

# 世界の水安全保障と日本の貢献～ 問題解決へ向けた「水の知」

## 世界の森林管理と水資源の保全

蔵治 光一郎

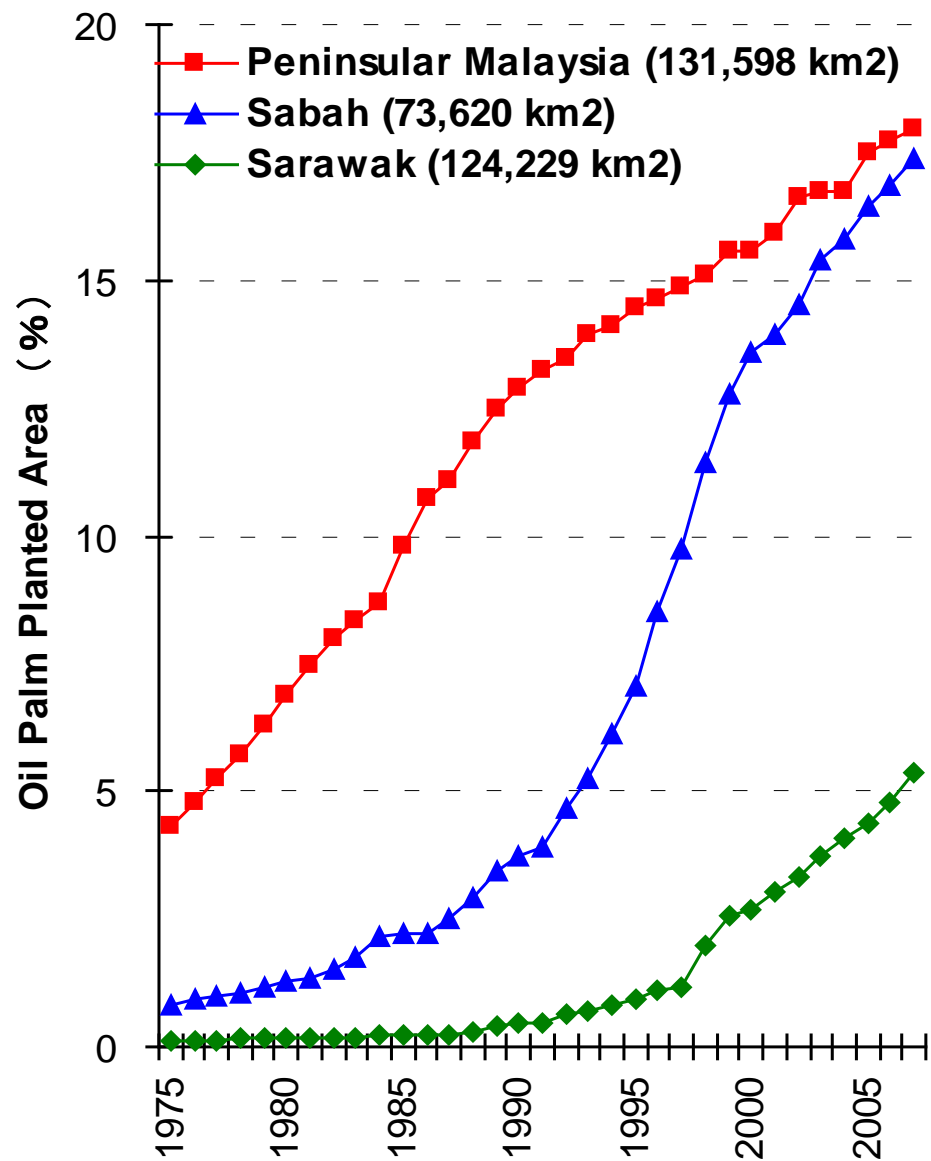
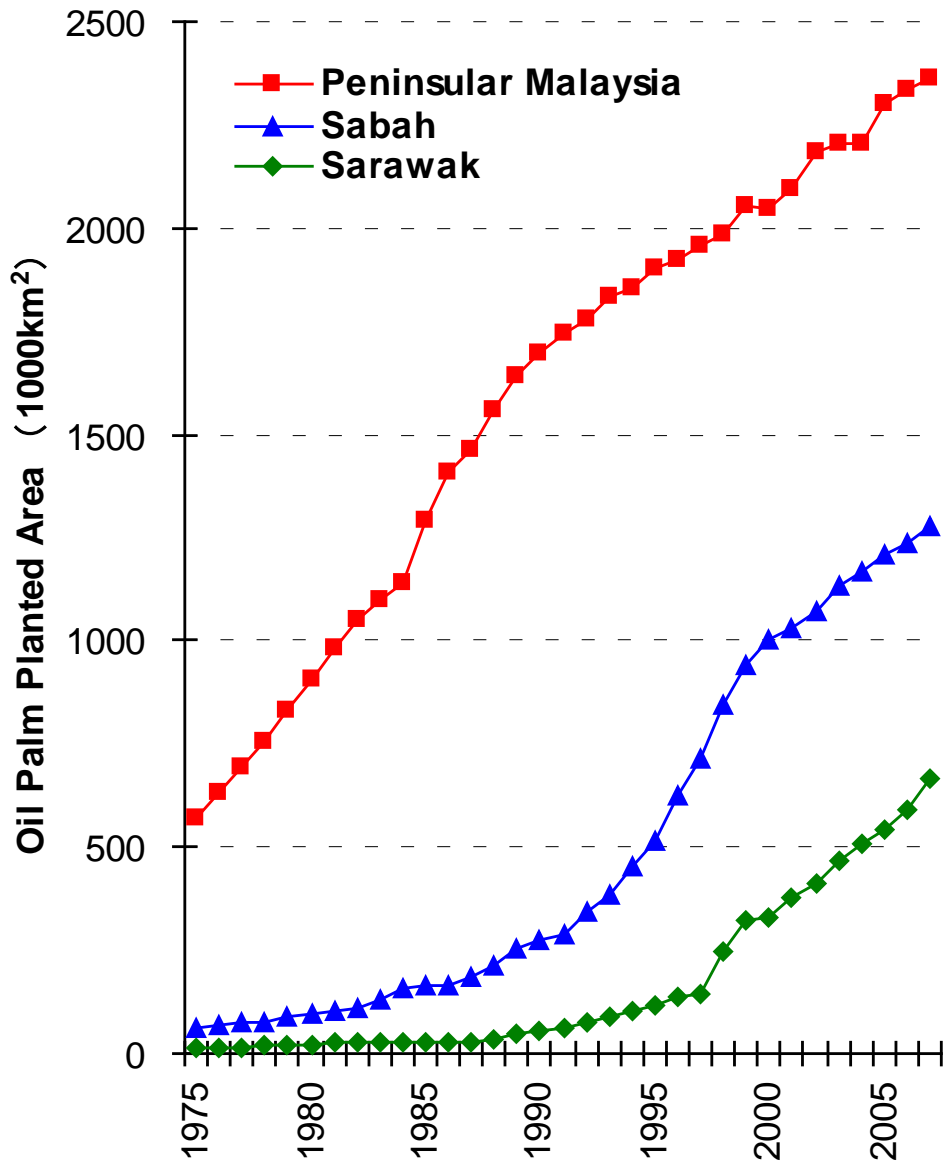
東京大学講師（愛知演習林長）

※: このマークが付してある著作物は、第三者が有する著作物ですので、同著作物の再使用、同著作物の二次的著作物の創作等については、著作権者より直接使用許諾を得る必要があります。

# 簡単な自己紹介

- 1985年 理科 I 類入学、その後農学部に進学、「森と水の関係」を解明する研究室に所属、卒業、修士修了
- 1991～93年 サバ州森林局森林研究所にて熱帯雨林の研究に従事
- 1996年 博士課程修了、その後演習林に勤務しつつ国内外で「森と水」の研究を進める
- 2003年 愛知演習林に赴任し、「森と水と人」の研究に踏み出す

# アブラヤシ植栽面積の変化

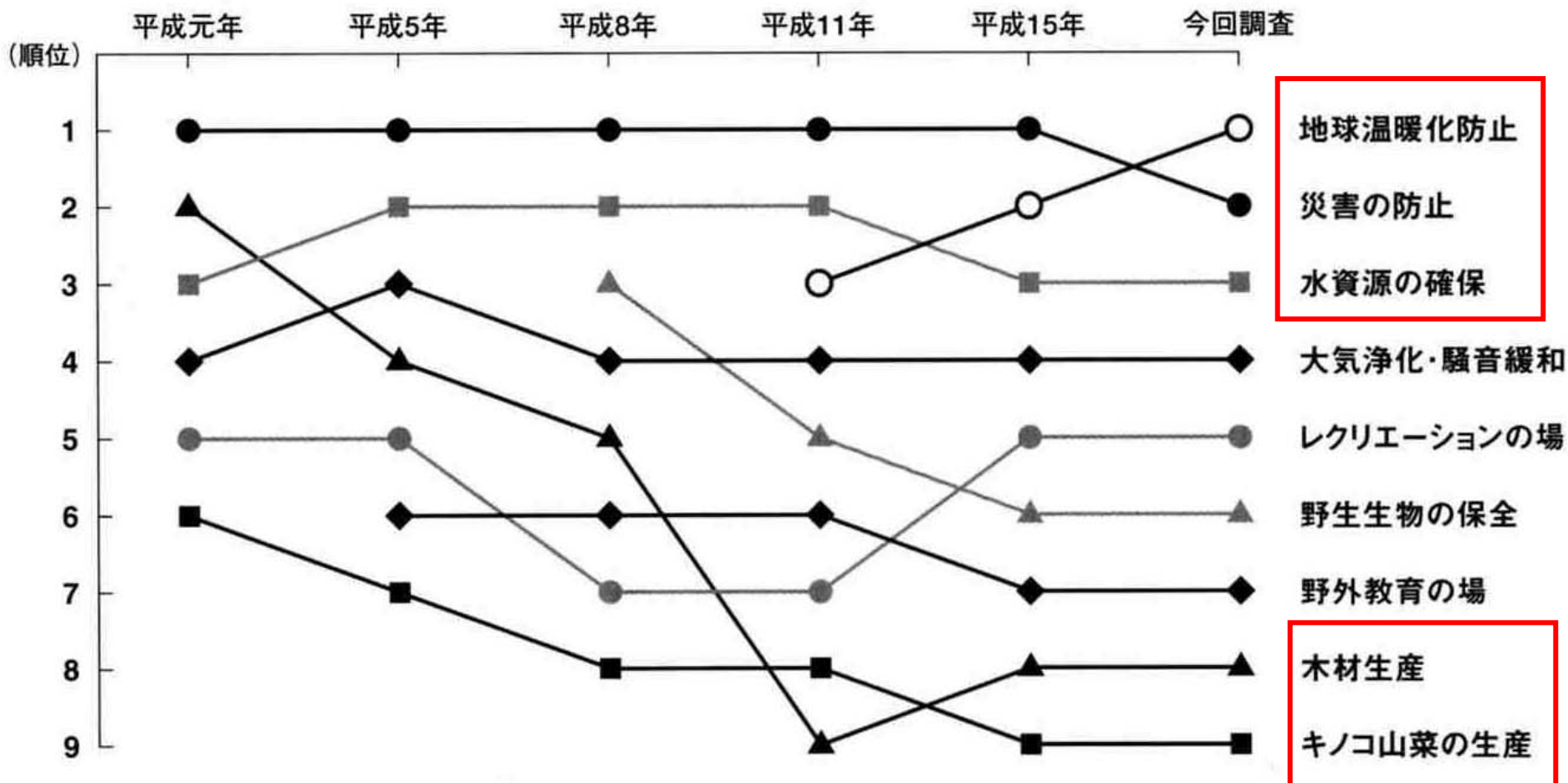


# なぜ「森林管理」？

- 森林は自然のもの
- 森林は資源であり、人間から多くの機能が期待されている
  - 「資源」とは「働きかけの対象となる可能性の束」
  - 「機能」とは「人間にとって都合がよい作用」
- 何の資源？
  - かつてはエネルギー資源（田舎では今でも重要）
  - 近年は木材
  - 最近はCO2ストック、遺伝子など

# 人間から期待されている森林の機能の移り変わり

<図2> 国民の森林への期待



地球温暖化防止  
災害の防止  
水資源の確保

木材生産  
キノコ山菜の生産

# 森林管理の必要性

- 人間の歴史のうち、植民地経営、アメリカ西部開発などは、森林破壊の歴史
- 管理しないと無秩序に収奪、破壊されるので管理せざるを得なくなった
  - 法、国家、制度による管理
  - (土地)所有者による管理
  - 利用者、集落による自主管理、共同管理
- 公益、共益、私益の確保を目的とした管理から、最近では不特定受益者のための管理へ

# 水資源

- 雨が陸地の上に降り、集まって、川や湖、地下水となり、それを人間が資源とみなす
- 森林と水資源はどのような関係にあるのか？
  - 樹木とは、水を消費しながら生きていく生き物
  - 森林とは、他の土地被覆よりも水消費量が多い土地被覆
  - 人の手が入っていない森林も、エネルギー・木材生産の最大化を目的として管理されている森林も、ともに水の消費者
  - 人と森林が、水を取り合っている



45億年前

← 自然      人間 →

雨を、川の水と  
水蒸気に変換

水を土に蓄えて  
蒸発させ、余り  
を川に流す

作用

森の生物が  
生育(光合  
成)するの  
に必要な資源

生きていくの  
に必要な水、  
食糧やエネ  
ルギーのた  
めの水

森林

これまでは、洪  
水・水害の防  
御、水資源、  
水力エネル  
ギーの開発

最近では、環  
境保全・再  
生も考慮



4.5億年前

木材、食糧、肥料、エネ  
ルギー、環  
境サービスの供給

機能

これまでは森林伐採、植林

最近では、保護、保全、再生も



700万年前



# 作用と機能

- **作用(メカニズム、機構)**とは、自然がもともと持っている働き
  - 人類が地球上に出現する前の自然は、**作用**だけが支配する世界
  - かつて人の手が入っていたが、その後入らなくなったものは、**作用**によって自然に戻っていく
- **機能(サービス、恵み)**とは、作用のうち、人間にとって都合がよいもの
  - 人間にとって都合が悪い作用は、機能とは呼ばない

# 作用(メカニズム)の例

- 森がCO<sub>2</sub>を吸収・放出・固定する作用(光合成・呼吸作用)
- 落ち葉や枯れ木が細かく砕かれ、腐り、土が作られる作用(分解・土壌化作用)
- 森が水を保水し、ゆっくり流す作用(水の平準化作用)
- 森が水を保水し、蒸発させる作用(蒸発作用)
- かつて人為により収奪された森が、人手が入らなくなることにより、自然にかえってゆく作用(植生遷移作用)

# 機能(サービス)の例

- CO2吸収機能
- 洪水緩和・水資源かん養機能
- 土砂流出防備・土砂崩壊防備機能
- 防風・防砂機能
- 快適環境・景観形成機能
- 木材生産機能
- 非木材林産物(山菜、きのこなど)生産機能
- 異なる機能間のトレード・オフ
  - すべて同時には得られない

# これまで世界で何が起きてきたのか

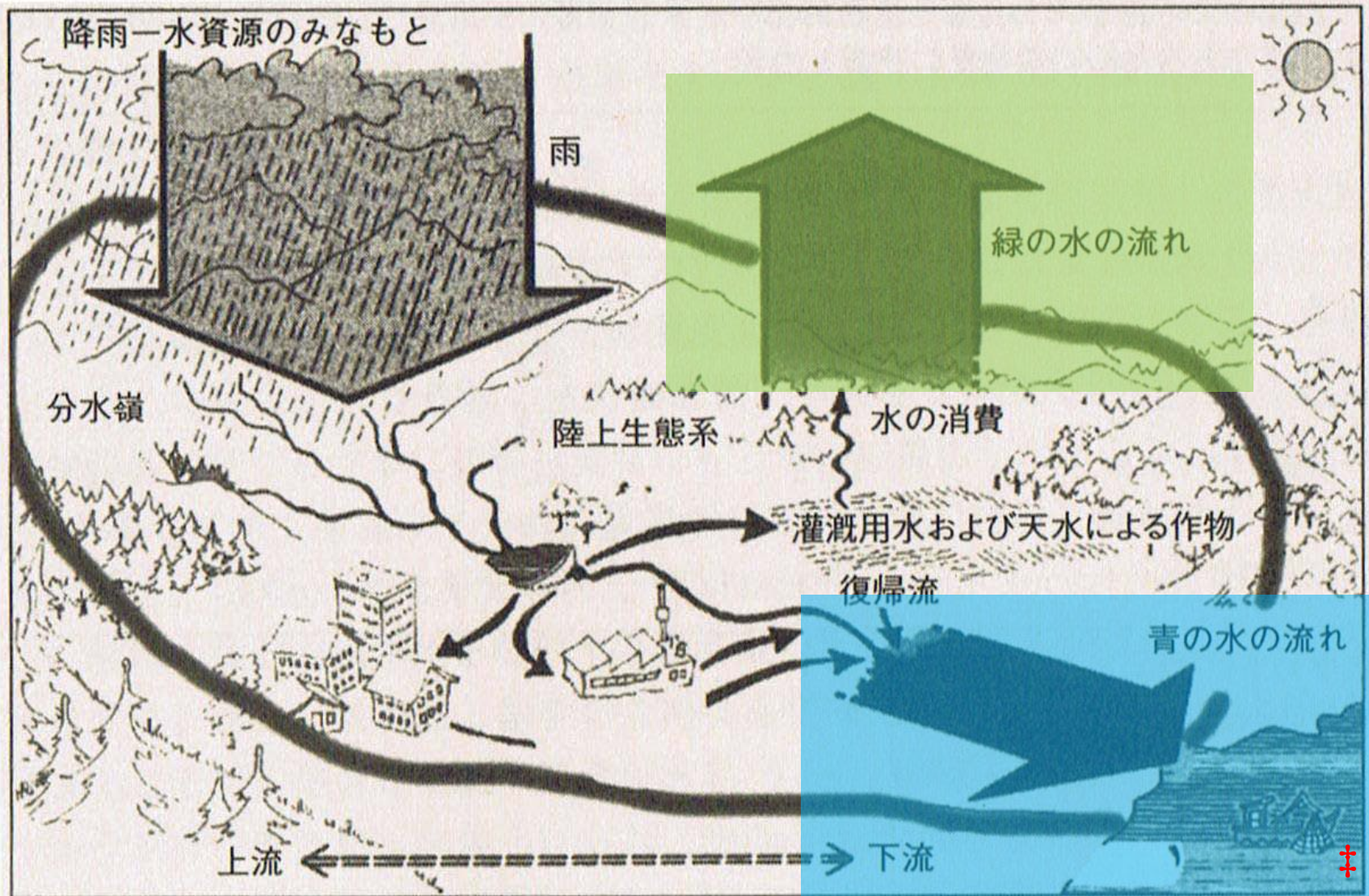
- 森林伐採による水の増加
  - 19世紀アメリカ、明治20年代日本の水害多発
  - 1998年長江大洪水→大水害
  - いずれも、因果関係は証明されていない
- 植林による水枯れ
  - 1930年代岡山県
  - 1960年代スギ、ヒノキ植林
  - 1998年水害後の中国での世界最大の植林
  - インド、オーストラリアでのユーカリ植林

# 結果としてよかったことも

- アフリカのマラウイ湖
- 森林が伐採され、湖の水位が下がった
- データ解析の結果、100年間の湖の水位の変動(最大－最小＝9m)は、降水量の変動だけでほぼ説明できた
- もし森林が伐採されていなかったら、湖の水位は現在よりさらに1m下がっていたこともわかった
- 森林が伐採されたおかげで、致命的なことにならずに済んだ

# 緑の水と青の水

Falkenmark, 2003





# 先進国は南アフリカ共和国

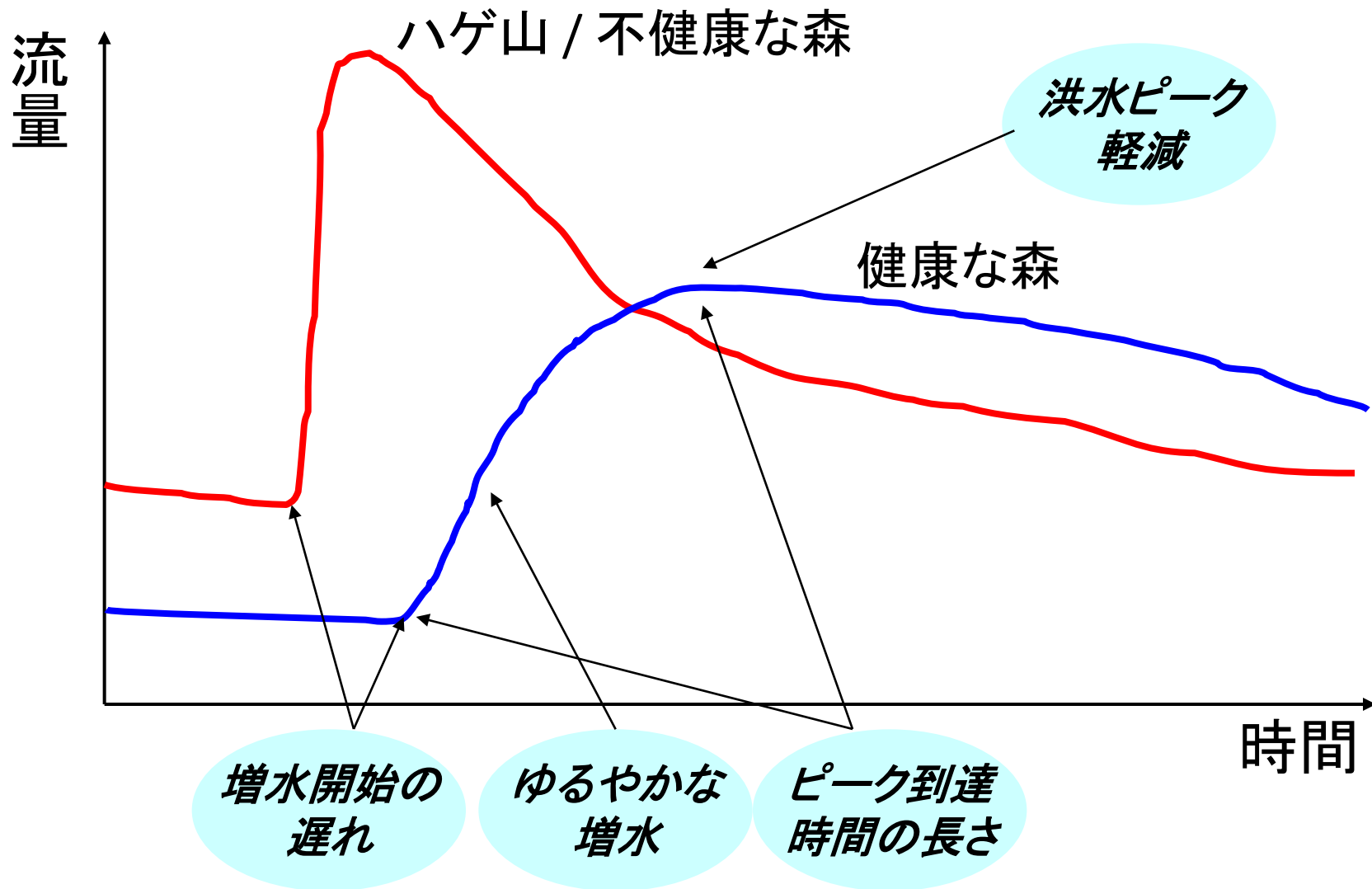
- 水と森林を巡る問題の解決に、世界で最も先進的な国
- 「水資源森林省」がある
  - 水資源と森林の一体的な管理を実現
- 土地利用に対する「水消費税」がある
  - 水を消費する農園、森林を造成する場合、河川流量低減型利用(SFRA)として課金される
  - 「緑の水」への課金
  - 「青の水」を効率よく得て、公平に配分するために、「緑の水」も管理する

# 水の時間的な変動

- ここまでは単純な「水の総量」の話
- ここからは「水の時間的な変動」の話
- 例えば雨季、乾季があるようなところでは、総量が減少したとしても、減少は主に雨季で、乾季に少しでも増えてくれれば、人間にとって都合がよい
  - 森林の「水消費作用」とは別の、もう一つの作用を考える必要がある
  - それが「平準化作用」

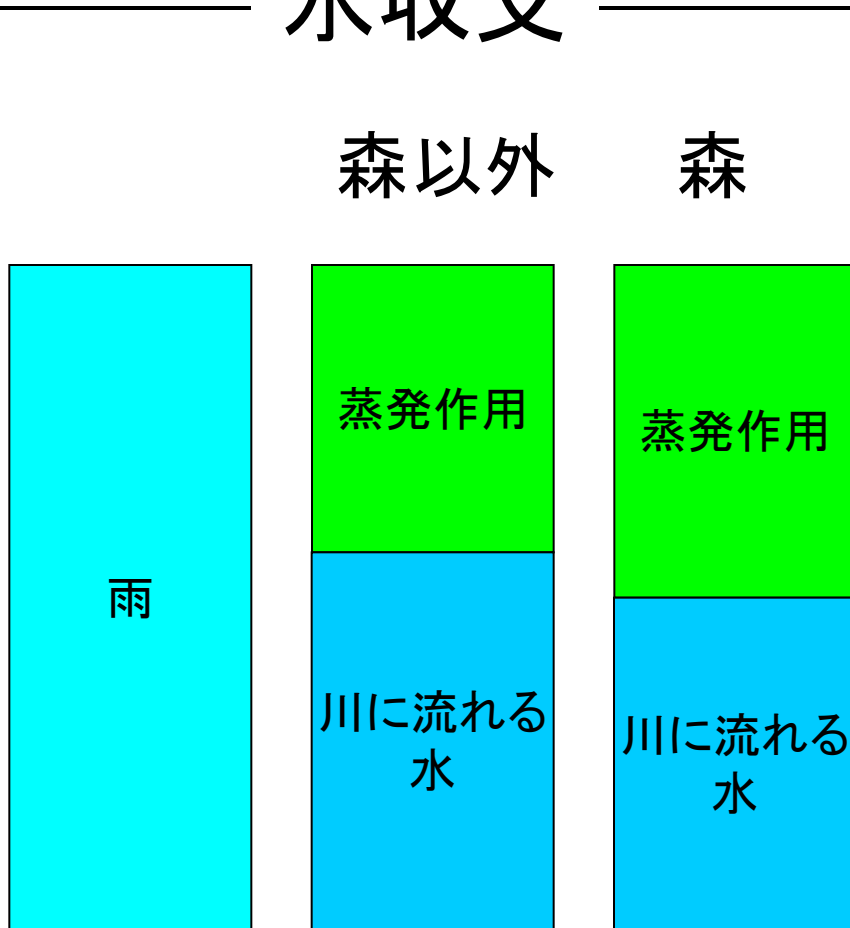


# 平準化作用のイメージ



# 蒸発作用のイメージ

## 水収支



- 他の土地被覆（草地、ハゲ山など）に比べて森は蒸発作用が大きい
- その分だけ、川に流れる水が減る

# 森林と水の関係における 作用と機能の関係

作用	機能	洪水緩和機能	水資源かん養機能
平準化作用 (雨水を一時的に保水し、それを川や地下水にゆっくりと流していく作用)		+	+
蒸発作用 (雨水を一時的に保水し、水蒸気として大気に戻す作用)		+	-

# なぜ森林には「平準化作用」が備わっているのか

- 森林は水を使うので、水を保水しないと生きてゆけない
- 保水するために、岩盤を砕き、落ち葉や自ら枯れて分解されることで、保水力の高い土壌を作る
- 干ばつにも備えるので保水力に余剰がある（過剰性能）
- それがたまたま人間にとって、とても都合がよかった

# 蒸発作用、平準化作用、保水力

- 平準化作用

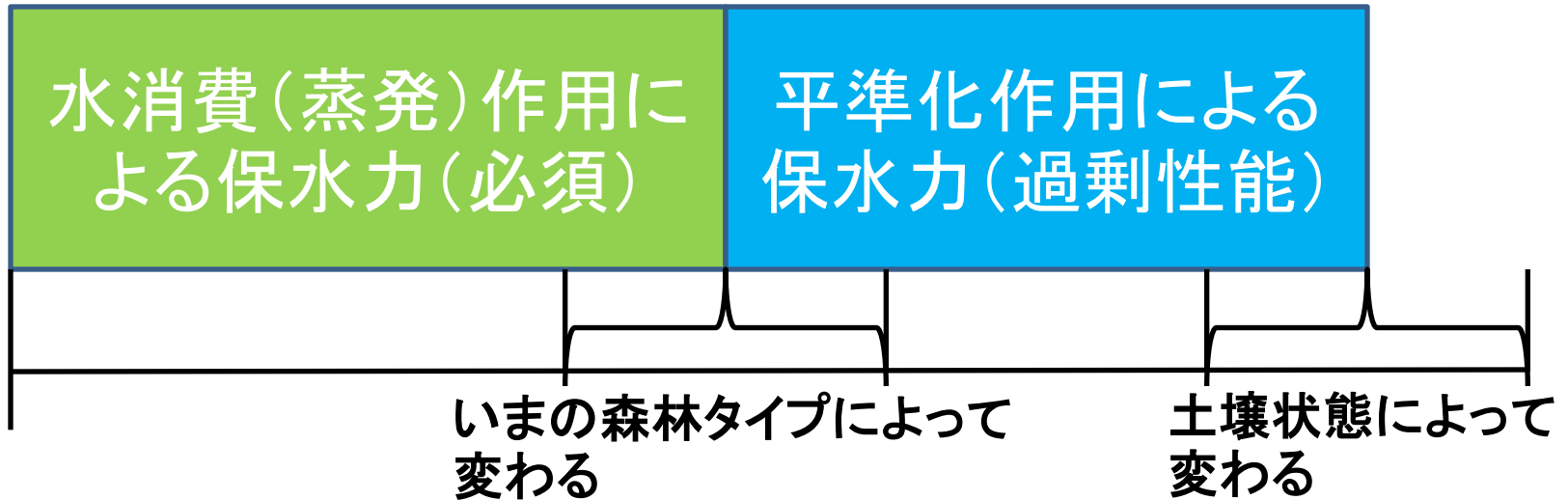
- 水を一時的に貯留し、川にゆっくり流す
- 川の水量は変わらないが、流れる速度が変わる

- 蒸発作用

- 水を一時的に貯留し、川に流さずに蒸発させて大気に返す
- 川の水量そのものを減少させる

- 両方とも水を一時的に保水することに変わりはない

# 森林の2種類の保水力



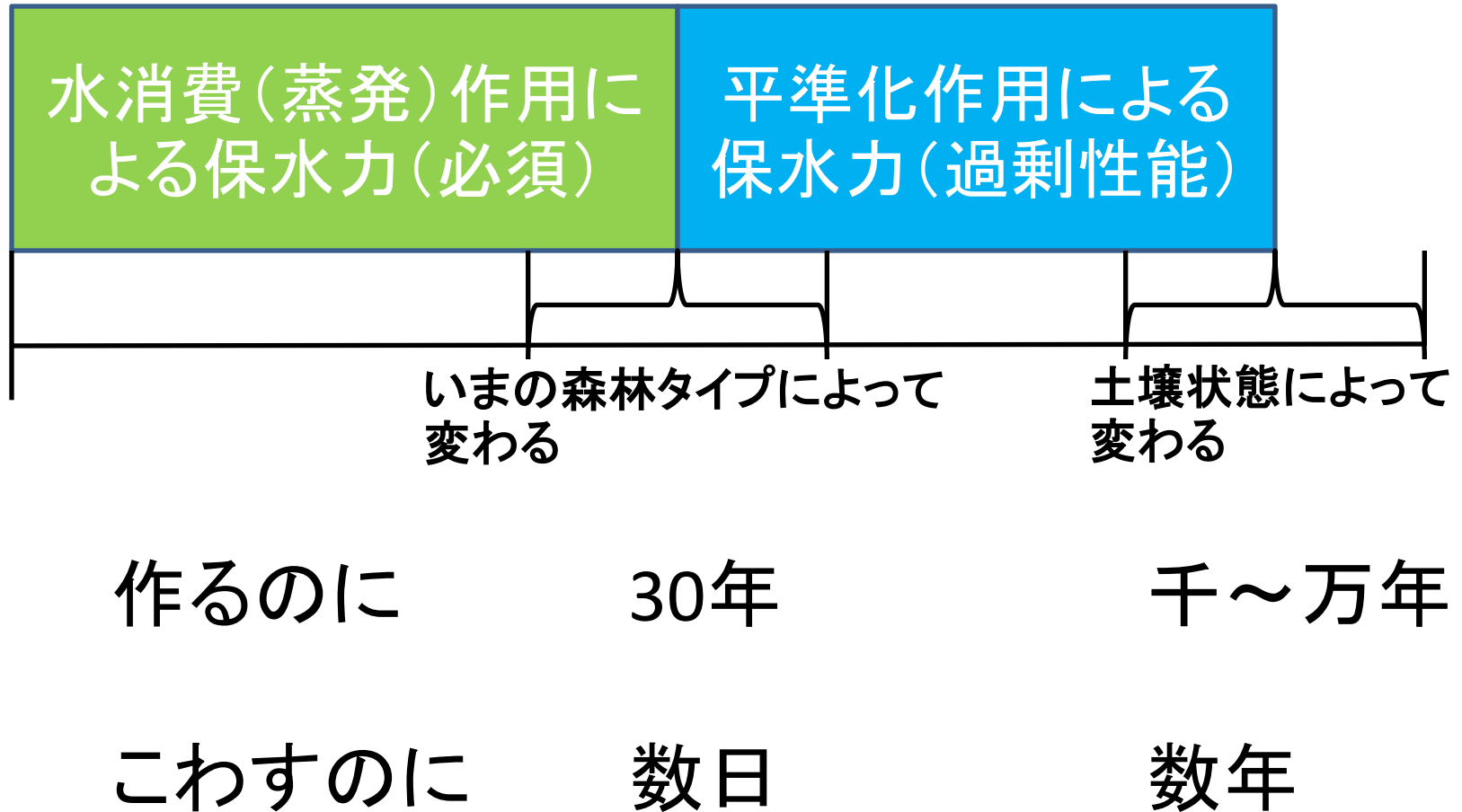
森林が水消費型で土壌が貧弱な場合



森林が節水型で土壌が豊かな場合



# 森林の2種類の保水力



# 土壌をつくる、失う

- 土壌はつくるのにすごい年数がかかる
  - 数千年？数万年？
- 失うのは一瞬
  - 土壌を失って滅びた文明
  - 日本でもかつて土壌を失い、ハゲ山になった
- 土壌の再生にはたいへんな手間と費用がかかる
- 雨が少ないところでは極めて困難→沙漠化



# 砂漠化防止のための植林とは

- 沙漠にいきなり木を植えても「緑の水」の保水力がなければ、木は生きてゆけない
- 育つのは水を吸い上げる力が恐ろしく強い種類(ユーカリ等)だけ → 水枯れを引き起こす
- 保水力は土壌によってのみ取り戻せるが、土壌をいったん失うと、取り戻すには長い時間がかかる
- 雨が少ないところでの植林ツアーへの参加は自己満足

# 日本の教訓

- ハゲ山からの森林再生（よい教訓）
  - 雨が多かったので助かった
- 木材生産のみを目的として、スギ、ヒノキなど水消費型の森林を植林によって造成
- その後、管理を放棄し、土壌が流出。その結果、「青の水」の平準化作用が最も小さい、人間にとって最も都合が悪い森林となる
- 「緑の砂漠」とは、保水力がないのに、木が水を大量に消費する「林の中が乾いた」森



# 健康な人工林

- ・木の密度が低い
- ・中が明るく、下草がはえる
- ・土壌表面を保護し、水が浸透する



# 不健康な人工林

- ・木の密度が高い
- ・中が暗く、下草がはえない
- ・土壌表面がむき出しになり、水が浸透しない



# 水資源のための森の管理

- 森林が節水型で土壌が豊かな森が水源林として最も望ましい
- どう管理するか
  - 土を守る できるだけ踏み固めない(林道を作らない、林業用の重機を入れない)
  - 木は積極的に切るが、運び出さずにそこに置いて自然に腐らせ、土づくりをする
  - 水を消費しない森にする 本数を思い切って減らし、成長のおそい木、老齢の木を残す

# 現実には

- 水資源だけのための森林管理の例は少ない
  - ニューヨーク： キャッツキル・デラウェア水源地
  - フランス： ヴィツテル
  - 日本： 東京都水道局、サントリー、明治用水土地改良区など
- 土地を所有して管理するのが最も確実
- それが困難な場合、次善の策として、受益者による支払い制度
  - 水源税、水道料金上乗せ、水源基金など

# 今後の見通し

- 水と土地は一体のものとして管理されなければならない(統合的土地・水資源管理)
- 制度設計と、その運用、ガバナンス
- 経済的インセンティブ
- 最小限の「緑の水」で最大限の農林業生産を
- 「より多くの水を手に入れる」から「より効率的に水を使う」、さらに「水を公平に分配する」へ
- 日本の苦い経験を教訓として国際貢献できることはたくさんある。水ビジネスや科学技術だけではない

# 引用・参考文献

- 『水の革命 森林、食糧生産、河川、流域圏の統合的管理』（イアン・カルダー著、蔵治光一郎・林裕美子監訳、築地書館、2008）
- 『土の文明史』（デイビッド・montゴメリー著、築地書館、2010）
- 『「森と水」の関係を解き明かす 現場からのメッセージ』（蔵治光一郎著、（社）全国林業改良普及協会、2010）