

長期的土地利用の変化からみた自然災害の拡大

EXPANDING NATURAL DISASTER DEDUCED BY LONG-TERM CHANGE OF LAND USE

江崎 哲郎¹・周 国云²・謝 謨文¹

Tetsuro ESAKI, Guoyun ZHOU and Mowen XIE

¹九州大学 大学院工学研究院(〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

²西日本工業大学 環境都市デザイン工学科(〒800-0394 福岡県苅田町新津 1-11)

1. まえがき

平成15年7月19日, 未曾有の豪雨により福岡地区においては御笠川水系の氾濫や太宰府市や宇美町での土石流災害を生じた。この時の豪雨は, 太宰府市では, 19日4時に時間雨量81.5mm, 5時には99mm, 降雨量は340mmを記録し, 観測開始以来最大となり, 斜面崩壊, 土石流および河川氾濫の直接の引金となった。御笠川の氾濫は, 福岡市内の降雨が少なかったにもかかわらず, 上流での集中的な豪雨によるとみられている。しかし, この流域はかなり上流まで都市化が進んでおり, 都市化による流出の増大, 被害を受けやすい場所での住民や物件の増加についても検討の余地がある。

福岡地区の土砂災害では太宰府市原川の土石流災害が注目されているが, 今回の調査で更に注目すべきなのは, 当地区の多くを占める花崗岩からなる山地の斜面崩壊および土砂の流下である。他の地質の山地では, ほとんど生じていない。この原因は花崗岩の風化と地質的な崩壊の過程と考えられるため土砂災害の素因として調査分析を行なうことにする。

また, 災害を激化させる拡大要因として, 一般に土地利用の変化による流域の流出率の増大, 山麓の土石流堆積地や扇状地への宅地の侵入があげられる。この傾向は都市化による災害の拡大要因として一般論として認められているが, 具体的に示された例は少なく, 都市化現象の災害激化に及ぼす影響の把握方法, 対策などもほとんど例がないのが現状である。福岡地区は都市の拡大が著しい。本稿では今回の災害をもとに, 今後の再発を防止するために土地利用の変化と自然災害の関連についてGISを用いて時空的に検討する。

2. 花崗岩山地の崩壊と土砂流下の状況

調査対象の花崗岩地域は宇美町, 筑穂町, 筑紫野市を境する三郡山一帯および, 太宰府市, 大野城市, 宇美町にまたがる四王寺山脈一帯である。災害直後に国際航業㈱より提供された航空写真および概略判読結果¹⁾をもとに, 斜面崩壊, 土砂流下, 土石流の堆積の各位置および花崗岩の分布領域を示したのが, 図-1である。また, 崩壊箇所の分布を示すために1km²あたりの崩壊箇所数を崩壊密度として図-2に示す。崩壊のほとんどは, 図-1に示すように花崗岩の区域で生じ, 同様の山容をみる変成岩等の区域では皆無に近い。確認された崩壊箇所786箇所, 崩壊の密度は最大49箇所/km², 土砂の流下水平距離の最大は1,780m, 延べ流下距離106.9kmである。花崗岩の分布は, 福岡市の南西側, 背振山系にも広がっているため, この現象はさらに広域に及ぶものと推定される。参考までに, 1999年に発生した広島の花崗岩地域の土砂災害は52名の死者を出した大災害であったが, 時間雨量81mm, 累積降雨量271mmに対して, 崩壊箇所181, 崩壊密度は最大24箇所/km²であった。広島では土石流は139件発生した²⁾が, 福岡では, 土石流は2箇所のみである。

崩壊箇所の地形的特徴をみるために, 図-1に示した崩壊地点における地形の傾斜角を解析すると, 平均値で26°, 最大値64°となり, 崩壊は30°付近の急傾斜部で発生していることがわかる。崩壊の深さは1~2mと浅く風化部の表層崩壊である。一方, 土砂流下が生じた溪流の傾斜角は, 平均値で19°, 最大値37°で発生しており, 崩壊地点の傾斜角に比べて小さい。今回の土砂災害では, 山腹や山頂付近で極めて多くの崩壊が生じたにもかかわらず, 山麓での土石流災害が少なかった。この原因は不明であるが, 今後大規模な土砂災害が発生する可能性を否定できない。

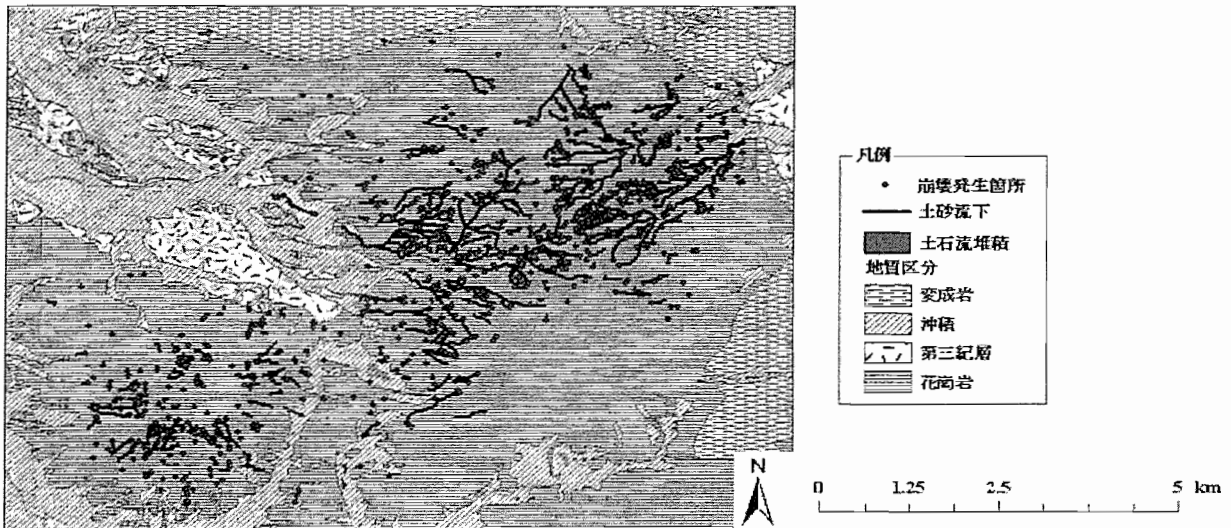


図-1 斜面崩壊，土砂流下，土石流堆積の位置と地質¹⁾

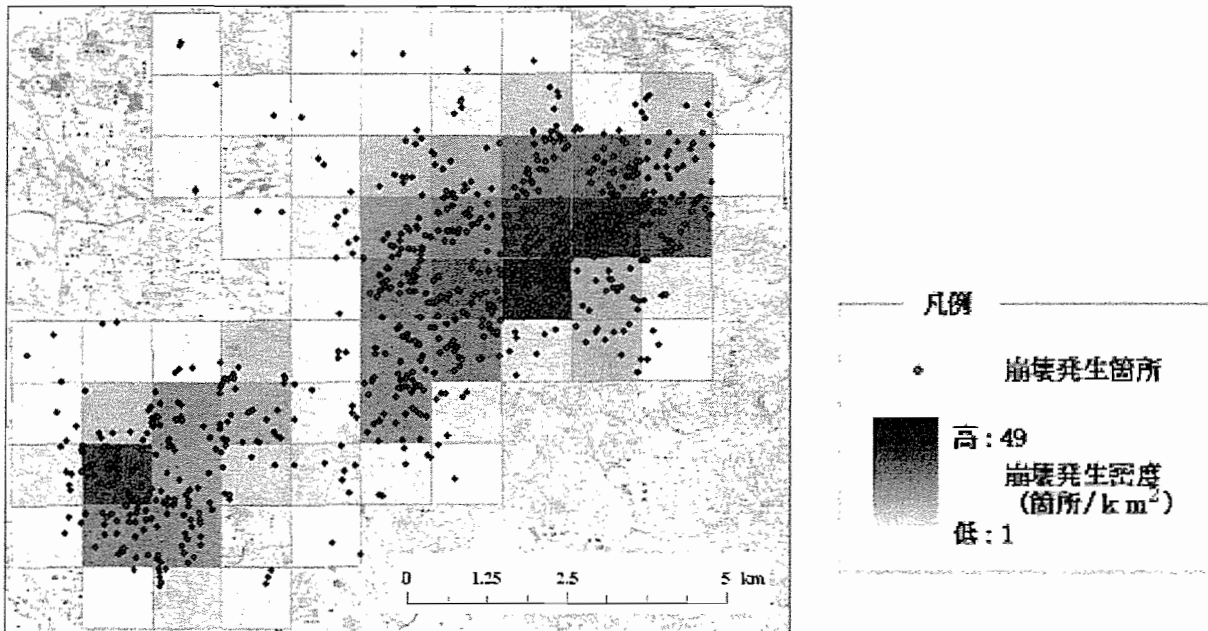


図-2 崩壊発生箇所およびその密度の分布

3. 長期にわたる土地利用図の作成と土地利用の変化に関する考察

20世紀，我が国では，広大な土地の開発が行われた。産業立地や住宅などの開発によって自然の森林や農用地が失われ，海岸は次々に埋め立てられた。土地は有限な資源であり，有効に利用されなければならないが，他方，自然環境や防災上から保全が求められる。これらの土地利用をどうするかは重要な課題である。そのためには，まずそれらの土地がどのように利用されてきたか，土地の持つ経歴を知ることが重要である。しかし，空間的，時間的に把握されていないのが現状である。例えば，国土交通省による日本全国の土地利用数値地図

は最も古いものでも1976年のものでしかない。このため，それ以前の土地利用やその変遷は不明である。ここでは，福岡地区の土地利用の変化について，ほとんど唯一の手掛かりである1900年，1950年頃の国土地理院発行の地形図^{3),4)}から土地利用図を書き起こし，これらと国土交通省による1976年および1997年の土地利用図とをGISを用いて比較，分析して土地利用の変化を把握し，自然災害の関係について分析する。

国内の土地利用転換面積は，1992年のピーク以降減少の兆しにあるとはいえ，毎年約300km²である。農林業的土地利用から都市的土地利用への転換が依然として進んでいる。持続的な土地利用が求められる現代では，農地や森林など農林業的土地利用の保全が課題であると考えられるが，都市化区域内の林地や農地の宅地

化は依然として進行しており、土地利用の転換は今後も続きそうな状況である。

国土交通省は国土に関する基礎的な情報の整備、利用等を行う国土情報整備事業を行っており、地形、土地利用、公共施設、道路、鉄道など国土に関するさまざまな地理的情報を数値化して国土数値情報としている。しかし、古い時代のデータを数値情報化する作業はまだ行われていない。そこで福岡地区を対象に都市の拡大が自然災害にどのように影響しているかを検討するために、基礎的資料として土地利用図の無い古い時代について地形図から土地利用数値地図を作成する。福岡地区は、福岡市と春日市や大野城市、糟屋郡などの周辺市町にかかる地域とした。福岡市は明治期には10万人以下の人口で、博多部など沿岸部の都市的利用以外は平野部は水田が、丘陵部は森林が広がっていた。しかし、1950年には約40万人、さらに現在は130万人を超えるまでに人口が増加しており、それにもなって都市的土地利用も急激に増加した。特に戦後の高度経済成長期以降に都市部への人口集中は激しく、都市化にともなう開発が一気に進行した。

時代の選定にあたっては、入手できる旧版地形図や数値データの年代を参考にして1900年、1950年、1976年および1997年の4つの年代に決定した。1900年は、政府による近代化すなわち開発が始まった時期にあたる。しかし、鉄道の敷設のほかには福岡県内には大きな動きは無く、まだ未開発のそれまでの姿をとどめている時代である。また、この年は入手できる旧版地形図で最も古い年代であるため、1900年を最初の対象年代として考えた。1950年は、終戦後間もない時期にあたり、大正、昭和と戦前、戦中の半世紀にわたる期間の開発を経た区切りにあたる。また、この年からはこれから訪れる高度経済成長前の土地利用を知ることができる。この時期は、アメリカ軍の撮影した空中写真をもとに作成された、いわゆる応急修正図が発行されており、土地利用の把握には適切な時期と考えられる。1976年は、オイルショックを経て戦後の高度経済成長期を終えた時期で、大規模な開発に伴うひずみが顕在化した時代である。国土交通省の土地利用数値情報はこの年から公開されており、戦後四半世紀が過ぎた時期、高度経済成長に伴う開発がどの程度のものであったかを知ることができる。1997年は現在の土地利用として、国土交通省の土地利用数値情報の最新のものである。これによって高度経済成長が終わってからの土地利用の変化を知ることができる。1976年からは、都市への人口の集中は一層進み、さらなる開発が行われた現在の様子を把握しようと考えた。

まず1900年頃と1950年頃の国土地理院発行の5

万分の1地形図の謄本をもとにGISを用いて100mメッシュの土地利用数値地図を作成する。これは1976年、1997年の土地利用数値地図が100mメッシュで作成されており、それらと比較できるような同一の水準にする必要があったためである。また、1976年、1997年の土地利用数値情報をGIS上で表示できるフォーマットに変換し、土地利用数値地図を作成する。土地利用数値地図の作成にあたっては、土地利用の区分が重要であるが、旧版の地形図から書き起こすことによる制約が生じた。旧版地形図では、水田と畑地を分けることができないため、これらは桑畑や果樹園、茶畑などを一括して農用地として扱うことにした。これは土地利用数値地図で、畑地を果樹園や茶畑などとひとくくりにして「その他の農用地」とし、水田とだけしか分けていないことにもよる。集落は建物の立っている地域として、学校や工場なども地形図上では判別ができないため、都市的利用としてまとめることにした。また、旧版地形図では現在と同様に広葉樹林と針葉樹林が表記されているので、このまま森林として扱うことにした。このような経緯、および土地利用全体に占める割合を考慮して、最終的に土地利用の区分は農用地、森林、都市的利用(集落を含む)、河川、海浜の5種類とした。

このようにして土地利用区分を決定後、土地利用の抽出を行った。先にも述べた通り、旧版地形図は単色で印刷にもやや不鮮明であるなど濃淡に差があり読図が難しい。さらにスキャナーで地形図を読み取った後では一層判別が難しくなることが考えられたため、色ペンで各土地利用の境界に線を引き、それぞれの土地利用が分かりやすいようにした。境界は、ほとんどが農用地と森林との間のもので、集落・都市的利用は周囲を囲った。この作業により、GISのレイヤによる土地利用図の各レイヤに土地利用に応じてID番号を属性データとして与え、ユニオン機能を用いて100m間隔のメッシュのレイヤと結合させた。この段階では、1つのメッシュの中に複数のポリゴンが存在する部分が生じるため、各メッシュ内で最大の面積をもつ土地利用をそのメッシュにおける土地利用とした。そこで、メッシュ内のポリゴンの面積を算出し属性データに付加するVisual Basicのプログラムにかけた。そして、求めた面積をもとにディゾルブ機能によって各メッシュ内で最大の面積をもつポリゴンのID番号をそのメッシュにおける土地利用IDとする処理を行った。最後に各メッシュの土地利用ごとのID番号に応じて色別表示することで、既存のものと対比しうる100mメッシュの古い時代の土地利用数値地図が完成した。

図-3に福岡地区の1900年、1950年、1976年、1997年の土地利用図を示す。図-4は同地区1900年から農用地から都市的利用に変化した地域を示す。

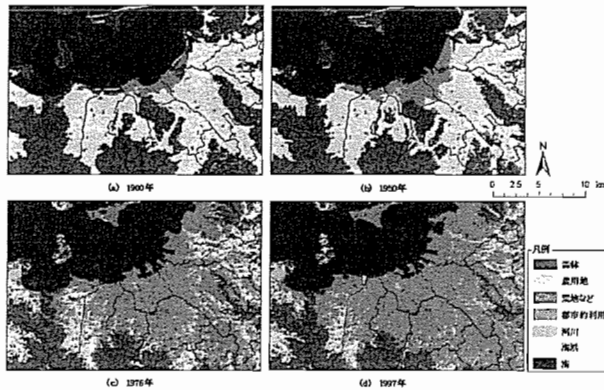


図-3 福岡における土地利用の変遷

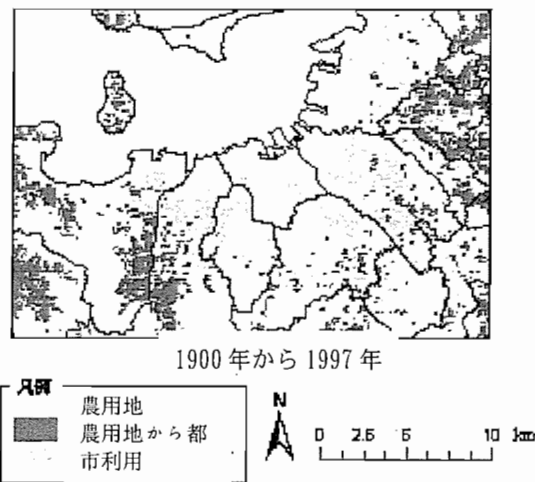


図-4 農用地から都市的利用への変化

福岡地区では、戦後の大規模な都市化が見られる。今回氾濫を生じた御笠川流域を対象として、詳細な検討を進める。御笠川の流域選定に際しては、福岡県河川課が所有する御笠川流域界図⁵⁾を対象領域とする。図-5に前述の4年代の御笠川流域の土地利用図を示す。ここでは、かつては何らかの土地利用がなされていたが現在は未利用の土地については、荒地として区分した。

福岡全体でみた土地利用の変化と同様に、1900年当時、都市的利用は御笠川河口付近に限定され、全体に占める割合はわずか3.0%である。河川に沿って分布する平野には農用地、とくに水田が広がり、その中に所々集落が点在していた。山地や丘陵は森林に覆われており、この流域内で農用地、森林の占める割合はそれぞれ39.3%、55.6%であり、流域の半分以上は森林で占められている。1950年になると、都市的利用は河川上流側に向かってわずかに拡大するものの、その変化はそれほど著しくなく、全体で5.3%である。また、1900年に点在していた集落が徐々に拡大している傾向がある。さらに、平野部において農用地が山地の山裾部分に沿

って拡大する傾向がみられ、農用地、森林の占める割合はそれぞれ45.5%、47.1%で、ほぼ同様な比率となり、徐々に森林から農用地への転換が進められているのがわかる。一方、1976年になると都市的利用は急速に大きくなり、河川に沿ってかなり上流部分まで都市化が進展し、水田の広がっていた平野部は真っ先に開発の対象になったことがわかる。46.1%の土地が都市的利用として利用されるようになり、農用地は17.0%と激減し、森林も33.3%に減少している。また以前から集落であった箇所も結合するとともに、以前は山地であった場所で比較的なだらかな山裾部分も宅地開発されることで都市化が進行している。この都市化は基本的に河川に沿ってその上流側へと進行し、そこから山を登る方向に拡大する。しかしながら河川に沿った部分は農用地としての利用が残存している。1997年には、都市的利用はさらに拡大し、河川周辺に存在していた農用地も減少し、農用地の分布はかなり限定され、森林は標高が高い部分にしか残っていない。都市的利用の分布は、62.2%となり、流域界内の半分以上を占め、農用地は6.6%、森林は28.4%と一層減少している。

特に、1900年に森林であった部分がどう変わったかに着目して、図-6に示す。1950年には、その領域の1.7%が都市的利用、17.3%が農用地に、1976年には、その領域の28.0%が都市的利用、12.0%が農用地に、1997年には、その領域の43.6%が都市的利用、5.3%が農用地に改変され、1997年には1950年に森林であった領域の半分以上が何らかの土地利用の改変がされた。

これらの都市化は、降雨の流出を時間的にも量的にも増加させていると考えられる。そこで土地利用の変化による表層の変化と降雨との関係を検討するために、土地利用に応じた流出係数⁶⁾をこの流域界に与え、今回の豪雨災害における降雨量340mmが各時代の流域界全域に降ったと仮定して、土地利用の変化が表面流出量に及ぼす影響を概略的に検討してみた。図-7にその結果を示す。流域の平均流出は、1900年以来、1976年で約26%、1997年で約37%大きくなっている。また、都市化は、森林・農地の貯留機能を減少させるとともに、洪水時の人や物件の被害数量を増加させていることが考えられる。

4. 土地利用の変化に伴う土砂災害への影響

地質条件については、地質図に基づいた地質区分はもちろんのこと、風化、変質、割れ目などの状況、地層面の方向性、透水層の状況、表層などのゆるみといったその地域の地質に大きく左右される。地形条件については、最も重要なのは傾斜である。

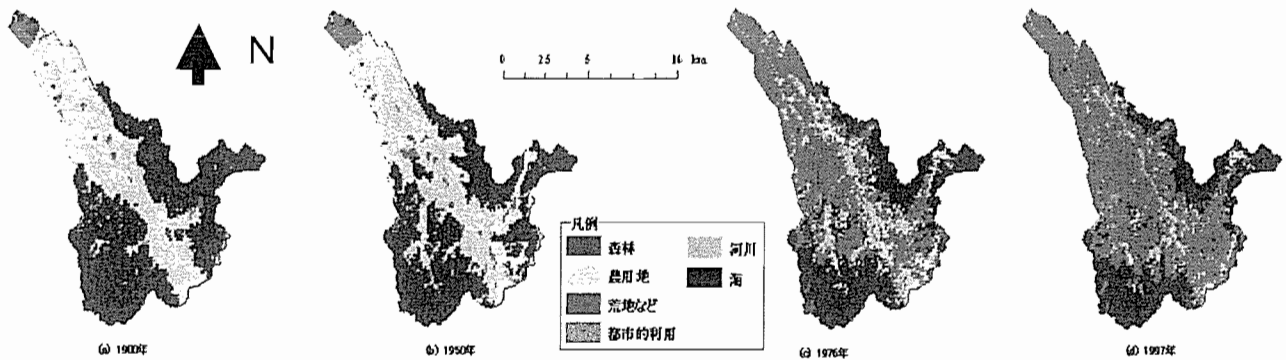


図-5 農用地から都市的利用への変化

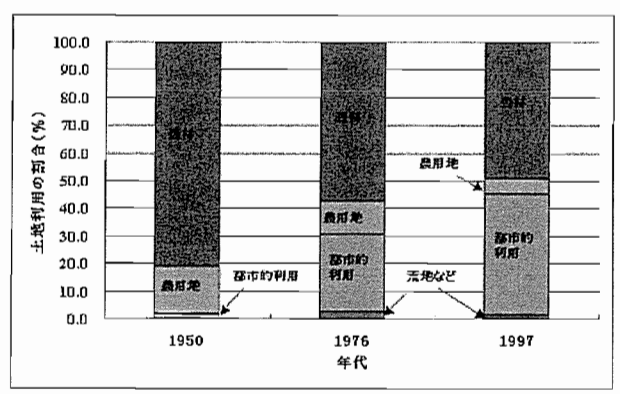


図-6 森林地域の土地利用の変化

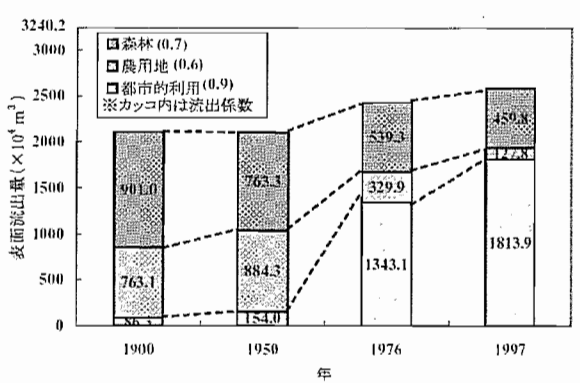


図-7 流域の表面流出量の変化

基本的には急傾斜の方が斜面の崩壊が生じやすいことは容易に想像がつく。また、形状的には凸型の斜面より、凹型の斜面に崩壊が多い。特に、斜面内に傾斜変換線、特に緩斜面から急斜面に変わる部分がある斜面で崩壊が多い。その他にも植生などの表層の状況、降雨の状況、水理的な条件なども重要となる。さらには、斜面崩壊が発生したその時点で、人々がその斜面崩壊の場所に住んでいるか、あるいは、斜面崩壊によって生産された土砂礫の侵入を受ける場所に住んでいるか、などの社会的条件といったものも防災上非常に重要になる。ここでは、この土地利用の変化による土砂災害との関係や影響について検討する。

地形から図-8に土地利用の変化と地形の傾斜角分

布のコンター図を示す。傾斜角の分布は、数値地図 50m メッシュの標高データ 7)を用いて 50m メッシュにおける傾斜角として表現する。図中には便宜上、傾斜角 2°、10°、30° のコンターを示す。これは、(財)砂防フロンティア整備推進機構の「土砂災害防止に関する基礎調査の手引き」8)中に記載されている急傾斜地、土石流などの危険可能性を示す傾斜角度の各数値に基づいている。図に示されるように、1950年の森林の分布は傾斜角 2° のコンターとほぼ一致する。そして、都市的利用化の進行に伴って、1997年には傾斜角が 10°以上の領域と森林域がほぼ一致し、山麓部分に形成された新しい都市化地域は、傾斜角が 2° ~ 10° の領域に分布していることがわかる。前述の「土砂災害防止に関する基礎調査の手引き」では、「土石流の危害のおそれのある土地」として、地盤勾配が 20°以上の領域をしており、著しい都市的利用化の進展は、このような危険な領域にまで進行しているのがわかる。この花崗岩分布地帯の周辺には、元来溪流に扇状地地形が発達し、これらは土石流堆積物であると考えられる。現在では、この部分が都市的利用・住宅地として開発されていると考えられる。

5. 総括

本稿は、福岡地区の豪雨災害に関連して花崗岩山地で生じた崩壊現象、および長期的視点からみた土地利用の変化、特に郊外丘陵地・山地に拡大する開発と土砂災害との関係について、その現状を整理・分析を行った。すなわち、花崗岩の風化による表層崩壊は、過去にも繰り返して生じていたとみられるが、今回は過去に例がない規模で群発していることが明らかになった。崩壊地点の数量、土砂の流下距離などは広島など過去に同様の花崗岩地域で生じた激甚災害のケースと比べて決して少なくない。ただし、土石流として集落を襲い、人的被害を生じたのは太宰府原川地区のみであり、他

と比べて極めて小規模にとどまっている。この理由は、砂防対策が効果的に行われていたためか、地形、地質、

降雨などの特異性によるものか、今は明かでない。

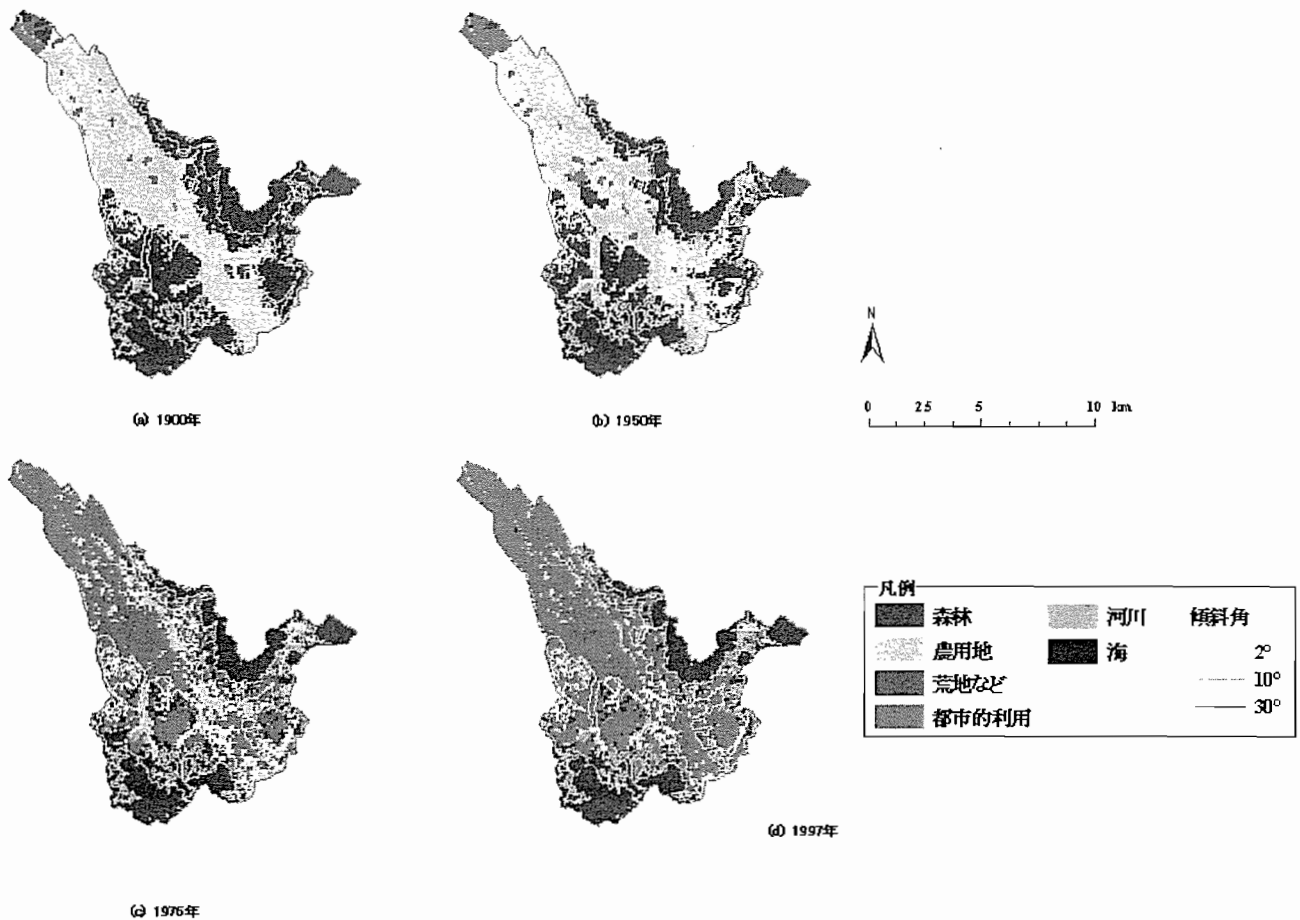


図-8 土地利用の変遷と傾斜角分布

一方で、福岡地区では戦後の都市化が著しく、周辺地域の人口は急増した。農地、森林地が改変され、都市的利用が進み、住宅地、道路などが山地に侵入している実態を過去 100 年間にわたる土地利用図を新たに作成し、位置的に、経時的に示した。この土地利用の変化が降雨による表面流出を時間的にも量的にも増加させるとともに、影響を受ける人や物件も増加し、それが扇状地や土石流堆積物からなる丘陵地にも数多く分布するようになった実態を明らかにした。防災上守るべき領域の拡大、その中での質の増大も極めて著しい。

人命に直接関わる土砂災害対策は、新砂防法をはじめ、安全、安心の社会を実現するための重要な施策として全国的に進められている。しかしながら、土砂災害危険箇所は莫大で、災害発生は地域的にも、時間的にも極めて離散的であるため、解決のための道は険しい。安全とは危険の程度が解明、評価され、その危険度が決められたレベル以内に管理されている状態を指すものである。今後は土砂災害発生を時空間的に、定量的に

明らかにする一方、そのような危険なところに人や物件ができるだけ近づかないようにするなど多様な長期的な政策も具体化すべき時機となっている。

参考文献

- 1) 国際航業(株): 内部資料.
- 2) 千木良雅弘: 群発する崩壊 —花崗岩と火砕流—, 近未来社, 2002.
- 3) 国土地理院地理情報部: 5 万分 1 地形図 福岡, 1904.
- 4) 国土地理院地理情報部: 5 万分 1 地形図 福岡, 1947.
- 5) 福岡県土木部河川課: 2 級水系御笠川流域図 5 万分 1.
- 6) 建設省河川局: 建設省河川砂防技術基準(案)同解説, 計画編, 2000.
- 7) 国土地理院: 数値地図 50m メッシュ(標高), 1997.
- 8) 財団法人砂防フロンティア整備推進機構: 土砂災害防止に関する基礎調査の手引き, 2001.

(2004. 5. 19 受付)