

平成 18 年 3 月 10 日

熊本県地域振興部
総括審議員 上野 信一 様

子守唄の里・五木を育む清流川辺川を守る県民の会
(ほか 5 2 住民団体) 代表 中島 康

「森林の保水力」現地検証（地表流観察試験）の結果について

平成 16 年～17 年に行われた、地表流観察試験の結果について、以下のように評価いたします。

< 概 要 >

平成 16 年～17 年、熊本県川辺川流域の端海野において、隣り合う人工林と自然林について地表流の発生の有無・大小を調査しました。その結果、国土交通省が否定していたホートン型地表流が明確に観測され、その地表流の発生頻度は人工林の方が自然林よりもはるかに多いこと（分散分析で有意差あり）が判明しました。地表流の発生量については、測定方法と測定運用上に重大な欠陥が、特に平成 17 年の測定時にあったため、更なる観測の継続が必要ですが、平成 16 年の測定では人工林での発生量が自然林よりもかなり大きい結果が得られました。このように、流域の植生の変遷や管理が流域の治水機能（河川流量）に影響を及ぼさない根拠として、自然林であれ、人工林であれ、手入れがされようがされまいが、森林土壌の浸透能は大きいので、斜面中部や上部では地表流は発生しないと国土交通省の論拠は破綻しました。

また、平成 17 年に、同じ川辺川流域の清楽の幼齢人工林のみにおいて、地表流観察試験が実施されましたが、隣接する比較対照とする自然林や伐採前の人工林での観察がされていないため、結果の評価はできませんでした。

1 . 地表流観察試験の論点（目的）

この地表流観察試験の目的は、国交省が、「森林の土壌浸透能は十分に大きいため、それが伐採されようが、また人工林化し、さらに手入れがされようがされまいが、たとえ豪雨であってもホートン型（土壌の浸透能を越える降雨強度による）地表流が斜面上部や中部で発生することは無い（極めて希である）。よって、1950年代から今日まで、川辺川流域の森林面積に変化があまり見られないから、流域の保水力に変化はない」と主張されることが実際に妥当であるかどうか検討することです。

これに対して、ダム反対側は「森林土壌の浸透能は現地での測定値よりは遙かに小さく、ある一定程度以上の降雨強度で地表流は発生する。すなわち、ホートン型地表流が発生しており、伐採や人工林化、手入れの程度による土壌表層の変化、すなわち表層土壌の浸透能および貯水能の変化によって、有意にその地表流量（これを含む表層流量）の大小をもたらす。」と主張してきました。

以上のように、今回の地表流観察試験は、地表流と流域の河川流量（特にピーク流量）との定量的な因果関係を求めるためではなく、地表流が斜面上部や中部で発生するか、いなかを検証しようというものです。それは、この地表流量の大小とピーク流量の大小との関係は、少なくとも、斜面底部において、飽和型、ホートン型の両地表流を含む表層流量を知ること無しには不可能だからです。

以上の論点を現地検証する意味は、現在の球磨川人吉における基本高水流量（80年に一度の洪水時の最大予測ピーク流量）が流域の森林が一斉拡大造林などで荒れていた時期の雨量と河川流量との関係データから推定していることに対して、得られた結果は過大評価であるとするダム反対側の主張と問題ないとする国土交通省との主張のどちらが妥当であるかを検証するということです。今回の検証はその第一歩です。

2 . 試験地および試験方法

- 1) 対象地 熊本県川辺川上流域の端海野の人工林と自然林が隣接している斜面の中腹です。隣接した林分を選定した理由は、比較対照とした両林分は、もともとの土壌がほぼ同一で、地形的にも類似して、植生の違いだけの影響を観察するのに適しているからです。

2) 測定方法

① 地表流発生確認

人工林、自然林とも、斜面上部と中部に各 3 台、計 6 台ずつのビデオカメラを設置しました。

② 地表流量

対象林分の斜面中部に地表流集水用の雨水樋（屋根付）を設置し、自動記録装置付転倒マスを通りさせて地表流量を計測。さらに、その通過水を転倒マス下部の 200L ポリタンクに導入し、その水位を自動計測しました。この報告書では原則としてこのポリタンクの水位変動量から求めた地表流量を使用しました。ただし、ポリタンクの水位変動量データのチェックに転倒マスによる計測値も使用しました。

③ 降雨量

林外に自動記録装置付き雨量計を設置しました。

④ 土壌水分飽和度

深度を変えて 3 基の土壌水分計を人工林と自然林の斜面中部にそれぞれ設置しました。

3 . 観察結果

3.1 ホートン型地表流が観察された！

平成 16 年と 17 年の 5 回にわたる観測で、そのすべてで、ホートン型の地表流が斜面中部で発生していました。

端海野の人工林、自然林とも地表流が発生（雨水樋による捕捉、またはカメラによる観察）しましたが、その時の土壌は上（浅）層はもちろん、深層においてすら雨水によって飽和していません（飽和度が 1 に達していない）。すなわち、飽和型地表流ではなく、ホートン型地表流でした（図 1）。

→ 国土交通省の主張は否定され、ダム反対側の主張が立証されました。

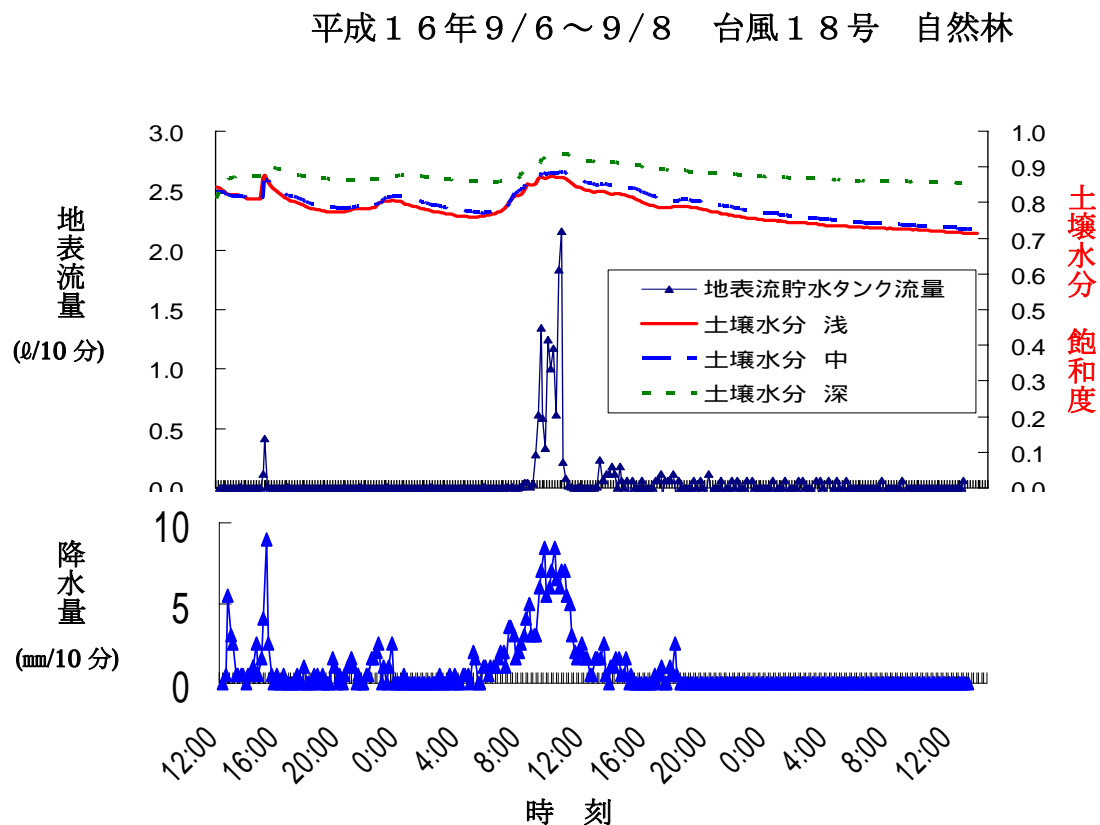
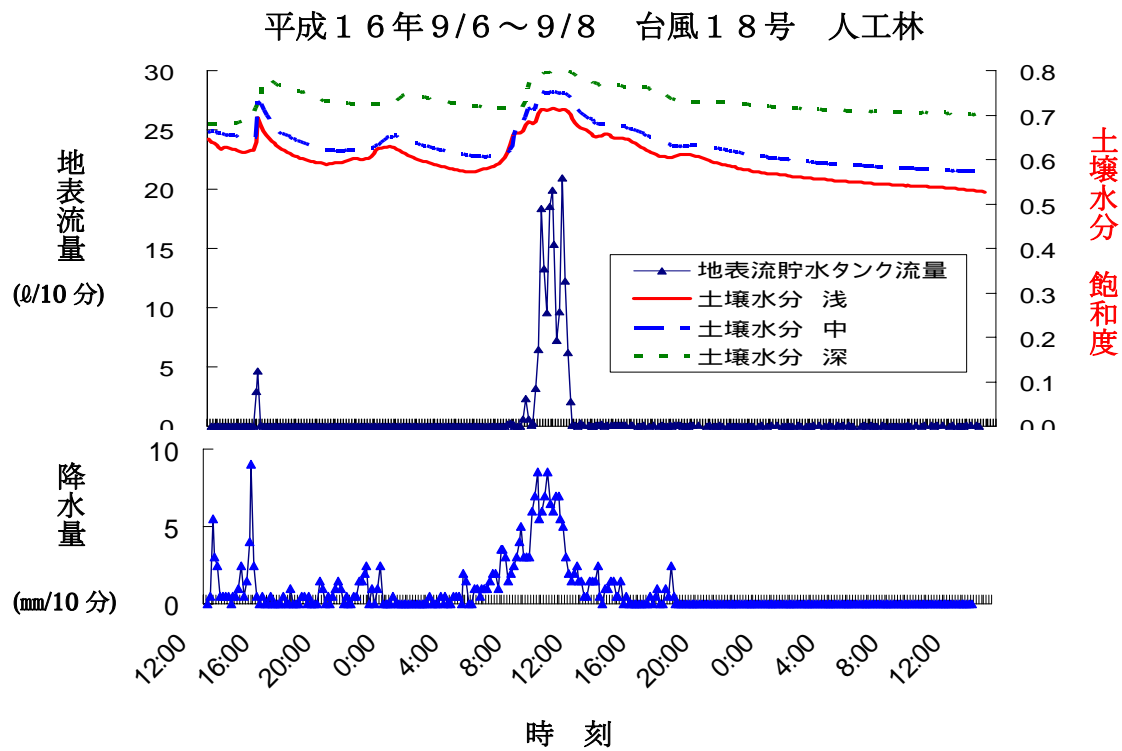
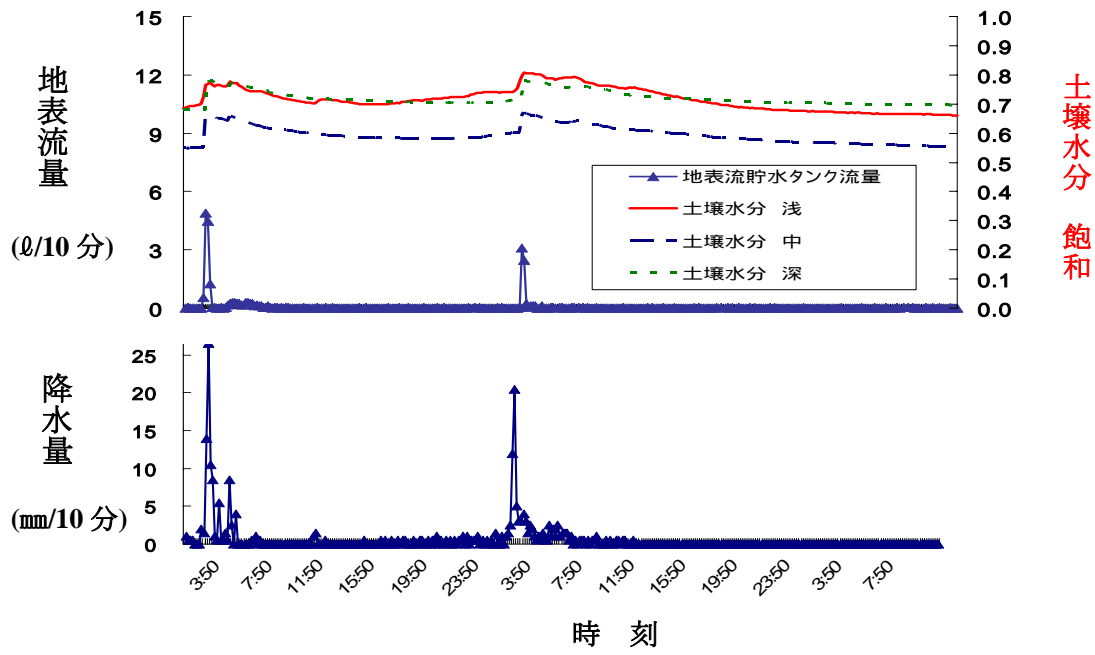


図 1-1 平成 16 年台風 18 号時の人工林と自然林における地表流発生時の土壌（浅、中、深層）水分の飽和度の推移（土壌水は飽和していない）

平成 17 年 7/5～7/7 人工林



平成17年7/5~7/7 自然林

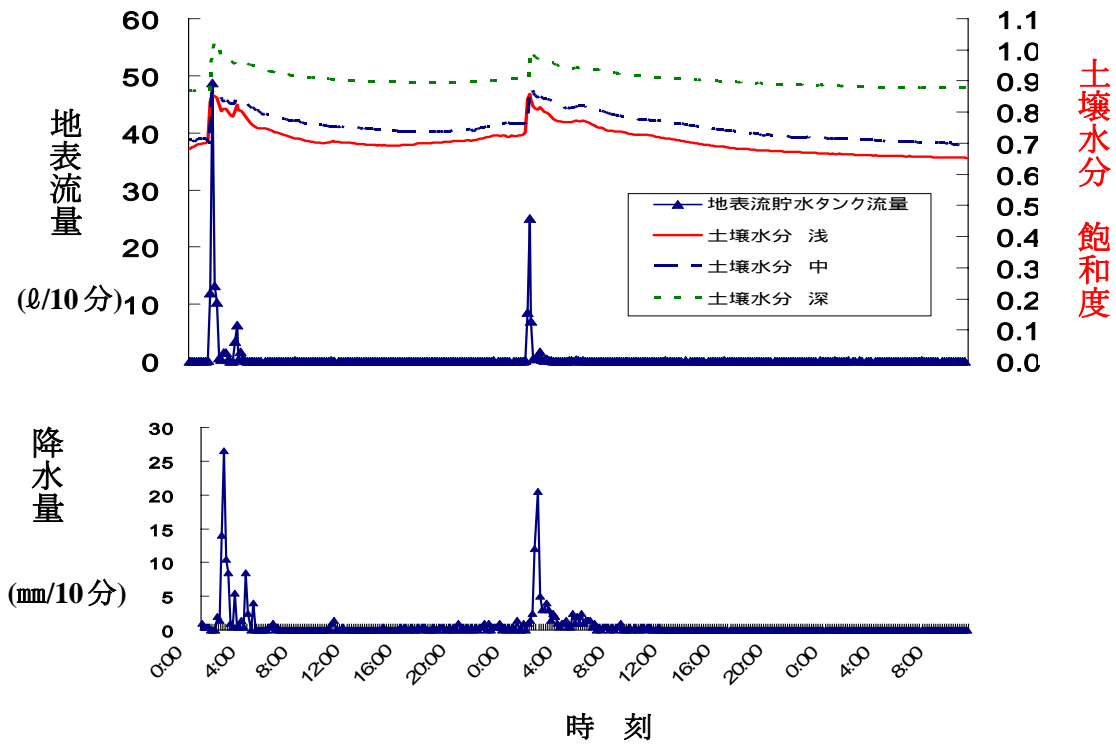


図1-2 平成17年7/5~7/7の豪雨時の人工林と自然林における地表流発生時の土壌(浅、中、深層)水分の飽和度の推移 (土壌水は飽和していない)

3.2 地表流の発生頻度に人工林と自然林では差異が見られた！

平成 17 年の 7 月 9 日（時間降雨 42.5mm）のカメラによる地表流観察において、人工林ではカメラ 6 台（1 台の観察範囲は 1.5m×1.5m 程度：計 13.5m²）による観察で、少なくとも 12 カ所で観察されています。それに対して、自然林では、6 台のカメラでわずか 2 カ所に過ぎませんでした。これらの差異は統計的にも有意でした（表 1）。また、斜面上部でも人工林では地表流が観察されました。

以上のことは、豪雨時には、人工林では 13.5m² で 12 カ所（1 ヘクタール当たり 9,000 カ所）の頻度で、それに対して自然林では 2 カ所（1 ヘクタール当たり 1,000～2,000 カ所）と、手入れされていない人工林では地表流の発生が頻繁となっています。植生や手入れの違いで、土壌の保水力に差異が見られることが判りました。

→ 国土交通省の主張は否定され、ダム反対側の主張が立証されました。

表 1 端海野の人工林と自然林におけるカメラによる地表流観察結果

		発生個所数	
		斜面上部	斜面中部
人工林	地点①	1	2
	地点②	2	3
	地点③	1	3
自然林	地点①	0	1
	地点②	0	1
	地点③	0	0

人工林と自然林における地表流発生頻度の検定結果

地表流発生頻度は

人工林 ≫ 自然林

でした。（ $p < 0.01$ ：人工林と自然林の一元配置分散分析、

$p < 0.001$ ：斜面の位置を加えた二元配置分散分析）

3.3 平成 16 年は地表流の発生量に人工林と自然林では差異が見られた！

平成 16 年は、端海野の隣接する人工林と自然林で、平成 17 年はこれらの森林に加えて、清楽での幼齢林で地表流を斜面中部の土壌表面で捕捉する観測がされました。しかし、清楽は対照とする、隣接した自然林などで測定されていませんので、伐採や植林による影響を比較する基準がありません。そのため、結果の評価はできません。

また、平成 17 年の測定では、特に人工林では大量の土砂が雨水樋を通して、地表流測定機器（転倒升の測定装置）に流入し、正常な測定ができなかったため、これを評価の対象外としました（詳細は以下に述べます）。

平成 16 年の端海野の測定結果（貯水タンク水位による測定値で、人工林と自然林の地表流量の測定対象面積の違いを補正した値）について評価します。

平成 16 年の 3 回にわたる測定結果では、時間降雨量、または 10 分間降雨量との関係では、人工林は自然林よりも地表流量が多いことが示されました（図 2、3）。

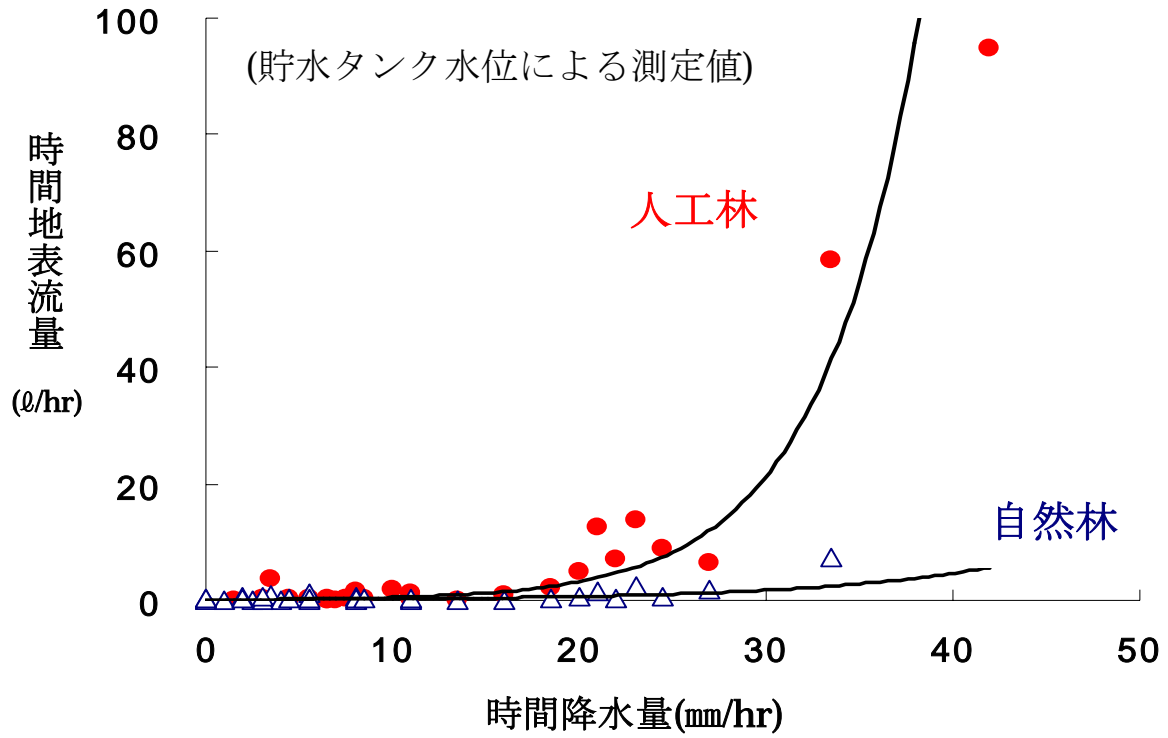


図 2. 人工林と自然林における 1 時間の降水量と地表流量の関係

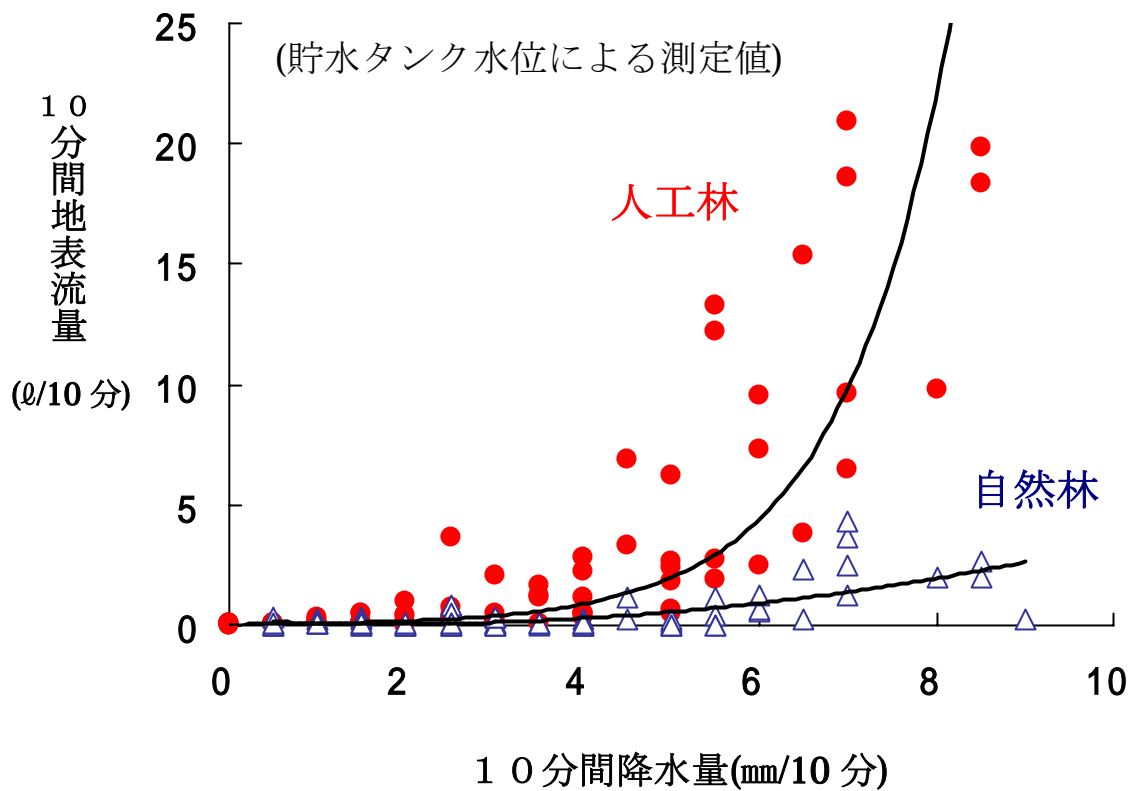


図 3. 人工林と自然林における 10 分間の降水量と地表流量の関係

4. 国土交通省による測定方法、測定運用上の重大な欠陥

端海野の相互に隣接する人工林と自然林では、平成 16 年に引き続き、17 年の 2 回の降雨において、地表流のカメラ観察と雨水樋による地表流捕捉測定がされました。

しかし、そこにおいて、以下のように国土交通省が代行した観察、捕捉作業に重大な欠陥（ミス？）があったことが判明しました。

4.1 カメラの解像度の劣化

ダム反対側はカメラ撮影に於いて、1 画面 40 万画素以上で撮影・記録することを仕様書で求めました。そのために、3 台のカメラの映像を 1 台の記録器（ビデオデッキ）で記録する場合、画像分割ではなく、時間分割で地表面の撮影の解像度を劣化させないように求めました。ところが、実際に国土交通省のカメラ撮影は時間分割ではなく、画像分割で録画したため、画像の解像度は 40 万画素の 3 分の 1 以下に劣化しています。そのため、地表の詳細が不鮮明で地表流の識別が極めて困難となりました（40 万画素のカメラでの撮影と比較すれば、今回の画像の解像度の悪さは一目瞭然です）。

今回、カメラ撮影結果について評価したのは、平成 17 年の 7 月 9 日の降雨についてです。平成 16 年の 3 回の観察降雨はすべて、台風時であって、落葉枝が地表面に堆積し、カメラでの観察は不可能でした。平成 17 年の 7 月 5～7 日の降雨は、録画時間が真夜中で、照明ライトの反射と上記した解像度の悪さで識別が不可能でした。

4.2 雨水樋による地表流捕捉システムの運用欠陥（ミス？）

国土交通省が提案した地表流捕捉システムは、地表流を捕捉し、これを雨水樋で地表流量測定器を通して貯水タンクに導くシステムとなっています。ところが、地表流が地表流量測定器（転倒升による測定）に導入された際、直径 3cm 程度のフィルターを通過させますが、それが土砂や落葉などで目詰りしたり、完全にふさがった場合、地表流はあふれてしまいます。その場合でも、地表流量測定器をあふれた地表流がその下の貯水タンクに流れこみ、地表流量の測定に支障がないように本来は設計されていました。ところが、あふれた地表流が貯水タンクに導入される通路が実際は封鎖され（運用ミス？）、貯水タンクにそ

の大部分は導入されず、元の雨樋を逆上して、そこから野外に流出することが判明しました。

実際に、人工林では平成 17 年 7 月 5～7 日の降雨の際、このフィルターが土砂などで完全に目詰りし、その後、地表流量測定器は完全に作動しなくなりました（地表流が全く転倒升に導入されなくなったためです）。また、完全に地表流の導入が阻止されなくても、フィルターの目詰りで、導入量が制限された場合、大部分のあふれた地表流は、貯水タンクに導入されること無しに、野外に排出されることとなります。それ故に、特に平成 17 年の人工林の地表流測定値には、このあふれた地表流が含まれておらず、またその量も皆目わからないため、得られた値は全く信憑性がないと言えます。

その結果、図 4 に示すように、平成 16 年と 17 年では人工林の地表流量には大きな変化が生じてしまいました。

ところが、その時の自然林の地表流測定器にはフィルターが設置されておらず（運用ミス？）、人工林とは異なり、土砂が流れ込んでもフィルターによる目詰りが生じないことより、雨樋から導入された地表流の大部分は地表流測定器を通過して、貯水タンクに流れ込んだと思われます。その結果、自然林では平成 17 年の方が、平成 16 年よりも地表流量が増大している傾向が見られます（図 5）。このことは、平成 16 年の測定においても、17 年ほどではないにしても、雨樋によって捕捉された地表流の一部が下の貯水タンクに導入されず、外部に排出してしまった可能性があることも示唆しています。

以上のことは、地表流量の絶対的な評価は今回の調査からは困難で、平成 16 年の調査においても、せいぜい人工林と自然林の地表流量の大小という、相対的な比較がやっとで、それぞれの地表流量が降水量の何パーセントを占めるかどうかといった評価はできないし、すべきではないでしょう。

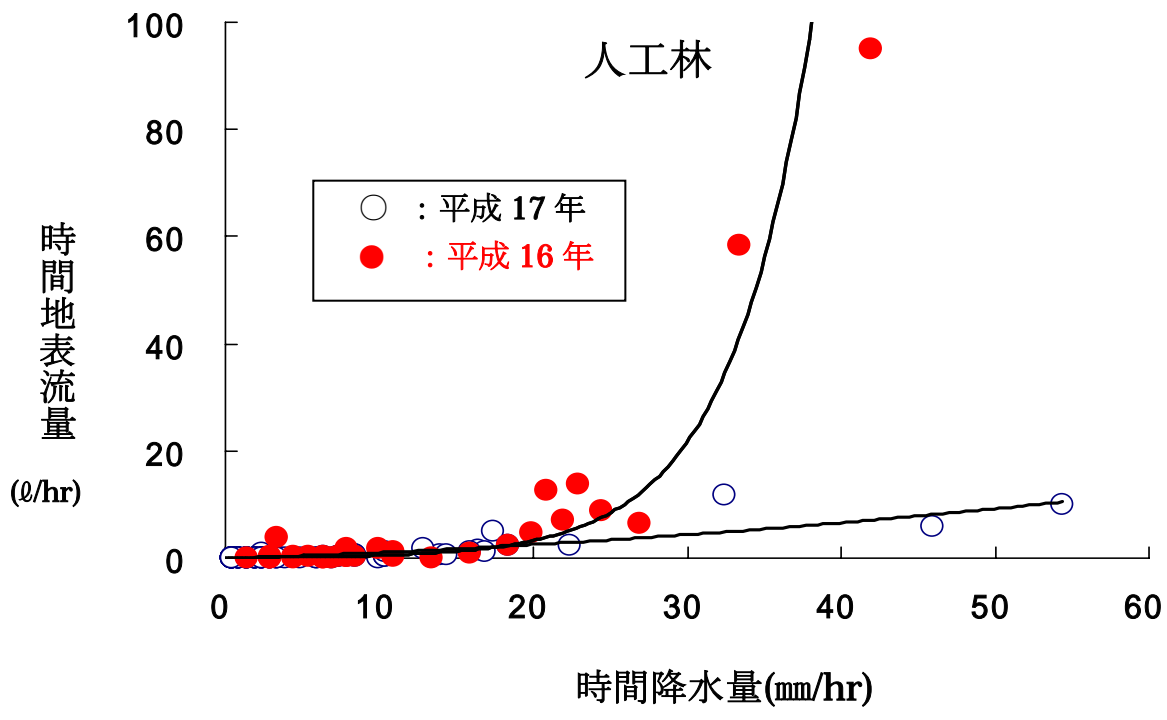


図 4 人工林(端海野)における H16 年度と H17 年度の時間降水量と時間地表流量との関係

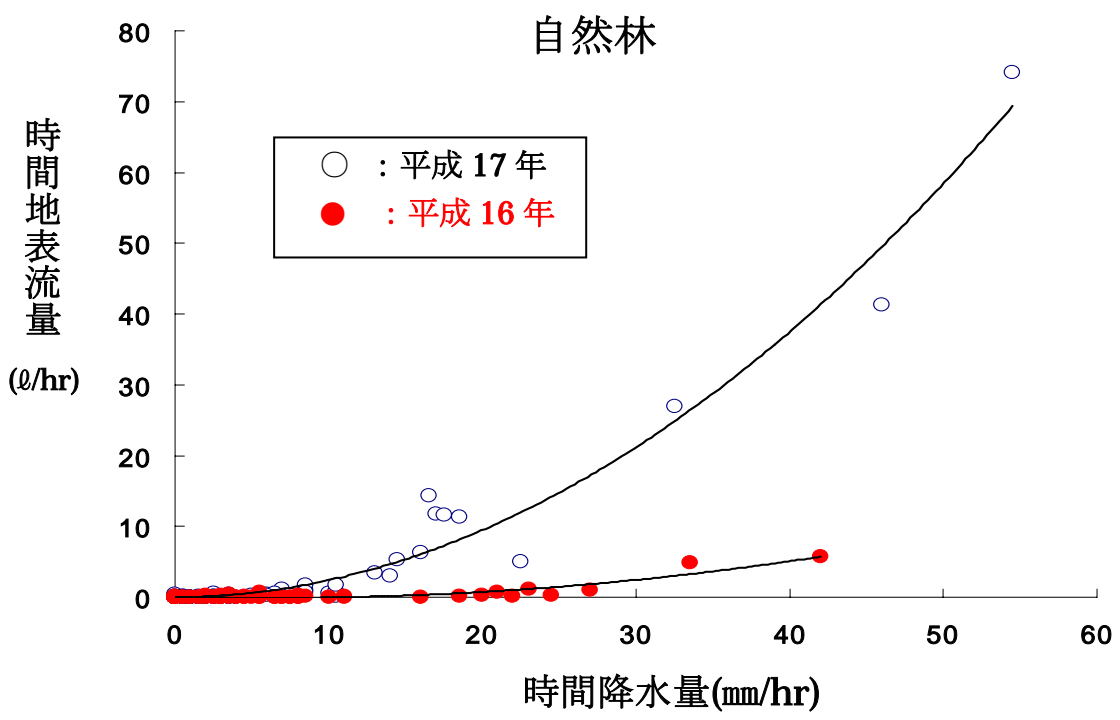


図 5 自然林(端海野)における H16 年度と H17 年度の時間降水量と時間地表流量との関係

4.3 地表流捕捉地点における屋根の設置ミス（?）

平成 17 年における観測で、特に人工林で土砂が大量に流入した原因として考えられることは、地表流を最初に斜面中部の地表面で捕捉する際、地表面に設置した薄いトタン板で捕捉しますが、そのトタン先端の上部前面 20cm 以上に屋根が設置されたため（仕様書では屋根はトタンの先端直上までに限定）、平成 16 年の設置から 17 年の測定までの約 1 年間、その屋根の下の表土が雨水に直接触れることはありませんでした。そのため、表土は乾燥し、その物理的性質（特に粘性）が劣化し、流亡しやすくなっていたと思われます。そこに、晴天続きの後の豪雨（7 月 5～6 日、7 月 9 日）が到来したため、大量の地表流と土砂が一時に雨樋に流れ込んだと思われる。

平成 17 年の測定再開時に、ダム反対側の指摘でその屋根を縮小しましたが、縮小工事の直後の最初の降雨がこのたびの測定対象とした豪雨（7 月 5～6 日、7 月 9 日）でしたので、その土壌の物理性が回復する時間がなかったと思われます。

以上、カメラの解像度の劣化、地表流測定装置の運用ミス（あふれた地表流の貯水タンクへの導水阻止、自然林におけるフィルターの不設置）、地表流捕捉トタンの過大な屋根といった、国土交通省側の数々のミス(?)がこのように重なることは、単なる偶然とは考えにくいと言えます。このようなミスがなければ、地表流観察試験の結果は上記した傾向をより鮮明に裏付けることができたでしょう。

5. 結論

森林斜面においても、ある一定程度以上の降雨強度で地表流は発生します。その地表流は斜面中部、上部においては、土壌が雨水で飽和してから発生するというよりは、降水強度が土壌の浸透能を上回ることによって発生する Horton 型地表流であることが実証されました。そして、手入れの悪い人工林では、自然林と比較して有意に地表流の発生頻度が高いことが裏付けされました。それは、伐採や人工林化、手入れの程度による土壌表層の変化、すなわち表層土壌の浸透能および貯水能の変化などによって、もたらされていると思われます。

以上のことは、国土交通省の主張の根拠、基本的な考え方が否定されたことに他なりません。

すなわち、一斉拡大造林時期やその後の植林、そして森林の成長など、流域の森林の状態によって、その保水力が変化し、それが洪水時の河川流量に影響をもたらしていることを指摘する、ダム反対側の論拠が裏付けられたと言えます。

よって、基本高水流量については、流域の森林の状況を考慮して推定する必要があり、現在の基本高水流量は過大評価されている可能性があり、最近の洪水時データの解析や、さらに流域森林の保水力調査などを行うなどして、再検討すべきです。