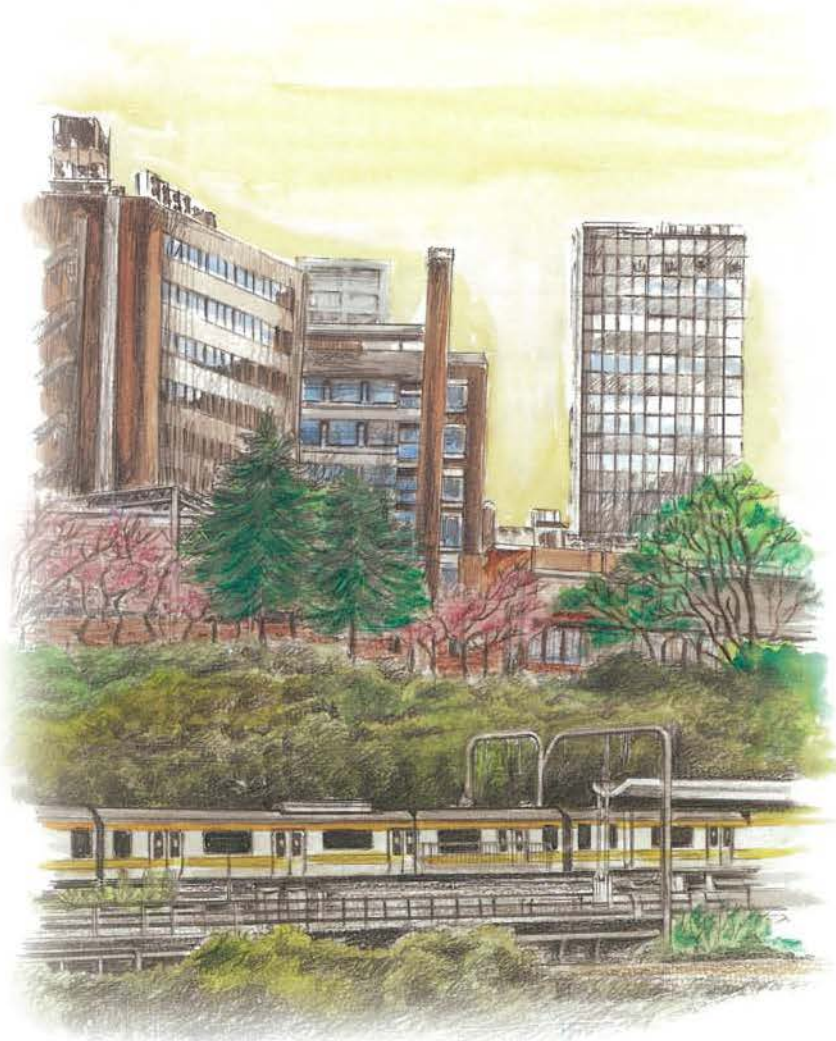


SAIBO

VOL.73 JUN 2002



財団法人 砂防・地すべり技術センター

目次

巻頭言

安全と環境の21世紀 岡本正男 1

海外事情

1 パナマ運河と地すべり 中村浩之 6

研究成果

改良型簡易貫入試験機の開発 川満一史 14

トピックス

1 橋本龍太郎元総理がネパールDMSPプロジェクトをご視察 網木亮介 20

2 第3回世界水フォーラム土砂委員会中南米地域会議報告（パナマ）

第3回世界水フォーラム 土砂委員会事務局 22

3 ぱなま運河記（海外事情報告） 吉田真也 24

4 先人の足跡を訪ねて ―コスタリカ道中記― 矢野将之 27

センターニュース

行事一覧 31

理事会等の開催 32

役員等名簿 33

人事異動等 34

安全と環境の21世紀



岡本正男*

はじめに

現場に出かけると、必ず工事事務所や都道府県の砂防事業概要を書いたパンフレットを渡される。そこには過去の災害歴史が詳細に記述されている。本当に私たちや私たちの祖先は、多くの悲惨な土砂災害や大規模な洪水災害に悩まされつづけてきたことを、あらためて思う。祖先や先輩達は地域の安全を確保するため、縁の下の力持ちとして人目につかない地味な砂防事業を営々と進めてきて今日があることを、21世紀を迎えた今再認識する必要がある。災害防止、環境の保全、より良い環境創りに貢献してきた砂防を、より一歩一歩確実に進めて行きたい。

砂防計画

1900年頃の国土利用は、その65.4%が森林であり、16.7%が農業的利用、11.2%が荒地、4.2%が都市的利用であった。当時の国土の1割以上が里山や共有林を中心とした荒廃地や特売地であった。主に社会・経済活動による結果としての荒廃地で展開された砂防は、並々ならぬ努力を重ね、国土を緑豊かな地に蘇らせた。その結果は、1985年では森林の面積は66.6%、農業的利用が17.2%、都市的利用が10.1%、そして荒地が3.1%という数字が示すように、人々の目で一目瞭然であった。(図-1、2、3参照)

しかし、経済の発展に伴い、荒廃地だけの手当では不十分であり、荒廃が顕在化していない流域での予防的な対策が求められるようになり、一定計画の策定が要請されるようになった。併せて、砂防事業の投資効果も定量的に評価するよう求められるようになった。

このような背景を受け提案された木村計画(当時の建設省砂防課長木村弘太郎氏が1951年、雑誌「河川」に発表された「砂防計画樹立に対する構想」)を土台に現行の砂防基本計画が策定されて30年が経過している。現行の砂防基本計画は、諸先輩の豊かな経験と勘を基礎にして、いわば鍛錬されたテクノ

ロジーで創られた味わい深い計画である。

これからの計画は、砂防技術者だけが理解できるものであってはならない。幻の土砂流が幻でなくなり、各地で観測できる対象となった。過去の災害の分析調査や現地調査、並びに観測、そしてそれらを通して得られたデータを中心に組み立てられた、より客観的なテクノロジーを背景にした、判りやすい砂防計画が必要である。計画のすき間や繋ぎを諸先輩の砂防技術者や我々の経験や知識が埋めるのである。時代にあった砂防計画を地域に説明する責任が我々砂防技術者にある。

砂防技術

砂防行政は、悲しいことであるが、時として尊い人命を犠牲にして進まざるを得なかった事実を忘れてはいけぬ。技術もまたそうである。平成3年の雲仙普賢岳の噴火災害は無人工化施工技術を生んだ。災害対策基本法に基づき「警戒区域」として指定された区域では、出水時には確実に土砂流となって流下し被害を与えると判っていても、砂防工事のための立ち入りは許されなかった。その時の「何としてでも」という気持ちが無人工化施工技術の開発と成功につながった。平成12年の有珠山噴火災害では、電波の距離が遠く、建造物が多いために生ずる技術的問題を解決し、より優れた技術開発となって活用されたのである。そして三度、三宅島での活用にと続いている。今なお島民の方々が不便な避難生活を余儀なくされている現状を考えると心が痛むが、工事の安全を図りながら一刻も早く工事を進めていきたい。

砂防工事は、今後とも常に安全管理を最優先させながら工事を実施していかなければならないと同時に、コストパフォーマンス、環境負荷軽減、生態系への配慮、景観・親水性の向上の観点から、よりテクノロジーを追求して施工していかなければならない。安全面では砂防堰堤の床堀を最小限にし、コスト及び環境面での現地発生土の持ち出しを極力抑えたソイルセメントを活用した工法は、無人工化施工と

* 国土交通省砂防部長

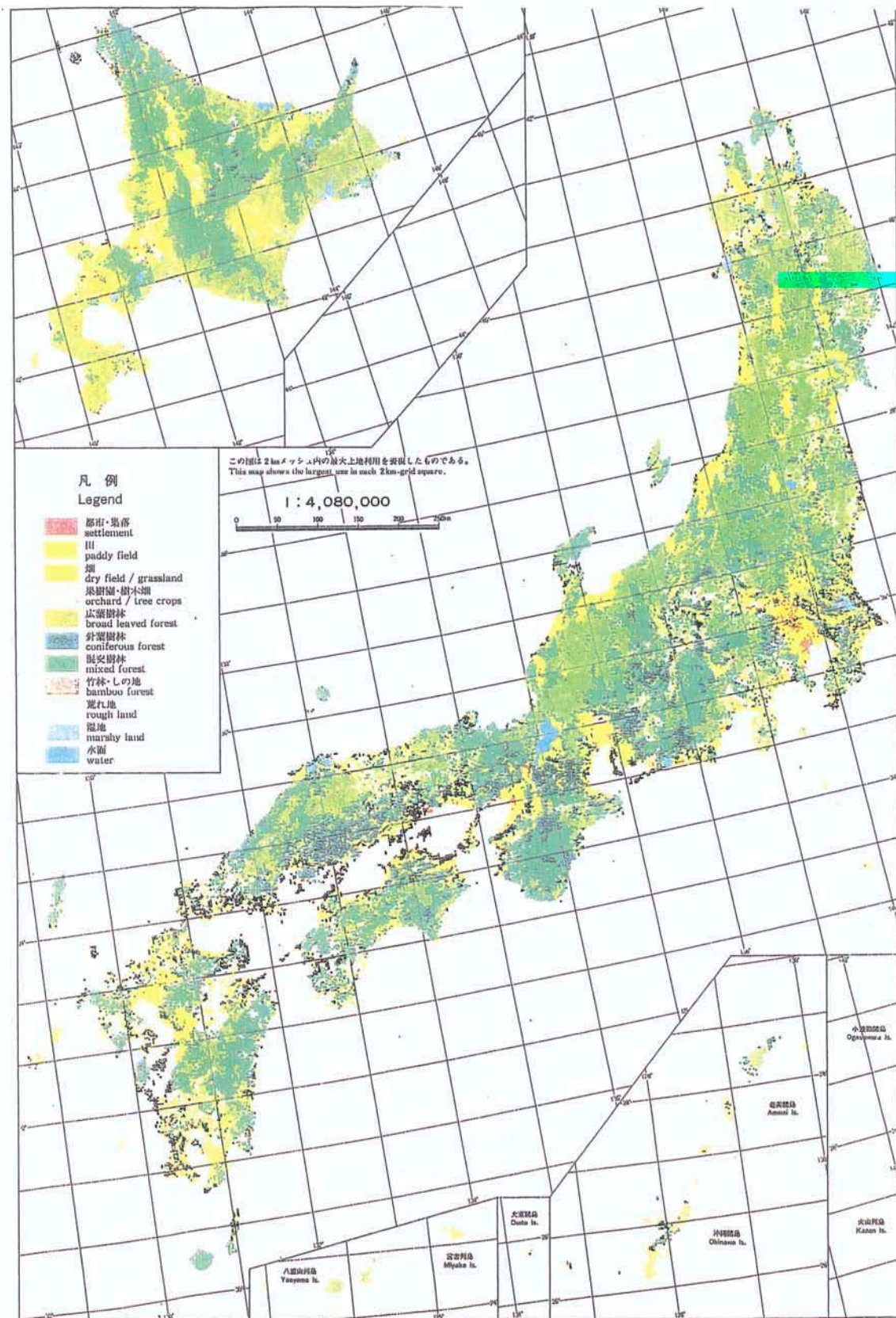


図-1 明治大正期の国土利用

作製：氷見山幸夫

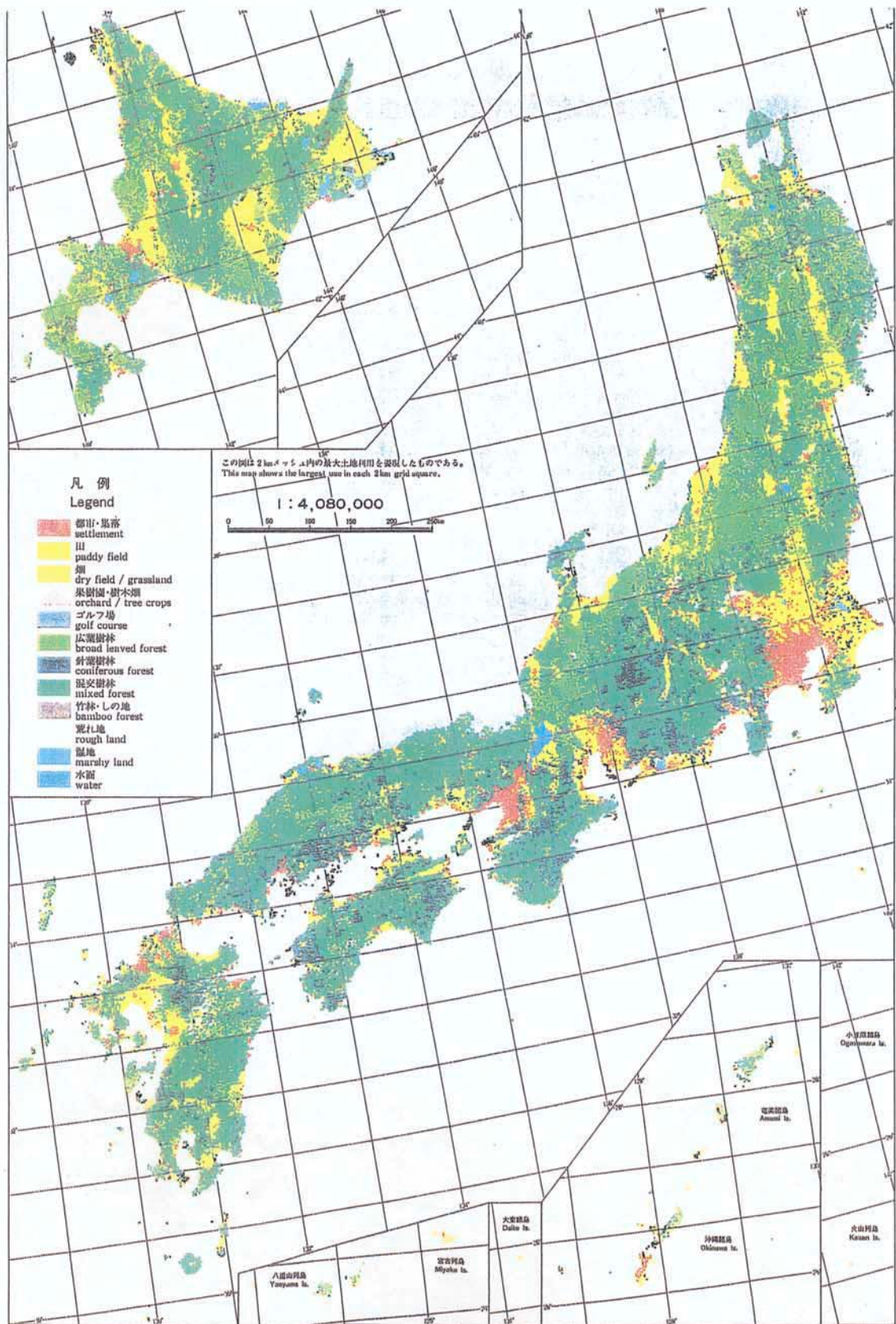
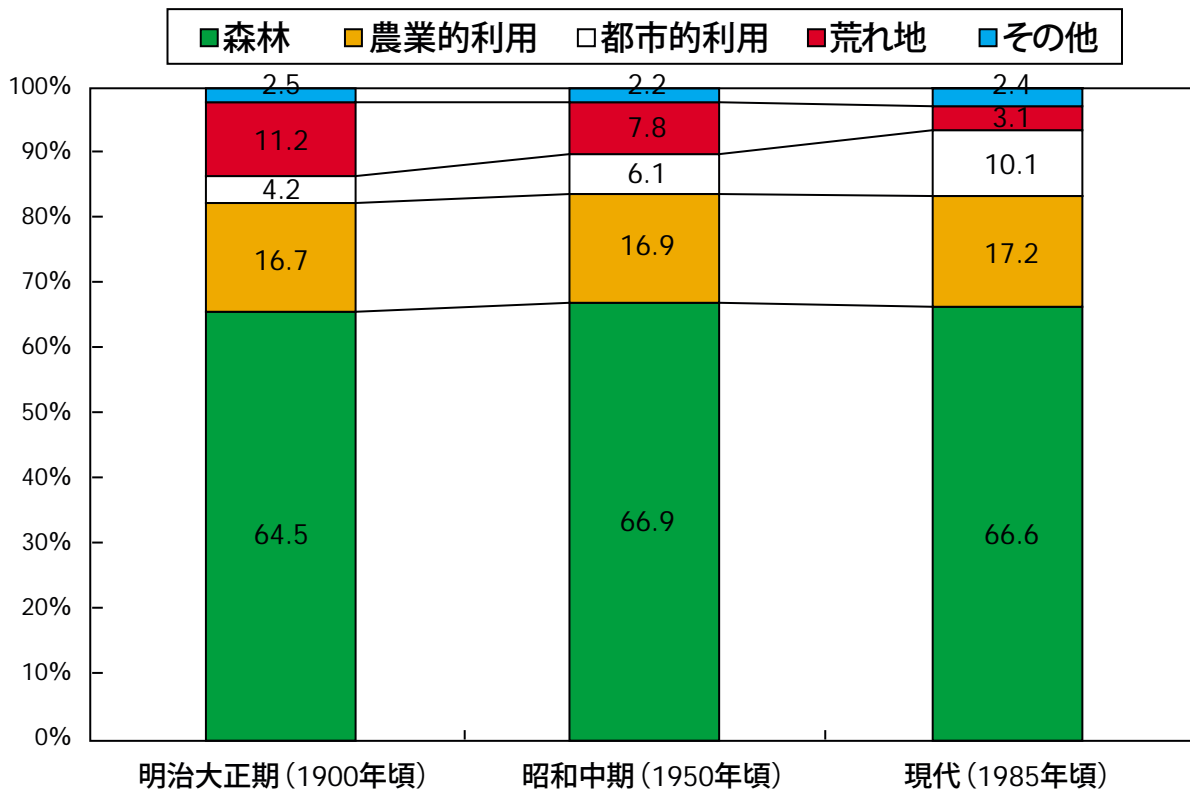


図-2 現代の国土利用

作製：氷見山幸夫



出典) アトラス 日本列島の環境変化

図-3 国土の利用の変化

併せて、新工法としてよりテクノロジーをアップしていく必要がある。

砂防情報

昭和57年の長崎災害以降、特にソフト対応の重要性が叫ばれてきた。その中で、雨量情報や地滑りの変位等の砂防関係情報の面で、砂防関係情報基盤緊急整備事業や火山噴火警戒避難対策事業がその充実に大きな貢献を果たしてきた。そして、平成13年の新規事業としてスタートした土砂災害情報相互通報システム整備事業は、今までの一方的な通報であった情報が、住民と行政が相互に交換するという画期的なものとして高く評価された。今後は、全国に展開された数多くの砂防関係情報のより有効な活用を図るため、有機的な連携を視野に入れたネットワークの構築とこれを活かした相互通報システムの整備を進めていきたい。折しも、「土砂災害防止法」が制定され、益々行政側の「知らせる努力」、住民側の「知る努力」が求められる。ITを存分に取り込ん

だ砂防情報行政に関するテクノロジーを高めることが必要となる。

有珠山での噴火災害で全く死傷者がでなかったのは、北海道大学の岡田先生の的確な指導に加えて、事前にハザードマップが各家庭・個人に配布するだけでなくキチッと行き渡っていたことがその理由だということに誰も異論はない。世界の1割もの活火山を持つ火山国・日本は、過去数多くの大きな火山災害を受けてきた。多くの教訓があるにも関わらず、色々な事情・理由からハザードマップ作成には、全ての火山において積極的ではなかった。しかし、この有珠山の噴火や三宅島の災害はあらためてハザードマップの重要性を喚起してくれた。火山災害は突発的で、災害形態も多様、影響する地域も広く、その被害は甚大であるだけに、事前の心構えが必要なのである。富士山についても昨年からはハザードマップ作成作り（事務局：砂防・地すべり技術センター）に入っている。その完成は平成15年3月末を目途にしている。その影響が大きいだけに、地方

自治体に加え内閣府、国土交通省砂防部・気象庁、総務省消防庁が参画し、最高のスタッフで精力的に委員会を重ね、作業を進めている。現象は大規模でも、その被害を最小限にすることが大事であり、それは阪神・淡路大震災で学んだことであった。これからの防災行政の方向であると思う。

平成14年の新規施策として、直轄で火山噴火対策調査を実施することにしている。火山活動により社会的影響の大きい活火山のうち、2県以上にまたがる等の活火山において、ハザードマップを活かし、火山噴火現象が生じた時の緊急対策を主とした危機管理対応をハード・ソフト併せて策定する調査である。14年度は富士山と浅間山を予定している。火山にはまだまだ未知な部分が多くある。関係機関と協力しながら進めていきたい。

国際砂防

ネパールで1998年から99年まで長期専門家として働いていた。山岳国家では治山・砂防なくして治水はあり得ないことを体感した。また、治山・治水なくして国家の発展もあり得ないことも実感した。

明治の始め、デ・レーケをはじめとするヨーロッパの技術者によって近代砂防技術が導入された。以降、30年を迎えたインドネシアとの技術交流をはじめとして、日本の砂防技術は世界に羽ばたいている。本年は、4月に広島市で第3回日伊土砂災害防止技術会議、10月には松本市で環太平洋インタープリヴェントが日本で予定されている。また、第3回世界水フォーラムに向けての土砂災害防止地域会議が、昨年11月のネパールでの南西アジア地域会議に続いて、本年1月にパナマで中南米地域会議で開催された。今後は、インドネシアでの東南アジア地域会議に加え、カナダやヨーロッパでも予定されている。そして昨年の日韓文化交流会の成果として、3月には韓国との技術交流の開催等確実にワールド・ワイドになってきている。この高まりを世界に根付かせるため、昨年土砂委員会（事務局：砂防・地すべり技術センター）を立ち上げ、国際砂防ネットワーク構築に着手した。世界一の日本の砂防技術を益々磨き、21世紀は土砂災害に悩む世界に、よりワールドワイドに貢献する責務がある。

おわりに

私は大和川工事事務所に在職していた。その時、「大和」と書いて、どう「やまと」と振り仮名を打つかと思ったことがある。「大」を「や」、「和」を「まと」。「大」を「やま」、「和」を「と」。奈良県櫻井市に「大和神社」がある。「おおやまとじんじゃ」と呼ぶ。大きな「和」をもって皆様と砂防事業を進め、21世紀を「安全と環境」の世紀にしたい。そのために、砂防・地すべり技術センターへ課せられた課題と担う役割には大変重いものがある。その活躍と成果を大いに期待している。

パナマ運河と地すべり

中村 浩之

1. はじめに

1513年ヌニェス・デ・バルボアは高温多湿の熱帯雨林でしかも地形の非常に複雑なパナマ地峡を探検し、カリブ海から太平洋沿岸に到着するのに成功した。バルボアは穏やかな海を見て「太平洋」と命名した。スペインの植民地となったパナマ地峡の重要性にすぐさま気が付いたスペイン人は道路を建設しインカ帝国などの財宝を太平洋から大西洋側に運搬した。しかし17世紀になるとイギリスの海賊ヘンリー・モーガンなど海賊船がパナマから出航するスペイン船を襲うようになり、パナマが中継港としての重要性を失い、1718年にはヌエバ・グラナダ副王領（その後のグラン・コロンビア共和国）に併合され、1903年までコロンビア共和国の州となった。

1848年カリフォルニアで金が発見されるとパナマは重要な交通の中心地として再認識され、パナマ地峡を横断する鉄道がアメリカの実業家の出資で完成した。このためメキシコとの戦争で広大な領土を太平洋側に手に入れたアメリカは東海岸からの輸送における地点としてパナマに注目するようになった。輸送のための船舶は南アメリカのホーン岬を回る危険な海路をとらざるを得なかったし、ニューヨークからサンフランシスコまで12,000kmの距離がパナマ運河を通過するよりさらに加算されることになってしまう。このため北アメリカと南アメリカをつなぐ地峡に運河建設が熱望された。

スエズ運河建設で英雄となったフランス人レセプスはパナマ運河会社を起し、株を公募して運河建設を開始した。レセプスはスエズ運河と同様水平開削運河（海面運河）を試みたが、工事は難航し、この構想は失敗しただけでなく、黄熱病やマラリアによる多数の犠牲者などのため会社は倒産し、アメリカが工事を引き継いだ。しかしパナマの領土を所有するコロンビアの議会はアメリカとの間で10年間パナマ地峡を租借しようとする条約に批准を同意しな

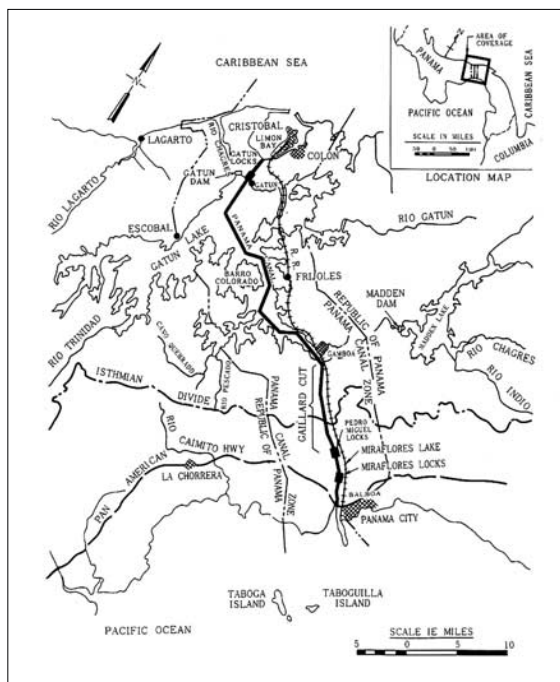


図-1 パナマ運河およびその周辺の概略図 (Don C. Banks et. Al. 1975)

ったため、これを機にパナマはアメリカの支援をうけてコロンビア支配から脱却し独立した。アメリカはパナマと契約を取り交わし、運河の両岸8kmずつ16kmの借地権とパナマ運河の使用権を得ることとなった。その後パナマのトリホス將軍はアメリカのカーター大統領との交渉の結果1999年12月31日にパナマ運河はパナマに返還され、運河両岸のパナマ運河地帯も完全にパナマ領となった。

現在パナマ共和国は人口約230万人でその国土面積は7万7000km²、首都はパナマ・シティである。

2. パナマ運河

パナマ運河は閘門タイプの運河で長さ約80km、大西洋と太平洋を結ぶパナマ地峡としてアメリカ大陸の中で最も狭い地点に建設されている（図-1参照）。パナマ運河は公式には1914年の8月15日に国際貿易のために開通されたが、それ以後この運河を85

*東京農工大学大学院 教授

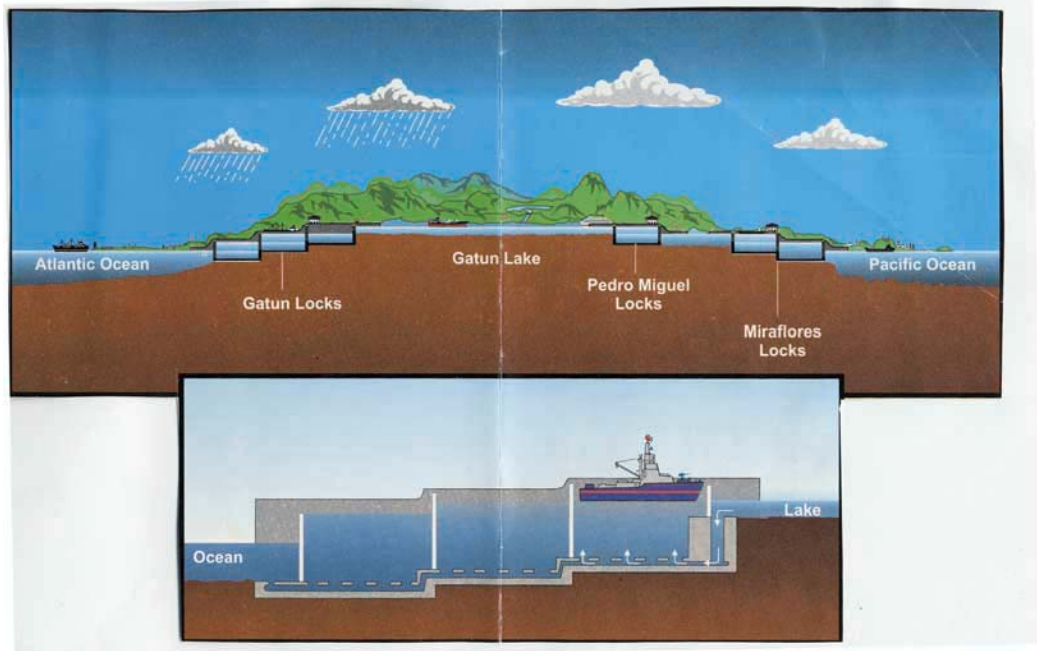


図-2 パナマ運河閘門配置とその構造 (ACPパンフレットより)

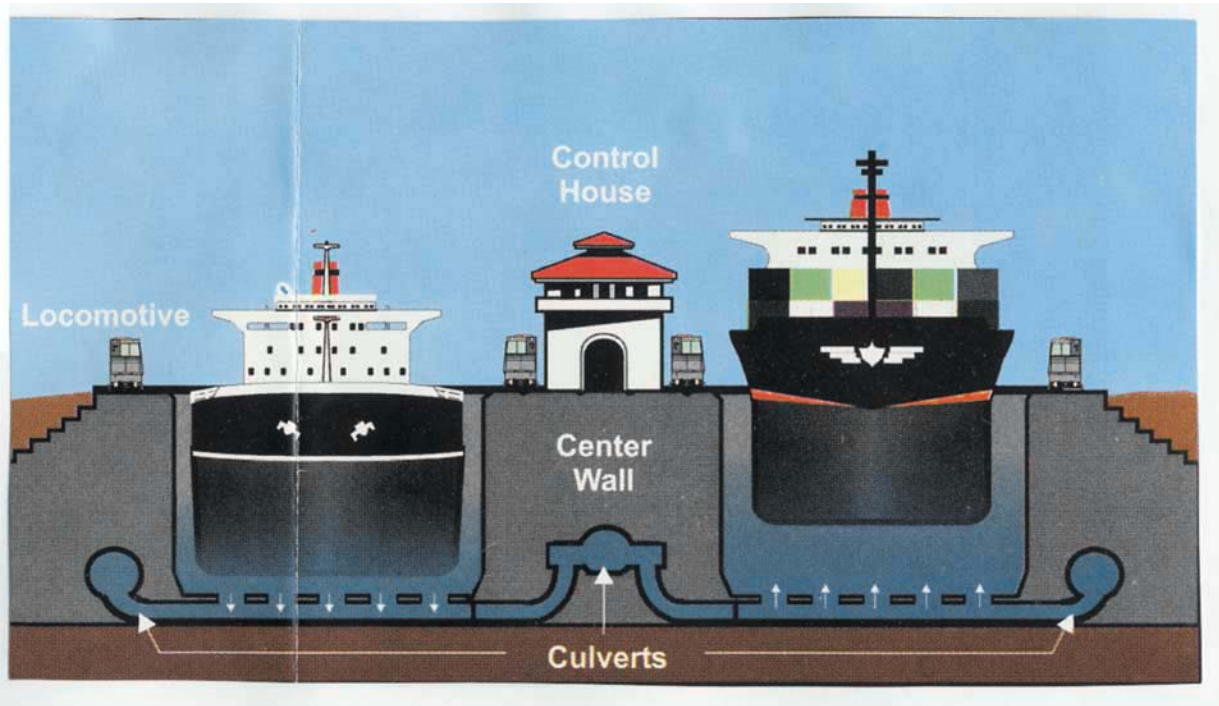


図-3 パナマ運河閘門断面図 (ACPパンフレットより)

万隻以上の船舶が通過している。

運河は3セットの閘門より構成され、各閘門は2本の航路を持ちガトン湖まで、海水面より水を利用して高さ26mの高さまで船舶を持ち上げる構造になっている (図-2参照)。そしてコルディーラ山系の大

分水界を越えて反対側の海水面まで船舶を下ろすことができる。この運河には船舶を昇降させる装置である閘門があるが、この閘門内に船舶を入れるために必要な水はガトン湖より得られる。また鉄の扉で仕切られた閘門内の水は下に重力で排水される。だ



写真-1 ペドロミグエルの閘門を通過中のコンテナ船

いたい20万 m^3 のガトン湖からの真水が各閘門内で船舶を昇降させるために用いられ、最終的には海に流される。またチャンバーを仕切る扉の大きさは高さ25m、重さ730トンもある。扉はパナマ運河の閘門で40対もあり、これらすべてはパナマ運河建設時のものである。扉は10年から15年で修理がなされている。

各閘門には最上部のチャンバーの中央にコントロール室があり、そこで水の出し入れの操作が行われる。(図-3)。

パナマ運河を通過するとき各船舶は運河の大部分のところは独自で航行することはできない。閘門を通過するときはミュージズとよばれる電気機関車の助けが必要である(写真-1)。この機関車はロープを使用して船舶を牽引し、一対の機関車が閘門内にある船舶をちゃんとその航行を保ちながらレールの上を走るが、船舶の大きさによっては4台から8台の機関車の助けを借りることもある。

このようにパナマ運河は船舶の航行には多くの作業が必要となり、また多量の水も必要で、通過できる船舶の数にもおのずから制限が出てくる。また閘門というネックを持つパナマ運河を通過できる船の大きさには当然のことながら制限がある。閘門のチャンバーは幅33.5m、長さ305m、深さ26mであるため船の最大の大きさは長さ294m、幅32m、喫水の深さ12mであり、船の建造当初よりパナマ運河を通過することが予測されるときはこの規模の船に建造され、パナマックス型の船と呼ばれている。船は箱型の不安定な船型のものである。

パナマ運河を通過するときの問題点は長さ12.6kmのゲイラードあるいはクレブラカットとよばれるパナマ運河の最狭区間があるが、全運河水路長の15%を占めている。Pedro Miguel閘門から

Gamboaまで地峡をコルディーラ山系の分水界をまたいでの開削区間が続いているが、最近この水路区間での拡幅工事が実施され、直線区間では152mから192mの幅に、また曲線部では222mまでに拡幅されパナマックス型船舶が支障なくすれ違い航行することが可能となりパナマの通過時間を短縮する一方、より安全に運河の通過容量を増加することが可能になった。

1914年パナマ運河開通当初はクレブラカットの航行水路幅は91m程度でその当時この運河を最初に通過したとされるパナマ鉄道所属のアンコン号と呼ばれる蒸気船が大西洋から太平洋に貫けるときにはクレブラの開削区間はやや狭い感じであった。その後航行水路は152mまでに拡幅されたが、パナマックス型の船舶が同時にすれ違うことは出来なかったため2001年末にさらなる拡幅工事により現在に至っていることになる。

パナマ運河は1999年12月31日の正午をもってパナマ共和国がすべての管理と操作および維持に対し責任を負うことになった。1997年6月11日に制定された法律19によってPanama Canal Authority (ACP、パナマ運河公社)にパナマ運河に関するすべてが委ねられた。このACPはパナマ政府より自主運営を任された公社で独自の規則と理事会で運営されている。またACPは理事長、副理事長の他に11人の理事メンバーにより運営されている。

現在パナマ運河は国家に所属し、これを管理するACPはこの運河を売買したり、譲渡したり、抵当に入れたりすることは出来ず、パナマ運河の海事や国際貿易が平和で支障がないような条件を維持するための役割を果たすだけである。

3. パナマ運河開削に伴う地すべり

パナマ運河開削で地すべりに悩まされた話はあまり知られていないと思う。

2つの海をパナマ地峡に運河で結ぼうとする考えは長年の夢であった。レセップスによってスエズ運河が成功しこの夢は現実に向かって前進していった。スエズ運河成功の余勢をかったレセップスは、さらにパナマ運河建設を計画した。1882年まで調査が実施され1884年には開削が開始されたが、そのころより地すべりが開削に重要な問題として持ち上がってきている。この地すべりの問題は第一フランス・パナマ会社が工事に伴う公衆衛生および財政上

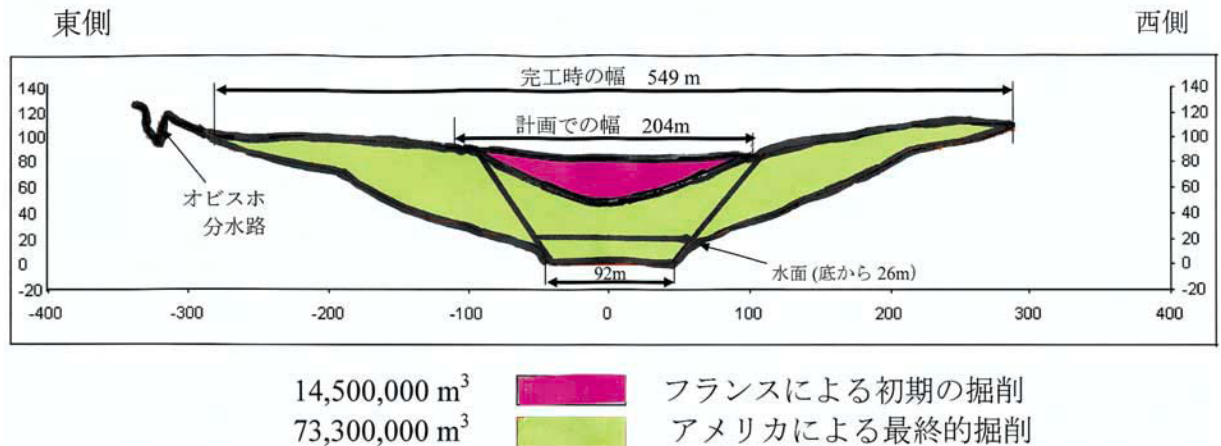


図-4 クレブラカット 掘削断面概略図

の問題より大きく、ついに1895年まで運河建設を断念する大きな要因の一つになった。

水平開削運河よりもさらに現実的な閘門式運河に計画変更し、第二フランス・パナマ会社が再び建設に乗り出した。閘門式にすることにより掘削量が減少し、開削地域の排水が容易になった。第二パナマ会社によって1903年まで著しい量の掘削が行われた。その後資金をめぐるスキャンダルや工事が難航するなどしたため、1903年パナマ運河は第二パナマ会社よりアメリカが運河にかかわる権利を買収し運河建設を推進することになった。アメリカによってなされたことは有能な技術者の指揮のもとに掘削や排水処理に最新の考えを導入する一方、マラリアや黄熱病を運ぶ蚊の徹底的な駆除を行うことによって難工事を突破して1914年遂に運河は完成することとなった。

4. クレブラカットと地すべり

パナマ運河での一番の難工事はクレブラカットの延長約16km区間である。クレブラ（「蛇のような」の意味）山地は標高195mのゴールドヒルを最高点とする運河掘削地域であるが、平均標高で70m程度（クレブラの丘、標高103m）である。このゴールドヒルはクレブラカットの東に位置する丘であり、この丘はパナマ運河会社の最大の資産の一つとされていた。というのはこの丘に金が埋蔵されており、その金だけで運河の総建設経費以上がまかなえるとしてパリで発行された会社の設立趣意書に記載されているところである。掘削によって地すべりを誘発した東クレブラ地すべり地では掘削深度が原地盤線よ

り100～200mが必要となった。このクレブラカットはフランス人が最大の努力を払って敗北した地区である。この区間でアメリカが掘削した土量は7600万 m^3 という膨大な土量であり、このうち25%の1900万 m^3 は地すべり土塊からのものである。

クレブラカットの工事期間中（1904～1914年）総数64ヶ所の地すべりが発生した。クレブラ山地を開削するに当たり、技術者は総掘削量を最小限にするために掘削法面を一割に計画していた。レセプスやフランス人の技術者はギリシャのコリント運河のように垂直な掘削法面を考えた人もいたが、この予想はあまりにも楽観的であった。1：00の法面はあまりにも急斜面で降雨があるとしばしば地すべりを発生させた。図-4にクレブラカットの代表断面図を示したが、地すべりが発生した斜面の対策として安定勾配は最終的には4割程度の非常にゆるい斜面になった。このため図-4に示すように運河の両岸の法面肩間の水平距離は約550mになり掘削土量も必然的に膨大なものとなったことになる。

クレブラ山地の地質は非常に複雑で、漸新世（3000万年前）に堆積した堆積岩と玄武岩など5種の火山岩類より構成されている。風化した頁岩を主体とする上にゴールドヒルにみられるように硬質の玄武岩などが載るキャップロック型の地質構造をしている地域でもある。クレブラカット区間で発生した地すべりを大別すると二つのタイプに分類できる。掘削で最も大きなトラブルを起した地層はクカラチャ（ゴキブリの意味）層で砂岩とシルト岩の薄層を挟む、モンモリロナイトを含む頁岩である。含水比は10～20%と低い、地表より12～15mまではかな

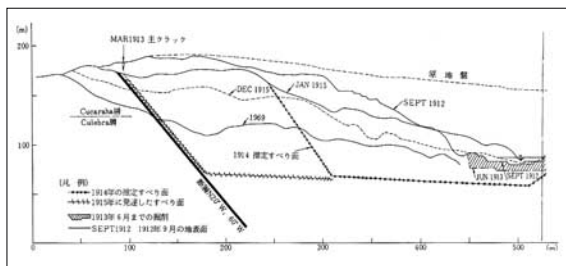


図-5 東クレブラ地すべりにおけるすべり面と掘削との関係
(R. Lutton, 1975)



写真-2 東クレブラ地すべりの全景



写真-3 ゴールドヒルとその斜面对策工 (向井啓司氏撮影)



写真-4 クカラチャ地すべりとゴールドヒル (向井啓司氏撮影)

り風化している。この上層の粘土化した頁岩や風化頁岩は掘削中地表面にも平行したすべり面に沿って地すべりを発生させ、地すべり土塊は水を含み泥流状に流れ出した。このようなタイプの地すべりは雨季に多く発生し、柔らかい多孔質の表層が下層の岩盤斜面上をすべり落ちるもので、移動土層は粘土質でシャベルを打込んだら最後、再び引き抜くのは非常に大変な青色粘土層で、その崩土の排除は非常に苦労したといわれている。日本では新潟の第三紀層によくみられる風化岩や粘性土層の地すべりといえる。

第2のタイプの地すべりは掘削が相当深く進んだときに起こった。規模も大きく、第1のタイプの地すべりよりももっと厄介なものだった。1911年以後掘削が深くなるに従って発生するようになった未風化岩内に生じた地すべりによって何ヶ月、あるいは何年分の作業がまったく台無しになることがあった。これらの地すべりはラス・カスケーダス、ラ・ピタ、エンパイア、リリオ、東クレブラなどで発生し、全部で22回発生した。図-5は東クレブラの地すべりの断面である。1913年1月には運河中心部で原

地盤より85mの深度にまで掘削が進行したが、1913年3月に運河中心より約390m離れた運河東斜面に亀裂が発見されるなど変状が認められたため、1913年から1914年にかけて斜面上部の排土が実施された。しかし地すべりは安定化せず、その後の地すべりとの悪戦苦闘の一例を図-5に見ることができる。運河の掘削予定断面が地すべりで埋められると、この崩土を排土するとともに地すべり斜面の勾配と安定勾配に近づけるための平坦化の排土工が実施されており、現在に至っている。東クレブラ地すべりは1914年に運河水路に突入以来、現在も地すべり活動をしており、しかもこの運動は1914年の地すべりのすべり面と同じすべり面に沿っている。1915年8月には東クレブラと西クレブラの両地すべりが活動し、水深12mの水路より運河の底面が水面上に隆起したが、その後30年間地すべりの活動とこれに伴う運河の浚渫が続いている(写真-2)。同様なタイプの地すべりが東クレブラ地すべりに隣接するゴールドヒル(写真-3)、パナマシティ側のクカラチャ地すべり(写真-4)でも発生し、また1907年10月4日に連日の豪雨の中で第1のタイプの地すべりが発生した



が、1910年に基盤岩地すべりが発生した。この地すべりはその後も安定することなく1911年には運河断面まで岩や泥が流れ込み、また運河底が隆起したため、これを取り除くのに3ヶ月を費やした。そして1912年には年の3分1以上運河基底部の隆起部を取り除くのにかった。地すべりの活発なときには掘削機が土砂を取り除いても機械の位置はいつも同じ高さに停止していたといわれる。すなわち掘削しても掘削しても地すべりの末端隆起部は成長したものとされるし、地すべりの斜面上部は沈下したことになる。これら第2のタイプの地すべりは乾季に発生し、第1のタイプと発生メカニズムはまったく異なるものと考えられる。掘削前より対岸の抵抗力と釣り合っていた地盤内応力が掘削により水平と垂直応力の比が限界値に達し、局所的な受働破壊を起こし、この破壊は水平方向への頁岩の膨張を促進させ、層理面に沿って水平なすべり面が徐々に斜面内部に発達したと思われる。このすべり面に沿ったせん断強さも次第に残留強度に低下し、ついにすべり面の水平変位に対する抵抗力が潜在すべり土塊内の主働土圧に等しくなったとき地すべり運動に発展したと思われる。1911年に発生した巨大でやっかいなクカラチャの地すべりは当時の運河建設の総責任者ジョージ・ワシントン・ゲーサルス中佐に、活動して運動を停止せず、また運河の基底部を掘削してもすぐ埋めてしまう地すべりに向かって「ちくしょう、もう一度掘り返すんだ」といわせた。当時の地すべり対策は移動してきた土砂を排除し、移動土塊を安定化させるまでの平坦化工事と表面排水処理であったことが伺える。これは今の我々の地すべり対策工事のやり方とは全く異なり、必ずしも正しい地すべり対策とは思われない。フラタリング（平坦化をすることによって必ずしも斜面の安定率は向上しないし、またゲーサルスも後にわかったことだが地すべり地に降雨による表流水の流入を防止するために運河に平行に地すべり斜面の上部に建設された分水路が地すべり地への水の供給源になり地すべり誘発の原因になっている。しかし当初はゲーサルスはフランス人が掘削した運河掘削地に平行に建設された水路を拡幅した。流域より運河に流入する小河川が掘削地域に入らないように運河の東側にはオビスポ分水路（最小幅15m、長さ8.8m）と西側にはカマチョ分水路が建設された。クレブラカットは運河「最大の驚異」といわれた。地すべりにより運河の

底が不思議に盛り上がるのを見て多くの人々が心を奪われたといわれている。乾季には観光客が数百人から数千人訪れて丘の上の望覧台よりクレブラカットの掘削工事現場を見学したといわれといる。パナマ運河建設で重大な工事であり、より多くの経費が投入された運河両端の閘門やダムよりも人の関心をクレブラカットは引いたことになる。またパナマ運河開削には多量のダイナマイトが使用された。それまでどの国が戦争に消費したよりも多量の爆薬エネルギーを使用したとのことである。クレブラカットを見学した人々は山々に響き渡るダイナマイトの爆裂音に恐怖しながら壮大なクレブラカットの大土工事現場の光景に見入っていたと思われる。このクレブラカットはこの掘削を担当して運河完成を見ずして死亡したアメリカ陸軍工兵隊のゲイラード少佐の名をとってゲイラードカットと命名され、現在カンボアからペドロ・ミゲル閘門の間の区間をクレブラカットあるいはゲイラードカットといわれている。ゲイラードはウエストポイントの陸軍士官学校を卒業し、陸軍工兵隊に入り、パナマ運河建設ではゲーサルス中佐の下で働いていた。クレブラは地獄谷ともいわれた。クレブラカットの気温は38℃以下に下がることはなく、時には50℃～55℃に上昇することもあった。このような高温・多湿の中での工事は想像を絶する環境であったことは容易に考えられる。ところで東クカラチャ地すべりは運河開通後1986年10月13日に再度大地すべりを発生し、もう少しで運河を閉塞するまでになった。ゴールドヒルの後方斜面に堆積した玄武岩の岩屑が120m移動し、クカラチャ地すべりのの上に乗ったため、この玄武岩岩屑の载荷によりクカラチャ地すべりは活動を開始した。約30万m³の玄武岩岩屑がゴールドヒルより供給され、この载荷重によって押し出させた地すべり土塊はその量にして約40万m³が水路に入った。その後1985年にはゴールドヒルの安定化工事が実施された。この工事ではゴールドヒルから崩れ落ちてきた玄武岩岩屑を含めてクカラチャ地すべり頭部で約120万m³の排土工がまた地すべり地の表面排水路工とゴールドヒルの頭部排土（標高195mから177mまでの排土）と雨水浸透防止工として当時、消石灰による応急表面被覆工がなされ、また最近ではアスファルトの被覆工や、運河側の急な切り取り斜面ではアンカー工が実施されている。

5. 地すべり監視体制

図-6の西クレブラ地すべりの例に示されるように、地質構造の複雑なクレブラカットの地表面移動観測を実施するためにすべての不安定地区に観測点が置かれている。過去に地すべり活動のあった地域の滑落崖の背後地斜面や移動土塊上に観測点は置かれている。これらの移動観測点はEDM (Electro-Optical Distance Measurement) と呼ばれ、光波による測距が行われている。通常雨期 (パナマでは4月から12月) に毎月1回測定される。しかしながら斜面が明らかに不安定になっているところは、より頻繁に観測が行われる。現在のクレブラカットは25の監視区域に区分され、278の観測点が設置されている。各観測点は観測用プリズムを据えるための直径63mmの垂鉛びきプレートが頭部に設置された標柱が用いられている。地上915mmの突出長とそれとほぼ同じ長さの根入れ長を持つ杭が地中にコンクリート基礎とともに埋設されている。各EDMは座標と標高が与えられ、これらの測定は安定している地域に設置してある基準点より測距儀で測定される。この基準点はEDM測定点の運河対岸に設置されており、地盤条件により長さが1220mm~1830mmと異なる長さの根入れされた直径100mmの垂鉛びきプレートを頭部に持つ標柱である。これらの基準点は定期的にGPSによりその位置がチェックされている。一群のEDM点の一つの基準点より測定される (図-7参照) 各EDM点は水平変位ベクトルと鉛直変位が毎月計算され、これにより各監視区域での斜面

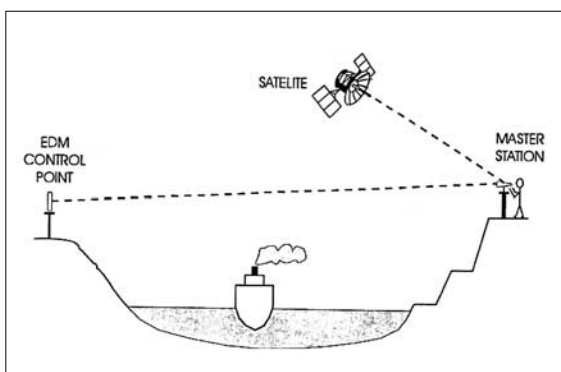


図-7 クレブラカットにおけるEDMによる地表変動監視法

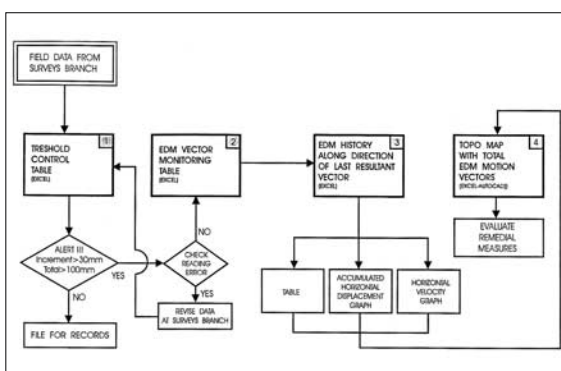


図-8 地表変動データ管理図

変動状況が把握される。測機の測定誤差は200~1000mの測定距離で5mm以下であるが、操作や気温、湿度、気圧などによって誤差は増大する可能性がある。これらの誤差を考慮すると約30cmの誤差が見込まれる。EDMの測定結果は図-8に示すように4つの表に出力される。EDM測定値が一定の基準値を

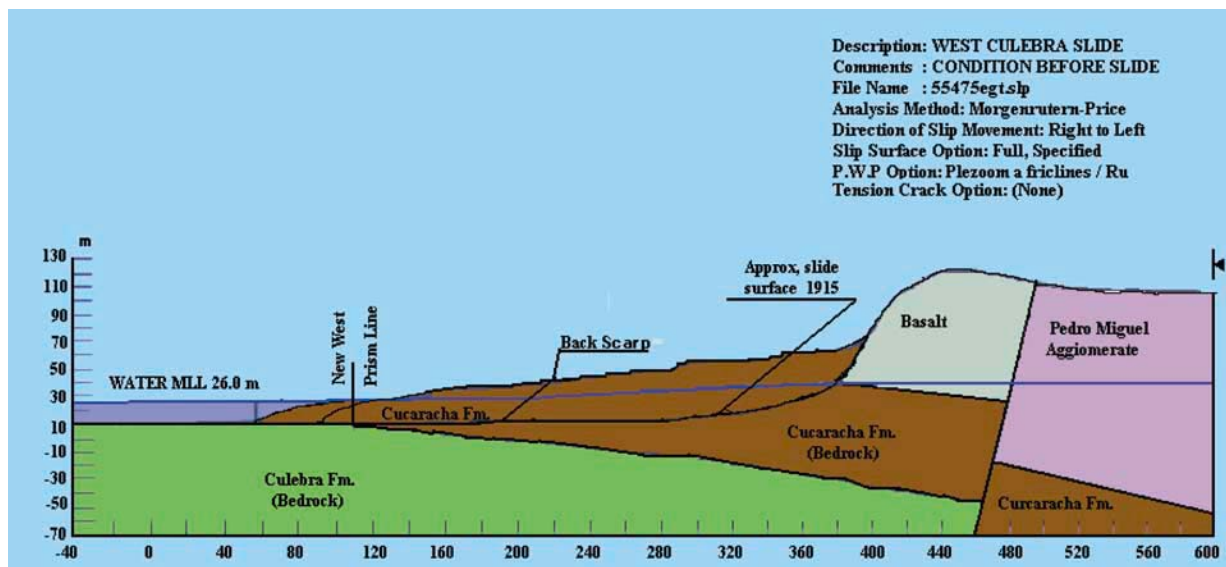


図-6 西クレブラ地すべり断面図



ENGINEERING DIVISION GEOTECHNICAL BRANCH LANDSLIDE CONTROL PROGRAM - EDM VECTOR MONITORING TABLE Edm Name: IR89-5									
READING DATE		HORIZ. MOV. ALONG CURR. RESULT. VECTOR				VERTICAL MOVEMENT			
Original	Current	Increment (mm)	Total (mm)	North Azimuth	SLIDE WARNING	Increment (mm)	Total Settlement (mm)	Sett. Rate (mm/month)	
5/4/93	5/25/93	4	4	44.8		0	0	0	
5/25/93	7/26/93	72	77	61.0		-20	-20	-10	
7/26/93	8/11/93	-6	70	55.2		-10	-30	-19	
8/11/93	8/25/93	7	77	55.9		20	-10	43	
8/25/93	9/20/93	1	78	51.0		5	-5	8	
9/20/93	10/25/93	9	87	44.6		-19	-24	-16	
10/25/93	11/22/93	4	91	44.6		2	-22	2	
11/22/93	5/5/94	1	91	50.1		-7	-29	-1	
5/5/94	7/25/94	-1	90	54.3		-8	-34	-2	
7/25/94	8/26/94	6	96	49.8		-21	-55	-20	
8/26/94	10/5/94	21	115	41.5	ALERT !!!	-4	-59	-3	
10/5/94	11/19/94	185	296	25.4	ALERT !!!	0	-59	0	
11/19/94	11/21/94	20	316	28.6	ALERT !!!	19	-40	28	
11/21/94	12/12/94	-6	309	24.9	ALERT !!!	-2	-42	-3	
12/12/94	1/19/95	-7	302	26.2	ALERT !!!	2	-40	2	
1/19/95	2/22/95	20	321	28.2	ALERT !!!	-5	-45	-4	
2/22/95	5/20/95	0	321	27.0	ALERT !!!	8	-37	2	
5/20/95	7/17/95	-14	307	27.0	ALERT !!!	-2	-39	-1	
7/17/95	8/28/95	1	309	27.5	ALERT !!!	-8	-47	-6	

Note: Alert !!! occurs when the Horizontal Movement Along the Current Resultant Vector, has a monthly increment greater than 30mm or a Total Accumulated Value greater than 100 mm.

図-9 ゲイラードカットのLirio地区におけるEDMベクトル表 (EDM LIR89-5地点)

超えると地すべりの警戒サイン (Alert!!) が発せられる。この警戒基準は水平方向のベクトルの増加が **30mm/月** を超えた場合や、合成水平方向ベクトルが **100mm** になった場合である。この基準値は過去 **20年**間の観測結果により設定されたものである。図-9にEDMLIR89-5観測点の移動ベクトルが示されているが、この観測点はクレブラカットのLirio地区のものである。また図-10にはAlertが発せられたある警戒地区の移動状況が示されている。これによりAlertの表示の出た観測点を持つ区域が地すべりを起す以前にこの潜在的に不安定になった地域と考え斜面安定工事の実施も可能となる。EDM観測により最近Alertが発せられた地区は東クレブラ地すべり、西クレブラ地すべり、東クカラチャ地すべり、ホッジ地すべりであり、玄武岩体でパナマ運河沿いで最高標高地点ゴールドヒルも運河と反対方向に傾動していることが観測され、現在注意が払われている。このように現在パナマ運河の約**13km**のクレブラカット地区はコンピュータ管理された地表移動観測システムが有効に機能していると考えられている。これによりクレブラカットの地すべりの動きを初期の段階で認識することが出来、運河沿いの地すべりがすべりを起す前に対応策を計画・実施できることになった。パナマ運河沿いの地すべり地に対策についてパナマ運河委員会の地盤工学諮問委員であるJ. D. Duncan, N. R. Morgenstern, G. F. Sower, R. L. Schuster, W. F. Mareuson III, R. L. Wessonなどアメリカやカナダの著名な斜面や地震関係の研究者が年1回程度の指導を行っているとのことである。

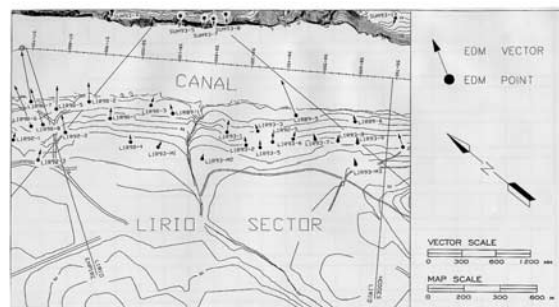


図-10 ゲイラードカット、Lirio地区における地形図上に表示されたEDM運動ベクトル

6. おわりに

2002年1月21日～23日に開催された第3回世界水フォーラム土砂会議「中南米地域会議」に出席する機会を得た。この会議はパナマ共和国のパナマシティで開催された。パナマは北アメリカと南アメリカをつなぐ陸の橋にあたる部分であり、このパナマ地峡に1914年パナマ運河が完成したが、この運河建設は大変な難工事で洪水、地すべり、黄熱病やマラリアなどによる多くの犠牲を伴った。パナマシティ滞在中、旧市街のカスコ・ピエホ地区にあるパナマ運河博物館を訪れることができたが、丁度ここで青山土特別展が開催されており、新潟の大河津分水の建設を実施した若き時代の青山士に出会うことが出来たのは望外の感激であった。パナマ運河建設に伴って地すべりが多発したというレポートは読んでいたが、実際に現地を訪れゴールドヒルから見下ろすクレブラ地すべりやクカラチャ地すべり、またこれらの地すべり地帯を大きく流れる運河とそこを通過する巨大なコンテナ船など長年の夢が叶えられた感動は一生忘れることができないものである。日本経済にとってパナマ運河の重要性は年々増しており、運河を通過する日本船舶は常時全体の**3分1**ともいわれている。パナマ運河の一つの障害は地すべりであるが、今までの地すべり対策工が効率的に実施されたかという疑問が残るところである。将来技術協力の余知が十分あると考えられる地域であり、また第2パナマ建設に関しても地すべりの問題は非常に関心のあるところである。最後になりましたが第3回水フォーラム土砂委員会に出席する機会を与えて下さった国土交通省砂防部や砂防地すべり技術センターの関係各位に心からお礼申し上げ、また第3回水フォーラムが成功裡に終わることを祈念しております。

改良型簡易貫入試験機の開発

川満一史*

1. はじめに

斜面調査用として、土研式貫入試験機を小型軽量化した簡易貫入試験機¹⁾（従来型と称す）は、地表下5m程度以浅における地盤の構造を簡易的に把握するために優れた装置である。しかし、表層部における根系発達状況の把握等微妙な構造の把握や地表下5m程度に位置すると考えられる表層崩壊等すべり面については、その5kg重錘による貫入力の高さにより、十分に把握できない傾向にある。一方、根系発達深度等、地表付近の微妙な構造を把握することを目的として重錘2kgの長谷川式土壤貫入計（長谷川式と称す）が開発されているが、ロッドの周面摩擦等の影響や貫入力の不足により2m以深の測定が困難であるという問題が生じている。そこで、上記両試験機の欠点を補い、かつ両試験機の探查能力を備えた貫入試験機（改良型と称す）の開発を、ジオグリーンテック株式会社との共同で行った。また、これらの試験機を用いて現地測定を行い、改良型の特性を検討したので、ここに報告する。

2. 改良型簡易貫入試験機の構造

従来型と長谷川式の探查能力を備えたものとなるよう検討した結果、改良型の構造を以下のとおりとした。

- ①重錘を3kgと2kgに分割し、着脱可能な構造とした。3kg重錘による測定は、長谷川式と同等の

分解能・貫入力で、浅い深度における地下構造を詳細に把握できるものとし、さらに2kg重錘を追加することにより、従来型と同等の測定能力を確保し、基礎地盤深度等の推定を可能とした。

- ②従来型、長谷川式のロッド径はいずれもφ16mmだが、先端部のコーン径は従来型がφ25mm、長谷川式がφ20mmである。φ25mmのコーン径の方が周面摩擦の影響を受けにくく、深部まで測定可能であるため、改良型のコーン径をφ25mmとした。
- ③長谷川式同様、試験機本体と並行に目盛りの付いたガイドポールを取り付けた。これにより、一打撃毎の貫入量を読み取ることができ、より詳細な解析が可能となった。
- ④従来型に比べ、破損しにくい材質・構造とした。

2.1 着脱式重錘

開発した着脱式重錘（3kg重錘に2kg重錘を付加出来る機構）を写真2.1に示す。

この構造では、測定器を解体しなくても2kg重錘を測定途中で付加可能である。また装着部がテーパ構造になっているため装着後（右写真）は一体化して外れにくく、しかも取り外しはハンマーを用いれば簡単に出来る。

表2.1 各試験機の構造

	土研式貫入試験機	従来型 (簡易貫入試験機)	長谷川式	改良型
先端コーン径	φ 30mm	φ 25mm	φ 20mm	φ 25mm
貫入ロッド径	φ 25mm	φ 16mm	φ 16mm	φ 16mm
重錘	5kg	5kg	2kg	3kg+2kg(着脱式)
材質(重錘以外)	—	S45C SUS416	SUS304	SUS304
測定方法	—	10cm貫入毎の打撃回数(Nc値)を測定	一打撃毎の貫入量を測定	一打撃毎の貫入量を測定

* (財)砂防・地すべり技術センター 斜面保全部



写真2.1 着脱式重錘 (3kg→5kg)

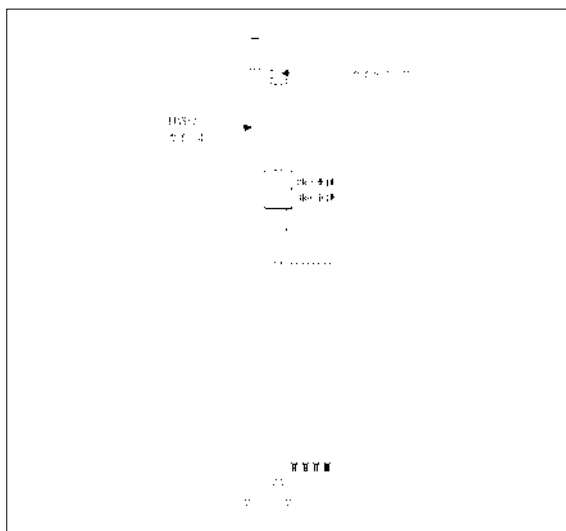


図2.1 改良型簡易貫入試験機の全体図

2.2 試験機の材質

従来型と長谷川式の材質を参考に、改良型では表2.1に示す材質とした。主な改良点は重錘以外の材質をステンレスSUS304にして強度を増したことであり、従来型に比べ、ネジの折損やネジ山の潰れが発生しにくい。

3. 各試験機の貫入力比較

各試験機によるN₁₀値測定結果から、従来型、長谷川式の貫入力をそれぞれ1とした時の改良型の貫入力比を土質別に表3.1に示す。比較に用いたN₁₀値とは先端コーンが10cm貫入するのに要する打撃回数であり、従来型によるN₁₀値はN_c値と同意である。また、表中の計算値とは動的貫入試験機の貫入力の比較によく用いられるもので、「重錘 (kg) × 落下距離 (m) / コーンの面積 (cm²)」により求められる。

改良型 (3kg重錘) の貫入力は、計算値によれば長谷川式とほぼ同等 (長谷川式: 改良型 = 1 : 0.96) である。実際の試験結果でも、それに近い貫入力 (1 : 1.04) が得られた。すなわち、改良型は長谷川式同様に軟らかい土層での分解能が高く、根系発達深度等を把握可能と考えられる。

また、従来型に対する貫入力比は、計算値では従来型: 改良型 = 1 : 0.60で、現地測定の結果では、約半分の貫入力 (従来型: 改良型 = 1 : 0.51) となった。この結果は、大久保ら²⁾の報告 (重りを変えた時の換算) とほぼ一致する結果となった。

表2.2 改良型簡易貫入試験機の材質

部 位	材 質	熱 処 理	表面処理	従来型の材質
先端コーン	SUS304	高周波焼入れHRC55~60	未処理	S45C
ノッキングヘッド	SUS304	熱処理なし	未処理	S45C
ロッド	SUS304	熱処理なし	未処理	SUS416
ガイドロッド	SUS304	熱処理なし	未処理	SUS416
重錘	S45C	熱処理なし	電気亜鉛メッキ	S45C

これより、改良型（3kg重錘）のN₁₀値は次式を用いて、従来型のN_c値に換算できる。

$$N_c \text{値(従来型)} = 0.5 \times N_{10} \text{値(改良型3kg)} \quad r=0.75$$

表3.1 従来型、長谷川式に対する改良型（3kg重錘）の貫入力比

	従来型=1	長谷川式=1
計算値*	0.60	0.96
マサ土	0.65	1.15
関東ローム層	0.44	1.00
第四紀砂層	0.54	1.05
粘性土	0.44	0.97
全体	0.51	1.04

*計算値(kg・m/cm²)=重錘(kg)×落下距離(m)/コーンの面積(cm²)

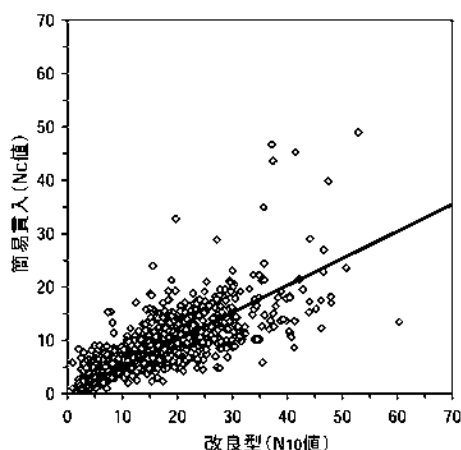


図3.1 N_c値（従来型）とN₁₀値（改良型3kg）の関係（全土質）

4. 現地適用性の検討

4.1 貫入抵抗値の一打撃毎表示による解析力

従来型では、N_c値と称して10cm貫入毎の打撃回数で土層構造を解析してきたのに対し、改良型では一打撃毎の貫入抵抗値（N₁₀値）で解析できるようにした。その解析力の差異について一例を挙げる。

図4.1に礫含有土層における貫入試験結果（改良型3kg）を示す。

福永ら³⁾は、礫の混入によりN_c値は著しく変化し、植物の生育との関わりをもつ土層の判断が難しくなると報告し、礫含有土層のN_c値の問題について指摘している。N_c値のように10cm貫入毎の打撃回数で表示した場合、礫にぶつかった瞬間の貫入抵抗値とマトリックス（土）の貫入抵抗値は平均化され、図4.1左図のように全体的に高めの値となる。

同じ測定結果を一打撃毎のN₁₀値で表すと図4.1右

図のようになる。貫入抵抗値が著しく高くなるのは貫入コーンが礫にぶつかったためと推測され、その度にN₁₀値50以上の貫入抵抗値を示す傾向が見られるが、礫にぶつかっていない時の貫入抵抗値は低い値を示している。

植物の根系はこのような礫と礫の間の軟らかい部分を縫うようにして伸長する。実際に、この礫含有土層にもスギ根系の発達が見られた。

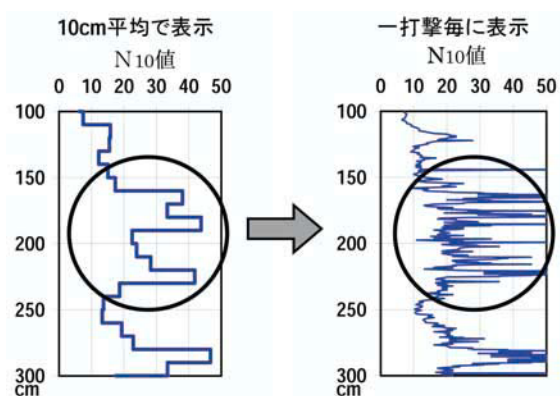


図4.1 礫含有土層での調査事例（改良型3kg）

このように、改良型は一打撃毎の貫入抵抗値を記録可能な構造としたため、こうした礫を含有する土層においても礫による貫入抵抗値とマトリックス（土）本来の貫入抵抗値を分離することが出来る。その結果、表層崩壊面の推定において重要な要素となる樹木の根系発達深度も的確に把握出来るものといえる。

4.2 基礎地盤深度の推定

構造物等の支持基盤強度の目安は、一般に標準貫入試験によるN値により、砂質土では30<、粘性土では20<とされている⁴⁾。

N値とN_c値の関係については、大久保ら¹⁾や稲田²⁾により、N_c=(1~4)Nという関係が得られているので、N値による支持基盤強度を30<とすれば、N_c値に換算しても30<となる。

この判断値を改良型に適用した場合、前項3で示した関係式N_c値（簡易貫入）=0.5×N₁₀値（改良型3kg）より、改良型N₁₀値60<という判断値になるが、この値は、3kg重錘による測定限界N₁₀値50を上回り（一打撃の貫入深2mm以下）、測定不能域である。

そこで、着脱式の2kg重錘を追加し、5kg重錘として測定する。すなわち、構造上は従来型と同じ能力になり、改良型（5kg重錘）による支持基盤強度も、

従来型と同じ N_{10} 値= N_c 値30<で評価することができる。

このようにして基礎地盤深度を推定した例を図4.2に示す。

図から見て取れるように、3kg重錘では基礎地盤深度に達する前に測定不能となったが、途中で2kgの重錘を追加すると、従来型と同じ貫入力となって、より深層にある基礎地盤深度の推定が可能となった。

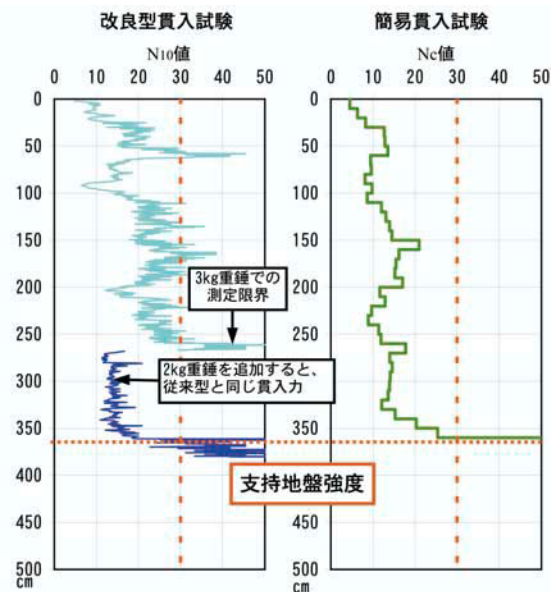


図4.2 基礎地盤深度推定の検証

4.3 表層崩壊面の予測

表層崩壊に関するこれまでの調査事例^{(4), (6), (7), (8)}をまとめると、概ね N_c 値10~15を崩壊すべり面の境界としている例が多い。しかし、水文学的基盤が N_c 値20に相当すること⁽⁹⁾や、良好な根系発達基盤が N_c 値5以下であること⁽¹⁰⁾との関係なども考慮すると、どの数値で崩壊面の境界を引くかについて、現状では統一的な見解は得られていない。勿論、崩壊面が土層の硬さだけで決まる訳でなく、地質（土質）や植生等の違いが大きく影響するからであろうが、試験そのものの検出限界、精度も原因の一つになっているのではないかと考えられる。

従来の簡易貫入試験機は、軟らかい土層での分解能が低い。すなわち、貫入力が強すぎるために、根系が発達する N_c 値5~10程度の軟らかい土層では硬さの違いが現れにくい。また、硬さを10cm毎に平均化した N_c 値で表示するので、礫や根系の影響を

受けて全体的に高めの N_c 値となり土層本来の硬さを評価し難い。

このような視点で、改良型による表層崩壊面の予測可能性について検討した。

仮に、崩壊すべり面の境界を N_c 値10だとすれば、前項3で示した関係式「 N_c 値= $0.5 \times N_{10}$ 値（改良型3kg）」より、改良型（3kg重錘）では N_{10} 値20となる。

改良型 N_{10} 値20という数値は、次項4.4で述べる根系発達との関係において、樹木根系の侵入が困難となる硬さに相当する。すなわち、崩壊に対して根系による杭効果・緊縛効果がなくなる土層の硬さに相当しており、崩壊すべり面の境界値として妥当と考えられる。

実際に、崩壊跡地において従来型と改良型で測定した結果を図4.3に示す。崩壊は、深さ350~400cm間にある灰色土の上部あたりで起こっているが、この土層の境界で改良型（重錘3kg）による N_{10} 値は急激に変化し、測定不能となった。これに対し簡易貫入試験機では崩壊面前後において N_c 値が漸増しているものの、改良型のような顕著な変化は見られなかった。

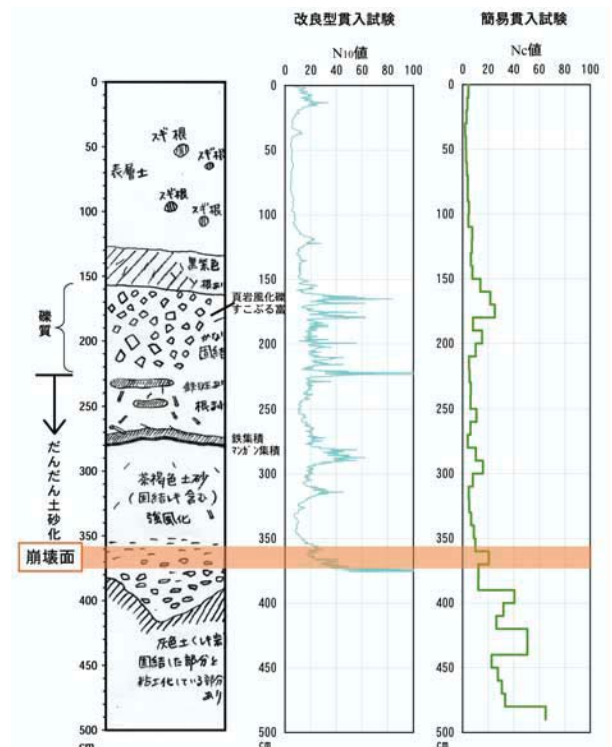


図4.3 崩壊跡地での貫入試験例

表4.1 各試験機のN₁₀値と根系発達深度の関係

調査地	樹種	根の最大到達深		根の最大到達深における各試験機のN ₁₀ 値		
		深さ cm	層位	簡易貫入	長谷川式	改良型 (3kg重錘)
滋賀県田上山 (マサ土)	アカマツ	155	C層	25以上	測定限界	測定限界
	コナラ	150	2C2層	5	15	15
	アカマツ	190	2C3層	5	30以上	20以上
農大厚木 (関東ローム)	コナラ	220	C層	10以上	20以上	20以上
	イヌシデ	200	BC層	10以上	20以上	20以上
農工大波丘地 (第四紀砂層)	コナラ	155	C層	15以上	20以上	20以上
	クヌギ	220≦	2C3層	20以上	測定限界	測定限界

4.4 樹木の根系分布と貫入抵抗値の関係

表4.1に、根系調査結果より読み取った根系が完全なくなる最大到達深と、それに対応する各試験機のN₁₀値の関係をまとめた。

既往の試験・研究では

- Nc値5~6で根系直径合計割合5%以下¹¹⁾
- 長谷川式によるS値0.7以下(=N₁₀値15)で多くの根が侵入困難¹²⁾

となっており、本調査結果はこれらの基準値に近似、またはやや高めの値を示す傾向がある。

こうした既往の基準値をふまえて、今回の調査結果をまとめると、根系発達土層の硬さは次の通りとなる。

- ①従来型：N₁₀値5~10以下とするが、バラツキが大きく不明瞭
- ②長谷川式：N₁₀値15~20以下(20以下とする方が妥当)
- ③改良型：N₁₀値15~20以下(20以下とする方が妥当、長谷川式とほぼ同等)

樹木根系分布とN₁₀値の関係の代表的な例を図4.4に示す。

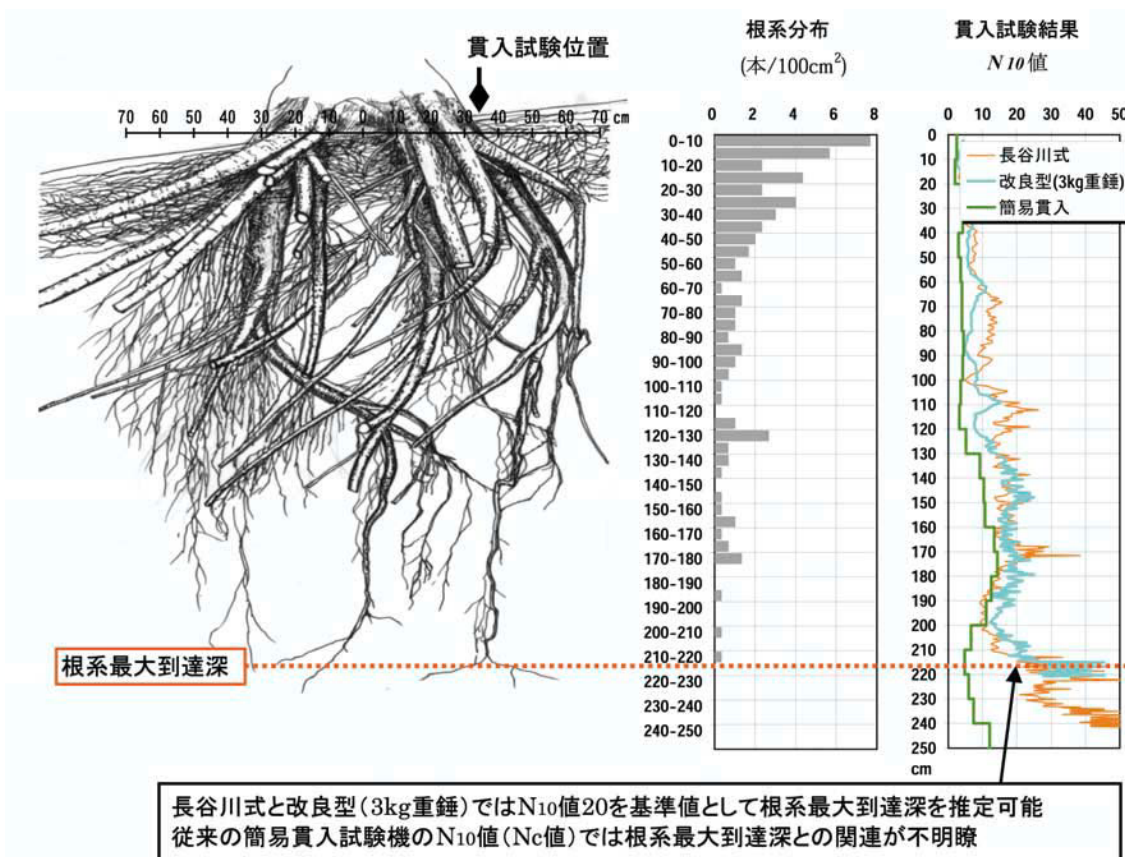


図4.4 貫入試験による根系発達状況の把握例 (東京農業大学厚木キャンパス コナラ)



5. 今後の課題

本報では、従来型貫入試験機と同じ能力を持つ改良型簡易貫入試験機を開発したことを報告したが、今後対応すべき課題として以下の事項が挙げられる。

- ①改良型と従来型試験機との相関を確認するため、さらに測定データを蓄積し、その精度を高める。
- ②表層崩壊面の予測については、現段階では検証例がほとんど無いため、今後より多くの事例、特に崩壊跡地での調査数を増やし、貫入試験による崩壊面の推定精度を高める。
- ③根系分布と貫入抵抗値との関係において、貫入抵抗値の高い土層まで根系が発達する樹種が見られた（アカマツ、クヌギ）。これらの樹種の根は一般的に深根性かつ耐堅密性であるとされるが、その実態については既往の研究事例がないため不明である。今後こうした根系の樹種特性を把握し、崩壊との関連性について解明していく。
- ④作業の効率化のため、一打撃毎の貫入量を自動的に測定する装置を開発予定である。

6. 謝辞

本研究を行うにあたり調査地の提供等ご協力いただいた、東京農業大学厚木キャンパス、東京農工大学FSセンターFM多摩丘陵、東京大学愛知演習林赤津研究林の関係者の皆様に、厚く御礼を申し上げます。

引用文献

- 1) 大久保駿・上坂利幸（1971）：簡易貫入試験機による地盤調査，土木技術資料，13（2），83-87
- 2) 大久保駿・上坂利幸・船崎昌継（1971）：簡易貫入試験機による地盤調査（2）－試験機の性能－，土木技術資料，13（8），403-409
- 3) 福永健司・山寺喜成（1988）：土研式貫入計を用いた生育基盤厚の測定値に及ぼす土層中の礫の影響について，第19回日本緑化工学会研究発表会研究発表要旨集，32-35
- 4) 建設省河川局砂防部監修（1998）：新・斜面崩壊防止工事の設計と実例，（社）全国治水砂防協会
- 5) 稲田倍穂（1960）：スウェーデン式サウンディング試験結果の使用について，土と基礎，8（1），

13-18

- 6) 瀬尾克美・宮田衛（1969）：六甲山系における航空写真による流出土砂量算定と崩壊予想について，直轄技術研究会
- 7) 日浦啓全・大手桂二・日置象一郎・村上公久（1978）：山地における土砂生産に関する研究（I），京都府立大学農学部演習林報告，22，36-53
- 8) 水山高久・小菅尉多（1993）：表層崩壊予測のための土層調査例，新砂防，46（1），38-40
- 9) 太田猛彦（1988）：森林山地斜面における雨水の流出について，水文・水資源学会誌，1（1），75-82
- 10) 山寺喜成・塚本良則・太田猛彦・福永健司（1986）：切取法面跡地等裸地の植生復元に関する研究（Ⅲ）：道路緑化保全協会，145-146
- 11) 福永健司・山寺喜成（1992）：樹木の地上部生育に関わる有効土層厚の推定方法と根系伸長の実態，第23回日本緑化工学会研究発表会研究発表要旨集，90-93
- 12) 建設省土木研究所（1995）：植栽基盤造成技術に関する共同研究報告書



橋本龍太郎元総理がネパールDMSPプロジェクトをご視察

綱木亮介*

はじめに

ネパール王国の自然災害軽減支援プロジェクト（以下「DMSP」と略記）は、その前身の治水砂防技術センタープロジェクト（以下「DPTC」と略記）に引き続き、1999年9月から5年計画で開始されたプロジェクトです。ちょうどその半ばを迎えた1月15日（火）、橋本龍太郎元総理が当プロジェクトおよびモデルサイトをご視察されました。

今回の元総理の訪ネは1月14～17日という、決して長くはないご滞在でしたが、ネパール国王への謁見、デウバ首相との会談、カトマンズ市の友好姉妹都市である松本市および日本政府が援助して建設された武道館の竣工式へのご出席、橋本元総理がたびたび個人的なご支援をされているカンティ小児病院のご視察等の目的がございました。このようにご多忙な日程ではありましたが、15日には非常に長時間にわたって当プロジェクト等をご視察いただき、プロジェクトのみならず砂防事業全般に関する激励のお言葉も賜りましたので、その際の概要を紹介させていただきます。

DMSPにて

神長駐ネパール大使、三苦JICAネパール事務所長始め日本側の関係者も同席したDMSP（水資源省治水砂防局庁舎）での歓迎セレモニーでは、ネパール国水資源省の大臣、次官、治水砂防局長および筆者からの歓迎の挨拶・概要説明の後、元総理からご挨拶を賜りました。その中では、我が国では砂防部が中心となって国土保全にあたり砂防技術は完成されていること、元総理と元砂防部長の松下忠洋内閣府副大臣がネパールへの砂防の技術移転を実現させたこと、（初めのうちネパール側は技術移転に半信半疑であったが）DPTC・DMSPプロジェクトでは日本から派遣された技術者の良心が理解されて技術移転が推進されたこと、さらには専門家へのねぎら

*DMSPプロジェクト チーフアドバイザー

いのお言葉等を賜り、一同、大感激した次第です（写真-1）。



写真-1 歓迎セレモニーでの記念撮影

モデルサイトにて

その後、カトマンズ近郊のモデルサイトをご視察いただきました（写真-2、3）。カトマンズとインドとを結ぶ唯一の国道際で発生している風化岩斜面の崩壊（チサパニ地区）をご視察いただいた時には、脆弱で流れ盤の構造が卓越する状況を興味深くご覧になって、このような災害を受けやすいネパールの現状をご理解賜りました。また、パネルを使っでの説明にもご熱心に耳を傾けていただき、「砂防の現場でこれほどシステマティックな説明を受けたのは初



写真-2 モデルサイトで（1）



写真-3 モデルサイトで (2)



写真-4 昼食会で元総理と懇談するDMSP専門家



写真-5 昼食会後の記念撮影

めてです。」との有り難いお言葉もいただきました。

モデルサイトでの元総理は、時にご趣味のカメラを構えられ、幅の狭い擁壁の上を数10mも歩かれるなど、いかにも生き活きと楽しんでおられるようにお見受けできました。

昼食会にて

引き続き行われたDMSP主催の昼食会も、大使館を初めJICA関係の出席者50名余りを数えて盛況かつ和やかに催されました。出席者には、個別に派遣されている長期専門家はもちろんのこと、ネパール近郊で活躍する青年海外協力隊の面々も多数含まれていました。ブッフフェスタイルの昼食会でしたが、元総理を囲み出席者が何人かずつ代わる代わる懇談する場を設けました(写真-4、5)。初めは幾分ためらいがちだった出席者も徐々に大胆になり、終盤には、時間制限を大幅にオーバーするグループも出てくるような状況となりました。それぞれのグループの懇談の詳細についてまで把握したわけではありませんが、懇談の雰囲気から各出席者が大いに励まされたであろうことは容易に想像できました。

おわりに

さて、今回の元総理のご視察は、日本人スタッフはもちろんのこと、ネパール側にとっても大きな励みになったことは疑いもありません。このように、我が国の砂防技術や当プロジェクトが元総理からも高い評価を受けていることは、諸先輩が営々と築いてこられた成果の積み重ねの賜にほかなりません。当プロジェクトの専門家一同、このような評価に応え、これまでのいろいろな蓄積をさらなる飛躍に結びつけていきたいと考えていますので、今後ともご支援、ご指導のほどお願いいたします。

なお、今回の元総理のご視察に際しましては、長期専門家派遣についての業務の関係でちょうど訪ネされていた(財)砂防・地すべり技術センターの池谷専務理事にもご同行いただきました。そして、大使館の車に元総理と同乗されてお相手をしていただいたり、筆者からのご説明に対するアドバイスや種々の補足説明をいただきました。紙面をお借りして厚く御礼申し上げます。また、当日の日程調整や設営においては、在ネパール日本大使を始めとする大使館の関係の方々およびJICAネパール事務所長を初めとする事務所の関係の方々にも大変お世話になりました。この場をお借りして御礼申し上げます。



第3回世界水フォーラム土砂委員会中南米地域会議報告 (パナマ)

第3回世界水フォーラム 土砂委員会事務局*

去る1月にパナマに於いて第3回世界水フォーラム「土砂委員会」中南米地域会議が開催されました。その概要を報告します。

1. 概要

日時：平成14年1月21日（月）～23日（水）

場所：パナマ市内 マリオットホテル

開催者：第3回世界水フォーラム土砂委員会及び
CEPREDENAC (Coordination Center for
Natural Disasters Prevention in Central
America) の共催

参加国：コスタリカ・エルサルバドル・グアテマ
ラ・ホンデュラス・ニカラグア・パナマ
(以上はCEPREDENAC加盟国) ドミニカ
(準加盟国)・メキシコ・コロンビア・ヴ
ェネズエラ・日本 合計11カ国

参加者：技術的発表及び議論ができ、且つ提言決定
に権限を持つ人を各国から1名
CEPREDENACにより選定

使用言語：スペイン語(日本側は同時通訳にて対応)

参加者数約50人

【パナマ側参加者】

パナマ大学 地質研究所 Mr. Eric A. Chichaco
パナマ工科大学 土木工学部長 Prof. Obdulia Guizado
土木事業省 長官 Mr. Jorge Morales Q. 及び 省員 約10名
パナマ市 設計部 技師 Mr. Marissel Hernandez
サンミゲリト市 技術部 技師 Mr. Joan Saabedra
パナマ運河庁 技術課 技師 Mr. Manuel Barrelier
SINAPROC 技術部長 Mr. Eric Canto 及び 技術顧問 Mr. Eberto Anguizola
ETESA 水政局 技師 Mr. Juan Jaramillo T
CEPREDENAC 事務局長 Mr. Jorge Ayalaほか 約10名

【日本側参加者】

駐パナマ日本大使館 松津 光威大使・板垣 克
一等書記官
在パナマJICA所長 三澤 吉孝氏
中村 ヒロシ氏 (JICAプロジェクト)

土砂委員会委員

大井 英臣氏 (JICA国際協力専門員)
中村 浩之氏 (東京農工大学大学院 教授)
杉浦 信男氏 (国土交通省 河川局砂防部 火山・土石流対策官)
土砂委員会事務局
(財)砂防・地すべり技術センター
企画部 部長 反町雄二
国際課長代理 向井啓司
企画部 三浦 知子
砂防部 技師 吉田真也
砂防技術研究所 主任研究員 安田勇次

2. 会議

1月21日（月）

・開会式典 10：00～10：30

来賓挨拶 松津光威大使

Mr. Jorge Morales Q. 長官

開会挨拶 杉浦 信男氏 火山・土石流対策官

Mr. Jorge Ayala 事務局長

・中南米各国発表 10：40～16：30

司会 MSc. Eduardo Camacho (CEPREDENAC)

パナマ 土木事業省 整備局長

Mr. Federico Bequer

コロンビア INGEOMINAS プロジェクト
リーダー

Mr. Fernand Ramirez

コスタリカ CNE 防災部長 Mr. Julio
Madrigal

エルサルバドル 環境省 リスク削減調整官

Mr. Carlos Huevo

ホンジュラス COPECO 技術チーム

Mr. Mario Aguilera

メキシコ CENAPREDO 地質技術顧問

Mr. Manuel J. Mendoza

ニカラグア INETER 地質学者

Mr. Sammy Gonzales

ドミニカ共和国 農業担当外交官

* (財)砂防・地すべり技術センター 企画部国際課 三浦知子



Mr. Ceaser Lidio Rodriguez
ベネズエラ 国立地質研究所 研究グループ
Ms. Elda Perdomo

・レセプションパーティー 18:00~20:00

1月22日(火)

発表 10:00~11:30

日本 杉浦 信男氏 火山・土石流対策官
土砂委員会から 中村 浩之氏 教授

1月22日(火) 11:30~16:30

・パネルディスカッション及び提言作成

1月23日(水) 9:00~14:00

・提言作成

議長: Dr. David A. Novelo Casanova (CEPREDENAC)

副議長: 大井英臣 国際協力専門員

・記者発表

・修了証書授与

2003年3月に京都で開催される第3回世界水フォーラムへと続く今回の会議では、中南米地域の特性、特に火山・地震・ハリケーン常襲地域における土砂災害対策についての発表及び活発な議論が行われた。

1日目の発表ではいずれもパワーポイントを用いながら、自国の災害状況を詳しく説明していた。ハザードマップや危険区域図等を持ち出しての発表であったが、危険地帯の住民を避難、移転させるには住民移動の際にかかる多額の補償金、政治、コミュニティの問題等で難しいというのは中南米諸国の共通した問題であると感じた。発表時間は各30分であったが、皆熱の入った発表の為大幅に予定時間をオーバーし、当初は1日目に発表する予定であった国土交通省の杉浦対策官の発表が2日目に持ち越されるというスケジュールに組み直された。

2日目の杉浦対策官の発表では日本の土砂災害の特徴及び土砂災害防止法の説明があり、質疑の際には日本からの支援を期待している声が多く聞かれた。また、水フォーラムに関しての説明があった際にも参加者の関心の高さを感じ取れた。土砂委員会委員の中村浩之先生からは「国際SABOネットワーク(仮称)」の構築による情報共有が提案された(1. 土砂災害による防災情報の共有 2. 防災技術の開発 3. 国際的なシンポジウムの開催)。その後のパネルディスカッション及び提言作成では1日目の発

表を踏まえて白熱した議論が行われたのだが、1998年11月に中南米諸国を襲ったハリケーン・ミッチでは自国のみでは対応しきれない部分があったことから各国とも情報の共有の必要性を強く感じているようであった。

ラテン系の民族の気質であると思うのだが、皆概して話し好きな人が多い。昼食時間では各テーブルから和やかな話声が聞こえてきて楽しく意見交換をしているようであった。提言作成終了後、会場では各自が持ち寄った自国のハザードマップや資料を基に会場のあちこちでフリーディスカッションをしている場面が見られ、有意義に情報交換をしている感じが良く伝わってきた。

3日目は提言の最終確認および記者発表であったが、提言が予定時間内にまとまらず記者発表後に再度確認作業に至った。記者発表ではテレビ局及び新聞各社あわせて約10社の参加があったのだが、提言が確定して無かったこともあり会議自体の質問よりも概要に関しての質問が多かった様に見受けられた。

3. 終わりに

今回このシンポジウムを土砂委員会と共同開催したCEPREDENACはパナマに本部をおく中央アメリカにおける自然災害防止調整センターであるが、職員のほかに加盟国の大学教授及び民間の専門家等の代表により非常にうまく組織されており、広範囲での連携の強さを感じさせるものがあった。今回の提言をもとに各国が連携して災害軽減に向かって行けば、2003年に京都で開催される第3回世界水フォーラム本番ではもっと活発な議論が出され、更に具体的な行動案が導き出されるだろうと感じた。





ぱなま運河記 (海外事情報告)

吉田真也*

第3回世界水フォーラムの土砂セッションに関する中南米地域会議が、1月21日から23日にかけてパナマ共和国の首都であるパナマシティで行われました。私は会議実施のための事務局の一人として、19日から24日までパナマに滞在し、会議や準備の合間に名高いパナマ運河や関係博物館等の施設を目にする機会に恵まれました。

会議そのものについては、他の人がその様子や内容について報告するでしょうから、ここでは「人類史上最大の土木工事」とアメリカ人が呼んだパナマ運河、それが造られた当初から現在まで続いている地すべりと対策、パナマ運河を造った背景などについて、私が見聞きした範囲内で報告いたします。

1. パナマという国

パナマ共和国は大体北緯10° 西経80° に位置する北海道ぐらいの大きさの国で、地球儀を見ると北米大陸と南米大陸がつながっている細いところになります。人口は280万ぐらいで先住民、スペイン人との混血、黒人、白人、中国人といろいろな人種がいる国でこれはパナマ運河建設のため労働力として移民を大量に受け入れてきた結果だそうです。

とまあガイドブック的な予備知識を少しは仕入れて行ったわけですが、実際に現地に着いたのが夜だったもので「広くて薄暗い国だ」というのが第一印象。ところが朝になってホテルの外を見てみると、まぶしすぎる太陽の下で林立する高層ビル群があり



* (財)砂防・地すべり技術センター 砂防部

街の雰囲気はアメリカの西海岸あたり（行ったことないけど）のようです。

私は“Japan as No.1”だった80年時代に学生時代を過ごしたので、頭の中では“中南米＝戦前の日本のように貧乏でゲリラがいっぱい”というイメージがありズレを感じたのですが、聞けば1999年末までパナマ運河周辺の土地が統括されていたほどアメリカとの関係が深く通貨はドル札がそのまま使われている上に、パナマ運河を通行する船からの運上金で物流・金融国家として栄えているとのこと。

ちなみに知り合いに「パナマに出張に行く」と話したところ、「パナマといえば、」という言葉に続いて帰ってきたのは「運河」「帽子」「ノリエガ」... 日本が消費している物資の多くがパナマ運河を通過しているせいか、パナマ＝運河というのが日本での一般的なイメージであり、どんな国かということに関しては私同様それほど知識がないのではないのでしょうか。

しかしながら後に訪れる博物館や運河庁での話を聞いた限りでは、パナマ＝運河だったというのは20世紀に限れば間違いではなさそうなのです。

2. パナマ運河博物館

今回滞在したパナマシティは中世・近世・現代の3種類があって、それぞれ車で20分ほどの距離にあります。中世はスペイン人が建設してイギリス人が破壊した歴史的遺物、現代は観光施設と銀行が立ち並ぶ埋め立て地、そして近世は広場と教会を中心に表参道の同潤会アパートのような古い住居が建てられている中、大統領府やフランス領事館などがある旧市街。そんな中にパナマ運河博物館はありました。

実は会議後の空いた時間に旧市街には3度出かけていて、3度目にして博物館に入ることが出来たのですが、ちょうどパナマ運河の建設に係わった日本人技師である青山士（あきら）の展示が、3階建ての建物の3階部分全てを使って行われていました。スペイン語で書かれている解説をどうにか拾い読みすると、日本大使館・JICA・建設省・FRICSにより開催されており、最初見習いの技師だった青山士が



実力を認められて閘門（こうもん＝開閉式の水門）の設計を任される主任技師になったこと、パナマ運河設計の経験が後に荒川放水路工事に役だったことなどが書かれていました。同時に運河建設当時の測量機材やマリアアとの戦い、労働者に対する給料支払い窓口などが展示されていました。驚いたのが運河の掘削のために蒸気機関？で動くシャベルカーが使われていたことで、40年後に塹壕を掘るときもスコップとモッコ頼りだった日本と比較して当時の技術的格差を感じてしまいました。残念ながら館内は撮影不可のため、これら展示品の写真を撮ることはできませんでしたが、現在ならHomePageを「青山土」「パナマ運河」などで検索すれば簡単に情報を得ることができます。

それから同じ旧市街に「フランス広場」と呼ばれる広場があって、パナマ運河建設に係わった人々の彫像やレリーフで運河建設の500年近い歴史が解説されています。

それによるとパナマ運河そのものの構想は、16世紀のスペイン王カルロス5世やメキシコを征服したコルテスが、ここに運河を掘ればペルーあたりから略奪してきたインカの財宝をそのまま海路で運ぶのに便利であると案は練っていたらしいのです。その他にも通貨に名前を残すスペイン人探検家バルボアや、スエズ運河を造った後パナマ運河に挑戦して破れたレセップスなど著名人が並んでいます。

3. パナマ運河

結局パナマ運河そのものは2回も見ることができました。1回目は有名な太平洋側の水門で船が文字通り浮き沈みする様を見て、2回目は後述しますがパナマ運河岸の方に案内していただいて、地すべりや崩壊している現場を見学することができました。

パナマ市街に一番近いミラ・フローレス水門は観光地化しており、ちゃんと展望台や縮小模型とビデオ上映で（英語で）説明してくれる展示館も完備していますが、見せ所は船ごとエレベーションする場面。実際に貨物を満載した船が目の前で上下する様は圧巻で、本当に20分ぐらいで喫水線が見えなくなるほど下がっていき、水門が開いてタンカーは次の水門に向けて滑り出していきました。しかもこれが動力を全く使わず、水門の開閉だけで水位を調節していると聞いてただただ感心。

パナマ運河全体を通過するためには8m上下する



水門を3つくぐって最終的には26mまで船を持ち上げるのだが、最初なんでこんな面倒なことをするのだろう、海まで一気に水平？に掘ってしまえばいいのと思ったのですが、パナマ運河記念館で運河の歴史を見て納得。スエズ運河を作ったレセップスも当初水平掘方式を考えていたのだが、掘削量が膨大になるために途中で挫折し、その後アメリカが現在の方式に変えて約10年の年月をかけて完成させたそうです。なんでもこの開閉式の水門と水密のためのP型ゴムパッキンは世界の同種の先駆けとなったらしく、同行者は盛んに写真を撮っておりました。

このように偉大なパナマ運河がパナマの国としての運命を歴史的に左右しており、先ほど述べた運上金で財政が潤ったりという他に、アメリカが運河周辺の土地を統括していたのが1999年末で返還されると同時にアメリカ軍基地も撤退したため、周辺の消費産業が立ち行かなくなって代わりに観光に力を入れていたり、そもそも中米諸国が独立した後パナマ運河を造るためにアメリカがコロンビアからの独立派と手を組んで作った国がパナマであるなど、船から航空機、物流から情報流と移動するモノが変化していった現在でも、やっぱり色々な意味でパナマ＝運河であるということになりそうです。

4. 運河と地すべりとパナマ運河岸

1914年に完成後、次の年には早速のり面が崩れて出来たばかりの運河が埋まり7ヶ月ほど航行不能という災害が起こって以来、絶え間ない地すべりと崩壊とその対策が現在まで延々と続いているパナマ運河。その筋では有名らしく、今回同行していただいた地すべり学会長で農工大の中村先生も「いつかはこの目で見たいと思っていたが、ついに夢がかなった」とおっしゃるほど。

今回パナマ運河岸のご厚意により地域会議が終了



した日の午後、パナマ運河の地すべり地とその対策について現地での説明を受けることができました。まずは迎いの車に乗って運河岸に向かったところ、入り口では例のテロの影響が嚴重な警戒態勢が引かれています。同行していただいたJICAの三沢所長の「ここはパナマで一番の優良企業みたいなものだからね、何かあったらパナマ全体に影響が及ぶから警備が厳しいのだ。」というお言葉に納得。その建物の中でPowerPointを使った「地すべりとその対策」のような説明を、わざわざOAルームのようなプレゼンテーションルームのような会場でしていただく。それによると運河に沿って“Paraiso”とか“Carifolonia”のような名前を付けて区分しており、その中でもGaillard Cutと呼ばれる部分で地すべりや崩壊が頻発しており、1915年の崩壊時もここから崩れたとのこと。そして各地区ごとにGISを使った位置管理がなされており、何cm動いたら注意報で何cm動いたら警報を出してすぐ確認に行くという警戒システムが構築されていました。プレゼン終了後、同行者3人と顔を見合わせて一言。「日本より進んでいるんじゃない？」

次は現場で説明してくれるということで、現在もとても地すべりと表層崩壊の激しいGolden Hillの上から運河と両岸を見渡すことができました。もちろん通常では入れない場所で、そこから見ると右岸側は教科書に載っているような「すべってます」と言わんばかりに馬蹄形の地形が確認できます。日本では家やら畑やらで地すべり地内の方が開発されているので、こんなにキレイな地すべり地形を見ることはめったにありませんから。また左岸側は急斜面の崖になっており、階段状に段切りされていました。日本では普通行われていない対策方法なので聞いてみたら「ちゃんとシミュレーションして形状を決めている。ここは1:2の勾配でいいのだ。」と答えてくれました。どうも普段我々が地すべり対策として

イメージしている集水井やアンカー工というハード的なものではなく、自然を生かした工法を採用しているみたいですがマスとして動く地すべりに対しての効果は、私の頭の中では？という感じでした。

「他にソフト対策はやってますか？」と聞いてみましたら、「GPSを使って監視システムを構築している。これが指標となる杭で向こう岸に装置が見えるだろう？あれで3cmの動きがあれば検知できる。」ということです。どうやら動いているのを見てるとということで、検知した後は避難や住宅移転というソフト対策の中身はしておらず、というより家なんてないので動いたらどうせ運河にしか土砂は入らないのだから掘ればいいや、という対処療法的な考え方のような感じでした。私には、中村先生の「アメリカ



からしい対策の仕方、どちらかというと調査は理学的だな。」というセリフが印象的でした。

5. おわりに

初めてこのような海外での会議と現地見学に参加しましたが、私が感じたのは「空間的余裕があるけどハード対策はそれほどしていない」ということです。日本のように人家や道路があらゆる場所に分布していて防災工事そのものが産業のような状況とはまた違い、保全対象が災害現場から遠くて人命に直結していないパナマ運河でも、世界会議に参加した他の中米の国の話を聞いても、まずは監視観測などから始めて必要と資金があれば対策に進むという考え方が一般的でした。

ソフト対策するほど人がいるワケでなくハード対策をしたいのに資金面からできない国、逆に施設を入れるスペースがなくソフト対策が有効なのに色々な事情で難しい日本、現場を直接見ることにより海外の防災に関する問題と裏返しとしての日本の問題、双方を自分なりに考えることができ有意義でした。



先人の足跡を訪ねて —コスタリカ道中記—

矢野将之*

1. はじめに

「世界水会議の地域会議をやるための調整会議に参加して欲しい。帰りに、隣の国だから、コスタリカに寄って、砂防初の海外技術協力の結果を見てこよう。」と池谷専務に言われたのが、昨年9月の終わり頃だったでしょうか。この一言がきっかけで、パナマとコスタリカで、貴重な経験をさせていただきました。

世界水会議や地域会議については、改めて別に報告がなされることになっていますので、ここでは、特にコスタリカについて、記していきたいと思いません。

2. コスタリカについて

コスタリカは、中米の中でも南米大陸寄りに位置(図-1)し、面積約5万1100km²、人口約352万人の共和国です。中央部には、北西から南東にかけて、Arenal火山、Poas火山、Irazu火山など複数の活火山を連ねる山脈が走っています。

通貨は、コロンと呼ばれる独自通貨で、滞在当時は、1米ドル=336.0コロン位だったと記憶しています。



図-1 コスタリカ位置図

3. 日程及び訪問の目的

今回のコスタリカ訪問は、世界水会議の中南米地域会議(土砂災害分野)を行なうための調整会議をパナマで行なった後、30数年前に砂防で初めての海外技術協力の現場がどのようになったのかを確認することを目的としていました。

日程は、11月25日にパナマからコスタリカの首都サンホセに入り、2泊する間に、現地の確認、防災担当組織訪問等のスケジュールでした。

参加者は、池谷専務、反町企画部長、向井企画課長代理と私の4人に、パナマで通訳をお願いしたKanagyさんを加えた5名でした。

表-1 今回の日程

11月19日	成田	→	MXICO City
20日	MXICO City	→	Panama City
21日	事前調整会議 議調整会議 会場手配 等		
22日			
23日			
24日			
25日	Panama City	→	San Jose
25・26日	Reventado川現地確認 Costa Rica大学訪問		
27日	CNE訪問	→	LA
28日	San Jose		(機中泊)
29日	LA	→	成田

4. 砂防初の海外技術協力とその後の実態

コスタリカの旧首都であるカルタゴ市の北隣にあるイラズ火山では、1963年から65年にかけて大規模な火山噴火が発生しました。この噴火により、大量の火山灰が降下・堆積し、その後の降雨により土石流が発生、多くの被害が発生しました。そのため、1967年1月に当時の建設省砂防部長 木村正昭氏はコスタリカ政府の招きにより、現地を訪れ災害の実態を確認されました。そして同年11月から、具体的な対策計画の策定のため、建設省の若手技術者2名(矢野勝太郎氏と横田知昭氏)が約半年間にわたって現地に滞在され、調査から砂防計画策定までの技術指導を実施されました。

* (財)砂防・地すべり技術センター 砂防技術研究所 主任研究員



我々は、矢野勝太郎氏よりお借りした当時の資料を基に、対策計画を立案したレベントド川の現場を訪れてました。しかし、そこには計画図にあるはずの砂防ダムも流路工も床固工も存在していませんでした。そこに残っているのは、廃線となって朽ち果てつつある鉄道橋と、ニカラグア来たからと言われる不法居住者の住居と、アメリカの技術協力で実施されたと言われる土堤でした。



写真-1 レベントド川にかかる鉄道橋と右手にみえるのが土堤



写真-2 不法居住者のバラック

現在では、この鉄道橋より下流側の数百メートルは公園として整備されています(写真-3、写真-4)。地元の運転手によると、従前は、この一帯も民家があったとのことですが、移転させ公園にする方法を採用したとのこと。当時計画された流路工等のハード対策が実現しなかったのは、財政的に困難であったためと推測されます。

矢野氏の資料からは、半年間という短期間にも係わらず計画規模を決定し、施設計画までまとめあげ



写真-3 公園の看板
(RESERVA NACIONAL LOS DIQUES : 堤防公園)



写真-4 公園の様子

た辛苦のあとを伺い知ることができました。35年前という、今のような電子計算機も存在しない時代であることを考えると、頭の下がる思いが致します。日本の技術が陽の目を浴びなかったことになりませんが、財政事情が許され計画案が採用されていれば、両国間の交流はもっと活発であったのではないかと思います。

5. 道中記

○11月25日〈パナマ空港〉

まずは、パナマ空港で面白いものを見つけましたので、一つ紹介します。この写真(写真-5)は、空港内で搭乗待ちの時に見かけたものです。日本ならまったく珍しくないのですが、やはり異国の地で見かけると、「ここまで知られているのかあ」と感慨深いものを感じました。

○11月25日〈サンホセ市到着～現地確認〉

パナマからコスタリカまでは、約1時間のフライ



写真-5 パナマ空港で見かけたあるもの



写真-7 イラス火山の火口



写真-6 バイレイ橋



写真-8 壁一面の名刺など

トでした。首都サンホセ市の宿舎に入ったのは、お昼ごろだったと思います。我々は、日本で入手できた小縮尺な地図を頼りに、30数年前の現場であるレベンタド川へ向けて出発しました。レベンタド川は、活火山であるイラス火山南斜面に源を發し、旧首都のカルタゴ市を抜け、カリブ海へ流れるレベンタゾン川の最上流部の河川です。

サンホセ市からカルタゴ市までは、車で約1時間でした。手持ちの地図では、現地と道路の関係が詳細ではなかったので、途中国道脇の店の人に道を尋ねながらの移動となり、最初の目的地であるバイレイ橋にたどり着いた時は、安堵の気持ちと、「本当にここで間違い無い？」という不安とが入り交じた感情だったのを覚えています。

○11月26日〈イラス火山〉

この日は、午後3時にコスタリカの防災担当組織であるCNE（Committee National Emergency：国家緊急委員会）を訪ねることになっており、その前に、

再度レベンタド川とその源頭部であるイラス火山へと向かいました。

イラス火山（標高：3432m）は、1963年から65年にかけて発生した噴火以降、比較的穏やかな活動レベルを維持しており、現在は火口付近まで観光客が近づける状況で、我々も火口まで行ってきました。実をいえば、この時に私は軽い高山病と思われる症状（頭痛・嘔吐感）がでてしまったのです。考えてみたら、カルタゴ市の標高が約1400mであり、イラス火山の山頂まで標高差約2000mを約30分という短時間で登ったためでした。

山頂から降りてくる途中のレストランで昼食を摂ったのですが、ここは壁一面に名刺や小額紙幣などが所狭しと貼ってありました。どうやら訪れる客が記念にと貼付けていくうちに、ここまで増えたのではないかと考えられました。これらの名刺等を見ると、世界各国からさまざまな人が訪れたのが見て取れて面白かったです。



写真-9 コスタリカの国土交通省

○11月26日〈国土交通省〉

イラズ火山とレベンタド川周辺の地形図を入手するために、コスタリカの国土交通省へ向かいました。写真-9は、その時の写真ですが、局舎は中に小さい丸を持つドーナツのような形をしているようでした。

地形図は、5万分の1と1万分の1を購入したのですが、1枚当たり、2米ドル位だったと思います。

6. 終わりに

コスタリカの防災担当組織であるCNEを訪ねて、計画担当部長をされているAlpizar女史と会談を持ちました。その会談の中で、現地を確認してある程度予想していたとはいえ、日本が35年前に技術者を派遣して行なった砂防技術協力について、何も受け継がれていないということが改めて明確になりました。35年前に我々の大先輩である木村氏、矢野氏、横田氏が尽力された結果が、お国の事情があったとしても何も伝わっていなかったことが非常に残念ではありません。

この会談の中で、私は、技術援助をする場合その後のケアまで含めて考えることが重要であり、また、ハード対策を考える場合には、できうる限り安価に施工できる工種・工法を選択もしくは開発することが必要であると痛感しました。

最後に、このような貴重な体験を得たことに感謝し、今後の自分の糧としていきたいと考えています。

行事一覧 平成13年12月～平成14年5月

○行事

月 日	行 事 等	場 所
1月7日	理事長年頭ご挨拶	STC
1月7日	仕事始め会	STC
1月8～9日	富士山防災計画の検討のための意見交換会・現地見学会	御殿場市
1月11日	九重山系火山砂防基本検討委員会	大分市
1月16日	伊豆諸島土砂災害対策検討委員会 土石流・泥流部会	都内
1月17日	長崎県土砂災害警戒避難基準雨量検討委員会	長崎
1月17日	「VSL永久アンカー工法」第二回審査証明委員会	STC
1月17日	焼岳火山噴火警戒避難対策専門委員会	名古屋
1月21～23日	第3回世界水フォーラム土砂委員会中南米地域会議	パナマシティ
1月22日	富士山ハザードマップ検討委員会（基図部会）	都内
1月22日	「LUC-SBウォール工法を用いた砂防堰堤の構築」審査証明委員会	STC
1月23日	谷の内地すべり対策総合解析検討委員会	高知
1月24日	伊豆諸島土砂災害対策検討委員会 現地視察	三宅島（上空）
1月28日	鋼製砂防構造物技術検討会	STC
1月29日	広島西部山系砂防基本計画検討委員会	広島
1月30日	入谷・此田地すべり対策総合解析検討委員会	駒ヶ根
1月31日	富士山火山防災シンポジウム 事前打ち合わせ	都内
1月31日	伊豆諸島土砂災害対策検討委員会現地視察	三宅島（上空）
1月31日	第2回 緑の斜面工法整備の手引き 設計手法検討作業部会	STC
2月4日	ネパールDMSPプロジェクト総合防災講座説明会	STC
2月13日	下前沢地すべり解析検討委員会	青森
2月14日	平成13年度 滝坂地すべり対策検討委員会	新潟
2月14日	富士山火山防災シンポジウム事前打ち合わせ②	STC
2月20日	神津島委員会（伊豆諸島土砂災害対策検討委員会）	STC
2月20日	秋田駒ヶ岳火山防災対策検討委員会	田沢湖町
2月20日	「砂防ソイルセメント活用ガイドライン」講習会	都内
2月22日	富士山シンポジウム	御殿場市
2月25日	2001年 土砂災害の実態 編集担当者の会	STC
2月26日	第3回世界水フォーラム「土砂委員会」	都内
2月27日	平成13年度滝坂地すべり対策検討委員会	新潟
2月28日	十勝岳火山噴火警戒避難対策計画幹事会	旭川
2月28日	第1回浅間・草津白根火山監視システム検討会	高崎
3月1日	第3回 緑の斜面作業部会	STC
3月4日	富士山HM委員会（火砕流と思われる堆積物の検討会）	都内
3月4日	十勝岳火山砂防研究会	札幌
3月4日	評議員会	都内
3月4日	理事会	都内
3月6日	広島西部山系砂防基本計画検討委員会	広島
3月6日	スリット砂防堰堤効果検討会	STC
3月6日	第2回 舟形折渡地すべり対策総合解析検討委員会	新庄市
3月11日	富士山ハザードマップ検討委員会（基図部会）	都内
3月12日	桜島警戒避難対策運用手法検討委員会	鹿児島市内
3月12日	御嶽山ハザードマップ検討委員会	名古屋
3月13日	怒田・八畝地すべり対策検討会	阿波
3月13日	島々谷技術検討会	STC
3月13日	有珠山火山噴火警戒避難対策計画検討委員会	札幌
3月14日	十勝岳火山噴火警戒避難対策計画検討委員会	札幌
3月15日	鹿児島県土砂災害警戒・避難基準等検討委員会	鹿児島市内
3月18日	九重山系火山砂防基本検討委員会	大分市
3月19日	白山砂防計画検討委員会	STC
3月20日	平成13年度鋼製砂防構造物委員会	STC
3月22日	平成13年度 湘南国際村防災施行委員会	湘南
3月27日	第3回蔵王山火山防災マップ検討委員会	仙台
3月27日	長崎県警戒避難基準雨量検討委員会	長崎
3月28日	焼岳火山噴火警戒避難対策協議会	安曇村
4月3日	富士山ハザードマップ検討委員会（活用部会）	都内
4月10日	三宅島ヘリコプター調査	三宅島
4月10日	LCU-SBウォール工法を用いた砂防堰堤の構築審査証明委員会	STC
4月25日	平成14年度 鋼製砂防構造物技術検討会（第一回）	STC
4月16日	三宅島ヘリコプター調査	STC
4月16日	インドネシア火山地域総合防災プロジェクト国内支援委員会	STC
4月17日	第2回 富士山ハザードマップ検討委員会	都内
4月24日	第3回富士山ハザードマップ検討委員会	都内
5月15日	平成14年度砂防学会通常総会並びに研究発表会	都内
5月22日	第4回 富士山ハザードマップ検討委員会	都内
5月27日	評議員会	都内
5月27日	理事会	都内
5月27日	平成14年度研究開発助成委員会	STC
5月29日	「リングネット落石吸収柵工法」第一回審査証明委員会	STC
5月30日	「LUC-SBウォール工法を用いた砂防堰堤の構築」審査証明委員会	STC

○協賛（後援）

月 日	行 事 等	場 所
1月25日	平成13年度雪崩防災シンポジウム（協賛）	
2月19日	第6回水資源に関するシンポジウム（協賛）（平成14年8月2日～3日）	
3月12日	平成14年緑の募金（協賛）	
5月16日	平成14年度砂防ボランティア基金（協賛）	
6月6日	平成14年度土砂災害防止月間（後援）	
6月21日	2002・日韓職能文化交流会（協賛）	

理事会等の開催

【平成13年度第3回理事会】

第3回理事会が、平成14年3月4日午後、アルカディア市ヶ谷会議室で開催され、次の議案について審議が行われました。

第1号議案 平成13年度収支予算の補正に関する件

第2号議案 平成14年度収支予算（暫定）に関する件

第3号議案 評議員の選出を求める件

報告事項 ①インターネットによる公益法人のディスクロージャーについて

報告事項 ②平成12年度自主研究「簡易雨量計の開発」について

報告事項 ③平成13年度砂防ソイルセメント活用技術セミナーについて

なお、上記の理事会において、次期第14期（平成14年4月23日から平成16年4月22日まで）評議員として、下記の17名の方が選出されました。

鴛海 徹氏、沢田 秀男氏、下鶴 大輔氏、関戸 研一氏、高橋 哲雄氏、
武居 有恒氏、玉光 弘明氏、栃木 省二氏、林 勘市氏、原 あやめ氏、
堀内 成郎氏、八木 壮一郎氏、柳田 力氏、吉岡 庭二郎氏（以上再任）
木村 政生氏、廣井 脩氏、保科 幸二氏（以上新任）

【平成13年度第3回評議員会】

第3回評議員会が、平成14年3月4日午後、アルカディア市ヶ谷会議室で開催され、次の議案について審議が行われました。

第1号議案 平成13年度収支予算の補正に関する件

第2号議案 平成14年度収支予算（暫定）に関する件

報告事項 ①インターネットによる公益法人のディスクロージャーについて

報告事項 ②平成12年度自主研究「簡易雨量計の開発」について

報告事項 ③平成13年度砂防ソイルセメント活用技術セミナーについて

【平成14年度第1回理事会】

第1回理事会が、平成14年5月27日、アルカディア市ヶ谷で開催され、次の議案について審議が行われました。

第1号議案 平成13年度事業報告の議決を求める件

第2号議案 平成13年度収支予算の議決を求める件

第3号議案 平成14年度事業計画案の議決を求める件

第4号議案 平成14年度収支予算案の議決を求める件

第5号議案 評議員の選出（補充）の議決を求める件

報告事項 ①三宅島における現状について

②地震時における斜面崩壊について

なお、上記の理事会において、評議員の異動がありました。

①辞任等：高橋哲雄氏、鴛海徹氏 ②選出：寺本和子氏、松山雅英氏

【平成14年度第1回評議員会】

第1回評議員会が、平成14年5月27日、アルカディア市ヶ谷で開催され、次の議案について審議が行われました。

- 第1号議案 平成13年度事業報告の同意を求める件
- 第2号議案 平成13年度収支予算の同意を求める件
- 第3号議案 平成14年度事業計画案の同意を求める件
- 第4号議案 平成14年度収支予算案の同意を求める件
- 第5号議案 理事の選任（補充）を求める件
- 報告事項 ①三宅島における現状について
②地震時における斜面崩壊について

なお、上記の評議員会において、理事の異動がありました。

- ①辞任：松武義聡氏 ②選任：竹腰正保氏

役員等名簿（平成14年5月27日現在）

理事等

理事長	友松 靖夫	常 勤
専務理事	池谷 浩	常 勤
理 事	秋山 哲郎	東京ガス（株）参与
	浅井涌太郎	大木建設（株）取締役
	新 壽夫	新法律事務所弁護士
	荒牧 重雄	東京大学名誉教授
	大久保 駿	（社）全国治水砂防協会理事長
	小橋 澄治	京都大学名誉教授
	小林 一三	普談寺住職
	郷津 久男	長野県小谷村長
	竹腰 正保	オリエンタル建設（株）横浜営業所顧問
	塚本 良則	東京農工大学名誉教授
	中村 三郎	防衛大学校名誉教授
	西田 一孝	株木建設（株）常務取締役
	藤吉洋一郎	日本放送協会解説委員
	船渡 清人	（財）林業土木施設研究所理事長
	堀 由紀子	（株）江ノ島水族館代表取締役社長
	松村みち子	タウンクリエイター主宰
	吉友嘉久子	「OFFICE・よしとも」代表

監 事

新井 宏	（株）みずほ銀行虎ノ門中央支店副支店長
川野 正隆	全国治水期成同盟会連合会専務理事

評議員

木村 政生	神宮司庁神宮自然保護委員会委員
沢田 秀男	横須賀市長
下鶴 大輔	東京大学名誉教授
関戸 研一	利根コンサルタント（株）代表取締役社長
武居 有恒	京都大学名誉教授
玉光 弘明	（社）国際建設技術協会会長
寺本 和子	豊橋創造大学短期大学部教授
栃木 省二	広島大学名誉教授

林 勘市	林勘市法律事務所弁護士
原 あやめ	学校法人山脇美術専門学校理事長
廣井 脩	東京大学社会情報研究所長
保科 幸二	NPO法人砂防広報センター理事長
堀内 成郎	長野県土木部参事兼砂防課長
松山 雅英	(株)三井住友銀行東京公務法人営業部長兼東京公務部長
八木壮一郎	香川県池田町長
柳田 力	(財)土木研究センター顧問
吉岡庭二郎	島原市長

非常勤顧問 (海外担当)

板垣 治	(財)砂防フロンティア整備推進機構理事
小川 祐示	国際航業(株)常務執行役員
清野 雅雄	(株)オリス取締役
杉本 良作	(株)ニュージェック取締役
牧田 一男	八千代エンジニアリング(株)取締役
宮本 登	(株)アイ・エヌ・エー取締役
山内 修	大日本コンサルタント(株)東京事業部理事

人事異動等

●職員の採用等

	氏 名	所属 (旧所属・転出先等)
1月1日付 【研修新規】	大角 昌弘	砂防部技術課
3月17日付 【派遣】 (ネパール王国)	比留間雅紀	企画部付課長代理
3月31日付 【派遣終了】 帰任 (大阪府)	荻田 充祥	総合防災部主任研究員
4月1日付 【免・委嘱】 総務部長の委嘱を解く	池谷 浩	専務理事兼総務部長兼砂防技術研究所長
【昇任】 総務部長	木村 久	総務部次長
総合防災部技術課長代理	伊藤 英之	総合防災部技術課主任技師
砂防部技術課主任技師	吉田 真也	砂防部技術課
【採用】 砂防部技術課参事	赤松 巧一	(大阪府)
総合防災部技術課参事	南 憲和	(東京都)
4月16日付 【昇任】 砂防部長	松村 和樹	砂防技術研究所次長
斜面保全部技術課参事	吉村 和司	斜面保全部技術課
【配置換え】 総合防災部長	松井 宗広	砂防部長
砂防技術研究所技術部長	関 信明	総合防災部長

4月30日付【辞 職】

辞職	関 信明	砂防技術研究所技術部長
【配置換え】		
砂防技術研究所技術部長(兼務)	吉松 弘行	斜面保全部長

5月31日付【研修終了】

山内 敏男	砂防部技術課
川満 一史	斜面保全部技術課参事
荻田 茂	斜面保全部技術課
徳永 博	〃
惣田 隆夫	総合防災部技術課
平川 泰之	〃
柳町 年輝	〃
北村 真一	〃

6月1日付【新規採用】

池田 暁彦	砂防部技術課主任技師
-------	------------

【昇 任】

安養寺信夫	総合防災部次長兼技術課長(総合防災部技術課長)
-------	-------------------------

【配置換え等】

松木 敬	企画部企画情報課(砂防技術研究所砂防システム研究室兼務を解く)
小野源一郎	砂防部技術課(砂防技術研究所技術開発研究室)
加藤 光紀	砂防部技術課(砂防技術研究所技術開発研究室兼務を解く)
吉田 真也	総合防災部技術課主任技師(砂防部技術課主任技師)
村上 治	総合防災部技術課(砂防部技術課)

【新規研修】

上田 哲郎	斜面保全部技術課
伊藤 和広	〃
井上 英将	〃
吉田真理夫	総合防災部技術課
三浦 郁人	〃
脇山 勘治	〃
家田 泰弘	〃
垣本 毅	砂防技術研究所技術開発研究室

●訃報

当センター評議員高橋哲雄氏(西武建設㈱常務取締役)は、去る3月24日ご逝去されました。

同氏には、平成5年8月25日から8年有余にわたり当センター評議員としてご助言等を賜ってまいりました。同氏のセンターに対するご功績に改めて感謝申し上げ、ご冥福をお祈り申し上げます。

平成14年3月20日（水）「インドネシアISDMプロジェクト・カウンターパート研修」

「地域総合防災計画」 Mr. Bambang Hargono（河川湖沼部長：47才）

Mr. Drs. Parwito（所長アドバイザー：50才）

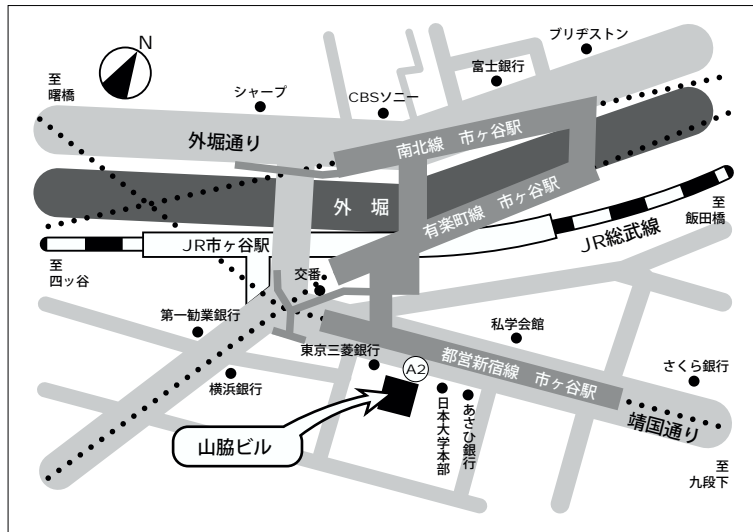
Mr. Soeryono Haryadi（計画担当スタッフ：49才）

講義担当：向井課長代理



○編集後記

表紙を模様替えし、当センター周辺の四季の風景をスケッチしてお届けします。作画は、嘱託職員の水野かおるさんです。



JR総武線市ヶ谷駅徒歩1分
 地下鉄営団有楽町線・南北線（A2出口）徒歩1分
 都営地下鉄新宿線（A2出口）徒歩1分



SABO TECHNICAL CENTER

SABO

VOL.73 JUN 2002
2002年6月1日 発行

編集 SABO編集委員会

発行 財団法人 砂防・地すべり技術センター

〒102-0074 東京都千代田区九段南4-8-21 山脇ビル

総務部・企画部 (6F) TEL (03) 5276-3271 FAX (03) 5276-3391

砂防部 (7F) TEL (03) 5276-3272 FAX (03) 5276-3392

斜面保全部・総合防災部 (8F) TEL (03) 5276-3273 FAX (03) 5276-3393

砂防技術研究所 (8F) TEL (03) 5276-3274 FAX (03) 5276-3394

<http://www.stc.or.jp/>