

# 四国地方における巨大地震・津波災害時の緊急輸送手段に関する研究

奥村 昌史<sup>1</sup>・五艘 隆志<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 (株) 第一コンサルタンツ (〒781-8122 高知県高知市高須新町三丁目1番5号)  
E-mail:m-okumura@daiichi-c.co.jp

<sup>2</sup>正会員 高知工科大学システム工学群 (〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185)  
E-mail:goso.takashi@kochi-tech.ac.jp

本稿は、今後30年間で60～70%の確率で発生することが予測されている南海地震時の緊急輸送手段の有効性について検証を行ったものである。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震時には、有効に機能した「くしの歯作戦」をベースとして、四国地方においても「四国版くしの歯作戦」の検討が行われている。災害時における道路ネットワークの活用は必須事項であるが、東北地方と四国地方では地質・地形条件が異なっている。本稿では地すべり地形と深層崩壊推定頻度に着目し比較検証を行った。検証の結果、「四国版くしの歯作戦」で緊急輸送道路に指定されている路線では道路施設被害が多発することが懸念される。四国地方の地質・地形特性を考慮した総合的な緊急輸送手段の構築が必要と考えられる。

**Key Words :** Nankai Trough earthquake , geotechnical condition , Emergency transportation

## 1. はじめに

四国地方は、古くから地震や台風などによる豪雨や土砂災害などが多発している。中でも定期的に発生している南海地震は大規模な被害をもたらしてきた。次の南海地震は今後30年間で60～70%の確率で発生すると言われており、緊急輸送手段を早期確立し、救援活動に着手する体制を構築することが必須である。

2011年3月11日に発生した東日本大震災では「くしの歯作戦」が有効に機能し、迅速な救援活動の実施につながったと評価されている。今後発生が懸念される巨大地震・津波災害時の緊急輸送手段として同様の計画が全国で策定されているが、地形・地質条件の異なる地域にそのまま適用した場合、十分に機能しないことも考えられる。現在の「くしの歯作戦」では、道路啓開が主体で検討されており、現道が使用出来ないほど損傷を受けた場合を想定していない。また、地震後の地すべりなどによる孤立集落の研究<sup>1)</sup>も始まっているが、緊急輸送道路との関連を示すものは、検討されていない状態である。図-1に検討フローを示すが、本稿は東北地方と四国地方の地すべり地形と深層崩壊推定頻度に着目し、「くしの歯作戦」で活用する緊急輸送道路ネットワークにおける被害率を推定した。そのうえで、総合的な緊急輸送手段の構築の必要性について検証を行った。

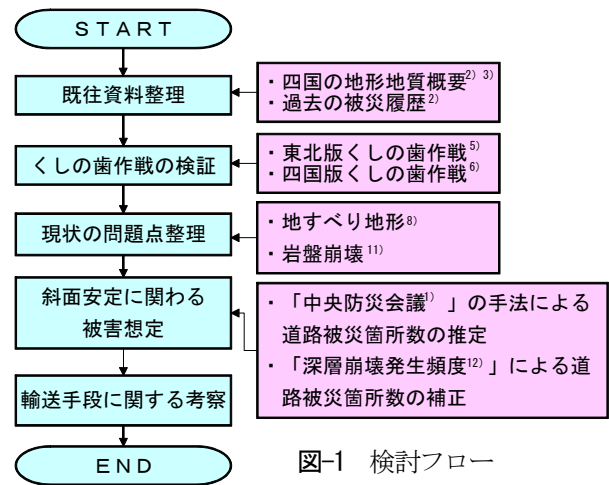


図-1 検討フロー



図-2 四国地方の地形<sup>2)</sup>

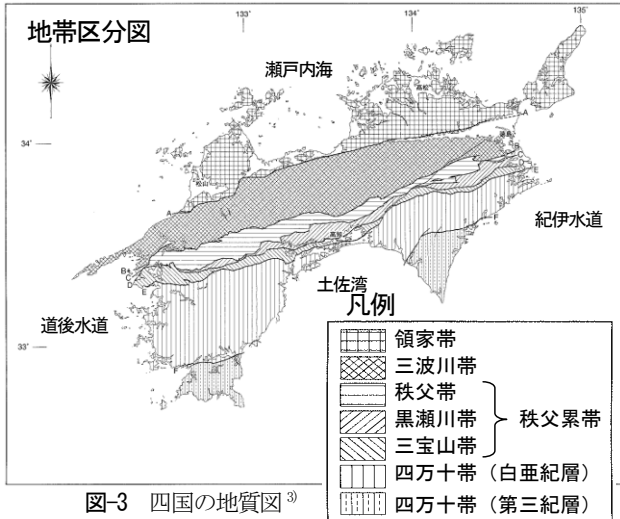


図-3 四国の地質図<sup>3)</sup>

## 2. 四国地方の地形・地質概要

### (1) 地形概要

図-2は四国地方の地形を示すものである。東西約250km、南北約180km、面積約18,000km<sup>2</sup>の島であり、古生代から新生代にかけての地層が東西方向に帯状配列をなしている。四国全域で約75%が急峻な山地からなり、脊梁部には石鎚山(1982m)、剣山(1955m)をはじめとする標高1000~2000mの山々が東西に150km以上連なった四国山地がある。

### (2) 地質概要

図-3は四国地方の地質を示すものである。四国の地質は、ほぼ東西方向に走る中央構造線(徳島市-池田町-川之江市-西条市-砥部町)によって内帯と外帯に区分される。四国外帯には、ほぼ東西方向に走る御荷鉾構造線及び仏像構造線によって、東西方向に連続する帯状構造が形成されている。北から領家帯(中央構造線以北)、三波川帯(中央構造線-御荷鉾構造線)、秩父帯(御荷鉾構造線-仏像構造線)、及び四万十帯(仏像構造線以南)に大別され、それぞれが地質の特徴を持っている。

中央部に位置する三波川帯は、高压変成作用を受けた結晶片岩を主体としている。多数の地すべり地帯があり、中でも全国で3番目に大きな、「怒田八畝地すべり:面積410.8ha」など大規模な地すべり地帯を有している。秩父累帯は、強い破碎作用を受けた多種類の岩石(砂岩、泥岩、チャート、石灰岩など)が混在している。三波川帯と同様に多数の地すべり地帯があり、降雨が無くても活動するクリープ性地すべり地帯である。四万十帯は、砂岩と泥岩で構成される新しい地質である。近年でも大規模な土石流被害が発生しており、宝永南海地震(1707年)時の加奈木崩れに代表されるように崩壊型地すべりが発生する可能性がある。

## 3. 東北版と四国版「くしの歯作戦」の路線

表-1 東北版くしの歯作戦路線一覧

路線名	延長(km)	所要時間(h)	平均速度(km/h)	備考
1 国道45号	55.4	1.13	49.0	八戸市~久慈市
2 国道395号	42.6	0.85	50.1	
3 国道281号	77.8	1.63	47.7	
4 国道455号	97.3	2.02	48.2	
5 国道106号	91.7	1.92	47.8	
6 国道283号	83.8	1.57	53.4	釜石自動車道経由
7 国道107号	71.4	1.30	54.9	
8 県道19号	61.1	1.40	43.6	
国道343号				
国道340号				
9 国道284号	45.7	1.00	45.7	
10 国道398号	44.8	0.97	46.2	
11 国道108号	37.8	0.92	41.1	
12 国道115号	51.2	1.03	49.7	
13 国道459号	64.5	1.72	37.5	
国道114号				
14 国道49号	82.7	1.28	64.6	
15 国道289号	78.8	1.83	43.1	
東北平均	65.8	1.37	48.0	全延長: 986.6km

※延長, 所要時間は, Google MAP<sup>4)</sup>より

※くしの歯作戦<sup>5)</sup>: 15路線

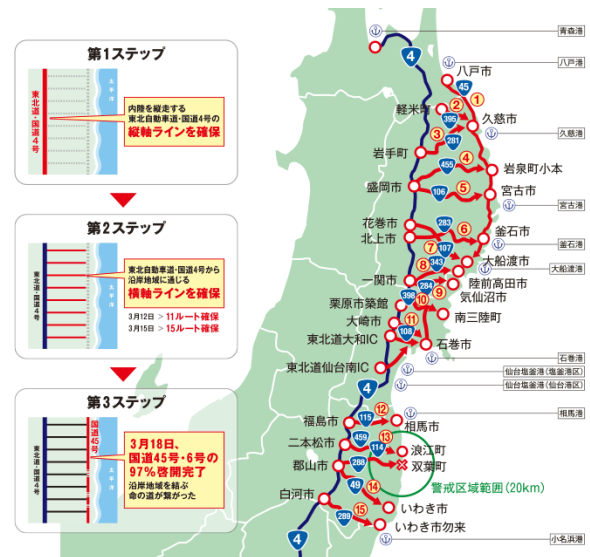


図-4 東北版くしの歯作戦<sup>5)</sup>

近年に発生した大地震として、東北地方太平洋沖地震がある。その復旧・救援活動時に実施された「くしの歯作戦」が非常に効果的であったことから、各地で同様な計画が策定されている。しかし、四国地方は地形が急峻かつ複雑で地質が脆弱である。そのことから、過去の南海地震でも大規模な地すべりの発生が確認されている。この点で、比較的堅固な地形・地質特性を有する東北地方とは条件が異なるものと考えられる。本章では、東北

地方と四国地方の「くしの歯作戦」の路線比較を行う。

(1) 東北版「くしの歯作戦」の緊急輸送道路

表-1および図-4は東北版くしの歯作戦の路線一覧を示すものである。所要時間や平均速度の数値は平時のものであり、被災時には交通の集中や不通箇所発生等による渋滞の発生などが起こっていたと思われる。

(2) 四国版「くしの歯作戦」の緊急輸送道路

表-2および図-5は四国版くしの歯作戦の路線一覧を示すものである。STEP1は、津波浸水被害が少ないと予測される瀬戸内側のルート（国道11号，松山・高松道）を確保し，STEP2で四国山地を縦断し太平洋側にルートを確認，STEP3で津波被害の大きいと予測される太平洋側を啓開する。また，本州と四国を結ぶ本州四国連絡橋は，現在3ルートあり，南海地震の震源地より遠く影響は小さいものと推定され，早期に通行が可能となるものと考えられる。四国内の緊急輸送道路の問題点としては，国道195号は，国道55号との分岐点が太平洋岸に面しており，当該箇所の津波浸水深は5.0～10.0m<sup>7)</sup>となっている。

表-2 四国版くしの歯作戦路線一覧

路線名	延長 (km)	所要時間 (h)	平均速度 (km/h)	備考	
1	国道 195 号	50.5	1.12	45.1	R193 分岐まで R55 分岐点(阿南市)が、津波浸水エリア:5.0~10.0m
1-1	国道 195 号	87.9	2.33	37.7	国道 193 号分岐より
	計	138.4	3.45	40.1	
1-2	国道 193 号	49.1	1.42	34.6	国道 195 号分岐より
	計	99.6	2.54	39.2	
2	国道 32 号	128.3	2.42	53.0	
3	高知自動車道	66.3	0.83	79.9	R11→三島川之江 IC →高知 IC→R32
4	国道 194 号	76.1	1.63	46.7	R33 まで
5	国道 33 号	115.2	2.52	45.7	高知県庁まで
6	国道 197 号	99.5	2.08	47.8	
7	国道 320 号	30.8	0.67	46.0	国道 441 号分岐まで
	国道 381 号				
7-1	国道 381 号	51.4	1.05	49.0	国道 441 号分岐より
	計	82.2	1.72	47.8	
7-2	国道 441 号	36.5	0.83	44.0	国道 381 号分岐より
	計	67.3	1.50	44.9	
四国平均		97.0	2.08	46.7	全延長: 1,179.1km

※延長，所要時間は，Google MAP<sup>4)</sup>より

※四国版くしの歯作戦<sup>6)</sup>：9路線

津波来襲直後には，実質的に使用できず，国道55号の災害廃棄物・津波堆積物の啓開活動が完了した後に緊急輸送道路として機能する。そのため，国道55号沿線にある高知県東部地域と徳島県南部地域は，長期間に渡り孤立する可能性が高い。

(3) 「くしの歯作戦」の路線比較

表-3は東北と四国における「くしの歯作戦」の路線比較を示すものである。四国版くしの歯作戦に使用する道路は，東北で使用された15路線に対し，9(7)路線である。四国地方が平均延長，所要時間は，それぞれ1.5倍長い。

4. 地すべり地形の比較

本章では東北地方と四国地方の地形の違いについて整理し，課題を見出すことと試みた。手法としては防災科学技術研究所のHPにて公開されている地すべり地形GISデータ<sup>8)</sup>を用いて緊急輸送道路の近傍にある地すべり地形の集計を行った。

地すべり地形<sup>9)</sup>の存在は，地すべり変動が起きた前歴を示すもので，この存在が直ちに将来の地すべりの発生危険度が高いことを示すものではない。しかし，一般的に地すべり変動を起こした斜面は，地すべり変動の履歴を持たない斜面に比べて脆弱性が高い傾向がある。そのため，地すべり地形の斜面上では，わずかな刺激をきっかけに地すべり変動が再発する危険性がある。例えば河

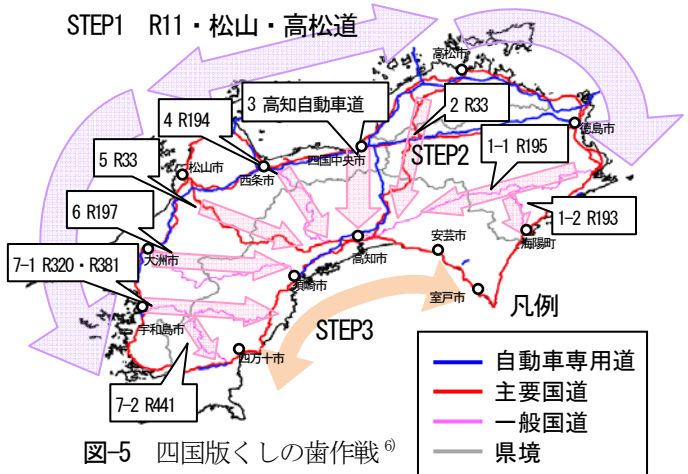


図-5 四国版くしの歯作戦<sup>6)</sup>

表-3 東北と四国における「くしの歯作戦」路線比較

項目	単位	東北 3 県 (A)	四国 地方 (B)	B/A	
総延長	km	986.6	1,179.1	1.20	
路線数	本	15	9 (7)	0.60 (0.47)	
平均	延長	km	65.8	97.0	1.47
	所要時間	h	1.37	2.08	1.52
	平均速度	km/h	48.0	46.7	0.97

川の下刻や側方浸食、あるいは人為的な斜面下部での切土や上部への盛土、さらには地下水を変化させるような改変や地震などによる震動が地すべり地形上の斜面を不安定化させ、再滑動の引き金となるケースが見られる。

本稿では、緊急輸送路の周辺にある地すべり地形を集計した。抽出に当たっては、路線より50m, 100m, 150m, 200mの4種類の範囲で抽出を行った。地震時の地すべり影響範囲は、80%が0.5（崩壊高の半分）未満<sup>10)</sup>とするデータもあるため、斜面の上方に位置する地すべりも集計できるようにした。離隔が200mとなると河川の対岸に位置する地すべりも集計される場合があるが、この点については今後の課題となる。

### (1) 東北地方、四国地方の地すべり地形分布

図-6および図-7は東北地方および四国地方の地すべり



図-6 東北（3県）の地すべり地形分布図

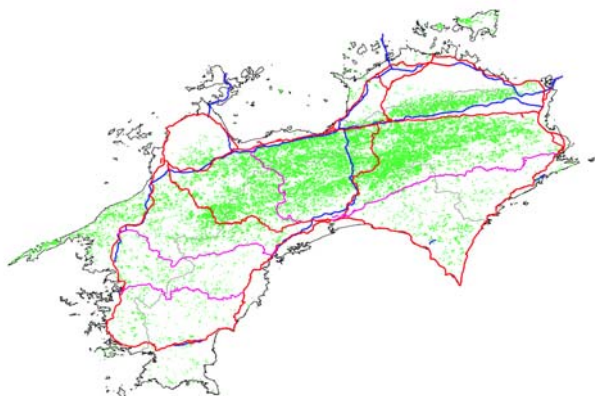


図-7 四国の地すべり地形分布図

地形の分布を示すものである。東北地方全域では、36,348km<sup>2</sup>の中に23,069箇所という地すべり地形があるが、図-6に示すように、中央部に集中しており太平洋側には少ない。このため、東北版くしの歯作戦の対象路線では、目立った地すべり被害が発生しなかったと考えられる。

一方、四国全域では、18,797km<sup>2</sup>の中に29,023箇所という地すべり地形があり、図-7に示すようにその殆どが中央部の三波川帯と秩父累帯に分布している。四国を縦断する路線は、東北と比較して地すべりに対する高いリスクを背負っていることが分かる。

### (2) 「くしの歯作戦」路線と地すべり地形分布

東北3県（岩手県、宮城県、福島県）と四国4県（香川県、徳島県、愛媛県、高知県）の緊急輸送道路の近傍にある地すべり地形の分布状況の比較を行った。表-4および表-5は東北地方および四国地方の「くしの歯作戦」路

表-4 東北（3県）の地すべり地形

緊急輸送道路との離隔	東北版くしの歯作戦(15路線) : 986.6 km				
	地すべり地形(箇所)	km/箇所	地すべり地形面積(km <sup>2</sup> )	面積比率(km <sup>2</sup> /km)	箇所当たりの平均面積(km <sup>2</sup> /箇所)
50m	150	0.15	9.06	0.009	0.06040
100m	240	0.24	11.64	0.012	0.04850
150m	305	0.31	13.01	0.013	0.04266
200m	380	0.39	14.98	0.015	0.03942

表-5 四国の地すべり地形

緊急輸送道路との離隔	四国版くしの歯作戦(9路線) : 1179.1 km				
	地すべり地形(箇所)	km/箇所	地すべり地形面積(km <sup>2</sup> )	面積比率(km <sup>2</sup> /km)	箇所当たりの平均面積(km <sup>2</sup> /箇所)
50m	580	0.30	41.47	0.546	0.07150
100m	795	0.41	53.01	0.698	0.06668
150m	963	0.50	62.18	0.818	0.06457
200m	1120	0.58	66.32	0.873	0.05921

表-6 地すべり地形比較

50m以内	単位	東北版くしの歯作戦(15路線) A: 986.6 km	四国版くしの歯作戦(9路線) B: 1,930 km	B/A
地すべり地形	箇所	150	580	3.9
	箇所/km	0.15	0.30	2.0
地すべり地形面積	km <sup>2</sup>	9.06	41.47	4.6
延長当たりの面積	km <sup>2</sup> /km	0.009	0.021	2.3
箇所当たりの平均面積	km <sup>2</sup> /箇所	0.06040	0.07150	1.2

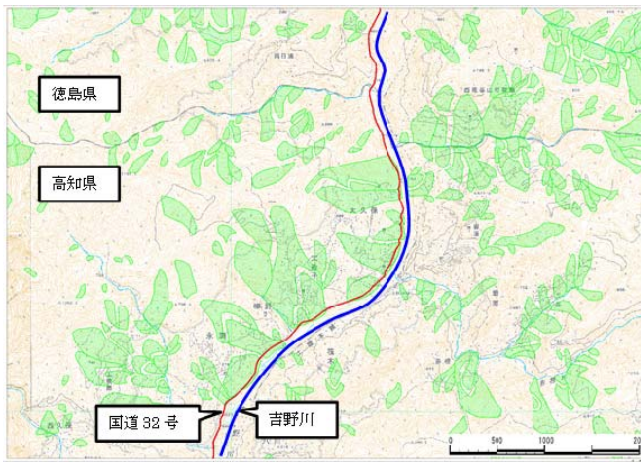


図-8 国道32号と地すべり地形（徳島・高知県境付近）

線近傍の地すべり地形集計，表-6はその比較結果を示すものである。これらから分かるように，東北に対して地すべり地形の箇所数は3.9倍で路線当たりの箇所数も2.0倍となる。地すべり地形の面積で見ると4.6倍で，四国版「くしの歯作戦」路線は，東北の事例に比べて地すべりのリスクが非常に高い事がわかる。

図-8は四国地方の地形の一例として徳島・高知県境付近における国道32号と地すべり地形を拡大表示したものであるが，こういった路線が四国地方には東北地方よりも多いということである。

## 5. 深層崩壊危険度を考慮した道路被災箇所数の比較

深層崩壊は，近年大規模な災害が多発し注目されている被災形態である。深層崩壊自体は，古くから発生している。2011年度台風12号のもたらした豪雨により紀伊半島で多数の深層崩壊が発生し，到るところで土砂ダムが形成されたことは，記憶に新しい。また，地震動による深層崩壊としては，2004年新潟県中越地震や2008年岩手・宮城内陸地震などで発生している。

図-9および図-10は東北地方および四国地方の深層崩壊推定頻度を示すものである。全国で深層崩壊の跡地が「特に多い」エリアを含む県は17県あるが，四国ではそのうち徳島，愛媛，高知の3県が該当している。その中でも特に危険性が高い地域（7箇所）の内，四国山脈（徳島と高知の県境），愛媛・高知の県境周辺の2箇所が入っている。

### (1) 道路被災箇所数の推定手法

内閣府の中央防災会議において東日本大震災の実績を踏まえた道路被害率<sup>1)</sup>が算定されている。これは，津波浸水域と浸水域外とに分けて算定されている。また，直轄国道や補助国道などの路線毎に分類し被害率が設定されている。浸水域外の震度別の道路施設被害率を表-7お

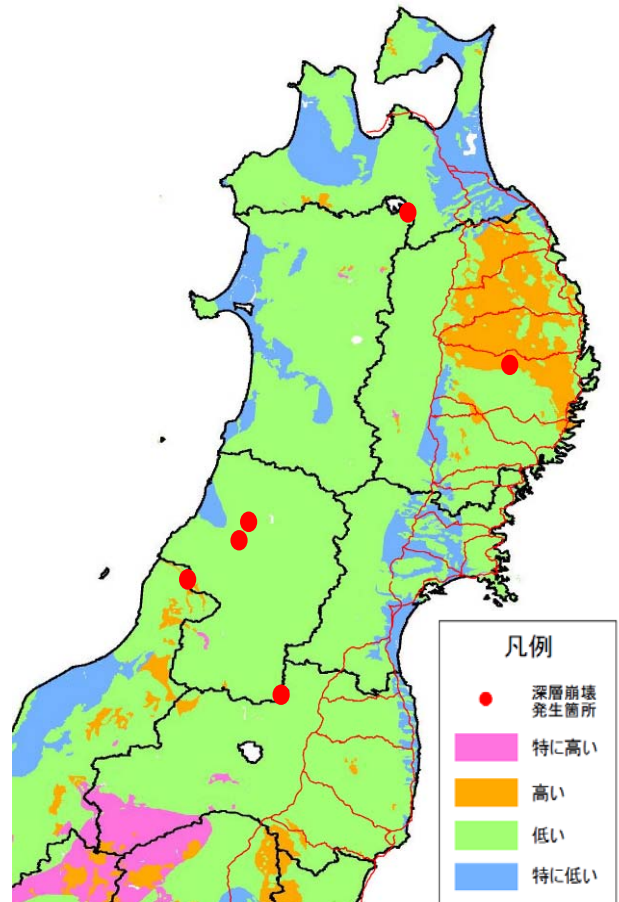


図-9 東北地方 深層崩壊推定頻度マップ<sup>1)</sup>

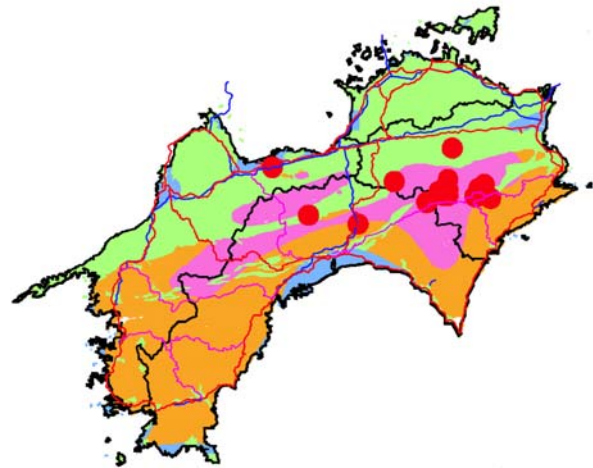


図-10 四国地方 深層崩壊推定頻度マップ<sup>1)</sup>

よび表-8に示す。中央防災会議は南海トラフ巨大地震における被害想定手法を併せて提示しており，道路施設被害については震度別道路延長にこの表-7および表-8の被害率を乗じて道路施設被害箇所数を推定するとしている。本稿ではまずこの手法に基づいて東北地方と四国地方の「くしの歯作戦」路線の被害箇所数を推定した。四国地方の震度については，中央防災会議<sup>1)</sup>を基に震度6弱とした。

次いで，本稿では深層崩壊発生頻度を考慮した「くしの歯作戦」路線の被害箇所数についても推定を行った。四国地方を構成する地質年代は0.2～1.8億年となっている。東北地方の地質年代は0.65～5.7億年であり，四国地

方と比べ古い時代に構成された地質といえる。場所によるが一般的に固結度は高く、四国地方と比べ相対的に土砂災害などは起こりにくい地質である。

本稿ではこのような地盤の硬軟を表現する指標として国土交通省による深層崩壊発生頻度を採用することとした。深層崩壊発生頻度マップは、明治期（1868年）以降に発生した122事例を基に隆起量が大きい地域や特定の地質に分類される地域の深層崩壊の発生頻度を予測し

表-7 東日本大震災における直轄国道の道路施設被害率（浸水域外）<sup>1)</sup>

震度	被災箇所	道路延長 (km)	原単位 (箇所/km)
震度4以下	5	-	-
震度5弱	9	256	0.04
震度5強	87	767	0.11
震度6弱	135	832	0.16
震度6強	25	149	0.17
震度7	1	2	0.48

表-8 補助国道・都府県道・市町村道に用いる道路施設被害率（浸水域外）<sup>1)</sup>

震度	原単位 (箇所/km)
震度4以下	-
震度5弱	0.016
震度5強	0.049
震度6弱	0.071
震度6強	0.076
震度7	0.21

表-9 東北地方「くしの歯作戦」路線の被害箇所数推定（深層崩壊発生頻度による補正無し）

路線名	延長 (km)	震度	道路施設被害率	被害箇所数
1 国道45号	55.4	4	-	
2 国道395号	42.6	4	-	
3 国道281号	77.8	4	-	
4 国道455号	97.3	5弱	0.016	2
5 国道106号	91.7	5弱	0.016	1
6 国道283号	83.8	5強	0.049	4
7 国道107号	71.4	5強	0.049	3
8 県道19号 国道343号 国道340号	61.1	5強	0.049	3
9 国道284号	45.7	5強	0.049	2
10 国道398号	44.8	6弱	0.071	3
11 国道108号	37.8	6強	0.076	3
12 国道115号	51.2	5強	0.049	3
13 国道459号 国道114号	64.5	5強	0.049	3
14 国道49号	82.7	5強	0.110	9
15 国道289号	78.8	5強	0.049	4
東北合計	986.6			41

分類したものである。過去の南海地震でも深層崩壊が発生していることから、本稿での被災箇所数の補正に活用することとした。具体的には、中央防災会議の道路被害率を基に算出した表-7および表-8の被害率から四国版「くしの歯作戦」路線の被災箇所数を推定し、この被災箇所集に対して深層崩壊発生頻度の補正を加え、道路施設被害箇所数を推定することとした。深層崩壊発生頻度<sup>2)</sup>の補正值については、深層崩壊が発生した122事例を基に算出された以下の値を用いて補正する事とした。

- ・特に高い：5倍（図-9、図-10のピンク色エリア）
- ・高い：2.5倍（同 オレンジ色エリア）
- ・低い：0.5倍（同 緑色エリア）
- ・特に低い：0.1倍（同 水色エリア）

なお、算定を行うに当たって使用した道路延長は、地図からの読み取りであり今後、精査が必要である。

また、震度別道路延長については、東北地方は、東北地方太平洋沖地震時の震度分布<sup>3)</sup>を用い、四国地方については中央防災会議において公開されている最大規模の

表-10 四国地方「くしの歯作戦」路線の被災箇所数推定（深層崩壊発生頻度による補正無し）

路線名	延長 (km)	道路施設被災率	被害箇所数
1 国道195号	50.5		
1-1 国道195号	87.9		
計	138.4	0.071	10
1-2 国道193号	49.1		
計	99.6	0.071	7
2 国道32号	128.3	0.160	21
3 高知自動車道	66.3	0.160	11
4 国道194号	76.1	0.071	5
5 国道33号	115.2	0.160	18
6 国道197号	99.5	0.071	7
7 国道320号	30.8		
7-1 国道381号	51.4		
計	82.2	0.071	6
7-2 国道441号	36.5		
計	67.3	0.071	5
合計	1179.1		90

表-11 道路被害箇所数推定結果の比較（深層崩壊発生頻度による補正無し）

項目	単位	東北3県 (A)	四国地方 (B)	B/A
延長	km	986.6	1,179.1	1.20
被害箇所	箇所	41	90	2.20
箇所/延長	箇所/km	0.042	0.076	1.81

振動が発生した場合の四国地方における最低の震度である震度6弱を用いて試算を実施した。

**(2) 中央防災会議の手法による「くしの歯作戦」路線の被害箇所数の推定**

表-9および表-10は中央防災会議(2013)<sup>9)</sup>の手法を用いて東北地方および四国地方における「くしの歯作戦」路線の被害箇所数の推定を行ったものである。東北地方は41箇所、四国地方は90箇所の被害箇所数と推定される。表-11はこの推定に基づく東北地方と四国地方における道路被害箇所数を比較したものである。東日本大震災における「くしの歯作戦」各路線の実被害箇所数のデータを入手できなかったため、この手法そのものの精度についての検証はできなかったが、相対的に四国地方は東北地方よりも2.20倍程度被害箇所数が増えるという結果を得た。

**(3) 深層崩壊発生頻度を考慮した「くしの歯作戦」路線の被害箇所数の推定**

表-12および表-13は深層崩壊発生頻度を考慮して東北地方および四国地方における「くしの歯作戦」路線の被害箇所数の推定を行ったものである。東北地方は27箇所、四国地方は201箇所の被害箇所数と推定される。東北地

表-12 東北地方「くしの歯作戦」路線の被害箇所数推定  
(深層崩壊発生頻度による補正あり)

路線名	震度	深層崩壊危険区分別 補正延長 (km)					道路 施設 被災 率	被害 箇所 数
		特に 高い	高い	低い	特に 低い	合計 (km)		
		5	2.5	0.5	0.1			
1 国道45号	4			4.9	4.6	9.4	—	
2 国道395号	4		41.8	7.8	1.0	50.6	—	
3 国道281号	4		146.8	9.6		156.3	—	
4 国道455号	5弱		161.8	16.3		178.1	0.016	3
5 国道106号	5弱		204.5	5.0		209.5	0.016	3
6 国道283号	5強		53.0	29.6	0.4	82.9	0.049	4
7 国道107号	5強		37.0	25.1	0.7	62.7	0.049	3
8 県道19号 国道343号 国道340号	5強			27.7	0.6	28.2	0.049	1
9 国道284号	5強			18.5	0.9	19.4	0.049	1
10 国道398号	6弱			9.1	2.7	11.7	0.071	1
11 国道108号	6強			3.7	3.1	6.7	0.076	1
12 国道115号	5強			24.6	0.2	24.8	0.049	1
13 国道459号 国道114号	5強			30.1	0.4	30.5	0.049	1
14 国道49号	5強			41.4		41.4	0.110	5
15 国道289号	5強		11.3	37.2		48.4	0.049	2
東北 合計			656.0	290.1	14.4	960.5		27

方、被災箇所数が41箇所から27箇所になる。本手法の基となる被災率は東日本大震災がベースとなっている事から補正を掛けた数値は、比較に用いるため算出された参考値である。今後は、補正值を含め各地域に応じた設定を行う必要がある。表-14はこの推定に基づく東北地方と四国地方における道路被害箇所数を比較したものである。相対的に四国地方は東北地方よりも7.44倍被害箇所数が増えるという結果となった。なお、道路延長1kmあたりの箇所数では3.43倍となっているが、緊急輸送手段としての道路を議論する際、道路延長が長いこと自体が不利な条件となり、延長1kmあたりの箇所数よりも被害箇所数自体の大小や被災規模が問題になる。

このように、東北地方に比べ四国地方は土砂災害リスクが非常に高く、東北の実績に基づいた被害率をそのまま適用して緊急輸送手段の議論を行うことは危険側となる可能性が高い。もちろん、今回の試算で用いた深層崩壊発生頻度<sup>12)</sup>による補正值は極めてラフなものであるた

表-13 四国地方「くしの歯作戦」路線の被害箇所数推定  
(深層崩壊発生頻度による補正あり)

路線名	深層崩壊危険区分別 補正延長 (km)					道路 施設 被災 率	被害 箇所 数
	特に 高い	高い	低い	特に 低い	合計 (km)		
	5	2.5	0.5	0.1			
1 国道195号		126.3					
1-1 国道195号	286.0		15.4				
計	286.0	126.3	15.4		427.6	0.071	30
1-2 国道193号	49.0	98.3					
計	49.0	224.5			273.5	0.071	19
2 国道32号	32.5	53.0	50.3		135.8	0.160	22
3 高知自動車道	50.0	52.3	17.7		120.0	0.160	19
4 国道194号	150.0	44.5	14.2		208.7	0.071	15
5 国道33号	178.0	142.3	6.1	1.1	327.4	0.160	52
6 国道197号		236.8	2.4		239.2	0.071	17
7 国道320号 国道381号		77.0					
7-1 国道381号		128.5					
計		205.5			205.5	0.071	15
7-2 国道441号		87.8	0.7				
計		164.75	0.7		165.5	0.071	12
合計					2103.0		201

表-14 道路被害箇所数推定結果の比較  
(深層崩壊発生頻度による補正あり)

項目	単位	東北3県 (A)	四国地方 (B)	B/A
被害箇所	箇所	27	201	7.44
箇所/延長	箇所/km	0.028	0.096	3.43

め、各地域の地形や地質に応じた数値を今後検討して行く必要があると考えられる。また、東北地方において実施された「くしの歯作戦」時の各ルートの被害状況を精査し、被害箇所数の推定手法の精度を検証することも必要となってくる。

## 6. 四国地方における緊急輸送用道路ネットワークの課題と救援対策

### (1) 四国地方における緊急輸送道路ネットワークの課題

南海地震に伴い高確率で発生する地すべり・深層崩壊・表層崩壊・落石などの土砂災害に対して、発災前にハード的対策を完了することは、時間的、経済的にも困難であり、現実的ではない。一定レベルの事前対策を行うとしても、実質的には発災後に崩壊地を修復、復旧する対処療法となざるを得ないと考えられる。

その時、救援部隊は、如何にして被災地に大量の物資と人員を配備するかが課題となる。南海地震発生後は、四国内の山間部・海岸部に孤立集落が多数発生すると想定されているが、救援部隊の展開や救援物資の分配など詳細な検討が必要である。山間部の道路を利用して瀬戸内側から太平洋側へ移動する場合は、急峻・脆弱な山地を60～100km走破しなければならない。四国の太平洋に面した海岸線は、1,100kmに及び（高知県713km、徳島県393km）津波の来襲により各地で分断される事が予測される。

現在は土砂災害リスクの低い東北の例を参考に、「くしの歯作戦」が全国展開されており、四国地方でも島の脊梁に沿った四国縦貫道路および国道11号をSTEP 1、山間部を横断する国道32号、33号、194号などをSTEP 2とする緊急輸送計画が検討されている。しかし、これまで述べてきたように、山間部の土砂災害リスクが極めて高く、山間部の根幹をなす道路網が甚大な被害を受け、道路啓開に東北地方太平洋沖地震時よりも長時間を要することが予測される。四国地方においては緊急輸送計画を「くしの歯作戦」に過度な依存をすると最適案となら

ない可能性がある。

過去の災害事例から、災害発生より72時間が、救命の目安となっている。土砂災害のリスクの高い四国地方においては迅速な緊急輸送道路ネットワークの確保を前提とする「くしの歯作戦」に加えてリスクの低い救援対策を早急に構築する必要があると考える。

### (2) 空路を活用した総合的な救援対策

国土交通省の各地方整備局が中心となり、空路を活用した総合的な救援対策についても必要性が検討されている<sup>14)15)</sup>など。これらの検討においては個別の広域防災拠点の整備や、ヘリポートを活用する旨の内容は示されているが、具体的なネットワーク計画の提示には至っていない。四国地方の場合、前項までに述べたように陸路に依存する救援対策は、リスクが非常に高い。海路については、津波発生時には使用出来ないことや、津波後は航路啓開が必要となってくる。これらを勘案すると地震発生直後から救援活動を実施するには、空路を整備する必要がある。固定翼機は滑走路が必要となることから現実的でなく、回転翼機による救援計画に重点を置いた総合的な緊急輸送計画を事前に構築する必要があるものと考えられる。その際は、道路啓開や航路啓開に要する時間、必要となる救援活動の内容や量の時間的変動といった要素を十分考慮し、陸路、海路および空路輸送の救援・復旧計画の時間軸に沿った役割分担を検討する。

新潟中越地震や、東日本太平洋沖大地震などでもヘリコプターによる救助活動が実施されている。四国地方は先に述べたように急峻な地形で、海岸部にしか平野が無い。大型ヘリの発着や必要とされる物資量を考慮すると、広域拠点化された大型ヘリの発着、整備、燃料補給ができるヘリポートがなければ、空と陸、海とが連携し円滑な救援活動が実施できない。また、ヘリを活用する事により、津波来襲時にも救援活動が実施可能となる。

拠点整備に当たっては、四国地方の高速道路におけるSA・PAを災害広域拠点化し整備する方法などが考えられる。今後整備されるSA・PAの検討時には、災害拠点の観点から整備計画を行う必要がある。大型ヘリの運用や周辺の孤立人口想定などから必要物資と資機材の集積量等を基に検討を行い、拠点スペースの確保することが求められる。図-11は広域拠点の整備イメージを示すものである。

新潟中越地震では、信濃川沿いの河川敷を利用し大型ヘリの発着、資材の集積、運用のための航空管制などが行われ山古志村などの大規模な被災地に資機材の運搬が行われていた。中越地震は、比較的、狭い範囲に被害が集中しており一箇所の拠点で支障が無かったものと思われる。一方で、四国地方の海岸線は長いことから、幾つかの地域に分散して拠点整備を実施しておくことが必要

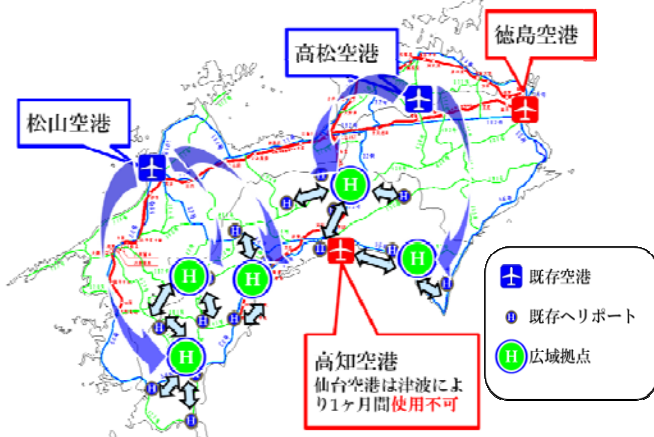


図-11 広域拠点整備イメージ



になってくると考えられる。

## 7. おわりに

本稿に取りまとめたように、東北地方太平洋沖地震時の「くしの歯作戦」が成功した理由を改めて精査することが重要であると考えられる。本稿では東北地方と四国地方の地形・地質状況の違いに着目して緊急輸送用道路の被害箇所数の推定を行い、四国地方における緊急輸送道路の機能性に関する課題を定量的に示すことができた。一方で、適用した深層崩壊発生頻度の補正係数の精度の問題や、個別の被災施設と地形・地質状況の関連については考慮できていないといった点で課題を残しており、これらを精査することでより精度の高い評価が可能になると考えられる。さらに、地形や地質だけでなく、資機材、人材などの分布状況を集計し分析を行うことで、東北同様の運用が可能な地域と難しい地域が判別できるものと考えられる。

四国地方は地形が急峻で地質が脆弱であり、過去の南海地震においても大規模な地すべりや深層崩壊が発生している。そういった土砂災害に対する物理的対策には膨大な費用や施工期間が必要であり、今後 30 年以内に 60～70%の確率で発生すると予測されている南海地震の発生までに対策を完了することは極めて困難である。「くしの歯作戦」の効果と限界を分析し、総合的な緊急輸送手段の構築と救援計画を検討し、発災直後から使用可能な総合的な輸送網のネットワーク計画が、今後重要な検討課題であると考えられる。

## 参考文献

- 1) 内閣府中央防災会議：南海トラフ巨大地震の被害想定について（第二次報告）（2013.03.18 発表），  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku\\_wg/pdf/20130318\\_shiryu4.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20130318_shiryu4.pdf)（2014.02）
- 2) 国土交通省四国地方整備局四国山地砂防事務所：四国山地の土砂災害，PP.3，2004.
- 3) 四国地方土木地質図編纂委員会：四国地方土木地質図解説図，1998.
- 4) Google Map：<http://www.google.co.jp/maps/>，アクセス日時：2014.02.06 21:00. (2014.5.19 受付)
- 5) 国土交通省東北地方整備局 HP：震災伝承館  
<http://infra-archive311.jp/s-kushinoha.html>，アクセス日時：2014.02.07 15:00.
- 6) 国土交通省四国地方整備局：社会資本整備審議会道路分科会第3回四国地方小委員会資料2より，  
[http://www.skr.mlit.go.jp/road/ir/syaseishin\\_shikokusy-oin/h23/3st\\_haihushiryu/3st\\_siryu/3st\\_siryu\\_2.pdf](http://www.skr.mlit.go.jp/road/ir/syaseishin_shikokusy-oin/h23/3st_haihushiryu/3st_siryu/3st_siryu_2.pdf)（2014.02）
- 7) 徳島県南海トラフ巨大地震被害想定（第二次）の概要（平成25年11月25日公表），  
<http://anshin.pref.tokushima.jp/docs/201311210023/files/gaiyou.pdf>（2014.02）
- 8) 独立行政法人 防災科学技術研究所 社会防災システム研究領域 災害リスク研究ユニット：地すべり地形分布図データベース，  
<http://lswbl.ess.bosai.go.jp/gis-data/index.html>（2014.02）
- 9) 上野将司著：危ない地形・地質の見極め方，PP13，2012
- 10) 急傾斜地崩壊防止工事技術指針作成委員会：新・斜面崩壊防止工事の設計と実例，PP54-55，2007
- 11) 国土交通省河川局砂防部砂防計画課：深層崩壊に関する全国マップについて（2010.08.11），  
<http://www.mlit.go.jp/common/000121614.pdf>（2014.02）
- 12) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部 HP：深層崩壊FAQ，  
[http://www.mlit.go.jp/river/sabo/deep\\_landslide\\_FAQ.html](http://www.mlit.go.jp/river/sabo/deep_landslide_FAQ.html)（2014.02）
- 13) 国土交通省気象庁：2012年12月 地震・火山月報（防災編），  
[http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/gaikyo/monthly/201212/201212nen\\_furoku\\_5.pdf](http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/gaikyo/monthly/201212/201212nen_furoku_5.pdf)（2014.02）
- 14) 中部圏広域防災拠点ワーキンググループ：中部圏広域防災ネットワーク整備計画（第一次案）（2013.03.25 発表）  
[http://www.cbr.mlit.go.jp/senryaku/kouikiNW/pdf/bousaiwg2\\_plan.pdf](http://www.cbr.mlit.go.jp/senryaku/kouikiNW/pdf/bousaiwg2_plan.pdf)（2014.09）
- 15) 四国南海トラフ地震対策戦略会議：南海トラフ地震対策地域啓開計画策定ガイドライン（案）（2014.3）  
[http://www.skr.mlit.go.jp/bosai/bosai/chiikikeikai/pdf/guideline\\_draft.pdf](http://www.skr.mlit.go.jp/bosai/bosai/chiikikeikai/pdf/guideline_draft.pdf)（2014.9）

## A study on emergency logistics transportation for great earthquake and tsunami disaster in SHIKOKU region

This paper verifies effectiveness of emergency transportation in case of the Nankai earthquake which is predicted to be occurs with a probability of 60-70% in the next 30 years. Based on "Operation Comb" which worked effectively in Tohoku Pacific Ocean Earthquake occurred on March 11, 2011. Shikoku district is considering the "Operation Comb of Shikoku version". Although practical use of the road network at the time of a disaster is an indispensable matter, Tohoku region and the Shikoku region have different geological and geographical conditions. This paper tried to conduct comparative verification focused on

landslide geographical conditions and risk of deep-seated landslide.

As a result of the verification, it is concerned that frequency of road infrastructure damage will be occurred in the route specified as the urgent transportation road, in “Operation Comb of Shikoku version”. It is necessary to build a measure of comprehensive new emergency transportation which is take into consider the geology and the geographical conditions of the Shikoku region.