

森林の水源涵養機能

森林と地下水の関係を中心に

東京農業大学
太田猛彦

森林管理の歴史

- 1897 森林法
治山治水 (保安林制度)・森林監督
- 1964 林業基本法
林業・林産業の発展
- 2001 森林・林業基本法
森林の「多面的機能」の持続的発揮

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

2000.12.14: 農林水産大臣から日本学術会議会長へ諮問

: 農業・森林の多面的機能に関する特別委員会」設置

: 二つのワーキング・グループ委員会設置

2001.11.1: 日本学術会議会長から農林水産大臣へ答申

第1章 総論

第2章 農業の多面的機能

第3章 森林の多面的機能

付 論 水産業・海洋の多面的機能

「森林の多面的機能」(日本学術会議の答申)について

- ・「森林の原理」に基づく多面的機能の理解

↳ (森林と人間の関係についての原理)

環境原理 文化原理 物質利用原理

- ・多面的機能の種類 :8種類に分類 (環境原理に基づく環境保全機能が基本)

環境保全機能は各種の循環に関わる物理的機能

森林の多面的機能には限界がある

木平勇吉編著 「森林の機能と評価」参照

太田猛彦編著 「宮川環境読本」参照

森林の原理

環境原理

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。

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。

森林の中から生まれ出た人類にとって、とくに、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。

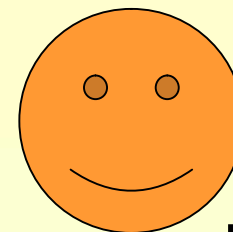
文化原理

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。

自然環境の構成要素



太陽エネルギー

気候

大気

水

植生 / 森林

自然環境

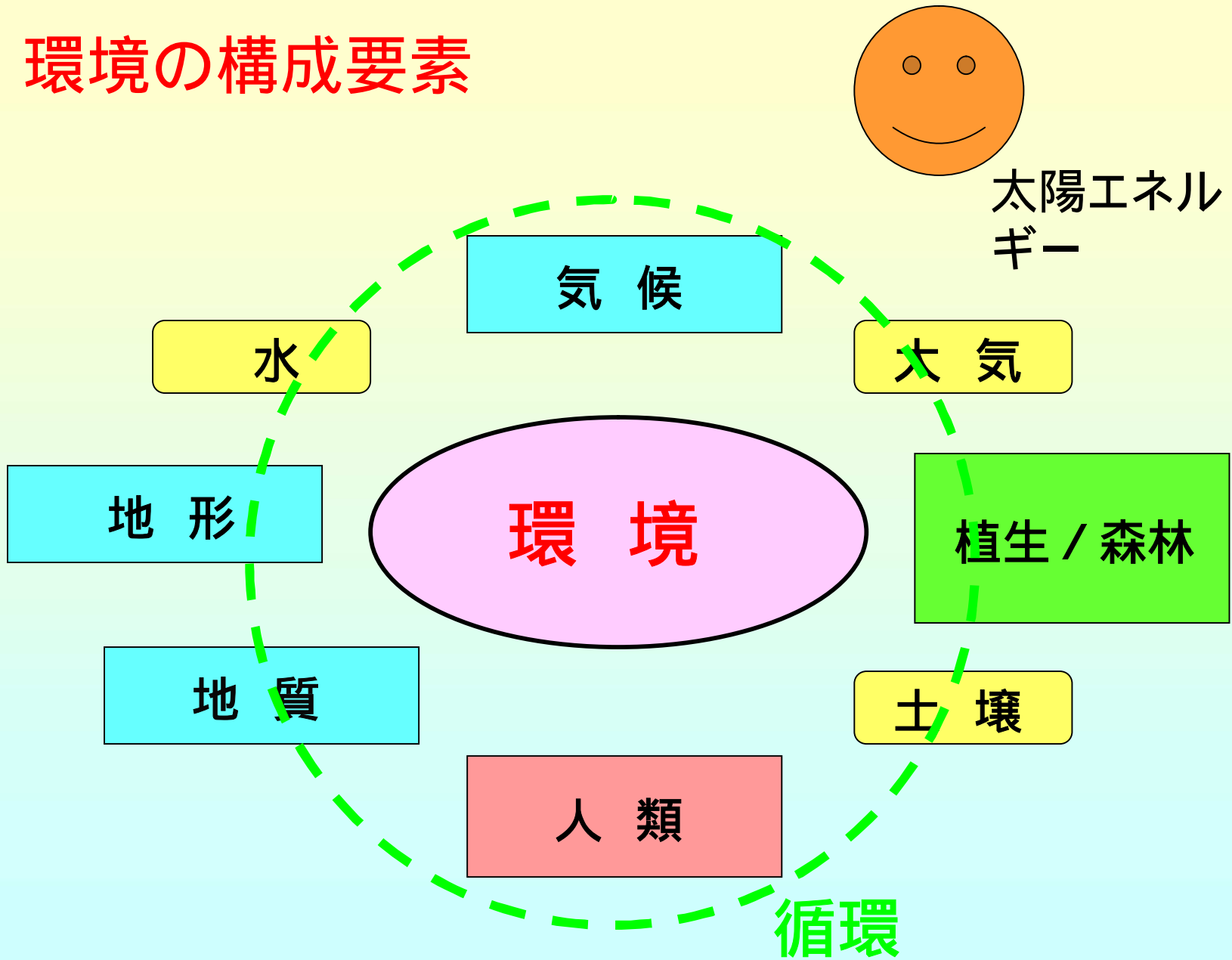
人類

地形

土壌

地質

環境の構成要素



植物の進化の歴史

- (1) 海中での進化：大気組成の変化
 (オゾン層の生成
 紫外線防止)
 上陸への準備
- (2) シダ植物の上陸：維管束系の発達 (森林)
 炭素の固定と貯蔵
- (3) 種子植物：乾燥地への適応 (内陸へ)
 気候の安定
- (4) 被子植物：動物との共存 (共進化)
 生物多様性の獲得
- (5) 草本植物：寒冷化と乾燥への適応

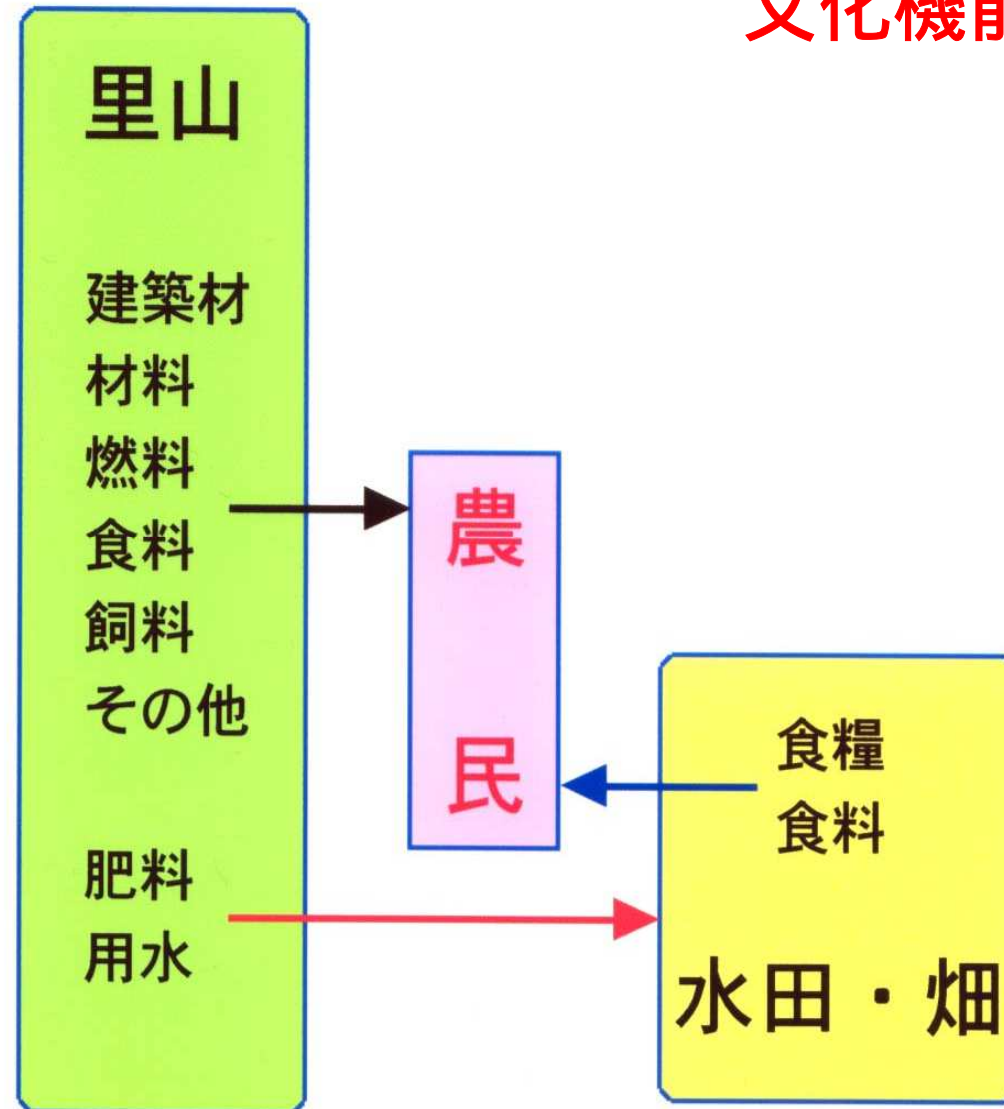
地質時代の森林の機能

- (1) 二酸化炭素の吸収 / 炭素の固定
(盛んな光合成)
- (2) 化石燃料の生成
(遅い分解速度、分解しない?)
- (3) 気候の安定 (蒸発散作用)
- (4) 生物多様性の獲得
(動物との共進化)
- (5) 豊かな土壌の生成 (物質循環)

森林は、約 4億年をかけて、現在の地球環境を創造した

森林と農業のかかわり

文化機能



生活・習慣／精神・文化／民族性・地域性

森林の原理

環境原理

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。

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。

森林の中から生まれ出た人類にとって、とくに、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。

森林の多面的機能

生物多様性保全機能 :生物進化の現状を支える**根源的機能**

地球環境保全機能 :

土砂災害防止機能 / 土壌保全機能 :

水源涵養機能 :

…自然環境の構成要素としての本質的**物理的機能**

快適環境形成機能 :生活の向上等に貢献する**物理的機能**

保健・レクリエーション機能 精神的肉体的向上に貢献する機能

文化機能 :日本人の文化・民族性を形成した**根源的機能**

物質生産機能 :利用原理に基づく**経済的実利的機能**

かつての「**予定調和論**」は廃された！

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

環境原理

文化原理

(物質) 利用原理

森林の環境保全機能の意味

生物進化の現状を、その環境も含めて維持し、それらの将来を保障する根源的な機能

生物多様性保全機能

自然環境の構成要素としての本質的・物理的機能

地球規模の炭素循環や水循環に関して、大気環境の構成要素として機能する

地球環境保全機能

表層土の移動や養分循環に関して、地域(流域)環境の構成要素として機能する

土砂災害防止機能／土壤保全機能

水循環に関して、流域(地域)環境の構成要素として機能する

水源涵養機能

大気やエネルギーの循環に関して、地域環境向上のために積極的に利用する

快適環境形成機能

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)

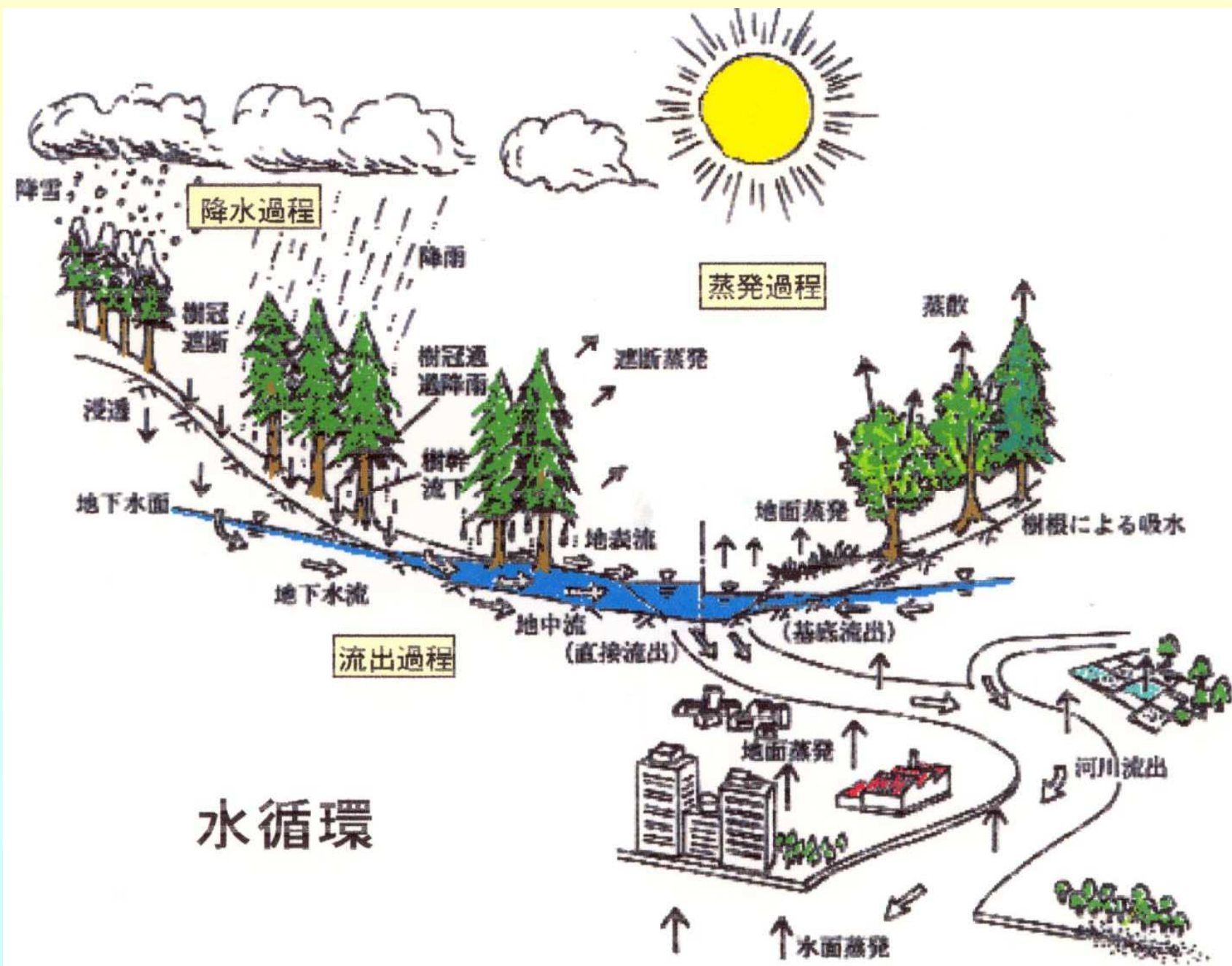
階層性

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

水循環過程において森林が水源 涵養機能を発揮するメカニズム



森林の水源涵養機能

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

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（**湧水緩和効果は疑問**）

水質浄化機能 土壌の緩衝機能等により森林を通過する雨水の水質を改善する

水源涵養機能を発揮する主体

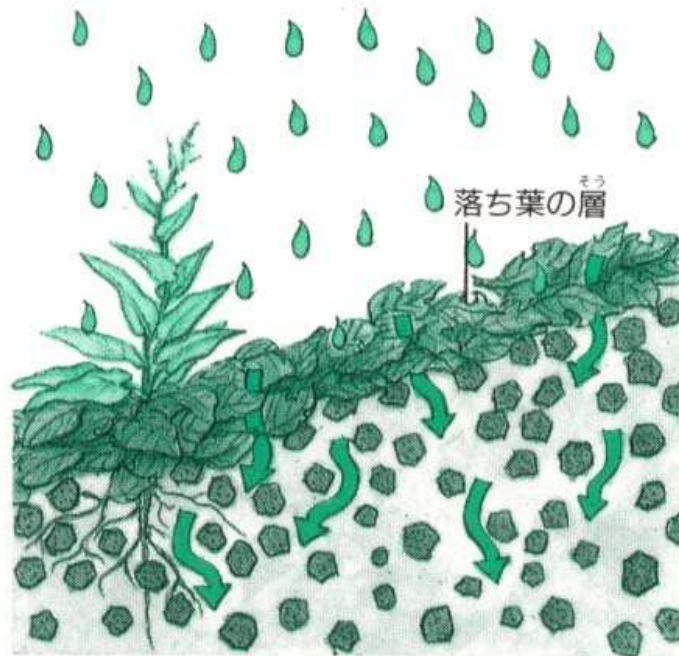
これらは全て、**森林が雨水を地表流から地中流に変える**ことにより発揮される。すなわち、
地中流の流速は地表流に比べて格段に遅い、
地中流は地下水を涵養する。

さらに言えば、

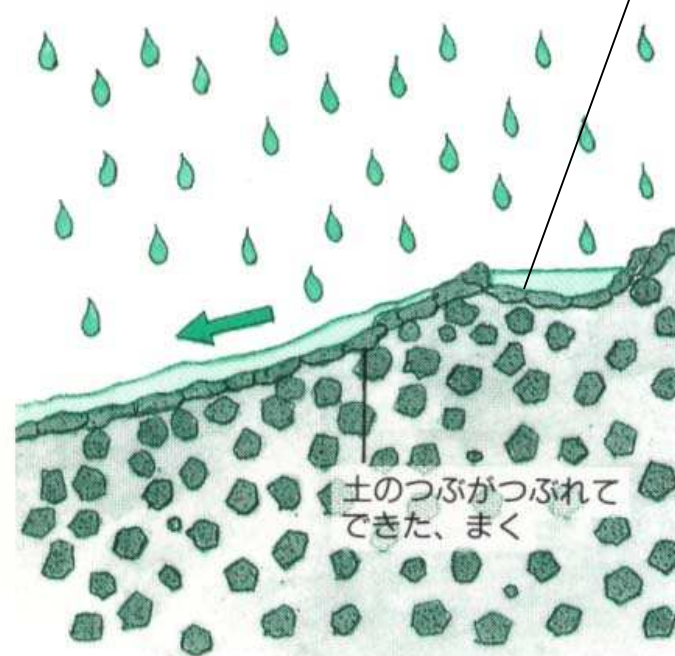
森林の林床 (鋳物土壌の表面) が落ち葉や枯れ枝
あるいは下草で覆われていること、 および
森林土壌の良好な透水性によりにより発揮される

特に、 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

雨撃層



森の土

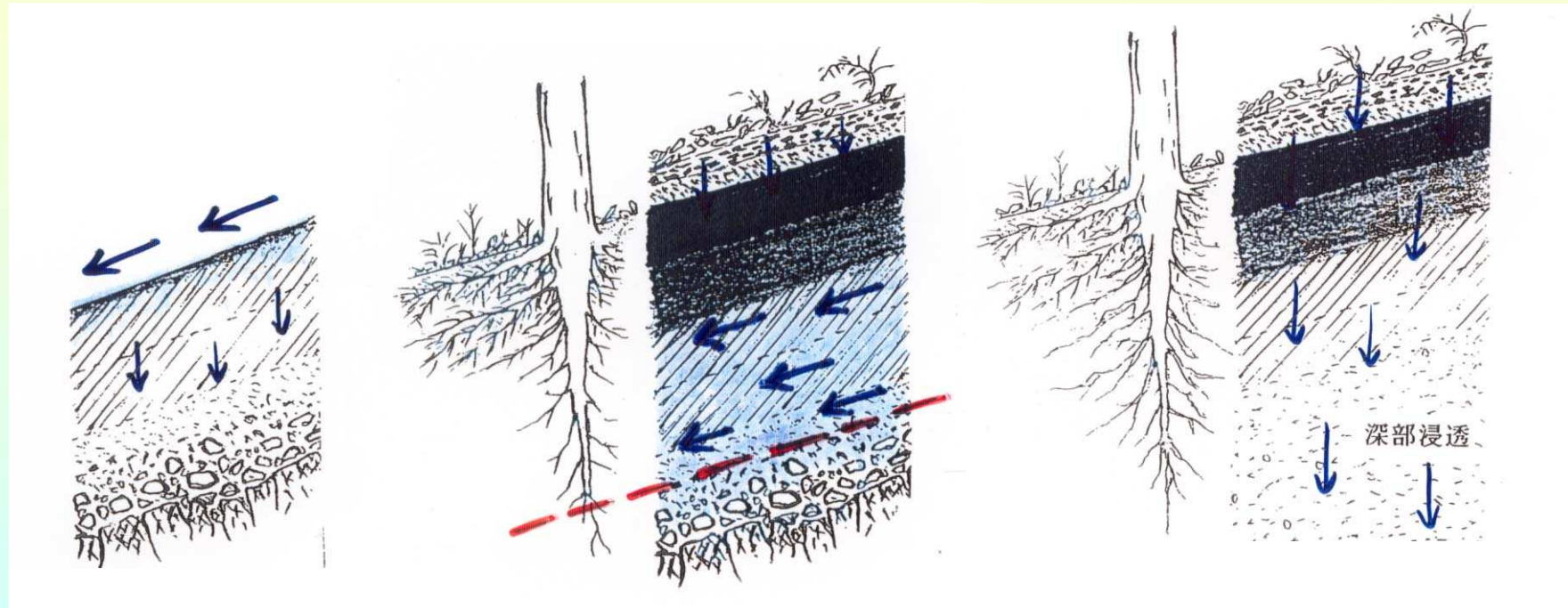


畑の土

●土の表面の穴あながつぶされると、水たまりになる

裸地

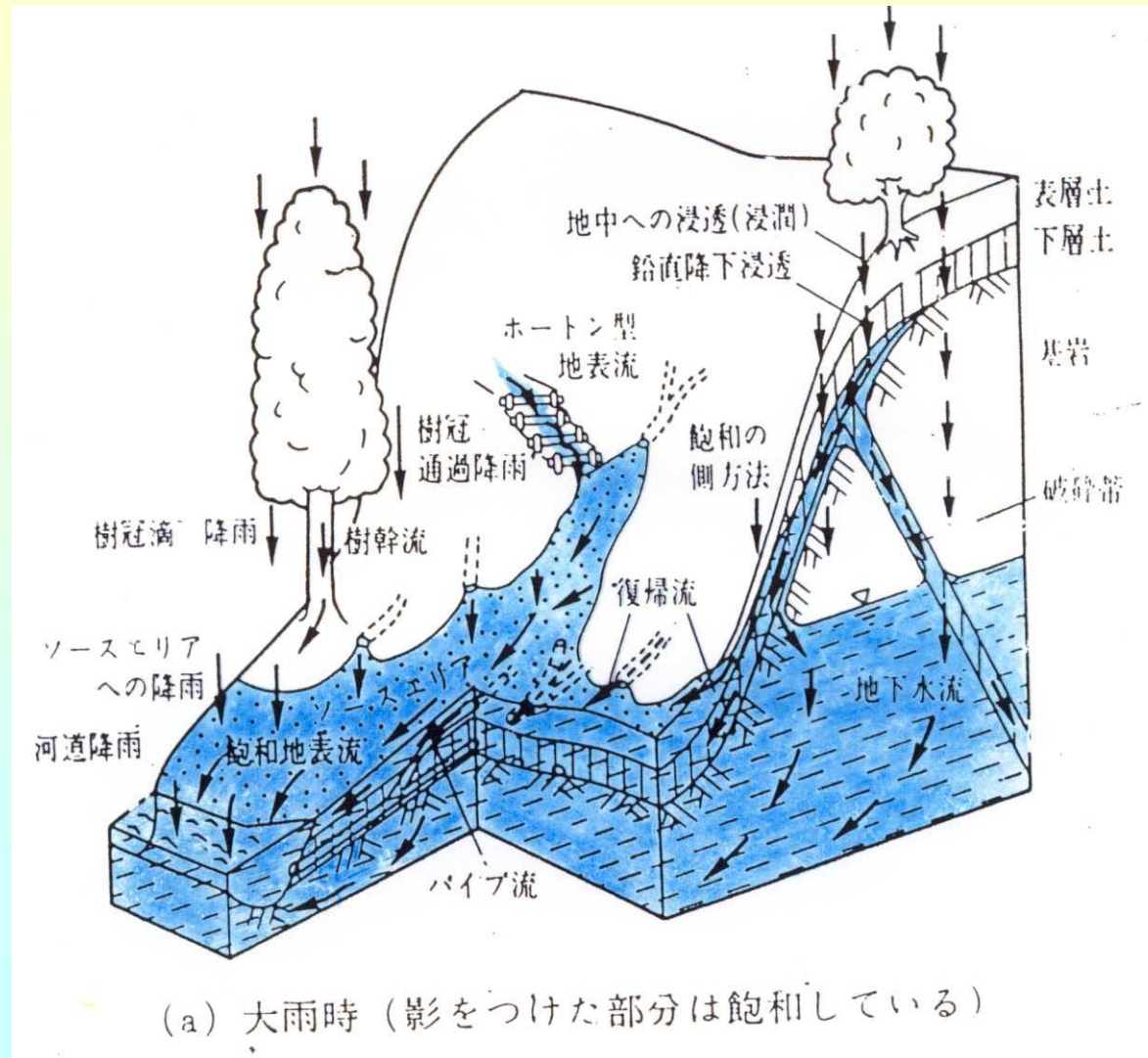
健全な森林



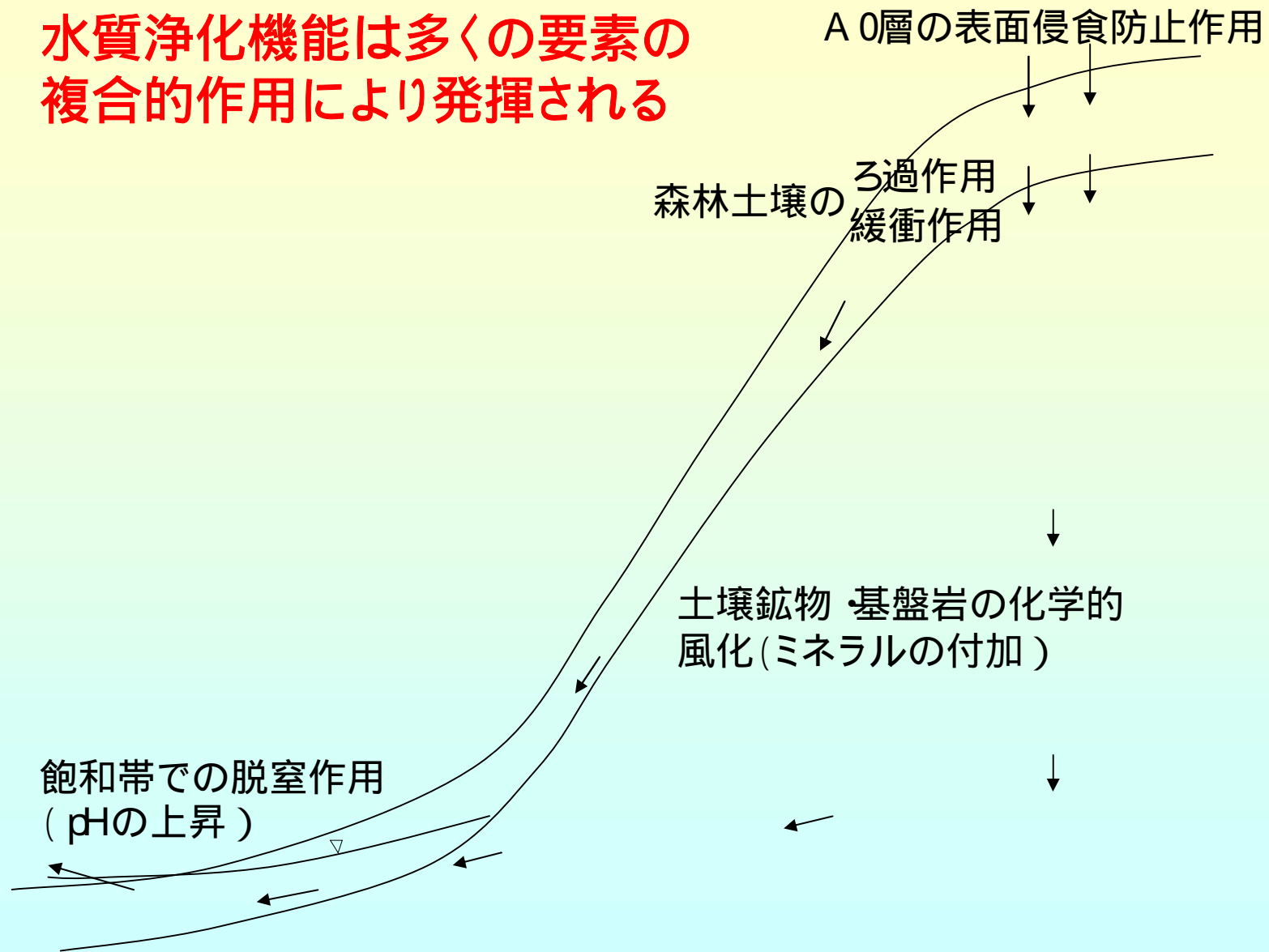
ホートン地表流

雨水は全て浸透する

斜面から基盤岩内への浸透 地下水涵養と流出



水質浄化機能は多くの要素の複合的作用により発揮される



河川流出

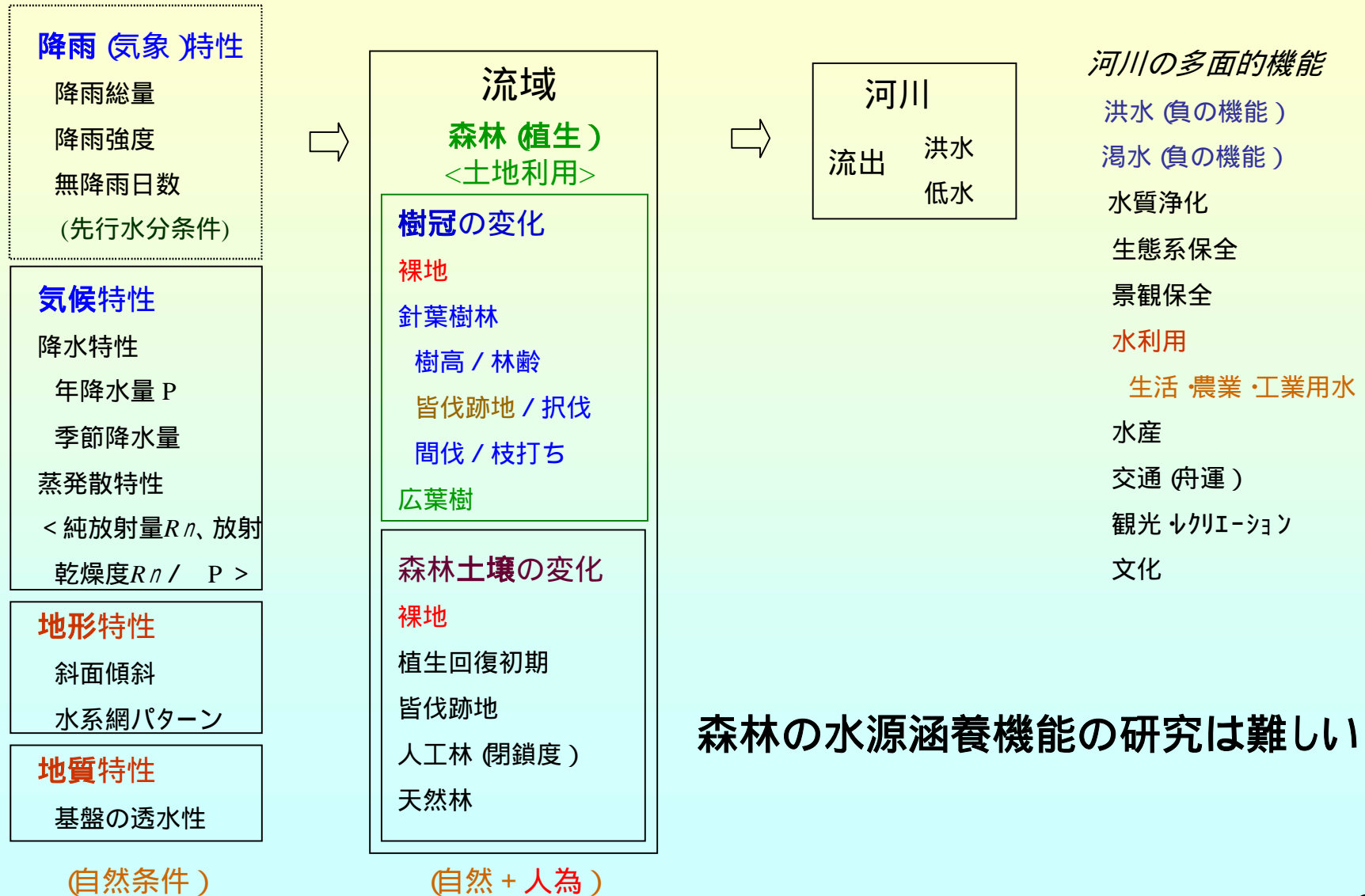
多くの因子が影響する

流出メカニズムの違いにより二つ
に分けて考える

洪水流出 / 降水流出

低水流出

降雨流出過程に関する因子



森林の水源涵養機能の研究は難しい



対照流域法

降雨条件、

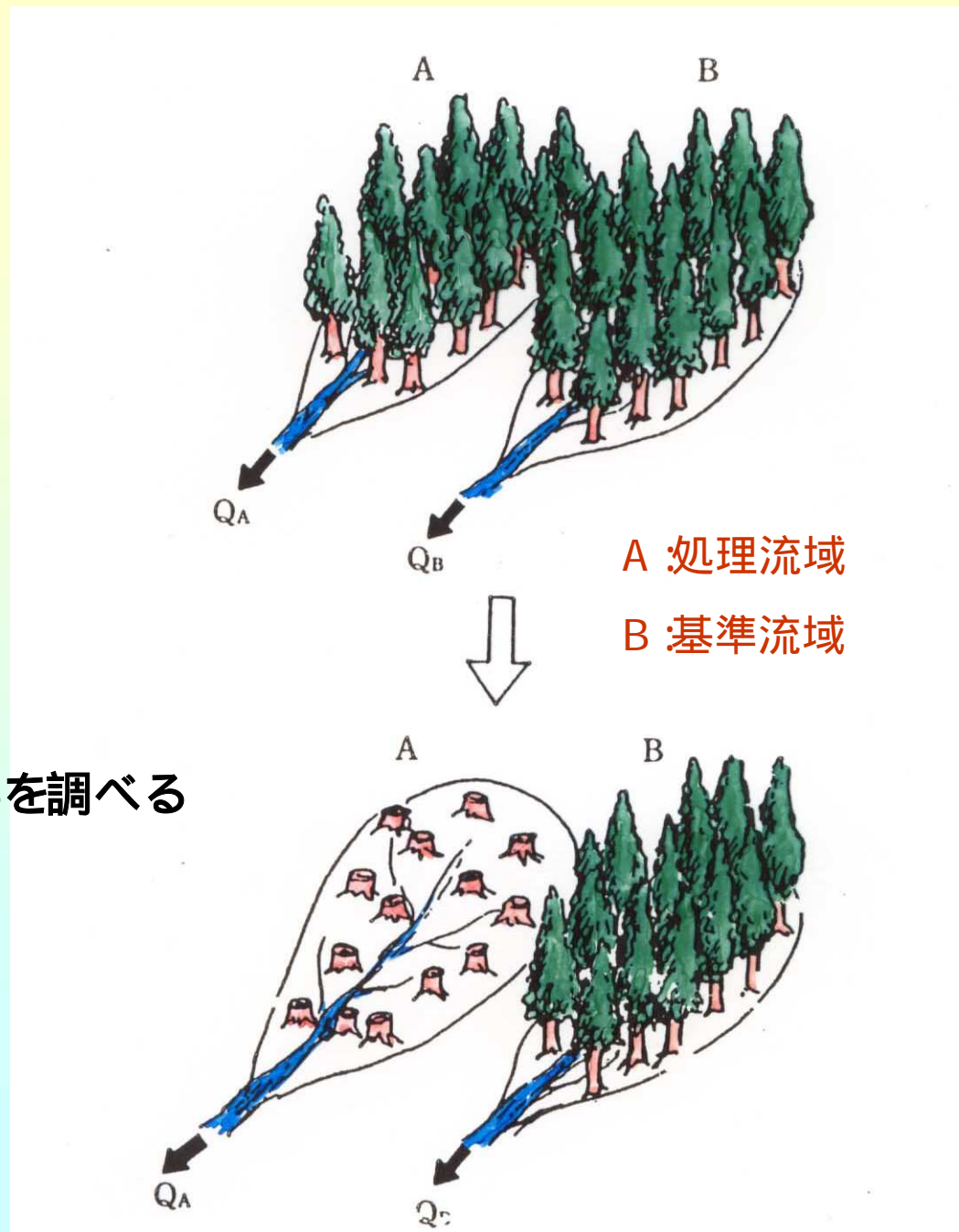
気候、

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わからなかった

・むしろ森林による水消費が明確になった

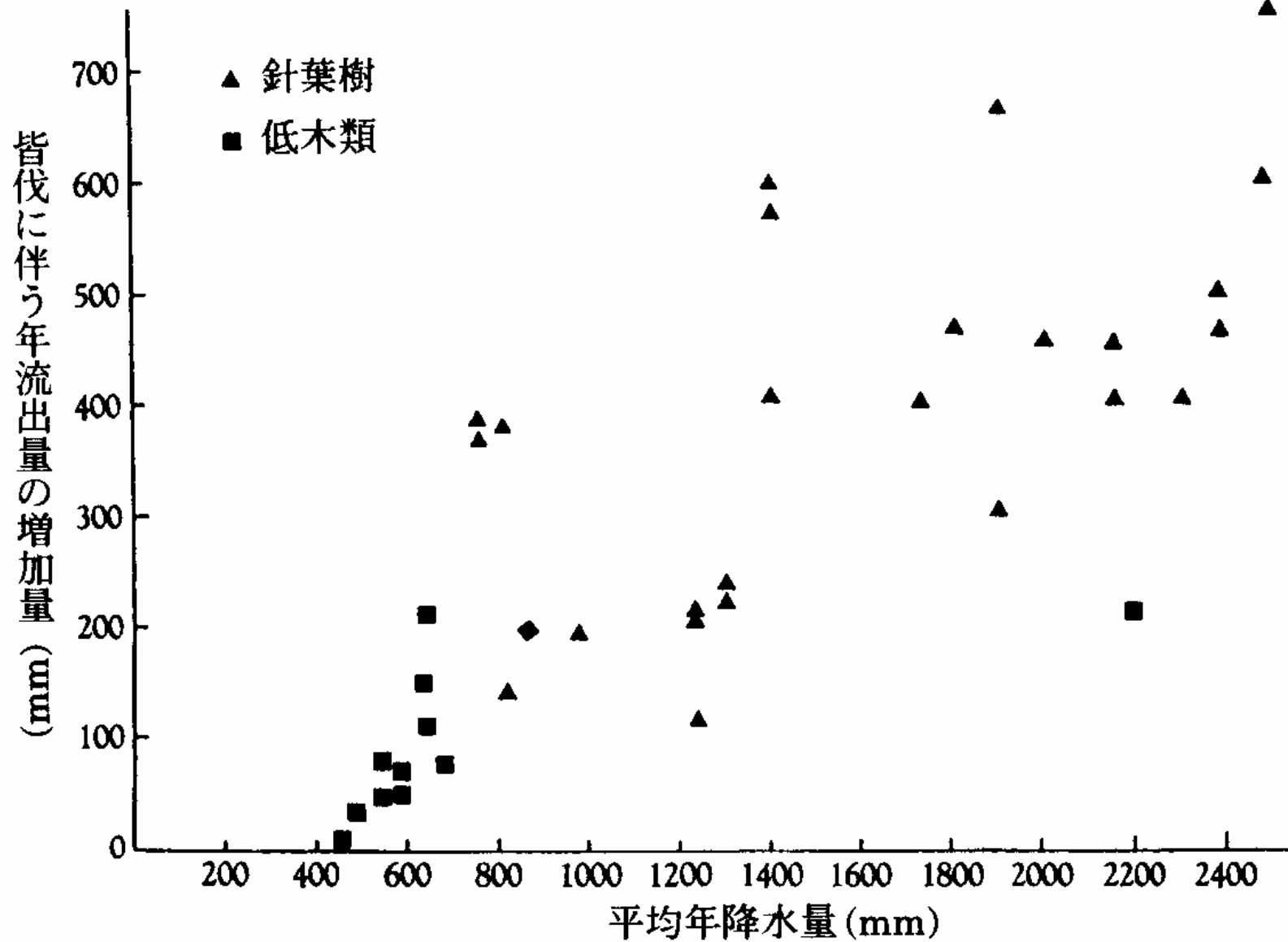


図 5 伐採に伴う年流出量の増加 Bosch and Hewlett, 1982 : 年降水量

(mm/日)

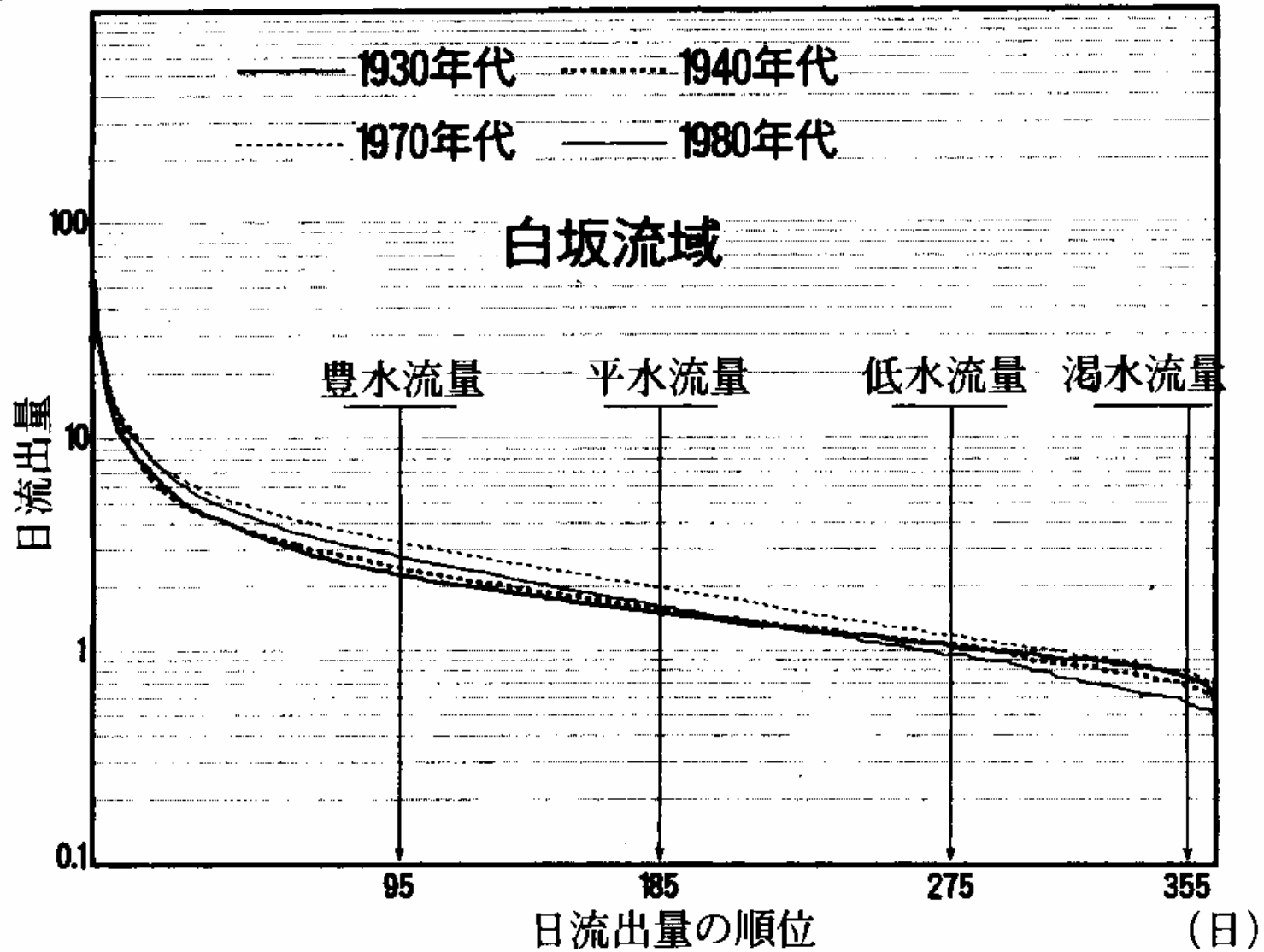


図 7 森林の成長に伴う流況曲線の変化 (東京大学愛知演習林白坂流域)

森林の水源涵養機能の再確認（森林水文学の成果）

1 森林の水源涵養機能は健全な森林土壌により
発揮される

2 森林は水を消費する

3 厳密な意味での「渇水緩和」は難しい

渇水緩和 水資源貯留 / 流量の平準化

いわゆる「緑のダム」のはたらきを科学的に理解して欲しい

水循環過程と森林の作用

水循環

森林

降水過程

樹冠遮断

流出過程

土壤浸透

土砂流出

(水源涵養機能)

洪水緩和

流量調節

水質浄化

蒸発過程

遮断蒸発

有機物生産

光合成

蒸散

CO₂吸収

森林の水消費

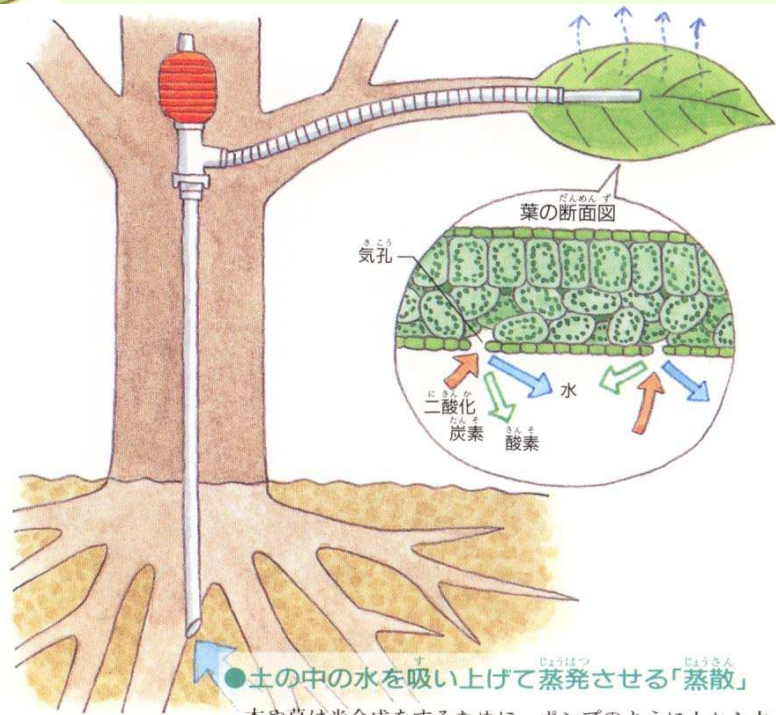
一方で熱環境緩和

物質循環



● 森が受け止めた雨がそのまま蒸発する「遮断蒸発」

森に雨が降ったとき、まず木の葉やえだに雨水が受け止められ、そのまま蒸発してしまうものがある。だから、すべての雨水が地面までおりていくわけじゃない。



● 土の中の水を吸い上げて蒸発させる「蒸散」

木や草は光合成をするために、ポンプのように土から水を吸い上げ、生長する。そして、いらなくなった水分を体の外に出し、蒸発させる。いってみれば、動物のおしっこと同じ。

水循環過程における森林の作用のまとめ

- ・A0層や下草に覆われた森林土壌が存在すれば、雨水は全量が土壌中へ浸透し、水源涵養機能の全てが発揮される。
- ・浸透水は地下水を涵養する。
- ・樹冠の存在は水源涵養機能にあまり影響しない。

樹冠は遮断蒸発と蒸散によりむしろ水を消費する。

樹冠は地表に落葉を落とし、森林土壌を作る。

樹冠がなければ光合成生産が成立せず、森林は成長できない。

現在の日本の森林の状態は？

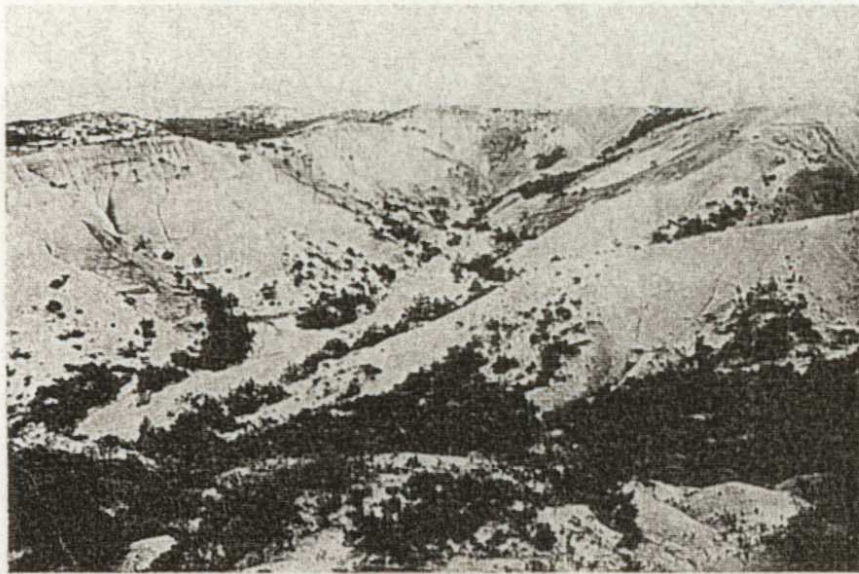


写真 2 2 - 1 瀬戸町安戸
明治 40 年(1907)、施行前



写真 2 2 - 2 左に同じ
大正 6 年(1917)の状況

昔、山は荒れていた



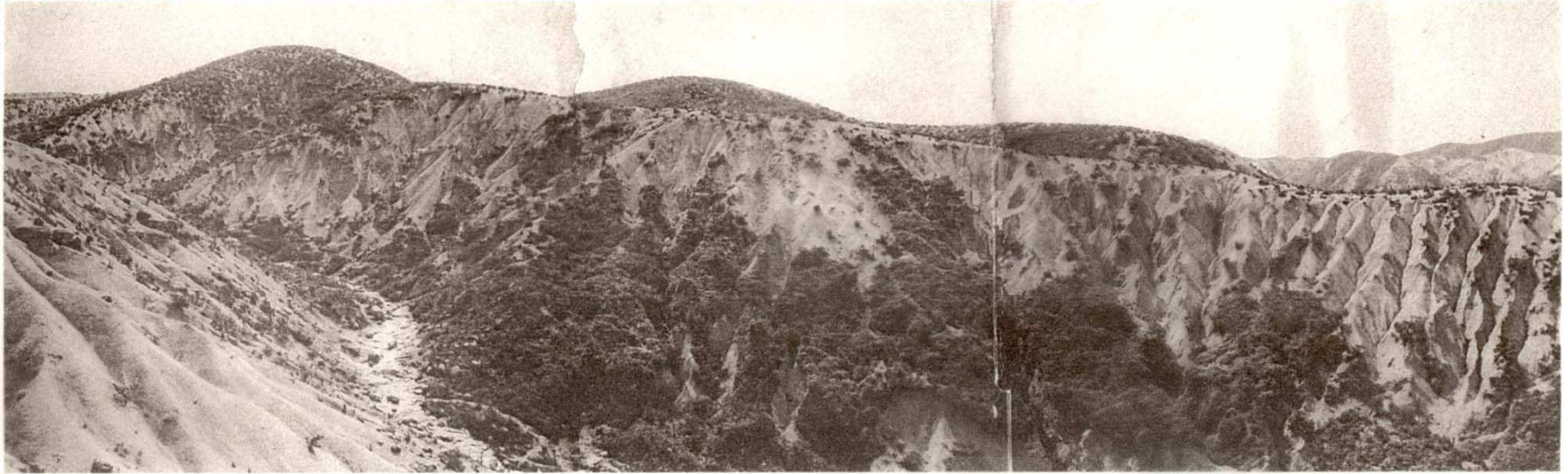
写真 2 3 - 1 旭村今、宇裏山
明治 40 年(1907)、施行前



写真 2 3 - 2 左に同じ
明治 41 年(1908)、施行後 1 年

岡山県の荒廃状況

玉野市



東京都の水源林にも森林はなかった



多摩川源流域の荒廃状況

白神山地に続く里山にも森はない

砂子瀬村 箴栢之圖
箴栢もをりのを八光へ行ぬ
又山藤元ととも花村と代りて
こゝに寄同



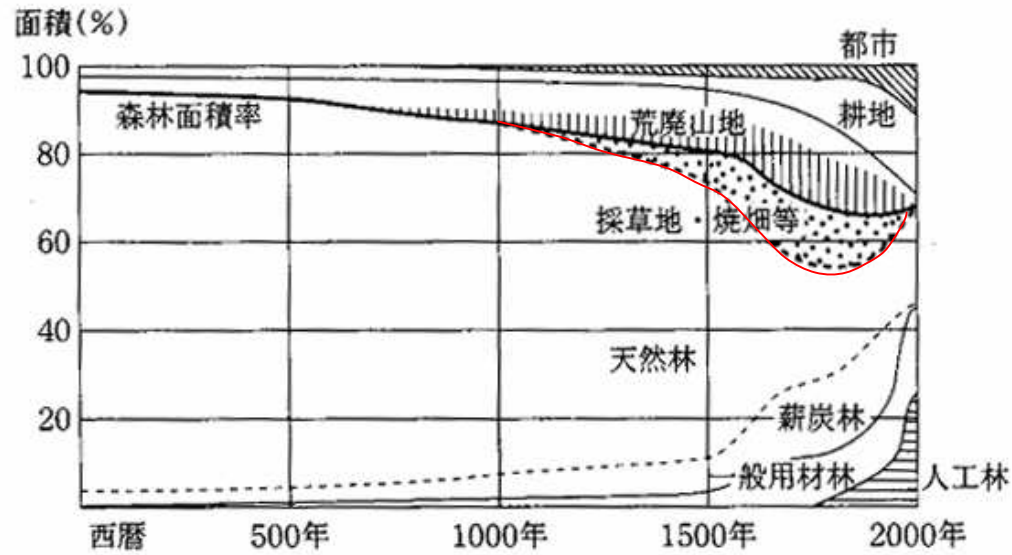


図7 森林利用及びその他の土地利用の変遷 (依光 (1984) 図をもとに作製)

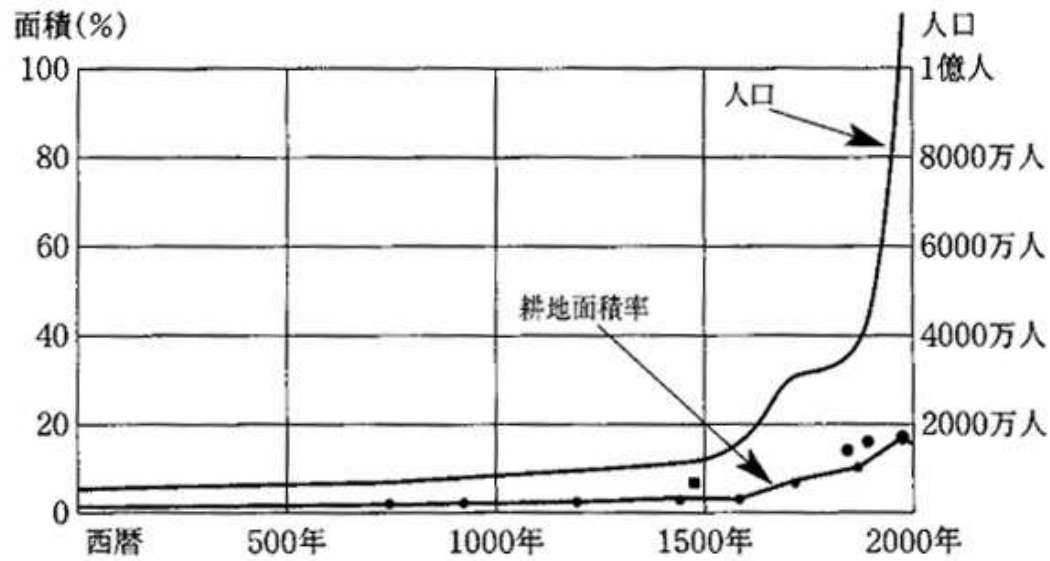


図8 人口と耕地面積率の変化

現代における森林の水源涵養機能の理解

1. 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

2. 落葉や下草を含めた「森林土壌」が雨水を地中に浸透させる

水源涵養の三つの機能は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

3. 50年前まで、各地にハゲ山や粗悪林地が存在した

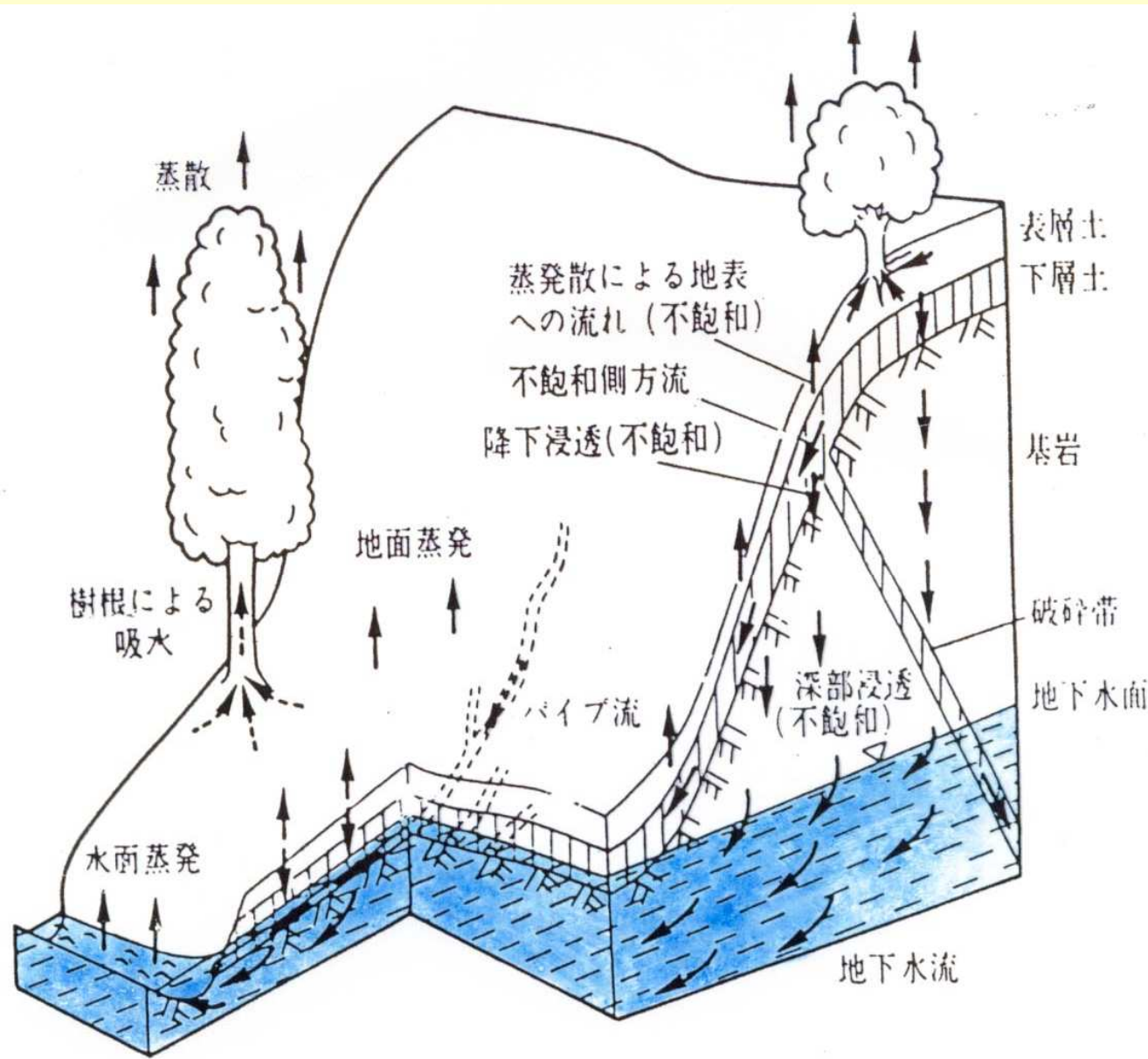
日本の森林(特に里山)は数百年ぶりの豊かさを誇っている

森林の水源涵養機能はすでにおおむね発揮されている

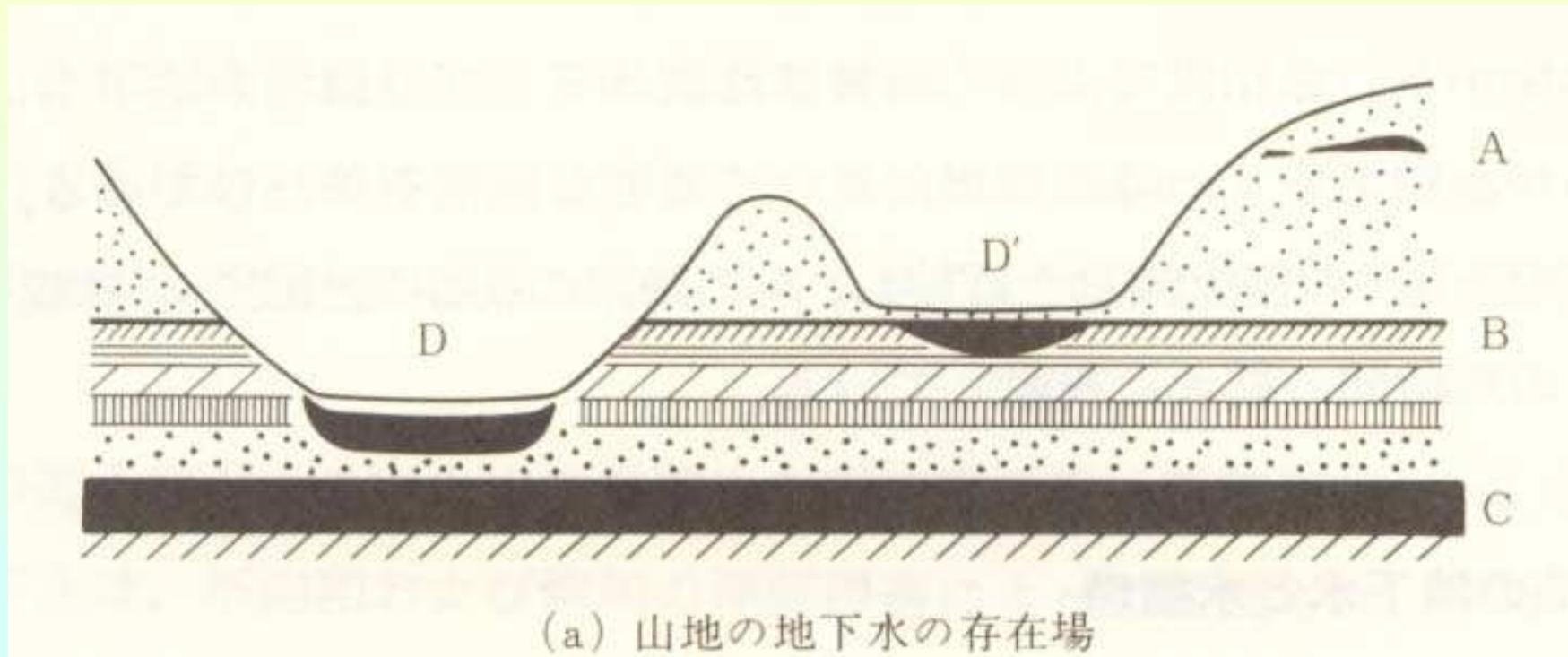
危機に瀕しているのは水質浄化機能 林地への汚濁負荷の排除の必要性

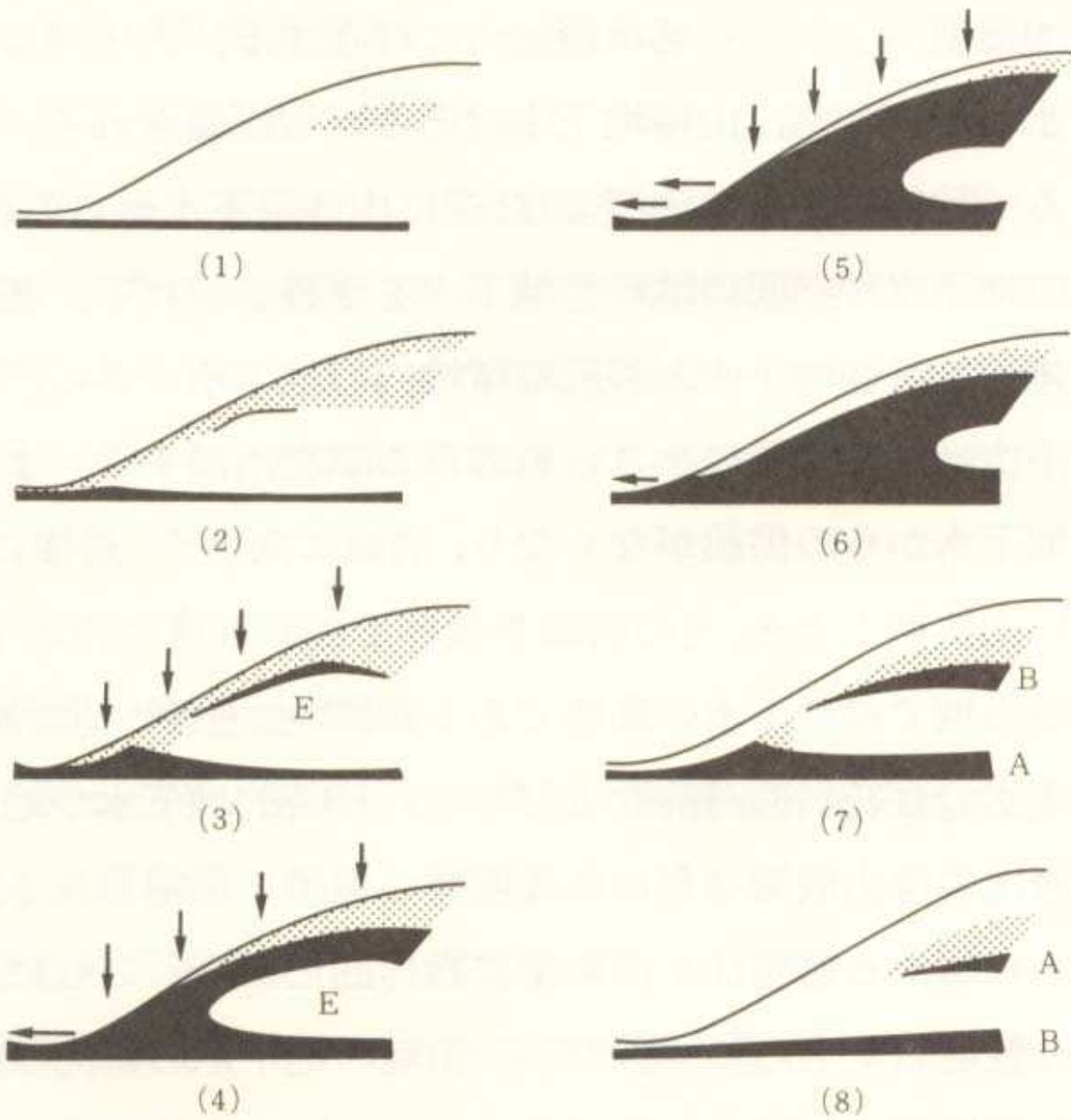
土壌保全から森林の水消費の削減へ 木材生産と両立の可能性

地下水への影響



(b) 無降雨時 (大雨後一週間程度経過した時期)





(b) 斜面における降雨による山体地下水の変動

小起伏山地の斜面全体

大起伏山地の斜面脚部

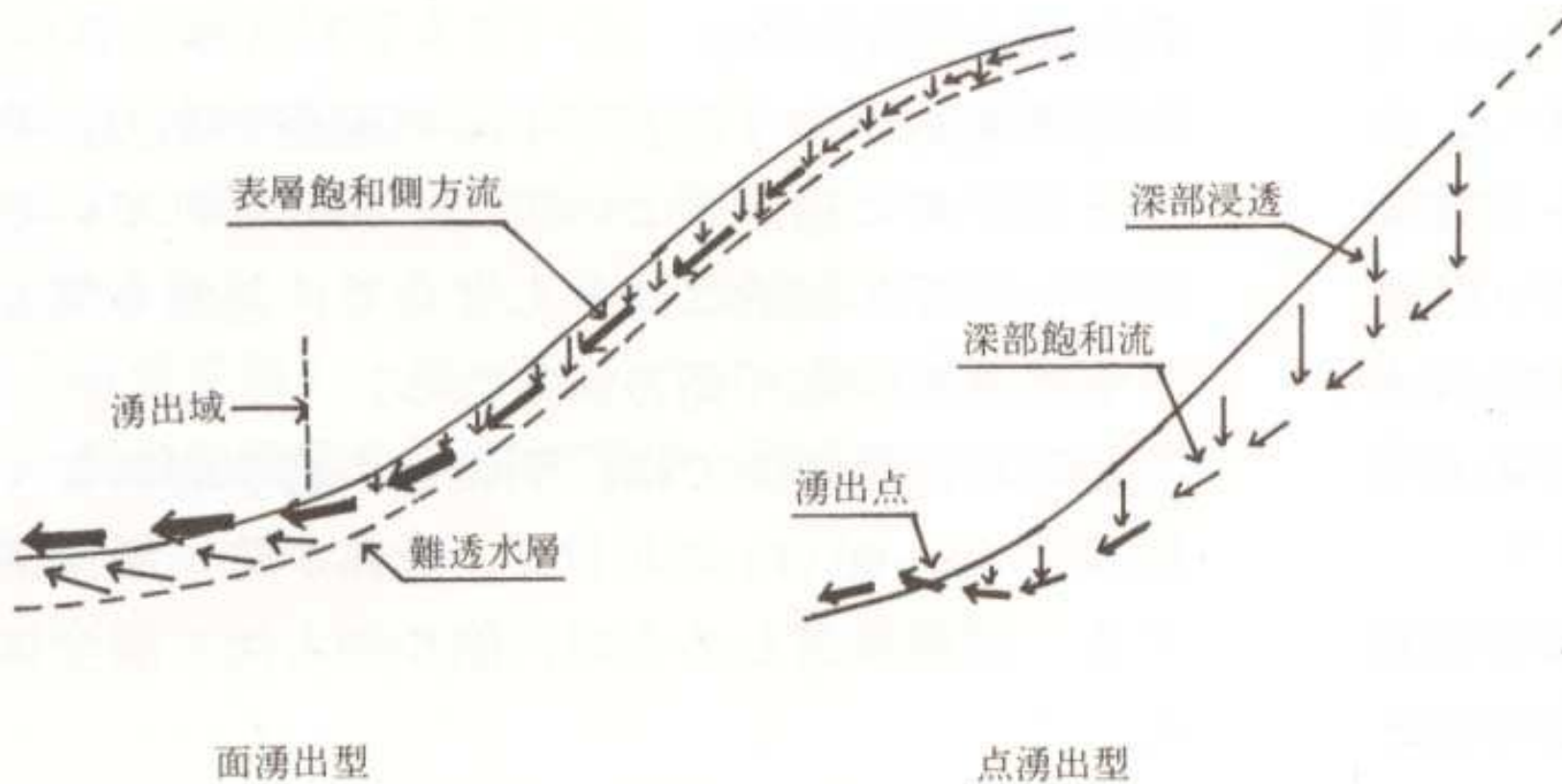


図 3.11

面湧出型
点湧出型

森林が雨水を地中に浸透させる 作用をどう評価するか

裸地と比較したとき、森林の浸透促進効果は非常に大きい(森林の機能の評価は「はげ山」を基準にするか、現状を基準にするか)

- ・不飽和地中流が地下水を涵養する

地下水の利用はそれより下流の地下水流出(最終的には河川への流出)に影響を与える

地表が他の土地利用でなく「森林」で覆われていることの意味は、森林が人工林であろうと天然林であろうと、重要である

今後の森林整備

森林の水源涵養機能発揮を重視した森林管理の必要性と可能性

1.新しい森林管理の原則

- ・ゾーニングによる森林の整備

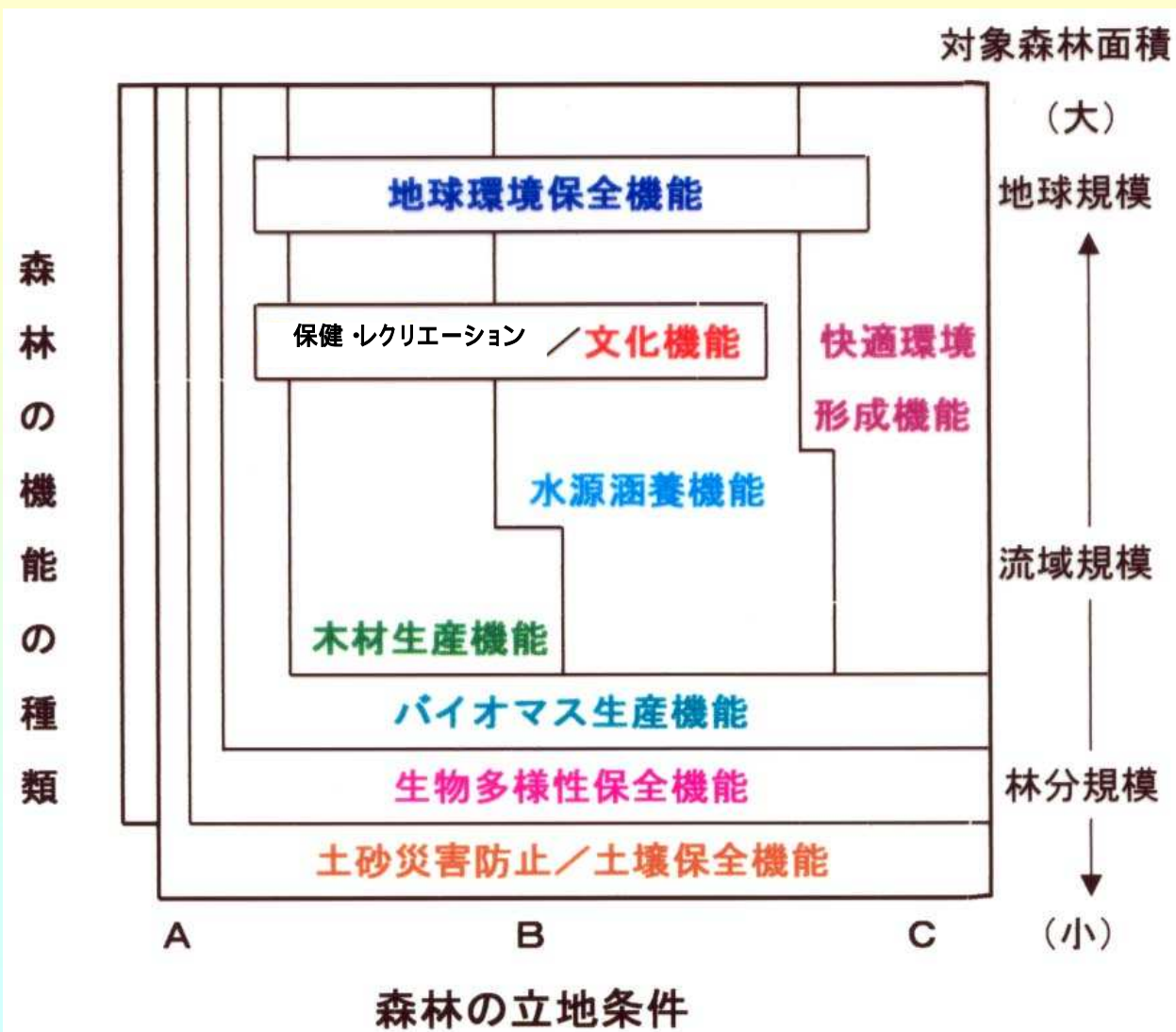
森林の多面的機能の特徴を考慮した、特に、森林の機能の階層性に注目した管理

2.水源涵養機能 / 水保全と山地災害防止機能 / 土壌保全を分離して管理する

3.水源涵養機能の発揮を重視する森林管理

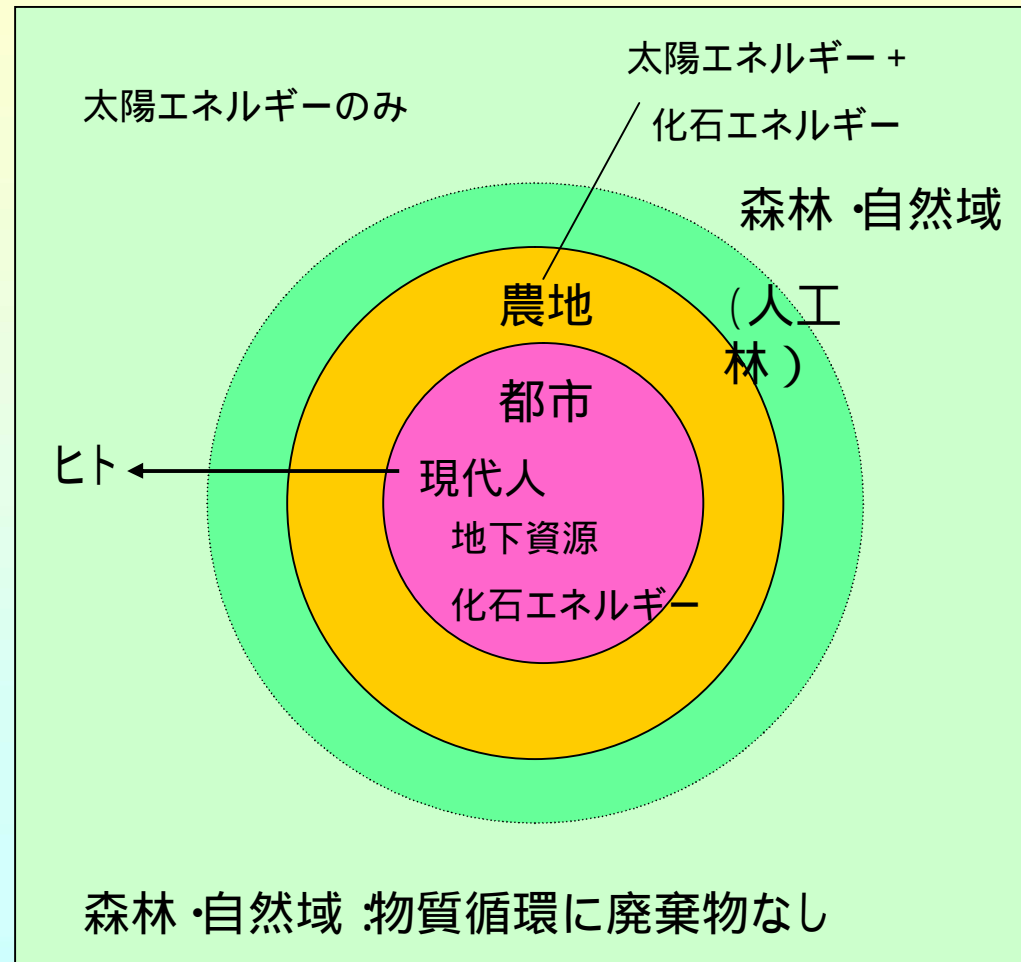
・葉量を制限する行為 (間伐や伐採) が有効 木材生産機能と両立可能

外部から持ち込まれる負荷を排除して水質を維持する



森林の機能の階層構造 (イメージ図)

都市と農地と森林・自然域



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