

今後の治水対策のあり方に関する有識者会議

第6回（平成22年3月10日）

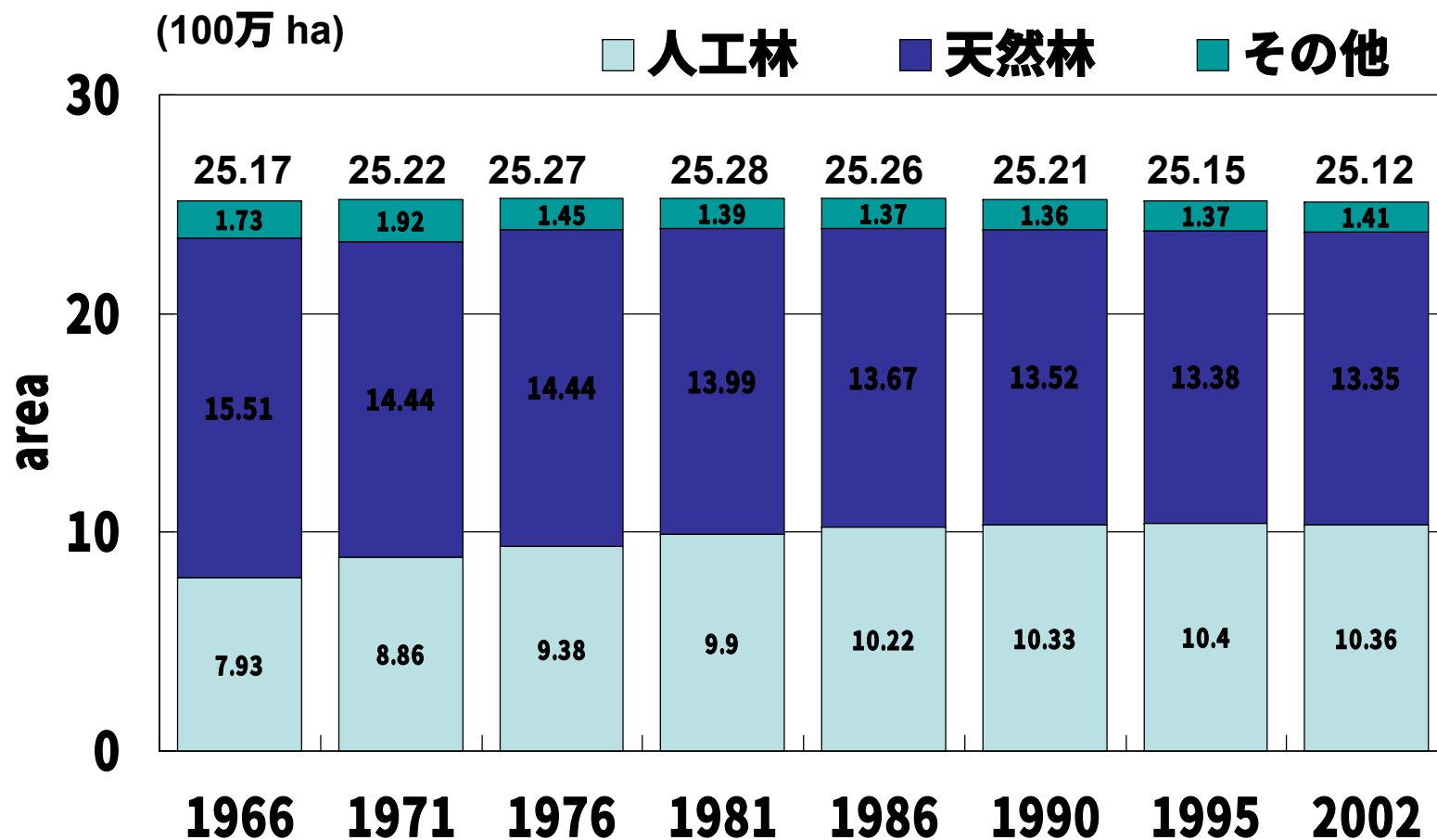
森林の機能について

- 1. 森林の変貌**
- 2. 森林の洪水緩和機能**
- 3. 水資源貯留機能と水質浄化機能**
- 4. 土砂災害防止機能**
- 5. 森林の多面的機能**

太田猛彦

1. 日本の森林 ―森林面積の推移―

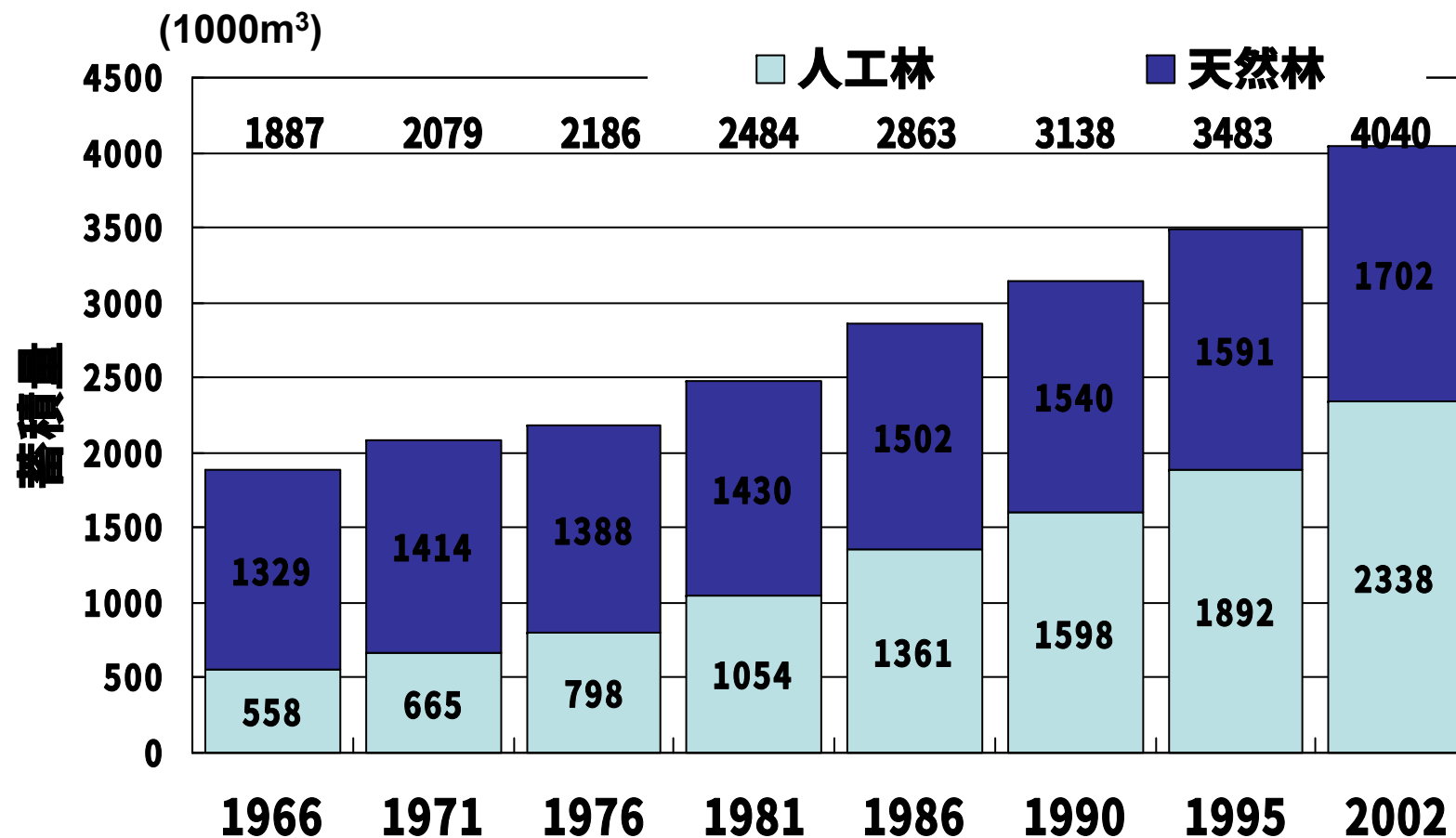
全国土面積 (3800万ha) のおよそ 66%



半世紀、森林の面積は変化していない。

多くの国民は森林は減少していると思っている 資料: 林野庁 2002年3月現在

日本の森林 ー蓄積量の変化ー

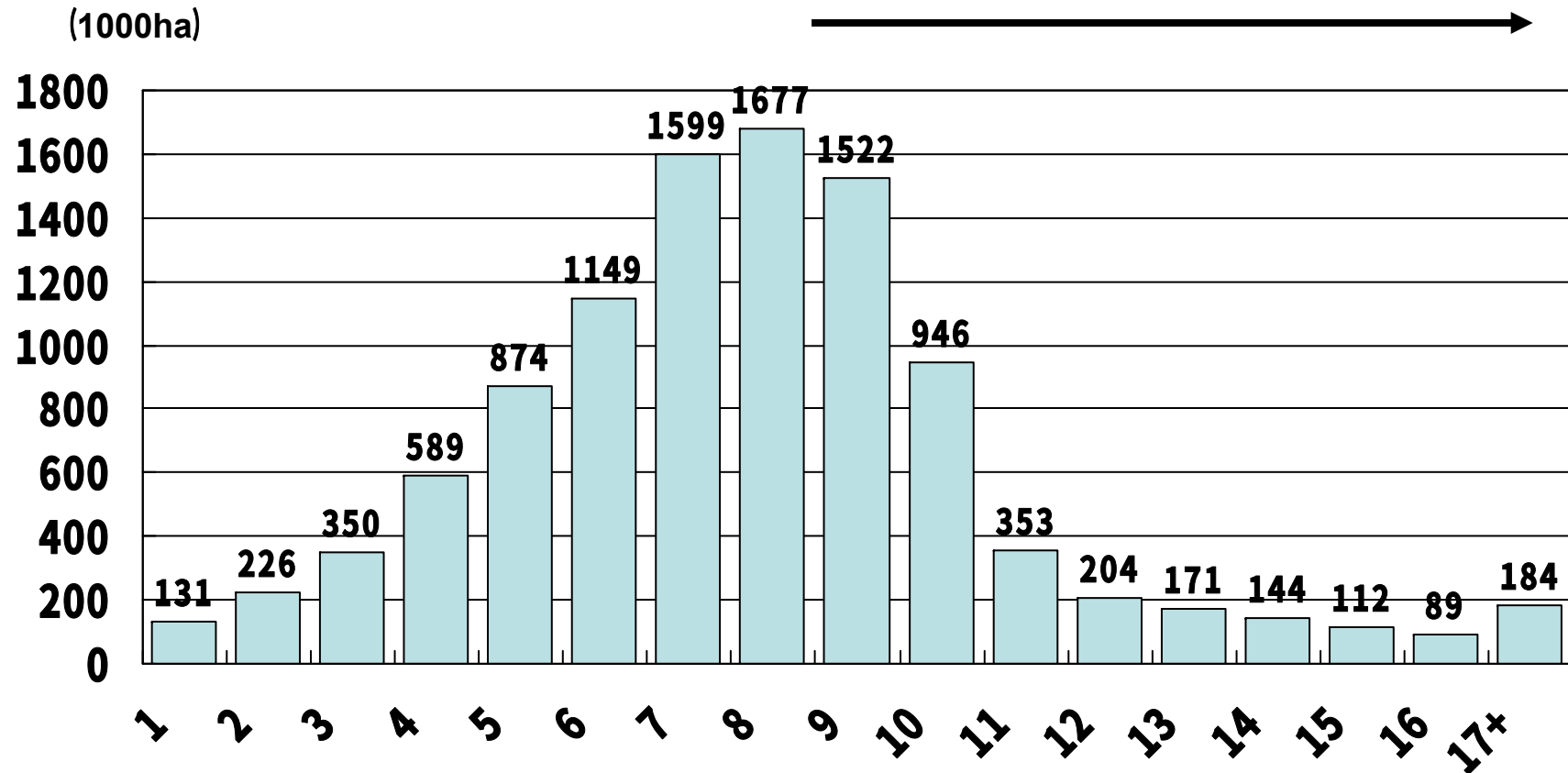


半世紀、森林の量は増加している。

資料: 林野庁 2002年3月現在

日本の人工林 ― 齢級 (樹齢) 分布 ―

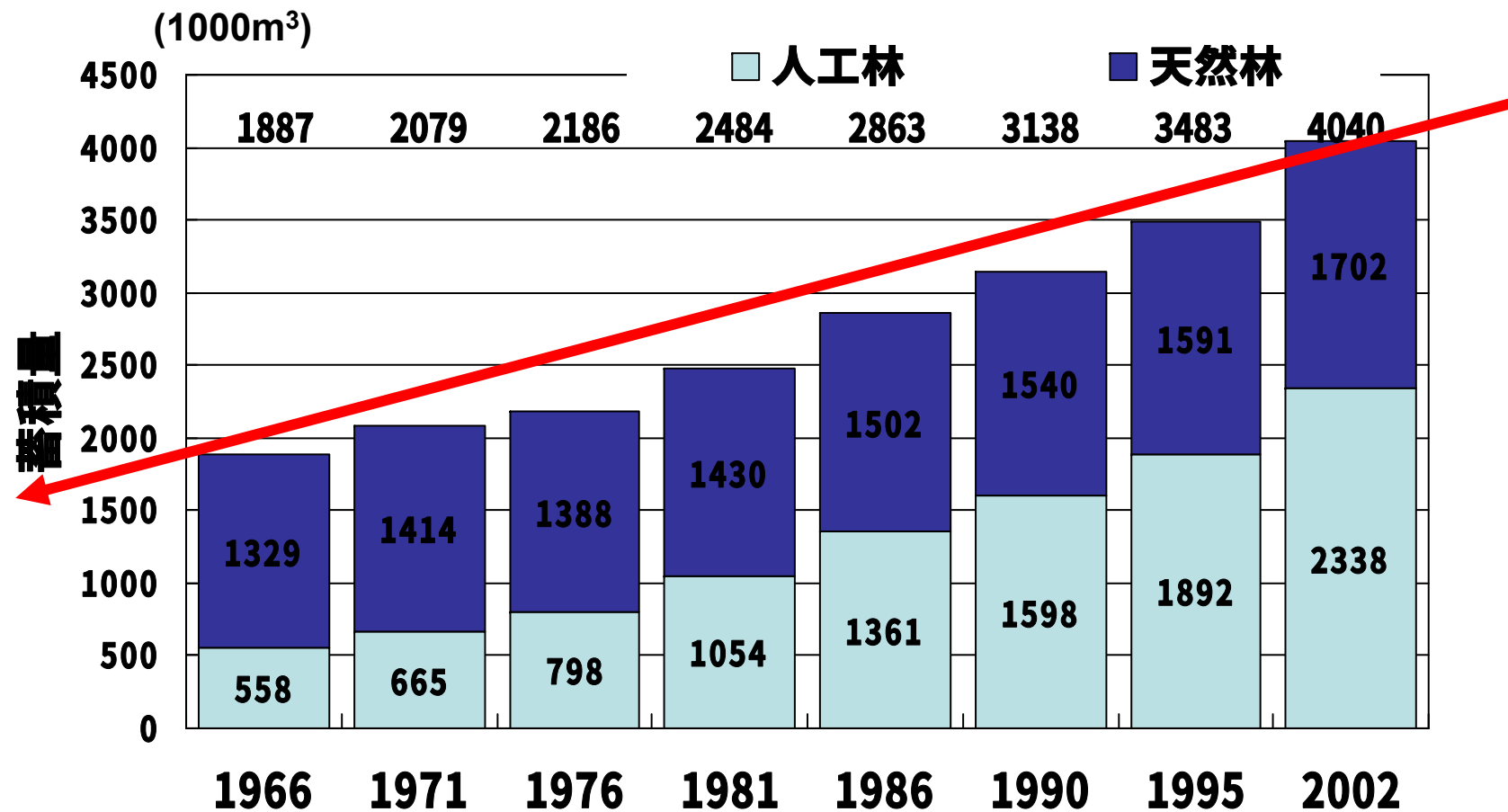
収穫可能な人工林が増加している



人工林はこんなに大きくなっているのに使われていない

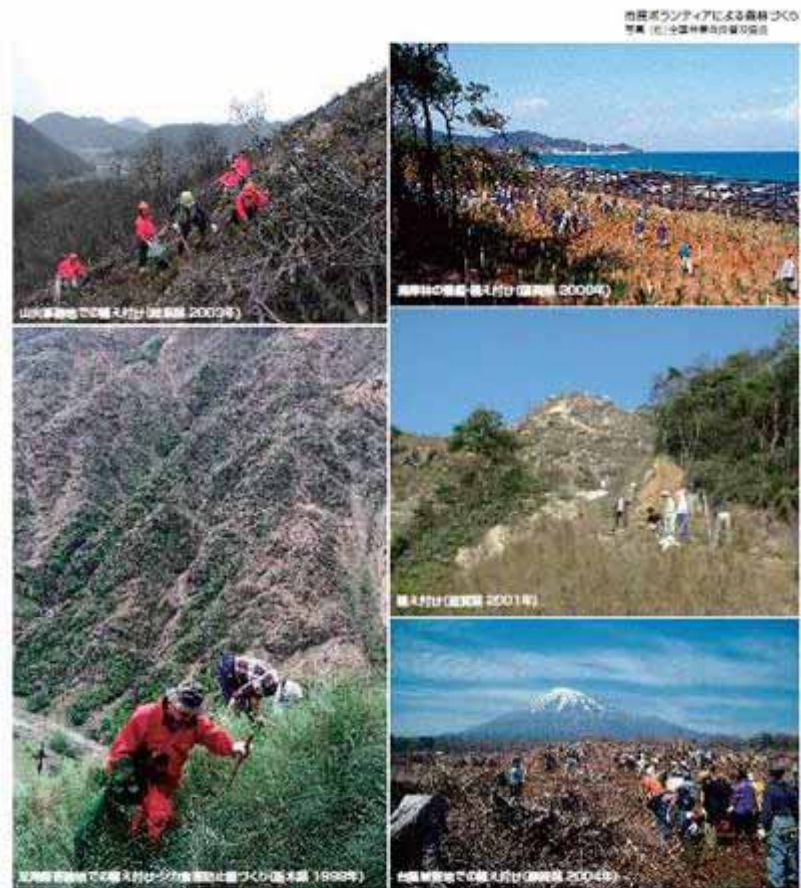
齢級

日本の森林 ー蓄積量の変化ー



ということは、昔は森林が少なかった？

資料：林野庁 2002年3月現在



去年は全国植樹祭60周年であった。
36都道府県のかつての森の姿が載っている

全国植樹祭60周年記念写真集

かつて、日本の山にはこんな姿もあった。

国土緑化推進機構





丹波市 昭和初期
はげ山工事前の荒廃状況
写真提供：兵庫県森林管理課



加東市 昭和30年代(1955~1964)
荒廃状況
写真提供：兵庫県森林管理課

昭和30年代前半の時代には農林関係は古戦場であり、昭和時代には山崩として利用されていた二つの山崩地、おろみやと島の跡に残る山崩跡は、かつて荒廃したを助けていたことが、現在はグリーンベルトの地となって、多くのハイカーが訪れている。(真壁一)



高野市 戦後
はげ山の地帯の風景
写真提供：(社)岡山県山岳協会
撮影：岡山山岳協会より2009年撮影



高野市 戦後
上の写真の一部
写真提供：(社)岡山県山岳協会
撮影：岡山山岳協会より2009年撮影



高野市 戦後
写真提供：(社)岡山県山岳協会
撮影：岡山山岳協会より2009年撮影



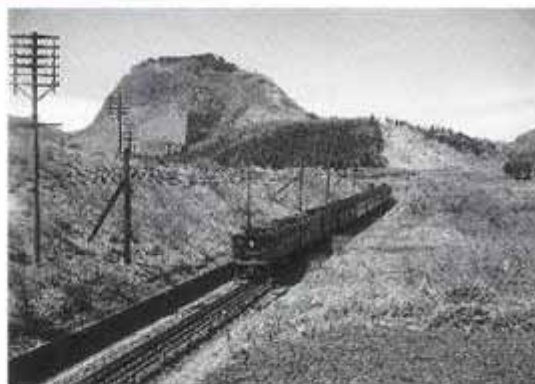
日光市荒馬町 昭和40年(1965)
久藤沢 写真提供: 関東高林産物協



日光市荒馬町 平成18年(2006)
久藤沢 写真提供: 関東高林産物協



練馬市(国分町) 昭和13年(1938)
池山工業の跡地(根子池)
写真提供: 埼玉県



宇都宮市 昭和29年(1954年頃)
アプト式電気機関車の運行/真綿本
線(川口川沿い)
写真提供: 宇都宮市史



前橋市(国分土見村) 昭和12年(1937)
利根川開削工事
写真提供: (左) 群馬県建設部(右) 国土院
出典: 『国土院のあゆみ』国土院



練馬市 昭和13年(1938)
写真提供: 埼玉県



練馬市 大正7年(1918)
新橋立神代川
写真提供: 東京都下水道局



京都市内 嵯峨野山麓
写真提供：京都府立総合資料館

【解説】この写真は、京都府北東部の小丘上より北東方向を眺めたものである。写真の左上には比叡山が見え、山麓の両側に雲をかぶったように見える白い部分は、花崗岩地帯の地表が露出している部分である。写真上部やや左の比叡山中腹の尾根部分には、古い時代のハダ山麓群で、かつては比叡アルプスと呼ばれていた。（小幡 純一）



京都市内 平野川上流付近から 明治中期
写真提供：京都府立総合資料館
出典：『京都市史』第3巻（京都市）

【解説】本平川上流の平野川上流は花崗岩地帯で、かつては大きなハダ山が存在したところである。そのため、明治中期にはかなり大規模な砂防ダム建設も行われた。写真中央付近に見えるのは、そうしたダムの一つである。写真の撮影された年代は、それが取られた写真家の他の写真年代から、明治20年代前後と考えられる。（小幡 純一）



京都市山科区 琵琶湖疏水第2トンネル付近から 明治中期
写真提供：京都府立総合資料館

【解説】この写真は、琵琶湖疏水が完成した明治23年（1890年）に撮影されたものと推定されるものである。琵琶湖の山には、まだ低く木々が茂る部分もあるが、右手の方を中心に草木の少ないツツジのようになっている。これは、琵琶湖周辺の山が、江戸時代初期の豪雨、平水の正しいゆかりに起因して荒廃したものである。（小幡 純一）



京都市 嵯峨野山麓
新山寺（嵯峨野山麓）
写真：堀江孝

【解説】この写真は、比叡山の京都側のケーブルカー（定時間も古い）の駅に、向いの山から撮影されたものと推定される。当時、京都側から見える比叡山には、草木の生い茂る山の中腹から上を中心に整備された。総延長の長さから、少くとも、明治時代初期に築かれたと推定される。なお、写真には見えないが、山の向こう側（山頂）には、比叡寺（嵯峨野）に、うっすらとしたスギ林のあるところもあった。（小幡 純一）

A



写真 2 2 - 1 瀬戸町安戸
明治 40 年(1907)、施行前

昔、山は荒れていた。

「はげ山」あるいは禿禿地(とくしゃち)といった。



写真 2 2 - 2 左に同じ
大正 6 年(1917)の状況

愛知県の荒廃状況

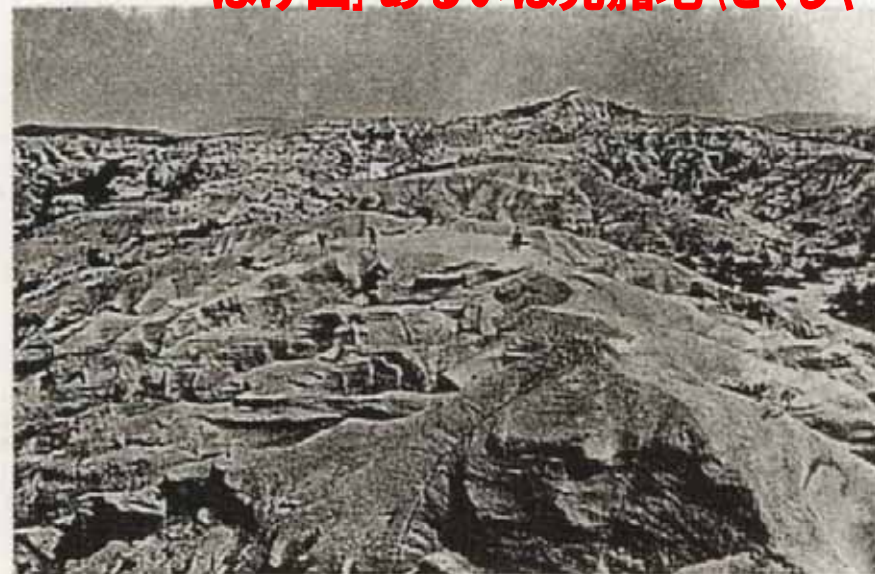


写真 2 3 - 1 旭村今、宇裏山
明治 40 年(1907)、施行前

緑の万博会場も



写真 2 3 - 2 左に同じ
明治 41 年(1908)、施行後 1 年

(愛知県、2000)

B

はげ山でなくても、瘠悪林地 (せきあくりんち)

岡山県北部の状況

県 北 部

英田郡 東栗倉村



水源地は皆伐されて無立地化

勝田郡 梶並村 (現勝田町)



無立木地に台風襲来。大小の崩壊地が多数発生。多量の土砂を流出した。

勝田郡 広戸村 (現勝北町)



那岐・滝山連峰の山腹もチシマザサ密生で無立木。水源かん機能も低下していた。

英田郡 福本村 (現英田町)



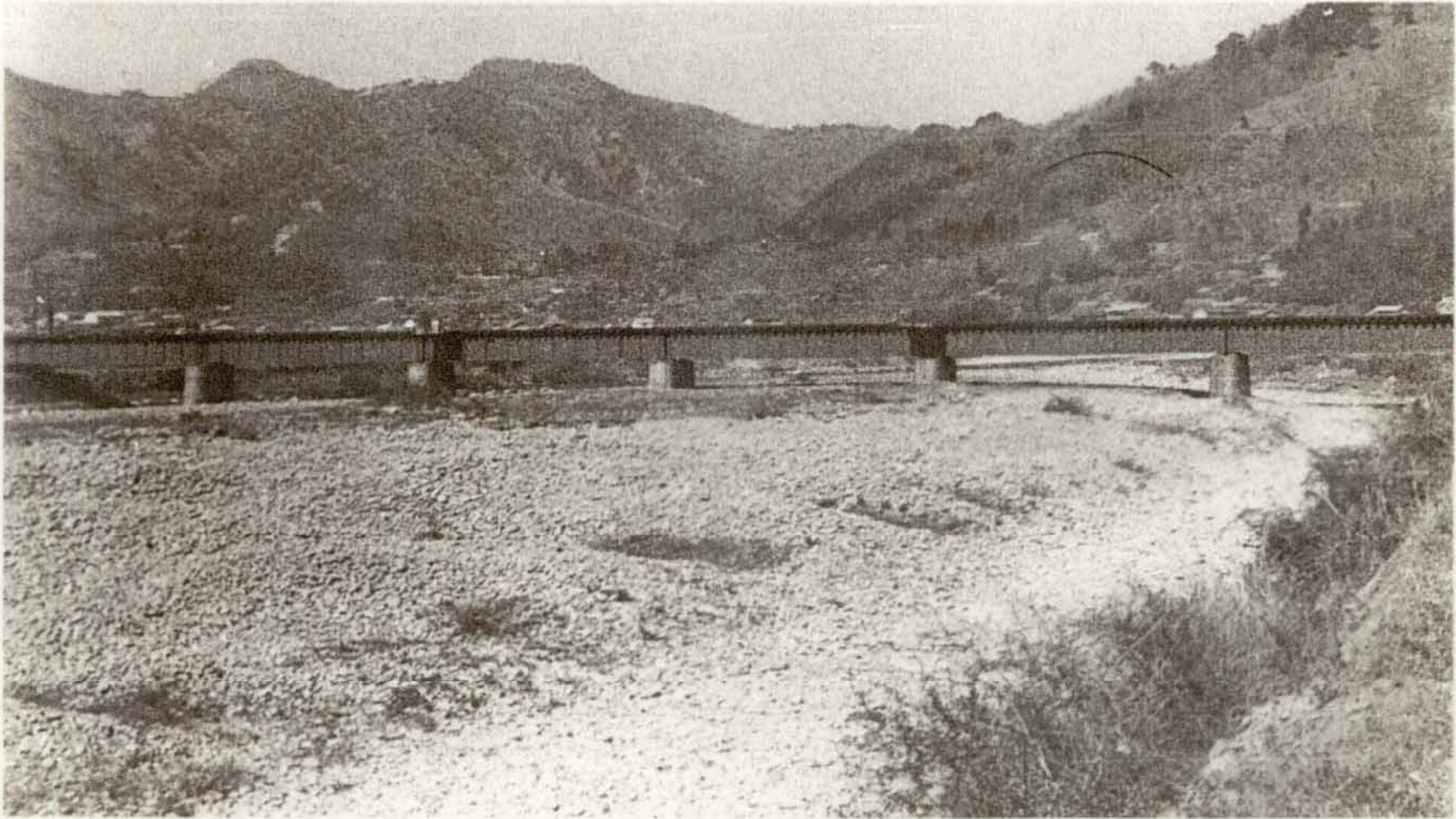
中流部水源地域の山林も皆伐地多く、山稜部から荒廃移行しつつある。

(岡山県、1997)

C

この頃、河床は土砂でいっぱい (岡山県)

赤磐郡 周匝村 (現吉井町)



吉井川本流中流部の土砂堆積状況 (支流吉野川との合流部下流)

今、このように土砂がいっぱいの川は、全国に一つもない (岡山県、1997)

広重の絵に豊かな森は出てこない





東海居士の次子
岡部

横重自
印

林床植生が貧弱



山腹にもマツ。マツ林は浜辺などの養分の少ない土地で繁茂



『拾遺都名所図会』にみる稲荷山の初午のときの山遊び。

110年前 (1900年) の土地利用

農業的土地利用 16.75%

森林 65.48%

都市集落・道路・鉄道

4.13%

その他 13.64%
(荒地10.68%、砂礫地0.56%)



氷見山幸夫 (1992) : 日本の近代化と土地利用変化 より →

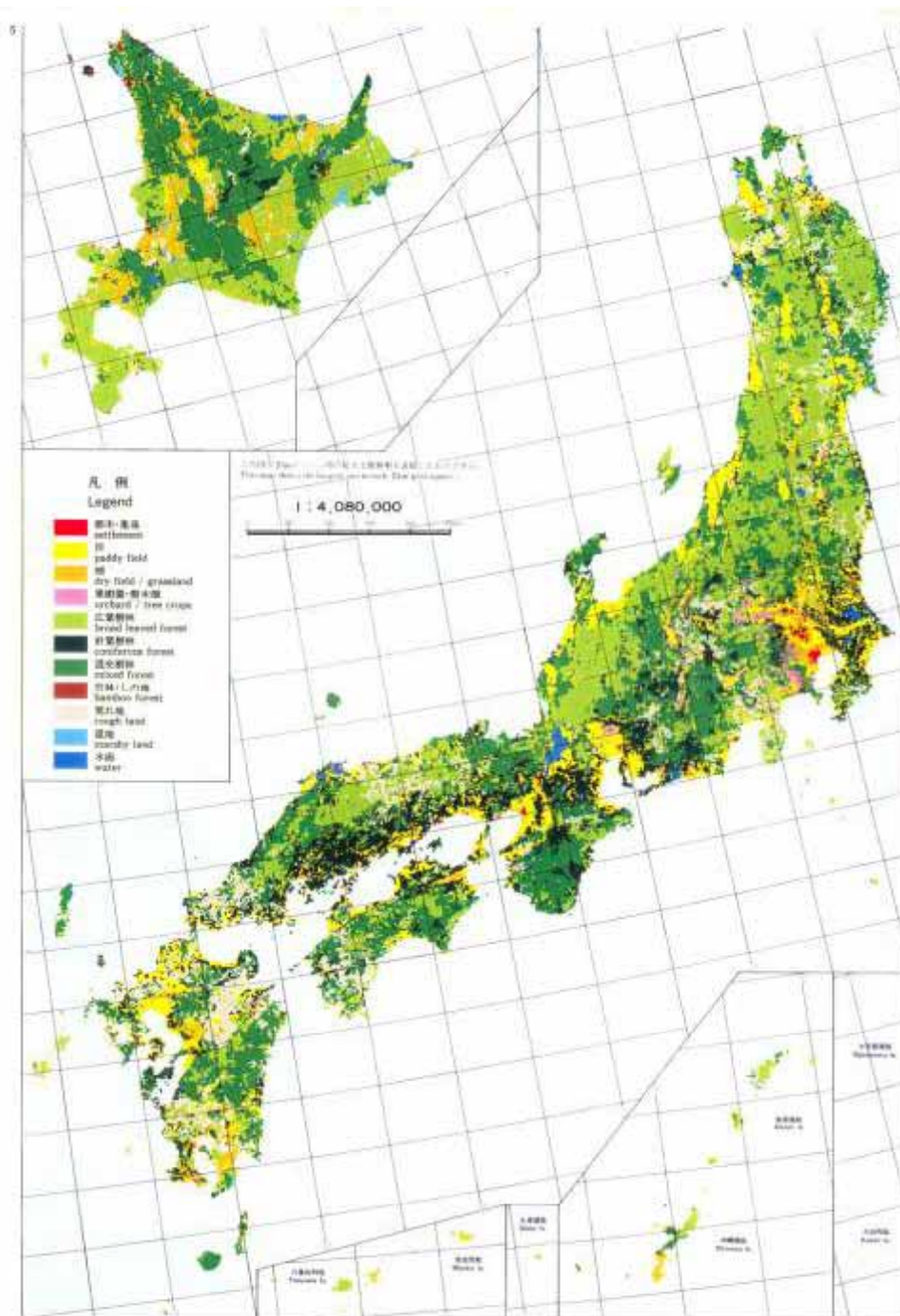


図 1-3-1 明治大正期の国土利用
Fig. 1-3-1 Land Use in Japan circa 1900

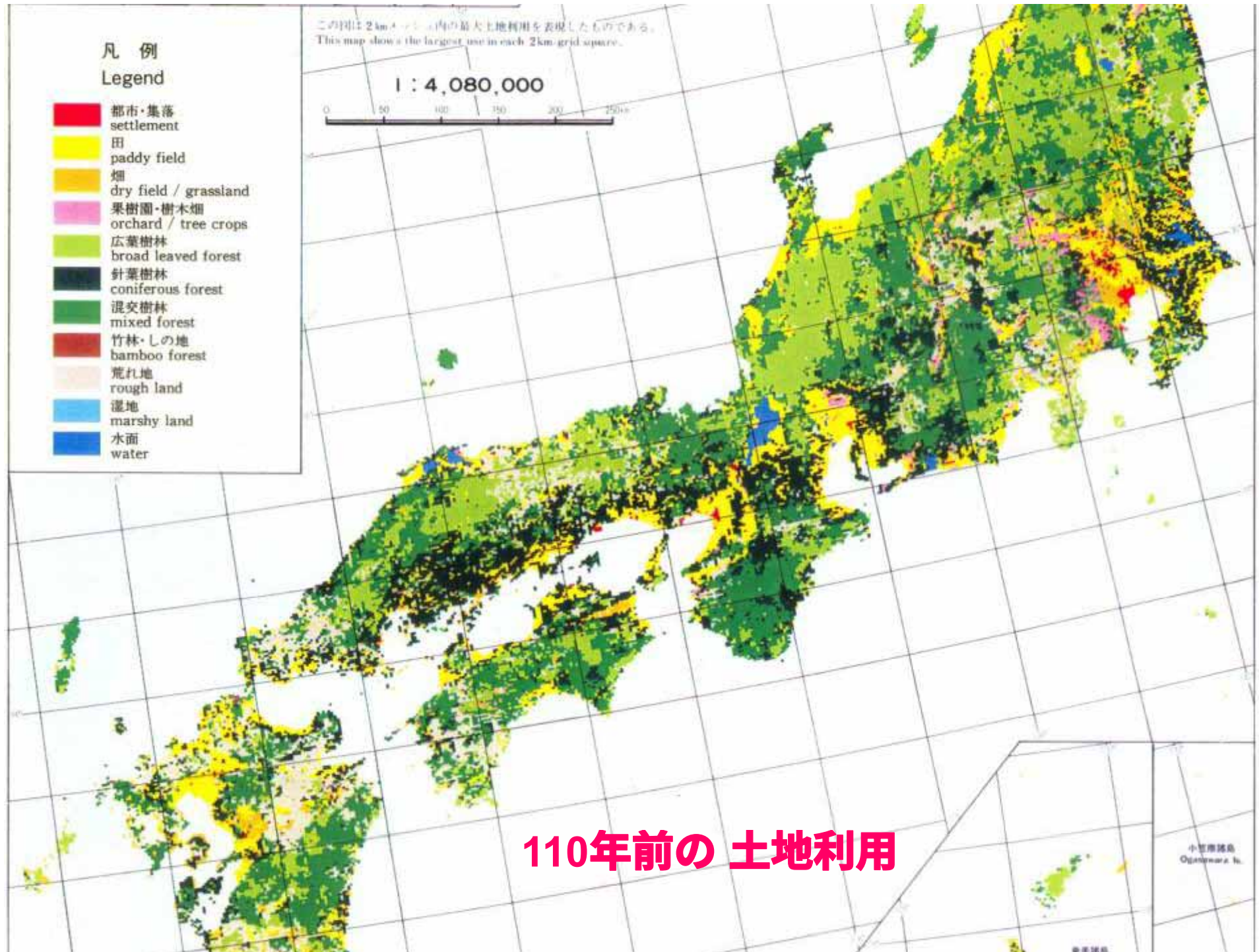
作製：氷見山 幸夫
Produced by Y. Himiyama

凡 例
Legend

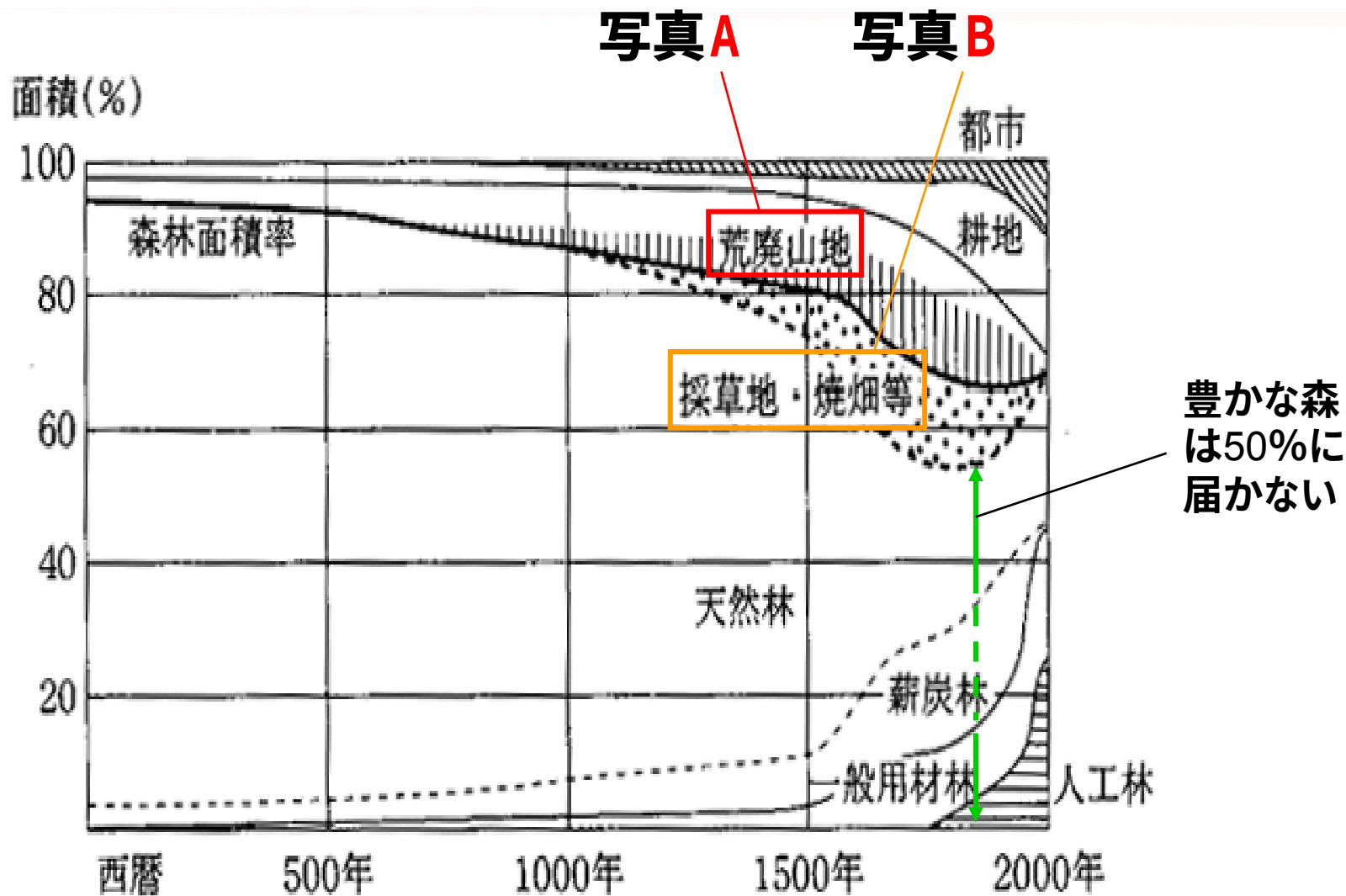
- 都市・集落
settlement
- 田
paddy field
- 畑
dry field / grassland
- 果樹園・樹木畑
orchard / tree crops
- 広葉樹林
broad leaved forest
- 針葉樹林
coniferous forest
- 混交樹林
mixed forest
- 竹林・しの地
bamboo forest
- 荒れ地
rough land
- 湿地
marshy land
- 水面
water

この図は2km×2km以内の最大土地利用を表現したものである。
This map shows the largest use in each 2km-grid square.

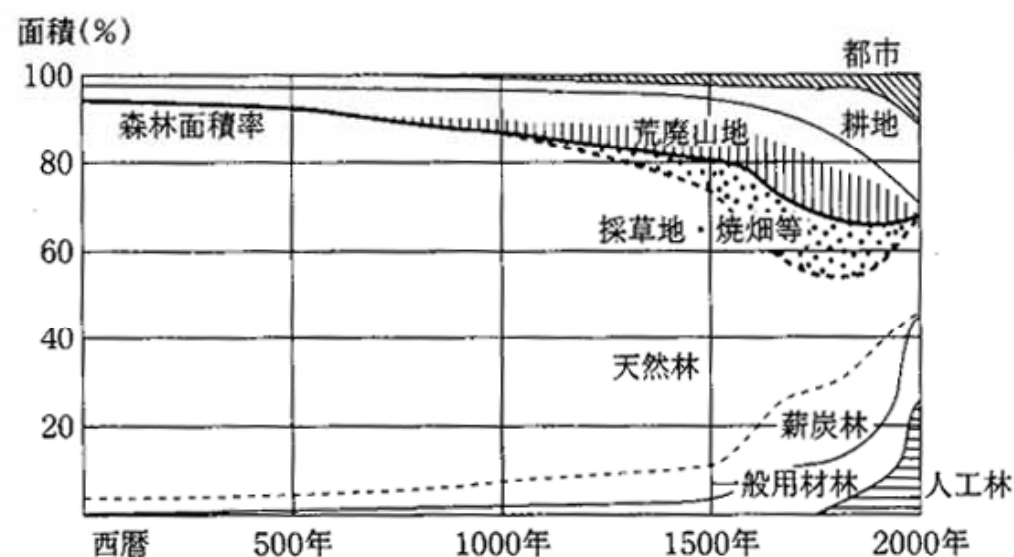
1 : 4,080,000



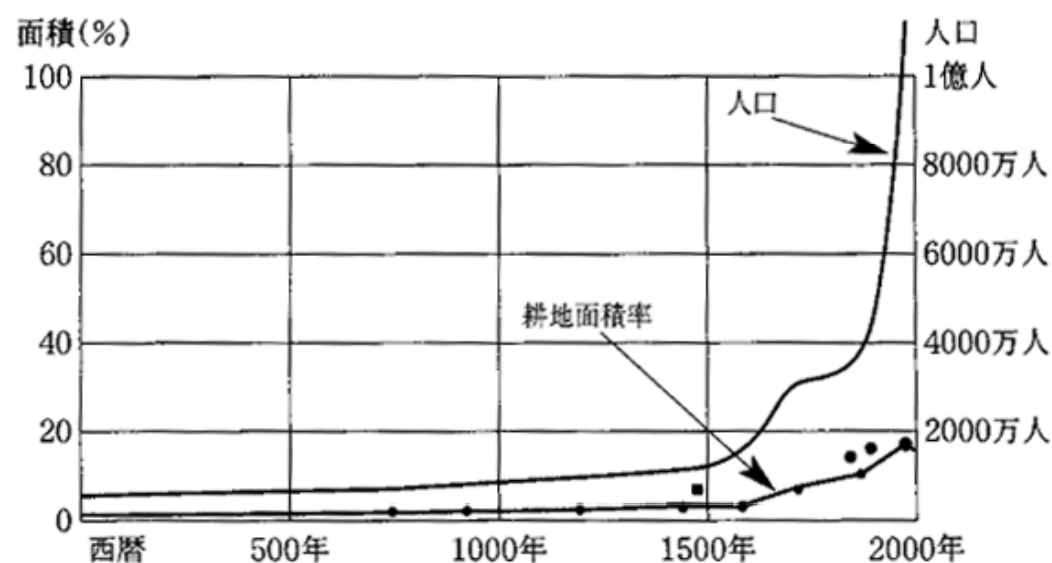
110年前の 土地利用



森林利用及びその他の土地利用の変遷（依光（1984）図をもとに作製）



森林利用及びその他の土地利用の変遷（依光（1984）図をもとに作製）



人口と耕地面積率の変化

荒廃していたのは**里山**・・・

幕末にはその半分以上が草地？！

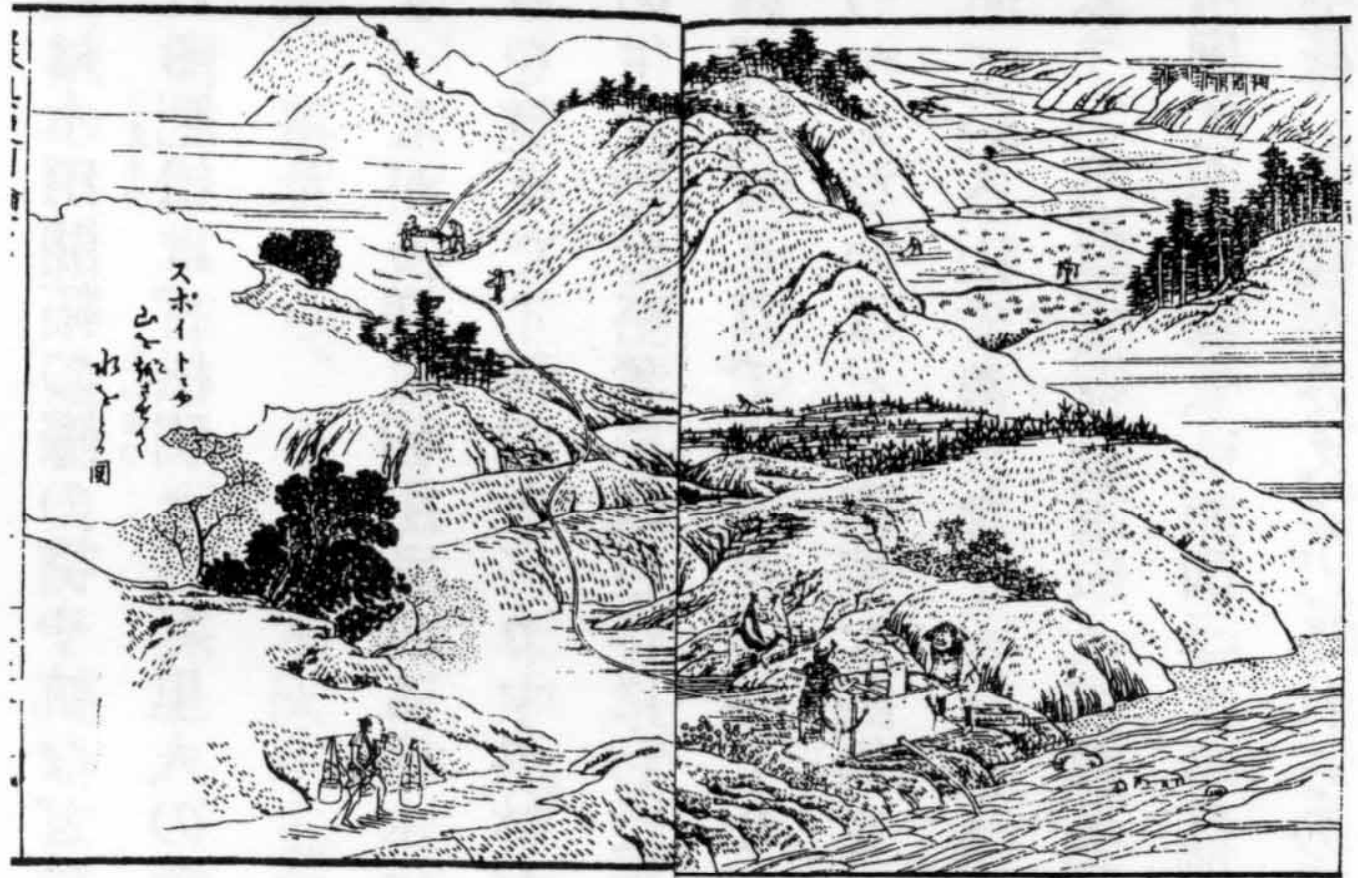
「野」：草地・芝地・茅場 田の肥料としての刈り敷き用の草や灌木の若芽
牛馬の飼料や厩の敷き草とする秣（まぐさ）
屋根葺き用の茅（かや）
「山」：樹林 農業用資材の鋤（すき）の柄（え）
たきつけ用の落葉落枝
薪炭材（薪炭林）
建築用材
山菜・きのこ・たけのこ

（北尾邦伸）

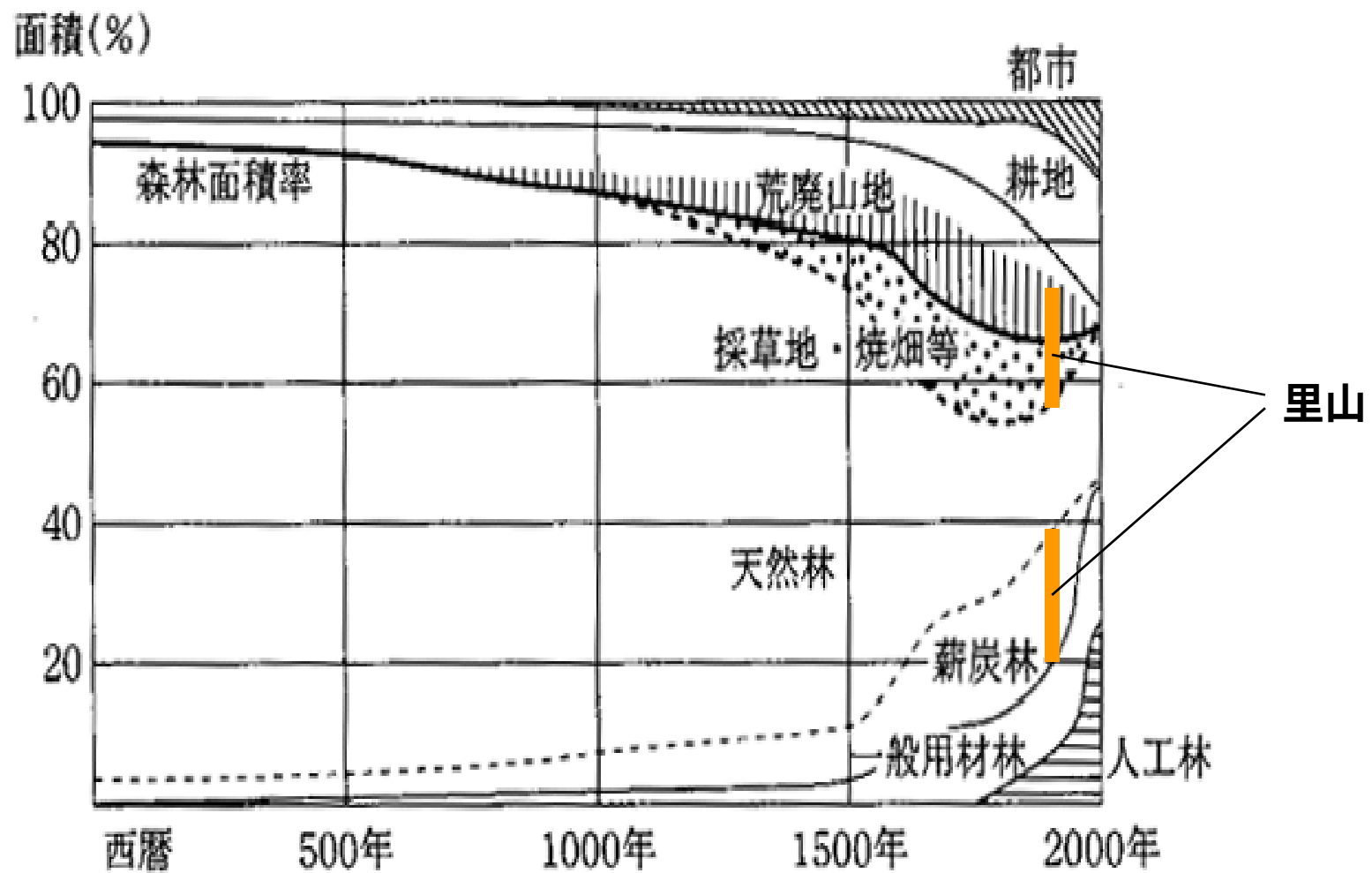
里山は農用林・生活林だった

里山＝入会地：入会のルールを決めて皆で使った

近世の文化年間（1804—18）における稲作水田と接する里山の植生。立木地はごくわずかでほとんど草山である（大蔵永常『農具便利論 下』〔日本農業全書15『除蝗録全 後編・農具便利論上中下』農山漁村文化協会〕より）



これが里山の植生だ！



森林利用及びその他の土地利用の変遷（依光（1984）図をもとに作製）

日本の植生(森林)の変遷

- 森林(里山)の荒廃は古代都市の成立と共に始まる
- 戦国期から江戸期にかけての人口の増加により、森林の荒廃が全国的に進行・・・江戸時代は「山地荒廃の時代」／儒学者による「**治山治水**」思想
- **明治中期：歴史上最も荒廃していた時期・・・治水三法と国土保全事業(治山と砂防)**
- 戦後：天然林(奥山)の伐採と「拡大造林」
- 現代：人工林の成長と里山における森林の復活

日本の森林は400年ぶりの緑を回復している

(1億2700万人も住んでいるのに・・・)

・・・森林はもはや荒廃していない！？

現代の森林の“荒廃”

- 森林は回復したのに・・・山が荒れている!?
 - ・ 里山の森林が使われなくなって、荒廃している
広葉樹の繁茂・竹林の繁茂 → 生態遷移の進行
・・・人が入った森に入れなくなって**荒れている**
 - ・ 奥山の森林の保全が十分でなく、荒廃している
登山・観光・開発・シカの食害・伐採・大気汚染
・・・人が入らなかった森に入るようになって**荒れている**
 - ・ 人工林が手入れされずに荒廃している
間伐の遅れ、花粉症など
・・・手入れを前提として植えたのに手入れされずに
荒れている
- “質的に荒廃している”と言える

日本で森林が復活した (それでも 50%以下には減少しなかった) 理由

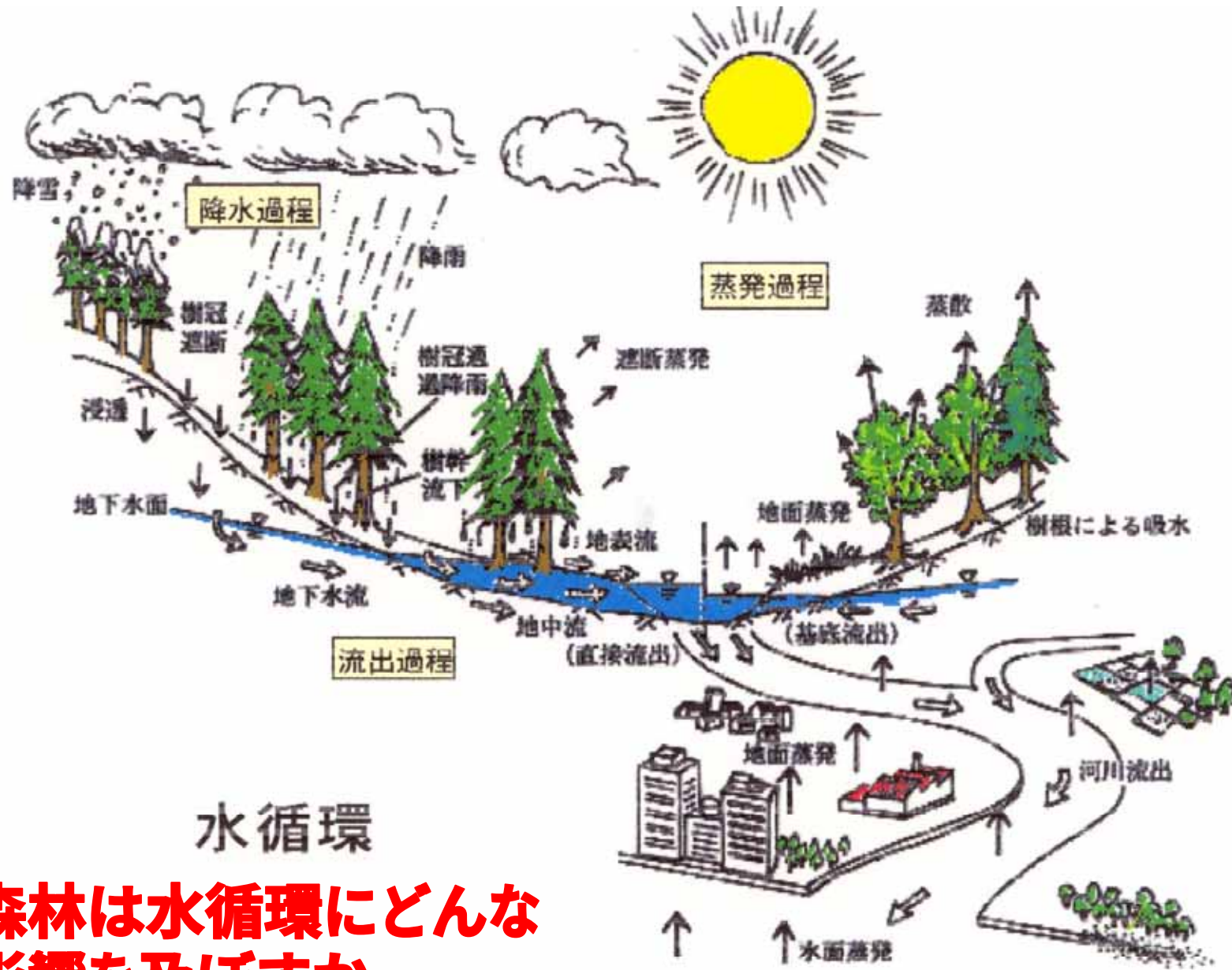
自然条件

- ・ 温暖・多雨な気候
- ・ 急峻な山地・・・地形が険しい(開発不能)
- ・ もろく、細粒化しやすい地質(土壌の発達)

社会条件

- ・ 治山・砂防工事と拡大造林
- ・ 化石燃料と化学肥料の使用 (1960年代～)
- ・ 放牧が未発達
- ・ 山岳民族が存在しない
- ・ 林業の不振

2.



**森林は水循環にどんな
影響を及ぼすか**

森林の水源涵養機能

1 洪水緩和機能

洪水流出ハイドログラフのピーク流量を減少させる
直接流出量を減少させる

2 水資源貯留／水量調節

洪水流出を遅延させることにより無効流量を減少させ、使える水量を増やす（**渇水緩和とは言わない**）

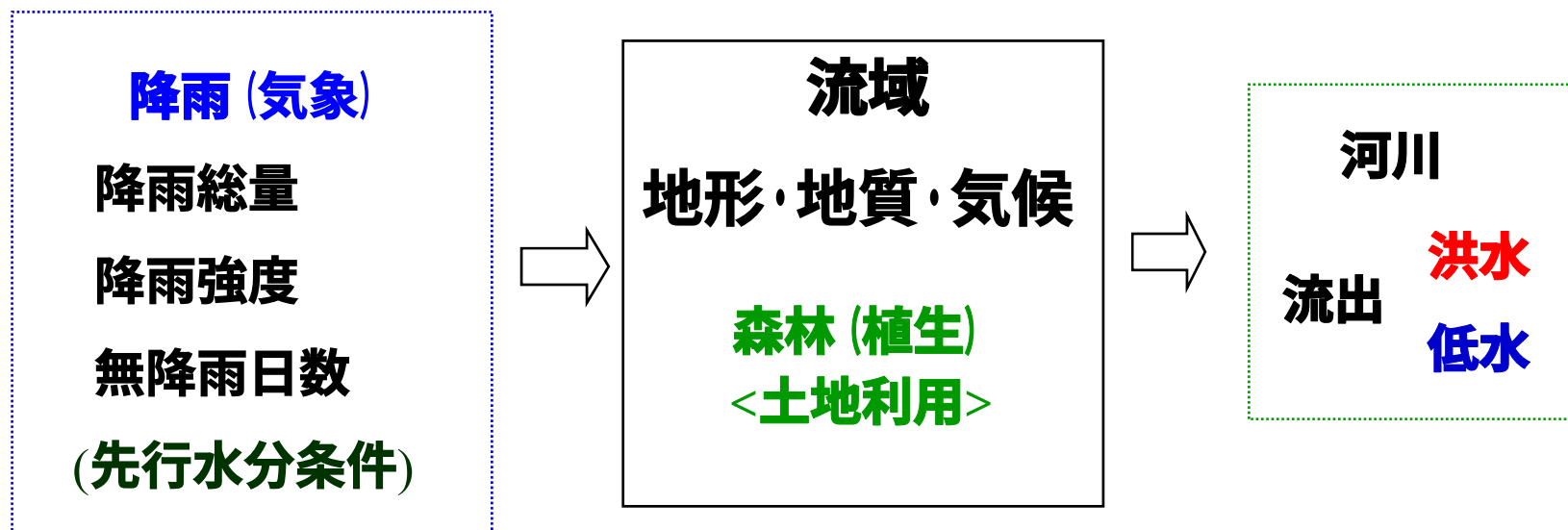
3 水質浄化機能

土壌の緩衝作用等により森林を通過する雨水の水質を改善する

小流域からの流出の研究

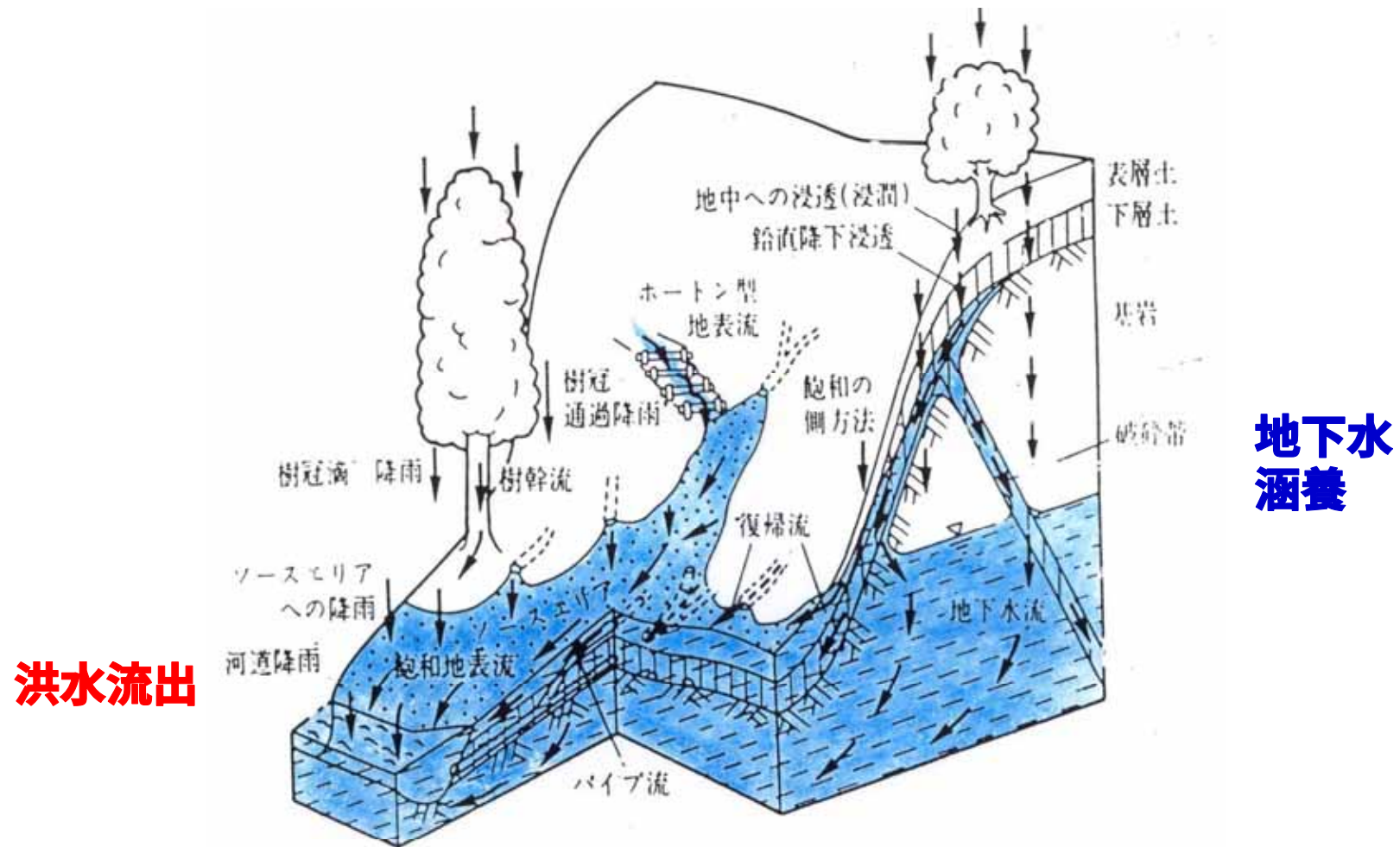
- ① **洪水流出**／高水流出と**低水流出**で
流出メカニズムが異なる
- ② 多くの因子が関与する
- ③ 観測に手間がかかる

降雨－流出 過程



地表流、浅い地中流など→洪水流出

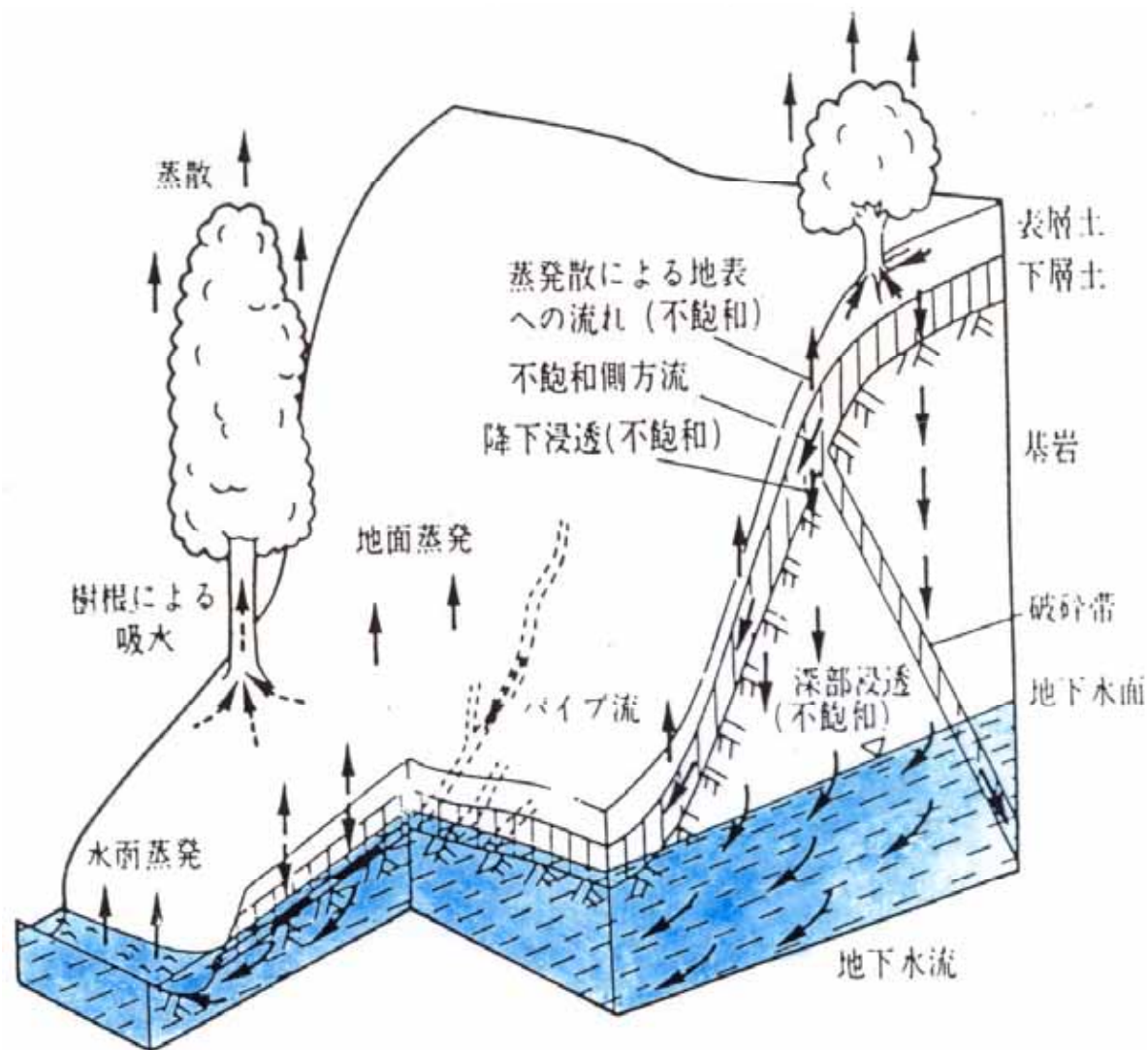
斜面から基盤岩内への浸透→地下水涵養



(a) 大雨時 (影をつけた部分は飽和している)

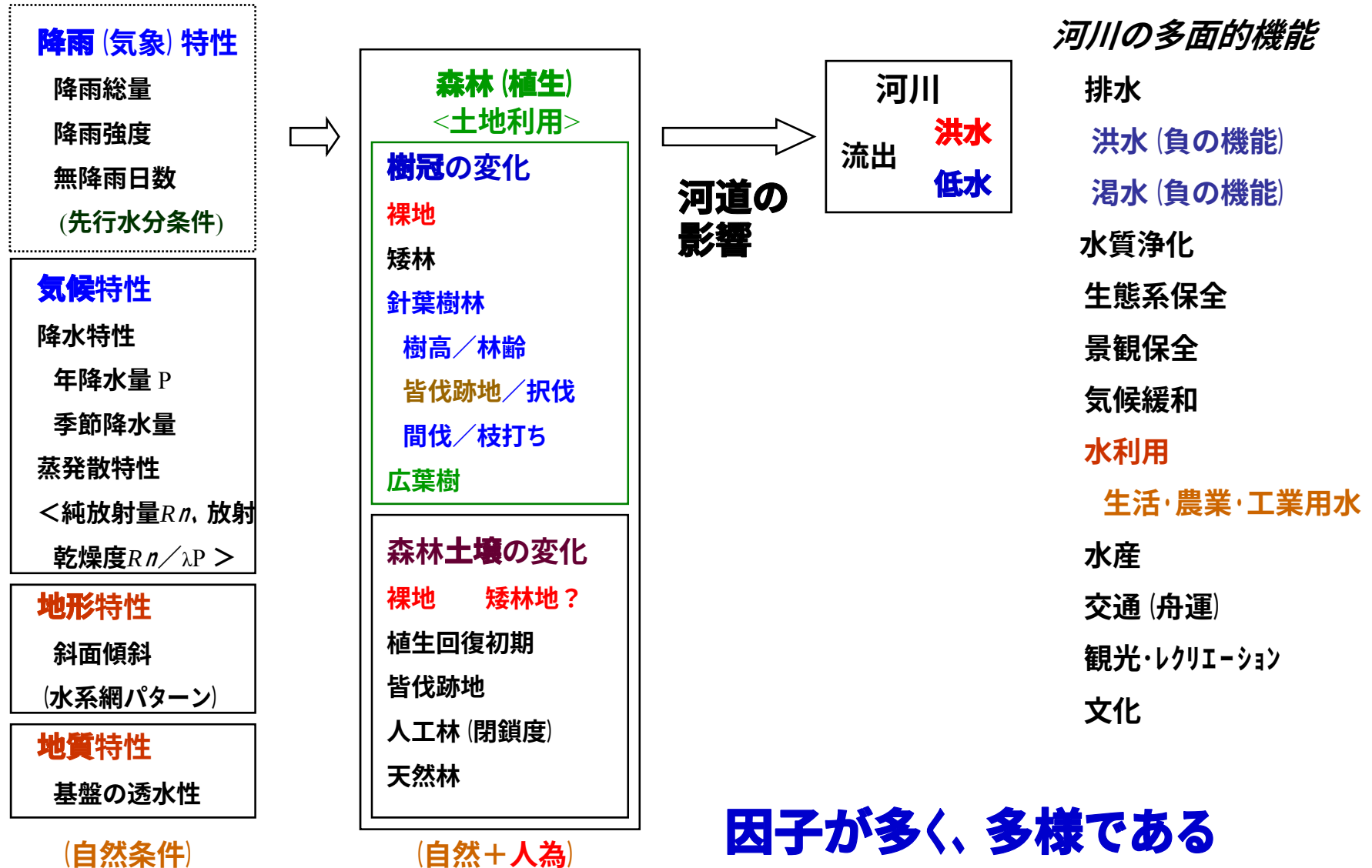
地下水の流出→低水流出 (遅れて流出→水資源貯留)

低水流出

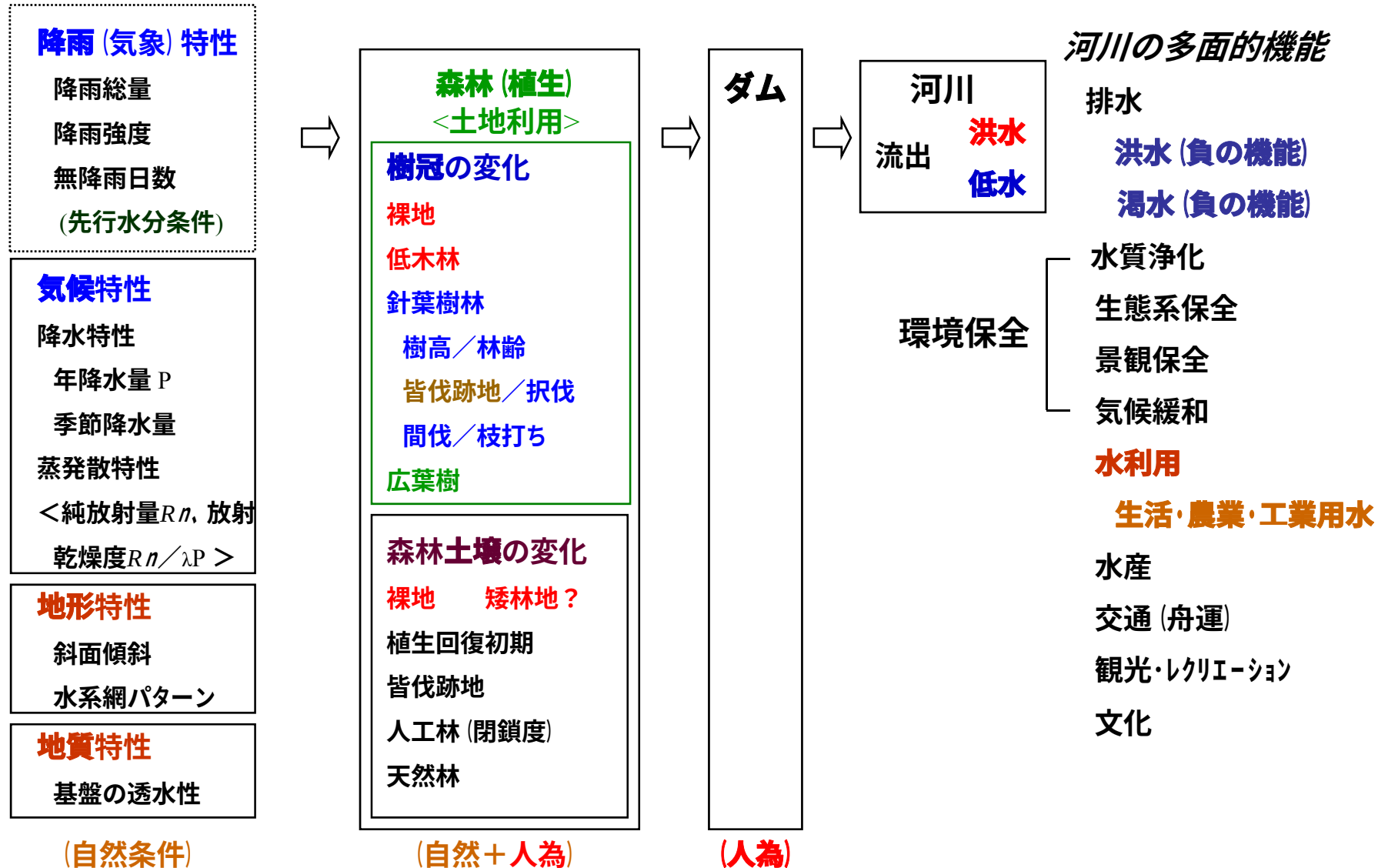


(b) 無降雨時 (大雨後一週間程度経過した時期)

降雨流出過程に関する因子



降雨流出過程に関する因子



森林水文試験 (東京大学愛知演習林白坂量水観測施設)



対照流域法

降雨条件、

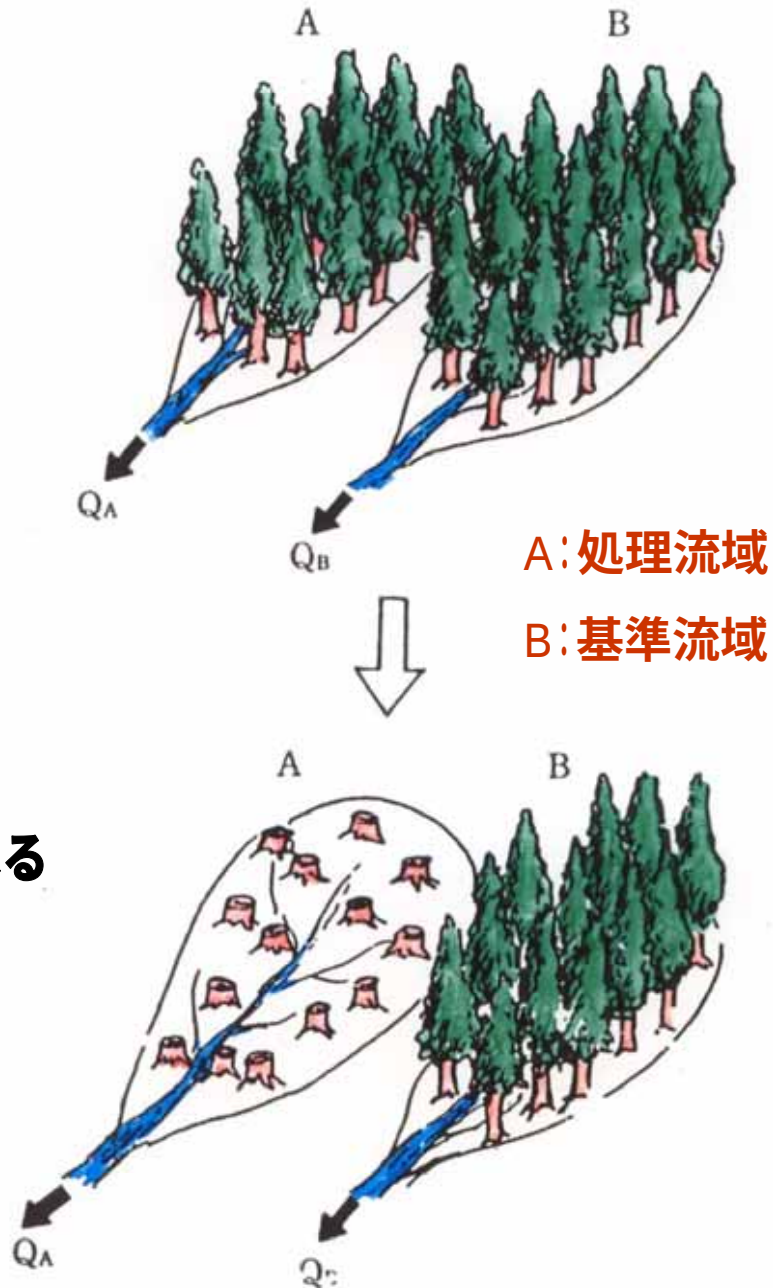
気候、

地形、

地質

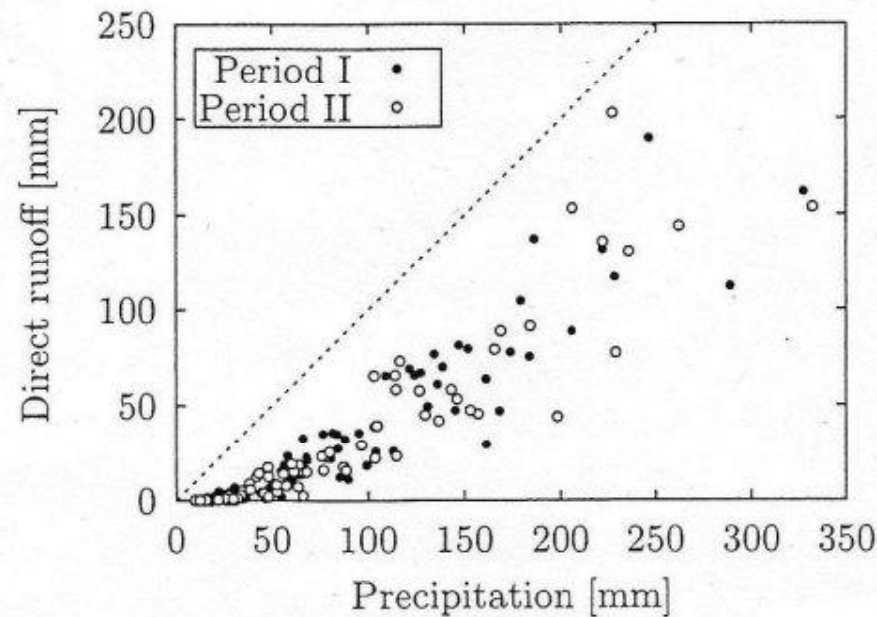
等の条件を同じにして、

森林の取り扱いの影響を調べる

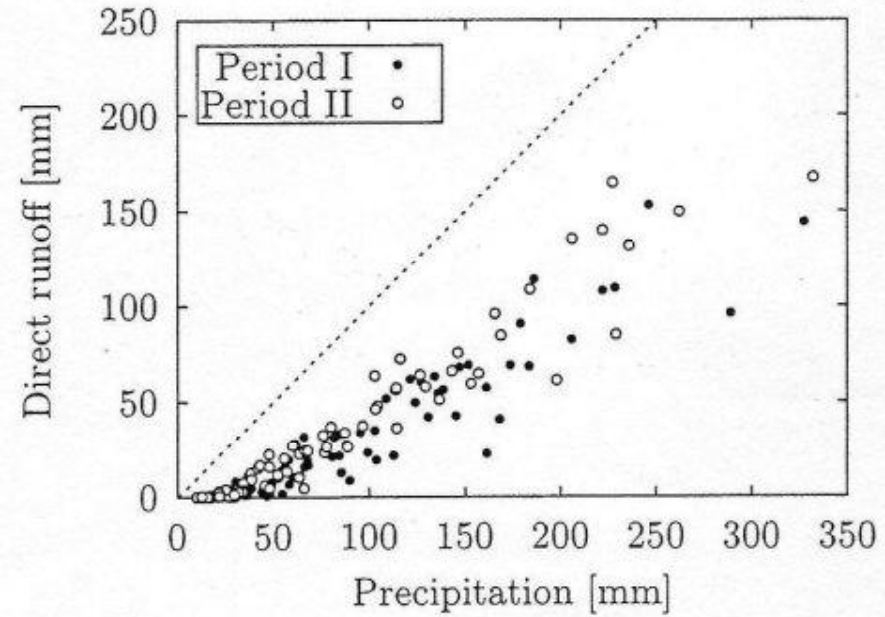


・対照流域法を試みても森林の洪水緩和機能はよく判らなかった

・むしろ森林による水消費が明確になった



(a) Watershed-A (Control)



(B) Watershed-B (Treatment)

図-3 袋山沢流域におけるイベント降雨量と直接流出量との関係

Fig. 3 Relationship between the amount of the precipitation per a storm and the amount of the direct runoff in the watersheds.

(真板・鈴木、2009)

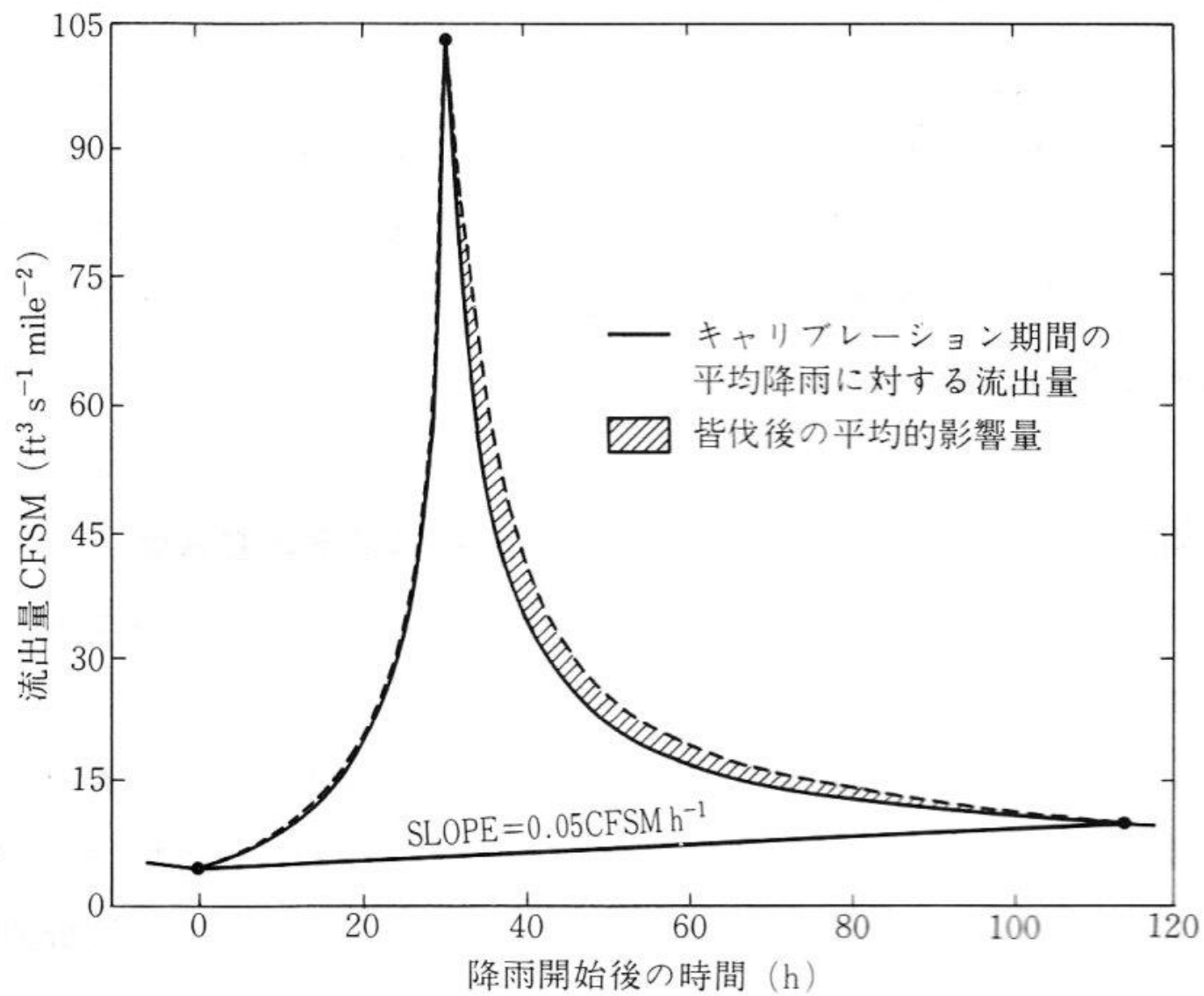
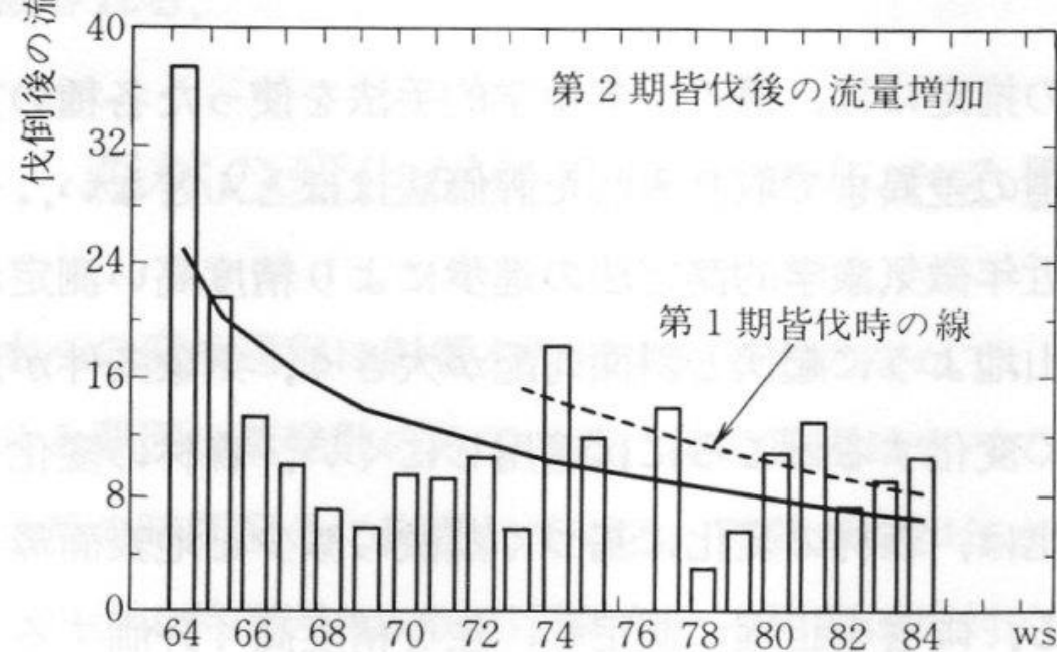
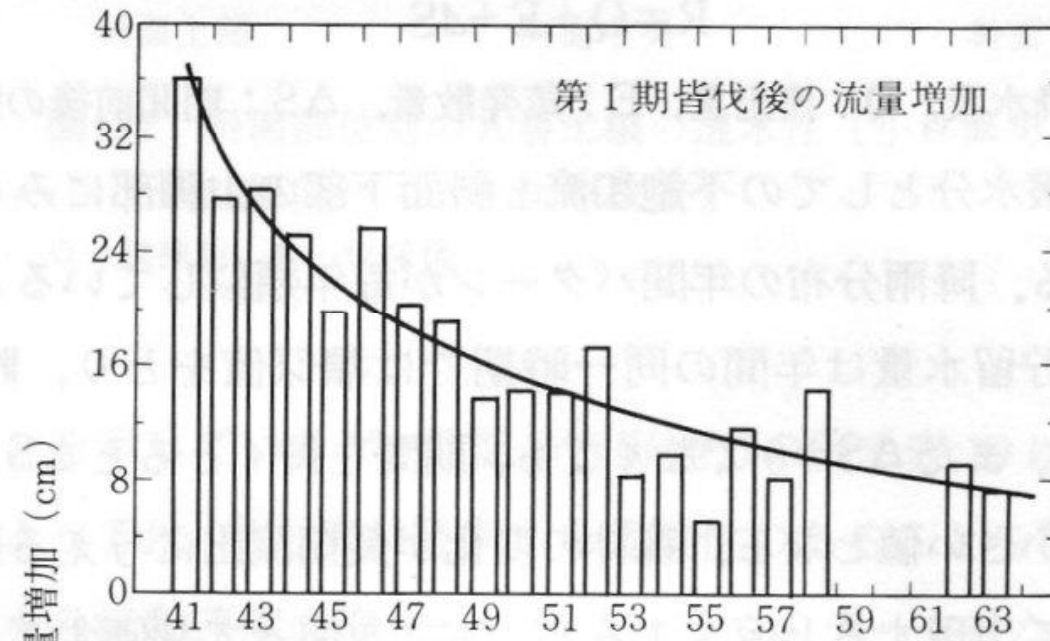


図146 森林伐採による直接流出量の変化 (Hewlett ら, 1970)



(Swank 5, 1988)

世界の対照流域法試験による観測結果

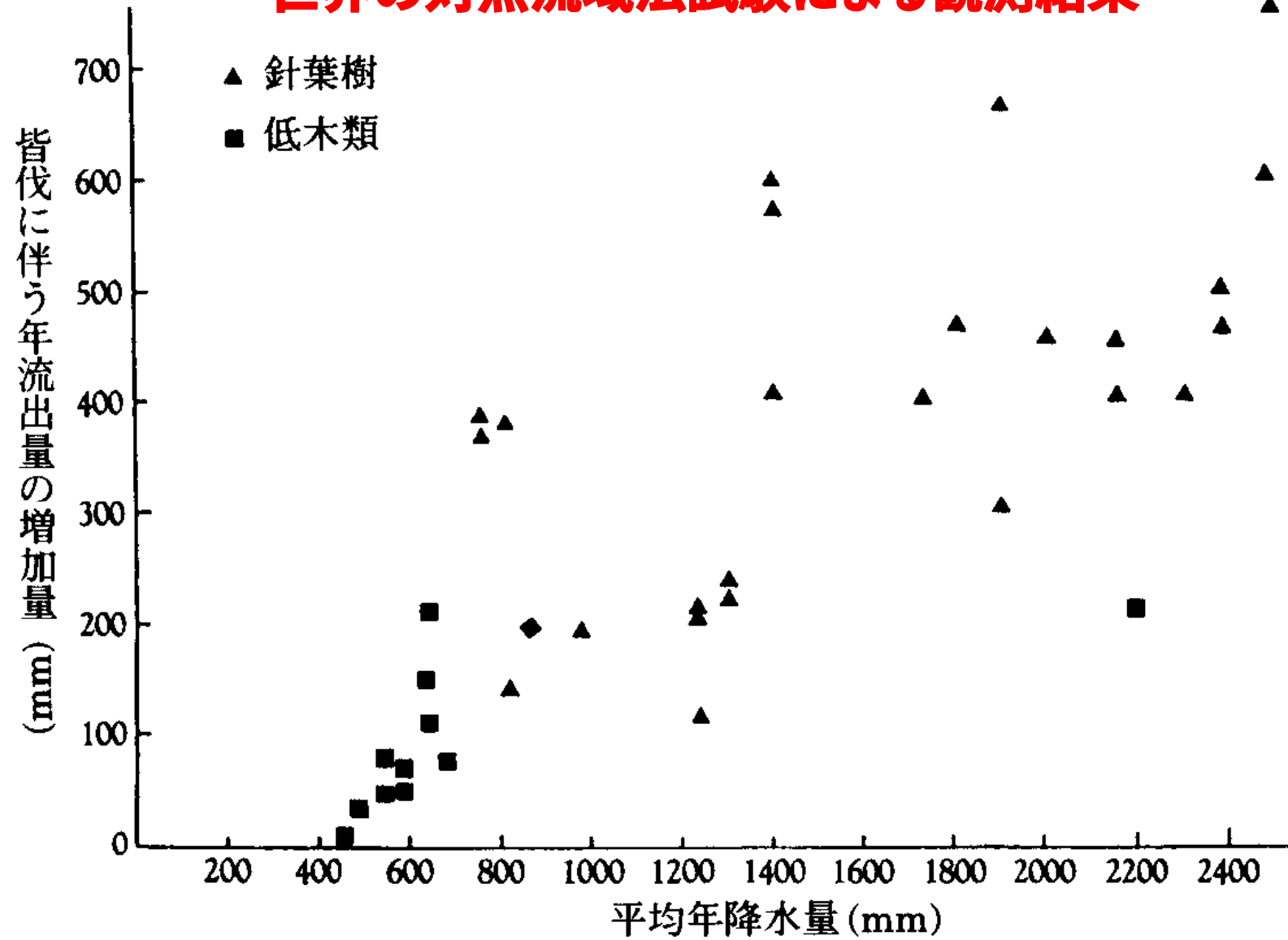


図 5 伐採に伴う年流出量の増加 Bosch and Hewlett, 1982 : 年降水量



プロット試験：

斜面で比較した

図 3-12 裸地と植栽地の水と土砂の流出
を調べる斜面ライシメータ

滋賀県南部にある田上山，国土交通省琵琶湖工事事務所による調査.

左の斜面：

**木を植栽ただけで森
林土壌は存在しない**

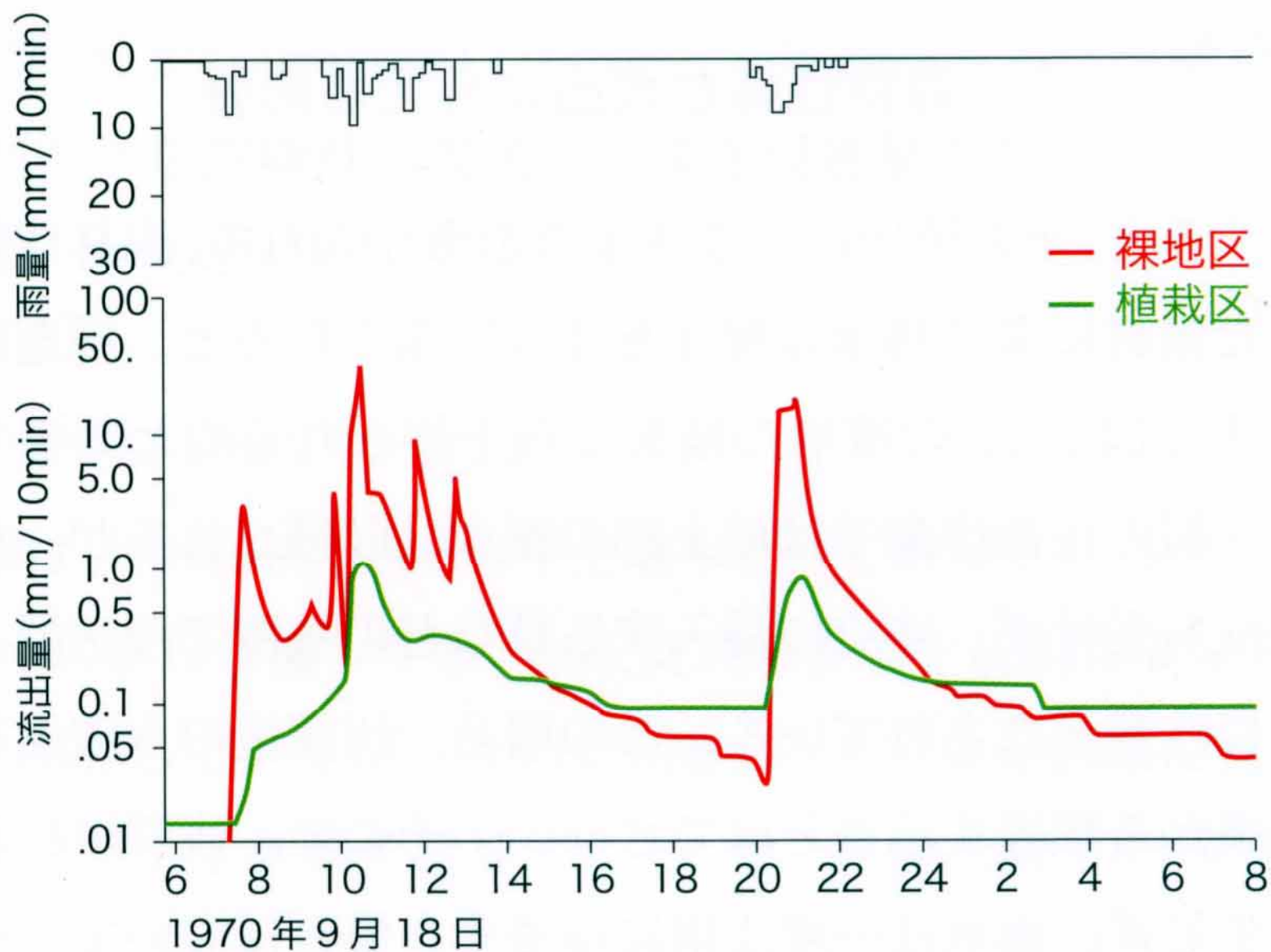


図3-13 裸地と植栽地のハイドログラフ

図3-12のライシメータ斜面からの流出. (福寫義宏, 1981)

水源涵養機能は、おもに**森林が雨水を地表流から地中流に変える**ことにより発揮される。すなわち、

- (1) 地中流の流速は地表流に比べて格段に遅い、
- (2) 地中流は地下水を涵養する。

さらに言えば、

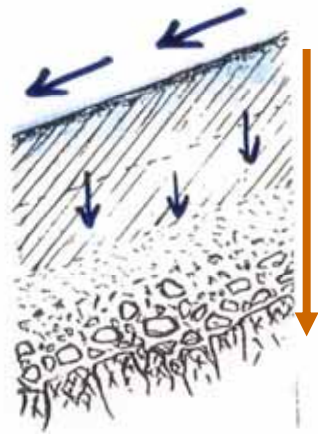
①**森林の林床（鉱物土壌の表面）が落ち葉や枯れ枝あるいは下草で覆われていること、** および

②**森林土壌の良好な透水性**
により発揮される。



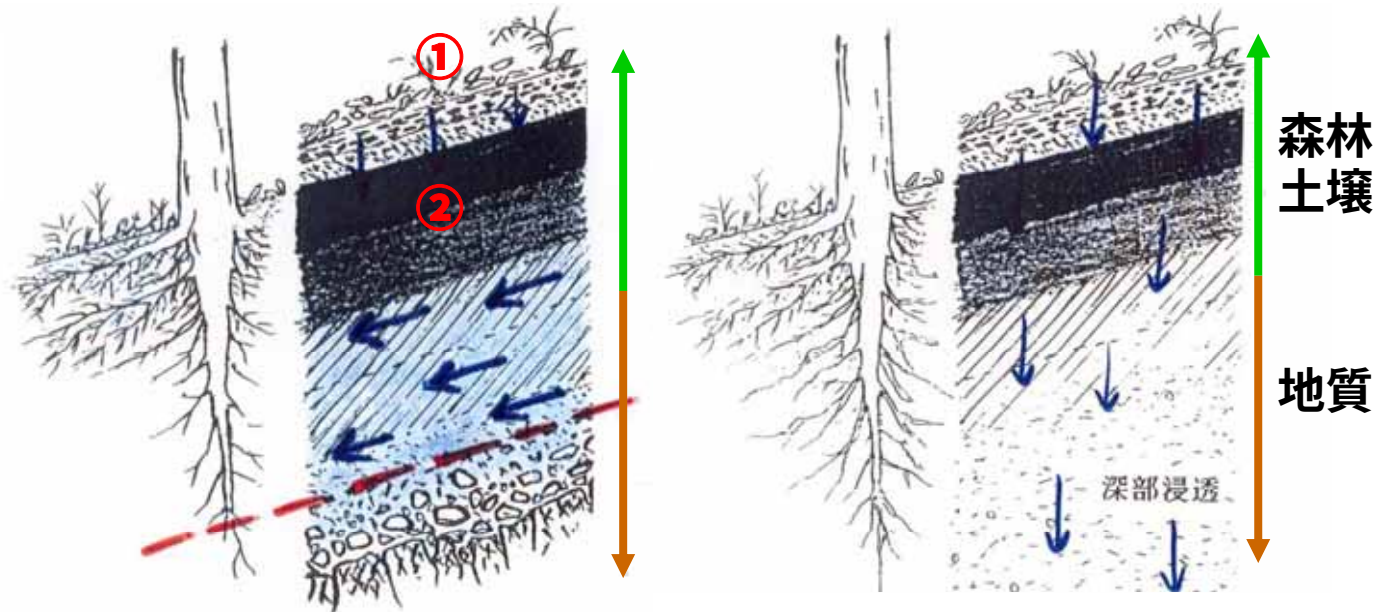
水源涵養機能を発揮する主体は「**健全な森林土壌**」

裸 地

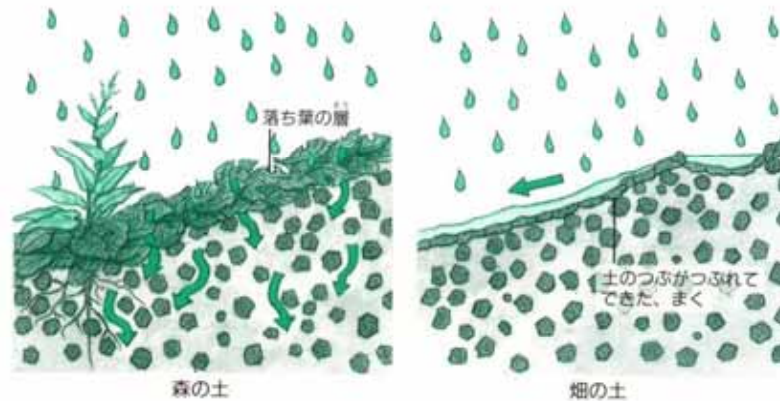


①が存在しない(裸地)場合は、土壌表面の目詰まりによる層(雨撃層、クラスト)が雨水を浸透させず、**地表流**が発生する

健全な森林(土壌)



雨水は全て浸透する



●土の表面の穴がつぶされると、水たまりになる

→ 長期的には土壌層が消失する

「健全な森林土壌」とは、落ち葉や枯れ枝の層 (A_0 層と言われる) あるいは下草で覆われた森林土壌のこと

・・・「森林土壌はスポンジのように間隙が多いから」と言うだけではない

人工林でも天然林でも、**「健全な森林土壌」**が維持されていれば、水源涵養機能は発揮される

・・・どちらの浸透能も豪雨の降雨強度より大きいから (飽和透水係数でも同様)

例えば (村井・岩崎1975)、

広葉樹天然林271.6mm/h > 針葉樹人工林260.6mm/h > 最大降雨強度187mm/h

がよく引用される

森林の**「地下部」**が水源涵養機能を発揮している

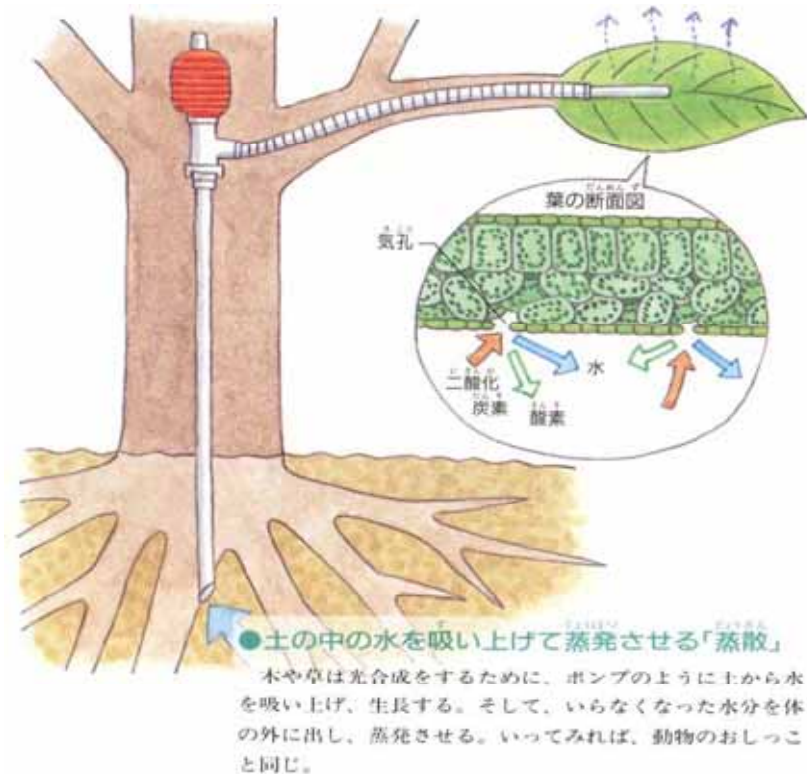


では、降雨流出課程において、森林の地上部／樹冠はどのように作用するか



降水過程＋蒸発過程 (遮断蒸発)

降水中および降水直後：地上に到達する水量を減少させる

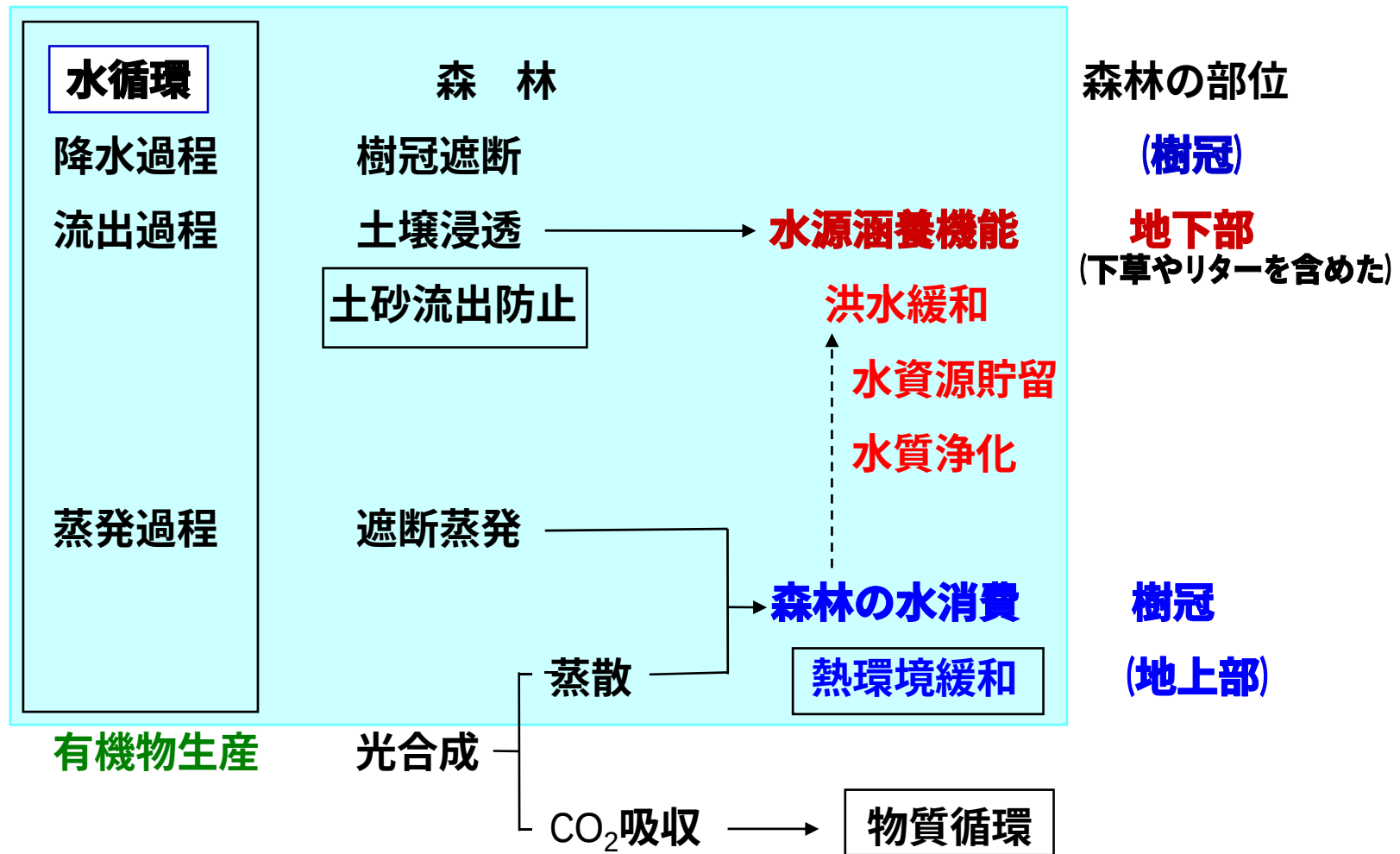


蒸発過程 (蒸散)

無降雨日：土壌中の水分を流出させない／水分を消失・減少させる
→土壌中の水分空き容量を大きくする

森林による水消費： 広葉樹より針葉樹のほうが大きい

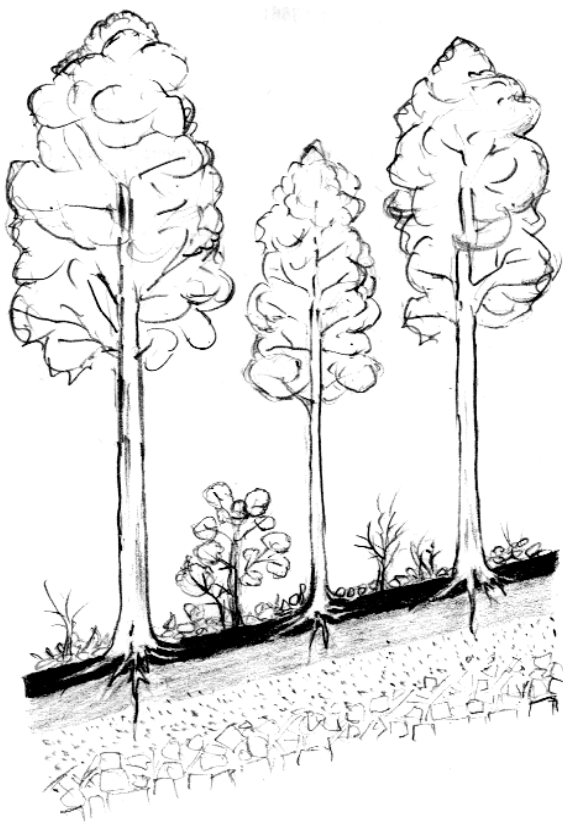
洪水緩和機能よりも水資源量や低水流出への影響が大きい



森林の構造・活動と水循環過程における機能

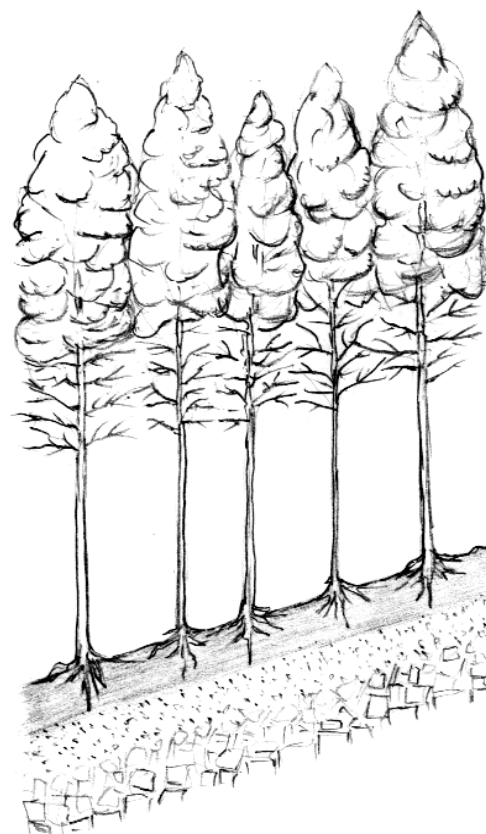
洪水緩和に関する森林の機能の取りまとめ

- ①森林の洪水緩和機能はおもに**森林の地下部が雨水を地表流から地中流に変える**ことにより流出を遅らせることで発揮される。
- ②地上の樹冠は、降雨時に地表に到達する水量を減らし、無効日には土壤中の水分を減らして空き容量を大きくすることにより洪水緩和に貢献する。
- ③降雨の増加とともに後者の効果は相対的に小さくなる
- ④したがって、樹冠の状態よりも林床の状態に注目する必要がある



落ち葉・下草
A層
B層
C層
基盤岩

健全な森林と森林土壌



間伐遅れの
ヒノキ林
シカの食害地

下草や落ち
葉がない

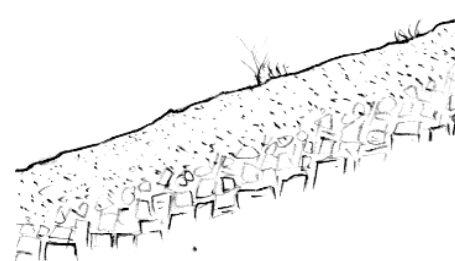
不健全な森林と森林土壌



下草、落ち葉、土壌
が残っている

丁寧な伐採・
搬出が必要

皆伐跡地



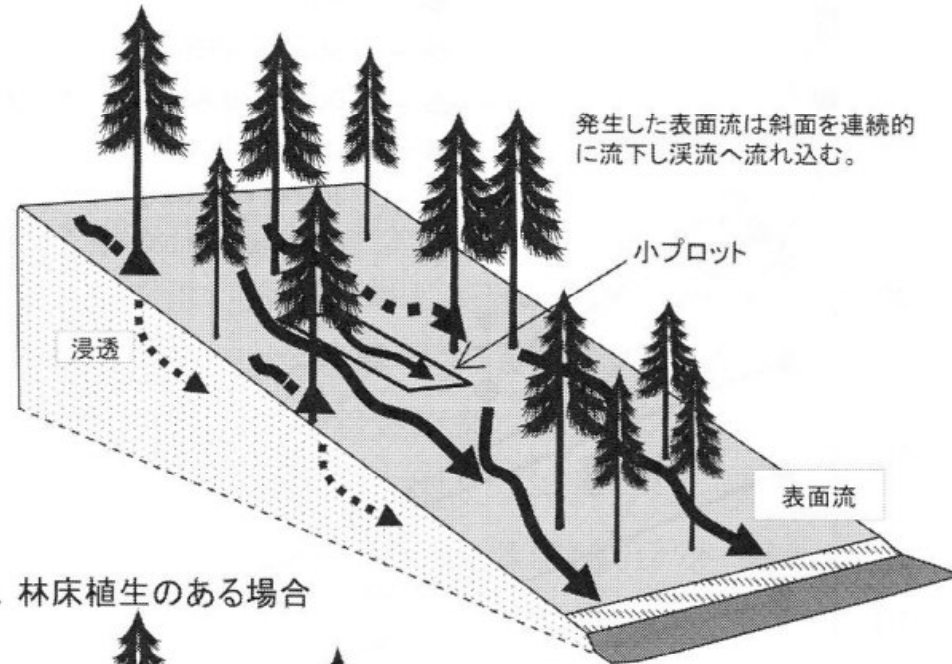
土壌 (A層・B
層) がない

はげ山の地表

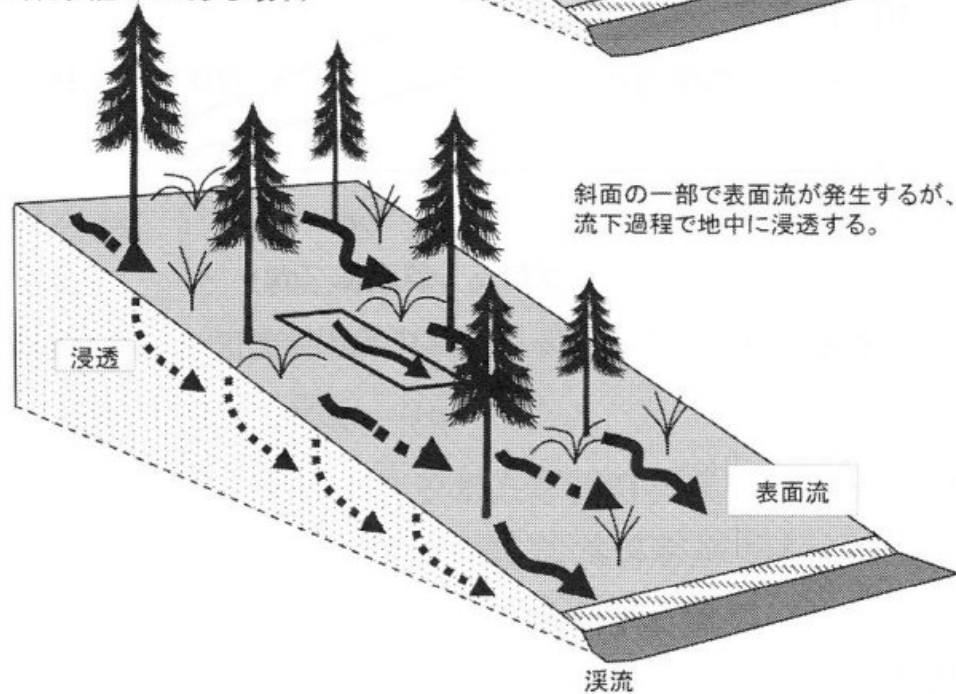
関連する知見

- ・森林土壌の浸透能はそれほど大きくない場合もある
- ・落葉落枝やA₀層があっても Horton 地表流は発生する
例) アカマツのリターはむしろクラスト形成を促進する
- ・撥水性土壌では地表流が発生する
例) ヒノキ林でシダが繁茂した林床に発生
- ・部分的に地表流が発生しても地表面が不均質なため連続した流れにはならない
- ・樹幹流を地下に導くシステムや大きな鉛直流れを生むシステムがある
- ・地中流にもパイプ流のように流速の大きい流れがある
- ・土壌層や風化層の下の基盤岩面が不均質であるため、あるいはその他により、基盤岩内の浸透流は従来言われてきた量より大きい場合が多い
- ・土壌が飽和状態でも流出を遅らせる機能は存在する
- ・流出に対する地質条件の影響をもっと重視すべきである
- ・森林土壌層の状態 (層厚、森林利用の影響) を考慮する必要がある
- ・樹冠遮断蒸発や蒸散による土壌水分消失の直接流出への影響を重視する意見がある

A. 林床が裸地化している場合（荒廃ヒノキ林）



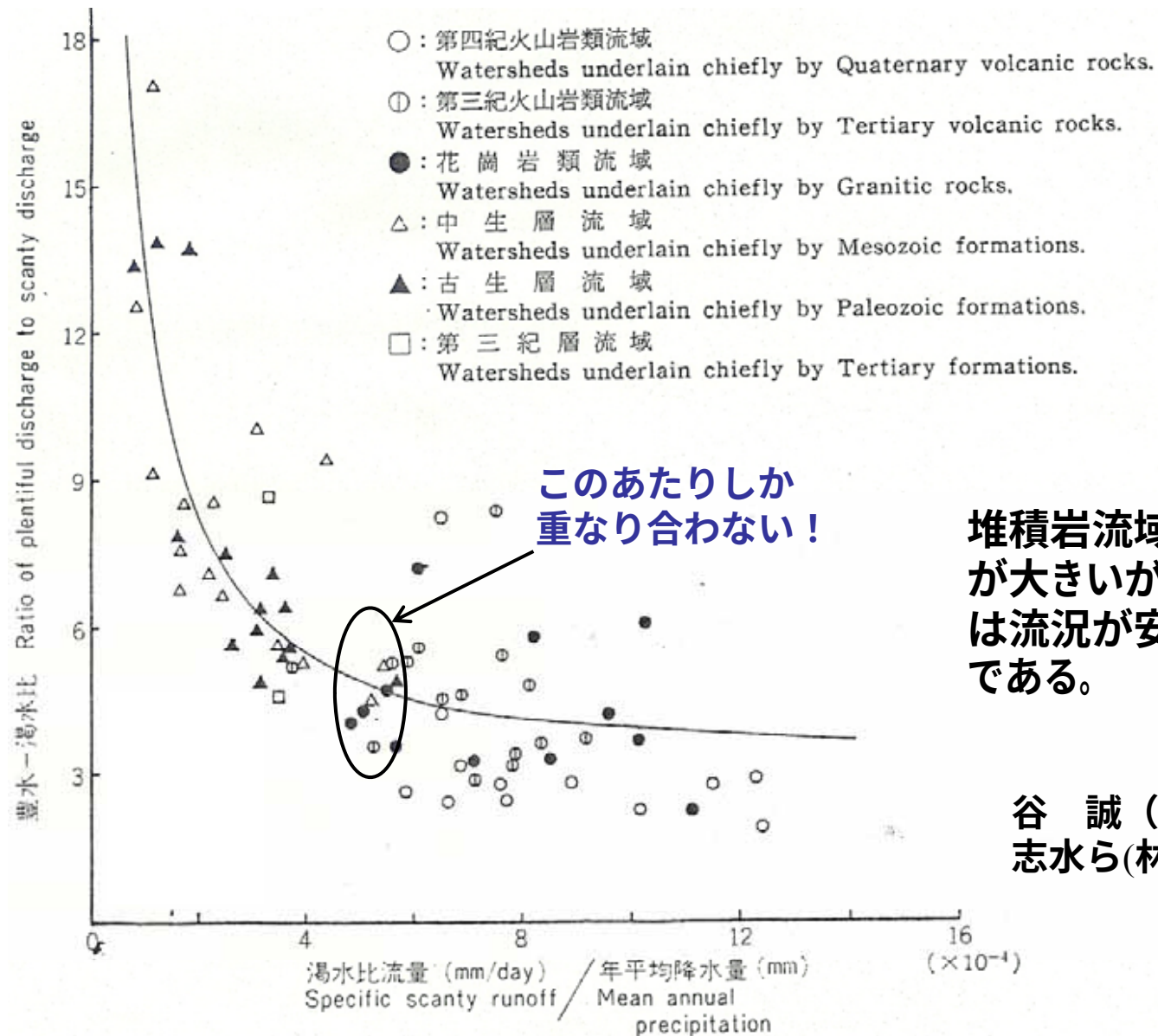
B. 林床植生のある場合



(五味・宮田・恩田、2010)

図7 表面流の発生と流下に関する模式図

地質によって流況は明確な分類ができる



横軸は、年降水量を基準とした渇水流量、縦軸は豊水流量と渇水流量の差

降雨が同じなら横軸が大きい方が無降雨時に流量が低下しにくい。

縦軸が小さいほど流況の変動が小さい。

堆積岩流域は渇水量が小さく変動が大きい、花崗岩や火山岩流域は流況が安定していることが明らかである。

谷 誠 (2005) :
志水ら(林試研報310, 1980)から引用

Fig. 5 豊水-渇水比と単位降水量当りの渇水比流量との関係

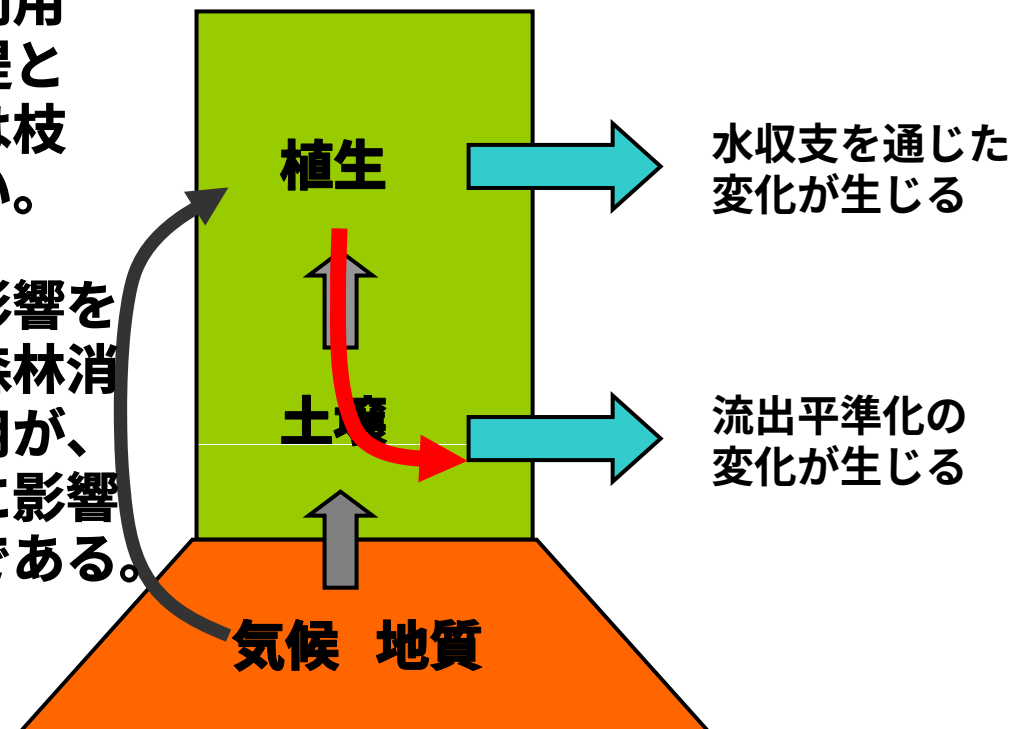
谷 誠：森林とその利用が環境保全に及ぼす影響に関する根幹と枝葉

気候・地質をベースとした土壌・植生による水流出への影響は明確になっており、根幹と位置づけられる。

過去に長く続けられてきた森林植生の利用は、土壌の持つ流出平準化影響を変化させ、地質毎に与えられた水流出の根幹を、植生変化が揺るがす。

現在のように、森林植生の利用がなく、放置されることが前提とされる限り、多少の植生変化は枝葉の影響しか与えることはない。

今後、森林植生が水流出に影響をもたらすのは、地球規模での森林消失を背景に、国内森林の再利用が、再び、土壌の流出平準化機能に影響を及ぼすことが問われるからである。



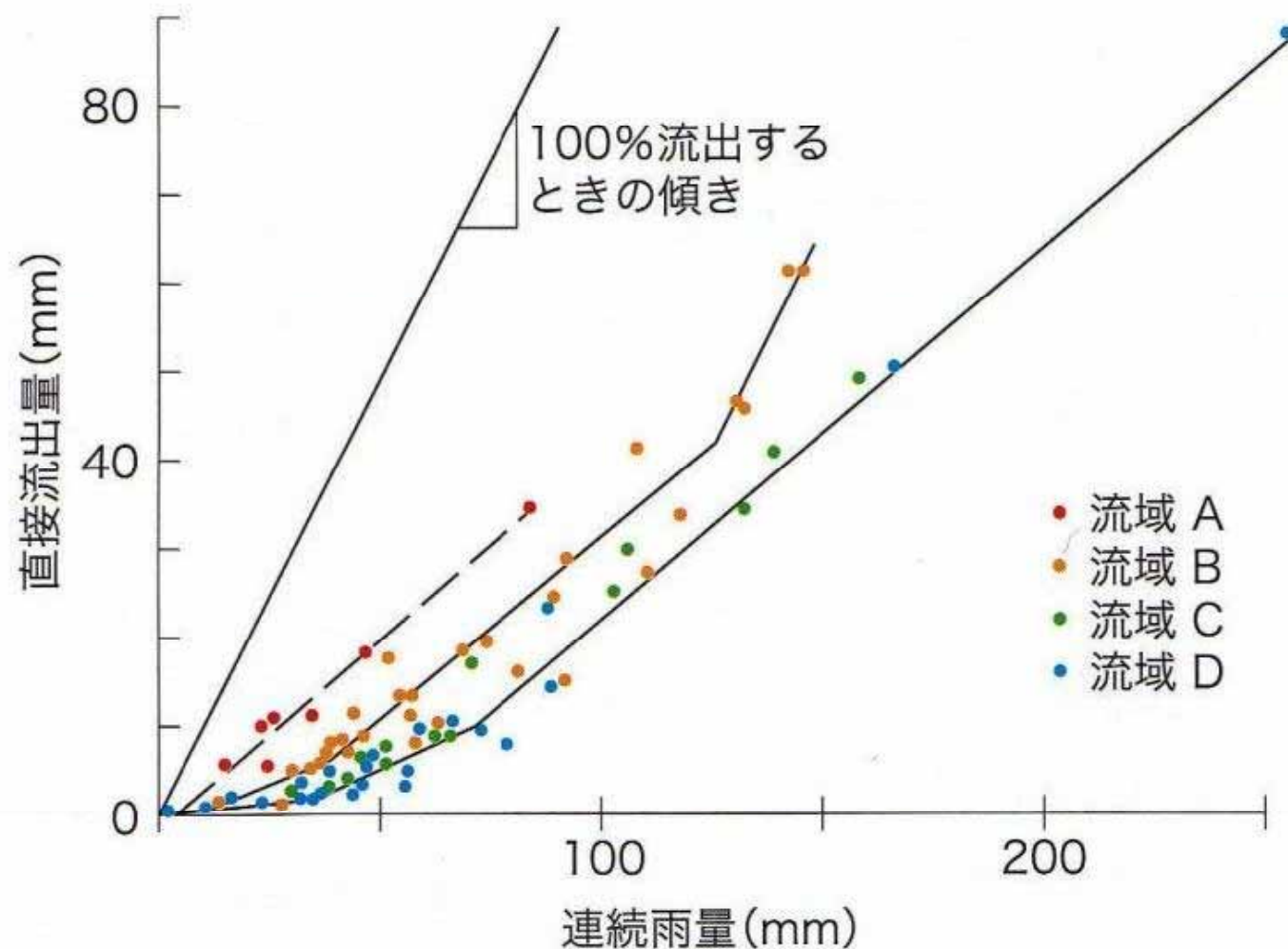
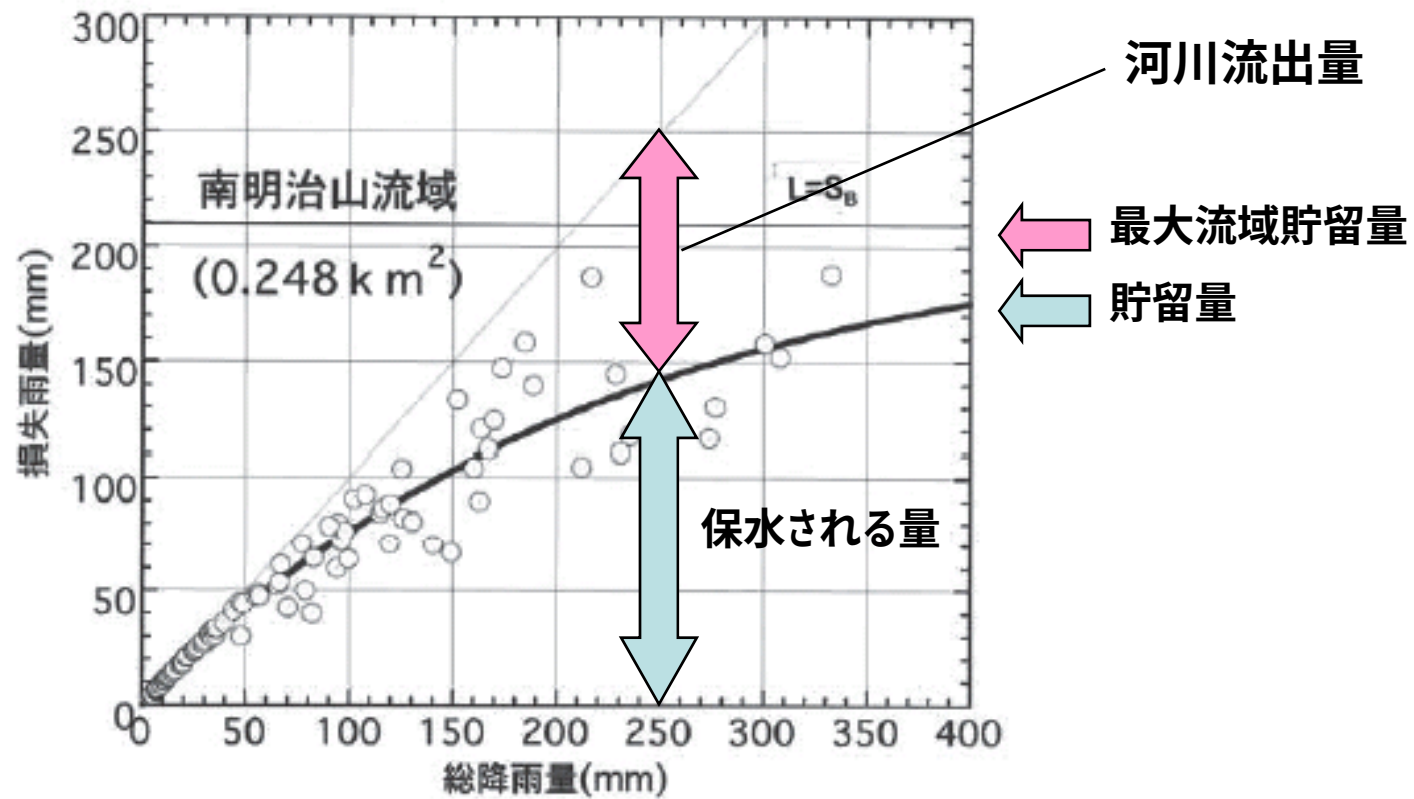


図3-18 山地小流域における連続雨量と直接流出量の関係

流域 A～D：流域面積 10ha 以下の風化花崗岩山地にある流域．流域 A：植生が少なく土壌層も発達していない流域で，直接流出率が高い．流域 B，C，D：森林流域で，流域 A より直接流出率が低い．流域 B：連続雨量 130mm を越えると直接流出率が 100% になる関係が現れている．（福嶋義宏，1993）

総降雨量と損失雨量の関係の例

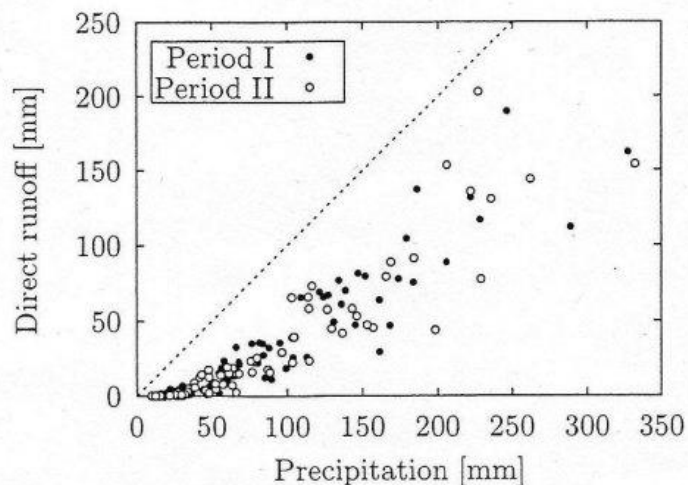


(藤枝、2007)

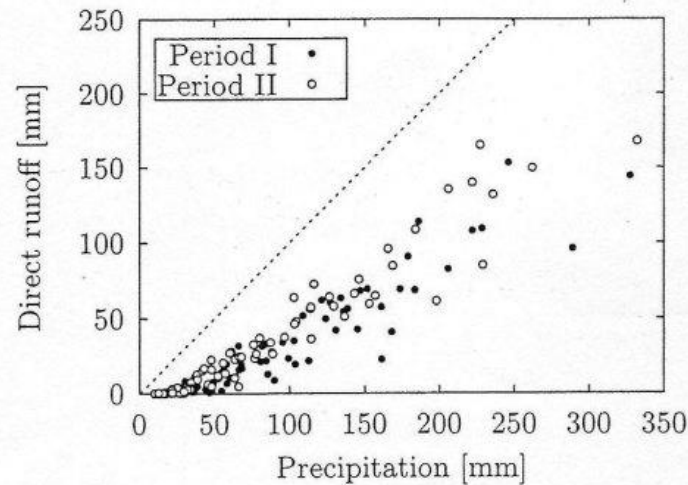
出典：「森林流域の保水容量と流域貯留量」(藤枝、2007)

- ・測定範囲内では必ずしも収束しないという言われ方も聞いている(降雨中蒸発?)

直接流出



(a) Watershed-A (Control)

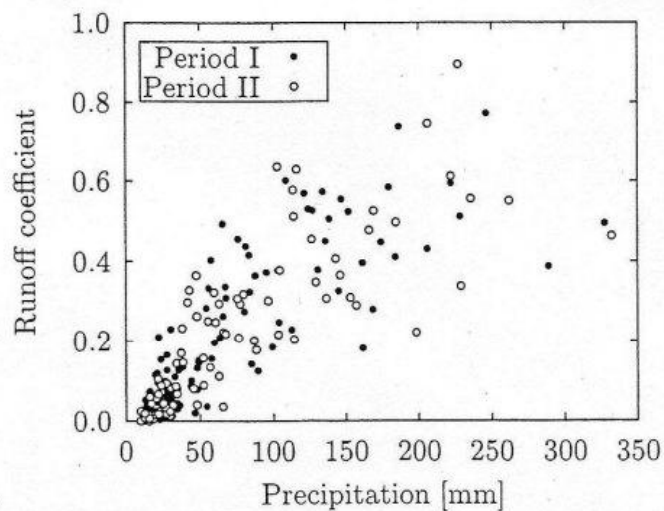


(B) Watershed-B (Treatment)

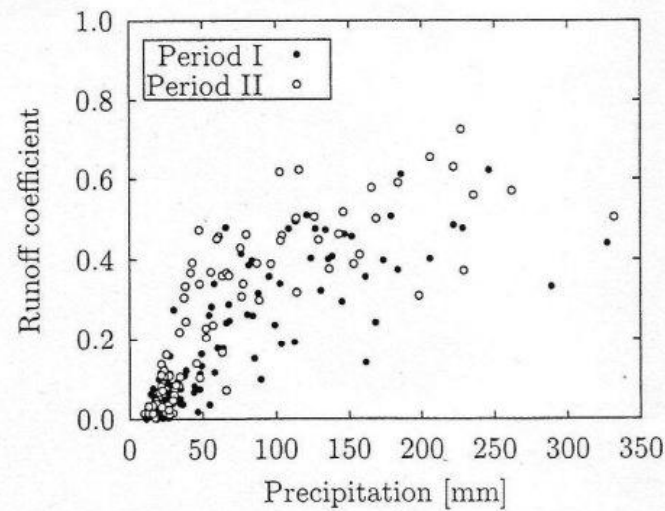
図-3 袋山沢流域におけるイベント降雨量と直接流出量との関係

Fig. 3 Relationship between the amount of the precipitation per a storm and the amount of the direct runoff in the watersheds.

流出率



(a) Watershed-A



(B) Watershed-B

(真板・鈴木, 2009)

図-4 袋山沢流域におけるイベント降雨量と直接流出率との関係

Fig. 4 Relationship between the amount of the precipitation per a storm and the ratio of the direct runoff in the watersheds.

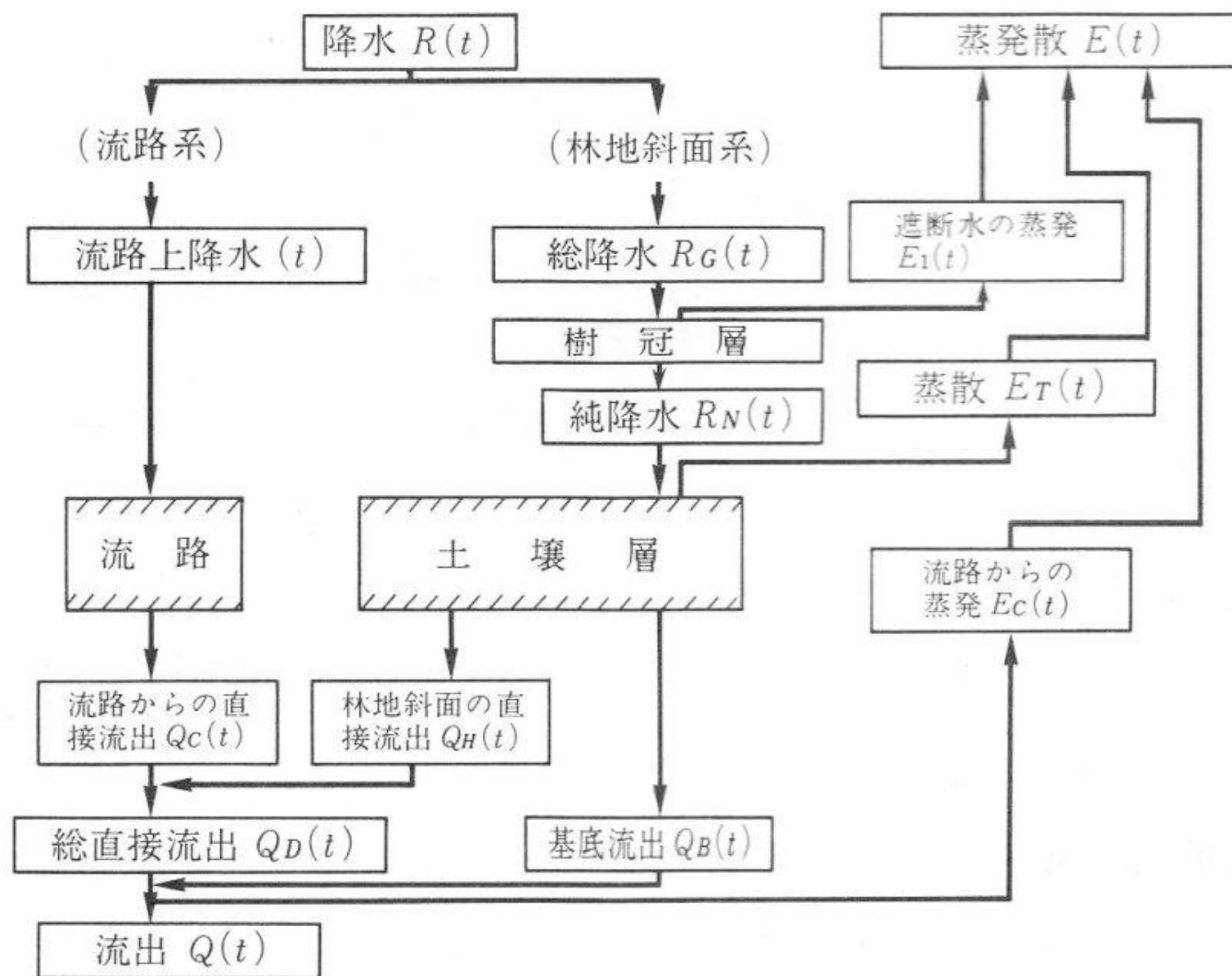
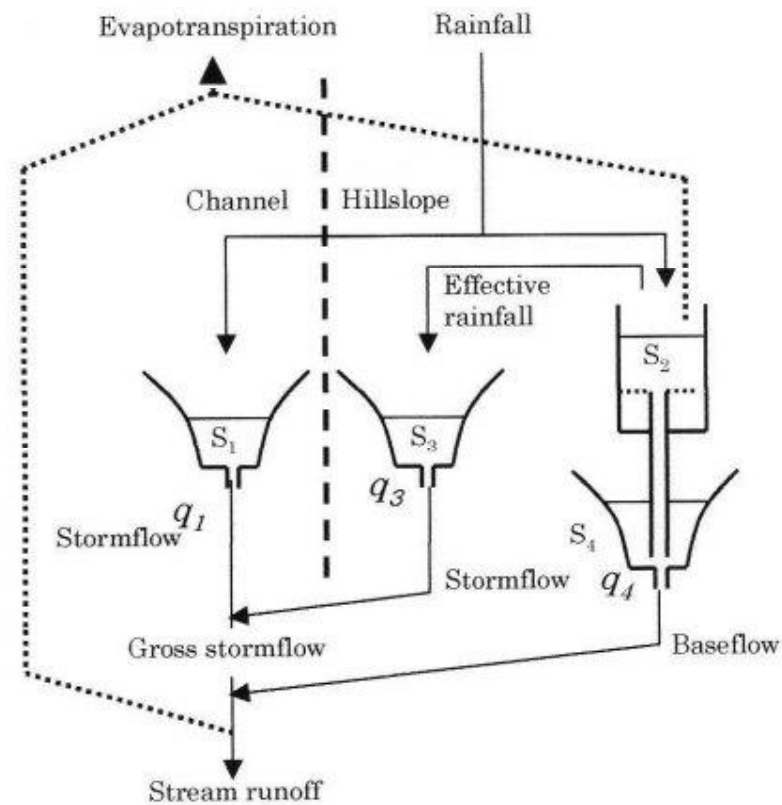
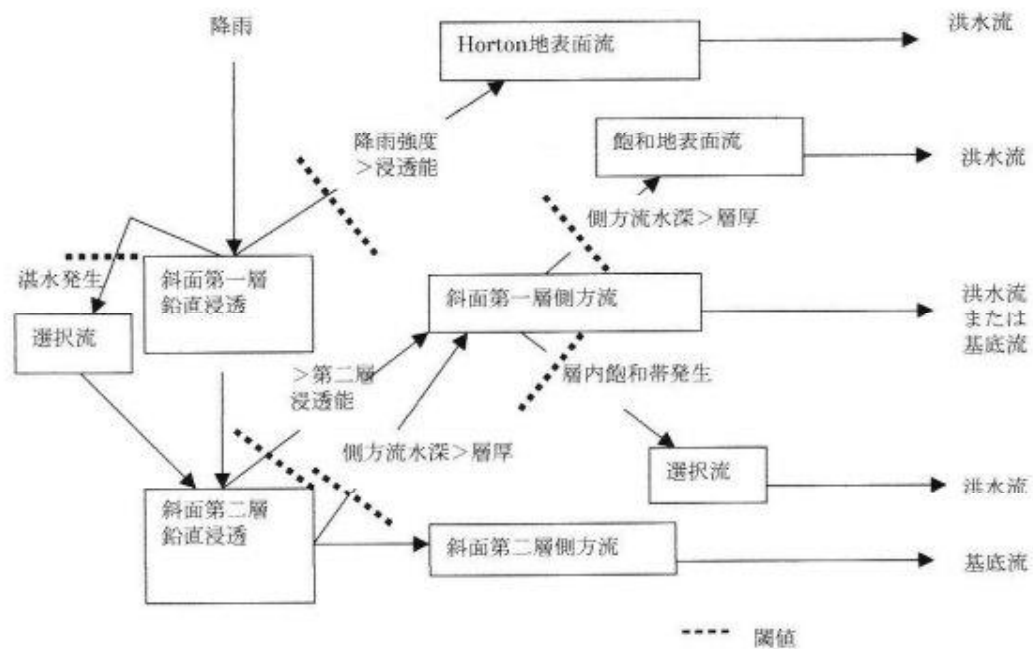


図101 水循環モデルの構造図



森林の洪水緩和機能

これまでの説明によって、森林水文学が対象とする (小) 流域において、

- ・中小規模の洪水において森林は洪水緩和機能を発揮すると言って良いであろう。

- ・治水計画の対象となるような大洪水に対する洪水緩和効果は、降雨量が増加するにつれ、より限定的であろう。

流域の地形・気候・地質・土壌 (森林利用の履歴も影響) 特性がベースにある

流域の先行水分条件 (無降雨日数、初期流量) に最も影響される (自然条件)

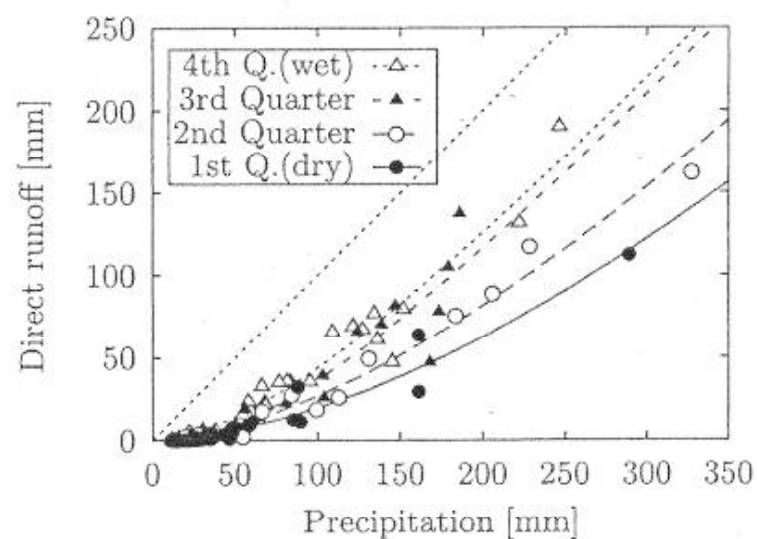
日本の平均的流域において計画降雨を何mmとするか

- ・林床: 裸地→植生侵入・リター被覆＝地表の状態 が洪水緩和機能を最も大きく変化させる。

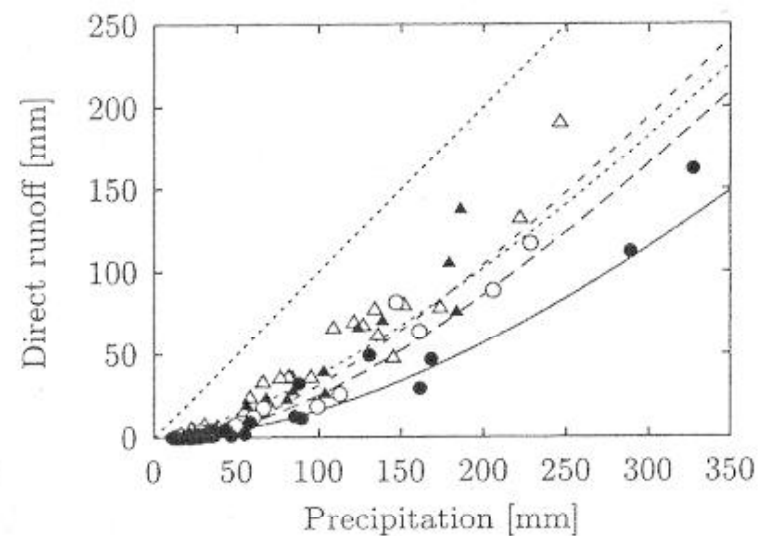
- ・これに比べて、樹冠 (葉量) の変化や樹種の変化の影響はかなり小さい。

森林の洪水緩和機能（続き）

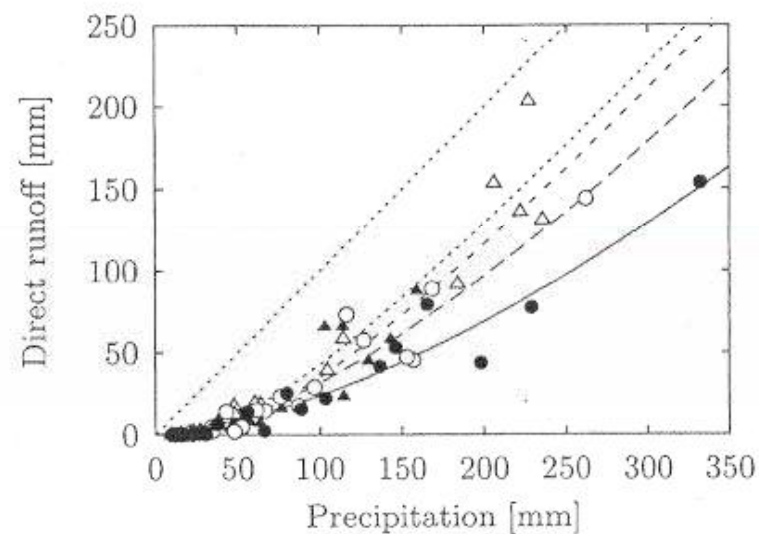
- ・洪水緩和機能に関して現在の森林の状態を大きく変化させる可能性は小さい。
- ・地表の裸地化を防ぐ森林の継続的な管理が不可欠。
- ・森林の洪水緩和機能の定量化は、一般的には小さい流出率や大きい飽和雨量等によって定量化されていると言えるが、森林の状態を組み込んだより精緻な流出モデルでのパラメタの客観化はまだ十分ではない？
(この点はモデル研究者の議論に待ちたい)
- ・宅地開発等における洪水調節地の計算は森林と裸地の洪水流出の差の定量化に相当するかもしれない。
- ・越流を考慮する治水を考える場合は、おもに流域の先行水分条件に規定されると見られる「同じ降水量に対する直接流出量のバラツキ」も議論する必要があるだろう。



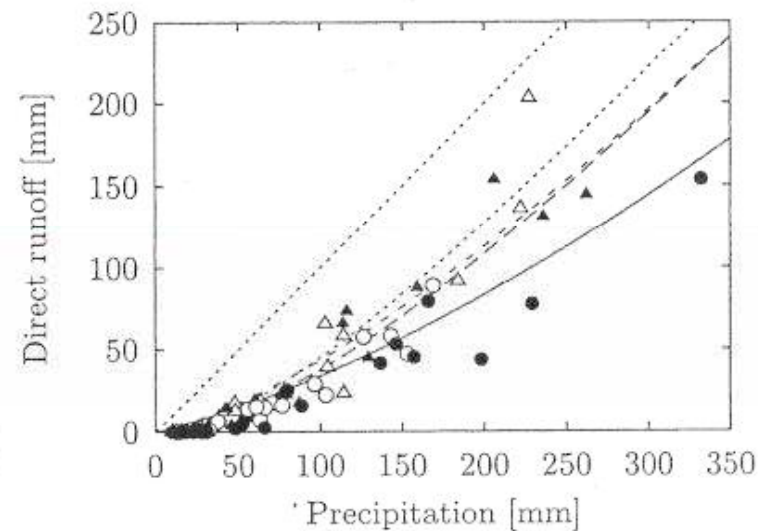
(a) WS-A, period I



(b) WS-B, period I



(c) WS-A, period II



(d) WS-B, period II

図-6 初期流量階級別のイベント降水量と直接流出量の関係

Fig. 6 Relationship between the amount of the precipitation per a storm and the amount of the direct runoff classified by the initial runoff.

(真板・鈴木、2009)

3.

世界の対照流域法試験による観測結果 (再掲)

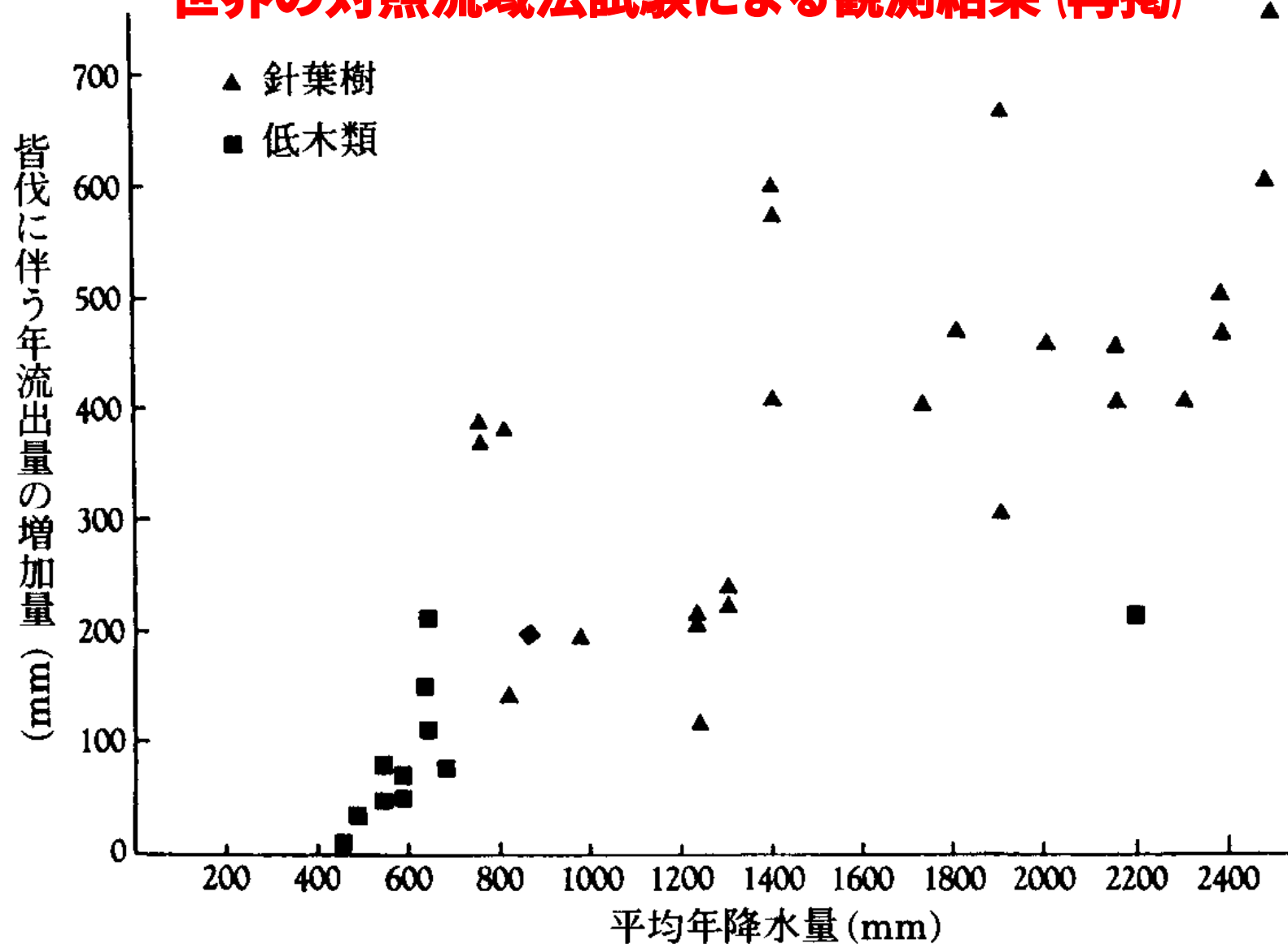
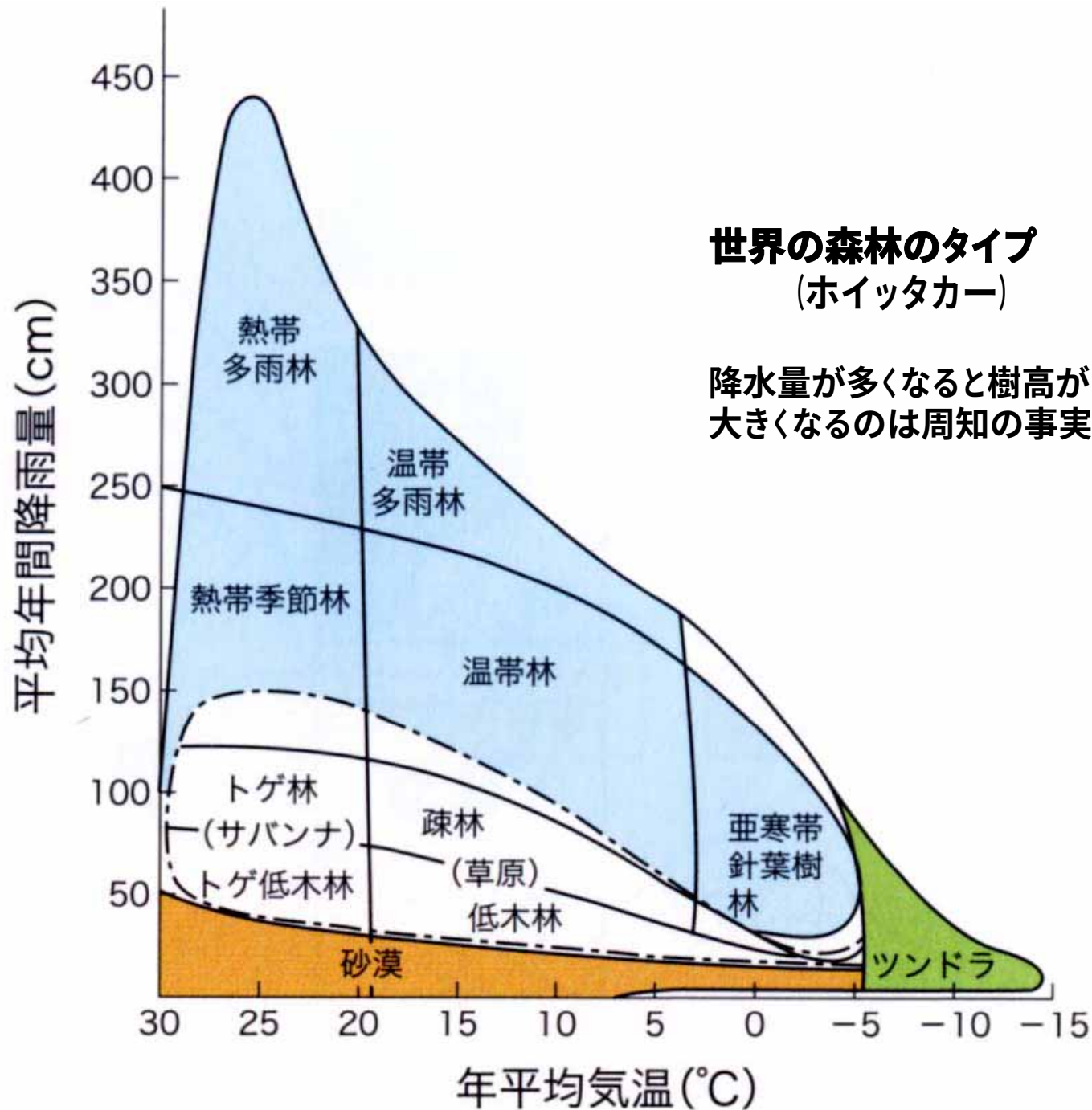


図 5 伐採に伴う年流出量の増加 Bosch and Hewlett, 1982 : 年降水量

世界の森林のタイプ (ホイッタカー)

降水量が多くなると樹高が
大きくなるのは周知の事実



低水流出への影響

(mm/ 日)

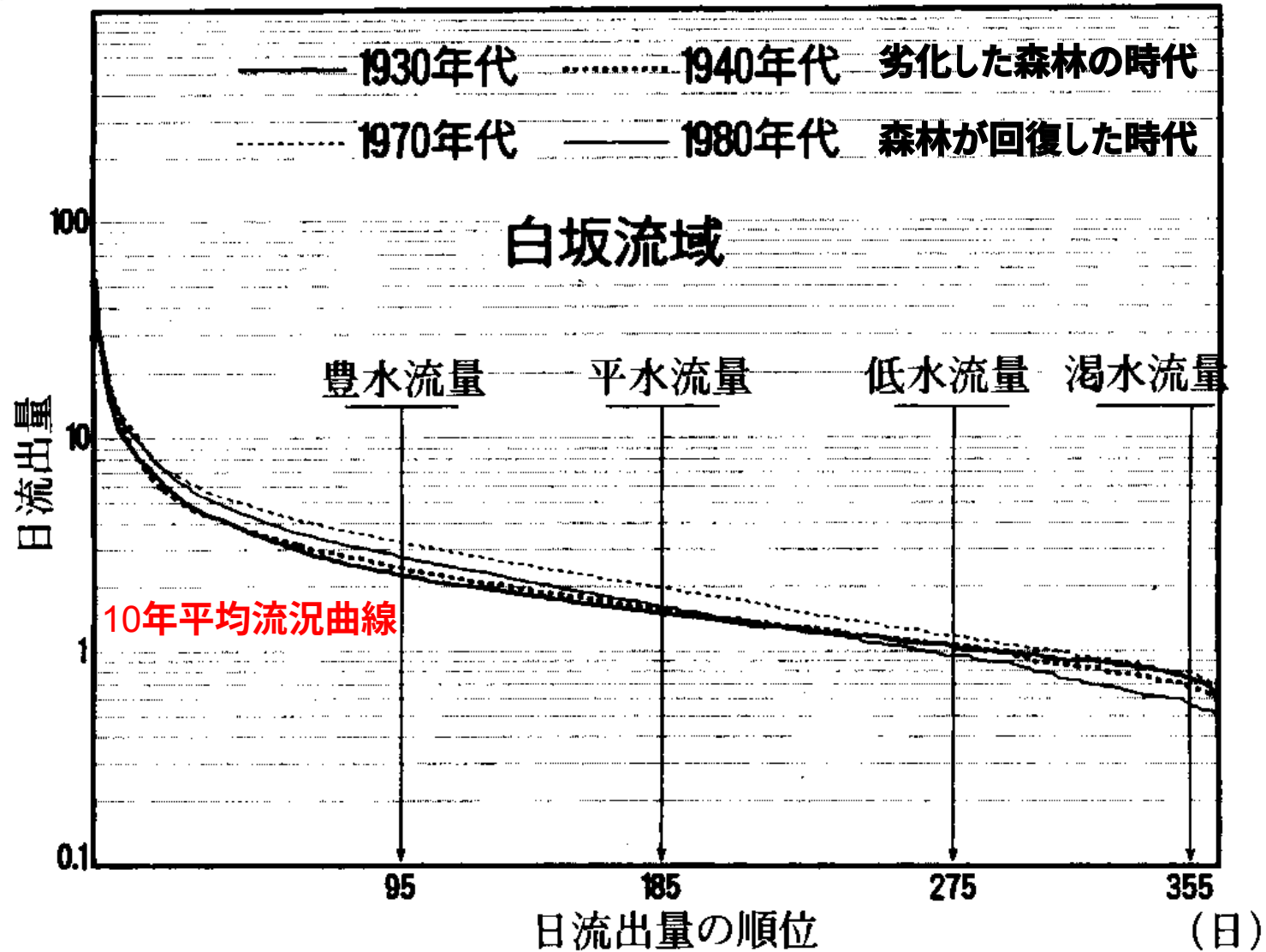
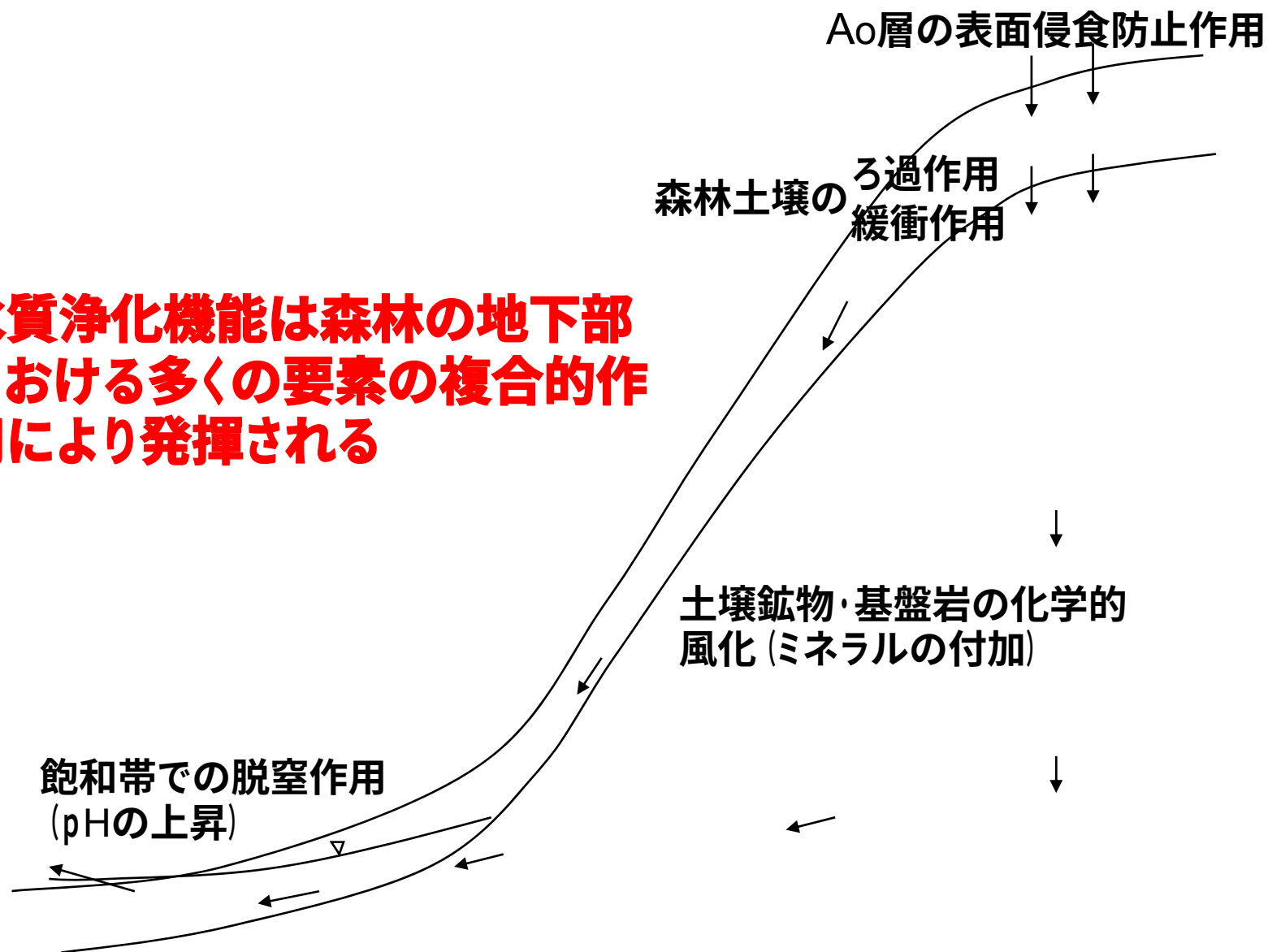


図 7 森林の成長に伴う流況曲線の変化 (東京大学愛知演習林白坂流域)
1970年代は他に比べ10年平均の年降水量がかなり大きい

**水質浄化機能は森林の地下部
における多くの要素の複合的作
用により発揮される**



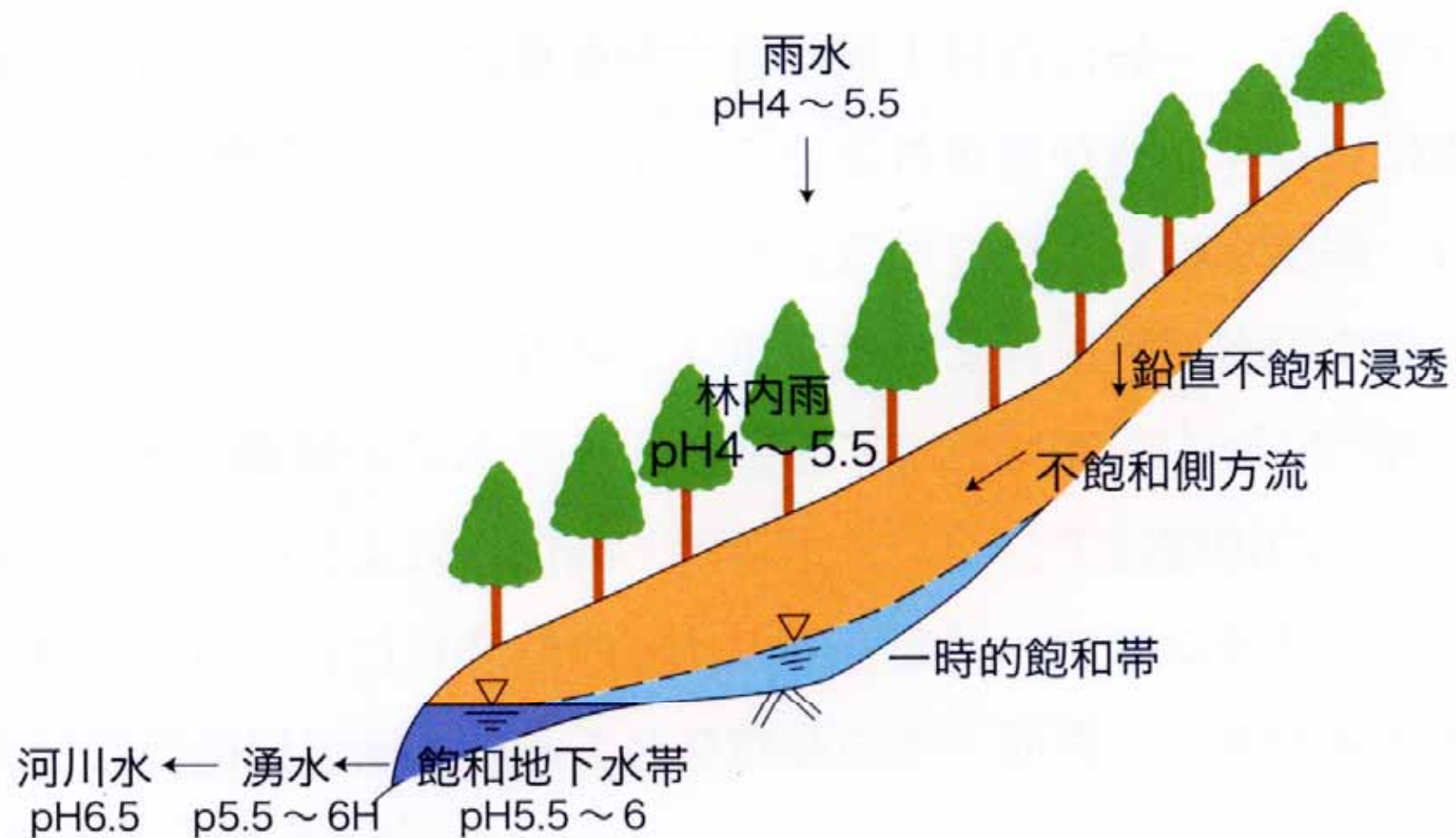
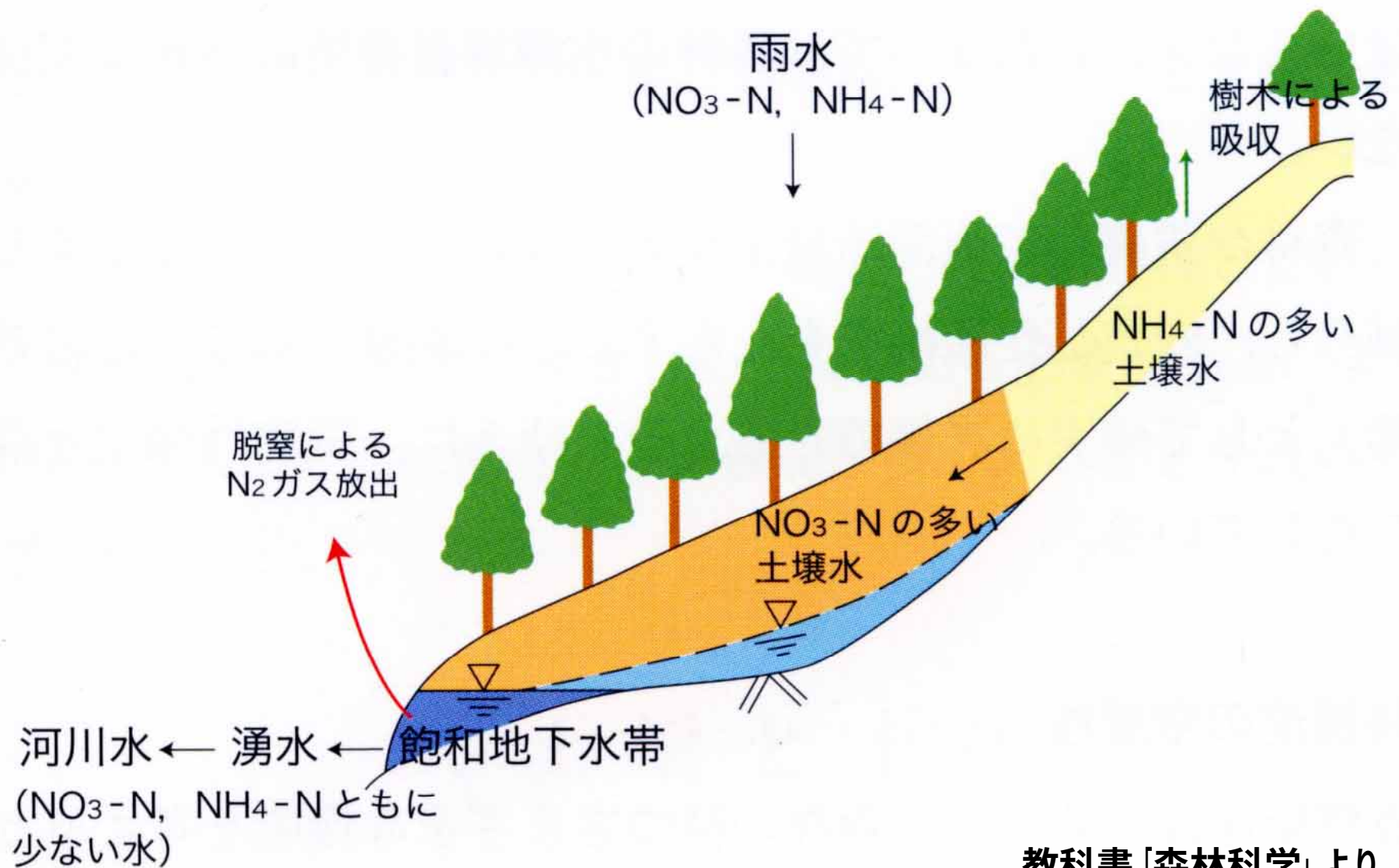


図3-19 森林斜面の水移動に伴う pH の変化

pH の低い水が斜面を流下し、中性に近い溪流水となる様子. (Ohte, ●. et al, 1995 より作成)

教科書「森林科学」より



教科書「森林科学」より

図3-20 森林斜面における窒素循環の模式図
飽和地下水で生ずる脱窒現象で、窒素が除去される。

水資源貯留機能と水質浄化機能について

・洪水緩和機能は流量調節機能（平準化機能）であり、豊水流量や平水流量、時には低水流量までも増加させることにより水利用機会を増加させる。（洪水として海に流出する無効流量を小さくしている。）これを水資源貯留機能と称している。

・しかしながら、森林の水消費量は大きく、とくに蒸散作用が地下水流出を減少させる可能性があり、渇水流量付近では必ずしも流況を改善しない。その程度は流域の気候条件に左右されると考えられる。

・水質浄化機能も降雨が地中流となることにより発揮される。浄化の程度は地中流が溪流に流出するまでの経路に大きく関係する。

・水質浄化機能にも限界がある。浄化機能に過度に期待する試みは失敗しているようである。

現代における森林の水源涵養機能の理解

1. 落葉や下草を含めた「森林土壌」 (地下部) が雨水を地中に浸透させる
水源涵養の三つの機能はおもに森林土壌によって発揮される
森林が伐採されても土壌が保全されている限り機能は発揮される
2. 森林の成長には水が必要である。
樹冠 (地上部) の蒸散作用と遮断蒸発によって水は消費される
厳密な意味での「渇水緩和」は難しい
3. 50年前まで、各地にハゲ山や粗悪林地が存在したが、日本の森林 (特に里山) は、量的には、数百年ぶりの豊かさを誇っている

森林の水源涵養機能はすでに概ね発揮されている

4. 危機に瀕しているのは水質浄化機能→林地への汚濁負荷の排除の必要性
5. 土壌保全から森林の水消費の削減へ→葉量の制限→木材生産と両立の可能性

4.

森林の復活・成長とその影響

大きな変化は国土保全機能の向上である

(治山治水臨時措置法はすでに廃止されている)

- ・ 生態系の変化 (省略)

- ・ 水循環の変化

 - ・ 洪水の緩和は国土保全機能の一部

- ・ 侵食様式の変化

 - ・ …表面侵食の消滅／表層崩壊の減少

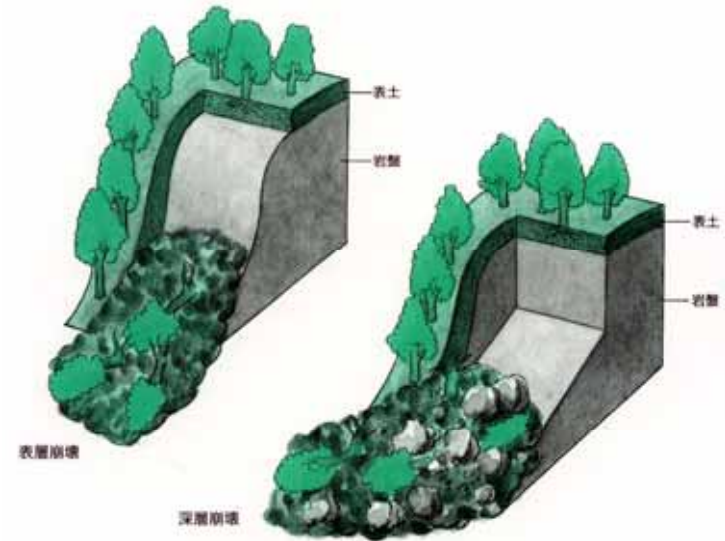
 - 土砂生産の減少

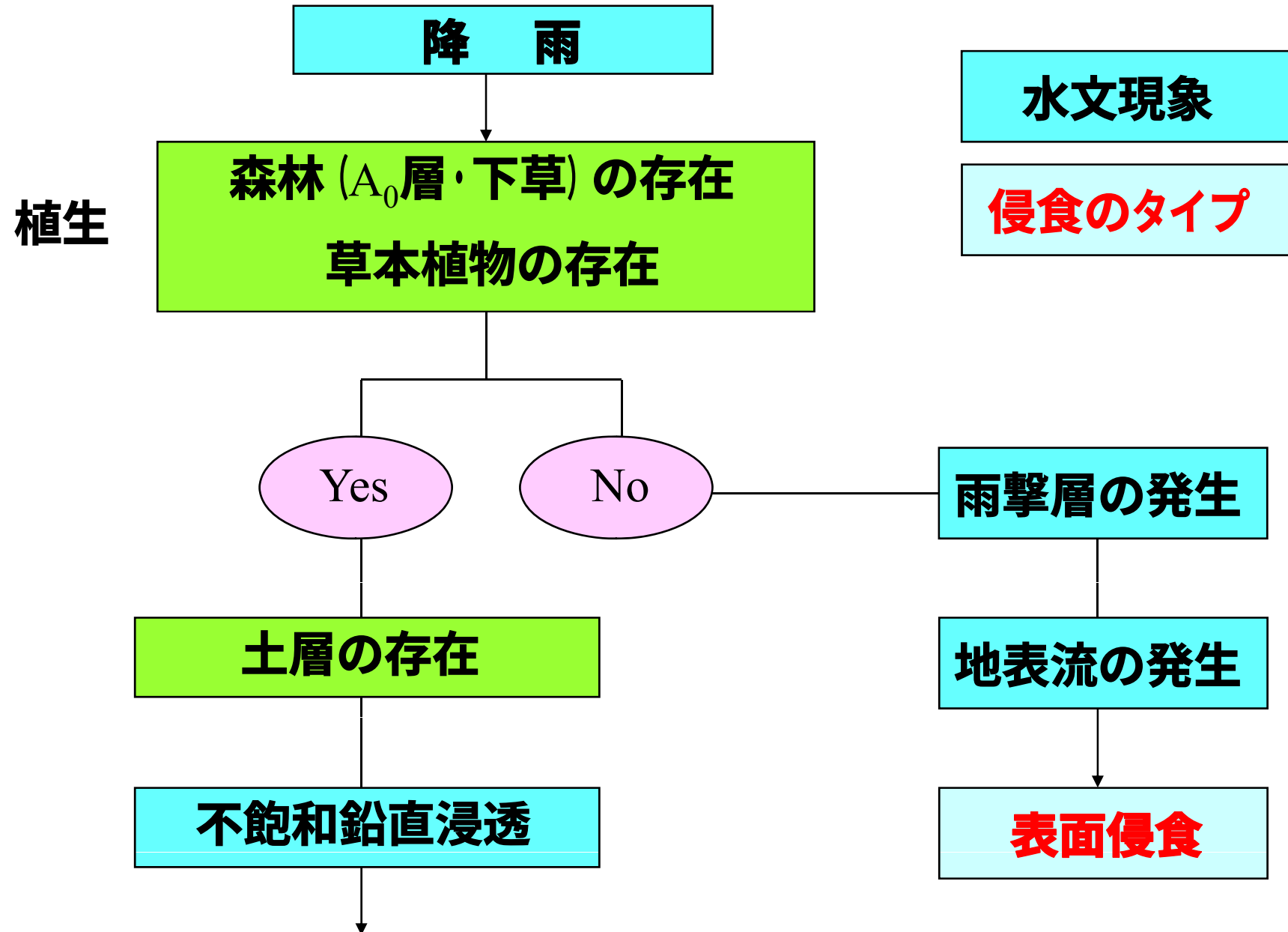
 - ・ 土砂災害対策の見直し →深層崩壊対策 警戒・避難も難しい

 - ・ 河床低下／海岸侵食の進行 →流砂系の総合土砂管理

●山くずれは2通り

山くずれには、表面の土がすべり落ちる「表層崩壊」と岩盤からくずれる「深層崩壊」の2通りがある。台風や集中豪雨のときに起こる山くずれは、ほとんどが表層崩壊だ。





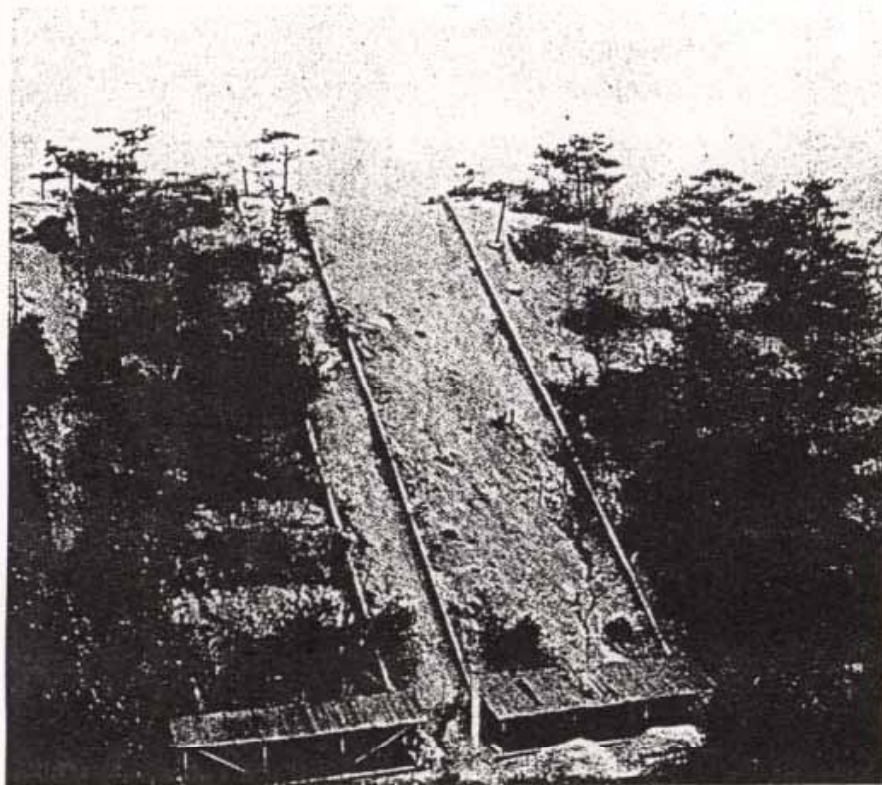


写真1 裸地と植栽地の水と土砂の流出試験区
[滋賀県田上山]
(左：山腹植栽区、右：裸地区)

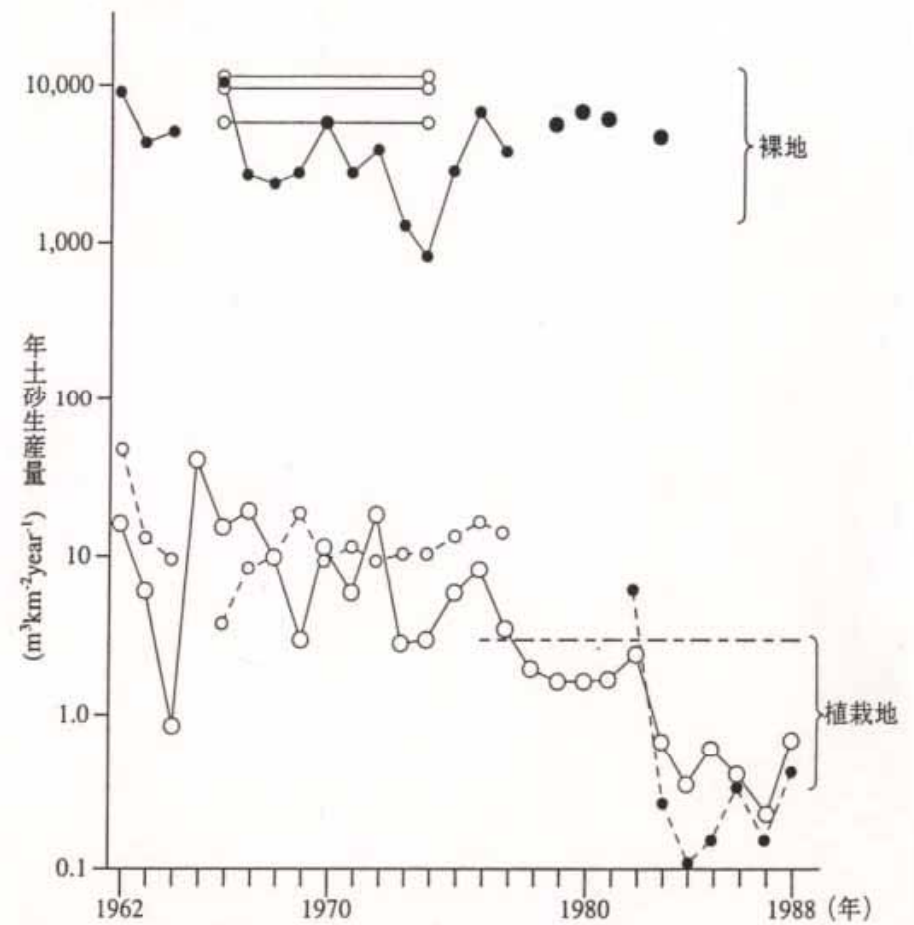
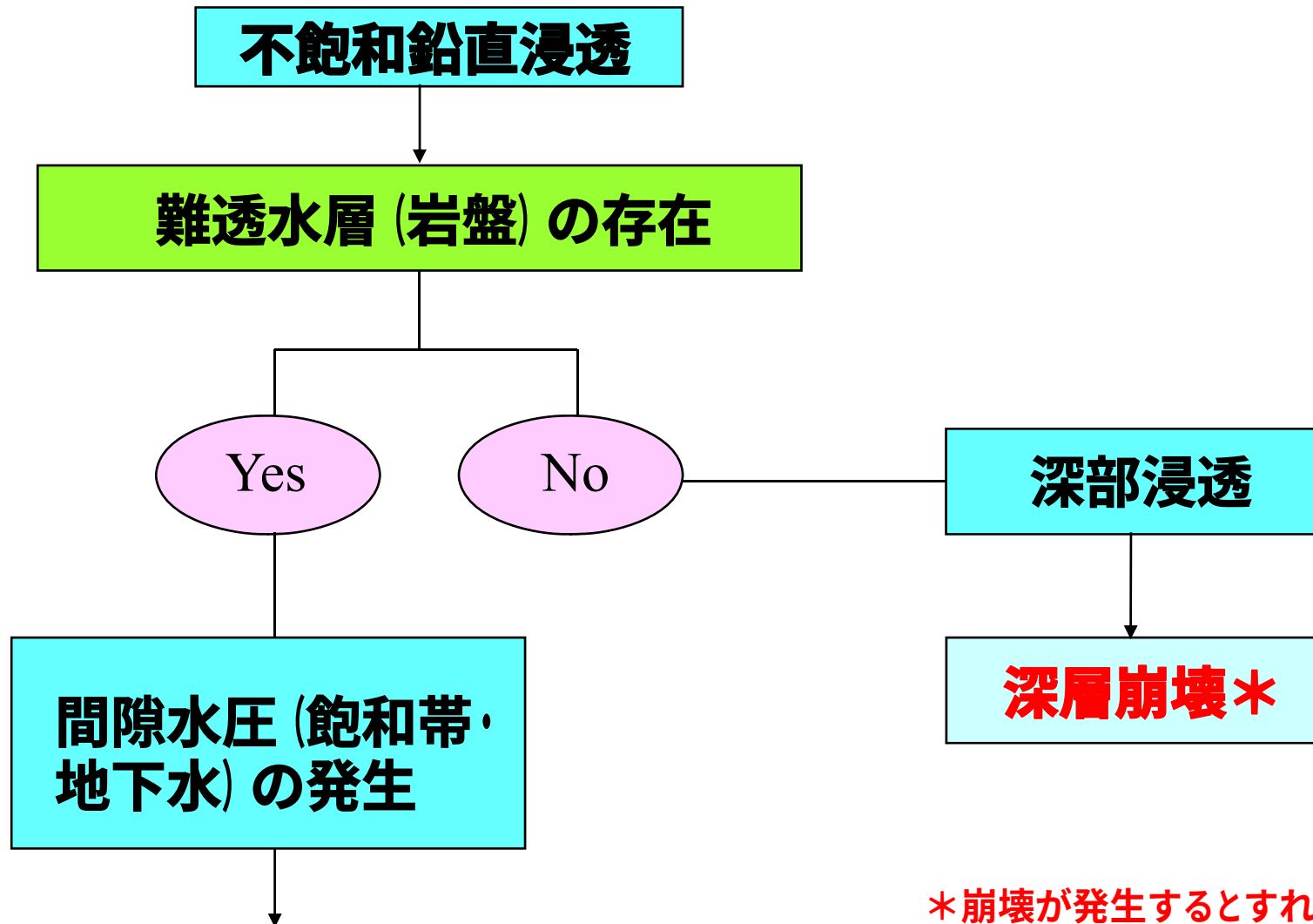
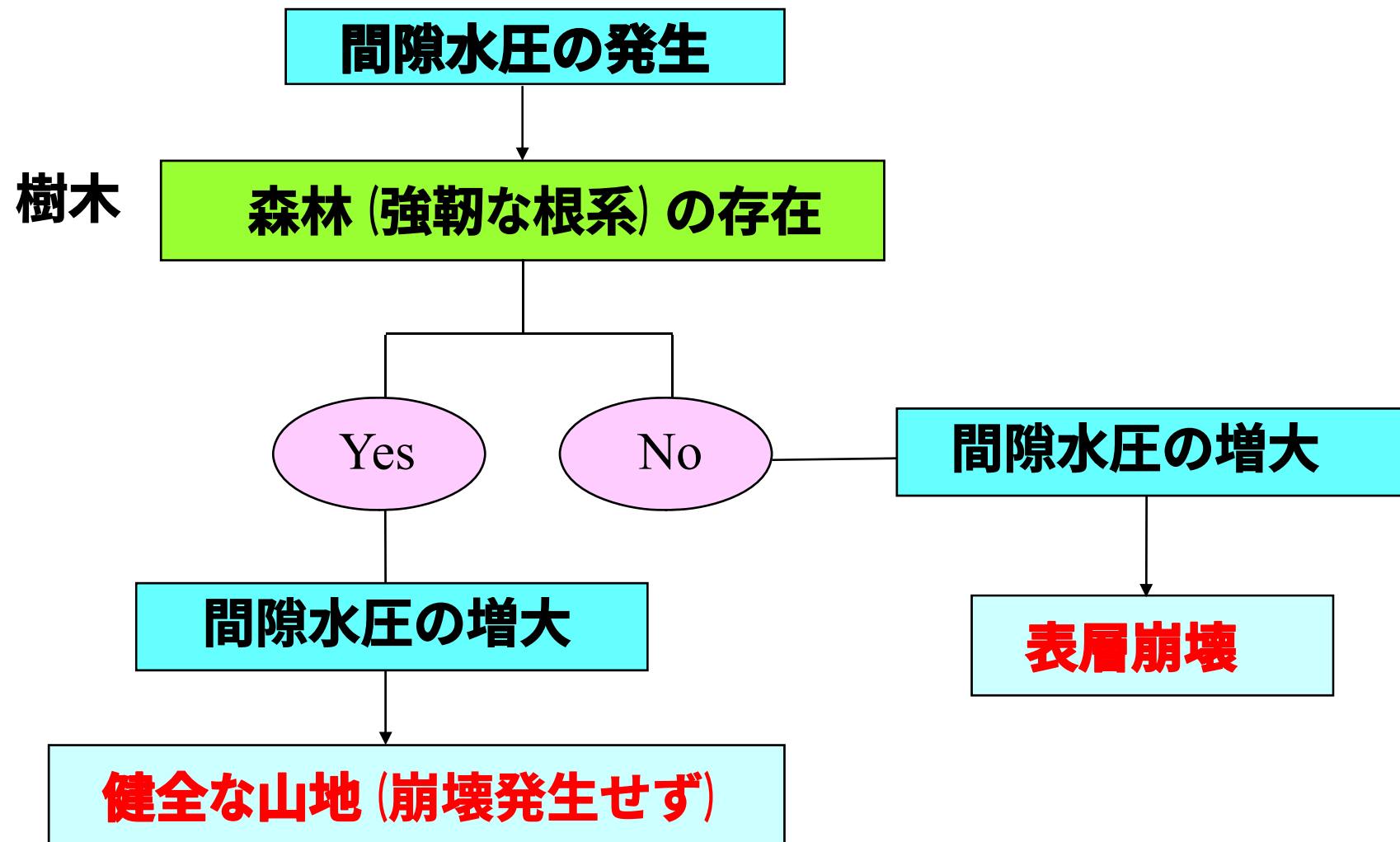


図2 裸地と山腹植栽地の土砂流出量の比較
滋賀県田上山の各種調査地の結果。図中の印は試験地毎に変えている。
裸地と植栽地の差異が明瞭である。

地質





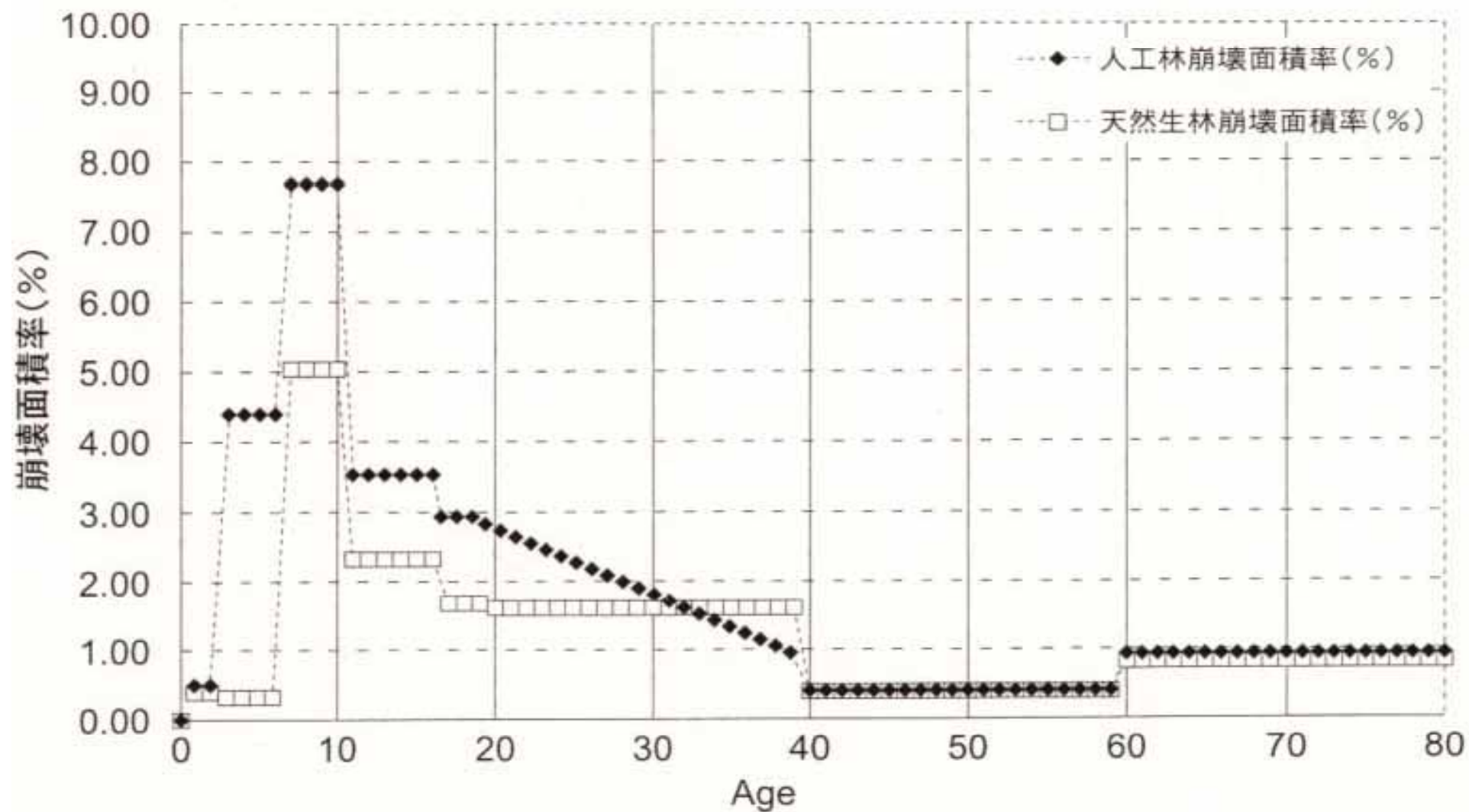
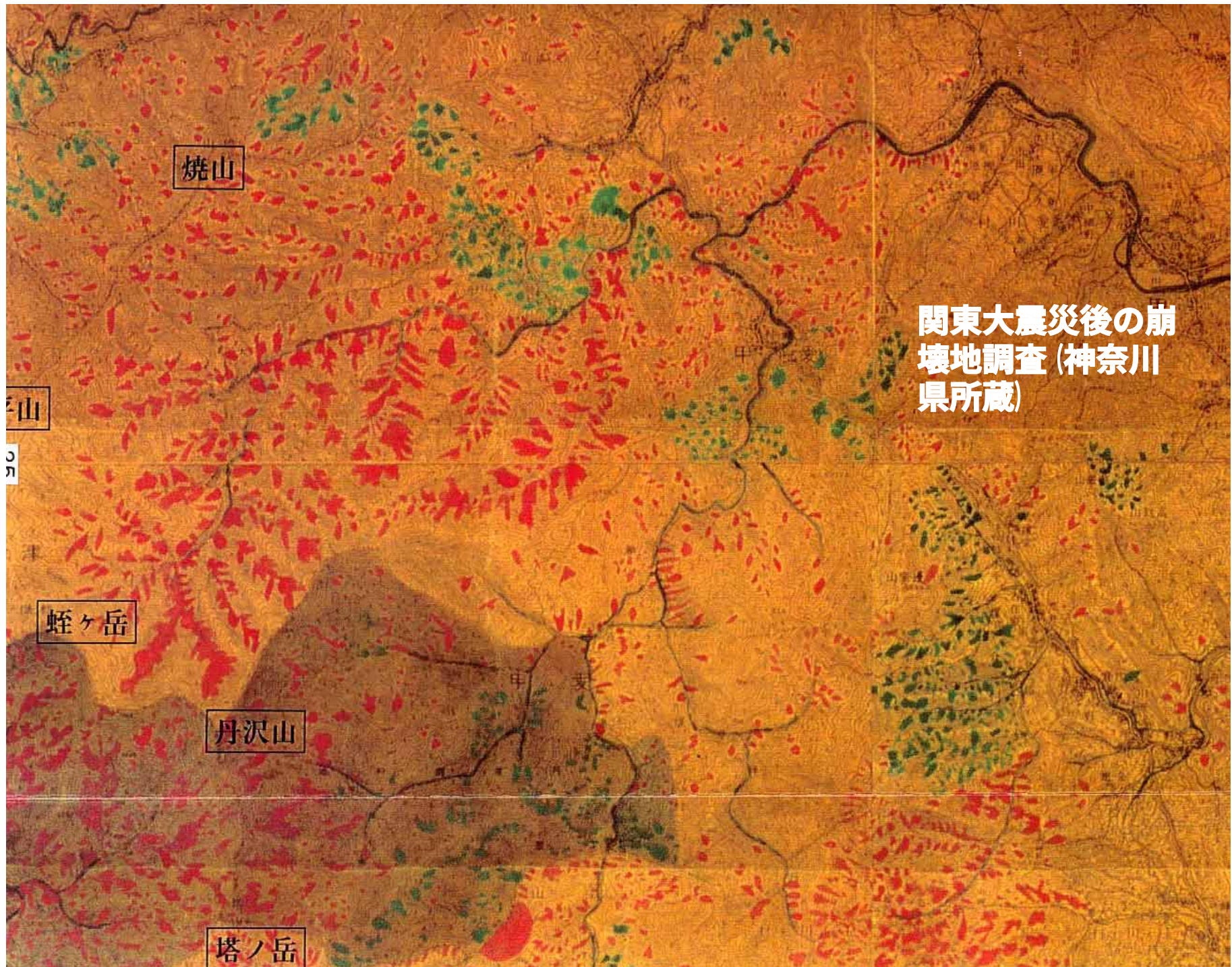


図4 林齢別の崩壊面積率

(沼本晋也:森林斜面における表層崩壊の動態に関する研究(2000)より引用)

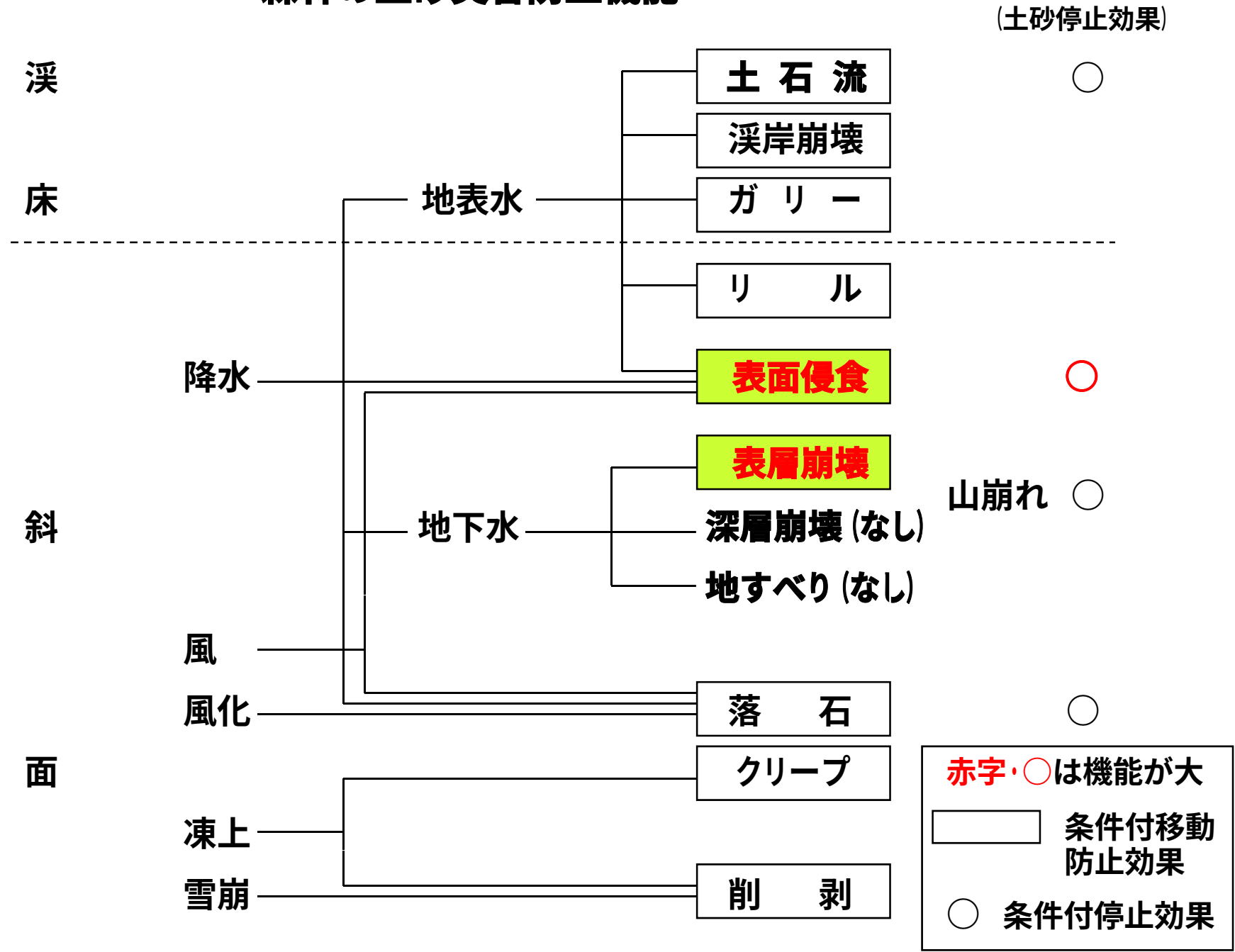


檜洞丸

蛭ヶ岳



森林の土砂災害防止機能



河川への影響

写真A

写真B 参照

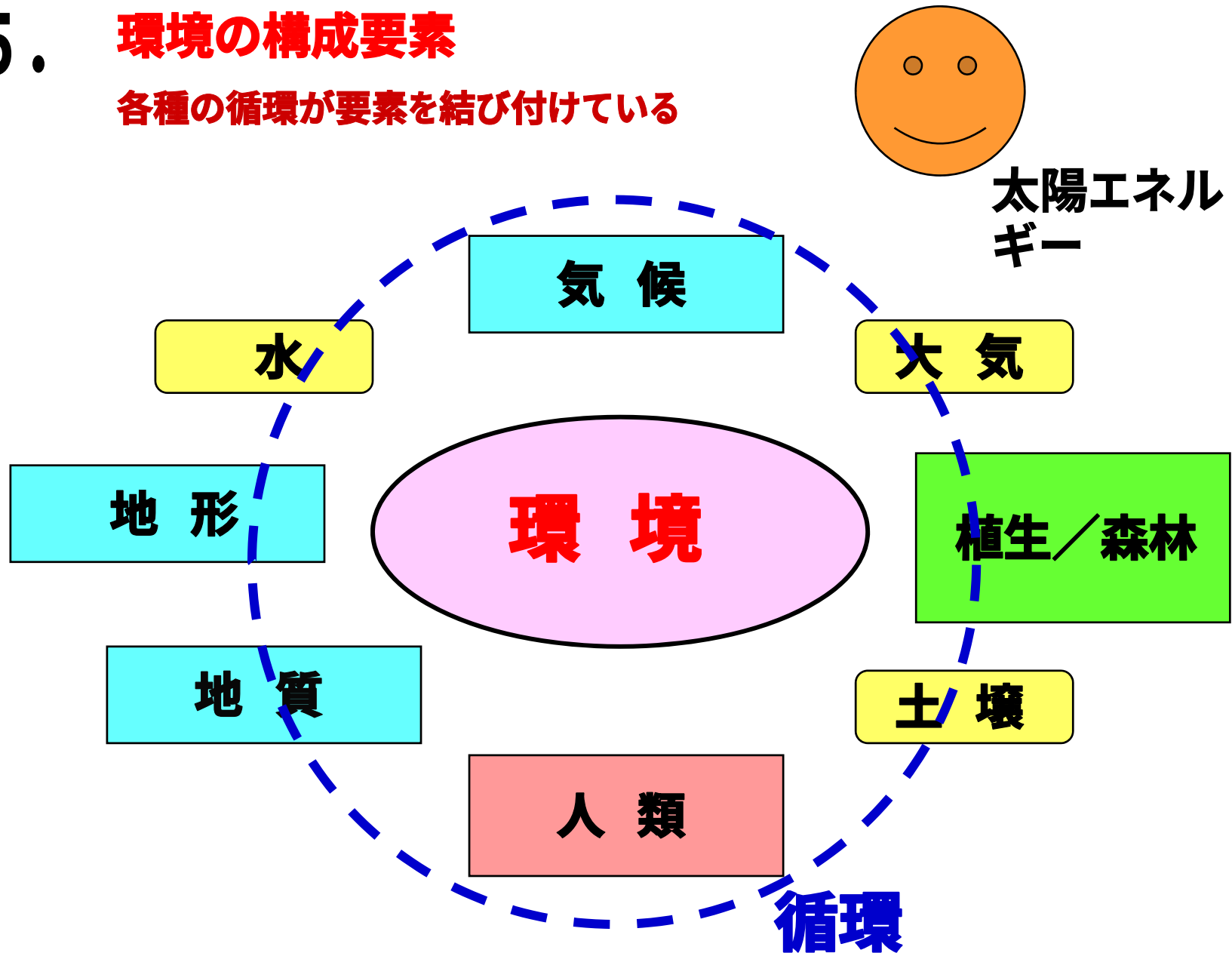
写真C

- ・過去半世紀の間に「はげ山」は解消した。
 - ・森林内の一部に新たな裸地が出現している。
 - ・森林の蓄積（樹冠容量）は明らかに増加している。 →蒸発散量は増加している。
 - ・全国的に土砂流出が減少し、河床低下が進んでいる。
→河道の断面積（流水断面積）は増加していると言える。
- したがって、降雨—流量—水位の関係も変化しているであろう。
- ・流出解析における分布型モデルの開発も進んでいる。
- 大流域においても流域・河道の変化に対応した新たな流出計算が不可欠であろう。
- ・先人が遺した「**治山治水**」の原理は無視できないだろう
 - ・すでに述べたように、河川から海岸への土砂供給は大きく減少している
（ダムの影響、かつての砂利採取の影響もあるだろうが）

5.

環境の構成要素

各種の循環が要素を結び付けている



森林と人間に関する**森林の原理**

環境原理

- ①森林は、地形・地質・気候とともに陸域の自然環境を構成する要素の一つであり、しかも生命活動を行っている要素である。
- ②さらに、人類が生存している地球上の現環境は、森林が地球上に初めて出現した約4億年前から、陸域に森林が存在することを前提として、少しずつ形成されたものである。
- ③森林の中から生まれ出た人類にとって、特に、かつての森の民・日本人にとって、それは生存そのものを保障する基盤の一部でもある。したがって、生活のほとんどの場面で森林が有益なのは当然である。

文化原理

日本人の文化や民俗性も、長い間の森林との関わりで形成された。すなわち、森林は日本人の「こころ」にも影響を及ぼしている。

利用原理

木材の生産は、光合成生産物の最も効率的な(直接的)利用法である。しかし、物質を森林の外に取り出す利用は、森林環境原理とトレード・オフの関係にある。

森林のはたらき／森林の多面的機能



森林の多面的機能のうち「環境原理」に関わる機能

・生物多様性を保全する

生態系の多様性 種の多様性 遺伝子の多様性

・貴重な動植物を保護する 鳥獣保護

自然生態系の保全

・動物の棲みかを保護する

(種の保存、種の創出)

・地球環境を保全する

・地球の温暖化を防止する 二酸化炭素吸収 化石燃料の代替

・(地球) 気候システムの安定化を図る

・水源を涵養する

「水源涵養機能」

・洪水を緩和する

洪水を防ぐ

・水資源を貯留する

× 渇水を防ぐ

・水量を調節する

流量の「平準化」

・水質を浄化する

・山地災害を防止する

「国土保全機能」

・表面侵食を防止する

土壌を保全する

・山崩れを防止する

山崩れを防ぐ

表層崩壊防止

× 深層崩壊には無力

・落石を防止する

・土石流を防止する

・(濁水を防止する)

・土砂流出を防止する

・森林の生産力を維持する

侵食防止

土壌流亡防止

・その他の災害の防止 「森林の防災機能」

・防風 防雪 防霧 なだれ防止

・防潮 塩害防止 飛砂防止 津波防止

・防火

森林の多面的機能の特徴

多様性

きわめて多様な機能を持つ

総合性

一つ一つの機能はそれほど強力ではない (機能の限界性) が、多くの機能を重複して発揮することができ、総合的に強力である (森林の部位によって機能が異なる場合もある)

階層性

多様な機能には管理上重視すべき順番がある

定量的評価が困難

- ・根源的な機能がある
- ・森林のタイプや来歴、立地条件等によって発揮される機能が異なる
- ・他の環境の要素と複合して発揮される機能がある

森林・自然域の特徴

- ・ 人類圏以外の生物圏
- ・ 現太陽エネルギーのみに依存
 - 現太陽エネルギーの取り入れ口
- ・ 環境保全機能を基本とする多面的機能を発揮
- ・ 人類圏とは水その他の物質循環で連結
 - ・・・流域(圏)
- ・ 人類にとって必要不可欠な土地利用

流域圏：超学際的調査・研究／省庁横断的取り組みが特に重要

流域圏の中での自然域

- ・ 森林
- ・ 河川
- ・ 湖沼
- ・ 汽水域
- ・ 沿岸海域

● 多面的機能を持つ

● これらの特徴を持った森林・河川・湖沼・沿岸海域等は「流域圏」の中で一体的に管理されるべきである

河川の多面的機能

排水 (負) 洪水氾濫

物質輸送 (海への供給)

水質浄化

生物多様性保全

自然景観保全

気候安定

保健／レクリエーション

河川文化

水資源 (負) 水不足

水産資源

交通 (舟運)

森林の多面的機能

生物多様性保全

地球環境保全

土砂災害防止／土壌保全

水源涵養

快適環境形成

保健／レクリエーション

文化

物質 (木材) 生産

環境

文化

利用

● それぞれの機能を人間と環境が分かち合っている

資料1については、発表者のお申し出により、会議で配布された資料のうち下記の写真及び図を除いたものをホームページに掲載しております。

記

- ・青森県所蔵の写真
- ・福田和彦編著の錦絵
- ・平尾魯仙の図