難燃薬剤処理木材の溶脱法による 薬剤固形成分量の計測手法に関する研究

上 川 大 輔*

Water leaching test procedure to measure the solid content of
fire-retardant in treated wood

Daisuke KAMIKAWA*

As a way to measure the solid content of fire-retardant in treated wood, we suggested to calculate it from the weight change of samples with water leaching. Thin samples of 5 wood species (Sugi, Akamatsu, Karamatsu, Douglas Fir and Western Hemlock) were treated with several concentration impregnant and water leaching test was conducted with these treated samples. It was indicated that the correction against elution from base material wood was needed for Karamatsu samples to derive the solid content of fire-retardant from weight change after the fire-retardant treatment or water leaching operation. The effects of leaching condition and drying temperature were examined, and appropriate leaching conditions were demonstrated. Additionally, we suggested the way to predict the solid content of fire-retardant from density of base wood.

Keywords : fire-retardant wood, leaching away measuring technique, water dipping,
solid content of fire-retardant

難燃薬剤処理木材中の薬剤固形成分量（以下、薬剤量と表記）を推定する方法として、処理材から切り出された小片を水に浸漬し、難燃薬剤を溶脱させ重量減少より薬剤量を算出する手法を提案した。スギ (*Cryptomeria japonica*)、アカマツ (*Pinus densiflora*)、カラマツ (*Larix kaempferi*)、ベイマツ (*Pseudotsuga menziesii*)、ベイツガ (*Tsuga heterophylla*) の5樹種について試験体に薬剤（窒素リン酸系薬剤）を注入して処理材を作製し、それらに対して水浸漬による溶脱操作を実施した。注入処理前後の重量、および溶脱操作前後の重量からそれぞれ薬剤量を算出する場合、カラマツでは木材中の抽出成分の溶出量を考慮する必

* 独立行政法人森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute

Corresponding author : Daisuke Kamikawa (daikami@ffpri.affrc.go.jp)

要があることを示した。水浸漬による溶脱条件と測定誤差，および乾燥温度の影響について検討し，適切な溶脱条件を示すとともに105℃での乾燥が計測値には大きく影響しないことを明らかにした。また，基材の密度から薬剤注入処理後の薬剤量を予測する方法を提案した。

キーワード：難燃薬剤処理木材，溶脱法，水浸漬，薬剤固形成分量

1. 緒言

近年，地球環境への配慮や里山の再整備，地域林業の活性化などを目的として，地域産材を積極的に利用しようという意識が高まっている。また，「公共建築物等木材利用促進法」が2010年10月に施行されたこともあり，公共建築物の構造材料や内装材への木材利用が促進されている。一方で火災安全上の，特に建築物利用者の避難に対する配慮から，規模の大きな建築物や不特定多数が利用する用途の建築物，火気使用室などには建築基準法により内装制限がかけられ，壁や天井に防火材料（難燃，準不燃，不燃材料の総称）を用いることが義務付けられている。

これら防火材料には，建築基準法告示に適合材料として規定されているもの（告示仕様）と，性能評価機関での発熱性試験等により必要な性能があることを示し国土交通大臣の認定を受けたもの（認定仕様）がある。木質材料を使用した防火材料としては，告示に木毛セメント板等が規定されているほか，各種木質材料に難燃薬剤を含浸させたものが数多く認定を受けており，広く販売されている。これら木質材料の難燃処理には，リン酸やホウ酸，およびその塩や化合物からなるものが難燃薬剤として用いられることが多い。

木質材料に難燃薬剤を含浸させたこれら防火材料において，所定の防火性能を得るためには，材料のどこを取っても必要量の難燃薬剤固形成分が含まれている必要がある。しかしながら，基材となる木材の樹種，節，密度のバラツキ，心材か辺材かなどが注入性に影響するうえ，注入表面から離れるほど薬剤が浸潤しにくいいため，均一に難燃薬剤を注入処理するのは難しい。2011年6月の国土交通省報道発表において，不燃材料の大臣認定についてのサンプル調査から，必要な性能を有していないものが販売されていたことが明らかになったと公表され（<http://www.mlit.go.jp/report/>

[press/house05_hh_000251.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000251.html)），新聞でも取り上げられたのは記憶に新しいところであるが，不適合とされたもののいくつかは上記のような薬剤処理のバラツキが原因となった可能性がある。いずれにせよ所定の性能を持つ製品を安定して製造するには，注入性のバラツキを考慮に入れた処理条件・工程にして，十分な品質管理をする必要がある。

防火材料の品質管理をするためには，難燃処理した木質防火材料にどれだけ難燃薬剤固形成分が含まれているかを調べる方法が必要となる。薬剤処理前後のラミナ重量変化を測定することでラミナ全体の薬剤量を算出する方法がよく用いられるが，この方法ではラミナ内の薬剤分布のバラツキまでは考慮できない。不燃材料認定の不適合が問題になって以降，性能評価機関における防火材料の認定では一定水準の品質管理体制の確立が必要とされ，製品のどの部分を取っても所定の性能が担保されていることを示すことを要求されるようになっていく。そのため難燃薬剤処理した防火材料内の薬剤量分布を計測する方法が求められている。

ラミナ各部位の薬剤量を測定する方法として，近赤外光を用いる方法が中村らにより提案されている¹⁾。また，河原崎らはラミナ各部位から切り出した小片の全乾密度と，難燃薬剤処理前にあらかじめ測定したラミナ全体の全乾密度の差からラミナ内の薬剤量を推定する方法を提案している²⁾。しかし，前者は単板の状態での測定が必要であり，後者は難燃薬剤処理前の基材の絶乾重量を把握しておく必要があるため，製造過程での測定無しに製造済みの防火材料のみから薬剤量を算出することはできない。

一方で，木材に用いられる難燃薬剤のほとんどは水を溶媒としていることから，例えば難燃薬剤処理された木材を屋外に使用した場合，雨水により薬剤が溶出し，かなり早い段階で防火性能が低

下することが問題となっている。逆にこの水に対して脆弱な性質を利用し、難燃薬剤処理された木材の各部位の小片から薬剤を溶脱させ、前後の重量差より薬剤量を算出することが可能と考えられる。この方法では、使用されている難燃薬剤が化学修飾等の方法により耐溶脱性の高いものである場合は誤差が生じる可能性があるが、単純に薬剤固形成分が溶媒の気化により析出したものであれば注入時の溶媒を溶脱操作に用いることにより薬剤量が推定できると思われる。

以上のような背景より本報では、製造済みの防火材料内部の薬剤量を簡易に測定する手法開発を目的とし、各部位の小片を水等に浸漬し難燃薬剤を溶出させ重量減少より薬剤量を算出する方法（以下、溶脱法と表記）を提案する。また、基材密度と薬剤濃度から事前に処理後の薬剤量を推定する方法、ならびに製造途中での測定値より予測される薬剤量の整合性について考察する。

2. 実験方法

2.1 試験体

本報では、薬剤として水溶性のカルバミルポリリン酸アンモニウムを主体とするもの（丸菱油化製ノンネン）を用い、スギ、アカマツ、カラマツ、ベイマツ、ベイツガの5樹種について溶脱法による薬剤量の測定を行った。また、スギ試験体を用い、溶脱の条件（時間・水替えの有無・減圧の有無）の影響、試験時の乾燥温度の影響について検討した。

試験体寸法はおよそ100mm×30mm、厚さ（繊維方向）4mmとし、一条件あたり3体ずつとした。樹種及び薬剤量の影響評価を目的としたグループについては薬剤処理濃度を5段階（0－20.7%）とした。このほかに溶脱条件と乾燥温度の影響評価を目的としたグループについてはスギ試験体を用意し、上記処理薬液濃度5段階のうち最も高い濃度（20.7%）にて薬剤処理することとした。

薬剤処理等を行なう前に105℃にて24h乾燥し、絶乾重量、寸法の測定を行った。処理したスギ試験体の薬剤固定量が、およそ0、45、90、135、180kg/m³となるよう3.5項に後述する方法で薬剤濃度を計算し、表1に示す薬剤濃度にて各試験体

を処理した。濃度別に個別のステンレス容器内に試験体を並べ、所定の濃度に調整した難燃薬剤を減圧注入した。注入工程は、減圧（－0.095MPa）1.5h、そののち試験体を薬剤につけたまま大気圧で3h放置とした。その後各試験体を取り出し20℃・40% RHで72h自然乾燥させた後、60℃の乾燥機に入れ24h、さらに105℃にて24h乾燥し、薬剤処理後の絶乾重量を測定した。なお、乾燥温度の影響評価に用いた試験体の一部については、72hの自然乾燥後60℃で24h乾燥させ、薬剤処理後の重量を測定した。

2.2 樹種及び薬剤量の影響評価を目的とした溶脱試験

調製した5樹種5濃度の試験体を水に浸漬し、その前後の試験体の絶乾重量差から薬剤量を求める方法を検討した。薬剤処理された各試験体を十分な水に浸した状態で減圧し（－0.095MPa、1h）、その後試験体のおよそ20倍の体積の水中に静置し、24hごとに水替えを行いながら72h溶脱させた。その後試験体を105℃にて24h乾燥し、溶脱操作後の絶乾重量を測定した。

2.3 溶脱条件及び乾燥条件の影響評価を目的とした溶脱試験

溶脱条件（時間・水替えの有無・減圧の有無）の測定値への影響を検討するため、表1のS-4と同じ条件で薬剤処理したスギ試験体（平均薬剤量181.7 [kg/m³]）を用い、以下に示す溶脱条件にて溶脱操作を行い、乾燥後の重量を測定した。

溶脱条件：①水に漬けた状態で減圧し（－0.095MPa、1h）、その後常圧に戻して所定の時間浸漬（6、12、24、48、72h）。48h、72hのものについては24hごとに水換えを行う場合と、全く水換えを行わない場合をそれぞれ実施。②減圧無しで、そのまま所定の時間浸漬（24、72h）。（①、②どちらの条件においても、水換えありの場合は浸漬初期に一度水換えを実施した。）

3. 結果と考察

3.1 試験体作製時の重量変化

薬剤注入処理前および処理後の試験体絶乾重量を表1に示す。表中の数値はいずれも試験体3体の平均値である。表中の「薬剤量（補正なし）」の列は、薬剤注入処理前後の絶乾重量差から処理

表1 薬剤注入処理前と処理後の試験体重量, 処理後の材中薬剤量

Table 1 Dry weight of specimens, solid content of fire-retardant after the impregnation treatment

樹種 Species	Sample No.	薬剤処理前 Before the impregnation treatment			薬剤処理後 After the impregnation treatment		
		絶乾重量 Dry weight	密度 Density	処理薬剤濃度 Impregnant concentration	絶乾重量 Dry weight	薬剤量 (補正なし) Solid content of fire-retardant (without correction)	薬剤量 (抽出成分補正あり) Solid content of fire-retardant (with extract correction)
		[g]	[kg/m ³]	[wt%]	[g]	[kg/m ³]	[kg/m ³]
スギ Sugi	S-0	3.92	337.3	0	3.90	-1.7	0.0
	S-1	3.93	337.8	5.6	4.36	37.3	39.0
	S-2	3.93	338.4	10.9	4.91	84.9	86.7
	S-3	3.92	337.3	15.9	5.44	130.5	132.3
	S-4	3.91	336.1	20.7	6.01	180.6	182.3
アカマツ Akamatsu	A-0	5.24	438.5	0	5.24	0.3	0.0
	A-1	5.26	440.7	5.6	5.64	31.6	31.3
	A-2	5.29	443.0	10.9	6.08	66.2	65.9
	A-3	5.34	447.0	15.9	6.53	99.5	99.3
	A-4	5.44	453.5	20.7	7.01	130.9	130.6
カラマツ Karamatsu	K-0	5.88	496.1	0	5.41	-39.8	0.0
	K-1	5.87	495.4	5.6	5.84	-2.9	36.8
	K-2	5.86	495.1	10.9	6.27	34.2	73.9
	K-3	5.86	495.5	15.9	6.70	71.2	111.0
	K-4	5.84	494.4	20.7	7.13	109.1	148.8
ベイマツ Douglas Fir	D-0	4.79	398.8	0	4.70	-7.2	0.0
	D-1	4.81	400.2	5.6	5.13	26.7	33.9
	D-2	4.80	399.7	10.9	5.63	69.1	76.3
	D-3	4.79	397.8	15.9	6.15	112.9	120.0
	D-4	4.79	398.4	20.7	6.65	154.0	161.1
ベイツガ Western Hemlock	W-0	5.66	472.9	0	5.65	-0.6	0.0
	W-1	5.66	472.6	5.6	6.13	38.6	39.2
	W-2	5.68	474.8	10.9	6.63	79.7	80.2
	W-3	5.67	474.2	15.9	7.09	118.9	119.5
	W-4	5.65	473.3	20.7	7.55	158.4	159.0

後試験体中の薬剤量を算出した値で、各樹種のうち処理薬剤濃度0% (=水) の試験体を見ると多くの樹種でマイナス値となっており、特にカラマツとベイマツで顕著である。これは材中にもともと存在した抽出成分が水により溶出したためと考えられる。例えばカラマツには水溶性のアラビノガラクトンが多く含まれており、Côtéらによると5~30%³⁾、日本産カラマツについてはAspinallらにより4.8%含有することが示されている⁴⁾。これら水溶性の抽出成分は薬剤注入時にも溶出すると考えられ、試験体内の正味の薬剤量を把握するためには、この抽出成分による重量変化分を補正する必要がある。もっとも、材の繊維方向寸法が長くなるほどこの抽出成分の溶脱の影響は小さくなると思われる。表1中の「薬剤量(抽出成分補正あり)」は、この抽出成分溶出の影響を考慮し、処理濃度0%の場合の重量減少分を処

理後の絶乾重量に加算し算出した薬剤量である。以降本報ではこの抽出成分の溶出に対する補正を加え算出した薬剤量を各試験体の正味の薬剤量として扱う。この正味の薬剤量と、補正なしで実測した薬剤量との関係を図1に示す。図より、カラマツ以外の樹種では、正味の薬剤量に対する抽出成分溶出の影響は認められなかったものの、カラマツにおける実測値は正味の薬剤量よりもおよそ40kg/m³ほど小さい値となることが分かった。したがって、カラマツでは抽出成分溶出の影響を考慮する必要があると考えられた。

3.2 樹種・薬剤量の影響

溶脱操作前後の試験体情報を表2に示す。前項と同様に処理薬剤濃度0%の試験体の溶脱操作前後の絶乾重量差について注目すると、全ての樹種で再び重量減少が認められた。このことについても薬剤注入処理時と同様に水溶性の抽出成分が溶

表2 溶脱操作前後の試験体情報と溶脱法測定値

Table 2 Dry weight after the leaching operation and solid content of fire-retardant derived from leaching weight

樹種 Species	Sample No.	溶脱操作前 Before the leaching operation		溶脱操作後 After the leaching operation			誤差 errors
		処理薬液濃度 Impregnant concentration	正味の薬剤量 (溶出補正あり) Net solid content of fire-retardant (with elution correction)	絶乾重量 Dry weight	溶脱法測定値 (補正なし) Solid content measured by leaching weight (without correction)	溶脱法測定値 (抽出成分補正あり) Solid content measured by leaching weight (with extract correction)	
			[kg/m ³]		[kg/m ³]	[kg/m ³]	
スギ Sugi	S-0	0.0	0.0	3.88	4.3	0.0	1.3
	S-1	5.6	39.0	3.90	42.7	38.4	1.4
	S-2	10.9	86.7	3.90	90.2	85.9	0.9
	S-3	15.9	132.3	3.95	132.1	127.8	3.3
	S-4	20.7	182.3	3.93	183.1	178.8	1.9
アカマツ Akamatsu	A-0	0.0	0.0	5.11	14.5	0.0	4.4
	A-1	5.6	31.3	5.19	41.3	26.8	14.5
	A-2	10.9	65.9	5.23	74.6	59.9	9.1
	A-3	15.9	99.3	5.30	107.1	92.3	7.0
	A-4	20.7	130.6	5.42	137.0	122.0	6.6
カラマツ Karamatsu	K-0	0.0	0.0	5.21	19.7	0.0	6.0
	K-1	5.6	36.8	5.29	50.3	30.6	16.8
	K-2	10.9	73.9	5.33	83.3	63.7	13.9
	K-3	15.9	111.0	5.34	119.3	99.6	10.2
	K-4	20.7	148.8	5.38	153.0	133.3	10.4
ベイツ Douglas Fir	D-0	0.0	0.0	4.64	8.3	0.0	2.6
	D-1	5.6	33.9	4.66	42.2	33.8	0.1
	D-2	10.9	76.3	4.68	82.9	74.6	2.2
	D-3	15.9	120.0	4.70	124.6	116.3	3.1
	D-4	20.7	161.1	4.71	165.1	156.8	2.7
ベイツガ Western Hemlock	W-0	0.0	0.0	5.62	6.1	0.0	1.9
	W-1	5.6	39.2	5.69	40.6	34.5	12.0
	W-2	10.9	80.2	5.69	82.5	76.4	4.8
	W-3	15.9	119.5	5.71	120.1	114.0	4.6
	W-4	20.7	159.0	5.72	157.4	151.3	4.8

出したものと考えられ、溶脱重量から試験体中の薬剤量を推定するためには、ここでも抽出成分溶出による重量減少分を溶脱後絶乾重量から減じて薬剤量を算出する必要がある。そこで、

$$Q[\text{kg/m}^3] = \frac{M_b[\text{kg}] - M_a[\text{kg}] - M_e[\text{kg}]}{V[\text{m}^3]} \dots (1)$$

(ただし、Q：薬剤量、M_b：溶脱前重量、M_a：溶脱後重量、M_e：抽出成分溶出重量、V：試験体体積)

の式を用いて試験体内の薬剤量の算出を試みた。ただし、例えば市販の防火材料の薬剤量を計測しようとする場合、当該材料の基材の抽出成分溶出重量を直接把握することはできないため、基材としている樹種が水溶性の抽出成分を多く含むのかどうか、抽出成分溶出重量がどの程度なのかとい

図1 基材中の溶出成分に対する補正なしで算出した薬剤量

Fig. 1 Solid content of fire-retardant measured by dry weight without correction for elution from untreated wood

図2 正味の薬剤量と溶脱法により推定した薬剤量
Fig. 2 Net solid content of fire-retardant and that measured by leaching method

った情報が必要になる。また、引き算による算出のため、薬剤量がある程度小さい値の場合は精度が低下する点に注意が必要である。

図2に正味の薬剤量と(1)式により算出した溶脱法による測定値との関係を、表2中に正味の薬剤量に対する測定値の誤差を示す。誤差の大きさは樹種ごとに違いが認められ、スギおよびベイマツでは誤差が小さく、3%強の精度で薬剤量を推定できている。誤差が最も大きかったカラマツでは、最大で16.8%となった。

3.3 溶脱条件の影響

図3に溶脱条件ごとの測定値の誤差と浸漬時間との関係を示す。なお、誤差は以下の式から導き出した。

$$\text{誤差}[\%] = \frac{\text{薬剤量 } Q_{\text{net}}[\text{kg/m}^3] - \text{計測値 } Q'[\text{kg/m}^3]}{\text{薬剤量 } Q_{\text{net}}[\text{kg/m}^3]} \times 100 \quad \dots(2)$$

(ただし、 Q_{net} : 3.1項に記述した方法で注入操作前後の重量より算出した正味の薬剤量、 Q' : 各条件での溶脱操作後の重量から式(1)を用い算出した薬剤量)

図3では薬剤が十分に溶脱せず試験体中に残っているほど誤差がプラスの値として表示される。減圧・水換えありの溶脱条件のデータに注目すると、浸漬時間が12h以上になると誤差が5%前後ではほぼ一定となり、6h以下では誤差が大きくなり、薬剤が十分に溶脱されていないことが示唆された。また、減圧無しの場合でも24hの浸漬でほと

図3 溶脱条件ごとの薬剤量測定値の誤差
Fig. 3 Relation between measuring error of solid content of fire-retardant and leaching condition

んど薬剤は溶脱していることが分かった。これに対して水換え無しの条件では、72h浸漬したものでも8%弱の誤差があり、薬剤がまだ残っていることが示唆された。

以上より、今回の試験体寸法・条件では、減圧・水換えありで12h以上、減圧無し・水換えありで24h以上溶脱操作を行うことで試験体中の薬剤を十分溶脱させることが出来ると考えられた。ただし、試験体寸法（特に繊維方向厚さ）が大きくなる場合や、カラマツ等の難注入性の樹種、水への溶解度が小さい薬剤で処理したものなどの場合は、より長時間の溶脱操作が必要になると考えられる。

3.4 乾燥条件の影響

難燃薬剤が木材の熱分解に及ぼす影響に関して、大内ら⁵⁾はリン酸系などの難燃薬剤で処理した木粉について熱重量分析を行い、難燃薬剤の存在により木材の熱分解が無処理のものより低い温度から生じることを明らかにしている。このことから、無処理の木材を105℃で乾燥する場合には熱分解による影響が認められなくとも、難燃薬剤処理した木材の場合は105℃でも木材成分の低分子化が起り、溶脱法によって本来測定するはずであった薬剤量以上の値が測定されるおそれがあると考えられる。そこで、この乾燥温度による影響を調べるため、S-4と同じ条件で薬剤注入処理したスギ試験体（平均薬剤量186.7 [kg/m³]）を用い、注入処理後の乾燥温度を60℃または105℃、乾燥時間を24hとした場合（2条件、計6試験体）

の溶脱重量を測定した。また、上記の60℃にて乾燥させた時の含水率を調べるため、含水率測定用にさらに3体の試験体を使って、注入処理後60℃にて24h乾燥させたときの重量と、さらに105℃で24h乾燥させたときの重量を測定した。

その結果、60℃で24h乾燥させた試験体の含水率は2.9%であったことが分かった。そこで、この値から溶脱重量測定用試験体（60℃で24h乾燥したもの）の絶乾重量を推測して、2.2項の計算法により正味の薬剤量を算出した。この正味の薬剤量と溶脱法にて測定された値の誤差は、60℃・24hで0.76%、105℃・24hで2.98%であった。105℃では60℃乾燥よりわずかに溶脱重量が増加する傾向が見られたが、計測値に大きな影響を与えるほどの誤差ではないことが分かった。

3.5 基材の密度と処理薬剤濃度から事前に薬剤固定量を予測する方法

木材の薬剤注入処理を行う前に、基材から得られる情報と薬剤濃度より処理後の最大薬剤量を予測する手法があれば、製品の製造工程・条件を決める上で有用であると考え、ここでは基材の密度を基に処理後の薬剤量を予測する方法について検討した。

古野らはEPMA（X線微小部分分析法）により、水ガラス-ホウ素化合物系の難燃薬剤を含浸させたスギ試験体では、ホウ素化合物が仮道管内腔のみならず細胞壁中にも分布することを明らかにしている⁶⁾。このように、水溶性の難燃薬剤は細胞壁内へ浸透するが、乾燥後の材中に含まれる薬剤量の大半は仮道管等の内腔に侵入した薬剤が乾燥し析出したものであると考えられる。そこで、ここでは簡略化のため、注入処理時に仮道管等の空隙部を全て薬剤で満たすことができ、細胞壁には薬剤が浸透しないものと仮定する。この場合、乾燥後の材中薬剤量は基材の空隙体積と薬剤濃度から式(3)で計算することが出来る。基材の空隙率(単位体積当りの空隙体積)は、木材実質の真密度が1500kg/m³程度であることから式(4)により導かれる。

$$\begin{aligned} \text{薬剤量 [kg/m}^3\text{]} = \\ \text{空隙率 } r[-] \times \text{処理薬剤濃度 } s[\text{kg/m}^3] \quad \dots(3) \end{aligned}$$

図4 基材空隙率から予測した薬剤量と正味の薬剤量の関係

Fig. 4 Relation between net solid content of fire-retardant and that predicted by base wood porosity

$$\begin{aligned} \text{空隙率 } r[-] = 1 - \frac{\text{基材の絶乾密度 } \rho [\text{kg/m}^3]}{\text{木材実質真密度 } 1500[\text{kg/m}^3]} \\ \dots(4) \end{aligned}$$

図4に上記の式にて基材密度より予測した薬剤量と正味の薬剤量の関係を示す。図より、樹種により若干予測よりも薬剤量が少なくなるものもあるが、おおむね予測が出来ているといえる。ただし、本結果は繊維方向4mmの小片に対して注入処理を行なった結果であり、実際の製造工程では材長も長くなり木口あるいはインサイジング孔から離れた部位には薬剤が浸透しにくいいため、薬剤量が予測値より大幅に小さくなる可能性があるので注意が必要である。

4. まとめ

難燃薬剤処理木材中の薬剤量を計測する方法として、処理剤から切り出された小片を水に浸漬し、難燃薬剤を溶脱させ重量減少より薬剤量を算出する手法を提案した。5樹種について試験体に薬剤（窒素リン酸系薬剤）を注入して処理材を作製し、それらに対して水浸漬による溶脱操作を実施した。注入処理前後の重量、および溶脱操作前後の重量からそれぞれ薬剤量を算出する場合、カラマツでは木材中の抽出成分の溶出量を考慮する必要があることを示した。水浸漬による溶脱条件と計測誤差、および乾燥温度の影響について検討し、適切な溶脱条件を示すとともに105℃での乾燥が測定値には大きく影響しないことを明らかにし

た。また、基材の密度から処理後の薬剤量を予測する方法を提案した。

引用文献

- 1) 中村昇, 谷川信江: 単板への難燃薬剤注入方法および注入量の推定方法の検討, 建築学会大会学術講演概要集, 131-132 (2012).
- 2) 河原崎政行, 菊地伸一, 田坂茂樹, 土橋常登, 鈴木秀和: 長尺の薬剤処理木材における材内の薬剤分布と模型箱試験による防火性能の評価, 北海道立総合研究機構林産試験場報, **541**, 17-24 (2012).
- 3) Côté, W.A., Day, Jr.A.C., Simson, B.W. and Timell, T.E.: Studies on larch arabinogalactan I. The distribution of arabinogalactan in larch wood, *Holzforschung*, **20**, 178-192 (1966).
- 4) Aspinall, G.O., Fairweather, R.M. and Wood, T.M.: Arabinogalactan A from Japanese larch (*Larix leptolepis*), *Journal of the Chemical Society (C)*, **17**, 2174-2179 (1968).
- 5) 大内丈夫, 熊谷八百三, 小野昌孝: 木材の熱分解に及ぼす難燃薬剤の効果, 木材学会誌, **18**, 557-563 (1972).
- 6) 古野毅, 後藤崇志, 加藤定信: ケイ酸-ホウ素化合物系による木材無機質複合体の EPMA 観察と酸素指数法による難燃性評価, 材料, **50**, 383-390 (2001).

(2012.12.7 受付)

(2013.2.5 受理)