樹形モデルを用いた スギ・ヒノキの枝貯留容量の推定

大竹 奈津子¹⁾ 高瀬 恵次²⁾ 戎 信宏²⁾

¹⁾愛媛大学大学院連合農学研究科
(〒790-8566 愛媛県松山市樽味3-5-7)

²⁾愛媛大学農学部
(〒790-8566 愛媛県松山市樽味3-5-7)

森林整備が樹冠遮断に及ぼす影響を明らかにするため、まず、樹種（スギとヒノキ）や樹高の異なる立木を対象に枝貯留容量実験を行った。次に、枝打ちによる枝葉の減少、除伐・間伐による立木密度の減少など、森林整備の影響を考慮に入れた枝貯留容量の検討を行うため、樹形特性の計測を行い樹形モデルの構築を試みた。そして、枝貯留容量実験の結果から得られた単木貯留容量と樹形モデルによる推定値を比較したところ、両者は概ね一致した。また、試験地内で観測された林内雨量から樹冠貯留容量を求め、モデル推定値と比べたところほぼ類似した値となった。さらに、従来の研究で報告されている樹冠貯留容量と樹形モデルによって算出した推定値を比較すると、過去の報告値は樹形モデルの推定範囲内となった。

キーワード：枝貯留容量，樹冠貯留容量，一次枝，樹形モデル

I. はじめに

近年、全国各地で渇水や洪水などの水問題が頻繁に発生している。従来、このような水問題解決のための有効な手段とされてきたダム築造などハードな対策は、社会的、環境的な観点から困難な状況となっており、かわって森林の持つ洪水調節機能や水源涵養機能などを活かした解決に大きな期待が寄せられるようになった。しかしながら、これら森林の公益的機能については自然科学的な実証データが乏しく、その機能を十分に発揮させるための森林整備や管理の方法が具体的に提言できていないのが現状である。

このうち、間伐や枝打ちなどの森林整備は、立木密度・枝量などの減少を通して、流域の水循環に直接関与し、森林の水に関わる様々な機能に大きな影響を与えると考えられる。すなわち、このような森林整備は、樹木の枝葉や幹によって遮断される樹冠貯留容量および遮断蒸発量の減少と林内雨量の増加をもたらすことになる。また葉量の減少は無降雨期の蒸発散量にも大きな影響を与えると予想される。

この樹冠遮断に関しては多くの研究報告があり、

塚本（1992）は人工林の樹冠遮断量が年降水量の2～3割と大きなウエイトを占めると報告している。さらに樹木に付着貯留した雨（樹冠貯留量）は、遮断蒸発として絶えず大気へと戻るため、これは遮断蒸発量を支配する要因の一つである。この樹冠貯留量については、田崎（1950）や藤井（1959）の実験、鈴木ら（1979）や服部ら（1983）の林外雨量と林内雨量との統計的解析、端野ら（1991）や吉田ら（1993）の貯留型モデルなどにより推定されている。また、その最大値である樹冠貯留容量を樹冠特性から検討した研究として、樹高や枝本数との関係から推定した石原ら（1970）や葉面積指数との関係から推定した石垣ら（1989）、Llorens *et al.*（2000）らの研究がある。さらに、Hutchings *et al.*（1988）は各枝位置の枝葉量と枝貯留容量との関係から樹冠貯留容量を推定している。しかしながらこれらの研究では、樹冠構造の変化が樹冠貯留容量に与える影響については触れられていない。そこで本研究では、森林整備あるいは樹木の生長に伴う森林構造の変化を考慮した樹冠貯留モデルを構築し、樹冠遮断特性を明らかにすることを目的とした。

本論文では、まず樹冠貯留容量の大部分を占めると考えられる枝と葉の貯留特性を定量的に評価するため、樹種や樹高の異なる立木を対象に枝貯留容量の実験を行った。次に、枝打ちや間伐による枝葉の減少が枝貯留容量に与える影響を明らかにするため、枝長、枝径、枝の位置などを詳細に検討し、樹形特性のモデル化を試みた。そして最後に、この樹形モデルと実験により得られた枝貯留容量とを組み合わせることで、樹冠貯留容量を推定した。このような樹形モデルによる解析を行うことで、間伐や枝打ちなどの森林整備が樹冠貯留容量に与える影響を把握でき、ひいては森林の水源涵養機能にとってより適切な森林整備や森林管理の方法を提案できると期待される。

Ⅱ．樹形の計測および枝貯留容量の実験方法

1. 伐木地の概要

樹形特性の計測と立木の枝貯留容量の測定を行うため、樹種、胸高直径の異なる立木を現地にて伐倒した。そしてその場で樹高、枝位置、枝径および枝長等の樹形特性の計測を行った後、採取した枝葉を実験室に持ち帰り、枝貯留容量の実験を行った。計測及び測定の対象とした試験木の詳細を表一に示す。

スギ (*Cryptomeria japonica*) については、愛媛大学農学部附属演習林内 (北緯33°53′, 東経132°54′) で2本、大洲市杭瀬地区内 (北緯38°28′, 東経132°34′) で2本を伐木した。演習林内の伐木場所は、斜面傾斜20°の南向き斜面で、間伐が十分に行われていないため、立木密度はおよそ3,000本/haと比較的密である。林齢は13年と若く、したがって樹高は低く、胸高直径も小さい。一方、杭瀬地区の伐木場所は斜面傾斜29°の西向き斜面で、間伐や枝打ち等の森林整備が行われた地区内である。したがって、立

木密度は演習林に比べて小さく、1,100本/haである。林齢は39年で樹高は高く、胸高直径も大きい。

ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) については、同演習林内の斜面傾斜20°の北東向き斜面で19年生の樹木2本、斜面傾斜19°の南西向き斜面で15年生の樹木1本、斜面傾斜26°の南東向き斜面で34年生の樹木1本、計4本を伐木した。立木密度は第1地点が最も密で3,300本/ha、次いで第2の地点が2,300本/ha、第3の地点が1,500本/haであった。

2. 樹形特性の計測方法

スギやヒノキのような針葉樹は、根元から幹がまっすぐに伸び、枝は幹を中心に放射状に枝分かれし、広葉樹に比べ比較的単純な樹冠構造を形成している。

本研究では現地で立木を伐倒し、まず単木の樹高、胸高直径を測定した。その後、幹から直接分岐する全ての一次枝を対象に、梢頭からの距離、長さ、直径の測定を行った (図一1)。従来の樹形測定では、写真撮影やトランシット測量による3次元の計測が主であるが (竹下, 1985)、本研究の目的は、樹高と枝長、枝径から枝貯留容量の推定を行うことにあるので、一次枝の方位角等の測定は行わなかった。

3. 枝貯留容量の実験方法

上述のような樹形特性を現地で測定後、一次枝を切り落として実験室に持ち帰り、以下のような方法で枝貯留容量を測定した。

まず図一1のように、一次枝を秤に吊し、霧吹きで十分に散水した。そして、これ以上水が貯留されなくなった状態を重量変化により確認し、散水終了後、枝から水滴が落ちなくなった状態 (10分後) で枝貯留容量の計測を行った。なお、本数の多い短長

図一1 枝貯留容量実験

Fig.1 Experiment of water storage capacity on first order branch.

表一 試験木の概要

Table 1 Characteristics of trees for experiments.

試験木NO.	スギ				ヒノキ			
	1	2	3	4	1	2	3	4
胸高直径 (cm)	10.4	14.4	24.2	26.8	9.2	13.8	17.5	25.8
樹高 (m)	9.4	10.8	19.8	20.4	7.0	8.8	11.0	15.3
生枝下高 (m)	6.8	9.0	8.1	7.7	4.7	5.8	8.0	7.2
林齢 (年)	13	13	39	39	19	15	19	34
立木密度 (本/ha)	3,000	3,000	1,100	1,100	3,300	2,300	3,300	1,500

図-2 梢頭からの距離と枝長との関係 (左: スギ, 右: ヒノキ, 上: 全計測値, 下: 平均値)

Fig.2 Relationships between a distance from the top of tree and a length of branch. In these figures, left and right groups show the relation for *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtuse* and upper and lower groups show the data of all branches and averaged one on 0.5 m interval, respectively.

枝については適宜選択して実験を行い, 実験に用いなかった短長枝の貯留容量については, 後述する枝長と枝貯留容量の関係式によって求めた。

Ⅲ. 樹形のモデル化

1. 一次枝長と枝位置の関係

図-2に計測の結果得られた一次枝の枝長と梢頭からの距離の関係を示す。なお, 図中のスギ1~4と

ヒノキ1~4の試験木は表-1に対応している。図-2の上2つの図は計測したすべての枝をプロットしたもの, 下2つの図は梢頭からの距離0.5 m間隔の平均値をプロットしたものである。このように, ある梢頭からの位置における枝長は必ずしも一定ではなく大きなばらつきを示すが, 本研究では樹冠貯留容量の推定を目的としているので, 枝の外形よりも枝平均長に焦点を当て, 回帰式を求めた。その結果, 両者の関係は (1) 式に示すように, 梢頭からのある位置を頂点とする二次曲線で近似できることがわかった。

$$LB(X) = -\alpha X(X - \beta) \quad (1)$$

ここで, X : 梢頭からの距離 (m), $LB(X)$: X の位置における一次枝の平均枝長 (m), α , β : 係数である。

さらに, 枝長の計測結果より一次枝の長さが樹高 H の半分で最大となる傾向にあることがわかったので, (1) 式において, $\beta = H$ と仮定すれば次式を得る。

$$LB(X) = -\alpha X(X - H) \quad (2)$$

ここで, α : 放物線の形状, すなわち枝の張り方を表す係数である。

一方, α の値は樹種によって変化するが, それぞれの樹種に対して樹高との間に図-3に示すような関係が認められた。そこで, スギとヒノキそれぞれの α を以下のような式で近似することとした。

$$\alpha_{sugi} = 0.11 \exp(-0.07H) \quad (R^2=0.97) \quad (3)$$

$$\alpha_{hinoki} = 0.27 \exp(-0.14H) \quad (R^2=1.00) \quad (4)$$

ここで, H : 樹高 (m), R^2 : 各回帰式の決定係数 (寄与率) である。

これより, 樹高 H を知ることで, 任意の高

図-3 樹高 H と係数 α の関係 (左: スギ, 右: ヒノキ)
Fig.3 Relationships between a tree height and parameter α . Left and right figures show the relation for *Cryptomeria japonica*, and *Chamaecyparis obtuse*, respectively.

さにおける枝長平均値を推定することが可能となる。

これまでの研究によれば、スギの樹冠の側面形状は梢頭の尖形部分を除くとパラボラ曲線で表現できるとされている（竹下，1985，林ら，1997）．しかしながら本研究において，二次曲線およびパラボラ曲線により計算した枝長と実測枝長を検討したところ，寄与率は前者で0.71，後者で0.67となり二次曲線の方で再現性が高くなった．これは，梢頭部における枝の張り具合や，下層部において枝長が減少しているようすが（2）式で良く表現されているためであると考えられる．以上のことから，本研究では（2）式によって，樹形の形状を表現することにした．

なお，図-2右下のヒノキ4の下層部で，回帰式の枝長よりも実際の枝長の方が大きい傾向を示しているが，これは伐倒の際に，下層部の比較的短い枝が折れてしまい測定できなかったためである．

また，図-2に関しては樹高だけでなく立木密度によって変化する可能性も考えられ，それに関しては今後の課題とする．また枝径と梢頭からの距離との関係も同様の解析を行ったが，寄与率は枝長の場合よりも小さくなった．そのため，本論文では枝長を用いて解析を進めることとした．

2. 一次枝の間隔と生枝下高

単木あたりの貯留容量を推定するには，幹から一次枝がどのような間隔で，梢頭からどこまで存在しているか（生枝下高：梢頭からの位置）を知る必要がある．生枝下高に関しては，樹木の生育状態，樹齢，および枝打ちなどによって異なるが，本論で対象とした立木の生枝下高は表-1のようになった．

次に樹形の計測結果より，一次枝がどのような間隔で存在しているかを検討した．スギ，ヒノキそれぞれの樹種について，梢頭から1 mごとに一次枝の平均間隔距離を求めたところ表-2のようになった．ヒノキにおいては，梢頭からの距離に関わらず一次枝の間隔はほとんど一定であるのに対して，スギは梢頭からの距離によって変化する結果となった．スギで下層になるほど枝間隔が大きくなるのは，スギはヒノキに比べ自然落枝しやすいためと考えられる．そこで，ヒノキについては一定の枝間隔（5 cm）で，スギに関しては梢頭からの距離が1 m増す毎に枝間隔を1 cm増加するものとした．

以上の検討結果より，一次枝が幹のどの位置からどのような長さで存在しているかを，樹形モデルから計算することが可能となった．またこのモデルは，

表-2 梢頭からの距離と一次枝の平均間隔との関係
Table 2 Value of distance from the top of tree and averaged space between branches.

梢頭からの距離 (m)	平均枝間隔距離 (m)	
	スギ	ヒノキ
0～1	0.04	0.04
1～2	0.06	0.05
2～3	0.05	0.05
3～4	0.07	0.05
4～5	0.08	0.05
5～6	0.08	0.05
6～7	0.11	0.06
7～8	0.11	0.06
8～9	0.10	0.06
9～10	—	0.05
10～11	—	0.05
11～12	—	0.06
平均	0.08	0.05

生枝下高の位置を自由に設定できるため，枝打ちによる枝葉量の変化などの影響も把握できる点で優れている．

Ⅳ. 樹冠貯留容量の解析結果と考察

1. 枝貯留容量と枝長・枝径の関係

図-4には，前述のような方法で測定した一本一本の枝貯留容量と枝長および枝径との関係を示す．図-4のa) が枝貯留容量SCBと枝長LBの関係，b) が枝貯留容量SCBと枝径LDの関係を表した図である．図中の破線と実線は，それぞれスギとヒノキの枝貯留容量の値を二次曲線で回帰したもので，回帰式は以下のようになった．

＜枝貯留容量と枝長の関係＞

スギ：

$$SCB_{sugi} = 38.52LB^2 + 45.12LB \quad (R^2=0.82) \quad (5)$$

ヒノキ：

$$SCB_{hinoki} = 39.01LB^2 - 3.62LB \quad (R^2=0.67) \quad (6)$$

＜枝貯留容量と枝径の関係＞

スギ：

$$SCB_{sugi} = 17.74LD^2 + 45.01LD \quad (R^2=0.76) \quad (7)$$

ヒノキ：

$$SCB_{hinoki} = 31.65LD^2 + 2.79LD \quad (R^2=0.87) \quad (8)$$

図一4 a) 枝貯留容量SCBと枝長LBの関係 b) 枝貯留容量SCBと枝径LDの関係

Fig.4 a) Relationships between storage capacity on a branch and length of the branch b) Relationships between storage capacity on a branch and diameters of the branch.

図一4のa) および (5) 式, (6) 式で表されるように枝貯留容量と枝長の関係は, スギに比べてヒノキではばらつきが大きいものの二次曲線によって近似できる。また, 同じ枝長に対する枝貯留容量は樹種で違いがあり, スギはヒノキよりも大きいことがわかる。一方, 枝径と枝貯留容量の関係も図一4のb) のように二次曲線によって近似できるが, 同じ枝径に対する枝貯留容量は樹種でほとんど違いがないことがわかった。

なお, 次に述べる樹形モデルによる単木貯留容量の推定には, 前述したように樹形モデルの主要な変数として枝長を用いたことから, (5), (6) 式の枝貯留容量と枝長の関係を用いた。

(6) 式ではLBが9.2 cm以下の時SCBはマイナス値になるが, 図一4から明らかなように, 実測のSCBは非常に小さいので, この式を適用する時にはSCB = 0とした。

またこの枝貯留容量は, 基本的には枝葉面積に比例すると考えられる。そこで枝葉面積も測定し, 枝貯留容量との関係を検討した結果, 両者の間に高い線形関係が認められた。

2. 樹形モデルによる単木貯留容量の推定

ここでは, 単木貯留容量を立木1本の樹冠に付着貯留される水量と定義し, 単木から伸びる全ての一次枝の枝貯留容量の総量として求めた。以下では, 実験で得られた枝貯留容量から算出した単木貯留容量と, 樹形モデルを用いて推定した単木貯留容量について比較・検討を行った。

実験結果に基づく単木貯留容量の計算では, 伐倒時に落枝し枝長が測定できなかった一次枝の貯留容量は, 痕跡より求めた枝径を用い (7), (8) 式により計算した。

次に樹形モデルによる単木貯留容量の算出手順を説明する (図一5参照)。まず, それぞれの樹種 (本論ではスギ・ヒノキ) について, 現地で樹高と生枝下高を測定し, 表一2から枝間隔を定めれば, 梢頭からの一次枝の位置が決定できる。そして, 一次枝の位置から, (2), (3), (4) 式により平均枝長が求

図一5 樹形モデルによる単木貯留容量の算出手順

Fig.5 Step in calculating the storage capacity on a tree by the model.

図-6 樹形モデルと実験結果に基づく単木貯留容量の比較

Fig.6 Comparison between estimated volume of storage capacity on a tree by the model and calculated one using experimental results.

まり、さらに、枝長と枝貯留容量の関係 (5), (6) 式から枝貯留容量が算出される。最後に、梢頭から生枝下高までのそれぞれの位置における一次枝の枝貯留容量を全て加え単木貯留容量が求められる。

このような手順 (樹形モデル) によって推定した単木貯留容量と実験結果に基づいて求めた単木貯留容量の比較を図-6に示す。図のように樹形モデルによる推定値は、実験結果に基づく値によく一致しており、相対誤差はスギで9%、ヒノキで10%となり、概ね良好に推定できたと考えられる。

次にこのモデルを利用して、杭瀬流域内に設けた林内雨量観測プロットの樹冠貯留容量を算出した。10×10 mの観測プロット内には10本のスギが植栽されている。表-3に立木の樹高と樹形モデルによる単木貯留容量の推定値を示す。この結果から、この試験プロット全体に対する樹冠貯留容量は1.75 mm

表-3 試験プロット内の樹形モデルによる単木貯留容量
Table 3 Estimated volume of storage capacity on a tree by the model in an experimental plot.

NO.	樹高 (m)	単木貯留容量 (×10 ³ cm ³)
1	16.7	17.8
2	15.2	16.8
3	15.2	16.8
4	25.0	16.9
5	21.6	18.2
6	16.5	17.7
7	15.9	17.3
8	14.8	16.4
9	20.1	18.5
10	18.9	18.4
平均	18.0	17.5

となった。一方、同プロット内での林内雨量の観測には、林内雨量タンク12個と時系列情報を得るために自記林内雨量計1個を用いて計測を行っているが、これらのデータから樹冠タンクモデル (戎, 2006) により推定した値は1.53 mmとなり、両者はほぼ近い値となった。

また、表-4には樹冠貯留容量に関する従来の研究結果を示す。表のうち、立木密度と樹高の情報があり、樹種がスギとヒノキであるものについてはそれらのデータを引用して、樹形モデルによる推定値と比較した。なお、これらの研究結果についても生枝下高の情報が得られなかったため、藤森 (1975) が示した枝生長停止線と樹高の関係を参考にし、梢頭から約8 mを生長停止位置とした。そして本論では、生長停止位置を生枝高と考え、これに枝打ちが行われている可能性を考慮し梢頭から6~8 mと仮定して検討を行った。その結果、報告された樹冠貯留

表-4 従来の研究と樹形モデルによる樹冠貯留容量の比較

Table 4 Comparison between estimated value of canopy storage capacity by the model and reported one.

樹種	立木密度(本/ha)	樹高(m)	算出方法	樹冠貯留容量(mm)	樹形モデル推定値(mm)	引用
ヒノキ	1,780	12.4	実験	1.40	1.36~2.20	藤井 (1959)
ヒノキ	密*	11.0	遮断能曲線	4.00	3.09~4.60	近嵐ら (1983)
スギ	1,467	15.2	統計的解析	2.03	1.69~2.46	佐藤ら (2003)
スギ	—	15.0	貯留型	1.40	—	端野ら (1991)
スギ	—	—	貯留型	1.01~1.51	—	吉田ら (1993)
クロマツ	—	4.3	実験	1.25	—	田崎 (1950)
アカマツ・ヒノキ	200~43,000	2.2~16.0	統計的解析	1.44	—	鈴木ら (1979)
トウヒ	—	—	実験	2.80	—	Hutchings <i>et al.</i> (1988)
ベイマツ	800	18.0	実験	2.40	—	Klaassen <i>et al.</i> (1998)
アカマツ	1,050	11	実験	2.35	—	Lorens <i>et al.</i> (2000)

* 立木密度を4,000本/haと仮定して樹形モデルによる推定値を求めた。

容量の値は樹形モデル推定値の範囲内となった。

なお、本論で取り扱った単木貯留容量および樹冠貯留容量には幹の貯留容量は含まれていない。これまでの研究（たとえば鈴木ら，1979）によると，針葉樹の樹幹貯留容量は0.5 mm前後と報告されているが，樹高や森林構造の変化に伴う樹幹貯留容量の解析については今後の課題としたい。

V. おわりに

本研究では森林整備が樹冠貯留容量に及ぼす影響を明らかにするため，まず樹種や樹高の異なる立木を対象に枝貯留容量実験を行った。枝貯留容量実験の結果から，一次枝の長さや枝貯留容量との間には高い相関があることが認められ，また両者の関係は二次曲線によって近似でき，樹種によって異なる傾向を表すことがわかった。次に樹種や樹高に加え，枝打ちや間伐などの森林整備による枝葉や立木密度の減少を考慮した樹冠貯留容量の検討を行うため，樹形特性を計測し，樹形モデルの構築を行った。スギとヒノキの樹形特性の計測に基づいて，樹冠形状の考察を行った結果，樹冠形状は樹高Hの二次曲線で表現でき，さらに，枝の張り方を表す係数 α や枝間隔は樹種により異なることがわかった。これらの解析結果から樹形モデルを構築し，枝貯留容量実験から得られた回帰式を利用して単木貯留容量の推定を行ったところ，樹形モデルによる推定値は実験に基づく値と概ね一致した。また現地試験プロット内の樹木を対象にして，樹形モデルから樹冠貯留容量を推定したところ，同プロット内で観測している林内雨量から推定した値と近い値を示した。さらに，従来の研究で報告されている樹冠貯留容量と樹形モデルによる推定値を比較すると，報告された値は樹形モデルでの推定範囲内となった。

以上のことから，樹形モデルは単木貯留容量を推定する有効なモデルであり，このモデルを用いれば樹高，樹種，立木密度，生枝下高などの詳細な情報から，流域における樹冠貯留容量の推定が可能となり，除伐，間伐，枝打ち等の森林整備が樹冠貯留容量に与える影響を定量的に評価できると期待される。

なお，枝の張り方を表す α に関しては，樹高だけでなく立木密度によって変化する可能性も考えられ，さらに多くの樹木を対象に，樹高だけでなく立木密度の違いも含めた α の変化を検討する必要があると考えられる。

謝辞

文部科学省研究費補助金（基盤研究（B）（2），課題番号14360087），並びに愛媛大学研究開発支援経費（研究種目：萌芽的研究）の援助を受けた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 戎 信宏 (2006) : 衛星リモートセンシングと現地観測手法を組み合わせた森林の水源涵養機能評価，平成14～17年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2)，課題番号14360087)研究成果報告書，pp.25—43。
- 藤井真一 (1959) : ヒノキ林の遮断雨量に関する試験。日林誌，41 (7)，pp.262—269。
- 藤森隆郎 (1975) : 枝打ちの技術体系に関する研究。林試研報，273，pp.1—74。
- 端野道夫・吉田 弘・中谷達志 (1991) : 実森林樹幹流データによる降雨遮断モデルの比較検討。水工学論文集，35，pp.87—92。
- 服部重昭・近嵐弘栄・竹内信治 (1982) : ヒノキ林における樹冠遮断量測定とその微気象学的解析。林試研報，318，pp.79—102。
- 林 拙郎・高橋洋子 (1997) : 樹形のモデル化について—スギ・ヒノキの場合—。日林誌，79 (4)，pp.222—228。
- Hutchings, N.J., Mile, R., Crowther, J.M. 1988. Canopy storage capacity and its vertical distribution in a Sitka spruce canopy. *J. Hydrol* 104:161—171。
- 石垣逸郎・塚本良則 (1989) : 樹冠量調節に伴う付着水分量の推移について。日林論，100，pp.699—702。
- 石原安雄・小葉竹重機 (1970) : 雨水流出現象における初期貯留量について—一樹木による降雨遮断—。京大防災年報，13B，pp.69—81。
- Klaassen, W., Bosveld, F., de Water, E. 1998. Water storage and evaporation as constituents of rainfall interception. *J. Hydrol* 212-213:pp.36—50。
- 近嵐弘栄・服部重昭 (1983) : ヒノキ林における林内雨量の推定。林試研報，324，pp.101—124。
- Llorens, P., Gallart, F. 2000. A simplified method for forest water storage capacity measurement. *J. Hydrol* 240:131—144。
- 佐藤嘉展・久米 篤・大槻恭一・小川 滋 (2003) : 樹冠構造の違いが樹冠通過雨の分布特性に及ぼす影響—スギ林とマテバシイ林における樹冠通過雨特性の比較—。水文・水資源学会誌，16 (6)，pp.605—617。
- 鈴木雅一・加藤博之・谷 誠・福嶋義宏 (1979) : 桐生試験地における樹冠通過雨量，樹幹流下量，遮断量の研究 (I) 樹冠通過雨量と樹幹流下について。日林誌，61，pp.202—210。
- 竹下敬司 (1985) : バラボラ樹冠形モデルによるスギ林の構造解析。九大演報，55，pp.55—104。
- 田崎忠良 (1950) : 降雨下に於ける材木の水分付着量について。日林誌，32 (2)，pp.56—61。
- 塚本良則編 (1992) : 森林水文学。文英堂出版，pp.82—85。
- 吉田 弘・端野道夫・村岡浩爾 (1993) : 樹幹流データを利用した降雨遮断タンクモデルによる森林蒸発量の推定法。水文・水資源学会誌，6 (1)，pp.19—30。

(受付：2006年7月21日，受理：2007年2月8日)

Estimation of Water Storage Capacity on Branches of *Japanese Cedar* and *Cypress* by Modeling Tree Form

Natsuko OHTAKE ¹⁾ Keiji TAKASE ²⁾ Nobuhiro EBISU ²⁾

¹⁾ The United Graduate School of Agricultural Sciences, Ehime University
(3-5-7, Tarumi, Matsuyama, 790-8556 Japan)

²⁾ Faculty of Agriculture, Ehime University
(Ehime University, 3-5-7, Tarumi, Matsuyama, 790-8556 Japan)

To clarify the effects of forest management on canopy interception, experiments to identify water storage capacity on branches of *Japanese cedar* and *cypress* were carried out and a model of tree form was developed to predict the effects of cutting branches and trees. The estimated storage capacity on a tree by the model is almost same as the calculated one using the experiment's result. Furthermore, the model was applied to estimate the storage capacity on trees in actual fields and the estimated values were compared with the calculated one in an experimental plot or reported one by other authors. As a result, it was found that those estimated values correspond reasonably to the calculated or reported values.

Key words : water storage capacity on branches, canopy storage capacity, first order branch, model of tree form