

足助町大河原川の源流域における森林土壌の浸透能

Infiltration capacity of forest soil in stream source area
at the Ohgawara basin

相馬ふきの¹⁾・洲崎燈子²⁾・野崎健太郎¹⁾

Fukino Soma¹⁾・Toko Suzaki²⁾・Kentaro Nozaki¹⁾

要 約

愛知県足助町の矢作川支流大河原川の流域で、針葉樹林（ヒノキ人工林）3地点と広葉樹林（コナラ二次林）3地点に調査区を設置し、樹木の種組成と密度、胸高断面積（現存量の指標）、表層土壌の浸透能を調べた。表層土壌の浸透能は針葉樹の密度および胸高断面積との間に負の、逆に広葉樹の胸高断面積との間に正の相関を示した。特に胸高直径20cm以上の広葉樹の密度および胸高断面積と浸透能の間には強い正の相関が認められ、腐植層に多量のリターを供給する成長した広葉樹の存在が浸透能を高めるために重要であることが示唆された。

キーワード：表層土壌、浸透能、針葉樹林、広葉樹林

はじめに

近年、森林の洪水調節機能（雨水を一時貯留して河川流量の急激な増加を抑制する、いわゆる「緑のダム」の効用）や土砂流出防止機能に関して注目が集まっている。特に、日本の森林の約4割を占めるスギやヒノキなどの針葉樹人工林において、どのような管理が上記のような森林の機能を向上させることに寄与するのかということは重要な問題である（蔵治，2003）。森林の表層土壌の浸透能（土壌にどれくらいの水が浸透するかの度合）は、林種や林齢、林床植生の有無によって変化することが知られている（中根，2003）。遠藤ほか（2001）は吉野川流域で、管理されていない針葉樹人工林で土壌浸透能が隣接する広葉樹自然林の約40%程度であったことを報じ

ている。

洲崎（2002）は、豊田市内猿投町の広沢川流域で土壌の浸透能調査を行った。表層土壌の浸透能は地質、地形、標高、斜面方位、傾斜角といった立地要因や、森林の優

表1 各調査区の斜面方位と傾斜角。

	針葉樹林			広葉樹林		
	A1	A2	A3	B1	B2	B3
斜面方位	S20E	S20E	N70W	S85W	S	S40W
傾斜角	27	27	24	26	36	11

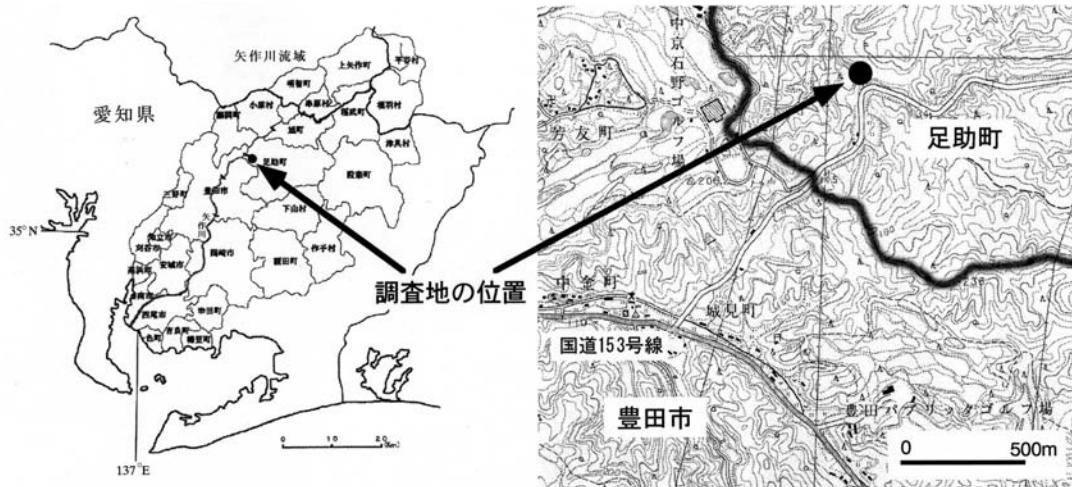


図1 調査地の位置。



写真1 針葉樹林調査区・A1.



写真3 広葉樹林調査区・B1.



写真2 針葉樹林調査区・A2.

占種、林齢、立木密度、草本層の有無といった森林の状態によって変化する。そのため地質、地形、標高などの条件が類似した林分7地点を調査地を選び、林木の組成と土壌浸透能を調べた。すると土壌浸透能は針葉樹林より広葉樹林で高い値を示し、林内の広葉樹の密度・胸高

断面積合計値とは正の、逆に針葉樹の密度・胸高断面積合計値とは負の相関を示すことが明らかになった。

このような林木の樹種・材積と表層土壌の浸透能の関係を明らかにすることは、森林が持つ公益的機能を論じる際に必要不可欠であるが、実際にこうした調査を行った事例は限られている(村井・岩崎, 1975 ほか)。本研究は矢作川流域内の別の地点で洲崎(2002)と同様の調査を行い、植生と土壌浸透能の関係についての知見を深めることを目的として行った。なお本報告は、相馬(2005)による椋山女学園大学人間関係学部卒業論文「森林の表層土壌の吸水力に関する研究」を再構成したものである。現地調査に際しては、名古屋大学大学院生命農学研究科の糸数 哲氏にお世話になった。記して厚く謝意を申し上げる。

調査地と方法

調査は愛知県東加茂郡^{つづら}足助町葛にある、矢作川支流の大河原川に隣接する山林で実施した(図1)。ほぼ5,000 m²以内の範囲にあるヒノキ人工林3地点(A1~A3:以下、針葉樹林とする)とコナラ二次林3地点(B1~B3:以下、広葉樹林とする)に10×10m²の方形区を設置して調査区とした。いずれの調査区も標高はおよそ150mだった。各調査区の方位と傾斜角を表1に示した。写真1~3はヒノキ以外の樹種が多く見られた針葉樹林調査区A1とヒノキ以外の樹種が殆ど見られなかったA2、多様

な樹種が見られた広葉樹林調査区 B3 で撮影されたものである。

各調査区内で樹高 1.3 m 以上の全ての立木について樹種を記録し、胸高直径 (DBH: Diameter at Breast Height) を測定した。DBH から胸高断面積 (BA: Basal Area) を計算し、現存量の指標とした。

表層土壌の浸透能は方形区内の任意の 3 地点で測定した。内径 10 cm の塩ビ管を A 層下部まで、土壌の層構造が崩れないように埋設し、透視度計を用いて円筒内に常に水膜がはられるように給水を続け、減水量を 5 秒もしくは 10 秒間隔で読んだ。減水速度が一定になったときの減水量を終期浸透能とした。

結果

各調査区の構成樹種を表 2 に、立木の樹種別密度を表 3 に、胸高断面積を表 4 に示した。また胸高直径の頻度分布を図 2 に示した。出現種数は広葉樹林 (15~17 種) で針葉樹林 (2~11 種) より多かった。胸高断面積合計値は広葉樹林が 29.3~56.3 m²/ha で、針葉樹林の 41.0~84.1 m²/ha をやや下回っていた。立木密度は広葉樹林 (35~87×100 本/ha) で針葉樹林 (17~56×100 本/ha) より高い傾向にあった。胸高直径の頻度分布を見ると、A2 を除く全調査区で 0~5 cm の階級の小径木の木数が最も多かった。各調査区の特徴は以下の通りである。

針葉樹林調査区の A1 では胸高断面積合計値の約 90% をヒノキが占め、残りの 10% は広葉樹 10 種 (落葉広葉樹 5 種、常緑広葉樹 5 種) で構成されていた。この調査区は針葉樹林調査区の中で出現種数が最も多く、胸高断面積合計値が 84.1 m²/ha と全調査区中最高だった。ヒノキの立木密度は 9×100 本/ha であった。

A2 では出現種が 2 種と全調査区中最も少なく、胸高断面積合計値のほぼ 100% をヒノキが占め、他に確認されたのは常緑広葉樹のアラカシの低木のみだった。この調査区だけ DBH 階級 15~20 cm の樹木が多かったのはそのためである (図 2)。立木密度は 17×100 本/ha と全調査区中最低だったが、胸高断面積合計値は 41.0 m²/ha で、他の調査区と比べて著しく低いとは言えなかった。

A3 では胸高断面積合計値の 99% をヒノキが占めており、他には針葉樹 1 種と広葉樹 7 種 (落葉広葉樹 4 種、常緑広葉樹 3 種) が確認された。またこの調査区ではモウソウチクも見られた。この調査区は針葉樹林調査区中広葉樹の本数が最も多く、立木密度も 57×100 本/ha と最高だった。

広葉樹林調査区の B1 ではコナラが胸高断面積合計値

の 64% を、次いでイヌツゲが 11% を占めており、残りの 25% は広葉樹 14 種 (落葉広葉樹 10 種、常緑広葉樹 4 種) で構成されていた。この調査区には針葉樹がなく、立木密度は全調査区中最も高い 87×100 本/ha、胸高断面積合計値は全調査区中最も低い 29.3 m²/ha で、細い木の多い林分だった。

B2 では胸高断面積合計値の 36% をアカマツが占め、次いでウワミズザクラが 28%、コナラが 25%、残りの 11% を広葉樹 12 種 (落葉広葉樹 9 種、常緑広葉樹 3 種) が占めていた。DBH 最大個体はアカマツで、その値は 44 cm だった。

B3 ではコナラが胸高断面積合計値の 37% を占め、次いでエンコウカエデが 23%、ヒノキが 19%、ヤマザクラが 13% を占めていた。残る 8% は広葉樹 13 種 (落葉広葉樹 8 種、常緑広葉樹 5 種) で構成されていた。出現種数は全調査区の中で最も多かった (18 種)。また、広葉樹林調査区の中で立木密度が最も低く (34×100 本/ha)、胸高断面積合計値は最も高く (56.3 m²/ha)、比較的成長した樹木の多い林分であることがうかがえた。

各調査区の土壌の終期浸透能を表 5 に示した。浸透能は調査区によって測定ポイント間でばらつきがみられたため (広葉樹林調査区の B1 では最大値が 733.8 mm/h と他の 2 ポイントに比べ高く、B3 では最小値が 357.7 mm/h と他と比べ低かった)、中央値をその調査区の値とした。浸透能の値は針葉樹林より広葉樹林で高く、最大値は B3 の 733.8 mm/h であった。針葉樹林調査区の浸透能に大きなばらつきは見られなかったが (165.1~220.1 mm/h)、広葉樹林では B3 が極端に高い値を示したため、調査区間で値にばらつきが見られた (275.2~733.8 mm/h)。

終期浸透能と針葉樹・広葉樹の密度・胸高断面積の関係を図 3 に示した。終期浸透能は針葉樹の密度 (図 3-a) と胸高断面積値 (図 3-b) が高くなると減少した。広葉樹の密度と終期浸透能の間に有意な関係は見られなかったが (図 3-c)、胸高断面積値は終期浸透能と正の相関を示した (図 3-d)。また、胸高直径 20 cm 以上の広葉樹の密度 (図 3-e) と胸高断面積値 (図 3-f) は、終期浸透能と強い正の相関を示した。

考察

今回の調査では、表層土壌の浸透能は針葉樹の密度および胸高断面積との間に負の、逆に広葉樹の胸高断面積との間に正の相関があることが示された。また、胸高直径 20 cm 以上の広葉樹の密度および胸高断面積と浸透能の間には強い正の相関が認められた。これは針葉樹の密

表2 各調査区の構成樹種(タケを含む).

科名	種名	学名	調査区						
種子植物									
裸子植物									
マツ科	アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>					B2		
スギ科	スギ	<i>Cryptomeria japonica</i>			A3				
ヒノキ科	ヒノキ	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	A1	A2	A3		B3		
被子植物									
双子葉植物・離弁花類									
ブナ科	アラカシ	<i>Quercus glauca</i>	A1	A2	A3	B1	B2	B3	
	シラカシ	<i>Quercus myrsinaefolia</i>	A1			B1			
	コナラ	<i>Quercus serrata</i>				B1	B2	B3	
クスノキ科	イヌガシ	<i>Neolitsea aciculata</i>	A1						
ツバキ科	ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	A1		A3	B1			
バラ科	ウワミズザクラ	<i>Prunus grayana</i>				B1	B2		
	ヤマザクラ	<i>Prunus jamasakura</i>						B3	
	カスミザクラ	<i>Prunus verecunda</i>	A1						
	アズキナシ	<i>Sorbus alnifolia</i>				B1			
マメ科	フジ	<i>Wisteria floribunda</i>					B3		
トウダイグサ科	シラキ	<i>Sapium japonicum</i>					B3		
ウルシ科	ヤマウルシ	<i>Rhus trichocarpa</i>				B1			
カエデ科	エンコウカエデ	<i>Acer mono f. marmoratum</i>						B3	
	ウリカエデ	<i>Acer crataegifolium</i>	A1			B1	B2	B3	
モチノキ科	イヌツゲ	<i>Ilex crenata</i>				B1	B2	B3	
	アオハダ	<i>Ilex macropoda</i>			A3	B1	B2		
	ソヨゴ	<i>Ilex pedunculosa</i>				B1		B3	
ニシキギ科	マユミ	<i>Euonymus sieboldianus</i>			A3	B1	B2	B3	
ウコギ科	コシアブラ	<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>						B3	
	タカノツメ	<i>Evodiopanax innovans</i>	A1		A3	B1			
双子葉植物・合弁花類									
リョウブ科	リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i>						B3	
ツツジ科	ネジキ	<i>Lyonia ovalifolia var. elliptica</i>						B2	
	ミツバツツジ	<i>Rhododendron diatatum</i>				B1			
	モチツツジ	<i>Rhododendron macrosepalum</i>						B2	
	ナツハゼ	<i>Vaccinium oldhamii</i>			A3	B1	B2	B3	
エゴノキ科	アサガラ	<i>Pterostyrax corymbosus</i>					B2		
モクセイ科	ネズミモチ	<i>Ligustrum japonicum</i>	A1					B3	
	ヒイラギ	<i>Osmanthus heterophyllus</i>			A3		B2	B3	
クマツヅラ科	ムラサキシキブ	<i>Callicarpa japonica</i>	A1						
スイカズラ科	ヤマウグイスカグラ	<i>Lonicera gracilipes</i>	A1				B2	B3	
	ミヤマガマズミ	<i>Viburnum wrightii</i>				B1	B2		
単子葉植物									
イネ科	モウソウチク	<i>Phyllostachys pubescens</i>			A3				
			種数	11	2	10	16	15	17

科名・種名の配列と学名は原則として植物目録(環境庁, 1987)に従った.

表3 立木の樹種別密度(×100本/ha).

	針葉樹林			広葉樹林		
	A1	A2	A3	B1	B2	B3
針葉樹						
アカマツ					1	
スギ			1			
ヒノキ	9	16	11			1
針葉樹合計	9	16	12	0	1	1
本数合計値に 対する比率(%)	18.4	94.1	21.4	0.0	1.3	2.9
落葉広葉樹						
アオハダ			3	6	2	
アサガラ					1	
アズキナシ				3		
ウリカエデ	1			5	1	1
ウワミズザクラ				1	6	
エンコウカエデ						1
カスミザクラ	1					
コシアブラ						1
コナラ				5	3	3
シラキ						1
タカノツメ	1		4	3		
ナツハゼ			1	2	1	2
ネジキ					3	
フジ						1
マユミ			7	4	14	2
ミツバツツジ				14		
ミヤマガマズミ				2	2	
ムラサキシキブ	4					
モチツツジ					14	
ヤマウグイスカグラ	1				9	3
ヤマウルシ				3		
ヤマザクラ						1
リョウブ						2
落葉広葉樹合計	8	0	15	48	56	18
本数合計値に 対する比率(%)	16.3	0.0	26.8	55.2	74.7	51.4
常緑広葉樹						
アラカシ	5	1	3	1	5	1
イヌガシ	3					
イヌツゲ				22	11	11
シラカシ	1			1		
ソヨゴ				14		1
ネズミモチ	4					1
ヒイラギ			1		2	2
ヒサカキ	19		25	1		
常緑広葉樹合計	32	1	29	39	18	16
本数合計値に 対する比率(%)	65.3	5.9	51.8	44.8	24.0	45.7
本数合計	49	17	56	87	75	35

表4 立木の樹種別胸高断面積(m²/ha).

	針葉樹林			広葉樹林		
	A1	A2	A3	B1	B2	B3
針葉樹						
アカマツ						15.2
スギ			0.0			
ヒノキ	75.6	41.0	59.6			10.8
針葉樹合計	75.6	41.0	59.6	0.0	15.2	10.8
胸高断面積合計値に 対する比率(%)	89.9	100.0	99.0	0.0	36.2	19.1
落葉広葉樹						
アオハダ			0.0	1.0	0.1	
アサガラ					0.0	
アズキナシ					1.2	
ウリカエデ	0.0			1.0	0.0	0.1
ウワミズザクラ				1.0	11.9	
エンコウカエデ						12.7
カスミザクラ	5.4					
コシアブラ						0.0
コナラ				18.8	10.6	21.1
シラキ						0.0
タカノツメ	0.0		0.0	0.0		
ナツハゼ			0.0	0.2	0.0	0.0
ネジキ					0.1	
フジ						0.2
マユミ			0.1	0.1	0.6	0.0
ミツバツツジ					0.3	
ミヤマガマズミ					0.0	0.0
ムラサキシキブ	0.0					
モチツツジ						0.1
ヤマウグイスカグラ	0.0				0.1	0.0
ヤマウルシ				0.1		
ヤマザクラ						7.5
リョウブ						1.1
落葉広葉樹合計	5.4	0.0	0.1	23.7	23.6	42.9
胸高断面積合計値に 対する比率(%)	6.4	0.0	0.2	80.9	56.2	76.2
常緑広葉樹						
アラカシ	0.0	0.0	0.0	0.9	0.8	0.0
イヌガシ	0.3					
イヌツゲ				3.2	2.3	1.0
シラカシ	2.1			0.0		
ソヨゴ				1.5		1.3
ネズミモチ	0.0					0.1
ヒイラギ			0.0		0.1	0.3
ヒサカキ	0.7		0.5	0.0		
常緑広葉樹合計	3.1	0.0	0.5	5.6	3.2	2.6
胸高断面積合計値に 対する比率(%)	3.7	0.0	0.9	19.1	7.7	4.7
胸高断面積合計	84.1	41.0	60.3	29.3	42.1	56.3

表5 各調査区の終期浸透能(mm/h).

	針葉樹林			広葉樹林		
	A1	A2	A3	B1	B2	B3
中央値	165.1	174.3	220.1	275.2	357.7	733.8
最大値	247.6	293.5	311.8	733.8	504.5	770.4
最小値	119.2	87.1	178.9	238.5	229.3	357.7

度・胸高断面積合計値と浸透能の間に負の、また広葉樹の密度・胸高断面積合計値と浸透能の間に正の相関があることを示した洲崎(2002)の報告と大筋で一致する結果であった。森林と水研究会(1996)は樹種や樹齢の差は森林土壌の浸透能を決定するものではないとしながら、"下層植生や表層土壌の状態、とくにA0層の状態が浸透能の大小に大きな影響を及ぼすと考えられる"としている。しかし、A0層を構成するリター(落葉落枝)の組成は林分の構成樹種によって変化する。洲崎(2002)の報告と今回の結果は、樹種組成によってA0層のリター組成が変化し、その結果表層土壌の浸透能に差が生じた可能性

を示している。特に、胸高直径20cm(樹高にしておよそ14m(洲崎, 2004))以上の広葉樹の密度・胸高断面積合計値と浸透能の間に強い相関が認められたことは、成長してA0層に多量のリターを供給する広葉樹の存在が浸透能を高めるために重要であることを示唆している。一般に広葉樹の葉は針葉樹の葉よりも分解が早い傾向があることが知られており(有光, 1989; 堤, 1989; 遠藤ほか, 2001)、このことが広葉樹のリター増加に伴う浸透能の増大に寄与している可能性もある。

表層土壌の浸透能は、測定ポイント周辺の状況によって大きく変化する場合がある(辻村ほか, 1991)。本報告で述べたような表層土壌の浸透能の違いは、たとえば大河原川流域程度のスケールでの流出量を考えた際に、どの程度の差をもたらすものであるかは不明である。つまり今回のデータから、この流域が全体を広葉樹林で覆われていた場合とヒノキ林に覆われていた場合の年間流出量の差といったものを予測することはできない。あくまで局地的なデータであることに留意する必要がある。

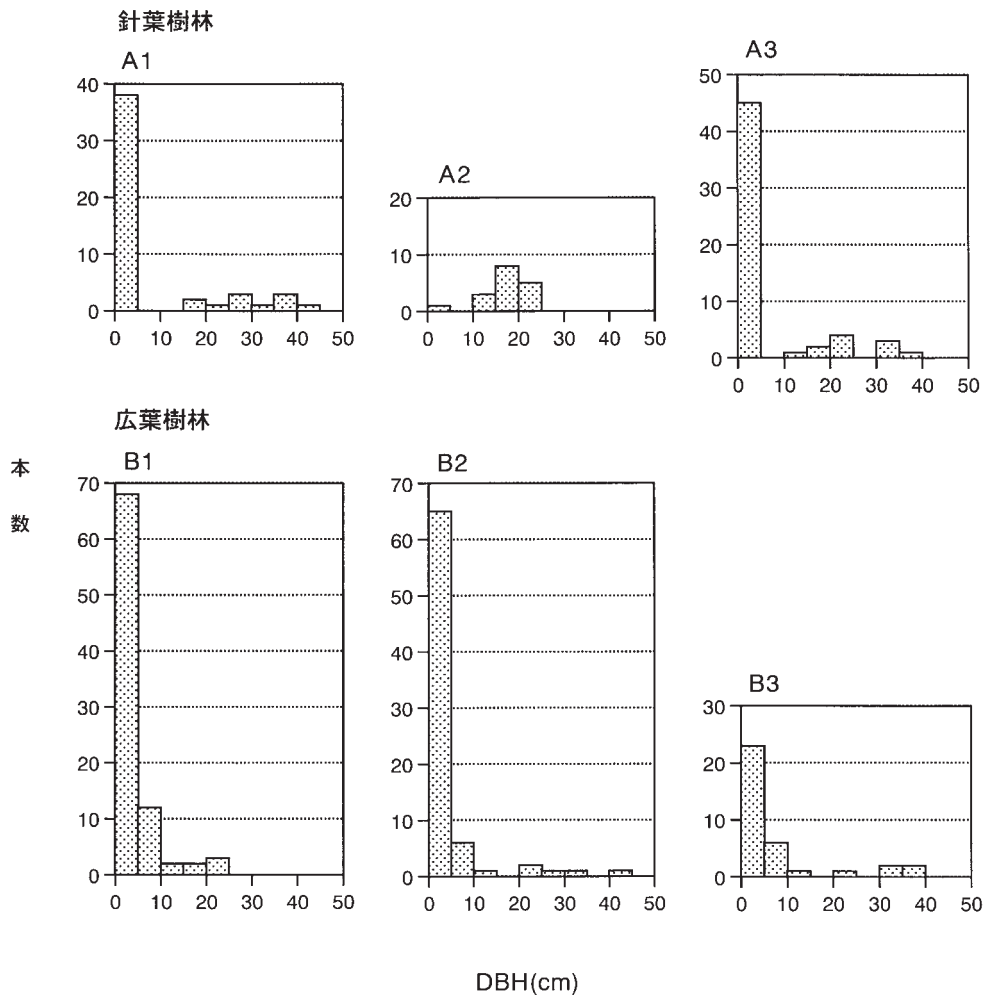


図2 胸高直径の頻度分布.

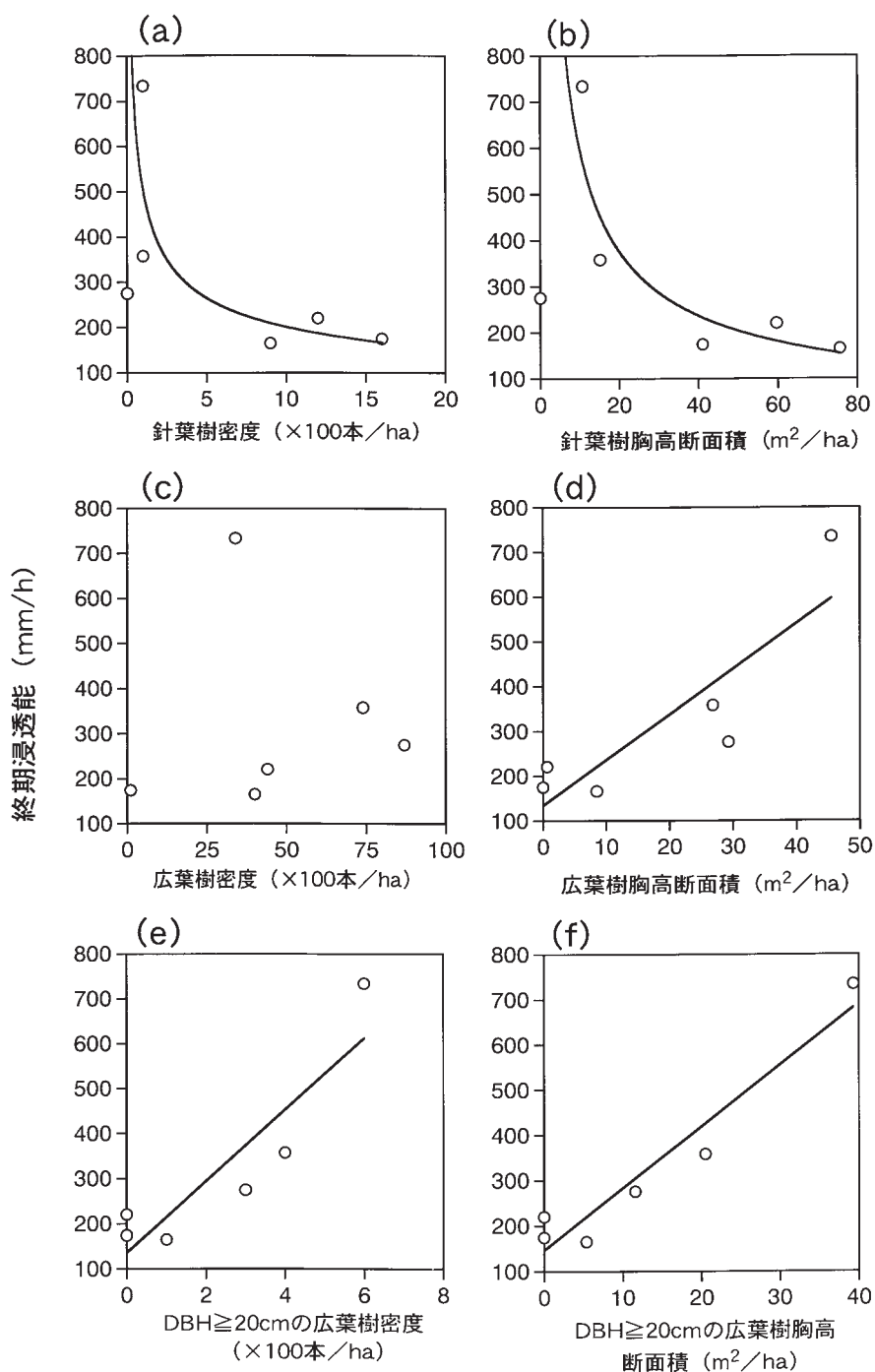


図3 終期浸透能と針葉樹の(a)密度, (b)胸高断面積, 広葉樹の(c)密度, (d)胸高断面積, 胸高直径≥20cmの広葉樹の(e)密度, (f)胸高断面積の関係 ((a) $y=504.0x - 0.4$, $r^2=0.78$, (b) $y=2780.4x - 0.7$, $r^2=0.84$, (c) NS, (d) $y=10.2x + 133.4$, $r^2=0.76$, $p<0.05$, (e) $y=79.4x + 135.7$, $r^2=0.81$, $p<0.05$, (f) $y=13.6x + 146.7$, $r^2=0.92$, $p<0.01$).

本調査では広葉樹の増加が表層土壌の浸透能を高めることが再確認された。標高や斜面方位といった林の立地条件を変えることは不可能だが、林に適切な管理を加えて洪水調節機能や土砂流出防止機能を高めていくことは、コストの問題が解決されれば可能だろう。今後は改めて、

矢作川上流域の森林の約60%を占める針葉樹人工林でのデータ収集を通し、水源涵養能を高める森林管理の具体案を考えていきたい。

Summary

Species compositions, densities, and basal areas of the trees and infiltration capacities of the soil were examined in stream source area of the Ohgawara basin, Asuke town. Three artificial forests dominated by *Chamaecyparis obtusa* and three broadleaved forests dominated by *Quercus serrata* were selected as study sites. Infiltration capacity of the soil decreased with density and basal area of coniferous trees but increased with basal area of broadleaved trees. Both density and basal area of broadleaved trees having a DBH of 20 cm or larger showed close relationship with infiltration capacity of the soil. It was suggested that the existence of grown broadleaved trees which provide bulk litter to humus layer would be important to improve infiltration capacities of the soil.

引用文献

- 有光一登 (1989) 土の中の水の動き. 森と水のサイエンス, 中野秀章・有光一登・森川 靖 (編): 47-70, 東京書籍.
- 遠藤康裕・永山圭一・中根周歩 (2001) 吉野川流域における針葉樹人工林と自然林の土壤浸透能の比較. 吉野川流域ビジョン 21 委員会.

- 蔵治光一郎 (2003) 森林の公益的機能新解説シリーズ 3, 森林の緑のダム機能 (水源涵養機能) とその強化に向けて. 日本治山治水協会, 東京都.
- 村井 宏・岩崎勇作 (1975) 林地の水および土壌保全機能に関する研究 (I). 林試研報 274.
- 中根周歩 (2003) 「緑のダム」とその喪失. 破壊から再生へアジアの森から, 依光良三 (編): 226-246, 日本経済評論社.
- 森林と水研究会 (1996) 森林と水—主要な研究結果から—. 日本治山治水協会, 東京都.
- 相馬ふきの (2005) 森林の表層土壌の吸水力に関する研究. 椋山女学園大学人間関係学部卒業論文.
- 洲崎燈子 (2002) 広沢川流域における水源林総合調査. 矢作川研究, 6: 21-33.
- 洲崎燈子 (2004) 矢作川源流域の旭町における人工林の調査. 矢作川研究, 8: 171-185.
- 辻村真貴・田中 正・島野安雄 (1991) 川上試験流域における浸潤能と浸潤後の水の流動経路について. 筑波大学農林技術センター演習林報告, 7: 137-161.
- 堤利夫 (1989) 森林の生活. 中央公論社.

- 1) 椋山女学園大学人間関係学部: 〒470-0131
愛知県日進市岩崎町竹ノ山 37 番 234
- 2) 豊田市矢作川研究所: 〒471-0025
愛知県豊田市西町 2-19 豊田市職員会館 1F