耐火性炭素複合材料の開発 (第4報)

—炭素積層木質材料の規格燃焼試験結果と その素材の熱分解挙動との関係*1—

井出 勇*2・石原茂久*3・樋口尚登*2・西川昌信*2・青山千代実*2

Fire-Resistant Carbon-Based Board Materials IV.
Relationship between thermal decomposition of raw materials
and burning behaviors under standard fire tests.

Isamu IDE*2, Shigehisa ISHIHARA*3, Hisato HIGUCHI*2,
Masanobu NISHIKAWA*2 and Chiyomi AOYAMA*2

Summary

To understand the importance of the fire-resistant and fire-retardant properties of carbon-overlaid materials, its carbonization behavior was determined.

The fire resistivity of the GPS-boards at different thicknesses, specific gravities and phenol formaldehyde ratio was tested by a burn through test method. Testing was done in accordance with the Japanese Industrial Standard (JIS A 1321) and the relationship between the fire-resistivity and carbonization behavior at carbonizing temperatures of 400~1400°C for GPS overlaid particleboard and GPS board were discussed.

Results showed that the burn through resistance of 3.0mm GPS board with a density above 0.90 and at different phenol resin ratio was more than 2 hours. GPS 40A board at a thickness of more than 3mm and at board densities ranging from 1.0 to 1.6 g/cm³ showed a flame burn-through resistive property of more than 2 hours. Under a fire tested in accordance with JIS A 1321, the deformation between the non-overlaid particleboard and GPS board did not differ much while carbonized board indicated a higher resistance at elevated temperatures of 400~1400°C. Shrinkage occurred at the particle-layer side of GPS board while cupping was observed to be high as the carbonizing temperature was increased. Flame built up occurred particleboard immediately after the test has started and a rise in the factor of smoke was observed. For GPS-overlaid particleboard, flame occurred at nearly 4 minutes and the factor of smoke was observed to be at 3~34% against particleboard. GPS-board proved to be an excellent material because it was found not to be susceptible to fire and smoke with a minimum factor of smoke.

---

*1 本研究の一部は、第39回日本木材学会大会(1989年4月、沖縄)において発表した。

*2 リグナイト(株)

Lignyte Co., Ltd. Sakai, Osaka 592

*3 京都大学木質科学研究所

Wood Research Institute, Kyoto University, Uji, Kyoto 661

要 旨

炭素積層木質材料の耐火・難燃性能を把握するために、積層する炭素材料の耐火性能及び積層されたボードの燃焼挙動及び炭化の経緯を明らかにする必要がある。ここでは、グラファイト・フェノール・ホルムアルデヒド樹脂熱硬化性顆粒体(Graphite phenol-formaldehyde spheres (GPS))の比重、厚さ、フェノール・ホルムアルデヒド樹脂(PF樹脂)比が異なるGPSボードの火災貫通試験及びGPS積層パーティクルボードやGPSボードを400~1400°Cまで焼成した時の炭化挙動並びにJIS A 1321に準拠した難燃性試験を行い耐火性能との関係について検討した。

PF樹脂比の異なる厚さ3mmのGPSボードの火災貫通試験においては、PF樹脂比10~20%ではボード比重0.9以上のボードは2時間以上の耐火炎貫通性能をもち、厚さ3mm以上、比重1.0~1.6のGPS 40Aボードに2時間以上の耐火炎貫通性能が認められた。

酸素を遮断した条件下、GPS積層、無積層パーティクルボード、ラワン及びGPSボードを段階的に400~1400°Cまで熱処理した時、無積層パーティクルボード及びGPSボードには変形が見られないがGPS積層パーティクルボードはGPS層に比べて炭化収縮の大きなパーティクル層側に湾曲し、そのボードの収縮及び湾曲は焼成炭化温度の上昇に従って大きくなることが判明した。

GPS積層及び無積層パーティクルボード並びにGPSボードのJIS A 1321に準拠した難燃性試験において、パーティクルボードは試験開始後間もなく発火、燃焼し、その排気温度及び発煙係数の急上昇を招くが、GPS積層パーティクルボードの発火開始時間は積層法により変化が認められた。発煙係数はパーティクルボードのその3~34%を示し、パーティクルボード及びGPS積層パーティクルボードはともに残炎が認められた。またGPSボードには、試験の終了まで発火が認められず、さらに発煙係数及び残炎時間はともに零であった。

1. はじめに

木炭や黒鉛等をパーティクルボードと積層複合した炭素材料積層パーティクルボードに高い防・耐火性能や優れた寸法安定性、遮音性及び電磁波遮蔽性などのあることを⁵⁻¹⁴⁾、またコア層パーティクルに比べてフェイス層炭素材料の熱分解発生ガス量が極めて少ないことを既報¹⁵⁾において述べた。

本報では、GPS積層ボードを構成する原材料及びその組成物の熱分解、燃焼挙動と燃焼試験の結果との関係性を考察する。

2. 実 験

2.1 供試材料

フェイス材料：既報⁹⁾と同様の方法によりグラファイトに対するフェノール・ホルムアルデヒド樹脂(以下PF樹脂と略記する)の割合が重量比で10、20及び35%になるように調製されたグラファイト・フェノール・ホルムアルデヒド樹脂熱硬化性顆粒体(リグナイト(株)製GPS 10A、GPS 20A、及びGPS 40A)を試験に供した。

GPS 10Aの平均粒径は20 μm 、かさ密度は $0.25 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$ 及び150°Cにおける流動性は $15 \text{ cm}^2/\text{g}$ であった。

コア材料：ラワン(*Shorea sp.*)のリングフレークは既報¹⁴⁾に記した通りである。

接着剤：コア材の接着にイソシアネート系接着剤(第一工業製薬(株)製ウレタンモノタック960A)を使用した⁹⁾。

焼成炭化挙動測定用試料：ラワン材から、厚さ(半径方向)10mm、長さ(繊維方向)80mm、幅(接線方向)20mmの試験体を切り出し供試した。

2.2 火災貫通試験用GPSボードの製造

GPSボードの耐火性能を評価するため所定量のGPS 10A、GPS 20A及びGPS 40Aを成形寸法100mm×100mmの金型に入れ、設定厚さ1、3、5及び7mm、設定比重0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6、及び1.8として160°C、25kgf/cm²、10分間でボードを熱圧成形した。成形前GPSの含水率は0.5~0.8%であった。

2.3 パーティクルボード、GPSボード及びGPS積層パーティクルボードの製造

成形寸法300mm×300mmのフォーミングボックス内にフェイス材料に対するコア材料の積層重量比がそれぞれ0:100、14:86、28:72及び100:0になるように順次フェイス、コア材料を手撒きで均一にマットフォーミングした。また別に積層重量比が14:72:14になるようにフェイス、コア、フェイス材料をマットフォーミングした。

これらのマットを用いて設定厚さ18mm、設定比重0.6及び0.7、温度160°C、圧縮圧力15kgf/cm²、圧縮時間12分間で熱圧成板した。

また、GPSボードは設定厚さ6mm、設定比重1.3及び1.5として上と同様に成板した。

本実験では、製造したパーティクルボード及びGPS積層パーティクルボードを1ヶ月間室温に静置した後、40°Cの乾燥器中で24時間乾燥を行い、さらにデシケーター内で24時間養生して、JIS A 1321の難燃性試験に供した。ボードの平均含水率は0.3～3%であった。

2.4 GPSボードの火炎貫通試験

2.2によって成板したGPSボードを火炎貫通試験装置⁵⁾により燃焼試験に供した。

火炎先端温度1,150～1,300°Cがボード表面に到達した時点及び試験中ボード表裏面の亀裂発生、変形並びに高速火炎がボード裏面に貫通するのに要する時間等についても併せて観察し耐火性能評価の目安とした。

2.5 パーティクルボード、GPSボード及びGPS積層パーティクルボードの焼成

パーティクルボード、GPSボード及びGPS積層パーティクルボードを無酸素状態に近い雰囲気下、高温まで長時間を要して熱処理した時その焼成に起因する炭化収縮、亀裂、変形等が認められる。これらの挙動と熱処理温度との関係について検討するため、2.1で切り出したラワン及び2.3で成板したパーティクルボード、GPSボード及びGPS積層パーティクルボードを長さ70mm、幅30mmに切り出し、それらのボードを105°Cに設定した送風式乾燥器中で5時間乾燥させた。これ等のボードを耐熱箱に入れコークスで被覆後、4°C/minの昇温速度下、所定温度400、600、800、1,000、1,200及び1,400°Cまでそれぞれ焼成、さらにその所定温度に3時間保持後降温させ炭素化ボードとした。

2.6 パーティクルボード、GPSボード及びGPS積層パーティクルボードの難燃性試験

日本工業規格「建築物の内装材料及び工法の難燃性試験」JIS A 1321に準じて行った。

3. 結果と考察

3.1 GPSボードの火炎貫通試験

厚さ3.0mmのGPSボードに火炎の気流圧力約2.0kgf/cm²、供試ボードの表面における火炎先端温度約1,300°Cの高速火炎をボードに噴射したときの火炎貫通時間と比重との関係を、図-1に示す。

これによるとボード比重0.6～0.8ではおおむね1分間で火炎貫通を見るが、比重0.9以上のGPSボードでは亀裂の発生がなく2時間の火炎噴射に耐えた。本実験では

火炎噴射時間を2時間と設定したため、火炎噴射を2時間で中断したが、試験を続行すればさらに2時間以上の噴射に耐えられることが予測できる。

PF樹脂比についてみると、樹脂比35%、ボード比重1.7のGPSボードは、火炎噴射2分後ボード裏面の一部に赤熱、灰化が起こり部分的にわずかな火炎貫通が認められた。その他のGPSボードには亀裂の発生もなく耐火炎貫通性及び耐熱衝撃性も高いものと予想される。

PF樹脂比20%以下では比重1.0～1.8、ボード厚さ1～7mmのGPSボードに亀裂の発生や火炎の貫通がなく、PF樹脂比が低いものに高い耐火炎貫通性が認められ、GPSのPF樹脂比が耐火炎貫通性能に影響を与えることが判明した。

GPSボードの高耐火性能発現は黒鉛及びGPSの耐酸化反応性¹⁵⁾に加えてボードの成形により生成する黒鉛の並列構造^{16,17)}による、熱伝導率の平行方向と垂直方向との顕著な異方性に基づく平行方向への急激な熱の拡散によるものと考えられる。両フェイスにGPSを積層したパーティクルボードの耐火性能はフェイス層GPSの厚さが重要な影響を及ぼす^{5,7,9)}。

GPS 40Aを成板したGPSボードの厚さ及び比重と耐火炎貫通性能との関係を図-2に示した。

これによるとボードの厚さ1mmでは比重1.2で7分30秒で最高の耐火炎貫通性能を示し、ボード比重の増減によって性能が変化する。またボード厚さ3.0mmでは比重1.0～1.6で2時間の高い耐火炎貫通性能がえられる

図-1 GPSボードの比重とボードの火炎貫通時間との関係

Fig. 1 Relationship between board specific gravity and time to burn-through of GPS boards

が、厚さが3.0mm及び5.0mm、比重が1.78及び1.8のボードにはそれぞれ2分40秒及び7分で火炎貫通が認められた。

3.2 パーティクルボード、GPSボード、ラワン及びGPS積層パーティクルボードの焼成炭素化挙動

面材料が高温度に長時間曝された時のボードの炭化挙動を知るため、コークス被覆下4°C/minの昇温速度で400~1,400°Cまでそれぞれ焼成、炭素化しそのボードの変化を測定した。

熱処理温度800°Cにおいて焼成した後、目視による観察結果を表-1に示す。

表-1によるとパーティクルボード及びGPSボード全体が均一に炭火収縮し、そのボードに変形や亀裂が見られないが、ラワン及びGPS積層パーティクルボードの変形は極めて大きい。GPS積層パーティクルボードの変形の様相は積層法により大きく異なる。その変形

図-2 GPS 40Aボードの火炎貫通時間に及ぼすボード厚さの影響

Fig. 2 Effect of board thickness on time of burn-through of GPS 40A boards

表-1 800°C熱処理後のボードの外観

Table 1 The external appearance as observed after 800°C of carbonized temperature

Symbols 記号	External appearance 外観	Shrinkage 収縮	Crack on GPS layer GPS層の亀裂	Crack on Particle layer パーティクル層の亀裂	Joint of GPS-Particle GPS-パーティクルの接合	Deformation 変形
P		Large	—	None	—	None
A		Medium	None	None	Strength	Large
S		Large	—	Innumerable	—	Medium
C		Small	None	None	Strength	Medium
G		Small	None	—	—	None

Legend: Refer to Fig. 3

はフェイス層GPSに比べて、コア層パーティクルの炭化収縮が極めて大きいいため、いずれの炭化ボードもパーティクル層側に大きく湾曲している。

GPS積層ボードのGPS層及びコア層パーティクルには亀裂の発生並びに接合界面の剥離は認められず、強固な複合炭化ボードが得られている。ラワンを800°Cまで熱処理した炭化棒の表層には微細な亀裂が無数に見られ

るが、800°Cから1,400°Cまでの温度範囲では熱処理温度の上昇とともに亀裂数は減少し、その亀裂の幅及び長さが拡大していることが認められた。

パーティクルボード、GPSボード、ラワン及びGPS積層パーティクルボードの熱処理温度と重量残存率との関係を図-3に示す。

図-3によるとラワンの重量残存率は全ての焼成温度

図-3 熱処理温度とボードの残存重量との関係

Fig. 3 Relationship between the carbonized temperature and the residue weight of boards

Legend: P; Control particleboard,
A; GPS-overlaid particleboard
at one-layer (14%)
C; GPS-overlaid particleboard
at two-layer (28%)
G; GPS board, S; *Shorea sp.*

域において他のいずれのボードより低く、焼成温度 800 °C で最低値の 22.8% を示した後、1,400 °C まで漸増している。この傾向は他のボードにおいても同様に見られる現象である。接着剤にウレタン樹脂を使用したパーティクルボードの残存率はラワンに比べ、全ての焼成温度域において 2~5% 高い。ウレタンモノタック 960A を窒素気流下 10 °C/min の昇温速度の条件下、(株)島津製作所製、示差熱分析・熱重量同時測定装置 DTG-30 によって 1,000 °C まで熱重量測定を行った時の残存率は 20.7% であった。

ウレタン樹脂を接着剤として使用したパーティクルボードの残存率はラワンのそれより全温度域において低くなるものと予測されるが今回の測定結果は、逆に高い値が得られている。

GPS 40A ボードの熱処理炭化温度 1,000 °C での残存率は 81.5% であり窒素気流下、10 °C/min の昇温速度で 1,000 °C まで熱重量測定を行った既報¹⁵⁾ の測定結果の 81.3% とほぼ同様の値が得られている。

GPS を積層重量比で 14% ボードの片面に積層したボード及び両フェイスにそれぞれ 14% ずつ積層したその熱処理温度 1,000 °C での残存率は、それぞれ 36.6% 及

図-4 熱処理温度とボードの線収縮率との関係

Fig. 4 Relationship between the carbonized temperature and linear shrinkage of boards

Legend: Refer to Fig. 3
C-P; Core particle-layer of
board-C
C-GPS; Surface GPS-layer
of board-C

び 48.0% であり GPS の積層重量比の増加に伴って増大し、その残存率はパーティクルボード及び GPS ボードの測定結果より算出した値と略一致している。ラワン同様、いずれのボードも焼成温度 800 °C で最低値を示した後、焼成温度の上昇とともにその残存率が漸増している。

パーティクルボード、GPS ボード、ラワン及び GPS 積層パーティクルボードの熱処理温度と長さ方向の線収縮率との関係を図-4 に示す。これによれば、ラワンの長さ方向の線収縮率は、スギ、キリ及びバルサのそれと¹⁸⁾ 同様全ての熱処理温度域において他のボードのそれに比較して大きい。

その収縮は 800 °C の温度域まで急に進み 800 °C で 21.1% を示し、それ以上の温度域では微増するに留まった。この傾向は他のボードにも同様に認められる。

ラワンのパーティクルボードの収縮率は全熱処理温度域においてラワンのそれに比べてわずかに小さかった。

GPS ボードの熱処理温度 800 °C における炭化収縮率は 4.7% でありラワン及びパーティクルボードのその約 1/5 であり、GPS ボードの長さ方向の線収縮率は全温度域においてラワン及びパーティクルボードのそれに比べ極めて低いことが認められた。両フェイスに GPS を

図-5 熱処理温度とボードの厚さ収縮率との関係

Fig. 5 Relationship between the carbonized temperature and thickness shrinkage of boards

Legend: Refer to Fig. 3

それぞれ14%ずつ積層したパーティクルボードのフェイス層GPS及びコア層パーティクルの熱処理温度800°Cにおける線収縮率はそれぞれ7.5%及び15.4%でありGPSの積層はコア層パーティクルの収縮の抑制に効果的に作用することが確認された。

パーティクルボード、ラワン及びGPSボードの熱処理温度と厚さ方向の収縮率との関係を図-5に示す。

図-5によるとラワンの厚さ方向の収縮率は熱処理温度1,000°Cで29.8%の最大値を示した後、1,400°Cまで直線的に減少した。1,400°Cにおけるそれは21.3%であり繊維方向に比較して半径方向の収縮率が大いことが認められた。熱処理したラワン炭の側面を観察すると前記のように全焼成温度域において微細な亀裂が無数に認められ、その亀裂の幅及び長さは熱処理温度が高くなる程拡大された。

パーティクルボードの熱処理温度800°Cにおける厚さ方向の収縮率は28.9%を示した。800~1,400°Cまでのそれは微増するに留まり、長さ方向の収縮率と同様の傾向を示すが、長さ方向のそれに比較して全温度域において8~9%高い値が確認された。

GPSボードの炭化収縮率は熱処理温度1,000°Cで11.4%を示した。800~1,400°Cではおおむね横這いであり、その値は長さ方向の2倍以上を示した。GPSを構成する鱗片状グラファイトは成形加圧面に対し、直角方向に

図-6 熱処理温度とボードの体積収縮率との関係

Fig. 6 Relationship between the carbonized temperature and volume shrinkage of boards

Legend: Refer to Fig. 3

配向し易い。この異方性が長さ方向に比べ厚さ方向にPF樹脂の存在比の増大を招き、グラファイトに比較して焼成残存率の低い¹⁵⁾ PF樹脂が多い厚さ方向に収縮率の増大を招いたものと思われる。

パーティクルボード、ラワン及びGPSボードの熱処理温度と体積収縮率との関係を図-6に示す。

図-6によるとパーティクルボード及びラワンの収縮率は熱処理温度800°Cでそれぞれ55.1及び58.1%を示した後、1,400°Cまでおおむね横這いであり、いずれのボードも未焼成ボードの約1/2以下に収縮している。これに対し、GPSボードのそれは、800°Cで18.5%を示し、800°C以上では1,400°Cの20.2%まで漸増するが、パーティクルボード及びラワンのそれに比較しおよそ1/3であり体積変化が極めて小さいことがわかる。

未焼成のパーティクルボード、ラワン及びGPSボードのかさ密度、焼成後の重量残存率及び体積残存率から下式により焼成炭素化ボードのかさ密度を算出し図-7に示した。

焼成炭素化ボードのかさ密度 =

$$\frac{\text{未焼成ボードのかさ密度} \times \text{重量残存率}}{\text{体積残存率}}$$

図-7からパーティクルボード、ラワン及びGPSボードのかさ密度は熱処理温度800°Cでそれぞれ、0.346、0.231及び1.241の最低値を示した。800°C以上では熱処

理温度1,400℃まで漸増し、1,400℃におけるかさ密度はそれぞれ0.397, 0.268及び1.318であった。

パーティクルボード及びラワンの焼成後のかさ密度は、未焼成ボードのそれよりいずれも低い、GPSボードは1,000～1,400℃の熱処理温度域において未焼成ボードのかさ密度より高い。

このことは図-3に記載の高温処理後のパーティクルボード及びラワンの残存率がGPSボードに比べて極めて低いことに起因する。

3.3 パーティクルボード、GPSボード及びGPS積層パーティクルボードの難燃性試験

JIS A 1321に準拠して測定したパーティクルボード、GPSボード及びGPS積層パーティクルボードの難燃性試験の測定結果を表-2に、時間と排気温度及び発煙量との関係を図-8及び9に示す。

表-2によるとパーティクルボードの加熱試験にお

図-7 熱処理温度とボードのかさ密度との関係
Fig. 7 Relationship between the carbonized temperature and bulk density of boards
Legend: Refer to Fig. 3

表-2 JIS A 1321に準拠して試験した難燃性試験の結果
Table 2 The results of incombustibility testing according to JIS A 1321

Symbols 記号	Laminate method 積層法	Ignition times 発火時間 (min) (sec)	Emitting smoke factor #1 tD θ (*C×min)	Fuming factor per unit area 発煙係数 (CA)	Time of In- gling flame 残炎時間 (sec)	Crack on exposed surfaces 表面亀裂	Blister 膨れ
P		1 27	534	105	> 60	Large	Small
A		3 50	64	18	> 60	Large	None
B		4 22	0	3	> 60	Large	None
C		4 00	119	36	> 60	Large	None
G		None	None	0	0	None	None

Legend: Refer to Fig. 3

#1; The area enclosed by the exhaust temperature curve and reference temperature curve.

The portion in which the exhaust temperature curve exceeds the reference temperature curve.

試験体の排気温度曲線が標準温度曲線を越えている部分の排気温度曲線と標準温度曲線で囲まれた部分の面積 tD θ 時間-温度面積 (温度×分)

B; GPS-overlaid particleboard at one-layer (28%)

いて副熱源による予備加熱開始1分27秒で発火が認められ、その燃焼は試験終了まで持続されたのに対し、GPS積層パーティクルボードは、予備加熱時間3分以内では、いずれのボード表面にも発火が認められなかった。GPS積層パーティクルボードの発火時間は、時間に多少の遅速はあるが、いずれのボードも3分50秒以上であった。

ボード厚さ3mmのGPSボードの発火は燃焼試験終了の6分後まで認められず、フェイス層GPSボードは、高い発火抑制の効果があることが判明した。

また、GPSを積層重量比で14%及び28%をボードの片面に積層したパーティクルボードの発火開始時間はそれぞれ3分50秒及び4分22秒でありGPS積層重量比の

図-8 JIS A 1321 (難燃性試験) に準拠して試験したボード P, A 及び B の時間と排気温度及び発煙係数との関係

Fig. 8 Exhaust temperature and fuming factor per unit area-time curves of P, A and B boards tested according to JIS A 1321 (Incombustibility test)

Legend: Refer to Fig. 3

— ; Exhaust temperature,
..... ; Fuming factor per unit area

増加により発火時間遅延の効果が認められた。

両フェイスにGPSをそれぞれ14% 積層したパーティクルボードの発火時間は、ボードの片面にGPSを14% 積層したパーティクルボードと同等の値を示した。

本実験で行ったGPS 積層ボードにおいてGPSの積層は発火時間遅延の効果が大きいことが判明した。

JIS A 1321 に記載の難燃条件は、排気温度曲線が標準温度曲線を超えている部分の排気温度曲線と標準温度曲線で囲まれた部分の面積 $tD\theta$ (単位、 $^{\circ}\text{C}\times\text{分}$) が難燃3級にあっては350 以下、難燃2級にあっては100 以下である。

図-8 及び 9 よりパーティクルボード、ボードの片面にGPSを積層重量比で14%及び28%、両フェイスに積層重量比でそれぞれ14%積層したGPS 積層パーティクルボード並びにGPS ボードの値はそれぞれ534, 64, 0, 119 及び0であった。

パーティクルボードのみ規定の数値を大きく超え、両フェイスにGPSを積層したパーティクルボードは難燃3級、片面のフェイス層にGPSを14% 積層したボードは難燃3級以上、また片面のフェイス層にGPSを28% 積層したパーティクルボード及びGPS ボードのそれは

図-9 JIS A 1321 (難燃性試験) に準拠して試験したボード C, A 及び G の時間と排気温度及び発煙係数との関係

Fig. 9 Exhaust temperature and fuming factor per unit area-time curves of C, A and G boards tested according to JIS A 1321 (Incombustibility test)

Legend: Refer to Fig. 3

0を示し、ともに難燃3級以上の性能を有することが認められた。GPSは積層により極めて効果的に作用し、積層厚の影響が顕著であることが判明した。

排気温度が標準温度曲線を超えたボードは、いずれも発火がボードの表面に認められた数十秒経過後、その燃焼熱により排気温度の上昇を招いたものと推察される。このことは表面発火時間の遅いボード程、その値が小さいことから伺われ、発火時間遅延が排気温度の上昇抑制により効果的に作用することがわかる。

熱に暴された材料から発生する煙の量を光量測定装置により測定し次式により単位面積当たりの発煙係数(C_A)を求めた。

$$C_A = 240 \log_{10} \frac{I_0}{I}$$

ここに、 I_0 : 加熱試験開始時の光の強さ (lx), I : 加熱試験中の光の強さの最低値 (lx)

パーティクルボード、フェイス層片面にGPSを積層重量比でそれぞれ14%及び28%、また両フェイス層にGPSをそれぞれ14%ずつ積層したパーティクルボード並びにGPSボードの単位面積当たりの発煙係数は、それぞれ105, 18, 3, 36及び0であり、GPSの積層により発煙係数が激減することが、さらに積層重量比の影響が大きいことが判明した。

両フェイスにGPSを積層したパーティクルボードのその値は、片面にのみGPSを14%積層したパーティクルボードに対して約2倍の値を示した。このことは、加熱面にのみGPSを積層したパーティクルボードは加熱により発生した煙が、ボード裏面にも容易に放散されるのに対し、両フェイスにGPSを積層したパーティクルボードは既報^{9,14)}に記載のように、熱分解によって発生したガスは加熱の初期には緻密な両フェイスのGPS層からは放散され難い。加熱の続行により、パーティクルの炭化収縮は拡大し、加熱面GPS層の亀裂を誘因する。その亀裂から発生ガスが噴出するため発煙係数の増大を招いたものと推察する。

このことは、火災発生の初期、ボードを隔てた隣室への火災や煙の拡散を防止し、避難や消火活動に要する時間の確保を容易にするものである。

GPSボードには発煙が全く認められなかった。加熱6分間終了後のボード加熱面の残炎はGPSボードが0秒であるのに対し他のボードはいずれも1分以上続く。パーティクルボードはボードの火災面全体に炎が見られるがGPS積層パーティクルボードは、フェイス層GPSの亀裂面に弱い炎が見られるに留まる。GPS積層パーティクルボードの残炎の継続は前記要因によりコア層パーティクルの熱分解により発生した可燃性ガスの燃焼が持続するため、この観点から見るとGPS積層による残炎抑制の効果は小さい。

試験終了後、試験炉より取り外したボードの暴熱面に、亀甲模様の亀裂が見られるが、パーティクルボード及びGPS積層パーティクルボードのコア層パーティクルの亀裂はフェイス層GPSに比較して多くその幅は広く亀甲は小さい。

またGPSボードには、微細な亀裂も全く認められず耐熱衝撃性が極めて高い材料であることが確認された。

難燃性試験において難燃材料は、残炎は30秒以下であることが具備条件であり、この観点から本実験に供したいずれのGPS積層パーティクルボードも、難燃材料に該当せずGPSボードのみが難燃3級以上の性能を有したに過ぎない。以上の結果より、可燃性材料はコア層への適用の可能性が小さいと考えられる。フェイス材料としてGPSを摘要する場合、GPSの持つ耐熱性、耐火性、耐熱衝撃性及び低発煙性等の優れた特性を損なわずに、コア層の炭化収縮に追従できる柔軟性の改善や積層方法を考慮することにより残炎抑制の可能性が見出されるものと推察するが、今後の検討を待つところが多い。

4. 結 論

パーティクルボード、GPSボード及びGPS積層パーティクルボードの耐火性能の測定及び燃焼挙動及び炭化の経緯を観察し以下の結論を得た。

- (1) GPS 40Aを成板した厚さと比重の異なるGPSボードの高速火災による火災貫通試験においてボード厚さ3mm以上、ボード比重1.0~1.6のボードに2時間以上の耐火炎貫通性能が認められた。
- (2) コークス被覆下4°C/minの昇温速度で400~1,400°Cまで熱処理した各種ボードの焼成試験において、パーティクルボード及びラワンの重量減少及び炭化による収縮は大きく、熱処理温度800°Cにおける体積収縮率は未焼成のそれに比較して、それぞれ55.1%及び58.1%である。GPSボードの重量減少、収縮及び体積変化は他のボードに比較して小さく、そのボードに変形が認められない。GPS積層パーティクルボードは、積層法により変形の傾向は異なるが、ボードの長さ方向の寸法変化を大幅に改善することが確認された。
- (3) JIS A 1321に準拠した難燃性試験においてパーティクルボードは試験開始後まもなく発火、燃焼し、その排気温度の上昇並びに発煙係数が極めて高いのに対し、GPSを積層したパーティクルボードの発火開始は積層法により多少の遅速はあるが、その発煙係数はパーティクルボードのその3~34%である。パーティクルの炭化収縮に起因して発生したGPSフェイス層の亀裂を介してパーティクル層の可燃性熱分解発生ガスの燃焼が持続し60秒以上の残炎時間を示し、本実験ではGPS積層の効果が得られなかった。またGPSボードには難燃性試験終了まで発火燃焼、発煙及び試験後の残炎が認められず卓越した材料であることが認められた。

文 献

- 1) 石川敏功, 長沖通: “新・炭素材料”, 近代編集社, 1985, p.13-189
- 2) 大谷杉郎: “炭素繊維”, 近代編集社, 1983, p.79-99
- 3) 大谷杉郎: “驚異の炭素”, ダイアモンド社, 1979, p.129-170
- 4) 吉本文平: “耐火物工学”, 技報堂, 1968, p.48-49, 467-483
- 5) 石原茂久, 川井秀一: 木材学会誌 35(3), 234-242

- (1989)
- 6) 川井秀一, 石原茂久, 吉田弥寿郎, 高松淳久: 材料
38 (430), 785 (1989)
- 7) 石原茂久, 川井秀一, 吉田弥寿郎, 高松淳久: 同上
38 (432), 1085 (1989)
- 8) 吉田緩, 井出勇, 樋口尚登: 特願昭 63-48320
- 9) 井出勇, 石原茂久, 川井秀一, 吉田弥寿郎, 中路誠,
高松淳久: 木材学会誌 37 (11), 1026-1033 (1991)
- 10) 石原茂久: 木材学会誌 35 (9), 775-785 (1989)
- 11) 川井秀一, 石原茂久, 井出勇, 吉田弥寿郎, 中路誠,
Proceedings of the 1990 International Timber
Engineering Conference, Vol.1, p.74-79,
october 23-25, 1990, Tokyo
- 12) 長澤長八郎, 熊谷八百三: 木材学会誌 35 (12), 1092
-1099 (1989)
- 13) 石原茂久, 井出勇, 長澤長八郎, 川井秀一: 材料,
42 (473), 147 (1993)
- 14) 井出勇, 石原茂久, 川井秀一, 吉田弥寿郎, 中路誠,
高松淳久: 木材学会誌 38 (8), 777-785 (1992)
- 15) 井出勇, 石原茂久, 樋口尚登, 西川昌信: 木材学会
誌投稿中
- 16) 石原茂久, 井出勇, 樋口尚登, 西川昌信: 第42回日
本木材学会大会研究発表要旨集, 455 (1992), 名古屋
- 17) 坂口雅幸, 石井宏昌, 新谷宏隆, 小口征男: 耐火物,
44 (1), 17-20 (1992)
- 18) 井出勇, 樋口尚登, 西川昌信, 石原茂久: 第42回日
本木材学会大会研究発表要旨集, 455 (1992), 名古屋
- 19) 吉田緩, 井出勇, 高松淳久: 日本接着協会誌 17 (12),
21-25 (1981)

(1993. 7. 29 受理)