

**インドネシアにおける
ニアス島の地震災害からの復興と
北スマトラ州，西スマトラ州の
地震防災のための
地盤調査技術の普及と活用支援事業
活動報告書**

平成19年3月

三輪 滋	正会員	飛島建設(株)技術研究所
遠藤 一郎	正会員	大成基礎設計(株)地盤エンジニアリング事業部
清野 純史	正会員	京都大学大学院工学研究科
アイダン・オメール	正会員	東海大学海洋学部
鈴木 智治		飛島建設(株)インドネシア事務所

1. 活動団体, 協力団体, 支援団体

- 1)活動団体：(社) 土木学会
NPO 国境なき技師団
- 2)協力団体：インドネシア工学会土木部門
- 3)支援団体：(社) 国際建設技術協会

2. 主な活動場所

インドネシア共和国北スマトラ州メダン市 (2/17-2/19, 2/21)

(英名：Medan, North Sumatra, Indonesia)

インドネシア共和国北スマトラ州ニース県グヌンシトリ市 (2/20,21)

(英名：Gunung Sitoli, Nias, North Sumatra, Indonesia)

インドネシア共和国西スマトラ州パダン市 (2/22,23)

(英名：Padang, West Sumatra, Indonesia)

インドネシア共和国ジャカルタ市 (2/24)

(英名：Jakarta, Indonesia)



図-1 地震の破壊領域と今回の活動の地域

3. 活動の背景と目的および活動の概要

巨大津波によって、インドネシアなどで未曾有の大災害を引き起こした。2004年12月26日に発生したスマトラ沖地震の3ヵ月後、そのやや南で、2005年3月28日のスマトラ島沖地震(M=8.5)が発生し、震源断層の上にあたるニアス島を中心に橋梁、港湾施設および建物・家屋に地震動に起因する甚大な被害を発生させた。特にニアス島の中心地グヌンシリは地盤の液状化によってライフライン等の社会基盤施設が破壊された^{1),2),3)}。被災した社会基盤施設の診断や補修、また応急復旧や復興が喫緊の課題であるとして、現地州政府から土木学会に対し、技術的支援の要請があり、これを受けて、2005年4月に支援チームを被災地に派遣し、現地の行政官庁と連携し、応急復旧・復興に関する支援・助言活動を行った⁴⁾。しかし、数ヶ月たっても復興の目途は立たず、インドネシア工学会や州政府から引き続き復興支援の要請を受けていた。また、復興計画を策定するためには被災地域の地盤条件が不可欠であるが、ボーリングデータ等の地盤資料はほとんどない状態であった。そこで、土木学会はインドネシア工学会との協力のもとで、復興支援チームを現地に派遣した。支援チームは、スウェーデン式サウンディング試験機器一式を寄贈し、簡易な地盤調査法を現地技術者に指導するとともに、調査結果をもとにした液状化の判定方法および地域の復興計画への反映方法について指導を行った^{2),5)}。

この活動のなか、ニアス島の復興支援だけでなく、スマトラ島の北スマトラ州、西スマトラ州政府から、今後発生する可能性のある地震に備えるためには、スマトラ島内の各地においても既存施設や新設建造物の耐震性確保あるいは、危険度マップの作成などで地盤データの蓄積が重要であるとの認識で、簡易な地盤調査技術の導入について支援要請があった。これを受けて、土木学会は、地震災害復興や地震防災のため、ニアス島での地盤調査技術の定着と、スマトラ島内での地盤調査技術の普及を目的として、支援チームを派遣し、各地で、スウェーデン式サウンディング試験機器を寄贈するとともに、地盤調査法を現地技術者に指導し、また、調査結果の液状化の判定などへの活用方法について指導を行った。

4. 派遣者と行程

- 三輪 滋 (飛島建設) (地盤工学・地震工学)
- 清野 純史 (京都大学) (地震工学・防災工学)
- アイダン オメール (東海大学) (地盤工学・岩盤力学・構造力学)
- 遠藤 一郎 (大成基礎設計) (地盤工学)
- 鈴木 智治 (飛島建設) (建設工学)
- Abdul Hakim, ST (インドネシア工学会)
- Ir. Novel Ridwan (インドネシア工学会)

表-1 行程

年 月 日	場所・交通機関 () 内	行 動 予 定
2007年2月17日 (土)	発：伊丹(清野) (JL3002 8:30-9:45) 着：成田 発：成田 (三輪, 清野, 遠藤) (JL725 11:20- 17:20) 着：ジャカルタ 発：ジャカルタ (GA 196 19:40 - 21:50) 着：メダン	鈴木合流
2007年2月18日 (日)	アイダンオメル；一日遅れの同工程 でメダン入り，チームに合流	内部ミーティング，工程打ち合わせ， 2月18日 メダンでの事前現地調査， 現地政府担当者打ち合わせ， PII との打ち合わせ 内部ミーティング，資料準備
2007年2月19日 (月)		2月19日 地盤試験現場実技指導 地盤調査法・結果利用法講習会
2007年2月20日 (火)	発：メダン (MZ 5422 07:30 - 08:40) 着：グヌンシトリ	2月20日 地盤試験現場実技指導 地盤調査法・結果利用法講習会 アチェニア復興庁ニアス事務所と打合せ
2007年2月21日 (水)	発：グヌンシトリ (MZ 5425 15:25 - 16:35) 着：メダン	2月21日 地盤試験・解析実技指導
2007年2月22日 (木)	発：メダン (7P-584 7:00-08:00) 着：パダン	北スマトラ州知事へ事業計画説明・報告 北スマトラ州道路・橋梁局長打ち合わせ 北スマトラ大学で講演 在メダン日本総領事館打ち合わせ 2月22日 西スマトラ州社会基盤施設局長打ち合わせ 地盤試験現場実技指導 地盤調査法・結果利用法講習会
2007年2月23日 (金)		2月23日 西スマトラ州副州知事打ち合わせ アンダラス大学で講演 KOGAMI(NGO)打ち合わせ
2007年2月24日 (土)	発：パダン (GA 165 20:05-21:45) 着：ジャカルタ	2月24日 じゃかるた新聞取材 レポート作成 現地で鈴木は解散
2007年2月25日 (日)	発：ジャカルタ (JL 726 22:10 - 07:25) 着：成田 (清野) 発：成田一着：羽田(空港バス) 発：羽田 (JL1513 11:30-12:40) 着：伊丹	解散

5. 具体的活動内容

1) スウェーデン式貫入試験による地盤調査技術実技指導。(メダン, ニアス島, パダン)

- a) スウェーデン式貫入試験の試験方法を, 現地の地盤で, 現地技術者に実地指導した。(メダン, ニアス島, パダン)
- b) 指導後, 現地技術者による自主的な調査のために機器一式を寄贈した。(パダン)
- c) 北スマトラ州道路橋梁局へは, 昨年 10 月に事前に機器を寄贈している。(メダン)

2) スウェーデン式貫入試験の試験結果の解釈と液状化の判定方法と液状化対策法の技術指導; 室内講習 (メダン, ニアス島, パダン)

- a) 試験結果の解釈と地盤の支持力の求め方を指導した。(メダン, ニアス島, パダン)
- b) 地盤調査結果を用いた液状化の判定手法, 地盤の支持力評価法および構造物、ライフライン施設等の液状化対策工法を指導した。(メダン, ニアス島, パダン)
- c) 復旧・復興計画策定のための地盤調査計画の指導

復旧・復興あるいは地震災害軽減の対策を策定するために必要な地盤調査(調査地点と点数)の方法および調査結果の復旧・復興計画への反映方法を指導した。(メダン, ニアス島, パダン)

地盤調査法に関しては, 普及を容易に進めるには, 現地での自主的, 継続的な活用が必要であることから, 前回の活動と同様に, 調査機器の構成および試験法が非常に簡単で, 機械的な故障も生じにくく, 機器が安価であるスウェーデン式サウンディングを用いることとした。

3) インドネシア各機関への継続的・自主的活動の要請

インドネシア工学会, 北スマトラ州政府および道路橋梁局, ニアス復興庁, ニアス県, 西スマトラ州政府および社会基盤施設局などへの復旧・復興や地震災害軽減のための地盤調査実施の重要性の説明と継続的, 自主的活動の要請を行った。

4) 北スマトラ大学(メダン), アンダラス大学(パダン)での講演会の開催

北スマトラ州メダンの北スマトラ大学, 西スマトラ州パダンのアンダラス大学の土木工学科において, 今回の活動の概要や最近の研究成果について講演を行い, 現地の大学の先生や学生との技術交流を図った。

これらの活動を通じ, ニアス島等の被災地域の復興計画の策定に協力するとともに, スマトラ島での地震防災に関する専門分野の技術者の養成, 自立的な復旧・復興活動にもつなげられると考えられる。

6. 事業の成果

1) 北スマトラ州における地盤調査技術の教育

北スマトラ州道路橋梁局オマル副局長の非常に熱心な協力により, メダンから約 35km 離れたチェルミン海岸のリゾート開発予定地において, 北スマトラ州各県から参加した技術者を対象に, スウェーデン式貫入試験の現地実地指導と講習会開催した。北スマトラ州道路橋梁局へは, 昨年 10 月に事前に機器を寄贈している。数多くの技術者が参加するなか, いくつかの県からはスウェーデン式貫入試験機器の購入希望が寄せられた。現地で比較的良好に行われる CPT 試験との比較もでき, また北スマトラ大学の先生方も参加したことから, この講習をきっかけとして, 今後は現地技術者による普及が期待される。今後, 現地技術者の手によって地盤調査技術が普及し, 各地で地盤調査が行われることで, 個々の構造物の基礎構造の設計に用いられるだけでなく, データベース化されハザードマップの作成などにも寄与することが期待される。インドネシアの地盤におけるスウェーデン式サウンディングなどの試験法の結果と様々な指標の関係が大学などの研究機

関での研究でより明らかになることが期待される。

- ・スウェーデン式サウンディング実施方法
- ・結果の解釈と活用法(支持力, N 値, 液状化判定)
- ・復興計画策定のための活用法(ゾーニングなど)
 - ・ 液状化現象と液状化対策

これらの活動は, 前回の活動で, ニアス島だけでなく北スマトラ州メダンでも, 急遽技術講習会が開催され, 大学の研究者や北スマトラ州内の各県の技術代表者が集まったその場で, 道路橋梁局オマル副局長から, ニアス島以外の地域に対しても, 各県ごとに試験機器を配置し, 地盤調査を進め液状化などに対応していくことが表明されたこと⁵⁾から, その要請に基づき実施されたものである。

2) ニアス島での地盤調査技術の教育

ニアス島の積極的な協力により, メダンと同様, 現地技術者を対象としたスウェーデン式貫入試験の現地実地指導と講習会開催した。昨年の講習時は, 機器の一部の不備(引き抜き器)で十分な指導ができず, また利用すぐには難しいことなどから, 継続的な講習が必要であった。今回は, 新しい引き抜き器を持ち込み, 現地技術者が, スウェーデン式サウンディング試験を実施, 利用することができるレベルまで技術習得でき, 計画的, 継続的な調査実施への着実な一歩となった。しかし, 地震で広範囲に液状化被害を受けたグヌンシリでは, まだ撤去された建物後は, 更地が広がり, 復興はまだ時間がかかりそうであった。また, 同地で液状化により被災した橋梁について, その場で北スマトラ州道路橋梁局副局長から復旧のための技術アドバイスが求められ, すでに3月にレポートを提出している⁶⁾。なお, ニアス県知事からは, 2007年3月に土木学会にお礼の手紙が届いている⁷⁾。

3) 西スマトラ州における地盤調査技術の教育

スマトラ島では, 海溝沿いの地震の影響を受けるが, 2004年, 2005年のスマトラ島沖地震の震源域の南側は, 1833年に大きな地震が発生している。今後, 同様の地震の発生が懸念されることから, この海域に面する西スマトラ州からも技術支援の要請があり, 同様の活動を実施した。

アンダラス大学フェブリン教授, 西スマトラ州社会基盤施設局リダ計画局長の熱心な協力により, パダンにおいて, 西スマトラ州各県から参加した技術者を対象に, スウェーデン式貫入試験の現地実地指導と講習会開催した。ここでは, 指導後, 現地技術者による自主的な調査のために機器一式を寄贈した。現地で比較的良好に行われる CPT 試験との比較もでき, この地域が従来から地震対策に関しては関心が高いこともあって, この講習をきっかけとして, 今後は現地技術者による普及が期待される。

4) インドネシア工学会 (PII) 土木部門との協力関係構築

2005年8月に土木学会としては24番目の協定学会としてインドネシア工学会(PII)と協力協定を締結している⁸⁾。前回同様に今回も, その土木部門(Civil Engineering College)の協力を得, 2名のメンバが参加して, 英語が通じない場合には, 現地技術者へのインドネシア語での指導を分担するなど主体的に活してもらった。

5) 北スマトラ大学 (メダン), アンダラス大学 (パダン) との協力関係の構築

両大学の教授が地盤調査指導に参加, また大学での講演会の実施など, 今後の活動への協力が得られるような協力関係の構築ができた。

6) インドネシアの政府機関, NGO や企業との協力関係構築

支援活動の継続的实施には, 地元技術者の協力が必須であり, パダンでは NGO 組織 KOGAMI の協力を, 全般的な活動においては Wijaya Karya 社の協力を得た。また, 在大阪インドネシア総領事館からは昨年10月のメダンへの機器寄贈時の航空便機器輸送費に加え, 今回のパダンへの機器寄贈について,

日本国内およびインドネシア国内の機器輸送費の援助を得た。現地技術者の手で活動を普及していくためには、支援活動の継続的な実施が必要であり、現地政府関係者だけでなく、現地の研究機関、技術者、民間の協力が必須であり、これらの協力関係を緊密なものにしていくことが課題である。

7) 日本国の各機関との協力関係構築

今回の活動は、(社)国際建設技術協会から専門家派遣のための支援を受けて、NPO法人「国境なき技術師団」⁹⁾と共同で実施された。また、メダン日本総領事館橋樑総領事、おりかさ領事からは活動に対して適切な助言をいただいた。今後、土木学会の活動理念のひとつである「社会への直接的な貢献」活動を積極的に進めていくには、NPO との協力や活動を支援する行政機関などとの緊密な関係を構築し活動資金や活動メンバの獲得を進めていく必要があると考えられる。

支援活動継続には日本の様々な機関の継続的な協力も必要である。寄贈の趣旨をご理解いただき、(株)千代田製作所には、機器の製作で通常に比べ安価で提供していただいた。ディーエッチエルジャパン株式会社には、航空便機器輸送費を安価にいただいた。株式会社日本航空には手荷物として機器搬送する際に、手荷物超過料金を免除いただいた。飛島建設インドネシア事務所には、インドネシア工学会や州政府など各機関との交渉、日程調整などでご尽力いただいた。また、(社)国際建設技術協会からは、事業活動費の3分の2を援助いただき、(社)土木学会は活動費の残り1/3を拠出した。これら以外にも数多くの機関の方々にご協力をいただいた。本来ならば皆様のお名前を挙げて御礼しなければならないところですが、紙面の都合もあり、御礼の言葉で変えさせていただきたいと存じます。

7. 技術移転の成果

- 1)各地のインドネシア人技術者が、スウェーデン式サウンディング試験を実施、利用することができるレベルまで技術習得できた。
- 2)北スマトラ州道路橋樑局では、州内各県への積極的な普及を検討している。

8. 現地での反響

- 1)メダン、パダンでは州内各県から集まった技術者が、ニアス島ではニアス島内の技術者が、現地実地指導や講習会に数多く参加した。宿題形式の課題演習も実施し、現地技術者による結果解説と質疑応答が行われるまで技術者の関心を得た。
- 2)北スマトラ州州政府および道路橋樑局は、液状化の被害およびその液状化対策に大きな関心を示し、道路橋樑局は州内の各県への技術の普及に大きな関心と期待を示した。
- 3)インドネシア工学会から、技術者の派遣協力を得た。現地技術者とのコミュニケーションを図る上では非常に強力な助成であり、彼らがいることでより技術の普及が進んだと考えられる。

9. 今後の課題

今回の活動では、試験方法、結果の利用法などを講習したが、調査技術が現地で定着すること、また技術の継続的利用、より広い地域での利用の拡大、それを利用して復興や防災活動が進んでいくためには、継続的な技術指導、支援が必要である。

1) 継続的教育

試験方法、結果の利用法などを講習したが、調査技術の定着や継続的利用、より広い地域での利用の拡大に関しては、継続的な技術指導、支援が必要である。

2) 継続的活動のための協力関係の構築発展

復旧・復興支援活動を有効に継続していくためには、北スマトラ州政府、北スマトラ州道路橋梁局、ニアス県、ニアス復興庁、西スマトラ州政府、西スマトラ州社会基盤施設局など現地の行政機関、また、活動支援を受けたインドネシア工学会(PII)、NGO;KOGAMI、北スマトラ大学、アンダラス大学およびインドネシア国内の民間企業などとの協力関係が不可欠である。これらをよりよい関係へと継続的に構築発展していくことが必要である。

3) 技術普及のための調査機器普及

前回の活動では、インドネシア国内での地盤調査試験機器の調達を試みたが、仕様どおりの機器製造ができなかった。今後、技術を普及して行くためには、調査機器の普及が不可欠であり、日本からプロトタイプを送付し現地で生産できるような体制を整備することが必要である。あるいは、より多くの機器の寄贈の可能性の検討も必要である。

4) 教育や普及のための活動資金の調達

また、活動を継続していくためには、活動できる技術者と活動資金の獲得・確保の仕組みづくりが重要である。継続的支援には、その教育指導活動、機器の寄贈などの実行計画の作成といった活動、長期に現地で指導するといった活動など多くの技術者を確保するとともに、その活動資金の調達とその仕組みづくりが必要である。

土木学会は、活動理念の一つである「社会への直接的な貢献」を進めるべく、国内外を問わず、自然災害の軽減に向けた幅広い支援活動が必要と考えられる、関連する学会やNPO、市民などと協力し、中長期的に被災地の復旧・復興に対して、学会および学会関連分野の技術者・研究者の参画を得て支援していくことが重要である。

10. 現地活動中の写真、事業成果の写真



図-1 地震の破壊領域と今回の活動の地域(再掲)



写真-1 メダン市近郊で地盤調査講習会を実施したチェルミン海岸



写真-2～写真-7 チェルミン海岸での地盤調査講習の準備と実地講習，室内講習の様子



写真-8～写真-13 ニアス島での県への活動説明と地盤調査講習の様子



写真-14 ニアス島グヌンシトリで液状化で被害を受けた橋梁

北スマトラ州道路橋梁局より復旧のための技術アドバイスの要請があった



写真-15 橋台の杭が露出し杭頭が損傷

A Report on The Temporary Rehabilitation of the Sea-side Truss Bridge of Gunung Sitoli damaged by the M8.7 Nias Earthquake of 2005

Ö. Aydın,
Tokai University, Department of Marine Civil Engineering, Shizuoka, Japan
S. Miwa and T. Suzuki
Tobishima Corporation, Tokyo, Japan
J. Kiyono
Kyoto University, Urban Engineering, Kyoto, Japan
I. Endo
Taisei Kiso Engineering Co., Tokyo, Japan
(JSCE, Engineers Without Borders-Japan, EWoB-Japan)

1 INTRODUCTION

A very large earthquake with a magnitude of 8.7 occurred nearby Nias Island of Indonesia on March 28, 2005. Very strong ground motions were observed, which resulted in heavy damage in coastal cities and towns along the eastern shore of Nias Island. The strong ground motions also induced widespread ground liquefaction along the eastern shore of the island, which severely damaged buildings, bridges and roadways.

There are two bridges on the river passing through Gunung Sitoli City (Figure 1). The seaside bridge is a Truss type bridge designed as a single span simple structure. The total width of bridge is about 550cm and it is approximately 25m long. The ground nearby the bridge was liquefied and spread laterally. Although the earthquake did not damage the superstructure of the bridge, there are some damage to foundations due to the liquefaction of ground induced by the earthquake and corrosion resulting from seawater. The piles of the NW abutment pier were ruptured together with some corrosion of steel reinforcing bars. Although the piles of the SE abutment pier are not visible, the abutment pier was settled and moved towards the sea. The settlement of this abutment is not even. As a result, there is a gap between the super structure and abutment, which results in some torsion vibration of the bridge due to passing vehicles.

The authors did some in-situ measurements on the vibration characteristics of the superstructure and investigated the foundations of the bridge. This report briefly describes the observations, measurements and recommends a temporary rehabilitation procedure for the bridge abutments.

写真-16 復旧方法の提案レポート

(2007.3.)

写真-17 ニアス県知事から土木学会に届いた支援活動への感謝状



内容：(インドネシア スマトラ沖) 地震後の災害調査という目的で、JSCE の調査団はニアスに赴き、建物被害の原因調査、地域再建・復興のための地盤調査への提言、ニアス県住居インフラ整備局スタッフへの技術トレーニングなどを行い、更にスウェーデン式サウンディング試験装置を寄贈いただいた。このような御支援・協力に対し、ニアス県全体をもって感謝している。

その試験装置は、非常に役に立ち、現在も、被害を受けた建物の補修作業に使用している。今後も引き続き支援、協力をお願いしたい。(2007.3.23)



写真-18 北スマトラ州知事への活動説明



写真-19 北スマトラ州道路橋梁局長への活動説明



写真-20 北スマトラ大学での講演



写真-21 在メダン日本総領事への活動説明



写真-22 北スマトラ州道路橋梁局から送られた盾



写真-23 北スマトラ大学から送られた盾



写真-24～写真-27 パダンでの地盤調査講習の様子



写真-28 西スマトラ州社会基盤施設局長
への活動説明



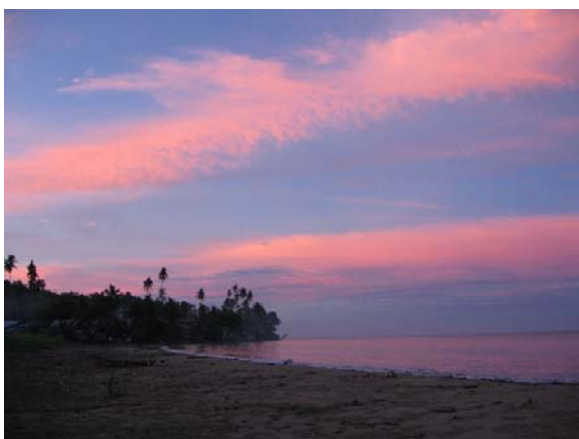
写真-29 西スマトラ州副知事への活動説明



写真-30 アンダラス大学での講演



写真-31 じゃかるた新聞の取材



ニマス島の夕景



パダンの夕景

11. 参考文献

- 1) Ömer Aydan, Shigeru Miwa, Hiroyuki Kodama and Tomoji Suzuki: The Characteristics of M8.7 Nias Earthquake of March 28, 2005 and Induced Tsunami and Structural Damages, Journal of The School of Marine Science and Technology, Tokai University, Vol.3, No.2, pp.66-83, 2005.
- 2)三輪滋, アイダン・オメール, 児玉裕之, 清野純史, 遠藤一郎, 鈴木 智治, 濱田 政則 : 2005 年 3 月 28 日のスマトラ沖地震におけるインドネシア・ニラス島の被害と復旧復興支援活動, シンポジウム「近年の国内外で発生した大地震の記録と課題」土木学会, pp.60-67, 2006.
- 3)Shigeru MIWA, Omer AYDAN, Hiroyuki KODAMA, Junji KIYONO, Ichiro ENDO, Tomiji SUZUKI and Masanori HAMADA: Damage in Nias Island Caused by The M8.7 Off-shore Sumatra Earthquake, March 28,2005, 1st European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, No. 1426, 2006.
- 4)土木学会インドネシア・ニラス島地震応急復旧・復興支援チーム : 「インドネシア・ニラス島地震応急復旧・復興支援チーム」速報, 土木学会誌, Vol.90, No.7, pp.49-52, 2005.
- 5)三輪滋, 清野純史, アイダンオメル, 遠藤一郎, 鈴木智治, 濱田政則 : インドネシア・ニラス島復興支援チームー復興計画計画策定のための地盤調査指導支援ー活動報告, 土木学会誌, Vol.91, No.4, pp.76-79, 2006.
- 6) Ö. Aydan, S. Miwa, T. Suzuki, J. Kiyono and I. Endo: A Report on The Temporary Rehabilitation of the Sea-side Truss Bridge of Gunung Sitoli damaged by the M8.7 Nias Earthquake of 2005), 2007.
- 7)土木学会 : JSCE ニュース ; インドネシア ニラス県知事からお礼の手紙が届く , http://www.jsce.or.jp/news/news_sub/jsce070406.shtml, 2007.
- 8)古木守靖 : インドネシア工学会(PII)との協力協定締結, 24 番目の締結団体に, 土木学会誌, Vol.90, No.10, p.78, 2005.
- 9)濱田政則 : NPO 仮称 : 国境なき技師団(Engineers without Borders, Japan) 設立について, 土木学会誌, Vol. 90, No.12, 2005.