把握するために、特に内湾堆積物の質に焦点を当てた研究開発を進める必要がある。</p>
<p><b>・研究テーマ、サブテーマ、重要研究課題、研究実施項目の関連</b></p> <p>本研究では、内湾域の境界、すなわち堆積物界面や大気との境界、湾口の境界(断面)での外力や物質輸送フラックスに焦点をあてる。これらの外部からの供給や外部との相互作用は、閉鎖性海域の水質・底質の改善について重要であることから、本研究テーマに含まれる全ての課題を、重点研究課題「閉鎖性海域の環境改善と沿岸生態系によるCO<sub>2</sub>吸収に関する研究」に設定する。その上で、境界毎に以下のサブテーマを設定する。</p> <p>サブテーマ①:水堆積物界面近傍での物理・化学過程の解明</p> <p>サブテーマ②:大気と水系の相互作用</p> <p>サブテーマ③:外洋と内湾の結合(湾口での境界におけるモニタリング)</p> <p>これらのサブテーマのうち、特に港湾の物流機能を維持・拡充するためには海底堆積物の浚渫が欠かせず、堆積物の物理的輸送過程や化学物質影響評価が、堆積物管理に係わる課題として重要である。このような観点から、サブテーマ①を本テーマの中の最重要なサブテーマであると設定した。一方、内湾の水質管理においては、大気との境界、湾口の境界(断面)での外力や物質輸送フラックスの把握が重要な境界条件を与えることから、サブテーマ②及びサブテーマ③の二つのサブテーマを設定している。</p>
<p><b>・見込まれる成果の内容(アウトプット)</b></p> <p>研究テーマのロードマップで示した一連の研究を実施することによって、次の成果が期待される。</p> <p>サブテーマ①:</p> <p>海底境界層近傍の物理・化学過程は、懸濁物の輸送を通して内湾域の光環境等の物理的を変化させるとともに、有機汚濁や化学的汚染に密接に関連している。それらの基礎的な素過程に関する実証的研究を環境条件が制御された室内実験室で実施し、現地での観測結果と比較検討する。まず物理過程については、再懸濁過程に着目して様々な水理条件下における再懸濁量を精緻に推定する手法を提案する。また、化学・生物過程については、底泥による酸素フラックスや栄養塩溶出フラックスなど堆積物が水質や生態系に及ぼす影響について実験的並びに解析的研究を推進する。また、干潟・浅場造成に見られるように、浚渫土砂の生物生息場としての有効利用に着目し、浚渫土砂の化学的性質から見た底生生物への影響を評価する手法を提案する。</p> <p>以上のような素過程の研究とともに内湾の包括的な堆積物管理に関する研究を進展することにより、浚渫土砂の発生という観点からは、発生量の抑制に関して、シルテーションによる航路埋没を防止する工法を提案する。また、浚渫土砂の有効利用促進という観点から、堆積物からの栄養塩溶出防止のみならず、有害化学物質の溶出も防止する、シルト分に富んだ堆積物をブレンドした覆砂工法を提案し、その効果を検証する。また、化学物質管理の面からは、海底に堆積した土砂や浚渫した土砂に含まれる特定の物資(ダイオキシン類など)について、食物連鎖を通じた水生生物への影響を簡易に評価する手法を提案するとともに、より広範な物質群に対して、今後の管理が必要となる物質をスクリーニングする手法を提案する。</p>

サブテーマ②:

気象データをデータ同化の手法により内湾の流れのモデルに取り込む手法を提案する。この成果は、テーマ2における内湾水質シミュレーターの開発に活かすものとする。

サブテーマ③:

湾口の境界(断面)は閉鎖性内湾の水質を考慮する上で重要な境界条件を与えることから、東京湾と共に伊勢湾でのフェリーによる湾口部モニタリング観測を実施し、湾口の境界(断面)での外力や物質輸送フラックスの把握に務めると共に、内湾の水質特に貧酸素化や青潮の形成に対する影響を定量的に把握する。二つの湾のモニタリングデータを比較検討することにより、湾口部境界としての共通点を整理するとともに、湾口部地形特性などの相違点がそれぞれの水質変動にどのような影響をもたらしているかを考察する。このモニタリングデータは、テーマ2における内湾水質シミュレーターの開発に活かすと共に、将来的に貧酸素予測などリアルタイムシミュレーションとしての運営に活かす手法を検討する。

**・見込まれる成果の社会的及び行政的な効用、意義(アウトカム)**

港湾の物流機能を維持・拡充するために底泥の浚渫が欠かせないことから、底泥の化学物質管理は近年非常に重要な問題としてクローズアップされてきた。浚渫土砂を干潟造成など様々な沿岸環境修復にも安心して有効に利用可能な仕組みづくりの一環として、内湾堆積物の管理に役立つことができる。また、水堆積物界面での素過程に関する知見や湾口部境界でのモニタリングデータは、テーマ2における内湾水質シミュレーターの開発に活かし、将来的には貧酸素予測などリアルタイムシミュレーションとしての運営や、内湾再生のための環境施策選定や効果予測に活かすことができる。

**表－5.2 2A「閉鎖性海域の水質・底質の改善に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度までの研究成果**

<p><b>平成 22 年度のサブテーマ目標</b></p> <p>サブテーマ①:水堆積物界面近傍での物理・化学過程の解明</p> <p>堆積物及びその輸送に係わる再懸濁過程などの物理的な輸送現象については、平成 18 年度から特別研究としての実施項目を行い、現場観測並びに環境水理実験施設を活用した実証的な研究を推進してきた。その平成 21 年度までの研究成果から、今後含水比の高い底泥の輸送現象に特化した研究が必要であることが見出されたため、平成 22 年度には新たな研究実施項目をたて、関連研究を推進する。また、面的な知見変化と環境面での予測手法の開発に関連して、様々な粒径の粒子の移動が予測可能な簡易モデルの開発に向け、引き続き研究を推進する。また、平成 21 年度から開始した、新規残留性化学物質の管理手法の提案に関する実施項目については、その候補となる物質の分布特性を調査する。</p> <p>サブテーマ②:大気と水系の相互作用</p> <p>研究実施項目としては、平成17年度で終了したが、その成果は2イにおける水質・生態系シミュレーターの開発に応用する。</p> <p>サブテーマ③:外洋と内湾の結合(湾口での境界におけるモニタリング)</p> <p>湾口の境界(断面)は閉鎖性内湾の重要な境界条件であることから、既の実績を積み上げてきた東京湾と共に、伊勢湾でのフェリーによる湾口部モニタリング観測を充実させ、湾口の境界(断面)での外力や物質輸送フラックスの把握に務めると共に、内湾の水質、特に貧酸素化や青潮の形成に対する影響を定量的に把握する。二つの湾の湾口部地形特性の違いが、それぞれの水質変動にどのような違いをもたらしているかを考察する。</p>
<p><b>研究内容</b></p> <p><b>・課題解決のための研究内容</b></p> <p>研究テーマに効率的に取り組むために、以下の3つのサブテーマにグルーピングする。</p> <p>サブテーマ①:水堆積物界面近傍での物理・化学過程の解明</p> <p>内湾域の底泥の有機汚濁や化学的汚染の問題があり、水質にも悪影響を与えている。特に港湾の物流機能を維持・拡充するために底泥の浚渫が欠かせないことから、底泥の化学物質管理は近年非常に重要な問題としてクローズアップされてきた。本研究テーマでは、まず再懸濁過程などの物理的な輸送現象に着目し、H17 年度に開始した「港湾の水域施設における砂泥移動簡易予測手法の開発」に引き続き、特別研究として「海底境界層内での物質輸送機構の解明」に着手する。この研究では、平成18年度末に竣工した環境水理実験施設を用いた実験的研究、東京湾での水深の深い海域での観測を行い、それらの結果を水・堆積物間のフラックスモデル化に反映させる。特別研究を遂行する過程で、含水比の高い底泥の輸送現象の解明の必要性が明らかになったことから、H22 年度からは特別研究の内容の一部を発展させた「内湾域における高含水比底泥輸送のモデル化に関する研究」を開始する。一方で、「内湾堆積物における物質循環過程のモデル化」においては、堆積物内部の化学過程を取り込んだ物質変換の過程をモデル化する。両者を総合すれば、波や潮汐などの外力に応じて変動する堆積物内部の物質の分布や挙動を明らかにすることが可能になる。その応用例として、「堆積物起源有害化学物質の環境運命に関する実験及び解析」を行い、有害性が明らかなダイオキシン類・有機スズ化合物・重金属類について、生物生息との関連性を実態把握調査し、有機スズ化合物等の生態系への影響評価を試みる。本実施項目の成果を受け、「内湾に集積する新規残留性化学物質の管理手法の提案」に関する実施項目を開始し、未規制であるが今後規制の候補となり得る物質をスクリーニングする手法を提案する。また、浚渫土砂の有効利用促進という観点から、堆積物からの栄養塩溶出防止のみならず、有害化学物質の溶出も防止する、シルト分に富んだ堆積物をブレンドした覆砂工法を提案し、その効果を検証する。さらに、それらの成果を利用して、「沿岸自然基盤の変化と安定に関する数値検討」を実施する。</p> <p>サブテーマ②:大気と水系の相互作用</p> <p>内湾の境界である大気との相互作用を取扱う。サブテーマ及びそれに含まれる研究実施項目としては大気・海洋結合モデル開発と</p>

して平成17年度までに終了させるが、それらの成果は、2イにおける水質・生態系シミュレーターの開発に活かされる。

サブテーマ③: 外洋と内湾の結合(湾口での境界におけるモニタリング)

湾口の境界(断面)は閉鎖性内湾の重要な境界条件であることから、既の実績を積み上げてきた東京湾と共に、伊勢湾でのフェリーによる湾口部モニタリング観測を充実させ、湾口の境界(断面)での外力や物質輸送フラックスの把握に務めると共に、内湾の水質、特に貧酸素化や青潮の形成に対する影響を定量的に把握する。

#### ・研究内容を構成する研究実施項目

研究実施項目は、以下のサブテーマの下に合計8項目を設定した。

サブテーマ①: 水堆積物界面近傍での物理・化学過程の解明

- ・「港湾の水域施設における砂泥移動簡易予測手法の開発」(2ア-0501)
- ・「海底境界層内での物質輸送機構の解明」(2ア-0601)
- ・「内湾堆積物における物質循環過程のモデル化」(2ア-0602)
- ・「堆積物起源有害化学物質の環境運命に関する実験及び解析」(2ア-0603)
- ・「沿岸自然基盤の変化と安定に関する数値検討」(2ア-0801)
- ・「内湾に集積する新規残留性化学物質の管理手法に関する提案」(2ア-0901)
- ・「内湾域における高含水比底泥輸送のモデル化に関する研究」(2ア-1001)

サブテーマ②: 大気と水系の相互作用

- ・「大気海洋結合内湾水理解析システムの開発」(2ア-0401)

サブテーマ③: 外洋と内湾の結合(湾口での境界におけるモニタリング)

- ・「閉鎖性内湾における環境の常時連続観測とその統計解析」(2ア-0604)

#### 平成21年度までの研究成果

サブテーマ①

「港湾の水域施設における砂泥移動簡易予測手法の開発」においては、突起構造物による掃流砂補足率の算定について、現地適用可能な方法を開発した。

「沿岸自然基盤の変化と安定に関する数値検討」は、上述の実施項目の成果を受け、底質粒径の違いによる沿岸地形変動の空間分布や長期変化傾向を数値化することを目指すものであり、現在、粒径分布のある底質の地形変化モデルの基礎部分を構築中である。

「海底境界層内での物質輸送機構の解明」においては、基本的な研究インフラとなる環境水理実験施設を平成18年度に竣工し、以後、有明海及び東京湾から特に工夫を施した採取法によって採取した未攪乱底泥を利用し、世界でも類例のない海水を用いた再懸濁の実験を開始し、同施設を活用した実験的手法を確立した。東京湾及び有明海における現地観測結果から、海域毎の海象条件に応じて底泥輸送の特徴が現れていることを明らかにした。特に東京湾における長期間の観測から、従来取得できなかった高波浪時における底泥輸送の観測に成功した。これらのデータは今後の再懸濁のモデル精緻化に活かされる予定である。

「内湾堆積物における物質循環過程のモデル化」においては、堆積物内の物質分布モデルを構築し、覆砂による栄養塩類の溶出防止効果を検証するとともに、ダイオキシン汚染底泥の覆砂による溶出防止効果を解析した。

「堆積物起源有害化学物質の環境運命に関する実験及び解析」においては、ダイオキシン類、トリブチルスズ化合物TBT、多環芳香族炭化水素類PAH、重金属類に関して環境動態の基本となる吸着特性や、港湾における表層堆積物中の分布特性に関する知見を得た。また、浚渫土砂の干潟等生物基盤への有効利用の拡大に向け、内湾の生態系における食物連鎖構造の把握をもとに、堆積物に含有される化学物質の内湾生態系への影響度を評価する大まかな手法を検討した。

「内湾に集積する新規残留性化学物質の管理手法に関する提案」においては、上述の研究成果を受け、様々な化学物質の内人の健康影響や生物・生態系への影響を考慮する上で今後特に注意が必要な物質をスクリーニングする手法を構築し、その実態を把握することを目指す。平成21年度までにはスクリーニングのプロトタイプとなる手法を提案し、化審法による第一種管理化

学物質の中から候補物質を4種類選定した。

#### サブテーマ②

「大気海洋結合内湾水理解析システムの開発」においては、気象データをデータ同化手法により内湾の流れのモデルに取り込む手法を構築した。

#### サブテーマ③

「閉鎖性内湾における環境の常時連続観測とその統計解析」においては、まず東京湾のフェリーによる観測データの解析手法を構築し、湾口データ及び湾内の縦断面観測データを比較・解析することにより、湾口の流れや内湾水質との関連を詳しく調べた。その結果、湾口における流入出フラックスの朔望周期や河川出水との関係、残差流の構造、湾内の貧酸素水塊や青潮形成機構との関係が明らかとなった。平成20年度からは伊勢湾口でのフェリーによる連測観測も開始し、東京湾との比較検討したところ、湾口地形の違いによって湾口部での混合や流動への影響が生じていることが明らかになりつつある。

### 平成21年度までの成果公表

#### サブテーマ①

- ・港湾の水域施設における砂泥移動簡易予測手法の開発

港空研資料1編、査読付き和文論文4編。

- ・沿岸自然基盤の変化と安定に関する数値検討

査読付き英文論文1編。

- ・海底境界層内での物質輸送機構の解明

査読付き英文論文3編、同和文論文6編、その他6編。

- ・内湾堆積物における物質循環過程のモデル化

英文査読付き論文2編(1編はASCE、1編は同誌に投稿中)、同和文論文1編、港空研資料1編。

- ・堆積物起源有害化学物質の環境運命に関する実験及び解析

港空研報告1編、同資料1編、英文査読付き論文3編、同和文論文5編、その他1編(海外での poster 発表)。

- ・内湾に集積する新規残留性化学物質の管理手法に関する提案

港空研資料1編

#### サブテーマ②

- ・大気海洋結合内湾水理解析システムの開発

港空研報告1編、同資料1編、査読和文論文2編。

#### サブテーマ③

- ・閉鎖性内湾における環境の常時連続観測とその統計解析

港空研報告2編、港空研資料2編、査読付き英文論文3編、同和文論文5編。

### 平成21年度までの成果活用

#### サブテーマ①

「港湾の水域施設における砂泥移動簡易予測手法の開発」において、現地適用可能な突起構造物による掃流砂補足率の算定方法を開発した。この方法によって、経済的かつ効率的な漂砂制御構造物の設計が可能になった。

「沿岸自然基盤の変化と安定に関する数値検討」において、自然基盤の安定性と健全性の評価に、荒天時の攪乱と静穏時の修復の過程を考慮した数値計算を用い、沿岸地形や底質の構成などの空間的・時間的な変動を予測する手法の開発を目指しており、既に田子の浦港港口部及び航路の埋没対策に活用されている。

「海底境界層での物質輸送機構の解明」において、これまで十分な現地情報が得られてこなかった底泥や懸濁物の挙動に関するデータを取得でき、実態に即した輸送モデルの構築に活用できると考えられる。

「堆積物起源有害化学物質の環境運命に関する実験及び解析」の成果は、「底質ダイオキシン類対策技術指針」の改訂に活かされた。

#### サブテーマ③

「閉鎖性内湾における環境の常時連続観測とその統計解析」においては、東京湾や伊勢湾再生行動計画の枠組みの中で、内湾の水質モニタリングの重要項目の一つとして、行政の情報発信に役立てられている。

**表－5.3.1 2ア「閉鎖性海域の水質・底質の改善に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度終了研究実施項目(その1)**

**研究実施項目番号** 2ア-0601-キ-21

**研究実施項目名**

特別研究) 海底境界層内での物質輸送機構の解明

**(特別研究として別掲)**

## 6) 2イ「沿岸生態系の保全・回復に関する研究テーマ」

表-6.1 2イ「沿岸生態系の保全・回復に関する研究テーマ」の研究目標

### ・社会的、学術的観点から見た研究の必要性

沿岸域の生物や生態系は、豊かな恵みを人々にもたらしている。しかしながら、近年の人為的な活動によるインパクトにより、貴重な生態系が喪失したり、損傷を受けている場合が多い。平成14年度における「自然再生推進法」の成立を受け、沿岸域においても自然再生を積極的に図るための研究開発の推進が早急に望まれている。第6次水質総量規制の答申(平成17年5月)後、環境省は、新しい環境基準の設定や見直しを含めた、今後の閉鎖性海域対策の再検討を開始している。その背景として、総量規制(有機物や栄養塩負荷削減対策)の効果に対する産業界・水産業界等からの批判(総量規制の効果水質改善の実感として感じとれない。栄養塩の規制は生物生産にはマイナスの面もあるのではないか、内湾の水質汚濁メカニズムが依然として不明である中、いつまで規制を続けるのかなど)がある。一方、東京湾や大阪湾、伊勢湾等では湾毎に再生推進会議が発足し、それぞれの再生目標が設定されているが、そこには「豊かな海」「多様な生物が生息する海」の実現などのような共通の表現が掲げられており、従来の「美しい海」という目標像からの転換のきざしが見られている。しかしながら、そのような生物の多様な海を実現するためには様々な環境施策の内では何を優先すべきか、その効果はどれくらいかは不明である。このような背景の中、港空研は環境省競争的資金による生態系モデル解析を駆使した研究を実施した結果、東京湾における「豊かな海」の実現(高次の生物生産の増大)のためには、従来のような負荷量削減ではなく、底生生物の生息基盤となる干潟・浅場の修復や造成こそが今後は必要であるという結果を得ている。以上のことから、内湾における自然再生の方向性としては、「豊かな海」という言葉に代表されるような多様な生物生息が可能となる沿岸域を目指すべき時期にあることを前提とし、そのための技術的方策を検討することが研究開発上の最重要課題であること、中でも干潟・浅場造成などの生物生息場づくりの技術の高度化が必要であると結論づけられる。研究の方向性に関するこれらの社会的背景を考慮し、本研究テーマでは豊かな沿岸生態系の成り立ちを理解したうえで、多様な生物生息を可能とする干潟・浅場造成を中止とした沿岸生態系の環境修復技術を高度化することを、テーマ全体の目標とする。

### ・研究テーマ、サブテーマ、研究実施項目の関連

本研究テーマは、豊かな沿岸生態系の成り立ちを理解し、多様な生物生息を可能とする干潟・浅場造成を中心とした沿岸生態系の環境修復技術の高度化をめざす。そのために、まず豊かな生態系の例として亜熱帯沿岸域生態系を取り上げ、そこでの物質循環構造の把握や海草藻場群落の特性把握を目指す。さらに、内湾自然再生の基本的なメニューとして干潟・浅場などの沿岸の修復技術の高度化をめざし、そのために従来欠けていた高次の生物の餌環境の実態把握や地盤工学的知見を取り入れた修復手法の確立をめざす。さらに、内湾の浚渫跡の窪地による水質の悪化や、青潮等による周辺海域を含めた生態系の劣化を解消し、多様な生物生息場に転換する窪地埋め戻し修復のための技術マニュアル作成を目指した、計3つのサブテーマを設定する。

#### ① 亜熱帯沿岸域生態系の特性と相互作用

豊かな生態系の実例として亜熱帯沿岸域生態系を対象とし、そこでの物質循環構造の把握や海草藻場群落の特性把握を通して豊かな生態系が維持される成り立ちを理解し、その保全を目指す。

#### ② 干潟における地盤等物理特性と生物生息の関係

内湾自然再生の基本的なメニューとして干潟・浅場などの沿岸の修復技術の高度化をめざし、そのために従来欠けていた高次の生物の餌環境の実態把握や地盤工学的知見を取り入れた修復手法の確立をめざす。また、これらの知見を総合化して内湾水質シミュレーターを構築し、各環境施策を比較検討するとともに、干潟等の造成箇所や規模の選定など、環境施策の選択が可能ツールとして活用できる手法を提案する。

#### ③ 浚渫にかかわる環境修復技術の開発

我が国の主要な内湾では浚渫跡の窪地が点在し、窪地内部の水質悪化や、青潮等による周辺海域を含めた生態系の劣化をもたらしている。そのため、その様な窪地を埋め戻し多様な生物生息場に転換する窪地埋め戻し修復が注目されている。本サブ

テーマでは三河湾での埋め戻しに合わせた調査を実施し、修復効果を検証するとともに、全国の窪地修復のための技術マニュアル作成を目指す。

**・見込まれる成果の内容(アウトプット)**

研究テーマのロードマップで示した一連の研究を実施することによって、次の成果が得られる。亜熱帯域において、サンゴ礁、海草藻場やマングローブなど、本州沿岸には存在しない貴重な個別生態系が存続しているが、これらの個別生態系の相互作用を定量化し、開発行為による環境影響の波及効果の例を提示する。環境修復技術のうち、干潟・浅場造成については、地盤工学的側面からみた、安定した生物生息を可能とする設計指針を提案する。また、干潟・浅場造成や今後発展が期待されている窪地埋め戻しにおいて、有力な基盤材料である浚渫土砂の化学物質含有量から、水生生物への食物連鎖を通じた影響を解析し、安全性の判断基準の考え方を提示する。構築する内湾水質シミュレーターを用いることにより、各環境施策を比較検討するとともに、干潟等の造成や窪地修復箇所の選定や規模の決定など、環境施策の選択が可能なツールとして活用できる。このような技術開発を通して、浚渫土砂の環境面への有効利用を促進することが可能となる。

**・見込まれる成果の社会的及び行政的な効用、意義(アウトカム)**

港湾行政の面からは、浚渫土砂の総合的な管理と、窪地の埋め戻しなど有効利用を一層進展することが可能となる。さらに、構築する内湾水質シミュレーターは、内湾再生に関する様々な環境施策の効果を比較検討するとともに、干潟等の造成や窪地修復箇所の選定や規模の決定など、環境施策の選択が可能なツールとして活用できる。このような技術開発を通して、浚渫土砂の環境面への有効利用を促進することが可能となり、沿岸域における自然再生を確実に実現することが可能となると期待できる。

**表－6.2 2イ「沿岸生態系の保全・回復に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度までの研究成果**

<p><b>平成 22 年度のサブテーマ目標</b></p> <p>サブテーマ①: 亜熱帯沿岸域生態系の特性と相互作用</p> <p>研究の目標が概ね達成され、また、今後研究者の確保が困難なことから、サブテーマとしては平成 19 年度で終了した。</p> <p>サブテーマ②: 干潟における地盤等物理特性と生物生息の関係</p> <p>従来全く欠けていた視点として、地盤工学の干潟硬度の変動と生物生息の関係に関する知見を発展させ、安定した干潟造成手法の提案に向けた研究を継続する。特に平成 21 年度に終了する実施項目の成果を受け、平成 22 年度からは広範な底生生物の生息条件を地盤工学的な視点から調べる研究に着手する。また、より高度な生物生息を可能とする干潟修復の知見を得るため、鳥類や魚類など高次の生物の食性解析を目指した研究や、地球温暖化に対応し、沿岸生態系が有する温暖化緩和効果を定量化し、その効果を補強する手法を提案できるための研究実施項目を継続する。さらに、これらの成果をふまえ、「豊かな内湾環境」を実現するために必要な環境施策を調べ、それらの選択ツールとしてのモデル開発を平成 21 年度に引き続き進める。</p> <p>サブテーマ③: 浚渫にかかわる環境修復技術の開発</p> <p>環境修復の材料としての浚渫土とそれを利用した窪地修復に力点を置いた、環境修復技術の開発に係わる研究を推進する。特に平成 21 年度までの成果を受け、環境修復の効果を定量化する手法の開発や底生生物中の化学物質の蓄積過程に関する研究に重点を置く。</p>
<p><b>研究内容</b></p> <p><b>・課題解決のための研究内容</b></p> <p>サブテーマ①: 亜熱帯沿岸域生態系の特性と相互作用</p> <p>亜熱帯域には、サンゴ礁やマングローブなど、本州沿岸には存在しない貴重な生態系に着目する。亜熱帯域においても複数の開発案件が実施あるいは計画されていることから、これらの生態系の成り立ちや相互の関連性を事前に調査する必要がある。そのために2つの研究実施項目を実施する。</p> <p>2イ-0401「亜熱帯沿岸域に生育する海草藻類の生育条件と分類体系に関する現地観測及び培養実験(平成 16～18 年度)」においては、中城湾港泡瀬地区に生育する海草藻類に関して最新の分子統計解析手法によって分類体系を確立する。その上で、生活史、環境条件と生育場の関連性を調べる。</p> <p>2イ-0501「亜熱帯沿岸域の複合生態系における相互作用に関する現場観測及び解析(平成 17～19 年度)」においては、サンゴ礁－海草藻場間・海草藻場－マングローブ間・マングローブ上流からの流入河川において流動観測と水質観測を同時に行ない、各個別生態系同士の相互作用を調べる。</p> <p>サブテーマ②: 干潟における地盤等物理特性と生物生息の関係</p> <p>本サブテーマでは、まず、近年注目を浴びている、干潟や浅海域の修復に関連し、干潟生物にとって、地盤の堅さが大きな生息規定要因となっていることから、従来全く未解明であった地盤工学的な視点から生物生息場の関連を調べる研究や、干潟浅場造成の目標の一つである高次の生物生息場の餌環境の把握を目指した研究を進展させる。</p> <p>2イ-0402「干潟地盤環境の動態モデルの開発(平成 16～18 年度)」においては、潮汐と応答して干潟土砂表層で生じている土砂環境動態を定量的に捉え、モデル化を通じて現象を記述する。</p> <p>2イ-0403「干潟の底質浮遊特性に関する現地観測(平成 16～18 年度)」においては、浮遊砂観測を通して干潟地形の変動機構を調べる。</p> <p>2イ-0701「干潟再生に向けた地盤環境設計技術の開発(平成 19～21 年度)」においては、これらの研究を発展させ、潮汐変動にともなう地下水変動や蒸発散、サクシンの発達等によって、微小な応力変化が生じ、これが表層地形の形成ならびに底生生物の活動に影響している現象を解析する。さらに、これらの地盤工学に基づいた成果を総合し、豊かな干潟環境を実現するための具体的な設計手法について検討する。</p> <p>2イ-1001「干潟生態地盤学の展開による生物住環境診断チャートの作成」においては、上記実施項目での研究成果を受け、よ</p>

り広範な底生生物種について、地盤工学的な指標での住環境の評価を行う。

2 イ-0801「沿岸生態系における高次栄養段階生物の食性に関する調査及び実験」は、鳥や魚介類など、干潟浅場造成の目標となる高次の生物の餌環境に着目し、食物連鎖を通じたこれらの高次生物の食性解析を目指した研究であり、平成 20 年度から開始した。

2 イ-0802「豊かな海の実現に向けた、内湾水質・生態系シミュレーターの開発」では、以上の個々の素過程に着目した研究の知見や成果を統合し、豊かな内湾環境を実現するために必要な環境施策は何かを調べ、それらの選択ツールとしてのモデル開発を目指すものである。

さらに、今後の地球温暖化に伴う課題に緊急に対応し、特に港湾をはじめとする沿岸域での有効な緩和策を提案するために、沿岸生態系が有するCO<sub>2</sub>吸収能力を見積もり、能力を最大限に引き出す手法を検討するための研究実施項目「沿岸生態系によるCO<sub>2</sub>吸収量の定量化とその強化に関する調査・実験」を、平成 21 年度から特別研究として開始する。本研究実施項目では、生物作用による地球温暖化緩和策を検討するとともに、海面上昇による沿岸生態系へのインパクトを定量化することを目指す。

サブテーマ③: 浚渫にかかわる環境修復技術の開発

東京湾などの内湾域においては、大規模な浚渫窪地の存在が環境悪化の原因となっていることから、それを埋め戻すことによる修復効果を評価する。埋め戻しの有力な材料は浚渫土砂であるが、その化学物質汚染の定量化、特に水生生物への食物連鎖を通じた影響の解析が重要な課題である。そこで、二つの研究実施項目を経時的に実施する。

2 イ-0601「浚渫土砂を利用した環境修復手法に関する調査及び解析」において、三河湾における窪地埋め戻し似合わせた環境調査を実施し、生物・生態系への修復効果を検討する。

さらに平成 21 年度からは、その実施項目の成果を発展させ、修復効果を定量化する手法の開発を目指した研究実施項目「浚渫土砂を利用した環境修復効果の予測手法の提案」を開始し、全国様々な内湾の窪地修復技術の一般的な手法となる技術マニュアル化を目指す。

なお、具体的な浚渫にかかわる工法を検討する二つの実施項目を当初予定していたが、いずれも研究開始のための環境整備が整わないため断念し、それを補完するための作業は、平成 21 年度開始の実施項目の中で行う予定である。

#### ・研究内容を構成する研究実施項目

研究実施項目は、各サブテーマの下に当初8項目を設定したが、目標の達成のために、サブテーマ②においては平成 20 年度から実施項目を1つ追加し、さらに平成 21 年度から1項目追加した。また、サブテーマ③については、研究の進行状況や人員の配置等を考慮し、平成 20 年度開始予定の実施項目2件を取りやめ、その代替として、平成 21 年度から新規実施項目1件を開始する。

サブテーマ①: 亜熱帯沿岸域生態系の特性と相互作用

- ・「亜熱帯沿岸域に生育する海藻藻類の生育条件と分類体系に関する現地観測及び培養実験」2 イ-0401
- ・「亜熱帯沿岸域の複合生態系における相互作用に関する現場観測及び解析」2 イ-0501

サブテーマ②: 干潟における地盤等物理特性と生物生息の関係

- ・「干潟地盤環境の動態モデルの開発」2 イ-0402
- ・「干潟の底質浮遊特性に関する現地観測」2 イ-0403
- ・「干潟再生に向けた地盤環境設計技術の開発」2 イ-0701
- ・「沿岸生態系における高次栄養段階生物の食性に関する調査及び解析」2 イ-0801
- ・「豊かな海の実現に向けた、内湾水質・生態系シミュレーターの開発」2 イ-0802
- ・「沿岸生態系による CO<sub>2</sub> 吸収量の定量化とその強化に関する調査・実験」2 イ-0901
- ・「干潟生態地盤学の展開による生物住環境診断チャートの作成」2 イ-1001

サブテーマ③: 浚渫にかかわる環境修復技術の開発

- ・「浚渫土砂を利用した環境修復手法に関する調査及び解析」2 イ-0601
- ・「浚渫土砂処分を目的とした海底への汚濁防止排出工法の開発」2 イ-0702 (中止)

- ・「浚渫窪地修復時における浮泥処理技術の開発」2 イ-0801 (中止)
- ・「浚渫土砂を利用した環境修復効果の予測手法の提案」2 イ-0902\*

### 平成 21 年度までの研究成果

#### サブテーマ①: 亜熱帯沿岸域生態系の特性と相互作用

2イ-0401-キ-21「亜熱帯沿岸域に生育する海草藻類の生育条件と分類体系に関する現地調査及び培養実験」においては、混乱していたウミヒルモ類の分類を最新の遺伝子解析手法をもちいて解明するとともに、新種である緑藻類の同定や生息環境の調査を実施し、国際的に高い評価を得ることができた。

2イ-0501-キ-21「亜熱帯沿岸域の複合生態系における相互作用に関する現地観測及び解析」においては、石垣島吹通川河口域における、マングローブ・藻場間、及びサンゴ礁・藻場間の栄養塩フラックスに関する基礎データを得ることができた。

#### サブテーマ②: 干潟における地盤等物理特性と生物生息の関係

2イ-0402-キ-31「干潟地盤環境の動態モデルの開発」においては、干潟の干出・水没に伴ってサクシオンが変動し、その結果として地盤強度特性が変動するという津尾する基本的な機構を明らかにした。

2イ-0403-キ-25「干潟の底質浮遊特性に関する現地観測」においては、干潟の地形変化をもたらす浮遊砂の特性に関する知見を得ることができた。

2イ-0701-オ-31「干潟再生に向けた地盤環境設計技術の開発」においては、上述の地盤工学及び海岸工学の知見を進展させ、干潟底生生物の住環境にサクシオンなどの地盤工学的な要素が決定因子となっていること、干潟のパートラフ地形の維持にもサクシオン変動が関与していることを明らかにした。

2イ-0801-キ-27「沿岸生態系における高次栄養段階生物の食性に関する調査及び実験」においては、鳥類を中心とした食性調査を各地の干潟で広範に実施した。その結果カナダでの泥質干潟において微生物膜が鳥類の主食であるという従来の常識を覆す成果が得られた。

2イ-0802-オ-31「豊かな海の実現に向けた内湾水質・生態系シミュレーターの開発」においては、STOCモデルをベースに、流動モデル開発をほぼ完成させ、生態系モデルの基本構造を決定した。

2イ-0902-キ-21「沿岸生態系によるCO2吸収量の定量化とその強化に関する調査・実験」においては、様々な文献調査を行って従来の知見を情報収集するとともに、沿岸域の生物が吸収・放出する CO2 量を測定するため、実験施設を改良して予備的な実験を開始した。干潟・藻場の現地においては CO2 吸収に関わる生物や吸収速度に関する観測を開始した。

#### サブテーマ③: 浚渫にかかわる環境修復技術の開発

2イ-0601-キ-27「浚渫土砂を利用した環境修復手法に関する調査及び解析」においては、我が国における浚渫窪地に関する現状を解析し、窪地の類型化を行うとともに、三河湾における窪地修復に合わせた調査を実施し、化学物質の集積に関する現地調査、土砂投入時の濁り拡散調査を独自に実施して従来得られなかった基本情報を入手すると共に、連携研究機関との一連の成果をとりまとめ、窪地埋め戻し修復の定量的な効果を見積もることができた。

2イ-0901 オ-21「浚渫土砂を利用した環境修復効果の予測手法の提案」においては、海外を含めた様々な海域での窪地の実態やその修復事例を収集し、浚渫土砂の発生・海洋投入処分や有効利用の実態把握を通して、浚渫土砂の発生から利用までの流れを定量的に把握した。

### 平成 21 年度までの成果公表

#### サブテーマ①: 亜熱帯沿岸域生態系の特性と相互作用

- ・2イ-0401-キ-21「亜熱帯沿岸域に生育する海草藻類の生育条件と分類体系に関する現地調査及び培養実験」

英文査読付き論文3編

- ・2イ-0501-キ-21「亜熱帯沿岸域の複合生態系における相互作用に関する現場観測及び解析」

港空研資料1編

#### サブテーマ②: 干潟における地盤等物理特性と生物生息の関係

- ・2イ-0402-キ-31「干潟地盤環境の動態モデルの開発」

港空研報告1編、港空研資料1編、査読付和文論文1編、同英文論文1編.

- ・2イ-0403-キ-25「干潟の底質浮遊特性に関する現地観測」  
港空研報告1編、査読付き英文論文2編、同和文論文2編。
  - ・2イ-0701-オ-31「干潟再生に向けた地盤環境設計技術の開発」  
港空研報告1編(2010年5月公表審査委員会)、査読付き英文論文6編、同和文論文11編
  - ・2イ-0801-キ-27「沿岸生態系における高次栄養段階生物の食性に関する調査及び実験」  
査読付き英文論文2編、同和文論文3編
  - ・2イ-0802-オ-31「豊かな海の実現に向けた内湾水質・生態系シミュレーターの開発」  
査読付き英文論文1編、同和文論文1編
  - ・2イ-0902-キ-21「沿岸生態系によるCO2吸収量の定量化とその強化に関する調査・実験」  
査読付き英文論文2編
- サブテーマ③: 浚渫にかかわる環境修復技術の開発
- ・2イ-0601-キ-27「浚渫土砂を利用した環境修復手法に関する調査及び解析」  
査読付き和文論文1編、同英文論文1編、その他3編。
  - ・2イ-0901-オ-21「浚渫土砂を利用した環境修復効果の予測手法の提案」  
査読付き英文論文2編

#### 平成21年度までの成果活用

研究実施項目「干潟の底質浮遊特性に関する現地観測」によって開発されたシルトの流動モデルは人工干潟の地形変化予測などに活用できると考えられる。

「干潟再生に向けた地盤環境設計技術の開発」の成果は、実際の干潟・浅場造成において地下水位との関連で地盤高の設定が計画されるなど、最新の知見を利用した現地の設計に活かされている。また、干潟造成後においてもサクシオンなどの地盤環境項目が標準的なモニタリング項目として設定されるようになるなど、成果の活用が広がった。

「沿岸生態系における高次栄養段階生物の食性に関する調査及び実験」の成果は、鳥の食性に関してこれまで考慮されてこなかった微生物膜が重要であるとの認識が高まり、干潟等のモニタリング項目にこれらの指標が追加されるようになった。

「豊かな海の実現に向けた内湾水質・生態系シミュレーターの開発」におけるモデル開発の目標設定や、必要なスペックなどについては、伊勢湾など、各内湾再生行動計画の策定とその実施、施策の評価に利用され始めている。

「浚渫土砂を利用した環境修復手法に関する調査及び解析」においては、三河湾における窪地埋め戻し効果を定量化し、経済評価を含めた効果の評価手法を提案することができた。この手法の基本的な考え方は様々な内湾の窪地埋め戻し修復計画の策定や施工・評価などにも利用可能である。

「浚渫土砂を利用した環境修復効果の予測手法の提案」においては、我が国内外での窪地修復事例を収集し、全国各地で検討されている窪地修復計画において参考となる事例を整理することができた。

**表－6.3.1 2イ「沿岸生態系の保全・回復に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度終了研究実施項目(その1)**

<b>研究実施項目番号</b> 2イ-0701-オ-31
<b>研究実施項目名</b> 干潟再生に向けた地盤環境設計技術の開発
<b>研究目標</b> ・背景 沿岸環境再生と浚渫土砂有効活用を両立させる人工干潟造成に対する期待が高まっている。従来の研究アプローチは生物学的、水理学的、環境化学的なものが主であったが、本実施項目が対象としている干潟土砂の物理・力学に関する地盤工学的研究の必要性・重要性も新たな研究アプローチとして着目されつつある。 ・目標・アウトプット 生物の棲息に適した保水性を有する健全な干潟地盤環境動態を実現するための設計・施工技術について提案することを目標とし、アウトプットとして調査・設計・施工指針をとりまとめる。
<b>研究内容</b> 平成 16～18 年度に実施した「干潟地盤環境の動態モデルの開発」で得られた干潟土砂に関する基礎的な知見、すなわち、干潟土砂の地形形成、土砂安定、生物活動にサクシオンを核とする土砂環境動態が重要であるという知見に基づいて、活力のある干潟土砂を実現するための調査法、設計法、施工法について検討し、指針等としてとりまとめる。
<b>年度毎の研究内容</b> 平成 16～18 年度に「干潟地盤環境の動態モデルの開発」を実施し、干潟地盤環境におけるサクシオン動態が、干潟地盤の形成のみならず、底生生物の食・住活動にも重要な役割を果たしていることを明らかにした。 平成 19 年度は、干潟地盤における微地形の評価方法として無人飛行機(UAV)等を活用した方法を開発し、設計(微地形)・施工(モニタリング)への応用方法について検討した。 平成 20 年度は、干潟地盤の地盤環境動態実現方法に関連して、覆砂の設計・施工法(土砂の安定)、干潟に活用する土砂に要求される性能(底生生物住活動)等について検討した。 平成 21 年度は、干潟地盤における健全な地盤環境動態の設計技術をとりまとめた。また、造成直後に人が立ち入ることに対する人工干潟の安全性の評価手法について検討し、とりまとめた。
<b>研究成果(アウトプット)</b> 干潟地盤における微地形の評価方法として小型の無人飛行機(UAV)に搭載したデジタルカメラ画像を活用した干潟微地形の高精度な評価手法を開発した。干潟土砂のサクシオン動態がもたらすせん断強さの分布が土砂の安定に寄与していることを解明した。干潟の保水性を保持するため、空気侵入値を支配する粒度を設計で考慮し、微地形とリンクさせてせん断強さの分布を基に土砂の安定性を評価するなど、干潟地盤の設計手法を提示した。また、造成された人工干潟の安全性評価の手法として、MASW(多チャンネル型表面波探査)を活用した手法が効率的であることも示した。
<b>成果の公表</b> 査読付き論文発表(計19編＝英文8編＋和文11編) Sassa, S. and Watabe, Y. (2009): Ecological Geotechnics: Performance of benthos activities controlled by suction, void and shear strength in tidal flat soils, Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Alexandria, pp.316-319. Sassa, S. and Watabe, Y. (2009): Persistent sand bars explained by geodynamic effects, Geophysical Research Letters, Vol.36, L01404, doi:10.1029/2008GL036230. Sassa, S. and Watabe, Y. (2009). Role of Waterfront Suction and Related Geoenvironments in Benthic Ecology of Intertidal Flats. Proc. 2nd Int. Multidisciplinary Conference on Hydrology and Ecology: Ecosystems Interfacing with Groundwater and

Surface Water, Vienna

Watabe, Y. and Sassa, S. (2008): Application of MASW technology to identification of tidal flat stratigraphy and its geoenvironmental interpretation, Marine Geology, Vol.252, pp.79-88, doi: 10.1016/j.margeo.2008.03.007

Sassa, S. and Watabe, Y. (2008): Threshold, optimum and critical geoenvironmental conditions for burrowing activity of sand bubbler crab Scopimera globosa, Marine Ecology Progress Series, Vol.354, pp.191-199, doi:10.3354/meps07236

Watabe, Y. and Sassa, S. (2008): Application of UAV aerial photography to temporospatial assessment of tidal flat geomorphology, Proceedings of 4th International Conference on Scour and Erosion, pp.519-525.

Sassa, S. and Watabe, Y. (2008): Morphodynamics of intertidal sand bars: Feedback between sediment transport and suction dynamics effects, Proceedings of 4th International Conference on Scour and Erosion, pp.567-573.

Kuwaie, T., Beninger, P. G., Decottignies, P., Mathot, K. J., Lund, D. R., and Elner, R. W. (2008): Biofilm grazing in a higher vertebrate: the western sandpiper, calidris mauri, Ecology: Vol. 89, No. 3, pp. 599-606.

渡部要一、佐々真志 (2009): UAV と MASW を活用した効率的な干潟堆積土砂調査、海岸工学論文集、第 56 巻、pp.1441-1445.

渡部要一、佐々真志、林 宏一、小林耕一 (2009): 濤沸湖における湖口周辺砂州の表面波探査を活用した堆積形成史の復元、海岸工学論文集、第 56 巻、pp.661-665.

渡部要一、佐々真志、林 宏一 (2009): 多種多様な干潟で得られた干潟土砂堆積構造のスペクトル解析、海岸工学論文集、第 56 巻、pp.1096-1100.

佐々真志、渡部要一、梁 順普 (2009): 生態地盤学の展開によるアサリの潜砂性能の系統的解明、海岸工学論文集、第 56 巻、pp.1116-1120.

佐々真志、渡部要一、梁 順普 (2009): 多種多様な干潟底生生物の住活動性能と適合・限界場の相互関係、海岸工学論文集、第 56 巻、pp.1226-1230.

佐々真志、渡部要一 (2008): 干潟バー地形の動的安定機構の解明: 海岸工学論文集、第 55 巻、pp.1176-1180.

渡部要一、佐々真志 (2008): UAV を活用した干潟微地形の時空間評価の試み、土木学会論文集B、Vol.64、No.1、pp.24-29, doi:10.2208/jscejb.64.24

渡部要一、佐々真志、河野健二 (2007): 岸沖・沿岸両方向に発達した干潟多段バー・トラフの堆積構造とその形成要因、海岸工学論文集、第 54 巻、pp.1166-1170.

佐々真志、渡部要一 (2007): アサリの潜砂限界強度について、海岸工学論文集、第 54 巻、pp.1196-1200.

佐々真志、渡部要一、石井嘉一 (2007): 干潟と砂浜の保水動態機構と許容地下水位の解明、海岸工学論文集、第 54 巻、pp.1151-1155.

佐々真志、渡部要一、川野泰広、中島謙二郎、吉田秀樹 (2007): 泥質干潟再生に向けた土砂環境動態評価手法の開発: 自然泥干潟および干潟実験施設への適用、海洋開発論文集、第 23 巻、pp.507-512.

港空研報告(和文1編)

渡部要一、佐々真志、桑江朝比呂、梁 順普、田中政典 (2010): 多チャンネル型表面波探査に基づいた干潟土砂堆積構造の評価～せん断波速度構造の考察と人工干潟安全管理手法の提案～(2010年9月予定)

#### 成果の活用

自然干潟の維持ならびに人工干潟の造成において、干潟地盤の安定性や底生生物住環境を設計に反映することにより、豊かな生態系実現に向けた干潟地盤の維持・造成の指針を提案した。これらの成果は、「快適な国土の形成」における「沿岸生態系の保全・回復」に大きく寄与するものである。実際、最近の干潟のモニタリング項目に、サクシオンやペーセン断強さの計測が積極的に取り入れられており、土質力学的な視点が実務でも取り入れられている。

## 7) 2ウ「広域的・長期的な海浜変形に関する研究テーマ」

表一7.1 2ウ「広域的・長期的な海浜変形に関する研究テーマ」の研究目標

<p><b>・社会的、学術的観点から見た研究の必要性</b></p> <p>日本の海岸面積は侵食のために年間160ha減少している。各地で砂浜や干潟を保全したり回復したりする努力がなされているものの、長期あるいは広域の地形変動の実態が十分に把握されていないため、砂浜や干潟の保全・回復が十分に図られているとは言い難いのが現状である。このため、広域的な総合土砂管理の必要性が社会・行政から強く求められ、砂浜や干潟を保全・回復するための研究が必要となっている。また、学術的には、地形変動現象の把握解明、および長期地形変動の数値シミュレーションモデルの信頼性が、社会の要請に応えきれておらず、より一層、精度と信頼性の高い、地形変動予測システムの構築が求められている。</p>
<p><b>・研究テーマ、サブテーマ、重点研究課題、研究実施項目の関連</b></p> <p>本研究テーマは、以下の3つのサブテーマからなる。</p> <p>①地形変動特性・底質移動特性の把握</p> <p>②地形変動に関する数値シミュレーションモデルの開発</p> <p>③広域的・長期的な海岸維持管理手法の開発</p> <p>サブテーマ②の”地形変動に関する数値シミュレーションモデルの開発”は、平成18年度の今期中期計画の当初から重点研究課題として位置づけられている。</p>
<p><b>・見込まれる成果の内容(アウトプット)</b></p> <p>サブテーマ①</p> <p>長期(20年程度)の断面変動特性や広域的な海浜変形特性、及び汀線近傍の短期的な地形・底質変化、離岸堤など構造物周辺の中期的な地形変化の特性が明らかとなる。また、海底面下の砂の移動速度を直接測定する技術が開発される。</p> <p>サブテーマ②</p> <p>長期及び短期の地形変動の再現が可能な数値シミュレーションモデルが開発される。</p> <p>サブテーマ③</p> <p>埋設有孔管による土砂除去・輸送工法など効率的な海岸保全手法が開発される。</p>
<p><b>・見込まれる成果の社会的および行政的な効用、意義(アウトカム)</b></p> <p>地形変動予測モデルが開発され、効率的な海岸保全手法が見出されることにより、海面上昇等の大規模な環境変化にも対応したより適切な、すなわち、安全でかつ環境に配慮した、海岸の創出に資する。</p>

**表－7.2 2ウ「広域的・長期的な海浜変形に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度までの研究成果**

<p><b>平成 22 年度のサブテーマ目標</b></p> <p>サブテーマ①: 地形変動特性・底質移動特性の把握</p> <p>波崎海洋研究施設(HORS)における海象海浜に関する定常観測を継続すると共に、昭和 61 年以降 20 ヶ年の観測成果を検討し解析結果をとりまとめる。平成 21 年度から開始した面的な観測データを解析し、従来の成果との比較検討を行う。</p> <p>サブテーマ②: 地形変動に関する数値シミュレーションモデルの開発</p> <p>昨年度は、これまでに実施してきた砂浜の断面変化の定量的予測モデルや、潮流と海浜流を考慮した平面地形変化予測に関するモデル構築の成果を受け、特に砕波帯の過程を陽に取り込んだ、汎用的な地形変化予測モデルの開発に着手したが、平成 22 年度においても引き続きその開発を行う。</p> <p>サブテーマ③: 広域的・長期的な海岸維持管理手法の開発</p> <p>有孔管を用いた土砂輸送手法を実用化し、土砂だけの輸送法の確立を目指すと共に、実海域での試験施工結果を解析して自然エネルギーの利用方法についても検討を進める。また、上記のサブテーマ①及び②の成果を受け、確率的な要素を取り入れた、長期的な砂浜の維持管理設計法に関する研究に着手する。</p>
<p><b>研究内容</b></p> <p><b>・課題解決のための研究内容</b></p> <p>広域的・長期的な海浜変形に関する研究を実施するため、3つのサブテーマを設け研究を実施する。すなわち、下記のサブテーマ毎に、以下の内容の研究を実施する。</p> <p>サブテーマ①: 地形変動特性・底質移動特性の把握</p> <p>当所が保有する波崎海洋研究施設(HORS)における現地観測データの蓄積を継続するとともに、現地観測手法の開発改良に関する研究を並行実施し、観測業務の高度化をはかるものである。</p> <p>サブテーマ②: 地形変動に関する数値シミュレーションモデルの開発</p> <p>数値シミュレーションモデルの開発を行うにあたっては、当所が保有する波崎海洋研究施設(HORS)における現地観測データ等によって検証を行う。</p> <p>サブテーマ③: 広域的・長期的な海岸維持管理手法の開発</p> <p>効率的な海岸の維持管理のため、現地実証試験等を通じて具体的な工法を開発する。本中期期間においては、サンドバイパス工法の実用化を主たる目標として開発研究を行う。また、上記のサブテーマ①及び②の成果を受け、確率的な要素を取り入れた、長期的な砂浜の維持管理設計法を提案する。</p> <p><b>・研究内容を構成する研究実施項目</b></p> <p>サブテーマ①: 地形変動特性・底質移動特性の把握</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2ウ-0101-キ-28「波崎海洋研究施設(HORS)等における沿岸域の地形変動や土砂輸送に関する観測と解析」</li> </ul> <p>波崎海洋研究施設(HORS)等を活用した現地海浜観測および海象観測を実施し、現地観測データの蓄積をはかるものである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2ウ-0401-オ-25「画像処理による長期海浜変形の解析」</li> </ul> <p>全国の数多くの海浜における長期海浜変形を計測するため、ビデオ画像情報を活用する観測手法を開発するものである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2ウ-0402-キ-25「汀線近傍の地形変化と底質変化に関する現地観測」</li> </ul> <p>波崎海洋研究施設(HORS)を活用した現地海浜観測として、特に、汀線近傍の地形変化と底質変化との関連に関する観測データを取得・解析するものである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2ウ-0403-オ-25「沿岸域の大規模構造物周辺の中期地形変化に関する資料解析」</li> </ul> <p>航空写真等を用いて、沿岸域の大規模構造物周辺の中期地形変化に関する資料解析を行うものである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2ウ-0601-オ-42「海底面下の流砂速度のM系列変調した超音波による計測」</li> </ul> <p>底質移動特性を把握するため地表面下の砂移動速度の測定技術の開発を行うものである。</p>

サブテーマ②: 地形変動に関する数値シミュレーションモデルの開発

上記①の各研究実施項目で得られた観測成果を活用して、数値シミュレーションモデルの開発するものであり、本中期間中には、下記研究実施項目を通じて、各種モデルの開発を行う。

・2ウ-0501-カ-28「長周期波、戻り流れ及び波の非線形性を考慮した砂浜の断面変化の定量的予測手法の開発」

波崎海洋研究施設で得られた砕波帯内における15年間の波浪・断面データを基に、岸沖漂砂量公式を提案するとともに、この漂砂量公式を用いて断面変化数値シミュレーションモデルを開発し、15年間の汀線変動、沿岸砂州の移動の再現性を検討する。

・2ウ-0701-キ-28「波の遡上域の地形変化に関する現地観測とモデル化」

総合土砂管理の必要性が求められる社会行政からの要請に応じて平成19年度から開始した研究実施項目であり、波崎海洋研究施設によって長年蓄積されたデータおよび知見をもとに、波の遡上域の地形変化特性を検討しモデル化を行うものである。これまでの数値シミュレーションでは再現困難であったバームの発達と消滅を再現できる数値モデル開発が目標である。

・2ウ-0702-キ-28「潮流と海浜流を考慮した平面地形変化のモデル化」

総合土砂管理の必要性が求められる社会行政からの要請に応じて平成19年度から開始した研究実施項目であり、漂砂研究室を中心に沿岸環境領域の2主席研究官も担当として加わり、平面地形変化のモデル化を検討するものである。これまでの数値シミュレーションではなかった潮流と海浜流を同時に考慮した数値モデル開発が目標である。

・2ウ-0901-カ-25「沿岸漂砂による長期的海浜変形の予測手法の検討」

2ウ-0501-カ-28、2ウ-0701-キ-28 および2ウ-0702-キ-28 でそれぞれ開発された数値モデルを統合し、主として沿岸漂砂によって生じる構造物周辺における地形変化について、高精度で長期間予測可能な手法構築を試みるものである。

サブテーマ③: 広域的・長期的海岸維持管理手法の開発

・2ウ-0404-カ-43「沈設有孔管による土砂除去・輸送工法の実証試験」

養浜のための底質の効果的な採取、輸送、排出方法を検討するものである。

・2ウ-0703-カ-43「有孔管を用いた簡易・効率的土砂除去・輸送工法の改良」

2ウ-0404-カ-43「沈設有孔管による土砂除去・輸送工法の実証試験」を発展させた研空実施項目である。開発された工法の適用範囲を拡大し、土砂の除去と輸送を簡易・効率的に行えるものを研究する。

・2ウ-1001-カ-25「長期変動特性を考慮した砂浜の維持管理設計手法の開発」

サブテーマ①で蓄積された現地観測データとサブテーマ②で開発したモデルを基に、確率的な視点を取り入れ、効率的な海岸の維持管理手法を検討するものである。

**平成21年度までの研究成果**

サブテーマ①: 地形変動特性・底質移動特性の把握

・2ウ-0101-キ-28「波崎海洋研究施設(HORS)等における沿岸域の地形変動や土砂輸送に関する観測と解析」

HORSにおいて波、流れ、断面地形などの長期観測を継続している。平成18年度および平成21年度には、断面測量データ、沿岸流データの20ヵ年(昭和61年～平成17年)の変動特性のとりまとめを行った。平成21年度には、さらに、ビデオ画像および自律走行ボートやレーザーによる測量結果の解析などを行った。

・2ウ-0401-オ-25「画像処理による長期海浜変形の解析」

平成18年度で終了した実施項目である。これまでに進めてきたビデオ画像の解析により沿岸流速とバーの移動に関する解析に関する基礎的な検討の結果し、港空研報告として、研究成果のとりまとめが完了した。

・2ウ-0402-キ-25「汀線近傍の地形変化と底質変化に関する現地観測」

平成18年度で終了した実施項目である。波崎海洋研究施設において長年蓄積された観測データをもとに、所期の目標をほぼ達成することができた。

・2ウ-0403-オ-25「沿岸域の大規模構造物周辺の中期地形変化に関する資料解析」

平成18年度で終了した実施項目である。大規模構造物が建設された新潟西海岸と大規模防波堤が建設された鹿島港海岸を研究対象領域とし、構造物周辺の深浅データを解析することによって中期的な地形変化特性を検討するとともに、波浪などの外力

との関係を検討した結果、港空研報告として、研究成果のとりまとめが完了した。

- ・2ウ-0601-オ-42「海底面下の流砂速度のM系列変調した超音波による計測」

平成 18 年度途中で、担当研究者が人事異動のため不在となり、やむなく中断した実施項目である。

サブテーマ②: 地形変動に関する数値シミュレーションモデルの開発

- ・2ウ-0501-カ-28「長周期波、戻り流れ及び波の非線形性を考慮した砂浜の断面変化の定量的予測手法の開発」

平成 17、18 および 19 年度には、波崎海洋研究施設で得られた砕波帯内における 15 年間の波浪・断面データを基に、岸沖漂砂量公式を提案するとともに、この漂砂量公式を用いて断面変化数値シミュレーションモデルを開発し、15 年間の汀線変動、沿岸砂州の移動の再現性を検討を行いつつあり、さらなるモデルの改良に取り組んでいるところである。

- ・2ウ-0701-キ-28「波の遡上域の地形変化に関する現地観測とモデル化」

波崎海洋研究施設における現地観測データをもとに、海浜のバームの発達と消滅を予測することを目的とした数値モデル開発を行うものである。平成 20 年度には、モデルの概略の構築を行い、2008 年度には構築したモデルの妥当性と適用範囲の検討を行っている。

- ・2ウ-0702-キ-28「潮流と海浜流とを考慮した平面地形変化のモデル化」

浜名湖のような感潮湖周辺や緩勾配の干潟などにおける平面地形変化を予測再現することができる潮流と海浜流とを同時に外力として考慮する数値モデル開発をおこなうものである。平成 20 年度にモデルの概略の構築を行い、平成 20 年度には構築したモデルの妥当性と適用範囲の検討を行っている。

- ・2ウ-0901-カ-25「沿岸漂砂による長期的海浜変形の予測手法の検討」

平成 21 年度は、既存の漂砂量式やデータを基に、砕波を考慮した沿岸漂砂量公式を構築するとともに、それを用いて鹿島灘海岸における昭和 62～平成 13 年までの沿岸漂砂量の岸沖分布を計算する。

サブテーマ③: 広域的・長期的海岸維持管理手法の開発

- ・2ウ-0404-カ-43「沈設孔管による土砂除去・輸送工法の実証試験」

装置の形状のさらなる改良を行い、酒田港における2回の現地実証実験等の結果、粘性を有する土砂に対する水ジェット掘削効果及び適用範囲等に関する知見を得た。所期の目標をほぼ達成できる成果が得られたため、計画通り、平成 18 年度末に本研究実施項目を終了した。

- ・2ウ-0703-カ-43「有孔管を用いた簡易・効率的土砂除去・輸送工法の改良」

総合土砂管理に対する強い行政ニーズをふまえて、風力エネルギーの活用による恒久的に土砂輸送が可能となるシステムの概念設計を実施した。また、宮崎港における現地実証実験を通じて、システムの運用性の一層の改良を実現した。

## 平成 21 年度までの成果公表

サブテーマ①: 地形変動特性・底質移動特性の把握

- ・2ウ-0101-キ-28「波崎海洋研究施設(HORS)等における沿岸域の地形変動や土砂輸送に関する観測と解析」

港空研報告	3編(45-4 が2編、46-1 が1編)
港空研資料	0編
英文査読論文	7編(JGR が1編、CoastalSediment2007 が1編、他2編)
和文査読論文	7編(土木学会論文集、海講 2007 など)
その他	0編
特許出願	0件

- ・2ウ-0401-オ-25「画像処理による長期海浜変形の解析」

港空研報告	1編
港空研資料	0編
英文査読論文	0編
和文査読論文	0編
その他	0編

特許出願	0件
・2ウ-0402-キ-25「汀線近傍の地形変化と底質変化に関する現地観測」	
港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	1編
和文査読論文	2編
その他	0編
特許出願	0件
・2ウ-0403-オ-25「沿岸域の大規模構造物周辺の中期地形変化に関する資料解析」	
港空研報告	1編
港空研資料	0編
英文査読論文	1編
和文査読論文	0編
その他	0編
特許出願	0件
・2ウ-0601-オ-42「海底面下の流砂速度のM系列変調した超音波による計測」	
港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	0編
和文査読論文	0編
その他	0編
特許出願	0件
サブテーマ②: 地形変動に関する数値シミュレーションモデルの開発	
・2ウ-0501-カ-28「長周期波、戻り流れ及び波の非線形性を考慮した砂浜の断面変化の定量的予測手法の開発」	
港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	2編 (ISOPE2007 など)
和文査読論文	1編
その他	0編
特許出願	0件
・2ウ-0701-キ-28「波の遡上域の地形変化に関する現地観測とモデル化」	
港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	2編 (Coastal Sediment2007 など)
和文査読論文	5編 (海講 2007 に2編、2008 に2編)
その他	0編
特許出願	0件
・2ウ-0702-キ-28「潮流と海浜流とを考慮した平面地形変化のモデル化」	
港空研報告	1編(投稿中)
港空研資料	0編
英文査読論文	1編 (River、Coastal and Estuary Morphodynamics2007)
和文査読論文	2編 (海講 2007)

その他	3編 (流体力学会 2007 に1編、インドとの共同開催 WS 講演集1編、ヨーロッパ地球物理学会で1編)
特許出願	0件
・2ウ-0901-カ-25「沿岸漂砂による長期的海浜変形の予測手法の検討」	
港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	0編
和文査読論文	1編
その他	0編
特許出願	0件
サブテーマ③: 効率的な海岸の維持管理手法の検討	
・2ウ-0404-カ-43「沈設孔管による土砂除去・輸送工法の実証試験」	
港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	2編 (2007.5 発表1編)
和文査読論文	1編 (2007.7 発表1編)
その他	2編
特許出願	1件
・2ウ0703-カ-43「有孔管を用いた簡易・効率的土砂除去・輸送工法の改良」	
港空研報告	0編
港空研資料	0編
英文査読論文	1編 (WorldDredgingCongress2007)
和文査読論文	1編 (海洋開発 2007)
その他	0編
特許出願	1件

### 平成 21 年度までの成果活用

サブテーマ①: 地形変動特性・底質移動特性の把握

アウトリーチ活動として、毎年、波崎研究成果報告会を開催している。地域の水産研究者や漁協関係者にも参加していただき、活発な情報交換を通じて、長期的かつ継続的な海象海浜観測の重要性を、関係者にアピールしている。また、本サブテーマにおける研究成果は、サブテーマ②のモデル開発に活用される。

サブテーマ②: 地形変動に関する数値シミュレーションモデルの開発

砂州の変動や汀線近傍の断面変化などの予測モデルが開発され、さらに、長期の地形変化に大きな影響を及ぼす沿岸漂砂量の岸沖分布の推定方法が開発された。これらのモデルを用いることによって効率的な海岸保全手法が見出されることにより、海面上昇等の大規模な環境変化にも対応した、より適切な、すなわち、安全でかつ環境に配慮した海岸が創出されることとなり、社会や行政に大きな貢献を果すことが期待される。

サブテーマ③: 広域的・長期的海岸維持管理手法の開発

現地実証試験を通じて、地域や一般の方々に、新しい工法のアピールを行っている。

**表-7.3.1 2ウ「広域的・長期的な海浜変形に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度終了研究実施項目(その1)**

<b>研究実施項目番号</b> 2ウ-0701-キ-28
<b>研究実施項目名</b> 波の遡上域の地形変化に関する現地観測とモデル化
<b>研究目標</b> ・背景 波崎海岸における前浜では、静穏時に発達したバームが荒天時に消滅する地形変化が繰り返されているものの(例えば、加藤・柳嶋の港研報告)、このようなバームの発達と消滅を表現する数値シミュレーションモデルは存在していない。 ・目標、アウトプット 波崎海洋研究施設における現地データをもとに、前浜の地形変化を引き起こす岸沖漂砂量の支配要因を検討するとともに、そのモデル化を行う。本モデルによりバームの発達と消滅が予測できるようになる。
<b>研究内容</b> 岸沖漂砂量の支配要因の検討
<b>年度毎の研究内容</b> 平成 19 年度: 現地データを基に波の遡上域の漂砂量の特性を検討するとともに、平均水面以上に適用できる地形変化モデルを作成した。 平成 20 年度: 19 年度に作成したモデルを、平均海面以下への地形変化も予測できるように改良した。 平成 21 年度: 20 年度に作成するモデルの検証を行うとともに研究のとりまとめを行った。
<b>研究成果(アウトプット)</b> 波崎海洋研究施設で取得された現地データを基に、波の遡上域の漂砂量の特性およびその特性と沖波波高との関係などを検討した。その結果に基づいて、汀線近傍の地形変化を予測するモデルを作成し、その精度を波崎海岸における地形データで検証した。
<b>成果の公表</b> ・論文発表状況 鈴木崇之、竹内麻衣子、友田尚貴、山口里実、栗山善昭(2007): バーム形成時および侵食時における岸沖漂砂量分布特性、土木学会海岸工学論文集、第 54 巻、pp. 486-490。 鈴木崇之、Sungwon Shin、Daniel T. Cox、森信人(2007): パー地形における底面上圧力勾配の岸沖分布特性の把握とその統計的モデル化、土木学会海岸工学論文集、第 54 巻、pp. 86-90。 Suzuki、T.、Takeuchi、M.、Tomoda、N.、Yamaguchi、S. and Kuriyama、Y.(2007): Spatial distribution of cross-shore sediment transport rate for berm formation and erosion、Coastal Sediments '07、pp. 2037-2048。 鈴木崇之・栗山善昭(2008): 汀線位置の長周期変動に対する汀線変化量と波浪エネルギーおよび沿岸流速との関係、土木学会論文集 B、Vol. 64、No. 4、pp. 280-290。 鈴木崇之・栗山善昭、バーム形成・侵食時の岸沖漂砂量分布の簡易モデル、土木学会海岸工学論文集、第 55 巻、pp. 471-475、2008。 Suzuki、T. and Kuriyama、Y. (2008): Simple models of cross-shore sediment transport rate for berm formation and erosion、Proc. of 31st Int. Conf. Coastal Eng.、Hamburg、ASCE、pp.1762-1773。 鈴木崇之・栗山善昭、汀線位置の長期変動特性および汀線位置変動の変化量に及ぼす沖波エネルギーフラックスと沿岸流速の影響、港湾空港技術研究所報告、Vol. 47、No. 3、pp. 3-30、2008。 鈴木崇之・栗山善昭(2009): バームの形成侵食に着目した短期地形変化モデル、海岸工学論文集、第 56 巻。
<b>成果の活用</b>

本研究成果により、時化による汀線近傍地形の短期的な侵食とその後の静穏時における砂浜の回復を推定できるようになる。このような短期的な地形変動が予測できるようになると、人工海浜の安定を高精度で予測できるようになるとともに、自然海浜においても護岸に波が当たらないようにするための必要砂浜幅(波が護岸に当たるとその前面が侵食されやすくなる)を精度良く決定することができるようになり、効率的な海岸整備が行えるようになる。

**表-7.3.2 2ウ「広域的・長期的な海浜変形に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度終了研究実施項目(その2)**

<b>研究実施項目番号</b> 2ウ-0703-カ-43
<b>研究実施項目名</b> 有孔管を用いた簡易・効率的土砂除去・輸送工法の改良
<b>研究目標</b> ・背景 砂浜侵食が社会問題化し、総合的土砂管理の必要性が高まっている。砂浜侵食の対策の1つとしてサンドバイパス工法がある。これまで、新たな工法として、波の作用を利用して砂を集積し輸送する簡易で効率的・経済的な自沈式有孔管によるサンドバイパス工法の開発に取り組んできた。 ・目標、アウトプット これまで開発した有孔管を用いた土砂集積輸送工法をベースに、フィールド実験等を主体として研究を行い、「圧密地盤への対応」「遠隔操作等運用性の向上」「風力等自然エネルギーの活用」「効率的な土砂輸送工法」等に関して検討を行い、本工法の汎用性、効率性の向上を図り、効率的な土砂除去・輸送工法の発展に資するものである。
<b>研究内容</b> 「圧密地盤への対応」については、水ジェット噴出能力等の向上による対応を、「遠隔操作等運用性の向上」については、ウインチによる遠方からの牽引による運用を、「風力等自然エネルギーの活用」では、風力エネルギーの活用及び、波・自然流、自然広こう配の活用による低速水路輸送の検討を行った。 これらの技術・検討結果を、種々の現場条件における適用事例等も含め、簡易な浚渫及び土砂輸送工法としてとりまとめた。
<b>年度毎の研究内容</b> 平成 19 年度 七里長浜港にてフィールド実験を行い、水ジェット機能の向上を図るとともに、ウインチによる遠方からの牽引による運用を行い、運用性の向上を図った。また、風力発電による運用の試設計を行った。 平成 20 年度 宮崎港にてフィールド実験を2回実施し、中継ポンプを用いて 420m の輸送距離に対応できることを実証した。 平成 21 年度 狭水路による低速土砂輸送工法について、システムの基本設計を行い、エネルギー効率、コスト等について試算するとともに、3 年間の研究内容を取りまとめた。
<b>研究成果(アウトプット)</b> 現地実証実験等により、簡易な土砂集積、及び土砂輸送工法について検討しとりまとめた。対象土質として細砂、輸送距離 420m 以内では、径 150mm の排砂管により 21m <sup>3</sup> /h の能力にて効率的に施工できることをフィールド実験より実証した。本工法は、砂浜侵食対策の一つの工法としての活用、あるいは、比較的小規模の港湾の維持浚渫等への活用できるものである。
<b>成果の公表</b> 〈研究所発表〉 ・永井紀彦・鈴木高二朗・牛山泉・西沢良史・細身雅生・小川路加・野口仁志(2008): 沿岸域中規模風車とその沿岸域への適用について、港空研資料、No.1180、31p 〈対外発表〉 ・野口仁志・栗山善昭・永井紀彦・鈴木高二朗(2007): 風力エネルギーを利用した有孔管方式によるサンドバイパスシステムの試設計、土木学会、海洋開発論文集 第 23 巻、pp1075-1080 ・Hitoshi.Noguchi・Yuji.Fujita(2007)、DEVELOPMENT OF SIMPLE SAND BYPASS SYSTEM USING A SELF-SINKING SUCTION PIPE WITH HOLES、World Dredging Congress X VIII Proceedigs.pp58-65

- ・野口仁志：、効率化を目指した施工法の開発、港湾空港技術振興会平成 21 年度定例講演会、pp31-44
- ・野口仁志(2008)、風力エネルギーを活用した有孔管方式による土砂集積輸送(サンドバイパス)システム、日本風力エネルギー協会機関誌、
- ・野口仁志 (2007)、自沈有孔管を用いた簡易な土砂集積輸送(サンドバイパス)工法の開発、作業船、、  
〈特許等の知的財産申請取得状況〉
- ・野口仁志(100%)、土砂輸送装置及び方法、特願 2008-4130

#### **成果の活用**

溝(トレンチ)及びシートを活用した土砂集積工法、簡易な移動機構による有孔管式浚渫工法、狭水路による低速土砂輸送工法について、机上検討、現地実証実験により取り組み、従来の工法と効率性、経済性等について比較検討し、その優位性を確認・実証した。これらの工法で使用する施工機材は一般的、汎用的な小型の機材で構成するものである。工事による船舶の航行への支障が少なく狭隘な海域での土砂集積、除去、輸送に適するものである。

本実施項目で得られたこれらの成果は、侵食された砂浜の復元・回復のためのサンドバイパス工法等として活用されることで、広域的・長期的海岸維持管理手法の1つとして寄与するものである。

## 8) 3ア「港湾・空港施設の高度化に関する研究テーマ」

表－8.1 3ア「港湾・空港施設の高度化に関する研究テーマ」の研究目標

### ・社会的、学術的観点から見た研究の必要性

これまで、物流拠点として港湾・空港施設の整備が進められてきたが、今後は、物流拠点や災害時の拠点として、ますます港湾・空港施設などの社会資本整備を進めていく必要性が高い。その一方で、社会資本整備を取り巻く情勢は厳しく、財政的制約はますます大きくなるものと考えられる。このような状況の下、社会資本整備を合理的・経済的に適切に行うためには、新しい設計・施工法を取り入れた施設建設だけでなく適切な維持管理手法等による施設の長寿命化や構造物のライフサイクルコストの削減を進めることが不可欠である。

また、多くの構造物の設計法が性能設計法に移行している昨今、構造物の重要性・緊急性を考慮しつつ構造物の性能を評価する手法の開発・改良を緊急に行うことも必要である。

### ・研究テーマ、サブテーマ、重点研究課題、研究実施項目の関係

本研究テーマでは、「港湾の施設の技術上の基準」に性能設計の考え方が本格的に導入され、その実施への技術的支援が急務であること、更に我が国の港湾・空港施設の設計の考え方を世界標準に組み入れる必要性があることから、重点研究課題として「国際標準化を目指した港湾施設の性能照査技術の開発及び改良に関する研究」を設定し、構造物の性能を評価するための諸課題解決に取り組むこととし、「港湾施設の性能照査技術の開発および改良」をサブテーマとして設定した。

また、わが国における国際的物流の多くが港湾を通じてなされることは将来的にも変わらないと考えられることから港湾施設をより使いやすく機能的なものにすることが求められている。具体的には、港湾施設の供用性を向上すること、港湾施設の性能向上を図ること、ライフサイクルコストを削減するために長寿命化を図ることが挙げられる。結果的に、波及効果として物流の安定化がもたらされ、わが国の経済活力の維持につながる。これらを実現するための技術は社会的な要請が大きいと考えられることから、「港湾施設の機能向上に関する技術開発」をサブテーマとして設定することとした。

空港は、国内外の人流・物流の基幹となっており、その機能を長期的かつ安定的に保持することが求められている。このことから、空港の機能を維持管理するための技術の高度化が要請されている。特に空港土木分野では滑走路、誘導路、エプロンの健全性の維持は空港施設を安全かつ安定的に供用させるための技術として不可欠な技術であることから「空港施設の機能向上に関する技術開発」をサブテーマとして設定し、合計3つのサブテーマを設定することとした。

上記3つのサブテーマの成果により、港湾・空港施設の高度化に関する研究目標が達成される。

### ・得られる成果及び見込まれる成果の内容(アウトプット)

サブテーマ①: 港湾施設の性能照査技術の開発および改良

偶発波浪荷重に対して安全性を確保できる構造物の設計法

地盤の形成過程の影響を考慮した強度パラメータの評価方法の開発。

長期暴露試験によるコンクリート、鋼材等の各種材料の長期耐久性に関するデータ。

杭の支持力推定における標準化。

セメント改良土の周辺地盤の変形への追随性の検討

アルカリ骨材反応による鉄筋の破壊メカニズム解明。

海洋構造物周りの流体解析の高精度化。

港湾構造物の部材設計に対する信頼性設計手法の導入方法。

セメント系固化技術による吸い出し防止技術。

杭式地盤改良の安定性の評価手法の開発。

衝撃力を受けるコンクリート部材の性能照査手法の検討

鉄鋼スラグ等を杭材とした杭式改良地盤の安定性の評価

サブテーマ②:港湾施設の機能向上に関する技術開発

荷役可否情報システムの開発・実用化。

点検・補修の容易な栈橋上部工構造。

地盤定数のばらつきを考慮したより精度の高い沈下予測手法の開発。

港湾鋼構造物の防食性能評価手法。

重力式構造物の増深技術の開発。

高規格コンテナターミナルの評価法の検討

サブテーマ③:空港施設の機能向上に関する技術開発

空港舗装を長期に安定的に維持するための舗装構造の航空機荷重に対する変形予測手法の提案。

空港舗装の損傷を短時間で検出することのできる非破壊探査方法の実用化。

損傷した舗装の補修に対する設計・品質管理法の高度化。

空港舗装の高機能化。

サブテーマ④:その他(プログラム開発関連)

各地方整備局等における港湾、空港にかかわる合理的な調査・設計への貢献。

**・得られる成果、見込まれる成果が具体的に社会や行政にどのように活用されるか(アウトカム)**

サブテーマ①:港湾施設の性能照査技術の開発および改良

港湾施設整備の際の性能照査に活用され、より高機能で高耐久な港湾等の施設整備の推進、国民生活の活力の保持への寄与できる。

サブテーマ②:港湾施設の機能性向上に関わる技術開発

高性能で長寿命な、より使いやすい港湾施設の経済的な整備と、長周期波等による荷役障害による物流遅延の軽減や物流の安定化によって経済的な波及効果が得られる。また、偶発波浪荷重に対しても機能が維持できる港湾施設を提案できる。

サブテーマ③:空港舗装の高機能化に関わる技術開発

空港舗装施設の健全性の保持により空港機能の安定的かつ安全なオペレーションに貢献し、航空機による国際・国内物流・人流の確保により社会経済的な効果がもたらされる。

サブテーマ④:その他(プログラム開発関連)

港湾局関係機関において長年にわたって蓄積されてきた技術情報を、プログラムライブラリーおよび関連データベースとして整備・活用するための技術サービス活動を実施することによって、港湾、空港にかかわる合理的な調査・設計が、各地方整備局等で行われることに貢献する。

**表－8.2 3A「港湾・空港施設の高度化に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度までの研究成果**

<p><b>平成 22 年度のサブテーマ目標</b></p> <p>サブテーマ①: 港湾施設の性能照査技術の開発および改良 港湾施設整備の際の性能照査に活用され、より高機能な港湾等の施設整備の推進、国民生活の活力の保持への寄与できる。</p> <p>サブテーマ②: 港湾施設の機能向上に関わる技術開発 高性能でより使いやすい港湾施設の整備と、長周期波等による荷役障害による物流遅延の軽減や物流の安定化によって経済的な波及効果が得られる。また、偶発波浪荷重に対しても機能が維持できる港湾施設を提案できる。国際的に技術革新が速いコンテナターミナルの利便性の評価方法を確立する。従来困難であった重力式岸壁の増深技術を開発し、既存施設の増深化を図れるようにする。</p> <p>サブテーマ③: 空港施設の機能向上に関わる技術開発 空港舗装施設の健全性の保持により空港機能の安定的かつ安全なオペレーションに貢献し、航空機による国際・国内物流・人流の確保により社会経済的な効果がもたらされる。</p> <p>サブテーマ④: その他(プログラム開発関連) 港湾局関係機関において長年にわたって蓄積されてきた技術情報を、プログラムライブラリーおよび関連データベースとして整備・活用するための技術サービス活動を実施する。</p>
<p><b>研究内容</b></p> <p><b>・課題解決のための研究内容</b></p> <p>サブテーマ①: 港湾施設の性能照査技術の開発および改良 性能照査技術として、現地粘土地盤の物理・力学特性、改良地盤の破壊挙動、杭基礎の支持力、構造物周りの流体解析、構造物の耐久性評価ならびにコンクリート構造物の性能照査法に関する研究を行う。現地粘土地盤の物理・力学特性に関する研究では、海水準の変動による乾湿繰返しの影響を室内試験などから調べる(0601)。 また、地盤特性調査の試験方法、応力～変形解析手法、室内試験と実挙動との相似性等に関する検討を通じて地盤調査結果のばらつき等を定量的に評価して、土質定数の信頼性を評価する(0602)。 不同沈下予測に関して、地盤定数のばらつきや実測沈下データに基づいて埋立地の不同沈下を精度良く予測する統合ツールを開発する(0902)。 改良地盤の破壊挙動に関しては、護岸や岸壁背後に埋め立てられたセメント改良土の破壊挙動や杭式深層混合処理地盤の変形・破壊挙動を遠心模型実験や数値解析で調べる(0603)(0701)。さらに杭式に地盤改良された地盤の安定性について検討する(1001)。 杭基礎の支持力に関しては、現地載荷試験の方法や試験結果の評価法などを調査し、杭の支持力推定法の方針についての標準的な方法を提案する(0501)。 また、これまで困難とされてきた重力式岸壁の増深方法について検討する(1002)。 構造物周りの流体解析に関しては、重力式・ジャケット式海洋構造物などの複雑な形状を有する構造物周りの流れを評価するために、セルオートマトン法を適用した流体解析法について研究する(0407)。 構造物の耐久性評価については、コンクリート、鋼材ならびに木質材料の耐久性・腐食状況に関して、研究所内な現地で暴露試験を実施し、物理的・化学的・電気化学的な評価を行う(0606)。 コンクリート構造物の性能照査法に関しては、コンクリートはり部材および版部材の繰返し衝撃載荷実験を行い、その破壊過程について検討するとともに、耐衝撃性の評価を行う(0802)。また、コンクリート構造物の部材設計の際に信頼性の考え方を導入する方</p>

法を提示することで、設計の高度化を図る(0901)。

研究実施に当たっては、海洋・水工部と連携を図るとともに、英国ケンブリッジ大学、鋼管杭協会、日本埋立浚渫協会、関西国際空港用地造成株式会社、セメント協会、鋼管杭協会、沿岸技術センターとの共同研究および民間との共同研究、ならびに島根大学と連携、九州大学と連携して実施する予定である。

#### サブテーマ②: 港湾施設の機能向上に関わる技術開発

港湾施設をより使いやすく機能的なものにするための技術として、外洋性港湾におけるうねりや長周期波の作用による係留船舶の動揺を事前に予測し、荷役可否情報をリアルタイムで配信できる荷役可否情報システムを開発する(0503)。

港湾施設の性能向上を図るため、セメント系固化地盤に必要な強度特性や透水特性を実験的に検討し、数値解析により固化改良範囲や施工法を検討することで、セメント系固化材料を用いた既存岸壁背後の吸い出し防止技術(0604)を開発する。

ライフサイクルコストを削減するために、耐衝撃性に優れた鉄筋コンクリート部材を開発し、衝撃荷重を受ける防波堤ケーソンなどの長寿命化を図る(0502)。また、プレキャスト部材の活用を図り、その接合方法に関して模型載荷実験および数値解析を行うことで、維持補修の容易な栈橋上部工の新しい構造形式を開発する(0605)。港湾鋼構造物に適用される防食工法について、防食性能を定量的に評価する手法を検討し、性能照査型の設計法を提案する(0903)。

さらに、偶発波浪荷重に対しても安全性を維持できる港湾施設を提案するために、最近の観測データをもとに偶発波浪荷重を定義し、それに対する構造物の機能を模型実験で確認し、適切な対策を提案する(0801)。

研究実施にあたっては、海洋・水工部と連携を図るとともに、日本埋立浚渫協会との共同研究を実施する。

#### サブテーマ③: 空港施設の高機向上に関わる技術開発

精度の高い舗装寿命の予測技術、潜在的な損傷の点検・調査技術、長寿命化のための補修技術の開発などの解明が必要である。移動荷重に対する路盤・路床の変形予測に関する研究は、航空機荷重に対する舗装構造の応答を数値解析により精緻に求め、荷重特性による耐久性の違いを明らかにする(0402)。

空港既設PC舗装版のボンピング防止技術に関する実験では、模型試験を実施してエプロン PC 版のボンピングの発生メカニズムを明らかにし、ボンピングを防止するための新しい充填グラウト材の開発にむけた実証実験を実施する(0504)。

空港アスファルト舗装剥離の非破壊探査方法の提案では、滑走路におけるアスファルト舗装の剥離を効率よく探査するために、赤外線法および電磁波レーダ法などの非破壊試験方法の適用性を検証する(0607)。

空港オーバーレイ舗装の設計・品質管理の高度化に関する研究では、路面温度低減の新技術や要求性能の設定を導入することで設計・施工を高度化して、オーバーレイ舗装の高耐久性化および信頼性の向上を目指す(0804)。

#### サブテーマ④: その他(プログラム開発関連)

港湾局関係機関において長年にわたって蓄積されてきた技術情報を、プログラムライブラリーおよび関連データベースとして整備・活用する。

### ・研究内容を構成する研究実施項目

各サブテーマの下に合計 30 項目を設定した。

#### サブテーマ①: 港湾施設の性能照査技術の開発および改良

「長周期波対策における性能設計法の開発」(3ア-0301)

「長周期波・うねりに対する構造物の安全性向上に関する検討」(3ア-0801)

「軟弱粘土地盤の堆積環境に基づく地盤物性の評価手法の提案」(3ア-0601)

「暴露試験によるコンクリート、鋼材および各種材料の長期耐久性の評価」(3ア-0606)

「コンクリート部材の耐衝撃性向上に関する実験的検討」(3ア-0502)

<p>「粘土地盤の変形予測法の高度化に関する提案」(3ア-0602)</p> <p>「杭の支持力推定手法の標準化の提案」(3ア-0501)</p> <p>「セメント改良土の周辺地盤の変形追従性に関する実験」(3ア-0603)</p> <p>「アルカリ骨材反応が生じた鉄筋コンクリートにおける鉄筋の破断メカニズムの実験的考察」(3ア-0401)</p> <p>「海洋構造物周りの流体解析へのセルオートマン法の適用性の評価」(3ア-0407)</p> <p>「セメント系固化技術を用いた既存岸壁の吸い出し防止技術に関する検討」(3ア-0604)</p> <p>「衝撃力を受けるコンクリート部材の性能照査法の提案」(3ア-0802)</p> <p>「港湾構造物の部材設計に対する信頼性設計法の導入のための解析」(3ア-0901)</p> <p>「杭式深層混合処理地盤の安定性の評価手法の開発」(3ア-0701)</p> <p>「鉄鋼スラグ等を杭材とした杭式改良地盤の安定性の評価」(3ア-1001)</p> <p>サブテーマ②: 港湾施設の機能性向上に関わる技術開発</p> <p>「リプレイサブル栈橋上部工の開発に関する実験および解析」(3ア-0605)</p> <p>「港湾鋼構造物の防食方法・防食設計の合理化に関する検討」(3ア-0903)</p> <p>「埋立地盤維持管理のための不同沈下予測手法の提案」(3ア-0902)</p> <p>「外洋性港湾における荷役可否情報システムの開発」(3ア-0503)</p> <p>「重力式岸壁の増深工法に関する検討」(3ア-1002)</p> <p>「スーパー高規格コンテナターミナルの評価に関する研究」(3ア-1003)</p> <p>サブテーマ③: 空港舗装の高機能化に関わる技術開発</p> <p>「移動荷重に対する路盤・路床の変形予測」(3ア-0402)</p> <p>「空港既設 PC 舗装版のポンピング防止技術に関する実験」(3ア-0504)</p> <p>「空港アスファルト舗装剥離の非破壊探査方法の提案」(3ア-0607)</p> <p>「空港オーバレイ舗装の設計・品質管理の高度化」(3ア-0804)</p> <p>サブテーマ④: その他(プログラム開発関連)</p> <p>「プログラムライブラリーの各種パソコン OS への対応およびプログラムの改良(地盤・構造関係)」(3ア-0403)</p> <p>「プログラムライブラリーの改良・効率的運用」(3ア-0406)</p> <p>「土質データベースの効率的維持管理と運用」(3ア-0405)</p> <p>「港湾・空港の調査設計に関する基礎技術の向上と普及」(3ア-0404)</p> <p>「プログラムライブラリーおよび関連するデータベースの構築・改良および運用(地盤・構造関係)」(3ア-0702)</p>
<p><b>平成 21 年度までの研究成果</b></p> <p>サブテーマ①</p> <p>長周期波対策護岸の設計法の取りまとめ、アルカリ骨材反応により劣化したコンクリートの引張挙動モデルの作成、複雑な二次元海洋構造物に対する流体解析モデルの適用性の検証、杭の先端形状が地盤の変位・変形に及ぼす影響の把握、粘土地盤の乾燥過程が物理・力学特性に与える影響の検討、土質試験結果のばらつきを基にした土質定数の設定法を信頼性設計に対応した形で整理、アインタック概念に基づいた長期圧密挙動のモデル化、セメント改良土に発生するクラック等の局所的な破壊の発生特性の把握、コンクリート系材料や防食を施した鋼材の海洋暴露試験結果の整理、衝撃荷重を受けるコンクリート版の破壊メカニズムの検討などを行った。長周期波の越波・遡上特性を解明し、その算定法を提案するとともに、海上空港等の進入灯点検栈橋に対する揚圧力算定式を提案した。</p> <p>サブテーマ②</p> <p>荷役可否情報システムの試行と評価、セメント系固化地盤の強度特性および透水特性の把握、港湾コンクリート構造物の構造</p>

形式・使用材料が耐衝撃性に及ぼす影響を把握し、耐衝撃性向上方策を提案した。リプレイサブル栈橋上部工の試設計と部材接合部の模型載荷実験等を行い、取外し可能な部材接合方法を提案するとともに、その構造細目について検討を行った。

#### サブテーマ③

空港の基準舗装構造について航空機によるせん断荷重の影響を考慮した弾性解析による変形特性の照査、PC舗装版のボンピング防止のための充填グラウト材の水中不分離性の評価試験および施工性・有効性の実証試験、赤外線および電磁波を用いたアスファルト舗装剥離の非破壊探査方法について現地空港における適用性の確認等を行った。

#### サブテーマ④

港湾局関係機関において長年にわたって蓄積されてきた技術情報を、プログラムライブラリーおよび関連データベースとして整備・活用するための技術サービス活動を実施した。

### 平成 21 年度までの成果公表

#### サブテーマ①

3ア-0301-オ-23 長周期波対策における性能設計法の開発

港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文3、査読付英文論文1、特許0、(平成 16～18 年度)

3ア-0801-オ-23 長周期波・うねりに対する構造物の安全性向上に関する検討

港空研報告0、港空研資料 1、査読付和文論文 6、査読付英文論文1、特許0、(平成 20～22 年度)

3ア-0601-キ-31 軟弱粘土地盤の堆積環境に基づく地盤物性の評価手法の提案

港空研報告1、港空研資料0、査読付和文論文 4、査読付英文論文3、特許0、(平成 18～20 年度)

3ア-0606-キ-39 暴露試験によるコンクリート、鋼材および各種材料の長期耐久性の評価

港空研報告1、港空研資料 6、査読付和文論文 11、査読付英文論文 4、特許0、(平成 18～22 年度)

3ア-0502-オ-36 コンクリート部材の耐衝撃性向上に関する実験的検討

港空研報告0、港空研資料2、査読付和文論文4、査読付英文論文2、特許0、(平成 17～19 年度)

3ア-0602-オ-31 粘土地盤の変形予測法の高度化に関する提案

港空研報告3、港空研資料0、査読付和文論文2、査読付英文論文10、特許0、(平成 18～20 年度)

3ア-0501-カ-34 杭の支持力推定手法の標準化の提案

港空研報告0、港空研資料1、査読付和文論文0、査読付英文論文4、特許0、(平成 17～19 年度)

3ア-0603-キ-33 セメント改良土の周辺地盤の変形追随性に関する実験

港空研報告1、港空研資料0、査読付和文論文1、査読付英文論文2、特許0、(平成 18～20 年度)

3ア-0401-キ-38 アルカリ骨材反応が生じた鉄筋コンクリートにおける鉄筋の破断メカニズムの実験的考察

港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文0、査読付英文論文1、特許0、(平成 16～18 年度)

3ア-0407-オ-37 海洋構造物周りの流体解析へのセルオートマトン法の適用性の評価

港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文0、査読付英文論文0、特許0、(平成 16～18 年度)

3ア-0604-キ-33 セメント系固化技術を用いた既存岸壁の吸い出し防止技術に関する検討

港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文 1、査読付英文論文 3、特許0、(平成 18～20 年度)

3ア-0802-オ-39 衝撃力を受けるコンクリート部材の性能照査法の提案

港空研報告0、港空研資料 1、査読付和文論文 4、査読付英文論文 7、特許 2、(平成 20～22 年度)

3ア-0901-カ-39 港湾構造物の部材設計に対する信頼性設計法の導入のための解析

港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文0、査読付英文論文0、特許0、(平成 21～23 年度)

3ア-0701-カ-33 杭式深層混合処理地盤の安定性の評価手法の開発

港空研報告 2、港空研資料0、査読付和文論文 6、査読付英文論文 14、特許0、(平成 19～21 年度)

#### サブテーマ②

3ア-0605-カ-39 リプレイサブル栈橋上部工の開発に関する実験および解析

港空研報告1、港空研資料0、査読付和文論文1、査読付英文論文1、特許0、(平成 18～20 年度)

3ア-0903-キ-39 港湾鋼構造物の防食方法・防食設計の合理化に関する検討

港空研報告0、港空研資料1、査読付和文論文0、査読付英文論文0、特許0、(平成 21～23 年度)

3ア-0902-キ-33 埋立地維持管理のための不同沈下予測

港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文0、査読付英文論文 3、特許0、(平成 21～23 年度)

3ア-0503-カ-37 外洋性港湾における荷役可否情報システムの開発

港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文0、査読付英文論文0、特許0、(平成 17～19 年度)

#### サブテーマ③

3ア-0402-キ-33 移動荷重に対する路盤・路床の変形予測

港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文1、査読付英文論文1、特許0、(平成 16～18 年度)

3ア-0504-カ-33 空港既設 PC 舗装版のボンピング防止技術に関する実験

港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文1、査読付英文論文0、特許0、(平成 17～19 年度)

3ア-0607-オ-51 空港アスファルト舗装剥離の非破壊探査方法の提案

港空研報告1、港空研資料0、査読付和文論文3、査読付英文論文0、特許0、(平成 18～20 年度)

3ア-0803-カ-51 空港オーバーレイ舗装の設計・品質管理の高度化

港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文2、査読付英文論文1、特許0、(平成 20～22 年度)

#### サブテーマ④

3ア-0403-カ-11 プログラムライブラリーの各種パソコン OS への対応およびプログラムの改良(地盤・構造関係)

3ア-0406-カ-11 プログラムライブラリーの改良・効率的運用

3ア-0405-カ-11 土質データベースの効率的維持管理と運用

3ア-0404-カ-11 港湾・空港の調査設計に関する基礎技術の向上と普及

3ア-0702-カ-11 プログラムライブラリおよび関連するデータベースの構築・改良および運用(地盤・構造関係)

港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文0、査読付英文論文0、特許0、(平成 19 年～)

※港湾 CALS(港湾 WAN)で公開、各地方整備局等にプログラムおよびデータの DVD 配布とマニュアルの配布

### 平成 21 年度までの成果活用

#### サブテーマ①

秋田港において長周期波対策の緩傾斜幅広堤が施工された(2007)。ステンレス鉄筋に関する設計施工指針(土木学会)の作成に寄与した(0606)。性能設計を実現するための信頼設計法に対応した地盤定数設定法として、平成 19 年 4 月に改定された「港湾の施設の技術上の基準」において全面的に取り入れられ、今後の港湾施設の設計に際しての基礎となる重要な手法として位置付けられた(0601、0602)。また、羽田空港再拡張事業における地盤調査結果のとりまとめ、ならびにその検証にも活かされている。羽田空港再拡張事業において施工された管中混合固化処理土の挙動検討の際に活用されている(0603)。技術基準中の杭の支持力推定手法の考え方に研究成果が盛り込まれた(0501)。

#### サブテーマ②

荷役可否情報システムについては、現在試行確認を行っている(0503)。

#### サブテーマ③

開発した補強グラウト材が羽田空港第一ターミナルの PC 版リフトアップ工事に適用された(0504)。連続式赤外線による舗装層間剥離探査手法が福岡空港の滑走路に適用された(0607)。また、電磁波による舗装層間剥離探査手法が福岡空港の滑走路に適用された(0607)。そのほか、空港舗装補修要領(案)の改訂に寄与した(0607)。

#### サブテーマ④

港湾局関係機関において長年にわたって蓄積されてきた技術情報を、プログラムライブラリーおよび関連データベースとして整

備・活用するための技術サービス活動を実施することによって、港湾にかかわる合理的な調査・設計が、各地方整備局等で行われることに貢献した(0403、0404、0405、0406)。

**表－8.3.1 3ア「港湾・空港施設の高度化に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度終了研究実施項目(その1)**

<b>研究実施項目番号</b> 3ア-0701-カ-33
<b>研究実施項目名</b> 杭式深層混合処理地盤の安定性の評価手法の開発
<b>研究目標</b> ・背景 杭式改良地盤に関する現行評価手法は改良地盤の変形・破壊挙動を適切に反映されたものではなく、安定性の評価に問題があると考えられ、設計手法の見直し・改善が必要と思われる。 ・目標、アウトプット 本研究では改良地盤の変形・破壊挙動を適切に評価・表現した評価手法の開発を目標とする。
<b>研究内容</b> 杭式改良地盤の外部安定(改良地盤全体としての安定性)と内部安定(改良杭自体の安定性)に関して、遠心模型実験ならびにFEM解析を実施し、各破壊パターンの検証を行う。一連の研究を基に、各安定に関する新しい評価手法を開発する。
<b>年度毎の研究内容</b> 平成 19 年度は、改良地盤の外部安定性に関する検討を行い、一部を取りまとめた。 平成 20 年度は、有限要素法解析など、数値解析により、内部安定性に関する検討、現行評価手法の評価と新しい評価手法の開発を行い、取りまとめた。 平成 21 年度は、深層混合処理工法以外の杭式地盤改良の改良地盤の挙動や破壊メカニズムの違いについて実験的に検討した。
<b>研究成果(アウトプット)</b> 一連の遠心模型実験および数値解析により、改良杭全体が破壊する外部安定性については、改良杭が将棋倒しのように倒れる倒れ込み破壊が、改良杭が破壊する内部安定性については、順々に杭体に曲げ破壊が生じることが分かった。現行設計法では、外部安定性は滑動破壊、内部安定性では全杭が同時にせん断破壊することを想定しているが、この実現象との違いが、改良地盤の安定性を過大評価している可能性が高いことを指摘した。また、数値計算から、改良地盤の破壊挙動に対する地盤表面でのドライクラストの影響、改良杭の直径の影響などを明らかにするとともに、実際の破壊パターンを考慮した計算により、実験結果とよく整合する結果を得た。さらに、深層混合処理工法以外の杭式地盤改良の改良地盤の挙動や破壊メカニズムの違いについて実験的に検討した。
<b>成果の公表</b> <港研報告・資料> ・北詰昌樹(2008):Stability of Group Column Type DM Improved under Embankment Loading Behavior of Sheet Pile Quay Wall、港湾空港技術研究所報告、第 47 巻、第 1 号、2008。 ・高橋英紀・市川栄徳・北詰昌樹:T 型あるいは浮き型 SCP 工法によって改良された粘性土地盤の支持力特性、港湾空港技術研究所報告、第 47 巻、第 2 号、2008。 ・高橋英紀:砂杭・粘性土複合地盤の破壊過程に関する基礎的研究、港湾空港技術研究所資料、No.1181、2008。 ・高橋英紀・森川嘉之:固結特性を有する粒状材を用いた SCP 改良地盤の安定性に関する実験的検討、港湾空港技術研究所報告、第 49 巻、第 2 号、2010。 <対外発表> ・Kitazume、M.、Maruyama、K.、et al.: Model and field tests on applicability of lime treated granular sludge soil、Proc. of the First Sri Lankan Geotechnical Society (SLGS) International Conference on Soil and Rock Engineering、2007。 ・Kitazume、M. and Maruyama、K.: Centrifuge Model tests on Failure Pattern of Group Column Type Deep Mixing Improved

- Ground、 Proc. of the 17th International Offshore and Polar Engineering Conference 、 2007.
- Kitazume、 M.: Design、 execution and quality control of ground improvement in land reclamation、 Proc. of the 13th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Keynote Lecture)、 2007.
  - Kitazume、 M. and Maruyama、 K.: Failure Mode of Deep Mixing Columns under Embankment Loading、 Proc. of the 13th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering、 2007.
  - Kitazume、 M. and Maruyama、 K.: Internal Stability of Group Column Type Deep Mixing Improved Ground Under Embankment Loading、 Soils and Foundations、 Vol. 47、 No. 3、 2007.
  - Fukuda、 T. and Kitazume、 M.: Applications of DM to regional soils in Okinawa Prefecture、 Proc. of International Symposium on Deep Mixing and Admixture Stabilization、 2009.
  - Kitazume、 M.、 Maruyama、 K. and Hashizume、 H.: Centrifuge Model Tests on Failure Mode of Deep Mixing Columns、 Proc. of International Symposium on Deep Mixing and Admixture Stabilization、 2009.
  - Kitazume、 M.、 Terashi、 M.: International collaborative study on QA/QC for Deep Mixing -Proposal- 、 Proc. of International Symposium on Deep Mixing and Admixture Stabilization、 2009.
  - Kitazume、 M.: A parametric study on evaluation of stability of column type DM improved ground、 Proc. of International Symposium on Geoenvironmental Engineering、 2009.
  - Kitazume、 M.: Twenty Nine Years of experiences of physical modeling of geotechnical problems in port structures、 International Journal of Physical Modelling in Geotechnics、 2009.
  - Takahashi、 H.、 Kitazume、 M. and Maruyama、 K.: Deformation behaviour of SCP improved ground to limit state、 Proc. of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering 、 2009.
  - Kitazume、 M. and Takahashi、 H.: 27 Years' investigation on property of in-situ quicklime treated clay 、 Proc. of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering 、 2009.
  - Kitazume、 M. and Maruyama、 K.: Centrifuge Tests on Column Type Deep Mixing Improved Ground with Surface Improvement、 Proc. of the 7th International Conference on Physical Modelling in geotechnics、 2010 (印刷中).
  - 高橋英紀・北詰昌樹:砂杭の曲げモードに着目した SCP 改良地盤の安定性に関する検討、材料、2008.
  - 北詰昌樹・丸山憲次:盛土荷重下の杭式改良地盤の内部安定性に関する遠心模型実験、材料、2008.
  - 北詰昌樹・高橋英紀:現地石灰安定処理土の長期特性調査、土木学会論文集 C 部門、第 64 巻、第 1 号、2008.
  - 高橋英紀・北詰昌樹・中村健・丸山憲次 :SCP 改良地盤の極限状態に着目した埋立載荷模型実験、土木学会論文集 C 部門、第 64 巻、第 2 号、2008.
  - 北詰昌樹・丸山憲次:盛土下の杭式深層混合処理地盤の内部安定性への表層処理層の効果、第 54 回地盤工学シンポジウム、2009.
  - 高橋英紀・市川栄徳・森川嘉之:鉛直荷重を受ける SCP 改良地盤の破壊挙動と改良範囲縮小化の影響、地盤工学ジャーナル、2009.

#### 成果の活用

本研究で提案した杭式深層混合処理工法による改良地盤の評価手法は、研究テーマ3ア「港湾・空港施設の高度化に関する研究分野」に活用できる。実務的には、大水深岸壁に対する深層混合処理工法の適用性を向上させたと考えられる。

## 9) 3イ「ライフサイクルマネジメントに関する研究テーマ」

表-9.1 3イ「ライフサイクルマネジメントに関する研究テーマ」の研究目標

<p><b>・社会的、学術的観点から見た研究の必要性</b></p> <p>既設港湾・海岸・空港の構造物の供用中の機能・性能を要求レベル以上に確保し、有効活用を図るためには、点検・診断、評価、将来予測、対策に関する技術を高度化し、これらによるマネジメントシステムを構築することが不可欠である。この課題に対して、これまで材料の耐久性向上や構造性能低下の予測、供用中の性能評価といったパーツの技術についての研究が進められてきたが、これらをマネジメントシステムという総合的(包括的)なシステムにまとめ上げるための取り組みはなされていない。そこで、栈橋を主に対象とし、点検・診断から対策に至る構造物のライフサイクルマネジメントのシステム化を実現するための研究を進める必要がある。</p>
<p><b>・研究テーマ、サブテーマ、重点研究課題、研究実施項目の関連</b></p> <p>本研究テーマでは、ライフサイクルマネジメントを構成する3つの重点技術をそのままサブテーマとして設定している。</p> <p>すなわち、</p> <ol style="list-style-type: none"><li>① 点検・診断技術の高度化</li><li>② 材料の劣化メカニズムの解明と劣化進行予測</li><li>③ 構造物の性能低下の予測と補修効果の定量化</li></ol> <p>これらのサブテーマの成果を有機的に結びつけることによってシステムを完成させる。</p> <p>これらのことから、本テーマ全体を重点研究課題として設定している。</p>
<p><b>・見込まれる成果の内容(アウトプット)</b></p> <p>研究テーマのロードマップで示した一連の研究を実施することによって、次の成果が得られる。</p> <ol style="list-style-type: none"><li>(1) 確率的手法をベースとする栈橋上部工および下部工を対象とするライフサイクルマネジメントシステムを提案する。</li><li>(2) 提案したシステムを用いて、既存栈橋の維持管理の効率化および高度化を図る手法を提案する。</li></ol>
<p><b>・見込まれる成果の社会的及び行政的な効用、意義(アウトカム)</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>(1) 既存施設の性能確保と有効活用を目的とする施設管理が可能となり、アセットマネジメントに基づく行政施策が実現される。</li><li>(2) 新設構造物の維持管理計画の策定において、劣化・変状の予測に活用される。</li><li>(3) ライフサイクルコスト削減に寄与し、国民が負担する施設の維持管理コストの削減と資源の最適配分の実現に資する。</li></ol>

**表-9.2 3イ「ライフサイクルマネジメントに関する研究テーマ」の  
平成 21 年度までの研究成果**

<p><b>平成 22 年度のサブテーマ目標</b></p> <p>サブテーマ①:点検・診断技術の高度化</p> <p>多数の部材から構成されたり規模の大きな構造物の点検実施頻度、箇所、数量、データの不確実性について確率的な観点からの検討を進め、点検診断の効率性を高めるための提案を行う(研究実施項目:極値統計理論に基づく既存構造物の点検手法の最適化に関する解析)。また、自走する点検作業装置の操作性を向上させるシステムを検討し、栈橋上部工の点検作業の無人化を図り安全性と効率性を高めるための手法を開発する(研究実施項目:栈橋床版下部検査用ビークルの操作性の向上に関する検討)。</p> <p>平成 21 年度までの研究(研究実施項目:極値統計理論に基づく既存構造物の点検手法の最適化に関する解析、栈橋床版下部検査用ビークルの操作性の向上に関する検討)の成果を、サブテーマ①の新規研究実施項目(非破壊試験技術の活用による港湾構造物の点検診断・モニタリングの高精度化に関する検討)に反映させ、点検・診断技術の高度化・高精度化を図る。</p> <p>サブテーマ②:材料の劣化メカニズムの解明と劣化進行予測</p> <p>地盤材料として、人工地盤材料(SGM)の長期耐久性を解明し、再利用する場合の地盤材料としての力学特性の検討を行い、SGM の LCM 実現のための検討を行った(研究実施項目:人工地盤材料の LCM に関する検討)。</p> <p>平成 21 年度までの研究(研究実施項目:暴露環境を考慮した耐久性評価および劣化予測手法の開発、栈橋式海上空港における下部鋼管杭の維持管理方法の検討)の成果をサブテーマ③の研究(構造物の性能低下の予測)に反映し、LCM システムの構築および高精度化を図る。</p> <p>サブテーマ③「構造物の性能低下の予測と補修効果の定量化</p> <p>港湾構造物を構成する材料の劣化のメカニズムの解明や予測手法の開発などにより、港湾構造物の性能低下の予測や補修効果の研究を行う。</p> <p>平成 21 年度から開始した研究(研究実施項目:矢板式および重力式係船岸等への LCM の展開、ライフサイクルエコノミーを導入した LCM シナリオの評価)を継続して進め、矢板式および重力式係船岸への LCM システムの展開、LCM システムより提示される施設の性能維持のための複数のシナリオを評価するための金融工学の手法を導入したスキームの構築および提案を行う。</p>
<p><b>研究内容</b></p> <p><b>・課題解決のための研究内容</b></p> <p>研究テーマに効率的に取り組むために、以下の3つのサブテーマにグルーピングする。</p> <p>サブテーマ①:点検・診断技術の高度化</p> <p>海洋環境下にある構造物・部材の点検・診断の高度化および省力化を実現する(点検の効率化と高精度化に寄与)。</p> <p>点検の高度化については、実構造物を対象とした多数の点検結果を整理・解析し、確率論的アプローチから新しい点検手法(場所の選定、頻度の選定)を提案する。点検の自動化については、検査用ビークルの運動性能向上のための制御アルゴリズムの確立と、これを装置に反映させた検証実験を行う。</p> <p>研究実施に際しては、千葉大学と必要に応じて意見交換を行う。</p> <p>サブテーマ②:材料の劣化メカニズムの解明と劣化進行予測</p> <p>構造物を構成する材料の劣化メカニズムを明らかにし、それに基づく劣化進行予測モデルを提案する。また、材料のリサイクルとライフサイクルとの関係を明らかにする(材料的観点からの予測と対策の技術確立に寄与)。</p> <p>暴露環境を適切に評価する手法を実験的に検討し、暴露環境を考慮した劣化の進行予測手法について検討する。下部鋼管</p>

杭に関して、被覆防食工法と電気防食工法を併用した場合の防食設計法の確立、供用中の防食性能の評価法の確立について、暴露試験を行って検討する。SGM材料等の人工地盤材料の長期耐久性やさらに再利用した場合の力学特性などのライフサイクルマネジメント技術に関して実験的に検討する。

研究実施に際しては、民間会社、SGM協会、鉄鋼スラグ協会と共同あるいは連携する。

サブテーマ③: 構造物の性能低下の予測と補修効果の定量化

材料劣化に起因する構造性能低下のメカニズムを明らかにし、それに基づく性能低下予測モデルおよび補修等による性能回復モデルを提案する。また、ライフサイクルコスト最小条件での構造設計手法や用途変更等による性能評価技術を構築する(構造的観点からの予測と対策の技術確立に寄与)。

暴露試験の結果および実構造物の調査結果から性能低下および劣化進行のばらつきを数値的に評価し、これらの空間分布の再現モデルを構築するための検討を行う。また、LCM システムにより提案される性能維持のためのシナリオを評価するため、LCCに加えてNPVの導入を検討し、評価のためのスキームを構築する。

研究実施に際しては、大学、国土技術政策総合研究所、民間機関と連携あるいは共同研究の体制をとる。

#### ・研究内容を構成する研究実施項目

研究実施項目は、各サブテーマの下に合計11項目を設定した。

サブテーマ①: 点検・診断技術の高度化

- ・「杭式栈橋の鋼管杭板厚を非接触型で計測する技術の開発」(3イ-0502)
- ・「極値統計理論に基づく既存構造物の点検手法の最適化に関する解析」(3イ-0702)
- ・「栈橋床版下部検査用ビークルの操作性の向上に関する検討」(3イ-0703)
- ・「非破壊試験技術の活用による港湾構造物の点検診断・モニタリングの高精度化に関する検討」(3イ-1001)

サブテーマ②: 材料の劣化メカニズムの解明と劣化進行予測

- ・「暴露環境を考慮した港湾RC構造物の耐久性評価および劣化予測手法の開発」(3イ-0501)
- ・「栈橋式海上空港における下部鋼管杭の維持管理方法の検討」(3イ-0603)
- ・「人工地盤材料のLCMに関する検討」(3イ-0701)

サブテーマ③: 構造物の性能低下の予測と補修効果の定量化

- ・「海域施設のライフサイクルマネジメントのための確率的手法に基づく劣化予測システムの開発」(3イ-0601)
- ・「補修・補強による性能改善効果とその寿命評価に関する実験」(3イ-0602)
- ・「ライフサイクルエコノミーを導入したLCMシナリオの評価」(3イ-0901)
- ・「矢板式および重力式係船岸等へのLCMの展開」(3イ-0902)

#### 平成21年度までの研究成果

サブテーマ①: 点検・診断技術の高度化

コンクリート構造物中の鉄筋の腐食に関して腐食量の代表値と極大値の関係、ならびに、目視調査による劣化度判定結果のばらつきの特徴を検討した。さらに、港湾構造物の点検診断実施の頻度・箇所・数量の最適化、および点検データの不確定性を含めた性能評価について、極値統計理論を用いた新たな手法を提案した。超音波を用いた非接触型板厚測定技術の開発に向けた検討として、広帯域送受波器の試作装置を改良し、生物が付着した状態での板厚測定実験を行い、その精度を検証した。また、栈橋床版下部検査用ビークルの操作性の向上のため、汎用装置を利用した画像計測システムを構築するとともに、測位アルゴリズムを構築した。外界からの操作状況の確認が困難な床版下における水中ビークルの遠隔操作をモデルとして、天井面の逐次取得画像によってその運動状態と位置を推定してオペレータに提示する遠隔操作支援システムを水槽試験機上で構築した。

サブテーマ②: 材料の劣化メカニズムの解明と劣化進行予測

気泡混合処理土の長期吸水性状と養生水の溶存空気量が気泡混合処理土中の空気置換特性に及ぼす影響を明らかにし、気泡混合処理土の長期耐久特性を明らかにした。さらに、気泡混合処理土を解砕し、再利用する場合の課題を検討するため、骨材をモルタルでコーティングした場合のコーティング状況と新材料の力学特性の関係を検討した。高炉水砕スラグの硬化促進方法についても検討し、実用的な高炉水砕スラグ硬化促進工法を提案した。

サブテーマ③: 構造物の性能低下の予測と補修効果の定量化

実構造物における劣化・変状の進行速度のばらつきおよび空間的分布を調べ、それを確率論的パラメータにより定量的な分析・評価を行った。これまでに行ってきた維持管理に関する要素技術に関する研究を総合的にとりまとめ、栈橋のLCMシステムを構築し、公開した。FRP シート接着による港湾構造物の補修工法を開発するため、シート接着界面の耐久性を評価した。コンクリート表面の浸透性改質剤による補修効果を定量的に評価し、塩化物イオン浸透抑制に対する効果を明らかにした。LCMシナリオについては、港湾施設の投資に関する費用負担スキームの国際比較に関する共同研究を行い、とりまとめを行った。さらに、LCMシナリオとして想定される次の三つのシナリオ(①高耐久+簡易維持、②通常耐久+予防保全、③通常耐久+事後保全)を設定し、純現在価値 NPV(Net Present Value)などによる予備的な評価を行った。

#### 平成 21 年度までの成果公表

サブテーマ①

- 3 イ-0502:3ウ-0601 と合同で発表しており、そちらでカウントする。
- 3 イ-0702:港空研報告 1、港空研資料 0、査読付和文論文 4、査読付英文論文 6、その他 8
- 3 イ-0703:港空研報告0、港空研資料0、査読付和文論文1、査読付英文論文0、その他 1
- 3 イ-1001:非破壊試験技術の活用による港湾構造物の点検診断・モニタリングの高精度化に関する検討

サブテーマ②

- 3 イ-0501:港空研資料 1、査読付和文論文 1、査読付英文論文 1、その他 3
- 3 イ-0603:港空研報告 1、査読付和文論文 2、その他 4
- 3 イ-0701:港空研報告 1、港空研資料 0、査読付和文論文 3、査読付英文論文 4、その他 8

サブテーマ③

- 3 イ-0601:港空研報告 3、港空研資料 2、査読付和文論文 10、査読付英文論文 17、その他 24
- 3 イ-0602:港空研資料 1、査読付和文論文 5、査読付英文論文 15、その他 8
- 3 イ-0901:港空研報告 0、港空研資料 1、査読付和文論文 0、査読付英文論文 1、その他 2
- 3 イ-0902:港空研報告 1、港空研資料 1、査読付和文論文 0、査読付英文論文 4、その他 2

#### 平成 21 年度までの成果活用

継続して研究が進められており、平成19年4月施行の港湾の施設の技術上の基準に関する省令および告示に規定される性能の経時変化(耐久性)の照査および効率的維持管理を実現するための技術の一つとして活用されている。3 イ-0702 の研究より、港湾構造物の点検診断を効率的に実施するための有用な知見・資料を得ることができただけでなく、関連研究の成果も加えることにより、港湾構造物のライフサイクルマネジメントの一層の普及・推進を図ることができた。これらの成果については、現在策定が進められている港湾の施設の維持管理計画書に反映されていくことになり、最終的には、港湾の施設の維持管理技術マニュアルの改訂に反映する予定である。

3 イ-0703 の研究より、従来困難であった閉鎖空間内における水中ビークルの操作状況の把握、ひいては遠隔操作の操作性向上が可能となり、実機レベルの装置への導入も提案中で、水中ビークルの操作、誘導技術の一つとして汎用的な利用が期待される。

人工地盤材料の LCM に関する検討の成果は、今後の気泡混合固化処理土の利用を図る際の基礎資料を提供した。さらに、高炉水砕スラグについては、提案した硬化促進工法をもとに利用が図られる。

本研究テーマにおける研究成果については、今後、港湾構造物のライフサイクルマネジメントを構成する要素技術として導入され、結果的にマネジメントシステムの精度向上、信頼性の向上に資することとなる。このシステムを活用することにより、実際の港湾における構造物の点検・診断・評価・対策の業務が円滑に実施されることになる。

**表－9.3.1 3イ「ライフサイクルマネジメントに関する研究テーマ」の  
平成 21 年度終了研究実施項目(その1)**

<b>研究実施項目番号</b> 3イ-0701-キ-34
<b>研究実施項目名</b> 人工地盤材料の LCM に関する検討
<b>研究目標</b> ・背景 現在、副産物を母材とした多種多様な人工地盤材料が用いられてきている。これらの材料に比較的共通している事項は、固結していること、pH が高いことである。これらの材料を地盤材料として用いる場合には、長期間地中に置かれており、その耐久性も未解明な点が多いが、将来掘り返して再利用または処分することが必要となるときが来る。本研究では、現地に打設した人工地盤材料を解砕して再利用する場合の課題を抽出し、対応策を検討するものである。 ・目標、アウトプット 本研究は、現地に打設した人工地盤材料(SGM)を解砕して再利用する場合の課題を抽出し、対応策を示すことを目標とする。アウトプットは、「人工地盤材料再利用の手引き」等とする。
<b>研究内容</b> 平成 19 年度 SGM の長期耐久性に関する検討、固結後破砕した地盤材料の力学特性の検討(コンクリートガラ) 平成 20 年度 SGM の長期耐久性に関する検討、水砕スラグの強度特性の経時変化に関する検討 平成 21 年度 SGM の長期耐久性に関する検討、破砕粒子を含む固結材料の力学特性の検討
<b>年度毎の研究内容</b> 平成 19 年度 SGM の長期耐久性に関する検討、特に養生水の違いによる気泡置換速度の違いについて検討した。養生水が蒸留水であるか、海水であるかによって気泡の置換速度が異なるほか、塩化カルシウム溶液中では他の溶液とは全く異なる現象が観察された。高炉水砕スラグの硬化特性については、養生液の違い(人工海水、イオン交換水)と添加物の違いについて検討した。また、添加物はいずれも微粉末であるため、流れによる材料分離の可能性について検討した。 平成 20 年度 SGM の長期耐久性に関する検討については、養生液中の溶存気体量の違いが、置換速度に及ぼす影響について検討した。高炉水砕スラグの硬化促進については、微粉末の混合方法の影響による硬化の仕方の違いについて検討した。また、水流の有無による硬化の程度の違いについて検討した。 平成 21 年度 SGM の長期耐久性に関する検討では、約5年間室内の水槽で養生した SGM への気泡の置換深さを測定するとともに、強度の低下範囲についても検討した。さらに、破砕した材料を再処理した場合の特性を把握するために、破砕粒子を含む固結材料の力学特性の検討を行った。高炉水砕スラグの硬化促進工法では実用的施工方法の検討を行った。
<b>研究成果(アウトプット)</b> ・気泡混合処理土の吸水、乾燥特性を明らかにした。特に、吸水特性と乾燥特性に及ぼす、周辺水環境の影響を明らかにした。また、気泡混合処理土が吸水する際の強度低下特性について明らかにした。 ・これらの結果から、気泡混合処理土の長期耐久特性を明らかにした。 ・気泡混合処理土を解砕し、再利用する場合の課題を検討するため、骨材をモルタルでコーティングした場合のコーティング状況と新材料の力学特性の関係を検討した。 ・高炉水砕スラグの硬化促進方法について検討し、実用的な高炉水砕スラグ硬化促進工法を提案した。
<b>成果の公表</b> 港空研報告第 49 巻第 2 号 高炉水砕スラグ硬化促進工法の現場適用性の検討(菊池喜昭、岡祥司、水谷崇亮)

- 第 42 回地盤工学研究発表会(2007.7) 硬化した高炉水砕スラグのせん断強度定数決定方法(菊池喜昭、中島研司)
- 第 7 回環境地盤工学シンポジウム(2007.8) 高炉水砕スラグの硬化促進と硬化後の強度評価方法(菊池喜昭、中島研司、水谷崇亮)
- 13th Asian Regional Conf. of SMGE (2007.12) ACCELERATION OF SOLIDIFICATION OF GRANULATED BLAST FURNACE SLAG (Y. Kikuchi & K. Nakashima, T. Mizutani)
- 第 43 回地盤工学研究発表会(2008.7) 添加物の違いによる高炉水砕スラグの硬化特性の変化(菊池喜昭、内山明日香、佐藤宇紘、規矩大義)
- 第 43 回地盤工学研究発表会(2008.7) 高炉スラグ微粉末を混合した高炉水砕スラグの硬化に及ぼす混合方法と水流の影響(菊池喜昭、内山明日香、及川綾子、佐藤宇紘、規矩大義)
- 第 43 回地盤工学研究発表会(2008.7) 水砕スラグ微粉末の配置方法の違いによる高炉水砕スラグの硬化特性(野崎 郁郎、田口 博文、永留 健、菊池 喜昭、篠崎 晴彦)
- 第 8 回環境地盤工学シンポジウム(2009.7) 港湾工事における高炉水砕スラグの硬化促進工法(菊池喜昭、内山明日香、佐藤宇紘、規矩大義、西村大司)
- 第 45 回地盤工学研究発表会(2010.8) 裏込めに用いる高炉水砕スラグの硬化促進工法の現場適用性(菊池喜昭、岡祥司、水谷崇亮)
- Deep Mixing 2009(2009.5) Absorption property of light weight soil with air foam under wet sand condition (Y. Kikuchi, T. Nagatome)
- ASCE Special publication (2010.6) Durability of Cement Treated Clay with Air Foam Used in Water Front Structures (Yoshiaki Kikuchi and Takeshi Nagatome)
- 日本材料学会論文集第 57 巻第 1 号(2008.1) 覆土環境での気泡混合処理土の吸水特性評価(菊池喜昭、永留健、福本裕哉、東島義郎)
- IS-Bangkok (2007.12) CHANGE OF PERMEABILITY AND ABSORPTION PROPERTIES OF LIGHT WEIGHT SOIL BY THE RATIO OF AIR FOAM (Yoshiaki KIKUCHI, Takeshi NAGATOME)
- IS-Bangkok (2007.12) CHARACTERIZATION OF ABSORPTION ON LIGHTWEIGHT SOIL WITH AIR FOAM UNDER WET SAND CONDITION (Yoshiaki KIKUCHI, Takeshi NAGATOME)
- 第 42 回地盤工学研究発表会(2007.7) 異なる湿度で養生した気泡混合処理土の長期安定性について(菊池喜昭、永留健、福本裕哉)
- 第 43 回地盤工学研究発表会(2008.7) 異なる地下水位で養生された気泡混合処理土の長期安定性(菊池喜昭、永留健、野口孝俊)
- 第 63 回土木学会全国大会(2008.9) 溶存空気量の異なる養生水で養生した気泡混合処理土の吸水特性(永留健、菊池喜昭、佐藤宇紘)

#### 成果の活用

人工地盤材料の LCM に関する検討のために、人工地盤材料の長期的な物性の変化について検討した。その結果、気泡混合固化処理土については、密度の変化に及ぼす水環境の影響を明らかにするとともに、強度の変化傾向についても考察した。また、気泡混合処理土を解砕した後の再利用を想定した、要素実験を実施した。高炉水砕スラグについては、高炉水砕スラグの硬化に及ぼす要因を分析し、実務で適用可能な硬化促進工法を提案した。

**表－9.3.2 3イ「ライフサイクルマネジメントに関する研究テーマ」の  
平成 21 年度終了研究実施項目(その2)**

<b>研究実施項目番号</b> 3イ-0702-オ-71
<b>研究実施項目名</b> 極値統計理論に基づく既存構造物の点検手法の最適化に関する解析
<b>研究目標</b> ・背景 港湾構造物の点検診断により得られる点検データは数量が膨大であり、かつ、その信頼性は必ずしも十分でない。港湾構造物のライフサイクルマネジメントの一層の推進のためにも、適切な確率論に基づいた点検診断結果の分析・活用方法について検討を進めることが重要である。 ・目標、アウトプット 港湾構造物の点検診断実施の頻度・箇所・数量および点検データの不確定性等について、極値統計理論を用いた最適化を試みる。 アウトプットは、点検診断の効率的実施の具体案のみならず、同時に実施する関連研究成果も加えることにより、総合的な港湾ライフサイクルマネジメントシステムが構築可能となる。
<b>研究内容</b> 既存の手法で得られている点検データの信頼性・精度を評価した上で、極値統計理論に基づく新しい点検手法の信頼性・精度の向上効果を検討した。特に、港湾構造物の点検診断実施の頻度・箇所・数量、および点検データの不確定性を含めた性能評価手法について最適化を試みた。
<b>年度毎の研究内容</b> 平成 19 年度 劣化度と構造性能評価の関係に関するデータの収集・分析 鉄筋の腐食性状の代表値と局値の関係に関する検討 栈橋上部工の構造性能評価を目的とした新しい点検診断手法の検討 平成 20 年度 劣化度と構造性能評価の関係に関するデータの収集・分析 モデル施設の点検実施頻度および実施数量の最適化に向けた検討 平成 21 年度 長期供用した栈橋 RC 上部工の構造性能評価の試行 栈橋 RC 上部工の鉄筋腐食開始時期の予測 極値統計理論を用いた効率的な点検診断の実現のための方策に関する検討
<b>研究成果(アウトプット)</b> 本研究では、港湾構造物の点検診断実施の頻度・箇所・数量の最適化、および点検データの不確定性を含めた性能評価について、極値統計理論を用いた新たな手法を提案した。本研究で提示した点検診断実施の最適化および性能評価の考え方は、維持管理業務の効率化に大きく貢献するものである。
<b>成果の公表</b> 研究所発表：港空研報告1 対外発表：査読付和文論文2、査読付英文論文2、その他2 (平成 22 年度発表予定…査読付英文論文1、その他2) ・濱田洋志・加藤絵万・岩波光保・横田弘：局所的に生じた鉄筋腐食が RC はりの構造性能に及ぼす影響、コンクリート工学年次論文集、Vol.29、No.3、pp.1729-17、2007 年 7 月

- ・濱田洋志、加藤絵万、岩波光保、横田弘：実構造物から採取した鉄筋の腐食性状と力学的性質について、土木学会第62回年次学術講演会講演概要集、pp.1039-1040、2007年9月
- ・加藤絵万・濱田洋志・岩波光保・横田弘：局所的に生じた鉄筋腐食がRCはりの構造性能に及ぼす影響、港湾空港技術研究所報告、Vol. 47、No.1、pp.57-82、2008年3月
- ・Hamada H、Kato E、Iwanami M & Yokota H: Influence of localized corrosion of steel bars on structural performance of reinforced concrete beams、Proceedings of the First International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering、2008.6.
- ・濱田洋志・加藤絵万・岩波光保・横田弘：局所的に生じた腐食が鉄筋の力学的性質に及ぼす影響、コンクリート工学年次論文集、Vol.30、No.1、pp.1107-1112、2008年7月
- ・濱田洋志、加藤絵万、岩波光保、横田弘、野上周嗣、日置幸司、西村大司：部材の劣化が隣接する部材の力学的挙動に及ぼす影響、土木学会第63回年次学術講演会講演概要集、V-209、pp.417-418、2008年9月
- ・Kato E、Hamada H、Iwanami M & Yokota H: Influence of Localized Corrosion of Steel Bars on Load Carrying Capacity of Reinforced Concrete Beams、Advances in Concrete Structural Durability、Proceedings of the International Conference on Durability of Concrete Structures、pp.662-668、ICDCS 2008、2008.11.

#### **成果の活用**

コンクリートへの塩化物イオン浸透性状から推定される鉄筋腐食開始時期、および既存構造部材の劣化度毎の残存耐力の関係について、実構造物の調査に基づいて代表値および極値の関係を把握し、信頼性の高いライフサイクルマネジメントを行う上で必要な点検手法およびその実施数量について検討した。本研究の実施により、港湾構造物の点検診断を効率的に実施するための有用な知見・資料を得ることができただけでなく、関連研究の成果も加えることにより、港湾構造物のライフサイクルマネジメントの一層の普及・推進を図ることができた。これらの成果については、現在策定が進められている港湾の施設の維持管理計画書に反映されていくことになり、最終的には、港湾の施設の維持管理技術マニュアルの改訂に反映される予定である。

**表－9.3.3 3イ「ライフサイクルマネジメントに関する研究テーマ」の  
平成 21 年度終了研究実施項目(その3)**

<b>研究実施項目番号</b> 3イ-0703-オ-71
<b>研究実施項目名</b> 栈橋床版下部検査用ビークルの操作性の向上に関する検討
<b>研究目標</b> ・背景 本研究は、栈橋構造物の目視による1次点検作業の安全かつ効率的な実施に資するものである。港湾構造物の近傍、とりわけ栈橋下のような錯綜した構造物周辺は水中音響の利用環境としては劣悪であり、音響測位のような現有の測位技術は利用困難である。よって、このような環境下においては自走する点検作業装置(ビークル)の遠隔操作や誘導は困難であり、作業効率や安全性の観点から無人化や自動化が望まれながら、労力の主は未だ人力となっている。本研究ではこのような作業環境下においてビークルの測位、誘導を手法を開発するものであり、錯綜構造物近傍におけるその安全、確実な誘導、点検作業の実施に資するものである。 ・目標、アウトプット 本研究では取得映像等から自身の相対運動を推定して錯綜構造物下においても1次点検装置を安全・確実に操作・誘導可能な技術を開発する。
<b>研究内容</b> 取得映像の距離変動などの環境条件を考慮した画像フロー抽出法を提案し、主にこの情報を利用して栈橋床版下において点検装置と構造物との相対運動と現在位置を推定してビークルを安定して操作、誘導する手法を開発する。
<b>年度毎の研究内容</b> 平成 19 年度 汎用装置を利用した画像計測システムを構築し、画像からの運動情報抽出による測位アルゴリズムを構築して実験を実施、精度の評価と向上手法の検討を行った。 平成 20 年度: 前年度の画像計測システムを基に水槽実験用プラットフォームを構築した。また、実験水槽において当該プラットフォームを用いた誘導実験を行い、誘導アルゴリズムの動作を確認した。 兵背 21 年度 模擬作業実験の実施による検証と評価
<b>研究成果(アウトプット)</b> 外界からの操作状況の確認が困難な床版下における水中ビークルの遠隔操作をモデルとして、天井面の逐次取得画像によってその運動状態と位置を推定してオペレータに提示する遠隔操作支援システムを水槽試験機上で構築した。
<b>成果の公表</b> 田中敏成、栈橋床版下部点検装置のための遠隔操作支援システムの提案、日本機械学会、ROBOMEC2009、2009.9 田中敏成、錯綜構造物下における水中ビークルの遠隔操作支援システムの開発、土木学会ほか、第12回建設ロボットシンポジウム、2010.9(2010.4 現在1次査読通過)
<b>成果の活用</b> 本研究で得られた成果は、従来困難であった閉鎖空間内における水中ビークルの操作状況の把握、ひいては遠隔操作の操作性向上に資するものであり、実機レベルの装置への導入も提案中である。また、成果を学会等で広く公表し、水中ビークルの操作、誘導技術の一つとして汎用的な利用も期待できる。

## 10) 3ウ「水中工事等の無人化に関する研究テーマ」

表－10.1 3ウ「水中工事等の無人化に関する研究テーマ」の研究目標

### ・社会的、学術的観点から見た研究の必要性

港湾、空港等の整備において、海面下での工事の相当程度を現在は潜水士に依存しているが、海面下の工事においては陸上と異なり、工事による濁りの発生等により視界が制限される場合が多く、これに加えて波浪や潮流の影響を受けて、海面下の作業は安全性・効率性などの点で問題がある。さらに、若手労働人口の減少の中で将来的には潜水士の高齢化と潜水士数の不足が懸念され、海面下の工事の円滑な実施が危ぶまれる。このため、水中ロボットの開発等により水中工事の無人化を急ぐ必要があり、研究所では、前中期目標期間においても水中バックホウの遠隔操作技術、AUVによる無人の水中工事監視システムの開発等水中工事の無人化技術の開発を精力的に進めてきたところである。一方、平成19年4月の海洋基本法制定を契機に国民の海洋への関心が高まりつつある。これまで海洋においては、ゴミや油回収などの海洋環境整備や航路の開発や保全、さらには近年GPS波浪計の設置の全国的展開が行われているところである。しかしながら海洋は、大水深で高波浪域であることから、本海域での有人作業には限界がある。

以上のように港湾・空港整備を円滑に進めるために水中工事の無人化の必要性が高まっているが、近年の厳しい財政状況の中で多くの社会資本が耐用年数を迎え、その適切な維持管理の重要性・緊急性が増しており、その状況は港湾・空港施設においても同様であることから、港湾構造物等の海中構造物の劣化状況の点検・診断、劣化部分の補修工事における水中作業の無人化技術の開発に取り組むこととする。また併せて海洋基本法の制定とともに、海洋における様々な水中作業の無人化技術の開発にも取り組んでいくこととする。

### ・研究テーマ、サブテーマ、重点研究課題、研究実施項目の関連

本研究テーマでは、サブテーマ①として鋼構造物の点検技術の無人化に関する技術開発を設け、併せてサブテーマ②として海洋における水中作業の無人化に関する技術開発を設け、本研究テーマ全体を重点研究課題とする。

### ・見込まれる成果の内容(アウトプット)

- ①港湾・空港施設の劣化度の非接触型点検・診断装置(小型化を図る)、
- ②点検・診断装置を海中の対象構造物に誘導し、点検・診断作業を有人の調査と同程度の効率で実施する遠隔操作型の作業機械、
- ③GPS波浪計の係留系の無人による点検装置、
- ④無人による水中物体回収装置、⑤海洋における水中作業の無人化に必要な要素技術

### ・見込まれる成果の社会的及び行政的な効用、意義(アウトカム)

港湾・空港の整備、劣化状況の点検・診断さらには補修工事における海面下での作業が安全かつ容易に実施可能となることから、重要な社会資本である港湾や空港施設等のライフサイクルマネジメントの的確な実施に貢献する。また大水深や高波浪域において有人では困難な作業、例えば係留系の点検や海底に沈んだ物体の回収等の作業の無人化を可能にする。

**表－10.2 3ウ「水中工事等の無人化に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度までの研究成果**

<p><b>平成 22 年度のサブテーマ目標</b></p> <p>サブテーマ①: 鋼構造物の点検作業の無人化に関する技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・非接触型の鋼構造物の肉厚測定装置の開発については、平成 20 年度から進められている「港湾施設の戦略的維持管理制度」における点検・診断手法への適用を念頭に置きつつ、過年度に実施した実海域実験の成果等を踏まえ、これまで取り組んできた水中作業用マニピュレータ技術の活用も含めて実海域での実用化を図るための経済性、利便性、安全性等の向上を追求した開発をさらに前進させる。</li> </ul> <p>サブテーマ②: 海洋における水中作業の無人化に関する技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・GPS 波浪計の係留系点検システムの開発については、実海域試験機の観測装置部を新たに製作するとともに、点検対象物の捕捉及び点検装置の誘導、位置の保持等について過年度に製作した試作機で実海域実験を行い、運用上の問題点及び課題を把握する、</li> <li>・網チェーンによる水中物体回収技術の開発については、これまで既設ブロックの回収等を目標に研究開発してきたが、平成 19 年度に続き平成 20 年度にも水深 185m の海底から水中翼の回収に成功し、実用化への信頼性も高まってきた。このため、実工事での活用を図りながら実績を積みとともに、各用途に応じた装置の改良及び運用・活用方法の検討を実施し、種々の用途を想定した運用マニュアル及び設計マニュアルの検討を行う。</li> <li>・これまでの水中バックホウのマニピュレータ技術を基本システムとして、各種作業に適したマニピュレータの先端部を開発することにより、様々な水中作業に適応できる多機能化を図ることで、安全な水中作業の実現を目指す。</li> </ul>
<p><b>研究内容</b></p> <p><b>・課題解決のための研究内容</b></p> <p>サブテーマ①: 鋼構造物の点検作業の無人化に関する技術開発</p> <p>鋼構造物の非接触肉厚計測技術の開発では、過年度までに製作、改良を行った装置を実工事で活用し、実海域で得られた知見をもとに装置、解析方法等を改善して測定精度の向上を図る。また、現場治具等の運用方法についても検討を行う。(0801)</p> <p>サブテーマ②: 海洋における水中作業の無人化に関する技術開発</p> <p>GPS 波浪計の係留装置点検システムの開発では、過年度に実施した水槽試験及び実海域運用試験の結果に基づき、制御及び点検計測のためのアプリケーションを改善し、その運用性の向上を図る。(0802)</p> <p>網チェーン回収装置の開発では、海面上から全く視認できない消波ブロックや 25t 以上の大重量ブロックを対象に、それらの安全かつ効率的な回収を可能とする水中カメラの搭載及び運用方法等の検討を実施するとともに、民間への技術移転を促進するための運用マニュアル及び設計マニュアルの検討を行う。(0803)</p> <p>水中作業用マニピュレータの多機能化に関する研究では、重作業と精密作業を同時に実施可能なシステムを開発するため、当所所有のフォークグラブアタッチメントに電動アームを取り付け、操作インターフェース及び CG モニターとの連動を図った上で陸上実験等により確認・評価を行う。(0901)</p> <p><b>・研究内容を構成する研究実施項目</b></p> <p>サブテーマ①: 鋼構造物の無人化点検技術の開発</p> <p>イ) 点検・診断装置の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>3ウ-X3 イ X 杭式栈橋の鋼管杭板厚を非接触型で計測する技術の開発(平成 17～19 年度)</li> <li>3ウ-0601 矢板式構造物の板厚を非接触型で計測する技術の開発(平成 18～19 年度)</li> <li>3ウ-0801 鋼構造物の肉厚を非接触で計測する装置の実用化開発(平成 20～22 年度)</li> </ul>

ロ)点検・診断装置を取り付け、自由度が高く微細な動作が可能な装置(マニピュレータ)の開発

3ウ-0602 水中構造物の無人点検機用のマニピュレータの開発(平成18～20年度)

ハ)上記点検・診断装置を取り付けたマニピュレータを搭載し対象構造物まで移動する無人ベースマシンの開発

3ウ-0501 無人のベースマシンを対象構造物まで誘導する技術の開発(平成17～19年度)

サブテーマ②:海洋における水中作業の無人技術の開発

3ウ-0802 GPS波浪計の係留装置点検システムの開発(平成20～22年度)

3ウ-0803 網チェーンを用いた水中物体回収装置の実用化開発(平成20～21年度)

3ウ-0901 水中作業用マニピュレータの多機能化に関する研究(平成21～23年度)

#### 平成21年度までの研究成果

サブテーマ①:鋼構造物の点検作業の無人化に関する技術開発

・鋼構造物の肉厚を非接触で計測する装置の開発については、信頼性向上及び低ノイズ化を図った実用機を開発し、実工事に  
おいて使用するとともに、動作確認及び評価を実施した。

サブテーマ②:海洋における水中作業の無人化に関する技術開発

・GPS波浪計の係留系点検システムの開発については、実海域試験機の観測装置部を新たに製作するとともに、実海域試験機  
用の制御および点検・計測アプリケーションの開発を行い、点検対象物までの誘導を補助する捕捉機能、および係留鎖の損耗状  
態の点検機能を導入し、神奈川県平塚沖及び釜石港沖において実海域試験を実施し、動作確認及び評価を行った。

・網チェーンによる水中物体回収技術の開発については、留萌港及び久慈港においてブロック撤去の実工事に使用し、荒天へ  
の適用性、仮置き作業の効率向上等について評価を行った。

・マニピュレータ技術については、過年度に実施したバックホウ遠隔制御系に、スライダ等を用い直線的に入力が可能なガイド機  
構を持たせた操作系を追加するとともに、CG 呈示手法の高度化を行った。

#### 平成21年度までの成果公表

サブテーマ①:鋼構造物の点検作業の無人化に関する技術開発

・英文論文 2編(うち査読2編)

・和文論文 11編(うち査読2編)

・港空研資料 2編

・特許(出願) 2件

サブテーマ②:海洋における水中作業の無人化に関する技術開発

・英文論文 4編(うち査読4編)

・和文論文 11編(うち査読5編)

・港空研資料 1編

#### 平成21年度までの成果活用

サブテーマ①:鋼構造物の点検作業の無人化に関する技術開発

・研究継続中ではあるが、平成21年度に実工事で活用された。

サブテーマ②:海洋における水中作業の無人化に関する技術開発

・過年度に引き続き、北海道・留萌港、岩手・久慈港において消波ブロック撤去の実工事に活用された。

**注:研究テーマ3ウについては終了した研究実施項目がないため評価していない。**

## 11) 3E「海洋空間高度利用技術、環境対応型技術等に関する研究テーマ」

表-11.1 3E「海洋空間高度利用技術、環境対応型技術等に関する研究テーマ」の研究目標

### ・社会的、学術的観点から見た研究の必要性

海洋空間を高度に有効活用することは海洋国日本にとって極めて重要な事であり、これを実現するための技術は、未来に向けた我が国経済の活性化のためにも不可欠な要素である。しかし、日本周辺の海域は水深が深く、さらに世界で最も厳しい気象条件下にあり、海洋空間を高度利用に利用するためには、これらの障害を克服する技術開発が必要となる。陸上における廃棄物最終処分場の確保は、飲用水となる地下水汚染等が懸念されるために困難な状況にあり、近畿圏の自治体が多数参加している大阪湾フェニックス事業のように、大規模な処分場用地は海面に求めざるを得なくなっており、その結果、大都市前面の海域に広大な土地が造成されることとなる。このため、大規模海面処分場については、跡地の有効活用が海洋空間の有効な利用となるという観点からも重要であり、跡地利用を安全・安心に有効活用するための前提となる海面処分場の長期安定性の評価技術の向上が必要である。環境負荷の削減は、21世紀の豊かで安全・安心な国土形成のために不可欠であることから港湾・空港・海岸の整備事業においてもリサイクル技術の開発が必要とされている。港湾・空港整備事業に伴い発生する浚渫土等の有効活用、他の産業副産物の港湾・空港整備事業への活用技術等については、社会が必要としている技術は十分なレベルに達しているとは言えず格段の技術向上が必要な状況にある。

### ・研究テーマ、サブテーマ、研究実施項目の関連

海洋空間高度利用技術、環境対応型技術等に関する研究分野は、以下に挙げる3つのサブテーマから構成される。

#### サブテーマ①:海洋空間の有効利用に関する技術開発

日本の国土面積は約38万平方 km であるが、領海面積は約31万平方 km、200海里水域面積は約429万平方 km であり、世界有数の海洋国家であり、海上空港、海上都市、洋上風力発電、潮流発電、資源開発等さまざまな海洋空間の利用構想が提案されている。しかし、日本周辺の海域は、台風や冬季低気圧の通過により沿岸域から外洋に至るまで世界で最も厳しい気象・海象条件となっており、加えて巨大地震の震源域が存在していることから歴史的にも大きな津波被害を受ける地域でもある。したがって、日本の海洋空間を有効利用するためには、浮体構造物等の各種海洋構造物が厳しい自然条件に対応できるようにするため、大水深・大波浪海域を克服する技術から浅海域における津波・高潮・高波対策に至るまでさまざまな技術開発が必要となっている。

また、限られた国土面積しかない我が国では、今後、大型浮体や大水深海域に対応した浮体技術が必要になってくる。本研究では、大型浮体や洋上施設の安全性を確保できる技術の開発を目指す。

#### サブテーマ②:廃棄物海面処分場の長期安定性の評価および活用に関する技術開発

廃棄物海面処分場は様々な有害物質・汚染物質を含む廃棄物によって土地が埋立造成されると言う側面から見ると、廃棄物海面処分場の遮水機能を長期間にわたり安定的に保持すること、ならびに、廃棄物に含まれる有害物質・汚染物質の浄化・安定化を促進することが、海洋空間の安心・安全な高度利用にとって重要である。これらに応える技術の開発は、臨海部における空間の高度・有効活用につながり、我が国の活力ある社会基盤整備、社会循環システムの形成に大きく資するものである。

#### サブテーマ③:リサイクル技術の推進による環境負荷低減に関する技術開発

物流の効率化により省エネルギー化・環境負荷軽減を図るために大型化される船舶に対応するための港湾施設の増深のみならず、航路・泊地の維持のために発生する浚渫土砂の処分は、港湾機能を維持・発展させる上での大きな社会的課題となっている。浚渫土砂は従来から土砂処分場に埋立処分されてきたが、リサイクル技術によって有効活用できるようになれば、土砂処分場の埋立によって消滅してしまう海域面積が軽減され沿岸環境が保全されること、土木材料として有効活用することにより土木材料確保のための新たな環境破壊を防止できること等により、環境負荷軽減に貢献する。また、産業副産物を活用した新材料を開発することによっても資源の有効活用が図られ、環境負荷の低減につながる。上述のごとく、港湾域でのリサイクル技術を推進することは、我が国沿岸部の持続的な発展のために極めて重要である。

#### ・見込まれる成果の内容(アウトプット)

サブテーマ①:海洋空間の有効利用に関する技術開発

大水深海域での係留技術、長周期波浪に対する係留技術等の開発、津波・フリークウェーブなどの異常外力への対応策、大型浮体構造物の構造ならびに係留システムの開発、大水深域における係留位置点検方法・水中物体回収装置の開発。

サブテーマ②:廃棄物海面処分場の長期安定性の評価および活用に関する技術開発

廃棄物海面処分場の長期間遮水技術の向上、遮水機能の健全性に関する評価・モニタリング技術の開発、処分場内の効率的な水循環システムの開発。

サブテーマ③:リサイクル技術の推進による環境負荷低減に関する技術開発

産業副産物や港湾・空港建設工事の際に発生する副産物を活用したリサイクル材料の物理・化学特性の解明、利用技術、設計指針の提案。

#### ・見込まれる成果の社会全体及び行政的な効用、意義(アウトカム)

サブテーマ①:海洋空間の有効利用に関する技術開発

沿岸域から大水深、大波浪海域にかけての海洋空間高度利用構想が進展する。

サブテーマ②:廃棄物海面処分場の長期安定性の評価および活用に関する技術開発

周辺住民への安心・安全を伴った形で、廃棄物海面処分場の維持・管理が適切に行われ、処分場廃止後の跡地が有効に利用され、沿岸域の海洋空間の有効利用が促進される。

サブテーマ③:リサイクル技術の推進による環境負荷低減に関する技術開発

地盤材料やコンクリート系固化体に用いるリサイクル材料として産業副産物や浚渫土砂の有効利用が促進され、これらを処分するため及びこれにより代替される材料を採取するために発生していた環境負荷が低減される。

**表－11.2 3E「海洋空間高度利用技術、環境対応型技術等に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度までの研究成果**

<p><b>平成 22 年度のサブテーマ目標</b></p> <p>サブテーマ①:海洋空間の有効利用に関する技術開発</p> <p>フリークウェイブの発生機構と伝播過程を引き続き検討し、大水深海域での設計波の特性を明らかにする。また、海洋の利用として提案したサーフィンリーフの適用性に関する調査を進め、シンポジウム等によってNPO 等との連携を図る。</p> <p>サブテーマ②:廃棄物海面処分場の長期安定性の評価および活用に関する技術開発</p> <p>21 年度までに廃棄物処理護岸の設計法を確立した。また、21 年度内に社会の動向に注目し、環境省や国際機関での研究活動ならびに法整備の動きをモニタリングした。その結果、21 年度からは新規実施項目「廃棄物海面処分場の遮水工の品質管理」を実施している。22 年度には、遮水工の施工記録から、重要な点検項目を抽出し、維持管理を図ることができるツールを提案する。</p> <p>サブテーマ③:リサイクル技術の推進による環境負荷低減に関する技術開発</p> <p>地盤材料やコンクリート系固化体に用いるリサイクル材料として産業副産物や浚渫土砂の有効利用が促進され、これらを処分するため及びこれにより代替される材料を採取するために発生していた環境負荷が低減される。21 年度からは具体的に新規項目として、リサイクル技術の再利用技術を検討している。22 年度には、現地で採取したSGM 材等を試験室で調べ、具体的に安定性を明らかにする。この成果は、今後の埋め立て地整備に活用していくので、あらかじめ地方整備局へも活用法をヒアリングで調べる。</p>
<p><b>研究内容</b></p> <p><b>・課題解決のための研究内容</b></p> <p>サブテーマ①:海洋空間の有効利用に関する技術開発</p> <p>日本近海の海洋空間を高度に利用するためには、大水深・大波浪海域、津波・高潮の来襲などの厳しい自然条件に対応するための技術が必要となることから、これらの技術課題を解決するため、海洋空間高度利用のための基礎的な技術の確立とそれらを総合的にとりまとめて具体的な利用構想に結びつける方策について検討する。</p> <p>日本近海の海洋空間を高度に利用するためには、大水深・大波浪海域、津波・高潮の来襲などの厳しい自然条件に対応するための技術が必要となる。</p> <p>まず、基礎的な技術のうち、浮体の係留技術については、大水深海域に設置を計画しているGPSブイの係留に関する検討結果を参考にとりまとめることとしている。また、浮体に作用する外力の解析にはセルオートマトン法が適用できるかについて検討することとしている。さらに、津波・フリークウェイブに対する係留船舶の安全性向上対策に関する検討結果や浮体式多目的基地に関する研究結果についても、具体的な海洋空間高度利用の案件が出てきた場合には十分活用できるものと考えており、基礎的な知見の一つとして研究結果の利用方法についても検討する。加えて、GPS波浪計の係留装置点検システム、網チェーンを用いた水中物体回収装置といった大水深域を対象とした技術開発についても検討を行う。</p> <p>さらに、人口密集地の大都市臨海部を中心として海洋レジャーの機会を増やす試みがなされている。特に沿岸でサーフィンができる環境整備が望まれており、サーフィンリーフの基礎的な研究を開始する。サーフィンリーフは平常時には波を収斂させてサーフィンに適切な砕波現象を起こすものであり、擾乱時には砕波によって波のエネルギーを減少させ、防災効果を有するようになる。研究ではリーフの機能に加えて、サーファーの安全性についても評価を行う。</p> <p>サブテーマ②:廃棄物海面処分場の長期安定性の評価および活用に関する技術開発</p> <p>海面処分場跡地を有効に土地活用するためには、処分場から有害物質が漏れ出さないように、周辺環境と処分場とを隔離している鉛直遮水壁の機能を、十分長期にわたって保持でき、廃棄物の無害化、浄化・安定化を可能にする信頼できる技術が必要であるが、これらの課題を解決するため、鉛直遮水壁に関しては、遮水機能の確実性を追求した施工時の遮水機能検査方法、ならびに長期的な遮水機能のモニタリング手法といった、従来にはなかった新しい手法を導入した抜本的な解決策の提案を</p>

目指す。

廃棄物海面処分場跡地を適正に利用するためには、処分場の保有水等の水処理が重要な課題となる。陸上処分場の場合、保有水・雨水は処分場下層を流れて自然に処分場の端部に集まることから、最下流部に水処理施設を設置することにより効率的な処理が可能となる。一方、海面処分場では、処分場が平坦なことや廃棄物層の地下水位が高いこと等から、保有水の循環がほとんどない。このため、簡易な水処理施設では廃棄物埋立層の表層付近が浄化されるのみであり、処分した廃棄物層の大部分の無害化は進みにくく、特に深部では、長期間にわたって無害化されないことも予想される。その一方で、嫌気的で、かつ水の流れが緩慢な深部については、重金属の安定化が進むために危険性は低いとも言われている。

埋立処理した廃棄物の無害化・安定化に関しては、無害化処理技術、廃棄物層深部までを浄化・安定化するための技術、無害化された材料の建設資材としての活用方法を、安全・安心な土地利用に関しては、廃棄物地盤を安全に土地利用するための地盤改良工法等の検討を行うことにより、廃棄物の無害化技術ならびに浄化・安定化の評価技術に基づき、廃棄物地盤を維持・管理しながら土地として長期間にわたり安全でかつ安定的に利用するための技術を確立し、広大な海面廃棄物埋立地盤の将来的な高度土地利用技術を確立することを目指した研究を実施する。

#### サブテーマ③:リサイクル技術の推進による環境負荷低減に関する技術開発

港湾整備等の現場においてリサイクル材料の使用を促進し、環境負荷の低減を図るためには、海洋・沿岸環境下における各種リサイクル材の諸特性の把握、特にリサイクル材の長期安定性を確認する事が必要であることから、これらの課題を解決するための研究を実施している。

港湾・海岸・空港の建設において建設残土・浚渫土砂・廃コンクリートや産業副産物を受け入れ、リサイクル材として有効活用するケースとして、安全を確認した上で土木材料としてそのまま使う場合と造粒化や軽量化を図るなどにより高付加価値材料として使う場合がある。これらの有効活用を進めていくためには、安全性の確認、リサイクル材の製造・施工方法の確立、リサイクル材の材料としての諸特性の解明および使用したリサイクル材の長期安定性の確認等が必要である。

このうち、工事発生材である建設残土・浚渫土砂を地盤材料などに利用する工法については、そのまま使う場合も高付加価値材料として使う場合も、既往の研究成果によって幾つかの施工法が提案され、実施工に適用されている。また、産業副産物を利用したリサイクル材料は各々の産業分野を中心に様々な材料が提案され、適用方法に関する検討が進められている。また、廃コンクリートの有効活用についても技術の進歩がめざましい。リサイクル材料の諸特性について、その初期状態の把握は比較的容易であるが、人工材料である場合に、それらの長期安定性に関しては未解明な部分が多く、リサイクル材に関する信頼性が得られずに、その活用が大幅に進まない理由ともなっている。

防錆剤を混入したコンクリート、FS コンクリート、スラグ固化体等の諸特性の解明や新しい施工法について検討するとともに、木材を港湾構造物材料として本格的に活用するための基礎的な検討を行うことで、新しいリサイクル材料の導入を図ることとした。また、浚渫土を利用したリサイクル地盤材料として使用されているセメント系固化処理土や気泡軽量混合処理土に加え、新材料として検討中の固化処理土にゴムチップを混入させた地盤材料中について、材料中の水の動きをX線CT技術を駆使して可視化することにより、地盤材料として透水特性が劣化に影響を及ぼしたり、周辺環境へ影響を及ぼしたりする可能性について把握する。また、実際の沿岸環境下に施工され約10年経過したSGM軽量土の劣化状況調査等により、固化処理土の劣化メカニズムについて把握、長期養生環境の定量的評価等を行い、長期に安定的に利用するための維持管理のあり方、必要な対策方法、ならびに原位置における劣化診断方法をとりまとめることにより、リサイクル地盤材料の一層の導入を支援することとした。

#### ・研究内容を構成する研究実施項目

研究実施項目は、各サブテーマの下に合計16項目を設定した。

サブテーマ①:海洋空間の有効利用に関する技術開発

・「アシカ島等における気象・海象の観測と解析および全国沿岸波浪・津波・潮位・風況観測データの集中処理解析による資料および統計報の作成」(3エ-X1ウX)

・「海洋構造物周りの流体解析へのセルオートマトン法の適用性の評価」(3エ-X3アX)

- ・「外洋性港湾における荷役可否情報システムの開発」(3 エ-X3 ア X)
- ・「津波に対する係留船舶の安全性向上対策に関する検討」(3 エ-X1 イ X)
- ・「船舶の耐津波係留技術の開発」(3 エ-X1 イ X)
- ・「大水深海域での浮体式洋上ターミナルの技術的成立性に関する検討」(3 エ-0802)
- ・「大水深域における極大波浪の特性と海洋構造物へのインパクト荷重の推定」(3 エ-0803)
- ・「利用と防災を兼ねた人工サイフィンリーフに関する研究」(3 エ-0903-カ-29)

サブテーマ②: 廃棄物海面処分場の長期安定性の評価および活用に関する技術開発

- ・「廃棄物海面処分場の維持・管理技術の開発」(3 エ-0501)
- ・「廃棄物海面処分場の遮水工の品質管理」(3 エ-0901-オ-31)

サブテーマ③: リサイクル技術の推進による環境負荷低減に関する技術開発

- ・「新材料の海洋環境下における適用性および耐久性評価に関する実験」(3 エ-0201)
- ・「リサイクル材料の透水特性に関する実験」(3 エ-0401)
- ・「浚渫土を活用したリサイクル地盤材料の長期安定性の評価」(3 エ-0601)
- ・「浚渫土を活用したリサイクルリサイクル地盤材料の再利用」(3 エ-0902-キ-31)
- ・「暴露試験によるコンクリート、鋼材及び各種材料の長期耐久性の評価」(3 エ-X3 ア X)
- ・「人工地盤材料の LCM に関する検討」(3 エ-X3 イ X)
- ・「浚渫土砂利用した環境修復手法に関する調査および解析」(3 エ-X2 イ X)
- ・「浚渫土処分を目的とした海底への汚濁防止排出工法の開発」(3 エ-X2 イ X)

#### 平成 21 年度までの研究成果

サブテーマ①

- ・浮体回りの流れを再現できる計算法を開発した。また、荷役可否判断に役立つ長周期の波浪情報を発信するシステムの整備を行った。
- ・浮体構造物の動揺シミュレーション手法を整理し、流れの中での動揺等にも活用できるように改良を行った。また、大型船舶の津波や流れの中での運動に関する模型実験結果を整理した。
- ・浅海域を伝播する極大波(フリークウェーブ及び突発波浪)の特性について、2次元水路を用いた断面造波実験で得たデータ解析を通じて考察した。
- ・サーフィンリーフ実験用の小型水槽の特性を検討した。

サブテーマ②

- ・鋼製鉛直遮水工遮水性の取りまとめ、海面処分場の水位管理について検討した。
- ・遮水工施工時にモニタリング可能な情報の取捨選択と、その結果を遮水性信頼性向上に反映する手法を検討した。

サブテーマ③

- ・リサイクル材料の透水性の把握、施工後10年経過したSGM軽量土を調査し劣化が表面に限られていることを確認した。
- ・FSコンクリートの力学特性、耐塩害性能は普通コンクリートよりも高いことを確認した。鉄鋼スラグ水和固化体の力学特性は普通コンクリートと同等であることを確認した。硫黄固化体は海洋環境下においても高い圧縮強度を継続して有することを確認した。
- ・セメント固化処理土について一連の土質試験を行った。

#### 平成 21 年度までの成果公表

サブテーマ①

- ・3 エ-0801「大水深域における極大波浪の特性と海洋構造物へのインパクト荷重の推定」  
英文査読論文 2 編
- ・3 エ-0802「大水深海域を対象とした浮体式多目的基地に関する技術的検討」

港空研資料 1 編

- ・3 エ-0903-カ-29「利用と防災をかねた人工サーフィンリーフに関する研究」

和文査読論文 1 編、その他 1 編

サブテーマ②

- ・3 エ-0501「廃棄物海面処分場の維持・管理技術の開発」

港空研資料1(2006No.1142)、査読付和文論文 2(2007 土木学会論文集 C、2005 環境地盤工学シンポジウム論文集)

その他 1 編(自然災害科学 Vol.24、2005)

- ・3 エ-0901-オ-31 廃棄物海面処分場の遮水工の品質管理手法の提案

サブテーマ③

- ・3 エ-0201「新材料の海洋環境下における適用性および耐久性評価に関する実験」

港空研資料 2、査読付和文論文 2

- ・3 エ-0401「リサイクル材料の透水特性に関する実験」

港空研報告 2、査読付和文論文 1、査読付英文論文 6

- ・3 エ-0601「浚渫土を活用した地盤材料の長期安定性の評価」

査読付和文論文 1 編

- ・3 エ-0902-キ-31「浚渫土を活用したリサイクル地盤材料の再利用に関する検討」

英文査読論文 2 編

平成 21 年度までの成果の公表(テーマ総計)

港空研報告 2 編、港空研資料 4 編、和文査読論文 7 編、英文査読論文 10 編、その他 2 編

#### 平成 21 年度までの成果活用

サブテーマ①

・浮体回りの流れの予測モデル技術や波浪観測技術を基盤として、外洋の荷役可否判断システムが開発された。システムは石巻港岸壁等で試験的に運用されている。

・津波が係留施設などを与える影響に関する成果は、津波に対してより安全な港湾の整備に活用されることが考えられる。

サブテーマ②

・海面処分場の遮水工の検討、海面処分場の廃止基準・維持管理基準案などの作成を支援した。

・遮水工に関する研究成果は、廃棄物海面処分場の遮水工の品質管理に活用される。

サブテーマ③

・セメント系固化処理土、気泡混合処理土、ゴムチップ混合固化処理土の透水性を把握し、その現場適用性を確認した。

・気泡混合処理土の長期材料特性を原位置で確認し、土木材料としての信頼性を向上させた。同工法は、平成 19 年度に羽田再拡張事業の国際線エプロン地区整備において約 40 万 m<sup>3</sup> が施工された。

・鉄鋼スラグ水和固化体技術マニュアルの作成を支援した。

・本テーマで耐久性評価を行ったホタテ貝殻を骨材として用いたコンクリート(シェルコンクリート)が「青森港の港内反射波対策用の消波ブロック」として試験的に適用されることが決定(2500m<sup>3</sup>)。平成 22 年 4 月下旬から製作開始。

**表－11.3.1 3E「海洋空間高度利用技術、環境対応型技術等に関する研究テーマ」の  
平成 21 年度終了研究実施項目(その1)**

<b>研究実施項目番号</b> 3 E-0802-オ-37
<b>研究実施項目名</b> 大水深海域を対象とした浮体式多目的基地に関する技術的検討
<b>研究目標</b> ・背景 海洋基本法の制定に伴い、排他的経済水域における経済活動が重要になってきている。特に、太平洋上の離島近海の大水深海域は、海洋の調査・観測、海洋エネルギーの開発、水産資源の確保、海洋性レクリエーションの振興などを行う適地であると考えられる。しかしながら、このような大水深海域においてこれらの多目的な活動を行う施設について検討した事例はほとんどない。 ・目標、アウトプット 浮体式多目的基地とは、海洋研究観測施設、マリリゾート施設、海洋エネルギー施設、水産施設を有する多目的な活動を行うための浮体構造物である。本研究では、浮体構造物の動揺シミュレーション手法を用いて、太平洋上の離島近海の大水深海域を対象とした浮体式多目的基地に関するケーススタディを実施する。
<b>研究内容</b> 浮体構造物の動揺シミュレーション手法を用いて、浮体式多目的基地の本体構造や係留方式、基地への船舶の係留方法等について、大水深海域での適用性を中心に検討する。
<b>年度毎の研究内容</b> 平成 20 年度：浮体構造物の動揺シミュレーション手法を大水深係留を考慮できるように改良し、大水深海域を対象とした浮体式多目的基地の本体構造と係留方式を選定した。 平成 21 年度：浮体構造物の動揺シミュレーション手法を複数浮体を考慮できるように改良し、浮体式多目的基地への船舶の係留方法について検討した。
<b>研究成果(アウトプット)</b> 津波数値計算と船体動揺計算を行うことにより、中央防災会議で検討された想定東海地震津波が、清水港の係留船舶や係留施設へ与える影響を明らかにした。主な結論は以下の通りである。 1) 津波は主にバースに沿って流れ、津波の影響は係留船舶のサージに対して大きくなる。 2) 一般に係留船舶の船型が大きいほどその固有周期は長くなるため、津波周期と一致しやすくなり、船舶の動揺も大きくなる。このため、船型の大きい船舶が係留施設へ与える影響は大きくなる。 3) 全ての係留索を通常よりもそれぞれ 2～4 倍程度長く取った場合、係留船舶の水平面内動揺は大きくなるが、全ての係留索にある程度均等に張力がかかるようになる。 4) 本研究で検討した 5 種類の係留方法の中では、係留索を長く取る方法が津波に対して効果的な係留方法であると考えられる。
<b>成果の公表</b> 米山治男・大垣圭一(2009):清水港を対象とした数値計算による係留船舶への津波影響の評価、港空研資料、No.1190
<b>成果の活用</b> 太陽光発電パネル自体を浮体とした発電浮体の実用化に関して現地での適用性について基礎的研究を進めた。また、大型船舶の流れの中での動揺について模型実験を行った。これらの成果により、洋上の浮体ターミナルの係留力を明らかにすると共に、独立発電システムの可能性を示すことができた。また、想定東海地震津波の清水港の係留船舶や係留施設へ与える影響に関する計算結果は、津波に対してより安全な港湾の整備に活用される。

## 2. 平成 21 年度終了特別研究の研究目標、研究成果

表－12 特別研究「海底境界層内での物質輸送機構の解明」の研究目標、研究成果

<p><b>研究実施項目番号</b> 2ア-0601-キ-21</p>
<p><b>研究実施項目名</b> (特別研究)海底境界層内での物質輸送機構の解明</p>
<p><b>研究目標</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・背景 河川流入等による陸域負荷の大きな内湾域では、栄養塩や有害化学物質を含む泥質堆積物の蓄積が進行する。その一方で、波浪や潮流流の作用により再巻上げが生じ、再び海域中を拡散し海域の環境変動に大きな影響を及ぼす。沿岸域の利用に基づく外力場の変化に応じて、泥の移動とそれらによる水質環境への影響を適切に予測することが環境アセスにとって必要とされている。</li> <li>・目標、アウトプット 堆積泥の外力に対する侵食限界や侵食速度などの応答特性と水質環境への影響を把握し、底泥の再懸濁による水質変動予測法を構築する。</li> </ul>
<p><b>研究内容</b></p> <p>海底付近での底泥の挙動特性を把握するための現地観測ならびに水槽実験を行い、底面境界層での外力の評価とそれに対する、堆積泥の挙動および水質変動特性について検討した。現地底泥を用いて、環境水理実験水槽にて潮流および波浪外力を想定した底泥の巻き上げ特性ならびに水質変動への影響把握を目的とした実験を行い、現地観測データの解析結果との比較を通じて、実験系での再現性について評価を行った。</p>
<p><b>年度毎の研究内容</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・平成 18 年度においては、東京湾や有明海等の国内の代表的な内湾域において、現地観測を通じて波浪や潮流流などの主要外力に対する底泥の巻き上げや移動特性の把握に関する検討を実施した。また、底泥移動実験の水槽の新たな整備をすすめ、平成 19 年 3 月に完成させた。</li> <li>・平成 19 年度には引き続き現地観測の実施、データの解析を行うと共に、水路実験の実施に向けて、実験に用いる現地底泥の不覚乱での採取方法の検討ならびに現地試験を実施した。</li> <li>・平成 20 年度には、東京湾および有明海にて採取した現地底泥を用いて、振動流等の外力による底泥の巻き上げ過程と、それに伴う水質(酸素消費)への影響について検討した。</li> <li>・平成 21 年度については、現地観測データおよび実験結果を整理し、外力作用下における底泥の巻き上げ特性(侵食限界、侵食速度等)について整理し、水質への影響把握に資する測定手法の適用性についてとりまとめた。</li> </ul>
<p><b>研究成果(アウトプット)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・東京湾および有明海等の内湾域における現地観測を通じて、海底泥の挙動に関する実態を把握し、海域ごとの海象条件(潮流、波浪、吹送流など)に応じた底泥移動の特徴(東京湾:台風等高波浪時、有明海:大潮時潮流)を明らかとした。</li> <li>・底泥の移動限界、侵食量等について定量的なデータを取得することができ、将来的な予測シミュレーションの高精度化における検証データを蓄積することができた。</li> <li>・特にこれまで十分な知見が得られていなかった、高波浪時の底泥移動に伴う泥の侵食・堆積量に関する定量的な現地データを取得し、巻き上げ現象のモデル化に必要な情報の獲得に成功した。</li> <li>・底泥の巻き上げに伴う水質への影響把握に向けて、海底面近傍での溶存酸素濃度フラックスの測定法を開発し、実験水槽および現地実験によりその妥当性を検証することができた。</li> </ul>
<p><b>成果の公表</b></p>

(1)査読付き論文(和文9編、英文3編)

中川康之・有路隆一・灘岡和夫・八木宏・下迫健一郎・白井一洋(2010):東京湾羽田沖での現地観測に基づく台風来襲時における底泥の侵食・堆積量の評価、海岸工学論文集、第57巻(投稿中)

有路隆一・八木宏・灘岡和夫・中川康之・小川浩史・下迫健一郎・木村俊介(2010):東京湾多摩川河口周辺域における底質環境の時空間変動特性、海岸工学論文集、第57巻(投稿中)

中川康之・桑江朝比呂(2010):有明海湾奥部干潟沖における懸濁物輸送に関する現地観測、海岸工学論文集、第57巻(投稿中)

中川康之・石貫國郎・添田宏・中村嘉邦(2009):干潟浅海域沖合における底質輸送の現地観測、海岸工学論文集、第56巻、pp.471-475.

中川康之・有路隆一・松坂省一・諸星一信・八木宏・灘岡和夫・田中晋(2008):東京湾多摩川河口沖における底泥の巻き上げに関する現地観測、海岸工学論文集、第55巻、pp.516-520.

桑江朝比呂・中川康之・三好英一(2008):海底境界面における酸素消費速度-渦相関法による現地連続観測-、海岸工学論文集、第55巻、pp.1001-1005.

中川康之・吉田秀樹・田中克己・大波多昌志(2007):底泥の巻き上げと底面境界層内の乱れの現地観測、海岸工学論文集、第54巻、pp.446-450.

中川康之・有路隆一・松坂省一・諸星一信・八木宏・灘岡和夫・古殿太郎・大野幸正・島崎哲也(2007):多摩川河口沖における底泥の堆積特性の把握に関する現地調査、海岸工学論文集、第54巻、pp.1031-1035.

中川康之・三谷正人・友田伸明・松本英雄(2006):周防灘北部沿岸域における浮遊泥の輸送特性、海岸工学論文集、第53巻、pp.466-470.

Nakagawa, Y., R. Ariji, S. Matsuzaka, K. Morohoshi, H. Yagi, K. Nadaoka and S. Tanaka (2009): Observations of fine sediment transport event during typhoon attack in Tokyo Bay, Proc. Of 5th International Conference on Asian and Pacific Coasts (APAC'09), World Scientific, pp.8-15.

Nakagawa, Y. and H. Yoshida (2008), Field observation and modeling of suspended fine sediment load in Ariake Bay, Japan, In: Sediment and Eohydraulics, Kusuda, T., H. Yamanishi, J. Sperman and J. Z. Gailani(Eds.), Elsevier, Amsterdam. Pp.155-163.

Nakagawa, Y., Matsumoto, H.(2007):Field measurement of fine sediment transport process around navigation channel, Proc. Of Coastal Sediments'07, ASCE, pp.1678-1689.

(2)口頭発表(国内会議2件、国際会議4件)

中川康之・桑江朝比呂(2008):底泥の巻き上げフラックスと乱れ強度との関係～有明海湾奥部での観測例～. 2008年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集、p.121.

桑江朝比呂・中川康之・三好英一(2008):渦相関法を用いた有明海湾奥部海底境界面における酸素消費フラックスの観測. 2008年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集、pp.163.

Nakagawa, Y.(2009):Field observation of near-bottom suspended sediment flux in the vicinity of navigation channel in shallow muddy coast, Proc. Of International Conference on Cohesive Sediment Transport(INTERCOH2009), in Rio de Janeiro, Brazil, pp.122-123.

Nakagawa, Y. and T. Kuwae(2008):Field observation of fine sediment transport processes and oxygen fluxes in estuarine bottom boundary layer, Proc. Of Int. Meeting on Physics of Estuarine and Coastal Seas (PECS), pp.107-110.

Nakagawa, Y. and T. Kuwae (2008): Field studies on fine sediment transport dynamics and oxygen fluxes near the bed, Ocean Science Meeting, Florida,USA.

Nakagawa, Y.(2007):Field measurement of resuspension of mud and turbulences in bottom boundary layer, Proc. Of International Conference on Cohesive Sediment Transport(INTERCOH) 2007, in Brest, France.

(3)研究所発表(港空研報告 1編)

中川康之・有路隆一(2010):台風来襲時の東京湾羽田沖における底泥移動現象、港空研報告、第49巻、第2号(印刷中)

**成果の活用**

内湾域の環境改善の鍵とされているものの、十分な現地情報が得られていなかった底泥や懸濁物の挙動現象に対して、本研究の現地観測結果はこれらの現象の実態を示し、実態に即した水質予測等のシミュレーション・モデルの構築に大きく寄与するものである。また、新たに開発した溶存酸素濃度等の底面近傍での輸送量測定システムは、底泥巻き上げなどの動的な海底環境で生じる水質変動機構の解明に大いに活用される。

平成21年度研究実施項目一覧

別添資料2

研究分野	研究テーマ	テーマリーダー	研究サブテーマ	研究番号	研究実施項目(☆は特別研究)	開始年度	終了予定年度	21年度終了	22年度継続	全項目数	別添資料2		
											うち21年度終了数	うち特別研究の数	
1 安心して暮らせる国土の形成に資する研究分野	1ア 大規模地震防災に関する研究テーマ	菊池部長	①強震観測・被害調査・被災モニタリングによる地震被災メカニズムの把握	17-6201-キ-35	港湾地域および空港における強震観測と記録の整理解析	1962	2100		○	9	2	0	
				17-xxxx-キ-35	地震災害調査	1900	2100		○				
			②強振動予測手法の精度向上	17-0701-キ-35	シナリオ地震に対する強震動評価における各種パラメタの設定方法に関する検討	2007	2009	○					
				17-0702-オ-35	地震による空港の地盤災害リスク評価方法の構築	2007	2009	○					
			③地震時の地盤の挙動予測と対策	17-0801-オ-32	大規模地震に対する既設構造物直下地盤の液化化対策の検討	2008	2010		○				
				17-0802-キ-32	破壊応力状態付近での土の動的特性に関する検討	2008	2010		○				
				17-0901-カ-33	岸壁背後の格子状地盤改良の耐震効果の検討	2009	2011		○				
			④地震時の構造物の挙動予測と対策	17-0803-オ-34	矢板式係船岸等における杭を用いた耐震補強工法に関する検討	2008	2010		○				
				17-0804-オ-35	既存港湾・海岸施設の耐震性能評価・向上に関する研究	2008	2010		○				
			1イ 津波防災に関する研究テーマ	高橋研究主監	①災害の予測技術の開発	1イ-0701-キ-24	津波による構造物の変形および破壊に関する模型実験と数値計算	2007	2009				○
	1イ-0702-カ-61	津波災害シミュレーターの開発				2007	2009	○					
	1イ-0903-オ-25	津波に対する早期避難促進に関する基礎的研究				2009	2011		○				
	②革新的なソフト技術の開発	1イ-0801-カ-61				リアルタイム津波浸水予測手法の開発	2008	2010		○			
		1イ-0901-オ-61				グリーンベルトによる津波対策施設の適用性評価	2009	2010	中止				
	③効果的なハード技術の開発	1イ-0902-オ-20				小型船舶の耐津波係留技術に関する検討	2009	2010	中止				
		1ウ 高潮・高波防災に関する研究テーマ	栗山部長	①効率的な海象観測と波浪推算技術の高精度化の組み合わせによる沿岸海象の把握	1ウ-0605-キ-29	アスカ島等における気象・海象の観測と解析及び全国沿岸波浪・津波・潮位・風況観測データの集中処理解析による資料及び統計報の作成	2006	2011		○	8	1	0
	1ウ-0801-カ-29				波浪推算に基づく日本沿岸高波データベースの構築と高波浪出現特性の検討	2008	2010		○				
	1ウ-0904-カ-22				☆リアルタイム海象情報を用いた流出油の高精度漂流予測に関する研究	2009	2011		○				
	②越波算定精度の高精度化など高潮・高波被害の予測と対策の検討			1ウ-0901-カ-23	リアルタイム海象情報を活用した高潮・高波被害予測システムの試設計	2009	2011		○				
				1ウ-0604-オ-24	高潮・高波時における防波堤及び護岸の変形・破壊に関する予測手法の開発	2006	2009	○					
	③高潮・高波による地盤も含めた外郭施設の破壊現象の解明			1ウ-0902-カ-32	既存防波堤の高潮に対する地盤補強に関する検討	2009	2011		○				
		1ウ-0903-カ-29	☆気候変動適応策の検討を目的とした波浪・潮位の極値の解析(特別研究)	2009	2011		○						
	④地球温暖化の影響の解明と将来予測	1ウ-0701-カ-11	プログラムライブラリおよび関連するデータベースの構築・改良および運用(海洋・水工関係)	2007	2010		○						
		⑤その他											
	1エ 海上流出油対策等、沿岸域の人為的災害への対応に関する研究テーマ	白石部長	①海上流出油対策に関する研究	1エ-0701-オ-44	油回収除去における水蒸気の利用に関する応用研究	2007	2010		○	4	0	0	
				1エ-0702-カ-44	☆流出油のリアルタイム追跡システムの開発(旧:流出油のリアルタイム追跡・漂流予測システムの開発)	2007	2010		○				
				1エ-0802-カ-44	直轄船等による油濁防除技術に関する研究開発	2008	2011		○				
			1エ-0801-カ-45	不審物等の探知のための水中視認装置の実用化開発	2008	2010		○					
			②港湾セキュリティに関する研究										
	小計										27	5	0

研究分野	研究テーマ	テーマリーダー	研究サブテーマ	研究番号	研究実施項目(☆は特別研究)	開始年度	終了予定年度	21年度終了	22年度継続	全項目数	うち21年度終了数	うち特別研究の数
2 快適な国土の形成に資する研究分野	2ア 閉鎖性海域の水質・底質の改善に関する研究テーマ	中村研究主監	①水堆積物界面近傍での物理・化学過程の解明	27-0601-キ-21	☆海底境界層内での物質輸送機構の解明	2006	2009	○		4	1	1
				27-0901-キ-26	内湾に集積する新規残留性化学物質の管理手法に関する提案	2009	2011		○			
				27-0801-キ-28	沿岸自然基盤の安定性と健全性に関する数値指標の検討	2008	2010		○			
				27-0604-オ-29	閉鎖性内湾における環境の常時連続観測とその統計解析	2006	2017		○			
	2イ 沿岸生態系の保全・回復に関する研究テーマ	中村研究主監	②干潟における地盤等物理特性と生物生息の関係	24-0701-オ-31	干潟再生に向けた地盤環境設計技術の開発	2007	2009	○		5	1	0
				24-0801-キ-21	沿岸生態系における高次栄養段階生物の食性に関する調査及び実験	2008	2011		○			
				24-0802-オ-31	豊かな海の実現に向けた内湾水質・生態系シミュレーターの開発	2008	2010		○			
				24-0902-キ-21	☆ 沿岸生態系によるCO2吸収量の強化に関する調査および実験	2009	2012		○			
	2ウ 広域的・長期的な海浜変形に関する研究テーマ	栗山部長	③浚渫に係わる環境修復技術の開発	24-0901-オ-21	浚渫土を利用した環境修復効果の予測手法の提案	2009	2011		○	4	2	0
				2ウ-0101-キ-28	波崎海洋研究施設(HORS)等における沿岸域の地形変動や土砂輸送に関する観測と解析	2001	2011		○			
				2ウ-0701-キ-28	波の遡上域の地形変化に関する現地観測とモデル化	2007	2009	○				
				2ウ-0901-カ-25	沿岸漂砂による長期的海浜変形の予測手法の検討	2009	2011		○			
小計										13	4	1
3 活力ある社会・経済の実現に資する研究分野	3ア 港湾・空港施設の高度化に関する研究テーマ	菊池部長	①港湾施設の性能照査技術の開発および改良	37-0606-キ-39	暴露試験によるコンクリート、鋼材及び各種材料の長期耐久性の評価	2006	2010		○	9	1	0
				37-0902-オ-31	埋立地盤維持管理のための不同沈下予測手法の提案	2009	2012		○			
				37-0701-カ-33	杭式深層混合処理地盤の安定性の評価手法の開発	2007	2009	○				
				37-0802-オ-39	衝撃力を受けるコンクリート部材の性能照査法の提案	2008	2010		○			
				37-0901-カ-39	港湾構造物の部材設計に対する信頼性設計法の導入のための解析	2009	2011		○			
				37-0801-オ-23	長周期波およびうねりに対する構造物の性能照査に関する検討	2008	2010		○			
				37-0903-キ-39	港湾鋼構造物の防食方法・防食設計の合理化に関する検討	2009	2011		○			
				37-0803-カ-51	空港オーバレイ舗装の設計・品質管理の高度化	2008	2010		○			
	37-0702-カ-11	プログラムライブラリおよび関連するデータベースの構築・改良および運用(地盤・構造関係)	2007	2010		○						
	3イ ライフサイクルマネジメントに関する研究テーマ	北詰研究主監	①点検・診断技術の高度化	34-0702-オ-71	極値統計理論に基づく既存構造物の点検手法の最適化に関する解析	2007	2009	○		5	3	0
				34-0703-オ-71	棧橋床版下部検査用ビークルの操作性の向上に関する検討	2007	2009	○				
				34-0701-キ-34	人工地盤材料のLCMIに関する検討	2007	2009	○				
				34-0901-オ-71	ライフサイクルエコミーを導入したLCMIシナリオの評価 既存構造物の機能向上・用途変更のための残存性能評価技術の構築	2009	2010		○			
	3ウ 水中工事等の無人化に関する研究テーマ	白石部長	②海洋における水中作業の無人化に関する技術開発	3ウ-0801-カ-45	鋼構造物の肉厚を非接触型で計測する装置の実用化開発	2008	2010		○	4	0	0
				3ウ-0802-カ-45	GPS波浪計の係留装置点検システムの開発	2008	2010		○			
				3ウ-0803-オ-41	網チェーンを用いた水中物体回収装置の実用化開発	2008	2010		○			
				3ウ-0901-オ-45	水中作業用マニピュレータの多機能化に関する研究	2009	2011		○			
	3エ 海洋空間高度利用技術、環境対応型技術等に関する研究テーマ	栗山部長	①海洋空間の有効利用に関する技術開発	3E-0801-オ-23	大水深海域における極大波浪の特性と海洋構造物へのインパクト荷重の推定	2008	2010		○	5	1	0
				3E-0802-オ-37	大水深海域を対象とした浮体式多目的基地に関する技術的検討	2008	2009	○				
				3E-0903-カ-29	利用と防災をかねた人工サーフィン Reefに関する研究	2009	2011		○			
3E-0901-オ-31				廃棄物海面処分場の長期安定性の評価および活用に関する技術開発	2009	2011		○				
小計										23	5	0
合計										63	14	1