

独立行政法人 国際協力機構(JICA)
住宅・都市計画省
国家耐震工学研究センター

アルジェリア国
アルジェ地域地震マイクロゾーニング調査
ファイナルレポート
Volume V
要 約

平成 18 年 12 月
(2006年)

OYOインターナショナル株式会社
日本工営株式会社

序 文

日本国政府は、アルジェリア国政府の要請に基づき、「アルジェリア国アルジェ地域地震マイクロゾーニング調査」を実施することを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施しました。

当機構は、OYOインターナショナル株式会社の西井 理氏を総括とし、OYOインターナショナル株式会社及び日本工営株式会社から構成される調査団を、2005年2月から2006年11月まで、6回にわたり現地に派遣しました。加えて当機構は東京大学教授、目黒公郎博士を委員長とする国内支援委員会を構成し、調査結果を技術的に検討、評価しました。

調査は計画通りに遂行され、同国に対し最終報告書、マイクロゾーニングに関する技術指針及びそれに付随する成果品が提出されました。また、カウンターパート機関へのマイクロゾーニング技術の移転が行われました。

本調査の成果が関係諸機関および職員に共有され、地震災害防止計画策定の基礎として活用されることを願っています。

適切かつ効果的な地震防災政策やプロジェクトを中央、地方、コミュニティレベルで構築し、実施するために全力を傾注し続けることがアルジェリア国の持続的発展に不可欠です。この調査が、将来のプロジェクトの推進と日本-アルジェリア両国間の友好関係をより強固なものにすることを願っています。

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

平成18年12月

独立行政法人国際協力機構
理事 松本有幸

目次

序文
目次
図リスト
表リスト
写真リスト
略語集

	頁
調査のあらまし	i
第1章 調査概要	1- 1
1-1 調査の背景	1- 1
1-2 調査の内容	1- 1
1-2-1 調査の目的	1- 1
1-2-2 調査の概念	1- 1
1-2-3 調査地域	1- 2
1-2-4 調査工程	1- 2
1-2-5 調査実施機関	1- 4
第2章 情報収集およびGISデータベースの構築	2- 1
2-1 GISデータベースの設計	2- 1
2-2 データ収集および整理	2- 3
2-2-1 地形・地質	2- 3
2-2-2 建物と重要危険物施設	2- 4
2-2-3 インフラ・ライフライン	2- 6
2-2-4 人口・世帯数	2- 7
2-2-5 土地利用・都市開発	2- 8
2-2-6 防災資源	2-11
第3章 マイクロゾーニングで用いる自然条件	3- 1
3-1 地震テクトニクスと地震活動分布	3- 1
3-1-1 地球動力学的な状況	3- 1
3-1-2 アルジェ付近の地質構造的・地体構造的モデル	3- 2
3-1-3 地震活動分布	3- 2
3-1-4 アルジェリア北部の歴史的大地震	3- 3
3-2 地形・地質的特徴	3- 4

3-2-1	地形	3- 4
3-2-2	気象・水理	3- 4
3-2-3	地質構造の概要	3- 5
3-3	補足現地調査	3- 8
3-3-1	ボーリング	3- 8
3-3-2	室内土質試験	3- 9
3-3-3	物理検層	3- 9
3-4	地盤工学的特性	3-11
第4章	マイクロゾーニングで用いる社会条件	4- 1
4-1	建物	4- 1
4-2	インフラ・ライフライン	4- 2
4-2-1	道路	4- 2
4-2-2	橋梁	4- 3
4-2-3	港湾	4- 4
4-2-4	空港	4- 5
4-2-5	上水道	4- 5
4-2-6	下水道	4- 5
4-2-7	電気	4- 6
4-2-8	ガス	4- 6
4-2-9	電話	4- 6
4-3	人口と住居	4- 7
4-3-1	人口	4- 7
4-3-2	建物棟数	4- 7
4-3-3	住居数	4- 7
4-3-4	まとめ	4- 7
第5章	地震ハザード評価	5- 1
5-1	シナリオ地震	5- 1
5-1-1	5活断層と地震地体構造モデル	5- 1
5-1-2	マグニチュードの推定	5- 2
5-2	地盤のモデル化	5- 4
5-3	地震動解析	5- 6
5-3-1	基盤地震動	5- 6
5-3-2	表層増幅特性の評価	5- 7
5-3-3	地表地震動	5- 7
5-4	液状化危険度評価	5-10
5-4-1	手法	5-10
5-4-2	解析条件	5-10
5-4-3	液状化危険度	5-10

5-5	斜面崩壊危険度の評価	5-12
5-5-1	手法	5-12
5-5-2	解析条件	5-12
5-5-3	斜面崩壊危険度	5-12
5-5-4	斜面の現地調査	5-13
第6章	被害想定	6- 1
6-1	建物被害	6- 1
6-1-1	建物分類	6- 1
6-1-2	1980年エルアスナム地震と2003年ブーメルデス地震による建物被害	6- 2
6-1-3	建物被害関数の検討	6- 2
6-1-4	建物被害の推定	6- 5
6-2	人的被害	6- 7
6-2-1	手法	6- 7
6-2-2	被害推定結果	6- 8
6-3	インフラ・ライフライン	6-10
6-3-1	橋梁	6-10
6-3-2	港湾	6-12
6-3-3	空港	6-13
6-3-4	上水道	6-14
6-3-5	下水道	6-18
6-3-6	電気	6-18
6-3-7	ガス	6-21
6-3-8	電話	6-23
6-4	シナリオ地震直後のコミュニケーションごとの被害状況	6-24
第7章	社会状況	7- 1
7-1	人口と世帯	7- 1
7-1-1	人口統計	7- 1
7-1-2	人口・世帯状況	7- 1
7-1-3	地震リスクの認識	7- 1
7-2	土地利用と都市開発状況	7- 2
7-2-1	都市の状況	7- 2
7-2-2	行政組織	7- 2
7-2-3	土地利用計画と環境保全計画	7- 2
7-3	リスク認識と防災文化－脆弱性の社会的要因	7- 2
7-3-1	一般的考察	7- 2
7-3-2	関係者へのインタビュー結果	7- 3
7-3-3	アルジェにおける災害リスク認識	7- 4

第 8 章 災害管理体制	8- 1
8-1 法的枠組み	8- 1
8-2 制度・組織	8- 3
8-2-1 国家レベル	8- 3
8-2-2 地方レベル	8- 3
8-2-3 コミュニティー・NGO	8- 3
8-3 災害管理計画	8- 3
8-4 過去の災害の教訓	8- 4
8-4-1 エルアスナム地震（1980年10月10日）	8- 4
8-4-2 バベルウェット洪水（2001年11月10日）	8- 4
8-4-3 ブーメルデス地震（2003年5月21日）	8- 5
第 9 章 都市脆弱性の評価	9- 1
9-1 既存建築物の耐震診断	9- 1
9-1-1 組積造建築	9- 1
9-1-2 鉄筋コンクリート造建物	9- 6
9-2 地震災害に対する都市脆弱性	9- 9
9-2-1 地震災害に対する都市脆弱性	9- 9
9-2-2 セクターごとの地震脆弱性	9-11
9-2-3 都市脆弱性の総合評価	9-15
9-2-4 地震災害に対する都市脆弱性についてのケーススタディ	9-17
9-3 被害シナリオ	9-18
9-3-1 被害シナリオの作成	9-18
9-3-2 シナリオに基づいた推進事項	9-44
第 10 章 地震災害軽減のための提言	10- 1
10-1 課題の整理	10- 1
10-2 組織・制度および防災計画に関する提言	10- 8
10-2-1 総合防災	10- 8
10-2-2 組織・制度および防災計画に関する提言	10-10
10-3 建築物	10-13
10-3-1 耐震補強の概念	10-13
10-3-2 組積造建築	10-14
10-3-3 鉄筋コンクリート造建物	10-21
10-4 インフラとライフライン	10-24
10-4-1 インフラ	10-24
10-4-2 ライフライン	10-27

第 11 章 都市防災情報システムの構築	11- 1
11-1 都市防災データベース	11- 1
11-2 ユーザーインターフェースの構築	11- 2
11-3 運用・維持管理計画	11- 3
第 12 章 サイスマックマイクロゾーニングの技術移転	12- 1

図リスト

	<u>頁</u>
図 1-1	調査地域 1- 2
図 1-2	全体工程 1- 2
図 1-3	作業スケジュール 1- 3
図 1-4	調査実施の組織図 1- 4
図 2-1	データベースの構造 2- 2
図 2-2	INCT から提供された DEM データに基づく標高 2- 3
図 2-3	1987 年と 2000 年/2001 年における開発済・市街化済み地域の比較 2-10
図 3-1	アゾレス三重会合点からイタリアにかけてのアフリカ/ ユーラシアプレート境界における相対運動 3- 1
図 3-2	歴史時代から計器観測までを含むアルジェ周辺の震央分布 3- 2
図 3-3	アルジェ周辺の最近の主な地震 3- 3
図 3-4	地下水位分布 3- 4
図 3-5	アルジェ地域における鮮新世の地質層序図 3- 6
図 3-6	調査地域の地質図 3- 7
図 3-7	ボーリング位置図 3- 8
図 3-8	S 波速度の頻度分布 3-10
図 3-9	S 波速度と N 値の関係 3-11
図 4-1	道路種別ごとの道路延長 4- 3
図 4-2	道路幅員ごとの道路延長 4- 3
図 4-3	橋梁構造の特徴 4- 3
図 4-4	橋梁位置と表層地質分布の関係 4- 4
図 4-5	港湾施設の変遷 4- 4
図 5-1	断層の位置 5- 2
図 5-2	地盤モデル作成の流れ 5- 5
図 5-3	表層地質 5- 6
図 5-4	シナリオ地震の断層モデル 5- 7
図 5-5	地表加速度分布 5- 8
図 5-6	MSK 震度階による震度分布 5- 9
図 5-7	液状化危険度 5-11
図 5-8	斜面崩壊危険度 5-13
図 5-9	調査斜面位置図 5-14

図 6-1	構造耐震指標分布・地震震度と大破倒壊率	6- 3
図 6-2	推定した各構造種別の構造耐震指標分布	6- 3
図 6-3	建物被害関数	6- 4
図 6-4	ブーメルデス地震の被害調査による被害率・震度範囲の評価と被害関数	6- 4
図 6-5	大破建物数の分布	6- 6
図 6-6	死者数推定のための被害関数	6- 7
図 6-7	死者数の分布	6- 9
図 6-8	橋梁被害予測のフロー	6-10
図 6-9	橋梁の被害予測結果：Khair al Din ケース	6-11
図 6-10	橋梁の被害予測結果：Zemmouri ケース	6-12
図 6-11	港湾施設の被害想定結果	6-13
図 6-12	空港施設の被害予測結果	6-14
図 6-13	上水道の被害予測結果：Khair al Din ケース	6-17
図 6-14	上水道の被害予測結果：Zemmouri ケース	6-17
図 6-15	中電圧線の被害予測関数	6-18
図 6-16	中電圧線の被害想定結果：Khair al Din ケース	6-20
図 6-17	中電圧線の被害想定結果：Zemmouri ケース	6-20
図 6-18	中圧ガス管の被害想定結果：Khair al Din ケース	6-23
図 6-19	中圧ガス管の被害想定結果：Zemmouri ケース	6-23
図 9-1	共同住宅基準階平面図	9- 7
図 9-2	A 通り軸組み図	9- 8
図 9-3	調査対象地域内のコミュニティ位置	9- 9
図 9-4	コミュニティの地震脆弱性チャート	9-10
図 9-5	調査地域の相対的な都市脆弱性の分布	9-12
図 9-6	社会経済脆弱性の分布	9-14
図 9-7	地震ハザードリスクの分布	9-14
図 9-8	避難・救助リスク（避難・救助困難さ）の分布	9-14
図 9-9	都市脆弱性の特徴によるコミュニティグループの分布	9-16
図 10-1	既存建築物の耐震補強の概念	10-13
図 10-2	耐震性能を向上させる方法の分類	10-14
図 10-3	免震装置の設置レベル	10-16
図 10-4	平屋根および既存鉄骨アーチ用追加補強屋根トラス	10-16
図 10-5	新設 RC 緊結梁および新設 RC 耐震壁の標準詳細	10-18
図 10-6	耐震補強 2 階平面図 (1/2)	10-19
図 10-6	耐震補強 2 階平面図 (2/2)	10-20
図 10-7	耐震補強用の RC 壁配置	10-22
図 10-8	1 階の RC 巻きたて柱の位置	10-24
図 10-9	RC 巻きたて柱の標準詳細	10-24

図 10-10	橋梁構造の耐震性能強化工法	10-25
図 10-11	液状化対策工一覧	10-26
図 11-1	都市防災データベースの概念図	11- 2
図 11-2	防災資源入力支援システムおよびデータブラウザ概念図	11- 3

表リスト

	頁
表 2-1	アルジェ県の就業者数 2- 7
表 2-2	調査地域内のコミューンごとの人口と世帯数 (1998 年) 2- 8
表 2-3	1987 年と 2000 年/2001 年の土地被覆面積の比較 2- 9
表 2-4	調査対象地域内における防災資源 2-12
表 2-5	マイクロゾーニング範囲内における既存防災資源の概要 2-12
表 3-1	いくつかの運動学的モデルに基づくアルジェ (北緯 36.75°、東経 3.05° 付近) でのユーラシアプレートに対するアフリカプレートの相対運動 3- 1
表 3-2	地盤工学的見地による地質分類 3- 8
表 3-3	地質分類の地盤工学的特性値 3-11
表 4-1	建物インベントリーと重要・危険物施設インベントリー調査結果の比較 4- 2
表 4-2	管種-管径の組み合わせとその延長 4- 5
表 4-3	下水道管の状態別延長 4- 5
表 4-4	電圧-配線の組み合わせとその延長 4- 6
表 4-5	ガス圧ごとの管延長 4- 6
表 4-6	コミューンごとの建物棟数と住居数 4- 8
表 5-1	アルジェにおける震源域とそこで発生する地震のマグニチュードの 475 年再来期待値 5- 3
表 5-2	液状化危険度の定義 5-10
表 5-3	斜面現地調査のまとめ 5-14
表 6-1	各コミューンの建物分類比率 6- 1
表 6-2	2003 年ブーメルデス地震の震度評価と建物調査率 6- 2
表 6-3	建物被害集計結果 6- 5
表 6-4	人的被害 6- 8
表 6-5	橋梁の被災度判定に係る定義 6-10
表 6-6	片山の方法の検証概要 6-11
表 6-7	橋梁の被害予測結果 6-11
表 6-8	既往地震による港湾施設の被害 6-12
表 6-9	被災度と地表最大加速度の関係 6-13
表 6-10	上水道の被害想定結果 6-16
表 6-11	中電圧線の被害想定結果 6-19

表 6-12	中圧ガス管の被害想定結果	6-22
表 6-13(a)	コミュニンごとの被害状況	6-24
表 6-13(b)	コミュニンごとの被害状況	6-25
表 6-13(c)	コミュニンごとの被害状況	6-26
表 6-13(d)	コミュニンごとの被害状況	6-27
表 9-1	旧館および新館の総重量	9- 2
表 9-2	旧館および新館の壁断面積	9- 2
表 9-3	迎賓館の耐震診断結果	9- 3
表 9-4	上院議会ビルの総重量	9- 4
表 9-5	上院議会ビルの壁断面積	9- 5
表 9-6	上院議会ビルの耐震診断結果	9- 5
表 9-7	構造耐震指標 I_s (X、Y 方向)	9- 7
表 9-8	耐震診断結果要約	9- 8
表 9-9	耐震診断結果サマリー	9- 8
表 9-10	脆弱性指標および点数区分	9-10
表 9-11	6つの脆弱性指標（点数）の再分類	9-11
表 9-12	コミュニンに対する社会経済脆弱性カテゴリー	9-11
表 9-13	コミュニンに対する地震ハザードリスクカテゴリー	9-13
表 9-14	コミュニンに対する避難・救助リスク	9-13
表 9-15	都市脆弱性の特徴によるコミュニンのグルーピング結果	9-15
表 9-16	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (1) 災害対策本部	9-20
表 9-17	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (2) 支援拠点（公共建物）	9-21
表 9-18	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (3) 住居、シェルター（住宅）	9-22
表 9-19	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (4) 救出、消火（市民防衛隊）	9-23
表 9-20	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (5) 治安維持（軍）	9-24
表 9-21	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (6) 負傷者、医療（病院）	9-25

表 9-22	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (7) 衛生（健康センター）	9-26
表 9-23	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (8) 行方不明者	9-27
表 9-24	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (9) 遺体処理	9-28
表 9-25	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (10) デマ、パニック	9-29
表 9-26	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (11) 心のケア	9-30
表 9-27	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (12) 教育（学校）	9-31
表 9-28	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (13) 支援受入れ	9-32
表 9-29	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (14) 食料	9-33
表 9-30	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (15) 飲料水（水道）	9-34
表 9-31	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (16) 電気	9-35
表 9-32	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (17) ガス	9-36
表 9-33	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (18) 通信（電話）	9-37
表 9-34	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (19) 報道（テレビ、ラジオ、新聞、雑誌）	9-38

表 9-35	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (20) 空輸（空港）	9-39
表 9-36	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (21) 海運（港湾）	9-40
表 9-37	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (22) 陸運（橋梁）	9-41
表 9-38	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (23) 陸運（道路）	9-42
表 9-39	被害シナリオ（最悪シナリオ、軽減シナリオ、対策） Khair al Din シナリオ地震：夜 8 時 (24) ガレキ処理	9-43
表 9-40	被害シナリオから抽出された緊急対応に関する推進事項	9-45
表 10-1	事前対策に関する現状分析から抽出された課題	10- 3
表 10-2	防災サイクルと防災主体に基づく課題の抽出 (1) 事前準備	10- 4
表 10-3	防災サイクルと防災主体に基づく課題の抽出 (2) 被害軽減	10- 5
表 10-4	防災サイクルと防災主体に基づく課題の抽出 (3) 緊急対応	10- 6
表 10-5	防災サイクルと防災主体に基づく課題の抽出 (4) 復旧・復興	10- 7
表 10-6	組積造建物の推奨耐震補強方法	10-15
表 10-7	耐震補強後の構造耐震指標 I_s : 5 階建て共同住宅	10-22
表 10-8	耐震改修後の構造耐震指標 I_s : 2 階建て小学校	10-23
表 10-9	耐震補強結果要約	10-24
表 10-10	橋梁の被害想定結果	10-25
表 11-1	防災資源	11- 1
表 12-1	シナリオ地震の設定に関する技術移転	12- 1
表 12-2	地盤モデルとハザード解析に関する技術移転	12- 1
表 12-3	建物の被害関数に関する技術移転	12- 1
表 12-4	インフラ・ライフライン被害想定に関する技術移転	12- 2
表 12-5	組積造建物の耐震判定と耐震補強	12- 2
表 12-6	RC 造建物の耐震診断と耐震補強	12- 3
表 12-7	GIS データ作成	12- 3

写真リスト

	<u>頁</u>
写真 9-1 旧館および新館正面	9- 2
写真 9-2 新館：2階メインホール	9- 2
写真 9-3 正面外観と前面道路	9- 4
写真 9-4 議場の傍聴席	9- 4
写真 9-5 ムスタファ病院外観	9- 9

略 語 集

組 織

ADE	Algerian Water Agency
ANRH	National Agency for Hydraulic Resources
APC	Popular Communal Assembly
ASAL	Algerian Space Agency
ATC	Applied Technology Council
ATM	Algerian Telecom
CCO	Operational Coordination Centre
CDMG	California Division of Mines and Geology
CENEAC	National Coordination Center
CGS	National Research Center for Earthquake Engineering
CNAD	National Operational Center for Decision Support
CNERU	Public Consultant Agency in Urbanism
CNIG	National Council of Geographic Information
CNSPR	National Centre of Safety and Road Prevention
CNTS	National Centre of Space Techniques
COM. EN. A	Commissariat for Atomic Energy
COMEDOR	Greater Algiers Permanent Study and Organization Committee
CRA	The Algerian Red Crescent
CRAAG	National Center for Research in Astronomy, Astrophysics and Geophysics
CTC	Technical Control of Construction
CTTP	National Technical Control Center of Public Works
DGF	General Direction of Forests
DGPC	Civil Protection General Directorate
DHW	Direction of Hydraulic of Wilaya
DL	Direction of Housing
DNRM	National Delegation for Major Risk
DOCS	Direction of Rescue Organization and Coordination
DPAT	Direction of Planification and Regional Development
DPC	Direction of Civil Protection
DRAG	Director of Regulatory and General Affairs
DT	Transport Direction
DTP	Public Works Direction
DTPW	Public Works Direction of Wilaya
DU Alger	Direction of Urban affairs of Algiers' Wilaya

DUC	Direction of Urbanism and Construction
EGSA	Establishment of Management of the Airport Services
EPAL	Algiers Port Enterprise
FEMA	Federal Emergency Management Agency
INCT	National Institute of Geography and Remote Sensing
INPV	National Institute of Vegetable Protection
ISSMGE	International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering
JICA	Japan International Cooperation Agency
JMA	Japan Meteorological Agency
LCTP	Central Laboratory of Public Works
LEM	Maritimes Studies Laboratory
LNHC	National Laboratory of Housing and Construction
MATE	Ministry of Ground Planning and Environment
MHU	Ministry of Housing and Urban Affairs
MICL	Ministry of Interior and Local Collectivities
MPT	Ministry of Post and Telecommunications
MPTIC	Ministry of Post and Technologies of Information and Communication
MRE	Ministry of Water Resources
MT	Ministry of Transportation
MTP	Ministry of Public Works
ONG/NGO	Non Governmental Organization
ONM	National Meteorology Office
ONS	National Office of Statistic
ORGM	Office for Geological and Mining Research
PC	Civil Protection
PCF	Fixed Command Post
PCO	Operational Command Post
SNTF	National Railway Transportation Company
SONATRACH	National Company for Search, Production, Transportation, Processing and Commercialization of hydrocarbons
SONELGAZ	National Company of Electricity and Gas
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNII	Intervention Instruction National Unit
UNO	United Nations Organization
UPPC	Civil Protection Principal Unit
URBANIS	Planning and Urbanism Agency of Algiers Wilaya
USGS	United States Geological Survey

技術用語

CA	Administrative Unit
CPT	Cone Penetration Test
EMS	European Macroseismic Scale
GIS	Geographic Information System
GPS	Global Positioning System
DEM	Digital Elevation Model
DIG	Disaster Imagination Game
MMI	Modified Mercalli Seismic Intensity
MSK	Medvedev Sponheuer Karnik Seismic Intensity
ORSEC Plan	Plan of Organization of Intervention and Assistance
PDAU	Urban Planning Master Plan
PGA	Peak Ground Acceleration
PGV	Peak Ground Velocity
POI	Intervention Organization Plan
POS	Ground Use Plan
PPI	Intervention Particular Plan
RC	Reinforced Concrete
Sa	Spectral Acceleration
SAR (MDN)	Search and Rescue (air/mer)
SPT	Standard Penetration Test
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
UTM	Universal Transverse Mercator
Vs	S Wave Velocity

調査のあらまし

1. 調査概要

本調査の概要は、以下のとおりである。

- 調査名 : アルジェリア国アルジェ地域地震マイクロゾーニング調査
 実施機関 : 国際協力機構 (JICA)
 相手国機関 : 住宅都市計画省 (MHU)、国立耐震工学研究センター (CGS)
 調査実施期間 : 2005年2月から2006年12月までの23ヶ月間

本調査の目的は次の3点であり、調査地域はアルジェ県の市街化地域とその周辺地域の合わせて約225 km²の範囲である。

- アルジェ県の地震マイクロゾーニングマップを作成し、地震発生時の被害を推定すること。
- アルジェ県の地震災害管理システムについて提言を行うこと。
- 調査を通じてそれらの技術をアルジェリア側に移転すること。

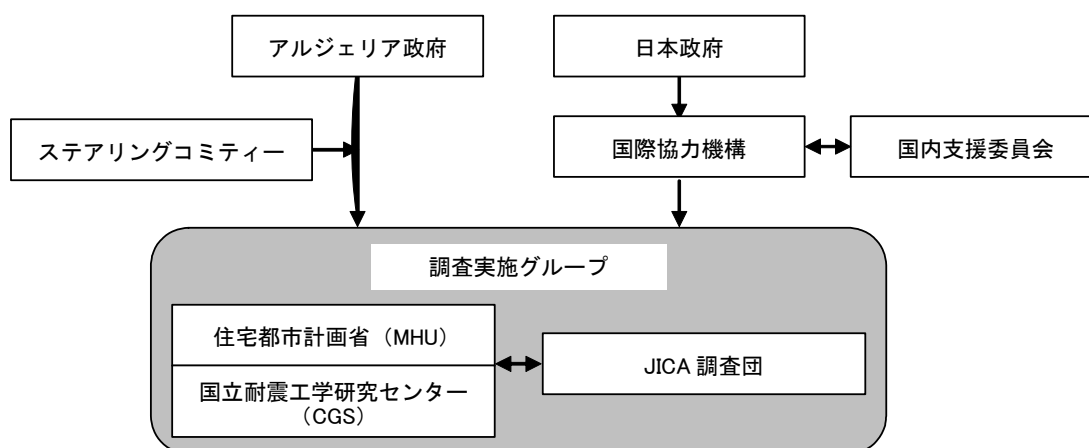


図-1 調査実施の組織図

2. 情報収集およびGISデータベースの構築

まず、アルジェリア側から提供された 1) 1 : 7,500 地形図、2) 1 : 10,000 地形図、3) 1 : 25,000 地形図、4) LANDSAT 衛星データなどを用いて、サポート情報データベースを構築した。

次に自然条件、社会条件に関する既存情報を収集し、同時に地質調査、建物インベントリー調査、防災資源調査を実施した。GIS サポート情報データベースを土台として、以下の項目についてGISデータベースを構築した。

1) 地質、2) 防災資源、3) 傾斜、4) 建物、5) 道路ネットワーク、6) 鉄道、7) 電力供給ネットワーク、8) ガスパイプライン、9) 上水道、10) 下水道

今後、アルジェリア側が独自でこのデータベースを更新するために、CGS（住宅省）、DGPC（内務省）、INCT（防衛省）、URBANIS（アルジェ県）からなる混成チームが結成された。

3. 地震ハザード評価

調査地域周辺で6つの主要な断層を選択し、モデル化し、再来周期を考慮したマグニチュードを推定した。図-2 および表-1 は各活断層モデルの位置と発生する地震のマグニチュードの475年再来期待値である。

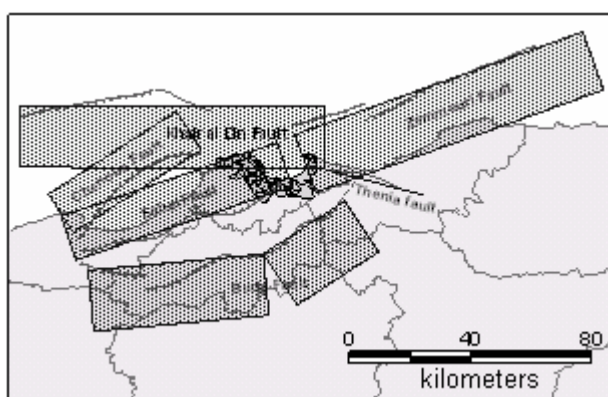


図-2 シナリオ地震モデル

表-1 シナリオ地震のマグニチュード

震源域	475年再来 マグニチュード (Mw)
Sahel 断層	5.9±0.3
Chenoua 断層	5.8±0.3
Blida 断層	6.8±0.2
Khair al Din 断層	6.8±0.2
Zemmouri 断層	7.0±0.1
Thenia 断層	5.9±0.2

このモデルを使って、250 m グリッドごとの基盤地震動、地表面最大加速度 (PGA)、および、MSK 震度を計算した。基盤地震動は、アルジェでの使用に適した距離減衰式を選択し計算した。PGA は、一次元応答計算により算出し、MSK 震度は経験式を用いて PGA から算出した。Khair al Din シナリオ地震の場合が最も地震動が大きく、震度 8 から 9 が予想される。

得られた PGA を用いて地盤の液状化危険度を評価し、液状化危険区域の分布図を作成した。これによると、アルジェ湾中央部の海岸沿いと、HARRACH 川沿いに液状化危険度の高い地域が分布している。

また、調査地域内の斜面を、崩壊型の急傾斜斜面と地すべり型の緩傾斜斜面の2つのタイプに大きく分類し、斜面安定解析を行い、斜面危険地域の分布図を作成した。これによると、Khair al Din シナリオ地震と、Sahel シナリオ地震の場合に、調査地域の西半分を占める丘陵地帯に、斜面危険度の高い地域が多く分布することがわかった。これらの地域から 30 箇所の斜面を抽出し、CGS メンバーと JICA 調査団の混成チームによる現地斜面調査を実施した。

4. 被害想定

EMS-98 スケールにおける「グレード 4 (大破) + グレード 5 (倒壊)」の建物被害を推定した。建物インベントリ調査結果、アルジェリアの耐震基準、調査地域内の被害率調査等から、

建物を8種類に分類し、1980年エルアスナム地震と2003年ブーメルデス地震による建物被害データを使って建物被害関数を作成した。

既存建物数は、GISデータと建物インベントリ調査結果から推定し、Khair al Din と Zemmouri の2つのシナリオ地震について建物被害を推定した。

建物被害と人的被害の関係を、過去のアルジェリアの地震災害記録について調べ、人的被害の計算式を設定した。これらの結果は、下表のとおりである。

表-2 建物被害と死者数

シナリオ地震	大破・倒壊建物数	比率	死者数	比率
Khair al Din	56,000	36.2 %	12,000	0.67 %
Zemmouri	29,000	18.9 %	4,600	0.25 %

インフラとして、橋梁、港湾、空港について被害想定を行った。橋梁については片山の方法を用い、港湾と空港については過去の地震被害を基に推定した。

表-3 インフラの被害

シナリオ地震	落橋可能性大・中位の橋梁数	港湾の被害	空港の被害
Khair al Din	22	大部分で大被害、主要構造物に甚大な変状が生じ、その機能を失う	全地域が中被害、空港施設が数日間閉鎖される
Zemmouri	11	南側半分で大被害、主要構造物に甚大な変状が生じ、その機能を失う	全地域が中被害、空港施設が数日間閉鎖される

ライフラインは、上水道管、中電圧線、中圧ガス管について、ブーメルデス地震での被害事例を基に検証した上で日本の手法を適用し、被害を想定した。下水道と電話線については、脆弱性の検討のみを行った。

表-4 ライフラインの被害

シナリオ地震	上水道管の被害箇所数	中電圧線の被害延長	中圧ガス管の被害箇所数
Khair al Din	3,965 箇所	1,664 m	78 箇所
Zemmouri	1,636 箇所	546 m	42 箇所

5. 既存建築物の耐震診断

防災上重要な建物3棟（迎賓館、上院議会、ムスタファ病院）と標準的な建物2棟（5階建て共同住宅、2階建て学校）を選定し、耐震診断を実施した。このうち、迎賓館と上院議会は組積造である。その結果は以下のものであり、すべての建物で耐震性に問題があった。

- 迎賓館 : 全館にわたって耐震性に問題がある。
 上院議会 : 全館にわたって耐震性に問題がある。

- ムスタファ病院 : 1 階の耐震性に問題がある。
- 5 階建て共同住宅 : 1 階から 4 階までの耐震性に問題がある。
- 2 階建て小学校 : 全館にわたって耐震性に問題がある。

6. 都市脆弱性の評価

GIS データの分析により、調査地域内 34 コミューン地震災害に対する都市脆弱性を評価した。これには人口密度、建物の建築年代、経済価値、地盤の揺れ易さ、斜面崩壊リスク、避難救助の困難さという 6 つの指標を用いた。その結果、コミュニティをそれらの都市脆弱性の特徴から、5 つのグループに分類した。それぞれの特徴は、以下のとおりである。

表-5 脆弱性によるコミュニティのグループ

グループ	特 徴
I	1981 年より前に建築された古い建物が多い。これらの古い建物は、耐震対策がなされていないため、相対的に脆弱であり地震動によりダメージを受けやすい。
II	グループ I と同様、経済的価値が非常に高い地域を含む。人口密度は相対的にグループ I より高い。さらに、避難・救助リスクが相対的に高い。
III	サヘル丘陵の傾斜した土地にあり、地震による斜面崩壊のリスクが高い。また、これらのコミュニティは、広域道路網の接続性が悪く、避難・救助リスクが高い。
IV	調査地域内では地震時に地盤が大きく揺れるポテンシャルが高く、また経済的リスクがやや高い。
V	地震に対する脆弱性は、他のコミュニティに比べ、相対的に低いレベルである。

都市脆弱性評価、ならびに、地震マイクロゾーニングの結果を基に、以下の 3 つのケーススタディを行った。

- (1) ケーススタディ 1 : 避難地の収容能力
- (2) ケーススタディ 2 : 広域避難・救助道路網の安全性
- (3) ケーススタディ 3 : 地震災害の影響を削減するための方策

34 のコミュニティについて、都市計画・土地利用計画の観点から地震被害を軽減するために考えられうる方策は、以下のとおりである。

- 耐震性の低い建物の耐震性向上
- 急崖地に近接する建築の制限、ならびに急傾斜地の対策工の実施
- 駐車場の確保、ならびに路上違法駐車削減
- 狭隘道路の拡幅
- 広域道路網の接続性の確保・整備（特にグループ III のコミュニティ）
- オープンスペース（公園など）の確保
- 中心都市機能の郊外移転・分散（特にグループ I・グループ II のコミュニティ）
- 大きな地震動に対する（転倒防止などの）備え（特にグループ IV のコミュニティ）

7. 地震災害シナリオ

今回の調査で想定された被害に基づき、アルジェリアの実情と過去の経験を考慮して、以下の条件で被害シナリオを作成した。

- 想定地震：Khair al Din シナリオ地震、夜 8 時発生
- シナリオ項目：緊急対応に関する 24 項目；(1) 災害対策本部、(2) 支援拠点、(3) 住宅・シェルター、(4) 救出・消火、(5) 治安維持、(6) 負傷者・医療、(7) 衛生、(8) 行方不明者、(9) 遺体処理、(10) デマ・パニック、(11) 心のケア、(12) 教育、(13) 支援受け入れ、(14) 食料、(15) 飲料水、(16) 電気、(17) ガス、(18) 通信、(19) 報道、(20) 空輸、(21) 海運、(22) 陸運—橋梁、(23) 陸運—道路、(24) ガレキ処理
- 項目別シナリオ：最悪シナリオと改善シナリオを併記するとともに、改善シナリオを実現するための促進事項を付記
- 時間軸：5 段階；(1) 地震発生直後～1 時間後、(2) 1 時間後～24 時間後、(3) 1 日後～3 日後、(4) 3 日後～7 日後、(5) 7 日後以降

緊急対応に関する提言をまとめるための材料を整える目的で、被害シナリオに基づいて、各項目に共通点の多い事項と個別項目で具体的な推進事項をまとめた。

この結果、次の 6 つの事項が抽出された。

- 拠点や施設の耐震診断・耐震強化
- 事前の教育や周知
- 緊急対応計画の策定と訓練の実施
- 緊急支援物資などの備蓄
- 本格的な復旧計画策定の手順の明示
- 記録の保存、活動総括、改善計画の明示

8. 提言

8.1 組織・制度、防災計画に関する提言

地震防災に関する課題について、3 種類のマトリクスを作成した上で抽出した。

- (1) 被害シナリオ（第 9 章参照）：緊急対応に必要な 24 項目の機能について、地震後の時間軸を考慮した評価
- (2) 災害抑止レベル：7 つの大項目（住民、組織・制度、防災資源、情報・通信、意識向上、教育・訓練）に区別される 62 の細項目について、弱点・長所・推奨点をまとめた評価
- (3) 防災に関する役割：4 つの大項目（準備、減災、緊急対応、復旧・復興）について、公助、互助、自助の 3 要素別に計 72 事項の現状と課題を整理して、優先度を評価

この結果、次のような最優先課題が抽出された。

- 国家災害委員会（DNRM）の創設（法律 04-20 に従った政令の公布）
- DNRM による国家防災戦略と国家防災計画の策定
- 国家防災計画に従った地方（個別）防災計画の策定

上記の戦略と計画の策定にあたっては、すべての防災サイクル（災害の前・中・後）とすべての防災活動主体（国・地方政府・コミュニティ・住民）を包括することの重要性を示した。さらに、分析結果から抽出された課題に基づいて、防災計画作成における留意項目をまとめた。

8.2 建物、インフラ・ライフラインの耐震補強に関する提言

耐震診断を行った5つの建物について耐震補強方法を推奨し、概略の耐震設計を行った。インフラ・ライフラインについて、耐震補強に関する提言を行った。

9. サイスマイクロゾーニングの技術移転

技術移転は、調査の進展に伴って以下のように実施された。技術移転した内容とスケジュールを、表-6 に示す。

表-6 技術移転

項目	アルジェリア側	JICA 調査団	日付
シナリオ地震の設定	Y. Bouhadad	モウロー、 ベルトランド	2006年 5月14日 ～ 5月16日
地盤モデルとハザード解析	N. Mezouer, L. Haderbache, N. Guessoum, D. Ait Benameur, M. Ait Ameer	瀬川、西井	2006年 5月21日 ～ 6月 8日
建物の被害関数	Y. Mehani, A. Remas	井上	2006年 5月16日 ～ 6月19日
インフラ・ライフライン被害想定	A. Kibboua	宮崎	2006年 5月13日 ～ 6月 9日
組積造建物の耐震判定と耐震補強	Y. Mehani, A. Remas	香川	2005年10月11日 ～ 2006年 6月 8日
RC 造建物の耐震診断と耐震補強	Y. Mehani, A. Remas	井上	2006年 5月16日 ～ 7月 8日
GIS データ作成	S. Saadi (CGS) M. Boukri (CGS) R Douar (URBANIS) A. Gharbi (URBANIS) A. Allouane (URBANIS) H. Metref (URBANIS) F. Sahraoui (DGPC) R. Aliouat (DGPC) T. Benattou (INCT)	清田、田中	2006年 6月 5日 ～ 6月18日

第1章 調査概要

1-1 調査の背景

2003年5月21日、アルジェリアでマグニチュード6.8の地震が発生した。この地震により、ブーメルデス県とアルジェ県で20,000棟以上の建物が倒壊し、2,278人の死者と10,000人以上の負傷者が発生する大災害となった。

アルジェリア北部の地中海沿岸は、アフリカプレートとユーラシアプレートが衝突をしているため地震活動が活発で、過去にも大きな地震災害が発生している。

このような状況下で、アルジェリア政府の要請により、日本国政府は「アルジェリア国アルジェ地区地震マイクロゾーニング調査」を実施することを決定し、国際協力機構（JICA）がそれを実施した。

1-2 調査の内容

1-2-1 調査の目的

調査の目的は、次の3点である。

- アルジェ県の地震マイクロゾーニングマップを作成し、地震発生時の被害を推定すること。
- アルジェ県の地震災害管理システムについて提言を行うこと。
- 調査を通じてそれらの技術をアルジェリア側に移転すること。

1-2-2 調査の概念

調査は、次の3つのコンポーネントからなっている。

(1) マイクロゾーニング

シナリオ地震による災害を推定し、それを防災計画の立案や改善に利用するものである。本調査では、調査地域についてこれを実施し、その技術をカウンターパートに移転した。

(2) 重要建物の耐震診断と補強に関する提案

JICA調査団とカウンターパート職員は、協同で重要建物の耐震診断を実施し、補強設計を行い、これに基づいて建物補強に関する提言を行った。

(3) 地震防災計画に関する提言

現状の災害管理システムの評価を行い、その機能強化のための提言をした。また、災害管理システムを構築し、その機能と責務を制定する上での提言を行った。

1-2-3 調査地域

調査地域は、アルジェ県の市街化地域とその周辺地域の合わせて約 225 km²の範囲である。

図 1-1 に、調査地域を示す。

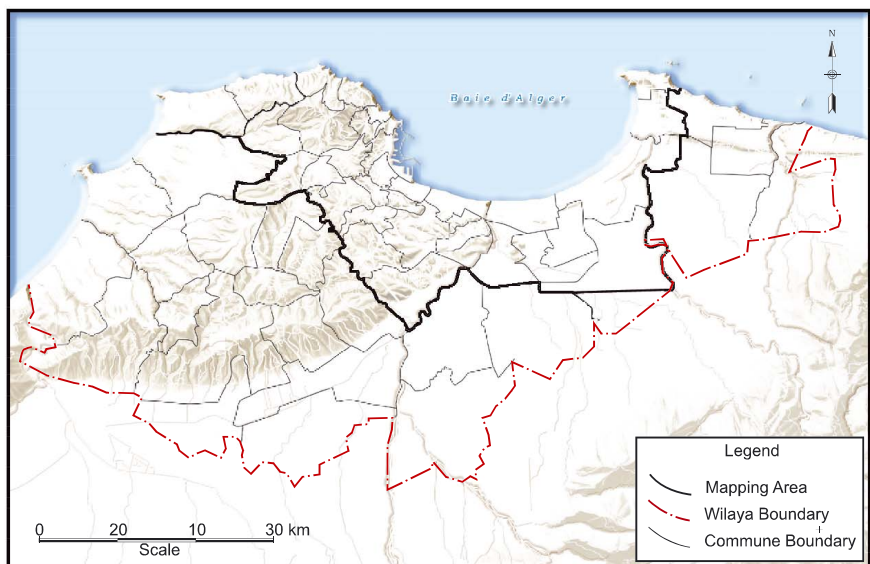


図 1-1 調査地域

1-2-4 調査工程

調査は、図 1-2 に示すように、大きく 3つのフェーズに分かれている。

フェーズ1：データ収集のフェーズ（2005年2月～2005年7月）

フェーズ2：データ解析のフェーズ（2005年9月～2006年3月）

フェーズ3：マイクロゾーニングマップ作成と脆弱性評価のフェーズ
（2006年4月～2006年12月）

年 月	2005												2006												2007
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
フェーズ	フェーズ1						フェーズ2						フェーズ3												
現地作業	■ 第1次		■ 第2次				■ 第3次				■ 第4次		■ 第5次				■ 第6次								
国内作業	□ 第1次	□ 第2次				□ 第3次				□ 第4次									□ 第5次			□ 第6次			
報告書	△ インセプション					△ プログレス					□ 第4次				△ インテリム						△ ドラフトファイナル	△ ファイナル			
セミナー、ワークショップ	△ 第1回セミナー									△ 第2回セミナー									△ ワークショップ			△ 第3回セミナー			

図 1-2 全体工程

図 1-3 に、各調査段階の作業項目とその論理的フローを示す。

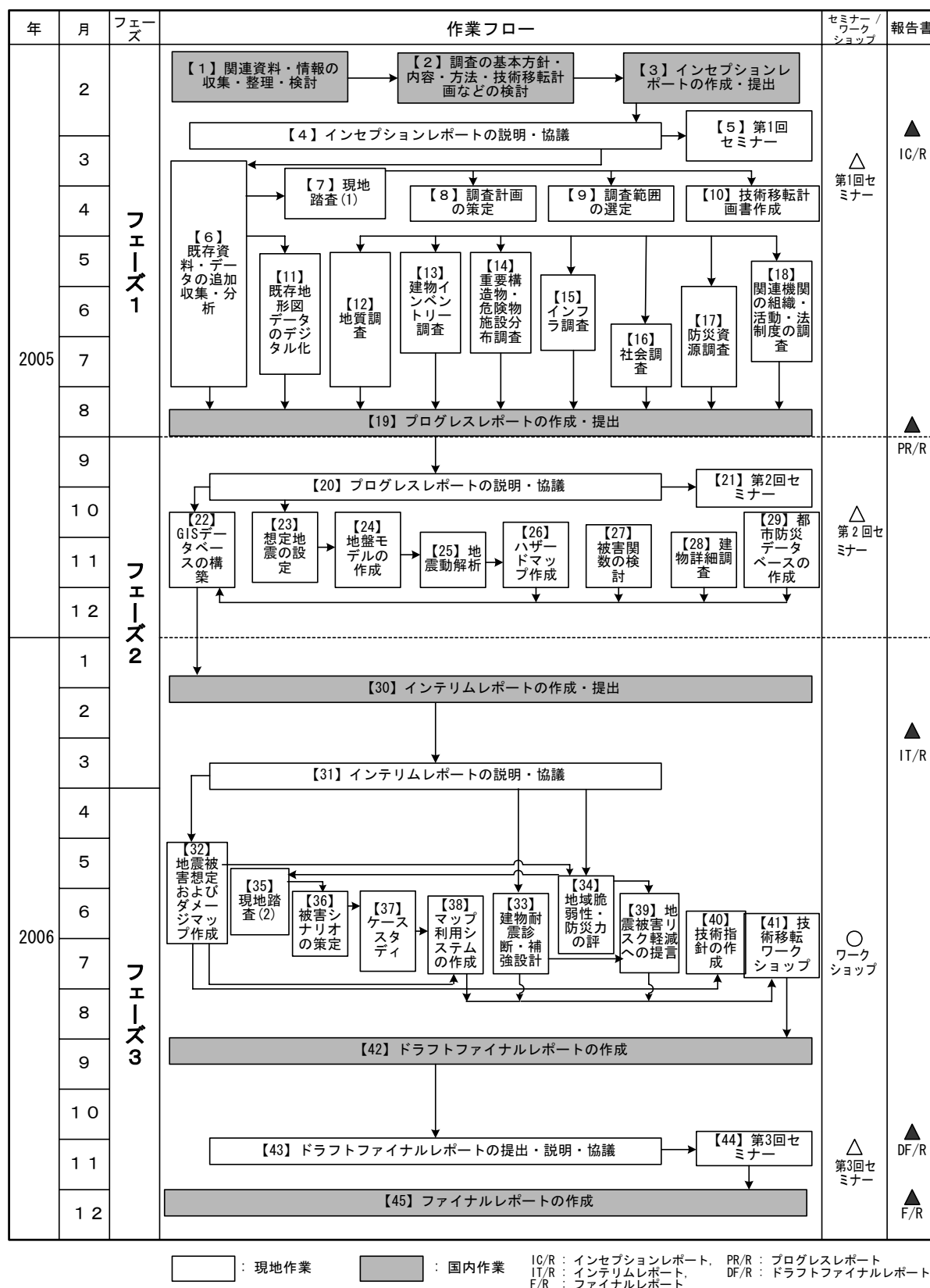


図 1-3 作業スケジュール

1-2-5 調査実施機関

調査は、JICA 調査団とカウンターパートである国立耐震工学研究センター（CGS）との協同作業により行われた。

調査実施機関の構成図を、図 1-4 に示す。

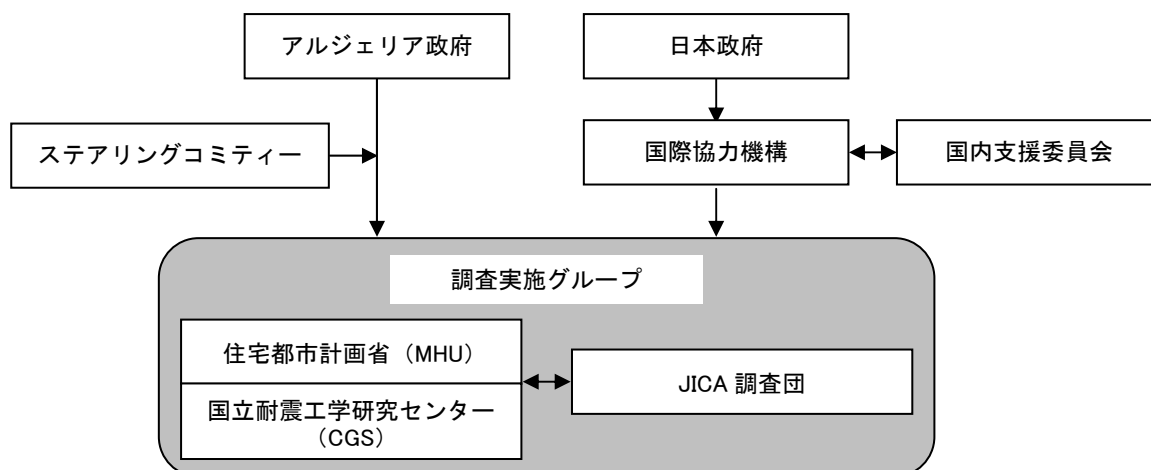


図 1-4 調査実施の組織図

それぞれの組織の構成員は、次のとおりである。

アルジェリア側カウンターパート

名 前	所属組織
Dr. Mohamed FARSI	CGS
Mr. Djamel MACHANE	CGS
Mr. Youcef BOUHADAD	CGS
Mr. Hamou DJELLIT	CRAAG
Mrs. AIT BENAMEUR	CGS
Mr. Noureddine MEZOUER	CGS
Mr. Mourad AIT AMER	CGS
Mr. Abderrahmane KIBBOUA	CGS
Mr. Mehdi HADAD	INCT
Ms. Samira SADDI	CGS
Mr. Mehdi BOUKRI	CGS
Mr. M'Rizek KEFFOUS	DGPC
Ms. Rachida DOUAR	URBANIS
Mr. Youcef MEHANI	CGS
Mr. Abdelkader REMAS	CGS
Mr. Kamel NASRI	MHU
Mr. Mohamed AMRANE	DUC

ステアリングコミティー構成機関

Ministry of Housing and Urban Affairs (MHU)
National Earthquake Engineering Research Center (CGS)
Ministry of Interior and Local Collectives
Ministry of Foreign Affairs
Ministry of Land Management and Environment
Ministry of Finance
Local Government of Algiers Wilaya
National Center for Research in Astronomy, Astrophysics and Geophysics (CRAAG)
National Institute of Cartography and Remote Sensing (INCT)
Civil Defense General Directorate (DGPC)
National Council for Geographical Information (CNIG)

国内支援委員会

氏名	所属
目黒 公郎	委員長：東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター教授
犬飼 瑞郎	委員：国土交通省 国土技術政策総合研究所 総合技術政策研究センター 評価システム研究室 室長
越山 健治	委員：人と防災未来センター 研究部

JICA 調査団

氏名	担当分野
西井 理	総括／被害想定
矢野 賢治	副総括／防災行政
ピエール・ムールー	組織・制度
ティエリ・ヴァンテル	地震学1
ギヨーム・ベルトラン	地震学2
松尾 淳	地質
瀬川 秀恭	地盤分析・解析
香川 秀郎	建物診断1（耐震診断・補強）
井上 明	建物診断2
宮崎 良	インフラ診断
田中 健一	都市防災／地域計画
フィリップ・マジュール	都市防災／社会配慮
清田 大作	GIS／データベース
井口 憲彦	通訳
西脇 千博	業務調整

第2章 情報収集およびGISデータベースの構築

2-1 GISデータベースの設計

地震による被害を軽減するためには、被害の具体的なイメージを持つことが非常に重要であり、そのためには地理情報システム（以下、GIS）が有用である。GISは、分散したさまざまな情報を統合し、重ね合わせて表現することによって、現実の世界で何が発生しているかを、よりわかりやすい形で情報を提供することができる、情報プラットフォームであると言える。

様々な情報を統合するためには、GIS特有のデータ形式でデータベースを構築する必要がある。このためには、現実世界の地物（家屋、ビル、公園など地理的な対象物）を、GIS特有の特殊なデータ形式で簡略化することが必要であり、さらにはそれぞれのデータの位置情報を統一した形で保持することが必要である。そのために、図形的な補正（構造化）と位置情報の補正（幾何補正）を行った。構造化は、線分や閉図形における接点、交点等を明示的に定義することであり、幾何補正は、表現する対象地物を統一された投影法によって表現し、位置情報や投影上のゆがみを最小限にする処理である。また、別々に構築された近隣の情報の縁（エッジ）を統一するエッジマッチング処理もあわせて実施した。

GISデータベースで使用した地図投影法のパラメータは、以下のとおりである。

```
North Sahara 1959 UTM Zone 31N
Projection: Transverse Mercator
Project Easting: 500000.000000
Project Northing: 0.000000
Central Meridian: 3.000000
Scale Factor: 0.999600
Latitude of Origin: 0.000000
Angular Units: Degrees (0.017453292519943299)
Prime Meridian: Greenwich (0.000000000000000000)
Datum: North Sahara 1959
Spheroid: Clarke 1880 RGS
Semimajor Axis: 6378249.144999999600000000
Semiminor Axis: 6356514.869549775500000000
Inverse Flattening: 293.46499999999970000
```

まず、本プロジェクトにおいてアルジェリア側から提供された以下の資料を使用して、GISサポート情報データベースを構築した。

- 1) 1 : 7,500 地形図 (7 図画)
- 2) 1 : 10,000 地形図 (14 図画)
- 3) 1 : 25,000 地形図 (13 図画)

- 4) SRTM (Shuttle Radar Topography Mission; NASA) 調査範囲を含む 2 図画
- 5) LANDSAT (NASA ; supplied by the USGS) 衛星データ, 調査範囲を含む 2 図画
- 6) 行政界 (MapInfo フォーマット) INCT & URBANIS より提供

サポート情報を土台として作成した GIS 基本データベースの項目は、以下のとおりである。

- 1) 地質
- 2) 防災資源
- 3) 傾斜
- 4) 建物
- 5) 道路ネットワーク
- 6) 鉄道
- 7) 電力供給ネットワーク
- 8) ガスパイプライン
- 9) 上水道
- 10) 下水道

本プロジェクトで作成したデータベースの概念的な構造は、以下のとおりである。

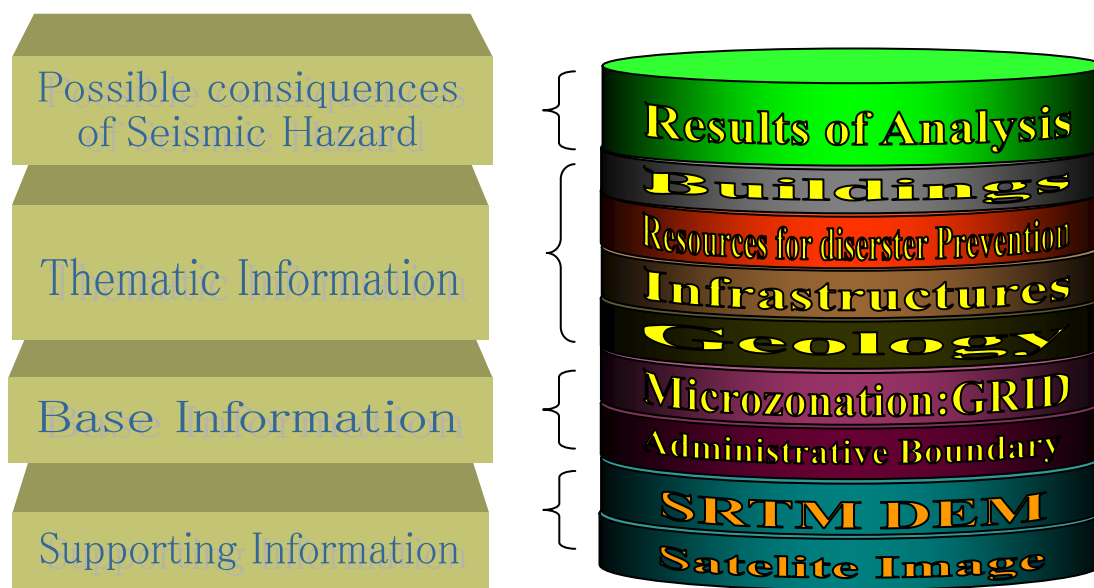


図 2-1 データベースの構造

2-2 データ収集および整理

2-2-1 地形・地質

(1) 地形

INCTが発行している1:10,000と1:25,000の地形図のうち、調査地域に係る図幅を購入した。そのうち、1:10,000の地形図に関しては等高線をデジタイズし、DEM (Digital Elevation Model) データを作成した。

(2) 標高

標高データとしては、INCTから5m間隔のDEMデータ(図2-2)が提供された。本調査では、このDEMデータと上記1:10,000地形図をデジタイズして作製したDEMデータの双方を用いた。

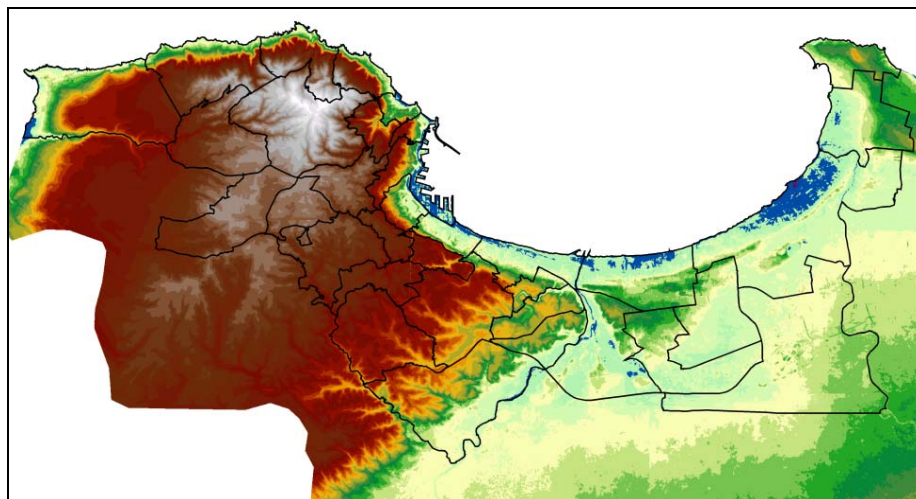


図2-2 INCTから提供されたDEMデータに基づく標高

(3) 地質

調査地域には1:50,000縮尺の地質図があるが、多くは19世紀末から20世紀前半に発行された非常に古いものである。JICA調査団は、図幅相互の矛盾、地質判定の相違を解釈し直し、調査地全域について統一地質図を編集した。

2-2-2 建物と重要危険物施設

(1) 建物

1) 建物分類

(A) 構造種別

アルジェで多く見られる石組積造は、20 世紀前半にアルジェセンター、旧市街地以外のカスバ他の近接する地域に広がった。カスバ旧市街地は、15 世紀頃には形成され、レンガ組積造が主であった。1960 年代以降は、内外壁に空洞レンガを用いた鉄筋コンクリート造が主流となった。その結果、既存建物の多くは、鉄筋コンクリート造、あるいは、組積造である。鉄骨造の建物数は少ないが、1950 年代には 15 階程度の鉄骨造の高層住宅が建てられた。

主要な建物構造種別は、以下のとおりである。

- a) 鉄筋コンクリート (RC) 骨組構造
- b) RC 耐震壁を有する RC 骨組構造
- c) RC 壁式構造
- d) 鉄骨骨組み構造
- e) ブレース付鉄骨骨組み構造
- f) 石組積造
- g) レンガ組積造 (カスバ)

(B) 建設年

建物の耐震性能は、準拠したアルジェリア耐震設計基準に大きく左右される。耐震設計基準の変遷による既存建物の建設年代による分類は、1995 年まで、1956 年～1980 年、1981 年～1999 年、2000 年～2002 年そして 2003 年以降の 5 段階に分けられる。さらに単純化して、1980 年以前、1981 年～2002 年、2003 年以降の 3 段階に分けることもできる。

(C) 耐震設計基準

1955 年以前は、アルジェリアには正式な耐震設計基準はなかった。AS55 が 1955 年に導入され、PS62 と PS69 はそれぞれ 1962 年と 1969 年に導入された。しかし、これらはガイドラインとして推奨されたが、耐震設計上の義務ではなかった。最初の耐震設計基準 (RPA) は、1980 年 10 月 10 日のエルアスナム地震の後の 1981 年に、RPA81 として出された。その後改定され 1983 年に RPA83 が、1988 年に RPA88 が出された。これらは公共建築には義務付けられたが、民間建築には義務付けられなかった。RPA99 が 1999 年に導入され、頻度の多い地震に対して構造物は弾性的な挙動をし、稀な大地震に対しては崩壊させないという耐震設計の基本的考えが明記された。2003 年 5 月 21 日のブーメルデス地震後には、RPA99 の 2003 年版が出され、アルジェでのより大きい設計

用地動加速度と合わせて地震ゾーニングも変更され、民間建築にも適用が義務付けられた。

2) 建物数

コミューンごとの建物棟数は、「4-3-2 建物棟数」に示されている。

コミューンごとの建物分類比率は、「6-1-1 建物分類」に示されている。

(2) 重要・危険物施設

重要施設とは、地震後の救助・救援活動における中枢としての機能が期待される公共施設である。そのため、これらの施設は、地震に対して強いものでなければならない。また、危険物施設は、2次災害を引き起こさないために十分な耐震性を持つことが要求される。このため、CGSとJICA調査団は、以下のように、重要・危険物施設のインベントリー調査を計画・実施した。

1) 重要・危険物施設インベントリー調査

530施設をランダムに選択し、一般建物インベントリー調査と同時に実施した。

(A) 重要・危険物施設

防災活動拠点として戦略的に重要な施設、および、危険物貯蔵施設を、全34コミューンごとに各14箇所ずつランダムに選び、合計476箇所の施設を調査した。調査項目の内容は、建物インベントリー調査と同様とし、調査票に貯蔵危険物名と貯蔵量を追加した。

(B) 特定（重要・危険物）施設

特有のコミューン内で、54箇所の戦略的防災機能を持ち、かつ、地震後の火災、および、事故に対して役立つ重要・危険物施設を選んだ。上記(A)と同様に、建物インベントリー調査と同じ調査項目とした。

2) 重要・危険物施設の配分

重要・危険物施設の配分の検討は、チーム（CGS、JICA調査団、URBANIS）内の協議により決定した。その手順は、下記の様に行った。

- a) 戦略的防災機能を有する14個の重要・危険物施設を選択
- b) これらの選択した全施設を、全34コミューンにそれぞれ分配
- c) 各々のコミューンの全ての施設に、デジタル地図上で番号を付けて登録
- d) 対象施設はランダムに選択

3) 特定重要・危険物施設の配分

(2)節(B)に示したように、54箇所の戦略的防災機能を持つ重要・危険物施設を選んだ。

センサスにより人口や住宅建築のデータを入手できたが、非住宅建築例えば、政府の事務所、一般事務所、病院、学校等の棟数は不明であった。したがって、これらの建物の配分は、コミュニンごとに人口比に基づいて行った。

2-2-3 インフラ・ライフライン

(1) インフラ

1) 道路

道路ネットワークは、URBANIS のデータ、INCT 発行の地形図（縮尺 1 : 10,000 と 1 : 25,000）、および、DTP 提供の道路網概要図を基にとりまとめた。また、国道と Wilaya 道の幅員や延長の情報は、MTP 提供の資料を参考にした。

橋梁については、JICA 調査団とカウンターパートの管理のもとに、現地再委託によって実施した橋梁インベントリー調査の結果を用いて、JICA 調査団がとりまとめた。

なお、現況を示した図面は、第 6 章に示した。

2) 鉄道

アルジェ県内の鉄道の延長は、61 km である。なお、線路は、UIC54 規格レールを使用した複線となっている。

3) 港湾・空港

港湾、および、空港の形状は、URBANIS のデータを用いた。

(2) ライフライン

1) 上水道

上水道の配管網、および、給水塔の位置の情報は、DHW 提供のデータを使用した。

2) 下水道

下水道の主管網図、および各下水管種別の諸元については、DHW からデータの提供を受けたが、多くの管路において管路種別は不明であった。

3) 電気

電力供給に係るデータについては、SONELGAZ から、高圧電線（220 kV、60 kV）のネットワークはデジタルデータを、中圧電線（地方：30 kV、都市部：10 kV）のネットワークは印刷図面の提供を受け、JICA 調査団がとりまとめた。

4) ガス

ガス供給に係るデータについては、SONELGAZ から、高圧ガス（20 bar～70 bar）、および、中圧ガス（4 bar～5 bar）の管網図の提供を受け、JICA 調査団がとりまとめた。

5) 電話

調査地における電話線のネットワーク（光ファイバー）については、データを入手することができなかった。

2-2-4 人口・世帯数

(1) アルジェ県の人口

アルジェ県の総人口は、人口・世帯センサス（General Population and Housing Census）によると、1998年時点で2,562,424人であった。また、2002年末時点での総人口は2,700,449^{*1}人で、人口密度は3,337人/km²と見積もられていた。

1987年と1998年の二時期のセンサスに基づくと、この間の年人口増加率は平均1.6%であった。この増加率は、アルジェリア全体の年人口増加率2.5%よりも低い。近年、アルジェ県では中心部から周辺地域に向かっての人口移動、または、増加の傾向がみられる。

(2) 性別構成

1998年時点でのアルジェ県の人口の49.7%を女性が、50.3%を男性が占める。

(3) 年齢構成

センサスデータによれば、15歳から59歳までのいわゆる労働人口は、1987年時点で全人口の34%であったが、1998年時点では、27%と減少している。一方、同じ期間で60歳以上の人口割合は、5.8%から8%へと増加している。

(4) 就学人口

アルジェリアにおける義務教育期間は、6歳から15歳までである。1998年のセンサスによると、アルジェ県の就学児童数は449,788人である。この数字は、アルジェリア全国の就学率が約83%であるのに比べて高く、約91%の就学率である。

(5) 就業状況

表2-1に、アルジェ県における1998年の就業状況に関するセンサスデータを示す。

表2-1 アルジェ県の就業者数

項目	人口	総人口に占める割合	就業人口の割合
総人口	2,562,428	—	—
就労世代	1,632,584	63.71%	—
就労可能	909,780	35.50%	55.73%
就業者	524,852	20.48%	32.15%
非就業者	384,928	15.02%	23.58%

出典：RGPH 1998

*1 出典：Statistical Yearbook of Algiers Wilaya (2003)

1998年における就労可能人口(15歳から59歳)は、合計1,632,584人で、総人口の63.7%にあたる。失業率(または、非就業率)は、1998年において就労可能人口の23.6%と高い数字を示す。

(6) 障害者数

アルジェ県における身体障害者数は、1998年時点で18,799人と算定されている。

(7) 調査対象地域内の人口と世帯数

調査対象地域は、34 コミューンからなる。調査対象地域の総人口は、1998年時点で1,803,258人である。また、1998年時点の総世帯数は、300,438である。

表2-2は、1998年時点の調査対象地域内の各コミューンの人口と世帯数を示す。

表 2-2 調査地域内のコミューンごとの人口と世帯数 (1998年)

番号	コミューン名	人口	世帯数	番号	コミューン名	人口	世帯数
1601	ALGER CENTRE	96,330	17,888	1619	BACH DJERAH	90,073	14,408
1602	SIDI M'HAMED	90,454	15,469	1620	DAR EL BEIDA	44,752	7,025
1603	EL MADANIA	51,405	8,283	1621	BAB EZZOUAR	92,158	15,370
1604	HAMMA EL ANNASSER	59,248	9,807	1622	BEN AKNOUN	19,406	3,371
1605	BAB EL OUED	87,557	14,160	1623	DELY BRAHIM	30,577	4,992
1606	BOLOGHINE	43,284	7,341	1624	HAMMAMET	19,650	3,406
1607	CASBAH	50,453	9,326	1625	RAIS HAMIDOU	21,517	3,556
1608	OUED KORICHE	53,378	9,138	1626	D. KACENTINA	82,730	13,446
1609	BIR MOURAD RAIS	43,255	7,296	1627	EL MOURADIA	29,503	5,176
1610	EL BIAR	52,584	9,182	1628	HYDRA	35,727	6,429
1611	BOUZAREAH	69,152	11,362	1629	MOHAMMADIA	42,079	6,928
1612	BIRKHADEM	55,083	8,833	1630	BORDJ EL KIFFAN	103,690	16,136
1613	EL HARRACH	48,167	7,645	1631	EL MAGHARIA	30,459	5,055
1615	OUED SMAR	21,396	3,309	1632	BENI MESSOUS	17,489	2,895
1616	BOUROUBA	77,496	12,291	1639	BORDJ EL BAHRI	27,905	4,465
1617	HUSSEIN DEY	49,921	8,139	1640	EL MARSА	8,782	1,470
1618	KOUBA	105,253	18,095	1644	AIN BENIAN	52,345	8,746

出典：RGPH 1998

2-2-5 土地利用・都市開発

(1) 土地被覆・土地利用現況

アルジェ県の土地被覆・土地利用を把握する目的で、1987年と2000年/2001年の二時期のLANDSAT衛星画像を判読することによって、土地被覆図を作成した。

表2-3に、1987年、および、2000年/2001年の土地被覆状況を示す。

表 2-3 1987 年と 2000 年／2001 年の土地被覆面積の比較

土地分類	1987 年面積 (ha)	(割合)	2000／2001 年面積 (ha)	(割合)
1 : 裸地	1,353	(1.8%)	876	(1.1%)
2 : 耕地	23,139	(30.1%)	20,613	(26.8%)
3 : 森林	4,675	6.1%	4,344	(5.6%)
4 : 草地	23,044	29.9%	20,071	(26.1%)
5 : 工業地	2,093	2.7%	2,776	(3.6%)
6 : 大規模インフラ用地	639	0.8%	643	(0.8%)
7 : 農地・市街地混合地	5,313	6.9%	5,237	(6.8%)
8 : 灌木地	4,863	6.3%	1,846	(2.4%)
9 : 市街地	11,685	15.2%	20,420	(26.5%)
10 : 水面	167	0.2%	132	(0.2%)
(分類上のエラー)	(13)	—	(13)	—
合計 (エラー部を除く)	76,971	(100%)	76,958	(100%)

出典：JICA 調査団

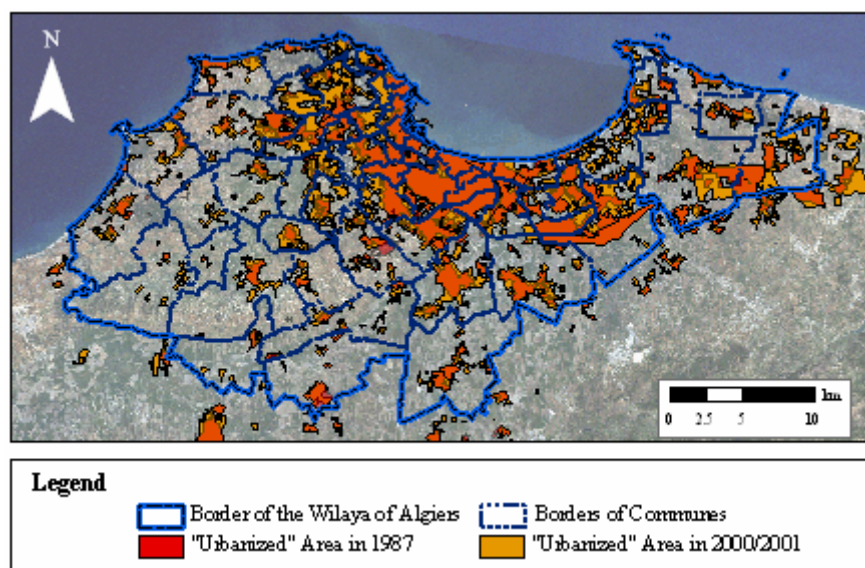
アルジェ県において、1987 年から 2001 年にかけて最も面積が変化した土地分類は、市街地である。全体に占める市街地の割合は、上記期間において 11.3%増加した。

また、LANDSAT 衛星画像上で判読される、表 2-3 に示す 10 の土地分類のうち、3 つの土地分類（市街地、工業地、大規模インフラ用地）が、市街化済・開発済地域に相当するものと考えられる。

図 2-3 に、1987 年と 2000 年／2001 年の市街化済・開発済地域の分布を示す。

1987 年では 8 つのコミューンが、2000 年／2001 年では 13 のコミューンで、それぞれの土地の 80%以上が市街化・開発済となっている。

アルジェ湾岸より約 10 km 以上離れたコミューンでは、1987 年から 2000 年／2001 年にかけて、アルジェ湾岸に近いコミューンでみられるような顕著な土地開発あるいは市街化は観察されなかった。



出典：JICA 調査団

図 2-3 1987 年と 2000 年/2001 年における開発済・市街化済み地域の比較

(2) 都市開発

1) 背景

1962 年の独立直後に、アルジェリアは、15 の県に区分された。その後、県の数が増加し、1984 年にはその数は 48 になった。

1997 年には、アルジェ県に隣接する県から 24 のコミューンを統合し、アルジェ県を拡大するための Ordinance 97-14 がアルジェ県に施行された。

また、Ordinance 97-15 は、現在のアルジェ県に一致する大アルジェ県（The “Governorate of Greater Algiers (GGA)”）を規定した。この新しい行政上の枠組みにより、アルジェ県は 13 のディストリクト、ならびにディストリクトを構成する 57 のコミューンから構成されることとなった。

2) 関連法制

アルジェリア、および、アルジェ県では、都市計画と土地利用管理を目的として、PDAU（都市開発計画）と POS（土地利用計画）が作成・導入されている。

PDAU は、土地利用・都市計画のマスタープランに位置づけられる。

1 つの PDAU は、コミューンレベル、あるいは、コミューン間レベルの比較的広域の範囲を対象とし、1：5,000～1：10,000 縮尺で図示される。PDAU では、一つのコミューン、あるいは、連担するコミューンを対象に、4 つのゾーンが示される。これらは、市街化地域（U）、近々に市街化すべき地域（市街化進行地域を含む；AU）、将来の市街化対象地域（UF）、市街化調整地域（NU）である。

POS は、詳細土地利用計画として作成されており、通常、コミューンごとに 5～10 程度の POS が作成され、縮尺 1：500 程度で図示される。

POSは、土地利用についてPDAUよりも詳細な計画や仕様を定めており、市街化地域(U)については5年ごと、その他の地域(AUとUF)については、10年ごとに改訂が行われることとなっている。

PDAU、および、POSは、さまざまな法律や条令で規定されるが、特にLaw 90-29(1/12/1990)によって、法的なステータスを与えられている。

この法律(Law 90-29)は、2003年5月21日に発生したブーメルデス地震の後に作成されたLaw 04-05(14/08/2004)の施行に伴う改訂を受け、グローバルアプローチとして、PDAU実施プロセスの中に市民参加の仕組みを導入することとなった。

このLaw 90-29(28/05/1991)には、以下のような関連規定が定められている。

- 91-175：都市化・市街化の一般規定
- 91-176：都市計画に関する決定と交付に関する規定
- 91-177：PDAUの作成と承認に関する規定
- 91-178：POSの作成と承認に関する規定

さらに、Law 04-05によって、主に以下の部分が付加された。

- 建築・建設許可の方法：土木工学的調査・研究が必要であること。
- 土地利用調査：自然・技術ハザードを考慮しなければならないこと。土地利用と建設においては、これらハザードを考慮する必要があること、など。

2004年に制定された法律により、20のコミューンのPDAUについて、作成時に下記項目が考慮されていなかったため、法的な整合性を欠くことになった。

そのため、2005年からは、アルジェ県(57コミューンを対象)の新しいPDAUの作成が開始されている。

- グローバルアプローチの導入
- 環境基準の導入
- 持続可能な開発
- 自然・技術ハザードの脅威の考慮

2-2-6 防災資源

(1) 対象とする防災資源

地震災害を対象とした防災資源は、JICA調査団が2005年に実施した防災資源調査を通じて確認された。防災資源は、緊急時の避難・救援センター、仮設住宅、テント村、仮設病院、仮事務所などに利用可能なものである。本調査では、調査地域を構成する34コミューン内における既存施設のうち、表2-4に示す資源を調査対象とした。

表 2-4 調査対象地域内における防災資源

資源	種別	対象物
公園	屋外	公共公園
空き地	屋外	空き地（面積 1 ha 以上）
運動場等	屋外	屋外運動場（競技場、テニスコートなど）
空港	屋外	空港・滑走路
港	屋外	港・船舶繫留施設
水	屋外	内水面（非常時に飲料水に転用可能性のあるもの）
警察施設	建物・施設	警察署
軍隊施設	建物・施設	軍隊の建物、関連施設
市民防衛隊施設	建物・施設	市民防衛隊基地
教育施設	建物・施設	教育サイト（学校、専門学校、短期大学）
行政施設	建物・施設	政治・行政用土地（建物を含む）
公共施設	建物・施設	公民館・公会堂、劇場
屋内運動場	建物・施設	体育館（学校、大学所有のものとは区別する）
医療・保健施設	建物・施設	病院、医院、健康センター
宗教施設	建物・施設	モスク、教会、寺院
衛生施設	建物・施設	衛生施設
下水・ゴミ処理場	建物・施設	汚水・ゴミ処理施設

出典：JICA 調査団

防災資源位置とさまざまな属性データが調査され、その後 GIS へ入力され、都市防災データベースへ統合された。マイクロゾーニング調査、および、都市脆弱性調査の結果もまた、都市防災資源データベースへ入力された。

(2) 既存の防災資源（基礎データ）

表 2-5 にマイクロゾーニング範囲内における、既存防災資源の数と面積を示す。

表 2-5 マイクロゾーニング範囲内における既存防災資源の概要

番号	資源	種別	数	総面積 (ha)
01	公園	屋外	118	175
02	空き地	屋外	28	49
03	運動場等	屋外	132	181
04	空港	屋外	1	—
06	港	屋外	3	—
07	水	屋外	49	38
08	警察施設	建物・施設	122	—
09	軍事施設	建物・施設	8	—
10	市民防衛隊施設	建物・施設	24	—
11	教育施設	建物・施設	770	661
12	行政施設	建物・施設	107	53
13	公共施設	建物・施設	163	460
14	屋内運動場	建物・施設	21	15
15	医療・保健施設	建物・施設	162	—
16	宗教施設	建物・施設	207	—
18	下水・ゴミ処理場	建物・施設	1	7.2

出典：JICA 調査団

第3章 マイクロゾーニングで用いる自然条件

3-1 地震テクトニクスと地震活動分布

3-1-1 地球動力学的な状況

地中海沿岸に位置するアルジェリアは、北側のユーラシアプレートと南側のアフリカプレートが接触するプレート境界の近傍に位置している（図 3-1）。表 3-1 に測地学的に調査された、アルジェ（北緯 36.75°、東経 3.05° 付近）におけるユーラシアプレートとアフリカプレートの相対的な変動を示した。測地学的に調査された変動と構造学的に判断される結果が同じ傾向を示すところから、ユーラシアプレートに対するアフリカプレートの相対的な移動速度は、アルジェ付近では北北西に向かって 5~6 mm/年であると判断される。

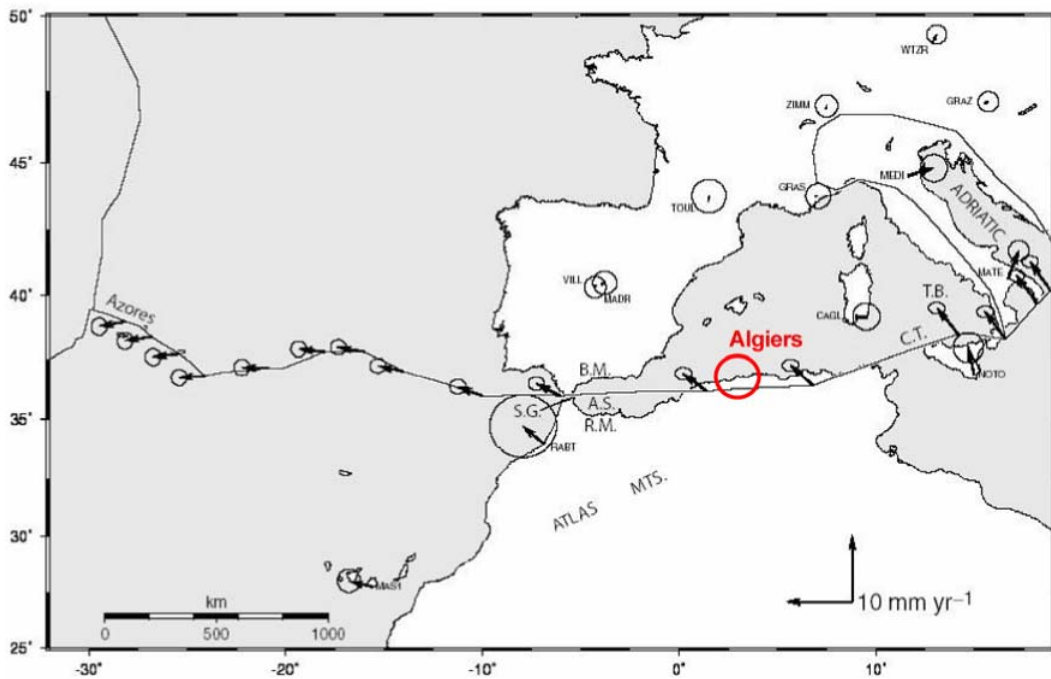


図 3-1 アゾレス三重会合点からイタリアにかけてのアフリカ/ユーラシアプレート境界における相対運動（円は標準偏差の 2 倍を表す）

表 3-1 いくつかの運動学的モデルに基づくアルジェ（北緯 36.75°、東経 3.05° 付近）でのユーラシアプレートに対するアフリカプレートの相対運動

参考文献	相対運動	回転の極			変位	
		北緯 (°)	東経 (° E)	率 (° /My)	方位 (°)	速度 (mm/年)
DeMets et al, 1994	Afr/Eur	21.0±4.2	-20.6±0.6	0.12±0.015	-30.9	5.8
Sella et al, 2002	Nubia/Eur	-18.23±9.5	-20.0±3.7	0.062±0.005	-64.3	5.9
McClusky et al, 2003	Nubia/Eur	-0.95±4.8	-21.8±4.3	0.06±0.005	-52.9	4.7
Albarelo et al, 2003	Afr/Iberia	22.7	-20.6	0.119	-28.0	5.5

3-1-2 アルジェ付近の地質構造的・地体構造的モデル

三畳紀から現代までにおけるアルジェリア北部の地質的な変遷は、アフリカ/ユーラシアプレートの相対運動と密接に関わっている。地体構造的な変動の結果として、アフリカ/ユーラシアプレートの収れん境界に沿う、東西から北東～南西の走向をもつ褶曲、断層で分断された褶曲、逆断層が Tell Atlas 山脈を形成した。このような変化の結果、以下のような構造変化が生じた。

- 中生代から生き残った正断層が、逆断層として再び活動を始めた。
- 新たに北東～南西から東西の走向の逆断層が形成された。

新第三紀から第四紀にかけては、Tell Atlas に影響を与えた 6 つのひずみのステージが確認されている。このような地体構造の変動の影響は、アルジェ地域では北東から東北東～西南西の走向を持つ圧縮構造（褶曲と逆断層）として現れている。この構造は、これと直交した、横ずれ成分を伴う逆断層すべりをもたらす圧縮力の影響を受けている。

3-1-3 地震活動分布

地震カタログには、1900 年以前の歴史的大地震に関連するマクロなカタログと、1900 年以降の計測器による地震観測が始まってからの詳細なカタログがある。図 3-2 には、双方を合わせて作成した、アルジェ周辺の 1365 年から 1995 年までの震央分布を示した。

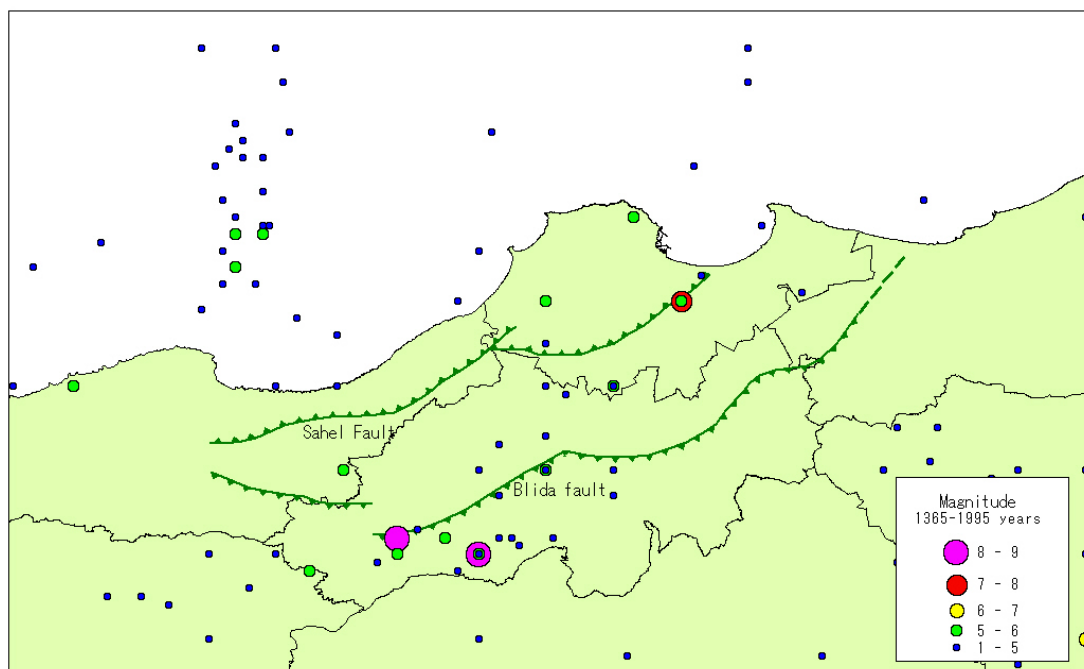


図 3-2 歴史時代から計器観測までを含むアルジェ周辺の震央分布

3-1-4 アルジェリア北部の歴史的大地震

アルジェ地域は、歴史時代を通じていくつかの大きな地震被害に見舞われている。最も古い地震被害に関する記録は、1365年の地震に関するもので、アルジェ市街地が完全に破壊され、津波の記録も残っている。最も新しい被害地震は、2003年5月21日に発生したブーメルデス地震 ($M_s=6.8$ 、別名ゼンムリ地震) で、2,278名が亡くなり数千人の負傷者が発生している。ブーメルデス地震は、それ以前にはほとんど地震発生の記録が無い断層で発生した。このことは、確定論的な地震モデルを作成するために必要な歴史地震の記録が、不十分であることを意味している。

他にアルジェに影響を与えた地震としては、Oued Djer 地震 (1988年10月31日、 $M_s=5.4$)、Mount Chenoua 地震 (1989年10月29日、 $M_s=6.0$)、Ain Benian 地震 (1996年9月4日、 $M_s=5.7$) がある (図 3-3 参照)。この他、アルジェリア北部での被害地震としては El Asnam 地震 (1980年10月10日、 $M_s=7.2$ 、現在の地名は Chlef) を忘れてはならない。

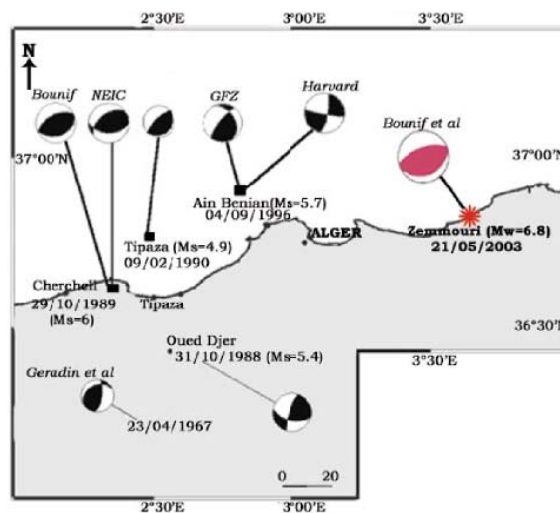


図 3-3 アルジェ周辺の最近の主な地震 (Saadi, 2005)

[参考文献]

- DeMets C., Gordon R. G., Argus D. F., and Stein S., 1994, Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of current plate motions. *Geophysical Research Letters*, 21, p. 2191-2194.
- McClusky S., Reilinger R., Mahmoud S., Ben Sari D., and Tealeb A., 2003, GPS constraints on Africa (Nubia) and Arabia plate motions. *Geophysical Journal International*, 155, p. 126-138.
- Saadi N., 2005, Etude sismotectonique de la région est-algéroise; Boumerdes, Zemmouri, Cap Djinet, Bordj Menaël. Mémoire de projet de fin d'études d'Ingénieur, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumédiène, 109 pages, 68 figures, 1 annexe.

3-2 地形・地質的特徴

3-2-1 地形

調査地域には、以下の3種類の特徴的地形が見られる。

(1) Mitidja 平野

調査地域の東部にあたる。ごく最近に形成された広い平野で第四紀の堆積物で覆われ、巨大な向斜構造をなしている。東西 120 km、南北 20 km に広がる。

(2) Bouzareah 丘陵

調査地域の西部にあたる。変成岩で形成されており、最高標高は 407 m である。その背斜軸は、南東～北西の走向を示す。

(3) 海岸段丘

海岸段丘は、標高 50 m から 200 m に分布し、Mitidja 平野を海から隔てている。

3-2-2 気象・水理

(1) 気象

一般的にアルジェリアの海岸沿いの気候は、典型的な地中海性気候である。年間降水量は少なく、600 mm ほどである。アルジェにおける月間平均気温は、冬季で 12°C、夏季で 25°C である。

(2) 地下水位

図 3-4 は、本調査で観測した地下水位と既存資料を編集して得られた、地下水位分布である。

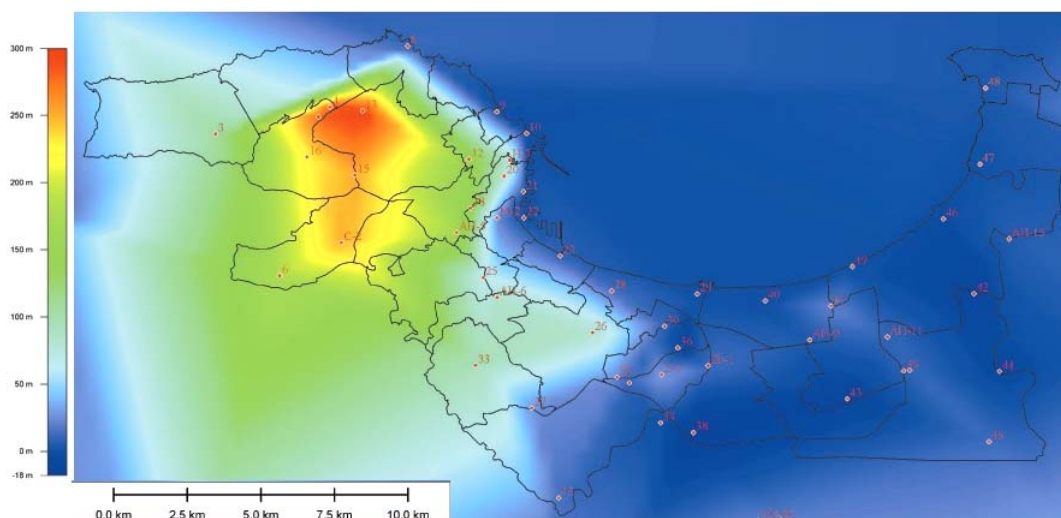


図 3-4 地下水位分布

3-2-3 地質構造の概要

マグレブ地域の地質構造は、北から南に以下の2つの主要な構造から構成されている。

(1) 内帯

内帯は、マグレブ地域の地中海沿いに断続的に分布する。アルジェリアの北部では、海岸山地、たとえば西から東に Chenoua 山地、Bouzarea 丘陵など、を形成している。これらの古い山地の年代は、古生代と考えられている。

(2) 外帯

外帯は、主に中生代から新生代の石灰質マールや砂岩で形成されている。これらの層は連続した地層を形成し、南へ向かって分布している。

1) 中新世

(A) バーディガリアン期（中新世前期）

バーディガリアン期の堆積物は、Mitija 盆地の地表、EL MARSA と AIN TAYA の間の海岸に分布している Sahel 向斜、Thenia の南などに現れている。

(B) サーラバリアン期（中新世中期）

サーラバリアン期の堆積物は、Thenia 地域の地表に現れており、その厚さは1,000 m あるが、アルジェ近郊では50 m程度に薄くなっている。

2) 鮮新世

鮮新世の地層は、サーラバリアン期の地層と不整合をなしており、Mitija 平野の南部に広く分布している。その堆積物は、プライサンシアン期とアスティアン期に大きく2分類される（図3-5）。

(A) プライサンシアン期（前期鮮新世）

プライサンシアン期の堆積物はブルーマールで構成されており、その厚さは1,000 m に達する。この層は、その上部の地層と不整合を成す。

(B) アスティアン期（後期鮮新世）

この層は、4つの地層から構成され、下から順に黄褐色マール、砂質石灰岩、モラッセ、砂岩となっている（図3-5）。

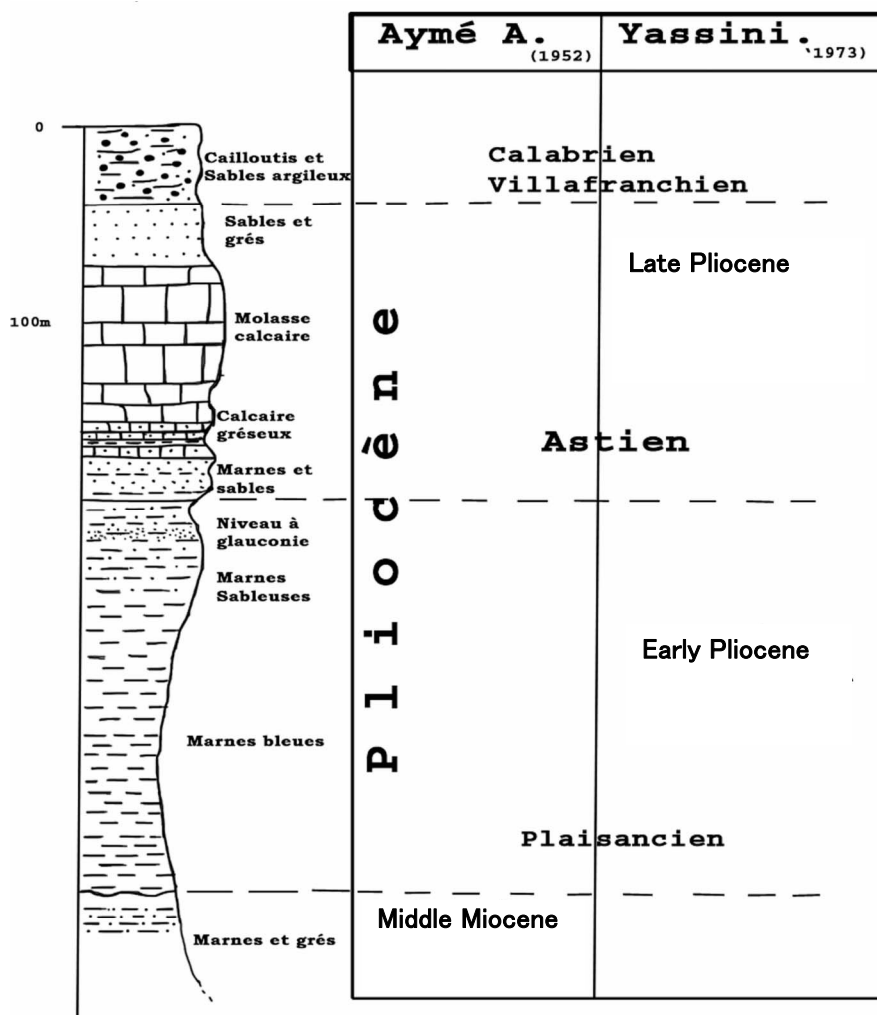


図 3-5 アルジェ地域における鮮新世の地質層序図 (Djediat, 1996)

3) 第四紀

第四紀の地層がアルジェの海岸地域を覆っており、海岸段丘上の砂、礫、砂質粘土で構成されている。第四紀の海岸段丘は、第四紀の海進に対応した 4 面に分類される。第四紀の海岸段丘は、アルジェの東では標高 200 m、西では標高 325 m までたどることができる。海岸段丘は第四紀の造山運動による垂直変動の結果形成されたものである。前期更新世は主に褐色粘土で特徴付けられ、完新世は海岸砂で代表される。

図 3-6 に、調査地域の地質図を示す。

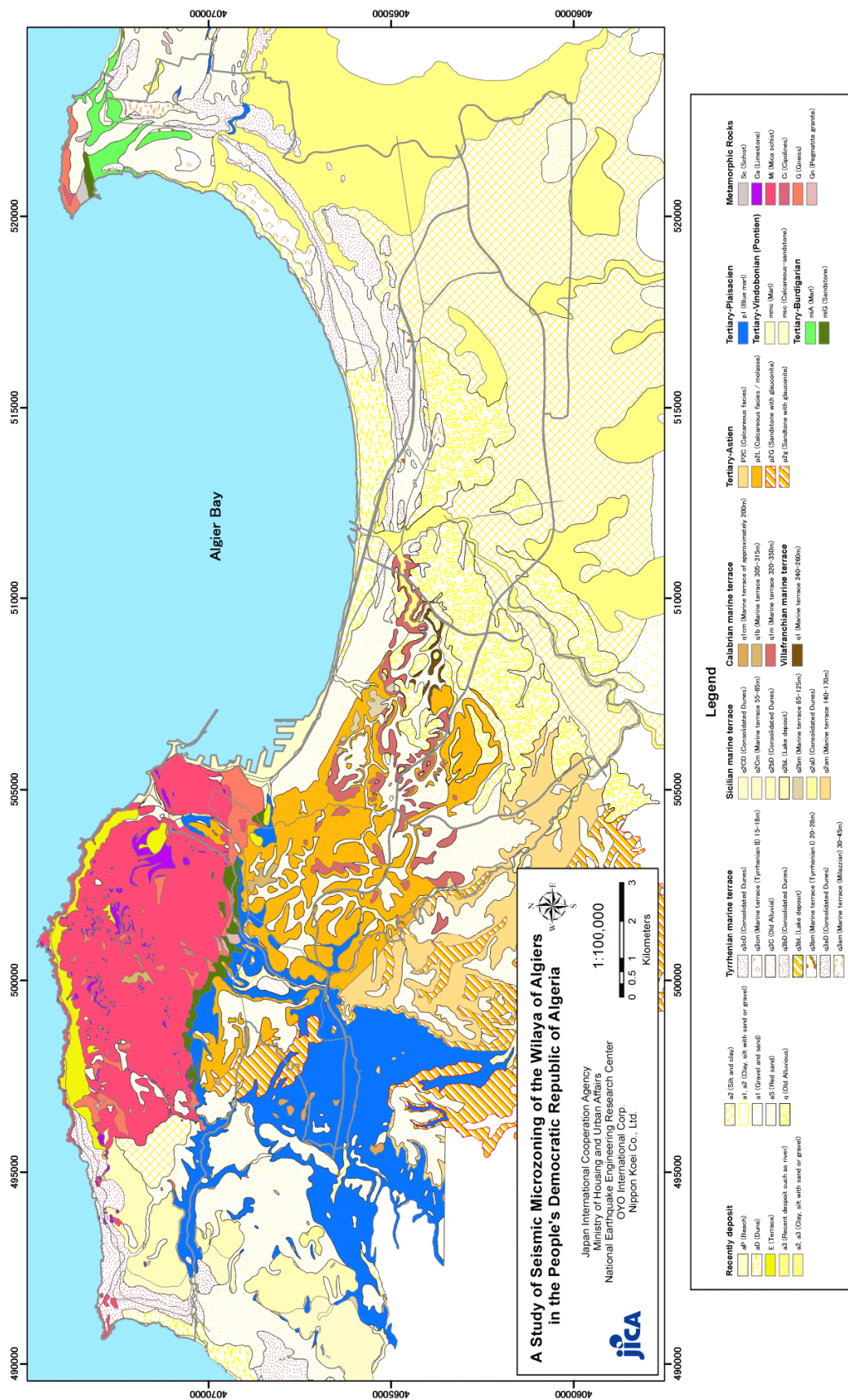


図 3-6 調査地域の地質図

3-3 補足現地調査

3-3-1 ボーリング

マイクロゾーニングに必要な地盤工学的見地による地質状況を把握するため、新たに 50 本のボーリング調査を実施し、あわせて既存ボーリングの収集も行った。新規のボーリング地点と収集した既存ボーリング地点を、図 3-7 に示す。既存ボーリング資料は、LNHC（国立住宅建設研究所）と ANRH（水資源局）から提供された。解析に使用したボーリングは、合計 179 本である。

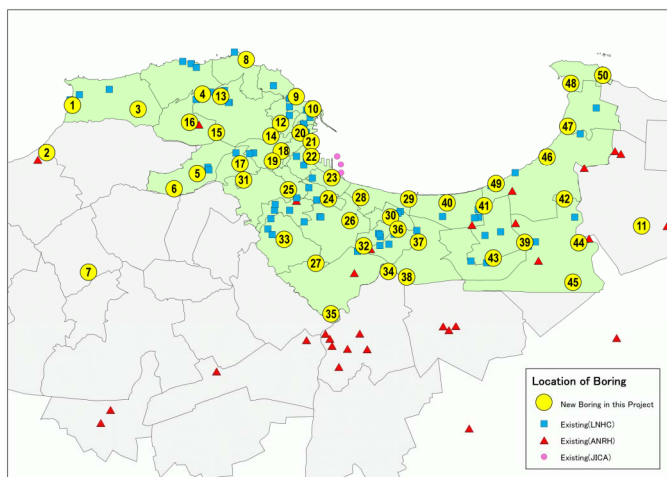


図 3-7 ボーリング位置図

ボーリング資料と既存文献から調査地域に存在する地層を、地盤工学的観点から表 3-2 のように分類した。室内土質試験や原位置における物理探査で把握された地質の地盤工学的特性は、この分類にしたがって整理・解析された。

表 3-2 地盤工学的見地による地質分類

記号	説明
ap	海岸堆積物、砂丘堆積物
e	斜面堆積物
a3	第四紀堆積物（砂）
a2	第四紀堆積物（粘土）
q	古期第四紀堆積物
qt	海岸段丘
p2c	アスティアン層（風化したマール）
p2c-f	アスティアン層（新鮮なマール）
p2l	アスティアン石灰岩層（風化）
p2l-f	アスティアン石灰岩層（新鮮）
p1	プライサンシアン層（風化したブルーマール）
p1-f	プライサンシアン層（新鮮なブルーマール）
mi	変成岩（風化した片岩）
mi-f	変成岩（新鮮な片岩）

3-3-2 室内土質試験

ボーリング調査の際には不攪乱資料をサンプリングし、下記の物性を室内土質試験で測定した。その結果は、3-4 節にまとめた。

- 湿潤密度
- 含水比
- 飽和度 (Sr)
- 液性限界、塑性限界 (LL、LP)
- 平均粒径 (D_{50})
- 細粒分含有率 (Fc)

3-3-3 物理検層

S 波速度は、地震動の表層増幅特性を解析する際に最も重要なパラメータであるが、調査地域における S 波速度に関する情報は極めて少ない。そこで新規に実施したボーリングのうち、34 孔で最深 99 m までに達する PS 検層を実施した。PS 検層は、ダウンホール法で実施され、S 波は、地表に設置した厚板の両端をハンマーで強打することによって発生させた。

(1) データの品質管理

PS 検層で取得したデータの品質管理を、以下の 2 つの方法で実施した。まず、S 波の波形に着目し、右たたきによる波形と左たたきによる波形が反転しているかをチェックした。次に解析された P 波と S 波の速度から計算できる各深度でのポアソン比を用いた。ポアソン比は、岩では約 0.25 であり、やわらかくなるほど小さな値をとるが、0.5 を超えることはない。これを利用したチェックを行った。本調査における算定されたポアソン比はいずれも 0.3 から 0.49 の間の値を示しており、問題はないと判断された。

(2) S 波速度

測定された S 波速度の各地質分類における頻度分布を、図 3-8 に示した。測定された S 波速度は、各測定点の局地的な地盤条件を反映して、ひとつの分類の中でもバラついている。表層地盤の増幅特性を評価するために行う応答計算では、地質分類ごとの S 波速度が必要である。各地点で観測された S 波速度を用いるのが理想ではあるが、あらゆる地点で S 波速度の実測値を得ることは不可能である。そこで、この調査では地質分類ごとに平均 S 波速度を算定しこれを解析に用いた (表 3-3)。

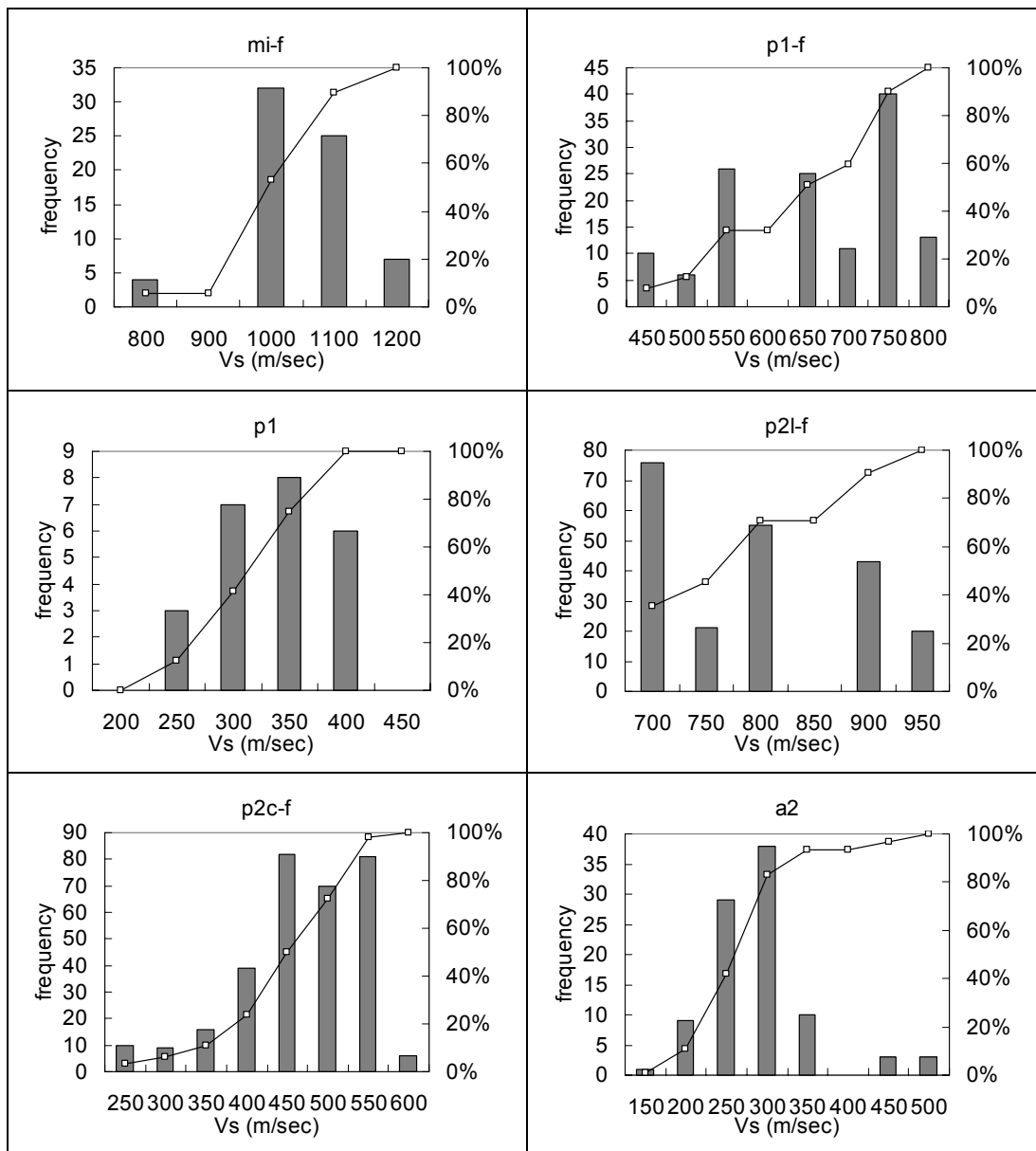


図 3-8 S 波速度の頻度分布

(3) S 波速度と N 値の関係

S 波速度と N 値には、良い相関があることが広く知られている。図 3-9 は、本調査で測定された、同一地点の同一深度における S 波速度と N 値の関係を示したものである。これらのデータから導かれる相関式と、日本で広く用いられている相関式を、図 3-9 に示した。これらの相関式は、非常に良く似ている。

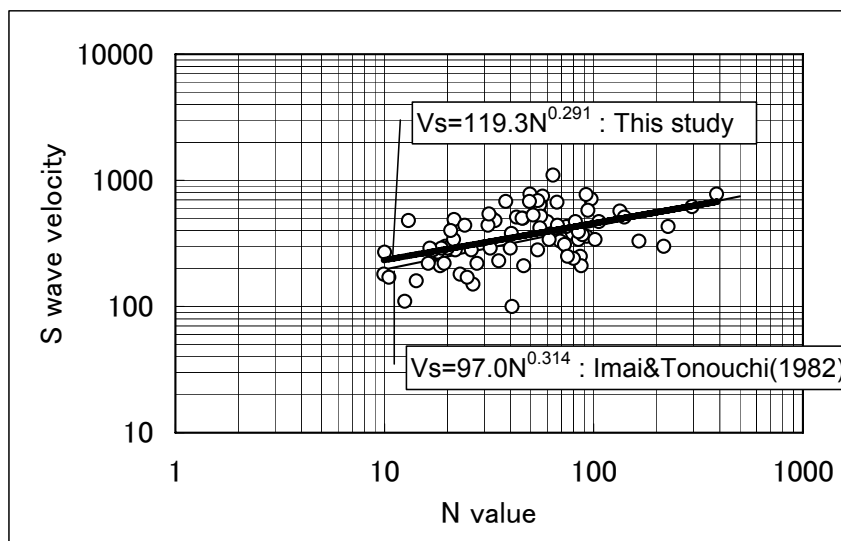


図 3-9 S 波速度と N 値の関係

地質分類のうち、ap、e、a3、q、qt、p2c、p2l は、データ不足のため PS 検層では S 波速度が決定できなかった。そのため、N 値から上記の相関式を用いて S 波速度を決定した。

[参考文献]

Imai, T. and K. Tonouchi, 1982, Correlation of N value with S-wave velocity and shear modulus, Proc. 2nd European Symp. on Penetration Testing, Amsterdam.

3-4 地盤工学的特性

補足現地調査で得られたデータから決定した、各地質分類の地盤工学的特性値を表 3-3 に示した。以降の解析ではこの値が使用された。

表 3-3 地質分類の地盤工学的特性値

記号	N 値	S 波速度 (m/sec)	密度 (g/cm ³)	平均粒径 (mm)	細粒分含有率 (%)	塑性指数	粘着力 (kgf/cm ²)	内部摩擦角 (degree)
ap	18	275	1.80	0.51	16	26	0.6	34
e	24	300	1.80	0.24	11	21	0.5	27
a3	10	240	1.80	0.20	23	24	0.9	27
a2		270	1.74	0.01	84	23	0.8	22
q	24	300	1.81	0.42	29	23	0.6	25
qt	33	330	1.90	0.15	32	24	0.7	28
p2c		310	1.92				0.7	23
p2c-f		450	2.02					
p2l	27	310	1.92				0.4	27
p2l-f		770	2.10					
p1		310	2.00				0.7	22
p1-f		630	2.09					
mi		490	1.89				0.4	28
mi-f		1030	2.55					