

# 1993年鹿児島豪雨による斜面崩壊・土石流の分布と土砂生産

地頭 蘭 隆・下川 悦郎・松本 舞恵・加藤 昭一・三浦 郁人  
(森林資源環境学研究室)

## Sediment Yield by Slope Failures and Debris Flows Due to Storms in 1993 in Kagoshima, Kyusyu

Takashi JITOUSONO, Etsuro SHIMOKAWA, Makie MATSUMOTO, Syoichi KATO and Ikuto MIURA  
(Laboratory of Watershed Management and Forest Products Technology)

### はじめに

1993年、鹿児島県は梅雨に入ってから台風13号が上陸した9月3日までの間に幾度となく豪雨に見舞われた。これによって県内のあちこちで災害が発生し、合わせて120人（不明者も加えると121人）という多くの尊い人命が犠牲になった。

7月31日から8月2日にかけて県中部地域では総雨量500mm以上の激しい雨に見舞われ、斜面崩壊・土石流が多発した。さらに、8月6日には鹿児島市の北部から郡山町にかけての地域が総雨量300mm以上の激しい雨に襲われ、多数の斜面崩壊・土石流が発生した。

本論は、7月31日から8月2日にかけての豪雨（以下8・1豪雨と呼ぶ）および8月6日の豪雨（以下8・6豪雨と呼ぶ）後、鹿児島市からその北部の郡山町、吉田町、さらに始良町にかけて撮影された空中写真の判読結果と、それに基づいて算出した斜面崩壊・土石流による侵食土砂量、土砂氾濫面積に関する解析結果について報告したものである。

### 1993年の降雨概況

5月17日（発表では5月21日）に梅雨入りした九州南部地方は、6月から9月にかけて長雨、幾度の集中豪雨、相次ぐ台風の襲来により記録的な大雨となった。7月9日に梅雨明けが発表されたが、その後も梅雨状態が続く結果となり、鹿児島地方気象台は「7月9日の梅雨明け」を「梅雨明けははっきりしない」と修正した。

鹿児島地方気象台における1993年の年降雨量は4,022mmに達し、平年の181%であった。この年降雨量は1905年に記録した最多年降雨量（3,550.6mm）を上回り記録を更新した。月降雨量では、4、5、10、11月を除く他月は平年値を上回り、特に7月の月降雨量は1,054.5mmを記録し、7月の最多だった1901年の記録（980.5mm）を更新、最多月降雨量の1915年6月の記録（994.5mm）をも上回った。そのほか、県内各地で雨量に関する多くの記録が更新された。

Fig. 1は、鹿児島県内の気象台<sup>1)</sup> および鹿児島大学の観測所<sup>2)</sup> の雨量データを用いて、ほぼ平年的な降雨量であった1992年の年降雨量と1993年の年降雨量の等雨量線図を作成したものである。鹿児島県内の年降雨量の平均値は平野部で2,000~2,500mm程度、山沿いで2,500mm以上であるが、1993年は県本土のほとんどの地点で3,500mmを超えている。

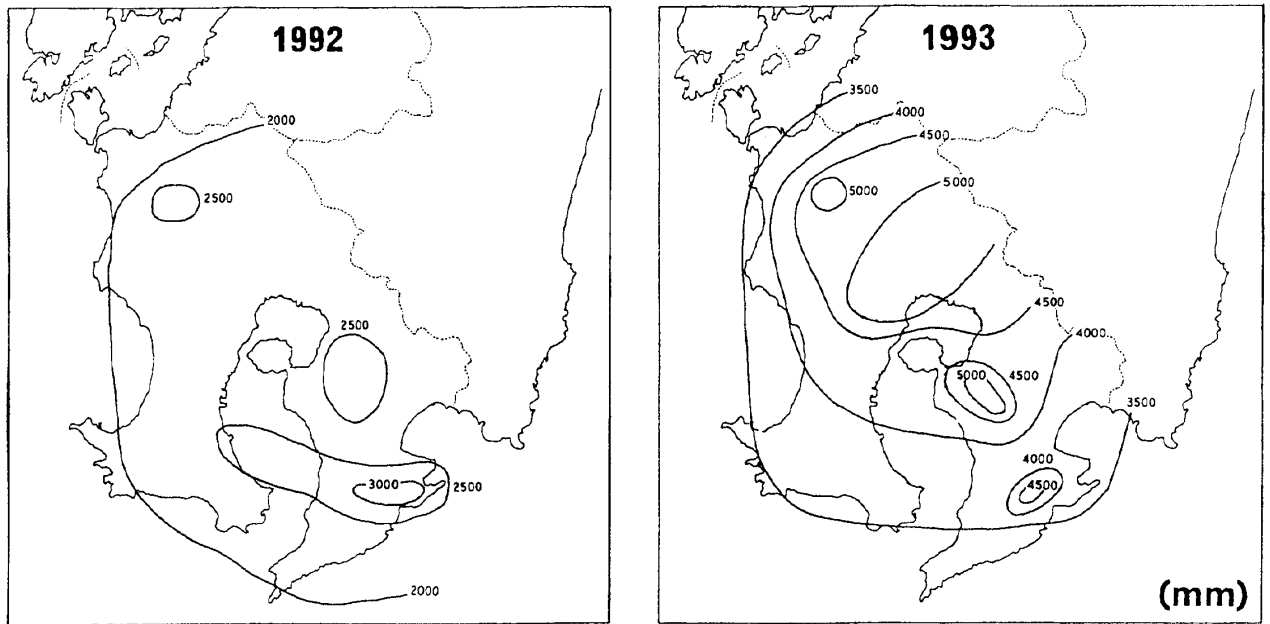


Fig. 1 Comparison of isohyetal maps of annual rainfall between in 1992 and 1993.

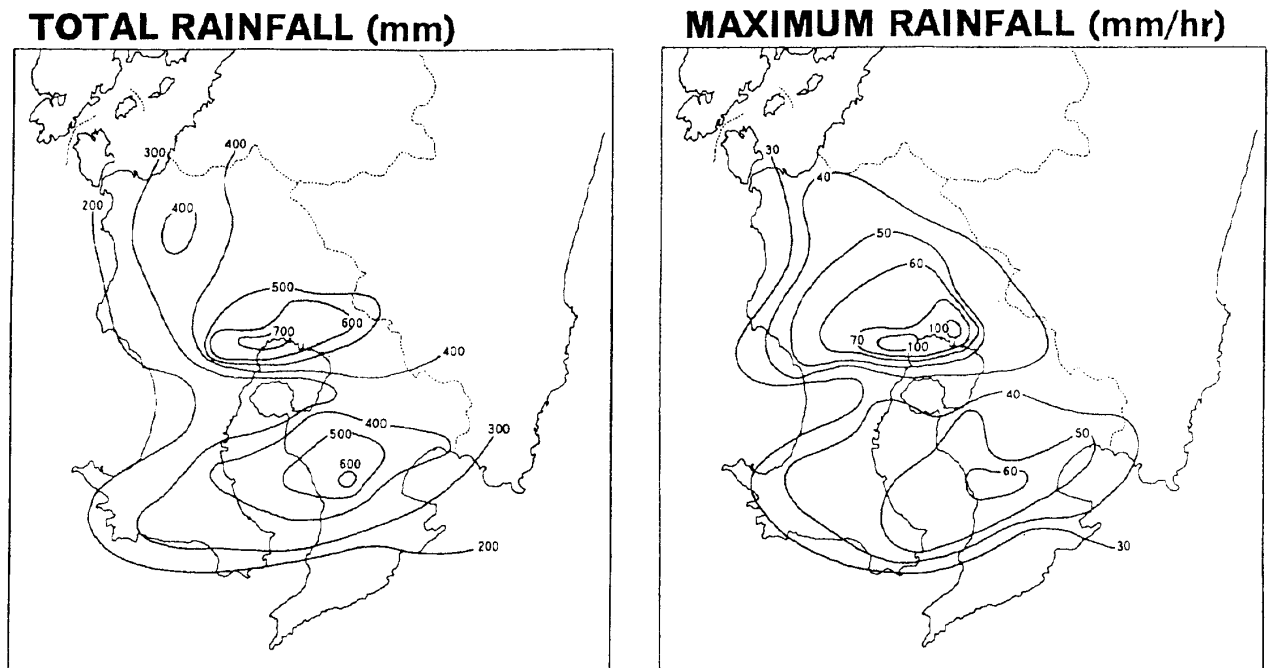


Fig. 2 Isohyetal maps of total rainfall and maximum rainfall per hour during the period from July 31 to August 2 in 1993.

Fig. 2 は、上記の雨量データに各市町村<sup>3)</sup>の雨量データを加えて作成した7月31日～8月2日の総降雨量および最大時間雨量の等雨量線図である。大きな災害が発生した県中部地域の吉田町、始良町、加治木町、溝辺町、隼人町、国分市、霧島町にける一帯では総雨量が600mmを超え、最大時間雨量も70mm以上となっている。溝辺町の鹿児島航空測候所では1日17時前後に104mm/hr（県内の観測史上第3位）を記録し、鹿児島県では1時間85mm以上の場合に適用される「記録的短時間大雨情報」が出された。Fig. 3 は、8月5～6日の総降雨量および最大時間雨量の等雨量線図である。鹿児島市の北部地

域から郡山町にかけては総雨量300mmを超え、最大時間雨量も50mmを超えている。鹿児島市では6日18:30~19:30に63.5mmを記録し、日雨量も259.5mmに達した。一方、今回の豪雨により鹿児島市内で氾濫を起こした甲突川の支川川田川の最上流に位置する郡山町厚地の量水試験地<sup>2)</sup>では6日16:50~17:50に101mmを記録している。

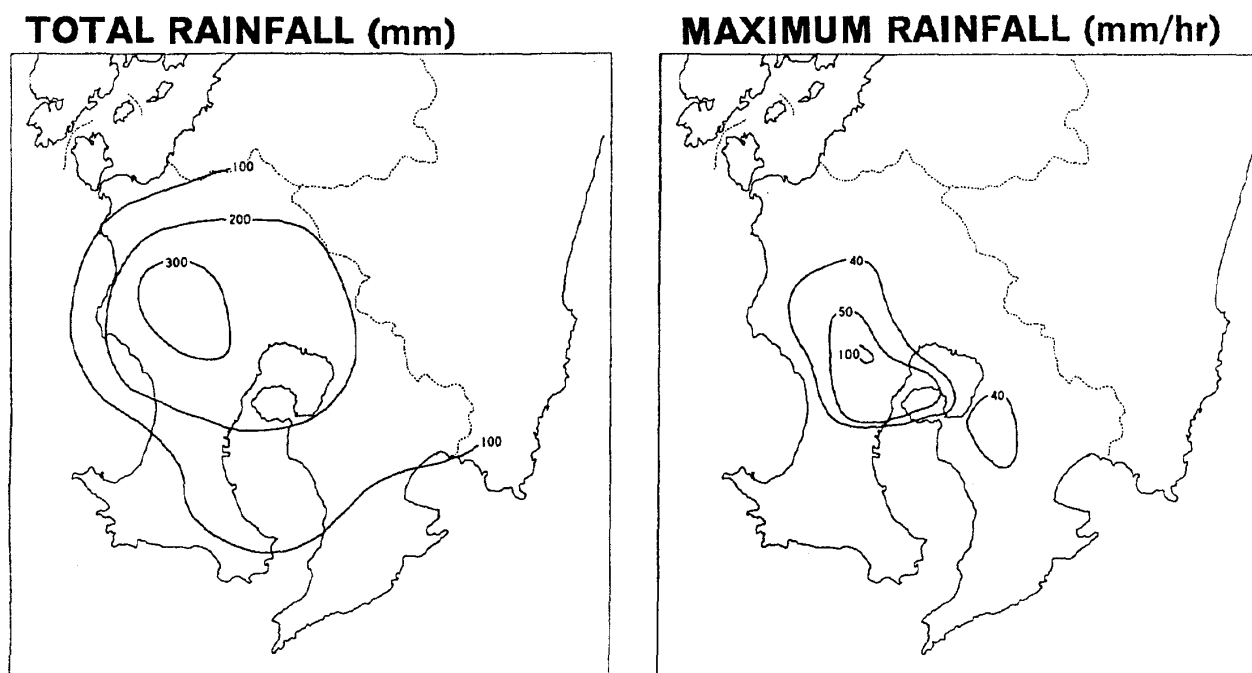


Fig. 3 Isohyetal maps of total rainfall and maximum rainfall per hour during the period from August 5 to August 6 in 1993.

### 空中写真判読と解析方法

8・1豪雨および8・6豪雨後、鹿児島市からその北部の郡山町、吉田町、始良町にかけての区域の垂直空中写真（縮尺約8,000分の1）が国際航空写真株式会社によって撮影された（Fig. 4）。この空中写真を実体視して斜面崩壊・土石流の発生跡地を判読し、その跡地周囲を透明なフィルムにトレースして分布図を作成した。その際、斜面崩壊・土石流の発生跡地は侵食域（崩壊域および侵食を伴う土砂移動域）と土砂氾濫域（土砂堆積域）に区分した。斜面崩壊・土石流の発生跡地の分布図から侵食域と土砂氾濫域の周囲の座標値をデジタイザ（座標読み取り装置）を用いてコンピュータに入力した。さらに、斜面崩壊・土石流の発生跡地の分布図と同じ座標系で5,000分の1地形図（一部25,000分の1の地形図）の等高線の座標値を同様の方法でコンピュータに入力した。斜面崩壊・土石流の発生跡地の分布図と等高線を同縮尺でディスプレイ上に同時出力し、斜面崩壊・土石流の発生位置や面積のひずみ補正を行った。

コンピュータに入力した斜面崩壊・土石流による侵食域および土砂氾濫域の周囲座標データから面積計算が可能である。さらに、空中写真判読区域（南北方向20.6km×東西方向15.8km、面積325km<sup>2</sup>）に200m間隔のメッシュをかけ、200×200m（面積40,000m<sup>2</sup>）のグリッド単位で斜面崩壊・土石流による侵食域および土砂氾濫域に関する数量的な解析を行った。

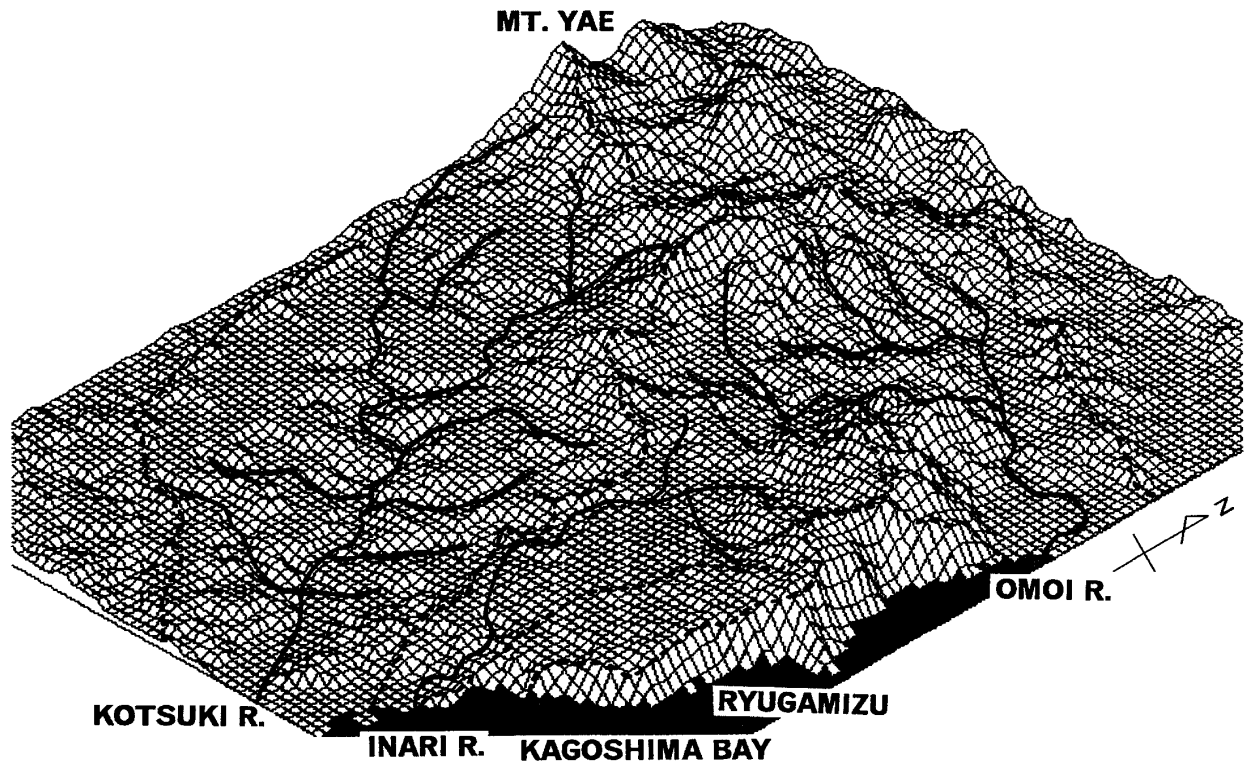


Fig. 4 Interpreted area by aerial photographs. Superposed grid is  $200 \times 200$ m.

### 斜面崩壊・土石流の分布

Fig. 5 は、コンピュータに入力した斜面崩壊・土石流の発生跡地周囲の座標データと5,000分の1の地形図の等高線の座標データをプロットに同時出力して作成した斜面崩壊・土石流の発生跡地分布図の例である。また、Fig. 6 は、Fig. 5 のような地区ごとに作成された斜面崩壊・土石流の発生跡地座標データから侵食域座標データを抽出し空中写真判読全域についてプロットに出力した侵食域分布図である。空中写真判読区域における侵食域は6,551箇所、土砂氾濫域は1,572箇所であった。ただし、複数の斜面崩壊・土石流により発生した土砂氾濫域はそれぞれの斜面崩壊・土石流に分離することは不可能であるため1箇所として数えている。Fig. 6 において、思川流域に分布する斜面崩壊・土石流はおもに8・1豪雨によるものであり、甲突川流域から始良カルデラ西側壁にかけて分布する斜面崩壊・土石流はおもに8・6豪雨によるものである。

Fig. 7 は、個々の侵食域および土砂氾濫域の周囲座標データから計算した面積を $100\text{m}^2$ 間隔でそれぞれヒストグラムに示したものである。侵食域は $100 \sim 200\text{m}^2$ の面積が最も多く、次いで $100\text{m}^2$ 未満、 $200 \sim 300\text{m}^2$ となっており、3者で全体の約60%を占めている。侵食域の平均面積は $420\text{m}^2$ 、最大面積は $7,500\text{m}^2$ であった。土砂氾濫域は $100 \sim 200\text{m}^2$ と $200 \sim 300\text{m}^2$ のものが多くなっている。また、 $2,000\text{m}^2$ 以上の土砂氾濫域も多数あり、中には $86,000\text{m}^2$ に及ぶものもあった。

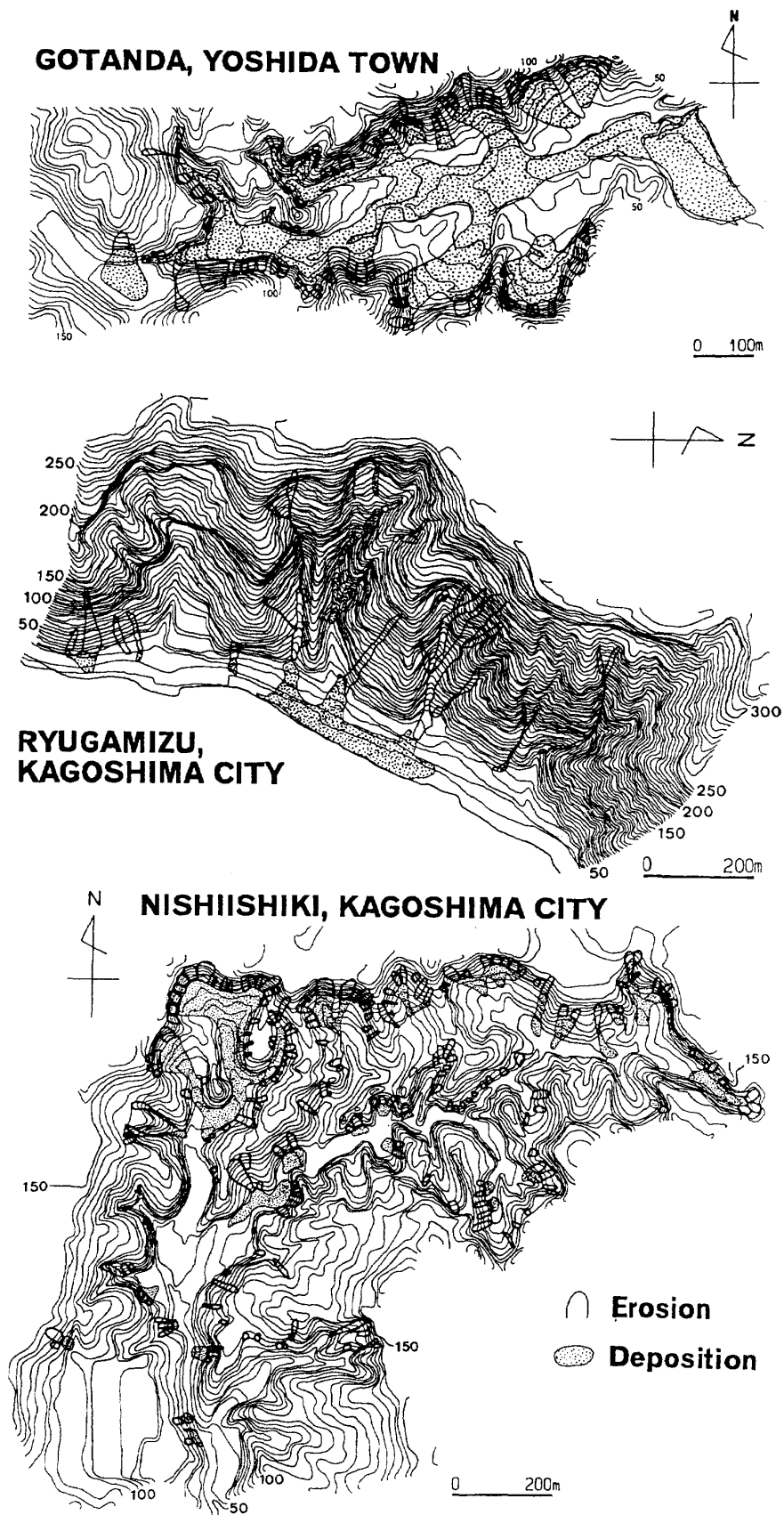


Fig. 5 Examples of distribution map showing erosion and deposition scars by slope failures and debris flows interpreted by aerial photographs.

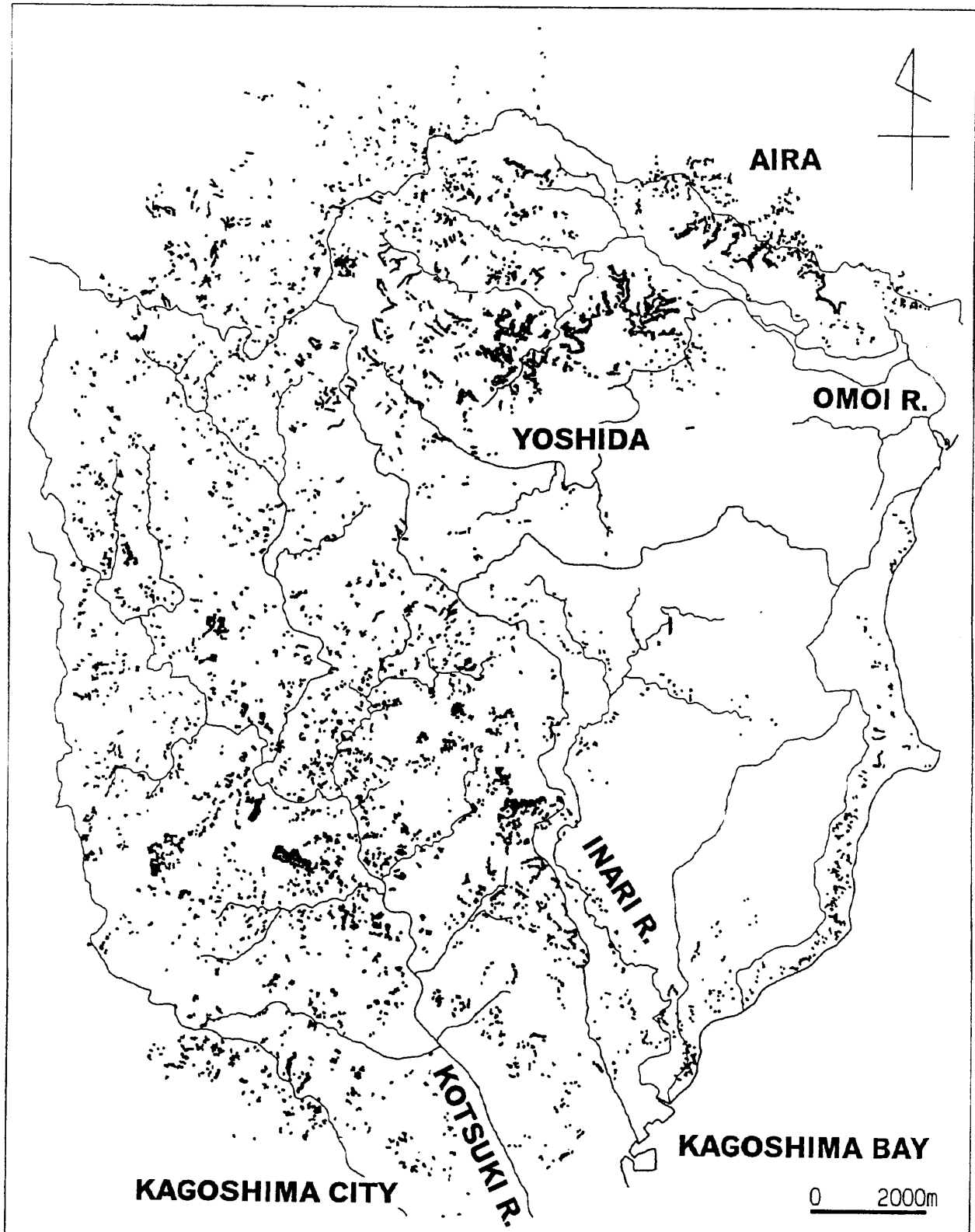


Fig. 6 Spatial distribution map showing erosion scars by slope failures and debris flows based on aerial photographic interpretation.

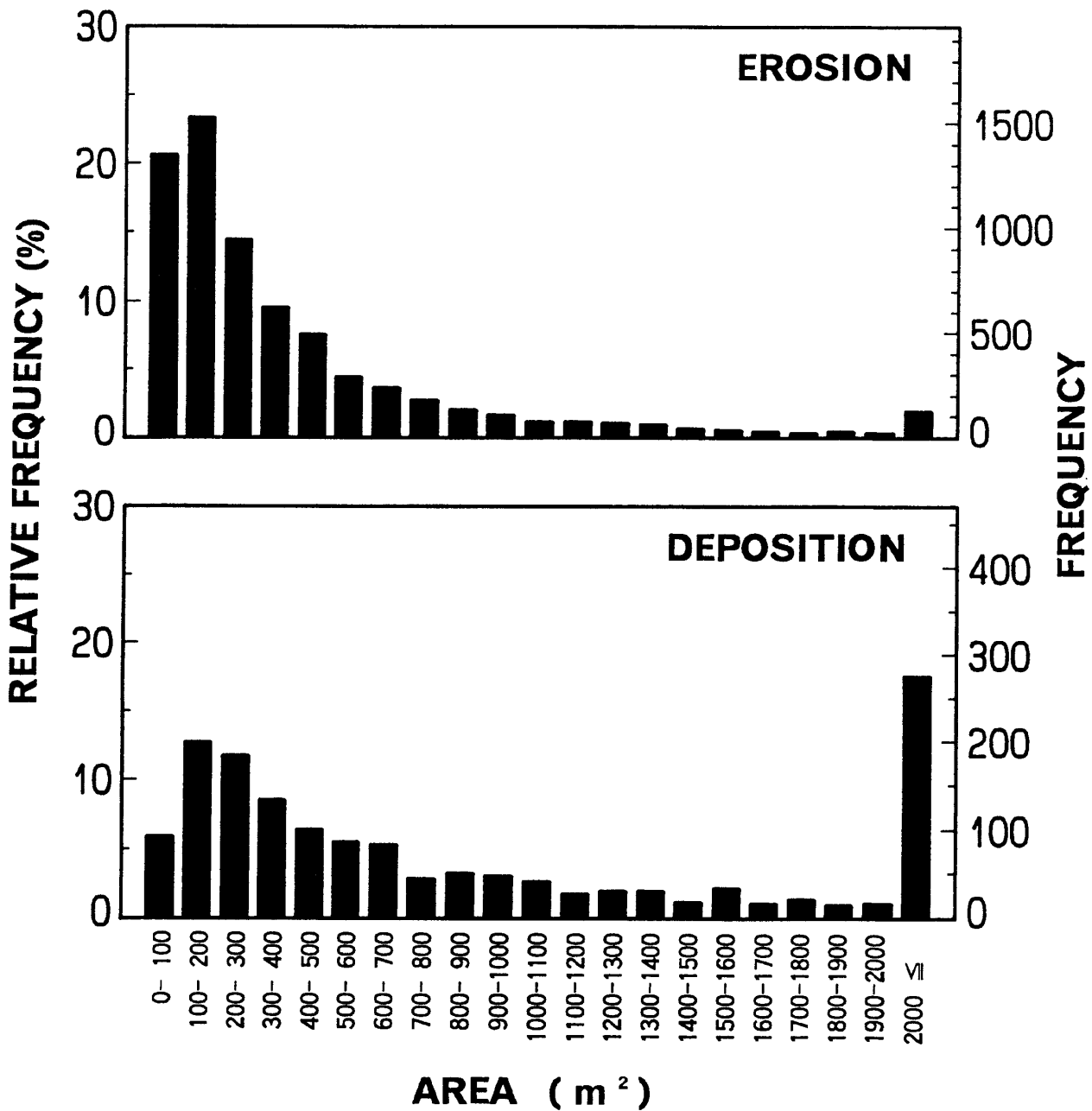


Fig. 7 Frequency distributions of area of erosion and deposition scars by slope failures and debris flows.

侵食域分布図 (Fig. 6) につけられた200×200mグリッド内の侵食域の箇所数およびグリッドに占める侵食域面積率を求めた。Fig. 6につけられた総グリッド数は8,137個 (南北方向103個×東西方向79個) である。Fig. 8およびFig. 9は、グリッド単位の侵食域箇所数およびその面積割合の分布を示したものである。さらに、Fig. 10およびFig. 11は、Fig. 8およびFig. 9を3次元表示したものである。グリッド総数8,137個のうちグリッド内に侵食域が1箇所以上存在するグリッドは2,144個あり、全体の約26%に相当する。侵食域が10箇所以上存在するグリッドはおもに甲突川中流域および思川中流域に集中している。また、侵食域面積率が10%を超えるようなグリッドはおもに甲突川中流域、始良カルデラ壁および思川中流域に分布している。

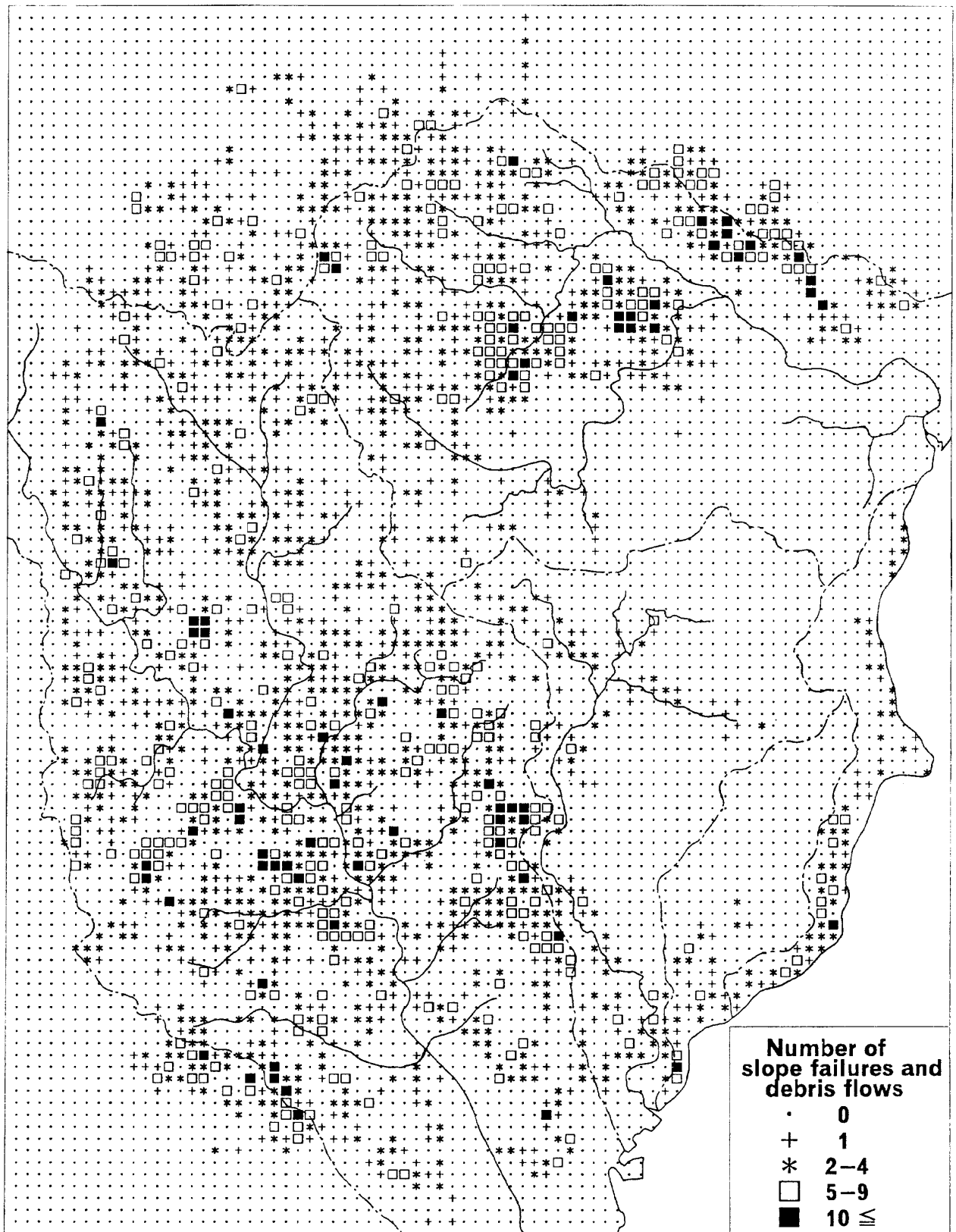


Fig. 8 Spatial distribution map of the number of slope failures and debris flows in a grid of 200×200m.



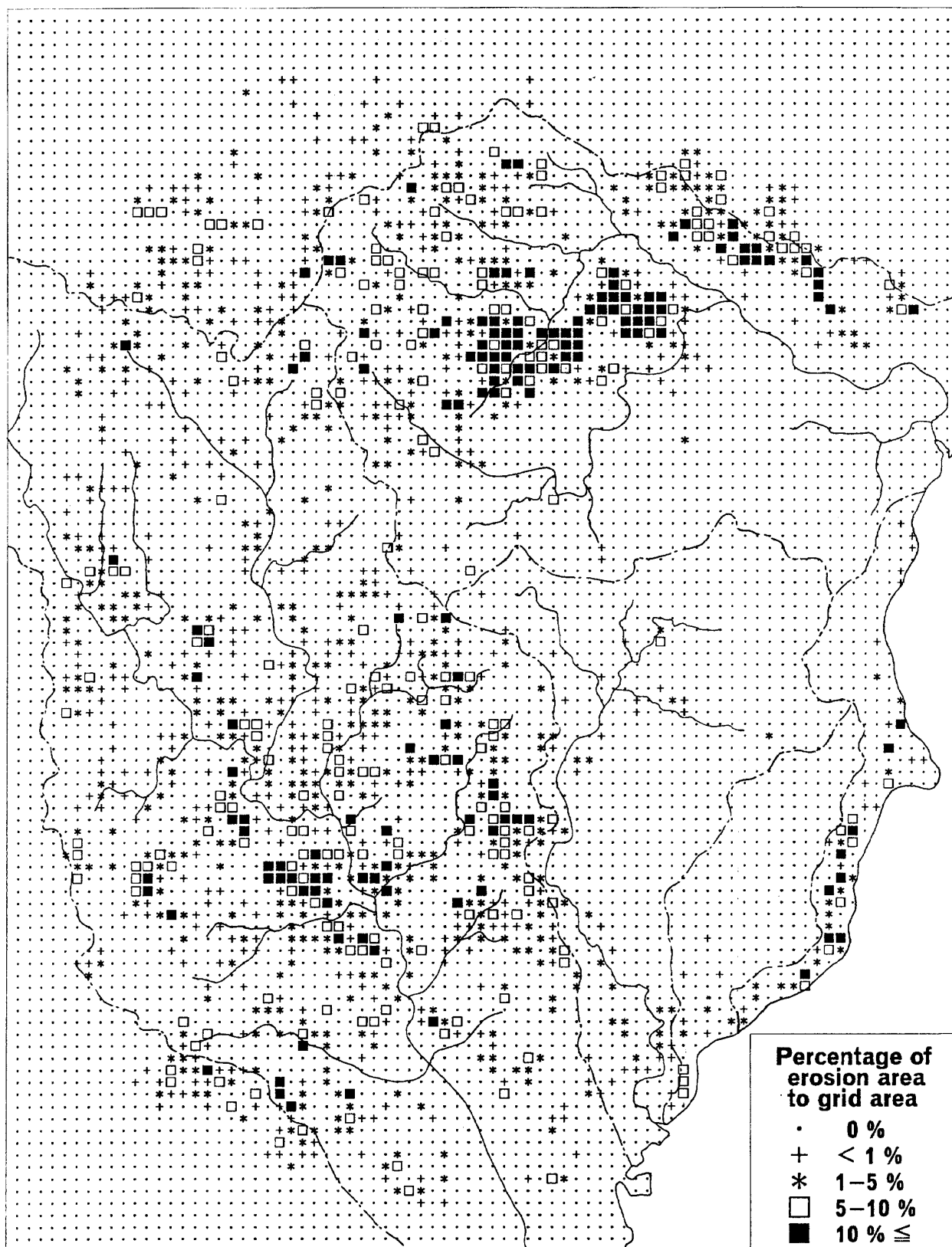


Fig. 9 Spatial distribution map of the percentage of eroded area by slope failures and debris flows to a grid area.

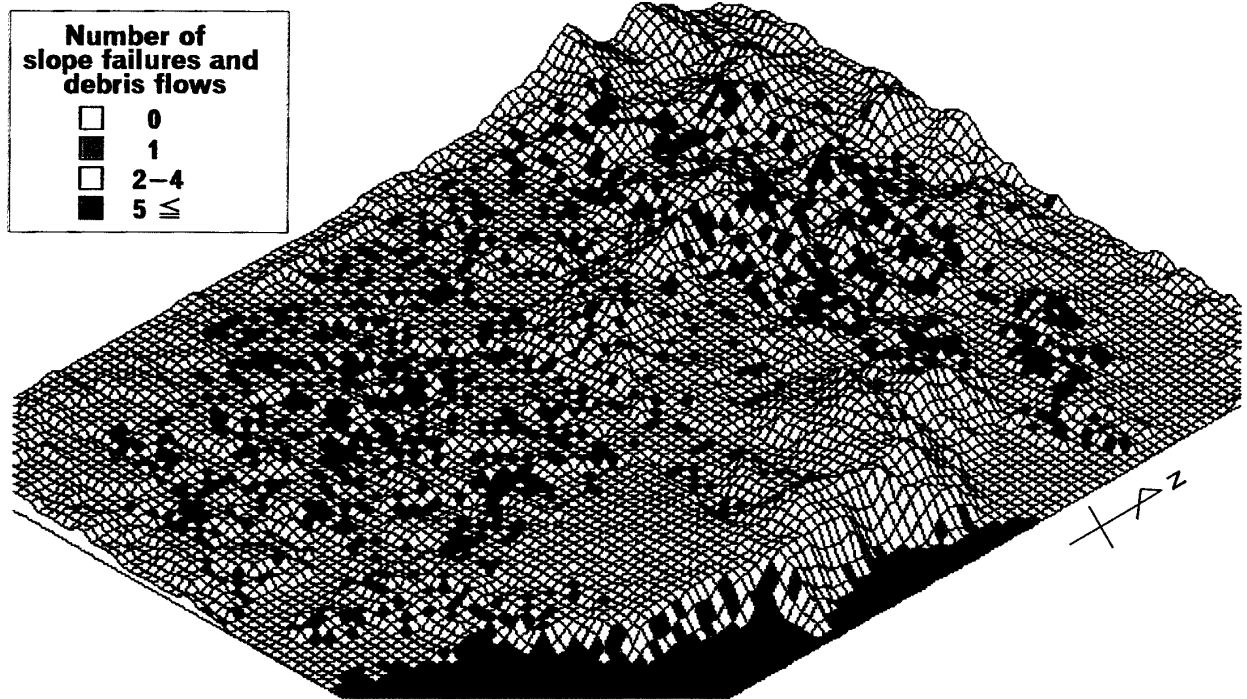


Fig. 10 Three - dimensional presentation of Figure 8.

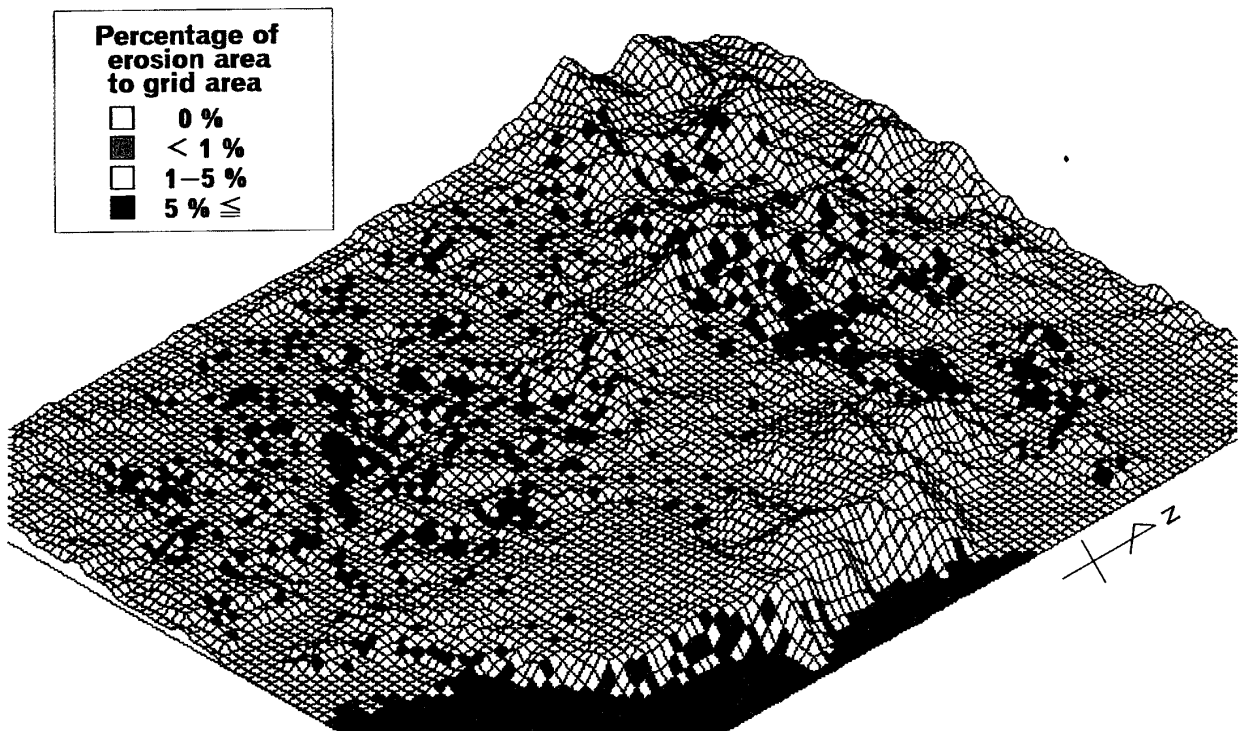


Fig. 11 Three - dimensional presentation of Figure 9.

Fig. 12は、グリッド内の侵食域箇所数およびグリッドに占める侵食域面積率のヒストグラムである。グリッド内に侵食域が1箇所分布するグリッドが最も多く約34%を占め、グリッド内侵食域箇所数が増加するに伴いその割合は減少している。グリッド最大の侵食域箇所数は24個であった。グリッド内の侵食域面積率は1%未満が最も多く約35%を占め、侵食域面積率が増加するに伴いその割合は減少している。グリッド最大の侵食域面積率は49%であった。

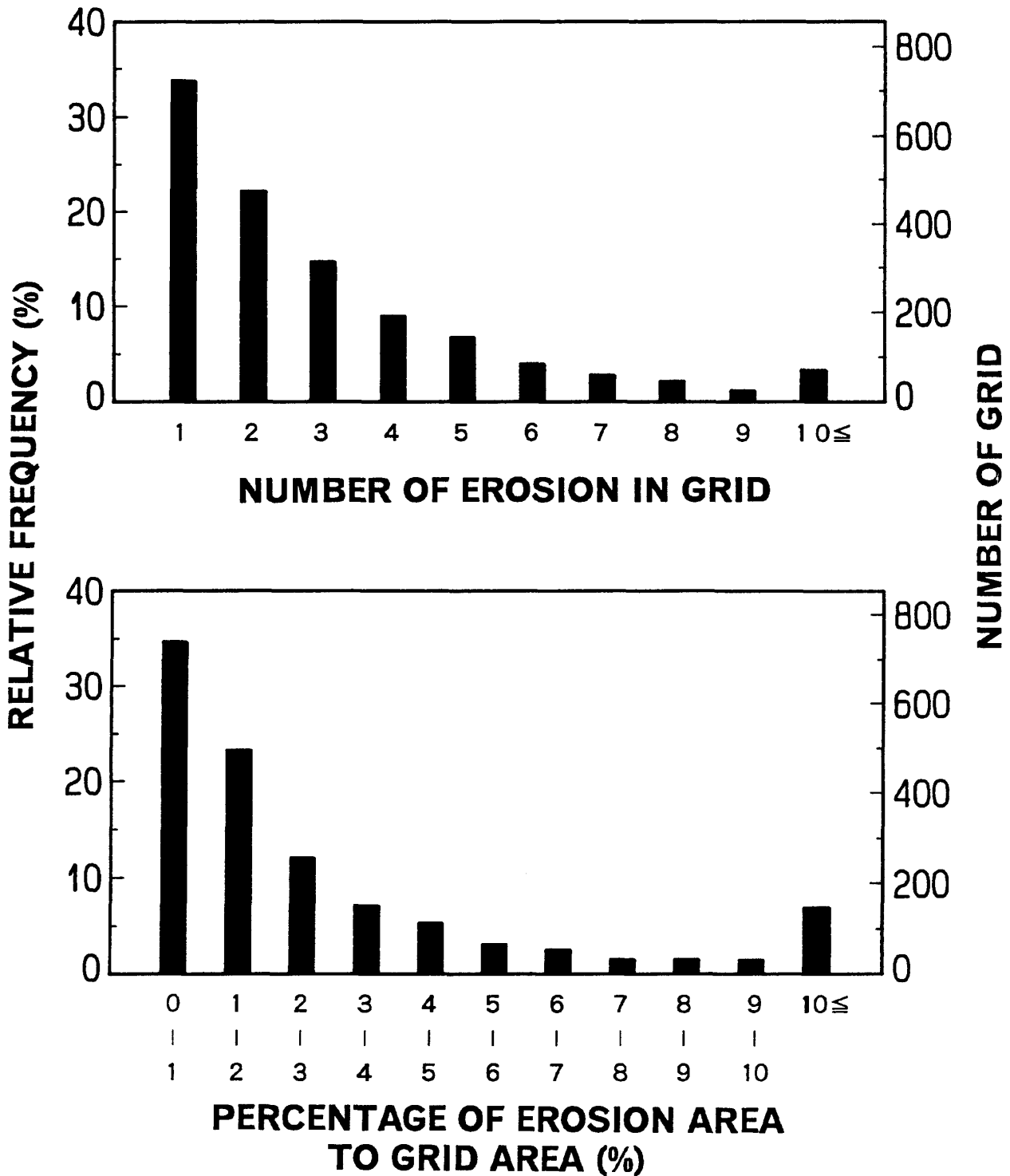


Fig. 12 Frequency distributions of the number of erosion in a grid and the percentage of eroded area by slope failures and debris flows to the grid area.

### 区域（流域）ごとの斜面崩壊・土石流の特徴

空中写真判読区域をグリッド単位で思川流域，甲突川流域，稲荷川流域，吉野区域，および始良カルデラ壁区域の5区域（流域）に区分し（Fig. 13），それぞれの区域ごとに斜面崩壊・土石流分布の特徴を分析した。それぞれの区域のグリッド数およびグリッド単位での面積は，思川流域1,518グリッド（60.72km<sup>2</sup>），甲突川流域2,651グリッド（106.04km<sup>2</sup>），稲荷川流域765グリッド（30.60km<sup>2</sup>），吉野区域

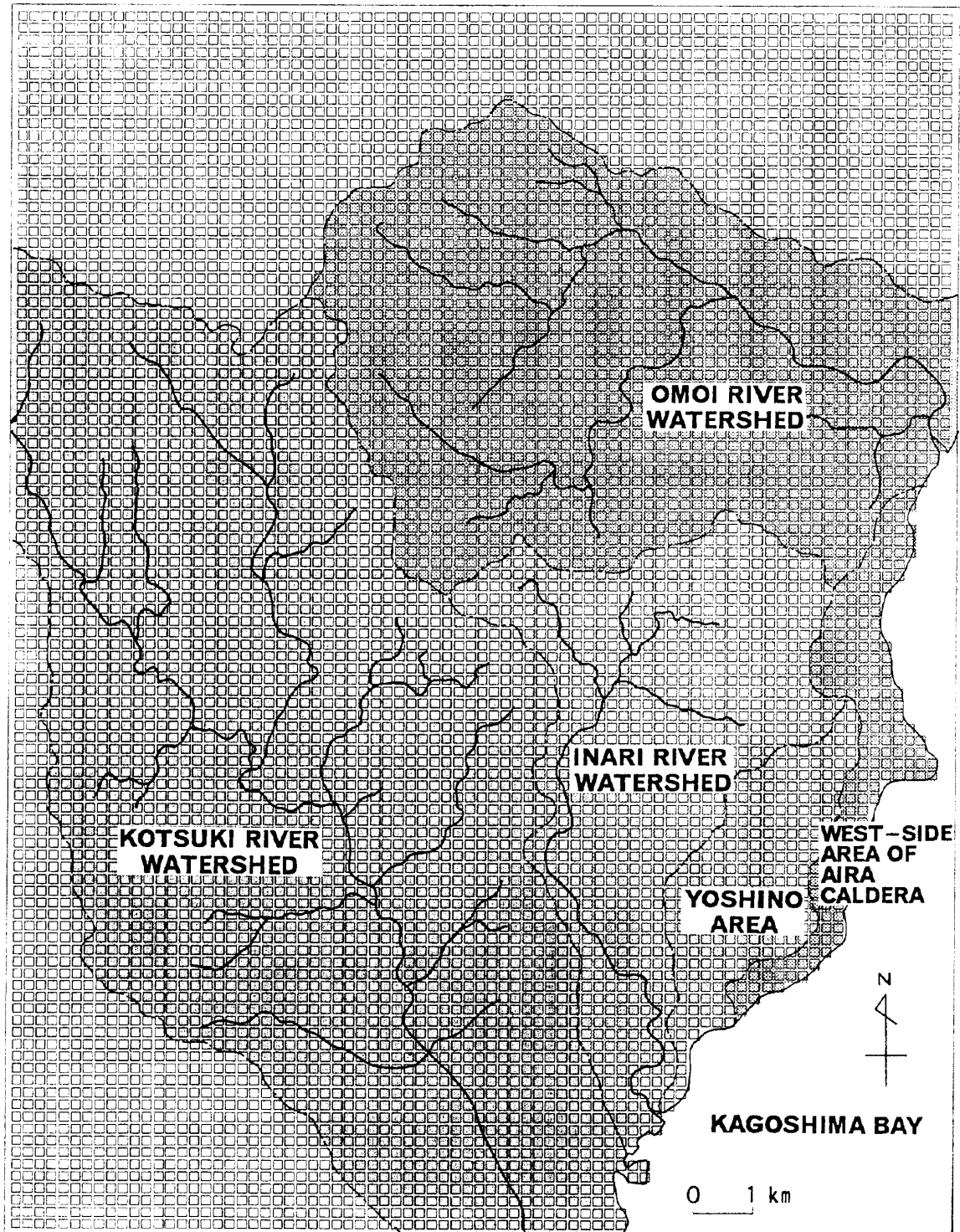


Fig. 13 Division of interpreted area by aerial photographs.

237グリッド (9.48km<sup>2</sup>), 始良カルデラ壁区域188グリッド (7.52km<sup>2</sup>) である。斜面崩壊・土石流による侵食域の箇所数は, 思川流域1,587箇所, 甲突川流域3,663箇所, 稲荷川流域243箇所, 吉野区域83箇所, カルデラ壁区域187箇所であった。土砂氾濫域は, 思川流域369箇所, 甲突川流域805箇所, 稲荷川流域137箇所, 吉野区域31箇所, カルデラ壁区域73箇所であった。

Fig. 14は, 斜面崩壊・土石流による個々の侵食域面積のヒストグラムを示したものである。思川流域では100~200m<sup>2</sup>が最も多く約16%を占め, 次いで200~300m<sup>2</sup>, 0~100m<sup>2</sup>, 300~400m<sup>2</sup>, 400~500m<sup>2</sup>の順で多くそれぞれ約12~10%を占めている。最大値は7,500m<sup>2</sup>, 平均値は630m<sup>2</sup>である。甲突川流域では100~200m<sup>2</sup>および0~100m<sup>2</sup>が多くそれぞれ約25%および約23%を占め, 次いで200~300m<sup>2</sup>が約15%を占めている。最大値は5,200m<sup>2</sup>, 平均値は360m<sup>2</sup>である。稲荷川流域および吉野区域では0~100m<sup>2</sup>が最も多く, 次いで100~200m<sup>2</sup>であり, 両者で約60%以上を占めている。最大値および平均値は稲荷川流域で3,500m<sup>2</sup>および230m<sup>2</sup>, 吉野区域で800m<sup>2</sup>および210m<sup>2</sup>である。始良カルデラ壁区域では0~100m<sup>2</sup>および100~200m<sup>2</sup>が多くそれぞれ約22%および約20%を占め, 次いで200~300m<sup>2</sup>が約15%を占めている。最大値は7,400m<sup>2</sup>, 平均値は580m<sup>2</sup>である。5区域の侵食域面積の平均値を比較すると, 思川流域で最も大きく, 次いで始良カルデラ壁区域, 甲突川流域, 稲荷川流域, 吉野区域の順である。

Fig. 15は, 斜面崩壊・土石流による土砂氾濫域面積のヒストグラムを示したものである。思川流域では100~200m<sup>2</sup>, 300~400m<sup>2</sup>, 200~300m<sup>2</sup>, 400~500m<sup>2</sup>の順で多く, それぞれ8~6%を占めている。最大値は86,000m<sup>2</sup>, 平均値は4,200m<sup>2</sup>である。甲突川流域では100~200m<sup>2</sup>および0~100m<sup>2</sup>が多くそれぞれ約14%および約13%を占めている。最大値は3,200m<sup>2</sup>, 平均値は1,200m<sup>2</sup>である。稲荷川流域では200~300m<sup>2</sup>が最も多く約19%を占め, 次いで100~200m<sup>2</sup>が約16%を占めている。最大値は6,700m<sup>2</sup>, 平均値は900m<sup>2</sup>である。吉野区域では100~200m<sup>2</sup>, 200~300m<sup>2</sup>, 400~500m<sup>2</sup>で多くそれぞれ約13%を占めている。最大値は24,000m<sup>2</sup>, 平均値は1,900m<sup>2</sup>である。始良カルデラ壁区域では100~200m<sup>2</sup>, 300~400m<sup>2</sup>で多くそれぞれ16~15%を占めている。最大値は28,000m<sup>2</sup>, 平均値は1,800m<sup>2</sup>である。5区域の土砂氾濫域面積の平均値を比較すると, 思川流域で最も大きく, 次いで吉野区域, 始良カルデラ壁区域, 甲突川流域, 稲荷川流域の順である。

Fig. 16は, グリッド内の侵食域箇所のヒストグラムを示したものである。5区域ともグリッド内に侵食域が1箇所存在するグリッドが最も多く, グリッド内侵食域箇所数が増加するに伴いその割合は減少している。斜面崩壊・土石流が高密度に分布している甲突川流域および思川流域においてはグリッド内侵食域が10箇所以上存在するグリッドがそれぞれ42個および24個含まれている。グリッド内の侵食域箇所の最大値は, 思川流域15箇所, 甲突川流域24箇所, 稲荷川流域8箇所, 吉野区域15箇所, 始良カルデラ壁区域10箇所であった。

Fig. 17は, グリッド内の侵食域面積率のヒストグラムを示したものである。5区域ともグリッド侵食域面積率1%のグリッドが最も多い。思川流域, 甲突川流域, 稲荷川流域および吉野区域はグリッド内侵食域面積率が増加するに伴いその割合は減少する傾向にあるが, 始良カルデラ壁区域は不明瞭である。これは, カルデラ壁区域の複雑な地質構造に関係していると思われる。斜面崩壊・土石流が高密度に分布している甲突川流域および思川流域にはグリッド内侵食域面積率が10%を超すグリッドがそれぞれ57個および80個含まれている。グリッド内の侵食域面積率の最大値は, 思川流域49%, 甲突川流域47%, 稲荷川流域9%, 吉野区域9%, 始良カルデラ壁区域26%であった。

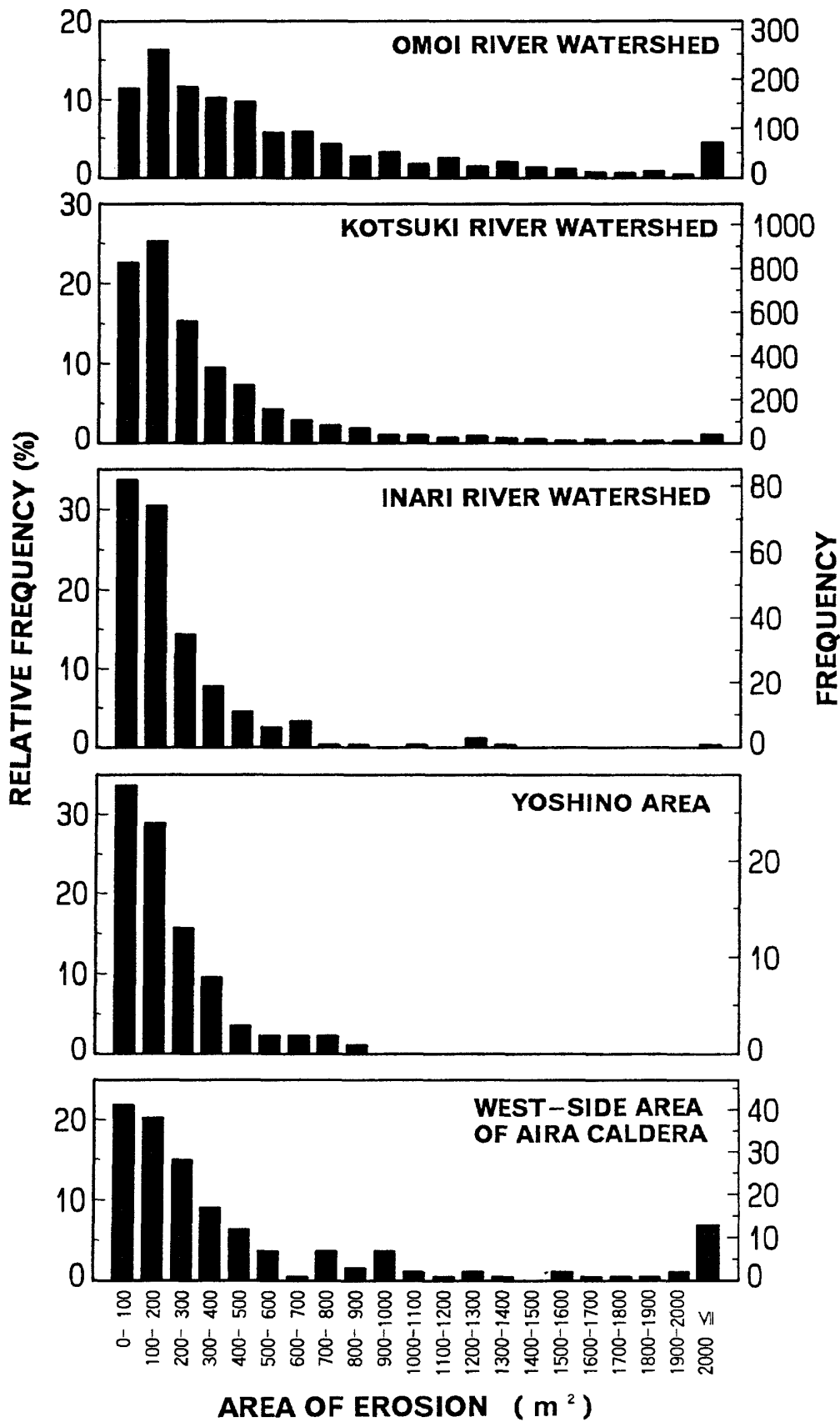


Fig. 14 Frequency distributions of area of erosion scars by slope failures and debris flows at each division.

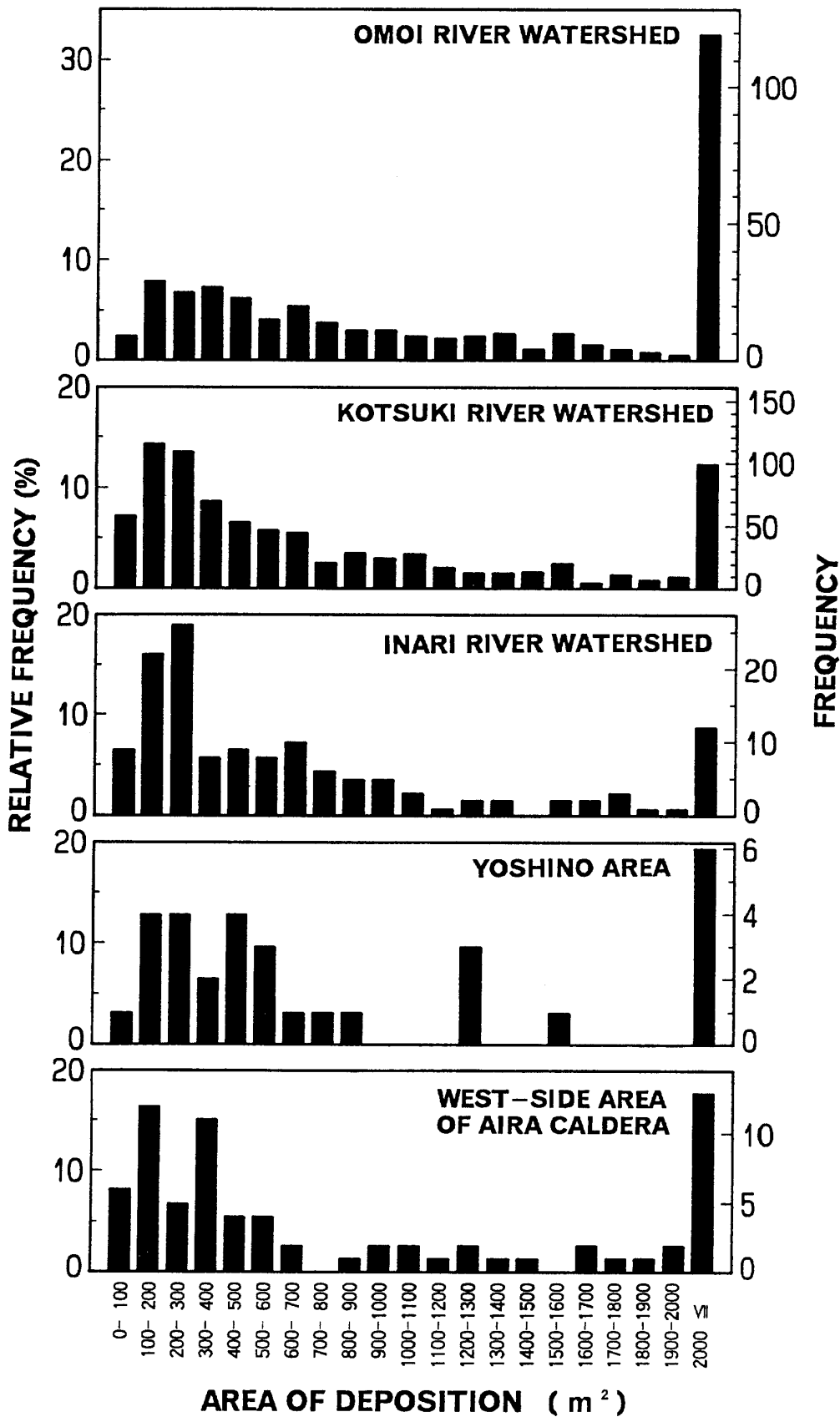


Fig. 15 Frequency distributions of area of sediment deposition scars by slope failures and debris flows at each division.

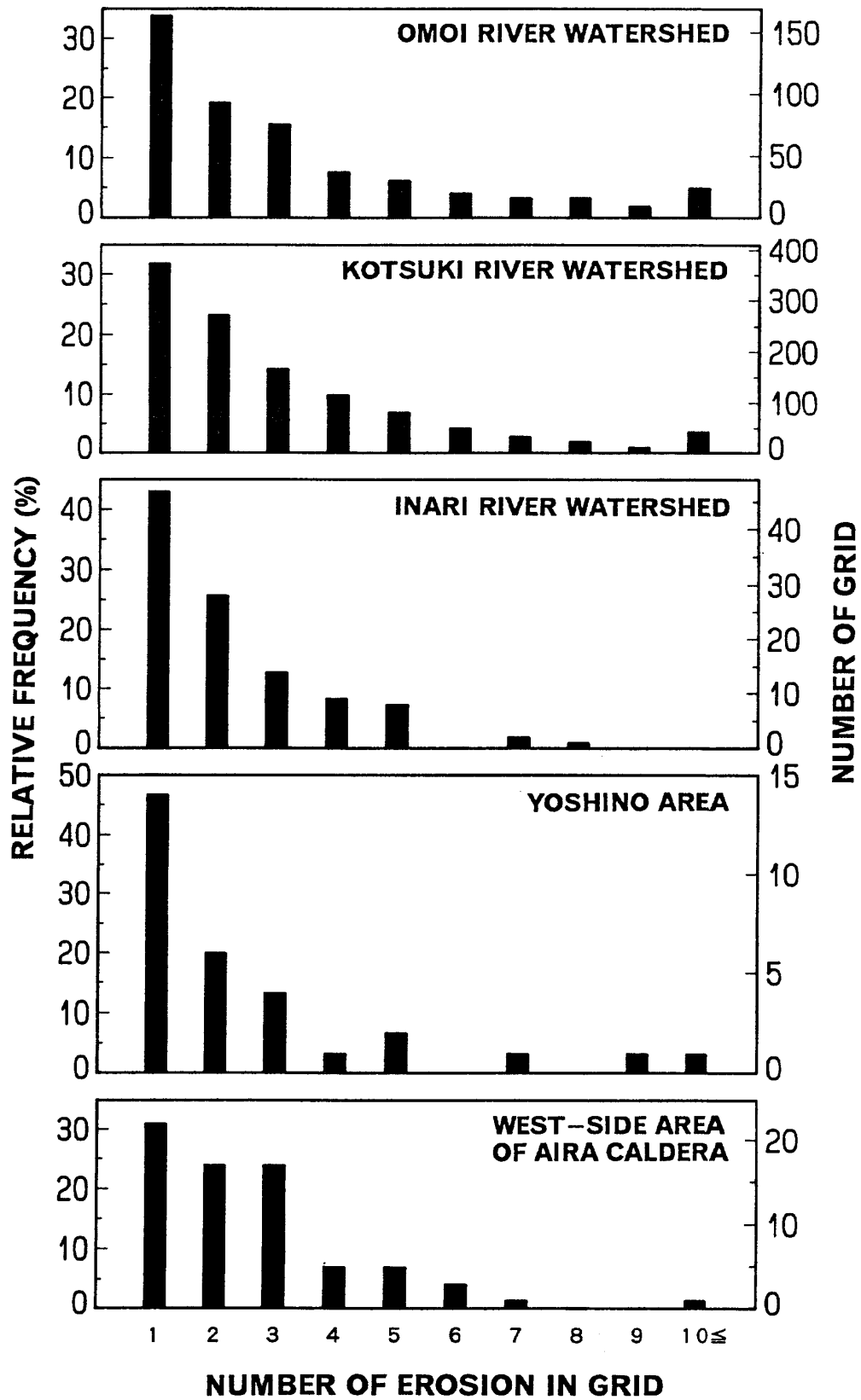


Fig. 16 Frequency distributions of the number of slope failures and debris flows at each division in a grid.



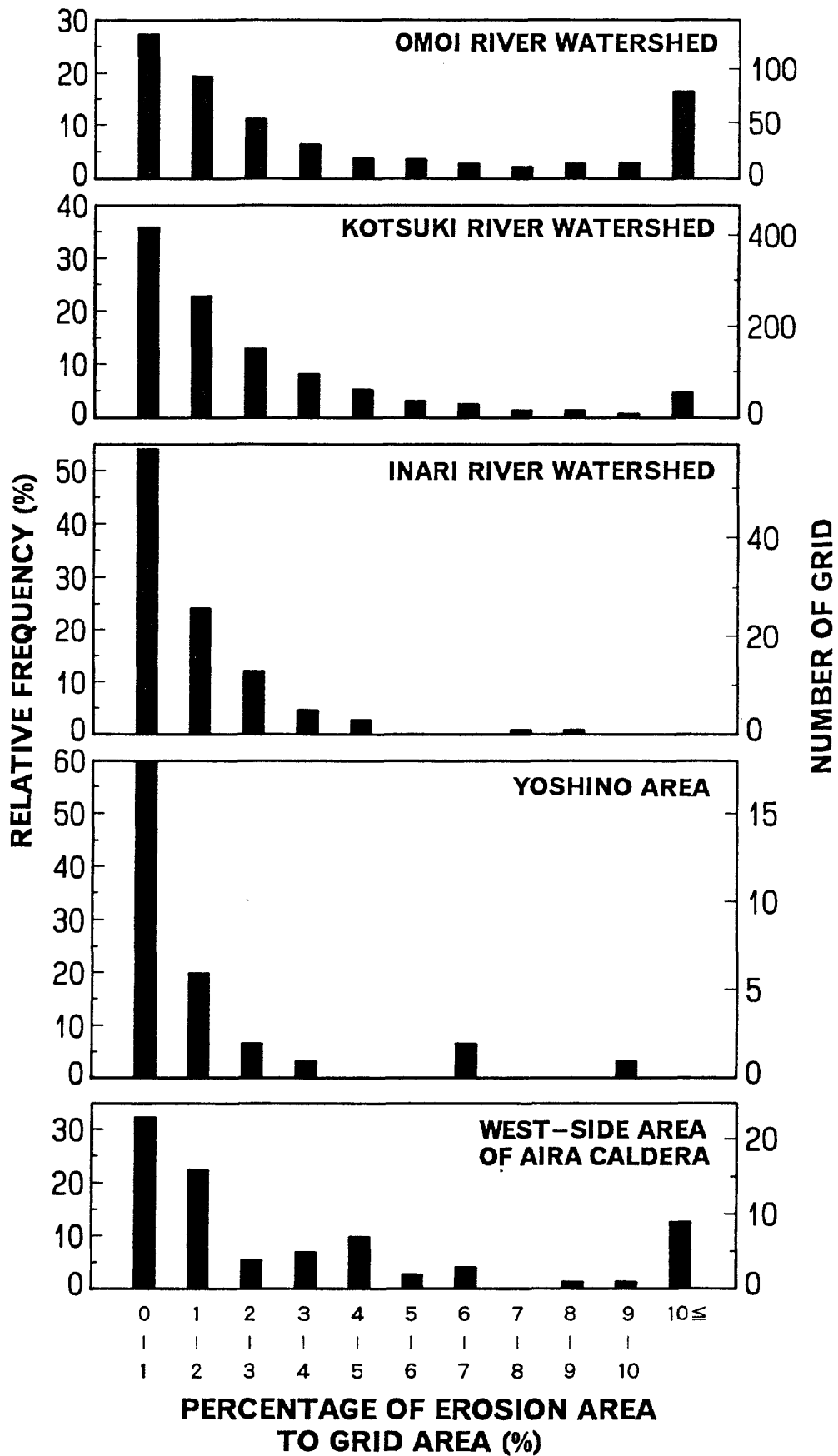


Fig. 17 Frequency distributions of the percentage of eroded area by slope failures and debris flows to the grid area at each division.

### 斜面崩壊・土石流による侵食土砂量

空中写真判読により作成した斜面崩壊・土石流による侵食域分布図から5区域ごとの侵食土砂量を算出した。斜面崩壊・土石流による侵食域面積を5区域ごとに合計したのがTable 1である。これらの値に平均崩壊深を乗ずると侵食土砂量が求められる。空中写真判読区域における斜面崩壊の形態は表層滑落型が多くみられた。ここでは平均崩壊深を50cmとして5区域における侵食土砂量を計算した(Table 1)。甲突川流域および思川流域で多量の土砂が生産されたことがわかる。侵食土砂量を区域面積で除して比侵食土砂量(面積1km<sup>2</sup>あたりの侵食土砂量)に換算した結果もTable 1に示している。比侵食土砂量は思川流域、始良カルデラ壁区域および甲突川流域で大きくなっている。

Table 1 Sediment yield by slope failures and debris flows.

Division	Area	Eroded area	Sediment yield	Specific sediment yield
	km <sup>2</sup>	×10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	×10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	×10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>
Omoi River watershed	60.72	999	500	8
Kotsuki River watershed	106.04	1,309	655	6
Inari River watershed	30.60	55	28	1
Yoshida area	9.48	17	9	1
West - side area of Aira caldera	7.52	109	55	7

Table 2 Area of deposition scars by slope failures and debris flows.

Division	Area km <sup>2</sup>	Area of deposition scar	
		×10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	×10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> /km <sup>2</sup>
Omoi River watershed	60.72	1,545	25
Kotsuki River watershed	106.04	959	9
Inari River watershed	30.60	122	4
Yoshida area	9.48	58	6
West - side area of Aira caldera	7.52	133	18

斜面崩壊・土石流による土砂氾濫域の面積を5区域ごとに合計した(Table 2)。土砂氾濫域面積は、しらす谷での崖錐の崩壊・流動化により発生した鉄砲水(土石流)が多発した思川流域で非常に大き

くなっている。Table 2には面積1 km<sup>2</sup>あたり換算した土砂氾濫面積も示している。1 km<sup>2</sup>あたりの土砂氾濫面積は思川流域で非常に大きく、次いで始良カルデラ壁区域、甲突川流域、吉野区域、稲荷川流域の順である。

斜面崩壊・土石流により侵食や土砂氾濫の被害を受けた土地面積を区域ごとに集計すると、思川流域、甲突川流域、稲荷川流域、吉野区域、始良カルデラ壁区域の順序で $2,544 \times 10^3 \text{ m}^2$ 、 $2,268 \times 10^3 \text{ m}^2$ 、 $177 \times 10^3 \text{ m}^2$ 、 $75 \times 10^3 \text{ m}^2$ 、 $242 \times 10^3 \text{ m}^2$ となり、思川流域および甲突川流域の被害面積が非常に大きい。また1 km<sup>2</sup>あたりの土地被害面積に換算すると上記の順序で $42 \times 10^3 \text{ m}^2 / \text{km}^2$ 、 $21 \times 10^3 \text{ m}^2 / \text{km}^2$ 、 $6 \times 10^3 \text{ m}^2 / \text{km}^2$ 、 $8 \times 10^3 \text{ m}^2 / \text{km}^2$ 、 $32 \times 10^3 \text{ m}^2 / \text{km}^2$ となり、思川流域で非常に大きく、次いで始良カルデラ壁区域、甲突川流域、吉野区域、稲荷川流域の順である。区域面積に占める斜面崩壊・土石流による土地被害面積率を求めると、思川流域4.2%、始良カルデラ壁区域3.2%、甲突川流域2.1%、吉野区域0.8%、稲荷川流域0.6%となっている。

### 地質区分ごとの斜面崩壊・土石流

縮尺10万分の1地質図<sup>4)</sup>を用いて、空中写真判読区域をグリッド単位で入戸火砕流堆積物の非溶結部であるしらすに覆われた区域(しらす区域)、安山岩・玄武岩などの火成岩類からなる区域(火成岩類区域)、国分層群・花倉層などの堆積層からなる区域(堆積層区域)の3区分に大まかに区分し(Fig. 18)、それぞれの区域ごとに斜面崩壊・土石流の特徴を分析した。それぞれの区域のグリッド数およびグリッド単位での面積は、しらす区域4,369グリッド(174.76km<sup>2</sup>)、火成岩類区域1,761グリッド(70.44 km<sup>2</sup>)、堆積層区域1,280グリッド(51.20km<sup>2</sup>)である。斜面崩壊・土石流による侵食域箇所数は、しらす区域4,825箇所、火成岩類区域931箇所、堆積層区域795箇所であった。

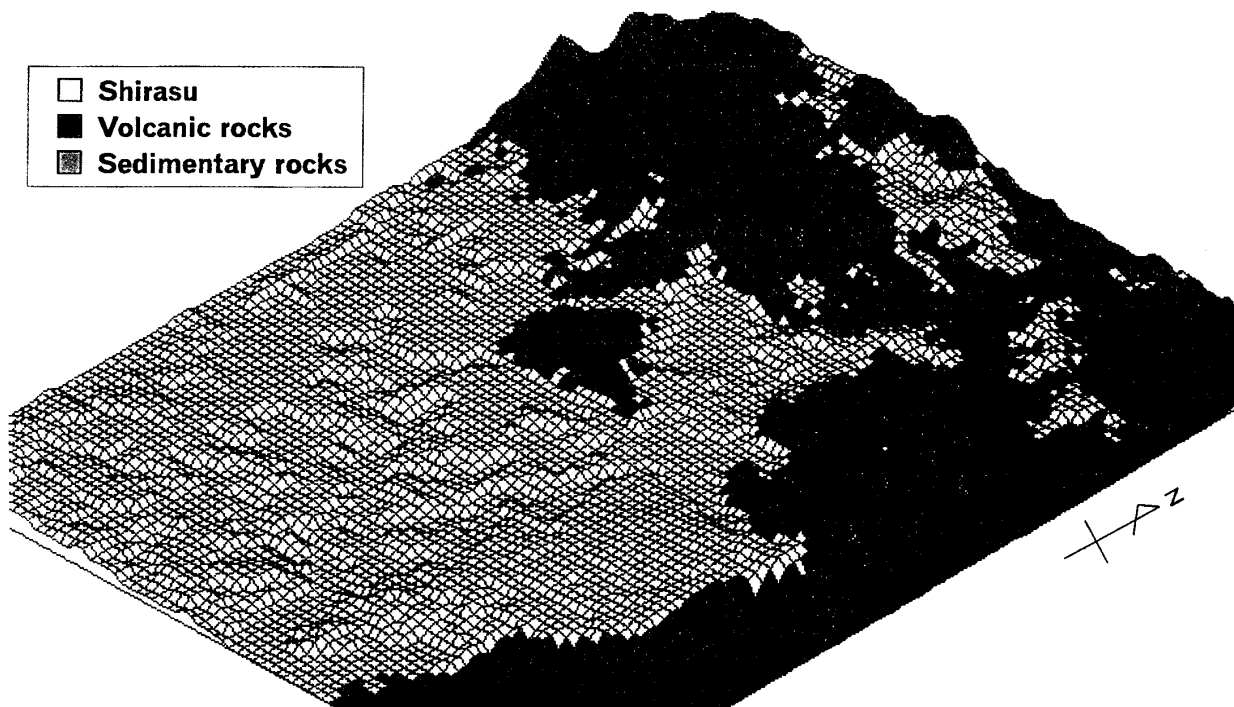


Fig. 18 Geological map of interpreted area by aerial photographs.

Fig. 19は、斜面崩壊・土石流による個々の侵食域面積のヒストグラムを3地質区分ごとに示したものである。3地質区分とも100~200m<sup>2</sup>が最も多く、次いで0~100m<sup>2</sup>, 200~300m<sup>2</sup>であり、分布傾向に差はみられない。3地質区分の侵食域面積の平均値を求めると、しらす区域390m<sup>2</sup>, 火成岩類区域481m<sup>2</sup>, 堆積層区域507m<sup>2</sup>であり、堆積層区域および火成岩類区域の崩壊・土石流の侵食域はしらす区域のそれよりやや大きい傾向にある。

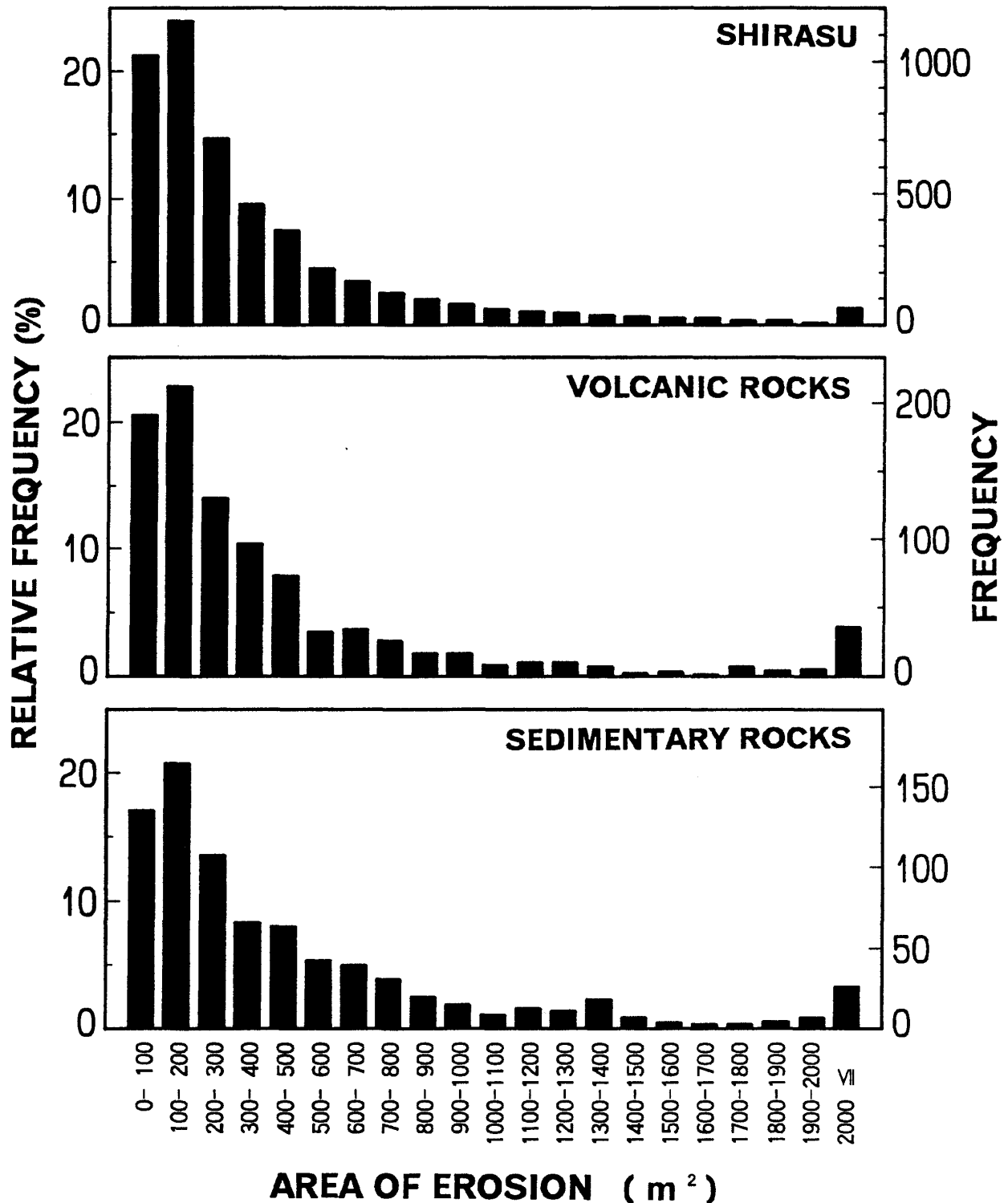


Fig. 19 Frequency distributions of area of erosion scars by slope failures and debris flows at each geological division.

Table 3 Sediment yield by slope failures and debris flows at each geological division.

Geological division	Area km <sup>2</sup>	Eroded area × 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	Sediment yield × 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Specific sediment yield × 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>
Shirasu	174.76	1,883	942	5
Volcanic rocks	70.44	447	224	3
Sedimentary rocks	51.20	403	202	4

Tabel 3は、地質区分ごとに集計した侵食域面積、平均崩壊深を50cmとした場合の侵食土砂量を示したものである。3地質区分の比侵食土砂量を比較すると、しらす区域で大きく、次いで堆積層区域、火成岩類区域の順となっている。

## 要 約

鹿児島県は1993年幾度となく豪雨に見舞われた。これによって県内のあちこちで斜面崩壊・土石流による土砂災害が発生し、大きな被害がでた。

8月6日の災害直後、鹿児島市とその北部域の垂直空中写真が撮影された。空中写真判読に基づき、斜面崩壊・土石流の発生分布とそれによる侵食土砂量について解析を行った。得られた結果をまとめると次のようである。

- 1) 空中写真判読区域（南北方向20.6km×東西方向15.8km、面積約325km<sup>2</sup>）に発生した斜面崩壊・土石流は大小合わせて6,500個以上にのぼった。それらの約60%は侵食域の面積が300m<sup>2</sup>未満のものである。
- 2) 斜面崩壊・土石流による侵食域分布図に200m間隔でメッシュをかけ、200×200mグリッド内の斜面崩壊・土石流の個数を求めた。グリッド総数8,137個のうちグリッド内に斜面崩壊・土石流が1箇所以上存在するものは全体の約26%に相当した。斜面崩壊・土石流が10個以上存在するグリッドは甲突川中流域および思川中流域に集中している。
- 3) 空中写真判読区域を5区域に区分し、それぞれの区域の斜面崩壊・土石流による侵食域の面積を求めた。さらに、侵食域面積に平均的な侵食深を乗じて各区域の侵食土砂量を計算した。8月1～2日豪雨で約1,600箇所の斜面崩壊・土石流が発生した思川流域では約500×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>（約8,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>）の土砂が侵食された。8月6日豪雨で約3,700箇所の斜面崩壊・土石流が発生した甲突川流域では約655×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>（約6,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>）の土砂が侵食されている。また多くの死者やJR日豊本線、国道10号の大きな被害が発生した始良カルデラの西壁でも約55×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>（約7,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>）の土砂が侵食されている。
- 4) 空中写真判読区域を表層地質で大まかに3区域に区分し、それぞれの区域の斜面崩壊・土石流による侵食域の面積、土砂量を計算した。その結果、火砕流堆積物の非溶結部であるしらす区域で約942×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>（約5,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>）、火成岩類区域で約224×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>（約3,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>）、堆積層区域で約202×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>（約4,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>）であった。

## 参 考 文 献

- 1) 鹿児島地方气象台：各観測所の雨量資料（1993）
- 2) 鹿児島大学砂防学研究室：雨量観測資料（1993）
- 3) 川辺町・金峰町・知覧消防分遣所・入来町・伊集院町・松元町・蒲生町・吉田町・始良町・加治木町・溝辺町・国分市・隼人町・牧園町・吉松町・垂水消防署・福山町：雨量観測資料（1993）
- 4) 鹿児島県：鹿児島県地質図（縮尺10万分の1）（1990）

## Summary

In 1993, Kagoshima Prefecture in Kyusyu, Japan was very badly hit by torrential rainfalls. The disasters caused by slope failures and debris flows killed many people and involved great property loss.

The vertical aerial photographs covering Kagoshima City and its northern area were taken just after the disaster on August 6, 1993. On the basis of the field surveys and the aerial photographic interpretation, the distribution of erosion and deposition scars by slope failures and debris flows was investigated. Also, sediment yield was estimated from the distribution map of erosion scars. The results are summarized as follows:

- 1) More than 6,500 slope-failure and debris-flow scars have been identified through aerial photographic interpretation in the investigated area covering about 20.6km in north-south direction and about 15.8km in east-west direction. About 60% of those are less than 300m<sup>2</sup> in area.
- 2) Grids of 200×200m are superposed in the investigated area. The number of those is 8,137 in total, and about 26% of the grids have more than one slope failure and debris flow. The grids which have more than 10 slope failures and debris flows are widely distributed in the Kotsuki and Omoi River watersheds.
- 3) The investigated area was divided into five watersheds. Sediment yield in each watershed was calculated by multiplying the eroded area by the mean depth of erosion. Sediment yield from the Omoi River watershed, in which about 1,600 slope failures and debris flows occurred on August 1-2, was evaluated at about  $500 \times 10^3 \text{ m}^3$  (about  $8,000 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ). That from the Kotsuki River watershed, in which about 3,700 slope failures and debris flows occurred on August 6, was evaluated at about  $655 \times 10^3 \text{ m}^3$  (about  $6,000 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ). Also, that from the area of steep slopes along the west side of Aira caldera, at which many inhabitants were killed and the railway and road damaged, was evaluated at about  $55 \times 10^3 \text{ m}^3$  (about  $7,000 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ).
- 4) On the other hand, based on a geological viewpoint, the investigated region was divided into the following three areas: ① area which has been mainly underlain by so-called "Shirasu," ② these by volcanic rocks, and ③ these by sedimentary rocks. Sediment yield was evaluated at about  $942 \times 10^3 \text{ m}^3$  (about  $5,000 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ) in the area underlain by Shirasu, about  $224 \times 10^3 \text{ m}^3$  (about  $3,000 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ) in the area underlain by volcanic rocks, and about  $202 \times 10^3 \text{ m}^3$  (about  $4,000 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ) in the area underlain by sedimentary rocks.