

福岡県内の土砂災害の発生密度と その経年的変化

磯 望・宗 建郎¹⁾・黒木貴一²⁾・黒田圭介³⁾・後藤健介⁴⁾

Density of Slope-Sediment Disaster and its Annual Change
in Fukuoka Prefecture, Northern Kyushu, Japan

Nozomi Iso, Tatsuroh Soh¹⁾, Takahito Kuroki²⁾,
Keisuke Kuroda³⁾ and Kensuke Goto⁴⁾

1. はじめに

福岡県の大部分は6月末～7月にかけての時期を中心に、集中的な豪雨が発生することが多く、県内の傾斜地では毎年どこかで土砂災害に見舞われてきた(磯ほか、2012など)。これは前島(1968)が指摘した梅雨期の降水量が他の時期と比較して圧倒的に多くなる「梅雨区」を有する北西部九州で広く認められる現象で、最近では2012年の九州北部豪雨災害のように、集中的な豪雨が長時間継続する事例も発生している。

ここでは、福岡県土整備部砂防課で整理した、1988年～2010年に発生した土砂災害の年次報告に基づいて、土砂災害の発生地点密度(1km²あたりの発生地点数で示す)の福岡県内分布とその経年的変化を示すことによって、この期間の土砂災害発生傾向の特徴について検討する。

最近の集中豪雨は、短時間に比較的狭い範囲に集中するという特徴を示すといわれる。この現象について、川野ほか(2004)は、2003年の北部九州豪雨を解析して、降水強度の非常に強い1時間雨量100mm前後に達するような豪

¹⁾志学館大学人間関係学部 ²⁾福岡教育大学教育学部

³⁾西南学院大学非常勤講師 ⁴⁾長崎大学熱帯医学研究所

雨が数時間にわたって断続的に線状の範囲に繰り返し出現する現象であると指摘している。このように、最近の豪雨の特徴である狭い範囲に断続的ながら長時間継続して降水強度の非常に強い豪雨が襲った地域では、土砂災害の発生日点が集中し、土砂災害発生密度が高くなるものと予想される。ここでは、福岡県内の土砂災害発生日点位置図と、土砂災害発生密度分布図（5年間の積算）を経年的に作成した結果を用いて、土砂災害分布の特徴を検討することとした。

2. 土砂災害発生日点の分布

土砂災害発生日点は、筑後平野のように低平な平地が広がる地域には出現しないが、山地・丘陵斜面のみならず、段丘崖のように小規模な斜面でも傾斜が大きい場合はよく出現する。また人工的な法面によって形成された崖でもしばしば発生する事例が見られる。福岡県は筑後平野などの一部除けば、各市町村に山地・丘陵・段丘崖等の急傾斜地が認められる（図1）。これらの傾斜地では、梅雨末期などの豪雨によって水を含んだ斜面堆積物が内部摩擦による支持力を失って、地すべりや崩壊を発生しやすい。また大量の降水が断続的に生じるために、溪流に堆積していた土砂が水と一体化して集合流動する土石流も発生しやすい条件を備えている。

磯ほか（2012）は、福岡県県土整備部砂防課で作成した年次報告のうち1991年～2010年の資料から、土砂災害発生日点を年次別にGISソフトを利用して正確に地図にプロットした結果を、分布図で示すことを試みた。その結果、単年度の土砂災害分布図では、県内の一部に災害発生日点がやや集中し、そのほかの地点では全く災害が生じていない状況が確認され、また特別な集中豪雨が発生しない限り、この傾向がほぼ毎年繰り返すことが確認された。しかし、土砂災害分布を5年間まとめた図を作成すると県内の一部ではなく、平地を除けばほぼすべての地域で土砂災害が発生しているように見えることも明らかにした（図2～5）。

図2に1991～1995年の土砂災害発生日点を示す。この期間は、福岡県西部・英彦山東側斜面・耳納山脈などで災害発生日点が多数認められた。これらは1991年9月14日と9月27日の台風に伴う土砂災害が主である。また、1992

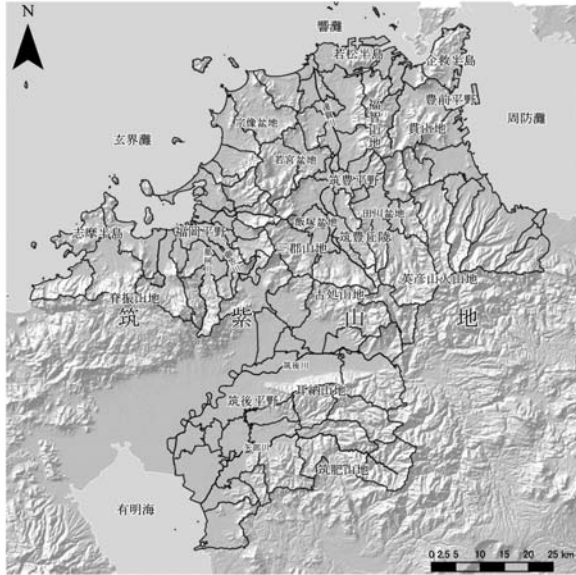


図 1 調査対象地域

年と1994年は梅雨後期の土砂災害は生じておらず、土砂災害発生件数も通常より著しく少ない。ところが、1991年・1993年・1995年は梅雨後期の集中的豪雨によって県内各地で土砂災害がもたらされた。特に1993年は6月29日～7月30日まで断続的に長雨が続き、県内各地で土砂災害が多発した。福岡県東部は梅雨後期の降水量は県西部よりやや少なく、台風に伴う豪雨による災害が目立つ傾向にある。集中豪雨の原因は異なるが、5年間の累積では、結果として県内の斜面で一見するとほぼ万遍なく土砂災害が生じたことがわかる。

図3は、1996～2000年の土砂災害発生地点を示す。図2と比較すると北九州市付近の土砂災害発生密度が高めである。1996年は6月18日～21日に土砂災害が県内の広い範囲で散発的に発生した。1997年は7月7日～14日にかけて、北九州市・朝倉郡・八女などで土砂災害が生じた。また、7月28日は福岡市西部周辺、8月12日は北九州市八幡西区で集中的な土砂災害が生じた。1999年は6月24日～7月3日の豪雨で県内各地で土砂災害が生じた。2000年は6月28～29日北九州市で集中的な豪雨に伴う土砂災害が生じた。この期

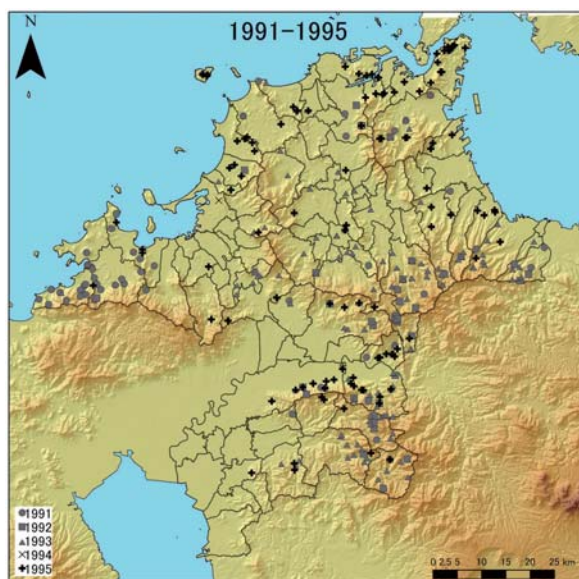


図2 1991～1995年の土砂災害発生地点

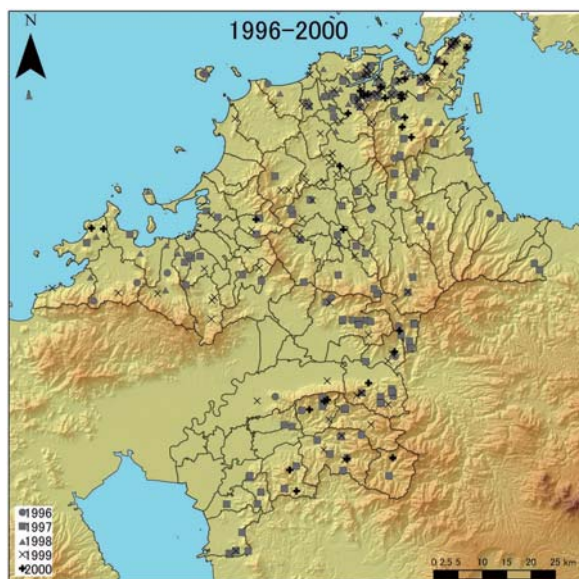


図3 1996～2000年の土砂災害発生地点

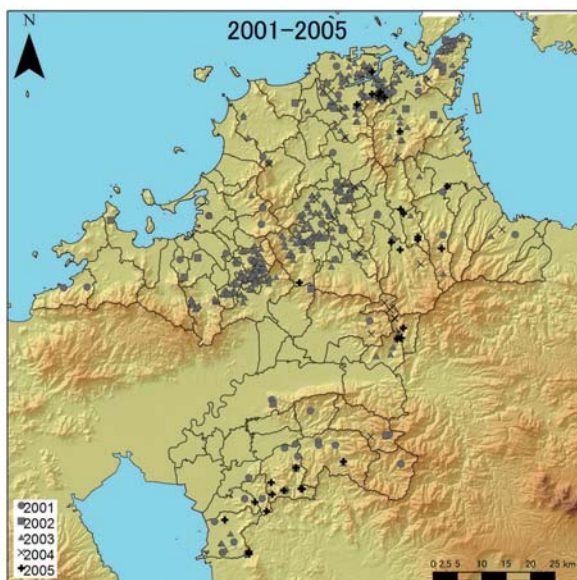


図4 2001～2005年の土砂災害発生地点

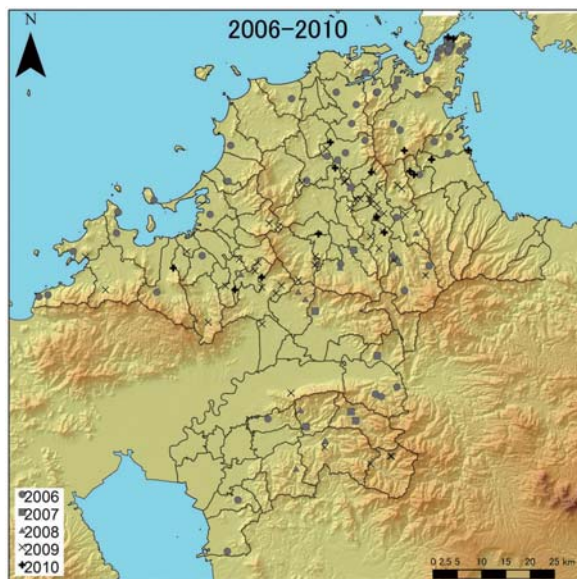


図5 2006～2010年の土砂災害発生地点

間の土砂災害は梅雨期の長雨と集中豪雨による災害で、5年間をまとめると県内各地に一見ほぼ均等に災害が生じたことがわかる。

図4は、2001～2005年の土砂災害発生地点を示す。この期間の土砂災害の発生数は2003年が突出しているが、そのほかは平年とあまり変化はなく、2001年が多少多いという程度である。2001年は6月19～20日と23日に福岡市周辺、7月6日と12日に筑肥山地周辺で土砂災害が発生した。2002年は梅雨期の災害はなく、5月15日と9月16日に低気圧と台風による土砂災害が生じた。2003年7月災害は九州豪雨災害として知られる。7月18～19日に時間雨量100mm前後、総降水量200～300mm以上というきわめて強い集中豪雨が、数時間という短期間に福岡市南部から直方を経て北九州市までの北東―南西方向で帯状に生じ、崩壊・土石流を多発し、御笠川・宇美川・穂波川などの河川の氾濫をもたらした（後藤ほか、2004。永野ほか、2004。山本・岩谷、2004。など）。また、南下した前線は、翌20日に水俣市深川地区などで大規模な土石流災害を引き起こした（守田ほか、2004）。また、7月11日・7月20日・7月29日・8月11日に北九州市で、7月21日は大牟田市周辺、8月8日は豊前市などで土砂災害を生じた。2004年には6月26日に北九州市、9月6日に小石原村周辺で小規模な土砂災害。2005年は7月9日～11日に筑肥山地周辺で土砂災害が生じた。図4では、2003年の土砂災害が突出して多く、福岡市南部から北九州市門司区にかけて、北東―南西方向に連なる土砂災害密集帯の存在が明瞭に認められた。県南部などのそのほかの地域は、図2・図3・図5とほぼ同様の土砂災害分布密度であることがわかる。

図5は、2006～2010年の土砂災害発生地点を示す。2006年の土砂災害は、6月14日～7月23日までの梅雨前線の停滞により繰り返し生じた豪雨により、北九州市をはじめ県内ほぼ全域で生じた。2007年は、7月2日と7月6日に小規模ながけ崩れを県内各地で生じたが、土砂災害発生数は比較的少ない。2008年の土砂災害は、6月19日に福岡県南部、6月21日には太宰府市付近から朝倉郡を経て田川郡に至る地域で崩壊が離散的に生じた。2009年は山口県では7月21日（山本ほか、2010）、福岡県では7月24日から26日にかけて、中国・九州北部豪雨と称される集中豪雨が発生した。福岡県内では、7月24～26日

にかけて、太宰府市付近を最大として北東—南西方向に延びる総降水量 500 mm 以上の豪雨が生じた。このため崩壊や土石流などの土砂災害のほか、那珂川などで洪水氾濫が生じた（黒木ほか、2010）。2010 年は、7 月 13 日～14 日にかけて福岡県中北部で土砂災害が発生した。この 5 年間は、2009 年の中国・九州北部豪雨で 2003 年の九州豪雨以上の降水量を記録したが、2003 年より災害発生件数は少なく、災害発生密度も他の期間よりはやや疎に見える。

3. 土砂災害 5 年間発生密度の経年的変化

前述したように、福岡県では 5 年間連続した土砂災害の発生地点を地図上にプロットすると、県内の斜面で一見してほぼ万遍なく分布するように見える。これらの分布図は GIS ソフトを利用すると、一定面積内の災害発生密度を表示することが可能となる。そこで、検索半径 10km のカーネル密度で、1 km² あたりの災害発生地点数を 1km メッシュで表示し、災害発生地点密度を階級区分図として表示した。また、1 年ずつ経年的に災害密度の変化傾向を追跡するために、時系列的には 5 年間の移動平均で災害発生密度の変遷を追いかける手法を用いて表示することを試みた（図 6～24）。

災害をカウントする期間の長さは任意に定められるが、この報告では 5 年間の期間を取った。これは、大体県内のほぼ全域であり片寄りなく万遍なく災害が分布するよう見えるほぼ最小の期間である。なおこの手法は全く客観的なものであるが、検索半径の関係で県境付近の値は厳密さを欠くことになる。また、福岡県の面積は、海面埋立て等によりこの期間で若干増加するが、増加分はほとんどが土砂災害の発生しない平地であるので、ここでは県の面積・形態はこの期間一定で変化しないものとして取り扱い、その面積を 4990km² とした。また、災害発生地点数密度（1 km² あたりの災害発生地点数）は、0～0.1/km²、0.1～0.5/km²、0.5～1.0/km²、1.0～1.5/km²、の 4 階級に区分したが、2003 年を含む期間以外は、災害発生地点密度が小さく 0～0.1/km²、0.1～0.5/km²、の 2 階級のみでの区分となっている。

図 6 は 1988～1992 年の 5 年間に発生した土砂災害発生地点の 1 km² あたりの密度を示したものである。0.1～0.5/km² の範囲の土砂災害多発地域は、筑

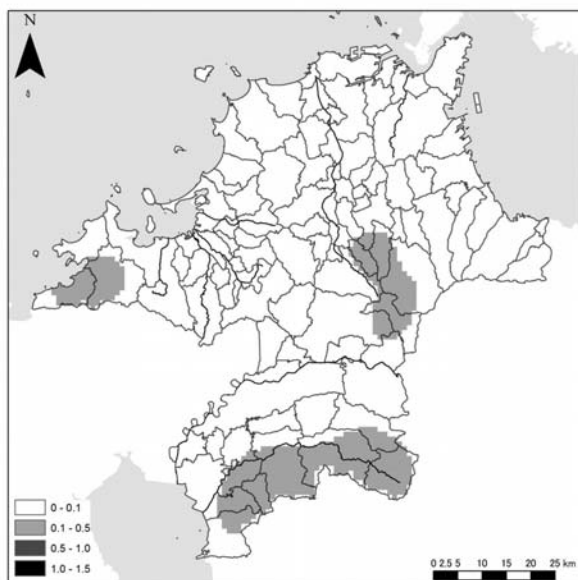


図6 1988~1992年

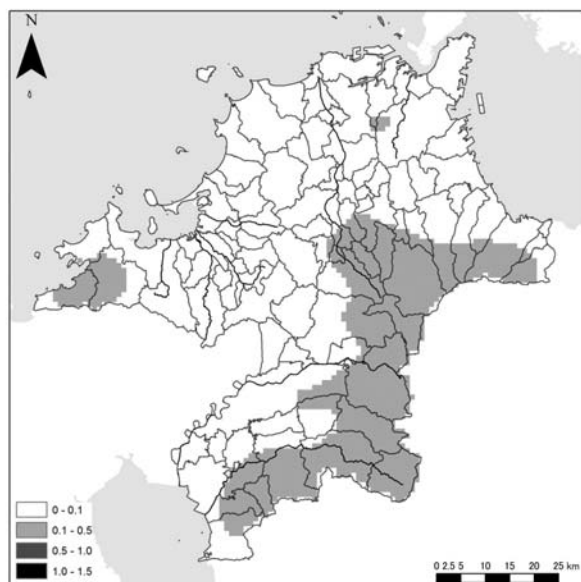


図7 1989~1993年

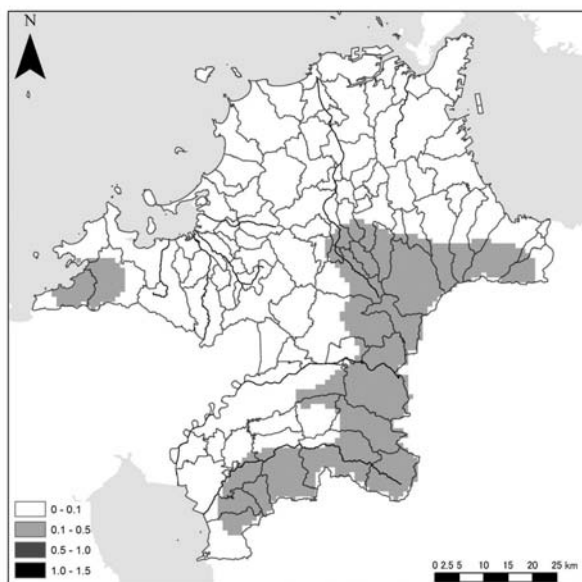


図8 1990～1994年

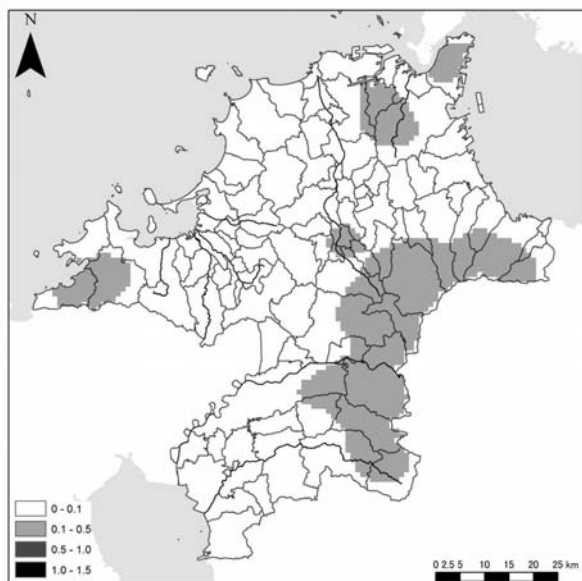


図9 1991～1995年

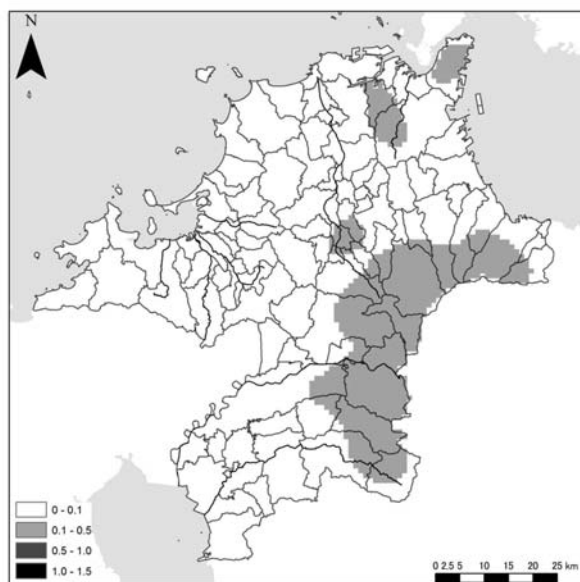


図 10 1992~1996 年

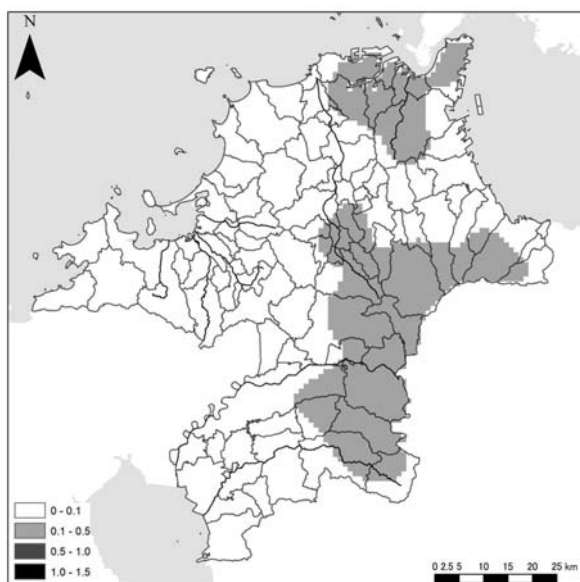


図 11 1993~1997 年

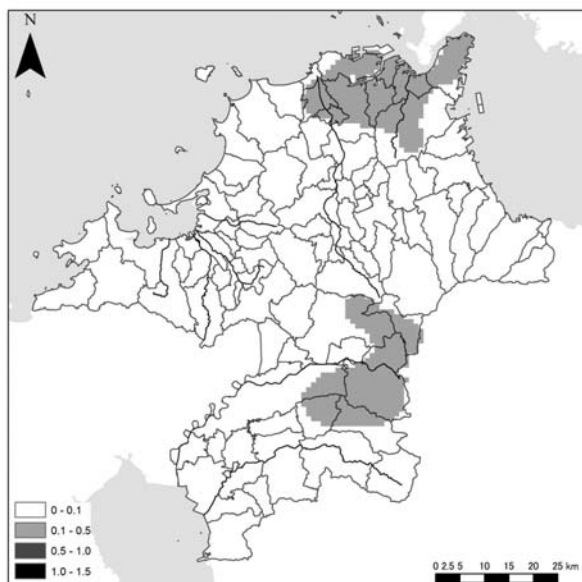


図 12 1994～1998 年

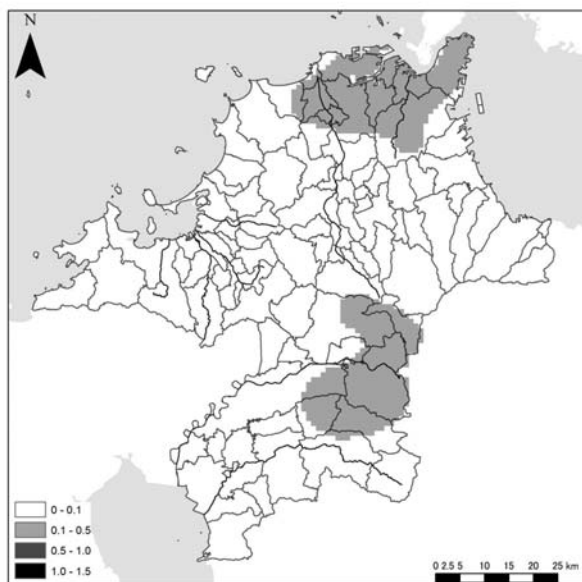


図 13 1995～1999 年

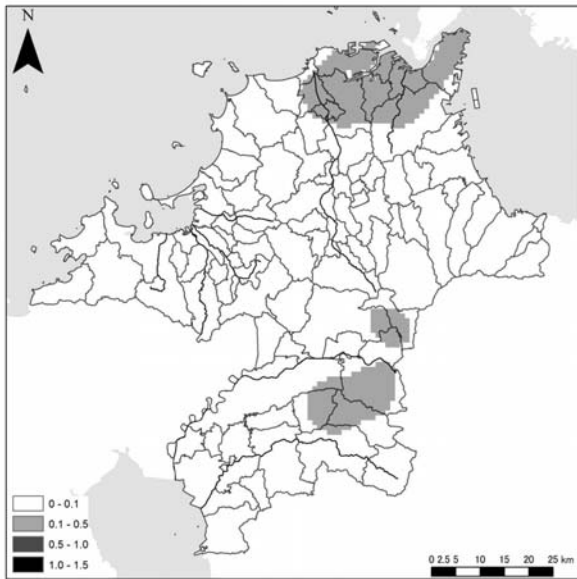


図 14 1996～2000 年

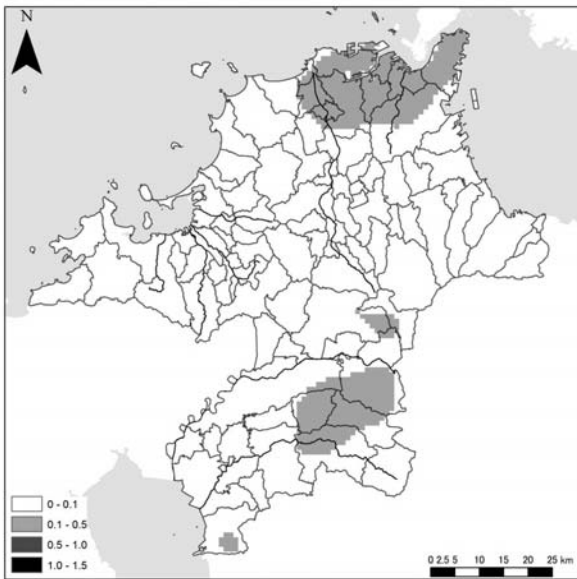


図 15 1997～2001 年

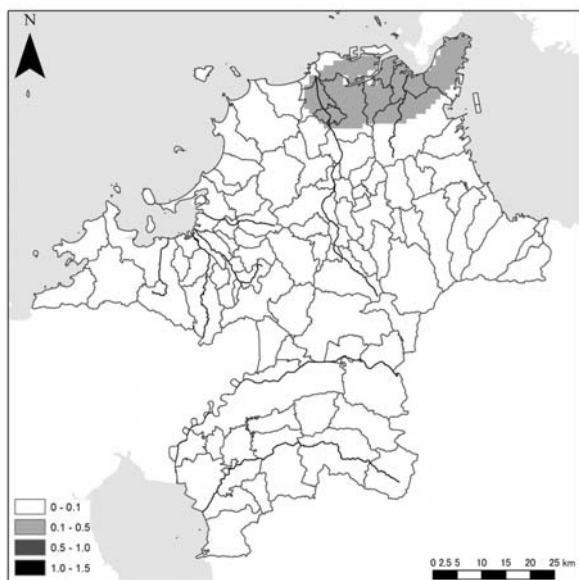


図 16 1998～2002 年

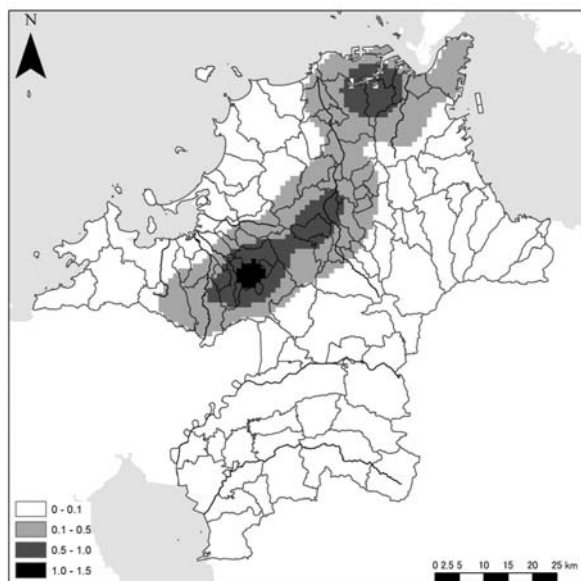


図 17 1999～2003 年

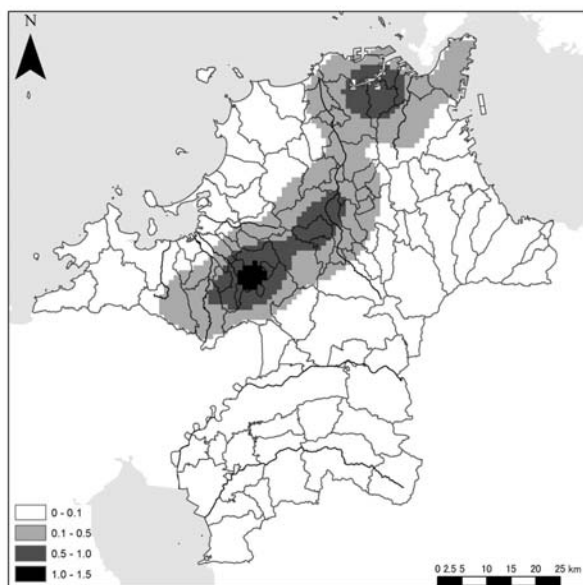


図 18 2000~2004 年

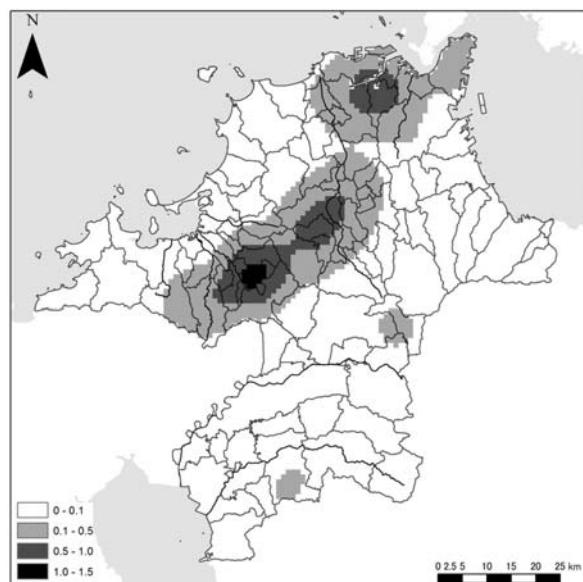


図 19 2001~2005 年

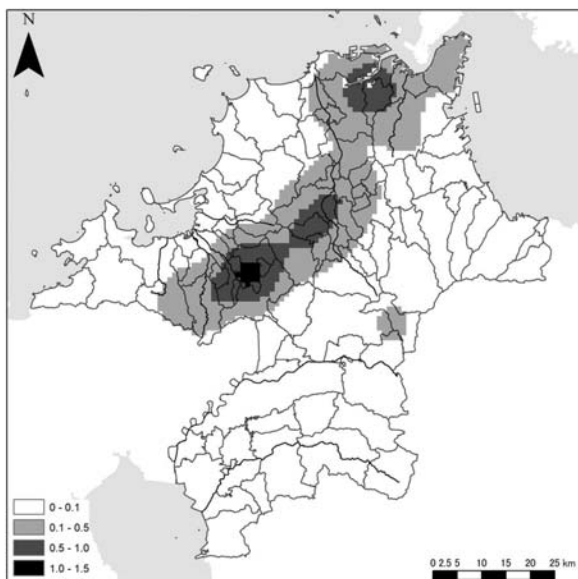


図 20 2002～2006 年

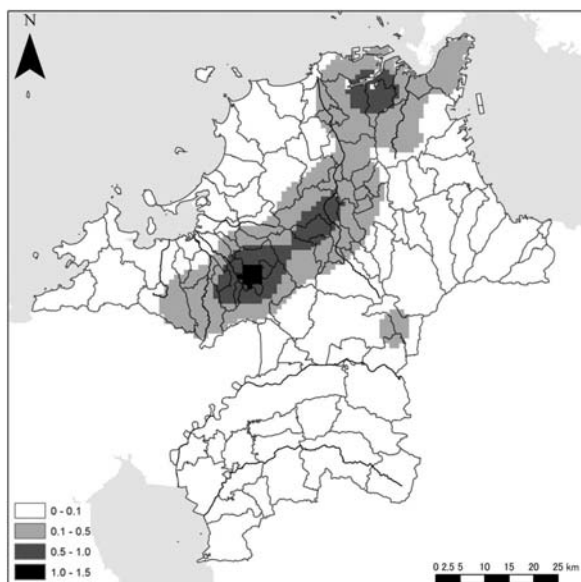


図 21 2003～2007 年

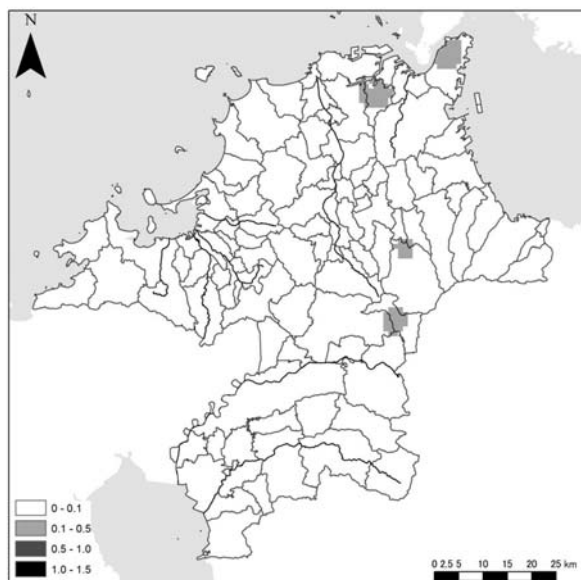


図 22 2004~2008 年

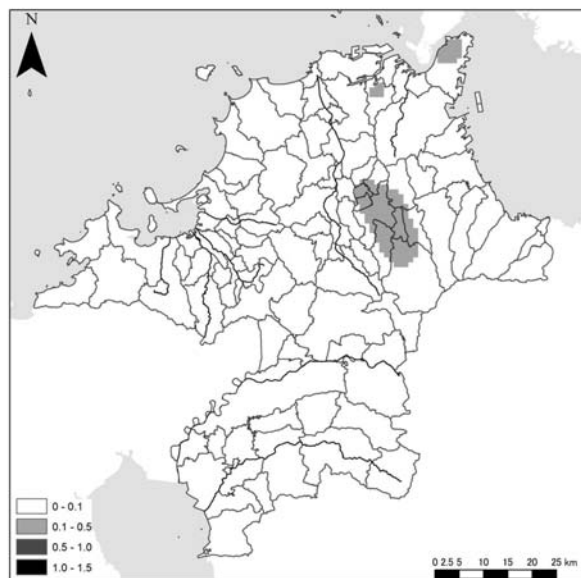


図 23 2005~2009 年

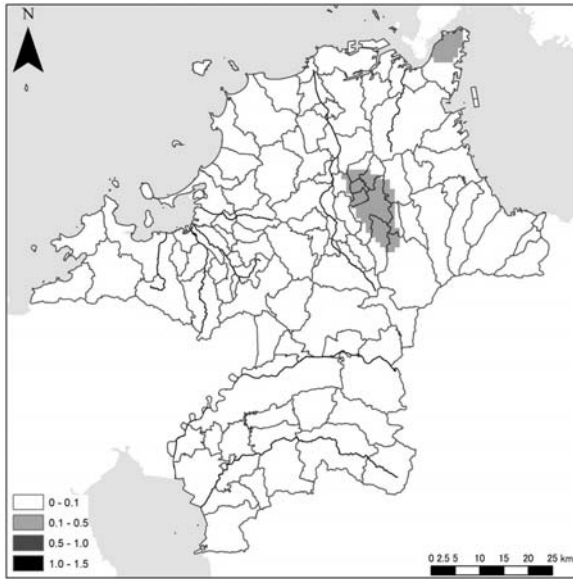


図 24 2006～2010 年

(表 1) 5 年間移動平均法による災害発生密度(1 km²あたりの災害発生数で示す)

年代	0.1 未満	0.1-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	0.1 以上の面積比
88-92	4286	704			14.1%
89-93	3523	1467			29.4%
90-94	3579	1411			28.3%
91-95	3751	1239			24.8%
92-96	3927	1063			21.3%
93-97	3515	1475			30.0%
94-98	4223	767			15.4%
95-99	4048	942			18.9%
96-00	4337	653			13.1%
97-01	4261	729			14.6%
98-02	4611	379			7.6%
99-03	3622	1001	342	25	27.4%
00-04	3660	1020	290	20	26.7%
01-05	3642	1046	282	20	27.0%
02-06	3649	1038	285	18	26.9%
03-07	3669	1028	275	18	26.5%
04-08	4892	98			1.9%
05-09	4814	176			3.5%
06-10	4835	155			3.1%

なお、面積比は福岡県内の災害発生密度が高い地域(0.1/km²)以上の福岡県内の面積比の経年変化を示した。

豊丘陵・脊振山地東部・筑肥山地に出現する。その面積は704km²で、福岡県の面積の14.1%を占める(表1)。

図7は1989～1993年の5年間の土砂災害発生地点密度分布図である。1993年に土砂災害が多数発生し0.1/km²以上となる土砂災害発生密度の大きい地域を急増させたことがわかる。この年は大分・福岡県境付近で、台風の強風による風倒木被害が深刻であったことで知られる。筑肥山地・耳納山地から英彦山火山地に至る福岡県南東部で土砂災害密度が急増した。風倒木のみならず山間部の土砂災害も急増している。土砂災害多発地域の面積は全県の29.4%を占め、計測対象期間では2番目の大きさに広がった。

図8の1990～1994年の土砂災害発生密度の大きい地域は、図7より若干縮小した程度である。図9の1991～1995年の土砂災害発生密度の大きい地域は、1990年に生じた筑肥山地の土砂災害の影響が失われたが、その一部に新たな土砂災害が集中して発生し、0.1/km²以上となる高密度域の面積が引き続き維持された形になった。また、北九州市周辺に新たに密度の高い区域が出現した。図10の1992～1996年は、図9より高密度域が多少縮小し、1991年に発生した脊振山地の高密度域が無くなり、高密度域の面積は全県の21.3%まで低下した。

図11の1993～1997年は、1993年台風被害の影響が県南部に残るほか、北九州市周辺に、新たに土砂災害が集中的に生じたことの影響で、0.1～0.5/km²の高密度域が全県の30.0%と調査期間中最大となった。図12の1994～1998年は、1993年に生じた県南部被害の影響が消えたため高密度域は大きく減少したが、北九州周辺では高密度域が新たに拡大している。図13の1995～1999年は、1999年の豪雨で広い範囲で土砂災害が散発し、その結果、北九州地区と耳納山地から古処山地にかけての地域に見られる0.1/km²以上の土砂災害高密度域がそれぞれ多少拡大した。図14の1996～2000年は、2000年の土砂災害が散発的であったため、高密度域は若干縮小した。図15の1997～2001年は、耳納山地東部の高密度域が増加し、全体としてやや高密度域面積が増加した。図16の1998～2002年は、耳納山地など県南部の高密度域が消え、北九州地域のみ土砂災害高密度域が残った。この年の0.1～0.5/km²の土砂災害高密

度域面積は、全県の7.6%まで減少した。

図17の1999～2003年は、2003年の九州豪雨災害で福岡県では脊振山地東部～太宰府市～筑豊地域、更に北九州市に形成された狭長なレインバンドに沿って土砂災害が集中的に発生した。このため、災害発生密度が $0.5\sim 1.0/\text{km}^2$ に達する区域も発生し、また、一部には $1.0/\text{km}^2$ 以上と極めて集中的に土砂災害が発生した区域があったことがわかる。この期間は $0.1/\text{km}^2$ 以上の高い土砂災害発生密度を持つ面積比は、全県の27.4%に達する。図18の2000～2004年には $0.1/\text{km}^2$ 以上の高密度域は若干縮小したものの、引き続き同じ場所に現れる。図19の2001～2005年も同地域は引き続き若干縮小傾向であるが、県南部では小規模な高密度域が出現したため、全体としては $0.1/\text{km}^2$ 以上の高密度域の面積は多少拡大した。図20の2002～2006年も高密度域は縮小傾向気味ながら引き続き同様の分布傾向を継続した。図21の2003～2007年も、同様傾向で高密度域の分布パターンはほとんど変化していない。

図22の2004～2008年には、2003年の九州豪雨災害の影響が図から消えるため高密度域の面積は急減し、北九州市の一部や英彦山火山地周辺に小面積で出現する程度になる。高密度域の全県に占める比率は1.9%で、調査期間中では最少である。図23の2005～2009年は、2009年に九州・山口豪雨が発生し、連続雨量は2003年より一部地域では大きかったにもかかわらず、土砂災害発生が高密度になる範囲は、筑豊丘陵を除いてほとんど拡大していない。図24の2006～2010年では図23より高密度の土砂災害発生域は縮小している。

4. 結果

福岡県砂防課で収集している1953～2010年までの土砂災害発生地点と土砂災害発生密度の合成図(図25)は、土砂災害の発生地点を年次別に記入したものと、検索半径10kmのカーネル密度で 1km^2 あたりの災害発生地点数を1kmメッシュで表示し、土砂災害発生地点密度を階級区分図として示したものとを合成したものである。この図の土砂災害発生密度の高い地域の分布は、2003年度を含む図17～図21の土砂災害発生高密度域のパターンと類似している。このことは、2003年の集中豪雨が、土砂災害発生にとって非常に特異で、

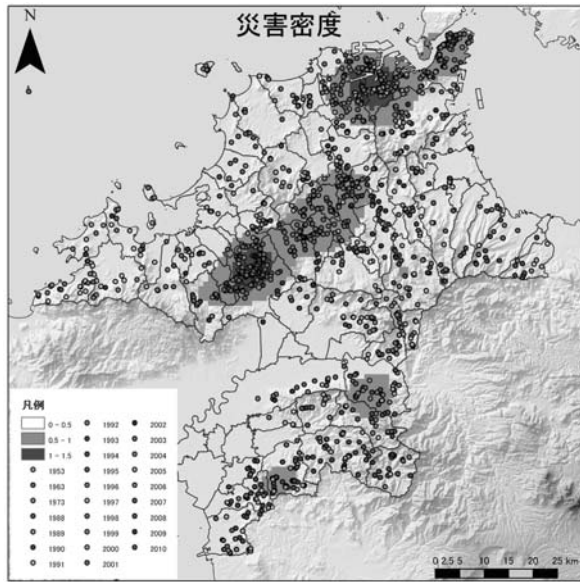


図 25 1953～2001 年までの土砂災害発生地点と土砂災害密度分布図

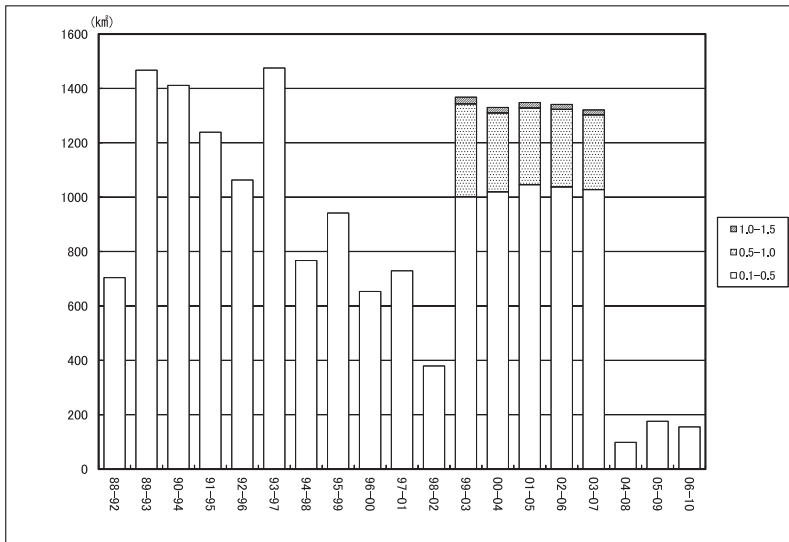


図 26 5 年間移動平均法による福岡県内の土砂災害発生密度 $0.1/\text{km}^2$ 以上の面積の経年変化 (縦軸は面積 (km^2)、横軸は対象年次 (5 年間))

このため集中的な土砂災害をもたらしたことがわかる。表1と図26に示したようにこの時の土砂災害発生密度は例外的に高い値を示した。その原因には降雨パターンの特徴等が考えられるが、これについては稿を改めて報告する。

表1に示した5年間の災害発生密度が $0.1/\text{km}^2$ 以上となる地域は、福岡県との面積比で、最大で30.0%、最少で1.9%、平均で19.0%であった。このことは、福岡県は平均して約2割弱の地域が土砂災害発生密度が大きく、 10km^2 あたり5年間で1か所以上の災害分布密度で土砂災害を発生させたことを示している。最近この値が著しく低下したが、2012年にも九州北部豪雨があり、これを加えると再度土砂災害発生密度が増大する可能性が大きい。

土砂災害発生密度の高い地域の面積は、1993年の台風災害と2003年の九州豪雨災害後に飛躍的に拡大している。また、この期間の調査だけでは、経年的な土砂災害発生密度の変遷を議論することは困難であるが、福岡県で梅雨末期豪雨による土砂災害が少ない年には、梅雨末期の豪雨は福岡県より北で発生していることが多い。このため亜熱帯高圧帯が地球温暖化に伴って拡大する傾向があれば、福岡県の梅雨末期豪雨は減少することになり、表1の結果は最近の温暖化傾向と必ずしも矛盾するわけではない。

本論文作成には、平成23年度科学研究費補助金（基盤研究(C)）、課題番号23501253「土砂災害発生に関する経年的変化の検討」（研究代表者磯望）を利用した。また、福岡県県土整備部砂防課からは土砂災害年次報告書の利用に便宜を計っていただいた。以上記して謝意を表する。

引用文献

- 磯望・黒木貴一・宗建郎・黒田圭介・後藤健介（2012）福岡県における土砂災害分布の経年的特徴，第6回土砂災害に関するシンポジウム論文集（土木学会西部支部），89－94。
- 川野哲也・守田治・市丸裕美子（2004）2003年梅雨期北部九州の豪雨について，自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集，28号，125－128。
- 黒木貴一・磯望・後藤健介・黒田圭介（2010）平成21年7月中国・九州北部豪雨による那珂川町の被害，自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集，34号，113－116。
- 後藤健介・磯望・黒木貴一・陶野郁雄・植村奈津子・谷山久美・御厨えり子（2004）四

- 王寺山脈（太宰府市域）における土石流災害，自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集，28号，101-104.
- 前島郁雄（1968）自然季節の気候学，気象研究ノート，98号，357-367.
- 守田治・川野哲也・関谷直高（2004）2003年梅雨期南部九州の豪雨について，自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集，28号，129-132.
- 永野博之・高岡広樹・橋本晴行・朴崎繁・城戸正一郎・生田浩一・江崎哲郎（2004）2003年宇美川上流域で発生した土石流の流出解析，自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集，28号，105-108.
- 山本晴彦・岩谷潔（2004）2003年7月18日から19日にかけて発生した福岡豪雨の特徴と浸水被害，自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集，28号，121-124.
- 山本晴彦・山崎俊成・森博隆・有村真吾・高山成・吉越恒・岩谷潔（2010）山口県において2009年7月21日に発生した豪雨の特徴と水災害の概要，自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集，34号，77-80.

西南学院大学人間科学部児童教育学科