

地域産材を活用した規格木材を生産するための乾燥技術の開発・改良（Ⅲ）

アカマツ平角材の熱風減圧乾燥条件の検討

河崎弥生・野上英孝

1. はじめに

近年、木造住宅の建築に際して様々な形で関与する法律が、大幅改正あるいは新設され、法的な環境が大きく変化している状況にある。すなわち、平成10～12年にかけて建築基準法が大幅改正されたのを皮切りに、平成12年には住宅の品質確保の促進等に関する法律、平成13年には消費者契約法、平成18年には住生活基本法、さらに平成19年には特定住宅瑕疵担保責任の履行の確保に関する法律が、相次いで制定された。これら一連の法律の整備によって、木造住宅についても、供給者（工務店等）は施主（消費者）に対して良質な住宅を提供し、一定期間、性能を担保する責任があるようになった。これらのことを受けて、木造住宅の主要構造部材である製材品は、今後、強度、乾燥状態など求められる性能を、厳密に担保しなければならなくなる。

本県の製材業界は、これまで全国に先駆けて乾燥材の生産に取り組み、乾燥材先進県の地位を確立してきた。しかし、乾燥材生産へ向けて全国的な取り組みが加速する中で、本県業界も新たな取り組みにチャレンジする必要がある。すなわち、今後も本県の製材業界が乾燥材生産に関して、先進的地位を維持していくためには、他の地域に先駆けて、乾燥材の多くを品質・性能が的確に担保された「規格木材」として供給できる体制をいち早く確立することが、活路開拓の道であると考えられる。

本研究課題は、本県の製材業界が、乾燥材の品質・性能を現在よりも高度なレベルで担保し、他県との産地間競争に打ち勝つことができるように、新たな乾燥方法を開発することや、現在問題点が指摘されている点については適切な改良を行うこと等を、主たる目的とするものである。

本研究課題の実施期間は5年間となっており、以下のような項目について検討を行う計画になっている。

- ①ヒノキ柱材・土台材（心持ち・無背割り）の複合乾燥法の開発
- ②アカマツ平角材（心持ち・無背割り材）の複合乾燥法の開発
- ③「規格木材生産のための乾燥技術マニュアル（仮称）」の作成

まず初年度は、ヒノキ柱材に複合乾燥が適用できるかどうかという点について検討を行い、スギ柱材などと同様に、ヒノキ柱材についても熱風減圧乾燥を有効に利用することが可能である点を明らかにした。また、同時に、技術開発上の重要なポイントである、中温域における割れ抑制のため

のドラインセットもヒノキ柱材に対して採用可能であることも明らかにした。

2年目は、ヒノキ柱材について、有効利用できることが明らかとなった熱風減圧乾燥における最適乾燥スケジュールを探索するための試験を行った。この際、主たる目標においたのは、蒸煮時間及びドラインセット時間、及び総乾燥時間の短縮化を図ることである。

3年目にあたる本年度は、アカマツ平角材の熱風減圧乾燥条件の検討を行った。また、ヒノキ柱材に関して、これまで明らかとなった知見を活かす形で、民間企業と実用化へ向けた共同研究を開始した。ここでは共同研究の状況については記載せずに、アカマツ平角材の熱風減圧乾燥条件の検討結果について述べる。

2. 試験方法

アカマツ平角材について、複数回の複合乾燥試験を行ったが、ここには代表的な実験結果を記載する。

1) 試験装置

乾燥には、当センターが平成14年度に導入した（株）ヤスジマ製の複合型乾燥実験装置（オープンラボ）を用いた。本装置は、熱風加熱、高周波加熱、減圧を、複合的に組み合わせできる実験用木材乾燥装置である。

2) 供試材

岡山県内産の寸法 230 × 140 × 3050 mmのアカマツ平角材（心持ち・背割り無し）を、1実験当たり 12本を標準として供試した。さらに、これとは別に、長さ方向に分割した短尺材を、変色測定用試験材として用いた。試験材の心材率は約 60～90%の範囲にばらついている。また、乾燥前の重量選別は行っていない。

試験に際しては、これまでの実験のように、通常の生産現場では、製材後直ちには乾燥を開始できない場合が多いという事情を勘案し、製材後、一定期間を経過させ、材表面が少し乾燥しかけた状態にしてから乾燥を開始した。

3) 乾燥スケジュール

アカマツ平角材の乾燥は、ヒノキ材において見られるような乾燥仕上がり時の変色を嫌うなど、特に風合いを重視した仕上がりを望む声は、本県においては比較的少ない。しかし、梁材として用いる場合には「現しの部材」として用いることもあり、その場合には可能であれば高温乾燥法（高温セット法）で見られるような大きな変色を避け、なるべく変色が少ない乾燥方法を採用したいという声も聞かれる。また、横架材としての利用に際しては、内部割れの存在を嫌うユーザーもあり、この点に対する配慮も求められる場合がある。

以上のことから、今回、アカマツ平角材の場合にもヒノキ材と同様な中温域（100℃未満）の条件を用いて、大きな変色や内部割れ等の発生を抑制することを乾燥スケジュールを考える上での基本とすることにした。

まず、アカマツ平角材用の標準スケジュールとして、90℃で蒸煮後、乾球温度95℃付近でドラインセットをかける条件を維持し、その後は乾球温度70℃付近で乾燥を継続する条件を設定した。また乾燥末期には、乾球温度70℃をキープしながら調湿も行うこととした。全体の乾燥時間は、調湿時間を含めて約8日間とした。なお、蒸煮処理以外のステップにおいては、いずれも減圧を用いている。

アカマツ平角材の複合乾燥については、現段階では乾燥特性をほとんど把握できていないため、用いるべき最適な乾燥条件を理論的に構築することは困難である。したがって、これまで実施してきたヒノキ材やスギ材の乾燥条件を参考にしながら、少しずつ良好な乾燥スケジュールを構築することを基本的な姿勢としている。

4) 測定

a. 乾燥前の測定

乾燥前に、試験材の重量、含水率（モコ2による）、寸法、材面の状況などを測定した。また、短尺試験材については、測色色差計を用いて材色を測定した。測色方法は、2度視野拡散受光方式で、スポット径は10mmとした。

b. 乾燥後の測定

乾燥終了後には、まず長尺材の状態では重量、含水率（モコ2による）、材面割れなどを測定した。変色測定用短尺試験材については、所定の方法により、材色の測定を行った。測定したのは、乾燥終了時の材表面、さらにそれをプレーナーによって約2mm鉋削した材面の合計2回である

その後、長尺材は材長方向に分割して、5カ所の位置から小試片を採取し、全乾重量法による含水率や水分分布の測定を行った。さらに、切断した断面において内部割れの発生量などを測定した。

切断して短尺になった試験材については、一部を屋根付きの天然乾燥場において養生し、材面割れ等の経過観察を行った。

3. 試験結果

ここには、一例として、前述した標準スケジュールによる乾燥結果（実験1）について示す。

1) 初期含水率及び仕上がり含水率

試験材の初期含水率と乾燥後の仕上がり含水率を、第1表に示した。全乾重量法による含水率（全

乾含水率)で、ロット平均で乾燥前に平均 66.4 %であったものが、乾燥終了時に 11.0 %に仕上がった。標準偏差は、初期には 11.9 %であったものが、仕上がり時には 3.9 %まで減少し、含水率のばらつきは、かなり小さい仕上がりとなった。また、乾燥後の含水率では最高が 13.1 %、最低が 9.6 %であり、アカマツ平角材としてはロット全体がかなり均一な状態に仕上がっている。

また、個体の平均重量は、乾燥前に 75.9kg であったものが、乾燥によって 44.9kg に減少した。標準偏差は、乾燥前が 11.9kg であったものが、乾燥によって 3.9kg に減少している。

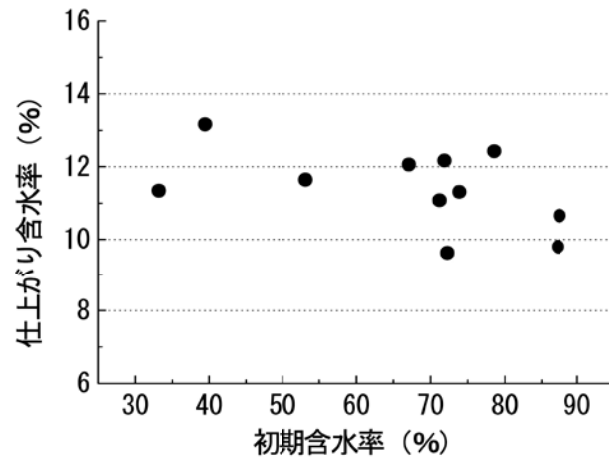
また、高周波式木材水分計モコ 2 による測定(水分計含水率)では、仕上がり時点ではほとんどの材が 10 ~ 15 %の範囲にあり、含水率計でもかなり均一に仕上がっていると評価された。また、アカマツ平角材の乾燥においてよく見られる 4 材面間におけるばらつきも、今回は比較的少ない仕上がりであった。

第 1 表 実験 1 における試験材の乾燥前後の含水率と重量

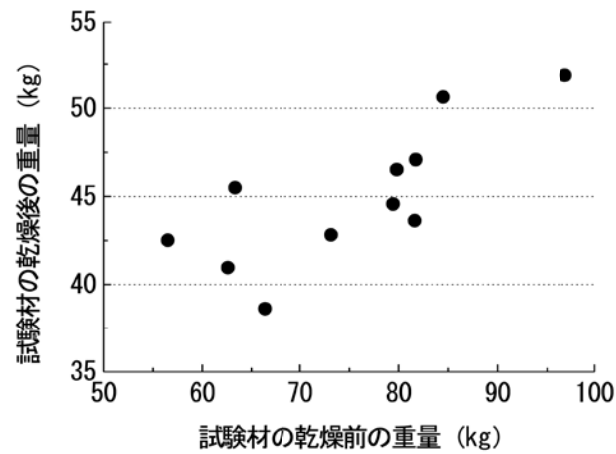
| | 全乾含水率 (%) | | 重量 (kg) | |
|------|-----------|------|---------|--------|
| | 乾燥前 | 乾燥後 | 乾燥前 | 乾燥後 |
| 最 高 | 87.7 | 9.6 | 97.102 | 51.800 |
| 平 均 | 66.4 | 11.0 | 75.202 | 44.909 |
| 最 低 | 39.6 | 13.1 | 56.612 | 38.555 |
| 標準偏差 | 17.1 | 1.7 | 11.89 | 3.94 |
| 変動係数 | 25.8 | 15.2 | 15.82 | 8.79 |

初期含水率と仕上がり含水率との関係を、第 1 図に示した。初期含水率と仕上がり含水率との間には、明確な傾向は見取れない。すなわち、初期含水率の高低にかかわらず、すべての材が比較的良好に仕上がっていると判断される。

試験材の乾燥前の重量と乾燥後の重量との関係を、第 2 図に示した。乾燥前の重量が大きい個体ほど、乾燥後の乾燥重量も大きい傾向が見受けられる。このことは、乾燥工程で各個体において比較的似かよった量の水分が蒸発したことを示すものであるが、結果としては、前述したようにロット内の含水率のばらつきはそれ程大きくはない。



第1図 試験材の乾燥前後の含水率の関係（全乾重量法）



第2図 試験材の乾燥前後の重量の関係

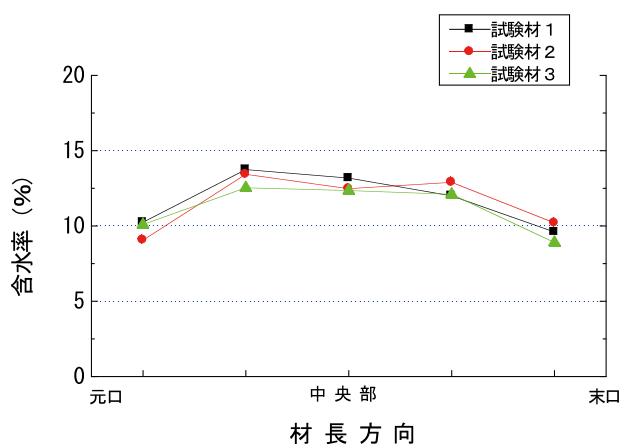
3) 水分分布の状態

a. 材長方向の水分分布

人工乾燥終了時の材長方向の水分分布を、第3図に示した。各測定箇所含水率は、断面の平

均含水率である。材長方向の水分傾斜は、いずれの個体も 5 %程度に留まり、人工乾燥した直後のアカマツ平角材としては少ない状態にあると判断される。一般的に、断面が大きくなれば材長方向の水分傾斜も大きくなりがちであるが、それ程顕著な状態は見受けられない。

3 個体とも、水分傾斜の状態は、材中央部が最も含水率が高く、両木口へ向かって次第に低下するという、材長方向にいわゆる凸型の分布を示す一般的なものである。なお、元口付近と末口付近の比較では、含水率の高低に明確な差異は見受けられない。

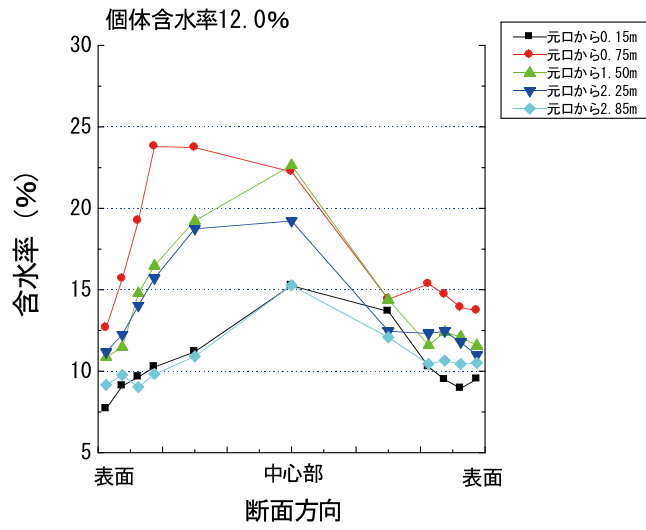


第 3 図 乾燥終了時の材長方向の水分分布

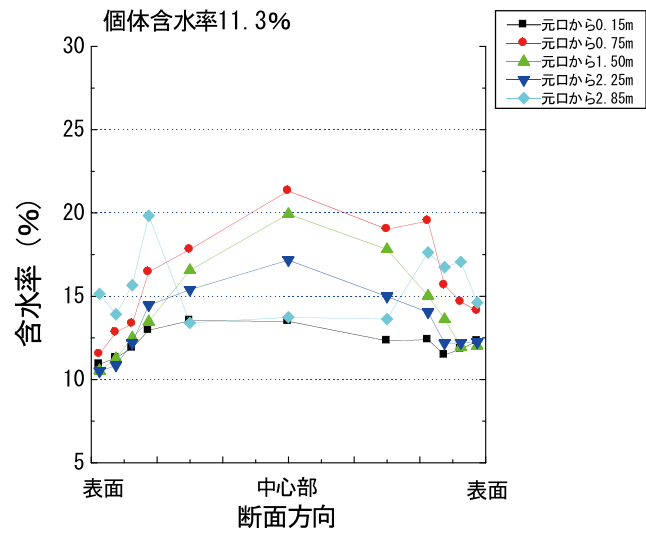
b. 断面方向の水分分布

各試験材の断面方向の水分分布の一例を第 4 図～第 6 図に示した。図中の試験体番号は第 3 図に示したものと一致していない。試験材 H21-6 では、中央部付近で大きな水分傾斜が観察され、過去に行った中温蒸気式によるスギ平角材と比較しても、不十分な仕上がり状態にあった。しかし、試験材 H21-15 では、観察された水分傾斜は比較的小さく、断面の大きなアカマツ平角材の仕上がりとしては良好な範囲に入る結果であった。全体的には、材中央部の中心部付近で最も大きな傾斜が観察され、表層と中心部の差が 10 ～ 15 %以上あり、十分な仕上がり状態であるとは言えないと判断された。

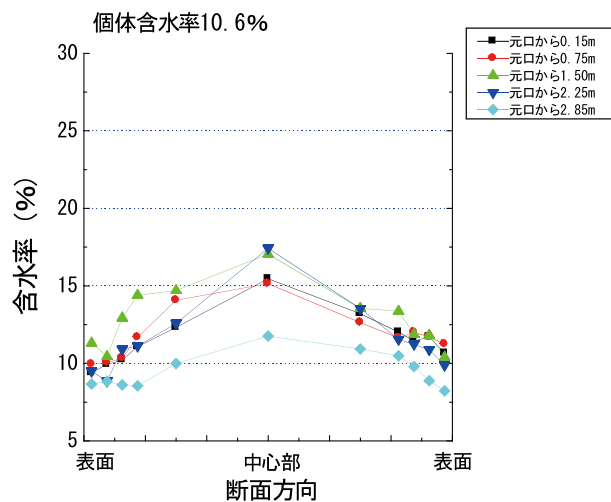
使用時の寸法安定性を担保するためには、乾燥後の養生に一定の期間が必要となると判断される。また水分傾斜を抑制するため、今後、乾燥スケジュールの改良、特に乾燥末期の条件についての検討が必要である。



第4図 試験材 H21-6 の断面方向の含水率分布



第5図 試験材 H21-13 の断面方向の含水率分布



第6図 試験材 H21-15 の断面方向の含水率分布

4) 材面割れと木口割れの発生状況

ロット全体に、多くの材面割れと木口割れが発生した。特に、アカマツ特有の斜めに走る材面割れの発生が顕著で、「現し」を前提とする製品としては許容される限界を超えた仕上がり状態であると評価された。アカマツ平角材に対して、ドラインセット法による材面割れの抑制処理を行うことは、スギ材やヒノキ材と比較してかなり難度が高いように思われる。これは、アカマツという樹種のものであると考えるべきものであるとも思われる。例えば、その一つの例として、特に大きな輪生節が存在する個体は、材質的に大きなバラツキが内在することになり、一様なドラインセット処理ができないということにつながっているのではないかと考えられる。

いずれにしても、今後、材面割れ抑制に重点を置いた乾燥スケジュールの検討が必要である。

5) 内部割れの発生状況

一部の試験材には、木口に近い部分に若干の内部割れが発生していたが、全体的には軽度であった。内部割れが発生した箇所を精査すると、節の影響が大きいように思われた。

したがって、今回の複合乾燥の乾燥スケジュールは、内部割れの抑制という視点からは、大きな問題点はないと判断された。

6) 曲がりとねじれ

各個体の曲がりの発生量は、最大で8mm、平均すると4mm程度に留まっていた。しかし、アカマツ特有のねじれの発生もあり、歩留まりはスギ平角材等と比較すると悪いと判断された。ただし、今回の実験では、乾燥時に油圧プレスによる载荷を行っていないので、今後改良の余地はあると考えている。

7) 変色の発生量

変色については、ここには詳細は示さないが、高温乾燥材と比較すると、心材、辺材ともに変色は少なかった。、したがって、変色という視点からは、乾燥スケジュールに問題点はないと判断された。変色の方向としては、明度の低下がやや大きく、赤み成分や黄色み成分が若干変化するという一般的なものであった。

4. 実験結果のまとめ

本実験は、アカマツ平角材に中温域の熱風減圧乾燥が適応できるかどうかという試みを行ったものである。結果としては、現段階では、ヒノキ柱材等で可能であった品質レベルには、まだ仕上げるできない技術的段階にある。特に、材面割れの抑制に問題があり、今後、改善がに向けた試行錯誤が必要である。検討の結果、一定の技術レベルに到達し得ないならば、アカマツ平角材に対するこの乾燥方法の採用を断念せざるを得ない事態に陥ることも考えられる。

今後、様々な検討を行いながら、実験を継続する予定である。

5. おわりに

本県の製材業界は、これまで熱心に乾燥材の生産に取り組み、乾燥材先進県の地位を確立してきた。今後は、他の地域に先駆けて、乾燥材の多くを品質・性能が的確に担保された「規格木材」として供給できる体制を、いち早く確立することが重要である。

本研究課題は、乾燥材の品質・性能を現在よりも高度なレベルで担保し、他県との産地間競争に打ち勝つことができるように、新たな技術開発を行うことを目的としたものであり、研究成果の一部は、既に県内企業において実用化に向けて有効利用が図られようとしている。実用化に際しては、実験室レベルとは異なる対応が求められる場面もあるが、適宜、支援を行う予定である。

平成22年度も、これまで3年間の研究成果を踏まえ、当初計画を基本に据えたうえで、さらに業界の現状も勘案しながら研究を継続する予定である。



写真1 栈積みの状況



写真2 完成した栈積みロット



写真3 複合型乾燥装置



写真4 乾燥後の状態



写真5 木口割れと材面割れ
(発生量が多い)



写真6 切断面における割れの状態
(内部割れの発生は少ない)