第2章　　協力対象地域・課題の現状

2−1　　クロアチアの自然環境特性と災害の現状

クロアチアは、東西・南北ともに 500km ほどの広がりを持ち、国土面積は 56,542km^2 である。クロアチアの地形は、３種類に大別できる。①北東部の平野地域、②山岳地域（海岸地方の内陸側，ダルマチア山脈の一部）、③イストリア半島を含むアドリア海沿岸地域である。

同国は、アドリア海に沿って巨大な断層が走り、海岸沿いに大小 1100 の島々が分布する。地質は、石灰岩、砂岩･頁岩互層（フリッシュ）、摩擦抵抗の低い粘土を多量に含む泥灰岩（マール）、花崗岩、玄武岩などで構成されている。プロジェクトの対象地域の一部であるリエカ市、スプリット市の周辺地域は、この沿岸部の断層･褶曲帯に位置し土砂災害が頻発しやすい地形･地質的特徴を有している。一方、同じくプロジェクトの対象地域である首都のザグレブは内陸部の平野に位置しており市の北部には丘陵地・山地が広がっている。

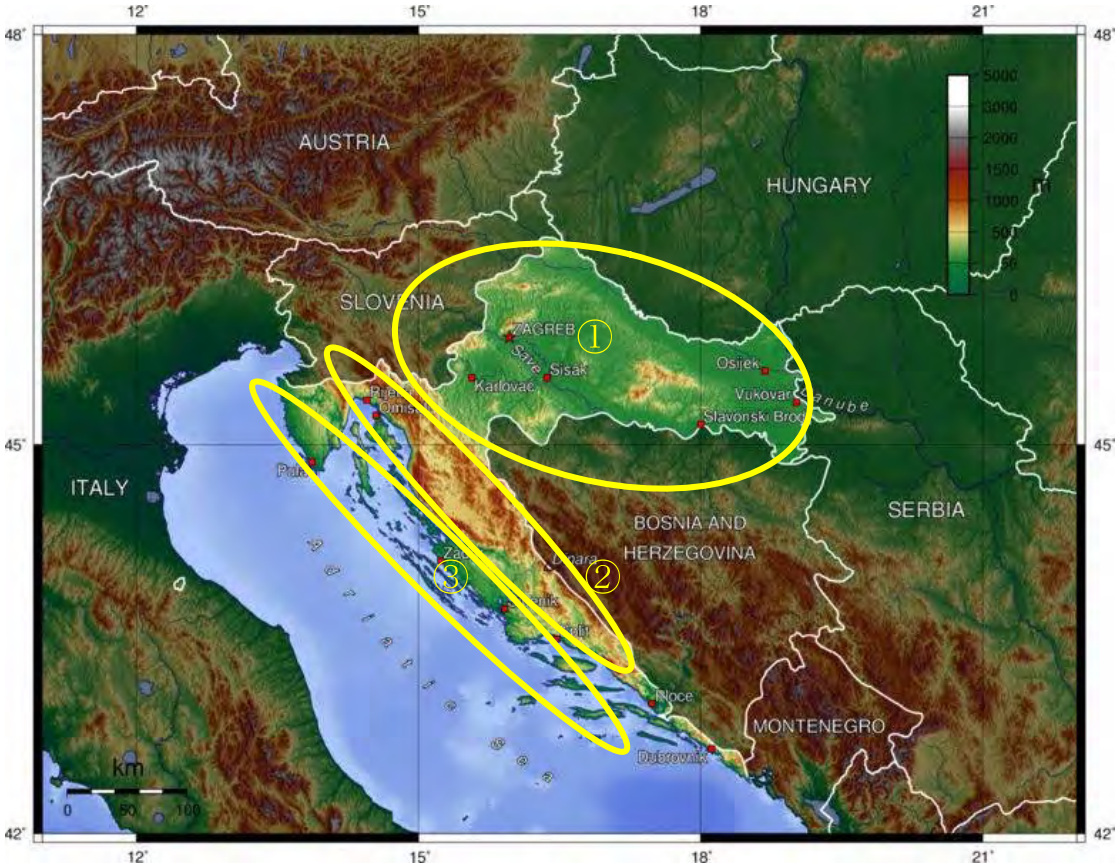


図 2−1−1　クロアチアの地形

（出典：WorldofMaps.net　http://www.weltkarte.com/europa/kroatien/kroatien_karte.jpg）
（2009 年 4 月ダウンロード、一部加工）

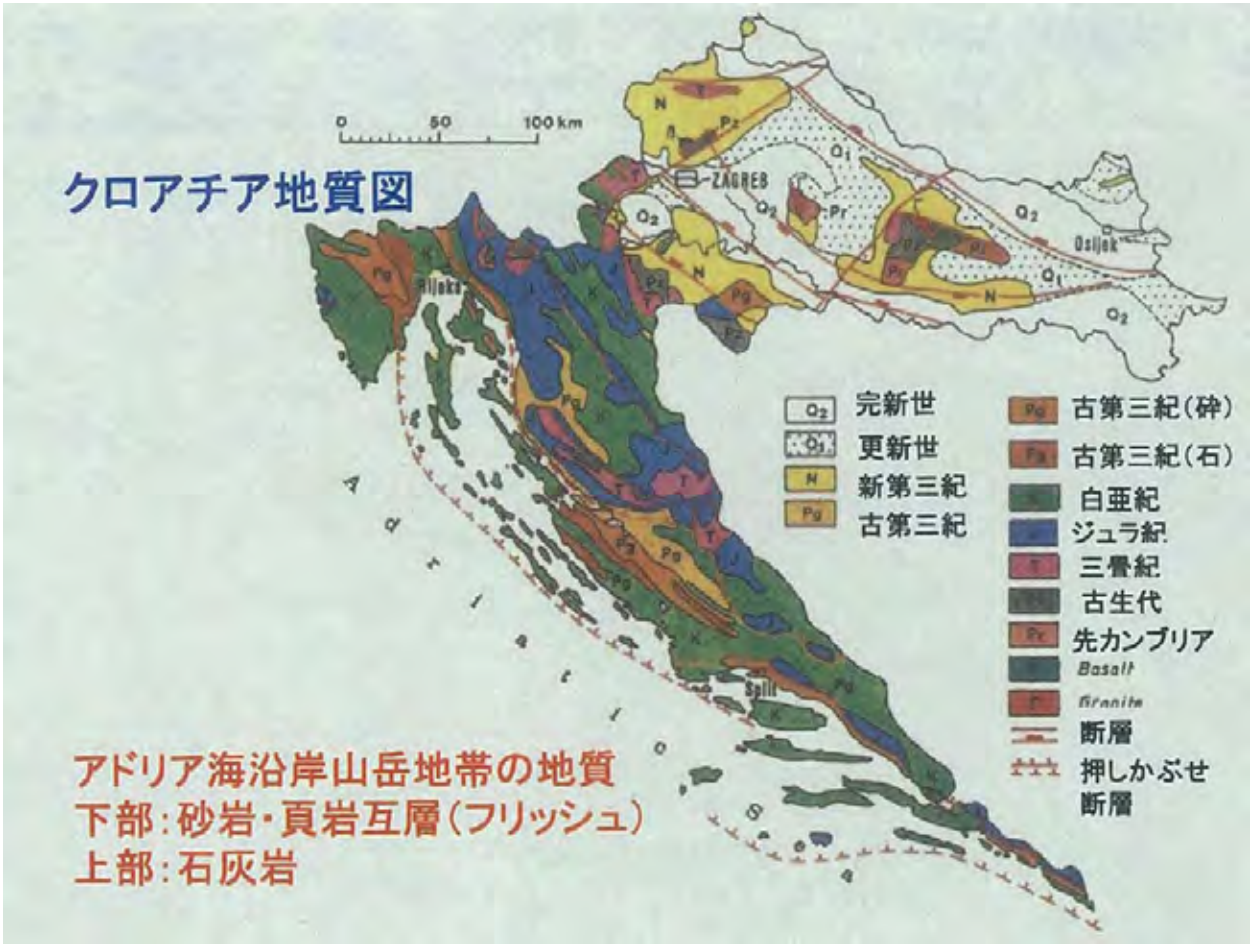


図 2−1−2　クロアチアの地質（出典：Institute for Geological Research 1995）

ザグレブ市北部の丘陵地・山地の地質断面の概略は図 2−1−3 のようであり、A –十分に固結した新生代およびそれ以前の岩　B –緩く石化し緩く固結した新第三紀の岩、第四紀の粘土やレス（黄土）C –完新世、沖積世の堆積物という、大きく３つに区分できる。このうち、地形・地質的に地すべり等の斜面災害が極めて起こりやすい「B」の地域では、住宅・都市開発が進んでおり、災害リスクが高まっている。

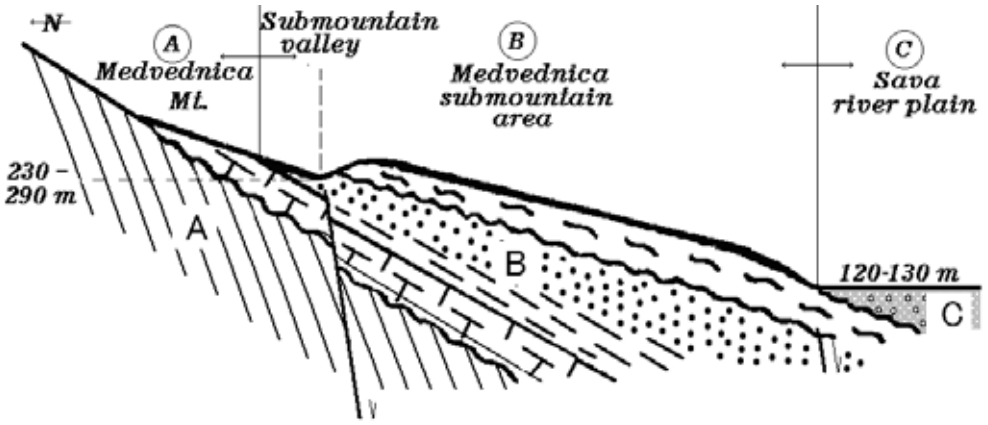


図 2−1−3　ザグレブ市の地質断面図（出典：クロアチア地質調査所資料）

(1) 気象・水文

クロアチアの平均年間降水量は図 2−1−4 に示すとおりで、山岳地域で降水量が特に多く年間 3500mm にも達する地域がある。アドリア海沿岸地域は冬に雨が多い地中海性気候で、リエカ市では年間降雨量は約 1500mm、スプリット市で約 800mm、内陸のザグレブ市では約 840mm である。

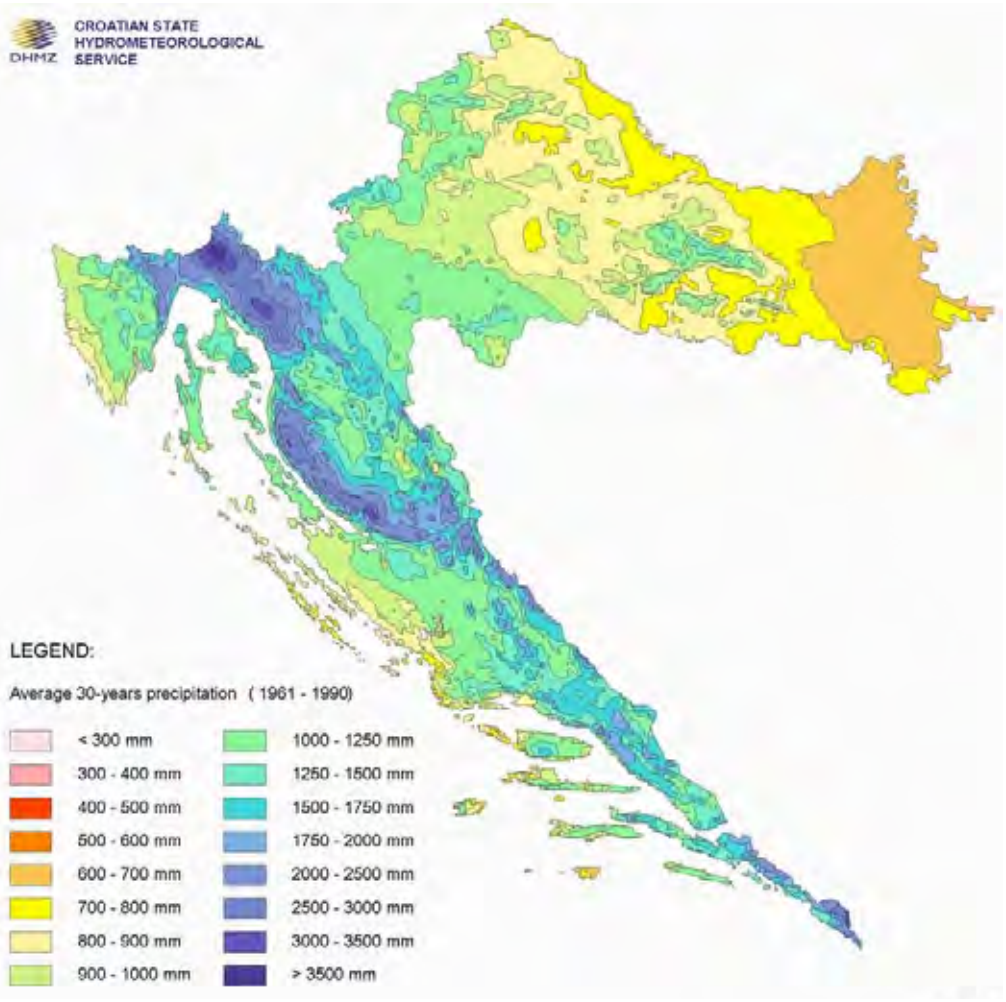
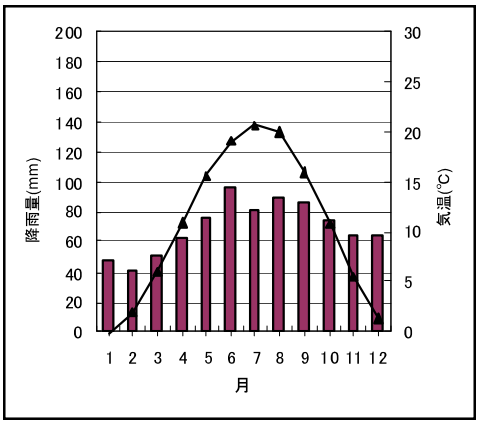
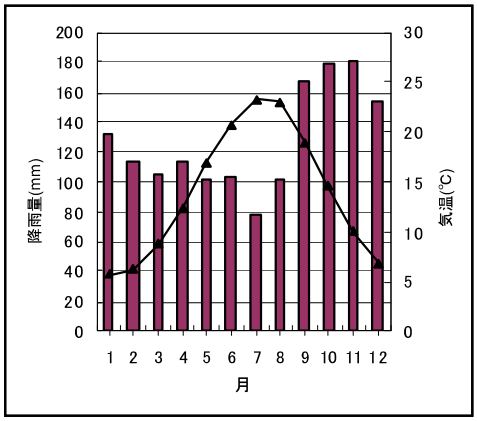


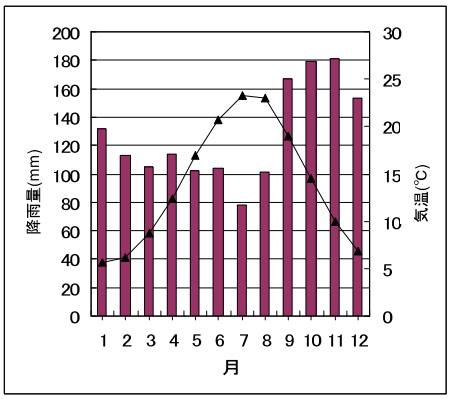
図 2−1−4　平均年間降雨量分布図（出典：クロアチア気象水文局資料）



ザグレブ市



リエカ市



スプリット市

図 2−1−5　月間降雨量と平均気温（出典：クロアチア気象水文局資料）

クロアチアの主要河川の概況は、図 2−1−6 に示すとおりである。ザグレブを含む北東部の平野、丘陵地域を流れる河川の多くは、サバ川、ドナウ川に合流し、黒海に注いでいる。他方、図 2−1−6 には示されていないが、アドリア海沿岸地域では多くの急峻で短い小河川がアドリア海に注いでおり、豪雨時にフラッシュ・フラッドが発生しやすい。

図 2−1−6　クロアチアの主要河川

（出典：国連地図製作部　http://www.un.org/Depts/Cartographic/english/htmain.htm）

(2) 災害の現状と過去の主要災害

ア．地すべり、斜面崩壊

クロアチアの斜面災害は、フリッシュと呼ばれる風化しやすい砂岩・頁岩の互層（写真 2-1-1）での地すべり、斜面崩壊、マール（泥灰岩）と呼ばれる摩擦角の低い粘土を含む石灰岩の軟弱な地層での地すべりや流動型地すべり（アースフローと呼ばれる）によるものが顕著である。さらに、マールの上に堅い礫岩層や農地に適した土礫層が存在する地域では、マールとその上の地層の境界付近にすべり面が形成されることによる地すべりがしばしば発生する。また、石灰岩の山岳・丘陵が連なるアドリア海沿岸地域（写真 2-1-2）では、岩盤崩落・落石が発生する。

地すべり被害の例を、写真 2-1-3、2-1-4 に示す。クロアチア中央政府の防災担当機関である国家保安・救援局では、歴史が浅いため斜面災害を含む過去の災害記録を保有していない。ザグレブ大学鉱業・地質・石油工学部では、地すべりのインベントリを作成中である。

写真 2-1-1 フリッシュ層

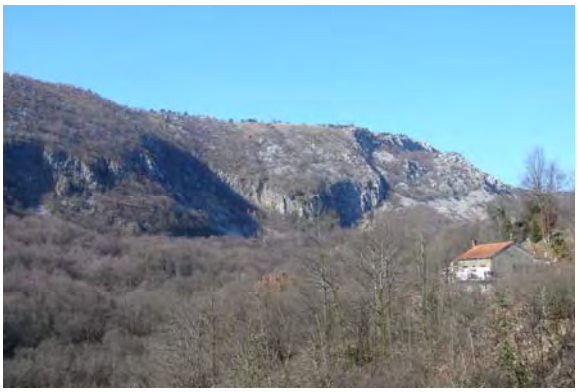


写真 2-1-2 石灰岩の丘陵

写真 2-1-3 ザグレブの地すべりによる建物被害

写真 2-1-4 フリッシュ層での地すべり被害

イ．フラッシュ・フラッド、土石流

クロアチアの洪水・土石流災害は、ザグレブを含む北東部の平野地域における広域の洪水災害と、アドリア海沿岸地域の急峻な渓流域で発生するフラッシュ・フラッドや土石流が顕著である。ザグレブ北部の山岳・丘陵地でもかつてフラッシュ・フラッドの被害があったが、ダムを建設することによって現在では制御されている。

フラッシュ・フラッドや土石流は、局所的な現象であるためにクロアチアではこれまであまり研究されていなかった。しかしながら、発生件数が多いことと、同じ渓流域で繰り返し発生することから、フラッシュ・フラッド、土石流災害の軽減は、特にアドリア海沿岸地域の持続

的な開発、国土保全にとって、極めて重要である。

図 2－1－7 に、石灰岩地域で発生するフラッシュ・フラッドのメカニズムを研究した本プロジェクトのクロアチア側研究代表者であるスプリット大学のボナッチ教授による石灰岩内に発達する地下水脈システムの模式図を示す。石灰岩地域では、この地下水脈によって山岳部に降った雨が低平地に急激に流出することでフラッシュ・フラッドが発生すると考えられている。地すべり、斜面崩壊、土石流災害においても直接的な誘因として地下水が大きく関与しており、山岳・丘陵地での地下水の挙動の解明は、土砂・洪水災害の共通の研究課題である。

既に述べたとおり国家保安・救援局では、フラッシュ・フラッド、土石流等の過去の災害記録は保有していない。

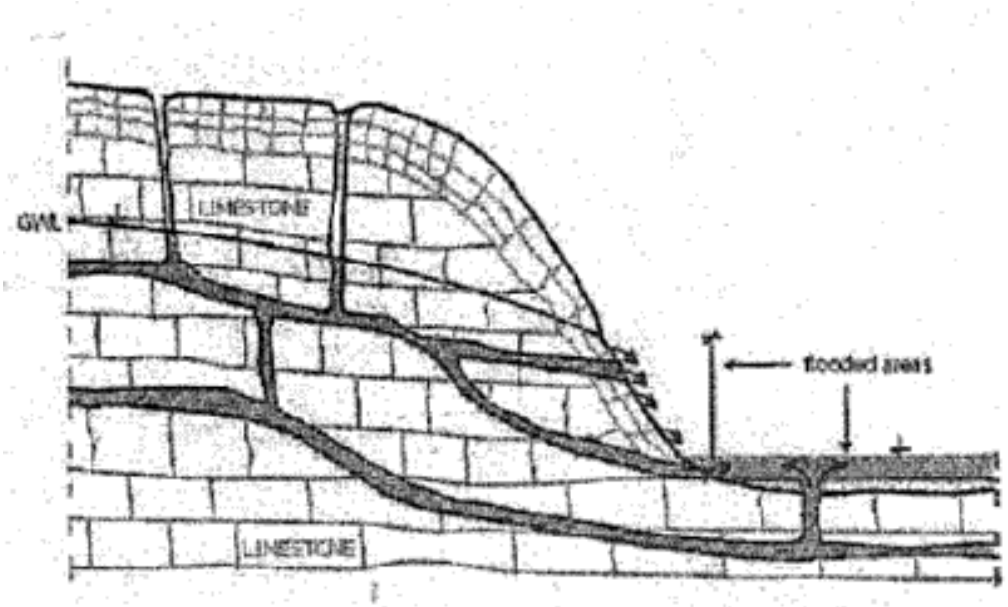


図 2－1－7　石灰岩層内に発達する地下水脈システムの模式図

（出典：クロアチア側研究代表者である Bonacci 教授の論文, 2006）

ウ．地震

クロアチア周辺での地震活動度は図 2－1－8 に示す通りであり、国土の南部、北西部で地震活動が活発であることがわかる。沿岸部の地震は、プレートの境界で発生するものが中心で、他方、内陸部の地震は活断層によるものが中心である。地震は、本プロジェクトで直接取り扱う災害種ではないが、地震を誘因とした地すべり・斜面崩壊については研究対象とする予定である。

歴史的な地震被害は表 2－1－1 のとおり記録が残されている。クロアチアの地震研究は主にザグレブ大学理学部が行っている。

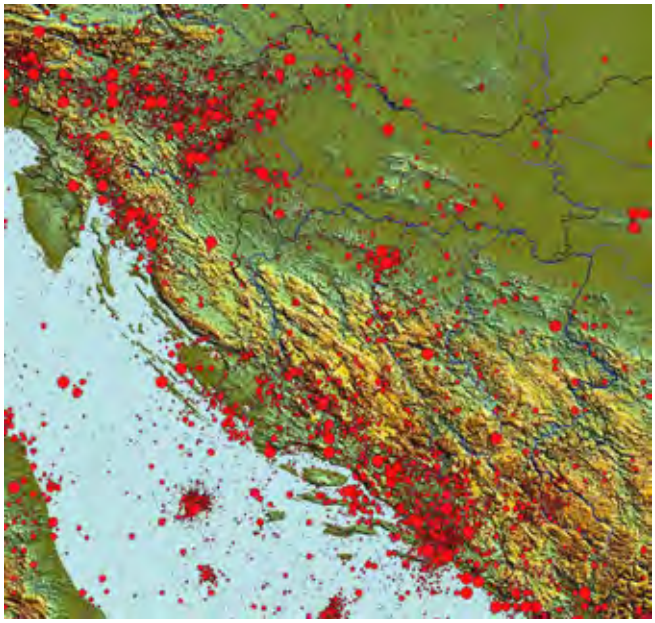


図 2−1−8　クロアチアの地震分布図 B.C.373～A.D.2007（出典：ザグレブ大学理学部資料）

（赤い丸は地震の震央位置を、丸の大きさはマグニチュードを示す）

表 2−1−1　クロアチアの地震災害（出典：National Geographic Data Center）

発生日					発生場所	パラメータ			影響			
						震源深さ	マグニチュード	修正メルカリ震度	死者		被害	
年	月	日	時	分	地名	Km			数	規模	$Mill	規模
1418	4	7			VRANA			10				3
1590	7	25			SENJ			10				3
1590	9	5			ZAGREB; HUNGARYNAGYKANIZSA			10		3		3
1667	4	6			DALMACIJADUBROVNIK (RAGUSA)			10	5000	4		3
1667	4	6			DUBROVNIK			12				4
1750	12	17			RIJEKA			11				3
1750	12	17			RIJEKA (FIUME)			9		3		3
1775	10	13	10		BEDEKOVCINA			10				3
1823	10				DUBROVNIK					3		2
1898	7	2	4	20	CAPARICE,GRAB,KUSUTE			10		2		1
1923	3	15			PODGORA			10				3
1962	1	7	10	3		33	6		4	1		2
1962	1	11	5	5		33	5.8		1	1		2
1964	4	13	8	30		32	6	8	3	1		3
1970	10	5	23	24	KNIN	49	5					2
1996	9	5	20	44	STON, SLANO	10	6	8				3

(死者 規模: 1 = 限定的 (50 人以下) 2 = 中規模 (51～100 人)

3 = 激甚 (101～1000 人) 4 = 極大 (1001 人以上)

(被害 規模: 1 = 限定的 ($1 million 以下) 2 = 中規模 ($1～$5 million)

3 = 激甚 ($5～$24 million) 4 = 極大 ($25 million 以上)

2－2　　災害対策の現状

（1）土砂・洪水災害対策に関する政府の組織体制

災害対策の中核機関である国家保安・救援局は、組織的には他省庁から独立した位置づけであるが、同局の長官は内務大臣に対する報告の義務を負っている。

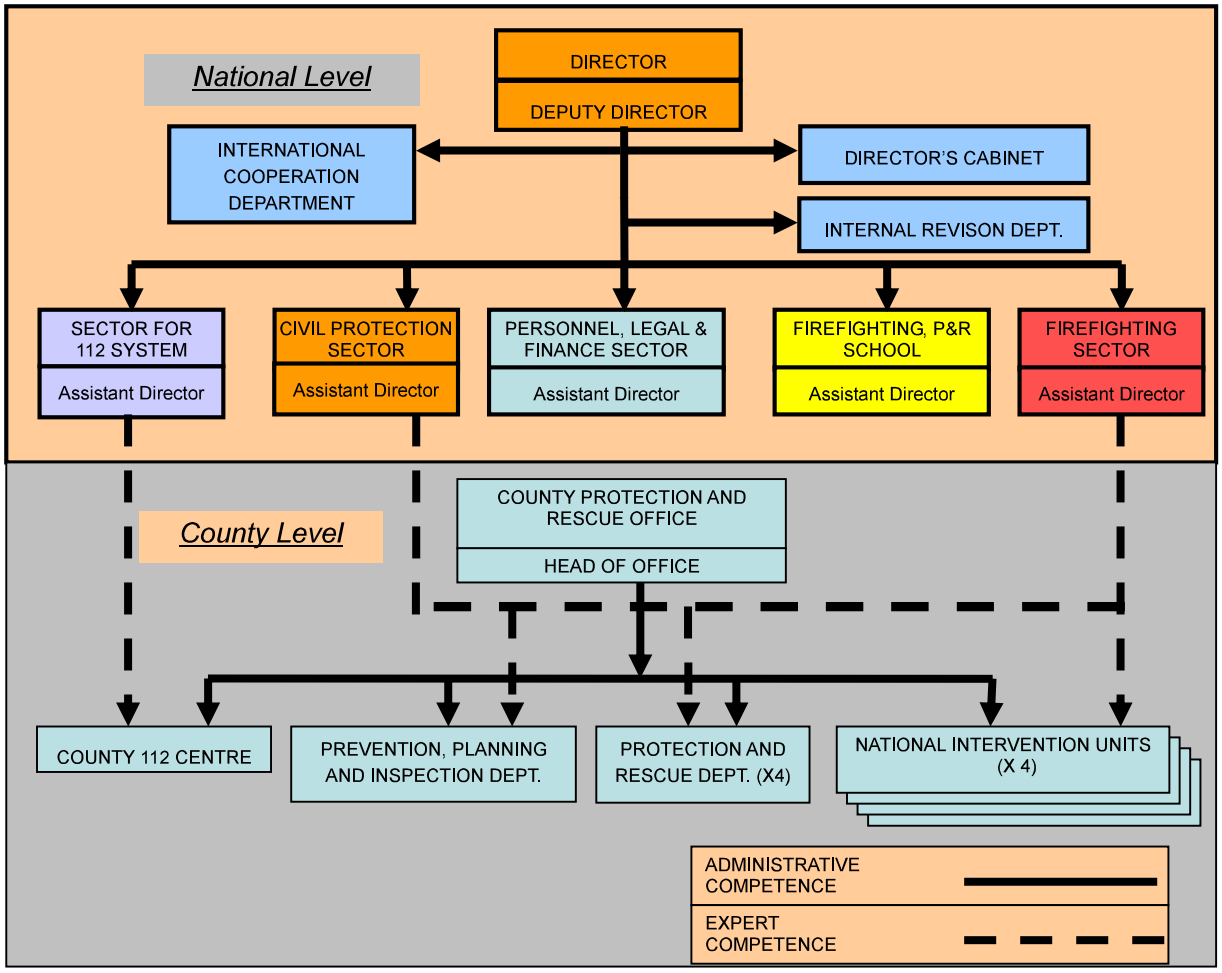


図 2－2－1　国家保安・救援局の組織図

（出典：国家保安・救援局ウェブサイト　http://www.duzs.hr/）

土砂災害に対する組織体制は体系的に整備されていない。洪水対策については、洪水対策の基本となる国家洪水防御計画が、以下を含む事項を規定している。

・通常または非常の洪水対策を開始する基準水位
・洪水対策を実施する責任を負う法人または個人
・洪水防御のために、事前・洪水発生中、事後にとるべき措置
・洪水防御管理者の権限と責任
・情報伝達システム

国家洪水防御計画により、地域開発・森林・水管理省は、以下の役割を果たすことが規定されている。

・国家洪水防御計画に沿った対策実施と責務遂行の監督
・交通大臣との合意に基づく道路、鉄道、河川交通の一時的な規制・禁止の通達
・洪水防御施設の破壊が発生した場合、または差し迫った破壊の危険がある場合においての、国防大臣への軍の協力要請（部隊、物資、機材などの派遣・提供)、または内務大臣への治安維持部隊の協力要請。
・近隣国の関係機関との洪水防御に関する通知・情報共有方法の決定

また、クロアチア水公社は、地域開発・森林・水管理省の下部に位置づけられる水資源管理の実施機関で､洪水対策事業について中核的な役割を担っている｡洪水対策事業は水系単位で、計画する。

郡政府は、洪水に備えた住民や家畜の避難、物的資産の救出、医療・衛生・獣医サービスの提供、水・食料の配給、法人・個人の動員、道路の封鎖等に関する郡内の実施計画を作成し、洪水発生時にはこれを実施する役割を担う。

(2) 気象・水文観測体制とデータの整備状況

クロアチアでは気象水文局が、117 の気象観測局で気温、相対湿度、風速、風向、雨量、雲量、明度を 1 日 3 回計測している。これに加え、336 の雨量観測局で日雨量（24 時間雨量）を観測し、58 の自動気象局で雨量を含む気象パラメータを 10 分毎に自動観測している。また、23 の雨量蓄積局で年間総雨量を記録している。図 2－2－2 に、自動気象局の分布を示す。

河川水位観測については､気象水文局が保有する 47 の観測点と､クロアチア水公社が保有する 52 の観測点で毎日 1 回自動観測が行われている他､気象水文局とクロアチア水公社がそれぞれ 100 箇所以上で手動観測を行っている。

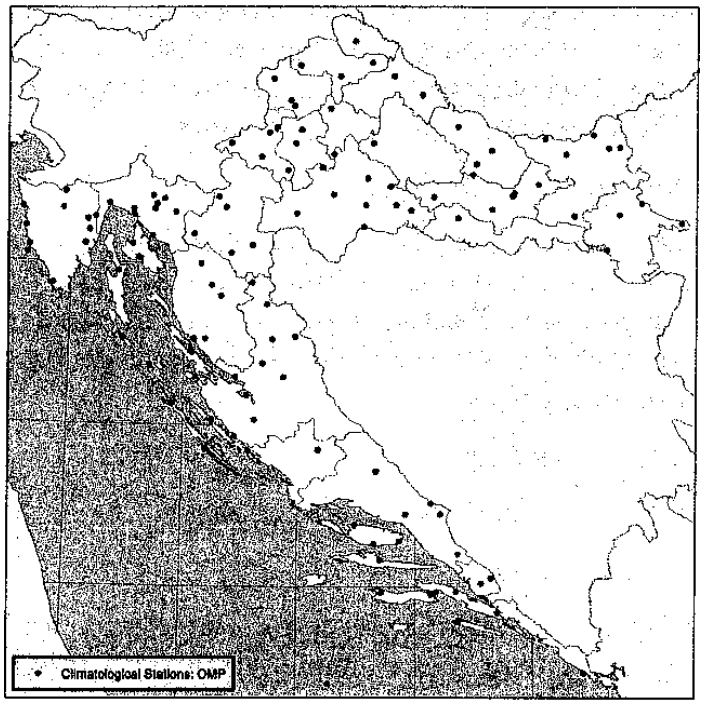


図 2－2－2　クロアチアの自動気象局（出典：気象水文局資料）

表 2－2－1　河川のモニタリング状況

河川	観測局	河川	観測局
DANUBE	Batina	SUTLA	Zelenjak
	Aljmas	KRAPINA	Kupljenovo
	Dalj	KUPA	Radenci
	Vukovar		Kamanje
	Ilok		Karlovac
SAVA	Jesenice		Jamnicka Kiselica
	Zagreb	UNA	Kostajnica
	Crnac	NERETVA	Metkovic
	Jasenovac	NOVCICA	Gospic
	Mackovac	DRAVA	Botovo
	Davor		Terezino Polje
	Slavonski Brod		Donji Miholjac
	Slavonski Samac		Osijek
	Zupanja	MURA	Mursko Sredisce

（出典：気象水文局ウェブサイト）

(3) ハザードマップの整備・活用状況

クロアチアでは、災害種ごとにハザードマップの作成責任機関が異なる。

洪水ハザードマップは、洪水リスクの評価と管理に関する指示文書 2007/60/EC に基づき、クロアチア水公社が主たる作成機関となっており、フラッシュ・フラッドについても同様であるが、フラッシュ・フラッドのハザードマップは作成されていないようである。ハザードマップ作成にかかるガイドラインは作られていない。

斜面災害のハザードマップに関しては、明確な規定がないものの、地方自治体が主に作成責任を負うことになると考えられる。しかし、ほとんど作成されていないのが現状である。ザグレブ市については、科学・教育・スポーツ省傘下にあるクロアチア地質調査所により下図のような地すべりの分布図が作成されている。

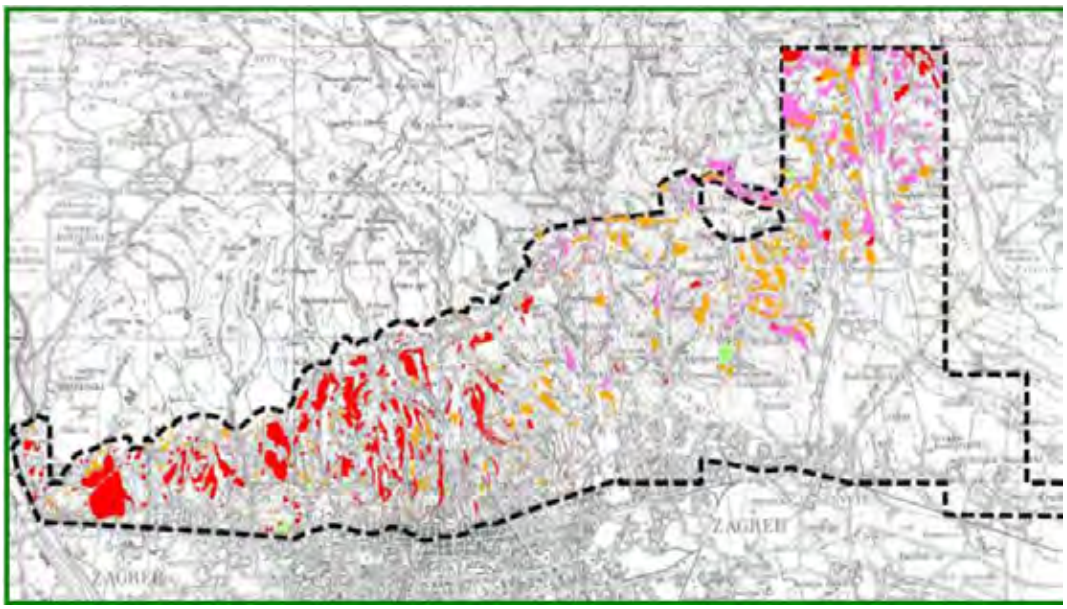


図 2－2－3　ザグレブ市北部丘陵地の地すべり分布図（出典：クロアチア地質調査所資料）

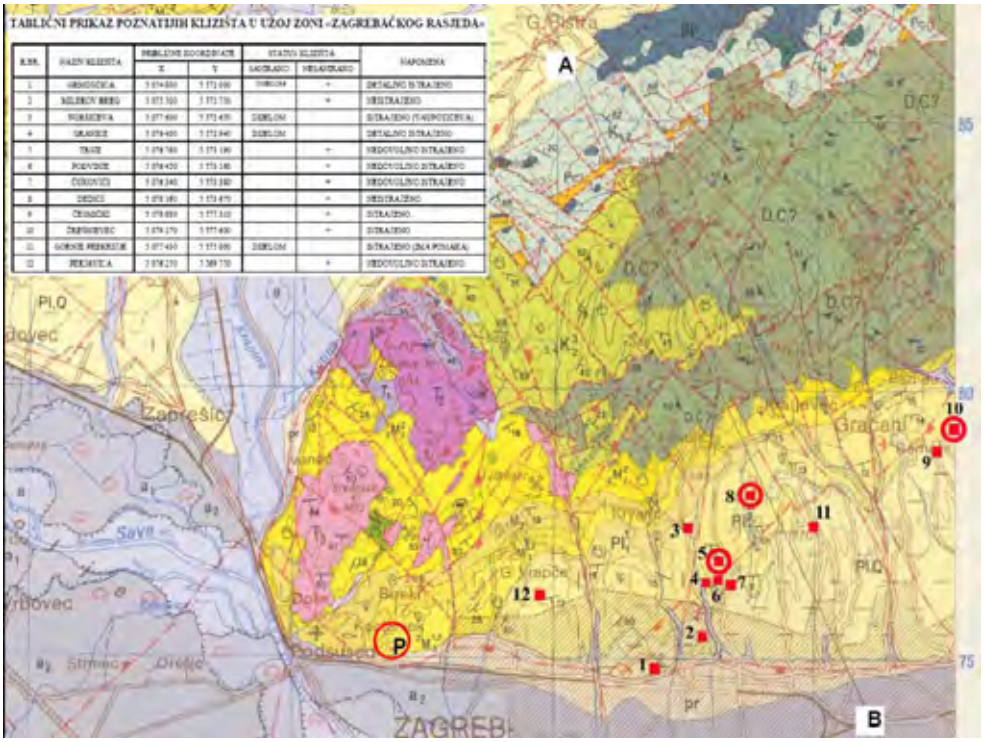


図 2−2−4　ザグレブ市西部の地すべり分布図（出典：ザグレブ市都市計画局資料）

（四角印が地すべりの位置）

地震については、図 2−2−5 のような地震動の期待値分布図が試作されている。期待値は国の南部が特に高くなっている他、ザグレブ市のある北西部でもやや高くなっている。ザグレブでの期待値は、再来周期 475 年で 0.3G である。

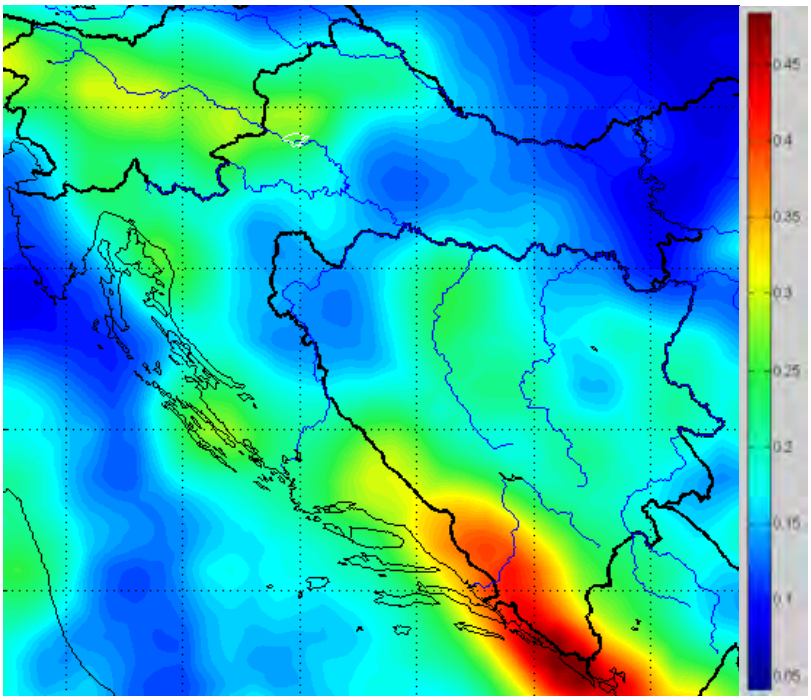


図 2−2−5　再来周期 475 年の地震動期待値（G）（出典：ザグレブ大学理学部資料）

（4）土砂・洪水災害に対する警戒・避難体制

クロアチアでは、自然災害を含む緊急事態について通報・警報センターが設置されており（電話番号 112 番で通報を受け付けていることから、112 緊急通報システムと呼ばれる）、同センターは、通報を受け付けるのみならず、緊急時に警報を発信する役割も持っている。地すべり等の土砂災害を想定した特別の警戒・避難体制は整備されていないが、洪水警戒・避難体制については、以下のとおりである。

気象水文局は、気象観測、気象予報、河川の水位変化予測等を行い、豪雨時には国家保安・救援局と密接な連絡体制を取っている。河川の水位観測は、クロアチア水公社及び気象水文局が行っており、周辺国からも情報を得ている。川の水位が危険水位に達すると、国家保安・救援局など中央・地方の関係行政機関に連絡するとともに、自治体、ラジオ・テレビ等を通じて国民に通報されることになっている。

2－3　土地利用・都市開発計画と開発規制の仕組み

土地利用・都市開発計画は地方自治体に作成責任があり、作成された計画案は環境保護・都市計画・建設省の承認を受けることになっている。環境保護・都市計画・建設省は、承認前の審査を行う際に各分野の観点から関係各省庁の意見を求める。防災分野の観点については、国家保安・救援局に意見を求める。しかし、災害ハザードマップが存在しない、或いは存在しても土地利用・都市開発計画に十分活用されていないため、土地利用・都市開発計画に防災への配慮が適切になされていないのが実情である。

地方自治体は、承認された計画を用いて土地利用・都市開発の規制をおこなうことになるが、土地利用・都市開発計画が防災に十分配慮したものになっていないため、防災の観点からの開発規制はなされていない。

図 2－3－1　ザグレブ市の土地利用図（出典：ザグレブ市都市計画局資料）

2－4　他の援助機関、NGO 等による防災分野協力の現状・実績

クロアチアは比較的所得水準が高いことから、援助機関等による協力は少なく、防災分野については、世界銀行を除いて現状では実施されていない。

世界銀行は、サバ川、ドナウ川流域を対象として、洪水防御施設を含む水資源管理の施設整備事業に融資を行っている。さらに、現在、国家保安・救援局と気象水文局をカウンターパート機関として、「災害リスク軽減・適応プロジェクト」を計画中であり、2009 年内から開始の予定である。内容は、A. 災害対応能力の強化（112 緊急通報システムの強化、国・地方の消防能力の強化、防災意識の向上と災害準備の強化）と、B. 気象観測の強化（気象レーダー観測範囲の拡大強化、気象水文局新庁舎の施設計画）、C. プロジェクト管理の３つの項目からなる。事業計画額は、約 50.65 百万米ドル（うち、世銀融資が 48 百万ドル）である。