表層積層用炭素ボードの燃焼性と物性[†]

石原茂久* 川井秀一*
吉田弥寿郎** 高松淳久***

Flammability and Physical Properties of Carbon-Based Overlaid Composite Boards

by

Shigehisa ISHIHARA*, Shuichi KAWAI*, Yasuo YOSHIDA**
and Atsuhisa TAKAMATSU***

Various kinds of carbon were used as the surface materials in the manufacture of fire resistive composite boards. The fire resistive boards were tested by an oxygen index method in accordance with the Japanese Industrial Standards (JIS) K 7201, and by a burn-through method. Flammability of the carbon-based boards decreased with an increase in board density. Fire endurance of the carbon-based boards was found to increase in the order of natural amorphous graphite, synthetic graphite, charcoals from bark, sawdust and rice hulls, and natural crystalline graphite. Electric resistivity of these boards increased in the order of natural crystalline graphite, synthetic graphite, natural amorphous graphite, rice hull charcoal, bark charcoal, and sawdust charcoal. Bending strength of the carbon-based boards increased with an increase in density of boards. Reinforcing with glass whiskers did not improve the bending strength of natural crystalline graphite-surfaced composite board.

Key words : Carbon-based material, Overlay, Fire endurance, Oxygen index, Electric resistivity, Particleboard

1 はじめに

木質面材の防・耐火性能付与に他材料との積層複合を施す場合、軽量であり、熱的性質が木材に類似した材料との組合せが最も適したものの一つであろう。炭素材料は耐熱性にすぐれ、赤熱されても軟化・熔融しない。火炎温度下では有炎燃焼をみせず、緩徐な酸化反応をするにとどまる。また、熱や電気伝導性が高く熱変形も少ないなど防・耐火材料の複合素材としてすぐれた特性をもつ。このような炭素材料複合の一つの試みとして、パーティクルボードに木炭や黒鉛などの炭素材料を積層複合したボードを製造し、これらのボードに高い防・耐火性能やすぐれた寸法安定性のあることを前報において述べた。^{1)~3)}

本報では各種の炭素材料を原料としたボードを製造して、これらの燃焼挙動、耐火性能と物性を測定し、木質建築部材の防・耐火複合素材としての可能性を検討した。

2 実 験

2・1 供試材料

固定炭素量、形状、粒径の異なる天然鱗状黒鉛(固

定炭素量が多い高純度黒鉛, crystalline graphite) 6種類, 天然土状黒鉛(低純度黒鉛, amorphous g.) 3種類, 人造黒鉛(ピッチなど有機物から黒鉛化したもの, synthetic g.) 1種類, 鱗状黒鉛・フェノール・ホルムアルデヒド樹脂粉粒体(GPS) 2種類, スギ(*Cryptomeria Japonica* D. Don) 樹皮炭 1種類, スギ鋸屑炭 2種類, 穀殻炭 2種類, 穀殻粉末 3種類, 比較用の非炭素材料として雲母 2種類を用いた。また, 鱗状黒鉛に対して補強用材料としてガラスウイスキーを混合して用いた(Table I)。

接着剤はフェノール・ホルムアルデヒド樹脂(PFと略記, LPP, リグナイト株式会社製)で, 固形分重量比で30%および40%を添加した。GPSは自硬化性球状PFの表面にあらかじめ黒鉛を添加, 付着させた市販の製品(リグナイト株式会社製)を用いた。

2・2 ボードの製造

所定量の炭素材料粉末を151×131 mmの金型に入れ, 成形寸法151×131 mm, 厚さ5 mm, 設定比重を0.8, 1.0, 1.2および1.4として, 160°C, 20 kg/cm²,

[†] 本報を「炭素材料積層パーティクルボード(第4報)」(Carbon Materials Overlaid Particleboards, IV)とする。
原稿受理 昭和63年10月12日 Received Oct. 12, 1988

* 正 会 員 京都大学木材研究所 宇治市五ヶ庄, Wood Research Institute, Kyoto University, Gokasho, Uji

** 京都大学木材研究所 宇治市五ヶ庄, Wood Research Institute, Kyoto University, Gokasho, Uji

*** リグナイト(株) 堺市築港新町, Lignyte Co. Ltd., Chikou Shinmachi, Sakai

Table I. Raw materials used in carbon-based board production.

Symbol	Material	Shape	Fixed carbon (%)	Particle size (μm)	Solid content of PF resin	Bulk density
A	Graphite	Crystalline	99.5	6	40	0.362
B	do	do	99.5	10	40	0.407
C	do	do	97.0	5	40	0.350
D	do	do	97.0	10	40	0.362
Z	GPS-40	do	87.5	5	40	0.287
M	GPS-20	do	87.5	5	20	0.306
K	Graphite	do	85.0	10	40	0.514
L	do	do	85.0	40	40	0.353
F	Graphite	Amorphous	93.5	2	40	0.435
G	do	do	87.2	10	40	0.554
H	do	do	77.5	5	40	0.497
R	do	Synthetic	99.9	1	40	0.398
V	Mica	Crystalline	—	20	40	0.384
W	do	do	—	90	40	0.405
MF	Graphite-glass	Crystalline-whisker	—	—	—	—
S	Rice-hulls	Powder	—	200 mesh pass	40	—
T	do	do	—	100 mesh pass	40	0.403
U	Rice-hulls charcoal	Powder	—	100 mesh on	30	0.417
Y	do	do	—	200 mesh pass	40	0.339
X	do	do	—	100 mesh on	30	—
I	Bark charcoal	Powder	—	28 mesh pass	40	0.303
J	Sawdust charcoal	do	—	do	40	0.368
OJ	do	do	—	do	40	—

10 分間で炭素ボードを熱圧成形した。成形前の炭素材料粉末の含水率は 0.5~1.0 % であった。

2・3 ボードの燃焼試験

ボードの難燃性能および耐火性能を測定するため 2 つの燃焼試験を行なった。難燃性は 150×5×5 mm の寸法に切り出した試験体を用い、JIS K 7201, 酸素指数法による高分子材料の試験方法によって測定した。^{1)~3)} 耐火性能は火炎貫通試験によった。すなわち、Fig. 1

Fig. 1. Burn through method (high velocity flame test).

のように、ハンドバーナによって 150 mm の高速火炎を作り、バーナ先端より 100 mm の位置に 100×100×5 mm の試験体を固定して、火炎を試験体平面に垂直に当て裏面への燃え抜けに要する時間を測定した。このほか、試験体裏面の 260°C 到達時間、赤熱時間、残炎時間などを測定し、併せて試験体の変形、き裂の発生などの観察を行なった。試験体表面の接炎温度は 1150~1300°C となるように調整した。この時の供給ガス・空気混合気の圧力はバーナ先端で 2 kg/cm² であった。

2・4 熱重量測定

供試材料のうち代表的な鱗状黒鉛、鱗状黒鉛・PF 硬化物、GPS-40、樹皮炭・PF 硬化物および PF 硬化物の粉末全乾試料約 15 mg をとり島津熱重量測定装置 TGA-50 によって試料の重量減少を測定した。昇温速度 20°C/分、雰囲気は 50 ml/分の空気気流中とした。

2・5 電気抵抗率

電気抵抗率は 80×50×5 mm の試験体を用い、竹田理研製デジタル・マルチメータ TR6843 によって測定し、表面抵抗率および体積抵抗率を算出した。なお、試験体は測定に先立って、温度 23±2°C、関係湿度 50±5 % の恒温恒湿室に 96 時間静置、調湿した。

2・6 曲げ強度性能

Table II. Oxygen index of carbon-based boards.

Symbol	Raw material	Shape of raw material	Oxygen index			
			0.8*	1.0*	1.2*	1.4*
A	Graphite	Crystalline	40	47	46	75
G	Graphite	Amorphous	51	52	52	52
Z	Graphite (GPS-40)	Crystalline	38	42	49	68
M	Graphite (GPS-20)	Crystalline	43	46	47	56
V	Mica	Crystalline	46	47	48	47
S	Rice-hulls	Powder	28	28	30	30
Y	Rice-hulls charcoal	Powder (200 mesh pass)	37	36	40	46
X	do	Powder (100 mesh on)	38	42	42	46
I	Bark charcoal	Powder (28 mesh pass)	31	32	32	31
J	Sawdust charcoal	Powder (28 mesh pass)	31	30	32	33

* Specific gravity of carbon-based boards.

ボードの曲げ強度性能を調べるために 150×50×5 mm の試験体を用い、JIS A 5908⁴⁾に準じて試験を行った。

3 結果と考察

3・1 難燃性および耐火性能

3・1・1 難燃性能 JIS K 7201 に準拠した燃焼試験の結果を Table II に示す。この試験は高分子素材の難燃性能評価方法の最も代表的なもので、精度が高く、再現性の良いことが確認されており⁵⁾、ASTM⁶⁾、BS⁷⁾、NT などにおいて採用されている。酸素指数 (OI) は所定の試験条件下において、材料が燃焼を継続するために必要な酸素と窒素の混合気体の容量パーセントで表される最低酸素濃度の数値であり、この値が大きい程難燃性が高いことになる。本試験の結果によれば、炭素ボードの OI はいずれも 30 以上の値を示しており、木材や木質材料のその 18~25^{9),11)}、自己消炎性高分子材料の 22~23¹⁰⁾、難燃性高分子材料の 27~28¹⁰⁾ を凌駕しており高い難燃性を有している。とくに、鱗状黒鉛系ボードの OI は文献にみられるそれと同等あるいはそれ以上の値を示す。難燃性能はボードの比重の増加に従って向上しており、高密度の炭素材料が酸素の供給を阻害し、このような高い難燃性を示しているものと考えられる。土状黒鉛ボードの OI は鱗状黒鉛のそれに比較して、低比重側では高く、比重の増加による OI の上昇は顕著ではない。この相違は、土状黒鉛の固定炭素量も影響しているものと考えられるが、不純物の存在や黒鉛の構造などの関与も予想される。粃殻炭、樹皮炭、鋸屑炭の OI も木材のそれより高い 30 以上であり、リグノセルロース材料の炭化物の燃焼が容易でないことを示している。とくに、粃殻炭の OI が樹皮炭、鋸屑炭のそれに比べてかなり高い。粃殻には一般に大約 18 % の珪素を含んでおり¹⁾、この珪素が炭化物に残留して、燃焼抑制に寄与しているものと考えられる。また、粃殻の OI が木材のそれに比べてかなり高いが同様の理由によるものであろう。非

炭素系無機物の雲母に 46~47 の OI が認められるがこれは PF の燃焼 (OI: 30~35¹¹⁾) が影響しているものと考えられる。なお、供試時の各ボードの平均含水率は黒鉛系 0.80 %、粃殻炭 (200 mesh-pass) 1.90 %、同 (100 mesh-on) 3.36 %、樹皮炭 3.28 %、鋸屑炭 3.32 %、粃殻 3.07 % および雲母の 0.97 % であった。

3・1・2 耐火性能 木造建築物火災の最盛期における最高温度と熱気流を想定した 1150~1300°C の高速火炎をボードに噴射した火炎貫通試験の結果の代表的な例を Table III に示す。これらのボードのうち鱗状黒鉛のその裏面温度は 18~40 秒で 260°C に到達し、黒鉛系ボードの熱伝導性が比較的高いことを示している。これの比重依存性はとくに認められなかった。粃殻炭ボードの裏面 260°C 到達時間は比重、面密度に無関係に 200 mesh-pass の炭で約 43 秒、100 mesh-on のそれで 70~90 秒であり、炭化物の粒径によって若干の相違が認められた。これに対し、木質系炭化物、すなわち、樹皮炭で 130~160 秒、鋸屑炭では 130~420 秒であり、ボード比重の増加に従って裏面 260°C 到達時間は増加する傾向が認められた。このように木質系炭化物に昇温の遅れがあるのはこれらの炭化物がいずれも細胞空け構造を保持しており、これにもとづく低熱伝導性によるものと判断される。同様の傾向は粃殻炭、樹皮炭、鋸屑炭の裏面赤熱開始時間にも認められる。一方、黒鉛系ボードのうち粒径の大きい鱗状黒鉛ボードおよび GPS-400 の裏面の赤熱挙動は木質系炭化物のそれと異なり、比重 1.4、面密度 0.689 のボードでは赤熱現象を認められなかった。これらのボードは加熱中、表裏両面におけるき裂の発生も燃え抜けも認められずきわめて高い耐火性能をもつ。この高耐火性能発現の根拠は、黒鉛の低酸化反応性がその一つとして考えられるが、加熱中表面側から超薄膜片のはく離が観察されたこととき裂音を生じて

*1 (財)日本食品分析センタの分析による本試料の珪素含有率 18.8 %、(株)住友化学工業分析センタの分析による同上含有率 17.3 %。

Table III. Results of burn-through test on carbon-based boards.

Symbol	Material	Specific gravity	Surface density (g/cm ²)	Unexposed surface temp. exceed 260°C (min sec)	Crack at unexposed surface (min sec)	Glow at unexposed surface (min sec)	Burn through (min sec)
A	Crystalline graphite	0.8	0.393	23	7 13	1 00	20+*
		1.0	0.488	23	11 00	1 03	20+
		1.2	0.578	21	15 00	1 37	20+
		1.4	0.689	21	none	2 53	20+
L	Crystalline graphite	0.8	0.389	23	15 07	38	20+
		1.0	0.491	17	12 25	50	20+
		1.2	0.589	33	none	13 30	20+
		1.4	0.689	20	none	none	20+
F	Amorphous graphite	0.8	0.385	29	37	53	59**
		1.0	0.483	26	47	1 00	1 07**
		1.2	0.581	25	48	1 18	1 46**
		1.4	0.683	37	48	1 28	1 43**
Z	GPS-40	0.8	0.392	19	9 25	1 29	20+
		1.0	0.488	25	none	1 14	20+
		1.2	0.598	38	none	1 58	20+
		1.4	0.689	26	none	none	20+
MF	Graphite-glass whisker	0.8	0.397	26	54	1 10	1 12**
		1.0	0.495	31	49	1 01	1 02**
		1.2	0.589	28	16 00	1 32	20+
		1.4	0.690	29	none	1 56	20+
X	Rice-hulls charcoal (100 mesh on)	0.8	0.383	1 10	2 40	2 15	5 33**
		1.0	0.477	1 30	2 15	2 15	3 37**
		1.2	0.573	1 13	2 25	2 15	4 00**
		1.4	0.667	1 13	2 30	2 40	5 11**
Y	Rice-hulls charcoal (200 mesh pass)	0.8	0.385	44	1 30	1 21	2 30**
		1.0	0.480	43	1 35	1 25	20+
		1.2	0.633	45	none	1 45	20+
		1.4	0.681	44	none	1 44	20+
I	Bark charcoal	0.8	0.370	1 34	1 55	2 00	2 10**
		1.0	0.463	1 45	2 03	2 10	2 25**
		1.2	0.561	1 30	2 05	2 15	2 22**
		1.4	0.662	1 40	2 34	2 41	3 15**
J	Sawdust charcoal	0.8	0.396	1 58	1 58	2 10	2 26**
		1.0	0.495	2 10	2 10	2 55	3 16**
		1.2	0.588	3 30	3 30	3 58	4 54**
		1.4	0.705	2 55	2 55	6 56	8 02**

* No burn through after 20 min.

** Burn through by crack.

いたことから、ボード内層に超薄層のき裂を発生し、これによる熱応力の分散がなされていると同時にこれによって生じた間げきによって熱の伝導を阻害していることによっているものと予想される。

鱗状黒鉛ボードの火災貫通時間はいずれも 20 分以上^{*2}できわめて高い耐火貫通性能が認められた。この傾向は鱗状黒鉛の形状やボードの比重、面密度に無関係に認められた。また、同様の傾向が GPS にも認められ、鱗状黒鉛系ボードにきわめて高い耐火火災貫通性のあることが示された。なお、ガラスウイスキー混入ボードの低比重のものに火災貫通が認められたが、これはウイスキー混入による気密性の欠除とガラスウイ

スキーによる熱応力分散のアンバランスなどによって裏面に達するき裂を生じたためと考えられる。これに対し、土状黒鉛ボードは比重によって多少異なるがいずれも 59 秒～1 分 43 秒の範囲で火災貫通をみた。これはいずれも裏面に達するき裂の発生にもとづくものであり、固定炭素量、不純物の存在、黒鉛の形状・構造などの相違によるものと考えられるが、鱗状黒鉛系ボードと根本的に異なる耐火挙動を示すものとして注目される。

*2 火災貫通時間 20 分以上は、90 分以上の火災に暴露した場合も同様の状態であったことから接炎時間を 20 分間で打ち切ったものをこのように表示した。

粗穀炭の 200 mesh-pass のボードの比重 1.0 以上のものに 20 分以上の火炎貫通時間が認められるが、これを除き粗穀炭、樹皮炭および鋸屑炭のボードの火炎貫通時間は 10 分間に到達することはない。これらのボードはき裂の発生と同時に火炎の貫通をみており、積層素材としての炭素材料の選択と調製は今後の重要課題となろう。

粗穀炭、樹皮炭、鋸屑炭ボードの火炎貫通時間は未炭化粗穀ボードのそれの 1～3 分の 2～3 倍であった。また、未炭化の粗穀ボードはパーティクルボード^{1)～3)}同様にき裂発生のない火炎貫通であって、木質系炭化物の耐火性能が未炭化木質ボードのそれに比べかなり高いことが認められる。以上の結果は、木炭^{1)～3)}および鱗状黒鉛^{1), 2)}を積層したパーティクルボードの耐火炎貫通性能が同面密度の無積層パーティクルボードのそれに比べ前者において 2～3 倍、後者において 9 倍以上であったこととよい符合を示す。

3・1・3 熱重量変化 代表的な炭素ボードの熱重量減少曲線を Fig. 2 に示す。本試験に供した炭素材料は比較のため用いた粗穀ボードを除いて、着火、発炎、燃焼は認められず、いずれも赤熱 (glowing) 現象を示したことから、これらの重量減少曲線は赤熱あるいは酸化反応の経緯を示すものと仮定すると、これらの

A : crystalline graphite-based board. CG : crystalline graphite. I : bark charcoal-based board. PF : cured phenol formaldehyde resin. Z : GPS-based board.

Fig. 2. Thermogravimetric curves of carbon-based boards under an air flow of 50ml/min.

曲線は炭素素材の種類によってかなりの相違をみせ、赤熱あるいは酸化反応の経緯に大きな相違のあることを示唆している。すなわち、鱗状黒鉛の重量減少は 550°C にはじまるのに対し、鋸屑炭ボードのそれは 300°C で開始する。この両者の相違は赤熱あるいは酸化反応の難易を示しており、元素組成、構造などが関与しているものと予想され、緊要な研究課題であろう。この両者の温度範囲の中間温度で鱗状黒鉛ボードと GPS ボードの重量減少開始が認められ、いずれも二

Table IV. Electric resistivity of carbon-based boards.

Symbol	Raw material	Shape of raw material	Surface resistivity (Ω)				Volume resistivity ($\Omega \cdot \text{cm}$)			
			0.8	1.0	1.2	1.4	0.8	1.0	1.2	1.4
A	Graphite	Crystalline	3.0×10^2	5.0×10^2	2.0×10^3	3.6×10^3	1.5×10^5	2.5×10^5	1.0×10^5	8.6×10^1
B	do	do	—	—	—	3.6×10^2	—	—	—	5.6×10^1
C	do	do	—	—	—	2.8×10^2	—	—	—	5.1×10^1
D	do	do	—	—	—	2.7×10^1	—	—	—	1.0×10^2
Z	GPS-40	do	4.4×10^2	4.4×10^2	3.8×10^2	2.4×10^2	3.5×10^2	5.1×10^2	2.4×10^2	1.9×10^2
M	GPS-20	do	2.7×10^2	2.5×10^2	1.8×10^2	—	1.3×10^2	5.5×10^1	4.0×10^1	—
K	Graphite	do	—	—	—	7.0×10^2	—	—	—	4.3×10^2
L	do	do	—	—	—	2.7×10^2	—	—	—	1.0×10^2
F	Graphite	Amorphous	—	—	—	2.8×10^2	—	—	—	7.4×10^1
G	do	do	1.2×10^3	1.1×10^3	1.0×10^3	1.0×10^3	4.6×10^2	4.2×10^2	4.2×10^2	1.6×10^2
H	do	do	—	—	—	9.5×10^2	—	—	—	2.0×10^2
R	do	Synthetic	—	—	—	2.6×10^2	—	—	—	1.4×10^2
V	Mica	Crystalline	1.9×10^8	1.9×10^8	1.9×10^8	1.9×10^8	8.3×10^7	8.2×10^7	8.5×10^7	8.3×10^7
W	do	do	—	—	—	1.9×10^8	—	—	—	8.3×10^7
S	Rice-hulls	Powder	1.9×10^8	1.9×10^8	1.9×10^8	1.9×10^8	8.1×10^7	8.2×10^7	8.1×10^7	8.1×10^7
T	do	do	—	—	—	1.9×10^8	—	—	—	7.7×10^7
U	do	do	—	—	—	1.9×10^8	—	—	—	7.7×10^7
Y	Rice-hulls charcoal	Powder	2.3×10^5	1.9×10^5	2.1×10^5	2.3×10^5	1.7×10^5	6.3×10^4	9.7×10^4	1.1×10^5
X	do	do	1.9×10^5	2.9×10^5	2.1×10^5	3.7×10^5	1.5×10^5	7.2×10^4	4.9×10^4	6.0×10^4
I	Bark charcoal	Powder	1.5×10^8	5.2×10^8	1.7×10^8	1.1×10^8	3.8×10^8	1.8×10^8	7.3×10^7	5.8×10^7
J	Sawdust charcoal	do	1.9×10^8	1.9×10^8	1.9×10^8	1.9×10^8	8.2×10^8	8.1×10^8	7.5×10^7	7.1×10^7
OJ	do	do	—	—	—	1.9×10^8	—	—	—	7.3×10^7
MF	Graphite-glass whisker	Crystalline	—	—	—	2.4×10^2	—	—	—	4.7×10^1

段階の重量減少を示す。図中に示した PF 硬化物の経緯から判断して黒鉛系ボードの前段の重量減少は PF の分解あるいは酸化反応によるものであり、後段のそれは鱗状黒鉛のそれによるものと考えられ、上述の鱗状黒鉛系ボードの高い耐火炎貫通性能の根拠の一つはこの黒鉛の耐赤熱性あるいは耐酸化反応性にあるものと予想される。

3・2 電気抵抗率

室温において炭素ボードの電気抵抗率すなわち、表面抵抗率および体積抵抗率を測定した結果を Table IV に示す。これによると、炭素ボードの電気抵抗率は、いくつかの例外を除いてボード比重の増加に従って低減し、炭素素材の種類によってもかなりの相違を示す。鱗状黒鉛系ボードでは素材の固定炭素量の減少は電気抵抗率の低下を招いている。固定炭素量が多くしかも高比重の鱗状黒鉛ボード (A) の体積抵抗率が黒鉛のそれの $10^{-3} \sim 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ とかなりの相違をみせるのはボード中に占める PF のそれの高い抵抗率 ($10^{11} \sim 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$) が拮抗していることによっているものと考えられる。同様のことが PF 率の高い GPS-40 の抵抗率に比べて PF の少ない GPS-20 のそれが低いことによっても認められる。

靱殻炭ボードは 200 mesh-pass の素材とするもの

と 100 mesh-on のそれの 2 種類であるが、この系のボードにあっては、粒径の相違がボードの電気抵抗率に大きな影響をおよぼしている。樹皮炭ボードおよび鋸屑炭ボードの抵抗率は大粒径の靱殻炭のそれより高い抵抗率を示す。これは、木質系炭化物の場合、炭化した細胞空気を保持しており、これがボードとして成形された後も保有されていることによっているものと考えられる。なお、木質系炭化物ボードの抵抗率が木材のそれの $10^8 \sim 10^{12}$ より低いのは、炭化による伝導性の上昇にもとづくものであろう。上述のように、炭素素材の種類によって固有の電気抵抗率を発現することから、熱伝導性との関連¹⁵⁾においても材料設計の上からも興味ある結果である。

3・3 曲げ強度性能

炭素ボードの曲げ強度性能を Table V に示す。これらの炭素ボードの曲げヤング係数 (MOE) はいずれもボード比重が高くなるにつれて増加するが、炭素素材の種類によってかなりの相違をみせ、固定炭素量、粒径によっても異なる。黒鉛系ボードの MOE は鱗状 > 人造 > 土状の順となり、補強を狙った黒鉛・ガラスウイスキー複合ボードの MOE はその効果が認められなかった。比重 0.8 のボードの鋸屑炭、樹皮炭、靱殻炭ボードの MOE が黒鉛系ボードを凌駕するのに対し、

Table V. Bending strength of carbon-based boards.

Symbol	Raw material	Shape of raw material	MOE ($\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$)				MOR (kgf/cm^2)			
			0.8	1.0	1.2	1.4	0.8	1.0	1.2	1.4
A	Graphite	Crystalline	17.1	54.9	92.7	130.5	25.3	100	175	248
B	do	do	12.3	54.0	95.7	137.4	26.0	121	215	310
C	do	do	11.1	57.7	104.4	151.0	22.5	119	215	312
D	do	do	9.6	44.8	80.1	115.4	22.1	106	189	273
Z	GPS-40	do	13.8	50.5	87.3	124.0	33.6	121	209	296
M	GPS-20	do	12.3	45.8	79.2	112.6	16.8	83.8	151	218
K	Graphite	do	0.3	25.9	51.5	77.1	0.0	56.1	114	172
L	do	do	9.9	41.8	73.8	105.7	20.6	88.9	157	226
F	Graphite	Amorphous	7.4	34.9	62.5	90.0	10.3	74.1	138	202
G	do	do	0.0	19.9	40.5	61.1	1.0	48.3	96	148
H	do	do	3.2	23.9	44.6	65.3	7.7	56.6	106	155
R	do	Synthetic	3.2	39.2	75.3	111.3	5.1	107	209	312
V	Mica	Crystalline	16.1	51.9	87.7	123.5	59.2	163	266	369
W	do	do	0.0	38.9	80.9	122.8	0.0	99.1	200	301
S	Rice-hulls	Powder	5.2	28.3	51.5	74.7	0.0	190	390	590
T	do	do	13.6	33.1	52.5	72.0	93.6	257	420	580
U	do	do	14.5	37.4	60.3	83.2	163	330	497	664
Y	Rice-hulls charcoal	Powder	9.6	38.5	67.3	96.2	33.5	128	223	318
X	do	do	17.7	41.0	64.3	87.6	75.4	169	262	356
I	Bark charcoal	Powder	17.0	35.9	54.7	73.6	80.5	178	275	373
J	Sawdust charcoal	do	22.5	37.7	53.0	68.2	131	275	420	564
OJ	do	do	20.7	35.4	50.0	64.6	129	254	379	504
MF	Graphite-glass whisker	Crystalline	0.0	26.2	63.1	99.9	0.0	65.2	154	243

ボード比重の増加による MOE の顕著な増加がこの系のボードに認められなかった。曲げ破壊係数 (MOR) とボード比重、炭素素材の種類、固定炭素量、粒径との関係についてみると MOE のそれとほぼ同様の傾向を示した。以上の結果から、表層積層材として用いる場合、強度的には高比重の炭素ボードが望ましく、土状黒鉛が表層積層材の原料として不適当であることが認められた。

4 おわりに

木質材料表面材として用いられる各種の炭素ボードの燃焼性と物性を検討して次の結論を得た。

1) 炭素ボードの酸素指数は 30~75 に達し、自己消炎性高分子材料、難燃性高分子材料のそれより高い難燃性能を示した。木造建築物火災の最盛期に相当する火炎気流に暴露した炭素ボードのうち鱗状黒鉛系ボードはさきわめて高い耐火性能を示したが土状黒鉛および人造黒鉛系ボードのそれは低く、耐火複合素材としては不適当であることが認められた。靱殻炭、樹皮炭および鋸屑炭素ボードの耐火性能は土状黒鉛、人造黒鉛ボードのそれより高く、特長ある燃焼性状を示した。

2) 炭素ボードの電気抵抗率は原料となる炭素素材の種類によって異なり、鱗状黒鉛、人造黒鉛、土状黒鉛、靱殻炭、樹皮炭、鋸屑炭の順に高くなった。木質系炭化物の高い抵抗率は炭化した細胞空げきによるものと推測された。

3) 炭素ボードの曲げヤング係数および曲げ破壊係数は比重の増加によって向上した。炭素ボードの曲げ

強度性能は一般に鱗状黒鉛≒樹皮炭、鋸屑炭、靱殻炭>人造黒鉛>土状黒鉛の順であった。

(昭和63年7月19日 第38回日本木材学会大会にて講演)

参考文献

- 1) S. Ishihara, S. Kawai, Y. Yoshida and A. Takamatsu, Proc. of s5. 03-04 Sessions I UFRO All Div. 5 Conf., p. 1 May 18 (1988) Sao Paulo.
- 2) 川合秀一, 石原茂久, 吉田弥寿郎, 高松淳久, 材料, **38**, 758 (1989).
- 3) 石原茂久, 川合秀一, 木材学会誌, **35**, 234 (1989).
- 4) JIS A 5908, パーティクルボード.
- 5) R. M. Aseeva and G. E. Zaikov, "Gorenje polimernych", Chap. 2 (1981), Izdatel'stvo Nauka, Moskva.
- 6) ASTM D 2863.
- 7) BS 2782.
- 8) Nordtest Method NT Fire 013.
- 9) R. H. White, Wood Sci., **12**, 113 (1973).
- 10) 西沢 仁, "ポリマーの難燃化" 第7章 (1987) 大成社.
- 11) M. Lewin, S. M. Atlas and E. M. Pearce, "Flame-Retardant Polymeric Materials", Chap. 1 (1975) Plenum Press, London.
- 12) 中田金市, "火災", 第4章 (1967) 共立出版.
- 13) 物理学辞典編集委員会, "物理学辞典", 付表 p. 2324 (1984) 培風館.
- 14) 品川俊一, 日工マテリアル, **5** (3), 44 (1978).
- 15) 有山兼孝, 三宅静雄, 茅 誠司, 武藤俊之助, 小谷政雄, 永宮健夫, "磁気共鳴物質の電気的性質", 第8編, 第1~2章 (1958) 共立出版.