

第7回 森林の機能

水循環における森林の役割

近藤昭彦@環境リモートセンシング研究センター



森林の機能

人間が生活していく上で有益な森林の機能とは何か？

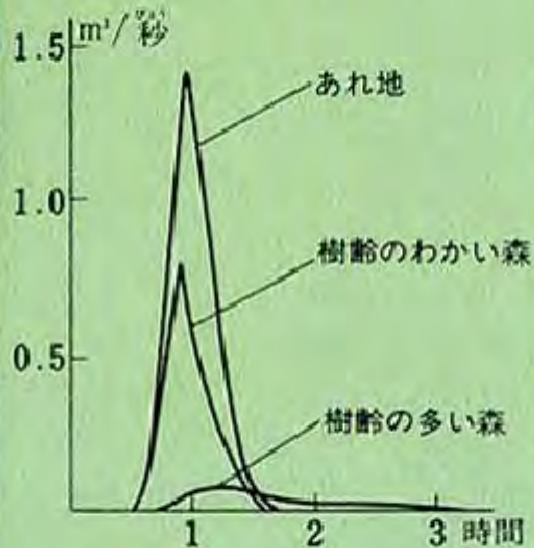
ここでは森林について理解を深めることを目的とする

注)ここでは機能として、水の流出に関わる機能について考える

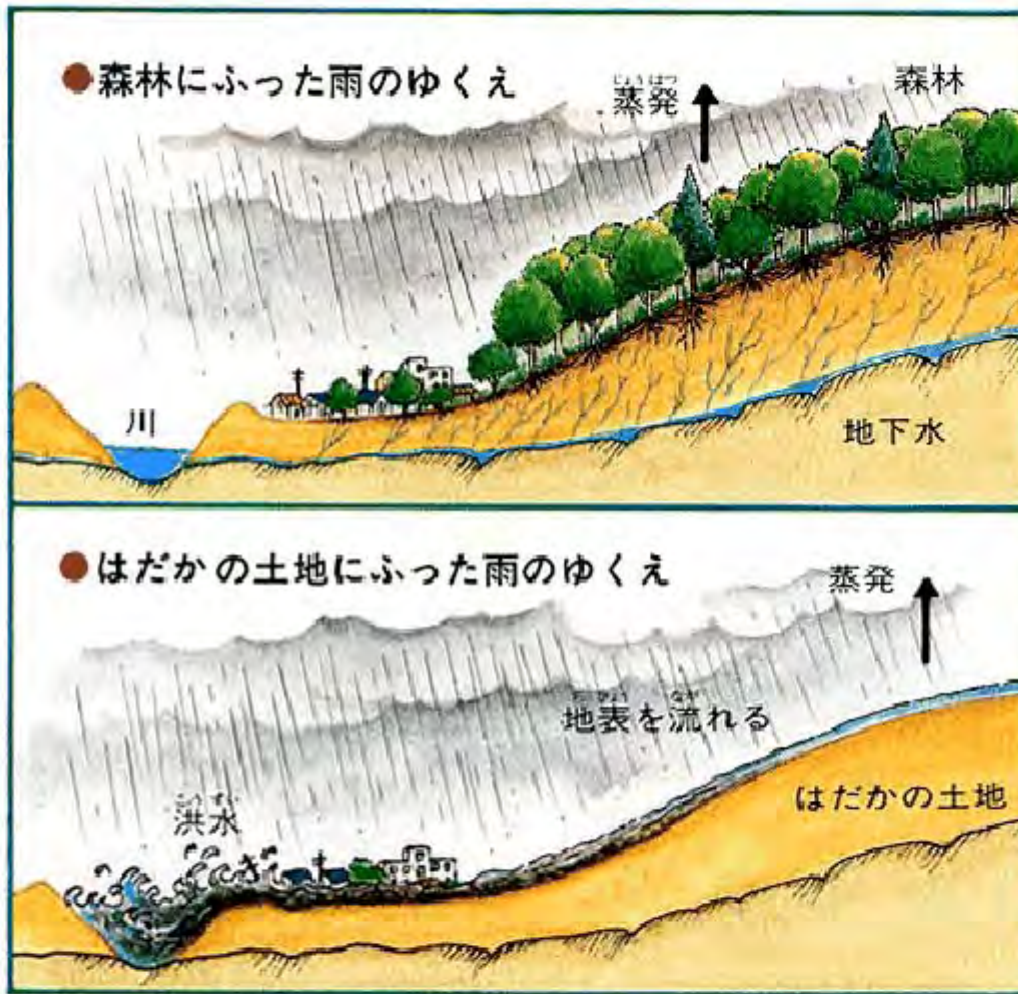
主要引用文献
「森林水文学」塚本良則編
文永堂出版

● 雨による流量の変化

アメリカでおこなわれた実験の結果です。樹齢の多い森をもつ地域では、水のでかたがゆるやかで、長時間にわたることがわかります。



NHK『森と人間の文化史』頁末良也著より



豊かな森林土壌

森林の働きについては一般的なコンセンサスが得られてきた
(ブナの森は緑のダム、太田 威著、あかね書房)



昭和33年市街地 (10%)
1958



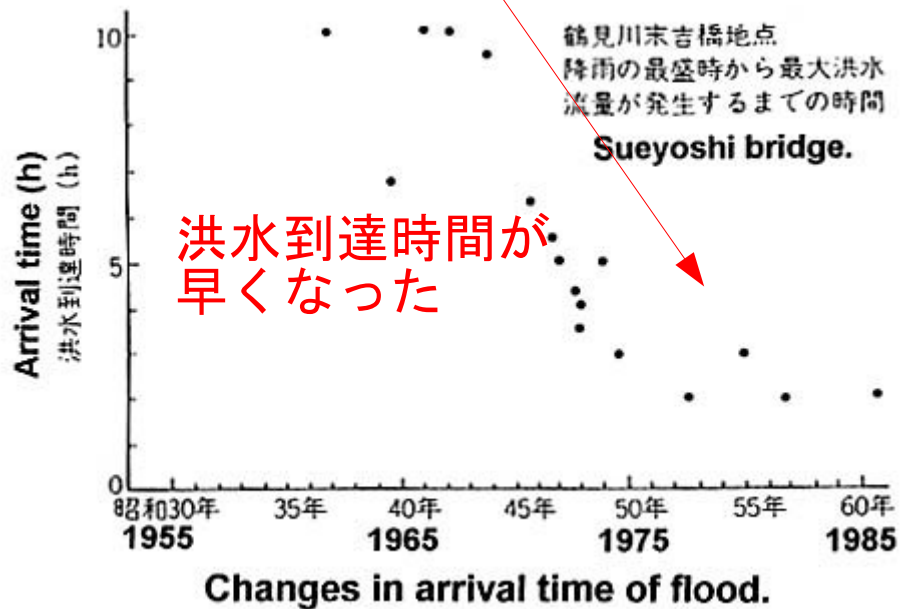
将来予想市街地 (80%)
Future Prospect

■ 既成市街地
□ 自然地

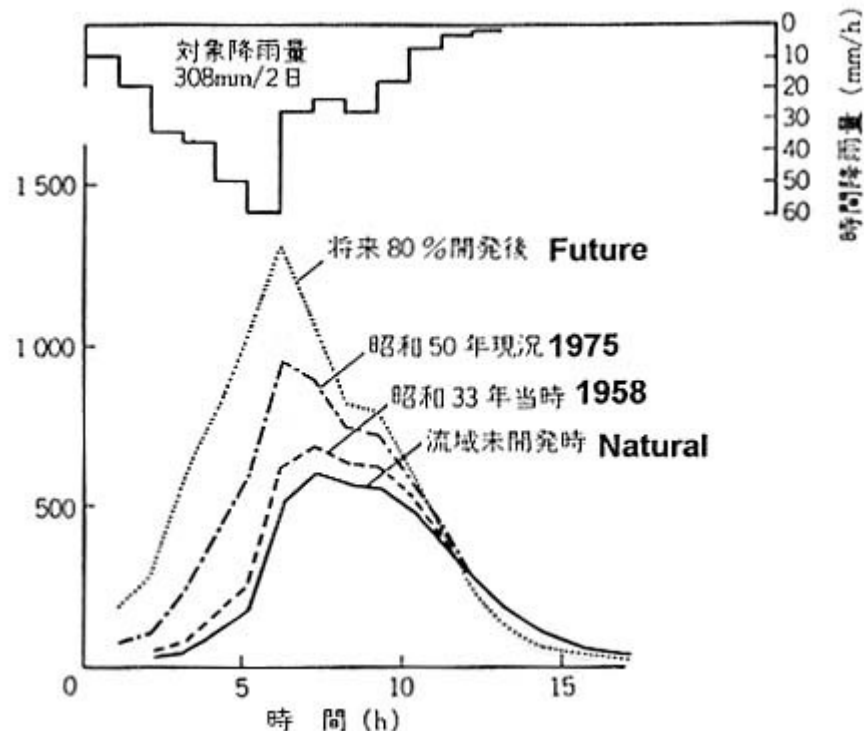


1975 昭和50年市街地 (60%)

極端な事例：都市化流域



ピーク流量が増えた



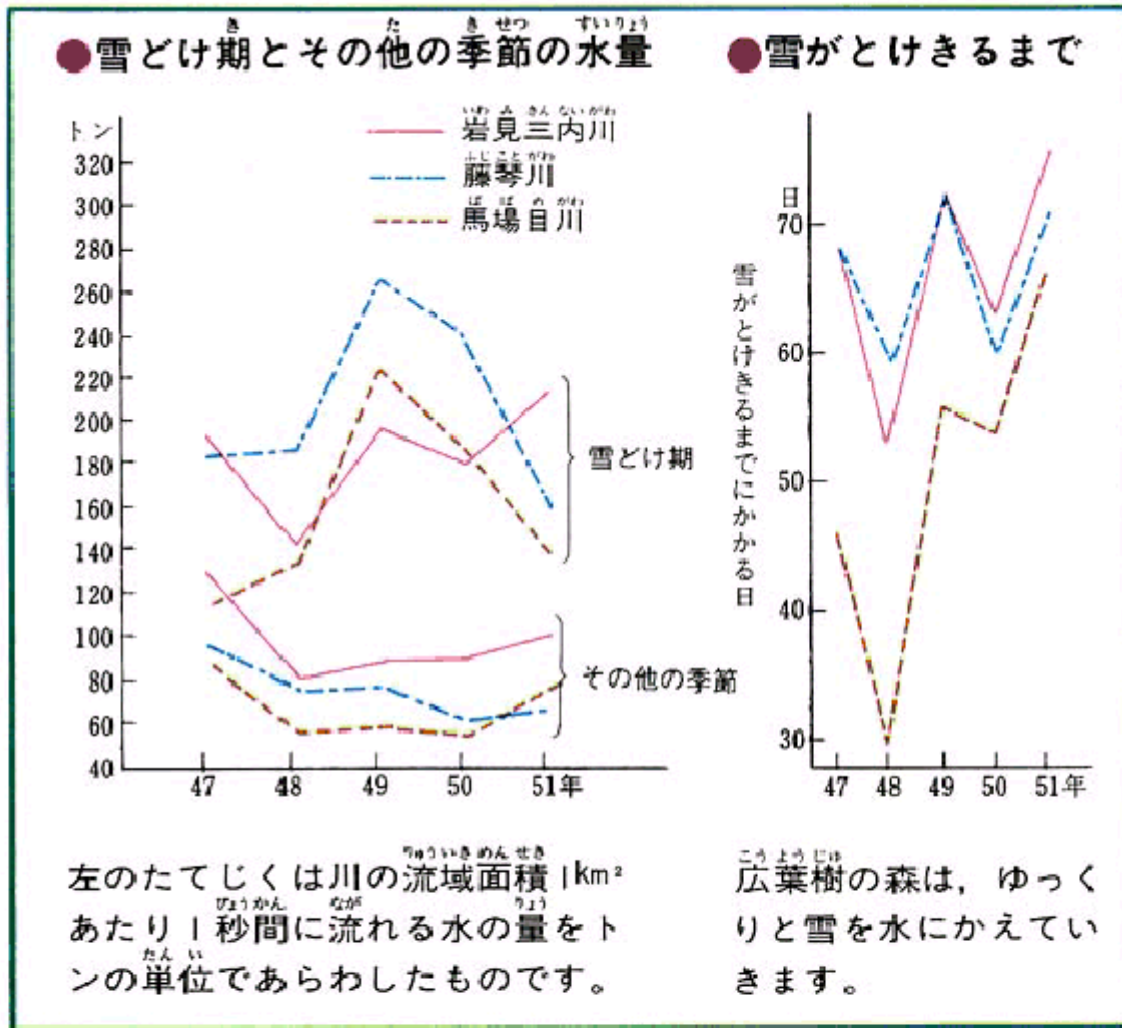
都市化による洪水のピーク流量の
増加、洪水到達時間の短縮



ブナ林に話をもどそう



三つの川の流域にある森
 岩見三内川…広葉樹80%(樹齢100年以上が中心) 針葉樹20%。
 藤琴川…広葉樹60%(樹齢100年以上が中心) 針葉樹40%。
 馬場目川…針葉樹70%(若い木が多い) 広葉樹30%。背たけの低い木が、森の約50%をしめている。
秋田県企画調整部「雪と水資源」より



広葉樹は水を作るか？

・岩見三内川では融雪出水が一気に出ることはなく、その後の季節にも水量を保っている
 (ブナの森は緑のダム、太田 威著、あかね書房)

生態学的に平衡状態に達した広葉樹林



...例えば、1994年、1995年の大洪水では、**放置したままの広葉樹の樹林**からは水が涸れているのに、**手をかけて育ててきた杉の森林**からは、それがわずか30年生の少年のような森林であっても、例年と変わりなくとうとうたる流れが保たれ、明暗を分けている...

(富山和子、”水と緑の国、日本”)

Sugi-Japanese cedars (Toyone Village, Aichi Prefecture)

The Japanese people and the cedar tree have a deep relationship and it was rice that brought them together. Cedar boards covered up the edges of paddy fields and rice-farming tools were made of cedar wood, as were the shiga that carried rice and the barns for rice-wine. Cedar trees are also planted to produce water. In 1991 Japan suffered a severe drought and farmers and others in many areas had cause to be grateful for the cedar woodland that has been planted since the year to forest water to use if needed.

杉
杉と日本人は木の神とさし
そのなかたちをしたのが米
水田を作るにも杉板を使い
米を作る道具も米を運ぶ船も
酒壺も杉
そして、火を作るための
薪林といえは
やはり杉であった
一九九四年日本中が
洪水に見舞われたが
戦後植えたこの人の杉が
どれほどに豊かな水を産出し、
私たちの
命綱にもなったことだろうか
(愛知県豊田町)

▲
杉林が水を育む... ブナは？

広葉樹か、針葉樹か？

そもそも、このような設問は適切か？



- ・扱っているのは”環境”
- ・環境とは多数の要素からなり、相互に関連があり、空間に配置されており、歴史によって形成される

多様性、関連性、空間性、歴史性

このような対象に対して科学的な議論を行うにはどのような観点が必要か：

- ・広葉樹... 自然林、里山の二次林、落葉広葉樹、常緑広葉樹、...
- ・針葉樹... 人工林、自然林、落葉針葉樹、常緑針葉樹、...
- ・どのような管理をされているか、生態学的に平衡状態にあるか、...
- ・歴史的経緯... 森林利用、林齢、崩壊の履歴、...
- ・空間... 地質、地形、気候

総合的な環境認識

- ・これが行われないと同じ対象に対して異なった結果を与えることさえあり得る
- ・環境問題には白黒で決着が付かない問題が多い “～の場合には～だが、～の時は～である”

環境問題をどう捉えたら良いか

多様性、関連性、空間性、歴史性

- ・間違った認識からは正しい対策は生まれない

モデルに代表される演繹的手法は境界条件、初期条件を仮定する必要がある → 与えられた条件に対して答えは一つ

- ・正しい、境界条件、初期条件は総合的な環境認識から生まれる

みんな、外に出よう！ 野外科学の勧め

近代林学の誕生

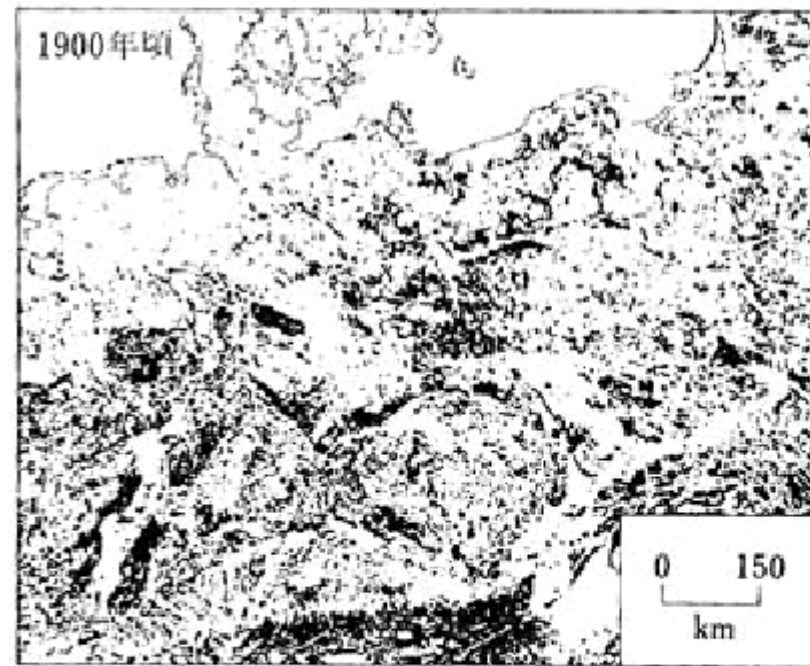
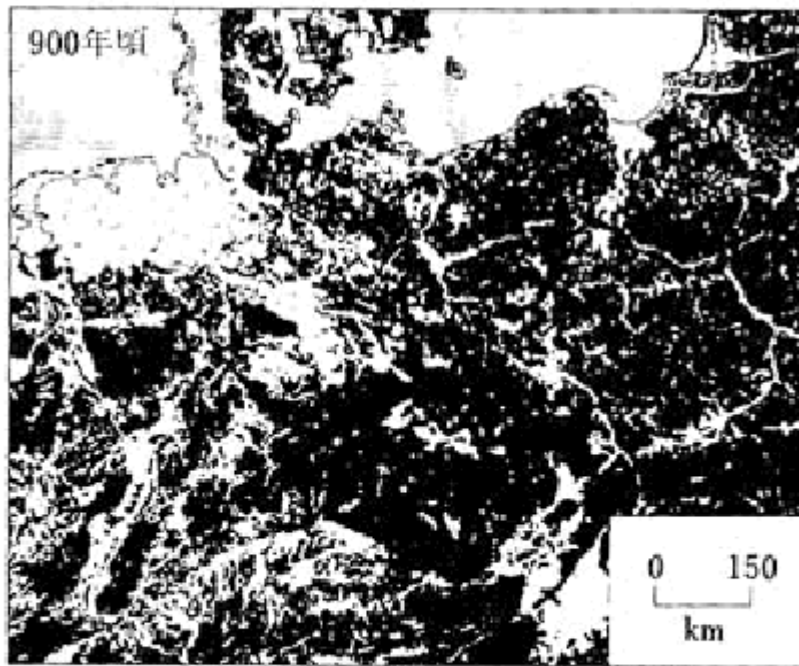
■概説

a. 森林保全の重要性

なぜ森林を保全するか？

人間の歴史は森林破壊の歴史 → 環境考古学、文明と環境、気候と文明

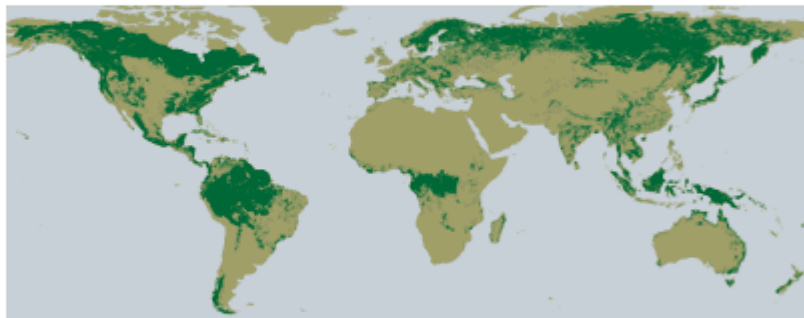
- ・19世紀の終わり頃にヨーロッパで反省の機運
- ・近代林学の発展を促し、日本、アメリカに波及



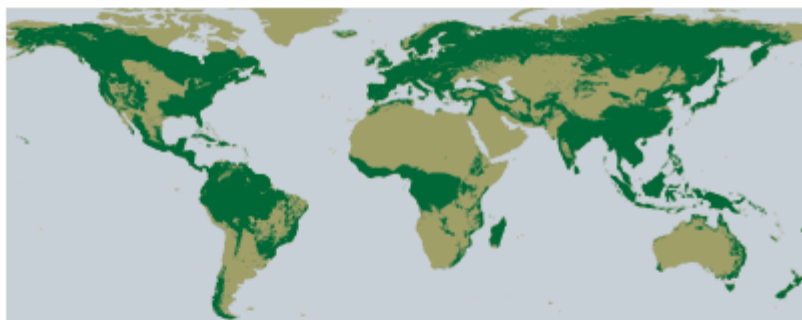
ヨーロッパの900年頃の森の分布（左）と1900年頃の森の分布（右）(Darby, 1956)

Global Forest Watch

<http://www.globalforestwatch.org/>



現在の森林被覆



人間活動が無かった場合の森林被覆



現在残されている自然林

世界の森林分布

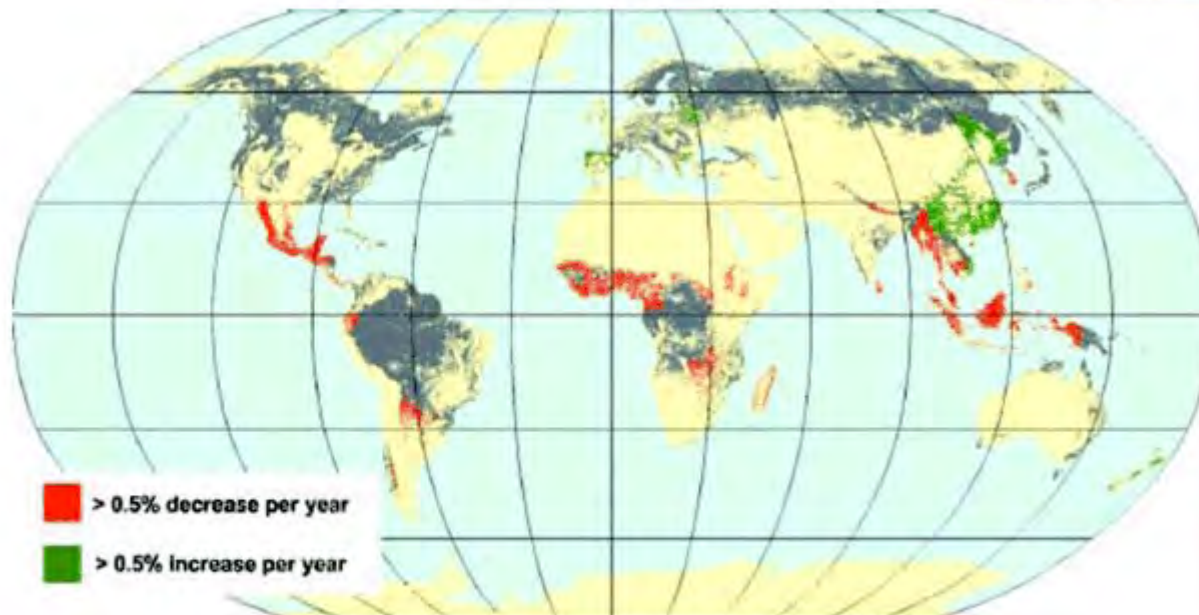
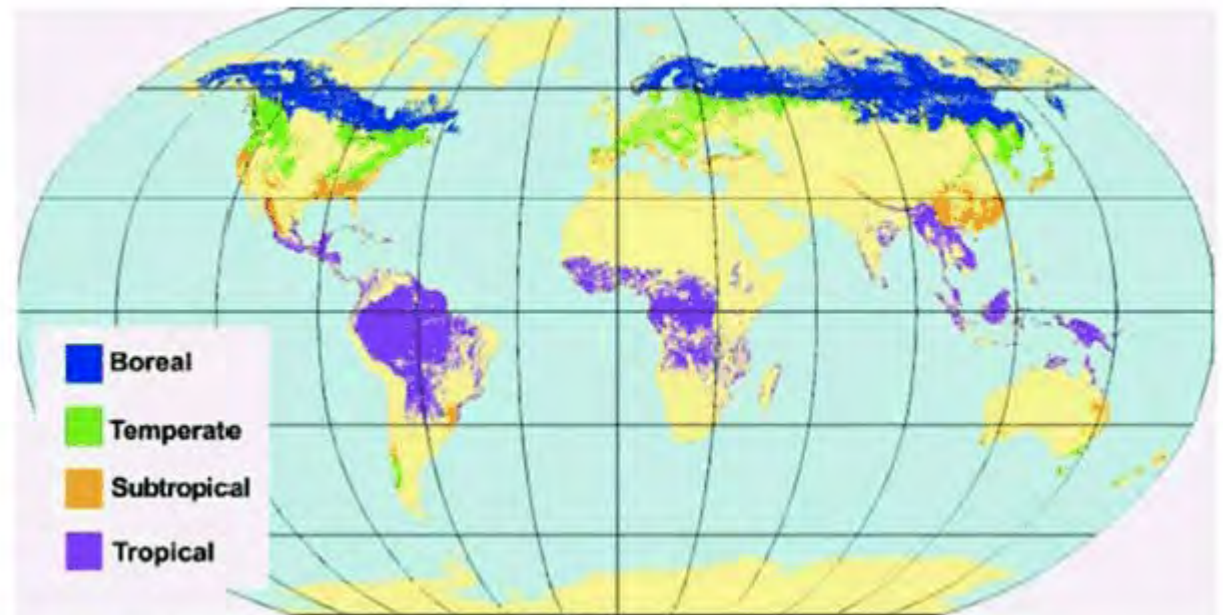
Global Forest Resources
Assessment 2000

[http://www.fao.org/DOCREP/
004/Y1997E/Y1997E00.HTM](http://www.fao.org/DOCREP/004/Y1997E/Y1997E00.HTM)

日本語版あり

「世界森林白書2000」農文協

地球全体として森林は減っ
ているが、中緯度では増え
ている国も多い



それ以上に、熱帯雨林の減
少が大きいので、全体とし
て減っている

ただし、森林の定義の問題
もある

森林面積の変化

森林の再生、保全に対して近代林学が出した答え

森林と土壌は与えられた気候条件における定常状態に向かって発達
よって、”森林・土壌を生態学的定常状態に保持すること”、が重要

保全のプライオリティー

- 1) 土壌の保全
- 2) 森林の保全
- 3) 水保全



森林・土壌・水は一つのシステムを構成する

- ・緑化の手順としては上記の順
- ・実際には相互に関連する
- ・環境の本質

この順序を無視すると、すべてを失う！？

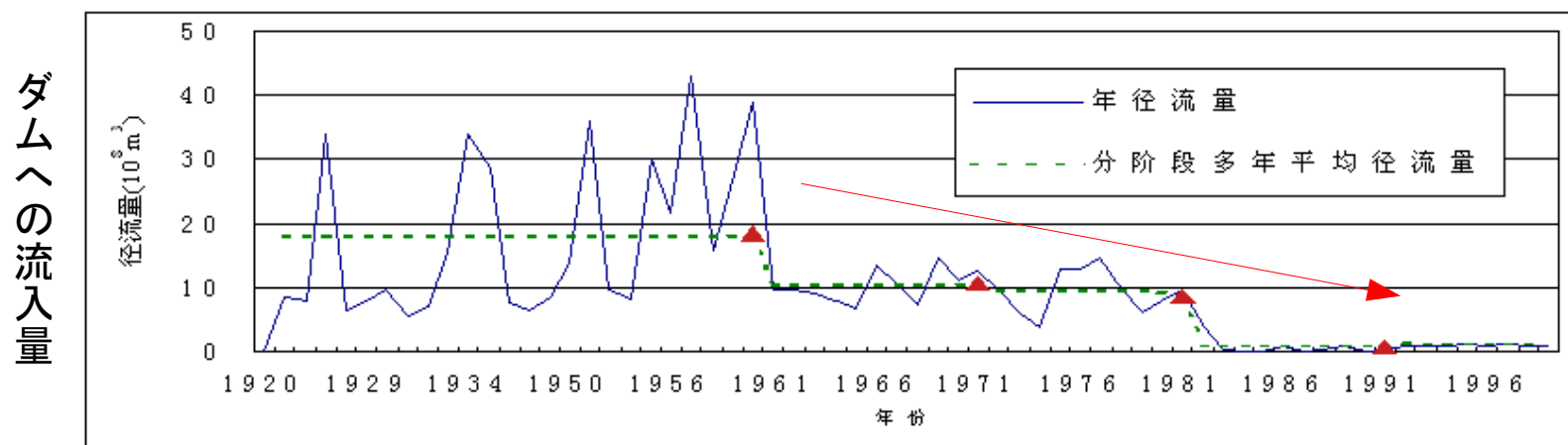


● 燕山山地 —北京の水源林—

密雲水庫への流入量減少 —流域の植生変動—

● 仮説

- 退耕環林政策による植生の増加
- 蒸発散量の増加
- 流入量の減少

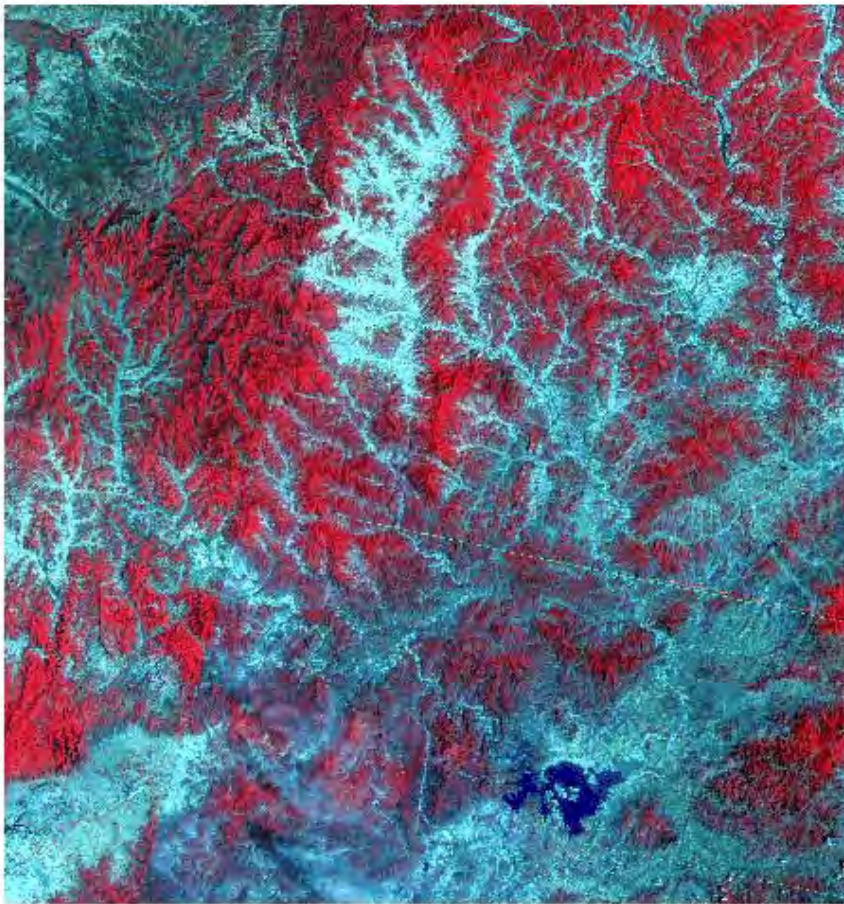


Five Periods of Annual Runoff in Chaobaihe River

1970年代から最近の密雲水庫流域の衛星画像

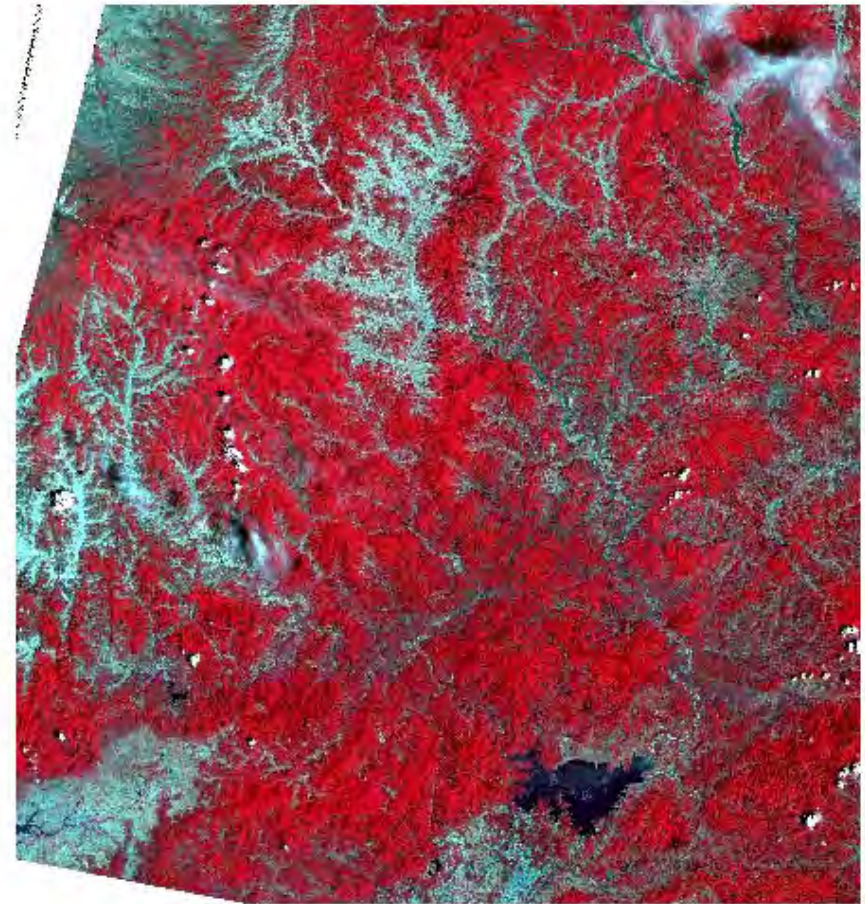
MSS(1975)とETM+ (1999年)

(植生を赤く表示するフォールスカラー画像)



1975年6月

<25年>



1999年6月

確かに、植生は回復しているように見える **Great Green Wall**

● 流入量減少の理由はなにか

- ・ 森林の蒸散による損失量の増加
- ・ 流域における水利用の増加
- ・ 気候変動



(燕山における植林の成果)

注意 植林→水資源の減少ではない **短絡的に考えてはいけない、科学的思考方法を身につけよう！**

- ① ひらめき 検証すべき仮説の発見
- ② 仮説の検証 適切な手法、データはあるか
- ③ 結論 ②の結果によってこう考えざるを得ないと結論付けられた仮説

①の段階と③の段階を区別しよう！
これができてこそ大学を卒業する意味がある

環境問題は危機を煽ることによって一般に重要性を認識させるという面もあるが、観測事実なのか、悲観的な仮説なのか、十分考察する必要があるだろう。ただし、地球温暖化はその影響が未知の段階で、世界的コンセンサスのもとで対策が講じられることになった特殊な環境問題

参考) 森林の回復と水資源 — 林学の成果 —

① 土壌の保全

- ・ 初期の段階では土壌保全を最優先させる
- ・ 樹木の活着をはかる

降水を吸収し、ゆっくり流出させる緑のダム機能を持つ森林土壌の発達を最優先させる

燕山はこの段階にあると思われる

② 森林の保全

- ・ 樹木の生長

この段階では樹木の蒸発散によって水資源は減少

③ 水保全

- ・ 十分に土壌が発達し、森林が成立した段階で、枝打ち、間伐といった森林施行により水保全をはかることができる

この段階で森林の持つ機能（水源涵養機能、気候緩和機能）を最大限に享受することができる

日本は③の段階にある

周辺諸科学の成果を知ることが必要



...例えば、1994年、1995年の大洪水では、**放置したままの広葉樹の樹林**からは水が涸れているのに、**手をかけて育ててきた杉の森林**からは、それがわずか30年生の少年のような森林であっても、例年と変わりなくとうとうたる流れが保たれ、明暗を分けている...
 (富山和子、"水と緑の国、日本")

Sugi-Japanese cedars (Toyone Village, Aichi Prefecture)
 The Japanese people and the cedar tree have a deep relationship and it was rice that brought them together. Cedar boards covered up the edges of paddy fields and rice-farming tools were made of cedar wood, as were the shita that carried rice and the barrels for rice wine. Cedar trees are also planted to produce water. In 1991 Japan suffered a severe drought and farmers and others in many areas had cause to be grateful for the cedar woodlands that had been planted since the year to forest water to use it as needed.

杉
 杉と日本人は深い仲だし、そのなかたちをしたのが米水田を作るにも杉板を使い、米を作る道具も米を運ぶ船も酒壺も杉。そして、火を作るための薪林といえはやはり杉であった。一九九四年日本中大洪水に見舞われたが、戦後植えたこの人の杉が、どれほどに豊かな水を産出し、私たちが命綱にもなったことだろうか。(愛知県豊田町)

杉の形に注意、枝打ち、間伐がしっかり行われている



科学の成果

■. 森林の変化が長期流出に与える影響

長期流出: 時間単位が年または季節程度の長期間の流出

時間がかかる、ボトムアップ型科学

長期流出に影響する因子

- ・蒸発: 量に影響
- ・他の要因: 流出の時間遅れに関係、流出の時間配分

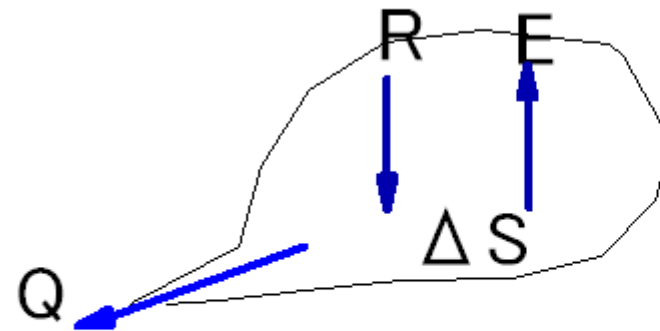
短期流出 (時間、日単位) では流出の時間遅れが重要

以下では、森林の変化が地上部のみで、土壌に変化が及ばないケースを扱う

(1) 流出量変化の評価法

流域を単位とする水収支式:

$$R=Q+E+\Delta S$$



ここで、R:降水量、Q:流出量、E:蒸発散量、ΔS:期間前後の貯留量差

流域貯留量:

土壌水分としての不飽和流と斜面下部の山脚部に見られる飽和流で構成

- ・降雨分布が毎年類似していると、年間の同時期では $\Delta S \doteq 0$
- ・長期間では ΔS はゼロと見なせる

よって、 $R=Q+E$ によって森林の変化の影響を評価 $\rightarrow E=R-Q$

Eをどのように評価するか

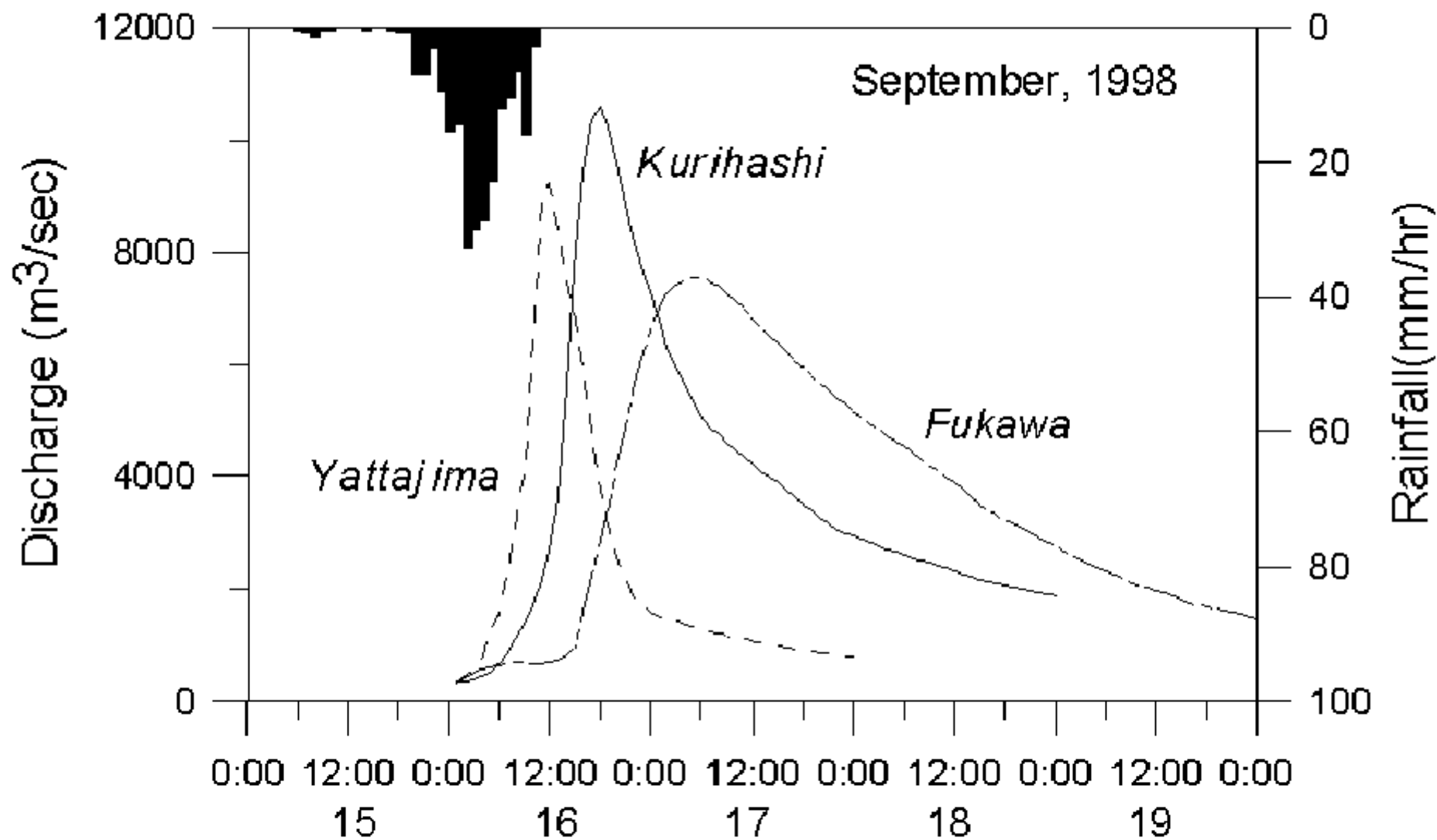
- ・微気象学的方法
- ・水収支法 \rightarrow 小流域試験

小流域試験の方法

対照流域法: 森林処理前に二つの並行した小流域で降雨量と流出量を測定し、両者の関係を正確に求めた後に、片方を処理

その他: 処理前後の流出特性を比較する

ハイドログラフ



ハイドログラフ

- ・横軸に時間、縦軸に流量をとり、河川流量の時間変化を表したグラフ

(2) 小流域試験の代表例

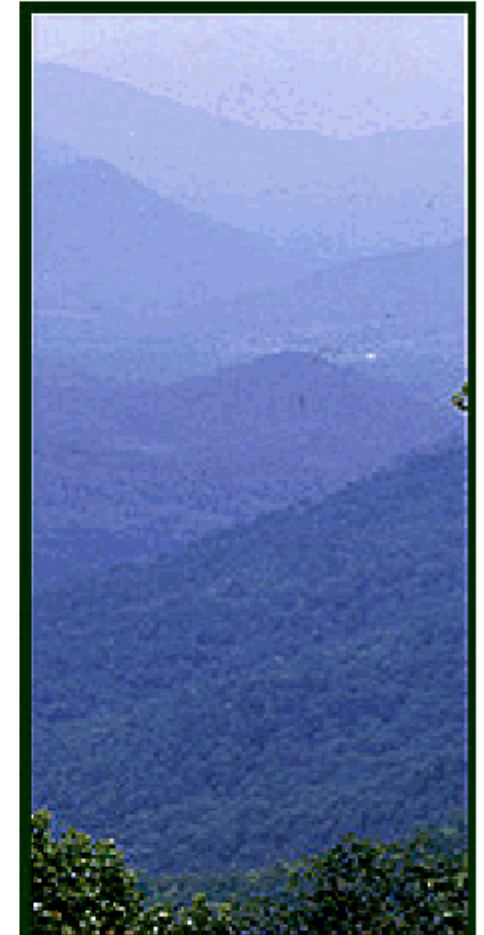
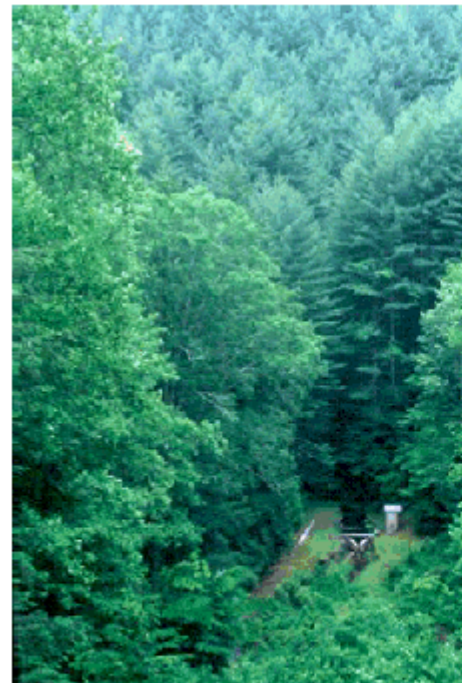
アメリカ南東部アパラチア山系にあるCoweeta試験地

- ・日本とほぼ同じ緯度
- ・平均降雨量 1775mm(1939～1953年)
- ・平均流出量 925mm
- ・平均蒸発量 825mm

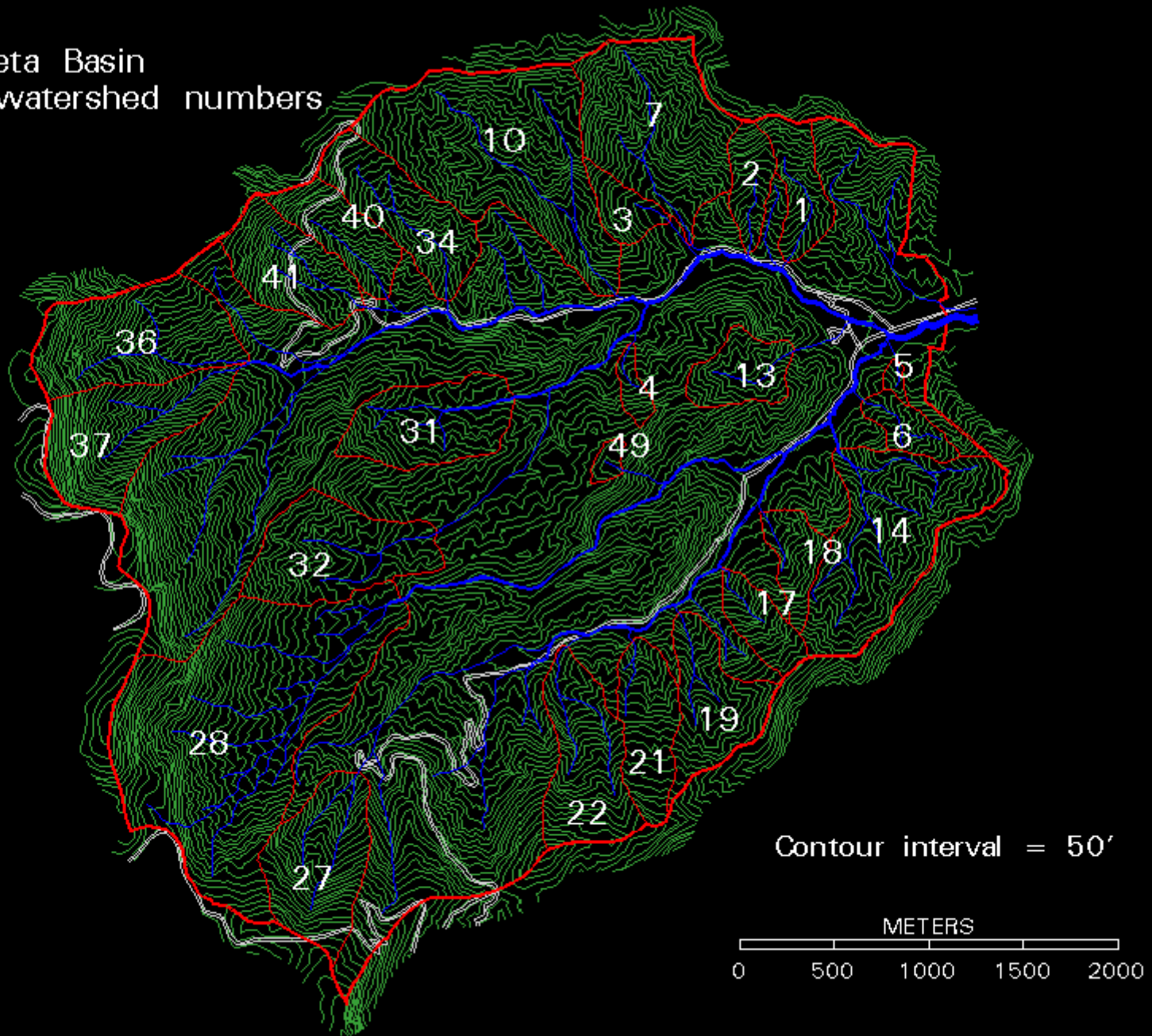
ただし、年間の降雨分布はほぼ一様

ここで、どのような観測が行われてきたか、解説をしよう！

積上型の地道な研究の重要性を理解してください

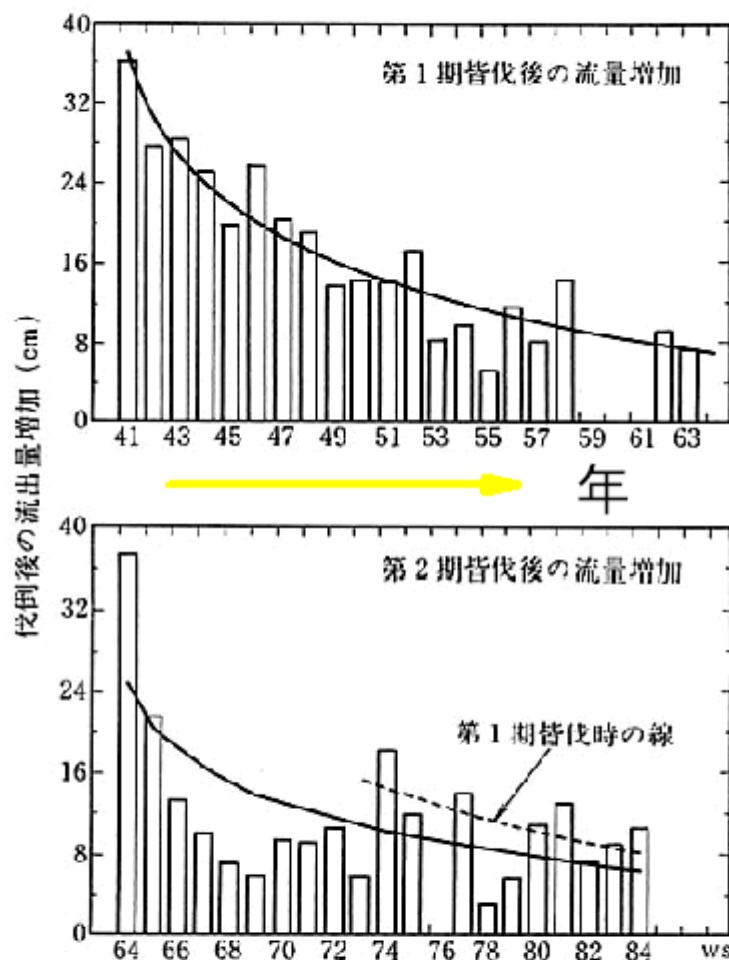


Coweeta Basin
with watershed numbers



ここで、様々な歴史的な研究が行われてきた

a. 広葉樹を伐倒し、そのまま放置したときの年流出量変化



- ・伐倒初年度の流出量増加 370mm (降雨の20%、森林状態の時の蒸発散量の44%)

- ・伐倒により森林の蒸発は皆無、代わって成長した下草の蒸散と地面蒸発が増加

- ・伐倒後、流出量の増加は指数関数的に減少

- ・増加は20年も続く

- ・23年後に再生林を伐倒すると全く同僚の流量増加が見られる

森林を除去すると流量は増える

図133 1940年に広葉樹の壮齢林を皆伐してそのまま放置したときの年流出増加量の経年変化(第1期皆伐)と同一流域に再生林が形成された23年後の1963年に再度皆伐したときの年流出増加量の経年変化(第2期皆伐)(W. T. Swankら, 1988による). NO. 13流域 (40 acre).

実験期間に注意!

b. 広葉樹林を針葉樹林に変えたときの年流出量変化

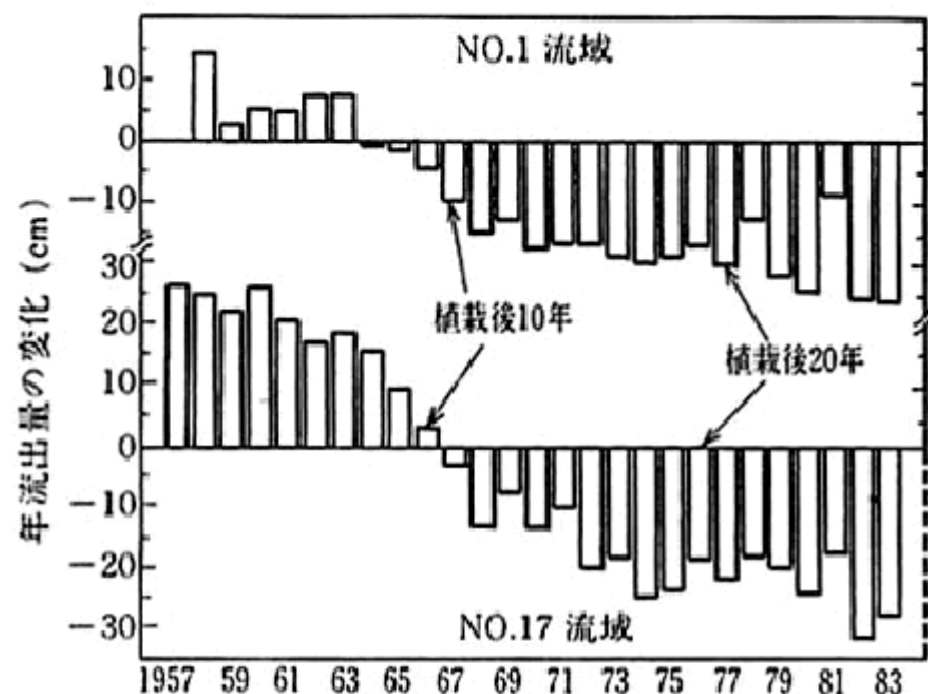


図134 広葉樹木を伐倒し、その後マツ (White pine) を植栽したときの年流出量の経年変化 (W. T. Swank ら, 1988による)

マツ植栽以後の傾向。広葉樹林のときを基準 (0) として記載されている。NO.1 流域は南向き斜面、NO.17 流域は北向き斜面。

針葉樹に変えると流量は減少

- ・(落葉)広葉樹を伐倒し、その後、再生樹の伐倒を繰り返し、最後に松(white pine)を植栽

- ・再生樹の刈り払いを行うと、約300mm弱の流量増加

- ・松の生長に伴い、流量減少

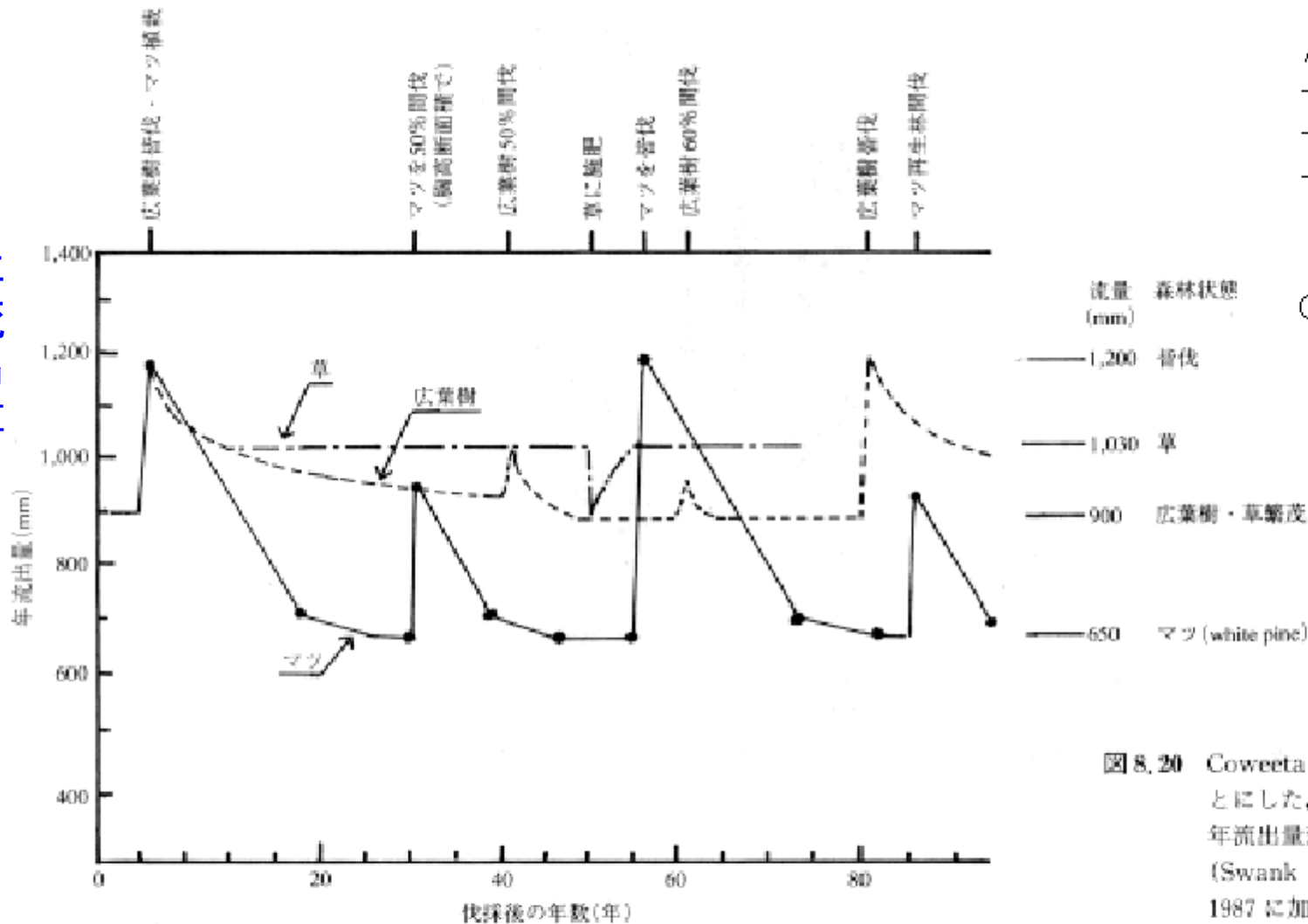
- ・松が鬱閉して10年経過すると広葉樹の時より200mm弱の流量減少

- 針葉樹が広葉樹より蒸発散量が大きい

- 針葉樹の葉量が大きく、遮断量が大いこと、蒸散の期間が長い

(土壌の変化がないという点を忘れるな)

年流出量



広葉樹林皆伐
→ 広葉樹の再生林 → 間伐
→ white pine 植栽 → 間伐
→ 草地

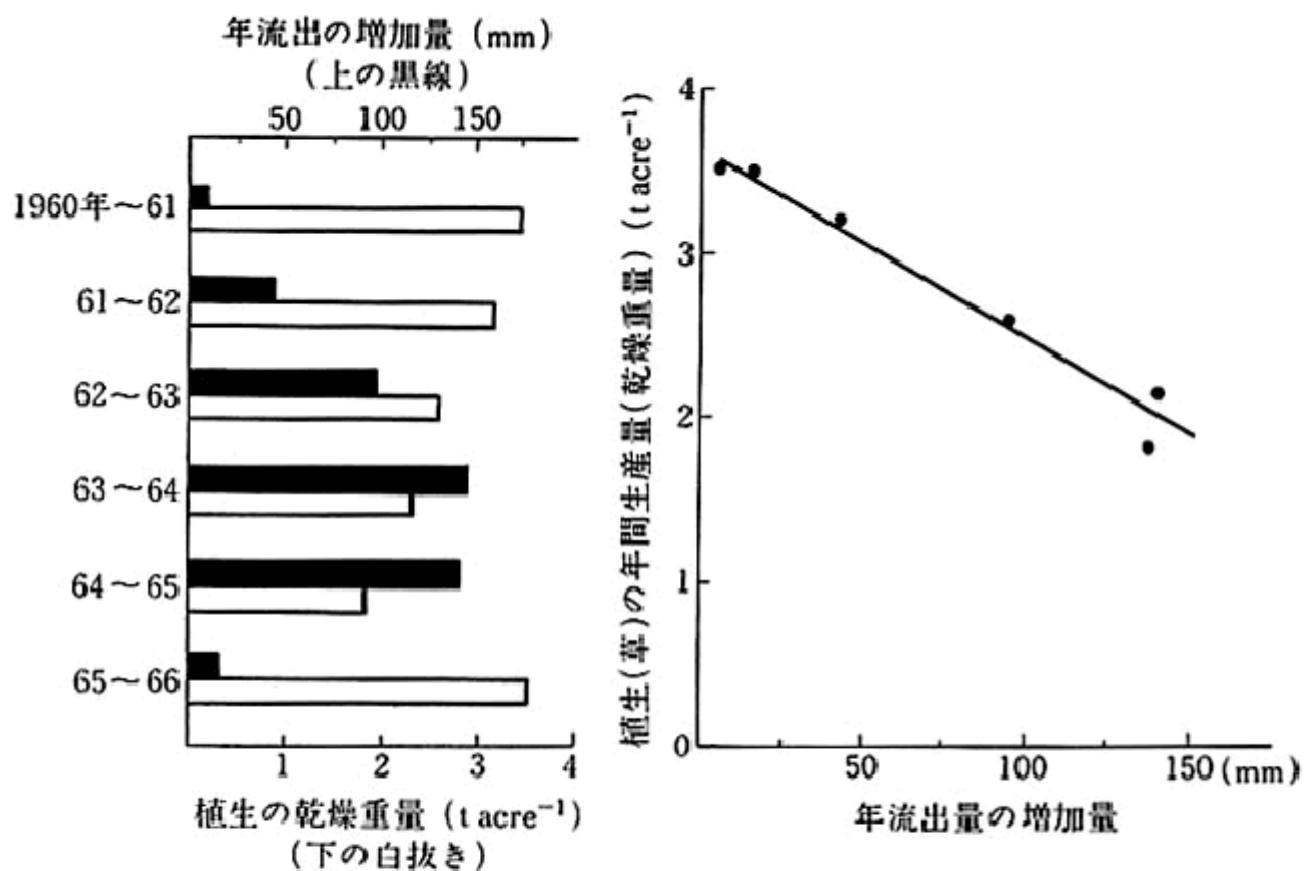
Coweetaは冬降水も多い
→ LAIの影響大

図 8.20 Coweeta の長期実験をもとにした、森林施業による年流出量変化の予測 (Swank and Crossley, 1987 に加筆)

伐採後の年数 →

■ 広葉樹林を皆伐し、他の樹種に変換したときの流量変化

c. 広葉樹林を草地に変えたときの年流出量変化



・広葉樹林を伐倒・焼き払い、表土を掘り返し、**十分施肥**を行い、牧草を播いた

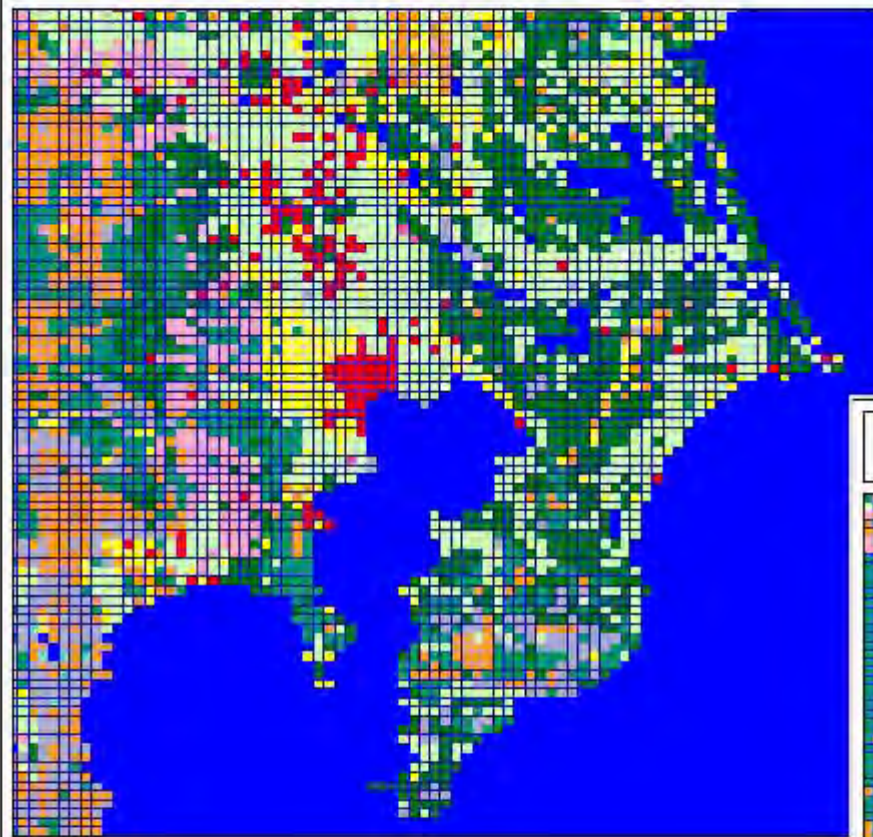
・草が最も旺盛に繁茂した初年度は草地の蒸発散量は広葉樹とほぼ同一

・肥料分が減少して、草の生産量が減ると流量は増加

図135 広葉樹伐倒後に導入した草の年間生産量と年流出量増加分の変化
(Douglas, J. E. & Swank, W. T., 1975より図化)

草地だって最初は元気がいいよ、肥料さえあればバンバン光合成します!

Landuse Map in Meiji-Taisho Era



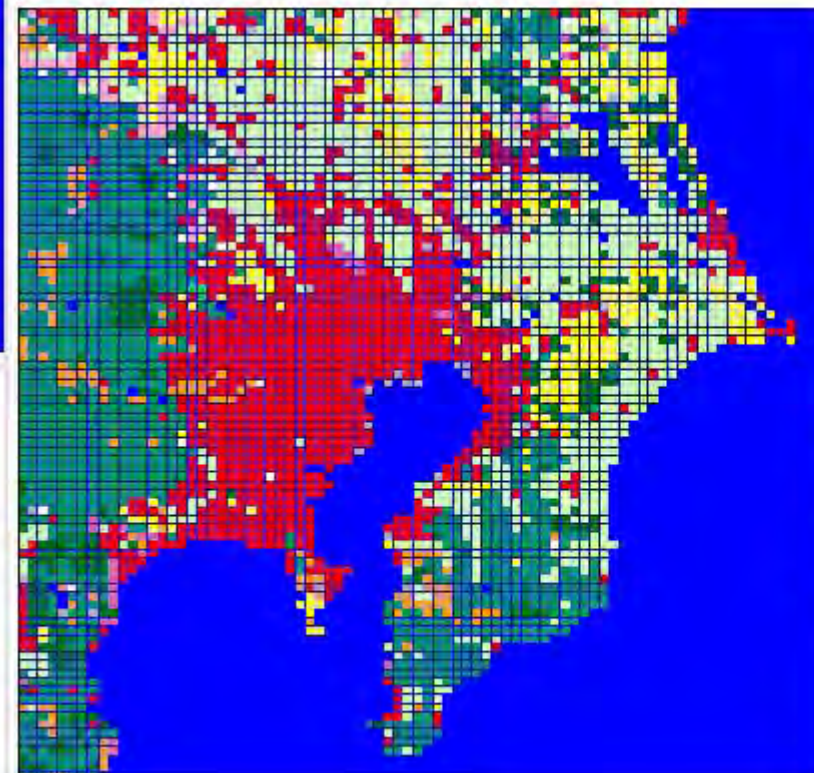
Legend

Blue	Sea
Light Green	Paddy 1
Medium Green	Paddy 2
Dark Green	Paddy 3
Yellow	Cropland/Grassland
Orange	Grassland
Light Orange	Deciduous forest
Dark Green	Coniferous forest
Medium Green	Mixed forest
Red	Urban area
Pink	Orchard 1

明治・大正期と平成の千葉県周辺の土地利用

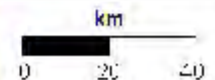
- ・都市域の拡大
- ・水田の減少
- ・台地部で針葉樹の減少、畑の拡大

Landuse Map in Heisei Era



Legend

Blue	Sea
Light Green	Paddy 1
Medium Green	Paddy 2
Dark Green	Paddy 3
Yellow	Cropland/Grassland
Orange	Grassland
Light Orange	Deciduous forest
Dark Green	Coniferous forest
Medium Green	Mixed forest
Red	Urban area
Pink	Orchard 1
Pink	Orchard 2
Light Green	Mulberry
Green	Tea garden
Grey	Waste land
Blue	River
Dark Blue	Lake
Teal	Bamboo
White	Other use



- ・広葉樹林の減少
- ・桑畑の減少
- ・荒地(茅場)の減少

先週紹介した図

d. 森林伐採が年蒸発散量変化に及ぼす斜面方位の影響

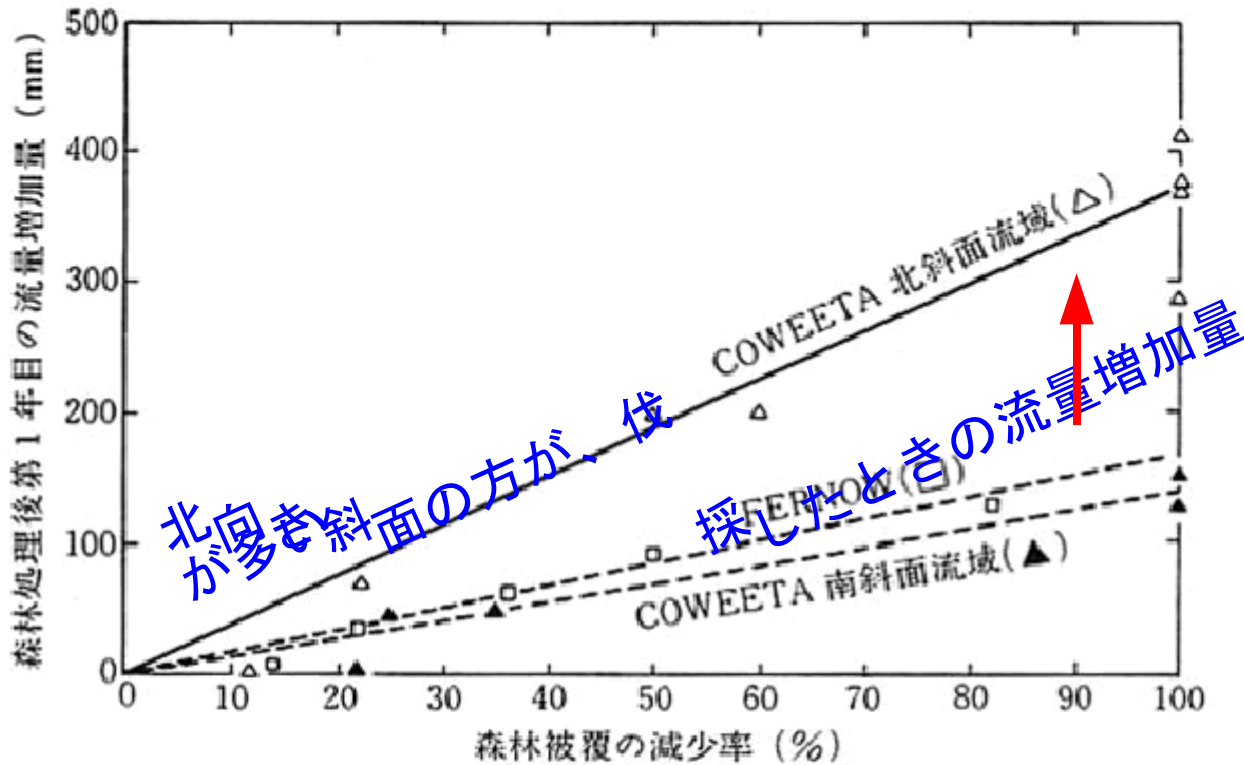


図136 森林の伐採率と年流量増加の関係を小流域の方位向きにプロット

その関係は流域の方位をパラメータとして直線で表される

図136 森林伐採率と第1年目の年流出量増加の関係 (Fernow はアメリカ Virginia州の森林水文試験地)(Hibbert, A. R., 1967)

・南向き斜面では、伐採により森林の蒸散が無くなっても蒸発散総量は変化が
少ない

→地面蒸発に相当する部分が蒸散の減少を補っている

(土壌の状態は変化させていない点に注意)

自然現象は気がつく、気がつかないに関わらず全ての要素が関連しあっている

e. 森林伐採が月流出量に与える影響

夏の影響が冬に！

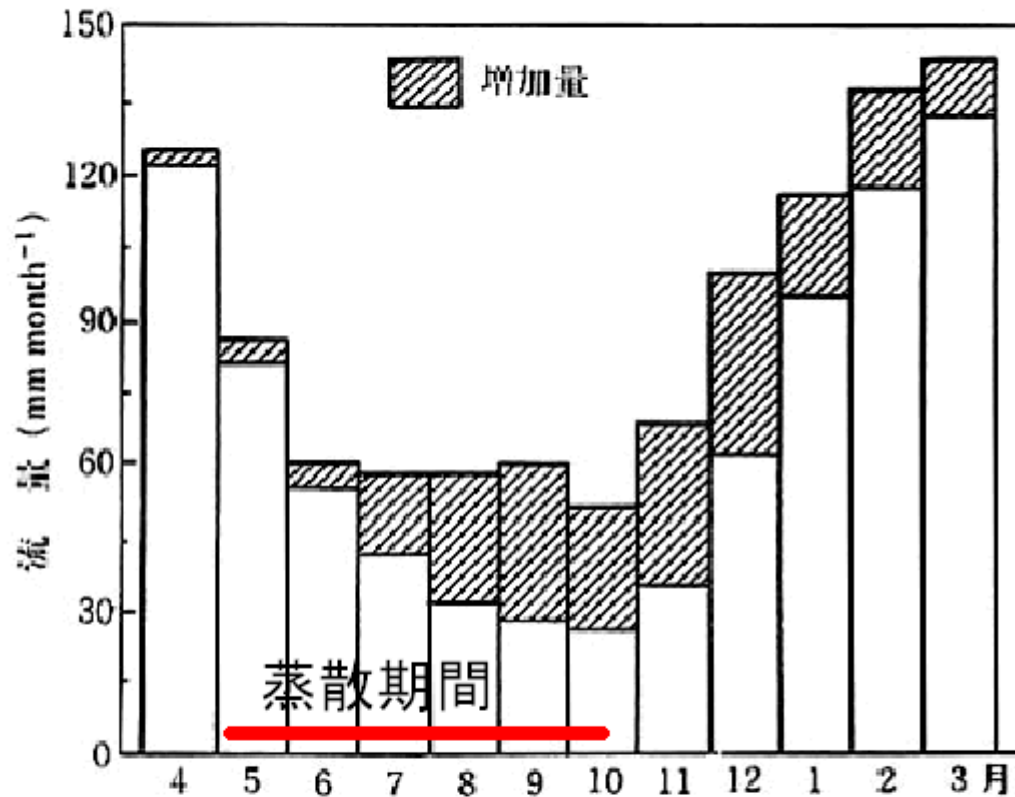


図137 対照流域法により、森林伐採とその後の再生樹刈り払いによる月流出量増加の7年間の平均値

- ・流量の増加は7月から大きくなり、11, 12月を最高として3月まで続く
- ・Coweetaでは5月初旬から10月中旬が蒸散期間

図137 森林伐採後の月流出の平均増加量 (Swankら, 1988)

- ・蒸発散最盛期と流出量増加の発生には3ヶ月の遅れ
→ 地中流の流出の遅れが、この小流域では3ヶ月程度

森林土壌の機能

Coweeta試験地の斜面に設置された大型ライシメータ（長さ61m、幅1.4m、深さ2.1m）

①5月に無植生状態で十分飽和させた後、ビニールシートで蒸発抑制

このサイズの土層でも、90日以上にわたって流出を継続させる効果がある

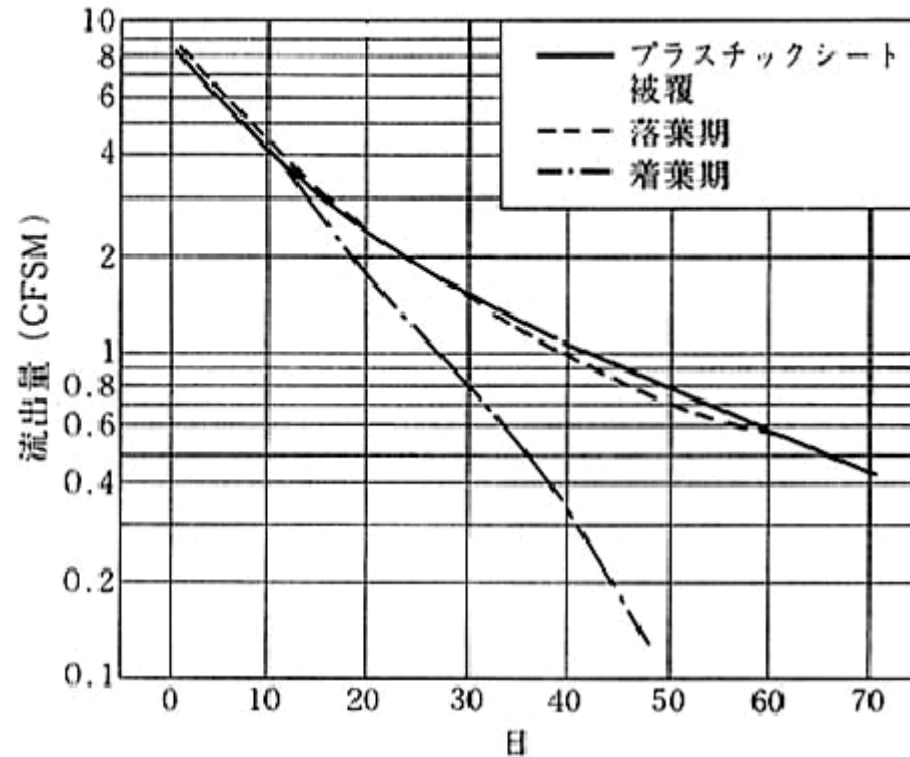


図143 Coweetaの大型ライシメータからの地下水流出曲線
CFSM : $\text{ft}^3 \text{s}^{-1} \text{mile}^{-2}$

②牧草を植栽して数年流出を観測したときの地下水流出逓減曲線

- ・冬は蒸発散の影響はほとんど無い
- ・夏期は無効雨期間が20日を越えると表層は著しく乾燥し、流出を抑制

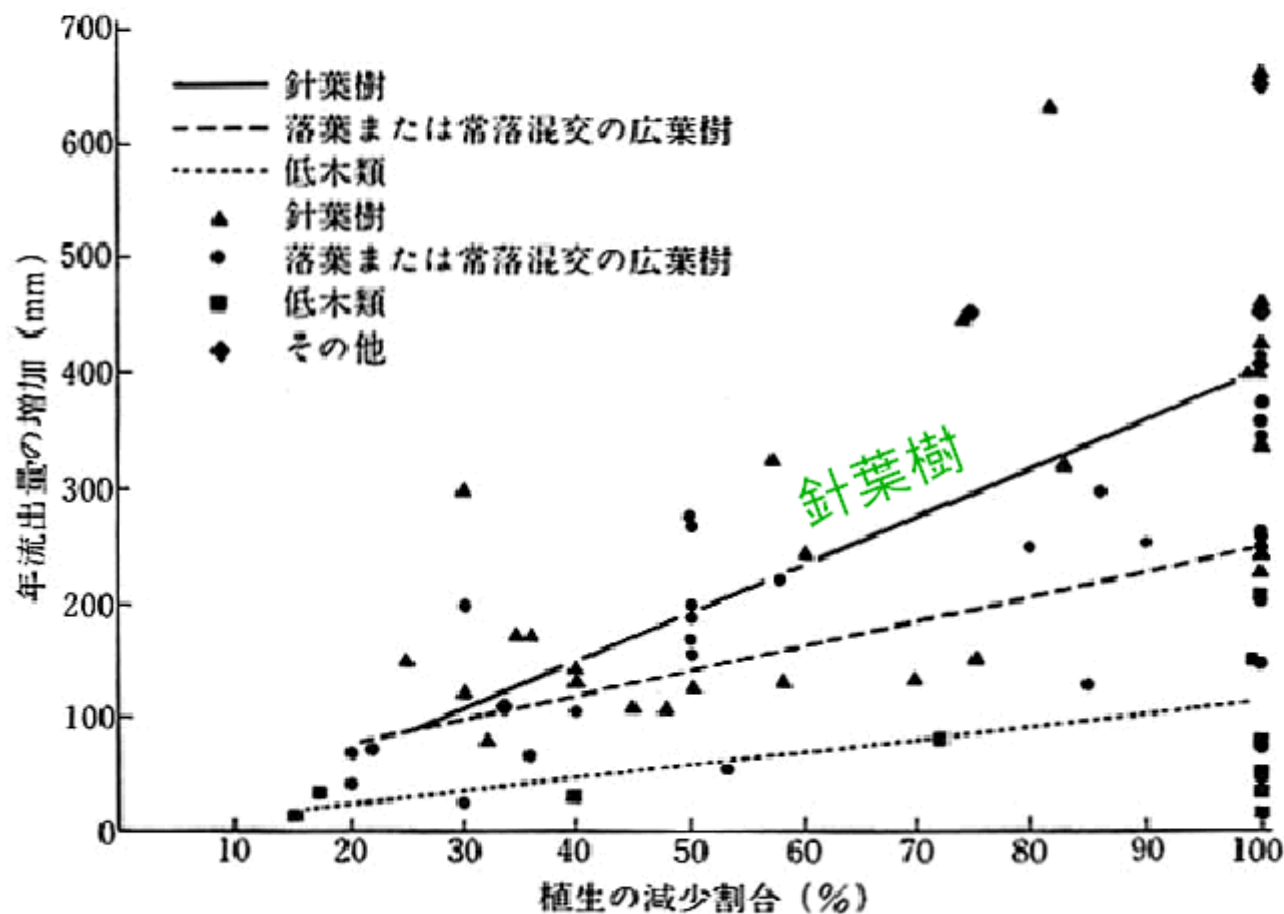
土層中を不飽和降下浸透する速度の小さな土壌水が地下水涵養、流出維持のために重要な役割を果たしている

(3) 森林伐採初年度の年流出量増加の予測

予測はできるのか？

Bosh & Hwelett, 1982による古典的な成果

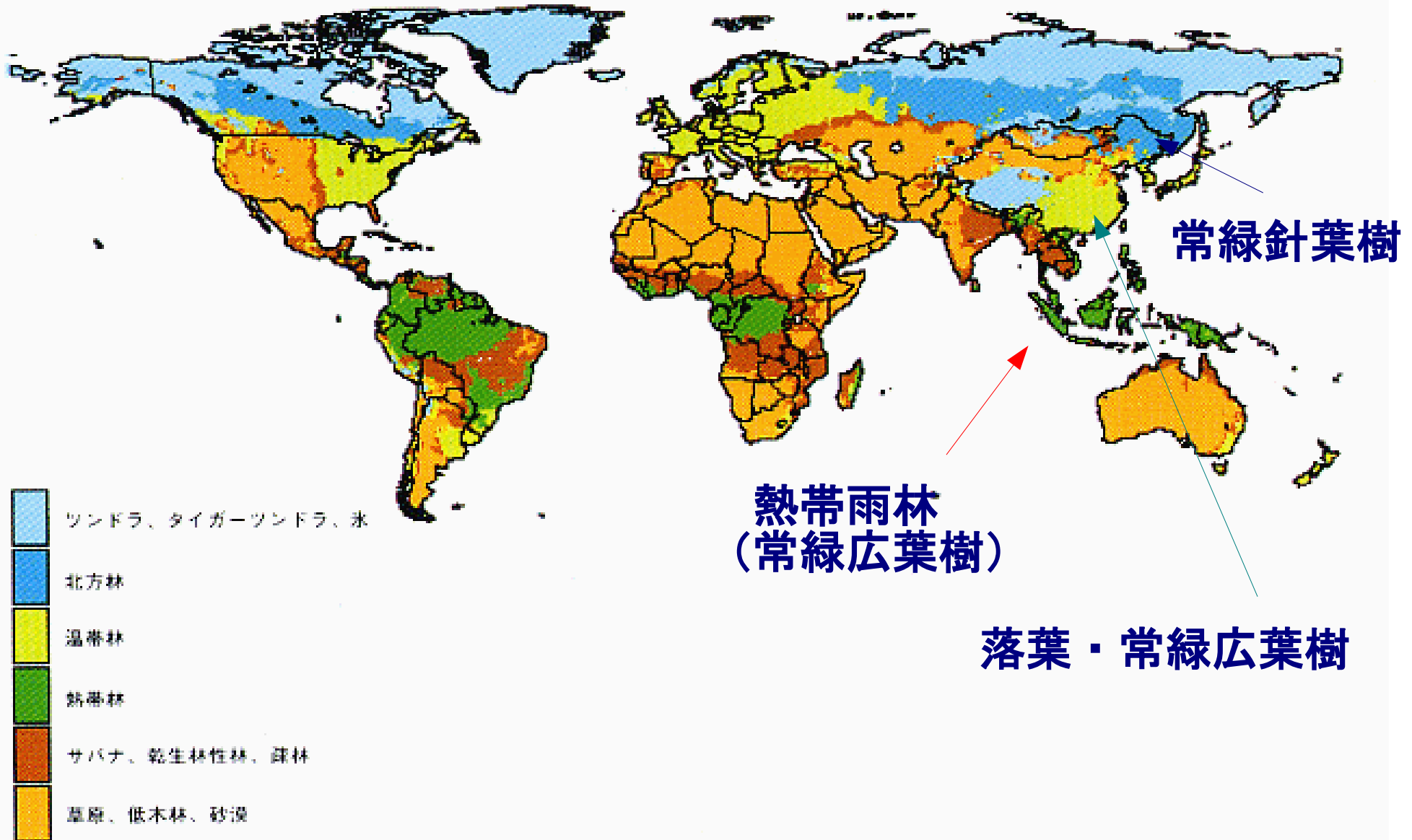
→森林伐採による流量増加が森林帯で分かれ、針葉樹が広葉樹より増加量が大きい



・針葉樹は広葉樹より高緯度に分布することから考えると、気候学的な蒸発散能力と比較して針葉樹の実蒸発散量が大きいこと

・針葉樹の遮断量が大いことも一因

図138 植生の減少に伴う年流出量の増加 (Bosch & Hewlett, 1982)

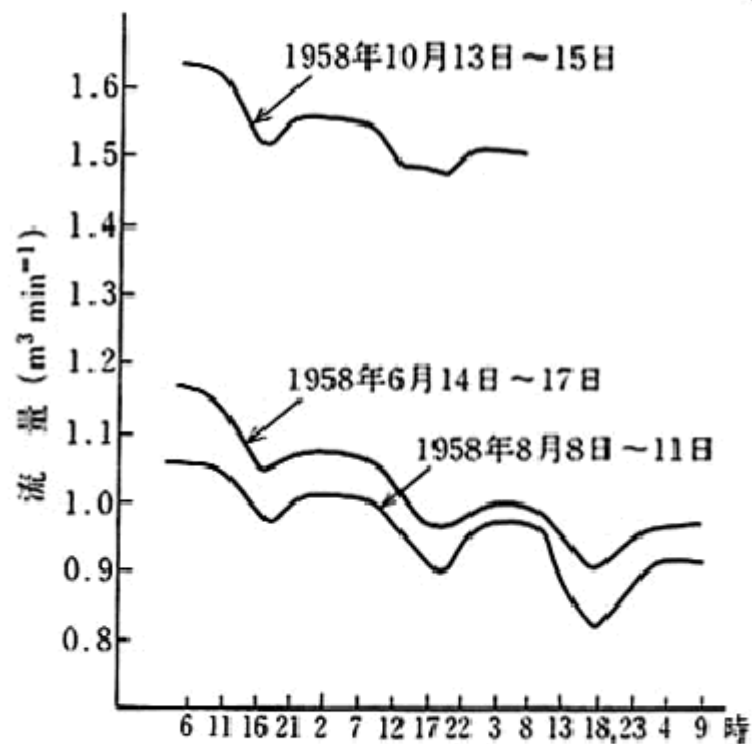


■6 大気—植物—土壌系作図モデル (MAPSS) で計算された現在の気候条件下における世界の主要なバイオームの潜在分布. 潜在分布とは各地点で降水量, 気温, 湿度及び風速の月平均値から期待される自然植生を意味する (IPCC, 1996 より) (提供=環境庁).

(4) 森林の変化が無降雨期の地下水流出に与える影響

低水時(地下水流出)の遞減曲線と森林の関係

図140 愛知演習林白坂流域において夏期に無降雨日が継続し、流量が小さくなったときのハイドログラフ



日周期の変化

→河道面や河岸周辺から昼間活発に蒸発散が起こり、流量を減少させる

注)この現象はその後太田によって数値計算で確かめられているが、最近、HP誌にこの現象に関する評論が載っている
→日本の成果をアピールすべき

森は生きて呼吸をしている

図140 地下水流出曲線の日周期変化(東京大学 愛知演習林白坂流域)(塚本良則, 1966)

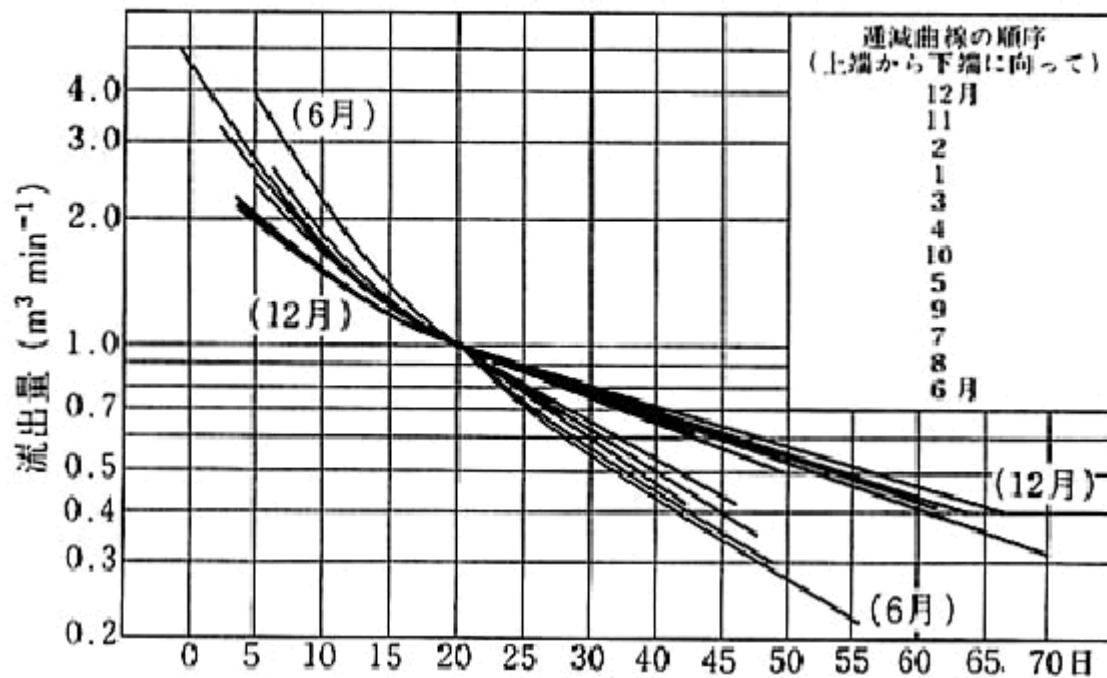
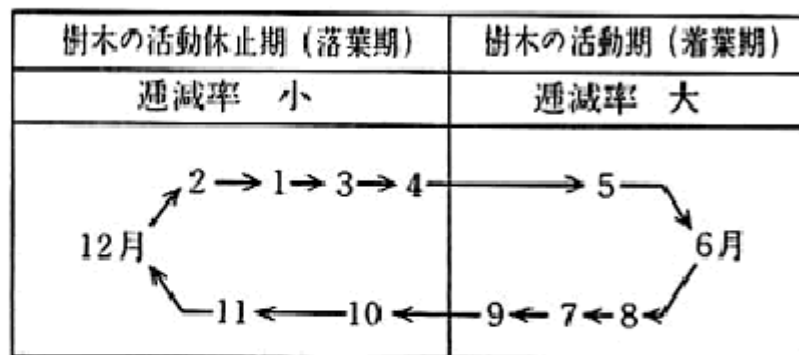


図141 月ごとの地下水逡減曲線(日周期の頂点を使用)

雨が止んだ後の河川の水位の低下のはやさ

早い→雨が地表に達して、川に達するまでの途中で水が消費されている

遅い→途中で消費されていない



・地下水逡減曲線の勾配は年間を通して暦周期とほとんど一致したサイクルを作っている

図141 季節別地下水逡減曲線と逡減傾向の規則性
(塚本良則, 1966)

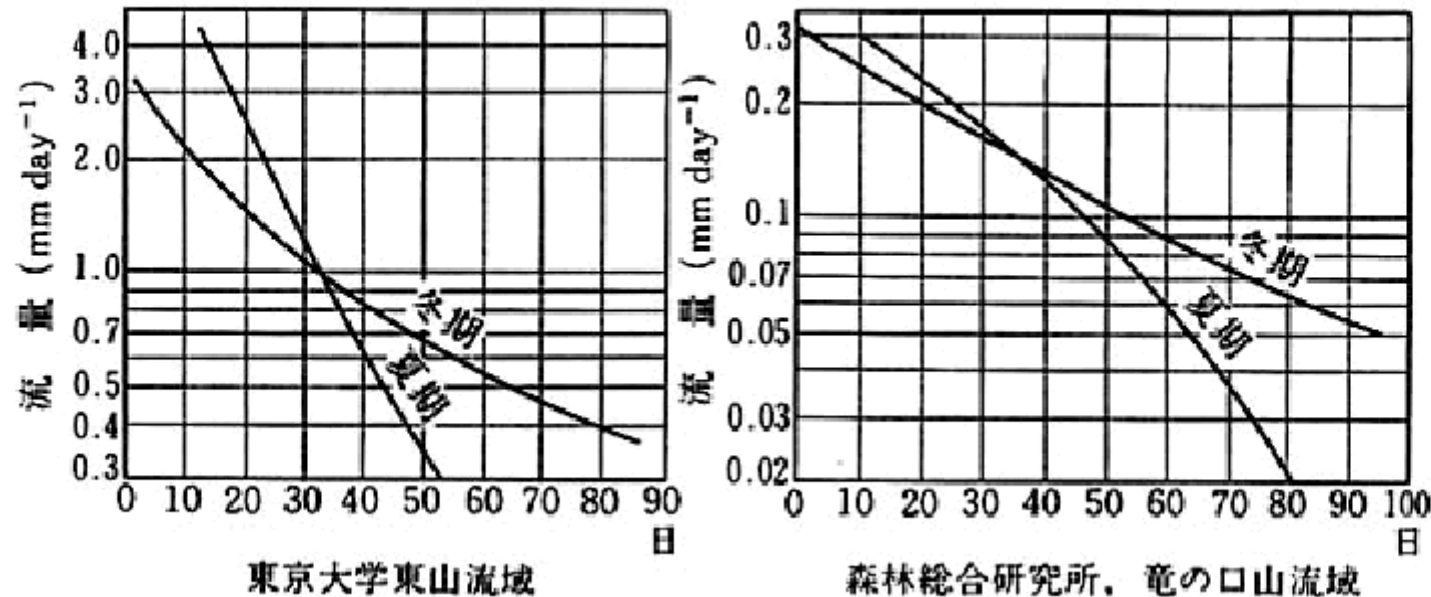


図142 日流量を用いた地下水逋域曲線（塚本良則，1966）

・冬季に比較して夏期の地下水逋減が極めて大きい

竜の口山流域では夏期に流量が急激に減少

→瀬戸内地方は日本の中では乾燥地域

→森林は渇水になると水を消費することを意味している

日本の豊かな森林土壌は雨を吸収し、ゆっくり流出させる緑のダム機能を有しているが、渇水時には樹木の生存のために水を消費する

森林を伐採すると河川の流量はどうか？
ただし、森林土壌はきちんと保全されるとする

A) 流量は増える

* 樹木からの蒸発散量がなくなる分だけ河川の
流量は増える

年降水量1800mm程度の流域で、360mmも増えた

注) 水柱高は単位面積あたりにたまる水の深さ

水量 = 水柱高 × 流域面積

例) 360mm/年は1km²の流域で、年36万m³の増加(1辺約71mの立方体)

針葉樹の森と広葉樹の森では、どちらが多くの水を育むか？

A) 科学的な森林小流域試験の結果によると、広葉樹林の流域の方が、針葉樹林の流域より河川流量は多い

* 広葉樹の方が針葉樹より蒸発散量が少なく、その分だけ河川に流出する量は増える

日本では、積雪地域にブナ林（落葉広葉樹）が分布していることが多く、多雪であることも豊かな水を育む要因となっている

なぜ、いまだ論争になっているのか？

* 対象である森林をどれだけ正確に認識しているか

- 生態学的に平衡状態に達した森林か
- 森林の手入れは十分に行われているか
- 気候帯の違いによって森林の応答が異なる
(これは今後の課題)

環境認識では、なかなか白黒つけられない場合も多い(世論は白黒決着を付けたがるが)。環境の多様性、関連性、空間性、歴史性によって結果が異なる場合もあるからである。

環境の見方 — 復習 —

・環境とは多数の要素からなり、相互に関連があり、空間に配置されており、歴史によって形成される

多様性、関連性、空間性、歴史性

このような対象に対して科学的な議論を行うにはどのような観点が必要か：

- ・広葉樹... 自然林、里山の二次林、落葉広葉樹、常緑広葉樹、...
- ・針葉樹... 人工林、自然林、落葉針葉樹、常緑針葉樹、...
- ・どのような管理をされているか、生態学的に平衡状態にあるか、...
- ・歴史的経緯... 森林利用、林齢、崩壊の履歴、...
- ・空間... 地質、地形、気候

これらの前提を明確にしないと、同じものを扱っていても、全く逆の主張が行われることもある

”総合的な環境認識”が重要

総合的とは

多様性、関連性、空間性、歴史性

- ・間違った認識からは正しい対策は生まれない

モデルに代表される演繹的手法では多くの場合、境界条件、初期条件を仮定する必要がある

- ・境界条件、初期条件を間違えば、正しい結果は得られない
- ・正しい、境界条件、初期条件は総合的な環境認識から生まれる

みんな、外に出よう！ 現場主義で考えよう！

もし、森林が無かったら流出はどうか

森林の機能

- ・蒸発散 → 水を消費（緑のポンプ）
- ・森林土壌を作る → 大量の水を一時蓄え、
徐々に流出させる機能
（緑のダム）

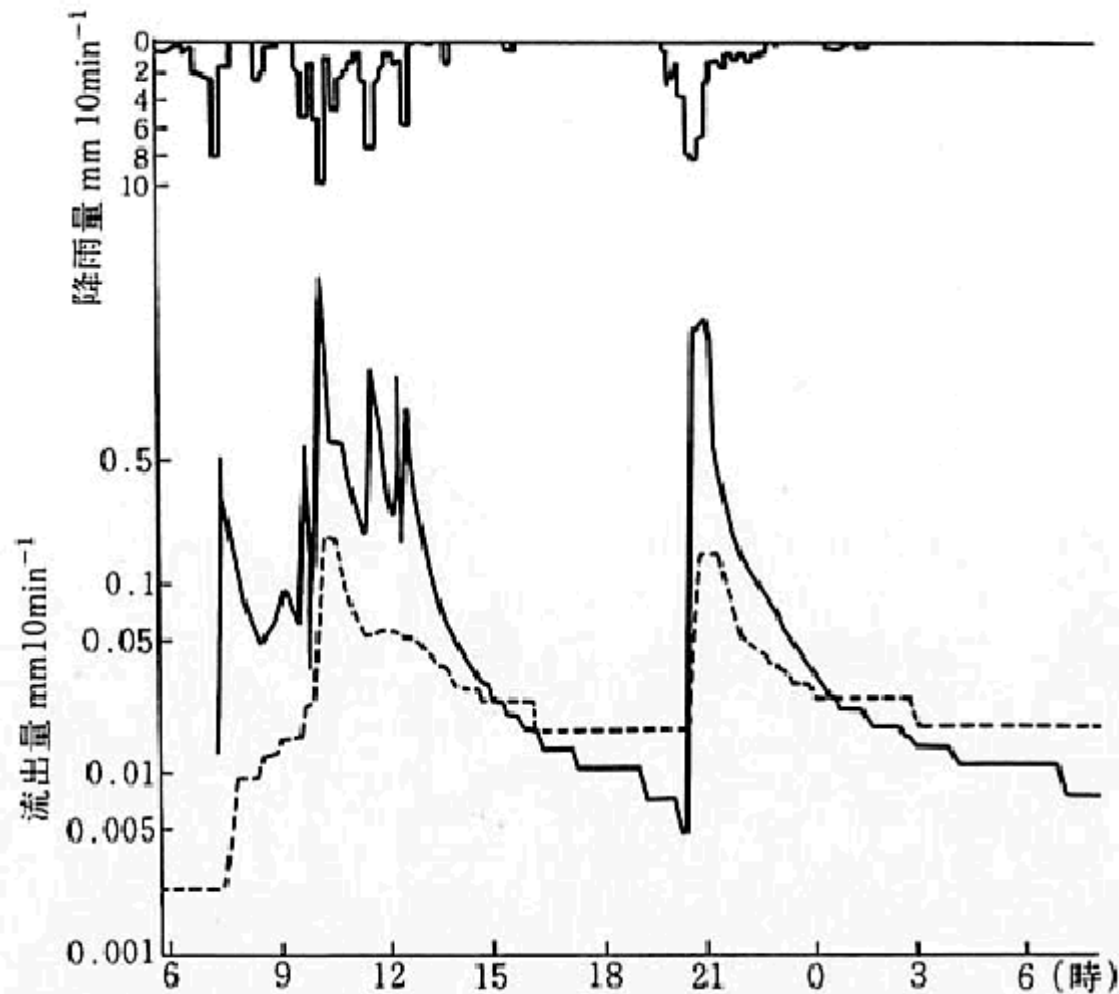


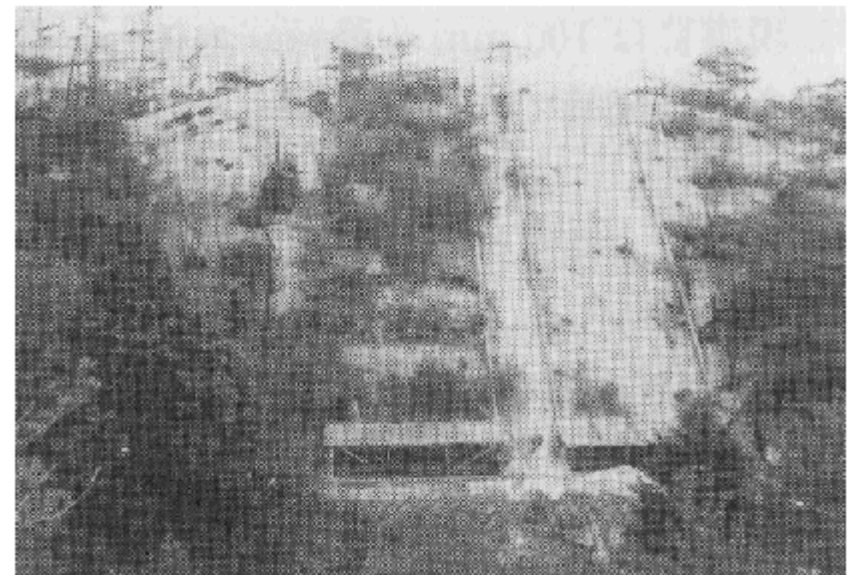
図144 花崗岩ハゲ山における裸地と植栽地（森林）の
 ハイδροグラフの比較（福嶋義宏，1977）

裸地と植栽地の短期流出の違い

- ・裸地: ハイδροグラフの立ち上がりが急、逓減も急

- ・植栽地: とともに緩やか

違い→森林土壤があるかないか



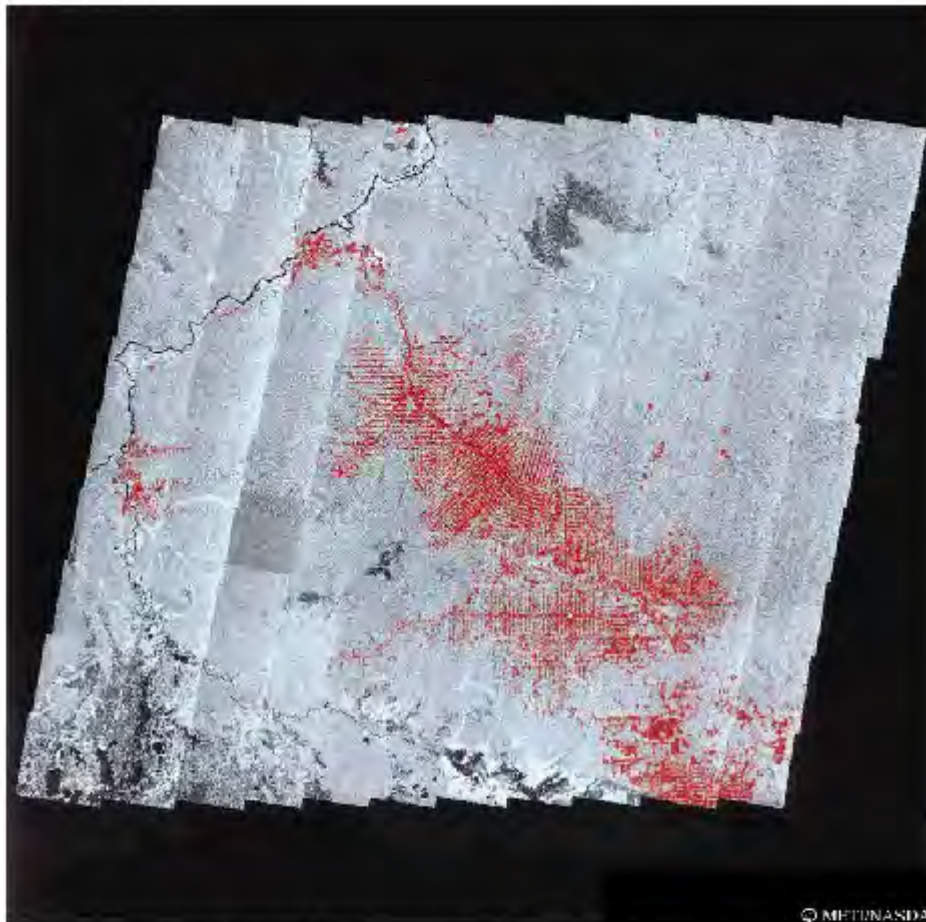
森林伐採が感覚的に”悪”とされることが多いのは、土壌を保全しない略奪的な伐採が原因

森林伐採自体を論じるよりも、そのような略奪的な伐採が行われる理由を考えることが重要

例) 伝統的な焼畑 — 略奪的な焼畑 → 人口問題
(持続可能) (持続不可能)

環境は感覚的、一面的に捉えるのではなく”総合的”に理解する訓練を大学でしておこう！

多様性・関連性・空間性・歴史性



- ・JERS1の合成開口レーダーで撮影したブラジル、ロンドニア地方(上)
- ・赤い部分が森林伐採が行われた地域. 魚の骨に似ているのでfishboneと呼ばれる.
- ・約800km 四方の広さを撮影した画像である.

**伐採が進行しているという事実がわかる
背後にどんな事情があるのか？**



図4
むしばまれる地球

◀▲○ アマゾンの開墾ともなる熱帯林破壊 (ブラジル) アマゾン川流域を横断する全長5600kmに及び幹線道路の建設は、1970年からはじまった。たけの筒の木の日陰にならないように、40mの幅で樹木を伐採し、道路敷地を乾いた状態に保つようにした(写真左、1992年撮影)。上の3枚の写真は、衛星から送られてきたデータを画像処理したものである(上から1973年、1975年、1986年)。幹線道路から多くの支線道路が建設され、その周辺の熱帯林が伐採され、開墾されていくようすが読み取れる。(→p.93)

水源涵養機能(利水ダムとしての機能)

- ・森林は多くの孔隙を含む森林土壌を作り出す
- ・そこに、浸透した水はゆっくり地下を流れ、年間を通して河川の基底流量を保つ

しかし、森林は蒸発散を通して水を消費

- ・水量を増やすためには、森林を伐採すれば良い(極論)
→大前提:森林土壌を保護する
- ・十分成熟し、土壌が発達した人工林では枝打ち、間伐によって損失量(蒸発散量)を調整できる→林業との共存
- ・生態学的に平衡状態に達した広葉樹林は豊かな水を育む

注)気候帯によって異なる→今後の研究課題



...例えば、1994年、1995年の大洪水では、**放置したままの広葉樹の樹林**からは水が涸れているのに、**手をかけて育ててきた杉の森林**からは、それがわずか30年生の少年のような森林であっても、例年と変わりなくとうとうたる流れが保たれ、明暗を分けている...
 (富山和子、”水と緑の国、日本”)

Suzi Japanese cedars (Toyone Village, Aichi Prefecture)
 The Japanese people and the cedar tree have a deep relationship and it was rice that brought them together. Cedar boards shored up the edges of paddy fields and rice farming tools were made of cedar wood, as were the shias that carried rice and the barrels for rice wine. Cedar trees are also planted to produce water. In 1991 Japan suffered a severe drought; rice farmers and others in many areas had cause to be grateful for the cedar woodland that has been planted since the year to forest water when it is needed.

杉
 杉と日本人は入の仲とさし
 そのなかたちをよしたのが米
 水田を作るにも杉板を使い
 米を作る道具も米を運ぶ船も
 酒樽も杉
 そして、水を作るための
 植林といえは
 やはり杉であった
 一九九四年日本中が
 渇水に見舞われたが
 戦後植えたこの人の杉が
 どれほどに豊かな水を提供して、
 私たちの
 命綱にたもたてたのだろうか
 (愛知県豊田市)

緑のダム(治水ダム)

- ・大きな葉面積(LAI)を持つ森林は雨水をいったん樹冠に受け止める(遮断)
- ・地表に達した雨水はいったん地中にしみ込み、時間が遅れて流出する

しかし、”記録的な豪雨”に対してはダム機能を発揮できるとは限らない

- ・貯水容量に限界あり

自然が制御できない分を人間が制御すればよい

→下流に守るべき財産があるか

- ・自然を扱う事業は白黒で判断できるものではない →総合的に

- ・1997年河川法改正

河川事業における環境への配慮、地域住民の意向を十分くみ取ること

- ・1998年利根川、那珂川、阿武隈川洪水

- ・2000年9月東海豪雨災害

- ・2001年水防法改正

情報システムのあり方、水害ハザードマップの作成と公開が地方自治体に義務づけられた

旧法制度

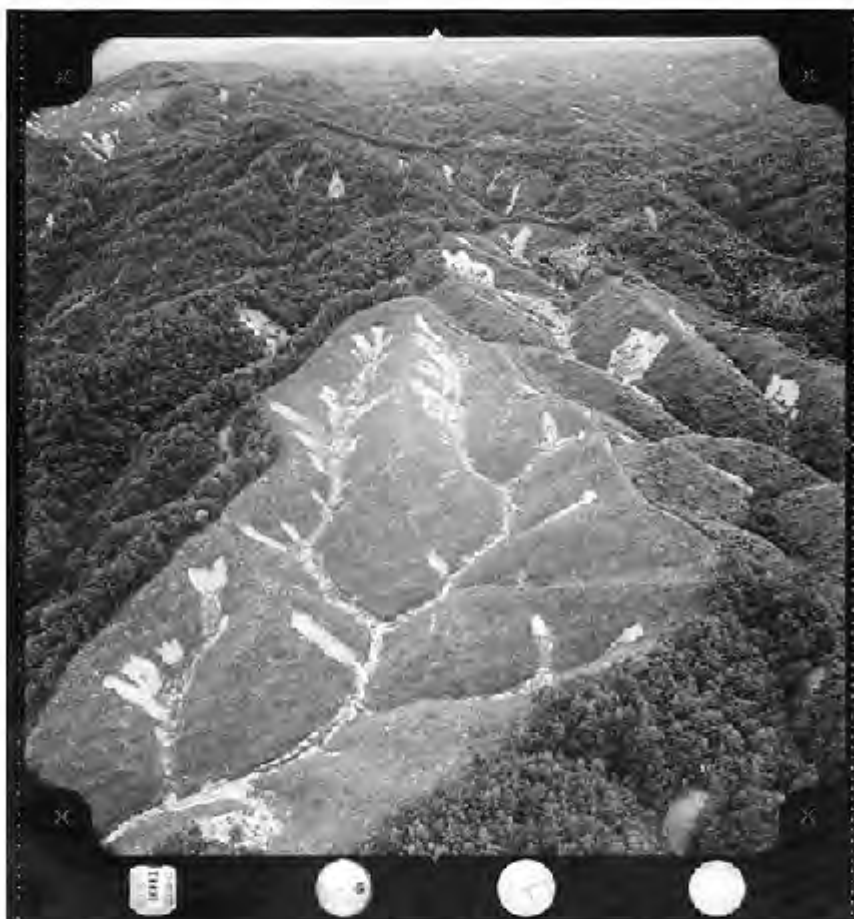
- ・「お上任せ」、被災した場合はクレームや訴訟

新法制度

- ・自己責任の世界、環境を重視して地域の意向を十分くみ取った場合は、その計画が完了した時点で、それ以後の被災には保証は期待できない

- ・環境を重視して、大規模施設による「洪水リスクコントロール」を放棄する場合は、そのリスクを軽減する智慧を地域ぐるみで出さなければならない

住民の移転、保険に加入→「自己責任において決定」



(左)昭和58年7月山陰豪雨災害時の花崗岩の樹枝状崩壊(山地の地形工学、古今書院より)

・豪雨、・崩壊、・土石流

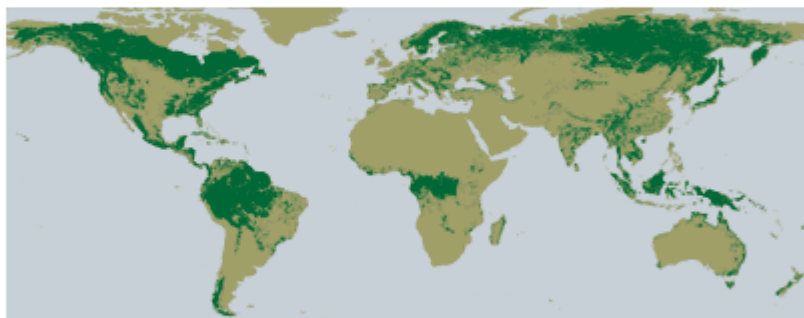
谷の出口に住みたいと思うか？

(右)1999年6月広島豪雨災害(アジア航測). 砂防ダムを乗り越えた土砂が住宅地まで侵入.

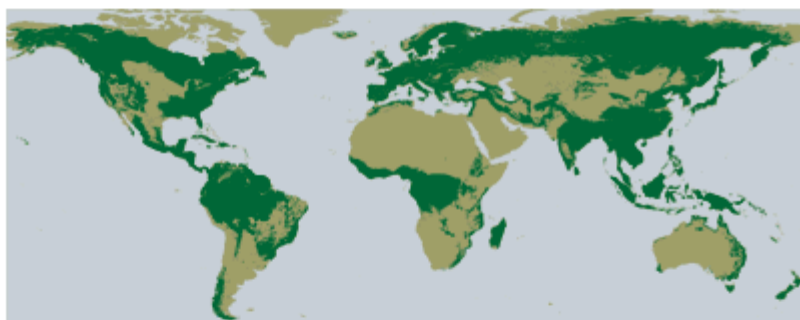


(クリックして土砂災害防止法)

森林の機能 終わり



現在の森林被覆



人間活動が無かった場合の森林被覆



現在残されている自然林