

機関番号：80110

研究種目：基盤研究C

研究期間：2008～2010

課題番号：20580185

研究課題名（和文） 相乗効果発現薬剤による木材の発熱性、ガス有害性の抑制

研究課題名（英文） Development of fire retardant for depressing heat release and gas toxicity

研究代表者

菊地 伸一（KIKUCHI SHINICHI）

地方独立行政法人北海道立総合研究機構 林産試験場 利用部長

研究者番号：10446297

研究成果の概要（和文）：

木材の発熱性およびガス有害性の低減に効果的な難燃薬剤の混合条件について検討した。また、燃焼ガス中の一酸化炭素濃度とガス有害性との関係を検討した。

その結果、リン系薬剤とホウ酸ナトリウムの 9：1 の混合薬剤は相乗的に作用した。さらに、これらの薬剤は一酸化炭素濃度およびガス有害性を低減した。一方、一酸化炭素濃度からガス有害性を推測する見通しは得られなかった。

研究成果の概要（英文）：

The mixture conditions of fire retardant chemicals effective for reduction of heat release property and gas toxicity of wood were examined. Moreover, the relation between the carbon monoxide concentration in combustion gas and gas toxicity was investigated.

The mixture ratio of phosphorus compounds and sodium octaborate effective for decreasing heat release was nine to one. Furthermore, these fire retardant chemicals reduced carbon monoxide concentration and gas toxicity based on combustion gas toxicity test. On the other hand, the relation between carbon monoxide concentration and gas detrimental nature was not obtained.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
2008 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009 年度	800,000	240,000	1,040,000
2010 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総 計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・木質科学

キーワード：発熱性、ガス有害性、相乗効果、難燃薬剤、一酸化炭素、防火材料

1. 研究開始当初の背景

木材をオフィスなどの内装材料として使用する場合には、燃え広がりを抑える防火性能が必要とされることから、薬剤による難燃処理が行われてきた。2000 年の建築基準法改正によって防火材料の性能評価方法が表面燃焼試験からコーンカロリー計による発熱

性試験に変更されて以降、木材の発熱性に及ぼす難燃薬剤の効果が検討されてきた。しかし、それらは単一薬剤についての評価にとどまっている。木材の難燃処理では、熱分解抑制作用が異なる複数の薬剤を組み合わせ、相乗効果を発揮させることが有効と考えられるが、このような視点による発熱抑制の検討

は行われていない。

木材の難燃処理に際しては発熱性と共に
燃焼ガスの有害性を低減しなければならない。
現在のところ、燃焼ガスの有害性はマウスを用いる動物試験で確認しなければならないが、動物試験に代わる方法として一酸化炭素（以下、CO）を対象とするガス分析による評価が試みられている。しかし、無処理の木質材料についてはCO濃度によるガス有害性の評価が提案されているものの、難燃処理木材については検討例が僅かで、両者の関係は明らかではない。燃焼によって生成するCOとガス有害性との関連性が解明できれば、動物試験によらず、発熱性試験からガス有害性を評価できる見通しが得られる。

2. 研究の目的

木材の発熱性およびガス有害性の低減に相乗効果を発揮する混合薬剤処理技術を開発するため、これまでに行ってきた木材の薬剤処理による燃焼制御の研究成果を基に、主に熱分解抑制作用が異なる薬剤の混合による相乗効果の発揮条件を明らかにする。また、CO濃度とガス有害性との関係について検討を行う。

3. 研究方法

1) 発熱性

試験材には厚さ20×幅99×長さ99mmのスギ板材を、薬剤には表1に示すリン系4種類、ホウ素系1種類を用いた。薬剤は単独または2種類を混合して用い、混合する場合の薬剤の組合せおよび混合比は表2に示した。薬剤は全て水溶液とし、減圧加圧法で板材に注入した。水溶液濃度は板材への薬剤固形分量が100kg/m³になるように調整した。注入処理後、試験材は40～60℃で乾燥し、次いで23℃、50%RHで調湿した。発熱性試験はISO 5560に準じて行い、加熱強度は50kW/m²、加熱時間は10分間とし、5分間および10分間の総発熱量（それぞれ、5THR、10THR）を求めた。さらに、燃焼ガス中のCO濃度を赤外線ガス分析計で測定し、10分間の平均を求めた。

2) 炭化

試験材には厚さ40×幅140×長さ280mmのスギ板材を用いた。薬剤には表1のDAP、SOB、およびDAPとSOBの9:1混合薬剤（DS91）を用い、3.1)と同様の方法で板材に注入した。薬剤固形分量は、水溶液濃度を変えることによって、DAP、DS91は50、100、150kg/m³、SOBは50、100kg/m³とした。試験材の内部にはK熱電対を加熱面からの距離を変えて10箇所に取り付けた（図1）。試験材への加熱はISO 834の標準加熱温度曲線に沿って30分間行い、内部温度を測定した。加熱終了後、炭化深さ、炭化層の全乾比重、炭化－未炭化境界面の温

度を求めた。

表1 供試薬剤

種類	記号	薬剤名
リン系	MAP	リン酸水素一アンモニウム
	DAP	リン酸水素二アンモニウム
	APP	ポリリン酸カルバメート
	GP	リン酸－グアニジン
ホウ素系	SOB	八ホウ酸ナトリウム

表2 薬剤の混合条件

薬剤の組合せ	記号	混合比
MAP:SOB	MS	9:1、8:2、7:3、6:4
DAP:SOB	DS	9:1、8:2、7:3、6:4、5:5
APP:SOB	AS	9:1、8:2、7:3、6:4
GP:SOB	GS	9:1、8:2、7:3、6:4、5:5

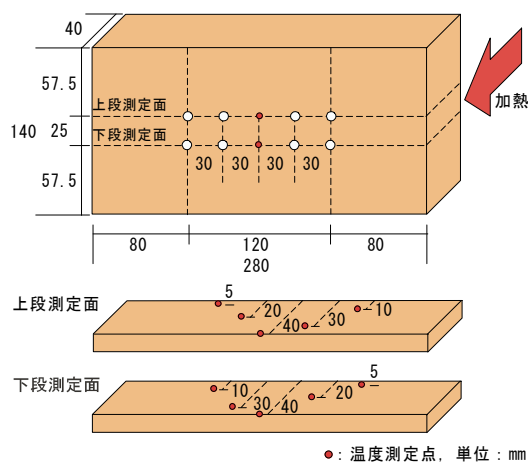


図1 耐火試験の温度測定点

3) ガス有害性

試験材には厚さ20×幅220×長さ220mmのスギ板材を用いた。薬剤には表1のDAP、APP、GP、SOBおよびDAPとSOB、APPとSOBの混合物を用い、3.1)と同様の方法で板材に注入した。薬剤固形分量はDAPは50、100、150kg/m³、その他は全て100kg/m³とした。ガス有害性試験は防火材料の性能評価機関が定める防耐火性能試験評価業務方法書に沿って行い、燃焼ガスに暴露されたマウスの行動停止時間および被検箱内のCO濃度を赤外線ガス分析計で測定した。

4. 成果の概要

1) 発熱性

薬剤処理試験材の発熱速度の一例を図2に示した。DAP処理材およびDS91処理材は着火せず、発熱速度は20kW/m²以下であった。また、ここには示さないが、MAP処理材、APP処理材、GP処理材もほぼ同様の経過を示した。SOB処理材は加熱初期に着火して発熱速度が増加するが、消炎後は20kW/m²程度で推移した。

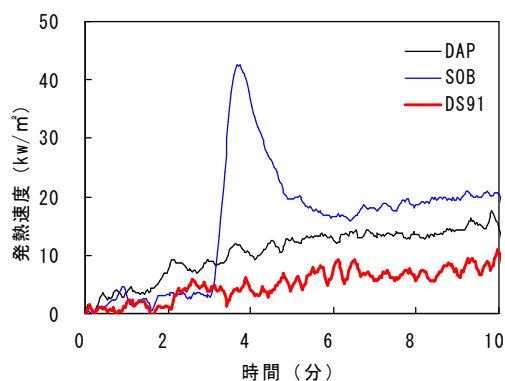


図2 発熱速度の経時変化例

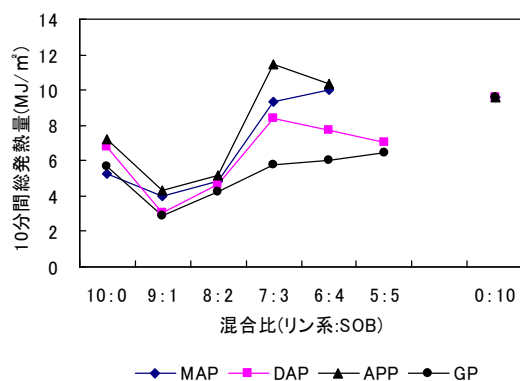
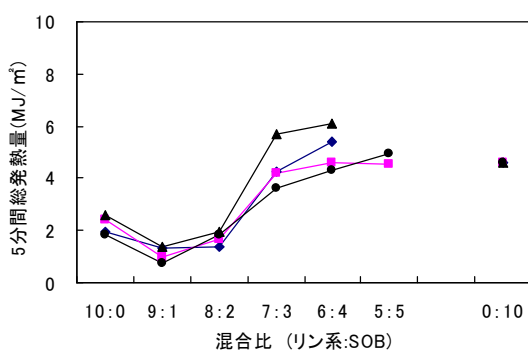


図3 リン系薬剤に対するSOBの混合比と総発熱量

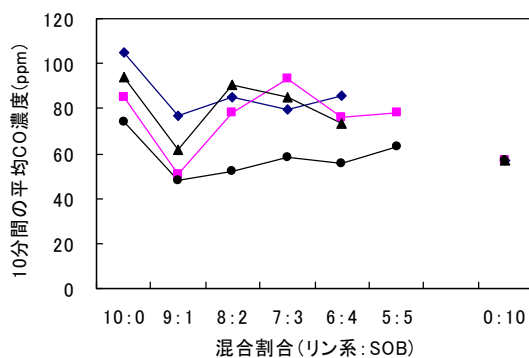


図4 燃焼ガス中の平均CO濃度

4種類のリン系薬剤とSOBとの混合薬剤で処理した試験材について、混合比と5THRおよび10THRの関係を図3に示した。リン系薬剤処理材の5THRは2~3MJ/m²、10THRは5~7MJ/m²の範囲にあった。これに対し、SOB処理材のそれは5MJ/m²、10MJ/m²であり、リン系薬剤よりも発熱抑制効果は低かった。混合薬剤では、混合比9:1および8:2の条件では混合比10:0すなわちリン系薬剤を単体で用いるよりも総発熱量は小さくなった。特に、混合比9:1の場合に総発熱量の抑制効果が最も高く得られた。一方、混合比7:3、6:4および5:5の場合、総発熱量はリン系薬剤を単体で用いるよりも大きくなる傾向にあり、特にAS73は顕著である。このように、混合比によっては相乗効果が得られないだけでなく、逆に発熱抑制効果が低下する場合があることがわかった。

図4は燃焼ガス中の10分間平均CO濃度である。THRとは逆に、リン系薬剤処理材よりもSOB処理材のCO濃度が低かった。リン系薬剤にSOBを9:1で混合することによって、CO濃度は低下するが、SOB処理材のそれを下回することはなかった。また、GPはSOBを混合することによって、どの混合比でもSOBとほぼ同等まで減少した。しかし、無処理木材の平均CO濃度は10ppm程度なので、どの薬剤であっても処理によってCO濃度は顕著に増加した。

2) 炭化

耐火試験の結果を表3に示す。固形分量50kg/m³のDAP、DS91処理材、および固形分量50、100kg/m³のSOB処理材の炭化深さは無処理木材よりも大きく、炭化を抑制するためには、DAP、DS91で150kg/m³処理する必要がある。薬剤量が同じ場合、DAPよりSOBの炭化深さがより深くなった。このようにSOBは炭化抑制には効果を示さず、発熱性とは異なりSOB混合による相乗効果は得られなかった。

表3 炭化試験結果

薬剤	固形分量 (kg/m ³)	炭化深さ (mm)	炭化層 全乾比重	境界面温度 (℃)
無処理	0	24	0.11	260
DAP	50	27	0.16	198
	100	23	0.19	194
	150	20	0.20	197
SOB	50	30	0.20	232
	100	29	0.24	209
DS91 ¹⁾	50	26	0.17	202
	100	23	0.22	201
	150	19	0.26	202

1) DAPとSOBの9:1混合薬剤

炭化層の全乾比重は薬剤処理によって顕著に大きくなり、一方、境界面温度、すなわち炭化開始温度は薬剤の種類または処理量によらず無処理木材よりも60℃前後低くなった。薬剤処理条件によって炭化深さが大き

くなる場合があるのは、薬剤処理材に形成される比重が高く緻密な炭化層の遮熱効果よりも炭化が低温で始まる影響によると推察される。

3) ガス有害性

表4にガス有害性試験におけるマウスの行動停止時間と被検箱内のCO濃度を示す。薬剤処理木材のCO濃度は固形量100kg/m³では0.2%以下で、薬剤の種類や混合比による差異は大きくはなかった。また、行動停止時間はGP以外のリン系薬剤処理材およびSOB処理材はほぼ15分であった。一方、無処理木材のCO濃度は0.64%で薬剤処理試験材の3倍程度に達し、行動停止時間も薬剤処理試験材より短く、10分程度であった。このように、CO濃度が低ければガス有害性も小さい傾向は見られた。しかし、DAP50kg/m³とGP100kg/m³のように、CO濃度と行動停止時間の関係が逆転している例もあり、ガス分析値からガス有害性を推測するには更にデータを蓄積する必要がある。

発熱性試験では燃焼ガス中のCO濃度は無処理木材が薬剤処理木材より少なかったが、ガス有害性試験では逆の関係を示した。これは、発熱性試験のように空気が十分に供給されて燃焼量が大きくても不完全燃焼が生じにく燃焼条件と、供給空気量が制限され、燃焼量が大きい場合には不完全燃焼が生じてCOを発生しやすい燃焼条件との違いによると考えられる。このようなことから、発熱性試験のCO濃度からガス有害性試験のCO濃度やマウスの行動停止時間、すなわちガス有害性を推測する見通しは得られなかった。

表4 ガス有害性試験結果

薬剤	固形分量 (kg/m ³)	行動停止時間 (分)	CO濃度 (%)
無処理	0	10.5	0.64
	50	14.8	0.24
DAP	100	14.9	0.17
	150	14.7	0.16
APP	100	14.7	0.18
GP	100	11.8	0.19
SOB	100	15.0	—
DS82 ¹⁾	100	15.0	0.17
DS64 ²⁾	100	15.0	0.14
AS82 ³⁾	100	15.0	0.14

1) DAPとSOBの8:2混合薬剤

2) DAPとSOBの6:4混合薬剤

3) APPとSOBの8:2混合薬剤

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計2件)

①河原崎政行、燃焼時に木材が形成する炭化層への薬剤処理の影響、第61回日本木材学

会大会、2011年3月19日、京都市

②河原崎政行、複数の薬剤の混合による木材の燃焼発熱性の抑制、第60回日本木材学会大会、2010年3月18日、宮崎市

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菊地 伸一 (KIKUCHI SHINICHI)

林産試験場 利用部長

研究者番号：10446297

(2) 研究分担者

河原崎 政行 (KAWARASAKI MASAYUKI)

林産試験場・研究主任

研究者番号：00446296

(3) 連携研究者

田坂 茂樹 (TASAKA SHIGEKI)

(財)日本建築総合試験所・防耐火試験室長

研究者番号：00450932