

平成6年度森林総合研究所

研究成果発表会講演要旨集

「緑と水とアメニティー」

日 時 : 平成6年10月7日(金) 13:30~17:00

会 場 : 三会堂ビル9階 「石垣記念ホール」

農林水産省林野庁

森 林 総 合 研 究 所

目 次

開会挨拶 所 長 小林 一三

1. 土の中の水のハイウェー ―パイプ流とは―

森林環境部 水土保持科 治山研究室長 北原 曜 1

2. 緑を守る林業経営 ―長伐期を考える―

関西支所 育林部 経営研究室 家原 敏郎 7

3. 緑の資源としての森林を活かす

関西支所 育林部 風致林管理研究室長 杉村 乾 13

4. 地球の環境を守るシベリアタイガ ―その実態を探る―

北海道支所 育林部長 高橋 邦秀 21

5. 床騒音を減らし、快適な居住空間に

木材利用部 構造利用科 木質環境研究室 外崎 真理雄 27

閉会挨拶 次 長 小沼 順一

司 会 企画調整部長 大貫 仁人

(1 課題 講演 25 分 質疑 5 分)

土の中の水のハイウェー

ーパイプ流とはー

森林環境部 水土保持科 治山研究室長 北原 曜

パイプ流研究の目的と位置づけ

パイプ流とは、土壌中の連続した巨大孔隙を流れる水流である。以前より斜面からの流出や崩壊とパイプ流とは密接な関係があると言われてきた。しかし、これまでの流出モデルはパイプ流を考慮せず、斜面土層中の水の動きを均質なマトリックス流とし、その運動則を Darcy 則と仮定して構築されてきた。ところが、実際の土壌の値をこのモデルに用いると、河川流量ハイドログラフや水質形成機構をうまく説明できないことが次第に明らかとなってきた。そこで、実際の土壌中の水移動は、不均質な流れであるパイプ流が大きく寄与していると推定されるようになってきたが、パイプ流はその実態すら未解明な部分が多く研究上の大きな障壁となっていた。筆者は、このパイプ流の特性について微力ながら解明に努力してきた。ここでは、その成果について報告する。

観測地及び測定方法

パイプ流の観測は、地質、地形などが全く異なる2ヵ所で行なった。すなわち、札幌羊ヶ丘の森林総合研究所北海道支所実験林の山腹斜面と札幌定山溪の当支所流域試験地の2ヵ所である。観測地の概要と測定方法については省略する。

パイプ流の観測結果

支所実験林に掘削したトレンチでは多数のパイプが見出されたが、パイプ内に黒色団粒や腐植が認められたA型と全く認められないB型の二型があった(図1)。この二型を、分布深、直径、本数密度について統計的検定を行なったところ有意差が認められた。成因については、A型は植物根系の枯死、B型は化学的侵食が推定された。B型パイプの流量の頻度分布は指数分布を示した(図2)。またB型パイプの土壌断面における分布は、小集団を持つ集中分布型を示した。これは比較的均質と思われる土層中でも他より透水の良好な部分が存在するためと推定される。流速は型及びトレンチ間による差は少なく、 $0.54 \sim 3.08 \text{ cm/sec}$ であった(表1)。A型パイプを石膏で固めて

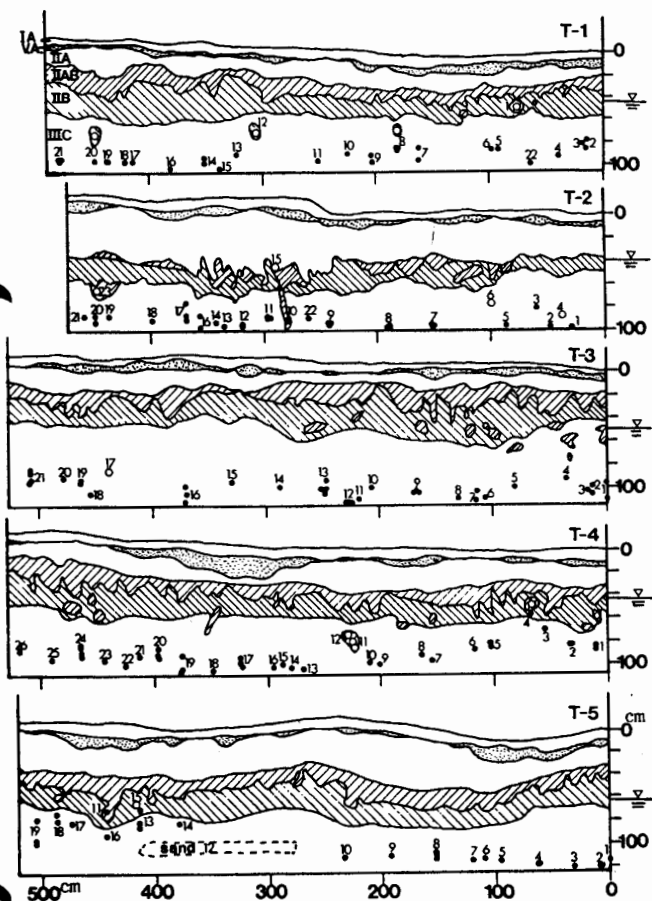


図 1. 各トレンチのパイプの分布

○は A 型、●は B 型

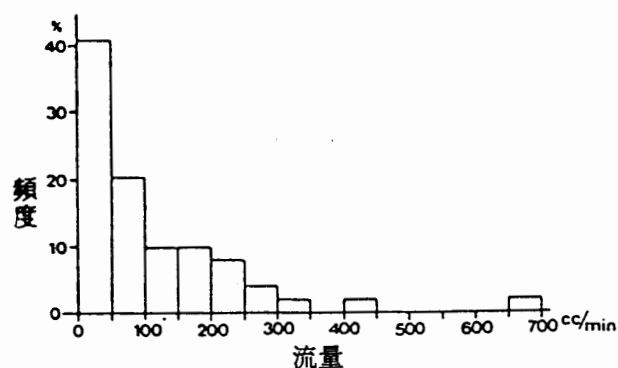


図 2. B 型パイプの流量の頻度分布

表 1. パイプ流の流速の測定結果

トレンチ区間	距離 (m)	傾斜 (度)	パイプNo.	型	流速 (cm/s)
T-5→T-4	7.10	14.3	18	B	2.22
			22	B	0.95
			9	B	0.93
T-4→T-3	7.20	11.5	8	B	3.08
			7	B	2.79
			5	B	2.75
			4	B	2.42
			2	B	2.25
			10	B	1.89
			13	B	1.87
			16	B	1.57
			17	A	1.55
18	B	1.55			
T-3→T-2	6.65	12.7	7	B	2.05
			22	B	1.48
			10	B	1.45
			15	A	1.33
T-2→T-1	9.25	10.5	11	B	1.48
			9	B	1.36
			18	B	0.84
			12	A	0.82
			1	A	0.73
			10	B	0.70
			3	B	0.64
8	A	0.54			

パイプの形状を測定したところ、上下に短い楕円形をしていた。これはパイプに上から土圧がかかっているためと推定された。パイプ内には部分的に根系の腐植細片や生根が認められた。パイプ内には生根がよく認められたが、この原因としてパイプ内は周囲の土層に比べて、植物根系の腐植があり生根の養分吸収に適していること、周囲の固い土層に比べて生根が侵入しやすいこと、が挙げられる。パイプ形成の一因として、植物根系が腐植化してパイプのもとになる細長い孔隙が発生した後に、生根が多数侵入してまたそれが枯死することを繰返すことにより、細長い孔隙が次々と連結しパイプが形成されることが考えられる。なお、パイプ内には団粒土が認められたが同一のパイプでも比較的詰った場所と疎な場所があった。

パイプの水理特性を測定した結果、パイプ流にはDarcy-Weisbachの式がよく適合した(図4)。すなわち、パイプ内の流れは管路の流れとして扱えることが判明した。さらにManning式より粗度係数 n を求めると、 n の値は0.036~1.36で平均0.37であった。この値は従来知られている鋼管の0.01~0.02、自然河川の0.03~0.10よりかなり大きい。また、この値はこれまで雨水流法においてトライアルで求めた等価粗度0.15~5と同程度の値を示している。雨水流法は、斜面からの流出を地表流と仮定して粗度を逆算するが、パイプ内の粗度を用いれば地表流ではなく土壌中のパイプ流でも急激なハイドログラフの変化を説明することができる。一方、マトリックス流である非パイプ部分の水の流れについてはDarcy則がよくあてはまった(図3)。定山渓流域試験地において、斜面下端に集水トレンチを作成して年間を通して観測したところ、土壌断面には降雨時に3.6本/mのパイプが認められた。ここのパイプの分布は大集団を持つ集中分布型であった。パイプの流速は、いずれも0.733~0.896cm/secであった。 n は2.78~5.16(平均4.13)であった(表2)。パイプ内の水流についてレイノルズ数を求めると76~205程度となり、明らかにDarcy則の適用範囲 $Re < 10$ を超えていた。降雨終了後、パイプ流は6時間でほとんど流出が終了したが、マトリックス流は流出が終了するのに4日かかった。各パイプのハイドログラフは互に近似していたが、その原因は、各パイプが土中で分岐合流を繰返しているためと推定された(図5)。斜面からの全流量に対するパイプ流量の割合は、降雨量により異なり小雨の時の0%から観測期間最大の70.5mmの時の70%まで変化した(図6)。流出ピーク時の全流量に占めるパイプ流量の割合は、降雨強度により異なり5mm/h以上で60%を超え15mm/h以上で90%を超えた(図7)。7月から10月までの4カ月間の全流量に占めるパイプ流量の割合は56%を占め、パイプ流が卓越していることが判明した。パイプ流とマトリックス流の関係は、増水時から減水時にかけヒステリシスが認められた(図8)が、減水時のパイプ流量はマトリックス流量の約1.6乗に比例した(図9)。

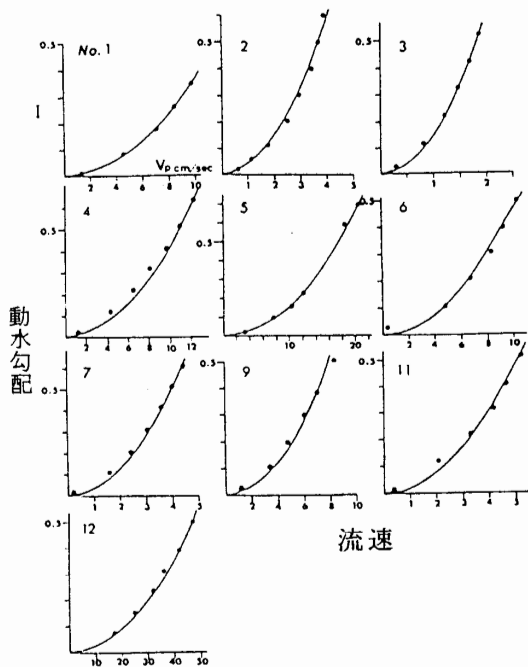
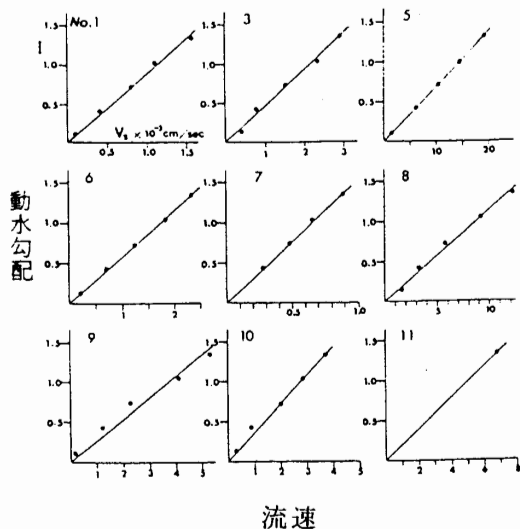


図 3. 非パイプ部分の動水勾配と流速の関係

図 4. パイプ部分の動水勾配と流速の関係

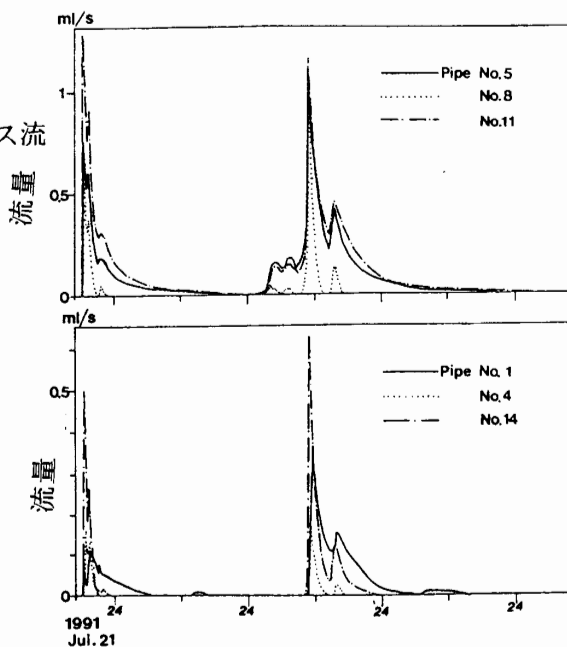
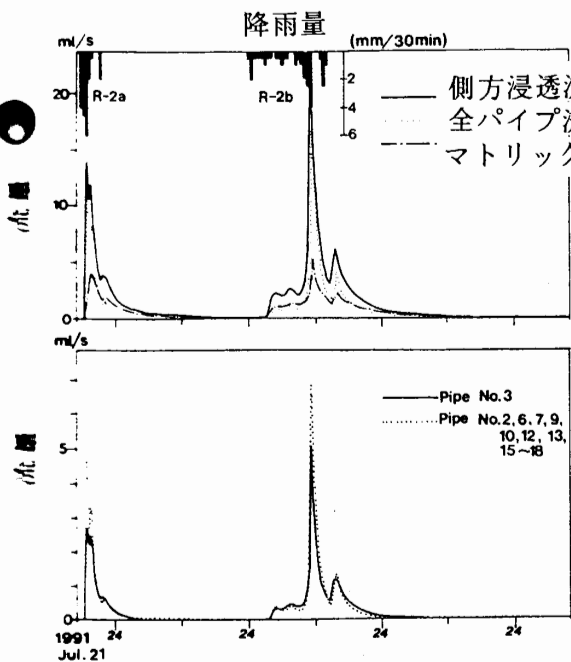


図 5. 降雨 R-2 a, b の測方浸透流, マトリックス流, パイプ流の
ハイドログラフ

表 2. 地形地質の異なる二カ所におけるパイプの比較

	平均直径 (mm)	一本あたりの 流量 (cc/sec)	本数密度 (本/m)	流量割合 (%)	流速 (cm/sec)	粗度係数 n (m-s系) () 内は平均
支所実験林*	A型21.7, B型3.5	1.84	6.95	91	0.535~3.077	0.036~1.364(0.37)
定山溪	8.3~20.9	5.88	2.7, 6.3	72	0.733~0.896	2.78~5.16(4.125)

*A, B両型を総合。ただし、粗度係数はA型の値。

流出、崩壊、地形発達に及ぼすパイプ流の影響

以上の成果をもとに簡単なパイプ流のモデルを行った。モデルには種々の仮定が含まれているが、これまでの実測結果及び別途行った人工パイプを用いた実験結果と比較的よく一致した。

パイプ流と流出、崩壊、地形発達の関係について考察してみる。まず流出機構については、パイプ流は流速が非常に大きく降雨に対する反応が極めて速いため、河川流量ハイドログラフの敏感な降雨応答はパイプ流に起因していると考えられた。一般の山地森林地帯では地表流はほとんど起きないが、雨水流法のように地表流を仮定したモデルで計算すると現実のハイドログラフとよく適合する。これは、パイプ流が地表流を起こさないで、粗度の高い地表流であるようなふるまいをするためと考えられる。崩壊機構については、パイプ内の粗度が大きく関係していると推定される。パイプ内の粗度は、パイプの各部分で著しく異なっている。これは、例えば地下水位が上昇してパイプ内の流速が増加した場合に、パイプの粗度の高い部分で水圧が増し、また、この部分の水は一部パイプから逆に周囲の土の中に浸透し、地下水位を上昇させると考えられる。従って粗度の高い部分では、高水圧で高い地下水位となり、崩壊の際の弱点となりうる。また、パイプ内の流速が大きくなると、パイプ内の土などが動き、ある部分に集中的に詰まることが推定され、やはり崩壊の際の弱点となると考えられる。地形発達の面については、一般の森林斜面では地表流がほとんど起きていないことから、パイプが地下侵食を引き起こし、地形を発達させていることが推定される。

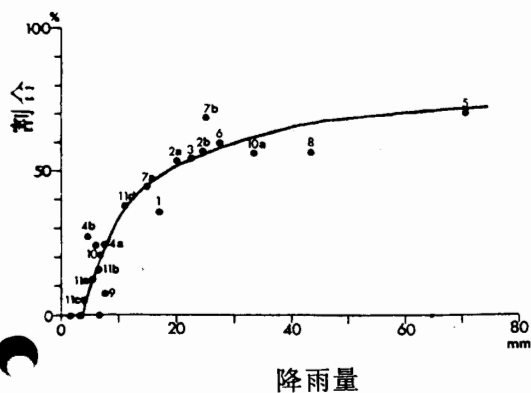


図 6. 降雨量と側方浸透流に占める全パイプ流の割合の関係

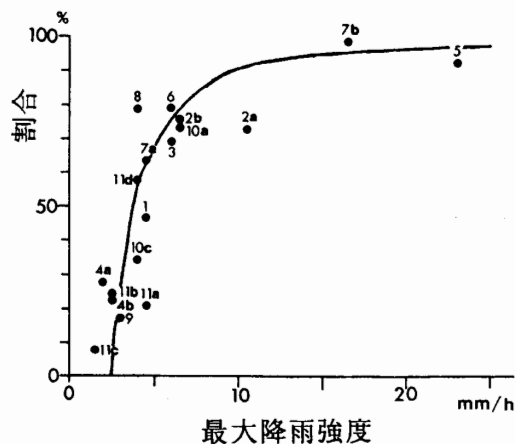


図 7. 最大降雨強度と側方浸透流に占める全パイプ流のピーク流量の関係

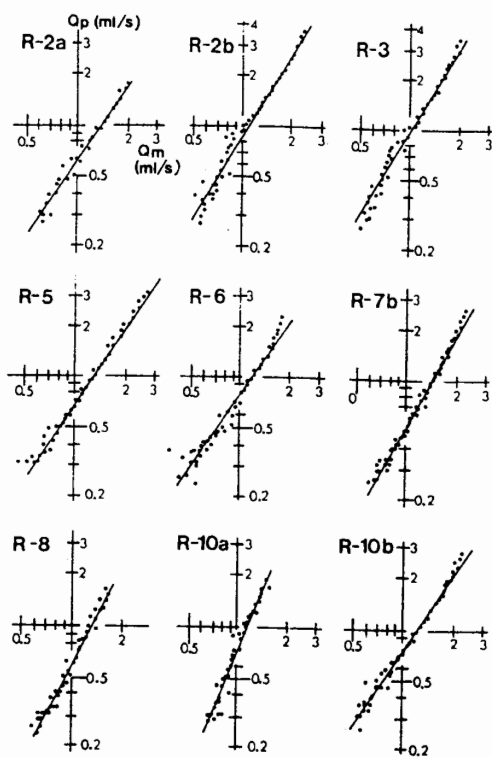


図 8. 減水時の全パイプ流量 Q_p とマトリックス流量 Q_m の関係

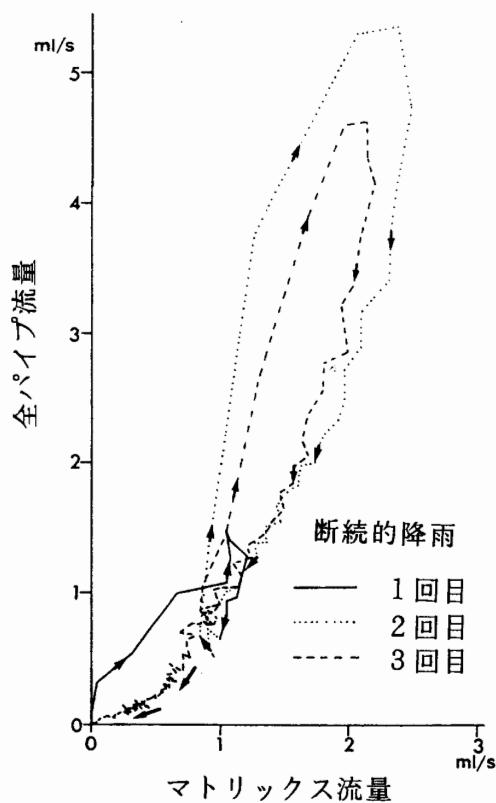


図 9. 降雨 R-3 の全パイプ流量とマトリックス流量の関係

緑を守る林業経営 — 長伐期を考える —

関西支所 育林部 経営研究室 家原敏郎

はじめに

長伐期施業は、生態的に安定した林分構造を長く保持するので、地力維持や水保全、さらに緑保全に優れた施業と考えられている。また一般に、高価な大径材が収穫できるため、経済性にも優れているといわれている。そこで、施業履歴が明らかなヒノキの長伐期多間伐林分、無間伐林分での育林・伐出費用、素材収穫量、販売額を調査分析し、短伐期施業に比べ経済的な有利性が明らかになったので報告する。

ヒノキ長伐期林分の経営的評価

一般にある森林施業の収益性を評価するには、植林から主伐までに要した経費と主間伐での収益を調査して検討するのが望ましい。しかし、現存する長伐期林分の経営評価を行うとなると、その林分が植林されたのが大正から明治あるいは江戸時代となるため、植林当時の状況が記録にとどめられなかったり、記録に残されたとしても途中で失われたり、今日の経済的な評価に使えなかったりする場合が多い。

森林総合研究所では、昭和10年代より営林局などによって全国各地に林分の成長や施業に関する統計資料を収集するため設定された『収穫試験地』の調査を継続している。収穫試験地の一つ、和歌山県高野山国有林のヒノキ98年生林分が1990年に伐採されたが、この林分に関しては過去の施業履歴や育林費の詳細な記録が残されていた。そこでこれを事例にして、長伐期施業の経営評価を行った。

植林から主伐に至る1伐期間の育林費、伐出・輸送費、素材の売り払い金額をまとめると表1のようになった。林分が高齢であったことと、材長8m、7m、6mの長尺材が、図1のように多量に採材されたことによって、平均素材単価は約16万円/m³、総売却額は約8,384万円/haと極めて高額になった。

この林分の施業の収益性を、内部収益率〔造林利回りとはほぼ同義〕及び森林純収穫〔(収益の和－費用の和)／伐期齢〕という2つの指標によって評価した。経営評価は、物価上昇による見かけ上の利益を排除するため、現時点での価額に換算した指標で行われなければならない。植栽された1893年以降の卸売物価、賃金の変動を日銀統計などによって調べると図2のようになった。図2より過去の育林費の

表1 ヒノキ98年生林分の施業経過と収支

林齢 (年)	施 業	収益・費用* (円/ha)
0	新 植	-17.299
1	第1回下刈	- 0.669
2	第2回下刈	- 0.883
	第1回補植	
3	第3回下刈	- 0.881
4	第4回下刈	- 0.946
5	第5回下刈	- 1.182
6	第6回下刈	- 1.749
7	第7回下刈	- 1.837
8	第2回補植	- 0.229
14	第1回つる切り	- 0.425
15	第1回除伐・枝打	- 7.985
	第8回下刈	- 0.145
20	第2回つる切り	- 1.820
	第2回枝打	- 3.755
	第2回除伐	- 1.373
23	第3回除伐	- 1.347
24	第3回枝打	- 6.975
29	第4回除伐	
31	第4回枝打	
43	第1回間伐	-21.446
58	第2回間伐	
63	第3回間伐	
73	第4回間伐	
98	主伐 伐木運材費	-3,999,494
	素材売り払い	83,840,293
収益-費用		79,840,728

*: 正値は収益, 負値は費用を表す。



図1 収穫された長尺材

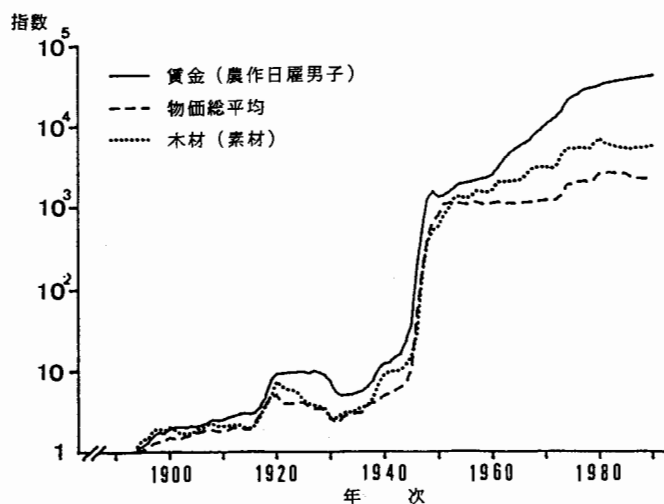


図2 物価・賃金の変動

単位: 1893年を1とする数値の対数値

収穫を求めると表2のようになった。

物価・賃金の上昇を考慮しない名目の値では内部収益率は16.61%, 森林純収穫は81万5千円/ha・年となつが, 費用を賃金指数で現在価に換算した実質値では内部収益率は4.41%, 森林純収穫は79万9千円/ha・年となった。内部収益率は賃金指数によって換算した値が現実的であった。その値は, 以前の研究で成長モデルによって推定した一般のヒノキ林に比べるとやや高く, 森林純収穫が極めて大きいことから, 伐期100年前後のヒノキ長伐期施業の有利性が示された。

間伐林分と無間伐林分の収益性比較

長伐期施業への懐疑論の一つに, 「長期間収入が入らなくて困るのではないか?」ということがある。通常, 林分を長伐期に誘導するには多間伐施業が行われ, 間伐を繰り返して収益を稼いで以上の問題を解決しつつ, 残った木を優良大径木に育てるが, 一方, 間伐するよりも伐期に柱適寸の立木がたくさん残っていた方がよいという意見もある。

そこで, 間伐林分と無間伐林分を比較するのにうってつけな, 地位及び初期の保育が同じ弱度間伐区(図3)と無間伐区(図4; 収量比数=1.0で自然枯死が起きている)がある, 広島県三和町にある新重山ヒノキ収穫試験地を事例にして, その収益性の差を検討した。

試験地の直径・樹高の頻度分布の測定資料から, 採材方法を考慮して, それぞれの調査時点で主伐した時に収穫されるであろう素材材積・価額を推定した。そして過去の育林費の現在価を賃金指数の上昇率によって推定し, 一定の主間伐の経費単価を与えてやって, 内部収益率, 森林純収穫の変化を求めた。

立木材積は図5に示したように, 主伐時に限定すると確かに無間伐区が間伐区よりかなり大きかったが, 間伐木を累計した総成長量では間伐区が無間伐区より大きく, 素材価額についても同様な関係が見られた。間伐収益を含めると, 内部収益率(図6), 森林純収穫とも間伐区が無間伐区より大きく, 間伐を実施した方が経営的にも有利であるといえた。切捨て間伐になったりして間伐収益が得られない場合には, 逆に無間伐施業が有利となった。

ヒノキは壮齡林ともなると間伐経費に比べても素材単価が十分に高いので, 搬出が困難な場所以外では, 長伐期林に誘導するのに多間伐施業を行うことは, 経営経済的にみてもよいと考えられた。

表2 ヒノキ98年生林分の採算性とモデル林分との比較

費用の換算方法	内部収益率 (%)	森林純収穫 (万円/ha・年)	素材価額 (万円/ha)
未補正	16.61	81.47	8384
卸売物価総平均指数	7.64	81.37	8384
賃金指数	4.41	79.88	8384
成長モデル伐期60年	3.71	20.36	1746
“ 50年	4.03	18.81	1406

間伐収益は除外して求めた。内部収益率 $\equiv$ 造林利回り，
森林純収穫 $=$ (収益の和 $-$ 費用の和)/伐期齡



図3 新重山ヒノキ試験地間伐区の現況



図4 同無間伐区の現況

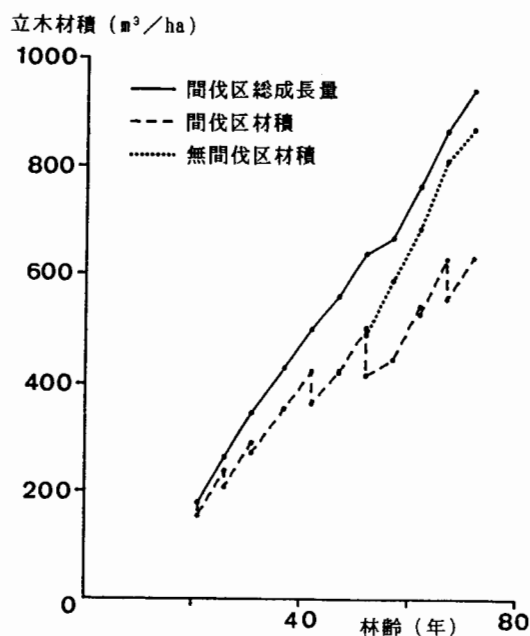


図5 無間伐及び間伐林分の立木材積・総成長量

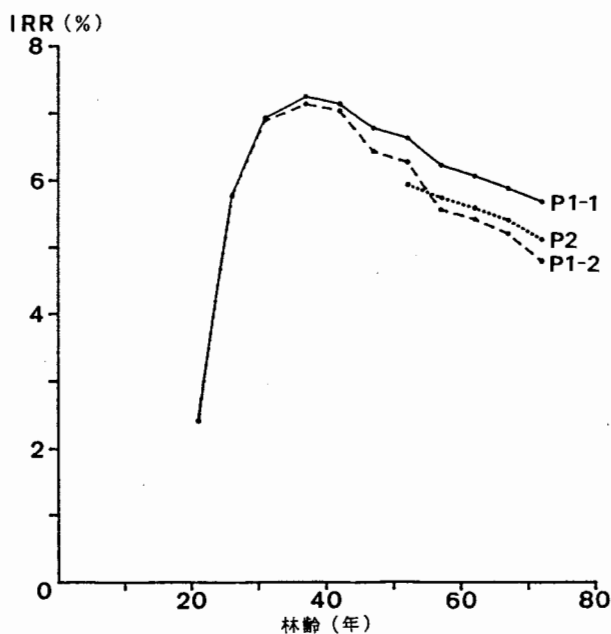


図6 無間伐及び間伐林分の内部収益率の変化
P1-1:間伐区, P1-2:同(間伐収益なし), P2:無間伐区,
主伐単価12,000円/㎥, 間伐単価18,000円/㎥

—— MEMO ——

緑の資源としての森林を活かす

関西支所 育林部 風致林管理研究室長 杉村 乾

はじめに

木材生産のみならず、水土、生物多様性、風致景観の保全など、森林の持つ機能の多様性に対する期待が高まってきた。しかし、多様な立地や利用目的のもとで、地域の社会的な条件も踏まえて森林の管理計画を立てる手法は確立されていない。そこで、兵庫県の六甲山系と林業地宍粟郡をモデル地域とし、各機能についての立地環境の評価手法を開発した。さらに、機能間の相対評価を行うために、各機能の重要性に対する住民の評価を計量化した。そして、機能別立地環境評価値、機能間相対評価値、適正配置のための計画手法を組み合わせ、緑資源としての森林をいかに効率的に利用するかについての総合的な計画手法を開発した。

緑資源の立地環境評価

大型計算機上で構築された、兵庫県の管理するラスタ形式のデータベース（兵庫県環境基本情報）をパソコンで利用できる形に変換した。そして、主にそのデータベースを用い、以下の森林の各機能について1kmメッシュ単位で定量的な立地環境評価を行った。

① 木材生産：土壌的要因（腐植含有量、A層の厚さ、土性（保水性、透水性）、地質、地形）をもとに生産力のランク評価を行った（表1）。褐色森林土が広く分布する宍粟郡は全般的に評価が高く、乾性土壌や未熟土壌が広く分布する六甲山系は低かった。

② 水保全：気象（温度、日射量、降水量）、土地利用、地形データから蒸発散量を推定するモデルを開発した。そして、降水量から蒸発散量を減算して水資源賦存量とした。六甲山系に比べて宍粟郡は降水量が多く、蒸発散量が少ないので、水資源賦存量は大きかった（表2）。さらに、水資源賦存量を用いて、水供給、洪水防止、水質保全機能について評価した。すなわち、水供給機能は、水資源賦存量に六甲、宍粟それぞれの地域内からの水供給率及び両地域の水需要量の比率を積算して評価した。また、洪水防止機能は森林からの水流出（水資源賦存）量が小さいほど高く評価されるので、流出量が大きいほど高く評価される水供給機能と対照的になるように評価した。水質については、六甲、宍粟それぞれの地域内からの供給率、水資源賦存量、両地域の人口比を積算して評価した。

表 1. 生産力スコア算出のイメージ

項目	データ	評価項目	スコア
メッシュNo.	10285		
	(Xメッシュ 72, Yメッシュ 152)		
土壌型	乾性褐色森林土	養分濃度	1.25
		A層厚さ	1.25
		有効土層	2.00
		保水性	1.25
		排水性	2.00
		その他	—
表層地質	花崗岩類・ヒン岩類	地質化学性	0.75
		地質物理性	1.25
大地形分類	小起伏山地	地形水分特性	2.25
スコア合計			

表 2. 水資源賦存量の比較

	六甲山系			穴栗郡		
	降水量	蒸発散量	賦存量	降水量	蒸発散量	賦存量
宅地	1861.3	547.0	1314.3	1647.5	517.6	1129.9
農地	1825.9	637.0	1188.9	1847.3	566.9	1280.4
林地	1904.9	898.0	1006.9	2100.4	829.3	1271.1
平均	1881.0	787.7	1093.3	2078.7	807.3	1271.4

③土保全：傾斜角の重み付け係数，表層地質の重み付け係数と樹木の伐根抵抗力（表3）を積算して，崩壊防止機能を推定した。六甲山系はおおむね評価が高く，宍粟郡は全ての要因について地域差があり，評価のばらつきが大きかった。

④植生（自然保全）：植生の遷移度及び暖かさの示数をもとに推定した潜在的な種の多様度を積算して，自然植生度とした。宍粟郡は評価の高い地域が山岳地帯にまとまって存在する反面，人工林が広く分布するため，評価の最も低い地域も多かった。六甲山系は比較的评价の低い地域が大半を占める中に，比較的评价の高い地域が散在していた（図1）。

⑤風致保全：保健休養（レク）機能については，アンケートによって利用度を調査し，利用度の高さに応じて評価した。日常的な景観機能については，人口分布とグラヴィティモデルを用いて評価した。

表3. 植生区分別の伐根抵抗力

植生区分	林齢 (年)	根元直径 (cm)	ha当りの 本数 (本)	1本当たりの 伐根抵抗 力 R (kg*f)	単位面積当り の伐根抵抗 力 W (kg*f)
新植地 I 齢級	5	--	--	--	263
針葉樹 幼齢林	10	14.0	2,700	1,946	526
広葉樹 幼齢林	15	12.9	2,420	2,225	539
針葉樹 壮齢林	30	30.8	1,470	7,806	1,146
広葉樹 壮齢林	35	25.4	1,500	8,050	1,208

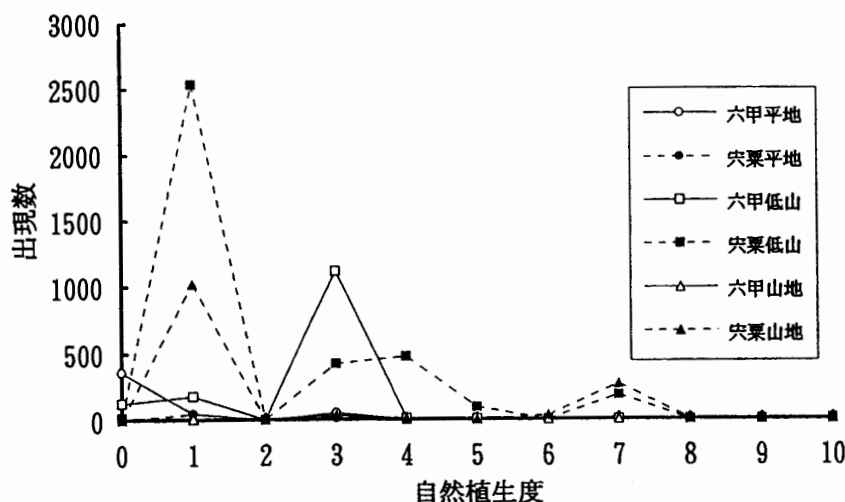


図1. 六甲、宍粟における地帯別の自然植生度

緑資源の機能別配置計画

順位付けと一対比較による評価に基づいて、上記の緑資源の各機能に対するウェイト（機能間相対）評価値を算出する手法を開発した。そして、六甲山系周辺と宍粟郡の住民に対してアンケート調査を行った。その結果、六甲周辺の住民は、水土、自然、風致、木材の順に高く評価したのに対し、宍粟郡では木材生産に対する評価が風致より高く、自然保全との差も小さかった。水保全については、水供給と洪水防止に対する評価が同程度で最も高く、水質保全に対する評価が最も低い点で六甲周辺と宍粟郡の結果はほぼ一致した（表4）。

また、1 kmメッシュごとの立地環境評価値を、各機能ごとに、面積を横軸に、評価値を低い方を上にして縦軸にとり、評価が高いメッシュから面積を順次累積して右上がりの曲線になるようにプロットした。そして、これらの曲線と各機能に対する住民のウェイト評価値を用いて、各機能ごとのメッシュの配分率を六甲と宍粟、両地域について決定した。その結果、六甲ではウェイト評価値の高かった自然保全と洪水防止機能とに大きな面積が配分されたのに対し、宍粟では立地環境評価値が全般に高かった木材生産と水供給に大きな面積が配分された（表5）。

表4. 緑資源の諸機能に対する住民のウェイト評価値

	木材	水供給	洪水	水質	崩壊	景観	レク	自然
六甲	.104	.142	.143	.056	.110	.129	.046	.271
宍粟	.201	.130	.127	.069	.106	.127	.034	.205

表5. 緑資源の機能別面積配分

	木材	水供給	洪水	水質	崩壊	景観	レク	自然	計
六甲	4	8	96	23	35	31	4	72	273
宍粟	502	139	26	0	17	0	0	21	705

さらに、広域的な利用計画の実施に当たっては、上記のような細かい機能区分では行政的な対応が難しい場合も多いと考えられる。その場合、生産性、生活環境、自然生態系のいずれを重視するかによって、それぞれ皆伐、択伐あるいは小面積皆伐と長伐期、禁伐といった制限あるいは許容レベルを与える方が实际的である。そこで、緑資源を生産資源（木材生産に対応）、環境資源（水、土、風致の保全）、文化資源（自然保全）に分類したうえで、各資源の配置配分を検討した（図3）。

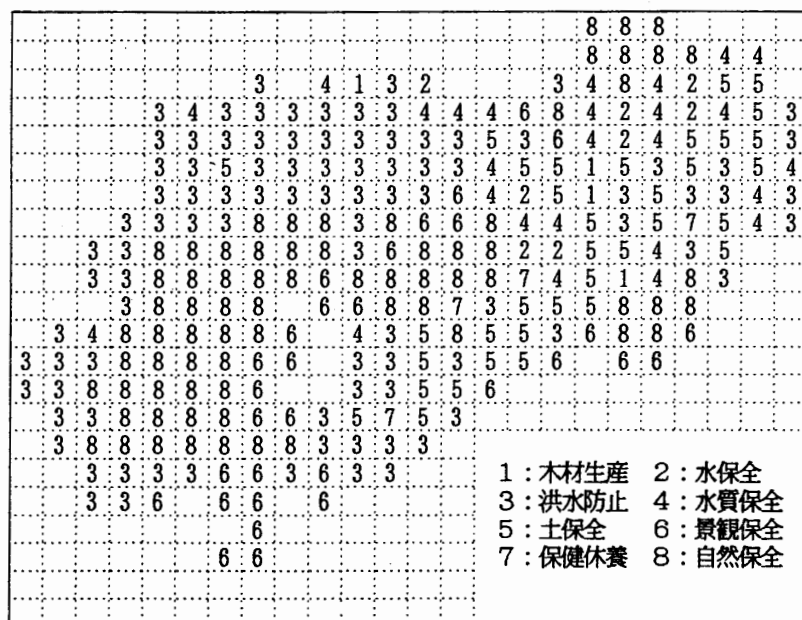


図 2. 緑資源の機能配置例(六甲山系)

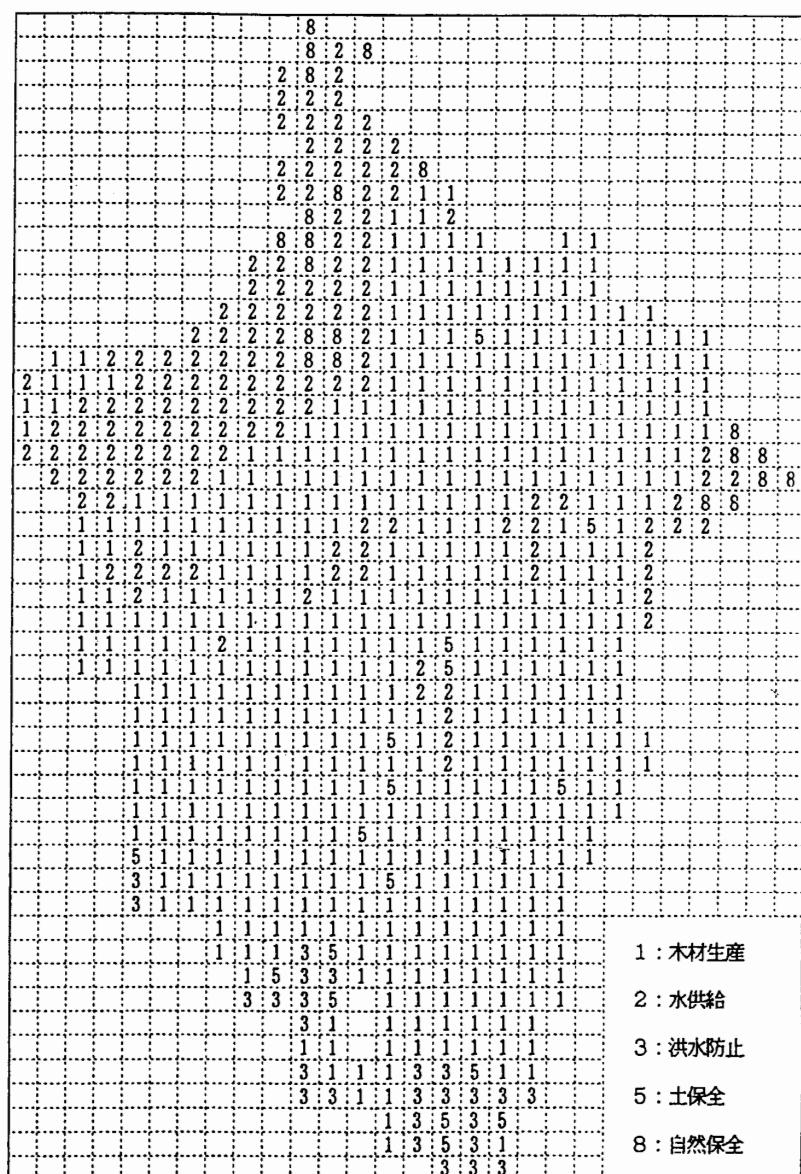


図 2. 緑資源の機能配置例 (矢野郡)

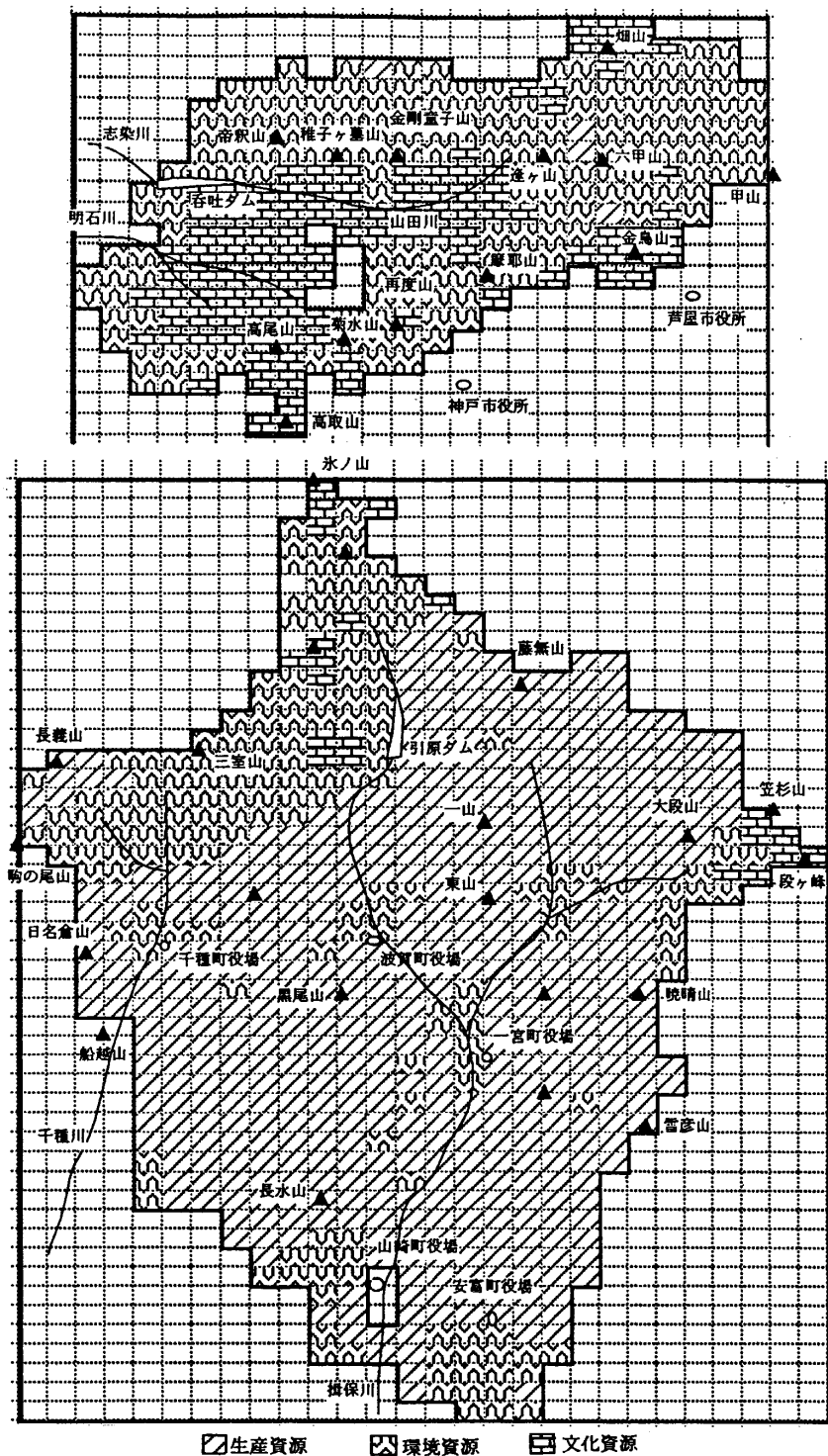


図3. 緑資源の配置計画（六甲山系（上）、宍粟郡（下））

— MEMO —

地球の環境を守るシベリアタイガ

－その実態を探る－

北海道支所 育林部長 高橋邦秀

はじめに

世界の針葉樹資源の約6割を保持しているロシアの森林、なかでもシベリアタイガの実態については情報が極めて少ない。シベリアタイガはその大部分が永久凍土上に成立しており、未管理の森林も多い。現在のロシアの社会・経済的な混乱のため、森林の劣化が危惧されている。森林総合研究所では平成3年度より環境庁予算による国際共同研究プロジェクト「シベリア永久凍土地帯の温暖化フィードバックの評価に関する研究」で森林生態系の二酸化炭素貯留に関するテーマを分担している。これまで3回の現地調査を行い、そこで得られた成果から、永久凍土上のタイガの特徴と問題点について報告する。

永久凍土上のタイガ

旧ソ連の森林は、その大部分をタイガ（針葉樹林）が占めている（図1）。旧ソ連の針葉樹の蓄積は約660m³である。針葉樹蓄積のうち約5割はカラマツ、3割がヨーロッパアカマツとヨーロッパトウヒで、これら3樹種で全体の8割を占めている。広大な永久凍土が広がるレナ川流域ではカラマツ（ダフリアカラマツ）林が圧倒的に優占し、アカマツ林は河岸段丘上の砂土地帯や尾根地形に点在している程度である。また、人為的攪乱を受けた林分や山火事跡地には、シラカンバや前生樹種が更新している場合が多い。また、永久凍土地帯特有のアラスは、森林伐採による影響で乾燥化しているといわれている。現地調査はヤクーツク市郊外にあるヤクーツク生物学研究所の試験林及びアラス試験地に、各種の調査プロットを設定して行った。試験林の林齢、樹高、直径、立木密度の範囲を示すと表1のようになり、ロシアの森林生産力等級1～5の4～5に相当し、生産力はかなり低い。



図1 旧ソ連の森林分布

表1 試験地(北緯62度, 東経129度)の森林

樹種	林齢(年)	平均樹高(m)	平均直径(cm)	立木密度(本/ha)
カラムツ	49~250~	7.7~18.4	7.0~26.7	48~4127
アカマツ	113~175	6.8~12.6	9.5~16.8	48~3472
シラカンバ	30~ 68	9.0~13.2	5.8~12.2	16~4770

カラマツ林のバイオマスと二酸化炭素固定量

試験林の代表的なカラマツ林で、根系及び下層植生も含めたバイオマス調査を行った。その結果（図2）、カラマツ林の高木層のha当たりの地上部バイオマスは葉量1.7 tを含め約123.4 t、下層植生とリターで37.1 t、枯れ枝等の枯死部が0.8 t、根量は109.1 tとなった。また、下層植生も含めた年間生産量は約3.1 tとなった。幹量に対する根量はほぼ 1/1となり、日本カラマツの約4倍、葉量は約1/2となっている。日本カラマツと比べると、直径に対して樹高が比較的高く、枝葉は少なく、根が良く張った形態をしている。このカラマツ林の二酸化炭素貯留量は約450 t/ha、年間の木質部への二酸化炭素固定量は約2 t/haとなる。

年輪解析と森林火災

成長錘で採取したカラマツの試料について樹齢、生長量を測定し、森林火災の痕跡を調べた。樹齢100～200年の平均年輪幅は1 mm前後であった。また、肥大成長には30年周期の変化が観察されたが、最近の大気中の二酸化炭素濃度の上昇による成長促進効果は認められなかった。試験林の樹木は森林火災により樹皮が変色したものや地際の一部が炭化したものなどがほとんどである。図3に示すように同一年に被害を受けており、過去に森林火災が発生した間隔はおおよそ30年となっている。

森林土壌の炭素貯留量

調査地の土壌断面と地形・地上植生の関係を示すと図4、5のようになる。夏季に凍土が融ける土壌表層（活動層）の厚さは、微地形や樹種・樹高・立木密度などの森林構造と関係が深い。試験林土壌の有機物炭素量は70～175 t C/ha、アラス試験地では39～652 t C/haとなり、森林の履歴や構成樹種、下層植生、土壌の水湿条件で異なる。土壌pHは6～10と高く、アラス草地で高くなる。森林土壌の炭素量は一般的な亜寒帯林の数値よりかなり低いものであった。

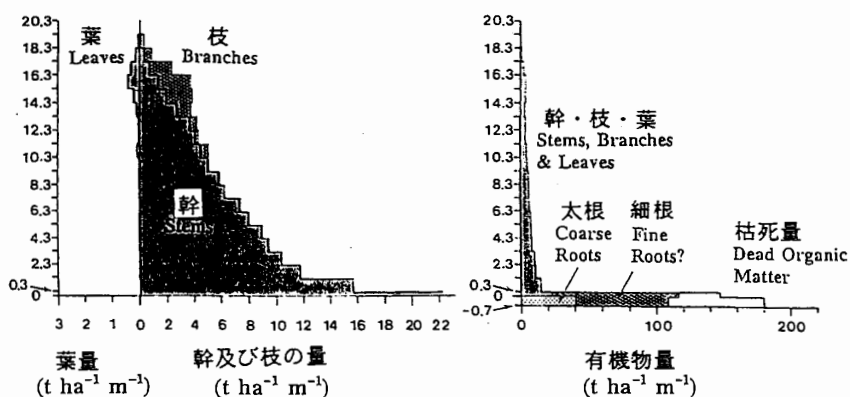


図2 カラムツ林の生産構造図（乾物重量）

（林齢169年，立木密度900本/ha，平均樹高16.9m，平均胸高直径18cm）

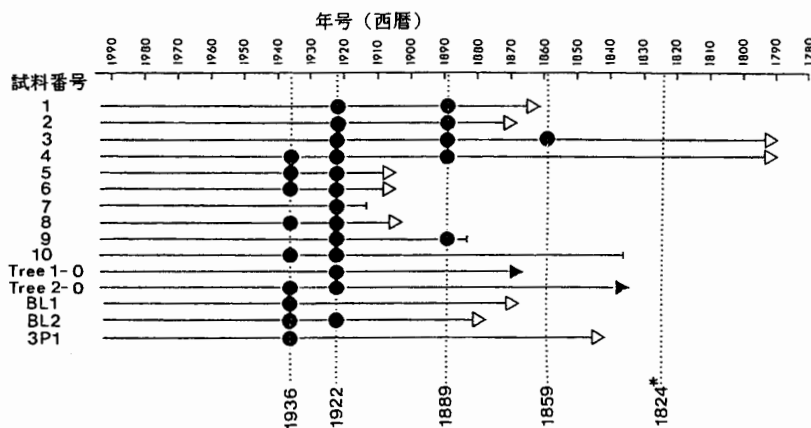


図3 年輪に見られる森林火災の痕跡

- 森林火災の痕跡
- ▶ 地上0mの年数
- ▽ 地上0.2mの年数

温暖化により生じる問題点

永久凍土地帯のタイガは、年間降水量が200～500mmの乾燥気候帯にあり、土壌－大気間の微妙な水分収支のバランスの上に成り立っていると考えられる。このため、温暖化による降水量の変化－乾燥化？ 湿潤化？－が極めて大きな影響を持つ。現在、頻発している森林火災の影響評価も重要である。

以上の他に、主要樹種の環境適応性や衛星データによるモニタリングについても報告する。

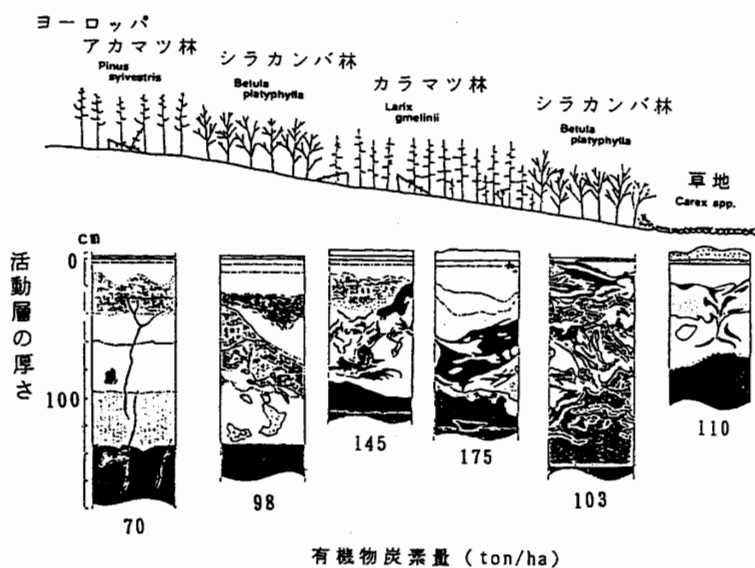


図4 レナ川左岸の試験林の土壌断面図

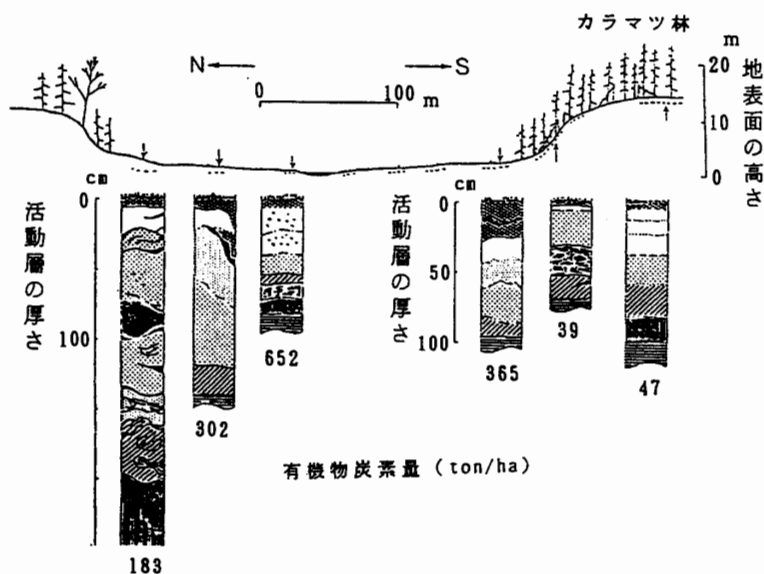


図5 レナ川右岸のアラス試験地の土壌断面図

床騒音を減らし、快適な居住空間に

木材利用部 構造利用科 木質環境研究室 外崎真理雄

はじめに

共同住宅に住んでいる人の不満で最も多いのは騒音に関するもので、その中でも上階の人がたてる音に対するものが外部からの音とならんで大部分を占める。

平成5年度から建築基準法の改正により大規模な木造三階建て共同住宅が建設可能となった。これまでの手軽な木賃アパートとの差別化を計り、RC造など他構法の持つシェアに食い込むことは木材の需要拡大の点でも重要である。

そのためには他構法と競合できる高い居住性を持つ木造住宅の開発が不可欠で、上階の人がどこで何をしているか手に取るように分かる現在の遮音水準の木構造では太刀打ちできないのは明らかであり、高い遮音性能を持つ床構造の開発が求められる。

研究目的

床衝撃音は、軽く硬い物を落としたり椅子などの軽い家具を引きずったりしたときに発生し、中・高音域の成分が大きい軽量床衝撃音と、裸足で歩き回ったり子供の飛び跳ねなど柔らかく重い衝撃により発生し、低音域の成分が大きい重量床衝撃音の二つに分類される。

軽量床衝撃音は基本的に床表面を柔らかくすることで低減でき、木質床でも緩衝材と複層構造にした遮音床板が開発・市販され効果が確認されている。また中・高音域の音は独立遮音天井などにより比較的容易に遮断できる。しかし重量床衝撃音については、木造床の長所でもある軽い割に強いという性質が逆に欠点となり、低い周波数域で振動しやすい木造床では遮断しにくい。

そこで木造床から低い周波数域の音が発生するメカニズムを床部材の振動的性質との関連から明らかにし、また遮音構法の一つである床に高質量材料を施工する方法についてその効果を実験的に検証した。

研究方法

1. 床振動モード測定実験

六畳大のコンクリート室の天井に当たる部分に図1に示すような枠組壁構法モデル床を構築した。用いた2by4・2by8材及び12mm合板・12mm石膏ボードは、予め振動試験を行ってヤング率・せん断弾性係数などの振動的性質を測定した。

振動モードの測定は電磁加振器を用いて床上のいくつかの点で正弦波掃引加振を行ない、床上26点の応答加速度を加速度ピックアップで検出しFFTアナライザーで解析して伝達関数を得た。記録された各共振ピークについて共振振幅と駆動点との位相差を測定してモード形状を推定した。

有限要素法解析はパーソナルコンピューター用のソフトウェアを使い、床根太に対応する28の弾性ビーム要素と面材に対応する64の四辺形シェル要素に分割して行った。

2. 床への質量付加実験

1.と同様に図2に示すような断面を持つ複層構造の枠組壁構法モデル床を構築した。

図に示すように比重2.1、厚さ1.6cmの石綿スレート板を36.5×82cmに切断し、0, 1, 2, 4, 6層と段階的に施工した。施工に当たっては質量付加の効果を検証するため石綿スレート板の剛性が床の剛性になるべく影響しないように板の中央部のみを木ネジを用いて固定した。各段階の床についてJIS A 1418に従い重量及び軽量床衝撃音試験を行った。また1.と同様のモーダル解析実験を行った。

192分割の四辺形シェル要素の有限要素法モデルにより、実測された振動モードのシミュレーションを行った。

結果と考察

測定されたモデル床の振動モード形状とその共振周波数を図3に示す。測定点数が少ないので節線は直線とみなして表示してある。

モードは四辺単純支持された直交異方性板の振動モードと類似しており、最低次の(2, 2)モードから(3, 5)モードまでの間に存在するモードは駆動点位置を様々に変えることにより、その存在をほぼ確認できた。

それらの共振周波数はJIS A 1419の遮音等級曲線の中で、重量床衝撃音で問題となる63Hzと125Hzオクターブバンドをほぼカバーしており、この低周波数域の音は主として床全体の振動モードから放射されていると考えられる。

有限要素法解析では実測した各部材のデータを使用して行ったが、この床では床根太の剛性が圧倒的に大きく支配的で、根太方向の面材の剛性はその1/10程度でほとんど振動モードに影響しない。床根太直交方向の剛性は根太方向の1/100程度と小さい値を入れることにより0.5%の誤差で4次までの測定共振周波数と一致した。面材の床剛性への寄与については単独断面の剛性よりははるかに大きく、軸材との協力効果が認められるが今後の検討が必要である。

質量付加実験については床の重量は353kg、石綿スレート板は一層当り約240kgであった。

図4に示すように石綿スレート板の施工により床衝撃音は大きく低下し、その割合は125Hz以下の低周波数域で大きく、250Hz以上の高い周波数域ではほとんど差がなかった。これにより重量床衝撃音で問題となる低い周波数域の騒音の低減に、質量付加が有効であることが確認できた。

有限要素法によるシミュレーションでは付加質量なしの状態では1,2次のモードの共振周波数と一致させ、剛性を変えずに要素の密度を質量付加に応じて変化させたところ、1次モードではほぼ一致する結果を得られた。これによりこの実験結果は剛性に影響を与えず、ほぼ純粋な質量付加の効果を示しており、また有限要素法によりモードの予測が可能であることが分かった。

まとめ

木造床の重量床衝撃音で問題となる低い周波数域の騒音は主として床全体の振動モードから放射されており、部材のヤング率など振動的性質からそれで構築された床の振動モードが予測可能である。

木造床への質量付加が低い周波数域の騒音を大きく低減できる有効な手法であることが確認された。

今後面材の寄与を含めた床の高剛性化と遮音層の透過損失による主として中・高音域の騒音低減効果などについて検討し、木造床の低騒音化を図る予定である。

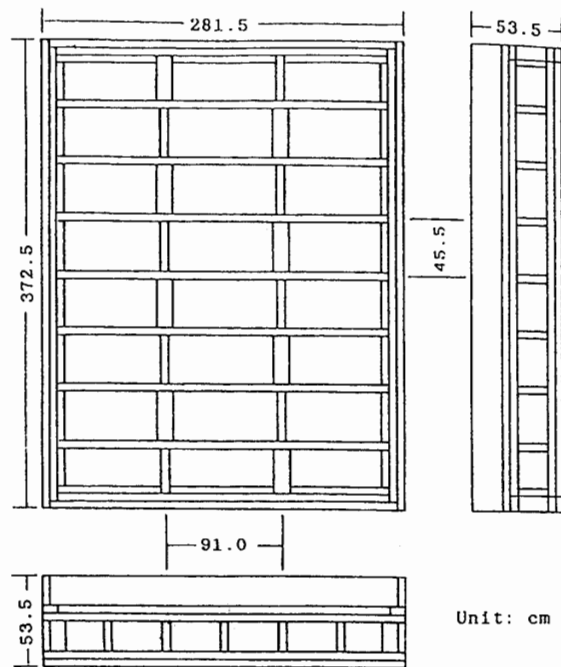


図1 モデル床(1.)の床組図

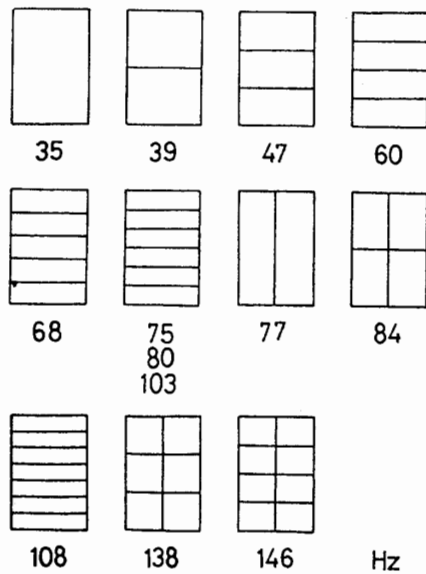


図2 モデル床(1.)の振動モード

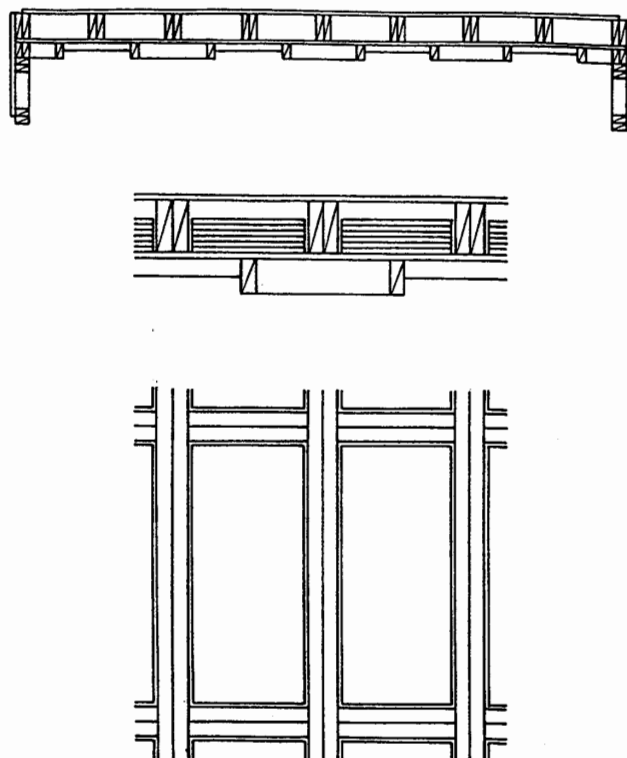
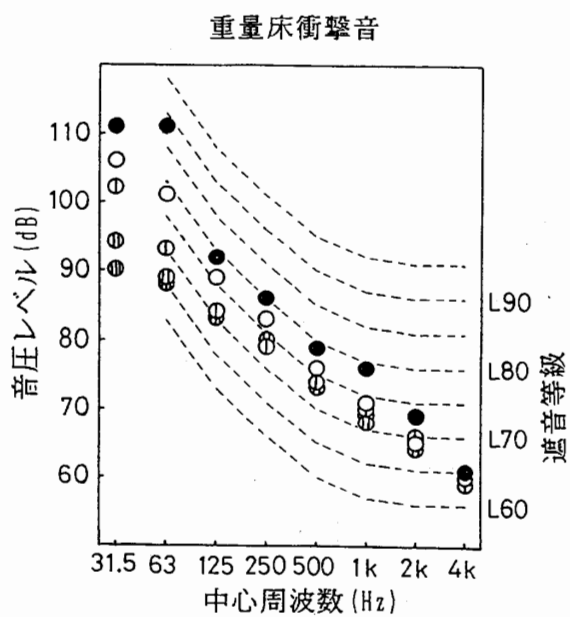


図3 モデル床(2.)の断面と石綿スレート板施工図



石綿板施工層数

●: 0, ○: 1, ⊖: 2, ⊕: 4, ⊗: 6

図4 モデル床(2.)の重量床衝撃音測定結果