



四国情報

平成 14 年度四国支所研究発表会

「森林の水土保持機能と管理」特集

支所長：埤田 宏

〈はじめに〉

本年度の研究発表会の趣旨について説明させていただきます。これまでの発表会では、発表側の都合でテーマを選んできた傾向があります。今回は、今日の四国地域で最も重要な森林問題は何かという観点から検討し、森林の水土保持機能と森林管理に関係する研究成果を発表することにしました。

まず、森林土壌全般についての最近の成果を概括的にまとめ、実際の施業が林床植生に及ぼす影響調査の事例を示します。次に、森林 GIS 技術の現状と応用を説明します。これは、森林問題の解決は一つの林分でできるのではなく、地域全体で各種の森林をどのように配置するかが重要だからです。

大規模な水文観測は四国支所では行っておりませんので、この分野については東北支所の藤枝氏に特別講演をお願いしました。

ここで、指摘しておきたいことがあります。森林の水土保持機能について、私たちは森林に対して過剰な期待をしてはならないということ、機能を高めるための万能的な方法はないということです。様々な条件がどのように働いているのか、植物の養分を説明したリービッチに習い、最少量の法則を表す桶（おけ）を考えてみました。森林の水土保持機能は、右の図の桶に貯めることができる水量に相当します。そして、保水量を決めるのは、一番短い板の高さであり、他の板の高さは関係ないことがわかります。

降水量が少ないところでは、桶の深さに関わりなく、雨の量だけで決まります。土壌の厚さや、地表面の浸透速度も大きな要素ですが、森林によって現状は違ってきます。すでに十分な高さの板を継ぎ足しても効果はありません。一番低い状態になっているところを見つけ出して、その部分をかさ上げる必要があります。

一つ一つの森林で何が問題点かということ調べず、森林を良くすることはできません。それぞれの森林の立地条件と現況を分析することが必要です。人為的に改善できる要素があまり多くないことも明らかです。桶に例えれば、たくさんの桶から部品を集めて、大きくて浅い桶や小さいけど深い桶など、無駄の少ない特徴のある桶をつくることができます。これが、機能区分に基づいた森林計画であると考えています。

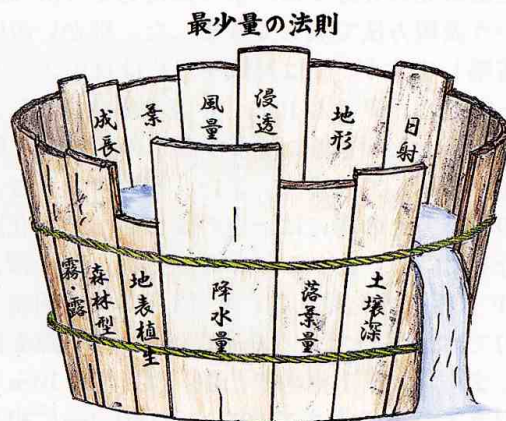


図 森林の保水機能を決める要素

森林土壌の保水機能

研究調整官：加藤 正樹

(現 立地環境研究領域長)

はじめに

日本の国土の約67%に当たる2,500万 ha は森林に覆われており、その多くは水源地帯になっています。そのため、森林には安定した流量で清澄な水を供給する機能が求められています。森林に降った雨は、樹冠部で遮断蒸発する一部を除いて、多くが林内雨や樹幹流として地表面に到達します。土壌中に浸透した雨水は、土壌の孔隙（空隙、間隙ともいう）に一時貯留され、植物に吸収されたり地表面から蒸発する部分を除いた残余分が徐々に移動流出します。すなわち、森林の持つ水源かん養機能の主役は「土壌」が担っていることになります。

土壌の孔隙と保水のメカニズム

土壌中には、粘土粒子の間のような非常に微細な孔隙から、ミミズの巣穴のように大きな孔隙まで、さまざまな大きさ（太さ）の孔隙が網の目のように張り巡らされています。土壌に浸透した雨水は、大きな（太い）孔隙中では速く、小さな（細い）孔隙中では毛管張力が作用するためゆっくりと移動します。あまりに大きな孔隙では、水を貯留することはできません。逆に、小さすぎる孔隙では、重力より強い毛管張力が働くため、水が下方に移動できなくなります。従って、水源かん養機能には、水を一時貯留し、しかも徐々に下方に移動できる一定範囲の大きさの孔隙が重要になります。

土壌研究の分野では、水の保持力を「pF 値」という表現方法で表してきました。細かい説明は省略しますが、p は対数を、F は自由エネルギーを表し、pF 1 は10cm、pF 2 は100cm、pF 3 は1,000cmの水柱高に相当する水の保持力（吸引圧）を示しています。また、孔隙の大きさと水の保持力との間には一定の関係があり、孔隙区分を pF 値で表すことも可能です。例えば、「pF 3 相当の孔隙」は、水柱1,000cmに相当する力で水を保持できる直径0.003mmの孔隙を意味します。「pF 1 相当の孔隙」は、水を10cmしか引き上げることができない直径0.3mmに相当する孔隙を意味します。こうしたことから、理

論的には pF 3 ですが、実質的には pF2.7相当より小さい孔隙では、重力より毛管張力が大きくなって、水の毛管連絡が切断されてしまい、水は下方に移動できなくなります。そのため、水が下方へ移動でき、水源かん養機能に強く関与する pF2.7相当より大きな孔隙を「粗孔隙」、水が下方へ移動できない pF2.7より小さな孔隙を「細孔隙」と区分しています。

保水容量の評価事例

全国的にみて、流域規模で土壌の保水容量（降雨を一時貯留して流出可能な孔隙量を意味する。降雨貯留量、貯水能とも呼ばれる。）を精密に評価した事例は少ないのが現状です。既存の事例から、森林土壌の保水容量は、降雨と同様にmm換算すると、数10～数100mm程度で、平均的には200～300mm前後と推定されます。ただし、これは降雨を一時貯留可能な「空の容器」としての大きさであり、現実には無降雨時でも森林土壌は多量の水を含んでいます。そのため、ある時点での空き容量を求めるには、すでに含まれている水量を差し引く必要があります。

全国11地域、348ヶ所での土壌孔隙の解析から、貯水能にどのような要因が強い影響を与えているかを解析した事例があります（水利科学研究所、1974）。これをみると、森林土壌の貯水能に影響を与えている要因は、強い順に地域－土壌型－土壌堆積様式－地質・母材－標高－地形－林種－林型となっています。

地域規模の事例としては、岩手県北上地域で同様の評価が行われています。この事例で貯水能に影響を与えている要因は、強い順に地質－標高－土壌型－地形－植生－林齢－堆積様式－地域－粗密度となっています（村井ほか、1980）。

表1に試験流域規模で精密な土壌調査を基に保水容量を評価した事例を示しました。これらの事例では、降雨後比較的速い流出に関係の深い pF1.8以下相当の保水容量が120～340mm程度、ゆっくりした流出に関与する pF1.8～3.0相当の保水容量が20～190mm程度、流出可能な容器の大きさとしての全体の保水容量が170～530mm程度となっています。

これらを含めて、ある限られた地域で比較的密度の濃い土壌調査が行われた32ヶ所の事例から保水容量を推定した結果では（加藤、未発表）、降雨後速い流出に関与する pF0.6相当以

表1 試験流域などの土壌保水容量の計測事例
(藤枝ほか(1994)を改変、資料追加)

流域名	都道府県	流域面積 ha	土壌保水容量			出典
			<pF1.8相当 mm	pF1.8~3.0相当 mm (一部pF1.8~2.7)	<pF3.0相当 mm (一部<pF2.7)	
定山溪	北海道	2.0	303	21	324	塩崎ほか(1992)
常陸太田	茨城県	0.8	128	148	276	加藤(未公表資料)
筑波	茨城県	3.8	342	191	533	吉永ほか(1992)
宝川1号沢	群馬県	6.5	223	66	289	有光ほか(未公表資料)
宝川2号沢	群馬県	4.4	189	27	216	有光ほか(未公表資料)
宝川全域	群馬県	2024	128	70	198	有光ほか(未公表資料)
山城北谷	京都府	1.6	148	140	288	吉岡ほか(未公表資料)
大森川ダム	高知県	2045	194	51	245	上杉ほか(1999)
長沢ダム	高知県	6805	164	55	219	上杉ほか(1999)
南明治山	沖縄県	25	124	50	174	大貫ほか(1994)

↑
比較的速い
流出に
↑
ゆっくりした
流出に
↑
流出可能な
容器の大きさ

下の保水容量が100mm程度、比較的速い流出に
関与する pF0.6~1.8相当の保水容量が140mm程
度、ゆっくりした流出に関与する pF1.8~2.7
相当の保水容量が130mm程度となっています。
また、土壌の厚さと保水容量との間には、図1
のように強い関係が認められます。

おわりに

これまでの調査研究から、保水容量は植生や
林相よりも土壌の孔隙組成と厚さに規制され、
土壌母材や地質条件に左右される面の強いこと
が分かってきました。これは、地質によって地
形や土壌型分布が異なること、母材によって風
化形態が異なり、生成する土壌の性質、特に保
水機能の主体を担う下層土の厚さや物理的特性
が強い影響を受けるためと考えられます。一

方、降雨の受け入れ口として重要な働きを持つ
最表層の土壌は、森林の管理によって影響を受
けやすい特徴を持っています。そのため、ヒノ
キなどの人工林で適切な間伐が行われず、林床
植生が欠如して地表面が裸地化すると、雨滴衝
撃によって降雨浸透能の高い表層土壌が流出し
たり目詰まりして、大雨の時に十分に降雨を土
壌中に浸透できなくなる可能性があります。

森林土壌の生成には、数千年、場合によっ
ては数万年という期間が必要であり、森林の持つ
多様な機能を維持向上するためには、土壌を保
全する取り扱いが最も重要な点の一つです。

Q & A

Q：長伐期化が土壌の成熟をもたらし、保水機
能を高めますか？

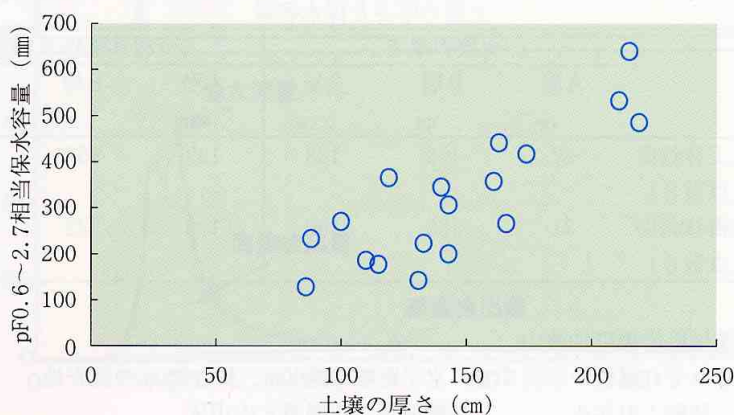


図1 土壌の厚さと pF0.6~2.7 相当保水容量との関係

A：土壌の保全という面からは、短伐期施業を繰り返すより有効です。ただし、土壌の生成や成熟には、数百年から数千年オーダーの長期間を要します。

Q：林相ごとに水の貯留量に関する数値がありますか？ ブナなどの広葉樹林は保水機能が高いといわれますが本当ですか？

A：茨城県加波山で31年生のヒノキ人工林と隣接する同齢の落葉広葉樹林で調べた例があります。表2に示したように、両林分で土壌の保水容量に大きな違いが認められていません。これまでの調査事例では、土壌の保水機能には植生や林相の影響は比較的小さいようです。むしろ、その場の地質、土壌の孔隙組成や厚さなどの影響が強いようです。ブナ林の土壌が針葉樹人工林の土壌より保水機能が高いという実証的な研究事例はほとんどありません。

Q：森林の保水機能には、樹木や根に含まれる水の影響はないのですか？ また、厚い落葉層が水を貯めているのではありませんか？

A：樹木に含まれている水は、樹体を維持する

ことや葉からの蒸散に使われてしまいます。そのため、植物は水の消費者であり、供給者でも貯留媒体でもありません。一般的な森林では、落葉層の保水容量は、多い場合でも10mm程度に過ぎません。落葉層は表層土壌の保全には大変有効ですが、保水機能の主体は土壌層、特に、厚い下層土層が担っています。

引用・参考文献

- 1) 水利科学研究所(1974) 森林の公益的機能計量化調査報告書(Ⅲ). 水利科学研究所 pp438.
- 2) 村井 宏ほか(1980) 北上流域における山地土壌の貯水能の推定について. 91回日林論 405-407.
- 3) 藤枝基久ほか(1994) 森林の水源涵養機能と地下水. 地下水問題この10年とその将来展望. 日本地下水学会 27-34.
- 4) 上杉大輔ほか(1999) 吉野川源流域森林土壌の貯水能の評価. 高知大演習林報26:25-89.
- 5) 釣田竜也ほか(2000) 隣接する広葉樹林斜面とヒノキ林斜面における土壌の保水容量の比較. 111回日林学術講 87.

表2 隣接する同齢のヒノキ人工林斜面と落葉広葉樹林斜面での比較
(釣田竜也ほか(2000)より)

	最表層土壌の孔隙組成の平均値			最小容気量	透水性
	孔隙組成				
	全孔隙	細孔隙	粗孔隙		
	%	%	%	%	cc/min.
ヒノキ人工林斜面 (試料数33)	84.9	29.4	55.5	11.0	289
落葉広葉樹林斜面 (試料数32)	84.8	32.2	52.6	7.6	236

	土壌の厚さと保水容量			全粗孔隙保水容量		
	土壌の厚さ			A層	B層	全層
	cm	cm	cm	mm	mm	mm
ヒノキ人工林斜面 (調査地点数8)	27	156	183	133	367	500
落葉広葉樹林斜面 (調査地点数6)	31	159	190	136	322	458

調査地：茨城県岩瀬町加波山

それぞれ尾根から沢まで、水平距離で幅60m、長さ200mの調査地

林齢：31年生

表層地質：花崗岩と火山灰

平均傾斜：29度

土壌：褐色森林土

土壌保全のための林内植生の管理
チーム長 複層林生態管理：田淵 隆一
(現 多摩森林科学園)

はじめに

四国では傾斜30°以上の土地が全面積の27%を占めています。中でも高知県では急傾斜地面積が県土の34%に達し、近畿・北陸の22.5%、中国地方の7.2%と比べるとその急峻さは際立っています(図1)。傾斜が30°を超えると斜面表土流亡の危険性はそれ以下と比べ急激に高まるとされていることから、四国は生産力と環境保全機能を担う森林土壌にとってまさに危険地帯です。

人工林の施業と林内植生

森林の存在は、それ自身で土壌保全に大きく寄与しています。斜面スケールでは、立木の太い根は安定した深い地盤に土壌層を固定し、また細根は土壌層を紡ぎ止めることで土砂崩れ抑止に貢献しています。林床スケールでは、林内の植生や落葉層による被覆度が高いほど樹冠部からの雨滴の衝撃を受け止めて表土攪乱が緩和されます。また、豊富な林内植生の幹や茎は杭として地表での水の流れを抑え、地表流による表土の運び去り抑止に貢献しています。これらの効果は植生量が多いほど高まるとされています。四国の人工林率は高いですが、現実には手入れの立ち遅れが深刻です。手入れ不足は木材生産面だけでなく、閉鎖した林冠による光不足から林内植生の貧弱化を招くため、急傾斜林地

の土壌保全面からも大きな脅威です。

林床で植生を豊かに保つため人工林ではどのような保育方法がどの程度有効で、また複層林ではどの程度の林内植生繁茂が期待できるのでしょうか。比較のためここでは安定していると考えられる天然林の例も併せて紹介します。

植生量は土地面積当たりの葉面積を示す葉面積指数(LAI; m^2/m^2)で表します。幡多地方のヒノキが混じる天然林内では、LAIが0.08~2強、ヒノキを3本まとめて択伐後15年たった林内では0.3~7.8、平均でも3近い林内植生が育っていました(図2)。

間伐についてみると、複層林化後上木択伐と下木間伐を40年近く繰り返してきた林では、LAIで2.5~4近い植生が繁茂していました。暗い複層林で6年前に強い上木の間伐を行った場合は、0.6程度のLAIが3程度にまで高くなりました。

これと比べると近年間伐されていないスギ・ヒノキの40年生程度の人工林では、LAIは多いところでも0.05に達せず、無植生で0の箇所もみられました。

次に枝打ちの効果をみてみましょう(図3)。枝打ち後10年経つと林冠が閉鎖して開空度は対照区との差がなくなってきました。このため、林内が明るくなって直ちに進入してくる陽性の一年生草本は林冠の再閉鎖により失われましたが、枝打ちによって明るくなった時期に定着した多年生草本や木本などの植生は暗さが戻った林内でも残っていました。下層植生のLAIは、多いところで0.2以上、平均で0.1強にまで増加しています。

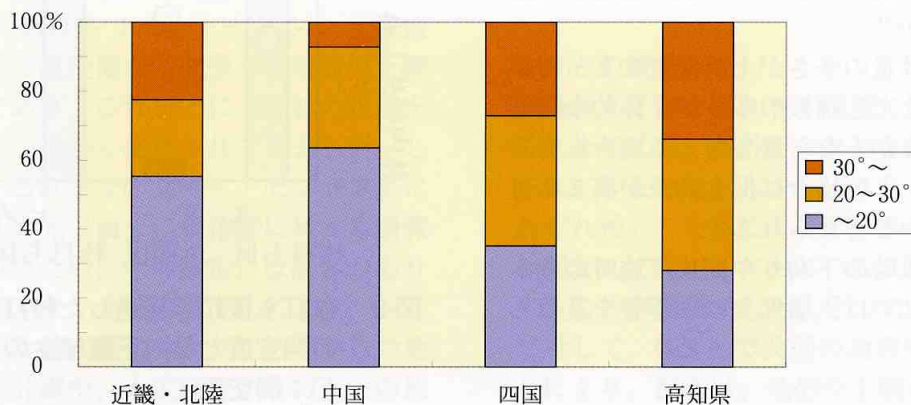


図1 傾斜度別土地面積比

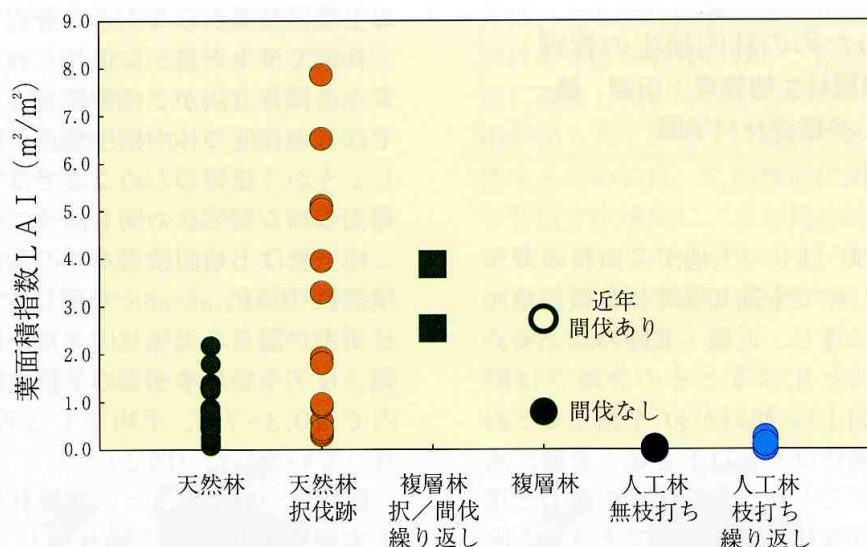


図2 天然林、人工林と施業・保育の種類による下層植生の LAI

おわりに

森林は光吸収・利用効率の最も高い発達した植生です。常緑樹林では LAI で 5～10 の葉を樹冠から林床まで何層にも配置して、無駄なく入射光を使い切ってしまいます。間伐や良材生産目的の枝打ちは、光をほぼ捉え尽くしていた林冠を疎開させ、林内に光を導入することで林内植生の繁茂も促します。間断なく択伐や間伐が行われている複層林も多層構造を作り出し、下層植生を増加させることができます。光エネルギーを下層植生に分け与えることは、主林木生産にとっては短期的に不利な要因として考えられますが、土壌保全による長期的な生産力維持のためには不可欠な作業です。森の手入れの充実が急がれます。

Q & A

Q：下層植生の種類が多いと土壌保全効果が高まりますか？

A：種数よりは量の多さが土壌保全にとって重要です。ただし種数の多さが立体的な葉群配置につながるなら量も増える場合もあるでしょう。この場合は保全効果が高まる可能性は高いと考えられます。

Q：複層林育成時の下刈りや間伐実施時の灌木等の刈り払いは土壌保全に悪影響を及ぼしますか？

A：表土流亡には植生だけではなく落葉枝層なども抑止効果を持っています。このため刈り払ったものをその場に残しておく通常の取扱いであれば、林地に著しい悪影響を与える危険性は少ないでしょう。

Q：スギの土壌浸食抑止効果は低いのでしょうか？

A：ヒノキでは葉が枯れると細かい鱗片に分かれて流亡し易くなるため侵食抑止効果は低くなります。同じ針葉樹でもスギの葉は、枯れても比較的長時間形状が保たれるため地表被覆効果があり、土壌浸食抑止効果を発揮します。

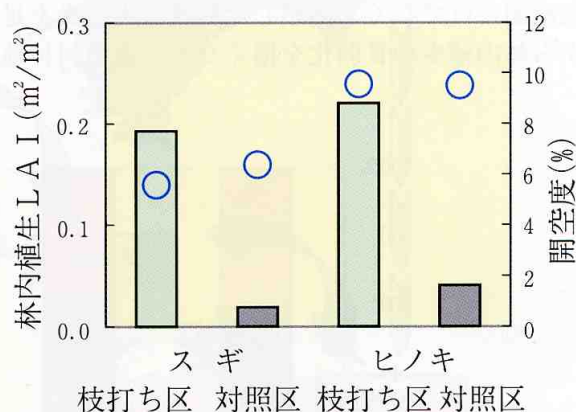


図3 枝打ち後10年経過した枝打ち区と対照区の開空度と林内下層植生の LAI

○：開空度

リモートセンシングと GIS を用いた
森林機能の評価
流域森林保全研究グループ長：平田 泰雅

はじめに

近年のコンピュータ技術の発達、インターネットの普及もあいまって、目覚ましいものがあります。このため、我々を取り巻く森林資源や、それが生育する環境についての各種の情報が、空間的なデジタルデータとして取り扱えるようになってきました。これに伴って、これまで個別に作成されてきた土壌図や林相図、地形図といった主題図が、同一の地理座標を持つ地理情報として、地理情報システム (GIS: Geographic Information System) の上で、統合的に解釈できるようになりました。

また、リモートセンシング技術は、地表を観測するセンサーの高精細化が進んでいます。現在では、宇宙から 1 m の地上分解能をもつ衛星センサーによって個体の識別が可能となり、さらに、航空機など空からレーザー光を地表に照射することによって、地表物の 3 次元構造の取得が可能になるなど、森林の詳細な情報が得られるようになってきました。そのため、森林がもつ多面的機能の評価するために必要となる森林の構造を、広域にとらえるのに有効な手段として期待が高まっています。

そこで、リモートセンシングと GIS を用いた広域にわたる森林機能の評価についての現状について述べることにします。

リモートセンシング技術の精度向上

森林分野におけるリモートセンシング技術は、人工衛星や航空機など上空から地表面を観測する技術であり、これまでも森林の現況を推定する手法が数多く提案されてきました。しかしながら、これまでのリモートセンシングにおいては、2 次元平面での個体群に対する情報の収集であったため、その推定には限界がありました。近年、センサーの高度化により、レーザー光を用いた航空機やヘリコプターからの地表物の 3 次元計測や、人工衛星からの 1 m の地上分解能での観測が行われるようになり、森林の構造やバイオマスが、広域に精度よく推定で

きる可能性が高まってきました。これらを精度よく推定することにより、森林機能を評価することが可能となります。

レーザー光を用いた地表の 3 次元計測では、センサーを搭載した航空機やヘリコプターの位置と高さ、姿勢、レーザー光の照射方向、レーザー光が林冠および地面に当たって返ってくるまでの時間を、最新の測量技術を用いて精度よく計測することにより、1 回の計測で、地形とその上に生育する森林の構造をとらえることが可能です (図 1)。

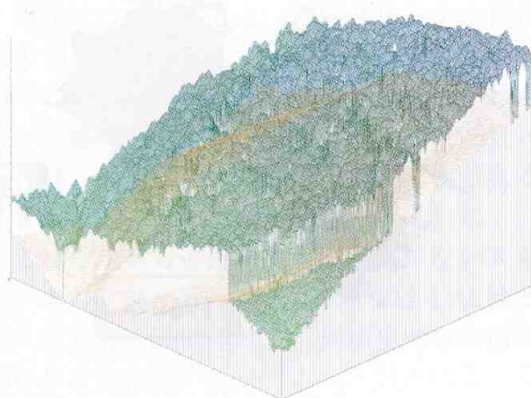


図 1 スギ人工林林冠および地形の 3 次元表示

また、1 m の地上分解能をもつ衛星からの観測による森林情報の抽出においては、立木の梢端部分が太陽光を最も強く反射することを利用して、林分の立木本数を推定することが可能です。

これらの技術を応用することにより、地上で得られた森林の機能評価に関するさまざまな研究結果を、広域にスケールアップすることが可能となります。

GIS との統合

森林とそれを取り巻く環境に関する情報は、これまでも、統計データや主題図の形で作成されてきました。しかし、これらの情報は、それぞれ独立した形で、表データや紙に描かれた地図として存在しており、これらの関連を解析することが困難でした。そこで、これらの情報に対して、GIS 上で共通の地理座標を与えることにより、例えば、地形や土壌とその上に生育する森林との関係、各市町村における森林資源の構成やその推移など (図 2、図 3) を統合的

に、また視覚的に明らかにすることが可能となります。その結果、例えば、森林タイプ別の炭素の固定量や水源涵養機能についての調査結果をもとに、これらの機能について、広域での評価を行うことができるようになります。

リモートセンシングによって広域に森林情報を取得する技術は、年々高度化されており、これまで地上調査では限界があった情報の取得が可能になってきています。また、各種の情報を地理座標を介して相互の関係を明らかにする試

みは、とりわけ阪神大震災以降、行政サイドにおける GIS の普及に伴い、防災分野において急速に進展しているほか、いろいろな分野での応用が図られています。森林の多面的な機能の評価するためには、この機能に関連するいろいろな要因を広域的に、また複合的にとらえることが重要で、この点からリモートセンシングおよび GIS を森林機能の評価に活用することが求められています。

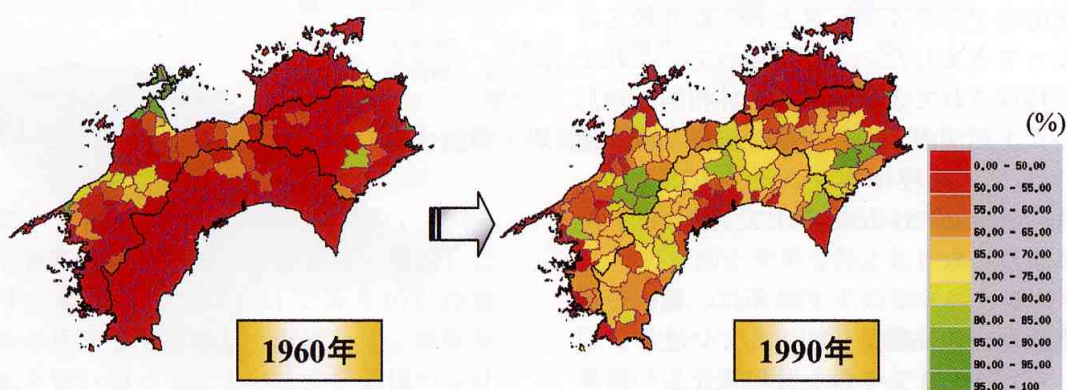


図2 四国地方における林業センサスによる市町村別人工林率

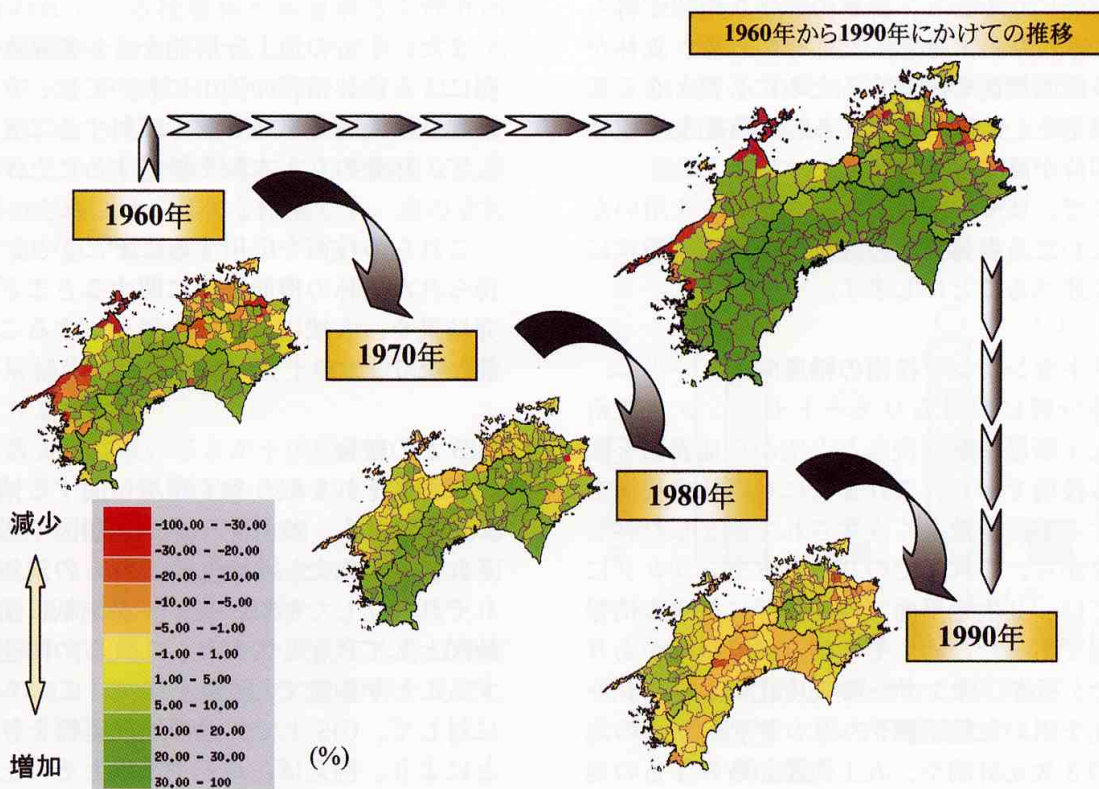


図3 四国地方における林業センサスによる市町村別人工林率の推移

〈特別講演〉

森林水文研究からみた水源かん養機能 森林総合研究所東北支所：藤枝 基久

水源かん養機能とその評価法

森林の水源かん養機能とは、健全な森林生態系の存在により豪雨時における河川の増水量（直接流出量）を軽減させるとともに、無降雨時の基底流出量を安定的に供給する作用、すなわち『流量の平準化（流出の遅延効果）』とされています。一方、森林は降雨中には樹冠遮断として、晴天時には蒸散として、水分を大気中に放出しており、その量は葉の量にほぼ比例すると考えられています。

一般に、水源かん養機能は次のような水文学的手法により、計量的に評価されています。例えば、対象面積を小試験区（数 m^2 の規模）とすれば、浸透能や透水性（飽和透水係数）などが評価の指標となり、流域（数 ha 以上の規模）とすれば、流域貯留量や流況曲線（1年間の日流出量を大きい方から順番に並べたもの）上の豊水量、平水量、低水量、渇水量等が指標となります。前者は測定が比較的容易であるため任意の地点でデータを取ることが可能ですが、後者（量水試験という）は測水施設の設置を伴うためデータの収集には制限があります。しかし、量水試験では森林流域における降雨量と流出量を連続的に長期観測するため、治水や利水の問

題に対して有効な水文情報を提供することができます。

指標としての流域貯留量

図1は、量水試験地における増水例を示したものです（洪水ハイドログラフという）。図中の直接流出量（ Q_D ; mm）とは、総降雨量（ P ; mm）によって発生した流出量（有効雨量ともいう）であり、流出しなかった雨水は一時的に森林流域に貯留されます。貯留された雨水を損失雨量（ L ; mm）と言い、それは遮断貯留量、窪地貯留量および土壌水分貯留量の3成分から成っています。従って、損失雨量は(1)式より推定できます。なお、直接流出量は増水した流量（ I/s ）を積算（例えば、 m^3 ）し、それを流域面積で割って水高（mm）で表示したものです。

$$L = P - Q_D \quad (1)$$

山地流域では窪地貯留量は極めて僅かであるため、損失雨量は森林植生による遮断貯留量と森林土壌による土壌水分貯留量の和と考えることができます。ここで、土壌水分貯留量は雨水が土壌に浸透して土壌孔隙に貯留された後、樹木の根系から吸収されて蒸散する損失成分と地中水として山腹斜面を移動し、地下水をかん養する流出成分とに分けられます。従って、損失雨量の多い流域は1)直接流出量が少なく洪水軽減に貢献すること、2)地下水かん養の機会が多く基底流出量の安定供給に貢献すること、が考えられます。

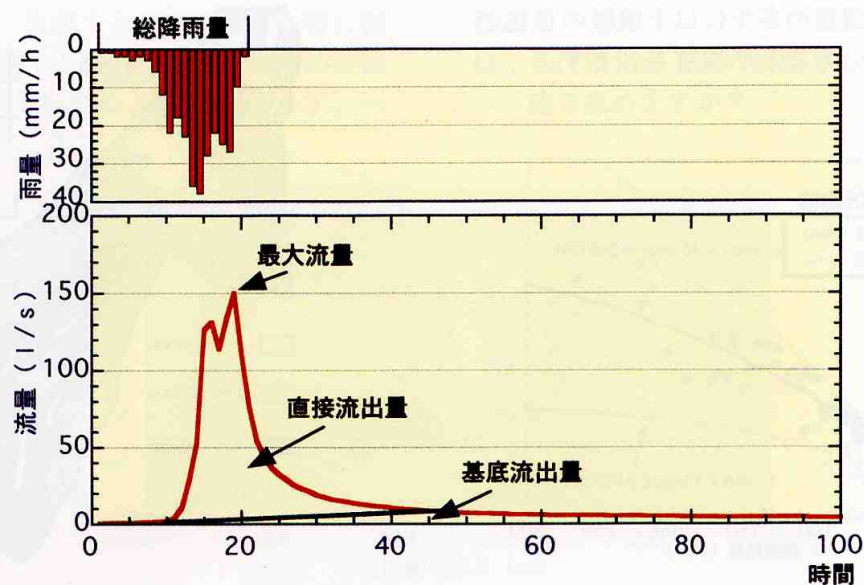


図1 洪水ハイドログラフ

図2は、森林総合研究所の宝川森林理水試験地（群馬県利根郡水上町）における総降雨量と損失雨量の関係を示したものです。両者の関係は、ある極限值（ S ：最大保水量）に収束する曲線で近似されることが経験的に知られています。この曲線は保水量曲線とよばれ、例えば(2)式で示されます（ K は流域による定数）。

$$L = S \{1 - \exp(-KP)\} \quad (2)$$

ここで、最大保水量を流域貯留量と仮定すると、図2より1号沢（6.48 ha）と2号沢（4.42 ha）の流域貯留量は、207.5mm、80.7mmとなります。両流域は地形、地質、植生の類似する隣接流域（図3参照）ですが、流域貯留量には大きな相違が見られます。そこで、この原因について検討することにします。流域貯留量の主成分は土壤水分貯留量ですが、森林立地分野ではこれを保水容量（ S_s ；mm）とよび、次式のように定義されています。ここで、 Θ_i は層位別の土壤孔隙量（容量%）、 H_i は各土壤層の厚さ（mm）を表します。

$$\Theta_i = \Theta_{(0.6)} - \Theta_{(2.7)} \quad (3)$$

$$S_s = \sum \Theta_i \cdot H_i \quad (4)$$

図3は、図2と同一流域における保水容量の分布図を示したものです（有光ら、1995）。流域の平均保水容量は1号沢が289mm、2号沢が215mmでした。1号沢では保水容量の多い区域（400-600mm）が分布しているのに対して、2号沢では400mm以上の区域が存在していません。この相違が、流域の平均保水容量の差に反映されています。図3からも明らかなように、森林流域における流域貯留量の多少には土壤層の存在が大きく関与していることが理解されます。

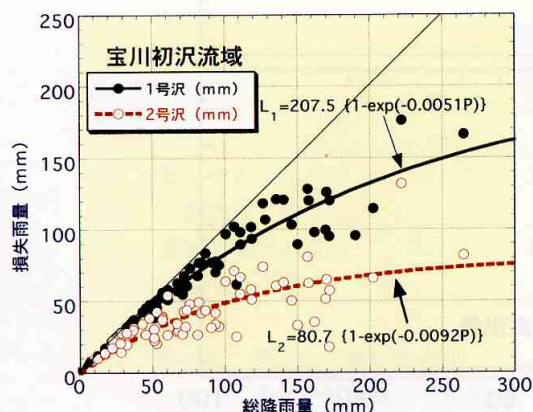


図2 総降雨量と損失雨量の関係

さて、流域貯留量と保水容量との間には、(5)式の関係が成立します（ $0 < \alpha \leq 1$ ）。

$$S = \alpha \cdot S_s \quad (5)$$

これは、森林土壌層を大きな1つのタンクと仮定した時、保水容量はタンク全体の貯留量を評価し、流域貯留量は土壌水分のある自然状態での貯留量を評価することを意味します。従って、流域貯留量は水源かん養機能の指標として、より実用的なものと考えられます。

水源かん養機能をどのように理解するか

水源かん養機能は、多様な孔隙から構成される森林土壌の雨水貯留効果により発揮されるものです。そのためには、雨水による土壌浸食を軽減する森林植生の存在が不可欠となります。特に、樹種の多様性に富む健全な森林生態系では、不均質な根系の伸張が土壌孔隙の発達に貢献するものと考えられています。健全な森林生態系を維持することは、表層土壌の保全のみならず、長期的には森林土壌の成熟をもたらし、その結果として土壌水分貯留量の増加が期待されます。従って、水源かん養機能とは森林があれば良いというものではなくて、流域の土壌保全や適正な森林管理が行われて、初めてその機能が維持・増進されるものと考えられます。

参考文献

- 1) 太田猛彦・服部重昭監修（2002）地球環境時代の水と森，日本林業調査会 pp224.

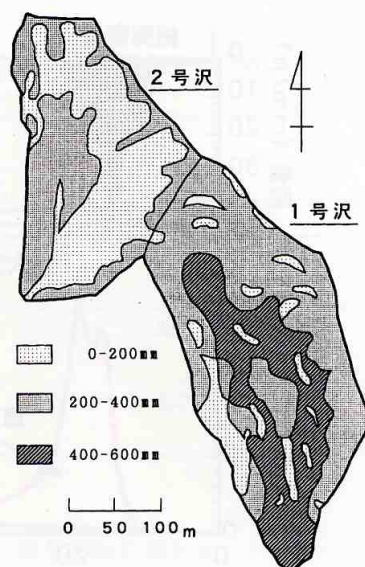


図3 流域での保水容量の分布

「パネルディスカッション」

会場からの質問に答える形で総合討論が行われました。ここでは、課題別の要旨に収録されていない話題についてまとめました。

Q 1：人工林（ヒノキ林）の A₀層は広葉樹林と比べて差がないが、バラツキが大きいという点について、もう少し詳しく。

(加藤) 落葉広葉樹林とヒノキ人工林が並んでい
る場所での調査では、土壌の物理的性質、
孔隙組成など、斜面全体の平均値に変わ
りがなく、値のバラツキがヒノキ林で大
きくなっていました。微地形によって A₀
層、特にヒノキの鱗片葉の溜まり方が違
うため、土壌の最表層の孔隙組成などが
違っていたのではないかと思います。植
えてから30年間手を加えられていない
ヒノキ林の林床は、真っ暗で急傾斜の部
分では細根が浮いた状態でしたが、少
し傾斜が緩いところでは落ち葉が溜ま
っています。このあたりに原因があるの
でしょう。

Q 2：強度の間伐、例えば7割間伐をおこ
なった場合の土壌の流失について観測記
録はあるでしょうか？もし、強度間伐に
よって土壌の流失がある場合には保全方
法はどのようなことが考えられますか？

(加藤) 70%もの強度間伐ではないですが、
50%の間伐をして下木植栽をしたところ
や、皆伐をしたところの比較はあります。
やはり、皆伐をすると林床が裸地化する
ので土壌の移動はかなりあります。枝条
を棚積みになると、その直下や下方では
土壌の移動がありません。ただし、間伐
で棚積みをすることは普通ないでしょう。
林床植生が無い場所で間伐をすると相当
影響があります。林床植生が出てくるま
で、末木枝条を使うなどの方法で地表を
保護して植生の発達を待つことが有効で
あろうと思います。

(埤田) 間伐率について、保安林の指定
施業要件では、従来で30%、改正され
て35%までが上限です。それ以上に間
伐をして急激な変化を避けるというのが
基本とされています。少なくとも、公益
的機能の増進を目指した施業で、半分
以上を切るとい

うのは適切ではないと思われます。

(会場) 過密林分で、35%を切っても
下層植生が生える状態にない場合はど
うですか？

(埤田) 少しずつ何度も行うべきです。
林床植生が繁茂するには時間がかかります。

Q 3：竹林が問題となっていますが？

(鳥居) 竹林にも下層植生がほとんど
ない場合があります。ただ、ヒノキ林
と違って、竹林では落葉が地面をびっ
しり覆っているので、表層土壌の侵食
はそれほど気になくとも良いでしょう。
逆に、落葉層が土壌への雨水の浸透を
妨げるかもしれません。

Q 4：健全な森林生態系であるためには
下層植生を自然な状態に近づけるとの
ことですが、何をもって自然な状態と
するのですか？

(埤田) 自然な植生の定義は「人間が
一切手を加えないで成立した植生」と
なります。これは、必ずしも、かん養
機能など、ある特定の目的に基づいた
評価をするときには関係ありません。で
は、何が良い植生かということにな
ると、先にお示ししました桶の図のよ
うに、場所によって違います。すべて
の地域に通用する望ましい森林、望ま
しい下層植生というものは存在しま
せん。その地域で何が問題かを調
べる必要があります。多くの場合、植
生は土壌で決まりますから、植生を変
えても土壌が変化するまで、かん養機
能はあまり変わりません。

Q 5：香川県では森林の60%を占める
松くい虫被害跡地が広葉樹林化し、跡
地の更新技術開発が急がれています。
森林の3つの機能区分について、それ
ぞれの機能に合った森林作りに向けた
調査研究の進め方について、ご教授
いただきたい。

(埤田) これも良く出る話ですが。簡
単に言うと、水土保持や資源循環とい
った機能に区分して、それぞれの機能
が良く発揮できるということではあり
ません。我々が土地利用のために、森
林を3区分し、この場所は水土保持
機能を発揮して欲しい。ここは資源
循環利用林として木材生産機能を
発揮して欲しい森林だということです。
水土保持林では木材生産を控え

めにして、保全機能を損ねる作業は行わない。一方、資源の循環利用林では木材生産を優先します。しかし、水土保持機能はどちらにもあります。

Q 6：天然林を伐採してヒノキ林に変えて30年位たち、表層土壌がどのくらい変化したかという数値はありませんか？

(加藤)判りません。流失の有無も含めて判っていません。斜面であれば上から下へ物が動くのは物理的法則です。それに対して何かの作用を加えたときにどう変わるかということです。例えば、ヒノキの人工林に全く手を入れていない状態であれば、多分、土は元の状態（天然林のまま）

に比べて動いているだろうということは理解できます。しかし、どのくらい動いたかということになると把握できていません。ただ、それを抑制するという方法があります。



お知らせ

★平成13年度森林総合研究所四国支所研究評議会の開催

第1回四国支所研究評議会が平成14年2月26日に開催されました。

評議会委員

石川百合子 どんぐりネットワーク副会長

岡 信一 久万町林業指導者協議会副会長

徳岡正三 高知大学教授、林学会関西支部長
オブザーバー

伊東祐道 高知県立森林技術センター技術次長
会議では、森林総合研究所の設置目的、研究課題についての説明を行い、業務運営・地域ニーズに関して、以下のようなご意見をいただきました。今後の支所の研究・運営は、これらのご意見を参考に推進したいと考えています。

1. 社会的要請のある課題で研究の質を高める
2. 手入れ不足の人工林の取り扱い指針を示す
3. 普及広報活動をもっと推進する

★人事異動（平14.3 ～ 平14.6）

14.4.1

〈転出〉

高野 勉（連絡調整室長）

→ 本所木材改質研究領域チーム長

野村 匡（会計係） → 本所総務部経理課

〈転入〉

工藤直樹（庶務係） ← 関西支所庶務課

14.5.7

国内留学（平成14年5月7日～15年3月31日）

都築伸行（流域森林保全研究グループ）

→ 高知大学

14.6.1

〈転出〉

前籾 薫（チーム長：源流域森林管理担当）

→ 文部省（神戸大学）出向

加藤正樹（研究調整官）

→ 本所立地環境研究領域長

田淵隆一（チーム長：複層林生態管理担当）

→ 多摩森林科学園教育的資源研究グループ長
〈転入〉

竹内郁雄（研究調整官）

← 関西支所森林生態研究グループ長

奥田史郎（チーム長：複層林生態管理担当）

← 本所森林植生研究領域主任研究官

〈昇任〉

佐藤重穂（チーム長：源流域森林管理担当）

← 流域森林保全研究グループ主任研究官

森林総合研究所四国支所 四国情報 No. 28

平成14年8月9日 発行

編集 独立行政法人 森林総合研究所 四国支所
発行

〒780-8077 高知市朝倉西町2丁目915番地

電話 088-844-1121

FAX 088-844-1130

U R L : <http://www.ffpri-skk.affrc.go.jp>

E-mail : koho@ffpri-skk.affrc.go.jp