

全地連 「地質リスク」海外調査ミッション

—米国カリフォルニア州における地質リスクへの対応状況調査—

報告書



(Devil's Slide Tunnel Project 現場見学)

2007年11月

全地連では、2007年9月30日～10月5日の6日間、アメリカのサンフランシスコに“「地質リスク」海外調査ミッション”を派遣いたしました。

ミッションの目的は、全地連で進めている「地質リスク」に関する活動を進める上で、海外の事情・動向を迅速かつ的確に把握することにより、研究機関・政府機関・企業等を訪問し、関係者と精力的にディスカッションを行い意見交換を実施いたしました。

アメリカの西海岸部は、メランジュ層（混在岩層）が広範囲に分布し、我が国の地質体系とも類似する様相が多いといわれています。また、太平洋岸のカリフォルニア州南部から西部にかけて約800マイル（約1,300km）にわたって続く巨大な断層であるサンアンドレアス断層も有名であり、「地質リスク」に関する意識が高い地域です。既構造物、あるいは計画中的土木構造物の調査・設計段階での地質リスクをどのようにとらえているのか興味深い情報を得ることができました。

本報告書は、全地連のホームページ (<http://www.zenchiren.or.jp>) で公開中です。

「地質リスク」海外調査ミッション

—米国カリフォルニア州における地質リスクへの対応状況調査—

報告書目次

発行にあたって

はじめに

1. 海外調査ミッションの概要について	1
2. 各訪問先についての概略報告	2
2. 1 第1日目 フィールド見学について	2
2. 2 第2日目 米国地質調査所の訪問について	6
2. 3 第3日目 カリフォルニア州運輸局の訪問について	10
2. 4 第4日目の訪問先について	13
2. 4. 1 Fuguro West Inc. 訪問報告	13
2. 4. 2 Pacific Gas and Electric Company 訪問報告	21
2. 4. 3 USDAVIS (カリフォルニア大学DAVIS校) 訪問報告	25
2. 4. 4 現場見学 —Devil’s Slide Tunnel Project	27
3. 全体報告について	34
3. 1 全体報告その1	34
3. 2 全体報告その2 地質リスク米国調査の成果	37
4. 今回の成果と今後の課題について	42
<巻末資料>	
巻末資料 詳細スケジュールについて	46

発刊にあたって

国土交通省は、公共建設事業のコスト縮減を目的としたコスト構造改革を進めている。

全地連（（社）全国地質調査業協会連合会）でも「建設コスト縮減に関する地質調査業の意見表明と行動指針(H9)」をはじめに、建設コストにおける地質技術の重要性と役割について発言し、「コスト構造改革に資する地質調査を効果的に実施するための10の提案(H16)」でコスト縮減に関する提言を行ってきた。

これらの活動の中で、建設事業費が「地質条件そのもの」と「その不確実性」に大きく影響されることが明らかとなり、一方で、現在の建設事業の施行プロセスにおいて、地質調査技術投入の時期や地質技術投入時の地質技術者の位置づけが必ずしも最適ではないことも分かってきた。

このため、全地連では、平成17年度に技術委員会の中に地質リスクWGを設置し、地質技術者がコスト構造改革と品質確保に寄与できる方策を議論してきた。WGでは、地質技術者が建設事業に参画する時期が計画決定後であること、地質調査の位置づけが設計条件を設定するためだけに用いられていること、工事着手後に事前に想定していた地質条件と異なる事象に遭遇した場合には工事の設計変更によって対応しているため地質調査・地質技術者の役割が希薄化してきたこと、工事費の大幅な増大が原因となって工事が中止されたり国民の非難を受ける事態が起きてきたこと、などが議論され以下に示すような技術的・政策的課題を抽出した。

- ① 建設事業における地質に係わる事業リスクの概念・体系が不明確である
- ② 地質に係わる事業リスクに関するデータが不足している
- ③ リスク計量化手法が未確立である
- ④ 地質に係わる事業リスクを扱う地質技術者の位置づけが不明確である
- ⑤ 発注者の技術支援をする者（地質技術者）が正業化されていない

上記の検討結果は「地質に係わる事業リスク検討報告書(H18)」として公表し、平成18年度には、（財）建設振興基金の研究助成をもとに高知工科大学の渡邊教授を座長とする委員会を発足させて「地質リスク研究」を推進し、平成19年3月には研究成果を発表し講習会も開催した。

今回企画した全地連の海外視察では、地質リスクに関するこれまでの日本国内の研究成果を踏まえ、建設工事の契約において責任分担とリスク分担が明確にされていると考えられる米国内で実際に発注者や受注業者にヒアリングを行い米国の契約方法を調査することを主な目的として企画したものである。今回の訪米の成果は、本年の地質リスクWGの研究に活用し、成果として公表する予定であり、全地連としての政策提言にも活かしていくことを考えている。この報告書は訪米の概要報告書であるが、関係する機関や技術者に有益な資料となれば幸いである。

平成19年11月 社団法人全国地質調査業協会連合会
技術委員会委員長 成田 賢

はじめに

これまで、全地連地質リスク WG は、日本の建設工事における地質リスクマネジメントの実態を調査し、その課題を定性的に明らかにしてきた。次に、これらの課題を克服するためには、発注者側に立つ技術顧問の創設とリスク計量手法並びにリスクマネジメントプロセスが必要であるとの仮説を有するに至った。その仮説を検証するためには、地質リスクマネジメントの価値を明らかにすることが重要である。現在、その価値を計測するためのデータ収集様式を検討しつつ、地質リスクマネジメントプロセスの詳細な実態調査を行い、各種の地質リスクマネジメントの効果を定量的に試算するための研究に着手したところである。

今回の米国調査の目的は、海外で地質リスクと日々「格闘」していらっしゃる多くの研究者と実務者から当地での苦悩や課題を伺うこと、それらを克服するための最先端の研究成果や最新のマネジメント実務の手法を学ぶこと、地質リスクマネジメントに関する幅広い意見交換を行うこと、我々の活動を海外で認知して頂くこと、私たちの仮説が妥当であるか否かを確認すること、そして、今後のさらなる国際交流の足がかりを築くことにあった。

訪問調査の前には、参加者の中で訪問機関の担当を決め、各担当者が先方との日程調査の予定を決めると同時に、事前の情報収集に努めた。その結果、全ての訪問先において、多くの方々に「地質の同志」として温かく歓待して頂き、我々の質問ならびに先方の活動に対して懇切丁寧な説明を頂いた。米国の地質リスクマネジメントの現状と課題について様々な角度から理解することができた。

訪問調査の結果、米国の実務者も地質リスクマネジメントに関して、日本と同様な問題を抱えており、我々の仮説の方向性は妥当であるとの感を強くした。特に、地質リスクマネジメントの価値計測のための事例調査研究については、米国でも十分な調査研究が実施されておらず、我々の試みは先進的な取り組みであるとの自信を持つことができた。

また、今回お話を伺った方々の多くは、多くの難度の高い工事では、Geotechnical Baseline Report 等の作成を通して、発注者が詳細な地質関連情報を提供し、発注者と受注者間とのリスク分担を明確にすることが必要であると認識されていることが明らかとなった。ここでも我々が確かな方向に進んでいることを確認するとともに、日本型 Geotechnical Baseline の検討に向けて強い意欲を掻き立てられた。

今回の訪問調査を実施するにあたり、多くの方々から温かいご支援を頂いた。私たちの質問に丁寧に回答して頂いた訪問先の皆様、カリフォルニア州交通局の仲介の労を取って下さった岐阜大学の本城勇介先生、最新版の Geotechnical Baseline Report についてご教授頂いた（株）大林組東京本社の綿谷昭夫様と白砂健様、米国土木工事の地質リスクマネジメントの実務と Geotechnical Baseline Report の活用についてご教授頂いた（株）大林組サンフランシスコ事務所所長の小野崎寛和様、そして精力的に事前準備を行い、現地でも楽しい時間を共有させて頂いたメンバーの皆様に改めて感謝申し上げます。

ありがとうございました。

全地連「地質リスク」海外調査ミッション

団 長 渡邊 法美（高知工科大学 教授）

1. 海外調査ミッションの概要について

(1) 訪問先について（詳細スケジュールについては、巻末資料を参照）

- 第1日目 フィールド見学
- ・USGS 施設見学
 - ・ドン・エドワード自然保護区
 - ・サンアンドレアス断層
 - ・クリスタルスプリングダム 等
- 第2日目 米国地質調査所 (USGS 公式訪問)
- 第3日目 カリフォルニア州運輸局
- ・カリフォルニア州最大の発注機関
- 第4日目 Fuguro West Ins 社
- ・オランダのハーグに本社を置く企業連合 Pacific Gas and Electric Company
 - ・米国西海岸におけるガスと電気の供給会社 UCDAVIS
 - ・カリフォルニア大学 DAVIS 校
- 現場見学—Devil’ s Slide Tunnel Project—
- ・カリフォルニア州運輸局が発注しているトンネル現場

(2) 参加者一覧

以下の12名が参加した。

No	区分	氏名	所属	備考
1	団長 (コーディネーター)	渡邊 法美	高知工科大学 教授	
2	副団長 (コーディネーター)	小笠原正継	(独) 産業技術総合研究所	現地合流
3		吉川 敏之	(独) 産業技術総合研究所	現地合流
4	WG 委員	尾園修治郎	(株)建設技術研究所	
5	WG 委員	伊熊 俊幸	(株)ダイヤコンサルタント	
6	WG 委員	小田部雄二	大成基礎設計(株)	
7	WG 委員	黛 廣志	川崎地質(株)	
8	WG 委員	長瀬 雅美	応用地質(株)	
9	WG 委員	須藤 宏	応用地質(株)	
10	一般参加	細川 順治	北海道土質コンサルタント(株)	
11	事務局	池田 俊雄	全地連 事務局長	
12	ツアーコーディネーター	清水 和明	東レ・トラベル(株)	

2. 各訪問先についての概略報告

2. 1 第1日目 フィールド見学について（報告者：川崎地質株 黛 廣志）

「地質リスク海外調査ミッション」メンバー12名は日本時間9月30日(日曜日)16時半に成田空港を出発し、日付変更線を越えて8時間のフライトの後、現地時間9月30日(日曜日)朝8時半、サンフランシスコ空港に到着した。16時間の遅れ時差の関係で前日に戻ったのである。強い偏西風のおかげで、予定より1時間早い到着であった。

空港からは America Kanko 社の専用バスで、米国地質調査所西部地区センター(USGS Western Region Center)に向かった。現地のツアーガイドはモンゴル人のエンフさんという女性であるが、とても流暢な日本語をしゃべるので自己紹介されるまでは日本のかたと思っただけである。

初日の日程はミッションサブリーダーである産業技術総合研究所主任研究員・小笠原博士のご尽力により、USGS のノックルバーグ博士 (Dr. Warren J. Nokleberg) 引率の野外見学が計画されている。空港から一路、待ち合わせ場所である USGS 中庭の国旗掲揚ポールに向かった。USGS は閑静な住宅街の一角に溶け込んでおり、日曜日の朝ということもあってとても静かな雰囲気であった。訪問者であるわれわれ以外だれもいない。

(写真-1)。



写真-1 USGS 研究棟 1 号館

待ち合わせ場所には、シエラネバダ山脈から運んできたという花崗岩類の巨石が幾つか置かれており、いかにも地質調査所という感じである。予定より30分以上早く到着してしまったため、ノックルバーグ博士が来られるまでの間、まずは長石の超巨大結晶を取り込んだ花崗岩類の見学(写真-2)。さすがアメリカ、結晶も巨大である(写真-3)。



写真-2 シエラネバダ産の花崗岩類見学

30分後、ノックルバーグ博士が可愛いVOLVO V40で到着された。我々の到着が早すぎたため、博士は日曜日の遅い朝食をとることもできず、奥様お手製のパンケーキとクッキーを乗せた紙皿を手に飄々^{ひょうひょう}と登場（写真-4）。

昨年10月に40年間勤めたUSGSを退官されたが、名誉退職ジオロジストとして所内に研究室を持ってボランティアで後進の指導にあたられているという。根っからの地質屋さんである。

博士の研究室のある施設は1950年代の建築物であり、当時は耐震設計が行われなかったため、最近になって日本の耐震補強技術を取り入れて補強工事が行われた。補強工事が行われていなければ、1906年サンフランシスコ地震以来のサンアンドレアス断層再活動があれば、この建物はぺちゃんこになるだろうと、博士はパンケーキ皿を地面において熱演されていた（写真-5）。

ネオプレートテクトニクスによるアメリカ西海岸の成り立ちやサンフランシスコ湾沿岸地域の地形・地質について、ミーティングルームで30分程レクチャーを受けたあと（写真-6）、ツアーガイド・エンフさん案内の専用バスで南サンフランシスコ湾東岸のドン・エドワーズ自然生物保護区（Don Edwards Wildlife Refuge）に向かう。サンフランシスコ湾

沿岸地域を構成するフランシスカン複合体地質（Franciscan Complex）の露頭が見られる場所であり、遠く東にヘイワード断層を眺望できる小高い丘（コヨーテヒル）がフィールド



写真-3 超巨大な長石の単結晶



写真-4 ノックルバーグ博士登場



写真-5 ノックルバーグ博士熱演



写真-6 室内レクチャー



写真-7 カリフォルニア州花ゴールデンポピー

ド見学の場であった。まず、カリフォルニアの州花であるというゴールデンポピーが日本からの訪問者を迎えてくれる(写真-7)。コヨーテ丘から西に広がるサンフランシスコ湾沿岸の低湿地はかつて様々な生物の宝庫であったが、人間の活動とともに失われていった。いま、それを取り戻すための努力が始まっているという(写真-8)。



写真-8 自然生物保護区復元図



写真-9 チャートの転石



写真-10 フランシスカンコンプレックス

コヨーテ丘には、フランシスカン複合体を構成するチャートの転石がころがっている(写真-9)。蛇紋岩で構成されるフランシスカン複合体の露頭(写真-10)。

遠くヘイワード断層を背景にした集合写真(写真-11)。低湿地の一部には、廃棄物最終埋立て処分が行われている(写真-12)。サンフランシスコ湾の水質汚染が気になるところであった。



写真-11 集合写真

このあとは昼食で、ノックルバーグ博士ご推薦のメキシカン料理屋（写真-13）。ハーフサイズの定食メニューで十分だと言われたが、それでも並みの胃袋では完食しきれない量である。さすがアメリカ。皿もでかい。

食後はサンフランシスコ湾西岸に戻り、サンアンドレアス断層を眺望できる丘に登る（写真-14）。この断層は1回の活動で20mの横ずれを生じ、過去数千万年の活動でシエラネバダ山脈のフランシスカン複合体が200km以上も北上したという。私の死後ここに遺体を埋めてもらえば、3000万年後にはアラスカに現れるだろう、と博士はおっしゃる。なかなかのユーモリストである。

つづいて、最後の見学地としてサンアンドレアス断層に隣接して1895年に建設されたクリスタル・スプリングスダム（Crystal Springs Reservoir）に移る。完成から11年後、サンアンドレアス断層による1906年サンフランシスコ地震に見舞われたが、破壊せずに生き残ったという（写真-15）。

これで、初日のフィールド見学は終了。ノックルバーグ博士に深く感謝。

日付変更線を超えた長時間フライトの後、朝から夕方までのフィールド見学でメンバー一同疲れ果てた様子であった。しかし、サンフランシスコ初日の夜はまだまだ続いたのである。

（以上）



写真-12 低湿地への廃棄物埋立て



写真-13 メキシカンレストラン



写真-14 サンアンドレアス断層

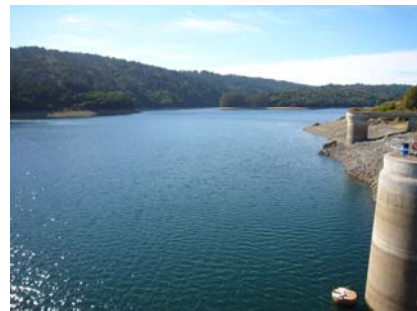


写真-15 クリスタルスプリングスダム

2. 2 第2日目 米国地質調査所の訪問について（報告者：大成基礎設計㈱ 小田部雄二）

・ 8:30（現地時間）

第1日目のフィールド見学に続き、第2日目は USGS を公式訪問した。

・ 8:45～9:30

はじめに Michael Carr センター長と Warren Nokleberg 名誉研究員の案内により、図書館から所内に展示してある岩石標本や諸施設などの説明を受けた。本図書館はアメリカ国内屈指の蔵書を誇り、インターネット (<http://library.usgs.gov/>) を介して国内外のリクエストに対応できる体制である。図書館は高精度実験研究室と合わせた施設にある。実験室は外部からの汚染を防ぐため、室内の気圧を若干上昇させる機能を保有させている。



写真-16 USGS メンローパーク本館



写真-17 USGS 図書館



写真-18 球状閃緑岩の展示

・ 9:30～10:30

所内見学を終え会議室に戻り、Michael Carr センター長と Warren Nokleberg 名誉研究員より USGS の概要について説明を受けた。この説明と USGS の HP 情報によれば、USGS は 1879 年（明治 22 年）に設立され、約 130 年の歴史を持つ。現在の拠点数は合衆国内に 400 以上を展開し、主要拠点は本部のあるレストン(ヴァージニア州：首都ワシントン DC の郊外に位置する)、デンバー(コロラド州)、そしてこのメンローパーク(カリフォルニア州)である。職員は約 10,000 人が所属し、このうち地質研究者は約 1,700 人である。メンローパークでは世界で発生している地震の情報をリアルタイムで収集できるシステムが構築されている。米国地質調査所の地質部門は、基本的に日本の産業技術総合研究所地質調査総合センターと類似した体制である。

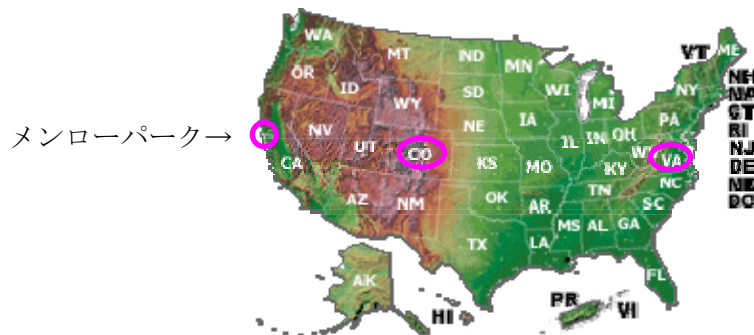


図-1 USGS 拠点位置図（出典：<http://www.usgs.gov/>に加筆）

・ 10:30～14:00 (約 1 時間の昼食を挟む)

全地連側からのミッションの目的等の概要説明の後、Richard Bernknopf リーダーをはじめ数名の研究者より、各種の研究成果の報告を受けた。研究成果は、国家レベルのリスクに対する政策や意志決定のための枠組などの考え方から、天災リスク（地震、洪水）に対する各種研究まで多岐に渡る報告であった。

南カリフォルニアにおけるマルチハザードデモンストレーションプロジェクトの報告は、サンアンドレアス断層に代表される研究などをベースに各種地震応答解析を行い、地盤被害から社会資本などの被害を予測し経済損失まで研究している成果であった。

道路網の情報ネットワークについては、CALTRANS（カリフォルニア州運輸局）や USGS 等の関係機関を包含した REDARS (Risks from Earthquake Damage to Roadway Systems) という危機管理システムが存在し、機能していることの紹介があった。

リスクアセスメントへのアプローチでは、リスクシナリオに対する分散度を計量化し、削減するための研究報告があった。

これらのプロジェクトには 100 もの企業や機関が参加し（産官学横断）、いずれの研究も盛んに行われ、社会全体のリスク管理が構築されている感じを受けた。しかし、専門家からみると市民のリスクに対する意識レベルは決して高くなく、十分な備えが行き届いていないのが実態であり、現状における取り組み課題の一つとして捉えているようであった。

昼食は USGS より徒歩で 15 分程度にあるレストランで会食をした。会食中も様々な意見交換が活発になされた。



写真-19 概要説明

(正面左側がセンター長)



写真-20 研究成果報告

(中央がリーダー)



写真-21 合同昼食会

・ 14:00～14:30

研究成果の公表方法に関し、出版センター関係者から出版物と出版プロセスの紹介を受けた。出版物は専門向けから一般向けまで多数取り揃えられており、地震対策パンフレットなどは国際対応への配慮から英語にとどまらず多国語に翻訳されていた。また、研究成果から作成された様々なハザードマップや地質情報に関する文献についても紹介があった。

これら出版物については、インターネットを介して国内外のリクエストに応答できる体制である。<http://www.usgs.gov/pubprod/>



写真-22 出版物の説明



図-2 リーフレット例

・ 14:30~15:30

出版物紹介の後、施設内の案内を受けビジターセンターに到着した。ビジターセンターでは、地震関係の研究者から下表に示す 5 つのテーマについて報告を受けた。

表-1 地震関係研究者から受けた報告のテーマ一覧表

No.	テーマ	発表者
1	液状化発生確率マップ	Tom Holzer
2	1868 年ヘイワード地震の研究	Tom Brocher
3	震度マップ	Jack Boatwright
3	1906 年の強震動アニメーション	Brad Aagaard
4	USGS/ANSS の地震情報管理システム	Scott Haefner

テーマNo.1 は、サンフランシスコ湾の東湾岸エリアにおける、各種地震に対する液状化の発生確率マップについての説明であった。

テーマNo.2 は、1868 年にサンフランシスコを襲ったヘイワード地震の規模と被害状況についての説明であった。

テーマNo.3 は、CISN(California Integrated Seismic Network) により作成されるリアルタイムの震度マップ情報公開システムの説明であった。CISN は多数の地震計情報を集約し、地震発生から分単位で電子化された地震情報を提供するシステムである。
(<http://www.cisn.org/shakemap.html>)

テーマNo.4 は、1906 年にサンフランシスコを襲った M7.8 の地震の時刻歴シミュレーションの紹介であった。

テーマNo.5 は、USGS と ANSS (Advanced National Seismic System) の情報を、GoogleEarth の地図情報にリンクさせた情報管理システムの紹介であった。



写真-23 テーマNo.1



写真-24 テーマNo.2



写真-25 テーマNo.3



写真-26 テーマNo.4



写真-27 テーマNo.5

・ 15:50 (USGS 発)

Michael Carr センター長の案内により、スタンフォード大学に向かった。

・ 16:20~17:00

スタンフォード大学では、USGS の Joseph Wooden 博士を訪ね、イオンプローブ (SHRIMP II) の実験状況を見学した。このイオンプローブは、USGS とスタンフォード大学により共同で運営されており、鉱物や岩石の微小領域の同位体比測定を含めた微量成分分析や、ウラン鉛年代測定に利用される。これらの実験は、断層の活動特性を精度良く明らかにするための研究の一端を担っている。

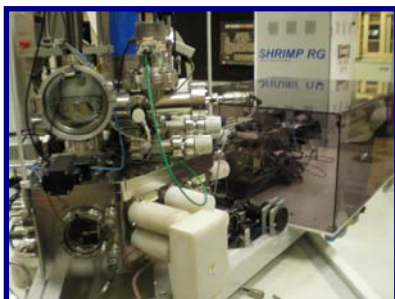


写真-28 実験装置

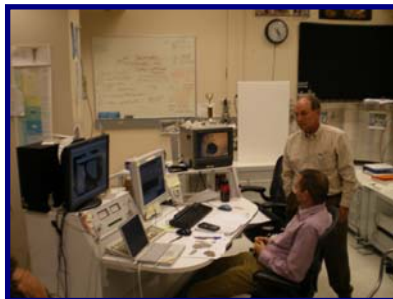


写真-29 実験状況



写真-30 実験室が入る建物

2. 3 第3日目 カリフォルニア州運輸局 (Caltrans) の訪問について

(報告者：(株)ダイヤコンサルタント 伊熊俊幸)

(1) プロローグ

訪米前に何度も EMS や電話にて、今回のミッションの目的や、討議内容についてやり取りを行っていたが、昨晚もあまり良く眠られず、当日の朝も「うまく行くのかな」という不安が脳裏をかすめた。

午前中、渡邊先生の部屋に集まり、円陣を組みながら討議内容を再確認した。この作業により、プレッシャーが解放され、Mini Bus でサンフランシスコ・オークランドベイブリッジを渡る時には、車窓から景色を見る余裕もできた。

Caltrans に到着し、受付で記帳を行っていると、背後から長身の人に「Mr.Ikuma か?」と声をかけられ、相手を確認すると Mr.James E.Davis 氏(Geotechnical Service の副部長)であった。これまで種々対応してくれた Mr.Wajahat Nyaz 氏も笑顔で傍にいた。

彼らに先導され、会議室にて討議がスタートした。

(2) 討議内容

まず始めに我々ミッショングループの紹介を行い、その後、Mr.Wajahat Nyaz によりマトリックスを使用した Risk breakDown structure(RBS)の説明を受けた(表-2 参照)。

この手法は、リスクを大きさとその発生頻度に区分して検討するもので欧米では良く利用されている。

当初は冒頭、渡邊先生によるミッションの目的、全地連での地質リスクの考え方などを話す予定であったが、Mr.James E.Davis の迫力あるスピーチに圧倒され、後回しとなった。

表-2 マトリックスによるリスク評価



写真-31 Caltrans での討議状況

Evaluating the IMPACT of a Risk					
Evaluate Impact of a Risk on Major Project Objectives					
Linear	1 VL	2 L	3 M	4 H	5 VH
Not-Linear	1 VL	2 L	3 M	4 H	5 VH
TIME	Insignificant Schedule Impact	Delivery Plan Milestone delay within QTR	Delivery Plan Milestone delay of one QTR	Delivery Plan Milestone delay of more than one QTR	Delivery Plan milestone delay outside FY
COST	Insignificant Cost Increase	<5% Cost Increase	5-10% Cost Increase	10-20% Cost Increase	>20% Cost Increase
SCOPE	Scope decrease is barely noticeable	Changes in project limits or features with <5% Cost Increase	Changes in project limits or features with 5-10% Cost Increase	Changes in project limits or features with 10-20% Cost Increase	Scope does not meet Purpose & Need
QUALITY	Quality Degradation Barely Noticeable	No Safety Issues, C, O, M deficiencies approved by Project Team	No Safety Issues, C, O, M deficiencies require District Mgr approval	Quality may be made acceptable through mitigation or agreement (i.e. Fast Track)	Quality does not meet one or all of the following Safety, C, O, M

Legend: C = Constructability, O = Operability, M = Maintainability

5 VH	10	5	2	1	
4 H	8	4	2	1	
3 M	6	3	2	1	
2 L	4	2	1	1	
1 VL	2	1	1	1	
Not-Linear	1 VL	2 L	3 M	4 H	5 VH
	Impact				

Risk Probability Ranking	
Ranking	Probability
5	69-99%
4	49-69%
3	29-49%
2	19-29%
1	9-19%

Score	
1 - 6	Low
7 - 14	Med
15 - 30	High

RETURN TO REGISTER

渡邊先生による熱の入ったスピーチのおかげで、全地連の地質リスクマネジメントの概要を理解して頂くことができ、かつ我々のグループの手法も評価してくれた。

1) Caltrans Geotechnical Services の組織

1993年に Geotechnical Division が設立され、現在では Geotechnical Services にはエンジニアが 240 名在籍しているが、その中に Engineering Geologist が 60～70 名いるとのこと。Caltrans と同様な規模で対応している州はフロリダ、ニューヨーク州程度で、他州は規模が小さい。

Mr.James E.Davis の指揮下で 4 名のチーフエンジニアで広大なカリフォルニア州全域を統括している(図-3 および図-4 参照)。

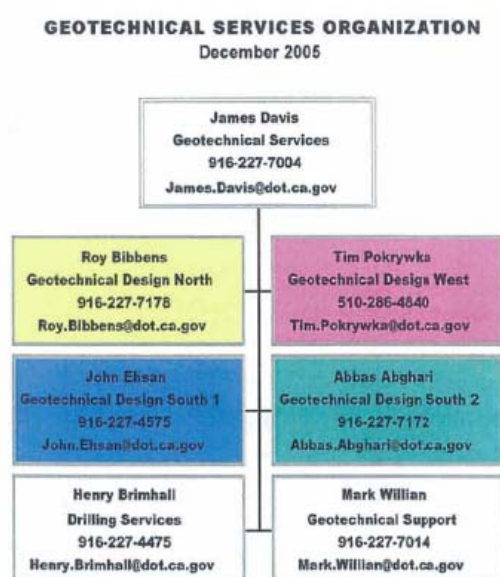


図-3 Geotechnical Services の組織



図-4 担当区域図

2) Caltrans におけるリスクマネジメント

Bay bridge(New East Span San Francisco-Oakland Bay Bridge)プロジェクトのため 2002 年から本格的にリスクマネジメントシステムを構築してきた。

このシステムについては、Caltrans で公表している“Project Risk Management Handbook” (2007。 5。 2nd Ed。)に準拠している。

リスクについては、①最初の設計段階から建設完了段階までと、②いわゆる維持管理段階の 2 つに分けて評価している。

トンネル工事ほかで遭遇する地表面下のリスクには、超硬質岩の掘削、立坑内の空洞、予期されない高い地下水位、地中埋設物、汚染土壌などが含まれるが、事前段階での調査数量にもよるが、施工段階で始めて遭遇するケースもある。

建設終了後の全てのリスクについては Caltrans が責任をもつが、建設する施設の

種類によって、建設後の **geotechnical risk** の許容度を分類している。

トンネルとか橋梁および大規模な擁壁などの大型構造物では、リスクについて低い許容度をもつことになる。

トンネルについては、個々のプロジェクトについて **GBR(Geotechnical Base Line Report)**を作成している(**Caldecott Tunnel, Devil's Slide Tunnel**: カリフォルニアでは **NATM** 施工の事例は非常に少ない)。

地質リスクについては、非常に重要な問題と考えているが、定量的な手法で解析することが難しく **Caltrans** としても現段階では解析手法をもっていない。

切土斜面や盛土斜面については、設計手法や設計基準を **Caltrans** では定義していない。過去においては、地質リスクの一つである地下水量の大きな相違によるゼネコンからのクレームを処理するために問題を抱えたことがあった。

この問題について、最近のプロジェクト(**New East Span San Francisco-Oakland Bay Bridge**)では特別条項(**special provision**)で地下水の水量を決めるための地盤の間隙率に関する情報を与えている。しかし、計画段階のことなので成果についてはなんとも言えない。

(3)エピソード

今回のミッションを通じて、**Caltrans** における発注者としての地質リスクおよびリスクマネジメントの取り扱い方の概要を知ることができた。

我が国と同様、カリフォルニア州は付加体地質から構成され、複雑な地質構造発達史を有している。トンネル建設を例としても、事前段階での調査数量はかなり多く、ボーリング調査主体で、調査・設計段階で少しでも地質リスクを解明しておくという姿勢が印象的であった。

また、**Caltrans** の **Geotechnical Service** 部門では、かなりの数の **Engineering Geologist** が活躍しており、かつ工期を最優先して適切なアドバイスをしている点も学ぶことができた。

これまで全地連としては **Caltrans** の技術者とは交流がなく、交渉窓口を小職が受けた。今年の7月末、岐阜大学工学部の本城教授の研究室を訪ね、先生を通じ **Caltrans** の **Dr.Susan E Hida** に連絡したところ、**Mr. Timothy Pokrywka** を紹介され、彼との国際電話、**EMS** による手紙のやり取りを数回繰り返した(日本からのメールは **Caltrans** のセキュリティのためか **USA** からの一方通行)。

その後、**Mr. Timothy Pokrywka** の都合で、対応してくれる技術者が **Mr.Wajahat Nyaz** に変更となり、出発の直前まで **Oakland** での打合せ、建設現場見学場所の打合せなど電話、**EMS** でのやり取りが続いた。

日本との時差の関係、かつ夏休み期間でもあり、対応にとまどいも感じたが、今回のやり取りを通じ、海外(特に公的機関)との交渉ごとを行う上で貴重な体験となった。

2. 4 第4日目の訪問先について

第4日目は、ABの2つのグループに分かれて行動した。

2. 4. 1 Fuguro West Inc. 訪問報告（報告者：(株)建設技術研究所 尾園修治郎）

10月3日午前、Bグループはフグロ ウェスト社を訪問した。事前に地質リスクに関する質問状を送付しておいたこともあり、応対してくれた同社副社長の Shahriar Vahdani 氏のはからいにより、関連する2社からも出席を得た。

(1) 会議の概要

会議参加者及び概要は以下のとおりである。

<会議日時及び場所>

2007年10月3日（水）9:00～11:00

会議場所：フグロウェスト社会議室

<出席者>

Fuguro West Inc.¹ Shahriar Vahdani(Vice President)

CH2M Hill² Reece F. Shaw(Vice President, Senior Program Manager)

William Lettis & Associates, Inc.³ Christopher S. Hitchcock(Principal Geologist)

各社のプロフィールについては脚注を参照のこと。

全地連 地質リスクワーキングメンバー

小笠原正継 独立行政法人 産業技術総合研究所

伊熊俊幸 株式会社ダイヤコンサルタント

尾園修治郎 株式会社建設技術研究所

須藤 宏 応用地質株式会社

黛 廣志 川崎地質株式会社

清水 和明 東レ・トラベル株式会社

¹フグロ社はオランダのハーグに本社を置く企業連合で、従業員数は9,800人以上、世界50カ国以上に事務所を置いている。主たる業務は海洋・陸上の地質・地層、環境などの調査、石油・ガス開発やパイプライン敷設などへのサービス、地球物理探査などで、2006年の売上額約2,256億円。訪問したフグロウェスト社は米国西部を営業エリアとしている。

² CH2MHill社はアメリカのデンバーに本社を置く運輸・エネルギー関連のエンジニアリング・コンサルタント会社で、2006年の売り上げは4兆6千億円（JV案件含む）、従業員は全世界で2万人。

³ William Lettis & Associates, Inc.社は米国カリフォルニアに本拠を置く応用地球科学のコンサルタント会社で、特に原子力、エネルギー、水資源関連施設の地震ハザードアセスメントを主たる業務としている。従業員数は75名以上。

<会議内容>

フグロウェストの紹介とフグロ側出席者の紹介	Shahriar Vahdani
今回ミッションの概要紹介	小笠原正継
Role of Geologist in Geotechnical Risk Management	Christopher S. Hitchcock
質問状に沿った回答と質疑	Shahriar Vahdani
	Reece F. Shaw

<配布・収集資料>

JGCA 資料 (Project management for Geological Risk, Member of Geo-Risk Mission)

PPT 資料 (Role of Geologist in Geotechnical Risk Management) (当日入手)

質問状への回答 (Shahriar Vahdani)

質問状への回答 (Reece F. Shaw) (当日入手)

(2) 討議結果の要約

会議では、始めに Shahriar Vahdani 氏が挨拶とともにフグロ社について紹介し、そして同席してくれた別会社のお二人 Reece F. Shaw 氏と Christopher S. Hitchcock 氏について紹介して始まった。次いで日本側を代表して小笠原副団長よりミッションの主旨について説明し、メンバーを紹介した。

本題に入って、まず Christopher S. Hitchcock 氏より、Role of Geologist in Geotechnical Risk Management と題してパワーポイントを用いたプレゼンテーションが行われ、質疑応答があった。次いで事前に送付していた質問状について、まず Shahriar Vahdani 氏から、次いで Reece F. Shaw 氏から回答と説明が行われ、適宜質疑応答がなされた。

これらの結果、米国における地質リスクマネジメントについて次のような知見が得られた。

- ① 設計施工分離方式、デザインビルド方式、いずれの契約形態においても、CM チームの地質リスクに対する役割は小さい。これは、米国においても、設計施工分離方式の場合はオーナーサイドの地質コンサルタントが提供する地質情報が契約条件となる、すなわちオーナーがリスクを負っているためであり、一方デザインビルドにおいてはデザインビルドチームが全ての地質リスクを負っているため CM の役割はさらに小さい。
- ② オーナーが予備費を計上する際の支援は、オーナーサイドの地質コンサルタントが行っており、CM チームはそれに対して責任を負っていないようである。
- ③ リスクは、それを最もうまくマネジメントできるパーティーが負うべきとの考えがある。そうすることで最もスムーズに事業を進めることができ、結局は工期遅延もなくトータルコストも下がるということと考えられる。
- ④ デザインビルドチーム内に地質コンサルタントがいる場合は、建設会社に対してコストと予想される地質的課題についてアドバイスする。その場合のコスト変動リス

クの分担については Alliance Contract の例が沢山あり、それらが参考になると考えられる。

- ⑤ CM at Risk においては、地質リスクをも考慮した GMB（保証最大価格）を見積もっているが、その際の地質リスクの見積もりについては地質技術者個人のメンタリティーや能力にも強く依存しているようである。
- ⑥ 地質リスクマネジメントにおいて地質技術者が求められる役割としては、リスク緩和のための最善策の提案、またリスクが発現した場合の最善のリカバリー策の提案などと考えられる。これらは、表現は異なるものの、サイトの **Baseline Geotechnical Characterization** を正しく行って想定されるハザードに対するリスクを特定し、適切なマネジメント策を提案するということと同義であると考えられる。

(3) Role of Geologist in Geotechnical Risk Management についてのプレゼンテーション

このプレゼンテーションでは、住宅地背後斜面の地すべり災害、活断層を横断するガスパイプライン (PG&E)、海洋底の泥流発生による石油掘削リグの杭と井戸の破壊、などを事例として、地質リスクマネジメントにおける地質技術者(geologist)や地質工学技術者(geotechnical engineer)の役割が解説された。

プレゼンテーションの内容はおおよそ以下のとおりである。

地質リスクマネジメントの概念的な方針としては、まずリスクを

$$\text{Risk} = (\text{Geological}) \text{ Hazard} \times (\text{Time}) \text{ Exposure} \times \text{Vulnerability}$$

と考え、図-5 に示すような流れでマネジメントする。

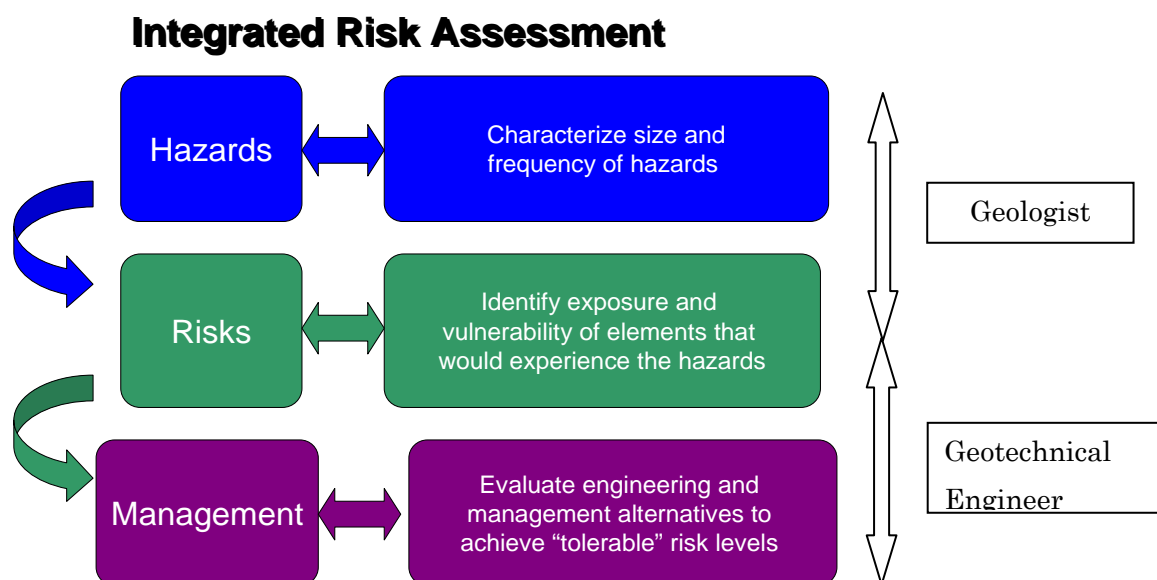


図-5 リスクマネジメントの概念図

(William Lettis & Associates, Inc.社提供 ppt より引用して加筆)

この流れの中で **geologist** の役割は、サイトの地質的状況を明らかにして、すなわちサイトの **Baseline Geotechnical Characterization** を行って、何がどのように（場所、規模、頻度 etc.）がハザードになりうるのか **Geotechnical Engineer** に伝達することである。この場合のハザードの評価のためには、モンテカルロシミュレーションのような確率的アプローチも行う。また **Geotechnical Engineer** はそれを受け、ハザードを被る対象物の脆弱性を踏まえて理想的にはリスクの除去、それが無理なら土木工事によるリスクの低減、警戒システム、住民移転、保険、リスク保有などのリスクマネジメント戦略を検討する。

(4) 事前質問に対する **Fuguro West Inc.** (**Shahriar Vahdani** 氏) からの回答

以下に、事前に送付した質問に対する **Shahriar Vahdani** 氏からの回答を、会議での討議も踏まえて示す。

a) Q1.1 ジオリスクが高い土木事業においてオーナーの期待するCMチームの役割は？

「ジオリスクが高い」とは地質条件が非常に変化に富んでいる（変わりやすい）ことを意味していると考えるが、米国には二つの契約形態がある。

- 1) 通常的设计, 入札, 建设契约 (设计施工分离方式)
- 2) デザインビルド方式

设计施工分离方式の場合、CMファームの役割は普通、スケジューリング、(**Request For Information**, 以下 **RFI** と略記) の再配布の促進、**RFI** へのタイムリーな回答を設計チームから引き出す、スケジュールと進捗のチェック、業者からの仕入れ書の受理などである。ジオリスクが高い場合、デザインチームはそれを特定しているし、受注業者が現場で遭遇する実際の条件に合わせて工事業者の予算を調整させる条項が契約に含まれている。

例えば、高速道路建設のプロジェクトにおいて現場に未固結地盤と岩盤が分布しており、岩盤が発破（高価であり、したがって高リスク工種となる）を必要とするほど硬質な場合、オーナーサイドの地質コンサルタントは発破を必要とする岩盤がどのくらいの量なのか、地質調査、地質探査を行って見積もる。

この見積もりを基礎として **base price** が設定されるが、契約には発破の必要量が見積もりよりも多かたり少なかつたりした場合に、現場の実際の地質条件に応じて **contract value** が調整されるという条項が含まれている。この場合、リスクは誰も負わない。オーナーは **CM** の承認を経て設計変更に対して支払う。

デザインビルドにおける **CM** の場合、地質リスクを取り扱う際の役割は、これに比べると重要性が低い。なぜなら、デザインビルド契約においては価格やスケジュールが固定されており、工事業者サイドの地質技術者は実際に遭遇する発破必要量とは無関係に決められた設計・スケジュールにしたがってプロジェクトが建設されるよう支援しないとならないからである。すなわち、地質リスクは全てデザインビルドチームが負ってい

る。オーナー、CM ファーム、地質調査ファームはリスクを負わない。

b) Q1.2 地質技術者が CM チームに属することはあるか

設計施工分離方式の場合、CM チームにおける地質技術者の役割は非常に小さい。それは、(契約図書に使用された)地質情報を作成したオーナーが直接雇った地質技術者に CM チームが依拠しているため。同じことがデザインビルド契約についても言える。

c) Q1.3 CM チームの地質技術者に何を期待するか

多くは期待しない。

d) Q2.1 CM チームと地質調査業者は、地質条件の不確実性に対する責任をどのように分担しているか?

地質調査業者は報告書の中で不確実性とリスクを定量化しようと試みる。また工事の計画や仕様も業者にとって潜在的リスクを反映したものになっている。例えば、フグロはサンフランシスコ湾エリアの BART システム延伸に関与している。軌道基礎の一部には非常に透水性の高い礫層が伏在しており、排水しつつ勾配をつけて開削する工法を不可能にしている (透水性は 1.5cm/sec)。

このエリアにおいて、工事業者は排水が不要な工法 (遮水性深層混合, 全 third column における I ビーム, H ビームの頭部に連結した水平ビーム) を使用しないとしない。我々はフルスケールのポンプテストを実施して計画掘削範囲底部の下位の地盤の透水性を調べ、通常工法が機能しない区間長を見積もった。フグロはこのケースで、実際の区間長が見積もりからずれていても、リスクは負わない。

この場合も、特殊工法が必要な区間が長くなれば、より多く支払う。工事業者が特殊工法を使用しないとしない区間がフグロの見積もりよりも長ければ、フィート当たり単価は高くなるであろう。オーナーは普通、予算確保のために contingency factor (予備費条項) を適用する。オーナーサイドの地質技術者 (この場合はフグロ) は、オーナーが適切な予備費を計上する支援をする。このようなタイプの条件の場合は CM 会社はいかなるリスクも負わない。

e) Q2.2 工事価格や保証最大価格を見積もる場合に、地質リスクを考慮するか?

通常的设计・入札・建設プロジェクトにおいて、地質技術者は最良の (地質条件の) 見積もりを提案し、また予備費についてアドバイスを行う。デザインビルドの場合は (デザインビルド) チームの地質技術者はコントラクタに対してコストと予想される不具合についてアドバイスする。オーナー、CM 会社、そしてオーナーサイド地質調査会社はリスクは取らない。

f) Q2.3 地質技術者はどのように地質リスクを定量的に見積もるか?

十分な地質調査・探査，試験を実施する。また，決定権者の判断材料としてモンテカルロシミュレーションなど確率的アプローチも用いる。

g) Q3.1 地質リスクマネジメントにおいて地質技術者の便益をどのように定量化するか？

良質な地質技術者は提案されている設計に対して VE を行う能力を持っており，オーナーにとって少なくとも VE 検討フィーの 10 倍の費用の節約になる（地質 VE 費用が 1 万ドルなら，建設費用削減額は 10 万 \$）。

h) Q3.2 地質リスクマネジメントの実例があるか？

上述の 2 例を参照されたい。

i) Q3.3 そこでの地質技術者の役割は？

上述の 2 例を参照されたい。

j) Q3.2 地質技術者が CM チームの一員 (CMr) として雇われることはあるか？

残念ながら CMr という語に通じていない。フグロ（私自身は他の会社とともに）が CM チームのメンバーになったことはある。役割のほとんどは RFI の地質的な側面についてのレビューや，オーナーサイドの地質技術者による（RFI に対する）回答のレビューなどである。CM はどのようなリスクも負わないし，ほとんどはファシリテーター。また私は VE 検討を行うために CM チームに属したことがある。

(5) 事前質問に対する CH2M Hill 社 (Reece F. Shaw 氏) からの回答

以下に，事前に送付した質問に対する Shahriar Vahdani 氏からの回答を，会議での討議も踏まえて示す。

a) Q1.1 ジオリスクが高い土木事業においてオーナーの期待する CM チームの役割は？

調達方式（デザインビルド，設計施工分離方式など）による。通常は CM はほとんどリスクを負わない。リスクは最もうまくリスクをマネジメントできるパーティーが負うべきである。

b) Q1.2 地質技術者が CM チームに属することはあるか

同様に，地質技術者の役割による。ドキュメント（オーナーサイドが用意したものやコントラクターが提出したもの？）レビューするという役割についてなら意味がある。

c) Q1.3 CM チームの地質技術者に何を期待するか

計画や仕様などについてのアドバイス。リスクは正しく分配され，アカウントされて

いるかなど。

- d) Q2.1 CM チームと地質調査業者は、地質条件の不確実性に対する責任をどのように分担しているか？

契約次第。やはり、リスクはそれを最もうまくマネジメントできるパーティーにアサインされるべきである。

- Q2.1' DB チームに設計ファームや調査ファームが含まれている場合、リスクはどのように分担するのか？

USA では多くないが、Alliance Contract がそれに相当する。分担ルールは契約書に規定されており、その実例はインターネットなどでも多数参照可能である。

- e) Q2.2 工事価格や保証最大価格を見積もる場合に、地質リスクを考慮するか？

当然この質問は CM アットリスクによる調達に関するものと見られる。CM は調達のリスクを地質面から、あるいは他の面からのある最大価格によって見積もる。つまり、(CM がリスクを見積もる効果とは) リスクをカバーするための、より高い価格ということになる。全てに価格がある。

- f) Q2.3 地質技術者はどのように地質リスクを定量的に見積もるか？

これは、何かがうまく行かなかったとした場合のリスクや対策コストの緩和についての質問。

ある地質リスクは differing site conditions, あるいは他の契約上の条項でカバーすることができる。地質リスクの見積もりは地質技術者が非常に楽観的に低リスクを見積もって仕事を得るか、あるいは非常に保守的になって仕事を失うか、あるバランスのようなもの。競争相手を知っていれば、彼等が既知の未知に対してどのように値段をつけるか知る手助けになる。

- g) Q3.1 地質リスクマネジメントにおいて地質技術者の便益をどのように定量化するか？

未知の未知を減らして未知と既知を知ることができればできるほど、よりリスクを定量化できる。地質技術者がこれをどこまでできるかが、彼の定量的な価値となる。

- h) Q3.2 地質リスクマネジメントの実例があるか？

非常に意味の広い質問。どんな建設プロジェクトにも例がある。巨礫によって破損した杭に対して工事業者は値段をつけない。

- i) Q3.3 そこでの地質技術者の役割は？

入札期間におけるアドバイス。ダイナミックな条件の場合は、潜在的な損害リスクを緩和するための最良の方法を使うこと。損害が発生した時のコストとスケジュールに対する影響を緩和するためのバックアッププランの構築

2. 4. 2 Pacific Gas and Electric Company (PG&E) 訪問報告

(報告者：応用地質株式会社 長瀬 雅美)

8:30 に PG&E の受付に集合し、紹介者である田中氏 (OYO Corp. USA), Nigbor 氏 (UCLA) と合流した。

その後、セキュリティチェックを受けて会議室に入り会議を開始した。

会議参加者及び概要は下記のとおりである。

<会議日時及び場所>

2007年10月3日(水) 9:00~11:00

会議場所：PG&E 大会議室

<出席者>

Pacific Gas and Electric Company メンバー：13名

Joseph Sun (Senior Geotechnical Engineer)

Norm Abrahamson (Geosciences)-Seismologist

Charles Ahlgren (Hydro)-Manager of Hydro Safety program-structure Engineer

Kent S Ferre (Geosciences)-Deputy Director of Geosciences-Structural Engineer

John Hollfelder (Geosciences)-Instrumentation Specialist

Stuart Nishenko (Geosciences)-Seismologist

Robert McManus -Geotechnical Engineer

William Page (Geosciences)-Geologist

Scott M Steinberg – Geological Engineer

Yi-Ben Tsai (Geosciences)-Seismologist

Gary Vollbrecht (GT&D)-Pipeline Engineer

Rob White (Hydro)-Geotechnical Engineer

Donald Willoughby (ET)-Manager of Electrical Transmission and Distribution

全地連 地質リスク WG メンバー:8名

渡邊法美：高知工科大学教授

吉川敏之：(独) 産業技術総合研究所

小田部雄二：大成基礎設計株式会社

長瀬雅美：応用地質株式会社

細川順治：北海道土質コンサルタント株式会社

池田俊雄：全地連事務局長

田中賢治：OYO Corporation U.S.A 副社長

Robert Nigbor: Manager, UCLA Department of Civil & Environmental Engineering

<予定された議題>

Introduction of PG&E and Geosciences – Kent

Cannel Risk Management Program - Rob

Seismic Risk Application for DCPD and Potentially for KKNPP – Norm

DGT Pipeline Integrity management program – Joseph / Kent / Stu

Management of Geo-Risk during Constriction – Charlie , Donal and Gary

<配布資料>

参加者名簿及び Agenda(PG&E が準備)

GIS-Based seismic hazard mapping for pipeline integrity management (論文及び PPT 資料) (PG&E が準備)

JGCA 資料 (Project management for Geological Risk, Questionnaires ,Member of Geo-Risk Mission) (全地連が準備)

会議は、初めに長瀬が挨拶を行い日本側参加者の紹介を行った。次に渡邊団長が訪問目的の概要を述べて会議が開始された。

会議では、Charles Ahlgren 氏が歓迎の挨拶を行い、次に John Hollfelder 氏が PG&E のリスクマネジメントに対する取組みの内容を紹介した。

John Hollfelder 氏が紹介した PG&E のリスクマネジメントの概要は以下のとおりである。

PG&E のリスクマネジメントは始まったばかりである。しかし、ここ 10 年から 12 年の間に既存施設のリスクアセスメントは行ってきた。リスク評価 (Risk Assessment) は主に地盤工学の技術者が実施してきた。リスク評価では地盤災害や地震災害による施設被害の大きさを主に地盤技術者が行っている。評価では、時々ミスもあるが、優れたリスク評価は優れた技術者が解決できると考えている。PG&E は地震リスクをその大きさに応じて、できるだけ定量的に区分し評価している。

次に、Rob White 氏が水路のリスク評価についてその手法を紹介した。

紹介された水路のリスク評価の概要は以下のとおりである。

水路のリスク評価に、原位置で GPS を利用した GIS システムを用いてリスク評価を行っている。GPS では水路のリスクポイントを簡単に特定できるメリットがある。GIS システムは自社で開発している。水路のリスク評価で最も重要なことは災害の発生頻度である。災害の発生頻度や地盤条件などを考慮してリスクスコア (Risk Score) をつけてリスクスコアの経年変化を知ることにより将来のリスク軽減策を検討する。水路は延長が長く、リスク評価が大変である。このため、できるだけ安く評価をするために GIS システムを使うことにした。また、原位置で調査するボーリングもコストが高いため、GIS を利用した迅速な評価システム (Quick Assessment System) を作った。

次に、Norm Abrahamson 氏が地震リスクの評価方法を紹介した。

ホワイトボードを使いながらリスク評価の方法を解説した。Norm Abrahamson 氏が紹介した地震リスク評価の概要は以下のとおりである。

米国西岸では非常に多くの地震災害が起こる。

地震に起因する施設の地震リスク評価としては、Management Assessment と PRA (Public Risk Assessment) がある。地震による施設の被害は地表面加速度の大きさによって変化する。また、施設の地震被害は「主要被害を与える周波数 (CDF : Core damage frequency)」と「重大な変形を起こす周波数 (FOSID : Frequency of significant deform)」の主に 2 つによって支配される。地震被害のリスク評価は、発生確率または超過確率と被害量の関係から求まるリスクカーブを用いて定量的に予測を行っている。PG&E の地震リスクマネジメントはリスクカーブを用いて行っている。また、地震が起こった場合の被害については市民とのリスクコミュニケーションを行うように心がけている。リスクコミュニケーションについては日本の地震リスクマネジメントが参考になると考えている。

PG&E のプレゼンテーションの後に、討論を行った。

討論の概要は以下のとおりである。

発注者は契約者に最善の情報を与える必要がある。ASCE の GBR(Geotechnical baseline report)は承知していないが、同様の考え方はこの 10 年間取り入れている。もちろん、データベースも共通の情報として使用するが、地質情報の共有は、PG&E と契約者の間の共通ベースラインである。情報を共有しても工費の変更は生じることがある。

PG&E では、全体で 2,000 人のエンジニアに対しての 15 人の地盤技術者がいる。地盤技術者は人数が少ないため、特に重要なプロジェクトに参画する。

PG&E ではデザインビルドの発注はほとんど実施していないが工事の性能は評価する。水路などの路線計画は、地質的な条件で決められことはほとんどなく、別の要因で決定されることが多い。PG&E は、インハウスで地質調査を実施しない。地質調査は外部機関に委託する。しかし、調査内容や成果は自社のエンジニアが十分に検討する。また、PG&E では施設計画に際して GIS 等に集約されている地盤データベースを利用する。また、2,000 箇所程度の施設管理も GIS で管理を行っている。ボーリングデータは Cal Trans のデータを利用することがあるし、USGS の震度マップを利用することもある。

パイプラインなどの建設では環境アセスメントが重要である。アセスメントは内部の組織で実施する。

PG&E は独自の工事調達を行っている。州、郡、市等の自治体の調達とは関連を持っていない。特に、道路やパイプラインの調達方法は 20 年前間大きく変化していない。

地質調査の発注は、PG&E がアライアンスを結んでいる数社とネゴシエーションを行って契約先と金額を決めている。しかし、交渉の基本となる工事金額はエンジニアが決めている。契約先の選定では、工事費も重要であるが工期を非常に重要視している。

PG&E では、訪問に際して事前に用意した質問に文書での回答を受領できなかった。

しかし、討論の中である程度の回答は理解できたため以下に概要をまとめる。

(1)地質リスクマネジメント手法について

①事業サイトに伏在する地質リスクをどのように評価し、事業費変動のマネジメントにどのように生かしているか？

- PG&E では、施設建設時の事業費変動リスクを重視していないと推測される。
- PG&E では建設時の事業費変動リスクよりはるかに大きい地震災害リスクマネジメントに主眼を置いていると思われる。

②地質リスクの計量化はどのように行っているか？

- 地質リスクの計量化は行っていないと考えられる。

(2)地質リスクマネジメントの事例について

①事業段階で地質リスクをどのようにマネジメントしているか？

- 建設時の地質リスクに関するマネジメントは行われていないようである。しかし、地質情報の共有は行われていることが分かった。PG&E では、契約者の選定を日本のように見積り競争や入札で行わず、金額と工期（Cost Time）を基準にして行っている。このため地質情報の位置づけを非常に高く置いていると感じた。

②事業段階で地質リスクをマネジメントした例があるか？

- 紹介された事例は無かった。

このように、PG&E では地質リスク（地質に起因する事業費変動リスク）を大きなリスクとして捉えていないようである。しかし、発注者と契約者の地質情報共有は進んでおり、米国型の契約方法（日本と違って、非常に細かい事項までが契約書に盛り込まれ、責任分担とリスク分担がある程度契約段階で明確にされる）にとって、GBR が有効な文書の一つとなり得ることを実感した。



PG&Eでの会議後集合写真



PG&E本社ビル



PG&E本社ビル

2. 4. 3 UCDAVIS (カリフォルニア大学 DAVIS 校) 訪問報告

(報告者：応用地質(株) 長瀬 雅美)

PG&E 訪問後、昼食をはさんだ約 2.5 時間のバスによる移動で UCDAVIS に到着した。
訪問先及び説明者は以下のとおりである。

< UCDAVIS の訪問先と説明者 >

UC DAVIS Geotechnical Modeling Facility,
Center for Geotechnical Modeling Department of Civil and Environmental
Engineering.

Daniel W. Wilson, PhD

UCDAVIS では、世界最大級の遠心載荷試験機(Centrifuge and Shaker)を見学した。

遠心載荷装置の緒元は下記のとおりである。

Centrifuge and Shaker Capabilities

Radius : 9m
Platform area : 4 m²
Payload mass : 4500kg
Model mass : 1350kg
Centrifuge acceleration: 75g
Sensors per experiment: 50 to 400

Containers	L×W×H(m)	shaking
Rigid	1.7×0.9×0.5	uniaxial
Rigid2	1.0×0.5×0.4	biaxial
Flexible1	1.7×0.6×0.7	uniaxial
Flexible2	1.7×0.8×0.6	uniaxial
Hinged plate	1.8×0.7×0.5	uniaxial

Shaker	longitudinal(x)	Vertical (z)
Displacement (+/-mm)	12.5	7.5
Absolute velocity (+/-m/sec)	0.7	0.7
Acceleration (g)	25	21
Frequency range (Hz)	30-300	40-400

遠心載荷装置を用いた地盤に関する実験は、室内試験で実際の地盤の挙動を再現できることと、長時間の地盤挙動を短時間で再現できることである。

見学時には、FUGRO の技術者が実験を行っていた。

また、UCDAVIS の試験装置は、日本の研究者も多く利用しているとの事であった。

野外実験場では、橋梁上部工の床版の実物大載荷試験など、大掛かりな実験が行われていた。

遠心載荷試験では、液状化対策の設計問題、地震時の地盤と構造物の相互作用及び長期的な地盤変形問題等を実証することを目的とした実験が多いとの事であった。理論的な裏付けを持った上で、これを実証するためにモデル実験を積極的に行う設計の姿勢に感心した。



遠心載荷装置の試験建屋の外観



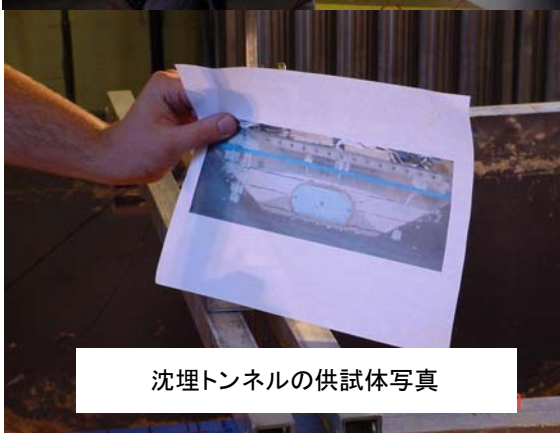
遠心載荷装置のデータ収録・制御装置



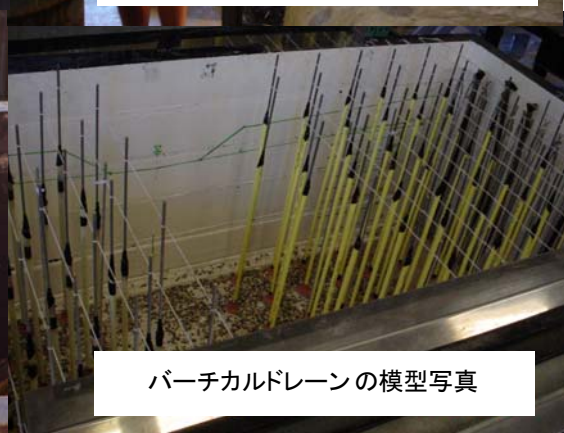
遠心載荷装置のアームとコンテナ



試験供試体の作成状況
(説明者はFUGROの職員)



沈埋トンネルの供試体写真



パーティカルドレーンの模型写真



PPTの説明状況



屋外の床版載荷試験状況

2. 4. 4 現場見学 —Devil's Slide Tunnel Project—

(報告者：応用地質(株) 須藤 宏)

(1)案内者と参加者

第4日目午後は、第3日目に訪問したカリフォルニア州運輸局 (Caltrans) の Devil's Slide Tunnel Project の現場見学である。昼食の後、13:00 に宿舎のホテルに Caltrans 技術サービス部門の技術者3名が Caltrans 所有車 (12人乗り程度の小型バス) にて迎えに来て頂き、Pacifica 市 Caltrans 現地事務所で技術者1名が合流し、現地事務所にて事前説明を受けた後、現場に向かった。現場では終始、丁寧でフレンドリーな説明を受け、有意義なディスカッションすることができた。

案内者と参加者 (Bグループ) は次のとおりであった。

a) 案内者

所属	氏名	専門
Division of Engineering Services, Geotechnical Services Geotechnical Design-West	Wajahat Nyaz	Geotechnical Engineer
	Mahmood Momenzadeh	Geotechnical Engineer
	Grant Wilcox	Engineering Geologist
	Christopher Ridsen	Engineering Geologist

b) 参加者

小笠原 正継, 尾園 修治郎, 伊熊 俊幸, 黛 廣志, 須藤 宏, 清水 和明

(2)主なスケジュール

13:30	ホテル出発
14:00~14:30	Pacifica 現地事務所での入場者教育
14:30~15:30	Devil's Slide 地区の地すべり対策現場の見学
15:30~16:30	Devil's Slide Tunnel 南坑口部周辺の施工現場の見学
17:00~17:30	Devil's Slide Tunnel 北坑口部~橋梁施工現場の見学
18:30	ホテル到着

(3)位置および地形地質

Devil's Slide 地区は、カリフォルニア州中央西端部の San Pedro 山脈北西部の太平洋に面した沿岸部にある。名前の由来から分かるように、この地区は、海岸線から約 30~70° の急斜面が連続し、波浪による浸食や風化の進行により斜面が不安定な地すべり地帯となっている。なお、San Andreas 断層から本地区は、西方に約 8km の距離にある。

Devil's Slide Tunnel は、Devil's Slide 地区の被災を避けるため海岸線を通る主要道路1号線 (California's Highway 1) のバイパストンネルとして、San Pedro 山脈内に計画されている (図-6)。

Devil's Slide 地区および Devil's Slide Tunnel に分布する地質は、下部に中生代白

亜紀花崗閃緑岩～石英閃緑岩 (Montara 石英閃緑岩)の花崗岩類が分布し、上部に古第三紀堆積岩類 (Locatelli 層) が分布している。両者の関係は断層関係と見られている。古第三紀堆積岩類は塊状の泥岩・シルト岩・砂岩・礫岩からなっている (図-7)。

(4)Pacifica 現地事務所での入場者教育

Caltrans 所有車で Pacifica 市にある仮設現地事務所に到着し、ビジター室に通され、まず Ridsen 氏から現場状況 (施工状況と変位モニタリング状況) と現場に入る時の注意事項、いわゆる現場入場者教育を受けた。

配布された Devil's Slide Tunnel Project 版“来客者安全指針”(Visitor Safety Guidelines : 図-8) を基に 14 項目の注意事項について説明を受けた。

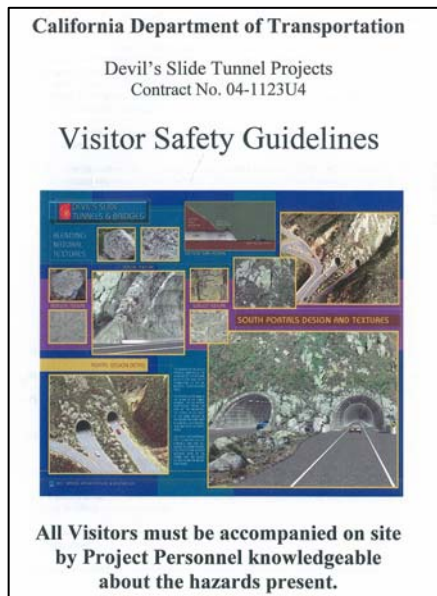


図-8 来客者安全指針の表紙



図-6 Devil's Slide Tunnel Project 周辺状況 (Caltrans hpより)

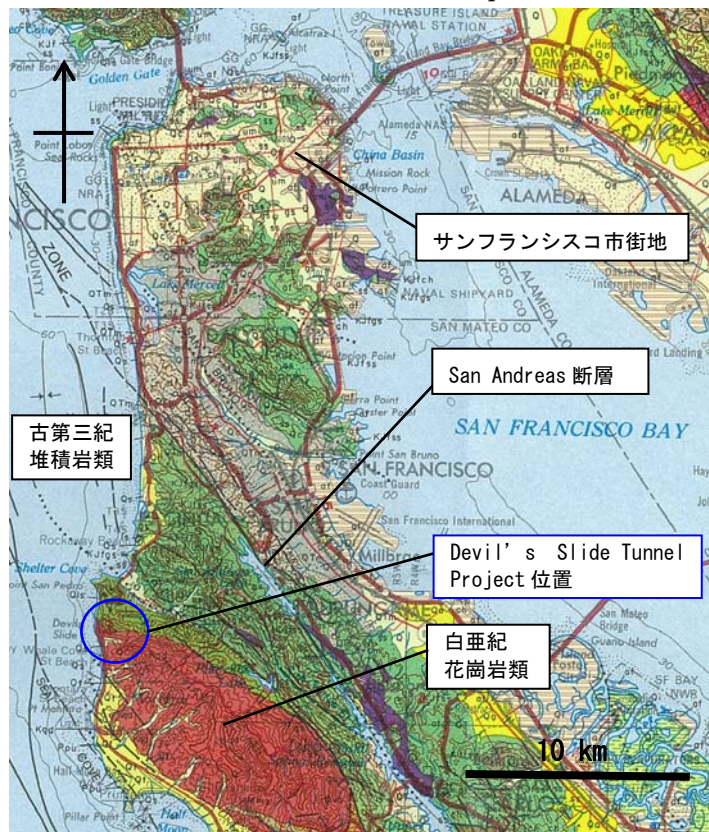


図-7 Devil's Slide Tunnel Project 周辺地質図 (1/25万 Geologic map of the San Francisco-San Jose quadrangle, California Geological Survey, 1990より)

(5) Devil's Slide 地区地すべり対策現場の見学

Devil's Slide 地区の地すべり対策現場に移動し、地すべり状況、対策工状況について、パネル等を用いた丁寧な説明を受けた。用意して頂いたパネルの一部を図-9 に示す。

斜面の中腹に位置する主要道路 1 号線は度々不通になることで有名である。

当地区で道路から上方に分布する堆積岩類は、不安定であり、岩石崩壊や落石が発生しやすい状況で、一方、道路から下方の海岸線までの比高差は約 90m あり、やはり急斜面で波浪による浸食を受けやすい状況であった。この地形条件のため、道路から下方での対策工は困難で、アンカー工等による対策工は地すべりブロック頭部の道路付近に限定されていた。不安定化している地すべりは、崩壊性のすべりと見られる。堆積岩類は、道路斜面に対して、やや受け盤構造となっているとのことであった。

当日、道路直下の吹付けコンクリートに新しいクラックを発見し、Caltrans 技術者たちも不安そうであった。現状の管理のため、道路沿いには変位センサーを配置し、監視中であった（リアルタイムではなかった）。

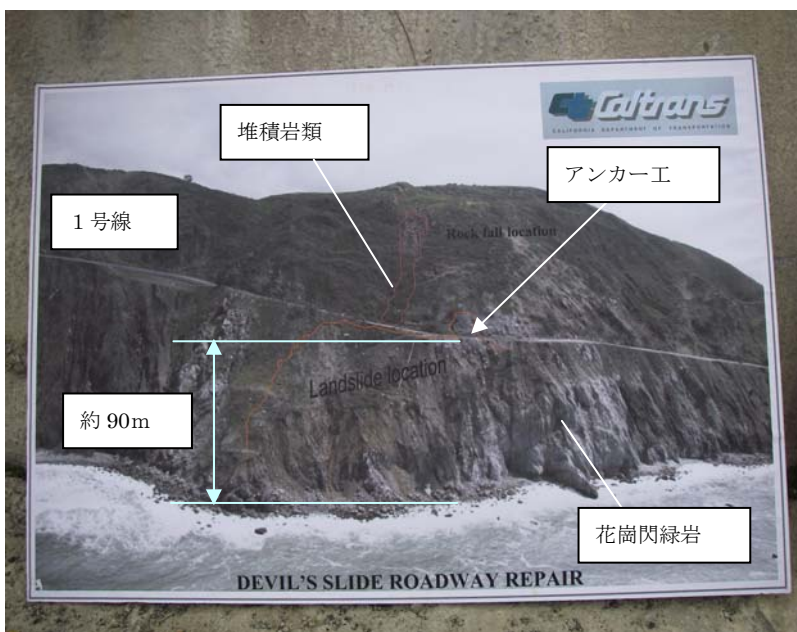


図-9 Devil's Slide 斜面对策現場全景
(Caltrans 作成パネルより)



写真-32 Devil's Slide 地区地すべり対策箇所と主要道路 1 号線（北側より望む）
駐車中の車が、私たち送迎用の Caltrans 所有車



写真-33 道路直下のアンカー工
アンカー工は 4 段で施工、アンカー長は約 30~45 m、またアンカー工の上下は、約 4~6m のロックボルトを施工



写真-34 吹付け部の新しいクラック



写真-35 道路上部部の斜面状況
不安定な浮き石が確認される



写真-36 現場で説明を聞く調査団メンバー

(6) Devil's Slide Tunnel Project の視察

a) Devil's Slide Tunnel Project の概要

本 Project は、次の 5 つの要素からなる総延長約 1,900m の道路建設および関連施設の建設からなっている（「Geotechnical Baseline Report (GBR)」, 2005 より）。

南から北に向かって、

- ①主要道路 1 号線から分岐してトンネルにアプローチする道路（延長約 250m）と南坑口近くの事業・維持管理センター（Operations and Maintenance Center:OMC）の建設
- ②南部岩盤切土部（South Rock Cut）の地山補強土工
- ③双設トンネル区間（Devil's Slide Tunnel：延長約 1,250m）
- ④Shamrock Ranch 谷を横断する双設橋梁区間（延長 275～300m）
- ⑤再び高速道 1 号線に合流するアプローチ道路

b) トンネル部南坑口部周辺

図-10 の地質縦断図によれば、トンネル部において南側には塊状の中生代白亜紀花崗閃緑岩～石英閃緑岩が分布し、中央部から北側には古第三紀堆積岩類が分布している。

本トンネルは、南線（South Bound）と北線（North Bound）の双設で両者の離隔は約 18m あり、NA TM により施工される予定である。花崗岩類分布域の南坑口から施工していたが、坑口部の補強工が終わり、落石等保護のための吹付けコンクリートによる突き出し坑口の施工中であった。南坑口の作業ヤードには、機械掘削機の準備や掘削ズリ等の仮設備が建設中であった。

本トンネルの施工は、JV 方式ではなく、Kiewit 社の 1 社により行われていた。本トンネルの工期は 3 年 3 ヶ月とのことであった。Caltrans は何より工期を最優先に考えており、工期が遅れると、施工者は 1 日当たり 36,000 \$ の遅延料を支払わなければならない

いとのことであった。

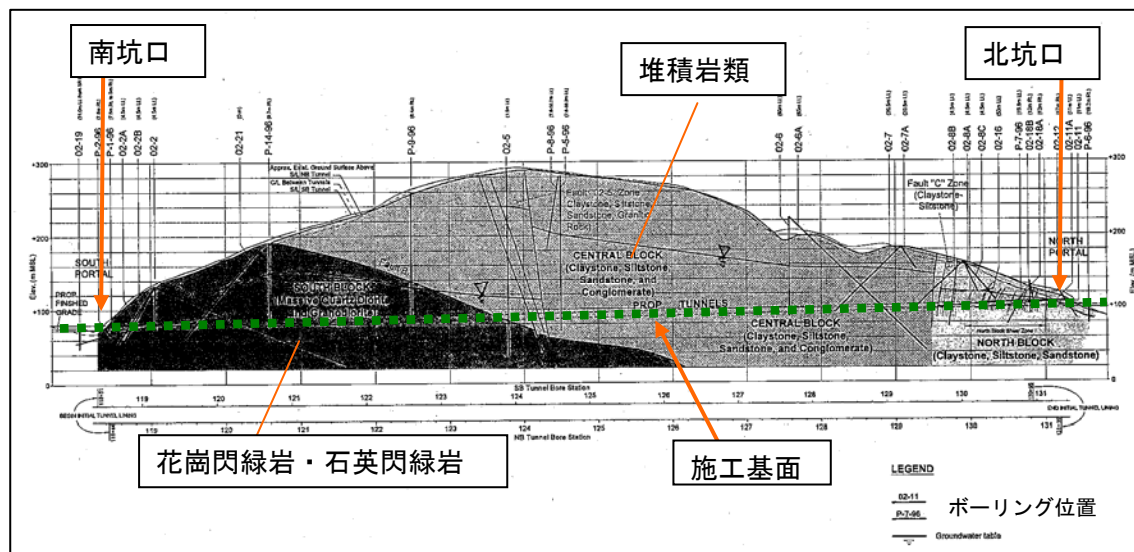


図-10 Devil's Slide Tunnel 地質縦断図
 (「Geotechnical Baseline Report」, 2005より)

坑口上方斜面は、吹付けコンクリート、覆い式落石防護網、ロックボルト工による対策が行われていた。

南坑口南方には切土区間 (South Rock Cut) があり、擁壁の擬岩加工が印象的であった。このような擬岩擁壁は、Caltrans では一般的な工法で、ロックライミングされないように擬似割れ目の下方側を引っ込ませる配慮をしているとのことであった。また、南坑口南方の斜面では、ズリ置き場と将来的に事業・維持管理センター (OMC) が建設される場所で土工が行われていた。

本トンネルでは、GBR によれば、地質調査として 1996 年と 2002 年において、27 本の鉛直・斜め・水平ボーリングが実施されており (図-10)、トンネル延長から見た場合、わが国での実績と比較して、かなり密度の高い調査が行われている印象を受けた。このような詳細な地質情報があると、地質リスクはかなり低減されていると思われるが、南坑口斜面の安定性、割れ目の性状等による切羽の安定性、地山の地下水圧分布などの地質リスクは、まだまだ存在しているのではないかと考えられる。



写真-37 南坑口部全景
 坑口上方には花崗岩類の露岩部が認められる



写真-38 北線南坑口での吹付けコンクリート施工



写真-39 南線南坑口
坑口上方の白っぽい点がロックボルト施工箇所



写真-40 掘削機の先端部



写真-41 南坑口南方切土部の偽岩擁壁
画面奥が南坑口（南より望む）。



写真-42 南坑口南方での集合写真
後列の4名が、案内してくれた Caltrans 技術者。
後列右から Momenzadeh さん、Nyaz さん、Wilcox さん、Risden さん。
画面左奥には、OMC 予定地が遠望される。

c) トンネル北坑口部～橋梁区間

北坑口は、坑口部は地山整形と吹付けコンクリートによる保護工が完了している状態で、Shamrock Ranch 谷を横断する橋梁施工が Disney 社により盛んに行われていた。この橋梁は、延長 275～300m の双設で、自然環境保全のために長支間長として、傾斜と曲線と伴う複雑な設計となっている。なお、この橋梁区間の模型が Caltrans 事務所ロビーに飾られていた。



写真-43 北坑口から橋梁区間全景
画面中央部の吹付け部が北坑口（北から望む）、北坑口は、せん断帯の分布が予想されている。

ここで見学を終え、Caltrans 所有車で Pacifica 現地事務所を経由して、宿舎のホテルまで送って頂いた。

参考文献

- 1)カリフォルニア州運輸局 hp : <http://www.dot.ca.gov/>.
- 2)California Geological Survey : 1/25 万 Geologic map of the San Francisco-San Jose quadrangle, 1990.
- 3)HNTB Corporation : Geotechnical Baseline Report –Devil’s Slide Tunnel Project for The California Department of Transportation, p.33, October 14, 2005 .

3. 全体報告について

3. 1 全体報告その1 (報告者：高知工科大学 教授 渡邊 法美)

4泊6日という短い旅であったが、充実したかつ笑いに包まれた楽しい旅であった。

笑うことができるのは、各人が自分の技術に自信を持ち、仕事を楽しく行っているからである。笑いは仕事に対する自信と充実感の表れであると感じた。

地質専門家としての仕事の魅力は何か？その一つは、自然と真摯に向き合うことの楽しさと大切さを実感できることにあるように思う。また、地質コンサルタントの創世記と発展記には、発注者の方にも、多少の失敗は「大目に見て」、若手の地質専門家を育てようとする姿勢と余裕があったようである。部外者の私にとって、地質専門家は、自然ならびに人々とのつながりを実感できる幸せな職業であったように思われるのである。

しかし、これほどまでに楽しい方々の後継者となる若者の離職率が近年上昇しているという。若者にとって、地質専門家の魅力が低下している。その根源には、受注競争が激しさを増す中、地質専門家と自然ならびに人々とのつながりが希薄化している危険性があるように思われる。

米国でも、これらのつながりが希薄化しているのか。その場合は、どう回復し維持しているのか。これらを知ることも、私個人にとって重要な調査目的であった。

調査の初日に、USGS (U. S. Geological Survey : 米国地質調査所) の Warren Nokleberg 博士にフィールド調査のガイドをお願いしサンフランシスコ近郊のサンアドreas断層などの特徴についてご説明頂いた。そのとき、博士の「僕はアラスカが好きだから、僕の遺骨はこの断層に撒いて欲しいと思っている。そうすれば、3000 万年後には、確実にアラスカに届いているだろうから (笑)。」とのユーモアに溢れる説明にしばれた。本来技術者は広い時間的視野を持ちながら現実の問題解決に臨むべきであるが、私は目前の問題に捉われ、どうしても思考の時間視野が狭くなりがちである。私たちは、自然の中に生かされていることを改めて実感した瞬間であった。

2 日目は、USGS 西部地区センターを公式に訪問し、人文科学との学際的研究を中心に詳細なご説明を頂いた。人々とのつながりという意味で、「Science for a changing world」という USGS の標語を新鮮に感じた。そこには、あくまでも科学的知見を追究し公表するという「科学者としての謙虚で厳格な使命感」と、社会の変化に的確に対応して行こうとする「組織運営の必死な覚悟」が込められているように感じた。地質図の作成を主要業務として出発した USGS は、時代の変化に対応するために、1950 年から 60 年代には災害や海岸保全の分野の研究にも取り組み、その後は水資源の分野、最近では生物学の分野にまで研究の枠組みを広げている。それにもかかわらず、約 10 年前には、USGS 廃止の動きがあったそうである。行政研究機関は人々や社会とどうつながっていくべきか—USGS はこの永遠の問いの答えを必死に探し求め続けているように思われた。

3日目はカリフォルニア州交通局を訪問し、地質マネジメントの実務者と意見交換を行った。ここでは、地質技術は未だに組織において技術検討の中心課題とは認識されていないという「悲哀」を感じつつも、地質実務者は重要な業務を担っているという前向きな「自負心」を感じることができた。リーダーの James Davis 氏は 190cm はあろうかという大男であったが、地質実務者の同志として、意見交換の最後には hug（抱擁）したくなる気持ちになった（笑）。

Davis 氏は、地質リスクマネジメントは大変重要な業務であり、我々は優れた成果を挙げてきたという自負心があるが、そのような認識を組織内で広めることは決して容易ではない。Davis 氏は、組織文化変革の困難さを「legacy があるから」という表現を何度も用いて説明されていた。そのためには、我々の仕事の成果を体系的に評価できるシステムが必要である。Davis 氏は、そうしたことを踏まえて、全地連の活動と仮説に理解を示し、特にリスクマネジメントの価値計量化の調査研究については高い評価を頂いた。

Devil's Slide Tunnel の建設は、Geotechnical Baseline Report を作成し、さらに発注者側も早期の問題発見・解決に尽力したことによって、円滑に実施されているとの説明があった。ただし、Geotechnical Baseline Report の作成にあたっては、十分な地質調査と分析が必要であり、安易なレポート作成は、訴訟の対象になってしまう危険性があるとのことであった。

4日目午前の PG&E の訪問では、原子力発電所立地における地震リスクの最新の知見を含めて、PG&E が行っているリスクマネジメントの研究と実務を幅広く紹介して頂いた。

PG&E では、Geotechnical Baseline Report と称するものを作成しているわけではない。ただし、「これまで、トンネル工事の施工リスクは、業者が負担してきたが、過度なリスクを負担させることは得策ではない。難度の高い工事では、発注者が詳細な地質関連情報を提供し、発注者と受注者間とのリスク分担を明確にすることが必要である。」との認識を持っているとのことであった。これは、Geotechnical Baseline Report の根幹となる考え方である。

PG&E では、人の「体温」を感じた瞬間が二つあった。一つ目は、地質科学者から、「殆どの場合、地質技術者がいれば事足りる。しかし、20 件の内 1 件は、優秀な地質科学者 (geologist) が必要になるのだ」という自負に満ちたお言葉を語って頂いたときである。二つ目は、「お仕事をされていて、最も幸せに感じる瞬間は」という質問をした時に、担当者のお一人が「コンサルタントにいたときは訴追される危険性を常に感じていた。発注者に移ってからは訴追の圧力から解放されてほっとしている。」との本音を聞かせて頂いたときである。米国の技術者社会の厳しさと「権限は責任を果たすために行使すべきもの」という現在の原則理解の必要性を改めて感じた次第である。

4日目午後のカリフォルニア大学デイビス校での世界最大級の遠心載荷試験機の見学では、この施設のためだけに、送電設備が別途建設・運営されているとのご説明に米国らしい社会の活力を感じた。この活力が、世界をリードしてきた力の一つであることを改めて実感した。

今回の調査を通して、米国でも、地質専門家と人々や社会とのつながりは必ずしも強いものではないように感じた。しかしそうした状況でも、今回お会いしお話を頂いた地質専門家は、つながりを求めて苦悩しつつも誇りを持って「奮闘」している。私は、そのような明るく前向きな専門家の姿に感銘を受け、大いなるパワーを頂いた次第である。

3. 2 全体報告その2 地質リスク米国調査の成果

(報告者：独立行政法人産業技術総合研究所 小笠原 正継)

(1) 地質リスク海外調査として米国カリフォルニア州を選択した意義

全地連地質リスクWGは国内における地質リスク事例の収集・分析を行っているが、海外にける同様な研究についての情報収集も行っている。平成18年度に実施された地質リスクに関する調査・研究の報告書では、欧州、アジア、北米における主として山岳トンネルの事例について文献を検討整理している。今回地質リスクWGが米国カリフォルニア州を海外調査の最初の地域として選択するにあたって様々な検討がなされた。今回まとめられた調査結果の内容を見ていただければ、海外調査の最初の地域として最適な選択をし、さらに今後の海外調査を行う上で貴重な情報が得られたことが理解していただけることと考える。

カリフォルニア州は太平洋を挟んで日本の反対側にあり、日本と同様に太平洋を構成するプレートの動きに起因する変動帯の中に位置している。付加体等の地質体の存在、活断層に伴う地震活動など日本と共通の地質リスクの存在が考えられる。地すべり等のリスクも大きく、詳細な地すべりマップの作成も行われている(Pike, 1997)。このような地域における工事業発注者や地質コンサルタントを訪問することで貴重な情報が得られると期待された。

またサンフランシスコ郊外のメンロパークには米国地質調査所西部支所があり、地質情報の整備状況、またその地質情報をどのように役立て、社会の受けるリスクを軽減するかと言う課題について米国における状況の把握が可能であると考えた。今回の訪問では米国地質調査所が出版した地質図の社会的価値の報告書(Bernknopf et al., 1993)の筆頭著者である Richard L. Bernknopf 博士とその研究グループとの意見交換が計画された。Bernknopf 博士は米国地質調査所内の数少ない経済学者であり、科学情報の社会における役割を経済学的に評価する研究を様々な地質分野で展開している。

米国地質調査所の Warren Nokleberg 博士にはサンフランシスコ湾周辺南部の地質を案内していただいた。サンアンドレアス断層やフランシスカンコンプレックスを見る事ができ、またハイワード断層の位置を遠望することができた。サンフランシスコ周辺の地質を実感することは、その後の訪問先におけるこれらの地質と関連した具体的地質リスク事象を理解する上で役に立った。

(2) 米国における公共事業の発注と施工における課題とリスク管理システム

今回の米国調査では、地質リスクマネジメントの情報を得るため、米国内での公共事業等における地質調査業務の実施形態を把握する事も大きな課題であると考えられる。事業の構想、計画、発注から工事完成まで、また保守管理の各段階での地質調査の役割を見る必要がある。米国は良く知られている様に、何らかの問題が生じると、訴訟を起こし、裁判所での最終判断を得る事が一般的な社会である。公共事業等においても、工事の様々な段階で各種の技術的困難に直面するとその責任の所在を裁判所

で争うことになる。このような社会の中では、地質リスクをどのように捉え、そのリスクをどのように管理するかが大きな課題となっている。

米国における、地質技術者の判断に起因すると考えられる工事の失敗における賠償請求等のケースは、米国地質学会の特集号に“地質技術者と法的責任”というタイトルで詳述されている(Waggoner and Kiersch, 1991)。

米国政府発注の土木工事の請負契約においては、Differing Site Conditions (DSC)の条項を含めることが求められており、州や地方政府の発注工事においても同様な処置がとられている。この条項により、当初の計画では推定されていないような地質状況により施工上の問題が発生した場合、工事請負業者は発注者へ追加費用に関して請求ができることを規定している。

地質状況の把握に不確実性を多く残す、トンネル工事等の地下構造物の建設工事においては、予測できなかった地質状況の変化に伴うリスクマネジメントの必要性はさらに高い。このような状況で、Geotechnical Baseline Reports(GBR)が明確に定義され、工事入札において非常に重要な情報となってきた。GBRにより発注者と工事請負業者との間のリスクの分担が明確に示され、裁判所における判断にゆだねることが減ると考えられる。GBRの特徴とそのガイドラインの解説書の第2版が2007年に出版された(Essex, 2007)。海外調査の前にGBRの内容を検討することが出来たことの意義は大きい。

今回のカリフォルニア州における調査では、米国の工事の発注における一般的状況は事前に把握していた情報とは大きく異なっていなかった。しかし、カリフォルニア州では大規模なトンネル工事等の地下構造物の工事の例が少ないため、GBRによるリスクマネジメントの認識は少なく、またその実例は少なかった。今回第4日目に地すべり対策としてCaltransが建設しているDevil's SlideトンネルではGBR作成されており、Caltransとしては数少ない例の一つである。

(3) カリフォルニア州政府および地方自治体内における地質技術者の役割

カリフォルニア州運輸局(Caltrans)には地質技術者、および地盤工学専門家が多数内部におり、また郡等の自治体にも地質を専門とする職員が配置されているとのことで、事業計画段階等における地質リスクに対する判断が有効に働くことが推定される。今回の調査では、カリフォルニア州では工事発注量の多いCaltransにおける実体の把握はできたが、より小規模の自治体における地質リスク管理システムの把握は今後必要と考えられる。

(4) 米国カリフォルニア州の地質関連機関および団体の概要

全地連地質リスク海外調査ミッションを米国カリフォルニア州において実施することを決めた後、調査対象となる機関の選定が行なわれた。カリフォルニア州における

地質関連機関・団体および工事発注者側機関についてウェブ、文献等について調べ、また様々なルートで事前調査と調整が行われた。また実際の海外調査においても追加の情報が得られたので、それらの概要を示す。

1) 国および州の地質調査所

①米国地質調査所 (USGS)

第2日目の報告に示してあるが、カリフォルニア州サンフランシスコ郊外のメンロパークに西部支所がある。米国地質調査所は主として地質、地形図、水資源に関する調査研究を行う内務省の機関で、自然災害、自然災害リスクに関する研究も実施している。その役割については米国地質調査所サーキュラー1309 “U.S. Geological Survey Science in the Decade 2007-2017 (U. S. Geological Survey, 2007)” に紹介されている。またメンロパークにおける科学研究のあり方については米国地質調査所サーキュラー1290 “USGS Science in Menlo Park- A Science Strategy for the U. S. Geological Survey Menlo Park Science Center, 2005-2015 (Brocher et al., 2006)” に詳しい。また今回の野外観察の地域と Caltrans が建設している Devil’s Slide トンネル地域の地質の案内は Stoffer and Gordon (2001) に詳しく記述されている。

②カリフォルニア州地質調査所(CGS)

1880年に設立された州鉱山局をもとに現在のカリフォルニア州地質調査所まで127年の歴史がある。1848年にカリフォルニアで金が発見され、ゴールドラッシュがおこったが、州鉱山局の当初の役割は鉱山関連の業務であった。現在は、州の地質、地震、鉱物資源および災害に関する調査研究を行っている機関である。応用地質分野の報告書としてはカリフォルニア州運輸局 (Caltrans) の道路沿いの地すべりに関するものもある。

2) 工事発注者機関

①カリフォルニア州運輸局 (Caltrans)

州内の道路やサンフランシスコ近郊の鉄道の整備等を行う州政府機関で、カリフォルニア州における土木工事の主たる発注者である。州内各地に多くのプロジェクトを抱えており、職員数も多く、また地質技術者も含まれる。今回の調査の対象機関であり、第3日目の報告に詳細が紹介されている。リスクマネジメントに関する報告書も見ることができる。またコンサルタントを選択する場合のガイドブック等も整備されている。

②Pacific Gas and Electric Company

カリフォルニア州北部と中央部にガスと電気を供給する会社で、1905年に設立された。約2万人の職員がいる。カリフォルニア州の1,500万人の住民にガスと電気のエネルギーを供給している。そのインフラストラクチャーの建設と保守には様々なリスクマネジメントが行われている。活断層を横断するガス供給パイプラインへの地震対策等地質リスクへの取り組みがなされている。詳細は第4日目の報告がある。

3) カリフォルニア州における応用地質関連の団体

①The California Board for Geologists and Geophysicists (BGG)

カリフォルニア州における PG (Professional Geologist), CEG(Certified Engineering Geologist)等の資格の認定を行っている組織。カリフォルニア州政府消費者関連局 (Department of Consumer Affairs)所属の機関である。カリフォルニア州における地質技術者の役割を見る上で、カリフォルニア州に何人の PG, CEG 等の有資格者がいるかを調べることも必要と考えられる。今後の課題である。この機関の発行している報告書として“Guidelines for engineering geologic reports.”等もあり、地質専門技術者の資質の向上に役立っていると考えられる。

②California Council of Geoscience Organizations (CCGO)

応用地質学会、アメリカ石油地質学会、カリフォルニア地盤工学学会等の学協会のカリフォルニア州にある支部と地質関連コンサルタント等のメンバーからなる組織で、地質に関連した政策や法律等に対する意見を取りまとめ、必要な働きかけを行うことを目的とする。

③Association of Engineering Geologists (AEG), San Francisco Section

応用地質学会のサンフランシスコ支部で、セミナーの開催、ニュースレターの発行等の活動があり、それらはウェブから閲覧できる。ニュースレターには各種のイベントの案内、地質技術者の求人広告等が載せられており、カリフォルニア州における応用地質技術者の現状を知る上では貴重な情報源となる。2006年の11月号には、カリフォルニア州運輸局(Caltrans)により計画されている Caldecott Tunnel の土木地質に関するセミナーの案内があり、12月号にはセミナーの概要が紹介されている。セミナーで講演したコンサルタントの紹介もある。

④American Institute of Professional Geologists (AIPG), CA Section

A I P G は 1963 年に地質を専門職とする人の組織として結成された。現在 4,800 人を越える会員からなる。メンバーには地質専門職としての義務や公共サービスの原則を徹底している。また professional geologists の資格を認定している。カリフォルニア支部もセミナーやニュースレターの発行等の様々な活動を行っている。

⑤California Geotechnical Engineers Association

カリフォルニア州内の地盤工学関連企業の業界団体で、100を越える企業が参加している。地盤工学関連ビジネス、規制、専門的課題の情報の収集、業務関連損失予防技術とその研修、技術的課題に対するセミナー、ワークショップの開催、業界全体に関連した課題に対する統一的行動、国内の他の関連団体との連携、必要な物品の共同購入等を目的としている。組織とその活動の一部は、全地連と共通する可能性がある。

文献

- Bernknopf, R. L., Brookshire, D. S., Soller, D. R., McKee, M. J., Sutter, J. F., Matti, J. C., and Campbell, R. H. (1993) Societal value of geologic map. U.S. Geological Survey Circular 1111, 53pp.
- Brocher T. M., Carr M. D., Halsing D. L., John D. A., Langenheim V. E., Mangan M. T., Marvin-DiPasquale M C., Takekawa J. Y., and Tiedeman C. R. (2006) USGS science in Menlo Park – A science strategy for the U. S.. Geological Survey Menlo Park Science Center, 2005-2015. U. S. Geological Survey, Circular 1290, 44pp.
- Essex R. J. (2007) Geotechnical baseline reports for construction. The American Society of Civil Engineers, 62pp.
- Pike, R. (1997) Index to detailed maps of landslides in the San Francisco Bay region, California. U.S. Geological Survey Open-File Report 97-745 D, 15pp.
- Soffer P. W. and Gordon L. C. (2001) Geology and natural history of the San Francisco Bay Area. A field-trip guidebook. U.S. Geological Survey Bulletin 2188, 144pp.
- U. S. Geological Survey (2007) Facing tomorrow's challenges – U. S. Geological Survey Science in the decade 2007-2017. U. S. Geological Survey, Circular 1309, 67pp.
- Waggoner E. B. and Kiersch G. A. (1991) The geologist and legal responsibilities. Geological Society of America Centennial Special Volume 3, 559-573.

4. 今回の成果と今後の課題について（全地連地質リスクWG座長 佐橋 義仁）

今回のミッションは短期間ではあったが、準備を十分にしてお望んだこと、選りすぐった有能なメンバーであったことなどから大きな成果を得て帰ってきた。また、全地連が派遣したチームではあったが、実質は産業総合研究所（小笠原主任研究員）との共同ミッションであったのでUSGSの全面的な協力が得られたこと、国際ジオリスク学会の本城先生のご支援によりカルトランスが全面的に協力してくれたことなど成功要因は多い。さらに、団長の渡邊先生は米国でリスクマネジメントを本格的に研究された実績があり、最強のメンバーで望んだミッションであった。

4.1 ミッションの成果

成功要因は上記の通りであるが、主要な成果として以下のものを上げることが出来る。

(1) 全地連が国際舞台へ登場

会員企業各社はそれぞれ海外情報を収集する仕組みを有しているし、関連学会もそれぞれのネットワークを有しているから、全地連に海外情報が入らないわけではなかったが、全地連の性格からして国内の関連政策・市場情報などに依存した活動を行ってきた。国際通念上は常識であり、かつ他産業においては盛んなリスクという概念への取り組みが遅れたのもそのためである。しかし、いずれ国際化する国内の地質調査業にとって、全地連の国際交流は早晚期待される場所であった。

今回、地質リスクというテーマで渡米しUSGSをはじめ米国のトップクラスの研究機関と意見交換することができた。今後このような機関との情報交換を継続することによって如何なるテーマへも展開できることを考えると、今回そのスタートが切れたことの意義は大きい。

(2) 研究内容・レベルの国際化

我々が掲げる「地質リスク」は、わが国における一般の概念とは少し違うかも知れないし、従って定義がおかしいとの指摘もある。また研究目的が、当初の約束事ではあるがコスト構造改革に偏重している。しかし、概念体系が未整備で用語の定義さえままならぬ領域に踏み込んでいる以上、あまり足下ばかり気にしては目標への工程が進まない。そのような中で、研究の方向が国際的にも大凡正しいかどうかというのは気になる場所であった。今回各訪問機関において、我々が指向している研究テーマが、常識である、重要である、良い着目である、米国においても正に着手されつつあるなどの評価を頂き、国際通念上、妥当なものであることが確認できた。

このことは、今後研究成果を国際学会などで発表し確認することになるが、地質リスク研究は国際的なテーマであると言える。

(3) 有効な概念の導入

米国ではリスク研究が盛んで公共土木工事の調達にもその概念が導入されているが、その中でもG B R (Geotechnical Base Line Report), R B S (Risk breakdown structure)などは、有益な概念でありその適用実績を入手できたことは大きな成果である。

G B Rは、地質に関わる設計条件、施工条件を明示し、発注者と受注者の責任領域を明確にしようとするもので、入札者から見れば見積もり条件になる。我々の研究は、この条件明示に対する曖昧さと請負契約書第18条の条件変更がわが国の地質リスクへの対応方針であったことに着目しており、G B Rは今回の我々の研究の成果の一部を想定する上で有効な情報である。

また、R B Sは、我々の言う「悲観的リスク」からのアプローチを示唆するものであり、当初に考えられるリスクの全てを洗い出すことの重要性を明示的に示す方法でもある。

その他にも、入手してきた文献を読み解く中で、米国の土木工事の取引に用いられている多くのリスク概念を勉強することが出来そうである。

(4) 地質リスクの現場での取り組み状況の把握

今回は、研究サービス機関 (USGS), 行政機関 (CALTRANS), 大学 (UCD AVIS), 地質専門会社 (FUGURO), ユーザー (PG&E) など多様な機関を訪問した。それぞれの立場での地質リスクへの取り組み方が把握できた。

地質専門会社は、発注者側の技術者として、いわゆる「CM・技術顧問」として活躍している状況が把握できた。また、Geologist と Geotechnical Engineer の役割分担も興味深い。地質情報・地質技術を利用して自社の施設を管理している企業においては、工事費リスクよりも地震リスク(運用時リスク)の方が重要との認識があるが、両方とも事業リスクの要素と考えられ、我々の研究(今は工事費に着目)の応用・発展の方向を見ることが出来る。

(5) 継続的情報交流の窓口形成

USGSをはじめ、今後も情報交流が継続できそうな機関・個人を得ることが出来た。情報交流を継続するためには、こちらから情報を発信しそれに興味を持ってもらえるかどうかにかかると、その取掛かりが出来たと思う。

政府機関、発注機関、研究機関、企業(施設管理に地質技術が必要)、地質専門会社など、それぞれの立場で付き合い方も継続の方法も異なるが、いずれも今後の情報ネットワーク形成においては重要な要素である。

4.2 今後の課題

ミッションの成果を我々の日常の活動に生かすためには以下のような課題に取り組む必要がある。

(1) 国際交流の継続

今回のミッションで出来た関係を継続発展させなければならない。方法は交流の相手によって、交流の内容によって、また我々の側の立場によって幾つも考えられるので、以下のような手段・方法を検討していく。

- ミッションの継続（テーマ・相手・メンバーは工夫する）
- セミナーの開催（有識者を招聘する。全地連会員および外部へ情報提供。）
- 国際学会での発表

(2) 米国の業界との情報交換

今回は米国における地質リスクへの取り組みを全体的に把握するために多様な機関を訪問したが、全地連の性格上、今後は業界との情報交換・連携を主目的とするミッションも企画したい。米国では、わが国のような設計者と地質調査者が職業として区分されておらず、地質技術・地質調査はコンサルタントのサービスメニューの一つとして位置づけられており、単純に対比すべきものではないが、そのことが新しい概念・役割などを考える材料となることもあり、積極的に業界交流を行いたい。

- 海外向英語版のHPの作成
- 国際学会での発表論文のHPへの掲載

いずれ、わが国の地質技術・調査市場は国際化するので、今の内から「技術」「経営」「調達方法」などについて日米民間交流を進めておきたい。ひいては国等への提言にも反映したい。

(3) 入手情報のブレークダウン

今回の調査によって米国の事情が大凡想像できることから、今後はテーマを絞った情報収集・交換が可能になったし、我々の研究の体系化も考慮しながら、分野別の取り組みも進めたい。例えば、情報共有センター、地質リスクの計量化、GBR・RBSなどのマネジメント要素、専門家の位置づけ（地質専門家と地質技術者の区分）など。

- 入手文献の翻訳（配布、出版）
- 個別研究（国内関連機関との共同研究）

(4) 成果の普及・特に会員へ

今回持ち帰った情報を翻訳して全地連会員をはじめとする関係者に広く発信したい。さらに、今回出来た人脈を大切に、専門家を招聘して国際セミナーを開催する場合は、東京のみならず地方でも何か所か開催したい。

- 今後のミッションにおいては地方会員の参加を勧める
- 招聘者によるセミナーの地方開催

(5) 国内関連機関との連携

国内関連機関がそれぞれ海外との情報交換を行っている。これらの国内機関の仲間入りをしたわけであるから、今後は横の連携を促進し海外情報ネットワークの核になっていきたい。そこが民間業団体の強みである。

巻末資料 詳細スケジュールについて
6日間のスケジュールを以下に示す。

	曜日	都市名	時間	交通	摘要
①	9/30 (日)	成田発 サンフランシスコ	1610 0930	航空機 専用車	<p>空路サンフランシスコへ サンフランシスコ着</p> <p>①空港 出発</p> <p>11:00 ②米国地質調査所 着 ・米国地質調査所の担当者よりフィールドの見学先について説明を受ける。</p> <p>12:00 米国地質調査所 出発</p> <p>12:30 ③フォールド見学 ・Travel east on Highway 84 across Dumbarton Bridge (across south San Francisco Bay) to Don Edwards Wildlife Refuge ・Walking tour of Franciscan Complex at wildlife refuge.</p> <p>14:00 昼食</p> <p>15:00 出発 ・Drive west across San Francisco Bay to Freeway 280 to view San Andreas fault topography ・View fault topography at scenic overlook ・Drive to east side of Crystal Springs Reservoir (that occurs along the fault). ・View dam on east side of reservoir that did not collapse during the 1906 earthquake</p> <p>17:30 ④米国地質調査所 着 米国地質調査所 出発</p> <p>19:00 ⑤ホテル着 (サンフランシスコ泊)</p>

②	10/01 (月)	サンフランシスコ	AM	専用車	<p>7:00 ホテル出発</p> <p>8:30 ⑥米国地質調査所 公式訪問</p> <p>9:00 ・センター長訪問</p> <p>10:00 ・意見交換会 Meeting with Rich Bernknopf and USGS scientists working on multihazard projects in southern California (Bernknopf and Others?)</p> <p>11:30 昼食 (各自)</p> <p>13:00 ・意見交換会 (続き) Meeting with Rich Bernknopf and USGS scientists working on multihazard projects in southern California (Bernknopf and Others?)</p> <p>14:15 施設見学 ・ビジターセンター ・出版関係セクション ・地震GIS セクション</p> <p>16:00 米国地質調査所 出発</p> <p>16:30 ⑦スタンフォード大学 着 ・USGS と大学が共通で運営しているイオンプロ ープの見学</p> <p>17:00 スタンフォード大学 出発</p> <p>18:30 ホテル着</p> <p>19:15 夕食会 ・大林組サンフランシスコ事務所の小野崎氏</p> <p>(サンフランシスコ泊)</p>
---	-----------	----------	----	-----	--

③	10/02 (火)	サンフランシスコ	AM	専用車	<p>午前中 フリータイム</p> <p>12:45 ホテル出発</p> <p>13:30 ⑧カリフォルニア州運輸局 オークランド事務所 訪問 ・意見交換会</p> <p>15:30 カリフォルニア州運輸局 オークランド事務所 出発</p> <p>16:30 ホテル着 (サンフランシスコ泊)</p>
---	-----------	----------	----	-----	--

* 4日目は、A, Bの2つのグループに別れ行動した。

A グループ

④	10/03 (水)	サンフランシスコ	AM	専用車	<p>8:00 ホテル出発 ・Dr. Nigbor 氏, OYO-USA 副社長 田中氏同行, バスに同乗</p> <p>8:30 ⑨Pacific Gas & Electric 訪問</p> <p>9:00 意見交換会</p> <p>11:00 Pacific Gas & Electric 出発 途中 昼食 (各自) 途中, 車内から市内の工事現場を見学</p> <p>13:30 ⑩UC Davis centrifuge laboratory 訪問. 施設見学・意見交換会</p> <p>15:00 UC Davis centrifuge laboratory 出発 ⑪Napa Valley 経由</p> <p>18:00 ホテル着</p> <p>19:00 夕食会 (サンフランシスコ泊)</p>
---	-----------	----------	----	-----	---

B グループ

④	10/03 (水)	サンフランシスコ	AM	専用車	<p>8:00 ホテル出発</p> <p>9:00 ⑨Fugro (West) 社 訪問 ・意見交換会</p> <p>11:00 Fugro (West) 社 出発 途中 昼食 (各自) ホテル着 *カリフォルニア州運輸局の方が バスで迎えに来られます。 ホテル発</p> <p>14:00 ⑩現場見学 (カリフォルニア州運輸局のご紹介) . ・Devil's Slide Tunnel Project 見学</p> <p>17:30 現場 出発</p> <p>18:30 ホテル着</p> <p>19:00 夕食会 (サンフランシスコ泊)</p>
---	-----------	----------	----	-----	--

⑩現場見学について

Devil's Slide Tunnel Project –

This is a very active construction site that includes tunnel, bridge and retaining wall. You will also be able to see recently constructed slide repairs that include slope stressing and micro pile walls.

⑤	10/04 (木)	サンフランシスコ	AM 1345	専用車 航空機	ホテルより空港へ (機 中)
⑥	10/05 (金)	成田着	1705		成田着

「地質リスク」海外調査ミッション 訪問先案内マップ



第1日目

- ①空港
- ②米国地質調査所 (United State Geological Survey)
訪問先 Address:MS 901 Menlon Park,CA
- ③フィールド見学
サンアンドレアス断層等
- ④米国地質調査所 (United State Geological Survey)
訪問先 Address:MS 901 Menlo Park,CA
- ⑤ホテル
Ramada Plaza Downtown San Francisco

第2日目

- ⑥米国地質調査所 (United State Geological Survey)
訪問先 Address:MS 901 Menlon Park,CA
- ⑦スタンフォード大学 (Stanford University)

第3日目

- ⑧カリフォルニア州運輸局 オークランド事務所
(California Department of Transportation Office of Geotechnical Design - West)
訪問先 Address: 111 Grand Avenue
510-286-4840 510-301-7469 (cell)

第4日目

- A グループ
 - ⑨Pacific Gas & Electric
訪問先 Address:会議室 77 Beale Street (2595Room)
(会社住所: 245 Market Street Mail Code N4C San Francisco,CA
94105 USA)
 - ⑩University of California, Davis centrifuge laboratory
訪問先 Address:One Shields Avenue・Davis, CA
- ⑪Napa Valley
- B グループ
 - ⑨Fugro West,Inc. 訪問先 Address: 1000 Broadway, Suite 440
Oakland, CA 94607
 - ⑩現場見学 Devil's Slide Tunnel Project