

流木の流出防止を目的とした溪流および 谷底河川沿いのケヤキの植林に関する研究

STUDY ON AFFORESTATION OF THE ZELKOVA OF MOUNTAIN STREAM
AND RAVINE RIVERS WHICH PREVENT OUTFLOW OF DRIFTWOOD AS
PURPOSE

石野和男¹・濱田武人²・佐野浩一³・大下勝史⁴・野呂直宏⁵・岡本宏之⁶
Kazuo ISHINO, Taketo HAMADA, Kouichi SANO, Katsufumi OOSITA, Naohiro NORO
and Hiroyuki OKAMOTO

¹正会員 工博 大成建設(株)技術センター 主席研究員 (〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1)

²正会員 濱田技術士事務所 代表 (〒465-0094 名古屋市名東区亀の井1-169)

³非会員 岐阜県高山市立本郷小学校 校長 (〒506-1313 高山市上宝町在家1642)

⁴非会員 岐阜県 自然保護員 (〒509-4422 飛騨市宮川町西忍258)

⁵非会員 三重県大台町役場 (〒519-2505 大台町江馬316)

⁶非会員 宮川森林組合 (〒519-2505 大台町江馬316)

Recently, outflow of the driftwood which originates in bank erosion and slope failure occur frequently. At Miyagawa of Mie prefecture the flood of the highest flow in observation history occurred in October 2004. In this flood, the cedar forest which is afforested to the side bank flowed out with stream bank erosion, but, the zelkova tree which has grown in the side bank did not flow out withstanding the flood.

From this circumstance, as for this study, the judgment whether afforestation of the zelkova tree in boundary of the river in order to control the occurrence of the driftwood is effective, and, history of afforestation of the zelkova tree and propagation circumstance etc of the zelkova tree were investigated.

Key Words : Zelokova, afforestation, mountain stream, ravine rivers, prevent work of outflow of driftwood

1. はじめに

近年、河岸浸食や斜面崩壊に起因した流木の流出が多発している¹⁾。2004年7月には、福井の足羽川で観測史上最大流量の洪水が発生し、J R西日本の越美北線等の橋梁が被害を受けた²⁾。この洪水では、支川の上流の側岸まで植林された主にスギ林が側岸侵食とともに流出し、写真-1に流木が橋梁を乗り越えた状況を示すように橋梁等に被害を与えた³⁾。なお、写真中の矢印は流向を示す。一方、同年10月には、岐阜県の宮川に観測史上最大流量の洪水が発生し、J R東海の高山線橋梁が被害を受けた。この洪水では、写真-2の右岸の重機が見られる場所にはスギ林が植林されていた。この本川の側岸に植林されたスギ林が側岸侵食とともに流出したが、その他の側岸に生えていたケヤキは洪水に耐えて流出しなかつ

た⁴⁾。さらに、同年9月には、三重県の宮川に観測史上最大流量の洪水が発生した。この洪水では、支川の土石流発生区間の側岸に生えていたケヤキは洪水に耐えて、スギ林の流出を抑制した。このような状況から、近年多発している流木の発生を抑制するために川沿いにおけるケヤキの植林が有効であるかの判断を目的に、ケヤキの植林の歴史、ケヤキの繁殖状況等を調査した。なお、ケヤキの植林が有効となればコンクリート等を用いない自然にやさしい流木流出防止工法が実現されることになる。

本文では、上記の洪水中および洪水後のケヤキの耐洪水特性を示すとともに、植林の歴史、繁殖状況等の調査結果を示し、流木の発生を抑制するためにケヤキの植林が有効であるかの判断結果を示す。なお、最近手がけている植林方法についても示す。

2. ケヤキの特性

ケヤキは、青森以南の日本および東アジアに生育する広葉樹で、樹命が長く神社等には樹齢1000年を越す大ケヤキが見られ天然記念物に指定されているものもある。また、水気を好み、広く根を張り粘る性質を持つ。このため、溪流および谷底河川沿いに自生林が見られる。さらに、群馬等の風の強い地域では屋敷を守る林として使用されるとともに、排ガスに強いことから広く街路樹に使用され、その中でも仙台の定善寺通りのケヤキは有名である。岐阜県宮川町の町木はケヤキで、多くのケヤキが見られるとともに、傾斜地の家屋では雪崩防止を目的に裏山にケヤキを植えている。一方、後述するように甲府の信玄堤の堤内地には、ケヤキが植えられている。このように、古くからケヤキは、洪水や雪崩による側岸や法面の侵食を防止する役目を果たしてきたようである。しかし、ケヤキの耐侵食特性は古くから言い伝えられているが、洪水中の流速等の数値を用いた耐侵食特性の評価は行われていないようである。

3. 洪水および洪水後のケヤキの状況から見た

流木発生の抑制および耐洪水特性

(1) 2004年10月岐阜県宮川の洪水後、2006年7月岐阜県宮川の洪水時のケヤキの状況

写真-3、4に2004年10月岐阜県宮川洪水後の2006年3月のケヤキの状況を示す。写真-3の右岸外岸側に落葉したケヤキ林が見える。写真-4の中央に、側岸に生えたケヤ

キ林が岸に沿って生えて、その右側の堤内地側に植林されているスギ林が見える。このように、ケヤキ林がスギ林の流出を阻止している状況が示された。また、写真-4の周辺のケヤキには根元から最大で6mの高さまで痕跡水位が見られ、この地点の断面平均流速は3.6m/sと算出された。なお、これらのケヤキの胸高直径は最大で0.9m程度であった。ケヤキの胸高直径は、年に0.01m成長すると言われている。このことから、これらのケヤキは1916年（大正6年）前後に発芽したと推測された。写真-5に大正3年に発生した宮川大水害の記録を示す。写真から、この大水害時には、大量の土砂が流出し川を埋めつくしたことが判明している。写真には、ケヤキらしき大木が川沿いに林立している。後述するが、ケヤキの根元に0.1m程度の土砂が堆積したまましているとそのケヤキは枯れてしまう。このような状況から、現在の岐阜県宮川沿いのケヤキは、この大水害の後に発芽し、数回の水害に耐えながら成長したことが示唆された。写真-6に、写真-3に示したケヤキ林周辺の2005年7月洪水時の状況を示す。このケヤキ林も写真の左側に植林されているスギ林の流出を防いだ。

写真-7に2004年洪水により倒伏損傷を受けたケヤキを示す。写真-7の地点の根元からの痕跡水位は3m、断面平均流速は5.0m/sである。このような状況下では、胸高直径が0.1m、樹齢10年以下のケヤキは折れ曲がっていた。一方、写真-8に、写真-7地点の直上流のケヤキの洪水に耐えた状況を示す。写真-8に示すように、胸高直径が0.1m、樹齢10年以上のケヤキは、このような洪水に耐えることが示された。



写真-1 橋を乗り越えた流木

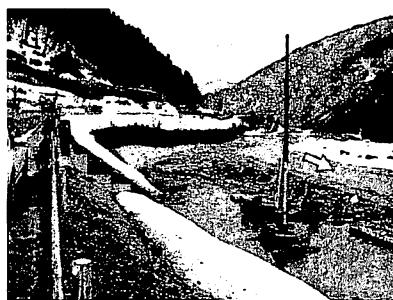


写真-2 右岸側のスギ林が流出した場所



写真-3 右岸側のケヤキ林の遠景



写真-4 中央に写る右岸側ケヤキ林の近景



写真-5 大正3年の大水害の記録



写真-6 洪水に水没するケヤキ林

(2) 2004年8月三重県宮川洪水後のケヤキの状況

写真-9～14に、2004年9月三重県宮川洪水後の2006年4月のケヤキの状況を示す。写真-9～12の地点の河床勾配は1/13で、土石流の発生が示唆されている。写真-9には土石流が流下する中で流木を捕らえた状況を、また、写真-10には土石流によって流下した1ton程度の石（矢印とケヤキの間に見える）の衝撃に耐えた状況を示す。写真-11にはケヤキの根が地中に生えて、根の周囲の土砂の侵食を阻止した状況を、また、写真-12には大岩の上で根を地中に回して成長しているケヤキの状況を示す。なお、写真-12内の右側に写るスギの根元には、土石流により表皮が剥かれた状況が示されている。

写真-13には、写真-9～12の地点とは別の河床勾配1/7の土石流下で、流木を補足し耐えたケヤキを示す。

一方、写真-14には、約3mの高さの護岸上に植林されたケヤキ林を示す。この支川は、河床勾配が1/130で、洪水により護岸上まで土砂が乗り上げて、ケヤキ林の下流側では、根元に土砂が堆積した。写真-14は、洪水から3年後の状況である。写真-14の左側の上流側のケヤキは根元に土砂が堆積していないので枯れていない。一方、

右側のケヤキは根元に土砂が堆積しているので葉が見られなく枯れている。このような状況から、ケヤキの成長には、堆積土砂を取り除く最低限の維持管理の必要性が示された。

(3) 洪水後の状況から判断したケヤキの流木の抑制効果および耐洪水特性

(1) 2004年10月岐阜県宮川洪水、(2) 2004年8月三重県宮川洪水後の調査結果から、ケヤキの流木の抑制効果および耐洪水特性を示した。これらから、

- 1) 発芽から10年程度以上の成木のケヤキの流木の抑制効果が示された。
- 2) 発芽から10年程度までの幼木は、洪水により倒れる可能性が高く、洪水後に倒伏状態を是正する維持管理の必要性が示された。
- 3) 成木であっても、洪水後に根元に堆積した土砂を取り除く最低限の維持管理の必要性が示された。

以上から、ケヤキの流木の抑制効果が示され、耐洪水特性・維持管理内容が示された。



写真-7 倒伏損傷したケヤキ林



写真-8 洪水に耐えたケヤキの林立状況



写真-9 流木を止めたケヤキ



写真-10 土石流に耐えたケヤキ



写真-11 侵食を止めたケヤキ



写真-12 大岩上に生えるケヤキ

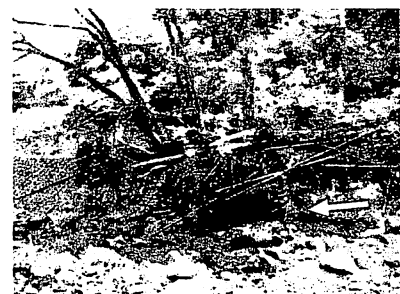


写真-13 流木を止めたケヤキ



写真-14 土砂に埋ったケヤキ

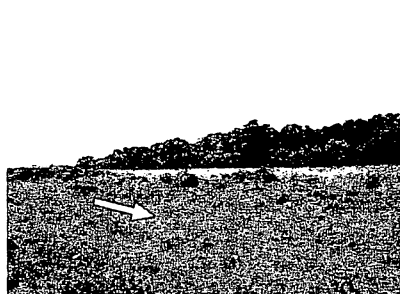


写真-15 信玄堤のケヤキ林を望む

4. ケヤキの植林の歴史と現況

(1) 信玄堤におけるケヤキの植林状況

写真-15～18に、山梨県釜無川の信玄堤沿いにおけるケヤキの植林状況を示す。信玄堤沿いにおけるケヤキは、竜王の三社神社から開国橋までの約3kmの区間の堤防沿いの堤内地に植えられている。

保坂⁵⁾は、ケヤキ林の上流側の約1.7km区間の胸高周長を計り、樹齢を考察している。その中で、最も胸高周長が長く樹齢（推定発芽西暦）が長いものの値は、それぞれ4.2m、138年（1866年）である。これによると、1868年が明治元年であることから、これらのケヤキは江戸時代末期以降に植えられたことになる。なお、樹齢が115年を越える大木は、計測区間に広く分布している。一方、1814年に完成した甲斐国志の中で信玄堤の堤内地の森は、「巨木鬱蒼たり命じて公林として敢えて斧斤を入れず万世の功なり」と称えられている。また、初期の信玄堤の森林は、竹林と松柳林であると「御本丸様書上」に記されているとのことである。

いずれにしろ、堤内地を洪水から守る水害防備林とし

てケヤキが植えられ現存している。なお、水害防備林には、流木を堤内地に侵入させない役目も保持していたと考えられる。

写真-15は開国橋上からケヤキ林の上流側を望む。写真-16は上流側の三社神社周辺のケヤキ林である。この地点では、ケヤキの大木が疎らに生育している。写真-17は、写真-16の下流の副堤上から見たケヤキ林である。この地点までは、下草の除草が行われている。延長約3kmのケヤキ林の下流側は、写真-18に見られるように、手入れが行われておらず鬱蒼としている。なお、写真-16～18に見られるように、ケヤキ林は釜無川から取水された水で育っている。

(2) 金沢城におけるケヤキの植林状況と伝承

写真-19に金沢城の内堀沿いのケヤキを示す。金沢城の案内図によると、城内には十数本の大木が存在する。

写真-20に金沢城に示されている前田時代の樹木に関する制の伝承文を示す。写真-20によると能登を統治時代の1616年に杉から始まりケヤキまでの七木の制を制定し、伐採を禁じて森林の保護を図った。その後、1867年に加賀・越中・能登の七木が松・杉・ケヤキ・樅・檜・



写真-16 三社神社周辺のケヤキ林



写真-17 中流側のケヤキ林



写真-18 下流側のケヤキ林



写真-19 金沢城のケヤキ

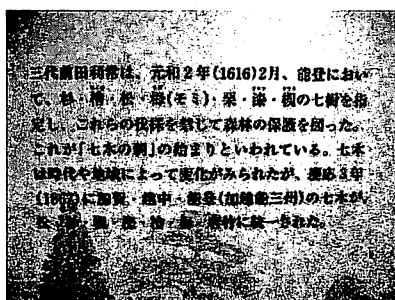


写真-20 七木の制の伝承文



写真-21 鉄道防雪林の案内板



写真-22 鉄道防雪林の現況



写真-23 大鹿村のケヤキの根幹と根



写真-24 稲山の森の巣植え状のケヤキ

榎・唐竹に統一されている。七木の中で、1616年のケヤキが7番目である順位が、1867年に3番目に格上げされた理由は不明である。なお、犀川水系河川整備検討委員会⁶⁾においては、七木の制の目的は水害防止が主目的というよりは、武具や城の築城、武家屋敷の整備などに大量の木材が必要なので、これの確保を図ったものであるという説明が妥当であると判断されている。いずれにしろ、七木の制によりケヤキを含むこれらの樹木が保存されて、水害防止に役立った事実が判明している。

(3) 岐阜県宮川町におけるケヤキの鉄道防雪林

写真-21、22に岐阜県宮川町におけるケヤキの鉄道防雪林の現況を示す。鉄道防雪林が植わっている斜面は、昭和初期に大雪崩が発生し、斜面の下端に走る鉄道を押し流したとのことである。写真-21に示すように、鉄道防雪林のケヤキは昭和10年に植えられ、写真-22に示すように成長し、雪崩・斜面崩壊を阻止している。なお、このケヤキ林は、現状で下草刈りの維持管理が見られなく、本調査の中で最も密植の状態である。すなわち、昭和初期に植えら成長した大木の間にその後に発芽し成長した幼木が見える。幼木の中には、積雪が要因と推察される倒木が見られる。

(4) 長野県大鹿村・山梨県稲山の森・東京都深大寺におけるケヤキ

写真-23に長野県大鹿村におけるケヤキの成長状況を示す。写真-23の中央の上端の白く写る部分がケヤキの根幹である。このケヤキは、谷底から約30m上方の斜面に根幹がある。この根幹から、谷底まで伸びる白いラインが根である。このように、ケヤキが水を求めて長い根

を生やすことが示された。

写真-24に山梨県稲山の森におけるケヤキの成長状況を示す。このケヤキ林は、約100年前に植えられたとのことで、近年まで下草刈りが行われている。このケヤキ林では、写真に見られるように、大木が2本寄り添って生長している。これは、江戸時代に行われた植林方法の1つである巢植え（幼木を2本寄り添って植える）の実態が示された。なお、成木の間隔は、3.5mから16mと疎らである。

写真-25に東京都深大寺の青井神社における大ケヤキの成長状況を示す。このケヤキは、直径1.75m、周長5.5m、高さ35mで、樹齢数100年と伝えられている。なお、日本の巨樹・巨木を取り纏めたホームページ⁷⁾によると、日本には、樹齢1000年と言われる大ケヤキが15本ほど見られる。

(5) 近年の街路樹・公園林のケヤキ

写真-26に東京都の甲州街道におけるケヤキの街路樹を示す。街路樹の植付け標準間隔は約7mとの値があり、ほとんどの道路ではこの7mが用いられている。流木の長さは、4.5～15.0mである¹⁾。したがって、流木の流出防止林の間隔は4m程度が望ましい。写真-27に横浜市二俣川自然公園における5本のケヤキを示す。これらのケヤキの間隔は、3.1～4.0mである。したがって、流木の流出防止林の望ましい間隔である4mを確保して植林が可能であることが示された。

(6) ケヤキの植林の歴史と現況から判断したケヤキの流木の流出防止への応用効果

上述したように、信玄堤におけるケヤキを用いた水害



写真-25 深大寺の大ケヤキ



写真-26 ケヤキの街路樹



写真-27 5本のケヤキの植林状況



写真-28 ケヤキの根元に生える実生



写真-29 ケヤキの実生の繁殖状況

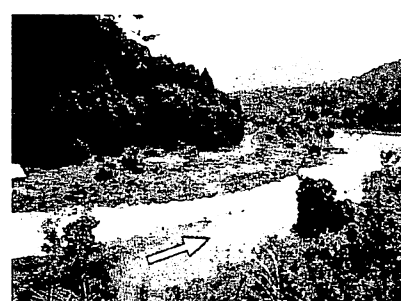


写真-30 左岸側の植林試験予定地

防備林、金沢城におけるケヤキ等を保護した七木の制の伝承、岐阜県宮川町におけるケヤキを用いた鉄道防雪林、長野県大鹿村・山梨県稲山の森・東京都深大寺におけるケヤキの繁殖状況から、ケヤキは古くから治水・治山対策に応用されて来たことが示された。また、近年のケヤキを用いた街路樹・公園林の繁殖状況から、流木の流出防止林の望ましい間隔である4mを確保して植林が可能であることが示された。以上から、ケヤキの流木の流出防止への応用が可能であることが示された。

4. まとめと植林試験状況

上述したように、本調査から、ケヤキの流木の流出防止への応用が可能であることおよび耐洪水特性・維持管理内容が示された。なお、写真-28にケヤキの大木の根元に発芽した実生を示す。現在は、写真-29に示すようにこの実生を畑等に植え替えて2年間程度成長を促し、写真-30に示す左岸の堤防際に植え替える予定である。

ここで、ケヤキは、青森以南の日本および東アジアに生育する広葉樹で、温暖化にも対応可能な樹木であると言える。一方、ケヤキの他にカツラ等も根を広く生やす性質がある。ケヤキは東北以南で生育しているが、カツラは北海道にも生育して、北方での流木の流出防止への適用が期待される。

謝辞：犀川水系河川整備検討委員会⁶⁾における七木の制の解釈に関しては、金沢学院大学の玉井信行教授に御教示いただいた。また、本調査にあたっては、岐阜県宮川町の倉家孝雄氏、長野県大鹿村の下沢克氏をはじめとする多くの方々のご協力を賜った。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 石野和男, 橋丸大史, 玉井信行: 2004年7月18日福井水害における流木の橋梁への影響調査結果, 第61回土木学会年次学術講演会講演概要集, II-005, pp.9-10, 2006.
- 2) 石野和男, 煤田真也, 玉井信行: 2004年福井水害における鉄道橋梁の被害原因の調査解析と今後の長寿命化方策の検討, 河川技術論文集第11巻, pp.157-162, 2005
- 3) 福井県山間集落豪雨災害対策検討委員会: 報告書, 2005
- 4) 濱田武人, 佐野浩一, 石野和男: 2004年台風23号宮川水害から得た教訓を基本としたケヤキの耐洪水特性の研究計画, 第61回土木学会年次学術講演会講演概要集, II-004, pp.7-8, 2006.
- 5) 坂坂康夫: 「甲斐国志」信玄堤構造論への疑義, 山梨郷土研究会・山梨県考古学協会・武田氏研究会第1回合同シンポジウム信玄堤の再評価資料集, pp.94-99, 2004
- 6) 犀川水系河川整備検討委員会: 河川整備基本方針への提言, p3, 2003.
- 7) 全国ケヤキ巨樹MAP: <http://www.kyoboku.com/keyaki/>

(2009. 4. 9受付)