（４）接着剤・ラミナ厚・樹種による影響確認試験④

Ａ．実験目的および試験体仕様

接着剤をポリウレタン（PU と表記）に限定して、代表的な樹種であるスギ・カラマツについて、ラミナ厚を 12・15・21 と変化させた場合の炭化速度の変化を把握することを目的とする。各仕様のパネル厚（総厚）がなるべく等しくなるように、ラミナ積層数は、12mm・13 層（総厚 156mm）、15mm・11 層（総厚 165mm）、21m・7 層（総厚 147mm）とした。

Ｂ.試験写真

写真 3.1.4.(4)-1
CLT 試験体④No.3-1（加熱前）

写真 3.1.4.(4)-2
CLT 試験体④No.6-4(加熱前)

写真 3.1.4.(4)-3
CLT 試験体④No.1-3（加熱後）

写真 3.1.4.(4)-4
CLT 試験体④No.6-4（加熱後）

C. 加熱温度

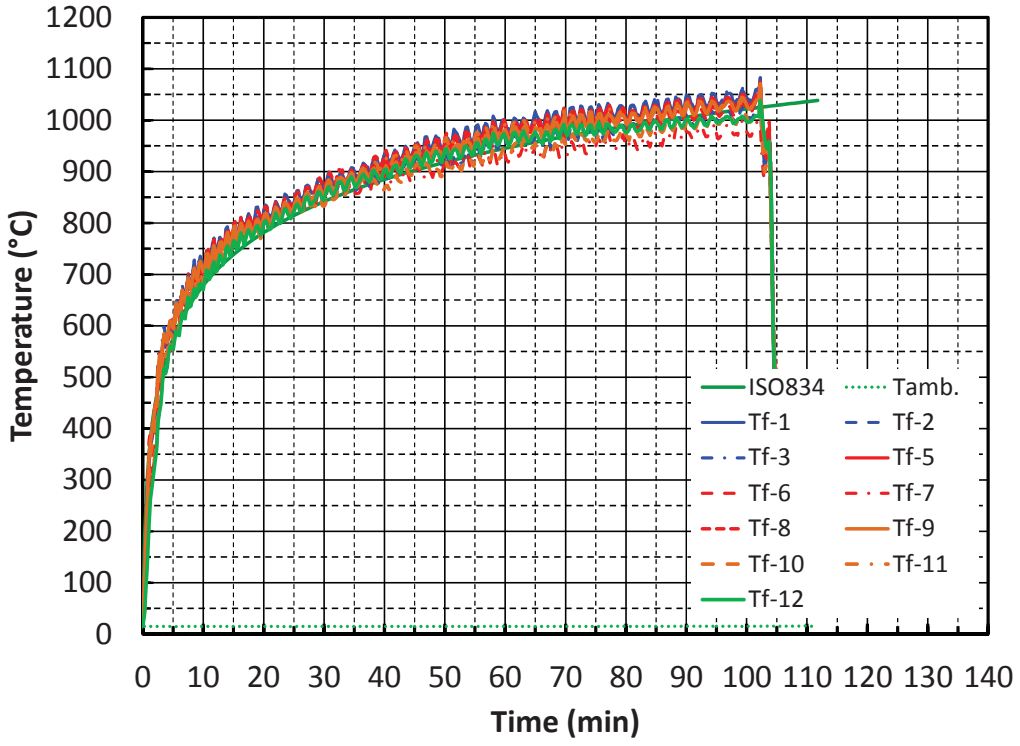


図 3. 1. 4. (4)-1　加熱温度

D．炭化状況

写真 3.1.4.(4)-5 W-1 スギ(PU 接着剤・ラミナ厚 12mm・13 層)　パネル厚 156mm

写真 3.1.4.(4)-6 W-2 スギ(PU 接着剤・ラミナ厚 15mm・11 層)　パネル厚 165mm

写真 3.1.4.(4)-7 W-3 スギ(PU 接着剤・ラミナ厚 21mm・7 層)　パネル厚 147mm

写真 3.1.4.(4)-8 W-4 カラマツ(PU 接着剤・ラミナ厚 12mm・13 層)　パネル厚 156mm

写真 3.1.4.(4)-9 W-5 カラマツ(PU 接着剤・ラミナ厚 15mm・11 層)　パネル厚 165mm

写真 3.1.4.(4)-10 W-6 カラマツ(PU 接着剤・ラミナ厚 21mm・7 層)　パネル厚 147mm

E．試験体内部温度

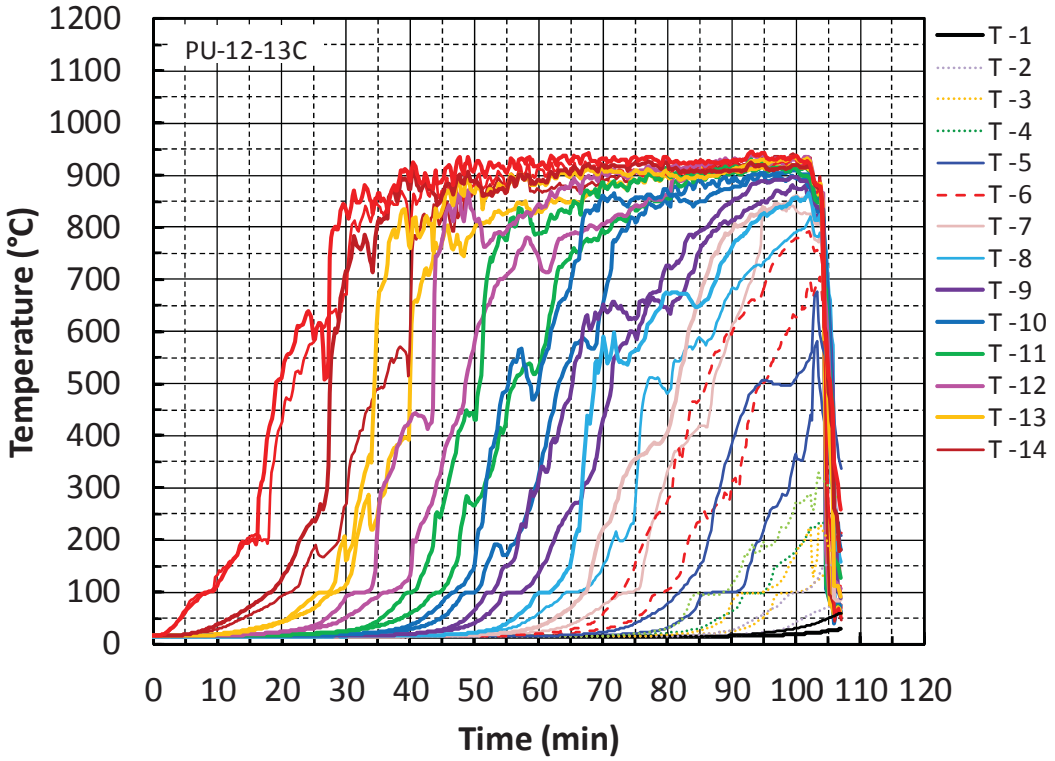


図 3.1.4.(4)-2 W-1 スギ(PU 接着剤・ラミナ厚 12mm・13 層)　パネル厚 156mm

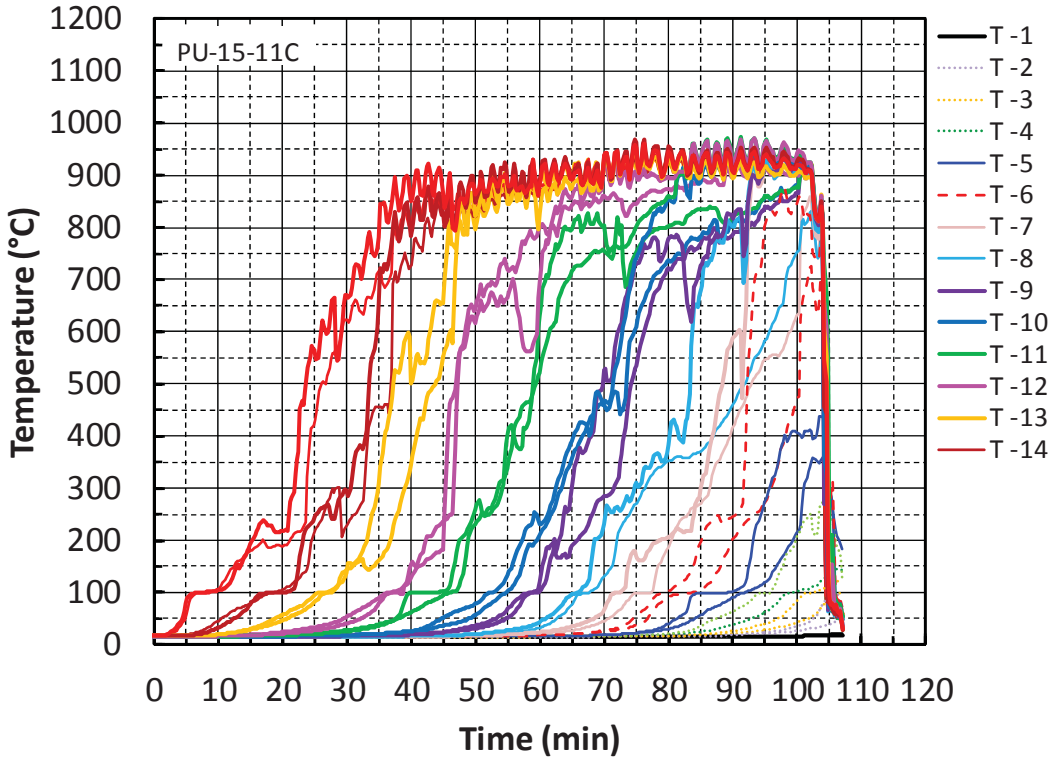


図 3.1.4.(4)-3 W-2 スギ(PU 接着剤・ラミナ厚 15mm・11 層)　パネル厚 165mm

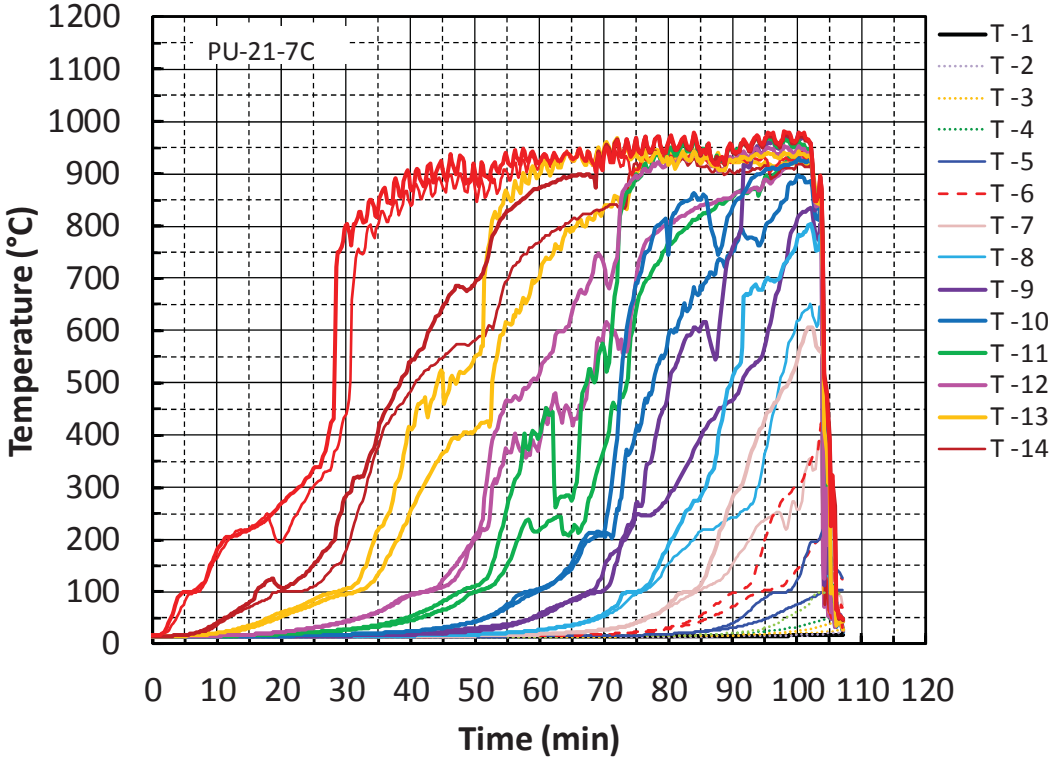


図 3.1.4.(4)-4 W-3 スギ(PU 接着剤・ラミナ厚 21mm・7 層)　パネル厚 147mm

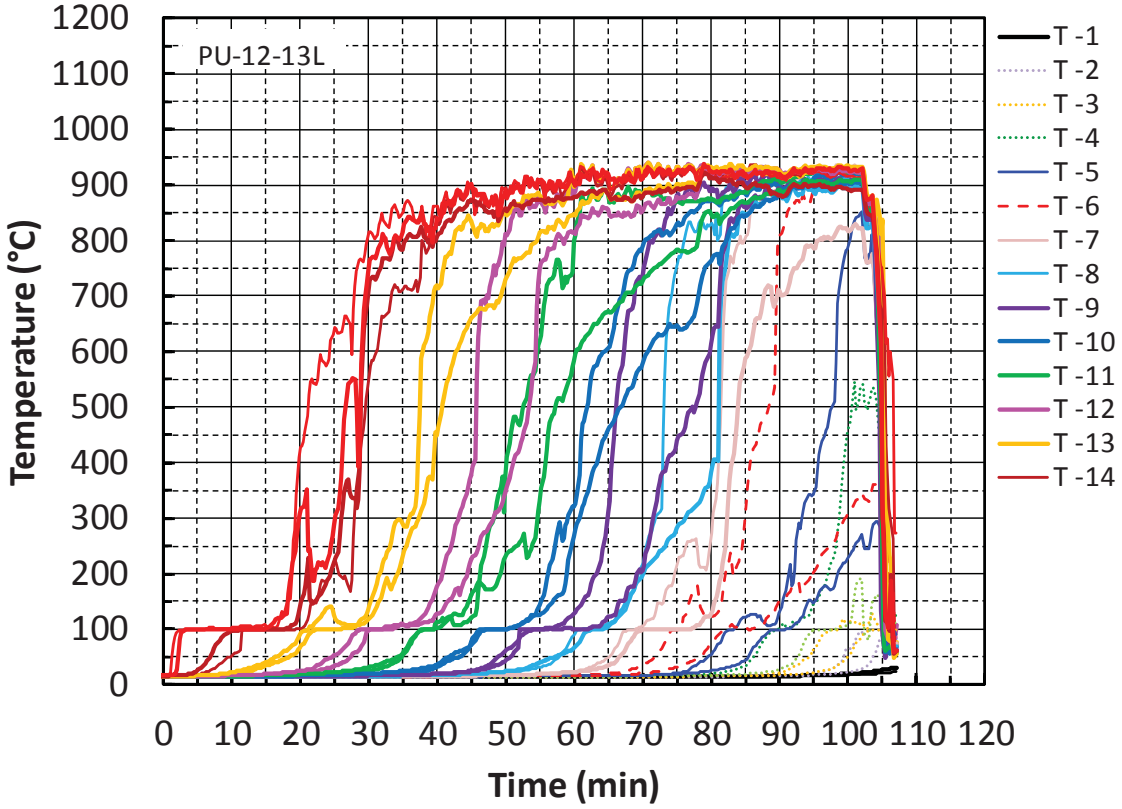


図 3.1.4.(4)-5 W-4 カラマツ(PU 接着剤・ラミナ厚 12mm・13 層)　パネル厚 156mm

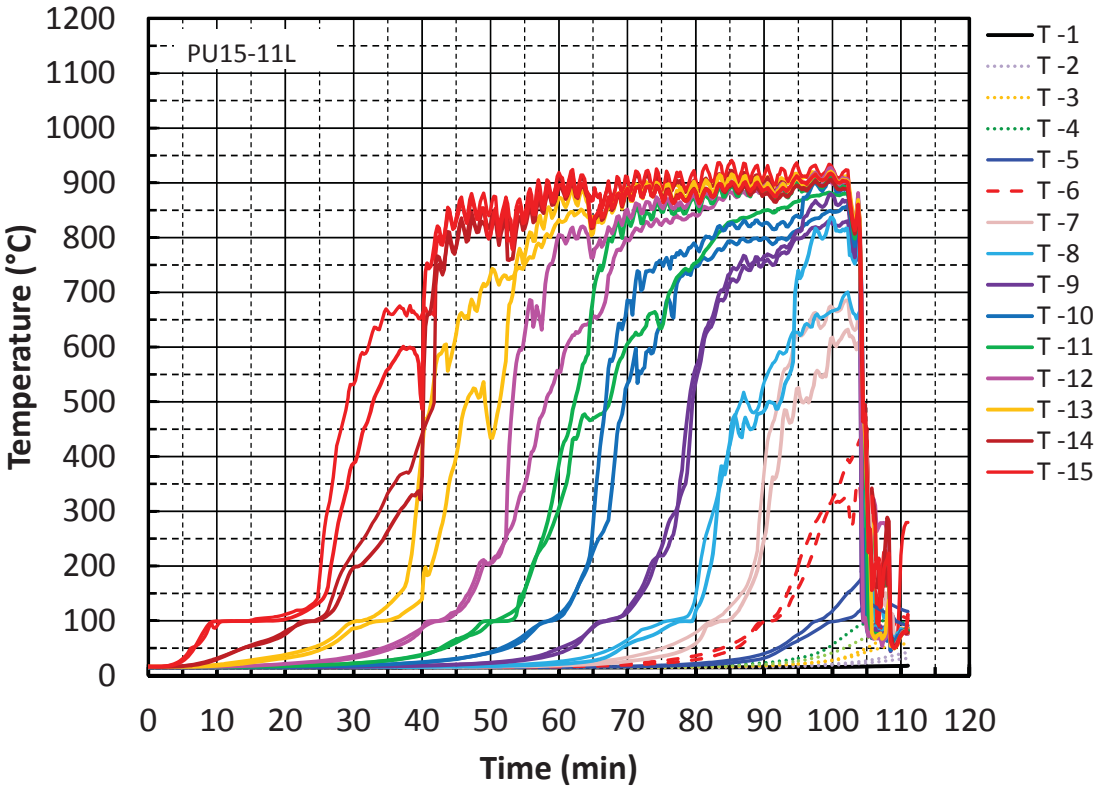


図 3.1.4.(4)-6　W-5 カラマツ(PU 接着剤・ラミナ厚 15mm・11 層)　　パネル厚 165mm

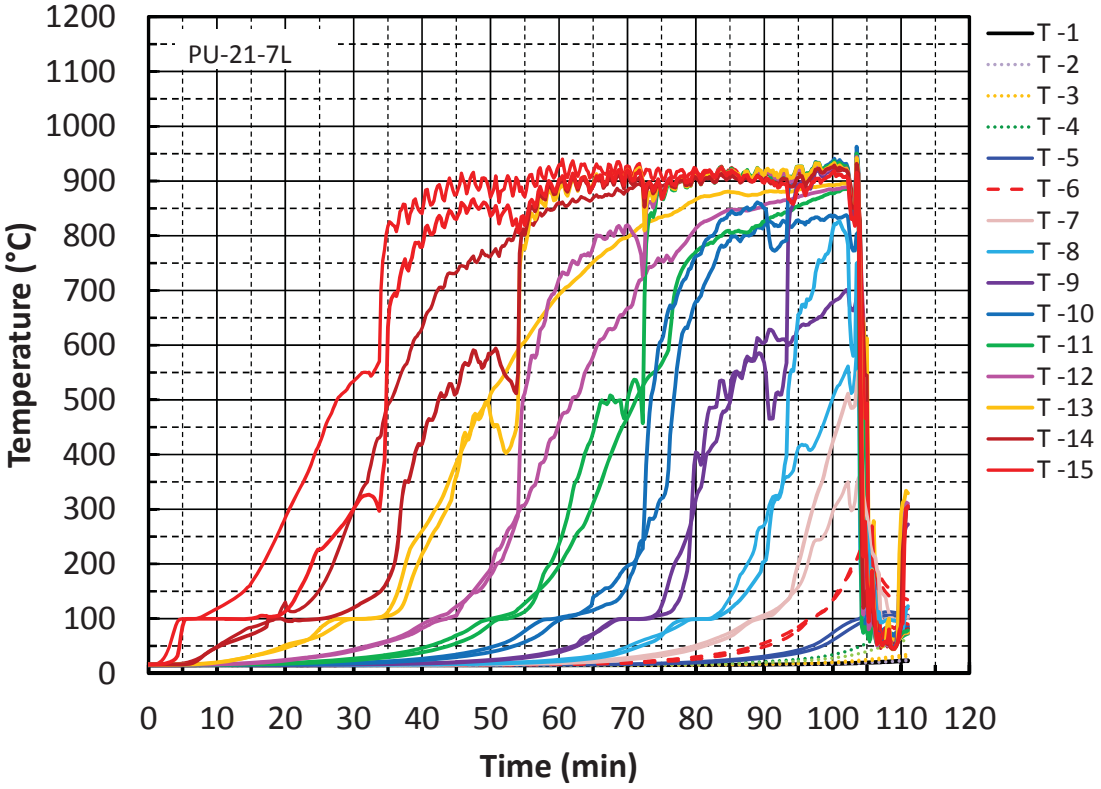


図 3.1.4.(4)-7 W-6 カラマツ(PU 接着剤・ラミナ厚 21mm・7 層)　　パネル厚 147mm

Ｆ．各断面の炭化温度到達時間と炭化速度

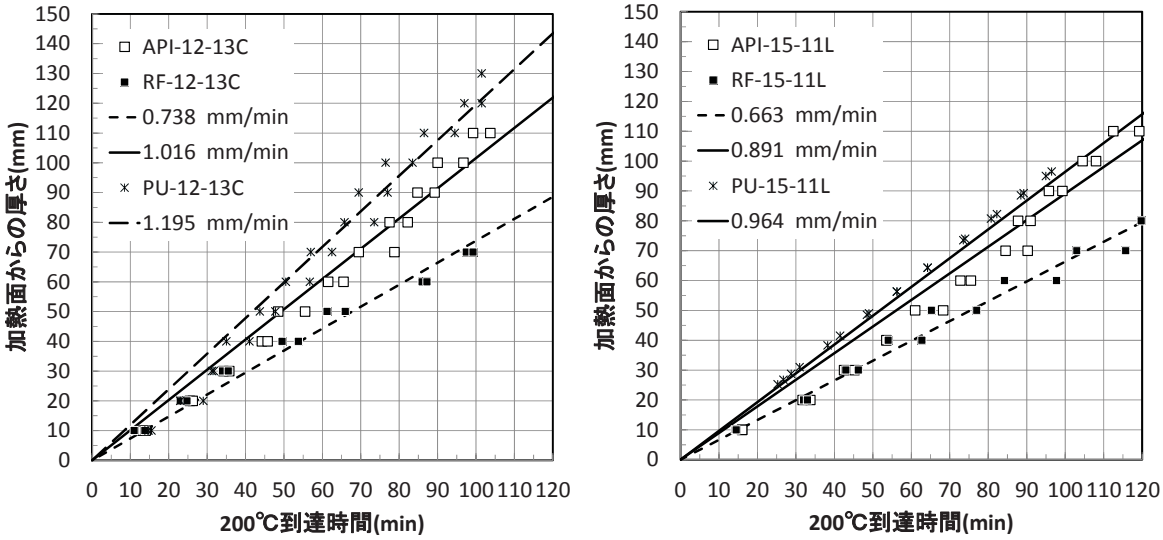


図 3.1.4.(4)-8 スギ/カラマツ　ラミナ厚 12mm・13 層　　パネル厚 156mm

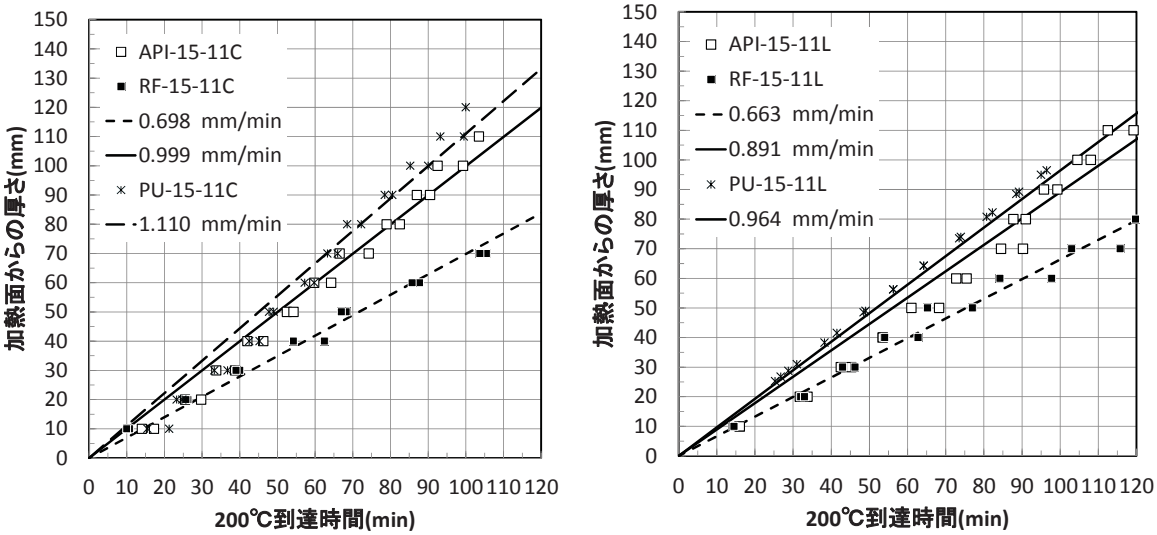


図 3.1.4.(4)-9 スギ/カラマツ　ラミナ厚 15mm・11 層　　パネル厚 165mm

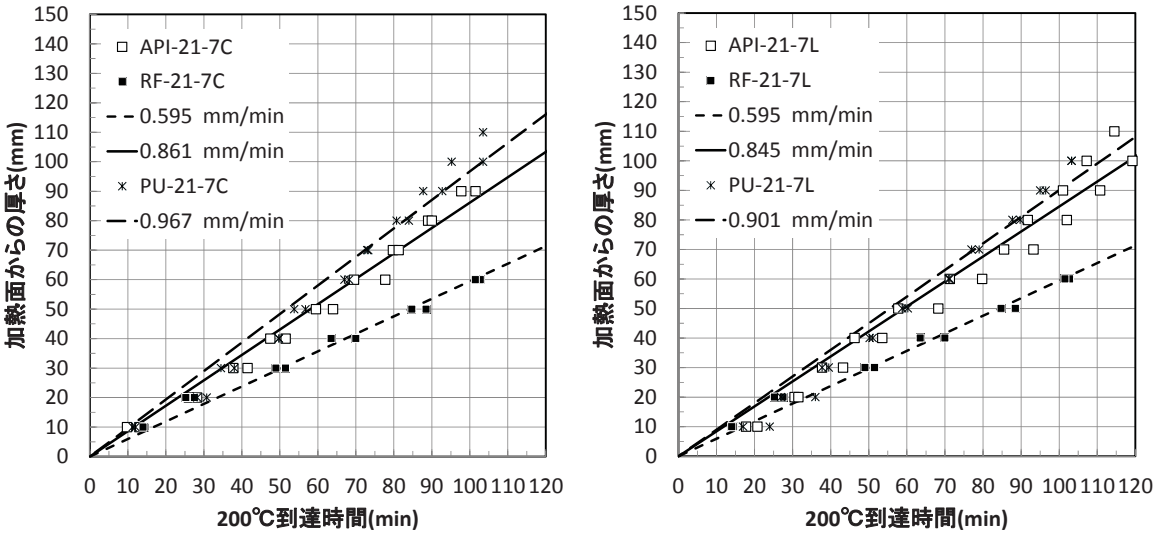


図 3.1.4.(4)-10 スギ/カラマツ　ラミナ厚 21mm・7 層　　パネル厚 147mm

（５）接着剤・ラミナ厚・樹種による影響確認試験⑤

Ａ．実験目的および試験体仕様

試験体 No.1-3 では､接着剤の違いに対する検討が済んでいないスプルースに樹種を限定して、ラミナ厚を接着剤の影響が大きくなる薄いラミナ層 15 ㎜・11 層（総厚 165㎜）のとき、接着剤を RF・API・PU と変化させた場合の炭化速度の変化を把握することを目的とする。

加えて試験体 No.4-6 において、樹種の違いに対する検討が済んでいない PU に接着剤を限定して、ラミナ厚を一般的な 30 ㎜・5 層（総厚 150㎜）に固定し、樹種をスギ・カラマツ・スプルースと変化させた場合の炭化速度の変化を把握することを目的とする。

B. 試験写真

写真 3. 1. 4. (5)-1
CLT 試験体⑤No. 1-3（加熱前）

写真 3. 1. 4. (5)- 2
CLT 試験体⑤No. 4-6(加熱前)

写真 3. 1. 4. (5)-3
CLT 試験体⑤No. 1-3（加熱後）

写真 3. 1. 4. (5)-4
CLT 試験体⑤No. 4-6（加熱後）

C. 加熱温度

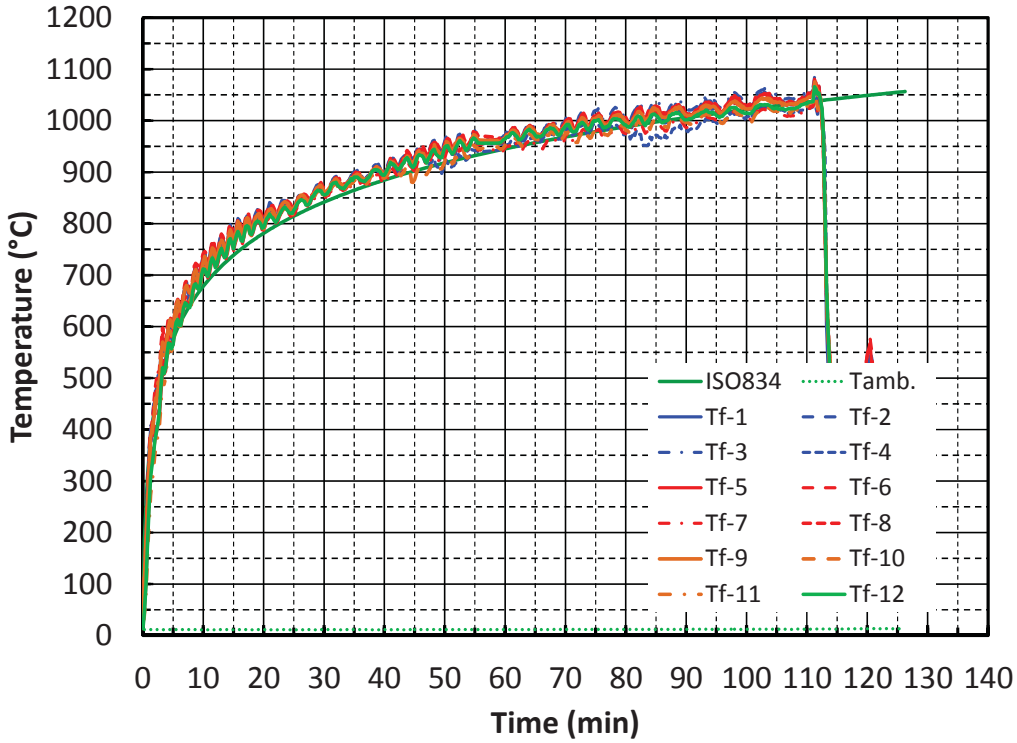


図 3. 1. 4. (5)-1　加熱温度

D．炭化状況

写真 3.1.4.(5)-5 W-1 スプルース(RF 接着剤・ラミナ厚 15mm・11 層)　パネル厚 165mm

写真 3.1.4.(5)-6 W-2 スプルース(API 接着剤・ラミナ厚 15mm・11 層)　パネル厚 165mm

写真 3.1.4.(5)-7 W-3 スプルース(PU 接着剤・ラミナ厚 15mm・11 層)　パネル厚 165mm

写真 3.1.4.(5)-8 W-4 スギ(PU 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層)　パネル厚 150mm

写真 3.1.4.(5)-9 W-5 カラマツ(PU 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層)　パネル厚 150mm

写真 3.1.4.(5)-10 W-6 スプルース(PU 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層)　パネル厚 150mm

E．試験体内部温度

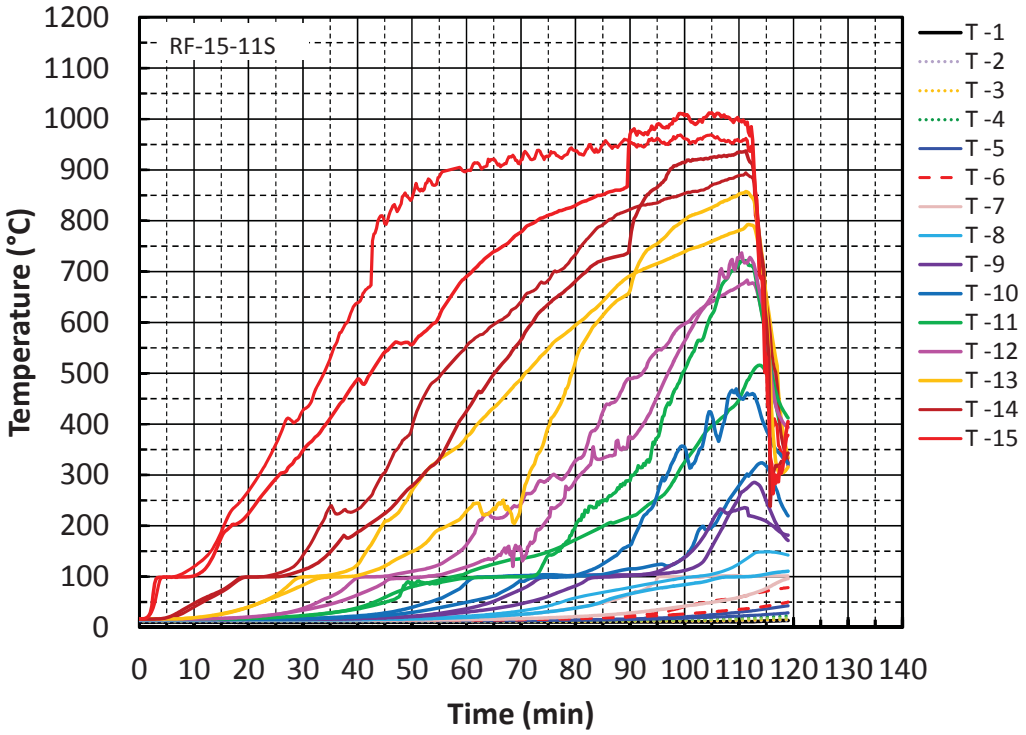


図 3.1.4.(5)-2 W-1 スプルース(RF・ラミナ厚 15mm・11 層)　パネル厚 165mm

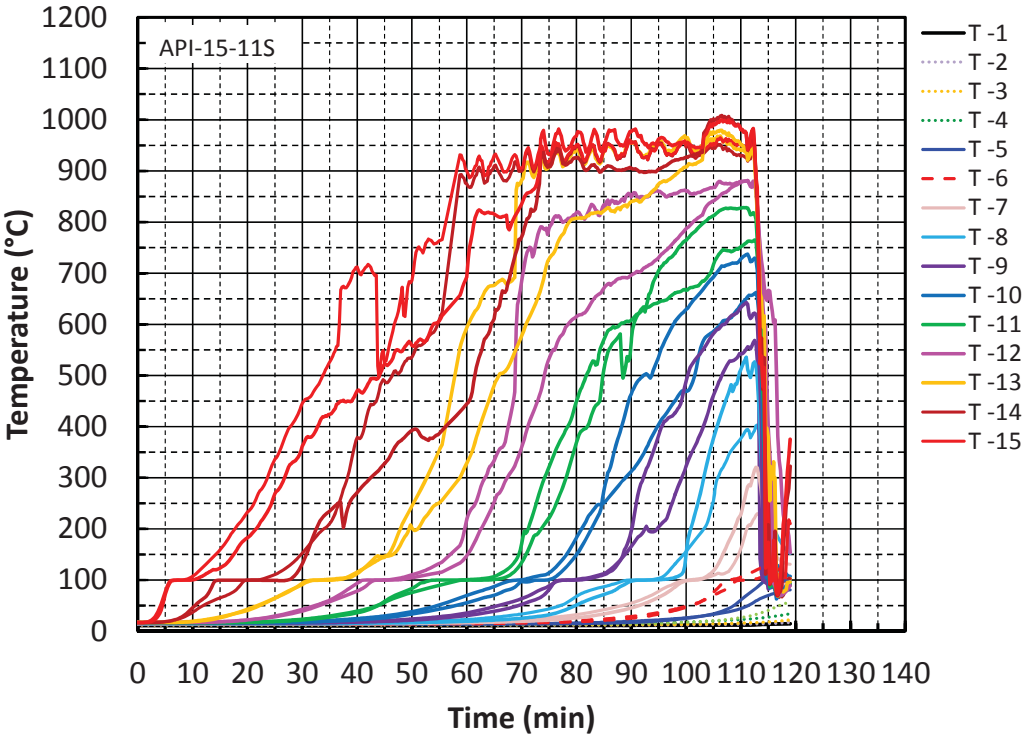


図 3.1.4.(5)-3 W-2 スプルース(API・ラミナ厚 15mm・11 層)　パネル厚 165mm

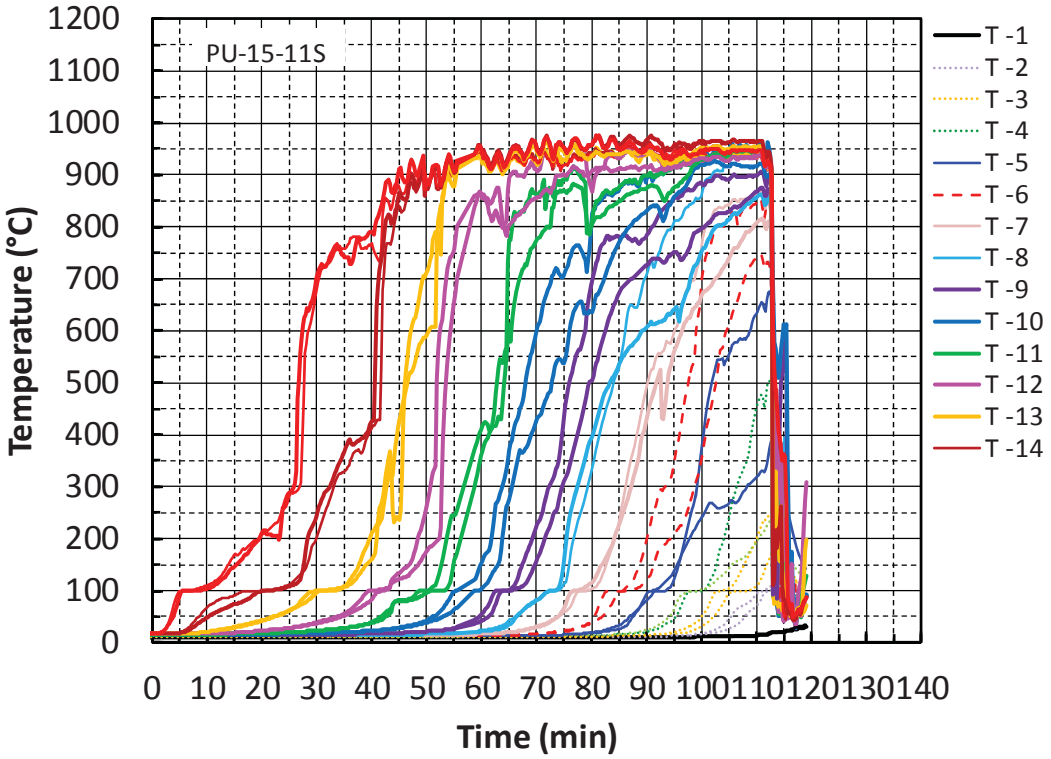


図 3.1.4.(5)-4　W-3 スプルース(PU・ラミナ厚 15mm・11 層)　パネル厚 165mm

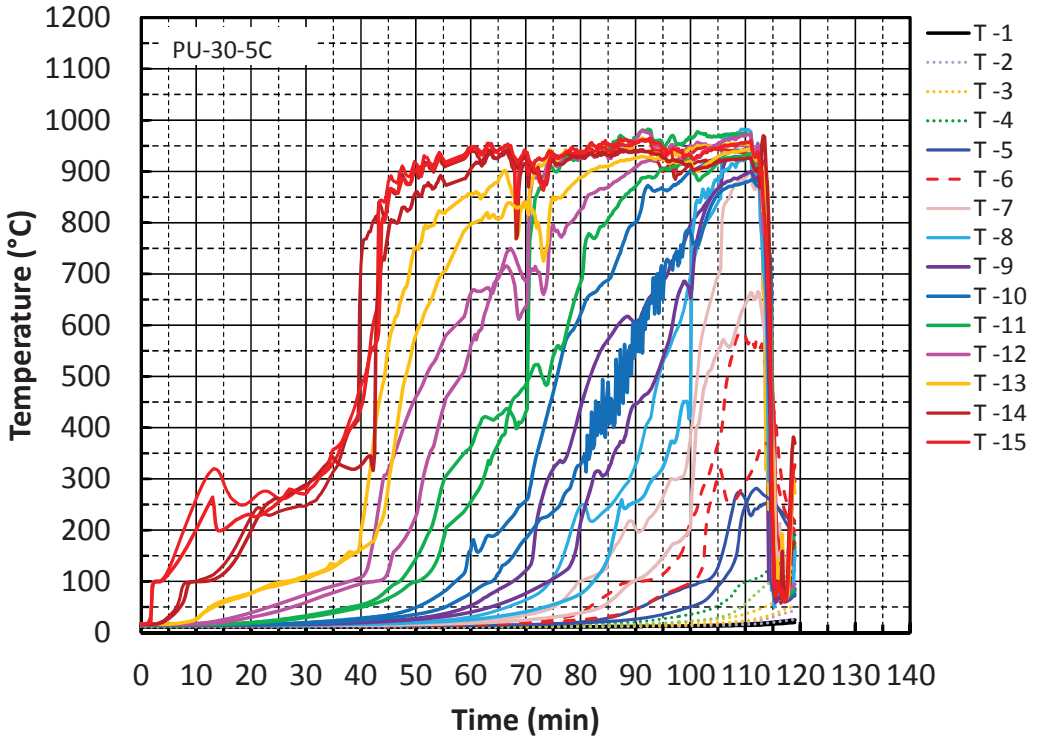


図 3.1.4.(5)-5 W-4 スギ(PU・ラミナ厚 30mm・5 層)　パネル厚 150mm

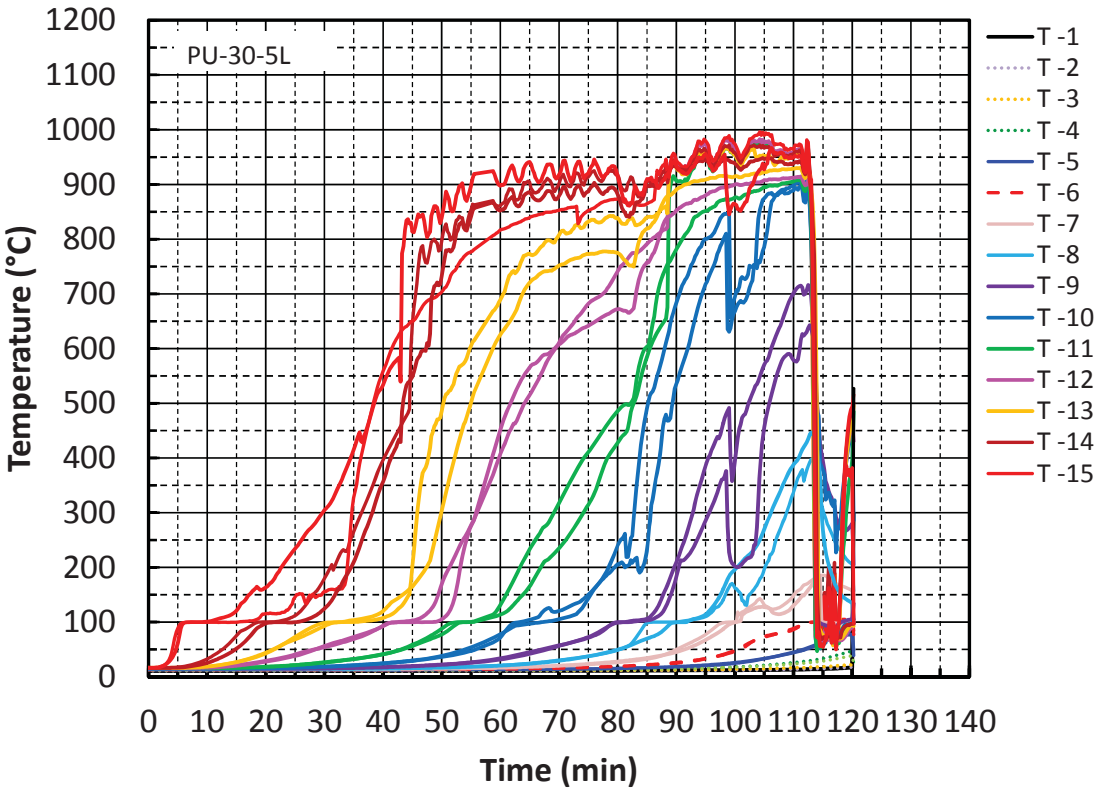


図 3.1.4.(5)-6　W-5 カラマツ(PU・ラミナ厚 30mm・5 層)　パネル厚 150mm

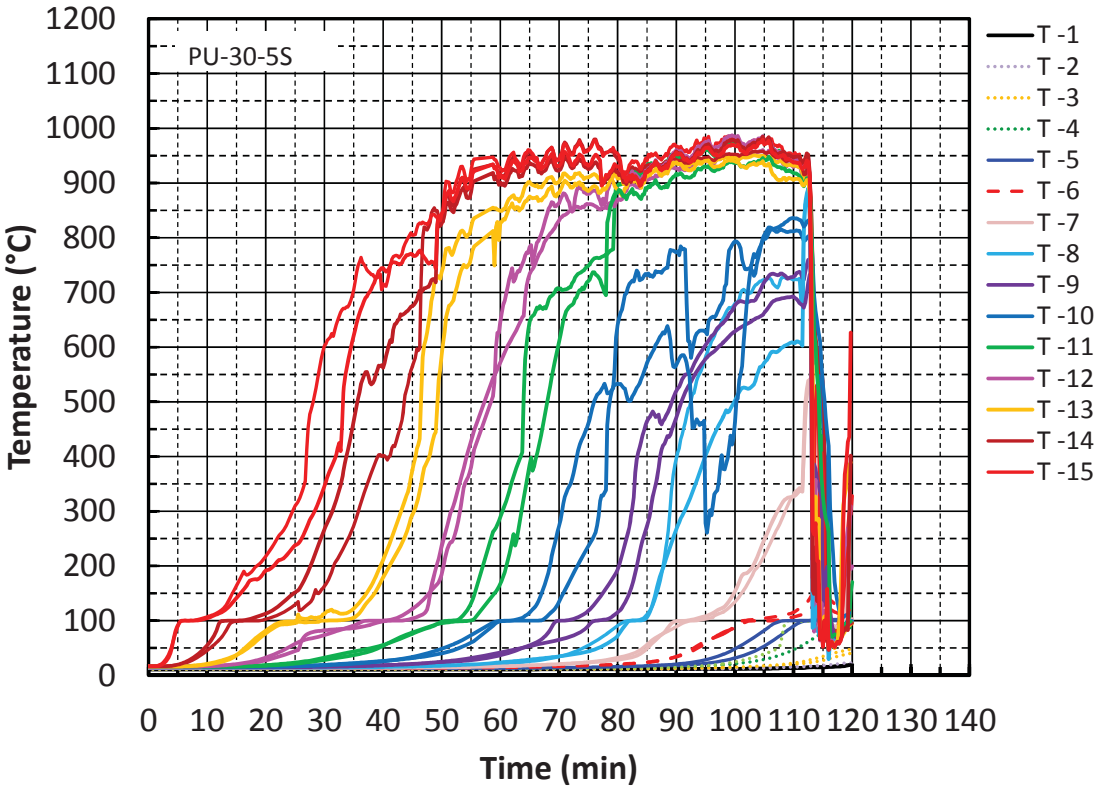


図 3.1.4.(5)-7 W-6 スプルース(PU・ラミナ厚 30mm・5 層)　パネル厚 150mm

Ｆ．各断面の炭化温度到達時間と炭化速度

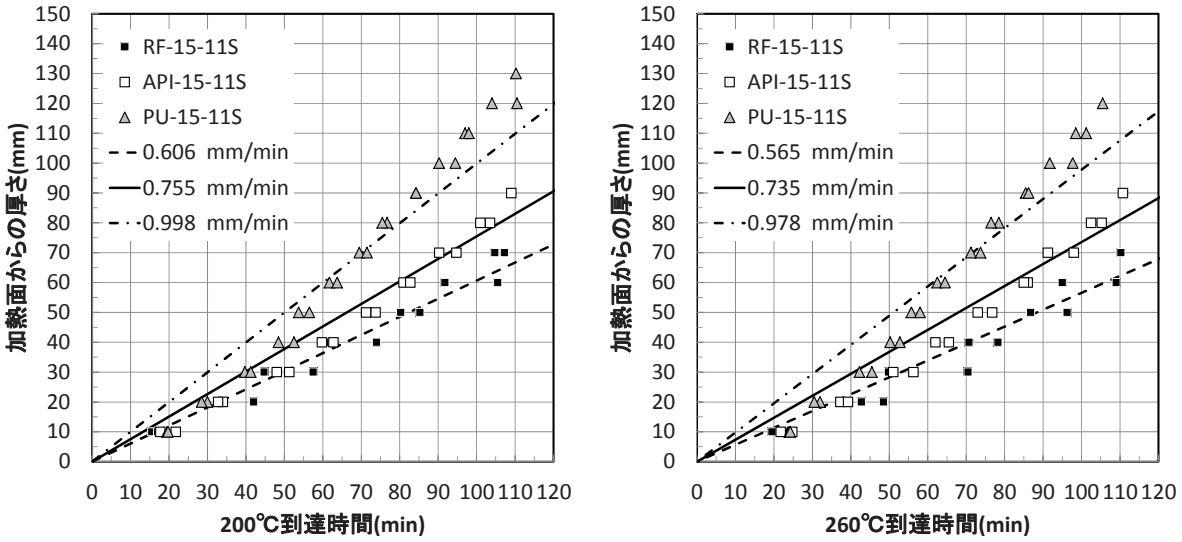


図 3.1.4.(5)-8 スプルース　ラミナ厚 15mm・11 層　　パネル厚 165mm

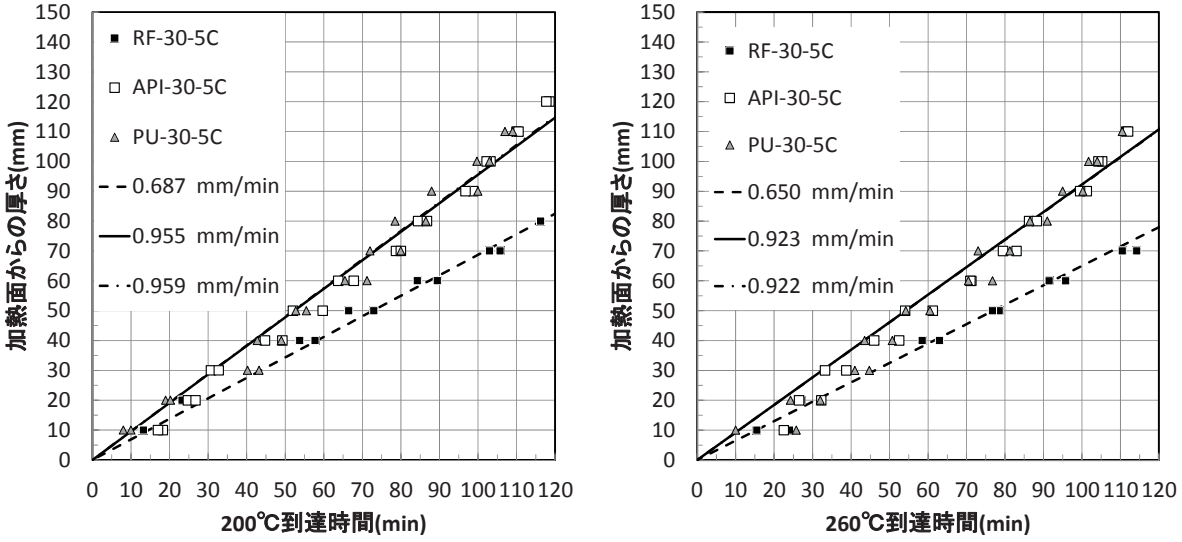


図 3.1.4.(5)- 9 スギ　ラミナ厚 30mm・5 層　　パネル厚 150mm

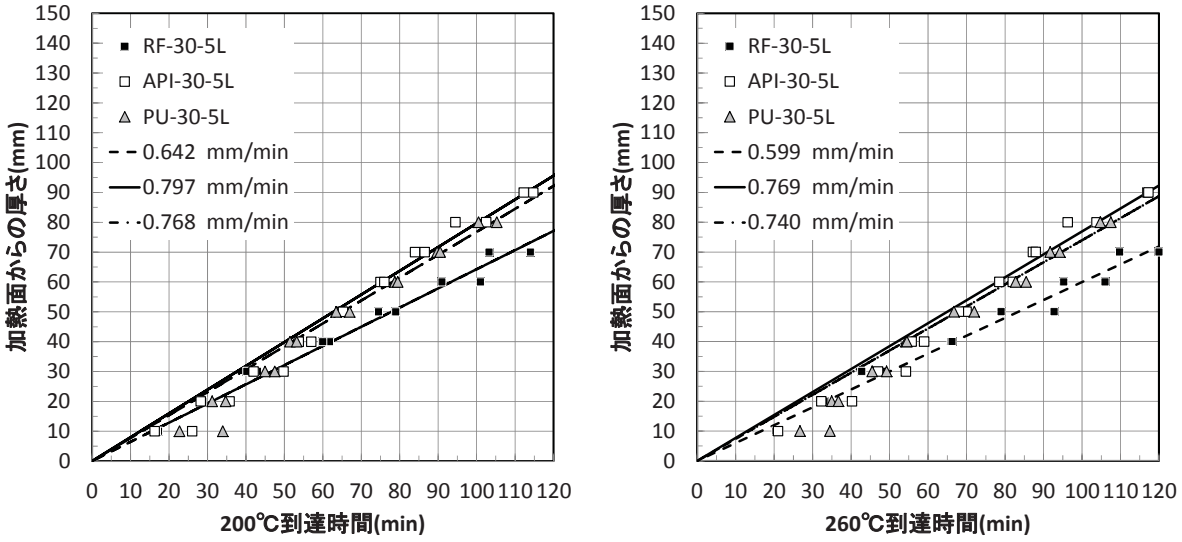


図 3.1.4.(5)- 10 カラマツ　ラミナ厚 30mm・5 層　　パネル厚 150mm

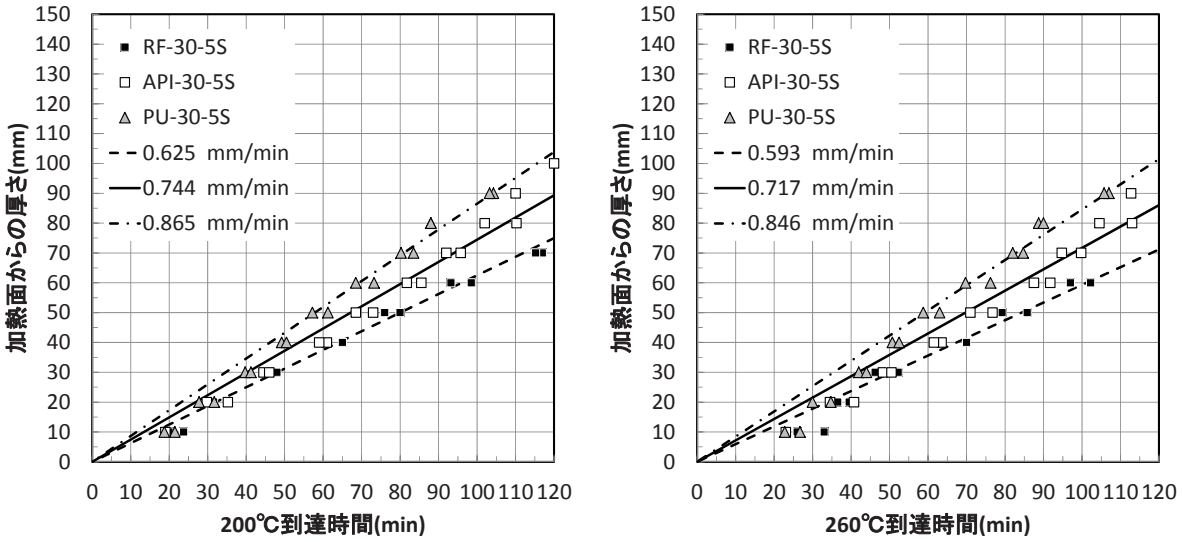


図 3.1.4.(5)-11 スプルース　ラミナ厚 30㎜・5 層　　パネル厚 150㎜

（６）接着剤・ラミナ厚・樹種による影響確認試験⑥

Ａ．実験目的および試験体仕様

これまでの実験で、ラミナ厚が薄くなるほど、接着剤の影響が大きくなるため、炭化速度が速くなる傾向が見られたが、ラミナ厚が 21mm と 30mm を比較すると 30mm の方が、炭化速度が速い結果となったため、この原因を探ることを目的に、代表的な API・RF 接着剤において、ラミナ厚を 21mm・27mm・30mm とした時の炭化速度を把握することを目的とする。（21mm と 30mm は同じ条件での再試験で材料自体のばらつきの影響を確認する意味合いがある。）

Ｂ．試験写真

写真 3.1.4.(6)－1
CLT 試験体⑥No.1-3（加熱前）

写真 3.1.4.(6)－2
CLT 試験体⑥No.4-6（加熱前）

写真 3.1.4.(6)－3
CLT 試験体⑥No.1-3（加熱後）

写真 3.1.4.(6)－4
CLT 試験体⑥No.4-6（加熱後）

C. 加熱温度

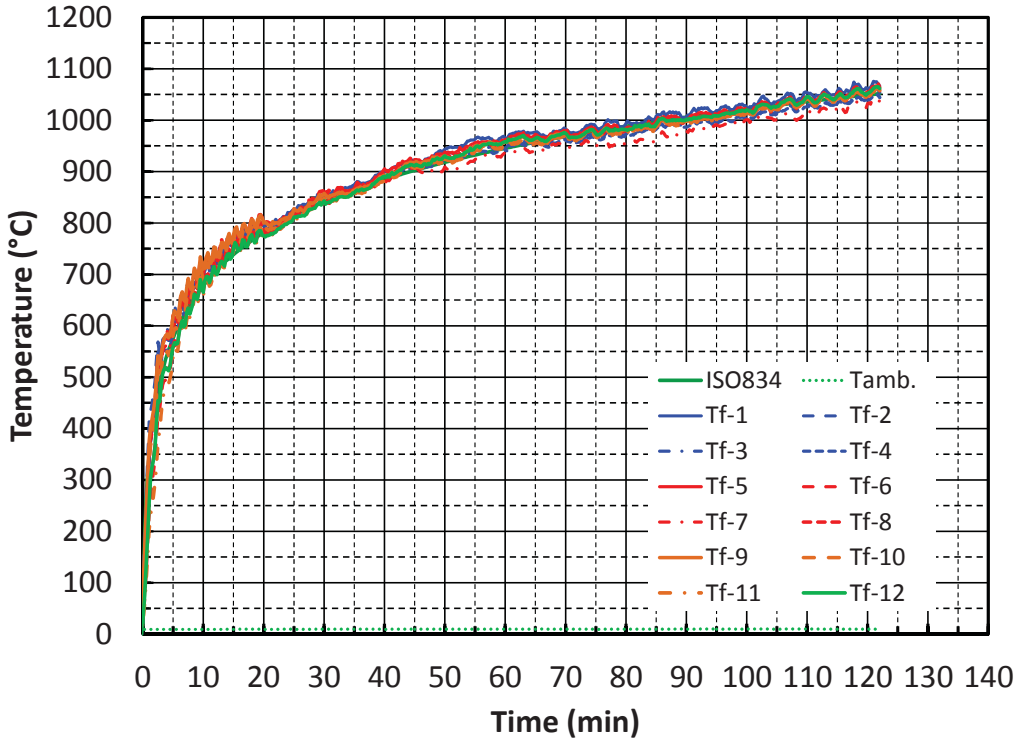


図 3. 1. 4. (6) －1 加熱温度

D．炭化状況

写真 3.1.4.(6)-5 W-1 スギ(API 接着剤・ラミナ厚 27mm・7 層)　パネル厚 147mm

写真 3.1.4.(6)-6 W-2 スギ(API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層)　パネル厚 150mm

写真 3.1.4.(6)-7 W-3 スギ(API 接着剤・ラミナ厚 21mm・6 層)　パネル厚 162mm

写真 3.1.4.(6)-8 W-4 スギ(RF 接着剤・ラミナ厚 27mm・7 層)　パネル厚 147mm

写真 3.1.4.(6)-9 W-5 スギ(RF 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層)　パネル厚 150mm

写真 3.1.4.(6)-10 W-6 スギ(RF 接着剤・ラミナ厚 21mm・6 層)　パネル厚 162mm

E．試験体内部温度

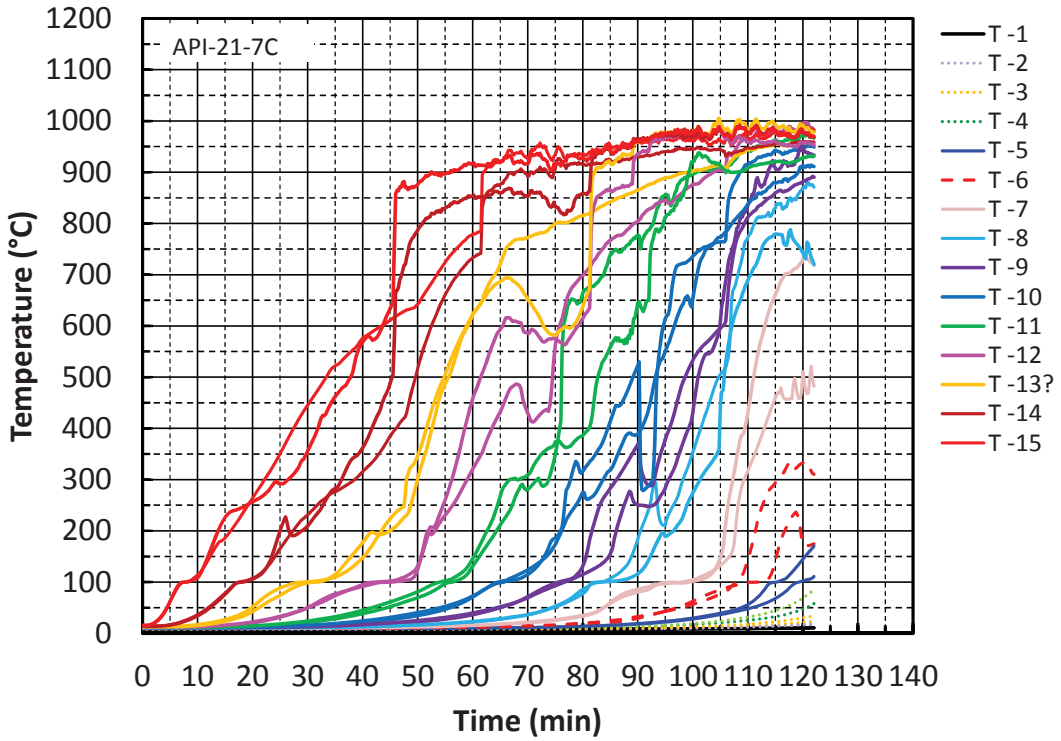


図 3.1.4.(6)-2 W-1 スギ(API 接着剤・ラミナ厚 21mm・7 層)　パネル厚 147mm

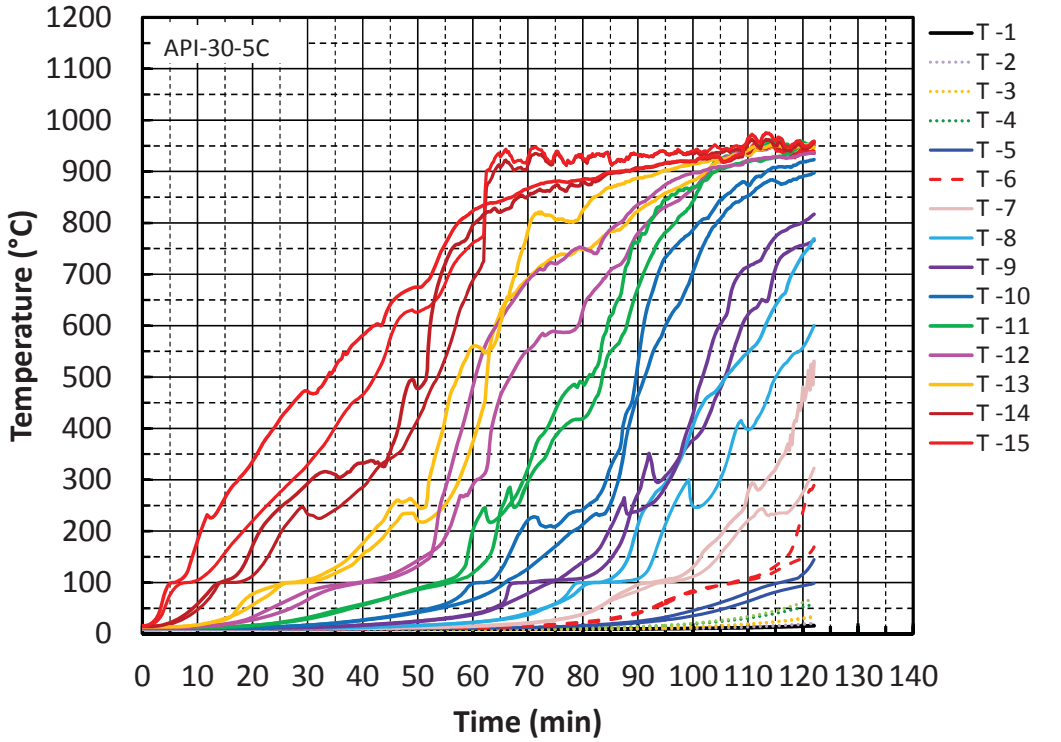


図 3.1.4.(6)-3 W-2 スギ(API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層)　パネル厚 150mm

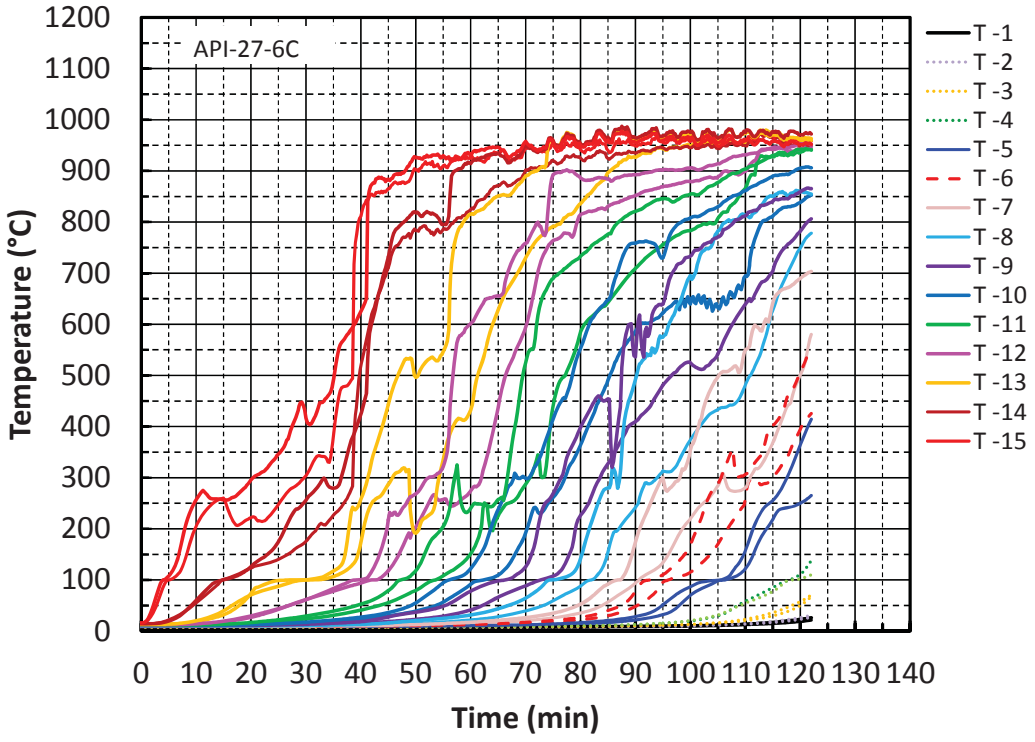


図 3.1.4.(6)-4 W-3 スギ(API 接着剤・ラミナ厚 27mm・6 層)　パネル厚 162mm

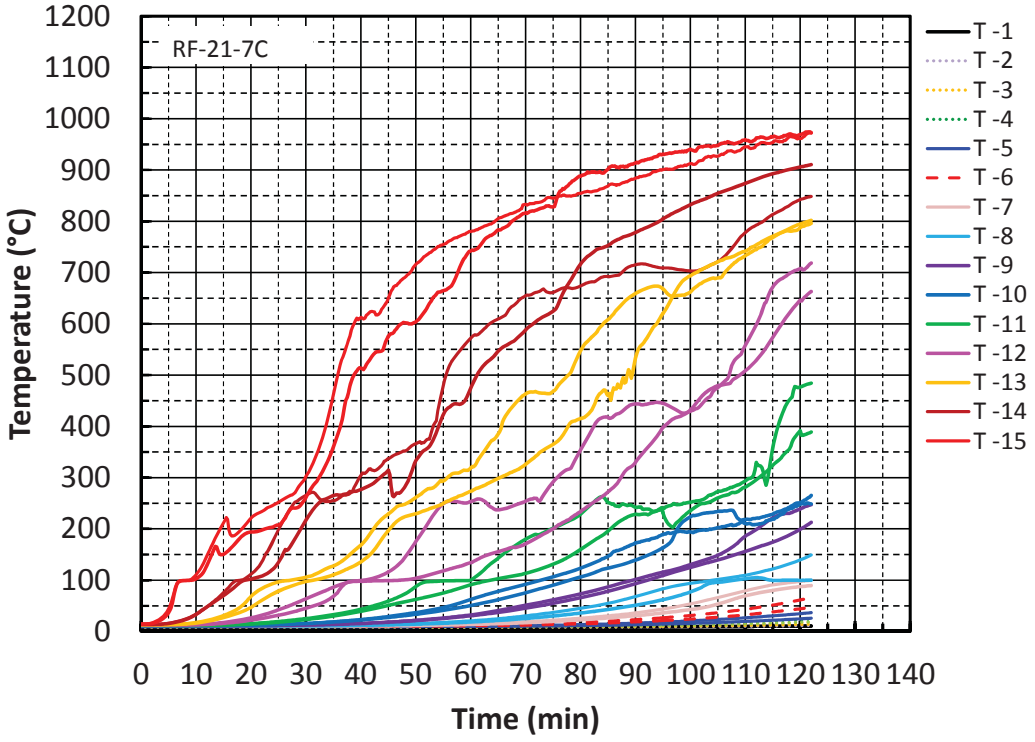


図 3.1.4.(6)-5 W-4 スギ(RF 接着剤・ラミナ厚 21mm・7 層)　パネル厚 147mm

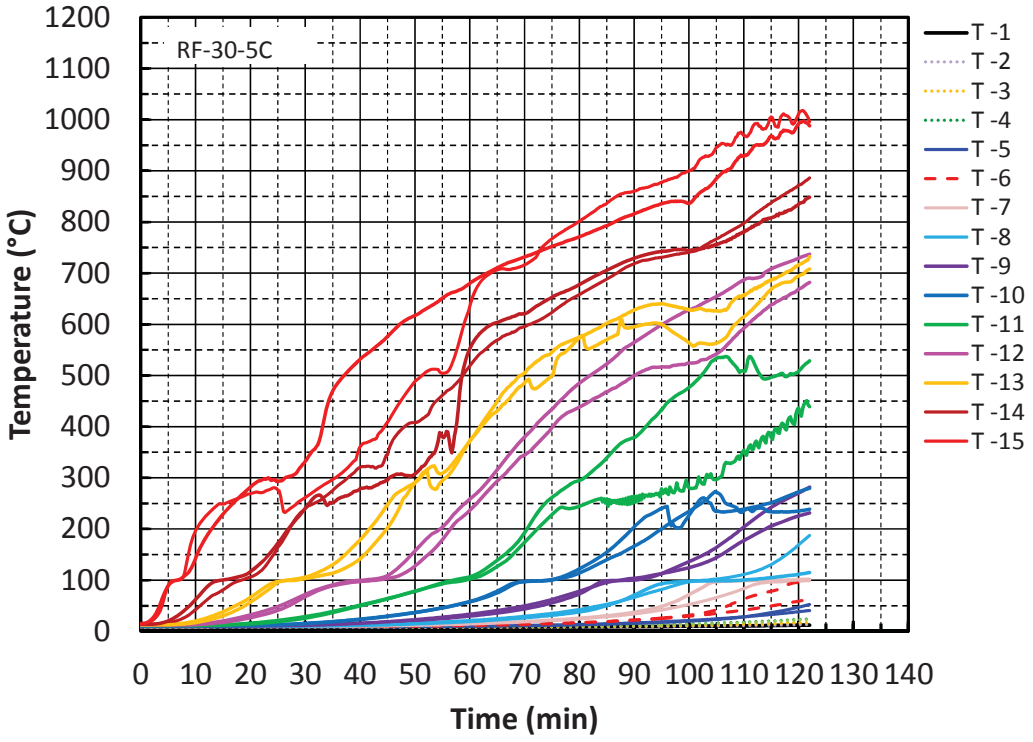


図 3.1.4.(6)-6　W-5 スギ(RF 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層)　　パネル厚 150mm

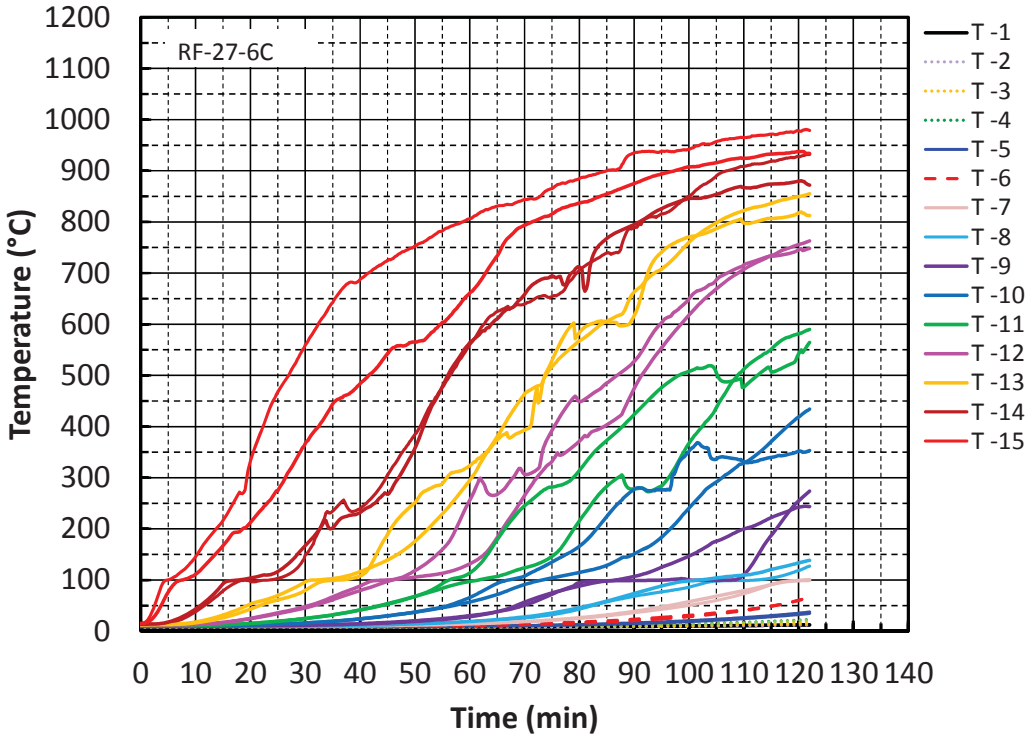
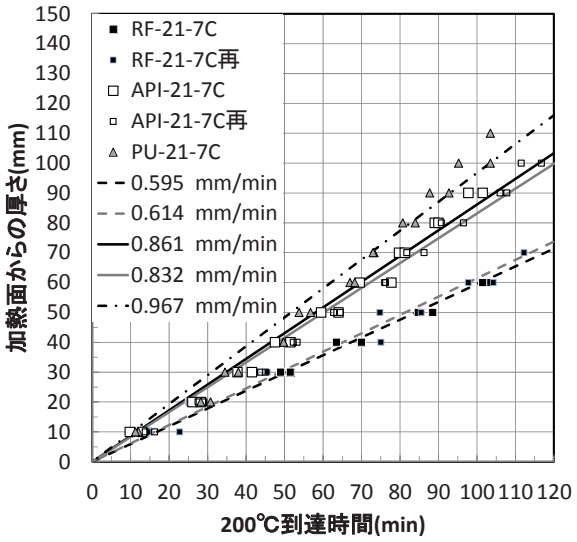


図 3.1.4.(6)-7 W-6 スギ(RF 接着剤・ラミナ厚 27mm・6 層)　　パネル厚 162mm

Ｆ．各断面の炭化温度到達時間と炭化速度



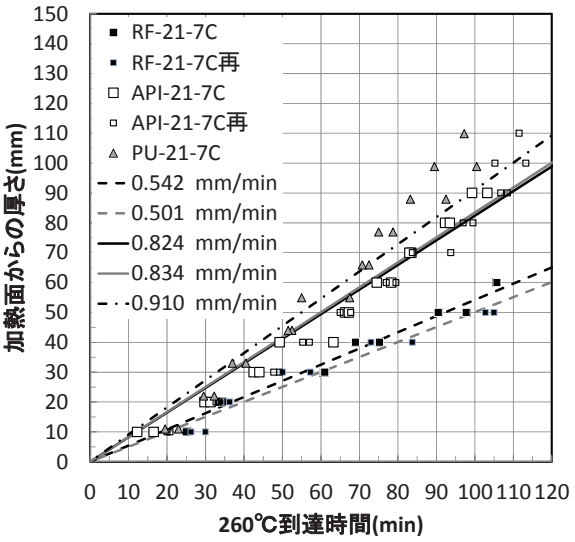
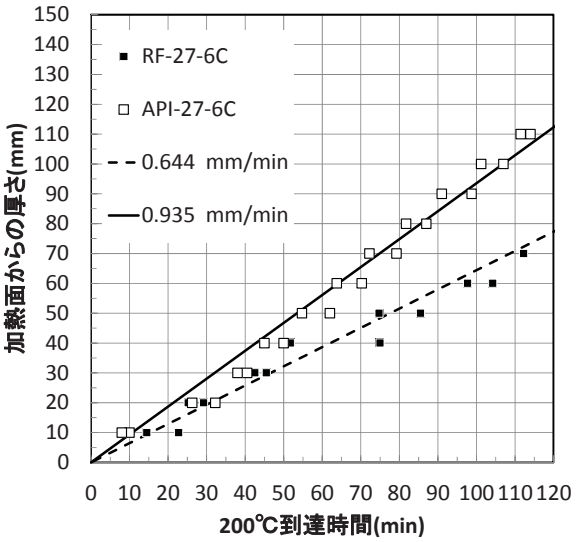


図 3.1.4.(6)-8 温度到達時間　スギ　ラミナ厚 21㎜・7 層　　パネル厚 147㎜



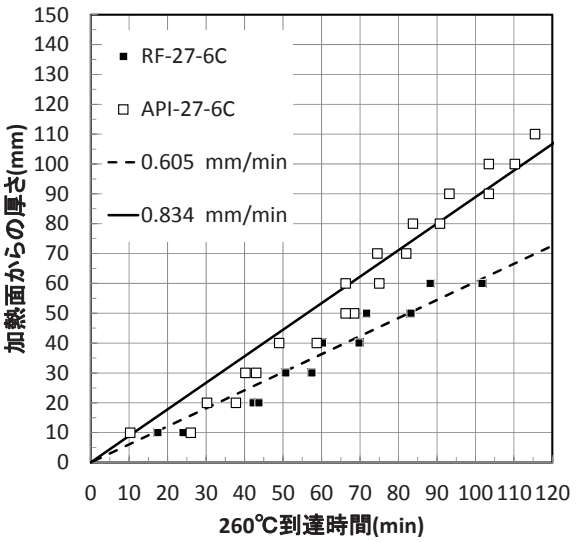
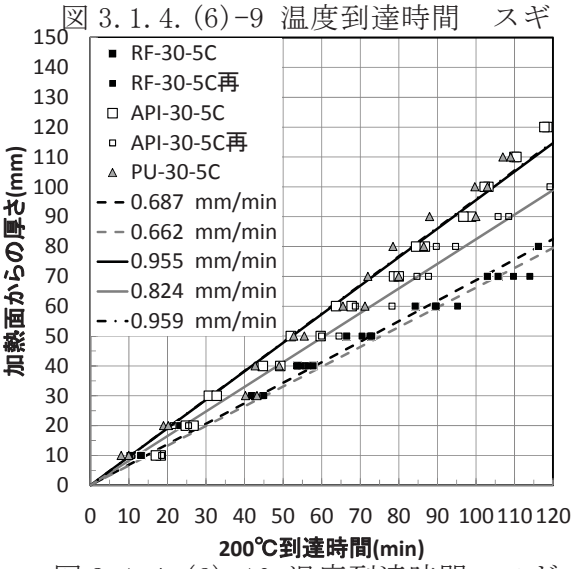


図 3.1.4.(6)-9 温度到達時間　スギ　ラミナ厚 27㎜・6 層　　パネル厚 162㎜



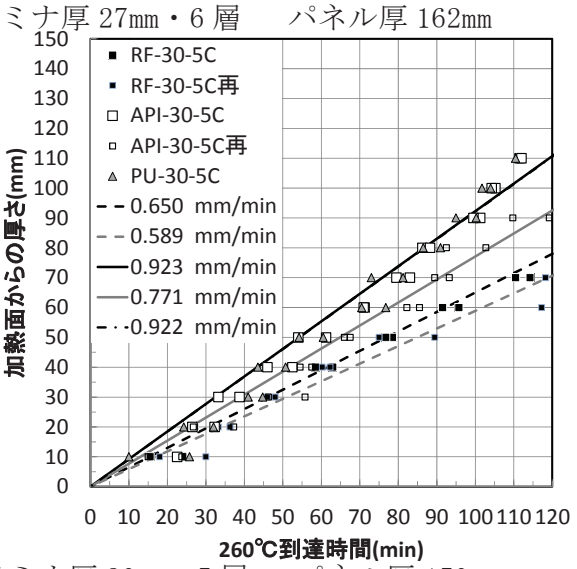


図 3.1.4.(6)-10 温度到達時間　スギ　ラミナ厚 30㎜・5 層　　パネル厚 150㎜

3.1.5 考察

図 3. 1. 5-1、図 3. 1. 5-2 に実験結果一覧を示す。

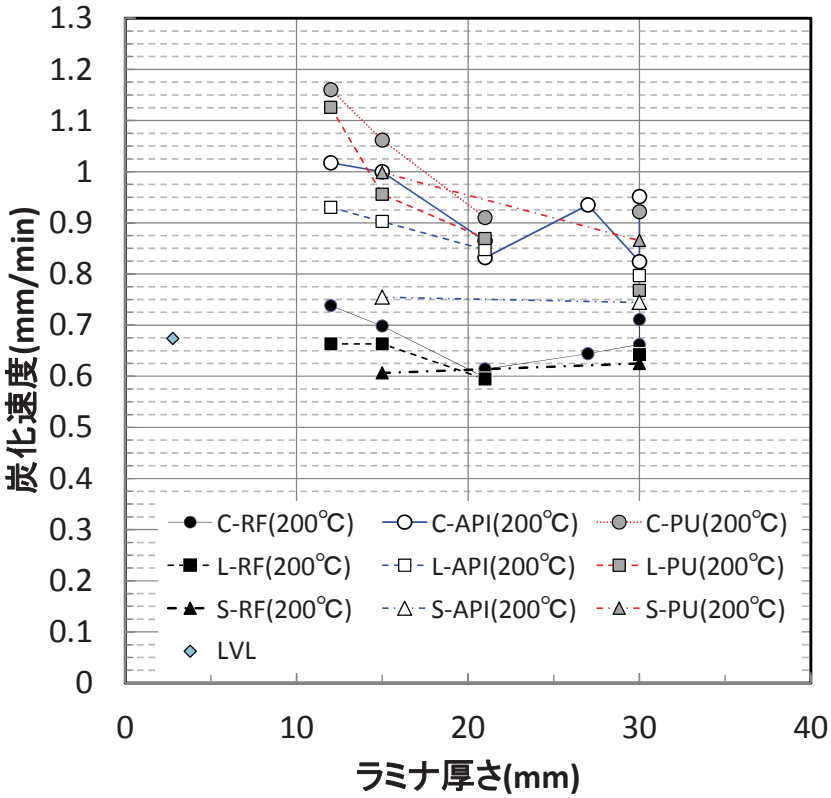


図 3. 1. 5－1 温度到達時間（200℃）

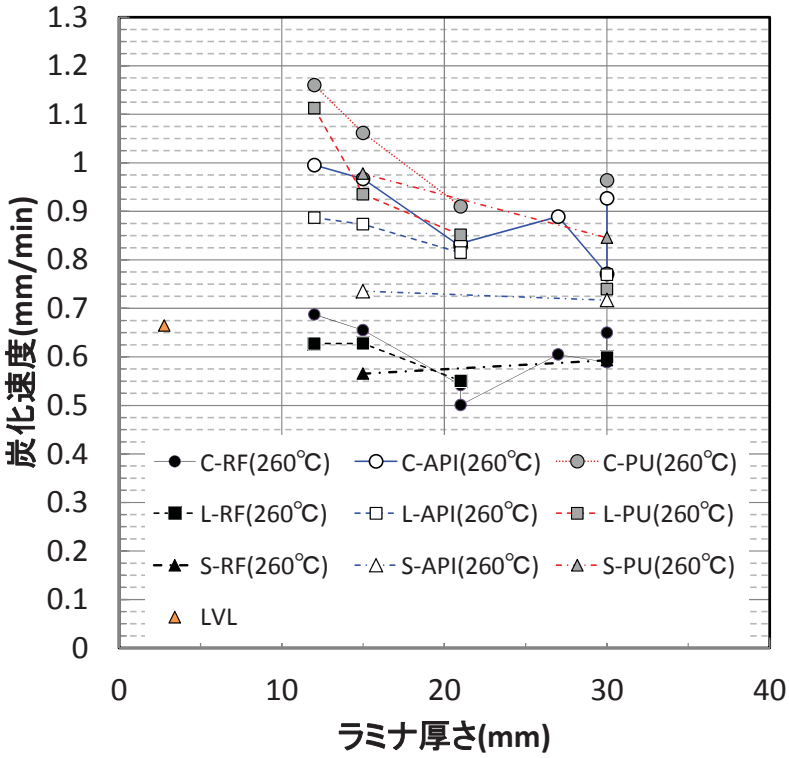


図 3. 1. 5－2 温度到達時間（260℃）

まず接着剤の違いが炭化速度に大きく影響することが見て取れる。図 3.1.5－3 に同じラミナ厚・積層数で、同じ時間加熱した接着剤の異なる試験体の炭化層残存状況を示す。炭化後も炭化層が残存して内部への熱侵入を緩和される RF 試験体に対し、高温時の付着性能が劣る API では炭化層が脱落してしまうことが分かる。よって炭化層の断熱による炭化速度抑制効果が得られず、API・PU を用いた試験体では、RF 接着剤に比べて、炭化速度が高くなることが示された。この差は、ラミナ厚が薄くなり積層数が増加するほど、接着剤の影響が大きくなるため、顕著となることが分かった。

図 3.1.5－3 炭化層残存状況

反対にラミナ厚が 20㎜ を超えて厚くなると、RF も含めて、どの接着剤を用いた試験体も炭化速度の上昇が見られるようになる。またラミナ厚 20㎜・30㎜ については同じ条件で 2 回の試験を行っているが、20㎜ ではばらつきが小さいのに対し、30㎜ ではばらつきが大きく、これはラミナ厚が大きくなることで、集成材に対して製材の炭化速度が速く設定されているのと同じく、木材自体の欠点やばらつきが作用するためと考えられる。

次に樹種の違いが炭化速度に与える影響については、スギとカラマツの比較では、どの接着剤を用いた場合もカラマツの方が、炭化速度が小さくなる傾向が見られた。ただし、上記に示した接着剤の影響と比べると、その差は小さく、特にラミナ厚が 20㎜ 以上となる領域では、木材自体のばらつきが影響してくることもあり、大きな差は見られなかった。またスプルースに関しては、概ねスギ・カラマツの中間の値となったが、接着剤との相性の問題もあるのか、API 接着剤と組み合わせた 15㎜ のラミナ厚の場合に限り、低い炭化速度が得られた。ただし優先度が低かったため実験数も少なく、現状では有意な差と結論付けるには至っていない。