

ベトナム社会主義共和国

中部高原水資源管理
情報収集・確認調査

ファイナル・レポート

要約

平成30年4月
(2018年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

ベト事
JR
18-008

ベトナム社会主義共和国

中部高原水資源管理
情報収集・確認調査

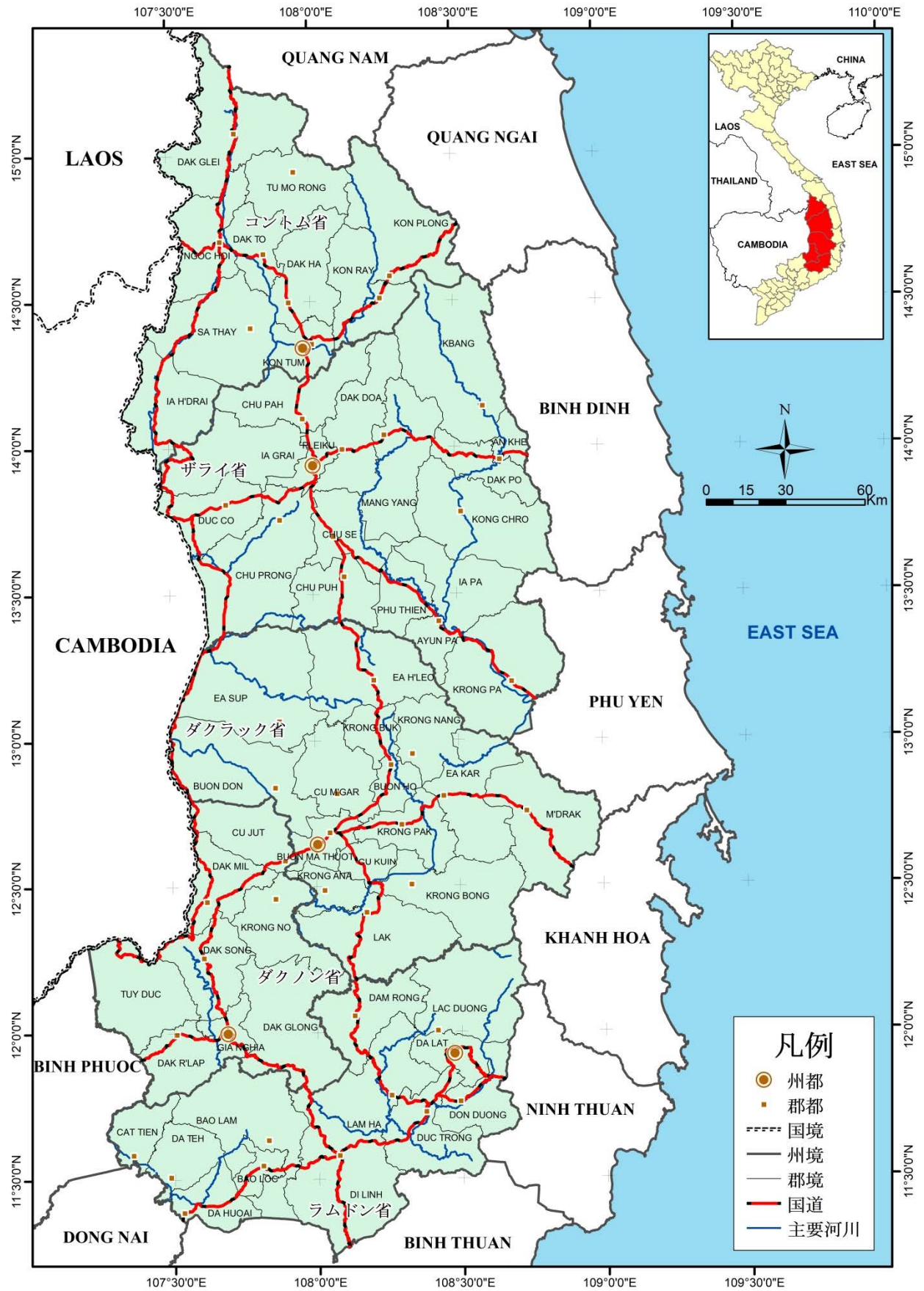
ファイナル・レポート

要約

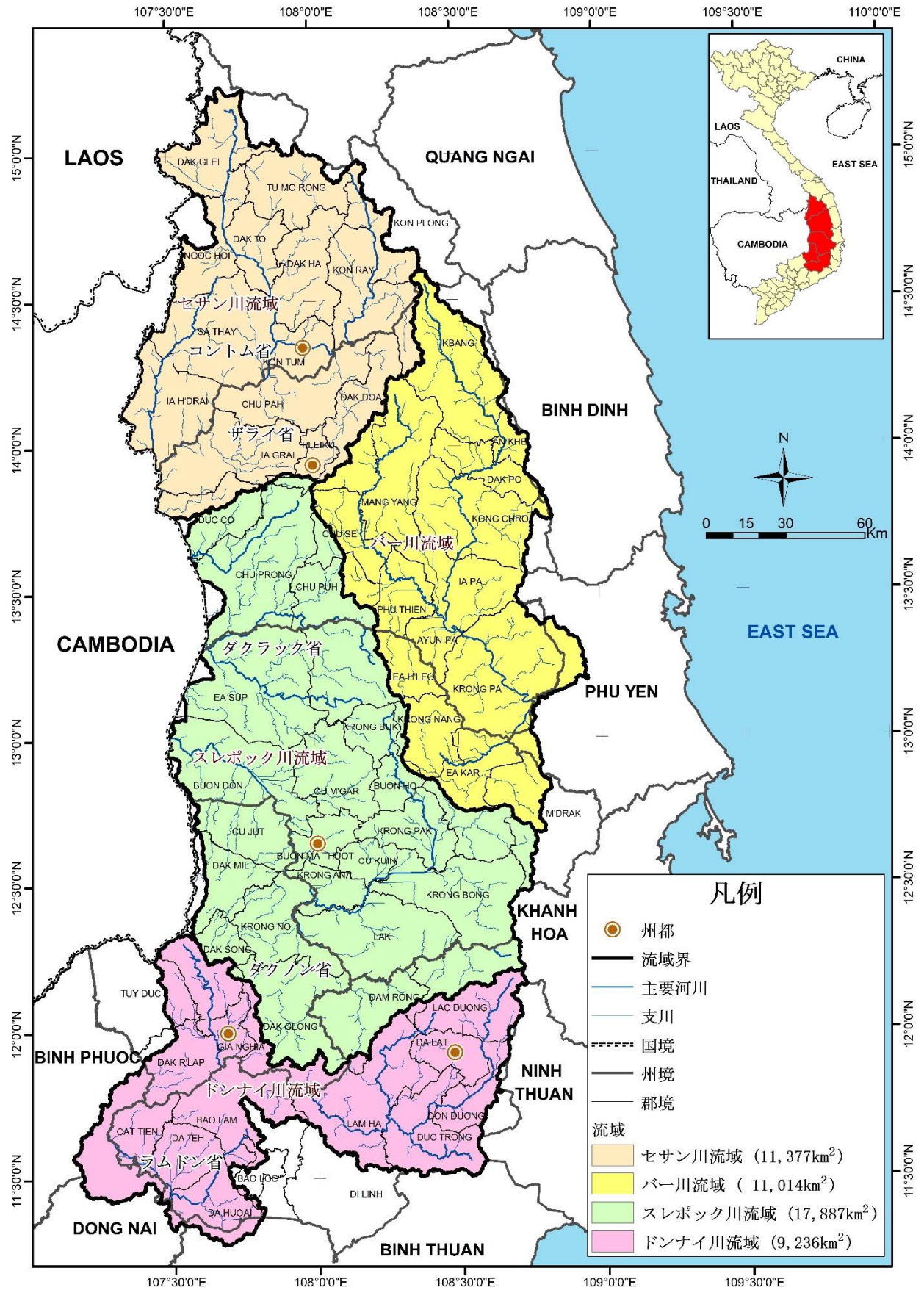
平成30年4月
(2018年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社



ベトナム国中部高原水資源管理情報収集・確認調査 業務対象地域図



ベトナム国中部高原水資源管理情報収集・確認調査 流域図

要 約

1. 背景と目的

エルニーニョに起因する気象条件により、ベトナムの中部高原地域、中部および南部沿岸地域、メコン川デルタ地域は、2015年から2016年末に干ばつと塩水遡上の影響を強く受けた。農業・農村開発省(MARD)が発表したデータによると、中部高原地域と中部および南部沿岸部の農地が被災し、その内4万ヘクタールの水田で収量が減少し、12,000ヘクタールのその他一年生作物と多年生作物が水不足に直面した。水力発電の貯水池とダムの水位は、上記の地域において設計貯水容量の20～50%にまで急減し、中でも中部高原地域では約200の小規模貯水池が干上がった。

緊急事態を受け、ベトナム政府は直ちに食糧援助と水供給を行い、国連機関とMARDは、在ベトナム各国大使館や二国間開発パートナー、国際金融機関に対して4,850万ドル相当の緊急支援を要請した。日本政府はベトナム政府との合意の下、中部高原地域における干ばつ被害を踏まえた中長期的な対策を検討することとなった。これを受け、JICAは、中部高原地域の水資源管理に関するデータ収集調査を実施することを決定し、過去のプロジェクトにおける経験や教訓、地方・農業開発、防災、水資源開発、気候変動などの調査結果を最大限に活用・反映した対策案を検討することとした。

本調査の目的は、中部高原の水資源管理、特に農業用水の管理を行うための現況把握、情報収集、分析である。これらは、MARDや中部高原5省からの要請や、過去のJICAの支援に基づくものであり、本調査結果は、中部高原の中長期的な災害防除の検討に資するものである。

2. ベトナムにおける自然災害、農業開発、地方開発および水資源管理に関する政策

社会経済開発10カ年戦略(SEDS)(2011～2020年)

ベトナム政府は2011年から2020年までの10年間の戦略、すなわち人的資源・技能開発の促進、市場制度の改善、インフラ整備を対象とした、社会経済10カ年開発戦略(SEDS)を策定し、この戦略の実施に向けて、2011年から2015年、2016年から2020年の2期にわたって、社会経済開発5カ年計画(SEDP)を実施している。2011年から2015年のSEDPは、質が高く持続可能な経済成長の達成、少数民族の生活水準の向上、環境保護の強化、気候変動による影響の軽減・防止を図るものであった。しかし同期間中のGDP成長率は鈍化し、財政赤字は予測より大きくなっている。また森林被覆率は、5省全てで目標をはるかに下回り、ダクラック省とダクノン省では大きく減少している。2016年から始まった2期目のSEDPでは、こうした状況を踏まえ、SEDSの目標達成に向けて改革の加速が図られている。

新しい地方開発国家ターゲットプログラム(NTP-NRD)

新しい地方開発のための国家ターゲットプログラムは、生活水準の向上や社会経済インフラ開発、経済改革・生産モデルの刷新など、新しい農村地域の構築を図るもので、農業開発と近代化の双方を取り込み、伝統的・文化的独自性を維持した上で、民主的、公平かつ安定した農村社会の創造を目指している。このプログラムでは、地元ニーズを踏まえ、道路や電気、安全な水、学校・医療施設などの基礎的インフラを整備し、2020年までに少なくとも全国全てのコミュニティの5割において「新しい農村コミュニティ」の条件が満たされることを目指している。さらに、各地方省で新しい農村郡の条件を満たす郡を少なくとも1つ設立することが求められている。中部高原地域では、2016年時点で、この条件を満たすコミュニティと郡の数は、それぞれ123と1であった。

農業地方開発戦略(2011～2020年)

農業地方開発戦略では、i) 近代化に向けた包括的な農業開発の推進、ii) 新たな地方インフラの整備、農業と他セクターとの連携促進、安定した地方経済の確保、生態系環境の保護、農村地域における政治体制の強化、iii) 生活水準の向上、困難な地域における迅速かつ持続的な変化の創造、訓練された生産農家の育成を上位目標として掲げている。同戦略の実施第2期目(2016～2020年)では、総合的、近代的、持続的、大規模な商品生産に向けた農業開発、産業化・都市化と連動した地方開発、地方における収入増加と基礎的生活条件の整備、環境保護、等を目指している。中部高原地域については、

i) 高品質な多年生作物の大規模展開、一年生作物の付加価値を高めるための加工産業の育成、国際標準の卸売市場の設立、ii) 国内需要を満たす高品質家畜の開発、iii) 保護林と特別利用林の保護、特用林産物の開発、養殖の振興、伝統的手工芸村の開発、iv) 少数民族の貧困撲滅を掲げている。

2020年までの水資源に関する国家戦略

水資源国家戦略は、i) 国家水資源の保護、効率的利用、持続可能な開発、ii) 水害予防、緩和、最小化のための施策の推進、iii) 多分野を対象とした経済の創造、iv) ベトナムと水資源を共有する国々の利害調整による効率的な協調、を大枠の目標としている。同戦略では、中部高原地域について水質汚染やドンナイ川の過剰取水等、水資源開発と洪水防御にかかる諸問題を挙げている。

2020年までの自然災害予防・対応・緩和にかかる国家戦略

同国家戦略は、i) 災害予警報の能力強化、ii) 災害予防・対応・緩和計画と開発計画との統合、iii) 災害常襲地域の現場スタッフと7割以上の住民を対象とした、災害予防・対応・緩和にかかる能力強化、iv) 災害常襲地域から安全な地域への移転、v) インフラと人的資源開発のための設備整備のための適正な投資、vi) 嵐からの船舶避難所の設置、vii) 沖合漁業船の通信設備設置、等を目的としている。中部高原に関しては、a) 鉄砲水や土砂崩れなどに脆弱な地域の特定と地図上の図示、b) 土地利用、宅地、退避、作付け、天然資源採取にかかる計画の策定、c) コミュニケーション・レベルでの警報通信システムの開発、d) 土砂崩れ・鉄砲水の防止、洪水排水能力拡大、洪水・干ばつ管理のためのインフラ整備と改善、e) 災害予警報・捜索・救援にかかる近隣諸国との協力強化、等の分野で積極的な取り組みを提言している。

3. 中部高原地域および自然災害における5省の現状

気象条件

中部高原地域は、温帯に属する山岳地帯を除き熱帯気候帯にある。ベトナムの他地域とは異なり、この地域は4つの異なる季節を持つ。5省の気候条件は次の通りである。

表 S.1 中部高原地域5省の気象条件

省	気温(°C)		年雨量(mm)	風速(m/秒)		湿度(%)		日照時間(時間)	
	最小~最大	(平均)		最小~最大	(平均)	最小~最大	(平均)	最小~最大	(平均)
コントム	19.1 - 24.6	(22.5)	1,816	0.49 - 1.07	(0.77)	71.34 - 89.62	(80.99)	111 - 269	(191)
ザライ	22.7 - 28.4	(26.0)	1,606	0.90 - 1.89	(1.43)	70.81 - 85.58	(78.93)	147 - 268	(203)
ダクラック	21.2 - 26.2	(23.8)	1,843	1.55 - 4.46	(2.65)	71.75 - 88.82	(81.59)	152 - 271	(206)
ダクノン	19.9 - 24.7	(22.6)	1,687	1.19 - 2.33	(1.76)	74.63 - 87.83	(82.80)	132 - 218	(176)
ラムドン	16.1 - 19.8	(18.3)	1,860	1.30 - 3.00	(1.96)	76.85 - 89.56	(84.56)	129 - 242	(181)

注：上表の値は各省の数か所の観測所の値

出典：HMS/MONREによる観測データより調査団作成

2015年にベトナムの気象・水文・気候変動研究所が行った、最新の気候変動シナリオの更新結果によれば、21世紀末の平均気温は、温室効果ガス排出量が中程度のシナリオでは2015年から1.7~2.4°C、高いシナリオでは、4°C上昇すると推定されている。雨期降水量の増加、乾期降水量の減少、年間降雨量の5~15%の増加、降雨強度の増大を推定している。

自然条件

中部高原地域は、山地は標高500mから2,400m、溪谷を含む低地と平野は標高140mから500mの高原からなり、東の高地から西の低地へ緩やかに傾斜している。土壌は、農林業に適した3種類(赤黄色土、褐色森林土壌と多腐植質風化土)が分布している。この地域は、コントム、スレポック、ダラット・ベルトで構成されたベトナム南部の最も古い地質帯に位置し、インドシナ・ブロックの、Truong Sonの原生生物帯の大規模構造に属している。地下岩および表層岩は、それぞれ古生代から原生代と初期~中期古生代である。

中部高原地域の帯水層は、多孔質帯水層と亀裂帯水層の2つのグループに分類される。多孔質帯水層群は、i) 完新世の堆積物中の帯水層、ii) 更新世の堆積物中の帯水層、iii) 新第三系堆積物中の帯水層からなる。亀裂群は、i) 中期更新世の玄武岩の帯水層、ii) 鮮新世~更新世玄武岩の帯水層、上白亜紀堆積物中の帯水層、iv) 中部ジュラ紀下部堆積物の帯水層、v) 新生代大陸変成層の帯水層で

構成される。その内、更新世および鮮新世～更新世の玄武岩は、その分布、厚さ、高可用性および性質の点で、最も生産性が高く重要な帯水層である。

河川流域

中部高原地域は、主にセサン川、バー川、スレポック川、ドンナイ川の4つの河川流域に分けられる。これらの河川流域の概要は次の通りである。

表 S.2 中部高原地域の4河川流域の概要

河川流域	流域面積 (km ²) ¹	標高(m)	比流量 (m ³ /秒/100 km ²)		観測最大流量 (m ³ /秒)	観測所名
			年平均	6ヵ月保障流量 ²		
セサン	11,377	129 - 2,390	2.1 - 3.3	2.1	3,500 (2009)	Kon Tum
バー	10,779	86 - 1,745	0.8 - 1.5	1.0	1,620 (2016)	An Khe
スレポック	17,887	140 - 2,409	0.8 - 2.5	1.8	3,220 (2000)	Ban Don
ドンナイ	9,236	92 - 2,280	2.1 - 2.6	2.6	147 (2006)	Dak Nong

注：1: 流域面積は中部高原地域内の値。2: 1“50%保障流量”=年間180日以上の流量。
出典：HMS/MONREの観測値に基づき調査団作成

人口統計的特徴

中部高原地域の5つの省の人口と行政単位は次のように要約される。

表 S.3 中部高原地域の各省の行政と人口 (2016年)

項目	単位	コントム	ザライ	ダクラック	ダクノン	ラムドン
地理的面積	km ²	9,674	15,511	13,030	6,509	9,783
2016年現在の人口	人	507,818	1,417,259	1,874,459	609,595	1,285,943
農村人口の割合	%	64.4	70.1	75.6	84.8	60.8
人口密度	人/km ²	52	91	143	94	131
行政組織(市町郡)	数	10	17	15	8	12
市	-	1	1	1	0	2
町	-	0	2	1	1	0
郡	-	9	14	13	7	10
コミューン	数	102	222	184	71	147

出典：省年間統計資料2016

中部高原地域の全人口の36.4%は少数民族によって占められ、5省の内、特にコントム省でその割合が54.9%と大きい。5省平均の貧困率は15.3%であるが、コントム省では23.0%と最も劣悪な状態となっている。国内の他地方省から、中部高原地域へ多くの移住者が確認されており、コントム省とダクノン省の農村地域への移住が特に顕著である。その他3省では、省内での移動が大部分を占める。

土地利用

中部高原地域における現在の土地利用は、下表要約のとおりである。5省全てにおいて、耕作面積と宅地面積が増加する一方で、森林面積が減少している。ザライ省とダクラック省では、2012年から2016年の間に総森林面積のおよそ20%が減少している。

表 S.4 中部高原地域5省の土地利用状況

区分	コントム		ザライ		ダクラック		ダクノン		ラムドン		計	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
一年生作物	1,355	14.0	3,322	21.4	2,099	16.0	975	14.9	198	2.0	7,950	14.5
多年生作物	789	8.1	1,874	12.1	1,066	8.1	1,112	17.0	1,314	13.4	6,155	11.2
居住地域	148	1.5	485	3.1	3,389	25.8	276	4.2	235	2.4	4,533	8.3
森林	6,639	68.5	7,996	51.4	4,343	33.0	3,997	61.3	5,208	53.1	28,182	51.5
水面	6	0.1	215	1.4	580	4.4	54	0.8	38	0.4	892	1.6
その他	760	7.8	1,658	10.7	1,682	12.8	108	1.7	2,815	28.7	7,023	12.8
合計	9,698	100.0	15,549	100.0	13,158	100.0	6,522	100.0	9,808	100.0	54,735	100.0

出典: MONRE

農業分野

中部高原地域全体で栽培されている、代表的な多年生作物はコーヒーとゴムである。2012年から2016年の状況を見ると、コーヒー作付面積はダクノン省を除く4省で継続的もしくはわずかに増加し、生産量はザライ、ダクノン、ラムドン省で増加している。コーヒーの単位収量は約2.3トン/haである。ザライ、ダクラック、ダクノン省では、コショウ栽培の面積・生産量が飛躍的に増大している。輸出産品を見ると、コントム、ザライ、ダクラック省がゴムを輸出し、全5省でコーヒーを輸出している。この内、ダクラック省の輸出

量が最も多く、2016年時点で209,578トンに達している。コントム省は加工木材を多く輸出し、ラムドン省は花卉を輸出している。

一年生作物では、コメ、トウモロコシ、キャッサバの栽培が普及し、全5省で年二回収穫している。コントム、ダクノン、ラムドン省ではコメ生産は二期作とも同じ作付面積であるが、ザライとダクラック省では、コメの夏秋作の作付け面積が継続的に増加する一方、冬春作のコメの作付面積、生産量ともに減少傾向にある。近年ダクラックとダクノン省では、サツマイモの作付面積、生産量が増加し、ザライとダクラック省では、輸出産品として重要視されているキャッサバの栽培が増加している。

一方多年生作物は、5省で作付け、収穫の時期が異なる。通常、作付けは雨期(5月~8月)の間に行われ、収穫は乾期に行われる。しかしラムドン省では、作付けと収穫が継続的に行われており、他省とは異なる栽培が見られる。

5省は、干ばつ被害を軽減するため、短期間で成長し、耐乾性の高い一年生作物品種を導入するように農家に勧告している。多年生作物に関しては、各省は節水灌漑を適用すること、果樹を植えること、地表を植生で覆って蒸発を減らすことを推奨している。干ばつ被害を軽減するため、乾燥地域への作付けを抑制することも推奨される。

一年生作物に比べ、多年生作物は収益性が高いため、より多くの利益を得るために、農民は徐々に一年生作物から多年生作物への転換を図りつつある。しかし多年生作物栽培は、灌漑施設等の初期投資が必要なため、転換できる農家は限られている。

5省のうち、ダクラック省とダクノン省では世帯収入の多くを、農林水産業を主とする第一次産業に依存している。これは全国的な傾向とは大きく異なり、ダクノン省では一人当たりの月収1,988,000ドンの内、59.1%を第一次産業が占めている。一方、5省の中では地域GDPが最も低いコントム省では、やせた土壌と低い農業生産性などから、第一次産業が占める割合は最も小さい。

コントム省では、農産品の約75%が省内で消費されているが、その他の省では、農産品の半分が省内消費と域内市場で取引され、残る半分が中部高原地域外の市場へ出荷されている。農産品の取引額とその割合は、ダクラック省で相対的に大きい。同省では省内消費や域内市場における取引が多い。ラムドン省は第二次産業・第三次産業が活発で、加工業や製造業、卸売・小売り、自動車産業、輸送業、保管業、宿泊業、飲食業が多い。

インフラ開発(灌漑・洪水防御)

1) 現状

2016年時点で、中部高原5省には751の省管轄の灌漑地区(152,244ha)、1,389の郡管理の灌漑地区(74,970ha)がある。平均灌漑面積は、省管轄地区で1地区あたり20ha、郡管轄地区で54haである。中部高原地域の作付率は省管轄地区が191%、郡管轄地区が189%となっており、全国平均(省・郡管轄地区ともに174%)を上回る。ダクラック省を除く4省の、灌漑開発可能面積に対する灌漑開発率は平均86%であり、これは全国平均(69%)に比して高い。季節ごとの作付率は灌漑地区や省によって異なり、乾期の作付率は、省および郡管轄地区でそれぞれ84%、93%である。洪水対策インフラは地域全体で9事業が計画され、一部が実施中である。中部高原地域における洪水対策として堤防建設は一般的ではなく、74箇所ある既存貯水池の内、13箇所の貯水池が洪水調整機能を有している。

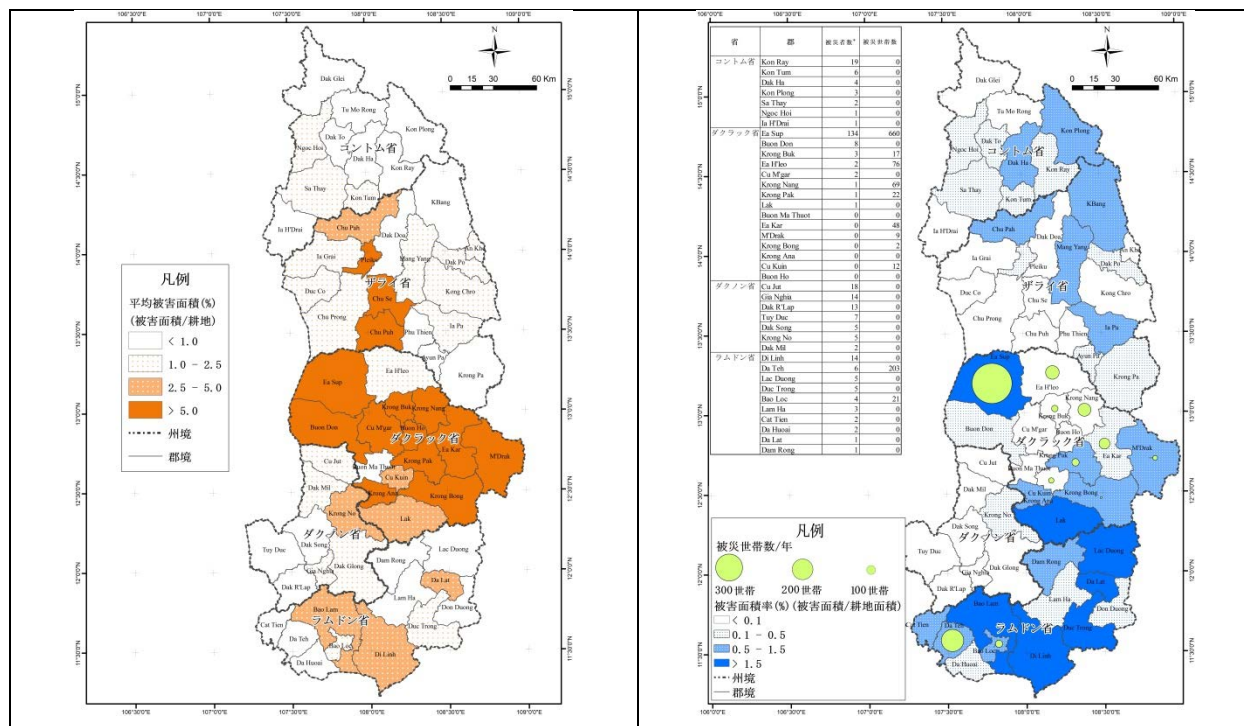
2) 維持管理(O&M)

中部高原地域では、省が管轄する大規模な灌漑地区の管理は、灌漑管理公社(IMC)が行い、郡管轄の小規模な灌漑地区は全5省で郡人民委員会(DPC)が行っている。ザライ、ダクラック、ダクノン省では、協同組合も灌漑地区の一部を管理している。施設維持管理者の数、管理範囲、維持管理・修繕コストは灌漑地区によって様々である。省管轄地区における管理者1人あたりの平均的な管理面積は156.0ha/人であり、郡管轄地区では105.3ha/人である。管理者の給料を含む年間の維持管理費は、省管轄地区で1,400,000ドン/ha、郡管轄地区で1,100,000ドン/haである。これらの管理要員と施設維持管理費は、灌漑施設の適正な維持管理の実施に充分とは言えない。

5 省では、5,452ha の灌漑システムで 105 の水利組合 (WUG) が組織されている。運営管理が WUG に委任されている割合は、省・郡管轄地区合計面積の 2.8% 程度と限定的である。灌漑地区は 5 省の農村地域に広く分散しており、人的資源の限られた地元政府による適切な維持管理は容易ではなく、灌漑施設の劣化や灌漑水の過剰消費が見られる。灌漑施設の持続的な利用には、維持管理活動への農民の参加が不可欠であり、住民参加型の灌漑管理 (PIM) 促進が必要である。

水資源自然災害と 2015/2016 年干ばつによる影響

ベトナムは毎年、さまざまな種類の自然災害に被災している。暴風雨や洪水が最も頻繁に起きる中で、干ばつは頻度は低いものの被害は最も大きい。過去 26 年間 (1991 年～2016 年) に 5 回の干ばつが発生し、合計 740 万ドルの被害額が発生し、その内 2015 年末の最大損害賠償額は 675 万ドルであった。中部高原地域では、干ばつと洪水の発生頻度が高い。1991 年以降で最大の渇水は 2004/2005 年に発生した。最大降雨量は 1999 年に発生し、その際にはスレポック川の Ban Don 観測所で 1,110m³/秒の洪水ピーク流量が記録された。干ばつはこの地域に最も深刻な被害を与える自然災害であり、統計データによれば干ばつの被災面積は年々増大している。洪水による被害も深刻であるが、被災地域は限定的である。2010 年から 2016 年までの干ばつおよび洪水被害の年間平均を下図に示す。



出典：調査団

図 S.1 中部高原地域の災害地図 (2010 年～2016 年の平均)
(左;干ばつ、右:洪水)

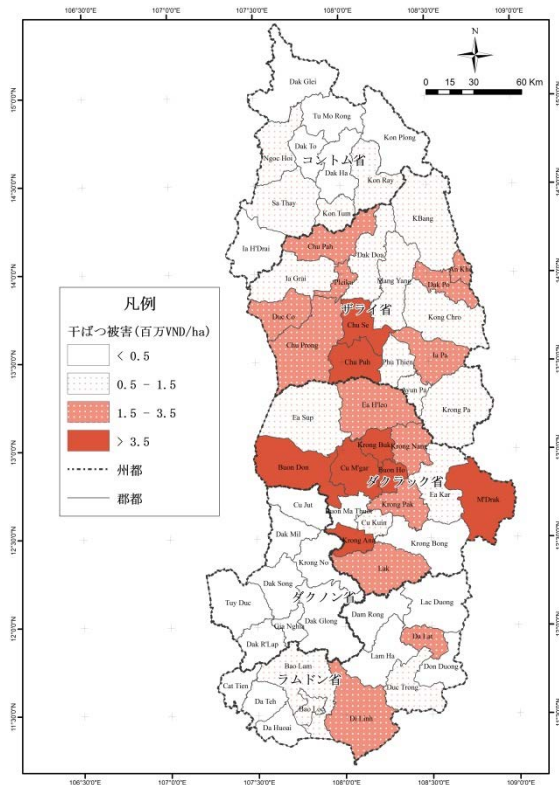
2014 年の夏から 2016 年の春にかけての長期的な干ばつは、中部高原地域の数千ヘクタールの農地に被害を与えた。さらに多年生作物への影響は、ザライ省を除いて一年生作物よりも深刻であった。多年生および一年生作物の被災地域、1 ヘクタール当たりの干ばつの損害額は以下のとおりである。

表 S.5 中部高原地域における 2015/16 年干ばつの耕作地被害

作物種	単位	中部高原地域全体	コントム	ザライ	ダクラック	ダクノン	ラムドン
多年生作物	ha	140,630	2,533	12,748	76,755	18,126	30,469
	% ¹⁾	13.7	2.7	5.8	25.8	9.6	13.4
一年生作物	ha	38,575	1,661	17,808	17,867	399	840
	%	4.4	2.2	7.4	5.6	0.4	0.7
合計	ha	179,206	4,194	30,556	94,622	18,525	31,309
	%	9.4	2.5	6.7	15.3	6.2	8.8

注：1) 全耕作面積のうち被災した耕地面積の割合

出典：各省統計資料



出典：調査団

図 5.2 中部高原地域の耕作面積(ha)当たりの干ばつ被害額の分布 (2015/16年)

中部高原地域の自然災害は、現在の土地利用、農業、社会経済的条件、気候変動の影響を受けている。地域の土地利用は最近 5 年間で変化し、宅地と農地(一年生作物および多年生作物の両方)が増加し、それに応じて森林面積が減少している。コントム省、ダクノン省への移入率が高く、居住地や農地が増大している。これらの傾向は、表面流出を増加させ、地下水涵養量を減少させる。国家研究計画 KC08-05 の評価によると、中部高原地域における地下水賦存量は約 54 億 m³/日である。2001 年と 2010 年を比較すると、地域の地下水消費量が増大し、特にコントム、ザライ省の農村部が増加している。農村部におけるインフラ整備や維持管理が不十分であるため、洪水時には孤立し、干ばつ時には上水不足が生じ、災害被害がさらに深刻化している。

自然災害防止と管理のための運営委員会は、中部高原の省、郡レベルで組織されている。省レベルでは、DARD、DONRE、DOT、DOC、DOH、DOLISA、DPI、DOF、その他関連する組織の議長から委員に 122 名が任命されている。一方、郡レベルでは 1,400 人以上の委員が任命されている。各レベルの委員は防災および復旧作業の準備、実施を担当している。

委員会の活動は、各省の予算配分に応じて異なるが、限られた予算、灌漑施設の劣化、災害の早期警戒施設の欠如など、5 省は共通の問題を抱えている。

SEDP2011-2015 に従って、各省はセクター毎に優先プロジェクトに推奨された独自のインフラ整備計画を策定している。ザライ、ダクノン及びラムドン省において、灌漑インフラ整備事業により開発された灌漑地区数及び灌漑面積は、ともに計画をはるかに下回っている。コントム省では灌漑インフラ整備計画を達成した。ダクラック省は全セクターで計画を概ね達成した。中部高原 5 省はすべて、インフラ整備事業を経済成長の牽引力みなしていたが、計画を達成したダクラック省でさえ省総生産(GDPD)は計画通りに成長せず、同事業の経済活動への貢献は十分とは言えない。

このように 5 省は、灌漑、水供給、洪水防御、道路、産業、電気などに関する開発事業の実施を通じて、人々の生活水準を向上させるため優先的に実施を実施している。しかし優先事業の多くは、水資源管理と防災に関する整備計画を完全には反映していない。各省のすべての郡が対象となっているが、郡ごとの事業数と事業費用は省ごとに異なっている。ダクラックやラムドン省のように深刻な洪水被害を受けた地域であっても、洪水防御に資する事業の予算は、中部高原地域の総投資額の 1%未満である。ダクラック省は 5 省のなかで灌漑開発を実施する必要性が最も高いが、2020 年までに必要とされる事業を計画していない。ラムドン省は、最も野心的な灌漑開発計画を策定したが、現在の予算よりも多くの資金が必要である。

結論として、中部高原 5 省のインフラ整備計画は、現況、特に灌漑開発の必要性に十分に対応しておらず、開発の方向性を検討する必要がある。

4. 中部高原 5 省の水資源・水利用の評価

水収支解析の概要

中部高原地域の 5 省を対象に、水資源の利用可能量と水需要を評価し、地域の水不足状況を明らかにするため、水収支解析を実施した。本調査では、i) 2015 年から 2016 年までの干ばつ、ii) 渇水年、iii) 豊水年の 3 つのケースを評価した。2015/16 年の干ばつケースの水収支解析を行い、水需要に対する供給可能量を分析し、干ばつ被害状況を評価した。さらに渇水年と豊水年の水収支解析を行い、2015/16 年の水需要(近年最大需要量)を想定し、今後の気候変動に対する水収支解析を行い、水資源管理の方向性を検討した。

中部高原地域の水収支解析を実施し、中部高原地域全体で水不足に対し脆弱であることが判明した。表流水解析は SWAT モデルを、地下水解析は調査団が作成したダルシー則を用いた地下水モデル (GW モデル) を適用した。水需要については、灌漑用水、上水、工水、畜産用水、水産用水を考慮し、作物要水量は CROPWAT 8.0 モデルを用いて推定した。水収支解析モデルは WEAP モデルを用いて評価した。解析対象年は 2015/16 年、渇水年、豊水年の 3 年である。

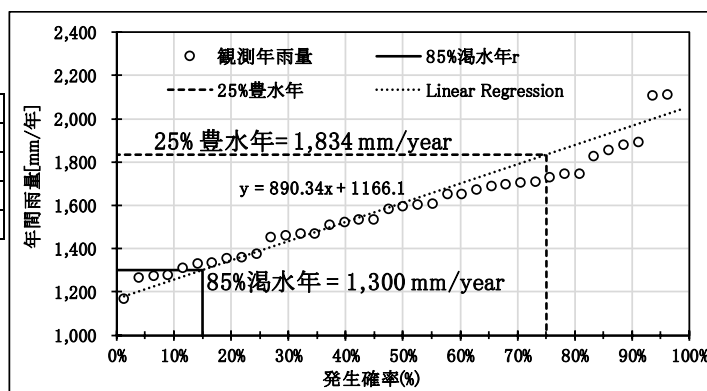
渇水年と豊水年の定義

4 流域の代表観測所の長期間 (39 年間) の年降水量記録を用いて、ベトナムで通常用いられている 85% 発生確率の渇水年と 25% 発生確率の豊水年を算定した。下表は中部高原地域の各 4 流域で観測された雨量から算定した、85% 渇水年と 25% 豊水年に当たる年である。

表 S.6 各流域の渇水年と豊水年

流域	渇水年(85%)	豊水年(25%)
セサン川	2015 May - 2016 April	2005 May to 2006 April
バー川	1994 May - 1995 April	1986 May to 1987 April
スレポック川	2012 May - 2013 April	1988 May to 1989 April
ドンナイ川	2011 May - 2012 April	2015 May - 2016 April

出典：調査団

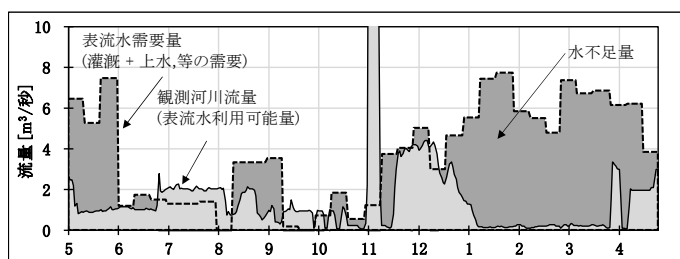


出典：調査団

図 S.3 渇水年と豊水年の定義

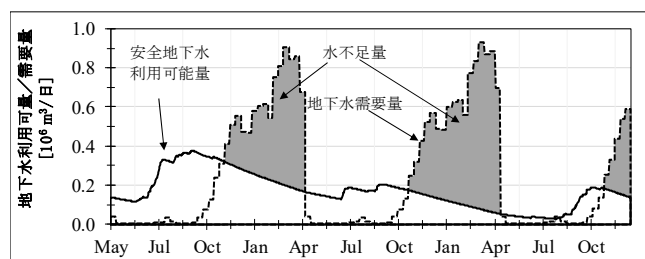
水資源量の概念

下図(左)は、表流水の利用可能量を模式的に示したものである。表流水の需要が河川流量を上回った場合に、水不足が生じる。同様に下図(右)は、地下水の安全利用可能量を模式的に示したものである。帯水層の特性、地下水利用の状況、地下水管理の必要性を考慮し、地下水の安全利用可能量を定義する際に安全率 50%を適用している。地下水利用の需要量が地下水の安全利用可能量を上回った場合、地下水の水不足が生じることになる。本調査では、下図に示すように、地下水流入量と地下水流出量の平均値を地下水の利用可能量と定義することとした。



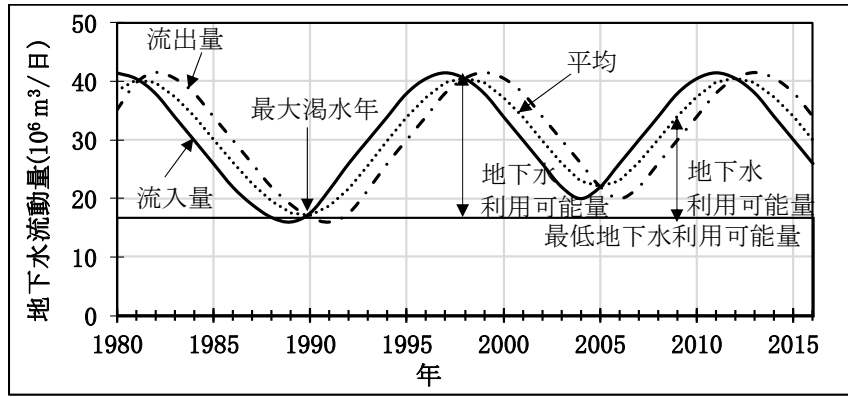
出典：調査団

図 S.4 表流水利用可能量の概念図



出典：調査団

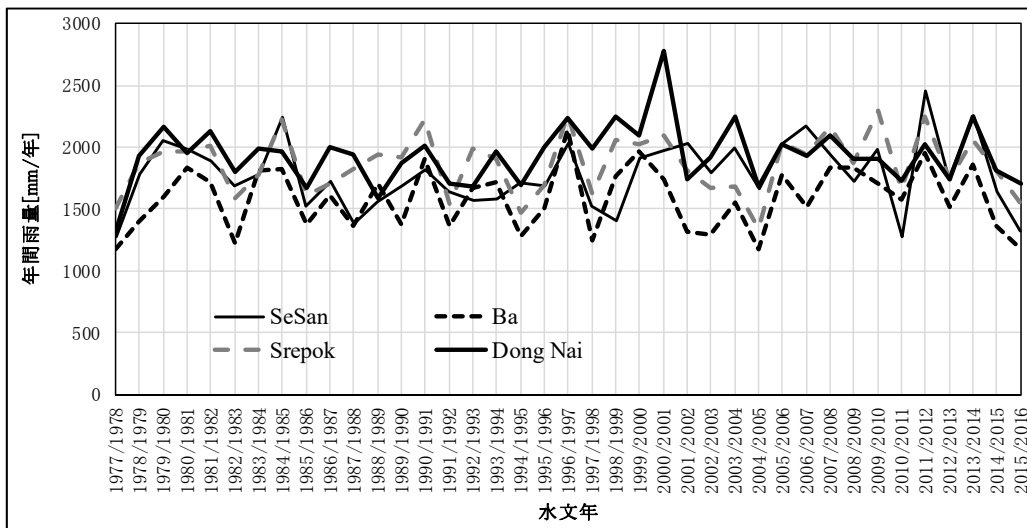
図 S.5 地下水安全利用可能量の概念図



出典：調査団

図 S.6 本調査の地下水利用可能量の定義

中部高原地域の長期水資源利用可能量を、対象地域の全雨量観測所の雨量データに基づき推定した。4 流域において、ティーセン法を適用して、各流域の流域平均年雨量を算定した。中部高原地域の長期平均水資源利用可能量は、バー川流域の 1,584mm/年からドンナイ川流域の 1,934mm/年と推定された。流域平均年雨量の観測データによれば、4～5 年周期で洪水年と渇水年を繰り返している。一般的には、1977 年からの 4 流域の年雨量は増加傾向にある。しかしながら、全流域にはそれぞれ大きな時間的変動がある。全 4 流域の変動係数¹は 13%以上であり、そのうち最も高い指標は、バー川流域で 16%である(図 S.7 参照)。この現象は中部高原地域の水管理を困難にしている。この降雨データに基づき、表層水の SWAT モデルと地下水の GW モデルを用いて、地表水と地下水利用可能量を算出した。

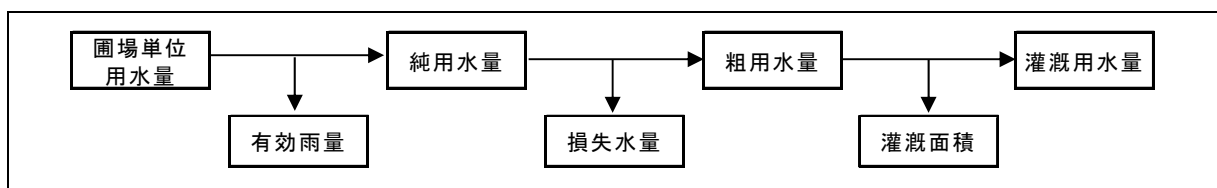


出典：調査団

図 S.7 年間水利用可能量 (年雨量)

水需要量推定

CROPWAT 8.0 モデルによって作物要水量を推算し、下図に示す解析手順で灌漑用水量を推算した。



出典：調査団

図 S.8 灌漑需要量計算の概念図

¹ 変動係数 (CV) は相対的変動性の尺度。平均に対する標準偏差の比。

上水需要は、人口に単位需要水量(一人当たり水消費量 50~130 リットル/人/日)を用いて算定した。工水需要量は、省ごとの統計データと5省の商工局(DOIT)と工業団地のインタビュー調査結果に基づき、地区ごとに算定した。畜産水需要量は単位要水量に家畜頭数を乗じて、水産水需要量は水産業の面積から算定した。中部高原地区では、水需要を満たすのは地表水と地下水である。調査団は、現地調査の結果とインタビュー調査結果、統計データなどをもとに、各水源別利用率を以下のように仮定した。

表 S.7 灌漑需要量の表流水・地下水の水源利用率

(単位: %)

作物	コントム		ザライ		ダクラック		ダクノン		ラムドン	
	表流水	地下水	表流水	地下水	表流水	地下水	表流水	地下水	表流水	地下水
コーヒー	60.5	39.5	60.5	39.5	56.0	44.0	56.0	44.0	100.0	0
胡椒	60.5	39.5	60.5	39.5	56.0	44.0	56.0	44.0	60.5	39.5
他の多年生作物	100.0	0	100.0	0	100.0	0	100.0	0	100.0	0
一年生作物	100.0	0	100.0	0	100.0	0	100.0	0	100.0	0

注: ゴムおよびキャッサバは中部高原地域では灌漑されていないため除いている。

出典: 地質研究所の報告書に基づき調査団作成

表 S.8 灌漑以外の水需要量の表流水・地下水の水源利用率

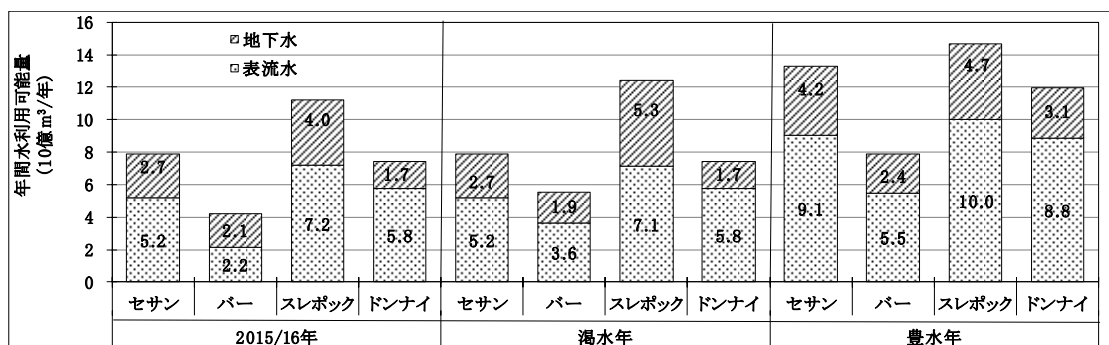
(単位: %)

水需要	上水	工水	畜産用水	水産用水
表流水需要の割合	23 - 92	80	23 - 92	100
地下水需要の割合	8 - 77	20	8 - 77	0

出典: 地質研究所の報告書に基づき調査団作成

2015/16年の水収支解析

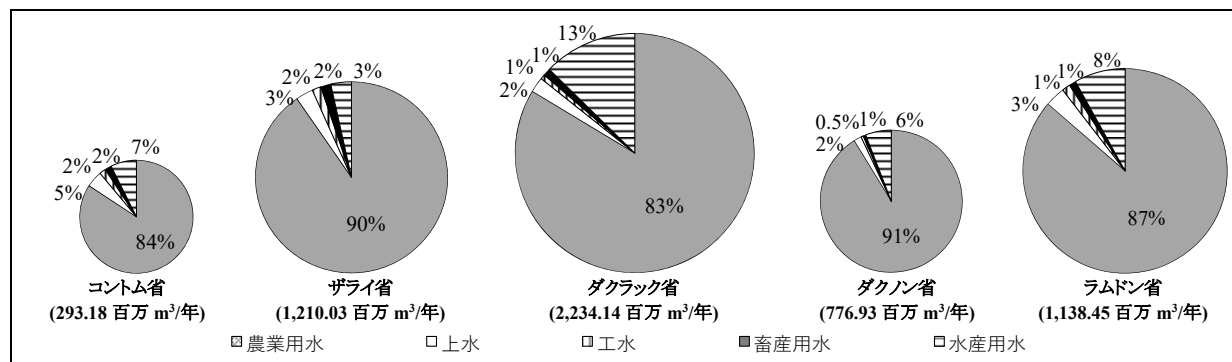
中部高原地域の表流水および地下水の利用可能量は、それぞれ 202 億 8,000 万 m³/年および 104 億 8,300 万 m³/年と推定される。



出典: 調査団

図 S.9 中部高原地域の水資源賦存量推定値

中部高原地域5省の、2015/16年のセクター別水需要の比率を以下に示す。全水需要量に占める灌漑用水量は各省で異なり、83~91%である。また5省の上水、工水、畜産用水需要量は、水産用水需要よりも少ない。



注: 円グラフの大きさは各省の水需要量の大きさを示す。出典: 調査団

図 S.10 2015/16年のセクター別水需要量の比率

2015/16年渇水時には、中部高原地域の表流水および地下水の水需要量は、それぞれ44億8,300万m³/年および11億7,500万m³/年と推算される。ダクラック省の地下水需要量は中部高原地域全体の水需要量の45%(5億3,000万m³/年)を占め、表流水需要量は全体の約38%(17億400万m³/年)と推算される。

2015/16年の表流水の不足は、中部高原の東部および南部で発生し、その内ダクラック省では最も厳しい水不足が見られる。地下水不足は中部高原の中部および西部で発生し、その内、ダクラック、ザライ、ダクノン省で厳しい水不足が見られる。

表 S.9 中部高原地域の水不足量(2015/16年)

省	(A) 水不足量(百万 m ³ /年)			(B) 水需要量(百万 m ³ /年)			(C)=(A)/(B) 水不足率 %		
	合計	表流水	地下水	合計	表流水	地下水	合計	表流水	地下水
コントム	9.49	8.11	1.38	293.18	236.10	57.09	3.2	3.4	2.4
ザライ	74.02	19.52	54.50	1,210.03	911.82	298.21	6.1	2.1	18.3
ダクラック	586.41	328.53	257.89	2,234.15	1,704.32	529.83	26.2	19.3	48.7
ダクノン	64.98	37.34	27.64	776.93	508.14	268.78	8.4	7.3	10.3
ラムドン	130.84	130.63	0.22	1,143.19	1,122.13	21.06	11.4	11.6	1.0
合計	865.74	524.12	341.63	5,657.48	4,482.52	1,174.96	15.3	11.7	29.1

注：水需要量および水不足量の合計値は、各省の一部が4流域に含まれていないため、流域の合計値とは異なる。

出典：調査団

表 S.10 中部高原地域の表流水の水収支解析結果 (2015/16年)

河川流域	流域面積 (km ²)	水源	水利用可能量 (百万 m ³ /年)	水需要量(百万 m ³ /年)						水収支 (水不足量、百万 m ³ /年)
				上水	工水	畜産用水	水産用水	灌漑用水	合計	
セサン	11,377	表流水	5,162	12.1	6.3	4.0	18.4	370.4	411.2	-8.7
		地下水	2,733	5.5	1.6	2.2	0.0	148.1	157.4	-19.2
		合計	7,895	17.6	7.9	6.2	18.4	518.5	568.7	-27.9
バー	10,779	表流水	2,162	10.0	7.3	7.3	51.7	677.1	753.3	-50.6
		地下水	2,075	8.2	1.8	5.7	0.0	161.5	177.3	-71.0
		合計	4,238	18.2	9.1	13.0	51.7	838.6	930.5	-121.6
スレポック	17,887	表流水	7,181	18.3	10.9	10.3	222.9	1,598.4	1,860.8	-320.6
		地下水	4,020	21.2	2.9	11.1	0.0	587.8	623.0	-232.0
		合計	11,201	39.4	13.7	21.4	222.9	2,186.2	2,483.7	-552.7
ドンナイ	9,236	表流水	5,774	19.1	10.0	5.4	67.8	918.8	1,021.1	-116.8
		地下水	1,654	8.9	2.5	2.7	0.0	118.8	132.9	-13.7
		合計	7,428	28.0	12.5	8.1	67.8	1,037.6	1,153.9	-130.4
合計	49,278	表流水	20,280	59.3	34.5	27.1	360.8	3,564.7	4,046.4	-496.7
		地下水	10,483	43.8	8.8	21.7	0.0	1,016.2	1,090.5	-335.9
		合計	30,762	103.2	43.2	48.8	360.8	4,580.9	5,136.9	-832.6

出典：調査団

渇水年と豊水年の水収支解析結果

1) 渇水年と豊水年の水収支解析の目的

2015/16年の水需要と土地利用条件と、渇水年と豊水年の気象・水文条件を用いて、将来起こりうる渇水年と豊水年の水収支を再現することにより、水資源利用可能量と水需要の不均衡が定量的に明らかになる。さらに各河川流域の渇水年と豊水年における水収支解析を通じて、水不足が発生した地域を渇水年または豊水年別に特定することができる。豊水年の水収支解析により、豊水年の条件下でも水不足が発生する地域を特定することができる。また、渇水年と豊水年の水収支計算により、各小流域単位、郡単位で、どの地域でどの程度の水不足が発生しているかを定量的に推定することが可能となる。

渇水年の水収支解析・予測の主な目的は以下のとおりである。

- i) 現在の水需要と土地利用を前提として(最大水需要)、2015/16 渇水または通常の年よりも深刻な干ばつが発生した場合に、水不足が発生する地域を特定する。
- ii) 6.7年に1回発生する確率(85%の発生確率)の渇水年において、4つの河川流域で、小流域、郡、省単位に渇水年における総水収支を推算する。

一方、豊水年の水収支解析・予測の主な目的は以下のとおりである。

- i) 現在の水需要と土地利用を前提として(最大水需要)、比較的豊富な年間降水量の年であっても水不足が発生する地域を特定する。
- ii) 4年に1回発生する(25%の発生確率)豊水年で、4つの河川流域、小流域、郡、省単位での総水収支を推算する。
- iii) 豊水年では、表流水賦存量の高い地域で、洪水被害が発生する可能性があり、これらの地域を水収支の観点から分析し、洪水被害地域を推定する。

2) 渇水年、豊水年の水資源利用可能量

中部高原地域の渇水年と豊水年の表流水の全水資源利用可能量は、それぞれ 227 億 m^3 /年および 334 億 m^3 /年と推定される。また、渇水年および豊水年の地下水の全水資源利用可能量は、それぞれ 116 億 m^3 /年および 143 億 m^3 /年と推定される。表流水利用可能量は、主要河川の中流域および下流域で高く、地下水水資源利用可能量は同様に、主要河川の下流部で高い。

3) 渇水年、豊水年の水需要量

コントムおよびダクノン省では、他省よりも表流水の水需要量が多い。ダクラック省は表流水の水需要量が最も多く、ダクラック省は地下水の水需要量も最も高い。コントムおよびラムドン省の地下水需要量は、他省と比較して低い。ザライおよびラムドン省は比較的に地下水需要量が高い。

4) 渇水年、豊水年の水収支解析結果

解析結果によると全ての河川流域で、水資源は豊水年でも十分ではないことが判明した。中部高原地域は渇水年、豊水年を通じ、慢性的な水不足が発生していると言える。このような深刻な状況を克服するためには、水利用可能量を高め、水需要、特に灌漑用水の需要を減らすための措置が必要である。

中部高原地域の東部および南部で表流水の水不足が生じている。特にザライ省の北部および東部で、豊水年においても表流水の水不足が生じている。ダクラック省の南東および北西部では、非常に深刻な表流水の水不足が発生している。ダクノン省の北東部の一部では、表流水の水不足が生じている。ラムドン省では、豊水年においても南東部で深刻な表流水の水不足が生じている。

地下水の水不足は、中部高原地域の中部および西部、特にダクラック、ザライ省で発生している。ザライ省の西部では豊水年でも地下水不足が生じている。ダクノン省のいくつかの郡では、豊水年でも深刻な地下水不足が生じている。コントム、ダクノン、ラムドン省では、渇水年・豊水年ともに、深刻な地下水不足は生じていない。

2015/16年の渇水時においては、中部高原地域のコントム省を除く多くの地域で水不足が生じているが、85%発生確率の渇水年でも同様の傾向にある。一部の地域では、2015/16年の渇水年よりも深刻な水不足が生じている。水不足が生じている地域では、水需要と水資源利用可能量の不均衡であり、これらの地域では、特に灌漑用水の節水が必要である。

豊水年の表流水の水資源量推定結果によれば、中部高原地域の全省で洪水被害の発生地域が推定できる。至近7年の記録によれば、ダクラック、ラムドン省では、住宅および農地に深刻な洪水被害が発生した。セサン川上流域(コントム省東部)、バー川上流域(ザライ省北東部)、スレポック川の上・下流域(ダクラック省の南東部・北西部)では、高い洪水のリスクがある。特にダクラック省北西部の Ea Sup 郡およびドンナイ川の下流域(ラムドン省南部)では、洪水リスクが非常に高い。

5) 郡別の特徴

5省のうち、ダクラック省は表流水・地下水ともに最も深刻な水不足が生じており、渇水年の総水需要量 3億 6,200万 m^3 /年の内、7郡では 2,500万 m^3 /年以上の水不足が生じている。ラムドン省では、渇水年に2郡で深刻な水不足が発生し、省全体で 1億 2,800万 m^3 /年の水不足が推算される。これらの結果から、5省のそれぞれの郡は水不足量によって以下のように分類される。

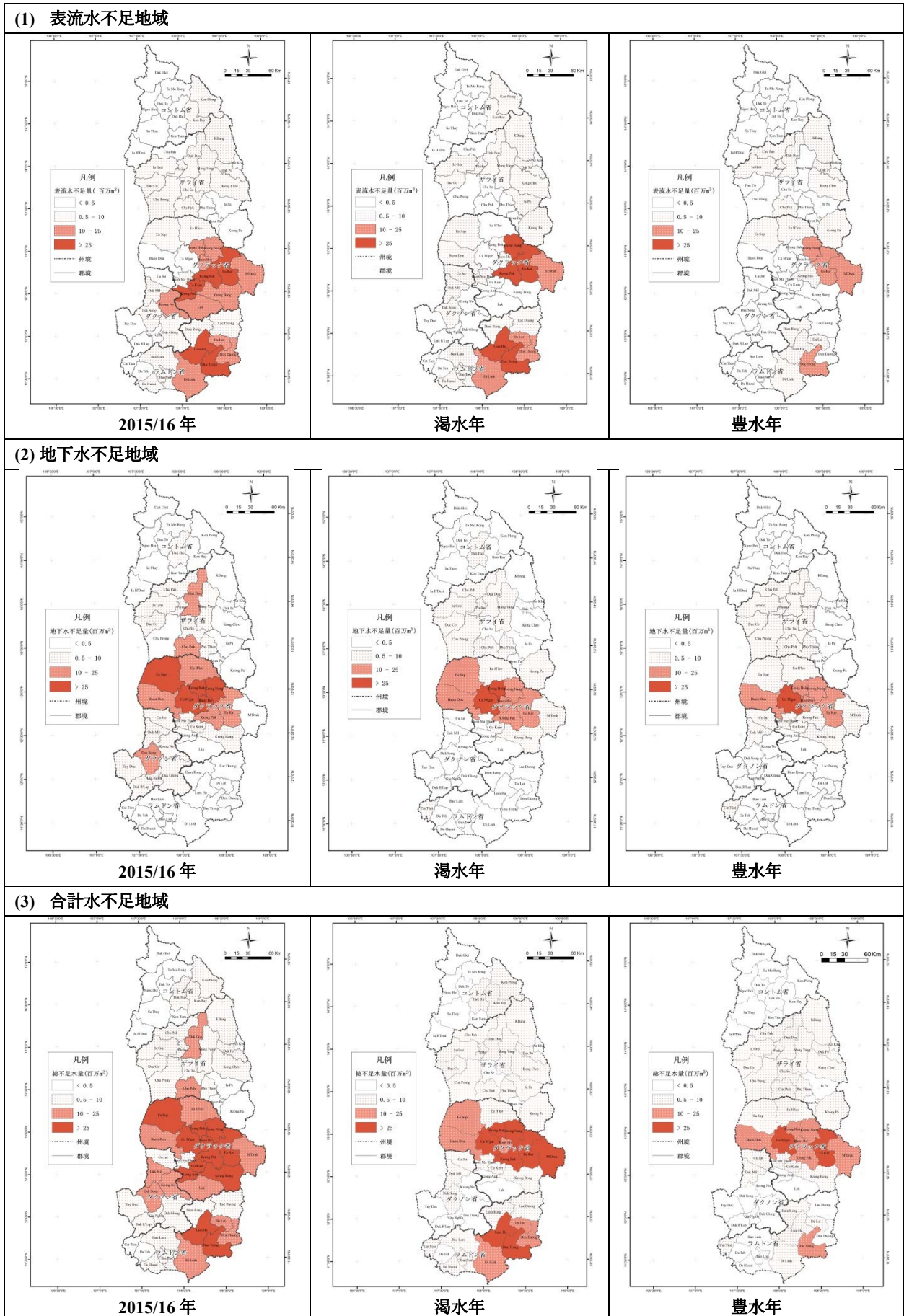
表 S.11 水不足の生じている郡の数 (渇水年・豊水年)

(単位:郡数)

年	省	<0.5 百万 m ³ /年			0.5~10 百万 m ³ /年			10~25 百万 m ³ /年			≥25 百万 m ³ /年		
		表流水	地下水	合計	表流水	地下水	合計	表流水	地下水	合計	表流水	地下水	合計
渇水年	コントム	8	9	7	2	1	3	0	0	0	0	0	0
	ザライ	7	7	3	10	10	14	0	0	0	0	0	0
	ダクラック	6	3	2	5	4	4	1	6	3	3	2	6
	ダクノン	5	8	5	3	0	3	0	0	0	0	0	0
	ラムドン	2	11	1	5	1	6	3	0	3	2	0	2
	合計	28	38	18	25	16	30	4	6	6	5	2	8
豊水年	コントム	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ザライ	8	7	3	9	10	14	0	0	0	0	0	0
	ダクラック	9	2	2	3	7	5	3	5	6	0	1	2
	ダクノン	8	6	6	0	2	2	0	0	0	0	0	0
	ラムドン	7	11	6	4	1	5	1	0	1	0	0	0
	合計	42	36	27	16	20	26	4	5	7	0	1	2

出典:調査団

一方、洪水被災地域は、豊水年シナリオに関する水収支解析と、近 7 年間に中部高原地域で発生した洪水被害の記録に基づく評価結果から、ダクラック省の Ea Sup 郡が、この地域における最も脆弱な地域の 1 つであり、洪水被害が過去 7 年で最大であったと言える。評価の妥当性を確認するためには、水文観測体制のさらなる強化が不可欠である。



出典：調査団

図 S.11 中部高原地域の水不足地域

省および郡の災害リスク

1) 5省の災害リスク評価

中部高原地域の水資源評価に基づき、5省の災害リスクを評価した。リスクは以下のように、非常に高位、高位、中程度、低位の4区分で評価した。

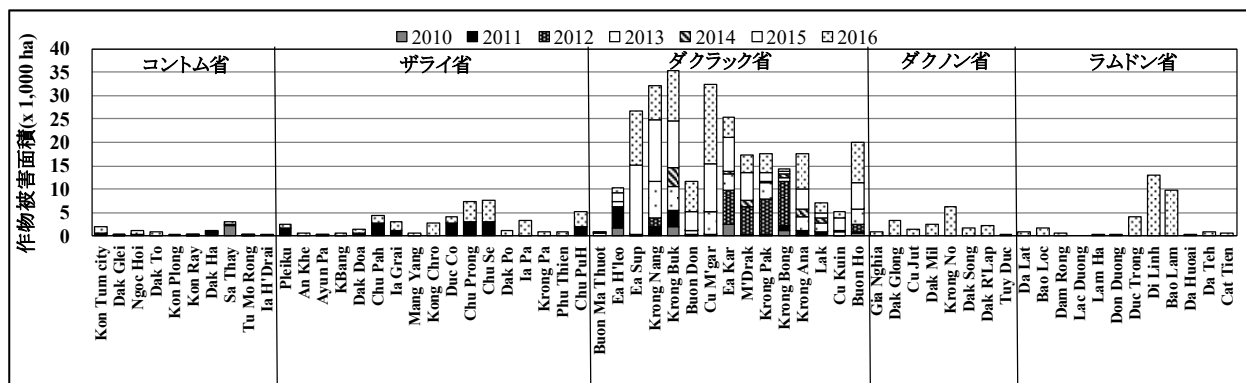
表 S.12 5省の災害リスク区分

省	リスク区分	
	干ばつ	洪水
コントム	低位	中程度
ザライ	中程度	中程度
ダクラック	非常に高位	高位
ダクノン	低位	低位
ラムドン	高位	非常に高位
中部高原地域	高位	高位

出典：調査団

2) 干ばつと水不足

表流水・地下水の水不足の各郡の状況を以下に示す。ダクラック省は 2015/16 年および渇水年において、表流水・地下水の両方の深刻な水不足に直面している。過度な水需要は、地下水が無秩序に開発された結果と推定できる。

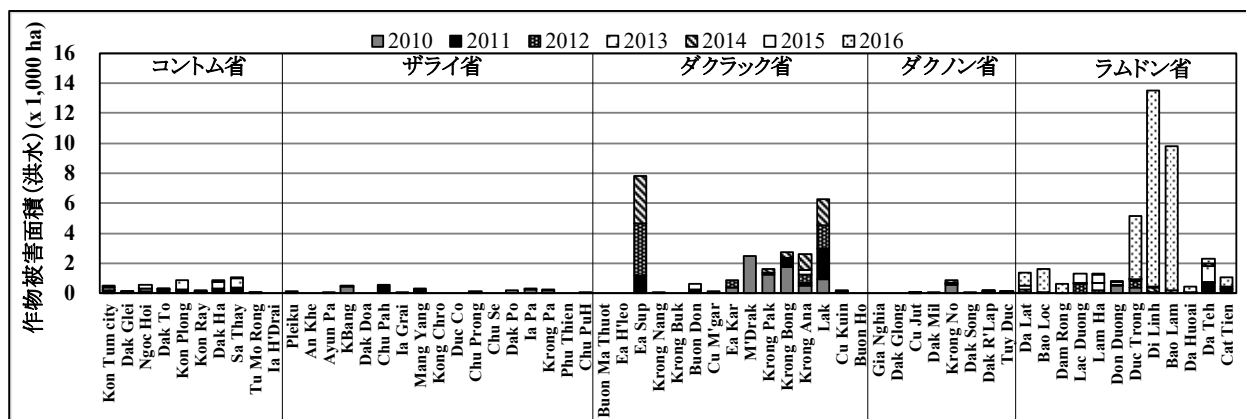


出典：各省統計データ

図 S.12 中部高原地域の干ばつによる農地被害面積 (2010～2016 年)

3) 洪水災害

中部高原地域の全省で洪水被害地域が確認されたが、ダクラックとラムドン省の郡では、世帯に対する深刻な被害の記録がある。ラムドン省(ドンナイ川流域)では、最近の7年間で2016年の洪水が最も甚大であった。各省は洪水被害を軽減するための適切な対策が不足している。



出典：各省統計データ

図 S.13 中部高原地域の洪水による農地被害面積 (2010～2016 年)

4) 郡選定における詳細調査の実施

洪水や地下水流動などの水文状況を、小流域単位の水利用可能量と郡単位の水需要に基づき水収支解析を実施した。ただし、特定の地域特性を分析するには、これらのデータをより詳細な単位で解析する必要がある。さらに、5省が実施する事業の内容を把握し、優先順位を評価するため、現地調査を実施し、地域レベルの開発ニーズ、改善方策を確認し、現場条件に基づいて必要な事業スコープを特定する必要があった。

調査地域が広範囲に亘ることから、詳細な現地調査を全域で実施することは困難なため、水収支解析の結果と干ばつおよび洪水被災状況に基づき、5省から7郡を選定した。

表 S.13 水不足および洪水の詳細調査が必要な郡

省	郡	年	水不足 (百万 m ³ /年)			平均被災面積(%) 2010-2016 ⁽¹⁾		リスク評価				選定した郡
			合計	表流水	地下水	干ばつ	洪水	表流水	地下水	干ばつ	洪水	
コントム	Kon Plong	2015/16年	6.55	6.55	0	0.51	1.44	X	-	-	X	-
		渇水年	6.55	6.55	0							
		豊水年	0	0	0							
	Kon Ray	2015/16年	1.35	1.28	0.06	0.53	0.23	X	-	-	X	-
		渇水年	1.35	1.28	0.06							
		豊水年	0	0	0							
	Dak Ha	2015/16年	1.21	0	1.21	0.68	0.52	-	X	-	XX	選定
		渇水年	1.21	0	1.21							
		豊水年	0.43	0	0.43							
ザライ	Chu Puh	2015/16年	24.06	4.88	19.18	6.67	0.04	X	XX	XXX	-	選定
		渇水年	9.35	0.00	9.35							
		豊水年	9.69	3.83	5.86							
	Dak Doa	2015/16年	11.98	1.72	10.27	0.84	0	X	XX	-	-	-
		渇水年	9.52	1.45	8.07							
		豊水年	6.78	2.29	4.49							
ダクラック	Cu M'Gar	2015/16年	44.61	0.18	44.43	6.79	0.03	-	XXX	XXX	-	-
		渇水年	33.62	0.23	33.39							
		豊水年	42.52	0.21	42.31							
	Ea Kar	2015/16年	83.60	63.60	20.00	5.44	0.18	XXX	XXX	XX	X	選定
		渇水年	90.05	66.57	23.48							
		豊水年	34.31	19.65	14.66							
	Ea Sup	2015/16年	30.36	2.87	27.48	8.65	2.56	X	XXX	XXX	XXX	選定
		渇水年	22.82	2.66	20.15							
		豊水年	9.24	6.76	2.48							
ダクワン	Krong No	2015/16年	19.9	18.46	1.45	1.82	0.26	XX	X	X	X	選定
		渇水年	0.05	0.05	0							
		豊水年	0.09	0.09	0							
	Dak Song	2015/16年	17.89	7.34	10.55	0.59	0.01	X	XX	-	-	-
		渇水年	3.33	3.33	0							
		豊水年	0	0	0							
ラムドン	Lam Ha	2015/16年	27.15	27.15	0	0	0.36	XX	-	-	X	-
		渇水年	27.15	27.15	0							
		豊水年	5.23	5.23	0							
	Di Linh	2015/16年	16.46	16.46	0	3.75	3.88	XX	-	XX	XXX	選定
		渇水年	16.46	16.46	0							
		豊水年	4.09	4.08	0							
	Duc Trong	2015/16年	37.67	37.67	0	2.21	2.57	XXX	-	XX	XXX	選定
		渇水年	37.67	37.67	0							
		豊水年	21.19	21.19	0							

注: 1) 2010年～2016年の総耕地面積あたりの平均被災農地面積 (ha/ha=%)

“X”：中程度のリスク、“XX”：高いリスク、“XXX”：非常に高いリスク。灰色のセルは詳細調査の主目的の項目。

出典：調査団

これらの地区において、i) 地区毎の問題、開発ニーズに関する追加的な情報を得るために、関係機関および農村住民に対するインタビュー調査、ii) 地方自治体が計画している開発プロジェクトの技術的実施可能性と経済性および環境的実行可能性を評価するために、水不足・洪水被害に直面している地区の現地視察を実施した。

5. 水資源利用と管理計画

課題

水不足の状況、干ばつ、洪水などの災害の原因を分析して、(i) 水需要、(ii) 水利用、(iii) 自然条件、(iv) インフラ整備、(v) 住民の生計状況、(vi) 灌漑システムの維持管理状況、(vii) 水資源の観測とモニタリング、(viii) 地表水と地下水の水資源の観測とモニタリング、の8つの課題を特定した。

水資源管理と防災の方向性と戦略

中部高原地域の水資源管理施策を、技術的適用性、社会的・経済的実行可能性、持続可能性を考慮し、技術支援とインフラ開発を組合せて作成した。

各省の水資源管理の現状と課題および災害リスク評価の結果を踏まえ、調査団は 5 省の方向性と戦略を以下のように提案する。

表.S.14 水資源管理と防災の方向性

災害	コントム省	ザライ省	ダクック省	ダクホン省	ラムドン省
干ばつリスク	レベル 1. 低い	レベル 2. 中程度	レベル 4. 非常に高い	レベル 1. 低い	レベル 3. 高い
洪水リスク	レベル 2. 中程度	レベル 2. 中程度	レベル 3. 高い	レベル 1. 低い	レベル 4. 非常に高い
共通の対応策	<ul style="list-style-type: none"> • 水利用の総合管理の推進 • 節水灌漑 • 土地利用と作物の栽培を最適化する • 気候・水文モニタリングシステムの強化 • 地下水利用モニタリングシステムの強化と節水対策の推進 • 地域の水収支評価と早期警戒システム確立 • 洪水常襲地域の住民移転 • 上水・工業用水の調整システム確立 • 地下水・水源涵養林管理の最適化 				

出典：調査団

上記の方向性は、水資源管理、災害状況、水収支解析などの現状を踏まえて作成したものである。5 省の優先事業は農村地域の生計向上を志向しているため、水資源管理、災害状況、水収支解析などの現状を踏まえて作成された上記の方向性や戦略とは、焦点が異なる場合がある。

2020 年～2030 年に実施予定している各省の優先事業の開発ニーズと実現可能性を評価した結果、2030 年に向けた優先事業の内容・具体性は、不十分であると判断された。

災害を緩和するための対策は、短期又は中期的な期間で、省独自の予算で緊急に実施する必要がある。また大規模事業は社会環境的影響を考慮して、技術的、経済的に実現可能な範囲で実施する必要がある。

以上の調査結果に基づき、開発の方向性を提案することは、既存事業の優先順位付けよりも、中部高原においては現実的かつ有用であると判断される。

災害対策事業を早急に実施するために、JICA 調査団は以下の基本戦略を設定した。

- 1) 中部高原地域の各省が、事業の計画に自発性をもち、独自に事業を実施する。
- 2) 事業計画は、省内予算の再配分を通じて、基本的に省予算と資源を使って実施する。
- 3) 地域住民や農民利益を考慮して、民間企業投資を促進する。

JICA 調査団は、対応策の必要性和効果を検討し、以下の 4 つの開発方向性を提案する。(図 S.14 参照)：

- 1) 灌漑農業近代化
- 2) 持続可能な灌漑管理のための農民組織強化
- 3) 洪水常襲地域のコミュニティベースの農村生計改善
- 4) 地域水資源の有効利用のためのコミュニティベースのモニタリング

インフラ整備は、選定された地区における上記の 4 つの開発方向性に基づき、実施可能な施策を提案する。大規模な洪水防御施設は、経済効率、社会環境的観点からは有効ではないため、洪水解析に基づき、重要地区に限定して整備されるべきである。災害対策としては、農村部の孤立を防止するための道路整備や生活用水を確保するための給水システムの開発も必要である。

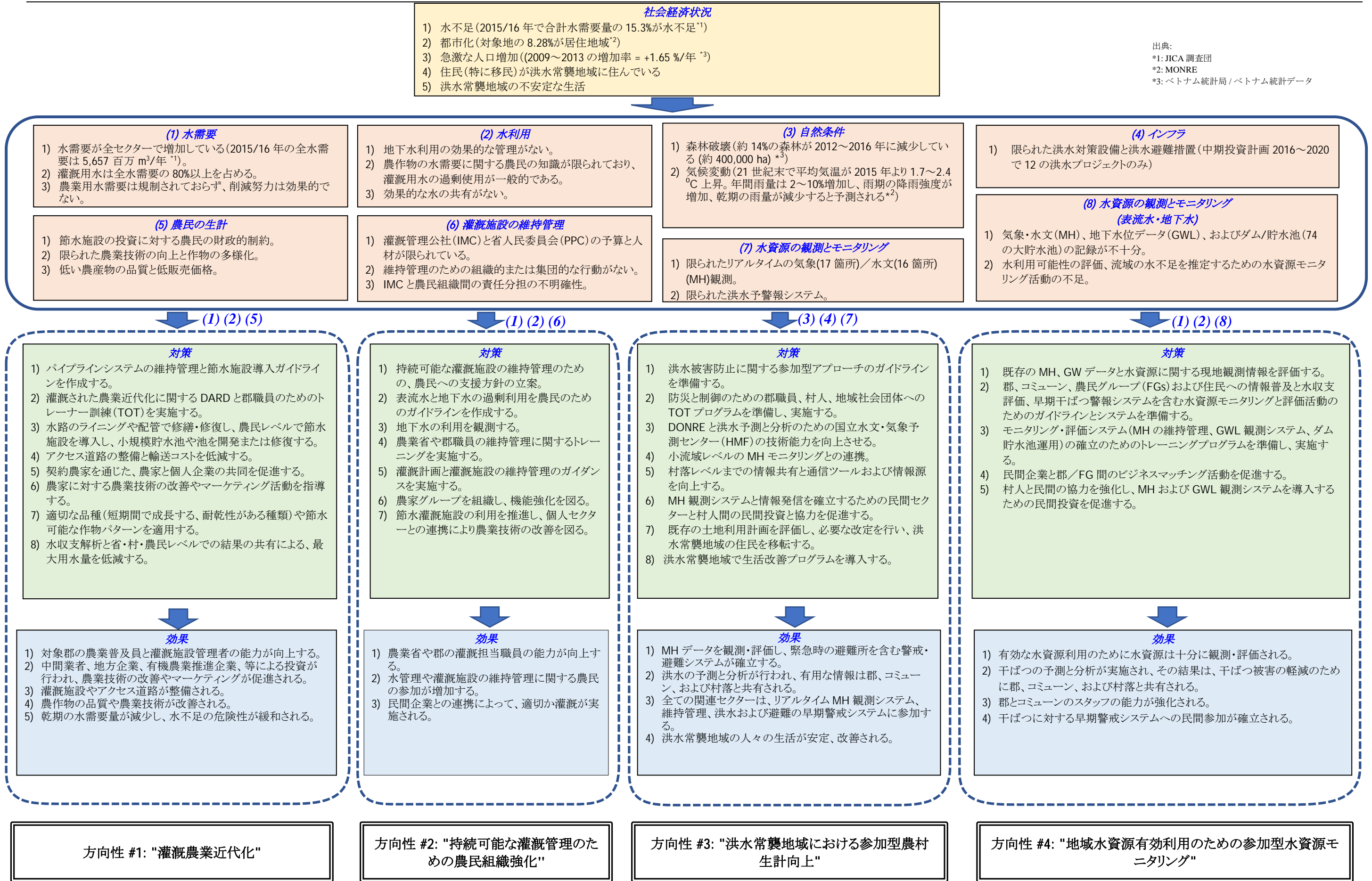


図 S.14 中部高原における水資源管理と防災のための開発方向性の概要 (案)

6. 結論

5省の行動計画

4つの開発方向性に基づき、災害防除事業を実施するために必要な準備作業として、5省に行動計画の策定を要請した。これに対し5省は、実施担当機関が一定の期間内に目標を達成するための開発方向性、具体的な行動計画を作成した。これら5省が作成した行動計画は、共通して以下の5つの段階を踏んでいる。つまり、i) 必要とされる開発、現況、課題の把握、ii) 土地利用、環境、社会、移民の影響、被災地域、被害住民、自然災害の頻度、等を考慮した上での対象地区の選定、iii) 事業に適用する技術や手法の特定、iv) 計画準備調査、v) 資金源の確保および予算措置の5段階である。調査団は、それらの行動計画を検証し、5省が計画を実行に移すための時間軸および資金源について、以下の提言を行った。

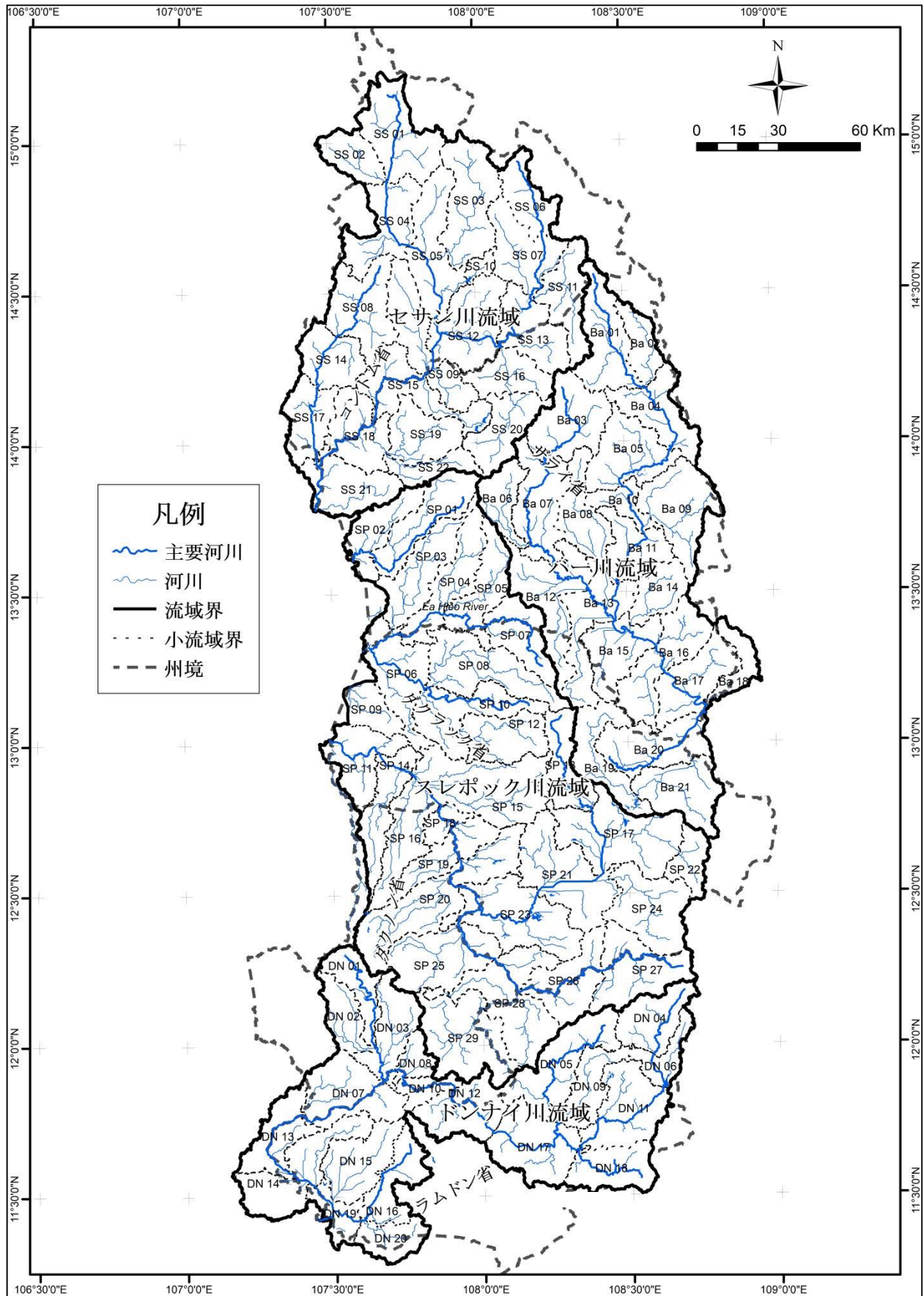
提言

4つの開発方向性の中で、「灌漑農業近代化」と「地域水資源有効利用のための参加型水資源モニタリング」は、地方部の実情や災害防除の必要性を考慮すると、優先度が高いものと考えられる。さらに、適用可能な ODA 資金及びスキームがあれば、「灌漑施設近代化」と「水資源モニタリング」の2つの開発方向性に関与するような活動も可能であろう。

これら2つの開発方向性は、組織開発やインフラの整備からなり、公的機関だけではなく民間企業からの投資を必要とするものである。また、災害防除事業の緊急性や持続可能性を考慮すると、早急に継続的な投資が必要である。ベトナム国における ODA 事業の実施には、煩雑かつ膨大な時間を要する手続きが必要であることから、契約農家、等の利益を共有する形で、民間企業と連携することが推奨される。5省における PPC、DARD、DPI、等の地方政府機関は、民間企業との協調のための基盤整備を支援する必要がある。

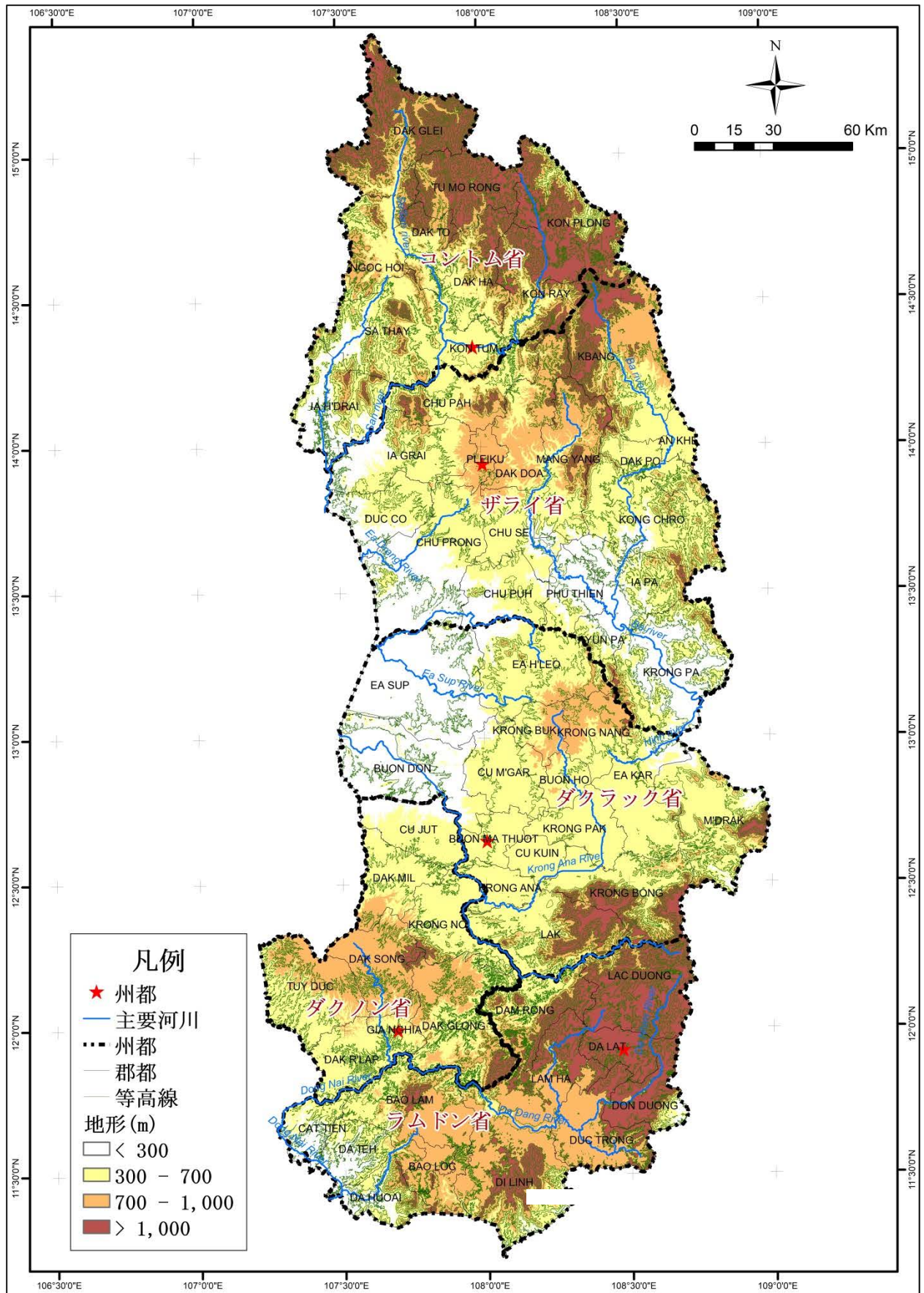
「灌漑農業近代化」を推進するためには、ドリップ灌漑やスプリンクラー灌漑のような節水灌漑を広めることが不可欠である。さらに、輸送コストを減らし民間投資の魅力を高めるためには、アクセス道路の整備、等のインフラ整備が必要である。中部高原の農民の中には、既に節水灌漑を導入している農民もいるが、多くの農民、省や郡における灌漑担当者、農業普及員、等は節水灌漑手法の導入に必要な知識、経験が少ないため、灌漑設備を導入するためのガイドライン、マニュアル、トレーニングプログラム、等が必要である。

「地域水資源有効利用のための参加型水資源モニタリング」を推進するためには、インフラおよび組織の双方のモニタリングシステムを強化することが不可欠である。中部高原の気象・水門データの検証や水収支解析を通じ、早魃の早期警報システム、郡・村・農民・住民レベルでの早期警報のガイドラインの普及が早急に必要である。さらに、モニタリングシステムは、技術力と資金をもった民間企業との連携により、効率的に実施できる。



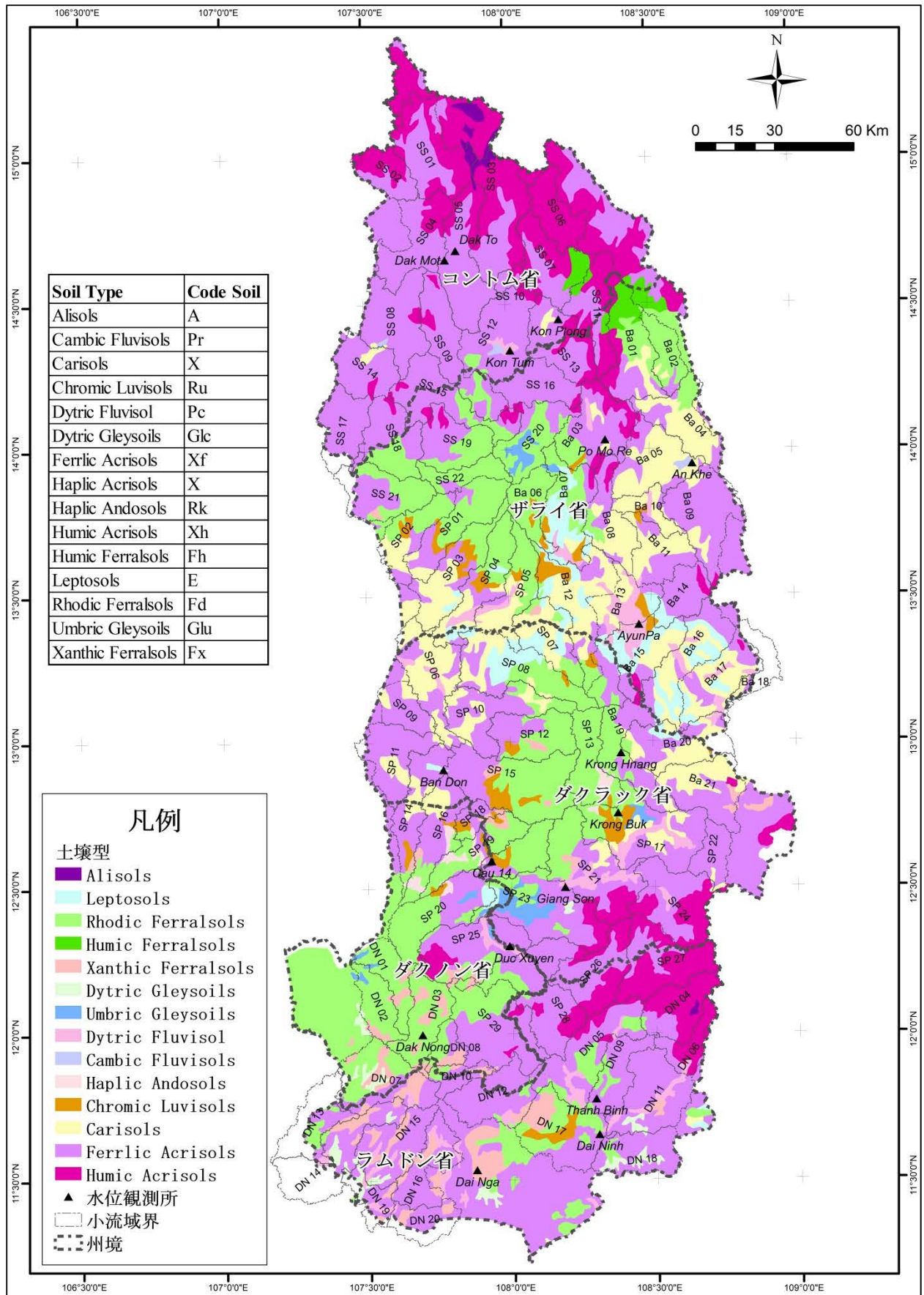
出典: 調査団

付図1 河川流域図



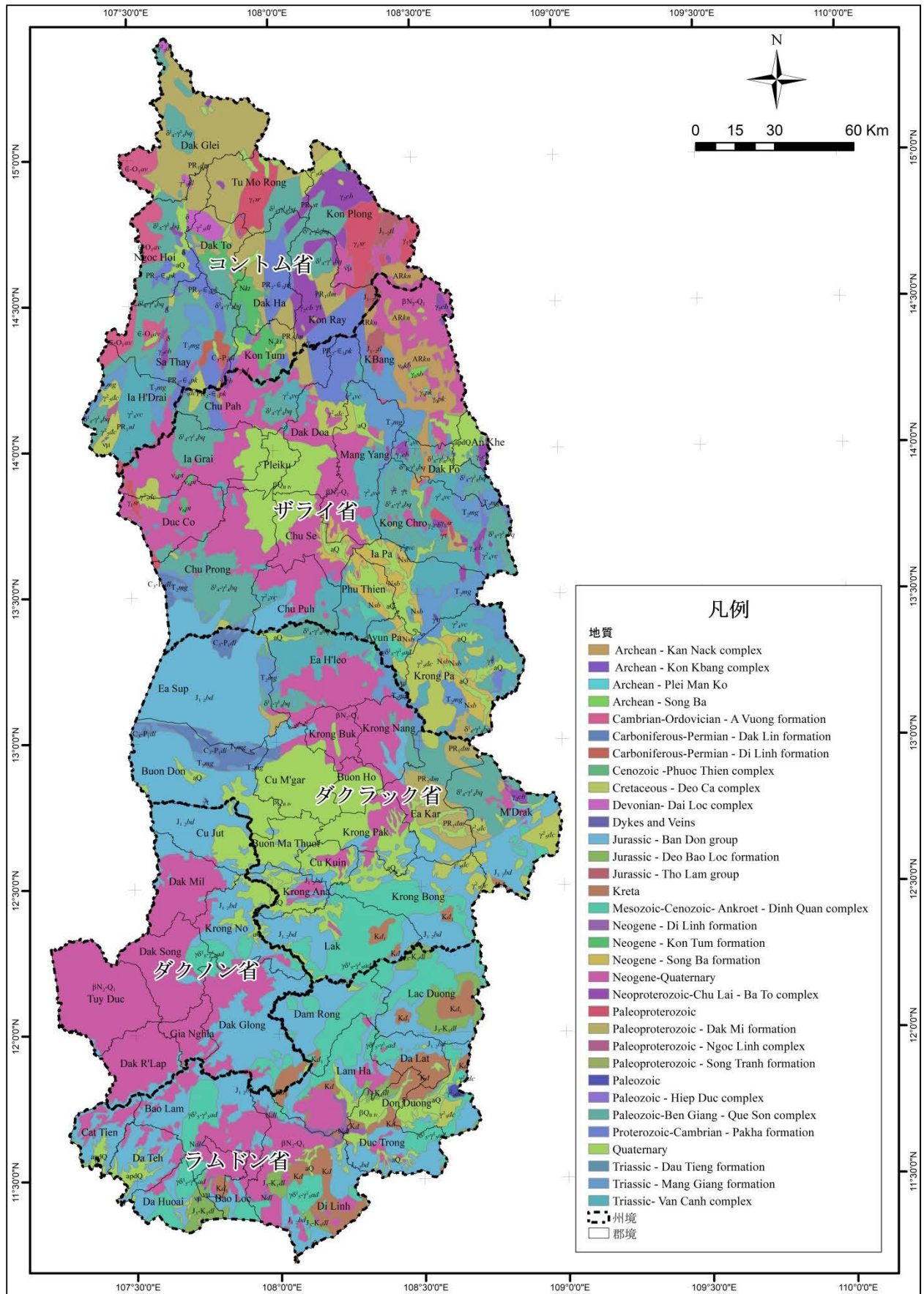
出典: MONRE/調査団作成

付図2 対象地域の地形図



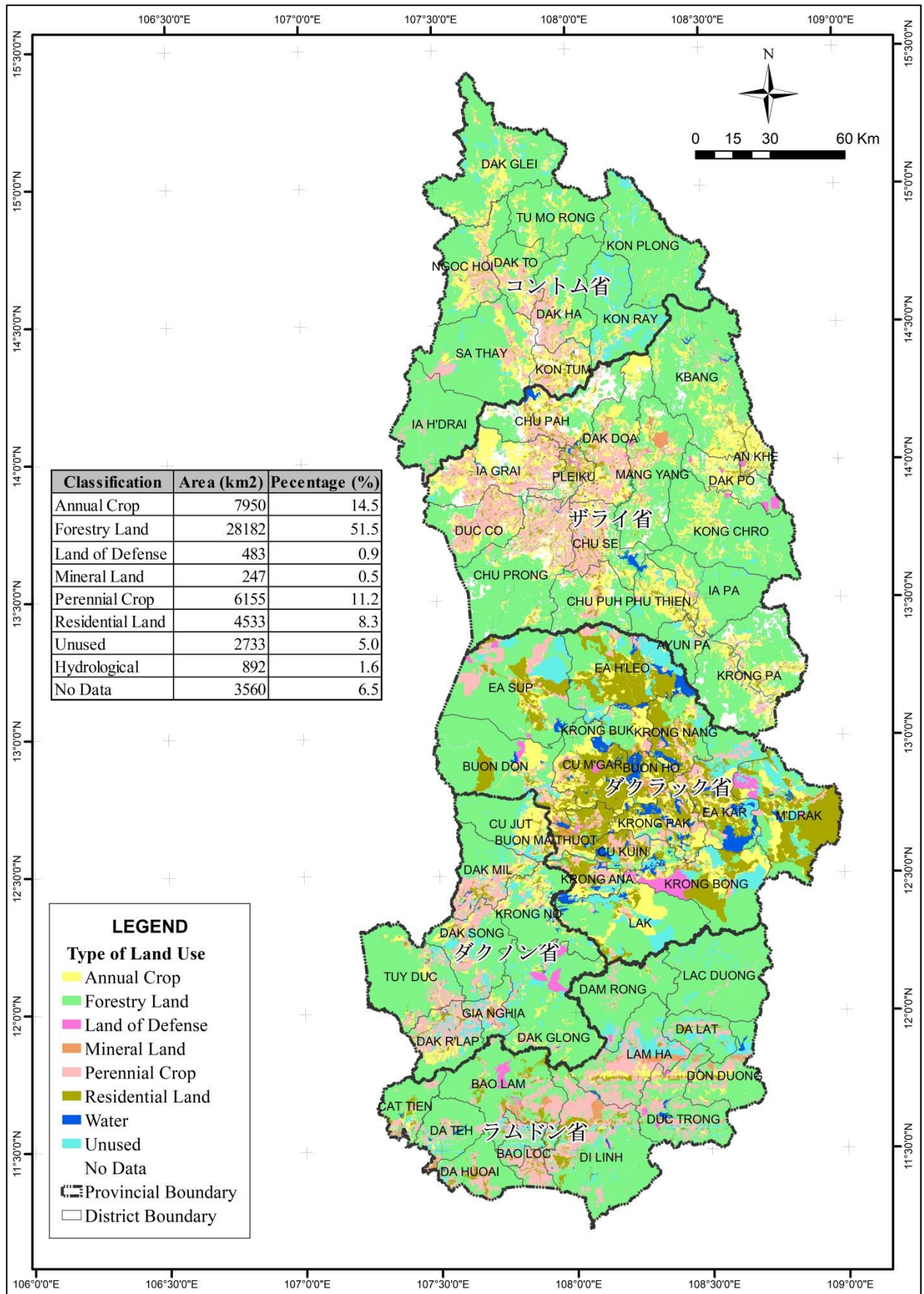
出典: MONRE

付図3 表層土壌図



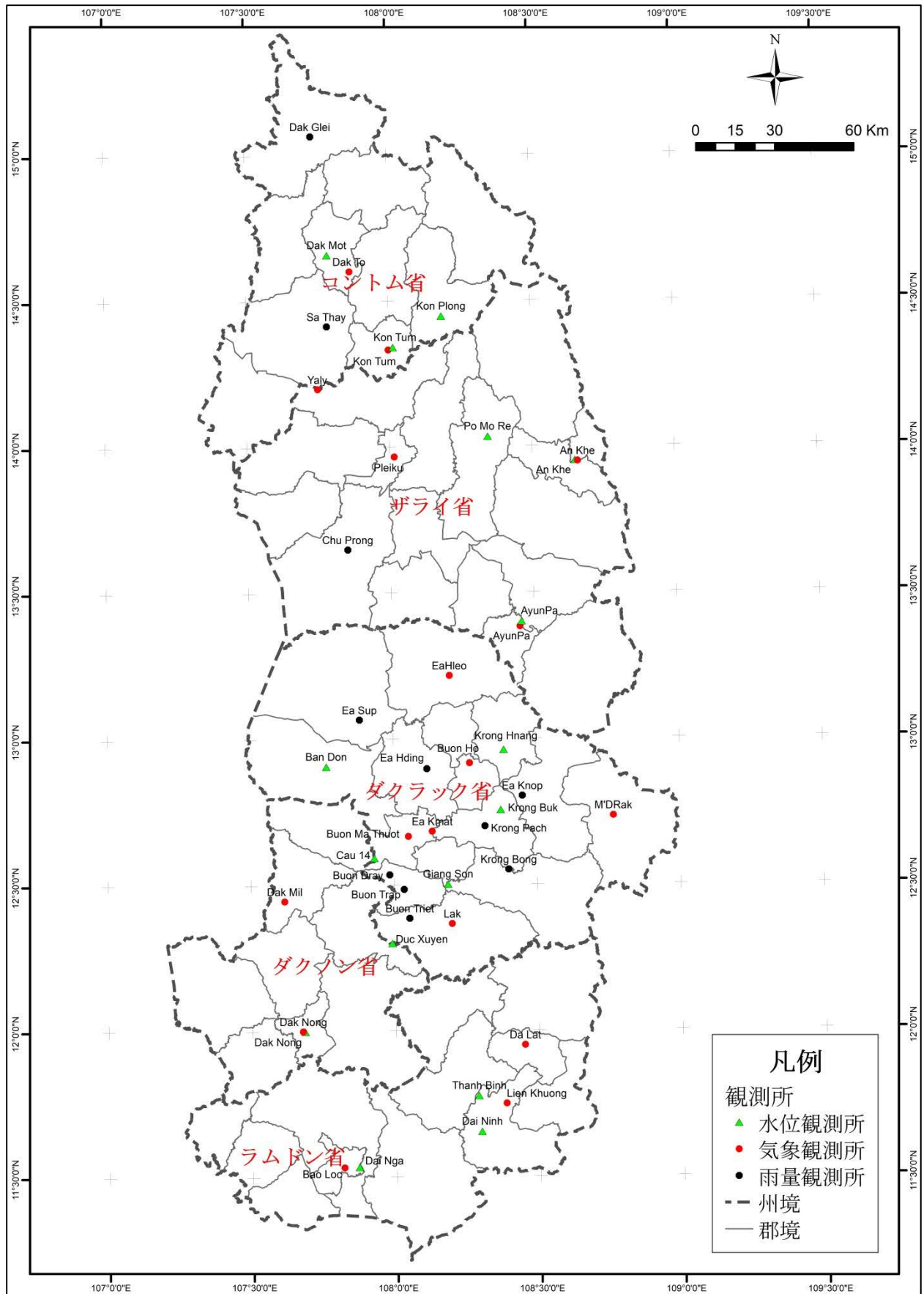
出典: Department of Geology, Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE)

付図 4 地質図



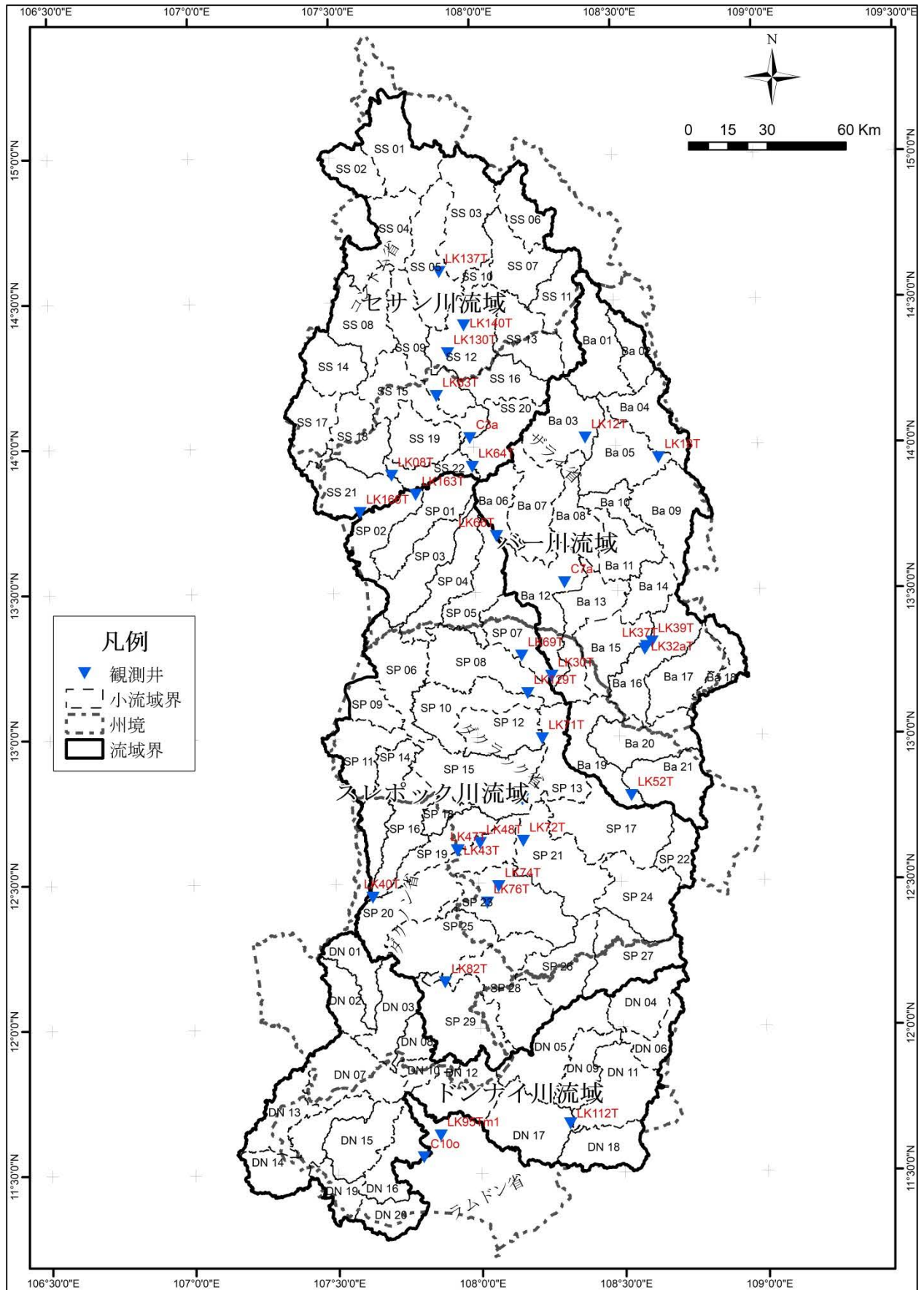
出典: MONRE

付図5 土地利用図

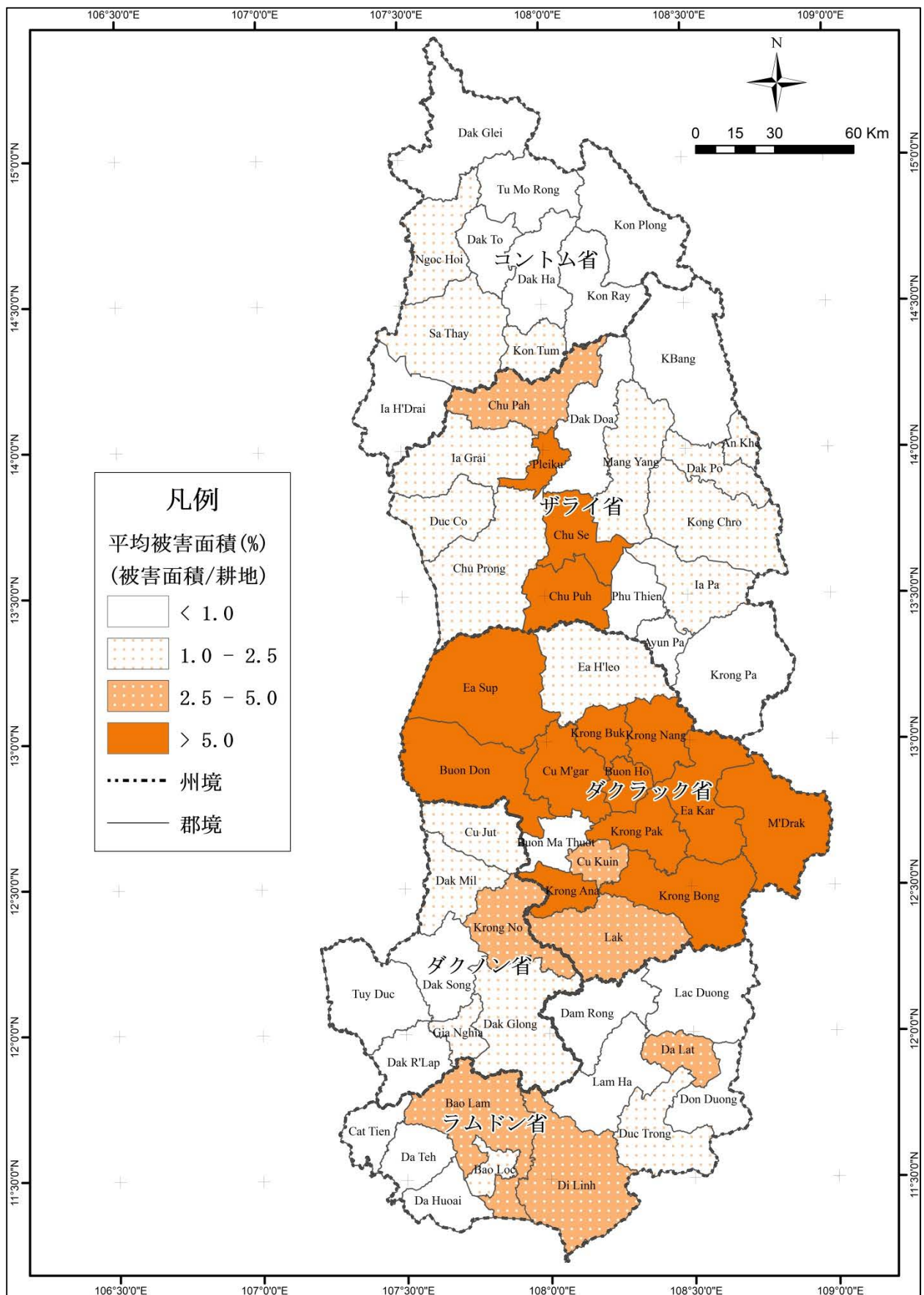


出典: 調査団

付図6 気象・水文観測所位置図

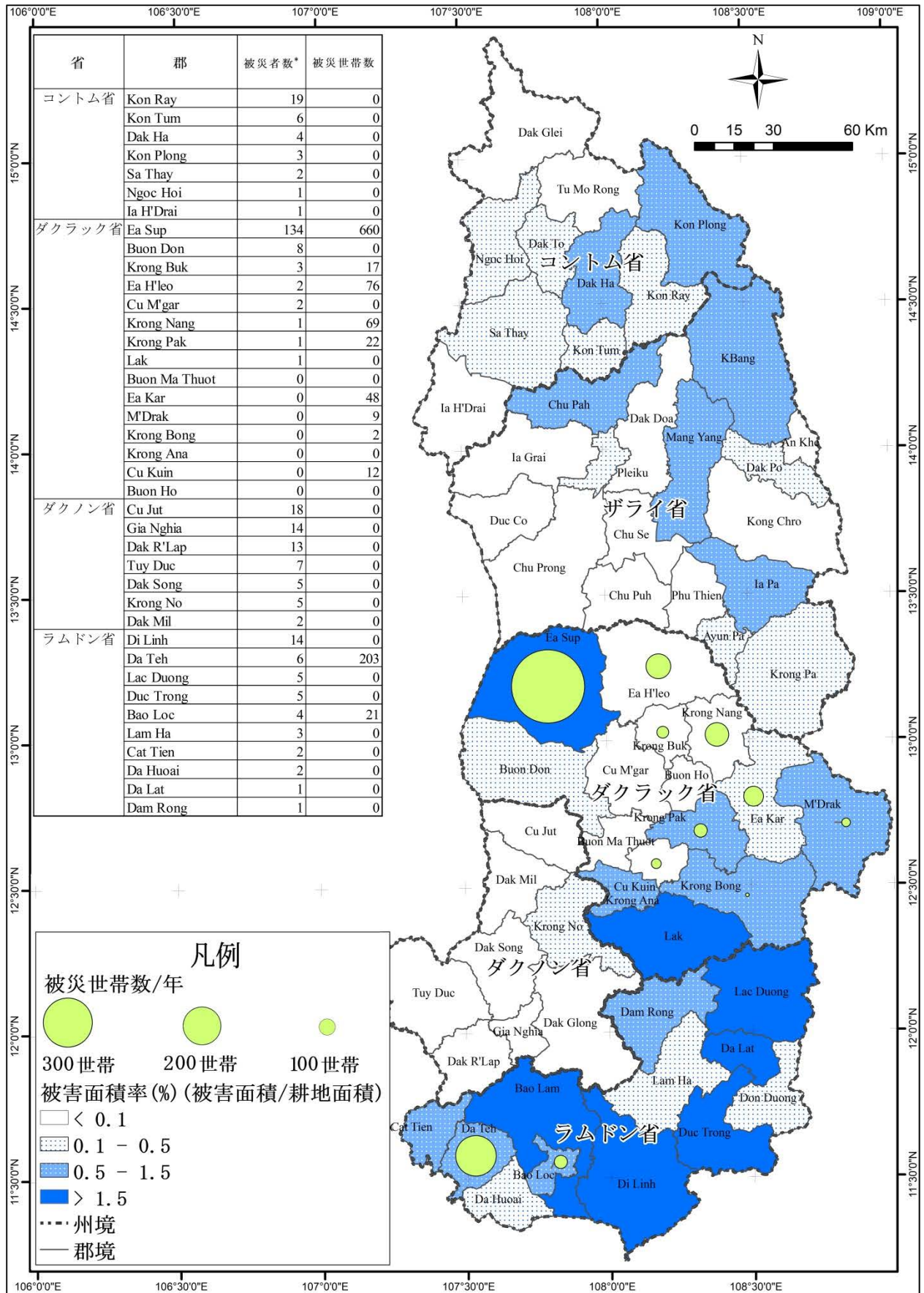


出典: National Center for Water Resources Planning and Investigation (NAWAPI)
付図 7 地下水位観測所位置図



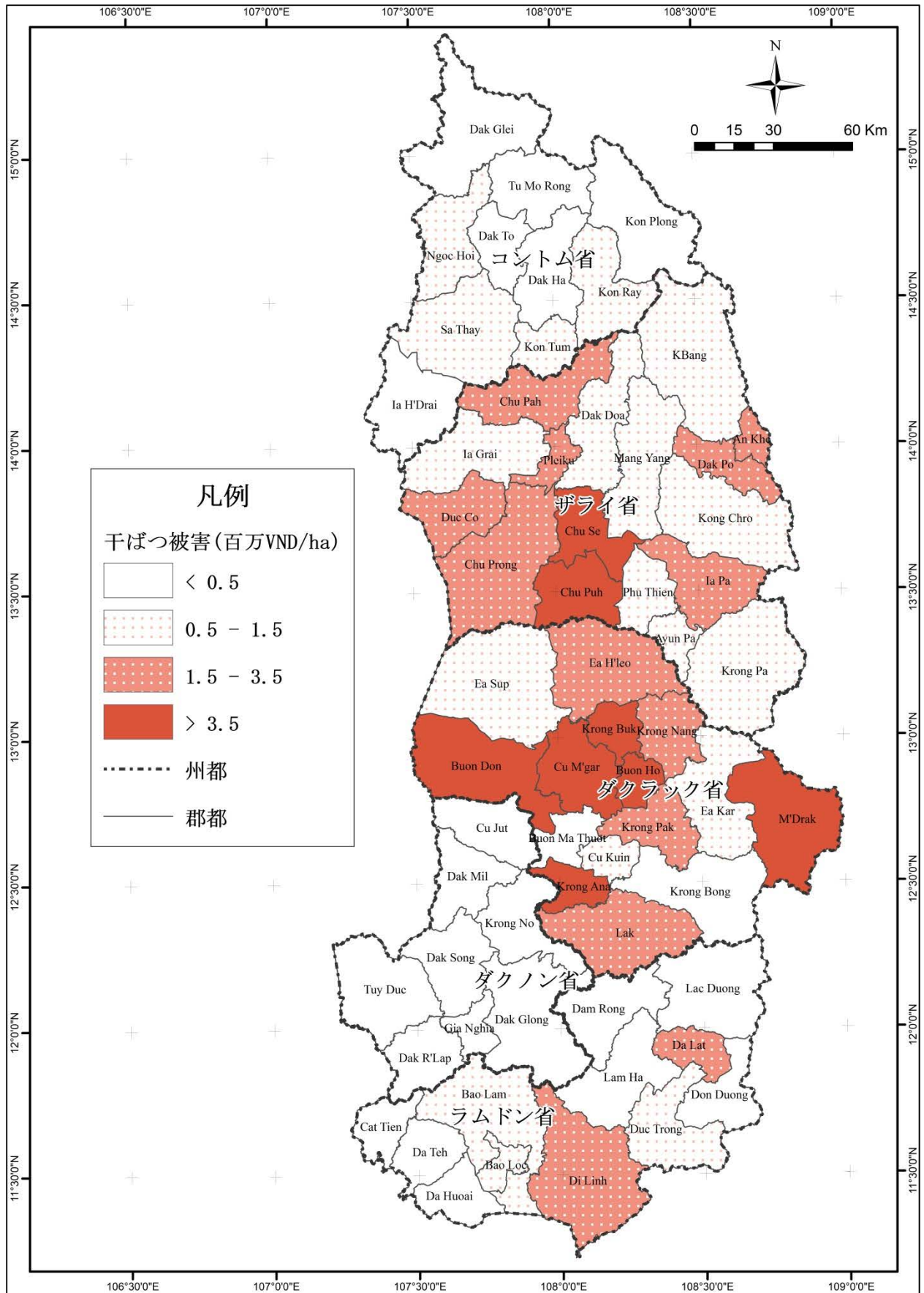
出典:調査団

付図8 中部高原地域の干ばつ災害面積図(2010年~2016年の平均)



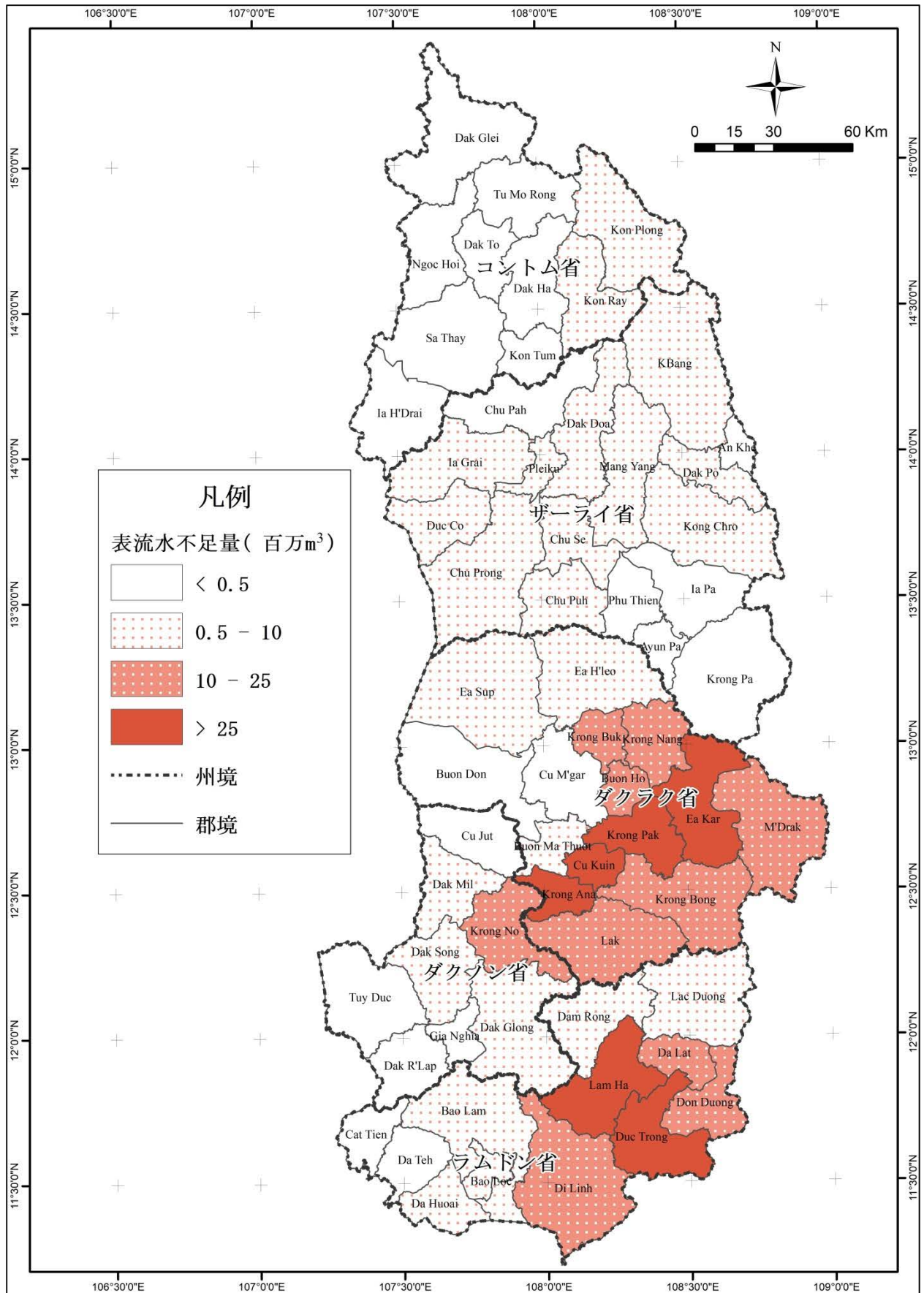
出典:調査団

付図9 中部高原地域の洪水災害図(2010年~2016年の平均)



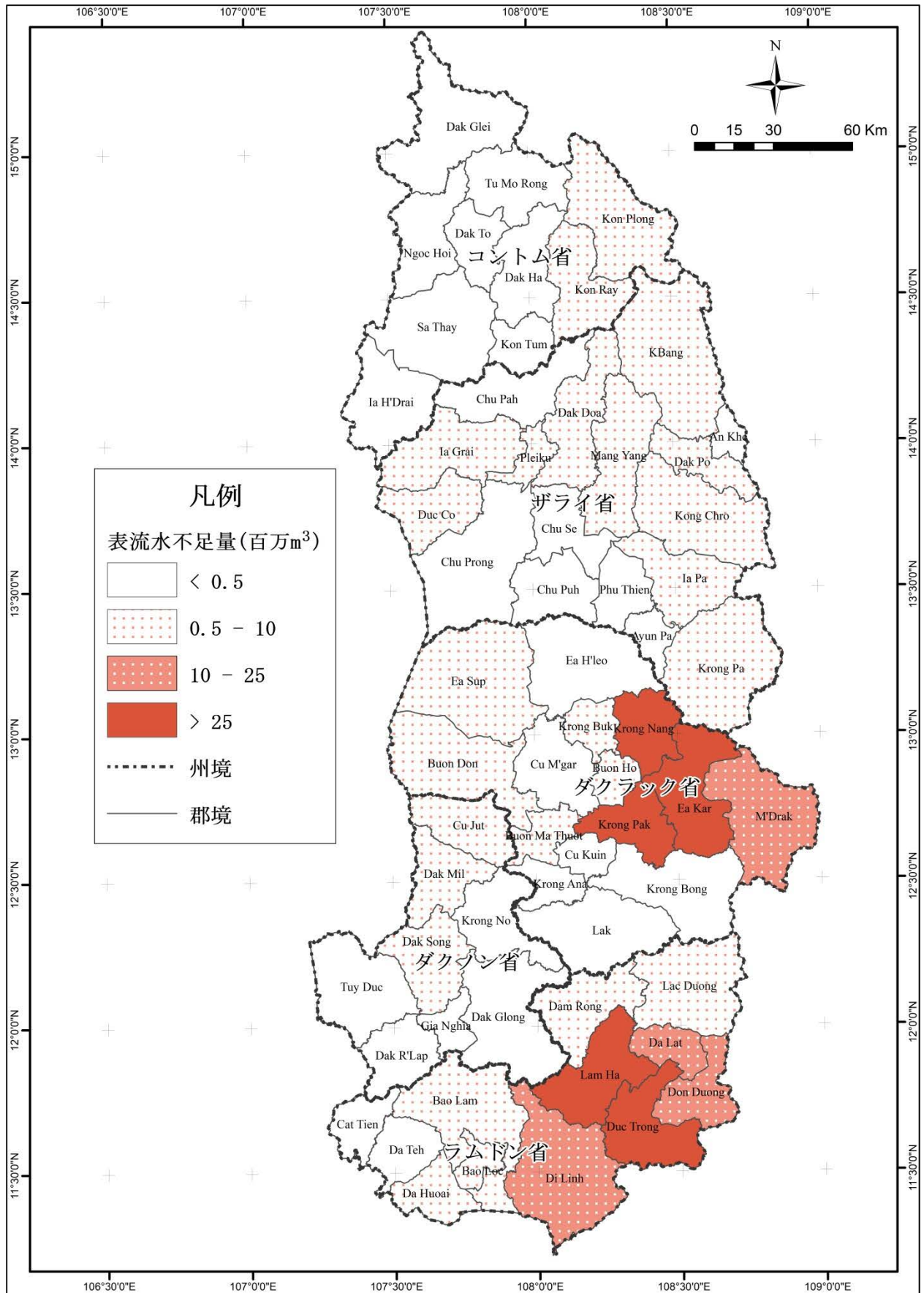
出典:調査団

付図 10 中部高原地域の耕作面積(ha)当たりの干ばつ被害額の分布(2015/16年)



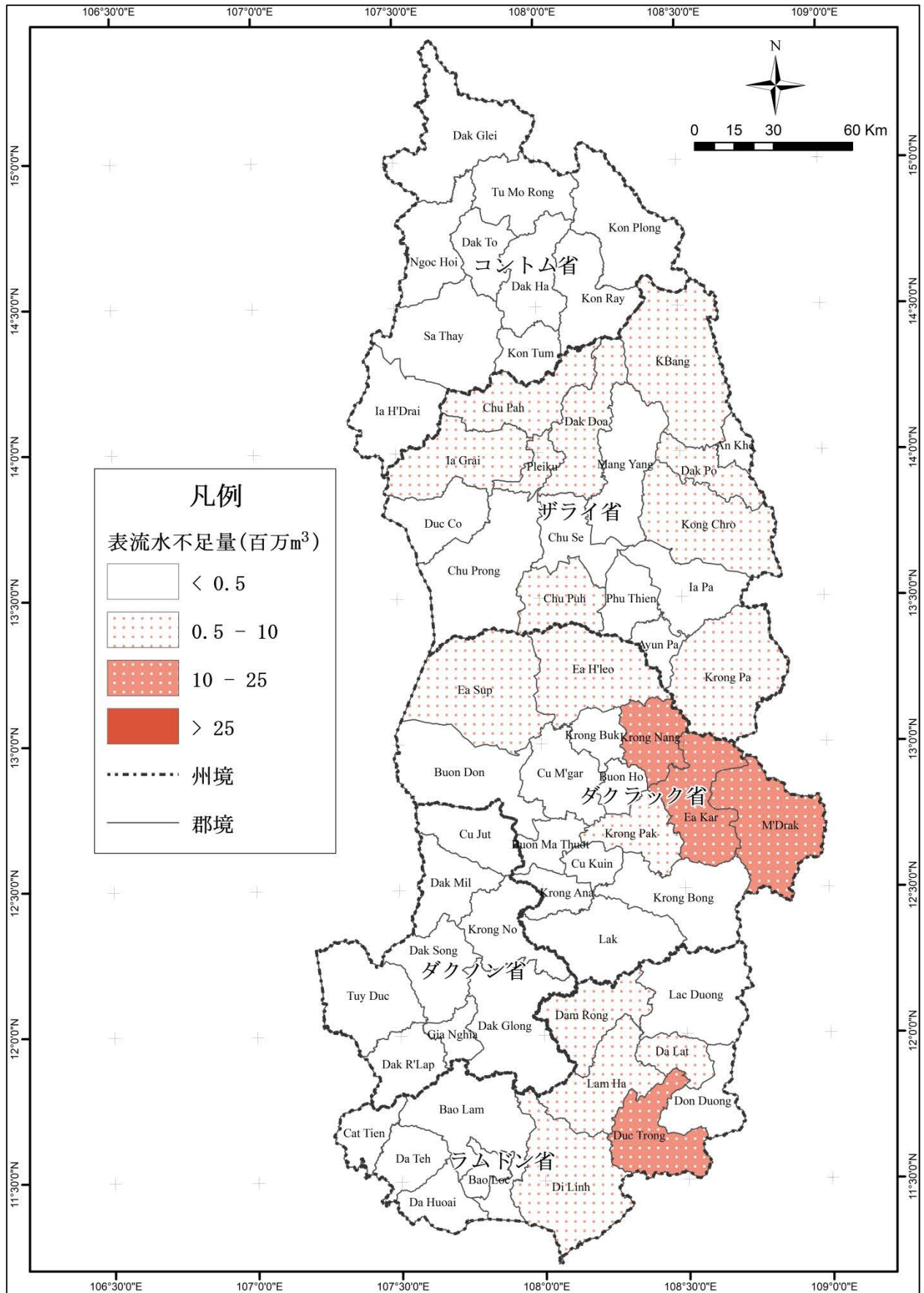
出典:調査団

付図 11 中部高原地域の水不足地域図(表流水:2015/16年)



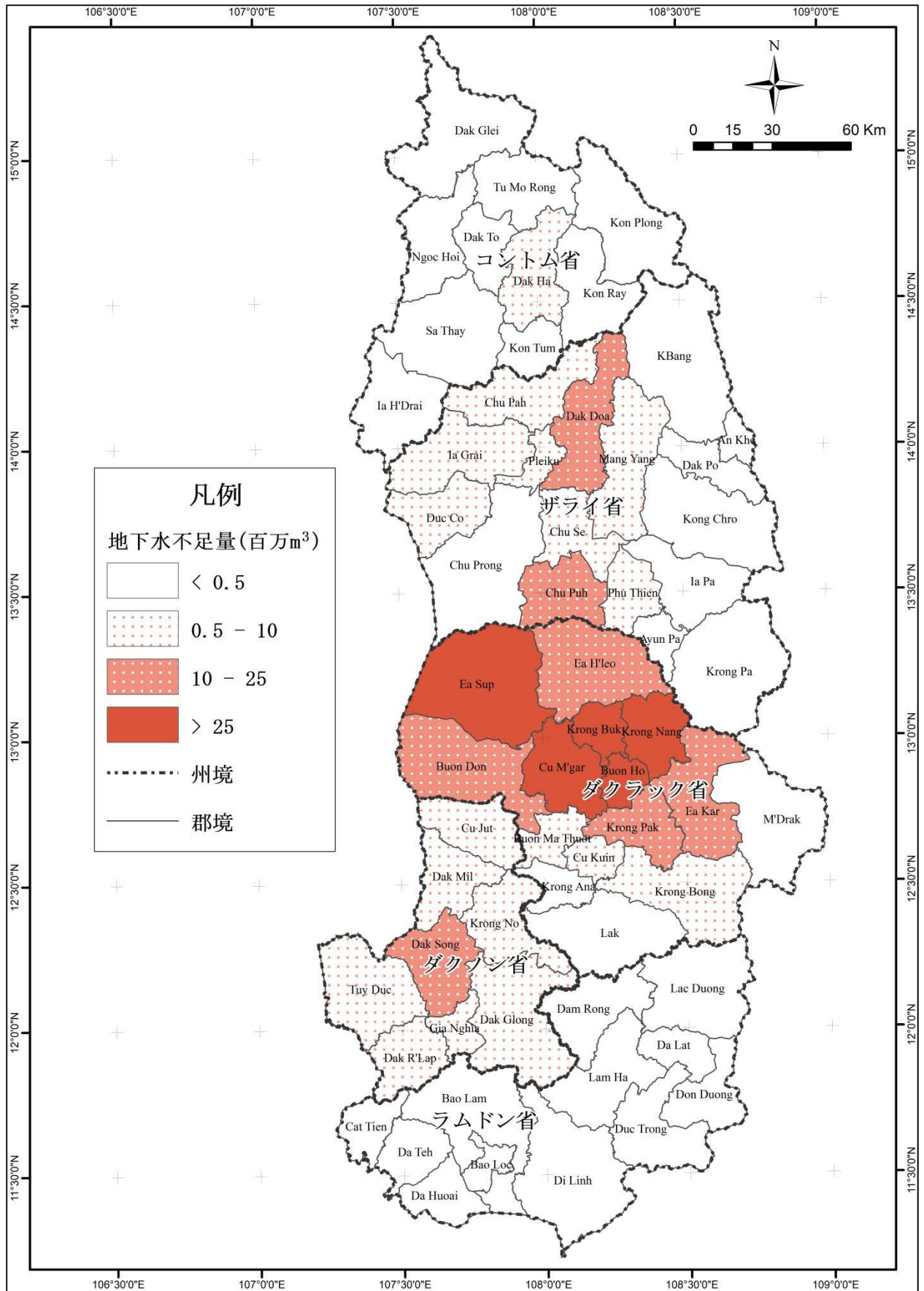
出典:調査団

付図 12 中部高原地域の水不足地域図(表流水:渇水年)



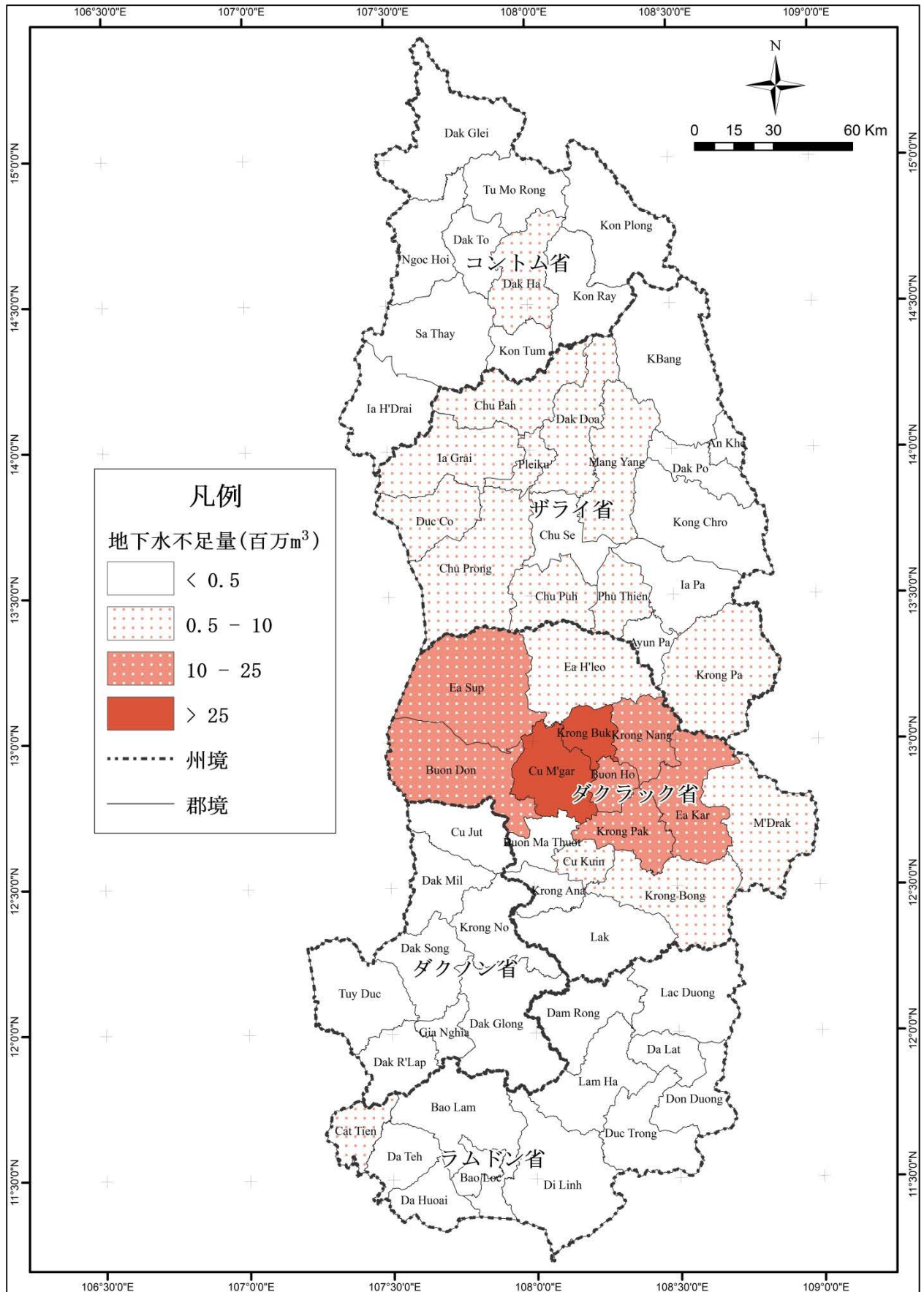
出典:調査団

付図 13 中部高原地域の水不足地域図(表流水:豊水年)



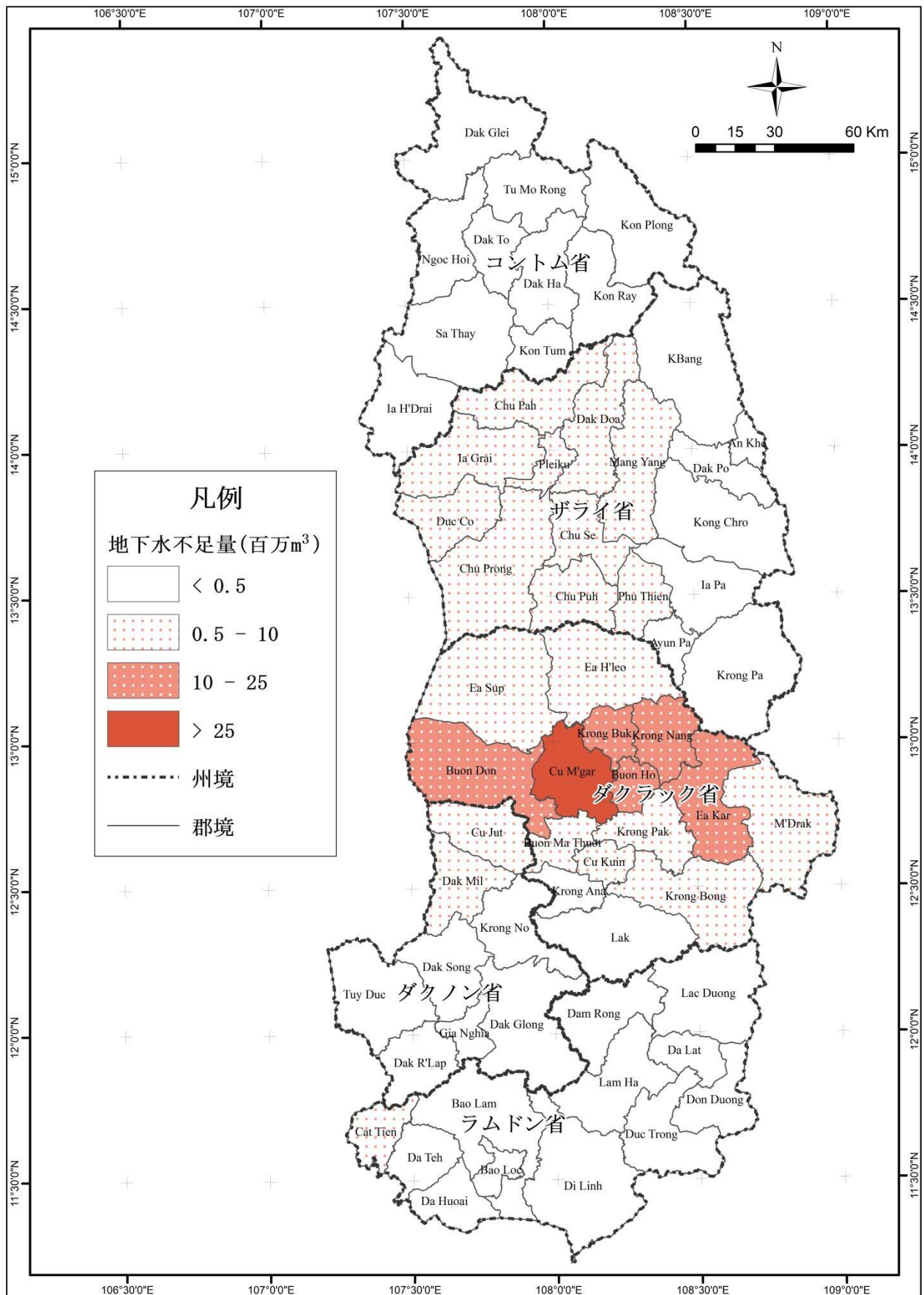
出典:調査団

付図 14 中部高原地域の水不足地域図(地下水:2015/16年)



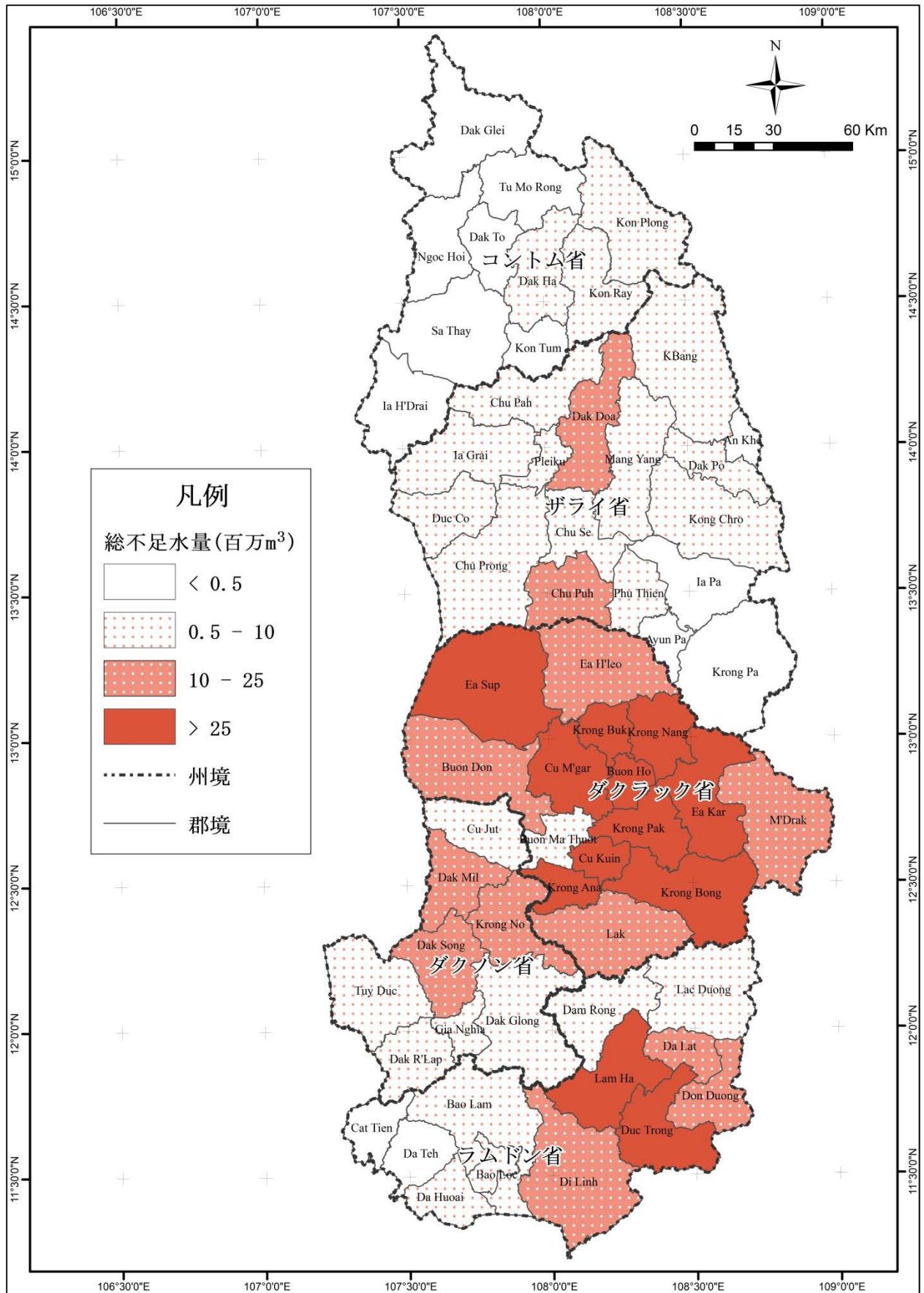
出典:調査団

付図 15 中部高原地域の水不足地域図(地下水:渇水年)



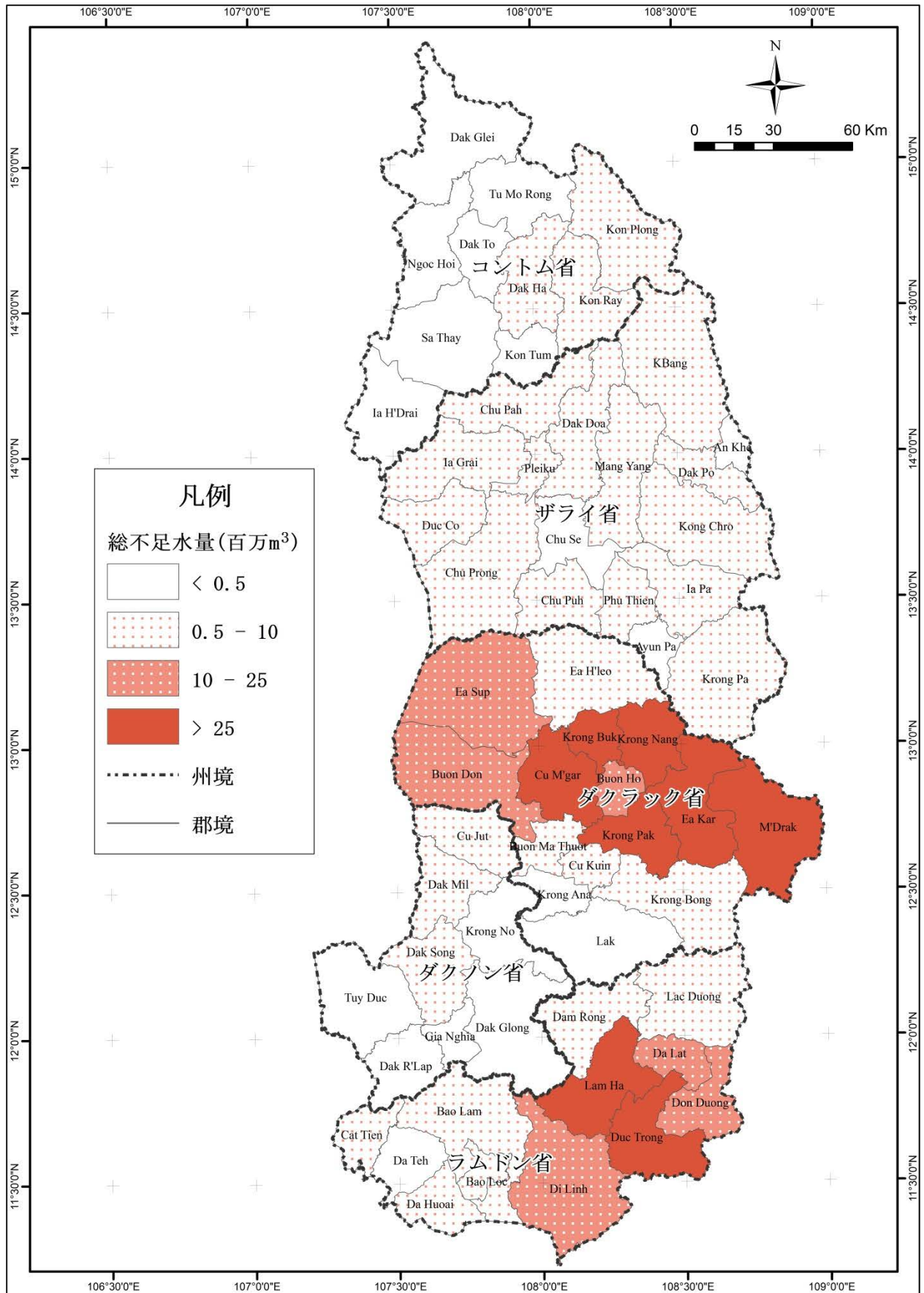
出典:調査団

付図 16 中部高原地域の水不足地域図(地下水:豊水年)



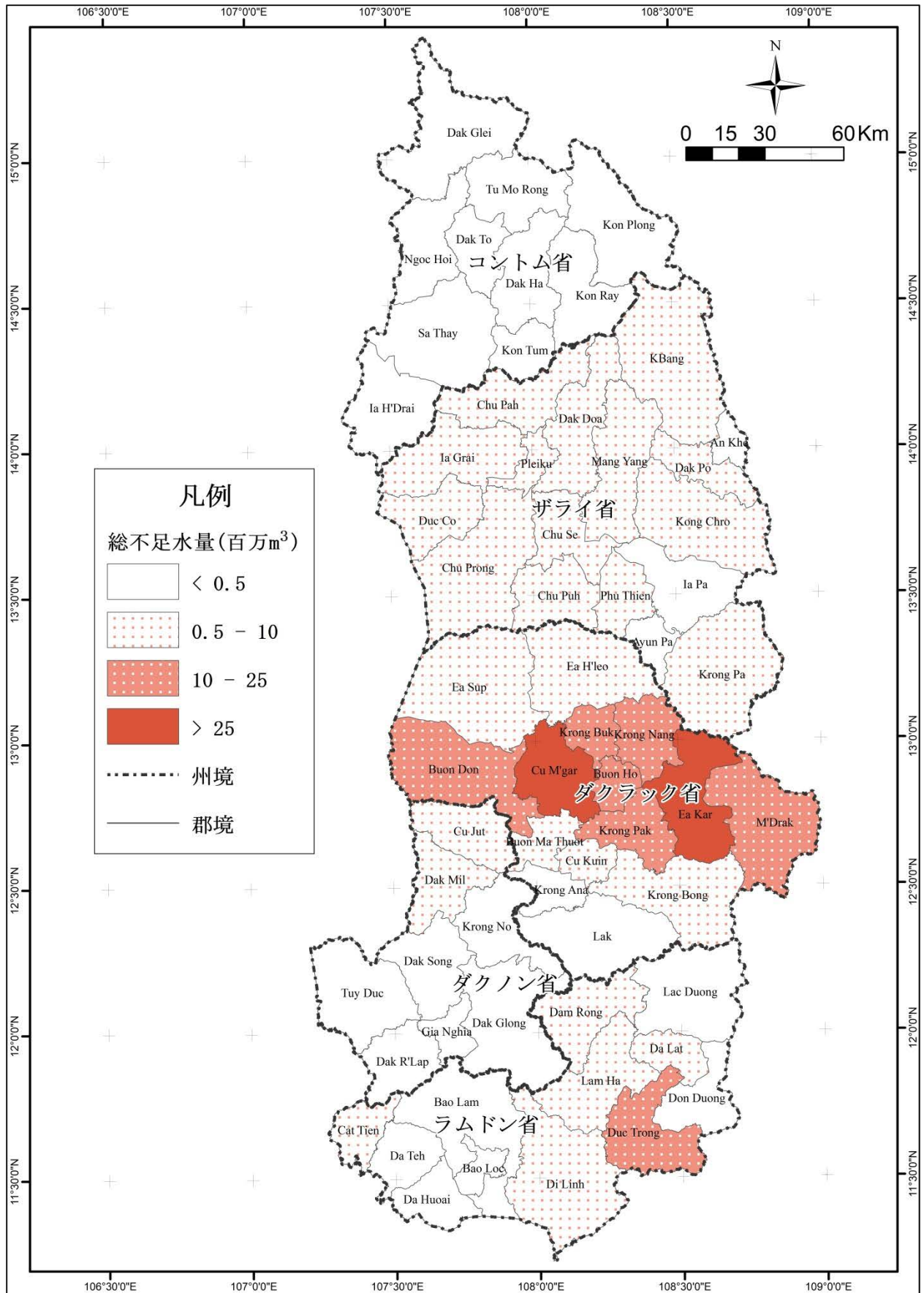
出典:調査団

付図 17 中部高原地域の水不足地域図(表流水・地下水合計:2015/16年)



出典:調査団

付図 18 中部高原地域の水不足地域図(表流水・地下水合計:湯水年)



出典:調査団

付図 19 中部高原地域の水不足地域図(表流水・地下水合計:豊水年)