

四国三波川帯の地すべり

高橋 治郎

(愛媛大学教育学部地学教室)

(平成6年4月28日受理)

LANDSLIDES OF THE SAMBAGAWA BELT IN SHIKOKU, JAPAN

Jiro TAKAHASHI

*Department of Geology, Faculty of Education,
Ehime University, Matsuyama, Ehime, 790 Japan*

(Received April 28, 1994)

The geological distribution of landslides in Shikoku shows that landslides mostly occur in the Sambagawa Belt. The Sambagawa Belt is extensively exposed on the south of the Median Tectonic Line. All of the rocks in this belt were metamorphosed into the crystalline schists. In this belt, rivers and streams are V-shaped valleys which are being vigorously deepened at present. Most of landslides are distributed on the sides of mountains. In landslide areas, those slope angles are between 20~30 degrees. The various causative factors of these landslides are listed below.

- ① Undercutting of the banks by deeply incised rivers and streams.
- ② Extensive development of weak rocks such as pelitic (black) schists and heavily schistose basic (green) schists.
- ③ High weathering of the rocks.
- ④ Concentrated precipitation.
- ⑤ Construction activities (human interventions) without considering the conditions of the terrain.

はじめに

四国の三波川帯には、徳島県三好郡西祖谷山村の善徳地すべり地をはじめとして、多数の地すべり地がある。したがって三波川帯の地すべりに関して、古谷 (1968)¹⁾、岩崎 (1969)²⁾、安

藤・大久保 (1970)³⁾, 斎藤・横瀬 (1972)⁴⁾, 藤田 (1976)⁵⁾ 等々, 多数の研究がある. この三波川帯は急峻な四国山地の北翼に位置し, 分布する岩石は主として低温高压下で変成した岩石類 (結晶片岩類) である. これら三波川帯に分布する変成岩類は, 片理が密に発達しており, 数度の変形作用を蒙っていることや風化作用を受けることによってきわめて脆弱な基盤となっている. また, 三波川帯には古地すべりや古崩壊によって形成された崩積土や段丘堆積物も分布し, これらも地すべりを起こしている.

四国地方においては, 地すべり発生の引き金となっているのは, 大部分が梅雨および台風時の降雨である. しかし, 近年, 無計画な人為的地形改変が地すべりの誘因となっているケースが増えつつある (鹿島, 1992⁶⁾, 高橋, 1993⁷⁾).

本稿では, これまでの研究成果をレビューするとともに, 四国の三波川帯の地すべりを地形的および地質学的に検討し, 現在までに何が明らかにされ, 今後どういった問題点の解明が必要かを明らかにする. ただし, 変成岩類に関係する地すべりを対象とし, 石鎚山第三系 (久万層群, 石鎚層群) 中の地すべりについては議論しない.

地すべりの研究に際して, 常日頃から御教示・御指導いただいている愛媛大学教養部鹿島愛彦教授, 同工学部矢田部龍一助教授をはじめとして「地すべり研究会」のメンバーの方々に厚くお礼申し上げる.

地 形

四国は東西約260 km, 南北約150 km で中央部が燧灘と土佐湾で南北幅50 km にくびれた, 面積18,256 km² の島である. 島の中央部にほぼ東西に延びる四国山地が位置している. 四国山地は, その北縁が東北東-西南西方向に追跡される中央構造線によって縁どられ, ここから南に向かってその標高を急速に1,000 m 以上へ増大させている. 四国で最も高い山は愛媛県にある石鎚山 (天狗岳) で標高1,982 m あり, ついで徳島県にある剣山が1,955 m ある. 四国山地は大局的にみて, 北の瀬戸内海側が急傾面, 南の太平洋側が緩斜面となっている. この島内を四万十川 (渡川, 196 km) や吉野川 (194 km), 仁淀川 (124 km), 肱川 (103 km) 等の河川が縦横に流れている. 河川の侵食によりV字谷が発達し, 地形は急峻で, 四国山地は全体として壮年期の地形を呈している.

四国山地の第四紀隆起量は, 石鎚山や剣山周辺で1,000~1,500 m と推定されている (第四紀地殻変動研究グループ, 1968)⁸⁾. また, 大森 (1990)⁹⁾ によれば, 最近100万年間の四国山地の平均隆起速度は, 剣山周辺で年間約2.5 mm 以上, 石鎚山付近が同じく2.0 mm, 脊梁部は1.0 mm ないしそれ以上の隆起速度で, 隆起軸は北に凸の孤を描いて東西に長く連なるといふ.

四国山地の山腹には緩傾斜地が多数発達しており, この上に田畑や家屋が乗っている. 地体構造区分の三波川帯は, 四国山地の北翼に位置している.

気 象

四国山地の北側は温暖小雨の瀬戸内海型気候であり, 南側は南海型気候である. 四国は台風や前線による大雨に見舞われることがある. 山間部では日較差が大きく, 晩秋から初夏期に雪をいただく山, あるいは水が凍る地域がある.

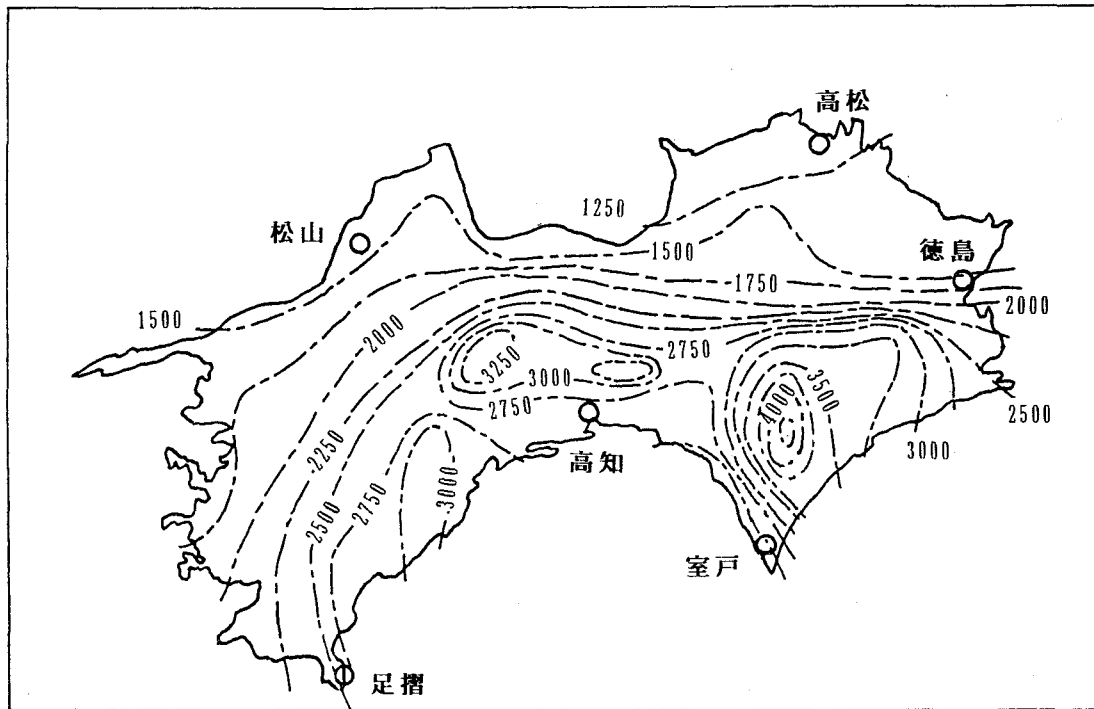


図-1 四国の年平均降水量 (mm)

年間の平均降水量は図-1に示すように、瀬戸内海側に比べ太平洋側が多雨である。すなわち、瀬戸内海側に位置する松山市で1286.0 mm、高松市1147.2 mm、南の太平洋側に位置する高知市で2582.4 mm、足摺2487.7 mm、室戸岬2435.5 mmである。なお徳島市では1614.6 mmである(国立天文台編, 1993)¹⁰⁾。

地 質

西南日本を内帯と外帯に分かつ中央構造線のすぐ南側に位置するのが三波川帯である。南縁は御荷鉾緑色岩類あるいは秩父帯の岩石と接する。南北幅は四国中央部で最も広く、約30 kmある。三波川帯には、変成岩類やカンラン岩・角閃岩、“始新統”久万層群の礫岩や砂岩、泥岩、中新統石鎚層群の花崗岩類や火山岩類等が分布する。本稿では、前述したように変成岩類についてのみ議論する。

三波川帯に分布する変成岩類は、三波川変成岩類あるいは三波川結晶片岩類と呼ばれている。本変成岩類は、緑色(塩基性)片岩、黒色(泥質)片岩、珪質片岩、砂質片岩、石灰質片岩および礫質片岩より成る。これらの変成岩類には、一般にいちじるしい片理や劈開が発達しており薄く板状あるいは小片状に割れやすい。こうした片理や劈開、変形時の破断などによって脆弱な岩石になっているため三波川帯の変成岩類分布地域には多数の地すべり地が発達しており、これらを小出(1955)¹¹⁾は“破碎帯地すべり”と呼んだ。

緑色(塩基性)片岩は玄武岩質火山噴出物が低温高圧下で変成したもので、緑泥石、緑簾石、角閃石、藍閃石を主成分とする。塊状のものは片理の発達が疎で強靱であるが、薄層で黒色(泥質)片岩と互層するものは、片理が密に発達しその片理面に沿ってすべり、すべり面が蛇紋岩

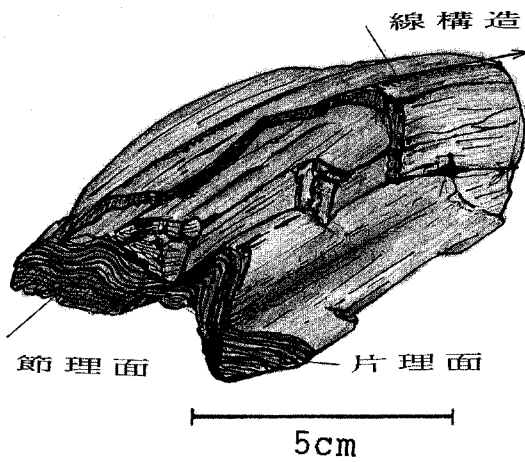


図-2 叩き割った黒色片岩岩片のスケッチ

様光沢を有するものもある。淡緑色を呈する火山灰起原の緑色片岩も片理が密に発達しており脆弱である。

黒色(泥質)片岩は主として石英と絹雲母(白雲母)からなり、片理や微褶曲がよく発達しており、剥離性がいちじるしい(図-2)。黒色片岩が緑色片岩や珪質片岩と接する部分では、境界がすべり面になっている場合が多く、黒色片岩側が破碎されている。一般に黒色片岩は脆弱な基盤石となっている。

珪質片岩は緑色片岩に挟まれている場合が多い。量的には少ない岩石ではあるが堅硬であるため差別侵食によって、また色が灰白色や暗赤

色であるため目につきやすい。大部分が石英よりなり、雲母や紅簾石等も含む。

砂質片岩は黒色片岩より粒度の粗い灰色の岩石で、石英、斜長石、絹雲母(白雲母)等からなる。片理の発達は弱い。

石灰質片岩は主として三波川帯の南縁に分布し、灰白色を呈する。強靱な岩石ではあるが、片理面に沿って板状に割れやすい部分もある。愛媛県上浮穴郡小田町大平や八幡浜市日土町などに分布する石灰質片岩から後期三畳紀のコノドント化石が産出した(須鎗ほか, 1980¹²⁾, 1981¹³⁾).

礫質片岩は砂質片岩に挟まれて分布し、花崗岩類、石英斑岩、流紋岩、珪岩等の礫種から構成されている。これらの礫は変形作用により走向方向に引き延ばされ、扁平になっている。走向方向に垂直な断面での礫の長径は数 cm~30 cm である。

なお、三波川変成岩類は、肉眼的に識別される曹長石の変斑晶の有無により点紋片岩と無点紋片岩とに区分され、それぞれの分布地域が点紋帯、無点紋帯と呼ばれている。

三波川変成岩類は、それらの原岩が地下深所(約25 km)で変成したものが地表まで上昇し

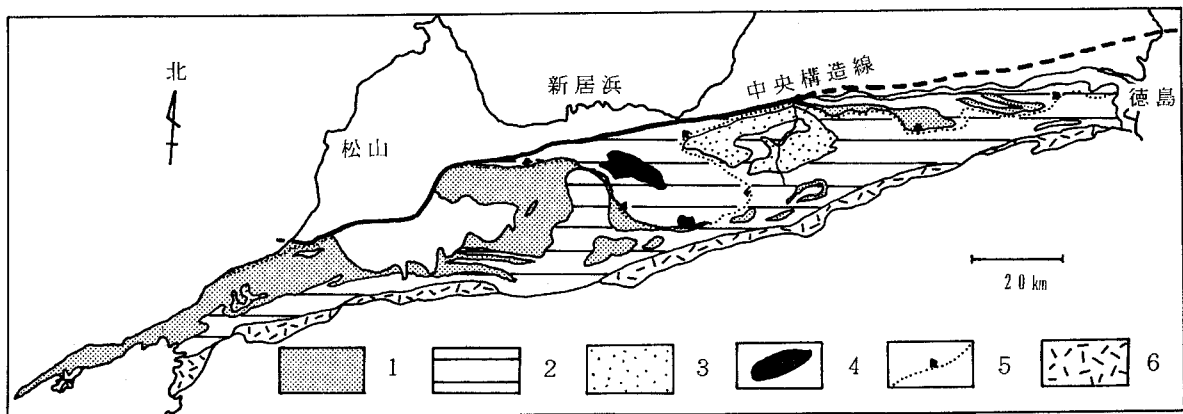


図-3 四国三波川帯の地質略図

(凡例 1: 緑色(塩基性)片岩, 2: 黒色(泥質)片岩, 3: 砂質片岩, 4: 超塩基性岩, 5: 点紋帯(矢印側), 6: 御荷鉾緑色岩)

てきたものである。したがって、上載荷重の解放による片理や節理の発達およびそれらの顕著化が進行している。物性強度的には、珪質片岩や石灰質片岩、礫質片岩が強靱でこれに砂質片岩がつぎ、緑色片岩、黒色片岩の順に脆弱になる。四国東部（徳島県）では黒色片岩を主として緑色片岩が、徳島・愛媛県境付近では砂質片岩と黒色片岩、ついで緑色片岩が、四国西部（愛媛県）では緑色片岩を主として黒色片岩が分布している（図-3）。珪質片岩や石灰質片岩、礫質片岩は分布面積は少ないが、断崖や急傾斜地を、また、砂質片岩も急峻な地形を形成している。

褶曲構造は、地質構造にほぼ平行な東西方向の軸をもつものとこれにやや斜交する軸をもつものとがある。こうした褶曲構造形成時の変形作用は、異なる岩石の接触部分をいちじるしく破碎したり、向斜軸部を破碎したりしている。なお、清水構造帯とされていたものは、背斜軸の破碎された部分である（木村，1980）¹⁴⁾。

多くの地すべり地では、赤褐色に風化した結晶片岩が道路切り割り部で観察される。また、地すべり地では深さ20 m内外の調査ボーリングが3本程度行われているが、耕作地を掘削した多くの地点からは、20 m付近でも強～弱風化した片岩のコアが採取されている。

地すべり地の分布特性

甲藤（1980）¹⁵⁾ は四国の中央構造線以南、すなわち外帯の地すべり地および大規模崩壊地の分布を図-4のように示した。この図から明らかなように三波川帯には多数の地すべり地があ

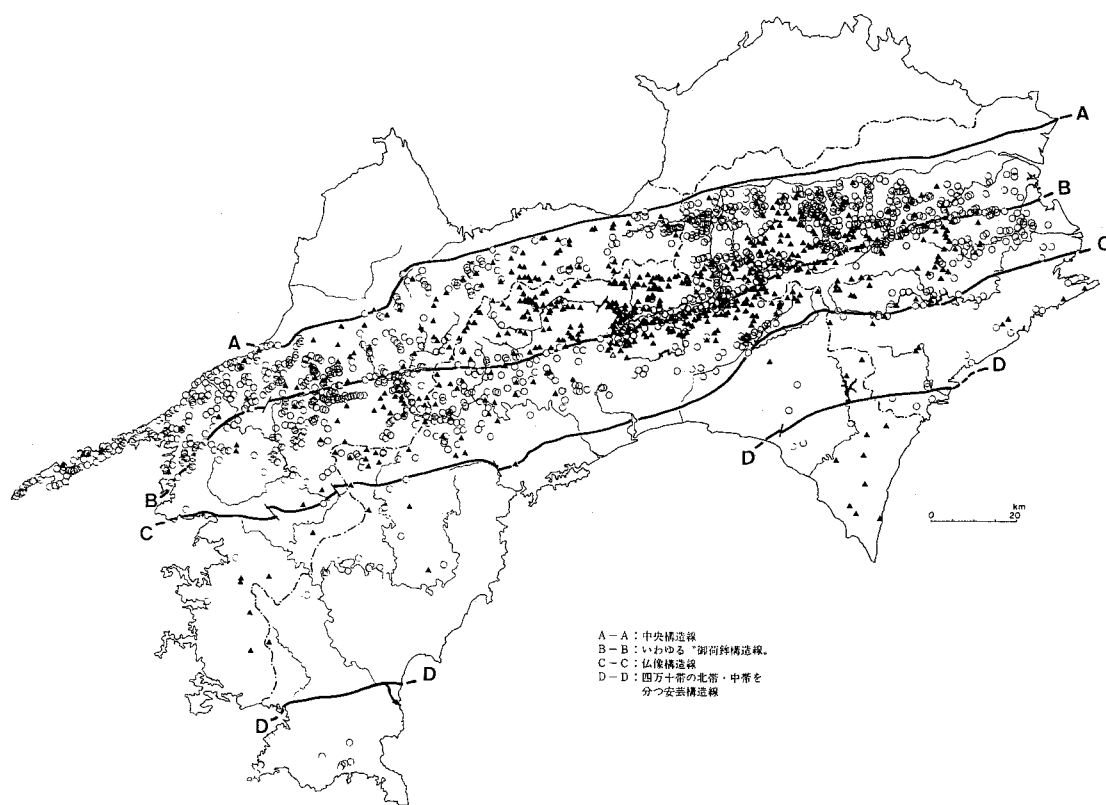


図-4 四国外帯の地すべり地（白丸印）と大規模崩壊地（黒三角印）
寺戸恒夫原図，甲藤（1980）¹⁵⁾

り、これら地すべり地の分布については、つぎのような指摘がある。

- ・「古谷尊彦 (1967) によると、地すべり地は起伏量300~600 m に集中している。水系は多少屈曲しているが、河谷の一般的な方向は結晶片岩の劈開方向 (縦谷) と横走節理系 (横谷) に支配され、断層谷のいちじるしいものは存在しない。地すべり地内には小さい沢が多く発達している。地すべりの分布については構造的断層との関係はかならずしも密接でなく、主として岩質と水系発達に支配されている」(安藤・大久保, 1970)³⁾。

- ・「地すべり地の高度に等高性がある」(永井, 1977)¹⁶⁾。

- ・「海岸あるいは水系に沿い、ほぼ一定標高範囲に分布するようである。…水系に沿って、水平距離1 km, 標高差200 m 以内に分布する。しかも、標高200 m 前後と400 m 前後の2群にまとまっている」(中村, 1981)¹⁷⁾。

- ・「…、地すべりが河川よりもある高さの場所に分布していることである。すなわち、地すべり地の下方に比高100~300 m のV字谷が刻まれているところが多い(斎藤, 1980¹⁸⁾; 斎藤・長谷川, 1984)¹⁹⁾。

- ・「地すべり地形は、特定の断層破碎帯や褶曲構造よりむしろ主要河川に沿って分布している。しかも大部分の地すべり土塊は、粘土分の少ない岩屑から構成され、河床よりも高い高度のところに緩斜面を形成している」(長谷川・斎藤, 1991)²⁰⁾。

これらの指摘は、四国三波川帯の地すべり地が、①河川や海岸に沿って、②ほぼ一定の標高の場所に分布しているとする点では一致している。こうした地すべりの分布特性は、渡 (1992)²⁰⁾ の言葉をかりれば、つぎのように一般化される。「…地すべり面の末端部は河岸や溪岸に露頭している例をしばしば見受けるが、新第三紀層で代表される比較的新しい地層即ち、泥岩、凝灰岩系のすべり面は概して河床付近に分布するのに対して中古生層の粘板岩、頁岩、変成岩のすべり面は河床よりかなり高い河岸に見出される事が多い」(渡, 1992)²¹⁾。

地すべり地が河川や海岸に沿って発達しているのは事実である。これは、河川水や海水によって河床や斜面末端部が侵食されることにより、海岸や谷壁斜面が不安定になり滑動するためである。したがって、河川水や海水による侵食を受けない法皇山脈北斜面 (伊予三島市から西条市) は、三波川変成岩類の流れ盤であり急斜面であるにもかかわらず、ほとんど地すべりが発生していない。しかし、四国縦貫自動車道「的之尾トンネル」(伊予三島市) 工事により地すべりが発生 (横山ほか, 1983²²⁾, 1984²³⁾) したように、また、四国縦貫自動車道工事中に小規模な地すべりや法面崩壊が数箇所発生したように、法皇山脈北斜面も地すべりの素因を有している。

一方、地すべり地がほぼ一定の標高に分布していると指摘されているが、この理由として次の二通りの解釈がなされている。すなわち、「新第三系のような地層は侵食による河床低下と連動してすべり面が形成されるが比較的堅硬で塑性に乏しいものは、河床の下刻作用に対して反応が遅いのですべり面の形成が遅れる」(渡, 1992)²¹⁾ とする考えと、「河岸段丘として出現した小起伏面の周辺部がつぎつぎと地すべりを起こしたので一定の標高に地すべり地がある」(永井, 1977)¹⁶⁾ とするものである。

三波川帯の地すべり地の多くは、確かに河床より高い位置にあるが、それらの標高に河岸段丘のような明瞭な等高性や段丘堆積物は見出せない。だからこそ前述のように、地すべり地の標高については、研究者によって様々な表現がなされているのである。高橋 (1993)⁷⁾ が指摘したように三波川帯の地すべりの多くは化石 (古) 地すべりの再活動であるし、山腹にある緩

傾斜地は化石（古）地すべり地である。したがって、谷壁の中腹に初生的地すべりあるいは崩壊が発生し、緩傾斜地を形成し、その後の河川の下刻作用によって今日我々の観察する地形になったのであろう。

なお、三波川帯の地すべり地の傾斜については、次のような指摘があり、研究者の見解がほぼ一致している。

- 「地すべり斜面は割合に差異が少なく20~30°のものが多し」（安藤・大久保, 1970）³⁾。
- 「地すべり地の平均傾斜は、岩相によらず27~28°が最も卓越している」（藤田, 1976）⁵⁾。
- 「平均傾斜は25~30°が多い」（斎藤・長谷川, 1984）¹⁹⁾。
- 「地表勾配は20~30°程度のもので多く、第三紀層地すべりのそれと比べて10°程度大きい」（矢田部, 1991）²⁴⁾。

地 質 特 性

三波川帯の地すべりの多くが、こういった地質や地質構造の部分で発生しているかについては、次のような報告がある。

「地すべりは、片理が発達した泥質片岩あるいは塩基性片岩の流れ盤に多発している」（長谷川・斎藤, 1991）²⁰⁾。

「泥質片岩に多く、砂質片岩や塩基性片岩（緑色片岩）には少ない。点紋帯の方が無点紋帯よりも多い。岩屑が割合に多く、いちじるしく砂礫質であり、粘土質の構造的なすべり面の存在がきわめて不明」（斎藤, 1980¹⁸⁾；斎藤・長谷川, 1984¹⁹⁾）。

「…泥質片岩地域に地すべりがきわめて多数発生しており、次いで砂質片岩、塩基性片岩の地域の順となる。特徴的なのは、珪質片岩地域には地すべりがみられない（あっても極端にすくない）ことである」（藤田, 1976）⁵⁾。

また、地すべりの「誘因」や「すべり面」、「地すべり粘土」等については、次のように述べられている。

「地すべりの発生は台風ならびに梅雨の豪雨時と建設工事に伴う切土、盛土時が大半である。基盤岩と風化岩塊との境界がすべっているような場合は別として、大半のものはすべり面の特定が難しい」（矢田部, 1991）²⁴⁾。

「…、基盤とは無関係に崩積土層がすべっているように見える。また、地すべり地付近には、顕著な断層は存在せず、地すべりと断層破碎帯とは密接に関係していない場合が多い」（斎藤・長谷川, 1984）¹⁹⁾。

「三波川帯の地すべりでは、粘土で構成される「地すべり面」は明瞭でなく、大部分はレキ混り粘土で、判定することは困難である」。緑色片岩ではクロライトを主とし、黒色片岩はイライトを主として、カオリナイト、パーミキュライトが付随的に存在する（高谷・山本, 1972）²⁵⁾。

これらをまとめると、三波川帯の地すべりは破碎された岩石というより、黒色片岩や片理の密に発達した緑色片岩中で多数発生しているといえる。したがって、こうした岩石の分布する四国東部の徳島県では黒色片岩中に、西部の愛媛県では緑色片岩中に地すべり地が多い。また、高橋（1988）²⁶⁾が述べたように、三波川帯の地すべり総べてを「破碎帯地すべり」と呼ぶのは適当ではない。

さらに重要なことは、前述の地すべりの多くは、古（化石）地すべりの再活動であるということである。だからこそ、地すべり面の特定が困難なのである。

今後の課題

三波川帯の地すべりが「河岸段丘として出現した小起伏面の周辺」から発生している（永井, 1977）¹⁶⁾ とする見解は、筆者の調べたかぎりでは、辻村（1940）²⁶⁾ の「四国山地や秩父の山間では、谷底から高い所に緩傾斜の土地が散在し、多くは畑地となり、時には数軒の家屋さえその上に載って居る。このような土地の多くは、古い河岸段丘の遺物と見るべきものであって、現今の河床から二、三百メートルも高い所にあり、その表面を構成する物質は、多く崖錐の堆積物である。」とする見解にまでさかのぼることができる。筆者は三波川帯の地すべりの大半は河岸段丘（すなわち緩傾斜地）とは無関係に発生したものと考えているが、今後四国山地内の河岸段丘の研究が必要である。

また、古（化石）地すべり地の地下構造については、すべり面の位置や地下水の挙動等不明なことが多い。これらを、ひいては地すべりの実態を把握するためにも今以上の三次元（立体）的調査が不可欠である。さらに、地すべりのモデル地区を設定し、徹底した調査・観測をおこない、それらのデータからよりすぐれた地すべり対策法を確立してゆかなければならない。

文 献

- 1) 古谷尊彦, 1968, 吉野川・祖谷川中流域の地すべりに関する2・3の観測結果について. 地すべり学会誌, 第5巻, 第1号, p.11-13.
- 2) 岩崎正夫, 1969, 祖谷川域の地質と地すべり. 地すべり, 第5巻, 第3号, p.24-25.
- 3) 安藤 武・大久保太治, 1970, 徳島県西部結晶片岩地域の地すべり —結晶片岩型地すべりについて—. 地質調査所月報, 第21巻, 第7号, p.395-436.
- 4) 斎藤 実・横瀬広司, 1972, 徳島県祖谷川流域のいわゆる破碎帯地すべりについて. 東北大学理学部 岩井淳一教授記念論文集, p.627-633.
- 5) 藤田 崇, 1976, 徳島県における三波川帯地すべり. 新潟大学理学部地質鉱物学教室研究報告, 第4号, p.541-546.
- 6) 鹿島愛彦, 1992, 地質学から見た愛媛県の地すべり. 地球, v.14, no. 2, p.79-85.
- 7) 高橋治郎, 1993, 愛媛県における地すべりの地質特性. 愛媛大学教育学部紀要, 第三部, 自然科学, v.13, no. 2, p.41-50.
- 8) 第四紀地殻変動研究グループ, 1968, 第四紀地殻変動図. 第四紀研究, v. 7, p.182-187.
- 9) 大森博雄, 1990, 四国山地の第四紀地殻変動と地形. 米倉伸之・岡田篤正・森山昭雄編「変動地形とテクトニクス」, p.60-86, 古今書院.
- 10) 国立天文台編, 1993. 「理科年表」, 1042p., 丸善.
- 11) 小出 博, 1955. 「日本の地すべり」. 257+7p., 東洋経済新報社.
- 12) 須鎗和己・桑野幸夫・石田啓佑, 1980, 四国西部三波川帯主部よりの後期三畳紀コノドントの発見. 地質学雑誌, 第86巻, 第12号, p.827-828.
- 13) 須鎗和己・桑野幸夫・石田啓佑, 1981, 秩父帯の層序と構造および三波川帯との関係. 中生代造構作用の研究, no. 3, p.99-113.
- 14) 木村敏雄, 1980, 「日本列島—その形成に至るまで—」. 第2巻〔下〕, p.577-916, 古今書院.
- 15) 甲藤次郎, 1980, 南四国（外帯）の山地災害と、その対応. 四万十帯の地質学と古生物学—甲藤次郎教授還暦記念論文集—, p.121-146.

四国三波川帯の地すべり

- 16) 永井浩三, 1977, 愛媛県下にみられる地すべりについて. 農業土木学会中国四国支部51年度シンポジウム「破碎帯地すべりの地質的な特性」, p.22-27.
- 17) 中村忠春, 1981, いわゆる破碎帯地すべりの対処についての考え方. 第12回地すべり対策技術講習会講演集, 地すべり対策技術協会, p.22-30.
- 18) 斎藤 実, 1980, 四国地方の地質と地すべり, 山くずれおよび地殻変動について. 支部創立20周年記念出版「20年のあゆみ」, 土質工学会四国支部, p.9-48.
- 19) 斎藤 実・長谷川修一, 1984, 特別企画: 四国の地質と災害特性. 土と基礎, 32巻, 10号, p.107-116.
- 20) 長谷川修一・斎藤 実, 1991, 四国の自然環境と地形・地質 地質. 土と基礎, 39巻, 9号, p.19-24.
- 21) 渡 正亮, 1992, 岩盤地すべりに関する考察. 地すべり, 第29巻, 第1号, p.1-7.
- 22) 横山治郎・久野富弘・石原 久, 1983, 中央構造線に沿う地すべり地帯を掘る. トンネルと地下, v.14, no. 4, p.339-348.
- 23) 横山治郎・久野富弘・石原 久, 1984, 中央構造線に沿う地すべり地帯を掘る(その2). トンネルと地下, v.15, no. 7, p.519-525.
- 24) 矢田部龍一, 1991, 四国における自然災害 地すべり. 土と基礎, 39巻, 9号, p.44-49.
- 25) 高谷精二・山本 徹, 1972, 愛媛県の地すべりとそれに伴う粘土. 愛媛の地学 堀越和衛先生還暦記念号, p.108-113.
- 26) 高橋治郎, 1988, 地質学用語としての破碎帯と破碎帯地すべり. 愛媛県における土質工学的諸問題, p.22-24.
- 27) 辻村太郎, 1940, 「山」. 岩波新書, 177 p., 岩波書店.