

災害地の土地条件

—危険の程度を判断し災害に備える手がかり—

水谷武司^{*}・清水文健^{**}

国立防災科学技術センター

Geographical Characteristics of the Areas Suffered from Natural Hazards

—A Clue to Identify Danger Zone
and to Prepare against Hazards—

By

Takeshi Mizutani and Fumitake Shimizu

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

Geomorphic, geologic and social characteristics of such areas that recently suffered from flood, earthquake and landslide hazards have been studied by using air photographs, landform classification maps and investigative reports. From the results factors related to the occurrence of hazard and the enlargement of damage have been presented for the purpose of being used as practical clues to evaluate the vulnerability of an area and to prepare against hazards. Vulnerability to hazards can easily be evaluated by geomorphic characteristics of the area. The most effective and economical method of adjustment to hazards is to make use of the land in accordance with the geographical characteristics of the area.

I はじめに

ある場所において発生する可能性がある自然災害の種類および性質、その危険の程度ならびに引き起こされる被害の様相は、その場所の地形、地盤の要因および地表面の利用状態、言い換えれば土地条件によって規定されるところが大きい。山崩れ、土石流などの地象現象による災害はもちろんのこと、洪水は地盤高や微地形に従って流下、氾濫するし、また、地震動はその性質が地盤によって様々な変形をうけて、地盤災害ともいえる被害をひき起こす。

統計的にみた起こりやすさの地域性といったような場所的に粗い話は別として、豪雨などの災害誘因はどこで発生するかわからないとした方がよいから、程度の差はあれどこにでも

* 第1研究部災害研究室

** 第3研究部地表変動防災研究室

起こりうるものとして対処するのが安全側についた防災対応である。一方自然条件としての土地の性質と、地表面の利用や施設、工作物の設置など土地を基盤にして展開されている人間の諸活動は、場所ごとに一定の特有な性質をもって災害素因を形成している。ひとたび異常な自然現象が発生した場合に、自然の加害力が強く働きやすい場所とその程度を、この災害素因としての土地の性質から判断して、危険の程度に応じた土地の利用を行い、できるかぎりそれに適応した防備手段を準備しておくことが、有効かつ経済性の高い防災対応である。

本研究資料は、もっともとらえやすい土地の性質である地表面の形態すなわち地形を主とした土地条件と災害との関連を、災害事例調査を中心としながら整理、分析して、危険の程度を判断し災害に備える簡易な手がかりとして役立てることを目的としたものである。現在われわれが見ている地形は、地殻運動によってつくられた地表に各種の外的営力による侵食、運搬、堆積の諸作用が働いて形成されてきたものであって、山地の崩壊、土砂の流出、洪水の氾濫などの人間にとっては災害をひき起こす諸現象は、この地形形成過程の主要な部分をなしている。また、こうして形成される地形は、それぞれ特有な地盤構成を有している。したがって地形から過去の災害の履歴を知ることができると同時に、今後も地形の性質に従って災害現象が繰返されるものと予想されるので、地形を手がかりにして受けやすい災害の種類、性質や危険の程度を、おおよそ知ることができる。なお、地形は特殊な手段や知識がなくても視覚的に認知することができるという利点がある。

ここで対象とした災害は、ミクロなスケールでの土地の性質と関連が深い大雨および地震による災害である。自然災害にはこれ以外に風、波浪、雪、雷などに起因する災害、干ばつ冷害などの農業被害を中心とした災害などがある。これらの災害もまたその発生および性質にそれぞれ特有の地域性を有しているので、地域の自然条件を知ることがそれらに対応するための基礎となる。

II 災害地形分類

土地の性質を知る最も有効な方法は、地形分類による方法である。地形分類は、地表を構成する各種の地形を、形成時期、形成営力、形態、構成物質のほぼ同じ地形を基本的な単位地形とみなして、各要素が不連続的に変化する変換線を各地形単位の境界として、系統的に分類するものである。これによって、その地域がどのような地形の配列、組合せから成立っているかが理解できる。

隣り合う各地形単位間の変換線や、各地形単位とその相互の分布関係は、地形の原形、水系、基盤（岩石）の種類と、これらに作用する自然の営力（雨、風、地震、火山、地殻変動の諸作用）や人為的改変作用の積み重ねによって作り上げられたものである。したがって、

表 1 災害地形分類

地形区分	災害の種類	危険が大きい場所	危険が小さい場所	災害関連地形
山地・丘陵	山崩れ，土石流，地すべり	凹型急斜面，谷床	緩傾斜山稜	崩壊地形，地すべり地形，バッドランド 傾斜変換線，谷埋め地，土石流段丘
山麓地	土石流，山崩れ，（鉄砲水）	沖積錐，崖錐，溪口部	高位の地形面，段化した扇面	天井川，土石流地形
台地・段丘	湛水，崖崩れ	台地上の凹地，小谷底，段丘 崖	台地・段丘面	シラス台地，火山灰台地
低地	谷底低地	谷底面，谷壁斜面，支谷の 溪口部	段丘面	狭さく部，溺れ谷，湾口砂州
	扇状地性 平野	旧流路	段化した扇面	天井川
	氾濫平野	後背低地，旧河道	自然堤防	水衝部，合流点，天井川
	三角州	干拓地，0メートル地帯	高い盛土地	軟弱地盤，地盤沈下地域
海岸低地	河川氾濫，内水氾濫，高潮，地震動 災害，津波	渦性低地	砂丘，砂堆	軟弱地盤，地盤沈下地域，リアス海 岸

これを手がかりとして地形の今後の変化の方向を推定することはかなり可能である。

表1は、地表面を山地・丘陵、山麓地、台地・段丘および低地に大区分し、それぞれについて受けやすい災害の種類、危険が大きい場所、比較的安全な場所および災害に関連する地形についてまとめたものである。

山地・丘陵

山地は大きな起伏と急な斜面の組合せから成る。日本列島は世界でも有数の地殻変動の激しい地域である。最新の地質時代（第四紀）における急速な隆起によって現在の山地が形成され、その骨格である基盤岩に大小無数の断層、節理が発達し、侵食されやすい素因がつくり出された。また、日本列島はモンスーン帯多雨地域に位置しており、これらの条件が重なって山地の侵食速度がきわめて大きい。

山地の侵食作用の主力は、山崩れ、土石流、地すべりである。豪雨による山崩れは、表層の風化物が崩落するものが多く、一般に規模は小さいが一回の豪雨で発生する個数は多い。山崩れが発生する場所は、傾斜30～50度の急斜面の谷頭のくぼみないし谷すじに多い。もとをたどるとこのようなくぼみ自体かつての山崩れで作られたものが多い。土石流は、勾配が急で堆積土砂が多い谷に発生し、谷の出口に小扇状地をつくる。土石流の土砂運搬作用はひじょうに大きい。

山崩れよりも厚い地層が比較的ゆっくりと滑動するものを地すべりと一般に名づけている。これは特定の地質構造のところに起こりやすく、地すべり地帯をつくる。地すべりは特徴ある地形をつくることが多いので、地形図や空中写真から容易に判読することができる。現在滑動中の地すべりには、古い時代に形成された巨大地すべりの内部あるいは周辺部のごく一部の動きを示しているにすぎない場合が比較的多い。

段丘のように平坦面はなく、山地とよぶほどの高度や起伏がない波状地を丘陵と名づけている。丘陵は、地層が山地よりも新しく、標高はほぼ300m以下で、稜線高度に定高性がある。遠くからながめると山稜線にはほとんど凹凸がないが、短い谷に細かく刻まれており、尾根と谷の高度差は数十m程度である。構成する地層は一般に緩やかに傾斜しており、山地ほどの変形をうけていない。

最近都市周辺の丘陵地の人工的改変が著しく、以前は安定していた斜面が排水条件の変化などによって不安定化して、山崩れの危険性が增大している。また、丘陵地を宅地化する場合、谷を埋めて平坦地化することが多いが、この埋土部分は豪雨や地震の振動によって滑動する危険が大きい。

山麓地

山地・丘陵と低地の境付近には、流水や重力の作用によって上方の斜面から移動してきた岩屑風化土から成る比較的急な堆積面（崖錐）、および土石流などによって上流から運搬されてきた土砂が谷の出口につくる小扇状地（沖積錐）などの地形が発達する。これらの地形

は、山地・丘陵の縁辺部においては、山崩れや土石流がこれまでにたびたび発生したことを示すものであって、これからひき続いて起こるものと考えた方がよい。豪雨によって引き起こされる土石流は、山麓地に大きな災害をもたらす可能性がある。谷によって刻まれていない沖積錐や溪床の側面にある低い段丘（土石流段丘）は、最近における土石流の発生を示すものである。

台地・段丘

台地・段丘は低地とともに平野の地形を形成しているが、一般に低地よりも形成時期が古く、その構成層は主に洪積世の河成、海成堆積物から成る。段丘は、川、海、湖などに隣接していて平坦面（段丘面）と急崖（段丘崖）とが階段状に配列している地形である。段丘面はかつての河床、浅海底あるいは湖底にあたるところであって、その後の川の下刻、海面の低下、地盤の隆起などによって相対的に高い位置にもたらされたものである。台地は広い平坦面を有する卓状の地形で、多少とも谷によって刻まれている。日本の台地には、洪積世に形成された海成段丘と河成段丘とが集合したもの、および火砕流によるもの（シラス台地など）がある。

台地・段丘は、周辺低地よりも一段高い位置にあって、洪水の危険はほとんどなく、また一般に地盤条件はよくて地震に対して比較的安全である。しかし台地・段丘面上の凹地や浅い谷では豪雨のときに湛水することがある。また、台地内でも谷すじでは地盤が悪いことが多い。最低位の段丘では洪水の氾濫や側侵食をうけるときもある。段丘崖は一般に急で崖崩れを起す危険がある。

低地

低地の地形には、河川の堆積作用でつくられ現在もその作用が継続している河成低地と、主として海の堆積作用でつくられた海成低地とがある。

河成低地はその地理的位置と形成営力とによって、谷底低地、扇状地性平野、氾濫平野、三角州に分けられる。この分類は、地盤高、微地形構成、地表面勾配、構成物質、排水条件などの違いをも同時に示しているので、各平野はそれぞれ特有な災害特性を有している。平野への土砂流出量に関係する後背山地の起伏の大小や盆地（堆積地）の有無など、上流域の地形、水文条件が、平野における洪水特性に影響を与えている。大規模な平野は基盤の沈降域に形成されていることが多く、沈降の速度や中心の位置が平野の地盤高とその分布を規定し、それが氾濫の様相に影響を与えている。約2万年前の最終氷期の極相期には、海面は現在よりも100m以上も低い位置にあった。その後海面は上昇し約6000年前には現在よりも数m程度高くなった時期があった。この氷期における海面の大きな低下は、その後に厚い沖積層の堆積を行わせる条件をつくり出した。また、後氷期において海面が現在よりも高かった時期には、海は平野の奥へ侵入していて、入り海や溺れ谷をつくっていた。これが軟弱地盤や低湿地の形成にかかわっている。

低地（平野）はいわば洪水氾濫の繰り返しによって形成されてきたものであるから、これからも河川の氾濫や内水氾濫の危険が大きい場所である。山地に接する部分では土砂の氾濫をこうむるおそれがある。また、沿岸部では高潮や津波の危険がある。粘土質の地盤から成るところでは地震の場合に被害が大きくなる。平野には人口、資産が集中しているので、被害ポテンシャルが大きい。また、地下水の過剰汲上げによる地盤沈下など人間活動が土地の危険度を高めている。

谷底低地 両側を山地・丘陵あるいは台地によって限られた細長い沖積平たん地である。地表面勾配が大きい山地内谷底低地における洪水は、水位上昇が急速であり、流速は大きく、多量の砂礫や流木を運搬するので、大きな破壊力をもち人命や家屋、構造物に与える被害は著しい。河道に狭く部があるとせき上げが行われて、その上流部で氾濫が生ずる。谷底内の段丘面でも低位のものは浸水や側侵食による被害をうけることがある。支谷の出口では土砂氾濫の危険が、谷壁斜面下では山崩れの危険がある。

小起伏丘陵地および台地内の谷底低地は、集水面積が小さく、周囲からの土砂供給も少なく、一般に緩勾配である。洪水は比較的急速な水位上昇と一時的な浸水というかたちをとることが多い。しかし、かつての海面上昇期に溺れ谷となっていたようなひょうに低平な埋積谷底では、洪水の疎通を阻害する砂堆や盛土堤が存在する場合、長時間の湛水をこうむる。流域が未固結の細粒岩で構成されている場合、谷底には軟弱地盤が形成される。

扇状地性平野（緩扇状地） 運搬土砂が多い大河川の流路が山地から離れるところに砂礫が堆積して形成された勾配数百分の一程度の緩傾斜の扇形状堆積地形である。扇状地では河道の幅は広く、砂礫堆が発達して網状流を呈し、流路の変遷が激しくて、浅い溝状の凹地からなる旧流路が扇面に放射状に分布している。洪水流の流速は大きいので破堤や溢流を生じやすいが、氾濫流は旧流路内を流下して側方への広がり小さい。扇状地の途中から天井川になっている場合には、その地点で氾濫が起こりやすい。段丘化して高位置にある扇面は安全な場所である。

氾濫平野（自然堤防地帯） 河川が自由に乱流し、洪水氾濫時に土砂の堆積を繰返して形成された広く開けた平たん地で、勾配 $1/1000 \sim 1/3000$ 程度である。平野は自然堤防とよばれる微高地、浅い皿状を呈する後背低地および帯状の凹地をなす旧河道から成る。自然堤防は洪水氾濫時に粗粒な物質が堆積して形成されたものと考えられ、1～3 m程度の比高をもち、河道沿いに細長く分布することが多い。河床が上昇傾向にある場合には、氾濫流は広く堤内地に流入する。氾濫流の流向は、微地形の配列および地盤の傾斜方向によって決められる。河道が人為的に付替えられている場合には、旧流路に沿って流れることが多い。本川が氾濫しない場合でも、後背低地や旧河道は内水の湛水をこうむりやすい。自然堤防は砂質で地盤はよいが、後背低地や旧河道は粘土質の地盤からなるので、地震の場合被害度が大きくなる。

三角州 河流が静水体（海や湖）に流入し、その運搬土砂が沈積してつくられた堆積面で、河口付近に形成される。静水体とほぼ同高の低平な土地で構成物質は細粒である。幅狭い自然堤防状の微高地が分布する場合もあるが、氾濫平野に比べ分布の密度は小さい。海面近くの低地であるため高潮、内水氾濫、河川氾濫など各種の水害をこうむる危険があり、浸水期間は一般に長い。ここは地盤沈下を生じやすい土地でもあるので、水害の危険度はさらに高くなる。都市域および基盤の沈降速度が大きい平野の三角州域では、0メートル地帯が形成されていることがある。三角州域の河川は一般に感潮域にあるため排水条件は悪い。三角州前面の潮汐低地を堤防で囲んでつくられた干拓地はもっとも低湿な土地である。都市沿岸部の大規模な埋立地は、一般にその後背地よりも高く盛土されている。三角州は軟弱な泥質物で構成されているので地震の危険が大きい。大河川がつくる内湾奥の三角州では沖積層厚がひじょうに厚い。

海岸低地 河および海の堆積作用によって海岸沿いにつくられた低地である。通常海岸線に平行する砂州、砂丘、浜堤とその背後の低地とから成る。沿岸部にあり地盤高が低いので、高潮、津波、河川の氾濫など各種の水害をうける危険がある。砂州、砂丘などによって閉そくされた状態になっている場合には、長期間の浸水をこうむりやすい。また、かつての海面上昇期の入り江の名残である潟湖や沼沢地が内陸に存在するケースが多いが、このようなところは低い位置にあるため排水不良地になりやすく、河川の氾濫水の流入や内水の湛水をもっとも受けやすい。砂州の背後や砂州と砂州の間の凹地および潟性低地には、軟弱な地層が分布している。

Ⅲ 最近の災害地の土地条件

最近発生した洪水災害、地震災害および土砂災害の約30例について、空中写真、地形分類図等を併用しながら、災害・被害と土地条件との関係を示した。

1947年9月のカスリーン台風による利根川の破堤氾濫

－河道付替前の旧流路に沿った氾濫流の流下－

カスリーン台風がもたらした豪雨は、利根川上流域で600ミリを越え、利根川の洪水流量は中流部の栗橋で既往最大をはるかに越える $17000 \text{ m}^3/\text{s}$ に達した。このため16日未明、栗橋から4 km 上流の新川通右岸堤が350mにわたって破堤し、堤内地に流入した氾濫流は、江戸時代初期に行われた河道付替工事前の利根の流れを再現するかのように、古利根川および中川に沿って南下し、19日早朝には東京都内に流入し、東京湾へ排水された。

関東平野の基盤は構造的な沈降運動を行っており、その量は最近200万年で1500 mに達している。沈降の中心の一つは栗橋の南にある。したがって大きくみてこの付近は氾濫が生

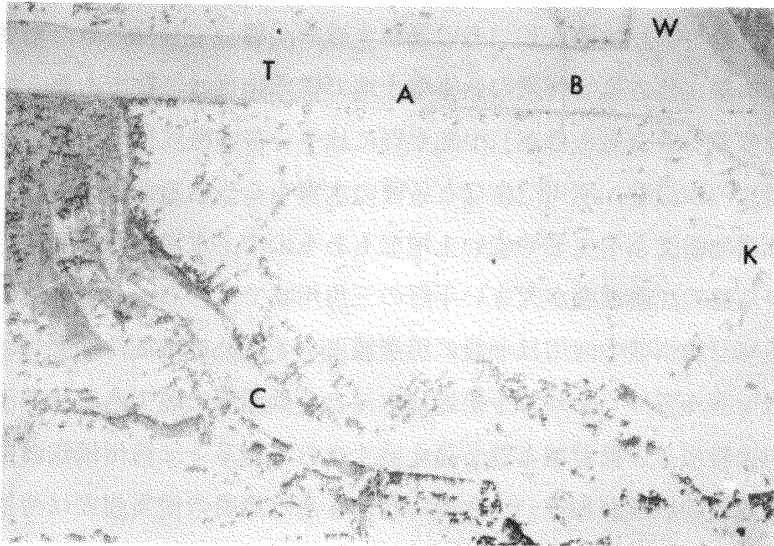


写真1 カスリーン台風による利根川の破堤氾濫
T：利根川 W：渡良瀬川
A：破堤箇所 B：東武線鉄橋 C：旧河道（古利根川上流） K：栗橋
（高崎，1966 から複写）



写真2 利根川破堤後50日の状況
A：破堤箇所 （高崎，1966 から複写）

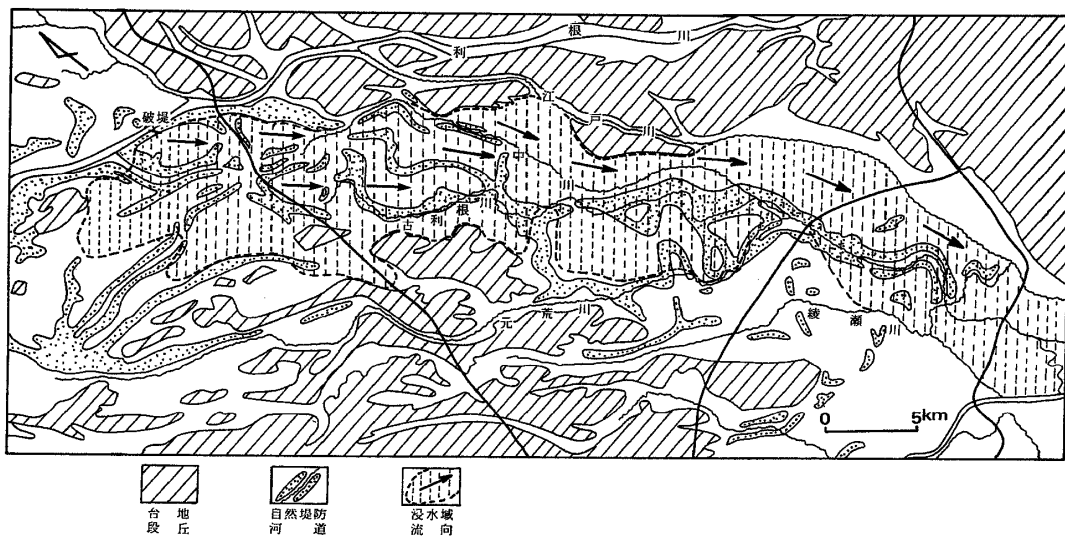


図1 カスリーン台風による利根川の氾濫域の地形

じやすい場所である。破堤地点付近の河道は、その直線状流路からも知れるように人工水路で、利根川を渡良瀬川に合流させるために1621年に開削された。河道付替地点は氾濫が生じやすい。破堤地点付近では洪水水位が堤防を50cmも越え、1300mにわたって越流が生じ、ついに破堤するに至った。このように水位が上昇した原因としては、直下流での渡良瀬川との合流による流量の急増および河床の上昇、東武線鉄橋による河流のせき上げ、直上流に比べて河川敷および低水敷の幅がやや狭くて河積が小さいことなどがあげられる。

堤内地側からみると、破堤地点は後背低地の低い部分に直接面するところにあたっている。写真2は破堤後50日のものであるが、中央の灰色の部分は低くて最近まで湛水していたところである。これから後背低地が浅い盆状地形を示すことがわかる。写真1は破堤からまもないころのもので、浸水深は大きく自然堤防もかなりの部分が水面下にある。部分的に浸水をまぬがれた自然堤防上の高地（河畔砂丘など）は避難場所として役立った。Cはかつて利根川の本流であったこともある旧河道である。屈曲した帯状域に周囲とは異なった配列を示す耕地の区割りが存在することによって旧河道を識別することができる場合が多い。

破堤口付近は洪水流によって洗掘されて、写真2ではなお湛水していて黒色を示す長大な落堀が形成された。大河川の中・下流部では、堤防に接して池があることが多い。これらの多くは破堤の際につくられたものであり、したがって過去の破堤箇所を示す場合があるから注意を要する。破堤口付近では約50戸の家屋が流失した。しかし洪水流の主流部分でも流失をまぬがれた家が点在している。この地方では北西季節風を防ぐ目的の屋敷林が家を囲んでいるが、これが北西からの洪水流を緩衝して流失を防いだものであろう。

氾濫流は自然および人工の堤防で支えられて低地内にプールされ、水位を高めて堤防の低所を破って次の低地に流入するということを繰返しながら、地盤の傾斜に従って古利根川沿いに南下した。浸水面積は350km²に及び、埼玉県における死者は134、全半壊流失家屋は1808戸に達した。

1966年7月、1967年8月と2年連続した加治川（新潟）の破堤氾濫

－砂丘列が並ぶ海岸低地における洪水－

加治川は新潟市北東の西名柄（左岸）と向中条（右岸）において2年連続して同一箇所が破堤し、砂丘列背後の潟性低地が長期間の浸水をこうむった。冬の季節風が強く、したがって沿岸流が強い日本海沿岸では、海岸線に沿って砂堆（砂州および浜堤）が発達しやすい。新潟平野でも砂丘をのせた砂堆が、多いところでは10列以上も並んでいる。かつての入海が砂堆によって閉そくされて生じた潟湖や沼沢地が、沖積作用の弱い海岸低地には存在することが多い。加治川の右岸にはかつては紫雲寺潟があったが、これは1732年に干拓された。加治川と阿賀野川の間には、最近になってほぼ干拓された福島潟が存在する。ここは部分的に0メートル地帯がある広い低湿地をなしている。新潟平野は基盤の沈降速度が速く、沖積



写真3 加治川の破堤氾濫

A, B: 破堤箇所 C: 移転前の西名柄 D: 移転後の西名柄 R: 新発田川 N, L: 自然堤防 S: 新発田市 E: 砂丘列 (この写真は2枚組合せで立体的に見ることができる。2枚の写真の間にハガキなどを立て、右眼で右の写真、左眼で左の写真をそれぞれ同時に見るとできる。以下2枚組の写真は同様である。)

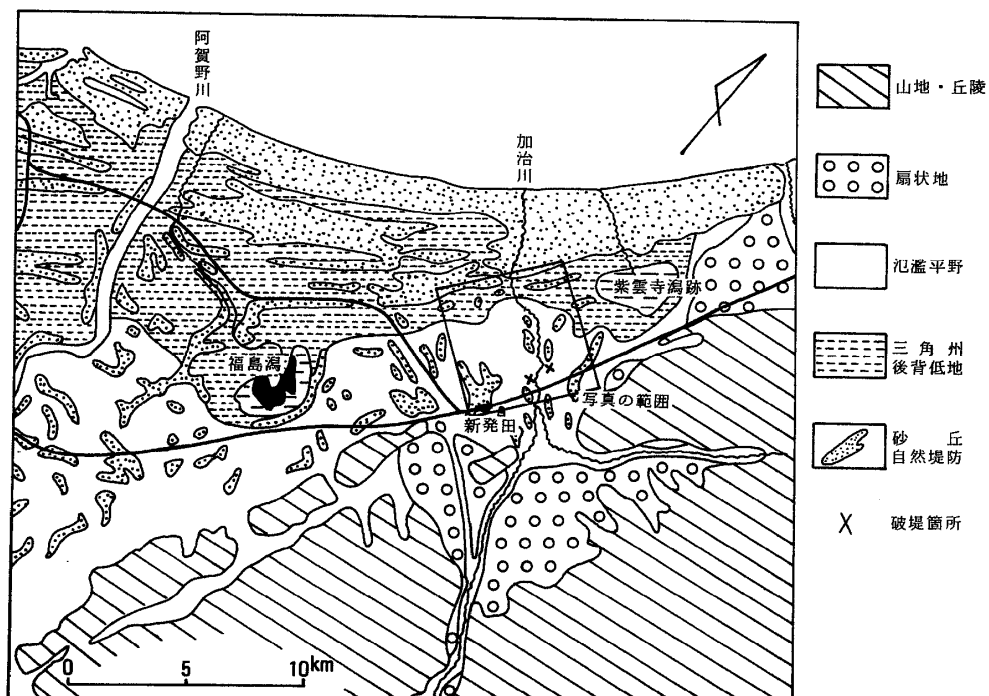


図2 新潟平野北部の地形分類図

層は日本ではもっとも厚い 150m に達している。沈降が進んでいることは、内陸側の砂堆ほど地表下に埋没して連続性が悪いことから知れる。沈降が激しいことが大きな渦をつくった原因の一つとなり、また現在の排水条件を悪くしている原因ともなっている。かつて加治川を構成していた諸河川は、海への出口を砂丘列によって阻止され、左右に流路をとって潟湖へ流入していた。加治川の流路の変遷はめまぐるしいが、現在のように砂丘列を 5 Km にわたって掘り割って分水路がつくられ直接日本海へ流入するようになったのは、1917 年のことである。このようなところで生じた氾濫流は現河道から全く離れ、以前の河道沿いの低地をたどって潟性低地に流入して、長期間湛水することになる。海岸に砂堆が連なり背後が広い後背低地となっている沖積平野としては、他に庄内平野、津軽平野、秋田・能代平野、石狩平野などがあげられる。

写真 3 は 1967 年の破堤氾濫を示した空中写真である。左岸側の破堤口 A から堤内地に流入した氾濫流は、自然堤防および盛土の微高地上に立地している新発田の市街地を迂回して流れ、砂丘列にはばまれて向きを南に変え、福島潟の低地に流入した。写真上の白っぽい部分は、土砂の堆積地およびまだ浸水している地域であって、微凹地の配列がこれによってよくわかる。その中央を流れる川 R は、かつては加治川の流路であったこともある。破堤口 B からの氾濫流は N と L の自然堤防の間の凹地をまっすぐに流下して、かつての紫雲寺潟の低地に流入した。この凹地の傾斜方向は、耕地の区割りの配列のしかたから、各单位区画の長辺に直交する方向であることが読みとれる。66 年の水害時には、湛水日数は右岸側で 15 日、左岸側では 19 日にも及んだ。排水のために阿賀野川の堤防を開削するという非常手段もとられた。

破堤箇所は河道が屈曲していて洪水流が突きあたる水衝部で、堤防が決壊しやすいところである。66 年の災害後、ここを直線状の河道に改修する工事が工期 2 年で行われていた。このため A、B 部分は仮堤防の状態にあって再度破堤した。写真上では左岸側の付替堤が完成していて C にあった西名柄の部落は D に移転している。しかし移転地が低地の配列や地盤の傾斜方向からみて氾濫流の直撃をうける位置に選定されていたため再度被害をうけた。破堤によって堤内地への氾濫が生ずると、河道内の洪水流の流勢は増すので、その破堤地点の直上流の危険箇所では警戒を強めねばならない。2 地点の破堤の時間差は、66 年では 5 時間、67 年では 30 分であった。

加治川では 1917 年の分水路完成後大きな災害はなかったが、1966 年に既往最大流量である $2300 \text{ m}^3/\text{s}$ の洪水によって破堤した。このため計画高水流量を $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ に引上げて工事を行っていたやさきに、流量 $3200 \text{ m}^3/\text{s}$ の洪水が発生して 2 年連続の災害をこうむった。決して長いとは言えない最近の経験値に基づく確率計算によって、ある流量の洪水が何十年に一回という頻度でしか起こらないものであるとされたとしても、実際にその現象がそのような再現期間で起こるということを意味するものではないということは、よく知ってお

かねばならない。連続して大きな災害をうけた例としては、1947年9月のカスリーン台風と48年9月のアイオン台風により水没した岩手県一関市、1963年8月、64年8月、65年7月と3年連続して水害をうけた熊本県の五木村の例などがある。

1976年9月の17号台風による長良川の破堤氾濫

—氾濫平野中の旧輪中地帯における水害—

九州西方海上に長時間停滞した17号台風の影響で、長良川流域では8日から12日にかけて流域平均雨量855ミリという豪雨が降り続いた。このため長良川では警戒水位を越える高水



写真4 17号台風による長良川の破堤
(破堤から3日後)
A：破堤口 S：東海道新幹線 N：長良川 M：旧森部輪中の低地

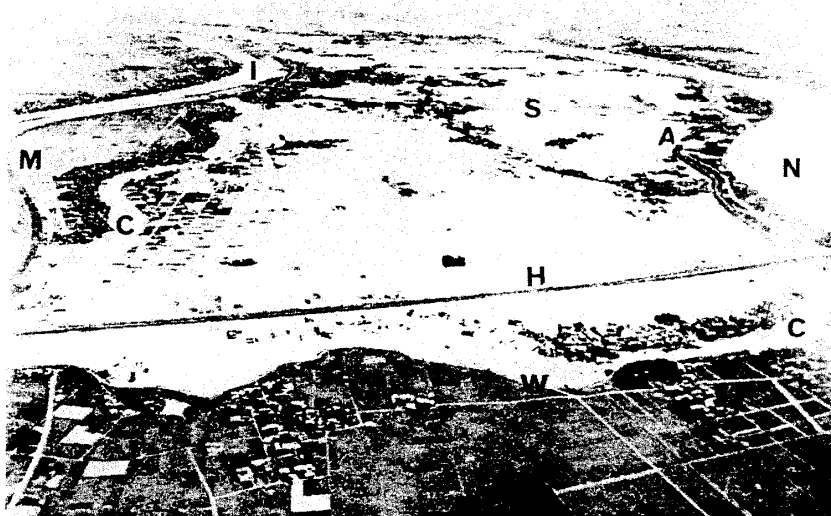


写真5 17号台風による長良川の破堤氾濫
A：破堤箇所 N：長良川 S：東海道新幹線 H：名神高速道路 W：福束輪中堤 I：揖斐川 M：牧輪中 C：旧河道

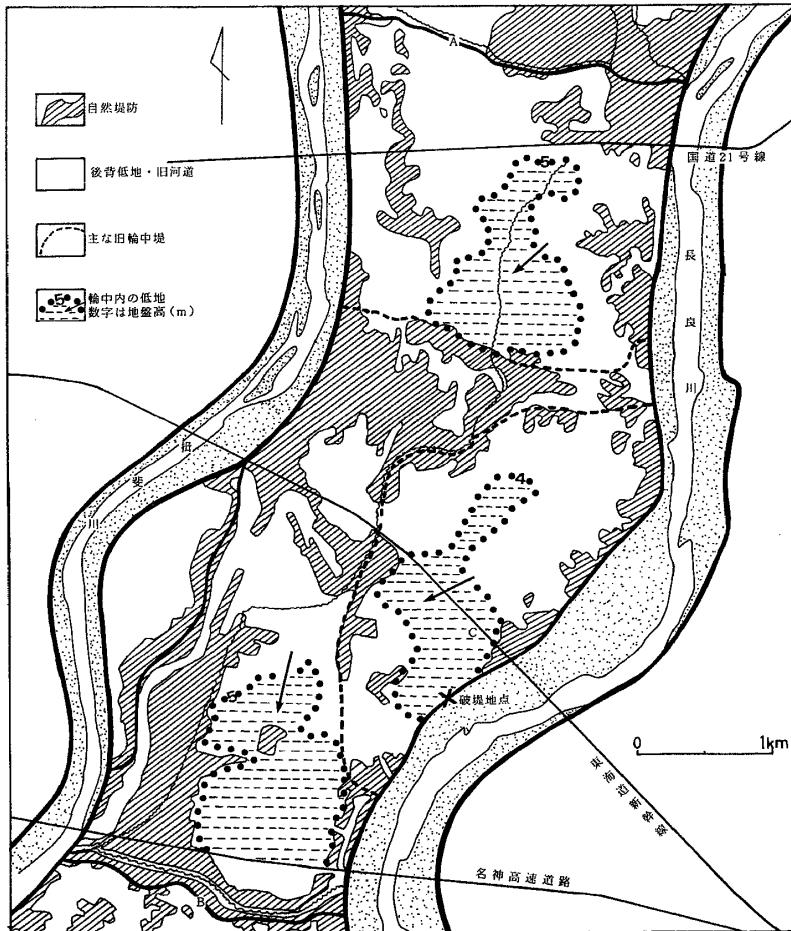


図3 17号台風による長良川の破堤氾濫域の地形
A：墨俣輪中北堤（浸水域の北限）B：福束輪中堤（浸水域の南限）C：新幹線変電所

位が80時間近くも継続し、12日10時25分、新幹線鉄橋の600m下流の右岸堤が破堤して、推定3000万トンの水が堤内地に流入し、岐阜県安八町と墨俣町の約17km²が水没した。しかし排水は順調に進み、5日後には床上浸水家屋はなくなり、2週間で完了した。この地域は有名な輪中地帯であって、下流の輪之内町との間にかろうじて残されていた輪中堤防によって氾濫流の流下が阻止されて浸水域の拡大が防がれたことによって、水郷農民の知恵が生んだ輪中堤の機能が再認識されることになった。輪中とは、水害防御のために集落および農用地を輪形の堤防で囲んだ地域をさし、またその地の住民によって構成された水防共同体をさしている。濃尾平野の基盤は全体的に西に傾く傾動運動を行っているので、木曽、長良、揖斐の三河川の流路は平野の西南部に集まり、自然状態では下流部で縦横に交錯して流れていた。このような自然条件のために多数の輪中がこの地域につくられた。典型的な輪中が形成されたのは江戸時代末期から明治初年にかけてのころで、40以上もの輪中が存在した。

この浸水域にはかつては6輪中が存在していた。輪中は一般に浅い受皿状の凹地形を示す。写真4は破堤から3日後の空中写真であるが、破堤口に面しもっとも低い森部輪中がなお浸水していて、その輪郭がよく現われ出ている。写真5の左端に、揖斐川とその旧河道とにはさまれ黒い色調を示す部分は牧輪中で、旧河道の右岸堤が輪中堤として残されていたので浸

水をまぬがれた。輪中堤は連続する自然堤防を利用して作られていることが多い。戦後の土地改良事業や道路整備によって大部分の輪中堤はとりこわされていて、浸水域の拡大を許すことになった。南の輪之内町との間に残されていた高さ8mの輪中堤は有効に働いて下流への氾濫を防いだ。この輪中堤がなかったならば、0メートル地帯もある下流の低湿地へと浸水域は大きく拡大し、また流勢の増大のため破堤口の締切りは困難になったであろう。南下を阻止された氾濫水は破堤地点よりも上流へ広がって墨俣輪中までが浸水した。この地域の地盤高は4～8mであり、浸水のピークの水位はほぼ7mの等高線に一致していた。ここは河川が乱流しながら土砂を堆積して作り上げた氾濫平野の中央にあたり、比高1～3m程度の自然堤防がよく発達している。古い集落の多くは自然堤防上に立地していて、浸水をまぬがれ、あるいはわずかな浸水で済んでいる。

破堤地点付近の河道はゆるくカーブしてはいるが、とくに強い水衝部にあたるとはいえない。水害前の写真では破堤地点の内側に小さな池がみられる。この池は古い地形図にも記されていて、以前はもっと大きかったようである。この池はかつての破堤による洗掘によってできたものか、あるいは本川からの浸透水によるものかはわからないが、いずれにしてもこの部分がより浸透しやすい地層から成ることは十分に考えられるので、池の存在には注意を要する。また、破堤は、河道沿いに自然堤防がなく、堤内地の地盤高がもっとも低いところで生じている。新幹線の変電所は、後背低地の中央部に設置されていて、長期間の浸水をこうむった。

長良川では1960年8月の既往最大流量に基づき、計画流量を $7500\text{ m}^3/\text{s}$ として一応の工事が完了していた。今回の最高水位は計画高水位よりも1.4m低かったが、しかし長時間の高水位が続いたため、盛土堤防の支持力が失われて破堤に至ったと説明されている。この地域が非常に水に弱い性質をもっていることを考えに入れると、堤防などの治水施設だけに依存することは危険が大きい。土地の性質を十分に認識し、破堤氾濫をある程度前提にして、氾濫しても浸水域の拡大を防ぎ、浸水しても被害を大きくさせない土地の利用や住まい方によって備えておくことが必要である。

破堤口に面する後背低地内における氾濫流の伝播速度は $2\sim 3\text{ km/h}$ で、ゆっくり歩く程度の速さであった。大河川中下流部における氾濫流は速くても人が普通に歩く程度の速さであるから、破堤地点からの距離によって洪水の到達時間を目算して、余裕ある行動を行うことが望まれる。大きな後背低地の中央部には、中層コンクリート造りの公共施設を設置して、避難場所としても利用できるようにしておくのは役立つであろう。

輪中は堤防で囲まれた土地を示すと同時に、またその地域住民の水防共同体をも意味している。写真にみられるように新幹線や高速道路の建設、大工場の進出、兼業農家や新規住民の増加などによって、運命共同体的な意識は薄らぎ、社会的な意味での輪中は大部分崩壊していたものであろう。輪中の機能を再評価し、コミュニティの災害防備の態勢を高めることが必要である。

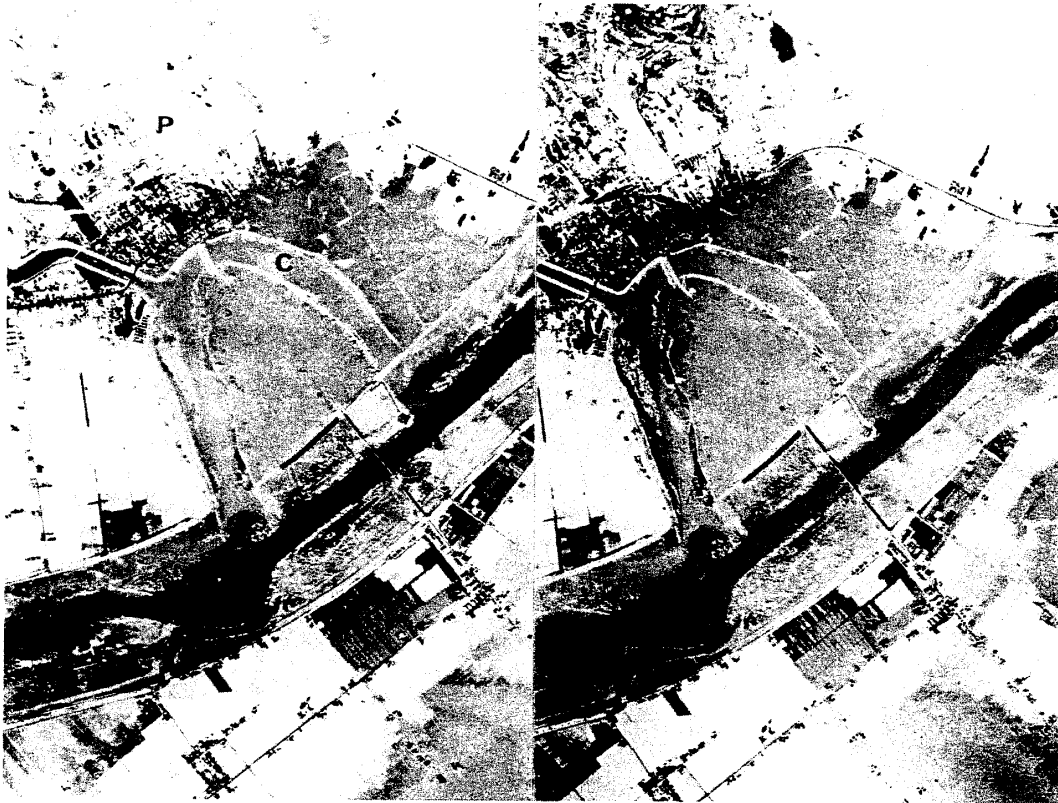


写真 6 石狩川の氾濫による月形町の浸水

T：月形町 I：石狩川 C：旧流路 P：低い台地

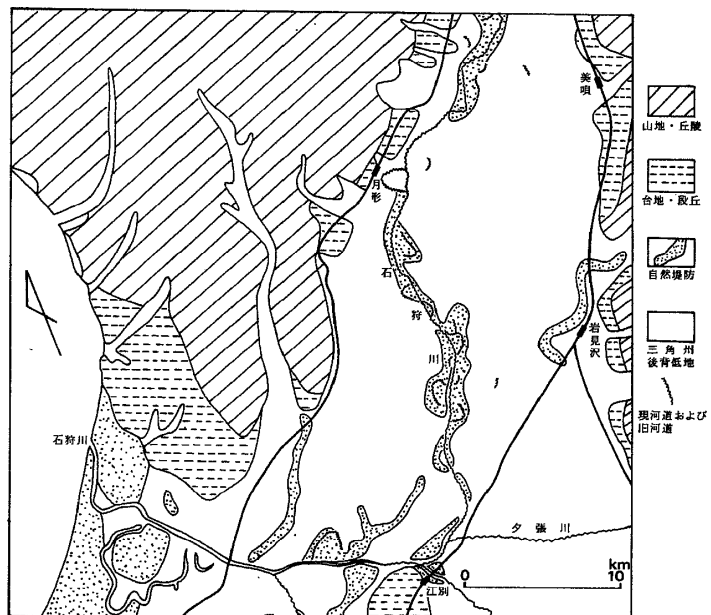


図 4 石狩川下流域の
地形分類図

1975年8月の6号台風による石狩川の氾濫

—泥炭が発達し河床が下刻傾向にある平野における水害—

6号台風の影響により、22日夕刻から24日朝にかけて石狩川流域全域で150～200ミリの大雨が降り、石狩川はほぼ全域で警戒水位を越える出水をみた。計画高水位には達しなかったものの、地盤沈下により堤防高が低下していて、本支川堤防は各所で越流して200 km²の土地が浸水した。

石狩川の上流山地の起伏量はあまり大きくなり、また途中に上川、富良野の盆地があって平野部への土砂の供給は少ないため、自然堤防の発達や河床の上昇は顕著ではない。かつては激しく曲流していた河道を直線状に改修する工事が進んだため勾配を増して、最近では平野面を下刻する傾向にある。気候が寒冷なため沼沢地に生育した植物が堆積して形成された泥炭層が広範囲に発達しているが、この泥炭層の表面はかなり起伏に富むので、洪水時にも冠水しない部分が多い。このため石狩川では、本川沿いの低地および泥炭地中の凹地に浸水域が限られている。

写真6に示した月形町付近の堤防は、計画水位（16.60 m）にあわせてつくられていたが、その後の地盤沈下の進行によって堤防高が15.10 m程度に低下していたところへ、最高水位15.92 mの洪水が到来して越流が生じ、旧河道沿いの低地に位置していた月形町の市街地の大部分が浸水した。地盤沈下は、開発の進行による水位低下によって泥炭層が収縮することが原因となって生じたものである。この付近では泥炭層が7 mの厚さに達し、地盤改良工事が行われていたが、しかしなお沈下は生じた。原野の開発や排水路の建設によって、この沈下はさらに進行するであろう。

石狩平野では台地、段丘の発達がかなりよい。月形町の背後にも、丘陵地に連続する段丘状の緩傾斜面があり、浸水域はここで終わっている。旧河道沿いの低地はもっとも浸水被害をうけやすい土地であるので、市街地はより高い地形面に向って展開すべきである。自然堤防の発達がきわめてわるい石狩平野では、平野内に居住地用の微高地を求める余地は少ない。朝までには雨があがり、市民が日常の活動を始めていた10時ごろから月形町への浸水が始ま

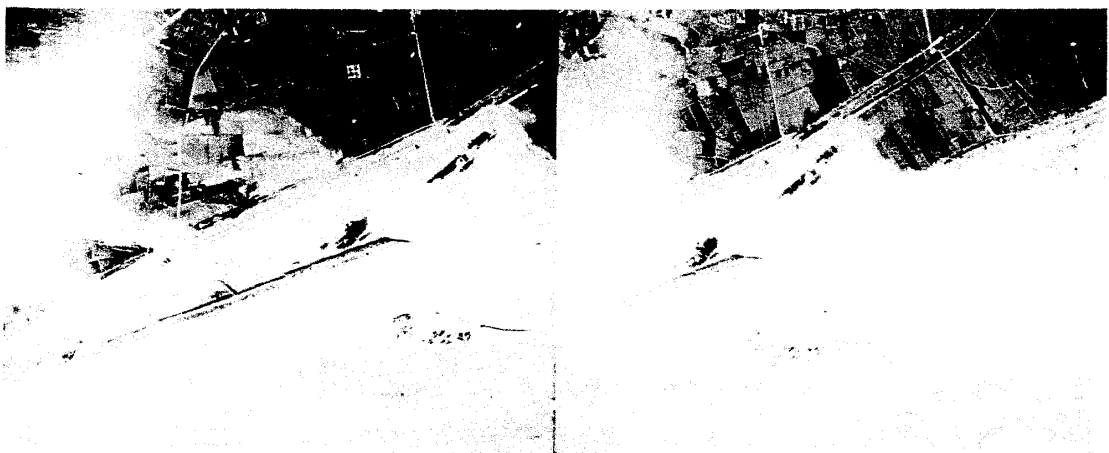


写真7 黒部川の破堤

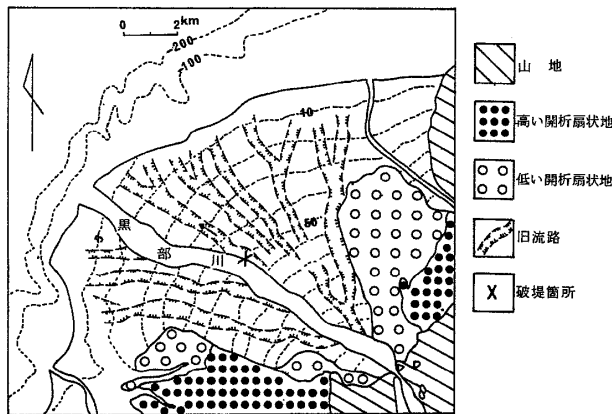


図5 黒部川扇状地の地形分類図

ったため、不意をつかれたかたちとなった。大河川下流部における氾濫は、青空の下で起こることに注意しなければならない。

1969年8月の前線豪雨による黒部川の破堤氾濫

―旧流路内を流下する扇状地性平野における氾濫流―

前線の停滞により、10日から11日にかけて北アルプス山地では1000ミリに達する大雨が降った。北アルプスに水源をもつ黒部川の流量は、扇頂部の愛本において $5650\text{ m}^3/\text{s}$ となり、計画流量 $4200\text{ m}^3/\text{s}$ を大きく越えた。このため河口から約7km地点の福島地先において、堤防は霞堤ではあったが破堤が生じて、扇状地面へ氾濫した。黒部川は多量の砂礫を運搬する河川であるため、平均勾配が $1/100$ というかなり勾配が大きい扇状地性平野をつくっている。黒部川が流入する富山湾は深くて海底は急傾斜しているため、扇状地が直接海に接している。扇状地面には扇頂から放射状にのびる幅広い旧流路の凹地が全面に分布している。扇状地河川では、洪水時に河道が広がり、多少とも流路を変え、砂礫堆をつくり、平常時には砂礫堆の間をぬい、網状流を呈して流れる。現在の河道付近に流路が移ったのは1685年の洪水のときで、それ以前は扇頂から北へ向って流れていた。

破堤箇所は河道がゆるやかに屈曲する水衝部にあたるが、同時に一般扇面と河床の高さが接近してきたところ、すなわち天井川に移行するところにもあたっていて、氾濫を生じやすい場所である。破堤した堤防は斜めに切りとられており、地盤の傾斜方向に向う流れの方向がよくわかる。氾濫流は前面にあった旧流路内を、側方へ広がることなく流下して海へ流入した。扇状地河川は流路の変遷がかなり頻繁でありまた多量の砂礫を運搬するので、一般に荒れ川として知られているが、一回の洪水による氾濫域はかなり限定される。

扇状地の両側には、山地に接して一段高い台地状の古い扇面が存在している。このように段化した扇面は安全な場所である。海岸線はほぼ円弧状で扇状地の形態を示しているが、よくみると北側は海拔5m以下の部分が欠け、海岸は小崖をなしている。これは流路の変化によって砂礫の供給が停り、海岸侵食が進行していることを示している。

1976年8月の羽越豪雨による荒川（新潟）の氾濫

―山地内谷底低地における破壊力の大きい洪水―

荒川河口から10kmの地点には顕著な狭さく部があり、その上流には長さ9km、幅1～2kmの谷底低地が開けている。低地面の勾配は約 $1/300$ で、両側には数段の河岸段丘が発達している。28日から29日にかけて荒川上中流域は、秋雨前線の活動による記録的な豪雨にみまわ



写真8 荒川谷底低地における氾濫

A：荒川 K：鍬江沢川 S,T：土砂氾濫をうけた集落 B,C：段丘面上の集落 D,E：土砂氾濫をうけていない低地 F：土砂が流出した支谷の出口 L：段丘崖の崖くずれ

れ、小国では最大日雨量532ミリにも達した。このため荒川では計画流量の2倍を越える大出水となり、谷底低地内では13箇所が破堤し、氾濫は低地内全面に及んだ。上流山地内で多数の山崩れ、土石流が発生したこともあって、洪水流は多量の砂礫や流木を運搬して、低地内の集落や鉄道、橋梁などに大きな被害を与えた。写真上に見られる流れたようなパターンの白色部分は土砂が堆積したところであって、S, Tなどの集落は土砂流の直撃を受けている。支川Kでは土石流が多数発生したため、河床が厚く埋積されている。荒川流域における被害は、死者72、家屋全半壊流失2317棟に達した。また荒川沿いに通じている国鉄米坂線は、数箇所の橋梁流失などによって、全線復旧に10カ月を要した。このように山地内谷底低地における洪水は大きな破壊をもたらす。水位の上昇は速いので迅速な避難対応が要求される。河道に狭く部があるとせき上げによって水位が高められて被害を大きくする。

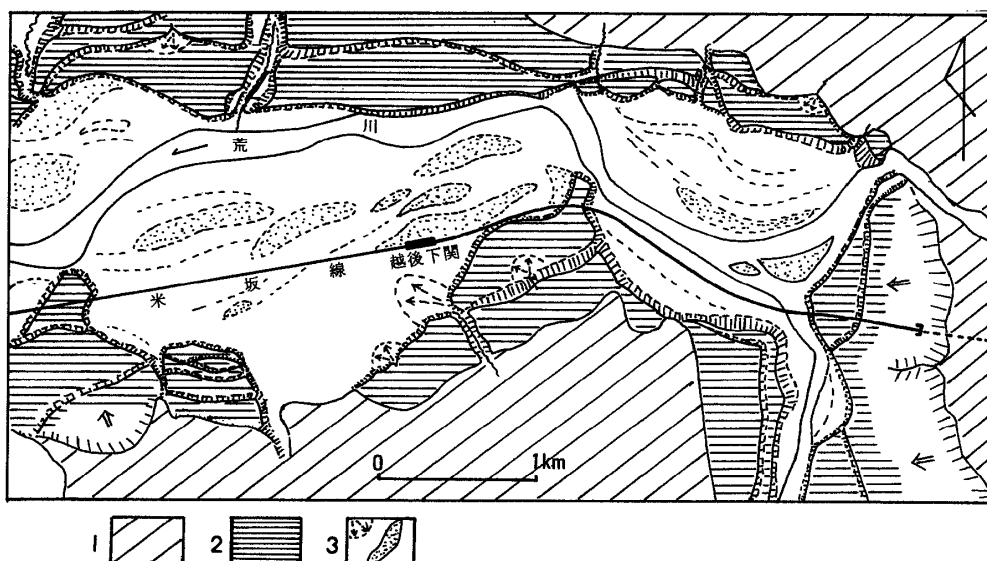


図6 荒川谷底低地の地形面区分 1. 山地 2. 段丘 3. 小扇状地および砂礫堆

山地のへりに形成されている河岸段丘の最低位置は、低地面との比高が10m程度あって浸水をこうむっていない。大きな被害をうけた下関の街Sの背後にもこの低位面は存在する。谷底低地の集落はB, Cのように、すこしでも高い地形面を選んで立地すべきであろう。ただしLのような背後の斜面の崩壊を避けるようにしなければならない。低地内でも、河と平行に走る道路や鉄道の盛土部の山側や、低地内に突き出た尾根や段丘の下流側では、浸水だけで土砂の氾濫をうけていない(D, Eなど)。ただし、Fのように、支川の出口では土砂氾濫の可能性がある。谷底低地内に立地する場合には、地形的な位置を考慮して、少しでも洪水の破壊力が及ばないところを選ぶ必要がある。

1975年8月の局地的豪雨による真室川（山形）の氾濫
－谷底低地の地形面と氾濫域－

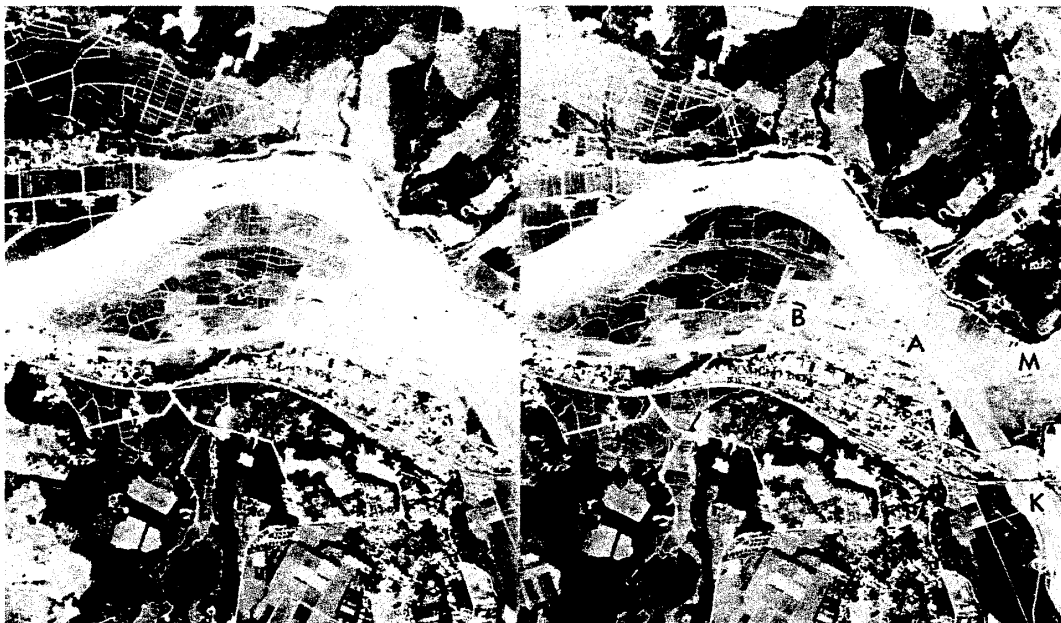


写真9 真室川町における真室川の氾濫
A：越流箇所 M：真室川 K：金山川

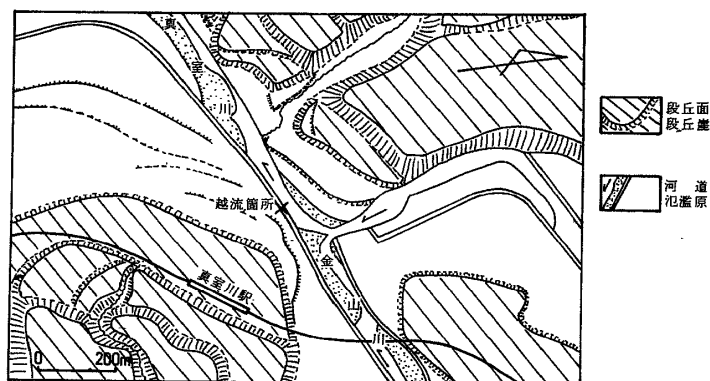


図7 真室川町付近の地形面区分

山形県北部は6日未明から局地的豪雨にみまわれ、最上川支川、真室川の流域では、6日の雨量が250～300ミリに達した。このため13時30分に真室川の左岸堤が金山川との合流地点で400mにわたって越流して、真室川町の市街地が氾濫流に襲われ、大きな被害が発生した。ここは新庄盆地の北縁にあたり、河は小起伏丘陵地内の狭い谷底地内を流れている。

越流箇所Aは、写真上では支川のように見える真室川本川Mの洪水流がまともに突き当る水衝部である上に、大きな支川金山川との合流点にもあたるので、危険が大きい場所である。氾濫流が流入した低地は、現河道の屈曲と同じ形状を示すCの部分の地表のパターンからわかるように、最近まで真室川の河床であったところである。地盤高は、段丘沿いのBの部分がかえって低く、一時期の河道と思われる凹地をつくっている。氾濫流の主流は、もっとも自然な流れの方向をとって、この凹地をまっすぐ流下した。真室川町の中心部は比高3～4mの段丘面上に位置していて浸水をまぬがれているが、国鉄の駅的位置や向きなどからみて、市街地が危険の大きい低地部分に進展していくことは当然の成行きでありその結果として、多数の家屋流失を含む大きな被害をまねくことになった。山地内河川の常として、水位上昇は速くまた流速も大きかったので避難の余裕がなく、濁流の中に取り残された115人が救出されるということも起こった。

市街地の背後にはさらに2～3段の段丘があり、その高位面は広い、すでに新しい住宅がかなり進出しているが、国鉄の線路が市街地と高位の段丘面とを切り離しているような状態になっているので、これを改める方法をとって高位面への市街地の進出を助長し、危険な低地面の利用を阻止する必要がある。

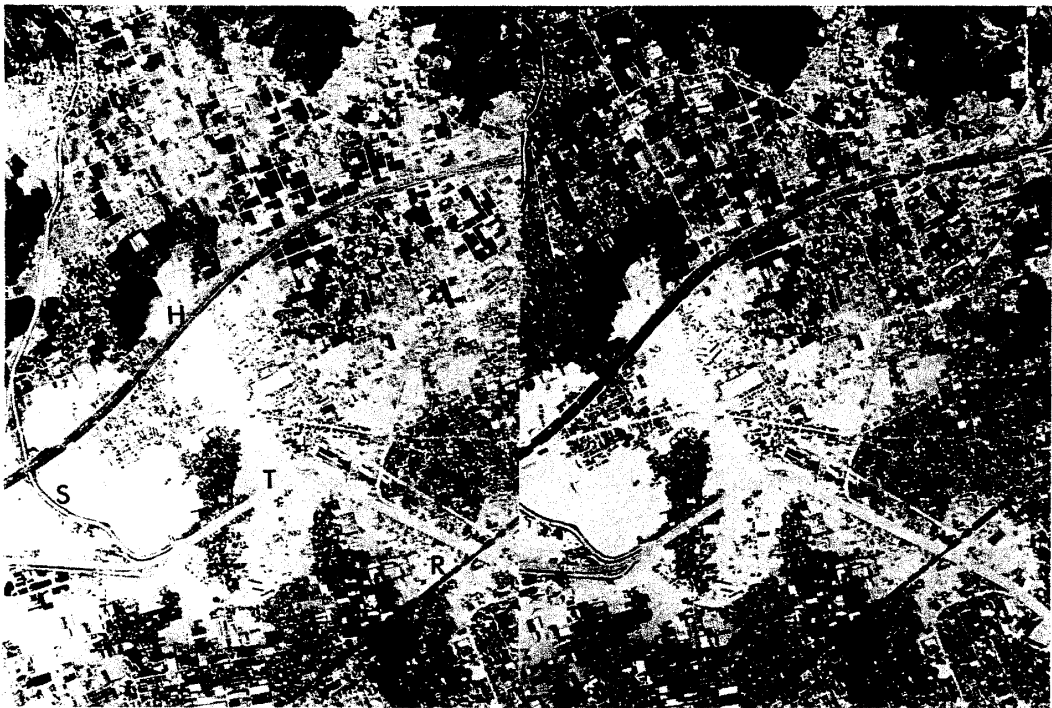


写真10 巴川の氾濫による清水市街地西部における浸水

T：巴川 S：長尾川 H：東名高速道路 R：東海道新幹線

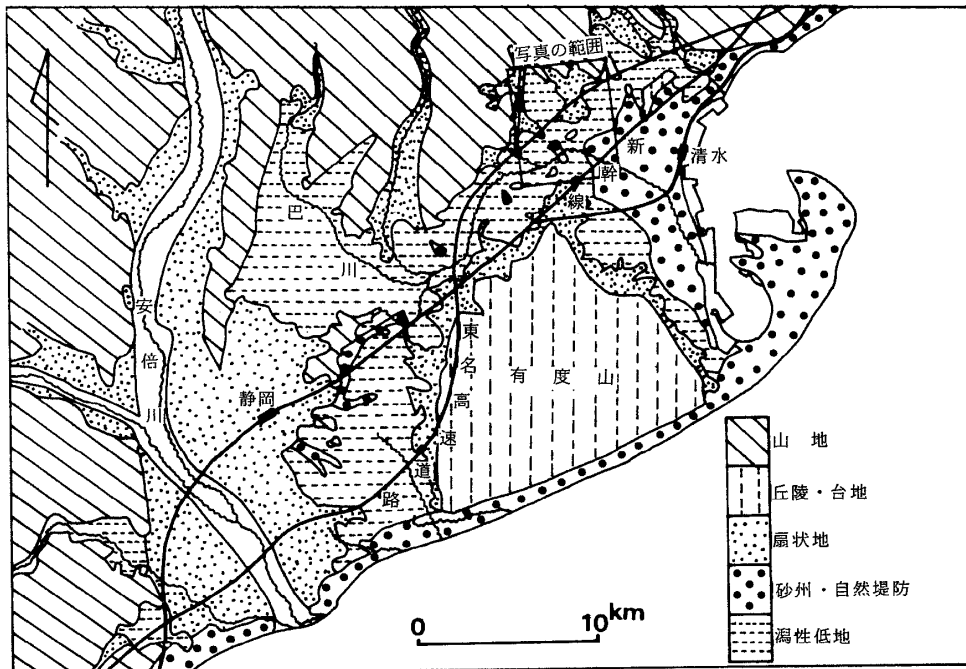


図8 静岡，清水周辺地域の地形分類図（門村，1966による）

1974年7月の梅雨前線豪雨による巴川（静岡）の氾濫

－市街地化した潟性低地における水害－

7日から8日にかけて静岡，清水地方は梅雨前線の活動による大雨にみまわれ，静岡では7時間に444ミリという記録的な豪雨となった．このため静岡市の北部から清水市を通して流れる巴川の本支川が氾濫し，両市で家屋の床上浸水10,497棟，床下浸水15,337棟という大きな被害が発生した．

巴川流域には泥質堆積物からなる低湿地が広く分布している．これはかつての海進時に有度山丘陵地背後に生じた入江状海湾の湾口部が，安倍川から排出される多量の砂礫が供給源となってつくられた砂礫州によって閉そくされ，その後背部が潟湖から沼沢地への過程をたどって形成されたものである．流域面積が小さい巴川の土砂運搬量は少ないので，潟湖の埋積は緩慢であった．巴川はかつてはまっすぐ南に流れ，有度山の西で駿河湾に流入していたこともあるが，安倍川の砂礫で河口部を閉そくされて東へ向って流れを変え，現在では，清水の市街地がのる最高10mの標高の砂堆を開削してつくられた流路に従って海へ注いでいる．河床勾配は，下流部で1/1000であるのに対し，中流の低湿地部ではより小さくて1/4000であって，排水条件は悪い．

清水，静岡両市の中心市街地は，高燥な安倍川の扇状地および清水砂堆上に位置しているが，新しい市街地が巴川の低湿地に進出してきた結果，大きな浸水被害をうけることとなった．清水市西方の巴川低地における浸水状況を示したのが写真10で，右方の清水砂堆と下方の有度山丘陵地とによって閉そくされたかたちで浸水域が広がっている．浸水域は5mの等高線にはほぼ一致した．東海道の交通動脈がこの狭い地帯に集中して走っており，都市の洪水の常としての多量の浮遊物とその橋脚にからまって水位をせき上げた．本川の破堤，越流およ

び内水が複合して氾濫が生じ、最大浸水深は3mに達した。地盤高が大きい砂礫州や山麓の小扇状地は浸水をこうむっていない。低湿地を市街化する場合には、浸水を前提にした住居構造や施設の配置で備え、また住民の危険意識を高めておく必要がある。巴川のような流路長が短い河川では、豪雨から出水までの時間が短いので、住民自身の判断に基づく迅速な避難が要求される。潟性低地は軟弱な地盤で構成されているので、地震災害の危険がひじょうに大きいところでもある。

1974年7月の梅雨前線豪雨による横須賀、平作川（神奈川）の氾濫

一丘陵内小谷底低地の沿岸部における水害一

梅雨前線の活発化によって7日から8日にかけて三浦半島南部で大雨が降り、横須賀では



写真11 久里浜（横須賀）における平作川の氾濫
H：平作川 K：京浜急行線

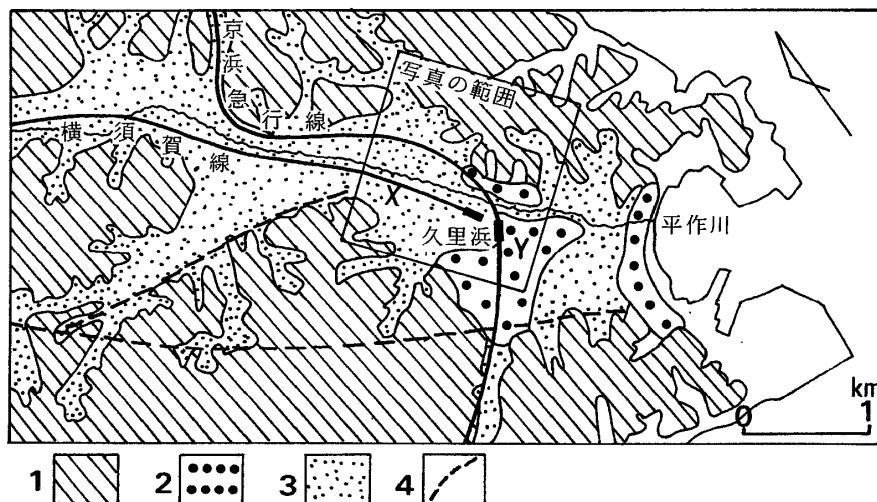


図9 久里浜周辺の地形分類図 1. 丘陵 2. 砂堆 3. 後背低地 4. 衣笠断層

日雨量の最大が238ミリに達した。このため標高100m内外の第三紀層丘陵を開析する小谷底および海岸沿いの低地が浸水した。横須賀市の浸水家屋は6836棟に達した。

写真11は横須賀市南西部を流れる平作川の氾濫による久里浜付近の浸水状況を示すものである。平作川は延長9kmの小河川で、狭い谷底低地内を流れて海に注いでいる。かつての海進時には溺れ谷が形成され、その湾口が砂洲によって閉そくされて、写真によって示した付近は最近まで沼沢地であった。現在は全面1m程度の盛土が行われているが、しかしなお砂堆よりも1～2m程度低い低湿地となっている。写真に見られるように、周辺丘陵地は大規模に開発されつつあって、洪水流出の条件は大きく変化している。氾濫水は鉄道や道路の盛土および沿岸部の砂堆によって流下が阻止されて、背後の低地が浸水した。このような条件下にある土地は日本の都市周辺には多い。写真では本川水位はすでに低下しているが、Fの部分などがなお浸水している。砂堆の標高は4m程度であるが、背後の低地には2mのところがある。ボーリング資料によると、砂堆上のY地点は-9mまでN値が30～50で支持力が大きい砂層であるのに対し、後背低地であるX地点では1.5mの厚さの盛土の下は-30mまでN値がほぼ0のシルト層で構成されていて、地盤条件がきわだって違うことがわかる。

周囲の丘陵斜面は厚さ5m程度のローム層を上にした不透水性の第三紀泥岩によって構成されていて、崖崩れを起こしやすい。この時の豪雨でも、横須賀市で1564箇所の崖崩れが発生し、13名の死者を出した。なお、三浦半島南部には、関東地震の際にも活動した断層も含め5本の活断層が存在しており、平作川低地に沿ってその中の一つの衣笠断層が走っている。

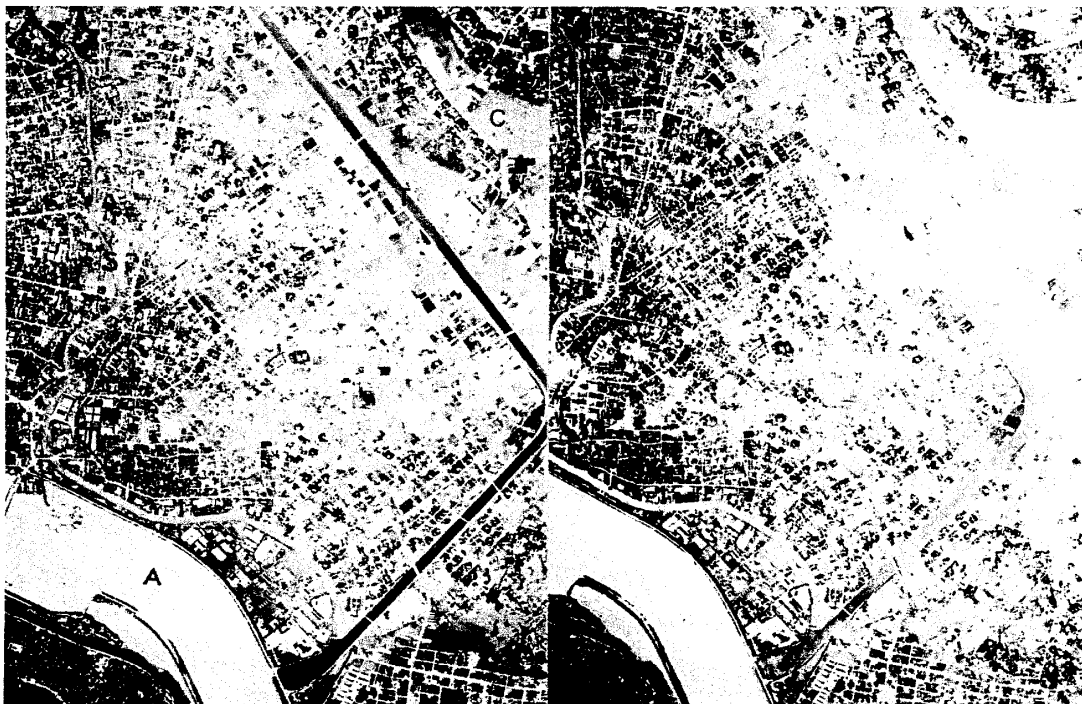


写真12 川口市街地における内水氾濫
A: 荒川 S: 芝川 T: 芝川放水路

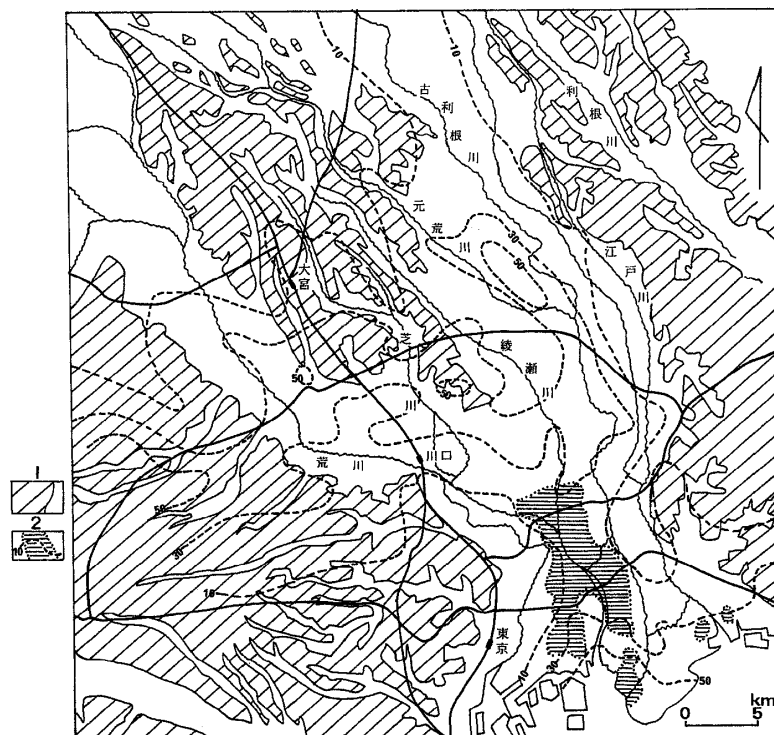


図10 関東平野における地盤沈下(1968～1973)
(日本国勢地図帳による)
1. 台地 2. 0メートル地帯および等沈下量線

1966年6月の4号台風による芝川(埼玉)の氾濫

—市街化した地盤沈下域における内水氾濫—

28日房総沖を通過した4号台風は、東京に日雨量の最大235ミリという三番目の記録的豪雨をもたらした。このため荒川低地および武蔵野台地の谷底低地が広範囲にわたって浸水し、東京都における浸水戸数11万戸、浸水面積74km²に達した。写真12は荒川の支川である芝川の下流域における内水氾濫状況を示している。荒川はなお高水位を保ち、河川敷内全面を流れている。上流山地でも雨が多かったため荒川の高水位は長時間継続したので、排水樋門は長時間閉鎖された。このため本川への排水が困難となり、芝川の氾濫水および内水の湛水が一緒になって、浸水域が芝川低地全面に広がっている。Cは中央に毛長堀が流れている旧河道で、その形状が浸水によって明瞭に表れている。

埼玉県は独自の水源山地をもたないため、上水道用の水の多くを地下水に依存している。その揚水深は100～300mに集中している。このため芝川下流域では1961～74年の累計地盤沈下量が最大140cmに達している。大宮台地でも10cm以上の沈下を生じている。現在芝川と荒川との合流点付近は標高約2mで、満潮面に近づいている。芝川は標高20mの大宮台地に水源をもつひょうに緩勾配の河川である。かつては遊水池となっていた谷底低地にまで宅地化が進み、流域全体で地盤沈下が進行していて、内水氾濫を主とした浸水の危険が大きい都市河川である。このような条件を備えた都市河川は他に、鶴見川(神奈川)、寝屋川(大阪)、鏡川(高知)などがあげられる。このような河川の水質は悪く、それが氾濫すると都市内の汚物類を混えて悪水となり、衛生上の大きな問題ともなる。

1959年9月の伊勢湾台風による濃尾平野三角州地帯における高潮

—地盤高に規定された高潮侵入限界—

災害直前に作成されていた水害地形分類図による三角州と氾濫平野の境界が浸水域にほぼ一致していたことから、地形分類および地盤高精査の有効性が広く認識された。低い中心気圧、強風、西側を湾の主方向に平行に高速度で進行したこと等、大きな高潮をひき起こす条件が重なって、名古屋港では26日の21時35分に3.89mの高潮が観測された。このため伊勢湾臨海部 300 km² が浸水し、史上最悪の台風災害となった。

高潮は内陸へ侵入するに従って地表地物の抵抗をうけてしだいに潮位を減じて、海拔0メートル付近で停止した。0メートルより内陸へはその後の満潮時に水路などを伝わって侵入



写真13 伊勢湾台風による高潮浸水域
A：名古屋 B：名古屋港 C：木曾川 D：長良川
(高崎1966から複写)

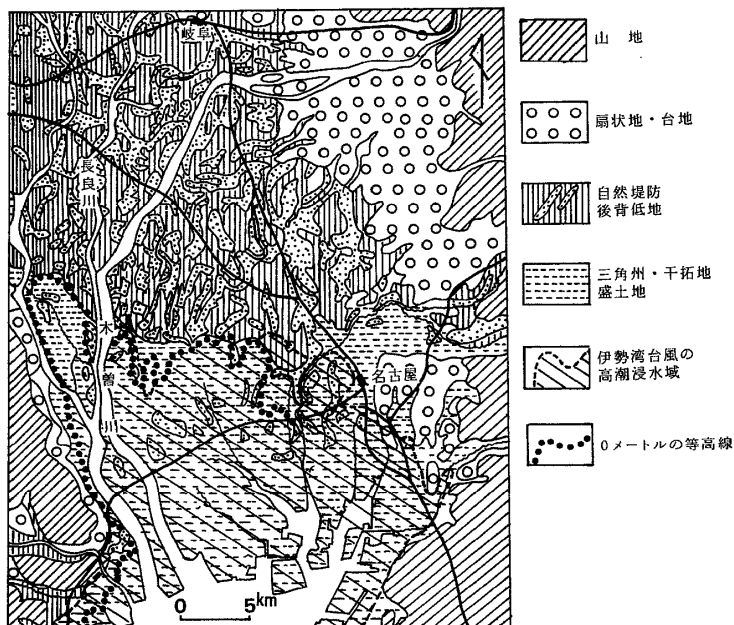


図11 濃尾平野の地形分類図

し、海拔0.5～1mまでのところが浸水した。この浸水域の限界は三角州地帯の北限にほぼ一致しており、これはまた奈良時代ごろの海岸線に相当している。写真13は水没地域を一望に収めた斜め空中写真である。水が際立って黒く写る赤外線写真であるため、浸水域がよく識別できる。多量の浮流土砂を運搬している河流部分はやや白っぽく写っている。河道内の砂州はすでに水面上に現われていて明るい白色を示している。このことから天井川化していることがわかる。湛水期間は長期にわたり、地盤高0～-1mの地域は8日以上、-1m以下の地域は30日以上も続いた。長島南方では最大浸水深4.5m、湛水期間80日に及んだ。

濃尾平野南部には日本最大の0メートル地帯が広がっている。1973年の測量によると、0メートル以下地域は230km²、-2m以下地域は11km²も存在する（T.P.を基準面とする）。濃尾平野の基盤は西に傾く傾動運動を行っているため、0メートル地域は平野の西縁に沿って内陸深く侵入している。この平野基盤の構造的沈下に加え、地下水揚水による沖積層および洪積層の圧密によって地盤沈下は増大傾向にある。沈下域は海岸線から40km内陸にある大垣にまで及び、最近では年間20cmの沈下量を示す地域もみられる。

もっとも著しい被害をうけた名古屋市の臨港地帯では、流出した大量の木材が住宅地を襲って被害を拡大した。海に面した大工場は一般に高い埋立地にあるので高潮の浸水は一時的であったが、背後の住宅地は低くて長時間浸水した。三角州前面には潮汐低地を堤防で締切って、50km²に及ぶ干拓地が17世紀以降につくられた。ここはもっとも低い土地であって大きな被害をうけた。現河道に沿って細長く分布する自然堤防および高く盛土されている道路や人工の堤防は、浸水をまぬがれているところがある。広い低地内では各所に中層コンクリート造りの建物を配置しておき、緊急時の避難場所として役立てる必要がある。

地盤沈下地域は、1975年現在全国で40箇所知られている。また、0メートル地帯は8地域に存在し、総面積は1170km²に達している。0メートルおよび地盤沈下地域は、内水氾濫や地震災害の高危険地でもある。

1974年9月の東京狛江における多摩川の河岸侵食

—旧流路のパターンと一致した洪水流の蛇行—

16号台風の接近により、8月31日から9月1日にかけて関東南部山岳地域では300～600ミリの雨が降り、多摩川は1910年以来の大規模な出水をみた。このため、小田急線鉄橋の下流に、農業用水取水用に設けられていた堰によって阻止されて流向を変えた洪水流が左岸に突き当たり、弱い内堤防を破って、左岸堤とその背後の土地を側侵食によってえぐりとり、新しい住宅19戸が人々の目で次々と流失した。

空中写真によって、今回の洪水流が向った方向はかつて多摩川が大きく蛇行を行っていた方向と一致していることが、立川段丘Tが側侵食された形状や、沖積面上に認められる旧流路によって知ることができる。これは堰建設前に撮影された空中写真では、さらにはっきりと認めることができる。堰がないこの当時には、河道内の低水路も全く同じパターンを示して曲流している。Rの道路の形状は人工的なものとしては不自然である。1926年作成の2万

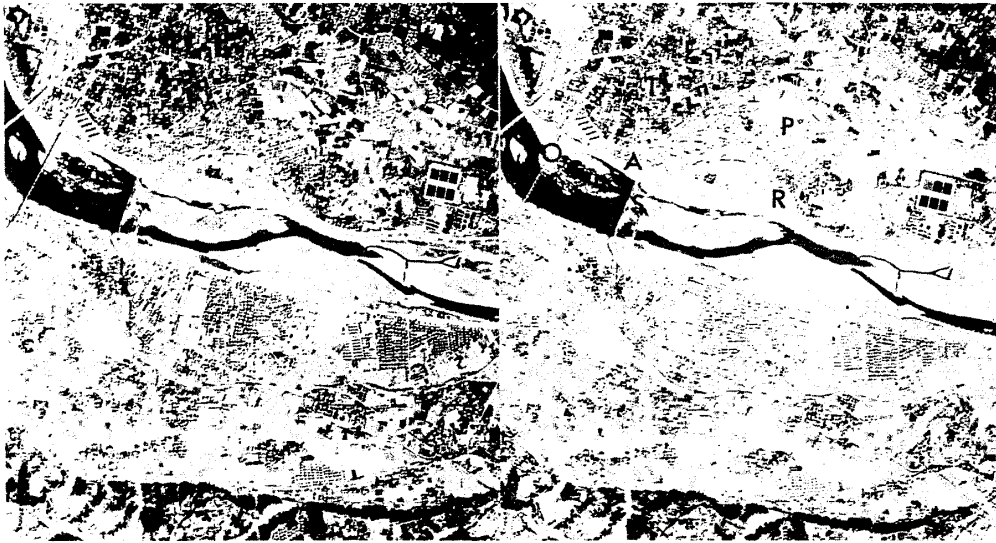


写真 14 多摩川宿河原堰付近 A: 決壊箇所 S: 宿河原堰 T: 立川段丘 O: 小田急線鉄橋

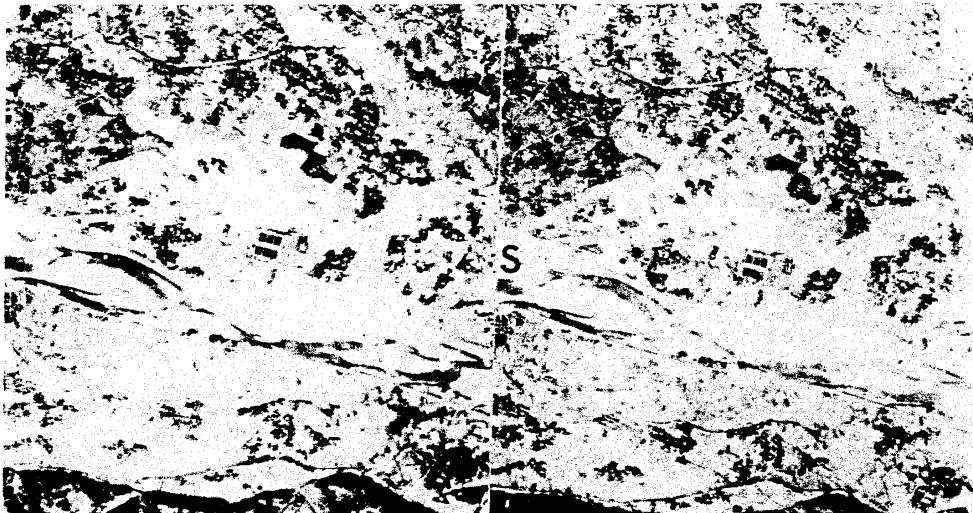


写真 15 宿河原堰建設前の空中写真 S: 宿河原堰の位置

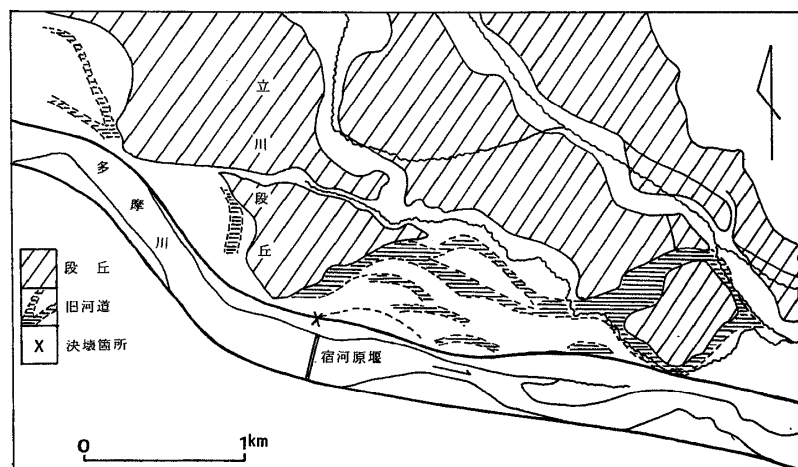


図 12 多摩川宿河原堰付近の地形

5千分の1地形図によると、その当時の多摩川の本堤は、ちょうどこの道路のところにあったことが示されている。すなわち、今回被害をうけた土地は、つい最近まで河川敷であったことを意味している。したがってRの部分の道路の弧状の形もまたつい最近における多摩川の曲流状態を反映したものと考えてよいが、これもまた旧流路などに並行する形状を示す。

多摩川は小田急線鉄橋の上流では、流路を北に向けてゆるやかな蛇行を行っている。大きくみた蛇行のパターンから、鉄橋付近を蛇行の凸部として、その下流ではこれらの曲流の跡にみられるように、北東方向に流路をふるのが自然である。その結果が、T部分では立川段丘が突き出し、P部分ではそれが侵食されて沖積低地が広く入り込んでいるというかたちになって残されているものであろう。今回の洪水流の蛇行は、直接には堰の存在が原因となったものであろうが、そのときとった流れの方向は偶然的なものではなく、その土地の場の性質に従ったものであることは、このように地表に残されている最近の曲流の痕跡から、十分に推測することができる。段丘面上は一般に浸水をこうむることがない安全な土地であるが、場合によっては側侵食をうける危険がある。

1964年6月の新潟地震による新潟市周辺の被害

—軟弱地盤上に立地する都市における地盤災害—

16日13時すぎに新潟市の北々東50kmの粟島南西沖において発生したマグニチュード7.7



写真16 新潟地震後の新潟市川岸町付近

A：傾斜した市営アパート S：信濃川 B：津波による浸水

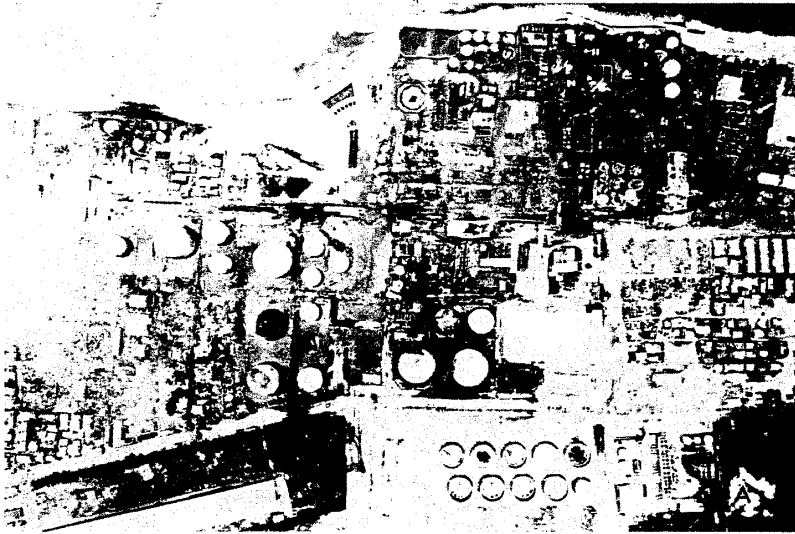


写真 17 新潟地震で
炎上した石油タンク

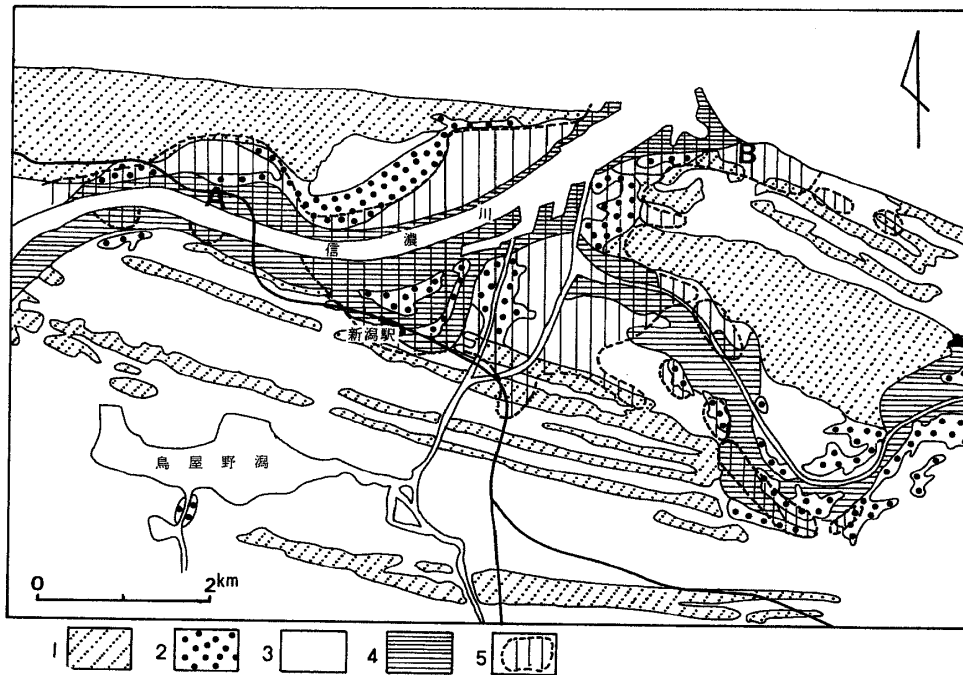


図 13 新潟市周辺の地形分類図 1.砂丘 2.砂州および自然堤防 3.三角州および後背低地 4.旧河川敷埋立地および旧河道 5.被害が著しかった地域 A：川岸町 B：炎上した石油タンク

の地震により、新潟市を中心にして地盤の性質に起因する大規模な被害が生じた。また、石油タンク火災という新しいタイプの災害が発生して注目をひいた。被害は、図13に示したように、信濃川、阿賀野川の旧河道、後背低地、三角州低地など、浅層地盤が軟弱でありかつ地下水位が高い土地に集中して発生した。地割れや噴砂などの現象もこの地域に集中的に発生した。信濃川と阿賀野川の分離および大正末期における信濃川放水路の完成によって、信濃川下流部では以前のような広い河道が不要になったため、河川敷が埋立てられて市街化されているが、この旧河川敷盛土地では被害が著しかった。固結度が低い砂層が地下水で飽和状態にあるところでは、それが震動によって液状化して、建物が破壊をうけないままで沈下

したり傾斜したりしたことが目をひいた。国鉄新潟駅は旧河道上に位置していて大きな被害を受けた。一方、海岸線に平行して発達する砂丘、砂堆上では、被害はほとんど発生していない。

写真16は、図13のA部分の災害後の空中写真である。この地域は旧河川敷盛土地および三角州低地からなる。写真のAは四階建市営アパートであるが、基礎が不完全であったため、5棟全部が損傷をうけないまま傾斜し、中央の棟はほとんど横倒しになっている。この地域はまた地震後に襲来した津波によって1～2mの深さに浸水した。運動場などの空地では水が流れた跡がよく認められ、Bの部分ではなお浸水している。写真17は震動により石油タンクが炎上した昭和石油の空中写真である。右下のAはなおも炎上中であり、それ以外のところではすでに鎮火して黒くつぶれたタンクなどが認められる。西側に隣接する一般住宅にも延焼して、346棟が焼失した。ここは津波による浸水もこうむっている。

1978年6月の宮城県沖地震による仙台市周辺の被害

—地盤条件が悪い新しい市域への被害の集中—

12日の夕刻仙台の東方約100kmの海底で発生したマグニチュード7.4の地震により、仙台市は震度Ⅴの強震にみまわれ、地盤条件を反映した分布を示す被害の発生をみた。また都市機能のまひによる社会生活の混乱が大きかった。

仙台市は広瀬川が堆積した砂礫層によって構成される地盤のよい洪積台地上に発展した都市である。近年南部および北部の丘陵地ならびに東部の沖積低地へと市域が拡大したが、被害は旧市街地をとり囲むようにしてこれら新興市街地に集中して発生した。南部および北部では、第三紀層および第四紀礫層からなる標高100～150mの丘陵がほぼ全面的に宅造地化されて住宅が密集している。地震によってこの宅造地内に局地的に地すべりが発生して多数の住宅が損壊し、またその後も地すべりが進行して、住宅の放棄および移転を余儀なくされている。現在は全く平坦化されていて以前の地形はわからないが、地すべりの発生箇所は、埋土された旧谷地形のところに当たっているようである。現在も丘陵の側面はかなり急勾配であり、旧谷地形の谷底はさらに急傾斜であったと推定され、そこに埋土された土層は震動によって、地下水の滞留面となる旧谷底面に沿って滑動して、地すべりを引き起こしたものと考えられる。

起伏のある土地を大規模に平坦地化する場合には、当然に地形の凹部に埋土が行われることになる。埋土があまり大規模でない場合には、谷地形は土地造成後の起伏に反映するのでその位置は明らかであり、また、まったく平坦地化された場合でも、下方に谷頭部が切断されたように見える不自然な谷が存在することによって、旧谷地形の存在を推定することができる場合がある。最も大きな被害が発生した緑が丘でも、砂防ダムが設けられているほどの谷が消失しているその延長上で大規模な地すべりが発生している。市の東部には、沼沢地もある低湿な沖積低地が広がっており、住宅や工業、商業団地が進出している。ここでは表層が泥炭やシルトから成る軟弱な地層の部分で被害が著しい。

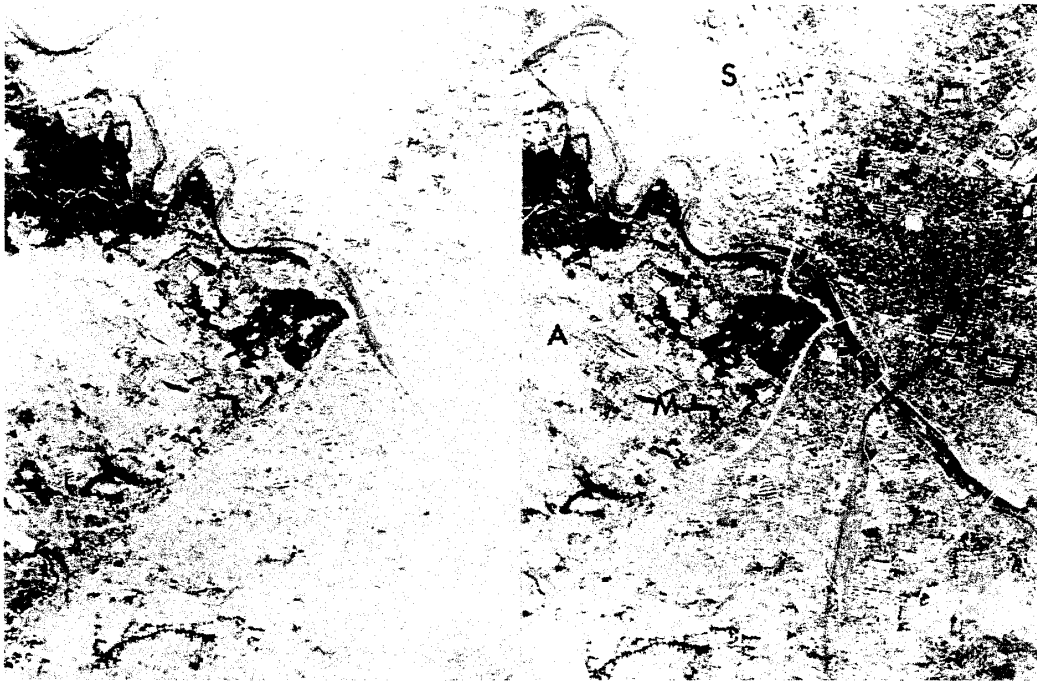


写真18 仙台市の空中写真

S：仙台市中心市街 M：緑ヶ丘 H：広瀬川 A：全面宅造化された丘陵

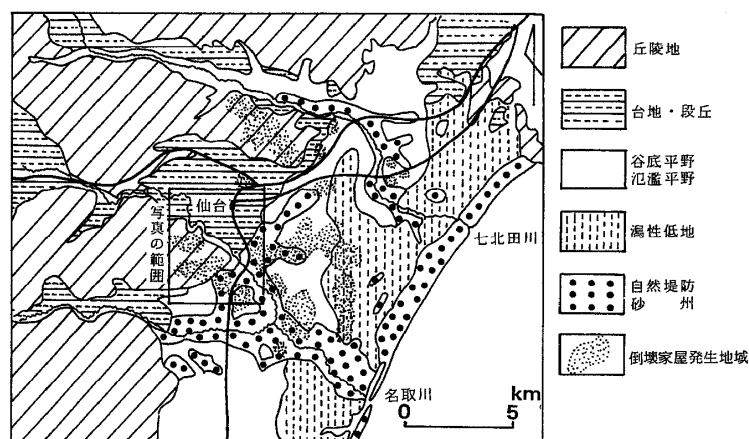


図14 仙台市周辺の地形分類図

1968年十勝沖地震，1974年伊豆半島沖地震および1978年伊豆大島近海の地震による山崩れ災害

—発生場所を限定し難い地震山崩れ—

これらの地震では多数の山崩れが発生し，それによって多くの死者がでた．とくに，変質，破碎をうけた伊豆半島の山地で発生した地震災害では，死者のすべてが山崩れによるものであった．豪雨による山崩れでは，それに備える時間的な余裕は存在しうるが，地震の場合にはまったく突発的であるので，それに備えるにはあらかじめ危険な場所を知っておくこと以外にない．しかし地震山崩れは，例えば斜面の傾斜にしても豪雨型山崩れは発生しそうなような緩傾斜部でも大規模な崩れが発生していて，危険箇所を限定することは困難である．

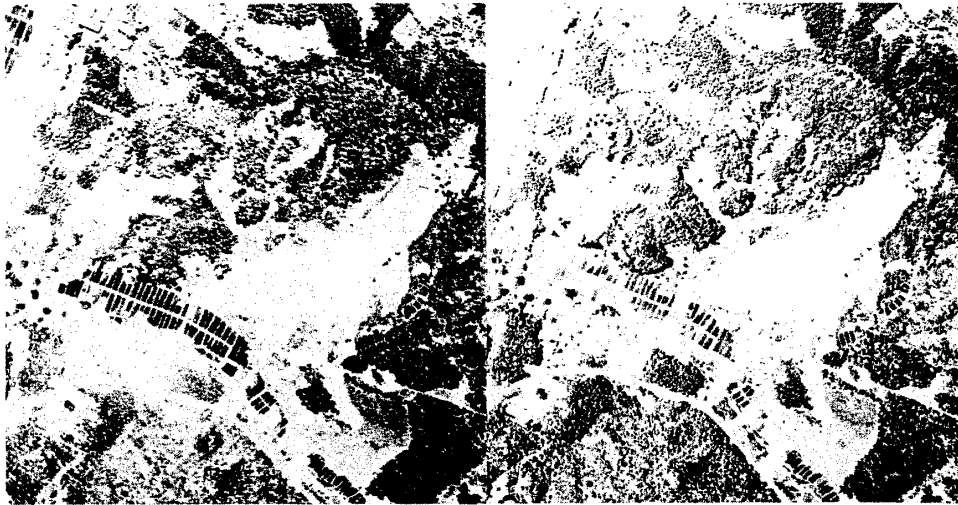


写真19 十勝沖地震による青森県五戸町における山崩れ

写真19は、1968年十勝沖地震による青森県五戸町の山崩れ多発地帯を示したものである。このときには3日前から前日までに5月の雨としては記録的な180ミリの雨が降っていて、表層が飽和に近い状態になっており、これが強震動をうけて滑落したもので、凹型斜面での崩れが多くて豪雨型山崩れに近い性格のものとなっている。この地域は隆起した海成段丘が開析されてできた丘陵からなり、それを十和田、八甲田火山群が噴出した3～4mの厚さの火山灰が覆っている。火山灰層の中には粘土化した軽石層がはさまれており、これを境にして表層が滑落した。崩土はかなり流動性が高い状態で流下して被害を与えた。伊豆大島近海の地震でも表層の火山灰層の崩落による被害が発生した。写真20に示した河津町見高入谷における大きな山崩れは、斜面勾配約20度の緩傾斜の斜面で発生して脚部から



写真20 伊豆大島近海地震による東伊豆町見高入谷における山崩れ
A：死者7名を出した山崩れ L：山崩れ



写真 21 伊豆半島沖地震による南伊豆町中木の山崩れ

200mも流下し、7名の死者を出した。伊豆半島沖地震では、南伊豆町の中木地区で大きな山崩れが発生し、27戸が埋没し27名の死者が出た。この場合には、斜面下部の切取りおよびそこにつくられていた岩室と崩壊との関係が指摘されている。崖の上や山腹道路の上方にある岩塊が地震動をうけて転落することは多いので注意を要する。関東大地震では、震源に近い丹沢山地が全山といってよいほど山崩れを起こし、それに起因する土砂流出の影響は長期間にわたった。

伊豆半島沖地震では、石廊崎付近で変位を生じた地震断層の存在が認められた。断層とは、地殻がある面を境にして相互に水平、斜めあるいは垂直方向にずれているものをいい、活断層とは最近の地質時代（第四紀またはその後期）に活動した断層で、今後も活動する可能性がある断層である。したがって活断層が近くにあるからといっても、それがすぐに危険に結びつくという性質のものではない。しかしダムなどの大きな構造物はそれを避けて築造すべきである。

1978年1月伊豆大島近海地震による鉾津堆積場の決壊

—地すべり地形の判定の必要性—

伊豆半島天城湯ヶ島西方の持越山ほうずき沢に築造されていた鉾津堆積場の土堰堤が、14日の伊豆大島近海地震によって決壊して、シアンを含んだ10万 m^3 の鉾津が流れ出して、狩野川は河口までシアンに汚染された。写真22はこの周辺の災害前の空中写真であり、Aが問題の鉾津堆積場である。山腹にこのような凹地があるのは不自然であるが、事実これは地すべりによってできたものであって、地すべりによる移動丘を三つの土堰堤でつないで堆積場がつくられている。

地すべりは山体の一部が徐々に山腹をすべり落ちる現象をいい、特徴ある地形をつくるのでよく識別できる。山体の一部がすべり出すと、その跡にはBのような一般に円弧状の急な

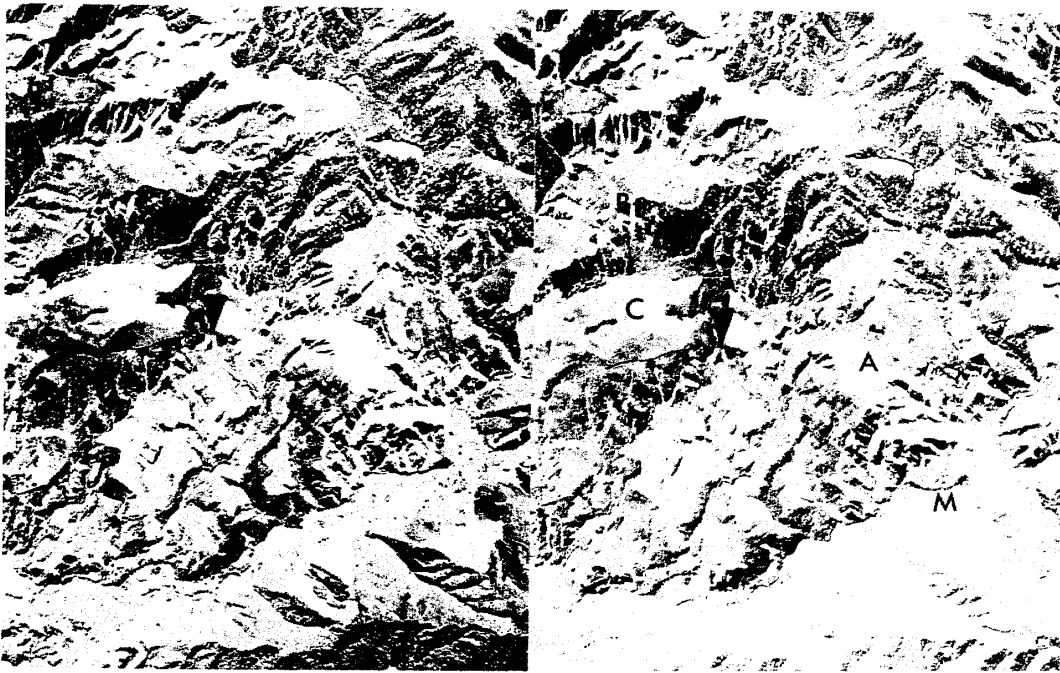


写真22 伊豆半島持越鉱山周辺の地すべり地形 A: 鉱滓堆積場 M: 持越鉱山

崖（滑落崖）がつくられる。すべり落ちた山体ブロックはCのように山腹に平坦面あるいは緩傾斜面をつくる。このような弧状の急崖とその下方の緩斜面の組合せを識別することによって、地すべり地形の大よその判定が可能である。地すべり地では水が得やすいので水田として利用されていることが多い。滑落崖を地中に延長した方向に円弧状の地すべり面があり、それを境にして上方の山体が滑動しやすい性質をもっているため、地すべり地周辺に構造物を設置する際には十分な配慮をしなければならない。道路の建設によって地すべりブロックの先端を切りとると支持力を失って再移動を始めるので注意を要する。

東伊豆町稲取の街は巨大地すべり地の先端に位置しているが、この地震によって地すべりブロックの移動が生じて、建物や地下埋設物に大きな被害が発生した。地すべり地内では周辺よりも震度が高くなる可能性がある。

1960年5月のチリ地震津波による三陸沿岸の災害

ー津波の危険が大きいリアス沈降海岸ー

22日15時40分チリ沖に発生したマグニチュード8.7の巨大地震によって発生した津波は、24日早朝日本の太平洋岸を襲い、死者139、全半壊流失家屋5013という大きな被害をもたらした。津波は太平洋岸の全域に襲ったが、波高が大きくなって被害が発生したのは、特有な海岸地形を示す限られた地域である。谷によって細かく刻まれている山地・丘陵が沈降して、海が谷に入江となって入りこんでつくられたいわゆるリアス海岸では、湾奥で波高が増幅されるので津波の危険が大きいことはよく知られている。三陸海岸の南部はこのような海岸地形を示すので、この地域だけで116名の死者を出した。津波の波高は



写真 23 チリ地震津波直後の志津川町
(国土地理院 1961 から複写)



写真 24 チリ地震津波直後の大船渡市
(国土地理院 1961 から複写)

宮古で 6 m に達した。

小河川が刻んだ谷に海が侵入すると、平面形が V 字状で海底の勾配が比較的大きい入江がつくられる。このような入江に津波が侵入すると、その波高と速度は増大して、入江の奥に位置する集落を襲って被害を与える。小河川の入江の海岸低地は狭いので、集落は海岸べりに密集して立地することが多くて、被害をさらに大きくする。写真 23 は V 字状の入江の奥に位置する宮城県志津川町の津波直後の写真である。ここでは 40 名の死者を出した。海面上には破壊された家屋の残片が漂っている。写真 24 は志津川に次いで死者の多かった大船渡市の津波直後の写真である。

三陸沿岸は度々津波に襲われている。とくに 1896 年の三陸沖津波（死者 21,953）と 1933 年の三陸沖津波（死者 2955）が大きかった。このため危険な場所にあった集落は高所へ移転を行って被害を防いでいる。リアス海岸は固結した堆積岩や火成岩から成り、かつ大河川の流入がなくて堆積作用が小さい沿岸部につくられる。三陸の他には、熊野灘、豊後水道、九州北西部、若狭湾などでみられる。

1967 年 7 月梅雨前線豪雨による神戸、呉の山崩れ、土石流災害

— 市街地が侵入した花崗岩山地における土砂災害 —

8 日から 9 日にかけて梅雨前線の活動が活発となり、西日本の各地では一日最大 200 ～

300ミリの雨が降った。風化花崗岩地内および山麓に市街地が展開している神戸市および呉市では、山崩れ、土石流により大きな被害をうけた。死者数は神戸92，呉88に達した。花崗岩はマグマが地下深部で固結してできた岩石で、ゆっくりと冷えたため大きく生長した結晶粒子が集って構成されている。これが地下水などの作用をうけると粒子間の結合がゆるんで非常にもろくなる。見かけは硬い岩のようにみえても、指先で容易にくずすことができるような状態に地表下深くまで風化、変質（マサ化）していることが多く豪雨によって崩れやすい。



写真 25 六甲山地内の市ヶ原における山崩れ
I：市ヶ原 L：被害をひき起こした山崩れ G：ゴルフ場

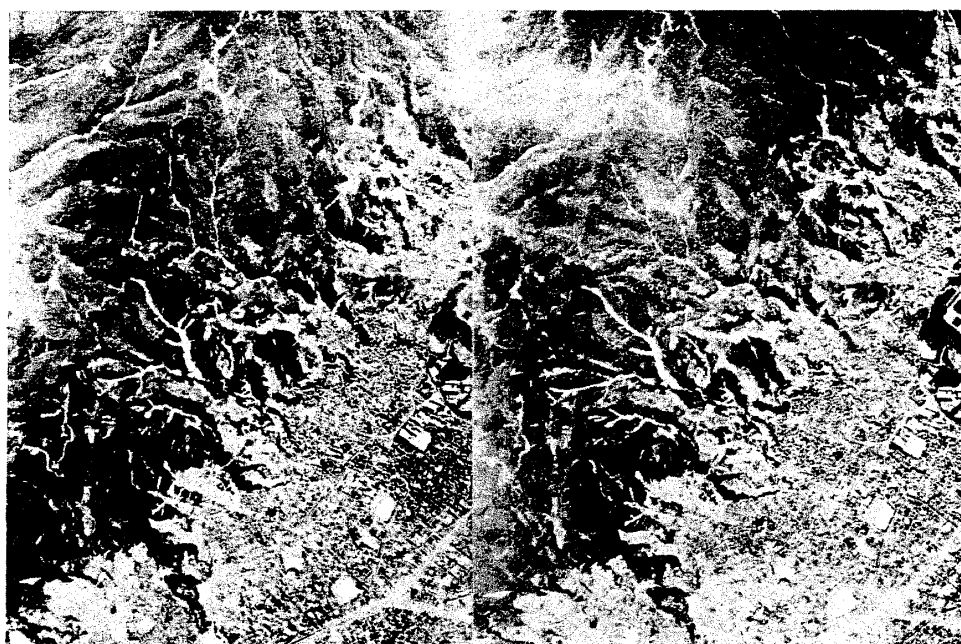


写真 26 呉市の休山山地北部における土石流

写真25は、神戸市の背後に連なる六甲山地内の世継山北斜面において発生した山崩れ災害を示す空中写真である。Iに市ヶ原の部落があり、Lの山崩れによって家屋18棟が倒壊し、21名が死亡した。山頂部にはゴルフ場がつくられており、この崩壊地の頭部では斜面の切取りと石積みが行われていた。土地の人工改変が行われているところでは、排水の条件などが変化して、災害をひき起こす危険が大きくなる。背後の谷からの水をうける人工盛土部は崩壊を起こしやすい。市ヶ原地区では1938年に大きな災害をうけたことが石碑に記されている。1961年には今回とほぼ同じところで山崩れが発生して1名が死亡している。このように花崗岩山地では頻繁に土砂災害が発生するので十分な注意を払わねばならない。

写真26は、呉市の南東部にある花崗岩から成る休山山地の西麓部の災害後の空中写真である。山地内の谷底が樹枝状に白く見える部分が土石流の跡で、これが山麓を埋めた市街地を襲って被害を与えた。花崗岩山地は山麓に緩傾斜面（ペディメント）や扇状地をつくることが多いので、住宅地化されやすい条件を備えている。呉市は1945年の枕崎台風によって死者1171という大きな土砂災害をうけている。

1976年9月の17号台風による兵庫県一宮町抜山の地すべり

—地名にも残されている災害の履歴—

17号台風は兵庫県下に総降雨量700ミリに及ぶ大雨をもたらした。雨がもっとも強かった



写真27 兵庫県一宮町抜山の地すべり

のは10日で日雨量が217ミリに達した。12日の降り終わりから12時間後の13日の午前10時、一宮町福地抜山地区背後の山が地すべりを開始し、約90万 m^3 の土砂を押し出し、住家46棟、公共建物約17棟を破壊した。揖保川は一時せきとめられて上流の家屋が浸水した。しかし住民約200名は、地すべりの兆候を察知し直前に避難を行って助かった。これ以前の7時ごろA地点で小崩壊が発生して一戸が埋没し、生埋めになった3名を救出中にこの大地すべりが発生した。

抜山地区では江戸時代に地すべりが発生したという言い伝えがある。災害前の空中写真をみると、今回の地すべりは浅い凹地内で発生しており、斜面内には古い地すべりの土塊が残留しているような形状が認められる。また山麓には押し出し土砂の堆積がみられる。今回の地すべりは過去にすこし移動して停止していた部分が、豪雨の影響によって大きく滑動を行ったものであろう。この斜面には以前から亀裂が生じていたと言われている。今回の地すべりの後でも上方や側方に亀裂が生じており、不安定な土砂がなお残存している。

ここで過去に地すべりがあったということは、抜山という地名からも推測できる。地方によっては、山崩れ、地すべりのような現象を山が抜けるとよんでいる。西日本では山が崩れる状態を示す言葉として、クエ、ツエが使われている。山崩れの地形を示す言葉としては、ヌキ、クラ、カケ、ナギ、サコ、ザレ、ガラ、ゴロなどがあり、山国にはこれらを含む地名は多い。

1966年6月の4号台風による横浜市内の崖崩れ

—ローム台地とその谷底低地に展開する都市の災害—

4号台風がもたらした大雨は横浜市内で300ミリを越え、市内で発生した崖崩れは540箇所、死者は26名に及んだ。横浜市では、1958年9月の狩野川台風および61年6月の梅雨前線豪雨によっても多くの崖崩れが発生し多数の死者を出している。

横浜は標高50~80mの台地とそれを刻む谷の谷壁斜面および谷底低地に市街地が展開している。台地は不透水性の第三紀泥岩とその上にのる未固結の砂礫層およびこれらを覆う関東ローム層から成っている。このように透水性の異なるいくつかの地層が重なっている崖は崩壊を起こしやすい。市内の崖は、非常に急傾斜な海食崖、すこし緩やかな谷壁斜面および宅造や道路の建設などによる人工の崖からなる。崖の比高は一般に20~50mと大きくて、わずかな量の崩落土砂でも大きな破壊力をもつ。1966年の崖崩れでは、風化層もしくは泥岩の上にのる未固結の砂礫層の深さ20~30cm程度の表層が滑落している。不透水性の泥岩の表面がくぼんでいる部分では、浸透水が集まりやすいので崩壊が多く発生している。

写真28は横浜の中心市街地がある大岡川の谷底低地およびそれを取り囲む台地を示したものである。1966年の災害ではこの地域で崖崩れがもっとも多かった。Cは海食崖で、比高が大きくかつ、切り立っている。このような急崖以外の斜面はほとんど住宅で埋められてい



写真 28 横浜市大岡川低地周辺の空中写真 O：大岡川 S：横浜砂堆 Y：横浜港

て、災害ポテンシャルが大きいことを示している。Sには標高3～4mの横浜砂堆があり、横浜港に面した古い街並をのせている。その背後のU字状の水路で囲まれた部分は、近世における新田開発によって干拓され、その後1m程度の盛土が行われている地盤の悪い低地で、厚さ30～50mの沖積層がある。関東大地震のときの横浜市の被害（死者26,623、全壊、焼失70,596）の大部分がこの低地内で発生している。

南九州のシラス地帯における崖崩れ災害

— 水を多量に含むと崩れやすい軽石流堆積層 —

鹿児島県および宮崎県南部には、シラスとよばれるほとんど溶結していない軽石流堆積物が広く分布して台地状の地形をつくっている。シラスは現在は鹿児島湾となっている始良カルデラから放出された熱雲堆積物で、火山灰砂の中に軽石片を多量に混ぜたような見かけを呈する。シラスは孔隙が多く吸水によって物性が大きく変化し、ある程度以上の水を含むと非常に弱くなって崩れやすくなる。このため台風あるいは梅雨前線による豪雨のたびに崖崩れ災害が発生している。最近の大きな災害は、1969年6月（鹿児島県の死者52）、71年8月（同47）、76年6月（同32）に発生している。76年には鹿児島市内の宅造地のシラスが崩れて多数の死者を出した。

写真29に示したのは、シラス台地面がもっともよく発達している大隅半島中央部の笠野原である。非常に平坦な台地面と、それを鋭く刻む谷が特徴的である。含水比がある程度高く

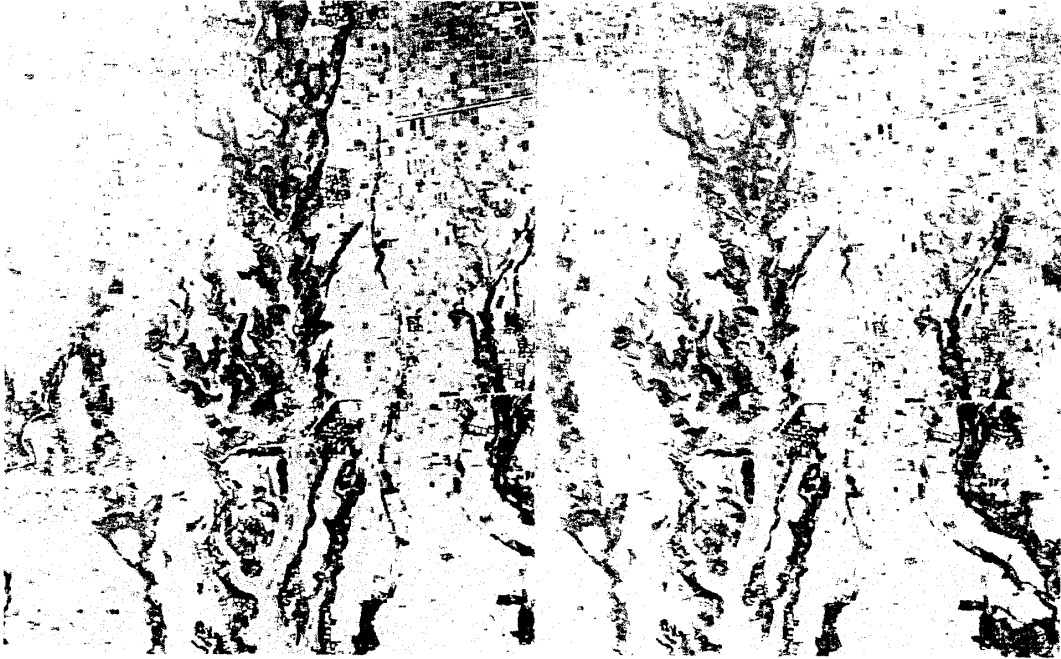


写真 29 大隅半島中部の笠野原シラス台地

なると、シラスは流水による線状侵食に対しての抵抗性が低下し、裂けるようなかたちで鋭く谷が刻まれ、谷頭がとがった樹枝状の谷が台地面を開析していく。谷壁は切り立っておりそれとは対照的に谷底は非常に平坦な、いわゆる箱型の谷形を示す。台風による強風を避け、また水を得るために谷底に位置する集落は多いが、ここは浸水および崖崩れによる被害を受けやすい。集落の多くは崩落土砂の堆積によってつくられた崖錐上に立地している。谷壁には樹木が生育しているが、これはシラスを流水による侵食から保護する働きをしている。シラスを切って道路がつくられているところでは、法面の保護を十分に行わないと崩壊を起こす危険がある。

溶結していない軽石流堆積物は、南九州以外には、十和田および支笏のカルデラ周辺に分布しているが、その分布範囲は狭い（図18参照）。

1972年7月の梅雨前線豪雨による高知県土佐山田町繁藤の山崩れ二次災害

一大崩壊の前兆となった小崩壊の繰返し

7月上旬四国中部は梅雨前線の活動により日雨量700ミリを越える豪雨にみまわれた。5日10時55分、土佐山田町にある国鉄繁藤駅の裏山が土量10万 m^3 という大きな山崩れを起こし、救助作業中の消防団員らを多数生埋めにし、60名の死者を出すという大規模な二次災害が発生した。このときの雨は記録的なものであったにもかかわらず、この周辺では山崩れはここ1箇所だけであった。しかも山崩れが比較的起こりにくい古生層の尾根部にあたっている。崩壊前にはこの斜面を斜めに横切る小道があり、雨のときにはそこで湧水があったこと、駅

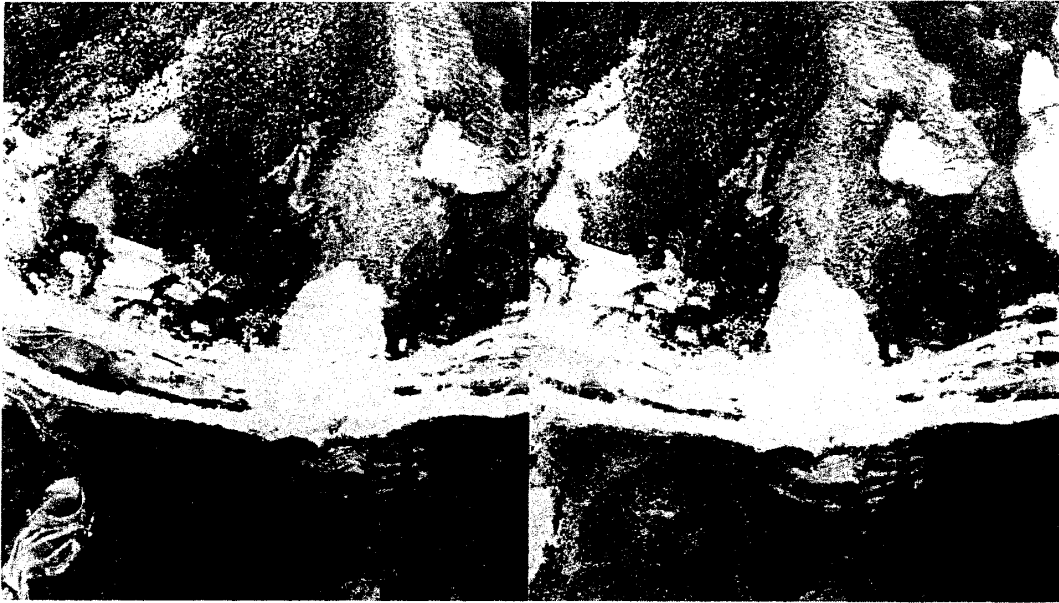


写真 30 高知県繁藤における山崩れ

の建設の際に斜面下部が切取られていること、などの特徴があるがこれだけではここをとくに危険であるとすることはできない。しかし斜面内部が特殊な状態にあったことは確かであるから、その異常を外から察知する手がかりを得る必要がある。

この大崩壊に先立って、この斜面内で数回の小崩壊が発生していた。2回目の小崩壊によって作業中の消防団員1名が生埋めになり、その救助活動が行われていたが、その間にも小崩壊が続いて作業が時々中断されていた。山崩れが同じ場所で続くときには、さらに大きな山崩れが発生する危険があるものとして注意しなければならない。山崩れの前兆としては、斜面から水が吹き出す、湧水が急に増えるあるいはとまる、山腹に地割れが生ずる、木が倒れる、落石や小さな崩壊が続く、などがあげられる。この大崩壊の直前にも大量の水が吹き出している。

一般に山崩れの崩落土砂の横への広がりはいささか小さい。したがって土砂にまき込まれないためには横へ逃げるのがよいが、しかし崩壊がどこまで拡大するかを予想できないという難しさがある。崩落土砂の到達距離は崖の高さと同じ程度であるから、崖下から少しでも遠く離れるのがよい。しかし繁藤の場合のように、山地内では縦方向へ逃げる余地がないことが多い。

1966年9月の26号台風による山梨県足和田村の土石流災害

―土砂災害の危険が大きい小扇状地上の集落―

25日の午前1時30分ごろ、足和田村の西湖、根場両部落が26号台風の豪雨によって引き起こされた土石流に襲われ、西湖31名、根場62名の死者を出した。ここは北に急な御坂山地を背負い南は西湖に面する谷の出口の小扇状地上に立地する集落で、地形的には土砂氾濫の危

険がもっとも大きい場所に位置している。しかし災害をうけた経験がないということもあって、住民の避難対応はなくて多くの人命被害を出した。根場部落は中央の谷の出口にある小扇状地を埋めるようにして位置しているため、土石流の直撃をうけて側面にある数戸を除いてすべて破壊された。西湖の部落でも谷の出口の直下流の部分の家が被害をうけている。

扇状地は土砂の流出、堆積の繰返しによって形成された地形であって、これからも土砂の氾濫をうける場所である。平坦地が少ない山地内では、小扇状地（沖積錐）のような堆積面に住まざるを得ないことが多いが、そのような場合でも、流出土砂の直撃を受けやすい扇頂部や谷の直下流を避け、また扇面の微起伏をみて現河床からの比高が大きいより高位の地形面を住居地として選定する必要がある。根場部落は災害後Pの地点に移転を行っている。扇面の勾配や微地形の影響をうけるので一概にはいえないが、一般に扇面への一回ごとの土砂の広がり範囲はかなり限定される。通常の土石流は地表の勾配が5～10度のところで停止する。この停止域に近いところでは、樹林帯が土石流の拡散、流下を阻止することがある。

背後の山地では新しい山崩れはほとんど発生していない。したがって、山麓に流出した土砂は谷床堆積物に由来するものである。地質は断裂系の多い火山岩で礫を生産しやすく、生産された土砂は平均勾配 $\frac{1}{2}$ という急勾配の谷床に長年月かかって厚く堆積していた。急勾

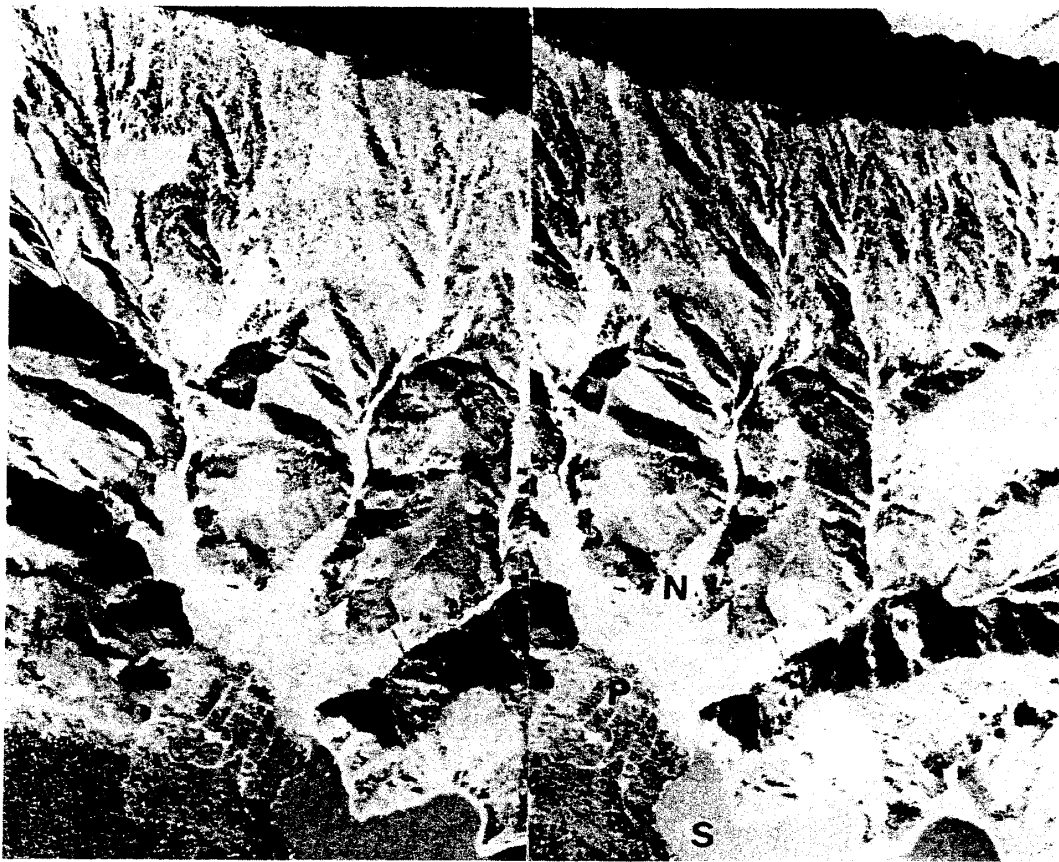


写真 31 山梨県足和田村根場における土石流
N：根場部落 S：西湖

配で堆積土砂が多い谷は、土石流発生の危険が大きいので注意しなければならない。このような谷には土砂の流出を制御するための砂防堰堤が設けられることが多く、西湖、根場の谷でも設置されていた。しかしこのような構造物が、土石流のような侵食、運搬現象を長期間にわたって制御して下流に被害を与えないような機能をもっていると考えるのは危険である。また、山地の侵食は地史的な時間オーダーで進行する現象であるから、最近災害をうけたことがないというような短時間の経験は安全の保証にはなり得ない。一般に本家あるいは旧家は長年の経験に基づいて住居地を定めているので被害を受ける率は小さいといわれているが、土砂災害についてみると浸水災害とは異なりかならずしも低くはなく、かえって分家よりも被害率が高いという災害事例もある。水田面積をできるだけ広くとる、浸水をうけやすい低地を避ける、強風を避ける、水が得やすい等の理由で、山際に住むという慣習があった。先祖伝来の土地に住んでいるということは、これからも安全であるという保証にはならない。家を改築する場合には、少しでも安全な場所を選び、災害に強い備えをしておくことが望ましい。

1972年7月梅雨前線豪雨による宮崎県えびの市真幸の土石流災害

― 残留土塊がある大規模崩壊地の危険 ―

熊本県の天草上島で大きな土石流災害が発生したのと同じころの6日14時、えびの市真幸西内堅地区を流れる白川の上流域で大規模な地すべり性崩壊が発生し、30万 m^3 の崩土が土石流となって西内堅を襲い、住宅23戸を破壊し4名の死者を出した。他の68人の地区住民は直前に避難していて難をまぬがれた。谷の上流部には円弧状の急崖Cに囲まれた大きな凹地Hがあるが、これは典型的な地すべり跡地形である。災害前の空中写真をみると、凹地の中央には先端がもり上った平坦面が認められるが、これは以前に少し移動して停止している地すべり土塊である。今回の崩壊は凹地の東半部で発生し、なお残留しているブロックがある。この残土は15万 m^3 と見積られている。1965年7月にはこの凹地の西端部で崩壊が発生したため、この谷に6基の砂防堰堤が設置されていた。

流下土砂は国鉄線路を200mにわたって押流し、Nの低地に拡散、堆積し、一部はさらに流下した。これによって12haの土地が最高10mの厚さに埋積された。なおも多量の残土があるので、西内堅地区は全戸移転した。谷頭の崩壊跡地形から判断して、Nの低地は幾度も土砂の埋積を受けたものと思われる。このため長年林地となっていたのが、最近になって住宅が建てられた。Tは土石流堆積面が段丘化したものである。この付近の地質は第三紀の火砕岩類からなり、粘土化が進んでいてもろい。ここはまた多数の山崩れをひき起こした1968年2月のえびの地震の震源から10Kmしか離れていないところでもある。

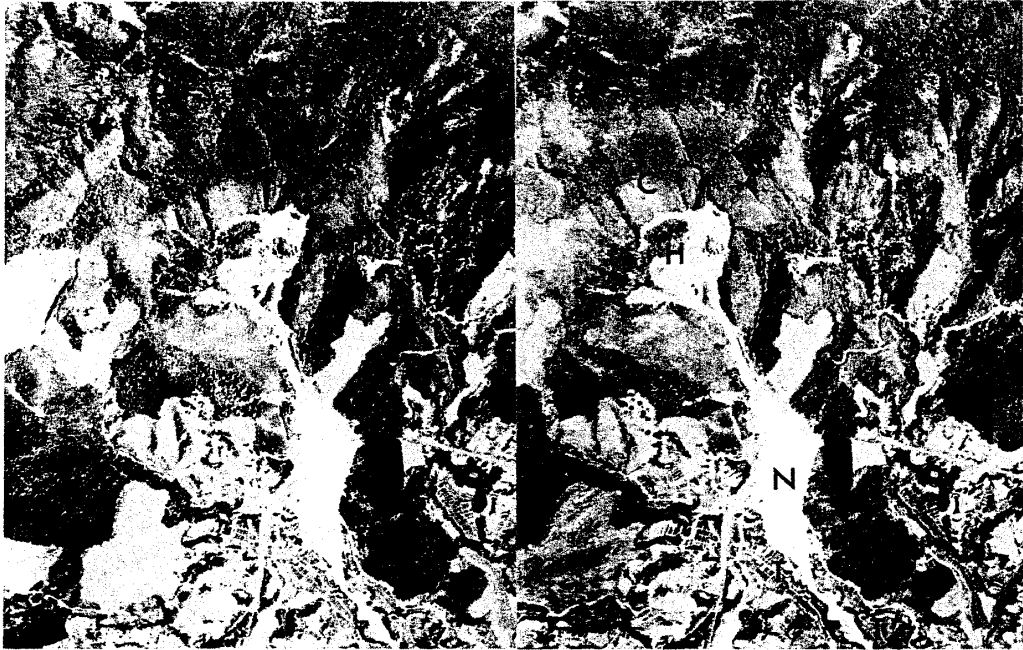


写真 32 えびの市真幸における土石流 C：滑落崖 H：残留土塊 T：土石流段丘

1975年8月の局地豪雨による岩木山東南麓百沢における土石流災害

—侵食が激しい火山山麓における集落の立地—

6日午前3時ごろ、岩木火山麓の青森県岩木町百沢部落が、強い雷雨によって発生した土石流に襲われ、死者22名、住家全半壊26戸の被害を受けた。山頂近くで発生した山崩れの土砂が、ガリー状の急な谷を流下していく間に溪床堆積土砂をまき込んでしだいに増大し、途中にあるスキー場でその半分近くが拡散、堆積したが、なおも多量の土砂が流下を続け、山麓の谷の出口に位置していた家並を襲った。百沢は、岩木山神社があって、古くからの門前町であった。最近ではスキー場がつくられ、また温泉が湧出したりして、観光地的な性格をもつようになっていた。弘前市街から神社に通ずる道路は、この付近では山麓をとりまくようにして走っているので、道路に沿って並ぶ門前町的な家並が必然的に谷をふさぐかたちになる。直進する性質をもつ土石流は、谷の直下にある家押し流した。東（右）に続く道路に沿った土地は同じような低さにあるが、側面にあたるので浸水をこうむっただけであった。

岩木山は新しい火山で、南面は多数の深いガリー状の谷によって刻まれており、侵食の激しさを示している。しかし全壊した17戸の居住開始年代は、明治初期以前3、明治時代10、昭和時代4であって、かなりの長期間災害をこうむっていないと推定できることから、侵食が激しい若い火山でも、一つの谷をとってみれば、大規模な土砂流出の時間間隔がかなり長いときもあるということがわかる。土砂や水は地表の起伏や地盤の高さを反映したしかたで流下、氾濫するものであるから、谷すじからすこしでも離れ、わずかでも高いところを選んで住んでおれば、災害をうける度合がひじょうに小さくなる。谷の右岸には比高数mの段丘

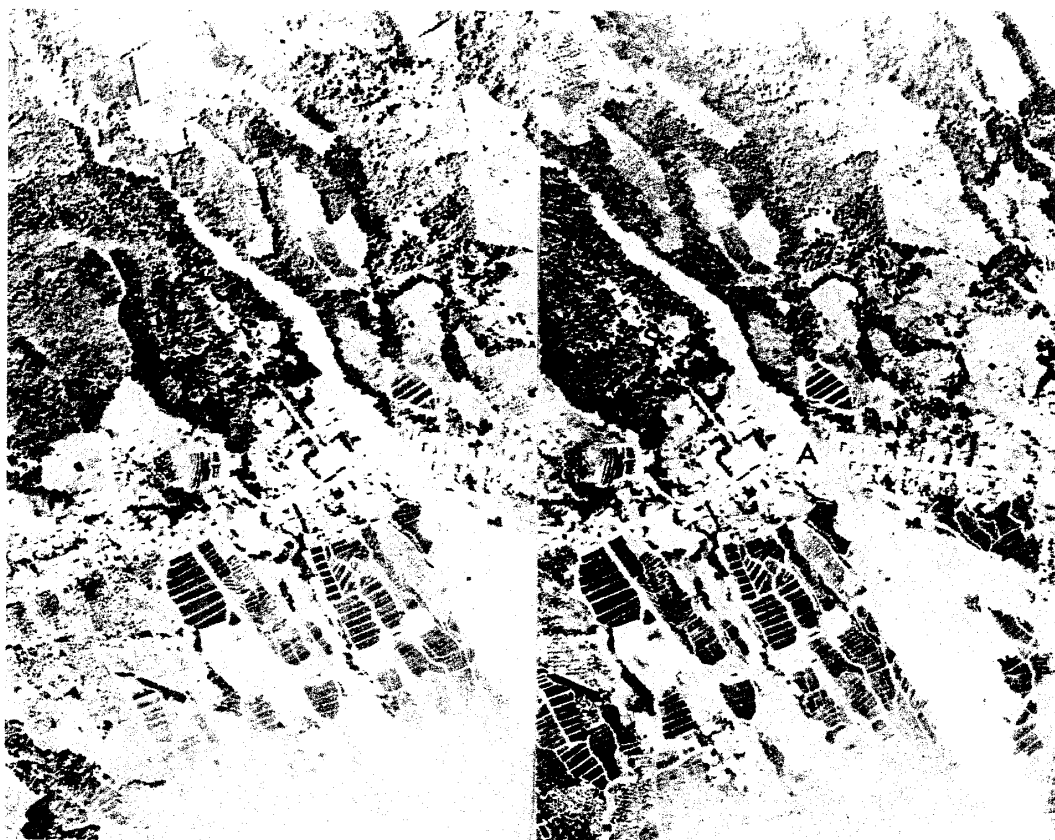


写真 33 岩木山東南麓百沢における土石流
A：被災箇所 S：岩木山神山

状の面があり、古くからある岩木山神社はこの面上に位置している。火山山麓は、火山性の泥流や2次的な土石流の堆積による多数の地形面の集合によって形づくられている。集落は山をとり巻くかたちではなく、高い地形面上を等高線に直交するように展開する方が、谷と交差することがなくて土砂災害をうける危険が小さくなる。

土石流が発生した蔵助沢には、3基の堰堤および床固がつくられていた。最後の床固を通過した土砂量は1.4万 m^3 であったが、その下流の溪床からさらに2万 m^3 の土砂をとり込み、部落の直上流で土石流主部は停止したものの、なお2万 m^3 の土砂が県道を通過した。急勾配溪流部における砂防ダムの土石流制御機能には大きな限界があるという前提で住民は対応しなければならない。

1974年7月梅雨前線豪雨による小豆島東岸における土石流災害

—安全な場所を見出し難い海岸ペリの小谷底—

6日夕刻から夜にかけて瀬戸内海の小豆島は梅雨前線の活動による豪雨にみまわれ、島の東部では最大日雨量が365ミリに達した。島の東部は山が海岸線にせまり急斜面をなしている。集落は海岸沿いの狭い低地や小谷底に山を背にしてかたまっているの、山崩れや土石

流に襲われて死者29名を出した。写真34は被害がもっとも大きかった橘地区の空中写真である。中央を流れる橘川はA級の土石流危険溪流にランクされていたが、直上流にある砂防ダムの効果もあって、流出土砂は部落まで到達しなかった。しかし中央の川に気をとられているすきに、側面の山ひだともいえるような小溪流から土砂が押し出してきて大きな被害を与えた。Aは流域面積わずか3 ha の小溪流であるが、ここで発生した土石流によって11名の死者が出た。またBの谷の土石流では6名の死者を出した。

写真からよくわかるように、ここは海に面したすりばち状の小谷底で、安全な場所は得られない。しいて選ぶとすれば海岸沿いの低地で、ここに浸水被害を避けることができるような構造の住居や避難所をつくること以外にない。このような土地条件のところでは住民が常に危険意識をもち、異常事態に敏感に反応することが必要である。2年後にも小豆島はこれを上回る豪雨にみまわれ隣接の池田町を中心に39名の死者を出す大きな災害が発生した。しかし橘地区ではすばやい避難が行われ、橘川は氾濫し28戸が全半壊したが人命被害はなかった。海岸線を縫うようにして県道が一本走っているだけというような山間の小部落では、緊急異常時に情報や救援が外部から与えられるという前提をもたずに、自らが自らを守るという気概をもつことが必要である。山地内では足元の川も背後の斜面もといったように、多方面の現象に注意を向けねばならない。

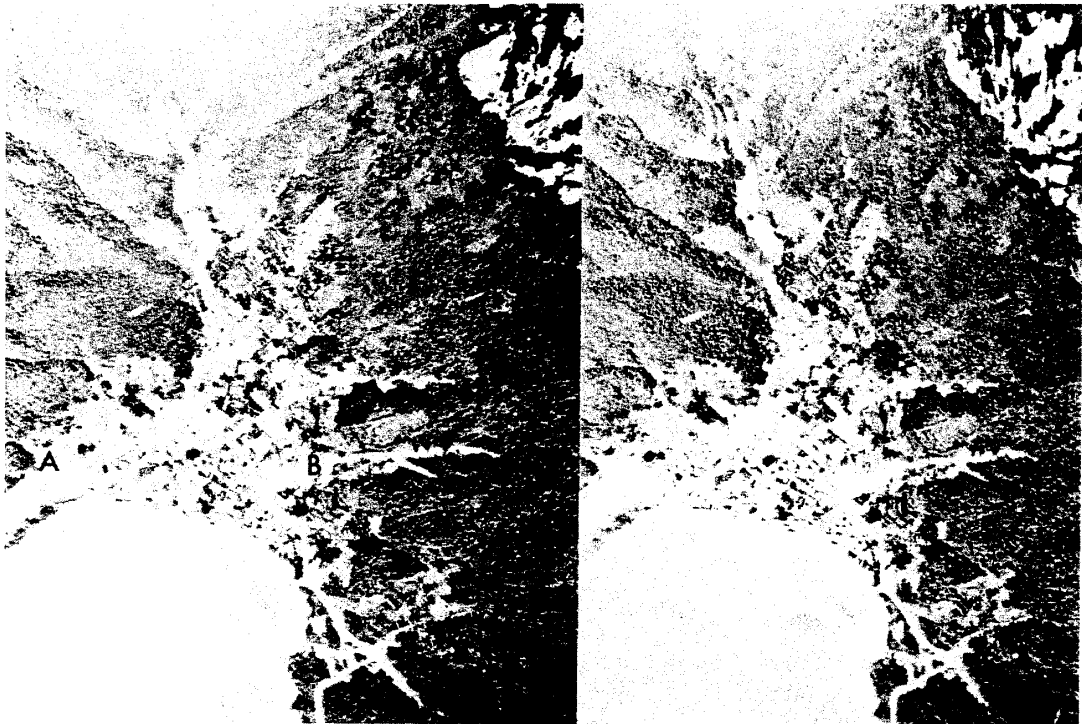


写真 34 小豆島東岸橘地区における土石流
B, C: 死者を出した土石流

1978年5月の妙高山東麓白田切川における土石流

—河道およびその周辺の地形に従った土砂氾濫域—

18日朝6時すぎ、赤倉山の標高1550m付近の山腹で、土量約15万 m^3 の大きな山崩れが発生した。崩壊土砂は白田切川を流下する途中で溪床堆積物を取り込んで大土石流に発達し、山麓にある新赤倉温泉の旅館および別荘17戸を破壊した。死者はその後の二次災害も含め13名に達した。前日の気温が異常に高かったことから、融雪によって誘発された山崩れであるとされているが、この特定の場所だけ崩れたということから、ここの40度の急斜面を切ってつくられていた林道およびそれに沿って敷設されていた温泉パイプとの因果関係も考えられる。

流下土砂はまず溪床と山麓面との比高が急に小さくなるA地点で兩岸に氾濫し、左岸にある別荘とスキー場の施設を破壊した。ついでBの河道屈曲部で直進してCにあった11戸の別荘、保養所を破壊した。しかし河道内に収まりきれなかった部分の土砂が溢れた程度で、氾濫した土砂はすぐに停止している。D地点において白田切川の河道は隣の深沢川Eに付替えられている。しかし土石流はこれを無視し旧流路に従って流下して信越本線の道床を洗い流し、長期間の不通を余儀なくさせた。河道の付替えは谷が広く深い白田切川への橋梁建設を節約するために1888年に行われた。これに関連してD地点の下流に堰堤が設けられたため白田切川の河床は上昇し、その影響はB地点にまで及んでいた。隣接する谷はいずれも山麓面を深く下刻しているが、白田切川だけはこのような人為的影響もあって河床は高く、土砂氾濫が生じやすい条件を備えていた。被害があった地域は以前は草地であったが、1960年頃から急速に別荘地として開発された。赤倉はまた古くからある有名なスキー場である。このような観光、保養地では、危険な場所の利用が危険意識がないままに行われやすいので、気をつけねばならない。

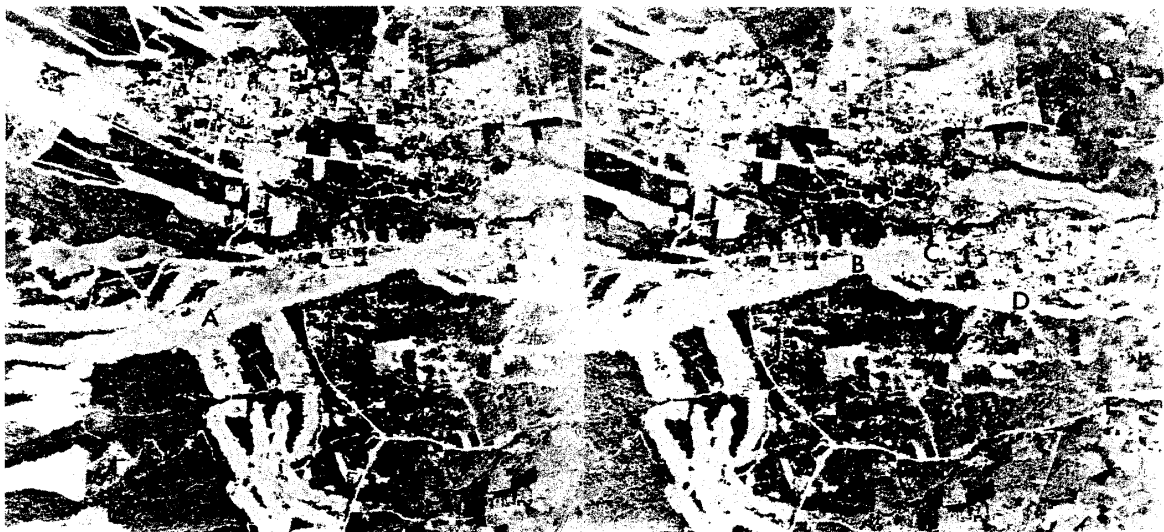


写真 35 妙高山東面白田切川における土石流

1968年8月の集中豪雨時の土石流による飛騨川へのバス転落

—いたるところに存在する道路上での土砂災害の危険—

台風7号に伴う前線の活動により、岐阜県中部は1時間最大111ミリという豪雨にみまわれた。この大雨によって引き起こされた山崩れによって行く手をはばまれて、加茂郡白川町の国道41号線上で停車していた観光バス15台中の2台が、Aの谷に発生した土石流に押流されて飛騨川に転落し、104名が死亡した。この周辺の山地は標高500m～700mに小起伏面をもつ美濃高原で、飛騨川はこれを深く下刻して写真にみられるように急な谷壁をもち河床が狭い幼年谷状の河谷地形をつくり出している。道路や鉄道はこの谷壁の下部を削って通じている。したがってAのような小さな谷とは無数といってよいほど交差し、その流路をまったく埋めていることも多い。A周辺の小さな谷や山ひだのほとんどで土石流や山崩れが発生しており、この2台のバスがこの谷の土石流に遭遇したということは全く偶然的なことであって、Aの谷がとくに危険であったというわけではない。

用地取得の困難を避けることもあって、道路は山麓部や山地・丘陵内に入り込み、斜面をカットし、沢を埋め、谷と交差することが多くなっている。また、巨額の資金が毎年道路建設に投ぜられている結果として、山奥の道路でも立派に舗装されていて豪雨時でも通行しやすくなっている。このため通行中の自動車が土砂災害にあう例が多くなっている。山地内の道路で大雨にあった場合、山崩れ、土石流の可能性のある沢や谷型斜面の下を避け、やむを得ない場合には張り出した尾根の部分に停車するのがよいであろう。

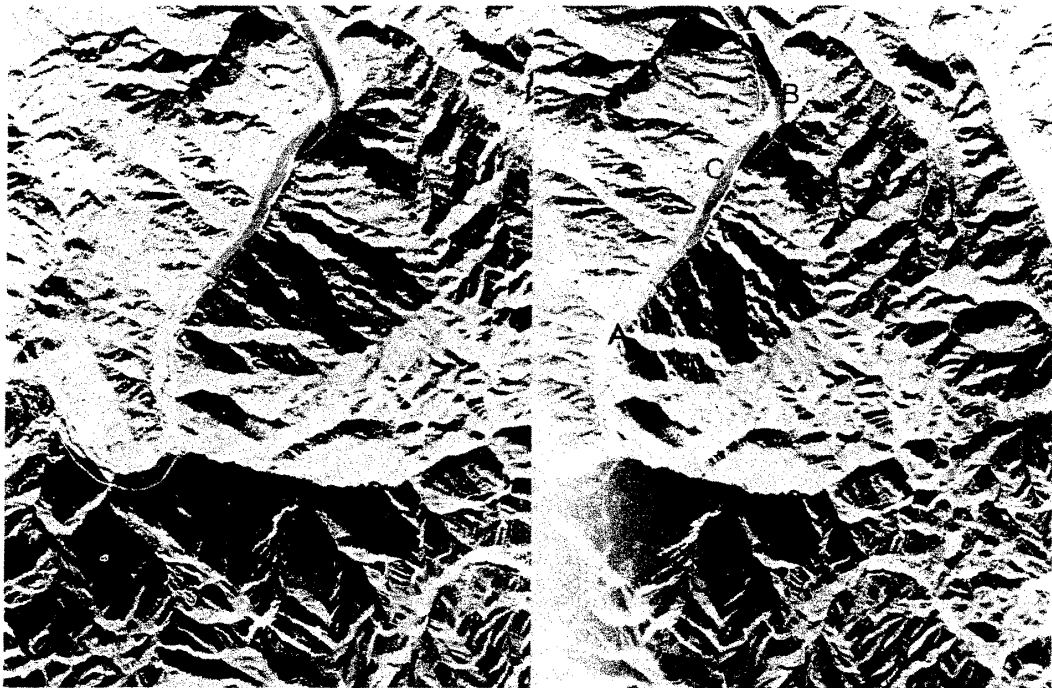


写真36 土石流による飛騨川へのバス転落 A：バス転落箇所 B：国道41号線 C：高山本線

Ⅳ 災害を起こしやすい土地の条件

大雨や地震動などの自然の外力は、地表に作用してある地変（例えば山崩れ、土石流）を起こしたり、あるいは土地の性質によって変形（例えば震動の増幅）をうけたりして、その力のある特定の性質をもつ土地に集中して加えて災害をひき起こす。このような災害をもたらす現象が発生しやすい場所および加害力が増幅されやすい場所の地形、地盤条件を、主要な災害現象について示す。

河川の氾濫（外水氾濫）

河道内から外（堤内地）へ洪水が氾濫するのは、水位が堤防高よりも高くなって溢れ出る（越流）場合と、堤防が破壊されて（破堤）その決壊口から流れ出る場合とがある。洪水の規模は破堤氾濫の場合の方が大きくなる。破堤の原因では、局所的な流量集中による越流と洪水流による洗掘とが大部分を占める。破堤あるいは越流が生じやすい地形条件には次のものがあげられる。

1) 河道勾配の遷緩部 河道の縦断勾配が急に減少するところでは、洪水流下能力の急減による水位の上昇、および土砂流送能力低下による河床の堆積が生ずるので氾濫が起こりやすい。人為的な河道の付替部では安定した河道の縦断形状がつくられていないことが多い。

2) 河道の曲流箇所 屈曲する河道の凹部（水衝部）では、洪水流による洗掘および流量集中による水位上昇が生ずるので破堤の危険が大きい。水流は本来蛇行する性質をもっているが、その流れの蛇行と河道の蛇行の位相が一致した場合には、氾濫の可能性が高くなる。

3) 河道の合流箇所 合流点では流量が急増すること（とくに本支川の洪水のピークが一致した場合）、および河岸への流量集中が生ずることのために氾濫の危険が大きい。分流箇所では河積の増大により河床堆積が生じやすい。

4) 河道幅の急変部 河道幅の縮少部（狭さく部）では水位がせき上げられて、上流側での氾濫がひき起こされる。これは盆地や谷底低地で多い。拡大部では土砂の堆積による河床の上昇が生ずる。

5) 河道を横断する工作物の上流部 橋脚は橋の上流側の水位を高める。流木がひっかかるとせき上げの効果は大きい。堰は洪水流の流向を変えて側岸の侵食を強めることがある。このように河道を横断して設けられていて洪水流の疎通を阻害する工作物の直上流では氾濫の危険が大きい。

扇状地では天井川に移行する地点で扇面への氾濫が生じやすい。また、堤防に接して池があるところ、旧河道との接合部、後背低地中のとくに低い箇所に直接堤防が接するところなどは注意を要する場所である。

内水氾濫

内水氾濫は、低地部への雨水流入量が排水量を上回る場合に生ずる。内水は外水（本川）

に対する相対的な概念で、実際には小支川の氾濫というかたちをとる部分が多い。流入量と排水量の不均衡が生じやすい土地の条件としては次のものがある。

1) 大河川中下流部の低湿地(旧河道, 後背低地, 三角州, 干拓地など)。洪水時に外水位が高くなると, 地区からの自然排水が不可能となって湛水が生ずる。外水の逆流を防ぐためには排水樋門が閉鎖されるが, 本川の高水位が長時間続くと, 内水氾濫の規模が大きくなる。河川事業が進展すると内水氾濫が増大するという矛盾が生ずる。

2) 砂堆などによって閉そくされている海岸低地および谷底低地。沿岸部や谷の出口が砂州や砂丘などによって閉そくされている海岸低地, 堤間低地, 小谷底などでは, 河道内での洪水疎通障害および氾濫水の排水障害によって, 内水の氾濫が生じやすい。潟湖, 沼沢地起源の低湿地は内水氾濫の常襲地となる。低地内における盛土や鉄道, 道路の築堤部は, 内水の湛水を助長する。

3) 開発が進んでいる丘陵, 台地内の谷底低地。市街地化が行われると雨水の流出速度が増大するので, その流出水が集中する谷底低地では流入量が排水量を上回って内水氾濫が生ずる。環境変化が速い都市域では排水施設がその変化に追従できなくて, 流入量と排水量の不均衡が生じやすい。

4) 地盤沈下域, 0メートル地帯。地盤沈下地域では低湿地がさらに低位化する上に従来の排水施設の能力も低下するので, 内水氾濫が生じやすい。0メートル地帯では外水位が常に高く機械排水に頼らざるを得ないので常時浸水の危険がある。

地盤沈下は, 地下水の大量汲上げによる軟弱層の圧密収縮が主原因である。したがって, 軟弱な沖積層が厚い都市域の平野で地盤沈下が激しい。浅海底に粘土やシルトなどの微細な粒子がルーズな状態で堆積して形成された生成時代が新しいデルタ性平野や, 基盤の沈降量が多い海岸低地で軟弱な沖積層が厚い。

高潮

台風中心の低い気圧による海面の吸い上げ(気圧の効果)と強風による海水の吹き寄せ(風の効果)が高潮の成因となり, これに天文潮位と波浪が加わる。風の効果には, 湾の平面形状と水深分布および台風のコースが関係する。南あるいは西に開いた湾を進路の右側

(危険半円)として, 湾の主方向に平行に急速度で進行する中心気圧が低い台風は, その湾奥で大きな高潮を発生させる。したがって高潮の危険が大きいところとして, 東京湾, 相模湾, 駿河湾, 三河湾, 伊勢湾, 大阪湾, 土佐湾, 志布志湾, 鹿児島湾, 八代湾があげられる。

地震動災害

地震によって発生して地盤中を伝播していく地震動は, 地盤の種類によってその性質が様々な変形をうけて, その地盤上の構造物に対する破壊力となる。したがって地震被害と地盤条件とは密接な関連がある。沖積層が厚いところでは木造家屋倒壊率が高いことが昔から知られている。沖積層の中でも泥炭などの有機質土や粘土, シルトなど未固結の細粒物質から

なる地域、いわゆる軟弱地盤地域でとくに被害が大きい。軟弱層では地表の振動が大きな増幅をうける。また軟弱層が厚いほど地盤振動の卓越周期が長くなり木造家屋の固有振動周期に近くなって共振しやすくなる。泥炭地盤での地震動のエネルギーは砂地盤でのその4.5倍になると計算されている。

軟弱地盤が分布する地域は、①河成低地中の後背湿地、②臨界砂州の後背地および砂州間の凹地、③湖沼および潟の跡（潟性低地）、④未固結の細粒岩からなる台地、丘陵地内の小開析谷底、⑤谷の出口を砂堆などで閉そくされた谷底、⑥旧河道、⑦搬出物質が少ない河川の下流域（内湾奥の三角州域）、である。沖積世初期の海面上昇期に溺れ谷となった臨海部の④、⑤には、厚い泥炭層が分布していることが多い。軟弱地盤がとくに厚いのは③、⑤、⑦である。

砂質土の場合でも、それが地下水で飽和されゆるく締った状態で表層に存在すると、地震の振動をうけた場合、間げき水圧が高まり砂粒子間のかみ合いの構造が破壊されて液状化して、重量構造物の支持力が著しく低下する。ただし表層に砂質でない盛土が3 m程度あれば、その下に上の条件をみたす砂層が存在しても、液状化の被害は発生しない。

山崩れ

豪雨による山崩れの発生に関係する基本的な要因としては、斜面の傾斜、地下水および地表水の集水性、土層の性質とその構造、があげられる。傾斜が急で水を集めやすい谷型の斜面内に厚い表土層がありその下層が不透水性の基岩からなるところでは、表層の崩壊の危険が大きい。斜面勾配が30度以上になると崩壊が多く発生するようになる。斜面の途中に傾斜が急になるところ（遷急線）があると、それを境にして下方が崩れる場合が多い。斜面上方に平坦面があると集水域が大きくなる。斜面内に道路がつくられているところや、上部が人為的に利用されていてその排水が集められているところは注意を要する。土の強度および透水性が異なる地層が重なっている場合には、その境界面から崩壊が発生しやすい。人工の盛土斜面は土層内の水抜きが悪いと崩れやすい。針面を切土した場合には、その上方が支えを失って不安定な状態となる。地質的にルーズな状態になりやすいところとしては、花崗岩地域、非溶結火砕流地帯、破碎、変質地帯などがあげられる。

山崩れが発生したところには植生や樹林を欠いた凹地から成る崩壊跡地がつくられ、その下方には崩土の堆積（崖錐）が生ずる。崖錐が大きくなると再び崩れやすくなる。崩壊地内に落下せずに不安定な状態のまま残留している土塊があると再崩壊の危険が大きい。また周辺に地割れが生じている場合には注意を要する。植生を欠いた裸地斜面は表流水によるガリ侵食を受けやすく、崩壊が起こらない場合でも多量の土砂が流出する危険がある。地中での地下水の集中の程度を外から知る一つの手がかりとして湧水がある。斜面内や崖下からふだん水がしみ出しているところ、雨のときに水がわき出すところは注意を要する。

通常の崖崩れでは、崩落土砂の到達距離は崖の高さの1倍以内、せいぜい2倍までであり、

横への広がりはいささい。地震による山崩れは、豪雨型山崩れが起こりにくい尾根や30度以下の緩斜面でも発生する。斜面上部にある不安定な状態の岩塊は、地震動によって落下する危険が大きい。また、切り立った岩壁は節理面などの割れ目からはがれて崩落する危険がある。

土石流

土砂や礫が水と一体になって谷を押し出してくるものを土石流という。土石の粒径や含水量の違いによって、その性質は様々である。山津波や鉄砲水と一般によばれている現象には、広い意味での土石流に含められるものが多い。土石流の発生の機構としては、山崩れの土砂が多量の水分を含んで流動状態となって谷を流下するもの、山腹から崩落して急勾配の溪床に堆積していた砂礫が谷を流れる多量の流水の作用によって再び動き出して土石流となるもの、山崩れによって谷がせき止められて生じた天然のダムが決壊して多量の水が押し出して溪床砂礫をまきこんで土石流状態となるものがある。したがって、土石流が発生しやすい条件を備えた谷は、山崩れを起こしやすい山地内にあり、溪床勾配が急（20度以上）で、溪床堆積土砂が多量かつ不均一に存在する谷である。谷の一時的なせき止めを行うことが多く、またそれが土石流の勢力を増すので、狭さく部がある谷は危険である。土石流は勾配が5～10度のところへ来ると停止する。また、谷幅が急に広がるところで停止しやすい。山麓の谷の出口にある沖積錐（小扇状地）は、土石流の繰り返しによって形成されたものである。過去の土石流は、溪床の側面に土石流段丘として残されていることが多い。一般に土石流は直進する性質があって、山麓においても横への広がりはいささい。本来の意味の土石流は発生しなくても、勾配が大きい谷を多量の水が流れればかなりの量の砂礫を運搬するので、それによる破壊力は土石流と同じように大きい。

V 主な災害素因および危険地の分布

日本における主な災害素因および危険地の分布を参考までに示す。ただし、土地条件の判定は大縮尺で場所的にキメ細かく行わねばならない。

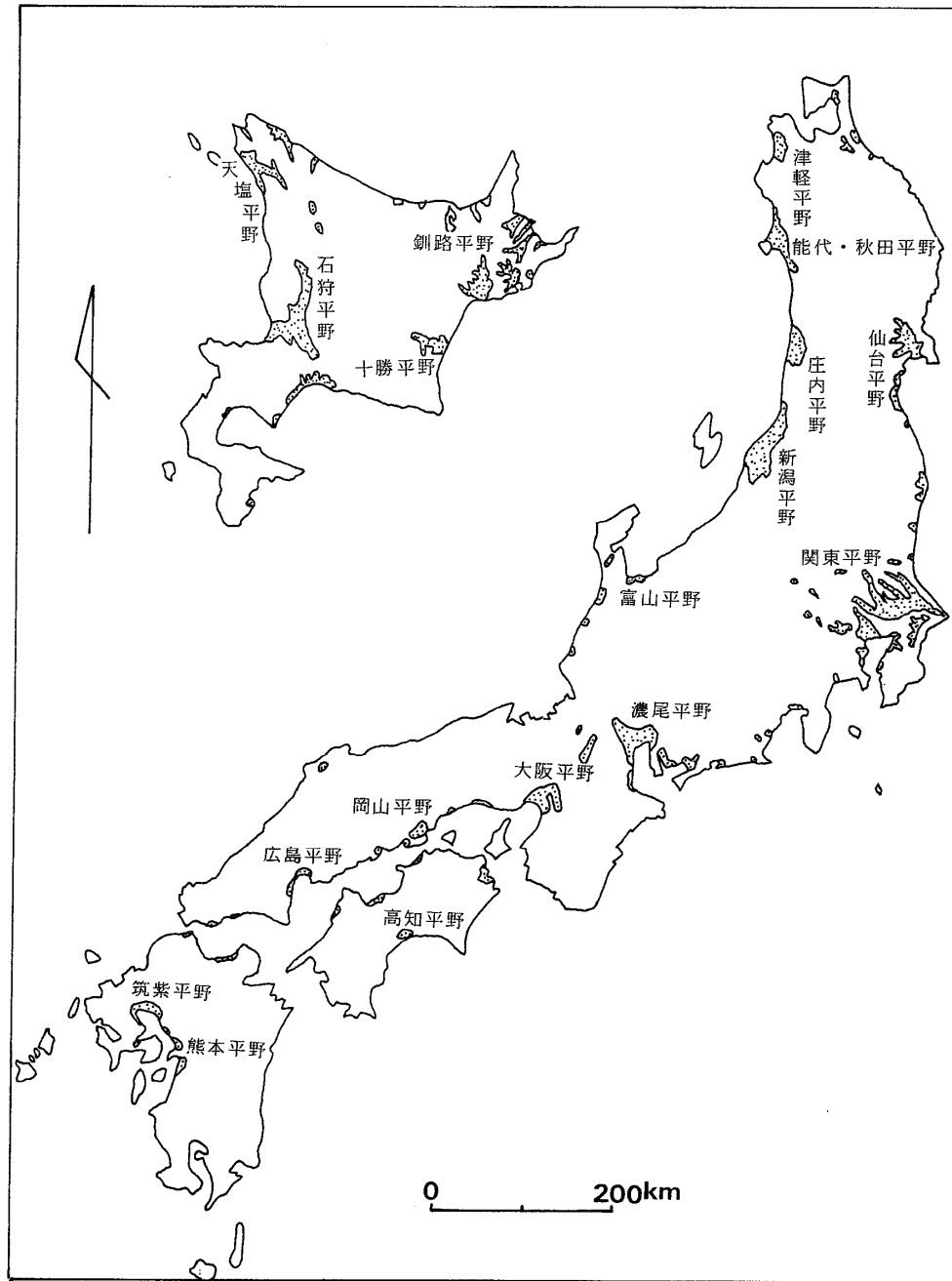


図15 三角州および後背低地（軟弱地盤）の分布（日本国勢地図帳による）

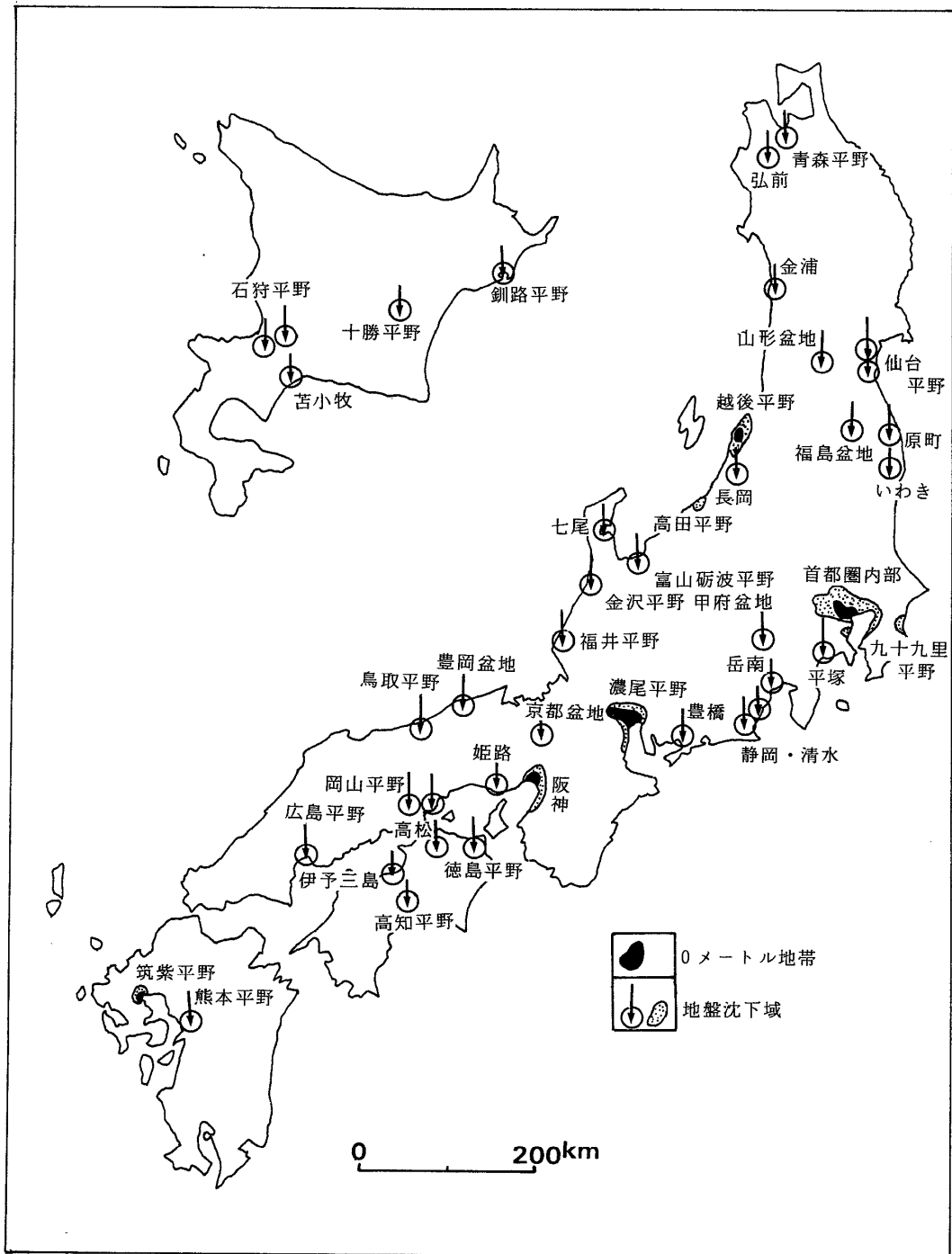


図16 地盤沈下地域および0メートル地帯（1975年現在）（日本国勢地図帳による）

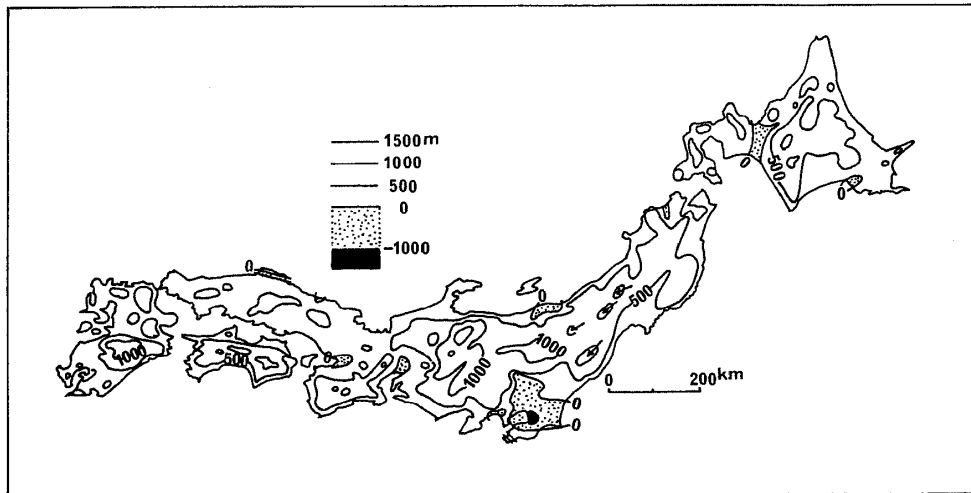


図17 第四紀隆起沈降量図（第四紀地殻変動研究グループ1968による）沈降量が大きい平野では沖積層が厚い

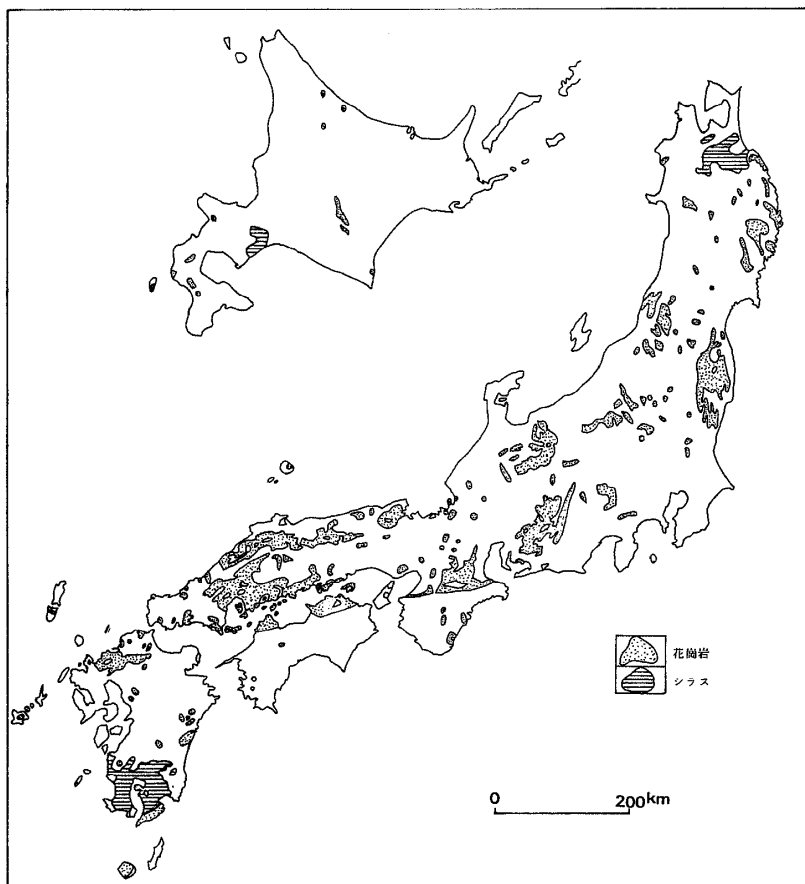


図18 花崗岩およびシラス（非溶結火砕流堆積物）の分布

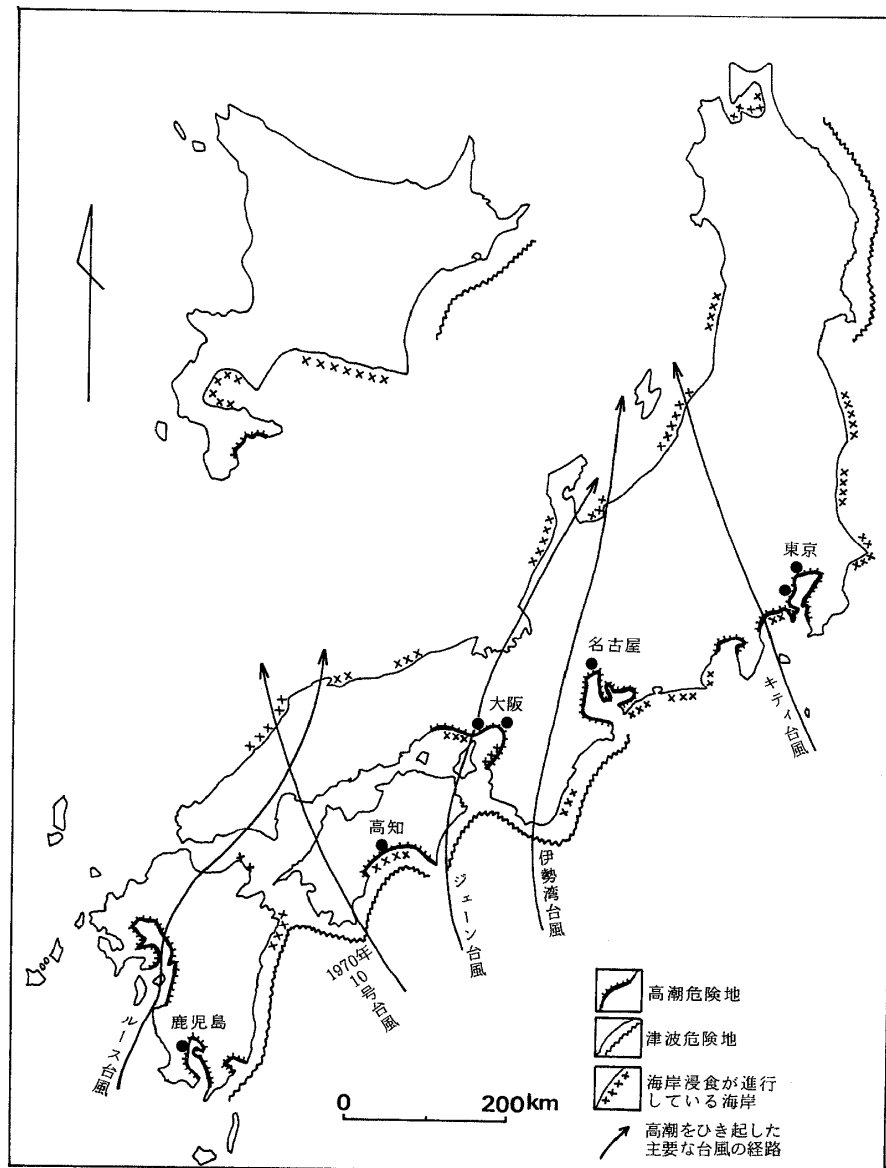


図 19 海岸災害危険地

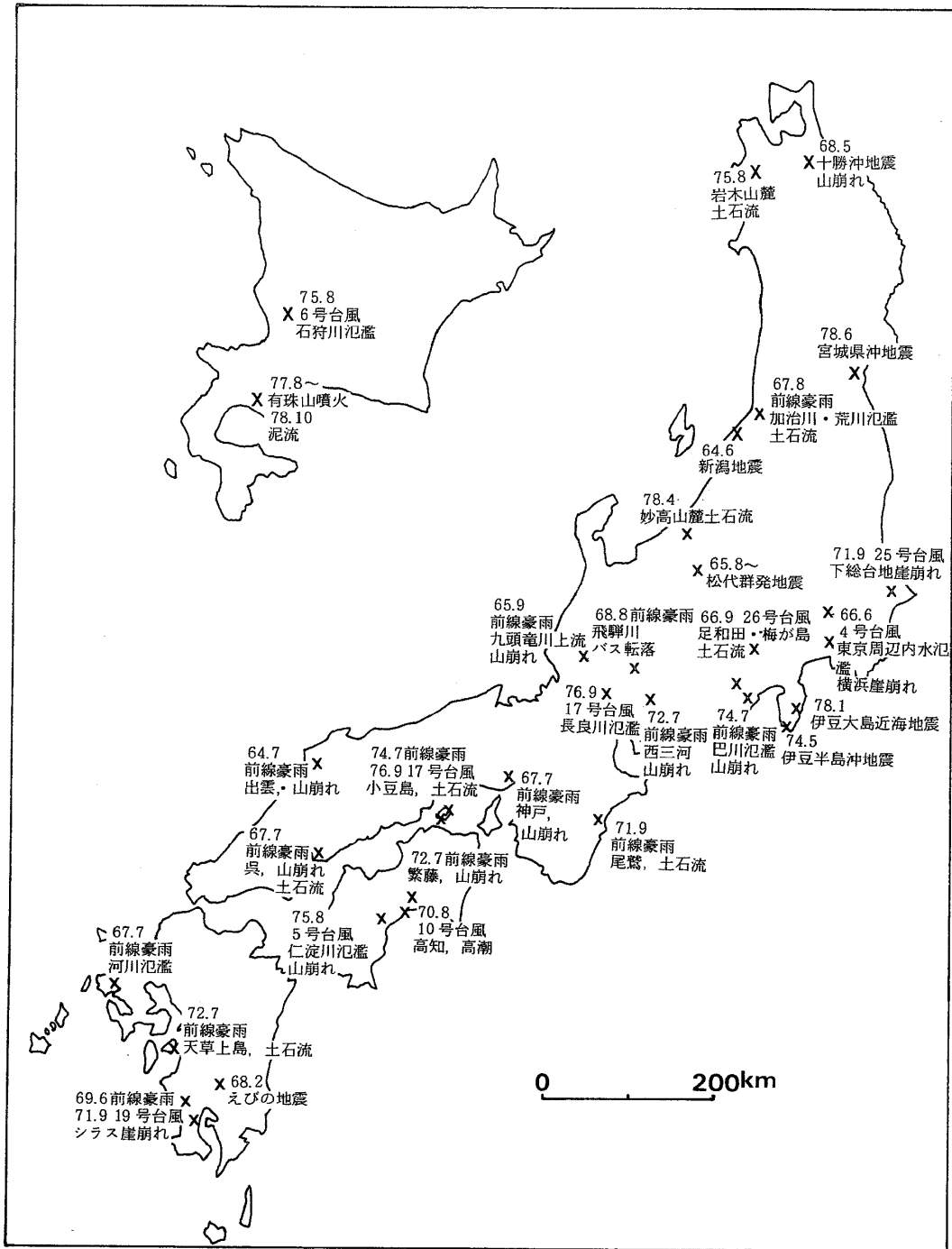


図20 1964～78の主要災害地

文献

- 1) 有賀世治, 水谷武司, 大八木規夫 (1967): 昭和41年の台風災害の概要. 防災科学技術No 4, 10-20.
- 2) 羽田野誠一, 大八木規夫 (1977): 地くずれと危険斜面の調べ方, 地理第22巻, 第5号, 56-71.
- 3) 稲葉誠一, 福岡輝旗 (1976): 昭和50年8月台風6号による石狩川洪水災害および渡島支庁国道5号線斜面崩壊災害調査報告, 国立防災科学技術センター主要災害調査第10号, 40p.
- 4) 岩木山百沢土石流災害調査委員会 (1976): 昭和50年8月5日～8月7日集中豪雨岩木山百沢土石流災害調査報告書. 75p.
- 5) 岩崎敏夫 (1968): 昭和42年8月羽越水害の総合的研究 (昭和42年度文部省科学研究費特定研究) 265p.
- 6) 門村 浩 (1965): 航空写真による軟弱地盤の判読 (第1報). 写真測量 Vol. 4, No 4, 24-33.
- 7) 門村 浩 (1966): 静岡地域地盤と防災上の問題点. 1965年度静岡県防災地学調査報告書, 7-30.
- 8) 科学技術庁資源局 (1961): 中川流域低湿地の地形分類と土地利用, 資源局資料第40号, 149p.
- 9) 科学技術庁資源調査会 (1970): 水害の地域性に関する調査報告, 資源調査会報告第57号, 210p.
- 10) 貝塚爽平 (1977): 日本の地形-特質と由来-. 岩波新書996, 岩波書店, 234p.
- 11) 経済企画庁 (1972): 土地分類図 (宮城県).
- 12) " (1973): " (埼玉県).
- 13) " (1973): " (新潟県).
- 14) 建設省土木研究所 (1973): 土石流に関する研究. 土木研究所資料845号, 98p.
- 15) 建設省国土地理院 (1961): チリ地震津波調査報告書-海岸地形とチリ地震津波-. 100p.
- 16) " (1965): 地漏地震-被災状況と土地条件- (2図集).
- 17) " (1971): 土地条件調査報告書 (東京および東京周辺地域). 80p.
- 18) " (1972): " (東京周辺地域). 86p.
- 19) " (1974): " (仙台および仙台北部地区). 80p.
- 20) " (1975): " (濃尾地域). 88p.
- 21) " (1976): " (鹿児島地区). 47p.
- 22) " (1978): " (富津, 横須賀地区). 63p.
- 23) " (1978): 1978年伊豆大島近海地震災害状況・土地条件図.
- 24) " (1977): 日本国勢地図帳, 日本地図センター, 366p.
- 25) 国土庁 (1975): 土地分類図 (北海道Ⅰ).
- 26) " (1977): " (北海道Ⅲ).
- 27) 国立防災科学技術センター (1970): 日本主要自然災害被害統計 (昭和20年-42年). 防災科学技術研究資料第9号, 168p.
- 28) " (1978): 災害写真年表. 創立15周年記念誌Ⅲ 1-Ⅲ62.
- 29) 高速道路調査会 (1978): 道路建設における土石流対策に関する研究報告書. 370p.
- 30) 黒田和男他 (1968): 1968年十勝沖地震. 地質ニュース168, 1-29.
- 31) 松田時彦他 (1977): 空中写真による活断層の認定と実例. 地震研究所彙報 Vol. 52, 461-496.
- 32) 水谷武司 (1976): 長良川水害地の土地条件と水害対策のあり方. 森林航測113, 18-21.
- 33) 水谷武司 (1978): 最近の災害事例にみられる避難の阻害および助長要因. 防災科学技術研究資料第29号, 26p.
- 34) 水谷武司 (1979): 自然災害と対応, 新砂防Vol. 31, No 4, 41-46.

- 35) 水谷武司(1979):土地条件に基づく災害危険度の評価. 昭和52. 53年度文部省科学研究費(自然災害特別研究)報告, 高橋裕編, 43-53.
- 36) 中野尊正(1963):日本の0メートル地帯. 東京大学出版会, 224p.
- 37) 中野尊正他(1970):都市化にともなう自然環境の変化(1)-鶴見川流域の例-. 都市研究調査報告2, 45p.
- 38) 西村嘉助編(1969):応用地形学. 大明堂, 212p.
- 39) 西村嘉助編(1969):自然地理学Ⅱ. 朝倉地理学講座5, 朝倉書店, 287p.
- 40) 大石道夫(1977):崩壊地形. 建設大学校砂防技術研修テキスト, 87p.
- 41) 大田原幸亘(1974):小豆島49.7.7豪雨災害報告. 土木技術資料16-11, 40-44.
- 42) 大八木規夫, 寺島治男, 森脇寛(1977):1976年台風第17号による兵庫県一宮町福地抜山地すべりおよび香川県小豆島の災害調査報告. 国立防災科学技術センター主要災害調査第13号, 68p.
- 43) 大八木規夫他(1978):1978年伊豆大島近海地震による地すべり災害について. 第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, 65-68.
- 44) 高橋正佑(1974):えびの市西内堅地区に発生した山腹崩壊に関する研究. 新砂防 Vol. 26, No. 4, 24-31.
- 45) 高橋 裕(1971):国土の変貌と水害. 岩波新書793, 岩波書店, 216p.
- 46) 高橋 裕, 宮村忠(1970):加治川水害の意味するもの(IⅡ) -その水害と治水の経緯-. 水利科学No.73, 21-41, No.74, 82-96.
- 47) 高村博他(1977):1976年台風第17号による長良川地域水害調査報告. 国立防災科学技術センター主要災害調査第12号, 92p.
- 48) 高崎正義編著(1966):空中写真の見方と使い方-空中写真判読-. 全日本建設技術協会, 248p.
- 49) 高崎正義他(1966):新潟地震の被害と土地条件調査. 防災科学技術総合研究報告第11号, 13-18.
- 50) 高崎正義, 小林基夫(1970):昭和42年7月豪雨災害による山地崩壊の地形的条件について, 防災科学技術総合研究報告第24号, 7-24.
- 51) 寺島治男, 東浦将夫, 阿部修(1975):昭和50年8月6日青森県岩木町百沢地区および山形県北部に発生した集中豪雨災害現地調査報告. 国立防災科学技術センター主要災害調査第8号, 44p.
- 52) 東京都防災会議(1978):東京区部における地震被害の想定に関する報告書. 491p.
- 53) 土屋昭彦他(1976):台風17号による長良川災害調査報告. 土木技術資料18-12, 47-55.
- 54) 植原茂次他(1978):1978年宮城県沖地震による災害現地調査報告. 国立防災科学技術センター主要災害調査第15号, 82p.
- 55) 山田剛二, 渡正亮, 小橋澄治(1971):地すべり斜面崩壊の実態と対策. 山海堂, 580p.
- 56) 山口恵一郎(1977):災害と地名, 予防時報110, 26-31.
- 57) 矢野勝正編著(1971):水災害の科学. 技報堂, 733p.
- 58) 矢野勝正他(1976):昭和50年8月風水害に関する調査研究総合報告書(昭和50年度文部省科学研究費特別研究). 190p.
- 59) 矢島基臣他(1978):5.18妙高災害の緊急調査研究Ⅰ(Ⅱ). 第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, 95-102.
- 60) 吉川虎雄他(1973):新編日本地形論. 東京大学出版会, 415p.

(1979年10月31日 原稿受理)