

災害と林業

-土石流被害と林業の関係性の調査報告-



土砂災害拡大の原因は「豪雨」だけに非ず

地質や土質等の土地要件や
大量生産型の大規模林業展開や森林開発が拡大要因に



1

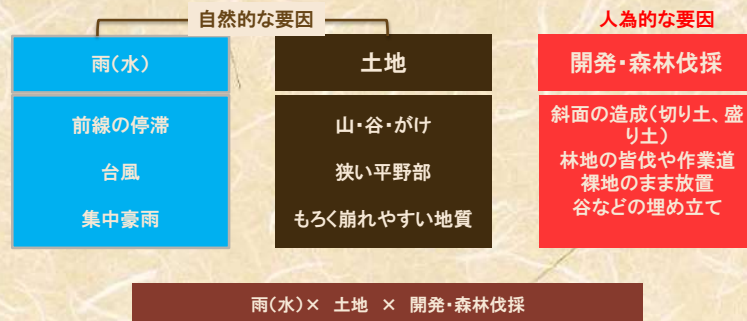
自然的要因

土地要因

- ①「真砂土」「火山灰土」等の脆弱土質
 - ・土砂災害発生地は「真砂土」地帯が多い
- ②中央構造線・フォッサマグナ等周辺
 - ・破碎帯等が多い
 - ・谷と尾根が多い
 - ・流れ盤、etc

3

土砂災害が発生する3つの要因 (一般論)



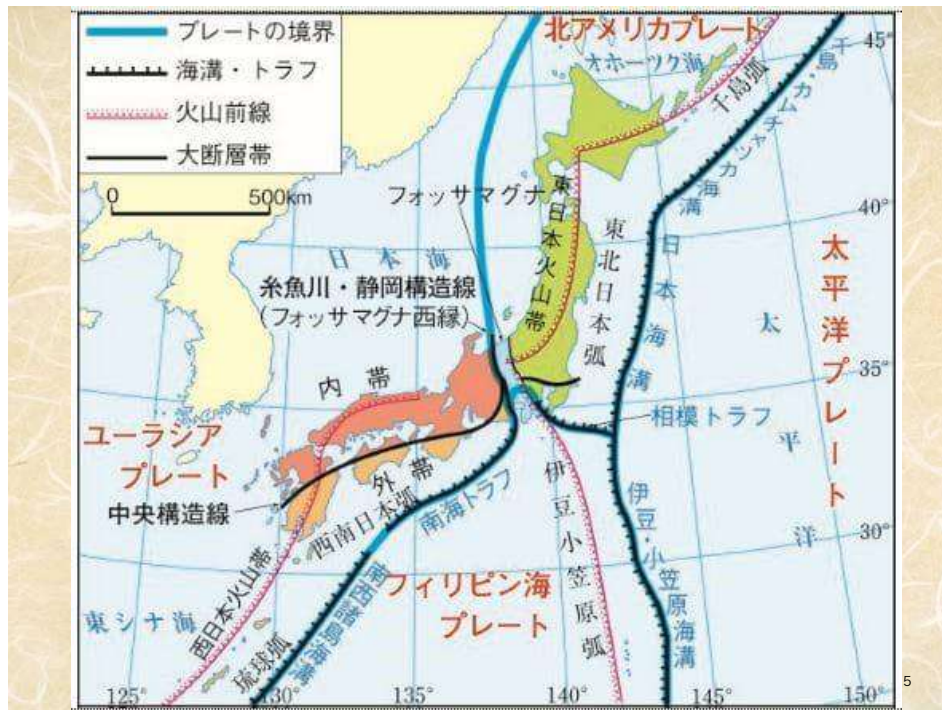
自然的な要因は防げないが、人為的な要因は対処可能

2

真砂土(皆伐地の崩壊:朝倉市)



4



人為的要因 背景

2011年紀伊半島豪雨被災地を回り

林業施業手法や使う機械

の違いで

土砂災害の**誘発**か**防止**かという
真反対の結果になるのでは？
と気付く

9

調査した土砂災害現場

(赤字は重点的に調査した個所)

- 2013～20年までの大量生産型の間伐施業地
(全国各地、一部重点調査)
- 2016年岩手岩泉豪雨災害(岩泉町)
- 2017年九州北部豪雨災害(朝倉市・東峰村・日田市)
- 2018年西日本豪雨災害(智頭町・西粟倉村・高知県内各地)
- 2019年台風15号(千葉県内各地)
- 2019年台風19号(丸森町・茨城県北部)
- 2020年7月豪雨災害(球磨川流域)

11

2011年紀伊半島豪雨災害で気付いた点

- 大規模な深層崩壊が注目されたが、中小規模な崩壊が皆伐地や林道・作業道で多数発生している事実に着目。
- また一部の深層崩壊の起点が皆伐地であったのも気になった。
- 崩壊や土石流が多発しているにもかかわらず、同じ豪雨を受けたベテラン自伐林家の山林は、崩壊も被害もほとんどなく、何事もなかったかのように泰然としていた。
- 調査する中で、この違いは、単に森林整備しているだけでなく、「使い続けられる壊れない作業道」敷設にあることが判明してきた
- これは災害防止の観点から極めて重要と判断して、その後の災害現場からその裏付けと整理を実施した。その中間報告である

10

施業手法の違い着目

- **短伐期皆伐施業**(現在の主流の林業)
 - ・標準伐期50年で皆伐・再造林
 - ・生産量重視で大型高性能林業機械導入・幅広作業道
 - ・担い手:作業請負型の林業事業者
- **長伐期多間伐施業**(自伐型林業)
 - ・間伐間の成長量を越えない間伐生産を繰返す
 - ・森林固定の持続的森林経営
 - ・持続性環境性重視の小型機械・小幅(2～2.5m)の壊れない作業道
 - ・担い手:自伐林家・自伐型林業者(山守)

12

現在の主流林業(標準伐期50年皆伐施業)



現行林業:間伐(1~2回実施)

短伐期皆伐施業での主伐前(約40年生時)の間伐



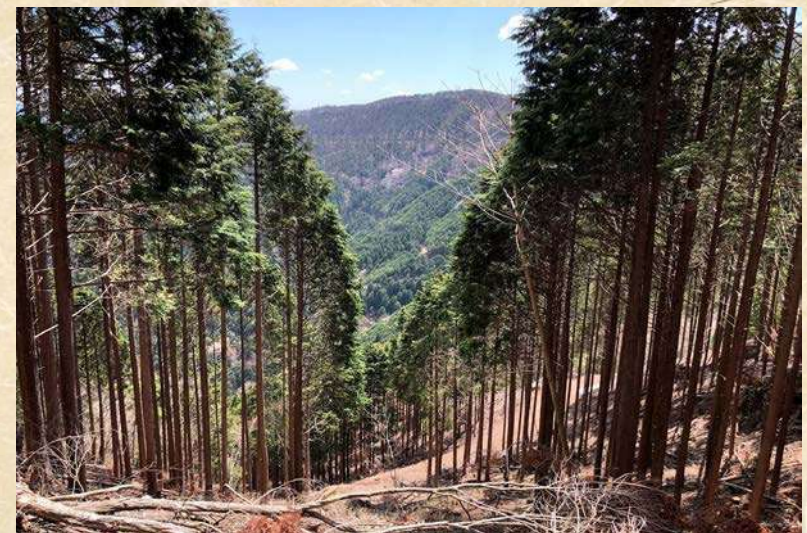
現行林業:作業道

生産量重視の大型高性能林業機械導入するための、幅広の作業道が敷設される



現行林業:間伐(1~2回実施)

短伐期皆伐施業での主伐前(約40年生時)の間伐



現行林業：間伐(1~2回実施)

短伐期皆伐施業での主伐前(約40年生時)の間伐



現行林業：皆伐(主伐)

昨今の皆伐は作業道を敷設して実施するが多い



現行林業：皆伐(主伐)

昨今の皆伐は作業道を敷設して実施するが多い



型高性能林業機械



自伐型林業

長伐期多間伐施業



自伐型の間伐施業(作業道)

面積当たりの質（良質材）と量を持続的に増大させることを重視した、長期視点の多間伐施業を実施



幅2.5m以下の作業道が高密な路網として頑丈に敷設されている。（徳島県・奈良県）
壊れない道は「美しい道」でもある

自伐型の間伐施業(作業道)

面積当たりの質（良質材）と量を持続的に増大させることを重視した、長期視点の多間伐施業を実施



幅2.5m以下の作業道が高密な路網として頑丈に敷設されている。（徳島県・奈良県）
壊れない道は「美しい道」でもある

自伐型の間伐施業

面積当たりの質（良質材）と量を持続的に増大させることを重視した、長期視点の多間伐施業を実施



若齢林（40年程度のヒノキ林）の1回目の間伐（高知県）

自伐型の間伐施業(広葉樹)

面積当たりの質（良質材）と量を持続的に増大させることを重視した、長期視点の多間伐施業を実施



広葉樹（50年程度）の1回目の間伐（岩手県）

自伐型の間伐施業

面積当たりの質（良質材）と量を持続的に増大させることを重視した、長期視点の多間伐施業を実施



3回目の間伐と
2トントラックによる搬出作業

※多間伐施業 2割以下間伐を繰り返す

（徳島県）

自伐型の間伐施業

面積当たりの質（良質材）と量を持続的に増大させることを重視した、長期視点の多間伐施業を実施



若齢林（50年程度のスギ林）の2回目の間伐（鳥取県）

自伐型の間伐施業

面積当たりの質（良質材）と量を持続的に増大させることを重視した、長期視点の多間伐施業を実施



多間伐施業を実施している森（間伐5回実施後の森）

（徳島県）

自伐型の間伐施業

面積当たりの質（良質材）と量を持続的に増大させることを重視した、長期視点の多間伐施業を実施



4回の間伐が繰り返された1haあたり約800m³の蓄積量を持つ約80年の森。（兵庫県）

生産しながら在庫（蓄積量）を増やす施業を実現させている森

29

自伐型の間伐施業

面積当たりの質（良質材）と量を持続的に増大させることを重視した、長期視点の多間伐施業を実施



15回以上の間伐が繰り返された1haあたり約1,300m³の蓄積量を持つ150年以上の森。（奈良県）

生産しながら在庫（蓄積量）を増やす施業を実現させている森

31

自伐型の間伐施業

面積当たりの質（良質材）と量を持続的に増大させることを重視した、長期視点の多間伐施業を実施



6回の間伐が繰り返された1haあたり約1,100m³の蓄積量を持つ約80年の森。（徳島県）

30

自伐型の間伐施業

面積当たりの質（良質材）と量を持続的に増大させることを重視した、長期視点の多間伐施業を実施



20回の間伐が繰り返された1haあたり約1,500m³の蓄積量を持つ150年以上の森。（奈良県）

生産しながら在庫

いる森

32

自伐型の間伐施業

面積当たりの質（良質材）と量を持続的に増大させることを重視した、長期視点の多間伐施業を実施



林内作業車による搬出（6m・4m・3mの多様な材を生産している（高知県））

33

自伐型の間伐施業

面積当たりの質（良質材）と量を持続的に増大させることを重視した、長期視点の多間伐施業を実施



大径材の搬出（200年生）（奈良県）

35



2.5mの作業道での大径材の搬出

自伐型の間伐施業

面積当たりの質（良質材）と量を持続的に増大させることを重視した、長期視点の多間伐施業を実施

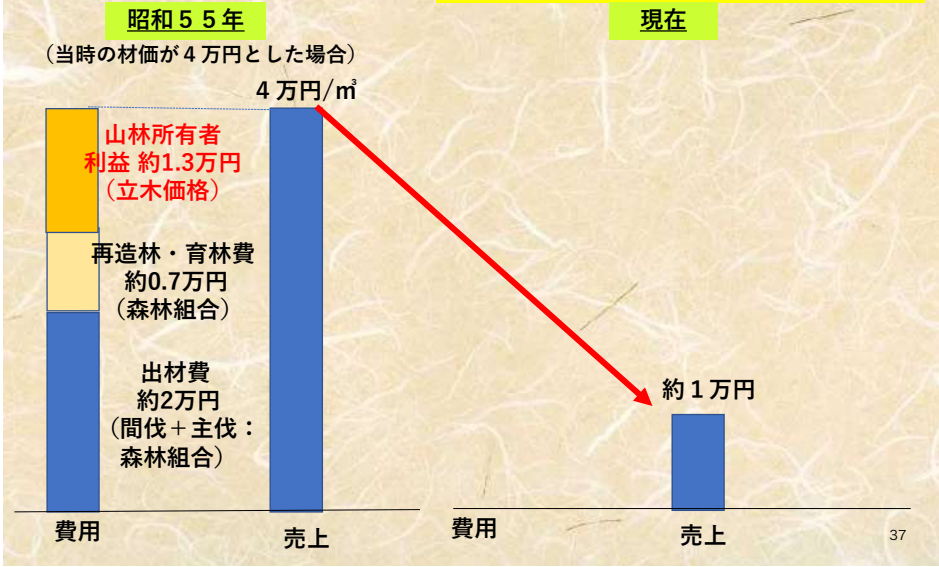


大径材の搬出（林内作業車）

36

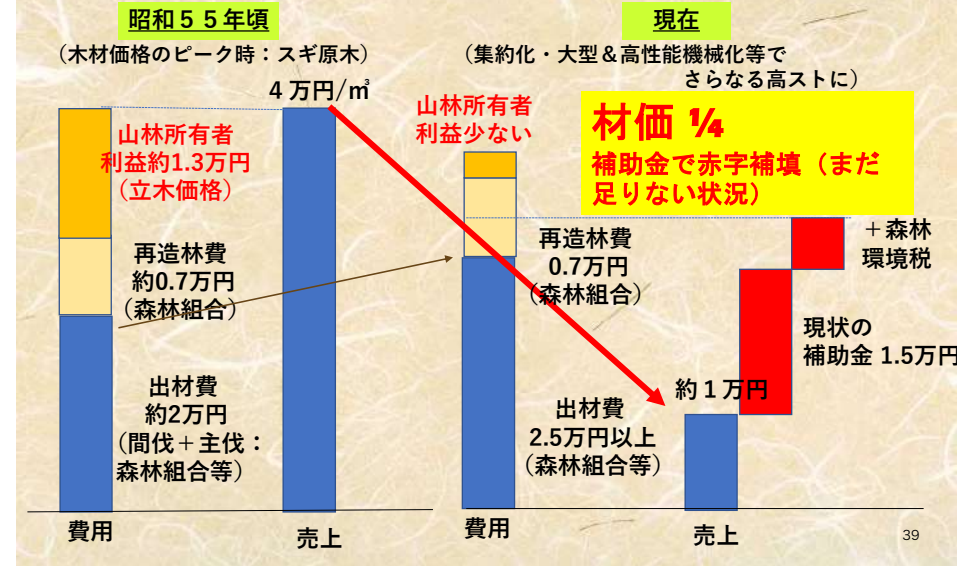
なぜ現行林業は破綻したのか

～標準伐期50年の皆伐・再造林施業～



時代に合わない林業手法を継続

～標準伐期50年の皆伐・再造林施業～



なぜ現行林業は破綻したのか

～標準伐期50年の皆伐・再造林施業～

- 「50年皆伐・再造林」の手法は変えず、大規模化・生産性向上策で対処した
- 山林の大規模集約+使用機械の大型化・高性能化で生産性を上げる、という政策
- 2割程度の価格下落なら効果があったが、1/4の下落では「焼け石に水」状態となり
- 赤字を補填するために、補助金を積み増しの連続
- 低材価時では「破綻した林業」といえる

間伐マジック(多間伐施業は経済的自立が可能に)



人為的要因

土砂災害を誘発する

林業施業

①皆伐(皆伐放棄及び再造林後15年以下の山林)

②大量生産型の大型機械用
幅広作業道

- ・搬出1回しか使わず
- ・起伏少なく、一定勾配

41

皆伐地に大雨が降ると...



皆伐地の
斜面崩壊

皆伐した山は崩れやすい(三重県)

43



1 皆伐

Google

42

皆伐地に大雨が降ると...

最近の土砂災害現場から (岩手県岩泉の豪雨災害2016年)



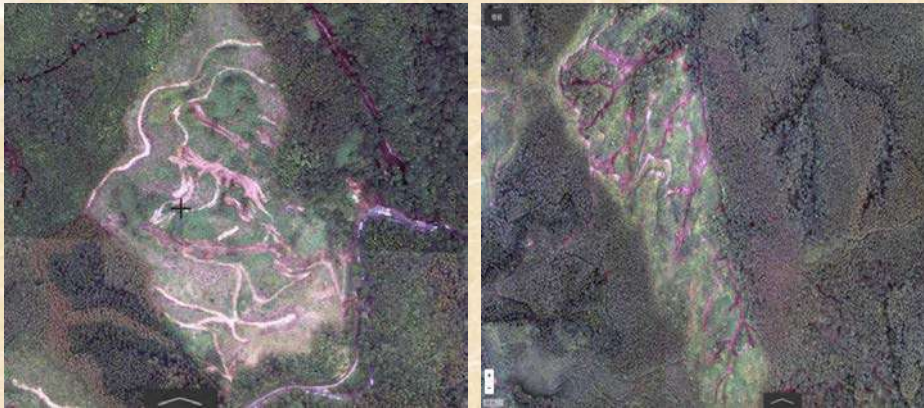
皆伐地へ入った
作業道の崩壊

(出典: 国土地理院)

44

皆伐地に大雨が降ると...

最近の土砂災害現場から (岩手県岩泉の豪雨災害2016年)



(出典: 国土地理院)

45

福岡県朝倉の豪雨災害2017年

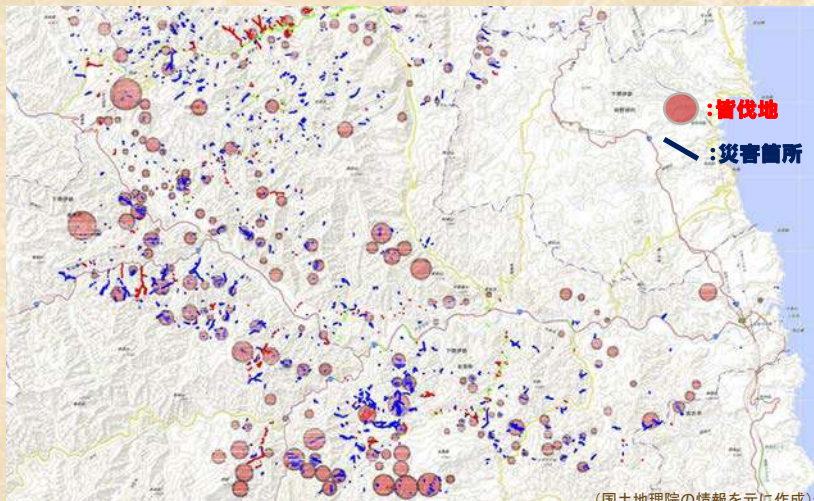
調査した皆伐地全箇所で崩壊が確認された



47

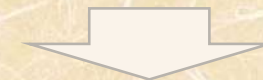
皆伐地と災害地点の重なり具合

最近の土砂災害現場から (岩手県岩泉の豪雨災害2016年)



(国土地理院の情報を元に作成) 46

**脆弱な土質や地質地帯での
皆伐は、確実に土砂災害を招く！**



**脆弱な土質地域では、特に
「作業道×皆伐」は、やってはいけない
のでは**

48

上流域で皆伐が多いと



皆伐地は土砂流出が続く...

皆伐後5年経過した現場、土砂流出が続き谷は埋まっている



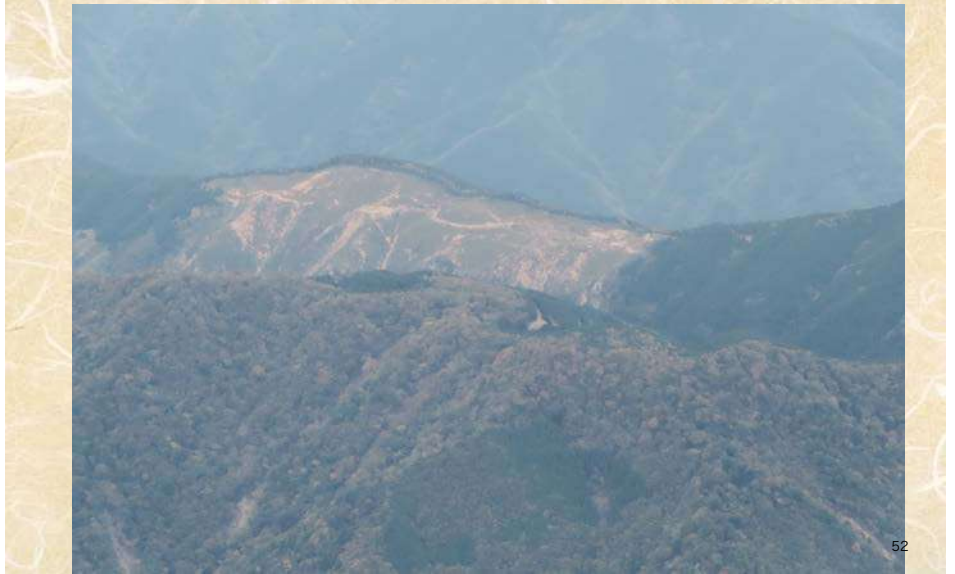
下流河川の河床が上昇

河床が上がると堤防が低くなったのと同じで、洪水時に越流しやすくなり大災害に直結する



皆伐地は土砂流出が続く...

皆伐地と通常山林との差



再造林しても崩壊・土砂流出は起きる

再造林地の崩壊と土砂流出現場：「植林すれば土砂流出はない」はウソ



再造林しても崩壊・土砂流出は起きる

再造林地の崩壊と土砂流出現場：「植林すれば土砂流出はない」はウソ

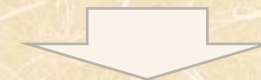


再造林しても崩壊・土砂流出は起きる

再造林地の崩壊と土砂流出現場：「植林すれば土砂流出はない」はウソ



多数の主伐・皆伐は
大量の土砂流出を招く

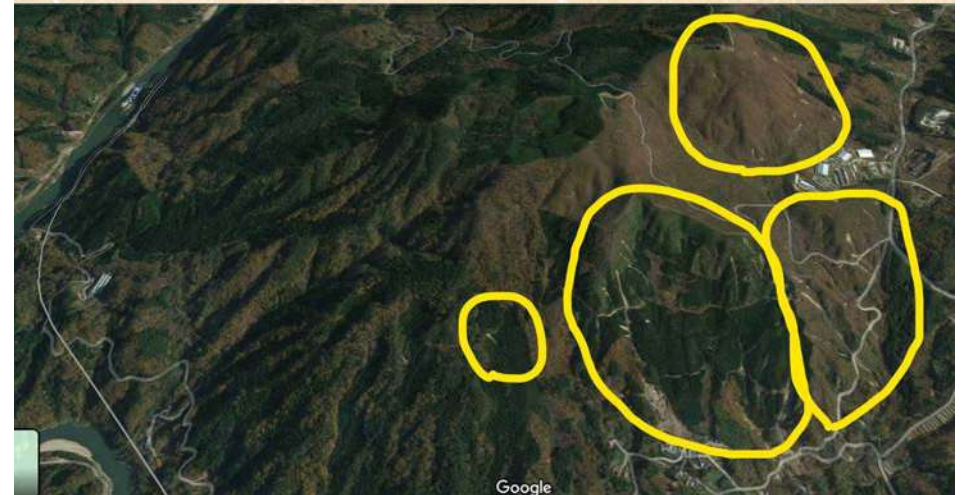


過去の紀伊半島豪雨、鬼怒川決壊、
岩泉災害、西日本豪雨もこの状況が発
生しているのでは

宮城県丸森町 (廻倉地区)

61

廻倉地区(崩壊が確認された場所)



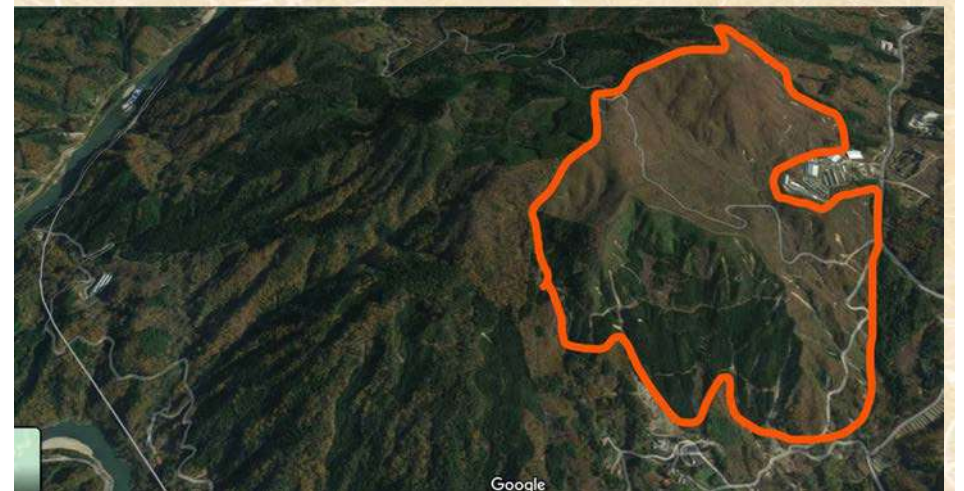
63

廻倉地区(被災地周辺)



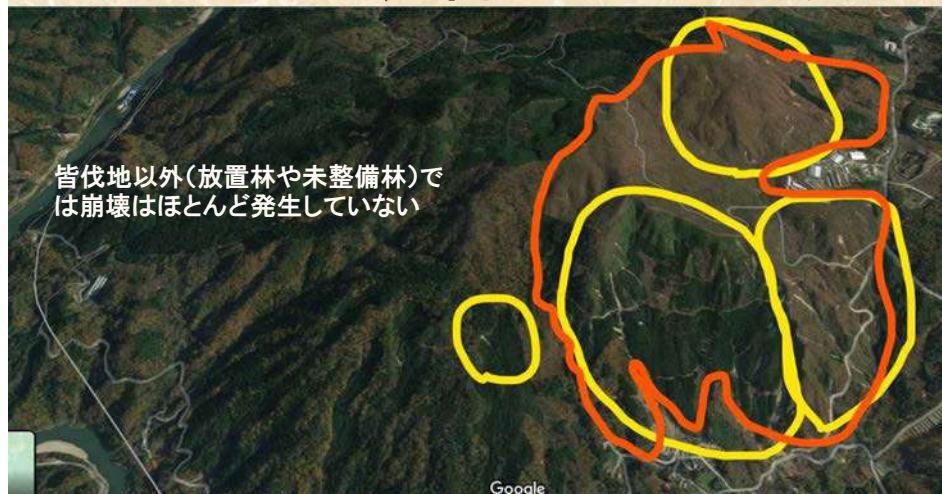
62

廻倉地区(崩壊が確認された場所)



64

廻倉地区の皆伐地 (崩壊確認エリアと一致)



65

ここまででわかること

- **崩壊個所は皆伐地に集中している**
- スギの人工林、広葉樹林、関係なく崩壊している
- 崩壊地は、**皆伐及び再造林後15年以下**である
- **未整備林及び放置林の20年以上の樹木で覆われている森は、崩壊がほとんど発生していない。土砂流出はほとんど起きていない。**

67

廻倉地区の皆伐地の内訳



66

個別崩壊現場の洗い出し



68

個別崩壊現場の洗い出し



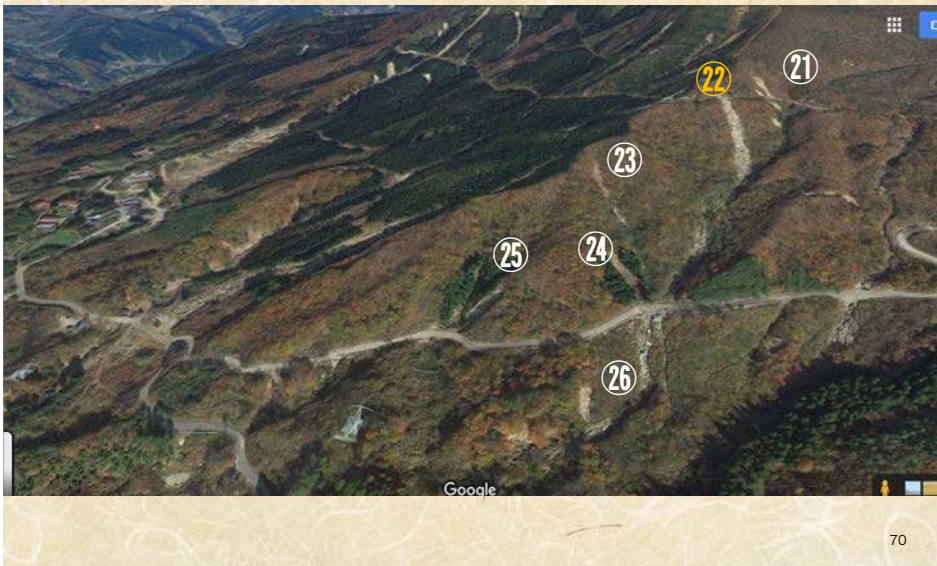
69

個別崩壊現場の洗い出し



71

個別崩壊現場の洗い出し



70

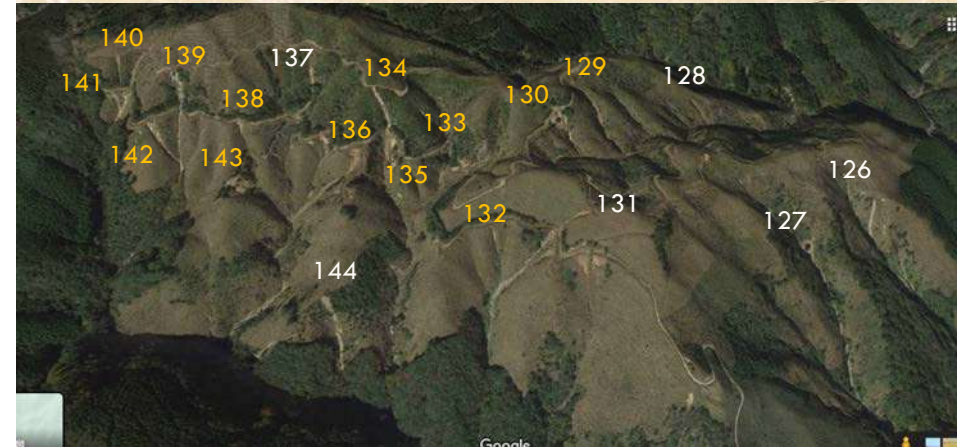
崩壊の種類別集計(丸森町廻倉)

林業 施業 起因 の 崩壊	皆伐地の斜面崩壊(人工林は すべて再造林地)	35	65%	98%
	皆伐・間伐の作業道起因の 崩壊	16	30%	
	林道・公道起因の崩壊	2	4%	
上記以 外起因 の崩壊	人工林・広葉樹林の自然崩壊 (一般的な未整備林や放置林)	1	2%	
	(合計)	54		

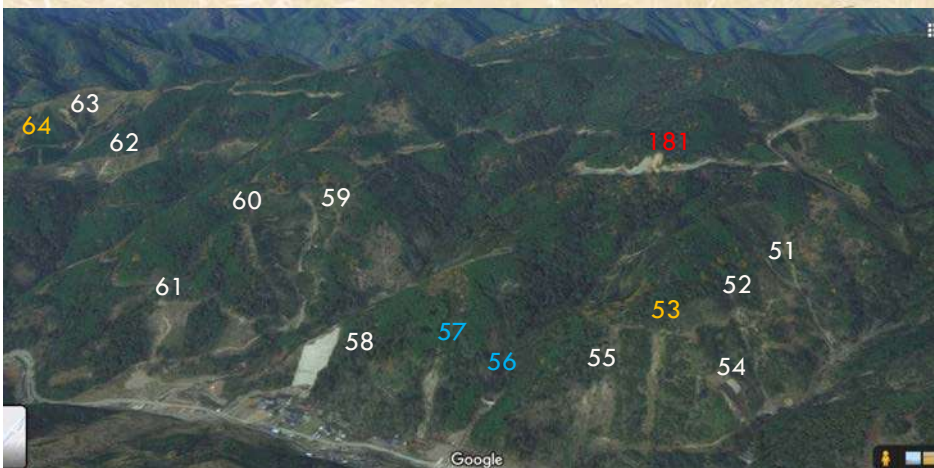
72

熊本県球磨川流域 (球磨村)

個別崩壊現場の洗い出し (1ヶ所の皆伐で19か所の崩壊が発生)



個別崩壊現場の洗い出し



崩壊の種類別集計(球磨村)

林業 施業 起因 の 崩壊	皆伐地の斜面崩壊 ()内は再造林放棄地	82 (14)	45%	94%
	皆伐・間伐の作業道起因の崩壊	80	44%	
	林道・公道起因の崩壊	10	5%	
上記以外起因の崩壊	人工林・広葉樹林の自然崩壊 (一般的な未整備林や放置林)	11	6%	
	(合計)	183		

崩壊の種類別集計(八代市一部)

林業 施業 起因 の 崩壊	皆伐地の斜面崩壊	13	25%	96%
	皆伐・間伐の作業道起因の崩壊	28	53%	
	林道・公道起因の崩壊	10	19%	
上記以外起因の崩壊	人工林・広葉樹林の自然崩壊 (一般的な未整備林や放置林)	2	4%	
	(合計)	53		

77

実際は！～土砂災害現場の現実～

- ① 放置林・未整備林がよいわけでないが
崩壊は圧倒的に「皆伐」「幅広作業道」で起きている！
 - ② 皆伐放置林では当然、多数崩壊が起きているが
再造林地でも多数崩壊が起きている！
再植林後15～20年までは崩壊リスクが高い
 - ③ 土砂災害警戒区域外で、上記の原因で多数の
崩壊や土石流が発生し、住民の避難が伴わず、
被害が拡大している！
- ★つまり、傾斜や土質より、皆伐・幅広作業道敷設が
崩壊や土石流を発生させる危険度が高い！といえる。

79

土砂流出の 一般常識が間違っている？

以下が一般常識とされている事項

- ① 放置林・未整備林が
崩壊や土砂流出の原因になる
- ② 皆伐も再造林(再植林)すれば大丈夫
- ③ 土砂災害警戒区域でないのも大丈夫

78

土砂災害を防止するには

- ① 20年以上の成木が維持される林業(多間伐施業)
 - ② 使い続けられる「壊れない作業道」が敷設される林業
- この2つを担保する林業展開がカギ！



この2つを担保する林業こそ「**自伐型林業**」
自伐型林業実践者を増やせば、土砂災害防止強化に
直結
(高知県佐川町・鳥取県智頭町・島根県津和野町等は
30人以上の自伐型林業者を創出！)

80

②大量生産型の大型機械用幅広作業道



81

- 1) 法面崩壊（切土）
- 2) 路肩（盛土）崩壊
- 3) 谷を渡る作業道の崩壊
- 4) 排水による崩壊
- 5) 風倒木被害

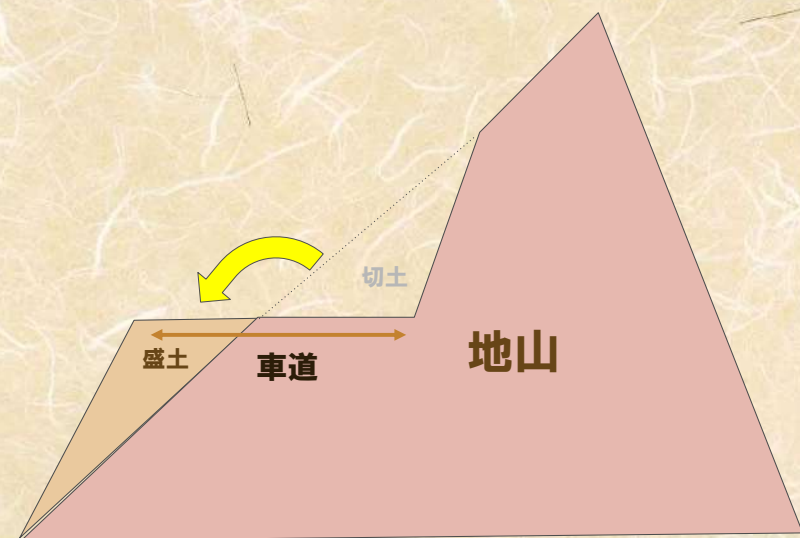
83

大量生産型の大型機械用幅広作業道起因の森林劣化・土砂災害誘発事例と解説

- 1) 法面崩壊（切土）
- 2) 路肩（盛土）崩壊
- 3) 谷を渡る作業道の崩壊
- 4) 排水による崩壊
- 5) 風倒木被害

82

一般的な作業道敷設の際の切土と盛土



84

1)法面崩壊（切土）

道幅が広い切土が高くなり、崩壊が頻繁に起こる。



通行ができなくなる

85

1) 法面崩壊（切土）

2) 盛土崩壊

3) 谷を渡る作業道の崩壊

4) 排水による崩壊

5) 風倒木被害

87

1)法面崩壊（切土）

切土面崩壊が大きいと、車道まで無くなる事例もある



(三重県大台町 / 撮影日 2019年10月)

86

2)路肩崩壊（盛土）

道幅を広くすると切土量が多くなるため、比例して路肩への盛土量が多くなり崩壊しやすくなる。



雨が降ると盛土が重くなり亀裂が入る。そこに路面から流れてきた水が入り込み、崩壊を招く。

88

2)路肩崩壊（盛土）

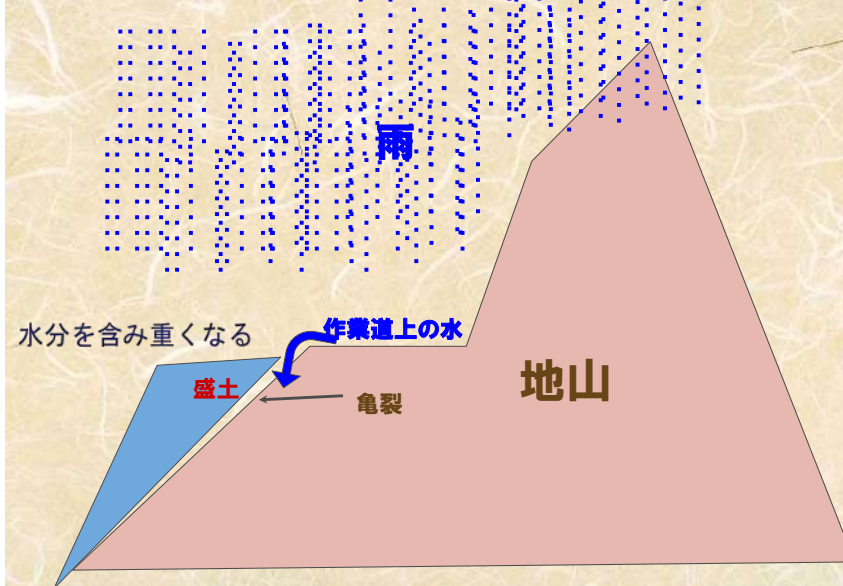
道幅を広くすると切土量が多くなるため、比例して路肩への盛土量が多くなり崩壊しやすくなる。



実際に崩壊したところ。その際に盛った土だけではなく、地山も引きずられて崩壊している（右）。

89

路肩崩壊（盛土）の解説



91

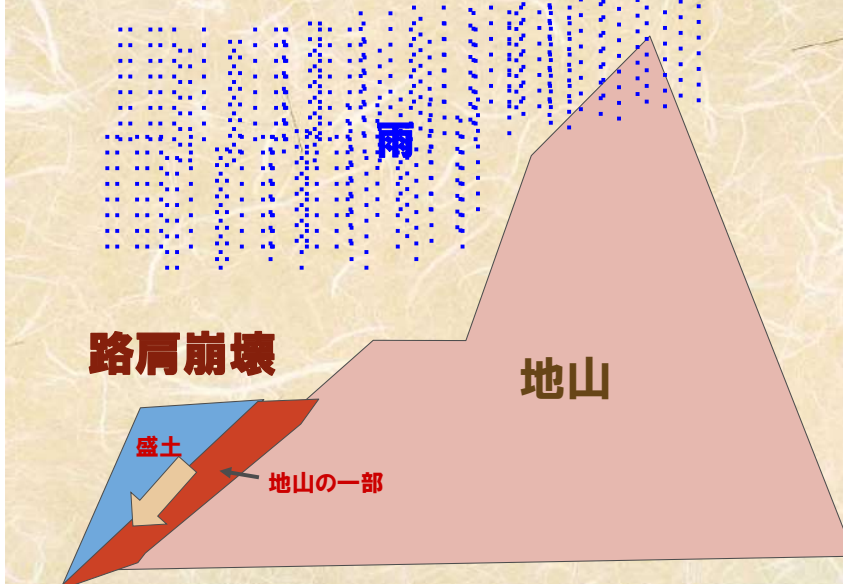
2)路肩崩壊（盛土）

道幅を広くすると切土量が多くなるため、比例して路肩への盛土量が多くなり崩壊しやすくなる。



90

路肩崩壊（盛土）の解説



92

- 1) 法面崩壊 (切土)
- 2) 盛土崩壊
- 3) 谷を渡る作業道の崩壊**
- 4) 排水による崩壊
- 5) 風倒木被害

3) 谷を渡る作業道の崩壊

九州北部豪雨の災害現場 (福岡県朝倉市)



(福岡県朝倉市 / 撮影日 2018⁹⁵)

3) 谷を渡る作業道の崩壊

一般的な作業道や林道が谷を渡る際の工法



(福岡県朝倉市 @2018 google / 撮影日 2018年4月)

3) 谷を渡る作業道の崩壊

土石流拡大(増幅)のメカニズム



(福岡県朝倉市 / 撮影日 2018⁹⁶)

3)谷を渡る作業道の崩壊

林道の崩壊にも直結



97

- 1) 法面崩壊 (切土)
- 2) 盛土崩壊
- 3) 谷を渡る作業道の崩壊
- 4) 排水による崩壊**
- 5) 風倒木被害

99

3)敷設後使わずに崩壊した作業道



98

4)排水による路肩と山腹の崩壊

作業道上を流れる水を、地盤の弱い所や谷部に集中的に排水すると、路肩と山腹の崩壊が起きやすい



こういう箇所が何か所も確認された

手前の横断排水溝に大量の水が集まり、路肩崩壊から山腹崩壊に拡大した箇所

横断排水のピッチが長すぎるのでは

(福岡県朝倉市) / 撮影日 2018

100

4)排水による路肩と山腹の崩壊

作業道上を流れる水を、地盤の弱い所や谷部に集中的に排水すると、路肩と山腹の崩壊が起きやすい



反対側から見た崩壊現場

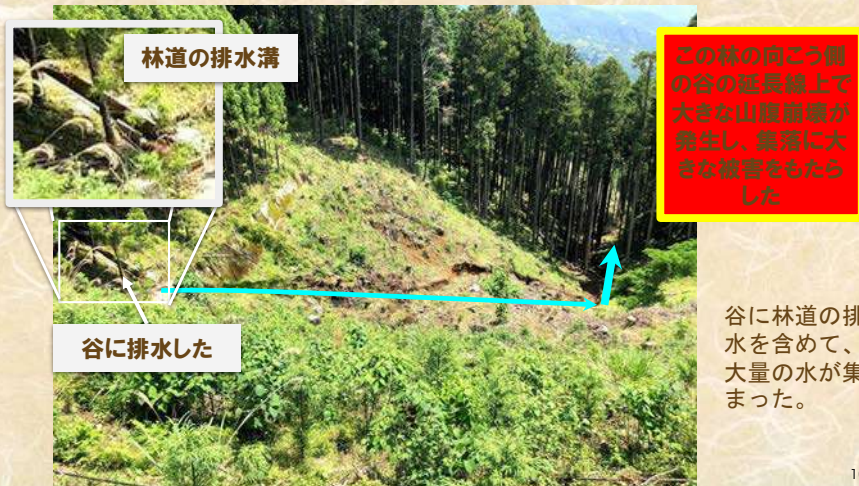
101
(福岡県朝倉市 / 撮影日 2018)

- 1) 法面崩壊 (切土)
- 2) 盛土崩壊
- 3) 谷を渡る作業道の崩壊
- 4) 排水による崩壊
- 5) 風倒木被害

103

4)排水による路肩と山腹の崩壊

作業道上を流れる水を、地盤の弱い所や谷部に集中的に排水すると、路肩と山腹の崩壊が起きやすい



林道の排水溝

谷に排水した

この林の向こう側の谷の延長線上で大きな山腹崩壊が発生し、集落に大きな被害をもたらした

谷に林道の排水を含めて、大量の水が集まった。

102
(福岡県朝倉市 / 撮影日 2018)

5)風倒木等による森林劣化

皆伐の隣地や、伐開幅の広い作業道と列状間伐は、風を林内に入れ込み、風倒木や立木の質の劣化をもたらし、森林経営の持続性を喪失させる (森林整備が森林劣化・持続性を喪失)



間伐した個所が倒れて、未整備の個所は倒れていない
間伐が風を呼び込んでいる

104

5)風倒木等による森林劣化



105

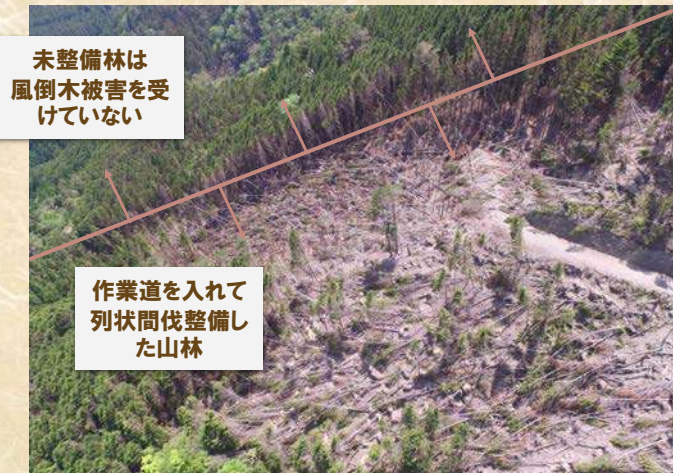
5)風倒木等による森林劣化



107

5)風倒木等による森林劣化

未整備林より悪い、森林整備の事例



106

5)風倒木等による森林劣化



108

自伐型施業による 土砂災害防止・減災の実例

- 1) 法面崩壊と盛土崩壊が起こりにくい理由
- 2) 谷渡り（洗越し）工法が土石流を止める
- 3) 高密度路網が崩壊を止め、水源涵養に
- 4) 排水は短距離・分散で水を集中させない
- 5) 木組みがアンカーの役割を
- 6) 伐開幅が小さい作業道と2割以下の適正な間伐が風倒木等の被害を防ぐ

109

1)法面・路肩崩壊が起こりにくい理由



土留めの木組み

111

1)法面・路肩崩壊が起こりにくい理由



切りが低い
(法高約1.5m以下)

幅が狭い
(2.5m以下)

2トントラックと3トン林内作業車
で搬出している現場

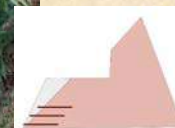
110

1)法面・路肩崩壊が起こりにくい理由



完成時の路面高

木組みまで
降りてきて
締め固め

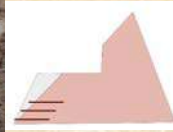


112

1)法面・路肩崩壊が起こりにくい理由



法面の締固め



113

2)谷渡し（洗越し）工法が土石流を止める

作業道が谷を渡る際は、谷を中心に勾配を下げる。
洗越しが堰堤の役割を果たし、土石流を止め、水の勢いを止める



115

1)法面・路肩崩壊が起こりにくい理由



この工法で敷設すれば崩壊はほとんど起きない

114

2)谷渡し（洗越し）工法が土石流を止める

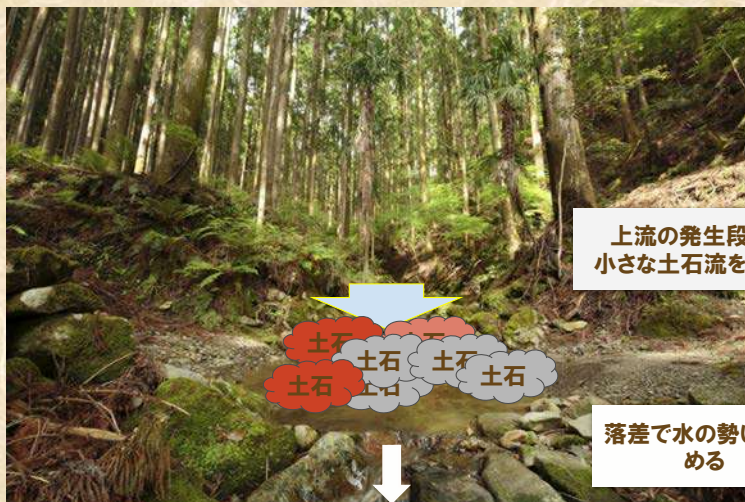
作業道が谷を渡る際は、谷を中心に勾配を下げる。
洗越しが堰堤の役割を果たし、土石流を止め、水の勢いを止める



116

2)谷渡し（洗越し）工法が土石流を止める

作業道が谷を渡る際は、谷を中心に勾配を下げる。
洗越しが堰堤の役割を果たし、土石流を止め、水の勢いを止める



117

2)谷渡し（洗越し）工法が土石流を止める

一般的な砂防堰堤（砂防堰堤）
自伐型林業による洗堰が、砂防堰堤と同じ効果を発揮している

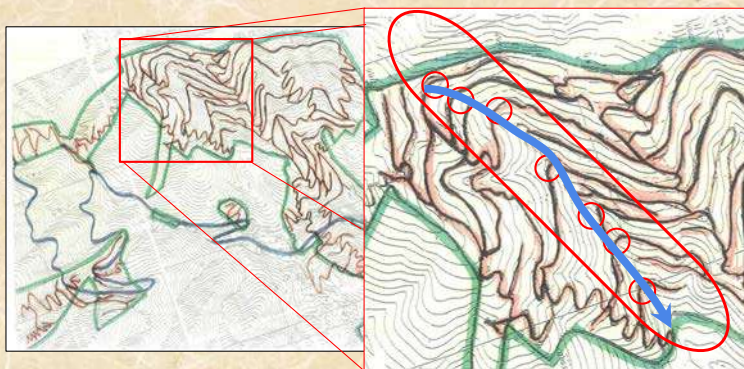


（基之助谷砂防堰堤群 出典：国土交通省）

119

2)谷渡し（洗越し）工法が土石流を止める

連続した砂防堰堤と同じ役割を果たしている



一つの谷に洗越し（洗堰）が
7基設置されている。

118

2)谷渡し（洗越し）工法が土石流を止める

一つの写真に3ヶ所も



120

2)谷渡し(洗越し)工法が土石流を止める

木組みの洗い越し(洗堰)



121

2)谷渡し(洗越し)工法が土石流を止める

洗い越しの全体像



123

2)谷渡し(洗越し)工法が土石流を止める

木組みの洗い越し(洗堰)



122

2)谷渡し(洗越し)工法が土石流を止める

谷を落ちてきた土石が洗い越しで止まっている



124

3)高密度路網が崩壊を止め、水源涵養に

幹線作業道から山腹に敷設される枝道が「山腹工」と同じ治山の役割をしている。水の流れを止め、蓄える効果も発揮。

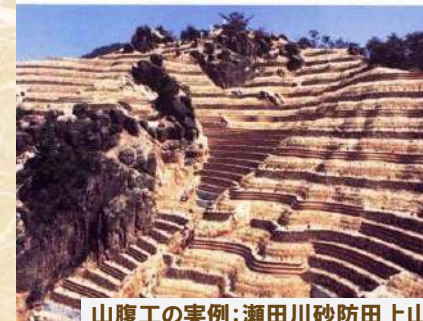


上から見ると道ばかり、階段のように見える

125

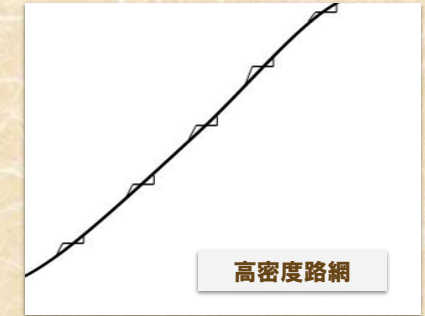
3)高密度路網が崩壊を止める

山腹工とは？:土砂を止め、緑化を促し、崩壊を止める



山腹工の実例:瀬田川砂防田上山の山腹工 出典:国土交通省

土砂流出を防ぐために、階段状に敷設する



127

3)高密度路網が崩壊を止め、水源涵養に

幹線作業道から山腹に敷設される枝道が「山腹工」と同じ治山の役割をしている。水を止め、蓄える効果も発揮。



126

3)高密度路網が崩壊を止め、水源涵養に

みかん畑の石組みの段々畑と同じ効果(崩壊防止・水源涵養)に



128

4) 排水は短距離・分散で水を集中させない

作業道上の排水は約20mピッチが基本



129

4) 排水は短距離・分散で水を集中させない

作業道から落とす際に洗堀防止と、水の分散のために流末処理を確実に敷設する



131

4) 排水は短距離・分散で水を集中させない

ヘアピンでの排水処理（逆カント）。排水は尾根等の凸部に、谷部や凹部には排水しない



130

5) 木組みがアンカーの役割を

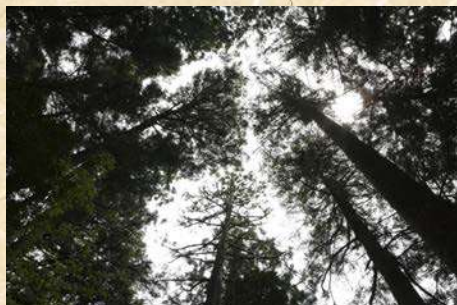
木組みは地山に刺さってないと意味がない



132

6) 伐開幅の狭く、樹木が覆った作業道と、2割以下の適正な間伐が、林内の風・雨・光を適正に保つ

作業道から空を見ると、これだけの違いが
(大規模施業と比較)



自伐型林業者

VS



大規模施業者
風・雨・光を全く考慮していない
林地も減る

133

6) 伐開幅の狭く、樹木が覆った作業道と、2割以下の適正な間伐が、林内の風・雨・光を適正に保つ

自伐型林業者の森を空から見ると、
作業道がほとんど見えない=風が入らない・林地が減らない



135

6) 伐開幅の狭く、樹木が覆った作業道と、2割以下の適正な間伐が、林内の風・雨・光を適正に保つ

- ・ 風を防ぐ: 風を林内に入りにくくするため、**風倒木・繊維断裂を防ぐ**
- ・ 雨を防ぐ: 樹木が作業道や林内を覆うと、**降雨の約3割をカットする(遮断蒸発)**、また降った雨のほとんどは樹幹を流れ、地表に到達する。雨が土壌を直接叩かないため、**表土侵食や流出が起こりにくい**
- ・ 光を防ぐ: 光が入り過ぎないため、**土壌乾燥や林内環境が激変しない**。土壌乾燥は木の成長不良に

134

6) 伐開幅の狭く、樹木が覆った作業道と、2割以下の適正な間伐が、林内の風・雨・光を適正に保つ

大規模施業地を空から見ると
作業道と列状間伐が、くっきりと=**風が入る・林地が減る**



136

生態系等の専門学者の調査結果

(徳島大学環境系学者グループ)

橋本氏が経営する林地では、92科254種の植物(常緑高木35種、常緑低木16種、落葉高木43種、落葉低木33種、草本56種、ツル植物29種、シダ42種)が生育していた(102カ所の調査区内での結果)。

そのうち、10種は徳島県版レッドリストに掲載されている種だ(絶滅危惧IA類2種、同IB類3種、同II類3種、準絶滅危惧2種)。

そして、地形に対応して出現する種群からなる11の植生型が識別された。例えば、尾根では、植えられたヒノキの林床にモチツツジが保持され、また、天然性のモミが残る。斜面のスギ林冠下には、コジューアセビ型植生、ケヤキーイロハモミジ型植生が出現する。木材生産のための森林の中に、自然度の高い植生が保持されているのだ。

この豊かな人工林は森づくりの学びの場となっていて、多くの林業関係者や研究者が橋本氏の林地を訪れる。そして、僕たちが経験したのと同じように、訪れた人々はその森の豊かさに驚き、癒やされて帰る。

優れた林相改善の事例として私たちが調査しているのが、徳島県那賀町の橋本林業地だ(鎌田 2018)。橋本氏は材生産を行うために、森林の質を向上させる努力をしてこられた。現在、林内には低木や草本が茂り、92科252種(10種は絶滅危惧)の植物が生育し、それらは洪水抑制にも役立つ。施業技術を学びに多くの人が訪れ、地域間交流の場ともなっている。当地で、地域活性化と流域の治水向上とを同時に達成する森づくりのアイデアが得られると思っている。

139

自伐型林業者の「壊れない道づくりは」砂防道といえる



137

自伐型林業モデル林(徳島県橋本山林)



138

コメント【生態系・グリーンインフラから】 橋本林業地における育林理念と林相

鎌田 磨人

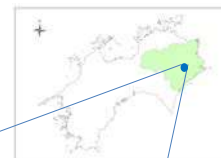
徳島大学大学院社会産業理工学研究部

本報告は以下の研究に基づく

- スライド3～10: 松尾扶美 (2015年2月) 立地特性を活かした生態系保全型林業の展開—徳島県那賀町橋本林業を事例として【徳島大学大学院先端技術科学教育部建設創造システム工学コース 修士論文】
- スライド11～15: 山口恵大 (2019年2月) 簡易手法による自伐林業地の林分構造把握【徳島大学建設工学科 卒業論文】

1

橋本林業



総面積107ha
薪炭林 → 明治40年頃からスギ・ヒノキ育林
天然林2割、人工林8割
人工林9割がスギ、1割がヒノキ



- ✓ 高密度作業路網(300m/1ha)
- ✓ 択伐天然更新施業
- ✓ 家族3名で経営



3

92科252種の植物が生育
(102ヶ所の調査区内での植生調査結果)

- 常緑高木35種
- 常緑低木16種
- 落葉高木43種
- 落葉低木33種
- 草本56種
- シダ43種

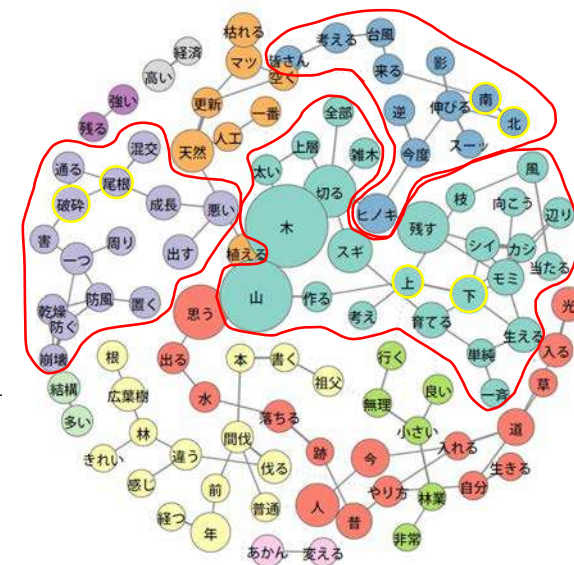
* これらのうち10種は徳島県版レッドリスト掲載種

どのようにしてこのような森をつくるのか

2013年6月18日

2

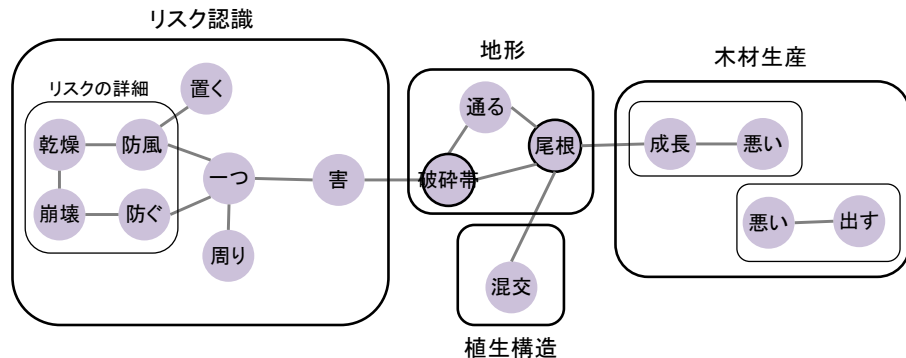
橋本氏の頭の中の 山の認識地図



「尾根」「破砕」
「南」「北」
「上」「下」

4

植生を規定する、橋本氏の地形認識と施業

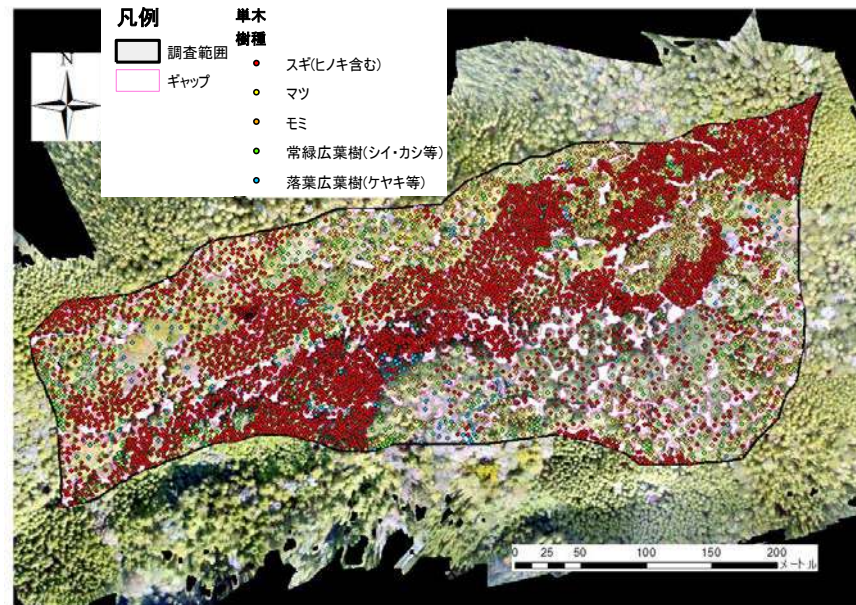


「破碎」「尾根」を重要な地形と認識

リスクのある地形
木材生産に適さない地形 } 混交林にしている

5

橋本氏の森を構成する林冠樹種



7

橋本さんの基本理念(哲学)

1. リスクを低減する選択

- 経営理念「一利を興すより一害を取り除く」

2. できるだけ自然の状態を保つ

- 経営理念「自然に学び、自然を活かす」

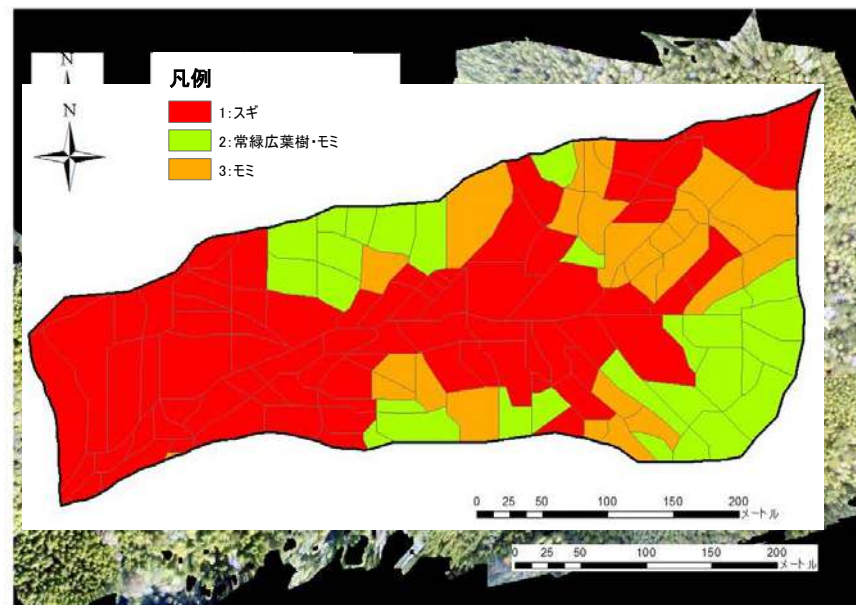
Nature-based Solution

Eco-DRRの原点

(Ecosystem-based Disaster Risk Reduction; 生態系を活用した防災・減災)

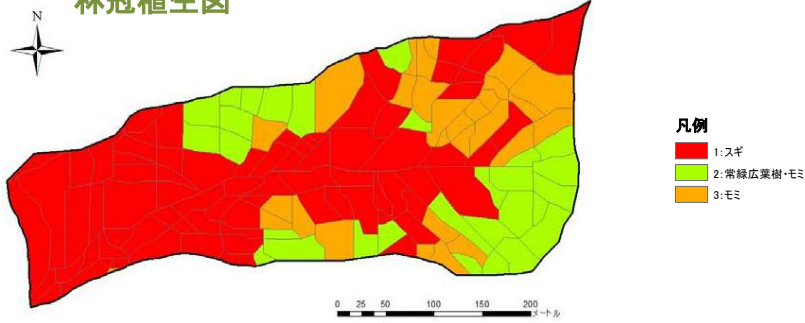
6

林冠植生図

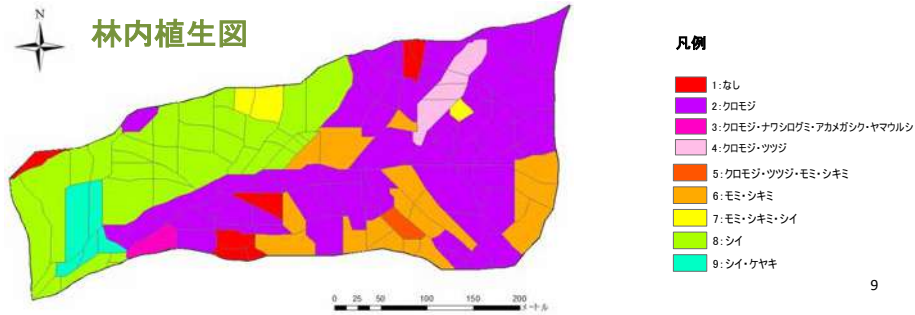


8

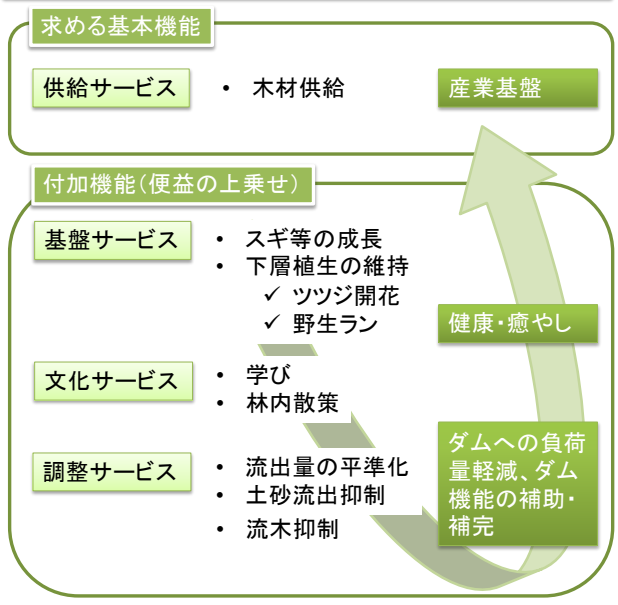
林冠植生図



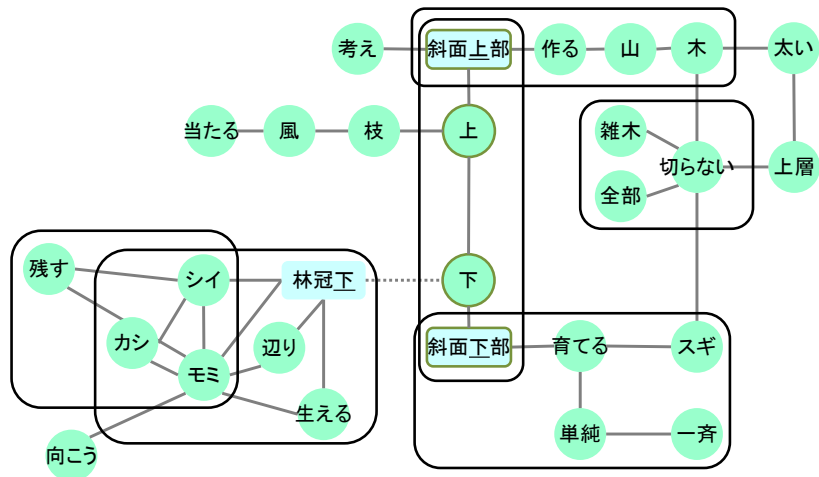
林内植生図



橋本氏の理念が生み出す生態系サービス間シナジー



橋本氏の地形認識と施業



森からのサービスを暮らしに活かす

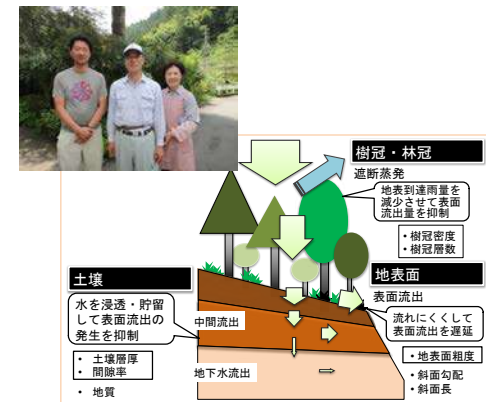
佐藤宣子 (九州大、森林政策学)

定住, 地域再生・創生の可能性

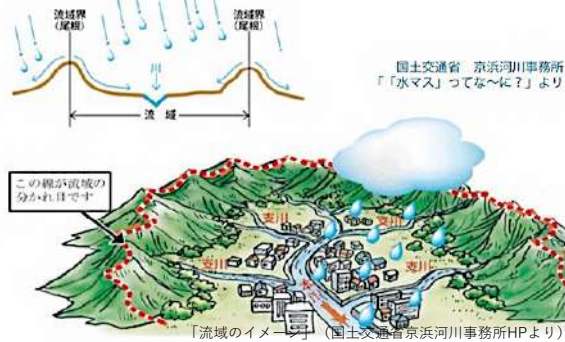


田村隆雄 (徳島大、森林水文学)

洪水の流出抑制機能



流域治水の現状と見落とされがちな森林の機能



水ジャーナリスト アクアスフィア・水教育研究所 武蔵野大学客員教授
橋本淳司

治水の大転換！発想、担い手、方法の変化

	法改前	法改後
発 想	河川区域での治水	流域全体での治水
担い手	河川管理者	流域人（流域に所属する自治体、企業、住民など）
方 法	ダムや堤防で河川内に水を封じ込める 計画の見直し ハード整備	流域全体（集水域、河川区域、氾濫域）での治水
		もちろん林業者も含まれる

特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律 (通称：流域治水関連法) 令和3年4月28日可決成立、7月15日施行

改正概要

- ①流域治水の計画、体制の強化
- ②氾濫をできるだけ防ぐための対策
- ③被害対象を減少させるための対策
- ④被害の軽減、早期復旧、復興のための対策

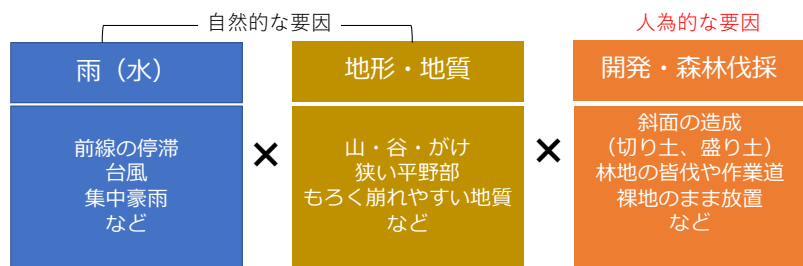
集水域、氾濫域、河川区域を明確にし、流域全体で水害被害を軽減する



流域治水関連法と水循環基本法（平成26年7月施行）の関連性

- 第三条4 水は、水循環の過程において生じた事象がその後の過程においても影響を及ぼすものであることに鑑み、流域に係る水循環について、流域として総合的かつ一体的に管理されなければならない。
- 第十四条 国及び地方公共団体は、流域における水の貯留・涵養機能の維持及び向上を図るため、雨水浸透能力又は水源涵養能力を有する森林、河川、農地、都市施設等の整備その他必要な施策を講ずるものとする。

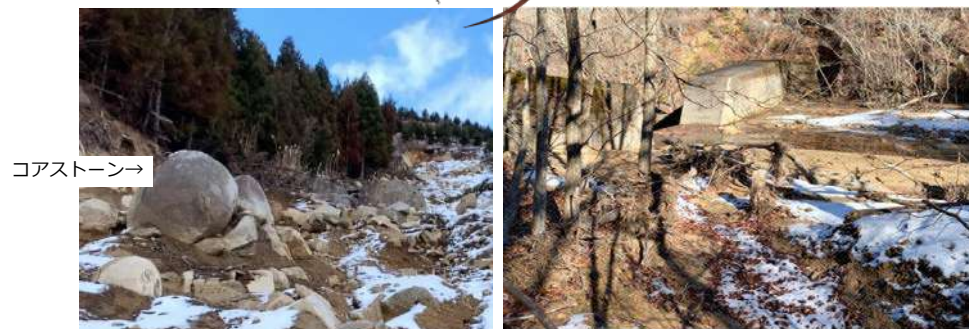
土砂災害が発生する3つの要因（一般論）



2つの事例から考える

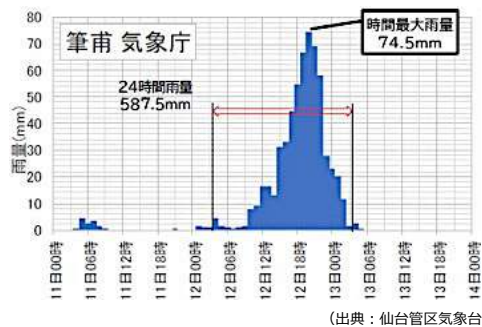
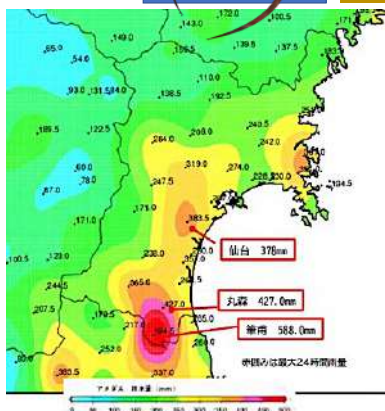
- 令和元年台風19号（宮城県丸森町）
- 令和3年7月球磨川水害

丸森町の土砂災害が激甚化した要因分析



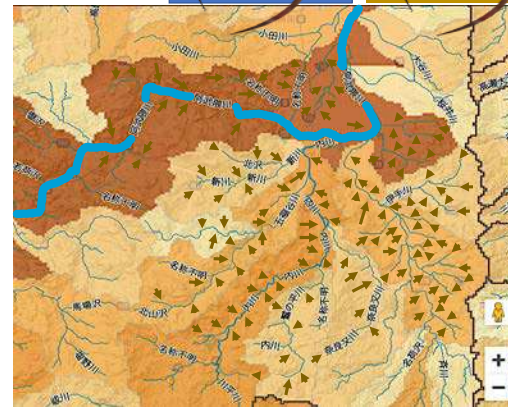
廻倉地区では地表近くのマサ土が雨で流れ、地下のコアストーンが出現。土砂崩れの起点は幅2メートル程度だが、水を含んだ土砂が数百メートル流れるうちに、マサ土やコアストーンを巻き込み、大きな土石流となった。

丸森町の土砂災害が激甚化した要因分析



降り初めからの総雨量
 仙台：383.5ミリ、丸森：427.0ミリ、
 筆甫（丸森町）：594.5ミリ

丸森町の土砂災害が激甚化した要因分析



水×地質によって災害が大きくなる。



マサ土は水分を含まない時はフワフワしている

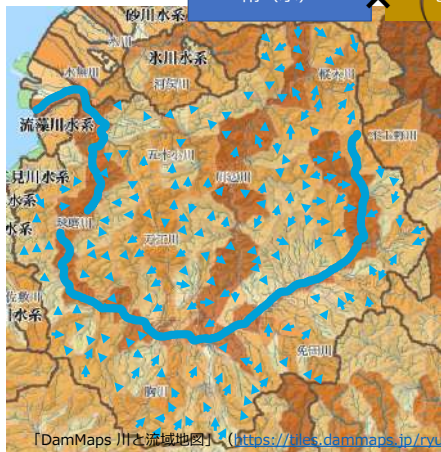
水分を含むとベトベトの泥になり、がっちり固まる

球磨川流域の土砂災害が激甚化した要因

雨 (水)

地形・地質

開発・森林伐採



3日(金) 午後8時49分 芦北町に大雨洪水警報
午後9時39分 人吉市、球磨村に大雨洪水警報

・土曜日の未明に球磨川に線状降水帯が発生し人吉市で1時間100ミリを超える雨

4日(土) 午前3時半 球磨村避難指示
午前4時32分 16市町村に大雨特別警報
午前4時50分 熊本県に大雨特別警報
午前5時15分 人吉市が「避難指示」
午前5時55分 国土交通省「球磨川氾濫」を発表

・未明の増水は避難の準備と判断を遅らせる。

「DamMaps 川と流域地図」(<https://files.dammaps.jp/ryuiki/>) に筆者加工

球磨川流域の土砂災害が激甚化した要因

よく言われていることと違ったこと



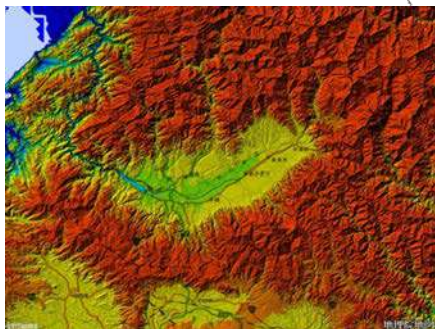
未整備林は崩れていなかった

球磨川流域の土砂災害が激甚化した要因

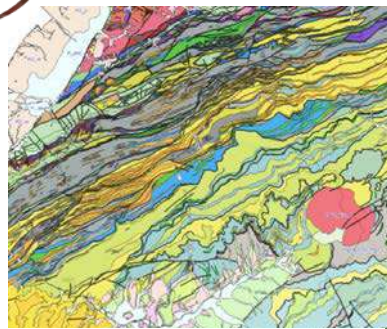
雨 (水)

地形・地質

開発・森林伐採



球磨川流域では降った雨が人吉盆地に集中する構造になっている。流域内には複数の河川があるが、その多くが人吉盆地で本流に合流する。



←秩父帯
←仏堂構造線
←四万十帯

「20万分の1日本シームレス地質図」
(産業技術総合研究所)

もともと崩れやすい地層で、雨が降ると土砂災害が発生したり、河床が上がり、洪水を誘発する。

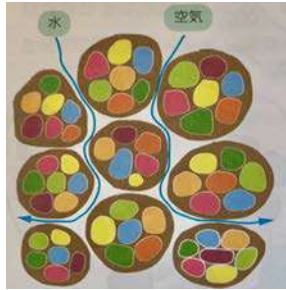
球磨川流域の土砂災害が激甚化した要因

よく言われていることと違ったこと



再造林していても崩れていた

皆伐×作業道の土の変化



保水性と水はけという、一見相反することを両立する。



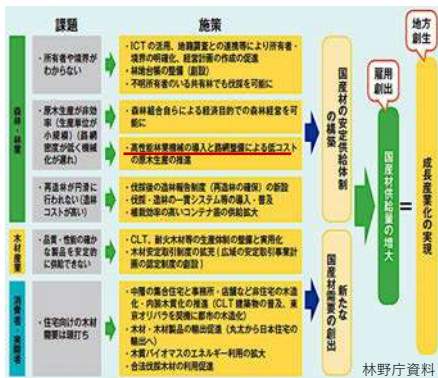
- 1) 雨が降ると、表層が流れる。→川床の上昇。洪水の要因に。
- 2) 土の粒と粒の間隔がどんどん狭くなる。保水性も弱く、水はけも悪い。大雨のとき一団の土砂となって崩れる。→土砂災害の要因に

流域全体で土地利用の影響、林業手法を考え直すべき。災害の火種を自分たちでつくり、自分たちで火消しに奔走する現状から脱却すべき



「DamMaps 川と流域地図」(https://tiles.dammaps.jp/nyuk/) に筆者加工

林業の成長産業化と法改正



- 森林経営管理法 (2019年4月施行)
- ・ 民有林の所有権と管理権を分離し、森林整備を進めやすくする。森林環境税・譲与税を使い、森林整備を行なうこともできる。伐採しない所有者は「森林経営の意欲がない」と決め、市町村が伐採計画を立てる
- 国有林野管理経営法改正法 (2020年5月施行)
- ・ 国民の共有の財産である国有林を民間企業などに開放するもの。国有林の一定区域で、一定期間(最長50年)、林業経営者に樹木を採取する権利(樹木採取権)を創設する

林野庁資料

大型国産材産業・バイオマス発電事業に木材を安価で大量に供給。林業を成長産業に。

森林の公益的機能



森林の公益的機能を発揮させながら、持続的な林業経営を行うべき

地域にあった森づくりのできる担い手育成が急務

日本学術会議「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について(答申)」(平成13年11月)及び関連付属資料

木があると土砂流出・斜面崩壊はなぜ起こりにくいのか？

～森林における遮断蒸発と洪水低減機能から考える～

内容

- ①森林域の雨水流出メカニズムと森林の洪水低減機能
- ②遮断蒸発のメカニズム
- ③遮断蒸発の観測事例
- ④洪水流量に対する遮断蒸発の影響
 - ・橋本林業地
 - ・吉野川流域(スギ人工林)と岩木川流域(ブナ天然林)
- ⑤まとめ

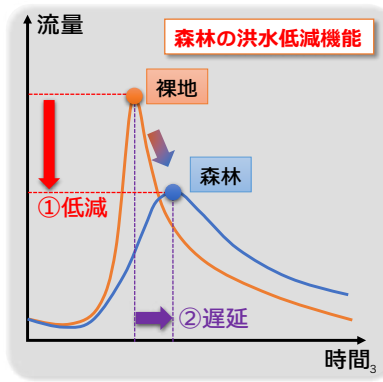
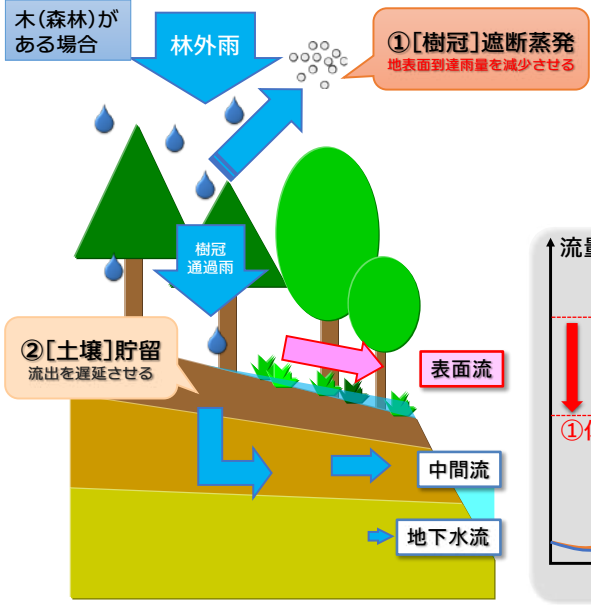


水を貯める柔らかい土がたくさんあるからでしょ？

徳島大学大学院
社会産業理工学研究部
田村 隆雄

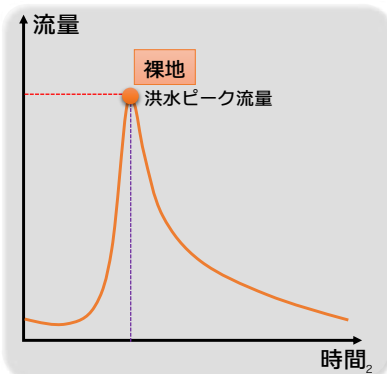
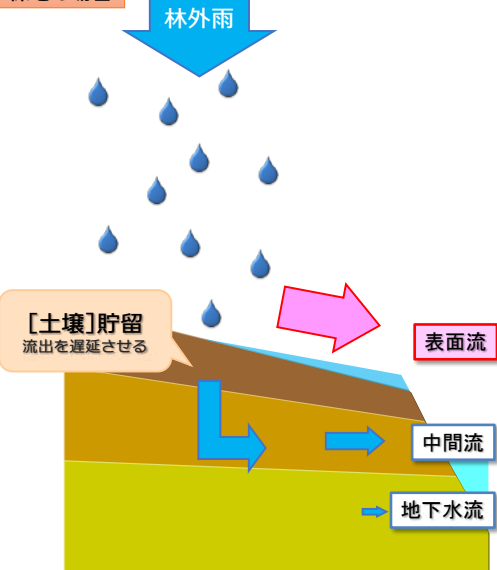
災害と林業 ～土石流被害と林業の関係性の調査報告会～ 2021年09月15日

森林域の雨水流出メカニズムと森林の洪水低減機能



森林域の雨水流出メカニズムと森林の洪水低減機能

裸地の場合



遮断蒸発のメカニズム



微細化した雨滴が上昇気流によって上空へ戻るために落ちてこない。
樹冠通過雨量 < 林外雨量



遮断蒸発現象によって生じたと考えられる「雲のようなもの」。「雨を降らせる雲」と違って雨が降り出すと発生し、上昇してゆく。

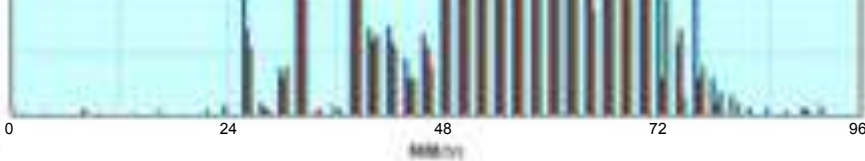
遮断蒸発の観測事例

(橋本林地 2017.8.6 - 2017.8.9)

※遮断蒸発率は降雨イベントごとに異なる

林外雨量
樹冠通過雨量 (針葉樹)
樹冠通過雨量 (広葉樹)

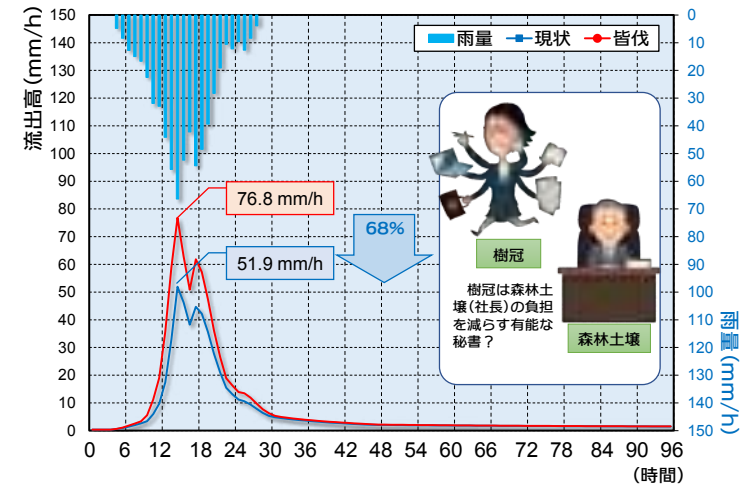
このイベント遮断蒸発率: 32%
3年間の平均遮断蒸発率: 24%



雨の降り始めから降り終わりまで「樹冠通過雨量は林外雨量より小さい」傾向がある。飽和(浸透能の減少)という制限をもつ土壌の保水能と違って、樹冠の遮断蒸発は継続する。

洪水流量に対する遮断蒸発の影響 (橋本林地・皆伐シミュレーション)

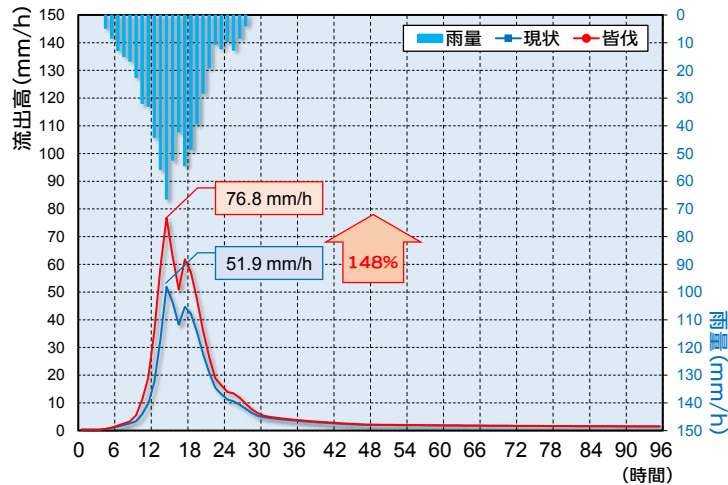
将来降雨100年確率雨量(650mm・徳島県那賀町白ケ谷)
地表面流分離直列2段タンクモデルを利用した流出シミュレーション



- 橋本林地の遮断蒸発率(平均)は24%、裸地の場合より洪水ピーク流量を約3割減らしている。
- 総雨量、降雨波形、遮断蒸発率、土壌の浸透能・保水能等のバランスで洪水ピーク流量の拡大率は変化する。

洪水流量に対する遮断蒸発の影響 (橋本林地・皆伐シミュレーション)

将来降雨100年確率雨量(650mm・徳島県那賀町白ケ谷)
地表面流分離直列2段タンクモデルを利用した流出シミュレーション



- 橋本林地の遮断蒸発率(平均)は24%、皆伐すると洪水ピーク流量は約1.5倍になる。
- 総雨量、降雨波形、遮断蒸発率、土壌の浸透能・保水能等のバランスで洪水ピーク流量の拡大率は変化する。

他の林地はどうなのか?

皆伐シミュレーション
洪水流量に対する遮断蒸発の影響



吉野川水系の5流域
早明浦ダム、富郷ダム
穴内川ダム、松尾川ダム
三縄ダム
主要樹種 スギ・ヒノキ人工林
地質 堆積岩・変成岩



岩木川水系目屋ダム流域
流域面積 171.6km²
流路延長 14.2km
主要樹種 フナ天然林
地質 火山岩

土壌保水能が高く評価された林地 (松尾川流域にある地すべり地帯)



善徳地区(徳島県三好市)

9

まとめ

木があると土砂流出・斜面崩壊はなぜ起こりにくいのか？

- 1) 森林の洪水低減機能では、土壌の保水能だけでなく、**樹冠の遮断蒸発能も重要**である。
- 2) 土壌の保水能は洪水ピーク時にほぼ失われるが、**遮断蒸発能は降雨開始から終了まで発揮**される。ただし降雨イベントによって**遮断蒸発率0%~30%程度**と幅がある。
- 3) (橋本林地の場合)**遮断蒸発率は24%**と観測された。**皆伐シミュレーションでは、洪水ピーク流量は約150%増加**すると推定された。
- 4) 地形・地質、土壌層厚等によって、洪水低減機能に対する遮断蒸発能の影響は異なる。**土壌の保水能が小さい林地ほど、遮断蒸発能の重要性が高い**と推察される。
- 5) 洪水、土砂流出、斜面崩壊等の災害を防止・抑制するには、**樹冠の遮断蒸発能を損なわない森林施業や林道・作業道づくり**が求められる。



橋本林地の作業道と直上の樹冠の様子

11

土壌保水能が低く評価された林地 (別子銅山跡地)



1881年
(約130年前)



現代 (2010年)

- 1690年 切り上がり長兵衛が別子山に銅山を発見する
- 1691年 別子銅山開坑、幕府より周辺山林の立木利用の許可
- 1890年代 このころ鉱山備林がほぼ禿山になる
- 1898年 伊庭貞剛によって「大造林計画」が立案される
- 1899年 台風性豪雨により山津波発生 (犠牲者500名以上)

10

参考文献

- 1) 上田尚太郎、田村隆雄、武藤裕則、鎌田磨人：人工林の針広混交林化による森林の洪水低減機能向上に関する研究，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.77，No.2，2021年（印刷中）。
長安ダム流域のスギ・ヒノキ人工林を針広混交林化した場合に期待できる洪水ピーク流量の低減効果を推定。流域治水における「針広混交林の整備」の効果を考察したもの。
- 2) 田村隆雄，上田尚太郎，武藤裕則，鎌田磨人：遮断蒸発率と地表面粗度の増強による森林の洪水低減機能の早期向上に関する検討，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.76，No.2，pp.127-132，2020年。
一斉植林皆伐型のスギ・ヒノキ人工林(小流域)を針広混交林化して遮断蒸発率と地表面粗度を増強した場合の洪水ピーク流量の低減効果に関して考察を行ったもの。
- 3) 小川健一郎，田村隆雄，瀧川紀子，桑原正人，高西春二：樹種転換を伴う銅山川上流域における50年間の洪水流出特性の変化，水工学論文集，Vol.55，pp.571-576，2011年。
江戸時代からの別子銅山開発のために禿げ山が広がり、明治中期の大規模植林によって植生が回復した富郷ダム流域の洪水流出特性に関して考察を行ったもの。
- 4) 田村隆雄，端野道夫，穴水秀樹，荒木隆夫：吉野川池田ダム上流の森林流域の洪水低減機能に関する定量的評価，水工学論文集，Vol.52，pp.379-384，2008年。
吉野川水系の5流域(人工林)と岩木川上流目屋ダム流域(ブナ天然林)の洪水低減機能および土壌の保水能を定量的に比較し考察したもの。

12