

5. 事業3年間の総括

5.1. 筋工の有無による浸透能の差

本事業では、令和3年から本年度までの3年間に人工降雨試験を3年5地区(R3Sus、R4Kur、R4Ino1、R5Ino、R5Shi)において実施した。また、自然降雨試験及び簡易冠水型浸透試験を2年5地区(R4Kur、R4Ino1、R4Ino2、R5Ino、R5Shi)において実施した。ここで、筋工の有無による浸透能の違いを評価する。

調査結果は、調査地によって異なる傾向が見られたため、平均値等を用い筋工の有無別の数値を比較すると図5.1のとおりである。筋工有と筋工無の差を明確にするため、縦軸は対数軸とした。

最初に、筋工の有無によって明確な違いを示しているのは集水部の勾配である。筋工の設置によって背面に堆積土砂による平坦部が形成される。その地形変化が各調査結果の違いを生むことになる。

5地区において実施した人工降雨試験の流出率について、概ね筋工有の方が流出率は低い。R5Inoのみ筋工有の流出率が高くなっているのは、埋戻し時の締固めや、SSを含んだ表面流の流入による筋工背面土砂の堆積状態の変化及び人を含めた動物の踏圧の影響等により、浸透能が低くなって表面流が発生しやすくなったと考えられ、発生した表面流は筋工無と比較してSS濃度は2~3倍高く、SS流出量も6倍以上多い。施工時及び施工後の背面土砂への配慮によって、浸透能を維持・向上させる方法を検討する必要がある。

次に、自然降雨試験の流出率については、令和4年度は調査期間が1か月と短期で寡雨期だったこと、令和5年度については、2か月半程度の調査期間を8月末から設定したものの、台風等の強雨を伴う気象現象が発生しなかったため、顕著な結果は得られなかった。SS濃度については、表面流発生時の初期段階に流送されるSSの量や質の影響を受けるため、筋工有無の違いによる傾向は見られなかったが、SS流出量は、筋工によって表面流の発生が抑制された地区では流出が抑制された。なお、R3Susは200mm/hの降雨強度に加え、筋工有の試験の際、筋工上部で表面流を捕捉したため、大量のSSが流出したと考えられる。また、R5Inoの筋工有については、平坦面に堆積していたSSが再移動した可能性がある。

簡易冠水型浸透試験では、浸透速度を見ると、概ね筋工有の方が速くなっているが、R4Ino1及びR5Inoにおいて筋工有の方が筋工無よりも遅くなっている。2地区について、実施年度は異なるがほぼ同じ立地であるため、表層の土壌の不飽和透水係数の影響を受けていると考えられる。

森林状態の観点では、立木密度や開空率、平均樹高や R_y は、集水枠設置の際、筋工の有無でできる限り同じ条件になるように設定したため差は小さい。しかし、R3SusやR4Shiで下層植生が繁茂しており、筋工の有無で比較すると、筋工有の乾重量の方が大きい。リターについては、筋工によって平坦部ができたことにより筋工有の方が多い。なおR5Inoでは筋工有の方が少なかった。平坦部に表面流が発生しやすく、ヒノキの鱗片化した葉のリター等は堆積させにくい条件にあると考えられる。

土壌については、A層の厚さに差は見られないが、A層の硬度については筋工有の方が硬い傾向があり、筋工の背面堆積土砂が硬くなっていると考えられる。根系重量については筋工有が多い傾向にあり、筋工の背面堆積土砂に周辺植生からの根系が侵入して発達している可能性がある。なお、土壌の乾燥密度や強熱減量に顕著な差は見られない。また、飽和透水係数は、A層とB層の違いをみると、B層の飽和透水係数が高くなる傾向があるが、この原因は不明である。

最後に人工降雨試験における最大浸透能について、R5Inoを除き、筋工有の方が大きい値を示している。R5Inoは筋工背面の堆積土砂が筋工無の土壌よりも透水性が小さくなったことによるものと考えられる。

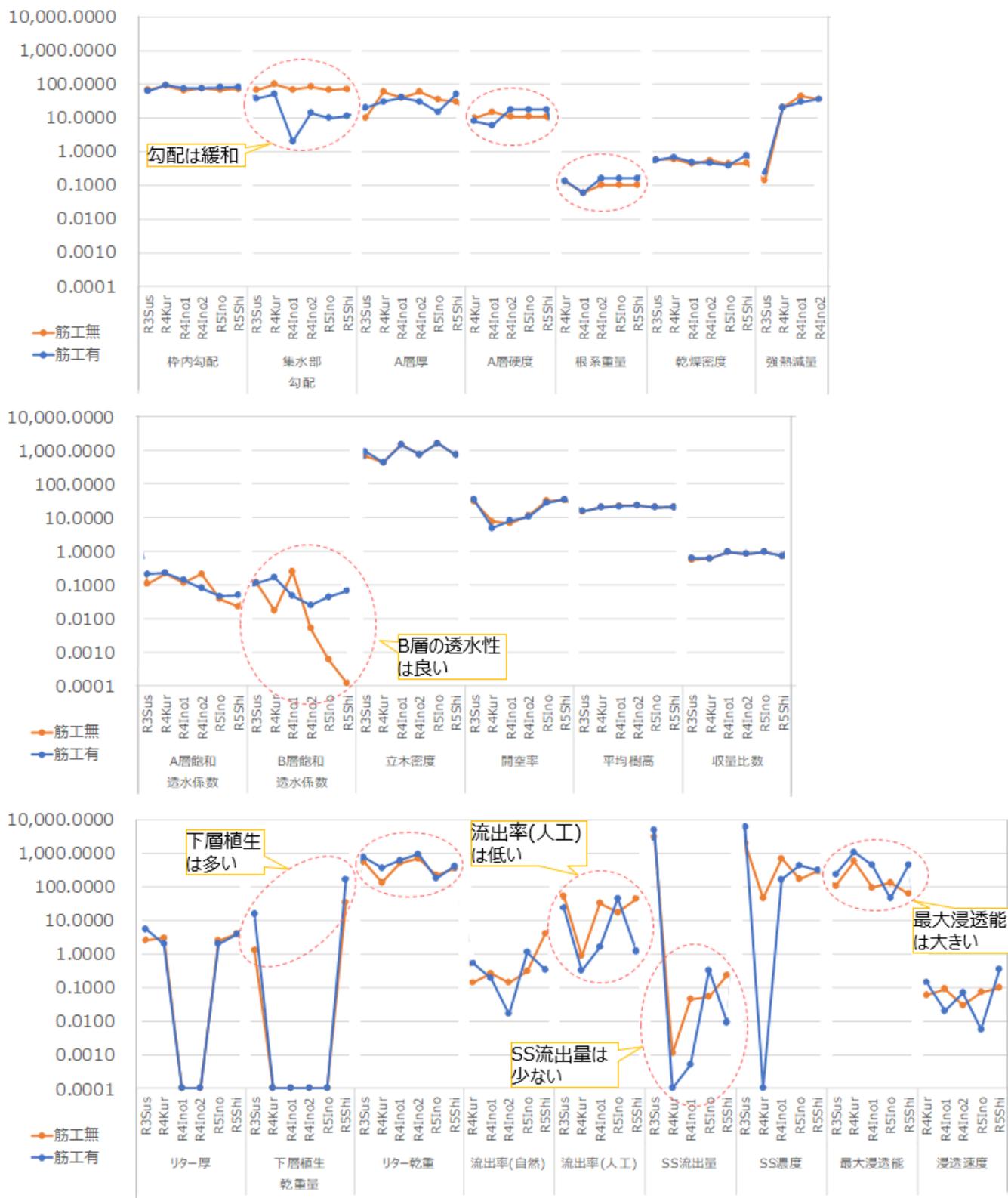


図 5.1 筋工有と筋工無の比較

5.2. 最大浸透能による筋工の評価

最大浸透能の数値をもとに筋工の浸透能を評価すると、過去3年間の調査対象となった立地では、筋工有は筋工無に比べて浸透能が高くなる傾向が認められた。浸透能は斜面の表層土の透水係数(浸透速度)の影響を受け、筋工有における平坦部の浸透能は、筋工背面の堆積物の堆積状態の変化(=透水係数や浸透速度の変化)に強く影響を受けることが想定された。

表 5.1 事業3年間の総括

年度	試験地	最大浸透能		試験結果、筋工有無の違い、その要因等	
		筋工有	筋工無		
R3	清川	233.0	> 2.2	106.3	人工降雨試験の試行として実施したため、自然降雨試験及び簡易冠水試験は実施していない。スギヒノキの混交で下層植生が繁茂、リターはスギの葉の堆積がみられ、筋工有の方が厚く堆積し乾重量も多い。筋工によってリターが堆積しやすくなっていた。 筋工有の最大浸透能は234.1mm/hと北山2(H21)のヒノキと同程度(文献No. 2012_12)。SS流出量は筋工の有無ともに多いが、降雨強度が大きかったことが影響していると考えられる。特に筋工有では、筋工の堆積部に集水装置を設置したため、表面流内のSS流出量が多かった。
R4	玄倉	1072.4	> 1.9	579.0	花崗岩地帯で2次マサの崩積性の砂質土壌地帯。下層植生は少なく表土が容易に移動し、筋工ありの背面平坦部は堆積土砂で消失している。 筋工の背面勾配は50%と、その上部斜面の勾配(95%)に近づき流送しやすい砂質土壌が堆積していた。浸透能の観点では、土壌の飽和透水係数は大きく、かつ簡易冠水型試験の浸透速度も速く土質の影響を受けていた。筋工の有無に関わらず、最大浸透能は高いが、筋工によって概ね2倍の差があった。
	猪之頭1	440.4	> 4.7	94.7	下層植生が消失して、リター堆積はわずかである。土壌表層には土柱が目立ち表面侵食が顕著である。微細な凹地形が確認されたが、筋工の背面土砂によって平坦面が形成されているため、筋工の下部に凹地形の影響はなくなっている。 自然降雨試験では、筋工の有無の違いにおいて表面流の流出率に差が生じなかった。しかし人工降雨試験では筋工有の表面流の流出率が低く、最大浸透能は筋工無と比較して4.7倍の違いを示した。
	猪之頭2				人工降雨試験は実施していない。当該地区は、林齢は60年生で立木の平均直径が大きい。 簡易冠水型浸透試験では、筋工の有無で差は生じなかったが、筋工有のB層の透水性は大きかった。また、筋工無と比較して表面流の流出率が小さく、SSの流出量も少なかった。
R5	猪之頭	45.4	< 0.3	133.8	R4の猪之頭1と同じ場所で開催。しかし最大浸透能は筋工有は筋工無の3割にとどまり、筋工無の方が大きくR4の結果と逆となった。 土壌表面は深さ30cm程度まで黒色土。人工降雨試験では、筋工有において筋工背面が湛水し、ヒノキのリターが浮遊して流送した。表面流はSS濃度、SS流出量ともに筋工無よりも多く、筋工背面の堆積物が再移動したと考えられた。2回目及び3回目の試験で堆積土砂を一部除去あるいはすべて除去すると最大浸透能が筋工無に近づいた。 筋工有の背面土砂は、自然降雨のたびに表面流中のSSが蓄積されること、また、その蓄積により背面土砂の透水性が変化する可能性が示唆された。また、人を含めた動物の踏圧等の影響を受け、浸透能が低下することが考えられた。
	白糸	446.3	> 7.2	61.8	斜面上部の作業道開設による盛土で被覆され、筋工背面は崩積土が堆積していた。筋工背面の平坦部は礫交じり土で、簡易冠水型浸透試験では円筒の挿入が困難であった。 筋工有の人工降雨試験では、降雨強度を増加して繰り返し試験を実施したが、表面流は発生せずすべて浸透した。最大浸透能は筋工無と比較して7倍以上の差となった。筋工背面の土壌断面観察では、黒色土と下層の黄色土の層界付近が不明瞭となっており、黒色成分が重力水によって黄色土に浸潤したと考えられた。筋工背面に透水性の大きい背面土砂があると、斜面の土砂の移動抑制とともに、土層下部への浸透を促進していることが想定された。

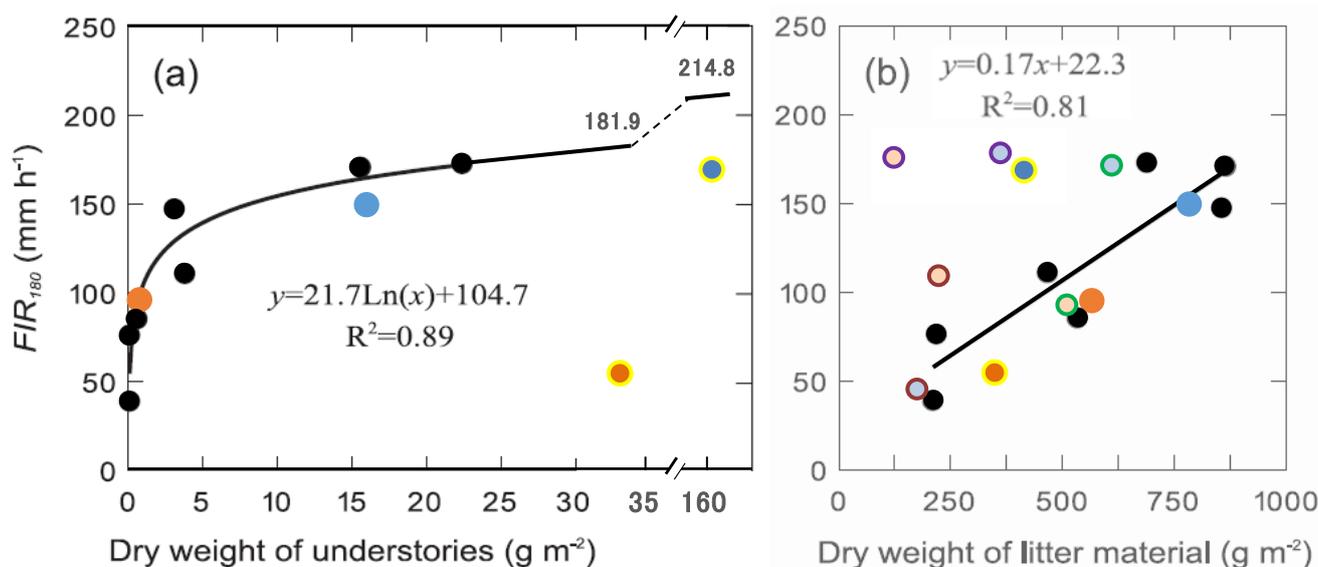
5.3. 最終浸透能と下層植生やリターの乾重量との関係

5.1 における筋工有及び筋工無の比較において、下層植生やリター量に差が生じているように見受けられた。加藤ら(文献No.2008_11)及び平岡ら(文献No.2010_1)他機関による調査では、最終浸透能は下層植生乾重量やリター乾重量と相関が高いという結果が得られている。また、林野庁の過年度業務(文献No.2012_13)では、最終浸透能と各因子との関係を検討した結果、最終浸透能はヒノキ林では A 層厚、下層植生乾重量及びリター乾重量と相関があり、特に下層植生乾重量との相関が極めて高いことが示されている。

そこで、本事業の過去 3 年間の調査で得られた下層植生及びリターの乾重量と、最大浸透能の計算式をもとに、降雨強度 180mm/h における浸透能(FIR₁₈₀)の関係を加藤らのグラフ上に示すと図 5.2 のとおりである。

浸透能と下層植生乾重の関係について、令和3年度の清川村については、筋工有及び筋工無ともに既往の線形とはほぼ一致する。一方、令和5年度の白糸地区では、筋工有は近似式に近い値を示すが、筋工無は近似式よりも低い値を示す。

浸透能とリター乾重との関係は、表層の土質が浸透能に大きく影響を及ぼしていると思われる R4Kur における筋工有及び筋工無と、R5Shi の筋工有を除き、近似式と概ね同じ傾向を示している。



年度	調査地	筋工有無	凡例	FIR ₁₈₀ mm/h	下層植生 g/m ²	リター g/m ²
R3	清川村	有	●	151.1	15.4	776.6
		無	●	99.3	1.3	562.6
R4	玄倉	有	●	178.3	-	366.8
		無	●	174.4	-	133.3
	猪之頭1	有	●	170.6	-	616.8
		無	●	90.5	-	504.2
R5	猪之頭	有	●	45.4	-	178.1
		無	●	116.8	-	222.5
	白糸	有	●	170.8	161.1	410.0
		無	●	61.5	33.8	347.9

図 5.2 リター乾重量と最終浸透能の関係¹⁶

¹⁶ 加藤ら(文献No.2008_11)のグラフを加筆・編集した。

5.4. 簡易冠水型浸透試験の評価

令和5年度では4.3のとおり、筋工有を平坦部、筋工無を斜面部として、データを整理し、斜面部では0.01~0.1cm/secの値を示すこと、平坦部では、筋工の背面土砂の堆積状態によって、結果が異なる傾向を把握した。令和4年度の調査結果を令和5年度と同様、平坦部と斜面部に区分して浸透速度を比較すると図5.3のとおりである。

斜面部においては各地区ともに0.012~0.11cm/secの範囲を示した。一方、平坦部は斜面部よりも遅い場合(R4Ino1、R5Ino、0.001~0.013cm/sec)、速い場合(R5Shi、R4Kur、0.016~0.14cm/sec)及び変わらない場合(R4Ino2、0.012~0.019cm/sec)があった。

浸透能の観点で筋工背面の平坦部は、様々な影響を受けて浸透能が変化していることが想定される。施工段階では背面土砂の埋戻し方法によって透水性が変化する可能性があり、施工後は人を含めた動物による踏圧の影響を受ける可能性がある。また、人工降雨試験や自然降雨試験のSS濃度やSS流出量の評価の結果、表面流が平坦部に流れ込む頻度や規模、表面流中に含まれるSS濃度等で平坦部の堆積土砂の透水性に影響を与えている可能性がある。

そのような条件のもとで、簡易試験方法であっても手順を定めることにより、浸透能の大まかな違いを示すことができることが示唆された。

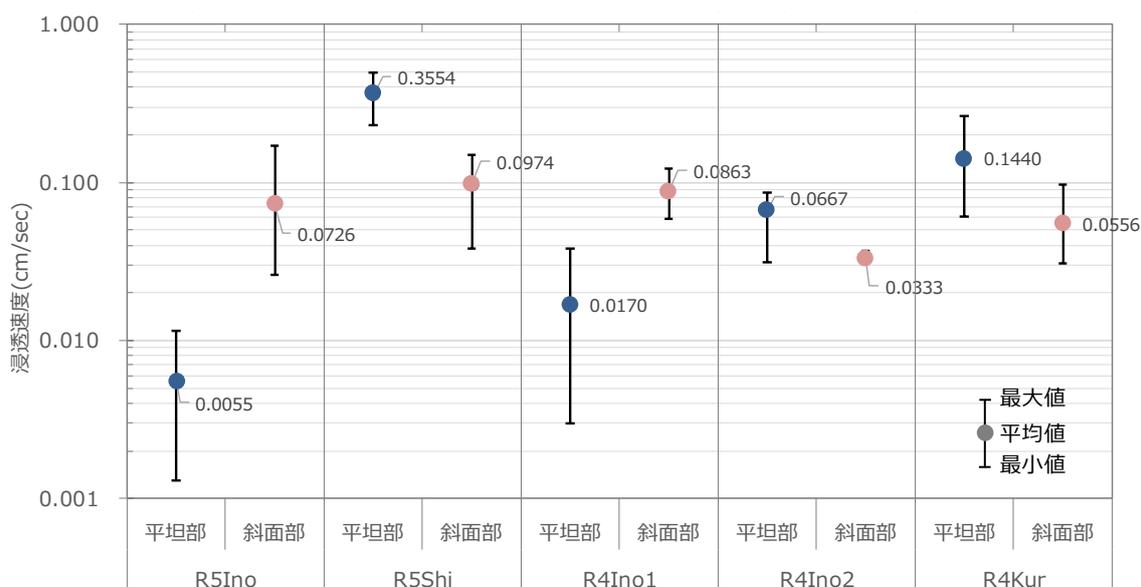


図 5.3 過年度を含めた簡易冠水浸透試験の結果(平坦部と斜面部)

5.5. 最大浸透能と各要素の関係

人工降雨試験を実施した5地区の筋工有及び筋工無(合計10箇所)について、最大浸透能を基準(Y軸)として、調査の結果得られた個別数値(21項目)との関係を図化すると図5.4のとおりである。データが少ない上、様々な条件において取得したため、ここでは過年度の林野庁調査(文献No.2012_13)における検討手法に倣い、決定係数(R^2 値)0.4以上を参考としつつ概ねの傾向をつかむことを目的とした。正の相関にあると思われるのは柾内勾配、A層厚、表層土壌の乾燥密度、A層の飽和透水係数及び下層植生乾重であった。このうちあらためて柾内勾配と表層土壌の乾燥密度、柾内勾配とA層飽和透水係数及び表層土壌の乾燥密度とA層飽和透水係数の関係を確認したが、関係は認められなかった。

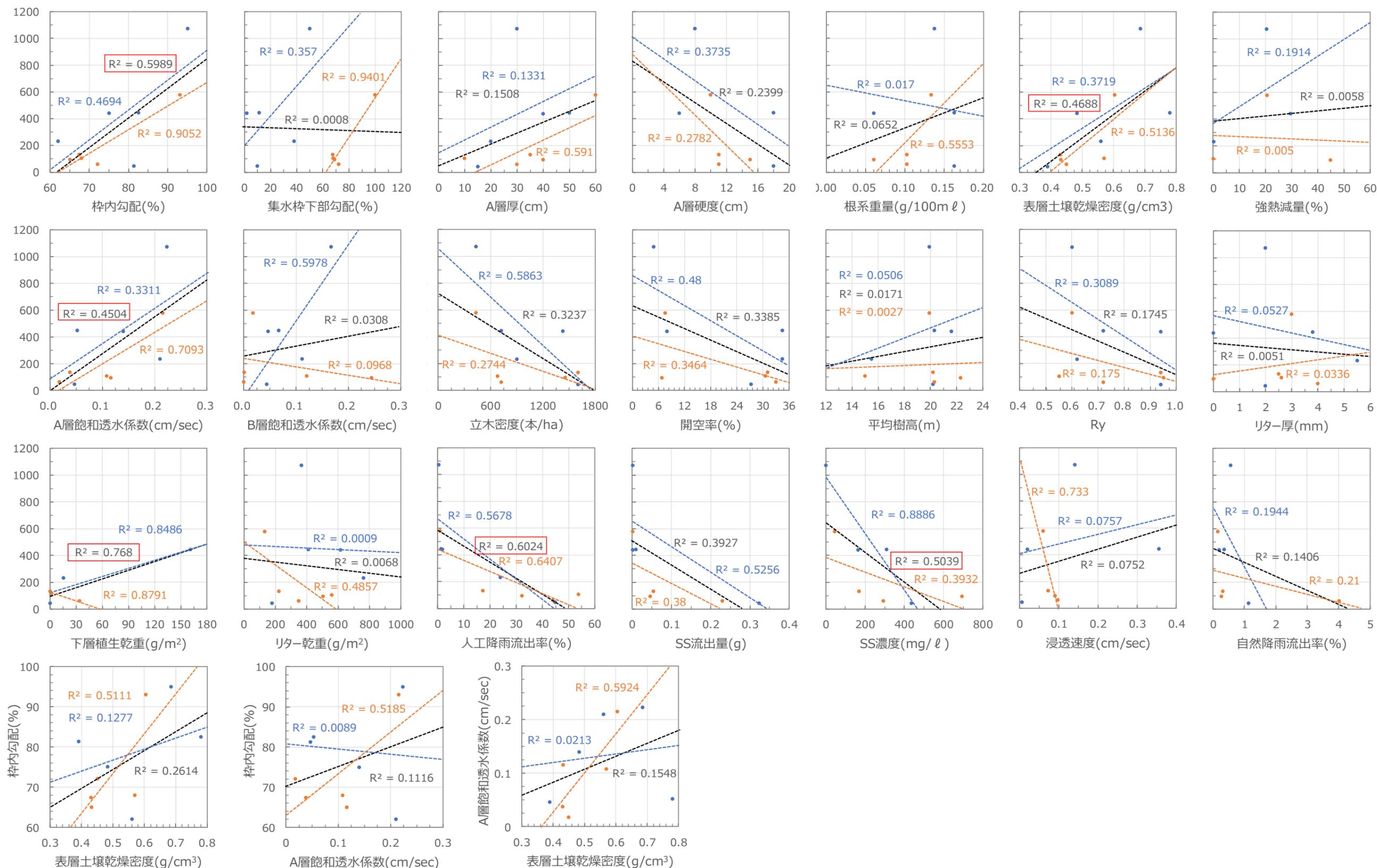


図 5.4 最大浸透能と各因子の相関確認

5.6. 既往文献の最大浸透能及びRyとの比較

山口県(文献No.2009_4)、石川県(文献No.2012_3)及び林野庁(文献No.2012_13)の人工降雨試験に関する資料(整理表は表 5.2 参照)をもとに、田中・時岡式(文献No.2007_16)により作成した最大浸透能グラフは図 5.5 左図のとおりである。

試験地の林相について、山口県はヒノキと一部スギ、石川県はスギとアテ(ヒノキアスナロ)、及び林野庁はヒノキとスギを対象としている¹⁷。加えて、山口県及び石川県のデータは、森林整備実施前(未整備林)及び実施後(整備済林)に区分して調査が実施されており、ヒノキ未整備林の最大浸透能は概ね 0~100mm/h の範囲、ヒノキ整備林は 100~200mm/h 以上の値を示し、整備済林と未整備林の最大浸透能の境界は 100mm/h 付近となった。一方、スギ未整備林は 140~330mm/h、スギ整備林は 200~360mm/h と、ヒノキ林のような境界を見出すことができなかった。

この結果と本事業によって得た最大浸透能グラフ(図 5.5 右図)を比較すると¹⁸、筋工無の林分の最大浸透能はヒノキ未整備林の領域に該当し、筋工有の林分の最大浸透能はヒノキ整備済林、もしくはスギ林の領域に該当する。このことは、ヒノキの未整備林に相当するような浸透能の低い森林であっても筋工の施工により、整備されたヒノキ林と同等以上の最大浸透能をもつ森林へ誘導できることを示唆している。ただし、R4Kur と R5Ino は異なる傾向を示している。

ここで山口県、石川県及び林野庁の文献における試験実施林において、本事業と同様に Ry を算出した結果は表 5.2 のとおりであり、その数値と最大浸透能の関係を見ると図 5.6 のとおりである。スギについては、整備済林と未整備林の間で、Ry と最大浸透能の関係に傾向は見られない。それに対し、ヒノキ未整備林は Ry が高く最大浸透能は低い傾向にある。一方、ヒノキ整備済林は Ry 0.56~0.9 と幅をもつものの、最大浸透能は未整備林よりも平均的に高い値を示す傾向が認められる。このことは、少なくともヒノキ未整備林のような最大浸透能の低い森林においては、本数調整伐による Ry の調整により、最大浸透能を向上させる可能性を示していると考えられる。

保安林整備において、本数調整伐と筋工を組み合わせることにより、当該森林の最大浸透能の改善効果がより高まることが期待される。ただし R4Kur においては、筋工無の状態でも十分最大浸透能が高くなっており、このことは表層の土質条件等によっては、筋工の設置による浸透能への寄与が小さい立地があることを示している。このような立地では、従来どおりの雨水の分散による侵食防止等を主たる目的として筋工を設置することになる。また、R5Ino の筋工有の事例のように、筋工の施工によっては筋工の背面土砂の土質や堆積状態等、施工後の環境条件によって、施工前の浸透能よりも低下することがある。

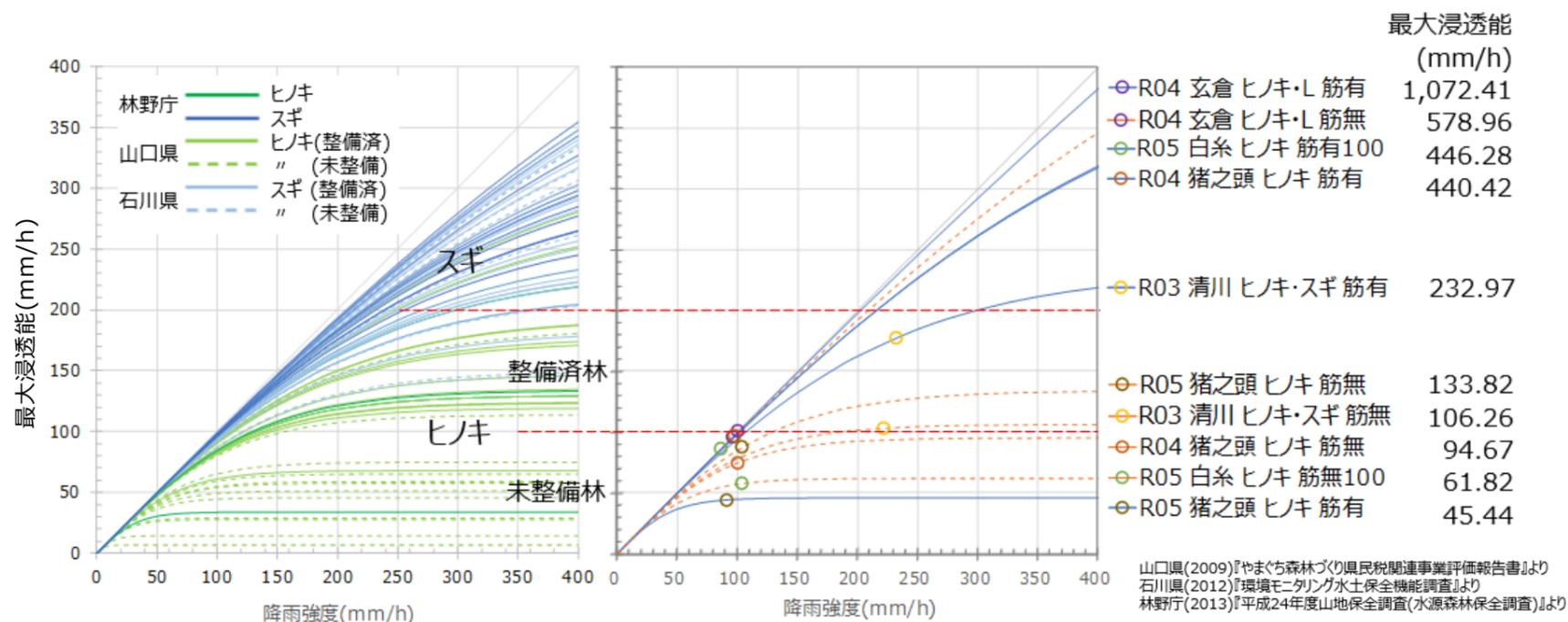


図 5.5 既往文献の林相別最大浸透能と本事業の最大浸透能の関係

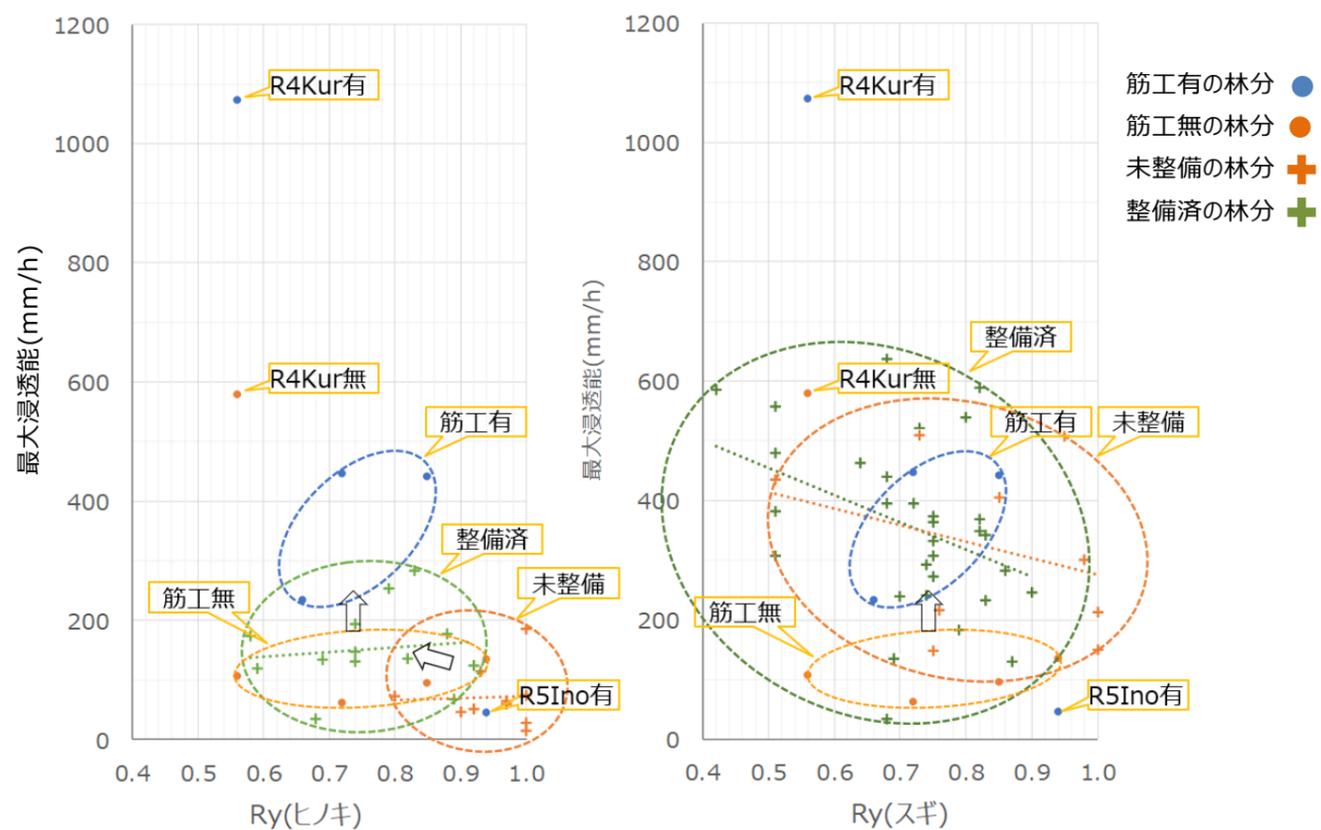


図 5.6 樹種別 Ry と最大浸透能の比較(筋工有及び筋工無、未整備林及び整備済林)

¹⁷ 石川県のデータのうちアテ(ヒノキアスナロ)は使用しなかった。

¹⁸ 人工降雨試験を実施し最大浸透能を得た試験のうち、参考値扱いのデータ及び同じ立地で繰り返した試験については、他地区や文献結果と比較する上で不採用とした。

表 5.2 既往文献と本事業における最大浸透能と林相(Ry)の整理¹⁹

出典	区分	調査年度	箇所	林齢	標高(m)	斜面方位	傾斜(°)	密度(本/ha)	樹高(m)	上層樹高(m)	Ry	胸高直径(cm)	降雨強度(mm/h)	FIR(mm/h)	FIRmax(mm/h)					
林野庁		H21年度	H21 北山1	スギ	北200(H24)	36	770		39	1275	21.0	21.0	0.82	24.3	174.80	161.50	348.79			
			H21 北山1	スギ	南200	36	770		37	1275	21.0	21.0	0.82	24.3	192.70	186.10	588.68			
			H21 北山1	ヒノキ	(H24)	38	760		30	1875	16.0	16.0	0.87	18.7	188.30	116.20	129.67			
			H21 北山2	スギ	東200	33	1070		30	1331	15.0	15.0	0.68	19.6	183.30	171.20	395.27			
			H21 北山2	スギ	西200	33	1070		25	1331	15.0	15.0	0.68	19.6	179.50	174.90	637.29			
			H21 北山2	ヒノキ		33	1050		23	1868	13.0	13.0	0.76	16.8	176.60	149.30	234.11			
山口県	整備区	H17年度	H17 山口1	ヒノキ	整備区41	41	340 E	40	1417	18.8	18.8	0.87	24.7	196.14	113.82	123.82				
			H17 山口2	ヒノキ	整備区36-44	36	500 WSW	38	1424	17.5	17.5	0.83	22.6	168.83	151.43	284.26				
			H17 山口3	ヒノキ	整備区36-44	36	140 S	15	1015	17.3	17.3	0.72	21.4	178.02	163.26	338.75				
			H17 山口4	ヒノキ	整備区44	44	70 NNW	30	910	18.9	18.9	0.74	25.8	185.84	125.36	147.16				
			H17 山口5	ヒノキ	整備区45	45	135 W	29	1019	17.9	17.9	0.74	25.2	202.14	151.02	193.89				
			H17 山口6	スギ・ヒノキ	整備区42	42	440 SW	35	1380	19.1	19.1	0.87	23.8	189.01	145.45	193.50				
			H17 山口7	スギ	整備区48	48	205 NNW	35	1136	23.5	23.5	0.83	29.7	193.19	174.95	341.85				
			H18 山口8	ヒノキ	整備区53	53	200 NE	32	1165	20.9	20.9	0.88	25.3	186.31	138.79	177.62				
			H18 山口9	スギ・ヒノキ	整備区39-43	39	235 N	36	1128	18.3	18.3	0.79	21.3	186.54	158.94	253.99				
			H19 山口10	スギ・ヒノキ	整備区39-43	39-43	190 NE	30	1000	20.0	20.0	0.80	23.4	195.05	154.73	214.91				
			H19 山口11	ヒノキ	整備区39	39	540 NNW	41	1266	17.8	17.8	0.81	24.6	187.94	116.42	130.15				
			H19 山口12	ヒノキ	整備区50	50	280 S	46	1273	20.4	20.4	0.89	25.2	198.17	67.61	68.01				
			H19 山口13	ヒノキ	整備区37	37	170 NW	47	750	16.2	16.2	0.58	21.3	164.18	128.30	174.29				
			H19 山口14	ヒノキ	整備区43	43	170 E	43	1893	17.8	17.8	0.92	21.9	167.54	108.62	124.37				
			H19 山口15	ヒノキ	整備区38	38	50 S	30	1012	18.1	18.1	0.75	20.9	209.62	123.46	135.06				
	H19 山口16	ヒノキ	整備区36-44	39-43	200 WNW	35	1064	13.8	13.8	0.59	18.7	195.29	110.81	119.61						
	未整備区	H17年度	H17 山口17	ヒノキ	未整備区41	33	330 SW	40	3002	16.8	16.5	1.00	17.3	195.31	14.47	14.47				
			H17 山口18	ヒノキ	未整備区36-44	40	480 N	35	1631	20.1	21.1	0.97	20.5	176.67	64.71	65.29				
			H17 山口19	ヒノキ	未整備区36-44	31	140 W	29	2139	13.7	14.4	0.84	14.2	184.85	28.73	28.73				
			H17 山口20	ヒノキ	未整備区44	34	80 N	42	2206	15.6	16.4	0.92	20.4	178.46	50.90	50.99				
			H17 山口21	ヒノキ	未整備区45	37	150 SSE	25	3125	16.5	16.2	1.00	20.1	202.47	147.87	185.37				
			H17 山口22	ヒノキ	未整備区42	50	410 WNW	28	3167	14.3	15.0	0.97	16.3	197.89	83.41	85.01				
			H17 山口23	スギ	未整備区48	58	210 WSW	34	3000	23.1	18.2	1.00	28.5	186.79	150.07	212.73				
			H18 山口24	ヒノキ	未整備区53	60	240 W	40	1142	22.2	23.3	0.93	31.2	201.16	107.44	113.92				
			H18 山口25	ヒノキ	未整備区39-43	29	205 E	30	1752	15.5	16.3	0.85	22.9	199.98	28.02	28.02				
			H19 山口26	ヒノキ	未整備区39-43	36-39	270 SW	32	1553	14.9	15.6	0.79	20.3	202.64	72.80	73.38				
			H19 山口27	ヒノキ	未整備区39	41	540 SSW	45	2255	18.8	18.1	0.98	21.2	186.70	27.34	27.34				
			H19 山口28	ヒノキ	未整備区50	50	285 NNW	34	2539	16	19.1	1.03	19.5	183.96	6.72	6.72				
			H19 山口29	ヒノキ	未整備区37	37	170 W	40	1878	16.3	17.1	0.90	20.4	173.78	45.74	45.79				
			H19 山口30	ヒノキ	未整備区43	43	170 ESE	44	2877	17.1	16.9	1.00	20	181.06	73.54	74.70				
H19 山口31			ヒノキ	未整備区38	36	105 SW	35	2510	17.5	18.4	1.01	20.6	180.29	58.85	59.11					
H19 山口32	ヒノキ	未整備区36-44	39-43	200 W	36	2031	15.4	16.2	0.89	20.6	222.57	57.57	57.62							
石川県	整備区	H19年度	H19 石川1	スギ	整備区51-60	51-55	200 SE	28	560	25.6	25.6	0.68	34.2	170.10	162.10	439.91				
			H19 石川2	スギ	整備区56-60	56-60	120 E	38	1390	15.7	15.7	0.74	23.3	170.60	146.80	240.68				
			H19 石川3	スギ	整備区56-60	56-60	510 SE	6	900	20.9	20.9	0.74	28.1	177.80	158.70	292.60				
			H19 石川4	スギ	整備区31-40	31-40	110 S	21	740	19.4	19.4	0.64	30.7	193.90	183.30	462.85				
			H19 石川5	スギ	整備区56-60	56-60	260 W	32	1410	18.3	18.3	0.82	24.2	206.70	187.40	368.00				
			H19 石川6	スギ	整備区61-65	61-65	370 W	16	930	26.7	26.7	0.86	32.8	149.40	136.80	281.60				
			H19 石川7	スギ	整備区41-45	41-45	40 SE	30	690	28.6	28.6	0.80	35.6	179.00	172.70	539.14				
			H19 石川8	スギ	整備区51-55	51-55	160 NE	48	1490	16.8	16.8	0.79	21.2	188.00	141.30	182.64				
			目標林	石川9	スギ	目標56-60	56-60	90 N	26.5	610	28.1	28.1	0.75	48.5	186.20	171.40	362.70			
			目標林	石川10	スギ	目標91-95	91-95	530 SE	24	870	30.5	30.5	0.90	50.5	168.60	146.30	245.50			
			目標林	石川11	スギ	目標86-90	86-90	360 SW	29.5	1030	18.9	18.9	0.73	31.6	180.60	173.70	521.10			
			未整備区	H20年度	H20 石川12	スギ	整備区51-55	51-55	120 SW	30	570	14.6	14.6	0.42	33.1	185.80	179.80	585.30		
					H20 石川13	スギ	整備区51-55	51-55	360 E	40	1170	21.6	21.6	0.83	35.4	188.70	156.00	233.01		
					H21 石川14	スギ	整備区61-65	61-65	120 SW	37	1370	14.6	14.6	0.70	19.9	179.50	151.90	238.70		
					H21 石川15	スギ	整備区56-60	56-60	170 W	30	460	32.1	32.1	0.72	52.9	177.20	166.20	395.06		
	H19年度	H19 石川16			スギ	未整備区41-45	41-45	130 W	33	1900	11.7	12.3	0.73	19.0	177.90	171.00	509.22			
		H19 石川17			スギ	未整備区41-45	41-45	90 NNW	34	1200	17.1	18.0	0.76	22.2	169.50	141.40	215.19			
		H19 石川18			スギ	未整備区56-60	56-60	490 E	35	2190	26.2	21.5	1.00	28.2	190.10	127.80	149.68			
		H19 石川19			スギ	未整備区61-65	61-65	330 E	20	530	29.2	30.7	0.75	47.4	153.60	114.70	147.20			
		H19 石川20			スギ	未整備区56-60	56-60	360 SW	37.5	500	18.3	19.2	0.51	33.8	182.90	172.80	434.80			
		H19 石川21			スギ	未整備区51-55	51-55	40 W	37	1870	21.1	22.2	0.98	25.2	191.10	168.90	300.20			
		H19 石川22			スギ	未整備区56-60	56-60	220 SE	35	2240	13.7	14.4	0.85	19.2	176.10	165.80	405.10			
		H19 石川23			スギ	未整備区71-75	71-75	160 NW	29	2280	17.3	18.2	0.95	19.6	206.40	195.70	506.86			
		林野庁			H24年度	H24 北山1	スギ	北200	39	770		39	875	22.2	23.3	0.75	26.2	162.20	145.40	272.33
						H24 北山1	スギ	南200	39	770		37	875	22.2	23.3	0.75	26.2	166.30	151.80	307.70
						H24 北山1	ヒノキ		41	760		30	975	15.6	16.4	0.69	20.9	182.30	117.50	134.09
			H24 北山1	スギ		北300	39	770		39	875	22.2	23.3	0.75	26.2	244.90	208.40	331.98		
			H24 北山1	スギ		南300	39	770		37	875	22.2	23.3	0.75	26.2	247.60	216.60	372.49		
			H24 北山2	スギ		東200	36	1070		30	650	16.3	17.1	0.51	22.2	162.00	148.50	307.40		
			H24 北山2	スギ		西200	36	1070		25	650	16.3	17.1	0.51	22.2	159.60	150.90	381.55		
H24 北山2	ヒノキ			36		1050		23	1225	13.4	14.1	0.68	16.5	157.40	34.00	34.01				
H24 北山2	スギ		東300	36		1070		30	650	16.3	17.1	0.51	22.2	249.40	229.10	479.46				
H24 北山2	スギ		西300	36		1070		25	650	16.3	17.1	0.51	22.2	241.70	227.60	557.19				
本事業	R3年度		R03 清川	ヒノキ・スギ		筋有	24	485 E	36	900	15.5	16.3	0.66	23.7	232.90	177.40	232.97			
			R03 清川	ヒノキ・スギ		筋無	24	493 E	36	675	15.0	15.8	0.56	23.5	222.80	103.10	106.26			
			R04 玄倉	ヒノキ・L		筋有	104	700 WSW	42	368	20.8	22.2	0.56	30.5	101.30	101.00	1072.41			
			R04 玄倉	ヒノキ・L		筋無	104	700 WSW	43	368	20.8	22.2	0.56	30.5	97.10	96.20	578.96			
			R04 樺之頭	ヒノキ		有100(参)	40	780 SSE	37	1300	21.6	21.8	0.92	24.4	105.10	104.50	800.12			
		R04 樺之頭	ヒノキ	無100(参)	40	780 SSE	33	1375	22.3	22.4	0.94	24.8	97.10	79.10	114.87					
	R4年度	R04 樺之頭	ヒノキ	筋有	60	900 SSW	36													

5.7. 本事業を踏まえた提案

治山施設の簡易木製構造物に位置づけられる筋工について、今後の流域治水に向けた取組の中で役割を担い、期待される機能を発揮させる必要がある。本事業における成果は、短期間かつ事業立地が限定的であるため、全ての立地における筋工の計画検討資料としては不十分な状況である。しかし、従来の経験に基づく判断だけでは技術に進展は望めず、科学的根拠に基づく判断のもとでPDCA サイクルを適用し、流域治水へ向けてよりよい取組を展開することが重要である。

治山技術基準では、筋工の施工目的として「斜面の雨水の分散を図り、地表侵食を防止するとともに、植生の早期導入のための生育環境の改善を図ること」と記されている。流域治水に向けて施工立地の地表侵食を抑止し、緑化基礎工の役割に加えて森林域の浸透能や保水能の保全や向上という役割を期待する、保安林整備における筋工の構造や施工方法に関して以下のとおり提案する。

5.7.1. 本事業を踏まえた保安林整備での筋工設置の留意点

- 筋工で平坦部を形成することにより、雨水の分散を図り表面侵食を防止するだけでなく、浸透能を向上させる効果も期待される。
- 筋工は横木1本であっても一定の効果は得られるが、形成される平坦面が広いほど効果は高まると考えられるため、横木を複数本とすることで平坦面が広がり、より浸透能を向上させる効果が高まると考える。
- 浸透能は、下層植生量やリター量と正の相関があるとされており、本事業においても一部の地区を除いて概ね同様の傾向が見られた。リター量を増やすことが浸透能の向上につながることから、筋工の設置により斜面勾配を緩和することで、リターが溜まりやすい環境を作ることができると考えられる。また、本数調整伐により光環境を改善し、下層植生の導入を促すことも浸透能の向上につながると考える。
- 筋工背面の埋戻し土については、締め固めると透水性が悪くなると考えられることから、施工の際には締め固め過ぎないことが望ましい。また、森林内の移動の際には、筋工背面の平坦部を歩くことは避けることが望ましい。
- 筋工背面を埋め戻さない場合であっても、代わりにリター(枝条等)を投入する等の工夫をすることによりことにより、浸透能が向上する可能性がある。

5.7.2. 事業実施主体における浸透能の把握方法

- 保安林整備と併せた筋工の設置を普及・推進していく上では、事業実施主体が自ら筋工設置による効果を把握することが有効と考える。
- 浸透能は、下層植生量やリター量と正の相関があるとされていることから、リター量を計測することにより、浸透能をある程度推察することができる。
- 本事業での結果において、浸透能と正の相関がみられた要素は、表層土壌の乾燥密度及びA層の飽和透水係数等である。そのため表層土壌のサンプルを採取し、乾燥密度や飽和透水係数を計測すれば、浸透能をある程度推察可能と思われる。
- より直接的に浸透能を計測する場合、費用対効果を考慮すると本事業で実施したような簡易冠水型試験が想定される。その際に森林土壌は均質ではないことから、①使用する円筒はできる限り直径を大きくすること、②試験回数はできる限り多く確保することが望ましい。
- 本格的に浸透能を計測する場合は、土壌だけでなく筋工の構造を含めて計測することが望ましく、本事業が実施した計測方法も参考になると考える。