<報 文>

新潟県の地すべりとその環境

The land slide of Niigata Prefecture and its environment

山野井 徹* 石黒 重実**

布施 弘*** 神田 章****

Tohru YAMANOI, Shigemi ISHIGURO,

Hiroshi FUSE, Akira KANDA

1. はじめに

新潟県は、日本における地すべりの多発県であることは周知のとおりである。歴史に残るものも多数あるが、そのうちでも特に超大地すべりとしては、宝暦元年(1751年)の名立地すべり(一部落全部海中に没し、死者428人)、天明3年(1783年)の東野名地すべり(耕地30haが流出)、天保3年(1833年)の中尾地すべり(一部落壊滅)などをあげることができる。また、戦後の大地すべりとしては、棚口地すべり(昭和22年5月、人家80戸倒壊)、樽田地すべり(昭和32年4月、死者18人)、地獄谷地すべり(昭和33年12月、死者2人)、東中野俣地すべり(昭和37年3月、死者6人)、松之山地すべり(昭和37年12月～、600ha、人家296戸被災)、能生小泊地すべり(昭和38年3月、列車転覆、死傷者23人)、水沢新田地すべり(昭和44年4月、死者8人)等をあげることができる。そして、今年も多く地すべりが発生し、住民の幾多の財産が失われた。このような地すべりの防止対策として新潟県全体で40億円余り(昭和49年度)の地すべり防止事業がなされるに至っている。われわれは、このような地すべりを可能な限り防止すべく努力している。それには、地すべり現象を自然の中で、より正確にとらえる努力を怠ってはならぬと信ずる。かかる認識にたち、筆者らは、新潟県における地すべりと、自然環境との関係を追求した。すなわち、地すべりの外的要因の主となる気象との関係、内的な要因である地殻変動、地質との関係、そして地すべりをも含めた侵食作用の過程としての地形との関係についてそれぞれ求め、地すべりが新潟県全域からみて、いかなる特質をもつ地に生ずるかについて言及した。

この報告をするに当たり、新潟大学教養部地学教室の津田禾粒教授、ならびに同大学理学部地質鉱物学教室の学生諸氏からは多大な御協力を得た。ここに記して謝意を表する次第である。

2. 法

この報告で扱う「地すべり地区」とは、地すべり現象が顕著にみられ、地すべり等防止法に基づき指定された「地すべり防止区域」と、昭和45年～46年に、建設省および農林省(林野庁、構造改善局)が歩調を合わせ、全国の都道府県の協力により調査した「地すべり危険地域」をいう。この地すべり危険地域は、空中写真、地形図の判読、古文書や老人の口伝、その他公的機関による調査等を参考にし、現に地すべりの危険性の大きい区域を、1/5万地形図に既指定地とともに図示することにより求められたものである。したがって、ここで扱う地すべり地区は、単に空中写真等の判読によって得られた標本とは違い、現実に動いているか、またはすべる危険が非常に大きい区域である。このようにして得た地すべり地区1593か所についての概要を図-1に示し、以下に述べる諸区分の図により地すべり地区との関係を求めた。

最大積雪深区分：新潟地方気象台・新潟県が発行する新潟県農業気象月報(1964～1973)³⁾より求めた新潟県各地の最大積雪深の年平均値から、最大雪積等深図を作成したものを使用した。

地殻変動区分：第四紀地殻変動研究グループ(1969)の作成した集成隆起沈降量図³⁾を一部修正した図面を使用した。

地質区分：新潟県発行の1/5万地質図および、新潟大学理学部に保存(未公表資料も含む)されている地質図により、地質時代区分、岩質区分、地質構造区分、地層と地すべり方向区分をそれぞれ行なった。

谷密度区分：国土地理院発行の1/5万地形図の各辺を10等分して得た各方眼の4辺と交わる谷筋を数えた経済企画庁の1/20万土地分類調査(1968)における作業図を使用した。

起伏量区分：上記に同じ地形図の各辺を10等分して得た各方眼内の最高点と最低点との標高差を求めた同作業図を使った。

傾斜度区分：上記に同じ地形図の各辺を20等分して得た各方眼内で、地形、傾斜の特徴を最もよく表している

* 新潟県治山課
** " 道路建設課(元同砂防課),
*** " 河川開発課(元同砂防課)
**** " 農地建設課

図-1 新潟県の地すべり地区概要図
黒色は地すべり防止区域(指定地), 白ぬきは地すべり危険区域

地区の水平距離と高度差から、傾斜度を算出した同作業図を用いた。

以上の諸区分図と、個々の地すべり地区との関係を、1地区1枚のカードに表現した。ここまでの作業は、新潟県と新潟大学が協同で行なった。そしてこれらのデータの集計に当っては筆者らが分担して行なった。すなわち、最大積雪深区分、地殻変動区分は山野井が、地質区分は布施が、そして谷密度区分、起伏量区分、傾斜度区分については神田がそれぞれ担当し、気象と地すべり発生との関係については石黒と山野井がデータの整理に当った。さらに、それぞれの分担を各自が執筆後、全体を山野井がまとめた。

3. 新潟県の気象と地すべり

3-1 最大積雪深と地すべり

新潟県の気候は、裏日本気候の典型的な地方の1つであり、冬には雪による多くの

降水がもたらされることが特徴となっている。しかし、雪は県内一様に降るわけではなく、日本海沿岸の平野部から越後山脈の方向へ増加する傾向がある。

表-1は、10年間の最大積雪深の平均値を6段階に区分し、地すべり地区との関係をまとめたものである。ここに示すように、最大積雪深区分が 201～300cmの地域内に地すべり地区は 605 地区（全地区数の38%）と最も多く、次いで 101～200cmの区分域内に451地区、301～400cm には 342地区がある。そして、これら3つの区分の地域（101～400cm）に全地すべり地区数の88%存在している。また最大積雪深により区分した区域内地すべり面積の占める割合は、201～300cm の地域では、14.8%が、301～400cm では、10.4%がそれぞれ地すべり地となっており、他の積雪区分域と比べて著しく地すべり面積の占める割合が高い。ただし、この現象から 201～400cmの最大積雪区分域が最も地すべりを起し易いと考えすることはできない。なぜなら他県のこの程度の積雪深が必ずしも地すべり区域の多い所となっていないからである。

したがって、最大積雪深以外の要因が主となって、地すべり地区が密集している地域と、上記 201～400cm 区分域とが一致していることを、融雪水が地すべり発生に与える影響という観点において重視したい。

3-2 新潟県の気象と地すべりの発生

新潟県の気象と地すべり発生との関連を述べるに当たり、まず、新潟県の1949年（昭和24年）からの月別の地すべり発生件数を表-2に示す。この発生件数の月別平均（25

表-1 地すべりと最大積雪深との関係

区 分	地 す べ り 地 区					全 面 積		地すべり地区面積の占有率
	地 区 数		面 積		1カ所当りの平均面積			
0～100cm	167カ所	10.5%	6,584ha	8.7%	39.4ha	3,706km ²	29.5%	1.8%
101～200	451	27.2	17,875	23.6	39.7	3,930	31.2	4.6
201～300	605	38.0	29,840	39.3	49.3	2,021	16.1	14.8
301～400	342	21.5	19,760	26.0	57.8	1,909	15.2	10.4
401～500	28	1.8	1,796	2.4	64.1	899	7.1	2.0
501～	0	—	0	—	—	112	0.9	—
計	1,593	100.0	75,875	100.0	47.6	12,577	100.0	6.0

表-2 1949年から新潟県に発生した地すべり件数 (月別)

年	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計	備	考
1949		2	0	5	10	1	1	0	0	1	0	5	5	30		
50		2	10	4	12	0	2	0	0	2	0	9	4	45		
51		2	1	8	6	2	2	1	0	1	1	23	18	65		
52		2	1	5	14	1	0	2	0	1	1	1	6	34		
53		0	2	13	11	0	0	5	0	1	0	23	11	66		
54		3	6	8	3	0	0	0	1	1	2	1	3	28		
55		1	2	10	5	1	0	0	0	1	2	7	7	36		
56		9	3	23	6	1	0	3	6	1	1	4	2	59		
57		5	1	3	23	17	1	4	0	0	2	2	9	67		
58		5	0	10	12	1	1	6	0	17	3	0	6	61		
59		4	2	5	0	0	0	17	1	2	0	0	5	36		
60		4	3	7	14	3	0	5	0	0	0	0	7	43		
61		1	9	4	41	1	6	8	33	0	8	1	1	113	8月：集中豪雨(中越，三島地方)	
62		2	7	2	21	3	0	0	0	3	1	3	3	45		
63		1	6	13	14	6	2	2	3	1	0	2	9	59		
64		5	1	4	23	0	7	57	0	11	2	3	5	118	6月：新潟地震，7月：集中豪雨(中越地方)	
65		0	1	2	11	8	0	10	0	41	0	9	6	88	9月：台風24号	
66		0	5	20	11	1	3	13	0	0	2	4	5	64	7月：羽越水害(下越地方)	
67		0	3	17	30	9	3	3	2	2	0	2	2	73	8月：羽越水害(下越地方)	
68		0	0	8	30	13	4	1	0	1	2	2	6	67		
69		1	1	1	38	1	2	2	23	1	0	0	2	72	8月：集中豪雨(中越，南魚沼，西頸城地方)	
70		4	2	3	39	13	1	2	9	2	1	12	13	101		
71		6	4	5	54	4	3	13	1	5	1	6	18	120		
72		17	3	17	8	4	0	3	8	2	1	7	3	73		
73		3	4	7	6	2	2	0	0	5	2	19	5	55		
74		1	0	3	26	4	0	3								
1973年までの計		79	77	204	442	92	40	157	87	102	32	145	161	1,618		
平均		3.1	3.0	8.0	18.0	3.7	1.5	6.3	3.5	4.1	1.3	5.8	6.4	64.7		
平均発生率		4.8	4.6	12.4	27.9	5.7	2.3	9.7	5.4	6.3	2.0	9.0	9.9	100.0

図-2 地すべり発生件数と気象 (高田)

地すべり発生件数は1949～1973年の新潟県における月別発生件数であり、気象 (高田) は理科年表による。

年間) 数と気象 (高田測候所観測)⁴⁾ との関係は図-2 に示すごとくである。これらでみると、地すべりの発生頻度は4月に最も高く、7月と12月にも高まる。これらの時期は、それぞれ最多融雪期、梅雨後期および冬型の気圧配置による降雨と融け易い積雪期に一致している。年間に発生する地すべりのうち40.3%は融雪期 (3月、4月) に発生している。したがって、融雪期は新潟県の地すべりの発生機構を解くのに重要な時期といえよう。

図-2 には平均降水量を月別にプロットしたが、夏から秋 (5月～11月) の降水量と発生件数は、ほぼ比例的な変化をみせる。しかし、冬から春 (12月～4月) では、降水量と発生件数はむしろ反比例的でさえある。地すべりの発生は、降水が地下へ浸透することによって誘発されるとすれば、夏から秋にかけての降水と地すべり発生との関係は容易に理解できる。冬 (12月～2月) には多量の降水はその多くが積雪として残る。そして春 (3月、4月) の気温の上昇に伴う急激な融雪水は、地表から地下へと供給される。このことが融雪期に地すべりの発生を集中させていると推定できる。この推定が正しければ、急速に融ける時期の積雪 (3月の積雪) が深い年ほど融雪水は多量で、融雪期間の地すべりの発生頻度は高くなるはずである。

図-3 は、1953年から1974年の22年間の各年3月の最大積雪深 (観測地：東頸城郡安塚町)⁵⁾ と、その年の融雪期 (3月、4月) における地すべり発生件数を表したものである。図-4 にはその相関関係を示すが、これで見るとおり多少のバラツキはあるものの明らかに両者の相関、すなわち急速に融け易い積雪深が大きい年ほど地すべりの発生が多いことを認める。よって新潟県における地すべりは、融雪水に誘発されて発生するものが多いと理解してよい。

図-3 3月の最大積雪深(安塚町)とその融雪期(3月, 4月)に発生した地すべり件数

最大積雪深は新潟県農業気象月報による(1961年は4月に最大積雪深がある融雪期は5月まで及んだので5月の発生件数も含めてある)

図-4 3月(1961~1974)の最大積雪深(安塚町)とその融雪期(3月, 4月)に発生した地すべり件数との関係

ところで、今年(1974年)4月5日から11日の1週間に新潟県新井市平丸地区という限られた地域で、ここは同一の地質(黒色泥岩)よりなるが、異なった沢を中心

に地すべりが群発した。ここでの気象と地すべりとの関係を図-5に示し、今後地すべり発生と気象との関係をより精密に解く鍵としたい。

以上、気象と地すべりとの関係について述べたが、特にその発生には、新潟県特有の気象条件が強い影響を与えていることを強調しておきたい。

4. 地殻変動と地すべり

地すべりは、重力の作用による地表の平坦化(安定化)現象の1つであり、地殻の不均一な運動によって生ずる地表の高低差が第一義的な要因である。したがって、単位区域内で地殻変動量の差が大きい所ほど平坦化(安定化)のエネルギーは大きいはずである。ただし、「平坦化(安定化)作用」が地すべり現象となるか、あるいは崩壊現象として表現されるかはその場所の諸因子によって異なるであろう。いうまでもなく、地すべりとしての侵食作用も地殻の侵食輪廻のうちの一現象である。この輪廻が続くには、侵食の場と堆積の場が存在し、前者は隆起、後者は沈降現象をそれぞれ伴うはずである。新潟県の場合、図-6に示すごとく地殻変動が考えられている⁶⁾。新潟県の地すべりはすべて隆起地区内にある。特に250~500m^{*}、500~750mの隆起区分内の地すべりは1291地区あり、地区数で全地すべり地区の81%、面積で82%を占めている。これらの区域程度の隆起が地すべりを起し易いか否かは今後の問題として検討したい。ただし、地殻変動は地殻のバランス運動であり、数百年、数千年のオーダーで変するものではなく、地質年代的オーダーで持続するものである。とすると、現在程度の地形のバランスを保ちつつ、侵食が進むと仮定した場合、

図-5 1974年の融雪期に新潟県新井市平丸地区で群発した地すべりと気象との関係
積雪深、気温は平丸小学校、降水量は新井砂防事務所のそれぞれの観測資料による

* 第四紀の期間(約200万年)内での地殻変動量

図-6 新潟県の地殻変動量図(第四紀地殻変動グループ、1969による)
変動量は第四紀の期間(約200万年)内でのものである

図-7 新潟県の地殻変動量区分の構成とその中に占める地すべり地区の割合

各地殻変動区分内から堆積の場に向って新たに外に出る土量は、単純に計算して表-3に示すとおりである。地すべり地区の割合が多い250~500m、500~750mの区分内では、年間 $22.9 \times 10^5 \text{m}^3$ の土が完全にこれらの区域外に出ることによって、現在のような地形のバランスが保たれると理解する。この土量は全体(火山区域を除く)の約6割に当る。したがって、上記仮定が正しければ、これらの区域では多くの侵食量が要求されている所でもある。そして現実に図-7に示すように、250~500m区

域ではその9.7%が、500~750mの区域では8.5%がそれぞれ地すべり地区となっており、他の区分域と比べて著しく高い。よって、新潟県におけるこれらの区域は、初期の侵食作用として地すべり現象の占める役割が大きいと考えたい。このような地殻変動、すなわち「侵食の場」、「堆積の場」が存在するという自然界の認識は、地すべり防止対策のみならず、広く、治山、砂防、河川、そして海岸等の対策に共通する基礎であることを付言しておきたい。

なお、本報告で扱った地殻変動よりもオーダーの小さい地域的な変動、たとえば小規模な活褶曲、活断層などはその地域の地すべりとの関係を一層精密に観察する必要がある。

5. 地質と地すべり

新潟県の地質は、その概要を図-8に示すように、糸魚川-静岡構造線以西は主として中・古生層が、魚野川-破間川-村上を結んだ線以东は主として火成岩類、中・古生層が分布し、それぞれ急峻な地形を呈している。これらに対し、上記構造線の内側は新生代(新第三紀、第四紀)の地層が広く分布し、山地ないしは丘陵および平野地形を呈している。図-1と図-8を対比してみると、地すべり地区は主として新第三紀層の分布する地域に多いことがわかり、地すべりと地質との関係が密接であることが容易に予想される。そこで、地質と地すべり地区との関係を定量的に扱うことにする。なお、新潟県の新生代の標準層序表を表-4に掲げておく。

5-1 地層との関係

地すべりと地層との関係は表-5に示した。これで見ると、各地質区分内で占める地すべり地区の面積と地区数の率はほぼ同様であるので、地すべり地区面積と地層との関係で述べる。なお、一部の地域で椎谷層か寺泊層かで見解の一致をみない泥岩層があるので、ここでは両者を合わせて椎谷・寺泊層とした。

図-9は、新潟県の地すべり地区がいかなる地層の所に多いかを表したものである。これで見ると、椎谷・寺泊層の地すべり地区が全体の43.2%を占め、西山層のもの

表-3 地すべりと地殻変動量との関係

区 分	地 す べ り 地 区					全 面 積		地すべり地区面積の占有率	現地形のバランスを保つに必要な土量の移動と割合(年間)	
	地 区 数	面 積	1カ所当りの平均面積	全 面 積	地すべり地区面積の占有率	地すべり地区面積の占有率	地すべり地区面積の占有率	地すべり地区面積の占有率	地すべり地区面積の占有率	地すべり地区面積の占有率
-1,000~0 m	0カ所	—	0ha	—	—	1,075km ²	8.5%	—	—	—
0~250	148	9.3	4,428	5.8	29.9	1,381	11.0	3.2	0.9	2.9
250~500	485	30.4	22,357	29.5	46.1	2,300	18.3	9.7	4.3	13.9
500~750	8	50.6	40,210	53.0	49.9	4,754	37.8	8.5	14.8	47.9
750~1,000	132	8.3	7,780	10.3	58.9	1,840	14.6	4.2	8.1	26.2
1,000~1,500	11	0.7	553	0.7	50.3	460	3.7	1.2	2.8	9.1
火山区域	11	0.7	547	0.7	49.7	767	6.1	0.7	—	—
計	1,593	100.0	75,875	100.0	47.6	12,577	100.0	6.0	30.9	100.0

図-8 新潟県の地質概要図

表-4 新潟県の新生代の標準層序表

地質時代		地層名	主な岩石
第四紀	更新世	矢代田層	砂, 礫, 粘土
		魚沼層群	砂, 礫, 粘土, 砂・礫・粘土互層
新第三紀	鮮新世	灰瓜層	細粒砂岩, シルト岩, 砂岩・シルト岩互層
		西山層	灰色泥岩, 砂岩泥岩互層
	中新世	椎谷層	暗灰色泥岩 (いわゆる黒色泥岩), 泥岩・砂岩互層
		寺泊層	黒っぽい泥岩 (いわゆる黒色泥岩)
		七谷層	黒色～灰色硬質泥岩, 凝灰岩
		津川層	緑色凝灰岩, 砂岩・泥岩・礫岩
		岩船層	緑色凝灰岩・安山岩・石英安山岩・石英粗面岩・硬質泥岩・礫岩
		相川層	変質安山岩・石英粗面岩・凝灰角礫岩・珪質頁岩・礫岩

表-5 地すべりと地質との関係

区分	地すべり地区				全面積		地すべり地区面積の占有率
	地区数	面積	1カ所当りの平均面積				
沖積層・洪積層上部	0カ所	—%	0ha	—%	—ha	313,169ha	24.9%
魚沼層群	301	18.9	13,582	17.9	45.1	93,070	7.4
灰瓜層	127	8.0	4,628	6.1	36.4	44,020	3.5
西山層	285	17.9	13,885	18.3	48.7	49,051	3.9
椎谷・寺泊層	618	38.8	32,778	43.2	53.0	94,328	7.5
七谷・津川層	107	6.7	4,401	5.8	41.1	123,255	9.8
岩船・相川層	78	4.9	3,794	5.0	48.6	98,101	7.8
中・古生層	13	0.8	683	0.9	52.5	118,244	9.4
火山岩類	40	2.5	1,745	2.3	43.6	103,132	8.2
深成岩類・半深成岩類・変成岩類	24	1.5	379	0.5	15.8	221,356	17.6
計	1,593	100.0	75,875	100.0	47.6	1,257,706	100.0
							6.0

が18.3%, 魚沼層群のものが17.9%とつづいている。また, 上記を含めた第三紀層 (魚沼層群も含む) の地すべりは96.3%を占め, 新潟県の地すべりはほとんど第三紀層の地すべりである。

すでに述べたように, 新潟県の地すべりは椎谷・寺泊層の中に形成されるものが著しく多いといえる。しかし, このことから, 椎谷・寺泊層は地すべりを形成し易い地層であるとはできない。なぜなら, 仮に新潟県に分布する地層のうち, 椎谷・寺泊層の占める割合が著しく多ければ, たとえ, 地すべり地区が各地層に均等に分布していても, 椎谷・寺泊層に多くの地すべりが存在しているようにみえるからである。そこで新潟県 (1962) の1/20万地質図から各地質区分の地表面積を求め, これらの中で地すべり地区の占める割合を算出してみた (表-5)。図-10にこの結果を示すが, これで見るとおり椎谷・寺泊層ではその34.7%が地すべり地区で, 次いで西山層の28.3%が, 魚沼層群の14.6%が, そして灰瓜層の10.5%がそれぞれ地すべり地区となっている。地すべり地区の占有率の高低は, 各地層が地すべり地区となり易いか否かの尺度と考えてよい。したがって, 椎谷・寺泊層は, 新潟県では最も地すべり地区となり易い地層である。また, 同じ新第三紀の地層でも, 七谷・津川層, 岩船・相川層はそれぞれ3.6%, 3.9%と, 地すべり地区となりにくい地層といえる。そして, 中・古生層, 火山岩類, 深成岩類, 半深成岩類では新潟県の場合, ほとんど地すべり地区とならないことがわかる。

各地層に属する地すべり地区の1カ所当りの平均面積は表-5に示すように椎谷・寺泊層中のものが最大で53.0ha, 次いで西山層, 中・古生層に属するものが48.9haとなっており, 火成岩類や変成岩類中のものは他と比べて著しく小さい。

5-2 地質構造との関係

図-9 地すべり地区の地層別割合

図-11 地すべり地区の地質構造区分
グラフの外側は地区数、内側は面積

図-10 新潟県の地質区分の構成とその中に占める地すべり地区(黒色)の割合

地質構造と地すべりとの関係の検討は、次のように行なった。すなわち、背斜構造および向斜構造として分類した地すべり地区とは、地区内の地層の傾斜が場所によって著しく異なるもので、前者はそれが背斜構造によるもの、後者は向斜構造によるものである。単斜構造としたものは、地区内での地層の傾斜が大きく異なる所である。断層として分類したものは、地区内に断層が存在するか、または周辺のそれにより著しく地層の変形があると考えられる地区である。そして、進入岩体とは、地区内、または近接して大貫入岩体がある地すべり地区である。なお、褶曲構造と断層構造が重複する箇所があったが、これに該当する地区は断層構造を優先させて分類した。また、火成岩地帯、あるいは堆積岩地帯であっても、上記のような地質構造との関係が不明確な地区は除外した。その結果を図-11に示す。このグラフでは、外側は地区数、内側は面積をそれぞれの比率で表した。図に示すごとく、地すべり地区の70%は単斜構造をなす地区にあり、背斜構造の地区に14%、向斜構造の地区では10%となっている。そして、地すべり地区の地質構造が断層の影響を強く受けている所は約6%である。進入岩体として分類される地すべり地区は0.5%を占めるにすぎない。このように新潟県の地すべり地区の多くは単斜構造の地区内にあるといえよう。このことは、従来から

図-12 各地層別にみた地すべり地区と地質構造

の地すべりは褶曲構造や断層、あるいは進入岩体の周辺に頻発しているという見解^{7),8),9),10),11)}とは異なった結果となっている。この相違は、従来の見解は主として、褶曲断層等が顕著に発達する地域に限って扱った結果であるのに対し、本報告では、新潟県全域の地すべり地区を対象としているからであろう。ただし、褶曲軸や断層等は地質図上では線で表現できるように、これらの構造線の影響が強い周辺の面積は、全体からみれば極めて小さい範囲である。にもかかわらず、地すべり地区面積で約30%もがこのような地帯にあるという筆者らの結果からも確かにかかる地質構造の所では地すべり地区が密に形成され易いと理解してよい。しかし、新潟県全体からみた場合、単斜構造の地域にもかなりの地すべり地区があることを再度述べておきたい。

次に、図-12は各地層ごとに地質構造と地すべりとの関係を表した図である。この図から、古い時代の地層ほど向斜構造に属する地すべり地区の率が少なくなり、断層周辺のものは逆に増加する傾向を認める。これらのことは、新潟地域の造構造運動の発達史にかかわる問題に

も関連するので、ここでは上記現象を記述するにとどめたい。

なお、図-12では津川層、岩船層・相川層および中・古生層が分布する地域での地すべり地区については、他との比較にたえるデータ数に満たないので省いた。

5-3 走向・傾斜と地すべり

図-13は、地すべりとそこの地層の走向・傾斜との関係が明確な地区1245カ所（面積：57,569ha）について、地すべり方向と走向・傾斜との関係を求めたものである。ここで、流れ盤すべりとは、地すべりの方向とそこの地層の傾斜方向とがほぼ一致するもので、その逆が受け盤すべりとして、それぞれ扱った。そして、すべり方向が走向方向におおむね一致するものは走向地すべりとして分類した。図-13に示すように、流れ盤すべり地区と走向地すべりの地区は、いずれも約40%を占め、受け盤すべりの地区は約20%と、前2者に比べて低い。

図-14は、各地層に分布する地すべりの地区が、それぞれどのような割合で、流れ盤、受け盤、走向すべりとなっているかを表したものである。魚沼層群では約60%が流れ盤すべり、約30%が走向すべりとなっている。灰爪層では、流れ盤すべりの地区が約48%、走向すべりのそれが36%、受け盤すべりのものは約16%である。西山層に属する地区のうちでは約39%が走向すべりであり、流

れ盤すべりは約38%、受け盤すべりのそれは23%となっており、走向すべりが受け盤すべりの割合をわずかに上回っている。この傾向は椎谷・寺泊層での地すべり地区においてさらに著しくなっている。椎谷・寺泊層における地すべり地区では約50%が走向すべりであり、流れ盤すべりは約30%である。七谷層では再度流れ盤すべりの地区の率が高くなる。

以上述べたように、魚沼層群から椎谷・寺泊層までは地質時代が古くなるほど走向すべりの割合が増し、流れ盤すべりの占める割合は低くなるが、七谷層はこの傾向にない。また、受け盤すべりの地区はいずれの層でも低率である。

6. 地形と地すべり

6-1 谷密度との関係

地すべりと谷密度との関係は表-6にまとめた。また、地すべり地区が谷密度区分のどの段階区分に多いかは、図-15に示した。これで明らかなように、地すべり地区（面積）の約40%は谷密度が21～25の区域に、27%が16～20の区域に、そして21.5%が26～30の区域にあり、これらを合わせると地すべり地区の90%近くが谷密度16～30の区域に存在することになる。図-16は新潟県全域における谷密度区分の面積の割合とその中で占める地すべり面積の割合を表したものである。この図でみるとおり、谷密度21～25の区分域内では、その9.7%が地すべ

図-13 地すべりの方向と地層の走向傾斜との関係
グラフの外側は地区数、内側は面積

図-14 各地層に分布する地すべり地区のすべり方向の割合

図-15 各谷密度区分に属する地すべり地区の割合
白は地区数、黒は面積

表-6 地すべりと谷密度との関係

区 分	地 す べ り 地 区					全 面 積	地すべり 地区面積 の占有率
	地 区 数	面 積	1カ所当り の平均面積				
1本未満	0カ所	—%	0ha	—%	0ha	17,525ha	1.4%
1～5本	1	0.1	18	0.0	18	65,626	5.2
6～10	21	1.3	333	0.4	15.9	158,472	12.6
11～15	132	8.3	4,903	6.5	37.1	156,234	12.4
16～20	437	27.4	20,481	27.0	46.9	288,232	22.9
21～25	597	37.5	30,146	39.7	50.5	310,604	24.7
26～30	322	20.2	16,288	21.5	50.6	184,946	14.8
31～35	68	4.3	3,271	4.3	48.1	60,033	4.8
36～40	13	0.8	385	0.5	29.6	13,051	1.0
41～45	2	0.1	50	0.1	25.0	2,983	0.2
計	1,593	100.0	75,875	100.0	47.6	1,257,706	100.0

図-16 新潟県の谷密度区分の構成とそこに占める地すべり地区（黒色）の割合

り地区であり、26～30では 8.8%，16～20の区分域内では 7.1% がそれぞれ地すべり地区となっている。また谷密度が低い10以下の区分域および高い36以上の区域では、地すべり地区の占有率は非常に低い。したがって、地すべり地区が生じ易い谷密度は16～30で、これ以外では生じにくいと理解してよいであろう。

6-2 起伏量との関係

起伏量と地すべりとの関係は表-7に示すとおりである。また、図-17は起伏量の段階区分とそこに存在する地すべり地区の割合を表したものである。この図より明らかなように、起伏量が 200～300 m の区域内にある地すべり面積は全体の約40%と最も高く、次いで300～400mの25.1%，400～600mの17.6%とつづいている。そして、これらの3地区に属するものは全地すべり地区面積の8割をこえる。図-18は新潟県全体の面積の中で起伏量区分の割合とそのそれぞれの区分内に占める地すべり地区の率を示したものである。これで見ると、起伏量200～300mの区域の17%が地すべり地区となっており、この区分内に最も多くの地すべり地区がある。そして起伏量の少ない100m 未満、および起伏量の多い600m 以上のそれぞれの区分域内では、地すべり地区の占める割合はいずれも1%に満たない。また、地すべり地区の1カ所当りの平均面積は表-7に示すとおり、起伏量が増加するほど大きくなる（600～800mでは例外）。

地形は侵食作用によって形成されるものであり、地すべりは侵食作用の1つであるという観点で図-18を見れば、ここで地すべり地区の占有率の高い。起伏量区分の地形は、地すべり現象によって作られる割合が高いと理解する。

6-3 傾斜度との関係

傾斜度と地すべりとの関係は表-8にまとめた。そして、

表-7 地すべりと起伏量との関係

区 分	地 す べ り 地 区					全 面 積	地すべり 地区面積 の占有率
	地 区 数	面 積	1カ所当り の平均面積				
0～50 m	2カ所	0.1%	19ha	0.0%	9.5ha	188,656ha	15.0%
50～100	16	1.0	343	0.5	21.4	53,638	4.3
100～150	99	6.2	3,068	4.0	31.0	80,271	6.4
150～200	221	13.9	7,490	9.9	33.9	82,491	6.6
200～300	635	39.9	30,944	40.9	48.7	182,367	14.4
300～400	346	21.7	19,028	25.1	55.0	142,787	11.3
400～600	239	15.0	13,361	17.6	55.9	265,228	21.1
600～800	28	1.8	1,163	1.5	41.5	186,806	14.9
800～1,000	7	0.4	459	0.6	65.6	62,145	4.9
1,000以上	0	—	0	—	—	13,317	1.1
計	1,593	100.0	75,875	100.0	47.6	1,257,706	100.0

図-17 各起伏量区分に属する地すべり割合
白は地区数、黒は面積

図-18 新潟県の起伏量区分の構成とその中に占める地すべり地区 (黒色) の割合

地すべり地区がいかなる傾斜度の所に多いかを図-19に表した。これで示すとおり、地すべり地区 (面積) の43.5%が8°~15°の区分域内に、34.6%が15°~20°の域内にある。この両者を合わせて地すべり地区の8割近くが8°~20°の傾斜区分域内に存在することになる。また、新潟県全域からみた傾斜度区分域の面積構成比と、各傾斜度区分内に占める地すべりの割合を図-20に示した。これで示すごとく、8°~20°の区分内での地すべり地区の占有率が特に高く、8°未満、20°以上では著しく低くなり、3°未満、30°以上では1%以下である。

地すべりをも含めた侵食作用によって地形が造られるという観点で上記のことを解釈すると、地すべり地区の8割近くが傾斜度区分の8°~20°に属していることは、地すべり現象によって生ずる地形は8°~20°のものがほとんどであるといえる。なお、馬場・他 (1971) は、空中写真によって得られた新潟県の地すべり地形を傾斜度との関係で求めている¹¹⁾。それによると、地すべり地形の65% (約5400ha) は8°~15°、17% (約1400ha) は15°~20°の傾斜度の地形にあるという。筆者らのそれは、それぞれ43.5% (約3300ha)、34.6% (約2600ha) となっている。ここにみる差は、地すべり地域の抽出の相違もあるし、空中写真による地すべり地形がすべて地すべり地区 (地すべり防止区域、地すべり危険地域) となっ

図-19 各傾斜度区分に属する地すべり地区の割合
白は地区数、黒は面積

図-20 新潟県の傾斜度区分の構成とその中に占める地すべり地区 (黒色) の割合

表-8 地すべりと傾斜度との関係

区 分	地 す べ り 地 区					全 面 積		地すべり地区面積の占有率
	地 区 数		面 積	1カ所当りの平均面積				
3度未満	2カ所	0.1%	45ha	0.1%	22.5ha	2,804 km ²	22.3%	0.0%
3~8度	46	2.9	1,935	2.6	42.1	571	4.5	3.4
8~15	763	47.9	33,012	43.5	43.3	1,916	15.2	17.2
15~20	462	29.0	26,270	34.6	56.9	1,614	12.8	16.3
20~30	294	18.5	13,303	17.5	45.2	2,515	20.0	5.3
30~40	25	1.5	1,303	1.7	52.1	2,966	23.7	0.4
40以上	1	0.1	7	0.0	7	194	1.5	0.0
計	1,593	100.0	75,875	100.0	47.6	12,580	100.0	6.0

ていないことにもよる。なお、データの集計に当って、8°~15°に属する地すべり地区は東頸城地方のいわゆる黒色泥岩地域に多く、15°~20°のそれは魚沼地方、西頸城地方の比較的粗粒な岩質の所に多いことに気付いた。これについては今後詳しく検討してみたい。

地質断面の凡例

図-21 新潟県を代表する地域（谷川岳—松之山—柿崎）の断面と地すべり地すべり地区面積の占有率は断面線の左右 2km の範囲の地すべり地区面積の占める割合を示す

7. まとめ

新潟県は県土の6%が地すべり地区となっており、過去の記録にあるように、古くから地すべりによる多くの被害を受けてきた。現在でも、融雪期には各地で地すべりが多発している。このような新潟県地域を全国的な視野でみると、第四紀地殻変動区分の勾配が急な所の1つであり、第三紀から第四紀の比較的軟弱な地層が分布している地域であり、さらに新しい時代の造構造運動の激しかった区域でもある。そして、現在でも地殻変動は継続しているはずであることを重視したい。また、新潟県の地すべりは新生代の地層中のものがほとんどであるが、特に第三紀中新世の椎谷・寺泊層といういわゆる黒色泥岩を主体とした岩質の地層に集中している。地層の走向・傾斜と地すべり方向との関係では、流れ盤および走向すべりが多く、受け盤すべりは少ない。そして、褶曲や断層等、地質構造が複雑な所で地すべり地区は密ではあるが、単斜構造の区域にも多くの地すべり地が存在する。地形との関係では、谷密度が16~30の区域で地すべり地が形成され易い。地すべり現象が侵食作用の1つとして地形を造るという観点では、地すべりによる侵食は起伏量200~600mの地形および傾斜度 8° ~ 20° の地形を造り易いと考えられる。これら新潟県の地すべりと、その自然環境を代表する谷川岳—松之山—柿崎の断面を図-21に示す。

本報告では、地すべりと個々の因子との関係を個別にまとめたが、われわれは、これらの成果を地すべりの単なる「静的な分類」に供するつもりはない。なぜなら、個々の因子が地すべり運動といかなる関連にあるのかという課題を解くのに結びつかねば地すべり防止対策の基礎としては意味がないからである。すでに、布施 (1969, 1974) は時間の観念を導入して地すべりを動的に扱っている^{13) 14)}、山野井 (1973) は個々の地すべりが進化発展過程のいずれにあるのかを骨子として扱うべきであることを指摘している¹⁵⁾。そして、これらのことは、地すべりを系統的発生と個体的発生の観点で扱うことにもなる。植村 (1974) の「進化」の考えに立脚した分類法はこのことを明確にした点で高く評価されるべき提案であり、自然の理により一層合致した地すべりの扱い方であろう¹⁶⁾。われわれはこのような動的な観点で本報告での成果を生かすつもりである。

最後に、本報告で扱った個々の因子と地すべりが、自然の運動の中でいかに位置付けられるかをフローチャート風に図-22に示し、これを今後の地すべり現象の解明、そして、地すべり対策の思考基礎としたい。

文 献

- 1) 福本安正 (1973) : 新潟県内の地すべり災害とその防止対策, 林業技術, No. 378, pp. 9~13
- 2), 5) 新潟地方気象台・新潟県 (1953~1973) : 新潟県農業気象月報
- 3), 6) 第四紀地殻変動研究グループ (1969) : 集成隆起沈降量図, 国立防災科学技術センター

図-22 自然の運動の中における地すべり現象

- 4) 東京天文台 (1974) : 理科年表, 丸善, 東京
- 7) 高野秀夫 (1960) : 地すべりと防止工法, 地球出版社, 東京
- 8) 津田禾粒・岩永伸・西田彰一 (1967) : 第三紀層地すべりと岩質および地質構造との関係 —— 新潟県下の第三紀層地すべりについて ——, 災害地質討論会論文集, pp. 58~70
- 9) 西田彰一・湊元光春 (1973) : 新潟県における第三紀層地すべりの特徴と対策, 土と基礎, Vol. 21, No. 7, pp. 5~11
- 10) 岩松暉・服部昌樹・西田彰一 (1974) : 地すべりと岩石の力学的性質 —— 新潟県山中背斜を例として ——, 地すべり, Vol. 11, No. 1, pp. 13~20
- 11), 14) 布施弘 (1974) : 新潟県の黒色泥岩地域にみられる地すべりの発生と発展について, 新潟応用地質研究会誌, Vol. 21~22, pp. 42~49
- 12) 永田聡・神田章・馬場一雄・須田光治 (1974) : 新潟県の地すべり分布と地形について, 地すべり, Vol. 11, No. 3, pp. 19~22
- 13) 布施弘 (1969) : 新潟県の黒色泥岩層にみられる地すべりの機構, 地すべり, Vol. 5, No. 4, pp. 9~12.
- 15) 山野井徹 (1973) : 上平丸地すべりについて, 新潟県治山実績発表会報文集, 第2号, pp. 124~132
- 16) 植村武 (1974) : 地すべり分類の基準について, 地すべりの分類に関するシンポジウム講演論文集, pp. 1~7

(原稿受理日 昭和49年9月6日)