

第2章 研究評価分科会の評価結果と土木研究所の対応

- ① 土木構造物の経済的な耐震補強技術に関する研究
- ② のり面・斜面の崩壊・流動災害軽減技術の高度化に関する研究
- ③ 水環境における水質リスク評価に関する研究
- ④ 地盤環境の保全技術に関する研究
- ⑤ 流域における総合的な水環境モデルに関する研究
- ⑥ 河川・湖沼における自然環境復元技術に関する研究
- ⑦ ダム湖およびダム下流河川の水質・土砂制御技術に関する研究
- ⑧ 閉鎖性水域の底泥対策技術に関する研究
- ⑩ 構造物の耐久性向上と性能評価手法に関する研究
- ⑪ 社会資本ストックの健全度評価・補修技術に関する調査
- ⑫ 新材料・未利用材料・リサイクル材を用いた社会資本整備に関する研究
- ⑬ 環境に配慮したダムの効率的な建設・再開発技術に関する研究
- ⑭ 超長大道路構造物の建設コスト縮減技術に関する研究

1 土木構造物の経済的な耐震補強技術に関する研究

事後評価

総括

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①構造全体系を考慮した既設橋梁の耐震性能の評価法および耐震補強法の開発

達成状況

- ・橋梁の全体構造系を考慮した耐震性能評価法を提案した。
- ・壁式橋脚について、せん断支間比の効果を考慮したせん断耐力評価法を提案した。
- ・橋脚の補強を不要とする耐震補強工法として、免震工法、地震力分散工法、変位拘束工法を提案した。
- ・大地震発生時に現地の地震計情報と各橋梁の基本的情報をもとに被災度を簡便に推定する手法を提案した。

以上のとおり、所期の目標は達成できたと評価する。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②簡易変形予測法に基づく堤防の液状化対策としての地盤改良工法の設計技術の開発

達成状況

- ・液状化地盤上の堤防、および地盤改良等による耐震対策を施した場合の堤防の地震時沈下量予測法を開発し、許容沈下量に基づいた耐震対策工の設計法を提案した。
- ・端部擁壁を有する高規格堤防の地震時沈下量予測手法を提案した。
- ・端部擁壁を支持する固化改良の範囲・位置と対策効果の関係を実験的に解明した。

以上のとおり、所期の目標は達成できたと評価する。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③地震時変形性能を考慮した道路盛土・下水道施設の経済的な耐震対策補強技術の開発

達成状況

- ・液状化による盛土本体および基礎地盤の変形メカニズムを解明し、無対策盛土の簡易沈下量予測手法および被災度簡易推定手法を提案した。
- ・対策工ごとの盛土変形抑制効果を実験的に明らかにし、対策工を施した盛土の簡易沈下予測手法を提案した。

- ・矢板締切対策を施した下水道施設の浮上がり変位量予測手法を開発し、その設計法を提案した。
- ・埋戻し部の液状化による、下水処理施設と取付管の不同沈下量予測手法を提案した。
- ・微地形区分、地盤条件等に基づく下水道管路の液状化被害の簡易判定基準を提案した。
- ・下水道管路施設の液状化対策としての締固め、砕石及びセメント改良土による埋戻しの仕様を提案した。

道路盛土の耐震補強技術についてコストパフォーマンスのよい工法提案ができるまでに至らなかったが、その他は目標を達成できたと評価する。

自己評価：研究への取り組み 適切
 目標の達成度 一部達成

(2) 主な発表論文

- ①小倉裕介、運上茂樹：地震時に桁の衝突を受ける橋台の挙動特性、土木学会地震工学論文集、2003.12.
- ②小林寛、運上茂樹：繰り返し载荷を受けるせん断スパン比の小さいRC柱の挙動に関する実験的検討、第8回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集、2005.2
- ③Okamura, M. and K. Tamura: Prediction method for liquefaction-induced settlement of embankment with remedial measure by deep mixing method, *Soils and Foundations*, Vol. 44, No. 4, 2004.
- ④Okamura, M., M. Ishihara and K. Tamura: Liquefied soil pressures on vertical walls with adjacent embankments, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 26, No. 2-4, 2006.
- ⑤豊田耕一、杉田秀樹、石原雅規、佐々木哲也：液状化地盤上の対策盛土の動的遠心模型実験（その2）、地盤工学研究発表会、2004.
- ⑥佐々木哲也、杉田秀樹、石原雅規：矢板締切り工法を施した地中構造物の浮上り変位量予測法、地盤工学研究発表会、2005.
- ⑦石原雅規、杉田秀樹、行方馨：下水道管路の耐震対策に関する動的遠心模型実験」、下水道研究発表会、2005.
- ⑧Sasaki, T. and K. Tamura: Prediction of liquefaction-induced uplift displacement of underground structures, *Proc. UJNR*, 2

(3) 事業への貢献・社会への貢献

- ・①の耐震性能評価法および耐震補強工法の成果は「橋梁の耐震補強3か年プログラム」(2005～2007年度)において活用されている。
- ・①の被災度簡易推定手法は、国土交通省の「即時地震被災度予測システム(SATURN)」に導入さ

れ、試験運用される予定である。

- ・②の堤防の液状化対策工の成果は、18年度より試行されるレベル2地震動に対する堤防の耐震診断・耐震補強に活用される予定である。
- ・②の高規格堤防の端部擁壁に関する成果は、高規格堤防整備事業で試験運用されている。
- ・③の下水道管路施設の埋戻し仕様の成果は、2003年十勝沖地震、2004年新潟県中越地震における下水道管路施設の災害復旧において活用された。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

- ・①の耐震補強工法の成果は「既設橋梁の耐震補強工法事例集」としてとりまとめ、広く参照されている。
- ・②の堤防の液状化対策工の成果は「許容変形量に基づく堤防の液状化対策工設計マニュアル案」「高規格堤防の地盤改良設計ガイドライン案」としてとりまとめた。
- ・③の道路盛土の対策工に関する成果は「道路震災対策便覧（震前対策編）」（2006年改訂版）に盛り込まれた。
- ・③の下水道施設の液状化被害予測・対策の成果は「下水道施設の耐震対策指針と解説」（2006年改訂版）に盛り込まれた。

(6) プロジェクトリーダーの分析

- ・研究目標の達成状況については、道路盛土について一部未達成の部分が残された点を除けば、十分な成果を上げたと評価する。
- ・研究成果の発表については、得られた成果をとりまとめて報告しているが、査読付き論文へのより一層の掲載が望まれる。
- ・成果の普及については、「設計マニュアル」、「補強工法事例集」等の資料としてとりまとめ配布したり、あるいは関連する指針や便覧に成果が盛り込まれる等により適切に行っていると評価する。
- ・事業・社会への貢献については、現在進行中の橋梁、河川堤防の耐震補強事業、あるいは最近の地震災害復旧事業において直接活用されている等、貢献できていると評価する。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 耐震補強技術として大きく前進し、実データや大型載荷実験に基づく信頼性のある成果が得られている。今後の適用を通して、さらに経験を積み、技術開発を重ねていくことが期待される。
- (2) 適切にプロジェクト研究が実施されたと判断される。
- (3) 成果の普及と土研研究者の評価が不一致である。土研の成果とは、最新の設計施工技術あるいは補修工対策工の選定などを土工指針や技術基準に反映させることであり、投稿論文は、その成果あるいは基礎資料の公表である。
- (4) 行政の末端（市町村）への速やかな普及を目指すにはどうしたら適切かを忘れないで下さい。（たとえ本省経由になろうとも。）

【対応】

- (3) 研究論文の発表だけでなく、土木研究所などへの研究成果のとりまとめや各種技術指針類などへの反映をより一層迅速に進めていきたい。
- (4) 各種技術指針類などへの反映だけでなく、講習会なども積極的に対応したい。

事後評価

1.1 全体構造系の耐震性能を評価した既設道路橋の耐震補強技術に関する研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①橋梁の全体構造系を考慮した耐震性能評価法の開発

達成状況

・河川橋等で両端に橋台を有する橋梁を対象に、橋台と背面地盤の抵抗特性の評価方法を提案するとともに、これを考慮した橋全体系の耐震性能の評価法を開発した。また、せん断力の影響が支配的となる壁式橋脚面内方向を対象に、実験並びに解析に基づき、せん断支間比の影響を考慮したせん断耐力評価法を提案した。これによって補強を必要としない橋脚の評価が可能になった。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②橋梁の耐震性能照査に用いる信頼性設計式の開発

達成状況

・兵庫県南部地震により実際に被災した RC 橋脚及び支承部を対象に、最大地盤加速度と損傷度等の関係を明らかにした。この成果とともに既往の震災データに基づき、大地震発生時に現地の地震計情報と各橋梁の基本的情報をもとに被災度を簡便に推定する手法を提案するとともに、近年の被害地震にこれを適用し提案手法の信頼性を検証した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③全体構造系を評価した一般橋の耐震補強手法の開発

達成状況

・河川橋などで水中にある橋脚の補強対策が困難な場合などに、各橋脚の補強を不要とする橋全体としての耐震補強工法として、免震工法、地震力分散工法、変位拘束工法を提案し、これらの工法を既設橋梁の耐震補強工法事例集としてとりまとめ、平成 17 年 4 月に発刊した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

④全体構造系を評価した中・長大橋の耐震補強手法の開発

達成状況

・中・長大橋に関する耐震補強工法の事例調査を行うとともに、中・長大橋の耐震性の評価方法と耐震補強工法をとりまとめた。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①西岡勉、運上茂樹：両端部に橋台を有する既設連続桁橋梁の地震時挙動に関する研究、既設構造物の耐震補強に関するシンポジウム論文集、2002.11
 - ②小倉裕介、運上茂樹：地震時に桁の衝突を受ける橋台の挙動特性、土木学会地震工学論文集、2003.12
 - ③小林寛、運上茂樹、西岡勉：両端部に橋台を有する既設橋梁の橋全体系に着目した耐震補強法の検討、第7回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集、2004.1
 - ④小林寛、運上茂樹：繰り返し荷重を受けるせん断スパン比の小さいRC柱の挙動に関する実験的検討、第8回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集、2005.2
- 他、上記論文を含め、国内で9編、海外で1編の論文（査読付き論文1編）を発表している。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

国土交通省の「緊急輸送道路の橋梁耐震補強3箇年プログラム」および「新幹線、高速道路をまたぐ橋梁の耐震補強3箇年プログラム」の実施に当たり、本研究結果が反映されている。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

本研究結果の一部は、「既設橋梁の耐震補強事例集（平成17年4月）」として、海洋架橋・橋梁調査会から出版された。また、本研究結果は国土交通省の「緊急輸送道路の橋梁耐震補強3箇年プログラム」および「新幹線、高速道路をまたぐ橋梁の耐震補強3箇年プログラム」に活用されている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

達成目標は十分に達成できた。発表論文は合計で 9 編であるが、本研究の半分は実務に直結した内容であることから、適切と考える。実務に直結した部分については、事例集のとりまとめ出版、あるいは耐震補強事業プログラムへの活用など、成果の普及および事業への直接の貢献ができていると考える。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 非常に多岐にわたる内容に対して、それぞれ実務的に役立つ成果を上げている。今後の耐震補強に資すると考えられる。
- (2) 目標は十分に達成され、成果の発表・普及も問題なく行われている。
- (3) 各地方整備局道路工事課、各工事事務所担当者及び設計コンサルタントへの広報、周知を徹底すること。

【対応】

- (3) 事例集については、各地方整備局・事務所に配布するとともに、全国で講習会を実施した。さらに、HP上でQA集を随時公表して対応しているところであるが、今後とも普及に努めたい。

事後評価

1.2 堤防の耐震対策合理化に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①耐震対策を行う場合の堤防の地震時沈下量予測法の開発

(12-14)

達成状況

・一連の遠心模型実験等に基づいて、地震時沈下量予測法を開発し、「河川堤防の液状化対策工法設計施工マニュアル（案）」の改訂原案に反映した。

自己評価：研究への取り組み 適切

目標の達成度 達成

達成目標

②内地側緩傾斜部の地震時変形量予測手法の提案

(15-17)

達成状況

・一連の遠心模型実験を行い、地震時の堤内地側緩傾斜部の変形メカニズムについて分析した。また、提案する二次元残留変形解析法により精度良く変形量を再現できることを確認した。この内容は、「高規格堤防盛土設計施工マニュアル（案）」の改訂原案に反映した。

自己評価：研究への取り組み 適切

目標の達成度 達成

達成目標

③許容沈下量に基づいた耐震対策工の設計法の提案

(12-14)

達成状況

・「河川堤防の液状化対策工法設計施工マニュアル（案）」の改訂原案を作成し、この中に本研究で開発した固化工法、締固め工法及び矢板工法を適用した場合の地震時沈下量予測法をベースとした耐震対策工の設計法を反映した。

自己評価：研究への取り組み 適切

目標の達成度 達成

達成目標

④堤内地側緩傾斜部の地震時変形抑制手法の提案

(15-17)

達成状況

- ・遠心模型実験により緩傾斜部の地震時変形を抑制するためには、暫定擁壁の変位を低減するとともに、液状化層の絞り出し変形量低減が効果的であることを明らかにし、この内容を「高規格堤防盛土設計施工マニュアル（案）」の改訂原案に反映した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①石原・岡村・田村・杉田：地震時変形を考慮した河川堤防の液状化対策工設計法，土木技術資料，Vol.46, No.10, 48-53, 2004
- ②Ishihara, M., Okamura, M. and Tamura, K.: A New Method for Evaluating Crest Settlement of River Dike with Countermeasure of Densification, Proc. 11th International Conference on Soil Dynamics & Earthquake Engineering, Vol.2, 616-621, 2004
- ③Okamura, M., Ishihara, M. and Tamura, K.: Liquefied soil pressures on vertical walls with adjacent embankments, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.26, No.2-4, 265-274, 2006.

以上を含め、全 27 編（英文 14 編、査読付き 6 編）の論文発表を行った。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究で開発・提案した堤防の地震時沈下量予測法および許容沈下量に基づいた耐震対策工の設計法により、堤防の耐震対策を合理的に行うことができ、耐震性の向上およびコスト縮減に結びつくものと考えられる。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

多数の論文発表で積極的な成果発信に努めている。さらに、一般堤防の耐震診断・補強プログラムに本研究の成果が反映される予定である他、関東地方整備局と連携して高規格堤防の耐震対策に貢献している。

(6) プロジェクトリーダーの分析

成果の公表については、英語論文・査読つき論文を多数発表しており、積極的に行われている。

るものと評価する。また、「河川堤防の液状化対策工法設計施工マニュアル（案）」「高規格堤防盛土設計施工マニュアル（案）」の改訂原案を作成するなど、研究成果の実務への反映も十分に行われている。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 変位をベースにし、新たな視点で耐震評価法をとりまとめた点は大きな進歩であり高く評価される。解析法の精度はまだ今後の改良の余地が大きいですが、こうした解析が実用レベルに達するようになったことの意義が大きい。今後の耐震補強への取り組みを行政と相談して進めることが期待される。
- (2) 土木研究所資料でのマニュアル出版以外の方法でも、講習会の開催など、広く成果普及に取り組むことが望まれる。
- (3) 新設（実成形状、暫定形状）と既設（同左）に対して、従来法との差異を明確に差別化し、普及に努めること。
- (4) 学会発表は十分と考えられる。対実務社会に対する情報発信はきちんと行っているのか。地震による堤防被災→その後の洪水・高潮による二次被害の大規模な経験がないから、社会に対して警告を与え続ける必要がある。

【対応】

- (1) 今年度より、レベル2地震に対する河川堤防の耐震診断と耐震補強が随時進められる予定であり、行政と連携しながら研究成果を活かすように努めたい。
- (2) 上記の耐震診断や耐震補強事業に連携して、現場への成果普及に努めたい。また、土木研究所の各種講習会等の機会も捉えて、一般への成果普及に努めたい。
- (3) 安定解析を主体とした従来法と変形量照査を主体とした提案法の差異、新設堤防に適用する場合と既設堤防に適用する場合の差異が明確になるよう留意し、成果の普及に努めたい。
- (4) レベル2地震に対する耐震診断と耐震補強事業、および、関東地整を始めとした高規格堤防の耐震補強への成果の反映など、実務社会に対する成果の普及に積極的に努めているところである。地震による堤防被害後の降水により大きな被害をもたらされた事例も福井地震で経験しており、ご指摘の点も踏まえて、行政とも連携のもと、引き続き河川堤防の耐震強化に努めて参りたい。

事後評価

1.3 液状化地盤上の道路盛土の耐震対策技術に関する試験調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①液状化による盛土本体および基礎地盤の変形メカニズムの解明

達成状況

・一連の遠心模型実験により、液状化による盛土本体および基礎地盤の変形メカニズムを解明し、盛土の変形に及ぼす要因を解明した。また、これら知見に基づき、無対策盛土の簡易沈下量予測手法、および、被災度簡易推定手法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②盛土本体および盛土直下基礎地盤の耐震対策の組み合わせによる耐震対策工の設計法の提案

達成状況

・盛土本体および盛土直下基礎地盤に耐震対策工を施した場合のごとの盛土変形抑制効果、および、異なる対策工の組み合わせ効果を実験的に明らかにした。また、これら知見に基づき、対策工を施した盛土の簡易沈下予測手法を概成したが、これは限られた実験データを元に提案したものであり、今後データを蓄積し、より一般性のある手法として提案する必要がある。既設道路盛土に対する効果的かつコストパフォーマンスのよい工法を今後さらに検討することが課題である。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 一部達成

(2) 主な発表論文

- ①黒瀬浩公、田村敬一、佐々木哲也：液状化地盤上の盛土の変形特性に関する動的遠心模型実験、地盤工学研究発表会、2003年7月
- ②黒瀬浩公、田村敬一、佐々木哲也：液状化地盤上の対策盛土の動的遠心模型実験、土木学会年次講演会、2003年9月
- ③黒瀬浩公、田村敬一、佐々木哲也：液状化地盤上の盛土の変形特性に関する動的遠心模型実験（その3）、土木学会年次講演会、2004年9月
- ④豊田耕一、杉田秀樹、石原雅規、佐々木哲也：液状化地盤上の対策盛土の動的遠心模型実験（その2）、地盤工学研究発表会、2005年7月

⑤豊田耕一、杉田秀樹、佐々木哲也、石原雅規：液状化地盤上の盛土の変形特性に関する動的遠心模型実験（その4）、地盤工学研究発表会、2006年7月

⑥豊田耕一、杉田秀樹、佐々木哲也、石原雅規：液状化地盤上の道路盛土の耐震対策工法に関する実験、土木技術資料、2006年.

以上を含め、全7編（査読付き1編）の論文発表を行った。

（3）事業への貢献・社会への貢献

盛土の被災度簡易推定手法は、国土交通省の「即時地震被災度予測システム(SATURN)」に導入され、試験運用される予定である。

盛土の簡易沈下量予測手法は、「道路土工指針」、「道路震災対策便覧」等の改訂原案に反映していく予定である。

（4）特許等の取得

なし

（5）成果の普及

盛土本体および基礎地盤の変形メカニズムについては、論文等により積極的に普及に努めている。また、被災度簡易算定手法は、「即時地震被災度予測システム(SATURN)」を通じて現場の震後対応に、さらに、耐震対策工の変形抑制効果や有効な対策工の組み合わせに関する知見については、「道路土工指針」および「道路震災対策便覧(震前対策編)」の改訂原案作成に反映させていく予定である。

（6）プロジェクトリーダーの分析

路盛土の耐震補強技術について効果的かつコストパフォーマンスのよい工法提案ができるまでに至らなかったが、その他は当初の計画どおり目標を達成できたと評価する。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 「変形メカニズムの解明」というのは困難なテーマである。まだメカニズムというよりも変形特性の特徴を把握した段階と考えられるが、問題の困難性を考えれば本課題の研究成果としては十分と考えられる。今後の手法の応用、蓄積、改良等に対する取り組みも重要であることを指摘しておきたい。
- (2) 困難な研究内容に対して、ある程度の成果は得られている。中間段階でも成果を発表し、実務担当者などからも広くコメントを求めることが望まれる。
- (3) コストパフォーマンスは対策工の選定だけではなく、新設の場合にも簡易沈下量予測手法と併せて、被災度（復旧費用）から、対策工選定に利用してはどうか。

【対応】

- (1) ご指摘の主旨を踏まえて、今後とも研究成果の改良発展に努めたい。
- (2) 機会を捉えて成果普及に努めたい。本研究成果は、道路土工指針や道路震災対策便覧の改訂に反映させることを考えており、改訂内容に関する実務者との議論の場等も利用して現場の意識の把握に努めたい。
- (3) 新設の場合には、想定される復旧費用と対策工との費用対効果の検討が重要であると認識しており、ご指摘の通り、簡易沈下量予測手法が利用できると考えている。

事後評価

1.4 下水道施設の変形量を考慮した液状化対策工の設計法に関する試験調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①液状化対策工を施した下水道施設の地震時変形量予測手法の開発

(H15)

達成状況

・矢板締切対策を施した地中構造物の浮上がり変位予測手法として、浮上がり中の構造物に浮上がり速度に比例した抵抗が作用すると仮定して定式化した、矢板締切内での砂の回り込みによる浮上がり変位予測手法を開発した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②変形量を考慮した下水道施設の液状化対策工の設計法の提案

(H17-18)

達成状況

・締切矢板の変位予測手法およびそれに伴う構造物の浮上がり変位を予測する手法提案し、①の成果と、組み合わせることにより、変形量を考慮した下水道施設の液状化対策としての矢板締切り工法の設計法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③液状化による不同沈下予測手法および対策手法の提案

(H17-18)

達成状況

・過去の被害事例を元に埋戻し部の沈下率を整理し、埋戻し部の液状化による下水処理施設と取付管の不同沈下予測手法を提案した。今後は対策手法について検討を行う予定である。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 一部達成

達成目標

④管路施設の液状化被害軽減策の提案(H16-17)

達成状況

・事例分析および実験的検討により、下水道管路の浮上がり被害の要因を明らかにし、微地形区分、地盤条件等に基づく下水道管路の液状化被害の簡易判定基準を提案した。また、下水道管路施設の液状化対策としての締固め、砕石及びセメント改良土による埋戻しの仕様を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①佐々木哲也、杉田秀樹、石原雅規：矢板締切り工法を施した地中構造物の浮上り変位量予測法、地盤工学研究発表会、2005.
- ②石原雅規、杉田秀樹、行方馨：下水道管路の耐震対策に関する動的遠心模型実験」、下水道研究発表会、2005.
- ③佐々木哲也、杉田秀樹、石原雅規：下水道管路施設の耐震対策技術、土木技術資料、2005.
- ④Sasaki, T. and Tamura, K. : Prediction of Liquefaction-Induced Uplift Displacement of Underground Structures, UJNR, 2004.

以上を含め、全 5 編（英文 1 編、査読付き 1 編）の論文発表を行った。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

下水道管路施設の埋戻し仕様の成果は、2003 年十勝沖地震、2004 年新潟県中越地震における管路施設の災害復旧において活用された。また、下水道施設の液状化被害予測・対策の成果は「下水道施設の耐震対策指針と解説」（2006 年改訂版）、「大規模地震による下水道被害想定手法及び想定結果の活用方法に関するマニュアル（案）」（2006）に盛り込まれた。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

上記の指針・マニュアル等を通じて、成果の普及に努めている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

液状化による不同沈下予測手法および対策手法の提案については、対策手法の提案には至っていないが、その他の項目については当初の計画どおり目標を達成できたと評価している。特に、本研究期間中に発生した 2003 年十勝沖地震、2004 年新潟県中越地震では液状化による

下水道管路施設の被害が多発したが、その復旧仕様の提案、その後の指針の改定に対して十分に貢献できたものと評価している。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 困難な問題に対して着実な技術の進歩が図られている。実検討に基づく地道な取り組みが図られている。
- (2) 矢板締切り工法の設計については、共同溝など類似地中構造物の設計にも反映させることが望まれる。
- (3) 成果普及は非常に難しい。一点目は地方公共団体への普及。二点目はごく常識的な対策はきちんと施工をするということである。特に大都市圏への普及（東海、東南海、南海地震）という行政的支援に結びつけることが重要である。

【対応】

- (2) ご指摘の主旨を踏まえて、共同溝設計指針等の検討に反映させることを検討したい。
- (3) 整備率の向上が急務である下水道施設に対して、耐震対策を進めることは重要であるが難しい面もある。中越地震を契機に、耐震設計指針類の改訂や耐震診断事業が実施される中で、行政とも連携して本研究成果の普及に努めたい。

2 のり面・斜面の崩壊・流動災害軽減技術の高度化に関する研究

事後評価

総括

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①危険箇所、危険範囲の予測と総合的なハザードマップの作成技術の開発

達成状況

・噴火後の火山泥流と地すべりを対象に研究を実施した。なお、地すべりについては危険箇所予測を目標に実施した。

泥流に対しては、主に 2000 年に噴火した三宅島を対象に観測調査を実施し、降灰により水文環境が一変した流域に於ける降雨流出特性を把握し、流出解析モデルを開発した。空中写真判読等によりガリー侵食の形成特性を検討し、移動可能土砂量の推定手法を提案した。また、泥流氾濫シミュレーションモデルに、非構造格子メッシュの導入等を行い、屈曲地形を有する地域での非構造格子の設定など非構造格子の効率的な適用手法を提案した。これらにより、火山活動の推移と降雨条件に対応した、導流堤等の施設効果を反映できる泥流氾濫に対する総合的なハザードマップの作成が可能となった。

地すべりについては、数値標高モデルから典型的な地すべり危険箇所の自動抽出を可能とするとともに、危険箇所調査における危険度評価項目を災害発生との相関分析見直し、評価精度を向上させる方法を提案した。

これらにより、目標を達成したと考えている。

自己評価 ：研究への取り組み	適切
目標の達成度	達成

達成目標

②数値解析によるのり面・斜面保全工の最適配置・設計手法の開発

達成状況

・のり面・斜面保全工のうち、地すべり抑止杭を対象に研究を実施した。FEM 解析を用いた検討を行い、地すべり土塊の変形係数と杭の曲げ剛性、地すべり土塊内の杭長により求められる $\beta \cdot l$ を指標とした設計式の合理的な選定手法を提案するとともに、3次元応力解析法を用いた地すべり抑止杭の最適な杭間隔等の設計手法を提案した。これらにより、抑止杭工の最適な配置や合理的な設計が可能となり、目標を達成したと考えている。

自己評価 ：研究への取り組み	適切
目標の達成度	達成

達成目標

③GIS、IT を用いたのり面・斜面のモニタリング技術、管理技術およびリスクマネジメント技術の開発

達成状況

・表層崩壊を対象とした光ファイバーセンサを用いたモニタリング手法、岩盤斜面を対象としたエアトレーサ試験、振動計測による不安定岩盤ブロックの抽出手法、地すべりを対象とした光ファイバーセンサを用いた伸縮計等の各種モニタリング技術を開発した。斜面崩壊モニタリングシステムの開発では、実斜面での試験モニタリングにより、実際の崩壊とそれに先立つ前兆現象を捉え、これらから斜面の変状現象からの表層崩壊の予測と斜面防災管理上の運用方法について検討し、ひずみ速度図およびひずみ軌跡図などを用いた運用マニュアル等を作成した。

また、道路の防災管理に必要な情報を系統的に収集・評価した道路防災マップ作成活用手法を道路防災マップ作成要領（案）として提案するとともに、GIS を用いる場合の有用性等に着目して「道路斜面防災 GIS データ整備標準仕様書（案）」等を作成し、これをもとにプロトタイプ道路斜面防災 GIS を作成した。

さらに、リスク評価のツールとして、雨量に対する崩壊確率（フラジリティーカーブ）を算出する崩壊発生危険度予測手法、ならびに、DEM を用いて表層崩壊の崩壊源からの崩土の到達範囲を解析、表示、保存する機能を有する「崩土到達範囲シミュレーション」を開発した。崩壊発生確率と崩土到達範囲予測手法を組み合わせることで、斜面が崩壊して道路へ到達する危険性の評価を行うことが可能となった。リスクマネジメント技術として、既往災害実績から、崩壊確率と防災点検における要対策、カルテ対応等のカテゴリー毎に年間・延長あたりの災害発生件数（災害潜在性原単位）を求め降雨との相関曲線から防災対策の効果を簡易に評価する手法を提案した。

これらにより、目標を達成したと考えている。

自己評価	研究への取り組み	適切
	目標の達成度	達成

(2) 主な発表論文

- ①山越ら： 三宅島噴火後 1 年間の火山灰堆積斜面の浸透能と土砂流出の変化、砂防学会誌、Vol.55 No.2、2002 など査読付き国内 4、国外 3、その他 28 本
- ②石井、藤澤、太田：「モデル斜面を用いた杭の FEM 感度解析結果とくさび杭の設計式の比較」、日本地すべり学会誌、Vol.42 No.2、pp.73-79、2005.7. など査読付き国内 2 本、その他 5 本
- ③-1 福田徹也・佐々木靖人・脇坂安彦：表層崩壊による崩土到達範囲予測シミュレーションの開発－GIS ハザードマップ作成にむけて－、情報地質、Vol.14、No.2、pp.138-141、2003.6

③-2Shunji Kato, Hidetoshi Kohashi : Study on the Monitoring system of Slope Failure using Optical Fiber Sensors, Geocongress2006, ASCE, 2006.2

③-3Kurahashi, T., Yamawaki, Y. and Ito, K : “A narrow-spaced seismic refraction survey for a loosened rock-mass in a landslide area”, Proceedings of 19th Annual Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problem, EEGS, CD-ROM, 2006.4. など査読付き国内 13、国外 5、その他 67 本

(3) 事業への貢献・社会への貢献

①火山噴火による流域特性の経時変化を考慮した泥流発生危険度評価と規模の予測手法の提案により、今後の火山噴火災害に際して、火山活動の推移を考慮した適切な警戒避難体制や対策施設の適切な見直しが可能となる。

②地すべり抑止杭の合理的な設計手法が提案されたことで、地すべり対策にかかるコスト削減効果が期待できる。成果は、「地すべり防止技術指針」などへ反映される予定である。

③表層崩壊、岩盤斜面、地すべりに対する各種モニタリング技術が開発されるとともに、道路防災マップへの GIS の導入が可能となり、道路斜面の管理の合理化が図られる。さらに、降雨確率に対する対策工の簡易な効果評価方法が提案できたことから、対策手法の選択などに対し合理的な道路防災管理が可能となった。成果は、「18 年度道路防災点検要領」などに反映される予定である。

振動計測による不安定岩盤の抽出手法が直轄国道の現場で現地適用されているほか、光ファイバセンサによる斜面崩壊モニタリングシステムが長野国道事務所など 4 国道事務所の事前通行規制区間内の表層崩壊危険性斜面において、平成 18 年度月上旬より本運用が開始される予定であるなど、既に研究成果の一部は事業に活用されている。さらに、三宅島の泥流対策計画策定には、本研究による観測結果が活用されている。

(4) 特許等の取得

「土のせん断強度測定方法及び装置」(特許第 3613591 号)、「多点変位計測システム」(特許第 3641468 号)、「岩盤中の亀裂探査方法」(特許第 3433225 号)、「地すべり挙動調査用光ファイバセンサ」(特許第 3653550 号)、「地盤伸縮計の計測装置」(特許第 3653550 号)、「FBG 方式光ファイバ伸縮計」(特願 2004-65794 号) 以上、取得特許 5、出願中 1。

(5) 成果の普及

査読付き論文 27 (国内 19、国外 8)、その他 100 (国内 88、国外 12)、合計 127 本の論文を発表した。

道路防災マップ作成に必要な技術体系の検討を行い、特に GIS を用いる場合の有用性等に着目した「道路斜面防災 GIS データ整備標準仕様書(案)」「道路斜面防災 GIS 標準仕様書(案)」「道路斜面ハザードマップ作成要領(案)」「航空レーザ計測による道路斜面基図

作成要領（案）」を作成し、これをもとにプロトタイプ道路斜面防災 GIS を作成した。

また、斜面の変状現象からの表層崩壊の予測と斜面防災管理上の運用方法について検討し、「光ファイバセンサを活用した斜面崩壊モニタリングシステムの導入・運用マニュアル（案）」、「斜面表層崩壊モニタリング用標準ソフトウェア」を作成した。その他個別技術の活用を目指した「エアートレーサー試験による岩盤斜面の亀裂調査マニュアル（案）」、「不安定岩盤ブロック抽出のための岩盤斜面振動計測マニュアル（案）」を作成するなど、合計 9 種類のマニュアル類を作成した。さらに、道路防災マップの課題では、講習会を通じた成果の普及も図っている。

特許取得についても特許 5、出願中 1 という成果を挙げている。

土木研究所資料等として、「光ファイバセンサを活用した道路斜面モニタリングに関する共同研究報告書」（共同研究報告書第 292 号）等 10 本を作成した。

（6）プロジェクトリーダーの分析

上記の通り各項目毎に成果をあげており、目標を達成したと考えている。特に

①降灰による流出特性の変化を把握し流出モデルに反映出来たことや生産土砂にはガリー侵食が支配的であることなどを把握したことなど、噴火後の流域特性の経時変化を考慮した泥流発生危険度評価と規模の予測が可能となったことは、今後の火山噴火対策に非常に有益な成果である。

②3次元 FEM 解析を用いて合理的な杭工を設計する一連の手法を提案したことは、今後の 3次元安定解析による地すべり対策の検討に反映できる重要な成果である。

③光ファイバを始め、表層崩壊、岩盤斜面、地すべりに対応した多くのモニタリング技術が開発されるとともに、リスクマネジメント技術として、降雨確率に対して防災対策の効果を簡易に評価する手法を提案できた。さらに、「崩土到達範囲確率予想シュミレーションソフトの開発」が平成 15 年度の応用地質学会で「最優秀賞」を受賞するなど高い評価を受けている。また、研究成果の普及のためのマニュアル等も多数まとめているほか、道路防災マップの課題では、講習会を通じた成果の普及も図っている。さらに、特許取得についても特許 5、出願中 1 という成果を挙げている。

今後も、最終年度の成果も含め、論文発表、土木研究所資料等へのとりまとめとともに、必要なマニュアル作成により成果の普及を図っていくが、現段階でも大きな成果をあげたプロジェクトと評価できると考えている。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 研究の途中においても、実用化可能性を考え、研究に反映するよう心がける。基礎研究は別に進める。
- (2) 成果の発表に関しては、もっと国際的な場で発表してほしい。国内も査読のある論文をもっと出して欲しい。普及に関しては時間が掛かるが、今後も努力を続けてほしい。
- (3) 幅広い分野で技術の進歩に貢献している。マニュアルは積極的に英文化されるとよい。

【対応】

- (1) 今後の研究の進め方に反映させていきたい。
- (2) 最終成果の発表に際し、国際的な場での発表、学会誌での査読付論文の発表等積極的に行っていききたい。
また、普及に関しても、マニュアルの作成、講習会等を通じ、努力を続けていきたい。
- (3) 今後、ご指摘を踏まえ、成果の内容に応じマニュアルの英文化を行って参りたい。

事後評価

2.1 道路防災マップを用いた道路斜面の評価技術の開発

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

- ①道路防災マップ作成活用手法の提案
(地質)

達成状況

- ・被災履歴や斜面の物性値に基づく崩壊発生危険度予測手法ならびに岩盤崩壊や表層崩壊によって発生した崩土到達範囲の予測手法を開発した。また道路防災マップの基本的な仕様を整理した上で、4つの事前通行規制区間において試作を行うとともに、マップ作成にあたっての技術マニュアルとして「道路防災マップ作成要領(案)」の素案を作成した。今後土研資料等としてまとめる予定である。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

- ②対策効果の評価手法の提案
(土質)

達成状況

- ・道路防災リスク評価に基づく効率的な道路防災災害のマネジメント手法として「道路斜面災害のリスク分析およびリスクマネジメント支援のためのマニュアル(案)」を作成した。また、道路防災対策の進捗や事前通行規制区間の評価を行うための対策効果の評価手法として、地域の災害統計を用いて道路防災点検のカテゴリ毎の単位延長毎に災害の発生しやすさを示す災害潜在性原単位を求め、マニュアル(案)のマネジメント手法の考え方を用いて対策効果を評価する手法を提案するとともに、実規制区間でケーススタディを実施しその有効性を確認した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

- ③道路防災マップ情報システムの提案
(共同研究)

達成状況

- ・道路防災管理の高度化を目的に「道路斜面ハザードマップ作成要領(案)」,「航空レーザ計測による道路斜面基図作成要領(案)」,「道路斜面防災GIS標準仕様書(案)」,「道路

斜面防災 GIS データ整備標準仕様書 (案)」等を作成し、これに準拠する形で GIS を活用した道路防災マップ情報システムのモデル「プロトタイプ道路斜面防災 GIS」の試作を行った。また点検・対策箇所絞り込みの効率化を目的として直轄国道の被災履歴ならびに防災点検データを格納した「斜面災害情報検索システム」を作成した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①) 福田徹也・佐々木靖人・阿南修司：表層崩壊による崩土到達範囲確率予測手法の開発，応用地質，Vol.46, No.5, pp.265-279, 2005（日本応用地質学会論文賞内定）。②) 周国云，江崎哲郎，邱 騁，佐々木靖人：GIS を用いた山地地形から三次元すべり危険斜面を抽出する方法の開発と適用，応用地質，Vol.46, No.1, pp.28-37, 2005（日本応用地質学会論文賞内定）。③) 福田徹也・桑野健・佐々木靖人・阿南修司・柴田光博：崩土到達範囲確率予測シミュレーションソフトの開発，平成 17 年度研究発表会講演論文集，日本応用地質学会，pp.315-318, 2003.10（日本応用地質学会平成 15 年度研究報告会最優秀発表賞受賞）ほか
- ②) 道路斜面災害のリスク分析・マネジメント支援マニュアル (案)，土木研究所資料第 3926 号 ほか
- ③) 道路斜面ハザードマップ作成要領 (案)，航空レーザ計測による道路斜面基図作成要領 (案)，道路斜面防災 GIS 標準仕様書 (案)，道路斜面防災 GIS データ整備標準仕様書 (案) ほか

(3) 事業への貢献・社会への貢献

- ①) 道路防災マップによる道路管理技術は既に千葉国道事務所等において事前通行規制区間緩和、道路維持管理の業務に活用されているほか、平成 18 年度に行われる防災点検要領案、道路土工指針類に反映される予定である。
- ②) 防災対策の進捗に伴う事前通行規制基準の緩和や解除の考え方について、現在は対策完了後に規制基準を超える雨を経験することが必要であるが、今後は事前通行規制区間の検討委員会において対策効果の評価手法や防災マップを活用した路線の評価を行うことで、より効率的な評価を実施することができる。
- ③) 斜面災害情報検索システムは、平成 18 年度に行われる防災点検等において点検箇所の絞り込み等に反映される予定である。また中国地整と連携し、管内の被災履歴データベースを作成した。

(4) 特許等の取得

- ①) 特許第 3613591 号：土のせん断強度測定方法及び装置

(5) 成果の普及

対外論文の積極的発表や各種マニュアルの作成、地方整備局に対する道路防災マップの試行に関する技術支援等を通じて成果の普及を図っている。なお論文は国内 38 本（査読付き 10 本）海外 10 本（査読付き 3 本）を発表している。またマニュアルとして、「道路斜面災害のリスク分析・マネジメント支援マニュアル（案）（土木研究所資料第 3926 号）」、「航空レーザ計測による道路斜面基図作成要領（案）（共同研究報告書第 295 号）」、「道路斜面ハザードマップ作成要領（案）（共同研究報告書第 296 号）」、「道路斜面防災 GIS 標準仕様書（案）（共同研究報告書第 297 号）」、「道路斜面防災 GIS データ整備標準仕様書（案）（共同研究報告書第 298 号）」を作成したほか、今後「道路防災マップ作成要領（案）」を公表し、一層の成果の普及を図る予定である。

(6) プロジェクトリーダーの分析

- ①道路斜面を上部斜面を含め面的に評価するマップの作成手法を提示したほか、被害想定技術として斜面崩壊に係る各種シミュレーション技術の開発等を行っており、目標を達成できたと評価する。さらに路線や地域の特性に即した被害想定技術の高度化が望まれる。
- ②当初提案しているリスク評価手法は生命保険の考え方をを用いているためわかりにくいものであったが、道路管理の考え方を取り入れた簡便化された対策効果の評価手法を提案しており、概ね目標を達成することができたと評価する。ただしこの手法は規制区間内外での比較によるもので、さらに道路ネットワークとしての機能を考えた時間的指標を加える必要がある。これについては、今後の研究課題として検討したい。
- ③道路防災マップを使用した路線維持管理システムに対してそのプロトタイプを提示しており、概ね目標を達成することができたと評価する。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 特に問題なし
- (2) 研究成果と現実との差を再度検討してほしい。できるだけ利用しやすくしてほしい。
- (3) ユーザー(通行者・住民)への広報方法も今後検討されると良い。

【対応】

- (2) (3) 災害箇所などの情報については、WEB 等を活用した一般への公開を検討中である。また通行者・住民向けのわかりやすい防災マップや対策効果の評価手法の簡素化についても今後検討したい。

事後評価

2.2 先端的な道路斜面崩壊監視・安定度評価技術の開発

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

- ①微小変位などのモニタリングデータに基づく斜面安定度評価技術の提案
- ③光ファイバセンサを活用した表層崩壊モニタリングシステムの開発（共同研究）

達成状況

・ 民間14社との共同研究により微小変位の検出を目的とした光ファイバセンサーを開発するとともに、斜面沿道方向にジグザグに連続敷設することによって、表層崩壊の発生位置、発生規模、発生時期を予測し、日常管理（変状検出に基づいた対応策の判断）に役立てることができかどうかを、現地実証実験に基づき検討した。

その結果、斜面崩壊が発生する延長区間を幅5m程度の精度で特定し、センサーの上下方10～20m程度を発生源とする20～30m³程度の表層崩壊を補足することができた。計測データを分析することにより、日常の累積ひずみを継続的に観測することで、計測開始から数ヶ月程度で崩壊する危険箇所の位置を5m程度の幅で推定することができることがわかった。さらに、崩壊前1.5～4時間くらいの時間帯に急激なひずみ速度の変化（0.02～0.06%/h程度）が発生する現象があり、その後移動土塊の影響により一定方向に0.1%近くの累積ひずみが生じるとほぼ崩壊することが確認された。

そして、これら観測結果をもとに、「光ファイバセンサーを活用した斜面崩壊モニタリングシステムの導入・運用マニュアル（案）」を作成し（現在改訂中）、モニタリングシステムの設置・運用の考え方を提案した。さらに、これらをふまえた管理支援標準ソフトウェアを作成した。

自己評価	：研究への取り組み	適切
	目標の達成度	達成

達成目標

- ②数値解析法を含めた、降雨に起因する斜面崩壊の総合的な予測手法の提案
- ④崩壊メカニズムをモデル化した数値解析手法の開発（委託研究）

達成状況

・ 斜面降雨実験（斜面長：数m規模）において表層崩壊を発生させ、浸透状況のシミュレーションを試みた。実験では土中水分が徐々に上昇し、いったん定常状態を示した後、再度土中水分が上昇に転じて崩壊発生に至ることが、前兆現象として確認された。この状況に対して、平成14、15年度に鹿児島大学への委託研究にて開発した、降雨浸透安定度評価の解析プログラムを適用し、崩壊時の土中水分状態をシミュレートすることができた。また、この浸透による土中水分状況の変化は、崩壊時にみられる地表面の急激な変形より

も若干早く現れることを確認した。このことにより、事前に崩壊時の降雨浸透状況をシミュレートするとともに、短時間降雨予測や浸透状況のリアルタイムモニタリング結果との比較をふまえた、上記光ファイバセンサによる崩壊予測を支援する総合的な崩壊予測手法の考え方を提案することができた。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ① Study on the Monitoring system of Slope Failure using Optical Fiber Sensors, Geocongress2006, ASCE, 2006.2
- ② 地盤の保水特性を考慮した斜面安定度評価に関する基礎実験, 第 60 回土木学会年次学術講演会, 2005.9
- ③ 光ファイバセンサによる斜面表層崩壊モニタリング技術に関する検討, 第 2 回土砂災害に関するシンポジウム, (社) 土木学会, 2004.8
- ④ 宮崎県日南市の斜面における 2 次元不飽和浸透解析, 第 58 回土木学会年次学術講演会, 2004.9

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究の成果は、モニタリングにより崩壊の起こりやすい箇所を抽出することで、事前に対応を取ることで崩壊を効率的に防止することができるとともに、対策が困難な斜面においてモニタリングを実施し、崩壊予測に基づいた通行規制により道路利用者等の安全確保に貢献できることである。ここ 25 年間で道路防災点検に基づく道路斜面防災対策が進捗し、災害総件数は大幅に減少した。その結果、防災点検や日常点検の死角で発生する斜面災害、連事前通行規制区間の続雨量規制に達する前に発生する斜面災害への対応が、相対的に大きな課題に浮上してきた。本研究で取り組んだ光ファイバセンサーによる個別モニタリング技術は、このような危険斜面で、なおかつ、対策が短期的に困難な場合における日常管理の手段として、今後、極めて有効な手段になると予想される。

(4) 特許等の取得

- ① 多点変位計測システム (特許番号 3 6 4 1 4 6 8)

(5) 成果の普及

積極的に論文発表をするとともに、「光ファイバセンサーを活用した斜面崩壊モニタリングシステムの導入・運用マニュアル (案)」(現在改訂中) やモニタリングデータを評価し崩壊危険性を予測するための管理支援標準ソフトウェアを作成し、研究成果を導入・活用するための

対応も行っている。今回開発した管理支援標準ソフトウェアを用いて、平成18年度上旬より、長野国道事務所、紀南河川国道事務所、宮崎河川国道事務所において実運用を開始する予定である。

(6) プロジェクトリーダーの分析

本研究は、共同研究・委託研究により、これまでに困難であった表層崩壊の予測手法を提案するとともに、道路管理者の判断を支援するためのソフトウェアを作成しており、目標を達成しているもとの考える。また、本研究に関しては、上記論文を含め20本の論文を発表しており、成果の発表は積極的に行われたと評価している。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 達成目標の②は目標が高すぎた。既往研究の把握と発展可能性の予測が甘かった。①、③はOK。
- (2) 研究の世界的なレベルに対しての自己評価をして欲しい。重要な手法であるので、今後の発展を期待する。
- (3) 安価で普及しやすいものを目ざして欲しい。

【対応】

- (1) 目標の表現が曖昧であった。現状のレベルでは、解析により崩壊予測をするのではなく、光ファイバセンサで場所を特定した箇所ピンポイントでの降雨浸透状況の簡易予測に用い、降雨状況と崩壊危険性の関連づけにより表面変位による管理体制を支援し崩壊の緊急度を把握するものとして考えている。
- (2) (3) 他のセンサ技術についても最新の技術動向を調査し、さらに安価な計測手法やセンサ機器、設置方法などの検討を進めていく。また技術の発展により新たな計測手法が選択肢として取り込めるようなマニュアル等の整備を行う。

事後評価

2.3 岩盤斜面の調査・計測ハザードマップ評価技術の調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①個別斜面の詳細な危険度マップ作成手法の提案

(地質)

達成状況

・岩盤の亀裂中に煙などの空気をトレーサーとして送り込み亀裂の連続性を確認するエアートレーサー試験を開発し、特許を取得した。さらに、その調査方法をマニュアルとしてまとめた。

また、ボーリング孔内の水位を強制的に上昇させた音波検層手法の開発により、岩盤内の亀裂を従来の10倍以上の間隔で計測できるようにした。それにより、岩盤斜面内部の危険な箇所をマッピングできるようにした。

その他、三次元地形測量と三次元弾性波探査トモグラフィ解析により、弾性波速度の変化から岩盤斜面の劣化部を平面的にマッピングし、危険な劣化部を抽出できるようにした。さらに、これらの解析結果の一部を岩盤斜面の力学的な安定解析や、対策工等を考慮した危険箇所の的確な抽出に反映させた。

自己評価 ：研究への取り組み	適切
目標の達成度	達成

達成目標

②岩盤斜面の要対策箇所の的確な抽出方法の提案

(地すべり)

達成状況

・振動計測による不安定岩盤ブロックの抽出手法について、現地計測及び計測結果の解析により検討を行い、以下の結果を得た。①岩盤ブロックを人工的に不安定化させながら計測を行い、岩盤ブロックが不安定化すると振幅が大きくなることを示した。②実際の岩盤斜面において計測を行い、安定ブロックと不安定ブロックを区別でき、その中でも特に不安定なブロックが抽出された。③計測結果に基づいて不安定ブロックの亀裂を再観察した結果、この不安定ブロックがさらに小ブロックに分かれて振動していることを明らかにできた。④岩盤接着工が実施された斜面において計測を行った結果、岩盤接着工によって岩盤が安定化した状況を振動の変化によって捉えた。これらの結果は岩盤斜面の振動計測が不安定岩盤ブロックの抽出に有効であるとともに、対策工の効果判定に有効な手法となりうることを示したものであり、目標を達成できたと考えている。以上の結果をもとに、本手法の計測・解析の方法と留意点等を示す不安定岩盤ブロック抽出のための岩盤斜面振動計

測マニュアル（案）をとりまとめた（2006年中公表予定）。

自己評価	研究への取り組み	適切
	目標の達成度	達成

（2）主な発表論文

- ①1) 脇坂安彦, 佐々木靖人, 阿南修司, 大谷知生, 高橋伸尚: 「エアートレーサー試験による岩盤斜面の亀裂調査マニュアル(案)」, 土木研究所資料, 第 3878 号, 56p., 2003 年 3 月. 2) Kurahashi, T. and Inazaki, T.: “Continuous full-wave sonic logging in a dry hole, Proceeding of the 16th annual symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems”, EEGS, CD-ROM, 2003.4. 3) Kurahashi, T., Yamawaki, Y. and Ito, K.: “A narrow-spaced seismic refraction survey for a loosened rock-mass in a landslide area”, Proceedings of 19th Annual Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problem, EEGS, CD-ROM, 2006.4. 他 2 編
- ②1) 浅井健一、小山内信智、千田容嗣、仲野公章、寺田秀樹、辻雅規、小野田敏: 「岩盤ブロックの不安定性と常時微動の関係に関する実験的検討」, 第 42 回日本地すべり学会研究発表会, pp. 563-566, 2003.8. 2) 辻雅規、斉藤秀樹、浅井健一、小山内信智、寺田秀樹: 「岩盤斜面の安定性評価を目的とした振動測定の実用例」, 平成 15 年度日本応用地質学会研究発表会, pp. 131-132, 2003.11. 3) 浅井健一、藤澤和範、小山内信智、辻雅規: 「振動計測による岩盤斜面不安定ブロック抽出手法の検討」, 平成 16 年度砂防学会研究発表会, pp. 24-25, 2004 年.5 月. 4) 浅井健一、藤澤和範、小山内信智、辻雅規: 「岩盤斜面不安定ブロック抽出への振動計測の適用」, 第 43 回日本地すべり学会研究発表会, pp. 527-530, 2004 年 8 月. 5) 浅井健一、藤澤和範、小山内信智、西本晴男: 「振動計測による岩盤斜面不安定ブロック抽出手法の検討」, 土木技術資料, 第 47 巻第 4 号, pp. 48-53, 2005 年 4 月.

（3）事業への貢献・社会への貢献

- ①エアートレーサー試験等の岩盤中の亀裂試験方法を、現在改訂中の「道路土工 のり面工・斜面工安定指針」や「落石対策便覧」等へ反映させる予定である。
- ②不安定岩盤ブロック抽出のための岩盤斜面振動計測マニュアル（案）を 2006 年中公表予定であり、本研究の成果によって、岩盤斜面における要対策箇所の抽出精度が向上し、斜面の安全性向上が図られる。また、将来の落石対策便覧の改訂に反映するなどにより、さらに斜面の安全性の向上に努めたい。

（4）特許等の取得

- ① 岩盤中の亀裂探査方法（エアートレーサー試験） 特許第 3433225 号

(5) 成果の普及

「①個別斜面の詳細な危険度マップ作成手法」については、特許の取得や、調査手法をマニュアルとして土木研究所資料にまとめてきたほか、国内 8 件、海外 2 件、計 10 件の論文ならびに紹介記事等を公表してきており、成果の普及に務めた。その成果は、国道 312 号岩盤斜面对策（兵庫県）や国道 17 号綾戸地区防災対策（高崎国道）他、9 事業に反映された。

「②岩盤斜面の振動計測手法」については、対外論文の発表により成果の普及を図っている。なお、論文は国内 5 本を発表している。また、作成した不安定岩盤ブロック抽出のための岩盤斜面振動計測マニュアル（案）を今後、土木研究所資料として公表し、成果の普及を行う予定である（2006 年中公表予定）。このほか将来の落石対策便覧の改訂に反映するなどにより、さらに成果の普及に努めたい。なお、既に本手法が現場で適用されている*。

（*：四国地方整備局松山河川国道事務所管内（国道 11 号）、参考文献：辻、多田「岩盤斜面の安定性評価を目的とした振動測定の実用例」、平成 16 年度地盤工学会四国支部技術研究発表会「四国の地盤災害・地盤環境に関するシンポジウム」、2004.9.）

(6) プロジェクトリーダーの分析

「① 個別別斜面の詳細な危険度マップ作成手法」については、エアートレーサー試験の開発により特許を取得し、調査方法をマニュアルとしてまとめるなど、十分な成果を得た。一方、三次元地形測量と三次元弾性波探査トモグラフィ解析により、弾性波速度の変化から岩盤斜面の劣化部を詳細にマッピングすることができ、危険な劣化部を抽出することが可能となり、成果を得た。これについては、今後、三次元トモグラフィ解析の結果から得た弾性係数等の数値の分布から数値解析モデルを構築し安定計算へ反映させる。」

「② また、岩盤斜面の振動計測手法」については、不安定岩盤ブロックを抽出可能であることを示し、本手法を不安定岩盤ブロック抽出のための岩盤斜面振動計測マニュアル（案）として提案しており、本研究で目指した目標は達成することができたと評価している。

本研究に関しては、上記論文を含め、国内で 8 本、海外で 2 本の論文を発表し、成果の発表は積極的に行われたと評価している。今後、不安定岩盤ブロック抽出のための岩盤斜面振動計測マニュアル（案）を土木研究所資料として公表するほか、将来の落石対策便覧の改訂に反映するなどにより、さらに成果の普及に努めたい。」

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 土研らしい試みとして評価できる。
- (2) 新しい調査技術が開発されたと考えられる。二つの手法の今後の一般への普及を考えるべきである。
- (3) 降雨中でも適用できるよう、汎用化を進めるとよい。

【対応】

- (1) (2) これまでも学会発表などにより成果の普及に努めているが、今後は、これらの成果をマニュアルにとりまとめの上、土木研究所資料による公表（一部は既実施）や現在改訂中の「道路土工-のり面工・斜面安定工指針」や「落石対策便覧」等への反映、技術指導などにより、一般への成果のさらなる普及を図る。
- (3) 開発した調査手法のうち、可能なものは降雨中にも計測できるよう汎用化に努める。

事後評価

2.4 火山活動の推移に伴う泥流発生危険度評価と規模の予測手法に関する研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①火山活動の推移に伴う泥流発生危険度評価と規模の予測手法の提案

達成状況

・噴火後の流域で支配的な Horton 型表面流の発生に着目し、雨水の浸透・流下、表面流の流下、斜面上および河道の土砂流出の過程を物理的に追跡する分布型流出解析モデルを構築し、現地の観測結果を精度よく再現できた。また、噴火後の主な土砂生産源であるガリー侵食の形成特性を検討し、移動可能土砂量の推定手法を提案した。この結果、泥流の規模の予測や危険度の評価が可能となった。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①山越ら： 三宅島噴火後 1 年間の火山灰堆積斜面の浸透能と土砂流出の変化、砂防学会誌、Vol.55 No.2、2002
- ②山越ら： 2000 年三宅島噴火後の雄山山腹斜面におけるガリー形成特性、砂防学会誌、Vol.55 No.2、2003
- ③Takao Yamakoshi etc. : Post-eruption hydrology and sediment discharge at the Miyakejima volcano, Japan, Z. Geomorph. N.F., Vol.140, 2005

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究で提案された降雨・土砂流出ハイドログラフの作成手法により、火山活動の推移に伴う泥流の規模予測が可能となり、泥流に対する警戒避難の高度化や、対策施設の規模推定が精度良く行うことができるなど、ハード・ソフト両面に渡り、効果的な火山砂防事業の実施が可能となることが期待される。また、本研究による観測結果は、三宅島の火山砂防計画策定に使用されたほか、本成果は、北海道樽前火山の泥流危険度予測の受託業務にも適用されるなど、実際の火山砂防事業にも反映されている。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

砂防学会や国際学会に積極的に投稿、発表を行い、成果の普及を図っている。これまで、26本の論文の投稿、口頭発表の他、土研資料2本を執筆している。この他に、今回の研究全

般にわたる成果をとりまとめて土研資料を執筆する予定である。さらに、得られた成果を地整等にも積極的に説明する機会を設け、成果の普及に努めたい。

(6) プロジェクトリーダーの分析

火山灰が降雨の地表浸透や土砂の流出特性に与える影響を空間分布型モデルにより泥流ハイドログラフとして客観的に評価できる手法を提案したことは、従来の火山噴火後の流出計算手法と比較して大きな進歩と評価できる。また、火山噴火後の土砂生産の推定につながるガリー侵食の発達特性の把握を行い、他の火山への応用が可能な成果がまとまったと考える。また、本研究に関しては、上記論文を含め 26 本の論文を発表しており、成果の発表は積極的に行われたと評価している。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	☆
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 量的表現に、現場での使いやすさの工夫（配慮）が欲しい。
- (2) 有珠山、雲仙、有珠山の火山灰は化学的に違う。このような違いも調べると良い。
- (3) 透水係数のデータを得る必要がある。
- (4) 透水係数と粒径の関係を明らかにすると良い。

【対応】

(1) 今後、指針等へ反映させる時点で考慮したいと考える。

(2) ～ (4)

平成 18 年度から戦略的研究課題として、火山灰の浸透能低下と堆積厚が土砂流出へ与える影響を研究していく予定であり、その中で全国のサンプルを調べる等していきたいと考えている。

事後評価

2.5 火山地域における泥流氾濫シミュレーション及びハザードマップの精度向上に関する研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①複雑な氾濫域の形状を考慮した泥流氾濫・堆積機構のモデル化

達成状況

・ 屈曲部の泥流氾濫計算の精度向上を目指し、非構造格子モデルを基本として、複雑な地形の氾濫域における泥流の氾濫・堆積現象のモデル化を検討した。その結果、重力勾配の計算手法を改良することにより、屈曲した流路を有する等、複雑な地形の氾濫域における泥流の氾濫・堆積現象の再現性が向上し、このような氾濫域における泥流氾濫・堆積のモデル化が達成されたと考える。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②GIS を活用した泥流ハザードマップ作成手法の提案

達成状況

・ 複雑な地形の氾濫域における非構造格子の設定手法を明確にすることにより、GIS を用いた非構造格子設定手法を導くことができた。予算の都合等により、実際に非構造格子を自動設定するシステムの構築は行わなかったが、自動設定のための手法を示した。また、氾濫計算結果を Web 上に表示し、多数の人々がインターネットを介し、重要な防災情報の共有を可能とするソフトを構築した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③ 泥流氾濫シミュレーションを用いた対策施設計画手法の提案

達成状況

・ 非構造格子と構造格子モデルを用いて、泥流の氾濫・堆積の再現性を比較検討した結果、非構造格子モデルを用いた場合、扇状地上での溪流保全工や遊砂地の効果検証が可能であることを示した。また、非構造格子、構造格子モデルの特性を明確にし、その結果から、氾濫域の地形（扇状地や谷底部）に応じた両手法の適用性を示すなど、それぞれの手法を用いた対策施設計画手法の提案を行った。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

共同研究①

複雑な氾濫域の形状を考慮した泥流氾濫シミュレーションプログラムの提案（共同研究）

達成状況

・京都大学防災研究所の指導を受けながら、泥流氾濫・堆積の再現性向上を目指し、プログラムの改良を行った。その結果、重力項の改良や、非構造格子モデルの自動設定のための手法を含めたシミュレーションプログラムを提案することができた。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①杉浦、西本ら：市街地における泥流氾濫に関する基礎的実験と考察、第31回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、2004
- ②三雲、田中ら：複雑な地形上における泥流氾濫予測手法の機能向上に関する研究、平成17年度砂防学会研究発表会概要集、2004
- ③井戸、秋山ら：流路等に影響される土石流氾濫の再現計算手法の研究、平成18年度砂防学会研究発表会概要集（投稿中）

(3) 事業への貢献・社会への貢献

重力項を改良した非構造格子モデルを用いることにより、複雑な地形の氾濫域における土石流の氾濫堆積の再現性がより良好となること、その結果、氾濫シミュレーションを用いた対策施設の計画が可能であること、また普及を図るために、非構造格子の設定手法を示した。これらの成果を活用し、扇状地部等での泥流対策計画の高度化が更に進むことが期待される。

(4) 特許等の取得

(5) 成果の普及

砂防学会や土木学会の研究発表会に積極的に発表を行い、成果の普及を図っている。これまで、4件の発表を行い、現在、2件の発表を予定している。

また、土木研究所資料として成果をとりまとめ、全国の砂防事業の現場での普及に努めていく予定である。

(6) プロジェクトリーダーの分析

屈曲部などの複雑な地形での泥流の氾濫シミュレーションの精度向上の手法や、これらを用

いた対策施設計画手法の提案を行っており、本研究の目標は達成することができたと評価している。特に、従来の構造格子モデルでは表現が難しかった扇状地部の屈曲した流路等を反映した計算が行えるようになり、溪流保全工や流木対策の施設効果なども検討できるようになった点は評価に値する。本研究の成果については、これまでに対外論文の発表を行ってきたが、今後土木研究所資料として成果をとりまとめ、さらに成果の普及に努めたい。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	☆

成果普及への 取り組み	適切	
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	☆
	その他	

【コメント】

- (1) 堆積現象を実験で研究するのは難しい。計算手法には一定の進展があった。家屋の強度を導入する必要があるだろう。
- (2) 解析手法に関しての今後の進歩を期待する。
- (3) 物理原則をよく考えて研究することが必要と感じた。
- (4) 災害が発生したらこの成果を反映できるようになっているのか？例えばパッケージ化されているとか、冊子になっているなど。
- (5) 相似則は配慮しているのか？

【対応】

- (1) 家屋の強度は反映できていない。災害調査時に家屋の被害等のデータを集めたい。
- (2)
- (3)
- (4) 氾濫計算は、できるようになっている。また、成果は土研資料として取りまとめる等して、普及を図っていく予定である。
- (5) 相似則は考慮している。

事後評価

2.6 地すべりの危険箇所の抽出方法に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①地すべり危険箇所の自動抽出手法および危険度の概略評価手法の提案

達成状況

・DEM データを用いて地すべりブロックを自動抽出するアルゴリズムを開発し、その適用性を検証した。その結果、誤判読箇所も認められたが、開発したアルゴリズムにより地すべり地形を抽出することができた。

また、地すべり危険箇所調査における危険度評価項目と災害発生との相関分析を行い、地すべり危険箇所の危険度をより適切に評価する手法を検討した。モデル地域で行った相関分析の結果から得られた災害発生と相関性の高い調査項目とその配点を見直すことで、既往調査結果よりも危険度評価精度が向上した。この相関分析を用いた危険度を評価する手法を地すべり発生危険度調査法として提案した。

自己評価	: 研究への取り組み	適切
	目標の達成度	達成

(2) 主な発表論文

- ①藤澤和範，石井靖雄，森下淳，高山陶子：数値標高モデルを用いた地すべり地形抽出手法の検討，地球惑星科学関連学会 2006 年合同大会，2006.
- ②野村康裕，杉本宏之，森下淳，石井靖雄，藤澤和範，高山陶子：数値標高モデルを用いた地すべり地形抽出手法の検討，第 43 回日本地すべり学会研究発表会講演集，pp. 387-390，2004.
- ③杉本宏之，森下淳，野村康裕，石井靖雄，藤澤和範：数値標高モデルを用いた地すべり地形抽出手法の開発，土木技術資料，pp.58-63，Vol.47，No.3，2005

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究の成果として、地すべり危険箇所の自動抽出手法、危険度の評価手法の提案を行っており、地すべりの抽出もれの防止、危険度の合理的な設定により、適切な警戒避難の実施による地すべり災害の防止や斜面安全性の向上が図られる。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

対外論文の積極的な発表などにより成果の普及を図っている。なお、論文は国内 3 本を発

表している。また、今後、土木研究所資料として危険度評価マニュアルをとりまとめ、成果の普及を行う予定である。また、上記以外に国際学会への投稿を準備中であり、国外への成果の普及も図る予定である。

(6) プロジェクトリーダーの分析

地すべり危険箇所の自動抽出手法、危険度の評価手法の提案を行っており、本研究で目指した目標は達成することができたと評価している。本研究の成果については、これまでに対外論文の積極的な発表などをおこなってきたが、今後、H17 年度に得られた成果の積極的な発表を行い、さらに成果の普及に努めたい。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	☆

成果の発表	適切	
	やや不十分	☆ ☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	
	やや不十分	☆ ☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 地すべりの被害に、いまも起きているような継続的な地すべり変動によるものと大きな移動による被害とが混在しているのではないか？
- (2) DEM には地表の植生が影響しないか？
- (3) DEM データは開発途上国などにはないので適用できないか？
- (4) 危険度評価は地震と雨とそれぞれで取り組んでいるのか？

【対応】

- (1) 大きな変動による被害は事例が非常に少なく、この現象のみを取り出して評価することは難しい。
- (2) DEM の利用に当たっては、植生の影響を除去する解析を行い検討している。
- (3) 開発途上国では既存の DEM はない場合が多く、直ちには適用できないが、レーザープロファイラーなどを活用し DEM をつくれば活用できる。
- (4) 地震は全国的には事例が少なく取り組んでいない。

事後評価

2.7 地すべり抑止杭工の機能及び合理化設計に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①地すべり抑止杭の形式の選定手法の提案

達成状況

・既往のくさび杭の設計式は、弾性床上の梁として扱っているが、地すべり土塊と杭の変形性、すべり面の変位とこれに伴い杭の全長に作用する荷重を考慮できる FEM（有限要素法）を用いた解析モデルを構築し、既往くさび杭の設計式の適用範囲を検討した。その結果、地すべり土塊の変形係数と杭の曲げ剛性、すべり面上部の杭長を考慮した指標（ $\beta \cdot 1$ ）が 3 以下となると、くさび杭の式は危険であることが明らかとなった。その場合、 $\beta \cdot 1$ が概ね 1.5 以上であれば、抑え杭の設計式を用いることで安全側の設計となることを示し、既往の各設計式の適用範囲を示した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

② 3 次元 FEM 解析を用いた地すべり抑止杭の設計手法の提案

達成状況

・地すべり土塊と杭の変形性、並びにすべり面の変位とこれに伴い杭の全長に作用する荷重を考慮できる FEM を用いて地すべりを評価できる解析モデルを構築し、杭間隔を変化させて行った遠心載荷実験の解析により FEM 解析により杭間隔を設定する手法を提案した。また、杭の配置および間隔を変化させた 3 次元 FEM 解析を行い、3 次元 FEM 解析を用いて合理的な杭工を設計する一連の手法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①石井、藤澤、太田：「モデル斜面を用いた杭の FEM 感度解析結果とくさび杭の設計式の比較」、日本地すべり学会誌，Vol.42, No.2, pp.73-79, 2005.7.
- ②石井、藤澤、野村、李、伊藤：「遠心載荷模型実験による杭間隔が杭周辺の地盤の破壊に及ぼす影響の検討」、第 44 回日本地すべり学会研究発表会，pp. 423-424, 2005.8
- ③石井、藤澤、倉岡、中島：「モデル斜面を用いた杭の FEM 解析結果と抑え杭の設計式から求めた断面力の比較」、第 40 回地盤工学研究会発表会講演集，pp.2467-2468、2005.7
- ④石井、藤澤、倉岡、中島：「FEM 解析による地すべり抑止杭工の打設位置が地すべりの安定性に及ぼす影響」、第 44 回日本地すべり学会研究発表会，pp. 423-424, 2005.8

- ⑤石井、藤澤、西本、倉岡、太田：「有限要素法解析によるくさび杭の設計式の適用範囲の検討」，第 43 回日本地すべり学会研究発表会講演集，pp. 423-424、2004.8
- ⑥石井、小山内、仲野、倉岡、太田：「地盤の変形係数等が地すべり抑止杭工の変形特性に及ぼす影響の検討」，第 42 回日本地すべり学会研究発表会講演集、2003.8
- ⑦石井、藤澤、太田：「地下水位の上昇による再滑動型地すべりの FEM 解析モデルと杭の FEM 再現解析」，日本地すべり学会誌(査読中)
- ⑧Ishii, Tanaka, Fujisawa, Nakashima, Ito：「Finite element analysis of pile interval of landslide restraint piles」，INTERPRAEVENT International Symposium，2006.9(投稿中)

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究の成果として、①地すべり抑止杭の形式の選定手法の提案、および②3次元 FEM 解析を用いた地すべり抑止杭の設計手法の提案を行っており、杭設計の合理化により斜面の安全性向上、地すべり対策事業費のコスト縮減が図られる。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

対外論文の積極的な発表、学会等の委員会への参加、現場に対する技術指導などにより成果の普及を図っている。なお、論文は国内 7 本（査読付 2 本）を発表。また、成果の普及として、今後、土木研究所資料として設計マニュアルをとりまとめて行くとともに「地すべり防止技術指針，国土交通省河川局砂防部保全課」へ反映させていく予定である。なお、国際学会 (INTERPRAEVENT International Symposium 2006.9)へ投稿中であり、国外への成果の普及も図って行く。

(6) プロジェクトリーダーの分析

地すべり抑止杭の形式の選定手法、3次元 FEM 解析を用いた地すべり抑止杭の設計手法の提案を行っており、本研究で目指した目標は達成することができたと評価している。本研究の成果については、これまでに対外論文の積極的な発表などをおこなってきたが、今後、H17 年度に得られた成果の積極的な発表を行うとともに土木研究所資料として設計マニュアルを作成し、さらに成果の普及に努めたい。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 土研で計算パッケージを持つのか？現場からの依頼に対応できるようにして欲しい。
- (2) 良い研究であるので、もっと一般化して欲しい。

【対応】

- (1) (2) マニュアルについては、とりまとめる。パッケージ化は今後の課題としたい。

事後評価

2.8 光ファイバーセンサーによる地すべりの挙動調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①光ファイバセンサを活用した地すべりの面的挙動調査法の提案

達成状況

・地すべり災害を防止・軽減するために重要な地すべり挙動の把握において、現在最も有効な地表面の亀裂・ひずみを計測する伸縮計には、①挙動が顕著でない時点で適切な伸縮計配置が難しい、②積雪期の地表面計測が困難等の重大な課題がある。そこで、1本の光ファイバ上にセンサと長距離データ伝送の機能を併せ持ち、かつ複数地点の連続計測が可能である光ファイバセンサの特性を活用し、地すべり挙動の発生が想定される斜面区域に面的に伸縮計を配置する直交配置法による光ファイバ直接埋設方式を提案した。また、積雪下での微小変位のみならず大きな変位まで対応するため、従来の光ファイバセンサの計測限界（引張ひずみ量1%程度）を光ファイバと機械的メカニズムを組み合わせることで大幅に改善した埋設型の伸縮計（±100mm 観測可能）を開発した。さらに、従来の伸縮計と同程度のコストとするなどにより、経済的な地すべりの面的挙動調査法と光ファイバ伸縮計を開発できた。

自己評価 ：研究への取り組み	適切
目標の達成度	達成

(2) 主な発表論文

- ①丸山ほか：光ファイバセンサを用いた地すべり移動計測方法に関する検討、平成14年度砂防学会研究発表会概要集、pp.216-217、平成14年5月
- ②武士ほか：積雪地域における光ファイバセンサによる地すべり挙動調査、第19回寒地技術シンポジウム、pp.740-744、2003年
- ③丸山ほか：光ファイバセンサの地すべり挙動調査への応用、土木技術資料 Vol.42、No.2、pp.40-45、平成16年
- ④丸山ほか：大変位伸縮量観測可能光ファイバセンサの開発、平成16年度砂防学会研究発表会概要集、pp.22-23、平成16年5月
- ⑤丸山ほか：大変位伸縮量観測可能光ファイバセンサの開発（その2）、平成17年度砂防学会研究発表会概要集、pp.142-143、平成17年5月
- ⑥丸山ほか：積雪地域の地すべりに対応した光ファイバ伸縮計の開発、平成18年度砂防学会研究発表会概要集、平成18年5月（発表予定）
- ⑦Toshiya TAKESHI：Applying optical fiber sensors to landslide investigation, The 4th Italy-Japan Sediment Disaster Prevention Technology Conference, 2004

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究成果として、光ファイバセンサを活用した地すべりの面的挙動調査法の提案と、地盤伸縮量±100mm 観測可能な光ファイバ伸縮計の開発がある。これらの成果は、地すべり対策事業のソフト対策における地すべり斜面の監視精度の向上化及び、工法選択や防止施設のより適切な配置計画立案に貢献できる他、盛り土の管理などにも利用できるものである

(4) 特許等の取得

- ①地すべり挙動調査用光ファイバセンサ（特許第 3653549 号）
- ②地盤伸縮計の計測装置（特許第 3653550 号）
- ③FBG 光ファイバセンサを用いた地すべり計（特願 2004-65794 号）

(5) 成果の普及

提案した調査法及び光ファイバ伸縮計については、実用化段階に入り価格面の課題も解決した。現段階ではまだ地すべり現地での調査に採用された実績はないが、開発した光ファイバ伸縮計を H17 年度の土研ショールームに発表するなど、成果の普及に努めている。本年度は直轄の地すべり現地などに普及させて行く予定である。

(6) プロジェクトリーダーの分析

研究成果については、地すべり挙動の把握における課題が解決できる調査法が開発され、現場への導入が可能となる有効な成果が得られている。また、研究中に特許 2 件、特願 1 件が取得され、研究成果は国内で 6 本、海外で 1 本の論文が発表されている。以上のことから、本研究は目指した目標が達成されたと評価される。

今後は、土研資料にとりまとめるとともに、マニュアルの作成を行い、さらに成果の普及を図る予定である。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 技術の一つとして評価できる。
- (2) 多くのサイトに応用して、その耐久性等について今後は議論すべきである。
- (3) まだ、かなり高価で手間が掛かる印象を受ける。実用化を目指されたい。

【対応】

- (1) 地すべり調査技術の一つとして、直轄地すべり現地などへ普及を進める予定である。
- (2) 光ファイバ伸縮計を直轄地すべり現地などに設置し、耐久性等について検討する予定である。
- (3) 直轄地すべり現地などへ普及を進めながら、コストダウンを図り実用化を目指したい。

3 水環境における水質リスク評価に関する研究

事後評価

総括

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①環境ホルモン、ダイオキシン類の挙動の解明とホルモン作用の包括的評価指標の開発

達成状況

- ・環境水、下水、底泥に関するノニルフェノール類、エストロゲン類、エストロゲン様活性の分析方法を開発した。
- ・河川・湖沼におけるノニルフェノール類およびエストロゲンの挙動と底泥濃縮の現象を解明するとともに、水中ダイオキシン類濃度は SS 濃度との間に良好な関係があることを明らかにした。
- ・河川水・下水処理水における女性ホルモン様作用は、エストロンの寄与が高いことを明らかにするとともに、包括的指標として、遺伝子組み換え酵母法が有効であることを示した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②環境ホルモン、ダイオキシン類の簡便な試験手法の開発

達成状況

- ・エストロン測定のための酵素標識免疫測定法 (ELISA) を開発するとともに、エストロゲン分析精度向上のための前処理法を開発した。
- ・対策工事中のダイオキシン類巻き上げ拡散状況を SS 濃度でモニタリングする手法を提案した。
- ・底質中ダイオキシン類の簡易分析法として、迅速な前処理が可能な高速溶媒抽出法を提案するとともに、種々の検討の中から、四重極 GC/MS による測定法を提案した。
- ・ダイオキシン類測定データの精度を確認するソフトウェアを作成した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③下水中の環境ホルモンが淡水魚に与える影響と下水処理場における処理効果の解明

達成状況

- ・現場型魚類曝露試験システムを開発し、雄メダカを試験生物として、下水処理水が魚類雌性化に与える影響を把握するとともに、下水処理中の女性ホルモン様作用との関連性を明

らかにした。

- ・下水処理場におけるノニルフェノール類およびエストロゲン類の処理実態を把握するとともに、各物質の除去特性を明らかにした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

- ④下水・汚泥の再利用などにおける病原性微生物のリスク評価手法の開発

達成状況

- ・病原性原虫およびウイルスの測定について、分子生物学的手法を適用し、前処理法を検討することにより、迅速・簡易かつ高感度である測定法を確立した。
- ・下水処理場における病原性原虫およびウイルスの挙動を解明するとともに、対策法と感染性の評価手法を提案した。
- ・ウイルスの感染リスク計算に基づき、下水の再生処理法を選択する手法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

査読付き論文として、和文 11 編、英文 7 編が発表されており、これらを含めて全体で 60 編以上の発表が行われている。このうち 1 編は、土木学会の「第 41 回環境工学研究フォーラム」において、奨励賞を受賞した。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究における検討は、国土交通省が実施した様々な全国実態調査の計画立案や実施方法策定に、主に技術支援の形で貢献した。

本研究の成果である環境ホルモンや病原性微生物の実態解明とその影響評価は、広く公表するとともにマニュアル等としてまとめられ、河川管理者や下水道管理者の施策形成に寄与している。さらに本研究成果は、広く社会一般に対しても、合理的な判断やそれに基づく対応方法検討を促すことに貢献した。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

研究成果は多数の論文発表を通して広く公表しており、試験方法やマニュアル類においても、本研究

成果が計 6 件反映されている。

- ・下水試験方法（追補暫定版）－内分泌攪乱化学物質編及びクリプトスポリジウム編－2002 年版－，
（社）日本下水道協会，p.285-299，平成 14 年 3 月
- ・下水試験方法（追補暫定版）－内分泌攪乱化学物質編及びクリプトスポリジウム編－2002 年版－，
（社）日本下水道協会，p.304-306，平成 14 年 3 月
- ・下水道における化学物質の排出量の把握と化学物質管理計画の策定等に関するガイドライン（案），
国土交通省都市・地域整備局下水道部，p.47-53，平成 17 年 8 月
- ・ウイルスの安全性からみた下水処理水の再生処理法検討マニュアル（案）、高度処理会議、平成 13
年 7 月
- ・下水・河川水中のクリプトスポリジウムの検査法 Ver.1
- ・下水道におけるクリプトスポリジウム検討委員会最終報告

（6）プロジェクトリーダーの分析

当初の達成目標に対して、それぞれ良好な成果が得られており、目標は達成されたと評価している。

研究成果は多数の論文として広く公表されており、研究分野における貢献は十分であると考えている。
また研究成果は、技術支援やマニュアル反映等を通して、事業に対しても貢献したと評価できる。

17 年度の研究成果については、まだ公表されていないものも多いため、最終的な成果の形で取りま
とめて論文発表するとともに、全体の成果は、土木研究所報告等として取りまとめる予定である。

今後は、環境ホルモン等の処理対策や、新しい水質リスク物質を対象として、研究を進める必要が
あると考えている。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな 貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあつた が、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への 取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要す る	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	
	やや不十分	☆ ☆ ☆
	不十分	☆
	その他	

【コメント】

- (1) ①、②、③の研究は、目標をほぼ達成している。また、成果が発表され、国の施策に利用されている。④の研究は、大変重要で研究手法の開発(検出方法)に成功したが、下水処理場でのリスク評価を引き続き研究する必要がある。成果が期待される。
- (2) (資料中「今後は、環境ホルモン等の処理対策や、新しい水質リスク物質を対象として、研究を進める必要があると考えている。」) このことと関連させた成果普及が必要。研究の次の段階への展望も。下水道での管理という視点だけから、河川水質・水環境の管理という視点へもう少しブレークスルーする必要がある。
- (3) 社会的ニーズに応える研究が着実に上がりつつあるが、一部のテーマについては、見直しが必要ではないかと思われる。
- (4) ひとつおりの研究成果が生まれたと思うが、もう一段深めた研究成果(一流雑誌に投稿できるようなもの)がいくつか出てくることを期待したい。

【対応】

- (1) 次期重点プロジェクト研究において、病原性微生物の感染力の有無を把握することとしており、今後、リスク評価についても取り組みたい。
- (2) 次期重点プロジェクト研究においては、下水道における水質リスク把握・制御の課題に加えて、水域における生態系影響について研究を行うこととしており、水系全体における水質管理を目標に、研究を進めていきたい。
- (3) 研究成果の到達レベルが明らかになった課題については、検討過程を明記しながら現状での技術レベルと課題を明らかにし、研究の取りまとめを行いたい。
- (4) 今後は、現象の機構等に踏み込んだ研究も範疇に含めることにより、より普遍性のある研究成果が得られるよう、研究を進めていきたい。

事後評価

3.1 都市排水由来の化学物質の水環境中での挙動に関する研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①ノニルフェノール類、エストロゲンの分析方法の開発

達成状況

- ・ノニルフェノール類（NP 類）について、NP、NP1E0～NP15E0、NP1EC～NP10EC の分別定量法を開発した。
- ・エストロゲンについて、遊離体分析前処理の簡易化を行うとともに、抱合体の分析方法を開発した。
- ・底質・汚泥中の NP 類、エストロゲンについて、遊離体に関する分析法を確立するとともに、抱合体分析における回収率を明確にした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②水中でのノニルフェノール類、エストロゲン類の分解、生成などの現象解明

達成状況

- ・河川において、エストロゲン、NP 類の河道内流下方向における挙動と分解現象を解明するとともに、底生生物への濃縮実態を明らかにした。
- ・湖沼において、エストロゲン、NP 類の挙動特性を解明するとともに、底泥への濃縮実態を明らかにした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③ノニルフェノール類の底泥への吸着、底泥からの溶出などの現象の解明

達成状況

- ・NP 類の湖沼浮遊物への吸着機構について、濃度の影響、物質特性との関係、多成分系での特性を明らかにした。
- ・湖沼底泥の深さ方向におけるエストロゲン、NP 類の蓄積実態を解明し、過去の流域条件（人口、社会活動、排水処理形態）との関係を評価した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ① Takahashi *et al.* (2003) Evaluating Bioaccumulation of Suspected Endocrine Disrupters into Periphytons and Benthos in the Tama River, *Wat. Sci. Tech.*, 47(9), 71-76
- ② K. Mibu, *et al.* (2004) Distribution of Estrogen, Nonylphenol and its Derivatives in Sediments of a Shallow Lake, *Wat. Sci. Tech.*, 50(5), 173-179
- ③ 李富生ほか(2004)好気と嫌気条件下における 17β エストラジオールの貯水池底泥中での分解挙動と経路に関する検討, 環境工学研究論文集, Vol.41, pp.447-458
- ④ 大岩俊雄ほか(2005)下水試料中のエストロゲン遊離体の高分解能 GC/MS による測定法, 学会誌「EICA」第10巻, 第3号, pp.51-61
- ⑤ 末岡峯数ほか(2005)LC/MS/MSによるエストロゲン抱合体の分析法と下水試料への適用, 環境工学研究論文集, Vol.42, pp.265-276

この他、口頭発表等（和文）7件（英文）3件

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究における分析法や調査方法の検討は、国土交通省による「内分泌かく乱物質に関する全国河川実態調査」の計画立案や実施方法策定に貢献し、河川における存在実態の解明を可能とした。また、本研究成果より、水環境中の内分泌攪乱物質の存在並びに存在要因や、その挙動に関する体系的な基礎的知見が得られ、河川管理者及び下水道管理者における内分泌攪乱物質対策に関する施策形成に資するものと考えられる。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

本研究成果は上記査読付き論文を含め、国内外で積極的に発表するとともに、分析法に関する成果は下水試験方法などに反映されている。

・下水試験方法（追補暫定版）－内分泌攪乱化学物質編及びクリプトスポリジウム編－2002年版－,
(社) 日本下水道協会

また、技術支援を行った国土交通省の全国河川実態調査結果は、国土交通省より広く公表されている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

①については、水試料に関する NP 類の分別定量法およびエストロゲンの遊離体・抱合体の分析方法が確立し、特に抱合体についてはこれまで分析が困難であったものを分析可能とすることにより、これまで未解明であった抱合体の挙動が追跡可能となったことから、有用な成果が得られたと考えている。②については、河川、湖沼における内分泌かく乱物質の挙動を解明するとともに、底泥等への農出実態を明らかにし、水系全体における挙動を解明したことに意義がある。

③については、NP 類の吸着現象を解明することにより、湖沼に NP 類が蓄積する過程の予測を可能とした。また、底泥中の蓄積実態を明らかにしたことにより、過去から現在に至る流域の汚染実態を把握できたことの意義は大きい。

これらの成果は、河川管理者及び下水道管理者における施策形成に寄与するものであり、国土交通省の全国調査に対して技術支援を可能としたことから、十分なものであったと評価している。また、査読付き論文 5 編に加えて、口頭発表等が多数行われており、成果の公表も満足できるものと評価している。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 研究成果が出ている。今後の対策に資する技術のガイドが残されている。
- (2) おおむね研究目標を達成できている。今後、何故、NP とエストロゲンについて、それぞれ異なる挙動のパターンを示したのか、など機構解明につながる研究も深めていく必要がある。

【対応】

- (1) 次期重点プロジェクト研究において、環境汚染対策に貢献する技術について、検討を進め

る予定である。

- (2) 次期重点プロジェクト研究において、内分泌かく乱物質の水環境中の挙動について、物質の特性を念頭に置いた調査・実験を行い、機構解明のための研究を進めていきたい。

事後評価

2.3 下水道における微量化学物質の評価に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①下水処理でのノニルフェノール類、エストロゲン類の挙動の解明

達成状況

ノニルフェノール類

- ・下水試料中のノニルフェノール類 (NPs) の分析法を開発した。
- ・全国の下水処理場の流入水及び処理水における NPs の実態を把握するとともに、活性汚泥処理における NPs の分解過程を明らかにした。
- ・NPs の分解過程に対する溶存酸素濃度の影響を明らかにした。

エストロゲン類

- ・下水試料中の天然エストロゲン (E2, E1) および合成エストロゲン (EE2) , エストロゲン抱合体の LC/MS/MS を用いた分析法を開発した。
- ・全国の下水処理場において、流入水及び処理水の E2, E1、抱合体および EE2 の実態を明らかにした。
- ・下水処理工程におけるエストロゲン類の物質ごとの除去特性を明らかにするとともに、溶存酸素濃度の影響を明らかにした。

自己評価 : 研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②下水道におけるエストロゲンの迅速測定法の提案

達成状況

- ・E1 測定のための ELISA 法を開発した。
- ・ELISA 法で、過剰定量となる要因 (妨害物質) を明らかにし、これを排除する前処理法を開発した。

自己評価 : 研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①活性汚泥処理におけるノニルフェノールエトキシレートからのノニルフェノールの生成, 水環境学会誌, Vol. 28, No. 11, pp.671-676, 平成 17 年 11 月
- ②LC/MS/MS によるエストロゲンの分析法と下水への応用, 土木学会論文集VII巻, 727 巻, VII-26 号, pp.103-111 (平成 15 年 2 月)
- ③Analysis and occurrence of estrogen in wastewater in Japan, *Water Science &*

Technology, Vol. 50, No. 5, pp93-100, 2004 (平成 16 年 5 月)

④免疫測定法を利用した下水中女性ホルモンの自動計測に関する研究, 環境システム計測制御学会誌, Vol. 8, No. 1, pp.55-60, 平成 15 年 6 月

この他、口頭発表 多数

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究および前身課題における分析法や調査方法の検討は、国土交通省下水道部による「下水道における内分泌攪乱化学物質に関する調査」の計画立案や実施方法策定に貢献し、下水道における存在実態の解明に貢献した。また、本研究成果より、分析法が開発されるとともに、下水道での挙動とそれに対する下水処理条件の影響が明確になったことから、下水道管理者における内分泌攪乱物質対策に関する施策形成に資するものと考えられる。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

本研究成果は上記査読付き論文を含め、国内外で積極的に発表するとともに、分析法に関する成果は下水試験方法などに反映されている。

・下水試験方法(追補暫定版)ー内分泌攪乱化学物質編及びクリプトスポリジウム編ー2002年版ー, (社)日本下水道協会, p.285-299, p.304-306, 平成 14 年 3 月

・下水道における化学物質の排出量の把握と化学物質管理計画の策定等に関するガイドライン(案), 国土交通省都市・地域整備局下水道部, p.47-53, 平成 17 年 8 月

また、技術支援を行った国土交通省下水道部の全国下水処理場実態調査結果は、国土交通省より広く公表されている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

①については、下水試料中の NP 類やエストロゲン類の分析法が開発され、下水処理過程での挙動および処理条件の影響が明らかとなったことから、十分な成果が得られたと考えている。今後は、下水処理水による生物影響を極力低減するための処理法について、研究を進めていく必要がある。②については、簡易な測定手法である ELISA 法が精度良く分析できるようになったことから、現場で適用可能な測定手法として、重要な成果が得られたと考えている。

これらの成果は、下水道管理者における施策形成に寄与すると考えられること、現場での管理に貢献すること、国土交通省の全国調査に対して技術支援を可能としたことから、十分な成果が得られたと評価している。また、査読付き論文 4 編に加えて、口頭発表等が多数行われており、成果の公表も満足できるものと評価している。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 重要な研究成果が出ている。今後の対策技術に資する研究が期待される。
- (2) ②の提案の具体化が十分示されていない。前処理技術が開発技術なのか？ 過大評価の妨害物質が何かも明らかに成果として示されていない。
②について、達成度若干？ 成果発表も？
- (3) ELISA法を用いる測定法は、研究期間に見合う成果が出ていないので、中止を考えるべきではないかと思われる。
- (4) 汚泥中の分析が困難と思われるが、NPやエストロゲンの挙動を考える上で、分析方法の確立と汚泥収支も含めた物質収支を明らかにする必要がある。

【対応】

- (1) 次期重点プロジェクト研究において、下水処理場での除去率向上と処理の安定化を目的とした技術について、研究を進める予定である。
- (2) LC/MS/MS等を用いた機器分析に対して、測定が容易かつ迅速に行われるELISA法を対象として、E1測定用のELISA法の開発と精度を高めるための前処理法の検討を行うことにより、環境水や下水処理水に適用可能なELISA法を開発したものである。妨害物質は、エスト

ロゲン抱合体やフミン質であることがわかっており、これを排除する前処理法により、精度の向上が図られた。これらについては、成果の取りまとめを適切に行いたい。

- (3) ELISA 法については、検討過程を明記しながら現状での技術レベルと課題を明らかにし、研究の取りまとめを行いたい。
- (4) 次期重点プロジェクト研究において、汚泥中エストロゲン抱合体の分析法について引き続き検討を行うとともに、下水処理場における物質収支が明らかになるよう、研究を進めていきたい。

事後評価

3.4 都市排水に含まれるエストロゲン様物質が魚類に及ぼす影響と指標化に関する研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①都市河川中の女性ホルモン様物質が魚類の雌性化に及ぼす影響の解明

達成状況

- ・エストロゲン純物質が雄メダカのビテロジェニン生成に与える影響を評価した。
- ・現場型曝露試験システムを開発し、雄メダカを試験生物とした河川水・下水処理水の曝露試験法を構築した。
- ・河川水・下水処理水への曝露試験により、雄メダカにビテロジェニンが生成される現象を把握し、水試料の女性ホルモン様物質濃度との関連性を明らかにした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②都市排水中の女性ホルモン様物質の由来の解明

達成状況

- ・水処理水および河川水に極性分画手法を適用し、エストロゲン活性が E2、E1、NP の分画に集中するとともに、E1 の寄与が相対的に高いことを明らかにした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③簡易なモニタリング指標を用いた女性ホルモン様物質の影響評価手法の提案

達成状況

- ・遺伝子組換え酵母により測定される試料水のエストロゲン活性と、雄メダカに生成されるビテロジェニン濃度の関係を明らかにし、メダカの性転換をエンドポイントとした試料水の影響評価手法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①Masatoshi Saito, Hiroaki Tanaka, Akihiro Takahashi, Yasuko Yakou, Comparison of yeast-based estrogen receptor assay, Water Science and Technology, Vol. 46, No. 11-12, pp. 349-354, 2002

- ②東谷忠、玉本博之、宮本宣博、八十島誠、田中宏明：下水処理水に曝露した雄コイのビテロジェニン誘導に関する研究，環境工学研究論文集，Vol.39，pp.97-108，2002
- ③Tadashi Higashitani, Tiroaki Tamamoto, Akihiro Takahashi, Hiroaki Tanaka, Study of estrogenic effects on carp (*Cyprinus carpio*) exposed to sewage treatment effluent, Water Science and Technology, Vol. 47, No. 9, pp. 93-100, 2003
- ④T. Higashitani, K. Miyajima, N. Nakada, M. Yasojima, H. Tanaka and Y. Suzuki, Development of on-site fish exposure system placed in water quality monitoring stations along a river, Water Science & Technology, Vol 52, No 12, pp 275-282, 2005

など国内 11 件、国外 11 件の論文発表、口頭発表を行っている

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究により、河川水および下水処理水中のエストロゲン活性が魚類雌性化に与える影響が定量的に示されたことは、今後の水環境行政において施策検討の基礎資料として大きく貢献するものと考えられる。また、本研究において開発された現場型魚類曝露試験システムは、あらゆる調査地点で同一条件の試験を行えるため、全国の河川水質自動観測所に設置するなどにより、河川の魚類影響を調査することが可能になると考えられる。

なお、本研究における調査方法の検討は、国土交通省による「内分泌かく乱物質に関する全国河川実態調査（魚類調査）」の計画立案や調査実施に貢献した。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

本研究成果は上記査読付き論文 4 編を含め、国内外で積極的に発表している。また、技術支援を行った国土交通省の全国河川実態調査（行類調査）結果は、国土交通省より広く公表されている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

①については、現場曝露システム開発により、河川水や下水処理水が魚類雌性化に与える影響が現場で検討・評価されており、他に類を見ない貴重な成果が得られていると考えている。②については、河川水および下水処理水について、エストロゲン様作用の原因物質を特定できた功績が大きい。③については、簡易分析手法として遺伝子組み換え酵母法を提案し、さらに検討すべき課題が残されているものの、現段階における精度や指標性は満足できるものであると考えている。

これらの成果は、水環境行政関連機関における施策形成に寄与するものであり、また、国土

交通省の全国魚類調査に対して技術支援を可能としたことから、十分な成果が得られたと評価している。また、査読付き論文4編に加えて、口頭発表等が多数行われており、成果の公表も満足できるものと評価している。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 重要な研究成果が達成されている。
- (2) 河川環境中でのエストロゲン-VTG関係の議論としては、生体への影響(レスポンス)についても評価されたい。
- (3) もう一段、得られた研究成果について深める、あるいは仮説を検証して、より確実なものにしていただきたい。テーマが多いことは理解できるが、集中することも必要である。

【対応】

- (2) 生殖器異常など生体への影響を直接的に調べるには、魚類の飼育や検査に多大の費用と設備を要することから、生物分野での研究成果から生態影響に関連性の強い指標を抽出し、これにより生態影響を評価していきたい。
- (3) これまでの研究では、現場での生物影響の現象を把握するため、下水処理場や河川におけ

る曝露実験を行ってきたが、ある程度の傾向が把握されたため、今後は、より管理された精密な実験により、仮説を検証するための研究を進めていきたい。

事後評価

3.5 病原性微生物の同定方法および挙動に関する研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①病原性原虫、ウイルスの迅速・高感度検出法の提案

達成状況

・リアルタイムPCR法活用によるクリプトスポリジウムの検出では、土研で開発を行ったプローブ、プライマーを適用することで、オーシスト数1個相当から検出することを可能とした。従来の顕微鏡観察と比較して迅速かつ判定に熟練を要しない測定法を確立とした。

・ノロウイルスの検出では、最適な濃縮・分離、前処理法を提案することで、高回収率が得られかつ低濃度試料に対応したウイルス測定法を確立した。細胞培養法による従来の腸管系ウイルスの測定と比較して迅速・簡易かつ高感度に測定を可能とした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②下水処理過程や水環境中での原虫やウイルスの挙動解明

達成状況

・活性汚泥処理法によるオーシストの除去率を解明するとともに、感染症発生時において高濃度のオーシストが流入する場合には、除去率を向上させるために対策の導入が必要であることを明らかにした。また、除去率向上のための対策手法について確立した。

流入下水中のノロウイルス濃度は、夏季と冬季で大きな違いがあり、高濃度のウイルスが流入する冬季では、処理水中に残存が測定されたため、冬季の感染流行期における下水処理場での対策の必要性を明らかにした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③環境中での病原性原虫の感染性消失効果の解明

達成状況

・マウスを利用したオーシストの感染性の評価では、海水、水道水、河川水の順で感染確率が低下するが、これらの試料中に1ヶ月保存した後も感染能力を有していることを明らかにした。

細胞培養法による顕微鏡観察およびELISA法によってもオーシストの感染能力の有無を判

定できるため、マウスによる感染性試験と比較すれば、簡易かつ短期間で感染能力の把握が行えることを明らかとした。

自己評価	研究への取り組み	適切
	目標の達成度	達成

(2) 主な発表論文

- ①北村友一,森田弘昭(2000),脱囊-フローサイトメトリー試験から観た *Cryptosporidium parvum* ホストの生存力に及ぼす温度の影響,環境工学論文集 37,355-360.
- ②北村友一,鈴木穰(2001),下水中の *Cryptosporidium parvum* ホストを PCR 検出するための前処理法の検討,下水道協会誌論文集 38(470),170-175.
- ③北村友一,森田弘昭(2002),嫌気性消化汚泥中での *Cryptosporidium parvum* ホストの挙動と生残性,下水道協会誌論文集 39(479), -.
- ④ M.Suwa,Y.Suzuki(2003)Control of with wastewater treatment to prevent its proliferation in the water cycle, *Water Science and Technology*,47(9),45-49.
- ⑤諏訪守,鈴木穰 他(2004)ウイルスに関する安全性確保のための下水再生処理法の選定方法,水環境学会誌,27(3),199-204. など他にも口頭発表多数.

(3) 事業への貢献・社会への貢献

現在、クリプトスポリジウムやノロウイルスを原因とした水系感染症は大きな問題として注目されてきており、それに先駆け検出法の提案、挙動解明、現状の課題などを明らかにしたことは、今後のさらなる実態解明や対策手法を構築する上で河川管理者、下水道管理者への貢献度は極めて高い。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

ウイルスの安全性からみた下水処理水の再生処理法検討マニュアル (案)

下水・河川水中のクリプトスポリジウムの検査法 Ver.1

下水道におけるクリプトスポリジウム検討委員会最終報告 の刊行に寄与.

(6) プロジェクトリーダーの分析

①については、これまで熟練技術に頼ってきたクリプトスポリジウムの検出が、より簡易な手法で可能となったことは、試験技術上評価されるとともに、その検出精度も満足のいくものである。また、培養が不可能であったノロウイルスについて検出手法が確立されたことは、今後の水循環における水質安全性を検討していく上で、貢献が大きいと考えられる。②については、下水処理場での挙動特性の把握と対策法の開発が行われており、マニュアル等としても取りまとめられていることから、十分な成果が

上げられていると考えられる。③については、クリプトスポリジウムの感染性の消失程度が把握され、評価手法の開発も行われていることから、目標を達成していると考えられる。

これらの成果は、河川管理者及び下水道管理者が水質の安全性を検討する際に、重要なツールとなるものである。また、これまでの成果は対策マニュアルや試験法に反映されており、十分な成果が得られたと評価している。また、査読付き論文5編に加えて、口頭発表等が多数行われており、成果の公表も満足できるものと評価している。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) ②、③で十分に解明されたと言い切れぬ面あり。処理と影響の残存の定量化。感染力の評価のあいまいさ。
- (2) ②、③で十分に解明されたと言い切れぬ面あり。処理と影響の残存の定量化。感染力の評価のあいまいさ。

【対応】

- (1) 特に感染力の評価では、高精度な定量化について今後の研究課題に引継ぎ検討課題として取り組む予定としている。また、ノロウイルスの下水処理過程での消長については、季節によりその濃度変動が大きく取得データのバラツキも見受けられることから、さらにデータの

蓄積の必要性を認識している。

- (2) 感度、定量的評価の観点から本手法は優れていると考えられるが、現段階では、検出種の絞り込みが不十分であり、ヒト、ウシ、ブタなどの宿主由来の特異性をさらに高めることができれば特許化を検討。

4 地盤環境の保全技術に関する研究

事後評価

総括

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①建設資材および廃棄物中の汚染物質の環境特性および地盤中での移動特性の解明【建設資材および廃棄物中の汚染物質の環境特性及び一般的な移動特性の解明】

達成状況

- ・建設資材および廃棄物中の汚染物質の環境特性および地盤中での移動特性について以下の点を解明した。
- ・地盤環境に影響を与える地盤材料を特定した。
- ・地盤材料に含まれている環境ホルモン（フタル酸エステル類、アルキルフェノール類及びビスフェノール A）を明らかにした。
- ・地盤材料からの環境ホルモン溶出の pH 依存性を明らかにした。
- ・土質と環境ホルモン流出との関係を明らかにした。
- ・土質材料（建設発生土）の環境安全性評価技術の確立のため、土壤に含まれる重金属類の蒸留水への短時間での溶出特性を明らかにした。
- ・岩石からの重金属類の溶出特性が鉱物組成や溶媒条件により複雑に変化することを明らかにした。
- ・掘削ズリからの酸性水・重金属溶出の再現のためには、長期曝露試験が必要であることを明らかにした。
- ・上記の解明を受け、以下の試験法などを開発・提案した。
- ・岩石の溶出試験における試料の粒度調製を提案するとともに、溶出試験は複数条件において行う必要性を明らかにし、長期溶出試験法を開発した。
- ・有害物質の地盤中の挙動予測にあたり、分散長、遅延係数の決定方法、汚染源からの溶出濃度の推定手法などを提案した。
- ・建設事業における土壤汚染の遭遇場面では、有害物質が地下水に侵入し、用地外へ漏出するまでの時間的余裕の予測が重要であること、重金属など動きにくい物質に関する汚染源からわずかな範囲内におけるモニタリング無検出データの根拠、長期予測を単純な一次元解析モデルで視覚化することの重要性を提案した。
- ・有害物質の存在状態の深刻度、有害物質の地盤中での動き易さを早見表に整理し、それらに応じた影響予測手法の選定法（移流分散解析手法の種類、次元等）を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②地盤・地下水の調査、モニタリング計画手法の開発

達成状況

- ・ 鉱山分布と地質分布の重ね合わせによる重金属類溶出リスクの高い地質を推定法を提案した。
- ・ 岩石中の重金属類含有量の簡易判定に蛍光 X 線分析が有効であることを提案した。
- ・ 掘削ズリなどからの重金属溶出のモニタリング手法を開発し、モニタリングの基本方針、役割、計画、実施についてまとめた。
- ・ 土壌中のダイオキシン類の簡易分析手法として前処理法と分析法を組み合わせる方法を開発し、「土壌中のダイオキシン類の簡易測定法マニュアル」を作成・出版した。
- ・ 対策を覆土・敷土工法、遮水壁工法、バリア井戸工法、固化・不溶化工法に類型化し、影響評価手法の適用イメージを提案した。
- ・ 有害物質の種類や存在状態深刻度に応じたモニタリング手法（位置、測定頻度）、およびモニタリングと併用している予測解析においてモニタリング結果をもとに見直すべき入力条件などを提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③汚染物質の暫定的な安定化手法、封じ込め手法の開発

達成状況

- ・ 建設資材由来の環境ホルモンの対応方法として、地盤材料の環境ホルモンに関する安全性確認のフローを提案した。
- ・ セメント改良土・建設発生土からの溶出抑制手法として配合設計段階で公定法による溶出の確認を行えば十分であることを提案した。
- ・ 土粒子の移動を抑制する覆土・敷土工法、遮水壁工法、固化工法は陸域の汚染土壌の対策工法としての適用性が高いことを確認した。
- ・ ろ過性能の高い袋材と凝集剤の組合せで袋詰脱水処理工法のダイオキシン類の捕捉率の向上を実現し、脱水・減量化が可能であることを確認した。
- ・ リスク管理型工法について、有害物質の種類、存在状態に対する適用性を整理し、また、汚染土壌の取り扱い方法を取りまとめた。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ① 恒岡伸幸、森啓年、阪本廣行、糸永眞吾、守屋政彦、「セメント改良土から溶出する六価クロムに土壌の吸着・還元作用が及ぼす影響」、土木学会論文集 No.764/III-67, pp133-145,

2004.6

- ②阿南, 岩石由来の環境汚染対策研究グループ: 岩石に由来する重金属汚染リスクの分布調査、平成 16 年度研究発表会講演論文集 (日本応用地質学会)、2004 年 10 月
 - ③H.Mori, H.Miki, N.Tsuneoka: The geo-tube method for dioxin-contaminated soil, Geotextile and Geomembranes, Elsevier Science Ltd., No.20, pp.281-288, 2002
 - ④小橋ら, 地盤汚染の影響予測に用いる分散長の決定法について, 土木学会論文集 No.764/III-67, pp.53-67, 2004
- 上記を含め計 44 編の論文を発表 (うち査読付き 11 編) (上記ゴシックは査読付き)

(3) 事業への貢献・社会への貢献

- ・建設資材由来の環境ホルモンの汚染リスク減少に貢献 (達成目標①、③)。
- ・セメント改良土が土壌・地下水汚染の原因とならないように示した通達の運用によるデータを検証したことにより、具体的な溶出抑制手法を示し、建設工事の円滑な実施に貢献 (①③)。
- ・掘削ズリなどの岩石由来の重金属汚染リスクの減少に貢献 (①②)。
- ・よりきめ細かなダイオキシン汚染土壌の範囲設定・モニタリング頻度増加、ひいては効率的・経済的なダイオキシン類汚染土壌対策に貢献 (②)。
- ・陸域および水域のダイオキシン類汚染土壌対策に貢献 (③)
- ・迅速かつ適切なコストでの封じ込め工法を可能にしたことにより、社会資本の円滑な整備、土壌汚染対策のコスト縮減、対策のアカウンタビリティ向上に貢献 (①②③)

(4) 特許等の取得

有害物質の封じ込め処理方法 (特願-2000379574 号)

(5) 成果の普及

- ・土質材料関係の達成目標①③に関する成果は、「セメント系固化処理土検討委員会最終報告書」、「建設発生土利用技術マニュアル (第 3 版)」に反映するとともに、各地方整備局において講習会を開催し、普及をはかっている。
- ・掘削ズリなどの岩石由来の重金属汚染の①②に関しては、現在、調査法・予測手法・モニタリング手法のマニュアル暫定版を作成中である。
- ・ダイオキシンの②に関しては、「土壌のダイオキシン類簡易測定法マニュアル」を出版、③に関しては「建設工事で遭遇するダイオキシン類汚染土壌対策マニュアル」を出版し、成果の普及をはかっている。
- ・建設事業の地盤汚染の①②③に関しては、「建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル」を出版し、成果の普及をはかっている。
- ・上記の各マニュアルは公共事業のみならず、民間の工事においても利用されている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

・各目標とも達成でき、また、成果についても計44編（うち査読付き11編）の論文発表ならびに4冊のマニュアルとして出版され、普及がはかられている。さらに、本重点プロジェクト研究により2名の担当者が学位を取得している。このように本重点プロジェクト研究は、全般的には適切に行われたと評価できる。しかしながら、土壌および岩石と溶液との反応などは大変複雑な系であるため、重金属などの汚染物質の土壌・岩石中における挙動が完全に解明されたとは言い難い面もあることは否めない。この点に関しては、今後、次期重点プロジェクト研究「循環型社会形成のためのリサイクル建設技術の開発」にて継続して研究する必要がある。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 既にマニュアル化されたもの、作業中であるものもあるようだが、普及にさらに努めてほしい。
- (2) 目標をほぼ達成され、よい成果が得られている。マニュアルの英文化を進められるとよい。
- (3) 個々の研究に少し差があるが、全体として評価される研究である。ただ、まだまだ残された課題もあり、今後の活躍を期待する。

【対応】

- (1) マニュアルが作成されていないものについては早急に作成印刷する。そのほかのものについても土木研究所技術ショーケース、関連専門誌への投稿、現場の技術指導などにより成果の普及に努める。
- (2) 今後、内容に応じてマニュアルの英文化を検討していきたい。
- (3) 残された課題があることは十分承知している。これらについては平成18年度からの重点研究プロジェクト「生活における環境リスクを軽減するための技術」にて、継続して研究する。

事後評価

4.1 建設資材の環境安全性に関する研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①環境ホルモンを含有する可能性のある建設資材の特定

達成状況

・環境ホルモンを含有する可能性のある建設資材について主成分以外の副生成物や可塑剤などの添加剤を含む可能性をあわせて整理分類した。その結果、環境ホルモンを含有する可能性のある建設資材として、防水シート、ジオグリッド、ジオテキスタイル、発泡スチロールなどの地盤材料を特定した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②地盤環境に影響を与える建設資材の特定

達成状況

・地盤材料中に含まれる環境ホルモンを分析するために抽出／分析方法について検討を行い、地盤材料 25 試料を分析した。その結果、フタル酸エステル類、アルキルフェノール類及びビスフェノール A が、特に防水シート、ジオテキスタイルに含まれている場合があることを明らかにし、これらを地盤環境に影響を与える建設資材として特定した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③建設資材由来の環境ホルモン溶出特性の解明

達成状況

地盤材料からの環境ホルモンの溶出方法の検討を行い、pH による環境ホルモンの溶出挙動を検討した。また、溶出した環境ホルモンの土壌への吸着挙動並びに脱離挙動について検討した。防水シートとジオテキスタイルからの環境ホルモンの溶出挙動に関する検討を行った。その結果、次のように建設資材由来の環境ホルモン溶出特性を解明した。フタル酸エステル類はすべての pH (pH4,7,12) で溶出し、ノニルフェノールはアルカリのみで一部の材料から溶出した。ビスフェノール A と t-オクチルフェノールは溶出しなかった。

また、砂質土、粘性土、関東ローム、黒ボク土による環境ホルモンの吸着に関する検討を行い、砂質土と関東ロームでノニルフェノール、ビスフェノール A の一部が多く流出することを解明した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

④建設資材由来の環境ホルモン対応方法の提案

達成状況

建設資材由来の環境ホルモンの対応方法として、地盤材料の環境ホルモンに関する安全性確認のフローを提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

⑤土質材料からの重金属類等の溶出抑制手法の提案

達成状況

- ・国土交通省から通達された試験要領（土壤環境基準を超えた六価クロムが溶出する可能性がある土質材料（セメント改良土や建設発生土）を、配合設計段階において実際の工事工程に影響が出ないように排除することにより溶出抑制を図るための要領）の運用により得られたデータの検証を行った結果、土壤環境基準を超える六価クロムの溶出の有無は、改良材に含有されるクロム量の大小だけでは判定が困難であり、配合設計試料と施工後サンプリング試料に対して、公定法による溶出試験を行う必要があること、六価クロムが溶出し易い土質とセメント系改良材の組み合わせがあること、土壤環境基準を超える可能性は約6%であることなどを確認した。また、土壤環境基準を超えた改良土が施工されてしまった場合であっても、周辺地盤の吸着能が作用し、六価クロムが拡散する可能性は極めて低いことを実証した。

以上のことから、溶出抑制手法として配合設計段階で公定法による溶出の確認を行えば十分であることを提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

⑥土質材料の環境安全性評価技術の確立

達成状況

- ・土壌から重金属を溶出させる前処理法を簡素化する検討を行い、短時間で重金属類を蒸留

水に溶出させることが出来ることと、その際の溶出特性を明らかにし、建設発生土中の鉛と砒素が環境基準を超過する可能性を短時間で判定し、溶出可能性のある発生土の搬入を未然に排除するための簡易分析技術の提案した。

自己評価 ：研究への取り組み	適切
目標の達成度	達成

(2) 主な発表論文

- ① N.TSUNEOKA, H.MORI and T.OBATA, "On predicting the effect of hexavalent chromium leached from cement treated soil", Ground water engineering, Balkema, pp.393-399, 2003.5
- ② H.MORI, N.TSUNEOKA, M.OHNO, Y.SHIBATA "Leaching of Hexavalent Chromium from cement treated soil" BGA International Conference on Foundations, Thomas Telford, pp.665-674, 2003.9
- ③ 岡伸幸、森啓年、大野真希、小橋秀俊、「セメント改良土に起因する六価クロムの溶出の特徴」、土と基礎、51-11、pp41-43、2003.11
- ④ 恒岡伸幸、森啓年、阪本廣行、糸永眞吾、守屋政彦、「セメント改良土から溶出する六価クロムに土壌の吸着・還元作用が及ぼす影響」、土木学会論文集 No.764/III-67, pp133-145, 2004.6

上記を含めて計13編（うち4編査読付き）を発表。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

建設事業において、環境ホルモンの地盤環境への影響を事前評価することが可能となった。セメント改良土が土壌・地下水汚染の原因とならないように示した通達を検証したことにより具体的な溶出抑制手法を示し、建設工事の円滑な実施に貢献している。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

本研究の成果は「セメント系固化処理土検討委員会」最終報告書、「建設発生土利用技術マニュアル（第3版）」に反映され、各地方整備局において講習会を行い、成果の普及を図っている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

・地盤材料中に含まれている環境ホルモンの溶出挙動と土壌への吸着・脱離挙動が明らかとなり、地

盤材料由来の環境ホルモンの地盤環境への影響評価が可能となった。今後、時期をみて成果の発表、普及につとめる必要がある。

・セメント改良土から溶出する六価クロムに関しては、地盤中の六価クロムの挙動から、本研究に先行した「通達」の溶出抑制手法を検証することができた。また、9編の論文（うち4編査読付き）を発表するとともに、マニュアルなどにも反映され、成果の発表・普及も適切に行われた。また、本研究により担当者1名が博士（工）の学位を得たことは特筆すべきである。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 重要な課題に適切な成果を上げている。
- (2) 環境ホルモンの自然界への溶出に関してはもっと複雑であり、今後の研究の継続を期待する。
- (3) 重金属の溶出に関しては、既に一般的になっているので、技術の普及をもっとやってほしい。
- (4) 問題なく進められた。

【対応】

- (2) 建設資材からの環境ホルモンの溶出については、まだまだ検討すべき事項はあるが、本研究で実施した考え方・方法で、建設資材からの環境ホルモンの溶出について、取り敢えず基本的なことは把握できることを示せたと考えている。よって、今後の環境行政の方向性を確認し、必要に応じて研究を再開したい。
- (3) 建設発生土や改良土からの溶出を予防するための技術として、現場で使える簡易分析法、周辺地盤での吸着能の試験法などが挙げられ、身近に感じられるような技術開発に取り組み、法人著作、技術ショーケースなどで普及を図ることとしたい。

事後評価

4.2 特殊な岩盤及び岩石による環境汚染の評価手法の開発

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①溶出試験による掘削ズリ、廃棄岩などからの汚染物質の溶出機構の解明

達成状況

各種の岩石を用いて諸条件により溶出試験を実施し、重金属の溶出特性が鉱物組成（硫黄の存在形態、カルシウムの量等）や溶媒条件により複雑に変化することを明らかにした。この溶出機構の解明については十分とはいえないが、掘削ズリからの酸性水および重金属溶出の再現のためにはバッチ試験では不十分で、長期の曝露試験結果が必要であることが明らかとなった。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 一部達成

達成目標

②汚染源の地質調査手法の提案

達成状況

鉱山の分布と地質の分布を重ね合わせることによる重金属溶出リスクの高い地質の推定法を提案した。また、岩石中の重金属含有量の簡易判定に蛍光X線分析が有効であることを提案した。これらをマニュアル（暫定案）に反映する。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③掘削ズリ、廃棄岩などからの汚染物質溶出の予測手法の提案

達成状況

これまで確立されていない、岩石の溶出試験における試料の粒度調整に関して、岩種による実験条件の差異を少なくするため、0.075mm以下の粒径に調整することを提案した。複数条件の溶出試験を行う必要性を明らかにし、長期溶出試験法を新たに開発した。さらに硫黄、カルシウムの含有量と硫黄の存在形態の分析が、酸性水の発生予測に役立つことを提案した。これらをマニュアル（暫定案）に反映する。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

④掘削ズリ、廃棄岩などからの汚染物質溶出状況のモニタリング手法の提案

達成状況

・モニタリングの基本方針、役割、計画および実施について提案した。今後、マニュアル（暫定案）に反映する。

マニュアル（暫定案）では、モニタリングの目的を①周辺環境への影響把握、②対策措置の効果確認と位置づけ、工事着手前の事前調査、施工中、対策の各段階でモニタリングの位置、範囲、方法、頻度、期間、基準等を適切に設定・実施することとし、その方法についてとりまとめ中である。

自己評価	：研究への取り組み	適切
	目標の達成度	達成

(2) 主な発表論文

- ①,③ 1)宮口、岩石由来の環境汚染対策研究グループ：粒径の違いによる重金属の溶出特性、平成 16 年度研究発表会講演論文集（日本応用地質学会）、2004 年 10 月
- ①,③ 2)宮口、岩石由来の環境汚染対策研究グループ：溶出条件の違いによる重金属の溶出特性、平成 17 年度研究発表会講演論文集（日本応用地質学会）、2005 年 10 月
- ② 3)阿南、岩石由来の環境汚染対策研究グループ：岩石に由来する重金属汚染リスクの分布調査、平成 16 年度研究発表会講演論文集（日本応用地質学会）、2004 年 10 月
- ③ 4)伊藤、阿南、佐々木、岩石由来の環境汚染対策研究グループ：岩石に由来する重金属の蛍光 X 線を用いた含有量の簡易判定、平成 17 年度研究発表会講演論文集（日本応用地質学会）、2005 年 10 月

上記を含めて計 5 編（いずれも簡易査読付き）を発表。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

建設事業の実施にあたって本研究成果を適用することで、自然由来の重金属類の溶出による周辺環境や生態への影響、人の健康などへの影響が回避でき、自然環境の保全、社会の安全・安心に貢献することが出来る。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

宮崎県、栃木県の依頼により、道路掘削ズリの処分法や重金属類を含む岩石の判定に関する

現地指導を実施。研究の一部は H18 年度改訂される「道路環境影響評価の技術手法」に反映予定。①、②、③に関して上記を含め 5 編の論文等を発表し、普及を図った。今後マニュアルを印刷刊行し、一層の普及をはかる予定。

(6) プロジェクトリーダーの分析

・達成目標についてはおおむね達成できたが、岩石からの重金属の溶出機構の解明については岩石と溶液の反応が複雑系であるため、さらなる実験に基づく検討を加え、予測手法や対策の高度化を図る必要がある。これらについては、次期の研究テーマ「自然的原因による重金属汚染の対策技術の開発」で引き続き実施することが肝要である。研究成果については、5 編の発表が行われているが（うち 1 編は最優秀[※]論文賞を受賞）、今後、査読付き論文やマニュアルとしてまとめ、成果の発表・普及に努める必要がある。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 重要な課題に着実な成果を得ている。
- (2) 研究成果に関して、一般的に利用できるようにしてほしい。立派な研究である。
- (3) リスクマップは特に評価できる。

(公表が) 応用地質学会だけでよいか。

【対応】

(2)・(3) 研究成果については、マニュアル(今年度刊行予定)として一般に利用できるようにするほか、未公表の成果については土木関係の業界誌や学会等でも公表・普及を図る。

事後評価

4.5 建設事業における地盤汚染の挙動予測・影響評価・制御技術の開発

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①地盤環境汚染の挙動予測手法の提案

達成状況

・有害物質の地盤中の挙動予測にあたって、不明であった、分散長、遅延係数などの入力条件の決定法に関する実証実験等に取り組み、文献値による分散長の決定の妥当性（スケール効果の取り扱い）、バッチ吸着試験を用いた遅延係数の決定方法（濃度依存性の取り扱い）、固形物から地下水に溶出する時の濃度の推定手法などを提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②挙動予測に基づいた影響評価手法の提案

達成状況

・建設事業における土壌汚染の遭遇場面では、有害物質の空間的な広がり範囲の予測よりも、有害物質が地下水に侵入し、用地外へ漏出するまでの時間的余裕の予測が重要であること、重金属など動きにくい物質に関する汚染源からわずかな範囲内におけるモニタリング無検出データの根拠、長期予測を単純な次元解析モデルで視覚化することの重要性を提案した。その上で、有害物質の存在状態の深刻度（地下水以上に滞留、地下水に侵入、用地外へ漏出など）、有害物質の地盤中での動き易さを早見表に整理し、それらに応じた影響予測手法の選定法（移流分散解析手法の種類、次元等）を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③封じ込め工法など地盤環境汚染の拡散防止手法の提案

達成状況

・覆土・敷土工法、遮水壁工法、バリア井戸工法、固化・不溶化工法などのリスク管理型工法について、有害物質の種類、存在状態に対する適用性を整理し、有害物質を含む汚染土を場外に搬出する場合や自然的原因により有害物質が含まれる土壌の取り扱い方法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

④地盤環境汚染の簡易なモニタリング手法の提案

達成状況

- ・無対策の状態とともに、対策措置を上記4工種に類型化し、影響評価手法の適用イメージを提案した。さらにそのなかで、有害物質の種類や存在状態深刻度に応じたモニタリング手法（位置、測定頻度）、およびモニタリングと併用している予測解析においてモニタリング結果をもとに見直すべき入力条件などを提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ① 小橋ら，地盤汚染の影響予測に用いる分散長の決定法について，土木学会論文集 No.764/III-67,pp.53-67,2004
- ② H.Kohashi, et al, Research on the leaching characteristic of solidified soil, 第48回地盤工学シンポジウム論文集,pp.397-402,2003
- ③ 小橋ら，遅延係数の濃度依存性への対応法に関するカラム実証実験，第50回地盤工学シンポジウム論文集, pp.69-76,2006

上記を含めて計10編（うち3編査読付き）を発表。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

迅速かつ適切なコストでの封じ込め工法を可能にしたことにより、社会資本の円滑な整備に寄与。また、2010年には5,000億円規模になるとも言われる土壌汚染対策市場に対するコスト縮減、対応策のアカウントビリティの向上にも貢献。

(4) 特許等の取得

特になし

(5) 成果の普及

本研究の成果を元に「建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル（暫定版）」を作成し、法人著作として出版するとともに、各地方整備局において講習会を行い、成果の普及を図っている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

- ・有害物質の地盤中での挙動予測に当たって分散長、遅延係数の決定方法、挙動予測に基づく

いた影響評価手法の提案ができたなど、目標は達成できた。また、10編の論文（うち3編は査読付き）の発表やマニュアルの出版が行われ、成果の発表・普及がはかられた。また、本研究により、研究担当者1名が博士（工）の学位を得ることもできた。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) マニュアルの内容が堅い印象を受ける。図面，写真などを多用させるとよい。
- (2) 物質移動に関しては、まだまだ多くの課題がある。一応目標としたところまでで行っているようであるが、目標をもう少し高いところに置いてほしい。

【対応】

- (1) マニュアル改訂の際に、指摘の点を反映する。
- (2) 次期中期五カ年の重点研究課題において、溶出，吸着についてさらに踏み込んだ検討を行う。また、新たに自然減衰（特に有機化合物）を検討課題に加える。

5 流域における総合的な水循環モデルに関する研究

事後評価

総括

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

- ①流域で生じている水循環の変化を把握するための水循環・水環境モニタリング手法およびデータベース構築手法の開発

達成状況

- ・全国 45 箇所のダム流域および多摩川水系大栗川流域の水文データを活用することで都市河川流域、山地流域を対象とした水循環モデル評価用データベースを作成した。これらのデータを用いて、都市河川流域、山地流域での代表的な洪水解析モデルの適用性の比較・検証を行った。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

- ②流域や河川の形態の変化が水循環・水環境へ及ぼす影響の解明

達成状況

- ・モニタリングなどにより谷田川、海老川流域において水・物質循環を解明した。特に、平地農業地域の谷田川流域では通年にわたる水質調査を行い、平常時と洪水時、灌漑期と非灌漑期の河川水質特性を明らかにした。また、地下水汚染や河川・湖沼の富栄養化を引き起こす窒素について収支を定量化し、農地、とりわけ水田における窒素浄化機能の解明を行った。

GIS を用いて河川の任意地点における集水域を特定し、その範囲内の土地利用特性を解析すると共に、その地点での河川水質計測を結合することで、流域土地利用が河川水質に与える影響について評価する手法を提案した。また、河川水質、付着藻類、底生動物、魚類の窒素及び炭素の安定同位体比計測を同時に行うことで、河川水質の生態系への影響について評価する手法を提案した。さらに、水理計算と、安定同位体比計測を行うことで、河川周辺水域が有する魚類の生息域としての機能解明（どの程度の期間、どこを利用するのか）を定量的に評価する手法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③流域で生じている水循環の機構を表現できる水循環モデルの開発

達成状況

- 水循環モデルの個別流域における適用性評価手法について、洪水解析（治水計画、洪水予測）目的のための評価を念頭に置いた2つの手法（Jackknife法、モンテカルロ法）を開発し提案した。

分布物理型水循環解析プログラム（WEPモデル）を開発し、谷田川や海老川、高崎川等に適用し、モデルの改良を行った。また、地下水や河川水の無機態窒素濃度を算出する水質モデルを構築するとともに、水質モデルへの入力データとなる農地における窒素負荷の流入・流出量を計算するモデルの開発を行った。さらに、河川流出・流量、農業取水量、地下水の三者の影響関係を解析できる流域水循環解析モデルや森林が河川流況に及ぼす影響を調べる低水流解析モデルを開発した。

自己評価	研究への取り組み	適切
	目標の達成度	達成

達成目標

④統合水循環モデル構築手法の提案

達成状況

- 米国内務省開拓局が開発した河川水系統合管理システム：Riverwareを野洲川に適用した。その際、水文流出評価モデルとしては、WEPモデル計算値をオフラインで活用した。その結果、Riverwareの我が国の低水管理への適用可能性を示した。

水循環モデルの利用者の視点から、国内外の既往水循環モデルを分類・整理し、各種水循環モデルを流域対象特性別、解析目的別、確保データ状況別に整理して選択するための判断基準を提示した。しかし、統合モデル構築については、「統合」水循環モデルの定義・必要性・構築可能性について共通認識を整理できなかったため、当初目標とした具体的な構築手法の提案にはいたらなかった。

自己評価	研究への取り組み	適切
	目標の達成度	一部達成

(2) 主な発表論文

- ①木内豪，賈仰文ほか：農地と都市が混在する流域における WEP MODEL を用いた水循環解析，水工学論文集，Vol. 46, 2002.2.
- ②Jia, Y. et al.: Distributed hydrologic modeling in a partially-urbanized agricultural watershed using WEP model, Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, 2005 (In press).
- ③深見ら：GIS を活用した水循環解析モデルの提案とその適用性－山地森林域の河川流域

を対象として一、土木技術資料、vol.42、No.11、2000

- ④ Wang, Yoshitani, Fukami: Stochastic multiobjective optimization of reservoirs in parallel, Hydrological Processes, vol.19, No.18, pp.3551-3567, 2005
- ⑤ 天野、傳田、時岡、対馬：河川環境評価における流域特性や河川地形からの視点と新技術の適用、土木技術資料、v.46, n. 5, pp. 26-31, 2004.
- ⑥ 時岡、天野、傳田、対馬：GIS と窒素安定同位対比を用いた千曲川流域における負荷流出特性解析、水工学論文集, v. 49, pp. 1597-1602, 2005.
- ⑦ 対馬、傳田、時岡、天野：安定同位対比を用いた河道周囲の止水域が魚類に提供する生態的機能の評価、水工学論文集、v. 50, 2006.
- ⑧ 傳田、対馬、時岡、天野、辻本：千曲川におけるギンブナの産卵行動と一時水域の物理特性との関連性評価、水工学論文集、v. 50, 2006.
- ⑨ 対馬、天野、傳田、時岡、皆川：宮ヶ瀬ダムの放流試験による河川流下有機物の変化とその要因、河川工学論文集（投稿中、受理済）、2006.
（学会発表等）
- ⑩ 対馬、天野、傳田、時岡、福永、平林：安定同位体比を用いた千曲川における流域土地利用特性と河川生態系の変化、日本陸水学会第 70 回大会講演要旨集、p79, 20

（3）事業への貢献・社会への貢献

本研究の一環として開発したWEPモデルは、著作権登録の後、HPで公開済みであり、国内外の流域において、流域水循環・水環境保全のための施策評価ツールとして広く活用されている。また、モデル評価用データベースやモデル適用性評価手法は、今後ガイドライン（案）の形で取りまとめることにより、河川管理実務者の支援ツールとして活用されることが期待される。

安定同位対比分析とGIS解析を利用して、流域と河川生態系との関わりを物質動態を通じて説明することにより、流域と河川との関わりについて、流域からの水質負荷が河川を汚しているという観点だけでなく、河川生態系への栄養供給の側面からも評価を行うことで、環境管理の新しい視点を示すことができた。また、河川に生息する生物の栄養や食料源に関する情報を提供することで、河川改修や自然再生事業を行う際の地点選定や影響評価の基礎資料を提供した。

（4）特許等の取得

平成 14 年に（財）ソフトウェア登録センターに対し WEP モデルの著作権を登録した。著作権者は独立行政法人土木研究所、科学技術振興事業団、賈仰文の 3 者である。

（5）成果の普及

学会や各種会議等において、成果の報告や情報の提供を積極的に行うとともに、成果の活用

を働きかけた。一部の研究課題については、研究期間中の対外的な成果報告が必ずしも十分でないものもあったが、実務的にも意義深い成果が得られており、今後学会等における積極的な論文の発表が望まれる。

(6) プロジェクトリーダーの分析

4つの各個別課題ごとに見ると、予定研究期間内に当初計画目標をほぼ達成できた。水文チーム担当課題と河川生態チーム担当課題との横の連携が十分なされなかった面があるのは否めないが、全体として河川の水循環、水環境を総合的に保全するために有益なツールの開発や基礎的な知見の蓄積が図られたと考えられる。今後、本研究成果をベースにした更なる研究の進展が望まれる。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 本来飛躍的發展の難しい着実な努力が必要とされる分野であり、その点での進展が評価される。
- (2) 「流域における総合的な水循環モデル」という捉え方の難しい研究対象について、水環境面もスコープに入れた4つの達成目標は適切なものであり、いずれも高いレベルでの達成度

を示している。なお、達成できなかったとされた「統合モデルの構築」については、拙速なその構築は、流域における水循環の総合的に捉える場合、現場のミスリードに繋がり兼ねない面もあるので慎重な姿勢は評価できる。これについては、本研究の成果として、サブモデルのパーツ評価が可能となったので、今後、例えば RiverWare のようなマンーマシン・インターフェースで、それらを流域特性等に応じて適切に選択・結合する統合モデルへの展開を考えるのも一方向性と思われる。

(3) まだ外向けの発表はないが、今後十分な発表が望まれる。

【対応】

- (1) 「総合的な水循環モデル」についての共通理解を提案するまでには至らなかったが、河川の水循環・水環境を総合的に保全するために有益なツール開発や基礎的知見の蓄積は達成できたと考えている。今後この成果を、流域水循環モデルの様々な用途の場面で活用できるように、成果の普及を図っていきたい。
- (2) RiverWare のような水系ネットワーク管理モデルは、様々な用途のサブモデルを適切に選択・結合するための基盤として極めて有効と考えている。なお、Riverware そのものは国内務省開拓局やコロラド大学らにより共同開発されたシステムであり、日本語化や日本独自開発モジュールの組み込みについては、別途交渉が必要であり、今後の課題として取り組みたい。
- (3) 最終年度に主要な成果を得た個別課題もあり、今後、成果公表にさらに努めて参りたい。

事後評価

5.1 総合的な水循環モデルに関する研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①各種水循環モデル評価用データベースの開発

達成状況

- ・ 全国 45 箇所のダム流域及び多摩川水系大栗川流域の水文データを活用することにより、都市河川流域と山地流域を対象とした水循環モデル評価用データベースを作成した。これらのデータは、本研究において、都市河川流域、山地流域での代表的な洪水解析モデルの適用性の比較・検証に活用された。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②評価用データベースを用いた、各種水循環モデルの適用性評価手法の提案

達成状況

- ・ 水循環モデルについて従来確立されていなかった、個別流域に対する適用性評価手法について、洪水解析（治水計画、洪水予測）目的のための評価を念頭に置いた2つの手法（Jackknife 法、モンテカルロ法）を開発し提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③各種水循環モデルの組み合わせによる統合モデルの構築手法の提案

達成状況

- ・ 水循環モデルの利用者の視点から、国内外の既往水循環モデルを分類・整理し、各種水循環モデルを流域対象特性格、解析目的別、確保データ状況別に整理して選択するための判断基準を提示した。しかし、様々な目的を持つ多種多様な水循環モデル群を統合するという意味での「統合水循環モデル」については、その定義・必要性・構築可能性について共通理解が醸成されていないため、具体的な開発には至らなかった。

自己評価：研究への取り組み やや不十分
目標の達成度 一部達成

(2) 主な発表論文

①吉谷:水資源に関する意志決定支援に必要とされる解析及び解析ツールのあり方に関する考察、第6回水資源シンポジウム論文集、pp.81-86、2002.

(3) 事業への貢献・社会への貢献

国内外で多くの水循環モデルが研究開発されているが、それぞれのモデルの特徴、適用性についての情報が不足している。このため、それぞれのモデルの特徴、適用性を明らかにし、河川管理の意志決定を行う河川管理者が、それぞれの目的に見合った適切な水循環モデルを選択できるようにするための整理表や考え方、特に、洪水解析目的におけるモデル適用性評価を客観的に行うことのできる手法を初めて提示した。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

論文の形での成果の公表は不十分であった。しかし、評価用データベースの開発やモデル適用性評価手法は、汎用性・適用性が高いと考えられ、水文流出解析実務において大きな意義のある開発成果である。今後、水文・水資源学会等において積極的に論文発表を行う予定である。

(6) プロジェクトリーダーの分析

水循環モデル構築・検証に使用可能なデータベースを構築した。また、世の中に多く提案されている水循環モデルについて、比較・評価するための汎用的・客観的な手法を洪水解析用途を対象として初めて開発・提案した。特に後者で提案した手法は、原理的には低水解析や水マスタープラン解析等の用途にも応用可能であり、現場での水文流出解析モデル選定を支援するツールとして、今後の利活用・普及が期待できる。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 各モデルそのものの物理的実現性のチェックと説明可能範囲を明確にしておくことが望ましいが、全体的には一定の進歩が認められる。
- (2) 水循環モデルを客観評価するためのプラットフォームとなるデータベースの構築と提供は優れた研究成果であって、連携機関が有する大小流域のデータも吟味した今後の拡充が望まれる。また、モンテカルロ法を応用したモデル評価法も同様で、今後は実際への応用例を増やして欲しい。「総括」のシートを参照して欲しい。
- (3) 各種水循環モデルの適用性評価手法についてはルーチン化して、一般の人にも容易にできるようにするとよい。また、数値が一人歩きすることを避けるために、定量的な評価も出せるとよい。

【対応】

- (1) 本研究で作成した技術資料では、各モデルの計算対象としている水文素過程のリストアップを行っているが、それらの過程毎の具体的な適用範囲や再現性の確認までは行っていない。パラメータの設定範囲から機械的に一定数のパラメータセットを作成してシミュレーションを行うモンテカルロ法をこの確認目的のために応用する手法も考えられるので、今後の課題として取り組みたい。
- (2) 水循環モデル評価共通基盤としてのデータベースについては、土木研究所において直接活用実績のあるものから、さらに順次拡充させていく予定としている。モンテカルロ法の現場への応用についても、具体的な調査ニーズのある流域から順次応用を積み重ねることで、例えば、誤差指標を満たす割合（合格率）を検討するための2つの洪水イベントの組み合わせや検討順序を初めとして、適宜改良を図っていききたい。
- (3) モデル適用化手法（特にモンテカルロ法）について、追加適用実績の積み重ねと成果公表に努め、考え方の一般化・普及を図っていききたい。また、評価指標の絶対値の意味について、適用実績の積み重ねを踏まえつつ検討して参りたい。

事後評価

5.2 低水管理支援システムの開発に関する研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①農地の水利用形態の変化が水循環に及ぼす影響の解析手法の開発

達成状況

- ・野洲川を事例として、水循環の問題点（瀬切れ防止と地域用水確保との両立）を整理し、雨量、河川流量、農業用水取水量の実態を明らかにした。また、都市河川流域で開発を行ってきた WEP モデルと野洲川で得られたデータを基盤として、河川流出・流量、農業取水量、地下水の三者の影響関係を解析できる流域水循環解析モデルを開発した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②森林が水循環に及ぼす影響の解析手法の開発

達成状況

- ・樹冠遮断や蒸発散に寄与する葉面積データを衛星リモートセンシングデータより求める手法や、GIS から表面・中間流出や保水能に寄与する土壌水理定数を評価する手法を提案した。これらをもとに、森林が河川流況に及ぼす影響を調べる低水流解析モデルを開発した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③低水管理を支援するための水循環モデルの開発

達成状況

- ・米国内務省開拓局が開発した河川水系統合管理システム：RiverWare を野洲川に適用した。すなわち、野洲川水系におけるダム操作ルールを組み込むとともに、Riverware に含まれない流域からの水文流出評価モデルとして WEP モデル計算値をオフラインで活用した。これにより我が国の低水管理支援にも利用可能な、水系管理システムを開発・提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- 1) 深見、金木、廣瀬、松浦：GIS を活用した水循環解析モデルの提案とその適用性—山地森林域の河川流域を対象として—、土木技術資料、vol.42、No.11、2000
- 2) Fukami, Inomata: Development of a conceptual distributed-parameter hydrologic model for large basins with physically-sound land-atmosphere process modules, Proceedings of the International Conference on Advances in Integrated Mekong River Management, pp.85-88, 2004.
- 3) Wang, Yoshitani, Fukami: Stochastic multiobjective optimization of reservoirs in parallel, Hydrological Processes, vol.19, No.18, pp.3551-3567, 2005

(3) 事業への貢献・社会への貢献

①の研究成果は野洲川および琵琶湖流入河川の河川整備計画策定作業に資する情報として提供する予定である。②の研究成果は土壌・地質も含めた森林の水循環機能を評価するツールとして普及を図る予定である。また、③の成果は RiverWare への WEP モデルの組み込みや日本語化の課題が残されているが、そこで得られた知見は高水・低水を合わせた多目的ダム群の統合運用や各種水利用の適正管理に適用可能である。これらの成果はいずれも、国土交通省の事業等を通じて社会に貢献することが期待できる。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

森林水循環解析モデル開発成果や水管理システムに関する予備検討成果については論文等による発表を行ったが、WEP モデルや RiverWare による研究成果は未発表であり、今後積極的に論文発表を行っていきたい。また、これらの技術を通じた低水管理を支援する仕組みは、我が国と似た水利用形態を有するアジアモンスーン地域を中心とした発展途上国においても利活用が可能で重要な意義を持つ知見であり、ICHARM としてのそれらの海外流域における技術指導や研修・調査研究活動を通じて、世界に対しても普及を図りたい。

(6) プロジェクトリーダーの分析

農地を主体とした河川流域における典型的な水問題の所在とその解決の手段となり得るツールの提案を行った。WEP モデルは、今後流域規模での物質循環シミュレーションツールとしても本研究の成果をベースとした開発研究を計画しており、様々な水問題に対処するための共通基盤的なツールとして発展・普及を図ることが期待される。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 実証性がかなり確かなものになっている。今後の進展にも期待する。
- (2) 低水管理支援システムとして有用なツールが実証的に開発されており評価できる。今後、農地の水利用形態の変化が水循環に及ぼす影響については、様々な形で生態系の変化に繋がるので、研究成果をその保全・再生を考える場合にも反映できるようにして欲しい。森林の影響については、今後の目標として、近年問題となっている人工林と天然林の相違や放置が出水や湧水への影響などの評価に成果の適用や研究の展開を測ることが望まれる。
- (3) 感度分析を行うことによって流出に対する支配量を明確にできると考えられる。

【対応】

- (1) 対象流域を絞り込んだ上で、そこでの水循環実態や課題の解明に力を入れたことについて評価して頂いたものとする。しかし、農地を主体とした流域に特有の定量的なデータ取得への課題も依然として残っており、今後の課題として総合的な方策を検討する必要があると考えている。
- (2) 生態系の保全・再生を支援するツールとして流域水循環モデルに求められる機能については、水質面に重点をおきつつも、次期中期計画における重点プロジェクトにおいて検討を進

める予定である。本研究で開発した山地森林流域向けモデルは、低水解析には有効であるが、洪水解析には現時点では適さないことが判明しており、洪水解析も視野に入れたモデル改良が今後の大きな課題である。また、国土数値情報にある土壌情報から土壌の保水・透水特性をマクロに判断していることから、森林土壌の面で林種や管理レベルの相違を直接考慮できるモデルとなっているとは言えない。森林水文学の分野で問題となっている課題に即応できるモデルへの改良についても、今後の課題として検討して参りたい。

- (3) WEP モデル（都市・農地流域向け）、土研分布モデル Ver. 3（山地森林流域向け）の両者について、網羅的な感度分析は現時点では不十分であり、今後具体的な河川流域での適用実績を積み重ねる中で、知見の集約を進めて参りたい。

事後評価

5.4 流域や河川の形態の変化が水環境へ及ぼす影響の解明に関する研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

- ①モデル流域における流域の土地利用（森林、市街地、水田）特性と流出水質（BOD、NP、土砂など）の関係の解明

達成状況

- ・GISを用いて河川の任意地点における集水域を特定し、その範囲内の土地利用特性を解析すると共に、その地点での河川水質計測を結合することで、流域土地利用が河川水質に与える影響について評価する手法を提案した。河川水質としては、生態系に与える影響が大きい生元素である窒素に着目し、硝酸態窒素濃度、硝酸態窒素の安定同位体比を調べることで発生源の推定が可能であることを示した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

- ②流域からの流出水質、流出形態の変化が魚類などに及ぼす影響の解明

達成状況

- ・河川水質、付着藻類、底生動物、魚類の窒素及び炭素の安定同位体比計測を同時に行うことで、河川水質の生態系への影響について評価する手法を提案した。生活系負荷が増加すると生息生物の窒素安定同位体比は増加することから、これを河川生態系への生活系負荷の影響度を示す指標として提案した。また水面に日射が当たる河川においては、炭素安定同位体比計測結果から河川内で生産された有機物が生態系を支持していることが明らかとなった。また、流出形態の変化として、ダムによる流況変化による下流河川の付着物への影響緩和策として実施されるフラッシュ放流の必要流量決定手法の提案を行った。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

- ③河川周辺の灌漑水路網、水田、湿地の有する、魚類などの生息域としての機能の解明

達成状況

- ・河川周辺の水域として、ワンド等の止水域において魚類調査を行い、周辺の有機物や魚類の窒素及び炭素安定同位体比計測を行うと共に水理条件の検討を行うことで、魚類の生息域としての機能の解明を試みた結果、本川との接続頻度が低い水域では、特異な生態系が

形成されること、フナ属魚類が止水域を産卵場、稚魚の成育場として利用するほか、流水性遊泳魚が出水時に避難していることが示された。水理計算と、安定同位体比計測を行うことで、河川周辺水域が有する魚類の生息域としての機能解明を定量的（どの程度の期間、どこを利用するのか）に評価する手法として提案できた。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

（２）主な発表論文

（査読付論文）

- ① 天野、傳田、時岡、対馬：河川環境評価における流域特性や河川地形からの視点と新技術の適用、土木技術資料、v.46, n. 5, pp. 26-31, 2004.
- ② 時岡、天野、傳田、対馬：GIS と窒素安定同位対比を用いた千曲川流域における負荷流出特性解析、水工学論文集, v. 49, pp. 1597-1602, 2005.
- ③ 対馬、傳田、時岡、天野：安定同位対比を用いた河道周囲の止水域が魚類に提供する生態的機能の評価、水工学論文集、v. 50, 2006.
- ④ 傳田、対馬、時岡、天野、辻本：千曲川におけるギンブナの産卵行動と一時水域の物理特性との関連性評価、水工学論文集、v. 50, 2006.
- ⑤ 対馬、天野、傳田、時岡、皆川：宮ヶ瀬ダムの放流試験による河川流下有機物の変化とその要因、河川工学論文集（投稿中、受理済）、2006.

（学会発表等）

- ① 対馬、天野、傳田、時岡、福永、平林：安定同位体比を用いた千曲川における流域土地利用特性と河川生態系の変化、日本陸水学会第 70 回大会講演要旨集、p79, 2005.

（３）事業への貢献・社会への貢献

- ①流域と河川生態系との関わりについて、物質動態を通じて説明する手法の提案を行った。これらを用いることにより、流域と河川との関わりについて、流域からの水質負荷が河川を汚しているという観点だけでなく、河川生態系への栄養供給の側面からも評価を行うことで、環境管理の新しい視点を提供する（河川特性の違いによる流域からの物質供給の影響の違いを評価する手段を提供する）。
- ②河川に生息する生物の栄養や食料源に関する情報を提供することで、河川改修、自然再生事業を行う際の地点選定や影響評価の基礎資料となる。
- ③ダムの弾力的運用（フラッシュ放流）計画策定時に、その影響評価、指針作りに反映させていく予定である。

（４）特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

河川生態学術研究会において、成果報告を行うことで、流域土地利用変化に伴う河川生態系の変化について理解の普及に努めた。

ダム環境放流研究会（ダム水源地環境整備センターが本省河川環境課から受託）に、今後の計画策定に利用可能となるようフラッシュ放流の影響解析結果を提供した。

(6) プロジェクトリーダーの分析

流域と河川水質との関連性について方法論（GIS の利用、窒素及び炭素安定同位体分析）が提案され、河川生態系と流域とのつながり、物質動態との関連について解明できることが示されている。流域土地利用や河川流況変化が河川水質や河川に生息する生物に対する影響を定量的に評価するための基礎的知見が得られたと考えており、研究目標は計画通り達成されたと判断した。今後さらに研究を進展させて、詳細な検討を進めることが望ましい。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

(1) 今後の進展に期待。

(2) まだ課題は残るが順調に進んだと考えられる。

全体的には他の課題とのつながりが必ずしも明確ではない。研究そのものとしては問題ではないのでそれほど大きな問題ではないが。

(3) 研究課題中の「流域や河川の形態の変化」や「水環境」は、これをどのように捉え位置付けるか自体が困難でもあるが、実施計画書にある達成目標は適切に設定されており、個々の着眼点も妥当で、全体に高いレベルで達成されていると判断される。ダム放流については、下流区間水域の面的変化についての分析も報告して貰いたかった。また、今後は、河川周辺の灌漑水路網、水田についても、河川との接続状況と魚類生息の関係も解明すべきであろう。

【対応】

(1) 第2期重点研究プロジェクトの研究課題「河川を流下する栄養塩類と河川生態系の関係解明に関する研究」や「在来魚種保全のための水系の環境整備手法の開発」において、研究をさらに進展させる予定である。

(2) 他課題とのつながりについては、流出解析モデルとして、水文チームで開発された WEP モデルを使用した点が挙げられる。

(3) 下流区間水域の面的変化については、河床付着物の不均一性について指摘されたものと考えます。これについては、研究課題「航空写真等を用いた過去の環境情報復元技術の開発」で新たに研究に取り組む予定。また、河川周辺の灌漑水路網、水田についての河川との接続状況と魚類生息の関係に関しては、研究課題「在来魚種保全のための水系の環境整備手法の開発」で発展的に研究を継続する予定。

6 河川・湖沼における自然環境復元技術に関する研究

事後評価

総括

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①人為的インパクトと流量変動が河川の自然環境に及ぼす影響の解明

達成状況

・人為的インパクトとして、河川の濁り、流速変化、流量変動、土砂供給をとりあげて、現地観測、実験を中心に検討を行った結果、それぞれのインパクトが河川に生息する生物に与える影響の定量的評価や、影響の特性について整理することが出来た。しかし、研究成果の一般性を十分検証しきれなかった部分がある点は反省点である。ただし、何れの達成目標とも既往研究が数少ないものであり、研究成果の新規性については、高く評価できると考えている。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 一部達成

達成目標

②河川的作用を利用した生物の生息・生育空間の形成手法の開発

達成状況

・捷水路建設や高水敷の切り下げにより生起する河川内の生物の生息・生育空間の変化について調べることで、河川的作用による生物の生息・生育空間の形成手法を開発するという達成目標になっているが、実際には、達成目標①と同様、捷水路建設や高水敷の切り下げを人為的インパクトとして見た場合の生物のレスポンスを評価する文脈で研究を実施した。それぞれ、河川に生息する生物に与える影響の特性と定量的評価手法の一部分については整理することが出来たと考えられる。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 一部達成

達成目標

③湖岸植生帯による水質浄化機能の解明と湖岸植生帯の保全・復元手法の開発

達成状況

・湖岸植生帯の侵食状況を評価できる簡易手法の提案、湖岸植生帯の浄化機構（特にヨシ原を中心とする抽水植物群落が示す脱窒）の評価を中心に湖岸植生帯の機能評価を行うと共に、霞ヶ浦において、霞ヶ浦河川工事事務所、東大などと協力して提案した湖岸植生帯の

復元手法は、緊急対策事業としてすでに実施されており、目標は達成されたと考えている。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

④ITを用いた生物の移動状況の把握手法の開発

達成状況

・開発したテレメトリシステムは、アンテナ高約3m、受信局機器総重量7kgまで小型・軽量化を実現できた。価格面でも最終型では当初開発システムの約7分の1の導入コストに低減することが出来た。対象生物については、現場において小型哺乳類、魚類の行動追跡に成功しその実用性を実証することが出来た。これらの実績から、目標は達成されたと考えている。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

⑤水生生物の生息・生育におけるエコロジカルネットワークの役割の解明とエコロジカルネットワークの保全・復元手法の確立

達成状況

・河川周辺水域のエコロジカルネットワークが有する魚類の生息環境としての機能について、評価の方法を整理した。また、人間活動の変化に伴うネットワークの変化に着目して、復元手法のありかたについて整理すると共に、具体策についても開発した。外来種問題についても考慮した復元手法を提案した点は、行政資料にも反映されており、目標は達成されたと考えている。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

(査読つき論文)

1. 傳田・島谷・尾澤・岩本・久木田:野生生物調査のためのマルチテレメトリシステムの開発とその応用,日本生態学会誌,Vol.51,pp215-222,2001
2. 岩本・島谷・傳田・吉富・久木田・中村・那須・中園:マルチテレメトリシステムの放探誤差と哺乳類の生態調査における実用性の評価,日本生態学会誌,Vol.52,pp265-271,2001
3. Nakamura, Nakatsuji, Uda: Relation between littoral zone vegetation and wave

action in Lake Shinji, Proceedings of 9th Intl. Conf. of the conservation and management of lakes, Session4, pp.569-572, 2001

4. 傳田・島谷:生態系モニタリングのためのマルチテレメトリシステムの開発, 土木技術資料, Vol. 43, No1, pp8-13, 2001
5. 皆川・河口・萱場・尾澤:流量変動が河川環境に果たす役割と実験的検討-流量増加に伴う河床付着物の掃流と魚類の遡上について-土木技術資料 Vol. 44, No. 10, pp. 32-37, 2002
6. 萱場・千葉・力山・河口・尾澤:ハビタットアセスメントにおける河道内微地形の把握手法に関する研究. 河川技術に関するシンポジウム論文集 Vol. 8, pp. 191-196, 2002
7. 萱場・千葉・力山・尾澤:中小河川中流域における魚類生息場所の分布と構造, 河川技術に関するシンポジウム論文集 Vol. 9, pp. 421-426, 2003
8. 皆川・福嶋・萱場・尾澤:出水が河床石面付着物に及ぼす影響に関する実験的検討, 河川技術に関するシンポジウム論文集 Vol. 9, pp. 475-480, 2003
9. 柚木・高村・西廣・中村:浚渫土に含まれる水生植物の散布体バンクとバイオマニピュレーションを活用して霞ヶ浦湖岸に沈水植物群落を再生する試み, 保全生態学研究, 第8巻, 第2号, pp. 99-111, 2003
10. 大石・天野:河川植生の生育場を評価するための現場調査方法とその適用, 土木技術資料, Vol. 46, No. 5, pp. 17-22, 2004
11. 野間・村岡・大石・天野: 河川・水田地域の形態や歴史的変遷からみた魚類生息場の評価 土木技術資料 Vol. 46, No. 5, pp38-43, 2004
12. 傳田・天野:新しい野生動物の研究技術—MTS と GIS の連携の可能性と今後の展開, 土木技術資料, Vol. 46, No7, pp44-49, 2004
13. 小出水・村岡・竹村・奥島:マイクロサテライト DNA を用いた農業水路におけるドジョウ個体群の遺伝的特性の予備的検討 農業土木学会論文集 第233号, pp581-582, 2004
14. 宮脇・西廣・中村・藤原:霞ヶ浦湖岸植生帯の衰退とその地点間変動要因, 保全生態学研究, Vol. 9, No. 1, pp45-56, 2004
15. 傳田・天野・辻本:出水時の水理特性が魚類行動に与える影響 —テレメトリと行動予測モデルを用いた人工出水時の魚類行動予測—, 水工学論文集, 第49巻, pp1465-1470, 2004
16. 大石・萱場・天野:全国7河川の河道特性及び地被の長期変動の実態とその関連性, 河川技術に関するシンポジウム論文集 Vol. 11, pp. 367-362, 2005
17. 傳田・天野・辻本:魚類行動自動追跡システムの開発と実用性の検証, 河川技術に関するシンポジウム論文集 Vol. 11, pp459-464, 2005
18. 皆川・福嶋・萱場:河川流量管理のための河床付着物の視覚的評価に関する研究, 河川技術に関するシンポジウム論文集, Vol. 11, pp. 553-561, 2005
19. 中村・天野:湖沼沿岸帯の自然再生, 土木技術資料 Vol. 47, No. 9, pp. 40-45, 2005
20. 萱場:溶存酸素濃度の連続観測を用いた実験河川における再爆気係数, 一次生産速度及び呼吸速度の推定, 陸水学雑誌, Vol. 66, pp. 93-105, 2005

21. 皆川・福嶋・萱場:河床付着物の視覚的評価－河川流量管理にむけて－, 土木技術資料 Vol. 48, No. 3, pp. 58-63, 2006
 22. 大石・天野・尾澤:RHS・HQA の適用による円山川河川環境評価の検討, 応用生態工学, Vol. 8, No. 2, pp. 179-191, 2006
 23. 田代・皆川・萱場:底生動物棲み込みによる河床固化－相模川水系中津川における現況を事例として, 水工学論文集, 第 50 巻, pp. 1249-1254, 2006
 24. 傳田・對馬・時岡・天野・辻本:千曲川におけるギンブナの産卵行動と一時的水域の物理特性との関連性評価, 水工学論文集, 第 50 巻, pp.1465-1470, 2006
 25. Mochizuki, Kayaba and Tanida:Drift patterns of particulate matters and organisms during artificial high flows in a large experimental channel, Limnology, Volume7(2), 2006. (in press)
 26. 大石・天野・中村:砂礫構造の違いからみた河原植物の生育環境特性について, 河川技術に関するシンポジウム論文集 Vol. 12, 2006(受理済)
 27. 山下・村岡・天野 水域エコロジカルネットワーク計画における遺伝情報とコスト距離を活用した比較検討, 河川技術に関するシンポジウム論文集 Vol. 12, 2006 (受理済)
 28. 傳田・天野・辻本:一時的水域の魚類群集多様性向上への寄与とそれを支える物理環境に関する研究, 土木学会論文集 (投稿中) 他 8 件、全 36 件
- (その他発表論文等)
- 口頭発表 41 件、専門誌等 6 件、出版物 4 件、土木研究所資料 4 件 (発表資料
総数 91 件)

(3) 事業への貢献・社会への貢献

- ・国土技術研究会において河川事業のインパクトレスポンスの評価手法について技術提供を行った (各種事業への貢献が広く期待できる)。
- ・ダムからのフラッシュ放流の定量的評価について、水質、生物への影響という点から、現場データの取得・分析を行い、現場ニーズに即した研究成果が得られた。
- ・霞ヶ浦湖岸植生帯の緊急対策事業、出雲河川事務所、琵琶湖の湖岸再生への技術支援を通して、国土交通省事務所、自治体あるいはコンサルタントの支援を行った。
- ・野生生物の行動を追跡する自動化システムとして汎用型マルチテレメトリシステムの開発を予定通り行った。本システムは、環境アセスメント、外来生物の資源管理、野生生物の獣害軽減のための調査手法として貢献が可能である。
- ・エコロジカルネットワークに関する研究成果は、「身近な水域における魚類等生息環境の改善方策の手引き」(平成 15 年 3 月)として取りまとめられた。水域のエコロジカルネットワークの改善は、平成 18 年度の国土交通省河川局の重点施策ともなっており、そのモデル事業の中で活用される予定である

(4) 特許等の取得

- ① 特許第 3524889 号、野生生物の位置・行動把握システム
- ② 特願 2004-92478 号 間欠発信型電波発信機の位置特定法及びその装置
- ③ 特願 2005-327247 号 受信局、それを用いた信号送受信方式
- ④ 特願 2005-2198535 号 隅角部魚道

(5) 成果の普及

成果の普及に関しては、論文発表、発表会の開催、国土交通省関連会議における研究成果の紹介や、直接事務所等への技術指導を行うことで努力した。研究成果が、行政資料に活用されるなどの成果も得られている。また、研究を通して開発された汎用型マルチテレメトリシステムについては、共同研究やコンソーシアムの立ち上げにより、積極的な普及化を目指している。

(6) プロジェクトリーダーの分析

河川・湖沼の自然環境の復元技術に関する研究という非常に広範囲の領域をカバーする研究プロジェクトであったといえる。研究対象が新しいものであったため、河川や湖沼において生物・生態系の保全や修復の観点から、その環境保全を適切に行うためには、どのような視点から何を調査し、評価していくべきなのか、またどのような行動を起こすべきなのかについて、まず考え方を整理してから必要な研究を推進してきた。このため、研究の体系化、一般化が遅れた傾向が一部課題には見られたが、これは具体的研究手法については、まず局所的な場所を対象に現場観測や実験で実践的に調査するという方法で新たな知見を得ることから始めざるを得なかったことに起因している。

本研究プロジェクトを完了した時点で、全体の状況を俯瞰すると、本種の研究の体系化が進んだことで、今後の研究の位置づけが明確になり、より定量的で客観性や一般性をもった研究に発展すると考えられることから、プロジェクトは成功したと総括する。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) オリジナルな研究成果も含まれており、有益なプロジェクトである。今後も引き続き発展してほしい。
- (2) 個別課題でもそうだが、全体としてみたとき、成果のまとまり感に欠けていることが気付き。
- (3) これから本格的にはじまる研究であり萌芽的な成果が得られたことは評価できる。
- (4) 自然環境修復に関する技術開発で成果がでている。引き続き継続研究が必要な分野がある。IT開発では成果が興味発展性がある。

【対応】

- (1)、(3)、(4) ありがとうございます。今後も研究を発展させていきたい。
- (2) 研究課題の性質上、非常に広範囲の領域をカバーするプロジェクトであった。また、新規に始める研究も多く、成果のまとまり感を欠いていたことは否めない。本研究プロジェクトにおいて、研究課題の整理、体系化が進んだので、新規重点プロジェクト研究に活かしていく。

事後評価

6.1 河川環境におけるインパクト・レスポンスに関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①捷水路が魚類・河道植生に与える影響の解明および回避・低減手法の提案

達成状況

・捷水路建設事業の事例として、12 河川で現地調査および空中写真から直線河道における河道特性を把握した。その結果、まず、捷水路建設後の川幅水深比 (B/H) を利用し、交互砂州ができる場合 (B/H>40)、できない場合 (B/H≤40) に分類して評価する必要があることを明らかにした。さらに、交互砂州ができる場合は、瀬淵の構造が捷水路建設後においても形成される可能性があることから、その構造の変化の割合に着目して影響評価を行う必要があることを示した。そのために、瀬淵構造と河床勾配との関係を明らかにし、瀬淵構造が事業前後でどのように変化するかを河床勾配の変化から予測する手法を提案した。一方、交互砂州ができない場合は、できる場合と比較し、生物の生息場そのものの大きな変化が予測される。この場合は、瀬淵構造が消失するため、影響低減策として水際の改善により、魚類生息場を創出する必要があることを示し、その効果について定量的に評価を行った。

自己評価 : 研究への取り組み 適切
目標の達成度 一部達成

達成目標

②減水区間における維持流量の増加が魚類生息環境に及ぼす影響の解明

達成状況

・分水路の事業実施後流量の減少が生じた牛朱別川を対象に、流量変化による環境予測手法の検討を行なった。物理環境の変化から見た魚種の生息環境評価モデルの 1 つである PHABSIM を用い、流量変化に伴う魚類 (フナ、ウグイなど) の生息可能面積の予測と現地調査に基づく検証を行った。この結果、流量変化に伴う魚類生息可能面積の変化と実際の採捕個体数の変化は概ね一致した。遊泳魚の生息数には、流速が強く影響し、底性魚の生息数には、底質の粒径が強く影響する結果がみられた。分水路建設前、牛朱別川は、単位幅流量が大きく、平常時の流速・水深が全体的に大きかった。このため、分水路建設後、流量の減少に伴う流速と水深の低下は遊泳力の小さい魚類の生息域の拡大を引き起こし、結果として生息魚類の個体数が増加することとなった。これらの結果から、河川の流速、水深、底質といった物理環境の変化から魚種の生息可能域を評価することで、魚種への影響評価がある程度可能となることが判明した。

自己評価 : 研究への取り組み 適切

目標の達成度

一部達成

達成目標

③河道改修などに起因する濁水の発生が魚類に与える影響の解明

達成状況

- ・高濃度の濁りが魚類に及ぼす影響について、日本在来種を対象に濁質の濃度・継続時間の積と致死率の関係をj得て当初の目標を達成し、予定通り平成14年度で研究を終了した。この関係は濁水濃度やその継続時間により異なるだけでなく、新たな知見として魚種や濁質（粒径・成分）によっても異なることが明らかとなった。さらに、同程度の濃度で比較した場合、濁質中の粒子の粒径が大きいほど生存時間が短くなる傾向がみられた。実験における魚の死因は、濁質の粒子がエラに付着し閉塞することによる窒息と考えられる。実験中、生存している魚には粒子の付着が見られないことから、粒子の付着は、死亡直前の短時間に急に起きると考えられる。またエラに捕捉されない微細粒子であってもエラ内部を損傷することが観察された。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

④高水敷切り下げによる生息環境予測手法の提案

達成状況

- ・樹林化に至った河川を対象に、地被状態の変化を調べた結果、とくに礫環境の減少や礫河原に依存する生物の減少が著しいことが示唆された。このため、高水敷切り下げは、樹林化を防止すると共に、砂礫河原の環境が維持できるように実施する必要があることが示された。現地調査・実験から、砂礫河原の成立には、砂礫の被覆率、層厚といった砂礫構造が支配しており、礫厚10cm、礫被覆率100%のとき、光制限により植物の生育は抑えられることが明らかとなった。また、比高の高い砂州では、同じ降雨下においても、砂の割合が多くなるにつれて、逆に、表層の土壌が乾きやすくなり、水分条件により発芽後の枯死率が高くなる可能性があることが分かった。上記の検討から、高水敷切り下げに際しては、砂礫構造の違いによる環境変化（光、水）の予想が必要であり、また、その予測には、切り下げ後の土砂動態を予測する必要があることがわかった。そこで、さらに、GISとシミュレーションによる水理解析検討により、砂礫河原の持続しやすい場所について予測できるシステムを提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ① 萱場祐一, 千葉武生, 力山基, 河口洋一, 尾澤卓思: ハビタットアセスメントにおける河道内微地形の把握手法に関する研究. 河川技術論文集 8, pp.191-196, 2002.
- ② 萱場祐一, 千葉武生, 力山基, 尾澤卓思: 中小河川中流域における魚類生息場所の分布と構造, 河川技術論文集, 9: pp.421-426, 2003.
- ③ 大石哲也, 天野邦彦: 河川植生の生育場を評価するための現場調査方法とその適用, 土木技術資料, vol.46, No.5, pp.17-22, 2004.
- ④ 大石哲也, 萱場祐一, 天野邦彦: 全国7河川の河道特性及び地被の長期変動の実態とその関連性, 河川技術論文集, vol.11, pp.367-362, 2005.
- ⑤ 大石哲也, 天野邦彦, 尾澤卓思: RHS・HQAの適用による円山川河川環境評価の検討, 応用生態工学, vol.8, No.2, pp.179-191, 2006.
- ⑥ 大石哲也, 天野邦彦, 中村圭吾: 砂礫構造の違いからみた河原植物の生育環境特性について, 河川技術論文集, (受理済), 2006.
- ⑦ 林田寿文, 萱場祐一: 河道改修10年後の魚類生息環境及び魚類相の変化 応用生態工学研究会第5回研究発表会講演集, 2001.
- ⑧ Keiko Muraoka, Takashi Ozawa: Effects of Suspended Sediments on Japanese Fish, International Symposium on Fishway and Tropical River Eco-hydraulics, 2001.

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本課題は、国土交通省河川局河川環境課、北海道開発局・8地方整備局と協力し、全国の河川事業の事例をもとに検討を進めている。また、達成目標以外にも必要に応じ、インパクト・レスポンスに関わる事業について、事業実施の計画・施行・モニタリングのそれぞれ段階に応じて技術提供をしている。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

事業への貢献とともに、得られた結果などを土木技術資料にとりまとめ、成果の普及につとめた。それぞれの事例研究に関しては、国土交通省国土技術研究会（直技）にて、事例研究の報告を行っている。これら活動を通して河川環境に留意した事業の実施に協力している。

- ① 大寄真弓: 河川事業における環境影響の予測・評価及びその軽減措置に関する研究, 土木技術資料 vol.45, No.3, pp.20-25, 2003.
- ② 萱場祐一, 大石哲也: 河川事業における環境影響文責手法の高度化に関する研究, 土木技術資料, vol.46, No.3, pp.46-49, 2004.

③萱場祐一、大石哲也：河川事業における環境影響分析手法の高度化に関する研究,土木技術資料, vol.47, No.3, pp.22-27, 2005.

④大石哲也、中村圭吾：河川事業における環境影響分析手法の高度化に関する研究,土木技術資料, vol.48, No.3, pp.34-39, 2006.

(6) プロジェクトリーダーの分析

本研究課題は当初、国土技術研究会における指定課題の研究をリードするために設定されたものであり、このため達成目標間の関連性が必ずしも明確ではないこと、現実の河川管理において人為的改変や攪乱が河川生態系に及ぼす影響の評価をどのように行うかについての検討から開始することを要望された研究であるという特殊性を有している。この特殊性のために、個別達成目標の設定に無理があり（達成目標①、②）、研究成果の一般性を十分検証しきれなかった点は反省点である。しかし、何れの達成目標とも既往研究が数少ないものであり、研究成果の新規性については、高く評価できると考えている。達成目標④については、自然再生事業の目的としてあげられる件数が今後も増加すると考えられるため、新規重点プロジェクト課題「河川における植生管理手法の開発に関する研究」において、発展的研究を継続することが望まれる。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) まとまった研究というよりは、個別研究課題プロジェクトである。また現場の河川事業の復元技術に反映される成果が得られている。
- (2) 個別研究の統合化についてきちんと議論しておくこと。

【対応】

- (1) 本課題は、国土交通省の技術研究会と連携して行われたために、個別研究プロジェクトの様相を呈することになった。事業の進捗に応じて対応するプロジェクトも含まれていたため、十分な成果が得られたものもあれば、そうでないものもある。しかしながら、本課題でとりあげた個々プロジェクトは、今後、自然再生事業などに広く応用されていくと考えられ、社会・事業への貢献が図られるものと考えている。
- (2) 総合的な成果が得られるように適切に個々のプロジェクトを設定する。新規重点研究プロジェクトでも、そのようにしている。

事後評価

6.2 変動を加味した河川の正常流量に関する基礎調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①流量変動の有無が河川水質に与える影響の定量的把握と現象の解明

達成状況

・平常時流量、出水時流量を対象として河道内の物質動態を有機物の代謝を加味して定量的に明らかにすることを目的とし研究を行い、以下を得ることができ、概ね目標を達成した。

- ① 出水により河床堆積物がフラッシュされると河道内の水質浄化効果（自浄作用）が上昇し、3週間程度経過すると自濁作用に転じることが解った。この期間は、付着藻類が増殖し剥離が生じるまでの期間と概ね一致し、付着藻類の生産そのものの定量的把握が重要であることが解った。
- ② 出水時の堆積物質掃流効果を明らかにするため、河床に働く掃流力の違いと物質の流出量との関係を検討した結果、摩擦速度 10cm/s 程度で河道内に蓄積された物質は十分掃流されることが解った。この摩擦速度は、自然河川の出水では大きな値ではないことから、河床堆積物の掃流は小規模出水で十分効果が得られることが示された。
- ③ 河道内で生産される有機物量を定量的に把握するため溶存酸素濃度の連続観測結果を用いて一次生産速度と呼吸速度の推定手法を確立した。
- ④ 本手法を用いて実験河川における他生的な有機物量に対する自生的な有機物量を比較したところ、概ね 20%程度が河道内で生産されていることを明らかにした。実験河川は栄養塩濃度が高く、都市河川と類似の水環境であることを考えると、有機物の内部生産の抑制（自濁作用の抑制）が河川水質に及ぼす影響が大きいことを示された。
- ⑤ 平常時流量の違いが河川の自濁作用に及ぼす影響を明らかにするため、流量の異なる状況下において自濁作用の定量評価を行った。流量と日総生産量と日呼吸量の大きさには一定の関係がみられ、単位幅流量の設定により自浄、自濁作用をある程度制御できることが判った。
- ⑥ 以上から、平常時流量と出水時流量が自浄作用・自濁作用に及ぼす影響が理解でき、水質浄化といった点から行うべき流量管理のシナリオを描けるようになった。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②流量変動の有無が河川生物に与える影響の定量的把握と現象の解明

達成状況

- ・1) 中小規模出水に対する生物の応答
- ①付着藻類の掃流特性

河床付着物の状態の違いに起因した掃流特性について、付着藻類群集の付着力および河床付着物の構成の違い（主に細粒土砂量）により異なることを定量的に示した。

②底生動物の流下特性と群集構造に与える影響

流量変化に対応する各々の底生動物及び粒状有機物の時間的変化パターンを明らかにした。また、底生動物群集に与える影響は、中小規模洪水による攪乱よりも回復過程のほうが大きいことを明らかにした。これらの結果を踏まえ、環境改善のためのフラッシュ放流は、長いピーク流量の持続時間や大きな洪水流量は必ずしも必要ではなく、小規模な洪水を頻度高く起こすことが効果的であること等を示した。

③魚類行動との関係

魚類は、出水の流量により異なる行動をとることを示し、魚類の移動に影響を与える水理特性として、魚類が存在する位置の流速と加速度が影響を与えていることを示した。また、出水時の水理特性から魚類の行動分析を行った結果、ある程度の流量増加後の加速度の減少傾向、巡航速度の下限値が上流への移動要因、巡航速度の上限値が移動の制限要因とするアルゴリズムで概ね説明できることを示した。

2) 景観的観点、アユの餌資源としての観点からの河床付着物評価

①河床付着物に対する人の視覚的評価

河床付着物の視覚的評価は、主に付着物量と色が関与していることを定量的に示した。付着物量は、付着物量が多いほど視覚的な評価は低く、色については、緑藻の割合をある程度示し得る指標 $chl.b/chl.a$ を用いて、緑色の度合いを定量化し、この値が高いほど、石表面のきれいさの評価値が高くなることを示した。

②アユの餌資源としての観点からみた河床付着物評価

アユが摂食していた河床付着物は、シルト分の含有が少ない、強熱減量(%)が概ね 45% 以上のもので、糸状藍藻の *H. janthina* が優占する群落であることを示した。このような河床付着物の状態が維持されるためには、シルト分の堆積しない水理量の確保と河床攪乱、及びアユの摂食が条件となることを指摘した。

3) 造網型トビケラの棲み込みによる河床固化の実態

簡易な計測装置を用いて河床固化の実態把握とその影響要因の推定した。河床固化が生じている礫の移動要する力は、生じていない礫の約 3 倍に達していた。また、固化された材料の無次元限界掃流力を推定したところ、河床固化の影響を受けた無次元限界掃流力は 0.07~0.35 と推定され、実河道における河床固化は、実験水路などで想定されたよりも顕著な現象であることを示した。

以上は、維持流量やダムからのフラッシュ放流に資する有用な基礎知見を多く含むものであり、概ね目標を達成することができた。

自己評価	研究への取り組み	適切
	目標の達成度	達成

達成目標

③土砂供給がハビタットおよび生物へ与える影響の定量的把握と現象の解明

達成状況

・土砂投入について、空間スケール毎にハビタット、生物に与える影響と新たに生じる課題を整理し示した。また、実験河川を用いた検討から、底生動物へ与える影響は、土砂投入により、底質の粒度組成がパッチ状に変化することによる影響が大きい等、今後の土砂投入の影響を把握する際の観点を得た。ただし、土砂投入については、実験河川の限られた条件では、現象の解明という点で限界があり、今後、実河川での様々な条件の下での検討が必要である。

自己評価：研究への取り組み やや不十分
目標の達成度 一部達成

(2) 主な発表論文

- ①萱場：溶存酸素濃度の連続観測を用いた実験河川における再爆気係数、一次生産速度及び呼吸速度の推定、陸水学雑誌、Vol.66, pp.93-105, 2005.
- ②皆川・河口・萱場・尾澤：流量変動が河川環境に果たす役割と実験的検討-流量増加に伴う河床付着物の掃流と魚類の遡上について-土木技術資料 44-10、pp.32-37、2002.
- ③皆川・福嶋・萱場・尾澤：出水が河床石面付着物に及ぼす影響に関する実験的検討、河川技術に関するシンポジウム論文集 Vol.9、pp.475-480、2003
- ④皆川・福嶋・萱場：河川流量管理のための河床付着物の視覚的評価に関する研究、河川技術に関する論文集、Vol.11、pp.553-561.2005.
- ⑤皆川・萱場：アユの餌資源としての観点からみた河床付着物の評価、第 60 回土木学会年次学術講演会、pp. 433-434, 2005.
- ⑥皆川・萱場：設置期間が異なる基質を用いた河床付着物の状態の評価とアユの餌資源としての評価、応用生態工学会 第 9 回研究発表会講演集、pp.147-150 2005.
- ⑦田代・皆川・萱場：底生動物棲み込みによる河床固化－相模川水系中津川における現況を事例として、水工学論文集、No.50、pp.1249-1254,2006.
- ⑧皆川・福嶋・萱場：河床付着物の視覚的評価－河川流量管理にむけて－、土木技術資料 48-3,pp.58-63.2006.
- ⑨Mochizuki, Kayaba and Tanida : Drift patterns of particulate matters and organisms during artificial high flows in a large experimental channel, Limnology Volume7(2), 2006. (in printed)
- ⑩田代・皆川・片野・萱場：真名川ダム下流における河床固化の実態とフラッシュ放流による影響、第 61 回土木学会年次学術講演会、2006. (掲載予定)

- ⑪ 傳田・天野・萱場：出水の水理特性が魚類行動に与える影響—テレメトリと行動予測モデルを用いた人工出水時の魚類行動予測—、水工学論文集、No.49、pp.1465-1470,2005.
- ⑫ Minagawa, Fukushima, Tashiro and Kayaba : Effects of artificially augmented discharge on periphytic algal communities in a regulated river (River Nakatsu, Japan), International conference on ecological restoration in east Asia, 2006.6 (発表予定).
- ⑬ Minagawa, Tashiro and Kayaba : Numerical modelling of growth-detachment dynamics of physiognomic taxa in attached algal community in experimental streams regulated flow regimes, International conference on Ecological Modelling , 2006.8 (発表予定)

(3) 事業への貢献・社会への貢献

流況の安定化がもたらしている課題や今後の管理目標について、物理量と結びつけ解明できたことは、今後の河道修復の対策に大きく貢献できるものと考えている。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

自然共生研究センター報告会の開催(2年に1度)、報告書の作成(毎年)、ニュースレター、土木技術資料等を通じ、成果を積極的に情報発信してきた。今後も、成果をわかりやすい形でHP等に掲載し、積極的に技術普及に努め、現場へ適用していきたいと考えている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

ダムによる流量の平滑化などによる河川の流況変化は、河床に作用する物理的攪乱の強度や頻度を変化させるために、付着藻類や底生動物の種組成や生物相に影響を及ぼすことが指摘されてきている。この様な批判を受けて、ダムからのフラッシュ放流などの対策が実施されているが、本研究はこれらの対策の定量評価について、水質、生物への影響という点から、現地データの取得・分析を行ったものであり、現場ニーズに即した研究成果が得られていると考えている。土砂供給に関しては、検討対象とした事例が必ずしも代表的事例とは言えない部分が存在するが、土砂供給の利点・欠点について現場調査を実施した点は評価できると考えられる。今後、新規重点プロジェクトにおいて、生態系保全の観点から見た流量設定手法、ダム下流における土砂還元についての研究課題を進めることを期待している。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) フラッシュ放流が与えるアユの餌資源に及ぼす効果を実験的に証明して、現場のニーズに応える情報を提供したといえる。
- (2) 自己評価どおり③がまだ途中段階。①，②の成果は良い評価。

【対応】

- (1) ありがとうございます。今後、アユと付着藻類との相互関係を踏まえ河川流量管理に反映できる研究の実施と普及に努めて参ります。
- (2) ③については今後ダム下流の土砂還元事業のモニタリング等も検討を行い、実務に反映できる研究を行っていきます。

事後評価

6.4 ITを活用した野生生物追跡調査手法の開発

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①マルチテレメトリシステムを活用した野生生物追跡調査手法の開発

達成状況

・マルチテレメトリシステム（以下、MTS）、アドバンスドテレメトリシステム（以下、ATS）で得た野生生物の行動データを地理情報システム（以下、GIS）に取り込み、物理環境情報と関係付けることで野生生物の行動と物理環境情報の因果関係を把握する手法を開発した。

開発した手法により、河川改修時の物理環境変化（植物群落の伐採、騒音・振動環境の変化、生息地への人・工作機械の侵入）等が野生生物の行動に与える影響の評価が可能となった。また、出水時の魚類行動と流速分布に因果関係があり、魚類は低流速の空間を利用しながら下流への流下を回避していることが明らかになった。

開発した手法を利用することにより、河川改修工事等による物理環境変化が野生生物の行動に与える因果関係を定量的に把握することが可能となり、今後の環境アセスメント等に有用な手法を開発できた。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②汎用型マルチテレメトリシステムの開発

達成状況

・MTSの普及を目的として、MTSの小型化、信頼性の向上、低価格化、対象生物の拡大を目的としたATSを開発した。ATSの開発により以下の成果が達成出来た。

- ① 小型化：MTS受信局（アンテナ高10m、重量80kg）⇒ATS受信局（アンテナ高3m、重量7kg）
- ② 信頼性の向上：MTS（システムダウン1回/1ヶ月）⇒ATS受信局（システムダウン0回/1年）
- ③ 低価格化：MTSの導入コストの15%程度でATSのシステム導入が可能
- ④ 対象生物の拡大：小型哺乳類、魚類

ATSの開発により、本課題により開発した技術をより円滑に普及化が可能になった。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

査読論文

- ① 傳田正利・島谷幸宏・尾澤卓思・岩本俊孝・久木田重蔵：野生生物調査のためのマルチテレメトリシステムの開発とその応用、日本生態学会誌、Vol. 51、pp. 15-222、2001
- ② 岩本俊孝・島谷幸宏・傳田正利・吉富崇晴・久木田重蔵・中村修・那須哲夫・中園敏之：マルチテレメトリシステムの放探誤差と哺乳類の生態調査における実用性の評価、日本生態学会誌、Vol. 52、pp. 265-271、2001
- ③ 傳田正利・天野邦彦・辻本哲郎：出水時の水理特性が魚類行動に与える影響—テレメトリと行動予測モデルを用いた人工出水時の魚類行動予測—、水工学論文集、第49巻、pp. 1465-1470、2004
- ④ 傳田正利・天野邦彦・辻本哲郎：魚類行動自動追跡システムの開発と実用性の検証、河川技術論文集、第11巻、pp. 459-464、2005
- ⑤ 傳田正利・對馬孝治・時岡利和・天野邦彦・辻本哲郎：千曲川におけるギンブナの産卵行動と一時的水域の物理特性との関連性評価、水工学論文集、第50巻、pp. 1465-1470、2006
- ⑥ 傳田正利・天野邦彦・辻本哲郎：一時的水域の魚類群集多様性向上への寄与とそれを支える物理環境に関する研究、土木学会論文集（投稿中）
- ⑦ 傳田正利・島谷幸宏：生態系モニタリングのためのマルチテレメトリシステムの開発、土木技術資料、Vol.43、No1、pp. 8-13、2001
- ⑧ 傳田正利・天野邦彦：新しい野生動物の研究技術—MTSとGISの連携の可能性と今後の展開、土木技術資料、Vol.46、No7、pp. 44-49、2004

その他発表

- ① 傳田正利・岩本俊孝・尾澤卓思：野生動物の行動追跡マルチテレメトリシステムの開発、土木技術、第58巻、第6号、pp. 107-112、2003
 - ② 傳田正利：野生動物調査のためのマルチテレメトリシステムの開発とその応用、つくば研究開発情報誌 No.63、JUL、pp. 23-25、2002
- 他：学会発表：4件、研究会発表 8件

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究の目的である野生生物の行動追跡手法の開発、技術普及のための汎用化に成功し、野生生物の行動特性の解明・生息空間保全への活用が可能となった。今後は、さらに環境アセスメント、外来生物の資源管理、野生生物の獣害軽減のための調査手法として積極的な普及を目指していく予定である。

(4) 特許等の取得

- ① 特許第 3524889 号、野生生物の位置・行動把握システム
- ② 特願 2004-92478 号、間欠発信型電波発信機の位置特定法及びその装置
- ③ 特願 2005-327247 号、受信局、それを用いた信号送受信方式

(5) 成果の普及

大学・官公庁をはじめ多数の民間企業から、汎用型マルチテレメトリシステムの導入依頼を受けている。今後は、本研究成果の普及化を目的とした共同研究やコンソーシアムの立ち上げにより、積極的な普及化を目指している。また、上記の土木技術資料等を通じ、成果の普及を図っている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

野生動物の行動を追跡する自動化システムとして汎用型マルチテレメトリシステムの開発を予定通り行った。開発されたシステムの実用性については、現地で確認され、現時点では画期的とも言える精度で大量の連続データの取得が可能となった。また、この定量的な取得データを用いることで、野生動物の行動特性を人為的改変を含む物理環境変化との関連で解析可能となり、単に動物の行動を追跡するだけでなく、行動特性の解析が可能であることが示された。これらの技術は、最先端のレベルに達していると評価しており、今後は本システムを使用した「河川工事等が野生動物の行動に与える影響予測及びモニタリング手法に関する研究」を重点プロジェクト課題として実施することで、人為的インパクトが野生動物に与える影響評価に関する研究を進めると共に、共同研究、コンソーシアムの利用等によりシステムの本格的な実用化及び普及に力を入れていきたい。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 貴重な研究成果が特許化されて十分な成果発表といえる。今後は広範な普及を目指して、小型化、長寿命化などを検討してほしい。
- (2) ATSの開発は成功している。今後適用例が増加し普及することが期待される。

【対応】

- (1)、(2) 現重点プロジェクト期間中に、ATSの基本システムの開発がほぼ完了したと考えている。ATSのような野外システムの場合、現地調査等、実際の使用を通じてシステムの完成度あがると考えている。ご指摘いただいた通り、次期フェーズでATSの適用事例、対象動物を増やすと同時に電波発信機の小型化、長寿命化の技術開発も行っていく予定である。

事後評価

6.5 水域の分断要因による水生生物への影響の把握と水域のエコロジカルネットワークの保全復元手法に関する研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①水域のエコロジカルネットワークが魚類の生活史に与える影響の解明

達成状況

- ・ 水域エコロジカルネットワークの典型例として「河川と支流」及び「河川と水田や農業水路」とのネットワークに着目し、これらと魚類の関係や分断による影響について現地調査による解明を試みた。河川周辺の支流では河川で生活・産卵する魚種が稚魚の育成の場として利用していることが観察され、その利用には当該水域の水環境だけでなく河川と支流の合流部の流況や産卵場との距離などが影響を与えていることが示唆された。また、河川と連続する水田地域では産卵や稚魚の育成の場として利用するために河川から多くの魚種が遡上し、その利用と水田地域の水管理には密接な関係があることを現地における調査結果により示した。

このような結果から、水域ネットワークの分断は、魚類が生活史を全うすることを阻害することが問題であることが確認されたが、河川と切り離された水田地域であっても条件を整えば一部の魚種の良い生息場となることも確認された。これは、魚類の立場から水域ネットワークをみた場合、魚種やその生活史によって連続性が保たれるべきスケールや必要とする水環境が異なっていることを示すものであり、在来魚種の立場から水域ネットワークを見ることが必要なことを明らかにした。

良好な生態系が維持されている谷津田における現地調査の結果、水域ネットワークの分断が存在しながらもむしろ周辺の水域と分断されることにより移入種や外来種の侵入が阻まれ、良好さを保っている例がみられた。このような結果を元に、構造的な連続性を回復させる際の配慮事項として外来魚問題が存在することを明らかにした。また、魚類の個体同士が河川や水路のネットワークによって交流している状況や移入種の侵入状況を遺伝情報により評価することを提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②水域のエコロジカルネットワーク分断機構の解明

達成状況

- ・ 水田地域をとりまく水域エコロジカルネットワークの分断機構について歴史的変遷も踏まえて調査した結果、河川と水田地域の魚類の移動経路は圃場整備、河床低下、給排水形態の効率化等により構造的に分断されているだけでなく、稲作の近代化に伴う通水期間の短

縮等に見られる水管理の変化により必要な時期に適切な水域が提供されないことによる分断が存在することが判明した。近代化される以前の水田地域では、河川水を用水源としながらも、自然堤防帯の水田地域では河川と水田が農業水路という流水環境を介して線状のネットワークを形成するのに対し、三角州地帯では水田は格子状に張り巡らされた止水域であるクリークと面的に接続しているなど、当該地域の地形などによって水田地域がもともともつ水環境やネットワークの構造が異なっていた。このように水田地域の中に存在した水域ネットワークや水環境は、当該地域の地形や地質、気候などによってそもそも異なっており、水田地域の近代化により水田構造が均質化されることによる魚類生息環境への影響も一様ではないことが示唆された。これらのことから、水域エコロジカルネットワークを復元していくためには、構造的な連続性だけでなく、当該水域において魚類が利用するどのような機能が失われたのか的確に評価することが重要であることを示した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③水域のエコロジカルネットワーク保全・復元手法の提案

達成状況

・水域エコロジカルネットワークを適切に保全・復元するためには、連続性を効率的に確保すると共に、事業の効果や影響を的確に判断できることが求められる。そこで、連続性を確保するために、水田地域特有の流量・設置場所等の条件下において簡便に設置できる魚道として、既存水路等に仮設可能な「隅角部魚道」を開発した。さらに、魚類の移動しやすさを指標とした水域ネットワークの評価モデルを提案した。本モデルは、外来種や移入種の侵入リスクを最小限に抑えるための事業計画の選定などに有効であると考えられる。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

(査読付論文)

- ① 野間優子、村岡敬子、大石哲也、天野邦彦：河川・水田地域の形態や歴史の変遷からみた魚類生息場の評価 土木技術資料 Vol.46 No.5 2004.5
- ② 小出水規行、村岡敬子他：マイクロサテライト DNA を用いた農業水路におけるドジョウ個体群の遺伝的特性の予備的検討 農業土木学会論文集 第 233 号 2004.10
- ③ 山下慎吾、村岡敬子、天野邦彦 水域エコロジカルネットワーク計画における遺伝情報とコスト距離を活用した比較検討、河川技術論文集、2006. 6, (投稿済)
- ④ Miyazaki,Toujyo,Nakao,Mihara,Muraoka Hosoya, Riddle on evolution of loaches of

the genus *Lefua* (Balitoridae, Cypriniformes), Ichtyol.Res.(投稿済)

(その他発表)

- ① 若宮慎二、尾澤卓思：河川－水路－水田の連続性と魚類群集に関する研究、応用生態工学研究会 第7回研究発表会講演集 2003.10
- ② 村岡敬子、大石哲也、野間優子、尾澤卓思：埼玉県荒川水系における農業水路形態と生息魚類の関係、日本魚類学会年会（ポスター発表）2003.10
- ③ 村岡敬子、大石哲也：水域ネットワークからみた魚類の生息環境 建設省技術研究会（ポスター発表）2003.11
- ④ 村岡敬子 魚類生息環境の視点からみた河川と水田地域における連続性 全国魚道実践研究会議 2004in 岐阜論文集 2003.10
- ⑤ 平野卓男、村岡敬子、山下慎吾、天野邦彦 水田構造の違いが魚類の遡上に及ぼす影響、応用生態工学研究会 第8回研究発表会講演集 2004.10
- ⑥ 山下慎吾、村岡敬子、中畠政明、天野邦彦：霞ヶ浦とその周辺水域におけるメダカのミトコンドリア DNA 多型 日本生態学会年会(ポスター発表) 2005.3
- ⑦ 村岡敬子：田んぼ 人間が創り維持している雑魚の生息環境、魚類環境生態学、東海大出版、(2006,5.20 刊行予定)

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究の成果は、「身近な水域における魚類等生息環境の改善方策の手引き」（平成 15 年 3 月）として取りまとめられた。水域のエコロジカルネットワークの改善については、平成平成 18 年度の国土交通省河川局の重点施策ともなっており、そのモデル事業の中で活用される予定である。

(4) 特許等の取得

- ① 隅角部魚道（特願 2005-2198535）

(5) 成果の普及

- ①達成目標①、②については、国土交通省と農林水産省の連携事業の一環である「身近な水域における魚類等生息環境の改善方策の手引き」（平成 15 年 3 月）として全国の河川事務所および都道府県に配布された。
- ②達成目標③については、河川局がとりまとめた「魚ののぼりやすい川づくり」（平成 16 年 3 月）に取り込まれた。
- ③本研究で得られた水田の水環境と魚類の係わりについて、大学で環境を学ぶ者を対象に編集された「魚類環境生態学」の一部としてとりまとめた。

(6) プロジェクトリーダーの分析

本研究を通じて、河川生態系の視点から、水域のエコロジカルネットワークの機能（特に水田地域の役割）を評価すると共に、魚類の利用という観点から見た水環境の歴史の変遷に立脚した環境修復を行う必要があることを実例に基づき明らかにした点が高く評価できると考えている。また、環境修復を行うにあたり、外来種の影響も勘案した事業効果の評価モデルの提案や簡易に水田と水路との間の分断を改善するための魚道の開発を行った。これらにより、河川と水田地域のネットワークを総合的に計画・検討していくことが可能となったと考えている。これらの研究結果は、国土交通省と農林水産省との連携事業の効果的実施にも資するものであり、事業・社会への貢献も高いと考えている。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 水域のエコロジカルネットワークという考え方は重要で、興味あるテーマである。水田の保全も含めて考えないといけない。その意味で、農林部局との連携が必要となろう。
- (2) エコロジカルネットワークの機能評価がきちんとできないと、保全・復元を位置づけられないということで、目標が必ずしも十分には達成されたといえない。
- (3) 河川・湖沼魚道のエコロジカルネットワークの調査研究成果がでている。

【対応】

- (1) 研究の実施体制において農林部局と連携を図っており、この体制を今後とも維持していきたいと考えています。
- (2) 水田地域のもつ環境機能は、地域や土地利用、あるいは時代によっても異なっているが、これを十分整理するに至らなかったことは否めない。平成 18 年度から始まる戦略研究課題「在来魚種保全のための水系の環境整備手法の開発」の中で、もっと広域な視点から問題を整理し、機能評価を目指したい。
- (3) ありがとうございます。今後、現地での適用を目指し、研究を進めていきます。

7 ダム湖およびダム下流河川の水質・土砂制御技術に関する研究

事後評価

総括

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①貯水池における流入土砂の量、質及び土砂移動形態の予測手法の開発

達成状況

- ・近傍類似ダムの堆砂実績に基づく平均的な年堆砂量の予測手法、年堆砂量変動の提示、堆砂実績で把握できない微細粒子の捕捉率の推定方法の提示、堆砂の粒度構成や空隙率の実態把握を行った。また、ダム貯水池流入量と粒径別流入土砂量の推定方法の提示、微細粒子の挙動再現可能な堆砂形状予測のための1次元非定常計算モデルを作成するとともに、平面2次元モデルの原型を作成した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②下流への土砂供給施設的设计・運用方法の開発と下流へ供給した土砂の挙動予測手法の開発

達成状況

- ・施設の磨耗・損傷量予測方法として、水理模型実験の模型材料に、実験での土砂で損傷する材料を用いる方法を提案し、適用可能な模型材料を提示した。また、いくつかの種類のコクリートについて損傷負荷と磨耗・損傷量の関係を明らかにし、水理構造物におけるライニング計画方法を提示した。更に、衝撃試験を容易に実施するために試験機を考案・試作した。供給土砂の挙動については、置き土の侵食現象を把握し、これを再現する平面2次元モデルを作成した。また、供給土砂の下流河道での挙動を予測するため、微細粒子の挙動再現も可能な1次元河床変動モデルを作成するとともに、土砂バイパス、土砂フラッシングによる下流への土砂供給特性を粒径別に明らかにした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③水質保全設備の効果的な運用による貯水池及び放流水の水温・濁質制御手法の開発

達成状況

- ・水温・濁水予測モデルについて、非静水圧の $k-\epsilon$ 乱流モデルのソフトを開発・作成し、従来のモデルの適用性を明らかにした。また、流入水温＝放流水温となる水温を取水するために必要な取水口位置の設定方法を示すとともに、操作の可能性と貯水池特性との関係

を明らかにした。更に、濁水対策としてのカーテンシステムの効果について、濁水流入時に確保される清水域と取水口、カーテン底部標高、水温躍層標高の関係を示した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

④流量変動による自然の擾乱・再生現象を再現するダム下流の環境改善を目指したダムからの放流手法の提案

達成状況

・堆積した微細粒子の侵食状況について現象を把握するとともに、再浮上条件、侵食速度を示した。また、付着藻類の剥離について、現地試験装置を考案するとともに、装置内に形成される流れの特性資料を収集した。更に剥離藻類の再生について文献整理するとともに、実ダムの流入、放流データに基づく検討を実施し、定期的にフラッシュ放流を行なう必要性と容量確保の方針について提示した。

自己評価：研究への取り組み やや不十分
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①櫻井寿之、柏井条介：貯水池鉛直 2 次元モデルにおけるモデルレベルによる計算結果の比較、ダム工学、No.15-2、2005、
- ②柏井条介、井上清敬：砂礫流下による水理構造物損傷量を予測するための試案、ダム工学をはじめとして、22 編（うち海外 2 編）を公表。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

貯水池における下流河道の環境保全対策の観点から、水質や土砂制御技術が発展してきている。本成果を踏まえ、適切な制御を行うために必要な予測技術の提供、施設設計方法の提供、施設の運用方法の提供を、技術指導や受託による設計対応などを通じて行っており、技術発展に寄与している。もって貯水池の持続的利用、国土の環境保全に貢献している。

(4) 特許等の取得

実用化した貯水池水質予測ソフト、1次元河床変動計算ソフトについて著作権を取得。

(5) 成果の普及

論文発表による普及を行なうとともに、開発した計算ソフトについては公開し、広く利用を図っている。また、技術指導や受託による直接的な計画・設計検討を通じて、具体の事業での活用を図っている。特に17年度終了課題については未発表の成果が多いので、今後積極的に発表を行なうとともに、技術指導等を継続実施し、成果の浸透に努めたい。

(6) プロジェクトリーダーの分析

本プロジェクトを通じて、貯水池の水質、土砂制御に有効な計算ソフトの開発・作成、試験装置の考案・製作が行われ、いくつかの新しい技術が提案・開発されている。計算ソフトについては既に実用のもので貯水池計画、堆砂対策計画、水質制御計画に利用されている。また、磨耗・損傷に関する技術については具体的施設での適用を予定している。その他得られた知見は、技術指導や受託研究を通じて直ちに具体的な事業に反映してきている。研究への取り組みや目標の達成が十分でないと考えられる部分も一部存在するが、全体としては十分に所期の目標を達成したものと考えている。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

(1) やや不十分な点もあるが、研究の性格上止むを得ない部分もある。今後の着実な進展が期

待される。

- (2) ダム湖内における水質・土砂の流動機構は過去の研究の蓄積もあり、それらに基づいて研究を展開でき、実際、所期の目標が達成されているが、ダム下流区間の環境保全・改善を考えた放流や土砂供給についての研究は全般的に手探り状況にあつて、本研究で示された放流量の考え方や微細土砂の再浮上条件、また、付着藻類の現地試験装置は今後の研究にとって貴重な知見となっていて、今後の実用的展開が期待される。
- (3) 比較的古くから行なわれているテーマではあるが、非常に利用価値の高い結果であり、様々な場所、雑誌等に発表されたい。

【対応】

- (1) 本プロジェクトでの取り組みには挑戦的な部分が多かったと考えており、一部十分な成果を挙げられない部分もあったと認識している。成果が十分でない部分についても前進はしていると考えており、今後とも着実な進展を図っていききたい。
- (2) 期待に沿えるようがんばりたい。
- (3) 今後、公表に力を入れていききたい。

事後評価

7.2 土砂による水路の磨耗・損傷予測と対策に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①土砂流下施設の磨耗・損傷負荷量予測手法の開発

達成状況

・様々な水理構造物形状に対する磨耗・損傷負荷量を予測する手法として、水理模型実験の模型材料に模型の土砂で損傷を受ける材料を用いる方法を考案するとともに、その材料として発泡フェノール樹脂が適当であることを、発泡フェノール樹脂の磨耗損傷特性、土粒子の運動調査により確認した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②各種ライニング材料（主としてコンクリートを対象とする）の負荷量と磨耗・損傷量の関係の解明

達成状況

・いくつかのコンクリート材料について落下球による損傷試験を実施し、落下当たりの損傷量が落下範囲の影響を受けることを明らかにするとともに、十分広い落下範囲の場合の落下当たり損傷量と衝撃当たりエネルギー損失の関係を求めた。また、今後様々な材料の試験を容易に行うため、試験装置の考案・試作を行い、適用可能なことを確認した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③土砂流下施設の磨耗・損傷量の推定方法の開発

達成状況

・①、②の両者の関係を用いて実施する、水理模型実験を通じた土砂流下施設の磨耗・損傷量の推定方法を開発した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

④土砂流下施設におけるライニング計画・維持管理手法の開発

達成状況

- ・①～③の成果により、施設の磨耗・損傷量の推定が可能なものとして、具体的施設のライニング計画、管理手法について、施設の箇所ごとの機能や水理環境をパラメーターに整理し、計画策定方法を開発した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ① 柏井条介、井上清敬：砂礫流下による水理構造物損傷量を予測するための試案、ダム工学、Vol.12、No.3、2002、
- ② 砂礫流下による水理施設の損傷量予測手法－減勢工の副ダム水叩きを例として－、土木技術資料、NO.45-6、2003、
- ③ 直線水路と湾曲水路の土砂流下による損傷特性、土木学会第 58 回年次講演会、2003、
- ④ 衝突によるコンクリート損傷に関する基礎的実験、第 33 回土木学会関東発表会講演集、2006

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本成果は、土砂バイパス施設や排砂を行う治水専用ダムなどダム貯水池の堆砂対策施設、下流への土砂供給施設のライニング計画・設計に用いる予定であり、これら施設の経済性、安全性に資することにより事業・社会への貢献を果たすものと考えている

(4) 特許等の取得

特になし

(5) 成果の普及

本成果は、土砂バイパス施設や排砂を行う治水専用ダムなどダム貯水池の堆砂対策施設、下流への土砂供給施設のライニング計画・設計に用いる予定である。また、論文発表を通じた普及を行っているが、未発表の成果も多いので今後発表を行っていくとともに、技術指導等を通じ、逐次普及を図って行きたいと考えている。損傷試験機については、未製作の自動落下装置を製作し、多くのコンクリート試験に供したいと考えている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

本課題では新しい考えによる磨耗・損傷量予測手法が検討・開発されている。また、コンクリート損傷特性を、労力を少なくして得るための装置開発も行われており所期の目標を達成したものと考えている。成果の普及については、論文発表が少ないなど不十分な面があるが、具体的施設への適用が予定されており、今後未発表の成果を発表していくとともに施設

の計画・設計への適用を通じ普及していきたいと考えている。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 各種の工夫をこらした実験方法を考案しており、その成果が現実の問題に適切に応用されている。
- (2) 本研究の対象はこれまで個別的、一種場当たりの行われてきた感が強い。本研究では、衝突による負荷重の把握から維持管理指針まで、系統的に4つの達成目標を明らかにして研究を進め、新たに多数の有用な知見を集積していて、評価できる。単なるマニュアルとしてまとめるだけでなく、摩耗・損傷現象の捉え方を現地に浸透して行って欲しいので、摩耗・損傷の試験装置の標準化や衝突する流送土砂の評価も望みたい。
- (3) 今後破壊力学的な視点を含めた解析が望まれる課題である。

【対応】

- (1) 特になし。
- (2) 成果の普及については、今後さらに行なっていきたいと考えている。その際、より高い次元に向けた新たな調査等が必要になることも考えられるので、必要に応じ実施していきたい。

(3) 破壊力学分野については、十分な知見を得ていないので、まず、その分野の勉強から始めたい。

事後評価

7.4 ダムからの供給土砂の挙動に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①土砂フラッシング、土砂バイパスによる下流供給土砂の量・質の時間的変動特性の解明

達成状況

- ・開発した1次元河床変動計算ソフトを用いた計算を行い、土砂フラッシング、土砂バイパスによる下流への土砂供給量の時間的変動を、操作方法などをパラメーターに粒径別に明らかにした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②下流仮置き土の侵食量予測手法の開発

達成状況

- ・一様粒径の場合を対象に、ダム下流仮置き土の侵食過程を水理実験により把握するとともに、平面2次元モデルによる河床変動計算ソフトを開発し、掃流砂の侵食過程が比較的精度よく再現できることを示した。本ソフトを元に、次期重点において浮遊成分を含む混合粒径ソフトの作成を行っていく予定である。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③各種土砂供給特性を考慮したダム下流での挙動予測モデルの開発

達成状況

- ・水澗池により減勢される施設下流では、土砂は水澗池から均等に拡がって下流に流出していくことを明らかにするとともに、他の減勢方法などでの下流河道計算の上流端境界条件の設定方法を示した。また、微細粒子も含む土砂の流下過程を再現できる1次元河床変動計算ソフトを開発した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

④土砂供給による下流河川の河床変動特性の解明

達成状況

- ・①の結果をダム建設前の流量と流砂量の関係を基準とした評価方法により評価し、土砂バイパス、土砂フラッシングにおける下流河川での変動特性を示した。検討は、ダム建設前の流量と流砂量の関係との比較のみで実施しており、具体的な変動については、条件設定が難しく、研究期間内での成果を得ることができなかった。これについては、次期重点で検討を継続する予定である。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 一部達成

(2) 主な発表論文

- ①井上清敬・柏井条介：ダム下流河道仮置土砂の侵食・流送挙動調査に関する基礎的研究，土木学会第 60 回年次学術講演概要集，pp.193～194，2005.9、
- ②櫻井寿之・鎌田昌行・柏井条介・鈴木伴征：混合粒径河床変動モデルによる貯水池堆砂・排砂現象の再現，ダム工学，2005 年 11 月投稿中他

(3) 事業への貢献・社会への貢献

作成した 1 次元河床変動計算ソフトについては、貯水池堆砂の再現計算にも用いることができ、貯水池計画の検討や下流河道も含めた貯水池堆砂対策の検討で用いられるようになっている。その他得られた知見については、技術指導等を通じてダムの堆砂対策検討に反映しており、これらを通じて適切な貯水池計画の策定、下流の土砂環境を考慮した貯水池の土砂管理に寄与し、もって、貯水池の継続的利用、国土の環境保全に貢献している。

(4) 特許等の取得

1 次元河床変動計算ソフトは実用ソフトであり、著作権を取得している。

(5) 成果の普及

論文発表を通じ普及を図っている他、作成した 1 次元河床変動計算ソフトについては、貯水池堆砂の再現計算にも用いることができ、貯水池計画の検討や下流河道も含めた貯水池堆砂対策の検討で用いられるようになっている。その他得られた知見については、技術指導等を通じてダムの堆砂対策検討に反映している。論文については未発表部分も多いので、今後逐次発表していくとともに、技術指導への反映も継続していきたく考えている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

本課題では、今後需要が増すと思われる貯水池による下流の土砂環境保全のために必要な計算ツールを開発することができ、また、そのツールを用いた検討により、従来の貯水池流入土砂の下流への補給方法について、その供給特性を明らかにできている。一部の成果に不十

分な部分を感じているが概ね所期の目標を達成できたと考えている。成果の普及について、作成ソフトは具他の問題への適用実績を増やしつつある。論文発表については今後多くの発表が可能であり、技術指導等の継続も含め更なる成果の普及が期待される。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 困難な課題に対してかなりの成果が見られる。
- (2) ダム下流への影響については、現地でも試験的に取り組まれる事例が増えているが、自然現象の出水に支配されるため、所期の結果が得られない場合も多々ある。本調査研究は、そうした現地調査のシナリオづくりを支援するという位置付けになり、4つの達成目標はそれに沿っている。これまでの研究で基本となる成果は得られていると考えられるので、実務担当者へそれらの普及を図られたい。
- (3) 下流の河床変動特性については、十分な成果を得ていないが、影響の内容を十分考慮してからの結果で言いと考慮されるので、現段階では持ち越しでもいいと考えられる。

【対応】

- (1) 特になし。

(2) 今後成果の普及に努めたい。

(3) 下流の河床変動や粒度変化については、新プロジェクトにおいて更に研究を進めることと
しているため、その中で研究を継続していきたいと考えている。

事後評価

7.5 ダム下流の流量変動と河川の再生に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①藻類の剥離に必要な流量と継続時間の推定方法の開発

達成状況

・水理環境や対象藻類の違いにより、流水や土砂による剥離抵抗が大幅に異なることから、現地試験により推定する方法を提案し、試験装置を考案するとともにその水理機能資料を収集した。水理機能資料は、解析に十分な時間を費やすことができず、現在解析を継続している状況にあるが、近い将来にとりまとめを終了する予定である。

自己評価：研究への取り組み やや不十分
目標の達成度 達成

達成目標

②藻類の再生、微細土砂フラッシュのために必要な土砂供給及び流量変動操作方法の提案

達成状況

・微細土砂の侵食開始条件及び侵食速度について、水理実験により現象解明を行った。また、剥離から藻類の再生に至る期間の既往知見をとりまとめフラッシュ放流の必要周期を示した。また、ダム建設前の河川流量変化と放流後の変化について日流量の年内順位により把握し、フラッシュ放流に必要な流量規模を、相当する順位により仕分けすることにより、フラッシュ放流の必要性と補給のための容量確保方法の考え方について提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①櫻井寿之・鎌田昌行・柏井条介・鈴木伴征：混合粒径河床変動モデルによる貯水池堆砂・排砂現象の再現，ダム工学，2005年11月投稿中、
- ②柏井条介：最近の貯水池土砂管理について、水力発電用貯水池堆砂に関わるセミナー講演集、2006

(3) 事業への貢献・社会への貢献

藻類剥離の試験装置は、今後実用化の研究に引き継がれることにより、河川の状況に合わせた合理的な環境保全型ダム放流操作を可能にする。また、微細粒子の再浮上・侵食現象の把握は、河道のみならず貯水池を含む広い範囲の予測手法の発展を促すものであり、他の重点プロジェクトでの汎用的ソフト開発に取り込んでいる。その他知見は技術指導等を通じ具体

的ダムでの試験・事業に反映され、社会経済への負担を最小限にした環境保全型貯水池運用を可能とし、もってわが国土における環境と活力の調和の推進に貢献している。

(4) 特許等の取得

特になし。

(5) 成果の普及

細粒土砂の侵食特性は、重点別課題の数値計算モデルに活用し、貯水池計画や堆砂計画策定のツールとして用いられるようになっている。また、技術指導を通じ、逐次本成果の普及が行われるものと考えている。本課題は 2 ヶ年の実施であり、成果の十分な普及は困難であるが、今後、論文発表や技術指導を継続し、成果の普及を図りたいと考えている。そのためにも、試験装置の水理特性の解析を行なうとともに、今後実用化に向けた研究を発足させ、研究促進を図りたいと考えている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

本課題では、藻類剥離の現地試験という新しい手法について提案するとともに、装置の基本機能の設計、水理機能調査が実施されており、実用化検討に向けての基盤固めがなされている。また、微細粒子の侵食特性については、下流河川の微細粒子の再浮上、侵食予測に用いられることは勿論、貯水池堆砂対策検討等広い範囲での利用が可能な成果であり、本成果を数値計算ソフトに取り込むことにより、貯水池計画や貯水池堆砂対策検討に用いられている。従って、一部成果については不十分と考えるところがあるが、所期の成果は概ね達成できたと考えている。成果の普及については、研究期間が 2 ヶ年と短いことから、論文による普及は十分でなかったが、計算ソフトの精度向上に寄与しており、技術指導も含め、今後徐々に成果の活用が広まっていくものと考えている。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	☆ ☆
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 難しい問題である研究内容の性格から成果が不十分なところもあるが、今後の進展を期待する。
- (2) 藻類の流水や土砂に対する剥離抵抗や微細土砂の侵食現象については、種々の要因で個別性が強すぎるので、目的に応じた標準的な試験方法の確立が望まれる。ここで得られた粘着性微細土砂の侵食限界の実測値を用いた貯水池内の土砂挙動シミュレーションが良好な結果を与えていることから、こうした試験法の確立の重要性が理解され、本研究の意義ある成果の一つと考えられる。
- (3) 非常に難しい問題なので結果には多少見劣りがするが、取り組みの姿勢は評価される。今後の取り組みが期待される。

【対応】

- (1) 今後とも問題意識をもって継続的に研究を続けたいと考えている。
- (2) 剥離や微細土砂の試験方法については、今後とも機会を見つけて検討を継続したいと考えている。
- (3) (1) に同じ。

8 閉鎖性水域の底泥対策技術に関する研究

事後評価

総括

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①底泥からの栄養塩類溶出量の推定手法の開発

達成状況

・低層水的环境条件と底泥間隙水濃度の関係、低層水の DO 濃度と栄養塩類溶出速度との関係、底泥巻き上げに伴う溶出特性など栄養塩類溶出の主要な機構を解明するとともに、低層水への高濃度酸素供給装置と連続水質監視システムを開発し、連続的な水質データを用いたモデルシミュレーションにより底泥からの栄養塩類溶出量を推定する手法を開発した。また、溶出試験方法について、現河川水質調査要領に不足している点について整理し提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②水環境を改善するための底泥安定化手法の開発

達成状況

・底泥中の多環芳香族炭化水素（PAHs）の存在実態について、都市部や山間部の水域を対象に、種類、濃度分布、年代変化等を明らかにし、また、ベンゾ a ピレン等について、水域への負荷の由来、水域での挙動を明らかにした。
また、浅い湖沼の水質改善に対して、沈水植物群落等の底泥巻き上げ抑制機能が有効であることを、現地調査と新たに開発したシミュレーションモデルで確認し、効果の定量的な把握を可能にした。あわせて、沈水植物群落再生に利用する底泥中の散布体を効率的に回収するための調査法を開発した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③流入河川からのセディメント（堆積物）の抑制手法の開発

達成状況

・湖内湖浄化法の浄化効果について、霞ヶ浦の4箇所の湖内湖において長期の現地観測を実施し、流入水質特性や湖内湖の形状と浄化効果との関係、脱窒機能等を明らかにした。これらの成果から、湖内湖浄化法の計画、施工、維持管理、モニタリングについての考

え方を「湖内湖浄化法の設計の手引き」として取りまとめた。

自己評価	：研究への取り組み	適切
	目標の達成度	達成

(2) 主な発表論文

- ①佐々木稔、田中宏明、李建華、和田順之輔、中村圭吾、柴田省三、田中克知、福井真司：
底層環境改善のためのモニタリング技術と活用、環境システム計測制御学会誌、第7巻、
第2号、p.237-240、2002/9月
- ②Jian-hua Li, Junnosuke Wada, Minoru Sasaki and Hiroaki Tanaka, Simulated
Dredging for Evaluation of Release of Phosphorus from Sediments, 5th International
Symposium on Sediment Quality Assessment, 2002.9
- ③和田順之輔、津森ジュン、田中宏明、李建華、田中克知、柴田省三、福井真司：「貯水池
底質からの栄養塩溶出について」、第40回環境工学研究フォーラム講演集、pp.141-143、
2003.11
- ④津森ジュン、田中宏明、鈴木穰、李建華、和田順之輔、田中克知、福井真司：貯水池底層
への高濃度酸素水供給による水質変化の連続観測、環境工学研究論文集、Vol. 41、
pp.625-634、2004
- ⑤湖沼底泥中の多環芳香族炭化水素類（PAHs）の存在実態と対策の可能性、南山瑞彦、鈴
木穰、環境工学研究論文集、41、pp.497-506、2004
- ⑥湖沼底泥における多環芳香族炭化水素（PAHs）の挙動と定量的リスク評価、山下洋正、
尾崎正明、南山瑞彦、鈴木穰、日本水環境学会年会講演集、第39回、p.465、2005
- ⑦手賀沼流域における多環芳香族炭化水素類（PAHs）の挙動、山下洋正、尾崎正明、日本水
環境学会年会講演集、第40回、p.432、2006
- ⑧天野邦彦、時岡利和、対馬孝治：浅い湖沼の水質への水生植物の影響解析、水工学論文集、
第49巻、pp.1219-1224、2005.
- ⑨Amano, K., Importance of aquatic macrophytes in controlling water quality of shallow
lakes, 11th World Lake Conference, Nairobi, 2005.
- ⑩天野邦彦、時岡利和：印旛沼における底泥巻き上げ、湖底の光環境と水生植物との相互関
係、水工学論文集、第50巻、2006.
- ⑪時岡利和、天野邦彦：湖沼底泥コアの年代分析を利用した発芽可能な散布体分布に関する
調査、年次学術講演会講演集、投稿中、2006
- ⑫中村圭吾（2005）利用 Ecotechnology 的水質浄化技術-Compact wetland 和湖内湖浄化法、
the proceedings of “Symposium for pollution control and ecological restoration
techniques of water environments in China”, pp. 351-356, 中国、湖北省、宜昌市、中国
水環境汚染制御と生態再生技術にかかわるハイレベルセミナー、平成17年9月25日

⑬Keigo Nakamura, Amano Kunihiko (in preparation) Performance of the artificial river mouth lake (artificial lagoon) to control diffuse pollutants, Ecological engineering.

等 24編 (うち査読付 7編)

(3) 事業への貢献・社会への貢献

・栄養塩類溶出量の推定手法や溶出速度試験の改良は、湖沼等の水質評価の精度・信頼性向上に有効であり、また、共同開発による高濃度酸素水の供給システム・装置は、湖沼等の低層のDO条件改善手法として今後の活用が期待される。

・水生植物群落を活用した水質改善手法については、水質と水域植生の相互作用に着目した新しい手法であり、生態環境改善の効果も期待でき、湖沼の環境対策に新たな可能性を切り開いた。

・多環芳香族炭化水素類の存在実態・挙動の把握については、有機性有害物質の環境汚染が懸念されているところであり、今後の水域監視や対策の検討に有用な知見を提供できた。

・湖内湖浄化法については、本研究の成果が、霞ヶ浦等の湖内湖の計画に反映されており対策事業の実現に貢献している。また、陸水学会の「陸水の事典」にも新しい学術用語として取り上げられるなど広く認知されることとなった。

(4) 特許等の取得

・水質浄化システム

・浅い湖沼における沈水植物群落の再生・復元方法 (特願 2005—193674)

(5) 成果の普及

研究の成果は国内外の学術論文への発表のほか、出版物、雑誌への投稿、講演会、ホームページ等を活用し積極的に紹介した。

成果を基準類に反映させる。(「河川水質調査要領」、「湖内湖浄化法の設計の手引き」)

現場の技術指導や実際の事業計画に反映させることで、成果の普及を目指している。(霞ヶ浦、印旛沼、宍道湖等)

(6) プロジェクトリーダーの分析

閉鎖性水域の水環境に重要な要素でありながら解明が遅れていた底泥に関して、今回の研究で栄養塩類溶出特性の解明、湖内湖による流入抑制手法の開発、有機性有害物質の存在実態の把握、水生植物の機能に着目した新しいタイプの対策手法の提案など多くの有用な成果が得られたと考えている。今後は、現場への適用により研究の進展を図るとともに、成果相互の関連性を整理し総合的な対策プログラムに収斂させることが必要と考える。

成果の発表普及についても、論文等による発表や基準類への反映・取りまとめ、霞ヶ浦・宍道湖等における技術指導により積極的に努力した。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 土木研究所にふさわしい研究がなされている。研究成果はほぼ達成されている。湖沼環境保全の対策技術の開発は進んでいる。引き続き研究開発が期待される。
- (2) より総合的な生態系機能を活用した水質改善技術への発展を期待したい。
- (3) 難しい問題に取り組んでいる。一つ一つつぶしていくには膨大な仕事に伴うが、どのような系統化をするのか考えたらいかがか。
- (4) 3～5年のプロジェクトの成果を取りまとめ、引き続き発表してほしい。得られた成果を個別(2～3ヶ所)の湖沼に適用してみて総合的な提案ができるよう取り纏めをしてほしい。いくつか非常に面白い、期待される成果が得られている。

【対応】

- (1) 今回の研究で、栄養塩類の溶出特性や底泥の処理手法、高濃度酸素水の供給装置開発など一定の成果が得られたと考えている。今後は、現場への適用により個別技術の進展を図るとともに、成果相互の関係を整理し、湖沼環境保全の総合的な対策プログラムに収斂させていきたい
- (2) 今回の研究では、水生植物の底泥巻き上げ抑制機能に着目し、水質改善に対する有効性や

植生復元の手法提案を行ったが、今後は、植生帯による環境変化の緩和機能、物質循環面の機能、生物の生息場としての機能とこれらの水質への効果等に着目した研究も目指したい。

(3) ご指摘のとおり、体系化が遅れていると言うテーマの性格上、網羅的になる傾向はある。

しかし、今回の研究で、いくつかの知見や可能性を見いだすことができたので、これらの成果を再度整理して、今後の研究方向を定めて行きたい。また、他機関との連携も積極的に行っていきたい。

(4) 成果の取りまとめ発表については、未発表分の論文発表や調査要領、手引き書への反映を急ぎたいと考えている。また、現場の事業実施と併行して調査研究を行ってきたが、今後は適用現場を増やし、より一般的な知見となるよう研究を進めたい。

事後評価

8.1 底泥一水間の物質移動に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①底泥からの栄養塩等の溶出機構の解明

達成状況

- ・ダム貯水池底泥性状の季節変動から、底層水の環境条件が底泥間隙水濃度に与える影響を明らかにし、栄養塩類溶出の主要機構を解明した。また、底泥を長期間好気状態に保つことが底泥性状に与える影響を評価した。
- ・底層水への高濃度酸素供により、底層水 DO 濃度と栄養塩類溶出速度との関係を明らかにした。
- ・湖沼底泥を用いた巻き上げ溶出試験により、湖水流動時の底泥巻き上げに伴う栄養塩類溶出特性を明らかにした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②底泥からの水への栄養塩等溶出量推定方法の提案

達成状況

- ・連続水質監視システムを開発し、底層水への高濃度酸素供給時に水質モニタリングを密に行うことにより、底泥からの栄養塩溶出速度の推定に有効な指標を抽出した。
- ・上記の詳細な水質データを用いることにより、底泥溶出モデルを構築し、溶出量推定方法として提案した。
- ・底泥溶出モデルによる溶出速度が、室内溶出試験による溶出速度とほぼ整合することを確認した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③底泥からの栄養塩等の溶出量推定のための試験法の提案

達成状況

- ・溶出モデル構築のための連続水質監視システムを提案した。
- ・「底質の調査・試験マニュアル（社団法人 底質浄化協会）」において、特に記述がないが試験結果に大きな違いを生じるなど重要なポイントを整理し、改善点として提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切

(2) 主な発表論文

- ①佐々木稔、田中宏明、李建華、和田順之輔、中村圭吾、柴田省三、田中克知、福井真司：
底層環境改善のためのモニタリング技術と活用、環境システム計測制御学会誌、第7巻、
第2号、p.237-240、2002/9月
- ②Jian-hua Li, Junnosuke Wada, Minoru Sasaki and Hiroaki Tanaka, Simulated Dredging for
Evaluation of Release of Phosphorus from Sediments, 5th International Symposium on Sediment
Quality Assessment, 2002.9
- ③津森ジュン：「高濃度酸素水による底層環境改善実験」、土木技術資料、第45号、p.14、
2003.10
- ④和田順之輔、津森ジュン、田中宏明、李建華、田中克知、柴田省三、福井真司：「貯水池
底質からの栄養塩溶出について」、第40回環境工学研究フォーラム講演集、pp.141-143、
2003.11
- ⑤津森ジュン、田中宏明、鈴木穰、李建華、和田順之輔、田中克知、福井真司：貯水池底層
への高濃度酸素水供給による水質変化の連続観測、環境工学研究論文集、Vol. 41、
pp.625-634、2004

この他、口頭発表等（和文） 7件

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究で得られた以下の成果は、湖沼やダム湖における底泥からの栄養塩類溶出速度の評価等に活用することにより、湖沼やダム管理者による水質保全対策の立案や評価に資するものと考えられる。

- 栄養塩類溶出量を現場でリアルタイムに把握する水質モニタリングシステムの開発
- 栄養塩類溶出量を現場水質モニタリングデータから推定する手法の開発
- 底泥からの栄養塩類溶出を抑制するための酸素供給新システムの開発
- 「底泥溶出速度試験（河川水質調査要領）」の改良方法の提案

(4) 特許等の取得

「水質浄化システム」、「気液溶解装置 特願 2004-27318号、特願 2005-267793号」

(5) 成果の普及

本研究成果は上記論文を含め国内外で積極的に発表するとともに、試験方法に関する成果の一部は、河川水質調査要領に反映されている。また、高濃度酸素供給システムについては既に実機の設置が進んでいる。今後、底泥からの溶出量推定手法、および、底泥溶出速度試験の改良に関する成果は、河川局におけるダム・湖沼の水質保全関係検討委員会に反映させることを

考えている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

詳細な現地実験や室内試験の結果から、低層 DO 濃度と間隙水の栄養塩濃度の関係など、主要な溶出機構を解明し、連続的な水質モニタリングデータを用いた溶出量推定手法の提案がなされ、また、底泥溶出速度試験に当たり留意すべき事項が明確になるなど、適切な底泥評価のための有効な成果が得られたと評価できる。

共同開発された高濃度酸素供給システムについても、今後、水域低層の DO 環境改善対策への活用が期待できる。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

(1) 溶出試験方法の確立に向けて、底泥のサンプリング方法、直上水のサンプリング頻度、期間などばらつきを含めた検討が必要である。高濃度 DO 水を注入する方法は評価できる。

【対応】

(1) 今回調査で得られたデータ間のばらつきに関する検証を追加するとともに、H18 年度以降の調査において異なる水域におけるデータ収集をすすめ、溶出試験におけるサンプル間のばらつきに関する検討をさらに深めるものとする。

事後評価

8.2 底泥中の有機性有害物質の実態および挙動に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①底泥中の多環芳香族炭化水素の存在実態の解明

達成状況

・底泥中の多環芳香族炭化水素の存在実態について、都市域および山間部の複数の水域を対象に調査を行い、底泥中の多環芳香族炭化水素の種類と濃度、水平および垂直分布、年代変化を把握し、環数が多い物質の堆積、流入河川の河口部における沈積、路面排水流入部での局所的濃度増大、湖内での濃度分布の存在、山間部の水域でも相当量の含有が見られることなどを明らかにした。また、人工内湖の設置等による河口部での沈殿除去の可能性を示すとともに、国外基準等との比較により影響の可能性が高いと推定される地点がないことを明らかにすることなどにより、目標を達成した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②底泥中のベンゾ[a]ピレン等の挙動の解明

達成状況

・底泥中のベンゾ[a]ピレン等の挙動について、都市域の水域である手賀沼を対象に調査を行い、水域への負荷量のうち湖面への大気降下物の直接降下によるものは少なく大部分が流入河川由来であること、晴天時に流入河川よりも流出河川の濃度が大であることから湖内で底泥からの巻き上げによる再浮遊が推定されるものの湖内分布を完全に均一にするほどの移動量ではないことなどを明らかにすることにより、目標を達成した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①湖沼底泥中の多環芳香族炭化水素類（PAHs）の存在実態と対策の可能性，南山瑞彦，鈴木穰，環境工学研究論文集，41，pp.497-506，2004
- ②湖沼底泥における多環芳香族炭化水素（PAHs）の挙動と定量的リスク評価，山下洋正、尾崎正明、南山瑞彦、鈴木穰，日本水環境学会年会講演集，第39回，p.465，2005
- ③手賀沼流域における多環芳香族炭化水素類(PAHs)の挙動，山下洋正、尾崎正明，日本水環境学会年会講演集，第40回，p.432，2006

(3) 事業への貢献・社会への貢献

閉鎖性水域の底泥の有機性有害物質の実態および挙動を明らかにすることにより、環境の保全に貢献した。また、河川流入部での沈殿除去の可能性を明らかにすることにより、今後の事業実施の可能性を示した。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

成果の発表を通じて、知見が社会で広く利用可能となるよう努めた。

(6) プロジェクトリーダーの分析

閉鎖性水域の底泥中の多環芳香族炭化水素の存在実態について、都市部、山間部の水域を対象に、濃度、分布および堆積年代等を明らかにした。また、ベンゾ a ピレン等について、その由来や水域での挙動を明らかにした。有機性有害物質による環境汚染が懸念されているところであり、これらの実態が把握できたことは、今後の水域監視や場合によっては対策の検討に有用な知見を提供できた。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) PAHs の負荷流入・流出量のマスバランスが必要と考えられる。さらに対策が考えられる解析がほしい。
- (2) 得られた研究成果の発表がやや少ない。おそらくデータが眠っていると考えられるので、そうしたデータの再整理をして論文にまとめていただきたい。

【対応】

1. (1) 今後、雨天時における負荷量などを調査してマスバランスを提示できるよう努めたい。また、PAHs の発生源も考慮した解析を進め、将来的に対策が必要となった場合に、効果的に実施できるように知見として提示したい。
- (2) 未発表の研究成果を整理して、論文にまとめて発表することとする。

事後評価

8.3 湖底生態系に配慮した新しい底泥処理技術に関する基礎的研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①既存底泥処理技術が湖底生態系に与える基礎的影響の解明

達成状況

- ・既存技術で適用例の多い浚渫は、攪乱による底生動物相への影響、水生植物群落や埋土種子の破壊を伴うことから、適用にあたっては、適用場所の選定が重要になる。
- ・覆砂や底層曝気は、貝類の生息域の創出や底層の酸素条件の改善により生態系への好影響も期待できることが整理された。
- ・既存の底泥処理手法は、水質改善に重点を置いており、生態系修復を強く意識するものではなかったことが明らかになった。よって、生態系修復自体が水質改善を促進すると考えられる沈水植物群落の再生による湖沼環境改善技術の開発が必要であることが明らかとなった。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②湖底生態系に配慮した新しい底泥処理手法の提案

達成状況

- ・新しい底泥処理手法として、沈水植物群落の再生による湖沼環境改善手法を提案した。沈水植物群落を再生することで、底泥巻き上げが抑制され、透明度向上、さらなる植生繁茂、水質改善が促進される。このための手法として、浮葉植物群落やカーテンを利用した消波技術の提案を行った。
- ・浅い湖沼における水質形成モデルを開発し、再生適地の選定・実現可能性評価、および沈水植物群落の再生による底泥巻き上げの抑制と、それに伴う濁度等の水質改善や湖底の光環境改善の評価手法を提案した。
- ・失われた沈水植物の再生材料として底泥中に存在する散布体（種子や卵胞子）に着目し、その分布特性、発芽ポテンシャルを解明した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

①天野邦彦, 時岡利和, 対馬孝治: 浅い湖沼の水質への水生植物の影響解析, 水工学論文集, 第49巻, pp.1219-1224, 2005.

②Kunihiko Amano : Importance of aquatic macrophytes in controlling water quality of

shallow lakes, 11th World Lake Conference, Nairobi, 2005.

- ③天野邦彦, 時岡利和: デルによる過去の湖沼環境の復元—印旛沼の水生植物と濁度—, 土木技術資料, vol.47, no. 9, pp. 46-51, 2005.
- ④天野邦彦, 時岡利和: 印旛沼における底泥巻き上げ, 湖底の光環境と水生植物との相互関係, 水工学論文集, 第 50 巻, 2006.
- ⑤時岡利和, 天野邦彦: 湖沼底泥コアの年代分析を利用した発芽可能な散布体分布に関する調査, 年次学術講演会講演集, 投稿中, 2006

(3) 事業への貢献・社会への貢献

霞ヶ浦や印旛沼において国および県が実施している水質改善事業および沈水植物再生事業に対して、研究成果を用いて技術指導等を行っている。

(4) 特許等の取得

浅い湖沼における沈水植物群落の再生・復元方法 (特願 2005-193674)

(5) 成果の普及

霞ヶ浦や印旛沼における事業に本研究の成果を適用し、水質改善、沈水植物復元を行っており、実際の事業計画に反映されることによって成果の普及を目指している。

(6) プロジェクトリーダーの分析

エネルギー投入型の技術開発ではなく、自然環境の修復による水質改善、ひいては生物生息環境も改善することを目指す技術開発の方向性を確立したと評価している。今後は、現場での適用に関与し、改良を進めることで、技術の実証を進めていく予定である。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

(1) 散布体の着目はおもしろいので、散布体の測定手法を確立して、散布体の発芽促進手法を開発してほしい。着目した点は非常に良いので、今後の事業化までのロードマップを拓いてほしい。

(2) ひきつづき研究が必要である。重要な研究が進められている。

【対応】

(1) 新規重点プロジェクト研究の中で、事業化に至る過程を意識して研究を進める

(2) 新規重点プロジェクトの中で研究を発展させる予定。

事後評価

8.4 流入河川からのセディメント(堆積物)の抑制手法の開発

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①湖内湖浄化法の浄化効果の解明

達成状況

- ・湖内湖浄化法の浄化効果について、長期間にわたるデータを取得し、その効果を明らかにした。晴天時のみならず、雨天時のデータも豊富にあることが評価できる。また、1箇所
のデータだけでなく4箇所の湖内湖で評価したことにより、流入水質の特性による浄化効果
の違い、湖内湖の形状による違いなども明らかにし、除去率は、湖内湖の時間面積あた
りの流入負荷量である負荷速度と最も関係が深く、負荷速度が設計諸元として重要である
ことを明らかにした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②湖内湖浄化法の設計手法の開発

達成状況

- ・計画時の設計の考え方と調査結果を比較することにより、河川の流出・負荷特性、土砂沈
降特性などから適切な設計手法を開発した。また、湖内湖浄化法の計画、施工、維持管理、
モニタリングについて考え方を「湖内湖浄化法の設計の手引き」として作成した。H17年
度のデータを加え、最終版を、近日中に公開する。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③湖内湖の堆積底泥対策手法の開発

達成状況

- ・湖内湖の堆積底泥の質、量を分析し、堆積底泥の処理方法の考え方、使用できる工法を整
理し、優劣を比較した。最適な工法は、現場の状況、底泥の性状などに選択できるように
提案した。しかしながら、さまざまな理由により当初計画していた研究期間内の堆積底泥
の浚渫、その後の回復状況のモニタリングは出来ていないため、目標は必ずしも達成でき
たとはいえない。ただし、堆積底泥の浚渫は、管理者も必要性を認識しており、早急に実
施される予定であり、今後、本成果を生かしながら、現場と協力しながら効果を確認する
予定である。

自己評価：研究への取り組み やや不十分
目標の達成度 一部達成

(2) 主な発表論文

- ①中村圭吾 (2002) : 河口に設置した人工内湖による汚濁負荷制御、琵琶湖研究所、所報 19、第 19 回琵琶湖研究シンポジウム記録 3、pp.97-100.
- ②西廣淳、中村圭吾 (2003) 湖岸植生帯の現状とその水質浄化機、「エコテクノロジーによる河川・湖沼の水質浄化」、島谷幸宏、細見正明、中村圭吾編集、ソフトサイエンス社.
- ③中村圭吾 (2003) : エコテクノロジーによる水質浄化技術、コンパクトウエットランドと湖内湖浄化法についての紹介、環境浄化技術 7 月号 特集 河川湖沼浄化技術、Vol.2、No.7、 pp.59-62.
- ④中村圭吾(2003) : 湖岸・水辺植生の工学的保全技法、水域生態系保全－Ⅱ・考え方と技法、(社)日本水環境学会九州支部、応用生態工学会、pp.49- 54.
- ⑤中村圭吾 (2003) : 「蘇れ！湖沼」、本格始動した湖沼の自然再生、6 月 26 日 日刊建設工業新聞、第 2 部 03 環境特集、p.21
- ⑥市場研究「湖沼や内湾の水質浄化」、日経コンストラクション 3-14、2003
- ⑦中村圭吾 (2005) 利用 Ecotechnology 的水質浄化技術-Compact wetland 和湖内湖浄化法、the proceedings of “Symposium for pollution control and ecological restoration techniques of water environments in China”, pp. 351-356, 中国、湖北省、宜昌市、中国水環境汚染制御と生態再生技術にかかわるハイレベルセミナー、平成 17 年 9 月 25 日
- ⑧中村圭吾 (2004) : Q23 湖沼における新しい水質浄化技術と環境復元の事例、一日土研シリーズ 土木技術相談集 河川・ダム・砂防編、独立行政法人 土木研究所編、(株)山海堂.
- ⑨中村圭吾 (2006) : 湖内湖浄化(p.167)、「陸水の事典」、日本陸水学会編集、(株)講談社.

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究で得られた成果は、霞ヶ浦河川事務所等の環境保全事業に役立っており、現在、霞ヶ浦では土木研究所の研究成果を受け 4 つの湖内湖が設置されている。また諏訪湖においても「第 2 回湖沼浄化シンポジウム in 諏訪」が開催され土木研究所が講演し湖内湖の設置が検討された。宍道湖においても現在、流入河川の汚濁対策として検討されている。また、琵琶湖研究所のシンポジウムなどを通じて内湖浄化など関連した浄化事業とも技術・学術交流が行われ、湖内湖浄化を含む自然浄化機構を応用した技術に貢献した。国際的には韓国のソウル市の水源であるパルダン湖の環境事業として検討されるほか、土木研究所においてエコテクノロジーを学習した JICA の研修生が湖内湖に着想を得て中国雲南省に設置した河口湿地浄化施設はアールハイ湖の浄化に効果を上げている。また学術的には「湖内湖浄化」という新語が「陸水の事典」に取り上げられるなど広く成果が認識されている。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

本研究の成果は学術論文、出版物として多く発表されている他に、国内外での講演等でも数多く発表した。そのほか新聞や専門誌にも取り上げられている。加えて、研究室のホームページでも日本語および英語（一部中国語）で紹介されており、成果の普及に努力している。

(6) プロジェクトリーダーの分析

閉鎖性水域の底泥対策として新しい手法である湖内湖浄化法について、4箇所の湖内湖における長期のデータから、浄化効果と流入水質や湖形状の関係を明らかにし、「湖内湖浄化法の設計の手引き」として取りまとめたことは重要な成果である。また、成果の普及に関しても、学術論文のほか出版物や講演等での発表、現地での直接指導等により積極的に努力している。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 個別の観測による経験式レベルから少し論理的なメカニズムの理解にもとづいた推定の方
向へ。そうした流れがないと、観測データの必要な量についても説明が不十分になっている。
- (2) 湖内浄化法の確立に向けて設計手法の検証を行ってほしい。具体的には湖内湖に堆積した
土量や土粒子の分布などから、当初推定していた沈降速度の範囲内にあるものか検証してほ
しい

【対応】

- (1) 土粒子の沈降速度などの検討、あるいは類似研究の理論を援用して、メカニズムの論理的
検討に努め、観測データを整理する。
- (2) 当初設計に用いた土粒子の粒径別沈降速度に基づく設計と堆積した土量や土粒子分布の比
較を行い設計手法の検討を実施し、最終的な設計の手引きに反映させる。

10 構造物の耐久性向上と性能評価手法に関する研究

事後評価

総括

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

- ①長寿命化のための設計技術の提案
- ①-1 舗装の長寿命化技術の提案
- ①-2 トンネル覆工の長寿命化技術の提案

達成状況

- ・舗装については、疲労抵抗性に関する設計基準となる交通量区分に応じた疲労破壊輪数、アスファルト混合物層の疲労ひび割れに関する破壊規準式、および舗装の疲労破壊輪数を FWD（重錘落下式たわみ量測定装置）による路面たわみ量から推定する方法を提案し、技術基準等へ反映した（H18）。また、舗装の供用性（路面の性能の持続性）評価のための、供用後の路面のひび割れ率やわだち掘れ量を予測する方法を提案した。さらに、疲労抵抗性と供用性に優れた舗装構造として、 T_A （等値換算厚）を増大した舗装とコンポジット舗装を提案し、試験舗装によりその適用性を検証している。

トンネルについては、SFRC（鋼繊維補強コンクリート）が温度・乾燥収縮に起因してトンネル覆工に発生するひび割れの抑制に及ぼす効果、および SFRC がトンネル覆工の耐荷力の向上に及ぼす効果を明らかにした。また、設計に用いる荷重を骨組み構造解析モデルにより算定する方法、およびひび割れ進展を考慮した FEM 解析によりトンネル覆工の耐荷力を評価する方法を提案した。これらの研究成果については、覆工設計マニュアル（案）としてとりまとめる予定である（H18）。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

- ②性能評価方法の提案
- ②-1 解析および実験による橋梁の性能検証法の提案
- ②-2 地盤強度のばらつきを考慮した地中構造物の安全性評価法の開発
- ②-3 大型車の走行による橋梁の応答特性の解明および重量制限緩和技術の提案

達成状況

- 解析および実験による橋梁の性能検証法
解析による橋梁の耐震性能検証法として以下の提案等を行った。
- ・橋梁全体系の耐震信頼性評価法（最小安全裕度に基づく方法、各限界状態の生起確率の条件付き確率に基づいて評価する方法）

- ・橋脚基部に損傷を誘導するために必要となる耐力階層化係数の算定法
- ・等価線形化法による最大応答変位の推定精度を向上させるための等価剛性と等価減衰定数の設定法
- ・応答変位法に基づく液状化・流動化時の橋梁基礎の耐震性能照査法
- ・BNWF (Beam-on-nonlinear-Winkler-foundation) モデルによる橋梁基礎の非線形動的解析手法

実験による橋梁の耐震性能検証法として以下の提案等を行った。

- ・橋梁全体系の耐震性能を部分模型を用いたハイブリッド振動実験により検証する手法
 - ・橋脚の耐震性能評価のための正負交番載荷実験および振動台実験手法のガイドライン
- 以上の研究成果については、道路橋示方書等に反映する予定である (H20)。

また、橋梁の耐風性能検証法として、合理化鋼少数主桁橋の風による振動発現時の風速・振幅推定式、構造減衰推定式および推定式に基づく耐風性照査法を提案した。さらに、橋梁(桁構造)の耐風性能を推定するための支援ツールとして、推定対象橋梁に対して類似の構造パラメータを有する橋梁の試験結果を抽出する機能を付加した風洞試験データベースを作成した。これらの研究成果は、道路橋耐風設計便覧に反映する予定である (H18)。

○地盤強度のばらつきを考慮した地中構造物の安全性評価法

杭基礎を対象に、地盤調査方法や載荷試験データ数量を考慮した一定の信頼度を有する設計支持力(杭の鉛直支持力)推定式の作成手法を提案した。この研究成果については、道路橋示方書等に反映する予定である (H20)。

○大型車走行による橋梁の振動応答評価法

大型車走行による橋梁の振動応答特性を把握するための、車両-橋梁連成系の解析モデルを作成し、ジョイント部の振動軽減対策として、施工性や維持管理に配慮した床版構造の延長床版工法を提案した(特許出願)。また、環境影響評価実施の際に適用されている道路交通振動予測式の適用性を検証した。この研究成果については、道路環境影響評価の技術手法に反映する予定である (H18)。

自己評価 : 研究への取り組み 適切
 目標の達成度 達成

達成目標

- ③性能規定に対応した品質管理方法の提案
- ③-1 路床の品質管理手法の提案

達成状況

- ・設計交通量に応じた路床上面の許容圧縮ひずみにより、過去の供用実績に基づいた舗装の耐久性を担保する性能規定方法を提案した。この研究成果については、舗装設計便覧に

反映した (H18)。

また、路床の施工・品質管理のための小型 FWD や急速平板載荷による現場試験法を提案した。この研究成果については、道路土工指針に反映する予定である (H19)。

自己評価	研究への取り組み	適切
	目標の達成度	達成

(2) 主な発表論文

- ①谷口, 伊藤, 野村, 阿部: 舗装データベースを用いた供用性曲線作成手法に関する研究, 土木学会舗装工学論文集 第 8 巻, 2003.12
- ②寺田, 吉村, 坂本, 伊藤: FWD によるアスファルト舗装の疲労破壊輪数の評価に関する検討, 土木学会舗装工学論文集 第 10 巻, 2005.12
- ③Satoshi TANIGUCHI, Takeshi YOSHIDA, Estimation of Work Zone User Cost Using Integration Curve, Proceeding of the 3rd International Symposium on Maintenance and Rehabilitation of Pavements and Technological Control (Mairepav03), University of Minho, 2003.7
- ④谷口: 道路維持管理の現状と今後の課題, 第 19 回日中道路交流会議, 2004.11
- ⑤ Mashimo,H.and Isago,N., "Experimental Study on Static Behavior of Road Tunnel Lining" Proceedings of Modern Tunneling Science and Technology, Volume1, pp.451-456,2001
- ⑥ Mashimo,H.,Isago,n.and kitani,T., "Numerical Approach for Design of Tunnel Concrete Lining Considering Effect of Fiber Reinforcements" Proceedings of the 30th ITA-AITES World Tunnel Congress , CD-ROM,2004
- ⑦ Mashimo,H.,Isago,N.,Kitani,T.and Endou,T., "Effect of Fiber Reinforced Concrete on Shrinkage Crack of Tunnel Lining" Proceedings of the ITA-AITES 2006 World Tunnel Congress and 32nd ITA General Assembly, CD-ROM, 2006
- ⑧西田、運上: 材料特性のばらつきを考慮した RC 橋脚の耐震信頼性評価、構造工学論文集,vol51A、pp903-910、2005.3
- ⑨Takahashi, A., Sugita, H. and Tanimoto, S.: Beam on Winkler Foundation Method for Piles in Laterally Spreading Soil, ASCE geotechnical special publication No.145, pp.230-241, 2005.3
- ⑩Hayashi, K., Takahashi, A., Sugita, H. and Tanimoto, S.: Design of pile foundation in liquefiable soil using seismic deformation method, Proceeding of Geotechnical Earthquake Engineering Satellite Conference, Osaka, pp.215-220, 2005.9
- ⑪Kobayashi, H. and Tamura, K.: Experimental Study on the Validity of Real-Time Hybrid Vibration Experiments with a 2-Dimensional and 3-Degrees-of Freedom Model, 12th World Conference on Earthquake Engineering, pp.965-971, 2000.1

- ⑫ Kobayashi, H., Tamura, K. and Tanimoto, S.: Hybrid Vibration Experiments with a Bridge Foundation System Model, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol.22, No.9-12, pp.1135-1141, 2002.9
- ⑬ Tamura, K., Kobayashi, H., Tanimoto, S. and Okamura, M.: Hybrid Vibration Experiment on Interactive Response of Superstructure and Foundation of Highway Bridge, 13th WCEE, No.1206, 2004.8
- ⑭ 白戸真大, 吉田望, 福井次郎, 野々村佳哲: 軟弱粘性土上の高架構造物・基礎・地盤系の地震時挙動予測への Winkler 型非線形相互作用バネの適用, *構造工学論文集*, Vol.51 A, pp.739-750, 2005.3.
- ⑮ 白戸真大, 野々村佳哲, 福井次郎: 動的解析における群杭のモデル化に関する検討, *土木学会地震工学論文集*, Vol.28, 論文番号 84 (CD-ROM), 2005.8.
- ⑯ Shirato, M., Koseki, J. and Fukui, J.: A new nonlinear hysteretic rule for Winkler type soil-pile interaction springs that considers loading pattern dependency, *Soils and Foundations*, The Japanese Geotechnical Society, Vol. 46, No. 2, pp.173-188, 2006.4
- ⑰ Shirato, M., Koseki, J., Fukui, J. and Kimura, Y.: Effects of stress-dilatancy behavior of soil on load transfer hysteresis in soil-pile interaction, *Soils and Foundations*, The Japanese Geotechnical Society, Vol. 46, No. 3, 2006.6.
- ⑱ Shirato, M., Fukui, J. and Koseki, J.: Experimental and numerical study on a hysteretic mechanism of p-y curve with loading pattern dependency, 11th International Conference of IACMAG, 2005.6.
- ⑲ Shirato, M., Nonomura, Y., Nakatani, S. and F. H. Kulhawy: Numerical and large-scale experimental study on seismic behavior of pile foundations, *Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering*, EERI, Paper No. 315, 2006.4.
- ⑳ 村越、麓他：鋼少数桁の振動実験、振動コロキウム、 2003.9
- ㉑ 星隈順一, 運上茂樹: 入力地震動の特性と RC 橋脚に生じる塑性応答回数, *コンクリート工学年次論文集*, Vol.23, No.3, pp.1243-1248
- ㉒ W.P. Yen, J.D. Cooper, S.W. Park, S. Unjoh, T.Terayama and H. Otsuka,: A Comparative Study of U.S.-Japan Seismic Design of Highway Bridges: I.Design Methods, pp.913-932, *Earthquake Spectra*, Vol.19, Issue4, 2003
- ㉓ S.W. Park, W.P. Yen, J.D. Cooper, S. Unjoh,T.Terayama and H. Otsuka,: A Comparative Study of U.S.-Japan Seismic Design of Highway Bridges: II.Shake-Table Model Tests, pp.933-958, *Earthquake Spectra*, Vol.19, Issue4,2003
- ㉔ 鈴木誠, 白戸真大, 松井謙二: 杭の鉛直支持力に関する部分係数のキャリブレーション, 構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム, 日本材料学会, 第 5 回, pp.926-932, 2003.11.

- ⑳ Shirato, M., Suzuki, M., Matsui, K. and Fukui, J: Design formula for the shaft resistance of a pile considering both the number and variability of load test data, Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering (ICASP 9), pp.1385-1392, 2003.7.
- ㉑ Honjo, Y., Kikuchi, Y., Suzuki, M., Tani, K. and Shirato, M.: JGS Comprehensive Foundation Design Code: Geo-code 21, International Conference On Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ICSMGE), Vol. 16, 2005.9.
- ㉒ Suzuki, M. and Shirato, M.: Discussion on the implementation of partial factor design of foundations, Proc. of ICOSSAR 2005, Safety and Reliability of Engineering Systems and Structures (eds. G. Augusti, G.I. Schueller, M. Ciampoli), Millpress, Rotterdam, pp.3277-3285, 2005.6.
- ㉓ Fukui, J., Shirato, M. and Matsui, K.: Performance-based specifications for Japanese highway bridges, Proc. of ICOSSAR 2005, Safety and Reliability of Engineering Systems and Structures (eds. G. Augusti, G.I. Schueller, M. Ciampoli), Millpress, Rotterdam, pp.3319-3322, 2005.6.
- ㉔ 董，金井，坂本，姫野：舗装の動的応答に関する実測値と解析値との比較検討，土木学会舗装工学論文集 第10巻，2005.12【優秀論文賞受賞】
- 他、上記論文を含め、国内で112編（査読付き11編）、海外で35編（査読付き18編）、計147編（査読付き29編）の論文を発表している。

（3）事業への貢献・社会への貢献

近年の少子高齢化や、社会資本ストックの老朽化等に伴う維持更新費の増加により、新規の社会資本に対する投資余力が減少している。このため、より効率的な社会資本整備が求められており、構造物の耐久性向上による長寿命化や、新技術の開発・活用を容易にする性能規定化を促進させる必要がある。

本研究では、

- ・舗装の疲労抵抗性と供用性（路面の性能の持続性）の評価方法と、これらの性能に優れた舗装構造の提案

トンネル覆工の耐久性向上のための SFRC（鋼繊維補強コンクリート）の適用効果の検証、および耐荷力評価方法の提案

- ・橋梁の耐震、耐風、および大型車走行による振動応答に関する性能評価方法等の提案
- ・路床の品質管理のための性能規定方法、および現場試験法の提案

を行い、その成果を技術基準・指針等に反映させたり、現場での試験施工や実施工への導入を進めている。このような成果の普及によって、これらの構造物の耐久性向上等が図られる他、性能規定化を促進することにより新技術の開発・活用を容易にし、より効率的な社会資本整備に貢献できるものと考えられる。

(4) 特許等の取得

橋梁ジョイント部の振動軽減を目的とした延長床版の構造に関して、4件出願中である。

(5) 成果の普及

研究成果は国内外で論文発表するとともに、関連する技術基準・指針等に反映したり、ガイドラインやマニュアルを作成するなどして成果の普及に努めている。

○舗装の疲労抵抗性評価方法

- ・交通量区分に応じた疲労破壊輪数の提案（舗装の構造に関する技術基準等に反映（H13、H18））
- ・アスファルト混合物層の疲労ひび割れに関する破壊規準式の提案（舗装設計便覧に反映（H18））
- ・舗装の疲労破壊輪数をFWD（重錘落下式たわみ量測定装置）による路面たわみ量から推定する方法の提案（舗装性能評価法に反映（H18））

○舗装の供用性（路面の性能の持続性）評価方法

- ・供用後の路面のひび割れ率やわだち掘れ量を予測する方法の提案（舗装設計施工指針等に反映予定（H22））

○疲労抵抗性と供用性に優れた舗装構造

- ・ T_A （等値換算厚）を増大した舗装とコンポジット舗装の提案（舗装設計施工指針等に反映予定（H22））

○トンネル覆工の耐久性向上・設計合理化

- ・SFRC（鋼繊維補強コンクリート）の効果（ひび割れ抑制、耐荷力向上）の解明
- ・設計に用いる荷重を骨組み構造解析モデルにより算定する方法の提案
- ・ひび割れ進展を考慮したFEM解析によりトンネル覆工の耐荷力を評価する方法の提案（覆工設計マニュアル（案）作成予定（H18））

○橋梁の耐震性能評価方法

- ・橋梁全体系の耐震信頼性評価法として最小安全裕度に基づく方法と、各限界状態の生起確率の条件付き確率に基づいて評価する方法を提案
- ・橋脚基部に損傷を誘導するために必要となる耐力階層化係数の算定法の提案
- ・等価線形化法による最大応答変位の推定精度を向上させるための等価剛性と等価減衰定数の設定法の提案
- ・応答変位法に基づく液状化・流動化時の橋梁基礎の耐震性能照査法の提案
- ・BNWF（Beam-on-nonlinear-Winkler-foundation）モデルによる橋梁基礎の非線形動的解析手法の提案
- ・杭の鉛直支持力を対象に、地盤調査方法や載荷試験データ数量を考慮して一定の信頼度を有する設計支持力推定式を作成する手法を提案

- ・橋梁全体系の耐震性能を部分模型を用いたハイブリッド振動実験により実験的に検証する手法の確立
- ・橋脚の耐震性能評価のための正負交番載荷実験および振動台実験手法の提案（橋の耐震性能の評価に用いる実験手法に関するガイドライン（案）（和文、英文）を作成（H17））
（道路橋示方書に反映予定（H20））
- 橋梁の耐風性能評価方法
 - ・合理化鋼少数主桁橋の風による振動発現時の風速・振幅推定式、構造減衰推定式、および推定式に基づく耐風性照査法の提案
 - ・橋梁（桁構造）の耐風性能を推定するための支援ツールとして、推定対象橋梁に対して類似の構造パラメータを有する橋梁の試験結果を抽出する機能を付加した風洞試験データベースを作成
（道路橋耐風設計便覧に反映予定（H18））
- 大型車走行による橋梁の振動応答評価方法
 - ・大型車走行による橋梁の振動応答特性を把握するための、車両－橋梁連成系の解析モデルを作成
 - ・ジョイント部の振動軽減対策として、施工性や維持管理に配慮した床版構造の延長床版工法を提案（特許出願）（直轄国道現場試験施工（H17））
 - ・環境影響評価実施の際に適用されている道路交通振動予測式の適用性の検証（道路環境影響評価の技術手法に反映予定（H18））
- 路床の品質管理方法
 - ・設計交通量に応じた路床上面の許容圧縮ひずみにより、過去の供用実績に基づいた舗装の耐久性を担保する性能規定方法を提案（舗装設計便覧に反映（H18））
 - ・路床の施工・品質管理のための小型 FWD や急速平板載荷による現場試験法の提案（道路土工指針に反映予定（H19））

（6）プロジェクトリーダーの分析

長寿命化技術（舗装、トンネル）、性能評価方法（橋梁）、品質管理方法（路床）に関して、技術基準・指針等に反映して実務に活用できるような研究成果が得られており、当初の目標を概ね達成できたと考える。本研究成果に関して、多数の論文発表を行うとともに、関連する技術基準・指針等への反映、ガイドラインやマニュアルの作成などを進めている。今後、引き続き成果の普及に努めるとともに、本研究成果を活用して道路橋の部分係数設計法や舗装の信頼性に基づく理論設計法の開発等を進めていく予定である。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 成果の社会への還元があまり具体的でない。明示すべきである。
- (2) 成果の発表は意欲的に行って欲しい。
- (3) これまでの研究成果を踏まえ、現時点で性能規定の準備はどの程度進んでいると考えるか。

【対応】

- (1) 関連する技術基準等（舗装設計施工指針（H18）、舗装設計便覧（H18）、道路橋示方書（H20 予定）、道路橋耐風設計便覧（H18 予定）、道路土工指針（H19 予定）など）に反映したり、ガイドラインやマニュアルを作成して成果の普及を図ることにより、設計・施工の合理化による効率的な社会基盤整備に寄与するものと考えているが、こういった成果の社会還元について具体的にわかりやすく説明していきたい。
- (2) 本研究では147編（うち査読付き29編）の論文を発表しているが、今後とも積極的な成果の発表に努めていきたい。
- (3) 舗装については、既に技術基準類の性能規定化がなされており、本研究成果などにより性能規定型の発注を試行するための環境整備が進んできている。今後は、試行実績を蓄積して課題を明らかにするなどして、技術基準類の充実を図るための検討を進めることとなるもの

と考えている。橋梁については、性能規定化の考えを速やかに浸透させ意識改革を図ることを目標に、平成 13 年に第一段階の技術基準の改訂が行われている。現在、部分係数設計法の導入、検証法、みなし仕様の充実等、性能規定化をより完成されたものにするため第二段階の改訂作業が進められているところである。また、道路土工についても第一段階として必要とされる性能を明示した技術基準の改訂作業を行っている。一方、トンネルについての性能規定化は今後の課題となっている。

事後評価

10.1 舗装の長寿命化に関する研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①舗装の疲労抵抗性の評価方法の提案

達成状況

- ・車両重量調査の結果を解析し、交通量区分に応じた疲労破壊輪数を提案した。
- ・車両重量調査および新基準調査の結果を解析し、アスコン層の疲労ひび割れに関する破壊規準式を提案した。
- ・新基準調査およびモニター調査の結果を解析し、舗装の疲労破壊輪数をFWD（重錘落下式たわみ量測定装置）による路面たわみ量から推定する方法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②舗装の供用性の評価方法の提案

達成状況

- ・新基準調査の結果を解析し、路面のひび割れ率やわだち掘れ量を予測する方法を提案した。
- ・ヒアリング等による国内外の調査結果をもとに、舗装の供用性評価に必要な舗装の管理目標の基本的考え方等を整理した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③供用性データに基づくライフサイクルコスト評価方法の提案

達成状況

- ・ライフサイクルコスト（LCC）を構成する各要素の感度分析を行った結果、供用による路面の劣化に伴う車両走行費用がLCC全体に占める割合はごくわずかで、特に地方部であれば初期建設費と維持修繕費からLCCを簡便に求められることがわかり、より簡易で使いやすいLCC算定手法が提案できた。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

④疲労抵抗性と路面の性能の持続性に優れた舗装構造の提案

達成状況

- ・疲労抵抗性と路面の性能の持続性に優れた舗装構造として、等値換算厚さ（ T_A ）を増大させた舗装やコンポジット舗装を提案し、試験舗装によりその有効性が検証できた。さらに長期的な性能を確認するため、追跡調査を継続する予定。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①寺田，谷口，吉田：アスファルト舗装の路面性状に及ぼす影響，土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集 第 V 部，2002.9
- ②谷口，城戸，伊藤：コンポジット舗装のリフレクションクラック発生について，第 25 回日本道路会議論文集 舗装部門，2003.11
- ③谷口，伊藤，野村，阿部：舗装データベースを用いた供用性曲線作成手法に関する研究，土木学会舗装工学論文集 第 8 巻，2003.12
- ④寺田，吉村，坂本，伊藤：FWD によるアスファルト舗装の疲労破壊輪数の評価に関する検討，土木学会舗装工学論文集 第 10 巻，2005.12

他、上記論文を含め、国内で 8 編、海外で 2 編の論文を発表している。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

交通量区分に応じた疲労破壊輪数、アスコン層の疲労ひび割れに関する破壊規準式、舗装の疲労破壊輪数を FWD による路面たわみ量から推定する方法などは技術基準等に反映してきており、舗装の設計・施工の合理化が図られ、耐久性向上やライフサイクルコストの縮減に寄与するものと考えられる。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

本研究の成果は、「舗装の構造に関する技術基準」、「舗装設計施工指針」、「舗装性能評価法」、「舗装設計便覧」に反映されており、道路管理者も含めた道路技術者等に広く活用されている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

舗装の疲労抵抗性、供用性、およびライフサイクルコストの評価方法については、国土交通省（道路局、地方整備局）等と連携して社会・行政ニーズに対応した研究成果を出し、技術基準等への反映を行っており、当初の目標は概ね達成できたと考える。

疲労抵抗性と路面の性能の持続性に優れた舗装構造については、等値換算係数（ T_A ）を増大した舗装とコンポジット舗装を提案し、試験舗装によりその適用性を検証しているが、より長期的な性能を確認するため引き続き調査を行う予定である。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 成果の公表をもう少し具体的にすべき。
- (2) 都市部の LCC（ライフサイクルコスト）についてもとりまとめてほしい。
- (3) コンポジット舗装の評価方法を確立すべき。
- (4) 特に成果の普及については、技術的に大きな貢献を果たしたと高く評価できる。

【対応】

- (1) これまで（社）日本道路協会の図書への反映ということを中心に心掛けてきたが、より分かりやすい公表として、例えば舗装の設計法がどう変わったのか、それにより、社会がどう変わるのかを意識して公表していく。
- (2) とりあえず自信を持って出せるものとして、工事費などでおおよそ推定できる地方部の LCC を出した。都市部については、今後の課題として残されている。
- (3) 今回の成果はご指摘のとおり適用範囲はアスファルト舗装に限られる。今後、データを蓄積し、コンポジット舗装を含むセメントコンクリート系の舗装への展開を図っていきたい。

事後評価

10.7 橋梁の耐風安定性評価手法の開発に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

- ①耐風性能推定法の開発
(道路橋耐風設計便覧に反映することを目標)

達成状況

- ・ 本調査は、中長規模の橋梁に対して風洞試験を行わずに、風による振動性状を推定し耐風性を照査するための手法の開発を行うものである。
近年、普及しつつある合理化鋼少数主桁橋を対象として、二次元模型風洞試験と実橋における振動試験を行い、既存の研究結果との比較分析を踏まえ、構造諸元をパラメータとした振動発現時の風速・振幅の推定式、構造減衰の推定式及びこれらの推定式に基づく耐風性照査法を提案するとともに、設計実務への適用性を明らかにした。
また、橋梁（桁構造）の耐風性能をより詳細に推定するための支援ツールとして、過去に土研で実施した風洞試験結果（約 40 橋 700 ケース）を基に、推定対象橋梁に対して、類似の構造パラメータを有する橋梁データの抽出機能を付加した風洞試験データベースを作成した。

自己評価	研究への取り組み	適切
	目標の達成度	達成

(2) 主な発表論文

- ①村越、麓他：鋼少数桁の振動実験、土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集、2005.9
- ②麓、村越他：鋼少数主桁橋の耐風特性について、土木学会第 59 回年次学術講演会概要集、2004.9
- ③村越、麓他：鋼少数桁の振動実験、振動コロキウム、2003.9
- ④Murakoshi, Fumoto, et al.: Experimental Study on Aerodynamic Stability and Vibration Characteristics of Steel Two-girder bridges, Proc.of U.S.-Japan Panel on Wind & Seismic effects, UJNR, 2003.5 他、上記論文を含め、国内で 8 編、海外で 2 編の論文を発表している。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

鋼少数主桁橋の耐風性能推定手法については、道路橋耐風設計便覧改訂案（日本道路協会、H18 改訂予定）に反映させており、合理化橋梁の耐風設計における安全性の向上及び設計の合理化に寄与するものと考えられる。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

道路橋耐風設計便覧に成果を反映させることにより成果の普及が期待される。また、耐風性能推定手法の根拠資料等については土木研究所資料にとりまとめている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

近年、普及しつつある新たな構造形式の橋梁（合理化鋼少数主桁橋）について、風洞試験を行わずに簡便に耐風安定性を照査する手法を開発するとともに、既存の風洞試験結果を活用して耐風性能を推定するためのデータベースを作成しており、当初の目標を達成できたと考える。今後、研究成果を道路橋耐風設計便覧に反映させるなどして、普及を図っていく予定である。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 研究成果が、どのような社会的貢献をするのかをもう少し詳しく示して欲しい。
- (2) データベースを活用した推定法については検討不十分（対応型プログラムを開発する予定

であったと記憶している。)ではないか。

【対応】

- (1) 本研究で対象とした合理化鋼少数主桁橋については、近年、コスト縮減の観点から普及しつつあるが、長支間となった場合の耐風性については明らかにされておらず個別の橋毎に風洞試験等の検討が行われている。本研究では、同橋の耐風性能推定法を提案するものであり、「道路橋耐風設計便覧 (H18 改訂予定)」に反映させる予定である。これにより、同橋の耐風性能の確保に対する安全性向上及び照査の簡略化による設計合理化に貢献するものと考えている。
- (2) 耐風性の推定に当たっては、推定対象橋と類似断面の類似の程度が重要となるが、各種パラメータが影響するため、御指摘のとおり対応型プログラムにより精度良く推定するレベルには至っていない。ただし、耐風性に影響を与える構造パラメータを有する実験結果を抽出できる機能をデータベースに設けており、個別の橋の条件に応じた耐風性の概略推定に資するものと考えている。

事後評価

10.9 走行車両による橋梁振動の抑制手法に関する試験調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①大型車単独走行による橋梁の振動応答特性の解明

達成状況

・土研構内試験橋において走行試験を行い、大型車走行時の橋梁各部の振動性状を把握するとともに、車両－橋梁の連成系モデルによる振動シミュレーション解析を行い、振動性状を概ね推定できることを明らかにした。また、環境影響評価に適用されている道路交通振動予測式（土研提案式）について、学会提案式との精度比較を行い、現行予測式の適用性を確認した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②自動車サスペンションの差異による橋梁の交通振動の抑制効果の把握と耐荷性能への影響評価手法の提案

達成状況

・土研構内試験橋において走行試験を行い、サスペンションの差異による橋梁各部の振動抑制効果を把握するとともに、上記解析により振動特性の違いが橋梁部材の振動性状に与える影響を概略評価できることを確認した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 一部達成

達成目標

③橋梁ジョイント部の改良による新しい振動対策工法の提案

達成状況

・ジョイント部の振動軽減対策の一つである延長床版工法を対象として、活荷重載荷時の床版の挙動、構造安全性を FEM 解析により確認するとともに、その結果を踏まえ、かつ施工性や維持管理に配慮した床版構造の提案（特許出願）を行った。平成 17 年度には直轄国道事務所における現場試験施工前後の振動計測を行い、同工法による振動軽減効果を確認した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①長屋、村越、麓：延長床版長さに関する基礎検討、第 60 回土木学会年次学術講演会概要集、2005.9.
- ②長屋、村越、麓：走行車両による橋梁振動解析ツールに関する一考察、第 26 回日本道路会議論文集、2005.10.
- ③新井他：延長床版工法の新しい構造と設計法に関する研究、鋼構造年次論文報告集 第 11 巻、2003.11.

他、上記論文を含め、国内で 7 編の論文を発表している。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

延長床版工法については、直轄国道での現場試験施工が行われ軽減効果を確認しており、橋梁ジョイント部の振動軽減対策メニューの充実、橋梁の耐久性向上に寄与するものと考えられる。道路交通振動予測式に関する検討結果については、「道路環境影響評価の技術手法」（平成 18 年度改訂予定）における関連部分の根拠資料となるものであり、最新の知見を踏まえた環境影響評価の実施に資するものと考えられる。

(4) 特許等の取得

延長床版の構造に関して 4 件出願中、うち 2 件は審査請求段階。

(5) 成果の普及

延長床版工法については直轄国道における試験施工を実施している。また、国交省国土技術研究会、土研技術ショーケースにおける発表や論文等を通じて積極的に研究成果の普及に努めている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

車両走行時の橋梁の振動特性を把握するための車両－橋梁の連成系モデルを作成するとともに、環境影響評価に適用されている道路交通振動予測式の妥当性を明らかにし、また、橋梁ジョイント部の振動軽減対策として、施工性や維持管理に配慮した構造の延長床版工法を開発しており、概ね当初の目標を達成できたと考える。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 延長床版工法の振動軽減効果の程度を明確にすべきである。
- (2) サスペンションの差異による振動性状の違いが概略にしか評価できないとあるが、予測式の適用性、信頼性に関わるのではないか。

【対応】

- (1) 現地条件に依存するので一概には言えないが、試験結果によれば施工前後で相対的に数デシベル程度の振動軽減効果が得られており、十分な振動軽減効果が得られている。なお、振動については人の感覚に依存する面もあり、また、地盤や家屋の振動特性も関係することから、橋梁の振動軽減効果の目標を示すのは難しいと考えている。
- (2) 橋梁の振動特性を解析モデルにより完全に精緻に表現することは困難なため、概略評価できると記述している。交通振動の抑制効果の評価の観点に立てば、実務的には十分な精度で予測可能な解析モデルを構築できたと考えている。

11 社会資本ストックの健全度評価・補修技術に関する調査

事後評価

総括

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

- ① 構造物の健全度診断技術の開発
- ①-1 土木構造物の健全度評価のための非破壊検査・監視技術の開発
- ①-2 補修の必要性を判定するための損傷評価手法の開発

達成状況

・「**鋼構造物の劣化状況のモニタリング手法に関する調査**」では、モニタリングによる鋼橋の変状監視の可能性と適用限界を明らかにした。その結果として、現状ではモニタリングには適用限界があり目視点検が優位にあることが明らかになったが、将来的には、モニタリング技術の実務への活用例として、1) 変状確認後の恒久対策までの進展性の監視、2) 応力計測による耐荷力評価・対策効果確認、3) 活荷重計測、4) 特定橋梁のリアルタイム震害監視、5) 目視不可の部位の状態把握（超音波探傷等）などが考えられるので、モニタリング技術の適用対象、活用方法等を取りまとめた。

「**橋梁などの下部構造の健全度評価に関する研究**」では、橋梁の下部構造で要請が強い洗掘に対する健全度評価の開発を行った。洗掘による橋梁の被災事例の要因分析から、洗掘による耐力の低下度合いが大きいケーソン基礎と杭基礎を区分した健全度評価表を提案した。また、洗掘のおそれがある橋脚の洗掘推定式を提案し、将来予測の精度を高めた。これらの成果により、洗掘による被害を受ける橋梁の抽出精度を向上させた。今後は、洗掘を受けた基礎の保有耐力の評価方法を含めて、引き続き健全度評価手法の高度化の研究を進めていく予定である。

「**アースアンカーの健全度診断・補強方法に関する研究**」では、長年経過したグラウンドアンカーでは引張り材が腐食などの問題を抱えている場合があることを実態調査により確認するとともに、アンカー頭部背面の引張り材の健全度調査・診断に超音波探傷試験が適用可能であることを明らかにした。そして、点検や各種調査手法を組み合わせたアンカーの健全度診断手法を取りまとめた「**グラウンドアンカーの点検・健全性調査・補修マニュアル（案）**」を作成した。

以上のように、一部、モニタリングによる鋼橋の変状監視技術や洗掘を受けた基礎の保有耐力の評価方法など、当初の目的を達成できなかった部分があるが、おおむね目標を達成し、実務に役立つ有益な成果が得られた。

自己評価：研究への取り組み 適切
 目標の達成度 一部達成

達成目標

- ② 構造物の補修技術の開発
 - ②-1 コンクリート構造物の補修工法の開発
 - ②-2 既設舗装の低騒音・低振動性能の回復技術の開発
 - ②-3 劣化などを受けた構造物の補修技術の開発

達成状況

- ・「既設コンクリート構造物の補修技術の開発」では、コンクリート構造物のひび割れへの樹脂注入や、劣化部分を取り除いてコンクリートを打ち直す断面補修技術について、工法選定手法の提案を行った。今後は、樹脂や断面修復材の要求性能について試験方法も含めた検討を実施していきたいと考えている。

「舗装の低騒音・低振動機能の回復に関する研究」では、コストパフォーマンスを考慮した適切な排水性舗装の機能回復手法、ならびに、路床強化等に比べて小規模な工事で振動軽減効果の持続性を向上させることができる3種類の舗装技術の開発を行った。今後は、詰まりの原因となる塵埃を取り除く日常の清掃の効果などの機能維持の考え方も含めて、現場での実績を踏まえて効率よい運用方法を検討していく必要がある。

「既設トンネルの補修・補強技術の開発」では、変状が発生したトンネルに適用される補修工や補強工の開発を行った。具体的には、耐荷力の決まる破壊形態を押抜き載荷試験や覆工載荷実験によって明らかにし、設計に用いる耐荷力の評価方法を提案した。また、新材料を用いた新工法として、1) 覆工コンクリート片はく落防止の役目とともに対策実施後も覆工表面のひび割れが観察可能な補修工、2) 覆工が損傷して耐荷力が低下した覆工の内面に薄肉の補強工を施すことで耐荷力の向上を図る補強工を開発した。さらに、変状が発生したトンネルに作用する土圧の評価手法として、ひび割れの進展を考慮できるシミュレーション解析の適用可能性の目処を得た。

「鋼橋の塗替え塗装の高度化に関する研究」では、鋼橋の耐久性確保に不可欠な塗装に着目し、ライフサイクルコストや環境面で今後主流になると考えられる重防食塗装系（ふっ素樹脂塗料）を対象に、塗膜の耐久性に影響を及ぼす付着塩分の除去方法について検討し、現場での素地調整方法の提案を行った。今後さらに、現場施工管理データと長期的なパフォーマンスの検証データを蓄積しながら技術を確立していく必要がある。また、より耐久性の高い34種類の新規塗料を考案し、これらの防食性能や耐候性を評価して、可能性の高い新規塗料の目処を得た。さらに、塗替え時の素地調整による塗膜ダストの飛散を防止するため、塗着効率の良い塗装方法としてエアアシストエアレス塗装機の有効性を確認するとともに、塗膜をはく離剤で除去する前処理技術として、従来の塩化メチレンなどの人体に悪影響を及ぼす成分を含まない高級アルコール系のはく離剤の開発に成功した。

以上のように、ほぼ当初の目標を達成した。

自己評価 ：研究への取り組み	適切
目標の達成度	達成

達成目標

- ③ 構造物の維持管理システムの開発
- ③-1 コンクリート構造物の維持管理支援システムの開発
- ③-2 将来の維持管理を軽減する橋梁の戦略的維持管理手法の開発
- ③-3 将来の維持管理を軽減する舗装の戦略的維持管理手法の開発

達成状況

- ・「**コンクリート構造物の維持管理計画に関する研究**」では、非破壊試験を用いた健全度診断技術をコアとするコンクリート構造物群の維持管理計画策定手法の提案を行った。具体的には、自然電位法による鋼材の腐食確率推定、反発度法によるコンクリート強度推定の精度向上を図るとともに、これらの成果を合わせて、合理的にコンクリート構造物の定期点検等を行うための「非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル」を発刊した。また、この診断マニュアルとその支援ソフトを使用した維持管理戦略の立案例を示した。このうち、いくつかの個別の調査技術については、国土交通省の竣工時検査（テストハンマーを用いた強度推定調査）や維持管理指針（橋梁点検要領、H16年3月）に反映されるなど、有用な成果を得ることができた。

「**橋梁の健全度評価と維持管理システムの高度化に関する調査**」においては、管理者が管内の橋梁の維持管理計画を策定する際の意味決定の支援ツールとして、補修補強のシナリオに応じた将来の補修費用算出プログラムを作成した。また、実橋（橋梁点検データ）を対象に、補修補強対策のシナリオを与えた場合の補修費用の将来推移に関する試算を行い、予防保全による管理の有効性を確認した。さらに、交通条件や構造条件を基に既設鋼桁橋の疲労耐久性を概略評価する方法や、鋼部材の塗装劣化・腐食や床版のひび割れを対象とした補修の優先度策定手法の提案を行った。提案した手法では、ユーザーが補修対策のシナリオを条件設定し、シナリオに応じて評価期間内のライフサイクルコストを算出できるようにしており、シナリオ毎の費用比較により対策の優先順位の判断に資するものである。今後は、個別の劣化損傷に対する点検・診断・対策技術の検討を進めていく予定である。

「**舗装マネジメントシステムの実用化に関する研究**」では、道路管理者、道路利用者、沿道住民などの視点を考慮した舗装の管理目標ならびにライフサイクルコストについて、海外文献により管理目標の考え方を整理し、道路管理者、道路利用者等の視点からの管理目標の概念を明らかにするとともに、道路管理者、道路利用者等の視点を考慮したライフサイクルコストの算定方法を提案し、マニュアルにとりまとめた。ただし、具体的な管理目標値の設定や供用性曲線の精度向上等が今後

の課題として残された。

以上のように、舗装マネジメントシステムにおける具体的な管理目標値の設定など、今後継続的に研究すべき課題が残ったものの、ほぼ当初の目的を達成した。

自己評価	研究への取り組み	適切
	目標の達成度	達成

(2) 主な発表論文

- 1) 村越,麓,高木他：部材応力のモニタリングによる鋼橋の状態監視に関する基礎検討、土木技術資料 45-8、2003.8
- 2) 村越,麓,高木他：部材応力の長期計測による鋼橋モニタリングに関する基礎検討、日本鋼構造協会鋼構造論文、2004.1
- 3) 村越,麓,高木他：疲労損傷度モニタリングセンサーによる実橋モニタリング、土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集、2004.9
- 4) 村越、麓他：既設鋼桁橋の疲労損傷度評価法に関する検討、土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集、2004.9
- 5) 村越、能勢、麓他：FEM 解析による鋼桁橋の損傷が応力、変位に及ぼす影響に関する検討、土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集、2005.9
- 6) 建設省土木研究所：治水上から見た橋脚問題に関する検討、土木研究所資料第 3225 号、1993.11
- 7) 石田雅博、野々村佳哲、福井次郎、大塚雅裕：洗掘による道路橋基礎の被害実態とその対策、土木技術資料 Vol. 45, No. 8、2003. 8
- 8) 小野寺、井谷、大下：グラウンドアンカーのテンドンの健全性調査に関する基礎的試験、第 38 回地盤工学研究発表会、2003. 7
- 9) 小野寺、井谷、大下：グラウンドアンカーのテンドンの健全性調査に関する基礎的試験（その 2）、第 39 回地盤工学研究発表会、2004. 7
- 10) 小野寺他：アンカーの健全性調査、土木技術、Vol.60、No.8、2005.8
- 11) 片平博、河野広隆：各種断面補修工法の施工性・付着性および耐久性に関する研究、コンクリート工学年次論文集、第 25 巻、コンクリート工学協会、2003.7
- 12) 片平博、河野広隆：各種コンクリート用断面補修工法の施工性・付着性および耐久性に関する研究、土木技術資料、Vol.45、No.8、2003.8
- 13) 片平博、河野広隆：各種コンクリート断面補修工法の施工性、強度、耐久性に関する実験的検討、土木研究所資料、No.3925、2004.2
- 14) 渡辺博志、河野広隆、田中良樹：補修した P C 部材の耐荷性能に関する検討、コンクリートの補修、補強、アップグレードシンポジウム論文報告集、2001
- 15) 橋本、新田、吉田：路面性状からのタイヤ/路面騒音の予測に関する検討、土木学会舗

装工学講演論文集、第7巻、pp. 2-1~2-9、2002.12

- 16) 新田、伊藤、村越、新井：振動軽減型舗装の振動予測に関する検討、土木学会舗装工学講演論文集、第8巻、pp. 137~143、2003.12
- 17) 新田、吉田：排水性舗装の騒音低減機能の回復に関する一考察、第57回土木学会年次学術講演会講演集、pp.49~50、2002.9
- 18) 箱石安彦・石村利明・真下英人：変状が生じたトンネルの内面補強工、土木技術資料、VOL.46-NO.12、2004.12
- 19) 箱石安彦・石村利明・真下英人：トンネル覆工コンクリート剥落防止工、土木技術資料、VOL.46-NO.12、2004.12
- 20) 石村利明・真下英人・箱石安彦：既設トンネルのはく落防止対策工の耐力評価に関する一考察、土木学会トンネル工学報告集、第14巻、2004.11
- 21) Mashimo,H, Y.Hakoishi. and T.Ishimura :Experimental investigation of the effect of reinforcement of internal structure on loadbearing capacity of damaged tunnel linings, EUROCK 2004 & 53rd Geomechanics Colloquium, 2004.10
- 22) 田中和嗣・吉田正：鋼道路橋における塗装の実態調査、第25回鉄鋼塗装技術討論会論文集、pp.1-6、2002.10
- 23) 石松豊・山元弘：鋼橋塗替えの高度化に関する調査、建設施工と建設機械シンポジウム、pp.39-42、2005.11
- 24) 守屋進、臼井明、荒川伸彦：環境にやさしい鋼橋塗膜はく離剤の開発、第27回鉄構塗装技術討論会、pp.1-6、2004.10
- 25) 守屋進、臼井明、荒川伸彦：環境にやさしい鋼橋塗膜はく離剤の開発、第26回日本道路会議、論文番号14001、2005.10
- 26) H. Kawano, H. Watanabe, H. Koga: "Nationwide Survey on Soundness of Concrete Structures", 2001 Second International Conference on Engineering Materials, Vol.1, pp.93-100, 2001.7
- 27) 古賀裕久、河野広隆、渡辺博志、田中良樹：実構造物におけるコンクリートの中性化と塩化物イオンの分布形状に関する検討」、セメント・コンクリート論文集、No.57、pp.301-307、2004.2
- 28) 古賀裕久、河野広隆、渡辺博志：既存コンクリート構造物の実態調査と調査結果のデータベース化、コンクリートの耐久性データベースフォーマットに関するシンポジウム論文集、コンクリート技術シリーズのNo.46、pp.69-76、2002.12
- 29) 谷口聡ほか：舗装工事におけるプロジェクトレベルのLCC算定法に関する研究、舗装工学論文集、第7巻、pp.22-1~10、2002.12
- 30) 谷口聡：ヨーロッパの舗装管理システム、道路、第742巻、pp.72~76、2002.12
- 31) S. Taniguchi et al, 'Estimation of Work Zone User Cost Using Integration Curve', Third International Symposium on Maintenance and Rehabilitation of Pavements and Technological Control, Minho Univ., Guimaraes, Portugal, 2003.7

32) 谷口聡ほか：舗装の LCC における騒音費用の算定に関する基礎的研究、土木学会第 58 回年次学術講演会、2003.9
など合計 56 編

(3) 事業への貢献・社会への貢献

我が国が保有する道路橋はおよそ 14 万橋に達し、近い将来、大規模な更新の時期を迎えることが想定される。トンネルや各種コンクリート構造物についても、老朽化した構造物が増大する状況のなか、限られた公共投資のもとで効率的な維持管理を行う必要に迫られている。グラウンドアンカーについても、我が国に導入されて以来 40 年以上経過しており、これらの中には当時の施工技術や防食技術が未熟なものもあり、引張り材の腐食等に伴い、破断や頭部の飛び出しなどの問題も見られるようになってきている。舗装でも、最近施工実績が急増している排水性舗装の機能維持や舗装のライフサイクルコストの低減が求められている。

本研究で開発した各種構造物の健全度診断技術、補修技術、戦略的維持管理手法により、今後劣化が進行する膨大な量の社会資本ストックに対し、適切な時期に適切な補修を行うことによる構造物の延命化、補修・更新費用の最小化、ライフサイクルコストの最小化等が図れ、安全で供用性の高い社会資本ストックの効率的活用に貢献できる。

既に膨大なストックがある既設構造物を限られた予算の下で適切に維持管理していくためには、構造物の状態を的確かつ効率的に把握する健全度診断技術が不可欠である。本研究で開発した橋梁のモニタリング技術の活用方法、橋梁下部工の洗掘に対する健全度診断方法、アースアンカーの健全度診断方法等は、構造物の安全性の確認、補修・補強等の必要性の判断、補強方法の検討等に活用できる。

構造物の補修技術については、現在のところ各種補修工法の選定法や効果についての指標がなく、現場では対応に苦慮している。本研究で開発したコンクリート構造物のひび割れ注入や断面補修技術、低騒音舗装の劣化レベルに応じた効果的な機能回復方法、振動軽減型舗装技術、トンネルの変状発生原因に応じた効果・耐久性の高い補修・補強工法等により、症状に応じた工法の選定・設計法や補修材料に必要な性能が提示でき、全国の変状が発生している既設構造物の効率的かつ経済的な補修工事が可能となる。

構造物の戦略的な維持管理システムは、コンクリート構造物や道路橋および舗装等の社会資本ストックの老朽化が進み、財政的制約が大きい中で、適切な時期に適切な補修を行うことによる構造物の延命化、ライフサイクルコストの最小化、更新時期の平準化、補修・更新費用の最小化等を図るための支援ツールとして活用でき、安全で供用性の高い社会資本ストックの効率的活用に貢献できる。

(4) 特許等の取得

トンネルの補修工・補強工（特許出願済みが 6 件）、振動軽減舗装（特許出願済みが 2 件）、

鋼構造物の塗膜剥離剤及び剥離工法（特許出願済みが1件）など計9件。

（5）成果の普及

上記の成果の多くは、マニュアルにとりまとめて発刊し、講習会等を通じて普及を図っていくと同時に、以下のような関連する技術基準類への反映を図っていくことにしている。

『道路防災総点検要領〔豪雨・豪雪等〕（道路保全技術センター）』、『コンクリート標準示方書・基準編（土木学会）』、『コンクリートのひび割れ調査、補修、補強指針（コンクリート工学協会）』、『排水性舗装技術指針（案）（日本道路協会）』、『道路トンネル維持管理便覧（日本道路協会）』、『鋼道路橋塗装・防食便覧（日本道路協会）』、『改訂 鋼橋の付着塩分管理マニュアル（日本橋梁建設協会）』など

例えば、「非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル」は、土木研究所と日本構造物診断協会の共催で平成16年度から2回の講習会を実施しており、今後も継続的に普及活動を展開していく予定である。また、テストハンマーを用いたコンクリートの強度推定調査は、国土交通省の竣工時検査や維持管理指針（橋梁点検要領、H16年3月）に反映されている。また、トンネル補修・補強工法の一部は、既に新潟県中越地震でのトンネル復旧工事に採用されている。さらに、舗装のライフサイクルコストについては、マニュアル素案をとりまとめ、既に9地整11事務所で試行を実施している。

この他、『鋼道路橋塗装・防食便覧（日本道路協会、平成15年12月）』にも既に成果の一部が反映されており、『排水性舗装技術指針（案）（日本道路協会）』の改訂（H17）への反映も進めているところである。さらに、「グラウンドアンカーの点検・健全性調査・補修マニュアル（案）」についても、土木研究所とアンカー協会が共催する技術講習会等での普及が計画されている。

（6）プロジェクトリーダーの分析

- ・ 構造物の健全度診断技術については、一部、モニタリングによる鋼橋の変状監視技術や洗掘を受けた基礎の保有耐力の評価方法など、当初の目的を達成できなかった部分があるが、おおむね目標を達成し、実務に役立つ有益な成果が得られた。
- ・ 構造物の補修技術については、ほぼ当初の目標を達成した。
- ・ 構造物の維持管理システムについても、舗装マネジメントシステムにおける具体的な管理目標値の設定など、今後継続的に研究すべき課題が残ったものの、ほぼ当初の目的を達成した。

成果の発表、事業・社会への貢献、特許等の取得、成果の普及についても、上記のとおり、適切に取り組んでいる。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 鋼橋のモニタリング技術や洗掘を受けた橋梁基礎の保有耐力の評価法なども舗装マネジメントシステムと同様、今後継続して実施していくのかどうか明記すべきである。
- (2) 全体として十分に評価できる。
- (3) 意欲的な取り組みが多く、今後への展開を期待する。

【対応】

- (1) モニタリングによる鋼橋の監視技術については、活用方法のとりまとめを行ったので、今後必要に応じて成果の反映を図っていく予定である。また、洗掘を受けた橋梁基礎の保有耐力の評価については、個別の技術指導のなかで技術的蓄積を図っていくことにしている。これらを、新たな課題で対応していく舗装の管理目標とあわせて明記します。

事後評価

11.3 アースアンカーの健全度診断・補強方法に関する研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①アースアンカー、補強土壁工法の健全度診断技術および経済的かつ効果的な健全度評価手法の提案

達成状況

・本課題では、①アンカーの変状実態と被害事例調査、②健全度を非破壊で調査する技術の開発および適用性の検討、③経済的かつ効果的な健全度評価手法の検討、④アンカーの点検・対策要領の提案を行うこととしている。

実態調査では、年間800件以上の施工実績があり、年々増加してきていること。また、変状としては、アンカー頭部の遊離石灰の流出、頭部コンクリートの浮き上がり・突出・亀裂・落下、頭部の錆、反力構造物の劣化、アンカー引張り材の破断などがあった。

アンカー引張り材の損傷を頭部から非破壊で調査する手法としては、超音波探傷試験法に着目し、一連の室内試験および現場での調査を通じてその適用性について検討を行った。その結果、頭部から非破壊で頭部背面の引張り材の腐食等による損傷の検出が可能であることが確認された。また、長期間経過したアンカーを対象とした実現場での各種健全性調査を実施した。これらの試験の結果から長期間経過したアンカーの腐食等による問題が発生する前にアンカーの健全度を調査する手法を開発・検証することができた。

また、これらの結果を踏まえて、(社)日本アンカー協会との共同研究により、アンカーの点検・調査・補修マニュアル案を作成した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②アースアンカーの補修、補強の設計手法の提案

達成状況

・補修・補強事例の収集、長期間経過したアンカーの実現場での現状調査を行い、補修・補強の課題及び実現場に対応した対策の検討を行った。実アンカーの調査によると腐食・破断等の損傷まで至らなくても頭部周辺での防食機能が十分に期待出来ないアンカーも多数確認され、これらの補修等による延命対策の検討を行った。アンカーの健全度の判定・評価に当たっては、アンカーの変状要因関連図を整理し、この関連図に基づき健全度判定の考え方を新たに提案した。また、アンカーの維持管理を長期間にわたり効果的かつ効率的に実施するために、点検結果を維持管理用カルテとして記録保管する必要があり、各記録簿の様式案を作成した。なお、補修・補強対策としては、緊急・応急・恒久対策に分類し、アンカー頭部、頭部背面、テンドン、アンカー機能の部位についてとりまとめた。防

食技術については、通常の防錆油の再注入や頭部の部材の取り替えに加えて電気防食についても種類・適用性・調査・設計方法をとりまとめた。

これらの結果を、アンカーの点検・調査・補修マニュアル案に反映させた。

自己評価 ：研究への取り組み	適切
目標の達成度	達成

(2) 主な発表論文

- ①「グラウンドアンカーのテンドンの健全性調査に関する基礎的試験」(小野寺、井谷、大下：第38回地盤工学研究発表会、H15.7)
- ②「グラウンドアンカーのテンドンの健全性調査に関する基礎的試験(その2)」(小野寺、井谷、大下：第39回地盤工学研究発表会、H16.7)
- ③「アンカーの健全性調査」(小野寺他：土木技術、Vol.60、No.8、H17.8)

(3) 事業への貢献・社会への貢献

施工後長期間経過したアンカーの引張り材の腐食等により、引張り材の破断や引抜け等に伴うアンカー頭部の飛出し・落下等の問題が各地で見られており、時間の経過とともに今後更に続くことが予想される。これらに対して、アンカーの健全性を適切に評価し、問題のあるアンカーに対しては補修・補強等を行うことにより、上記の様な問題発生を低減することが可能と考えられる。また、老朽化したアンカーの延命化を図ることにより、将来の補修・更新等の費用の低減に寄与するものと考えられる。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

(社)日本アンカー協会と共同でアンカーの点検・調査・補修マニュアル案を作成し、今後印刷出版を考えている。このマニュアル案は、アンカー協会での技術講習会での活用や地盤工学会との共催のシンポジウムでの発表などが計画されており、これらを通じて、広く成果の普及が図られるものとする。

(6) プロジェクトリーダーの分析

- 1) アンカーの変状実態や被害事例の実態調査とその分析、
- 2) 健全度診断手法としての超音波探傷試験法の開発、
- 3) 補修・補強事例の収集とその分析や長期間経過したアンカーの実現場での健全性調査や補修・補強対策の検討を踏まえたアースアンカーの補修・補強法の提案を行い、これらの成果を「アンカーの点検・調査・補修マニュアル案」としてとりまとめて普及体制を整えており、達成目標を十分に達成し

ていると評価できる。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 補修・補強にも新しい研究を。
- (2) 早くマニュアルを世に問うべきである。
- (3) 貴重な成果の発表が、地盤分野の発表会に限定されているのは、少しもったいない気がする。

【対応】

- (1) 今回の研究課題では健全度診断が主体で、補修・補強については既存の技術の整理にとどまったが、今後他の課題で検討したい。
- (2) 現在、日本アンカー協会と最終の読み合わせ修正作業を実施しており、夏には出版し、10月の地盤工学会でのシンポジウムには配布したいと考えている。
- (3) 今後各種の場で発表を行うとともに、日本アンカー協会との報告書の普及促進を図りたいと考えている。

事後評価

11.8 鋼橋塗り替え処理技術の高度化に関する研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

- ①塗装下地処理が塗膜耐久性に及ぼす影響の解明
(先端技術)

達成状況

- ・鋼道路橋の塗替え実態を分析し、塗替え回数を重ねるたびに塗装の寿命が短くなる傾向にあり、下地処理の影響が大きいことを確認した。また、今後採用が増えていくであろう重防食塗装系（ふっ素樹脂）について、鋼材素地上の付着塩分量をパラメータとした塗膜耐久試験を行い、許容付着塩分量を検証した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

- ②グリーン調達及びトータルコストの観点から見た最適な下地処理品質の提案 (先端技術)

達成状況

- ・従来の一般仕様である A, a 塗装系と重防食仕様の Rc 塗装系（ふっ素樹脂）について、塗替え塗装における LCC（累計塗装費用）を試算し、一般的な環境では重防食仕様の Rc 塗装系の方が LCC が安価となることがわかった。また各種検証試験により、重防食仕様に適した下地品質を確保するための処理手法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

- ③塗り重ね回数を低減できる新規塗料の耐久性評価
(新材料)

達成状況

- ・塗り重ね回数を削減するなどして塗装費の削減を目指して考案・試作された 34 種類の新規塗料について、防食性能の評価を複合サイクル試験（JIS 式と土研式）と暴露試験（つくば、沖縄）により実施した。耐候性の評価を促進耐候性試験（キセノンランプ法）と暴露試験により実施した。比較塗装系（重防食塗装系）と同程度の防食性を有した塗装系は 1/3 程度、同程度の耐候性を示した塗装系は 3/4 程度であった。長期耐久性は継続調査予定

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

- ④塗着効率の良い塗装方法の適用性の評価
(新材料)

達成状況

- ・現場塗装において、スプレー塗装機を用いると塗料ミストの飛散による周辺の汚染と塗料のロスが大きい。このため、塗料ミストの飛散とロスを少なくしたエアアシストエアレス塗装機が開発された。この塗装機の実用性を実大桁への試験塗装で評価した。その結果、塗装作業性に問題なく、塗着効率も良いことを明らかとした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

- ⑤塗替え塗装時の下地処理品質確保手法の開発
(新材料共同研究)

達成状況

- ・塗替え塗装時の下地処理品質を確保する方法として、塗膜はく離剤により鉛・クロムなどの有害物質を含む塗膜を飛散させずに確実に除去する手法を検討した。塩化メチレンなど人体に有害な成分を含まない高級アルコール系溶剤を用いた塗膜はく離剤の開発に成功し、その効果を検証した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

- ⑥塗り重ね回数を低減し塗装コストを削減できる新規塗料の開発 (新材料共同研究)

達成状況

- ・塗り重ね回数を削減するなどして塗装費の削減(重防食塗装系に対して約65~96.3%)を目指した、重防食塗装系と同程度の耐久性が期待される新規塗装系34種類を考案・試作した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

- ⑦塗着効率の良い塗装方法の開発
(新材料共同研究)

達成状況

・塗料ミストの飛散とロスを少なくしたエアアシストエアレス塗装機を開発に成功した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①田中和嗣、吉田正：「鋼道路橋における塗装の実態調査」、第 25 回鉄鋼塗装技術討論会、pp.1-6、2002.10.
- ②石松豊、山元弘：「鋼橋塗替えの高度化に関する調査」、建設施工と建設機械シンポジウム、pp.39-42、2005.11. 他 4 件
- ③守屋進、臼井明、荒川伸彦：「環境にやさしい鋼橋塗膜はく離剤の開発」、第 27 回鉄構塗装技術討論会、pp.1-6、2004.10.
- ④守屋進、臼井明、荒川伸彦：「環境にやさしい鋼橋塗膜はく離剤の開発」、第 26 回日本道路会議、論文番号 14001、2005.10. 他 1 件

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究にて提案した下地処理手法を実施し、重防食塗装系（ふっ素樹脂）で塗替えを行うことにより、鋼道路橋の維持管理費用の縮減できることを示した。

塗り重ね回数を低減できる新規塗料の開発と塗着効率の良い塗装方法の開発により鋼橋塗装のライフサイクルコストの削減を可能とした。また、塗替え塗装時の下地処理品質確保手法として環境にやさしい塗膜はく離剤の開発により鋼橋塗装の環境負荷（塗膜ダストの飛散や塗料ミストの飛散）の低減に貢献した。

(4) 特許等の取得

特願 2004-243961：鋼構造物の塗膜剥離剤及び剥離工法、特願 2003-159213：厚膜形無機ジンクリッチペイントおよびそれを用いた複層塗膜形成法

(5) 成果の普及

鋼道路橋塗装・防食便覧（日本道路協会、平成 17 年 12 月）に成果の一部を反映

(6) プロジェクトリーダーの分析

鋼橋塗替え塗装における、下地処理（素地調整）手法および品質確保、塗料および塗装方法について検討し、新しい提案を行った。これらは、環境負荷を低減し、ライフサイクルでの維持管理コスト縮減に大きく寄与するものであり、維持管理の効率化の目標を達するものである。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 土木と化学の融合分野としてさらに推進してほしい。
- (2) もっと積極的に発表する方が良い。
- (3) 塗装分野に限定せず、ユーザーである鋼橋分野での成果発表も必要ではないか。
- (4) 最適な塗装方法を選択可能になったと考えてよいか。

【対応】

- (1) 御指摘のとおり、塗料・防食の研究では、塗膜と金属の相互作用を扱うことから、化学的視点からの検討が必要になると認識しています。土研には化学に関する専門知識を有する研究職員もいるので、その専門性を活かすと共に土木と融合させることにより、塗料・防食技術の高度化を図る所存です。
- (2) 長期耐久性試験など、完了していない研究項目もあるので、これらの検討結果を含めて、今後、より積極的に成果公表を図ります。
- (3) 鋼橋分野での発表も一部行っておりますが、長期耐久性試験など、完了していない研究項目もあるので、これらの検討結果を含めて、今後、より積極的に成果公表を図ります。
- (4) 大面積の塗り替えにあたっては、本研究で開発・評価した塗着効率の良い塗装方法の採用により、より効率的かつ環境への影響の少ない塗装が可能となったと考えています。

12 新材料・未利用材料・リサイクル材を用いた社会資本整備に関する研究

事後評価

総括

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①高強度鉄筋、FRP などの土木構造物への利用技術の開発

達成状況

- ・引張強度が 1200N/mm² までの高強度せん断補強鉄筋を用いた鉄筋コンクリート部材のせん断耐荷性能の算定方法を明らかにした。
- ・高強度せん断補強鉄筋を用いた鉄筋コンクリート部材のせん断耐荷性能の設計方法ならびに、構造細目である最小曲げ内半径を示した。
- ・FRP 材料は既設道路橋に添架する側道橋や海塩飛沫の影響を受ける地域での歩道橋へ適用するのが適当との提案を行った。
- ・FRP 歩道橋の設計は、活荷重たわみ制限の緩和や座屈照査方法の変更により、道路橋示方書の鋼橋設計法に準拠できることを提案した。
- ・主桁部材の経済性を確保するため、既存設備で成形可能な小断面部材をビルトアップする方法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②規格外骨材などの未利用材料、有機質廃棄物の利用技術の開発【建設廃棄物のリサイクル技術の開発】

達成状況

- ・再生骨材について新たに開発した試験法を用いて再生骨材の凍結融解抵抗性を評価するための評価基準（案）を示した。
- ・再生骨材の製造方法や、コンクリート配合上の工夫によって、凍結融解抵抗性を向上させる方法について検討を行ったが、実用的な範囲の工夫では改善困難であることが分かった。
- ・草木に蒸煮爆砕を施し下水汚泥と混合メタン発酵することにより木質から効果的にメタンガスを生産する技術を開発した。
- ・草木からの有機酸生産の可能性・実現性が大きいとの成果が得られた。
- ・木質に爆砕処理を施し下水汚泥を混合してコンポスト化した結果、緑化や園芸資材としてのピートモス代替品と成り得る成果を得た。
- ・街路樹管理由来の枝材をチップ化・摩砕処理したものと下水汚泥との混合・脱水性を調べた結果、下水汚泥の脱水が大幅に改善される成果を得た。
- ・下水処理場を核とした有機質廃材の地域的な資源化・リサイクルシステムの構築に必要な

な技術メニューについて有用な技術情報を提供できる成果を得た。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③他産業廃棄物のリサイクル技術とリサイクル材利用技術の開発

達成状況

- ・他産業リサイクル材料を種別と適用用途の組み合わせで分類し、それぞれのケース毎に、材料の品質基準と環境安全性の評価方法を示した。
- ・視認性向上機能を期待しない場合、期待する場合のアスファルト舗装へのガラスカレット混入率を明らかにした。
- ・ブロック系舗装については、ブロック表面の骨材を 100%ガラスカレットに置換することが可能であることを明らかにした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①渡辺博志、森濱和正、中村英佑、椎名貴快：高強度せん断補強鉄筋を用いた RC 梁のせん断補強効果に関する検討、土木研究所資料第 3968 号
- ②上林他，FRP 歩道橋の主桁部材設計法に関する検討、第 2 回 FRP 橋梁に関するシンポジウム論文集、pp.131-137, 2006.1.
- ③再生骨材の簡易凍結融解試験法の提案、コンクリート工学年次論文集コンクリート工学年次論文集、Vol.27、pp.1351-1356、2005.6
- ④落修一、南山瑞彦、鈴木穰、越智崇、「木質に蒸煮・爆砕を施すことによる木質と下水汚泥との混合・嫌気性消化法に関する研究」、下水道協会誌、Vol. 41、No. 498、(2004)
- ⑤明嵐政司、「建設事業における他産業リサイクル材料利用に関する経済学的観点からの検討」、土木技術資料第 48 巻第七号 (平成 18 年 7 月発行予定)
- ⑥伊藤：建設・産業副産物の地盤工学的有効利用 2 道路での使用、土と基礎、pp.47-50、2005.4

上記を含めて計 46 編 (うち 10 編査読付き) を発表。上記ゴシックは査読付き。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

達成目標①:高強度せん断補強鉄筋の利用により施工効率と耐震性能を同時に向上させることが可能であり、効率的で安全な社会資本の整備に貢献。

達成目標①：FRP の採用により架設費用の軽減や施工の迅速化を図ること、防食対策にかかる費用を軽減することが可能となり社会資本整備のコスト縮減に貢献。

達成目標②：新しい試験法を適用することで、迅速かつ簡易に再生骨材含有コンクリート品

質を評価することが可能となり、社会資本整備に当たり資源の有効利用、ゼロエミッションに貢献。

達成目標②：下水汚泥を利用した有機質廃材の資源化などでは、酸発酵を除いて、直ちに実用化が可能であり、地域におけるバイオマスの資源化・循環利用が可能となり、社会資本整備に当たり資源の有効利用、循環型社会形成に貢献。

達成目標③：他産業リサイクル材料を有効利用することにより、社会資本整備に当たり資源の有効利用、循環型社会形成に貢献。

(4) 特許等の取得

H16.7.15 特許出願「再生骨材の凍結融解試験法」、 「バイオガス資源回収方法」(特許第3694744号)

(5) 成果の普及

達成目標①：高強度鉄筋については、今後、道路橋示方書の改訂時に、今回提案した照査方法を反映させることにより成果の普及を行う。

達成目標①：FRP については、既設道路に添架する側道橋については、実橋を対象とした歩道橋の試設計を行っており、引き続き成果の普及を図る。また、海塩飛沫の影響を受ける地域の歩道橋についても成果の普及を図る。

達成目標②：再生骨材の評価試験法は「電力施設解体コンクリートを用いた再生骨材コンクリートの設計施工指針(案)」(土木学会)の資料編に掲載され、普及がはかられている。今後、JIS 等への反映を目指す。

達成目標②：下水汚泥を利用した有機質廃材の資源化などにおいては、関連するセミナーやシンポジウム等を通じて普及に努める。

達成目標③：「建設工事における他産業リサイクル材料利用技術マニュアル」を出版した。マニュアルを普及させるため、国土交通省・関係業界団体の協力を得ることで合意。

達成目標③：舗装に関しては「他産業リサイクル材利用技術マニュアル」に反映するとともに、「舗装再生便覧(社)日本道路協会」に途中成果を反映済みであり、普及がはかられている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

ごく一部の目標が達成できなかった課題もあるが、全般的には適切に研究は行われたと評価される。成果についても計46編(うち査読付き10編)が論文発表されるとともに、3冊のマニュアル・指針が出版され、成果の普及も行われ、社会資本の整備に貢献している。ただし、今後、課題によってはさらなる普及の努力が必要である。本研究により担当者1名が学位を得たことも成果の一つである。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 全体として研究成果は十分評価できる。
- (2) 成果発表にもっと積極的であってほしい。
- (3) FRPの利用について、原料にリサイクル材を用いると普及しやすいと考えられる。
- (4) 個別課題評価で指摘したことを除いて、他プロジェクトに比べ成果発表がかなり少ないことが目に付きます（46編すべてを記載とは言いませんが）。

【対応】

- (2) 研究成果が十分発表されていない課題については、今後、海外発表なども含め、努力する。
- (3) FRPの主原料は、ガラス繊維、炭素繊維および樹脂であり、いずれも新材である。

現在、リサイクル材を用いたFRPの研究は殆ど行われておらず、また、原料にリサイクル材を採用する可能性も当面はあまりないと認識している。しかし、将来の技術としてはあり得るアイデアであると思われるので、今後の研究で可能性を探ってみたい。

一方、使用が終わったFRPのリサイクルについては、業界でも熱心に検討しており、土木構造用FRPについても再利用の方法を十分に検討する必要があると考えている。さらに、FRPを構造材料に用いた場合の環境負荷の面からの効果（二酸化炭素消費量や

エネルギー消費量などの削減) の評価が、普及に役立つ可能性があると考えられ、普及を進めるにあたり検討を図りたいと考えている。

(4) 総括に記載した発表論文は、主な論文という観点から各個別課題 1 編に記載した。今後は全論文を記載するようにしたい。

事後評価

12.2 FRPの道路構造物への適用に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①既存橋梁形式を踏まえた FRP 材料の歩道橋への適用方法の提案

達成状況

・FRP 材料の歩道橋への適用方法について検討を行った結果、既設道路橋に添架する側道橋や海塩飛沫の影響を受ける地域での歩道橋へ適用することを提案した。本課題では、この様な観点から、鉸桁形式 FRP 歩道橋の添架側道橋としての適用性を確認するため実橋梁を事例とした試設計を行うと共に、土木研究所つくば曝露試験場に実大試験橋を製作した。FRP 材料の歩道橋への適用方法について検討を行った結果、既設道路橋に添架する側道橋や海塩飛沫の影響を受ける地域での歩道橋へ適用することを提案した。本課題では、この様な観点から、鉸桁形式 FRP 歩道橋の添架側道橋としての適用性を確認するため実橋梁を事例とした試設計を行うと共に、土木研究所つくば曝露試験場に実大試験橋を製作した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②FRP 材料を適用した歩道橋の力学特性の解明（接合方法の検討、全体構造の検討）

達成状況

・FRP 歩道橋の設計は、活荷重たわみ制限の緩和や座屈照査方法の変更により、道路橋示方書の鋼橋設計法に準拠できることを示した。なお、提案した設計法に基づく鉸桁形式 FRP 歩道橋（土木研究所つくば曝露試験場に設置）を FEM 解析により検討した結果、主桁部材や床版に強度や座屈の問題が生じないことを明らかにした。また、橋梁に適用する接合形式としてボルト接合（支圧形式、摩擦形式、ボルトー接着併用形式）を取り上げて実験的に検討した結果、接合強度の向上には摩擦形式やボルトー接着併用形式とするのが妥当であり、ボルト軸力が接合強度に及ぼす効果は鋼材以上に大きくなることを明らかにした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③構造物としての利用性の評価（部材の経済性評価、全体構造の経済性評価）

達成状況

・歩道橋の利用性を評価するため、活荷重たわみ制限の異なる歩道橋に対して振動加速度応答解析を行った。その結果、活荷重たわみ制限が L/300 や L/400 の橋梁については、振動

加速度が許容値以下となることを確認した。道路橋示方書では活荷重たわみ制限を $L/600$ としているが、これを $L/300$ や $L/400$ まで緩和できると判断された。また、主桁部材の経済性を確保するため、既存設備で成形可能な小断面部材をビルトアップする方法を提案した。ビルトアップ主桁部材は、接着面の接合が十分であれば、一体成形部材と同等に扱うことが可能であると判断された。しかし、ビルトアップ主桁部材の経済性はスパン長 20m 程度が限界であるため、FRP 歩道橋のコスト低減にあたっては、スパン長や橋梁形式と対応付けた評価が必要であると認識された。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ① 独立行政法人土木研究所他，FRP を用いた橋梁の設計技術に関する共同研究報告書（I）－ビルトアップ法による FRP 歩道橋設計に関する検討，2005.12
- ② 上林他，FRP 歩道橋の主桁部材設計法に関する実験的検討，第 60 回土木学会年次学術講演会，2005.9
- ③ 宮永他，ビルトアップ FRP 橋梁主桁の構造設計と解析，第 50 回 FRP CON-EX 2005 講演要旨集，pp.67-69，2005.9
- ④ 平山他，ビルトアップ FRP 橋梁主桁の構造設計と FEM 解析，FRP の橋梁への適用に関する国際コロキウム／第 2 回 FRP 橋梁に関するシンポジウム，pp.139-142，2006.1
- ⑤ 木嶋他，FRP ボルト接合における軸力の効果に関する実験的検討，第 59 回土木学会年次学術講演会，2004.9
- ⑥ 木嶋，FRP ボルト－接着併用接合における軸力の効果に関する実験的検討，第 60 回土木学会年次学術講演会，2005.9
- ⑦ 上林他，GFRP の橋梁主桁設計に関する研究，土木学会論文集（投稿中）
- ⑧ 上林他，FRP 歩道橋の主桁部材設計法に関する検討、第 2 回 FRP 橋梁に関するシンポジウム論文集、pp.131-137, 2006.1

上記を含め計 16 編（うち 4 編査読付き）を発表。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

既設道路に添架する側道橋については、軽量性に優れた FRP を部材とすることにより、架設費用の軽減や施工の迅速化を図ることが可能である。また、海塩飛沫の影響を受ける地域の歩道橋については、耐食性に優れた FRP を部材とすることにより、防食対策にかかる費用を軽減することが可能である。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

既設道路に添架する側道橋については、実橋を対象とした歩道橋の試設計を行っており、本結果を用いて成果の普及を図っていききたい。また、海塩飛沫の影響を受ける地域の歩道橋については、鉸桁形式 FRP 歩道橋の設計が本課題で可能となったため、本結果を用いて成果の普及を図っていききたい。

(6) プロジェクトリーダーの分析

添架側道歩道橋・耐塩害性に優れた歩道橋など、FRP を用いた歩道橋の適用方法の提案、FRP を適用した歩道橋の設計方法の提案、また構造物の利用性に関する検討を行うなど、FRP の適用方法を提案すると共に、接合構造の長期耐久性などの解決すべき課題も明らかとなったことから、当初の目標を満たす成果を得ることができた。また、論文発表も多数行われおり、適切である。今後は実際の設計・施工に反映させるなど成果の普及に努める必要がある。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 具体的な取り組みへ未だ課題が残されている。重要な課題であるので少し長期的な視点が必要。
- (2) 普及への取り組みを強化していただけるとよい。
- (3) FRP部材の製造技術・設備は整っていると考えてよいか。長い部材となるのでどうか。
- (4) ビルトアップによる断面構成法については、今後のさらなる検討が不可欠である。

【対応】

- (1) 具体的な歩道橋を対象とした試設計を行っているので、発注者への働きかけを進めます。興味を持つ橋梁設計者が増えるよう、学会を中心とした委員会活動等の、長期的な取り組みも行っていく。また、成果の普及をより図るために、主要成果の学术论文や報告書としての公表をさらに進めるとともに、設計マニュアル等の整備も図る。
- (2) 具体的な歩道橋を対象とした試設計を行っているので、発注者への働きかけを進めます。興味を持つ橋梁設計者が増えるよう、学会を中心とした委員会活動等の、長期的な取り組みも行っていく。また、成果の普及をより図るために、主要成果の学术论文や報告書としての公表をさらに進めるとともに、設計マニュアル等の整備も図る。
- (3) 長い部材となることに関しては、国内の製造技術・設備で十分に対応が可能と考えている。
- (4) 御指摘のとおり、ビルトアップ法については実績が少ない手法であることから、特に接合部分の長期的な挙動を始めとして、いくつかの検討すべき課題が残されていると認識している。今後、これらの課題についてさらに取り組みたい。

事後評価

12.3 再生骨材・未利用骨材の有効利用技術の開発

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①再生骨材、規格外骨材がコンクリートの性能に及ぼす影響の解明

達成状況

- 再生骨材ならびに規格外骨材を用いたコンクリートの性能に関する実験的検討を実施し、
- ・再生骨材がコンクリートに与える影響としては、フレッシュ性状や強度に与える影響は小さいが、凍結融解抵抗性については、再生骨材によって大きな影響が出ることを突き止めた。
 - ・規格外骨材の利用については、粗骨材の種類によって、これを用いたコンクリートの耐久性に大きな影響が生じうることを明らかにした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②再生骨材を実際に使用する場合の品質評価規準案の提案

達成状況

③で提案した試験法を用いて再生骨材の凍結融解抵抗性を評価するための評価基準（案）を示した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③再生骨材、規格外骨材を実際に有効利用するための要素技術の開発・提示

達成状況

- ・再生骨材の製造方法や、再生骨材コンクリート製造時の配合上の工夫によって、凍結融解抵抗性を向上させる方法について検討を行ったが、実用的な範囲の工夫では改善困難であることが分かった。
- ・再生骨材の凍結融解抵抗性を簡易に評価することのできる試験法を新たに提案した。
- ・規格外骨材の凍結融解抵抗性を評価するための新たな評価試験法の開発が今後の課題となった。

自己評価：研究への取り組み やや不十分
目標の達成度 一部達成

(2) 主な発表論文

①原コンクリートと再生骨材コンクリートの凍結融解耐久性の比較、土木学会年次学術講演

会講演概要集、Vol.60、No.5、pp.773-774、2005.9

②再生骨材の簡易凍結融解試験法の提案、コンクリート工学年次論文集コンクリート工学年次論文集、Vol.27、pp.1351-1356、2005.6

上記を含めて、10編（うち2編査読付き）発表。

（3）事業への貢献・社会への貢献

現在、再生骨材のJIS化が進められているが、現状では凍結融解作用を受けない部位に使用するか、凍結融解抵抗性をコンクリートによる試験により検証する必要があったが、本研究成果である新しい試験法を適用することで、迅速かつ簡易に評価することが可能となり、再生骨材の普及に大きく貢献できる。

（4）特許等の取得

H16.7.15 特許出願「再生骨材の凍結融解試験法」

（5）成果の普及

・本研究成果は学会等への6本の論文発表（発表予定を含む）などにより、積極的に普及活動を行っている。

・再生骨材の評価試験法は「電力施設解体コンクリートを用いた再生骨材コンクリートの設計施工指針（案）」（土木学会）の資料編に掲載された。今後、JIS等への反映を目指す。

（6）プロジェクトリーダーの分析

・再生骨材については、凍結融解抵抗性に影響する要因が解明でき、また、再生骨材含有コンクリートの新しい試験方法が開発でき、ほぼ目標は達成した。また、試験方法は「指針」にも反映され、成果の普及も適切に行われている。規格外骨材については十分な成果が得られなかったが、耐久性の判断には長時間要することなどを勘案すると致し方ないと判断される。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	

	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	
--	---------------------------	--

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 具体的な使用方法を示すべきである。
- (2) 海外での発表もほしい。
- (3) JIS の最盛骨材の分類 H, M, L と本研究成果の関係を明確にしてほしい。
- (4) 成果の発表は、2 編のみの記載では判断できない。
- (5) 成果の普及については、JIS 化が可能であるならば早急に進めるべきである。

【対応】

- (1) 当面は、 24N/mm^2 クラスの RC 部材への適用を念頭に置いているが、そのあたりがもう少し明確になるよう工夫したい。
- (2) 海外に向けての論文発表にも力を注ぎたい。
- (3) 本研究で対象としている再生骨材は M 品を対象としたものである。今後、再生骨材の JIS 規格制定状況をふまえ、M 品に関する規定に盛り込まれるよう努力したい。
- (4) 評価シートには、主な発表ということで既発表で最新のものを 2 編記載したが、その他 8 編の発表も行っているなので、今後は全編を記載するようにしたい。
- (5) 次回改訂のタイミング等を見計らって成果を反映させるよう努力する。

事後評価

12.4 下水汚泥を活用した有機質廃材の資源化・リサイクル技術に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①草木から下水処理のエネルギー源のためのバイオガスを生産する発酵技術の開発

達成状況

・草木、特に木質材に蒸煮爆砕を施し下水汚泥と混合メタン発酵することにより木質から効果的にメタンガス（バイオガス）を生産する技術を開発した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②草木から下水処理に用いる有機酸を生産する発酵技術の開発

達成状況

・草木からの有機酸生産に関する実験研究を重ね、その可能性・実現性が大きいとの成果が得られた。今後は、それを安定的に維持するための確実な制御因子を特定する必要がある。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 一部達成

達成目標

③草木を緑化資材とする加工・発酵技術の開発

達成状況

・木質材からピートモスの代替材を得るために、木質に爆砕処理を施し下水汚泥を混合してコンポスト化した結果、爆砕物に含まれる植物の発芽・生育阻害物質を分解・除去することができ、緑化や園芸資材としてのピートモス代替品と成り得る成果を得た。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

④草木を下水汚泥の脱水助材に用いる加工・改質技術の開発

達成状況

・下水汚泥の脱水助材とするために、都市部で入手しやすい街路樹管理由来の枝材について、そのチップ化・摩砕処理したものと下水汚泥との混合・脱水性を調べた結果、下水汚泥の脱水が大幅に改善される成果を得た。今後は、木質の改質のレベルを定量的に示す必要がある。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 一部達成

達成目標

⑤下水処理場を核とした有機質廃材の地域的な資源化・リサイクルシステムの提案

達成状況

・本調査研究は、下水処理場を核とした有機質廃材の地域的な資源化・リサイクルシステムの構築に必要な技術メニューを整備することを主眼に実施され、草木との混合メタン発酵や、草木を緑化資材や脱水助材とする有用な技術情報を提供できる成果を得た。当所はこの資源化・リサイクルシステムをこれまでに強く提案してきているものであり、新エネルギーとしてバイオマス分野が注目を集めるなど、徐々に下水処理場を核としたリサイクルシステムについて実現の兆しが出てきている。今後は、本成果がさらにこのシステムの実現を支援して行くものと期待できる。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①落修一、南山瑞彦、鈴木穰、越智崇、「木質に蒸煮・爆砕を施すことによる木質と下水汚泥との混合・嫌気性消化法に関する研究」、下水道協会誌、Vol.41、No.498、(2004)
- ②庄司仁、落修一、尾崎正明：「下水汚泥の緑農地利用を目的とした好気性消化法に関する研究」環境工学研究論文集 Vol.42、pp529-538、2005

(3) 事業への貢献・社会への貢献

草木との混合メタン発酵や、草木を緑化資材や脱水助材とする成果は、直ちに実用化が可能であり、地域におけるバイオマスの資源化・循環利用に貢献するものと思われる。

(4) 特許等の取得

バイオガス資源回収方法（特許第3694744号）

(5) 成果の普及

得られた成果は、学会や情報誌、専門誌等を通じて機会ある毎に報告してきた。今後とも、所内プログラムを初め、関連するセミナーやシンポジウム等を通じて普及に努めるとともに、本省との連携を図り下水道管理者である自治体に働きかけていきたい。

(6) プロジェクトリーダーの分析

草木からの有機酸生産を安定的に維持するための確実な制御因子を特定するまでには至らなかった、下水汚泥の脱水助材では木質の改質のレベルを定量的に示すことはできなかったなど、ごく一部未達成の部分もあるが、特許取得など全体的な成果から判断すると、目標は達成

できたと評価する。論文発表も多数行われ、成果の発表は適切である。今後は成果の普及に努める必要がある。また、本研究により担当者1名が博士(工)の学位を得たことは特筆される。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆ ☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) もう少し下水汚泥の利点を明確にすべきである。
- (2) 今後、研究成果を実証するプラント整備計画はどうなっているか

【対応】

- (1) 「下水汚泥は多様な微生物群と豊富な無機成分を含むことから草木系バイオマスの生物学的な加工や改質に貢献できる」、すなわち、微生物資源としての活用性を広げるために立ち上げた研究課題であり、その有効性については、対外的にも機会あるごとに説明し、紹介しているところである。
- (2) 国土交通省は、本研究課題の実用版ともいえる「資源のみち」委員会を立ち上げ、今後、社会実験を通じて実用、普及に取り組むこととしており、当所はそれを支援し、本開発技術の実用化、普及を図っていくものである。

事後評価

12.5 他産業リサイクル利用技術に関する研究

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①他産業リサイクル材の種別、適用用途ごとの評価方法の提案

達成状況

・既存発表文献や独自のヒアリング調査によって、他産業リサイクル材料の種別と適用用途の組み合わせとして 58 ケースに分類した。それぞれのケース毎に、材料の品質基準と環境安全性の評価方法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②他産業リサイクル材の種別、適用用途ごとの適用可能性の評価と適用方法の提案

達成状況

・他産業リサイクル材料の種別と適用用途の組み合わせ 58 ケースに係わる課題をとりまとめて、その適用を「利用技術マニュアル」（一般の建設工事に適用可能）・「試験施工マニュアル」（試験施工に限定した適用が可能）・「今後の検討を待つ材料」（さらなる研究開発が必要な材料）に分類し、提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③「公共事業における他産業リサイクル材の評価・技術マニュアル」のとりまとめ

達成状況

・研究成果は、「建設工事における他産業リサイクル材料利用技術マニュアル；(独) 土木研究所編著、(株)大成出版発行、2006 年 4 月 10 日発行」として、とりまとめた。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①明嵐政司、「建設事業における他産業リサイクル材料利用に関する経済学的観点からの検討」、土木技術資料第 48 巻第七号（平成 18 年 7 月発行予定）
- ②明嵐政司、「貝殻を骨材としたセメントモルタル試験による新たなリサイクル技術に関する検討（仮題）」、月刊セメント・コンクリート（(社)セメント協会、時期未定）
- ③明嵐政司、三木博史、「他産業リサイクル材利用技術マニュアル（案）」、PIARC「ローカル材料と産業廃棄物の土工分野への有効利用に関する国際ワークショップ」、2005 年 5 月

(3) 事業への貢献・社会への貢献

一般および産業廃棄物の最終処分場の枯渇が社会問題として顕在化しつつある中で、日本全体が循環型社会の構築を目指している。建設産業が他産業廃棄物を有効に利用したりリサイクル材料の性能及び環境安全性を確認しつつ、積極的にその利用を推し進めることによって、社会貢献を果たすことが不可欠な状況になっている。しかしこれまでは、それらのリサイクル材料を建設事業で受け入れる技術基準類が全くないため、事業者がその受け入れに消極的態度を取らざるをえず、積極的に受け入れても環境安全性の面で、様々な問題を引き起こす事例が後を絶たない。

本研究の主要な成果である「建設工事における他産業リサイクル材料利用技術マニュアル；(独) 土木研究所編著、(株)大成出版発行、2006年4月10日発行」は、このような他産業リサイクル材料の受け入れ基準をとりまとめた国内外を通じて唯一無二の技術ガイドラインであり、公共事業をはじめとする建設事業が日本における循環型社会の形成に大きな貢献を果たすことができる。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

研究成果は、「建設工事における他産業リサイクル材料利用技術マニュアル；(独) 土木研究所編著、(株)大成出版発行、2006年4月10日発行」として、とりまとめている。このマニュアルにとりまとめられている研究成果を普及させるため、国土交通省・関係業界団体の協力を得ている。

さらに、国土交通省地方整備局や地方自治体担当者等への周知徹底を図るために、上記マニュアルに係わる講習会を全国の主要都市で開催することを計画している。また、欧米研究者からの強い要請により、上記技術マニュアルを英文翻訳してCD版化し、国内外で開催される国際学術会議において配布する予定である。

(6) プロジェクトリーダーの分析

当初設定した目標は、すべて予定通り達成された。論文発表が困難な内容であることは否めないが、発表は国内2編(予定)と少なく、今後、努力する必要がある。しかしながら、成果は「マニュアル」として出版され、普及に国土交通省・業界団体の協力も得ている点は評価される。なお、他産業リサイクル材料は多岐にわたっているため、今後も継続して他の材料の有効利用について研究する必要がある(次期重点プロジェクト「循環型社会形成のためのリサイクル建設技術の開発」で研究予定)。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) マニュアルを通して、大いにこの技術を普及してほしい。
- (2) 流通まで踏み込んだ検討ができると良い。
- (3) もっと積極的な成果発表をするとよい。
- (4) 建設資源の安定供給、100%リサイクルを目指し、本研究の成果を生かしてほしい。

【対応】

- (1) マニュアルの講演会を適宜開催し、技術の普及に努める。
- (2) 流通にまで踏み込んだ検討は、次期五カ年計画の重点プロジェクト研究で実施する。
- (3) 本研究では、既往文献や調査を元に、マニュアルの多くの部分を構成している。成果の発表は、学術会議や雑誌ではなく、講習会が中心となる。ただし、今後の研究では、このマニュアルでは十分な記載がなされていないものを研究の中心に据えるので、学術会議や雑誌での発表を積極的に行って行きたい。
- (4) ご指摘の事項を実現するための研究を継続して実施する。

13 環境に配慮したダムの効率的な建設・再開発技術に関する研究

事後評価

総括

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①ダムの嵩上げ設計手法の開発

達成状況

- ・コンクリートダムの合理的な嵩上げ設計方法、および放流設備増設に伴う堤体穴開け時の合理的な安全性評価手法を提案した。
- ・既設フィルダム堤体および基礎地盤の漏水の探査方法と物性評価方法、フィルダムの合理的な嵩上げ設計方法、嵩上げダムの挙動監視方法について提案した。

以上により、所期の目標は達成できたと評価する。

自己評価：研究への取り組み 適切

目標の達成度 達成

達成目標

②ダムの放流設備増強技術の開発

達成状況

- ・既設コンクリートダム堤体に増設する湾曲エビ継ぎ管の設計手法を開発した。
- ・湾曲開水路流の水利特性の推定方法を提案し、水利設計手法を開発した。
- ・側方から空中放流により流入する減勢工の水利設計手法については実用に供する実験式を提案する
までには至らなかった。
- ・地山トンネル内に増設するトンネル内放流設備において、一様トンネル断面とトンネルが縮小する場合について、トンネル断面及び給気システムの設計方法を提案した。

以上により、所期の目標は概ね達成できたと評価する。

自己評価：研究への取り組み 適切

目標の達成度 一部達成

達成目標

③規格外骨材の品質評価および有効利用方法の開発

達成状況

- ・スラッジの有効利用については、品質評価試験方法の中でスラッジの比表面積とワーカビリティの
関係を定量化するまでには至らなかったが、スラッジを混入したコンクリートの配合設計方法の提案を行い、有効利用の可能性を明らかにできた。
- ・濁沸石等含有岩石の有効利用方法を提案した。

・低品質細骨材の有効利用のための品質評価基準案を提案した。

以上により、所期の目標は概ね達成できたと評価する。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 一部達成

達成目標

④複雑な地質条件に対応した基礎岩盤、貯水池斜面の評価と力学設計技術の開発

達成状況

- ・ゆるみ岩盤の安定性評価手法については確立するまでには至らなかったが、ゆるみ岩盤の発生機構を解明し、ゆるみ岩盤に対する地質調査方法を提案した。
- ・軟岩から構成されるダム基礎岩盤の変形性評価方法を提案するとともに、基礎岩盤の力学的安全性の評価方法を提案した。

以上により、所期の目標は概ね達成できたと評価する。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

⑤ 岩盤性状に応じた透水性評価と止水設計技術の開発

達成状況

- ・ダム基礎岩盤の性状に応じた透水試験方法や透水性評価方法を提案した。
- ・施工データの分析と浸透流解析により、合理的なグラウチングの計画・設計方法を提案した。
- ・透水性の空間的なばらつきを考慮した浸透流解析により確率論的にグラウチングの改良効果を評価する方法を提案した。

以上により、所期の目標は達成できたと評価する。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①Tadahiko Sakamoto, Isao Nagayama, Yoshikazu Yamaguchi, Takashi Sasaki and Ken-ichi Kanenawa: Design and Construction of Discharge Facilities Newly Installed in Existing Concrete Gravity Dams, Asia Pacific Group Meeting of the 73rd ICOLD Annual Meeting, 2005.5.
- ②澤田尚, 山口嘉一, 佐藤弘行: 高密度電気探査による既設アースダムの物性評価、地盤工学研究発表会講演集、第38回、2003年7月.
- ③片平博, 河野広隆: 低品質細骨材の使用がコンクリートのフレッシュ性状、強度および耐

久性に与える影響, 第 59 回土木学会年次学術講演会講演概要集, No.5, pp.499-500, 2004.9

④KURAHASHI, T., YAMAWAKI, Y. and ITO, K : A Narrow-spaced Seismic Refraction Survey for a Loosened Rock-mass in a Landslide Area, Proceedings of 19th Annual Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problem, EEGS, CD-ROM, 2006.4.

⑤H. SATOH & Y. YAMAGUCHI : Optimum Interval of Design Holes of Curtain Grouting for Dam Foundations, 3rd ASIAN ROCK MECHANICS SYMPOSIUM, 2004.11

(3) 事業への貢献・社会への貢献

既設ダムの嵩上げ、放流設備の増強などの事例が増加しつつあり、本研究の成果を具体の事業に反映することで、より経済的、合理的な既設ダムの有効利用が可能になる。

従来廃棄していたスラッジや低品質骨材の有効利用法の提案、ダム基礎岩盤の合理的設計法に関する本研究の成果は、ダム事業のコスト縮減と環境の保全に寄与できる。

本研究の成果をもとにグラウチング技術指針の改訂が行われ、ダム事業のコスト縮減に多大な貢献を果たしている。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

国内への論文投稿 151 本（うち査読付き 38 本）、海外への論文投稿 26 本（うち査読付き 23 本）を行うとともに、技術基準等の改訂、現場に対する技術指導などにより成果の普及に努めている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

本プロジェクト研究により、既設ダムの有効利用、自然環境へ及ぼす影響を極力回避する新規ダムの建設を、より経済的、合理的に進めて行く上で有用な新しい技術が提案、開発されており、グラウチング技術指針の改訂既にダム事業にその成果が適用され、大幅なコスト縮減などの具体的貢献を果たしているものもある。当初の目標達成が十分でないと考えられる部分も一部あるが、全体としては十分に所期の目標を達成したものと考えている。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 構造分野は問題なく進められているが、水理学的問題については、ダム分野だけにとどまらず、外部の人的資源の活用を考えるべきであった。
- (2) 海外への成果の普及も戦略的に進めて欲しい。
- (3) 全体を平均して評価するのは困難である。5つの研究で評価は異なる。全体としては目標を達成していると判断しても良いかも知れないが、目標未達成の課題については、継続的な検討が望まれる。

【対応】

- (1) 本プロジェクト研究では、ダム再開発に伴う放流管増設に特化した課題であったが、今後、課題の内容に応じて外部の人的資源の活用を考慮していきたい。
- (2) 得られた成果については、英文論文の発表、CENやISO対応等を通じて海外への成果普及を積極的に進めていきたい。
- (3) 個別の課題によっては、目標を十分に達成できなかったものや、研究の実施過程で新たに出てきた課題もある。そのような課題のうち重要なものについては、新たに研究を立ち上げその中で対応していきたい。

事後評価

13.4 トンネル内の放流設備の水理設計手法に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①一様トンネル断面内放流におけるトンネル断面、給気管の水理設計方法の提案

達成状況

・空気管が無い場合のトンネル内流況及び圧力降下量とトンネル断面規模、トンネル長の関係を明らかにするとともに、空気管がある場合の効果を示した。また、トンネル内水面形の計算方法を示した。更に、形状が相似で規模が異なる模型を用いた実験により、実験結果の相似性を明らかにし、以上の結果を踏まえて、トンネル断面及び給気システムの設計方法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②ゲート下流でトンネル幅が縮小する場合のトンネル断面、給気管の水理設計方法の提案

達成状況

・2条の放流管から放流する場合を対象に検討を行ない、1条の一様断面内放流と比較して満管流への遷移が生じやすいことを示し、給気管は縮小断面位置に設置するのが効果的であることを示した。また、縮小断面での圧力降下、水面を用いることで①で提案した設計方法が適用できる可能性があることを示したが、予算と研究期間の関係もあり縮流に伴うエネルギー損失の解明や、縮流部の圧力特性の解明に至らず、当初想定していた成果に対してはやや不足する成果となった。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 一部達成

(2) 主な発表論文

①宮脇千晴、柏井条介：トンネル内放流設備の水理機能、第33回土木学会関東支部研究発表会講演集、2006

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本成果は、既設ダムを有効利用するための放流能力増強設備をはじめとするトンネル内放流設備の設計検討に用いられ、これら施設の経済性、安全性向上に資することにより、事業・社会への貢献を果たすものと考えている

(4) 特許等の取得

特になし

(5) 成果の普及

本調査では、トンネル内放流設備以外の利水放流設備や洪水吐き放流管にも適用可能な新しい考え方を提案している。今後、放流設備全般を対象に、具体的施設を対象とした検討を受託研究等を通じて行ない、実用化の精度を高めつつ普及に努めたいと考えている。また、研究期間が短かったことから、十分な論文発表ができなかったが、今後逐次成果をとりまとめ発表していきたいと考えている。

(6) プロジェクトリーダーの分析

本課題では、難しい問題として設計方法が確立していなかったトンネル内放流設備のトンネル断面や給気システムの設計方法について、水理実験の相似則問題も含めた検討を行い、現象に基づいた合理的な方法を提案することができている。断面縮小の場合については当初考えていた成果に達しない部分もあるが、短期間の研究でもあり、概ね所期の目的を達成できたと考えている。成果の普及については、十分な論文発表ができなかったが、今後未発表の成果を発表していくとともに、具体的施設の設計への適用を通じ、逐次普及していきたいと考えている。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	☆
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	
	やや不十分	☆
	不十分	☆ ☆

成果普及への 取り組み	適切	
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	☆
	その他	

【コメント】

- (1) 実験主体の土研らしい研究であるが、手法に新しさが無い。海外を含め他の既往研究との比較が分かりにくかった。
- (2) 他の研究成果をよく調べると良いと思われる。よく知らないが、他の研究例も多いのではないか。
- (3) 課題が特殊であるが、研究成果は成果として発表して欲しい。実際の設計までに多くの課題が残っていると考えられる。

【対応】

- (1) 空気の設計手法については、極めて経験的な設計がなされているのが現状である。既往研究についても、現地観測を中心とした経験式が中心であり、理論解析が十分でないことを認識している。より理論的な設計手法の確立に向け、今回の研究では現象の相似性に対する取扱いを主たる課題の一つとし、一応の成果を得たと考えている。ただし、今回の成果は、実験の範囲内での検討・考察に終わっている面は否めないため、今後、既往研究結果との比較も含め、実用化に向けての検討を実施していきたいと考えている。
- (2) (1) と同様。
- (3) 本研究期間は 2 年であり、今後成果発表に努めたい。実際の設計に対しては、今回提案の方法について、更にデータの蓄積を行うとともに、既往研究との比較、設計実績と問題の発生状況の確認を実施しつつ対応することを考えている。課題はいくつかあるが、実用化に要する時間はそれほど長くはないと考えている。

事後評価

13.7 低品質細骨材の有効利用に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①骨材製造による粗骨材と細骨材の品質の違いの解明

達成状況

・同一の岩石から製造される粗骨材と細骨材の物理的性質を比較した。この結果、細骨材は粗骨材に比較して密度は小さく、吸水率は大きく、安定性損失質量は小さくなる傾向を掴んだ。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②細骨材の品質とダムコンクリートの強度・耐久性との関係の解明

達成状況

・物理的な品質が劣る細骨材を使用した場合のコンクリートの性能としては、粒度分布等が適切でない場合にはフレッシュ性状が低下する場合があるものの、コンクリート硬化後の性能である強度や凍結融解抵抗性はほとんど低下しないことが分かった。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③低品質細骨材の品質評価基準案の提案

達成状況

・②の結果から、細骨材の品質基準は大幅に緩和できる可能性があるが、物理的品質が低下するとその変動幅も大きくなり、コンクリートの品質が安定しなくなる可能性もあるために、現在の基準を若干緩和し、密度 2.4g/cm^3 以上、吸水率 5% 以下として、ダム等の品質管理の行き届いた現場での試行を推奨する基準案を示した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①低品質細骨材の使用がコンクリートのフレッシュ性状、強度および耐久性に与える影響，第 59 回土木学会年次学術講演会講演概要集，No.5，pp.499-500，2004.9
- ②低品質細骨材がコンクリートのフレッシュ性状，強度および耐久性に与える影響，骨材の有効利用に関するシンポジウム論文集，(社)日本コンクリート工学協会，pp.45-50，2005.12

(3) 事業への貢献・社会への貢献

ダム建設現場における原石山の掘削量の低減、廃棄岩の低減が可能となり、環境負荷は軽減できる。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

当面は、ダム等の品質管理の行き届いた現場での試行を行い、問題が無いことを十分に確認したうえで、生コンの JIS 規格や学会規準への反映を図る

(6) プロジェクトリーダーの分析

研究目標の達成状況については、十分な成果を上げることができたと評価している。

成果の発表については、現在投稿予定のものも含めて国内3本（うち査読付き1本）であり、今後得られた成果の積極的な発表を行い、成果の普及に努めたい。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	☆

成果普及への 取り組み	適切	
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	☆
	その他	

【コメント】

- (1) 発表、普及について今後期待したい。
- (2) データのバラツキの原因をよく解明する必要がある。ダムの中の部分に使うのかも考えて調べる必要がある。
- (3) 材料として十分使えそうであるので、環境上きわめて有効な研究である。ただ、その用途を考えるべきである。

【対応】

- (1) 今後論文発表や現場指導などを通じて、成果の普及に努めたい。
- (2) (3) 今後も、データの蓄積に努めたい。用途として、現在は外部コンクリートへも利用できることを目途として検討を行った。内部コンクリートではさらなる緩和も可能と考えられるので、今後の検討課題としたい。

本研究の成果として、軟岩基礎についての非線形変形性を考慮した合理的な設計方法および変形性のばらつきを考慮し所要の信頼性を確保した決定論的設計方法の提案を行っており、複雑な地質条件を有するフィルダム軟岩基礎の変形設計において、従来、掘削除去されていた部分についても残置させることが可能となり、結果として建設コスト縮減に繋がる。

(4) 特許等の取得

ダム工学会論文賞受賞「ダム基礎軟岩の変形性のばらつきおよび非線形性を考慮した設計合理化（総合題目）」

(5) 成果の普及

対外論文の積極的な発表、国際会議への参加、学会等の委員会への参加、現場に対する技術指導などにより成果の普及を図っている。なお、論文は、国内 32 本（査読付 10 本）、海外 9 本（査読付 9 本）を発表している。また、ダム工学会の論文賞を受賞している。

また、近年の自然環境の保全および公共事業費の削減等の要請を背景に、さまざまな地質条件を有するダムサイトにおいて、基礎の変形を精度良く予測し、その地質条件に応じた基礎岩盤の合理的な設計を実施することが求められている。既に、フィルダム軟岩基礎の設計においては、本研究の成果を反映している事例が出てきている。今後は、本研究の成果として提案した方法の積極的採用を国土交通省ならび他機関に対する技術指導や委員会等を通じて働きかける。

(6) プロジェクトリーダーの分析

軟岩基礎についての非線形変形性を考慮した合理的な設計方法および変形性のばらつきを考慮し所要の信頼性を確保した決定論的設計方法の提案を行っており、本研究で目指した目標は達成することができたと評価している。

また、本研究に関しては、対外論文の積極的な発表、国際会議への参加、学会等の委員会への参加、現場に対する技術指導など、成果の発表・普及は積極的に行われたと評価している。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	☆
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) ばらつきの取り扱いに原則の整理が必要かもしれない。確率でゆくのか、空間的に分布させて議論するのか。
- (2) 良い成果が得られている。
- (3) ダム基礎の設計に対して新しい知見を示している。建設コストの縮減を行っている。立派な研究である。

【対応】

- (1) 地質区分のような大きな変動とその区分内で確率的に取り扱える小さな変動の両者を取り扱うことが必要である。具体には、地質条件が異なる領域区分に対しては平均的な空間分布を推定し、その後、確率変動的なばらつきとして、1つの地質区分の中において物性のばらつきの影響を考慮するような方法が考えられる。
- (2) (3) 研究成果の普及を継続的に進めていきたい。

事後評価

13.9 ダム基礎等におけるゆるみ岩盤の評価に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①ゆるみ岩盤の発生機構の解明

達成状況

・地質や所在の明らかな 81 ダム (90 件) について、ゆるみ岩盤の発生部位やゆるみ域の地質、地形、地質性状を分析し、ゆるみ岩盤の発生機構を①応力解放、②重力変形作用、③風化変形作用の 3 つに区分した。そのうち、全体の 8 割強を占める重力作用の変形によるゆるみ岩盤について、構成する地形・地質・地域・形状・地質性状との相関を明らかにした。また、ゆるみ岩盤の性状は開口亀裂を伴うことにより特徴づけられ、ゆるみ進行に伴い、①密度低下、②開口亀裂の発生・拡大、③低強度、④非弾性的性質、⑤高透水性、⑥不均質性 (二次的な性質)、⑦不安定性 (二次的な性質。主に斜面の場合) 等の性状・物性を示すことを明らかにした。

自己評価 : 研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②ゆるみ岩盤に対する地質調査方法の提案

達成状況

・ゆるみ進行に伴う密度低下、弾性波速度の低下、開口亀裂の拡大等の性状や物性変化をに着目し、ボーリング孔における重要な開口亀裂等の観察方法や横坑での岩盤状態の分類方法や、地中風速測定・横坑を利用したエアートレーサー試験・高密度弾性波探査・岩盤密度計測・高精度地盤傾斜計等によるゆるみの区分・計測方法を開発した。

自己評価 : 研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③ダム基礎および貯水池斜面としてのゆるみ岩盤の安定性の評価手法の提案

達成状況

・上記の区分・計測方法により、定量的な岩盤のゆるみ区分を提案し、その一部についてはゆるみ岩盤の変形性の数値解析から岩盤の変形性の予測に役立てた。しかしながら、評価の目安となる岩盤のゆるみ区分のしきい値を整理したものの、多様なゆるみ形態に対する安定性評価方法の確立にまで至らなかった。

自己評価 : 研究への取り組み 適切
目標の達成度 一部達成

(2) 主な発表論文

- ①佐々木靖人・片山弘憲・倉橋稔幸：ダムにおけるゆるみ岩盤の実態と分類試案，ダム技術，ダム技術センター，no.228, pp.9-21, 2005年9月.
- ②脇坂安彦・佐々木靖人・阿南修司・大谷知生・高橋伸尚：エアートレーサー試験による岩盤斜面の亀裂調査マニュアル（案）、土木研究所資料、第3878号, 56p., 2003年3月.
- ③KURAHASHI, T., YAMAWAKI, Y. and ITO, K：A Narrow-spaced Seismic Refraction Survey for a Loosened Rock-mass in a Landslide Area, Proceedings of 19th Annual Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problem, EEGS, CD-ROM, 2006.4.

他 13 編

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究で提案したゆるみ岩盤に対する地質調査手法やゆるみ岩盤区分の目安を用いることで、ダム基礎や貯水池斜面の安定性の向上や、掘削量の低減により改変面積を縮小でき自然環境や経済的負荷の軽減を図ることができる。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

- ①「ゆるみ岩盤の発生機構の解明」については、3件の論文を公表してきており、成果の普及に務めた。
- ②「ゆるみ岩盤に対する地質調査方法」については、エアートレーサー試験を利用した亀裂調査法についてマニュアルを土木研究所資料としてまとめてきたほか、11件の論文を公表してきており、成果の普及に務めた。
- ③「ダム基礎および貯水池斜面としてのゆるみ岩盤の安定性評価手法」については、2件の論文を公表してきており、成果の普及に務めた。

(6) プロジェクトリーダーの分析

ゆるみ岩盤の安定性評価手法については確立するまでには至らなかったが、数値解析からゆるみ岩盤の変形性の予測ができるようになってきていること、また、他の目標については十分達成できていることを勘案すると、本研究は適切に行われたと評価している。

成果は、上記論文を含め、国内で12本（うち査読付き1本）、海外で2本の論文を発表しており、積極的に行われたと評価している。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	
	やや不十分	☆ ☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 特に問題無く進められた。
- (2) 長期的視野に立ち、堅実な成果を上げることが期待される。
- (3) 観測的な手法であり、ゆるみ領域の透水性の変化を計測する方法等や孔内載荷試験があるが、あまりそのような方法がなされていない。

【対応】

- (1) (2) (3) 今後は、これまでの計測結果を論文等にとりまとめ、成果の普及に努める。また、強度の力学的評価手法については、引き続き「ダム基礎等における弱層の強度評価手法に関する調査」で取り組む予定である。

事後評価

13.10 ダム基礎グラウチングの合理的計画設計法に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①ダム基礎岩盤の性状に応じた透水性評価方法の提案

達成状況

- ・軟岩・砂礫地盤および高透水性岩盤を対象として透水試験を実施する際の試験方法や評価の留意点を取りまとめ、ダム基礎岩盤の性状に応じた透水性評価方法として提案した。
- ・グラウチングの計画上最も重要となる高透水ゾーンの連続性に着目した、各調査方法の適用性の評価および合理的な調査手法の組み合わせについて提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②ダム基礎岩盤の性状に応じた配合、孔配置等のグラウチングの計画・設計方法の提案

達成状況

- ・三次元模型を用いたグラウト注入実験を実施し、各注入圧力により最も注入セメント量が多くなる効果的配合が存在することを明らかにするとともに、効果的配合となる注入条件を提案した。
- ・既設ダムにおけるカーテングラウチングの実績データの分析を行い、最終規定孔を3次孔から2次孔にした場合の影響を検討し、規定2次孔化（孔配置）が可能な条件を提案した。
- ・浸透流解析により、グラウチングの改良効果、改良範囲、上下流方向の透水性のばらつきなどの影響を評価し、合理的なグラウチングの改良範囲等の計画・設計方法についての提案を行った。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③透水性の空間分布を考慮したグラウチングの効果判定法の提案

達成状況

- ・既設ダムのデータを用い、地質や亀裂の方向性、初期透水性、改良効果等、それらの空間的な分布を考慮したグラウチングの効果判定を行い、チェック孔の省略が可能となる条件の提案を行った。
- ・共分散構造分析による透水性と他のデータの相関の検討、および地球統計学による空間的相関を考慮した透水性の空間分布の推定方法を提案し、さらにそれに基づき透水性の空間的なばらつきを考慮した浸透流解析により確率論的にグラウチングの改良効果を評価する方法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ① H. SATOH & Y. YAMAGUCHI : Suggestion of an advanced grouting effects evaluation method, *PROC. OF THE 2001 ISRM SYMPOSIUM - 2ND ASIAN ROCK MECHANICS SYMPOSIUM*, pp.605-608, 2001.9.
- ② H. SATOH & Y. YAMAGUCHI : Optimum Interval of Design Holes of Curtain Grouting for Dam Foundations, *3rd ASIAN ROCK MECHANICS SYMPOSIUM*, 2004.11.
- ③ Y. YAMAGUCHI, H. SATOH & T. ABE : Omission possibility of check holes of curtain grouting for dam foundations, *Proc. The 2nd Chine-Japan Geotechnical Symposium*, 2005.10.

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究の成果を取り入れて、2003年に「グラウチング技術指針」、2006年に「ルジオンテスト技術指針」が改訂されている。これらの改訂指針およびその他の研究成果により、全国のダム建設現場において安全性を確保しながらのコスト縮減が図られている。なお、ルジオンテストに関する成果は「地盤調査法」(地盤工学会編)の改訂(2004年6月)にも反映されている。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

技術基準への研究成果の反映、対外論文の積極的な発表、国際会議への参加、学会等の委員会への参加、現場に対する技術指導などにより成果の普及を図っている。なお、論文は、国内29本(査読付7本)、海外5本(査読付5本)を発表している。

(6) プロジェクトリーダーの分析

3つの達成目標についてそれぞれ所要の成果が得られており、さらに技術基準改訂に本研究成果を反映することができたことから、本研究で目指した目標は達成することができたと評価している。

本研究に関しては、技術基準の改訂、対外論文の積極的な発表、国際会議への参加、学会等の委員会への参加、現場に対する技術指導など、成果の発表・普及は積極的に行われたと評価している。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 適切に進められた。海外基準なども意識するべき。
- (2) ダム建設機会が減少している昨今、成果を活用できる分野の開拓に努力すると良い。
- (3) 従来手法に対して新しい手法を基準化した研究である。価値ある研究である。

【対応】

- (1) (3) 指針類についても、CENやISOなど海外に向けて情報発信していきたい。
- (2) 本研究はダム基礎を対象としたものであるが、その研究成果は、他の分野で止水を要する場合についても適用可能と考えている。他分野での活用も考慮して、研究成果の普及を進めていきたい。

14 超長大道路構造物の建設コスト縮減技術に関する研究

事後評価

総括

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①超長大橋の新しい形式の主塔、基礎の耐震設計法の開発

達成状況

- ・大規模地震に対する RC 主塔、及び鋼製主塔の耐震照査基準(案)の提案および CFT(Concrete Filled Tube)主塔の耐震性能照査法(試案)のとりまとめを行った。
軟岩上の直接基礎の地震時変位予測法を提案した。
基礎底面のサクシオン効果を考慮した地震時の転倒モーメント算定式およびパイルドファンデーションの残留変位を評価することのできる簡易動的解析モデルを提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②耐風安定性に優れた超長大橋上部構造形式の開発

達成状況

- ・コスト縮減の可能性が高い新構造として、支間中央部に空力特性の優れた二箱桁、主塔近傍に桁幅を絞る主塔基礎の軽減の図れる桁構造（二箱桁・一箱桁併用構造）を有する斜張吊橋を提案した。また、3次元フラッター解析手法に関して、精度向上を図るためのケーブル・ハンガー剛性を考慮した全体系のモデル化手法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③薄層化舗装、オープングレーチング床版技術の開発

達成状況

- ・長大橋への適用を対象とした舗装材料の配合仕様、舗装厚、施工管理目標値、端部処理等を規定した薄層化舗装技術を提案した。
維持管理に配慮し、取り替え可能な2層式グレーチング床版構造および、疲労耐久性の高い構造ディテールを提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

④超長大トンネル用トンネルボーリングマシンを用いたトンネル設計法の開発

達成状況

- ・トンネルボーリングマシンによるトンネル(TBM トンネル)の周辺地山の安定性評価方法、支保工の設計モデルおよび設計荷重を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①福井次郎、大塚雅裕、喜多直之、浅井隆一：「長大橋基礎に作用する地震時のサクシヨンの効果」、土木学会地震工学論文集，2003.12
- ②近藤益央，田村敬一：パイルドファウンデーションの地震時残留変位に関する実験的研究，土木学会第59回年次学術講演会，2004.9
- ③岡村未対、松尾修、田村敬一：軟岩に支持される直接基礎の地震時変位量の評価、構造工学論文集 Vol.49A、2003
- ④遠藤和男，運上茂樹：CFTを用いた長大吊橋主塔の耐力・変形性能に関する解析的検討，土木学会地震工学論文集 vol. 28， CD-ROM No. 031, 2005
- ⑤麓、村越他：新形式長大橋（ハイブリッド吊橋）の耐風性に着目した研究、第18回風工学シンポジウム論文集、日本風工学会、2004.12
- ⑥村越、高橋他：走行荷重に対するオープングレーチング床版の疲労耐久性に関する一検討、構造工学論文集、2003.4
- ⑦新田弘之，吉田武：鋼床版橋面舗装の薄層化技術の開発，舗装，vol.37(5)，pp.10～14，2002.5
- ⑧木谷努，真下英人，砂金伸治他：TBM トンネル掘削時の機械データと地山特性の関連性に関する考察，第34回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，p.115，2004.1
上記論文を含め、和文53編、英文8編（うち査読付き15編）の論文発表を行った。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

- ・得られた成果については、適時、関連する海峡横断道路プロジェクトの技術調査委員会で報告しており、当該調査の進捗に貢献している。
- ・将来、超長大道路構造物が建設される場合には、そのコスト縮減に大きく貢献するものと考えられる。
- ・新形式基礎、新形式主塔、オープングレーチング床版、薄層化舗装あるいはトンネルボーリングマシン工法については、超長大道路構造物に限らず、条件によっては通常規模の道路橋、トンネルに適用し、そのコスト縮減に貢献することが期待される。

(4) 特許等の取得

斜張吊橋については国際特許出願中。この他、耐風性に優れた上部構造形式及び耐風安定化部材について2件特許出願し、耐風安定化部材の1件は既に取得済み。

(5) 成果の普及

本研究成果は、学会等への積極的な論文発表を行っており、普及に努めている。

サクシヨン効果を考慮した基礎の耐震設計法に関する研究成果を「スカート・サクシヨン基礎の設計・施工マニュアル、(財)海洋架橋・橋梁調査会」に反映される等、成果の普及に努めているが、十分とはいえないので、今後、関係機関等と連携を図り、本研究成果のさらなる普及に努めたい。

(6) プロジェクトリーダーの分析

本研究では、当初設定された目標がいずれも予定通り達成することができ、技術的貢献を十分果たしたと評価している。

成果の公表、普及に関しては、研究課題によって多少ばらつきはあるが、国内関係学会の査読付き論文、国際会議等へ積極的に発表される他、特許出願もなされており、適切であると評価している。

超長大道路プロジェクト実現の見通しが不透明で、本研究の成果の適用が不確実であるので、通常規模の橋梁、トンネルへの適用範囲拡大を今後検討していきたい。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) コスト縮減が大規模プロジェクト実施の可否を支配する要因であるだけに本研究の重要性は高い。全体として上部、下部、耐震と新機軸の技術開発が行われたと考えられる。開発技術の熟度に差があるが、斜張吊橋等、今後大きく期待されるものである。
- (2) 具体的なプロジェクトで成果が活用されるように、実務適用面での検討を継続していただきたい。
- (3) 当面の間、開発した技術が応用される機会がなさそうなのは、とても残念です。

【対応】

- (2) さらにコスト縮減に対する工夫を行うとともに、通常規模の構造物への適用についても検討していきたい。
- (3) さらにコスト縮減に対する工夫を行うとともに、通常規模の構造物への適用についても検討していきたい。

事後評価

14.1 超長大橋下部構造の設計・施工の合理化に関する試験調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①新形式基礎の支持力機構の解明

達成状況

- ・サクシヨン効果については、基礎底面に止水構造を設けることにより大きなサクシヨン効果が期待できること、支持層が砂地盤であっても根入れを深くしたり止水スカートを設けることによりサクシヨン効果が期待できることを解明した。
パイルドファウンデーションについては、補強材（小口径杭）による荷重分担以外に、補強材による地盤の補強効果が極限支持力の増加に寄与しており、その補強効果は荷重傾斜角や杭配置等により異なるをことを解明した。さらに、補強材による地盤の支持力増加の一評価法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
 目標の達成度 達成

達成目標

②地盤の非線形化を考慮した新形式基礎の振動特性の解明

達成状況

- ・パイルドファウンデーションの動的模型遠心実験により、地震時に生じる変位は動的成分に比べて残留成分が卓越すること、杭は鉛直変位の抑制に寄与するが、水平変位の抑制に寄与しないこと、基礎の根入れ深さを確保することにより、基礎の残留変位を大幅に抑制することができることを明らかにした。

自己評価：研究への取り組み 適切
 目標の達成度 達成

達成目標

③新形式基礎の耐震設計法の提案

達成状況

- ・サクシヨン効果については、基礎底面のサクシヨン効果を考慮した地震時の転倒モーメント算定式を提案し、載荷実験でその妥当性を検証した。また、その提案式を用いた試設計を行い、サクシヨン効果を考慮することにより基礎寸法の縮小化が図られコスト縮減が可能となることを明らかにした。
パイルドファウンデーションについては、残留変位を評価することのできる簡易動的解析モデルを提案した。また、動的遠心模型実験結果との比較から、提案手法の妥当性を確認した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①大塚雅裕他：大水深基礎に作用するサクシヨン力の効果(その1) 基礎の浮き上り時のサクシヨンに関する模型実験, 土木学会第57回年次学術講演会, 2002.9
 - ②大塚雅裕他：大水深基礎に作用するサクシヨン力の効果(その2) 地震時にサクシヨン力が作用する基礎の応答特性, 土木学会第57回年次学術講演会, 2002.9
 - ③福井次郎、大塚雅裕、喜多直之：水中基礎に関する地震時のサクシヨンに関する研究, 土木研究所資料第3986号, 2003.3
 - ④福井次郎、大塚雅裕、喜多直之、浅井隆一：「長大橋基礎に作用する地震時のサクシヨンの効果」、土木学会地震工学論文集, 2003.12
 - ⑤Jiro FUKUI, Masahiro ISHIDA, Ryuichi ASAI : The Effect of Suction on the Foundations of Super Long Span Bridges during an Earthquake, 20th US-Japan Bridge Workshop, 2004
 - ⑥近藤益央, 田村敬一：パイルドファウンデーションの地震時残留変位に関する実験的研究, 土木学会第59回年次学術講演会, 2004.9
- 上記論文を含め、和文7編、英文2編（うち査読付き3編）の論文発表を行った。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

本研究成果を実橋に活用するには適用条件などの詳細な検討が必要であるが、サクシヨン基礎は計画中の大阪湾岸道路（西伸部）の比較案に、またパイルドファウンデーションは海峡横断道路プロジェクトにおける比較案に挙がるなど、将来的に道路事業のコスト縮減に寄与することが期待できると考える。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

産官学の有識者で構成するサクシヨン基礎に関する研究会（「スカート・サクシヨン基礎の設計・施工マニュアル（(財) 海洋架橋・橋梁調査会）」の作成）に委員として参加し、成果の普及に努めている。今後とも、学会などの会議において積極的に公表するなど成果の普及に努めたい。

(6) プロジェクトリーダーの分析

本研究では、当初設定した3つの目標を予定通り達成することができ、技術的貢献を十分果

たしたと評価している。成果の公表、普及に関しては、査読付き論文、国際会議等への発表もなされているが、十分とはいえないので、今後、関係機関との連携、学会への成果の公表など成果の普及に努めたい。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) 非常に多岐にわたる技術的な問題を取り扱っている。サクシオンについては、昔からの懸案であったが、実用的な推定法を開発している。従来、我が国が得意であったマッシブな大型基礎に代わり得る基礎形式のイメージを持ち得る段階まで研究を進展させたことは評価できる。研究成果の取りまとめについては「適切」と判断したが、もう一段の努力を期待したい。
- (2) 地震時のサクシオン効果について、困難な課題ではあるが今後も検討を続けることが望まれる。成果の一般への公表と普及も十分に行っていただきたい。
- (3) サクシオン効果について、実用化（実施設計）への取り組みは、さらなる実証が必要と感じる。

【対応】

- (1) 研究成果を土研資料にとりまとめているところである。
- (2) 土研資料などによる成果の公表と、大阪湾岸線の西伸部をはじめ、実プロジェクトへの普及に努めたい。
- (3) 具体の実プロジェクトの諸条件に対し、必要に応じて成果の適用性を検証していきたい。

事後評価

14.2 大規模地震を想定した長大橋梁の耐震設計法の合理化に関する試験調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①長大橋 RC 主塔構造の耐震設計法の提案

達成状況

・海外の長大吊橋で実績のある RC 主塔、及びこれまでの国内の長大吊橋で主に採用されている鋼製主塔について、プッシュオーバー解析及び吊橋全橋モデルによる非線形動的解析等を実施して、吊橋全体系の地震応答特性、主塔の耐力・変形特性及び主塔各部の損傷特性について明らかにした。また、その結果をもとに大規模地震に対する限界状態と照査基準(案)を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②高機能材料等を用いた新形式橋梁構造の提案

達成状況

・新構造形式として CFT(Concrete Filled Tube、コンクリート充填鋼管)構造を用いた CFT 主塔に着目して、鋼製主塔、RC 主塔と同一条件で試設計を行い、3 形式について経済性、構造特性等の比較を行い、それぞれの得失について明らかにした。さらに、プッシュオーバー解析を行い、RC 主塔とほぼ同程度の性能を有する CFT 主塔の実現可能性を検証した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

③上記の新形式橋梁構造に対する耐震設計法の提案

達成状況

・上記 CFT 主塔を含む上部構造の主要な構造要素について、安全性、修復性、供用性の観点から大規模地震に対する耐震性能照査法の試案をまとめた。ここでは、耐震設計法上重要となる主塔構造に対する変形特性の評価法とともに、影響のある剛性低下が生じない範囲の塑性変形量について提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

④地盤の非線形化を考慮した長大橋梁基礎の耐震性照査法の提案

達成状況

- ・地盤の軟化剛性と基礎底面での滑動、剥離を考慮した基礎の非線形動的 FEM 解析を実施し、基礎の回転角および水平変位量評価方法の妥当性を検討した。この結果に基づき、軟岩上直接基礎の地震時変位予測法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①岡村未対、松尾修、田村敬一：軟岩に支持される直接基礎の地震時変位量の評価、構造工学論文集 Vol.49A、2003
 - ②河藤千尋、運上茂樹：長大吊橋主塔の地震時限界状態の評価法に関する解析的研究、構造工学論文集 Vol.49A、2003
 - ③Kazuo Endo, Chihiro Kawatoh and Shigeki Unjoh: Analytical study on seismic performance evaluation of long-span suspension bridge steel tower, *Proc. of 13th World Conference on Earthquake Engineering*, CD-ROM No. 944, Vancouver, Canada, 2004
 - ④遠藤和男、運上茂樹：CFT を用いた長大吊橋主塔の耐力・変形性能に関する解析的検討、土木学会地震工学論文集 vol. 28, CD-ROM No. 031, 2005
- 他、上記論文を含め、国内で 19 編、海外で 2 編の論文（うち査読付き論文 6 編）を発表している。

(3) 事業への貢献・社会への貢献

海峡横断道路プロジェクト計画では、大規模地震の発生が予想される地域において長大吊橋等の建設が検討されている。さらに、近い将来に東海・東南海・南海地震等の大規模地震の発生が懸念されており、近年、設計時に想定した地震力を上回るそれら大規模地震に対する既設長大吊橋の合理的な耐震補強手法の確立に対する必要性が高まっている。本研究成果を適用することにより、このような長大吊橋を合理的かつ経済的に耐震設計あるいは耐震補強をすることが可能になると考えられる。

(4) 特許等の取得

なし

(5) 成果の普及

研究成果については海峡横断道路耐震委員会、各海峡横断道路プロジェクトの技術検討委員会に提案しており、レベル 2 地震動に対する限界状態と照査基準(案)については「海峡横断道路（長大橋）の耐震設計基本方針 2002」に提案した。

(6) プロジェクトリーダーの分析

本研究では、当初設定した4つの目標を予定通り達成することができ、技術的貢献を十分果たしたと評価している。また、査読付き論文、国際会議への投稿等、成果の発表、普及も積極的に行われており、適切であると評価している。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	☆ ☆ ☆
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆
	やや不十分	☆ ☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) コスト縮減というよりも、強い地震動に対して耐震設計法を開発することに重点をおかざるを得ない現状はよく理解した。しかし、ダンパーの利用や新しい基礎形式の開発等、コスト縮減に向けた取り組みをもっと前面に出した方法論も興味深いと考えられる。
- (2) 成果を一般の実務担当者にも広く広報、普及する取り組みが望まれる。
- (3) コスト縮減に結びつけるためには試設計を含めたケーススタディが必要なのではないか。基礎研究としてはよい成果がでていますが、コスト縮減技術にはまだ到達していないのではないか。
- (4) 既存長大橋（道路橋示方書適用外）の耐震補強に応用できないか。

【対応】

- (2) 長大橋の耐震性照査マニュアルの作成やその配布などで、成果の普及に努めたい。
- (3) 主塔構造については、試設計を実施して、コストを約6割に低減できることを確認した上で検討を進めた。基礎については試設計は実施していないが、今後実現の可能性を視野に入れながら、コスト縮減効果の確認について検討したい。
- (4) 長大橋の非線形域の挙動を考慮した耐震性能照査法については、既設長大橋の耐震補強設計に活用していきたい。

事後評価

14.3 経済性・耐風性に優れた超長大橋の上部構造に関する調査

(1) 達成目標と達成状況・自己評価

達成目標

①経済性・耐風性に優れた上部構造の提案

達成状況

・現重点プロジェクト研究以前に、経済性・耐風性に優れた上部構造として、追越し車線部にグレーチング床版を設けた二箱桁形式を有する超長大吊橋を提案しているが、さらなるコスト削減の可能性が高い新構造として、支間中央部に空力特性の優れた二箱桁を配置するとともに、主塔近傍では桁幅を絞り主塔基礎の軽減の図れる桁構造（二箱桁・一箱桁併用構造）を有する斜張吊橋を提案した。同構造に対して、試設計、全橋模型の設計・製作、模型の妥当性の検証を行った後、全橋模型風洞試験を実施し、断面改良を加え十分な耐風性が確保されることを確認した。

二箱桁形式を有する超長大吊橋に対する3次元フラッター解析手法に関して、全橋模型実験との比較を通じて、精度向上を図るためのケーブル・ハンガー剛性を考慮した全体系のモデル化手法を提案した。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

達成目標

②疲労耐久性に優れたオープングレーチング床版および補剛桁構造の提案

達成状況

・維持管理に配慮し取替え可能な2層式グレーチング床版構造を提案するとともに、一連の輪荷重走行試験結果を基に、疲労耐久性の高い構造ディテールを明らかにした。

自己評価：研究への取り組み 適切
目標の達成度 達成

(2) 主な発表論文

- ①Fumoto, Murakoshi, et al. : Large-Scale Wind Tunnel Test of Super Long Suspension Bridge with Slotted One-Box Girder, 6th APCWE, Korea, 2005.9.
- ②麓、村越他：新形式長大橋（ハイブリッド吊橋）の耐風性に着目した研究、第18回風工学シンポジウム論文集、日本風工学会、2004.12.
- ③Fumoto, Murakoshi, et al. : A Study on Aerodynamics Characteristics of New-type Super Long Span Bridge, IABSE Shanghai, China, 2004.9.
- ④麓：大型風洞実験施設を用いた全橋模型試験、本州－北海道架橋シンポジウム、2004.6
- ⑤村越、高橋他：走行荷重に対するオープングレーチング床版の疲労耐久性に関する一検討、構造工学論文集、2003.4.

⑥Murakoshi, Takahashi, et al. : Fatigue Tests of Open Grid Steel Decks under Running Wheel Loads, Proceedings of The 19th U.S.-JAPAN Bridge Engineering Workshop, Technical Memorandum of PWRI, No.3920, 2003.10.

上記論文を含め、和文 19 編、英文 3 編（うち査読付き 6 編）の論文発表を行った。

（3）事業への貢献・社会への貢献

本研究の成果は、今後の国内外の超長大橋の実現可能性を高める上で貴重な技術資料となるものであり、提案した斜張吊橋は海峡横断道路プロジェクト検討において検討対象の一つに位置づけられている。また、一連の研究実績は共同研究相手先（民間企業 9 社）の国際競争力向上に寄与するものと考えられる。

オーブングレーチング床版については、積雪寒冷地における除雪軽減効果も踏まえ、金沢河川国道事務所管内の深谷川橋、青森県今別川橋に試験的に採用された。

（4）特許等の取得

斜張吊橋については国際特許出願中。この他、耐風性に優れた上部構造形式及び耐風安定化部材について 2 件特許出願し、耐風安定化部材の 1 件は既に取得済み。

（5）成果の普及

国際会議での研究発表や国際特許出願を行っており、国内のみならず海外に対しても研究成果の普及に努めている。

（6）プロジェクトリーダーの分析

本研究では、当初設定した 2 つの目標を予定通り達成できたと評価している。成果の公表に関しても、査読付き論文、国際会議への投稿等、積極的に行われているだけでなく、特許出願も行われており、技術的貢献を十分果たしたと考えている。今後は、成果の普及に向け、いっそう努力していきたい。

【評価結果】

研究成果	本研究で目指した目標を達成でき、技術的にも大きな貢献を果たしたと評価される。	☆ ☆ ☆ ☆
	本研究で目指した目標を達成できない部分もあったが、技術的貢献は評価される	
	技術的貢献は必ずしも十分ではなかったが、研究への取り組みは評価される。	
	研究への取り組みは不十分であり、今後、改善を要する	

成果の発表	適切	☆ ☆ ☆ ☆
	やや不十分	
	不十分	

成果普及への 取り組み	適切	☆ ☆ ☆
	やや不十分	☆
	不十分	
	その他	

【コメント】

- (1) コストでは従前に比較して 50%程度縮減可能な構造を開発した点は高く評価される。オープングレーチングの試験採用等、成果の活用もきちんとして行われている。
- (2) 共同研究報告書を早急に出版することが望まれる。

【対応】

- (2) 研究成果の一部についてはすでに公表している。斜長吊橋の検討結果については、とりまとめ中であり今後公表する予定である。