

アルメニア国
非常事態省 救助庁

アルメニア国
地震リスク評価・防災計画策定
プロジェクト

ファイナルレポート

第Ⅱ巻 メインレポート1
エレバン市の地震リスク評価

平成 24 年 12 月
(2012年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

〇Ｙ〇インターナショナル株式会社
日 本 工 営 株 式 会 社
国 際 航 業 株 式 会 社

環 境
J R
12-180

アルメニア国
非常事態省 救助庁

アルメニア国
地震リスク評価・防災計画策定
プロジェクト

ファイナルレポート

第Ⅱ巻 メインレポート1
エレバン市の地震リスク評価

平成 24 年 12 月
(2012年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

〇Ｙ〇インターナショナル株式会社
日 本 工 営 株 式 会 社
国 際 航 業 株 式 会 社

アルメニア国地震リスク評価・防災計画策定プロジェクト

ファイナルレポートボリューム構成

巻	題名	言語
I	要約	アルメニア語 英語 日本語
II	メインレポート 1 エレバン市の地震リスク評価	アルメニア語 英語 日本語
III	メインレポート 2 エレバン市地震防災対策計画	アルメニア語 英語 日本語
IV	データブック	アルメニア語 英語

本レポートにおいては次の外貨交換レートを使用した

1.00 アメリカドル(US\$) = 407.43 アルメニアドラム(AMD)

1.00 日本円 = 5.19 アルメニアドラム(AMD)

(2012年10月8日現在)

調査のあらまし

1. 調査概要

- 調査件名： アルメニア国地震リスク評価・防災計画策定プロジェクト
先方実施機関： 非常事態省救助庁 (RS)
調査期間： 2010年8月～2012年12月

本プロジェクトは、「エレバン市において将来発生する可能性のある大地震による被害の軽減」を目標とし、次の3項目を目的として実施した。

- 1) エレバン市の地震リスクマップを作成し、地震防災計画を策定すること。
- 2) プロジェクト参加機関の地震リスク評価、地震防災計画策定能力を向上させ、エレバン市以外の地方都市の地震リスク評価、地震防災計画策定が実施できるようにすること。
- 3) 非常事態省(救助庁を含む)、エレバン市、および地震防災関係機関の地震リスク評価、地震防災計画策定に係る協力関係、協働体制を構築すること。

調査は2つのフェーズに分けて実施した。フェーズ1は2011年9月までの期間で、地震ハザードとリスクの解析を主として行った。フェーズ2では主にエレバン市地震防災計画の策定を行った。

2. エレバン市の地震リスク評価

2.1 地盤調査

エレバン市には第三紀の堆積岩が広く分布し、その上に北部では火山岩が、南西部では段丘堆積物が載っている。地震リスク評価のために重要な地盤に関する情報が不足していたため、以下の地盤調査を実施した。これらの情報をもとに、250mメッシュごとの表層地盤モデルを作成した。

- 1) ボーリング調査(深さ30m×10本)
- 2) PS 検層調査(深さ30m×10地点)
- 3) 表面波探査(60箇所)
- 4) 微動探査(50箇所)
- 5) 表層地質図、地質断面図作成(縮尺1:10,000)

2.2 活断層調査

シナリオ地震の設定のため、エレバン市周辺の活断層について、トレンチ調査を実施した。

- 1) Garni 断層でトレンチ調査を行い、活断層の存在を確認した。そのうちエレバン市の東の調査地点では、最近の活動時期が紀元前1,000年頃であることが分かった。
- 2) エレバン断層の確認を目的に、エレバン市の西のメツァモールでトレンチを行ったが、断層は確認されなかった。エレバン市の南東の Nor Ughi でのトレンチでは Vedi 断層で活断層が確認された。これまでは活断層ではないとされていた Vedi 断層が、エレバン断層の活動(おそらく893年の地震)に伴って二次的に活動した可能性がある。

2.3 地震ハザードの評価

エレバン市の東を北北西-南南東に走る Garni 断層に、以下の2地震をシナリオとして設定した。

- GF2 シナリオ:エレバン市の東、マグニチュード 7.0
- GF3 シナリオ:エレバン市の南東、マグニチュード 7.0

計算された地震動は、GF2 シナリオが MSK 震度 8~9(気象庁震度 5 強~6 弱)、GF3 シナリオが概ね MSK 震度 8(気象庁震度 5 弱~5 強)である。液状化の可能性は低い。東部の地すべり地では地震時の再活動の危険性が高い。

2.4 被害想定結果

住宅の構造分類、棟数分布は、サンプリング調査、インベントリー調査を行って把握した。橋梁等のインフラは、台帳と現地調査で現況状況を調べた。ライフラインに関しては既存図面等から位置と管種等のデータベースを作成した。被害関数は、主に 1988 年スピタク地震による被害履歴をもとに、エレバン市の現況と経年変化を加味して作成した。

現在のエレバン市のインベントリーデータと被害関数、シナリオ地震による地震動から、以下の被害が発生することが想定される。

(1) 住宅の被害(大破および倒壊)

既存建物数			GF2 シナリオ			GF3 シナリオ		
集合住宅	戸建住宅	戸数	集合住宅	戸建住宅	戸数	集合住宅	戸建住宅	戸数
4,371	42,633	264,928	860 (20%)	13,870 (33%)	54,800 (21%)	350 (8%)	6,660 (16%)	22,500 (8%)

※集合住宅は半数が石造の 4、5 階建てであり、スピタク地震で大きな被害を受けた種類の建物も多数存在する。1970 年代に建築されたものが多い。戸建住宅もほとんど石造である。

(2) 死傷者(夜間)

人口	GF2 シナリオ		GF3 シナリオ	
	死者	負傷者	死者	負傷者
1,119,200	31,800 (2.8%)	76,500 (6.8%)	11,200 (1.0%)	31,100 (2.8%)

※住民の 7 割以上が集合住宅に住んでいる。

(3) インフラの被害

橋梁、架道橋、跨線橋に落橋等の重大被害は発生しない。

(4) ライフラインの被害(最大)

既存管路・線路延長 (km)				GF2 シナリオ				GF3 シナリオ			
上水道	下水道	電力	ガス	上水道	下水道	電力	ガス	上水道	下水道	電力	ガス
1,300	1,050	2,600	1,090	27 箇所	81 箇所	22 km	265 km	12 箇所	36 箇所	5 km	121 km

※上下水道は地中に埋設されているが、ガス管は、ほとんどの管路が地表に設置されている。

2.5 地震防災計画関連調査

地震防災計画策定に資するため、都市計画、環境、教育の面から調査、検討を行い、以下の結果を得た。

- 北東部では災害時に使えるアクセスの良い緑地が少ない。密集市街地では空き地が物置や駐車場占有されていることが多い。

- ・ 地震に強い街づくりのために必要な再開発と住宅の耐震化を促進するために、都市計画関連の法的枠組みの整備が優先課題である。
- ・ これまで考慮されていない地震防災に関する内容をマスタープランに追加すべきである。
- ・ 災害ガレキの処分場が指定されていない。GF2 シナリオで発生するガレキの処分には、現在の処理能力では約 17 年かかる計算になる。
- ・ 一時避難場所は十分な収容力が確保されているが、長期避難場所は極めて少ない。これに対し、アンケート調査では被災者の半数はエレバン市内に留まることを希望している。
- ・ 原子力発電所の事故の際の避難計画は準備されているが単独事故を想定したものであり、地震による事故の発生は考慮されていない。
- ・ 学校防災教育は、災害直後の対処を中心に系統的に実施されているが、双方向教育や参加型学習が不十分である。
- ・ 政府機関による市民教育は個々の市民の防災力向上が主で、コミュニティは対象になっていない。

2.6 地震防災システムの構築

フェーズ 1 の成果を生かし、2 つの地震防災システムを構築した。

(1) 即時震度分布表示システム

市内 5 か所に強震計を設置してオンラインで地震観測を行い、地震発生時には MES のレスキューセンターで市内一円の地震動分布を即時に表示するシステム。この際にはフェーズ 1 で実施したハザード解析手法で評価した地盤増幅特性を利用している。また、携帯電話の SMS(ショートメール)を利用して、配信する機能も持つ。

(2) 地震被害想定システム

任意の地震の震源位置と地震規模を設定して、地震動分布と各種の被害を定量的に計算する GIS システムである。フェーズ 1 で実施したリスク評価手法を簡便化して搭載した。使用者は RS あるいは RS エレバン支部であるため、地震被害想定に関する専門知識を持っていなくても使えるように設計された。住宅の一部が耐震性の高い建物に建て替えられた場合もオプションで設定できる。

3. エレバン市地震防災対策計画の策定

地震ハザード、リスク評価と地震被害シナリオ作成の結果を踏まえ、カウンターパートである非常事態省救助庁とともにエレバン市地震防災対策計画を策定した。

策定にあたって、19 の応急対応項目について災害シナリオを作成し、改善すべき点とそのための対策を抽出した。減災については、現状の分析と重点課題の抽出と現状に則した対策の方向性を決めた。

優先事業の選定は、階層分析法(AHP)によって行い、選定された優先事業について実施計画を作成した。最も優先度の高い避難計画の整備・公表については、本プロジェクトにおいて、その実施(避難計画策定と公表のための市長令として承認)までを行った。また、計画策定の一環として、救助庁の BCP の作成も行った。

作成したエレバン市地震防災対策計画は、市長令としての採用のための最終段階である関係省庁への回覧が行われている。

3.1 計画の目標、方針と重点項目

地震防災計画の全体の目標として「総合防災の推進」を掲げ、以下に示す観点において地震防災活動を推進することを基本方針とした。

(1) 体系的防災(究極のゴールを設定した活動)

地震災害のリスクを軽減するために、究極のゴールを設定して地震防災活動を推進することを推奨する。地震防災のゴールは、1) 人の命を守る、2) 市民の生計を確保する、3) 社会経済のシステムを継続する、4) 国の統治を維持する、と設定する。

(2) 包括的な防災(縦横の組織系における役割分担—連携と、すべてが主体となった活動)

地震防災活動を促進するためには、全ての組織・全ての市民が自らの役割を明確にして他と連携して、主体性を持って活動することが必要である。

(3) 系統的な防災(防災のサイクルにおいて連続した活動)

地震被害を軽減するためには、地震発生前に軽減活動や緊急対応準備活動を進めておくことが重要である。地震発生直後の緊急対応は、その後の復旧・復興と連続するものである。さらに、復旧・復興は、地震前の状態に戻すだけでなく、次の地震に備えての減災や事前準備とつながって、より地震に強いまちを造る一貫した活動となるべきである。

(4) 具体的・効率的な防災(リスクを知った上での活動)

効率的な防災活動のためには、ハザードや脆弱性を知った上でリスクを知り、重要性・緊急性・対応策の効率性を考慮して抽出したリスクを軽減するために防災計画を策定し、計画に則って施策を実施する必要がある。

(5) 的確・実行可能な防災(できるところからの活動と、活動の積み重ね)

住民の要望や財政面などを考慮して、可能なレベルでのリスク評価に基づいて、できるところから施策を進め、その積み重ねによって、リスクを軽減して地震に強いまちを造ることを推奨する。

また、本調査を通じて抽出された課題に対応して、本計画の策定方針を次のように設定した。

- a) 科学的なリスク評価と地震シナリオを活用する
- b) 効果的な活動のために、減災に焦点をあてる
- c) 建物強化に重点を置いた事前対策の充実により脆弱性を低減する
- d) 行政官から住民にいたる全ての市民の防災意識を向上する
- e) 関係組織やコミュニティ(住民組合)との連携のための制度・予算・実施体制の強化に重点をおいた持続可能な計画を策定する
- f) 防災教育や即時震度表示システムを活用した災害情報の伝達を通して防災活動を促進する

上記の方針に従って、地震災害に対する軽減活動や事前準備活動を促進すべき重点項目は以下のとおりである。

- a) 意識向上・防災情報の広報
- b) 都市開発の促進と市街地でのオープンスペースの確保
- c) 道路網の改善

- d) 建物の耐震強化
- e) 被害想定のための調査と研究
- f) ボランティアとの協力と協業
- g) 火災と爆発の防止と危険物の安全化

3.2 エレバン市地震防災対策計画

本調査で策定した地震防災対策計画の構成と内容は下表のとおりである。

エレバン市地震防災対策計画の構成と内容

構成		内容
第1部	基本事項	第1章 計画の方針 第2章 市の概況および被害想定 第3章 防災主体の基本的責務
第2部	軽減計画	第4章 軽減対策の推進に係わる市の体制 第5章 地震に強い人づくり 第6章 地震に強い地域づくり 第7章 地震に強い都市づくり 第8章 施設構造物などの耐震強化 第9章 地震に関する調査・研究
第3部	事前準備計画	第10章 事前準備の推進とその支援に係わる市の体制 第11章 市民とコミュニティの事前準備の推進 第12章 初動に係わる事前準備 第13章 情報通信に係わる事前準備 第14章 火災や危険物に関する事前準備 第15章 救助、避難に関する事前準備 第16章 緊急輸送に係わる事前準備 第17章 緊急医療に係わる事前準備 第18章 行方不明者の捜索・遺体処理に関する事前準備 第19章 飲料水・食料の確保・供給体制 第20章 ライフライン・通信・交通施設の応急復旧に係わる事前準備 第21章 ガレキ処理や他の環境社会課題に係わる事前準備
第4部	応急対応計画	第22章 応急対応の基本 第23章 危機管理センターの設置・運営 第24章 情報の収集と伝達 第25章 警備、交通整理、緊急輸送 第26章 防災機関の相互連携 第27章 避難、救助 第28章 緊急医療、保健衛生 第29章 行方不明者の捜索・救出、遺体の取扱い 第30章 消防、危険物対策 第31章 学校対策 第32章 水・食料の供給 第33章 ライフライン・通信・交通施設の応急復旧 第34章 ゴミ・し尿・ガレキ処理 第35章 応急住宅・生活対策
第5部	復旧・復興計画	第36章 復旧・復興の基本的考え方 第37章 復旧・復興本部 第38章 復旧・復興計画の策定 第39章 市民生活の安定 第40章 都市の復興
第6部	応援計画	第41章 支援計画

目次

	ページ
第1章 調査概要	1-1
1.1 プロジェクトの背景	1-1
1.2 プロジェクトの目的	1-3
1.3 実施体制	1-4
第2章 データの収集と分析	2-1
2.1 法令・組織・計画	2-1
2.1.1 法令	2-1
2.1.2 組織	2-3
2.1.3 計画	2-4
2.2 地図・GIS	2-6
2.2.1 地図	2-6
2.2.2 GIS(地理情報システム)	2-7
2.3 地震関係資料	2-7
2.3.1 地震カタログ	2-7
2.3.2 強震観測資料	2-9
2.3.3 被害地震資料	2-10
2.4 テクトニクス、活断層、地形、地質、地盤条件	2-12
2.4.1 アルメニアおよびその周辺のテクトニクスと活断層	2-12
2.4.2 地形	2-18
2.4.3 地質	2-20
2.5 人口・土地利用・都市開発	2-22
2.5.1 人口	2-22
2.5.2 土地利用	2-25
2.5.3 都市開発	2-29
2.6 建物	2-30
2.6.1 建物インベントリーデータ	2-30
2.6.2 脆弱性と耐震改修に関するデータ	2-32
2.6.3 建物データの収集	2-32
2.7 インフラ、ライフライン	2-32
2.7.1 インフラの耐震評価	2-32
2.7.2 エレバン市内の主要幹線道路	2-32
2.7.3 エレバン市内の主要構造物	2-34
2.7.4 エレバン市周辺の公共交通機関	2-36
2.7.5 交通の傾向	2-37
2.7.6 ライフラインに関するデータ調査	2-38
2.8 地震防災情報データベースの設計	2-40
第3章 地盤調査	3-1
3.1 ボーリング・土質試験	3-1
3.2 PS 検層	3-3
3.3 表面波探査	3-3
3.4 常時微動探査	3-5
3.5 表層地質図の作成	3-6
3.6 地すべり調査	3-12
3.6.1 調査の流れ	3-12
3.6.2 地すべりの地理的分布	3-12

3.7	活断層調査.....	3-14
3.7.1	活断層調査の目的と調査内容.....	3-14
3.7.2	ガルニ断層とエレバン断層の活断層トレース.....	3-15
3.7.3	トレンチ調査.....	3-22
3.7.4	将来の地震の発生確率.....	3-48
3.7.5	エレバン断層での追加トレンチ調査.....	3-48
第4章	地震ハザードの評価.....	4-1
4.1	地盤モデルの作成.....	4-1
4.1.1	表層地盤の状況.....	4-1
4.1.2	岩盤のS波速度構造の解析.....	4-1
4.1.3	表層のS波速度構造の解析.....	4-3
4.1.4	ハザード解析のための地盤のモデル化.....	4-6
4.2	シナリオ地震.....	4-11
4.2.1	断層のタイプ.....	4-12
4.2.2	断層の長さ.....	4-12
4.2.3	断層の傾斜角.....	4-12
4.2.4	断層の深さ.....	4-12
4.2.5	地震の規模.....	4-12
4.3	地震動、液状化、斜面の評価.....	4-13
4.3.1	基盤地震動の解析.....	4-13
4.3.2	地表地震動の解析.....	4-15
4.3.3	液状化の解析.....	4-18
4.3.4	斜面の安定性.....	4-22
4.4	エレバン断層による地震動.....	4-27
第5章	建造物のインベントリー調査.....	5-1
5.1	建物サンプル調査.....	5-1
5.1.1	調査概要.....	5-1
5.1.2	集合住宅の構造分類.....	5-1
5.1.3	建設年代と集合住宅の階数.....	5-2
5.1.4	集合住宅の概要と外観.....	5-2
5.1.5	戸建住宅の構造分類.....	5-7
5.1.6	学校・病院の構造分類.....	5-7
5.2	建物インベントリー調査.....	5-8
5.2.1	集合住宅.....	5-8
5.2.2	戸建住宅.....	5-12
5.2.3	学校・病院.....	5-13
5.3	建物の被害関数.....	5-14
5.3.1	概要.....	5-14
5.3.2	検討項目.....	5-15
5.3.3	集合住宅.....	5-18
5.3.4	戸建住宅.....	5-23
5.3.5	学校・病院.....	5-24
5.4	インフラのインベントリー.....	5-26
5.4.1	調査対象.....	5-26
5.4.2	インベントリー調査.....	5-27
5.5	インフラの被害関数.....	5-29
5.6	ライフラインのインベントリー.....	5-30
5.7	ライフラインの被害関数の設定.....	5-32
5.7.1	被害関数について.....	5-32

5.7.2	被害関数の設定	5-33
5.8	インベントリーデータベースの整備	5-37
第6章	リスク評価	6-1
6.1	建物のリスク評価	6-1
6.1.1	集合住宅の被害	6-1
6.1.2	戸建住宅の被害	6-1
6.1.3	建物リスク評価のまとめ	6-1
6.1.4	建築物の耐震化と建築規制	6-4
6.2	インフラのリスク評価	6-12
6.2.1	リスク評価結果	6-12
6.2.2	被害要因の検討	6-14
6.2.3	耐震化対策	6-16
6.2.4	まとめと提言	6-16
6.3	ライフラインのリスク評価	6-17
6.3.1	リスク評価結果	6-17
6.3.2	応急復旧に必要な資源	6-23
6.3.3	提言	6-25
6.4	火災・人的被害の評価	6-26
6.4.1	火災の評価	6-26
6.4.2	人的被害の評価	6-26
6.5	地震防災情報データベース	6-31
6.6	地震防災計画のための最悪ケースの想定	6-32
第7章	地震防災計画関連調査	7-1
7.1	都市計画	7-1
7.1.1	都市基盤からみた脆弱性評価(市街地、公園)	7-1
7.1.2	都市計画制度等の現状と課題	7-3
7.1.3	エレバン市における再開発事業の課題	7-6
7.1.4	地震に強い都市づくりに関する提言	7-10
7.2	環境・社会配慮	7-18
7.2.1	ガレキ処分	7-18
7.2.2	有害廃棄物の処分(アスベスト)	7-21
7.2.3	し尿管理と衛生状態	7-21
7.2.4	防災上の環境・社会配慮	7-24
7.2.5	一時避難場所での環境・社会配慮	7-25
7.2.6	長期避難場所の環境・社会配慮	7-26
7.2.7	化学物質と爆発性物質	7-28
7.2.8	放射能汚染	7-29
7.2.9	大気汚染(粉塵)	7-30
7.2.10	騒音	7-31
7.2.11	水質汚染	7-32
7.2.12	森林保護	7-33
7.2.13	土壌保護	7-34
7.2.14	用地取得と再定住に関する環境・社会配慮	7-34
7.3	社会調査	7-35
7.3.1	住民に対するアンケート調査	7-35
7.3.2	専門家に対するヒアリング	7-36
7.4	防災教育・コミュニティ防災	7-37
7.4.1	関連法令における防災教育及びコミュニティ防災	7-37
7.4.2	学校防災教育の現状	7-38

7.4.3	コミュニティ防災の現状.....	7-39
7.4.4	提案と実施可能な現状改善活動.....	7-41
第8章	地震防災システムの構築	8-1
8.1	即時震度分布表示システム	8-1
8.1.1	システムの概要	8-1
8.1.2	強震計の配置	8-2
8.1.3	機器構成	8-3
8.1.4	システム開発	8-3
8.1.5	システムの表示と配信	8-4
8.2	地震被害想定システム	8-5
8.2.1	システム開発の経緯	8-5
8.2.2	システムの機能	8-6
8.2.3	システムの概要	8-8

目次

	ページ
表 1.1-1 アルメニアの歴史の概観.....	1-1
表 1.3-1 調査実施担当機関、メンバー.....	1-5
表 1.3-2 作業スケジュール.....	1-6
表 2-1 収集データの概要.....	2-1
表 2.2-1 収集した地形 CAD データ.....	2-6
表 2.2-2 Pulkovo1942 から WGS1984 への座標変換パラメーター.....	2-7
表 2.4-1 エレバン市に分布する地質の層序.....	2-21
表 2.5-1 各区の面積、人口及び人口密度 (2010 年).....	2-23
表 2.5-2 各区人口の変遷.....	2-24
表 2.5-3 アルメニアの土地利用基準.....	2-26
表 2.6-1 収集した建物に関する GIS 及び CAD データの内容.....	2-30
表 2.7-1 エレバン市内の主要幹線道路リスト.....	2-33
表 2.7-2 構造物リスト.....	2-35
表 2.7-3 主要道路の交通渋滞.....	2-37
表 2.7-4 自動車台数予測 (2010 年、2020 年).....	2-38
表 2.7-5 公共交通機関の乗客数予測 (2010 年、2020 年).....	2-38
表 2.7-6 調査内容.....	2-38
表 2.7-7 ライフラインネットワーク図収集リスト.....	2-39
表 3.1-1 調査項目、数量.....	3-1
表 3.1-2 ボーリング調査地点の表層地質.....	3-1
表 3.5-1 エレバン市域に分布する地質の層序.....	3-10
表 3.7-1 衛星写真 ALOS の ID ナンバーと撮影年月日.....	3-14
表 3.7-2 衛星写真 CORONA の ID ナンバーと撮影年月日.....	3-15
表 3.7-3 トレンチ調査の実施数量.....	3-23
表 3.7-4 North Ganrni および Yelpin 地点におけるトレンチの ¹⁴ C 年代測定結果.....	3-33
表 3.7-5 エレバン市周辺に分布する活断層の 50 年地震発生確率.....	3-48
表 4.1-1 「Type 1」の地表地質.....	4-3
表 4.1-2 「Type 2」の地表地質.....	4-4
表 4.1-3 「Type 3」の地表地質.....	4-5
表 4.1-4 エレバンの S 波速度構造のまとめ.....	4-6
表 4.2-1 シナリオ地震の断層パラメータ.....	4-11
表 4.3-1 地すべりハザード評価項目と評価点.....	4-23
表 4.3-2 住宅・建物とインフラへの地すべりリスク評価.....	4-23
表 4.4-1 エレバン断層の断層パラメータ.....	4-28
表 5.1-1 集合住宅の構造分類と構造的特徴.....	5-1
表 5.2-1 各構造種別の集合住宅数とスピタク地震時の被害.....	5-10
表 5.2-2 建設年代分類による学校及び病院数.....	5-14
表 5.4-1 調査対象構造物リスト.....	5-26
表 5.4-2 インベントリー調査項目.....	5-27
表 5.4-3 インベントリー調査における調査様式.....	5-28
表 5.5-1 被災度判定基準(片山の方法).....	5-29
表 5.5-2 被災度判定の定義と判定値.....	5-30
表 5.5-3 被災度判定基準(品質).....	5-30
表 5.6-1 ライフラインの集計表.....	5-31
表 5.7-1 上水道管の管種係数・管径係数.....	5-34
表 5.7-2 電力架空線被害率(最大被害).....	5-35

表 5.7-3	電力架空線被害率(平均被害)	5-35
表 5.7-4	電力地中線被害率(最大被害)	5-35
表 5.7-5	電力地中線被害率(平均被害)	5-36
表 5.7-6	ガス地中管の管種係数・管径係数	5-37
表 5.8-1	インベントリーリスト	5-39
表 6.1-1	住宅建物の被害	6-4
表 6.1-2	学校と病院の被害	6-4
表 6.1-3	免震・TMD(制振)による耐震改修の概要(参考文献1、他)	6-5
表 6.1-4	耐震改修構法の性能比較	6-7
表 6.2-1	橋梁／高架橋のリスク評価 - GF2 シナリオ -	6-12
表 6.2-2	橋梁／高架橋のリスク評価 - GF3 シナリオ -	6-13
表 6.2-3	被災度判定基準(耐震性能にかかわる詳細区分)	6-14
表 6.2-4	橋梁被災度判定基準(品質にかかわる詳細区分)	6-15
表 6.2-5	竣工年毎の橋梁数と品質にかかわる重み係数の平均値	6-15
表 6.3-1	上水道管の被害	6-17
表 6.3-2	汚水管の被害	6-18
表 6.3-3	雨水管の被害	6-19
表 6.3-4	架空電力線の被害	6-20
表 6.3-5	地中電力線の被害	6-21
表 6.3-6	ガス地中管の被害	6-21
表 6.3-7	ガス地上管の被害	6-22
表 6.3-8	地中電話線の被害	6-23
表 6.4-1	死傷者数推定結果(夜間)	6-30
表 6.5-1	地震防災情報データベースの入力データ概要	6-31
表 6.6-1	地震防災計画のための最悪ケース	6-32
表 7.1-1	エレバン市各区の緑地面積(2003年)	7-2
表 7.1-2	エレバン市各区の公園・緑地整備の将来計画	7-11
表 7.2-1	シナリオ地震 GF2 における倒壊・大破建物数	7-18
表 7.2-2	シナリオ地震 GF2 により発生するガレキ量	7-19
表 7.2-3	災害ガレキ処分候補地	7-20
表 7.2-4	アルメニアの仮設トイレの仕様	7-23
表 7.2-5	国民避難計画(2012)における一時避難場所	7-25
表 7.2-6	一時避難場所の運営・管理のための組織	7-26
表 7.2-7	国民避難計画(2012及び2,010)での長期居住地点	7-27
表 7.2-8	大気汚染の基準	7-30
表 7.2-9	住居用及び公共建物、住居地区における許容騒音レベル	7-31
表 7.2-10	Hrazdan 川の水質(2011)	7-33
表 7.2-11	エレバン市各区の緑地	7-34
表 7.4-1	関連法令における防災教育及びコミュニティ防災の記述	7-37
表 7.4-2	学校防災教育及びコミュニティ防災に関する現状改善活動	7-42
表 8.1-1	強震計設置地点	8-2
表 8.1-2	機器構成	8-3
表 8.2-1	地震被害想定システムの開発スケジュール	8-6

目 次

		ページ
図 1.2-1	エレバン市の全域 (227km ²)	1-3

図 1.3-1 調査実施体制	1-4
図 1.3-2 フローチャート.....	1-7
図 2.1-1 非常事態の民間防衛に係わる管理組織図	2-4
図 2.2-1 1/2,000 での地形 CAD 描画例	2-6
図 2.2-2 Bing Maps とエレバン市境界.....	2-7
図 2.3-1 NSSP のカタログによる 1932 年～2008 年の地震活動	2-8
図 2.3-2 NSSP の歴史地震カタログによる地震分布	2-9
図 2.3-3 NSSP の強震観測地点と観測地震分布.....	2-10
図 2.4-1 アルメニアおよびその周辺地域のテクトニクス(Philip et al., 1989, 2001)	2-15
図 2.4-2 アルメニアのテクトニクス.....	2-16
図 2.4-3 Philip et al. (2001) によるアルメニアおよびその周辺地域の活断層と歴史地震.....	2-17
図 2.4-4 Georisk により作成された活断層図.....	2-18
図 2.4-5 エレバン市の DEM によって作成されたレリーフマップ(GEORISK,2011)	2-19
図 2.5-1 エレバン市 12 区.....	2-22
図 2.5-2 各区の人口密度.....	2-24
図 2.5-3 各区人口の変遷.....	2-25
図 2.5-4 エレバン市の土地利用現況図	2-27
図 2.5-5 エレバン市の土地利用分布図(土地利用管理のため)	2-28
図 2.5-6 エレバン市内中心部(Kentron 区)の再開発	2-29
図 2.6-1 Cadastro の CAD マップ	2-31
図 2.6-2 RS の GIS マップ	2-31
図 2.6-3 NSSP の GIS マップ	2-31
図 2.6-4 Cadastro のアトラス(A4 サイズ)	2-31
図 2.7-1 エレバン市内の主要幹線道路	2-33
図 2.7-2 主要空港及び鉄道	2-36
図 2.7-3 エレバンの地下鉄の経路と駅.....	2-37
図 2.8-1 データベースの構成とプロジェクト展開.....	2-40
図 3.1-1 ボーリング調査地点位置図	3-2
図 3.1-2 ボーリング柱状図の例と掘削状況.....	3-2
図 3.2-1 S 波の起振の様子と測定記録例.....	3-3
図 3.3-1 表面波探査実施地点.....	3-4
図 3.3-2 表面波探査の L 字型地震計配置	3-4
図 3.3-3 PS 検層結果(左)と表面波探査結果(右)の比較.....	3-5
図 3.4-1 常時微動探査結果の例.....	3-6
図 3.5-1 既存地質図 縮尺 1:25,000 (E.Kharazyan ほか 1993)	3-7
図 3.5-2 既存地質図 縮尺 1:10,000 (Georisk 2004).....	3-7
図 3.5-3 エレバン市の地質図	3-8
図 3.5-4 地質断面図の例 (南北断面 No.4).....	3-9
図 3.5-5 地質断面図の例 (東西断面 No.3).....	3-9
図 3.5-6 詳細地質断面図の例 (詳細東西断面 No.2)	3-9
図 3.6-1 地すべり調査の流れ	3-12
図 3.6-2 地すべり地の状況	3-14
図 3.7-1 エレバン市周辺の活断層	3-17
図 3.7-2 Abovyan から Garni へかけてのガルニ断層の GF2 セグメントの詳細な断層トレース(Georisk 資料).....	3-18
図 3.7-3 Garni 村北方の山頂部にみられる活断層(白い破線)	3-19
図 3.7-4 Garni 村南の峡谷にみられるガルニ断層の露頭.....	3-19
図 3.7-5 Yelpin におけるガルニ断層の活断層トレース	3-20
図 3.7-6 ガルニ断層の断層トレースとトレンチ調査位置(黒の長方形)	3-20

図 3.7-7	Aslanyan (1954, 1958) および Gabrielyan (1959, 1981) による Vedi と Ararat 付近 (エレバン市の南東) のエレバン断層の活断層トレース	3-21
図 3.7-8	Nor Ughi における推定されたエレバン断層のトレース	3-21
図 3.7-9	Jrashen における推定されたエレバン断層のトレース	3-22
図 3.7-10	正断層による地層の変形	3-24
図 3.7-11	Colluvial wedge の形成過程 (Nelson, 1992)	3-25
図 3.7-12	North Garni 地点の地形	3-27
図 3.7-13	低断層崖を西から眺める	3-28
図 3.7-14	North Garni トレンチ南側壁面のスケッチ	3-29
図 3.7-15	North Garni トレンチ南側壁面のモザイク写真	3-30
図 3.7-16	North Garni トレンチ北側壁面のスケッチ	3-31
図 3.7-17	North Garni トレンチ北側壁面のモザイク写真	3-32
図 3.7-18	North Garni トレンチ南側壁面の V 字状落ち込み構造 (ねじり鎌の下)	3-34
図 3.7-19	North Garni 地点における地震イベントの時期	3-34
図 3.7-20	North Garni トレンチ南側壁面で推定される 1 回の断層運動による変位量	3-35
図 3.7-21	Yelpin における断層トレース	3-36
図 3.7-22	低断層崖 東から西を眺める	3-37
図 3.7-23	低断層崖を掘削したトレンチ	3-37
図 3.7-24	断層露頭 左側は古第三紀の石灰岩。右側は第四紀の堆積物	3-38
図 3.7-25	断層上部の V 字状落ち込み構造	3-39
図 3.7-26	断層面のスリッペンサイド	3-39
図 3.7-27	Yelpin Y-3 サイトにおけるトレンチ南側壁面のスケッチ	3-40
図 3.7-28	Yelpin Y-3 サイトにおけるトレンチ南側壁面のモザイク写真	3-41
図 3.7-29	Yelpin Y-3 サイトでの V 字状の落ち込み構造	3-42
図 3.7-30	Nor Ughi 村北における断層露頭 (ピンクのピン) とパイロット・トレンチの位置 (白の長方形)	3-44
図 3.7-31	Nor Ughi 村北の断層露頭	3-45
図 3.7-32	断層部の写真	3-45
図 3.7-33	トレンチ東側壁面のモザイク写真	3-46
図 3.7-34	F1 断層のネット・スリップ	3-47
図 3.7-35	衛星写真から推定したアララト平野北～南東縁に沿った低断層崖 (紫色の線)	3-50
図 3.7-36	メツァモールサイトでのトレンチ調査地点	3-51
図 3.7-37	Nor Ughi サイトでのトレンチ地点	3-51
図 3.7-38	Nor Ughi サイトでのトレンチの位置	3-52
図 3.7-39	Nor Ughi 1-2 地点西側壁面の写真	3-53
図 3.7-40	Nor Ughi 1-2 地点東側壁面の写真	3-54
図 4.1-1	エレバン市の地質断面の概念図	4-1
図 4.1-2	表面波探査で得られた、Vs が 500m/sec 程度の層の深度分布	4-2
図 4.1-3	S 波速度が 360m/sec 以上、500m/sec 以上、760m/sec 以上の層の深度分布	4-2
図 4.1-4	「Type 1」の第 1 層の S 波速度	4-3
図 4.1-5	「Type 2」の第 1, 2, 3 層の S 波速度	4-4
図 4.1-6	「Type 2」の第 1 層と第 1 層+第 2 層の厚さの比	4-4
図 4.1-7	「Type 3」の第 1, 2, 3 層の S 波速度	4-5
図 4.1-8	「Type 3」の第 1 層と第 1 層+第 2 層の厚さの比	4-5
図 4.1-9	地盤タイプ	4-7
図 4.1-10	S 波速度と地質断面図の比較 — 南北断面 —	4-8
図 4.1-11	S 波速度と地質断面図の比較 — エレバン北部の東西断面 —	4-9
図 4.1-12	S 波速度と地質断面図の比較 — エレバン南部の東西断面 —	4-10
図 4.2-1	シナリオ地震の断層モデル	4-11
図 4.3-1	観測記録と距離減衰式の比較	4-14

図 4.3-2	距離減衰式のロジックツリー	4-15
図 4.3-3	工学的地震基盤での加速度分布	4-15
図 4.3-4	非線形特性 (中央防災会議、2003)	4-16
図 4.3-5	応答計算の入力波形	4-17
図 4.3-6	入力波形のロジックツリー	4-17
図 4.3-7	地表加速度分布	4-18
図 4.3-8	地下水位と標高の関係	4-20
図 4.3-9	推定地下水位分布	4-20
図 4.3-10	砂層(アララト低地、IaQ1-2)の上・下面と標高の関係	4-21
図 4.3-11	液状化危険度	4-22
図 4.3-12	地すべりハザード評価の流れ	4-23
図 4.3-13	地すべりハザード・リスクマップ	4-24
図 4.3-14	のり面、斜面盛土、石堀の状況	4-26
図 4.4-1	エレバン断層に設定した4つの震源断層	4-28
図 4.4-2	エレバン断層の活動を想定した地表加速度分布	4-29
図 5.1-1	建設年代と階数の関係	5-2
図 5.1-2	石造:個別設計	5-2
図 5.1-3	型番 1-451 の外観と Mydis 壁	5-3
図 5.1-4	Malatia-Sebastia 区の補強石造:型番 1A-450	5-3
図 5.1-5	型番 1A-450 の典型的な断面図	5-3
図 5.1-6	フレームパネル:型番 111 の建物	5-4
図 5.1-7	フレームパネルの主な接合部	5-4
図 5.1-8	リフトスラブ建物の外観	5-4
図 5.1-9	典型的なリフトスラブの平面図(ref.1)	5-5
図 5.1-10	フレーム&フレームの建物	5-5
図 5.1-11	建設中の Badalyan 型	5-5
図 5.1-12	Badalyan 型のプレキャスト部材(パネルは非構造壁)	5-5
図 5.1-13	Maroukyan 型の柱梁接合部	5-6
図 5.1-14	ラージパネルの建物	5-6
図 5.1-15	モノリシック建物	5-6
図 5.1-16	構造分類と建築年代	5-7
図 5.1-17	構造分類と建築年代	5-7
図 5.2-1	集合住宅の構造種別毎の棟数構成	5-8
図 5.2-2	集合住宅をまとめた GIS マップ例	5-9
図 5.2-3	250m メッシュ毎の各構造種別の集合住宅数(1)	5-11
図 5.2-4	250m メッシュ毎の各構造種別の集合住宅数(2)	5-12
図 5.2-5	250m メッシュごとの各構造種別の戸建住宅推定数	5-13
図 5.2-6	学校及び病院の建物インベントリー	5-14
図 5.3-1	EMS-98 震度階における被害ランク 4 及び 5	5-15
図 5.3-2	1988 年のスピタク地震における実際の被害率と推定加速度の関係	5-16
図 5.3-3	地盤種別と建物振動周期による応答係数	5-16
図 5.3-4	石造建物の応答特性	5-16
図 5.3-5	提案したエレバン市の地盤種別	5-17
図 5.3-6	倒壊・大破率と I_s の分布	5-18
図 5.3-7	石造:型番 1-451 のスピタク地震での被害	5-18
図 5.3-8	スピタク地震による石造:型番 1A-450 の被害	5-19
図 5.3-9	石造:型番 1A-450 における石造耐力壁の配置	5-19
図 5.3-10	時刻歴応答解析による推定被害関数と実際の被害率	5-20
図 5.3-11	時刻歴応答解析の結果(フレームパネル)	5-20
図 5.3-12	スピタク地震でのフレームパネルの被害	5-20

図 5.3-13	スピタク地震でのリフトスラブの被害と、柱とスラブの接続部分	5-21
図 5.3-14	時刻暦応答解析による推定被害関数と実際の被害率	5-21
図 5.3-15	時刻暦応答解析の結果(フレーム&フレーム)	5-22
図 5.3-16	スピタク地震時のラージパネル(ref. 1)	5-22
図 5.3-17	集合住宅の被害関数	5-23
図 5.3-18	建物強度指数 I_s の想定分布	5-24
図 5.3-19	戸建住宅の被害関数	5-24
図 5.3-20	学校及び病院の被害関数	5-24
図 5.4-1	構造物の調査対象位置	5-27
図 5.6-1	ライフラインネットワーク分布図	5-32
図 5.7-1	上水道管の標準被害率	5-34
図 5.7-2	電線(架空線)の被害関数	5-36
図 5.7-3	送電線(地中線)の被害関数	5-36
図 5.7-4	ガス地中管の標準被害率	5-36
図 5.8-1	住宅におけるグリッドを基準としたインベントリーデータ作成ステップ	5-40
図 6.1-1	集合住宅の 250m メッシュの大破・倒壊棟数	6-2
図 6.1-2	戸建住宅の 250m メッシュの大破・倒壊棟数	6-3
図 6.1-3	被災した石造(型番 1-451)の補強例(設計:NSSP EEC フルガチャン所長)	6-4
図 6.1-4	Vanadzor の集合住宅・学校の免・制震耐震補強(改修)事例	6-5
図 6.1-5	石造(型番 1A-450)の基礎免震による耐震改修	6-6
図 6.1-6	フレームパネル(9階建、型番 111)の屋上 Tuned Mass Damper (AIUF)	6-6
図 6.1-7	耐震改修の 3 構法の概要	6-6
図 6.1-8	エレバンの学校耐震改修工事	6-8
図 6.1-9	エレバンの免震構造の集合住宅事例	6-8
図 6.1-10	Gyumri の免震構造の集合住宅例	6-9
図 6.2-1	橋梁／高架橋の位置図	6-14
図 6.2-2	橋台橋座幅(桁係長)の模式図	6-15
図 6.2-3	桁間連結工、落橋防止工および縁端拡幅工の模式図	6-16
図 6.3-1	上水道管の被害分布(最大)	6-18
図 6.3-2	污水管と雨水管の被害分布(最大)	6-19
図 6.3-3	電力線の被害分布(最大)	6-20
図 6.3-4	ガス管路の被害分布(地上管)	6-22
図 6.4-1	死者数と住戸の大破・倒壊数の関係	6-28
図 6.4-2	死者率と住戸の大破・倒壊率の関係	6-28
図 6.4-3	コーカサス地方の死者数と負傷者数の関係	6-29
図 6.4-4	推定住戸数分布	6-30
図 6.4-5	区毎の死者数分布	6-31
図 7.1-1	道路網と計画(出典:エレバン市マスタープラン)	7-1
図 7.1-2	エレバン市の都市計画制度における地震防災に関する法制度の枠組み	7-5
図 7.1-3	エレバン市の市街地再開発計画と地震防災計画	7-8
図 7.1-4	エレバン市の市街地再開発の課題	7-9
図 7.1-5	災害時における既存緑地・公園の緊急避難地としての活用	7-13
図 7.1-6	広域防災拠点(公園)の整備	7-14
図 7.1-7	避難マップの例(セントロン区)	7-16
図 7.1-8	防災公園(広域防災拠点)の例	7-17
図 7.2-1	廃棄物処分候補地	7-21
図 7.2-2	プラスチック製袋を使用した携帯トイレ	7-22
図 7.2-3	マンホール上の仮設トイレ	7-23
図 7.2-4	行政官庁近くの仮設トイレ	7-24
図 8.1-1	システム全体概念図	8-1

図 8.1-2 強震計設置地点	8-3
図 8.1-3 震度分布の表示例.....	8-4
図 8.1-4 広報用ポスター	8-5
図 8.2-1 震源データ入力画面	8-7
図 8.2-2 計算結果(テーブル)表示画面	8-7
図 8.2-3 計算結果(分布図)表示画面.....	8-7
図 8.2-4 地震被害想定システムの全体フローチャート.....	8-9

略語表

アルメニア語	英語	日本語
¹⁴C 14 զանգվածային թվով ածխածնի իզոտոպ	¹⁴C Carbon Isotope Mass Number 14	炭素の放射性同位体 (原子量 14)
ADSL Ասիմետրիկ թվային բաժանորդային գիծ	ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line	非対称デジタル加入者回線
ՀՎՄ Հիերարխիայի վերլուծության մեթոդ	AHP Analytic Hierarchy Process	分析階層処理
ALOS Հողի դիտարկման առաջադեմ արբանյակ (Ճապոնիա)	ALOS Advanced Land Observing Satellite (Japan)	陸域観測技術衛星
AMS Արագացումային զանգվածաապեկտրաչափում	AMS Accelerator Mass Spectrometry	加速器質量分析
ՀԿԽԸ Հայկական կարմիր խաչի ընկերություն	ARCS Armenian Red Cross Society	アルメニア赤十字社
Հայպետհիդրոմետ Հայաստանի հիդրոոդերևութաբանության և մոնիտորինգի ծառայություն	ArmHydromet Armenian State Hydrometeorological and monitoring Service	アルメニア水文気象観測サービス
ԱՇՊ Աշխատանքների շարունակականության պլան	BCP Business Continuity Plan	事業継続計画
CAD Ավտոմատացված նախագծում	CAD Computer-aided design	コンピュータ支援設計
Կադաստր ՀՀ կառավարությանն առընթեր անշարժ գույքի կադաստրի պետական կոմիտե	Cadaastro State Committee of the Real Property Cadastre of the Government of the RA	地籍局
ՀՎՀԱՌԿ Համայնքի վրա հիմնված աղետի ռիսկի կառավարում	CBDRM Community based disaster risk management	コミュニティ防災
ՔԿՃՄՊՆ Քիմիական, Գենասպանական, Ճառագայթային, Միջուկային, Պայթուցիկ նյութեր	CBRNE Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, Explosives	化学、生物、放射性物質、核、爆発物
ՔՊ Քաղաքացիական պաշտպանություն	CD Civil Defence	民間防衛
ԱՊՀ Անկախ պետությունների համագործակցություն (անկախ պետությունների մի խումբ, որոնք մինչև 1991թ. մտնում էին Խորհրդային Միության կազմի մեջ)	CIS Commonwealth of Independent States (a group of independent countries that were part of the Soviet Union until 1991)	独立国家共同体

ՓԲԸ Փակ Բաժնետիրական Ընկերություն	CJSC Closed Joint Stock Company	非公開型株式会社
ՃԿԿ Ճգնաժամային կառավարման կենտրոն	CMC Crisis Management Center	危機管理センター
ՃԿՊԱ Ճգնաժամային կառավարման պետական ակադեմիա	CMSA Crisis Management State Academy	国家危機管理アカデミー
DEM Բարձրության թվայնացված մոդել	DEM Digital Elevation Model	数値標高モデル
ՂԿ Ղեկավար կազմ	DISTAFF Directing Staff	訓練指示担当管理官
ԿՄԿ ՄՊԱՕ կառուցվածքների սեյսմակայունության կենտրոն	EEC Earthquake Engineering Center of NSSP	地震工学センター (NSSP)
EERI Ինժեներական սեյսմալոգիայի հետազոտական ինստիտուտ	EERI Earthquake Engineering Research Institute	地震工学会(米国)
EMS Եվրոպական մակրոսեյսմիկ սանդղակ	EMS European Macroseismic Scale	ヨーロッパ震度階級
ԱԻ Արտակարգ իրավիճակներ	ES Emergency Situations	非常事態
ՀՓՁ Հրշեջ փրկարարական ջոկատ	FRD Firefighting Rescue Detachment	消防救難部隊
ՄՄ Մարտական միավոր	FU Fighting Unit	消防部隊
ԳԽ Գառնիի խզվածք	GF Garni Fault	ガルニ断層
GIS Աշխարհագրական տեղեկատվական համակարգ	GIS Geographic Information System	地理情報システム
ԵԳԻ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ, ՀՀ գիտությունների ակադեմիա	IGS Institute of Geological Science, National Academy of Science	地質学研究所
ՃՄՀԳ Ճապոնիայի միջազգային համագործակցության գործակալություն	JICA Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
ՃՕԳ Ճապոնիայի օդերևութաբանության գործակալություն	JMA Japan Meteorological Agency	気象庁(日本)
ՃՀԽ ՃՄՀԳ հետազոտական խումբ	JST JICA Study Team	JICA 調査団
ԵԲՎ Երկարատև բնակության վայր	LTSP Long Term Settlement Place	長期避難場所

ԱԲՆ Արտակարգ իրավիճակների նախարարություն	MES/MoES Ministry of Emergency Situations	非常事態省
MSK սանդղակ Մեդվեդև-Սպոնհեյեր-Կարնիկի սեյսմիկ ինտենսիվության սանդղակ	MSK scale Medvedev Sponheuer Karnik Seismic Intensity Scale	MSK 震度階級
ԼՓՁ Լեռնափրկարարական ջոկատ	MRD Mountain Rescue Detachment	山岳救助部隊
NGA Գրունտի շարժման մարման մոդելների հաջորդ սերունդ	NGA Next Generation of Ground-Motion Attenuation Models	新世代地震動減衰モデル
ՀԿ Հասարակական կազմակերպություն	NGO Non-Governmental Organization	非政府組織
ՍՊՀՕ Սեյսմիկ պաշտպանության հյուսիսային ծառայություն	NorSSP Northern Department of NSSP	NSSP 北部支部
ԱՎԾ Ազգային վիճակագրական ծառայություն	NSS National Statistical Service	国家統計局
ՍՊԱԾ Սեյսմիկ պաշտպանության ազգային ծառայություն	NSSP Armenian National Survey for Seismic Protection	国家地震防災調査所
ԲԲԸ Բաց բաժնետիրական ընկերություն	OJSC Open Joint Stock Company	公開型株式会社
ԳՄԱ Գրունտի մաքսիմալ արագացում	PGA Peak Ground Acceleration	最大加速度
ԲՊ Բնակչության պաշտպանություն	PP Population Protection	住民保護
ՓՍՄԽ Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածք	PSSF Pambak-Sevan-Sunik Fault	パンバック・セバン・チュニツク断層
ԲՏՊՎ Բնակչության և տարածքների պաշտպանության վարչություն	PTPD Population and Territories Protection Department	市民／国土保護部
ՀՀ Հայաստանի Հանրապետություն	RA Republic of Armenia	アルメニア共和国
ՀՀՇՆ Հայաստանի Հանրապետության շինարարական նորմեր	RABC Republic of Armenia Building Code	アルメニア国建築基準
ԵԲ Երկաթբետոն	RC Reinforced Concrete	鉄筋コンクリート
ՓՈԻՎ Փրկարար ուժերի վարչություն	RFD Rescue Forces Department	救助隊部
ԸԿ Ընդունման կետ	RP Reception Point	受付場所

ՄՓՎ Մարզային փրկարարական վարչություն	RRD Regional Rescue Department	Marzes(地方政府)のレスキュー部隊
ՓԾ փրկարար ծառայություն	RS Rescue Service	レスキューサービス
ՈՓ Որոնողափրկարարություն	SAR Search and Rescue	捜索救難
ՀՀՁ Հատուկ հրշեջ ջոկատ	SFD Special Firefighting Detachment	特殊消防部隊
ՊՈԱԿ Պետական ոչ-առևտրային կազմակերպություն	SNCO State Non-commercial Organization	国家非営利組織
ՀՓՁ Հատուկ փրկարարական ջոկատ	SRD Special Rescue Detachment	特殊救助部隊
ԺՏԿ Ժամանակավոր տեղաբաշխման կետ	TDP Temporally Distribution Point	一時避難場所
ՄԱԶԾ Միացյալ Ազգերի Զարգացման Ծրագիր	UNDP United Nations Development Program	国連開発計画
ՄՆԵՀ Միացյալ Նահանգների երկրաբանական հետազոտություն	USGS United States Geological Survey	米国地質調査所
ՄՈՒԼ պրոյեկցիա Մերկատորի ունիվերսալ լայնական պրոյեկցիա	UTM projection Universal Transverse Mercator projection	ユニバーサル横メルカトル投影法
ԱԽ Աշխատանքային խումբ	WG Working Group	ワーキンググループ
ԶՈԶ Զանգվածային ոչնչացման զենքեր	WMD Weapons of Mass Destruction	大量破壊兵器
ԶՓԶ Զրափրկարարական ջոկատ	WRD Water Rescue Detachment	水難救助部隊
ՄՊԱԲԾ Մեյսիկ պաշտպանության արևմտյան ծառայություն	WSSP Western Department of NSSP	NSSP 西部支部
ԵԽ Երևանի խզվածք	YF Yerevan Fault	エレバン断層
ԵՓՎ Երևանի փրկարարական վարչություն	YRD Yerevan Rescue Department	RS エレバン支部

第1章 調査概要

1.1 プロジェクトの背景

(1) エレバン市の概要

アルメニアは、紀元前 9～6 世紀に起源を持ち、途中中断はあるものの 11 世紀まで存在した独立国家である。アルメニア共和国は 1918 年に建国し 1920～1991 年の期間はソビエト連邦の一部であった(歴史の概観を表 1.1-1 にまとめた)。そのため、他の CIS 諸国と同様に教育や社会体制にソビエト連邦の影響が残っている。アルメニア共和国の首都であるエレバン市には、国内総人口の 1/3 が集中している。エレバン市の市街地は開発の速度に対応できず、毎日交通渋滞が発生している。市の中心部には中高層ビルや住宅が集中し、郊外には主として集合住宅や低層戸建住宅が分布している。

表 1.1-1 アルメニアの歴史の概観

アルメニアは、聖なる山であるアララト山を取り囲む高地に位置している。アルメニアの国名は昔は Hayk と言い、のちに Hayastan となった(訳注:アルメニア人は、自分の国を呼ぶときには Hayastan と呼び、アルメニアとは言わない)。アルメニアの国名は周辺国家から贈られたもので、歴史的には Armenak または Aram(Hayk の曾孫の曾孫、またはアルメニアの伝承によれば全てのアルメニア人の祖先であるリーダー)からきている。青銅器時代には、大アルメニア領の中でいくつかの国家が繁栄した。その中には、最盛期のヒッタイト朝、ミタンニ王国(歴史的アルメニア南西部)、Hayasa-Azzi(紀元前 1600～1200 年)がある。その後 Nairiga が紀元前 1400～1000 年に、Urartu 王国が紀元前 1000～600 年にアルメニア高地を統治した。これらの国家や部族はアルメニア人の民族集団を形成した。首都エレバンは、紀元前 782 年に Argishti1 世によって建設された。

鉄器時代の王国である Urartu(アッシリア語でアララトの意)は Orontid 王朝に取って代わられた。これに続くペルシャやマケドニアの統治ののち、紀元前 190 年からはじまる Artaxiad 朝の時代にアルメニア王国を起し、ティグラネス 2 世の時代に最盛期を迎えたが、その後ローマの支配下に入った。

紀元 301 年に、Arsacid 朝アルメニアは、世界で初めてキリスト教を国教とした。405 年にはアルメニアの文字が発明された。その後アルメニアは 5 世紀から 9 世紀にかけてビザンチン朝、ペルシャの支配下に入り、イスラムの統治を受けたが、9 世紀に Bagratuni 朝が興り、独立を回復した。その首都である Ani には 20 万人が住み、1001 の教会があったと伝えられる。

1045 年に王国が崩壊、1064 年にセルジュークが征服したが、アルメニア人はキリキア王国を建国(現在のトルコ南岸部キリキア地方)、これは 1375 年まで統治を続けた。15 世紀にキリキア・アルメニアはオスマン帝国の支配下に入り、公式にはアダナ州と名付けられた。その戦略的重要性のため、アルメニアは常に領土争いの的であり、ペルシャとオスマントルコの間を行ったり来たりしてきた。エレバンは、トルコ-ペルシャ戦争の最中の 1513 年から 1737 年の間に 14 回も支配者が変わっている。

1826～1828 年の露土戦争の後、エレバンやセバン湖を中心としてペルシャの支配下にあった歴史的アルメニアの一部はロシア領になった。大アルメニアは後にオスマン朝トルコとロシアに分割支配された。1909 年にキリキア・アルメニアではアダナの虐殺が起こり、さらに第 1 次世界大戦中の 1915 年にもオスマン帝国の手によってアルメニア人虐殺が発生した。

アルメニアは、東アルメニアの大部分と一致する部分が、1918 年にアルメニア民主共和国建国によって再度独立を獲得し、1922～1991 年のソビエト連邦のアルメニア共和国を経て、1991 年に現在のアルメニア共和国となった。

(Bagrat A., Ulubabyan 著, “Collection of stories Essays for middle and high school pupils”, 670p. “Literary-art publication” Arevik, 1991 および英語版ウィキペディアによる)

(2) エレバン市の地震被害

有史以来エレバン市に被害をおよぼした地震として、以下の2地震が知られている。アルメニア全体では1988年のスピタク地震を始めとする多くの地震災害の経験があるが、エレバン市は死者を伴うような地震災害は300年以上経験していない。

- ・1679年6月4日 Garni 地震(M=7.0): エレバン市の東約20kmを震源とする。推定最大震度はMSK10。市内の砦と少なくとも12の教会、それに2つの橋が倒壊し、現在のエレバン市の北部にあたる場所で1,228人が死亡、周辺部を含めると7,600人が犠牲となったとされている。
- ・1937年1月7日の地震: エレバン市付近で発生したローカルな地震と推定される。推定最大震度はMSK7。市内の数100棟の建物にクラックが入った。死傷者は無かったという。

(“V. A. Stepanyan – Earthquakes in the Armenian highland and its surrounding. Armenia, Yerevan, 1964, 248 pages”, Appendix 5-56 of “Historical description for 863, 893 and 1679 Earthquakes in Dvin and Yerevan”, “Appendix 5-6 of “The Churches affected in the surroundings of Yerevan city by the 893 and 1679 Earthquakes” による)

(3) エレバン市の地震災害に対する脆弱性

エレバン市の地盤は、北部は比較的硬質であるが、南部の低地部に軟弱地盤がやや厚く分布する。なお、市内に伏在活断層が指摘されているが、専門的調査による確認の必要がある。

ソ連時代(1950-80年代)に建設されたエレバン市中心部と丘陵部の開発地区の集合住宅に人口の集中が進み、都市環境が悪化している。旧式の標準仕様で建設された集合住宅は、構造的に脆弱である上に老朽化が進んでおり、1988年のスピタク地震規模の地震が発生した場合には甚大な被害が生じる懸念がある。全体に住宅の間隔が狭いため、災害時の道路閉塞も懸念される。

さらに、エレバン市はアルメニアの行政、経済、社会機能の中心であり、同市が壊滅的打撃を受けた場合には、国全体の社会・経済的な機能が麻痺し、開発が停滞し、全国規模の災害となる可能性が憂慮されている。

(4) エレバン市の地震防災上の課題

以下のような課題が指摘される。

1) 地震ハザード、リスク、地震シナリオの科学的評価が不十分

地震観測や各種の解析は複数の機関で実施されているが相互の連携が希薄で、地震防災対策計画の策定のための地震ハザード、リスクの総合的な評価の十分な精度が確保されていない。

2) エレバン市地震防災計画での事前対策の欠如

1988年のスピタク地震以降、国レベルの地震防災対策が進められて、関連する法律、政令、条例が制定されたが、系統的ではない。また、地震防災応急対応計画は策定されているが、事前対策が十分考慮されていない。また、エレバン市においては防災部署が無く、救助庁エレバン支部が肩代わりしているものの、具体的な行動計画や対策は不十分である。

3) 耐震性の評価、診断、対策の施行による災害の低減対策が不十分

建築耐震基準(1994年制定、2006年改定)が制定されているが、エレバン市の建物の大半は耐震

基準制定以前に建設されており、さらに老朽化のため耐震性が低い。多数の市民が居住している集合住宅は、住民の合意形成や資金調達が難しいため、診断・改修・建て替えによる耐震性の強化が困難な状況にある。系統的な建物の診断、耐震補強策、法令の遵守や運用が必要である。

以上のように、地震発生切迫性と建物の脆弱化により、エレバン市における地震災害リスクは高まりつつある。アルメニア政府はこの状況を認識しており、全国の脆弱性を低減し地震災害リスクを緩和するための取り組みを始めている。しかしながら、この取り組みはあまりにも広範囲にわたり複雑であるために、アルメニア国のみでは対応しきれず、国際的協力が必要であった。

そのため、アルメニア政府は、日本政府に技術協力を公式に要請した。日本国政府はこの要請に応じて、「アルメニア国地震リスク評価・防災計画策定プロジェクト」の実施を決め、独立行政法人国際協力機構（以下 JICA）にその実施を指示した。JICA はアルメニア非常事態省救助庁（以下 RS）と、2010 年 2 月 9 日付で署名された、S/W (Scope of Work) および M.M (Minutes of Meeting) に基づき、本プロジェクトを実施することとした。

1.2 プロジェクトの目的

本調査は、「エレバン市において将来発生する可能性のある大地震による被害の軽減」を目標とし、次の3項目を目的として実施する。

- 1) エレバン市の地震リスクマップを作成し、地震防災計画を策定すること。
- 2) プロジェクト参加機関の地震リスク評価、地震防災計画策定能力を向上させ、エレバン市以外の地方都市の地震リスク評価、地震防災計画策定が実施できるようにすること。
- 3) 非常事態省(救助庁を含む)、エレバン市、および地震防災関係機関の地震リスク評価、地震防災計画策定に係る協力関係、協働体制を構築すること。

調査範囲は、図 1.2-1 に示す 227km² の範囲とする。

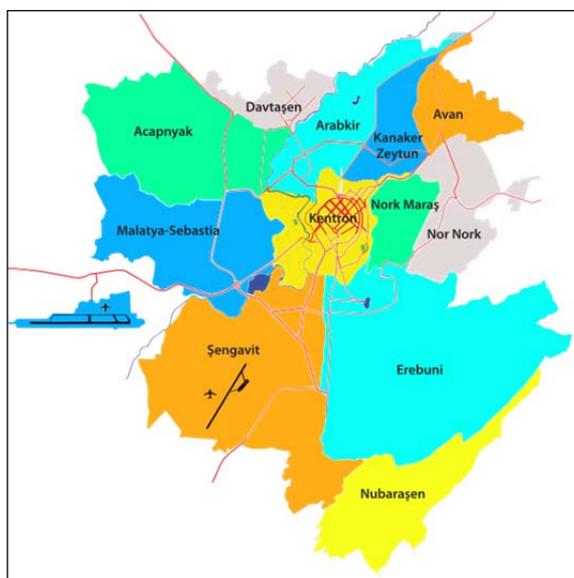


図 1.2-1 エレバン市の全域 (227km²)

1.3 実施体制

アルメニア側のカウンターパート機関の関係者、JICA 調査団から構成される調査実施チームにより調査を遂行した。JICA 調査団は、OYO インターナショナル株式会社、日本工営株式会社、国際航業株式会社から構成された。アルメニア側のカウンターパート機関は、非常事態省救助庁 (RS) である。

アルメニア国では、国、市レベルの関係機関、研究機関などの幅広い関係者が地震防災に関わっている。これらの機関では、地震防災にかかわるさまざまなデータを蓄積しており、これらの機関の本調査への積極的な関与により、地震防災への備えが前進することが期待された。そこで、これらの関係者から構成されるステアリングコミティおよび地震リスク評価ワーキンググループ、防災計画策定ワーキンググループを組織し、これら関係機関からの助言や示唆を得る運営体制を構築した。

以下の図 1.3-1 に本調査の実施体制を示した。また、調査実施グループをはじめとする実施担当者、国内支援委員やステアリングコミティ、ワーキンググループを構成する機関を表 1.3-1 に示した。

本プロジェクトは、2010年8月から2012年12月までの約29ヶ月間の調査期間で実施された。フェーズ1は2011年9月までで、地震ハザードとリスクの解析を主体とした。フェーズ2はそれ以降で、主にエレバン市地震防災計画の策定を行った。スケジュールおよび作業内容を示すフローチャートを表 1.3-2 と図 1.3-2 にそれぞれ示した。

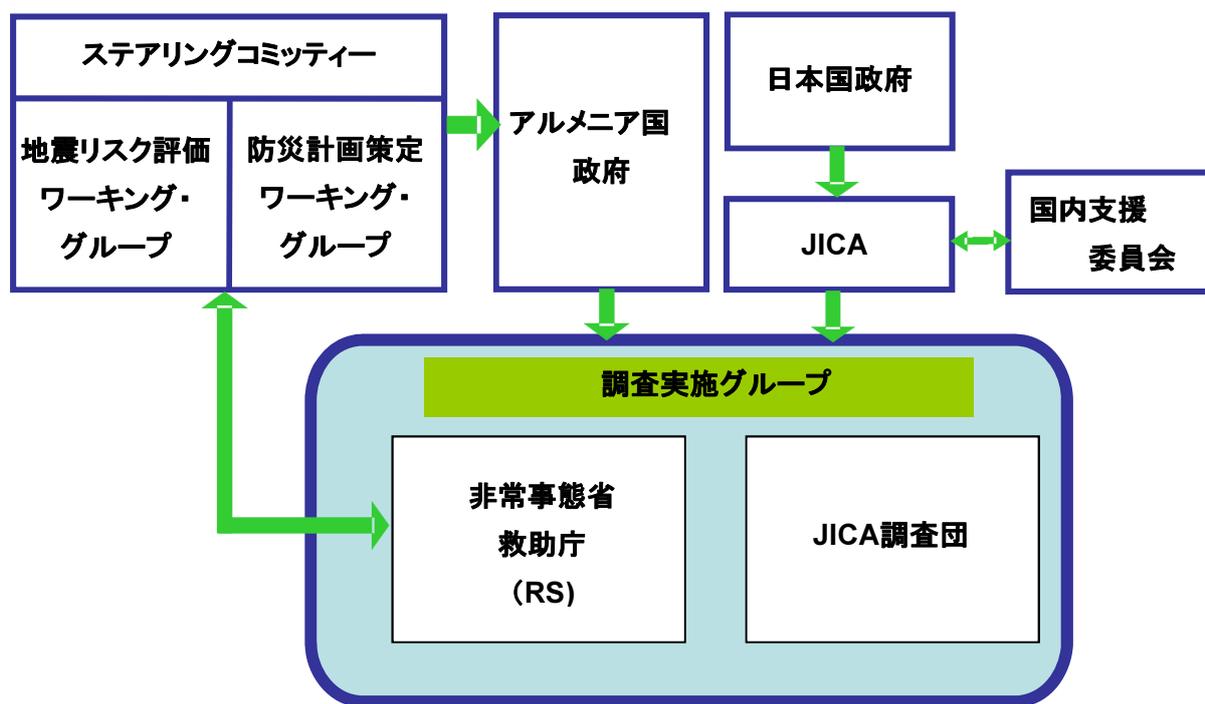


図 1.3-1 調査実施体制

表 1.3-1 調査実施担当機関、メンバー

<JICA 調査団メンバー>

氏名	専門分野
金子 史夫	総括
矢野 賢治	副総括／地震防災計画／地震災害シナリオ
瀬川 秀恭	地震学／地震工学
森野 道夫	地形／活断層
塚本 哲	地質／地すべり
松尾 淳	地盤調査／業務調整
井上 明	建築構造／耐震補強
吉田 剛	運輸インフラ耐震評価
佐藤 秀男	ライフライン施設耐震評価
長谷川 浩一	GIS／マッピング
福嶋 健次	土地利用・都市計画
ショウ 智子	防災教育／コミュニティ防災
レ ズェンハイ	システムエンジニア
九鬼 和広	地震観測システム構築
川田 晋也	環境・社会配慮
伊藤 顕子	業務調整／地震防災計画補助
塩飽 孝一	業務調整／防災教育補助
野口 久美子	通訳

<国内支援委員会>

氏名	所属
横井 俊明	独立行政法人 建築研究所 国際地震工学センター上席研究員
檜府 龍雄	独立行政法人 国際協力機構 国際協力専門員

<ステアリングコミティ、ワーキンググループ構成機関>

機関名
非常事態省 救助庁(RS) (所長:ステアリングコミティ議長)
非常事態省(国際局、非常事態対処局)
非常事態省 国家地震防災調査所(NSSP)
都市開発省 地震工学研究所
エレバン市(市長)
アルメニア科学アカデミー地質学研究所
地籍局 (Cadaastro)
ライフライン会社(上水道、下水道、ガス、電気、電話)

表 1.3-2 作業スケジュール

作業項目	フェーズ 年次 年度 調査期間	フェーズ1						フェーズ2																							
		第1年次						第2年次																							
		2010年度						2011年度						2012年度																	
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
第1年次調査:2010年8月~2011年6月																															
フェーズ1:基礎調査、地震リスク評価																															
第1次国内作業																															
[1]:	既存情報のレビュー	□																													
[2]:	インセプションレポートの作成	□																													
第1次現地作業																															
[3]:	インセプションレポートの説明	△																													
[4]:	基礎調査	■																													
[5]:	現地地盤調査	■																													
[6]:	表層地質図の作成	■																													
[7]:	地盤モデルの作成	■																													
[8]:	シナリオ地震の設定	■																													
[9]:	地震防災情報データベースの設計	■																													
[10]:	地震ハザード評価	■																													
[11]:	建物インベントリー調査	■																													
[12]:	運輸インフラ・ライフラインのインベントリー調査	■																													
[13]:	地震リスク評価	■																													
[14]:	即時震度分布表示システムの導入の準備	■																													
[16]:	プログレスレポート(P/R)の作成・提出	△																													
第2年次調査:2011年7月~2012年12月																															
第1次現地作業・つづき																															
[10]:	地震ハザード評価	■																													
[13]:	地震リスク評価	■																													
[18-1]:	エレバン市地震防災対策計画策定の準備	■																													
[18-2]:	能力開発支援計画の作成	■																													
第2次国内作業																															
[19]:	インテリムレポート(IT/R)案の作成	□																													
[20]:	インテリムレポートの説明・協議	△																													
[15]:	本邦研修の実施	□																													
フェーズ2:エレバン市地震防災計画の作成																															
第2次現地作業																															
[21]:	インテリムレポートの説明	△																													
[17]:	地震災害シナリオの設定	■																													
[22]:	エレバン市地震防災対策計画案の作成	■																													
[23-1]:	災害図上シミュレーション訓練	■																													
[23-2]:	即時震度分布表示システムの構築	■																													
[24]:	能力開発支援活動の実施	■																													
[25]:	地震防災計画の完成	■																													
[26]:	エレバン市地震防災計画の事業コスト、事業別優先度、実施スケジュールの検討	■																													
[27]:	環境社会配慮	■																													
[28]:	アルメニアの地震防災に関する提言事項の取りまとめ	■																													
第3次国内作業																															
[29]:	ドラフトファイナルレポートの作成	□																													
第3次現地作業																															
[30]:	ドラフトファイナルレポートの説明	△																													
第4次国内作業																															
[31]:	ファイナルレポートの作成	□																													

凡例: ■ 現地調査期間、 □ 国内作業期間、 △ 報告書等の説明

第2章 データの収集と分析

地震ハザード・リスク分析、地震シナリオの設定、地震防災計画の策定のために、データの収集と整理を行った。将来的な活用を考え、データは GIS データベースとして取りまとめた。データの概要は下記のとおりである。

表 2-1 収集データの概要

項目	内容
アルメニア国とエレバン市の防災計画	地震災害時の緊急対応計画、アクションプラン、住民保護計画など
防災関連法律・規則	防災関連法令、規則
緊急対応関連機関	アルメニア国及びエレバン市の防災関連機関、情報交換体制
実施中の防災関連プロジェクト	国際機関によるアルメニア国内及び周辺での防災関連プロジェクトなど
マップ、GIS データ	地図、地形データ、GIS データ、航空写真、衛星写真
地質、地盤状況、地震、気象	地質図、活断層図、ボーリングデータ、土質試験データ、地震カタログ、地震波形、地震被害報告書、気象、風、気温など
都市開発、都市計画、土地利用	都市計画、土地利用図、マスタープラン
建物	住家、公共建物、建物インベントリーデータ、建築基準・規則、建築制限
インフラ	道路、橋梁、鉄道、空港等の構造及びネットワーク
ライフライン	上下水道、電気、ガス、電話の構造及びネットワーク
危険物質、重要産業	ガス施設、ガスタンク、化学施設、危険廃棄物処理、重要産業、大規模ショッピングセンター
社会経済、人口統計	人口、家庭、経済、産業、コミュニティなどの統計データ、
防災教育、広報	学校での防災教育、防災活動、防災知識、市民の意識啓発、防災広報など
防災資源、環境・生態系問題	公園、危険物質の処理、消防署や警察署等の防災施設

2.1 法令・組織・計画

アルメニアは、ソ連からの独立前の 1988 年にスピタク地震によって甚大な被害を受けた。このため、1991 年の独立後の混乱期においても、地震防災に係わる法令、組織、計画などの枠組み整備に関して精力的な取り組みがなされ、現在に至っている。

2.1.1 法令

アルメニアでは、1997 年に保護法 (Law on Protection) と厳戒令法 (Law on Martial Law) が施行された。これらは、主に武力攻撃を想定した対応を規定する法律である。

地震防災を含む災害と大規模事故対応に係わる法律は、以下の 4 つである。

- 1) 住民保護法 (Law on Population Protection、1998 年施行)
- 2) 民間防衛法 (Law on Civil Defense、2002 年)
- 3) 地震防災法 (Law on Seismic Protection、2001 年)
- 4) 消防法 (Law on Fire Security、2001 年)

住民保護法と民間防衛法は、大規模事故と災害および武力が行使された非常事態時の対応を規定しており、地震災害への対応の基本となる法律である。これらは、緊急対応と緊急対応準備をカバーしているものの、減災についての規定はあまり含まれていない。

地震防災法は、減災を含めた防災のサイクル全般に係わる規定や、公的機関・企業・国民のすべてのレベルの権利と義務についての規定を含む、地震防災に係わる総合的な事項を規定している。

これらの法律の実施のために、以下に示すとおり、様々な法令が施行されている。

- 1) 大地震の際の活動規定(政府決定 N152,1997 年)
- 2) 危険地からの住民退避手順の承認(政府決定 N746、1999 年)
- 3) 住民避難の手順の承認(政府決定 N592、2000 年)
- 4) 住民自身による保護手段の提供に係わる規定の承認(政府決定 N679、2000 年)
- 5) 非常事態と民間防衛に係わる国と地方権限機関の準備と体制確立と住民の訓練の命令の承認(政府決定 N134、2003 年)
- 6) 地震防災における重要施設リストの作成(政府決議 237、2003 年)
- 7) 非常事態発生の情報と警報の受信順序の承認(政府決定 N1304N、2003 年)
- 8) 民間防衛計画の策定(政府決定 N633N、2004 年)
- 9) 住民と管理組織への警報(政府決定 N1494、2004 年)
- 10) 非常事態時の住民への警報の手順の承認(政府決定 N1925N、2005 年)
- 11) エレバン市のマスタープラン(2006-2020)の実施のための主な活動計画の承認(政府議定 1402A、2006 年)
- 12) 救助隊の非常事態防止と災害拡大阻止への関与の規定(政府決定 N1403N、2006 年)
- 13) 救助ユニットと救助者の手続きと条件の規定(政府決定 N1391N、2006 年)
- 14) 地震マイクロゾーニングマップの適用(政府決定 N1581N、2006 年)
- 15) アルメニア建設基準(2009 年)

これらの実施法令の中には、省庁の変更などを反映するために更新が必要とみられる法令(N157、N746 など)や、警報に係わる手順(N1304、N1494、N1925)を統一して計画として示す必要がある法令などがある。

地震防災に係わる組織に関する規定は、次のように定められている。

- 1) 政府の非常事態管理機関の構造と役割の確認(政府決定 N67D、2003 年)
- 2) 民間保護ユニットの設立、準備、活動の手順の規定(政府決定 N1532N、2003 年)
- 3) 民間防衛サービスの設立、準備、活動の手順の規定(政府決定 N384N、2003 年)
- 4) 救助隊および救助隊員の地位に関する法律(法律 HO85、2004 年)
- 5) 国家地震防災調査所(NSSP)の規定(政府規定、2005 年)
- 6) 救助庁の発足(政府決定 N634N、2005 年)
- 7) 救助庁法(法律 30-171N、2005 年)
- 8) 救助隊員の認証の手続きと条件(政府決定 N1799N、2005 年)
- 9) 非常事態省の発足(政府決定 N531N、2008 年)

地震防災に係わる計画は、2.1.3 項に示すとおり、政府決定などの法令として承認・公布されている。

エレバン市は、国の定めた法令や計画に基づいて、以下のような市長令で防災の枠組みを定めている。

- 1) エレバン市の避難委員会の設置(市長決定 N416、2000 年)
同 変更(市長決定 N1832、2003 年)(市長決定 397A、2007 年)
- 2) エレバン市の非常事態委員会の設置(市長決定 N920、2000 年)
同 変更(市長決定 N1830、2003 年)(市長決定 N747、2007 年)(市長決定 2010 年)
- 3) エレバン市の民間防衛システムの構造の変更(市長決定 1418N、2003 年)
同 変更(市長決定 398A、2007 年)
- 4) エレバン市都市開発計画の承認(市長決定 N2228A、2006 年)

2.1.2 組織

地震防災を含む災害管理の枠組みを定めた民間防衛法によると、アルメニアの民間防衛の長は首相であり、副長は非常事態省の大臣、政府の責任機関は非常事態省である。大統領は、国の統治責任者として、これらの枠組みを決定、変更することができる。

非常事態省(Ministry of Emergency Situations; MES)は、地震防災に関係する下部組織として、救助庁(Rescue Service; RS)、国家地震防災調査所(National Survey for Seismic Protection;NSSP)、国家備蓄局(National Reserves Agency)、国家危機管理アカデミー(State Crisis Management Academy)、国家水文気象・モニタリング局(State Hydrometeorology and Monitoring Service)などを抱える。

これらのうち、本調査のカウンターパート機関であるRSは、1992年に国家非常事態管理局(Emergency Management State Administration;EMSA)としてソ連時代の軍配下の民間防衛(Civil Defense)を母体として設立され、1993年にCivil Protection、1995年にEmergency Management Administration;EMA、2005年にArmenian Rescue Service;ARSに、2012年にRSに改称された。自然災害対応を含めた非常事態の緊急対応とその準備の他、地震防災計画を含む防災計画の策定と対策の実施管理を行っている。

NSSPは、1991年にソ連時代から地震観測を行っていた組織を母体として設立された。地震観測の他、地震ハザードマップの作成、地震災害軽減プログラムの作成、地震防災教育や建物の脆弱性の検討などの減災のためのプログラムの実施も担っている。

両機関とも、当初は首相直轄の組織として設立され、2005年の地方自治省の設立に伴ってその傘下に、2008年の非常事態省の設立に伴ってその傘下の組織となり、現在に至っている。

非常事態時には、首相を委員長とする国レベルの非常事態委員会とエレバン市や州知事を委員長とする地方非常事態委員会による対応が行われる(図 2.1-1 参照)。

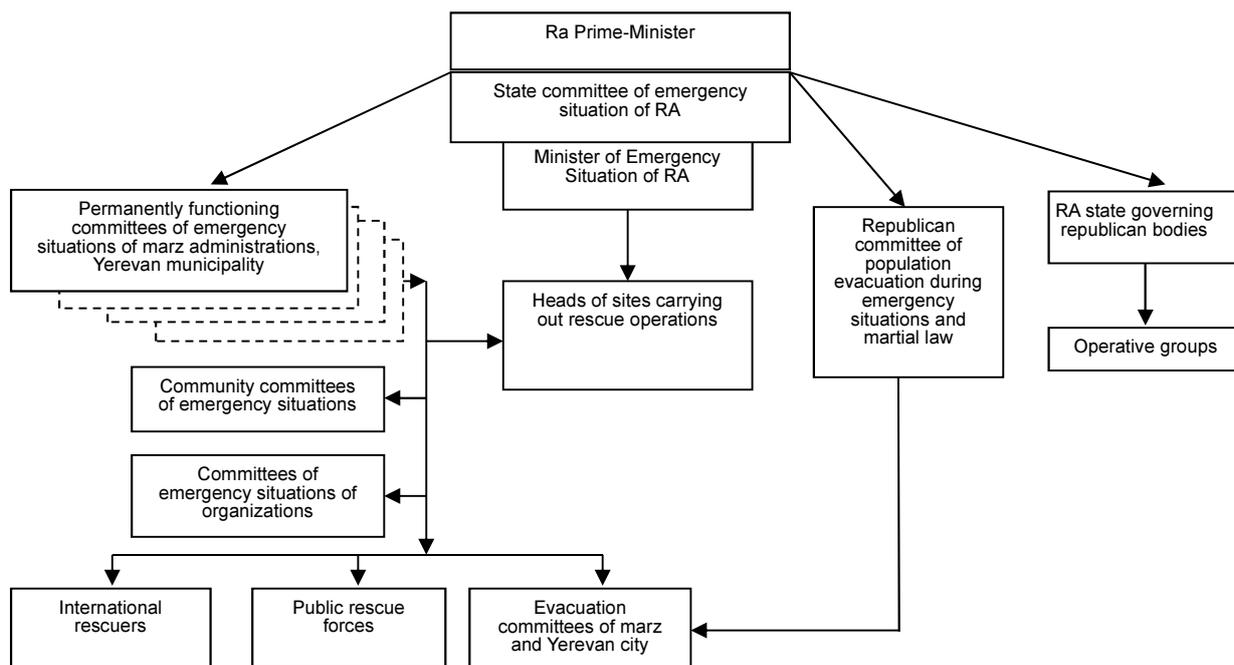


図 2.1-1 非常事態の民間防衛に係わる管理組織図

エレバン市は、厳戒令下または非常事態時の住民保護のための計画策定や体制確立、および救助や緊急対応活動のために、市長令(N1418L、2003)によって、以下の組織を設立し、それぞれの組織の基盤となる機関と長を定めた。

1. 情報伝達・警報サービス、2. 避難委員会、3. 治安維持サービス、4. 医療サービス、5. エンジニアリングサービス、6. 施設技術サービス、7. エネルギー・停電サービス、8. 輸送サービス、9. 商業サービス、10. 自然・環境保護サービス、11. 情報・広報サービス、12. 住民特別サービス

上記の市長令を変更する市長令 N398(2007年)では、住民保護のために以下について規定している。

- ・ 各サービスの長は、体制、職員、役割について、1ヶ月以内に市長の承認を得ること
- ・ エレバン市の区長は、既存の決定および命令を見直し、RSのエレバン市救助部の同意を得て、1ヶ月以内に承認を得ること
- ・ エレバン市救助部は、エレバン市の非常事態管理システムと住民保護の実施主体であること
- ・ エレバン救助部の長が、この決定の内容の促進と体制確立に責任を有すること

2.1.3 計画

地震防災に関連する計画として、1994年からNSSPが実施した地震ハザード評価の結果を考慮に入れて、事前対策(減災と緊急対応準備)を主とする「地震災害軽減複合プログラム」(以下、「軽減計画」)が、エレバン市と全国を対象として1999年に策定され、議決#392と#429として承認された。

緊急対応計画としては、自然災害への対応と武力攻撃への対応とが一体となった「総合緊急対応計画」(以下、対応計画)が、2001年に各州に関して作成され、随時更新されている。エレバン市に関する緊急対応計画として、2007年に「非常事態におけるエレバン市アクションプラン」(以下、「アクションプラン」)が策定され、この中で大規模事故と災害への対応が示されている。

2010年には、総合的な地震防災管理を目指した「アルメニアの地震防災システムの発展構想」(以下、「構想」)が大統領令 NH140n として公布された。この構想は、本調査の目指す総合的な地震防災とほぼ同様な目標を掲げており、その主な点を以下にまとめる。

- ・ 地震防災に必要な事項は、強固で安定した制度に基づいた地震リスクの軽減、リスクの認定と評価、リスク要素の軽減、早期警戒システムの確立、国際的・広域的な協力と支援の強化である。
- ・ 解決すべき課題は以下のとおりである。
 - 1) 地震防災の国の責任機関の組織構造と機能が頻繁に変更され、地震リスク管理の国家的なメカニズムが欠如
 - 2) 地震リスク軽減事業の実施、調整、管理の方法が不明確
 - 3) 地震防災法の再編とアルメニアとエレバン市の複雑な地震防災軽減事業のレビューの必要性
 - 4) 地震防災の管理機関の適切な再編の促進の必要性
 - 5) 法律分野の改善
 - 6) 役割の明確化と連携の促進
 - 7) 土地利用、設計、建物の承認、開発に関する規律の未確立
 - 8) 地震リスクと地震ハザードの要素の都市開発への反映が不十分
 - 9) 既建設地域の利用に関する法令が地震に対する安全性に関して不十分
 - 10) NSSP の観測網の近代化、地震観測の精度向上、地震ハザード評価の効率化
 - 11) 国際的かつ地域全体の協力拡大の必要性
- ・ 課題の解決のために構想の戦略目標と役割が示されている。
- ・ 地震防災システムの確立のために、関係する省庁や組織の役割が示されている。
- ・ 構想発展のための政策、財源、目標期間が示されている。
- ・ 地震防災システムの発展の結果として、5年後に地震ハザードおよびリスク評価の主な課題が解決し、リスク軽減のための国家事業を促進し、リスクの増大を防止することにより、10年後には地震リスクを大幅に軽減することを計画している。

2010年には、「大地震時の住民保護組織計画」(以下、「組織計画」)が政府決定 N919 として施行された。この計画では、以下の項目についての規定または説明がなされている。

- ・ 全省を含む政府機関や関連組織の役割と機能
- ・ アルメニアの自然と地震の概況と、地震によって想定される人的・物的被害(エレバン市で想定される死者は162,243人)、対応のために必要となる各種の救助隊の人数と部隊数
- ・ 管理、警報、情報伝達、被害調査、避難のための体制や活動について規定
- ・ 救助、医療、治安維持、後方支援、食料、輸送、情報提供のための体制と実施についての規定
- ・ 国際支援の受付、受入、配置の方法・順序の規定

本調査のフェーズ2で作成したエレバン市地震防災計画は、アルメニア全体を対象とした上記の「構想」と「組織計画」に基づき、エレバン市に係わる既往の「軽減計画」と「対応計画」をレビューまたは更新した結果を含んだ総合的な管理計画とした。

2.2 地図・GIS

2.2.1 地図

(1) 地形図

地震リスク評価のためのインベントリー収集や各種調査に利用するために、ベースマップとして Cadastre の既存地形図を使用した。地形図の縮尺は、1/2,000、1/10,000、及び 1/50,000 で、エレバン市全域を含んでいる。これら3種の縮尺のCADデータファイルの数を表 2.2-1 に示す。図 2.2-1 は、1/2,000 の地形CADデータの描画例である。これらの地形図の座標系は、投影法：Gauss-Kruger、測地基準：Pulkovo1942 (Zone8)となっている。

表 2.2-1 収集した地形CADデータ

縮尺	年	ファイル数
1/2,000	2005	376
1/10,000	-	18
1/50,000	-	4

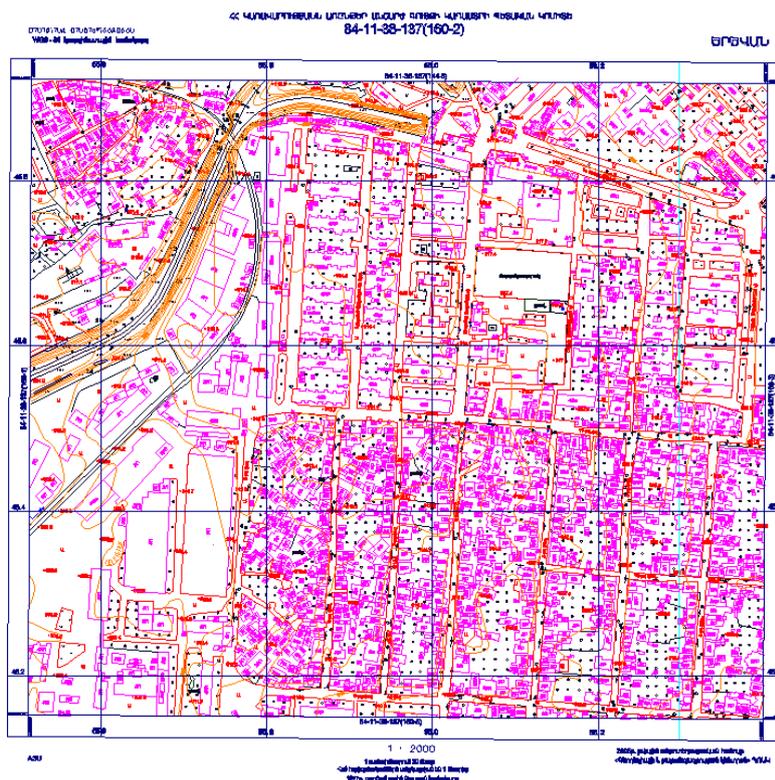


図 2.2-1 1/2,000 での地形CAD描画例

(2) 航空写真イメージマップ

本プロジェクトではGISソフトウェアとしてESRI社のArcGISを採用したが、そのオンラインマップサービスの一つとして、Microsoft社が提供するBing Mapsの航空写真を利用することができる。そこで、このBing Mapsの航空写真を、インベントリーデータの作成や調査地の確認に利用した(参照図 2.2-2)。

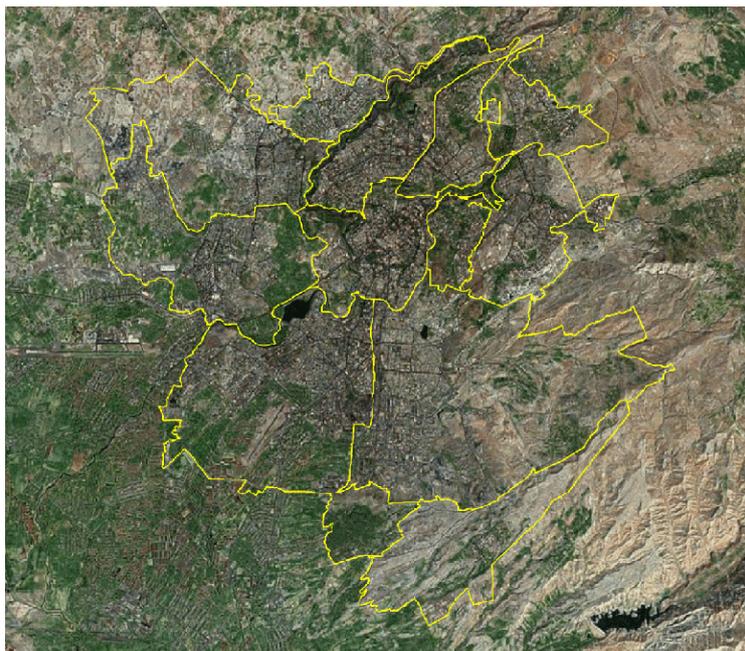


図 2.2-2 Bing Maps とエレバン市境界

2.2.2 GIS(地理情報システム)

GIS(地理情報システム)は、収集データ及び調査結果のデータベースを構築するための重要なツールである。既に、RS では世界的標準となっている ESRI 社の GIS が導入していることから、本プロジェクトでも、ESRI 社の Arc GIS Desktop 9.3.1 を採用した。

GIS 上で地理データベースを構築するためには、座標系を統一することが望ましい。本プロジェクトにおいては、投影法:Universal Transverse Mercator(UTM)、測地基準:WGS1984 (Zone 38N)を選択した。一方、Cadastre や他機関から提供を受けた GIS や CAD のデータファイルの多くは、投影法:Gauss-Kruger、測地基準:Pulkovo1942 となっているため、相互に測地基準を変換する必要がある。ESRI 社では変換パラメーターセットとして、アルメニアに対応したパラメーターを提供していないため、本プロジェクトでは表 2.2-2 に示す独自のパラメーターを使用することに決めた。

表 2.2-2 Pulkovo1942 から WGS1984 への座標変換パラメーター

手法	パラメータ
地心変換法	X Axis : 4.5(meters) Y Axis : -8.5 (meters) Z Axis : 0 (meters)

2.3 地震関係資料

2.3.1 地震カタログ

アルメニアにおける地震観測および位置と地震規模の決定は、NSSP が国内に設置した 31 箇所の地震計を用いて行っている。地震観測結果は、地震発生日時、震源、地震規模を記載した観測地震カタログとして取りまとめられている。図 2.3-1 に示したのはNSSP のカタログによる 1932 年以降に観測された地

震の震央分布である。これによると、最近 75 年間に国内で発生したマグニチュード 6 以上の地震は 1988 年のスピタク地震のみである。地震活動は北部の Lori 州から国境をまたいでグルジアにかけて活発であるが、エレバン周辺ではマグニチュード 5 以上の地震は発生していない。市の南西部ではマグニチュード 4 クラスの地震がいくつか発生しているが、いずれも被害を発生するような地震ではなかった。国境を挟んだトルコ国内ではアララト山付近でマグニチュード 5 クラスの地震が発生している。

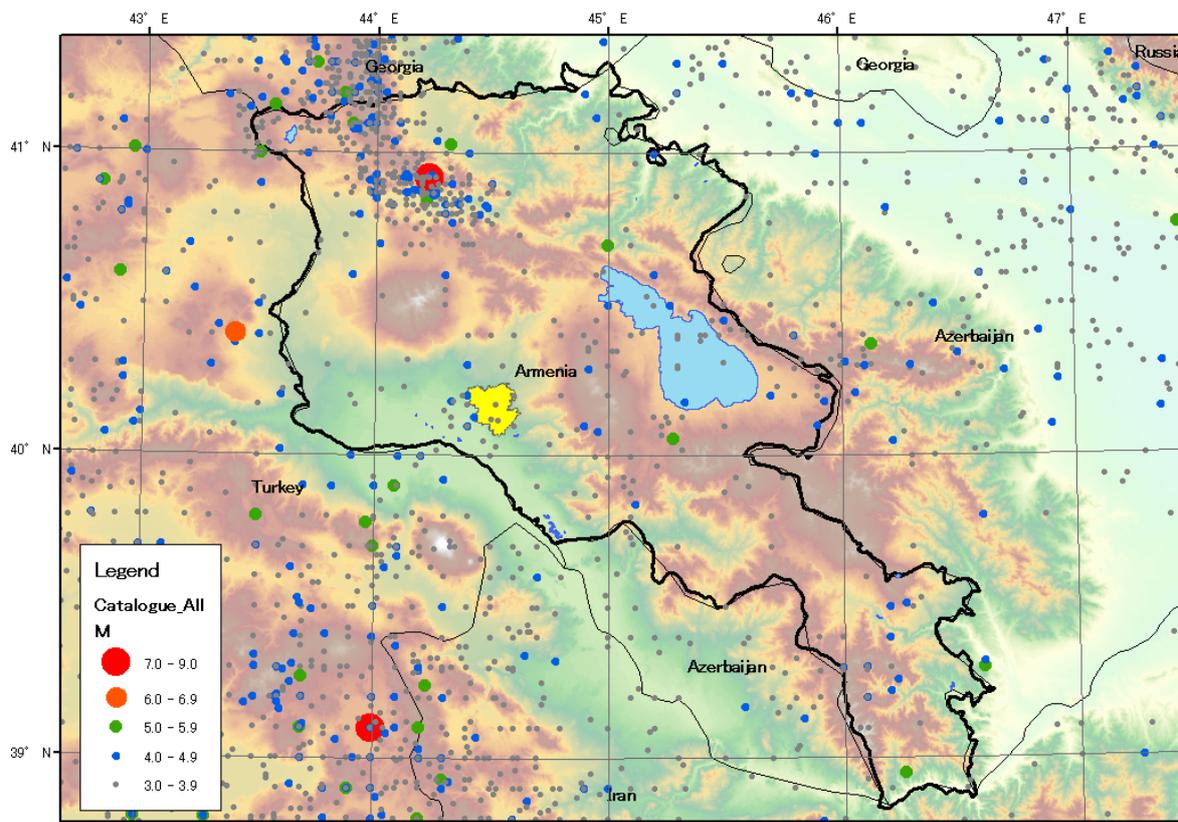


図 2.3-1 NSSP のカタログによる 1932 年～2008 年の地震活動

また、NSSP では既存資料、文献などから、地震観測が始まるより前に発生した、いわゆる歴史地震カタログを作成している。図 2.3-2 に、紀元前からの歴史地震の分布を示した。これによると、マグニチュード 7 を超える大地震がアルメニアの南部や東部にも発生しており、歴史的には必ずしも北部だけが地震活動が活発なわけではないことがわかる。

エレバンの周辺では、市の東で 1679 年にマグニチュード 7 クラスの Garni 地震が、9 世紀には市の南の Dvin 付近でマグニチュード 6 クラスの地震が発生している。

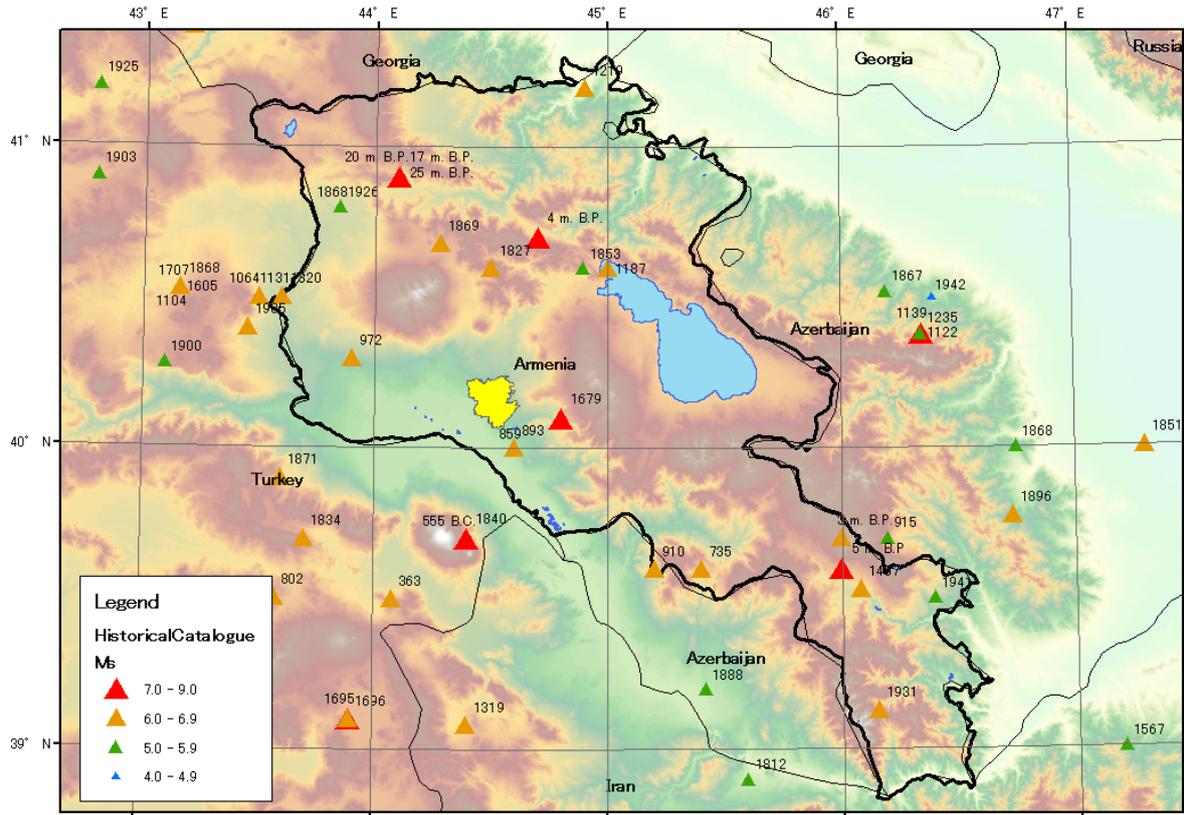


図 2.3-2 NSSP の歴史地震カタログによる地震分布

2.3.2 強震観測資料

NSSP は 1988 年スピタク地震以降、スイスの協力のもとにデジタル強震計による強震観測を開始した。現在は図 2.3-3 に示す 9 地点で観測を行っている。また、グルジアとは強震観測データの交換を行っており、グルジア国内の強震観測点で観測されたデータも入手して解析に利用している。グルジア国内で発生した地震も含め、図 2.3-3 に示した地震についてデジタル記録が整理されている。1988 年スピタク地震以降、アルメニア国内ではマグニチュード 6 を越える地震が発生していないが、グルジアではマグニチュード 7 を超える地震が発生しており、有用な観測記録が得られている。

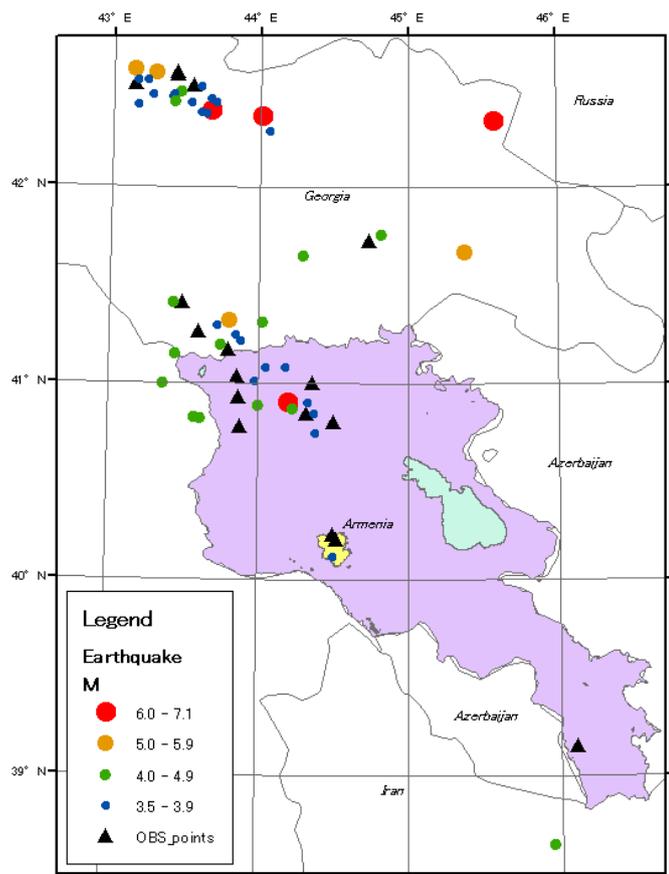


図 2.3-3 NSSP の強震観測地点と観測地震分布

2.3.3 被害地震資料

アルメニアは地震活動が盛んな地域であり、先史時代、歴史時代を通じて多くの地震が発生し災害を多数経験している。同時にアルメニアは古代から文明が栄えた地であるため、文献などに残された地震災害の記録が多い。神殿に残された記録や、破壊の状況から歴史地震の状況を推定する試みも IGS を中心として行われている。

図 2.3-2 に示したように、エレバンに被害をもたらした地震としては 1679 年の Garni 地震と 9 世紀の Dvin 地震が知られている。アルメニアの地震学、地震工学の牽引者であった Dr. Balassanian は、その著書 (Balassanian et al. (2004)) の中でこれらの被害地震について以下のように述べている。

893 年 3 月 27 日 (M=6.5) 「Dvin 地震」

エレバン市の南部、アララト谷にある Artashat 市付近で推定最大 MSK 震度 9 の地震が発生し、7 万人以上が死亡した。

1679 年 6 月 4 日 (M=7.0) 「Garni 地震」

エレバンの東 20km の Garni 付近を震源とする地震。推定最大 MSK 震度は 10。エレバンでは砦が崩壊し、モスク、ミナレットが倒壊した。エレバン近郊の Kanaker 村 (現在のエレバン市 Kanaker-Zeytun 区北部) で 1,228 人が死亡、全体では 7,600 人が死亡した。

Dvin 地震に関しては多くの研究者がさまざまな説を述べており、発生年も必ずしも確定してはいない。893年のほかに863年にもDvinに大きな被害をおよぼした地震が発生したとの研究結果もある(たとえば、Guidoboni(1997))。863年の地震によって12,000人が無くなったとの記述も見られる。

1679年 Garni 地震当時、エレバンは人口1万人程度の町であったが、多くの教会が被害を受け、歴史文書には以下のように被害が記述されている。

- ・ 1679年に悲惨な地震が発生した。市内は壊滅し周辺地域でも多くの建物が破壊された。
- ・ Aghchots 神殿、Ayri 神殿、Havuts-Tar 教会、Trdakert 教会、Khorvirap 教会、Jrvezh 教会、Dzagavanq 教会、Noragavit 教会、Noragegh 教会、Dzoragegh 教会、Norq 教会、Gamrez 教会が破壊された。
- ・ St. Sarkis 教会と付属修道院が破壊された。
- ・ Hrazdan 川の渓谷の左端にあるエレバン要塞(800棟の家屋を含む)が完全に崩壊した。
- ・ Katoghike 教会(Avovyan 通りと Sayat-Nova 通りの交差点)が部分的に壊れた。
- ・ Paul-Peter 教会(Abovyan 通りと Tumanyan 通りの交差点)の南の壁がひどく壊れた。
- ・ Getseman 礼拝堂(現在のオペラハウスの位置にあった)の丸屋根が壊れた。
- ・ エレバンで一番古い Kozern 礼拝堂と墓地(Baghramyan 通りの南)が壊れた。
- ・ Kond の St. Hovhannes 教会(Paronyan 通り)が倒壊した。
- ・ Zoravor 教会(Pushkin 通り)の東壁がひどく壊れた。
- ・ Hrazdan 川に架かる古い橋(Haghtanak 橋の南)が地震後3、4箇所決壊し修理された。
- ・ Norq の St. Astvatsatsin 教会が破壊された。
- ・ old Norq の Simon Tseruni 教会が破壊された。
- ・ Norq 谷の橋は耐えた。
- ・ Kanakar の St. Hakob 教会(Fenariyan 通り)が壊れた。
- ・ Avan 神殿は5つの丸屋根と東壁がほとんど壊れ全壊した。
- ・ Avan の t. Hovhannes 教会(N. Safaryan 通り)は屋根と南の壁が壊れた。
- ・ Avan の St. Astvatsatsin 教会(Marshal Babajanyan 通り)は完全に崩壊した。

また、IGS は1840年の地震と1937年の地震によるエレバン市付近への影響を以下のようにまとめている。

1840年7月2日(資料により、M=6.5~7.4)「Ararat 地震」

エレバン市から南へ約50kmのアララト山(トルコ領)付近で推定最大MSK震度8~10の地震が発生し、ロシア帝国(当時)領内では3,500人、トルコ、イランとの合計で1万人が死亡した。地震と同時にアララト山山頂付近の北斜面で水蒸気爆発が起き、火砕流が発生し、麓の村を飲み込んだ。地すべり、液状化も発生した。地震による直接被害は6,000人で、2次災害による死者が4,000人と推定されている。

1937年1月7日

エレバン市周辺でのローカル地震と思われる。推定最大MSK震度は7、エレバン市の数100棟の建物にクラックが入った。

参考文献:

- Balassanian, S., S. Nazaretyan and V. Amirbekyan, 2004, Seismic Protection and its Development, Eldorado, p.p. 436 (in Russian),.
- Guidoboni, E., 1997, Historical Seismology Research in the Caucasus: Methodological Aspects and Some Results, Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus, NATO ASI Series 2. Environment Vol.28.

2.4 テクトニクス、活断層、地形、地質、地盤条件

2.4.1 アルメニアおよびその周辺のテクトニクスと活断層

アルメニアおよびその周辺地域のテクトニクスと活断層に関する文献・資料を収集し、整理した。

(1) テクトニクス

アルメニアはアラビアプレートとユーラシアプレートの衝突境界の北部に位置している(図 2.4-1)。衝突境界としては、インドプレートとユーラシアプレートの境界とその結果生じたヒマラヤ山脈の隆起が有名であるが、本地域もプレートの衝突境界として代表的な地域のひとつである。

アラビアプレートはユーラシアプレートに対して 20~30 mm / year の速度で北上しており、その結果、アルメニアを含むコーカサス地域は圧縮され、隆起している。地質時代には黒海とカスピ海はひとつの海であったが、コーカサス地域の隆起により、2つの海に分かれたといわれている (Yeats et al. edited, 1997)。図 2.4-1 に示されるように、アラビアプレートの北上により、アナトリアブロックは西に、イランブロックは北東に押し出されている。アナトリアブロックの北縁は北アナトリア断層であり、この断層に沿って歴史的に地震活動が活発である。

アルメニアおよびその周辺地域のテクトニクスは、南北方向の圧縮により、1)東西方向の逆断層や横ずれ断層の形成、2)南北方向の伸張軸の形成によって特徴づけられる(図 2.4-2)。1)はパンバック・セバン・スニク断層(図 2.4-1 の PSSF)に代表される断層であり、衝突境界と同様に北へ凸の形状をなす。凸の東側は右横ずれ、西側は左横ずれ断層をなす。2)は衝突境界背面の伸張と呼ばれるものである (Yeats et al. edited, 1997)。アルメニアおよびその周辺地域では、南北方向の伸張軸に沿って火山が配列している。Karakhanian et al. (2004)によるとガルニ断層(図 2.4-1 の GF および図 2.4-2 参照)は典型的な右横ずれ断層とされている。しかし、後述する本プロジェクトの活断層調査によると、ガルニ断層は右横ずれとしての地形的な特徴はほとんどみられなく、トレンチ調査では正断層としての特徴が顕著である。ガルニ断層は北端を除いて、伸張軸とほぼ平行な分布をなしており、右横ずれ成分をもつ正断層としての活動様式をもつものと考えられる。

(2) 活断層

図 2.4-3 に Philip et al. (2001)によるアルメニアおよびその周辺地域の活断層と歴史地震の分布を示す。また、図 2.4-4 に Georisk により作成された活断層分布を示す。この図には Nssp により収集された歴史地震と観測地震データが重ねられている。

アルメニアの主な活断層は、パンバック・セバン・スニク断層 (Pambak-Sevan-Sunik Fault)、ムラブ断層 (Mrav Fault)、アフリアン断層 (Akhourian Fault)、ガルニ断層 (Garni Fault)、およびエレバン断層 (Yerevan Fault) などからなる。

パンバック・セバン・スニク断層は逆断層成分をもつ右横ずれ断層である。アルメニアでもっとも長大 (延長約 410 km) で、右横ずれの断層地形が明瞭な活断層である。3 地点でトレンチ調査が実施され、その活動周期は 3000 年から 4000 年と推定されている。しかし、過去 2000 年以上にわたって M7 以上の大きな地震が発生していない (Philip et al., 2001)。アルメニアにおいて地震発生リスクが高い断層のひとつといえる。

ムラブ断層は北傾斜の逆断層であり、この断層では 1139 年に M7.5 の地震が発生している。

アフリアン断層は左横ずれ断層であり、この断層に沿って M6.5 から 7 程度の地震が発生している。

ガルニ断層は、アゼルバイジャンのナキゲバンからエレバン市の東側をとおり、パンバック・セバン断層に合流する延長約 200km の活断層である。Karakhanian et al. (2004) および Georisk のガルニ断層に関する報告書によると、ガルニ断層は 5 つのセグメントに分割される。前述したように、最北部のセグメントをのぞいて正断層の特徴が顕著である。この断層に沿って 906 年の地震 (M7.0)、1679 年ガルニ地震 (M7.0)、1828 年の地震 (M7.0)、および 1988 年スピタク地震 (Ms6.9) が発生している。906 年の地震は NSSP の歴史地震カタログでは 910 年になっている。

エレバン断層はエレバン市の南に推定されている断層である。この断層は重力異常から推定され、伏在断層と考えられていた (Georisk のエレバン断層に関する報告書)。しかし、本プロジェクトで実施した Nor Ughi 地点のパイロットトレンチにおいて、未固結な砂礫層の上に中生代白亜紀の地層が乗り上げている衝上断層が確認された。今後、詳しい調査が必要であるが、断層の一部は地表に達している可能性もある。中小地震のメカニズム解析によると、エレバン断層は逆断層と推定されている (Tovmasyan, 2008)。893 年の Dvin 地震は、古代アルメニアの首都であった Dvin が大きな被害を受けた地震として有名であり、震央はエレバン断層上に推定されている。しかし、その正確な位置は明らかでない。この地震はガルニ断層の活動によるという説もある (Georisk のエレバン断層に関する報告書)。また、Dvin 地震は 863 年と 893 年の 2 回あったという説もある (Guidoboni, 1997)。863 年、893 年、906 年、910 年などの地震は発生年に関して諸説あるだけでなく、震源についても不明な点が多い。

参考文献:

- Guidoboni, E., 1997, Historical Seismology Research in the Caucasus: methodological aspects and some results. In: Giardini, D. and Balassanian, S. (Eds), Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus, Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, Netherlands, 333-356.
- Karakhanian, A.S., V.G. Trifonov, H. Philip, A. Avagyan, K. Hessami, F. Jamali, M.S. Bayraktutan, H. Bagdassarian, S. Arakelian, V. Davtian, and A. Adilkhanyan, 2004, Active faulting and natural hazards in Armenia, eastern Turkey and northwestern Iran. *Tectonophysics*, 380, 189-219.
- Philip, H., A. Cisternas, A. Gvishiani, and A. Gorshkov, 1989, The Caucasus: an actual example of the initial stages of continental collision. *Tectonophysics*, 161, 1-21.

- Philip, H., E. Rogozhin, A. Cisternas, J.C. Bousguet, A. Borisov, A.S. Karakhanian, 1992, The Armenian earthquake of 1988 December 7: faulting and folding, neotectonics and paleo –seismicity. *Geophys. Int. J.*, 110, 141-158.
- Philip, H., A. Avagyan, A. Karakhanian, J.-F. Ritz, and S. Rebai, 2001, Slip rates and recurrence intervals of strong earthquakes along the Pambak-Sevan-Sunik fault (Armenia). *Tectonophysics*, 343 (3-4), 205-232.
- Tovmasyan, A. K., 2008, Focal Mechanisms of Yerevan Earthquakes. The modern main issues of Geology and Geography, 297-305.
- Yeats, R. S., K. Sieh, and C. R. Allen, 1997, *The geology of earthquakes*. Oxford University Press, 568p.

Georisk の報告書:

Report on the Garni Fault, 20p.

Report on the analysis of strong historical earthquakes located near to the ANPP (Armenian Nuclear Power Plant), 174-268.

Report on the Yerevan Fault, 43p.

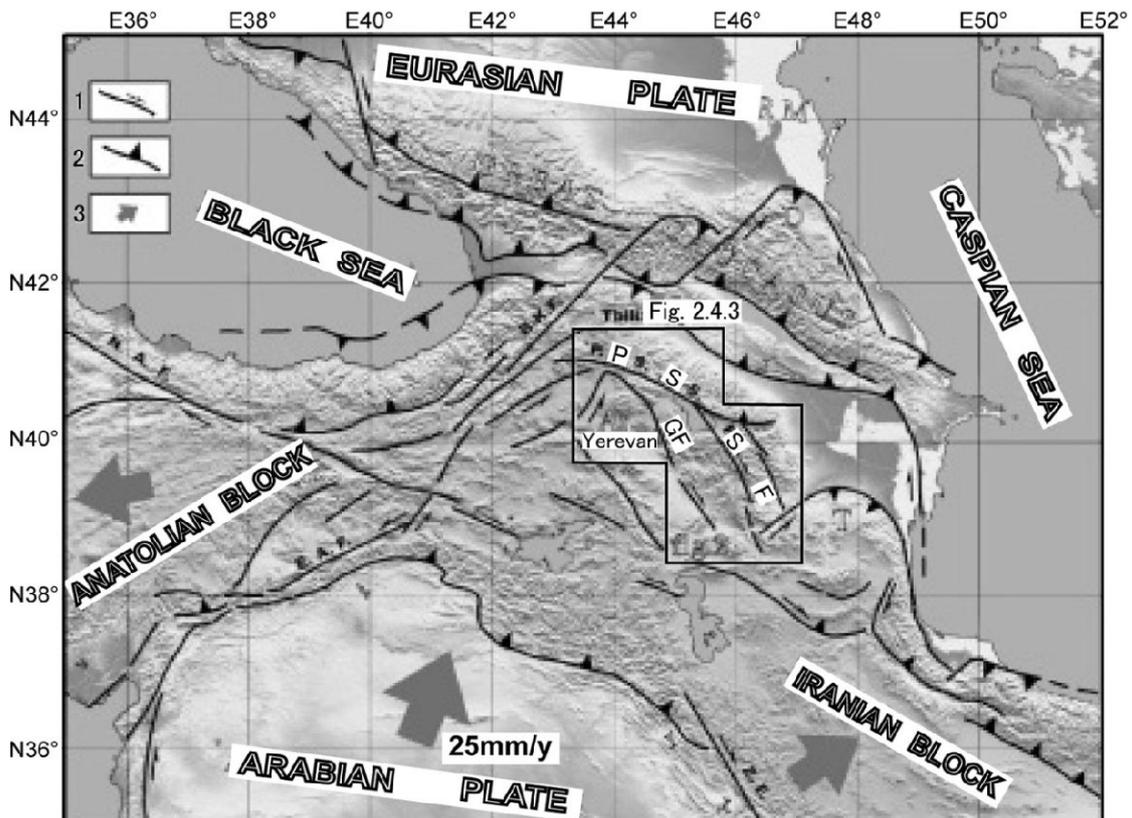


図 2.4-1 アルメニアおよびその周辺地域のテクトニクス(Philip et al., 1989, 2001) アラビアプレート
 の北上により、アルメニアおよびコーカサス地域は圧縮されており、この地域には逆断
 層や横ずれ断層が発達している。1: 主要な横ずれ断層、2: 主要な衝上断層、3: ユーラ
 シアプレートに対する相対的な動き。アナトリアブロックは西方に、イランブロックは北東
 に押し出されている。PSSF はパンバク・セバン・スニク断層、GF はガルニ断層。

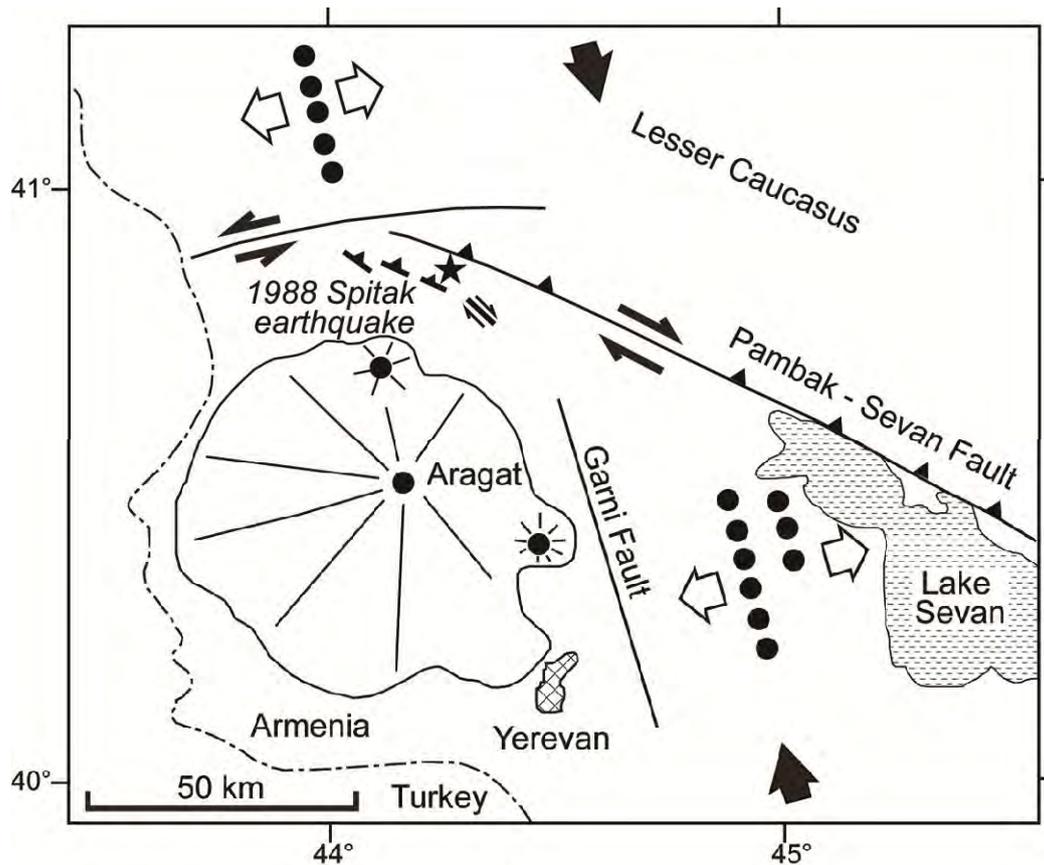


図 2.4-2 アルメニアのテクトニクス。Philip et al. (1992)による図にガルニ断層を加筆。南北方向に圧縮され、東西方向の逆断層と横ずれ断層が発達するとともに、南北方向の伸張軸が形成されている。ガルニ断層は伸張軸とほぼ平行。黒で塗りつぶされた矢印は圧縮方向。黒丸は火口の並び。白抜き矢印は伸張方向。星印は1988年Ms6.9スピタク地震の震央。太い実線はその地震断層。

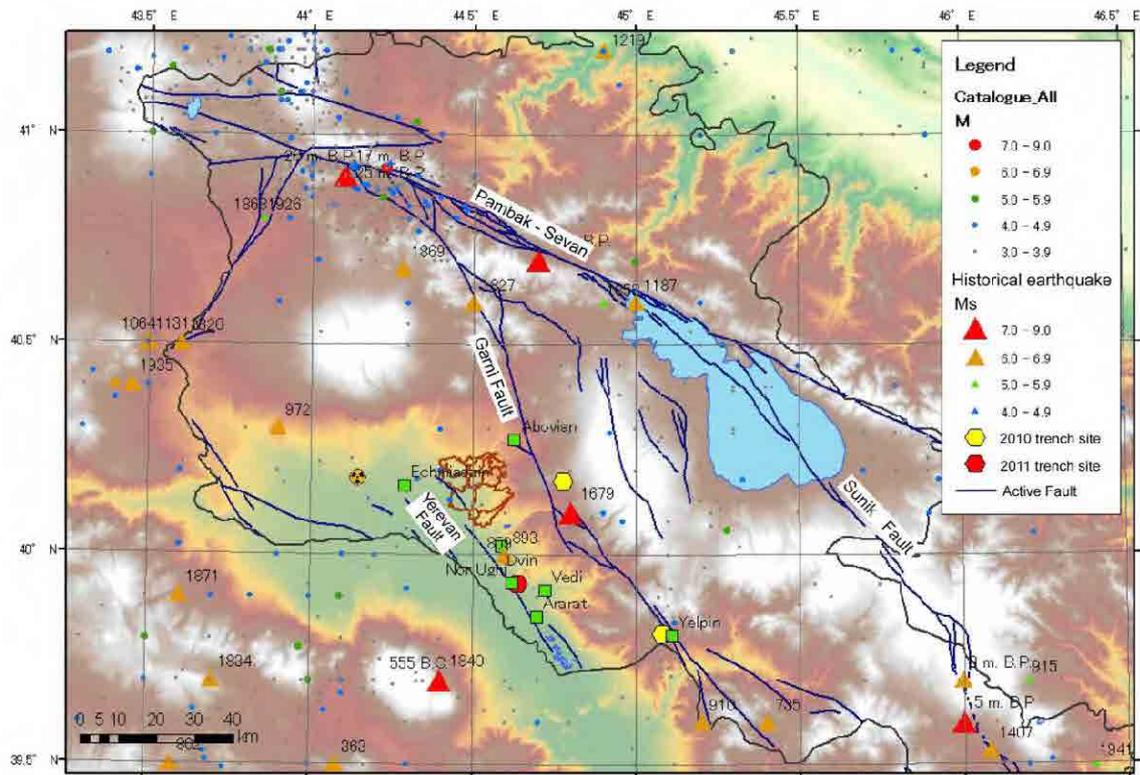


図 2.4-4 Georisk により作成された活断層図 NSSP による歴史地震データおよび観測された地震データが重ねられている

2.4.2 地形

エレバン市域の標高は、830 m (南西部)から 1550 m (北東部)の間である(図 2.4-5)。エレバン市の中心部 Kentron 区の標高は 1000m 前後である。エレバン市域を流れる河川は、北東から南西に向けて流下する Hrazdan 川、北東から流下し、Erebuni で Hrazdan 川に合流する Getar 川、東の山地から流下して Getar 川に合流する Jrvezh 川および Shorakhpiur 川が主な河川である。

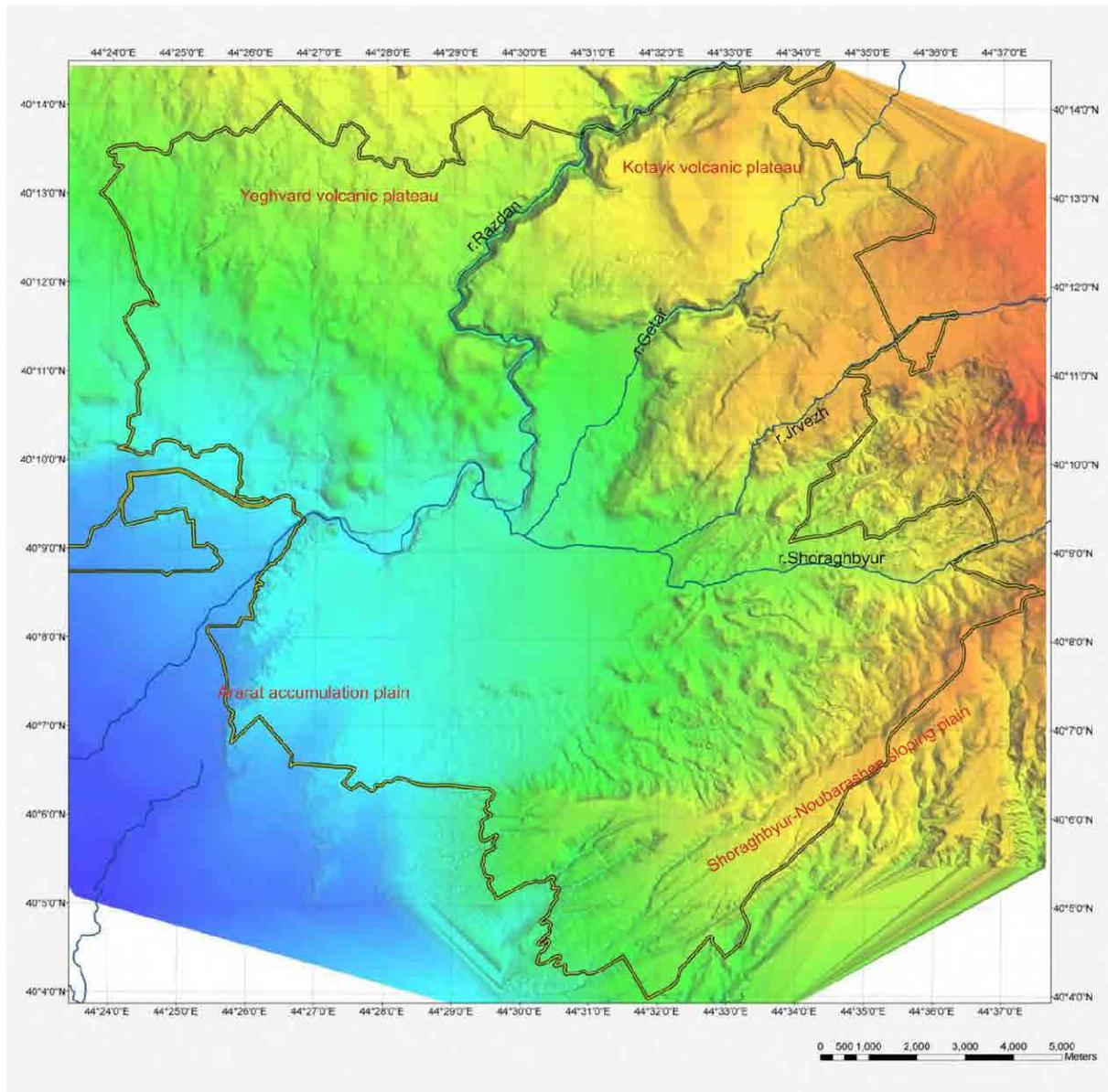


図 2.4-5 エレバン市の DEM によって作成されたレリーフマップ (GEORISK,2011)

エレバン市域の地形は、北東の山地・丘陵地から南西のアラト堆積平野に向かって低くなる。大まかには、以下の4つの地形区からなる。

1. 北部の火山性台地 (Yeghvard, Kotayk 及び Jrvezh-Nork の火山性台地)
2. 南東部の丘陵・山地 (Shorakhpiur-Nubarashen 丘陵、Erebuni 山地)
3. 中部、南部に広がる河成平野 (Hrazdan 川、Getar 川、Jrvezh 川および Shorakhpiur 川の河成平野)
4. 人工改変地

1) 北部の火山性台地

Yeghvard 火山性台地は Hrazdan 川の西側に、Kotayk 火山性台地は Hrazdan 川の東側に、Jrvezh-Nork の火山性台地は Getar 川と Jrvezh 川の間それぞれ広がる。火山性台地の上面は溶岩の

堆積・固化した時の状態を反映し、緩やかなうねり、小さな丘、浅い凹地などが見られる。溶岩台地の南縁は溶岩台地を構成している溶岩が固化・停止した状態を反映している。

溶岩堆積後の侵食地形はいくつかの河川沿いに見られる。Hrazdan 川、Getar 川および Jrvezh 川は深い谷になっている。峡谷の深さは 120 から 150m になるが、下流に行くにしたがって、100 から 50m に減少する。峡谷の幅は北部で 1,000-1,200m、南部では幅 200-300m に減少する。

峡谷の斜面は、溶岩や凝灰岩で構成され、傾斜は急で、ところによっては垂直に近いところもある。Hrazdan 川の峡谷は急傾斜、階段状地形など複雑な地形をしていて、それは溶岩の違いばかりでなく、地すべりの影響もある。

2) 南東部の丘陵

市域の東部、Jrvezh 川のやや南東部より Shorakhpiur 川から Nubarashen 丘陵にかけての範囲に堆積台地とそれが侵食された丘陵が広がっている。元の堆積原面は Nubarashen や Nor Kharverd に広がり、北東から南西に傾斜した開析扇状地である。堆積原面の勾配はエレバン市域で 2.3°で、現在の河床勾配より急である。堆積原面はエレバン市外の北東部の山地や古い火山から供給された礫層からなる。

Shorakhpiur 川の流域は、分布する地質により、地すべりが多発し、ほとんど斜面で地すべりが発生している。特に、Erebuni から Voghjaberd (Kotayk Region) にかけての斜面には地すべりが集中している。

Shorakhpiur 川の流域は、流域に分布する Shorakhpiur 層や Hatsavan 層が侵食され、残丘状になった丘陵が見られる。代表的なものが Erebuni 博物館の背後の丘である。

3) 中部、南部に広がる河成平野

エレバン市域では河成平野は、Hrazdan 川、Getar 川、Jrvezh 川および Shorakhpiur 川沿いに発達している。Kentron 地区から Erebuni 地区にかけて、南西部の Shengavit 地区には、Hrazdan 川の本流および支流から運搬されてきた堆積物の作る平地と Ararat 湖成堆積盆地の北部が広がっている。

河岸段丘は Hrazdan 川沿いに玄武岩質安山岩溶岩流の侵食段丘で、河床から 50 から 70m の高さのところにある。また、エレバン湖あたりから南でも、河岸段丘がはっきりと現れるようになる。

4) 人工改変地

エレバン市域では人工的な地形改変が進んでいる。丘陵地の緩斜面や台地の縁辺斜面での切土や盛土、南部の低地部での埋め立てが各所で進んでいる。また、採石場や鉱山もあり、局所的に斜面の一部が消失しているところもある。

2.4.3 地質

エレバン市の地表に分布する地質は、最も古いものは古第三系の下部～中部漸新統の Shorakhpiur 層 (P₃^{1sh}) である。最も新しい地層は河川沿いの低地や Ararat 低地に分布する河成堆積物である。

表 2.4-1 にエレバン市に分布する地質の層序表を示す。

表 2.4-1 エレバン市に分布する地質の層序

地質時代		地層名	
第四紀	現世	氾濫堆積物	
	新期 更新世	Getamech-Argavand 溶岩	
	中・新期 更新世	Argavand 段丘堆積物	
	中期 更新世	Arzni溶岩	
		Charbakh 段丘堆積物	
		Yerevan type凝灰岩	
	前・中期 更新世	Ararat suite	
前期 更新世	Yeghvard plateau溶岩、Kotayk plateau溶岩 Nubarashen段丘堆積物		
第三紀	新第三紀 古第三紀	前期更新世～新期鮮新世	Yeghvard plateau溶岩、Kotayk plateau溶岩
		新期鮮新世	ドレライト溶岩
		新期中新世	Hrazdan suite
		中期中新世	Jrvezh suite
		前期中新世～新期漸鮮新世	Hatsavan suite
		前期漸新世	Shorakhpiur suite
		中期始新世	粘土、aleurolite、礫岩、凝灰岩、砂岩
原生代から古生代	新期原生代～前期カンブリア紀	変成岩基礎	
		岩塩	

古い時代の堆積岩としては、漸新世から下部中新世の堆積岩、火山性の堆積岩が南部、東部地域に分布する。

凝灰角礫岩、凝灰質礫岩、凝灰岩などの火山砕屑物が Kotayk 火山性台地や Yeghvard 火山性台地の下に分布する。その上位に当たる地層として、エレバン市南東の Shorakhpiur –Nubarashen 丘陵に分布する Shorakhpiur suite 前期始新世-漸新世の堆積岩(アレウロライト、凝灰質砂岩、砂岩、gypsum 質粘土層とサンゴ礁石灰岩を挟む礫岩)がある。

新第三紀層は、前期-中期中新世の Hatsavan suite と Jrvezh suite などがある。それらは未固結の礫岩、砂岩、赤色粘土、アレウロライト、gypsum からなる。マール、粘土層、石灰質砂岩などからなる Hrazdan Suite はエレバン市の北縁の Hrazdan 峡谷沿いに見られる。

火山岩類としては、中部から北部に広がる火山性台地を構成するさまざまな時代の溶岩類がある。北部地区と東部地区の台地は、Yeghvard 火山性台地と Kotayk 火山性台地を構成する第四紀の玄武岩および玄武岩質安山岩溶岩に広く覆われる。玄武岩と玄武岩質安山岩は厚さが 150m に及ぶ。これらの溶岩の下位には、後期鮮新世のドレライト質玄武岩がある。

新しい時代の溶岩は Hrazdan 川峡谷が形成されたあと噴出した溶岩で、角礫質の玄武岩質安山岩である Arzni 溶岩と、石英を含む玄武岩質安山岩の柱状節理を持つ Getamech-Argavand 溶岩(厚さが 8～25m)がある。

Ararat 堆積平野は、早期—中期第四紀の湖および湖近くの堆積層である Ararat 層で埋められている。

Hrazdan 川の下流の Argavand 地区には Argavand 段丘礫層が分布する。比高は 11-13m で丸石、砂、粘土からなる。

市域の中央部、南部に分布する沖積層は、Hrazdan 川、Jrvezh 川、Getar 川および Shorakhpiur 川の河床堆積物がある。これらの河川の河床や氾濫原堆積物は、小礫、砂礫、ローム質砂、粘土が中心で、これらの河川が Ararat 堆積盆地へ流れ込むあたりに広く発達している。

2.5 人口・土地利用・都市開発

2.5.1 人口

エレバン市の面積は 226.6km² で、12 区から構成されている。その規模や人口は、図 2.5-1 に示す通りで、日本の「さいたま市」とよく似ている。区は行政単位としては最小のものであり、区役所や区の病院を持っている。アルメニアには支区やコミュニティなど、これより低いレベルの行政単位は存在しないが、区画番号や地域名が見られる区が時折ある。

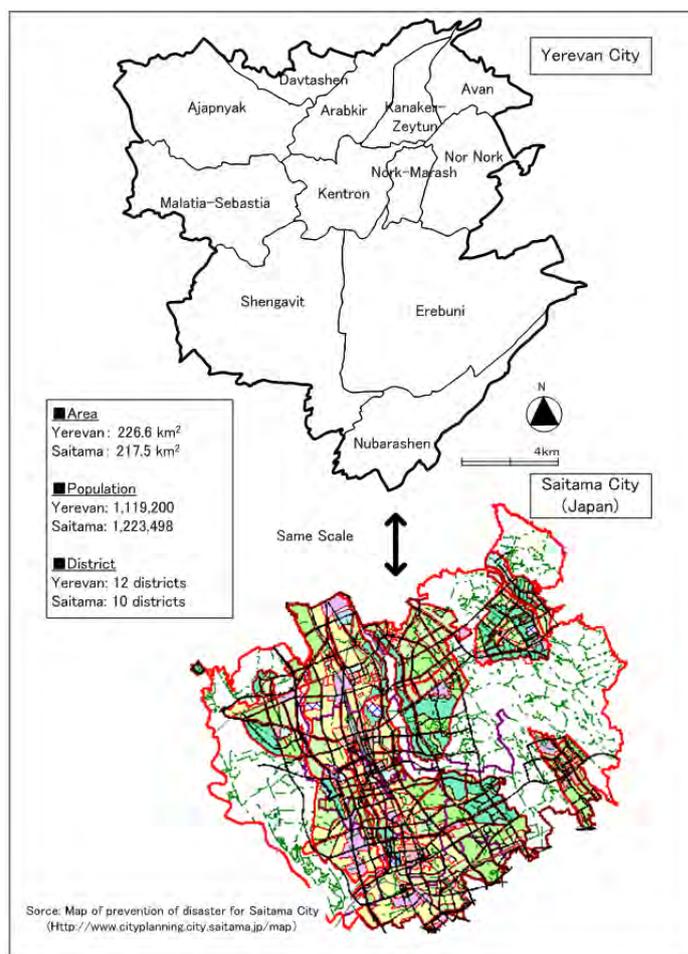


図 2.5-1 エレバン市 12 区

表 2.5-1 と図 2.5-2 は、統計データと、2020 年を目標としたマスタープラン内の推定データを基に作成した、各区の人口及び人口密度を示している。エレバン市の人口分布は特徴的であり、地理状況や土地

利用に関連している。また、人口密度は北部から中心部にかけて比較的大きくなっている。市内北西部から南西部にかけての地域では、住宅団地の建設が近年活発である。将来的には、この地域の人口はわずかではあるが、増加することが予想される。

各区の人口の変遷は、表 2.5-2 と図 2.5-3 に示す通りである。2003 年の 1,102,000 人と比較すると、2010 年は 1,119,000 人となっており、エレバン市の人口は継続的にわずかに増加傾向であるが、将来的には人口増加は考えにくい。2010 年のエレバン市内の年齢構成に関して、63 歳以上は 141,737 人で全体の 12.7%、16 歳から 62 歳の就業人口は 769,319 人で 68.9%、0 歳から 15 歳の人口は 205,592 人で 18.4%となっている。

表 2.5-1 各区の面積、人口及び人口密度 (2010 年)

区	面積 ¹⁾ (ha)	人口 ²⁾ (×1,000)	人口密度 (人口/ha)
Ajapnyak	2,600	108.2	42
Avan	820	51.0	62
Arabkir	1,320	130.8	99
Davtashen	650	41.1	63
Erebuni	4,940	121.9	25
Kentron	1,340	130.6	97
Malatia-Sebastia	2,530	141.8	56
Nor-Nork	1,450	147.0	101
Nork-Marash	470	11.3	24
Nubarashen	1,720	9.7	6
Shengavit	4,060	146.5	36
Kanaker-Zeytun	760	79.3	104
合計	22,660	1,119.2	49

出展: 1) Yerevan city Master Plan (2005)エレバン市マスタープラン(2005)
2) 国家統計局(2010): Marzes of the Republic of Armenia in Figures

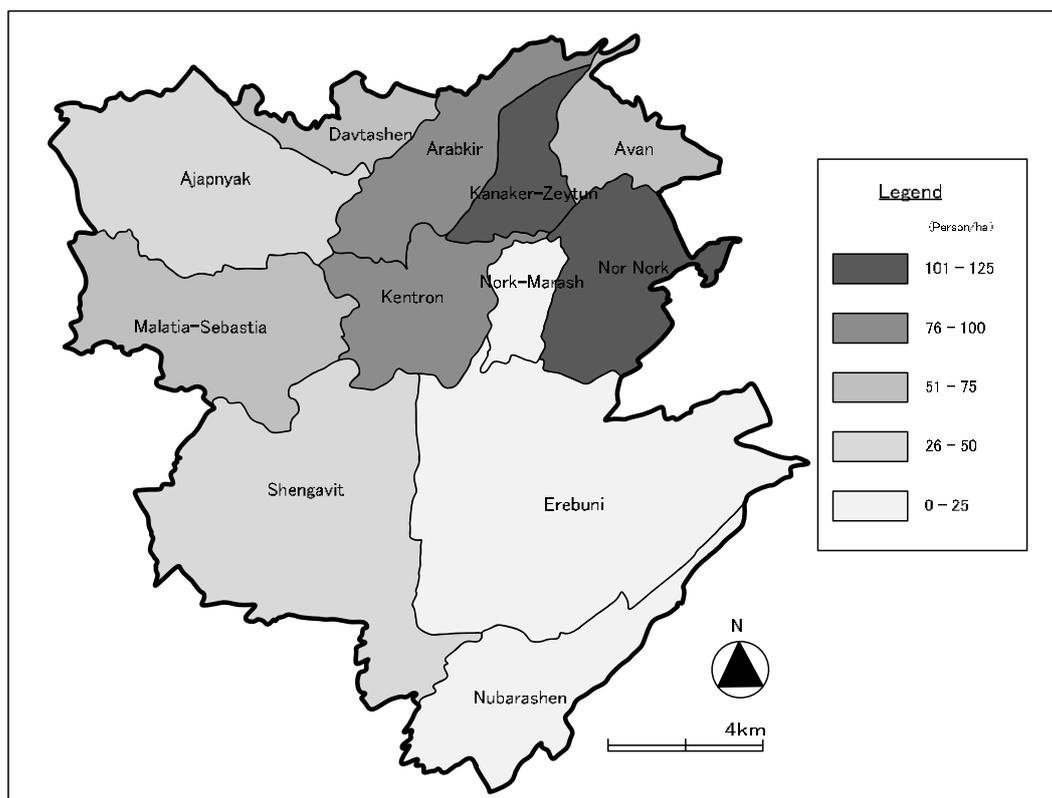


図 2.5-2 各区の人口密度

表 2.5-2 各区人口の変遷

区	人口(×1,000)									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2020	
Ajapnyak	106.5	106.5	106.6	106.7	106.8	107.1	107.5	108.2	147.8	
Avan	50.1	50.2	50.2	50.4	50.5	50.8	50.9	51.0	55.3	
Arabkir	132.2	132.0	131.7	131.6	131.4	131.3	131.1	130.8	129.9	
Davtashen	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.6	40.8	41.1	45.1	
Erebuni	119.0	119.0	119.3	119.5	119.8	120.1	120.6	121.9	123.8	
Kentron	130.2	129.9	129.9	129.7	129.7	129.7	130.0	130.6	127.5	
Malatia-Sebastia	141.6	141.3	141.0	140.9	140.6	140.6	141.0	141.8	160.9	
Nor-Nork	142.2	142.6	142.9	143.3	143.8	144.5	145.2	147.0	144.9	
Nork-Marash	11.9	11.8	11.8	11.6	11.5	11.4	11.3	11.3	13.0	
Nubarashen	9.3	9.3	9.4	9.5	9.5	9.5	9.6	9.7	14.8	
Shengavit	140.8	141.1	141.7	142.2	142.8	143.8	144.6	146.5	160.6	
Kanaker-Zeytun	77.8	77.8	77.9	78.0	78.1	78.4	78.7	79.3	76.5	
合計	1102.0	1101.9	1102.8	1103.8	1104.9	1107.8	1111.3	1119.2	1200.0	

出展： 国家統計局(2010) Marzes of the Republic of Armenia in Figures
 エレバン市マスタープラン(2005)

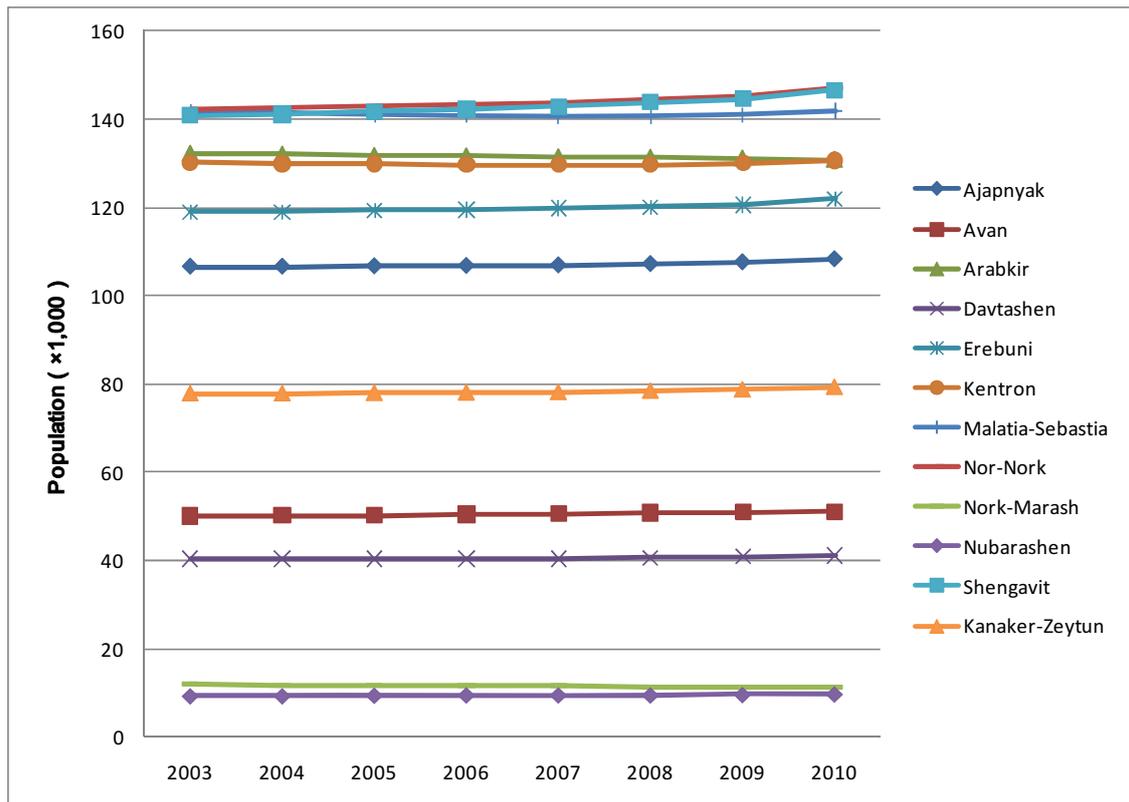


図 2.5-3 各区人口の変遷

2.5.2 土地利用

エレバン市都市開発マスタープラン(以下、マスタープラン)は、2006年から2020年を対象として2005年に作成された。エレバン市とYerevan Project社は、2010年からマスタープランの再検証を行っている。

最近のエレバン市の統計データ(2010)によると、土地利用は、農地が42.55km²(18.7%)、耕作可能地が14.435km²(6.4%)、公共の建物を含む住宅地が67.02km²(29.5%)、産業用地が27.66 km²(12.2%)、公園を含む緑地が11.13km²(4.9%)、森林が12.39km²(5.5%)となっている。

図 2.5-4 は、マスタープランの中の土地利用現況図である。土地利用データについては機密事項があるため、GISデータなど土地利用に関する詳細情報は、本プロジェクトでは入手することができなかった。

図 2.5-5 は、マスタープランでの土地利用分布図である。この分布図は、都市開発に関するアルメニア法第14条に必要性が記載されており、マスタープランのために作成された。土地利用管理は2001年の新しい土地基準に基づいて実施されており、表 2.5-3 に示すように土地利用は9つに分類されている。

土地利用に関する法律や規則は、都市開発省が管理している。政府がエレバン市マスタープランを承認した後、強制力をもった市長決定の下、具体的な土地利用管理とそのための手続きが進められた。エレバン市の関連及び責任機関は、マスタープランを実行することになっている。

近年、土地の私有化が進行し、土地利用管理や、マスタープランで指定されている都市部の再開発は必ずしも順調に進んでいるとは言えない状況である。不動産取引や開発行為に関する許認可は、エレバン市都市開発部及び市の関係機関が担当している。

表 2.5-3 アルメニアの土地利用基準

No.	土地の категория・種類 (アルメニア国、土地基準による)	機能別の区域
1	市街地(住居地域)	
1.1	住居建物	私有住居建物 集合住宅 混合住居建物
1.1.1		
1.1.2		
1.1.3		
1.2	複合建物	行政機能 商業・住居建物 文化施設 スポーツ・レクリエーション施設 健康・リゾート施設 多機能施設 教育施設 歴史・考古学施設
1.2.1		
1.2.2		
1.2.3		
1.2.4		
1.2.5		
1.2.6		
1.2.7		
1.2.8		
1.3	共有地	庭園・公園 通り・広場
1.3.1		
1.3.2		
1.4	公共建物	公共重要物 礼拝施設
1.4.1		
1.4.2		
1.5	他の用地	
2	工鉱業地域、重要生産地域	生産地域 公共生産地域
2.1		
2.2		
3	農業用特別保護区	
4	エネルギー施設	
5	通信・交通・公共インフラ	
6	特別重要地域	
7	森林地域	
8	水面	
9	保留地	

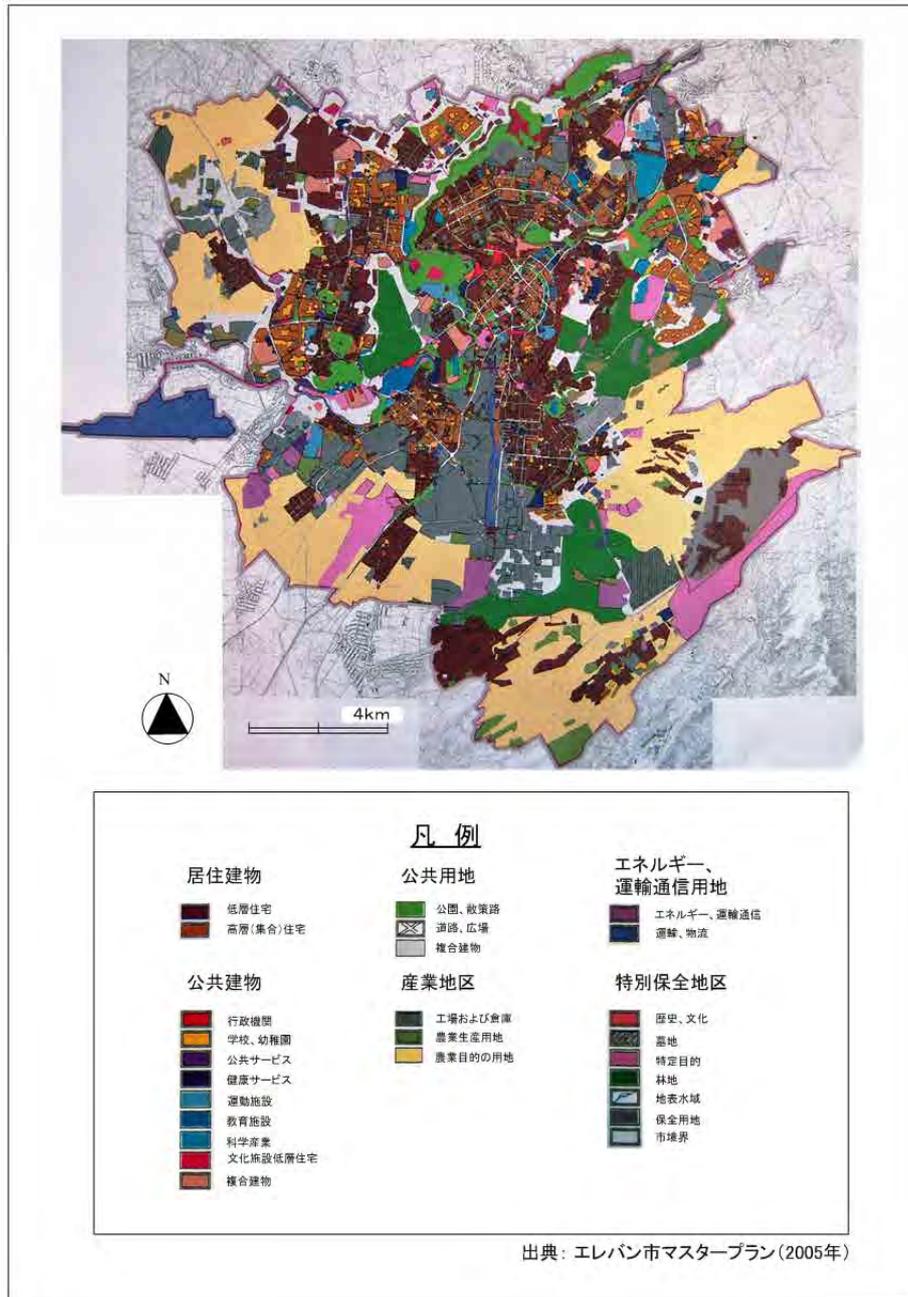


図 2.5-4 エレバン市の土地利用現況図

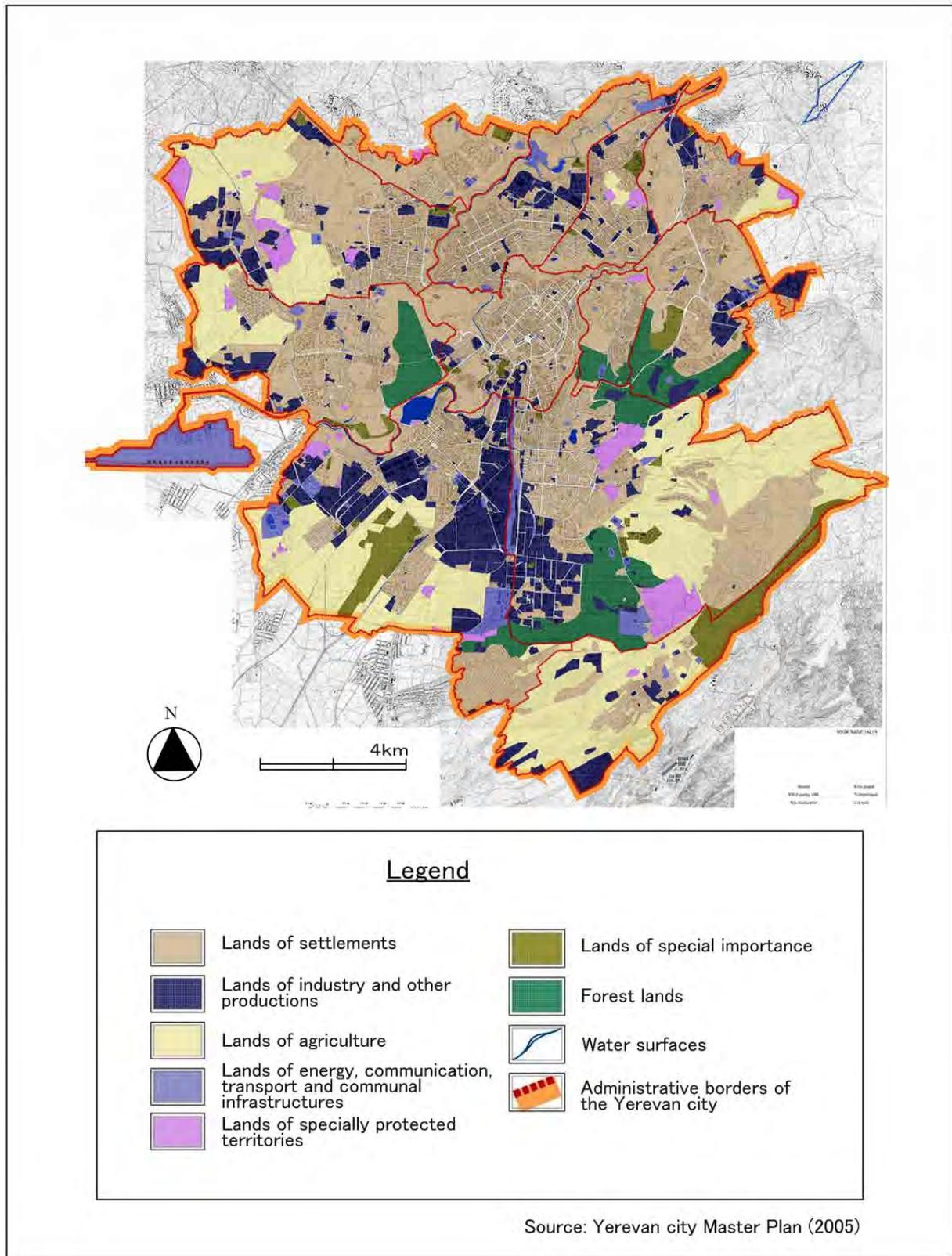


図 2.5-5 エレバン市の土地利用分布図(土地利用管理のため)

2.5.3 都市開発

20世紀初頭、アルメニアがソビエト連邦に併合される以前のエレバン市は、Kentron 区のみが開発され、牧草地や農地がリングロードや Kentron 区の緑地の周囲に広がっていた。市内北部、Kentron 区に隣接した Arabkir 区、南部の Shengavit 区、Erebuni 区の北部が、第二次世界大戦前後に都市化が進められた。1960年代及び1970年代には、社会主義の関係もあり経済発展期に入った。そのため、上記の区やその周辺では、多くの産業施設や集合住宅が集中して建設された。

産業地域はエレバン市内の南部にまで拡張したが、近年の産業構造や市場経済の動きや変化により、老朽化した施設が増加するなど、産業基盤の再開発が課題となっている。

都市化は市内中心部から放射状に広がっている。エレバン市の大きな課題は、建設後30-40年を経過した建物の建替えである。市中心部(Kentron 区)の再開発は、図2.5-6に示す状態である。マスタープランでは、地震による建物被害や建物の被害抑止については言及されているが、災害時の市内の避難場所の安全性については言及されていない。

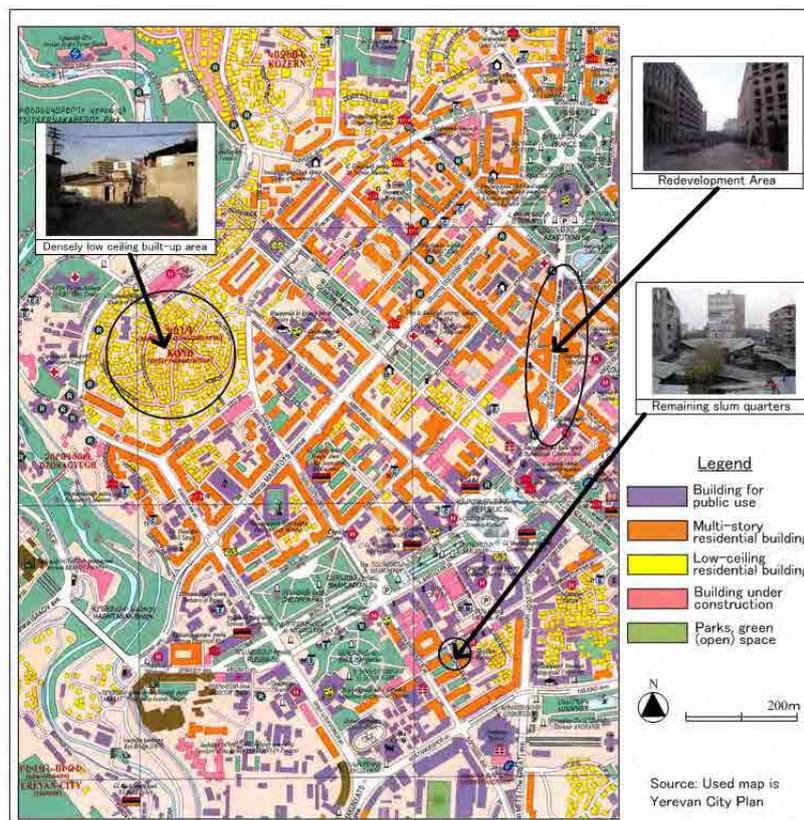


図 2.5-6 エレバン市内中心部(Kentron 区)の再開発

2.6 建物

2.6.1 建物インベントリーデータ

(1) 建物に関する GIS 及び CAD データの現状

集合住宅、戸建住宅、学校、病院の建物インベントリーデータを関係機関から収集した。収集した建物に関する GIS 及び CAD データの内容は、表 2.6-1 に示す通りである。また、図 2.6-1、図 2.6-2 及び図 2.6-3 がマップ例である。なお、これらには建物構造に関するデータは含まれていない。これらを精査した結果、Cadastro の CAD データを GIS に変換したデータを主として用いることとした。

実際問題として、政府の建物、商業ビル、産業施設などはインベントリーデータを入手することが困難なため、被害想定の対象からは除外することとした。

表 2.6-1 収集した建物に関する GIS 及び CAD データの内容

機関	形式	内容、データの評価	データの利用
Cadastro	CAD (2005 年)	住家、非住家の分類がある。 構造に関するデータはない。 ガレージなど家屋以外の構造物もポリゴンとして含まれている。	GIS に変換して使用。建物構造に関しては集合住宅のインベントリー調査結果などを属性として追加した。
RS	GIS (2001 年)	2001 年センサスに基づいている。集合住宅に関しては階数が含まれているが誤りも多い。構造に関するデータはない。戸建住宅の 40%程度が含まれており、階数と建築年の属性が含まれている	戸建住宅(およそ 40%)の建築年データを利用した。
NSSP	GIS	3 階建て以上の集合住宅のデータ。構造に関しては有用なデータはない。GIS の位置データに間違いが多い。	RS データに含まれていない地域の戸建住宅の建築年データを利用した。

(2) 建物統計データ

国家統計局の発行した統計資料集(2009)には、エレバン市 12 区の集合住宅の石造、RC 造区分による棟数データがある。このデータをインベントリー調査の結果との比較に用いることとした。

(3) アトラス

Cadastro が発行しているアトラスは、建物形状(ポリゴン)と建物の用途が示されている(図 2.6-4 参照)。学校や病院の位置情報、建設年はこのアトラスから読み取った。

(4) 2005 年マスタープラン

エレバン市のマスタープランには、人口データ(3.1 節)、住宅データ(3.1.1 節)が載っている。また、12 区の集合住宅の棟数、床面積及び居住者数、戸建住宅の床面積及び居住者数が載っており、これを利用した。

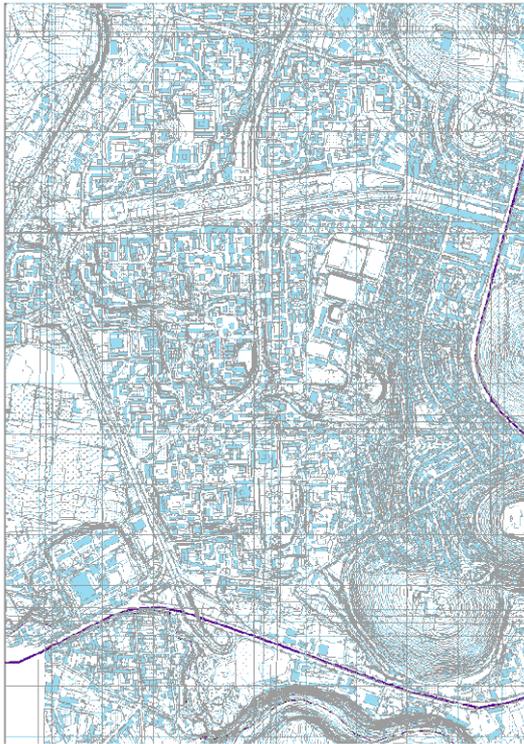


図 2.6-1 Cadastro の CAD マップ

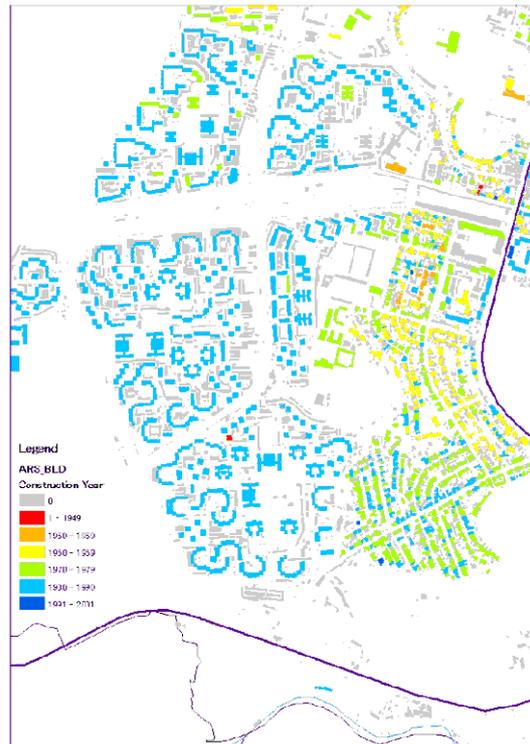


図 2.6-2 RS の GIS マップ

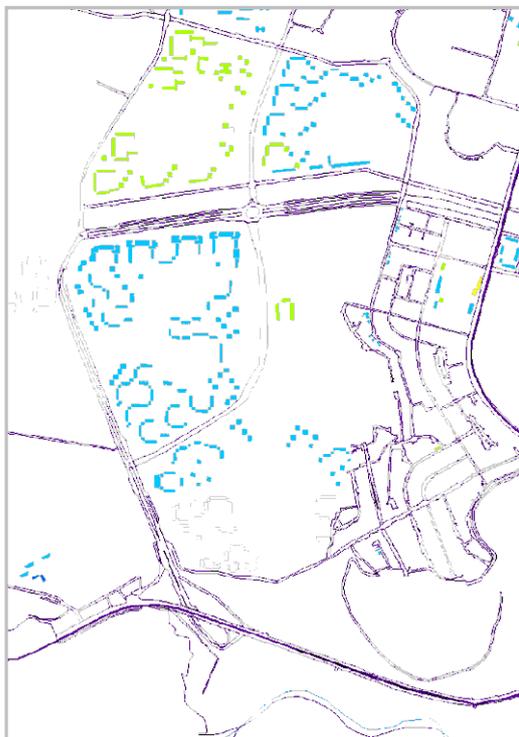


図 2.6-3 NSSP の GIS マップ



図 2.6-4 Cadastro のアトラス(A4 サイズ)

2.6.2 脆弱性と耐震改修に関するデータ

1988年にスピタク地震が発生したが、アルメニアには、推定震度や測定建物被害率に関するデータがない。そのため、アメリカ合衆国や日本の研修者によるスピタク地震に関する報告書を活用することとした。

アルメニアでは、既存の建物の構造についての実験や分析はあまり実施されていない。弾性域においては、振動周期の測定や振動試験が行われてきた。また、建物の耐震設計には、アルメニアの建築基準による4つの土壌のタイプを表示した市内のマップが必要であるが、その地図はない。

耐震改修に関しては、Gyumriに、基礎免震システムによる石造建物の耐震改修例がある。また、Vanadzorには、地震動をコントロールするために最上階に免震床を用いた鉄筋コンクリート造建物がある。建物サンプリング調査の結果では、現在までにエレバン市内では建物の耐震改修の例は見当たらなかった。

2.6.3 建物データの収集

(1) 建物サンプリング調査

集合住宅、戸建住宅、学校、病院の建物サンプリング調査を合計120棟で行い、構造分類及び脆弱性評価に必要な情報を得た。結果は5.1節で述べる。

(2) 建物インベントリー調査

構造種別のインベントリーデータがなかったため、集合住宅について建物インベントリー調査を実施した。結果は5.2節で述べる。

戸建住宅の建設年についてのデータに関しては、RSのデータに、既存戸建住宅の40%が含まれている。そこで得られる比率を他の地域にも適用した。

2.7 インフラ、ライフライン

2.7.1 インフラの耐震評価

緊急時の避難、被害調査、救助に関して、道路や橋梁などの交通インフラは重要である。橋梁の倒壊など構造への被害による交通障害を防ぐことは、特に道路や鉄道の機能の維持管理の観点から、極めて重要である。従って、現地調査を実施し、既存データを活用することにより、構造への地震被害の推定を行った。

2.7.2 エレバン市内の主要幹線道路

エレバン市には、オペラハウスや共和国広場があるKentron区の他、Arabkir区、Kanakaner-Zeytun区、Avan区、Nork-Marash区、Nor-Nork、Erebuni区、Shengavit区、Malatia-Sebastia区、Ajapnyak区、Davtashen区、Nubarashen区の合計12区で構成されている。主要幹線道路は、Kentron区の外周路から、放射状に延伸しており、国道M-1、M-2、M-4、M-5、M-15及び州道H-4、H-8に接続している。エレバン市内の主要幹線道路を、表2.7-1及び図2.7-1に示す。

表 2.7-1 エレバン市内の主要幹線道路リスト

No.	名称	No.	名称	No.	名称
1	ASHTARAK highway	18	David ANHAGHT street	35	TAMANTSINER street
2	Gevorg CHAUSH street	19	RUBINIANTS street	36	BAGRATUNIATS avenue
3	Houvhannes SHIRAZ street	20	Hrachya ATCHARIAN street	37	Admiral ISAKOV avenue
4	LENINAKAN street	21	GAI avenue	38	SEBASTIA street
5	MELKUMOV street	22	TEVOSIAN street	39	Marshal BAGHRAMIAN avenue
6	FUCHIK street	23	B.MURADIAN street	40	Mesrop MASHTOTS avenue
7	MARGARIAN street	24	David-BEK street	41	MOSKOVIAN street
8	HALABIAN street	25	Tigran METZ avenue	42	KHANJIAN street
9	LENINGRADIAN street	26	ARATSAKH street	43	AGATANGEGHOS street
10	KIEVIAN street	27	ARIN-BERD street	44	Grigor LUSAVORUCH street
11	KASYAN street	28	ROSTOVIAN street	45	PARONIAN street
12	KOMITAS avenue	29	NUBARASHEN street	46	SARALANJ street
13	YEGHVARD highway	30	EREBUNI street	47	KORYUN street
14	SASNA TZRER street	31	Kh.DASHTENTS street	48	HERATSI street
15	VAGHARSHIAN street	32	NUBARASHEN highway	49	Alexander Myasnikiyan avenue
16	AZATUTIAN avenue	33	ARSHAKUNIATS avenue		
17	TBILISIAN highway	34	Garegin NZHDEH street		

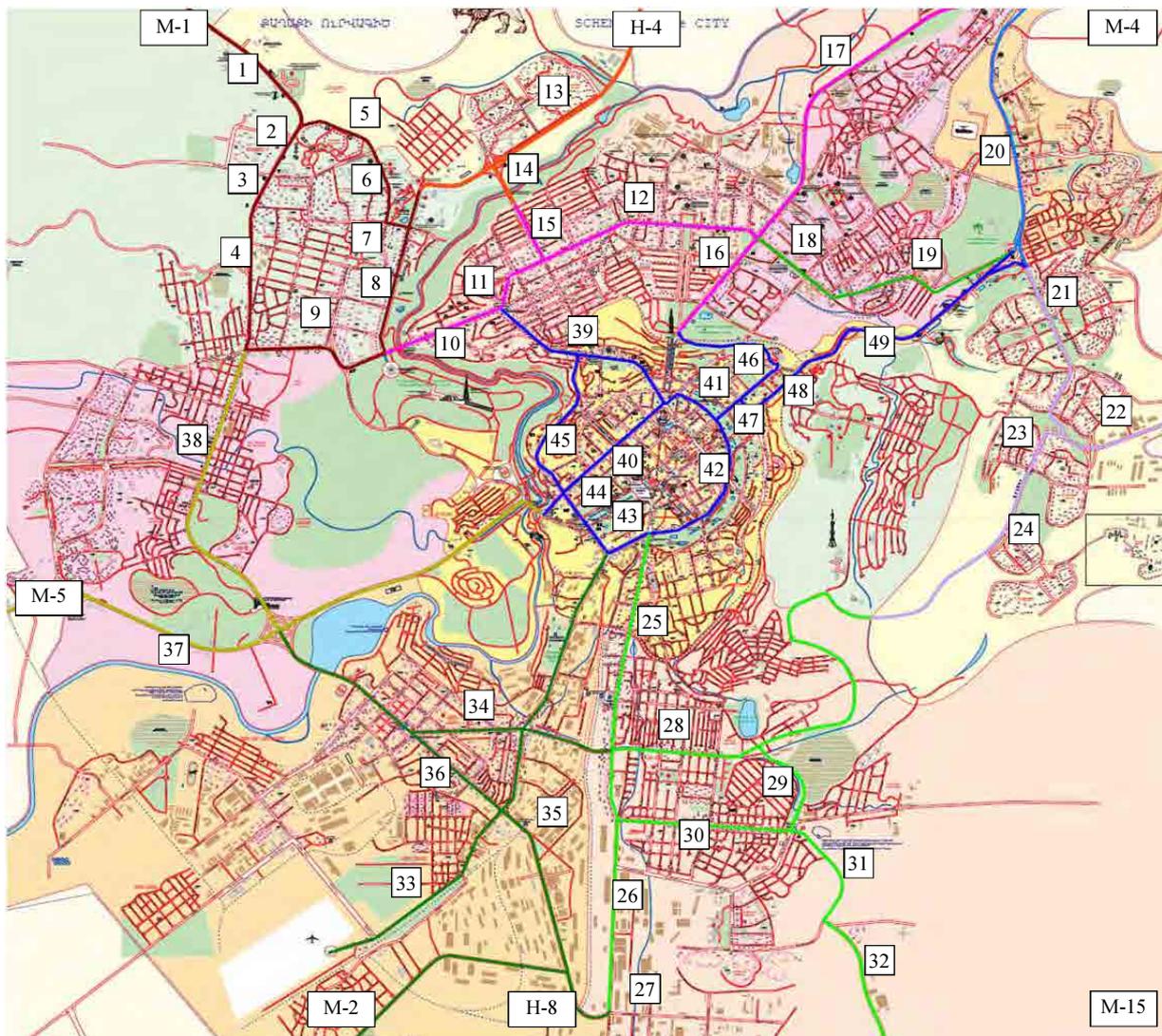


図 2.7-1 エレバン市内の主要幹線道路

2.7.3 エレバン市内の主要構造物

道路並びに鉄道交通機能維持の観点から、構造物の被害による通行障害を防ぐことは極めて重要である。そのため、エレバン市内並びに空港への接続道路に位置する構造物の耐震性能評価が重要となる。表 2.7-2 はエレバン市から入手した構造物リストである。調査はこのリストを基に実施した。現地調査を通して、歩道橋が 3 つ、すでに取り壊された構造物が 5 つ含まれることが分かったため、これらは調査対象外とすることにした。

構造物の長さなどの記録については、リストに示される内の約半分の構造物台帳が亡失しており、残り 25 地点についても一部の図面や写真が欠落している状態である。従って、調査はインベントリー調査を主体とすることとした。

表 2.7-2 構造物リスト

No.	橋名	地区	台帳			対象	ID番号
			概要	図面	写真		
1	Overpass bridge on the Friendship Square	Arabkir	---	---	---	○	ARB-1
2	Bridge on Vatutin str.	Arabkir	○	○	---	○	ARB-2
3	Bridge on Riga str.	Arabkir	○	○	---	○	ARB-3
4	Bridge on Saralanji HW near Riga str.	Arabkir	---	---	---	○	ARB-4
5	Bridge on Komitas ave.	Arabkir	---	○	---	○	ARB-5
6	Avan 1st bridge	Avan	---	---	---	○	AVN-1
7	Avan 2nd bridge	Avan	○	○	---	○	AVN-2
8	Bridge on Yerevan - Sevan HW	Avan	○	○	---	○	AVN-3
9	Bridge of 2nd road	Davtashen	○	○	---	○	DVT-1
10	Central bridge of Davtashen transport	Davtashen	○	○	---	○	DVT-2
11	Bridge of 7th road	Davtashen	○	○	---	○	DVT-3
12	Bridge on Arin-Berd str.	Erebuni	○	○	---	○	ERB-1
13	Bridge on Nubarashen str. near graveyard	Erebuni	○	○	---	現地未確認	---
14	Davtashen bridge	---	---	---	---	○	HRA-1
15	Kiev bridge	---	○	○	○	○	HRA-2
16	Bridge near the Kiev bridge	---	○	○	---	○	HRA-3
17	Bridge near the Yerevan HES	---	○	○	---	○	HRA-4
18	Haghtanak bridge	---	○	---	---	○	HRA-5
19	Bridge of Korea valley	---	---	---	---	現地未確認	---
20	Overpass bridge of new highway	Kentron	---	---	---	○	KNT-1
21	Overpass bridge of new highway	Kentron	---	---	---	○	KNT-2
22	Bridge on Heratsi str.	Kentron	---	---	---	○	KNT-3
23	Bridge on Charents str.	Kentron	---	---	---	○	KNT-4
24	Bridge on Khanjyan str.	Kentron	---	---	---	○	KNT-5
25	Bridge on Tigran Mets ave.	Kentron	---	---	---	○	KNT-6
26	Bridge on Khorenatsi str.	Kentron	---	---	---	○	KNT-7
27	Subway bridge over Kristapor str.	Kentron	---	---	---	○	KNT-8
28	Bridge on G. Lusavorich str.	Kentron	○	○	---	○	KNT-9
29	Overpass bridge near the Hrazdan Stadium	Kentron	○	○	---	○	KNT-10
30	Bridge over Getar river	Kentron	---	---	---	現地未確認	---
31	Pedestrian over Heratsi str.	Kentron	---	---	---	歩道橋	---
32	Pedestrian near the cablecar station	Kentron	---	---	---	歩道橋	---
33	Pedestrian over Heratsi str.	Kentron	---	---	---	歩道橋	---
34	Pedestrian over Khorenatsi str.	Kentron	---	---	---	歩道橋	---
35	Bridge on Isakov ave.	M. Sebastia	○	○	---	○	MLS-1
36	Argavand bridge	M. Sebastia	○	○	○	○	MLS-2
37	Bridge on Isakov ave. to Echmiadzin HW	M. Sebastia	---	---	---	○	MLS-3
38	Pedestrian over Isakov ave.	M. Sebastia	---	---	---	歩道橋	---
39	Bridge near Nubarashen	Nubarashen	○	○	---	○	NBR-1
40	Bridge on Galshoyan str.	Nor Nork	○	○	---	○	NNR-1
41	Jrvejh river bridge	Nor Nork	○	○	---	○	NNR-2
42	Bridge on Garegin Nzhdeh str.	Shengavit	○	○	---	○	SHN-1
43	Subway bridge over Shahamiryanner str.	Shengavit	---	---	---	○	SHN-2
44	Subway bridge over Tamantsineri str.	Shengavit	---	---	---	○	SHN-3
45	Subway bridge over railway	Shengavit	---	---	---	○	SHN-4
46	Shirak str. 1st bridge	Shengavit	○	○	---	○	SHN-5
47	Overpass bridge on Araratyan str.	Shengavit	○	○	---	○	SHN-6
48	Shirak str. 2nd bridge	Shengavit	○	○	---	○	SHN-7

2.7.4 エレバン市周辺の公共交通機関

空路一般旅客並びに貨物はエレバン市の西部(市中心から西南西に約 8km)にある Zvartnots 国際空港を利用している。Erebuni 空港は市中心から南南西約 5km に位置しており、軍用に転用されている。旅客ターミナルなどは使用されていない。

一般旅客用鉄道は、エレバン駅から市内西部を通り、グルジア方面に向かっている。その他の鉄道路線は民間の貨物会社によって運営されている。地下鉄は、Ajapnyak 区から Kentron 区を通り、Shengavit 区に至る路線が運用されている。エレバン市周辺の主要な空港や鉄道は、図 2.7-2 に示す通りである。図 2.7-3 は、地下鉄の路線である。

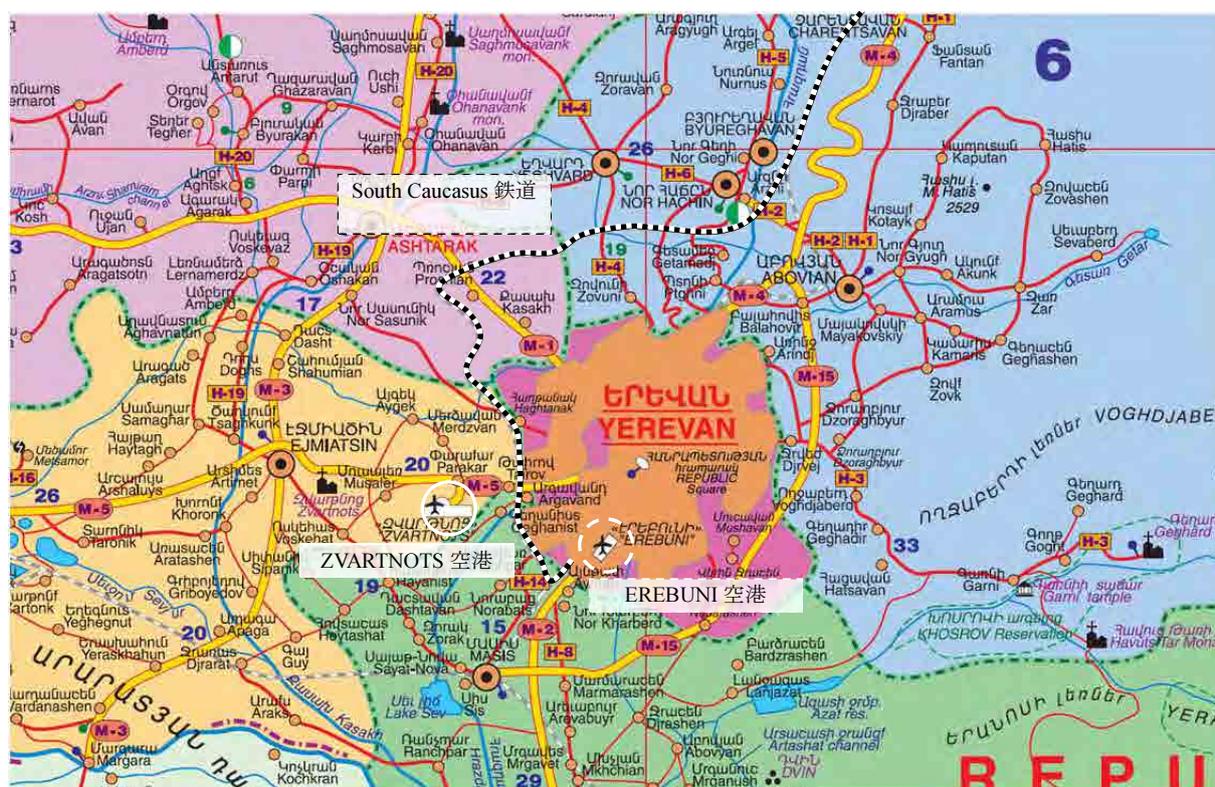


図 2.7-2 主要空港及び鉄道



図 2.7-3 エレバンの地下鉄の経路と駅

2.7.5 交通の傾向

(1) 自動車

交通渋滞レベルによる道路長の割合は表 2.7-3 の通りである。ここでの交通渋滞の割合は、日常の交通量と計画段階での交通量の割合である。Mesrop MASHTOTS 通り、KOMITAS 通りなど、市内中心部に通じる道路の渋滞は 100%以上である。Admiral ISAKOV 通りなどの長距離幹線道路では、80-100%を示している。

表 2.7-3 主要道路の交通渋滞

交通渋滞割合	道路延長(%)
100%以上	15
80 - 100%	18
70 - 80%	17
50 - 70%	15
50%以下	35

出展:エレバン市マスタープラン

エレバン市内の自動車数予測を表 2.7-4 に示す。自動車所有者の数は、2010 年と 2020 年を比較すると 1.4 倍になると予測されている。このため、エレバン市内の交通渋滞はさらに増えると考えられる。

表 2.7-4 自動車台数予測 (2010年、2020年)

年	人口	自動車数	人口当たり台数	増加量	
	1,000人	台	台/1,000人	台	%
2000	1,098	75,522	69	-----	-----
2001	1,100	80,253	73	4,731	6.3%
2002	1,104	84,985	77	4,732	5.9%
2003	1,102	100,348	91	15,363	18.1%
2010(予測)			130		
2020(予測)			186		

出展:エレバン市マスタープラン

(2) 公共交通機関

エレバン市には、地下鉄、トロリーバス、バス、ミニバスと4つの公共交通機関がある。表 2.7-5 は、公共交通機関の乗客の将来予測である。2010年の一日平均は、1,256千人と予測され、2020年には1,414千人と考えられている。年平均では、2010年が458百万人、2020年が516百万人になると予測されている。ミニバス利用者はトロリーバスやバスに移行すると考えられている。また地下鉄は乗客数を増やすと予測されている。

表 2.7-5 公共交通機関の乗客数予測 (2010年、2020年)

交通機関	2004			2010(予測)			2020(予測)		
	乗客数 (百万人/ 年)	乗客数 (千人/ 日)	割合	乗客数 (百万人/ 年)	乗客数 (千人/ 日)	割合	乗客数 (百万人/ 年)	乗客数 (千人/ 日)	割合
地下鉄	16.6	45.5	4.0	30.7	84.0	6.7	61.0	167.3	11.9
トロリーバス	4.5	12.3	1.1	53.7	147.1	11.7	124.4	340.8	24.1
バス	8.0	21.9	1.9	144.7	396.4	31.6	232.2	636.2	45.0
ミニバス	381.9	1,046.3	93.0	229.4	628.6	50.0	98.4	296.6	19.0
合計	411.0	1,126.3	100.0	458.5	1,256.2	100.0	516.0	1,414.0	100.0

出展:エレバン市マスタープラン

2.7.6 ライフラインに関するデータ調査

表 2.7-6 は、調査項目と収集した情報を示している。詳細ネットワーク図(GIS データ)の提供を各ライフライン運営会社に依頼したが、機密事項であったり、データを準備していなかったり、準備中だったり、データを入手することができなかった。そのため、ライフライン施設のインベントリーデータは、ライフライン会社の他に関係する機関から得られたネットワークの情報を基に整備した(表 2.7-7 参照)。

表 2.7-6 調査内容

調査対象 (会社名)		調査項目	収集資料
上水・下水システム (Yerevan Djur)	1	エレバン市の水道管ネットワーク	—
	2	水源、取水施設、浄水施設	—
	3	エレバン市の下水管ネットワークとその長さ	—
	4	エレバン市の下水処理施設とポンプ施設	位置と機能
	5	エレバン市と周辺の給水車	給水車の数

	6	更新計画	なし
	7	組織図	組織図
	8	上水及び下水施設の建築基準、設計、仕様	—(建築基準はある)
	9	水道管及び下水管の維持管理	維持関連機関
	10	緊急時に関する部署	機関
	11	出版物	ユーザーへのサービス手法
電気 (Electric Network of Armenia)	1	エレバン市の電線と配電線ネットワーク	幹線、支線の位置図、延長(電圧、地上、地中別)、需要家数
	2	エレバン市の発電所と変電所	位置と性能
	3	更新計画	計画
	4	組織図	組織図と業務内容
	5	発電所、鉄塔、変電所の建築基準、設計、仕様	基準
	6	発電所、鉄塔、電線、配電線の維持管理	維持管理関連機関
	7	緊急時に関する部署	部署、機関、委員長
	8	出版物	出版物及び啓発・教育内容の担当者
ガス (ARMRUSGA SPROM)	1	エレバン市のガス管ネットワーク	配置図: 主要管のみ。長さ、圧力、地上/地下 需要家数: 各区の合計
	2	エレバン市の配給所	配給所リストと配置図
	3	エレバン市外からの供給源と経路	—
	4	組織図	組織図と従業員数
	5	ガス供給施設、配給所、ガス管の建築基準、設計、仕様	建築基準
	6	ガス供給施設、配給所、ガス管の維持管理	ガス供給や管理等に関するマニュアル
	7	緊急時に関する部署	緊急時のための組織、行動計画、機材リスト
	8	出版物	—
電話 (Armentel) (Viva-Cell) (Orange)	1	エレバン市の電話線ネットワーク	主なネットワークの長さ
	2	エレバン市の基盤施設	位置と性能
	3	組織図	組織図と業務内容
	4	緊急時に関する部署	部署、委員長
	5	出版物	出版物と出版機材の担当者

表 2.7-7 ライフラインネットワーク図収集リスト

組織	Cadastro	地質学研究所	Yerevan Project
種類	GIS データ	GIS データ	印刷された地図
上水道	収集済 (Kentron 区及び Shengavit 区以外)	—	収集済
下水(汚水)	収集済 (Kentron 区及び Shengavit 区以外)	収集済	収集済
下水(雨水)	収集済 (Kentron 区及び Shengavit 区以外)	収集済	収集済
電気	収集済 (Kentron 区及び Shengavit 区以外)	収集済	収集済
ガス	収集済 (Kentron 区及び Shengavit 区以外)	収集済 (主なガス管のみ)	収集済 (主なガス管のみ)
電話	—	—	収集済

2.8 地震防災情報データベースの設計

本プロジェクトで構築されるデータベースの大分類は、プロジェクトの流れを考慮して下記の 5 項目と定めた。「ベースマップ」は、様々なデータ登録に必要なマップ類であり、「自然条件」は、地盤モデル、断層モデル、地下水位などを含んでいる。「社会条件」は建物、ライフライン、人口など各種インベントリーが含まれる。「地震ハザード」は、「自然条件」(震源モデル、地盤モデル、傾斜区分など)に各種計算式(距離減衰、地盤応答解析など)を適用した結果である。「地震リスク」は、「地震ハザード」と「社会条件」(インベントリー)をセットにして、被害関数を適用することにより計算される。「地震防災計画」は、「地震ハザード」と「地震リスク」を基に策定される。データベースの構成から、プロジェクトの展開を理解することができる。各データ項目とプロジェクト展開の関係を図 2.8-1 に示す。

1. ベースマップ (Base Map)
2. 社会条件 (Built Environment)
3. 自然条件 (Natural Environment)
4. 地震ハザード・リスク (Hazard Risk)
5. 地震防災計画 (Disaster Prevention Plan)

上記の大分類はそれぞれフォルダごとに保存される。各フォルダには、Personal Geodatabase と呼ばれるデータベースファイルが保存される。そして、各データベースファイルが GIS レイヤーを持っている。これらのデータベースの詳細は、6.5 節で述べる。

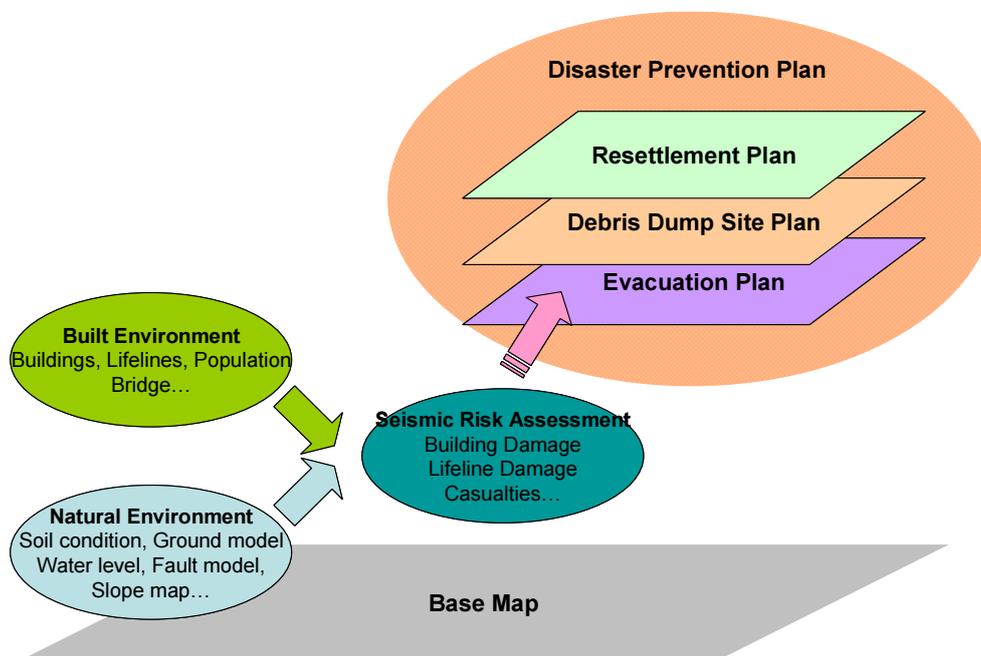


図 2.8-1 データベースの構成とプロジェクト展開