

## 平成23年度「重点研究課題」の概略報告について

調査研究部門（平成23年度）主査理事  
丸山久一

調査研究部門では、新しい研究課題に取り組み、その成果をもつて社会的な貢献を果たすため、平成15年度から、部門内の各委員会を対象として「重点研究課題」の公募を行い、採択した課題に対し調査研究費を助成している。

この制度では、調査研究部門の単独の委員会のみならず、複数の委員会が関与する連合組織や任意に結成された研究グループからの応募も受け付けていることが特徴である。また、この助成金は学会内における一種の競争的研究資金であり、これをシーズ・マネーとして調査研究を展開し、研究成果を基に学会外の公的研究資金を獲得していくことも期待されている。

平成23年度は次の5課題が採択され、総額450万円の研究費の交付を行った。ここに、その研究成果の概要を報告する。なお、※を付した2課題については名誉会員による重点研究課題寄付制度を活用させていた（課題名に※を付したものについては文末の脚注を参照されたい）。

1. 社会基盤施設の設計と維持管理の連係システムの構築に関する研究
2. 洋上風力発電設備支持物の性能規定型構造設計手法の開発※
3. 低炭素・国際展開に対応する水環境管理戦略に関する研究※
4. CCS（二酸化炭素岩盤内貯留）実現のための岩盤の調査モニタリング技術および関連技術の現状と課題に関する調査研究
5. 突発的な火山噴火に対する降灰や土石流が社会資本に与える影響と対策に関する調査研究

**研究課題名**  
社会基盤施設の設計と維持管理の連係システムの構築に関する研究  
研究代表者  
横田弘（推薦…コンクリート委員会）

**【研究成果の概要】**  
本研究課題は、コンクリート構造物の整備

プロセスにおいて、設計と維持管理の連係のあり方を検討し、実務に比較的容易に適用できるような連係システムを構築する方策について研究するものである。

長期間にわたり構造物が所要の性能を確保するためには、これまで分断されてきた設計、施工、維持管理の強固な連係を図り、これらが一体となつて機能するような優れたシステムの構築が必要である。設計と施工の連係については、既にいくつかの基準類でその枠組みが示されつつあるが、設計と維持管理の連係あるいは施工と維持管理の連係は未熟である。

本研究課題では、まず各事業体における設計と維持管理の連係の実態を調査し、分析した。その結果、道路や鉄道においては、設計から建設を経て維持管理に至る作業の流れにおいて、ある程度必要な情報は伝達されているものの、維持管理から設計へフィードバックする確立されたシステムはない。港湾施設においても、施設設置者が維持管理計画書を立案して施設管理者に伝達する先進的なシステムが義務化されているものの、同様に設計へのフィードバックシステムは存在しない。設計と維持管理のそれぞれの技術者あるいは組織が構造物の設計思想や維持管理に対する認識を共有し、連係システムが構築されねばならない状況にあることが再認識された。

維持管理と設計の連係システムを確立するには、維持管理において構造物の保有性能を定量的に評価することが不可欠である。その結果、設計時の仮定、構造モデルや設計

式が真に適用できるかどうかを明確にでき、設計式等の妥当性が評価できることになる。

その手法を構築するため、コンクリート標準示方書改訂小委員会メンバー等とも議論を重ね、性能評価方法について検討した。1年間の活動では最終的な結論には至らず、引き続きコンクリート委員会の中に第3種委員会を組織して研究を継続し、新たなシステムの導入を目指す予定である。

### 【研究成果の評価】

コンクリート構造物の設計、施工、維持管理の各段階において配慮すべきことは、コンクリート標準示方書の各編において規定している。しかし、これらの有機的な連係についての規定は十分でない。構造物のライフサイクルにおける品質および信頼性の確保の観点からは、各段階の連係が重要であることは言うまでもない。本研究において、各事業体における設計と維持管理の実状を分析し、実行可能なシステムを構築するための分析を行い、設計の思想を維持管理者と共有する方策を検討したことは重要である。現在、コンクリート標準示方書の2012年改訂作業を進めているが、その中で新たに「共通編（仮称）」を制定し、各段階における連係の方策についても言及する予定である。本研究の結果の一部はそこに導入できる可能性が高いと判断する。

また、設計の際に規定していないものの、維持管理段階で重要となる要求性能（第三者影響度等）に対する扱い方および既設構造物の性能評価の手法を検討したことの意義

は大きい。設計と同レベルで供用中の構造物の性能照査を行うことができれば、維持管理の情報を設計にフィードバックすることが可能となる。このように、設計と維持管理の連係が進むための道筋を与えたことは意義ある成果であると判断する。

以上のことから、本研究は、課題点を残しつつも、当初の目的を達成する成果を挙げ、今後研究を継続して新たなシステムの枠組みを構築できる価値の高いものであると評価する。

#### 研究課題名

洋上風力発電設備支持物の性能規定型構造設計手法の開発

#### 研究代表者

石原 孟(推薦・構造工学委員会)

#### 【研究成果の概要】

本研究課題は、我が国における厳しい自然環境条件に耐え、安全性、信頼性、経済性の高い洋上風力発電支持物の性能規定型構造設計手法の開発を目指し、性能設計法に基づき、気象・海象等の環境条件の評価手法の提案、洋上風力発電設備に作用する各種荷重の評価手法の開発、洋上風力発電設備支持構造物の終局と疲労設計方法の確立を目的とした。そのため、構造工学委員会内に洋上風力発電設備支持物構造設計小委員会を設置し、荷重評価WG、構造設計WG、総則と例題WGの3つのWGとこれらのWGを包括する主査・幹事会からなる体

制を組織し、研究活動を実施した。

本研究課題においては、洋上風力発電設備の支持構造物を対象に気象・海象等の環境条件の評価手法、洋上風力発電設備に作用する各種荷重の評価手法および洋上風力発電設備支持構造物の終局と疲労設計方法に関して、これらの海外基準を収集・翻訳および比較検討し、我が国の自然環境条件および洋上風力発電設備の特性を考慮した支持物構造設計手法を開発した。台風シミュレーションによる設計風速の評価手法、うねりと風波との混合モデル、信頼性を考慮した地震荷重の評価式を提案するとともに、風車タワーと下部構造との接合部のグラウト接合、コンクリート接合、鋼構造による接合の3種類の接合方法の性能評価のあり方を整理し、基礎に関しては各種破壊モードを想定した保有耐力評価に基づく性能規定型の設計手法を構築した。

本研究は今後も継続し、平成24年度は「風力発電設備支持物構造設計指針・同解説 洋上編」を完成させ、国内の洋上風力発電の実証研究の事例をもとに設計例を作成し、平成25年度は指針を出版するとともに設計講習会を開く予定である。

#### 【研究成果の評価】

欧州では、洋上風力の分野で長年の実績があり、自然条件、荷重算定、構造設計、材料、施工、維持管理等の広い範囲にわたる設計基準にまとめられているが、台風や地震等の我が国の特有の自然環境条件を考えたとき、これらの基準類をそのまま適用すること

ができない。本重点研究では、欧州にはない台風や地震等の自然環境条件を考慮した洋上風力発電設備支持物構造設計手法を開発したという点で、その意義は極めて大きいと思われる。

また、本重点研究で作成された「風力発電設備支持物構造設計指針・同解説 洋上編」は今後我が国における洋上風力発電所の建設ノウハウの蓄積、導入量の拡大に貢献すると同時に、我が国と類似の自然環境条件を持つアジアと北米各国での洋上風力発電の導入にも貢献するものである。

#### 研究課題名

低炭素・国際展開に対応する水環境管理戦略に関する研究

#### 研究代表者

大村 達夫(推薦・環境工学委員会)

#### 【研究成果の概要】

本研究の目的は、地球温暖化を防止するための低炭素社会の実現、人口減少期に対応する都市環境衛生システムの創生、アジア・アフリカの都市化に対応する水環境インフラの国際展開といった環境工学に期待される社会ニーズを考慮し、地球温暖化・人口減少・国際展開に対応した上下水道技術や水

管理の在り方を統合的に捉え、水環境管理の新しい総合戦略を確立しようとするものである。研究内容は、「都市再生・低炭素社会に貢献する新しい技術システムの研究」、「水環境インフラ国際展開の方策」、「地球温

暖化と水環境問題を総合評価する手法の研究」の3サブテーマに分けて計14の小テーマについて産・官・学の立場から幅広く検討を行った。

まず、「都市再生・低炭素社会に貢献する新しい技術システムの研究」では、都市排水処理システムにおける温室効果ガスの排出状況を把握したとともに、嫌気性MBR、無加温メタン発酵および微生物の有機物一時貯蔵能力を利用した創エネルギーの有機性排水処理技術をはじめ、人工湿地やオゾン処理を組み入れた排水処理システム、環境調和型重金属廃水処理、下水処理水の修景利用における藻類異常発生抑制について検討を行った。

次に、「水環境インフラ国際展開の方策」に関しては、アジア地域に適した分散型排水処理技術・有機性廃棄物処理技術の開発、タイ王国・コンケン市における下水処理の現状、膜メタン発酵システムのバームオイルミル廃水(POME)への適用、アジアにおける上下水道の普及と日本の国際展開についてまとめた。

また、「地球温暖化と水環境問題を総合評価する手法の研究」においては、栄養塩負荷と水域でのCO<sub>2</sub>固定、熱帯泥炭地からの炭素流出量を把握したとともに、気候変動による水道システムへの影響と対策、地球温暖化に伴う水系感染症のリスク評価について考察した。

これらの研究成果は、水環境管理の新しい総合戦略の構築に大きく貢献するものと

なっている。

【研究成果の評価】

本研究は、地球温暖化・人口減少・国際展開に対応した上下水道技術や水管理の在り方を統合的に捉え、水環境管理の新しい総合戦略を確立しようとして「都市再生・低炭素社会に貢献する新しい技術システムの研究」、「水環境インフラ国際展開の方策」、「地球温暖化と水環境問題を総合評価する手法の研究」の3サブテーマについて産・官・学の立場から幅広く検討を行い、限られた予算で短期間において多くの成果を上げることができた。また、ワークショップや成果報告書によりその成果を公表し、注目を集めている。本重点課題への取り組みにより、環境工学委員会における研究活動の活性化を図ることも成功している。

研究課題名

CCS（二酸化炭素岩盤内貯留）実現のための岩盤の調査モニタリング技術および関連技術の現状と課題に関する調査研究

研究代表者

京谷 孝史（推薦・岩盤力学委員会）

【研究成果の概要】

温室効果ガス削減のポトフォリオの一つに二酸化炭素岩盤内貯留（CCS）がある。この課題について、深部岩盤の構造調査に利用可能な技術の現状調査と課題整理、CO<sub>2</sub>圧入と貯留に関するシミュレーターの

現状と課題整理を実施した。

深部岩盤の構造調査の目的は、CCSに適したサイトを選定すること、安定貯留の評価を実施するための地質構造モデルを作成すること、注入中から注入後の長期にわたる安定貯留の状況を把握することなどが挙げられる。超臨界状態で注入されるCO<sub>2</sub>の特性から、弾性波速度や比抵抗などの既存調査手法によりCO<sub>2</sub>の貯留層内での挙動を追跡すること、漏洩した場合のCO<sub>2</sub>の検出などは可能であることが示されている。しかし、溶解したCO<sub>2</sub>ブリュームの状況や鉱物の状況を把握する広域の調査手法には課題が残されている。

地質構造モデルが設定できた後に、安定貯留の評価はシミュレーターを用いる。シミュレーターに要求される機能は、地質構造モデルの作成において、注入前、注入中、注入後、閉鎖後長期間の各段階において得られた情報により改良が成されるようなフレキシビリティを持つこと、マイクロとマクロのCO<sub>2</sub>の移行が考慮できること、CO<sub>2</sub>の相変化およびそれと地下水（淡水および塩水）、岩石相互の化学反応が考慮できること、高圧での注入や浮力による貯留層やキャップロックの破壊や変形が考慮できること、などが挙げられる。これらを総合的に評価するシミュレーターが必要であるが、現状は多相流解析が可能でCO<sub>2</sub>の相変化および鉱物化まで扱えるシミュレーター、応力・変形までの連成が可能なもの、岩盤空隙へのトラップの微視的機構が扱えるものといった個別な扱いになってい

る。地震時のCO<sub>2</sub>挙動、漏洩経路となる断層などでのCO<sub>2</sub>挙動を評価していくことも物性の精度を向上していくことが課題と考えられる。

【研究成果の評価】

岩盤工学が自らのテリトリーで社会に尽くすということでは不十分な時代となり、温室効果ガス削減という広い視点を持って、地球化学という分野からの技術を集約することが必要なCCSは岩盤工学において新たな展開であると考えられる。岩盤の構造を調査し、岩盤中の流体の移動を予測する既存技術と新しい技術を融合させたCCSに関する研究は、岩盤工学の新しい展開に一歩踏み出したものと評価される。これらを実行可能なものとしていくためには多くの課題が残されており、更なる研究が必要である。

研究課題名

突発的な火山噴火に対する降灰や土石流が社会資本に与える影響と対策に関する調査研究

研究代表者

安養寺 信夫（推薦・地盤工学委員会）

【研究成果の概要】

地域社会・経済に大きな影響を与える火山噴火災害について、火山噴火に対する準備と行動を軸とした防災・減災の考え方をとりまとめることを目的として、近年の複数噴火災害事例をもとに比較研究を行った。対

象としたのは新燃岳、雲仙普賢岳、有珠山、三宅島、伊豆大島、セントヘレンズ、エイヤフィヤトラヨークトル、メラビ、ピナツポである。それぞれ噴火様式、規模、社会条件が異なる事例に対し、一次・二次被害状況の相違を整理した。さらに防災対策を工学的視点と社会学視点に区分して対応状況をまとめた。また、火山噴火災害対策を今後の地域の取り組みに繋げるため復旧・復興の観点から整理した。

火山災害ごとの噴火様式や規模の相違、影響に対する地域性の違いがあることを前提に以下の結論が得られた。火山観測が行われている火山では、初動の避難対策が成功している。また、工学的対応では二次的な土石流対策が中心となっており、一次災害を防止軽減する技術は確立していない。社会的対応では、事前準備が進められている火山では警戒避難が進められているが、降灰など広域への影響については対応策が充分ではない。噴火災害からの復旧・復興に関しては地域住民の生活基盤の再生面で課題を残している。日本と東南アジアでは火山山麓に生活する人口が多く、大きな噴火災害を経験しても生活基盤を安全な地域に移転させることに對して、住民の理解を得られていない状況も見受けられる。活火山に対する意識の相違が大きいと考えられる。日本では火山との共生をテーマに地域振興策が図られている事例がある。

噴火規模が大きくなると、その影響期間も長期化することが事例からも確認された

が、大規模噴火に対する準備はそれらの発生頻度が低いこともあつて進んでいないことがわかった。噴火規模とその影響は指数関数的に増大することが想定され、火山防災を考へるうえでの課題である。

【研究成果の評価】

火山噴火によつてもたらされる災害は、他の災害に比べて発生確率が低いものの、復興困難で壊滅的な被害をもたらす場合が多く、地域社会、経済に及ぼす影響が大きい。また、昨年の東北地方太平洋沖地震の発生に伴い、富士山噴火の可能性の高まりが議論されているところである。本研究は、このような火山噴火およびその災害について最新の噴火に関する国内外の現地調査を含む多くの事例調査を実施し、噴火現象のみならず、地域特性を考慮した減災対策や復興計画のあり方についても体系的に取りまとめている。これらの成果は、会員だけでなく社会的に役立つと考えられることから、本研究の費用対効果は大きいと評価される。また、研究実施中の勉強会等を委員以外に公開しており、今後、シンポジウム開催を通じての情報発信を計画していることから、その波及効果は大きいと考えられる。

平成24年度の「重点研究課題」の公募に対して15件の応募があり、次の4課題を採択した(課題名に※を付したものについては脚注を参照されたい)。

1. 震災がれきの処分と有効利用に関する調査研究<sup>(※)</sup>

2. 流域圏における放射性物質・化学物質の動態が生物環境に及ぼす影響<sup>(※)</sup>

3. 東日本大震災を踏まえた防災計画研究の検証と今後の研究課題<sup>(※)</sup>

4. 土木構造物の持続性を考慮した300年プロジェクトに関する研究<sup>(※)</sup>

来年度については、平成25年1月に公募を開始し、調査研究部門内に設置された研究企画委員会により、研究の緊急性、研究計画の妥当性、実現性等に重点を置いて慎重かつ厳正に採択課題の選定を行う予定である。

最後に、重点研究課題の研究資金の確保<sup>(※)</sup>について、名誉会員の方々にお礼を申し上げます。ご厚志を寄せられた方々のお名前については、最後に掲載させていただいた(敬称略)。

調査研究部門では、今後とも「重点研究課題」制度の充実に向けて努力していきたいと考えており、引き続き絶大なご支援をお願いしたい。なお、「重点研究課題」の既往の成果については、本会ホームページ(「調査研究部門」のサイト)に掲載されているので、ぜひご覧いただきたい。

※重点研究課題寄付制度の創設…名誉会員の方々から、調査研究部門が実施している「重点研究課題」への研究助成を対象とした寄付制度創設のご提案があり、平成18年度第6回理事会にて審議した結果、「重点研究課題積立預金」を設け、寄付金を積み立て、必要ときに取崩して「重点研究課題」への研究助成の原資に充てることとした。平成23年度に採択された5課題のうち2課題に対して総額1118万円が助成され、平成24年度に採択された4課題すべてに対して総額142万円が助成される。

會田忠義	青山健	網野定三
石井晃一	石井弓夫	犬飼隆一
伊吹山四郎	岩佐義朗	岩橋洋一
上原忠	内田一郎	内田隆滋
大島達治	大島弘	太田規
太田利隆	大橋雄六	大林芳久
岡崎義則	岡田宏	奥村威俊
小野和日児	角田和夫	勝田悦之
金丸昭治	川井優	川本脩万
岸清	金馬昭郎	河野清
近藤徹	近藤信昭	清水正貴
菅原濟	鈴木道雄	清野茂次
高橋準一	高橋由巳	武富一三
多田省一郎	谷本喜一	長尚
堤一	土居則夫	戸田守二
都丸徳治	永尾勝義	中洞好博
中村良夫	長本隆夫	仁杉巖
野沢太三	野島廣紀	藤井崇弘
藤井浩	藤本順一	藤本廣
堀川清司	増本治夫	町田富士夫
御巫清泰	三井宏	光易恒
南旭	三宅文男	三輪利英
室達朗	甕哲司	森忠次
森地茂	森本裕士	山田清臣
山根孟	吉越治雄	吉田喜七郎
吉田俊彌	芳村仁	渡辺昇