

環境モニタリング水土保全機能調査

—振動ノズル式降雨実験装置を用いた浸透能野外試験—

小倉 晃・恩田裕一^{*}・小松 義隆^{*}

要旨：石川県では平成 19 年度から「いしかわ森林環境税」を導入し、水源地域を中心に手入れ不足人工林の強度間伐を行い、森林の公益的機能の確保に努めている。そこで、強度間伐による森林の水源涵養機能の回復効果について調査を実施した。調査対象林は石川県内のスギ、アテ（ヒノキアスナロ）人工林で、このうち間伐実施前、強度間伐実施後、目標林（下層植生が豊かで健全な森林）の合計 42 箇所で、振動ノズル型散水装置を使用して、地表流量や地表流中の土砂濃度を測定した。調査の結果、間伐実施前の手入れ不足人工林の浸透能は、強度間伐をすることによって高まり、流出水中の土砂濃度も減少することがわかった。

キーワード：強度間伐、最大浸透能、浸透強度、振動ノズル式降雨実験装置、土砂流出

I はじめに

石川県には県土の約 7 割を占める森林があり、戦後の荒廃林地復旧等のために、植林が急速に進められ、約 99 千 ha の人工林（民有林）が造成されている。これまで、森林の持つ機能は、森林整備を通して維持されてきたが、近年の木材価格の低迷等による林業採算性の悪化、山村の過疎化などにより、山間奥地にある人工林では間伐が困難となり、森林は荒廃し、水源のかん養や山地災害の防止といった、森林の持つ公益的機能の低下が懸念されている。このようなことから、石川県では平成 19 年度から「いしかわ森林環境税」を導入し、水源地域を中心に手入れ不足人工林の強度間伐を行い、森林の公益的機能の確保に努めている。そこで、いしかわ森林環境税の導入効果について検証する必要があるため、いしかわ森林環境税と同様の目的で実施されたやまぐち森林づくり県民税事業の導入効果検証（山口 2009）と同様の方法で水土保全機能調査を行った。検証方法とは人工降雨装置を使用した現地計測法である。なお、いしかわ森林環境税の導入効果については、水土保全機能調査の以外にも生物多様性保全機能（下層植生、昆虫類、鳥類）について行っている。

II 方法

1 調査地

調査は石川県内 40 箇所（42 試験）で実施した（表 1）。調査地の内訳は、スギ 24 箇所（26 試験）、アテ（ヒノキアスナロ）16 箇所（16 試験）で、環

境林整備事業実施前 13 試験、事業実施後 21 試験、目標林 6 試験、その他 2 試験となっている。なお、目標林とは強度間伐施工後 5～10 年経過したと想定する林床植生の多い林分である。なお、調査は平成 22 年 7 月 29 日から 8 月 8 日におこなったことから、事業実施後は 1、2、3 年目がある。

2 調査方法

散水試験には、振動ノズル式散水装置（加藤 2008）を用いた（図-1）。集水枠は水平投影面積が 1 m² となるように下方を除く 3 辺を畦波板で打ち込み囲い、枠の斜面下端はアルミ製の集水トレーを設置し、枠内の地表流を集水した。トレーの末端部にホースを設け、メスシリンダーに回収された水の量を 1 分毎に測定した。自然の林床降雨条件を再現するために、散水高度を約 2 m に設定し、雨滴は振動ノズルの噴射により林内雨滴再現している。なお、散水実験では、集水枠内と集水枠外の水分量をほぼ同一とするために、集水枠外へも同時に散水を行っているため、送水量が直接に降雨強度を再現するものとはなっていない。このため、試験終了後に降雨強度を算出するために枠内に不透水性シートを張り 5 分間散水を行い、流出量を測定した。

流出水中に含まれる流出土砂量の測定は、地表流計測後の流出水を開始から 5 分毎に回収し、回収した流出水はよく攪拌した後、1 ㍤をサンプリングし、水質分析における SS 計測と同様の方法で分析を行った。

枠内の下層植物については、散水試験後に全て

^{*}筑波大学大学院生命環境学研究科

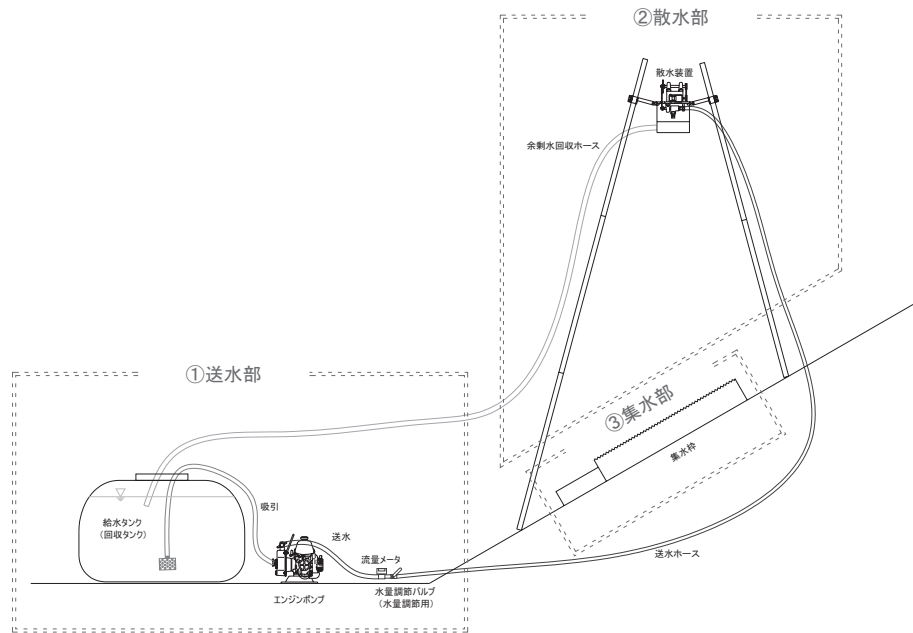


図-1 散水装置全体図

刈り取りし、葉および枝と幹に分けて乾燥重量を測定した。リターについては、L層とF層に区分し、L層のみ葉と枝に分けて、それぞれの乾燥重量を測定した。なお、乾燥は風乾後、乾燥機で70℃、72時間行った。

3 解析方法

人工降雨を用いた浸透能試験は送水量・流出量の差から浸透強度を算出することができる。浸透強度は時間の経過とともに一定の値に近づいていくため、終期浸透強度を一定の値に近づいた後のもっとも浸透強度が低かった値とした。田中ら(2007)によると、振動ノズル式降雨実験装置を用いた降雨強度と浸透強度の関係は、次式に示す双曲線によく表せることを示した(式(1))。

$$\text{終期浸透強度} = \alpha \times \tanh(\text{降雨強度} \div \alpha) \quad (1)$$

ここで α は最大浸透能である。最大浸透能は降雨強度を十分に大きくした時に想定されるその地点の最大の浸透強度のことである。また、土砂流出量は、流出量と流出土砂濃度から算出した。

4 最大浸透能の考え方

一般的な浸透強度に対する考え方として、「土壌の浸透能を上回る降雨強度が継続したとき、浸透しきれない雨水が表面流となって流出する《ホートン型表面流》」、つまり、「流出は降雨強度と浸透能の差分」と考えられている。しかし、現地実験(散水試験)を行うと、最大浸透能が100mm/hrを示した地点において(図-2)、降雨

強度100mm/hrを与えれば全て浸透するため流出しないと考えられるが、実際には多少の流出が発生し浸透強度76mm/hrが得られる。降雨強度25mm/hrでは浸透強度24mm/hrを示し、降雨強度が低くても多少の流出が発生することを示している。また、降雨強度300mm/hrでは浸透強度は100mm/hrを示し、これ以上の降雨強度があってもこの地点の浸透強度は100mm/hrを上回ることにはない。このように降雨強度の変化により土壌の浸透強度は変化するということが分かる。また、土壌の浸透強度には限界があるため、ある一定の値で高止まりする

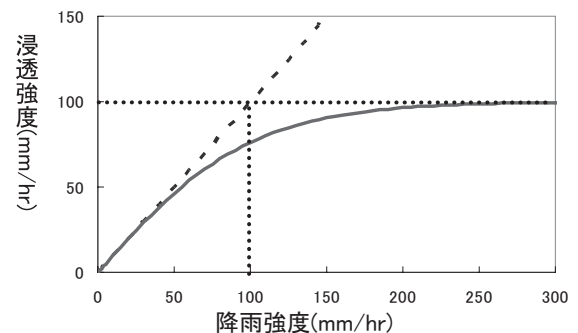


図-2 降雨強度と浸透強度の関係
—最大浸透能 100mm/hr の場合—

実線：浸透強度(降雨強度の上昇とともに最大浸透能に近づく)

点線大：降雨強度と浸透強度 1 : 1 の直線

点線小：降雨・浸透強度 100mm/hr の補助線

(1)式によると、最大浸透能が100mm/hrの地点では、降水量が300mm/hrを越えると、最大の浸透能である100mm/hrを示すが、それ以下の降雨強度では最大浸透能以下を示す

値が最大浸透能である。

Ⅲ 結果および考察

1 散水試験結果

散水実験の結果をから得られる、送水量・流出量・流出土砂濃度から算出した降雨強度、浸透強度、最大浸透能、流出土砂量結果および下層植生・リター量の測定結果を表2に示した。

2 最大浸透能と下層植生・リター量の関係

計測した最大浸透能と下層植生・リター量の関係を見ると、アテ林では下層植生・リター量の増加に伴い最大浸透能も増加する傾向が得られた(図-3)が、スギ林においては明確な傾向は得られなかった。しかし、スギ林の下層植生が疎の場合、最大浸透能はリター量の増加に伴い増加する傾向が見られ、石礫が多い2箇所を除くと非常に高い相関が得られた(図-4)。雨滴に対する土壌表面の保護効果を得るには、十分な下層植

生・リター量があればよいと考えられるが、ある一定以上の下層植生・リター量においては、さほど効果の違いは出てこないものと考えられる。つまり、十分な保護効果がある地点の最大浸透能は、土壌やリター層の物理性の影響を強く受けると考えられるため、下層植生・リター量が増えても、最大浸透能に直接影響が現れないといえる。今回の実験では、「土壌表面が露出するような保護効果が得られない地点」はほとんど無かったため、明確な相関が得られなかったと考えられる。

3 流出土砂量と下層植生・リター量の関係

流出土砂量と下層植生・リター量の関係を見ると、スギ林・アテ林ともに、植生・リター量の増加に応じて流出土砂濃度の軽減効果が得られている(図-5、6)。最大浸透能の考え方と同様に、十分な下層植生・リター量があれば雨滴に対する土壌表面の保護効果を得られると考えられ、下層植生・リター量が500~1000gを超えると、流出土

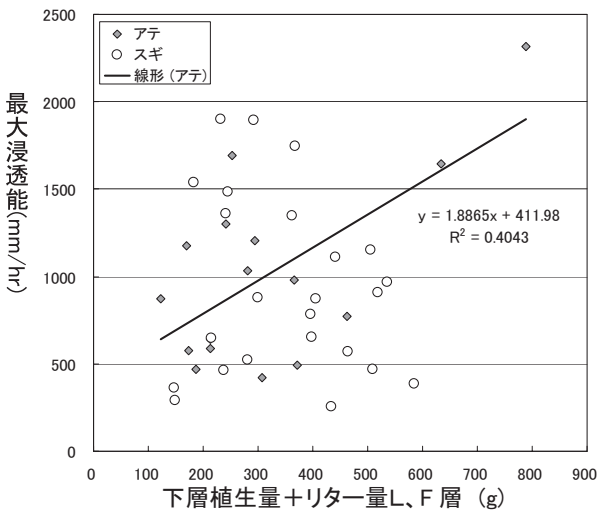


図-3 最大浸透能と下層植生・リター量の関係

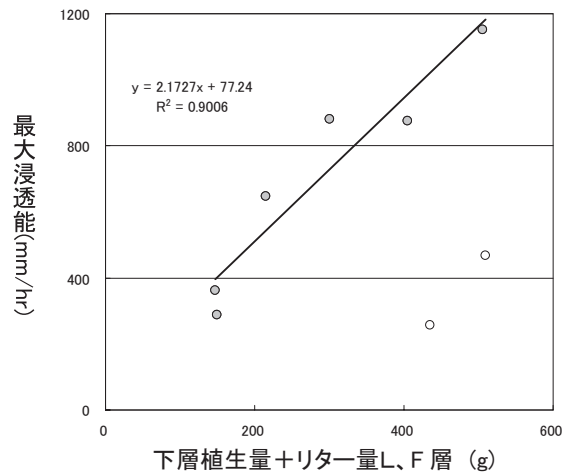


図-4 最大浸透能と下層植生・リター量の関係
(スギ未施工のみ、○は礫の多い箇所)

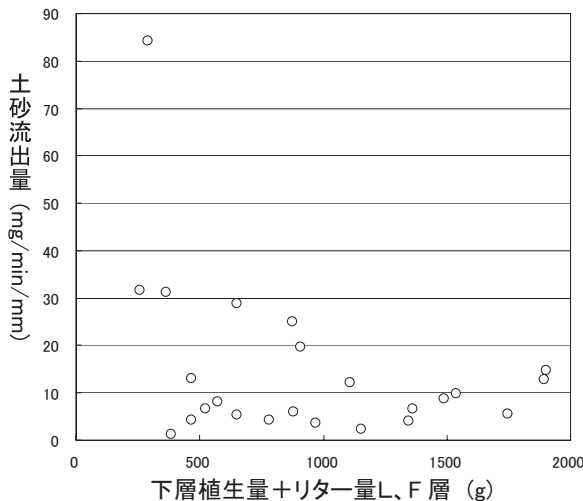


図-5 土砂流出量と下層植生・リター量の関係(スギ)

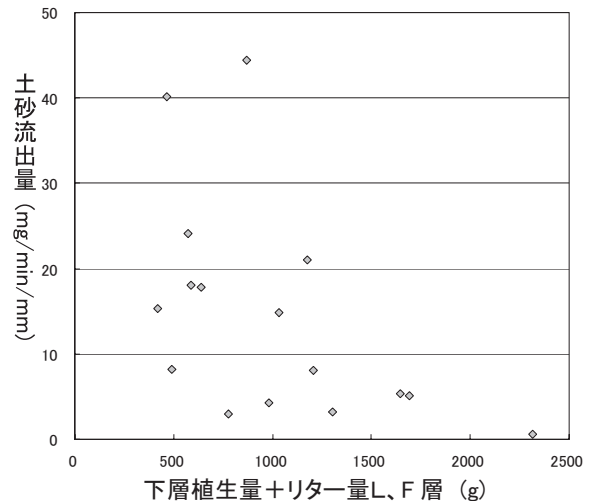


図-6 土砂流出量と下層植生・リター量の関係(アテ)

砂量にあまり違いはない。下層植生・リター量が500～1000g以下の地点において、流出土砂量に高い値が得られたため、明確な軽減効果が得られたものと考えられる。

IV 事業評価

1 代表値の設定

今回の42試験について、代表値設定にあたっては、全計測データをもって分布形状を把握したうえで設定するものとする。最大浸透能、下層植生・

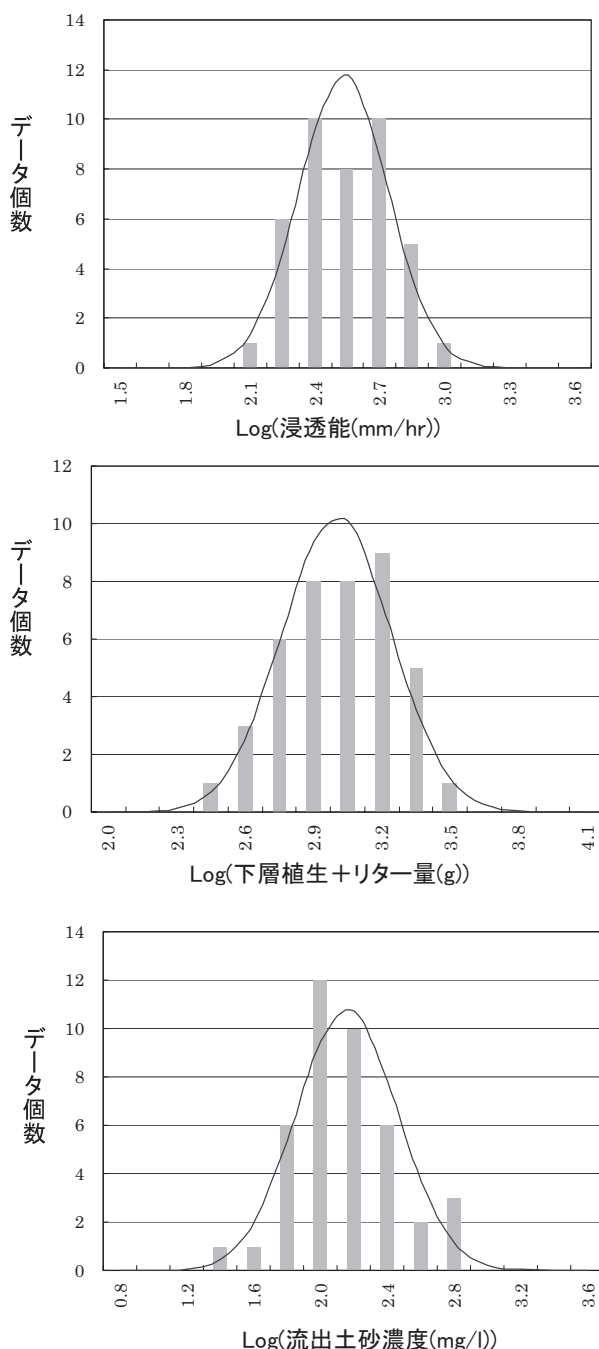


図-7 頻度分布図
(最大浸透能、植生・リター量、流出土砂濃度)

リター量、流出土砂濃度および流出土砂量について、相加平均値から得られた正規分布の再現性は無いことから、相加平均による代表値の設定はあまり妥当ではないと言える。そこで、対数正規分布の適用性を検討すると(図-7)、中央にデータが集中しており左右対称性が良く、対数値の相加平均値から得られた正規分布の再現性は良い。このことから、対数値の相加平均値による代表値の設定は妥当であると言える。よって、各代表値は各区分における標本の相乗平均により算出し、表-3のとおりとなった。

2 将来予測モデル

1) 下層植生・リター量増加将来予測モデル

下層植生・リター量の代表値と生物増加の簡易モデルとされているロジスティック式を用いて、事業実施後における下層植生・リター量増加の将来予測モデルの作成を行った(図-8、9)。生物個体数増加時における、ロジスティック式の解として得られる式は、次のとおりである。

$$N = \frac{K}{1 + \exp\{rK(t_0 - t)\}} \quad (2)$$

※N: 下層植生とリター量、K: 環境許容限界量、
r: 相対的増加率、t₀: 増加数が最大となる時間
ロジスティック式に用いる定数 K は成長限界値であり、これを目標林の下層植生・リター量としてあてはめ、初期値を事業実施前の下層植生・リター量とする。また、目標林代表値に到達する時間をスギ・アテともに事業実施後5～10年と設定するものとし、式の性質上 t₀ はその半分仮定される。残りの定数 r については、試験値データをもとに最小二乗法により推定した。算出の結果表-3のとおりとなった。

2) 最大浸透能・流出土砂濃度の将来予測

最大浸透能および流出土砂濃度の代表値について下層植生・リター量増加の将来予測モデル(図-8、9)をもとにして最大浸透能および流出土砂濃度の将来予測モデルを作成した。下層植生・リター量増加の将来予測モデルにおける初期値と成長限界値を、それぞれ事業実施前と目標林における最大浸透能および流出土砂濃度の代表値に置き換えることにより、将来予測を行うものとした。算出した結果、図-10～13、表-3のとおりとなった。

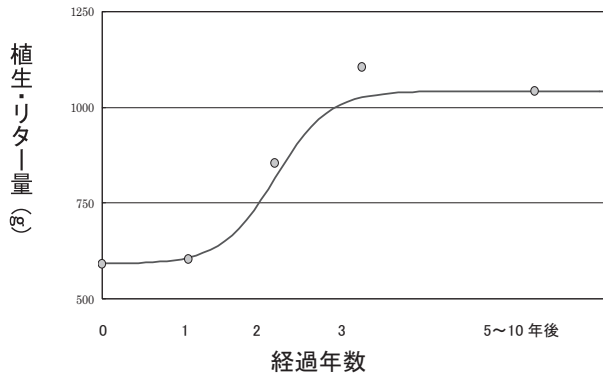


図-8 植生・リター量の将来予測(スギ)

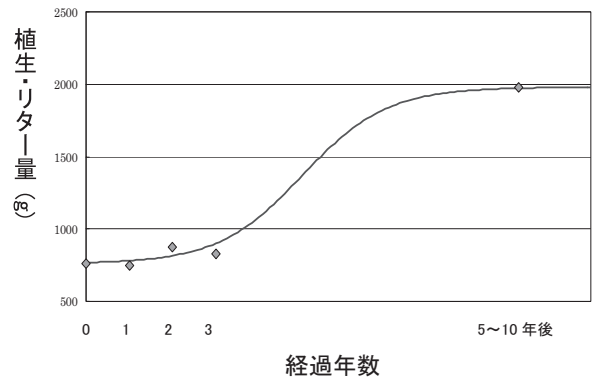


図-9 植生・リター量の将来予測(アテ)

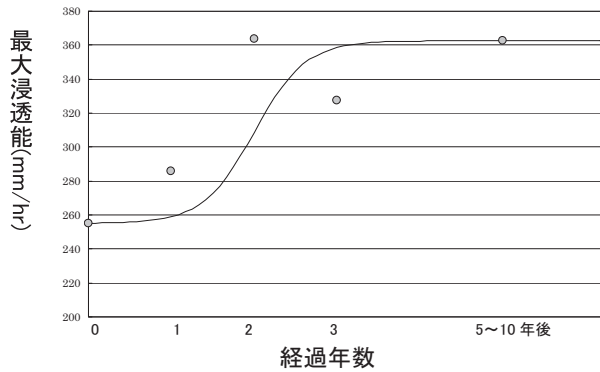


図-10 最大浸透能の将来予測(スギ)

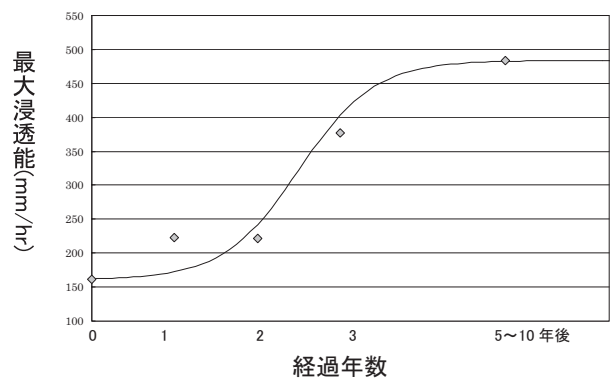


図-11 最大浸透能の将来予測(アテ)

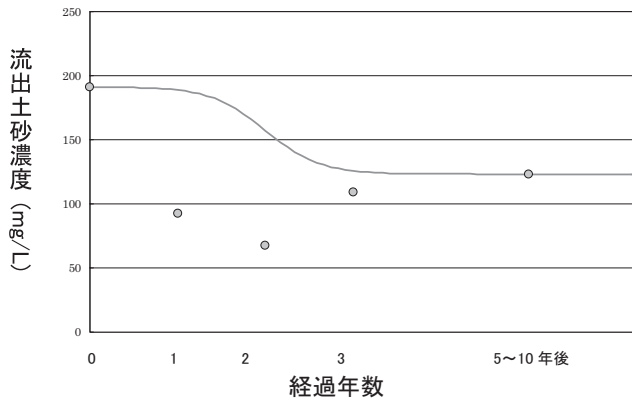


図-12 流出土砂濃度の将来予測(スギ)

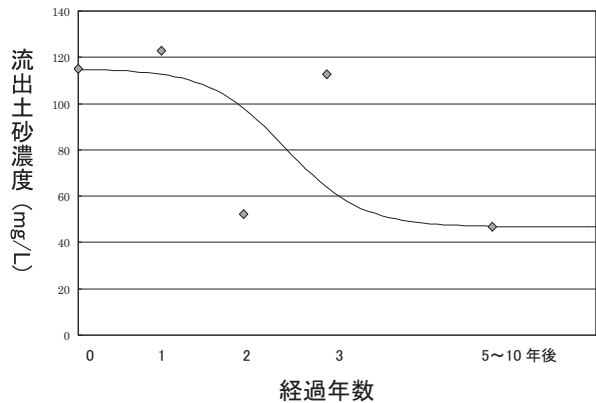


図-13 流出土砂濃度の将来予測(アテ)

3) 降雨モデルの作成

事業評価を行う際、機能効果に対して対象となる降雨が必要となる。将来予測を行うにあたって、石川県全域の各地点において、それぞれに対応する降雨データを用いて算出を行うのは非常に効率が悪い。そこで、石川県を代表させる降雨モデルを作成した。代表年間雨量モデルの設定にあたり、『気象庁アメダス』のデータ「白山吉野」「志賀」を引用するものとした。県南を「白山吉野」、県北を「志賀」とし、面積による加重平均をもって、県全域における代表年間雨量モデルを作成した(表-4)。なお、データの引用については、期間 2005~2009 年の過去 5 年間、データ 10 分雨量

としている。また、代表降雨強度モデルの設定にあたり、治水ダム工の設計で用いられている降雨強度式を用いた。降雨強度式は 7 地域に分かれており、それぞれ降雨強度式は異なっていることから、面積による加重平均したものを県全域の代表降雨強度モデルとした(表-5)。

降雨に対する森林の樹幹遮断率は、その森林の規模・密度に大きく依存し、樹幹遮断率に対する間伐事業の影響を考慮する必要があるため、小松(2009)の結果(式(3))を予測モデルに採用した。

$$\text{樹冠遮断率} = 0.00498 \times \text{密度} + 12.0 \quad (3)$$

なお、間伐による立木密度の減少が樹幹断率に与える影響を考慮するため、立木密度は調査地における事業実施前(1,669本/ha)、事業実施後1年目(781本/ha)、目標林(633本/ha)の立木密度を用いて樹幹断率を算出している。また、事業実施後2~9年については、事業実施後1年目と事業実施後10年目の樹幹断率をもとに、線形配分により与えた。

3 事業評価

1) 水資源貯留機能

水資源貯留機能として、年間の降雨発生回数をもとに、各雨量に対する浸透強度を最大浸透能により算出し、その累積値をもとにして水資源貯留

量および事業効果を算出している。スギ、アテのhaあたりの事業効果を表-6に示す。

2) 土砂流出防止機能

土砂流出防止機能として、年間の降雨発生回数をもとに、各雨量に対する浸透強度を最大浸透能により総流出高を算出し、総流出高に土砂濃度を乗じた累積値をもとにして土砂容量および事業効果を算出している。スギ、アテのhaあたりの事業効果を表-7に示す。

3) 洪水緩和機能

洪水緩和機能として、年間の降雨発生回数をもとに、各雨量に対する浸透強度を最大浸透能により流出強度を算出し、流出強度をもとにして流出

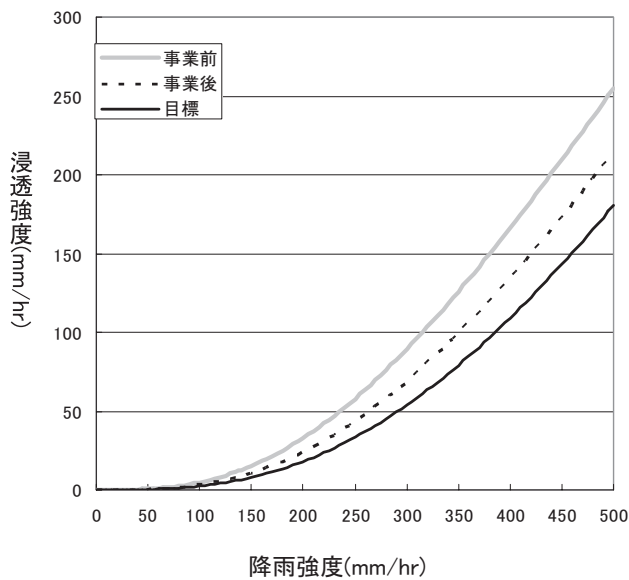


図-14 降雨強度と浸透強度の関係(スギ)

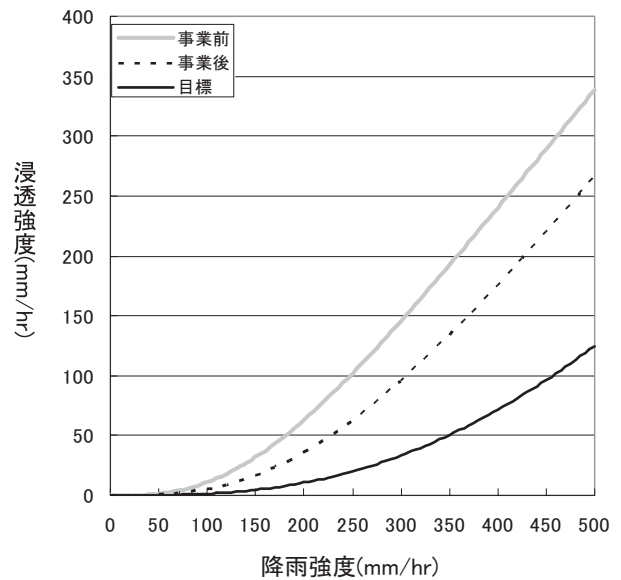


図-15 降雨強度と浸透強度の関係(アテ)

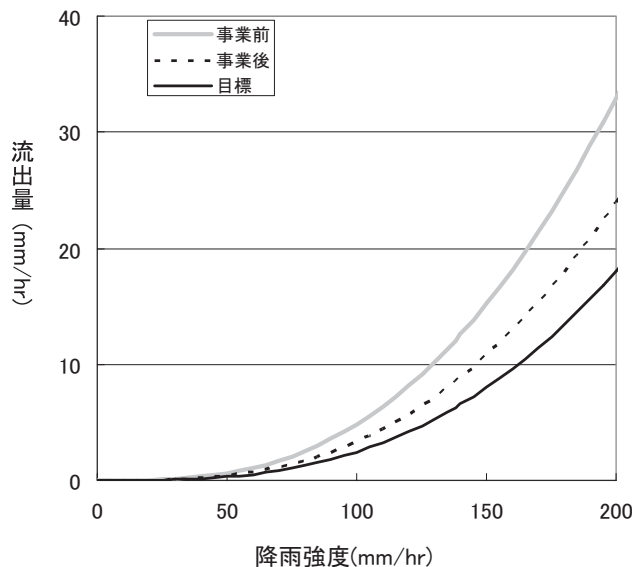


図-16 降雨強度と流出量の関係(スギ)

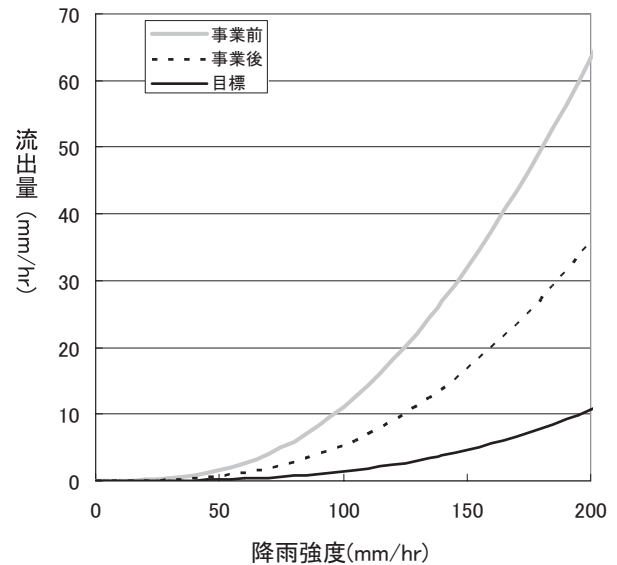


図-17 降雨強度と流出量の関係(アテ)

量および事業効果を算出している。スギ、アテの ha あたりの事業効果を表-8 に示す。

4 最大浸透能増加による効果の評価

これまでの検討から、事業実施により最大浸透能の増加が期待できることが確認された。最大浸透能の増加が及ぼす、浸透強度・流出量について評価を行う。

平成 20 年の浅野川豪雨災害の最大時間雨量 138mm (芝原橋) の時を例にすると、浸透しきれずに流出する量は、事業実施前のスギが 6.3mm/時間、アテが 14.2mm/時間であるが、間伐によって地面到達雨量が増える事業実施後 3 年目の時点で、スギは 3.9mm/時間、アテは 3.1mm/時間まで減少する。目標とする森林でスギは 62%、アテは 15%まで減少すると見込まれる (表-9)。

図-14~17 は、事業実施前・事業実施後・目標林における最大浸透能代表値を与えた時の、降雨強度と浸透強度および流出量の関係を示している。スギ林では降雨強度が小さい時、浸透強度は事業実施前・事業実施後・目標林にあまり変化はないが、降雨強度が大きくなるにつれ、流出量の差が大きくなる。アテ林をスギ林と比較すると、事業実施前・事業実施後・目標林の差は大きくなっており、事業実施による流出量の軽減が期待できる。

5 事業面積による評価

以上の結果および整備面積から推定される、事業効果は次のとおりである。①森林土壌中に雨水を貯留した量は 58 百万立方 m^3 /年が増加し (表-10)、②増加貯留した 58 百万立方 m^3 /年が森林土壌によって浄化された。この増加量は金沢市民 1 年間分の使用量に相当する (県民 1 人あたり平均給水量 130 m^3 /人/年)。事業後、豪雨時 (浅野川豪雨災害 138mm/時間) には浸透能が増すことで、川に流れこむ水の量が減り、川のピーク流量 (豪雨時に河川に流出する雨量) を算定した結果、事業実施前には 216.6 立方 m^3 /秒の流量が、事業実施後では 105.8 立方 m^3 /秒の流量に緩和され、緩和量は 110.8 立方 m^3 /秒となった (表 11)。また、26.6 立方 m^3 /年の土砂流出を防止した (表-12)

以上のように間伐実施による効果の検討を行った結果、スギ林・アテ林ともに、最大浸透能の上昇および流出土砂濃度・流出土砂量の軽減が期待できることが確認された。アテ林と比較しスギ林の事業実施効果は少ないものとなっているが、効

果は十分に確認されている。

なお、本研究を行うにあたり、石川県林業関係職員の皆様には調査試験地の選定から調査試験にあたり、県内森林組合および林業事業体の職員に皆様には調査地選定において多大なるご協力を頂いた。特に林業試験場の職員の皆様には調査準備から調査試験、調査後の解析にあたって多くのご助力・助言を賜った。ここに記して深く感謝の意を表す。なお、調査およびデータ解析の一部は株式会社環境モニタリング研究所に委託を行った。

引用文献

- 加藤弘亮・恩田裕一・伊藤俊・南光一樹 (2008) 振動ノズル式降雨実験装置を用いた荒廃ヒノキ人工林における浸透能の野外測定. 水文・水資源学会誌21(6) : 439-448.
- 小松光 (2009) 針葉樹人工林の間伐が年遮断蒸発量に与える影響—予測モデルの検証— 日林誌 2009 論文、91:94-103
- 田中茂信・年岡利和 (2007) 現地散水試験による流出・浸透特性の把握手法に関する検討. 土木学会第62回年次学術講演会講演概要集 2-003 : 5-6.
- 山口県 (2009) やまぐち森林づくり県民税関連事業 評価報告書

表-1 調査林分の概要

場所		区分	樹種	年齢	標高 (m)	斜面 方位	傾斜 (°)	密度 (本/ha)	胸高 直径 (cm)	樹高 (m)
市町	字									
加賀市	直下	H19 実施	スギ	10	200	SE	28	560	34.2	25.6
加賀市	直下	実施前	スギ	8	130	W	33	1,900	19.0	11.7
能美市	岩本	H19 実施	スギ	11	120	E	38	1,390	23.3	15.7
能美市	岩本	実施前	スギ	8	90	NW	34	1,200	22.2	17.1
能美市	岩本	目標林	スギ	11	90	N	26.5	610	48.5	28.1
能美市	岩本	H20 実施	スギ	10	120	SW	30	570	33.1	14.6
能美市	岩本	H21 実施	スギ	12	120	SW	37	1,370	19.9	14.6
白山市	釜谷	H19 実施	スギ	11	510	SE	6	900	28.1	20.9
白山市	釜谷	実施前	スギ	11	490	E	35	2,190	28.2	26.2
白山市	鍋ヶ谷	目標林	スギ	18	530	SE	24	870	50.5	30.5
白山市	林業試験場	目標林, 外×2	スギ	13	200	N	38	380	54.8	26.8
白山市	月橋	実施前	スギ	11	220	SE	35	2,440	19.2	13.7
金沢市	四十万	H19 実施	スギ	6	110	S	21	740	30.7	19.4
金沢市	寺津	H19 実施	スギ	11	260	W	32	1,410	24.2	18.3
金沢市	樫見	実施前	スギ	12	330	E	20	530	47.4	29.2
金沢市	国見	H20 実施	スギ	10	360	E	40	1,170	35.4	21.6
金沢市	平	H21 実施	スギ	11	170	W	30	460	52.9	32.1
金沢市	住吉	H19 実施	スギ	12	370	W	16	930	32.8	26.7
金沢市	堂	実施前	スギ	11	360	SW	37.5	500	33.8	18.3
金沢市	堂	目標林	スギ	17	360	SW	29.5	1,030	31.6	18.9
七尾市	中島河崎	実施前	スギ	10	40	W	37	1,870	25.2	21.1
七尾市	中島笠師	H19 実施	スギ	8	40	SE	30	690	35.6	28.6
七尾市	中島河崎	H21 実施	アテ	5	40	NE	41	1,720	20.1	16.6
七尾市	中島小牧	実施前	アテ	15	100	E	34.5	840	30.3	24.7
七尾市	中島小牧	H19 実施	アテ	11	80	E	37.5	500	38.1	24.0
七尾市	中島小牧	H20 実施	アテ	11	120	SE	40	1,170	27.2	25.8
七尾市	中島河内	H19 実施	アテ	6	230	E	20.5	1,380	17.5	8.9
七尾市	中島河内	目標林	アテ	6	210	E	21.5	420	22.7	11.4
七尾市	中島河内	実施前	アテ	6	240	SE	19.5	2,220	17.1	10.4
輪島市	切狭	H19 実施	アテ	12	220	N	30	570	36.2	22.0
輪島市	切狭	実施前	アテ	6	200	SW	31	2,440	20.9	14.5
輪島市	門前山是清	目標林	アテ	8	360	SW	8	1,000	18.9	11.5
輪島市	三井市の坂	実施前	スギ	14	160	NW	29	2,280	19.6	17.3
輪島市	三井小泉	H19 実施	スギ	10	160	NE	48	1,490	21.2	16.8
輪島市	三井小泉	H20 実施	アテ	10	160	NW	44	690	25.6	15.5
輪島市	三井小泉	H21 実施	アテ	17	150	NW	42	1,070	25.7	20.4
能登町	藤波	H19 実施	アテ	6	120	NW	25	1,100	17.8	13.5
能登町	藤波	実施前	アテ	6	30	SE	30	3,110	12.9	10.4
能登町	柳田	H19 実施	アテ	9	80	SE	13	410	30.3	24.0
能登町	小間生	実施前	アテ	11	50	SW	41	2,650	14.6	11.1

表-2-1 散水試験結果(降雨強度, 浸透強度, 浸透能, 流出量積算)

地点名	降雨強度 (mm/hr)	浸透強度 (mm/hr)	浸透能 (mm/hr)	流出量積算 (L)							
				0~ 5分	6~ 10分	11~ 15分	16~ 20分	21~ 25分	26~ 30分	31~ 35分	
林業試験場 スギ マット層なし	203.5	67.9	68.2	9.47	12.62	12.25	11.62	11.30			
林業試験場 スギ 下層植生なし リターあり	187.7	141.3	182.9	3.57	4.47	4.06	3.86	0.79			
林業試験場 スギ 目標林	181.2	169.7	399.0	0.57	0.94	0.93	0.96				
月橋 スギ 未施工	176.1	165.8	405.1	0.52	0.77	0.93	0.86				
岩本 スギ H19	170.6	146.8	240.8	1.68	1.89	2.03	1.98				
岩本 スギ 未施工	169.5	141.4	215.3	0.92	1.81	1.95	2.20	2.34			
岩本 スギ 目標林	186.2	171.4	363.2	0.89	1.14	1.23	1.23				
岩本 スギ H20	185.8	179.8	585.3	0.31	0.43	0.50	0.50				
岩本 スギ H21	179.5	151.9	238.7	2.15	2.26	2.18	2.30				
釜谷 スギ H19	177.8	158.7	292.6	0.82	1.94	1.94	1.53	1.59			
釜谷 スギ 未施工	190.1	127.8	149.8	4.84	5.35	5.47	5.43	5.19			
釜谷 スギ 目標林	168.6	146.3	245.5	1.24	1.84	1.95	1.86				
直下 スギ 未施工	177.9	171.0	509.3	1.20	0.45	0.39	0.49	0.58			
直下 スギ H19	170.1	162.1	442.1	0.36	0.66	0.55	0.56	0.66			
四十万 スギ H19	193.9	183.3	463.7	0.57	0.90	0.91	0.88				
堂 スギ 未施工	182.9	172.8	434.8	0.74	1.38	1.18	0.86	0.84			
堂 スギ 目標林	180.6	173.7	518.8	0.17	0.55	0.61	0.58				
住吉 スギ H19	149.4	136.8	281.6	0.23	0.91	0.98	1.05				
国見 スギ 未施工	153.6	114.7	147.2	0.00	0.90	1.47	1.92	2.43	2.96	3.24	
国見 スギ H20	188.7	156.0	232.8	1.92	2.41	2.78	2.73				
平 スギ H21	177.2	166.2	396.5	0.28	0.75	0.69	0.91				
寺津 スギ H19	206.7	187.4	368.0	0.48	1.12	1.23	1.61				
中島河崎 スギ 未施工	191.1	168.9	300.2	0.65	1.16	1.28	1.44	1.70	1.83	0.73	
中島河崎 アテ H21	219.5	154.2	186.7	1.60	2.80	3.81	4.74	5.31	3.84		
中島河崎 スギ H19	179.0	172.7	536.5	0.03	0.44	0.49	0.53				
中島小牧 アテ 未施工	185.0	111.1	122.5	5.62	7.57	6.75	6.34	6.16			
中島小牧 アテ H20	193.7	153.7	213.6	1.89	3.32	3.24	3.34	2.46			
中島小牧 アテ H19	177.5	165.2	371.9	0.55	1.00	1.00	1.03				
中島河内 アテ H19	179.0	146.1	213.0	2.20	2.81	2.91	2.74				
中島河内 アテ 目標林	180.1	154.6	252.1	0.94	1.66	1.73	1.86	2.09			
中島河内 アテ 未施工	166.4	127.9	169.9	2.90	3.53	3.43	3.21				
門前切挾 アテ H19	192.1	186.5	633.2	0.12	0.38	0.46	0.47				
門前切挾 アテ 未施工	193.1	171.2	308.1	1.46	2.14	1.73	1.86	0.72			
門前は清 アテ 目標林	191.5	187.8	789.2	0.07	0.23	0.31	0.31				
三井 スギ 未施工	206.4	195.7	505.8	0.36	0.55	0.60	0.70	0.83	0.90		
三井 スギ H19	188.0	141.3	182.7	2.83	4.09	3.91	3.89				
三井 アテ H21	183.5	163.0	294.8	1.22	2.04	1.78	1.71				
柳田 アテ 未施工	179.9	158.9	281.9	2.29	2.77	2.17	1.81	0.69			
柳田 アテ H19	146.4	139.0	365.5	0.38	0.59	0.59	0.61				
藤波 アテ 未施工	178.4	134.5	174.4	3.85	4.22	4.01	3.91	2.20			
藤波 アテ H19	187.3	177.7	462.6	0.73	0.86	0.80	0.80				
三井 アテ H20	176.5	150.7	242.2	1.08	2.24	2.28	2.15				

表-2-2 散水試驗結果 (流出土砂濃度, 流出土砂量)

流出土砂濃度 (mg/L)							流出土砂量 (mg)						
0~ 5分	6~ 10分	11~ 15分	16~ 20分	21~ 25分	26~ 30分	31~ 35分	0~ 5分	6~ 10分	11~ 15分	16~ 20分	21~ 25分	26~ 30分	31~ 35分
1,465	1,397	1,560	1,433	1,545			13,874	17,630	16,110	16,652	17,459		
244	89	93	101	96			871	398	378	390	76		
217	76	59	73				124	71	55	70			
191	232	201	125				995	179	187	108			
49	54	45	53				82	102	91	105			
116	504	123	94	247			107	912	240	207	578		
100	61	38	34				89	70	47	42			
74	45	32	49				23	19	16	25			
2	132	141	73				4	298	307	168			
295	147	100	79	65			242	285	194	121	103		
289	177	334	213	259			1,399	947	1,827	1,157	1,344		
193	56	47	33				239	103	92	61			
64	78	456	53				77	35	177	26	0		
673	385	187	187	235			241	254	103	105	155		
390	97	164	73				222	87	149	64			
1,038	511	330	441	200			768	705	389	379	168		
1,056	980	519	254				181	539	317	147			
367	11	59	92				83	98	58	97			
0	371	213	200	214	195	204	0	334	313	384	520	577	661
187	68	91	58				359	164	253	158			
156	110	79	58				44	83	55	77			
295	15	47	104				142	17	58	167			
128	71	70	67	76	46	156	83	82	90	97	129	84	114
191	167	147	277	208	200		306	468	560	1,313	1,105	652	
477	229	126	68				16	101	62	36			
222	117	62	68	72			1,248	886	419	431	444		
38	156	89	132	71			72	518	288	441	141		
23	123	137	97				125	123	137	100			
77	72	76	172				169	202	221	471			
52	140	18	19	19			49	232	31	35	40		
155	92	63	55				450	325	216	177			
892	208	174	166				101	80	81	79			
259	166	125	114	95			378	355	216	212	68		
91	41	39	25				7	9	12	8			
164	76	63	67	25	5		58	41	38	47	21	48	
131	31	25	6				371	127	98	23			
162	81	55	21				198	165	98	36			
88	59	113	275	3			202	163	245	498	2		
173	140	62	44				65	82	37	27			
122	109	74	98	83			470	460	297	383	183		
57	40	50	86				42	34	40	69			
63	29	14	11				68	65	32	24			

表-2-3 散水試驗結果(下層植生量, A O層)

下層植生(g)			A O (g)	L層(g)			F層(g)
小計	葉	枝	小計	小計	葉	枝	
0			1,213	599	424	175	615
250	250		401	350	286	64	51
2	2		873	664	398	266	209
193	182	11	1,169	867	539	328	302
19	19		629	457	320	136	172
182	147	34	1,164	612	293	319	551
67	67		317	291	204	86	27
8	8		457	385	316	68	72
113	77	36	1,779	1,499	745	754	280
69	26	43	220	87	64	23	133
292	292		1,195	569	373	196	626
46	4	42	422	358	245	113	64
163	80	84	945	766	290	477	179
72	72		500	260	103	157	239
2	2		255	89	20	68	166
370	176	194	537	151	48	103	386
34	34		490	138	93	45	352
4	4		359	132	10	121	227
188	188		1,713	1,292	401	891	421
202	100	103	579	268	100	168	312
75	37	38	1,670	1,346	286	1,060	324
0	0		880	332	179	153	548
0	0		466	148	59	88	319
294	218	75	677	283	50	232	395
7	7		864	426	403	23	438
5	5		581	286	74	212	295
39	39		452	145	80	65	308
0	0		1,178	555	469	86	623
896	456	440	798	99	81	18	698
61	48	13	581	134	96	38	447
0	0		420	272	272		148
73	73		1,574	488	311	177	1,086
400	362	38	1,914	950	709	241	964
0			1,152	771	694	78	381
269	182	87	1,270	442	141	301	828
0	0		1,204	705	304	401	500
7	7		1,025	470	461	9	555
51	45	6	930	463	188	275	467
2	2		573	290	222	68	283
305	190	115	470	433	405	29	37
66	66		1,237	480	145	335	757

表-3 代表値の設定および将来予測（下層植生・リター量, 最大浸透能, 流出土砂濃度）

項目	事業実施状況	スギ林	アテ林
下層植生・リター量 (g)	事業実施前	591	761
	事業実施後1年目	603	749
	事業実施後2年目	854	874
	事業実施後3年目	1,106	830
	目標林	1,043	1,980
最大浸透能 (mm/hr)	事業実施前	255	161
	事業実施後1年目	286	223
	事業実施後2年目	364	221
	事業実施後3年目	327	377
	目標林	363	484
流出土砂濃度 (mg/L)	事業実施前	191	115
	事業実施後1年目	93	127
	事業実施後2年目	67	52
	事業実施後3年目	109	113
	目標林	123	47

下層植生・リター量の将来予測は（2）式で求められるが, 最大浸透能, 流出土砂濃度は下記式で求められる。

$$\text{最大浸透能 (mm/hr)} = (\alpha m - \alpha 0) / (X m - X 0) \times (X - X 0) + \alpha 0$$

$$\text{流出土砂濃度 (mg/L)} = (C m - C 0) / (X m - X 0) \times (X - X 0) + C 0$$

ここで、

αm : 目標林最大浸透能, $\alpha 0$: 事業実施前最大浸透能

$C m$: 目標林流出土砂濃度, $C 0$: 事業実施前流出土砂濃度

$X m$: 植生・リター量成長限界値, $X 0$: 植生・リター量初期値, X : 植生・リター量

表-5 代表降雨強度式

エリア	面積 (km ²)	降雨強度式
加賀、小松、能美市	760.97	=215.1/24 × (24/T) ^{0.5}
旧鶴来町、旧鳥越村	109.79	=211.9/24 × (24/T) ^{0.5}
旧河内・吉野谷、尾口、白峰村	576.33	=272.4/24 × (24/T) ^{0.5}
旧美川町、旧松任市、金沢市、内灘町、津幡町、かほく市	760.72	=227.6/24 × (24/T) ^{0.5}
宝達志水町、羽咋市、志賀町	440.19	=208.6/24 × (24/T) ^{0.5}
七尾市、中能登町	407.28	=241.3/24 × (24/T) ^{0.5}
穴水町、輪島市、能登町、珠洲市	1,130.08	=220.6/24 × (24/T) ^{0.5}

上記、降雨強度式を面積による加重平均したものを県全域の代表降雨強度モデルとして用いるものとした。

「県全域降雨強度式 = 228.53 / 24 × (24 / T)^{0.5}」

なお、Tは降雨継続時間（分）である。

表－４ 代表年間雨量モデル（発生回数の整理、（県全域））

10分雨量データ		発生回数(県南・県北の面積加重平均)					発生回数 平均
(mm/10min)	(mm/hr)	2009	2008	2007	2006	2005	
0.5	3.0	2117.0	1942.8	1688.9	2280.4	2327.2	2071.3
1.0	6.0	459.3	379.5	358.2	431.4	485.5	422.8
1.5	9.0	150.4	114.2	110.9	157.3	143.0	135.2
2.0	12.0	63.7	54.0	51.7	62.1	61.1	58.5
2.5	15.0	33.6	30.0	22.5	34.6	35.7	31.3
3.0	18.0	28.5	15.2	15.9	18.6	22.6	20.1
3.5	21.0	14.4	14.3	7.8	12.9	17.2	13.3
4.0	24.0	13.9	7.6	3.9	9.7	9.6	9.0
4.5	27.0	11.9	9.6	2.4	5.5	8.3	7.5
5.0	30.0	8.3	1.0	3.8	3.9	6.6	4.7
5.5	33.0	4.9	4.6	1.9	2.1	2.1	3.1
6.0	36.0	3.0	3.9	0.0	2.6	4.1	2.7
6.5	39.0	1.9	2.5	1.0	2.5	2.5	2.1
7.0	42.0	3.1	3.2	2.1	2.1	1.1	2.3
7.5	45.0	4.4	1.5	0.0	1.5	1.1	1.7
8.0	48.0	0.5	0.9	1.5	0.0	2.1	1.0
8.5	51.0	0.5	0.0	0.5	0.5	2.6	0.8
9.0	54.0	1.0	0.0	0.5	1.5	0.5	0.7
9.5	57.0	0.9	1.5	1.5	0.0	0.0	0.8
10.0	60.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.5	0.3
10.5	63.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.3
11.0	66.0	0.9	1.0	0.0	0.5	1.1	0.7
11.5	69.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.5	0.3
12.0	72.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	0.3
12.5	75.0	0.5	0.0	1.1	0.9	0.0	0.5
13.0	78.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.2
13.5	81.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.2
14.0	84.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.2
14.5	87.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.2
15.5	93.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1
16.0	96.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.2
16.5	99.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.2
17.0	102.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17.5	105.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18.0	108.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.1
18.5	111.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19.0	114.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19.5	117.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.5	123.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21.0	126.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21.5	129.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22.0	132.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22.5	135.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
23.0	138.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23.5	141.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24.0	144.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24.5	147.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25.5	153.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26.0	156.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26.5	159.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27.0	162.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27.5	165.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28.0	168.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28.5	171.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29.0	174.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29.5	177.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30.0	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
年間雨量		2439.6	2033.0	1735.4	2335.1	2519.9	2212.6

表 6-1 水資源貯留機能算出方法

01 流域面積	1ha と設定した
02 最大浸透能	将来予測モデルより、整備後年数に応じて値を抽出している
03 年間雨量	年間降雨発生回数の5年間の平均値をもとにしている、2、213mm/年
04 樹幹遮断率	樹幹遮断率予測モデルをもとに決定している
05 対象雨量	年間雨量から樹幹遮断率を引いた値を示している 対象雨量 = 年間雨量 × (1 - 樹幹遮断率)
06 総浸透高	年間降雨発生回数表より最大浸透能に応じた浸透強度を算出し累積した値 浸透強度 = 最大浸透能 × tanh(各雨量 × (1 - 樹幹遮断率) / 最大浸透能) 総浸透高 = 浸透強度 × 発生回数
07 総流出高	対象雨量から総浸透高を差し引いた値 総流出高 = 対象雨量 - 総浸透高
08 発散率	整備前後に関わらず 33%としている
09 総貯留高	総浸透高から発散率を引いた値を示している 総貯留高 = 総浸透高 × (1 - 0.33)
10 貯留量	流域面積に応じた容量換算値 貯留量 = 総貯留高 × 流域面積 × 1000 (←単位あわせ)
11 事業効果	整備後年数に応じて、整備前との効果を貯留量の差分で示している 事業効果 = 整備後貯留量 - 整備前貯留量 (1年間あたりの1haあたり貯留量増加量)

年間の降雨発生回数をもとに、各雨量に対する浸透強度を最大浸透能により算出し、その累積値をもとにして水資源貯留量および事業効果を算出、項目ごとの番号と次頁の青表記番号が対応している。

表 6-2 水資源貯留機能事業効果

経過 年数	浸透能		樹幹 遮断率	対象 雨量	総浸透高		総流出高		総貯留高		貯留量		事業効果	
	02				06		07		09		10		11	
	mm/hr				mm/年		mm/年		mm/年		mm/年		m3/年	
	スギ	アテ		スギ	アテ	スギ	アテ	スギ	アテ	スギ	アテ	スギ	アテ	
整備前	255	162	0.203	1763	1761	1759	1.85	4.47	1175	1173	11748	11731		
1年目	259	172	0.159	1861	1859	1857	2.11	4.65	1240	1238	12400	12383	652	653
2年目	309	242	0.158	1863	1862	1861	1.50	2.42	1242	1241	12416	12410	668	679
3年目	359	403	0.157	1865	1864	1864	1.12	0.89	1243	1243	12431	12432	683	702
4年目	362	472	0.156	1867	1866	1866	1.10	0.65	1244	1245	12443	12446	695	715
5年目	363	483	0.156	1868	1867	1868	1.10	0.62	1245	1246	12455	12458	707	727
6年目	363	484	0.155	1870	1869	1870	1.10	0.62	1247	1247	12467	12470	719	739
7年目	363	484	0.154	1872	1871	1871	1.11	0.62	1248	1248	12479	12482	731	751
8年目	363	484	0.153	1874	1873	1873	1.11	0.63	1249	1249	12491	12494	743	763
9年目	363	484	0.152	1876	1874	1875	1.11	0.63	1250	1251	12503	12506	754	775
10年目	363	484	0.152	1877	1876	1877	1.11	0.63	1251	1252	12515	12518	766	787

表 7-1 土砂流出防止機能算出方法

01 流域面積	1ha と設定した
02 最大浸透能	将来予測モデルより、整備後年数に応じて値を抽出している
03 年間雨量	年間降雨発生回数の5年間の平均値をもとにしている、2、213mm/年
04 樹幹遮断率	樹幹遮断率予測モデルをもとに決定している
05 対象雨量	年間雨量から樹幹遮断率を引いた値を示している 対象雨量 = 年間雨量 × (1 - 樹幹遮断率)
06 総浸透高	年間降雨発生回数表より最大浸透能に応じた浸透強度を算出し累積した値 浸透強度 = 最大浸透能 × tanh(各雨量 × (1 - 樹幹遮断率) / 最大浸透能) 総浸透高 = 浸透強度 × 発生回数
07 総流出高	対象雨量から総浸透高を差し引いた値 総流出高 = 対象雨量 - 総浸透高
12 土砂濃度	将来予測モデルより、整備後年数に応じて値を抽出している
13 流出土砂量	総流出高に土砂濃度を乗じた値 流出土砂量 = 総流出高 × 土砂濃度
14 土砂容量	土砂の空隙容量を見込んだ見かけ比重を 1.0g/cm ³ としたときの土砂容量 土砂容量 = 流出土砂量 / 比重 1.0 / 1000 (←単位あわせ)
15 事業効果	整備後年数に応じて、整備前との効果を貯留量の差分で示している 事業効果 = 整備後土砂容量 - 整備前土砂容量 (1年間あたりの1haあたり流出土砂削減量)

年間の降雨発生回数をもとに、各雨量に対する浸透強度を最大浸透能により算出し、その累積値をもとにして水資源貯留量および事業効果を算出、項目ごとの番号と次頁の青表記番号が対応している。

表 7-2 土砂流出防止機能事業効果

経過 年数	浸透能		土砂濃度		流出土砂量		土砂容量		事業効果	
	02		12		13		14		15	
	mm/hr		mg/L		kg		m ³		m ³ /年/ha	
	スギ	アテ	スギ	アテ	スギ	アテ	スギ	アテ	スギ	アテ
整備前	255	162	191	115	3.5	5.1	0.004	0.005		
1年目	259	172	189	113	4.0	5.2	0.004	0.005	-0.0004	-0.0001
2年目	309	242	157	98	2.4	2.4	0.002	0.002	0.0012	0.0028
3年目	359	403	126	64	1.4	0.6	0.001	0.001	0.0021	0.0046
4年目	362	472	123	49	1.4	0.3	0.001	0.000	0.0022	0.0048
5年目	363	483	123	47	1.4	0.3	0.001	0.000	0.0022	0.0048
6年目	363	484	123	47	1.4	0.3	0.001	0.000	0.0022	0.0048
7年目	363	484	123	47	1.4	0.3	0.001	0.000	0.0022	0.0048
8年目	363	484	123	47	1.4	0.3	0.001	0.000	0.0022	0.0048
9年目	363	484	123	47	1.4	0.3	0.001	0.000	0.0022	0.0048
10年目	363	484	123	47	1.4	0.3	0.001	0.000	0.0022	0.0048

表 8-1 洪水緩和機能算出方法

16 流域面積	1km ² と設定した
17 到達時間	土木研究所調査による式を適用した (適用式: 自然流域) $T=1.67 \times 10^{-3} \times (L/S0.5)^{0.7}=18.22$ T: 到達時間 (hr)、L: 流路長 (m)、S: 平均勾配 今回は、L=1000m、S=35%として算出している
02 最大浸透能	将来予測モデルより、整備後年数に応じて値を抽出している
18 降雨強度	代表降雨強度モデルに到達時間を代入して算出する $\text{降雨強度 } R=228.53/24 \times (24/T)^{0.5}=84.66$
19 浸透強度	算出済みの最大浸透能・降雨強度をもとに算出する $\text{浸透強度}=\text{最大浸透能} \times \tanh(\text{降雨強度}/\text{最大浸透能})$
20 流出強度	降雨強度と浸透強度の差分 $\text{流出強度}=\text{降雨強度}-\text{浸透強度}$
21 流出係数	降雨強度と流出強度の比 $\text{流出係数}=\text{流出強度}/\text{降雨強度}$
22 流出量	合理式を用いて算出している $\text{流出量}=1/3.6 \times \text{流域面積} \times \text{降雨強度} \times \text{流出係数}$ $(=1/3.6 \times \text{流域面積} \times \text{流出強度})$
23 事業効果 (流出量)	整備後年数に応じて、整備前との効果を流出量の差分で示している $\text{事業効果}=\text{整備後流出量}-\text{整備前流出量}$
24 事業効果 (流出係数)	整備後年数に応じて、整備前との効果を流出係数の差分で示している $\text{事業効果}=\text{整備後流出係数}-\text{整備前流出係数}$

年間の降雨発生回数をもとに、各雨量に対する浸透強度を最大浸透能により算出し、その累積値をもとにして水資源貯留量および事業効果を算出、項目ごとの番号と次頁の青表記番号が対応している。

表 8-2 洪水緩和機能事業効果

経過 年数	浸透能 02 mm/hr		浸透強度 19 mm/hr		流出強度 20 mm/hr		流出係数 21		流出量 22 m ³ /s/km ²		事業効果			
											23 m ³ /s/km ²		24 流出係数	
	スギ	アテ	スギ	アテ	スギ	アテ	スギ	アテ	スギ	アテ	スギ	アテ	スギ	アテ
整備前	255	162	82	78	3.0	6.9	0.04	0.08	0.83	1.93				
1年目	259	172	82	78	2.9	6.2	0.03	0.07	0.80	1.72	0.02	0.20	0.00	0.01
2年目	309	242	83	81	2.1	3.3	0.02	0.04	0.57	0.92	0.25	1.01	0.01	0.04
3年目	359	403	83	83	1.5	1.2	0.02	0.01	0.43	0.34	0.40	1.59	0.02	0.07
4年目	362	472	83	84	1.5	0.9	0.02	0.01	0.42	0.25	0.41	1.68	0.02	0.07
5年目	363	483	83	84	1.5	0.9	0.02	0.01	0.42	0.24	0.41	1.69	0.02	0.07
6年目	363	484	83	84	1.5	0.9	0.02	0.01	0.42	0.24	0.41	1.69	0.02	0.07
7年目	363	484	83	84	1.5	0.9	0.02	0.01	0.42	0.24	0.41	1.69	0.02	0.07
8年目	363	484	83	84	1.5	0.9	0.02	0.01	0.42	0.24	0.41	1.69	0.02	0.07
9年目	363	484	83	84	1.5	0.9	0.02	0.01	0.42	0.24	0.41	1.69	0.02	0.07
10年目	363	484	83	84	1.5	0.9	0.02	0.01	0.42	0.24	0.41	1.69	0.02	0.07

表-9 雨水が森林から流出する水量（降雨強度 138mm/時間の場合）

区 分	①事業実施前 (mm/時間)	②事業実施後 (3年目) (mm/時間)	増減率 (②/①)	③目標林 (5~10年後) (mm/時間)	増減率 (③/①)
地面到達雨量	110.0	116.3	106%	117.1	106%
スギ林	6.3	3.9	62%	3.9	62%
アテ林	14.2	3.1	22%	2.2	15%

表-10 評価した結果による水資源貯留量（事業面積集計）

区 分	①事業実施前 (百万立方 m^3 /年)	②目標林達成後 (百万立方 m^3 /年)	③評価値 (②-①) (貯留増加量) (百万立方 m^3 /年)
スギ林	1,042	1,091	49
アテ林	179	188	9
計	1,221	1,279	58

表-11 豪雨時のピーク流量（降雨強度 138mm/時間の場合、事業面積集計）

区 分	①事業実施前 (立方 m^3 /秒)	②目標林達成後 (立方 m^3 /秒)	③評価値 (②-①) 洪水緩和量 (立方 m^3 /秒)
スギ林	156.1	96.3	Δ 59.7
アテ林	60.5	9.5	Δ 51.0
計	216.6	105.8	Δ 110.8

表-12 評価した結果による土砂流出防止量（事業面積集計）

区 分	①事業実施前 (立方 m^3 /年)	②目標林達成後 (立方 m^3 /年)	③評価値 (②-①) 年間防止量 (立方 m^3 /年)
スギ林	31.4	12.2	Δ 19.2
アテ林	7.9	0.5	Δ 7.4
計	32.9	12.7	Δ 26.6