

森林の環境・防災に及ぼす影響は なぜ発揮されるのか

元 京都大学農学研究科
谷 誠

tanimakoto@nike.eonet.ne.jp

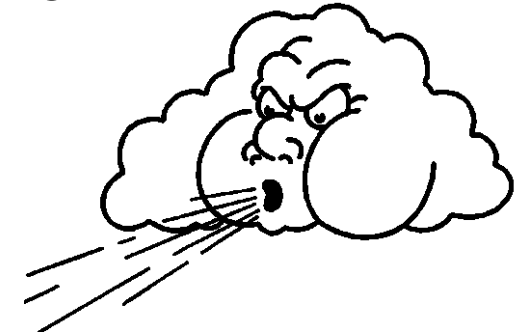
都市気候への緑地の影響

蒸発には気化熱が必要



ぬれたシャツや髪の毛を乾かすには
気化熱を与えて蒸発させる
太陽光や乾燥空気が必要

日射があたると蒸発



風にあたると蒸発



ヘアドライヤーは
風を強く.
ヒータをオン
にすると乾きやすい

蒸散と遮断蒸発の区別

生態系からの蒸発には、2種類ある

蒸散(光合成にともなう葉の気孔からの蒸発)

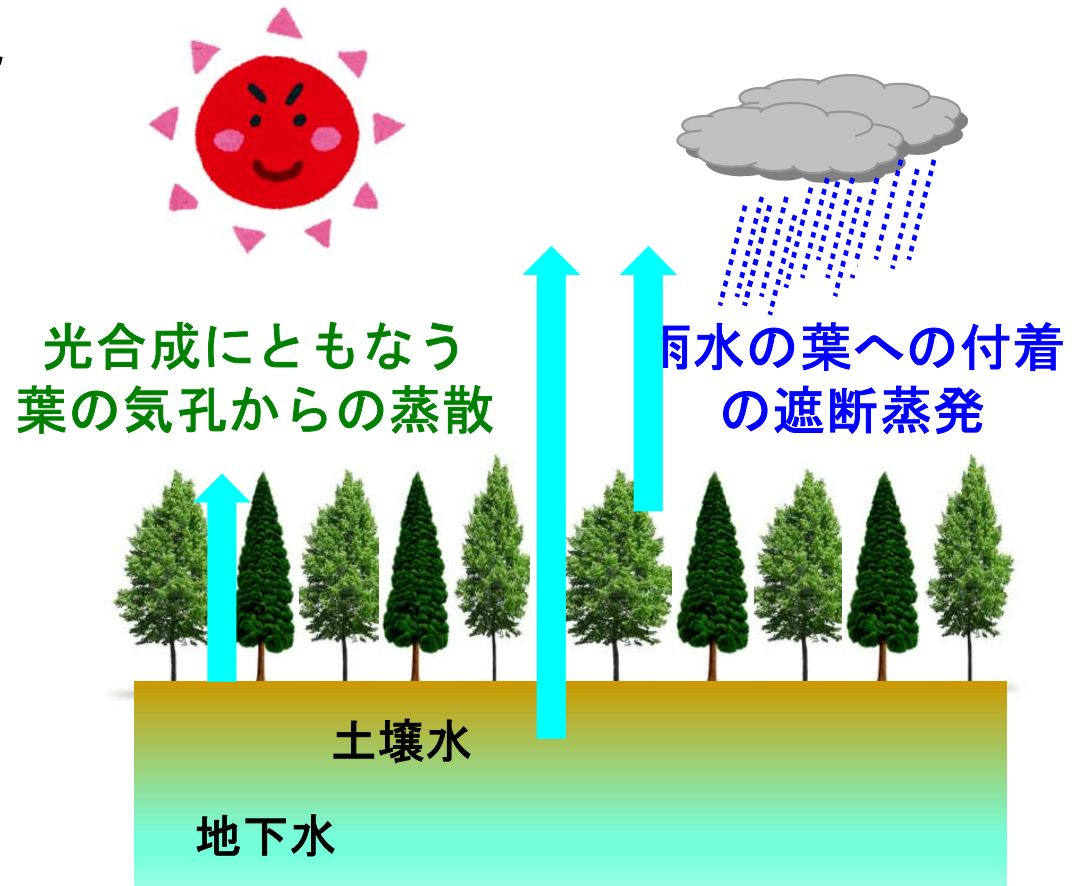
遮断蒸発(葉や枝に付いた雨水の蒸発)

その合計(蒸発散)は
樹林、草地(芝生含む)、裸地
の順に小さくなる

蒸散は草地が樹林と同等

遮断蒸発は樹林が多い

**木は長生きで
背が高くなるので
物理的に遮断蒸発が
大きくなる**



森林での熱のやりとり

蒸発散・熱輸送はタワーで測定する



マレーシアPasoh森林保護区の52mタワー
京大森林水文学分野とマレーシア森林研究所
によって20年以上共同研究が続けられている

熱帯や日本の森林の夏：
晴れた日の日射の熱の大半は
蒸散気化熱で消費される

大気加熱が少ないので、
気温が上がりにくい

熱輸送量

400

200

0

太陽から、大気からの放射熱

蒸発に使われる気化熱

空気加熱

植物体や土壌を温める貯熱 光合成に使われる熱

0

6

12

18

24

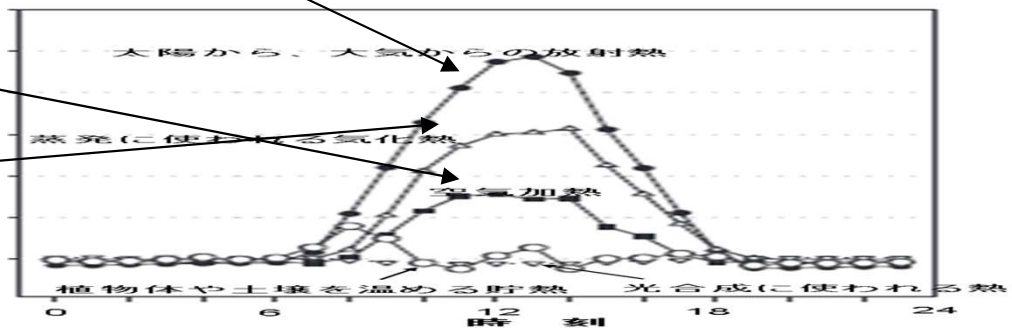
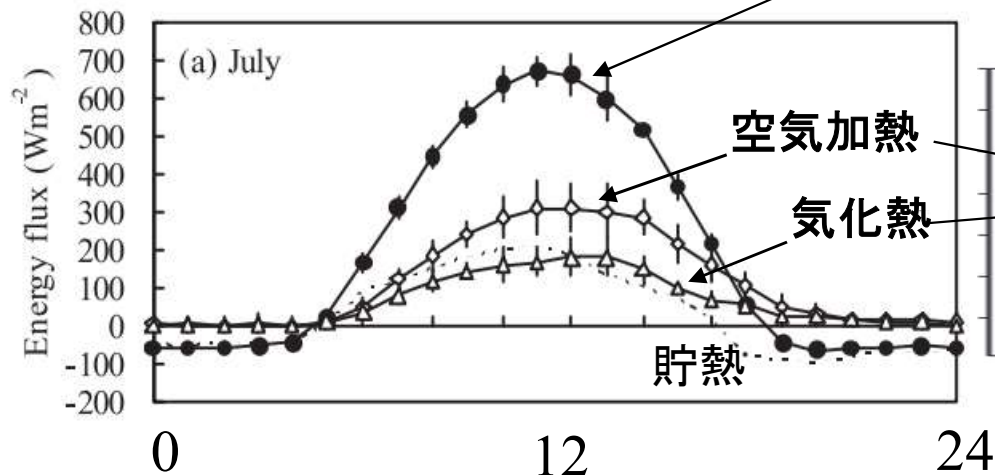
時刻

南米アマゾン熱帯雨林での晴れた日の熱輸送
Malhi et al.: J. Geophys. Res. Atmos. (2002)による

都市での熱のやりとり

放射熱

東京工業大学の
神田・森脇研究室の研究



0 12 24
都市の熱輸送 7月の晴れた日

前頁の森林の図を都市に合わせて縮めた図

森脇: 水文・水資源学会誌、2016による

森林に比べて、蒸発散気化熱が小さく、反対に、大気加熱が大きい

冷房による人工排熱は、日射に匹敵する値になる)



道路のような平地は、日射熱の反射が大きいですが、
上左のようなビルが立ち上ると、
多重反射して反射率が下がり
熱がこもって夜間も冷えなくなる (神田、生産研究、2015)

← 都市のビルのモデルを使った研究
東京工業大学の神田研究室の
ホームページから引用

都市緑地の気温低下

東京都立大学の三上岳彦研究室の研究

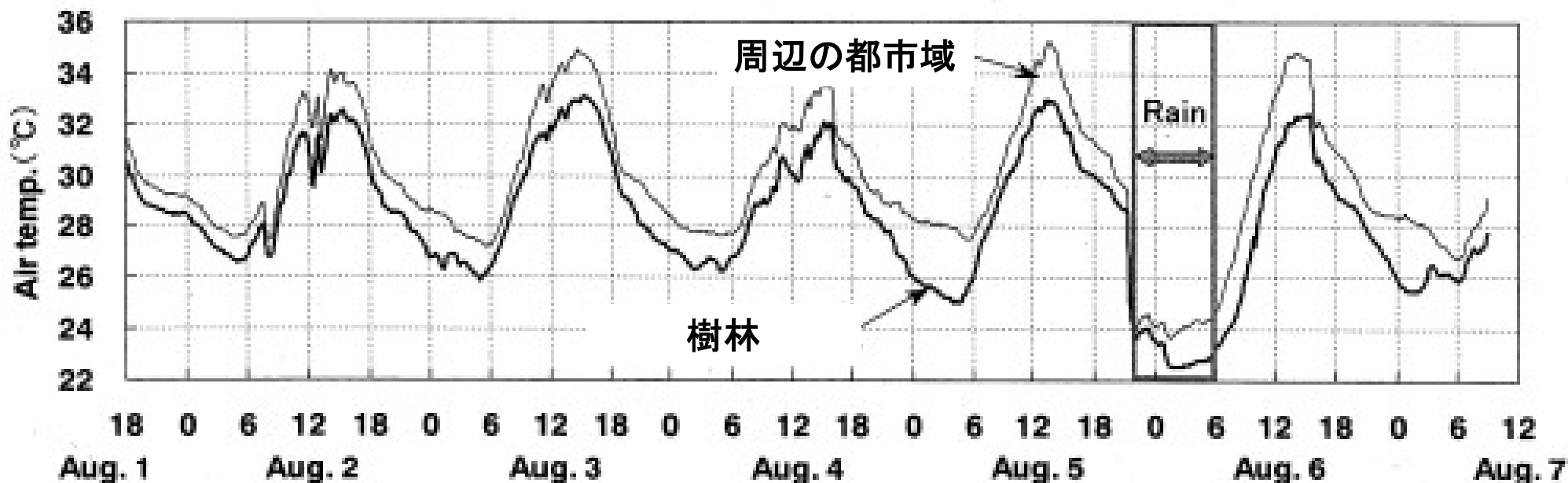
東京新宿御苑(58ha)での観測では、
(なお、府立植物園は24ha)

周辺都市よりも平均**2度程度低い**
(朝夕は1度程度で真昼に差が大きい)

夜間は、明け方にかけて差が開く
なお、芝地は樹林よりも放射冷却が強く
気温低下がやや大きかった



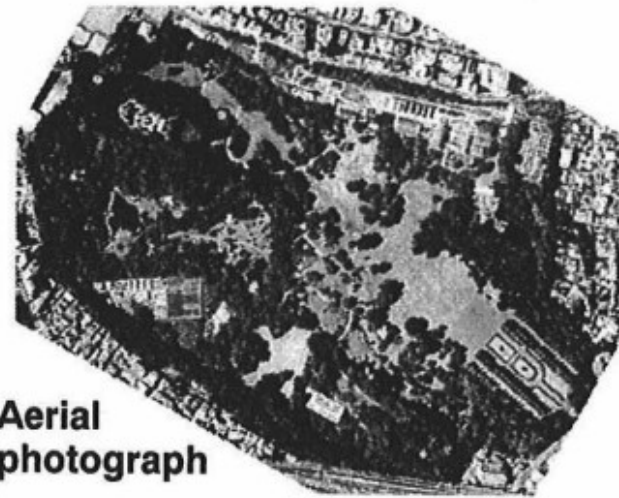
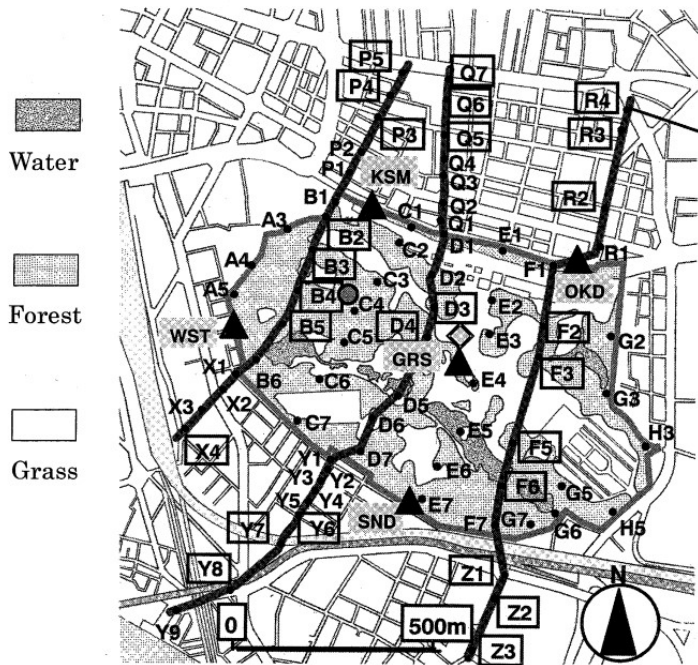
Googleによる



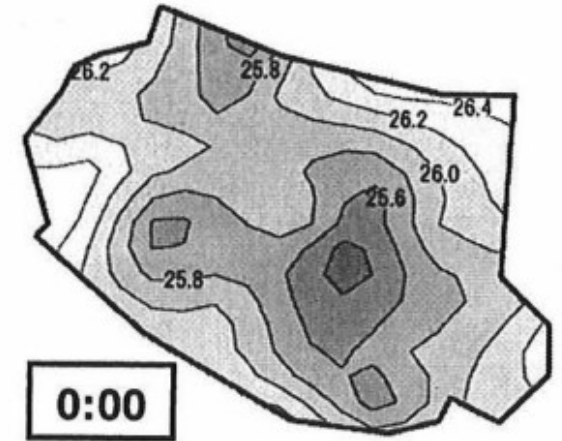
成田ら、地理学評論、2004による

都市緑地の気温低下

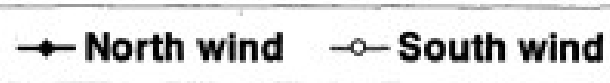
夜間には、芝生部分で樹林よりも放射冷却が強く、低温になる



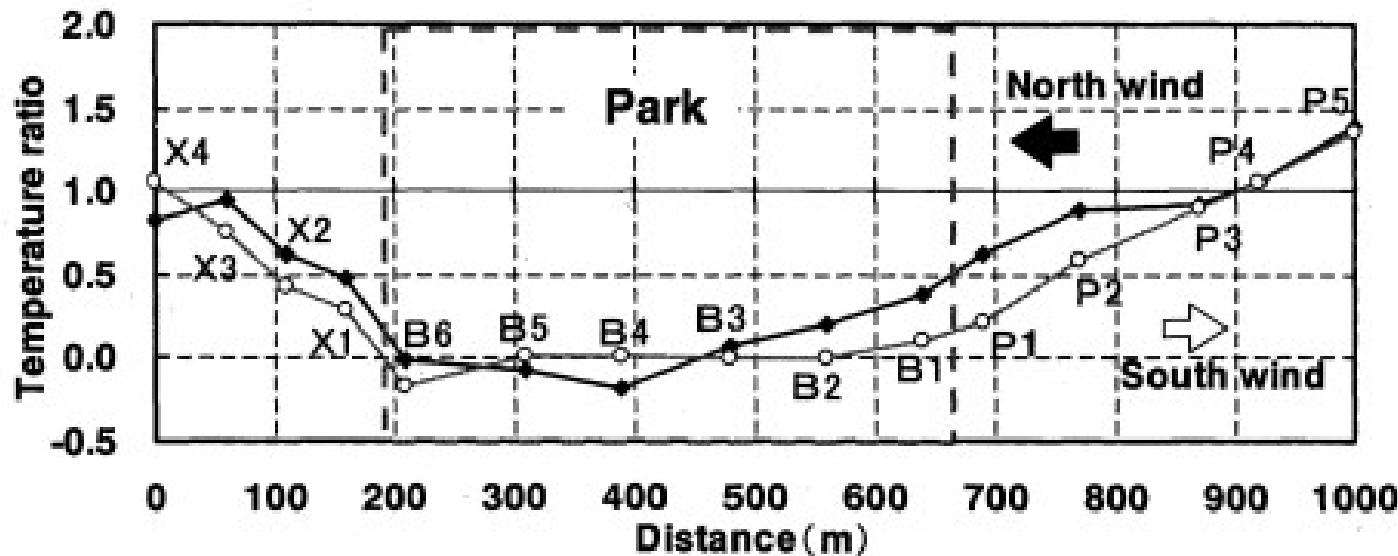
Aerial photograph



成田ら、
地理学評論、2004による



気温低下の及ぶ範囲はおおむね200m



風向きで変わる

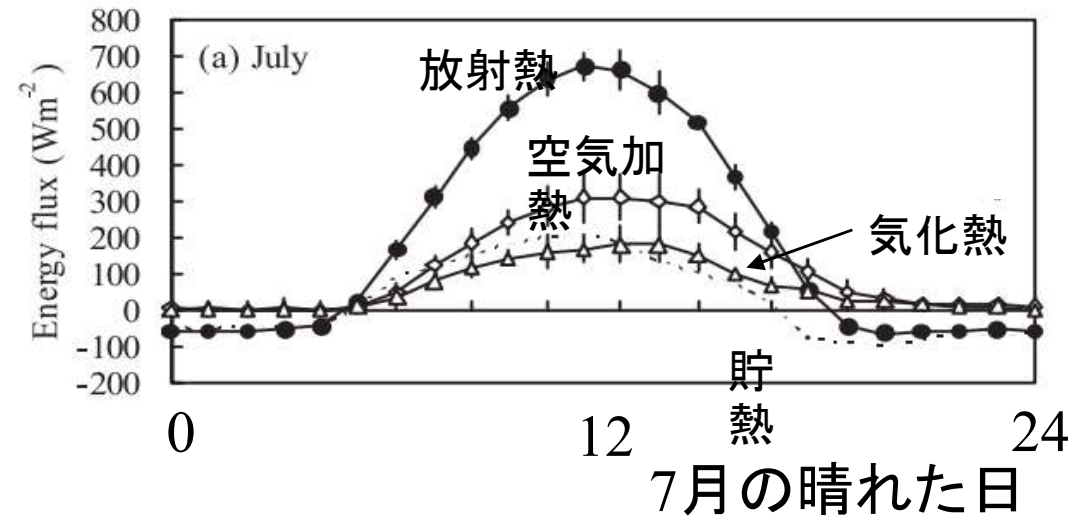
成田ら、
地理学評論、2004による

庭木や街路樹の効果:まとめ

すでに示した都市の
熱のやり取り(右図)において

蒸発散気化熱のソースは
庭木などの蒸散と推定される

孤立した樹木は森林に比べて
周囲が乾燥していて、1.5倍程度の蒸散量になる
(森脇:水文・水資源学会誌、2016)



森脇:水文・水資源学会誌、2016による

都市の中に孤立しているにしても蒸散を行う木や草が多く含まれることが
ヒートアイランドの緩和につながる

ただし、土壌水を多く吸い上げるわけで、根の広がりを確保しないと
個体にストレスがかかりやすいことに注意

**一本樹木の効果は小さいとしても、樹木の増加と減少の
どちらの方向が望ましいかは明らか**

広域における森林の 水循環に及ぼす影響

地球の気候と水の循環

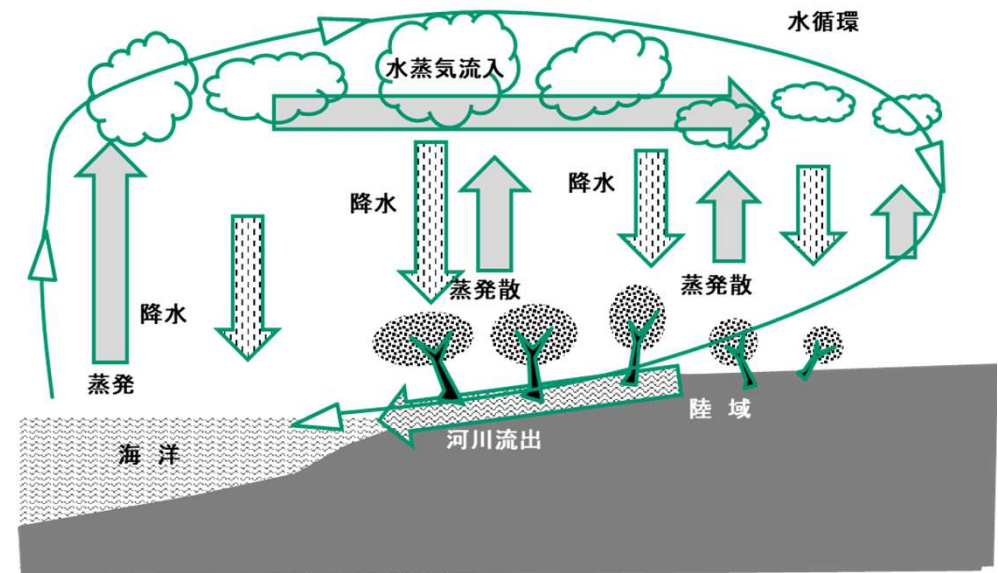
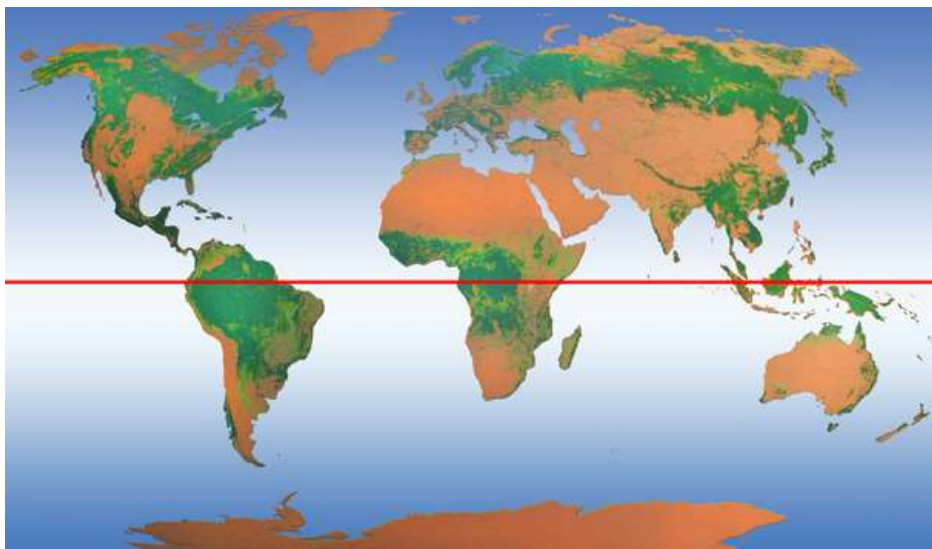
都市から一気に地球全体に話を広げる

森林は、熱帯、温帯、亜寒帯に広がっている（亜熱帯は砂漠が多い）

しかし、陸に雨が降るのは、重力でたまっている海水を蒸発させるから
気化熱は太陽によって与えられ、余った水蒸気が陸に運ばれ雨になる

陸上では雨が蒸発散よりも多いので、奥地に運ばれる水蒸気は減ってゆく
だが、アマゾンやシベリアやカナダの内陸も森林 なぜか？

温暖化で海面温度が高くなると蒸発が多くなって、豪雨の規模が増大
風上の蒸発がキーポイント



森林・林業学習館ホームページから引用

北方ユーラシアの降水分布

図は、東経に沿う夏と冬の降水(雨や雪)の量を示す

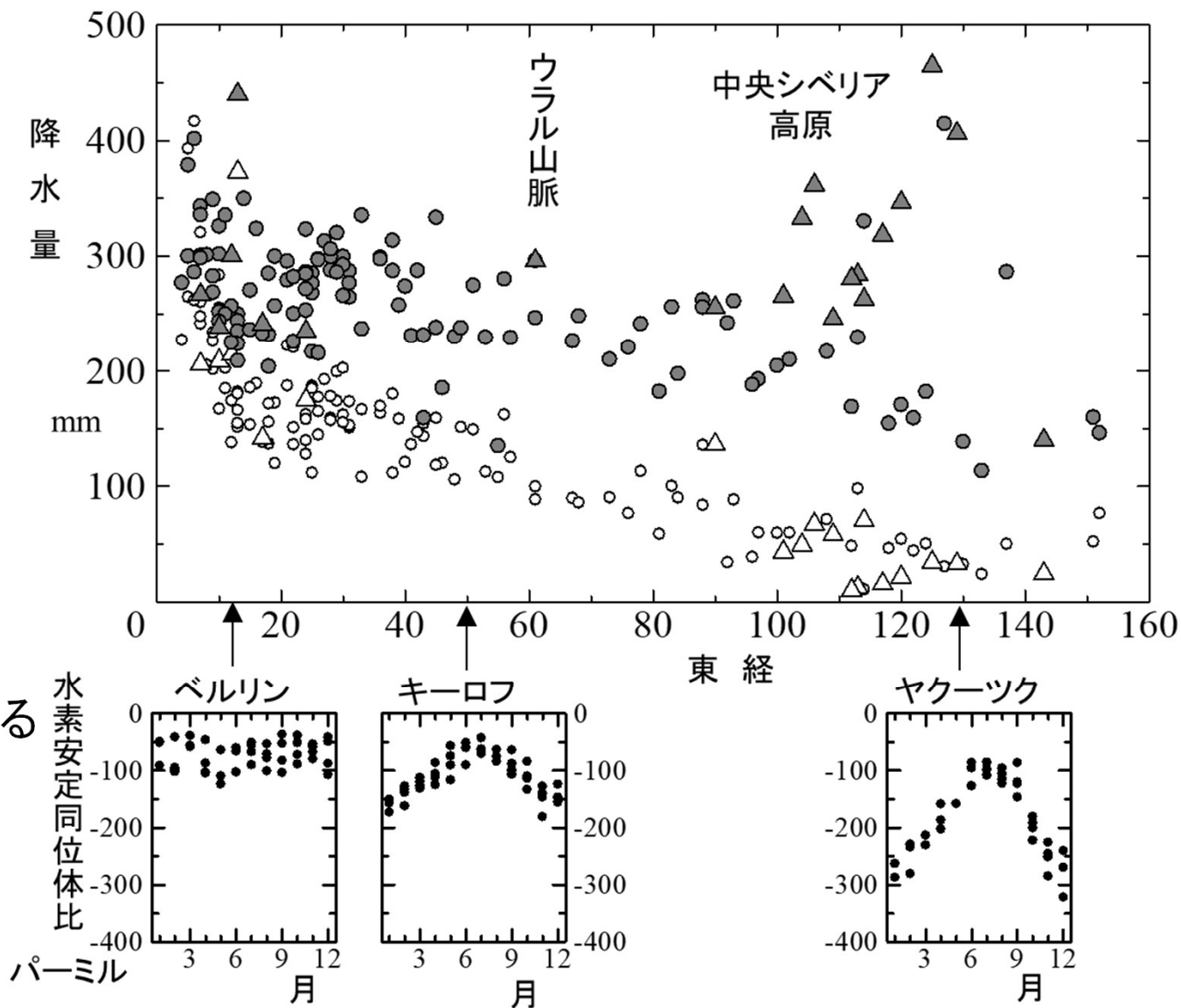
偏西風で大西洋からの水蒸気が降水のもとになるので、東へ向かって減る

夏は冬より減りにくい
理由は風上(西側)の
蒸発散によって水蒸気が
供給されるため

水のリサイクルが
夏の雨を支えるので
風下もカラマツ林になる

下図は水素安定同位体比
高いものが先に降水になる
風下の降水はか低くなる

しかし、夏は、蒸発で
戻ってくるので
風下も軽くない



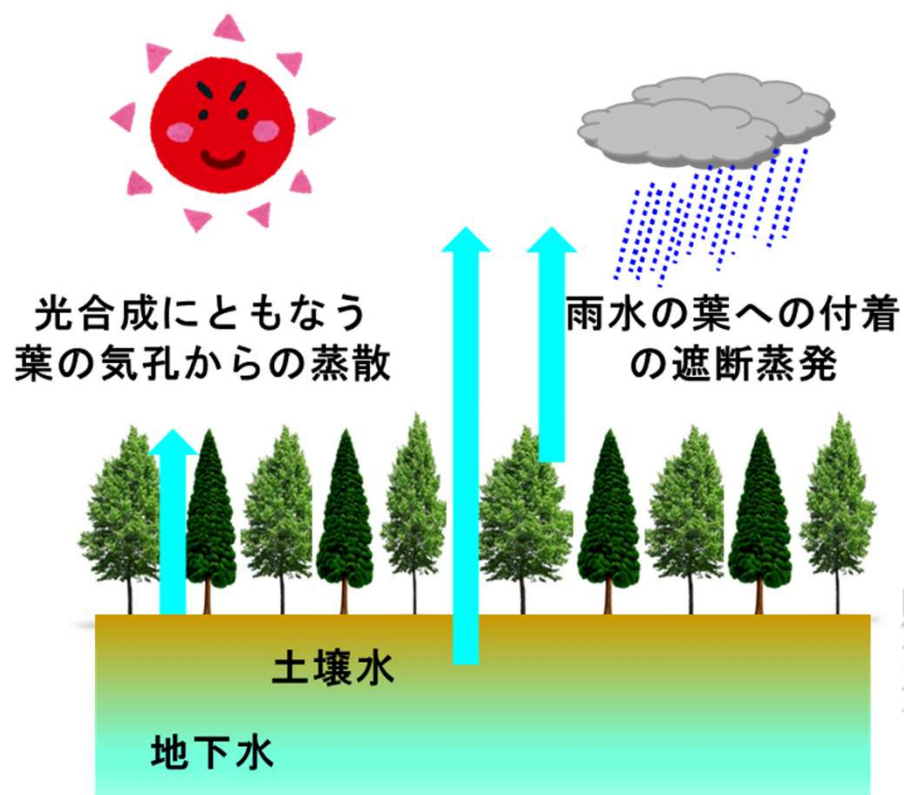
森林蒸発散のしづとさ

樹木は背が高いため、**遮断蒸発は森林が草地よりも大きい**

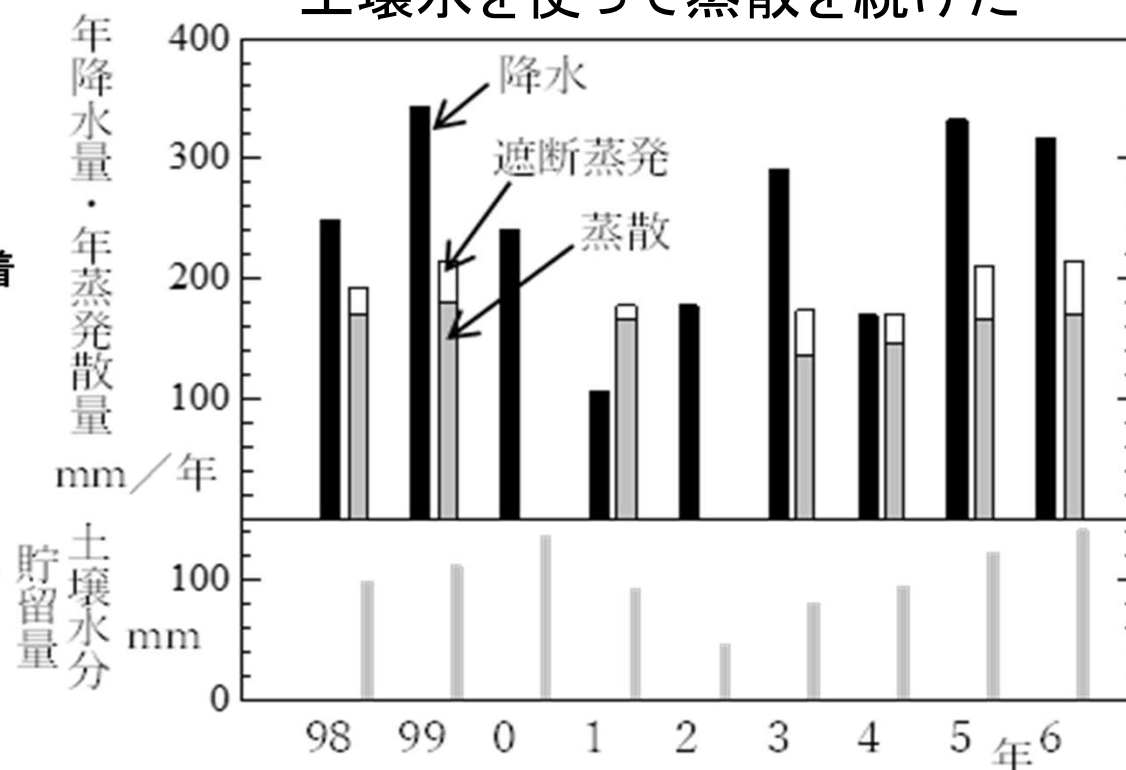
蒸散は森林が草地よりも大きいとはいえない

だが、**少雨で日照りの期間に減りにくい**特徴がある

なぜなら、**木は長生き**なので、地上が枯れても根だけで生きる草とは違い
枯れないように**光合成・蒸散を続ける**



シベリアのカラマツ林の観測結果
年降水量が少ない2001年にも
土壌水を使って蒸散を続けた



Ohta et al., Agric. For. Meteorol., 2008から一部改変

ため池地帯の苦悩

瀬戸内ため池地帯では、森林の有無が江戸期以来問題化

農民の間には 森林**水源枯渇論**が根付いていた

大正年間には放火事件が大渇水年には400件と多発

国は、**水源涵養機能**を主張し、1937年に

竜ノ口山森林理水試験を開始して現在に至る



流量を測る量水堰

北谷は森林が不変で、隣接の南谷の松枯れがあったときの結果を示す

雨の無い期間の流量は、松枯れによる蒸発散減少により、**1.8倍に増加**

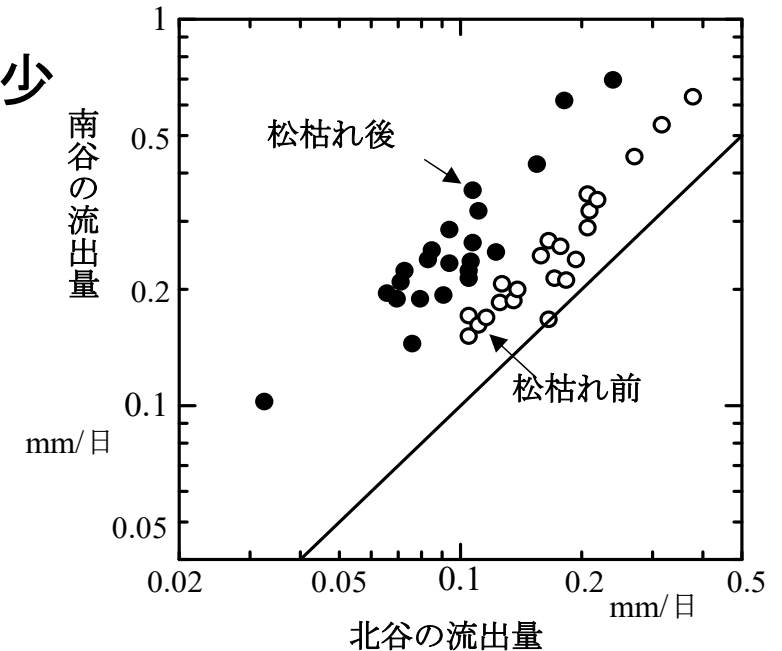
農民の判断の正しさが科学的に実証された

農民は生活(薪炭、肥料等)すべてを里山の

森林に頼っていた江戸時代

森林持続的管理は領主の建材確保

(森林囲い込み)の方針と対立



阿部ら、日本林学会誌、1985から

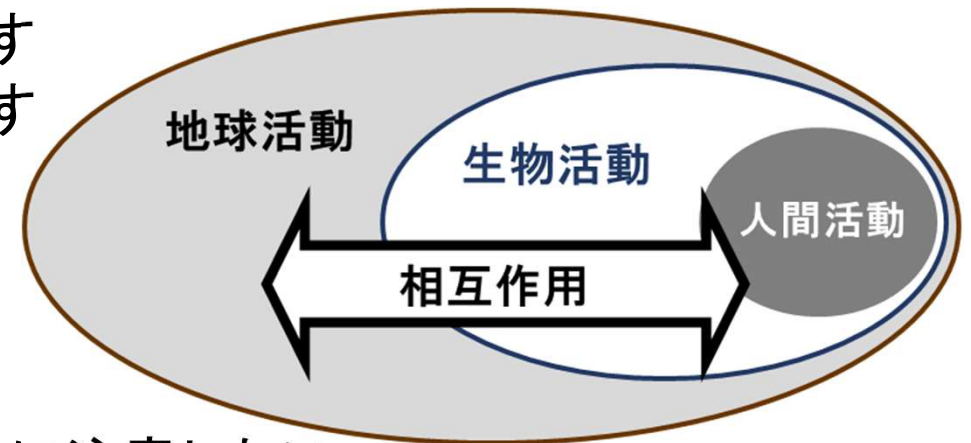
森林法の水源地涵養保安林は、領主の森林防衛策を反映

森林蒸発散と水循環:まとめ

地球の気候は、生物と無関係のように思しやすい

しかし、風上の蒸発散による水蒸気供給は風下に影響
大陸では、奥地の湿潤気候をそもたらず
温暖化・海面水温上昇が豪雨をもたらす

気候は、地球・生物・人間の
相互作用の結果なのである



森林と気候の「持ちつ持たれつ関係」に注意したい

森林の遮断蒸発が多いこと、日照りに蒸散を減らさない「しぶとさ」を持つため
ため池地帯のように、日照りに水資源が重要な地域では苦勞してきた

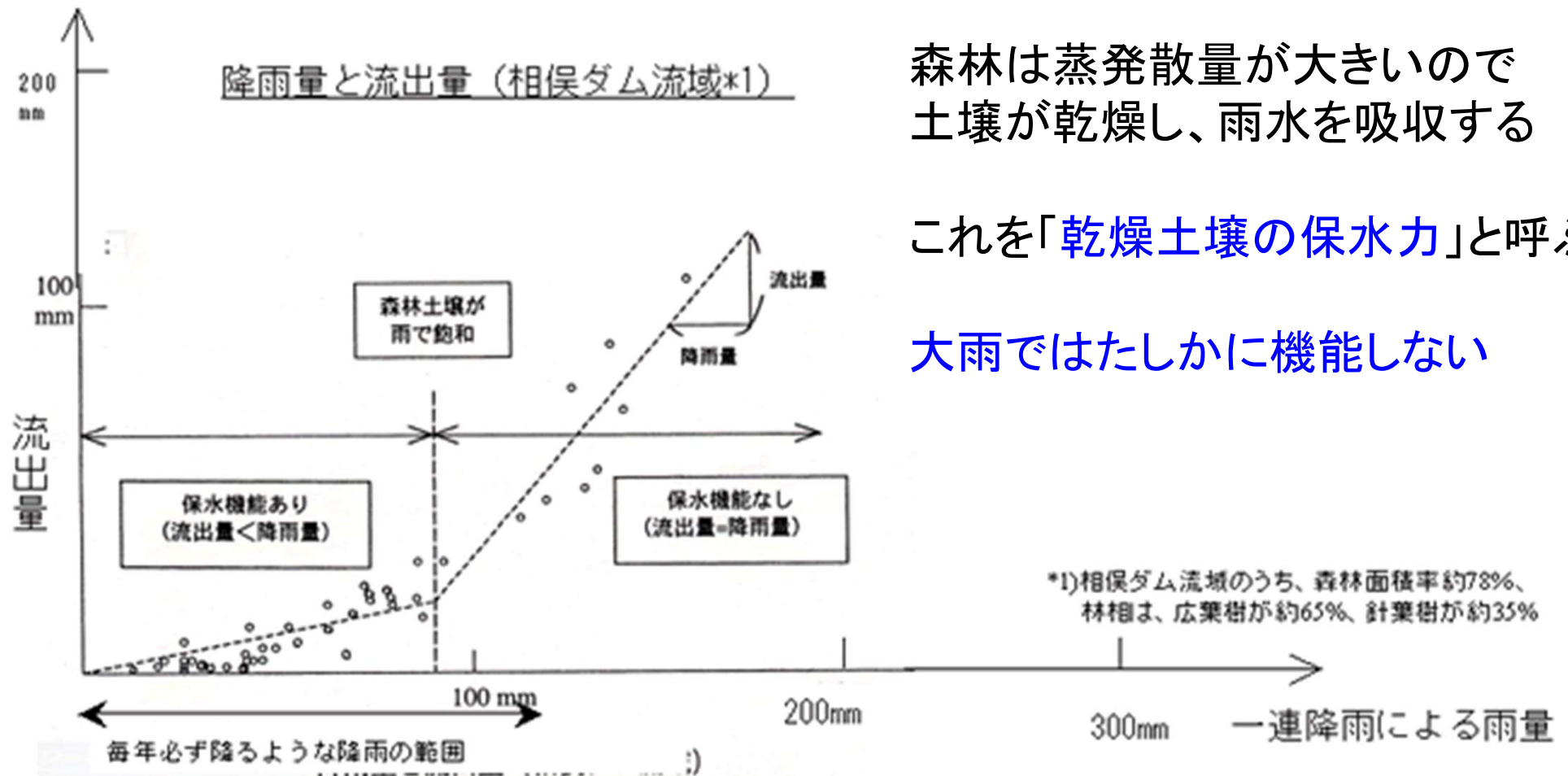
森林利用と保全との両立はむずかしいことを認識すべき
持続的な林業は生活に必要(農業漁業が生活必要なのと同じ)
「森林を伐らず保護する」に偏らないよう注意が必要

森林の水害緩和効果を考える

乾燥土壌の保水力

国土交通省のホームページに「『緑のダム』が整備されればダムは不要か」という項目があり、下記の図が載せられている

100mmを超えるような大雨では、新たに降った雨はすべて洪水をもたらす流量となる(総雨量=総洪水流量)なので、**緑のダムは限界**だとしている



森林は蒸発散量が大きいので土壌が乾燥し、雨水を吸収する
これを「**乾燥土壌の保水力**」と呼ぶ
大雨ではたしかに機能しない

湿潤土壌の保水力

斜面で大雨時に雨水がどのように流れるのか？について2つの考え方

A: 土壌層内の水面が上がってきてあふれ、**地表面流が発生**

B: 土壌層内の流れが**水みちを**通って排水され、**雨水の鉛直浸透が残る**

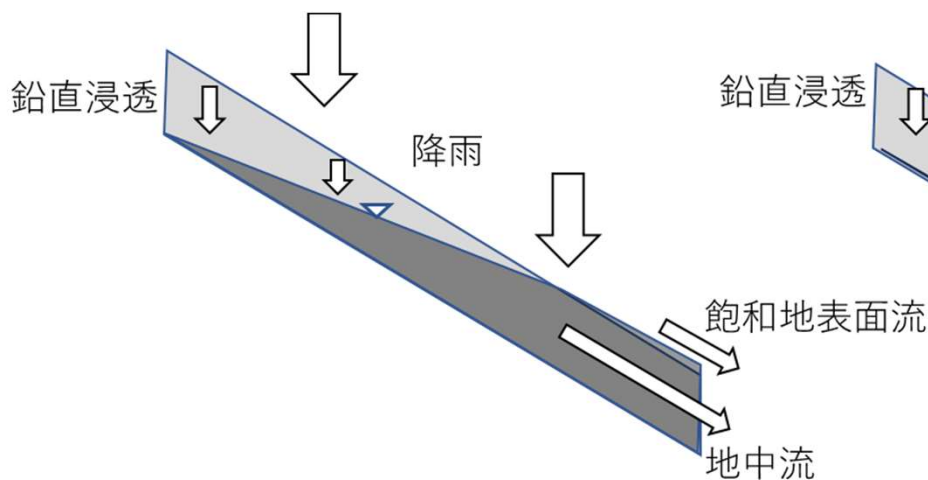
Aは、**地表面流**なので土壌層の効果が失われるが、

Bは、**土壌層内の鉛直浸透**なので、効果が残る

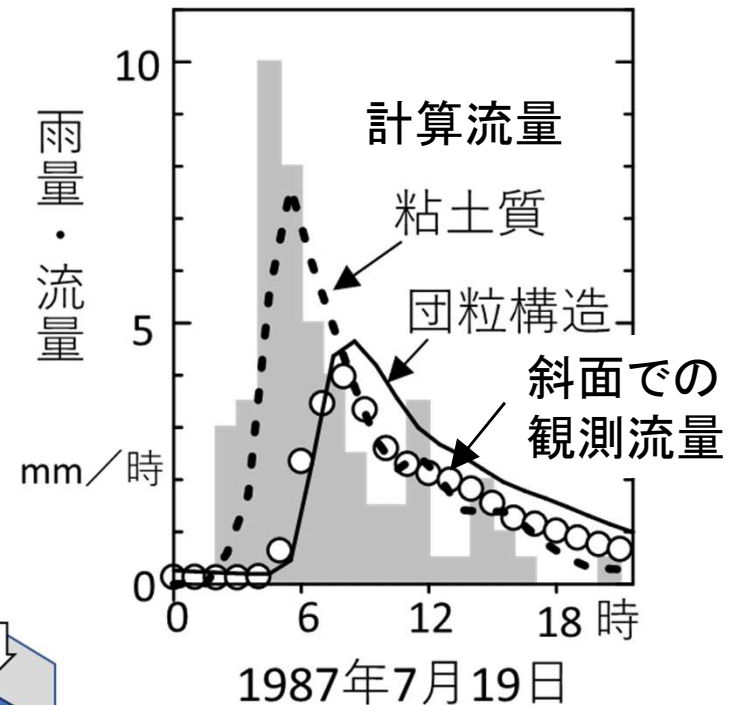
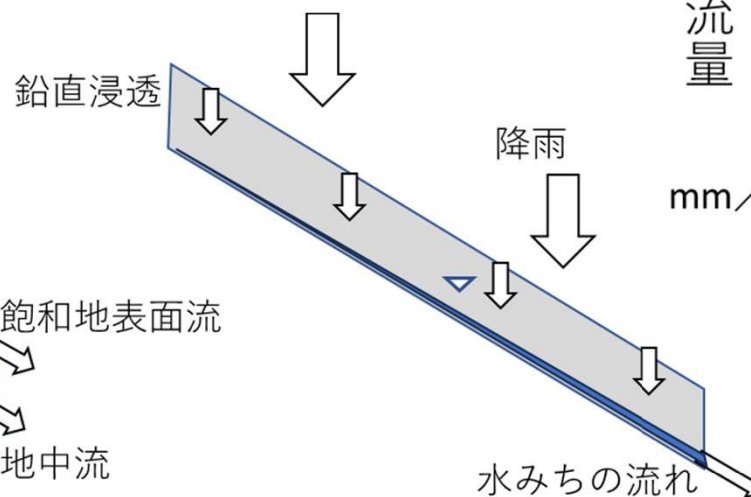
実際にはBのように流れる結果、団粒構造の森林土壌は流れをなだらかにしてピークを低くする効果が発揮される

「**湿潤土壌の保水力**」は大雨でも持続

A: 土壌層飽和



B: 水みち排水

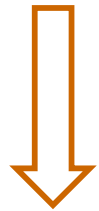


なぜ水みちがあるのか？

滋賀県の花崗岩山地溪流(大戸川左支)
1982年発生 of ゼロ次谷山くずれ跡を調査

国土交通省砂防部 崩壊直後: 全体が裸地
水流の後がみえる

25年後: 島状に草本が侵入、裸地が残る
樹木はまばら



38年後、草本でおおわれる
樹木はまばら



鈴木雅一氏撮影

1982年



2007年



鶴田健二氏撮影

2020年

土壌層復活と安定への樹木根と水みち排水の重要性

山くずれ時にできたパイプ状
吹き出し口は38年後も残る

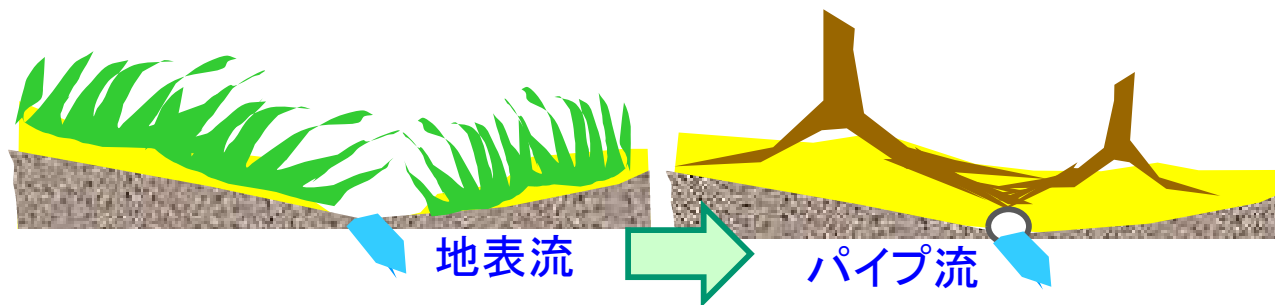


吹き出し口より下側には基岩
水流の侵食のため土壌ができない



草の根では侵食抵抗できず
水流のない部分にしか
土壌層が復活できない

今後、樹木の成長により、根が長く伸び、絡み合うことで、水流の侵食に打ち克って土壌層が復活するが、同じ場所に水流は残り、パイプが形成されるだろう



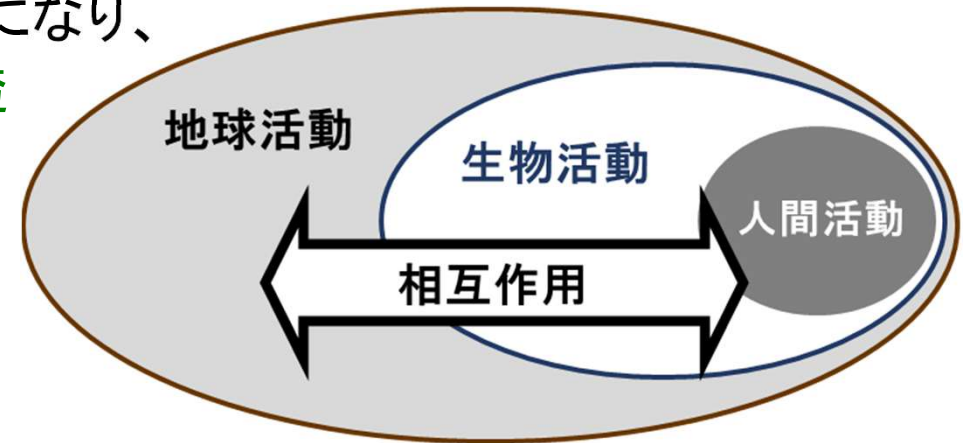
**樹木成長と土壌層の復活はもちつもたれつの関係があり、
同時にパイプのようなみち排水構造が形成され、
土壌層は数百年以上安定を保つ**

森林の水害緩和効果：まとめ

森林の水害緩和効果には限界があり、ダムが必要と思いやすい

しかし、大雨時に流量の変化がなだらかになり、
ピークが低くなるのは、**土壌の鉛直浸透**
による

また、その土壌層は、
樹木の根と排水効果のある水みちと
ともに、時間をかけて形成される



森林と土壌の「持ちつ持たれつ関係」に注意したい

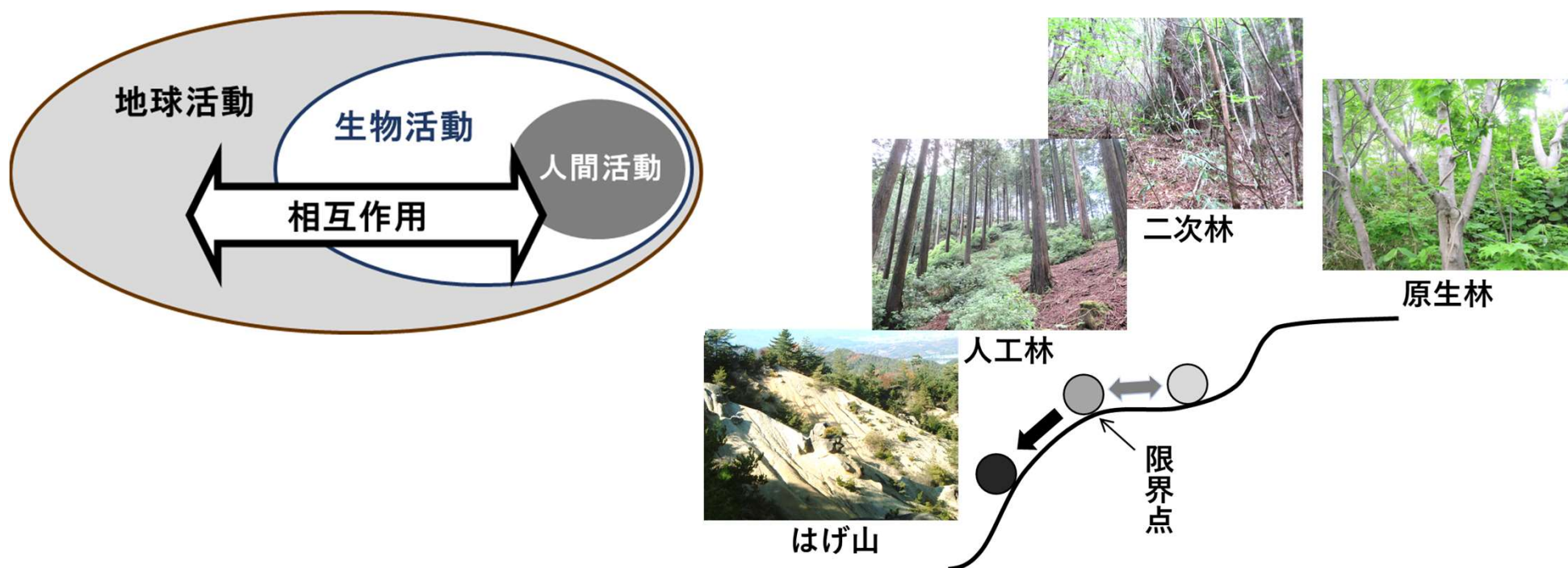
結局、樹木には、**長生き**という基本的な性質があるため、
遮断蒸発が大きく、日照りに蒸散が減らず、地盤の土壌層を作り出す

この壮大な森林機能をベースに森林管理を考えるべきである

矛盾の水害対策 新泉社から11月出版

—公共事業のゆがみを川と森と人のいとなみからただす—

自然災害対策という暮らしにとって不可欠の公共事業でさえも
インフラの改良追及を控え、維持回復を優先して
アクセルふかしからブレーキ踏みに転換するべきである



人新世では、地球・生物の相互作用の限界点越えの回避を優先しなければならない