

# 航空レーザ計測データを活用した溪床の安定勾配の検証

2021 年度～2023 年度

岩川昌暉

## 要 旨

近年の気象条件に適した溪床の安定勾配の検証を行うため、堆砂勾配等の状況調査と計画勾配係数に関する指標の作成を行った。現地測量では、84 基の治山ダムについて調査を行い、治山ダム間の平均勾配は第 3 紀層で 4.80～29.47%、花崗岩で 7.14～35.65%、領家変成岩で 8.23～23.71% となった。現地測量の結果から求めた治山ダム間の平均勾配と愛知県が 2021 年度までに取得した航空レーザ計測データから求めた治山ダム間の平均勾配の比較を行ったところ、相関は 0.94、決定係数は 0.89、近似式は  $y=0.95x+0.82$  ( $x$ : 航空レーザ計測データから求めた治山ダム間の平均勾配、 $y$ : 現地測量から求めた治山ダム間の平均勾配) であったため、航空レーザ計測データは現地測量と同等の精度を有していると考えられた。航空レーザ計測データから求めた勾配係数と現行の計画勾配係数を比較すると 3 地質区分、4 集水面積区分の合計 12 区分のうち 8 区分に差異が見られた。特に花崗岩で集水面積 50ha 以上の区分では現行の範囲よりも高くなった。そのため、新たに計画勾配係数表 (案) の作成を行った。

## I はじめに

愛知県では、治山ダム工を計画する際に計画勾配係数を用いて計画勾配を算出し、ダムの有効高を決定している。この計画勾配係数は、愛知県治山必携 (愛知県 2017) にて以下のように定められている。

「計画勾配は、周辺の既設ダム工の堆砂勾配を参考にして決定する。ただし、それが無い場合は、現溪床勾配に次の計画勾配係数表の数値を乗じて決定する (表-1)。なお、この場合の現溪床勾配は、勾配形成に影響する因子を同一とする区間 (合流点・滝状の岩盤・勾配の急変点等を考慮する) の平均勾配

とする。」

この計画勾配係数表は、昭和 57 年度治山研究発表会で提案され (加藤ら 1982)、度々実態調査が行われている (蔭山ら 2003, 西村 2015) が、変更なく今日まで採用されている。しかし、近年、県内において記録的な集中豪雨が頻発しており、提案当時と比較して気象条件が変化してきていることから、現在の気象条件に対応した勾配係数表による治山ダムの設置が求められている。

そこで本研究では、県が 2018 年度から 2021 年度までに取得した航空レーザ計測データを用いて県内

表-1 現行の愛知県計画勾配係数表

地況 構造物	集水面積	地 質		
		第 3 紀層	花崗岩	領家変成岩
治山ダム	0～5ha 未満	0.3～0.6	0.3～0.5	0.4～0.7
	5～15ha "	0.3～0.6	0.3～0.5	0.3～0.6
	15～50ha "	0.3～0.6	0.2～0.4	0.3～0.5
	50～	0.2～0.4	0.1～0.2	0.2～0.5

の治山ダムの堆砂勾配と現溪床勾配を求め、現行の計画勾配係数表と比較し、近年の気象条件に対応した勾配係数表を作成することを目的とした。

## II 方法

### 1. 溪床勾配の状況調査

現地で溪床の測量を行う場合と航空レーザ計測データを活用し、溪床の測量を行う場合での差異及び治山ダムの満砂状況の調査を行った。

#### (1) 現地測量

調査地は新城市、東栄町、豊根村、豊田市地内の20 溪流で、安定勾配となっている可能性の高い施工後20 年以上経過した満砂している治山ダム84 基を対象とし(図-1)、計画勾配係数表の3 地質区分(第3 紀層、花崗岩、領家変成岩)と4 集水面積区分(0~5ha 未満、5~15ha 未満、15~50ha 未満、50ha 以上)の合計12 区分に治山ダムを分類した(表-2)。

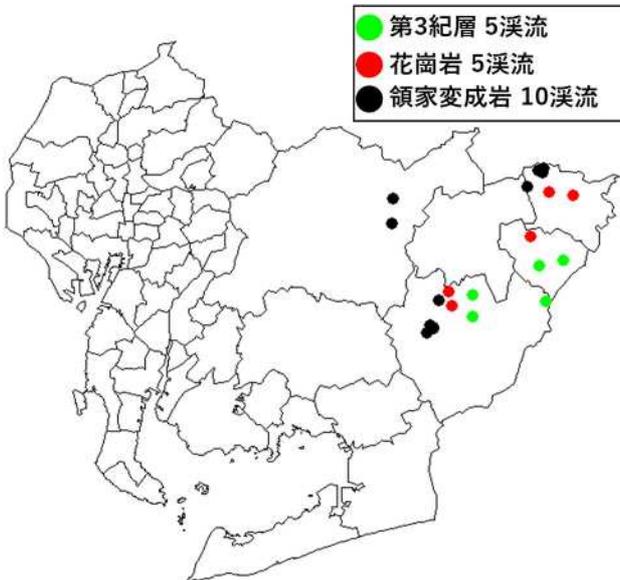


図-1 県内の現地測量地

表-2 現地測量を行った治山ダム(基)

集水面積	地質			計
	第3紀層	花崗岩	領家変成岩	
0~5ha 未満	1	5	10	16
5~15ha "	12	10	11	33
15~50ha "	12	8	10	30
50~	0	3	2	5
計	25	26	33	84

現地測量はポケットコンパスで行い、方位角、斜距離、傾斜角を測定し、合流点や勾配の急変点等を考慮しながら、上流に向かって測量を行った。測量後、斜距離と傾斜角から水平距離と垂直距離を算出し、方位角と水平距離から現地測量ルートを作成した(図-2)。

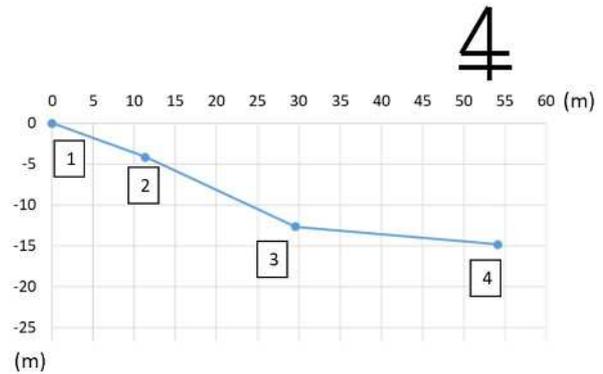


図-2 現地測量ルート(上部が北)

#### (2) 現地測量と航空レーザ計測データの差異

航空レーザ計測データの解析には赤色立体地図(千葉ら 2007)を使用した。任意縦断検討システム(Version1.21、アジア航測株式会社)(以下、検討システム)上で赤色立体地図を表示し、解析を行った。初めに現地測量と航空レーザ計測データの差異を調べるため、1. (1) で現地測量を行った84 基について検討システムで現地測量ルートを基に手作業で測点を設定し、航空レーザ計測ルートを作成した(図-3)。次に航空レーザ計測ルートから縦断図を作成し、測点間の水平距離と垂直距離を算出した。

その後、赤色立体地図で特徴的に表される治山ダ



図-3 航空レーザ計測ルート(上部が北)

ムを目印として治山ダム間の平均勾配を現地測量の結果と航空レーザ計測データから求め、求めた結果を比較した。治山ダム間の平均勾配は、治山ダムから次の上流の治山ダムの根元（最上流の治山ダムの場合は航空レーザ計測ルート上の終点）までにある測点間の勾配を算出し、平均値をとったものとした（図-4）。この方法により、現地測量時や赤色立体地図上で測点を設置した際の偶然誤差を最小化した。

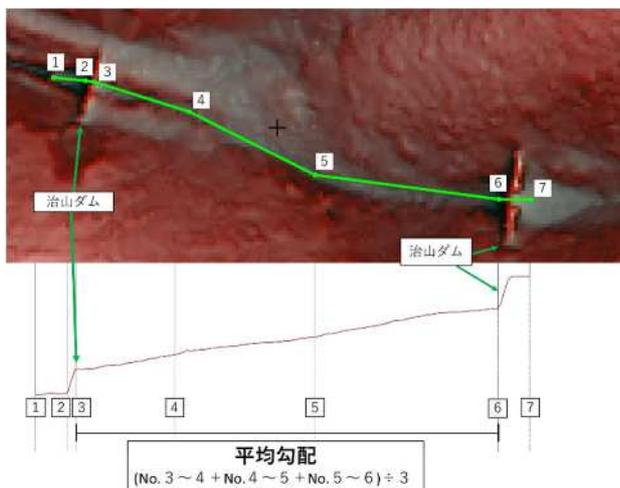


図-4 航空レーザ計測データを活用した平均勾配の算出方法

(3) 満砂状況

現地測量時、満砂していない治山ダムが9基あった。8基については施工後20年以上が経過していても満砂していない治山ダムであった。残りの1基についてはダム上部まで水が滞水し、水底が確認できない治山ダムであった。そこで、航空レーザ計測データを活用して満砂していない治山ダムを見分けることができるか調査した。

赤色立体地図では尾根地形が明るく、谷地形が暗く表示され、平坦が白く、急斜面が赤く表示される（千葉ら 2007）。このため、赤色立体地図を検討システムで表示し、これらの明度と彩度から満砂の有無を調査した。赤色立体地図で判断できなかった場合、治山ダムの天端部から溪床に沿って測点を設置

し、断面図を作成した。作成した断面図から満砂の有無を調査した。

2. 航空レーザ計測データを活用した勾配係数の測定

1. (2) で測量を行った84基に追加して、治山施設位置図より施工後20年以上経過していることを確認した86基の治山ダム、計170基について検討システム上で合流点や急変点等を考慮しながら測点を設置し、航空レーザ計測ルートを新たに作成した。航空レーザ計測ルートから縦断面図を作成し、測点間の水平距離と垂直距離を算出し、堆砂勾配と現溪床勾配を算出した。勾配係数は

$$\text{勾配係数} = \frac{\text{堆砂勾配}}{\text{現溪床勾配}}$$

で表せるため、170基分の勾配係数を求め、3地質区分、4集水面積区分に分類した（表-3）。その後、12区分それぞれで勾配係数の平均値と95%信頼区間を算出し、現行の計画勾配係数と比較を行った。

表-3 航空レーザ計測データを活用して調査を行った治山ダム（基）

集水面積	地質			計
	第3紀層	花崗岩	頷家変成岩	
0~5ha 未満	5	14	12	31
5~15ha //	15	23	14	52
15~50ha //	16	23	13	52
50~	6	22	7	35
計	42	82	46	170

III 結果と考察

1. 溪床勾配の状況調査

(1) 現地測量

現地測量の結果、治山ダム間の平均勾配は第3紀層で4.80~29.47%、花崗岩で7.14~35.65%、頷家変成岩で8.23~23.71%となった。現地測量時、全ての治山ダムで堆砂域を確認すると苔や木が生えており、長期的に変動がない安定した堆砂勾配だと考えられ

た。

(2) 現地測量と航空レーザ計測データの差異

現地測量から求めた治山ダム間の平均勾配と航空レーザ計測データから求めた治山ダム間の平均勾配の相関は 0.94、決定係数は 0.89、近似式は  $y=0.95x+0.82$  (x:航空レーザ計測データから求めた治山ダム間の平均勾配、y:現地測量から求めた治山ダム間の平均勾配) であった(図-5)。この結果から、現地測量と航空レーザ計測データの差異は小さく、航空レーザ計測データが現地測量と同等の精度を有していると考えられた。

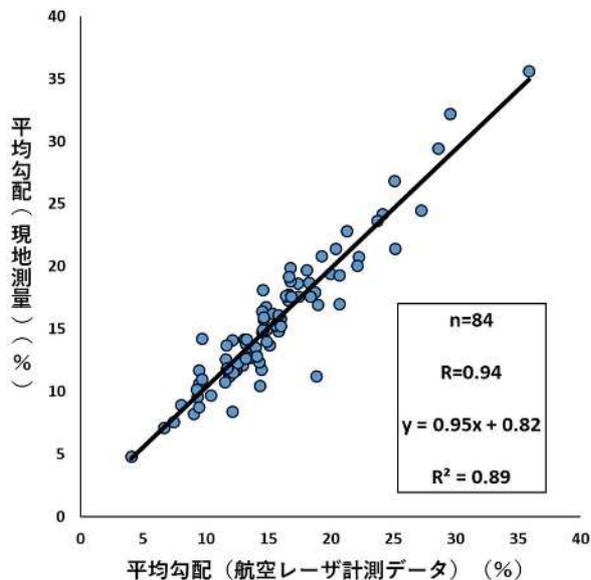


図-5 現地測量と航空レーザ計測データの比較

(3) 満砂状況

現地測量時に満砂していなかった治山ダム 9 基について赤色立体地図で確認を行ったところ、施工後 20 年以上が経過していても満砂していない治山ダム 8 基についてはダム直上部が黒く表示され、目視で満砂していないことが確認できたが(図-6)、ダム上部まで滞水し、水底が確認できない治山ダム 1 基についてはダム直上部が黒く表示されず、見分けがつかなかった。そこで縦断図を作成し、満砂してい



図-6 施工後 20 年以上経過しても満砂していない治山ダム 上：現地写真、下：同じ位置の赤色立体地図

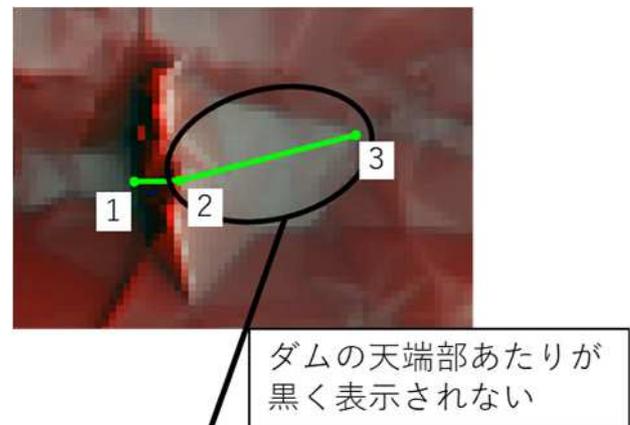


図-7 ダム上部まで滞水している治山ダム 上：赤色立体地図、下：同じ位置の縦断図

るかの確認を行ったところ、勾配が 0.01%以下となり、堆砂勾配が水平に近い治山ダムであることを確認した。勾配が水平に近い値を取る原因としてダム上部が滞水しており、水面でレーザ光の反射が起こったため、水底の勾配が計測できず、勾配が 0%に近くなっていることが考えられた (図-7)。

このため満砂していない場合やダム上部まで滞水している場合でも、航空レーザ計測データから満砂の有無を判別できることが分かった。

2. 航空レーザ計測データを活用した勾配係数の測定

3 地質区分ごとに堆砂勾配と集水面積の相関を求めたところ、3 地質区分すべてで相関が見られなかった (図-8)。堆砂勾配の最低値は第 3 紀層で 1.70%、

花崗岩で 0.34%、領家変成岩で 3.66%であった。この結果から、領家変成岩では他の地質区分よりも堆砂勾配が高くなる傾向が見られた。また、3 地質区分ごとに現溪床勾配と集水面積の相関を求めたところ、領家変成岩で負の相関が見られ、第 3 紀層、花崗岩では相関が見られなかった (図-9)。現溪床勾配の最低値は第 3 紀層で 5.74%、花崗岩で 5.42%、領家変成岩で 13.29%であった。この結果から領家変成岩では他の地質区分よりも現溪床勾配が高くなる傾向が見られた。これらの結果から領家変成岩は他の地質と比較して土砂が堆積しやすい傾向があり、係数も高くなる傾向にあると考えられた。

3 地質区分、4 集水面積区分の計 12 区分について現溪床勾配と堆砂勾配の相関を求めたところ、第 3

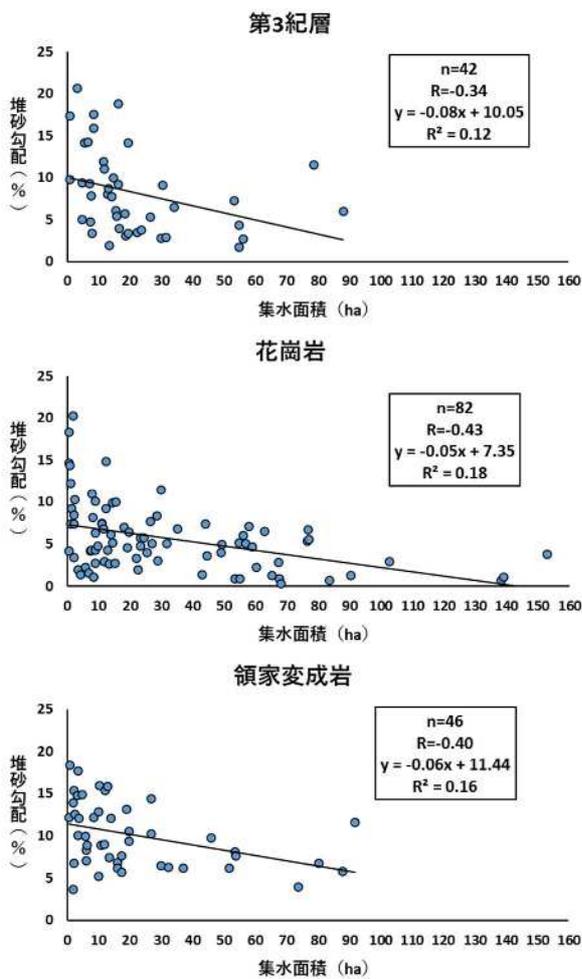


図-8 地質ごとの堆砂勾配と集水面積の比較

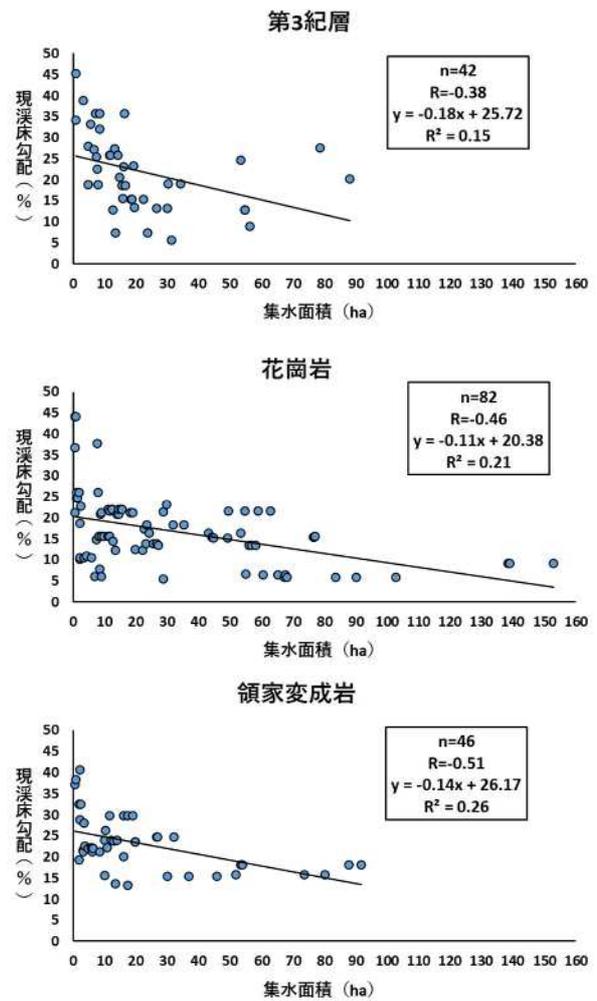


図-9 地質ごとの現溪床勾配と集水面積の比較

紀層で全ての区分、花崗岩で 0～5ha 未満、5～15ha 未満、50ha 以上、領家変成岩で 5～15ha 未満、50ha 以上の 9 区分で正の相関が見られた (図-10)。このため、現溪床勾配が大きくなるほど堆砂勾配が大きくなる傾向が見られた。これら 12 区分について相関は見られたが、決定係数については高くない区分が多く、近似式を用いて堆砂勾配を予測するには精度が低いと考えられた。このため、近似式を用いて安定勾配を求める方法よりも、計画勾配係数を用いて安定勾配を求める方法が良いと考えた。

3 地質区分 4 集水面積区分に分けて勾配係数の平均値を求めた (図-11)。同じ地質区分内で集水面積ごとに比較し、勾配係数の平均値が 0.05 以上離れている区間は第 3 紀層で 0～50ha 未満と 50ha 以上、花

崗岩で 0～5ha 未満と 5ha 以上、領家変成岩で 0～15ha 未満と 15ha 以上となった。先行研究では勾配係数の平均値が 0.05 以上離れている区間は第 3 紀層で 50ha 未満と 50ha 以上、花崗岩で 0～15ha 未満、15～50ha 未満、50ha 以上、領家変成岩で 0～5ha、5～15ha、15～50ha、50ha 以上であるため、第 3 紀層については先行研究と同様の結果となった。また、3 地質区分 4 集水面積区分ごとに勾配係数の範囲を 95%信頼区間から求めた (図-12)。その結果、花崗岩、集水面積 50ha 以上の区分のみ、現行の計画勾配係数の範囲である 0.1～0.2 よりも高くなったが、他の区分では範囲に重なるか、範囲内であった。先行研究では、北設楽郡の古期花崗岩類の計画勾配係数は 0.1～0.3 が妥当 (蔭山ら 2003) とされたが、今回は一部支

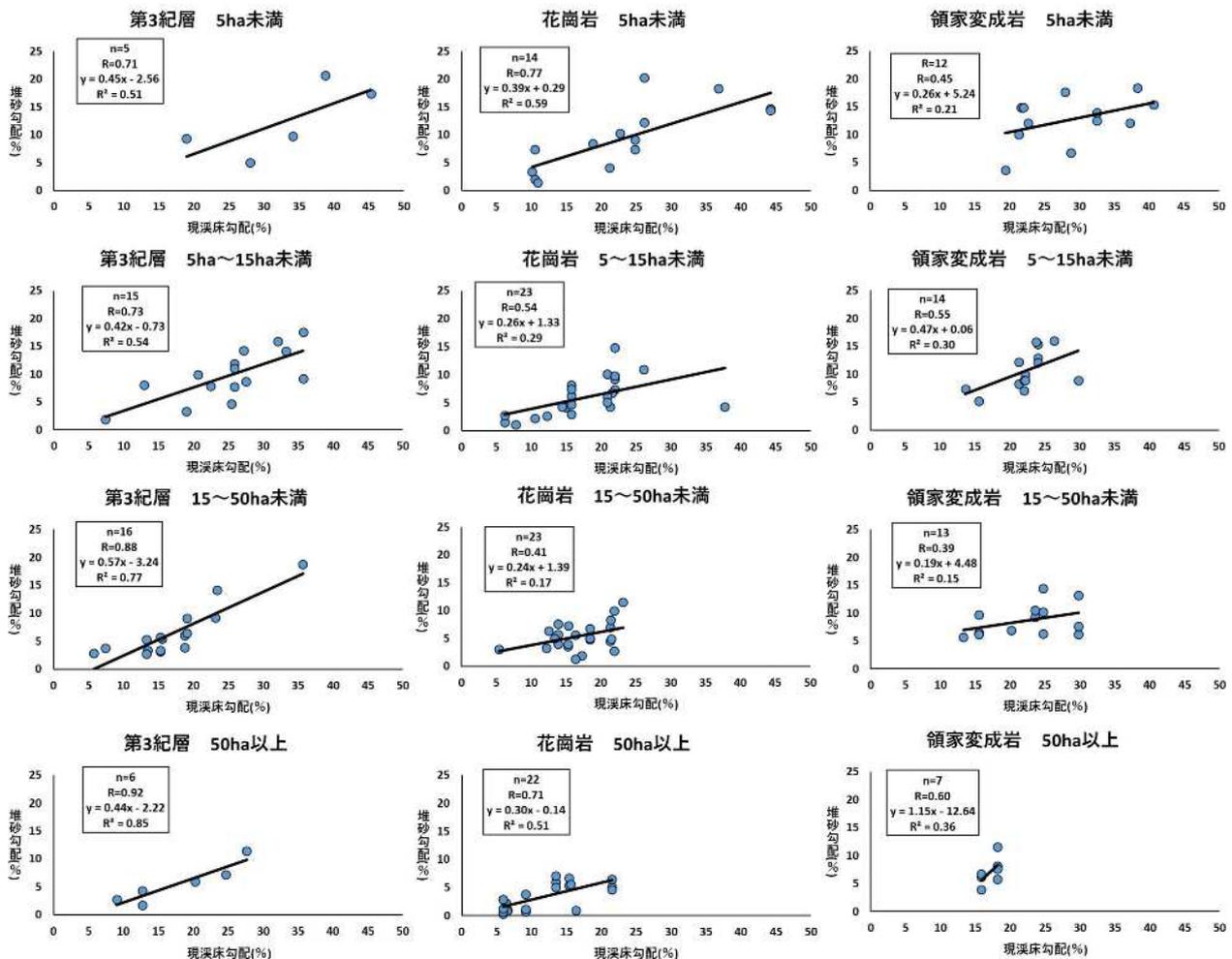


図-10 地質、集水面積ごとの現溪床勾配と堆砂勾配の比較

持する結果となった。

花崗岩について、古期花崗岩類と新期花崗岩類に分けて集水面積ごとに勾配係数の平均値を求めたところ、古期花崗岩類 0～5ha 未満で 0.53 (n=5)、5～15ha 未満で 0.36 (n=10)、15～50ha 未満で 0.37 (n=8)、50ha 以上で 0.38 (n=3)、新期花崗岩類 0～5ha 未満で 0.32 (n=9)、5～15ha 未満で 0.32 (n=13)、15～50ha 未満で 0.31 (n=15)、50ha 以上で 0.26 (n=19) となり、全ての集水面積で新期花崗岩類が低くなる傾向にあった。しかし、調査地が少ないため、今後調査を行う必要があると考える。

花崗岩、集水面積 50ha 以上で高くなった原因として年間降水量の増加と花崗岩の風化によりマサ土が形成される量が増えたことが考えられた。花崗岩地質の現地測量調査地の年間降水量を農研機構メッシュ農業気象データから求め、1980年～1999年までの平均値と 2000～2022 年までの平均値を比較したところ、4.9%～10.4%増加していた。また、マサ土は粒子間結合力が消失しているため、浸食に非常に弱く、斜面での表面崩壊を起こしやすいことが知られている（中部地質調査業協会 2011）。そのため、年間降水量の増加で溪岸等の浸食作用が高まり、浸

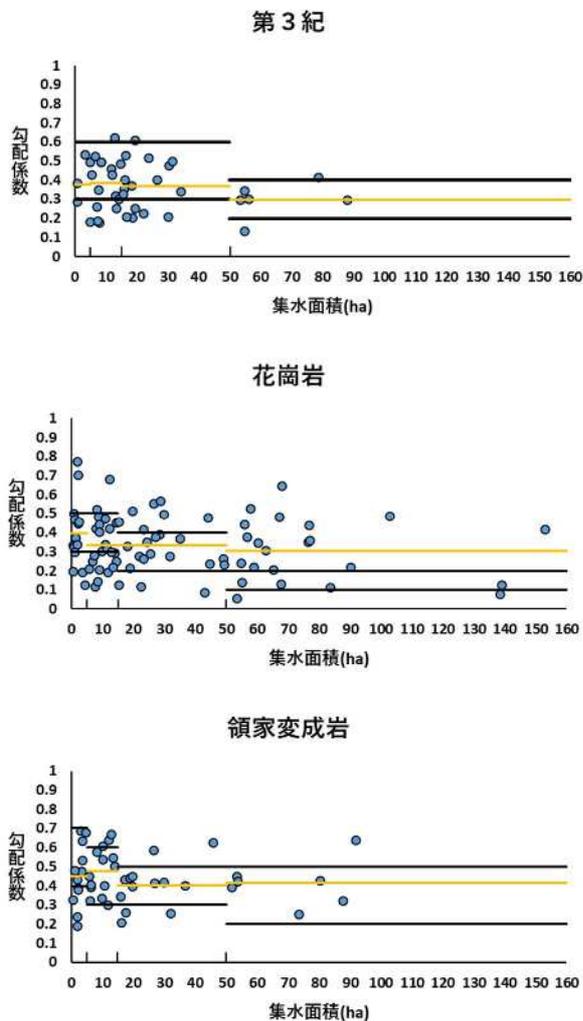


図-11 地質、集水面積ごとの勾配係数の平均値  
 黒線：現行の計画勾配係数の範囲、黄色線：集水面積ごとの勾配係数の平均値

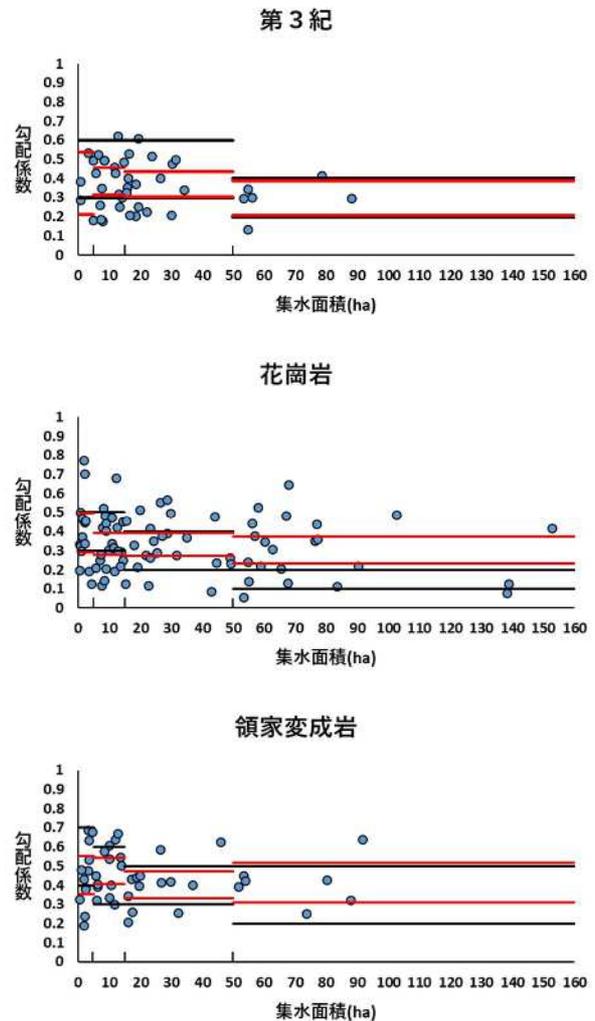


図-12 地質、集水面積ごとの勾配係数の範囲  
 黒線：現行の計画勾配係数の範囲、赤線：集水面積ごとの勾配係数の範囲（95%信頼区間）

食に弱いマサ土の溪流への流入量が増え、流水量が増加したことでより集水面積が大きい場所まで運搬されたため、勾配係数が高くなったと考えられた。

今回求めた平均値と勾配係数の範囲から地質、集水面積、区分ごとの母数等を考慮し、計画勾配係数表（案）（表-4）を作成した。

砂勾配の実態について、平成 27 年度第 55 回治山研究発表会論文集：12-15

表-4 計画勾配係数表（案）

集水面積	地質		
	第3紀層	花崗岩	領家変成岩
0～5ha 未満	0.3～0.5	0.3～0.5	0.4～0.6
5～15ha //	0.3～0.5	0.2～0.4	0.4～0.6
15～50ha //	0.3～0.5	0.2～0.4	0.3～0.5
50ha～	0.2～0.4	0.2～0.4	0.3～0.5

#### 引用文献

- 愛知県（2018）愛知県治山必携 愛知県農林水産部  
農林基盤局森林保全課：4
- 千葉達郎・鈴木雄介・平松考晋（2007）地形表現手法  
の諸問題と赤色立体地図．地図 45 巻 1 号：27-  
36
- 中部地質調査業協会（2011）東海三県の地質と地盤．  
No.59 土と岩：53
- 蔭山寛生・豊嶋大倫・山口大樹（2003）治山ダム堆砂  
勾配の実態調査について．平成 15 年度年度治山  
研究発表会論文集：65-71
- 加藤知・仲澤立之・大橋克己（1982）ダムの堆砂勾配  
と計画勾配について．昭和 57 年度治山研究発表  
会論文集：141-160
- 西村淳吾（2015）豊田加茂管内における治山ダム堆

付表 航空レーザ計測データを活用した勾配係数の集計表

要素 地質	集水面積 (ha)	堆砂勾配 (%)	溪床勾配 (%)	勾配係数
第3紀層	0.85	17.37	45.28	0.38
第3紀層	0.89	9.74	34.10	0.29
第3紀層	3.18	20.70	38.74	0.53
第3紀層	4.86	9.36	18.93	0.49
第3紀層	4.95	5.05	27.97	0.18
第3紀層	5.63	14.18	33.23	0.43
第3紀層	6.57	14.26	27.15	0.53
第3紀層	7.16	9.25	35.67	0.26
第3紀層	7.43	4.69	25.44	0.18
第3紀層	7.72	7.83	22.46	0.35
第3紀層	7.90	3.36	18.93	0.18
第3紀層	8.43	17.56	35.67	0.49
第3紀層	8.51	15.86	32.08	0.49
第3紀層	11.72	11.88	25.86	0.46
第3紀層	11.99	11.05	25.86	0.43
第3紀層	12.85	8.03	12.91	0.62
第3紀層	13.21	8.68	27.46	0.32
第3紀層	13.45	1.87	7.39	0.25
第3紀層	14.33	7.78	25.86	0.30
第3紀層	14.78	9.94	20.58	0.48
第3紀層	15.64	6.08	18.73	0.32
第3紀層	15.91	5.42	15.47	0.35
第3紀層	16.27	9.23	23.13	0.40
第3紀層	16.40	18.81	35.67	0.53
第3紀層	16.70	3.92	18.73	0.21
第3紀層	18.50	5.69	15.29	0.37
第3紀層	18.74	3.11	15.29	0.20
第3紀層	19.37	14.18	23.35	0.61
第3紀層	19.49	3.34	13.39	0.25
第3紀層	22.32	3.41	15.29	0.22
第3紀層	23.78	3.79	7.39	0.51
第3紀層	26.69	5.30	13.25	0.40
第3紀層	30.11	2.75	13.25	0.21
第3紀層	30.40	9.12	19.10	0.48
第3紀層	31.46	2.85	5.74	0.50
第3紀層	34.29	6.50	19.10	0.34
第3紀層	53.39	7.23	24.60	0.29
第3紀層	54.75	1.70	12.73	0.13
第3紀層	54.77	4.36	12.73	0.34
第3紀層	56.23	2.72	9.02	0.30
第3紀層	78.71	11.49	27.63	0.42
第3紀層	88.16	5.99	20.26	0.30

要素 地質	集水面積 (ha)	堆砂勾配 (%)	溪床勾配 (%)	勾配係数
花崗岩	0.58	4.14	21.17	0.20
花崗岩	0.62	14.68	44.21	0.33
花崗岩	0.77	18.35	36.73	0.50
花崗岩	0.83	14.39	44.21	0.33
花崗岩	1.15	7.34	24.80	0.30
花崗岩	1.26	12.24	26.13	0.47
花崗岩	1.42	9.19	24.80	0.37
花崗岩	1.94	20.24	26.13	0.77
花崗岩	2.09	3.38	10.09	0.33
花崗岩	2.18	7.39	10.50	0.70
花崗岩	2.32	8.41	18.78	0.45
花崗岩	2.54	10.32	22.67	0.46
花崗岩	3.56	2.00	10.50	0.19
花崗岩	4.32	1.37	10.89	0.13
花崗岩	5.85	2.20	10.50	0.21
花崗岩	7.00	1.53	6.13	0.25
花崗岩	7.49	4.17	14.88	0.28
花崗岩	7.76	4.31	37.69	0.11
花崗岩	8.01	10.98	26.08	0.42
花崗岩	8.21	8.17	15.67	0.52
花崗岩	8.57	1.10	7.77	0.14
花崗岩	8.89	10.10	20.88	0.48
花崗岩	9.05	2.71	6.13	0.44
花崗岩	9.07	4.32	21.28	0.20
花崗岩	9.07	6.28	15.67	0.40
花崗岩	9.88	4.74	15.67	0.30
花崗岩	11.07	7.44	15.67	0.47
花崗岩	11.09	7.37	21.93	0.34
花崗岩	11.61	6.78	21.51	0.32
花崗岩	11.79	2.97	15.67	0.19
花崗岩	12.42	14.88	21.93	0.68
花崗岩	12.53	9.22	21.93	0.42
花崗岩	12.83	4.27	14.36	0.30
花崗岩	13.57	2.67	12.22	0.22
花崗岩	13.93	6.13	20.88	0.29
花崗岩	14.60	5.15	20.88	0.25
花崗岩	14.63	9.86	21.93	0.45
花崗岩	15.30	2.74	21.93	0.12
花崗岩	15.53	10.00	21.93	0.46
花崗岩	18.16	6.95	21.28	0.33
花崗岩	19.10	4.57	21.28	0.21
花崗岩	19.87	6.39	12.51	0.51
花崗岩	22.05	3.34	12.22	0.27
花崗岩	22.61	2.00	17.28	0.12

要素 地質	集水面積 (ha)	堆砂勾配 (%)	溪床勾配 (%)	勾配係数
花崗岩	23.36	5.73	13.81	0.42
花崗岩	23.42	4.80	18.38	0.26
花崗岩	24.39	5.71	16.35	0.35
花崗岩	25.58	4.00	13.81	0.29
花崗岩	26.62	7.62	13.81	0.55
花崗岩	27.09	5.05	13.35	0.38
花崗岩	28.69	8.31	21.43	0.39
花崗岩	28.80	3.06	5.42	0.56
花崗岩	29.86	11.49	23.16	0.50
花崗岩	31.79	5.09	18.38	0.28
花崗岩	35.19	6.77	18.38	0.37
花崗岩	43.09	1.38	16.35	0.08
花崗岩	44.19	7.34	15.37	0.48
花崗岩	44.73	3.60	15.26	0.24
花崗岩	49.16	4.02	15.26	0.26
花崗岩	49.41	4.94	21.51	0.23
花崗岩	53.55	0.91	16.35	0.06
花崗岩	54.79	5.14	21.51	0.24
花崗岩	55.08	0.92	6.57	0.14
花崗岩	56.07	5.98	13.46	0.44
花崗岩	56.93	5.08	13.46	0.38
花崗岩	58.05	7.07	13.46	0.53
花崗岩	58.88	4.66	21.51	0.22
花崗岩	60.39	2.21	6.38	0.35
花崗岩	62.84	6.53	21.51	0.30
花崗岩	65.36	1.31	6.38	0.20
花崗岩	67.25	2.85	5.93	0.48
花崗岩	67.66	0.84	6.46	0.13
花崗岩	68.06	0.34	5.93	0.06
花崗岩	76.48	5.38	15.37	0.35
花崗岩	76.91	6.71	15.37	0.44
花崗岩	77.15	5.58	15.63	0.36
花崗岩	83.61	0.67	5.93	0.11
花崗岩	90.32	1.30	5.93	0.22
花崗岩	102.83	2.88	5.93	0.48
花崗岩	138.42	0.72	9.14	0.08
花崗岩	139.03	1.13	9.14	0.12
花崗岩	152.96	3.80	9.14	0.42
領家変成岩	0.56	12.14	37.27	0.33
領家変成岩	1.02	18.33	38.30	0.48
領家変成岩	1.94	13.97	32.47	0.43
領家変成岩	1.96	3.66	19.39	0.19
領家変成岩	2.12	6.77	28.76	0.24
領家変成岩	2.34	15.36	40.62	0.38

要素 地質	集水面積 (ha)	堆砂勾配 (%)	溪床勾配 (%)	勾配係数
領家変成岩	2.39	12.53	32.47	0.39
領家変成岩	3.15	14.84	21.62	0.69
領家変成岩	3.40	10.09	21.34	0.47
領家変成岩	3.50	17.71	27.98	0.63
領家変成岩	3.69	12.08	22.60	0.53
領家変成岩	4.77	14.91	22.01	0.68
領家変成岩	5.87	9.91	22.16	0.45
領家変成岩	6.14	7.07	22.01	0.32
領家変成岩	6.26	8.29	21.26	0.39
領家変成岩	6.35	8.92	22.01	0.41
領家変成岩	8.39	12.22	21.26	0.57
領家変成岩	10.01	5.17	15.57	0.33
領家変成岩	10.13	12.90	24.01	0.54
領家変成岩	10.26	15.95	26.34	0.61
領家変成岩	10.76	8.89	22.16	0.40
領家変成岩	11.79	8.95	29.81	0.30
領家変成岩	12.08	15.34	24.01	0.64
領家変成岩	12.96	15.83	23.74	0.67
領家変成岩	13.59	7.41	13.60	0.54
領家変成岩	14.11	12.06	24.01	0.50
領家変成岩	16.09	6.88	20.15	0.34
領家変成岩	16.11	6.21	29.81	0.21
領家変成岩	17.39	5.72	13.29	0.43
領家変成岩	17.53	7.66	29.81	0.26
領家変成岩	18.95	13.17	29.81	0.44
領家変成岩	19.80	9.33	23.56	0.40
領家変成岩	19.89	10.58	23.56	0.45
領家変成岩	26.71	14.42	24.74	0.58
領家変成岩	26.87	10.24	24.74	0.41
領家変成岩	29.93	6.52	15.52	0.42
領家変成岩	32.24	6.28	24.74	0.25
領家変成岩	36.92	6.18	15.52	0.40
領家変成岩	45.92	9.73	15.52	0.63
領家変成岩	51.75	6.22	15.83	0.39
領家変成岩	53.55	8.13	18.12	0.45
領家変成岩	53.91	7.67	18.12	0.42
領家変成岩	73.60	3.96	15.82	0.25
領家変成岩	80.33	6.73	15.82	0.43
領家変成岩	87.86	5.79	18.15	0.32
領家変成岩	91.85	11.61	18.15	0.64