

スギ, ヒノキ樹皮廃材コンポスト化素材の水耕栽培用ベッドへの適応性の研究  
— スギ, ヒノキ樹皮ベッドの物性 —

岩尾俊男・魏 亜玲・林 圭腕・藤浦建史  
房 薇・竹山光一・霜里康浩・浅尾俊樹

Studies on Plasticity for Hydro-Cultivation System Compressed Solid Beds  
using Biomass Materials — Chemical and Physical Properties of  
Biomass Beds (Bark of Japanese Cedar and Cypress) —

Toshio IWAO, Yaling WEI, GYUWAN IM, Tateshi FUJIURA, Wei FANG,  
Koichi TAKEYAMA, Yasuhiro SHIMOSATO and Toshiki ASANO

**Abstract** The compressed solid beds are widely current in hydro-cultivation systems, but these utilization encounter various handling problems including environmental pollutions. From the above, the objective of this study is to make it able to apply to the hydro-cultivation system of the biomass composed solid bed which is made with bark materials of Japanese cedar and cypress.

This paper is dealt with the chemical components of the biomass material and physical properties related to water absorption, drying and compressive strength to be able to apply biomass solid beds to the hydro-cultivation.

From the experimental results, the bark of Japanese cedar and cypress as biomass contains antibacterial components and have the power of molding. The rate of three-phase (rate of water, air and solid under the condition of water absorption) of the biomass bed is similar to that of soil. In the case of the rock wool bed, the rate of water content is more higher than that of the biomass bed.

**Key words:** Biomass bed; chemical and physical property; hydro-cultivation.

緒 言

近年, 野菜生産農家では, 施設による高収益化が進んでいるが, それとともに, 連作障害が大きな悩みの種となっている。この解決策として, 水耕栽培が普及しつつある。その中でのロックウール耕の普及は著しいものがある。しかし, 普及するに従って, ロックウール培地の持つ物理的特性(岩綿, 鉍物質繊維)<sup>1)</sup>のため, その取扱にあたり, 人体への害が指摘されると共に, 使用後の廃

棄処理は大きな問題となりつつある。このような現状から, ロックウールに代わるものとして, 新素材のバイオマス(スギ, ヒノキ樹皮)材培地が現在, 脚光を浴びつつある。

ここに, 研究対象とするスギ, ヒノキの樹皮ベッド材は, 今, 製材工場において, 厄介ものとして廃棄焼却処理を行っていたものである。しかし, これらの樹皮は, 殺菌性と抗菌性に富み, しかも無公害である上に, 使用後はエネルギーとして利用が可能である上に, サイクルの利用が可能で, ロックウールに代わる環境に優しい非

魏 亜玲: 鳥取大学大学院連合農学研究科生産環境工学講座  
霜里康浩: 島根大学大学院農学研究科

常に有望な新素材と考えられる。

本研究は、樹皮材ベッドの水耕栽培への適用を検討するための基礎データを得ることを目的として、樹皮ベッド材の化学特性、物理特性（圧縮特性、吸水特性及び三相率特性、乾燥特性など）を調べ、参考までにロックウールの特性も比較検討した。

この実験は、文部省科学研究費補助金（一般研究（B）05452332）により行ったものであり、また、化学分析において生物材料工学の上原 徹先生のご指導をいただいたことに対して記して謝意を表す。

## 材料及び方法

### 1. 供試材料

供試材料は、樹皮材ベッドとその樹皮繊維、及びロックウールである。供試の樹皮ベッドは、スギ、ヒノキの樹皮廃材を粉碎機により破碎した後、成形し、乾燥したものであり、そのスギ、ヒノキの割合は約9:1である。

一方ロックウールは、市販品のものである。

### 2. 実験装置

#### 1) 樹皮材の化学成分の分析装置

樹皮材の化学成分の分析について、用いた装置は粉碎機、化学加熱装置、エバポレーター真空機、化学成分抽出装置、フーリエ変換赤外分光光度計（島津、FTIR-4300）、ガスクロマトグラフ（島津、GC-14A）及び液体クロマトグラフ（島津、DGU-4A）である。

2) 樹皮ベッド材の圧縮特性の測定はT社製VTM-11-20のテンシロンを用いた。

3) 樹皮ベッド材の吸水特性、三相率特性、乾燥特性の測定には、比重瓶（ピクノメータ）、電子天秤、恒温乾燥機などを用いた。

### 3. 実験方法

#### 1) 樹皮材の化学特性の分析

樹皮材の化学成分の抽出 粉碎機で含水率18%のスギとヒノキ樹皮材を粉碎し、9:1の割合にし、アルコールとベンゼンに入れ加熱し沸騰させて、その中の化学成分を6時間に1回、全部で4回抽出した。その後抽出物を濾過し、エバポレーター真空機で溶液と化学成分に分離した。分離した溶液を捨て、その乾物を化学成分の分析の試料とした。

化学成分の分析 抽出した乾物については、ベンゼンとアルコールで溶解し、フーリエ変換赤外分光光度計を

用いて、酸性、フェノール、中性などの成分のIRとUVスペクトルを測定し分析した。

樹皮ベッド材の精油成分の溜出 樹皮ベッド材の試料を水蒸気蒸溜で精油を溜出した。

精油成分の分析 液体クロマトグラフとガスクロマトグラフを用いて、溜出した精油成分の測定を行った。

以上、分析の手順を図1、2に示す。

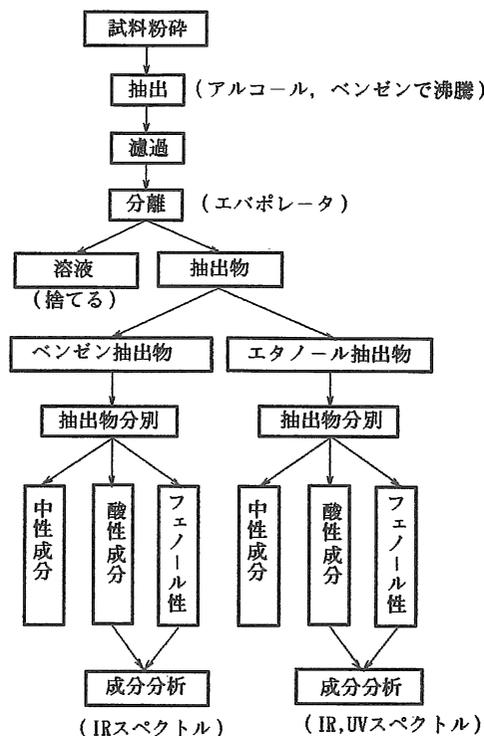


図1 樹皮ベッド材の化学成分分析過程

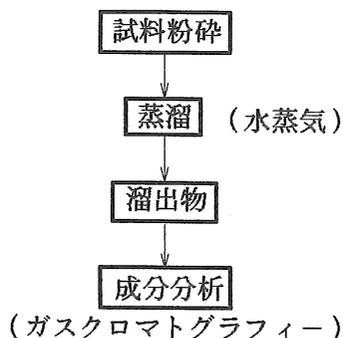


図2 樹皮ベッド材の精油分析過程図

2) 樹皮材の物理特性の測定方法

(1) 樹皮材ベッドの圧縮

テンシロンは、T社製VTM-11-20で、ロードセルは最大500kg、圧縮速度は5 mm/minである。用いたベッドの性状は、サイズ80×80×80mm、含水比12%である。

(2) 各ベッド材の浸水

水耕用ベッドなどの浸水方法については、今まで明確な基準は設けられていない。従って、この実験においては、実際に栽培が行われる前に、樹皮ベッドを48時間程度浸水し、その後、排水された後に栽培が行われている実態を参考に浸水によるベッド材の性状の検討を行うための浸水である。この場合、樹皮ベッド材の吸水特性は、栽培の灌水制御において、植物に有効な水分量の決定及び樹皮ベッド材の物理化学的性質の究明などの基礎的なデータを提供するものである。参考までに樹皮材繊維及びロックウールについても測定した。

吸水に当たっては、仮比重（密度）、0.138の樹皮ベッド材（30×30×100mm、80×80×400mm）、及び仮比重、0.086のロックウール（30×30×100mm、80×80×400mm）を12時間～72時間で完全に沈んだ状態に保った。また、浸水時間ごとの吸水特性を明らかにするため、時間ごとに水より出し重量を測定した。この場合の重量は、水が滴り落ちなくなった状態でのものである。

また、浸水前の各ベッド材の含水比は、恒温乾燥機を用い、105°C、24時間の乾燥により得られたものである。

(3) 樹皮ベッド材の三相率

供試の樹皮ベッド材の三相分布（固相率、液相率、気相率）の測定に当たっては、先ず粉碎した樹皮ベッド材の繊維の比重を比重瓶により測定し、<sup>2), 3), 4)</sup>樹皮ベッド材を構成する三相成分の容積割合を三相分布として次式<sup>5)</sup>により求めた。

$$S_v = \frac{V_s}{V} \times 100 (\%)$$

$$L_v = \frac{V_L}{V} \times 100 (\%)$$

$$A_v = \frac{V - V_s - V_L}{V} \times 100 (\%)$$

$$W_s = \frac{W_s}{d}$$

$$W_L = W_L \cdot d_L = W_L$$

ここに、 $S_v$ 、 $L_v$ 、 $A_v$ はそれぞれ固相率、液相率、気相率であり、 $V$ 、 $V_s$ 、 $V_L$ は全体積、固相体積、液相容積であり、 $W_s$ 、 $d$ は樹皮ベッド材（固相）乾燥重量と比重であり、 $W_L$ 、 $d_L$ は含水重量、水の比重である。

(4) 各ベッド材の乾燥方法

自然状態の乾燥 各ベッド材では、48時間浸水させた後、空気中に12時間静置し自然状態で乾燥した。

人工乾燥 この測定については、48時間浸水させた各ベッド材を105°C、24時間で恒温乾燥機により行った。

実験結果及び考察

1. 樹皮材ベッドの化学特性

スギ、ヒノキの混合（9：1）樹皮材からベンゼンとアルコールで抽出の結果を表1に示した。また、ベンゼン抽出物の分別結果を表2に示す。

表1 抽出物の含有率とその成分

	エタノール、 ベンゼン 抽出物	ベンゼン 抽出物	エタノール 抽出物	精油
収率(%) <sup>a</sup>	2.80	2.00	0.80	0.19 <sup>b</sup>
収率(%) <sup>c</sup>	—	—	28.6	—
主成分	—	—	タンニン	モノテルペン 41.7(%) セスキテルペン 8.4(%)

a：絶乾試料に対する収率

b：絶乾試料100gに対する収量(cc)

c：エタノール、ベンゼン抽出物に対する収率

表2 ベンゼン抽出物の分別とその主成分

	中性成分	酸性成分	エタノール性成分
収率(%) <sup>d</sup>	1.40	0.28	0.32
収率(%) <sup>e</sup>	70.60	13.70	15.70
主成分	—	脂肪酸類 ヒドロキシ酸類	フェノール類 フェノール酸

d：絶乾試料に対する収率

e：ベンゼン抽出物に対する収率

ここに、抽出、分析されたテルペン類とフェノール類は、殺菌、抗菌性成分に富む<sup>6)</sup>ことが明らかであり、作物の病気の防止などに有効なものと考えられている。

2. 樹皮ベッド材の物理特性

1) 圧縮特性

圧縮実験で得られた樹皮材の荷重と変位の関係は、図3に示す。圧縮特性については、樹皮材が圧縮荷重を受

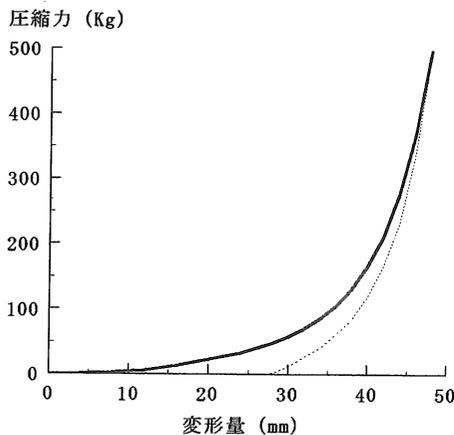
けるに従って、その変位が曲線的な変化となっている。この傾向は成形牧草の圧縮特性に類似する。この場合、荷重を取り除いた後も元の状態に戻らず、若干の歪みが残る。即ち、ヒステリシスの状態となる。<sup>7)</sup>今回の実験では、圧縮特性の測定直後に樹皮材の塑性変形率（全体変形量に対する塑性変形量の割合）は56.75%であった。このことから圧縮荷重を取り除いた後もベッド材の形状は、元に戻ることがなく塑性変形となることが明らかである。従って、この特性から考えれば、樹皮材を栽培ベッドに成形することは、容易であると考えられる。

### 2) 樹皮材ベッドの比重

供試材料の比重は、比重瓶により測定したもので、ロックウールは1.24、樹皮ベッド材は0.51であった。従って、樹皮ベッド材は、ロックウール材に比べ約2分の1の比重で、もみガラ、わらなどの値に近く小さいものと考えられる。

### 3) 吸水特性と三相率特性

図4は、樹皮ベッド材とその繊維及びロックウールの含水比と浸水経過時間との関係である。ロックウールでは、浸水経過後10分以内に含水比は、960%となるが、その後時間の経過にかかわらずほぼ一定の状態となる。即ち、ロックウールは水の吸収性が非常に高いものと考えられる。



圧縮特性曲線 除荷後の曲線

曲線の式： $y = 1.206e^{-0.126x}$

サンプル：80×80×80mm

荷重速度：5mm/min（圧縮力：500kg）

含水率：12%

図3 樹皮ベッド材の圧縮特性

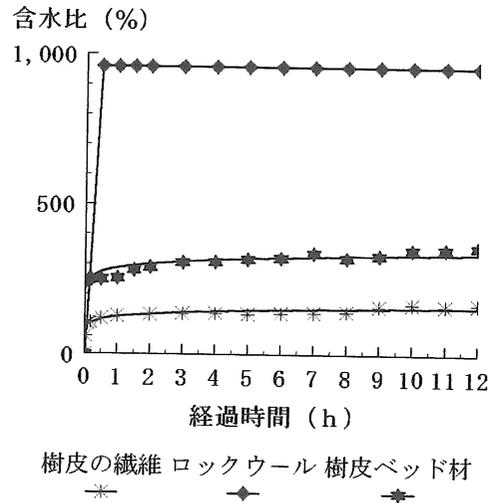


図4 樹皮の繊維と各ベッドの吸水特性（含水比の変化）

一方、樹皮ベッド材では、含水率は、浸水経過後15分程度までは、急激に増加し約260%となるが、その後は、緩やかに増加する傾向が見られた。また、その樹皮材繊維では、樹皮ベッド材と同じ吸水経過時間に対する含水比は同じ傾向となっているが、その値は樹皮ベッド材の方が大である。

これらのことから樹皮ベッド材は、ロックウールに比べ吸水性が著しく小さいものである。これは、樹皮ベッド材の持つ性状に影響されているのではないかと考えられる。無機物のロックウールは、繊維と繊維との間に水分を吸い込むので含水比は数分間で飽和状態近くに達するが、樹皮材は、油性成分が含まれているために、先ず、水の浸透が繊維と繊維との間に行われるが、繊維に含まれる油性成分のため、水の浸透が抵抗を受け、含水比が低い値となったものと考えられる。

図5-1は、樹皮ベッド材の浸水経過時間に対する三相率の関係である。経過時間とともに、液相率は、最初に急激に増加し、12時間程度が経ってからほぼ一定の値となるが、一方気相率は、経過時間に従って急激に減少し、12時間が過ぎてからほぼ一定となっている。このことから浸水時間は12時間で最適ではないかと考えられる。浸水経過時間を12時間にしたものを図5-2に示す。液相率は、対数関数的として次式により表される。

$$y = 40.39 \ln 4.1x$$

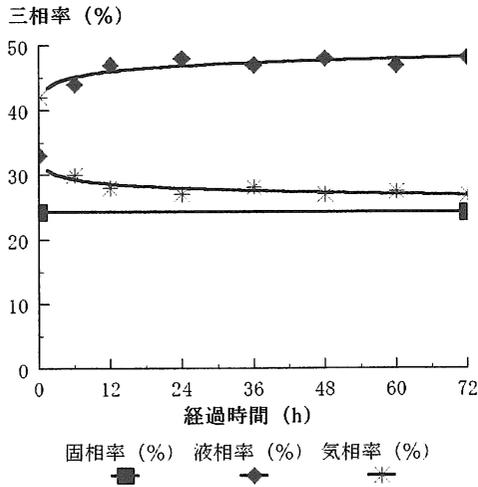


図5-1 樹皮ベッドの材吸水特性 (三相率の変化)  
 浸水時間：72時間

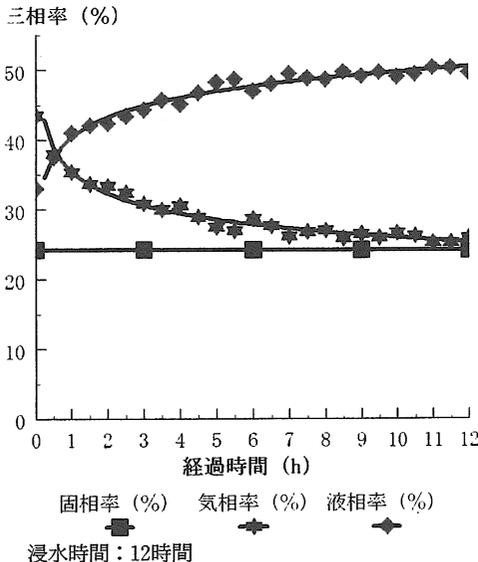


図5-2 樹皮ベッド材の吸水特性 (三相率の変化)  
 浸水時間：12時間  
 曲線の式：液相率  $y = 40.39 \ln 4.1x$   $R : 0.962$   
 気相率  $y = 35.51x^{-0.13}$   $R : 0.967$   
 固相率  $y = 24.23$

気相率は、べき関数的として次式により表される。  
 $y = 35.51x^{-0.13}$

このことから浸水時間が分かれば樹皮ベッド材の三相率が推算できることを表すものと考えられる。

また、図6は、ロックウールの浸水経過時間に対する三相率の関係である。経過時間とともに、液相率は直線的に増加し、一方気相率は直線的に減少の傾向となって

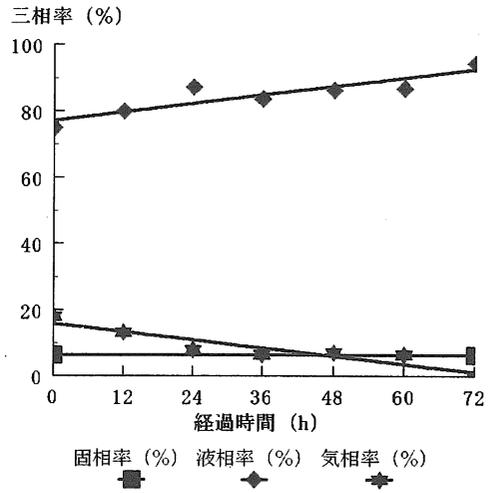


図6 ロックウールの吸水特性 (三相率の変化)

いる。経過後12時間での固相率、気相率、液相率の割合については、樹皮ベッドは24.23%：26%：49.77%，ロックウールは6.46%：13.28%：79.99%である。

上述の三相率は、三角座標を用いた三相分布により表示すると図7のようになる。

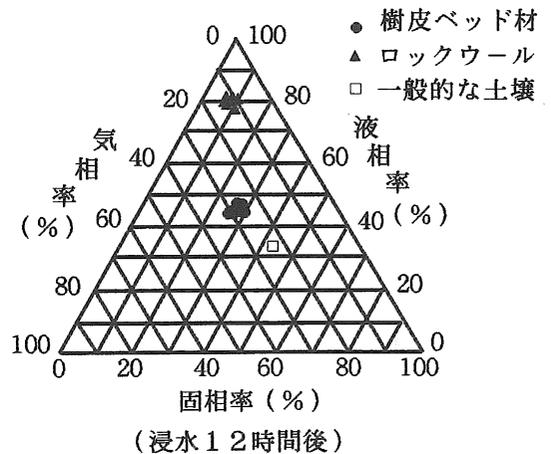


図7 三角座標による三相分布 (浸水12時間後)

ロックウールは、液相率が顕著に高く、気相率、固相率は低くなっている。それに対して樹皮ベッド材は、比較的普通な土壌の三相率<sup>4)</sup>に近い傾向を示している。

#### 4) 乾燥特性

自然乾燥特性 図8は、自然状態での樹皮ベッド材の乾燥特性を三相比率の変化で表したものである。樹皮ベッドの液相率と気相率は、いずれも緩やかに変化して

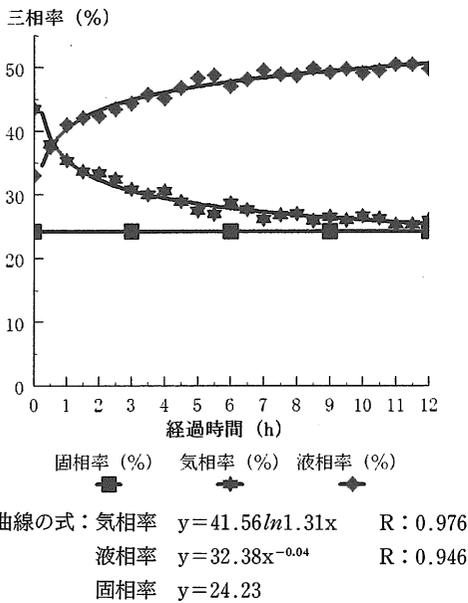


図 8 樹皮ベッド材の乾燥特性 (三相率の変化)

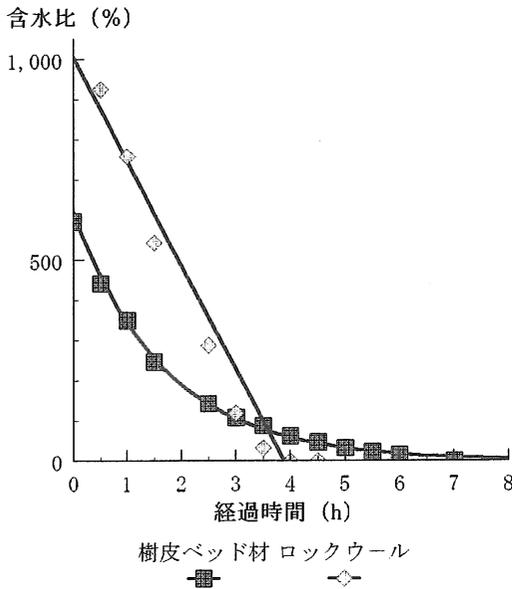


図 9 各ベッドの人工乾燥特性 (含水比の変化)

いる。乾燥速度は、6時間経過後に含水比が250%程度の時小さい値となる。

人工乾燥特性 ベッドに吸収された水の乾燥の特性を明らかにすることは、ベッドの加工、及び栽培において重要なことと考える。そのために、樹皮ベッド試料とロックウール試料の人工乾燥器による乾燥特性の測定を行った。その結果は図9に示す。ロックウール試料の場合では、含水比は、一定の速度で急激に直線的に乾燥されるが、樹皮ベッド試料の場合では、含水比の減少とともに乾燥速度は、指数関数として次式で表される。

$$y = 620.62e^{-0.59x}$$

このことから経過時間に対する樹皮ベッド材の含水比はこの式から明らかになる。

この乾燥特性から、樹皮ベッド材は、比較的保水性が高いと考えられる。

今後は、樹皮ベッドを設計、また栽培する上で必要な物性の問題について更に検討する必要がある。

### ま と め

この研究は、近年、ロックウールに代わるベッドとして脚光を浴びているスギ、ヒノキ樹皮廃材ベッドの水耕栽培への適応性を調べるために、その基礎的な特性について検討した。その結果の主なものは次の通りである。

- 1) スギ、ヒノキ樹皮には、殺菌と抗菌成分が含まれている。
- 2) スギ、ヒノキ樹皮材は、塑性変形特性を有することから樹皮ベッドの成形加工は容易である。
- 3) 樹皮ベッド材は、含まれている精油成分によって吸水が阻害されるが浸水によって吸水性が改善される。また、ロックウールに比べて、比較的緩やかに吸水し、吸水特性は一定の時間が過ぎると飽和状態となる。飽和状態の含水比は350%程度であり、浸水最適時間は12時間程度である。
- 4) 三相分布においては、ロックウールは、液相率が極めて高い傾向を示し、その分布には大きな偏りがあったが、樹皮ベッド材は、比較的普通な土壌に近い傾向を示した。
- 5) 樹皮ベッド材の乾燥速度は、含水比が高いとき、比較的大きい5、6時間経過後は小さい値となる。この乾燥特性から、樹皮ベッド材は、比較的保水性が高いと考えられる。

## 文 献

- 1) 池田英男・原 温共訳 (SMITH, D. 著), 野菜・花きのロックウール栽培。誠文堂新光社, 東京, 210 pp., 1987.
- 2) 岩尾俊男, 穀類の基礎的物性と選別。農業機械学会 (農業機械学会農産機械部会研究会資料), 9:1-2, 1984.
- 3) 今井五郎, わかりやすい土の力学。鹿島出版会, 東京, 268 pp., 1973.
- 4) 土壌物理性測定委員会編, 土壌物理性測定法, 養賢堂東京, 505 pp., 1972.
- 5) 箭内寛治・浅川美利, (「土質工学, わかりやすい土木講座6」所収)。彰国社, 東京, pp., 32-38, 1968.
- 6) 今村博幸・安江保民・岡本 一・後藤輝男・善本知孝, 木材利用の化学。共立出版株式会社, 東京, 239 pp., 1983.
- 7) 洪 隆宣, 植物体の圧縮・成形性に関する基礎的研究。京都大学農学部博士論文, 168 pp., 1974.