

**エチオピア国
アバイ溪谷地すべり対策プロジェクト
準備調査報告書**

平成 21 年 4 月
(2009 年)

**独立行政法人国際協力機構
経済基盤開発部**

基盤

JR

09-073

エチオピア国
アバイ渓谷地すべり対策プロジェクト
準備調査報告書

平成 21 年 4 月
(2009 年)

独立行政法人国際協力機構
経済基盤開発部

序 文

独立行政法人国際協力機構は、エチオピア連邦民主共和国の要請に基づき、アバイ渓谷で発生する地すべりへの対策に係る今後の我が国の協力について検討するため、協力準備調査「アバイ渓谷地すべり対策プロジェクト準備調査」を実施することを決定し、2009年3月14日から同年4月2日まで20日間にわたり、協力準備調査団を現地に派遣しました。

調査団は本件要請の背景を確認するとともに、エチオピア連邦民主共和国政府の意向を確認し、かつ現地調査の結果を踏まえ、今後の協力に関する協議議事録（M/M）に署名しました。

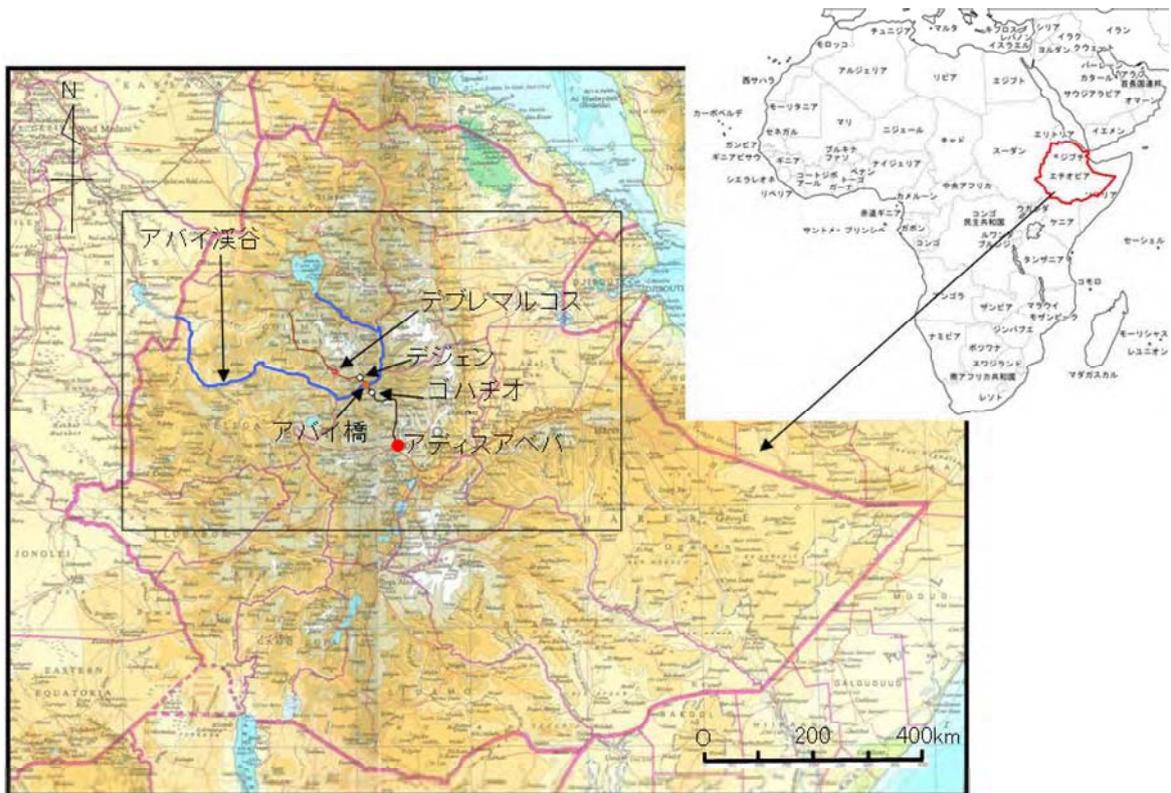
本報告書は、今回の調査結果を取りまとめるとともに、引き続き実施を予定している協力を資するためのものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

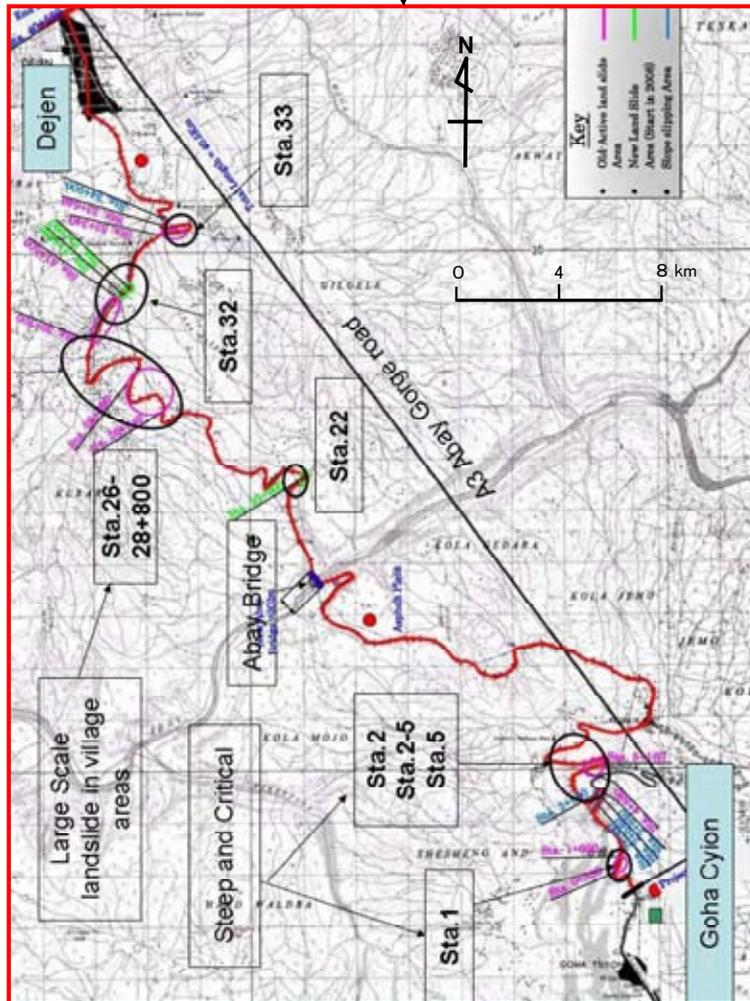
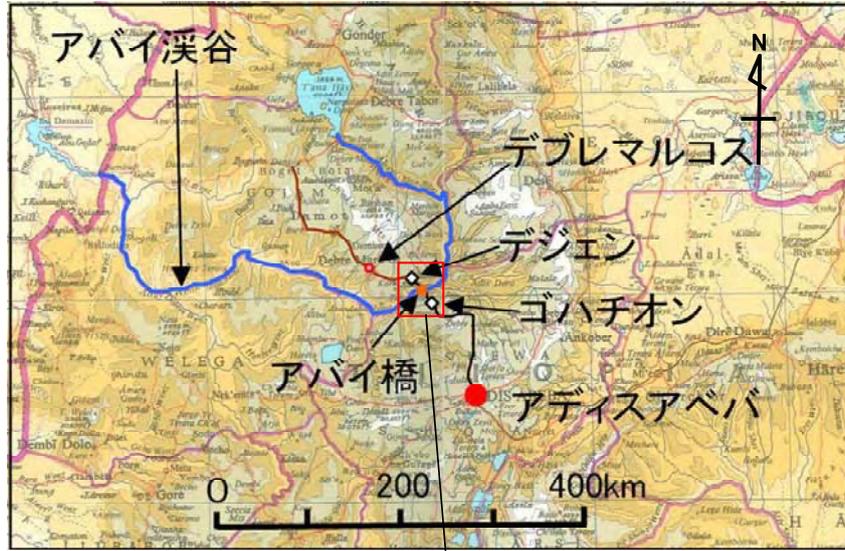
平成21年4月

独立行政法人国際協力機構
経済基盤開発部長 黒柳 俊之

調査対象範囲図 (1)



調査対象範囲図（2）



現地調査写真



アバイ溪谷とデジェン側の斜面を望む。



アバイ溪谷とゴハチオン側の斜面を望む。



ゴハチオン側斜面地すべり。Sta.5



ゴハチオン側斜面地すべり。Sta.2～5より。
Sta.2上方の地すべり斜面を望む。



ゴハチオン側斜面地すべり。Sta.2～5全景及びSta.2上方斜面



ゴハチオンの町



デジェンの町



アテムガナDEDとDRMCの事務所



DRMC事務所併設の建機修理工場



ERAのSuluta輪荷重測定所



GSE所有の大型ボーリングマシーン



ゴハチオン側斜面地すべり。Sta.1付近



デジェン側斜面地すべり。Sta.26～28



デジェン側斜面地すべり。Sta.26～28



第三次A3道路改修施工業者
鹿島建設(株)キャンプ

略 語 表

DED	District Engineering Division	地方技術課
DRMC	District Road Management Contractor	地方道路運営維持請負者
ERA	Ethiopian Roads Authority	エチオピア道路公社
GSE	Geological Survey of Ethiopia	エチオピア地質調査所
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
MME	Ministry of Mines and Energy	鉱山エネルギー省
NGO	Non-governmental Organization	非政府組織
RRA	Rural Road Authority	エチオピア地方道路公社
RSDP	Road Sector Development Program	道路部門開発プログラム

目 次

調査対象範囲図

写 真

略語表

第 1 章 調査団派遣概要	1
1 - 1 調査の背景	1
1 - 2 調査団構成	1
1 - 3 調査団派遣行程	2
1 - 4 主要面談者	3
第 2 章 調査結果概要	4
2 - 1 調査の範囲と方法	4
2 - 1 - 1 現場踏査の範囲と方法	4
2 - 1 - 2 機材調査の範囲と方法	4
2 - 1 - 3 関係者調査の範囲と方法	5
2 - 2 現場踏査結果概要	5
2 - 3 機材調査結果概要	8
2 - 4 関係者調査結果概要	14
2 - 4 - 1 エチオピア道路公社 (ERA)	14
2 - 4 - 2 エチオピア地質調査庁 (GSE)	25
第 3 章 調査員結果からの提言	30
3 - 1 「エ」国政府に対する提言	30
3 - 1 - 1 アバイ渓谷地すべり対策アクションプラン	30
3 - 1 - 2 提 言	34
3 - 2 支援策	37
3 - 2 - 1 短期的な地すべり対策	37
3 - 2 - 2 長期的な地すべり対策	37
3 - 2 - 3 その他の地すべり対策	38
3 - 3 支援対策実施上の留意点	44
3 - 3 - 1 短期的な地すべり対策	44
3 - 3 - 2 長期的な地すべり対策	46
3 - 3 - 3 その他の地すべり対策	48
第 4 章 調査団長所感	50
4 - 1 本件実施の妥当性	50
4 - 2 必要な支援案の検討	51

付属資料

1 . 署名済み協議議事録 (M/M)	55
2 . 地すべりアドバイザー藤澤和範氏 : 「第三次区間の地すべり現地調査の所見」	67
3 . アクションプラン	85
4 . 「エチオピア国地すべりの調査及び解析に係わる能力向上プロジェクト」 PDM・PO	89
5 . テクニカルノート (調査団よりエチオピア政府に提出)	91
6 . 質問票	97

第 1 章 調査団派遣概要

1 - 1 調査の背景

エチオピア連邦民主共和国（以下、「エ」国と記す）の首都アジスアベバ市内より、隣国スーダンに向けて伸びる幹線道路国道 3 号線は、毎年雨季（7～9 月頃）に地すべりが広範囲で発生し、道路機能そのものが脅かされている。かかる事態に対し、国道 3 号線が将来にわたって有効利用されるために、今般、地すべり対策にかかる技術協力が「エ」国にて計画された。

「エ」国からは、TICAD フォローアップ / クールアース パートナーシップ 案件として、担当省庁〔鉱山エネルギー省（Ministry of Mines and Energy : MME）〕よりアバイ渓谷地すべり調査にかかる要請が提出された。同要請内容は、アバイ渓谷における地すべりの原因究明、災害地図の作成、地すべり対策工の提案、機材の供与、対策工の実施等に要約される。さらに MME は、本案件を実施することにより、組織の地すべり調査、モニタリング、対策の提案にかかるキャパシティ・デベロップメント（CD）をめざし、各地で発生している地すべりに応用していくことを想定している。

今次調査では、アバイ渓谷における地すべり対策を継続的に行うことを目的とするフレームワークの策定について先方と協議し、実施目標、方針、方法、双方負担範囲等々の基本事項を合意することを最大の目的とする。

これまでに行われた現地調査（無償資金協力実施中の 2 回にわたる実施促進調査等）では、地すべりを完全に抑止する対策を行うことは難しく、被害を最小限に抑えながら道路を運用していくような維持管理が必要なことが、わが国の地すべり専門家からの助言等で明らかにされている。

なお国道 3 号線は、わが国が無償資金協力で現在までに 3 次にわたって整備を支援してきている。当該幹線道路上に位置するアバイ渓谷前後区間は、その第 3 次対象区間（40.45km）に位置している。

本調査では、前述したとおり「エ」国側との基本的考え方を摺り合わせたうえで、先々には「エ」国側が自立的かつ継続的に、地すべり対策を含む道路維持管理を実施していくために必要な実施体制や機材について調査し、技術協力事業の概念デザインを行う。

1 - 2 調査団構成

	氏 名	所 属
総 括	内藤 智之	JICA 経済基盤開発部 運輸交通・情報通信第二課 課長
技術協力計画	魚井 雄一郎	外務省国際協力局無償資金・技術協力課 課長補佐
地すべりアドバイザー	藤澤 和範	独立行政法人土木研究所 上席研究員
地すべり対策	上田 具之	伊藤忠林業株式会社
機材計画 / 積算	原 龍一	日本工営株式会社
評価分析	富田 眞平	株式会社シーエスジェイ
協力企画	広瀬 恵美	JICA アフリカ部 東部アフリカ第二課 調査役

日	曜日	活動						宿泊
		総括 (JICA) 内藤 智之 Mr. Tomoyuki Naito	技術協力計画 (外務省) 魚井 雄一朗 Mr. Yuichiro Uoi	地滑りアドバイザー (国交省推薦) 藤沢 和範 Mr. Kazunori Fujisawa	地滑り対策 (役務コンサルタント 1) 上田 具之 Mr. Tomoyuki Ueda	機材計画/積算 (役務コンサルタント 2) 原 龍一 Mr. Ryuichi Hara	評価分析 (役務コンサルタント 3) 富田 眞平 Mr. Shimpei Tomita	
1	3月14日	土	-	-	東京発			機内
2	3月15日	日	-	-	アジリアバ着			アジリアバ
3	3月16日	月	-	-	AM アジリアバ - アバイ渓谷地すべりサイト PM 現地調査		(バハルダール 別案件視察)	アバイ
4	3月17日	火	-	-	無償事業関係者ヒアリング 現地調査(地滑り状況、既往の対策工、地質調査計画)		バハルダール デブレマル コス	アバイ
5	3月18日	水	東京発	-			アジリアバ発	アバイ
6	3月19日	木	アジリアバ着、JICA 事務所打ち合わせ、 MOFED表敬	-	AM 現地調査 PM アバイ渓谷 - アジリアバ、JICA事務所打ち合わせ		東京着 (*緊急の都 合により日程短縮)	アジリアバ
7	3月20日	金	日本大使館、ERA、MME 表敬	-	日本大使館、ERA、MME表敬		-	アジリアバ
8	3月21日	土	団内会議	-	AM団内会議 夜アジリアバ発	団内会議(対策事項リストアップ)		アジリアバ
9	3月22日	日	団内会議	東京発	東京着	団内会議(対策事項リストアップ)		アジリアバ
10	3月23日	月	ERAとの実施協議	アジリアバ着	-	ERAとの実施協議		アジリアバ
11	3月24日	火	ERAとの実施協議		-	ERAとの実施協議		アジリアバ
12	3月25日	水	MMEとの実施協議		-	MMEとの実施協議		アジリアバ
13	3月26日	木	JICA事務所報告		-	C/P調査		アジリアバ
14	3月27日	金	M/M書名(ERA、MME)、大使館報告、アジリアバ 発		-	C/P調査		アジリアバ
15	3月28日	土	東京着		-	資料整理		アジリアバ
16	3月29日	日	-	-	-	資料整理		アジリアバ
17	3月30日	月	-	-	-	C/P調査		アジリアバ
18	3月31日	火	-	-	-	C/P調査		アジリアバ
19	4月1日	水	-	-	-	JICA事務所報告、アジリアバ発		-
20	4月2日	木	-	-	-	東京着		-

1 - 4 主要面談者

< 「エ」国側 >

(1) エチオピア道路公社 (Ethiopia Road Authority : ERA)

Mr. Zaid Wolde Gebriel	総 裁
Mr. Mesfin Haile	副総裁 (オペレーション担当)
Mr. Nebiyu Endale	アレムガナDRMC代表

(2) 鉱山エネルギー省 (Ministry of Mines and Energy : MME)

Ms. Sinknesh Ejigu	国務担当大臣
Mr. Tolesa Shagi	地質調査局 (Geological Survey) 局長
Dr. Getnet Mewa	地質調査局スタッフ

(3) 経済財務省 (Ministry of Finance and Economic Development : MOFED)

Mr. Hailemichael Kinfu	二国間協力課長
------------------------	---------

< 日本側 >

(1) 在エチオピア国日本国大使館 (Embassy of Japan in Ethiopia)

駒野 欽一	大 使
枘田 直樹	二等書記官

(2) JICAエチオピア事務所 (JICA Ethiopia Office)

佐々木 克宏	所 長
安藤 直樹	次 長
鈴木 桃子	所 員

(3) 橋梁維持管理プロジェクト

高城 信彦	専門家
-------	-----

第 2 章 調査結果概要

2 - 1 調査の範囲と方法

2 - 1 - 1 現場踏査の範囲と方法

踏査は、2009年2月16日から18日にわたって行われた。踏査範囲、踏査箇所は、国道3号線補修工事関係者（施工会社：Kajima Corporationならびに施工管理コンサルタント（オリエンタルコンサルタント）の状況説明と地すべり被害の大きい箇所の指摘を得て、以下の8箇所に決定した。また、それら調査対象箇所を調査対象範囲図に示した。

< アバイ橋からゴハチオン側 >

Sta. 1（3期工事ゴハチオン側始点から1km地点）

Sta. 2

Sta. 2 ~ 5（Sta. 2地点とSta. 5地点を結ぶ斜面）

Sta. 5

< デジェン側 >

Sta.22

Sta.26 ~ 28+800

Sta.32

Sta.33+500

今回の地すべり地における調査方法として、目視による地すべり現象の把握、現地における工事担当者の被災時の状況説明、前回までに行われた調査の検証、またGPSによって位置を確認しながらそれらの情報を統合して、現在の地すべり状況を概観的に把握することに努めた。

2 - 1 - 2 機材調査の範囲と方法

(1) 機材調査の範囲

機材調査に関しては、以下の項目の検討結果に基づき調査範囲を決定した。

- ・地すべり現場調査
 - ・先方実施機関（ERA、MME）へのアンケート調査及びヒアリング結果
 - ・その他関係業者〔鹿島建設㈱、オリエンタルコンサルタント㈱〕へのヒアリング結果
- この結果、調査対象機材は主として地すべり調査／観測に関連する機材、地すべり対策に関連する機材とした。また、調査対象機関は上述の先方実施機関（ERA、MME）とその附属機関を主体とし、関係業者への現地でのヒアリングによって補足した。また、機材価格等については、建機業者から概算の価格の聞き取りを行った。

(2) 機材調査の方法

機材調査は、上述先方機関(ERA、MME)へのアンケート調査によって概要を把握し、さらにヒアリングによってその詳細の把握を行った。アンケート調査は滞在中に回答を得られなかったため、MMEのDr. Getnet 氏から帰国後メールによって回答を得た。アンケート調査に用いた質問票は付属資料6に添付する。

2 - 1 - 3 関係者調査の範囲と方法

主要幹線道路の一つである3号線における、アバイ渓谷を通過する区間は、40kmの道路延長の間に約1,500mの標高差のある険しい渓谷である。同区間では雨季に地すべりが繰り返し発生し、道路は通行止めになるなど本来の交通機能が阻害されている。この問題にかかわる関係者の調査を実施した。

事前検討における関係者分析では地方自治体や警察も重要と想定されたが、交通機能の運営維持に責任を有しているエチオピア道路公社（Ethiopian Roads Authority：ERA）への聞き取り調査の結果、道路通行止めや交通事故に際して通行止めの広報や車両取り除き等の実際の作業はERAが行い、地方自治体や警察へは通報することが判明した。このため地方自治体や警察は調査対象からはずした。

ERAのアジスアベバ本部の各部署及びERAの地方事務所で道路運営維持を計画・監督している地方技術課（District Engineering Division：DED）、道路運営維持工事を実施している地方道路運営維持請負者（District Road Maintenance Contractor：DRMC）を調査した。今回の準備調査では、エンジニアリング・規制局Eng.Serv.Proc., Des. & Tech.Sup. DivisionのDesign and Technical Support Branch 所属のChief、Mr. Danielがカウンターパートとして対応した。

また、地すべりの現象把握及び原因究明の能力育成の要望がある鉱山エネルギー省（Ministry of Mines and Energy：MME）のエチオピア地質調査庁（Geological Survey of Ethiopia：GSE）についても調査を実施した。今回の準備調査では、Regional Geology and Geochemistry DepartmentのDr. Getnetがカウンターパートとして対応した。

調査方法は事前に質問票を作成し、これをもとに聞き取り調査、資料収集調査を実施した。地すべり現場の踏査や聞き取り調査の進展により新たな質問を追加して調査した。なおGSEに関しては、相手方の返答作成に十分時間がなく、Dr. Getnetからのメールにより追加情報が得られた。

2 - 2 現場踏査結果概要

(1) アバイ渓谷の地形と地質概要

地すべりが発生している国道3号線、アバイ渓谷の40km区間（道路補修工事第3区間）は、ゴハチオン側を基点にアバイ渓谷を横断している。両側の玄武岩溶岩台地は標高約2,500m、ほぼ中央のアバイ橋地点で標高1,100mであり、ほぼ1,500mの標高差を20km前後の道路延長で駆け下りる非常に急峻な地形である。この渓谷を横断する地質と地形の模式図を図2-1に示す。

アバイ渓谷の地質は上層から、古第三紀の玄武岩と凝灰岩類との互層からなる。模式断面図に示したように、ゴハチオン側では、玄武岩からなる急崖が三層ほど階段状に現れており、その層準は対岸のデジェン側と相対している。しかし、ゴハチオン側では玄武岩が切り立った急崖を形成しているのに対して、デジェン側ではその玄武岩崖が風化侵食を受け、丸みを帯びた露頭として衛星写真により確認することができる。

玄武岩と凝灰岩類との互層の下層には、中生代ジュラ紀の石灰岩（標高2,000mくらいから1,800m付近まで）、頁岩、石膏（1,800mから1,400m）砂岩、ドロマイト（標高1,400mから1,000mの河床付近）の層がアバイ川河床まで続いている。傾斜も標高2,000mくらいからなだらかに推移し、その上部には上位からの崩落、流下してきた崩積土が厚く堆積していることが推測できる。特に、デジェン側では標高1,400mから1,800mまでの区間の傾斜がなだらかで、農地として多く利用され、集落、人家が点在している。

以下にゴハチオン側最上部の玄武岩と凝灰岩類との互層とその下層の模式断面図を示した。

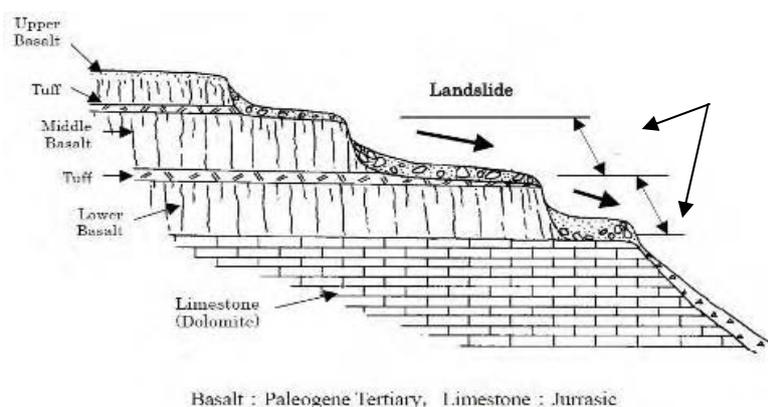


図 2 - 1 アバイ渓谷の地形及び地質断面図

(2) ゴハチオン側地すべりの地質水文的概要

ゴハチオン側Sta. 1 からSta. 5 はアバイ川渓谷の中でも、最も急峻な区域を通過する箇所である。(1)のアバイ川渓谷の地形と地質概要に記したように、この区間で玄武岩の急崖が三層出現しており、おのおの急崖とその下にテラス状のなだらかな傾斜を繰り返す階段状の地形を呈している。

玄武岩急崖下の緩傾斜の斜面には、急崖から玄武岩と凝灰岩類を巻き込んで崩落した崖錐性の崩積土は、そのテラス状の緩傾斜の上に堆積している。降雨の際には、玄武岩台地に降る雨水は玄武岩台地から急崖を伝ってその下の緩斜面で滞留し、崩積土層内の地下水を急激に上昇させる。また、玄武岩層内の空隙には雨水が涵養され、降雨が終わったあとも継続的にそのテラス状の緩斜面に地下水を供給するものと考えられる。道路下の平坦な箇所に陥没地形が見られ、雨季の湧水、湛水が推測できる。

その緩斜面で地下水の上昇とともに地すべりは安定を失い、以下に示すすべり面を有する地すべりの滑動を促すことになる。

- 1) 崩積土層内にすべり面を形成する。
- 2) 凝灰岩と崩積土の層界にすべり面を形成する。
- 3) 凝灰岩内にすべり面を形成する。

また、末端から押し出され、急崖をこぼれ落ちた土砂は、その下の緩斜面の頭部へ堆積し、下緩斜面の地すべりをさらに不安定にするものと考えられる。

また、今回Sta. 2 の道路法面の右側部分では、急な玄武岩、凝灰岩の表層に崩積土が張

り付くように不安定な形で残されており、それらの基岩を若干切り込んで滑る可能性を指摘できた。

(3) 8箇所の地すべり踏査結果

踏査した8箇所の地すべり状況をここに示す。またその地すべり状況の写真及び説明を、パワーポイントに取りまとめて付属資料2に添付した。

1) Sta. 1

道路勾配を確保する目的で、現在の路面高さを得るため、盛土を施工している。この道路の盛土がSta. 1地すべりの上部にあたり、かつ地すべり斜面は道路上側に続いている。末端部の押し出された土砂は玄武岩急崖からの崩落が続いており、地すべりをさらに不安定にしている。道路上方の急斜面には浮石、転石が点在している。地すべり後の修復には道路高さを維持することを前提とするため、道路沈下後に盛土を繰り返さなければならず、地すべりをさらに促進する結果になる。

道路補修工事以降毎年雨季には、地すべり頭部に位置する道路が1～2m沈下しており、その沈下のたびにその変動分を切り盛りし、段差を補修することによって、道路通行を確保している状況である。

2) Sta. 2

2007年にSta. 2～5地すべりの陥没帯に建設された道路の路線変更に伴い、切土を行い、斜面中ほどにフトンカゴを施工した。その切土法面でのほらみ出し、切土斜面上方での崩壊が発生している。この斜面背後の急崖をなす玄武岩からの水がその下部の平坦地に地下水として供給され、その地下水が勾配の変わるところで噴き出し、崩壊を助長している。

また急崖下の平坦地の畑でも新たな亀裂、落差が断続して見られ、その地すべりの押し出しが原因となって崩壊や切土面でのほらみ出しを誘発している。凝灰岩の切土面のほらみ出したところから、雨季に湧水が噴き出した痕跡が見られた。

斜面右側に2つの崩壊地に挟まれた斜面が非常に不安定な状態で残されており、今雨季にも道路に崩落する可能性がある。その規模は幅100m×長さ60m×深さ10mとしても数万m³程度に達すると考えられ、通常の通行体制では人的被害をもたらすことが十分に考えられる。

また、道路脇の玄武岩切土斜面直上には浮石転石が点在しており、今雨季には地すべり土砂とともに、巨大な転石が道路へ崩落することが懸念される。

3) Sta. 2～5

陥没帯に道路盛土を施工後、地すべりを発生させた斜面。末端部分が急崖に面して開放されているため崩落が継続し、その土砂はSta. 5斜面に堆積している。2007年に陥没帯から道路盛土を撤去し、Sta. 2付近の道路における地すべり変動は落ち着いているように見受けられる。しかし、斜面下部に新鮮な亀裂面が見られるため、地すべりが依然滑動している可能性があり、今後も十分な監視が必要である。

4) Sta. 5

玄武岩急崖下の平坦な斜面。その末端が道路に接し、道路脇のよう壁が連続して倒壊した斜面。

玄武岩急崖上方にSta. 2 ~ 5 地すべりからの末端崩壊によって押し出された土砂が当斜面へ崩落している。その崩落による土砂供給以外、Sta. 2 ~ 5 地すべりと切り離されている。

5) Sta.22

アバイ溪谷内の最下層中生代 ~ 古第三紀層砂岩、凝灰質砂岩互層の上層に乗る崩積土あるいは凝灰岩類が崩壊している。道路脇の水路内に牛の歩行確保のため石積みがなされて閉塞しており、そこから逸水した道路処理水が崩壊地方面に流れ出した可能性がある。2008年雨季に崩落したあと変化はないが、今後後方への拡大、それに伴う道路路肩の更なる崩落が懸念される。

6) Sta.26 ~ 28 + 600

幅800m、長さ 1 kmにわたる地すべり。各所で亀裂や段差、また道路の沈下、移動が見られる。Sta.26付近では道路が大きく10m以上移動したとの報告があった。

2008年9月には、Sta.28 + 600付近で道路が大きく沈下した。またそのあたりから道路の約100m上方に滑落崖が、Sta.28方向へ連続しているのが観測される。

7) Sta.32

凝灰岩の上に乗った崖錐堆積物が崩壊している。この周辺は同様の地形を呈しているため、雨季には同様の規模の崩落が発生することが想定される。凝灰岩内あるいはその上部崩積土との境から湧水が噴き出した痕跡が見られた。このような地すべりが発生する斜面を予測することは困難であると思われる。

8) Sta.33 + 800m

直立した柱状節理の麓に堆積した崖錐堆積物が地すべりを起こしている。また道路から100mほど下方に湧水地点が確認されている。この周辺は同様の地形を呈しているため、雨季には同様の規模の崩落が発生することが想定される。その発生位置を予測することは困難と思われる。

2 - 3 機材調査結果概要

調査の結果、ERAとMMEとでは全く担当範囲が異なり、MMEは調査主体であるのに対し、ERAは道路事業主体であることが判明した。したがって、MMEは調査機材のみを所有し、工事関連の機材は所有していない。一方、ERAは調査機材については所有しておらず、工事関連機材のみ所有している。

以下、工事機材についてのERAの機材調査結果と、調査機材についてのMMEの調査結果について述べる。

(1) 工事機材調査結果

アバイ溪谷を通過する国道3号線の担当部署はERAのアレムガナ地方事務所であり、その出張所であるムケトゥリセクションが直接的にアバイ溪谷で地すべりが発生した場合の担当となる。

以下にアレムガナ地方事務所及びムケトゥリセクションより入手した、使用可能な機材のリストを示す。

表 2 - 1 使用可能機材リスト (アテムガナ地方事務所)
(Available Equipments at Alemgena District)

It. No	Equipment Type	Capacity	Available
1	Dozer (D6)	180Hp	1
2	Bull Dozer	250 ~ 300Hp	8
3	Motor Grader	120 ~ 160Hp	10
4	Wheel Loader	2 ~ 3m ³	11
5	Steel roller	10 ~ 12 ton	10
6	Water Truck	13,000lt	8
7	Dump Truck	6/10m ³	34
8	Excavator		1
9	Low bed Trailer		1
10	Small Vehicle		19
11	Courier Truck		3
12	Crane		1
13	Fork Lift		1
14	Asphalt Distributor		3
15	Fuel Truck		2
16	Hot Mini Mix		2
17	Asphalt Kettle		2
18	Asphalt Cutter		3

表 2 - 2 使用可能機材リスト (ムケトゥリセクション)
(Available Equipments at Muketuri Section)

It. No	Equipment Type	Capacity	Available
1	Wheel Loader	3m ³	1
2	Dump Truck	6m ³	2
3	Dump Truck	10m ³	1
4	Water Truck	13,000lt	1
5	Grader	120 ~ 160HP	2
6	Roller		2
7	Hot Mini Mix		2
8	Dozer	180Hp	1
9	Farm Truck		1
10	Asphalt Cutter		1

N.B-Crusher is found at 90 Kms from Goha Tsion.

The Maintenance sections have 1-civil Engineer, 1-Construction Forman, Operators, Labourer Forman and Labourers.

Source : Alemgena DRMC

また、実際にアバイ渓谷で地すべりが発生した場合に対処するために必要な機材数、及び実際に運用可能な機材数についてアレムガナ地方事務所より提出された機材リストを表2 - 3に示す。

表2 - 3 必要及び使用可能機材リスト (アレムガナDRMC)

(List of construction machinery required for the mitigation of land slide hazard in Abay Gorge)

It. No	Equipment Type	No. Required	Available	Remarks
1	Excavator 1.5-2m ³	2	0	To be used in both sides of Abay gorge
2	Dozer 300 Hp	1	0	
3	Motor Grader 160Hp	1	1	
4	Front End Loader 2-2.5m ³	2	1	
5	Horizontal Boring Machine	2	0	
6	Dump Trucks 12-14m ³	10	2	To be used in both sides of Abay gorge
7	Drilling Rig(*)	1	0	To be used for drainage well construction
8	Jack Hammer with compressor	2	0	
9	Small Vehicle (Pickup)	2	0	
10	Small Vehicle (Station Wagon)	1	0	
11	Mechanic tool box set	2	0	
12	Mechanic tool box set light duty	2	0	
13	Hydraulic press with accessories	1	0	
14	Floor jack light and heavy	2	0	
15	Air compressor stationary	1	0	
16	Bench vice 100mm-400mm	4	0	
17	Welding generator	1	0	Portable

* Rig : 掘削機材、装置、道具。GSE及びDrilling Departmentの小冊子でも使用されている用語である。
Source : Alemgena DRMC

これによれば、ERA (アレムガナDRMC) では、アバイ渓谷で地すべりが発生した場合に必要な機材はダンプトラック等一部を除いてほとんど準備できていない状態にある。

また、現地で道路工事を実施した鹿島建設(株)より入手した、実際に地すべりが発生した際に補修に必要と考えられる機材リストを表2 - 4に示す。なお、本リストに示される重機及び数量は、鹿島建設(株)がGoha Tsionにあるキャンプ内に所有しているものの一部でもある。

表2 - 4 補修に必要な機材リスト

No	Machine	Specification	Weight	Maker	Quantity	Remarks
1	Bulldozer	D8R	40t		2.00	
2	Wheel Loader	WA450			2.00	
3	Excavator	EX300			2.00	
4	Dump Truck	15t Dump			10.00	
5	Trailer	Low Bet			1.00	

Source : Kajima Corporation

以上の機材リストのうち重機については、供与機材となる可能性が高いか、もしくは次の雨季に購入が間に合わない可能性が高いため、ERAがレンタルして使用する可能性も高い。

以下に主要な機材について、現地建機業者より概算価格の聞き取りを行った結果及びレンタル可能な機材のレンタル価格を表2 - 5に示す。

表2 - 5 主要重機概算価格及びレンタル価格

It. No	Equipment Type	Approximat Unit Price (USD)	Rental Price (Birr/hour)	Remarks
1	Excavator 324 DL 169Hp 1.61m ³	196,000	400-550	納入に1-2か月
2	Excavator 336 DL 270Hp 1.84m ³	318,000	-	納入に1-2か月
3	Dozer D8R 305Hp	410,000	800-900	ストックあり
4	Motor Grader 140H 160-180Hp	244,000	500-600	納入に1-2か月
5	Front End Loader 938H 180Hp 2.8m ³	172,000	300-400	納入に4-6か月
6	Dump Truck 12m ³ 320PS	132,794	-	納入に6-7か月
7	Dump Truck 12m ³ 290PS	125,786	-	納入に6-7か月
8	Dump Truck 14m ³ 350PS	137,017	-	納入に6-7か月
9	Dump Truck 14m ³ 320PS	134,770	-	納入に6-7か月
10	Jack Hammer XAS137	18,984-20,340	-	
11	Air compressor GA11	21,696	-	

* 購入価格はいずれも輸送費は含まず。

納入期間は購入の際の期間。

* レンタル価格は、燃料費以外をすべて含む（作業者等）。

(2) 調査機材調査結果

調査機材については、MMEの下部組織であるGSEが地すべりの担当組織であるため、GSEに対して聞き取り調査を行った。

1) 調査ボーリング機材

調査ボーリングはGSE傘下のDrilling Departmentが実施しているため、本組織に対して聞き取り調査を行った。

主要な聞き取り調査結果を以下に示す。

- ・ ボーリングマシン 15台保有
- ・ マシンの能力 径76～120mm、47.8～85mm 深度500m以上掘削可能なマシンも保有掘削可能角度45～90°
- ・ 70名以上の技術者（10年以上の経験有り）
- ・ コア採取率 硬岩100%、軟岩70～80%
- ・ 孔径96mm、深度680m掘削可能なマシンを約4,000,000Birr / 台で、2008年に2台購入した。

2) その他調査機材

その他調査機材に関しては、MME側のカウンターパートであるDr. Getnet氏に聞き取り調査を行った。

主要な聞き取り調査結果を以下に示す。

- ・ Central Geological LaboratoryにはChemical, Water & Waste water, Mineralogical, Physicalの4研究室がある。
- ・ 現在まで鉱物主体の研究であったため、化学系には強いが、物理系の研究が少ない。
- ・ 磁気探査、電気探査、弾性波探査等の物理探査は機材も有しており、調査を実施している。
- ・ 空中探査は「エ」国がSEAMIC (Southern & Eastern African Mineral Center) の会員となっており、調査の依頼を同センターにして行っている。

3) 質問票回答

GSEに対して、主として保有機材に関する質問票を提出し、その回答を得た。回答の概要を以下に示す。また、質問票は付属資料6に示す。

- ・ 調査ボーリング機材

古い機材で20年程度使用しているが、非常に状態は良いようである。同様に周辺機材も新しいものも含めよくメンテナンスされ、状態は良いようである。

- ・ 物理探査等機材

弾性波探査、重力探査、電気探査、放射能探査、磁気探査等の機材を保有しており、古い機材で20年程度使用しているが、一部メンテナンスが必要な機材を除き、状態は非常に良いようである。

- ・ メンテナンスセクション

GSEは熟練した整備工と電気技術者を有しており、ボーリング機材とその関連機材については常にメンテナンスが行われている。研究所の機材については、“ the Scientific Equipment Maintenance Service ” がメンテナンスを行っている。これら2つのメンテナンスセクションが、GSEだけでなくMMEの機材をいつでも使えるようにメンテナンスを行っている。

以下にGSEの回答に添付されている機材リストを示す

表 2 - 6 保有機材リスト (GSE)

No	Equipment type	Year of manufacture or purchase	Qty	Make	Status of operating	Drilling capacity (meters)
A. Drilling equipment						
1	Top 2005 Top head drive core machine	1987	1	Japan	Very good condition	H 500 N 750
2	TBM-150 spindle head core machine	1987	2	Japan	Very good condition	H 540 N 840
3	Tom-150 spindle head core machine	1987	1	Japan	Very good condition	H 250 N 350
4	Top-150 spindle head drive core machine	1987	1	Japan	Very good condition	H 250 N 350
5	CS-2000S Top head core machine	1995	3	USA	Full automatic, Very good condition	H 590 N 850
6	UDR 200 DLS core machine	Oct. 2007	2	Chile	New & Very good condition	H 680 N 1000
7	Double tube cbassy, PQT		15	Japan		
8	Double tube core barrel ass'y, HQ		30	USA & Japan	New & Very good condition	
9	Double tube core barrel ass'y, NQ		25	Canada & Japan	New & Very good condition	
10	Tripple tube core barrel ass'y, HQ3		16	Canada	New & Very good condition	
11	Tripple tube core barrel ass'y, NQ3		18	Canada	New & Very good condition	
12	Russian Cbarrel for soft formation ass'y		23	Russian	Very good condition	
13	TR Core barrel ass'y		1	Japan	Very good condition	
14	PQT over shot		10	Japan	Very good condition	
15	HQ over shot		12	Canada & USA	New & Very good condition	
16	NQ over shot		14	Canada & USA	New & Very good condition	
17	Casing different sizes			Japan	Very good condition	
18	Rods different sizes			Japan, USA & France	New & Very good condition	
19	Bits different sizes			Japan & USA	New & Very good condition	
Geophysical Equipment						
1	Seismograph • Terraloc MK III • Teraloc MK VI	• 1986 • 1996	1 1	ABEM, Sweden	✓ Working ✓ Needs maintenance	
2	LaCoste & Romber Gravimeter	1985		USA	Working	
3	IPR-12 IP & Resistivity Receiver	1994	1	Scintrex, Canada	Working	
4	IPR-10A IP & Resistivity Receiver	1987	2	Scintrex, Canada	Working	
5	GAD-6 gamma-ray spectrometer with GSP-4S sensor	1996	1	Scintrex, Canada	Working	
6	GIS-5 gamma-ray spectrometer	1987	1	Scintrex, Canada	Working	
7	IGS-2/MP-4 proton magnetometer	1987	1	Scintrex, Canada	Working	
8	IGS-2/EM-4 EM receiver	1987	2	Scintrex, Canada	Working	
9	TM-2 EM transmitter	1987	1	Scintrex, Canada	Requires replacement battery	
10	TSQ-3 3KW transmitter	1987	1	Scintrex, Canada	Working	
11	Equipment for density, porosity & magnetic susceptibility measurement	1996	1	Norway	Working	
12	CTU-2 Core testing unit	1987	2	Scintrex, Canada	Working	
Physical property testing field & laboratory equipment						
1	Point load tester		1		Working	
2	Pocket penetrometer		2		Working	
3	Dry and wet density measuring equipment					
4						

Source: Reply of Questionnaire

4) まとめ

保有機材リスト及びプロジェクト要請書にあがっている機材リストを見ても、地すべりと直接的に関連する機材はほとんどないことから、GSEは地すべり調査の経験はほぼないことを示唆するものと考えられる。

GSEの保有する機材のうち直接地すべりと関連する、もしくは流用可能と考えられる機材は以下のとおりである。

- ・ボーリング機材
- ・弾性波探査、電気探査等の物理探査用機材
- ・X線回折装置等の化学成分分析装置
- ・水質分析機材
- ・岩石薄片作成及び観察機材

これら以外の機材についてはおおむね鉱山用であり、地すべり調査に直接は関連しないと考えられる。

要請書にあげられた機材のうち、高精度GPSは地すべりモニタリング装置として有用であるが、当該地域の地すべりは移動速度が大きいと考えられるため、高価なGPSを用いる必要はなく、通常の測量や伸縮計等によるモニタリングで十分であると考えられる。

したがって、要請された機材のうち必要な機材は、地下水位計程度であり、その他の機材は地すべり調査にはほぼ不要と考えられる。

むしろ、地盤伸縮計、地盤傾斜計等の地表移動量調査用機材、パイプ歪計、地中伸縮計等の地中移動量調査用機材、地下水位計、地下水垂直検層器等の地下水調査用機材、雨量計等の機材供与が妥当と考えられる。

なお、ボーリング機材に関しては、45～90°の角度のみ掘削可能ということであり、水平ボーリングに適した機材は有していないとのことであった。

2 - 4 関係者調査結果概要

2 - 4 - 1 エチオピア道路公社 (Ethiopian Roads Authority : ERA)

(1) 関連法令及び関連政策

「エ」国の第1次貧困削減戦略ペーパーにあたる「エチオピア持続的発展・貧困削減プログラム Ethiopian Sustainable Development and Poverty Reduction Programme 2001/02-2004/05 (SDPRP)」また、第2次貧困削減戦略ペーパーにあたる「貧困を終わらせるための急速かつ持続的な開発計画 Plan for Accelerated and Sustained Development to End Poverty 2005/06-2009/10 (PASDEP)」では、道路分野を社会経済発展の重点分野の一つとして位置づけている。

ERAでは、1997年以降5年ごとにフェーズを分けて道路整備計画 (Road Sector Development Program : RSDP) を各ドナーの支援を受けて実施してきており、現在RSDP [2007-2010、合計35,172million Birr (約3,517億円)] を実施中である。RSDP 終了時までには、ERAが管理する連邦道路の20,080km及び地方道路の22,349kmの合計42,429kmの道路ネットワークが完成しており、そのうちが5,452km (12.8%) が舗装されている。

RSDP では、2009/10終了時（2010年6月：Ethiopian fiscal yearの最終月）までに達成すべき目標を次のように掲げている。道路より5km遠い居住地を63%までに減らす、道路密度を116km/1,000km²及び1.5km/1,000人に増やす、道路の平均離間距離を11kmに減らす、良い状態の道路を82%増やす。

また道路の劣化、損傷による交通輸送量の停滞を防ぐため、RSDPの枠組みのもとで道路の維持管理に関する取り組みを行ってきている。RSDP Iにおいては、延長254kmの道路に対して、予算規模で93.5 million Birr（約9.3億円）の維持管理費が費やされた。また、RSDP においては、延長2,564kmの道路に対して、709.7million Birr（約70.9億円）の予算を投入し、舗装劣化部に対する修理と砂利舗装の大規模維持管理が行われた。

（2）組織及び人材

1）沿革と役割

「エ」国の道路行政の実施は、1951年に設立された帝国高速道路局(Imperial Highway Authority：IHA)にはじまる(Proclamation No.115/1951)。1978年にはエチオピア道路公社(Ethiopian Roads Authority：ERA)が設立された(Proclamation No.133/1978)。1993年の組織改定では、地方道路の業務については地方政府に委ねられた(Proclamation No.63/1993)。1997年には高速道路開発の業務追加を含めた再度の組織改定がなされている(Proclamation No.80/1997)。

幹線道路Trunk Road及び幹線道路への連絡道路Link Road の設計、建設、運営維持にかかわる長期・短期計画を作成し、実施することがERAの業務である。

2）組織構成

ERAの所管省庁は、Ministry of Works and Urban Development（旧 Ministry of Infrastructure）である。1997年の組織改定によりERAはかなりの独立性が認められ、予算の承認、予定職員数、職員基準給与等の重要事項以外の道路の業務実施に関する事項は独自に決定できる。

ERAは総裁Director General（DG）の下に、運営局Operations Department、エンジニアリング・規制局Engineering & Regulatory Department、人事財務局Human Resource & Finance Departmentの3局からなり、3人のDeputy Director General（DDG）が統括している。Departmentの下にDivision、その下にBranchで構成されており、Division Manager及びBranch Chiefで統括されている（図2 - 2参照）。

3）職員

ERAには、2008年12月現在19,102名の職員がおり、1年前の2007年12月18,672名に比べ430人増加している。本部に2,672名、地方事務所に7,440名、プロジェクトでの勤務が8,990名である。

採用形態は常勤職員と契約職員があり、前者は7,090名（37%）、後者は12,012名（63%）で、そのうち本部は1,747名及び925名、地方は3,722名及び3,718名、プロジェ

クトでは1,621名及び7,369名である。

その学歴構成は、 大学卒Professionalが651名、 短大卒Sub-Professionalが597名、 高校卒Technicianが565名、 その他が17,289名となっている（データが提出されていない3箇所の地方事務所の人員すべてはその他に含めた）。

ERAの給与は職位とその在職年数（在職年の年平均アップ率は約5%）により決められている。給与規定はSalary Scaleと呼ばれ、景気動向に応じたエスカレーションはなく、数年ごとに数値の見直しがある。至近年では2007年7月に見直しされている。月報酬は課長職branch chiefで4,094Birr、部長職division managerで4,645Birr、総裁職で5,927Birrである。大学卒で4年以上在職者は車の供与と通勤のための燃料費が支払われる。大学卒2年目の職員給与は2,014Birrで、マーケットの標準といわれている4,000Birr（ERA人事部長談）に比較すると給与水準は低い。このため、ERAの人材の入れ替わりは激しく、2006～2008年の過去3年の平均で大学卒職員の101名、短大卒職員の419名が離職している。特に、地方事務所の短大卒職員は年平均403名と離職者が多い。

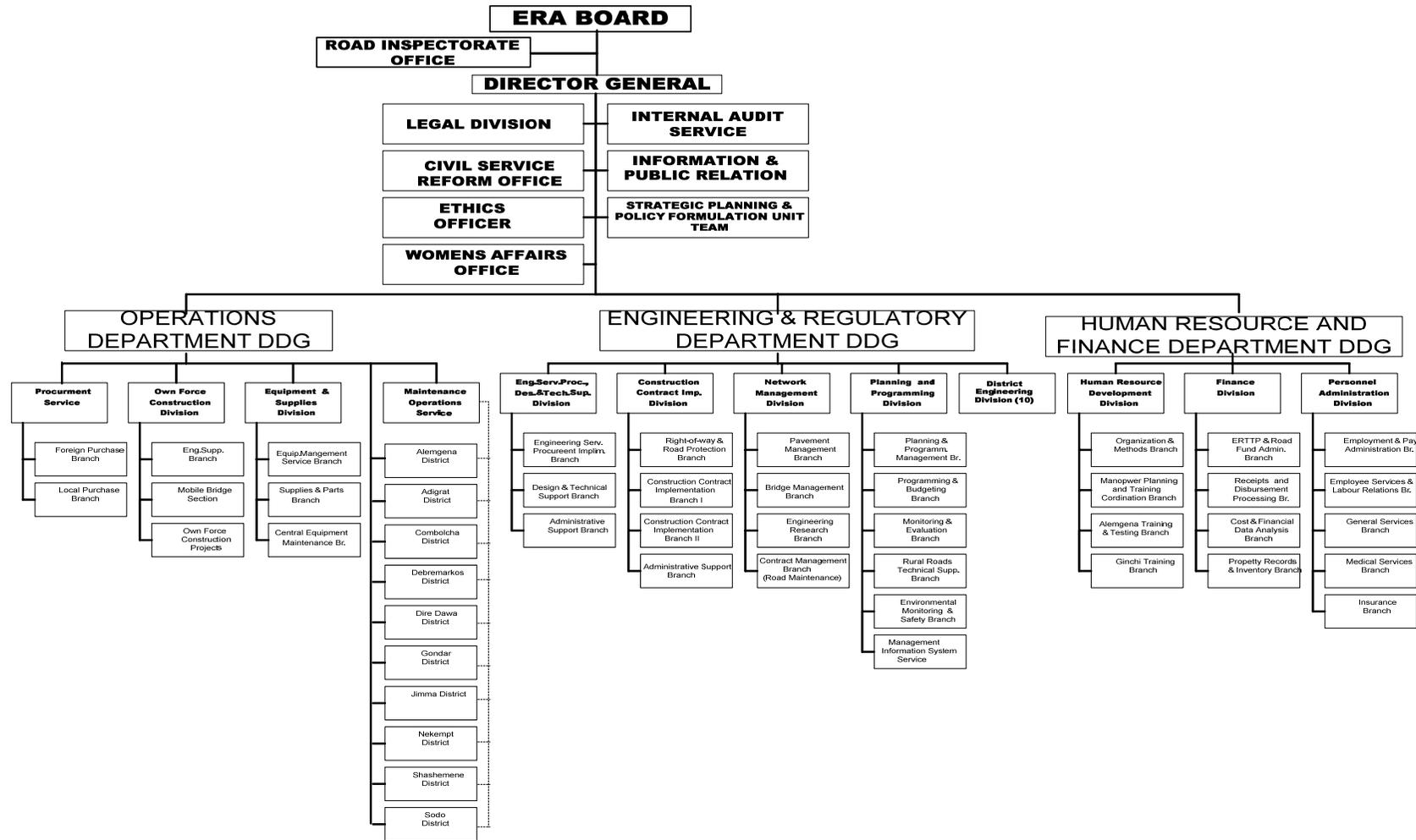


図 2 - 2 ERAの組織図

ETHIOPIAN ROADS AUTHORITY ORGANIZATIONAL CHART

(3) 道路運営維持管理

1) 実施部門

ERA管轄道路の運営維持管理は、全国を10箇所に分けて地方支部で実施している。本部のエンジニアリング・規制局に所属する地方技術課（District Engineering Division：DED）が運営維持管理の計画及び工事の監督を実施する。本部の運営局に所属する地方道路運営維持請負者（District Road Maintenance Contractor：DRMC）が運営維持工事の実務を実施している。DED及びDRMCの代表である所長ManagerはERA本部からの派遣であるが、ほかのスタッフはそれぞれの地方組織での採用である。地方組織のEngineerの補充は資金的には問題ないが、絶対数が足りないため市場からの調達に難しい状況にある。

DEDとDRMCの両者はクライアントとコントラクターの関係にあり、道路運営維持業務は、ERA組織内における契約（実際は覚書での処理）により実施されている。一部に民間業者に請負わせている箇所があり、業者は機材を保有して業務を実施している。DRMCは業務報告として毎月、月報を提出している。DEDはDRMCの報告をもとに月報を作成している。予算の原案はDRMCが作成している地方事務所が多い。

各DEDとDRMCは、セクション“Section”と呼ばれる現場派出所があり、それぞれに監督員“supervisor”と世話役“foreman”が駐在しており、工事監督と請負工事業務を行っている。重要な決定事項がある場合は、各DEDとDRMC事務所に駐在するEngineerまたは所長に電話で連絡をして決定を仰いでいる。

維持管理機材に関しては、DRMCがリース料をERA本部に支払い（2009年1月より実施）、機材の使用及び維持管理を行っている。維持管理資機材の修理のうち、簡易なものは各セクション、大掛かりなものは各DRMC事務所のワークショップで行っている。

道路の運営維持管理にかかわる費用は道路ファンドから拠出される。道路現状調査結果に基づいて各DEDにより作成された維持管理予算素案は、エンジニアリング・規制局所属のネットワーク管理部Network Management Divisionでヒアリングを受け、予算原案として本部3局で協議され、ERAより道路ファンド事務所へ提出される。

道路ファンド事務所から承認された運営維持管理予算により、日常維持管理業務Routine Maintenance及び定期維持管理業務Periodic Maintenanceが実施される。

2) アバイ渓谷地すべり地帯の道路維持管理

アバイ渓谷地すべり地帯を通る道路は、ERAが運営維持管理するA3と名づけられている幹線道路である。アバイ渓谷地すべり地帯の担当地方事務所はアジスアベバより19km離れたところに事務所を有するアテムガナDED及びDRMCである（同じ敷地内にある）。本来の担当区域はアジスアベバ～ゴハチヨン～アバイ渓谷までがアテムガナ地方事務所（セクションはMukaturi Section）、アバイ渓谷よりデジェン側がデベル

マルコス地方事務所（セクションはDejion Section）に分かれているが、アバイ渓谷の両岸にまたがる地すべり地帯の対応はアラムガナ地方事務所に対応する。将来は、管理境界をアバイ渓谷でなくデジェンにし、アバイ渓谷周辺の維持管理すべてをアラムガナ地方事務所に対応する予定である（ネットワーク管理部部長Mr. Haddisからの聴取）。

<アラムガナDED>

DED本部とセクションに31名の職員（運転手を含む）が、2009年3月現在在籍している。9箇所のセクションに分けて維持管理業務を行っており、8箇所の業務をアラムガナDRMCに委託し、1箇所（Mudjo Section）を民間に委託している。担当道路の総延長は3,513kmで、そのうち1,461kmが舗装されている。アバイ渓谷周辺道路の担当セクションはMukatari Section である。DEDにおける技術者は以下のとおりである。

- ・ 3 Civil Engineers in DED
- ・ 8 Supervisors in 8 Sections
- ・ 1 Counterpart in Modjo Section
- ・ 2 staffs in the laboratory
- ・ 2 Surveyors

Supervisorの定着はいいが、Engineerの離職は激しくリクルートも困難で、しばらく不在であったCivil Engineerを2009年3名採用した（所長Managerより聴取）。所長は2009年1月に他のDEDより異動、アバイ渓谷の地すべり問題は情報を持っていない。

<アラムガナDRMC>

DRMC本部に315名の職員（運転手を含む）が、2009年3月現在在籍している。そのうち242人が常勤で73名が非常勤である。Foreman以上の技術者は約130人、重機のオペレーターは約70人が従事している。担当道路の総延長は2,500kmでそのうち895kmが舗装されている。アバイ渓谷を担当するセクションMukatari Sectionに、常勤38名、非常勤68名の合計104名が勤務している。

当DRMCの所長Managerは本部勤務のあと、2年ほど現職に従事しており、地すべりにかかわる問題意識は強い。地すべりに関しては現有の人数で処理できると考えるが、キャパビルと機材の補強をJICAをお願いし、今後はアラムガナDRMCで生じている他の地すべり（Armanyia 及びWula Gebriel地域）にも対応できるようにしたいとの話であった。

アラムガナDRMCの契約はすべてERAとの契約で、年間損益の推移は以下のとおりである。これによると2004年以降業務量が増加し、収支も改善されている。

表 2 - 7 アレムガナDRMCの年間契約額の推移

(in Birr)

年度	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08
収入	31,823,862	33,325,859	61,282,359	52,140,427	59,681,237	62,407,797
支出	35,390,976	38,556,163	76,304,251	50,712,290	56,467,133	53,908,300
損益	-3,567,114	-5,230,305	-15,204,749	1,428,137	3,214,105	8,499,497

3) 維持管理予算

「工」国政府は、RSDP の目標を実現するために、約30%の政府予算を道路部門に投資している。道路整備の主体であるERAの予算は着実に増加している。

維持管理費用についてはすべて道路ファンドより拠出されており、その他は政府予算により拠出されている。つまり、DRMCの人件費と維持管理業務の実施及び民間業者への委託費が道路ファンドから拠出されている。

道路ファンドは、1997年に創設され、燃料税・政府補助金等を財源とし、道路維持管理、道路安全施設整備及び関連する人材育成のみに使用される特定財源である。ERAが管轄する幹線道路のみならず、州政府や特定市（アジスアベバ市等）が管理する道路の維持管理にも割り当てられている。道路ファンドは、道路ファンド管理事務所が管理しており、その使用・配分に関する一切の権限を有している。したがって、ERAを含む道路管理機関は毎年、道路ファンド管理事務所に維持管理計画書を提出し、直接ファンド事務所の査定を経て予算を獲得している。これらの予算配分は、幹線道路を管轄するERAへ65～70%、地方政府へ20～25%、特別市へ約10%の配分となっている。支払いベースでみると、ERAへの配分は70%以上と比率が高くなる。道路ファンドよりERAに配分された過去3年間の収入及び支出状況を表2 - 8 に示す。

表 2 - 8 道路ファンドからERAへの財政割り当て（2004～2008）

(In million Birr)

Year	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08
Budget	171	279	349	563	641
Disbursement	266	429	394	691	1,044

ERAのRoad Fund Branchより聴取。

(4) 道路業務にかかわる連携状況

1) 国際機関及び他ドナーの支援

国際機関及び各ドナー国は、RSDPに基づき道路部門への援助を行っており、IDA、AFDB、EU、日本、ドイツが主な援助国・機関である。

地すべりにかかわる他ドナーによる支援に関しては、道路建設に際して生じた地すべりの調査は実施されているが、地すべりにかかわる能力向上技術支援は実施されていない。

道路部門への「工」国政府、特定財源である道路ファンド、国際機関、各ドナーの「工」国への財政支出は年々増加しており、特に2006/07年からは急増している。1998年から2008年までの財政支出を表2 - 9に示す。

表2 - 9 道路部門への財政支出（1998～2008）

(In million Birr)												
Financiers	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	Total
IDA	126.8	221.7	120.2	343.0	621.2	798.1	723.0	834.5	196.7	583.1	841.9	5410.2
EU	64.9	114.8	185.5	159.9	153.0	204.1	135.1	287.0	674.4	749.2	1156.7	3884.6
ADB	220.6	135.8	29.1	67.2	53.7	100.6	73.3	145.2	102.7	96.0	160.1	1184.3
NDF	0.0	0.0	5.5	6.8	2.5	12.6	13.8	5.9	4.4	27.2	33.3	112
Japan	0.0	41.0	11.6	104.1	8.2	179.6	116.4	22.6	61.4	0.0	86.6	631.5
Germany	10.3	4.4	5.6	6.7	0.7	40.6	50.7	68.4	18.1	124.7	4.2	334.4
Sweden	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	5
Ireland	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	4.5	0.0	7.1	5.4	3.9	0.0	23.5
UK	4.6	4.6	4.7	4.6	4.7	31.5	0.0	15.9	40.1	47.5	13.6	171.8
OFID	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	46.4	35.7	54.4	156.6	101.5	395.1
BADEA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	59.7	66.5	126.4
SDF	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.3	44.4	83.7
GOE	573.7	608.5	598.2	796.6	878.5	772.6	813.0	1119.3	2116.4	2857.7	5096.0	16230.5
Road Fund	137.2	144.3	187.2	233.2	276.3	211.5	367.9	567.4	614.1	785.4	1310.2	4834.7
Community	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	199.9	684.9	85.2	970
TOTAL	1138.1	1275.1	1147.6	1722.1	2001.7	2355.9	2339.5	3114.1	4088.0	6215.2	9000.3	34397.7

Source: ERA RSDP Performance: Eleven Years Later September 2008

4) 地すべり調査委託（アジスアベバ大学）

ERAの自主的な調査として、アジスアベバ大学土木工学部（Civil Engineering Department of the Addis Ababa University: AAU-CED）に依頼している業務が実施中である。ERAとAAU-CEDは、2004年1月27日に道路で生じた問題について共同で対処するという覚書を結んでいる。今回の業務は、Asebe Teferi-Kulbe Road（アバイ渓谷を通る幹線道路A3とは別系統道路）Hirna-Kulbi区間の地すべりの現地踏査とその報告書作成についてコンサルタント契約をしたものである。現状把握と対策について立案する業務で、担当はエンジニアリング・規制局のネットワーク管理部である。業務の概要について以下に述べる。

契約名は“ Reconnaissance Survey to Investigate the Landslide Problem of Asebe Teferi-Kulbi Road ”、契約相手方は“ Civil Engineering Department of the Addis Ababa University (AAU-CED) ”、契約日は2007年5月29日。契約金は約10万Birrで、地質工学者の3.4MMの業務量としている（単価20,000Birr/M）。背景としては、ワールドバンク融資のAsebe Teferi-Kulbe Roadの改良事業において、Hirna-Kulbi区間で地すべりが生じ、コンサルタントのScott Wilsonが調査を実施し、報告書（2005年10月25日）を作成した。その後、他の区間Teferi-Hirnaでもいくつかの地すべりが生じたため、AAU-CEDに調査を依頼したものである。大学教授が授業の合間に業務を行うため、終了まで時間がかかるとのネットワーク管理部の話であった。

5) 通行止め及び交通事故にかかわる対応

何らかの事象（地すべり等）で道路の供用ができなくなった場合は、ERAは通行止めの通報をすることになっている。現場（DRMC事務所）からERA本部へ連絡が入り、Information and Public Relations Servicesから、ラジオ、テレビ、新聞等の公共メディアを通じて通報される。同時に、現場から地方自治体に通報され、地方自治体は各関係村落、警察等に通報することになっている。

交通事故が生じた場合は、横転等の自損事故も含め警察に通報され、警察の調査が実施される。通行に支障が生じた場合は、警察の調査が終了次第、ERAが事故車両を撤去し通行の確保を実施している。

(4) 道路運営にかかわる課題

1) 地すべり状況

ERAが運営維持管理している道路において、地方事務所から地すべりの危険箇所について対処依頼がきている。現在、その数は40箇所近くにのぼる。現地踏査により危険度を大中小に分けて報告している。ERAが調査した道路運営にかかわる地すべりリストを表2 - 10に示す。

表2 - 10 道路運営にかかわる地すべりリスト

Item No.	District	Road Name	Surface Type	Station for Landslide Problem Section (From A.A)	Severity
1	Adigrat	Waja-Maichew-Adigudom	AC	606+400	Medium
				638+500	Low
				652+300	Low
				674+100	Very High
				699+620	Very High
				676+200	Medium
				679+300	Medium
		704+200	Medium		
		Alamata-Mehoni-Maichew	Gravel	657+300	Low
		Mehoni-Hewane	Gravel	706+200	Medium
				703+400	Medium
		Korem-Tsilary- Sekota	Gravel	637+100	Medium
				649+800	Medium
				669+200	Medium
		Mekele-Negash	AC	672+500	Low
				790+000	High
799+000	Very High				
Adigrat-Zalambessa	AC(Cold Mix)	804+000	High		
		920+000	Medium		
Sekota-Agbe	Gravel	722+000	Medium		
		757+000	High		

Item No.	District	Road Name	Surface Type	Station for Landslide Problem Section (From A.A)	Severity		
2	Alemgena	Mukaturi-Alemketema	Gravel	135+750	High		
				136+500	High		
				137+000	High		
				139+500	High		
				139+900	High		
				141+950	High		
						142+000	High
				Robgebeya-Kella	Gravel	74+000	Low
				Senbo-K/River	Gravel	130+000	Medium
				Aleltu-Etesa	Gravel	62+000	Medium
				Ginchi-Busa-Tulubolo	Gravel	25+000	Low
				Atat-Kose	Gravel	149+000	Low
				Gubre-Bjobar	Gravel	169+000	Low
				Welkite-Mazoria-Hosana	Gravel	169+800	Low
						235+000	Low
				Tarmaber-Meleya	Gravel	168+000	Medium
		A/Ketema-Dogolo	Gravel	184+000	Low		
				184+400	Medium		
				255+000	Medium		
3	Kombolcha	Tenta-Wogeltena	Gravel	249+600	High		
		Gashena-K/Abeba	Gravel	373+000	High		
		Downt-Gashena	Gravel	348+000	High		
				345+000	Medium		
		Lalibela-Sekota	Gravel	417+000	Medium		
471+000	Medium						
		Woldia-Robit	AC	527+000	Low		
4	Debremarkos	D/Markos-Bure	AC	310+100	Low		
				319+900	Medium		
				337+800	High		
				338+400	High		
				365+470	Low		
		Chagni-Mambuk junction	Gravel	525+000	Medium		
		Mota-Zema River Bridge	Gravel	390+000	Medium		
5	Jimma	Jimma-Meteso-Chida-Waka	Gravel	382+100	High		
				390+900	High		
				438+100	High		
				463+600	High		
				469+200	Medium		
				527+500	Low		
				563+500	High		
				566+300	Medium		
		573+900	Low				
		Bedelle-Dedessa		518+900	Medium		

Item No.	District	Road Name	Surface Type	Station for Landslide Problem Section (From A.A)	Severity
5		Chora-Yayu	AC/ST	550+500	High
				566+700	Low
				567+000	Low
		Wacha-Mizan		556+400	High
				578+500	High
		Gojeb River-Diri Junction	Gravel	547+300	Low
Tepi-Mizan		808+000	High		
6	Nekemte	Gedo-Fincha-Lemlembereha		197+000	Medium
				214+000	Medium
				226+000	Medium
				310+000	Medium
				314+000	Medium
				316+000	Medium
		Nekemte-Guten-Gida		386+000	Medium
				388+000	Medium
				438+000	High
		Mekenajo-Yugdu		455+000	Medium
				463+000	Medium
				475+000	High
		Gedo-Bako-Nekemte		194+000	Medium
				197+000	High
				276+000	Medium
		Aposto-Dilla	ST	311+300	Very High
				312+000	Very High
		F/Genet-H/Mariam	ST	402+000	Very High
412+000	Very High				
7	Sodo	Sodo-Waka		412+000	High
				439+000	Low
				474+000	Low
				479+000	Low

2) 過積載及び交通量

現在、「エ」国の主要道路では過積載のトラックが非常に多く、道路の維持補修の費用が増える原因になっている。道路の輪荷重調査は、ERAにより各国道に測定所(計9箇所)を設けて実施され、Annual Axle Load Surveyとしてまとめられている。アバイ渓谷を横断する国道A3ではSuluta(アレムガナDED/DRMCの近く)に測定所が設置されている。このためアバイ渓谷のゴハチオン側では測定できるが、デジェン側では測定できない状況にあり、デジェン側への測定所設置が望まれる。法定最大輪荷重は、前輪が8t後輪が10tと決められている。Suluta測定所で測定された過積載(後輪軸重)の最大は21t(11tオーバー)、過積載(後輪軸重)車両の割合は51%に達する(Annual Axle Load Survey 2008/07より)。

各道路の交通量測定がERAにより実施され、Annual Rural Traffic Movement in Ethiopiaとしてまとめられている。アバイ渓谷の国道A3（Addis-D/Markos）の交通量は日平均交通量が1,004台、そのうち車が17%、バスが29%、トラック45%が、トラックトレーラーが8%である（Annual Rural Traffic Movement in Ethiopia 2006）。交通量は1992～2005年において、5～7%増加している。

2 - 4 - 2 エチオピア地質調査庁（Geological Survey of Ethiopia：GSE）

（1）沿革及び関連法令

GSEは、鉱山エネルギー省（Ministry of Mines and Energy：MME）の一局のThe Geological Survey of Ethiopiaとして、1968年に設立されたのが始まりである。1984年にはEthiopian Institute of Geological Surveysとして、2000年にはエチオピア地質調査庁（Geological Survey of Ethiopia：GSE）として組織が変わった。GSEとしての組織は、政府の布告によりなされている（Proclamation No.194/2000）。

GSEの活動は以下のとおりである（GSEのHPより）。

- ・地質図及び地化学図の作成
- ・経済的に採掘可能な鉱物資源の評価
- ・地質状況を考慮した地下水状況の把握
- ・地質工学的なアドバイス
- ・地すべりや斜面安定等の自然災害の調査
- ・地熱資源探査の実施
- ・物理探査の実施
- ・地質サンプルの試験と分析
- ・政府系機関及び民間へのコンサルタント業務の実施

使用しているガイドラインは以下のとおりである

- ・地質工学調査ガイドライン
- ・物理探査調査ガイドライン
- ・水理地質調査ガイドライン
- ・地震学及び地球内部物理マニュアル

（2）組織

GSEの所管省庁は、MMEである。GSEはMMEの中で自治を認められている部署とされており、予算の執行や人事はGSEに任されている。GSEの代表は総裁（Director General：DG）で、その下に主任地質学者Chief Geologistが所属している。両者とも技術者である。DGはすべての事項にかかわる責任者であり、Chief Geologistは技術系職員の業務を指導している。技術系部署は以下の部署に分かれている（「図2 - 3」参照）。

- ・Regional Geology and Geochemistry Department
- ・Economic Mineral Exploration and Evaluation Department
- ・Hydrogeology, Engineering and Geothermal Department
- ・Geophysics Department

- ・ Central Geological Laboratory (CGL)
- ・ Drilling Department
- ・ Scientific Equipment Maintenance Service
- ・ Geosciences Information Center

4月に予定されているMMEの組織改正にあわせ、GSEも組織改正を実施する予定である。改正の目玉は、既存局より人材を集めて設立する災害調査部Geo-hazard Investigation Departmentである。地すべりの現象把握及び原因究明はこの部で実施するとしている。

災害調査部の活動には以下の事項と対応する技術者が予定されている。

- ・ 地質工学的調査 (18人)
- ・ 地震及び火山による災害調査 (6人)
- ・ 地盤環境汚濁調査 (5人)

地すべり調査は「地質工学的調査」の一環として実施される予定である (災害調査部 Geo-hazard Investigation Department に関しては本準備調査のカウンターパートの Dr. Getnetからの情報)。

(3) 職員

GSEは796人の職員がおり、174名の地球科学者、20名の化学者、9名のEngineer、2名のプログラマーが、2007年現在在籍している (GSEのHPより)。すべて常勤職員である。GSEの技術系主要部署の職員と過去5年間の職員の離職及び採用は以下のとおりである。

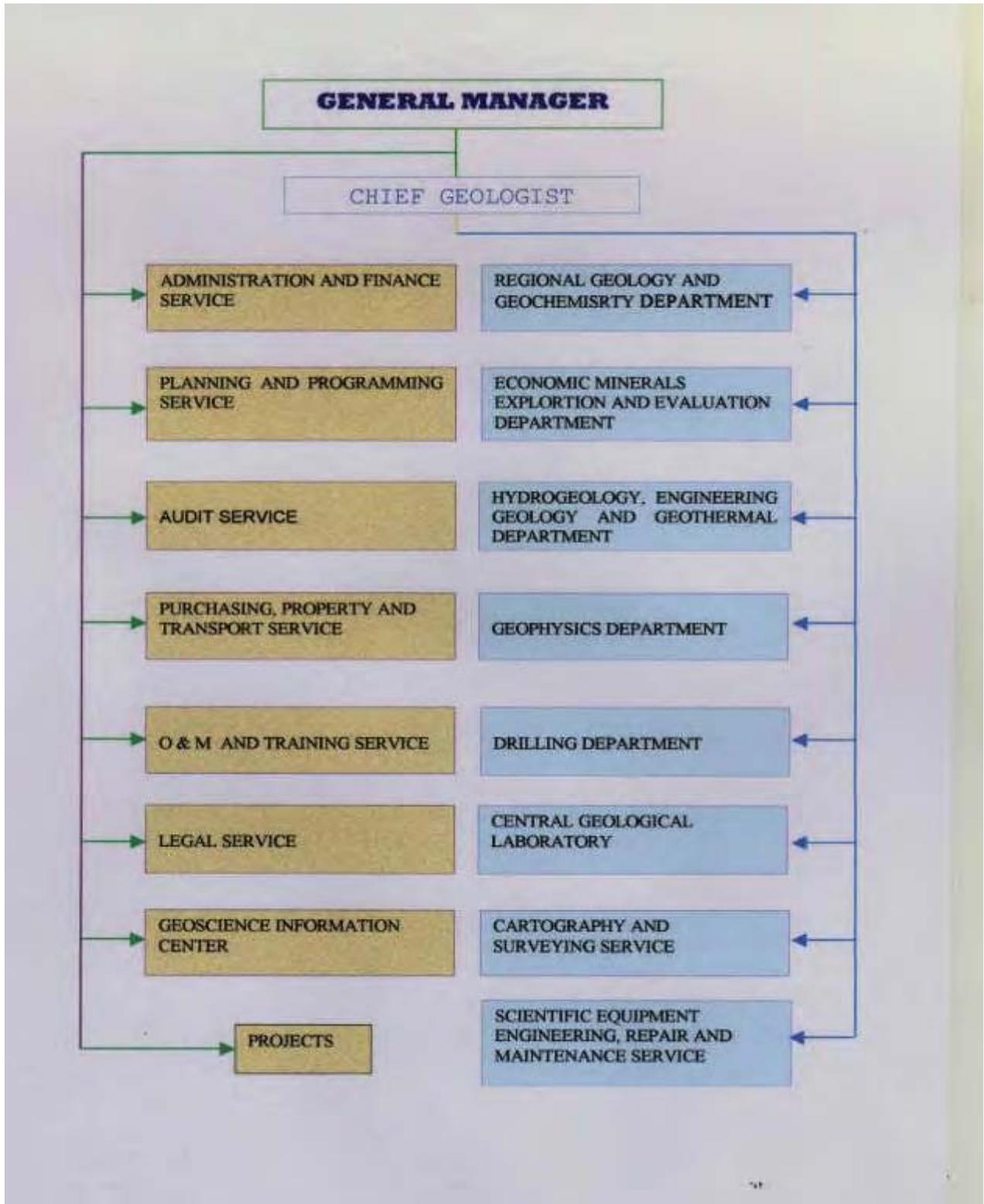


図 2 - 3 GSEの組織図

表 2 - 11 GSEの技術系主要部署の職員

No	DEPARTMENTS	TECHNICAL STAFF	
		As of May 2009	Stuff left & joined in the last 5 years
1	Regional Geology & Geochemistry	26	None
2	Mineral Exploration, and Evaluation	42	14 left & 17 joined
3	Geophysics	30	5 left & 12 joined
4	Hydrogeology, Engineering Geology & Geothermal	43	4 left & 5 joined
5	Central Geological Survey Laboratory	23	None
6	Drilling	*15	None
	Total	179	

*There are additional 90 staff as drilling operators in the Drilling Dep.
 Note: 現在のGSEの組織（組織改正前）における人員。データはDr.Getnetより。

(4) 予算

予算は政府で認定されたプロジェクト、外部機関から依頼されたプロジェクト、国際援助機関との共同プロジェクトの3種類に分けられる。

政府からの予算の手続きについては、まず各技術部がプロジェクトの調整を行っているPlan & Program Serviceにプロジェクト・プロポーザルを提出する。全プロポーザルをそろえて主任地質技術室が第一の審査をし、その後DGをはじめ各部長で構成された会議で最終決定がなされる。優先順位が付けられたプロポーザルはMMEに提出され、最終審査を得たあとにMME予算申請書として財務経済協力省に提出される。過去5年間の予算は以下のとおりである。政府からの予算が2006年度から急激に伸びているのが特徴である。

表 2 - 12 GESの過去5年間の予算の推移

(in Birr)

Fiscal Year	Governmental budget	Consultancy Service	Donation	Total
2007/2008	16,888,120	3,934,479	877,000	21,699,599
2006/2007	17,454,567	1,628,899	877,000	19,960,466
2005/2006	3,644,800	2,364,086	0	6,008,886
2004/2005	3,710,600	1,199,524	907,200	5,817,324
2003/2004	4,027,557	*1,100,000	1,059,228	6,186,785

*Not well confirmed information.

Note: 為替は2009年4月現在 1 USD = 11.35Eth.Birr、データはDr.Getnetより。

(5) 実施事業

業務は、予算で認可されたプロジェクトベースで行う。予算の決定は MMEからの要望、災害による人命及び経済的影響の度合いを考慮して決められる。地すべりの調査は優先順位の高いものとして扱われるとの話である。特にアバイ渓谷地すべり調査は、今までにかかった地すべり後の対処費用や道路の重要性を考えると優先順位は非常に高い。2005/06年に政府予算で行われた事業を以下に示す。

- ・ Harrar地域地質図作成
- ・ 西エチオピア低地の水理地質調査
- ・ Borenaの水理地質図作成
- ・ Dugi-Mambukの鉱物調査
- ・ Gizenの地質踏査
- ・ Adollaのセラミック探査
- ・ Awata-Dawaの金探査
- ・ Jemma流域の地質図作成
- ・ Dubtiの地熱調査
- ・ Felege-Selamの石炭調査
- ・ Humeraの石油探査

第3章 調査結果からの提言

3 - 1 「エ」国政府に対する提言

3 - 1 - 1 アバイ渓谷地すべり対策アクションプラン

アバイ渓谷国道3号線における地すべり地の特徴から、地すべり対策について次の2つの点が指摘することができる。

(1) Sta. 1 からSta. 5 区間の地すべり対策の緊急性と重要性

アバイ川渓谷の地形で示したように、ゴハチオン側斜面の標高2,000mから2,500mの区間は、玄武岩と凝灰岩の互層からなる急崖が階段状に連続している。この区間の道路の取り付けは、それらの階段状のテラスに堆積した不安定な地すべり地の上を通過せざるを得ず、またその迂回路にも困難を極める。

これらの地形的な要因から、この区間での地すべりの発生による道路閉塞が起これば、完全に通行が遮断され、速やかに代替のバイパスを確保できない可能性が大きい。

特に、Sta. 2 における急な法面とそれに連なる崩壊地に挟まれた不安定な斜面では、一度に1万ha以上の土砂が出るのが予測できる。その土砂によって道路が閉塞されれば、数週間の交通遮断が余儀なくされる。

またSta. 1 においても、道路補修後毎年雨季には、地すべり頭部にあたる道路が毎年1～2m程度の沈下が観測されている。しかし、地すべり中央部の土砂の移動、末端部の活発な土砂の崩落状況から、今後この1～2m程度の沈下にとどまることなく、道路補修が短時間で行えない沈下量を示す、あるいはほとんど修復不可能な移動量を示す可能性も十分に考えられる。

このような状況を放置しながら、道路の通行を遮断させることなく保つことは不可能であり、国道3号線の重要性をかんがみれば、Sta. 1 における道路沈下を防止する工法の導入（杭工とアンカー工の導入）ならびにSta. 2 における不安定土砂の除去は必要不可欠な対策であると考えられる。

(2) アバイ渓谷デジェン側（アバイ橋より終点側）地すべりについての対策

今回踏査したデジェン側の地すべり地（Sta.26～Sta.28+600、Sta.31付近、Sta.33付近）については、今後中長期的に地すべりの機構の解明とその結果に基づく根本的な対策を考えていく必要がある。しかし、当面は地すべりによる道路の変動後に修復し、国道の通行を維持していく方策を取ることが必要かつ可能である。なぜならその地すべりの機構解明ならびにその調査結果に基づいた恒久的な対策を施すためには、中期的な時間を要し、その間においても国道の通行を維持しなければならないためである。またこれらの地すべり地では地形や斜面の傾斜から考えて、Sta. 1 からSta. 5 の区間と比較して、地すべりによって道路が変動したあとも道路が消滅するといった致命的な被害とはならないと考えられる。迂回路や路線の変更を考えながらも、国道としての通行の維持を図る対策を中期的に継続しながら、根本的な地すべり対策を長期的に考えていくことが可能だと思われる。

このようにアバイ溪谷の緊急的かつ長期的な地すべり対策が必要な状況であるにもかかわらず、「エ」国側の地すべりに対する体制はほとんど皆無というのが実状である。2008年まで日本の無償援助によるアバイ溪谷の国道3号線補修工事が行われ、その工事期間中、地すべりによる変状があったとしても、施工会社である鹿島建設(株)の管理体制によって補修作業を行いながら通行を維持することができた。しかし、その工事が終了し鹿島建設(株)が引き上げ、2009年6月以降の雨季からは、もし道路に地すべりによる変状が起こった場合、ERA単独の管理体制によって3号線を通過する車両を安全に通行させることが要求されている。しかしながら、雨季が始まる6月まであと2か月足らずであるが、まだその管理や地すべりが起こった際の修復の体制が全く整っていない。

今調査団では、この来るべき雨季までに「エ」国側が行うべき対策を短期的な対策、その後継続的に恒久対策をも視野に入れた対策を中長期的対策として、各地すべり地ごとにその対策の方法を提案した。また各地すべり地点の具体的なそれらの対策のほかに、道路機能を保全する対策、アバイ溪谷に限らず地すべり対策を行う体制を強化する方策等、長期的な視点からの対策を提案した。また、これら短期的対策、中長期的な対策及びその他の対策を行っていく時間軸を設定し、アクションプランとしてまとめて、「エ」国政府(ERAならびにMME)に提出した。そのアクションプランを付属資料3に添付した。

以下に各地すべり地点における具体的な、短期的な対策と長期的な対策、ならびにその他の対策を示した。

1) 短期的な地すべり対策

a) Sta. 1

道路被災後の修正：地すべりが滑動するごとに、切土、盛土で対応する。道路高さを(ある程度)維持するため、地すべり促進の可能性にかかわらず盛土もやむを得ない。

水平ボーリング：斜面の地下水低下を目的として、水平ボーリングを道路の上方斜面へ、また道路下から行う。現段階では、「エ」国だけでは技術的に対応できない。その機材の導入を国内、近隣諸国からの可能性を検討して、技術的な支援が日本から得られた場合、はじめて導入が可能と考えられる。

b) Sta. 2

道路被災後の修理：道路への土砂転石崩落のたびに、交通制限、除去また変形後の修復により対応する。

交通規制：Sta. 1～5の間は通行規制により1台ごとの通行とし、この間の車両が停滞しないようにする。この措置は人的被害の軽減を目的としたものであり、道路施設の被害は避けられない。

斜面中腹にある水路の付け替え：斜面中腹にある水路の場末が、切土法面右側の崩壊地に流れ込んでおり、それらの水が斜面を一層不安定にさせている。その水路を別の斜面へ付け替える。また、水路からの溢水した水が下方の法面方向に流れ込まないように、水路断面を拡大する。

c) Sta. 2 ~ 5

崩壊地内の整形と水路補修及び明暗渠：地内の地表水浸透を防ぐ。

道路被災後の修正：地すべり変動による道路沈下や左右へのずれに対応し、切土、盛土により、高さを維持する。

d) Sta. 5

頭部排土工：6 ~ 12m切り下ろす。

フトンカゴ+排土：道路脇にスペースを設け、上方Sta. 2 ~ 5地すべりからの崩落のたびにその土砂を排除する。

水平ボーリング：斜面の地下水を低下させる。

e) Sta.22

側溝の維持管理：側溝の閉塞箇所を空けて、道路からの水が崩壊地内へ入り込まないようにする。

道路付け替え：崩壊地（地すべり）が後方へ拡大したら、道路を山側へ付け替える。

f) Sta.26 ~ 28-28 + 600

道路被災後の修正：現段階では地すべりの規模、全貌がまだ把握できておらず、地すべり変動後、道路の補修で対応する。

g) Sta.31付近

道路被災後の補修：崩落後、落ち着いたら取り除き、崩壊地の下部にフトンカゴを施工する。

水平ボーリング：湧水地点に水平ボーリングを施工して、地内地下水位を低下させる。

h) Sta.33 + 500付近

地すべりによる道路の変状を、切土、盛土によって道路高さを調節して補修する。

2) 長期的な地すべり対策

a) 恒久的な地すべり対策工

Sta. 1 からSta. 5 の地すべりについては、上に述べた理由により国道3号線の交通を確保するためには、これらの地すべりを完全に抑止することが不可欠であると考えられ、以下の恒久的な対策を施すことをアクションプランの中で提案している。

Sta. 1 に分布する地すべりに対しては、道路がほぼ地すべり頭部に位置するため、鋼管杭工+アンカー工の組み合わせを基本とする対策を計画する。このほか、地下水排除工として水平ボーリング工、上部斜面からの落石対策等も検討する。

Sta. 2 に分布する地すべりについては、頭部排土工を主体とした対策工を計画する。地下水排除工として、水平ボーリング工を計画する。

Sta. 2 ~ 5 に分布する地すべりに対しては、移動状況によっては鋼管杭による抑止工を検討する。同時に地下水排除工として、集水井工、水平ボーリング工を計画するほか、末端部の崩壊に対して法面工等の崩壊対策を計画する。また、地表水の浸透を防止するために水路工を計画する。

Sta. 5 については、短期的対策における排土工ならびに水平ボーリング工施工後も地すべりの変動が見られた場合、排土工、水平ボーリングを追加することで対応

する。

b) デジェン側地すべりの長期的対策

また、デジェン側の Sta.22から Sta.33 + 500付近の地すべりについては、以下のように調査を行いながら、今後の長期的な対策を検討していくことを提案している。

Sta.22

- ・地すべり性の崩壊が確認するため、調査ボーリング（2本）を行う。
- ・また、調査ボーリング結果により崩壊頭部と道路路肩のスペースを確保するため、道路を山側へ付け替えることが可能か判断する。

Sta.26 ~ 28-28 + 600

- ・空中写真による地すべり全体像の把握が必要。その後長期的な対策を決定する。

Sta.31付近

- ・地質調査により、凝灰岩の標高レベル、崖錐の厚さを把握する。

Sta.33 + 500付近

- ・頭部、急崖直下の陥没帯付近を排土する。
- ・道路下の湧水地点から水平ボーリングで排水する。
- ・道路上側の陥没地にたまる水を排水処理する。

c) 雨季の機能保全（機能延命）

雨季において地すべり変動による道路の変形が起こるときに、速やかな道路の修復と通行の復旧に対処できるように、以下の2点の提案を行った。

- ・車両重量制限、過積載規制

現在、多くの2両連結の大型車両が通過しており、もし地すべりによる段差などで車両を牽引する必要が生じた場合、それらの大型車両ではその作業を迅速に遂行することは不可能あるいは非常に困難なことが容易に想像できた。デジェン側、ゴハチオン側の両方に車両の検閲やターミナルを設け、雨季に大型車両特に連結車両の通行を制限することを提案した。

- ・Stand-by Stationの建設

地すべりによる道路の変形に速やかに対応できるように、ゴハチオン、及びデジェンにStand-by Stationを設置し、機材・人を準備しておくことを提案した。

3) その他の地すべり対策

a) 広域的な地すべり機構の解明

「エ」国内には多くの地すべり地帯が分布しており、雨季における地すべりによる道路の断絶はこのアバイ渓谷の例にかかわらず、多くの「エ」国の経済、社会に大きな損害をもたらす。長期的な「エ」国の利益のためには、この地すべりによってもたらされる損害を軽減する必要がある、そのための地すべりの調査手法ならび対策の計画、施工方法が「エ」国内に定着し、それを行う人材、組織が育つ必要がある。

国家の基盤となる根本的な地すべり対策として、またそれを行う人材、組織を育成することを目的として、この広域の地すべり機構を解明する活動をアクションプランに含めて提案した。

また地すべり調査、ならびにその対策方法が検討されることは別に、広域に分

布する地すべりの機構を解明するために上記のアバイ渓谷を迂回する道路計画において、地すべりの危険地帯を避ける基礎的な資料、情報が蓄積されていくことを想定して、この広域的な地すべり機構を解明する活動をアクションプランに含めて提案した。

b) 石油経路の確保

現在「エ」国では、石油特にディーゼルの多くをスーダンに頼っており、この国道3号線がその石油輸送のほとんど唯一の経路として利用されている。今後もこのアバイ渓谷では、Sta. 1 からSta. 5 間での区間で中長期的な対策を施したあとも、デジェン側の地すべり地では、依然雨季には継続して地すべりによる道路の変動後、修復して国道の通行を維持していく方策を継続しなければならない。その際に石油輸送の機能の低下を防ぐ提言として、デジェン、ゴハチオンに石油基地を設け、渓谷区間を小型車両でピストン輸送することで石油の輸送を維持することを提案した。

c) スーダンへの幹線機能確保 (A3 迂回路としてのWelga州内幹線道路の改修と利用)

現在スーダンや北部エチオピアとアディスアベバとの通行をこのアバイ渓谷区間の地すべり地帯を通過する国道3号線のみにも頼っている状況である。今後、特に雨季におけるスーダン、北部エチオピア～アディスアベバ間の交通をより安全なものとするために、Welga州を通過する幹線道の利用が可能か、またそのための修復を行っていくことの必要性を提言した。

3 - 1 - 2 提言

(1) テクニカルノートによる短期的対策の提言

2008年に日本の無償援助による国道3号線第三次工区補修工事が終了し、工事期間中に地すべりによる道路変動の補修を行ってきた鹿島建設(株)が引き上げた今雨季からは、もし道路に地すべりによる変状が起こった場合、ERA単独の管理体制によって、3号線を通過する車両を安全に通行させることが要求されている。しかし、雨季まであと数か月を残すのみであるにもかかわらず、まだその管理や地すべりが起こった際の修復の体制が十分に整っていないことは上に述べた。

その中でも特に緊急性の高いSta. 1、Sta. 2、Sta. 2～5、Sta. 5ならびにSta. 22について、ERAが独自に、かつ緊急に施すべき対策をテクニカルノートとしてまとめ、ERA側に説明して提出した(付属資料5参照)。

以下にそのテクニカルノートの内容を示す。

1) Sta. 2 における片側通行

Sta. 2の急傾斜にとどまる2つの崩壊地に挟まれた不安定な土塊について、数万 m^3 規模の土砂が崩落する危険性をすでに述べた。その直下で、もし車両が長く渋滞している最中に崩落が発生した場合、多くの車両と人命が巻き込まれて、一度に多くの被害を出すことが想像できる。

そのような状況を避けるため、斜面に兆候が見られるとき、累積雨量が多くなったとき、あるいは伸縮計等の設置によるモニタリングで変動が予想できるときには、車両を1台ずつしか斜面直下を通過させない交通規制を敷くことを提案した。

テクニカルノートでは、その交通規制の方法と斜面の変状を絵で図示した。

2) Sta. 2 斜面中腹の水路の取り付け

斜面中腹にある水路の場末が、切土法面右側の崩壊地に流れ込んでおり、それらの水が斜面を一層不安定にさせている。その水路を別の斜面へ付け替える、また水路からの溢水した水が下方の法面方向に流れ込まないように、水路断面を拡大することを図示して説明した。

3) Sta.22道路側溝の整備

道路脇の側溝水路内に牛の歩行確保のため石積みがなされて閉塞しており、そこから逸水した道路処理水が崩壊地方面に流れ出した可能性が見られた。今後そのあふれ出した水が崩壊斜面に流れ込めば、崩壊地の後方への拡大、それに伴う道路路肩の更なる崩落が懸念されることを指摘し、そのような閉塞物の除去、水路の流量を十分に確保することを提案した。

またSta. 2 やSta.22にかかわらず、補修工事により多くの水路の場末が変更され、道路に集まった水が集中して流れ落ち、道路の路肩斜面を不安定にしている可能性を指摘し、雨季前、雨季中に水路を流れる水を観測して、そのような道路側溝の場末水による斜面の不安定化を、水路の取り付けを変更することにより排除していくことを提案した。

4) Sta. 1 : 水平ボーリングと明暗渠工

地すべり頭部付近の道路上側斜面と下側斜面に水平ボーリングを施工し、その排水処理ならびに地表水の処理を行うことを目的とした明暗渠工の施工を平面図で図示して提案した。

5) Sta. 2 ~ 5 : 水平ボーリングと明暗渠工

2007年度JICA地すべり調査で計画された対策工を「エ」国側で行うことを、平面図で図示して提案した。

6) Sta. 5 : 排土工、水平ボーリングと明暗渠工

Sta. 2 ~ 5 同様2007年度JICA地すべり調査で計画された対策工を「エ」国側で行うことを、平面図で図示して提案した。

(2) 機材等調達必要性

「 2 - 3 」に示したように、アバイ渓谷で地すべりが発生した場合に復旧に必要な機材は、現時点ではERA (アレムガナDRMC) にはそのほとんどが準備できていない状態にある。

したがって、アバイ渓谷で地すべりが発生した場合に少なくとも通行を確保するために必要な機材数は、アレムガナDRMCの要望に従えば表 3 - 1 のようになる。なお、表 2 - 3 には追加で要望のあった軽機材もリストアップしているが、ここでは、当初の要望及び鹿島建設(株)のリストから実際に必要となると考えられる重機のみを示した。

表 3 - 1 調達必要機材リスト (アレムガナDRMC)

(List of construction machinery required for the mitigation of land slide hazard in Abay Gorge)

It. No	Equipment Type	No. Required	Available	No. Procurement	Remarks
1	Excavator 1.5-2m ³	2	0	2	To be used in both sides of Abay gorge
2	Dozer 300 Hp	1	0	2	
3	Motor Grader 160Hp	1	1	0	
4	Front End Loader 2-2.5m ³	2	1	1	
5	Horizontal Boring Machine	2	0	2	
6	Dump Trucks 12m ³ 290PS	10	2	8	To be used in both sides of Abay gorge
7	Drilling Rig	1	0	0	To be used for drainage well construction
8	Jack Hammer with compressor	2	0	2	
9	Small Vehicle (Pickup)	2	0	2	
10	Small Vehicle (Station Wagon)	1	0	1	

Source : Modified from Alemgena DRMC

上表のうち、7 Drilling Rig(掘削機材、表 2 - 3 注参照)については、アレムガナDRMC が長期的対策工で提案している集水井工 (径3.5m) が施工不可能のため、代替案として大孔径ボーリングマシンを提案したものであるが、水平ボーリングが効果的であるので、ここでは供与機材に含めないこととした。

また、機材の価格については地元企業にヒアリングを行った価格を表 3 - 2 に示した。

表 3 - 2 調達必要機材 - 価格リスト

(List of construction machinery required for the mitigation of land slide hazard in Abay Gorge)

It. No	Equipment Type	No. Procurement	Unit Price (USD)	Price (USD)	Remarks
1	Excavator 324DL 169Hp 1.61m ³	2	196,000	392,000	To be used in both sides of Abay gorge
2	Dozer D8R 302 Hp	2	410,000	820,000	
3	Motor Grader 160Hp	0	-	-	
4	Front End Loader 938H 180Hp 2.8m ³	1	172,000	172,000	NorTrac Front End Loader - 72in. Bucket, Model #345
5	Horizontal Boring Machine	2	918,878 (¥92,668,870)	1,837,756	
6	Dump Trucks 12m ³ 290PS	8	125,786	1,006,288	To be used in both sides of Abay gorge
7	Drilling Rig	0			To be used for drainage well construction

8	Jack Hammer XAS137r	2	18,894	37,788	
	Air compressor	2	21,696	43,392	
9	Small Vehicle (Pickup)	2	34,975	69,950	
10	Small Vehicle (Station Wagon)	1	34,975	34,975	
	合計			4,414,149	

Source : List is Modified from Alemgena DRMC
Prices are based on the Interviews from several private firms

3 - 2 支援策

3 - 2 - 1 短期的な地すべり対策

アクションプランあるいはテクニカルノートにおける短期的な対策においては、以下の工法を採用しており、それを「エ」国政府が行うために必要な技術的な支援策を並べて示す。

- (1) 排土工：基本的に「エ」国独自で施工は可能。ただし、土量がSta. 2のように膨大になる場合、その工事費を「エ」国政府が独自に捻出することは不可能で、支援が必要になると考えられる。
- (2) 水平ボーリング：現在ERA独自で周辺国において施工者を探索中であるが、見つからない可能性が高い。もし見つからない場合、ボーリング機械ならびに技術者を、日本から機械と技術者を持ち込んで緊急に施工することが必要になると考えられる。
また、それら水平ボーリングの配置について、緊急に技術的な指導を行う専門家を派遣する必要がある。

3 - 2 - 2 長期的な地すべり対策

アクションプランの中では、各地すべり地の長期的な対策には以下の対策工ならびに対策を提案している。

- (1) 鋼管杭工とアンカー工 (Sta. 1)
- (2) 落石防護柵 (Sta. 1)
- (3) 鋼管杭工と集水井工 (Sta. 2 ~ 5)
- (4) 地すべり機構の解明 (Sta.26 ~ 28 + 600及びSta.32)

これらを行うためには、それぞれの施工機械を日本から持ち込むことが必要であり、かつその施工者、施工管理者またその工事費も援助に頼らなければ、ほとんど実現が不可能だと思われる。またこれらの地すべり対策工事が行われたあと、その効果を判定するためにはモニタリングが必要であり、その技術の支援も必要である。

3 - 2 - 3 その他の地すべり対策

アクションプランで示された「考えられるその他の地すべり対策」のうち、地すべりの調査及び解析にかかわる能力向上への技術支援を、「エ」国に対する支援事業とした。これについては、2008年11月に「エ」国政府より提出された日本政府への要請状に示されていること、「エ」国政府としては優先順位1番の要請であること、また、今回の準備調査において、地すべりで被害にあって道路管理者のエチオピア道路公社（Ethiopian Roads Authority：ERA）の総裁からも地すべりの原因究明の支援が必要であるとの要望が寄せられたこと、「エ」国で多くの地すべりが起きていること、地すべりの現象や原因の解明は地すべり対策立案のために必要な情報であることなどにより妥当性は高いものと考えられる。

プロジェクト名は「エチオピア国地すべりの調査及び解析にかかわる能力向上プロジェクト」、実施機関はエチオピア地質調査庁（Geological Survey of Ethiopia：GSE）、ターゲットグループは実施機関GSEの関連職員、実施期間は2年5か月とした。プロジェクト基本デザインは、実施機関のGSEとの協議をもとに調査団がPDMにまとめ上げた〔付属資料4 PDM（案）参照〕。

ターゲットグループのGSEは、MMEの組織にあるが災害調査を実施していること、2009年4月の組織改正で災害調査部の設立が予定され、JICAの支援にかかわらず地すべり調査を開始する予定であること、「エ」国で地すべり調査を実施できる他の機関はないこと（GSEのDr.Getnet談）、「エ」国の地すべり支援の要請はGSEを対象に考えられていることから、適切であると考えられる。

なお、対象地域はプロジェクトが開始されたあとに決定されるが、候補としてアバイ渓谷地すべり地帯のアバイ橋よりデジェン側、調査から解析まで行うのに適切な地すべり地域、空中写真の撮影・入手が可能な地域などが考えられる。

（1）上位目標

「エチオピア国の需要にそった地すべり調査・解析が実施される。」

GSEが地すべり調査・解析を実施するには、GSEの年間業務計画を「エ」国政府に申請し、予算を獲得しなくてはならない。地すべり調査の実施計画作成にあたっては、地すべりの危険度や被害の重要度等「エチオピア国の需要」にそった調査優先度クライテリアを設定し、調査地点が決められ必要がある。

プロジェクトの上位目標は、プロジェクト目標である地すべりの調査及び解析にかかわる能力が向上したあとに、「エ」国全土の地すべりハザードマップが作成され、調査の需要に沿った地点が選定されたうえで、作成された予算申請書が認可され、他の地点の地すべり調査・解析が実施されることである。上位目標に対する達成指標は「2016年10月までに毎年1地点、計5地点以上の地すべり調査・解析業務が地点選択の適切なクライテリアに合わせて実施される」である。

(2) プロジェクト目標

「地すべり調査・解析の能力が向上する。」

プロジェクト目標は、地すべりの現況把握、地すべりが発生する原因(素因及び誘因)の解明、危険度の把握をする能力を育成することである。調査の実施はプロジェクトがOJTを利用して実施する地点とプロジェクトの支援の下にターゲットグループが自主的に実施する地点の2地点で行われる。

プロジェクト目標に対する達成指標は「2011年10月までに、選定された地すべりの地すべり調査・解析業務が適正に行われる」である。ここでの地すべり調査・解析とは、ハザードマップの作成をはじめとする地形解析、地質図や地すべりブロック区分図の作成、調査ボーリング結果の解析、各種物理探査の解析、モニタリング等の個別の調査・解析に関するものと、それをもとにした総合的な解析の双方がある。個別の調査・解析も総合的な解析も適正に行われることがプロジェクト目標になる。

(3) 成果と活動

1) 成果1: 広域の地すべり状況が把握される。

選定された地域における空中写真判読により、広域の地すべり地形の分布が把握されると同時に、地すべりが起きた場合の被害の大きさなどが把握されることである。これにより、調査を実施すべき優先度が判明し、調査対象地すべりが選定される。

達成指標は「選定された対象地域において、2009年10月までに地すべり地形分布図、ハザードマップ、データベースが作成される」である

<活動>

1-1 空中写真判読・地形解析を行い、地すべり地形分布図を作成する。

主として空中写真を用いて地形判読を行うことにより滑落崖、亀裂、段差、移動体等の状況及び分布状況等から地すべり地形を把握・分類し、地すべり地形分布図を作成する。

1-2 保全対象調査を行い、他の土砂災害を含むハザードマップを作成する。

崩壊や土石流など、地すべり以外のその他の土砂災害についても空中写真判読や、既往資料等をもとにその分布を明らかにして、地すべり地形を含む土砂災害ハザードマップを作成する。この際、土砂災害の影響を受ける可能性の高い道路等の重要公共施設や、民家等の保全対象をハザードマップ上に示し、保全対象と土砂災害との関連性を把握する。また、ハザードマップをもとに調査対象地すべりを選定する。

1-3 水文調査を行う。

地すべりは雨季に発生していることから、その発生が降雨と密接な関連があることは明白である。既往の雨量調査データ等の収集を行い、地すべりの発生と降雨量との関連を可能な限り把握し、今後の地すべり発生の予測等に活用するものとする。

1-4 解析結果のGISを利用したデータベースを作成する。

災害履歴やハザードマップ等の広域的な解析結果のGISデータを利用して、データベースを作成する。データベースに記録される情報としては、各種土砂災害の種類、(想定)規模、発生年、保全対象とその種類等である。

2) 成果2：地すべりの地形・地質状況が把握される。

選定された地すべりにおける調査が立案され、実施された調査の結果より周辺の地形・地質状況が把握されることである。達成指標は「2009年12月までに対象区域において選定された1箇所の地すべりにおいて、調査計画に基づいた調査が開始され、2010年4月までにコア採取率及び水理特性を含む柱状図、地表踏査及び物理探査結果を加味した地質断面図が作成される」である。

<活動>

2-1 地形・地質踏査を行う。

地形・地質踏査を行い、地すべり地形の分布状況、滑落崖、亀裂、段差等の地すべりに伴う変状、微地形等の確認を行って、地すべり地形の範囲及び現在活動中の地すべりの範囲を推定する。また、周辺の地質状況の確認を行い、地すべり発生の素因に関連する情報を収集する。同時に湧水点、流水の状況等も把握し、地すべり発生の誘因に関連する水理地質状況の情報を収集する。

2-2 地すべり調査の計画立案を行う。

地形・地質踏査の結果をもとに、地すべりの移動方向の推定結果等から調査測線の方向・位置、測量範囲の設定、調査ボーリングの配置・数量、物理探査の種類・位置・数量、孔内試験の種類・位置・数量、室内試験用サンプルの採取位置・数量、観測計器の種類・配置・数量等の立案を行う。

2-3 現地測量による地形調査を行う。

立案した調査計画に基づき、調査測線の断面測量、及び地すべり範囲の平面測量等の地形調査を行う。なお、対策工が想定されている場合には、想定された対策工に応じて必要な断面・平面測量を追加する。

2-4 ボーリング地質調査を行う。

調査計画に基づきボーリング調査を行う。試錐日報等によるボーリング状況の適切な把握とコア採取率の向上、柱状図による地質状況の正確な把握を行って、地質断面図の作成を行う。

2-5 ボーリングコアの物性・化学試験を行う。

採取したボーリングコアからすべり面を採取し、一般物理試験等から、すべり面の物性値(c・等)を把握する。すべり面の物性値は、すべり面の強度を把握するとともに、安定解析を行う際の参考値とする。また、すべり面粘土のX線回折等により、粘土鉱物の分析等を行う。分析結果からすべり面を構成する粘土鉱物の特定を行い、その特徴を把握するものである。

2-6 物理探査を行う。

弾性波探査、電気探査等の物理探査を行い、調査ボーリングによる調査結果を補完して地質断面図等を作成する。また、電気探査等により地下水分状況を把握し、対策工として地下水排除工立案の際の基礎資料とする。

3) 成果3：地すべりの経年変化状況が把握される。

選定された地すべりにおけるモニタリングが実施され、地表及び地下の移動量、地下水位の経年の変化状況が把握されることである。さらに、モニタリング結果を受け

て発動される地すべり警戒体制の発動のためのクライテリアが作成される。

達成指標は「2010年4月までにすべてのモニタリングが開始され、2010年10月までに各種グラフ（地表・地下移動量、地下水位、すべり面深度推定、雨量 - 地下水位相関）及び警戒体制発動クライテリアが作成される」である。

<活動>

3-1 地表及び地下の移動量調査を行う。

地盤伸縮計、地盤傾斜計、移動杭による移動量観測、GPS測量等の地表移動量観測、及び垂直伸縮計等によるすべり面の地中移動量観測を行う。

3-2 すべり面調査を行う。

ボーリング孔を利用してパイプ歪計等によるすべり面調査を行い、すべり面深度の把握及び概略の変動量の把握を行う。

3-3 地下水位調査を行う。

地下水位計により、地下水位の変動特性、地下水位変動量の把握を行う。また、ボーリング孔を利用して地下水垂直検層を行い、地下水流動層を把握し、地下水排除工立案の際の基礎資料とする。

3-4 雨量観測を行う。

地すべり地内に自動の雨量計を設置して降雨量を把握し、地すべり移動量や地下水位変動との関連性を把握する基礎資料とする。

3-5 警戒体制発動の立案を行う。

地すべりの移動量もしくは雨量等の観測結果を用いて、警戒体制発動のためのクライテリア、警戒体制などを立案する。クライテリア、警戒体制は道路、民家等、保全対象ごとに設定するものとする。

4) 成果4：地すべりのメカニズムが解明される。

選定された地すべりにおける調査結果及びモニタリング結果より地すべりのメカニズム/原因が解明されることである。達成指標は「2010年12月までに地すべりブロック区分図が作成され、地すべりの素因と誘因が推定される」である。

<活動>

4-1 地すべりの範囲（広さ・深度）とその中のブロック区分を推定する。

各種調査結果より、地すべりの範囲（広さ・深度）を把握し、その範囲内に存在する地すべりブロックの区分を、地表移動量観測、地下移動量観測等の観測結果から推定する。

4-2 地すべりの素因を究明する。

主として地質調査結果より、地すべりがなぜその場所で発生しているか、すべり面となった地質は何かなどについての素因の究明を行う。

4-3 地すべりの発生誘因を究明する。

主として観測結果に基づき、地すべりが発生する誘因の究明を行う。誘因は直接的に対策工の計画立案と関連するため、各種調査結果、観測結果の総合的な解釈が必要となる。

5) 成果5：地すべりの対策立案ができる。

選定された地すべりの危険度が、調査結果のデータを用いて解析された結果により評価され、提案された対策工による安定度の変化が示されたうえで、対策工の立案ができることである。達成指標は「2010年12月までに、各種調査/解析結果より地すべりの危険度が推定され、地すべりのブロックごとの危険度が区分される。同時にその地すべりに有効な対策工が立案され、安定解析を用いて対策工による安定度の変化が提示される」である。

<活動>

5-1 地すべり斜面の安定解析を行う。

地すべり斜面の安定解析を行い、現状安全率の設定、土質定数の設定等が行われる。

5-2 地すべりブロックを危険度により区分する。

広域の危険度については主として空中写真判読等の結果より危険度区分を行い、調査を行った地域については、観測結果等より地すべりの危険度区分を行う。安定解析には現状安全率の設定時に危険度を反映する。

5-3 地すべり対策の効果を解析する。

安定解析結果を用いて、対策工としての排土/盛土等による安定度の検討を行う。また、地下水位の低下量を推定して安定度の検討を行い、対策工の効果を解析する。

6) 成果6：地すべり調査・解析の業務が定着する。

作成されたマニュアルを使用して、実際の地すべりの調査・解析のOJT及び研修を実施する。調査・解析の基礎能力が育成されたあと、別の地すべり箇所についてターゲットグループが独力で地すべり調査・解析を行い、その結果報告のセミナーを行う。

達成指標は「各調査・解析実施前にマニュアル(案)が作成され、2011年10月までに、実践により修正された調査解析総合マニュアルが完成する。2010年12月までにOJT及び研修が終了し、各調査・解析におけるテストで80点以上が獲得される。2011年10月までにターゲットグループが実施するほか、1地点の地すべり調査・解析が完了し、その報告会セミナーが開催される」である。

<活動>

6-1 地すべり調査・解析にかかわるマニュアルを作成する。

各種調査・解析実施前にマニュアル(案)が作成され、OJT及び研修を踏まえて修正を行い、調査解析総合マニュアルを作成する。

6-2 地すべり調査・解析にかかわる業務のOJTと研修を行う。

地すべり調査・解析を実際の業務で実施していくことでOJTを行い、同時に基本的な理論等について研修を行い、理論・実践の両面からの技術移転を行う。

6-3 地すべり調査・解析にかかわる業務実施チェック・指導を行う。

実際の地すべり調査・解析業務を実施しながら、その理解度等のチェックを行い、必要に応じて指導を行う。また、研修終了時にはテストを行い、理解度の確認を行う。

(4) 投入

日本側から以下の投入が必要となる。

1) 専門家

- ・ 総括
- ・ 地形解析 / ハザードマップ作成
- ・ GIS / データベース作成
- ・ 地質調査 / 解析
- ・ 物理探査 / 解析
- ・ 地すべりモニタリング / 警戒体制
- ・ 地すべり総合解析
- ・ 地すべり対策

2) 研修 / ワークショップ / セミナー

- ・ 地形 / 地質調査に関する研修
- ・ 地すべりモニタリング / 警戒体制に関する研修
- ・ 地すべり解析に関する研修
- ・ 地すべり対策に関する研修
- ・ 上記項目に関する本邦研修

3) 機材供与

- ・ 観測機材
 - 地盤伸縮計・地盤傾斜計
 - パイプ歪計・地中伸縮計
 - 地下水位計・地下水検層器・雨量計
- ・ その他
 - 安定解析ソフト

(5) 外部条件

1) 上位目標を達成するための外部条件

- ・ GSEの地すべり調査・解析の予算が申請され認められる。

GSEの所管省庁であるMMEの政策に変更がなく、申請された地すべりにかかわる調査・解析の予算が認められる必要がある。

2) 活動を実施するための外部条件

- ・ カウンターパート及びターゲットグループの職員が継続して職場で勤務する。

「エ」国政府機関の職員の離職率が高いことから、プロジェクト実施中、関係者が継続して職場に勤務することが必要になる。GSEが何らかの形で、プロジェクト参加者にモチベーション、インセンティブを与えることが期待される。

- ・ 調査中に工程に影響を与えるような地すべりが起きない。

プロジェクトの調査実施中に地すべりが発生して、調査継続や工程に影響がある被害が生じないことである。

- ・ 空中写真が入手できる。

「エ」国では空中写真の撮影及びその利用に関して、軍の許可を必要とされてい

る。この許可を得る必要がある。

3 - 3 支援対策実施上の留意点

3 - 3 - 1 短期的な地すべり対策

(1) 地すべり対策技術面からの留意点

短期的な対策は、特に2009年6月から始まる雨季に対応したものであり、その雨季の前、あるいは雨季中に対策が行われなければならない。その対策の中には、Sta. 1、Sta. 2～5及びSta. 5において、水平ボーリング工、またSta. 5での3万m³規模の排土工など地すべりに限定された工事が計画されている。ERA側からも要請があったように、それらの水平ボーリングや水路工の詳細位置の決定や排土工など地すべり工事施工の短期専門家を、雨季に間に合うような時期に派遣する必要がある。

(2) 機材調達等からの留意点

短期的な地すべり対策としては、重機等の地すべりが発生した際に対応する機材の調達等が今雨季に間に合うかという最も大きな問題がある。

調達に関する課題は以下のとおりである。

・重機の購入

ダンプなどの「エ」国内にストックがある機材もあるが高価である。また、ストックがなく購入せざるを得ない機材は、現場到着までに早くても1～2か月、長いものでは6～7か月かかる。購入は時間的な制約で、ほぼ今雨季の対応は不可能である。

・レンタル

レンタルも同様にすべての機材が「エ」国内にあるわけではなく、またあったとしても需要の高い機材は慢性的にレンタル中であり、対応は購入と同様に一部の機材を除いて困難である。

これらの課題に対する対応策としては以下の方法が考えられるが、今後の検討が必要である。

・鹿島建設(株)保有機材の使用

今雨季に地すべりが発生した際に必要な機材の種類・数量ともに、鹿島建設(株)のキャンプ内に保有されている。最も良いのはこれらの機材を使用することであるが、税金等の問題があり、ERAへの売却、譲渡ともにこの問題の解決は容易ではない。

・地元企業への発注

一部ダンプ等を企業敷地内にストックしているとの情報がある。いずれダンプ等の必要機材の一部については契約できたとしても、対応に必要なすべての機材が揃うわけではなく、抜本的な解決とはならない。ただし、機材不足時には機材を保有する企業への発注も視野に入れる必要がある。

また、実際に機材が到着したとしても、オペレーターの技術的な課題が残る。

- ・最も技術があると思われるのは、2009年3月末で鹿島建設(株)を解雇されたオペレーターたちである。しかしながら、鹿島建設(株)へのヒアリング結果によれば、実際の作業

時に困難なところは日本人がオペレートしていたということであり、本当に困難な現場では運転できない可能性がある。

- ・他企業、レンタル会社のオペレーターはおおむね平地での作業しか経験がないことであり、地すべり地内での作業はほぼ不可能と考えられる。

以上より、最も技術的に優秀なオペレーターは、鹿島建設(株)を解雇されたオペレーターたちであると考えられる。

したがって、最も良い解決策は、鹿島建設(株)の重機を何らかの形で使用して、鹿島建設(株)を解雇されたオペレーターに作業してもらうことであると考えられるが、鹿島建設(株)の重機の使用もオペレーターの雇用も現実的には困難であり、実際にはERA手持ちの重機とレンタルできる限りの重機で当面对応することが最も現実的と考えられる。

- ・水平ボーリング

インターネット上の情報及び日本企業へのインタビュー結果によれば、「エ」国近郊で水平ボーリングを保有している企業の情報はなく、現時点では今雨季に間に合うような水平ボーリングの調達は困難である。

水平ボーリング機材を調達する際には、機材調達先から同時に指導技術者も派遣することが望ましい。

また、GSEのDrilling Department は有していないが、民間企業の調査用ボーリングマシンが、水平ボーリングとして流用できる可能性がある。水平ボーリングの経験がないため、もし保有している機材が流用できたとしても、使用方法がわかっていない可能性がある。

可能であれば、短期対応の短期専門家が機材の調査を行い、もし流用可能な機材を有しているようであれば、その機材を利用して水平ボーリングの指導を行うことも考慮する必要がある。

(3) 組織・人材等の面からの留意点

1) 地すべり発生後の交通整理について

地すべりにより道路の通行ができなくなった場合は、車がスタックしないようにその現場で速やかに通行整理を行う必要がある。目的は、二次災害を防ぐ、復旧作業をしやすくする、一般車両への情報提供を迅速に行う、である。2007年及び2008年の地すべり発生時は、地すべりの手前より数十台の車がスタックした。そのときは、鹿島建設(株)が地すべり土砂の排除等により1日以内で道路の供用を可能にしているが、ERAが対応する2009年の雨季に過去と同様の地すべりが生じた場合は供用開始まで数日かかる可能性がある。

このために日本の支援では、通行車両をアバイ溪谷まで下ろさないよう指導することに留意する必要がある。具体的には次のことが考えられる。

- ・ERAが頻繁にパトロールする。
- ・第一発見者の一般車両がERAに速やかに通報できるシステムを構築する。
- ・近傍集落ゴハチヨン及びデジェンに、通行止め、理由、復旧までの時間等を明示する。

3 - 3 - 2 長期的な地すべり対策

(1) 地すべり対策技術面からの留意点

Sta. 1 から Sta. 5 の地すべりについては、鋼管杭工やアンカー工の抑止工、また大規模な排土が必要と今回調査では判断された。排土工を除いたこれらの抑止工事の施工を、「エ」国やその周辺諸国の技術力だけで行うことはほとんど不可能であり、すべてを日本から持ち込んで施工することになる。それらの工事には、工事量を決定するための調査、工事施工、及び工事施工後のモニタリングによる工事効果の判定に2年近くの年月が必要になる。地すべりの変動の激しい時期に抑止工の工事を行い、その完成前に地すべりの変動が起こると、部分的に施工した杭やアンカーが破壊される恐れがあり、雨季や地すべり変動の激しい時期と工事の施工期間を吟味して、工事の開始時期を決定することが肝要である。

(2) 機材調達等からの留意点

1) 恒久的な地すべり対策工

恒久的な地すべり対策として、例えば Sta. 1 に鋼管杭工 + アンカー工が施工されるとすると、ほぼすべての機材を日本から供与する可能性が大きい。詳細は、調査 / 解析 / 設計が行われてから決定となるが、そのための調査 / モニタリング用機材が必要となる。

2) Stand-by Stationの建設

ゴハチオン側の Stand-by Station の建設は、鹿島建設(株)の第三次工事用キャンプを取得することが有効であり、既存施設を使用するため費用も大きくなく、十分「エ」国側で対応可能と考えられる。一方、デジェン側は既存施設がないため、数千万円～1億円程度の費用がかかる可能性が考えられる。

3) 車両重量制限 / 過積載規制

上記 Stand-by Station と合わせてターミナルを設置すれば、費用はほぼ積載荷重計測装置のみとなる。他箇所にも自国で設置しているため、自国で対応可能と考えられる。

(3) 組織・人材等の面からの留意点

1) 人材確保

地すべり対策工事及び地すべり発生後の対応にあたっては、現地で作業する人材の確保について留意する必要がある。アバイ溪谷地すべり地帯はアジス・アベバから車で約3時間の距離にあり、現地で指導する Engineer、作業の世話役、水平ボーリング等の特殊作業の熟練工は地すべり対応のために設置された前線基地 Advanced Camp で数か月の単位で寝泊りすることが考えられる。以前、鹿島建設(株)がこの地で工事を実施していたときには、有能な人材をアジスアベバから連れてくるためにかなりの賃金の割り増しを行っている。地すべり対策工事及び地すべり発生後の対応の実施にあたっては、有能な人材が現地で継続して働けるように留意する必要がある。

2) 人材流出

民間が政府機関より給与水準が高いため、より高額な給与を求めてERAから離職する人材が多い。特に、Engineerに多く見受けられる。日本の支援に際して、人材が継続して働いてもらうことがプロジェクト継続の条件である。日本支援のプロジェクトのカウンターパート及び能力強化のターゲットグループの人材が継続勤務することに留意する必要がある。プロジェクト中は研修期間という位置づけと研修修了へのモチベーションやインセンティブへの留意も必要だと考える。なお、ERAの規定で、研修を受けた人材は最低2年間勤務の条件がある。自立発展性を考えるうえで、最低でもこの条件を厳格に守ることが必要である。

3) ERA組織内連携

ERA内の地すべり対策プロジェクトの主要担当部署は、本部ではDesign and Technical Support Branch、現場ではアレムガナDRMCであり、その他部署としてアレムガナDEDがある。Design and Technical Support Branchの所属は運営局、アレムガナDRMCの所属はエンジニアリング・規制局と所属局（Department）が2つにまたがることから、プロジェクト実施にあたっては意思疎通や意思決定に問題がないことを留意する必要がある。また、DEDはDRMCを監督する立場であるが、人材に限りがあり通常の維持管理業務とは違う地すべり対策業務に対しては十分に対応できない可能性がある。現場のDEDとDRMC及び本部のDesign and Technical Support Branch 三者の連携に留意する必要がある。なお、Design and Technical Support BranchのChief、Mr. Danielは、本準備調査のカウンターパートで、DDGとの技術的な協議、DGとのM/Mの協議それぞれに同席した人間であり、調整役に期待される。

4) 対策工のモニタリング及び供与機材にかかわる能力強化

アバイ渓谷よりゴハチオン側のSta. 1～5の区間において、地すべり上部の大規模排土や杭工とアースアンカー工併用による抑止工による対策が有効であり、さらに短期的対策として挙げられている水平ボーリング工による地下水排水工も長期的な対策としても実施することが考えられる。

排土工の一部を除き、これらのほとんどは日本の支援が望まれる分野である。支援方法は対策工実施と機材供与が主体になると考えられる。ただし、工事実施の支援のみならず技術支援も必要かと考える。「工」国が実施すると考えられる排土工や水平ボーリング及び日本支援により実施された抑止工のモニタリング等について、以下の事項の技術支援が必要であると思われる。

< 技術支援項目 >

- ・ 排土工や水平ボーリングの計画についての技術支援
- ・ 排土工、抑止工、水平ボーリング実施後のモニタリングにかかわる技術支援
- ・ 水平ボーリング掘削及び建機にかかわる支援

モニタリングや水平ボーリングの実施については、ERAの業務内容や人材状況から推測すると外部への委託になると考えられる。この外注の受け皿として、GSEが適切であると判断できる。GSEは「考えられるその他の地すべり対策」として立案された「地すべりの調査及び解析にかかわる能力向上」の技術支援の実施機関である。GSE

は多くの地質エキスパートが在籍し、また、ボーリング調査の実施についても多くの経験を有する。

すなわち、アバイ渓谷の地すべり対策工モニタリングの実施について、日本がGSEに技術支援を行うことが適切であると考えられる。そして「地すべり対策工のモニタリング」と「地すべりの調査及び解析にかかわる能力向上プロジェクト」によりシナジー効果が期待される。

モニタリング機材や水平ボーリング機材は、排土工等に使われる建機と同様に、道路を運営維持管理しているERAに供与されるのが適切と考えられる。機材供与にあたっては、使用にかかわる現地指導を行う実務者を調達先から派遣することが必要であると考えられる。

3 - 3 - 3 その他の地すべり対策

(1) 地すべり対策技術面からの留意点

GSEを対象としたプロジェクトは、パイロット地域における活動を想定して作成された。そのパイロット地区の選定にあたっては、あくまで人材の育成を目的としているため、地すべりの構造が複雑あるいは大規模なものを選ぶのではなく、調査、対策計画の手順や手法が比較的容易に理解できるように、

- ・地すべり構造が複雑でない
- ・「工」国に代表されるような地すべり地帯にある
- ・比較的小規模

といった地域を選定することが推奨される。

(2) 機材調達等からの留意点

1) 広範囲の地すべり調査

主として最適な国道3号線の迂回路を探すことを目的として、広範囲の地すべり調査を行う。この際、空中写真判読等を用いて調査を実施するため特に必要な機材はない。

2) デジェン～ゴハチオン間における石油ステーション建設

上記Stand-by Stationと共用できれば、特に施設は必要ではない。また、ピストン輸送用の輸送車は大型車ではないので、コストも小さくなく、自国で対応可能と考えられる。

3) 国道3号線の抜本的な対策としてのウェルガゾーンの利用(150km)と迂回路の補修

ウェルガを通過する道路は現在補修中であり、この建設を待っての利用となる。開通までには時間がかかるが、特に機材は必要ではない。

4) GSE支援に関する機材については「3 - 2 - 2」で述べた。GSEの要請案と大きく異なっているため、短期対応の短期派遣専門家が内容について調整する必要がある。

(3) 組織・人材等の面からの留意点

GSEのDr. Getnetは、将来JICAが支援する地すべりプロジェクトに従事する人材として、6名の地質工学者Engineering Geologist、3名の地球工学者Engineering Geophysicist、2名の水理地質学者Hydro-geologist、1名の地質図作成地質学者、1名の火山学者、7名のボーリングスタッフを用意するとしている。GSEにとって地すべり解析業務は初めてということ、及び土木Engineerが在籍せず、地質エキスパートが業務を対応するという点より、斜面安定解析等の解析業務の技術移転をする場合に、基本から人材育成をするという点に留意する必要がある。また、ERAほどでないにしろ、GSEにおいても過去に人材流出はあるため、プロジェクトにかかわる人材の流出防止に留意する必要がある。

「エ」国の南部Walavtaでの地すべりで死者、家屋、道路等の被害が生じた際に、アムハラ州よりGSEに調査要請が出されたが、GSEに予算がないために調査ができなかった経緯がある。プロジェクトの上位目標「エチオピア国の需要にそった地すべり調査・解析が実施される。」を達成するためには、GSEの業務実施システムに留意する必要があると考えられる。

また、アジスアベバ大学土木工学部においても地すべり調査を実施していることより、「エ」国における地すべり対策にかかわる能力の底上げについて留意する必要がある。プロジェクト実施中の情報提供をきめ細かく行い、技術が共有できる環境を構築することが必要と考えられる。

第4章 調査団長所感

4 - 1 本件実施の妥当性

- (1) 今次調査団派遣にかかる背景は前述しているとおりであるが、わが国無償資金協力により過去三次にわたり総長220km超に及ぶ整備を施してきた国道3号線は、首都アジスアベバと隣国スーダンを結ぶ国際幹線道路であり、スーダンから輸入される石油燃料の90%が国道3号線を通過している。
- (2) かかる事情をかながみれば、仮に追加的な大規模地すべりが今後発生し同国道が封鎖の事態に至った場合、アジスアベバへの石油供給は危機的状況となることが明白であり、「エ」国関係者もこの重要性を深く認識し危機感を抱いている。
- (3) 国道3号線を補完する幹線路の選択肢は、地図上ではWelega地域経路が確認できるものの、「エ」国側説明によれば同経路の大部分が未舗装であり、隣国への到達総距離も長いことから、国道3号線の現時点での機能に代わる選択肢が実質的に存在しないことは、重要な懸案点である。
- (4) 一方、2008年までの一連の地すべりにかかる調査結果や対処結果だけをかながみれば、仮に同国道上で一定規模の地すべりが起こった場合でも、舗装の完全修復は困難だが部分的に砂利道を許容すれば、補修工事のための体制（工事予算、人員、機材、補修マニュアルなど）さえ整備されていれば事後処理への対応はある程度可能ではないか、というのが今次調査団派遣前の認識であった。
- (5) しかしながら、今次調査団の「地すべりアドバイザー」はじめ、地すべりにかかる専門性を有する他2名のコンサルタントによる現地調査の結果、新たな大規模地すべり発生の高い可能性が示唆され、しかも現実にはその想定土砂量と地形的特徴から同国道が部分的に崩落する可能性が非常に高い、との事実が明らかになった。
- (6) 無論、今次調査団による短期かつ目視中心の概観調査だけでは、どれほど短期間に、どれほどの地すべり災害が、どのようなメカニズムによって発生するかは断定できないが、一般的に地すべり現象は概観による状況調査により一定の危険性を判断できるものであることから、今次調査団は専門性に裏付けられたアドバイザー及びコンサルタント各氏の所見を尊重せざるを得ない。
- (7) 以上をかながみれば、国際幹線道路として高い重要性を有する国道3号線における地すべり対策に関し、必要な支援を検証していくことは緊急性・必要性の両面から不可欠であると考えらる。

4 - 2 必要な支援案の検討

- (1) 今次調査団派遣は、ERA及びMMEという2つの異なる「工」国政府機関からの要請に基づいている。これら2件の要請にかかる背景調査と、現場踏査による現況調査結果を併せ考えることで、当調査団は以下の手法により今後の必要な支援案を抽出した。
- 1) 現場踏査結果から、技術的に考えられるあらゆる短期(2009年中の大雨季)的及び中長期(2009年以降)的に必要となる対処案をリストアップ
 - 2) ERA及びMMEからの要請書に基づき、同要請内容の実施可否につき両機関の現有キャパシティ(組織体制、人員、機材、経験、技術レベル等々)を個別に調査
 - 3) 1)にてリストアップした「想定される必要な対処案テーブル」をもとにERA及びMMEと協議し、両機関が自助努力により対処可能と思われる事項につき抽出し、現実的な資金ソースなどにつき提言
 - 4) 3)にて「工」国側へ提言した自助努力事項を除いた「必要な対処案」につき、必要(超)概算金額、実行工程案、及び実行時の関連留意点について調査団内で精査
 - 5) 3)4)を踏まえ、包括的に必要となるであろう事項を包含した“Draft Action Plan”を作成し、基本的な共通認識として「工」国側両機関と協議議事録(Minutes of Meeting : M/M)により確認
- (2) 当該M/Mによって、少なくとも「工」国側とは「短期的にすべきこと」「中長期的にすべきこと」の共通認識ができたことは大きな成果であり、特に2009年6月頃からの大雨季において、本調査団が指摘しているような大規模地すべりが起こり得るという最悪のシナリオをERAが想定し、自主財源(カウンターパートファンドの活用含む)を駆使してでも事前予防策を講じようとしはじめたことは、自立発展性の観点からも大きな一歩であるといえよう。
- (3) ただし、ERAがいかに自助努力で一定規模の資金や機材等を調達できたとしても、本調査団が前提としている大規模地すべり発生にかかる土砂量は明らかに「工」国側の対応キャパシティをあらゆる面で超越していることから、本調査団では「短期的にすべきこと」では専門家派遣などによる可能な技術的支援を中心に考え、「中長期的にすべきこと」では根本的に道路構造を地すべり災害から守るための支援を中心に考えた。
- (4) (3)の結果、短期的には2009年の大雨季(6~9月頃を想定)開始前までに、可能な限り短期的な技術専門家を派遣し、ERAが必要としている予防工(水平ボーリングによる水抜き、排土工にかかる計画、地すべり現象モニタリング等々)への必要な短期支援を実施することが必要と考える。
- (5) しかしながら、2009年の大雨季開始までには正味2か月間程度しか時間がないことから、懸念される大規模地すべり発生可能地域における十分な予防工がどれほど成し得るかは、あくまで未知数である。仮に、予防工の範囲を超えた大規模地すべりが発生し、同国道が一定期間封鎖される事態になる場合も想定から排除すべきではなく、そのような最悪の事態が発生した場合には何らかの緊急的な支援も検討に値すると考える。

- (6) 一方、仮に予防工が功を奏しつつ、2009年の大雨季に大きな災害が起こらなかった場合、翌年以降もまだ大規模地すべりのリスクは継続することから、「中長期的にすべきこと」として根本的な地すべり抑止工等による対策を施すことが望まれる。具体的には、大規模地すべり発生が高い確率で想定されているSta. 1 ~ 5 の区間において、杭とアースアンカー併用による抑止壁工や、上部の大規模排土などが行われることが必要と考える。
- (7) いずれにしても、前節で述べた本件支援の妥当性からかんがみれば、出来る限りスピーディーに、出来る限りの知恵を集約し、出来る限りの支援を多角的に検討していくことは非常に重要であり、「エ」国側からはわが方による支援に対する強い期待が表明された。
- (8) 今次調査団の結論としては、短期的にはERAをカウンターパートとして「国道3号線機能確保支援」という観点で補修工事が行われ、平行して長期的にはMMEをカウンターパートとして「(補完路の将来的な整備も視野に入れた)地すべり対策能力強化支援」が行われることを、提言としたい。