

# 岐阜県東白川村国有林のヒノキ人工林における水源涵養機能改善に向けた調査研究

サントリーSIC 主任研究員 ○川崎雅俊 かわさきまさとし  
筑波大学 教授 おんだゆういち 恩田裕一  
筑波大学 研究員 こまつよしただ 小松義隆

## 要旨

水源涵養機能を高度に発揮できる施業方法を検討する為、近年、林学等の研究分野で提案されている従来の間伐よりも強度に立木を伐採する方法を、岐阜県東白川村にある越原国有林内のヒノキ人工林を対象として実施し、林内雨量、地表流量、洪水流出量に対する影響を調査しました。調査は2つの小流域を設定し、1つを対照区、もう1つを強間伐区とし、それぞれ林内雨量、地表流量、河川流量の測定を行いました。2012年4月から観測を開始し、2012年12月に本数ベースで60%の間伐を実施、その後2013年11月まで観測を行いました。その結果、林内雨量は強間伐区で年々変動以上に増加しましたが、地表流量、洪水流出量は、強間伐の影響は年々変動より小さいという結果になりました。強間伐の地表流量、洪水流出量への影響が小さかった原因の1つとして、下層植生が十分回復していないことが考えられました。今後は、下層植生の回復や樹冠が再び閉塞していく過程での林内雨量、地表流量、洪水流出量の変化を観測していく予定です。

## はじめに

サントリーでは、工場で汲み上げる量以上に、地下水を涵養する森林を確保することを、持続可能な事業活動に必須の課題と考えています。その為、工場で汲み上げる地下水の水源涵養エリアで「天然水の森」を設定しており(図1)、各森の立地環境に応じて、水源涵養機能を高度に発揮できる施業方法を検討しています。近年、林学等の研究分野では、水源涵養機能の発揮の為に、従来の間伐よりも強度に立木を伐採する方法が提案されています。この方法は、短期的には樹冠遮断量の減少による土壌への降水の供給量が増加し、中長期的には林床の光

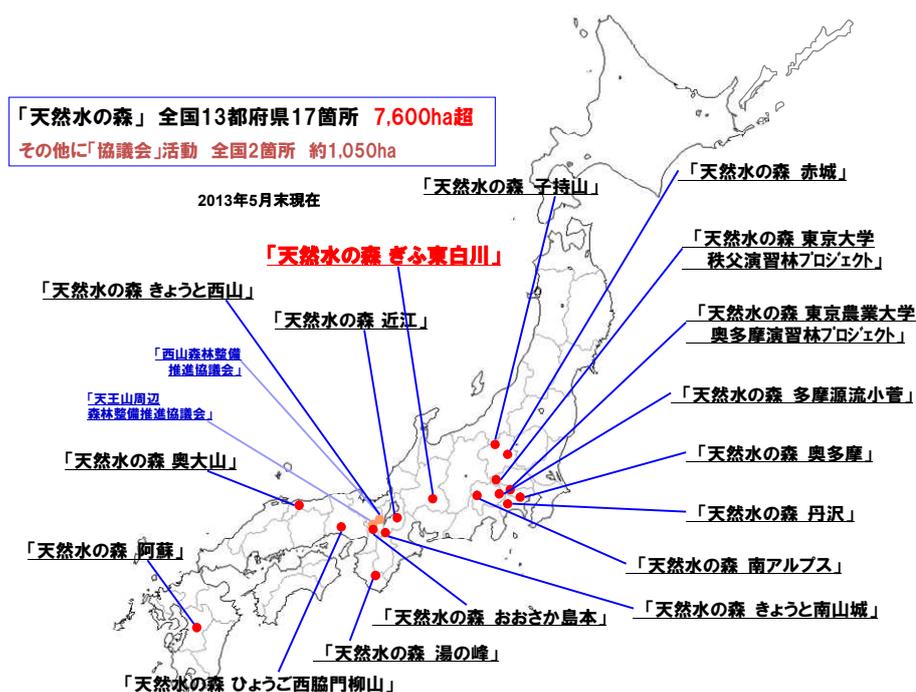


図1. 全国の「天然水の森」

環境改善による下層植生の増加が Horton 型地表流を減少させ、その結果、洪水流出量が減少することにより利用可能な水資源量が増加すると考えられています。しかし、実際の観測事例はあまり多くはありません。そこで、この効果の検証と効果を定量的に評価する為に、岐阜県東白川村国有林のヒノキ人工林を対象として調査研究を行ったので、その結果を報告します。

## 方法

### 1 調査地

調査地は、岐阜県東白川村越原国有林 2178 林班の約 40 年生ヒノキ人工林です。最も近い気象観測点における年平均気温は 12°C (黒川, 1999 ~2009 年)、平均年降雨量は 2236 mm, 最大時間雨量は 35.8 mm/h です (付知, 1983 ~2009 年)。地質は主に風化の進行した砂岩優勢の堆積岩

で、土壌型は褐色森林土です。林班内に 2 つの小流域を設定し、片方を対照区、もう片方を強間伐区としました。流域面積は、対照区が 0.37ha、強間伐区が 0.56ha です。強間伐実施前の立木密度は約 2500 本/ha です。観測は、2012 年 4 月から事前評価を開始、2012 年 12 月に本数ベースで約 60%の間伐を実施し、2013 年は強間伐実施後の評価を行いました。

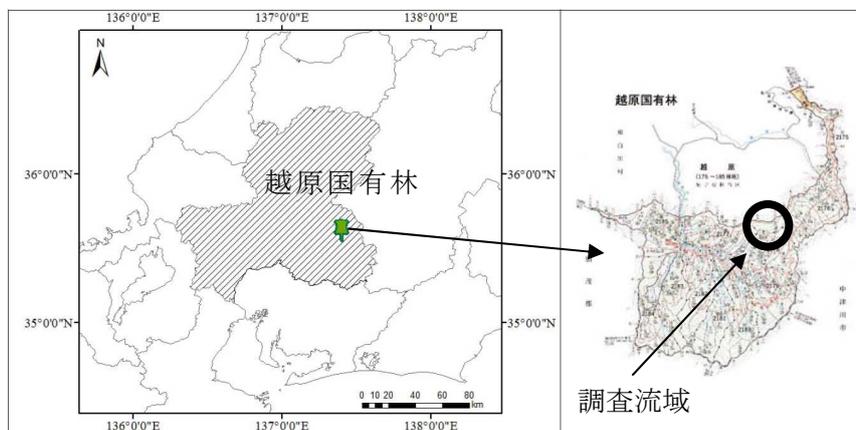


図 2. 調査地の場所

### 2 観測システム

#### (1) 林外雨量

調査地の小流域近傍の空き地に、DAVIS 転倒升雨量計を設置し観測を行いました (図 3)。

#### (2) 林内雨量

7m×7m のプロットを、対照区、強間伐区にそれぞれ 1 つずつ設定し、DAVIS 転倒升雨量計を 20 個設置し観測を行いました (図 4)。

#### (3) 地表流量

幅 3m、長さ 5m のプロットを、対照区、強間伐区にそれぞれ 1 つずつ設置しました。両プロットともに、斜度約 30 度です。プロットは、上端と両端に高さ 25cm 程度の波板を土壌中に約 5cm 程度差し込み、プロット以外からの流入および流出を防ぎました。プロット下端には斜面方向に水平にトレーを設置することで地表流を集水できるようにしました。集水された表面流は、タンクへ導水し、タンク内に設置した自記式水位計で地表流量の増分を観測しました (図 5)。

#### (4) 河川流量

各流域末端部に三角堰を設置し、自記式水位計を用いて越流水深を連続観測することで、流量を



図 3. 林外雨観測用 DAVIS 転倒升雨量計

算出しました（図 6）。なお、水位と流量の関係式は、実測値から作成しました。



図 4. 林内雨量計

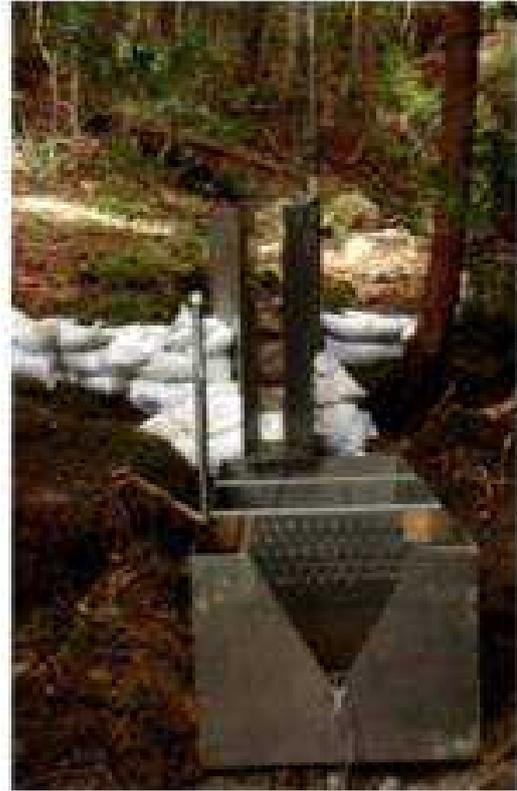


図 6. 河川流量観測機器（三角堰）



図 5. 地表流観測プロット. 左下の写真は、発生した表面流を貯留するタンク

### 3 観測データの整理方法

得られた観測データは、降雨イベントごとに整理を行いました。本報告では、24 時間以上の無降雨期間を含まない総降雨量 10mm 以上の降雨を降雨イベントと定義しました。洪水流出量は、ハイドログラフの形状による分離(Hewlett and Hibbert, 1967)によって行いました。

#### 結果

##### 1 強間伐の実施結果と下層植生の状況

図 7 に強間伐区の、強間伐実施前後の天空写真を示します。

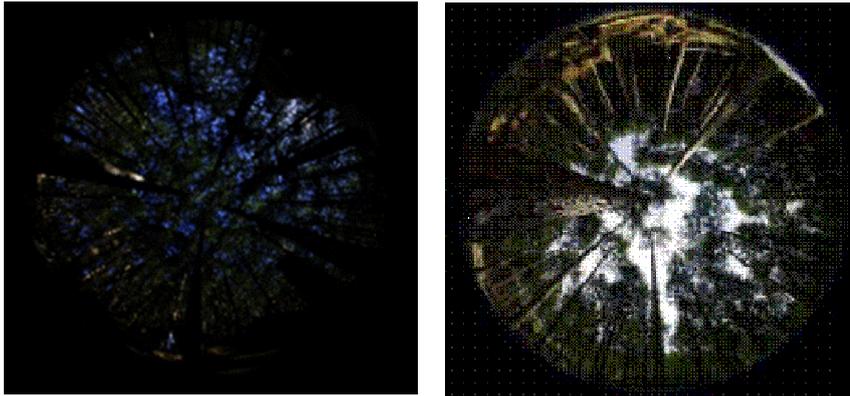


図 7. 左：強間伐実施前の天空写真、右：強間伐実施後の天空写真

図 8 に、表面流プロットの強間伐実施前後の写真を示します。林内の光環境は改善したものの、下層植生の回復は顕著ではありませんでした。



図 8. 左：強間伐実施前の表面流プロット、右：強間伐実施後の表面流プロット

## 2 林内雨量の観測結果

表 1 に、林外雨量と林内雨量、それぞれ観測された降雨イベントの合計値をプロット別、年別に示します。2012 年は、林外雨量 1175mm に対し、林内雨量は、対照区が 579mm、強間伐区が 605mm でした。強間伐実施後の 2013 年は、林外雨量 1601mm に対し、対照区は 734mm でしたが、強間伐区は 1068mm と対照区と比べて大きく増加しました。

図 9 に各イベントの林外雨量と林内雨量の関係を示します。林内雨量が林外雨量に占める割合は、対照区では、2012 年と 2013 年ではほとんど変化していないのに対し、強間伐区では、大きく変化しました。仮に、強間伐区で強間伐を実施しなかった際の林外雨量と林内雨量の関係が、強間伐実施前（2012 年）の関係と同様とした場合、2013 年の林内雨量は 774mm となります。この値と実測値との差、294mm が、強間伐実施による林内雨量の増分と考えられます。

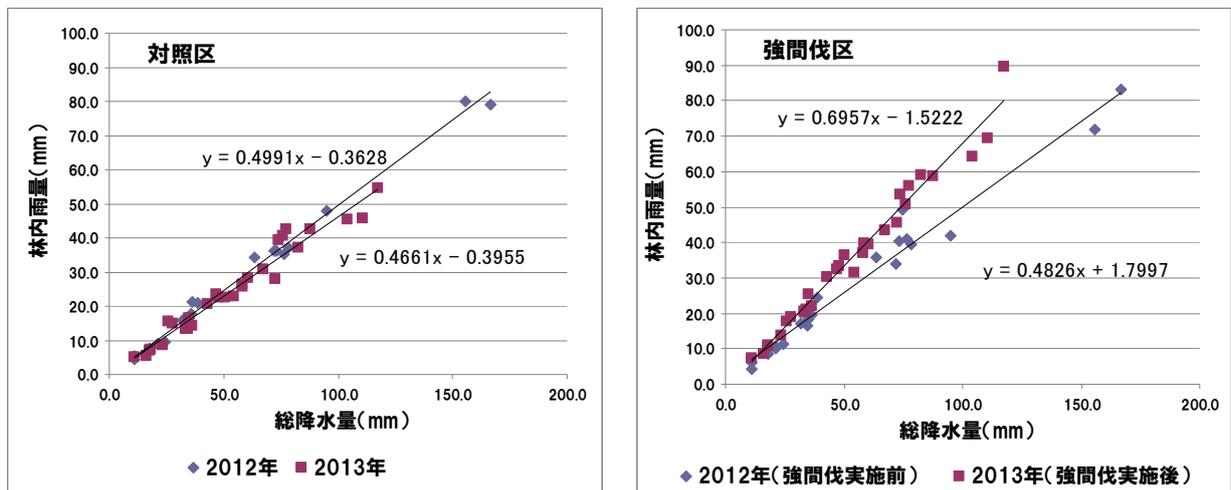


図 9. 林外雨量（総降水量）と林内雨量の関係。左：対照区、右：強間伐区

## 3 地表流量の観測結果

表 2 に、林外雨量と地表流量、それぞれ観測された降雨イベントの合計値をプロット別、年別に示します。2012 年は、林外雨量 1175mm に対し、対照区が 27.3mm、強間伐区が 9.6mm でした。強間伐実施後の 2013 年は、林外雨量 1601mm に対し、対照区は 18.7mm、強間伐区は 5.3mm となり、両プロット共に、2012 年と比べて 2013 年は、林外雨量が増加したにもかかわらず地表流量が低下する結果になりました。

図 10 に各イベントの林外雨量と地表流量の関係を示します。

表 1. 観測された降雨イベントの合計値（林外雨量、林内雨量）（単位は mm）

|      | 林外雨  | 林内雨量 |      |
|------|------|------|------|
|      |      | 対照区  | 強間伐区 |
| 2012 | 1175 | 579  | 605  |
| 2013 | 1601 | 734  | 1068 |

表 2. 観測された降雨イベントの合計値（林外雨量、地表流量） 単位は mm

|      | 林外雨  | 地表流量 |      |
|------|------|------|------|
|      |      | 対照区  | 強間伐区 |
| 2012 | 1175 | 27.3 | 9.6  |
| 2013 | 1601 | 18.7 | 5.3  |

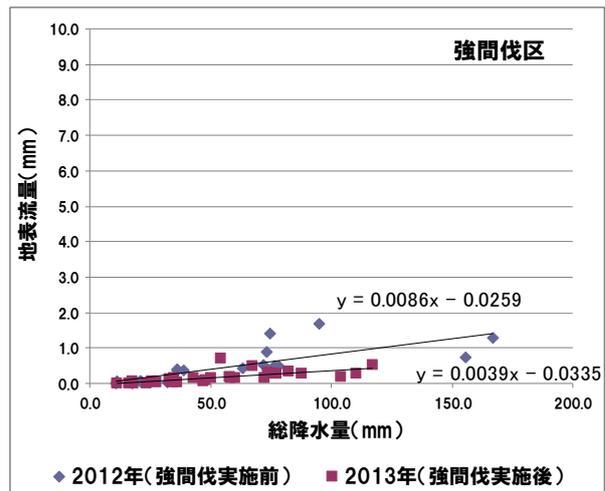
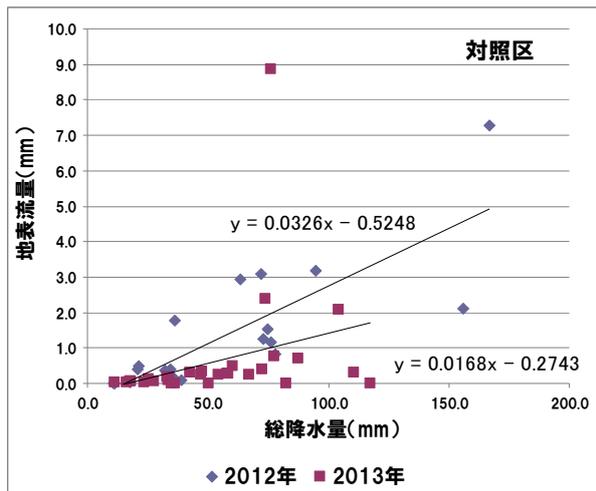


図 10. 林外雨量（総降水量）と地表流量の関係。左：対照区、右：強間伐区

#### 4 洪水流出量の観測結果

表 3 に、林外雨量と洪水流出量、それぞれ観測された降雨イベントの合計値をプロット別、年別に示します。2012 年は、林外雨量 1175mm に対し、対照区が 87.0mm、強間伐区が 314.0mm であったのに対し、強間伐実施後の 2013 年は、林外雨量 1601mm に対し、対照区は 151.2mm、強間伐区は 456.0mm となりました。

表 2. 観測された降雨イベントの合計値（林外雨量、洪水流出量） 単位は mm

|      | 林外雨  | 洪水流出量 |       |
|------|------|-------|-------|
|      |      | 対照区   | 強間伐区  |
| 2012 | 1175 | 87.0  | 314.0 |
| 2013 | 1601 | 151.2 | 456.0 |

図 11 に各イベントの林外雨量と洪水流出量の関係を示します。林外雨量と洪水流出量の関係は、対照区、強間伐区共に、2012 年、2013 年で大きな変化は見られませんでした。

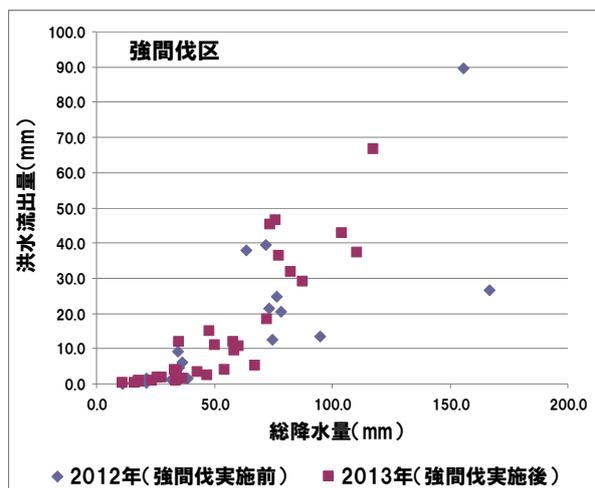
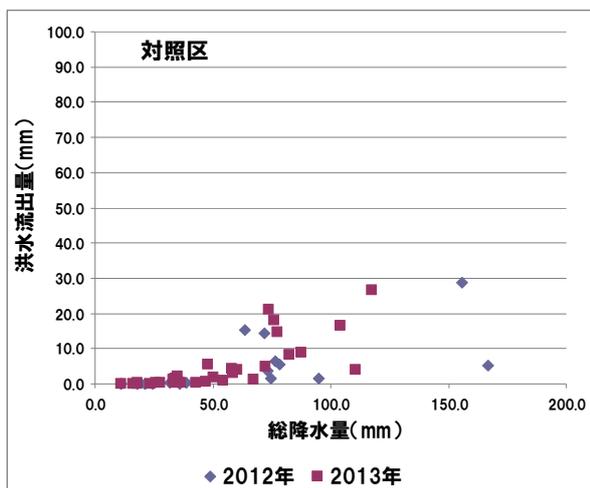


図 11. 林外雨量（総降水量）と洪水流出量の関係。左：対照区、右：強間伐区

## 考察

### 1 林内雨量の増加

強間伐区で、林外雨量に占める林内雨量の割合（林外雨量と林内雨量の関係を直線回帰させた時の傾き）は、強間伐実施前で約 48%、実施後で約 70% となりました（図 9）。小松（2007）は、立木密度と樹冠遮断率の間に正の相関があることを示しています。本報告では、樹冠流の算出ができていない為、樹冠遮断率を求めることは困難ですが、仮に林外雨量の 10% が樹冠流として地表に到達する（篠原 2010）と仮定すると、強間伐区の樹冠遮断率は、強間伐実施前で約 42%、実施後で約 20% となります。図 12 に、小松（2007）が作成した立木密度と樹冠遮断率の係に、強間伐区の、強間伐実施前後の観測結果を示します。本地域でも、他の森林と同様の傾向を示しており、強間伐による立木密度の低下が樹冠遮断率を低下させ、林内雨が林外雨に占める割合が増加したと考えられます。

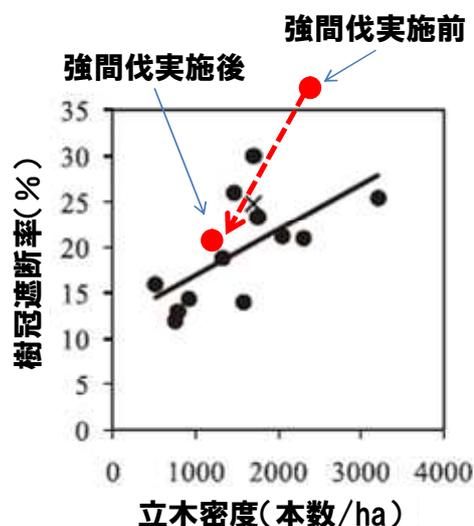


図 12. 立木密度と樹冠遮断率の関係。  
（小松（2007）に加筆）

### 2 地表流量、洪水流出量の変化

地表流量が林外雨量に占める割合は、対照区、強間伐区、共に 2012 年よりも 2013 年の方が低下しました（図 10）。つまり、強間伐の実施による影響よりも、年々変動の方が大きかったこととなります。従って、現時点で強間伐実施による地表流量の低減効果の評価することは困難でした。地表流量に及ぼす要因は、下層植生の有無だけではなく、降雨パターン（降雨強度など）等も考えられます（恩田 2008）。図 13 に、今回観測された降雨イベントの、最大降雨強度の頻度分布図を示します。2012 年は 20mm/h 以上の降雨イベントが 30% 以上観測されているのに対し、2013 年は 10% 未満でした。このような降雨パターンの違いが、地表流量に影響を及ぼした可能性が考えられます。今後は、他の要因との関係も解析しつつ、下層植生の回復による地表流量の変化を継続して観測することが必要と考えられます。

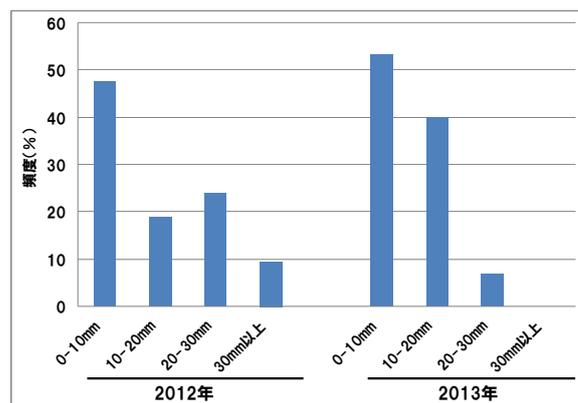


図 13. 観測された降雨イベントの最大降雨強度（1 時間雨量）の頻度分布

洪水流出量が林外雨量に占める割合は、対照区、強間伐区共に 2012 年、2013 年で大きな変化はみられませんでした（図 11）。従って、現時点で強間伐による洪水流出量の低減効果の評価することは困難でした。地表流量の発生量が林外雨量と比べて非常に少なく、また、強間伐実施による地表流量低減も不明な為、洪水流出量には大きな影響が及んでいないと推測されます。従って、地表流量と同様に、下層植生の回復による変化を、中長期的に継続して観測することが必要と考えられます。

おわりに

水源涵養機能を高度に発揮できる施業方法を検討する為、近年、林学等の研究分野で提案されている従来の間伐よりも強度に立木を伐採する方法を、岐阜県東白川村にある越原国有林内のヒノキ人工林を対象として実施し、林内雨量、表面流量、洪水流出量に対する影響を調査しました。その結果、以下の結果を得ることができました。

1 強間伐実施によって、林内雨量が林外雨量に占める割合は、大きく増加しました。この増加量は、他の森林で観測された結果とおおむね同様でした。

2 地表流量、洪水流出量は、強間伐による効果を評価することができませんでした。その要因の一つに、下層植生がほとんど変化していないことが考えられました。

今後は、下層植生の回復や樹冠が再び閉塞していく過程での林内雨量、表面流量、洪水流出量の変化を観測していく予定です。

謝辞

岐阜森林管理署、東白川村役場、東白川村森林組合の皆様には、観測支援、間伐実施等大変お世話になりました。記して謝意を表します。

引用文献

Hewlett J. D. and Hibbert A.R.1967 Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. In Sopper W.E. and Lull H.W. "International Symposium on Forest Hydrology"275-290p Pergamon Press Oxford

小松（2007） 日本の針葉樹人工林における立木密度と遮断率の関係、日本森林学会誌， 89 PP217-220.

篠原ら（2010） 管理放棄されたヒノキ人工林における樹冠遮断量の観測、日本森林学会誌， 92 PP54-59.

恩田（2008） 人工林荒廃と水・土砂流出の実態 岩波書店.