

エルサルバドル国における 道路防災管理能力向上に関する成果



発表者： 独立行政法人国際協力機構 太田 雄己
共同執筆者： 中日本高速道路株式会社 和地 敬
独立行政法人国際協力機構 木全 俊雄
日本工営株式会社 森 幹尋

エルサルバドル共和国



面積:

21,040平方キロメートル
(九州の約半分)

人口:

約649万人
(日本は約1億2,570万人)

言語: スペイン語

通貨: 米ドル、ビットコイン

近年、GDP成長率は改善しつつあるが、中米地域でも低いレベルに留まっている。

主要援助国:

(1) 米国 (2) スペイン (3) ドイツ (4) 日本 (5) 韓国



2001年1月
首都圏市街地の海溝型
地震による被災

出典: 新聞社 Grupo La Prensa Gráfica de El Salvador

2008年7月
首都圏の突発的洪水による
バスの市街溪流転落事故



地震の被災履歴のリスト

被災年月日	震災の特徴	被害概要
1965年 5月3日	中央部内陸型 深度15km Mw6.0	死者125名、約4千棟全壊
1986年 10月10日	中央部内陸型 深度9Km Mw5.7	死者1千人超 被災家屋約6万棟、家屋喪失約20万人 落橋1（老朽化無供用）
2001年 1月13日	中央南部 太平洋海溝型 深度 60km Mw7.6	死者994人 被災家屋約26万棟 首都圏、地すべりで国道80m区間を横断完全閉塞 落橋1（廃線鉄道橋）
2001年 2月13日	中南部内陸型 深度10km Mw6.6	死者315人 中米連系国道1号東線、中南部 地すべりで200m区間4車線完全閉塞
2017年 4月10日	中央部内陸型 深度5km Mw5.2	死者1人 中米連系国道1号西線首都近郊岩盤斜面からの落石による走行車両被災

暴風の被災履歴のリスト(国家非常事態宣言)

被災年月日 低気圧名称 発生海洋域	暴風雨の特徴	被害概要
1998年10月28日~31日 ハリケーンミッチ 大西洋	7日間総雨量国内平均値 472mm、最大値 861mm	死者287人 被災家屋約1万棟、避難約50万人 落橋2、道路損傷3,973km
2009年11月7日~11月9日 熱帯暴風雨アイダ 大西洋	3日間総雨量 国内平均値 248mm 最大値 483mm	死者および行方不明 275人 被災家屋2350棟、避難約1万5千人 橋梁損壊55 土砂災害による道路閉塞132箇所
2011年10月11日~10月21日 熱帯低気圧12E 大西洋	7日間総雨量 国内平均値 472mm 最大値 861mm	死者35人 避難 59,854人 道路車道被害 41箇所 落橋8、橋梁損壊41
2020年5月29日~6月7日 熱帯暴風アマンダ/ クリストバル 太平洋	10日間雨量最大1087mm 太平洋側の国土の 1/3以上で500mm以上、 うち主要火山体で700mm 以上	死者および行方不明 37人 被災世帯約3万、避難約1.2千世帯 落橋4、橋梁損傷11 侵食壁・陥没26箇所(自動車損傷23台)、 斜面崩壊991箇所、地すべり43箇所 土石流2箇所、その他を含め合計1,171箇所

プロジェクト名称:

エルサルバドル国公共インフラ強化のための気候変動・リスク管理戦略局
支援プロジェクトフェーズ2

実施期間: 2016年8月2日から2021年12月28日

カウンターパート: 気候変動・リスク管理戦略局 (DACGER)



上位目標： エルサルバドル国における道路インフラの災害に対する脆弱性が低減される

プロジェクト目標： 道路インフラ強化のために、気候変動・リスク管理局（DACGER）の道路インフラのリスク管理能力が強化される

成果4：道路防災にかかるリスク診断並びに道路災害リスク削減事業の実施にかかるプロジェクトの成果が国内外で共有される

成果1：道路インフラ（橋梁・道路斜面）の地震に対するリスク診断能力が向上する

成果2：道路災害リスク削減事業に関する標準仕様書、設計基準、積算基準が策定される

成果3：パイロット・プロジェクトを通じて、DACGERのインフラ強化事業のプロジェクトマネジメント能力が向上する

成果1: 道路インフラ(橋梁・道路斜面)の地震に対するリスク診断能力が向上する

費用便益分析指標の算定ツールの適用ワークフロー

ワークシート1: 被災確率年評価
(目視・資料評価レベル)他に被災確率の算定
が可能な場合はその結果を優先

ワークシート2:
潜在被害額算定(通貨)

ワークシート3:
リスクおよびリスク削減便益算定
・年潜在損失額算定(通貨/年) ・対策による年平均リスク削減便益(通貨/年)

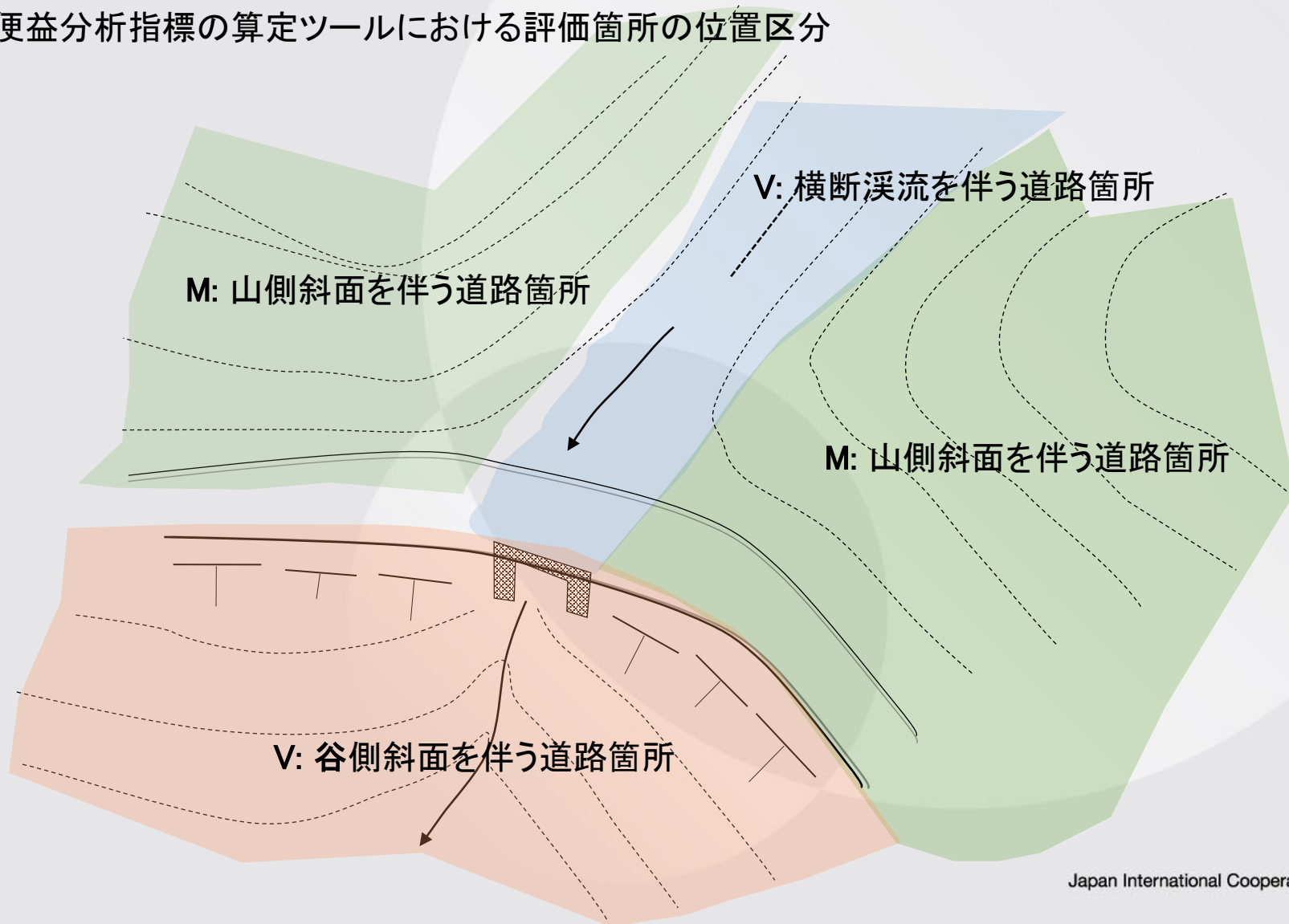
ワークシート4:
災害リスク削減投資の費用対効果算定
・正味現在価値(通貨) ・費用便益比 ・内部収益率(%)

注: リスクおよびリスク削減便益の算定、費用対効果分析は各ワークシートの結果を ➡ の流れに沿って用いて行う

成果1に関わる活動紹介

成果1: 道路インフラ(橋梁・道路斜面)の地震に対するリスク診断能力が向上する

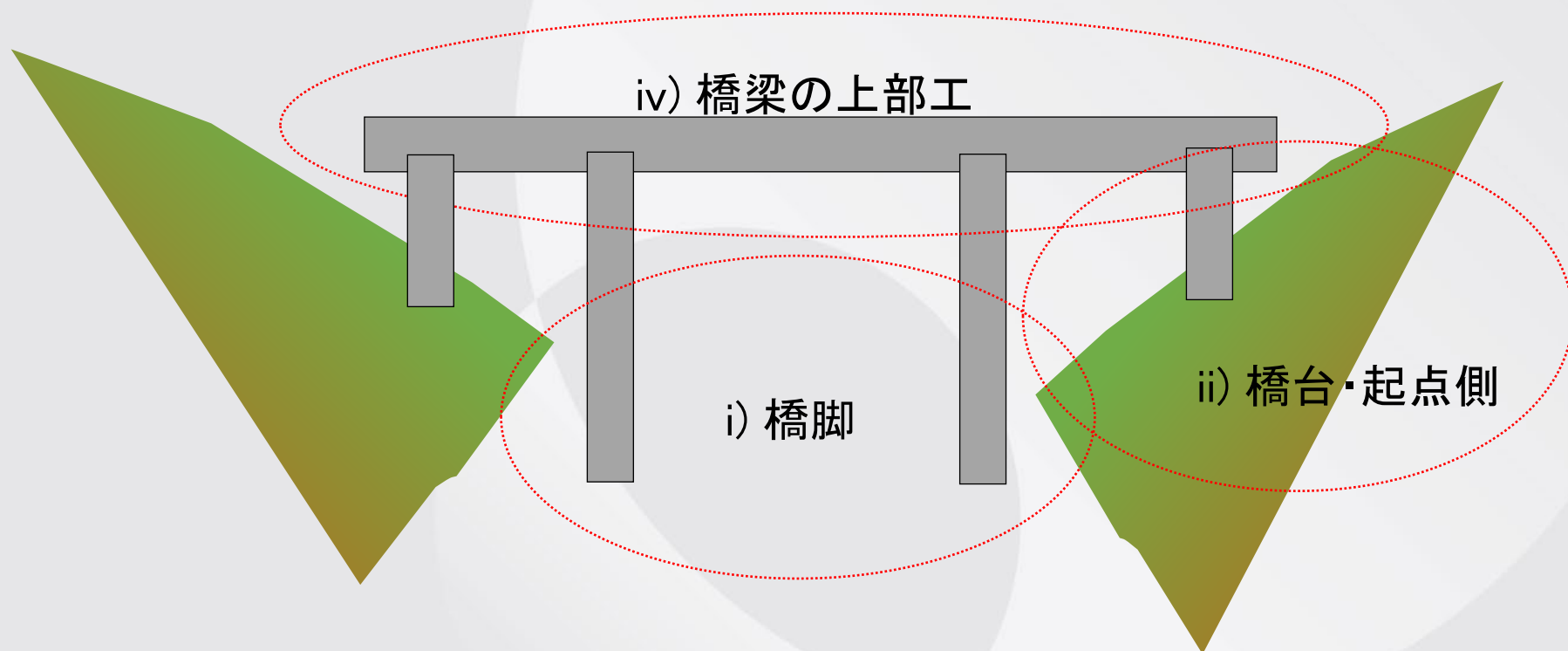
費用便益分析指標の算定ツールにおける評価箇所的位置区分



成果1に関わる活動紹介

成果1: 道路インフラ(橋梁・道路斜面)の地震に対するリスク診断能力が向上する

費用便益分析指標の算定ツールにおける橋梁評価部位区分



成果1に関わる活動紹介

成果1: 道路インフラ(橋梁・道路斜面)の地震に対するリスク診断能力が向上する 費用便益分析指標の算定ツール ワークシート1: 被災確率年算定

被災確率評価表 チェックリスト		被災確率年			
		非地震被災			地震被災
要因項目	要因に対する分類区分	路側被災 確率年(年)	1車線被災 確率年(年)	2車線被災 確率年(年)	限界PGA(gal)
A: 被災 要因項目 (30項目 程度)	2択~5択	分類区分に対応 する被災確率年 配点(年)	分類区分に対応 する被災確率年 配点(年)	分類区分に対応する 被災確率年配点(年)	分類区分に対応する限界 PGA配点(gal)
B: 既往対策工考慮前の 評価被災確率年あるい は限界PGA		被災確率年 = Σ A の被災確率 年配点(年)	被災確率年 = Σ A の被災確率 年配点(年)	被災確率年 = Σ A の被災確率年配 点(年)	限界PGA = Σ A の限界PGA配点(年)
C: 既往対策工の設計確 率年安全度あるいは設 計PGA安全度		設計確率年安全 度(年)	設計確率年安全 度(年)	設計確率年安全度 (年)	設計PGA安全度(gal)
評価箇所の非地震被災 確率年あるいは限界 PGA		既往対策工が正常に機能していると判断される場合は C を採用、そうでなければ B を採用			
評価箇所の地震被災確 率年		—	—	—	限界PGAの発生確率年(年)

成果1に関わる活動紹介

成果1: 道路インフラ(橋梁・道路斜面)の地震に対するリスク診断能力が向上する 費用便益分析指標の算定ツール ワークシート2: 潜在被害額算定

各箇所について

非地震被災の場合は、路肩被災、1車線被災、全幅員被災のレベル別に行う。

地震被災は限界PGAを超えた段階での被災規模1レベルに対し行う。

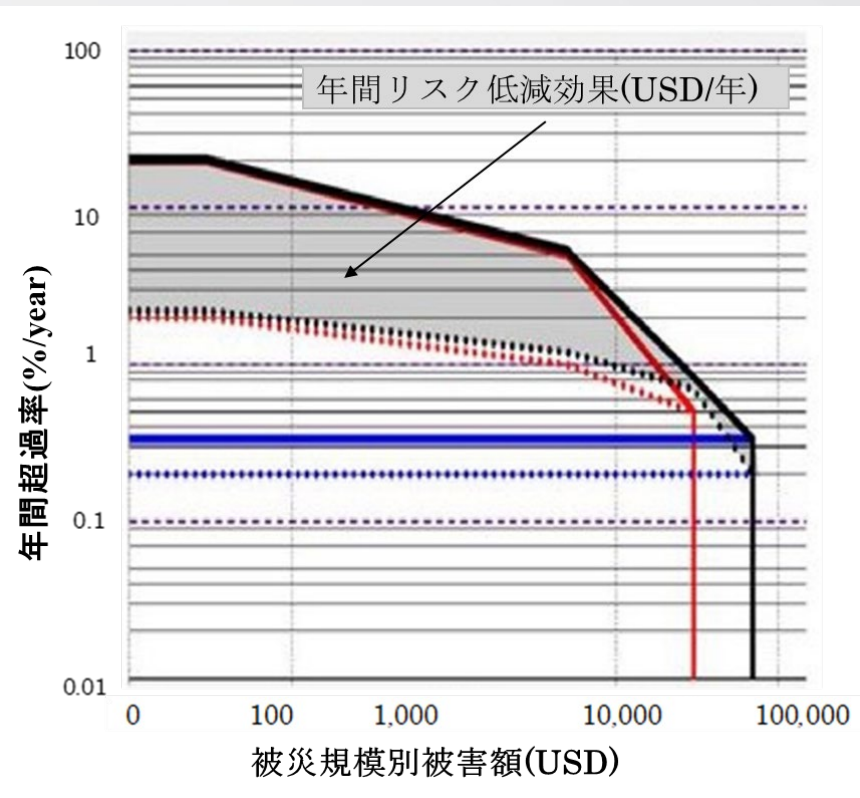
算定項目	算定方法
復旧費	・修理 ・修繕 ・再構築
交通阻害損失	・迂回損失、待機損失の小さい方 ・区間走行時間の増大に伴う交通阻害損失
人身損失	・人身損失率（死者/件） x 人身損失額原単価 人身損失原単価(例) = GDP/人口 x 平均余命/2
車両損失	・車両損失率（台/件） x 平均走行車両価値
その他の損失	道路付帯インフラの損失、周辺資産の損失、周辺環境の損失 (その他の損失は、リスク削減投資の便益となり投資の妥当性が高まるため、財源ポテンシャルの拡大の観点から可能な限りの計上が推奨される)

成果1に関わる活動紹介

成果1: 道路インフラ(橋梁・道路斜面)の地震に対するリスク診断能力が向上する

費用便益分析指標の算定ツール ワークシート3: リスクおよびリスク削減便益算定

要因	状況	記号
非地震	現状	——
	予測	
地震	現状	——
	予測	
非地震と地震	現状	——
	予測	



非地震: 路肩被災、1車線被災、全幅員被災の3点プロット

地震: 道路構造物または道路斜面が破壊する限界表面最大加速度(PGA)による被災の1点プロット

非地震と地震: 各被害額に対し、非地震と地震の年超過確率の和をプロット

成果1: 道路インフラ(橋梁・道路斜面)の地震に対するリスク診断能力が向上する

費用便益分析指標の算定ツール ワークシート4:

災害リスク削減投資の費用対効果算定

入力項目	入力単位	備考
リスク削減投資額	USD	
年維持管理費	USD/年	
年平均リスク削減便益	USD/年	ワークシート3の成果
社会的割引率	%	世銀に準じ12%
計算期間	年	世銀に準じ20年



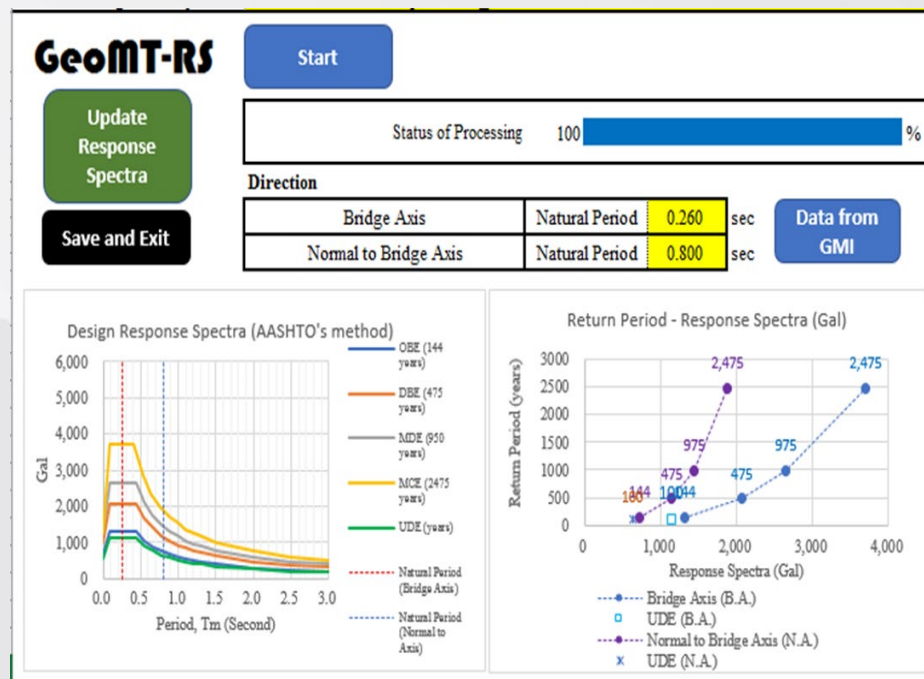
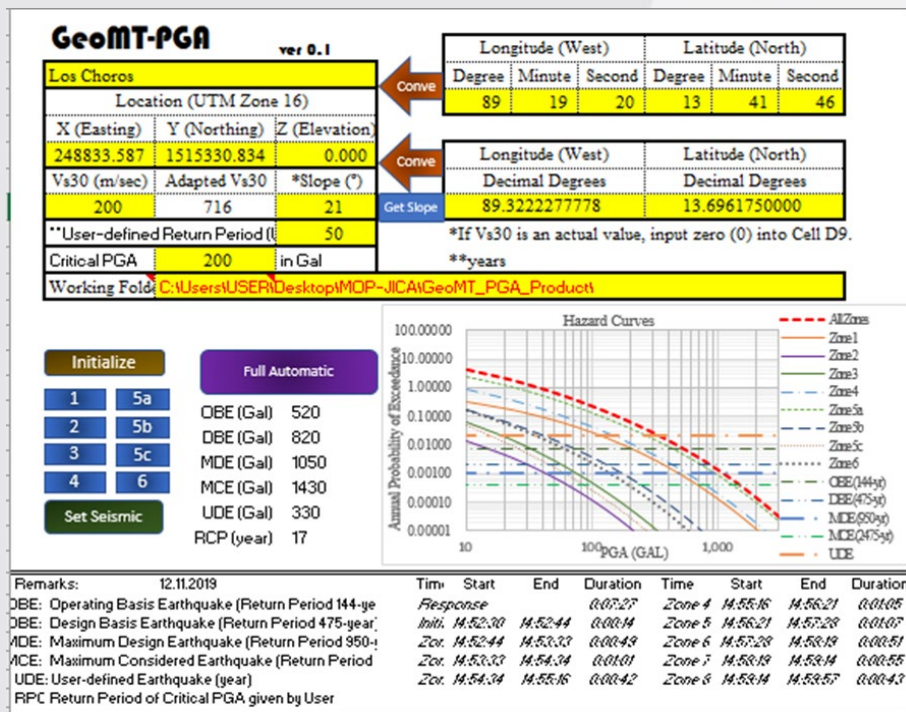
出力項目	出力単位
正味現在価値	USD
費用便益比	—
内部収益率	%

対策比較案検討により、正味現在価値あるいは費用便益比を最大化するリスク削減目標(被災確率年)、対策手法を選定する

成果1に関わる活動紹介

成果1: 道路インフラ(橋梁・道路斜面)の地震に対するリスク診断能力が向上する

個別地点の確率論的表面最大加速度(PGA)、加速度応答スペクトラム算定ツールの試作



OBE: Operating Basis Earthquake 運転基準地震 (144年確率)

DBE: Design Basis Earthquake 設計基準地震 (475年確率)

MDE: Maximum Design Earthquake 設計最大地震 (950年確率)

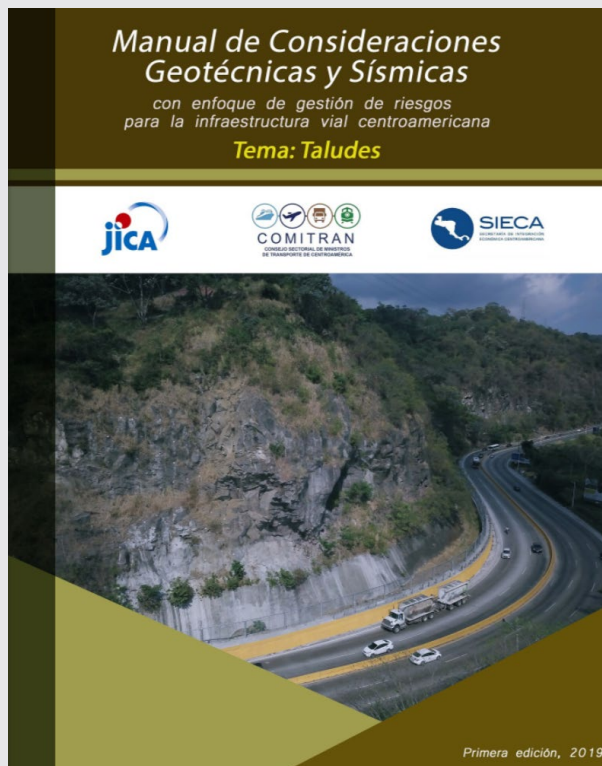
MCE: Maximum Considered Earthquake 最大考慮地震 (2475年確率)

UDE: User Defined Earthquake 利用者定義地震 (任意年確率)

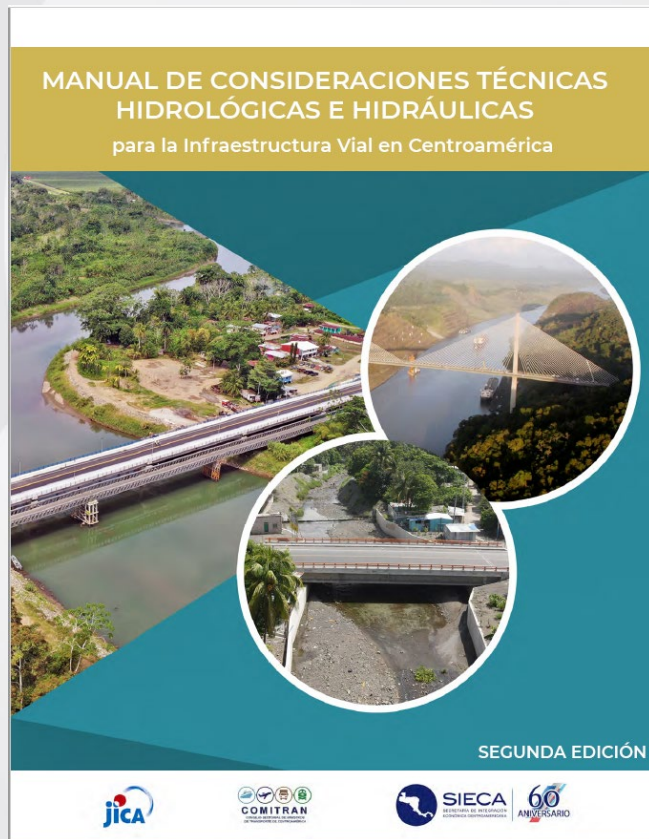
RPC: Return Period of Critical PGA given by User 利用者入力した限界表面最大加速度の確率年 (算定年確率)

成果2に関わる活動紹介

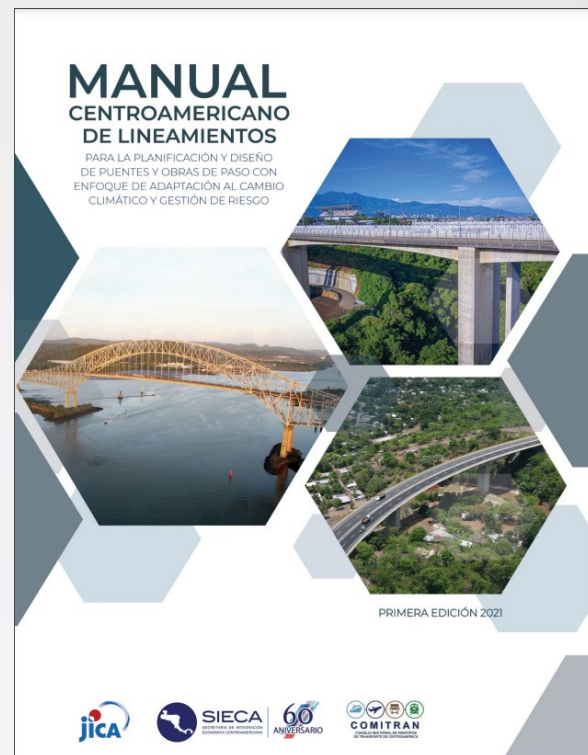
成果2: 道路災害リスク削減事業に関する標準仕様書、設計基準、積算基準が策定される
プロジェクトで作成した標準仕様書、設計要領、積算基準などの紹介
COMITRAN: 中米運輸交通大臣会合



地盤・地震工学(斜面編)初版
2019年3月COMITRAN承認



橋梁・カルバート 初版
2021年10月COMITRAN承認

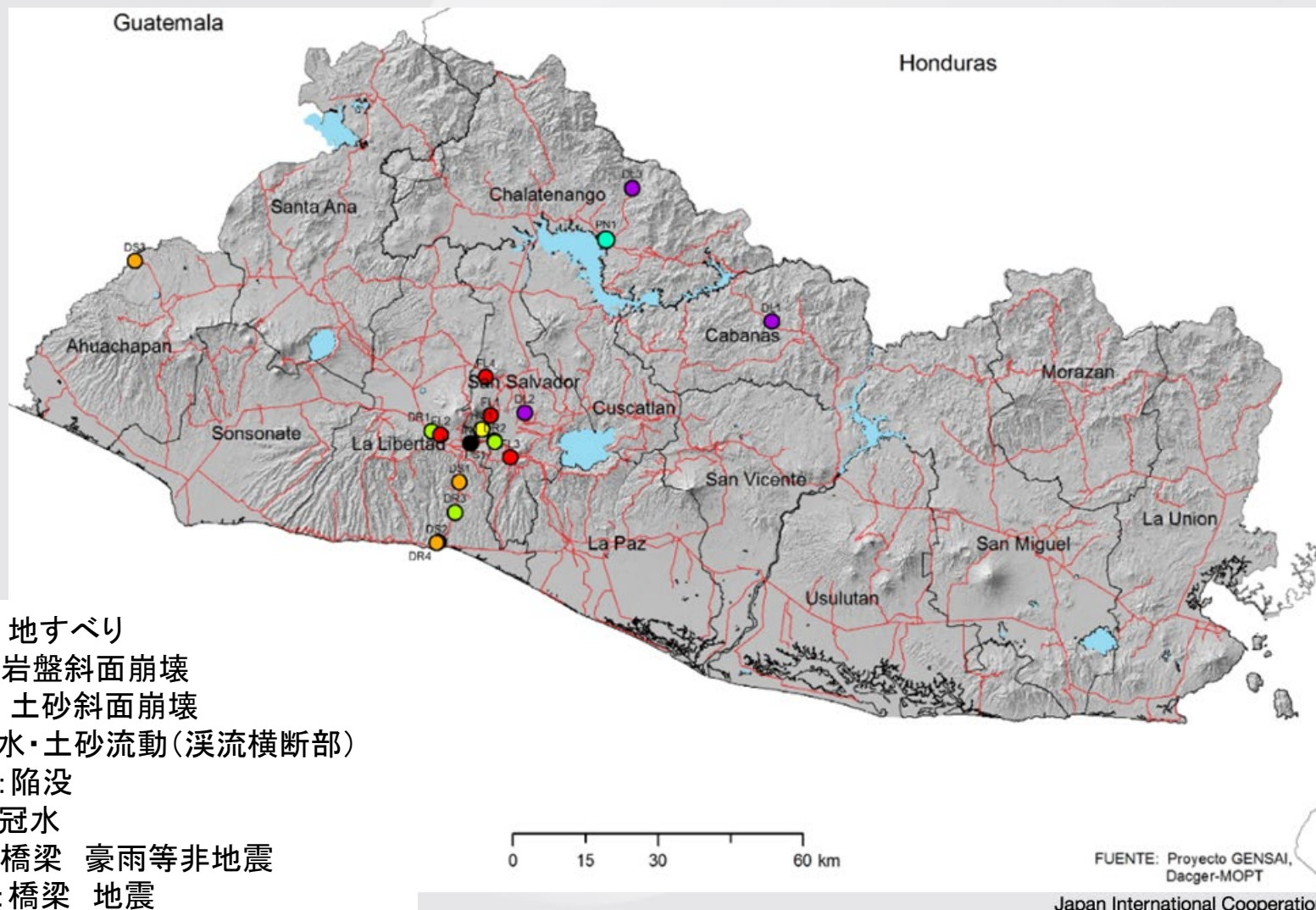


水文・水理第2版
2021年5月COMITRAN承認

成果3に関わる活動紹介

成果3:パイロット・プロジェクトを通じて、DACGERのインフラ強化事業のプロジェクトマネジメント能力が向上する

パイロットプロジェクトの紹介



成果3に関わる活動紹介

成果3:パイロット・プロジェクトを通じて、DACGERのインフラ強化事業のプロジェクトマネジメント能力が向上する

パイロットプロジェクトの紹介

橋梁 豪雨等非地震



橋梁地震



岩盤斜面崩壊



土砂斜面崩壊

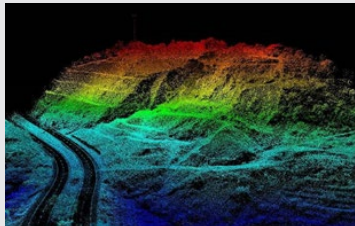


成果3に関わる活動紹介

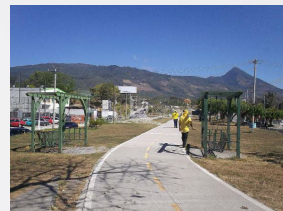
成果3:パイロット・プロジェクトを通じて、DACGERのインフラ強化事業のプロジェクトマネジメント能力が向上する

パイロットプロジェクトの紹介

地すべり



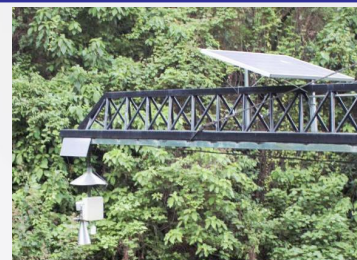
冠水



陥没



水・土石流



成果4に関わる活動紹介

成果4: 道路防災にかかるリスク診断並びに道路災害リスク削減事業の実施にかかるプロジェクトの成果が国内外で共有される

本プロジェクトの成果の公表機会

分類	詳細
本邦国際イベント 5件	・国連世界防災フォーラム/防災会議仙台 ・インタープリメント富山 (Outstanding Poster Award 受賞) など
第3国ラテン中米地域イベント 33件	・ホンジュラス国とのワークショップ・技術交換 ・コスタリカ国山岳道路セミナー ・中米マニュアル普及セミナー （コスタリカ、ホンジュラス、ニカラグア、パナマ） ・中米運輸交通大臣会合 など
本邦論文 4件	・こうえいフォーラム ・第4回土木技術者実践論文集研究発表会 など
西文書籍 2件	・JICA/エ国公共事業運輸省プロジェクト紹介書籍 ・DACGER技術情報誌
エルサルバドル国内 28件	・本プロジェクト主催セミナー ・エルサルバドル建設研究所持続的都市フォーラム など

成果4に関わる活動紹介

成果4: 道路防災にかかるリスク診断並びに道路災害リスク削減事業の実施にかかるプロジェクトの成果が国内外で共有される

2018年10月 国際防災シンポジウム インタープリメント 富山

Outstanding Poster Award 受賞



成果4に関わる活動紹介

成果4: 道路防災にかかるリスク診断並びに道路災害リスク削減事業の実施にかかるプロジェクトの成果が国内外で共有される

2019年2月 中米マニュアル編集ワークショップ



成果4に関わる活動紹介

成果4: 道路防災にかかるリスク診断並びに道路災害リスク削減事業の実施にかかるプロジェクトの成果が国内外で共有される

2020年1月31日 プロジェクト主催セミナー



成果4: 道路防災にかかるリスク診断並びに道路災害リスク削減事業の実施にかかるプロジェクトの成果が国内外で共有される

世界銀行/防災グローバルファシリティ(GFDRR)

ROAD GEOHAZARD RISK MANAGEMENT

HANDBOOK

2020



GFDRR
Global Facility for Disaster Reduction and Recovery



THE WORLD BANK
IBRD · IDA | WORLD BANK GROUP

本プロジェクトを中心にJICAの道路
防災技術協力の成果が取り込まれた

Source: © World Bank. Permission required for reuse.

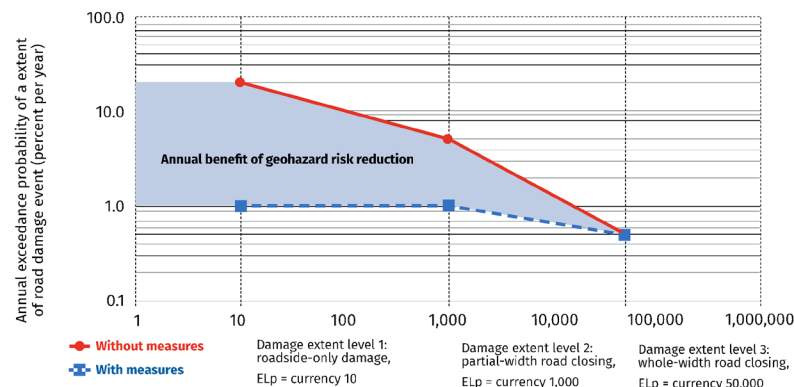
Photo 4.3: Drained Subsurface Water at a Sliding Road Mountainside Slope



This drilling operation, in El Salvador, was managed by the JICA Technical Cooperation Project team, April 2013.

Source: Edenilson Quintanilla / Japan International Cooperation Agency (JICA). ©JICA. Reproduced, with permission, from IICA; further permission required for reuse.

Figure B.12: Economic Risk Curve of Road Geohazard Damage on a Road Location



Note: ELP = Potential economic loss.

Photo 1.5 Example of Slide-Type Geohazard

In January 2009, a slide-type geohazard occurred on a bypass of the Pan-American Highway in the metropolitan area of San Salvador, El Salvador.

The road was closed because of sliding earth for about three months after the rainfall season ended. The sliding surface (bottom of the sliding mass) was 11 meters deep and consisted of deeply weathered paleosol (fossil soil), overlaid by a new pyroclastic flow deposit (fragmentation from volcanic or other igneous action). A slide-type geohazard of deep sliding surface can sometimes lag heavy rainfall by several months.

Source: ©Ministry of Public Works, Transport, Housing, and Urban Development (MOPVDU), El Salvador. Reproduced, with permission, from MOPVDU; further permission required for reuse.

Photo 1.7 Example of Flow-Type Geohazard (Flash Flood)

In a flash flood event on July 3, 2008, in the metropolitan area of San Salvador, El Salvador, floodwater completely covered this bus and dragged it into a flooding urban river, killing all 31 people aboard, including the driver and the man shown on the roof of the bus.

The rapid urbanization or deforestation of a landscape ecosystem area may increase stormwater runoff and flash flood hazard.

Source: ©El Diario de Hoy, El Salvador. Reproduced, with permission, from El Diario de Hoy; further permission required for reuse.

目標達成!

上位目標: エルサルバドル国における道路インフラの災害に対する脆弱性が低減される

目標達成!

プロジェクト目標: 道路インフラ強化のために、気候変動・リスク管理局(DACGER)の道路インフラのリスク管理能力が強化される

成果4: 道路防災にかかるリスク診断並びに道路災害リスク削減事業の実施にかかるプロジェクトの成果が国内外で共有される

成果1: 道路インフラ(橋梁・道路斜面)の地震に対するリスク診断能力が向上する

成果2: 道路災害リスク削減事業に関する標準仕様書、設計基準、積算基準が策定される

成果3: パイロット・プロジェクトを通じて、DACGERのインフラ強化事業のプロジェクトマネジメント能力が向上する

ご清聴ありがとうございました。



Gracias!!