



# 森林と水の謎を解く

— 水源かん養機能の理解にむけて —



森林総合研究所 企画部  
藤枝基久

# 目次

1. 水源かん養機能とは何か
2. 森林の保水力とは何か
  - 2.1 土壌の保水力
  - 2.2 流域の保水力
3. 行政は森林の保水力どう考えてるか
4. まとめ



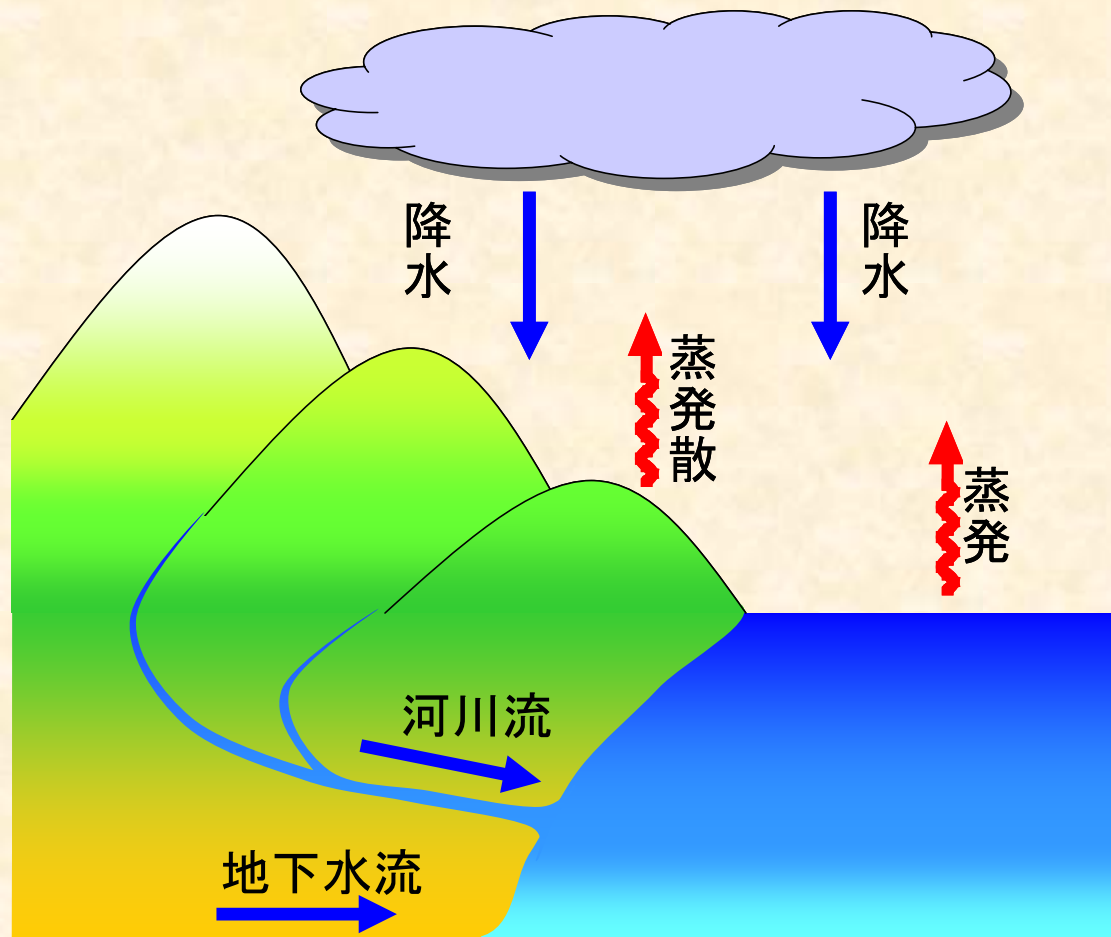
緑のダム



水資源の利用



多目的ダム



## 水は循環する

- 水は大気と地球の表面を循環している。
- 水は気体、液体、固体と変化する。
- 水収支式が成立する。降水量 = 流出量 + 蒸発散量



常陸太田試験地の跡  
(1906~1912年に観測)

水は比重1.0で  $1\text{m}^3=1\text{トン}$

$$\text{流量} = \text{断面積} \times \text{流速}$$

( $\text{m}^3/\text{s}$ )    ( $\text{m}^2$ )    ( $\text{m}/\text{s}$ )

# 水を測る

— 森林総合研究所の歴史 —



宝川試験地  
(1937年より観測継続)



中国・蔡家川流域  
(流域面積34.2km<sup>2</sup>)

- 地域で水量が異なる。
- 水で土地利用が異なる。

# 水を測る

— 地域の環境を理解 —



日本・宝川試験地  
(流域面積19.1km<sup>2</sup>)

# 水源かん養機能とは何か

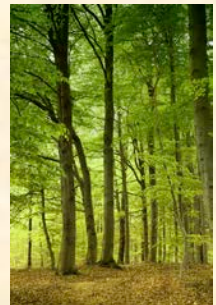
- 洪水を緩和する (洪水軽減)
- 水資源を貯留する (渇水緩和)
- 水質を浄化する (水質保全)

— 日本学術会議の答申（平成13年11月）による —

「涵養」という言葉には、自然に水が浸み込むように徐々に養い育てて行くという意味がある。近年では「緑のダム」とも言われる。

# 日本にはブナ林の神話がある

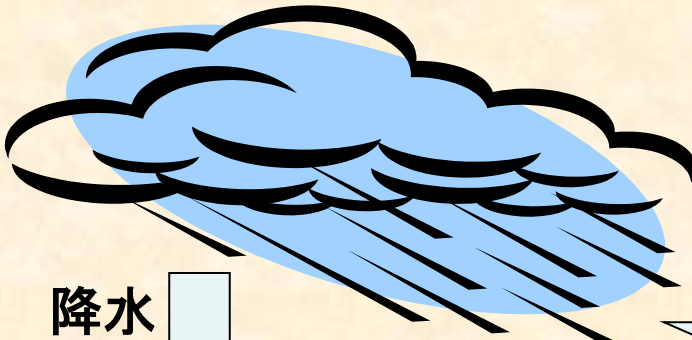
- ブナ原生林の土壌は1時間に約 300 mmもの雨を吸収するほどの驚異的な保水力を誇ります。  
(いわてグラフ 第697号、2005)
- ブナは保水力の極めて高い木だ。推定年齢 200年のブナの木が蓄える水の量は1本あたり年間8トンといわれています。 (トランヴェール6、2004)
- 土壌が1時間に水を吸い込む量は森林では平均約 260 mm、特に良い森林では最大400 mmにも及ぶとの研究結果も報告されています。  
(白神への誘い、2001)



# これまでに分かった森林と水の関係

- 森林は雨水の大部分を土壤に浸透し、地中水として移動させる。その速度は地表水より遅く一様でないので、河川の増水は軽減される。地中水の一部は深く浸透し、地下水となる。
- 森林は蒸散により土壤中の水を消費し、年流出量を減少させる。森林の水消費量は葉の量に比例するので、針葉樹林は広葉樹林より水消費量は多い。
- 森林の水源かん養機能は、土壤層や岩石風化層での雨水の貯留によるものである(保水力)。保水力は森林や土壤、地質条件により異なる。





降水



蒸散

遮断蒸発

地面蒸発

土壤層

貯留

吸水

土壤水

浸透

土壤水

地表水

樹冠通過雨  
樹幹流

河川水

地中水

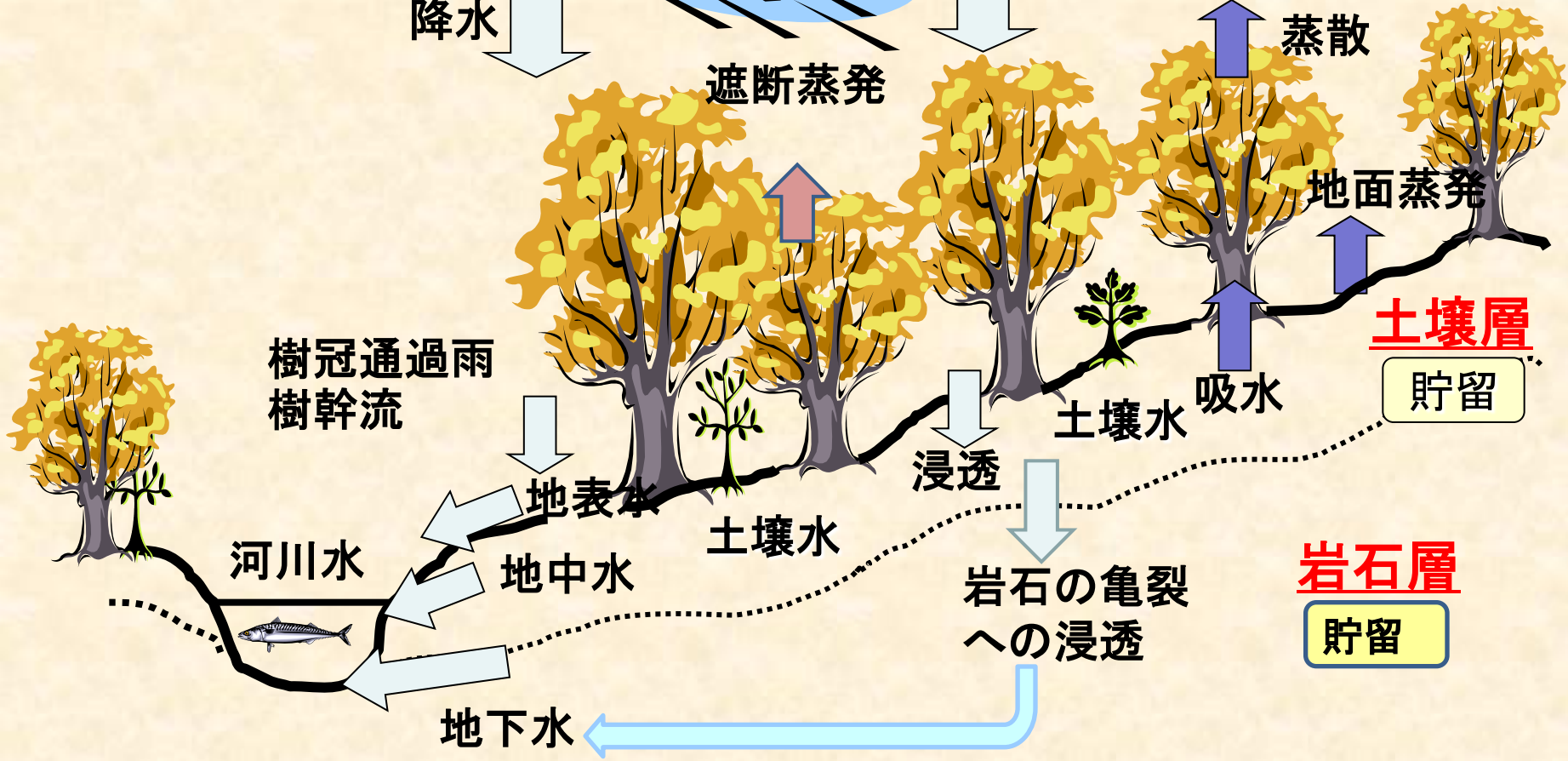
岩石層

貯留

岩石の亀裂  
への浸透

地下水

森林での水の動き(模式図)





**森林地は草地より遮断蒸発量と蒸散量が多い**



**森林地は草地より年流出量が少ない**

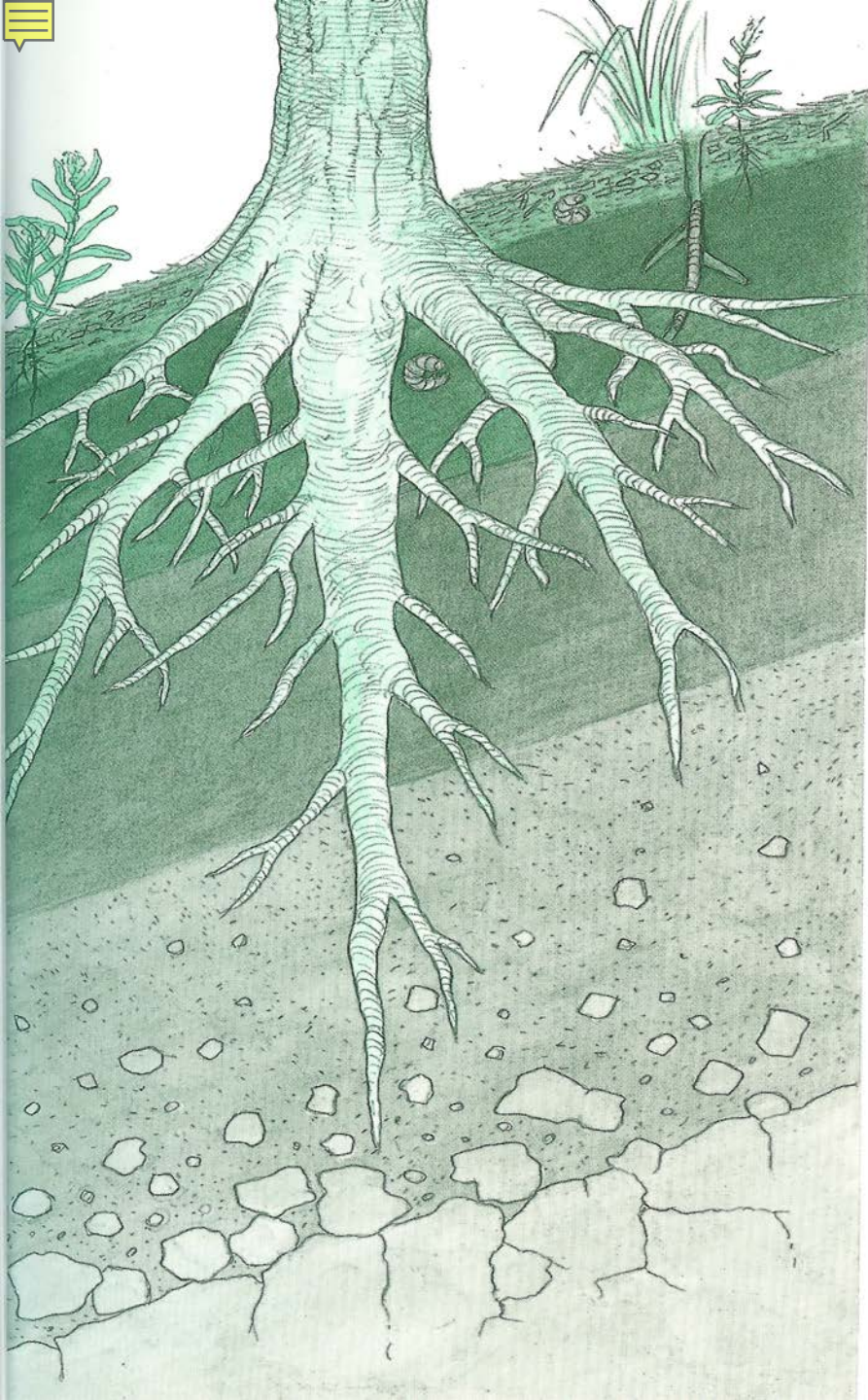
# 森林の保水力とは何か

## ■ 土壌の保水力（狭義の保水力）

地下部の土壌によって発揮される力。水をゆっくり移動させることができる毛管孔隙にある土壌水をいいます。保水力は孔隙量と土壌の厚さの積で求められます。

## ■ 流域の保水力（広義の保水力）

地上部の樹木を含む森林全体によって発揮される力。森林に降った雨のうち一時的に流域に貯まる雨水をいいます(損失雨量)。損失雨量は遮断貯留量、窪地貯留量、土壌水分貯留量からなります。



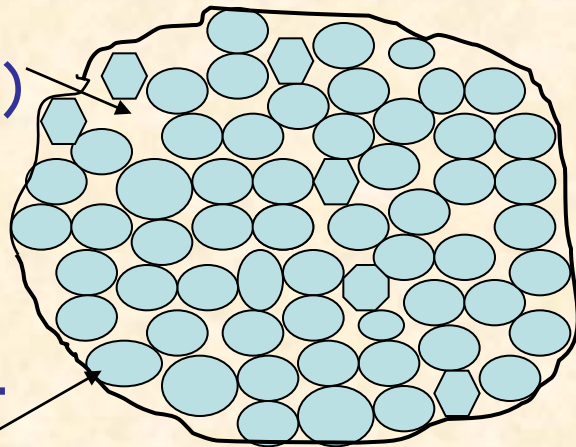
林の上の持ちよは、その断面が4つの層に分かれていること。畑にはこんな層はできない。

# 土壌の保水力

- ・ 落ち葉やかれえだがしきつめられた層(A層)。ここをもっと細かく分けると、落ちたばかりの葉やえだの層、生き物たちによって分解され、葉やえだがぼろぼろになりかけている層、もう、葉やえだの形が残っていない層に分けられる。
- ・ 葉やえだが半ば分解されてできた「腐植」とよばれる有機物がたくさんふくまれるやわらかい土の層(A層)。栄養分がたくさんふくまれているから、水だけでなく養分を吸収するための根がたくさん張りめぐらされている。それに小さな生き物たちの活動もさかん。だから、たくさんのすきまがあり、空気もたっぷりふくまれている。
- ・ 有機物をあまりふくまず、少しかたい土の層(B層)。生き物はあまりいなくなり、木の根は太いものが目立つ。木の体を支えるための層だ。
- ・ 岩盤が風化してできた有機物をまったくふくまない層(C層)。この土が、A層とB層の材料となるので「母材層」ともいわれる。

(太田、1996)

孔隙  
(くうかん)



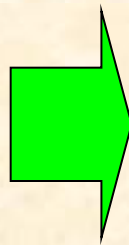
土粒子  
(こたい)

## 土壌の構造

## 森林土壌の特徴

- 水田や畑地土壌は比較的均質な土粒子と孔隙からなる。
- 森林の土壌は不均質な土粒子と孔隙からなる。

孔隙は乾燥時に  
空気で、降雨時に水分で  
満たされる。



孔隙は雨水の  
貯留と排水を  
行う。

水分の  
貯留・排水のしくみ

大きな「隙間」では  
水が早く移動する

土粒子

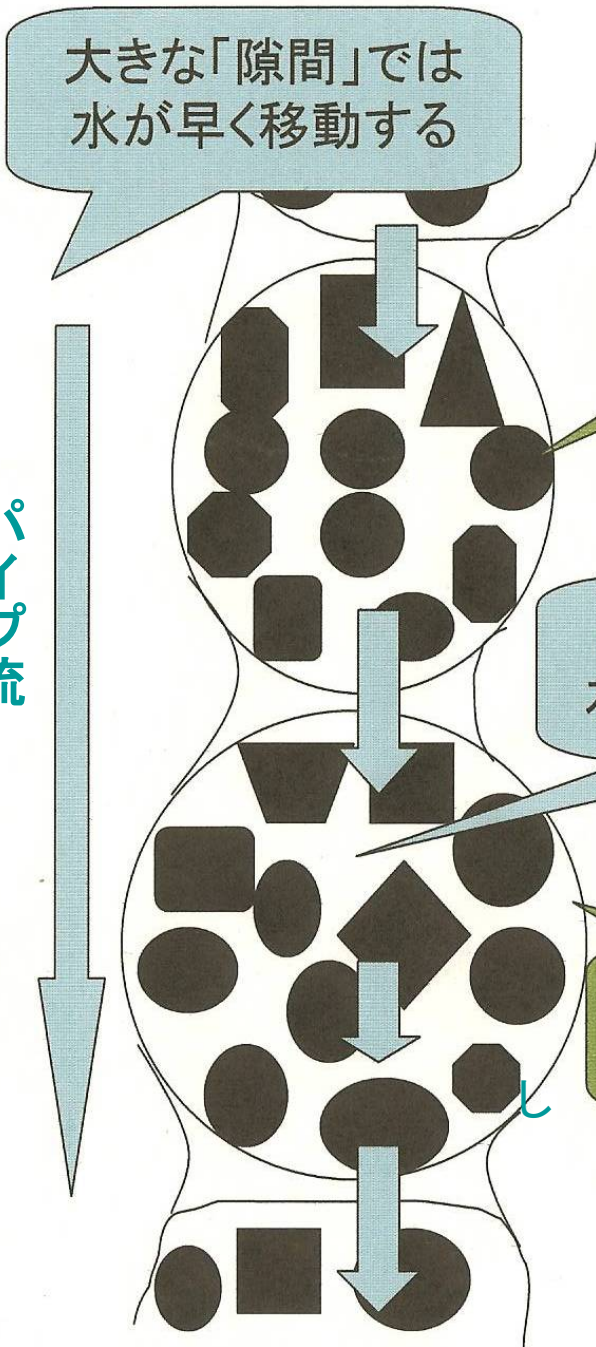
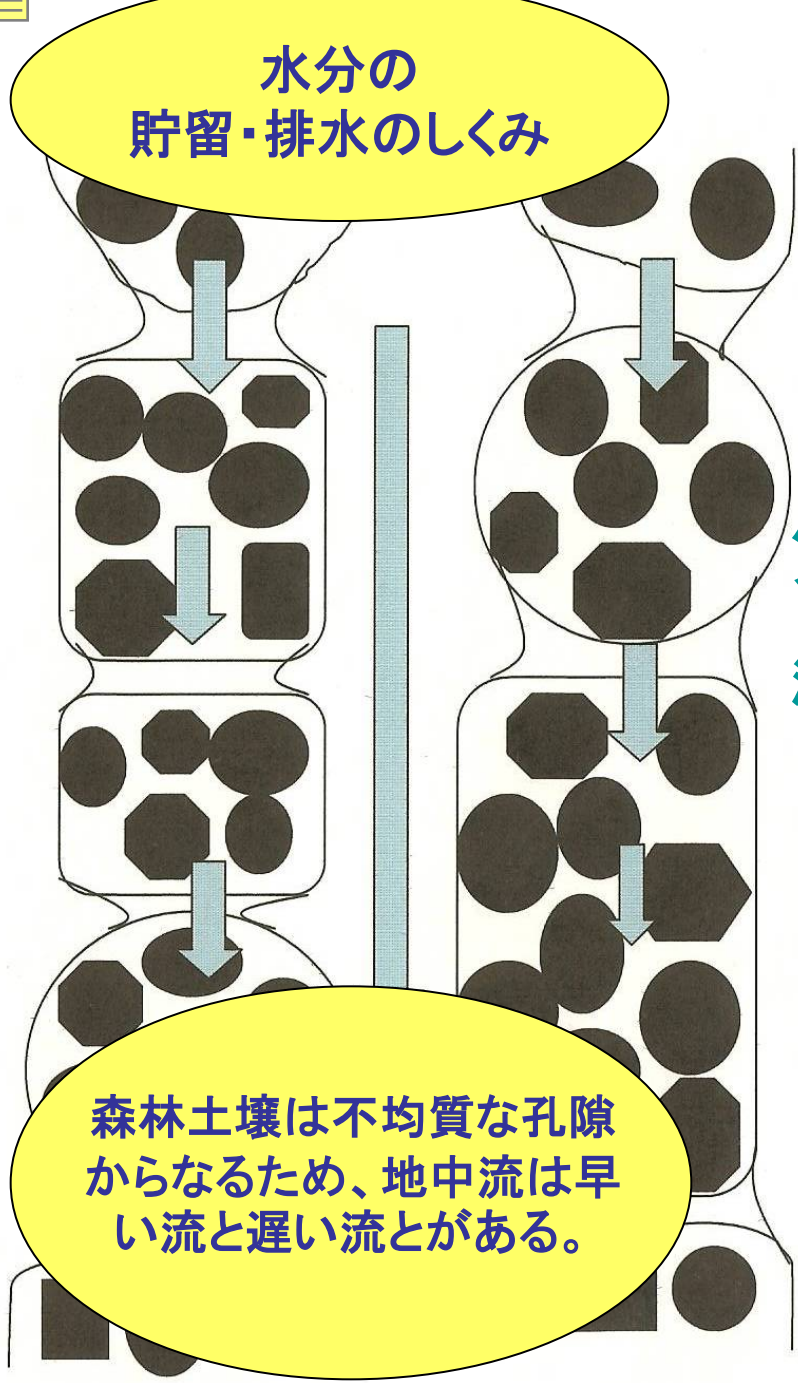
小さな「すきま」では  
水がゆっくり移動する

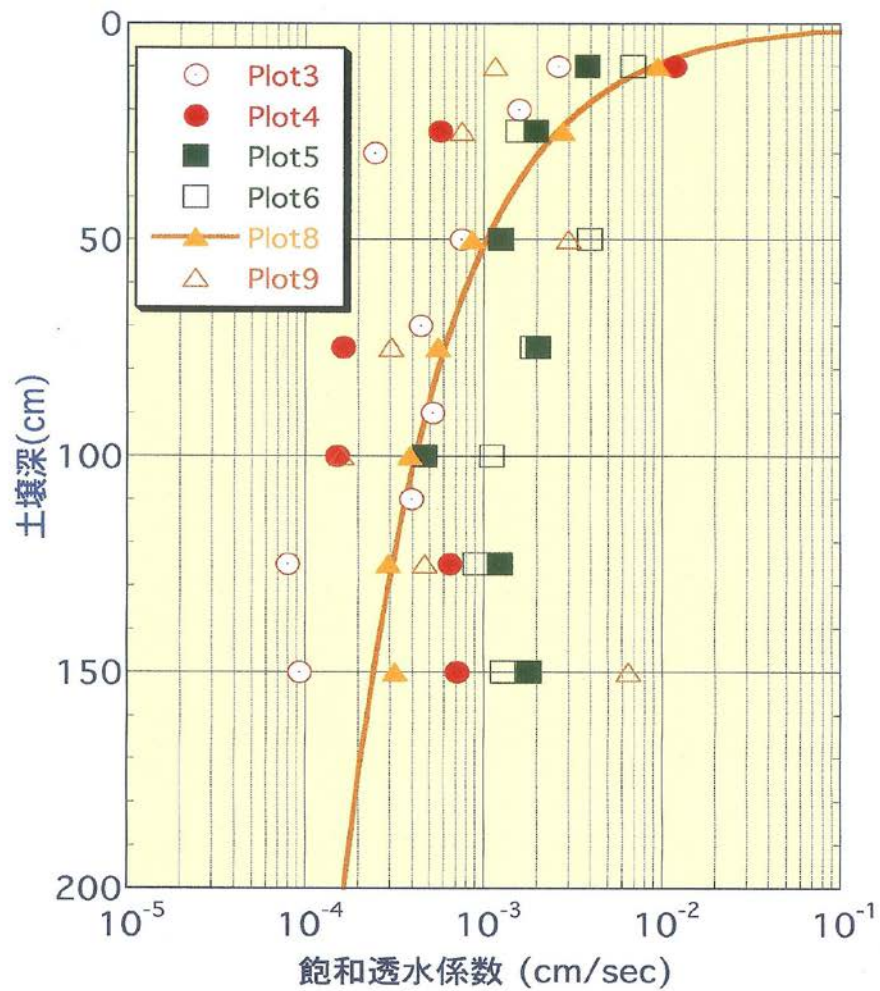
マトリックス流

土粒子の  
集合体

パイプ流

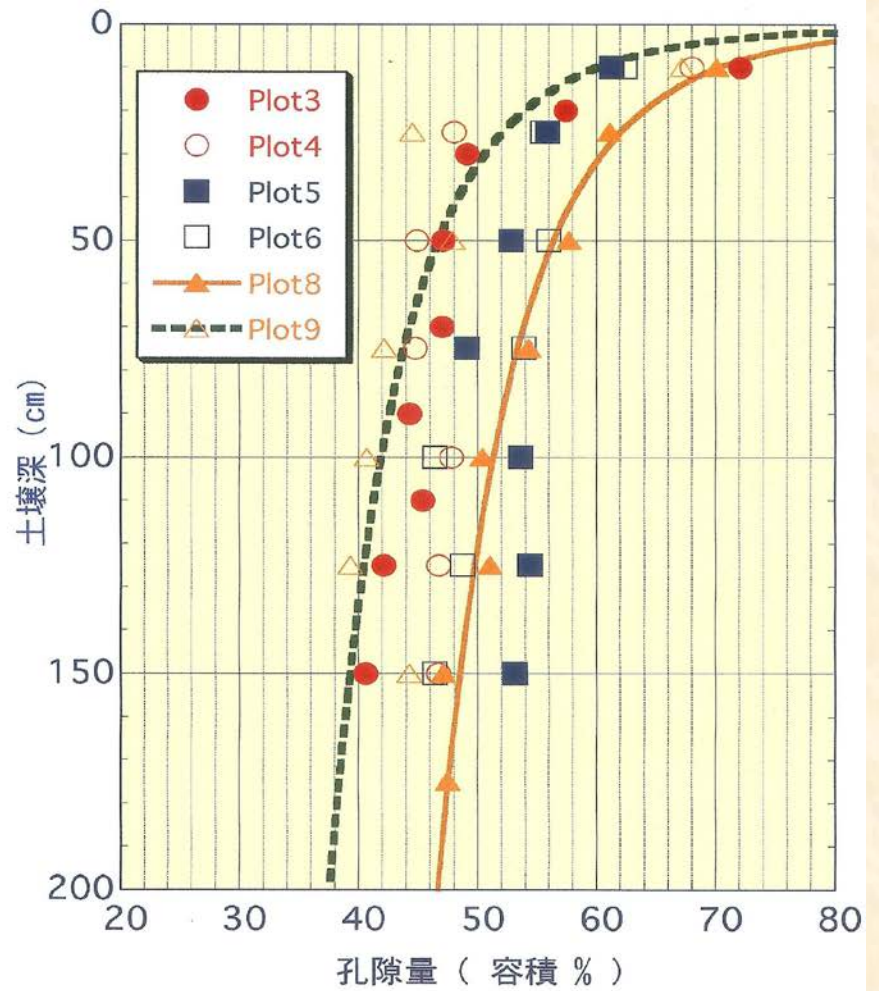
森林土壌は不均質な孔隙  
からなるため、地中流は早  
い流と遅い流とがある。





山腹斜面における飽和透水係数

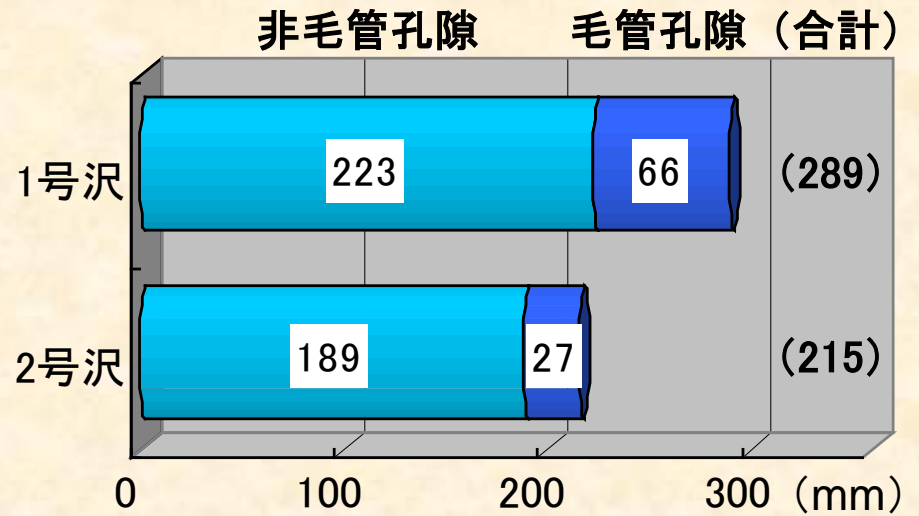
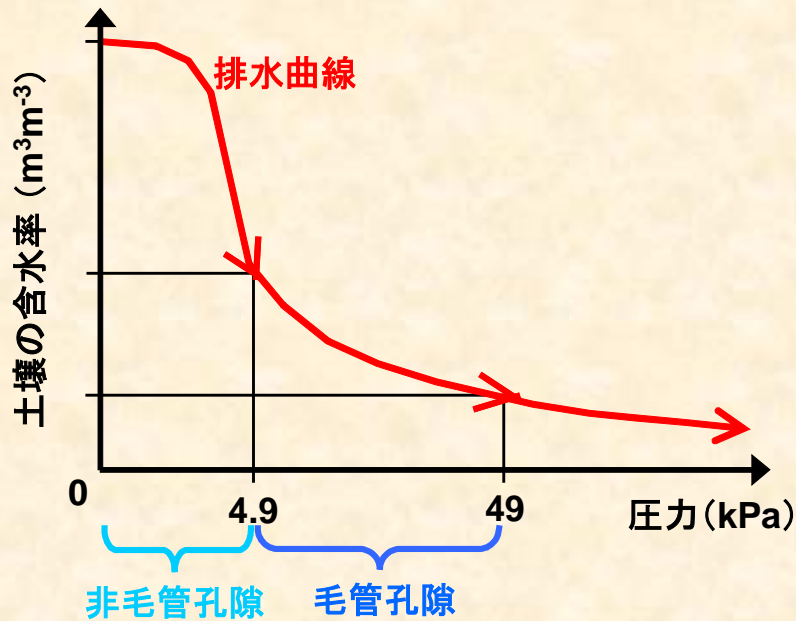
A-catchment, Cunha hydrol. Lab. Brazil



山腹斜面における孔隙量の分布

A-Catchment, Cunha Hydrol. Lab.

## 森林土壤の物理的特性

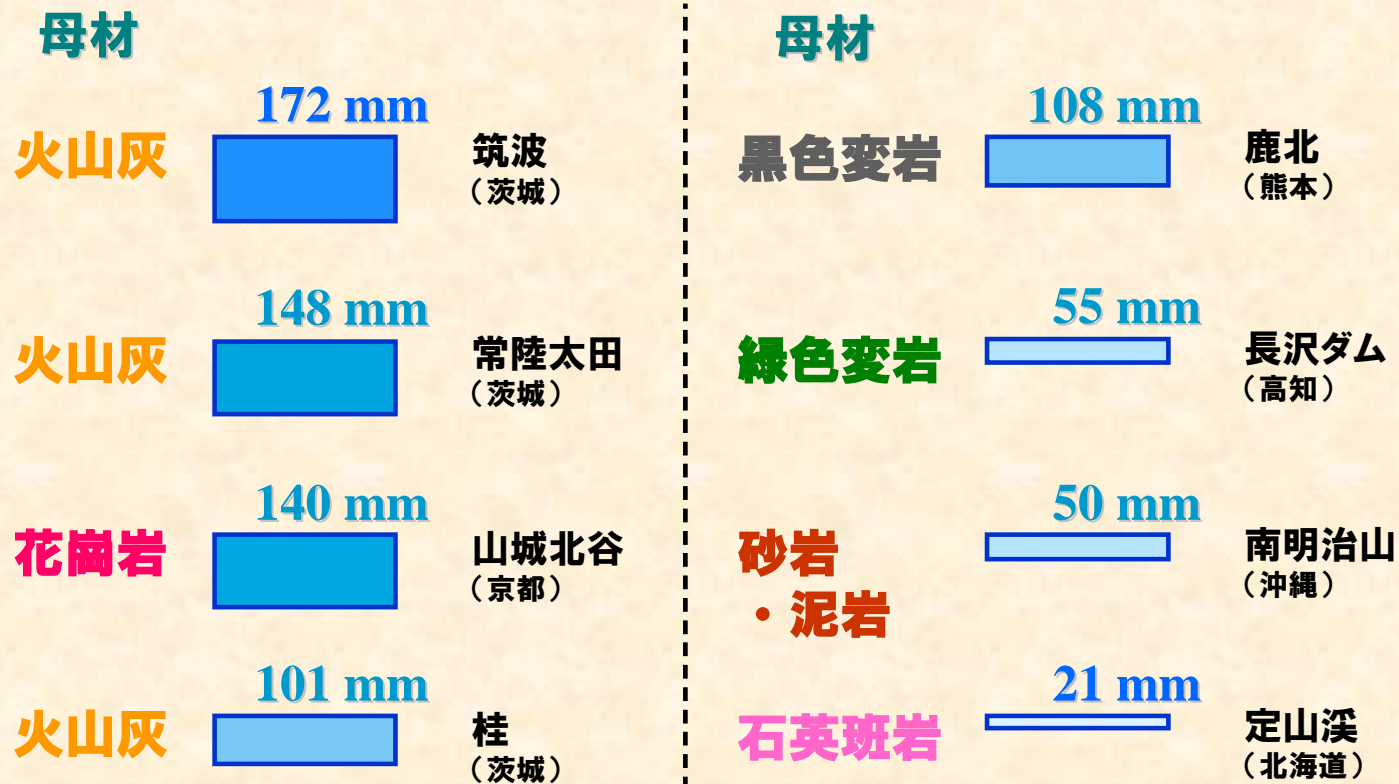


## 土壤の保水力

孔隙の大きさはどのようにして知るのか

$$\text{保水力 (mm)} = \text{孔隙率 (\%)} \times \text{土壤の厚さ (mm)}$$





(森林総合研究所、2011)

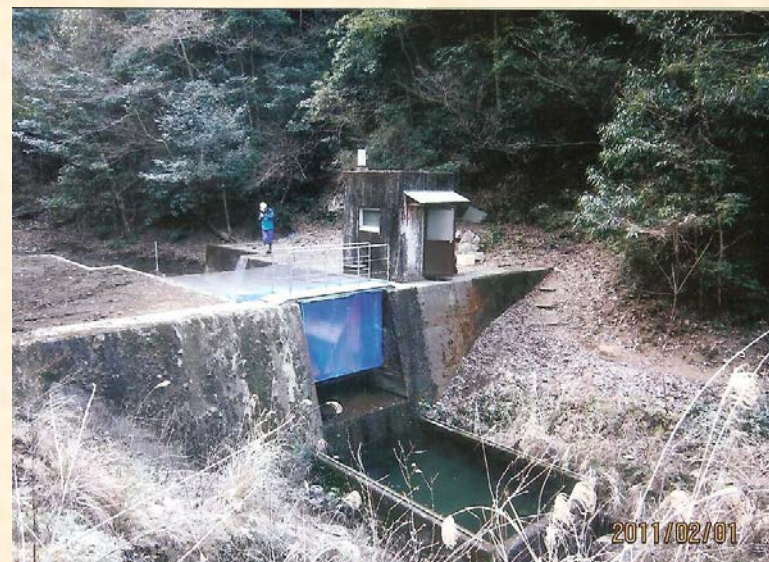
## 流域の土壌の保水力 (母材別)



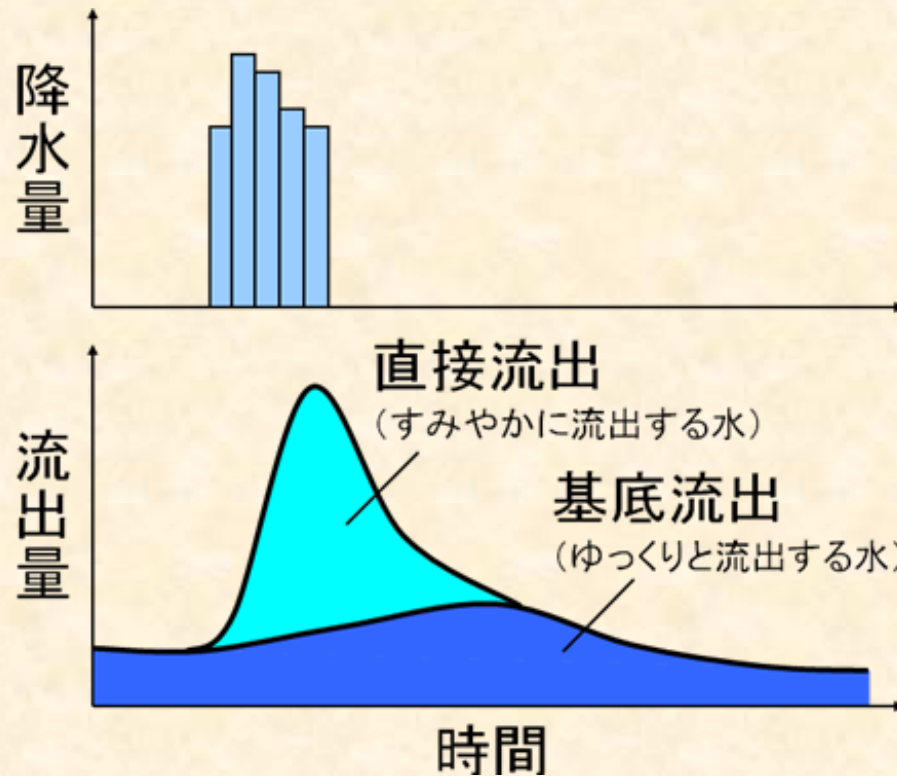
流域の保水力



流域試験から推定

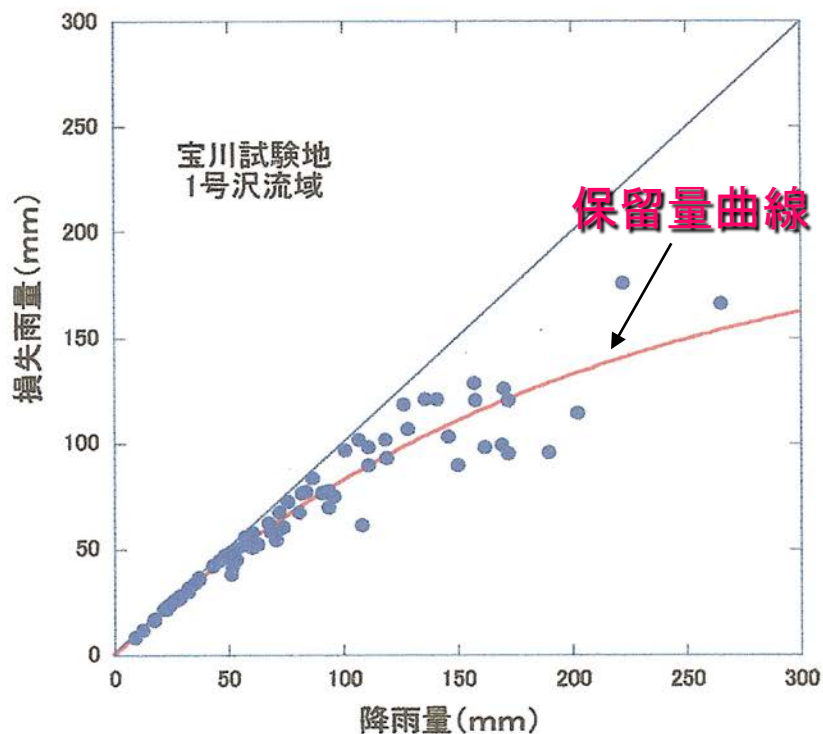


# 森林流域試験

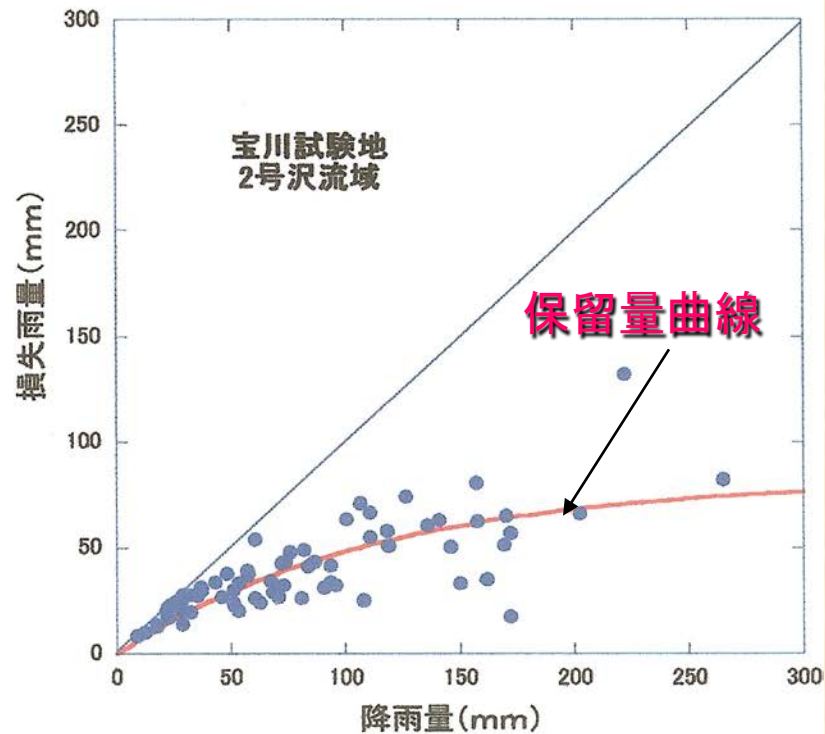


## ハイドログラフと流出成分

- 降雨量 (mm) = 有効雨量 + 損失雨量
- 有効雨量 (mm) = 直接流出量 (流出成分の分離)
- 損失雨量 (mm) = 降雨量 - 直接流出量

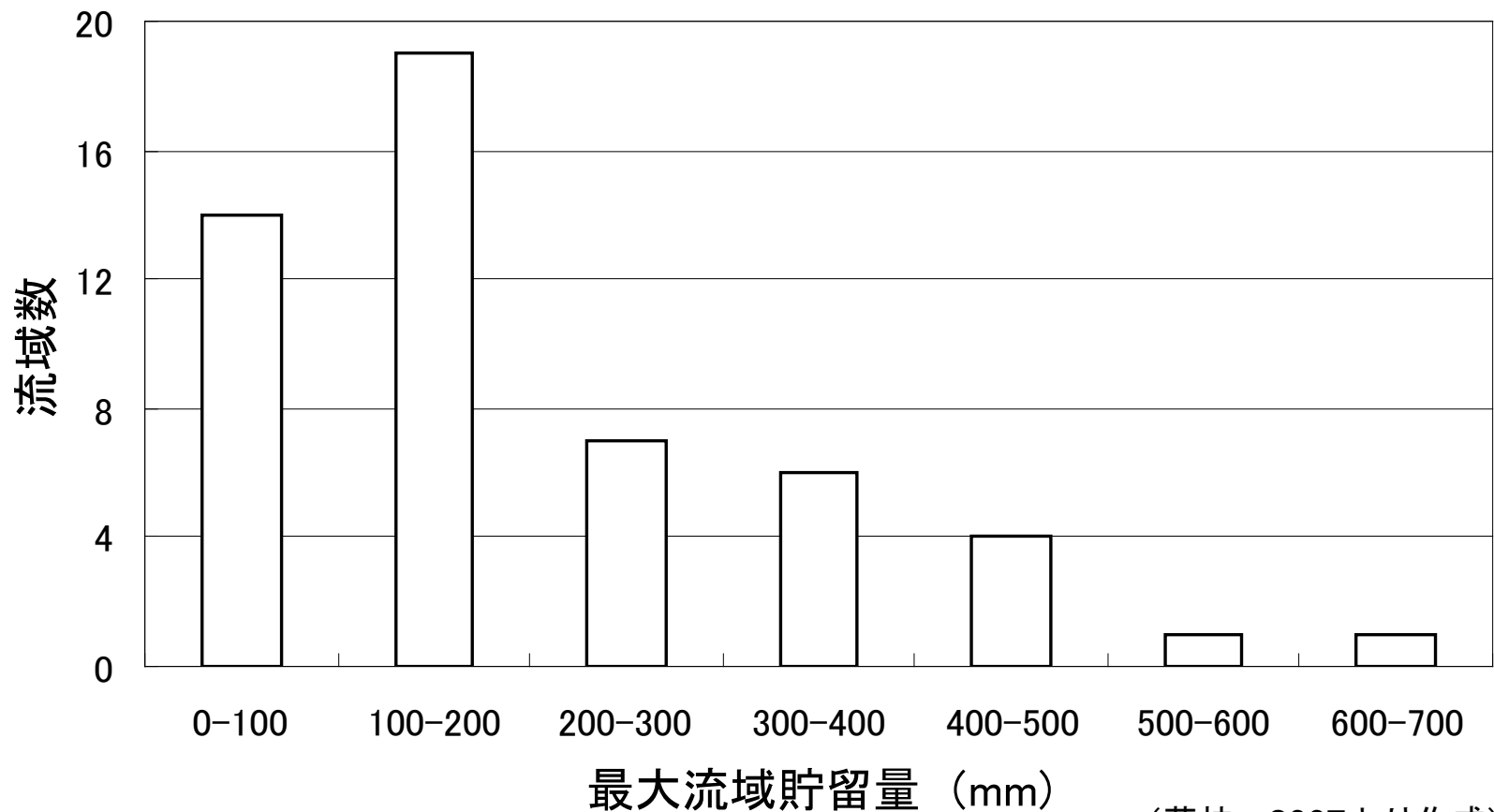


降雨量と損失雨量の関係  
(保水力の大きい流域)



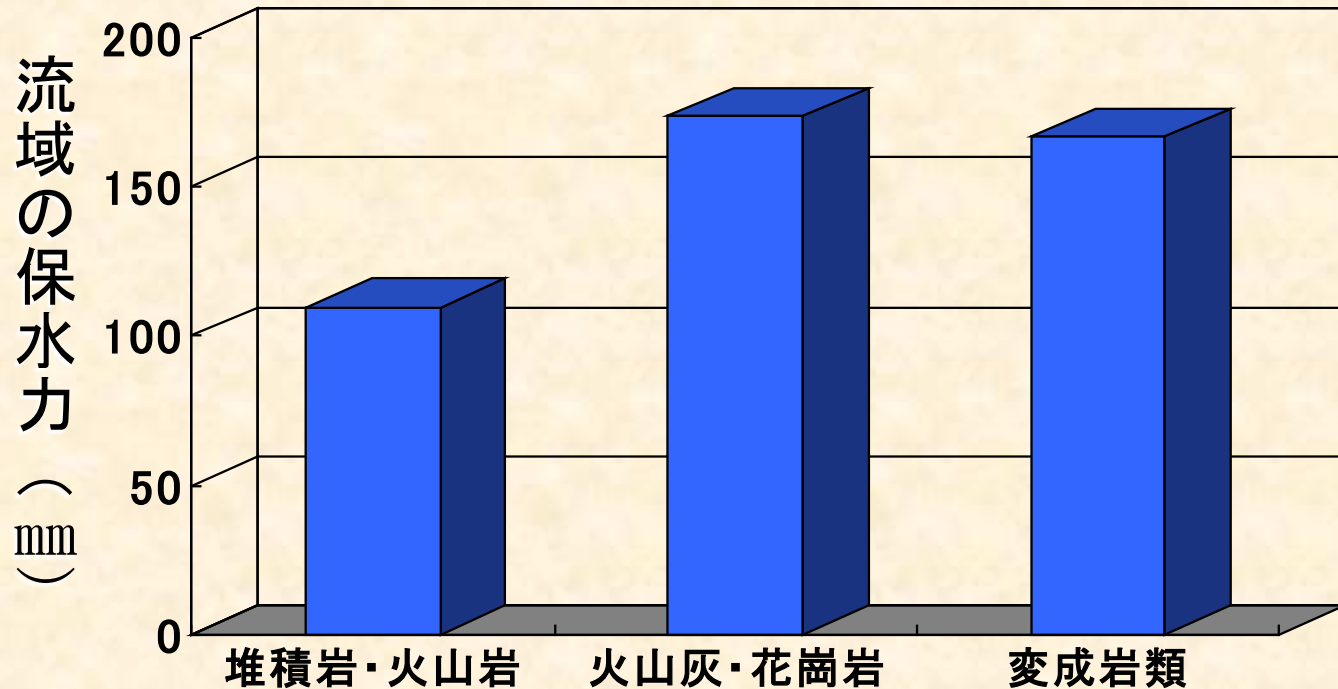
降雨量と損失雨量の関係  
(保水力の小さい流域)

降雨量と損失雨量の関係は、増水前の流域の水分状態によって異なります。**保留量曲線**は、流域の保水力の平均的な値となります。



(藤枝、2007より作成)

## 流域の保水力はどのくらいか



(藤枝、2007より作成)

## 地質別の流域の保水力

流域の保水力は地質によって異なります。保水力は火山灰が厚く堆積した流域や深層風化した花崗岩の流域で大きくなります。

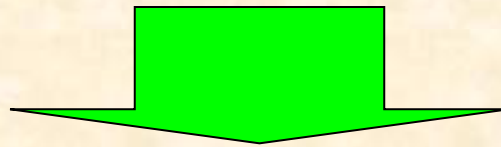
# 「森林の保水力」をどう考えるか

## ■ 土壌の保水力

毛管孔隙の水分は基底流出の安定供給に貢献するため、**水資源貯留の指標**と考えることができる。

## ■ 流域の保水力

直接流出の軽減に貢献するため、**洪水緩和の指標**と考えることができる。



水源かん養機能の計量的評価

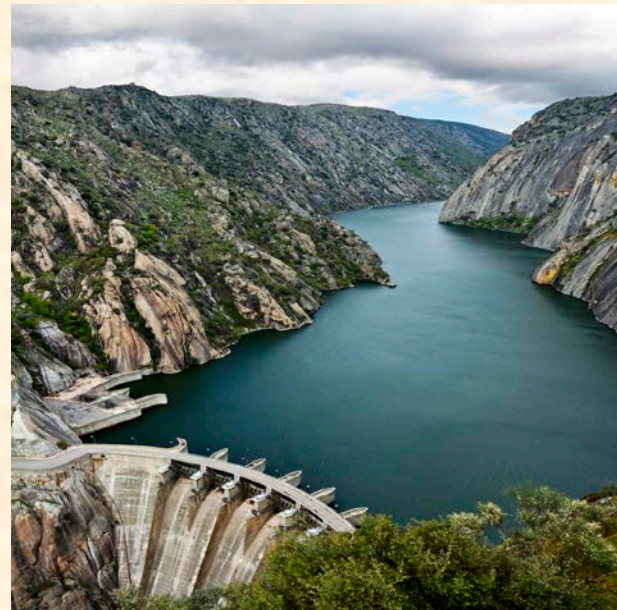


# 行政から見た「森林の保水力」

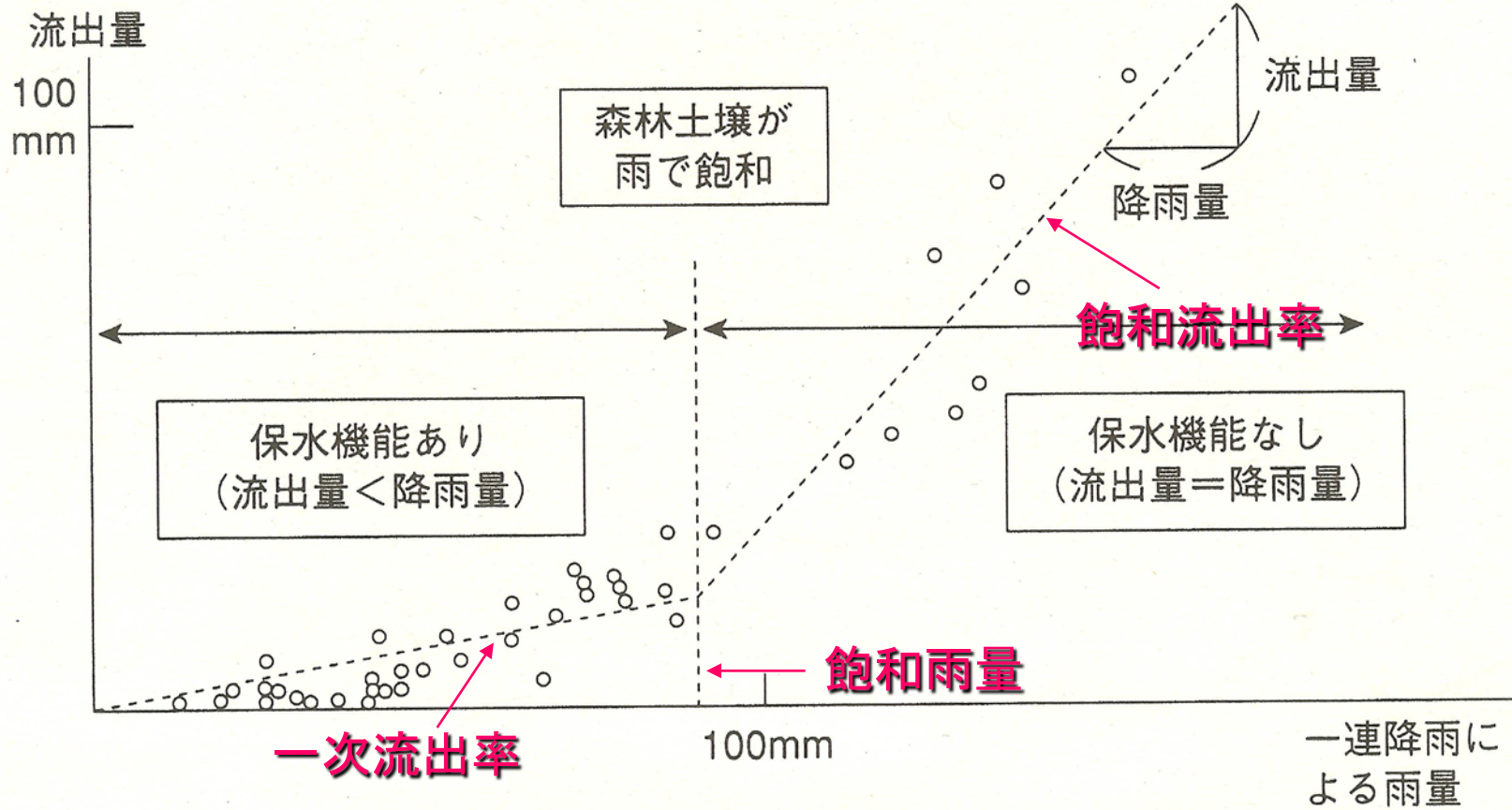
国土交通省河川局と農林水産省林野庁は、「森林の保水力」をどのように評価しているか。



保安林の整備



多目的ダム建設



降雨量と流出量 (相俣ダム流域)

## 森林の保水力

緑のダムが整備されればダムは不要か

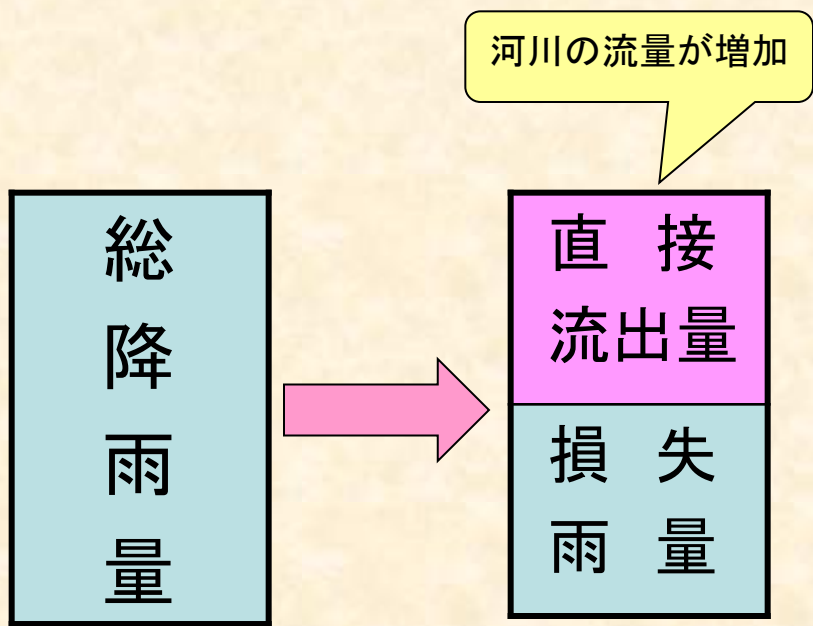
国土交通省 [http: www.mlit.go.jp/river/dam/index.html](http://www.mlit.go.jp/river/dam/index.html)より

# 森林の水源かん養機能の評価 一流域貯留量の推定

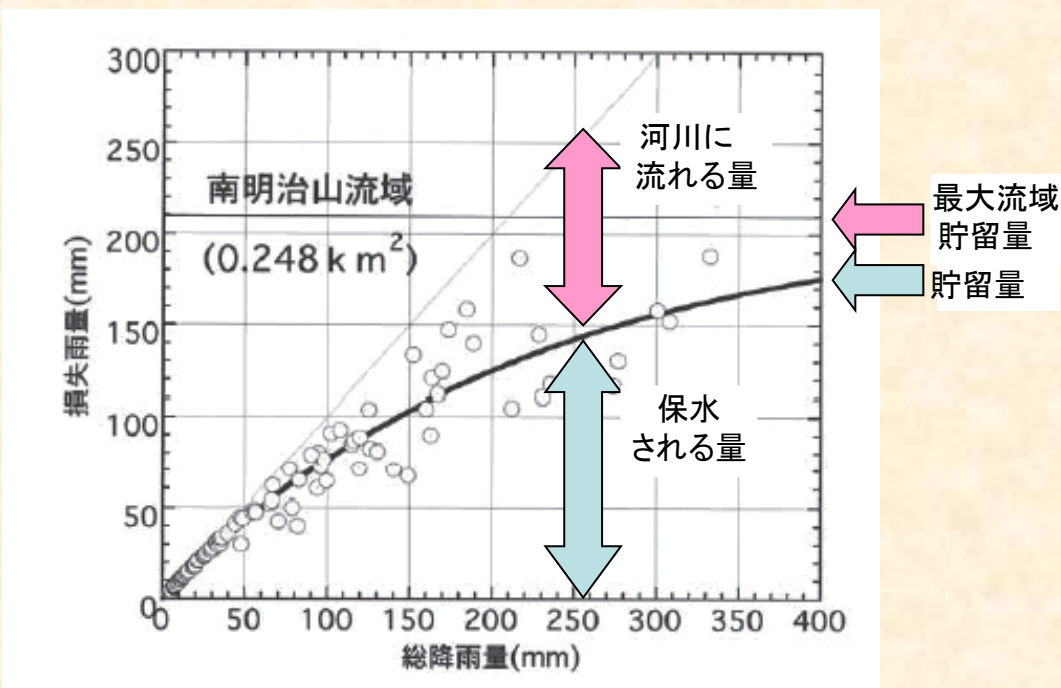
・雨水のうち一時的に流域内に貯留されるものを損失雨量という。

$$\text{損失雨量} = \text{総降雨量} - \text{直接流出量}$$

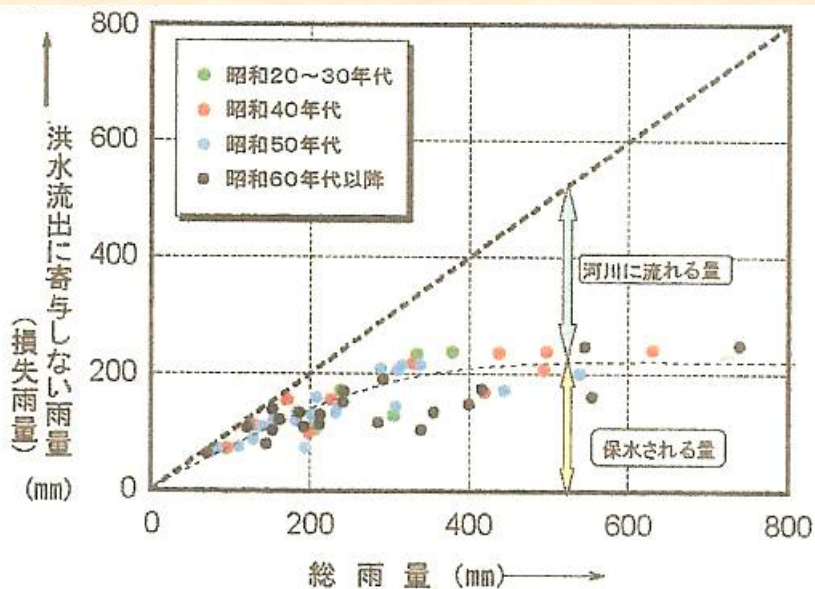
・森林の損失雨量は総降雨量の増加に伴って増加するが、総降雨量が大きくなるとこれ以上増えない上限値に達する。これが森林の最大流域貯留量。



総降雨量と損失雨量の関係の例



出典:「森林流域の保水容量と流域貯留量」(藤枝、2007)



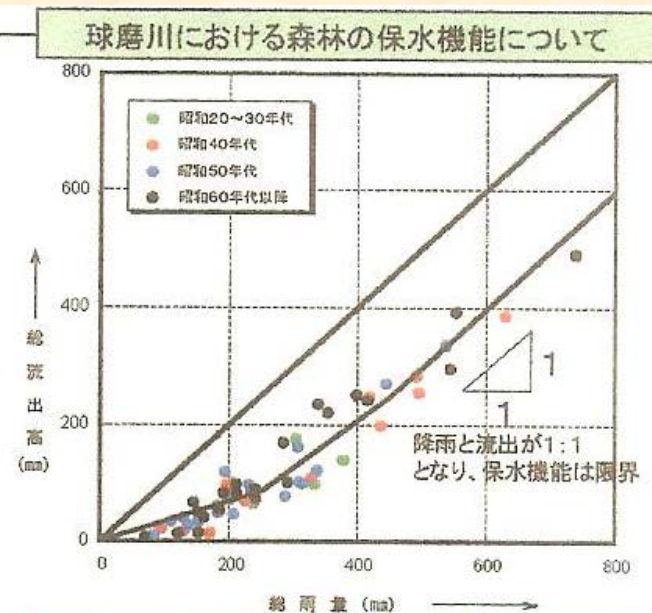
洪水流出に寄与しない雨量 (損失雨量) (mm)

総雨量 (mm)

洪水流出に寄与しない雨量 = 総雨量(mm) - 総流出量(mm)

雨量 (損失雨量)

## 降雨量と損失雨量の関係



球磨川流域の森林の保水機能 (水を貯め込む能力) は 200mm~400mmで限界

## 降雨量と直接流出量の関係

# 球磨川流域の森林の保水力

第48回河川整備基本方針小委員会 (2006.9.6)  
資料より

## 結論

- 縦軸を直接流出量にするか損失雨量にするかの違い
- 飽和雨量 = 保水力



# 森林はダムに変わることができるか

- 森林の保水力は多目的ダムの洪水調節容量と同程度の容量を持っている。
- 森林の保水力は直接流出量を軽減できるが、ダムのように洪水のピーク流量を人工的に調節することはできない。
- 森林の保水力への過度な期待は、異常気象による集中豪雨や台風に対するリスクが大きい。



## まとめ

- 水源かん養機能は森林の保水力によるものである。
- 水源かん養機能は万能ではなく、その限界を認識する必要がある。

ご静聴有り難うございます