

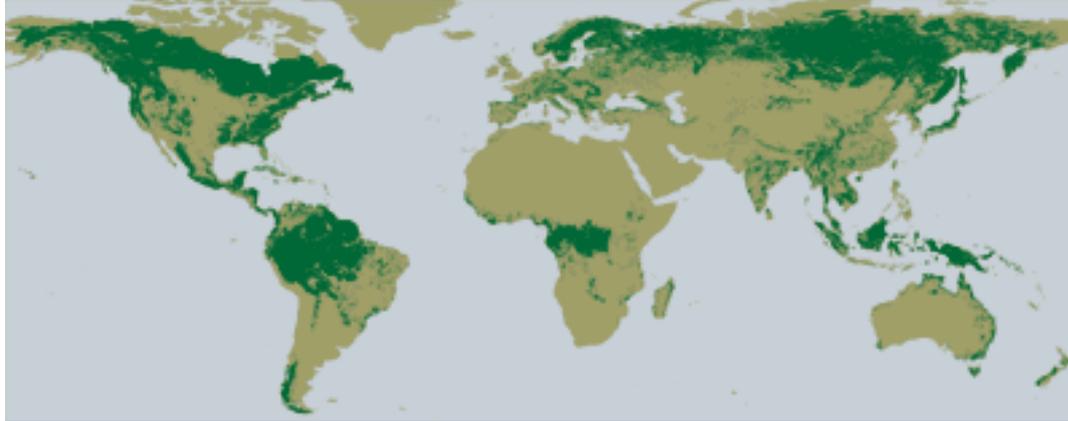
第8話 森林の役割

人間と森林ー自然と人間の関係性



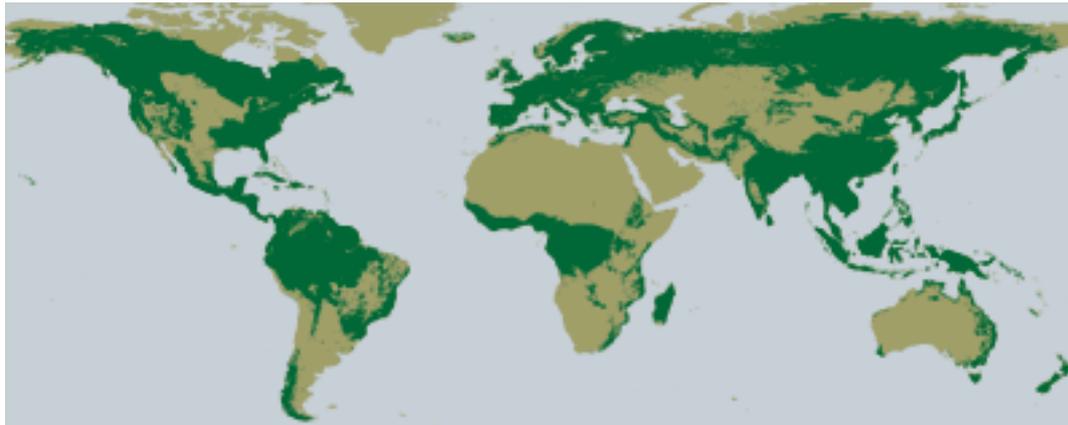
近藤 昭彦

後氷期のグローバルな森林変化

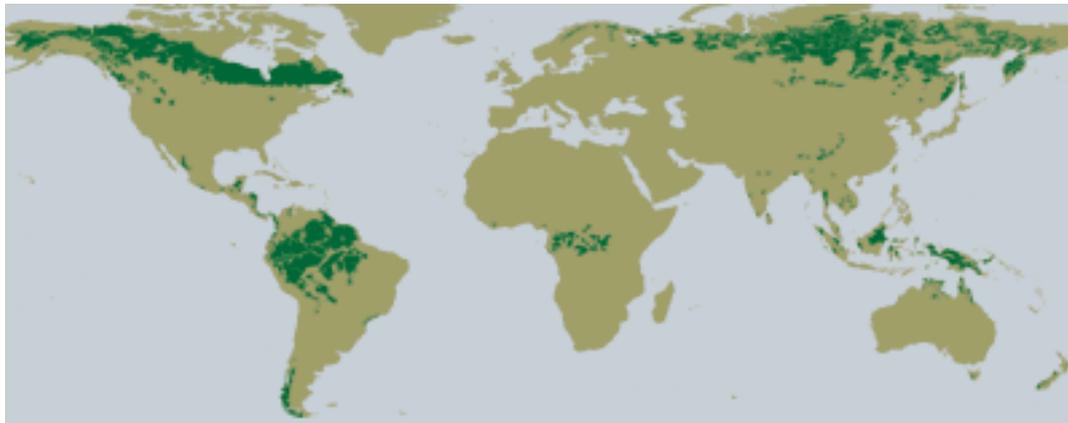


現在の森林被覆

森林の定義に注意



人間活動がなかった場合の森林被覆

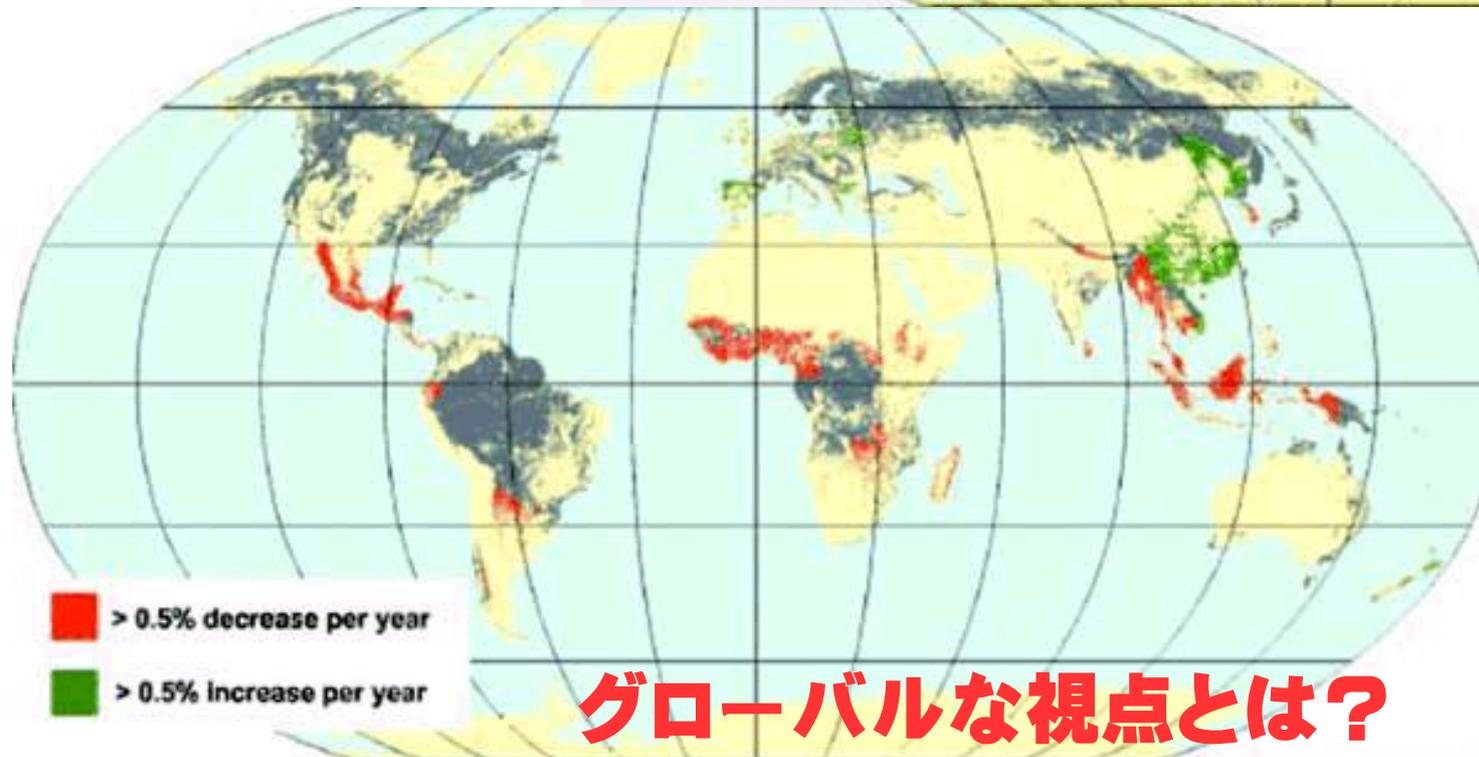
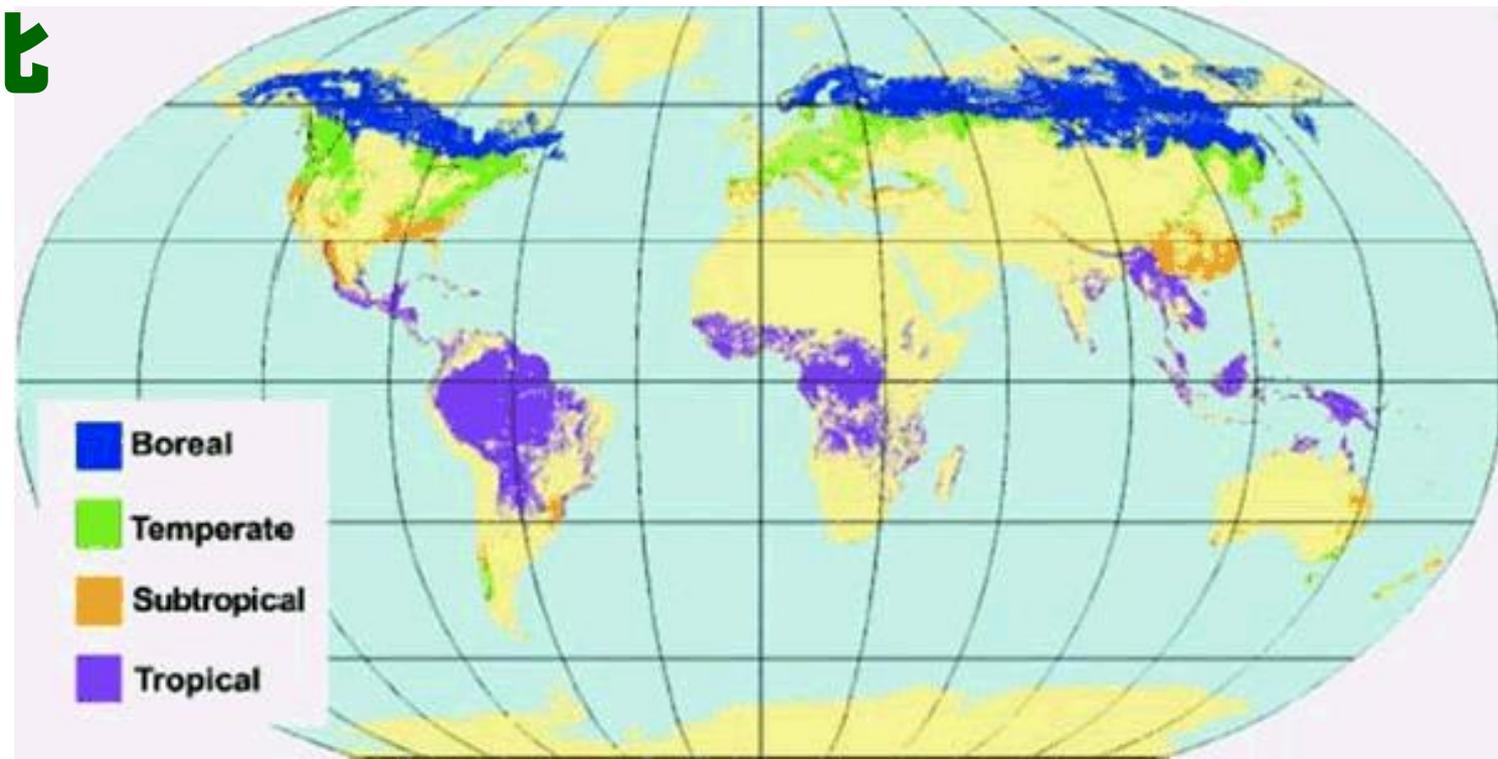


現在残されている自然林

自然林、原生林、潜在植生、一次林、二次林、用語に注意

近年の森林変化

世界森林白書 2000 (2015)



グローバルな視点とは？

森林面積の変化

**中高緯度の増加
低緯度の減少**

背景を考えよう

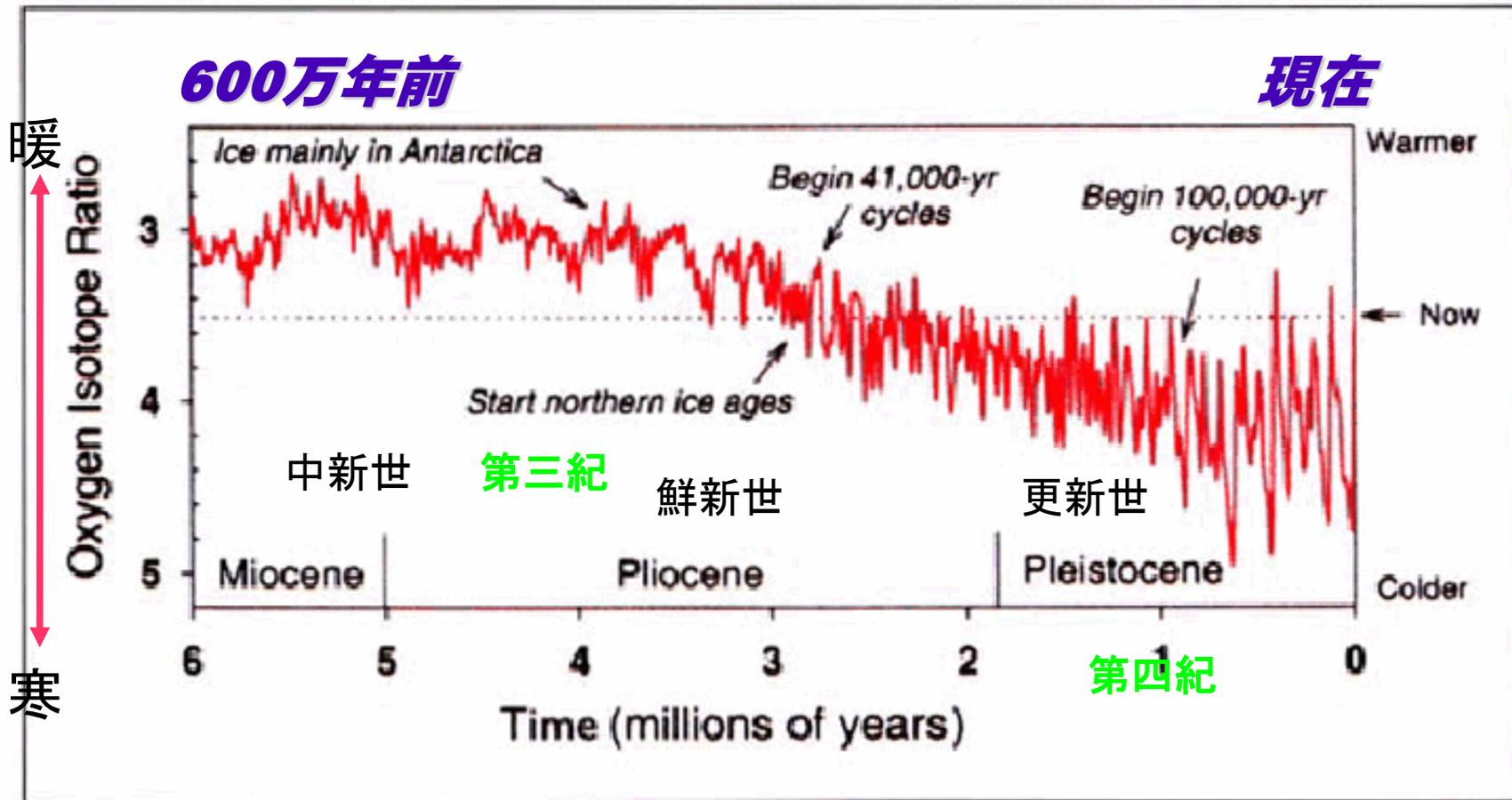
- ・薪炭材
- ・材生産
- ・プランテーション
- ・その他

森林と人間の関係の歴史、森林と水の 関係を知ることから、森とどのように共 生していけばよいのか、考えよう

注) 生態学用語の共生には、相利共生、偏利共
生、寄生も含まれる。ここでは、ともに生きる
という意味で使おう。

森林はどのような気候を経験してきたか

本図はオレゴン州立大学海洋大気科学学部A.MIX氏のご厚意により提供されたものです。



<図2> 熱帯太平洋の深海底コアに見られる過去数万年間の環境変動。300万年前から4.1万年周期の変動が現れて寒冷化し、100万年前から10万年周期の氷期-間氷期サイクルが始まった。

第三紀は温暖な時代であった。300万年前にパナマ地峡が閉じ、寒冷化が始まった。80万年前にはヒマラヤの隆起が始まり、本格的な氷河期に入った。

世界のある地域の出来事が、地球全体の気候を変えた。



約100万年前頃からインドがユーラシアと衝突開始. チベット高原の隆起が始まった. ▼



▲カリブ海は地質からすると太平洋の親戚. 約300万年前に地峡が閉じた.

300ppmv

10万年

20万年

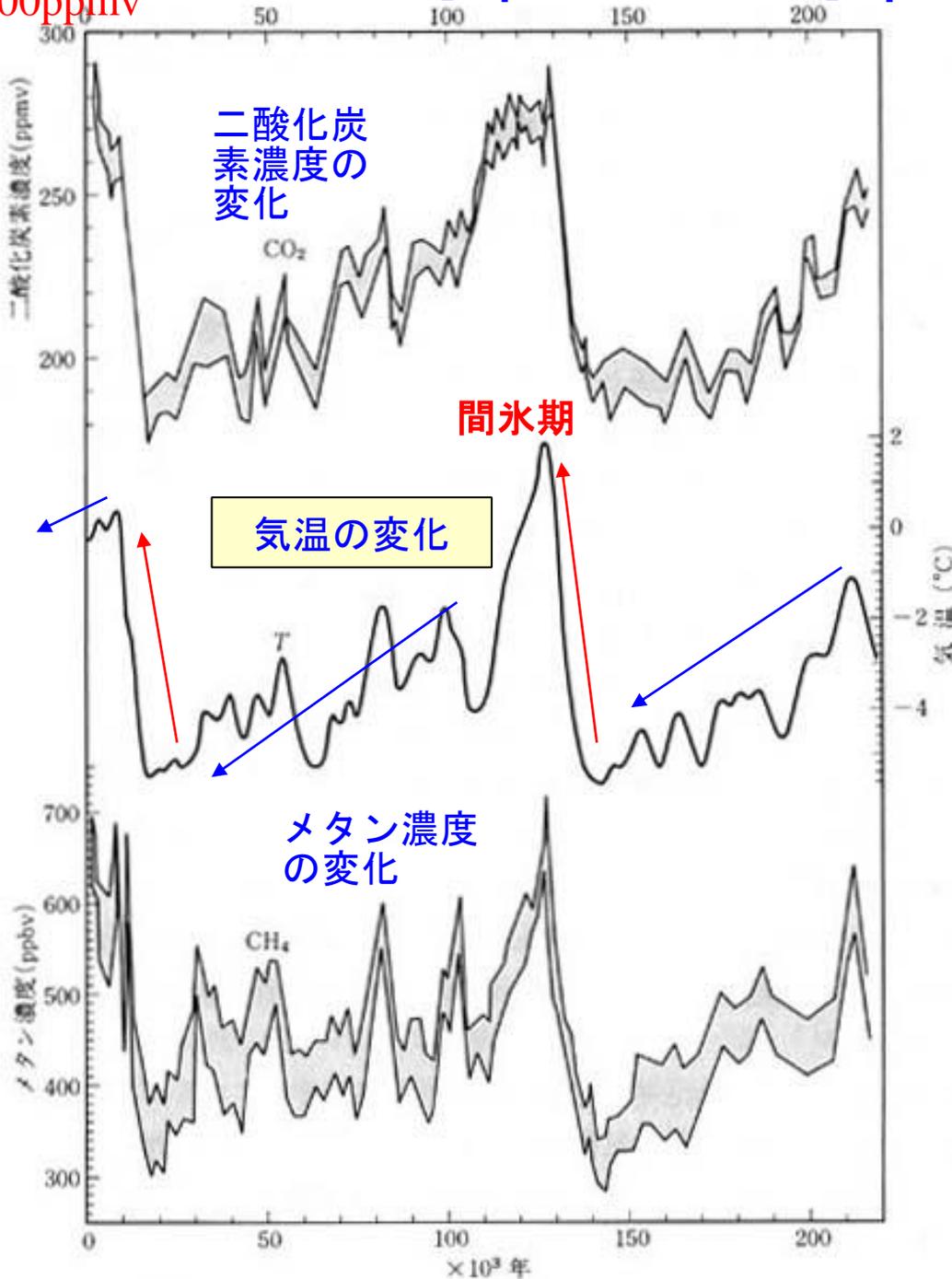


図5.3 過去22万年にわたって生じたCO₂濃度、気温、メタン濃度の変化。南極のポストーク基地での氷床コアの分析による (IPCC, 1990)。

過去20万年前以降の気候変化

- 氷期・間氷期サイクルの気温変化は急激な温暖化、短い間氷期、長期の寒冷化
- 約2万年前に最終氷期は突然終わり、急激な温暖化が始まった
- 現間氷期で、最も温暖な時期はすでに過ぎ去った

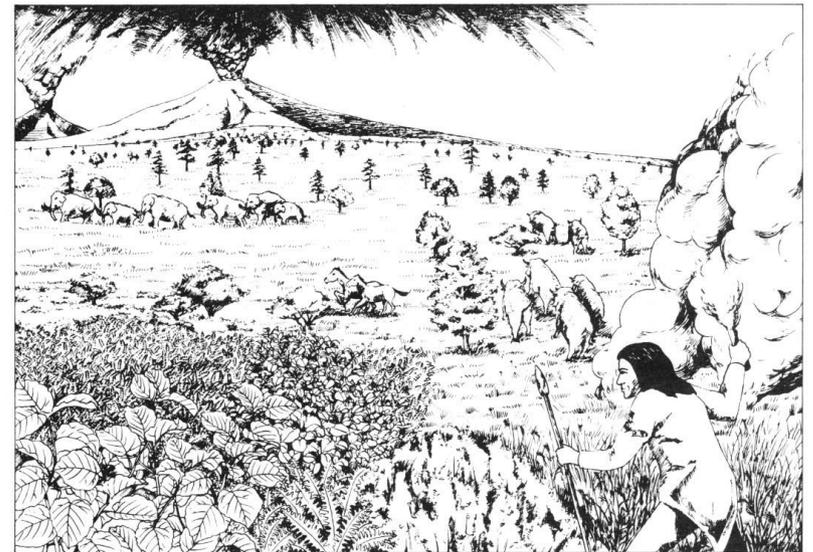
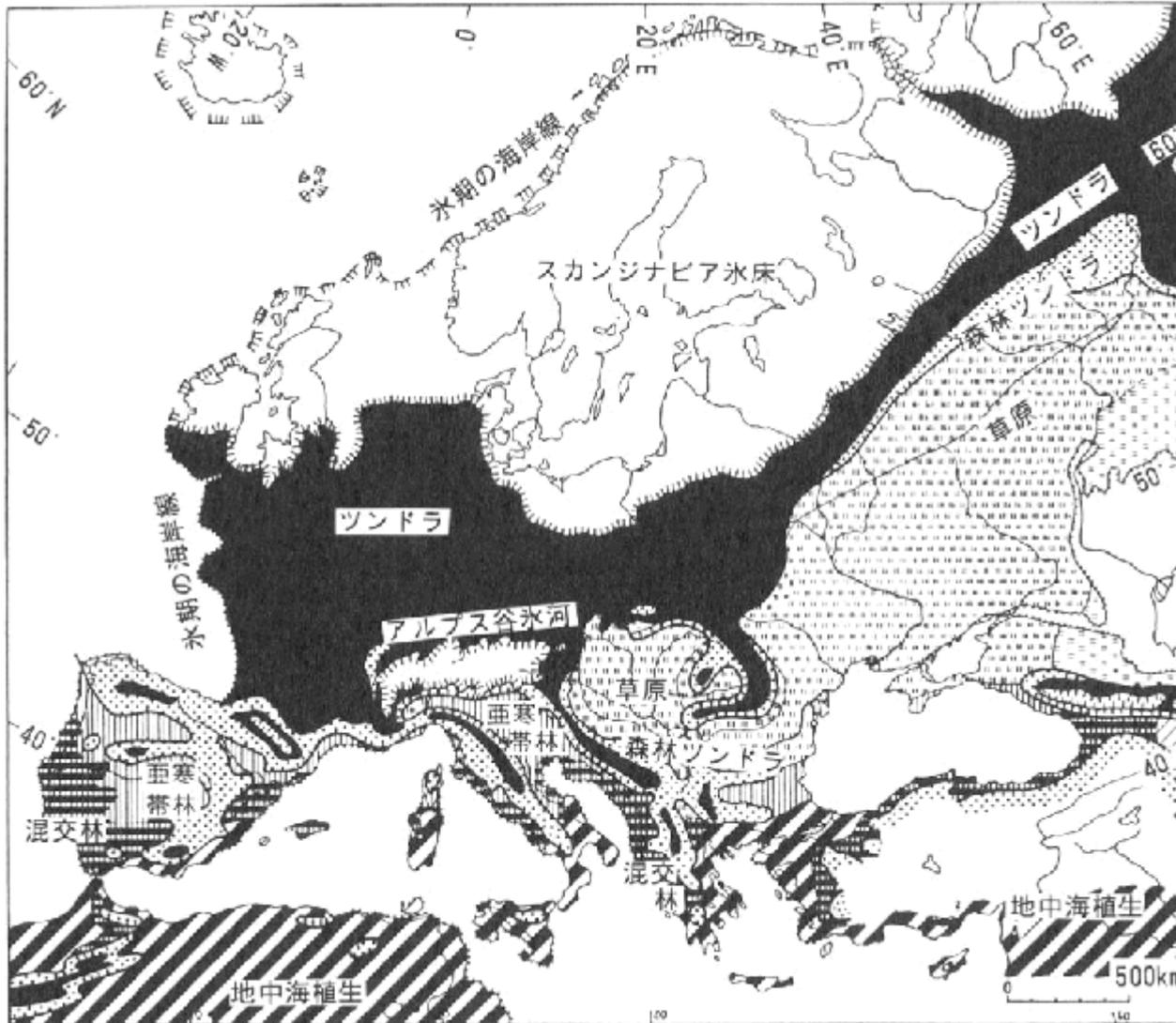


図13 旧石器時代の関東平野の原風景画 (関東ロームの花粉分析の結果にもとづいたこの復元図は近く大きく変更されるかもしれない)

(環境考古学、安田喜憲、NHKブックス)

なぜ、ヘンゼルとグレーテルや赤ずきんちゃんは子供なのにずんずん森の中に入っていたのか？



ヨーロッパの森林は氷期にいったん絶滅した！

(杉谷ほか、「風景の中の自然地理」、古今書院)

日本列島では何が起こっていたのか

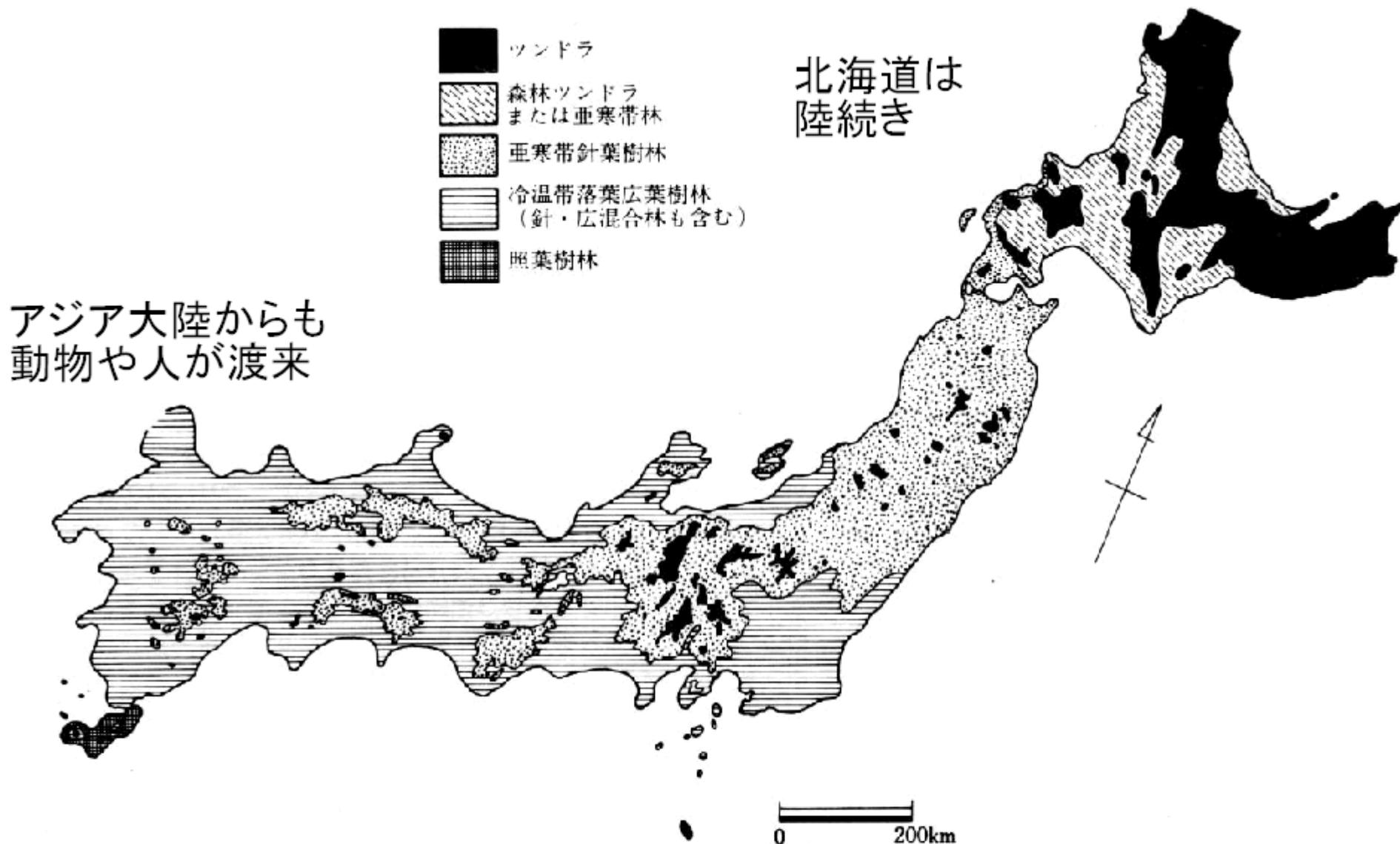


図12 最終氷期の最寒冷期（2万年前頃）の日本列島の植生図と古地理

- ・海面は現在より100m程度低下していた
(環境考古学事始: 安田喜憲、NHKブックス)

氷期に元気だった生態系はどこへ

・最終氷期が約1万年前に終わり、後氷期となって気温が上昇すると、高山植物や針葉樹はしだいに高山へ追いやられ、山頂部に閉じこめられていった

・ライチョウやナキウサギ

・日本アルプスのライチョウは分布の南限

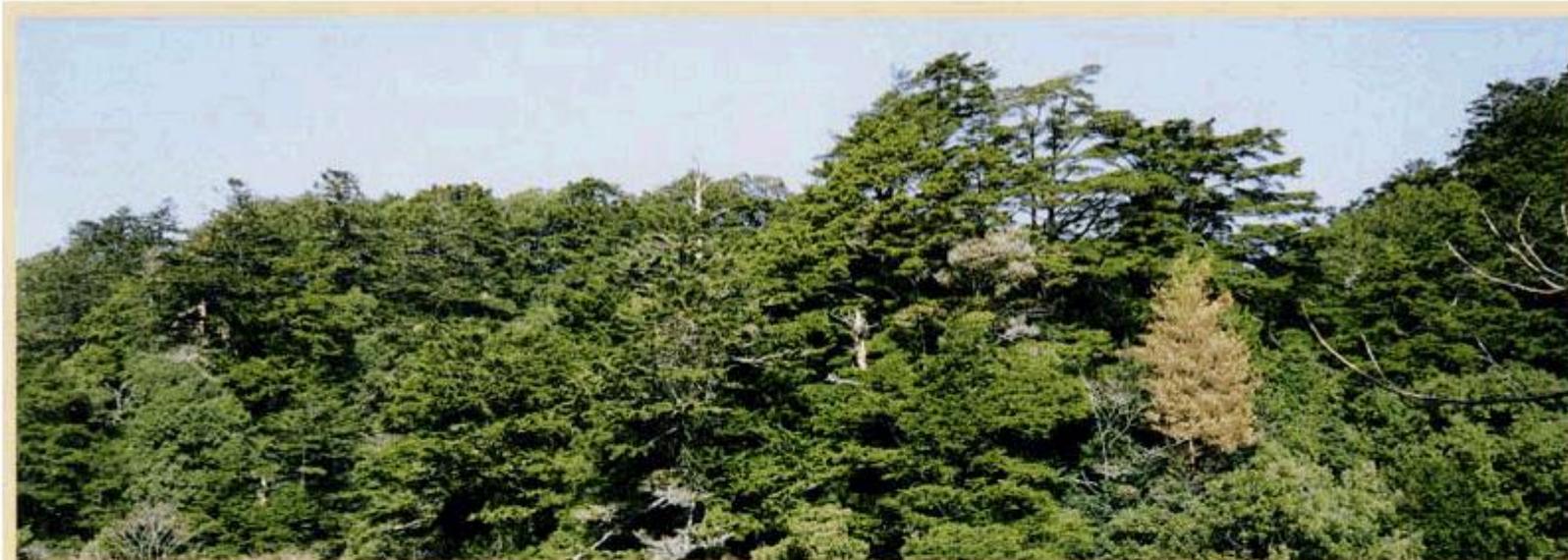


写真2. 堂沢天然林

堂沢天然林はかつて中林として利用されていたが、演習林に移管された1898年以降は、禁伐の天然林として保護されている。その面積は8.98haである。胸高直径20cm以上の林木は42樹種、1,647本(183本/ha)となっている。全本数の46%がモミ、ツガを主とする針葉樹で、54%がカシ類、スダジイを主とする広葉樹である。外観は針葉樹林であるが、林内にはいると広葉樹が目につく。

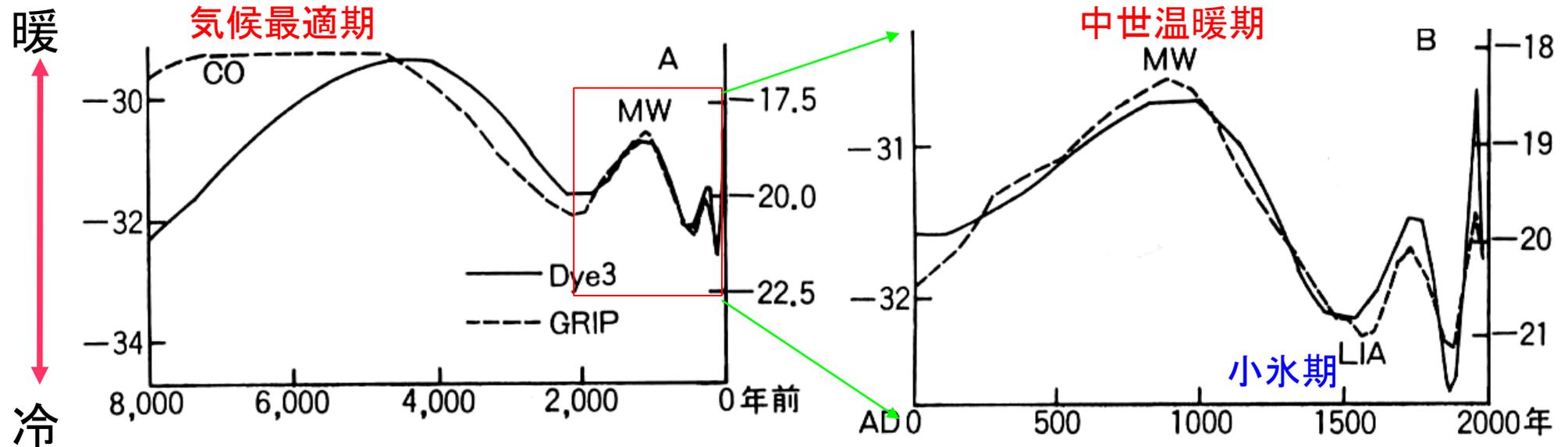
清澄山 東京大学千葉演習林 堂沢天然林

日本の森は第三紀から続く太古の森 本来は. . .

現間氷期に何が起きたか



グリーンランドの氷床コアから復元した過去8000年の気温変化



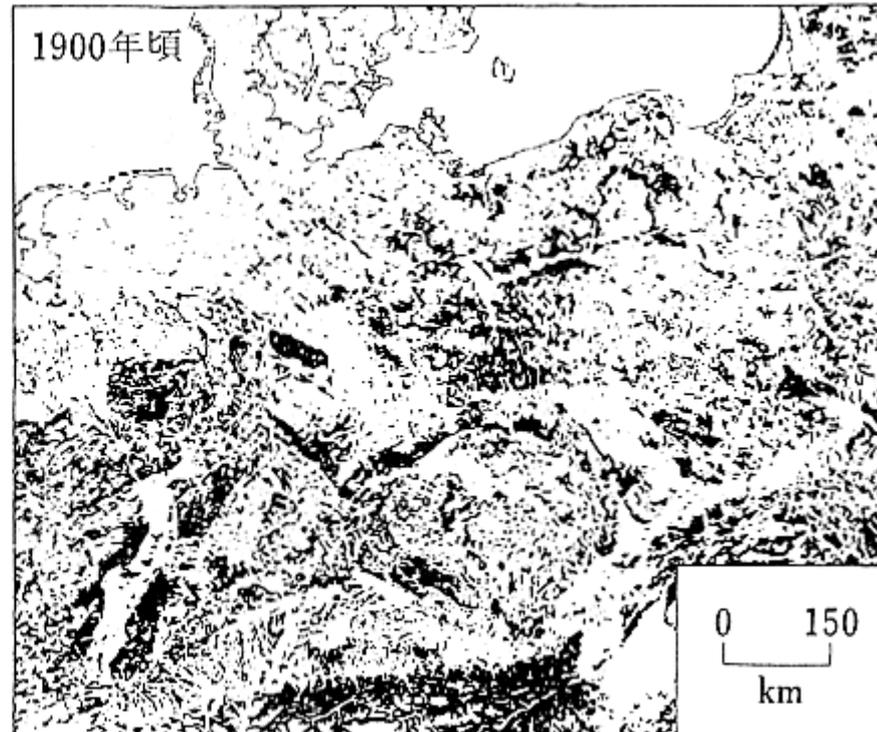
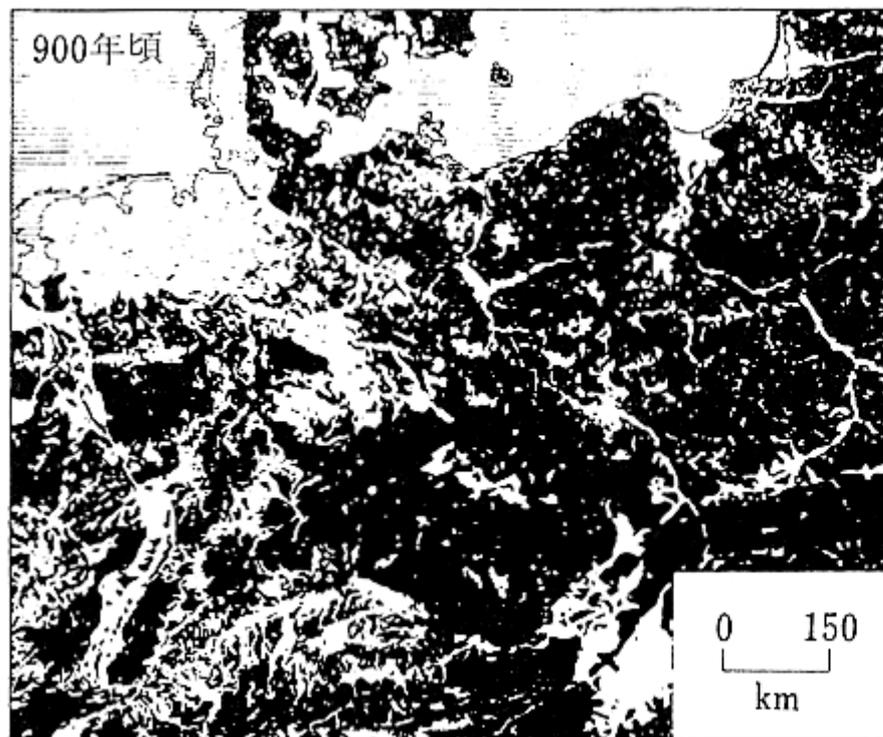
- 現間氷期の最温暖期は約6000年前
- このときサハラは緑に覆われていた
- 4000年前頃からの寒冷化により古代文明が滅亡
- 10世紀頃の温暖期にヨーロッパの封建制度が確立
- 16世紀頃の寒冷期には黒死病の流行、魔女狩りがあった



- 中世温暖期以降、ヨーロッパの森林は極度に伐採された
- ヨーロッパ農法は麦作と牧畜、耕地面積を拡大する必要
- 森を追われたオオカミは家畜を襲い、童話では悪者



ヨーロッパにおける10世紀と20世紀の森林の分布



この森林破壊がドイツにおける近代林学的发展を促し、現代のヨーロッパの森を作り上げた

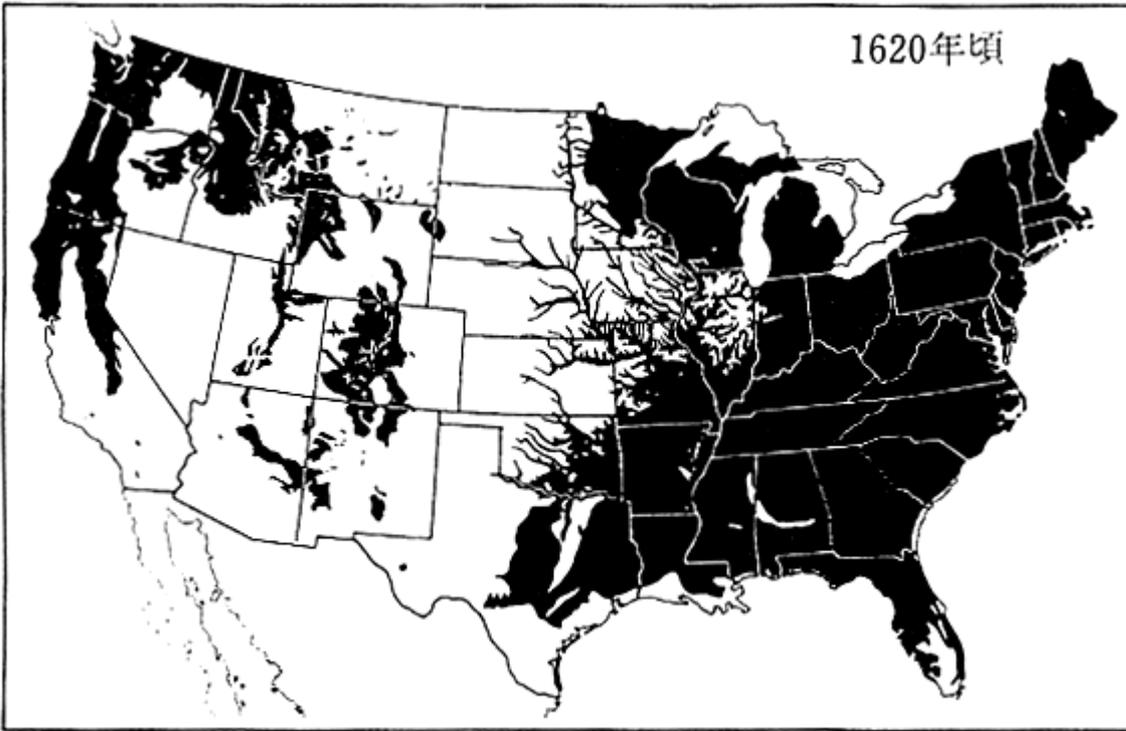
→ ジャン・ジオノ著「木を植えた男」

(当時のフランス農村社会とは違うという考え方もある)

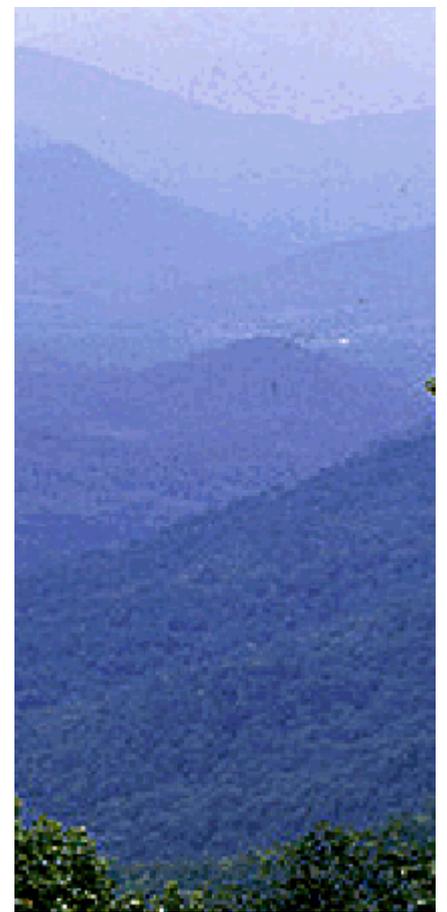


日本からも留学生がわたり、日本の林学の基礎を作った

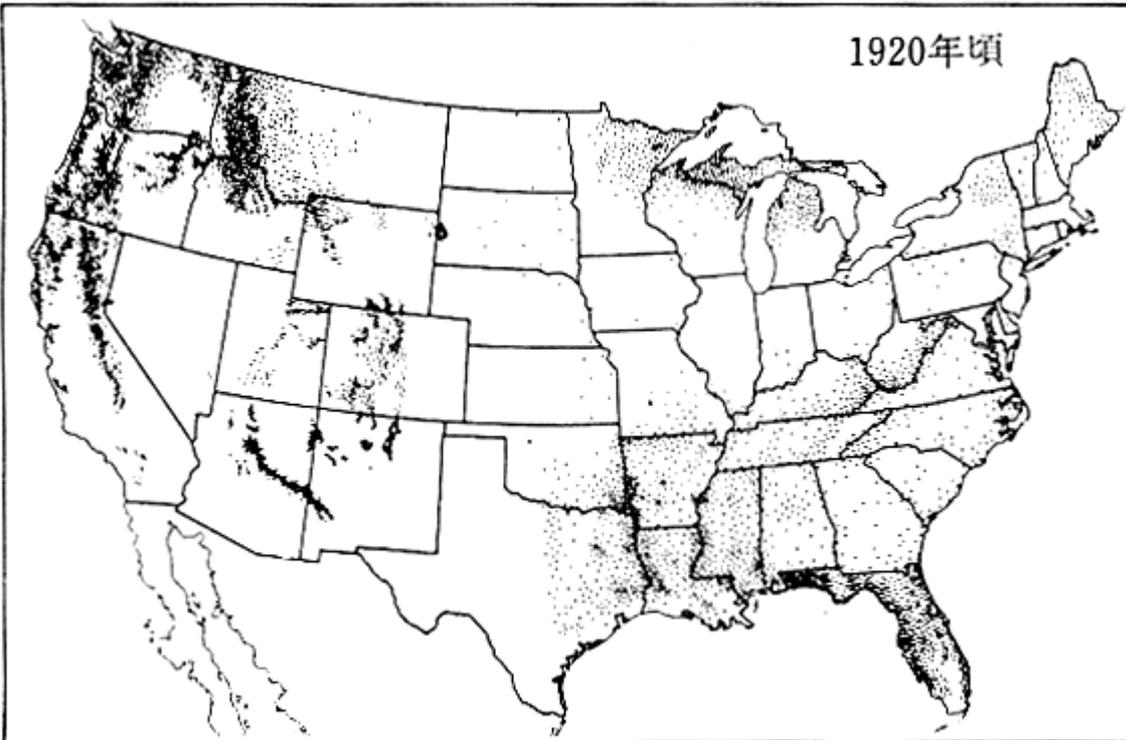
1620年頃



アメリカにおける森林の変遷



1920年頃



明治・大正期の森林・土地利用

- Conifer forests
- Broadleaf forests
- Paddy fields
- Fields
- Urban area
- Others (swamps, wastelands)

- 常緑樹
- 落葉樹

■ 荒地・草地の
分布に注目

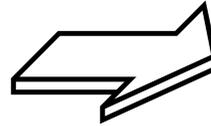
明治の頃の日本の山ー愛知県瀬戸市周辺の例ー



砂防工事前（明治40年8月）



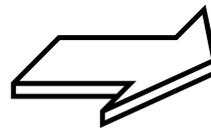
砂防工事後（明治41年10月）



砂防工事着手前（明治40年4月）



砂防工事着手後1年（明治41年8月）



愛知万博、海上の森ははげ山から数十年かけて緑化した森
モリゾー、キッコロはどこ？

明治・大正期の森林・土地利用

- Conifer forests
- Broadleaf forests
- Paddy fields
- Fields
- Urban area
- Others (swamps, wastelands)

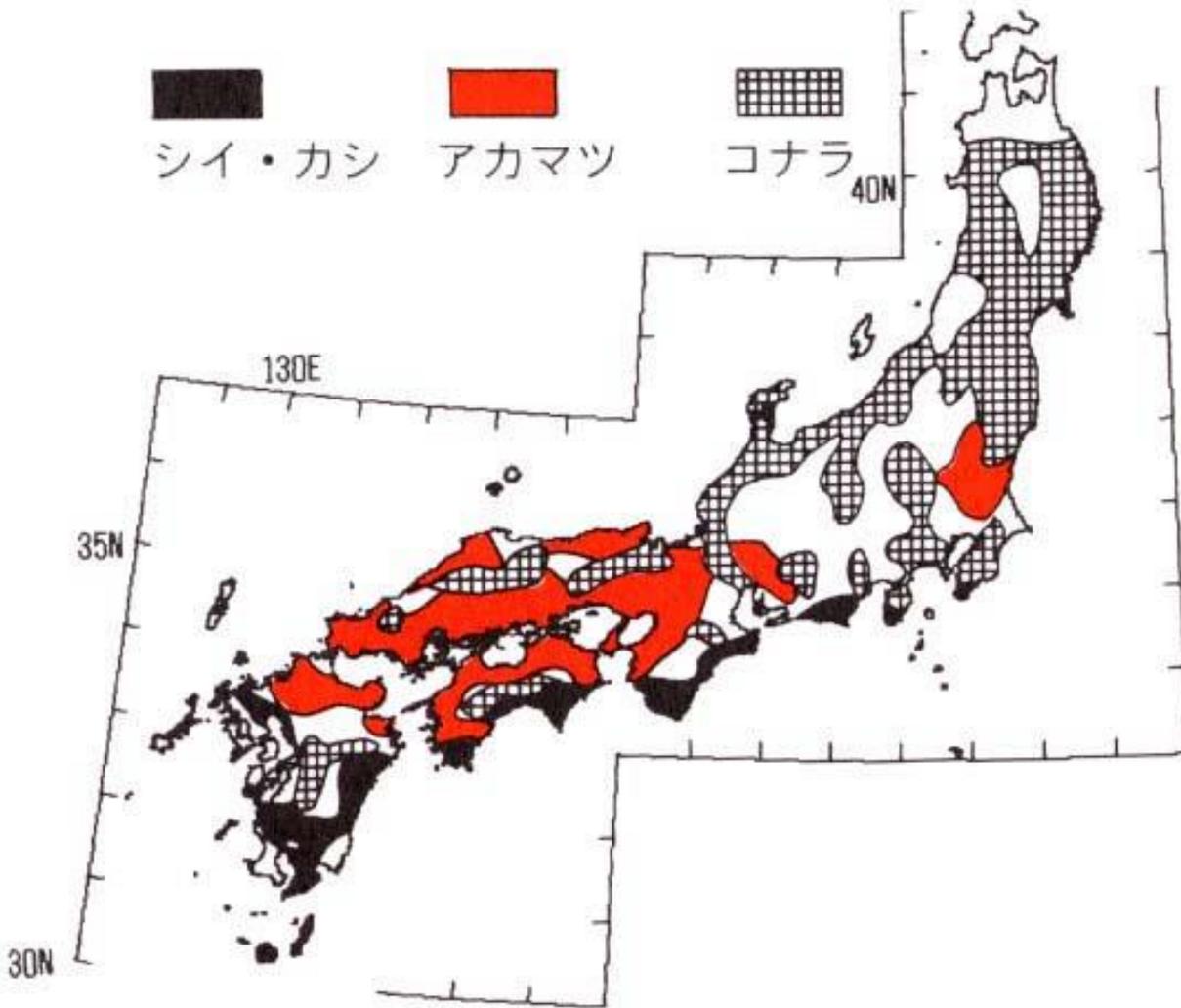
- 常緑樹
- 落葉樹

■ 荒地・草地の
分布に注目

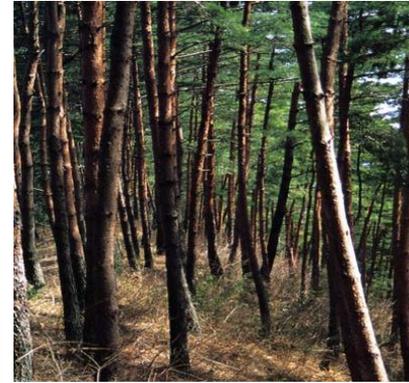
森林も十分あったではないか！



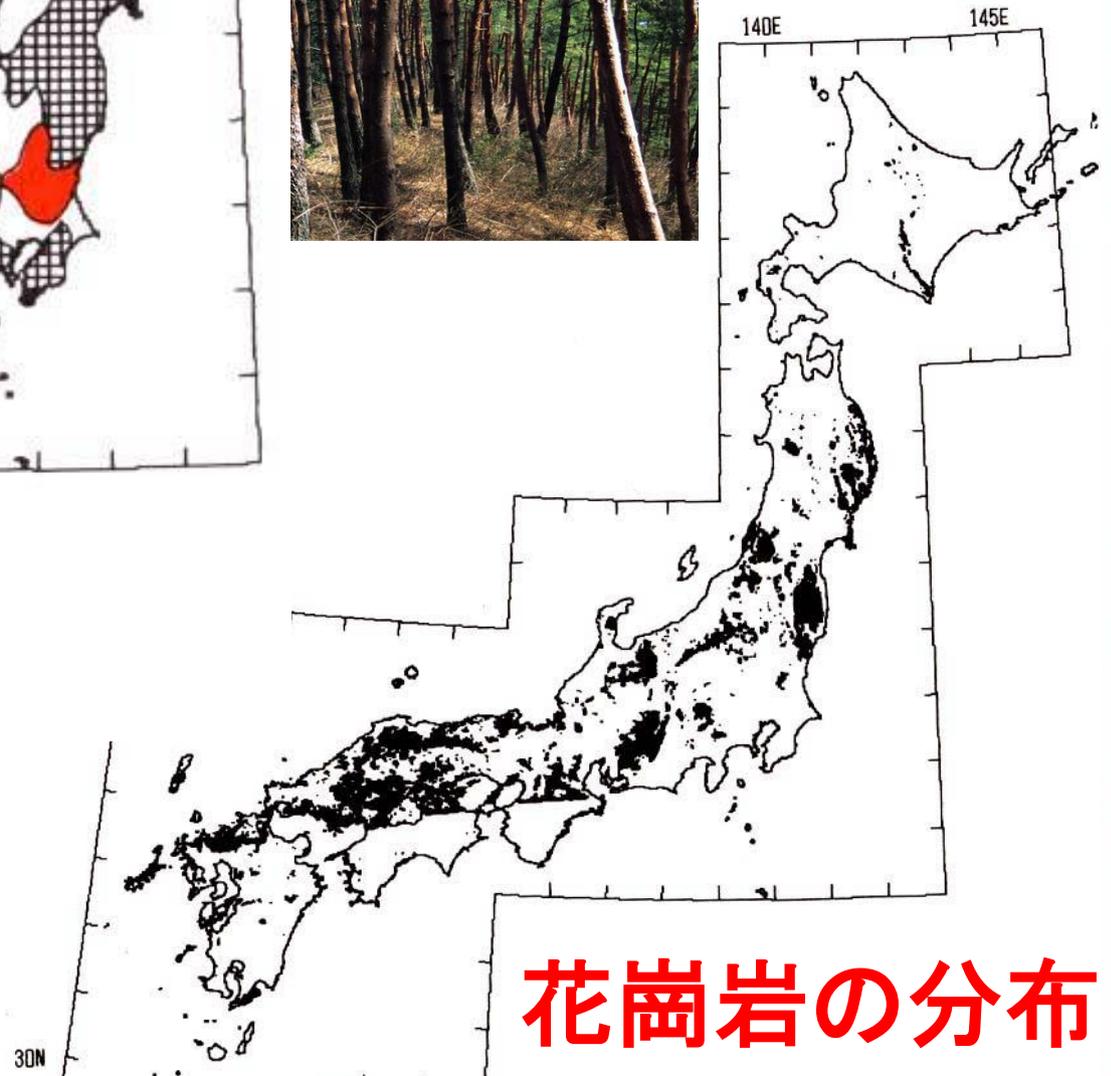
これらの森林の多くは二次林



アカマツは乾燥に強い



花崗岩（御影石、稲田石）は風化すると崩れやすいマサ土になる



花崗岩の分布



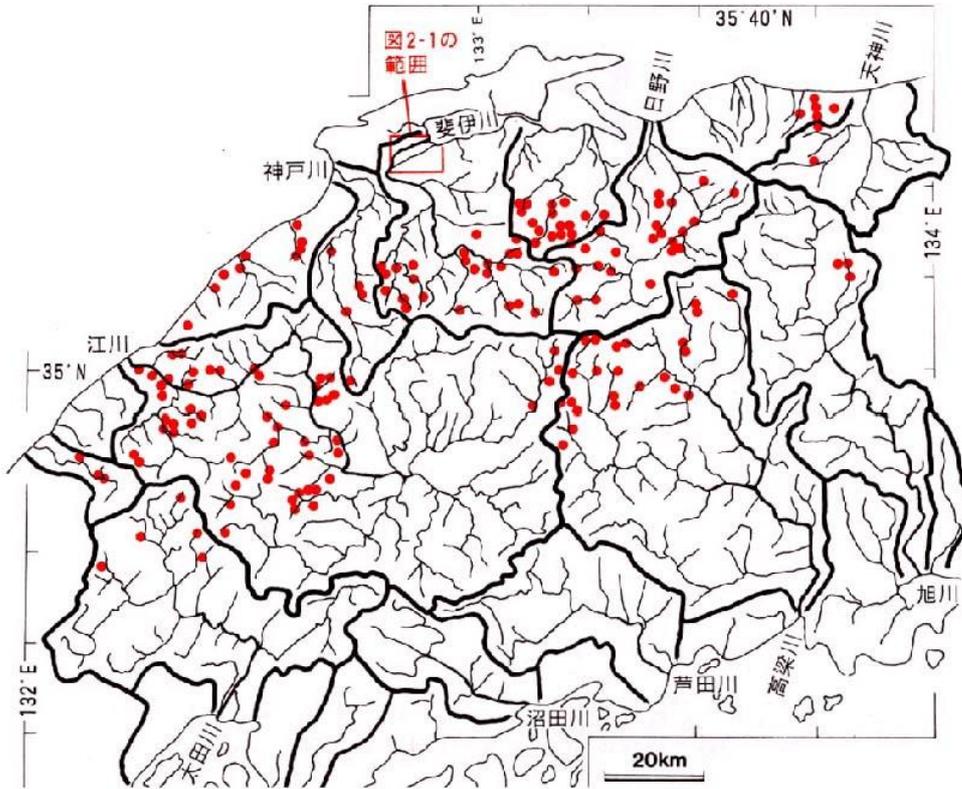
なぜ、中国地方には
アカマツの二次林が
多いのか？



(C) スタジオジブリ

アニメ「もののけ姫」に登場する
たたら場

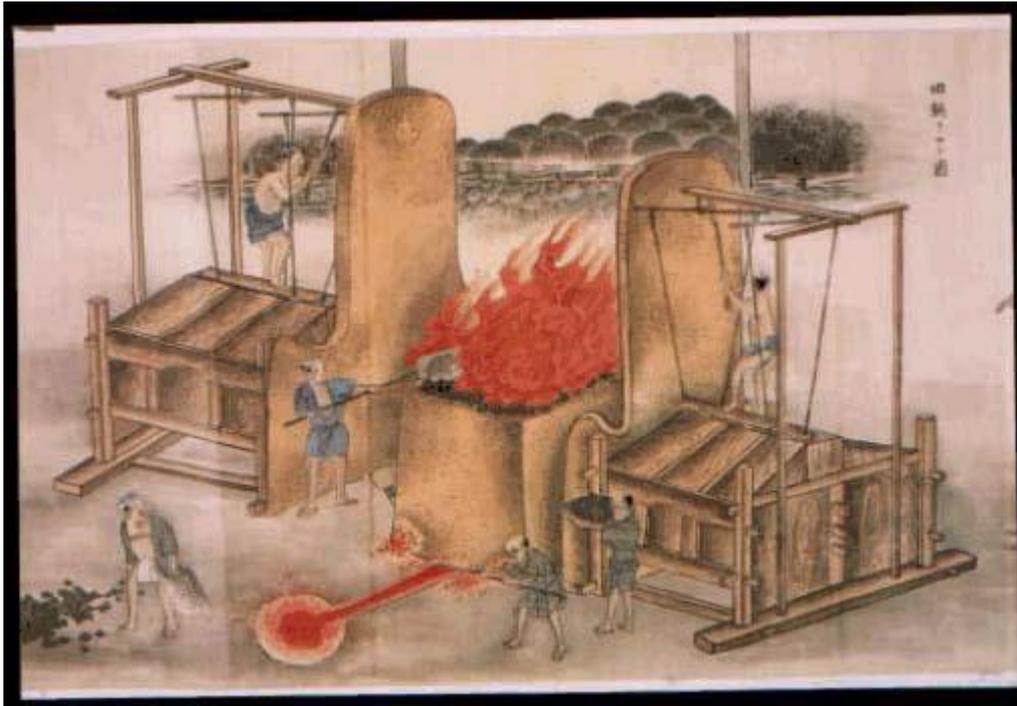
たたら製鉄



近世のたたら場の分布



オロチのウロコの様に見える
斐伊川の河口（にっぽん川紀行）



近世のたたら製鉄の様子（東京大学所蔵）

オロチと斐伊川の関係

- たたらの原料は砂鉄と木炭
- 木炭は森林を伐採して調達
- 砂鉄は花崗岩の風化したマサに多く含まれる
- 比重選鉱で砂鉄を分離（鉄穴流し）
- 河川の流送土砂量の増大
- 斐伊川の氾濫



鉄穴流しの様子（国土交通省）



もののけ姫に登場する斜面
(C) スタジオジブリ

こうやって中国地方の山は荒れていった

日本の山地に二次林が多いもう一つの理由

- 1950年代まで焼き畑が広く営まれてきた。
- 焼き畑は、一定の技術や文化に支えられた持続可能な農業である。

山岳森林の人々

縄文の民．．． 柳田国男



アシタカの村 (C) スタジオジブリ

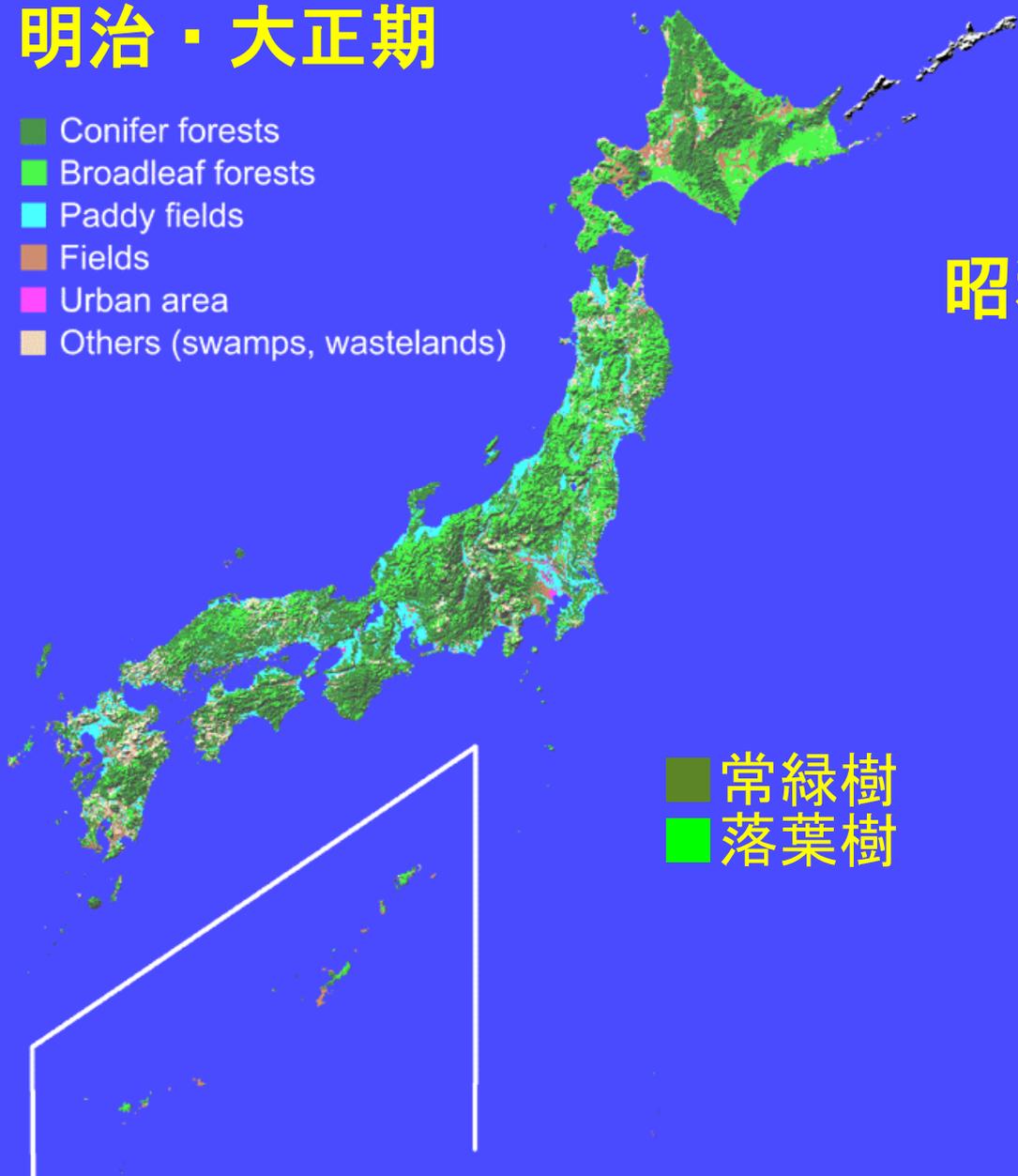


1950年の焼き畑の状況

(杉谷ほか、「風景の中の自然地理」、古今書院)

明治・大正期

- Conifer forests
- Broadleaf forests
- Paddy fields
- Fields
- Urban area
- Others (swamps, wastelands)

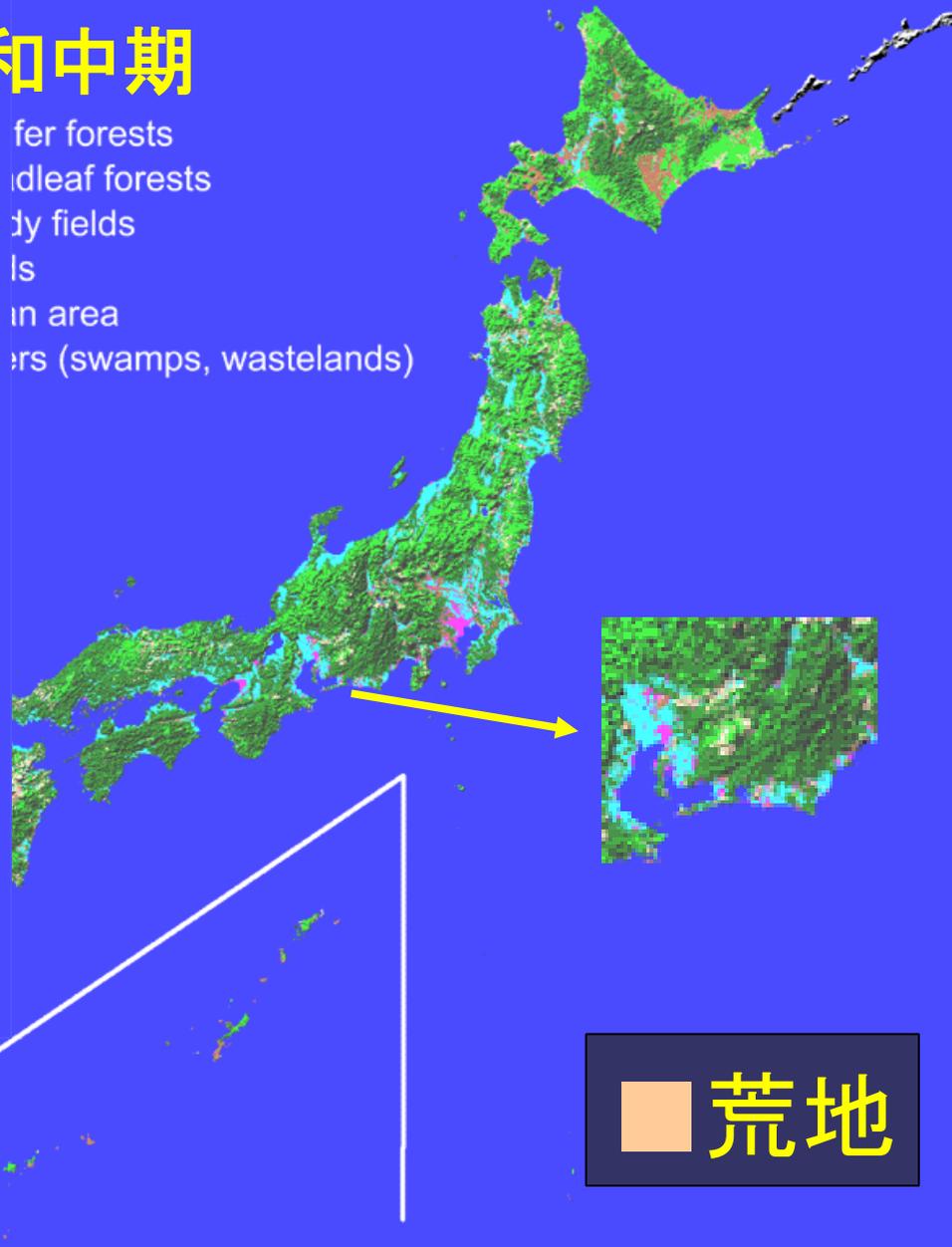


- 常緑樹 (Evergreen trees)
- 落葉樹 (Deciduous trees)

このような歴史を経て戦前までの日本の森林は形成されてきた

昭和中期

- Conifer forests
- Broadleaf forests
- Paddy fields
- Fields
- Urban area
- Others (swamps, wastelands)



- 荒地 (Barren land)



日本には植林地が多いが、木曾や吉野などの伝統的産地を除けば、第二次世界大戦後の現象

拡大造林

戦後の国土復興のため、それまでの薪炭林や原生林を伐採して、より経済価値があるとされたスギ、ヒノキ、カラマツなどを植栽



日本の人工林の分布

(杉谷ほか、「風景の中の自然地理」、古今書院)

戦後60年で日本の森林は大きな変貌を遂げた

昭和中期

- Conifer forests
- Broadleaf forests
- Paddy fields
- Fields
- Urban area
- Others (swamps, wastelands)



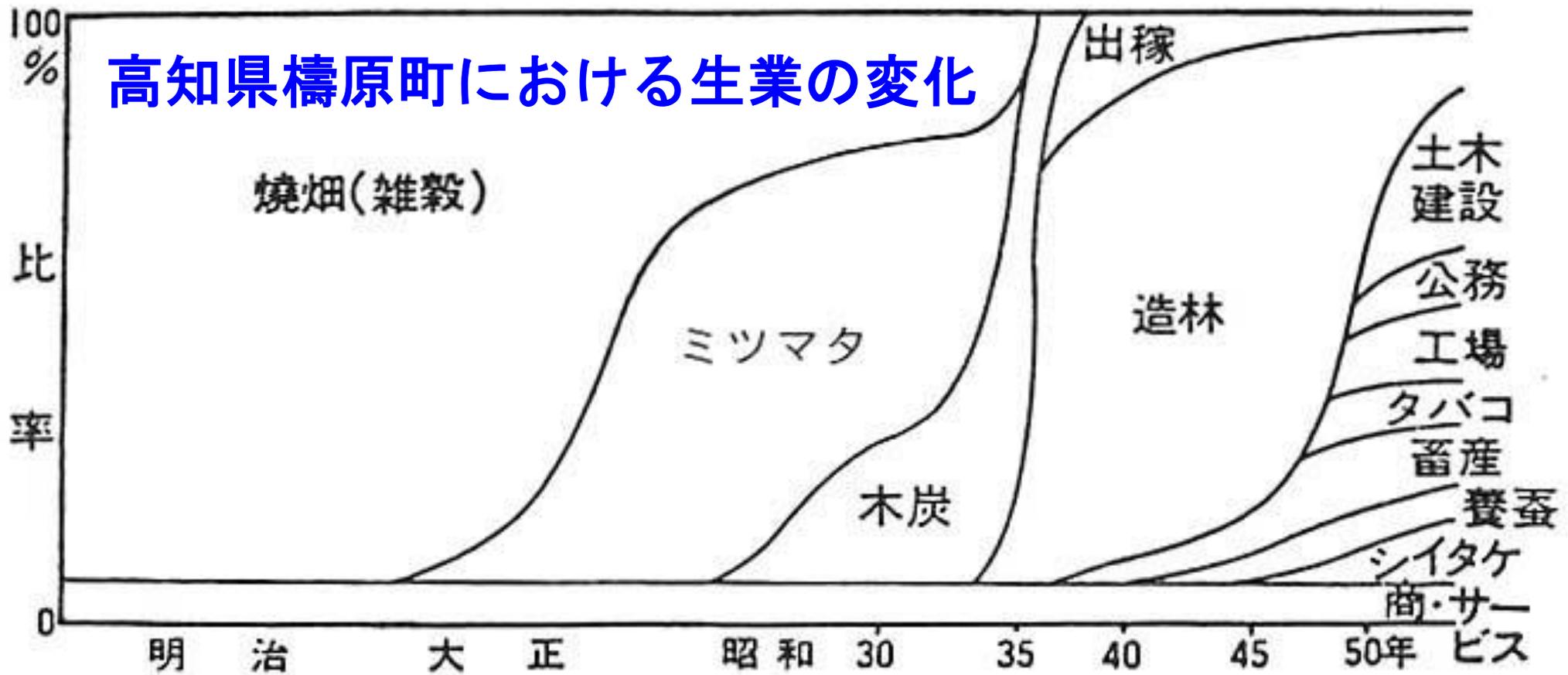
- 常緑樹 (Evergreen trees)
- 落葉樹 (Deciduous trees)

現代

- Conifer forests
- Broadleaf forests
- Paddy fields
- Urban area
- Others (swamps, wastelands)



濃い緑色で示される針葉樹（人工林）の分布の拡大に注目！



- ・ 大正期から商品経済に取り込まれ和紙原料の生産
- ・ 戦後は製炭、造林
- ・ しかし、エネルギーは木炭から石油へ
- ・ 高度経済成長期に外材の輸入が自由化され木材価格が下落
- ・ その後、過疎化と生業の多様化
- ・ 間伐材の用途も減少

(藤田、1981)



街道を行く 1. (朝日新聞社)

戦後60年で日本の森林は大きな変貌を遂げた

昭和中期

- Conifer forests
- Broadleaf forests
- Paddy fields
- Fields
- Urban area
- Others (swamps, wastelands)



- 常緑樹 (Evergreen trees)
- 落葉樹 (Deciduous trees)

現代

- Conifer forests
- Broadleaf forests
- Paddy fields
- Urban area
- Others (swamps, wastelands)



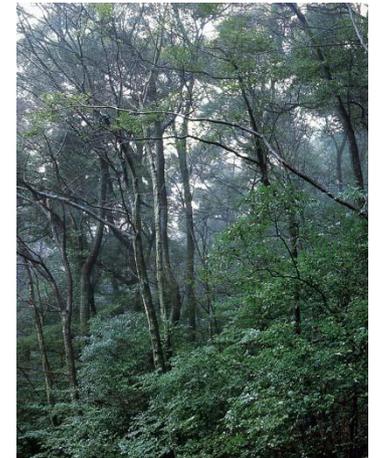
濃い緑は常緑樹林であるが、北海道の一部の針葉樹林や、西南日本の照葉樹林（常緑広葉樹）を除くとほとんどが人工林である

里山

人の手によって維持管理されてきた二次林

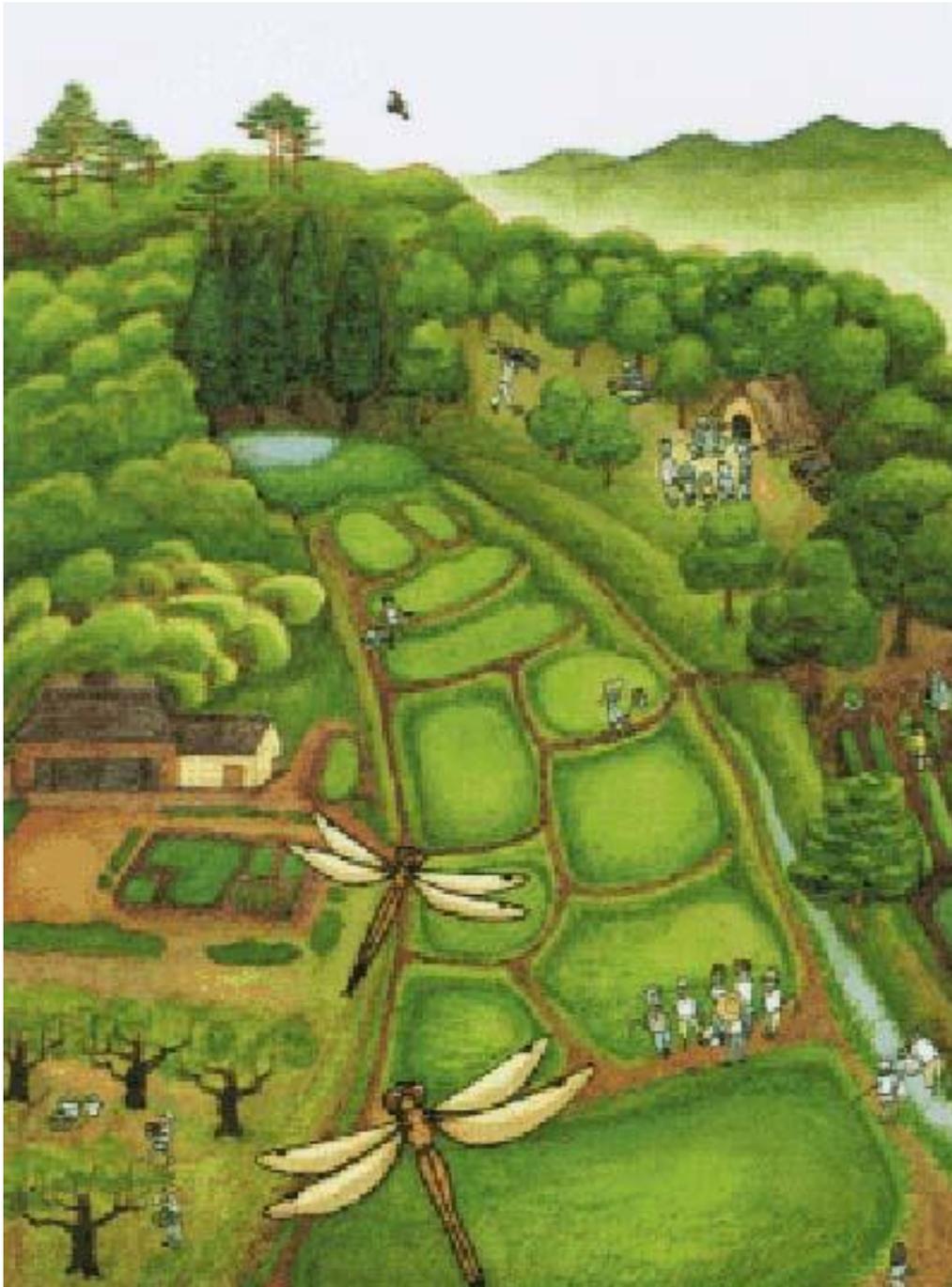
関東地方ではクヌギ、コナラ、エゴノキ、などの落葉広葉樹

人間によって形成された生態学的な平衡状態



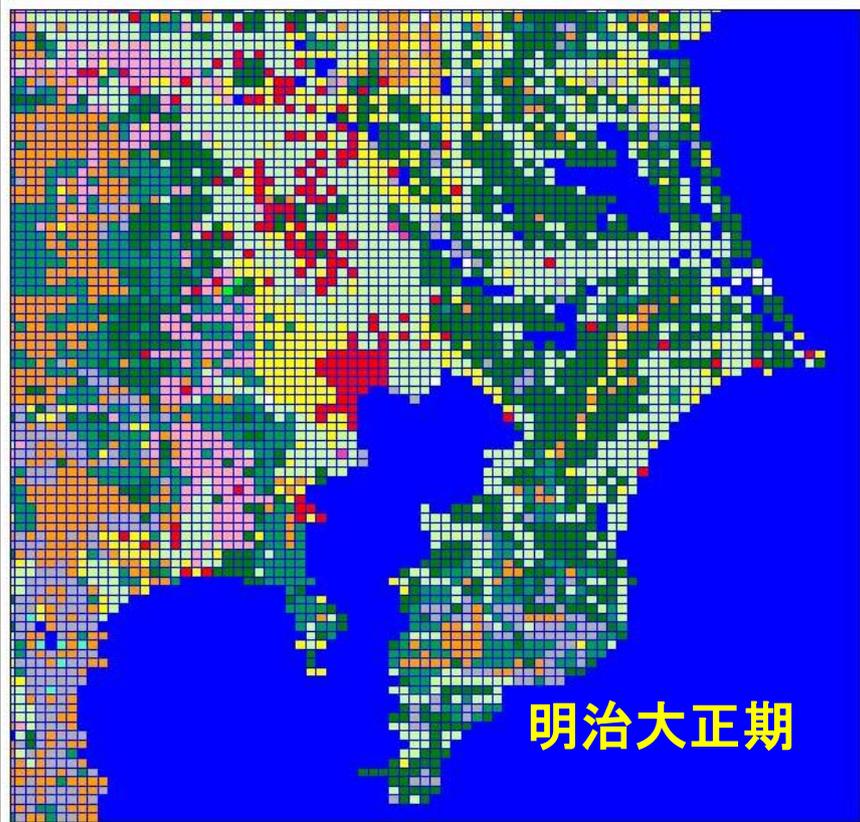
最近は人の手が入らなくなり、**照葉樹**（常緑広葉樹）が復活してきている

⇒竹の侵入も深刻な問題



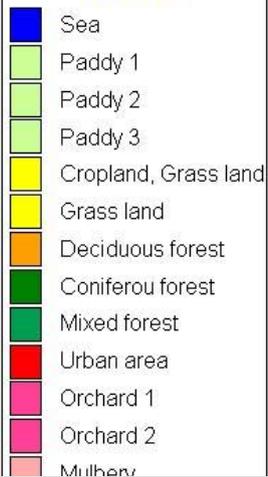
（武内ほか編、「里山の環境学」、東大出版会）

Landuse Map in Meiji-Taisho Era



明治大正期

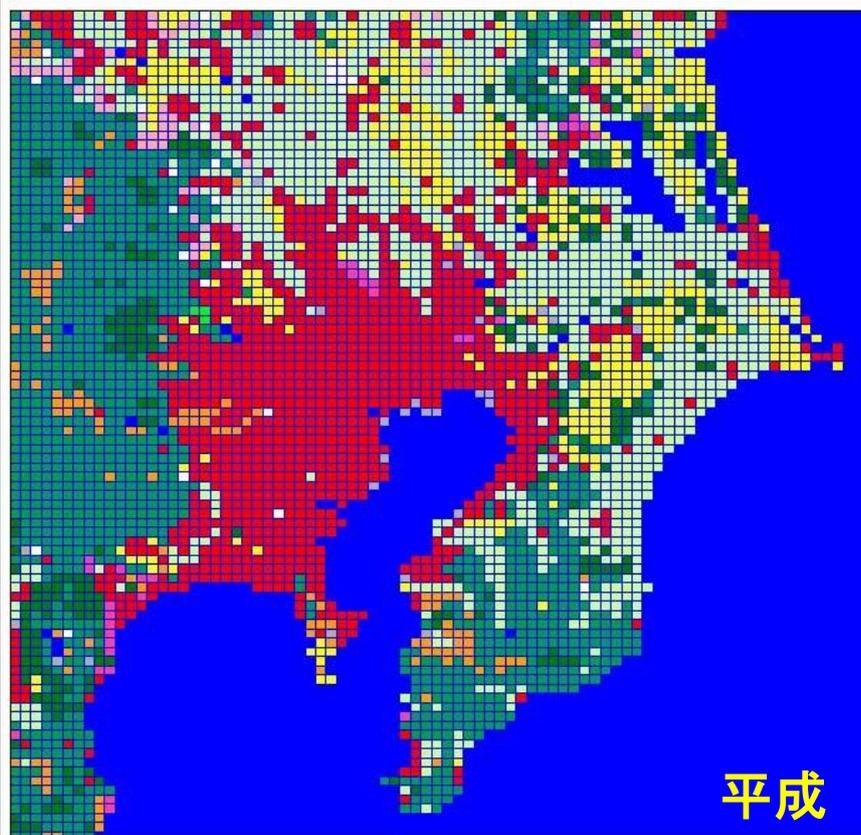
Legend



● 明治大正期と平成期の土地利用

- 山地では広葉樹 ■ から 針葉樹 ■ へ
- 山では荒地 ■ も多かった (茅場)
- 東京大都市圏 ■ の拡大

Landuse Map in Heisei Era



平成

Legend



km

0 20 40

利根川の計画高水流量

明治33年	3,750
明治43年	5,570
昭和14年	10,000
昭和24年	14,000
(八斗島、m ³ /秒)	

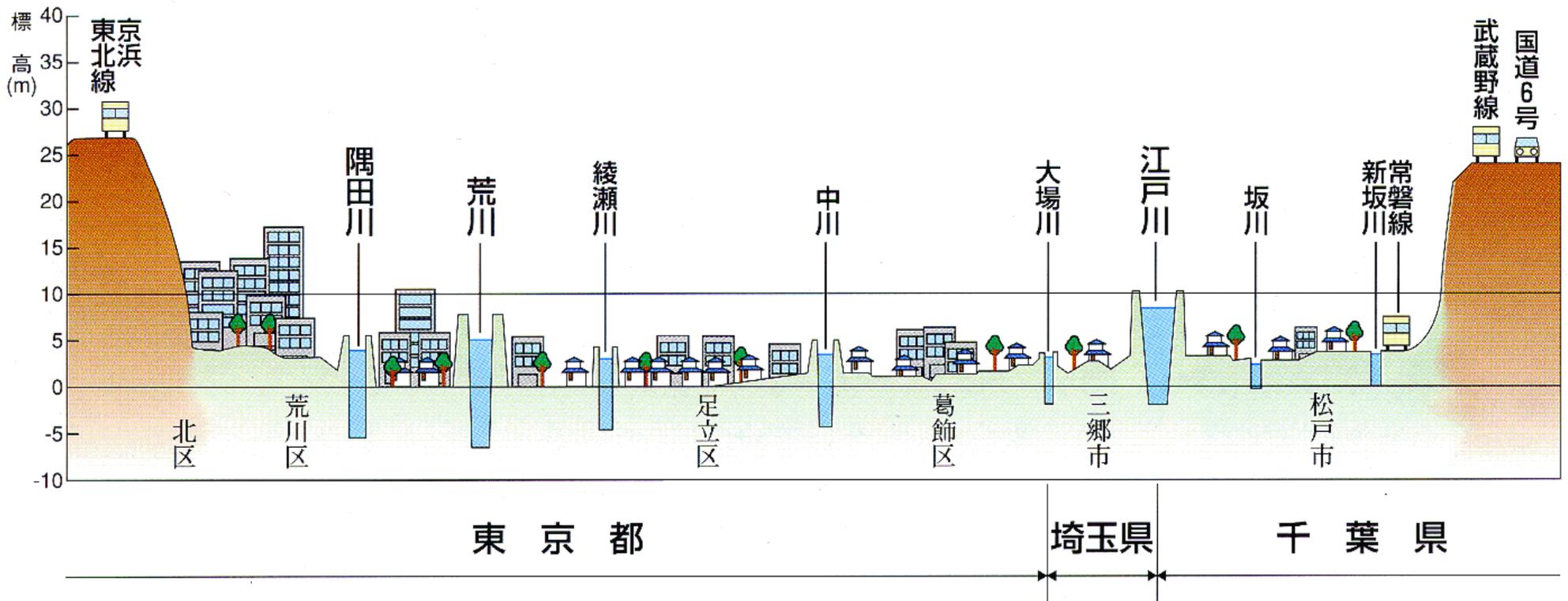
日本における西洋式治水工法の導入

●明治29、30年 治水三法 **河川法**、**砂防法**、**森林法** 成立

●治水に対する工学的適応の開始 *環境適応から工学的適応*

「洪水をなだめる」から「洪水を制する」へ

●東京と江戸川・荒川・隅田川(A-A'断面) (国土交通省ホームページより)



1974年多摩川水害



- その後の、訴訟で国が敗訴
- 行政に住民の生命と財産を守る義務



- 水需要量の減少
- 環境を重視した住民運動の高まり

吉野川第十堰



長良川
河口堰



2000年9月11、12日東海豪雨

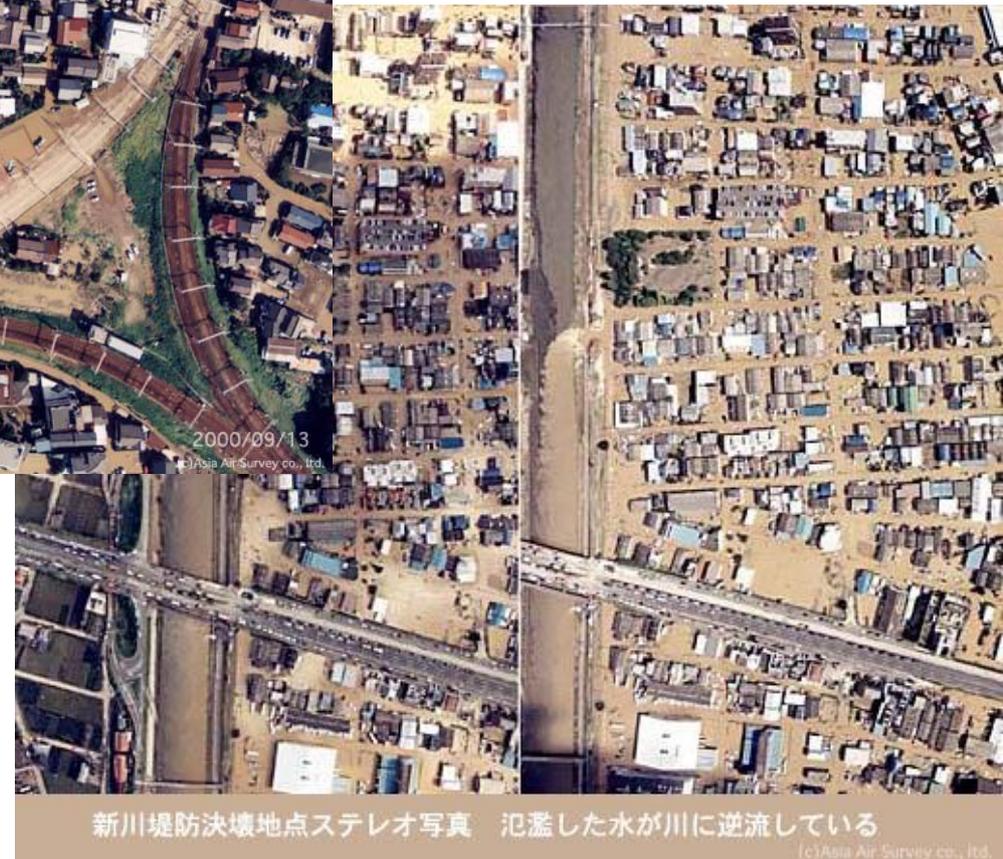
もう、工学的適
応では支えきれな
い...

新川堤防決壊箇所



西枇杷島駅と新幹線

空中写真：(株)アジア航測



新川堤防決壊地点ステレオ写真 氾濫した水が川に逆流している

(c) Asia Air Survey co., Ltd.

水防法改正までの流れ

河川法改正

●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を明記

●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

水防法改正

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、水害リスクを負う必要

●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していく必要

●住民の移転、保険に加入



(築地書館、2004)

「緑のダム」としての機能

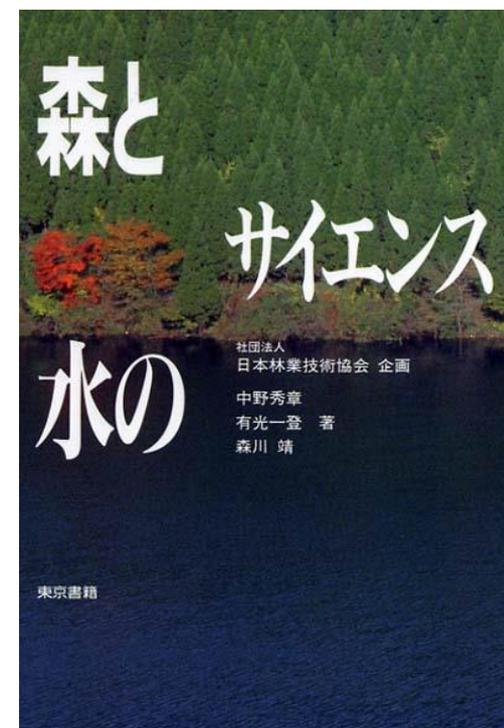
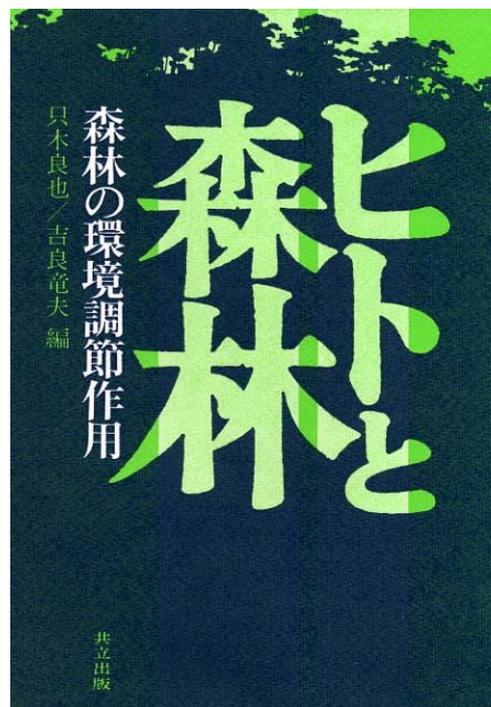
脱ダム宣言
 森林があればダムは要らないのか？
 針葉樹より広葉樹の方が良いのか！？

政治的、情緒的議論

森林の環境調節作用

- 気候緩和作用
- 理水作用
- 水質保全作用
- 汚染物浄化作用
- 防災作用
- 保健的作用

(只木・吉良編「ヒトと森林」共立出版、1982)



(社)日本林業技術協会企画
 東京書籍、1989



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？

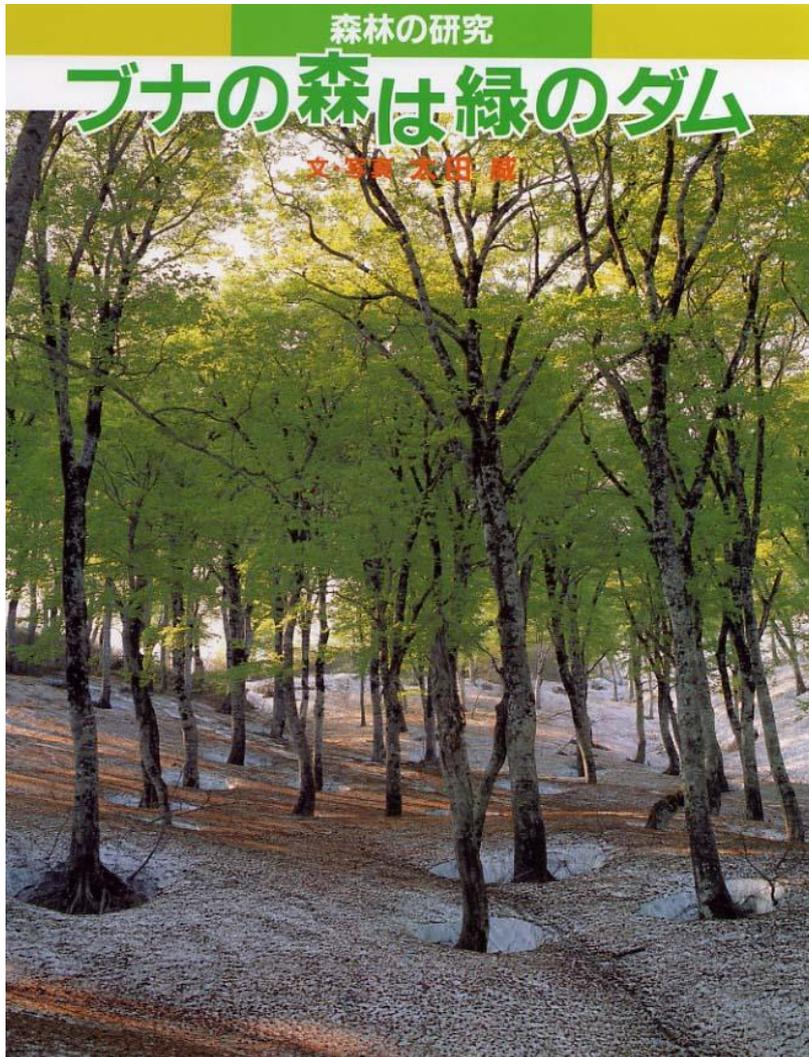
森林には水を育み、洪水を緩和する機能があるのではないか？

緑のダム

針葉樹がいいのか、広葉樹がいいのか？

ブナの森は緑のダム

文・写真 太田威
あかね書房 1988年



水と緑の国、日本

富山和子著
講談社 1998年

水と緑の国、日本

Land of Water and Forest, Japan

富山和子
Karuku Tomiyama

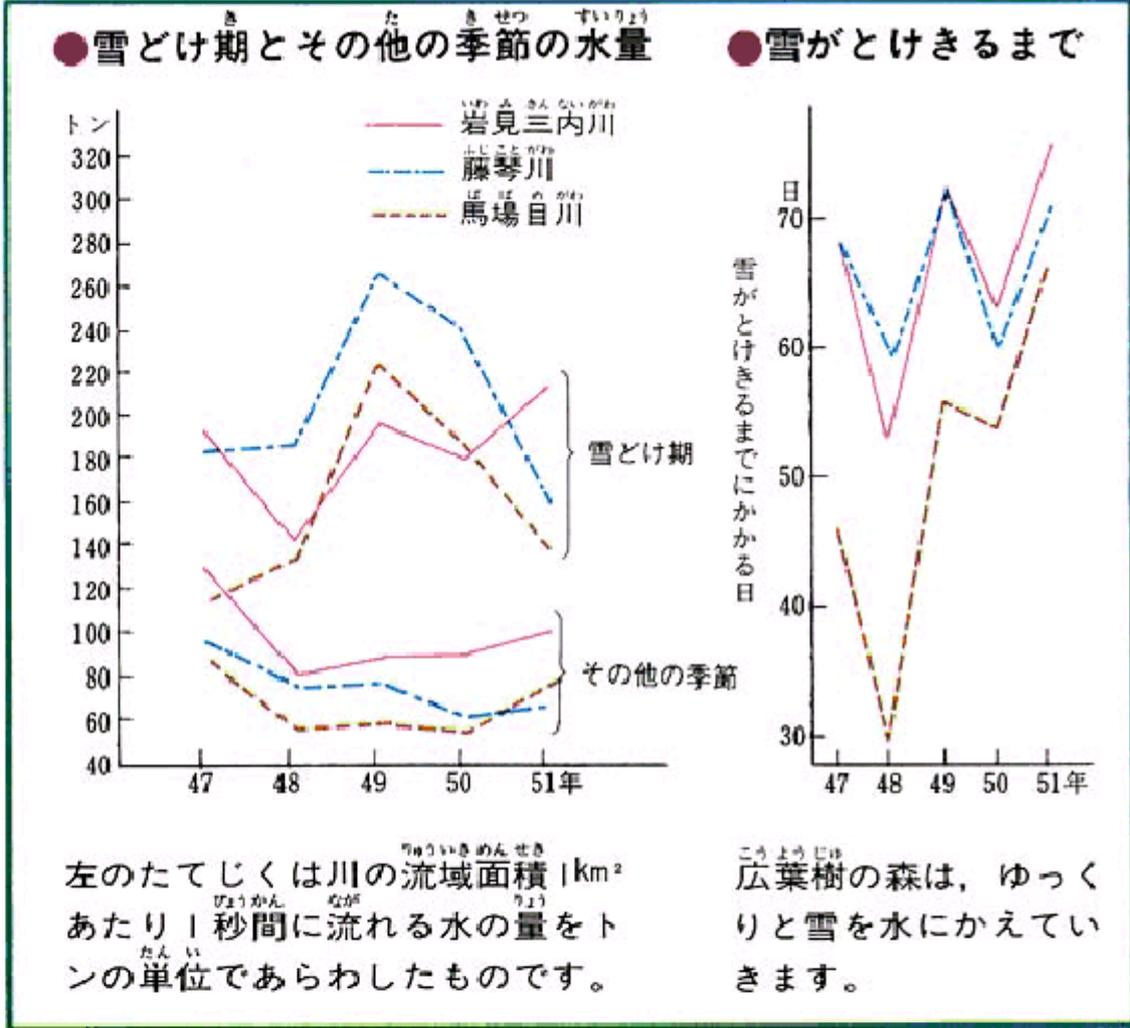


Translated by David Eunice with Contributions by Bruce Bain

ブナの森は緑のダム



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)

なるほど、ブナはいいねえ!

水と緑の国、日本



...例えば、1994年、1995年の大渇水では、**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 (Tayone Village, Aichi Prefecture)

The Japanese people and the cedar tree have a long 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 ships that carried rice, and the barrels for rice wine. Cedar trees are also planted to produce water. In 1994, Japan suffered a severe drought, and farmers and others in rainy areas had cause to be grateful for the cedar woodland that has been planted since the war to foster water where it is needed.

杉
杉と日本人は大の仲よき
そのなかたちをよしのが米
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
戦後植えたこの人工林が
どれほどに豊かな水を供給して
私たちの
命綱にたつたことだろうか
(愛知県豊田市)

杉が いいの？

針葉樹と広葉樹の水文学的機能に関する研究の一例

● 広葉樹林を針葉樹林に変えたときの年流出量変化

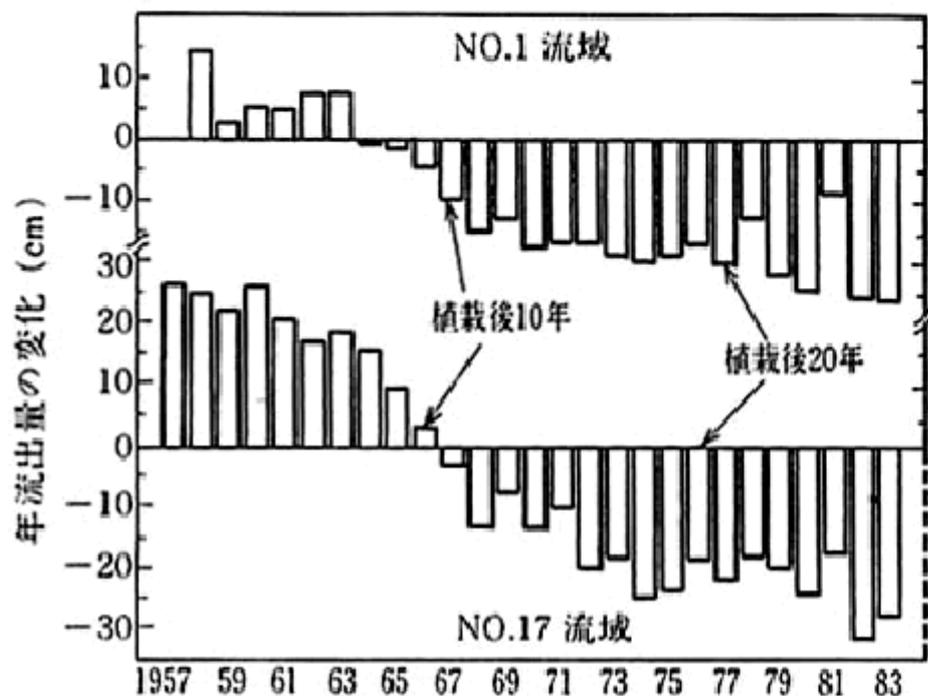


図134 広葉樹木を伐倒し、その後マツ (White pine) を植栽したときの年流出量の経年変化 (W. T. Swank ら, 1988による)

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。

- ・(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大きい

- 針葉樹の葉量が大きく、遮断量大きいこと、蒸散の期間が長い

針葉樹に変えると流量は減少

(土壌の変化がないという点を忘れるな)

広葉樹と、針葉樹、どっちが水を育むのか？

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（多様性）、
- ・ 相互に関連があり（関連性）、
- ・ ある場所に配置されることにより特徴を発揮し（空間性）、
- ・ 歴史によって形成される（時間性、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うしたらよいか？

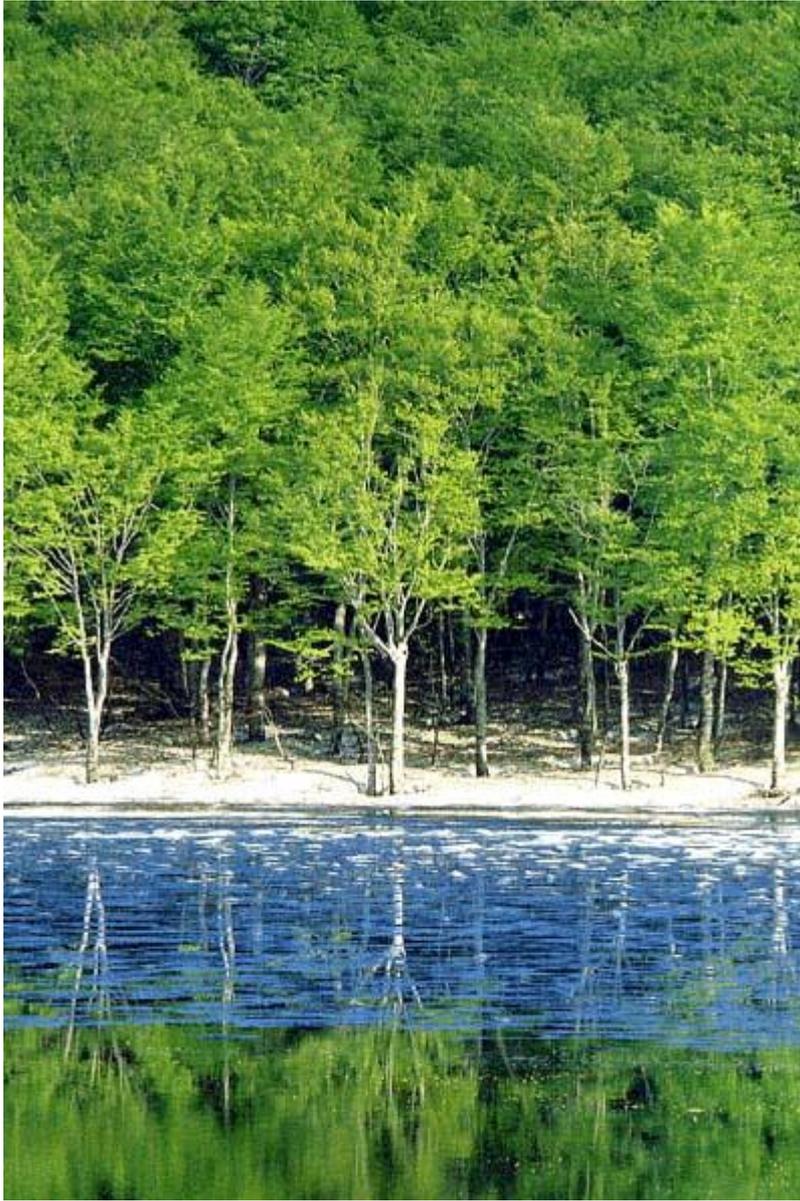
広葉樹 . . . 自然林、里山の二次林、落葉広葉樹、常緑広葉樹

針葉樹 . . . 自然林、人工林、落葉針葉樹、常緑針葉樹

空間性 . . . どこにあるか 気候、地形、地質

歴史性 . . . どんな経緯を経ているか 林齢、崩壊、管理の仕方

生態学的に平衡状態にあるか



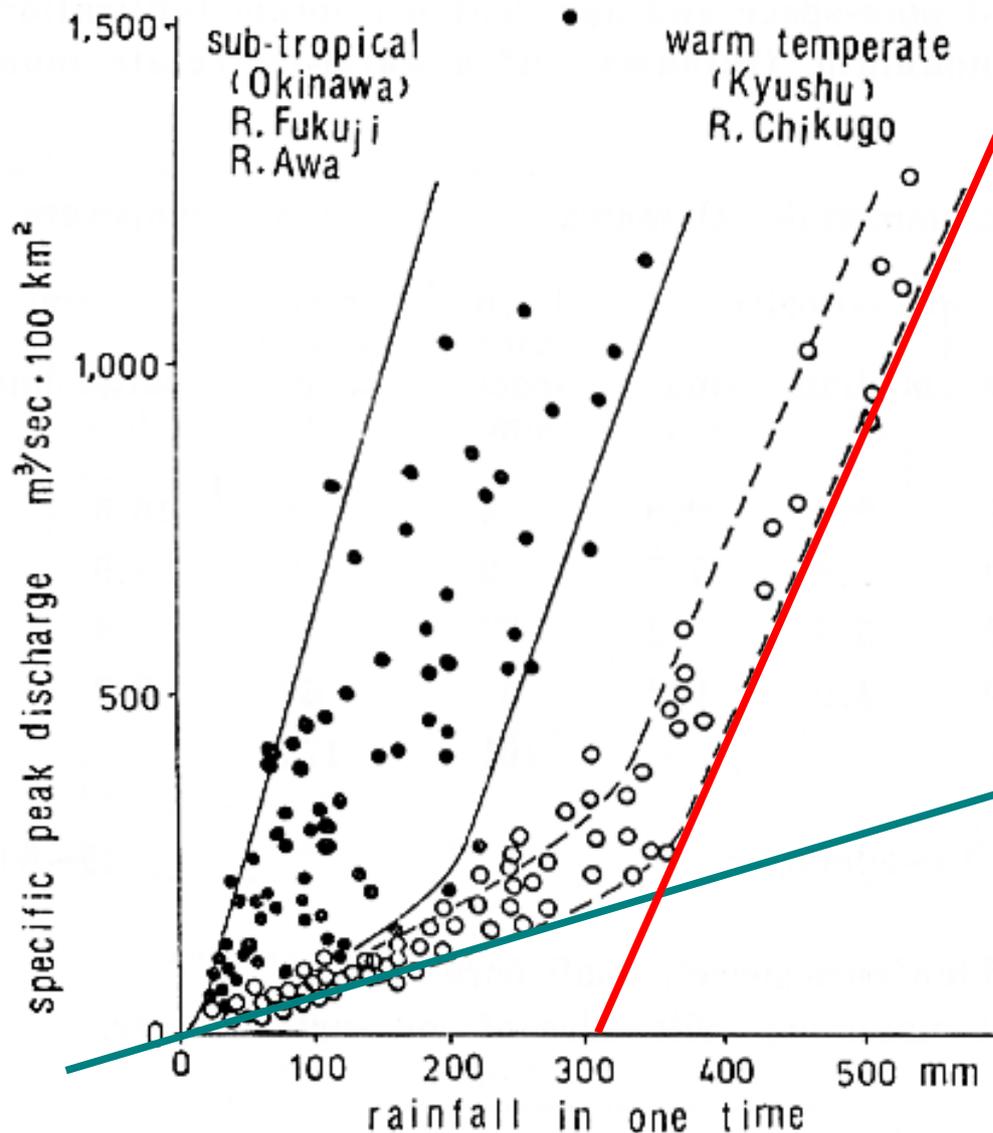
(上) 間伐、枝打ちも行われ、水保全がきちんと行われている人工林

(左) 白神山地のブナ林は生態学的に平衡状態に達した自然林

どちらからも人間は恩恵を受けることができる

では、森林には治水ダムの機能はあるのだろうか

洪水時のピーク流出量



降雨強度が一定レベルを越えると、もはや治水ダムとしての機能は失われる

森林は雨の一部を貯留し、徐々に流出させ、治水機能を発揮するが...

一回に降る雨の量が増えたと→

(竹下、1987)

森林には川の流れを維持し、人間に水資源を供給する利水機能と、洪水時に雨を受け止め、徐々に流出させる治水機能がある

しかし、厳しい日照りの時は、森林は水を消費する

未曾有の大雨の時は、治水ダムとしての機能は限界を超える

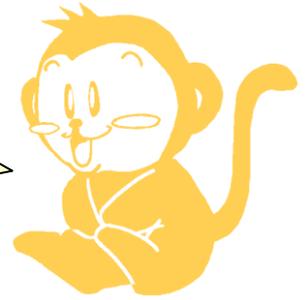
よって、下流に守るべき人間社会があるか、守るべき財産があるか、によって水管理のあり方が変わってくる

森林の機能を理解したうえで、どう生きたいのかを考える



まとめ

ひと、自然、社会の関係性を良好に保つにはどうすれば良いか



水と森と人の関わり

●環境の見方を身につけよう

多様性・関連性・空間性・歴史性

●～の場合には～だけれども、～の時は～。

決して解はひとつではない

●二者択一ではない、柔軟な考え方が必要

森林の機能は一つではないし、限界もある

附錄 森林影響評估

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

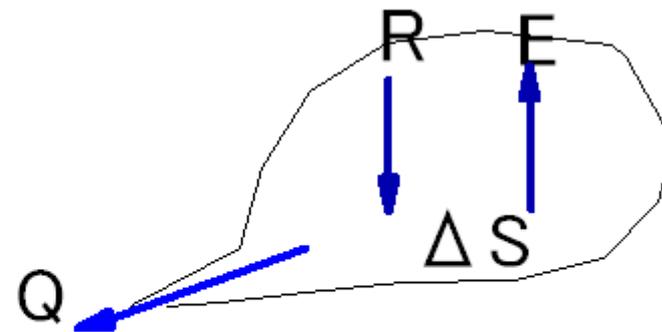
短期流出(時間、日単位)では流出の時間遅れが重要

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

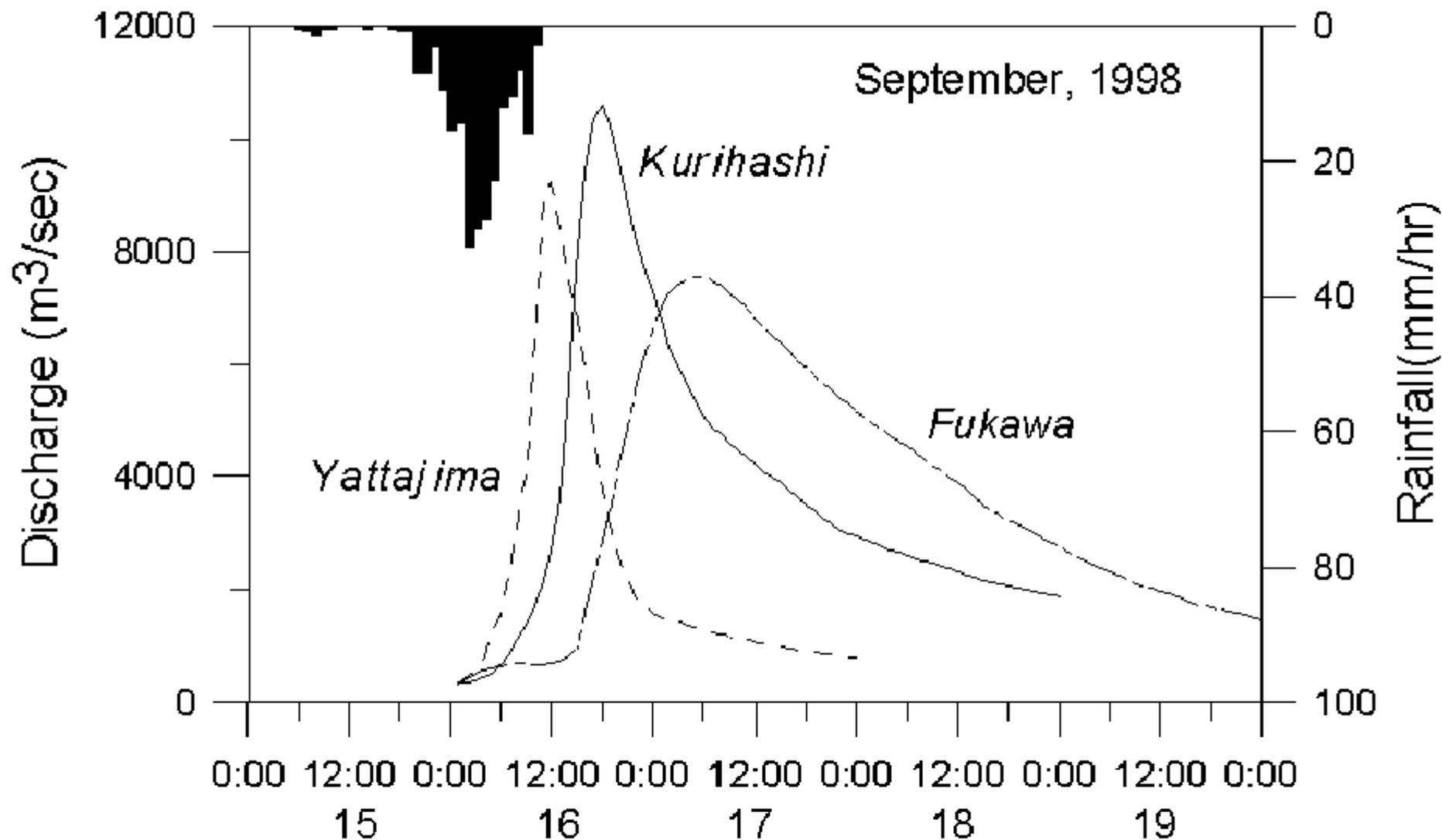
- ・微気象学的方法
- ・水収支法 \rightarrow 小流域試験

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

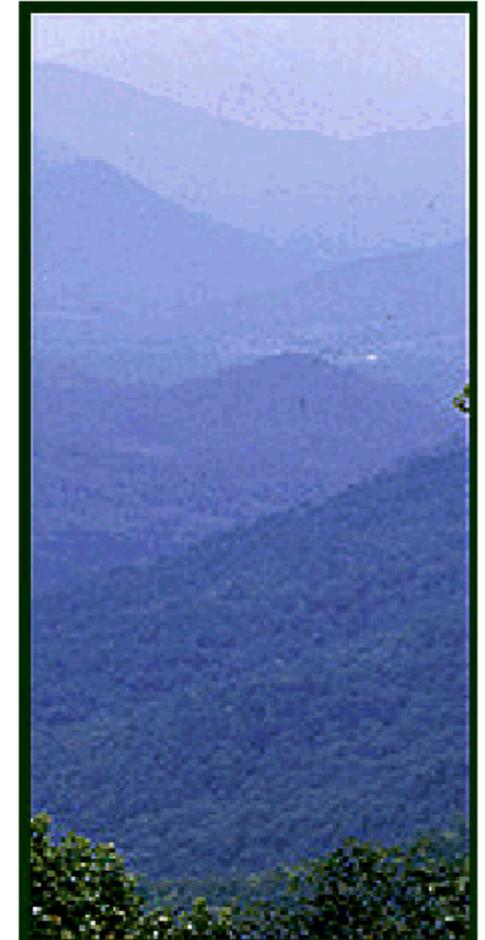
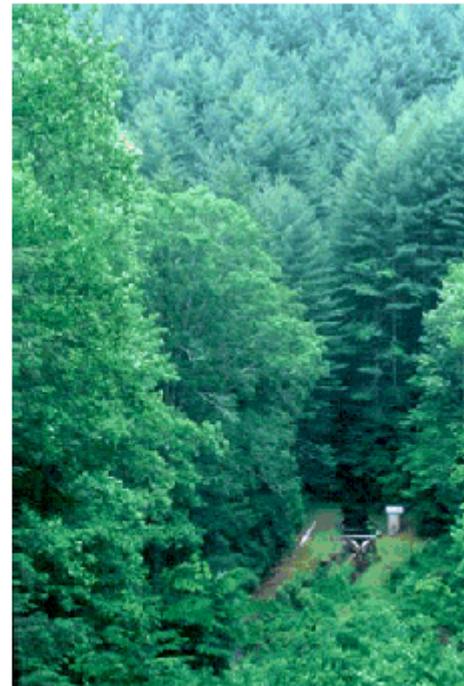
アメリカ南東部アパラチア山系にあるCoweeta試験地

- ・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

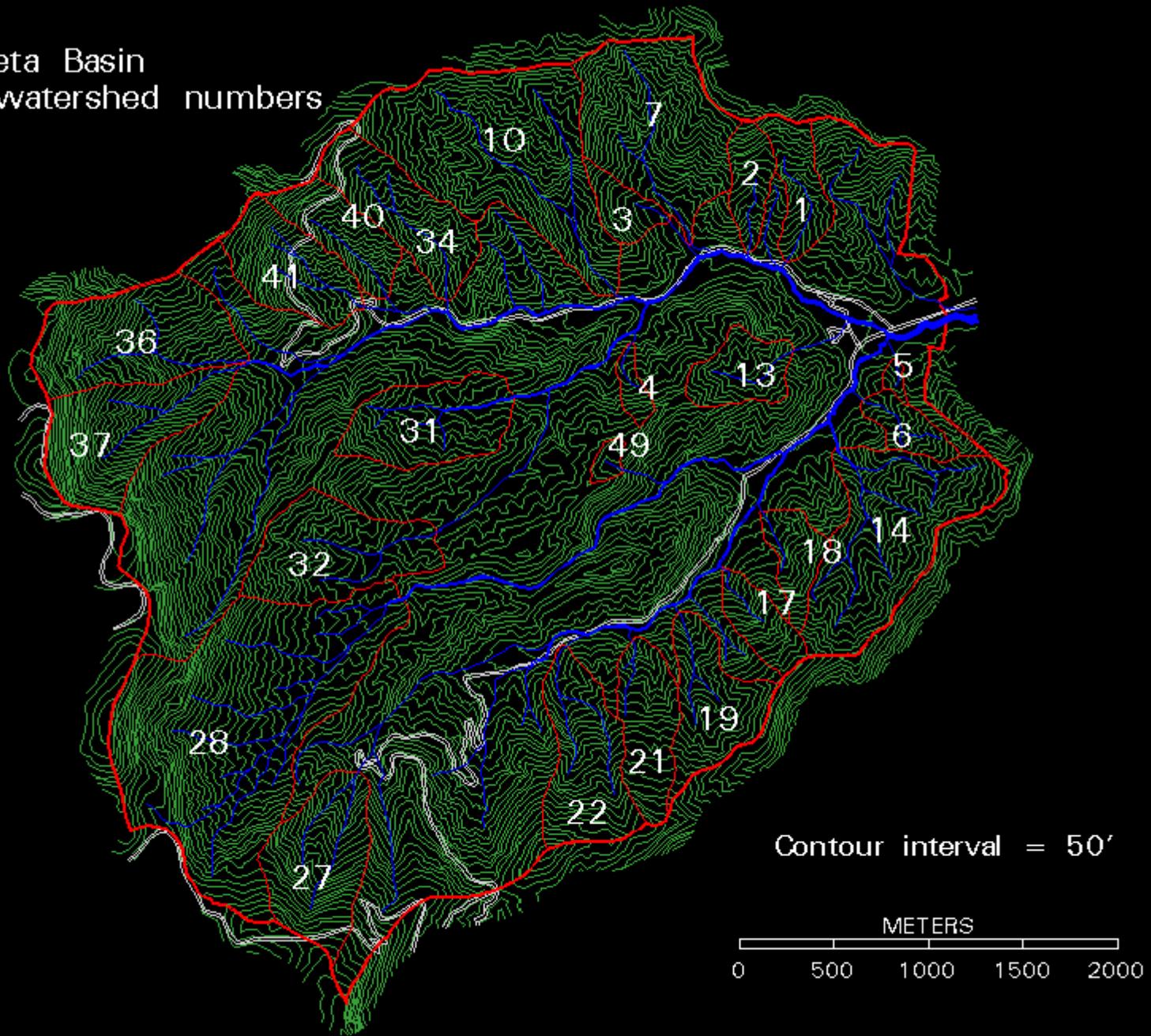
ただし、年間の降雨分布はほぼ一様

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

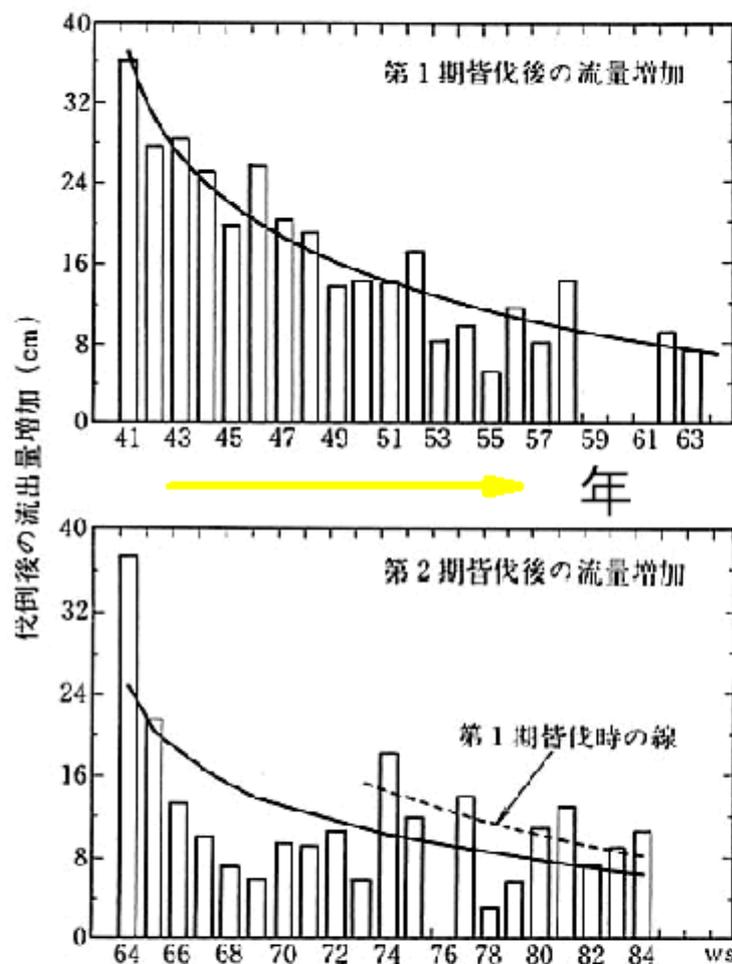


Coweeta Basin
with watershed numbers



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

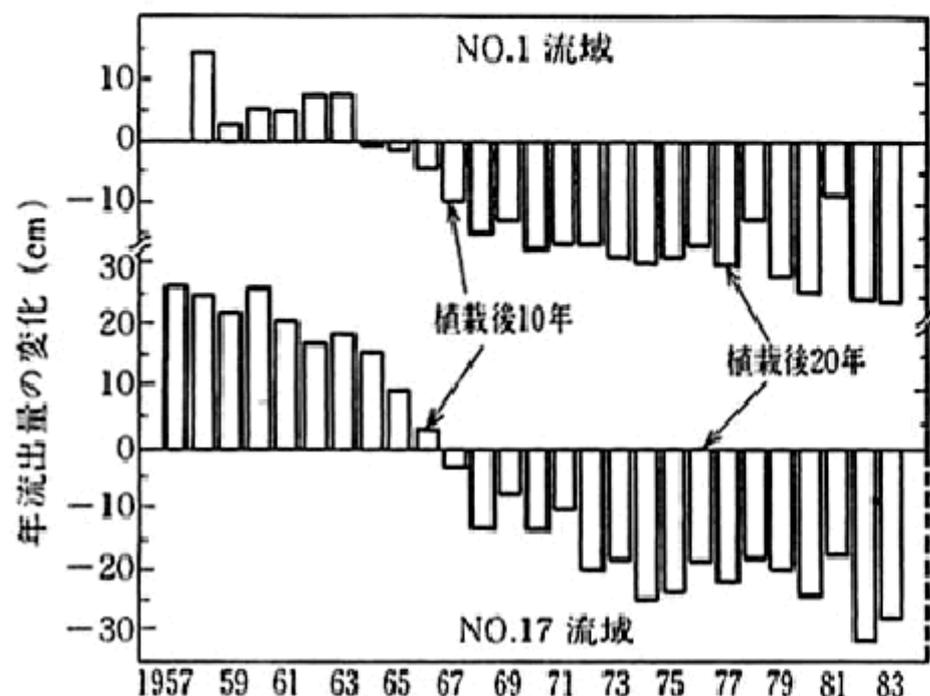


図134 広葉樹木を伐倒し、その後マツ (White pine) を植栽したときの年流出量の経年変化 (W. T. Swank ら, 1988による)

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

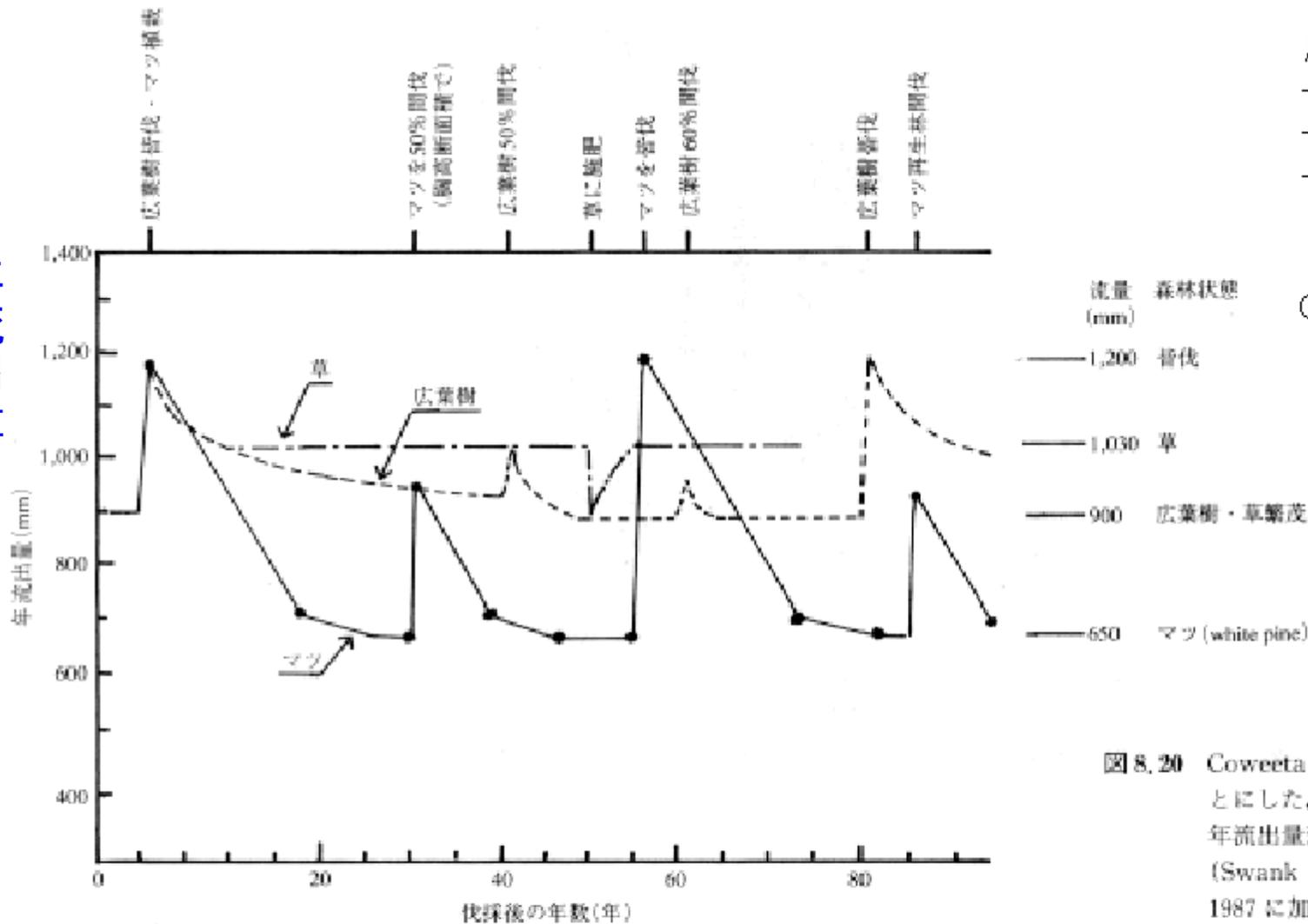
- ・松が鬱閉して10年経過すると広葉樹の時より200mm弱の流量減少

- 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

(土壤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

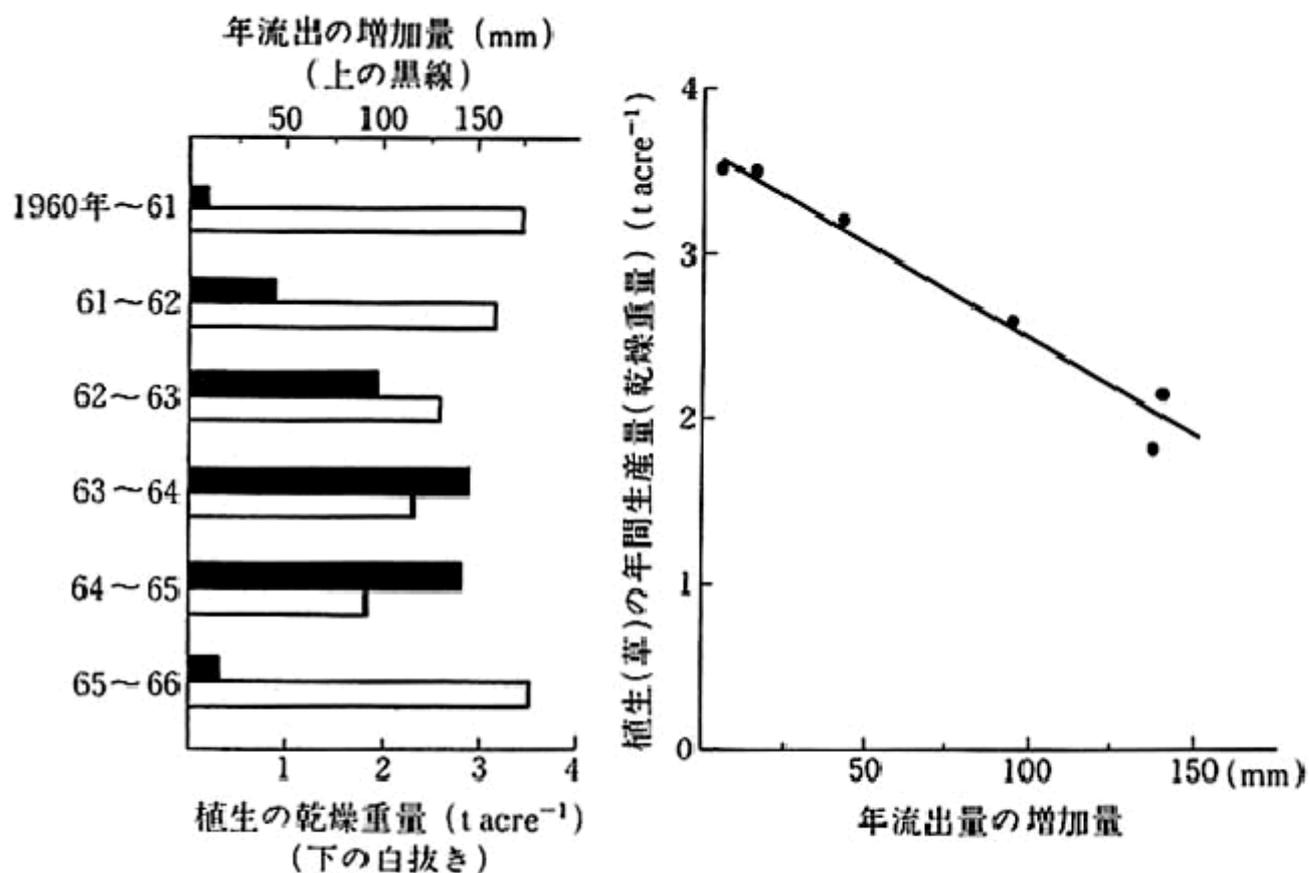
Coweetaは冬降水も多い
 → LAIの影響大

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

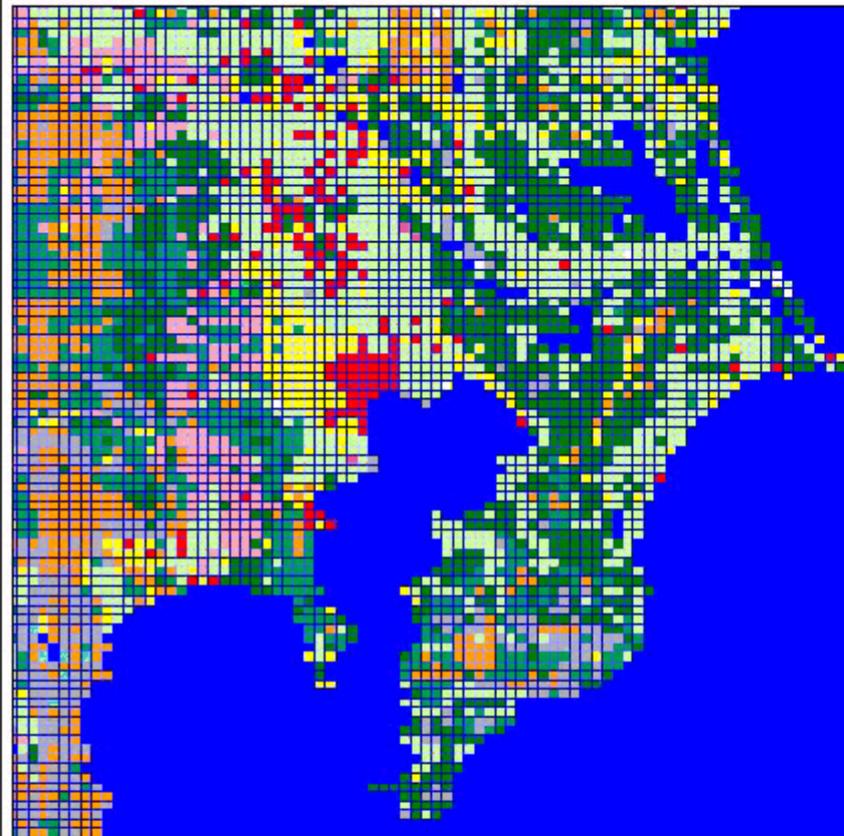
・草が最も旺盛に繁茂した初年度は草地の蒸発散量は広葉樹とほぼ同一

・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



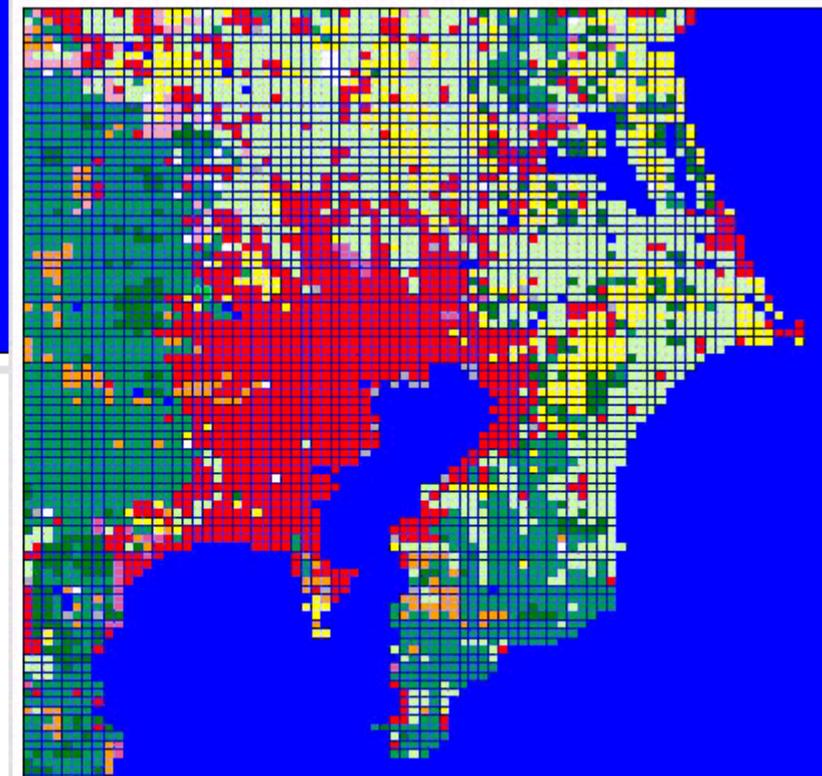
Legend



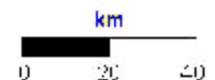
明治・大正期と平成の千葉 県周辺の土地利用

- ・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



- ・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

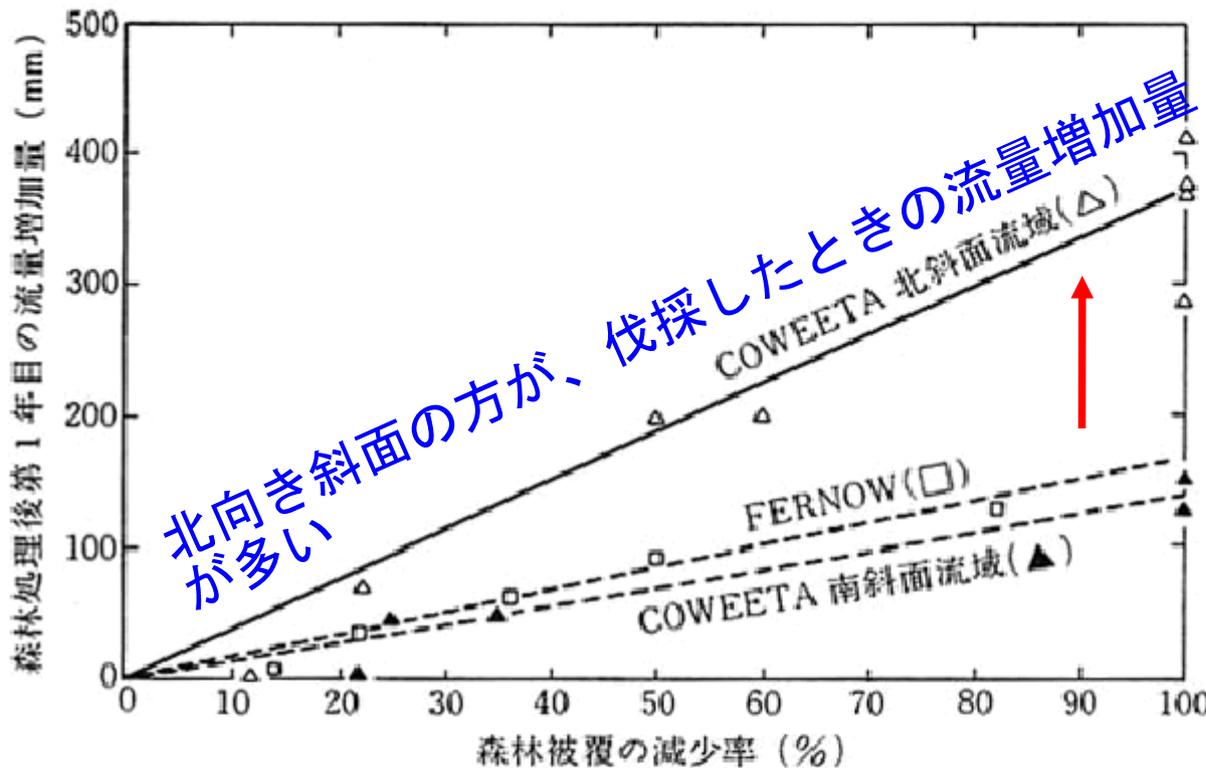


図136 森林の伐採率と年流量増加の関係を小流域の方位向きにプロット

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！

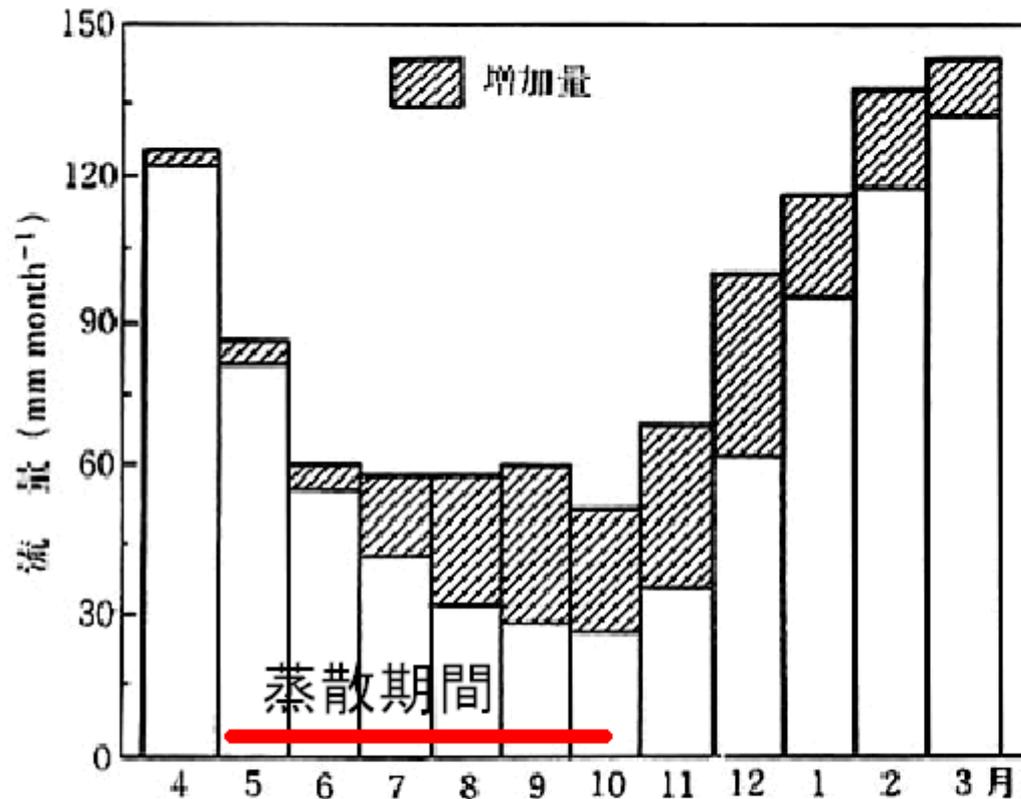


図137 対照流域法により、森林伐採とその後の再生樹刈り払いによる月流出量増加の7年間の平均値

- ・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

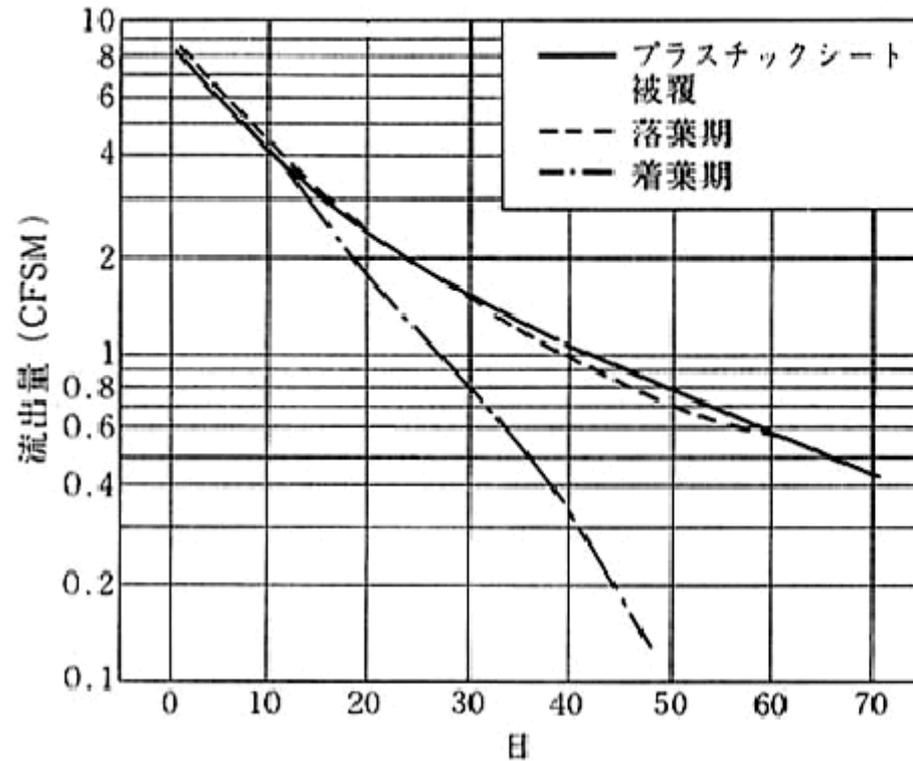


図143 Coweetaの大型ライシメータからの地下水流出曲線
CFSM : $\text{ft}^3 \text{s}^{-1} \text{mile}^{-2}$

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

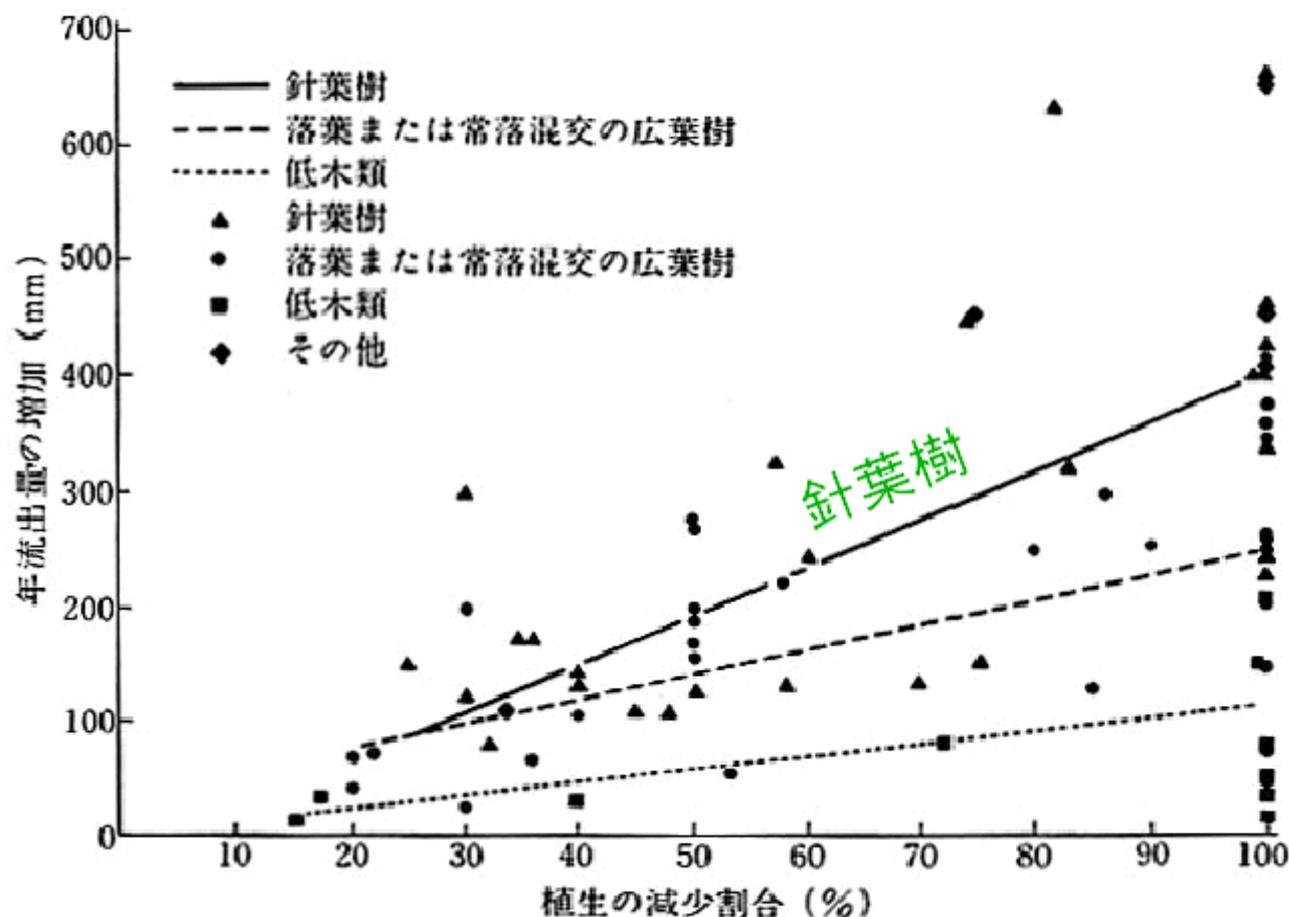
土層中を不飽和降下浸透する速度の小さな土壌水が地下水涵養、流出維持のために重要な役割を果たしている

(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

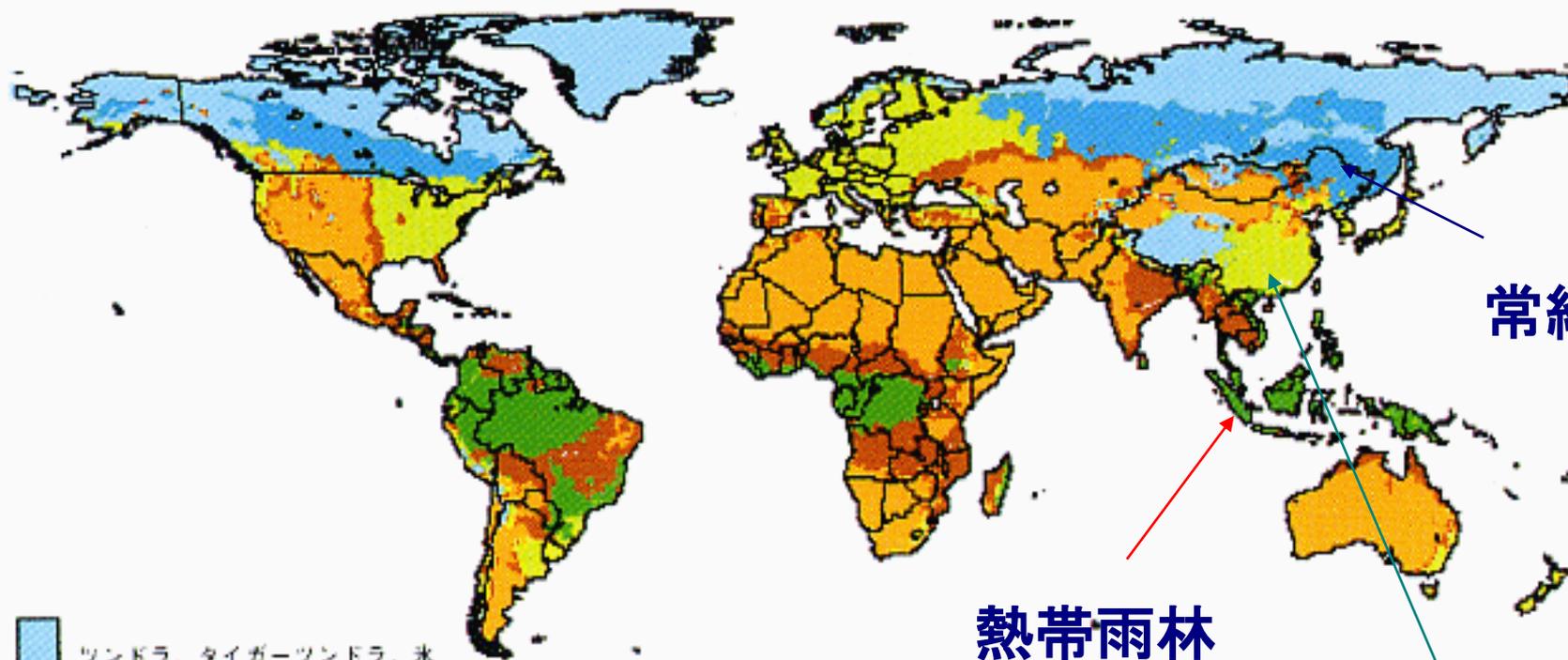
→森林伐採による流量増加が森林帯で分かれ、針葉樹が広葉樹より増加量が大きい



・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)



常緑針葉樹

熱帯雨林
(常緑広葉樹)

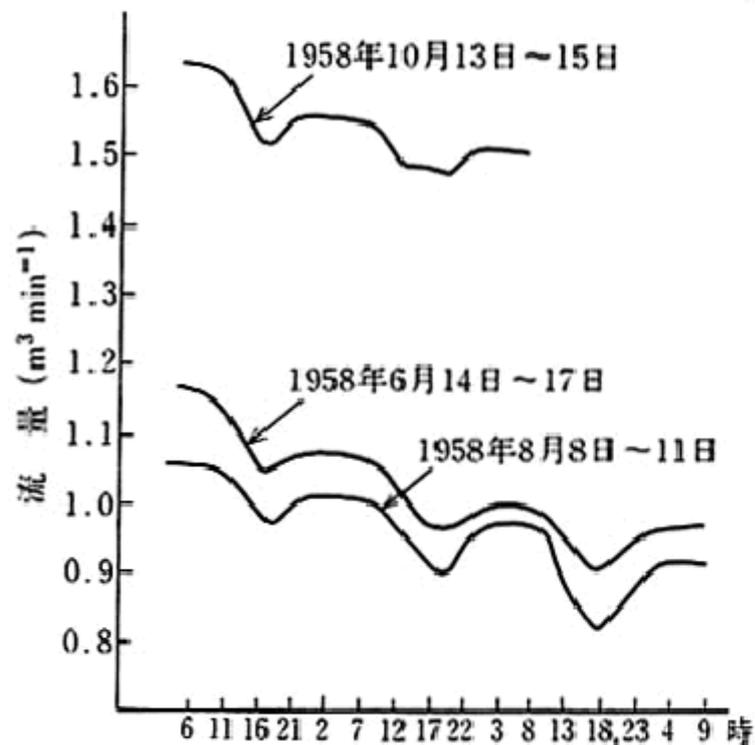
落葉・常緑広葉樹

■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)

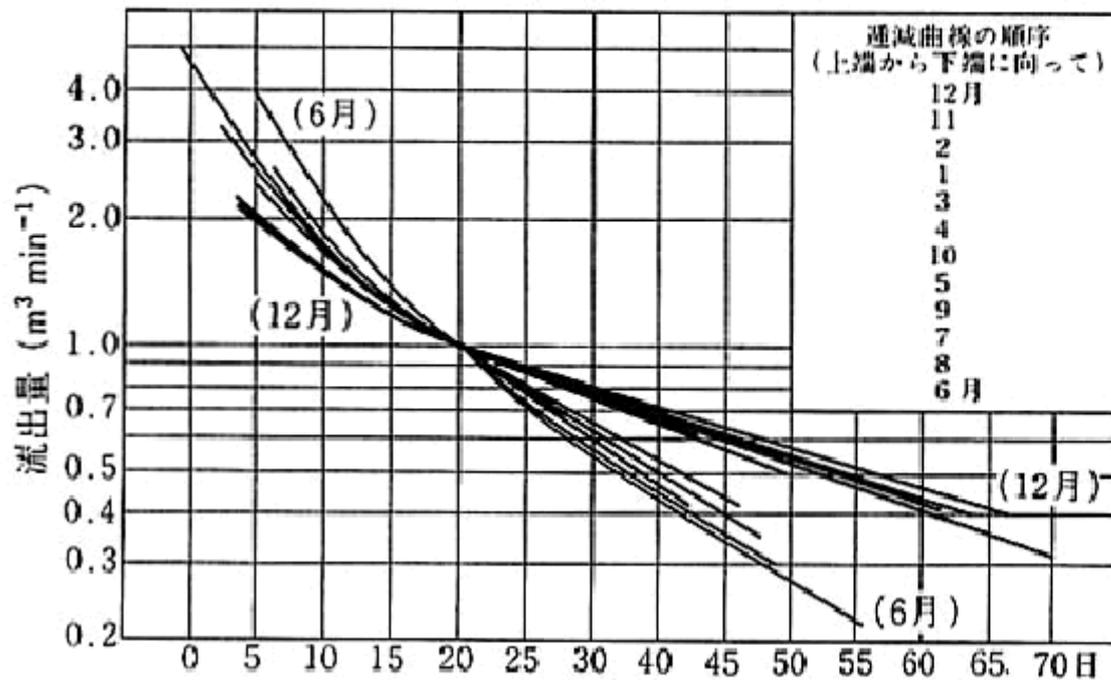
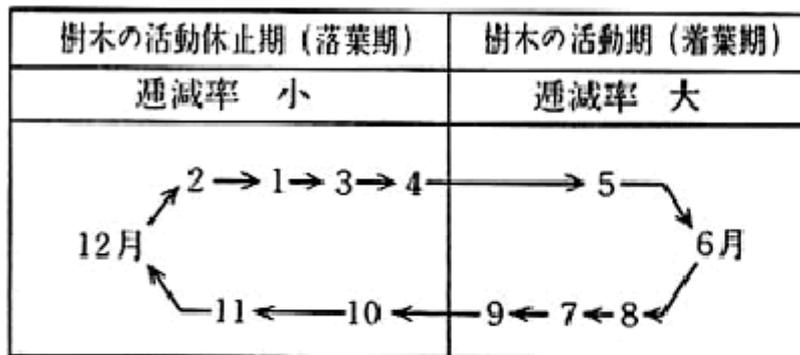


図141 月ごとの地下水逓減曲線(日周期の頂点を使用)

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



・地下水逓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 季節別地下水逓減曲線と逓減傾向の規則性 (塚本良則, 1966)

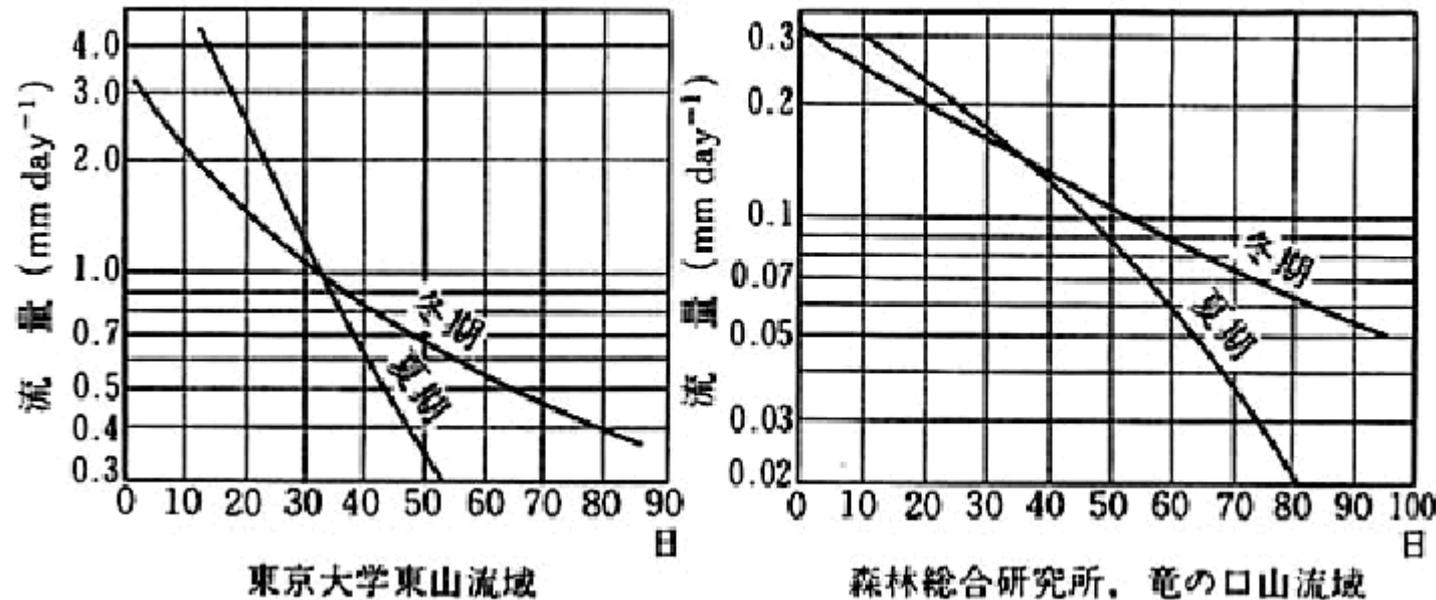


図142 日流量を用いた地下水逕域曲線（塚本良則，1966）

・冬季に比較して夏期の地下水逕減が極めて大きい

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