

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

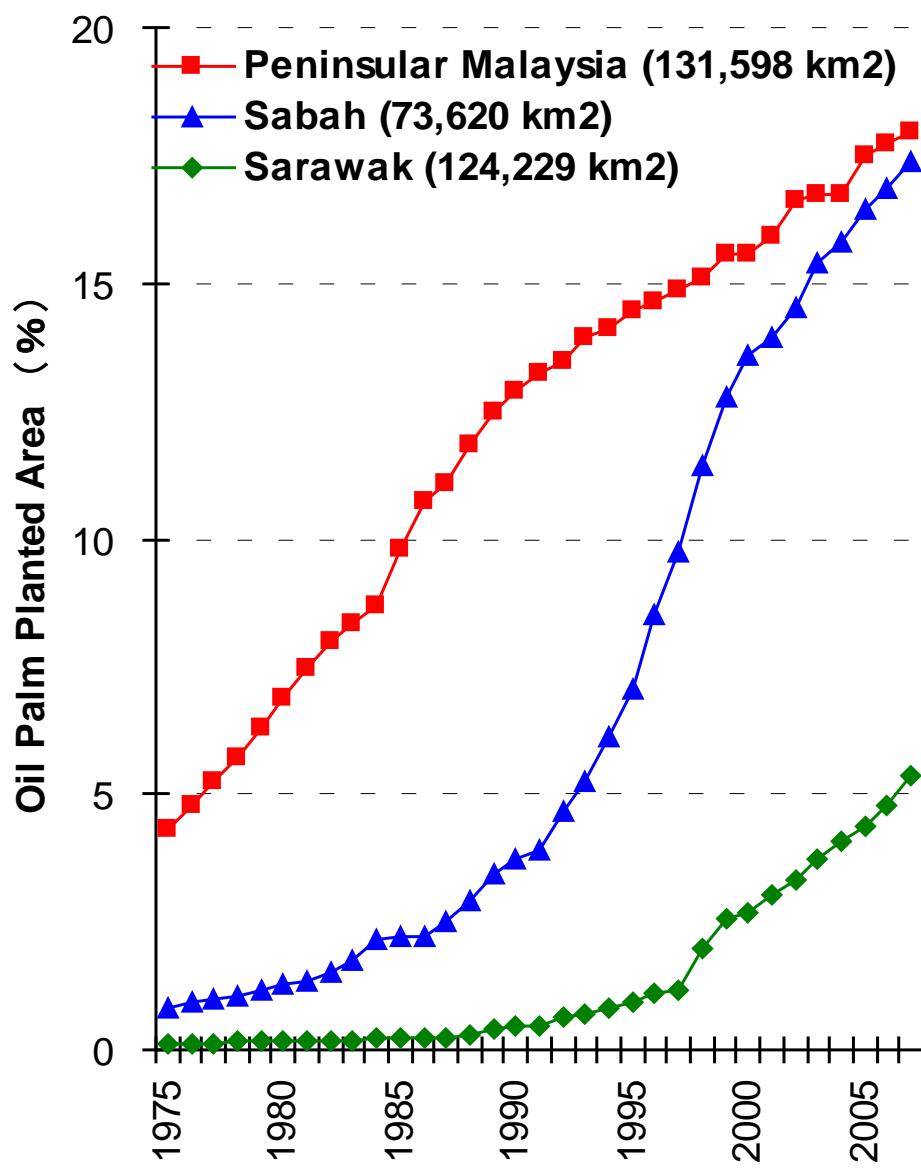
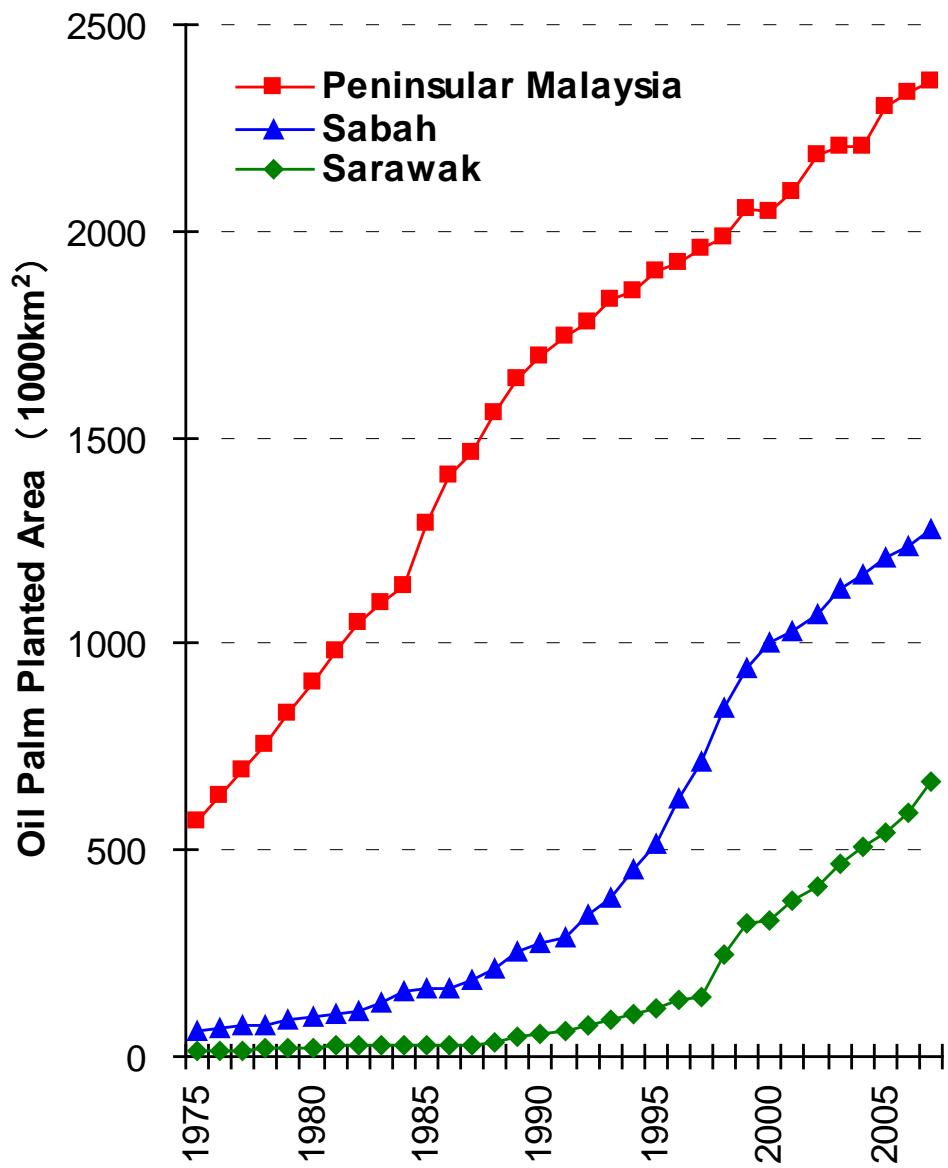
東京大学講師(愛知演習林長)

†: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

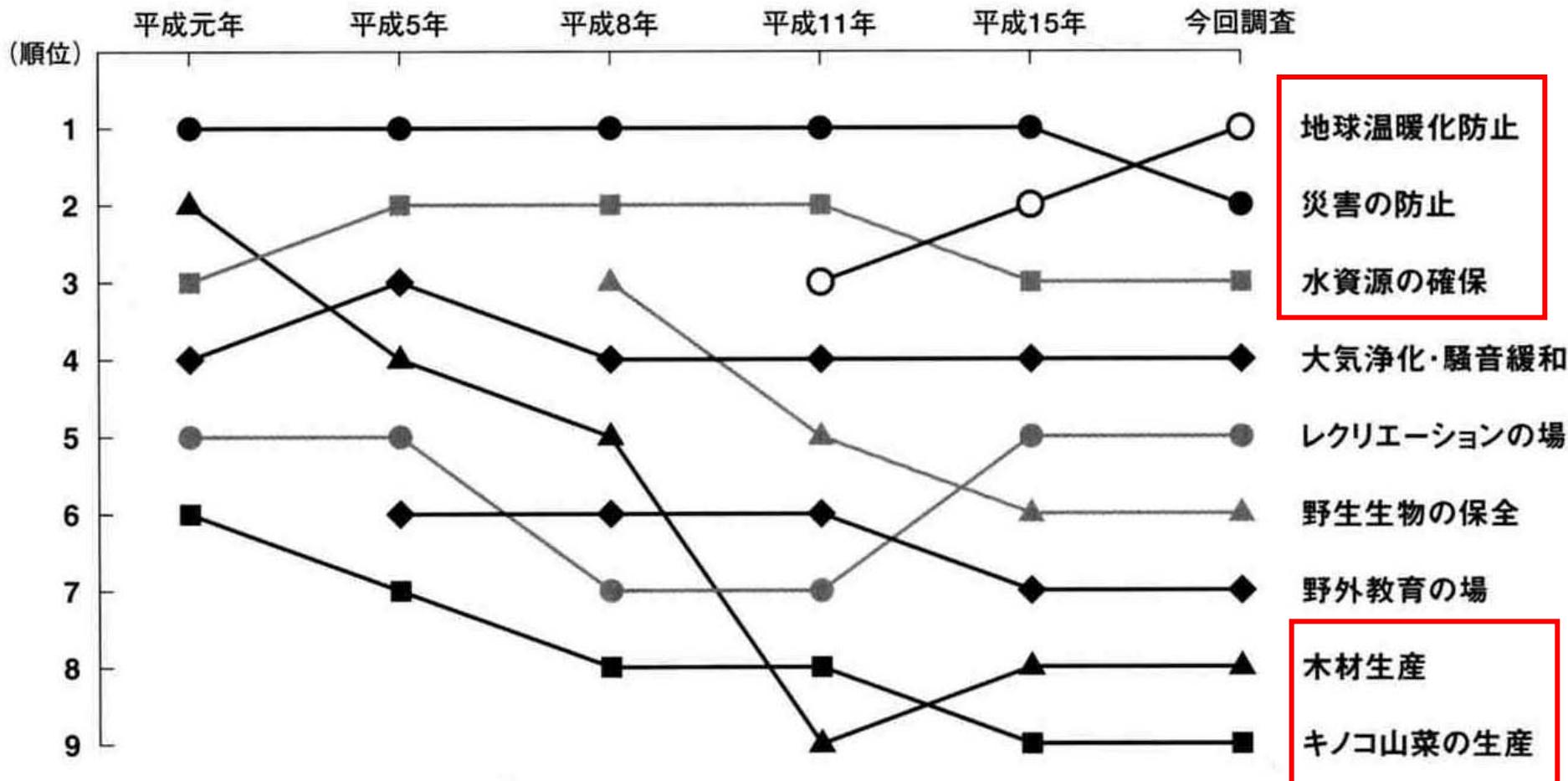


なぜ「森林管理」？

- 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

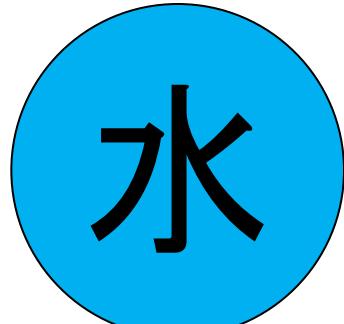


森林管理の必要性

- 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

これまで、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

機能

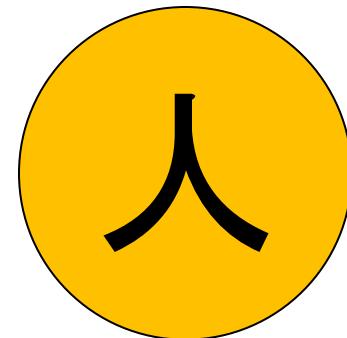
木材、食糧、肥料、エネル
ギー、環境サービスの供給

機能

4.5億年前

これまで森林伐採、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、人間にとつて都合がよいもの
 - 人間にとつ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CO₂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碎かれ、腐り、土が作られる作用(分解・土壤化作用)
- 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
- 非木材林產物(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

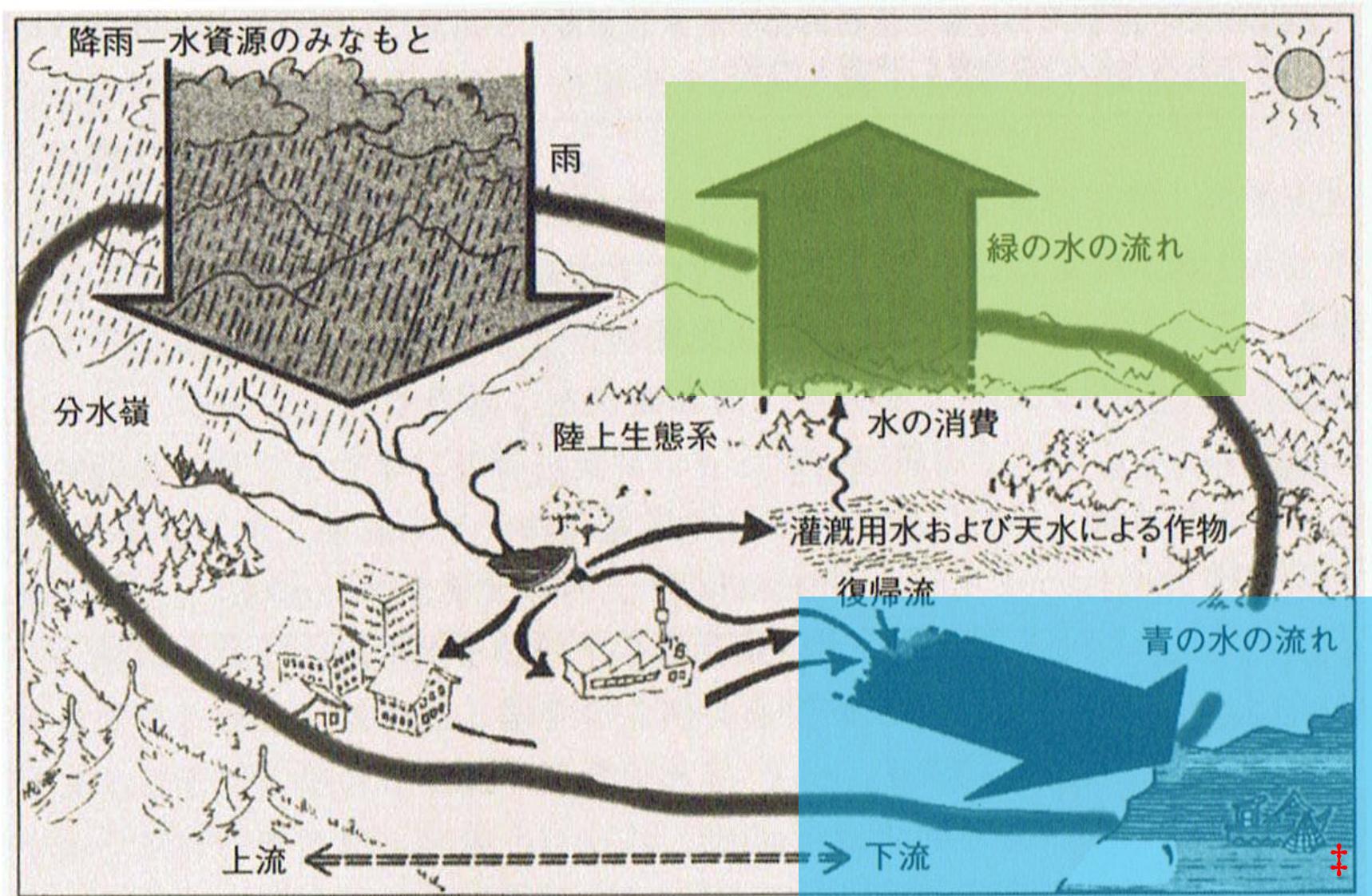
結果としてよかつたことも

- 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はほぼ説明できた
- もし森林が伐採されていなかつたら、湖の水位は現在よりさらに1m下がっていたこともわかつた
- 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

イアン・カルダー著、蔵治・林監訳「水の革命」築地書館

緑の水と青の水

Falkenmark, 2003



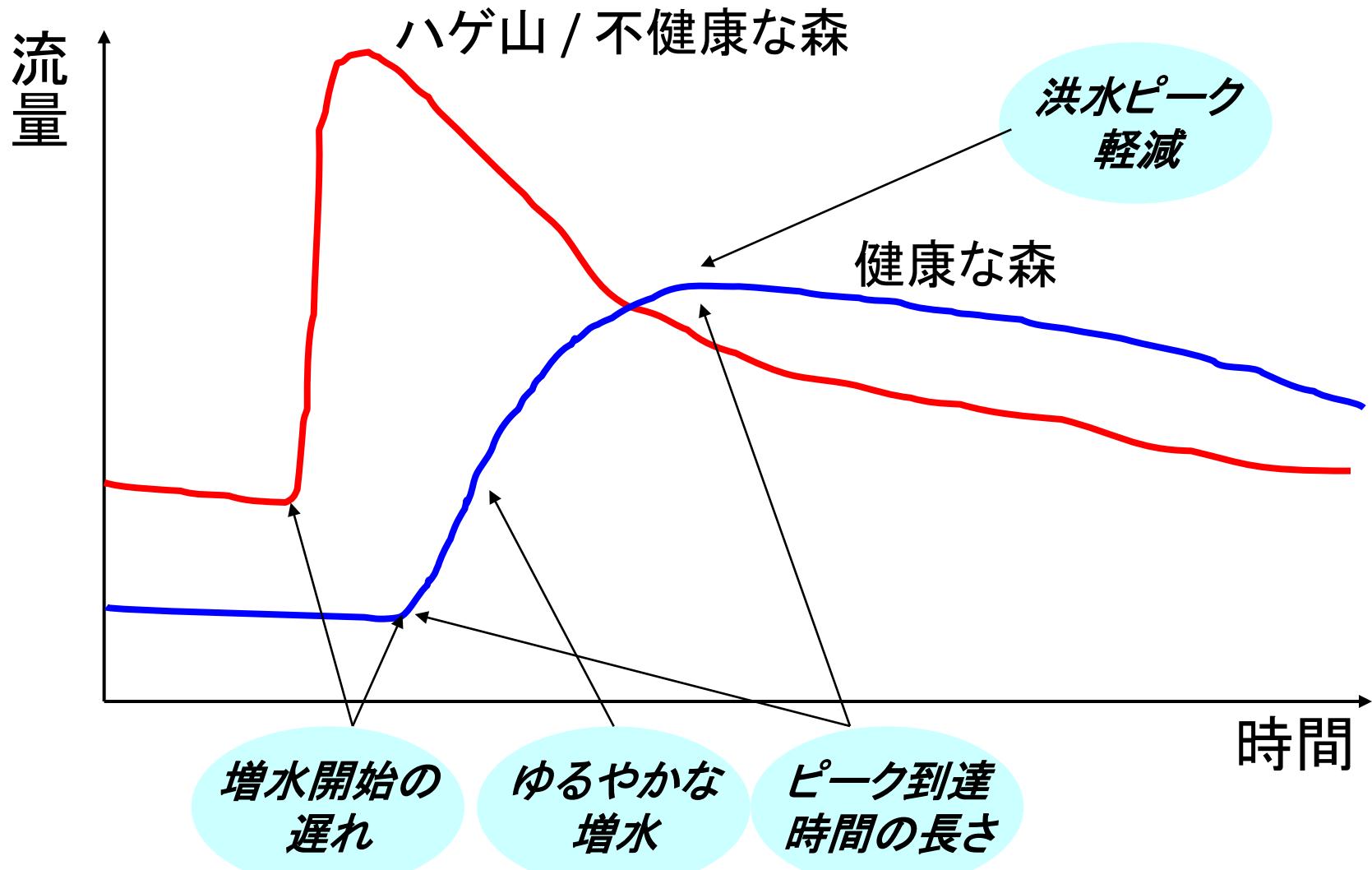
先進国は南アフリカ共和国

- 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

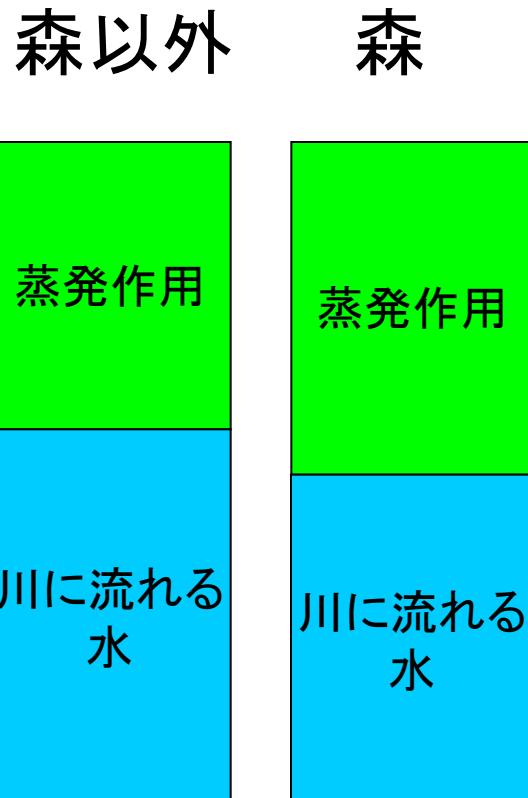
- ここまで単純な「水の総量」の話
- ここからは「水の時間的な変動」の話
- 例えば雨季、乾季があるようなところでは、総量が減少したとしても、減少は主に雨季で、乾季に少しでも増えてくれれば、人間にとつて都合がよい
 - 森林の「水消費作用」とは別の、もう一つの作用を考える必要がある
 - それが「平準化作用」

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)		+	-

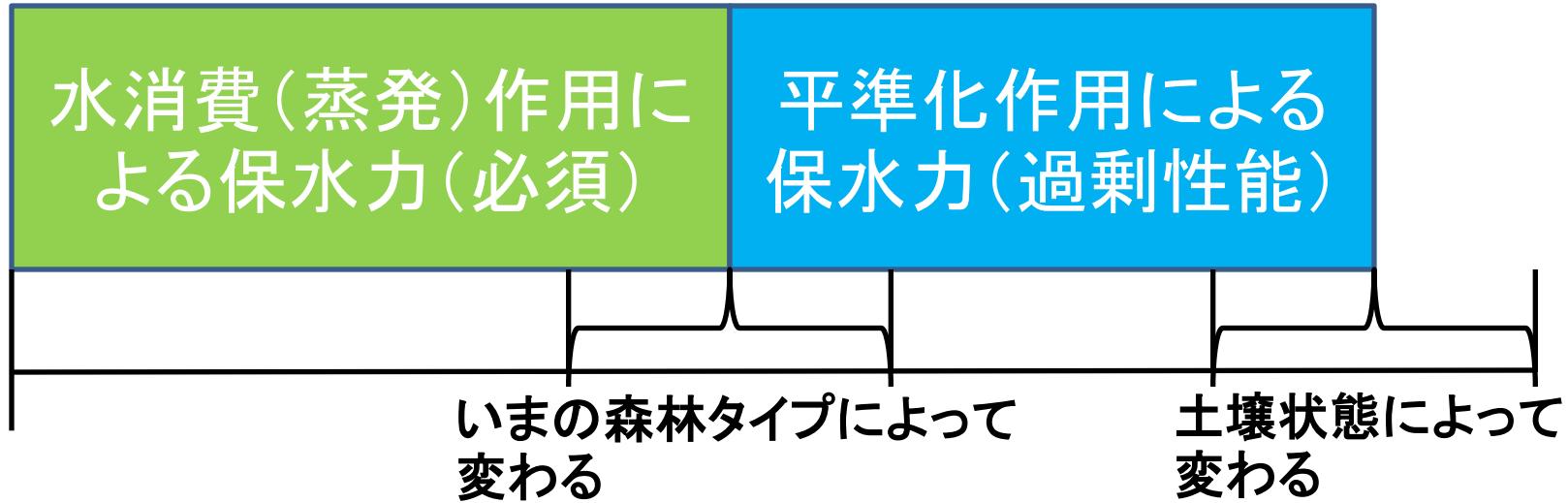
なぜ森林には「平準化作用」が備わっているのか

- 森林は水を使うので、水を保水しないと生きていけない
- 保水するために、岩盤を碎き、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

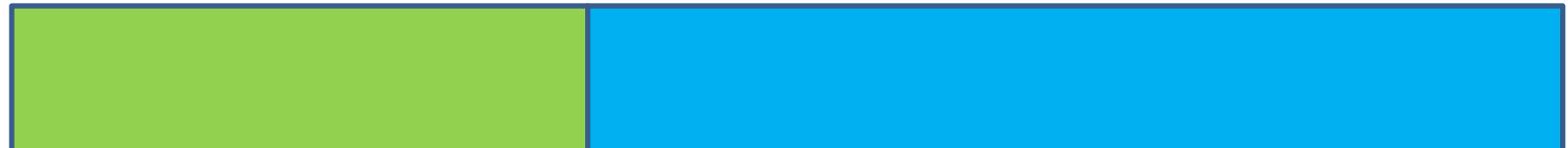
森林の2種類の保水力



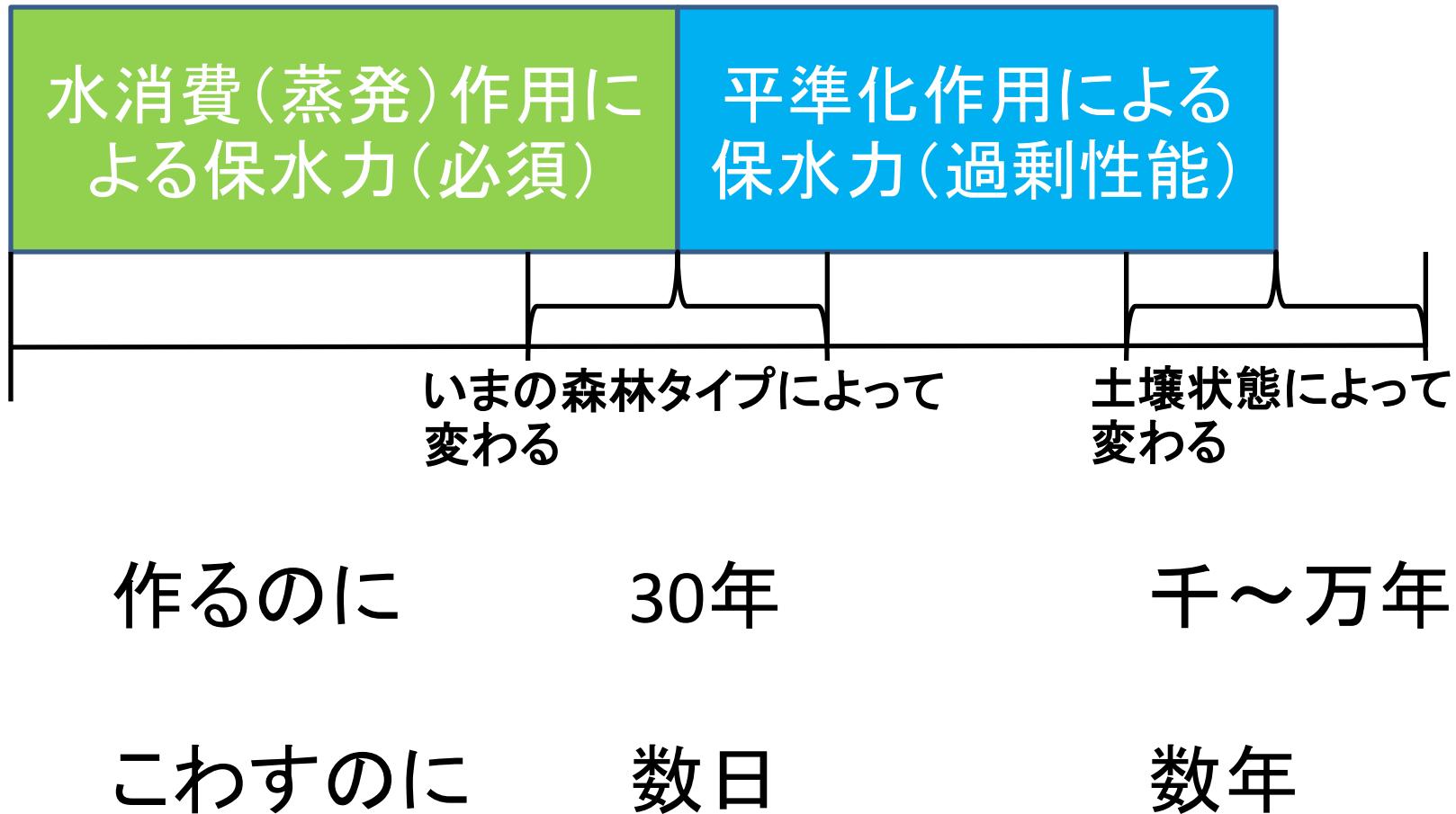
森林が水消費型で土壤が貧弱な場合



森林が節水型で土壤が豊かな場合



森林の2種類の保水力



土壤をつくる、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
- 保水力は土壤によってのみ取り戻せるが、土壤をいったん失うと、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、土壤が流出。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
- ・土壤表面を保護し、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
- ・土壤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

- 森林が節水型で土壤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： キヤツツキル・デラウェア水源地
 - フランス： ヴィッテル
 - 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(統合的土木・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・モントゴメリー著、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)