

米国西海岸における 森林火災後の土石流に関する報告

—研究面からの概観と学会としての取組の可能性—

堀田紀文(東京大学) 倉本和正(中電技術コンサルタント)

はじめに

- 国土交通省調査団に、砂防学会から倉本，堀田が参加
 - 研究・技術開発的な側面から，森林火災後の土石流に関する情報収集
 - 砂防学会としての今後の関与／取組の可能性を探る
- 米国における土砂災害対策についての報告は少なくない
 - 土砂災害対策における日本との類似点と相違点
 - 政府機関や自治体の役割，計画，構造物，調査・研究事例など
砂防学会誌：例えば，大久保 (1974)，水山 (1982)，小山内(1999)
- 気候変動への対応・・・日米両国の類似点と相違点⇒情報収集を
 - 日本：豪雨の頻発，米国：森林火災の頻発・・・ともに土砂災害の増加に
- 砂防学会として，今後どのように関与／取り組みができるか？

土砂洪水氾濫対策ワーキンググループ



米国西海岸における 土砂マネジメントの調査報告

平成31年2月7日

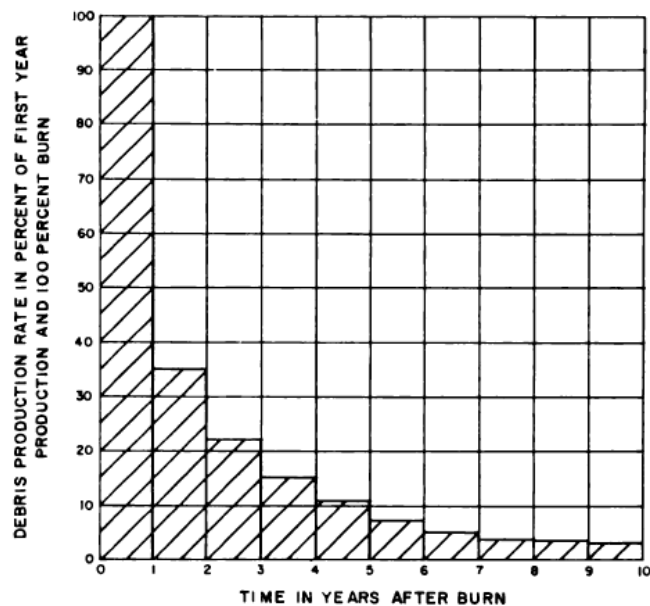
代表 内田 太郎(国総研)



SB郡提供資料から

2. 土砂生産・流出の基本的な考え方

- Debris Basin (ハード対策)・・・土砂流出量算定マニュアル
- 土砂流出についての類似点と相違点 (Scott & Williams, 1978)
 - 多くのデータに基づく: 崩壊の影響も考慮・・・森林火災と同程度
 - 一方で, 森林火災の影響が無いところ(で土砂生産活発な場所)が少ない
 - さらに, 森林火災が頻発する地域は雨が少ない
- 森林火災の影響評価が最重要課題の一つ

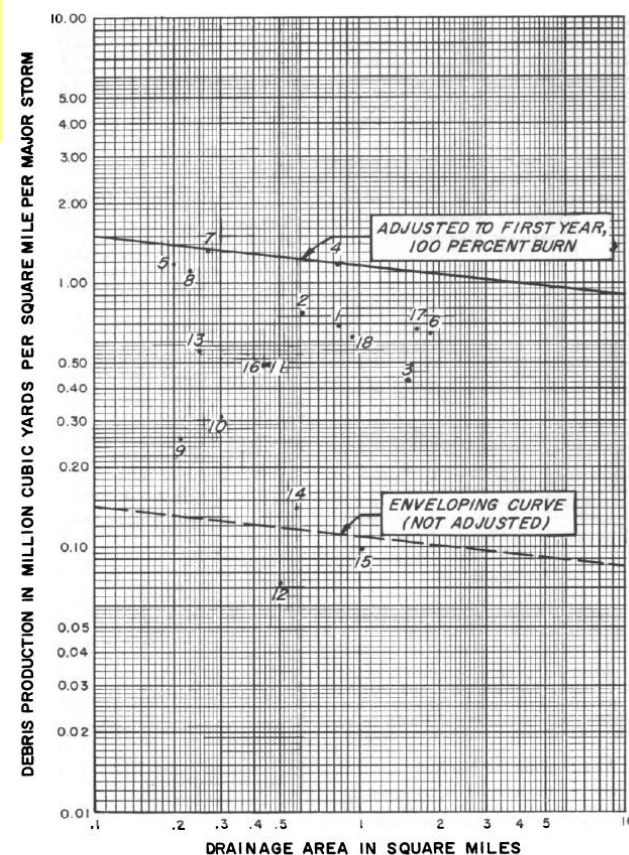


NOTE:
CHART BASED ON U.S. FOREST SERVICE REPORT (SEE TEXT).

FIGURE 4. — Debris production rates following burn.

全面積が森林火災の被害を受けた流域における土砂流出量の観測値に基づき, 比土砂流出量の推定式を求めた例⇒

両図ともTatum (1963)より



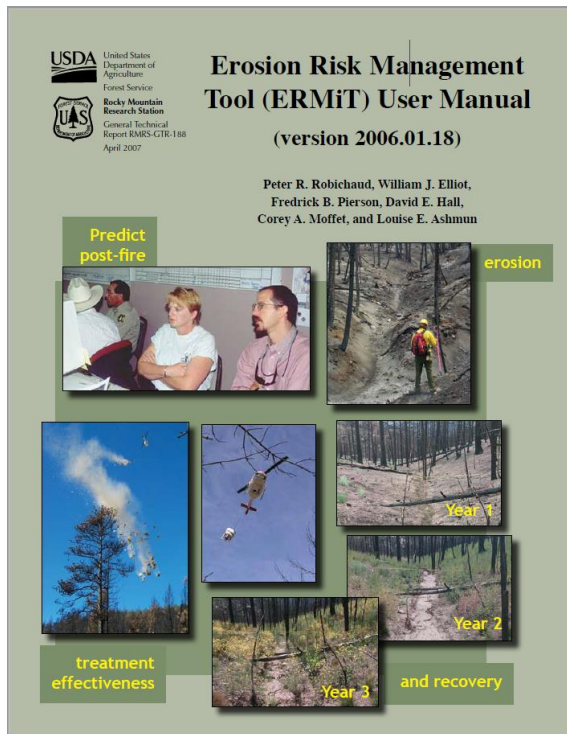
NOTE:
NUMBERS INDICATE DEBRIS BASINS AS LISTED IN TABLE 2
AND DATA WERE TAKEN FROM COLUMNS 3 AND 10.

FIGURE 5. — Enveloping curves of observed debris production adjusted to 100 percent burn first year, for one major storm.

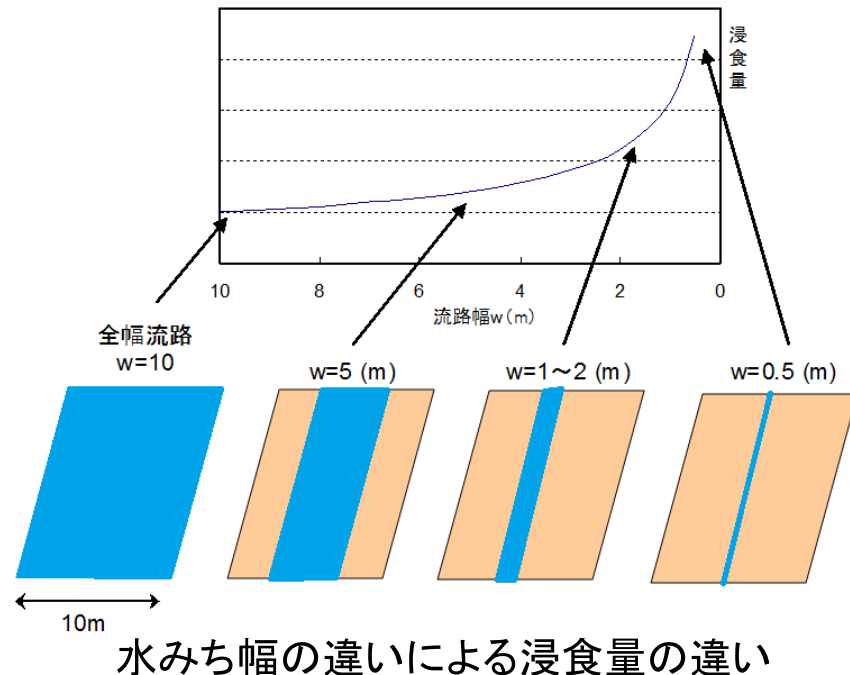
森林火災後の経過年数による比土砂生産量

2. 土砂生産・流出の基本的な考え方

- 土壌浸食モデルの活用・・・日本ではほとんど用いられていない
 - 農地でUSLE (Universal Soil Loss Equation) : 派生モデル多数
 - 山地では難しい面も・・・対象地に合ったデータの蓄積が必要に
- 流域管理への積極的な活用: 例えば, ERMiT (USDA)・・・WEPPベース (Water Erosion Prediction Project)
 - 浸食様式の仮定(～リル浸食) / 森林火災の影響を評価
 - 施業オプションによりシナリオ検討が可能に
- 米国で想定されている土砂流出は, Non-point Source



⇒日本では、崩壊などのPoint Sourceが主体



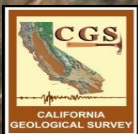
2. 土砂生産・流出の基本的な考え方

森林火災後の土砂生産源の実態

Thomas Fire Debris Flowの土砂生産源の状況・・・リル浸食の痕跡が見られる



01/18/2018



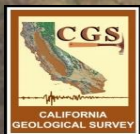
2. 土砂生産・流出の基本的な考え方

森林火災後の土砂生産源の実態

Thomas Fire Debris Flowの土砂生産源の状況・・・溪流も浸食(ガリー浸食というほどではない?)



01/18/2018



2. 土砂生産・流出の基本的な考え方

- 森林火災後の土砂流出量の現地調査から (DeLong et al., 2018)
 - USGSによる地上レーザースキャナーを用いた調査
 - リル・ガリー浸食も見られるが、大半は面的な斜面浸食が生産源

⇒日本との違い…土石流でも同様と考えられる

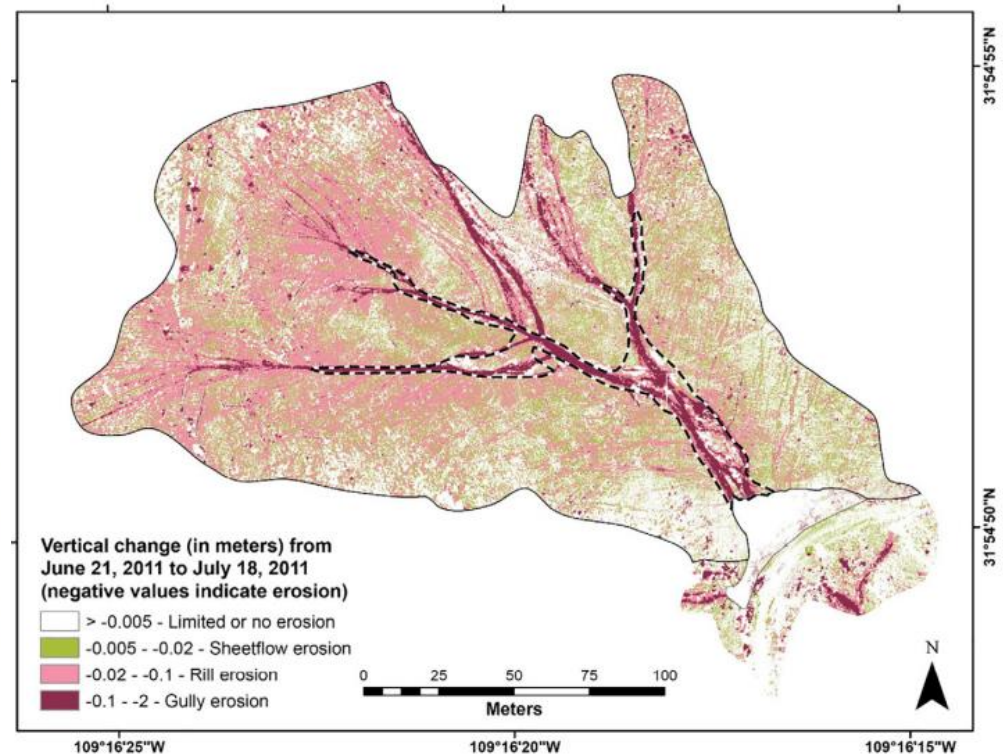
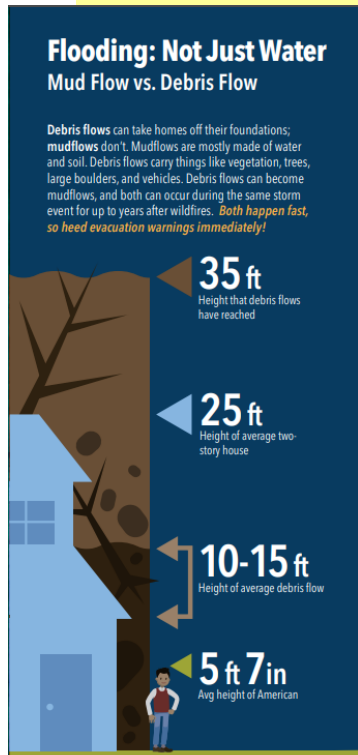


Fig. 7. Landscape classified into hillslopes (within solid line), hollow (within dashed line), and depositional zone caused by road embankment and culvert (adjacent to and northwest of road). Additionally, all areas that experienced significant erosion in the interval between the first two scan epochs are classified as shallow overland flow erosion between 0.005 and 0.02 m depth (green), rill erosion between 0.02 and 0.1 m depth (pink) and gully and channel erosion >0.10 m depth (magenta).

3. 森林火災後の土石流

- USGSによる研究・技術開発が進む
 - 森林火災後の土石流危険流域の抽出(氾濫範囲ではない)
 - 土石流に関する助言(特徴／洪水との違い, 短期降雨の重要性など)
- 独自の取組・・・従来の土砂生産／流出評価手法とは別に
 - 必要な情報の時間スケール／種類が違う
 - 土石流発生危険度, 土石流による土砂流出量の評価／予測を実施
- 土石流の危険区域は未だ示されていない(SB郡は独自で作成)



USGS
science for a changing world

Post-Fire Debris-Flow Early Warning

The case for forecast-based warning systems

by Dennis M. Staley and Jason W. Kean, USGS Landslide Hazards Program and Mark Jackson, National Weather Service - Los Angeles

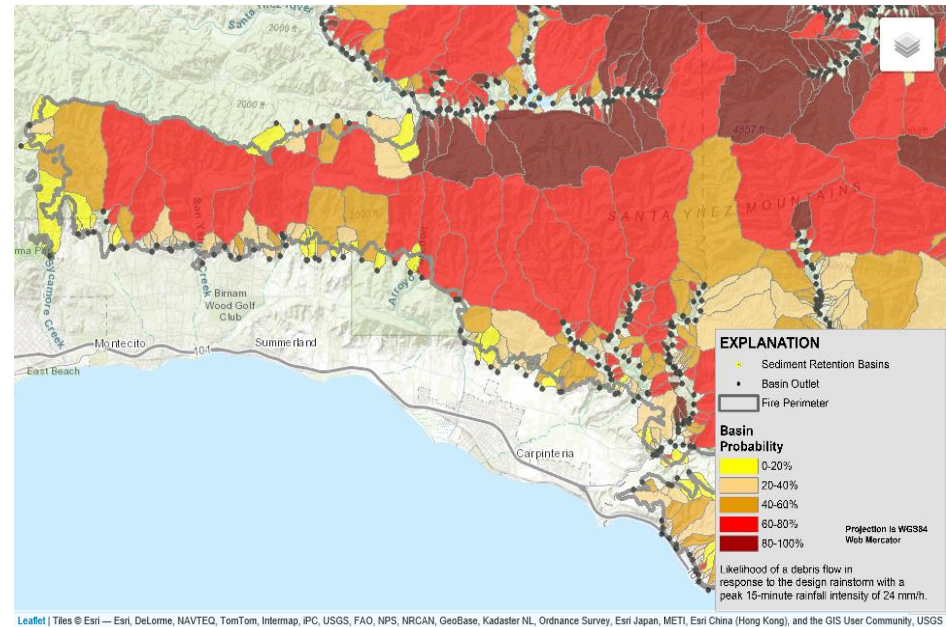
- Post-fire debris flows can initiate after only a few minutes of intense rain, and during the first storm following wildfire.
- Early warning systems must provide sufficient time to make informed decisions and take reasonable preventative action.
- If you're relying upon real-time measurements of stream flow or rainfall in your watershed to decide when to take action, it is too late.
- Measurements of debris flows are important for improving our understanding of these phenomena, but are of limited utility for early warning.

USGS Menlo Park Campus • Free Public Lecture • October 25, 2018 at 7PM

USGS Evening Public Lecture Series: online.wr.usgs.gov/calendar
Map for lecture site on reverse

←SB郡配布のパンフレットより

◆ USGS作成のPreliminary Hazard Assessment



出典: Emergency Assessment of Post-Fire Debris-Flow Hazards, USGS
https://landslides.usgs.gov/hazards/postfire_debrisflow/

3. 森林火災後の土石流

- USGS提案のモデル・・・経験的な手法⇒「運用」から考え方が見える
 - 土壌浸食モデルと同様, データによる裏付けで精度が高いと思われる
 - 森林火災の影響がある項と無い項から成る: 火災が無くても土石流発生
 - 実態や運用はそうっていない: 森林火災後のみ適用, という前提
- 森林火災後の水文プロセスの顕著な変化に対応
 - 「火入れ」に関する既往研究は多い
 - 森林火災後: 「灰」の影響で水文プロセスが変化 (Ebel et al., 2012, WRR 48)
- SB郡では水文分野の研究者に協力を依頼

Volume Model 土石流による土砂流出量の予測モデル (USGS Webサイトより)

Debris-flow volumes both at the basin outlet and along the drainage network are predicted using a multiple linear regression model (Gartner and others, 2014). The multiple linear regression models are used to estimate the volume (V, in m³) of material that could issue from a point along the drainage network in response to a storm of a given rainfall intensity.

Potential debris-flow volume is calculated with equation 4: 森林火災の影響はこの項だけ

$$(3) \ln(V) = 4.22 + (0.13 \times \text{sqrt}(\text{ElevRange})) + (0.36 \times \ln(\text{HM}_{\text{km}})) + (0.39 \times \text{sqrt}(i_{15}))$$

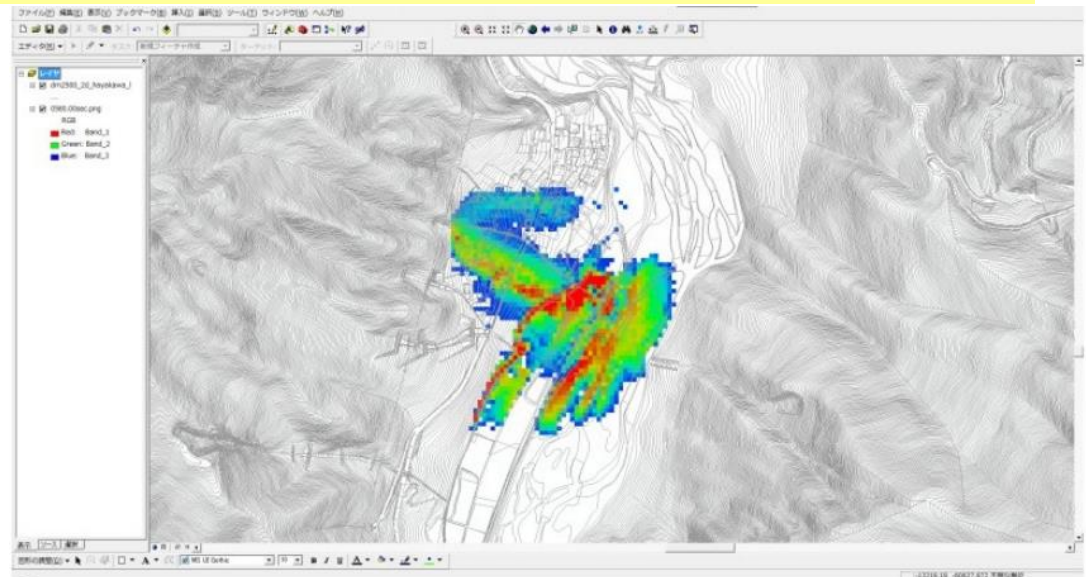
Where

- ElevRange is the range (maximum elevation–minimum elevation) of elevation values within the upstream watershed (in meters),
- HM_{km} is the area upstream of the calculation point that was burned at high or moderate severity (in km²), and
- i₁₅ is the spatially-averaged peak 15-min rainfall intensity for the design storm in the upstream watershed (in mm/h).

土石流発生危険度に関しては, 2006年に, 森林火災の影響をより受ける形に改訂

3. 森林火災後の土石流

- なぜUSGSは土石流危険区域を示さないのか？
 - 「不確実性が高いため」と説明
 - USGSは土石流研究に関して最先端／精力的な研究
- これまでの研究対象と森林火災後の土石流に違いがある
 - 中心課題は崩壊後の土塊の流動に近い(Iverson et al., 2010 JGR 115)
 - 溪床浸食型の土石流の理解は不十分という立場(Kean et al., 2013, JGR 118)
⇒まず現地観測から始める必要があるとの考え
- 日本では(異なる立場から)土石流の氾濫計算が一般化



←USGSの実験水路(長さ95m, 勾配31度)
<https://pubs.usgs.gov/of/2007/1315/>

Hyper Kanako (Nakatani et al., 2012)

4. おわりに

- 実態を反映して、土砂生産源の取り扱いが日米で異なる
 - 日本では、崩壊などの点源 (Point source) からの土砂生産が主体
 - 米国では、斜面浸食による面的 (Non-point source) な土砂生産が主体
- 森林火災後の水文プロセスの変化
 - 砂防学会に水文分野の研究者の積極的な参画を促す機会に？
 - 土砂災害対策のために、水文プロセス研究が中心的な課題に
 - そもそも水文分野では日米の交流が盛ん
- 想定している土石流の違い
 - 米国：崩壊土塊の土石流化／日本：河床の堆積物が土石流化
 - 森林火災後は、比較的濃度の低い (日本型の) 土石流が主体と思われる
 - 日本型の土石流数値計算でハザードマップを作成可能？
- 砂防学会としての取り組みを、何らかの形で行う意義はある
 - どのようなアプローチが良いかは検討が必要だが、まずは研究交流を