

各国における水資源確保に 資する森林管理ガイドライン

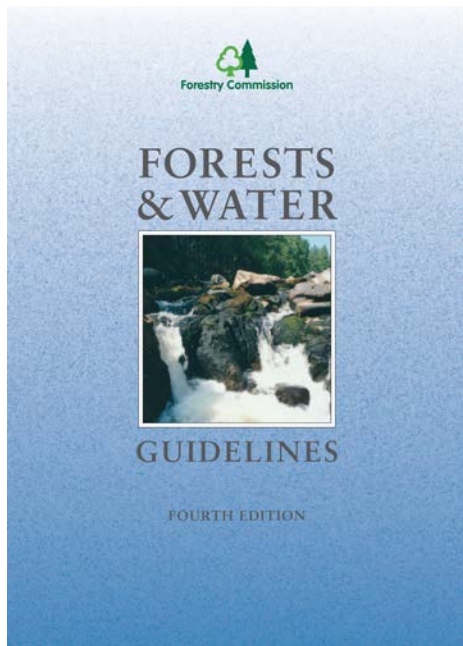
イギリスの事例 ～水量確保等に資する森林管理ガイドライン～

- 年間降雨量約1000mmのイギリスでは、20世紀に100万haのマツ（シトカスプルス）林等が造成され、100年間で森林率が5%→12%まで向上。結果として河川流量が大きく減少し、サケ・マスが激減する等大きな経済的損失が発生、森林関係者に非難の目が向けられる事態。
- 1988年に森林協議会が森林所有者、管理者等に対し、渇水対策、植栽樹種の選択等、具体的に配慮すべき点を示した指針を発行。その後繰り返し改訂。

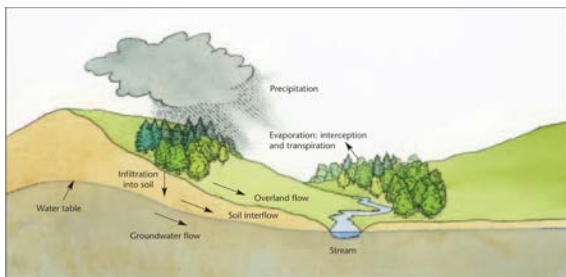
年間水損失量(mm) (年間降雨量が1000mmの場合)

土地被覆	蒸散量	樹冠遮断量	合計
常緑針葉樹	300-350	250-450	550-800
落葉広葉樹	300-390	100-250	400-640
ヒース	200-420	160-190	360-610
草地	400-600	-	400-600

森林協議会資料より作成



“Forests & Water Guideline”
(Forth edition 2003)

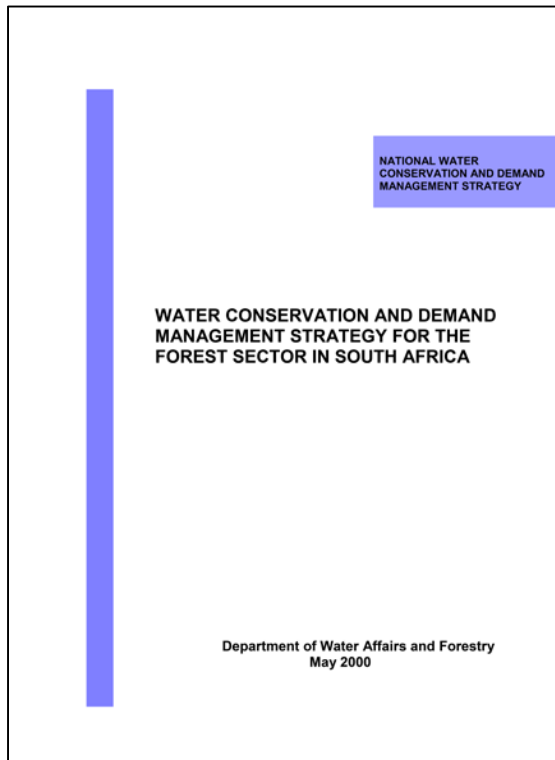


“Forests & Water Guideline”(2003)より引用

- 落葉広葉樹林における水損失量は、落葉期に樹冠遮断がないため、一般的に針葉樹林に比べかなり少ない。針葉樹林は洪水緩和には利益をもたらす。
- あるデータによると、コルシカパインの森林では640mmの降雨量のうち、280mmが樹冠遮断、330mmが蒸散により消費され、30mmのみが河川流量となる。
- ポプラやヤナギ等の水大量消費樹種は、河川流量を50%またはそれ以上減少させ、渇水が深刻な地域では大きな負の影響を与えるので、植栽場所を注意深く選定する必要。
- 驚くべきことに、ブナやトネリコの森林における地中の貯水量は、管理された草地と比べ、同等か少し多い。
- 異なる林齢から成る森林は樹冠遮断量が減少する傾向にある。
- 高齢級の森林になると、水損失量は減少する。

南アフリカの事例 ～森林分野における水資源保全戦略～

- 南アフリカでは、年平均降雨量が440mm程度。1920年代頃から、マツやユーカリ等の植林により河川流量が減少しているのではないかとこの疑念。1935年には、植林が河川水量に及ぼす影響等を研究する機関を設立、植林と河川流量等の関係を調査。
- 水資源の確保は量・質共に重要な課題。森林と水はともに水森林局によって所管。世界で最も森林と水の間を科学的に正確に認識し、それを政策に反映させ、実行している国。



“Water Conservation and Demand Management Strategy for the Forest Sector in South Africa” (2000)

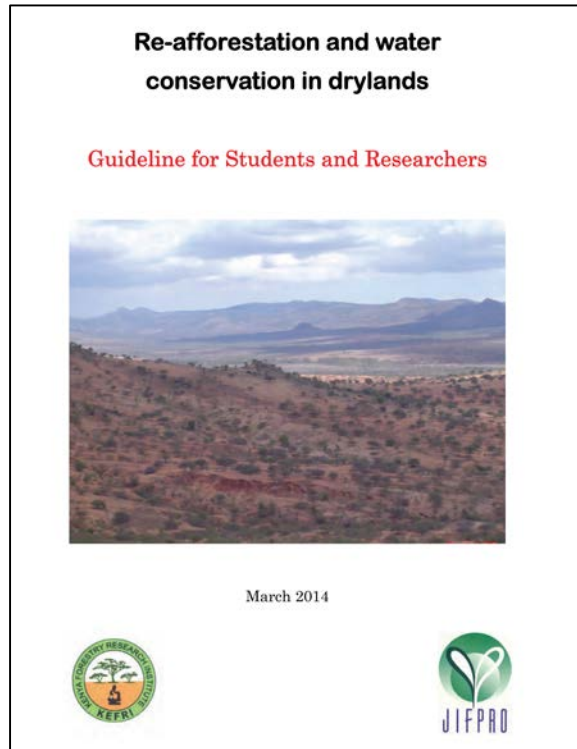


“Water Conservation and Demand Management Strategy for the Forest Sector in South Africa”(2000)より引用

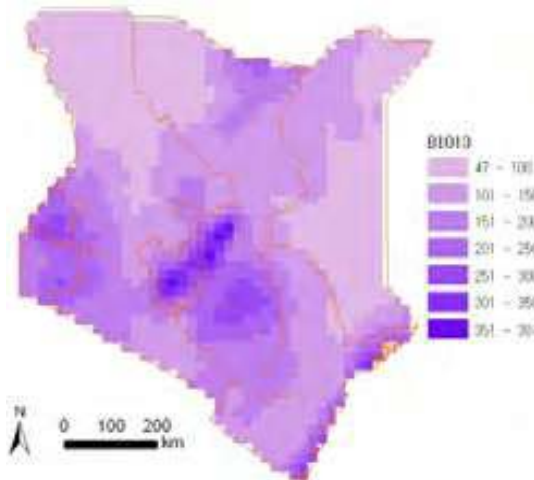
- 南アフリカの森林による水消費量は、国内の産業による消費量とほぼ同等。人口増と経済成長を背景に、水資源の確保は喫緊の課題。
- 都市部の水需要量の観点から流域を選別し、水需要量の小さい流域における新規植林を奨励。水需要量の大きい地域の植林を制限。（ユーカリは植栽から7～9年後に最大で年間470mmの水を消費）
- 700mm以上の降雨量がある、林業に適したエリアは南アフリカでは少ない。
- 川岸地帯の森林の水消費量は斜面上部の森林の2倍であるため、植林を禁止。森林所有者は溪畔林を伐採。
- ハイブリッドを含め、水利用効率（蒸散速度あたりの光合成速度）の高い樹種の選択を奨励。水利用効率の高い品種を育成中。

ケニアの事例 ～渇水地域における森林再生と水保全の指針～

- ケニアの年間降水量は、首都ナイロビで1,000mm程度、北部の砂漠地帯は極めて少。人為活動により森林減少・劣化が進行しており、森林の再生は喫緊の課題。
- (公財) 国際緑化推進センターとケニア政府の協力により、2014年に渇水地域における森林再生と水保全に関するガイドラインを作成(森林総研の坪山氏(現理事)らが関与)。



“Re-afforestation and Water Conservation in Drylands” (2014)

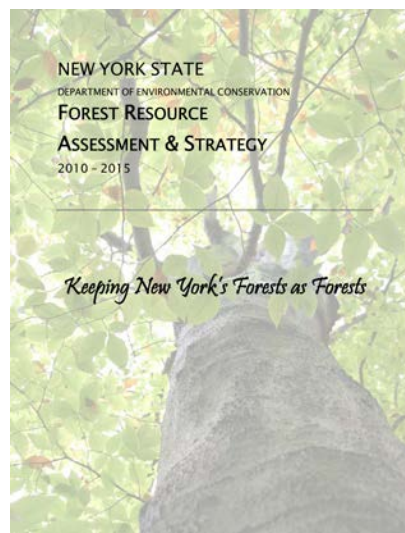
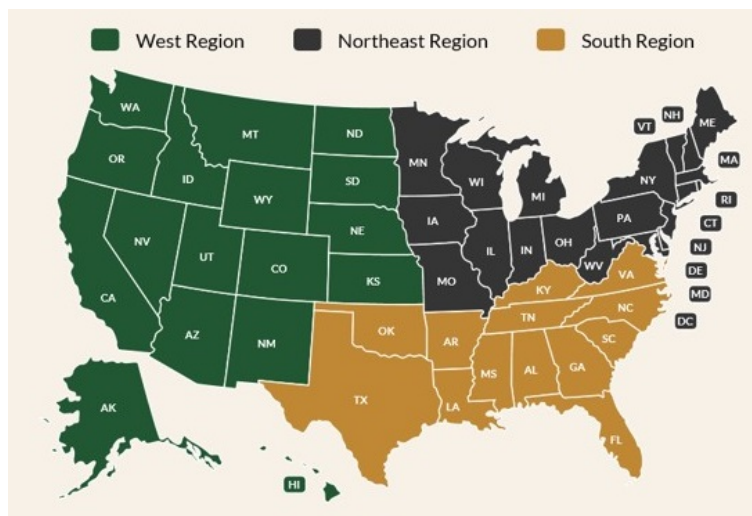
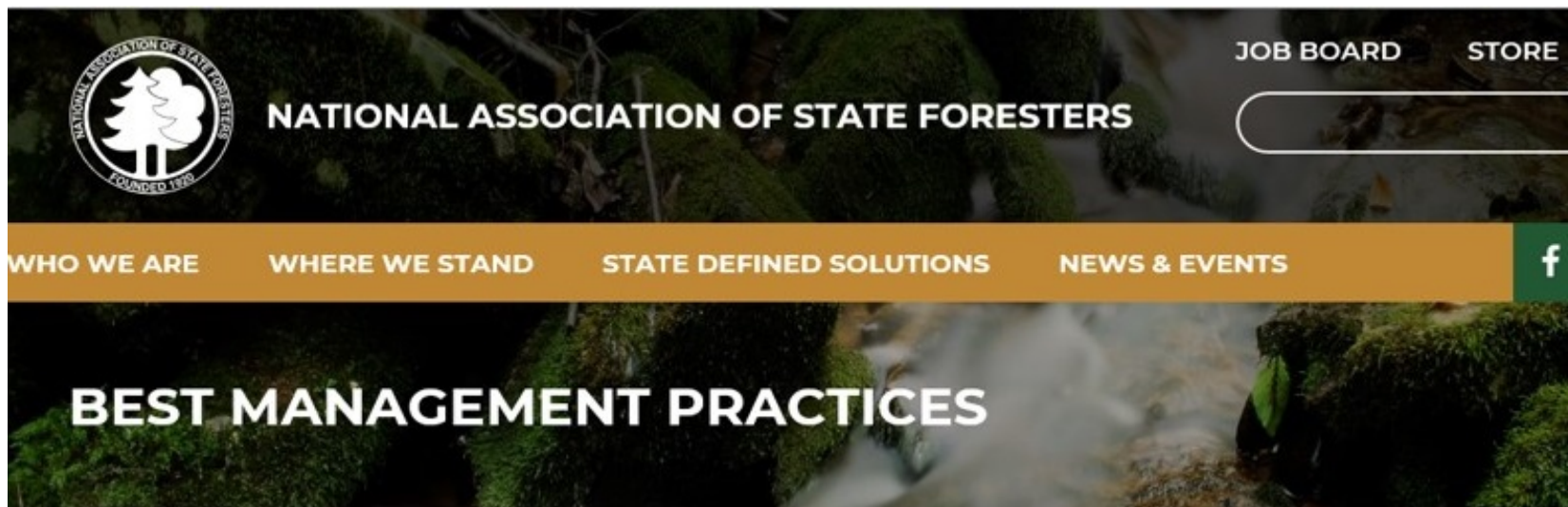


“Re-forestation and water conservation in drylands” (2014)より引用

- 森林の再生は、森林の蒸発散による水消費の増加に起因する河川流量の減少により、日常生活や農業における水不足をもたらすことを、地域住民に対し十分に周知することが必要。
- 渇水地域における森林管理技術の向上が必要不可欠。
- 木材生産のために導入されたユーカリは、地下水位の深刻な低下を招いた。植林は在来樹種を優先すべき。木材生産目的のため、外来種を導入する際は、水消費特性を十分に踏まえて管理すべき。
- 渇水地域の植栽樹種では、小さく厚い葉を持ち、気孔の開閉をコントロールし、光合成速度を強化できるものが理想的。
- 渇水地域では、水利用効率の高い *S.vulgaris* (ライラック?) のような樹種が望ましい。

アメリカの事例 ～州毎の最適な森林管理手法～

- アメリカでは、飲料水の5割以上が森林由来であることを踏まえ、水質保全等の観点から、州毎に最適な森林管理手法”BEST MANAGEMENT PRACTICE” (BMP)を策定。
- 気候や地形等の地域特性を踏まえ、州毎に異なる森林施業を推奨。



ニューヨーク州の戦略では、牧場が多く、河川水質管理の観点から、溪畔林を広く取るよう定めている。

渇水発生地域における 目標林型・施業の提案

我が国でも、降水量、水消費量、水文試験のデータ、海外も含めた既往文献等のレビューにより、渇水発生地域における森林管理の指針ができないか？

【参考】

林野庁治山課は、既往文献等のレビューにより、H31.3に「水源の森林づくりガイドブック」を作成。



神奈川県は、H29.3に水源林における目標林型毎の整備手法を取りまとめた「水源林整備の手引き」を作成。



また、航空・地上レーザー等により、葉面積指数や下層植生状況等のデータから、水源涵養機能の発揮状況をモニタリングできないか？

【長伐期・高齡級林】



樹冠粗密度が低下し遮断量が減少。
針葉樹の場合は蒸散量も極小。
下層植生や根系が発達しているため、
土壌浸透能が高い。
このため、水資源貯留機能はかなり高く、
洪水緩和機能も高いと思われる。
早い段階からRyを落としていくことが
必要。

【育成複層林】



面的に水消費量の少ない齡級の林分を配置。
群状、帯状（水平・垂直）でも水資源貯留機能は
変化するはず（研究データほとんどないが、
秋田県の「複層林施業マニュアル」では、
伐区の形状と公益的機能の関係について若干
の記載あり）。

【葉面積指数の低い森林】



保安林の指定施業要件上限の間伐繰り返しや枝打ちの実施により実現。蒸散量、樹冠遮断量を抑制。
あまりの強度間伐は、林床の陽当たり、風通しが良くなり、逆に林床からの蒸発量が増加する。

【低密度植栽林】



再造林コスト低減のための選択肢だが、これも蒸散・樹冠遮断小で、水資源貯留機能が高いのでは？（研究データほとんどなし）

【針広混交林】



落葉期に蒸散・樹冠遮断が減少。深根性と浅根性の樹木の組み合わせにより土壌間隙量が増加。
洪水が発生する夏期には落葉広葉樹も蒸散・樹冠遮断があるため、洪水緩和機能とも両立？

【落葉広葉樹林】



人工造林技術は十分に確立されていないが、気象害等により広葉樹林化してしまった区域は、水資源貯留機能が十分発揮されていると評価できるのでは。イギリスの研究では、ブナ林は草地よりも基底流量大。

【散生地・無立木地】



水源林造成事業実施の対象地であるが、

- ① 渇水発生地域の簡易水道やダム等の上流
- ② 草本類等により被覆されており、土壌浸透能がある程度発揮されている
- ③ 緩傾斜地等、斜面崩壊の恐れが少ない

の全てに該当する場合、水資源貯留機能の観点から（生物多様性や茅場等の文化的側面からも）、散生地・無立木地のままで問題ないのでは？（これまでは森林蓄積量の増大は絶対善だったが）

逆に、これらの地域で「水源涵養機能の高度発揮」のために針葉樹林を造成する意義について、科学的根拠を踏まえた説明は困難ではないか？

【短伐期（普通伐期）一斉林】



若齢級林分は年間成長量が大きく蒸散量大。樹冠は閉鎖しており遮断量大。下層植生が発達しておらず、土壌浸透能小。短伐期の場合、水消費量が最大となる20～30年生前後の林齢の区域が頻繁に出現。短期間に皆伐を繰り返すと土壌の流亡が生じるおそれ。

【間伐放置林・過密林】



樹冠遮断・蒸散による水消費量大。下層植生が発達せず、土壌浸透能小で、洪水緩和機能も期待できない。（木材生産の観点からも、良質材は期待できない）

【早生樹林・精英樹林】



コウヨウザン等は蒸散量極大？（海外のデータでは、ユーカリやポプラ等の早生樹は水消費量が非常に多く、植林禁止の国も。日本では研究データほとんどなし。）

逆に、基底流量が減るため洪水緩和機能が求められる流域で奨励??

【照葉樹林】



冬期にも樹冠遮断。針葉樹は冬期の蒸散がほとんどないが、照葉樹は天候によっては冬期も蒸散していると考えられる。

目標林型に向けた具体的森林施業体系の確立

現在は、資源管理の観点から、主に収量比数 (Ry)により管理が行われているが、水源涵養機能の発揮を主目的とする場合、葉面積指数等、他の指標を用いた管理手法についても検討する必要があるのでは？

(例：間伐でRyを0.75から0.65へ → 間伐と枝打ちでLAIを6から5へ)

土壌浸透能

蒸散量

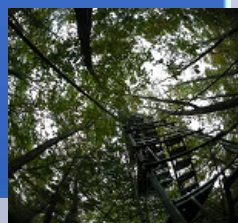
樹冠遮断量

長伐期

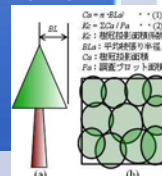
下層植生
状況



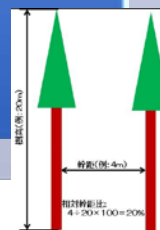
葉面積指数
(LAI)



樹冠粗密
度



相對幹距
比



樹冠
長率



形状比

将来的には地上レーザーで測量可能？

地上レーザーで計測可能

科学的知見を整理した場合、渇水発生地域における目標林型・施業として推奨されるものは、おそらく斬新なものにはならない。

現在指向されている長伐期施業、針広混交林、育成複層林等について、水源涵養機能の観点から、科学的根拠を与えることになると思われる。

留意すべき点

- 水資源貯留機能を重視する上で、洪水緩和機能をおろそかにすべきではない
(人命・財産に関わる洪水は、渇水より深刻)
- これまで約1千万haの針葉樹人工林を造成してきたことへの批判を招かない
(木材生産、山地災害防止、洪水緩和等に大きく貢献)
- 水源涵養機能だけを切り取ることはできず、山地災害防止機能/土壌保全機能も考慮することが必要
- 国産材の安定供給にも貢献することが必要

- 「水源林」、「水源涵養機能」という言葉は聞こえは良いが、これまでの林野庁の説明は非常に非科学的。ようやく自分が発信してきたことが少し伝わったのかという印象。
- 豊田市では、水道料金の基金を活用し、森林施業と流量の関係の解明に努めている。水源林造成事業は国費を投入しているので、その目的を科学的根拠により証明できないというのはよくない。
- 渇水を考えると、物理的な量を減らし、いかに森林が消費する水を減らすかが大切。今後温暖化により益々深刻化するおそれがあり、本気で渇水対策に取り組んでいくことが必要。
- 簡易水道のある自治体からなる水資源保全全国自治体連絡会の会長（佐久市長）が、「今は森林の樹冠遮断が多すぎるのが問題」と発言。森林の成長に伴う渇水により、簡易水道が存続危機に陥っている地域もあり、森林の取扱は非常に重要。

- 日本では、森林環境税を導入するなど、海外に比べ森林の多面的機能が前面に打ち出されているにもかかわらず、その科学的根拠が欠如しており、国民に対する説明が求められる。
- 森林の多面的機能の貨幣換算など、事業評価のベースとなっているが、科学者がまとめたものなのに、非常に非科学的なものとなっている。
- 水源涵養機能については、既に多くの専門家がレビューを行っているので、それら知見を組み合わせ、作業仮説を立てた上で、論文で補強すれば良い。そうすれば、水源林造成事業の正当性が明確になる。 取組を応援したい。

日本森林技術協会 落合博貴技術指導役 (元森林総研水土保全研究領域長)(5/24)

- 世の中ますます国民に対する説明責任が求められる中、水源林造成事業のガイドライン的なものは絶対に必要。水源涵養機能は一丁目の一番地。その理念があつてこそその事業の執行。
- 広葉樹を植林する技術は確立されていないので、戦後の無立木地を解消するために、水源林造成事業等で造林してきたことはもちろん多大な意義があるが、公益的機能だけを見れば、広葉樹の方が針葉樹よりも高い。
- 今後の水源林造成事業（特に公有林）については、特に最上流部や沢筋を中心に、木材生産機能は二の次にして、公益的機能だけを考へて、広葉樹林に誘導しても良いのではないか。

まとめ

こんなことができないか・・・

Step1

- 気象庁データ、国交省データ等により、渇水発生地域を整理

Step2

- 既往文献のレビュー等により、渇水発生地域における森林管理の指針作成

Step3

- リモセン技術の活用等により、水源涵養機能の発揮状況をモニタリング

御清聴ありがとうございました！

