

# サーモグラフィを用いた木材乾燥制御法

宋 周勲

## 目次

第1章	序論.....	1
1.1	緒言 .....	1
1.2	既往の研究 .....	8
1.3	本論文の構成.....	17
第2章	サーモグラフィによる木材の割れのモニタリング .....	18
2.1	はじめに.....	18
2.2	赤外線画像を用いた割れの検出.....	19
2.2.1	実験 .....	19
2.2.2	結果と考察.....	22
2.3	割れのモニタリング .....	28
2.3.1	実験 .....	28
2.3.2	結果と考察.....	28
2.4	まとめ .....	36
第3章	割れ発生時の温度および含水率分布測定 .....	37
3.1	はじめに.....	37
3.2	割れ発生時の材温分布 .....	37
3.2.1	実験 .....	37
3.2.2	結果と考察.....	40
3.3	割れ個所と割れなし個所の比較.....	44
3.3.1	実験 .....	44
3.3.2	結果と考察.....	44
3.4	まとめ .....	50
第4章	内部割れと木口面材温分布の関係 .....	51
4.1	はじめに.....	51
4.2	材温分布の変動係数.....	52
4.2.1	実験 .....	52

4.2.2	結果と考察.....	52
4.3	内部割れ発生時の材温分布および変動係数.....	54
4.3.1	実験 .....	54
4.3.2	結果と考察.....	54
4.4	熱電対による材内部温度の測定 .....	58
4.4.1	実験 .....	58
4.4.2	結果と考察.....	58
4.5	まとめ .....	59
第 5 章	木口表面の材温分布の変動係数を用いた木材乾燥制御法 .....	60
5.1	はじめに.....	60
5.2	小型サーモグラフィを用いた乾燥制御試験.....	67
5.2.1	実験 .....	67
5.2.2	結果と考察.....	71
5.3	まとめ .....	75
第 6 章	結論 .....	76
参考文献		
謝辞		
Appendix		

# 第1章 序論

## 1.1 緒言

日本は、国土の約 3 分の 2 が森林に覆われており、先進国の中でも有数の森林率を誇る国である。また、日本の人工林蓄積の約 6 割はスギであり、そのスギを中心とする豊富な森林資源が伐採時期を迎えている。しかし、スギがもつ諸特性が利用上問題となっている。一般的に、スギは他の樹種に比べて生材の心材含水率が高く、樹幹内での含水率のばらつきも多いことが知られている。このため、乾燥が困難となり、乾燥コストは他樹種よりも割高である。さらに、スギは他の構造用針葉樹に比べヤング率のばらつきが多く、一般的に弱いものが多いことから、建築構造用材として弱点を有している。建築基準法の改正によって、木材製品にもこれまで以上に高い性能保証や製造者責任が求められるようになり、戦後の植林により伐採可能時期がピークを迎えつつある国産スギ材の利用環境は、困難な状況にあると予想されている。こうした状況を打破するため、輸入乾燥材よりも安価かつ性能を保証し得る国産スギ製材の供給を可能とする革新的な乾燥技術の開発が急務となっている。スギは日本の林業、木材産業、木造住宅産業における主要な原材料であるため、その成否は木材生産者や製材業者の雇用だけではなく、日本の人工林が抱える間伐促進をはじめとする林業活性化、さらに森林機能の維持、管理まで影響を及ぼす重要な問題である<sup>1)</sup>。そのため、スギの需要拡大を図ることが必要不可欠となってきた。

これらを、有効利用することができれば、そのほとんどを輸入木材に頼っている建築構造用材や製材・合板用材などを、国産材で賄うことも可能であると考えられる。そのためには、住宅需要の変化に伴う木材需要の変化に対応することが必要であり、コストの低減や、安定した材質の木材を供給することが不可欠である。特に、高気密性・高耐久化住宅への建築仕様の変化に伴って、部材の寸法安定性や耐久性、ひいては木造建築の耐久性向上には、乾燥材利用が有効かつ不可欠な手段である。スギ材需要が低迷する要因の一つに乾燥材供給の遅れがあげられる。未乾燥のスギ柱材（心持ち正角材）は近年、プレカットの急増、住宅構造仕様の変化などによって施工後に不具合を生ずる等の問題が出てきた。そして、木材需要は生材から品質・性能が明確な乾燥材へとシフトしている。平成 13 年度の製材生産量に占める含水率 25%以下の人工乾燥材の割合は 13%と低い。これは乾燥材の製造過程でかかるコス

トを販売価格で補えないことが主な理由である。乾燥材のコストの内訳を見ると、その多くは木材乾燥過程のエネルギーであることから、もし乾燥過程で生じるコストを削減できれば乾燥材の供給体制が整備されて需要が拡大し、木材の利用促進につながる<sup>2)</sup>。

木材の乾燥方法には種々あるが、ひとつの分け方として、風・太陽熱などの自然エネルギーを利用する天然乾燥法と、人為的に乾燥条件を与え、短時間で乾燥させる人工乾燥法に区別できるが、需要に対してより早く対応でき、また品質の均一化を図ることができるため、十分な時間と土地を必要とする自然のエネルギー活用型の天然乾燥よりも、人工的に作り出した電気や熱を利用し、短時間で余分な木材中の水分を除去できる人工乾燥が活用されることが多い。人工乾燥方法として、蒸気式、除湿式、蒸気・高周波加熱複合式、高周波加熱・減圧式、蒸煮・減圧式、過熱蒸気式、液相式、燻蒸式等の様々な方法が検討され、乾燥材生産の現場における具体的な乾燥マニュアルの整備も進められてきている<sup>3)</sup>。日本農林規格(JAS)の針葉樹構造用製材用に当てはめてみれば、D25つまり、含水率25%以下を担保する木材が乾燥材ということになる。JAS規格の針葉樹構造用製材用としては、D25のほかに、D15、D20などが定められている<sup>4)</sup>。これらの基準は、芯持ちで断面の大きい材にとっては、品質を保つための乾燥はやや厳しいともいえる。とりわけ、スギは心材の含水率が高く、さらに水分がぬけにくいといわれる黒心材の発生も珍しくないことから、高いレベルの乾燥技術を要する。そのため、現在までに、人工乾燥に関する様々な研究が行われている。

一方で、Fig.1-1に示したように、人工乾燥材の生産量はいまだ低い水準にあるものの近年増加しており、建築用製材品に占める生産割合は平成18年は25.4%と前年に比べて2.8ポイント上昇した。その中で、日本の人工林資源の大半を占めるスギについては、一般的に材の含水率のばらつきが大きく品質の均一な乾燥材の生産が困難であったが、近年の乾燥技術の向上とともに、人工乾燥材の生産量は平成13年の50万m<sup>3</sup>から平成18年の86万m<sup>3</sup>へと大幅に増加した。また、国産材の合板への利用はスギ・カラマツ等の針葉樹を中心に近年急増しており、平成19年には対前年比43%増の163万m<sup>3</sup>で、5年前に比べて約6倍となった<sup>5)</sup>。

木材の乾燥の損傷には様々な種類が存在するが、中でも割れに関係した損傷は比較的良好

目立ち、取り返しの付かない結果となりやすいため重要視されている。さらに割れを分類すると、乾燥初期に発生する初期割れと、乾燥終末になって材内に生じる内部割れがあり、両者は全く原因を異にしている。さらに興味深いのは、同じ初期割れでもさらに細分化することができ、発生位置によって木口割れ、木口面から伸びる材面割れ、材面に単独に発生する材面割れなどに分類される (Fig.1-2)。この中で最もコストに影響を与える損傷の一つが木口面から伸びる材面割れである。この割れは初期割れの中で早い時期に発生し、乾燥後製品として使用不可能なくらいの大きな割れに成長する場合もあり、歩留まりの低下を引き起こす。

ここで、表面割れと内部割れの用語について説明する<sup>6)</sup>。

①表面割れ (surface check) : 木材を乾燥するときに表面に発生する割れのこと。木材が乾燥するときは材は表面から含水率が低下し、表層部が先に乾燥して収縮を始める。このとき、内層はまだ含水率が高く収縮が起こらないため表層は引っ張られて自由に縮めず表面割れが発生しやすい。

②内部割れ (internal check、honeycomb) : 乾燥後に材を横切りしたときにみられる内部の割れ。主として材中心部の細胞の落ち込みによって生じるが、高温乾燥では乾燥末期になると中心部に大きな引張応力が発生することで生じることがある。

Fig.1-3 は新産住拓の天然乾燥施設 (熊本県多良木町) を見学し、撮影した写真である。図上は表面割れの様子、図下は栈積み状態である。図中の枠内は木口割れおよび木口割れから伸びた材面割れを示す。天然乾燥は製材を屋外に放置し日光や外気によって乾燥させる方法であり、他の乾燥法と比べて外部から人工的にエネルギーを余り与えずに済むという点で優れている。しかし、乾燥の過程がまったく自然環境にゆだねられているので、乾燥初期に低湿度条件となるため表面割れが生じやすい。したがって、木材乾燥において木口面から材面に伸びる割れを抑制することは、木材乾燥コストの低減、さらには乾燥材の普及に貢献できると考えられる。



Fig.1-1 Changes in the supply of kiln lumber <sup>5)</sup>.

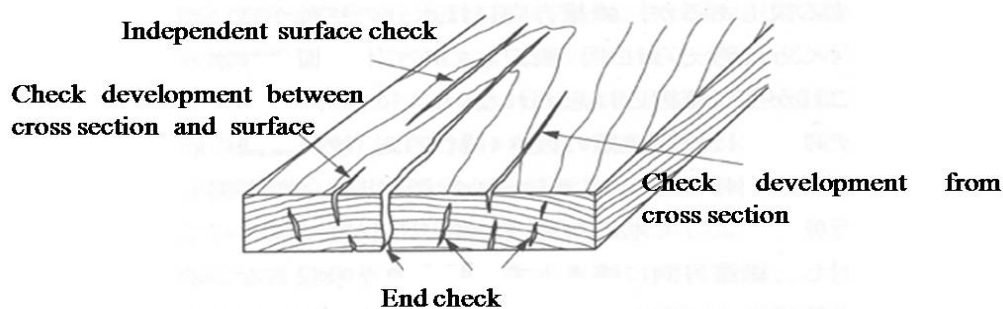


Fig.1-2 Occurrence of check in the early drying stage.

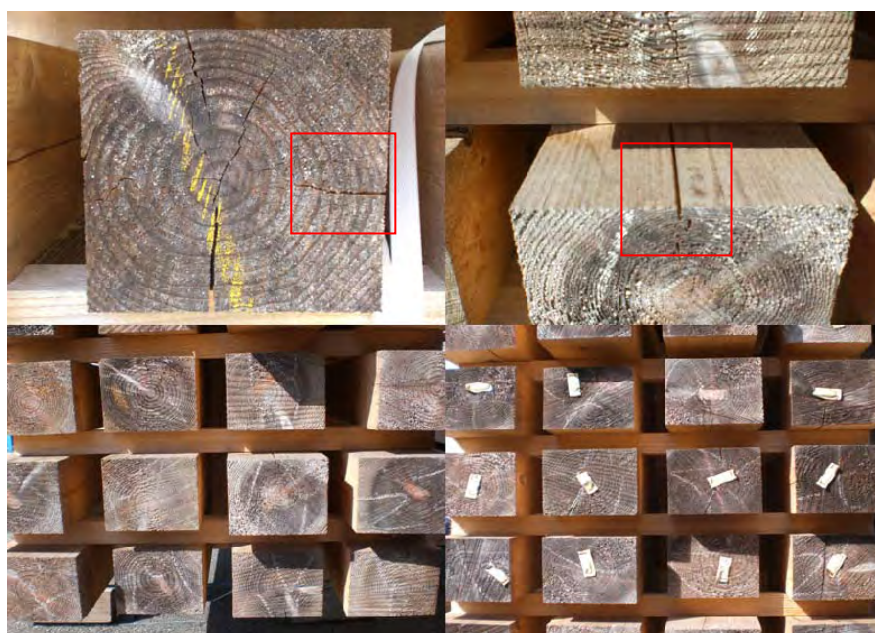


Fig.1-3 Check development from cross section of lumber.

一方で、本研究で用いた赤外線サーモグラフィは物体の温度を非接触で捉えることができる。これまで金属やプラスチックなどの複合材料でのひずみ・応力分布の解析に用いられた実績<sup>7-9)</sup>があるものの、木材については適用を試みた例はないため、このシステムの木材への適用が可能となると幅広い応用が期待される。非常に高額であったサーモグラフィも近年では低価格化が進んでおり、20万円以下で、かつ非常に小型で屋外での持ち運びにも便利な携帯型も出ている (Fig.1-4)。2008年度の赤外線カメラ (サーモグラフィのみ) の出荷台数は優に 20,000 台を超える見込みである。近年の赤外線カメラの価格は、技術の進歩と販売台数の増加により、高精度を維持しつつも価格が下がる傾向にある。しかし価格は安くなっても仕様の要求内容は変わることにはならない。次世代の赤外線カメラに求められる市場のニーズは次のようなコンセプトを元に開発された。ディスプレイの大画面化の維持、可視カメラの装着、軽量および簡単操作、バッテリーの長時間駆動、人間工学を用いたデザイン、リーズナブルな製品価格などが挙げられる。日本では、建築基準法が改正されビルおよび公共施設の外壁診断が義務化されており、打診するためには足場の設置が必要になるため、赤外線カメラを用いた診断需要は今後増すことは間違いない。これからの日本の赤外線カメラの需要の伸びの方向性が容易に分かると思われる<sup>10)</sup>。

Fig.1-5 は蒸気式乾燥法における新しい乾燥操作法の開発手順を示す。いつ表面割れは起こるのか、割れそうな時期を知るためのモニタリング方法として AE、ひずみ、含水率傾斜を用いる方法が挙げられるが、実際に使いやすい簡単な指標が必要でないかと考えた。実現すれば、モニタリングしながら乾燥条件を制御しながら乾燥ができる。また、乾燥中の温度、湿度の履歴を調べて、新たな乾燥操作法を提案することができるのではないかと考えた。本研究では、木材の表面割れに対してモニタリングしながら乾燥条件を抑制しながら乾燥する方法として、赤外線サーモグラフィに着目し、木材の乾燥過程においてその活用性に注目した。

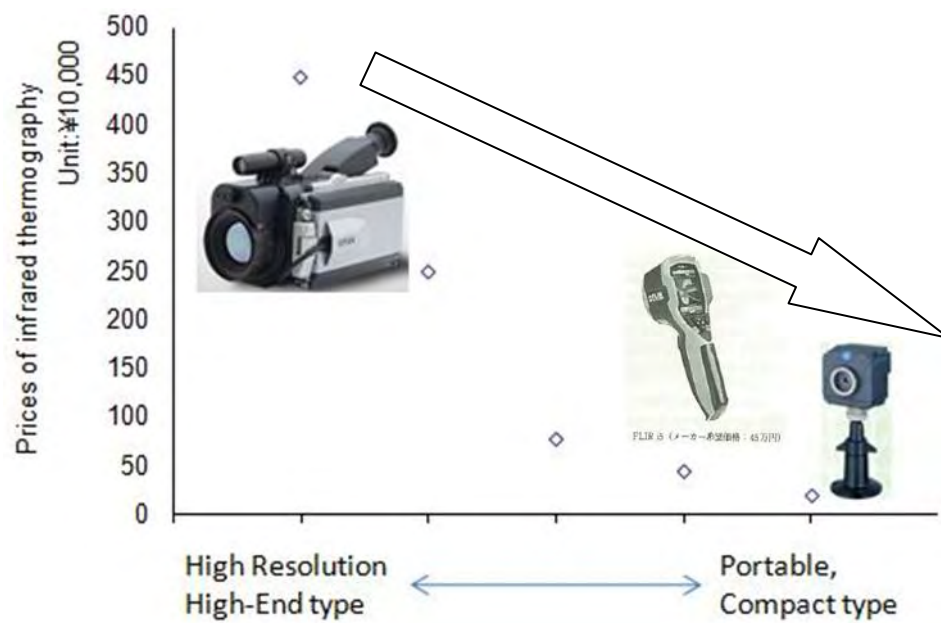


Fig.1-4 Prices of infrared thermography (NEC Avio. Co.)

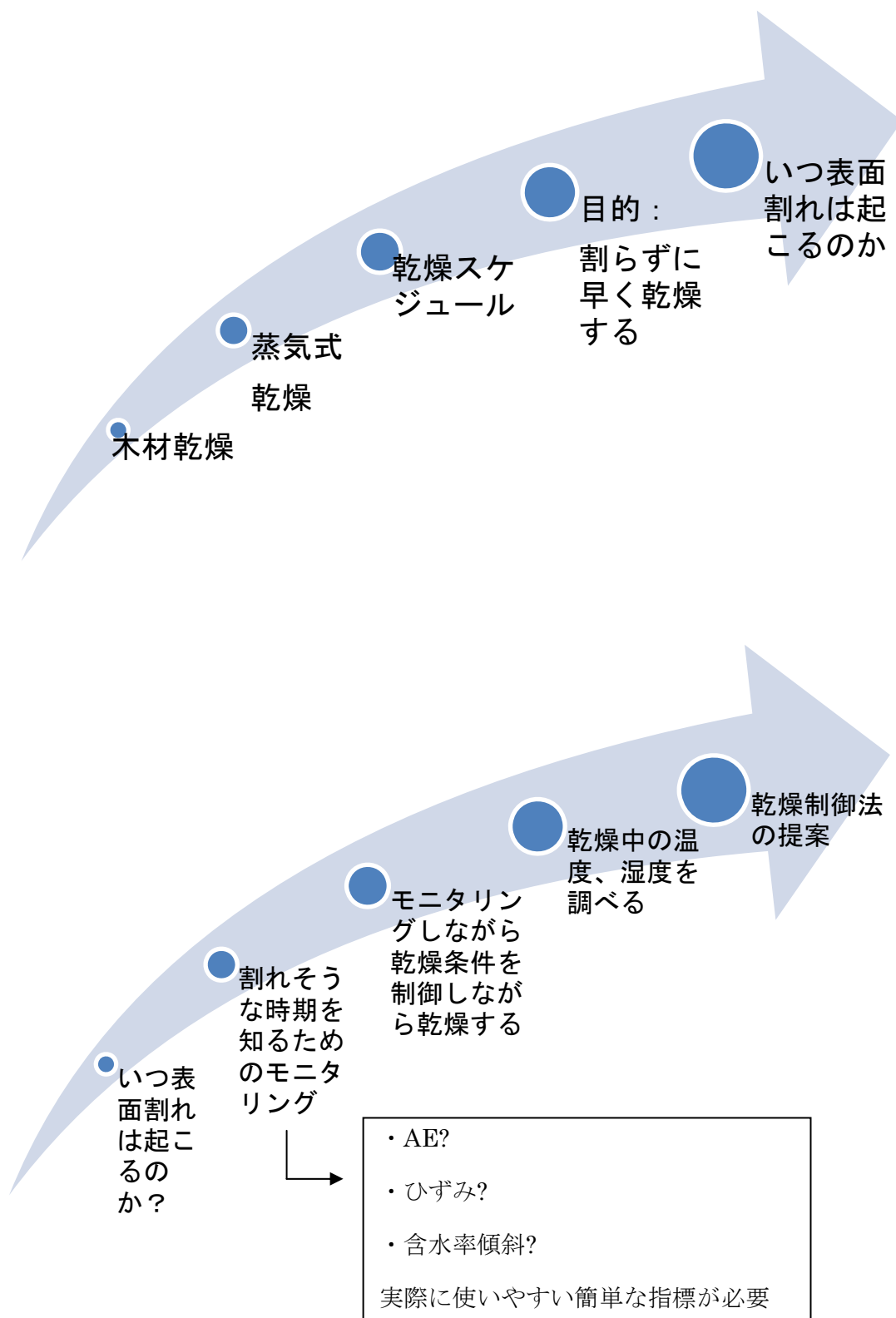


Fig.1-5 Kiln drying control applied to a conventional dry kiln.

## 1.2 既往の研究

ここでは人工乾燥スケジュール、非破壊検査法、赤外線サーモグラフィ装置、木材への応用例についての既往の研究を記す。

人工乾燥スケジュールは、木口割れ、表面割れ等の初期割れを防止するためと、乾燥末期に発生する内部割れや収縮率の増大を避ける目的から、乾燥開始時の温度は低く保つように指示されており、一般の乾燥技術者もこの基準を尊重している。低温を初期条件とするのは、広葉樹では乾燥温度が高いと表面割れ、落ち込み、内部割れ、収縮率の増大、狂いなどが発生し易く、針葉樹材では広葉樹ほどの損傷は発生しないが、温度を余り高くすると変色、強度低下、抜け節、樹脂のにじみなどの損傷が発生し、割れを生ずるのではないかという危険が感じられるからである<sup>11)</sup>。現在の人工乾燥（蒸気乾燥）では、表面割れを防ぐため、一般的には初期には低温高湿の条件で乾燥を開始し、表面割れの危険が少なくなってから、徐々に温度を上げ、湿度を下げ、末期の温度湿度で乾燥を終了させる方法が、主流をなしている<sup>12)</sup>。

古くから木材の人工乾燥の標準的スケジュールは、温度 40～80℃、相対湿度 25～95%の範囲で樹種に合わせ、種々組み合わせたものが使われてきた。この時の乾燥時間（生材→含水率 15%）は針葉樹柱材を考えた場合、少なくとも 10 日以上は必要と思われる。これに対し、高温乾燥では 2～5 日が期待できる。これは高温域での平衡含水率の数値をみても明らかで、100℃以下の乾燥に比べて僅かな温度上昇によって著しくこの値が低下することから十分予測可能な時間である。材の形状については、材厚さが薄くなるに従って乾燥速度が増大するが、温度と乾燥時間との関係は、Kollmann の式 Eq.(1-1)が知られている<sup>13)</sup>。

$$Z_2 = \frac{Z_1}{\left(\frac{\theta_2}{\theta_1}\right)^2} \quad \text{Eq.(1-1)}$$

ここで、 $Z_1$  : 90℃( $\theta_1$ )以上の乾燥時間

$Z_2$  : 100 °C( $\theta_2$ )以上の乾燥時間

$\theta_1$  : 90 °C 以下の乾燥温度

$\theta_2$  : 100 °C 以上の乾燥温度

乾燥方法は異なるが、金川<sup>14)</sup>はスギ心持ち角材を用いて表面の引張応力を緩和して表面割れを防ぐ実験を行い、半数強の材には比較的割れが少なかったことを明らかにした。

一般の蒸気式乾燥で割れずに乾燥するのは難しいが、乾燥スケジュールの工夫によって、ある程度割れを少なくすることは出来る。ただし、最終的に材の表面に割れが見えなくても、決して割れが出なかったのではなく、一度割れたものが閉じてしまった場合があり、乾燥スケジュールを与える際には、常に割れの発生経過を念頭におく必要がある。割れそうな時期になると、割れが発生すると判断し、湿度を上げるまたは温度を下げるなどの調整を行う。乾燥条件で表面蒸発を促進する意味からも、材中の温度変化を知る必要がある。

広く一般に普及している機械や構造物に適用できるき裂検知法には、光ファイバによる方法、赤外線熱画像法、電位差法、アコースティック エミッション（以下 AE と記す）およびひずみゲージ法等がある。そのなかで木材乾燥中に発生する AE について過去にいくつかの報告が行われている。ここでは割れと AE の関係について検討した結果を記す。Noguchi ら<sup>15,16)</sup>は AE 事象率が木材の割れと正の相関関係があることを明らかにした。Fig.1-6 に用いた実験装置を示す。

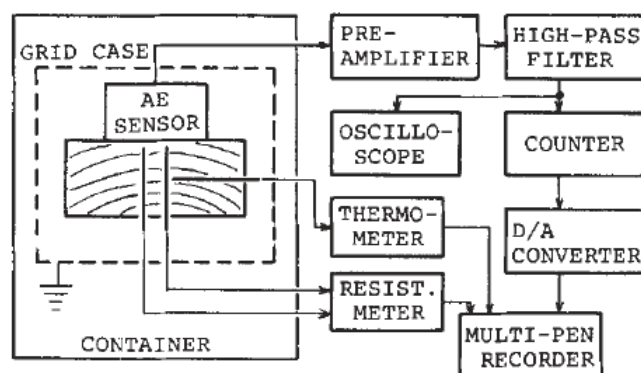


Fig.1-6 Experimental set-up<sup>15)</sup>.

佐藤ら<sup>17)</sup>は、検出した AE を slow AE と rapid AE と区分し、slow AE は木材中にもともと含まれているミクロなクラックの開口によって発生し、rapid AE は木材の破壊の過程で現れる性質に対応していることを明らかにした。割れの発生の検知は、材の外周部に導電塗料を塗り、直流電流を通し、割れが生じると電流が遮断されることが、あるいは著しく低下する

ことによって割れを検知した。また目視によっても割れの発生を確認した。関係湿度が最も割れに影響し、関係湿度の低いほど割れやすくなることを明らかにした。木口円盤が割れるとき、割れは AE 事象率が最高値に達するまでに発生する。AE 事象率の最高値が高いほど、また AE 事象率の上昇値が高いときほど割れやすくなることを明らかにした。乾燥中の木材の AE 事象率を測定し、その上昇率がある限界を超えたとき関係湿度を操作することによって効率的な乾燥制御を行い得る可能性を明らかにした<sup>18)</sup>。

祖父江<sup>19)</sup>は木材に対して非破壊検査法を試みた。Fig.1-7 は木材の非破壊検査法の分類を示す。水分および密度の測定や強度等級区分などを目的として比較的多くの研究がなされている。赤外線サーモグラフィを用いた非破壊検査は、壁面タイルの剥離検査や接着不良検査法としても利用されている。材料を一定の熱環境に曝すと、材料の熱特性や欠陥の有無によって表面温度に差異が生じる。祖父江<sup>19)</sup>はスギ心材部のように光学的情報による節の検出が難しい場合や表面に近い隠れ節の検出を試みた。以下に赤外線サーモグラフィの原理と計測機械としての発達の経緯について述べる。

赤外線サーモグラフィでモニタリングの対象とするのは言うまでもなく赤外線であるが、その基本的性能は電気波として説明される。すべての物体は、その表面から自分自身の温度、物質の性状、表面の粗さによって固有の赤外線エネルギーを放射している。1800 年にハーシェルは、目に見えないけれども熱を感じる熱線（赤外線）を発見した。1835 年アンペールは、これが可視光線と同種の光波であることを示した。Fig.1-8にあるように、これらの波動は電磁波の仲間であり、速度はすべて光の速度で一定であるが、赤外線の波長は赤い光の上限の波長 $0.77\ \mu$  から $1\text{mm}$ までである。

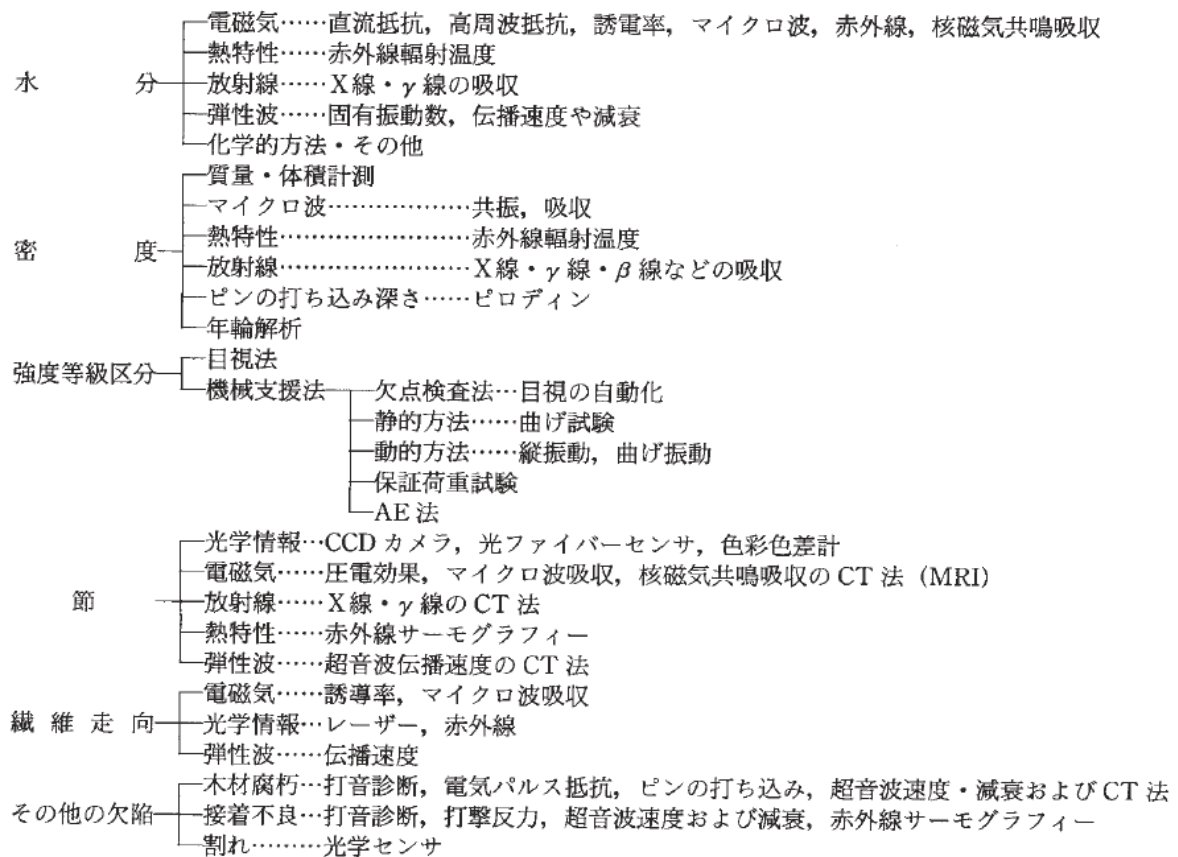


Fig.1-7 Classification of nondestructive methods of wood<sup>19)</sup>.

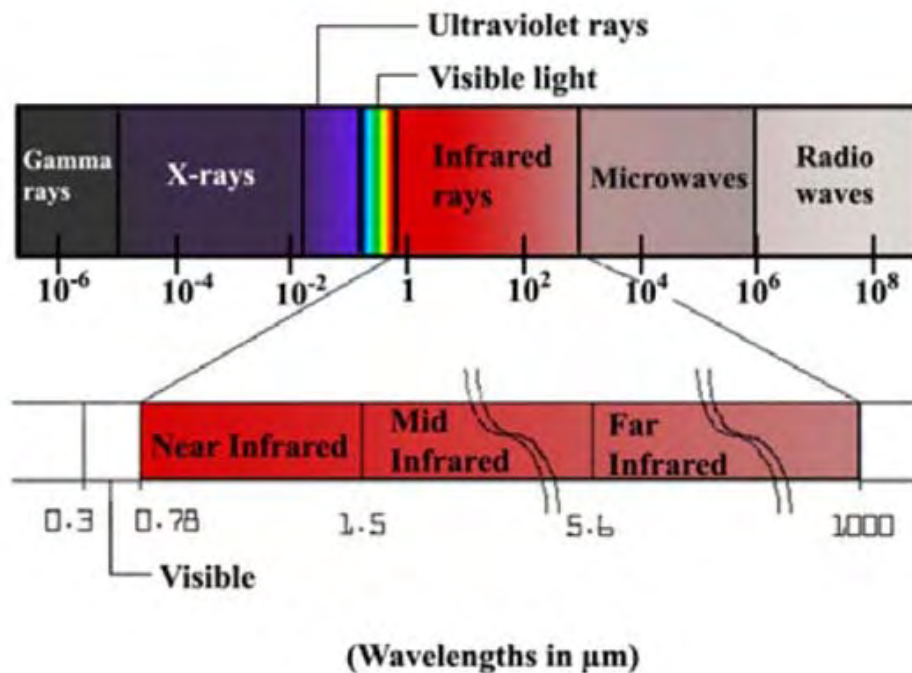


Fig.1-8 Wavelengths of infrared rays.

1960年代に赤外線サーモグラフィが開発されてから現在に至る間、優れた赤外線センシングデバイスの開発と信号処理技術の進展を背景に、赤外線サーモグラフィは飛躍的に進歩してきた。これまで多様な赤外線センサ開発とデジタル信号および映像処理技術の進展を背景として多様な分野で活用されている。初期の赤外線熱画像技術は単一または小数の赤外線検出素子を利用して1次元で測定領域をスキャンして熱画像を構成して、高性能検出素子によって0.1℃の温度分解能を表すことが出来た。しかし、スキャン方式による熱画像の再現は所要時間、時間による温度の変化、移動物体の温度変化などの問題がある。また、赤外線検出素子が窒素冷却方式で赤外線熱画像システムが大型で、再現性が優秀ではなかった<sup>20)</sup>。

Choiら<sup>21)</sup>によると赤外線サーモグラフィの第1世代と言える機械走査型赤外線サーモグラフィは、科学技術の広い分野に普及し、赤外線サーモグラフィによる応用計測技術の基礎を作った。医学分野では人体表面温度計測に基づく診断技術がその好例である。工業分野、特に非破壊評価の分野では、化学プラントや発電・送電設備の異常発熱検知による保守・管理技術、建築構造物のタイル、モルタル等の外壁仕上げ材の浮きやはく離の診断、コンクリート吹付け法面のはく離診断などに大きな実績をあげた。プラント・電力設備の保守においては、不良部のみが異常発熱し、これが長時間持続するため、熱画像中において不良部を容易に識別することができる。また、建築物の外壁仕上げ材のはく離診断では、一般的に金属材料に比べて熱拡散性が低いモルタル、タイル等の建築用材料の外壁に起こる、昼夜の温度変化を検出している。はく離部には、比較的大きな温度差が生じこれが長時間持続するため、熱画像の取得、熱画像中のはく離部位の識別も比較的容易である。このように、赤外線サーモグラフィ法による非破壊検査は、定常状態における熱画像計測において十分に検出が可能である不良箇所、あるいは熱画像に大きな変化が現れる、材料・構造物中の比較的寸法の大きな欠陥の検出から始まった。1980年代の後半からは赤外線検出素子が2次元配列(アレイ)方式で温度を計測するシステムが開発された。1990年代にはアレイ方式の画素数も増加し検出素子からは電子信号の獲得技術が進歩し、精密な温度分布画像を高速、高分解能で計測することが可能になった。最近の顕著な動向としては、非冷却型赤外線サーモグラフィの急速な進歩が挙げられる。非冷却型赤外線センサの進歩は、赤外線サーモグラフィの小型・軽量化および低価格化を可能にし、赤外線サーモグラフィによる非破壊検査技術をさらに普及させ

る原動力となっている。

近年、コンクリート構造物の維持管理の重要性が高まり、欠陥探知技術の向上が望まれている。現状では、コンクリート構造物の点検は主に目視で行われているため、より高精度の方法としてコンクリートの非破壊検査が注目を浴びている。

高羅ら<sup>7)</sup>は欠陥を有するコンクリート内部の温度分布の解析を行い、実験結果との比較を行った。その結果、コンクリート表面の温度分布は経時的に空隙の上部の領域が他の領域よりも温度が高く、中心部より一様な温度分布を示していくことが分かった。また内部の温度に着目すると、表面だけでなくコンクリート内部においても空隙部と健全部の境目のところで急激に温度差が生じていることが解析的に明らかとなった。

江藤ら<sup>8)</sup>はパッシブソーラー法が利用できるコンクリートの方位については、非定常熱伝導解析から入力日射量とひび割れ部に生じる温度差から予測した。日陰面となる構造物を想定した RC 梁の実験では、上面からの熱伝導からひび割れ伸展が評価できた。

中村ら<sup>22)</sup>はコンクリート検査面を強制加熱し、赤外線サーモグラフィにより撮影した時系列表面温度データから欠陥深さを精度良く推定するデータ解析方法に関する研究を行い、欠陥部が健全部に比べて高温となり、温度変化曲線の形状も同様であり、解析の妥当性が確認された。

中島ら<sup>8)</sup>はサーモグラフィ法によるはく離の診断原理は集成材の表面温度とはく離部の温度差を赤外線により検出することで、その結果可視画像および熱画像・温度解析グラフを比較することによって、温度差を確認できた。集成材の表面部温度とはく離部温度の比較することによってはく離部分を診断する原理を Fig.1-9(a)に示す。Fig.1-9(b)は熱画像とその温度解析グラフの一例を示す。この温度解析グラフから集成材表面とはく離部分の温度差に大きな差が出ている個所がはく離部分と容易に推測できるが、この熱画像と可視画像とを比較すれば、集成材の構造から、ラミナの接着層に沿って温度差がでた個所をはく離個所として特定することを明らかにした。

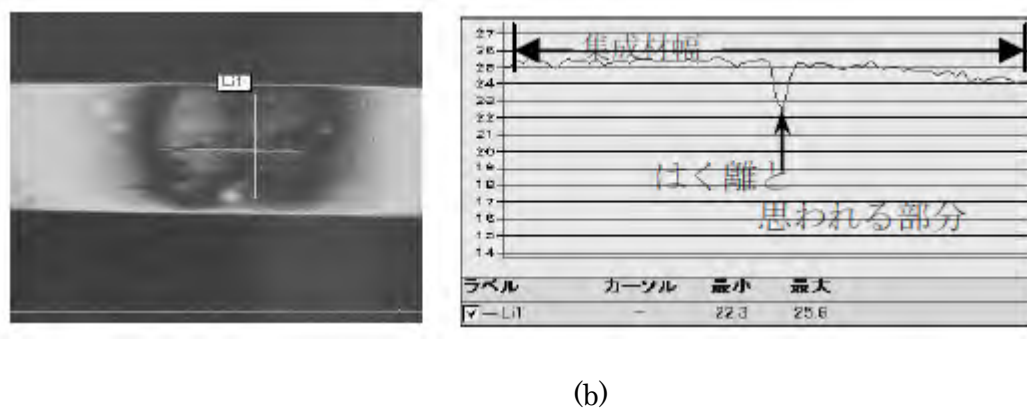
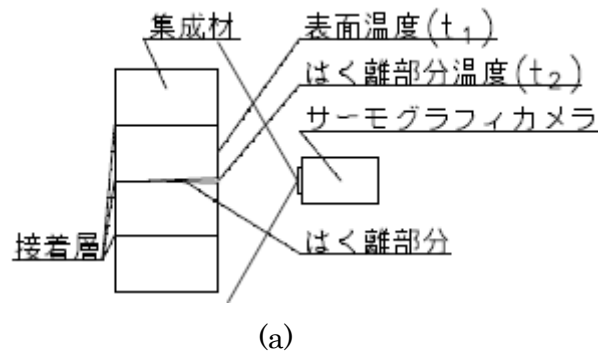


Fig.1-9 (a)Detection of crack using infrared thermography, (b)Detection of debondings and structural faults within the laminated material<sup>9)</sup>.

この装置の価格は民生利用分野においては高価であり、手が届きにくい状況があった。しかし、最近では装置も軽量化され、フィールドでの使い勝手も向上し、かつ価格も下がりつつあり、これを用いた検査技術向上や研究分野での利用もしやすい状況になりつつある<sup>22)</sup>。

一方、赤外線サーモグラフィを木材に利用して、スキャニングと非破壊試験、サーモグラフィによる非破壊試験、サーモグラフィによる接着不良の検出、木材の変形・破壊と温度上昇、木材の熱的異方性を利用した繊維走向のサーモグラフィによる測定について研究が行われた。

Cielo ら<sup>23)</sup>はサーモグラフィを用いて木材の表面温度と含水率との相関関係を明らかにした。Carslaw ら<sup>24)</sup>は、温度上昇は $\sqrt{\lambda \rho c}$  (thermal effusivity、熱浸透率) に反比例し、個体の内部に層間剥離などの欠陥があると、 $z^2/a$  ( $z$ : 表面からの深さ、 $a$ : 温度伝導率 ( $=\lambda/\rho c$ )) 程度の時間後に表面温度の乱れが生じることを明らかにした。

奥村ら<sup>25)</sup>は木材の接着剤塗布部分の水分が、その部分の熱容量を大きくすることによって

温度差が拡大することを明らかにした。なお、解圧直後では加熱時間 0 秒でも温度差が生じているが、これは接着部分での水分の蒸発によって温度が低下することを明らかにした。

内藤ら<sup>26)</sup>は木材表面に小円状の熱刺激を加えたときの温度上昇をサーモグラフィ装置で測定し、木材表面における繊維走向および木材表面に対する繊維の潜り角をある程度の精度で推定することを明らかにした。木下ら<sup>27)</sup>は木材の熱に対する性質を利用することにより、木材の密度を自動的に検知する方法の可能性について検討した。佐道ら<sup>28)</sup>は有節材において、節とその周辺部では熱的性質が異なることに着目し、加熱することで生じる材面の温度変化を測定することによって、節の検出が可能かどうか検討した。

Tanaka ら<sup>29)</sup>はサーモグラフィを用いて木材の材表面の温度、密度の影響など検討した。また、温度差によって木材の内部の欠陥を検出することを明らかにした。Banerjee ら<sup>30)</sup>は表面温度の変動係数と含水率の関係を示している (Fig.1-10)。変動係数が増加し、含水率が 10~15%の時に最高値に達した以降に減少する傾向が見られることを明らかにした。

Meinlschmidt ら<sup>31)</sup>は赤外線カメラを用いて、木材の欠陥を検出できることを明らかにした。Fig.1-11 はサーモグラフィの原理と用いた実験装置を示す。

一方、乾燥室の温度状態を的確、迅速に把握し診断する技術が向上、現実的には省エネルギー、乾燥コスト低減に資することが大であると考えられる。このような観点から、信田<sup>32)</sup>は赤外線カメラによる熱画像の一つの利用として乾燥室性能診断への可能性を探ることを試みた結果、運転中の乾燥室内部の総合的な温度状態が推定できることを明らかにした。

青井<sup>33)</sup>は赤外線画像システムを用いて木材での測定の適用性について検討を行った。その結果、繰り返し引張荷重負荷により試験体の温度が低下することが認められた。温度低下は引張ひずみと比例関係にあることが示唆された。また温度低下の原因はひずみが発生した個所の体積増加によるものと考えた。

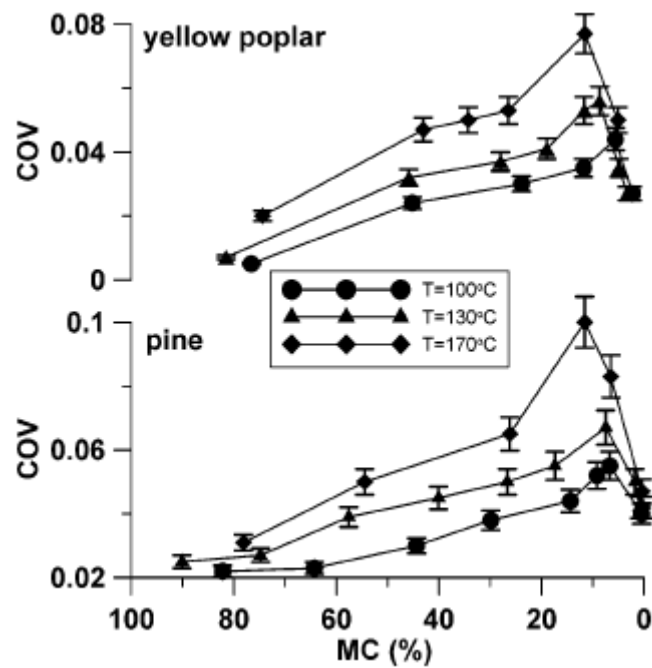


Fig.1-10 Dependence of the COV of the surface temperature on MC for veneer<sup>30)</sup>.

Legend: COV (coefficient of variance) defined as the standard deviation of temperature divided by the average temperature.

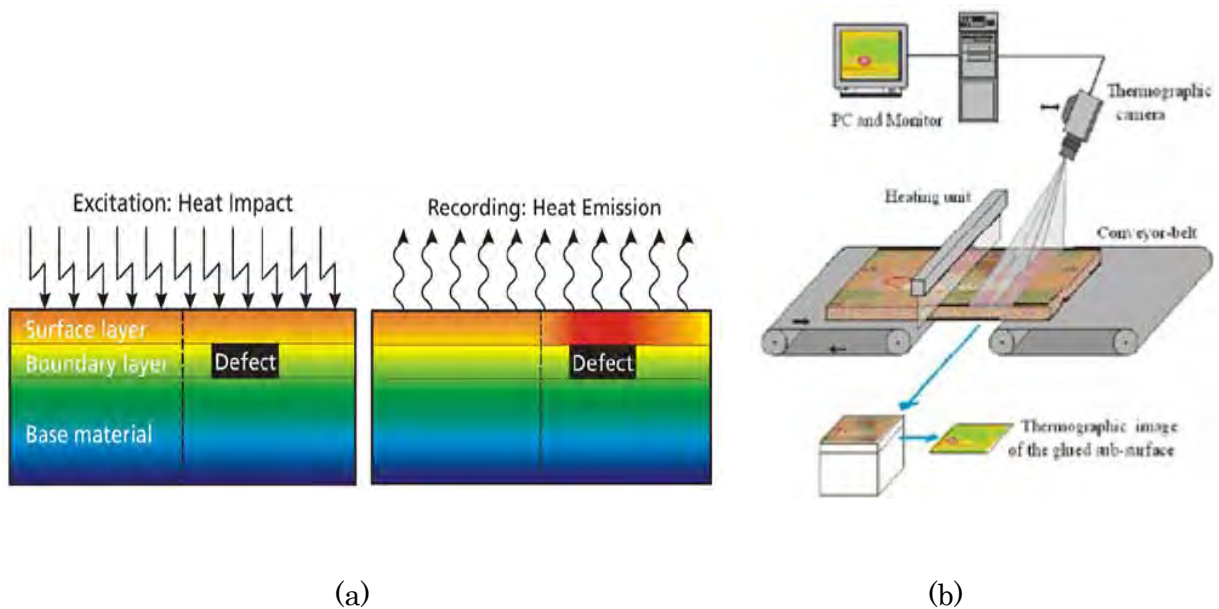


Fig.1-11 (a) Schematic drawing of the principle of infrared thermography, (b) Schematic drawing of the thermographic set-up<sup>31)</sup>.

### 1.3 本論文の構成

本研究では、材温分布を測定することで木材乾燥制御方法を検討することを目的としている。木口表面温度を測定することで、割れの制御が可能となり、新しい木材乾燥制御法を提案した。以下に本論文の章立ての概要を示す。

第2章では、サーモグラフィを用いて、実際に割れた個所の温度にどのような特徴が検出されるかを調べた。供試材はスギ心持ち正角材を用いた。割れると同時に、木材を恒温器から出してサーモグラフィで木口面内温度分布を測定した。さらに、木口面を領域1から領域9まで3×3で分割し、各領域の温度分布を調べた。その後、割れの程度によって個所を設定し温度分布を調べた。3つの個所に分けたが、A箇所は割れが発生しなかった箇所、B箇所は乾燥初期に割れが発生した箇所、C箇所は乾燥末期に割れが甚だしかった箇所である。したがって、赤外線画像を用いて乾燥割れを検知する可能性を検討した。

第3章では、前章の結果をさらに確認するために、乾燥装置外部から材が撮影できるように扉を、窓を開けた発泡スチロールに替えて、その前面にサーモグラフィを設置して、材面の温度変化を画像としてコンピュータに取り込み、割れのモニタリングをした。木口面内を5×5で分割し、各領域の温度分布を調べた。また、表層部、中間部および中心部の温度分布を調べた。

第4章では、前章によって、木口割れ発生時における温度変化はある程度把握することができたが、目に見えない内部割れの発生を予測することは困難であった。そこで、乾燥終了後、試験体の断面を切断し、材内部の熱画像を取り読み、内部割れ発生が観測された位置の木口面温度と割れが観測されなかった領域を比較した。

第5章では、前章で行った割れ発生時の木口表面の材温分布の変動係数を割れ予測に用いる妥当性を評価するために、変動係数で温湿度を変化させる乾燥制御を行う必要がある。そこで、小型熱画像センサを用いて材温分布の変動係数を指標として新しい乾燥制御法を試みた。以上より、温度分布の変動係数を指標とする新しい木材乾燥制御法を提案した。

## 第2章 サーモグラフィによる木材の割れのモニタリング

### 2.1 はじめに

本研究で対象とする乾燥方法としては外部加熱乾燥を想定しているが、この場合、材表面の含水率が内層より先に低下し、水分傾斜が発生する。含水率の差が大きくなるにつれて乾燥応力も大きくなり割れが発生するが、この時、材表面において何らかの温度変化があるのではないかと考えた。乾燥初期の木口割れ、表面割れに関しては、乾燥初期の温度変化とその発生時期との関係が実験室的に十分に明らかになっていない<sup>11, 34)</sup>。

一方、木材内部の水分の分布状態は木材の諸物性に影響を与える重要な因子であって、これを非破壊的にとらえることは乾燥などに代表される製造過程における品質の管理に対して非常に有用であり、また、実際の乾燥過程における割れの発生を予測し、割れを未然に防ぐ上でも有効な手段となると考えられる。そして、新しい乾燥法や適正な乾燥スケジュールへの適用などに有用な情報をもたらすことも考えられる。

こうした乾燥に関する基本問題やそれに付随する操作上の諸問題を解明するため、赤外線サーモグラフィを用いて木材の乾燥初期割れ時の材面の表面温度測定を行った。もし温度変化が乾燥速度、含水率、および割れ発生などと一定の関係があり、その測定結果に再現性があれば、表面温度によって割れの発生を予測できる。温度情報は乾燥制御にとって最も重要な因子であり、なじみやすく、使いやすい指標である。割れがいつ、どこで生じるのかが乾燥過程において温度情報から分かれば、その情報を基にして以降の乾燥制御が可能であり割れを防ぐことができる。なお、本研究における割れ防止とは、乾燥初期に微細な割れを見つけて、これに対処することで、大きな割れに伸展しないようにすることを割れ防止と考えている。乾燥過程において割れた個所と割れてない個所とでは温度に差が存在するのか、差が存在するとすれば、それはどれくらいか、またその差は何に由来するのかを明らかにしたい。実現すれば、割れ発生予測を行うこと、またその乾燥制御への利用面で意義を持つと考えられる。

そこで本章では、赤外線サーモグラフィを用いて、実際に割れた個所の温度が高く（あるいは低く）検出されないかを調べた。木材を乾燥する際に、表面割れが生ずるのを完全に防ぐのはかなり困難である。その表面割れが生ずるのはいつか、また、その時の割れ周辺の温

度分布はどのようなものかを 105℃に設定した恒温装置内にて一定温度条件で生材を乾燥させることにより観察することにした。

## 2.2 赤外線画像を用いた割れの検出

### 2.2.1 実験

試験材の樹種はスギ心持ち柱材（初期含水率76%）を用いた。寸法は117（厚）×117（幅）×300mm（長さ）とした。これらを105℃に設定した強制送風循環式の送風恒温器内（DKN602型、ヤマト科学株式会社製）に設置し、1時間毎（乾燥開始2時間までは10分毎）に割れの進行が止まるまで、可視画像はデジタルカメラ（IXY700、キャノン製）、熱画像はハンディサーモ（TVS-100シリーズ、日本アビオニクス株式会社製）を用いた。その後、熱画像の解析には同社のソフトウェアPE Professionalを用いた。実験手順は以下のとおりである。

- ① 生材のスギ材を105℃で加熱
- ② 木口（表面）割れを発生させる。
- ③ 割れると同時に、木材を乾燥炉から出してサーモグラフィで温度分布を測定する。
- ④ 割れた個所の温度が高く（あるいは低く）検出されないかを調べる。

Fig.2-1は赤外線カメラを用いた実験風景を示す。Fig.2-2のように、恒温器から取り出し、赤外線カメラを用いて撮影した。Fig.2-3は熱画像の一例を示す。



Fig. 2-1 Experimental set-up.

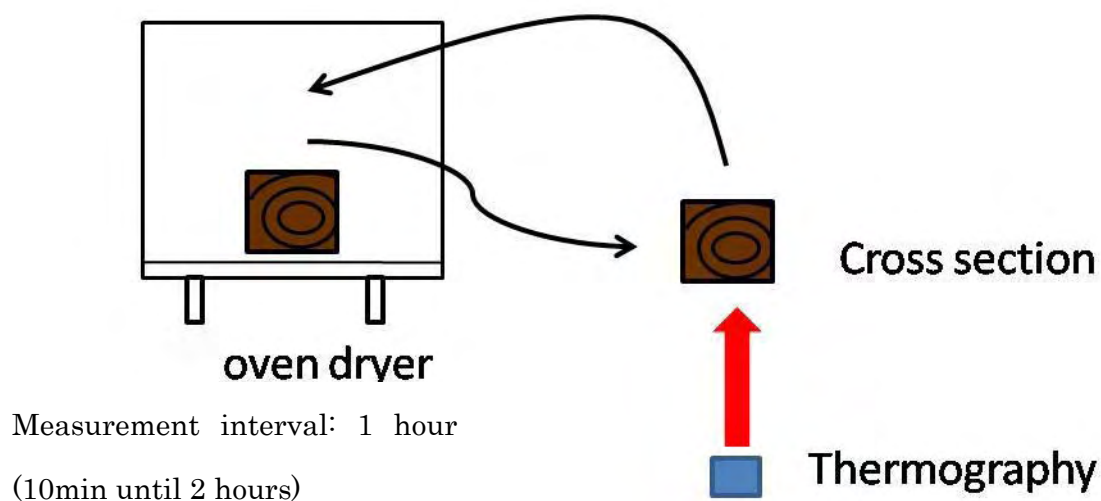


Fig.2-2 Schematic of the experimental set-up.

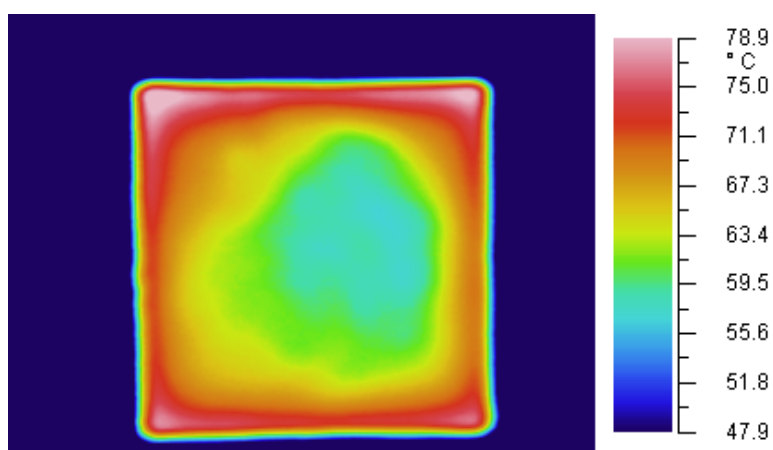


Fig.2-3 Thermal image on surface of cross section.

熱画像は水平160画素、垂直120ライン、  
1画素(濃度)12ビットで構成されているが、  
熱画像をFDに記録する際は以下に示す通  
り、1画素/16ビットデータ(2バイトデータ)  
として記録する (Fig.2-4)。

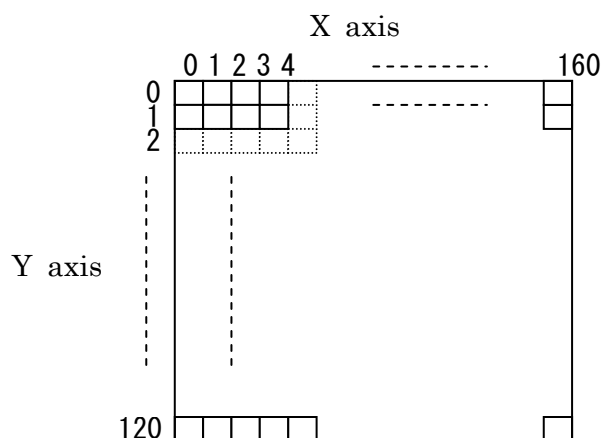


Fig.2-4 Locations on IR image.

赤外線画像は物体表面から放射される赤外線エネルギーを検知することにより、物体表面の温度を示すものである。物体表面の温度が高い程放射エネルギーは多くなる。しかし、同じ温度の物体でもその材質、表面状態によって放射エネルギーは異なる。ここで、物質の放射率は次式に定義される。

$$\text{放射率} = \frac{\text{温度}T\text{の物体から放射される赤外線エネルギー}}{\text{温度}T\text{の黒体から放射されるエネルギー}} \quad \text{Eq.(2-1)}$$

放射率が1の物体を黒体と称し、黒体以外の物質では常に1以下である（例えば、人の皮膚は0.98）。Table2-1のように、木材の場合は0.5から0.9の間で、今回の実験には0.68を用いた。

Table 2-1 Emissivity of wood.

対象	温度	放射率（ε）
地上に生えている木	—	0.5~0.7
削ったかしの木	20°C	0.90
しめった木	20°C	0.7~0.8

（出典：TVS-100取扱説明書、日本アビオニクス株式会社）

放射エネルギーが物質表面に入射すると、Fig.2-5のように入力エネルギーの一部ρは反射され、一部αは吸収され、残りτは透過する。これらの量の間にはエネルギー保存側からEq.(2-2)が成立する。

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad \text{Eq.(2-2)}$$

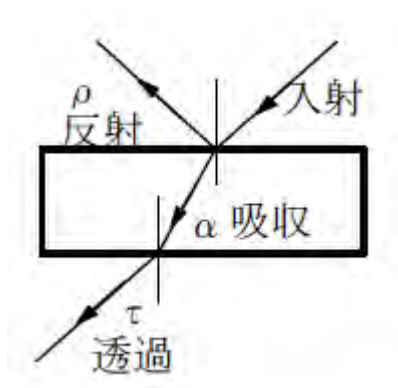


Fig.2-5 Reflectance and transmissivity.

### 2.2.2 結果と考察

割れが発生すると、どの程度温度が上昇するのかについて調べるために、まず任意に領域を設定した。その基準は次の通りである。同領域内の平均値を算出した。

木口面の表面を3×3で分割し、各領域の温度分布を測定した。Fig.2-6のように木口の表面を領域1から領域9まで3×3で分割し、各領域の温度分布を調べた。その後、割れの程度によって箇所を設定し、温度分布を調べた。A箇所は割れが発生しなかった箇所、B箇所は乾燥初期に割れが発生した箇所、C箇所は全乾時に割れが甚だしかった箇所である。それぞれ区分した理由は、乾燥過程において乾燥初期の温度変化を知るために、A箇所とB箇所を分けた。また、乾燥中期から末期にかけての温度変化を知るためC箇所を設定した。

Fig.2-7に乾燥開始から48時間までの1時間毎(2時間までは10分毎)の熱画像の一例を示す。

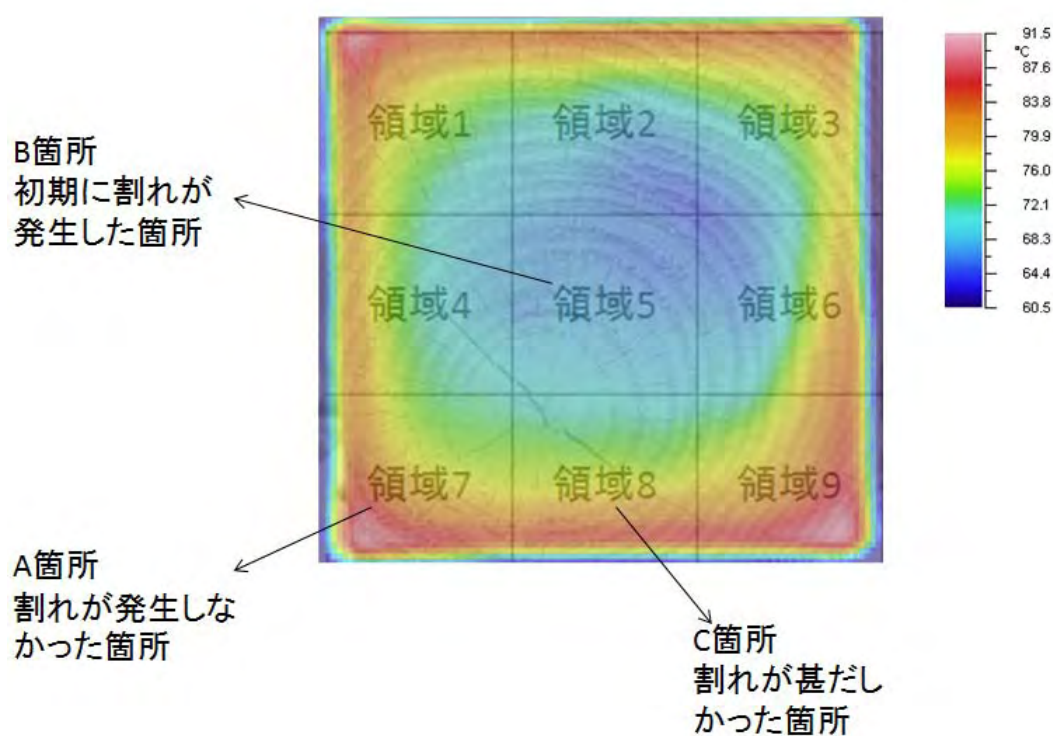


Fig.2-6 Analysis of temperature distribution of thermal image.

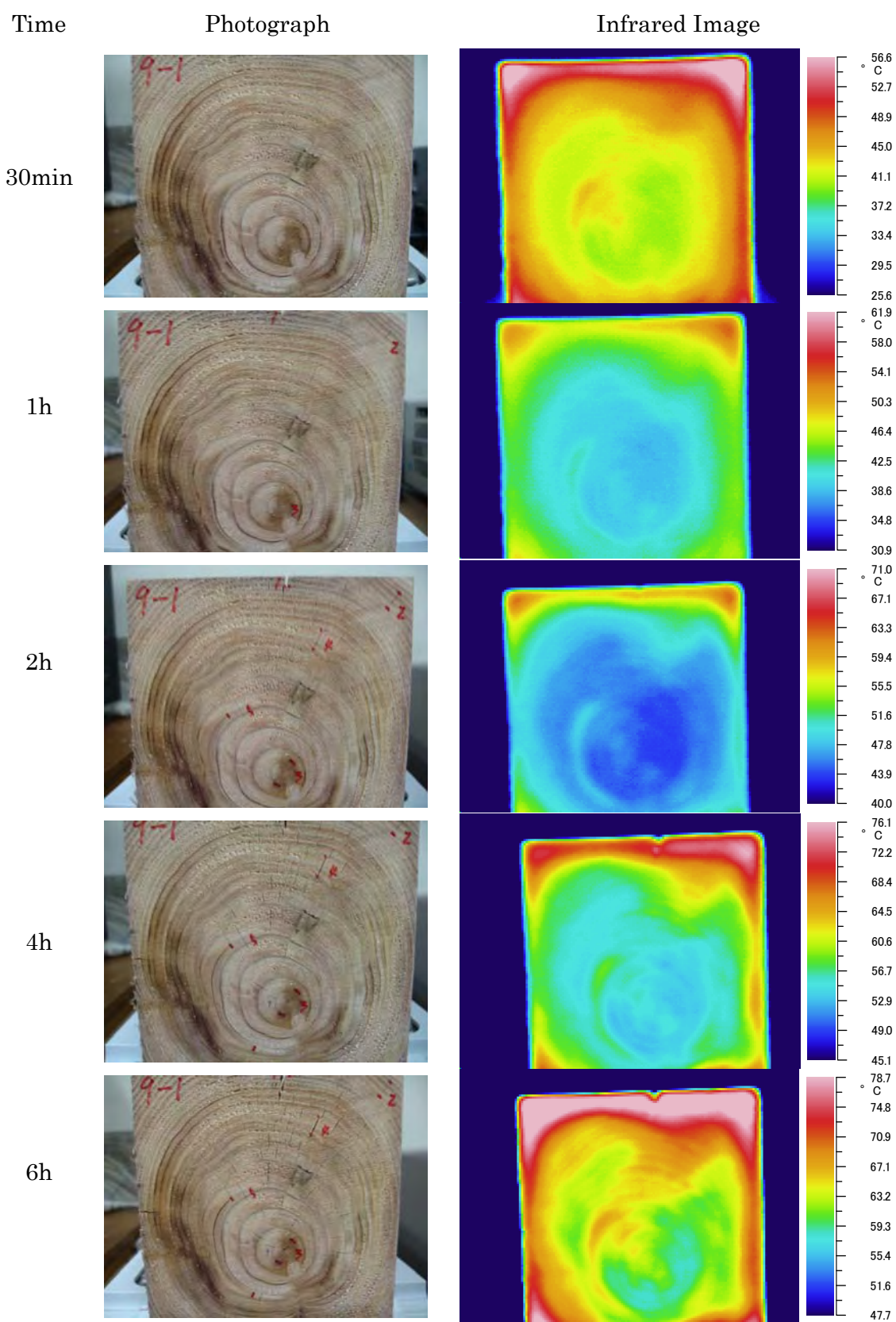


Fig.2-7-1 Photographs and infrared images at each time.

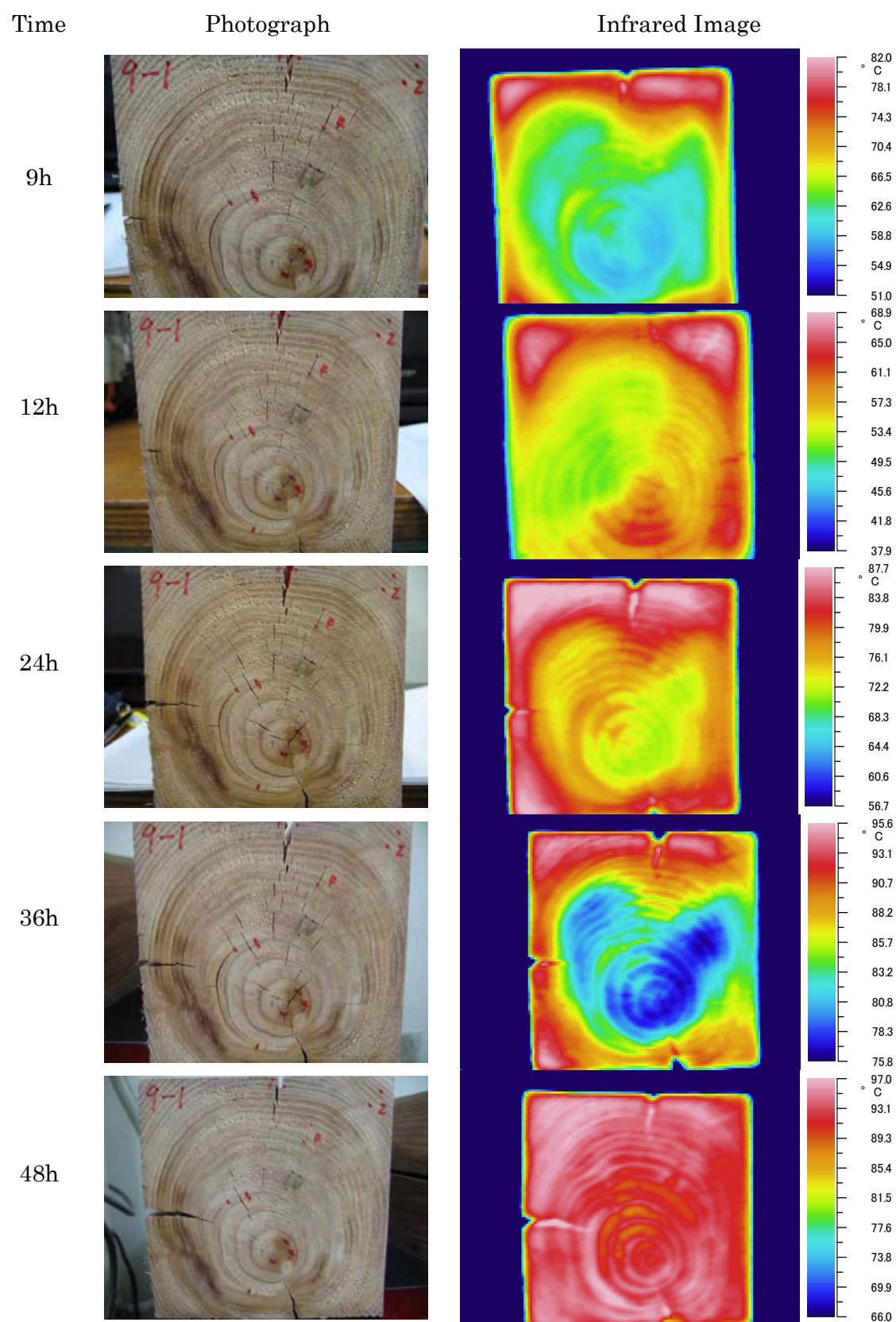


Fig.2-7-2 Photographs and infrared images at each time.

Fig.2-8、2-9は各個所の温度分布を示す。全乾時に割れが甚だしかった箇所（C箇所）の温度が一番低く、割れが発生しなかった箇所（A箇所）と初期に割れが発生した箇所（B箇所）の温度はほとんど同じだった。このことから全乾時に割れが甚だしかった箇所の温度が、割れが発生しなかった箇所の温度より低かったことがわかった。Fig.2-10はA箇所とC箇所との温度差を示す。最終的に割れが甚だしかったため、その温度差は乾燥が進んで行くと大きくなった。 Fig.2-11は含水率と割れ総長さとの関係を示す。割れが最初発生した時は乾燥開始30分後で（図中の矢印で示す）、その時の含水率は74%であった。Fig.2-12は温度と割れ総長さとの関係を示す。割れの長さは温度上昇と比例する傾向が見られた。

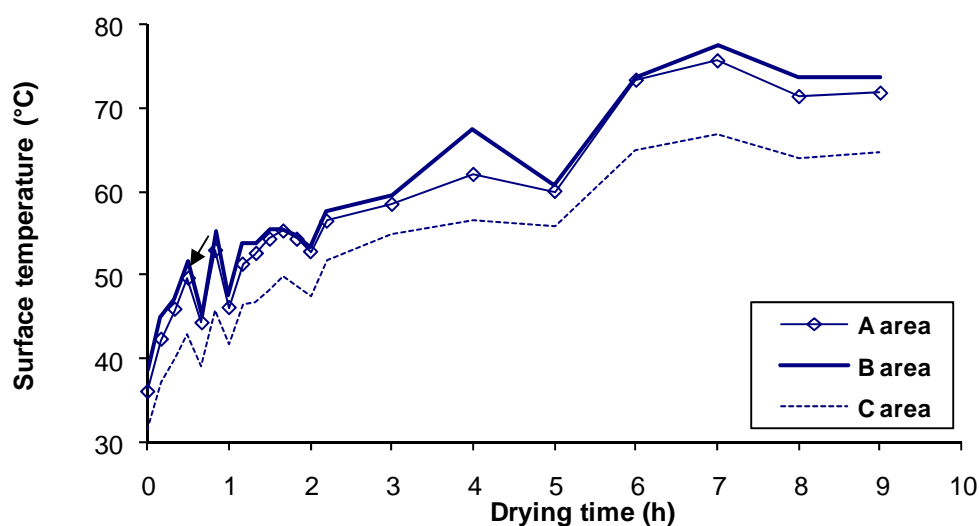


Fig.2-8 Comparison of surface temperature among A area, B area and C area.

Legend: A area: unchecked area.

B area: checked area in the initial stages of drying.

C area: checked area in the final stages of drying.

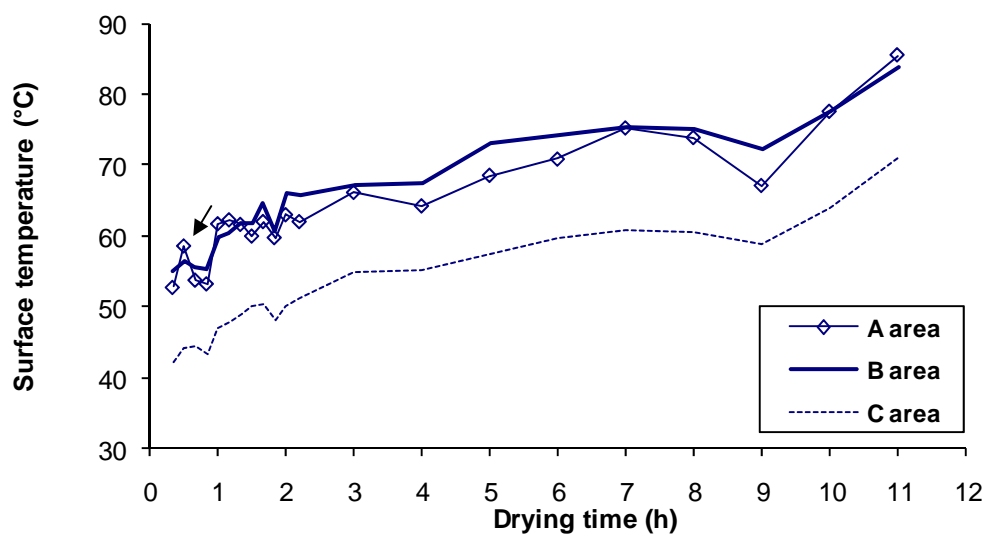


Fig.2-9 Comparison of surface temperature among A area, B area and C area.

Legend: A, B and C are shown in Fig.2-8.

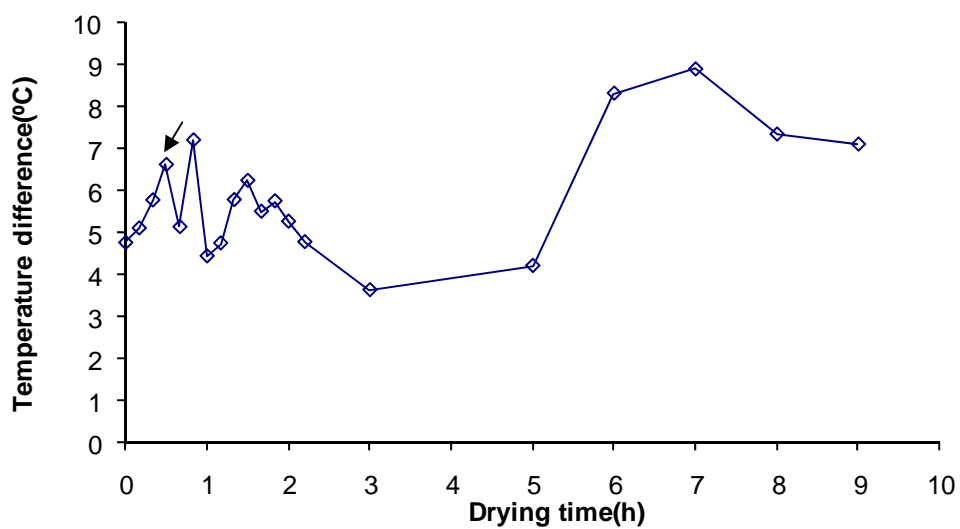


Fig.2-10 Difference of surface temperature between A area and C area.

Legend: A and C are shown in Fig.2-8.

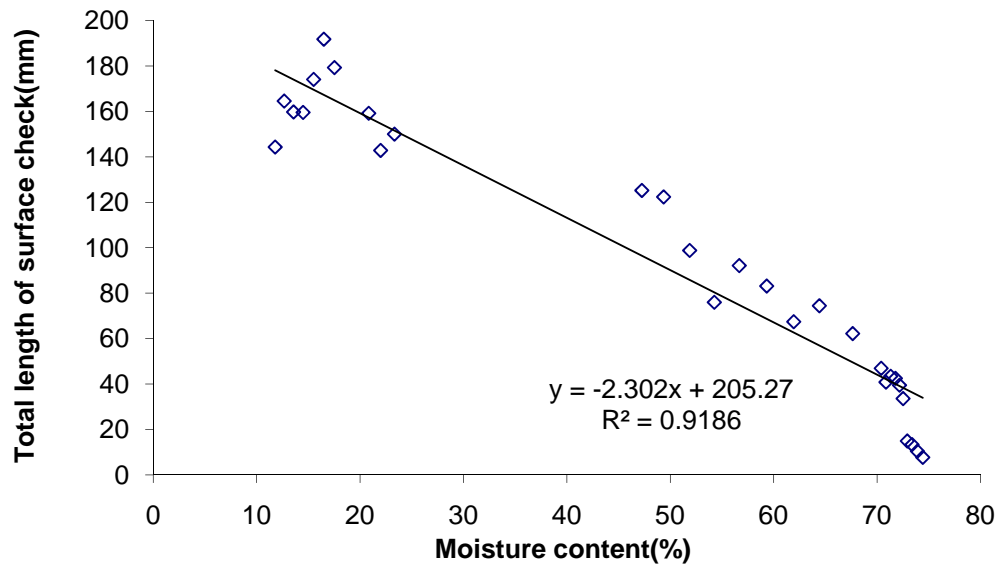


Fig.2-11 Relationship between moisture content and total length of surface check.

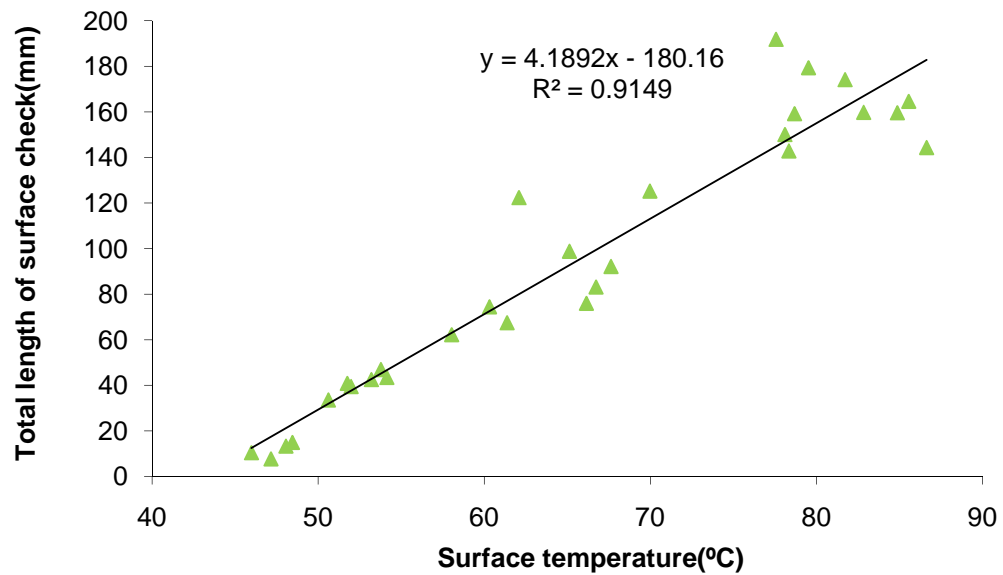


Fig.2-12 Relationship between surface temperature and total length of surface check.

## 2.3 割れのモニタリング

### 2.3.1 実験

赤外線装置は物体表面から放射される赤外線エネルギーを検知することにより、物体表面の温度を示すものである。物体表面の温度が高い程放射エネルギーは多くなる。しかし、同じ温度の物体でもその材質、表面状態によって異なる。放射率が異なる場合は、周囲からの熱が反射成分として写り込んでしまうケースがあるから、このような誤差を解決する手法として、あらかじめ放射特性がわかっている黒体テープを測定面に貼るか、黒体塗料を塗布することが挙げられる。この章の実験では、黒体塗料として墨汁を薄く覆った場合とそうでない場合の赤外線熱画像をそれぞれ測定した。Fig.2-6のように木口の表面を領域1から領域9まで3×3で分割し、各領域の温度分布を調べた。その後、割れの程度によって個所を設定し、温度分布を調べた。

### 2.3.2 結果と考察

熱は材面から順次、材内部へと伝わりながら水分の蒸発によって熱が奪われていく。本実験では、熱電対を材表面に貼って温度測定を行った。Fig.2-13に熱電対による材表面温度の測定結果を示す。乾燥装置内空気温度 105℃のときに、表面温度が 100℃になるのに約 6 時間がかかったことがわかった。

Fig.2-14、2-15 はそれぞれ乾燥開始 40 分後、6 時間後の可視画像と熱画像を示す。乾燥を始めてから 30～40 分で木口の面に割れが発生してきた。その後、連続的な細かい割れが発生した。今回の試験体は初期含水率が低かったため、早い時点で細かい割れが発生した。ここで、(a)は無塗布の場合、(b)は墨汁の場合を示す。

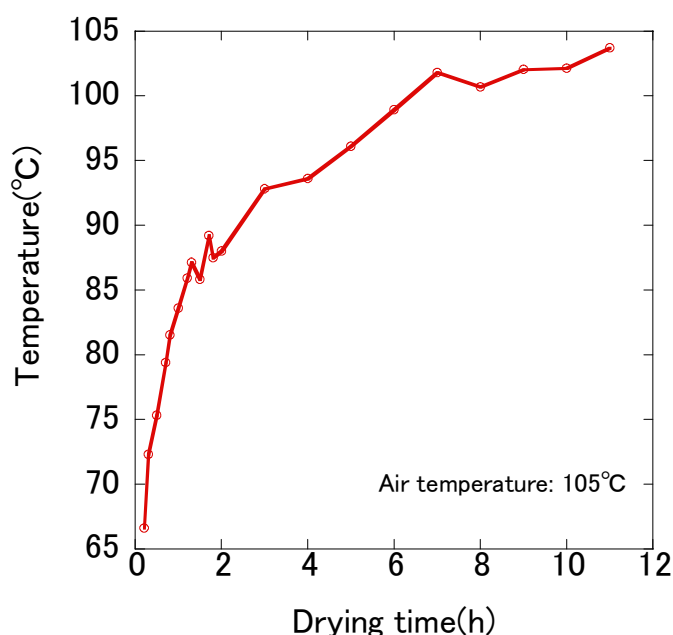


Fig.2-13 Temperature measured by thermocouple.

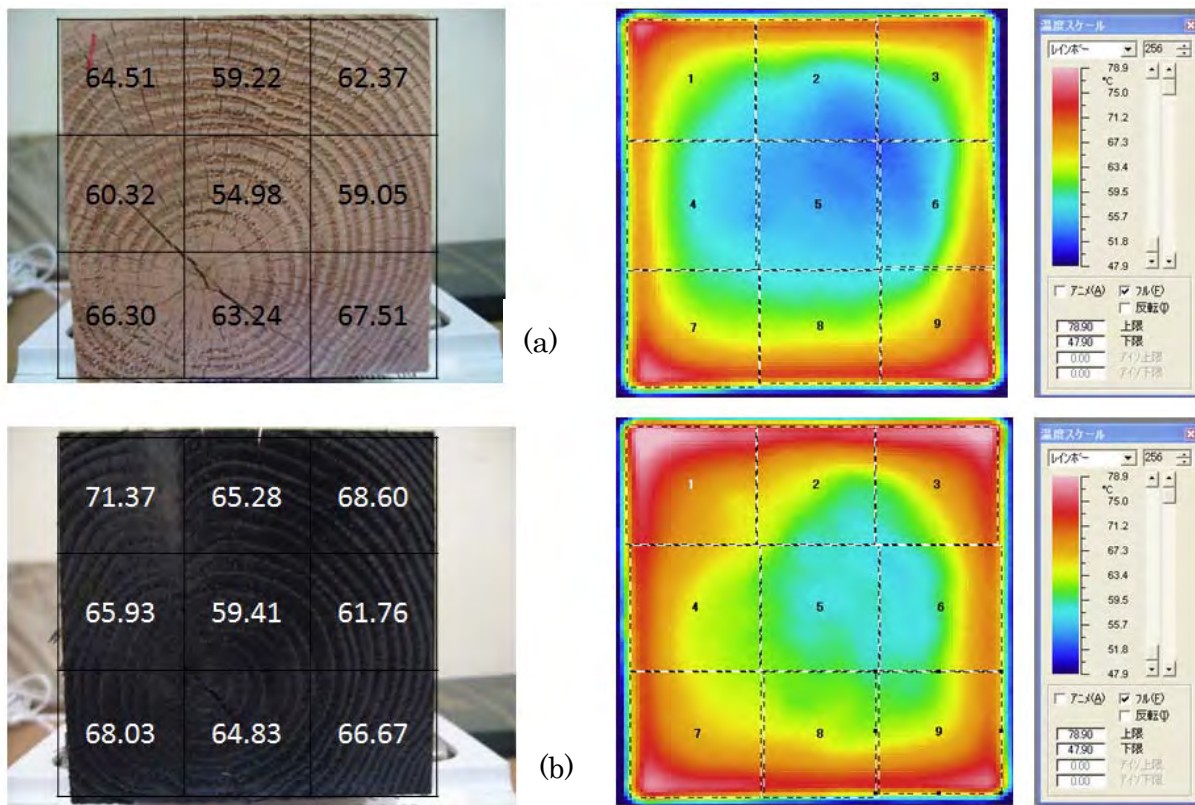


Fig.2-14 Photographs and infrared images at 40 min (began to appear surface check).  
Legend: Temperature(°C) indicates the average temperature in each section.

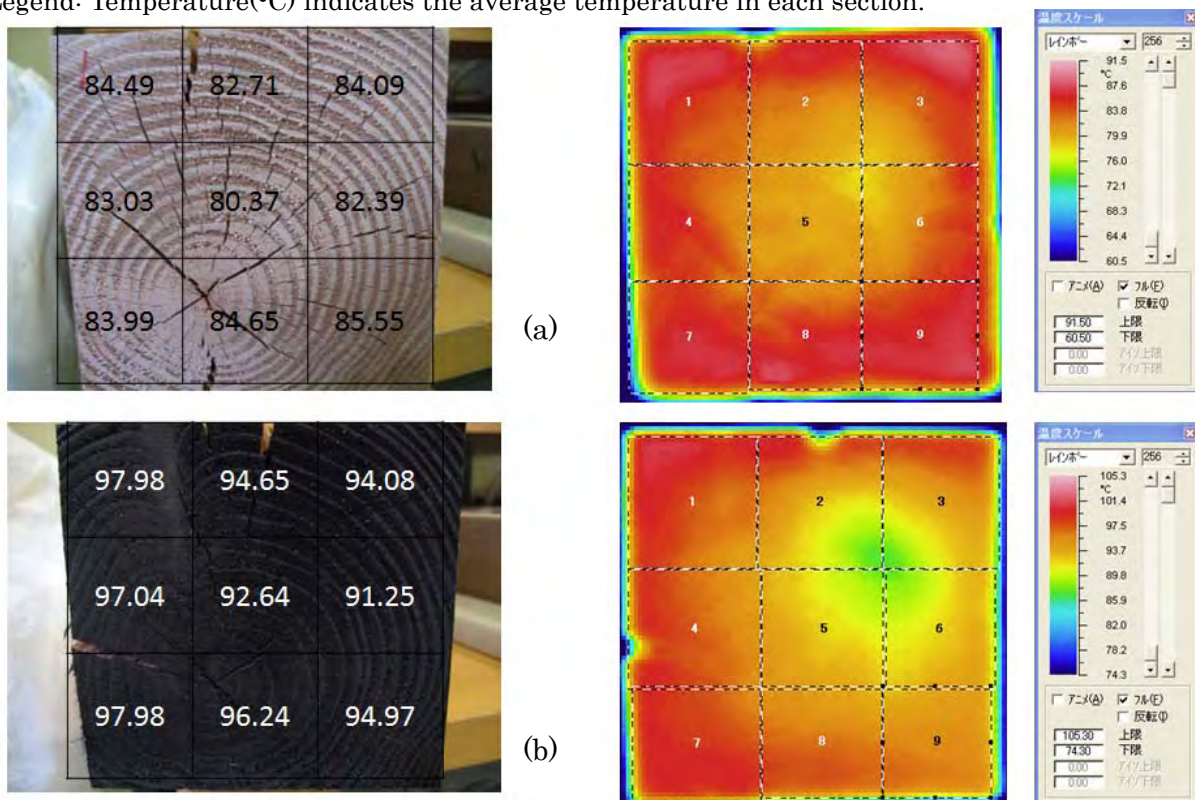


Fig.2-15 Photographs and infrared images at 6 hours (MC=22~25%).

Fig.2-16 は Fig.2-5 に示した全領域の温度分布を示す。Fig.2-17 は割れが発生した個所と割れが発生しなかった箇所の温度分布を示す。A 箇所と C 箇所の温度が B 箇所の温度より高いことが観測された。また、その温度差は乾燥が進んで行くと小さくなったことがわかった。B 箇所は初期に割れが発生した箇所で、割れが発生しなかった箇所より温度が低いことがわかった。6 時間以降になると割れが発生しなかった箇所より大きくなった。Fig.2-18 は横軸を含水率にしてプロットしたグラフである。

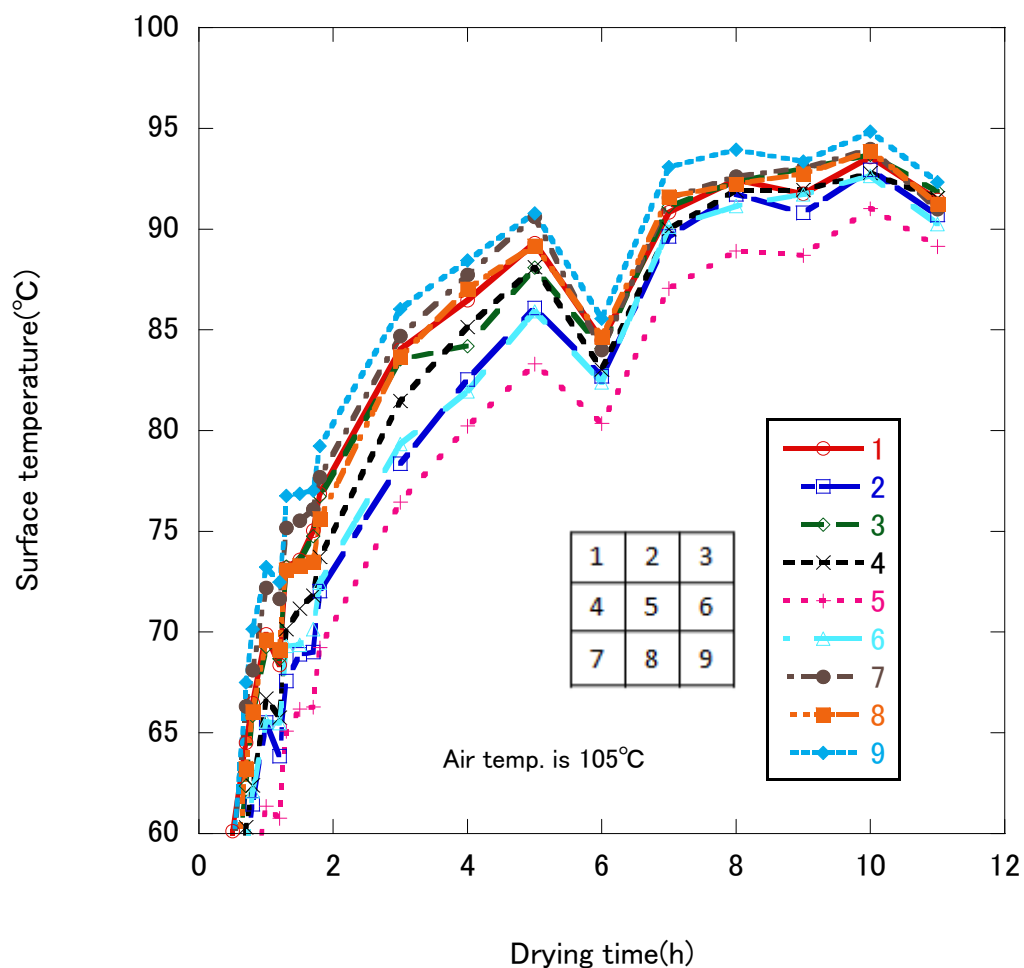


Fig.2-16 Comparison of surface temperature at each area in cross section.

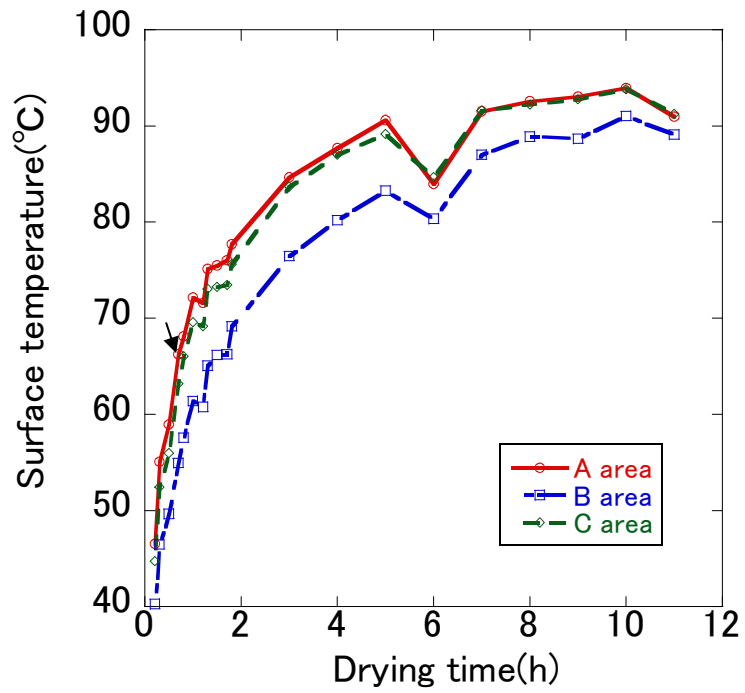


Fig.2-17 Comparison of surface temperature among A, B and C area.

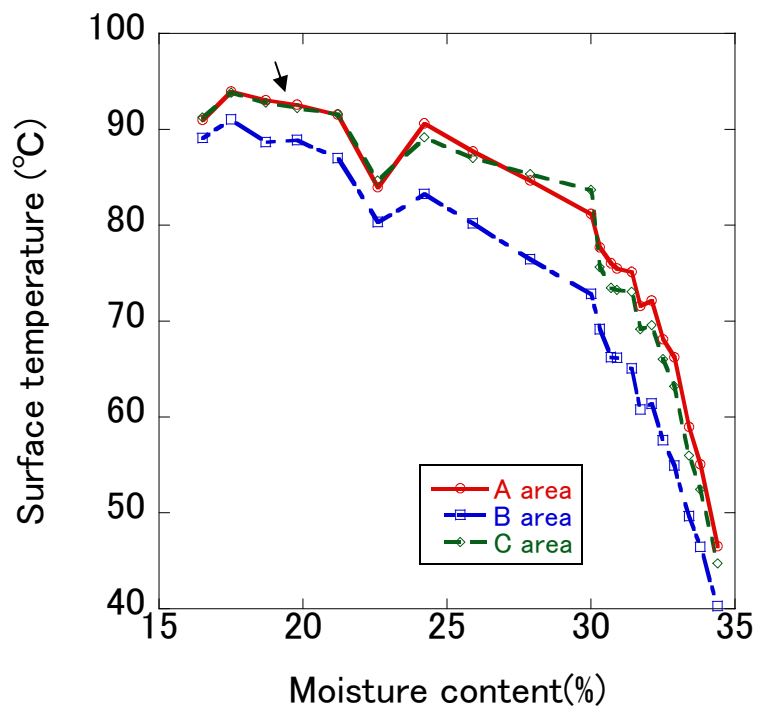


Fig.2-18 Relationship between moisture content and surface temperature at A , B and C area.

Legend: A, B and C are shown in Fig.2-6.

Fig.2-19 は Fig.2-5 に示した全領域の温度分布を示す。ここでは、木口面の表面に墨汁を薄く覆った場合を示す。Fig.2-20 は割れ個所の温度分布を示す。Fig.2-16 の結果と同じように A 箇所（図中の領域 9）と C 箇所（領域 4）の温度が B 箇所（領域 2）の温度より高いことが観測された。また、その温度差は乾燥が進んで行くと小さくなった。割れ箇所の温度が Fig.2-16 の結果に比べて高いことから、C 箇所の温度が高く示された墨汁塗布の場合が材温をより正確に表わせたと思う。B 箇所は初期に割れが発生した箇所で、割れが発生しなかった箇所より温度が低いことがわかった。6 時間以降になると割れが発生しなかった箇所より大きくなった。Fig.2-21 は横軸を含水率にしてプロットしたグラフである。

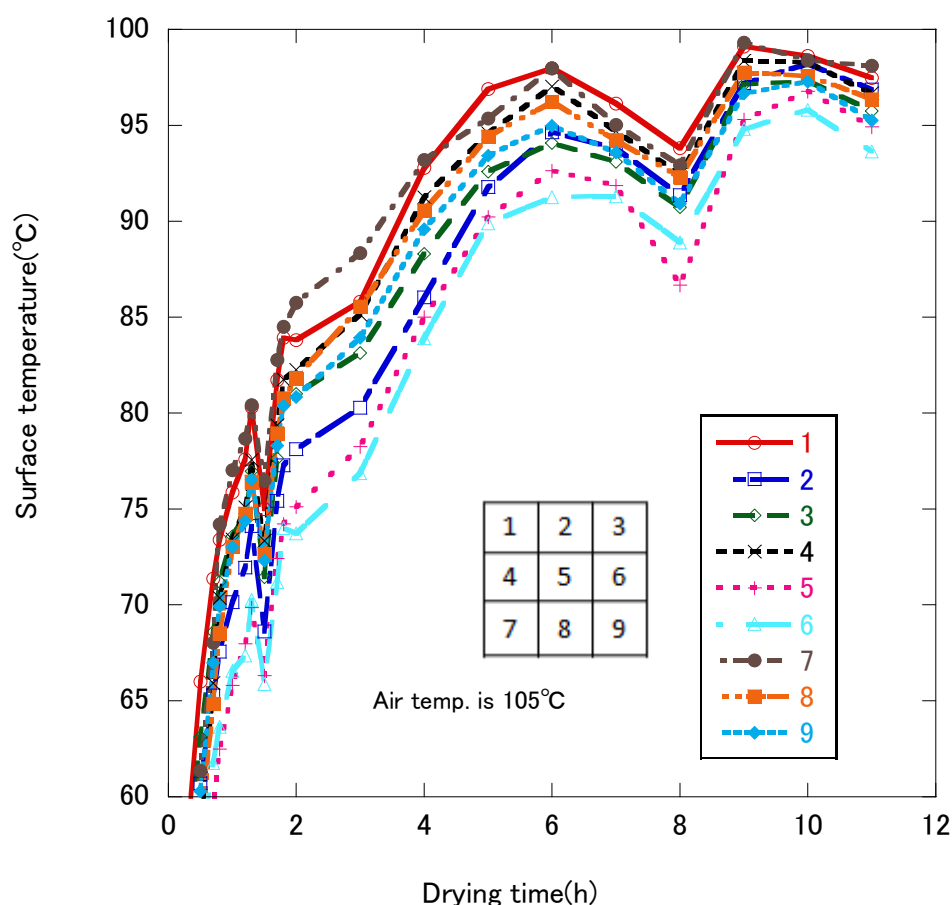


Fig.2-19 Comparison of surface temperature at each section in cross section (coated in black).

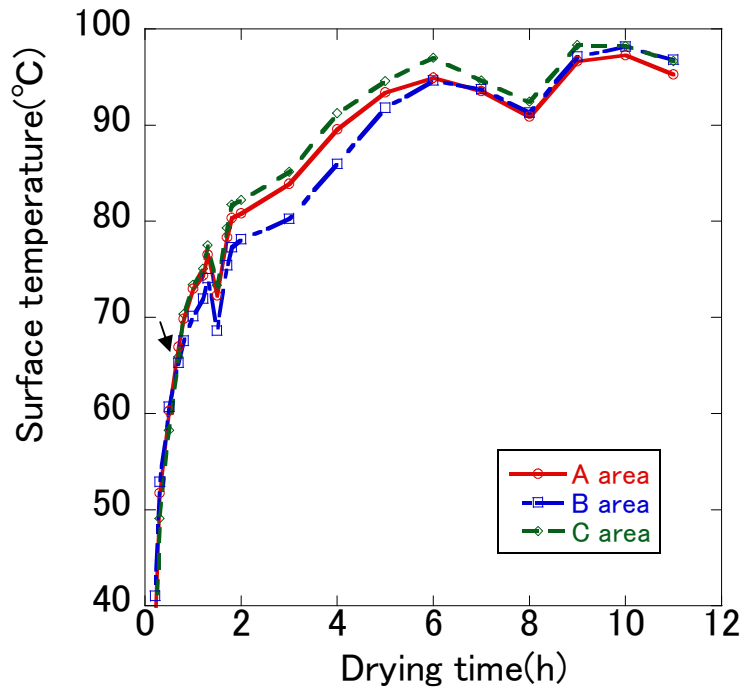


Fig.2-20 Comparison of surface temperature among A, B and C area (coated in black).

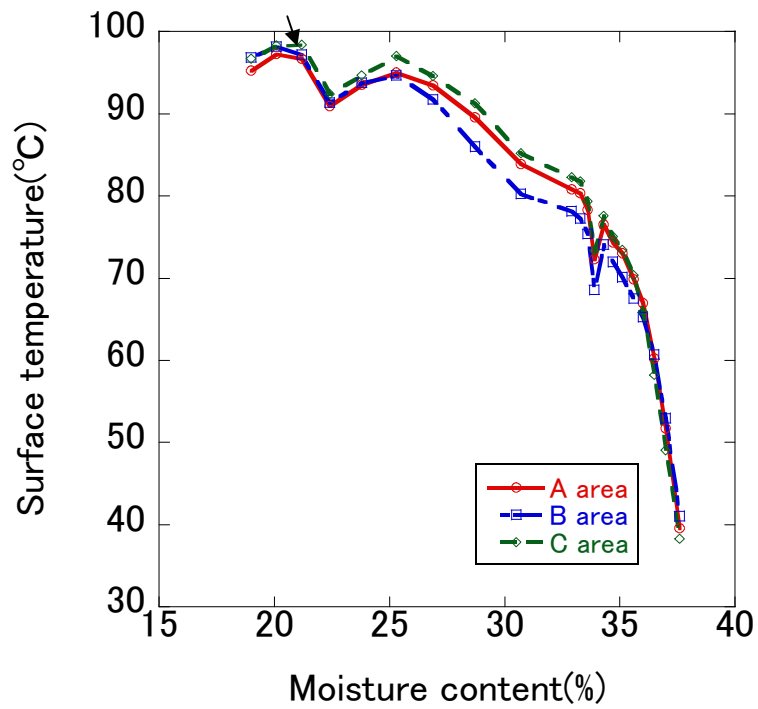


Fig.2-21 Relationship between moisture content and surface temperature at A , B and C area(coated in black).

Legend: A, B and C are shown in Fig.2-6.

Fig.2-22はA箇所とC箇所の温度差を示す。墨汁塗布の場合、0.5時間を基点として前後に(+)、(-)に分けられたことが確認できる。その時点は最初に割れが発生した時と一致している。0.5時間以前はA箇所の温度が高く、その以降はC箇所の温度が高い傾向を示している。2時間以降になると温度差は一定になっている。

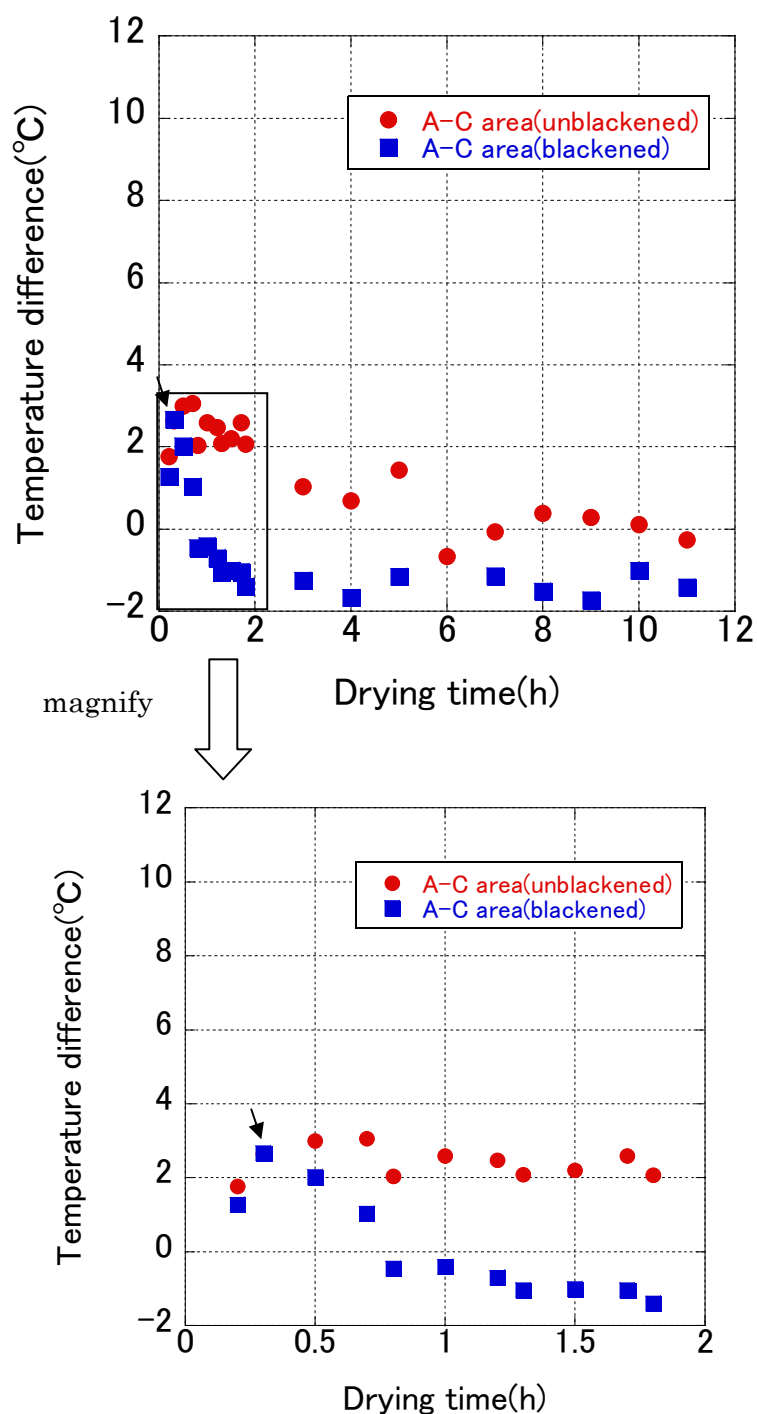


Fig.2-22 Temperature difference between A and C area until 12 h (Top),until 2 h (Bottom).

Fig.2-23はA箇所とB箇所の温度差を示す。すなわち、初期に割れが発生した箇所の温度がどのくらい変化したのかを示す。墨汁塗布の場合、Fig.2-16のように、0.5時間を基点として前後に(－)、(＋)に分けられた。0.5時間以前はB箇所の温度が高く、その以降はA箇所の温度が高くなったが、6時間以降になると再びB箇所の温度が高くなった。

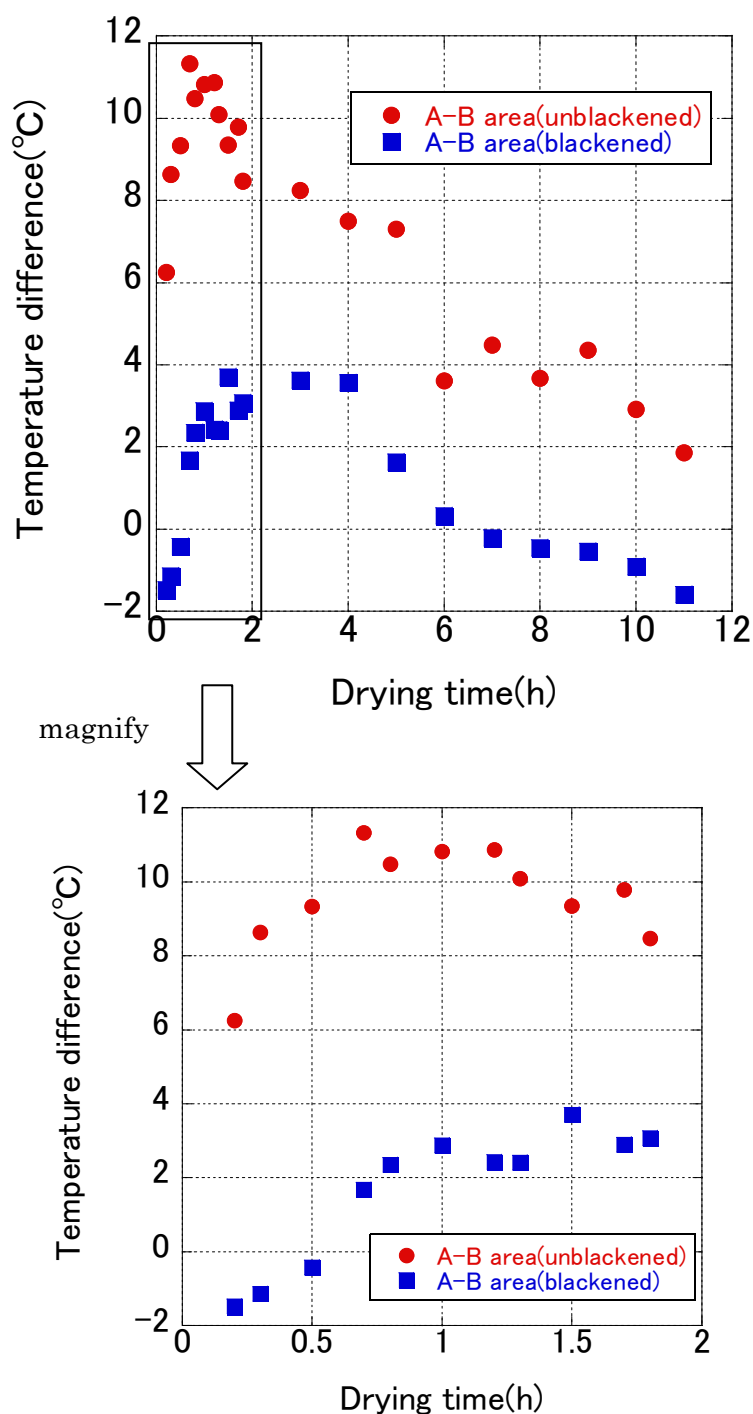


Fig.2-23 Temperature difference between A and B area until 12 h (Top),until 2 h (Bottom).

## 2.4 まとめ

サーモグラフィを用いて、実際に割れた個所の温度が高く（あるいは低く）検出されないかを調べた。供試材はスギ心持ち正角材を用いた。割れの進行が止まるまで1時間毎（乾燥開始2時間までは10分毎）に木材を恒温器から出してサーモグラフィで木口面内温度分布を測定した。木口面内の割れ個所と割れなし個所の温度分布の結果を見てみると、乾燥初期に割れが発生した個所は、割れが発生しなかった個所および全乾時に割れが甚だしかった個所より低いことがわかった。乾燥初期は内部の温度は表面の温度より低い。割れの発生によって木口面内の内部が見えて、内部の低い温度が測定されていると考えられる。また、その温度差は乾燥が進んで行くと小さくなった。以上の結果より、赤外線画像を用いて乾燥初期割れを検知する可能性が確認できた。

## 第3章 割れ発生時の温度および含水率分布測定

### 3.1 はじめに

前章では木口面内を  $3 \times 3$  で分割し各領域の温度分布を調べたが、その温度が各領域の平均値であるため、割れの影響が詳細に反映されなかった点があると思われる。前章の結果をさらに確認するために、本章は、木口面内を  $5 \times 5$  で分割し各領域の温度分布を調べた。また、表層部、中間部および中心部の温度分布を調べた。

これまで赤外線画像を用いて木口面の表面に発生した割れを観察したが、炉内温度は直接、外側からは測定することはできない。なぜならば木材を乾燥炉に入れた状態でガラス窓を通して熱画像を撮影すると、ガラス窓の温度を撮影してしまうため、これを行うにはガラス窓の材質を赤外線を透過する材質に変える必要がある。

### 3.2 割れ発生時の材温分布

#### 3.2.1 実験

窓材には、シリコンウェハなどの赤外線を透過する素材の選定が必要である。シリコンウェハとは、半導体素子製造の材料である。高度に組成を管理した単結晶シリコンのような素子で作られた円柱状のインゴットを、薄くスライスした円盤状の板である。Fig.3-1 はシリコンウェハの分光特性を示す。ほとんどの波長に対して約 50%の透過率を示している。

実験手順は 2 章と同じである。乾燥装置外部から材が撮影できるように扉を、窓を開けたアクリル板に替えた。試験体が見える部分を切り出してそこにシリコンウェハを貼った。その前面にサーモグラフィを設置して、材面の温度変化を画像として記録した。Fig.3-2 は実際にシリコンウェハを貼り付けた実験装置の写真である。シリコンウェハを貼り付けて熱画像を撮影しようとする、真正面からの撮影の際、カメラの焦点がシリコンウェハに反射して熱画像に映り込む場合が多かった。またこれを避けるため角度を変えると、うまく撮影できなかったため、本実験には採用しなかった。

次に、透明で耐熱性がある食品包装用ラップフィルムに注目し、赤外線画像の撮影を試みた。乾燥経過に伴って変化する木口面の表面温度に着目し、表面温度を簡単に測定するため

の乾燥機の仮扉を試作した。試作した撮影用仮扉は、扉を発泡スチロール（原材料：ポリスチレン）に交換し、観察窓を切り出して、食品包装用ラップフィルム（原材料：ポリメチルペンテン）で密閉した。そこを通して温度を測るもので、扉を開けるのは不要である。その結果としてより正確な測定を必要とするものの、割れ進行に伴う温度の変化を検出することができるめどが立った（Fig.3-3）。

シリコンウェハ分光特性(赤外) t=1.0mm(コートなし)

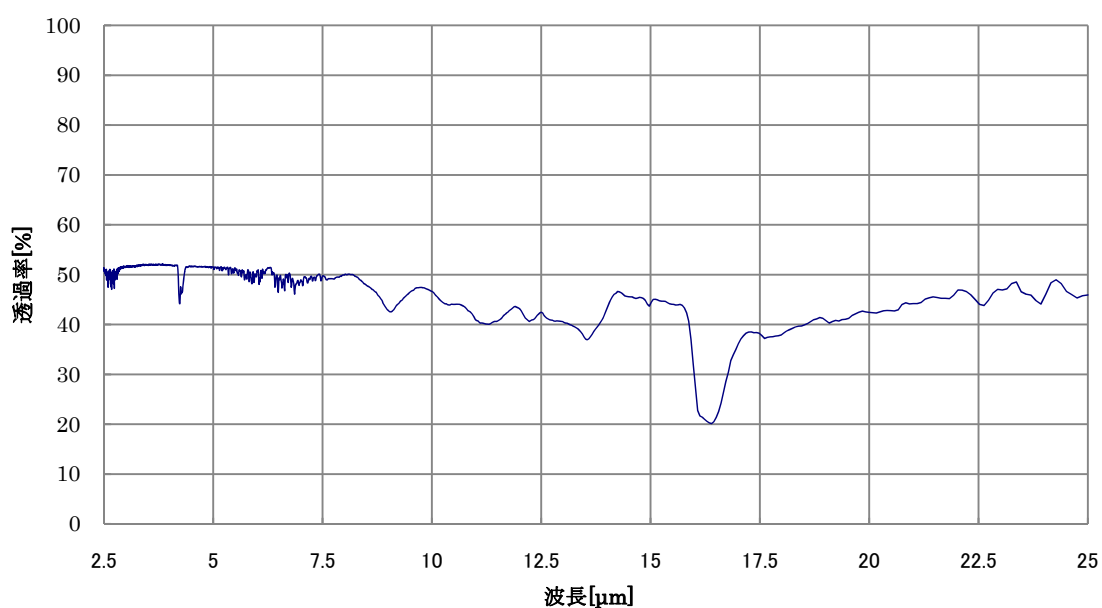


Fig.3-1 Characteristics of silicon wafer.

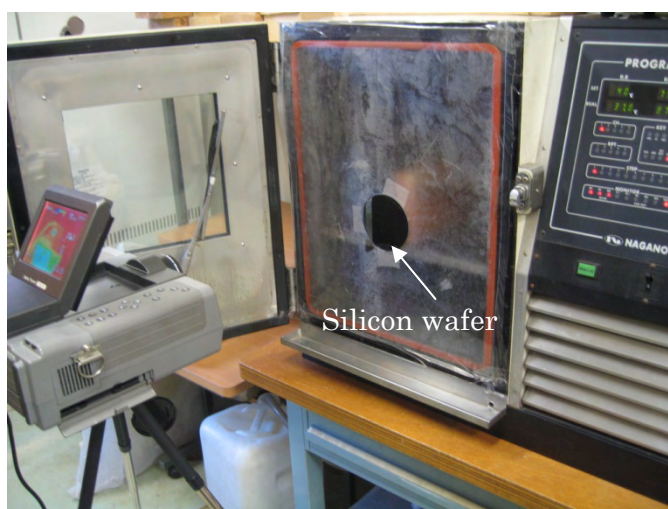
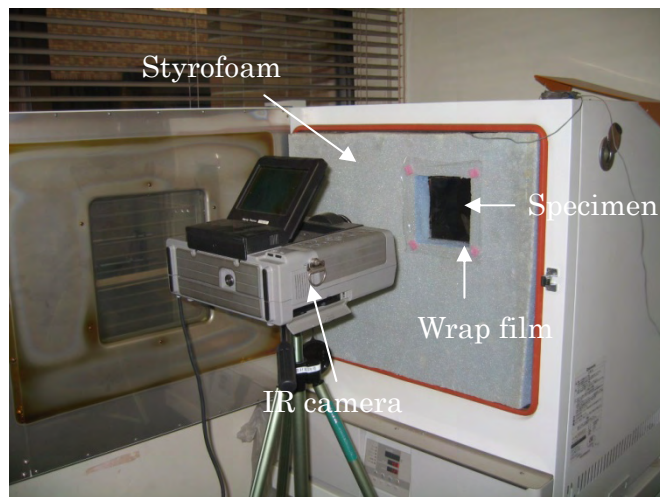
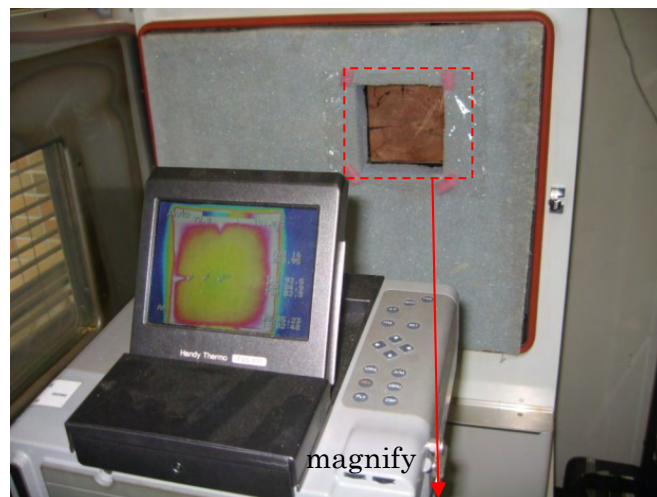


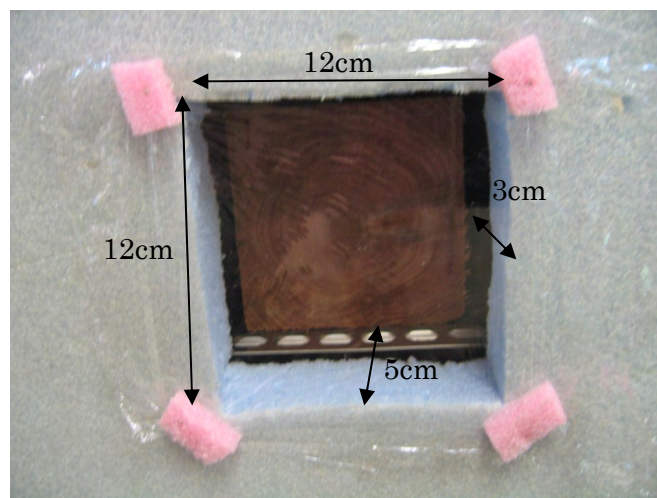
Fig.3-2 Experimental set-up using silicon wafer.



①Picture of the IR camera and oven used in the experiments.



②Picture of the front view.



③Picture of the placement of the sample in the oven.

Fig.3-3 Thermal imaging with infrared thermography (VS-100, NEC Avio Co.).

木口面内の表層部、中間部および中心部の温度分布を調べた (Fig.3-4)。表層部の平均温度を基準とし、それぞれ割れ箇所の温度との温度差を調べた。また、材温上昇状況を把握するため、JIS T タイプ熱電対 (銅 - コンスタント) を用いて材温を測定した。熱電対は、木口面内の中心部 1 か所、木材の 4 辺の中央部 2 か所に固定した。

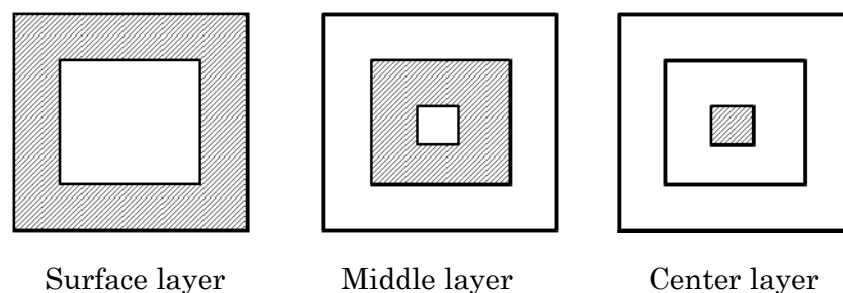


Fig.3-4 Schematic of division of cross section.

### 3.2.2 結果と考察

Fig.3-5 は表層部、中間部および中心部のそれぞれの温度分布を示す。乾燥開始から約 6 時間になって表層部の温度と中心部の温度が一致した。Fig.3-6 は表層部と中心部との温度差、中間部と中心部との温度差を示す。乾燥開始 2 時間までの短い時間に各層間の温度変化が激しく、表層部と中心部の温度差は最大 11℃であった。

Fig.3-7 は乾燥中の木口面の材温変化を模式図で示す。I は乾燥初期 (乾燥開始 5 時間まで) である。II は乾燥開始 5 時間以降、材温上昇時、表層部と中間部の温度差、中間部と中心部の温度差が大きい時である。III は材温上昇率が鈍化し、20 時間以降から一定温度に達する時である。

Fig.3-8 に表層部と割れ発生箇所および割れ発生がなかった箇所の温度差を示す。割れ箇所がすべて表層部に位置していたため基準とした。表層部の温度を基準とし、割れ発生箇所及び割れ発生がなかった箇所との温度差を調べた。この結果を見てみると、割れ発生がなかった箇所の温度が高いことが観測された。それは割れ発生がなかった箇所が、一番温度が高くなる木口面の角に位置していたためと考えられる。赤外線画像で示される温度分布の特徴から、割れ発生箇所の温度が、基準となる表層部の温度より温度低下が見られた。この原因としては割れが発生して内部が見えてその温度が測定されたためと考えられる。Fig.3-9 は木口

面表面の割れ個所と割れなし個所の温度分布を示す。割れ個所の平均温度が割れなし個所に比べて低くなったことがわかった。

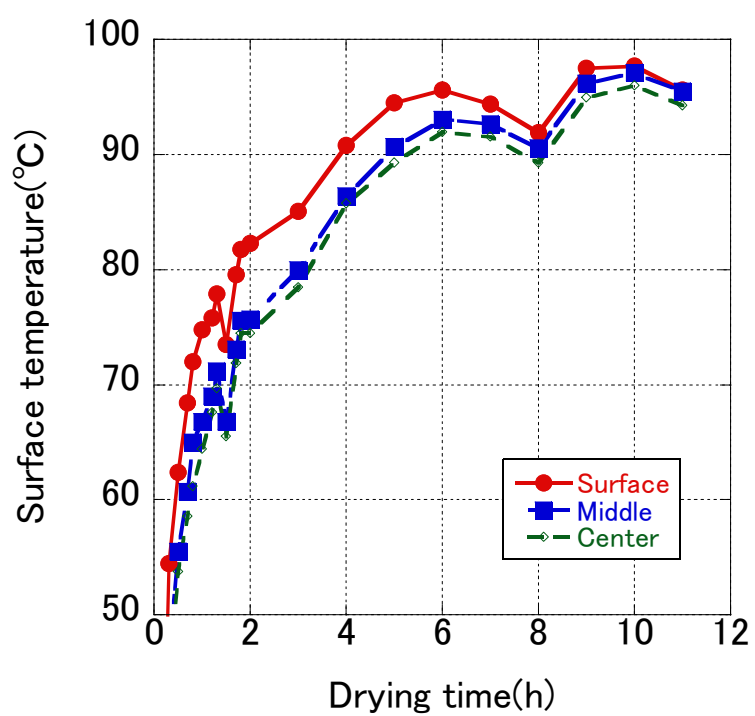


Fig.3-5 Comparison of surface temperature among surface, middle and center layer.

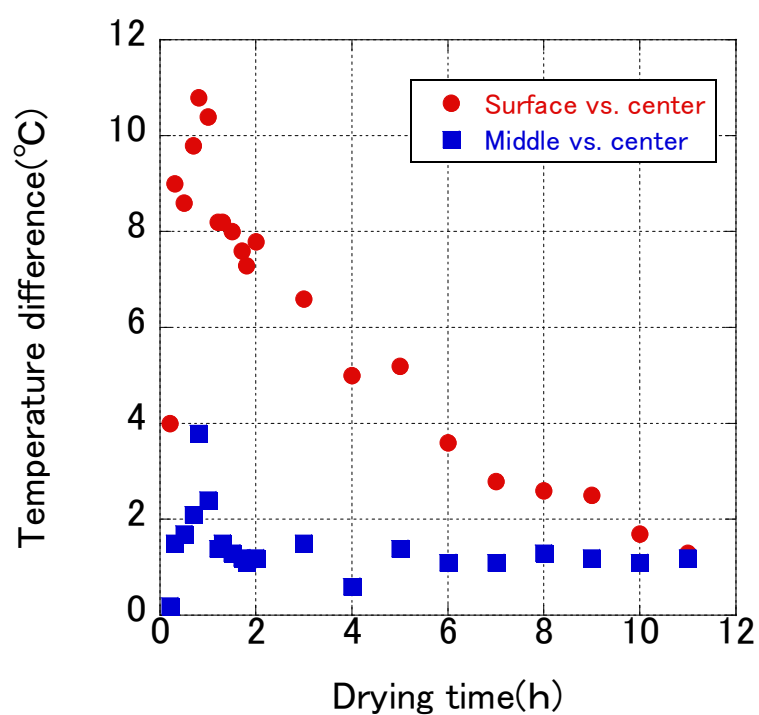


Fig.3-6 Temperature difference between surface vs. center and middle vs. center layer.

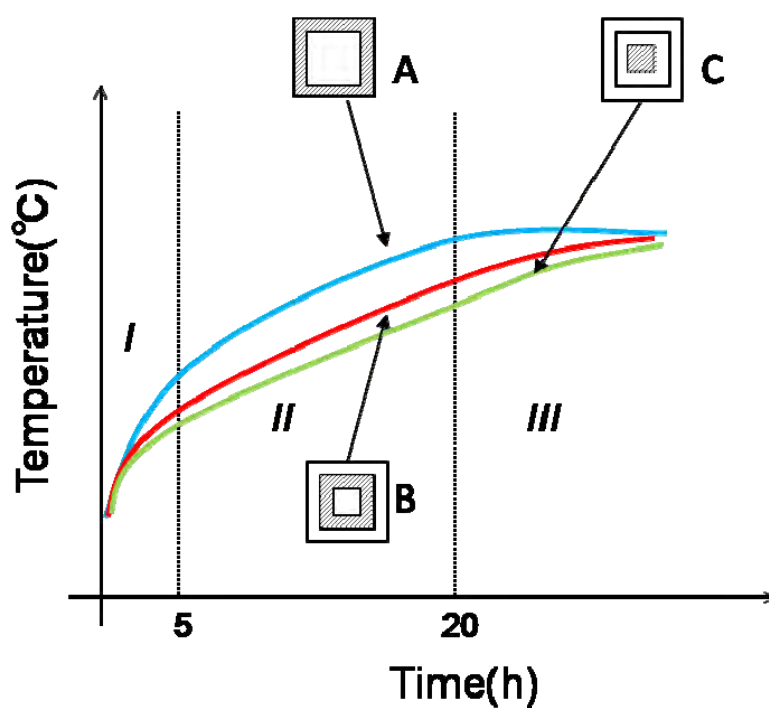


Fig.3-7 Schematic of the changes of surface temperatures versus time.

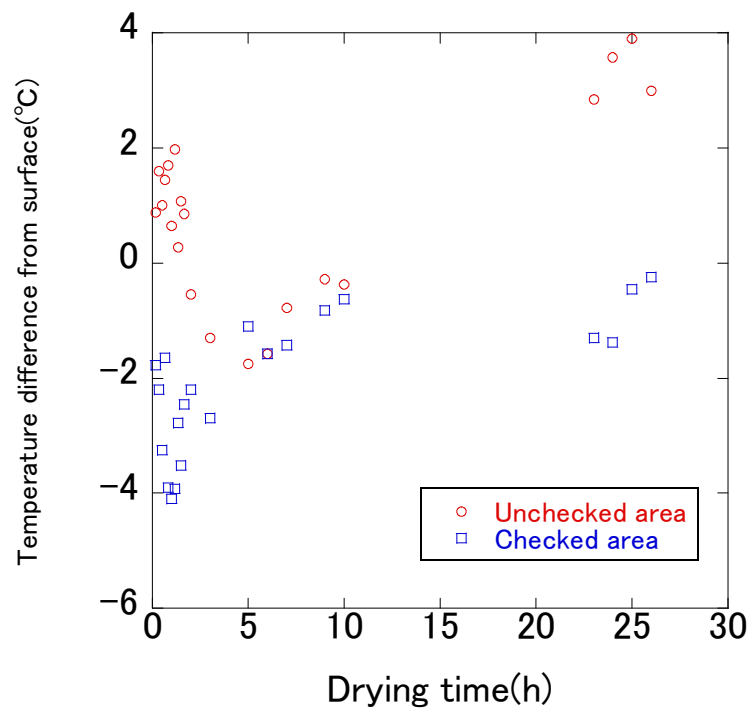


Fig.3-8 Comparison of temperature difference between unchecked area and checked area.

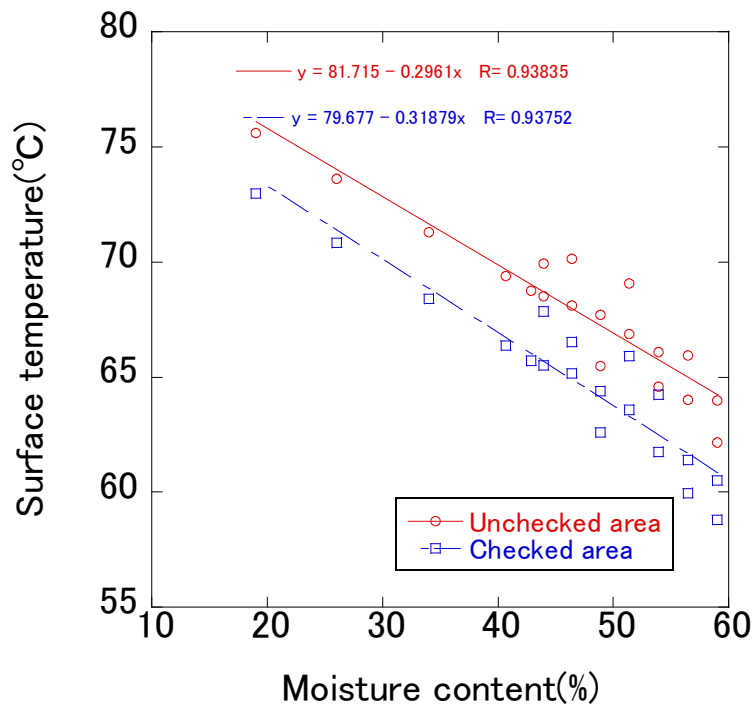


Fig.3-9 Relationship between moisture content and surface temperature at unchecked are and checked area.

### 3.3 割れ個所と割れなし個所の比較

#### 3.3.1 実験

Fig.3-10 のように木口面内を  $5 \times 5$  分割し、さらに  $5 \times 5$  分割し一つの領域で割れがおさまるくらいになるようにした。一つの領域の寸法は  $4.8\text{mm} \times 4.8\text{mm}$  になるようにした。

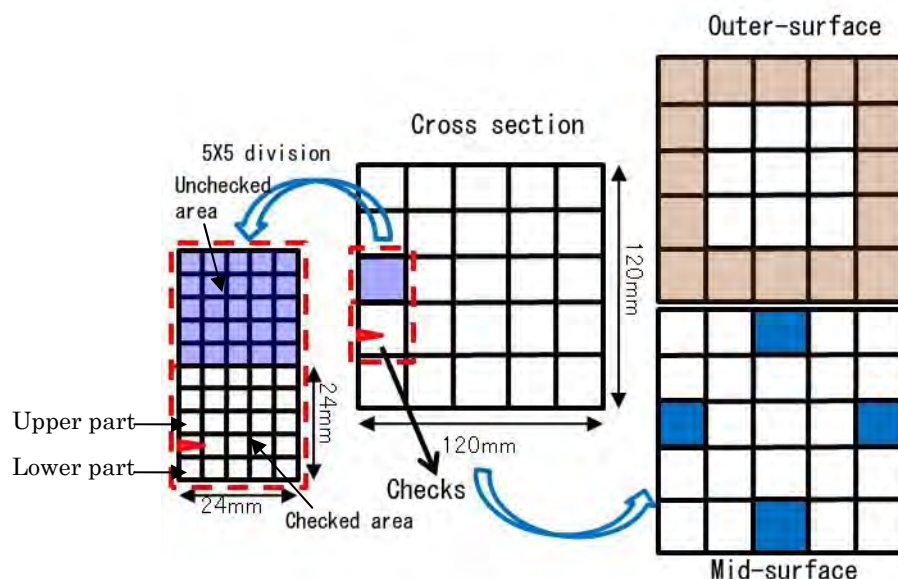


Fig.3-10 Comparison of surface temperature between unchecked area and checked area.

#### 3.3.2 結果と考察

Fig.3-11は割れ個所と割れなし個所の温度分布の比較を示す。前章の結果と同様に、割れ個所が割れなし個所に比べて温度が低いことがわかった。割れが大きく見えた時点の温度分布を知るために、それぞれ試験体の割れ発生時点に割れた箇所とその周辺の温度を測定し、その結果をFig.3-12に示す。割れの幅はいずれも2mm前後であった。割れ層の温度が割れ付近の温度より低いことがわかった。右下図の結果は割れ箇所が節付近であるためその影響で各層間に温度差が大きかった。熱画像を全体的に見てみると、節を有する部分においては温度変化量にバラツキが認められ、著しい温度変化が観測されたことから推定できた。

ある部分（割れ層）は温度の上昇により収縮しようとするが、上下にある層は必ずしも同程度に収縮しようとするわけではないので、前者は後者から抵抗を受け応力が生じる。その応力下にある部分が耐えられなくなって、割れが生じる。そして、お互い隣接している所が収縮しようとする程度の違い（温度低下の早さの違い）によって割れが生じているというこ

とが表面割れの一因であるということである。

Fig.3-13は割れ箇所と割れなし箇所の温度比較を示す。この結果を見てみると、材の中央部（樹心）に向うにつれて材温が低下していることがわかる。割れ発生が開始した時点と見られる2時間後の割れあり箇所の結果を見てみると、表面からの距離が5mmから10mmの間で顕著に温度低下が見られた。この原因については、おそらく長さ10mm以内の割れが発生しその隙間からまだ高温になっていない状態の材内部の温度が検知されたためといえる。また、エラーバーで示した標準偏差の値を見てみると、1.5時間後は表面から近いほうの標準偏差が大きくて、6時間後は表面から14.4mmの部分が大きくなったことがいえる。すなわち、割れた際の材温のバラツキや変動が大きいことがいえる。

Fig.3-14、3-15は割れ箇所と割れなし箇所の温度分布の確率密度を示す。割れた箇所は割れ発生がなかった箇所と比べてなだらかな曲線になっている。逆に、割れなしの方は、標準偏差が小さいため狭く険しい曲線になっている。このことから、割れた個所で温度変化が大きいことがわかった。

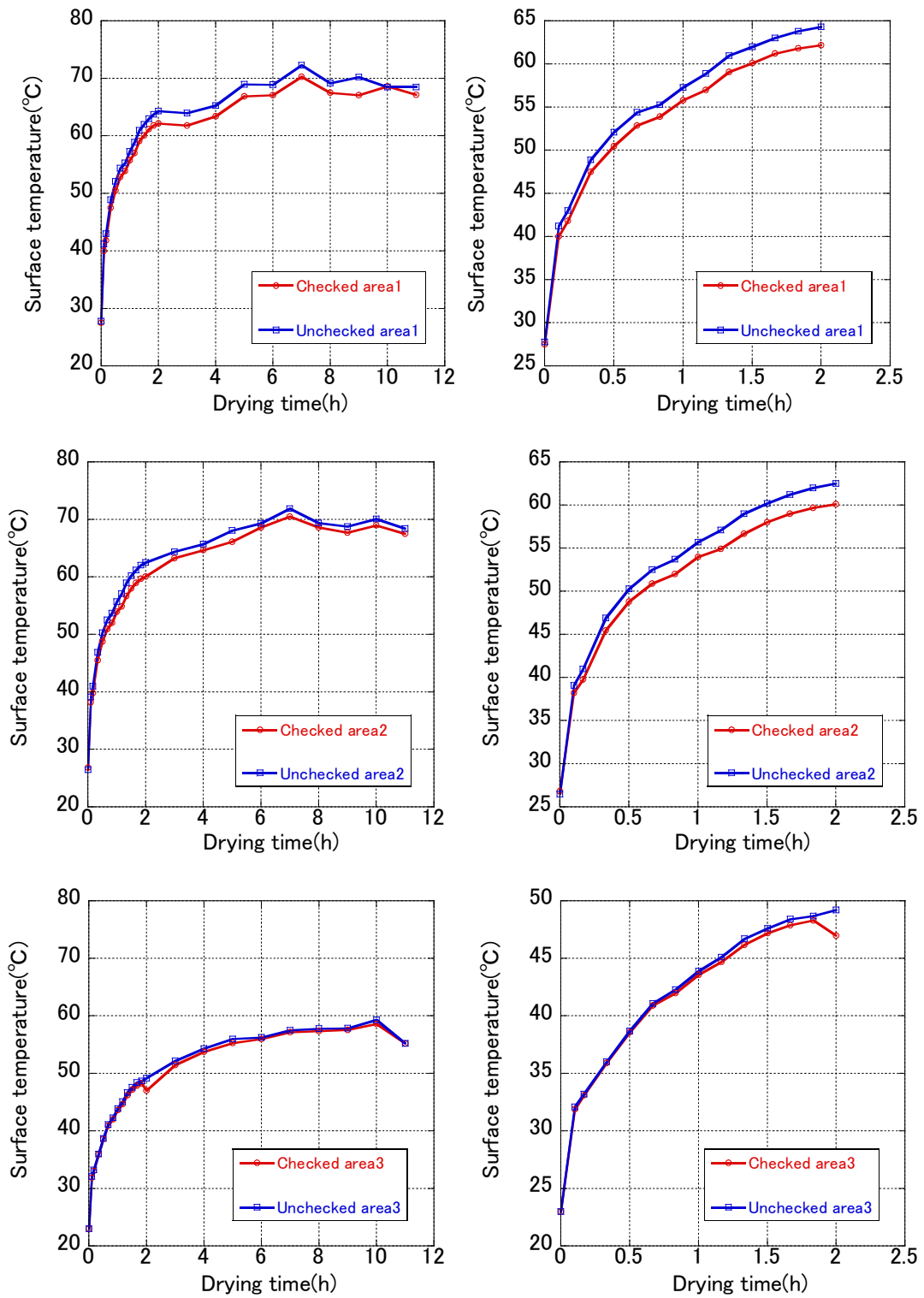


Fig.3-11 Comparison of surface temperature between checked area and unchecked area until 12 hours (Left), until 2 hours (Right).

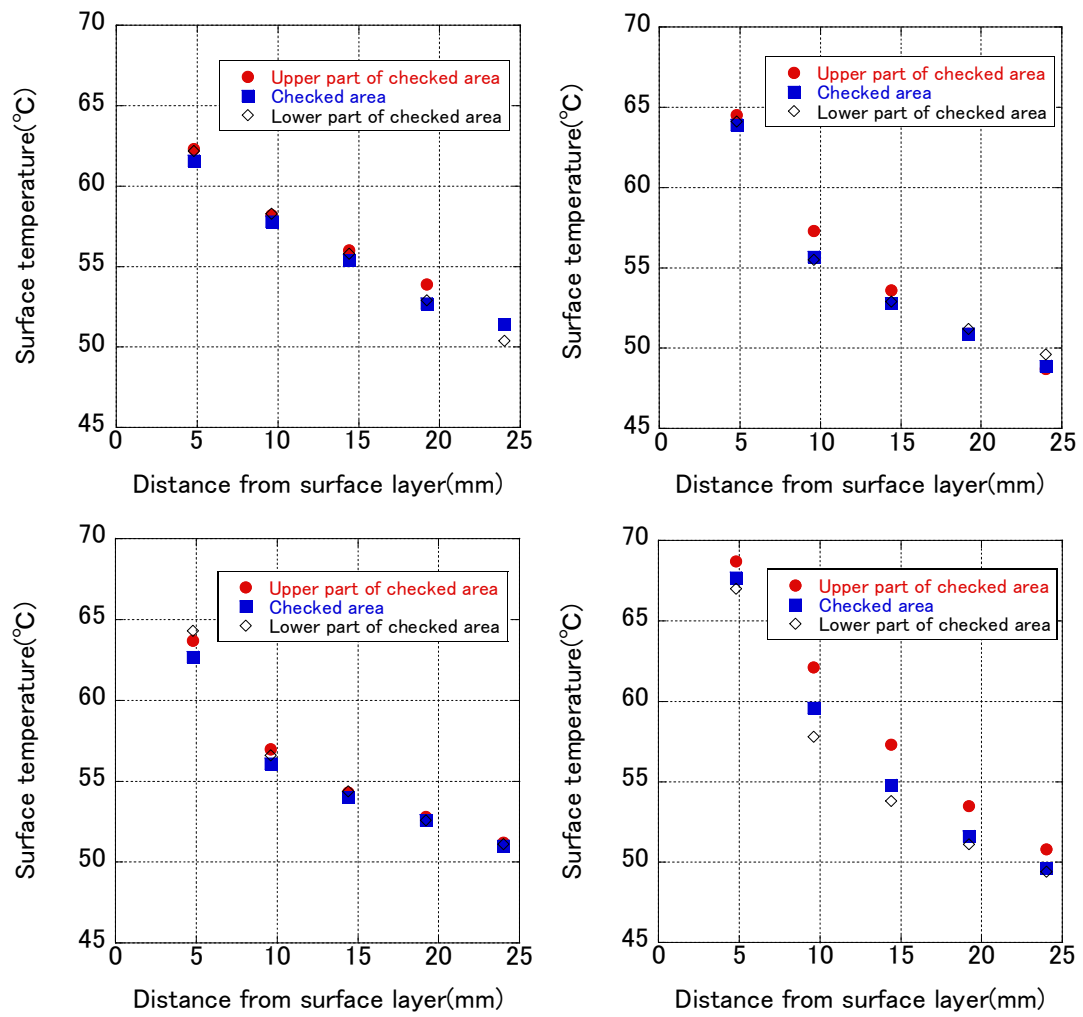


Fig.3-12 Comparison of surface temperature among the upper part of checked area, checked area and lower part of checked area.

Legend: Upper part and lower part of checked area are shown in Fig.3-10.

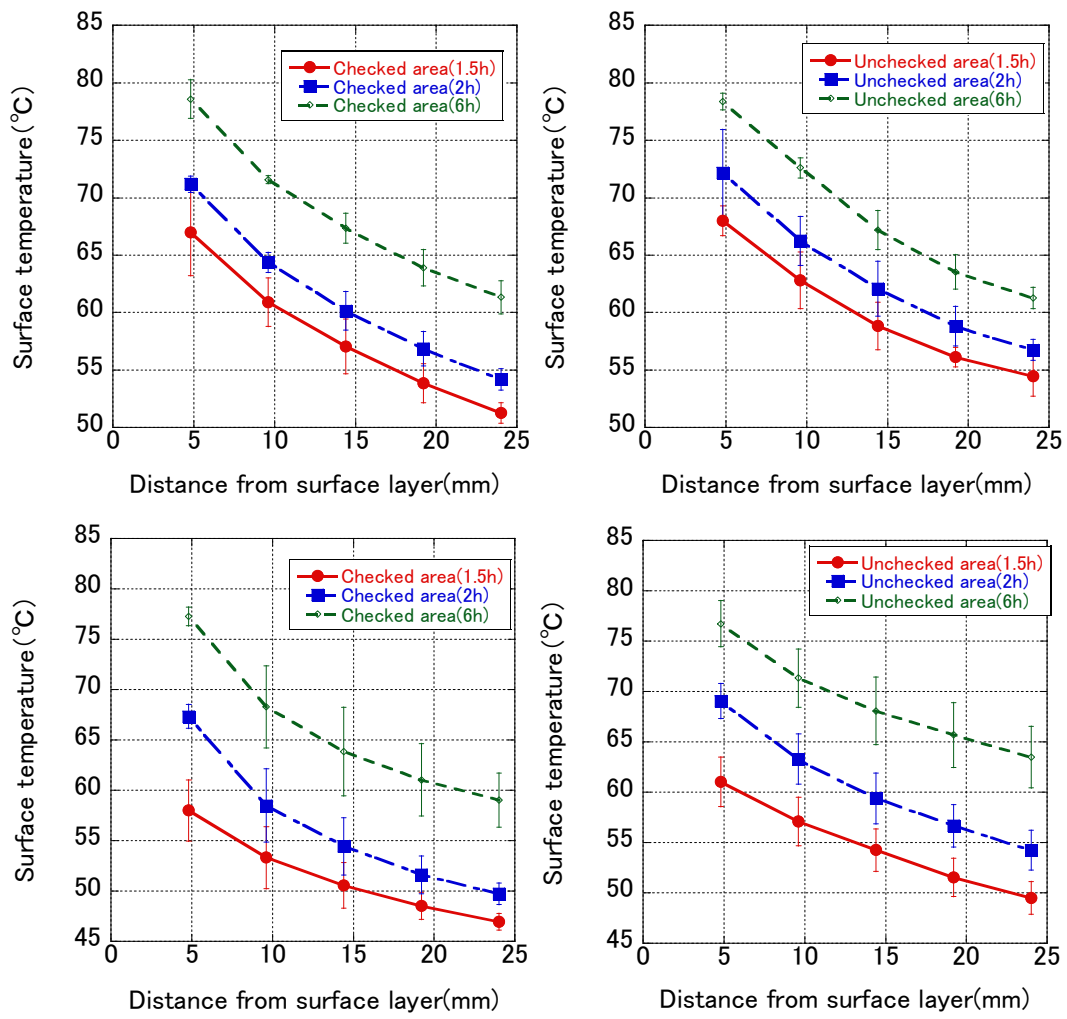


Fig.3-13 Comparison of surface temperature between checked area and unchecked area.

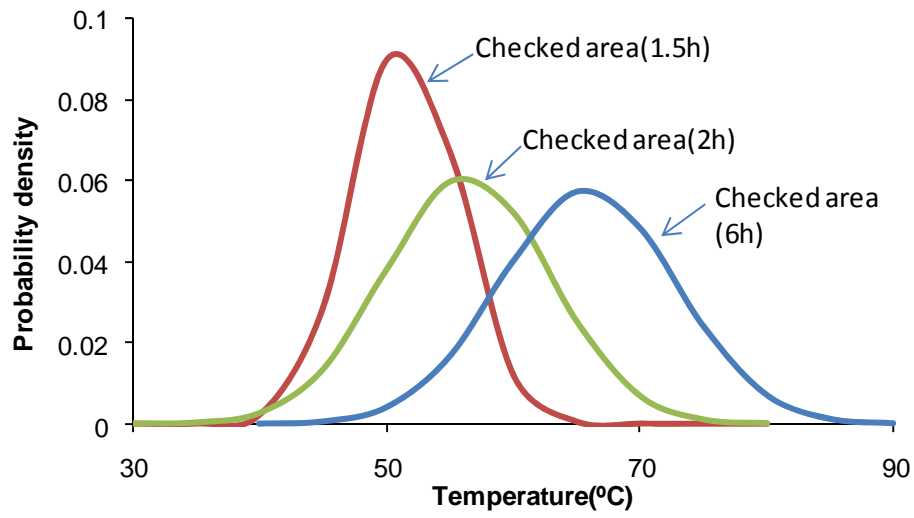


Fig.3-14 Comparison of probability density of surface temperature in checked area.

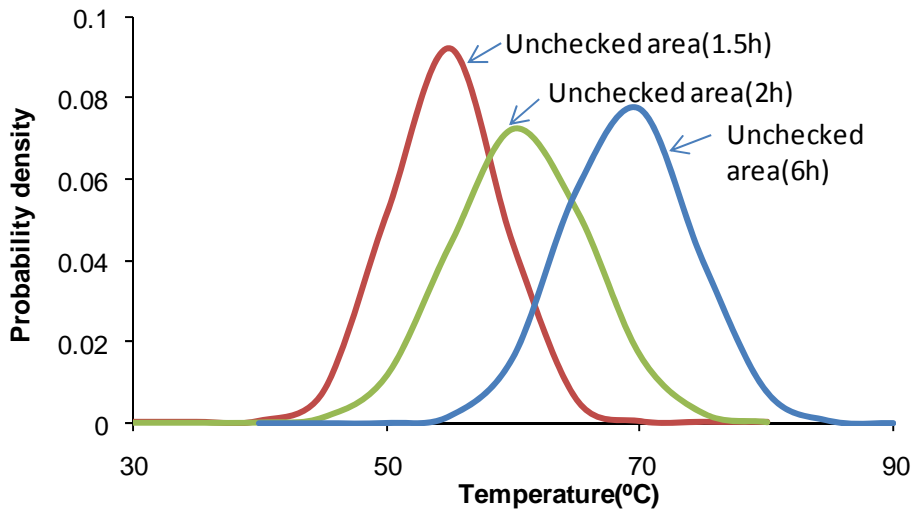


Fig.3-15 Comparison of probability density of surface temperature in unchecked area.

### 3.4 まとめ

前章の結果をさらに確認するために、乾燥装置外部から材が撮影できるように扉を、窓を開けた発泡スチロールに替えて、その前面にサーモグラフィを設置して、材面の温度変化を画像としてコンピュータに取り込み、割れのモニタリングをした。その結果、割れ個所の平均温度が割れなし個所に比べて低くなった。一方で標準偏差が大きくなったことがわかった。結果としてより正確な測定を必要とするものの、割れ進行の状態の温度変化を検出することで推定することが可能となった。

## 第4章 内部割れと木口面材温分布の関係

### 4.1 はじめに

近年、スギ製材品の乾燥時間を短縮する方法として、高温乾燥が注目され、その出荷量も増大している。ところが、高温乾燥を行うことによって、材内に内部割れが多く発生する事が報告されている<sup>35)</sup>。

内部割れを抑制するためには、乾燥中の材内部における乾燥応力を的確かつ迅速に、しかも連続的に推定して制御することが必要である。これまで、乾燥応力の推定には楕型試片法、スライス法やカップ法などが用いられているが、これらの方法はいずれも乾燥中に乾燥機から試験体を取り出して切断計測するため高温乾燥には適さない。高温乾燥では試験体の取り出しが極めて困難なので、乾燥機から取り出さず、乾燥過程における材内部の挙動を直接に計測する必要がある。そこで、植原ら<sup>36)</sup>は高温乾燥中のスギ心持ち正角材の材内部の挙動を連続的に計測する手段として、試験体内部にひずみゲージを設置して、乾燥中に起こる材内部のひずみを直接に計測した。

本研究ではサーモグラフィを用いて乾燥中における内部割れの発生と木口面の材温変化について検討した。サーモグラフィを用いて乾燥中には内部の温度を測定できないため、乾燥終了後、試験体の断面を切断し、材内部の熱画像を取り読み、内部割れが発生した個所と木口表面の同じ座標の温度を読み取り、経時変化を測定した。前章によって、木口割れ発生時における温度変化はある程度把握することができたが、目に見えない内部割れの発生を予測するのは困難であった。

温度のバラツキ、すなわち温度平均値および温度の標準偏差から得られる変動係数(=温度の標準偏差/温度平均値×100(%))を用いた。木口面熱画像には、割れ個所と割れなし個所の割合やその色の違い、場合によっては節その他欠点等、乾燥に関係がある材の情報が温度の変動と温度となって熱画像に総合的に反映される。すなわち木口面内の温度の変動=割れの総合的情報をおおまかにつかむこと、が乾燥性を評価するために有効である可能性は高い。もちろん温度平均値、標準偏差といった温度情報と割れの関係も認められるが、いずれも決定的な指標にはなりにくい。割れについては、内部割れと乾燥応力に関する研究<sup>36, 37)</sup>はあるものの、内部割れが木口表面の材温分布に及ぼす影響について報告した例は見あたらない。

本章では、内部割れ発生が木口面にどのように影響するのかを調べるために、測定した熱画像の同じ座標位置の領域の温度を読み取り、内部割れ発生が木口面の表面に及ぼす影響を検討した。

## 4.2 材温分布の変動係数

### 4.2.1 実験

得られた熱画像の温度測定データをもとに、Fig.4-1のように区分した。

- ① 木口面内の全体の表面温度の変動係数
- ② 表層部のみの表面温度の変動係数
- ③ 割れが起こりやすい断面の中央部のみの表面温度の変動係数

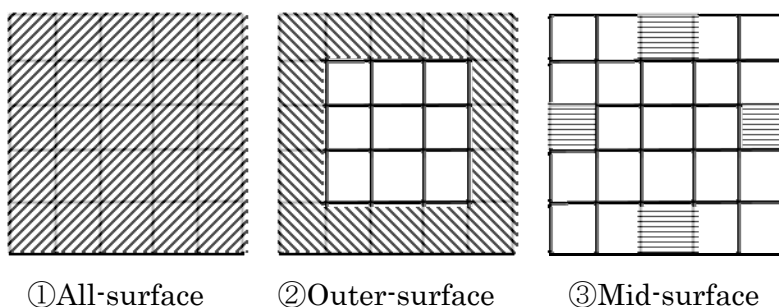


Fig.4-1 Sections for surface temperature calculated by the thermal image.

上記の結果と、前回の割れ箇所と割れなし箇所の結果と比較を行った。また、内部割れの発生位置と同じ座標の木口表面を測定した。

### 4.2.2 結果と考察

Fig.4-2は部位別における表面温度の変動係数の推移を示す。この結果を見てみると、前章の結果と同様に、割れが発生したと見られる表層部、中央部の変動係数が乾燥開始2時間後に最大値が認められた。表層部の結果を見てみると、2時間までは急激に上昇し、最大値となりその後緩やかな減少傾向が見られた。変動係数が大きいほど、バラツキが大きいことを意味する。変動係数が大きくなると割れやすくなることがわかった。

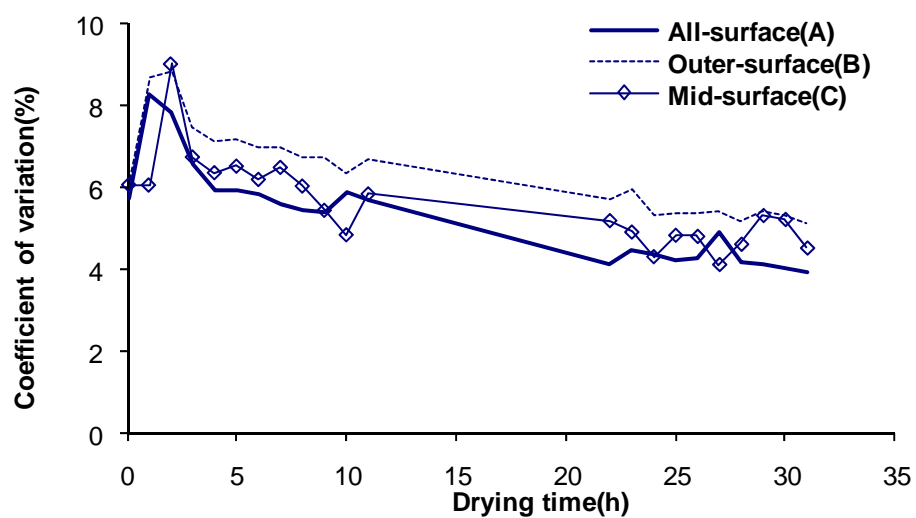


Fig.4-2 Comparison of coefficient of variation in all-surface, outer-surface and mid-surface.

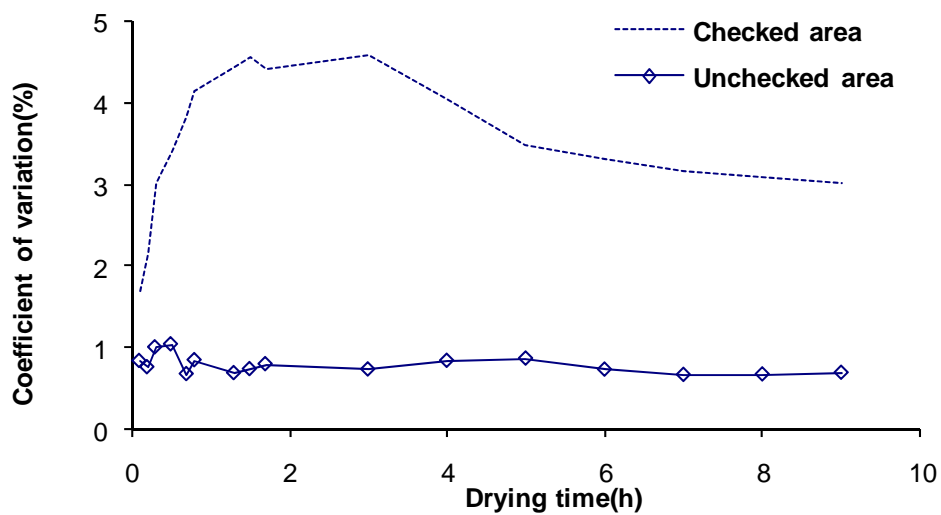


Fig.4-3 Comparison of coefficient of variation between checked area and unchecked area.

### 4.3 内部割れ発生時の材温分布および変動係数

#### 4.3.1 実験

検討対象として、寸法 120mm×120mm×250mm（長さ）のスギ心持ち柱材を用いた。実験は、105°C に設定した送風定温恒温器（DKN602、ヤマト科学株式会社製）内に設置し、小型熱画像センサ（TP-L series、株式会社チノー製）を用いて木口面の熱画像を連続撮影した。乾燥終了後、直ちに材中央部を切断し、熱画像を撮影した。切断後の撮影には、ハンディサーモ（VS-100、日本アビオニクス株式会社製）を用いた（Fig.4-4）。丸のこのすぐ隣にサーモグラフィを置いて直後に撮影した。Fig.4-5 は内部割れ測定方法を示す。木口から 15cm 入った 1 断面において、幅は最大幅、長さは総計を示す。Fig.4-6 は熱画像の領域分割を示す。中心部 1 か所をはじめ、表層部 4 か所にわけた。Table 4-1、4-2 は材表面および内部の平均温度とその変動係数を示す。Fig.4-9、4-10 は Fig.4-6 に示した各領域の変動係数を示す。



Fig.4-4 Thermal imaging on center surface of cross section after cutting.

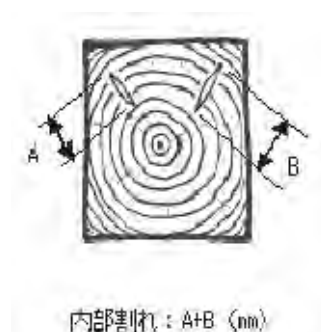


Fig.4-5 Measurement of internal check.

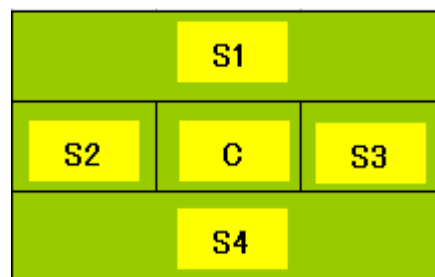


Fig.4-6 Locations in the sample.

#### 4.3.2 結果と考察

Fig.4-7 に中央断面の可視画像と熱画像を示す。○印は内部割れの位置を示す。木口から

15cm 入った 1 断面において熱画像を撮影した。カット後、約 2～3 分間が経過したため、すぐに温度低下が見られたが、できる限り速やかに行った。内部割れは樹心から左下部に発生した。割れ総長さは 52mm である。

心持ち柱材の場合、内部割れは柱の角のところに発生し、樹心に向かって伸び、割れ幅は一時増大し再び樹心に向かって縮小する。柱の角のところは、辺材部であったり、水分の移動が良いので乾燥し易く、また乾燥の早期段階にやや伸ばされた状態で先行乾燥するため、内部が乾燥する際に収縮の防げとなって内部割れが生じ易いと言われている。Fig.4-8 に内部割れ発生位置と同じ座標位置の木口表面の温度経時変化を示す。内部割れ発生が木口面にどのように影響を及ぼすのかを調べるために、温度変化を見た。内部割れ発生箇所および割れが発生していないその周辺の温度分布を測定した。内部割れ発生と見られる領域の温度が割れ発生していない領域より約 0.5℃ 低く、5 時間以降では約 0.5℃ 高く現れた。

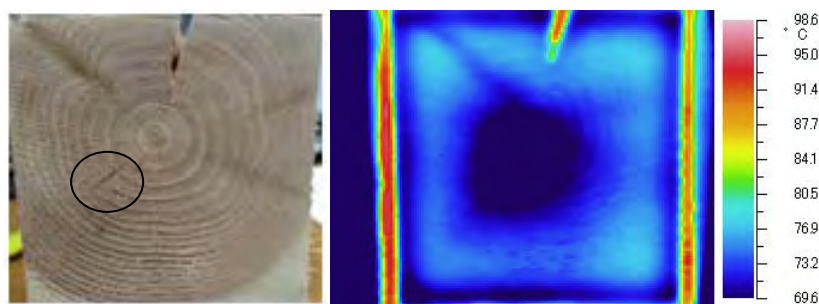


Fig.4-7 Thermal image of center surface.

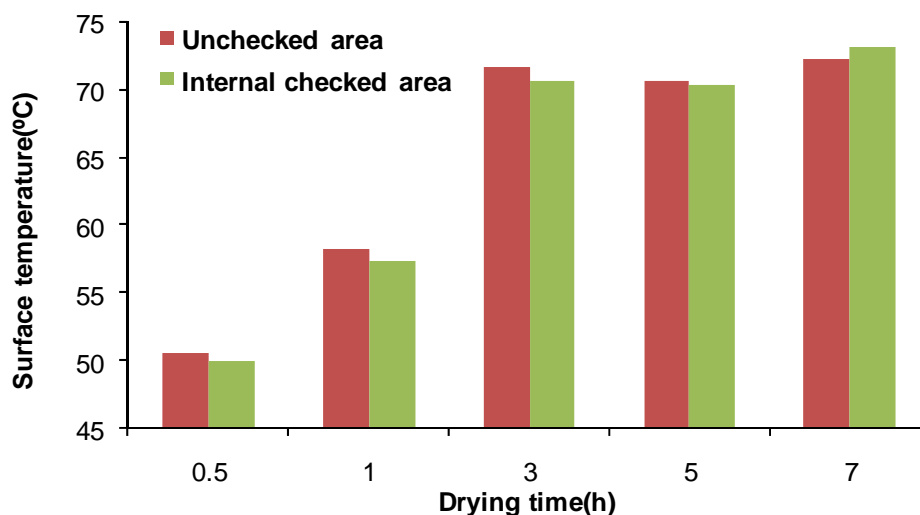


Fig.4-8 Comparison of surface temperature between unchecked and internal checked area

Table 4-1 Photographs and infrared images on center surface after cutting.




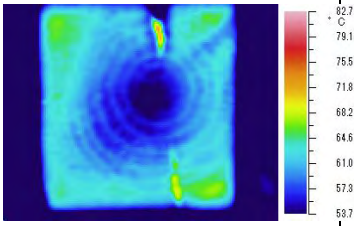
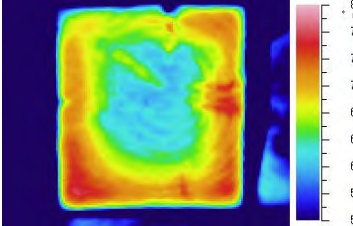
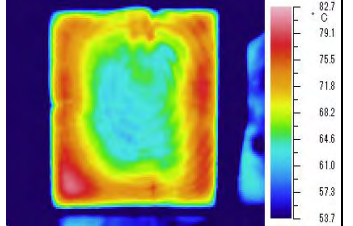
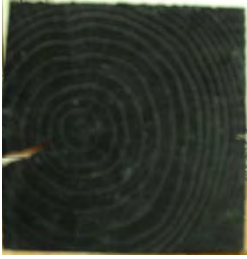


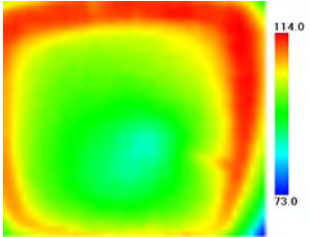
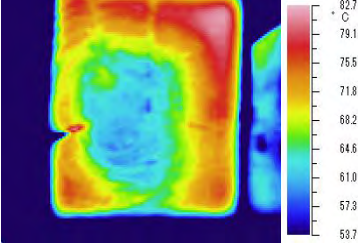
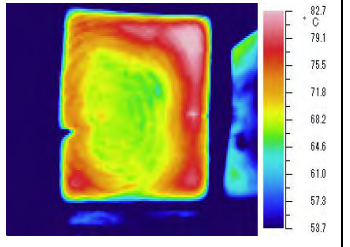
	Surface	After cutting 1	After cutting 2
Photo			
IR image			
Temp.	90.2	68.2	69.0
CV(%)	3.3	5.2	5.3

Table 4-2 Photographs and infrared images on center surface after cutting.

	Surface	After cutting 1	After cutting 2
Photo			
IR image			
Temp.	94.7	68.8	71.2
CV(%)	4.0	7.0	4.4

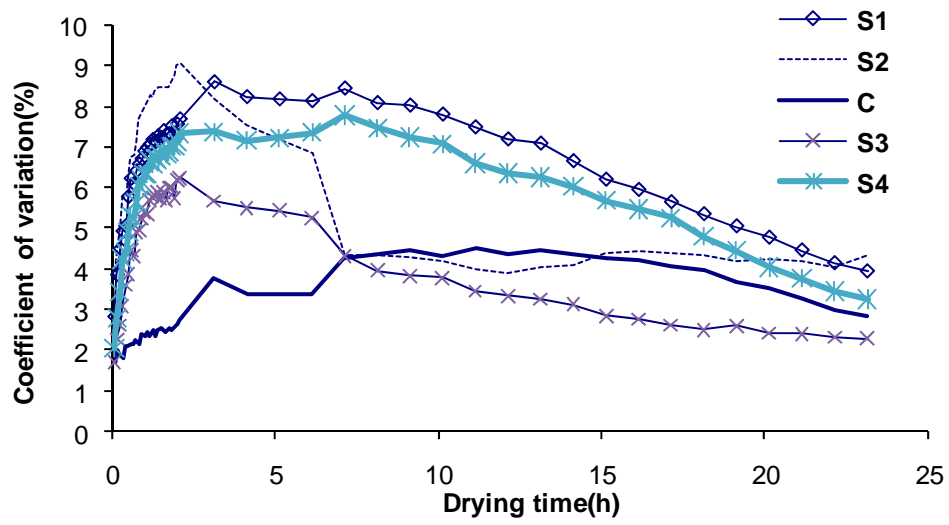


Fig.4-9 Comparison of coefficient of variation of surface temperature.

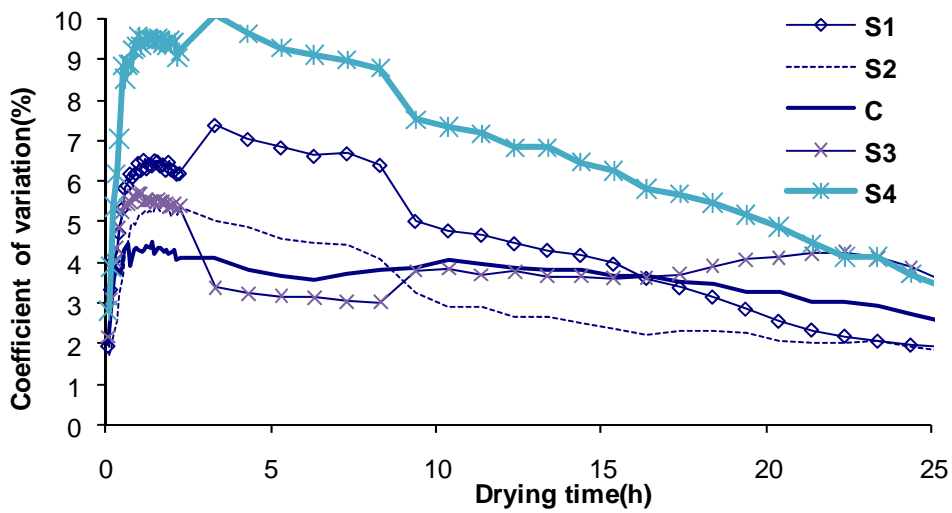


Fig.4-10 Comparison of coefficient of variation of surface temperature.

Legend: S1, S2, C, S3 and S4 are shown in Fig.4-6.

## 4.4 熱電対による材内部温度の測定

### 4.4.1 実験

材の内部温度の上昇状況を把握するため、熱電対を用いて材温を測定した。熱電対は、材の中心部（表面から約60mmの深部）までドリルにより穿孔し、これを挿入した後にテープにより固定した。

### 4.4.2 結果と考察

Fig.4-11は正面から長さ5cm、中央部である12.5cm、奥から5cmの所に熱電対を挿入し測定した結果を示す。乾燥開始約5時間まで急激に増加し、その以降は一定になった。5hの時は含水率30%であった。繊維飽和点以下では、木材細胞壁中の結合水の減少によって収縮が起り、これが割れの原因であると言われている。乾燥開始約5時間の時点から両端側と中央部との温度差が見られた。内部割れが発生したと見られる両端側の方が、割れが発生しなかったものと見られる中央部より低かった。このことから、割れの影響で温度が低かったのではと思う。温度差が大きくなる時点Aを表面割れの発生・伸展の危険性が高いと判断し、中央部の温度が一定になってからゆっくりと上昇する時点Bを内部割れの発生・危険性が高いと判断する。すなわち、乾燥中期の材温上昇時期が早い場合が内部割れが生じ易く、割れ防止対策として中心部の温度が90℃以上になるまで材温上昇をひかえる。このことから、材温の変動係数を用いて割れをモニタリングしながら乾燥制御ができるようになった。

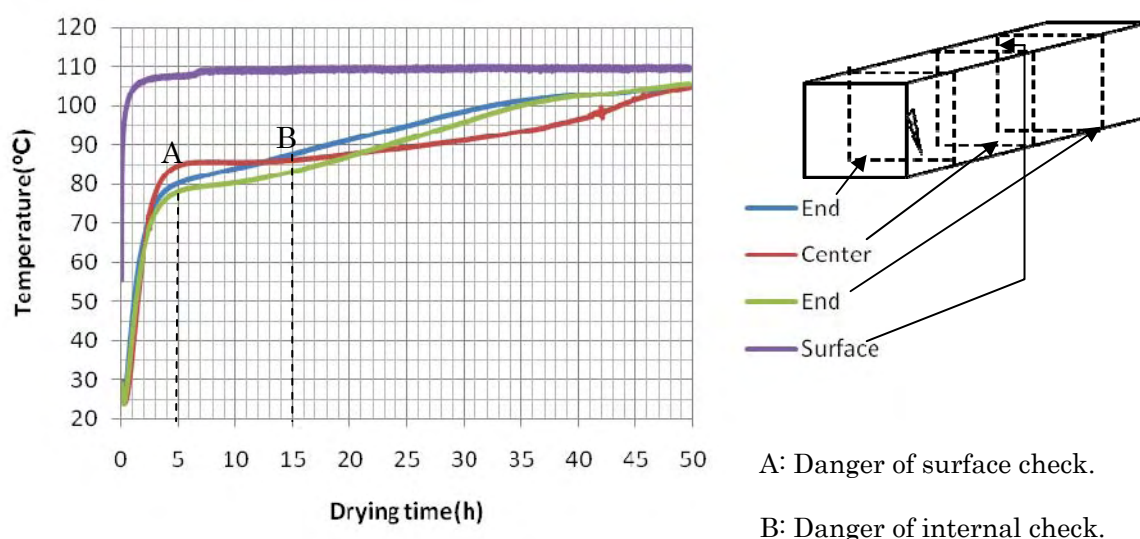


Fig.4-11 Temperature measured by thermocouple.

#### 4.5 まとめ

前章によって、木口割れ発生時における温度変化はある程度把握することができたが、内部割れの発生を予測することは困難であった。そこで、内部割れの発生位置と同じ座標の木口表面の温度分布を測定した。その結果、内部割れ発生領域の温度が、割れが発生していない領域より低くなった。一方、乾燥開始後5時間以降では高く現れた。また、試験体に熱電対を挿入し材内部の温度を測定した結果、約5時間の時点から試験材の両端側と中央部との温度差を見てみると、内部割れが発生したと見られる両端側の方が、割れが発生しなかったと見られる中央部より低かった。このことから、内部割れが発生するとそれに対応する位置の木口面温度は低くなることが明らかとなった。温度の指標として平均温度及び温度の標準偏差から得られる変動係数を考えた。部位別表面温度の変動係数の結果を見てみると、2時間までは急激に増加し、最大値となりその後緩やかな減少傾向が見られた。変動係数は表面割れ危険域では5%、内部割れ危険域では3%程度になると推定された。

## 第5章 木口表面の材温分布の変動係数を用いた木材乾燥制御法

### 5.1 はじめに

Fig.5-1 は信田の提起する今後の乾燥技術開発の方向性を示す<sup>38)</sup>。

- ① 省資源化：木材資源の有効利用、歩留まり向上
- ② 省力化：労働条件改善、生産性向上、安定した品質確保
- ③ 省エネ化：温暖化防止、乾燥コスト低減

本研究ではこれによると実使用環境における乾燥スケジュールを、非破壊検査の中でも安全性・簡便性に優れるサーモグラフィ法を用いて、割れ発生を抑制しながらなるべく早く乾燥を進めるように温度と湿度条件を組むこと、すなわち省力化・省資源化に関わることを目的としている。

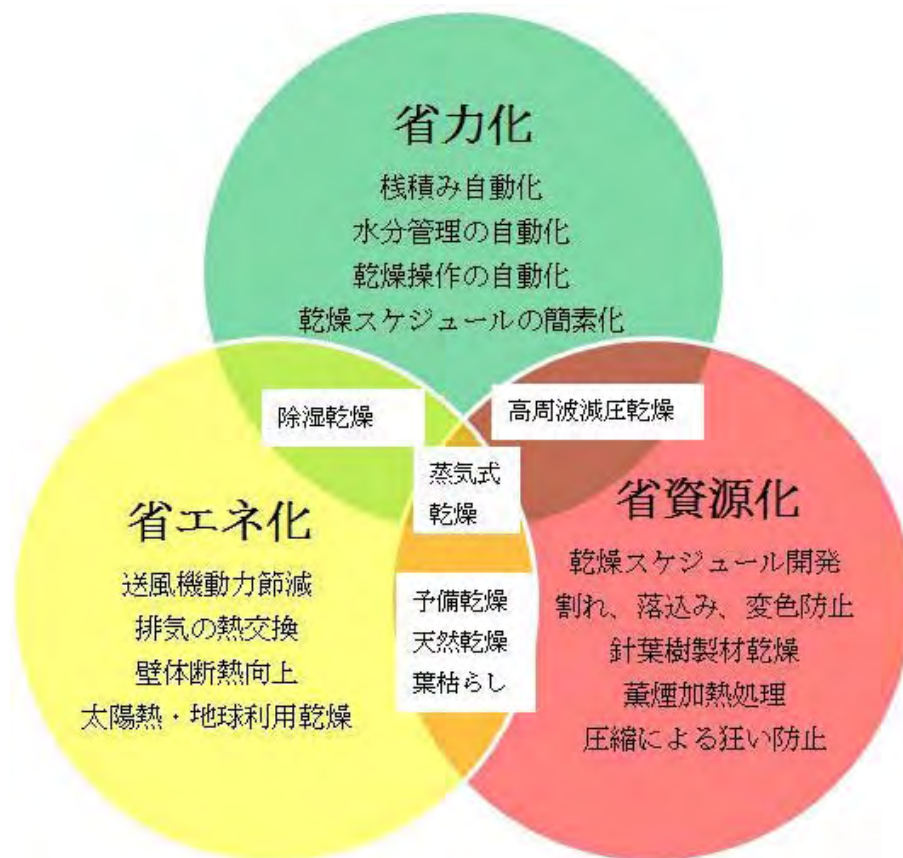


Fig.5-1 Approaches and methods in wood drying technology<sup>38)</sup>.

木材の人工乾燥は近年様々な種類の乾燥法・乾燥装置が使用されるようになってきた。最もポピュラーであり、かつ乾燥技術、操作法の整っているのは蒸気式のインターナルファン形式の乾燥室による熱気乾燥法である。この乾燥法では木材の含水率の変化に応じて乾燥室内の温湿度を調節しながら乾燥を進める、いわゆる含水率スケジュールを採用する操作法が広く普及している。

近年従来の乾燥スケジュール体系では処理しづらい針葉樹製材乾燥の需要が出始めている。したがって合理的な根拠あるスケジュール体系を確立すること、および未知の厚物に対する簡易なスケジュール推定法を提案することが急務である。

人工乾燥スケジュールの基本理念は、できるだけ速く乾燥することおよび割れ、狂い、(変色)などの損傷による品質低下を最小限に抑えて乾燥すること、であり、双方の条件を見合わせて最適な関係を求める必要がある。すなわち「割れがでないような条件を保ちながら、できるだけ厳しい乾燥条件を与えて乾燥する」ことである。これが乾燥スケジュールである。未知の材をどのように乾燥すればよいかを即座に推定することも現場では重要な技術である。これを行うためにはスケジュールを的確に推定するため促進試験のような技術が必要でありスケジュール簡易推定法の開発が不可欠である<sup>39)</sup>。

信田<sup>40-42)</sup>は簡易なコンピュータを用いて、木材乾燥操作の実用的な自動化システムの開発を進めたが、これらの報告では、主にシステムに関する考え方を示した。さらに実験室規模の試作システムを作成して行った制御試験の結果も一部示した。連続変化型の含水率スケジュールを組み込んだコントローラによって、おおむね良好な制御結果が得られた。実際の乾燥室の自動化を目指し、実用的な含水率センサの開発、コントローラの普及型仕様への改善を行い、これらによる制御試験を試みた。基本的な考え方は次のとおりである。①従来の含水率スケジュールを基本とする熱気乾燥法の操作法に準じたシステムとする。②含水率スケジュールは、コンピュータ制御用に連続変化型スケジュールとする。③含水率センサはロードセル方式とし、コントロール材の重量測定を行い、含水率を推定して制御する。④システムコストはできるだけ安価となるようにする。といった目的で制御を試みた。実験室規模の試作システムの構成をFig.5-2に示した。



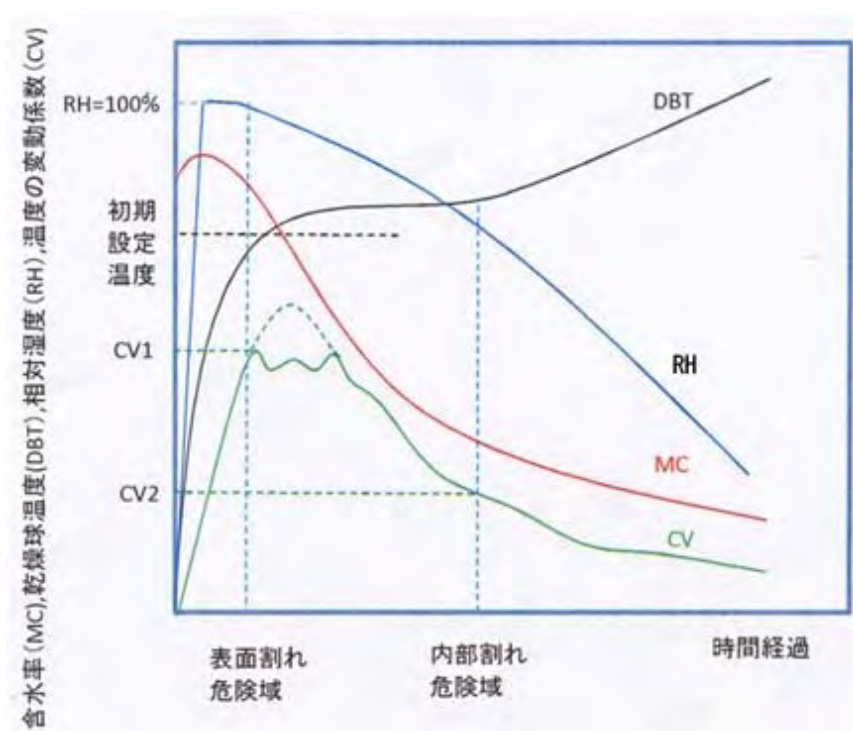


Fig.5-4 Schematic of kiln drying conditions controlled by coefficient of variation of surface temperature.

CV: coefficient of variation, DBT: dry-bulb temperature, RH: relative humidity, MC: moisture content.

Table 5-1 Drying conditions controlled by coefficient of variation.

初期温度上昇期	湿度 100%で設定温度に達するまで制御する。
乾燥制御 1 期	<p>設定温度に達した以降、初期温度設定値のまま一定制御する。また湿度も 100%を維持する。</p> <p>変動係数が明らかに変動係数設定値 (CV1) より小さくなる時点から湿度を下げ始める。</p>
乾燥制御 2 期	<p>変動係数が変動係数設定値 (CV2) より小さくなった時点から、温度上昇を始める。また湿度を下げてゆく。</p> <p>仕上げ含水率になったら制御をやめる。</p>

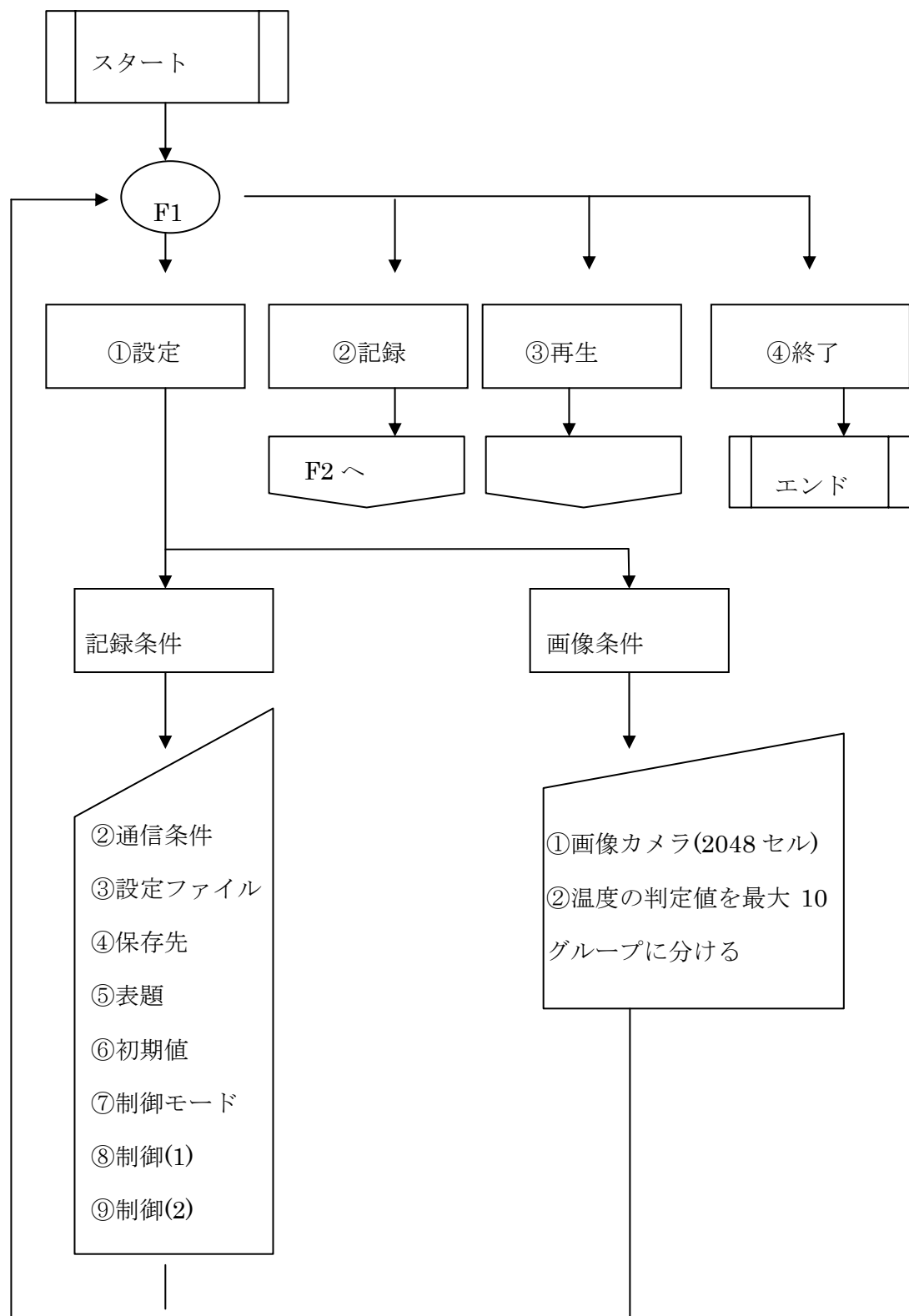


Fig.5-5-1 Flow chart of kiln drying control system based on the coefficient of variation of the surface temperature.

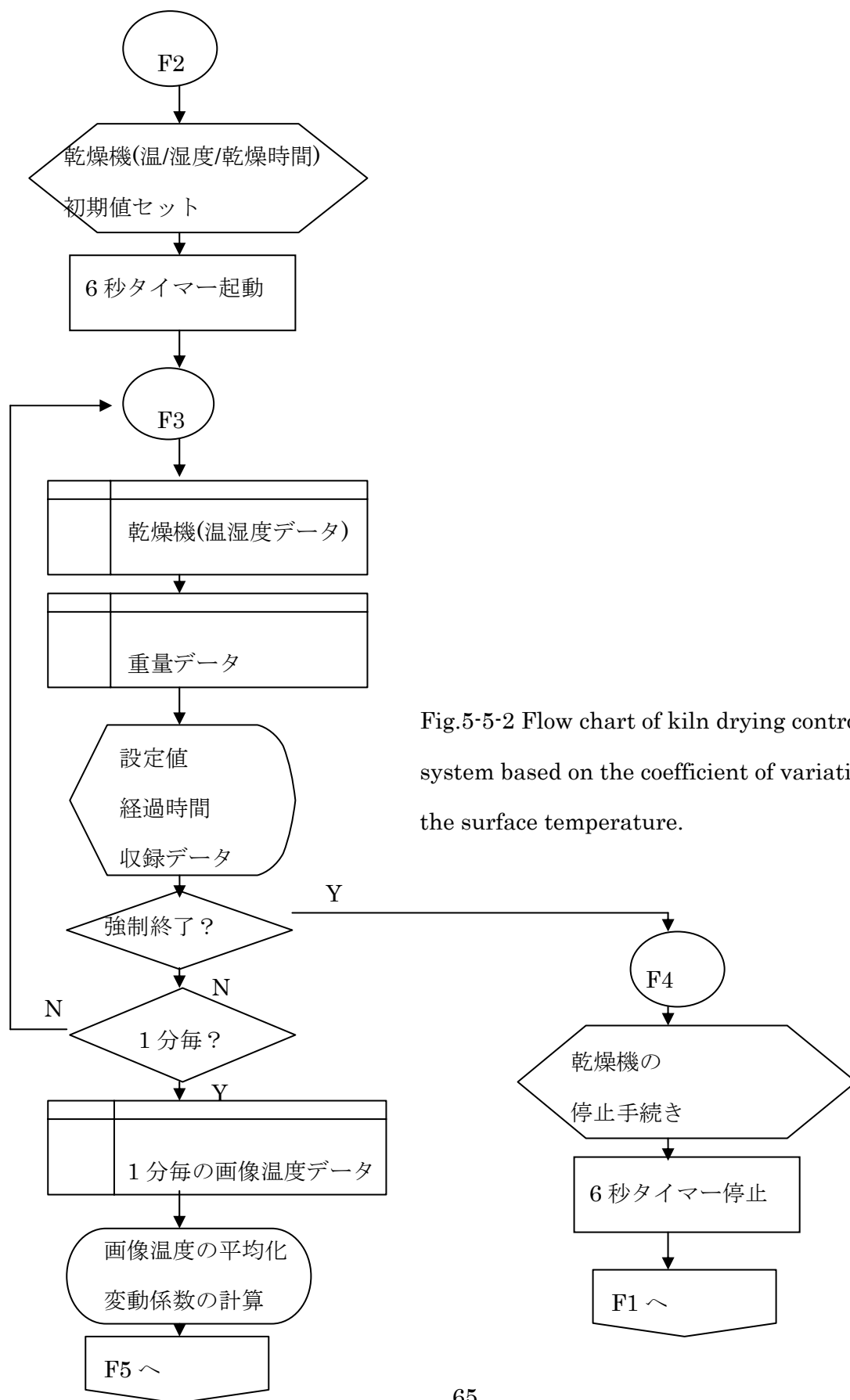


Fig.5-5-2 Flow chart of kiln drying control system based on the coefficient of variation of the surface temperature.

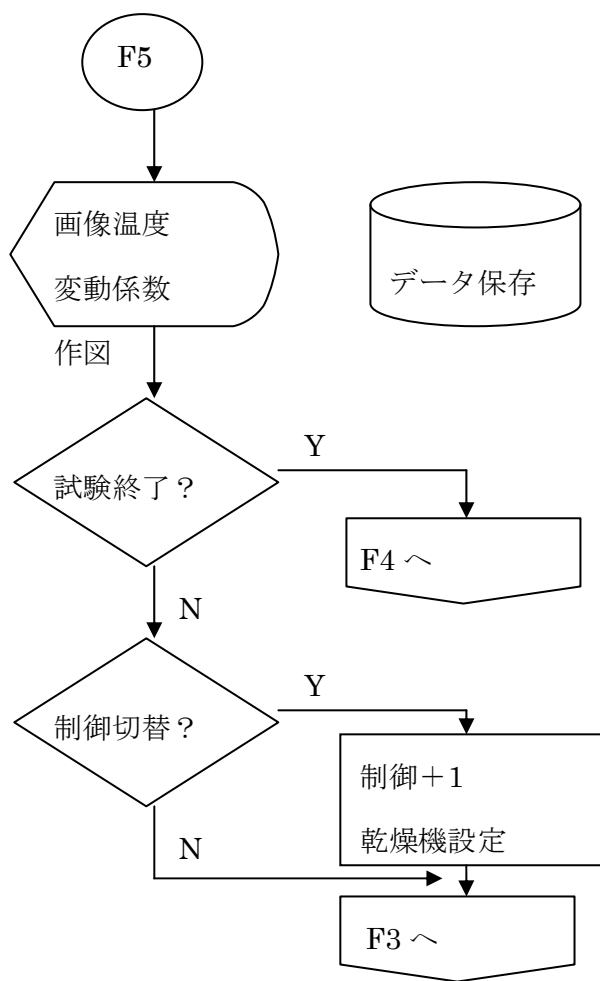


Fig.5-5-3 Flow chart of kiln drying control system based on the coefficient of variation of the surface temperature.

## 5.2 小型サーモグラフィを用いた乾燥制御試験

### 5.2.1 実験

Fig.5-6 に実験装置のシステムを示す。すなわち、乾燥炉（A）として恒温恒湿装置（ナガノ科学科学製）を使用した。供試材（D）の重量を連続的に計測するため、ビーム型ロードセルの重量センサ（B）（株式会社デックシステム製）に内部の試験材をステンレスケーブルで吊して測定する方法を取った。重量データは A/D 変換を行い、RS232C によりデータロガー（SOLAC II、英弘精機製）とつなぎモニタリング（E）した。小型熱画像センサ（C）を用いて木口面の熱画像を連続撮影した。温度、湿度は装置の出力端子からの出力を同じデータロガーを介して、パソコンに取り込み、あらかじめ作成しておいたプログラム（Appendix 参照）で設定した条件で時間毎に取り込み記録した。Fig.5-7 にサーモグラフィの仕様を示す。Fig.5-8 はサーモグラフィの標準構成を示す。

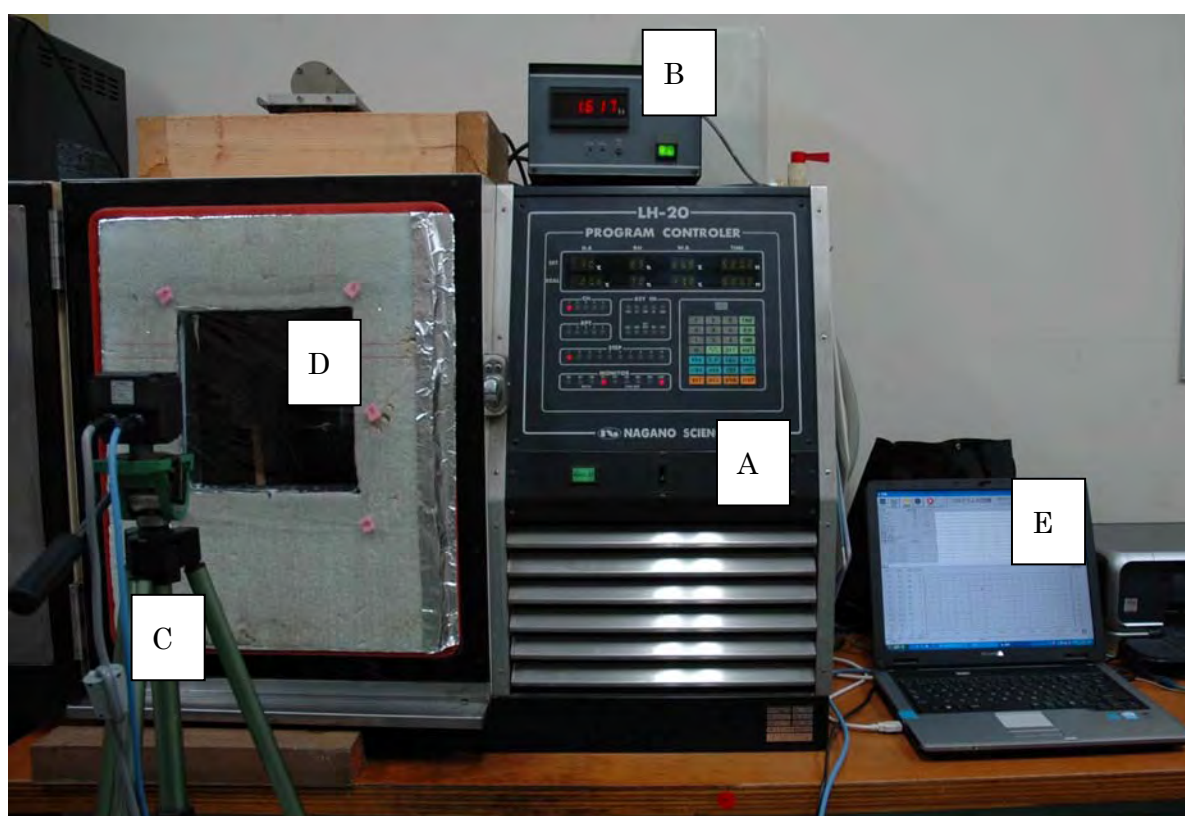
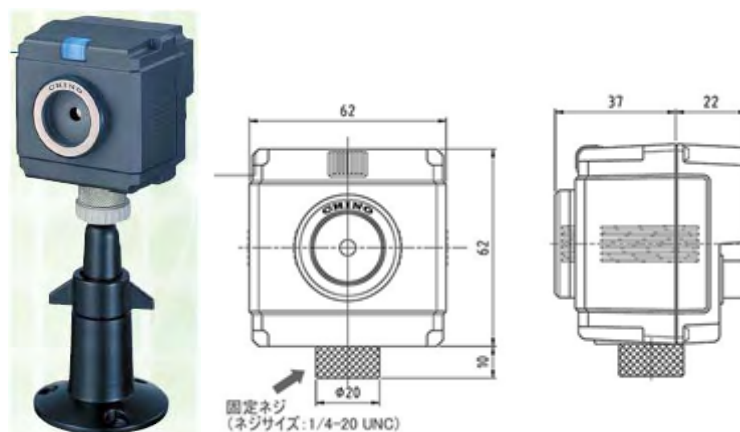


Fig.5-6 Drying control system using thermography.

Legend: A: Heating chamber, B: Weight sensor, C: IR camera

D: Specimen, E: Personal computer.



項 目		仕 様
熱 画 像 仕 様	検出素子	サーモパイル素子 48×47画素
	測定波長	中心波長10μm
	測定視野角	60°×60°
	温度測定範囲	−20℃～300℃
	温度分解能	0.5℃ (100℃黒体において)
	精度定格	測定値の±2%又は±3℃の大きい値 (周囲温度25±2℃)
	フォーカス	固定フォーカス
	フレームタイム	3Hz (警報出力の場合1Hz以上)
	放射率補正	0.10～1.00 (0.01ステップ)
	空間分解能	21.8mrad
一 般 仕 様	使用温度範囲	−10℃～50℃
	使用湿度範囲	10～80%RH (結露しないこと)
	保管温度範囲	−20℃～60℃
	保護構造	IP65 (専用ケーブル接続またはコネクタキャップ、 固定ネジ取付時)
	外形寸法	W62×H62×D59 (固定ネジ含まず)
	質 量	約150g (センサ本体)
	材 質	ポリカーボネート樹脂 色：黒
	適応規格	CE (EN61326-1/Class B) 環境下において、測定レンジの3%以内の影響
	固定ネジサイズ	1/4-20UNC

Fig. 5-7 Specification of thermography camera TP-L series (Chino. Co.)

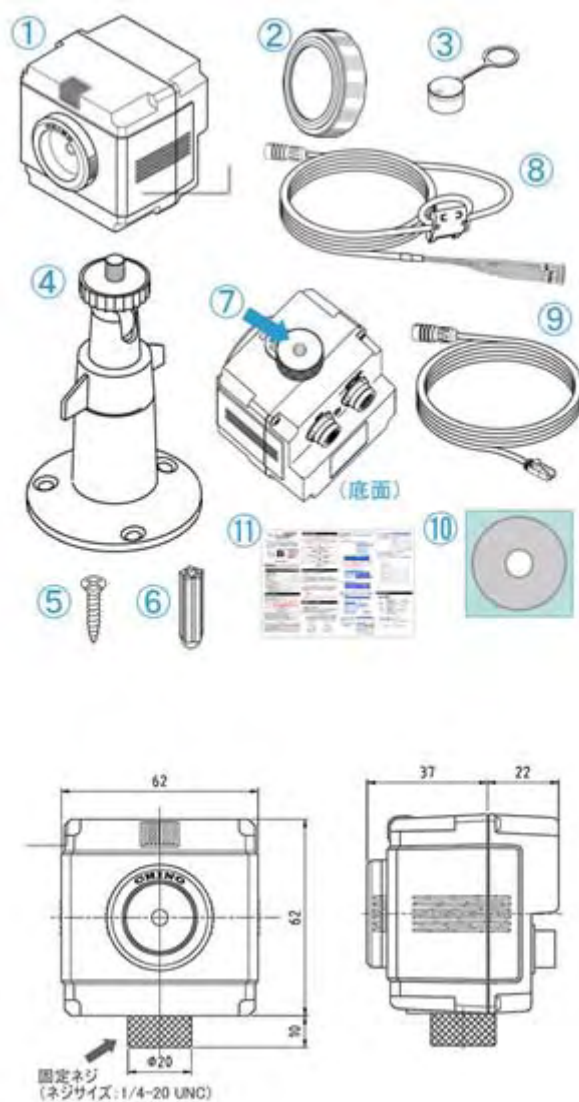


Fig.5-8 Standard composition of thermography camera TP-L series (Chino. Co.)

①小型熱画像センサ本体、②レンズキャップ、③コネクタキャップ、④固定ネジ（熱画像センサ底面に取付済）、⑤雲台、⑥雲台用取付ネジ、⑦雲台コンクリート取付用カールプラグ、⑧アプリケーションソフト取扱説明書（CD-ROM）、⑨クイックマニュアル、⑩専用通信ケーブル（LAN または USB）、⑪専用電源・警報出力ケーブル（2.5m）

※12~24V DC 電源は別途用意

赤塚ら<sup>43)</sup>、清水ら<sup>44)</sup>によると、これまで、赤外線サーモグラフィ装置は高価であったため、重要個所だけに設置して行っていたが、低価格の小型熱画像センサ TP-L によりさまざまな場所に複数台を常時設置でき、監視などの範囲をより広げることがきる。さらに連続の温度監視により、きめ細かい異常監視、品質管理、安全等の情報を得ることが可能になる。小型熱画像センサ TP-L の本体形状、一辺が約 60mm の立方体で、重量は 150g である。本体の固定は、下部の固定ネジに市販の写真用カメラの三脚などに簡単に固定できる。測定する視野角は左右、上下とも 60° である。

### 5.2.2 結果と考察

変動係数で最大値を示した場合に表面割れの発生・伸展の危険性が高いと判定し、温度を下げるなどの調整を行った結果、表面割れおよび内部割れ両方とも抑制しながら制御ができるようになった。Fig.5-9 は変動係数で温湿度を変換させるプログラムのフローチャートを示す。初期温度上昇期以降、初期温度設定値のまま一定制御する。変動係数を 5%以内に保つように湿度制御を行い、明らかに 5%より小さくなる時点から温度を下げ始める。変動係数が 3%より小さくなった時点から、温度上昇を始める。また湿度を下げてゆく。仕上げ含水率になったら制御をやめるといった制御を実施した。

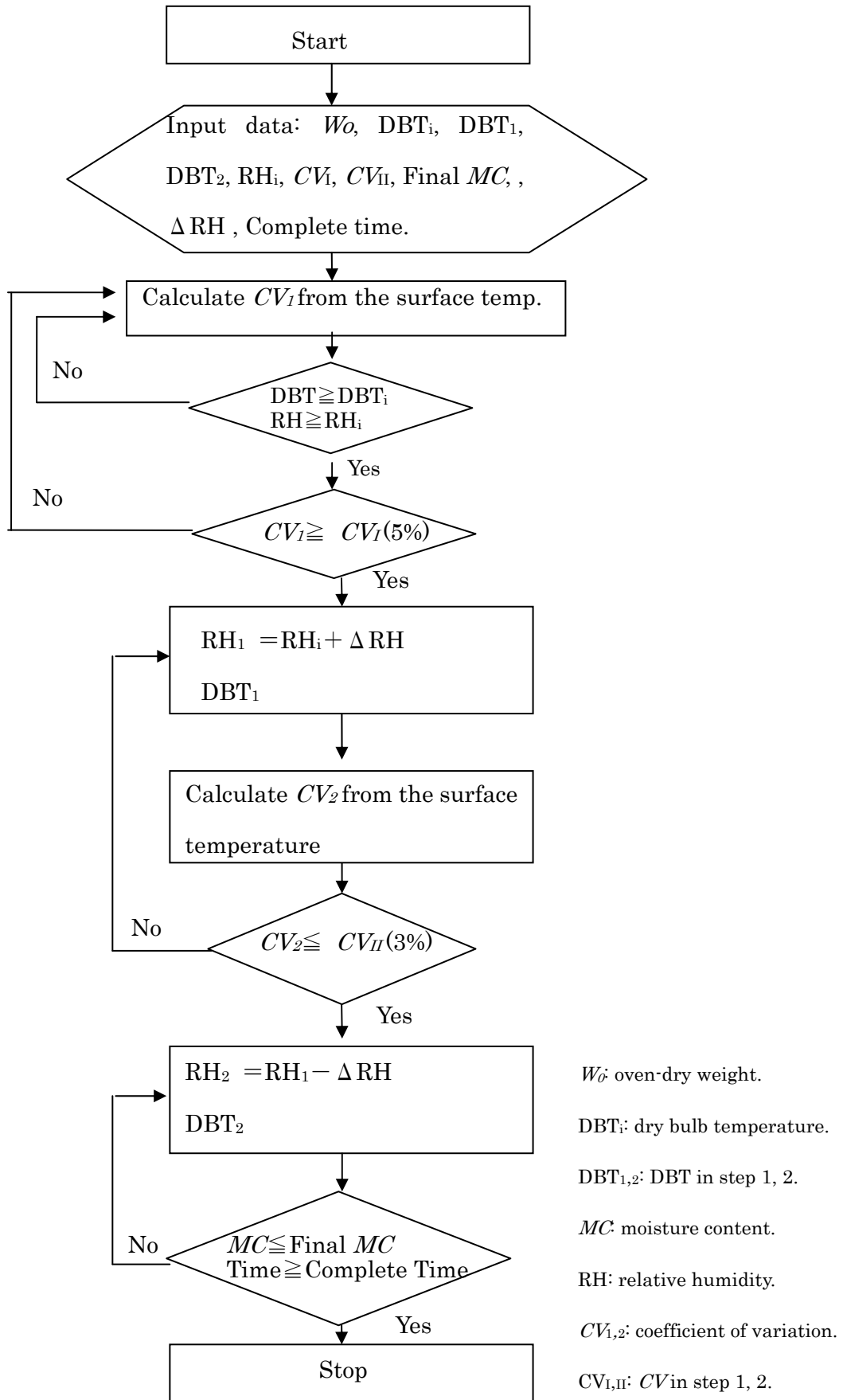


Fig.5-9 Flow chart of controlling a drying kiln using the CV of the surface temperature.

Fig.5-10 は変動係数で温湿度を変化させる制御試験の一例を示す。Fig.5-10 の試験は初期設定値を乾球温度 80℃、湿度 85%に設定した (Schedule 1)。乾燥制御 I 期は変動係数 5%、乾燥制御 II 期は変動係数 3%に設定した。Fig.5-11 の試験は初期設定値を乾球温度 80℃、湿度 65%に設定した (Schedule 2)。初期含水率が高かったため比較的低い湿度に設定した。Fig.5-12 はこれらの制御法で乾燥した結果のうち、表面割れ・内部割れがなく試験が終わった材の断面を示す。

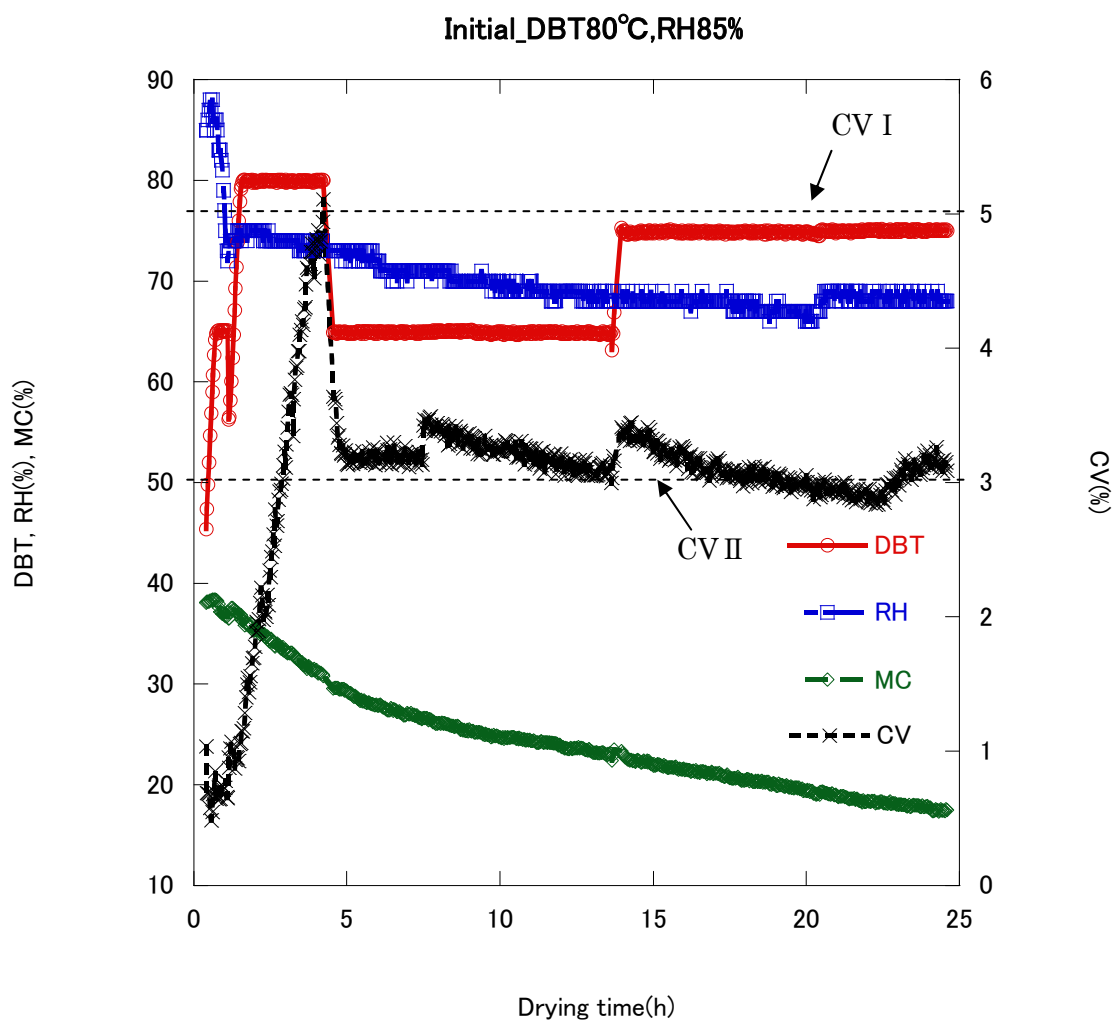


Fig.5-10 Drying curves controlled by the CV of the surface temperature in schedule 1.  
Legend: CVI, CVII are shown in Fig.5-9.

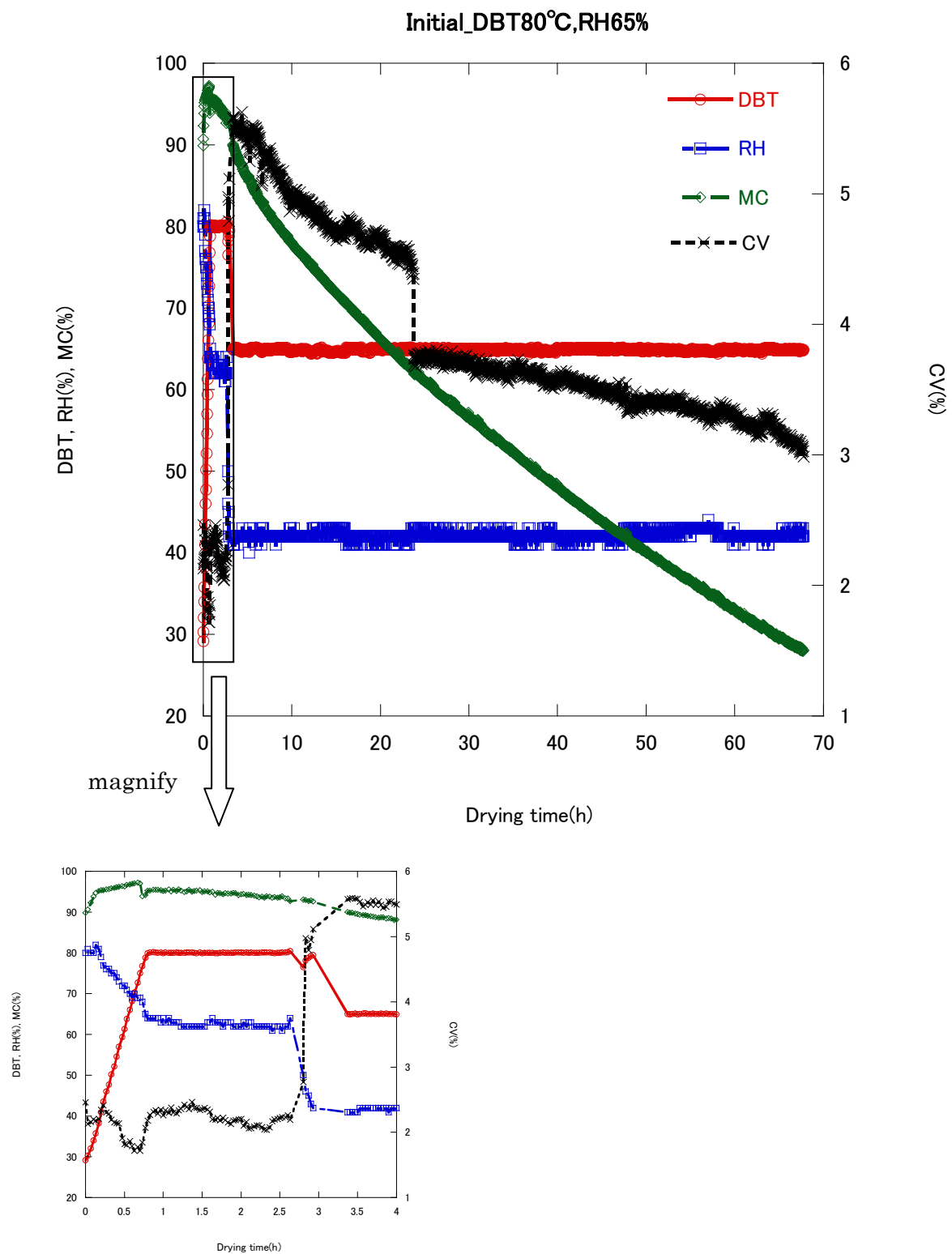
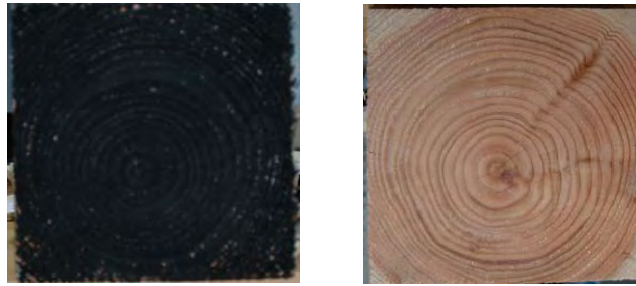


Fig.5-11 Drying curves controlled by the CV of the surface temperature in schedule 2.



(a)Free of surface checks (b)Free of internal checks

Fig.5-12 Photographs of end surface and center surface which was cut after drying.

### 5.3 まとめ

以上に述べてきた如く、実験的には、初期設定、全乾推定重量、温度と湿度の変化幅、変動係数の設定値（CV I、CV II）だけを与えるだけで、割れが生じる前に温湿度を変化させて行く乾燥方法が可能になった。すなわち、小型サーモグラフィを用いて材温分布の変動係数を指標とした新しい乾燥制御法を考案した。初期温度上昇期以降、初期温度設定値のまま一定制御する。変動係数を 5%以内に保つように湿度制御を行い、明らかに 5%より小さくなる時点から温度を下げ始める。変動係数が 3%より小さくなった時点から、温度上昇を始める。また湿度を下げてゆく。仕上げ含水率になったら制御をやめるといった制御を実施した。

しかし実際の乾燥室では、どのような材料を試験材として使われているか、材の寸法、Fig.5-13 に示したように IF 乾燥室のどのような位置にサーモグラフィを置いたら良いか等、実務に属する実験が必要で、今後の課題として実用性を検討する必要がある。Fig.5-13 は乾燥機背面にある小窓を撮影した写真を示す。このような小窓から中の栈積した木材の木口面を撮影することも可能である。



Fig.5-13 Example of back and front view of a dry kiln.

## 第6章 結論

サーモグラフィを用いて木口面の温度分布を測定した。その結果、割れ個所が割れなし個所に比べて平均温度が低くて、変動係数が大きいことがわかり、木口面の温度情報から乾燥初期割れの発生が予想できた。また、内部割れが発生すると、対応する位置の木口面温度は低いことがわかった。木口表面温度の変動係数を指標とすることで、割れの制御が可能となった。以上より、木材の木口面の温度分布の変動係数を指標とする新しい乾燥制御法を提案した。

## 参考文献

1. 黒田尚宏: 森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集 8 スギ材の革新的高速乾燥システムの開発, 森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集 (2006).
2. 渡辺憲: スギ材の割れ発生および進展に関する研究, 東京大学大学院 農学生命科学研究科 博士学位論文 (2008).
3. 全木連: わかりやすい乾燥材生産の技術マニュアル改訂新版 (2006).
4. 信田聡: 乾燥材は寸法安定性が高いの?, 建築知識, 7, 142-145 (2007).
5. 林野庁: 森林・林業白書 (平成 21 年度版) (2009).
6. 寺沢真: 木材乾燥のすべて [改訂増補版], 海青社, 45-46, 366 (2004).
7. 高羅信彦, 魚本健人: 温度解析に基づいたサーモグラフィー法によるコンクリート中の空隙の検査方法に関する基礎的研究, 生産研究, 53(3), 62-65 (2001).
8. 江藤亮, 柳内睦人, 金光寿一: パッシブソーラーの吸熱硬化を利用したサーモグラフィー法によるコンクリートの損傷診断予測, コンクリート工学年次論文集, 29(2), 673-678 (2007).
9. 中島正夫, 宮武敦, 新藤健太: 実使用環境下における集成材の耐久性 その 3. サーモグラフィー法による集成材のはく離診断, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 29-30 (2009).
10. 荻野博之: 軽量・多機能・長時間駆動、最新サーモグラフィー, 計測技術, 31-34 (2009).
11. 寺沢真: 乾燥初期に発生する割れについて, 木材工業, 33(4), 142-146 (1978).
12. 井阪三郎: 乾燥応力を利用した木材乾燥スケジュールの自動制御について (1), 木材工業, 32(1), 8-11 (1977).
13. Kollmann F: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe I, 451-483 (1951).
14. 金川靖: 木材の高周波減圧乾燥 (3) (完) —スギ芯持角材への適用—, 木材工業, 40(2), 66-70 (1988).
15. Noguchi M, Kagawa Y, Katagiri J: Detection of acoustic emissions during hardwood drying, Mokuzai Gakkaishi, 26(9), 637-638 (1980).
16. Noguchi M, Kitayama S, Satoyoshi K, Umetsu J: Feedback control for drying

Zelkova serrata using in-process acoustic emission monitoring, Forest Products Journal, 37(1), 28-34 (1987).

17. 佐藤敬一, 伏谷賢美, 野口昌巳: アコースティック・エミッションによる木材の引張破壊の研究, 木材学会誌, 30(2), 117-123 (1984).

18. 喜多山繁, 里吉健二, 野口昌巳: 木材乾燥の AE によるモニタリング, 木材工業, 10, 464-469 (1985).

19. 祖父江信夫: 木材の非破壊検査, 木材学会誌, 39(9), 973-979 (1993).

20. 社団法人日本非破壊検査学会: 赤外線サーモグラフィによる設備診断・非破壊評価ハンドブック, 廣済堂 (2004).

21. Choi MY, Kang KS, Park JH, Kim WT, Kim KS: Measurement of defects and stress by infrared thermography, Journal of the Korean Society for Precision Engineering, 23, 30-35 (2006).

22. 中村士郎, 阪上陰英, 原田修輔, 久保司郎: 赤外線サーモグラフィを用いて熱応答解析に基づく内部欠陥推定に関する研究, コンクリート工学年次論文集, 29(2), 679-684 (2007).

23. Cielo P, Krapez JC, Lamontagne M: Lumber moisture evaluation by a reflective cavity photothermal technique, Revue De Physique Appliquee, 23, 1565-1576 (1988).

24. Carslaw HS, Jaeger JC: Conduction of heat in solids 2nd ed., Oxford (1959).

25. 徐似若, 奥村正悟, 野口昌巳: 木材の接着不良のサーモグラフィによる検出, 木材学会誌, 39(5), 544-549 (1993).

26. 内藤茂樹, 藤井義久, 澤田豊, 奥村正悟: 木材の熱的異方性を利用した繊維走向のサーモグラフィによる測定, 木材学会誌, 46(4), 320-325 (2000).

27. 木下紱幸, 吉延匡弘: 加熱・放冷法による木材材質の検知(第1報) 木材密度の検知, 木材学会誌, 46(2), 149-154 (2000).

28. 佐道健, 村田功二: 材面での温度分布画像を用いた節の検出, 木材学会誌, 39(1), 13-18 (1993).

29. Tanaka T, Divos F: Thermographic inspection of wood, 12th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood (2000).

30. Banerjee S, Fike GM, Abedi J: Imaging the Drying of Surfaces by Infrared

Thermography, Ind Eng Chem Res, 43, 4178-4181 (2004).

31. Meinlschmidt P: Thermographic detection of defects in wood and wood-based materials, 14th international Symposium of nondestructive testing of wood (2005).
32. 信田聡: 赤外線映像装置による木材乾燥室診断の試み, 木材工業, 46(8), 366-370 (1991).
33. 青井秀樹, 槌本敬大, 中島史郎, 有馬孝禮: 赤外線画像による有節材の破壊形態の推定とひずみ分布の観察, 木材学会誌, 44(5), 313-319 (1998).
34. 寺沢真: 木材の乾燥中に生ずる歪について, 木材工業, 18, 354-359 (1963).
35. 井道裕史, 長尾博文, 加藤英雄: 乾燥に伴う内部割れがスギ製材品のせん断強度に及ぼす影響, 木材工業, 4, 170-174 (2005).
36. 植原平, 綿引誠, 西野吉彦, 作野友康: スギ正角材の高温乾燥における内部割れ抑制/ひずみゲージを用いて計測された内部ひずみと内部割れとの関係, 木材学会誌, 50(5), 310-315 (2004).
37. 植原平, 井上嘉彦, 萩尾勝彦, 原田聡: スギ材の効率的乾燥技術の確立と住宅部材用途の開発, 226-260 (2003).
38. 信田聡: 木材乾燥技術「新技術の扉を開く, ウッドプロ, 17, 43-53 (1992).
39. 信田聡: スギ正角の乾燥速度スケジュール開発, 木材工業, 49(1), 14-19 (1994).
40. 信田聡, 奈良直哉, 千葉宗明: コンピュータによる木材乾燥操作の自動化 (第 1 報) - 自動化の考え方と試作システムの概要 -, 林産試験場報, 415(8), 1-11 (1986).
41. 信田聡, 奈良直哉: コンピュータによる木材乾燥操作の自動化 (第 2 報) - ロードセル式含水率センサの温度ドリフト対策 -, 林産試験場報, 2(1), 1-10 (1988).
42. 信田聡, 奈良直哉: コンピュータによる木材乾燥操の自動化 (第 3 報) 完 - ロードセル含水率センサを用いたフルオートシステムによる乾燥制御試験 -, 林産試験場報, 2(2), 10-20 (1988).
43. 赤塚正明, 清水孝雄: 設置型熱画像センサ, 計測技術, 19-22 (2009).
44. 清水孝雄, 佐賀匡史: 2000 画素の小型熱画像センサとその応用, 電気学会研究会資料, 1-3 (2009).

## 謝辞

本論文をまとめるにあたり、多大なるご教授、ご指導を賜りました太田正光教授、信田聡准教授に心より感謝いたします。

太田正光教授には、研究活動について必要な条件を幅広く、そして細部にわたってご指導いただきました。ゼミを通じて、研究目的および研究方法における多くの助言をいただきました。本当にありがとうございました。

特に、私の指導教員である信田聡准教授には、本研究を進める上で新たな発想や実験法についてお教えを頂戴し、また困っている際にはいつも手を差し伸べていただきました。信田聡准教授はカナダに客員准教授として滞在した経験もあり、経済的に不安定な留学生の苦衷を察してくださり、奨学金の推薦書を何度書いていただいたのか分かりません。私の意見を尊重し、気持ちよく丁寧にご指導いただきました。また、研究に行き詰まって悩んでいる私にさまざまなアドバイスなどをご教授していただきました。研究活動でお忙しい中、貴重なお時間をお割き下さり、感謝の念に耐えません。

農学国際専攻の斎藤幸恵准教授には、研究室ゼミを通じて厳しくも優しいアドバイスなどをいただきました。

研究を進める上で公私ともにお世話になった生物材料物理学研究室の学部生、大学院生諸氏に感謝の意を表します。様々な形でお世話になった生物材料科学専攻の先生方、大学院生諸氏に感謝の意を表します。

そして、本研究がこのように一応の終了を迎えたのは、家族が長年の支えてくれたこと抜きには語れません。いつも後ろから私を支えていてくれる最愛の妻の魏允京<sup>ウイユンギョン</sup>、長女の侑娜<sup>ユナ</sup>、次女の侑俐<sup>ユリ</sup>に感謝しています。二人の子供とも私の留学期間中に生まれて、日本にいる期間中ずっと子育てに苦労したことが思い浮かべます。本当にありがとうございました。

# Appendix

Appendix A. VB.Form frmMnu

VERSION 5.00

Begin VB.Form frmMnu

```
BorderStyle   = 3  ' 固定タ イプ'
Caption       = "TP-L0260 Software"
ClientHeight  = 3555
ClientLeft    = 45
ClientTop     = 330
ClientWidth   = 4770
LinkTopic     = "Form1"
MaxButton     = 0  ' False
MinButton     = 0  ' False
ScaleHeight   = 3555
ScaleWidth    = 4770
ShowInTaskbar = 0  ' False
StartupPosition = 2 ' 画面の中央
```

Begin VB.CommandButton Command1

```
Caption       = "再 生(&T)"
```

BeginProperty Font

```
Name         = "M S P ゴシック"
Size          = 12
Charset       = 128
Weight        = 400
Underline     = 0  ' False
Italic        = 0  ' False
Strikethrough = 0  ' False
```

EndProperty

```
Height       = 460
Index        = 2
Left         = 720
TabIndex     = 3
Top          = 2160
Width        = 3255
```

End

Begin VB.CommandButton Command2

```
Caption       = "終 了(&X)"
```

BeginProperty Font

```
Name         = "M S P ゴシック"
Size          = 12
Charset       = 128
Weight        = 400
Underline     = 0  ' False
Italic        = 0  ' False
Strikethrough = 0  ' False
```

EndProperty

```
Height       = 460
Left         = 720
TabIndex     = 0
Top          = 2640
Width        = 3255
```

End

Begin VB.CommandButton Command1

```
Caption       = "記 録(&R)"
```

BeginProperty Font

```
Name         = "M S P ゴシック"
Size          = 12
Charset       = 128
Weight        = 400
Underline     = 0  ' False
Italic        = 0  ' False
Strikethrough = 0  ' False
```

EndProperty

Height = 460  
Index = 1  
Left = 720  
TabIndex = 2  
Top = 1680  
Width = 3255

End

Begin VB.CommandButton Command1

Caption = "設 定(&S)"

BeginProperty Font

Name = "M S P ゴシック"  
Size = 12  
Charset = 128  
Weight = 400  
Underline = 0 'False  
Italic = 0 'False  
Strikethrough = 0 'False

EndProperty

Height = 460  
Index = 0  
Left = 720  
TabIndex = 1  
Top = 1200  
Width = 3255

End

Begin VB.Label Label1

Alignment = 2 '中央揃え  
BackStyle = 0 '透明  
Caption = "Copyright(c)1991-1997 Microsoft Corporation."

BeginProperty Font

Name = "M S P ゴシック"  
Size = 11.25  
Charset = 128  
Weight = 400  
Underline = 0 'False  
Italic = 0 'False  
Strikethrough = 0 'False

EndProperty

Height = 255  
Index = 3  
Left = 0  
TabIndex = 7  
Top = 3240  
Width = 4695

End

Begin VB.Label Label1

Alignment = 2 '中央揃え  
BackStyle = 0 '透明  
Caption = "江藤電気(株)NS部"

BeginProperty Font

Name = "M S P ゴシック"  
Size = 14.25  
Charset = 128  
Weight = 400  
Underline = 0 'False  
Italic = 0 'False  
Strikethrough = 0 'False

EndProperty

Height = 375  
Index = 2  
Left = 120  
TabIndex = 6

```

        Top          = 795
        Width        = 4575
End
Begin VB.Label Label1
    Alignment        = 2 ' 中央揃え
    BackStyle        = 0 ' 透明
    Caption          = "Version 1.0.1"
    BeginProperty Font
        Name          = "MS Pゴシック"
        Size          = 11.25
        Charset       = 128
        Weight        = 400
        Underline     = 0 ' False
        Italic        = 0 ' False
        Strikethrough  = 0 ' False
    EndProperty
    Height           = 255
    Index            = 1
    Left             = 120
    TabIndex         = 5
    ToolTipText      = "作成日2009年月日"
    Top              = 480
    Width            = 4575
End
Begin VB.Label Label1
    Alignment        = 2 ' 中央揃え
    BackStyle        = 0 ' 透明
    Caption          = "木材乾燥制御システム(熱画像)"
    BeginProperty Font
        Name          = "MS Pゴシック"
        Size          = 14.25
        Charset       = 128
        Weight        = 400
        Underline     = 0 ' False
        Italic        = 0 ' False
        Strikethrough  = 0 ' False
    EndProperty
    Height           = 375
    Index            = 0
    Left             = 0
    TabIndex         = 4
    Top              = 120
    Width            = 4695
End
End
Attribute VB_Name = "frmMnu"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Option Explicit

Private Sub Command1_Click(Index As Integer)
    Select Case Index
    Case 0
        frmSet.Show
    Case 1
        frmDsp.Show
    Case 2
        frmBatch.Show
    End Select
    Me.Hide
End

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()  
    Unload Me  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Activate()  
    Command2.SetFocus  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()  
    sys_Init  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)  
    End  
End Sub
```

Appendix B. VB.Form frm Module1

```
Attribute VB_Name = "Module1"
```

```
Option Explicit
```

```
'Microsoft Windows2000 SP4
```

```
'Visual Basic V5.0 Professional Edition
```

```
,  
Public Const tagCst As Byte = 8  
Public Const tabICst As Byte = 1  
Public Const drwCst As Byte = 4  
Public Const memCst As Long = &H8000000C  
Public Const tpiCst As Byte = 9  
Public frmObj As Object  
Public fmtFrm(4) As String, comPort(1) As Byte  
Public prmFile As String, recPath As String, savFile As String, txtFile As String  
Public tilStr As String, cmtStr As String  
Public cntTIMEsng As Single, initWAITbyt As Byte  
Public initRHbyt As Byte, initDBsng As Single, iTiSng As Single, intvByt As Long, buzSng(2) As Single  
Public tabISng(tabICst, 4) As Single, changeSng(1) As Single, culDbI As Double, timDbI As Double  
Public dspStr As String, bufStr As String  
Public drwCor(drwCst) As Long, drwStr(drwCst, 1) As String, i1 As Integer, i2 As Integer  
Public tagStr(tagCst) As String, untStr(tagCst) As String, adcSng As Single  
Public lefLng As Long, topLng As Long, widLng As Long, hetLng As Long  
Public sclSng(drwCst, 2) As Single, sclByt(drwCst) As Byte, addInt(drwCst) As Integer  
Public bufSng(drwCst) As Single, bufDbI As Double, drwAdd As Double, posInt As Integer  
Public weightSng As Single, finalSng As Single  
Public grhByt(5) As Byte  
,  
Public tpiPath As String  
Public tpiByt(tpiCst, 3) As Byte '画像データ記録範囲  
Public fillAs As String  
Public jpgInt(4, 1) As Integer  
Public masBln As Boolean  
,  
Public cntByt As Byte '制御方式(温度/変動係数)  
Private Y1 As Integer
```

```
'記録フォーマット[経過時間]1,[乾球温度]9,[湿度]17,[湿球温度]25,[含水率]33,[重量]41,[乾燥速度]49
```

```
Public Sub sys_Init()  
    '作図の線色  
    drwCor(0) = &HFF&  
    drwCor(1) = &HFF0000  
    drwCor(2) = &HFFFF00  
    drwCor(3) = &HFF00FF
```

```

drwCor(4) = &HC000&
' 作図のポイント
grhByt(0) = 9
grhByt(1) = 17
grhByt(2) = 33
grhByt(3) = 49
grhByt(4) = 65
grhByt(5) = 57
' 少数点
fmtFrm(0) = "#####0"
fmtFrm(1) = "####0.0"
fmtFrm(2) = "###0.00"
fmtFrm(3) = "##0.000"
fmtFrm(4) = "#0.0000"
'

tagStr(1) = "乾球温度": untStr(1) = "℃"
tagStr(2) = "補正湿度": untStr(2) = "%"
tagStr(3) = "湿球温度": untStr(3) = "℃"
tagStr(4) = "重量": untStr(4) = "kg"
tagStr(5) = "乾燥速度": untStr(5) = "g/m2h"
tagStr(6) = "許容範囲": untStr(6) = "%"
'

If Right(App.Path, 1) = "¥" Then savFile = App.Path & "Graphic.txt" Else savFile = App.Path & "¥Graphic.txt"
Open savFile For Input As #1
For Y1 = 0 To drwCst
    Input #1, drwStr(Y1, 0), drwStr(Y1, 1)
Next Y1
Close #1
'

If Right(App.Path, 1) = "¥" Then savFile = App.Path & "TPL0260.txt" Else savFile = App.Path & "¥TPL0260.txt"
Open savFile For Input As #1
Input #1, recPath      ' データの保存場所
Input #1, comPort(0)   ' 重量計の通信ポート
Input #1, comPort(1)   ' LH-20の通信ポート
Input #1, prmFile      ' 設定ファイル名
Input #1, tplPath
Input #1, fillAs
Input #1, jpgInt(0, 0), jpgInt(1, 0), jpgInt(2, 0), jpgInt(3, 0), jpgInt(4, 0)
Input #1, jpgInt(0, 1), jpgInt(1, 1), jpgInt(2, 1), jpgInt(3, 1), jpgInt(4, 1)
Close #1
'

prm_Load
End Sub

Public Sub sys_Save()
    If Right(App.Path, 1) = "¥" Then savFile = App.Path & "TPL0260.txt" Else savFile = App.Path & "¥TPL0260.txt"
    Open savFile For Output As #1
    Print #1, recPath
    Print #1, comPort(0)
    Print #1, comPort(1)
    Print #1, prmFile
    Print #1, tplPath
    Print #1, fillAs
    Print #1, jpgInt(0, 0), jpgInt(1, 0), jpgInt(2, 0), jpgInt(3, 0), jpgInt(4, 0)
    Print #1, jpgInt(0, 1), jpgInt(1, 1), jpgInt(2, 1), jpgInt(3, 1), jpgInt(4, 1)
    Close #1
End Sub

Public Sub prm_Load()
    If Right(App.Path, 1) = "¥" Then savFile = App.Path & prmFile Else savFile = App.Path & "¥" & prmFile
    Open savFile For Input As #1
    Input #1, tilStr      ' タイトル

```

```

Input #1, cmtStr           ' コメント
Input #1, cntTIMesng       ' 運転時間(時)
Input #1, initWAITbyt      ' 待機時間(分)
Input #1, initRHbyt, initDBsng ' 初期値(湿度, 温度)
Input #1, finalSng         ' 終了含水率(%)
Input #1, changeSng(0), changeSng(1) ' 分岐点(平均温度, 変動係数)
Input #1, intvByt          ' 記録間隔(分)
Input #1, weightSng        ' 全乾重量(kg)
Input #1, buzSng(0), buzSng(1), buzSng(2) ' 大きさ[長(m), 幅(m), 高さ(m)]
Input #1, cntByt           ' 制御モード(平均温度/変動係数)
Input #1, tblSng(0, 0), tblSng(0, 1), tblSng(0, 2), tblSng(0, 3), tblSng(0, 4) ' 制御-1 [温度(℃), 変動係数,
許容範囲(%), 湿度(%), 温度(℃)]
Input #1, tblSng(1, 0), tblSng(1, 1), tblSng(1, 2), tblSng(1, 3), tblSng(1, 4) ' 制御-2 [温度, 変動係数, 許容
範囲, 湿度, 温度]
For Y1 = 0 To tblCst
    Input #1, tblByt(Y1, 0), tblByt(Y1, 1), tblByt(Y1, 2), tblByt(Y1, 3)
Next Y1
Close #1
End Sub

Public Sub prn_Save()
    sys_Save
    If Right(App.Path, 1) = "¥" Then savFile = App.Path & prnFile Else savFile = App.Path & "¥" & prnFile
    Open savFile For Output As #1
    Print #1, tilStr
    Print #1, cmtStr
    Print #1, cntTIMesng
    Print #1, initWAITbyt
    Print #1, initRHbyt, initDBsng
    Print #1, finalSng
    Print #1, changeSng(0), changeSng(1)
    Print #1, intvByt
    Print #1, weightSng
    Print #1, buzSng(0), buzSng(1), buzSng(2)
    Print #1, cntByt
    Print #1, tblSng(0, 0), tblSng(0, 1), tblSng(0, 2), tblSng(0, 3), tblSng(0, 4)
    Print #1, tblSng(1, 0), tblSng(1, 1), tblSng(1, 2), tblSng(1, 3), tblSng(1, 4)
    For Y1 = 0 To tblCst
        Print #1, tblByt(Y1, 0), tblByt(Y1, 1), tblByt(Y1, 2), tblByt(Y1, 3)
    Next Y1
    Close #1
End Sub

Public Sub drw_Save()
    If Right(App.Path, 1) = "¥" Then savFile = App.Path & "Graphic.txt" Else savFile = App.Path & "¥Graphic.txt"
    Open savFile For Output As #1
    For Y1 = 0 To drwCst
        Write #1, drwStr(Y1, 0), drwStr(Y1, 1)
    Next Y1
    Close #1
End Sub

' 作図の消去
Public Sub drw_Cls()
    frmObj.PictureBox2.Cls
    For Y1 = 1 To 19
        If (Y1 Mod 2) Then frmObj.PictureBox2.DrawStyle = 2 Else frmObj.PictureBox2.DrawStyle = 0
        frmObj.PictureBox2.Line (0, Y1 * (hetLng / 2))-Step(frmObj.PictureBox2.ScaleWidth, 0), memCst
    Next Y1
    For Y1 = 1 To 19
        If (Y1 Mod 2) Then frmObj.PictureBox2.DrawStyle = 2 Else frmObj.PictureBox2.DrawStyle = 0
        frmObj.PictureBox2.Line (Y1 * (widLng / 2), 0)-Step(0, frmObj.PictureBox2.ScaleHeight), memCst
    Next Y1

```

```

Next Y1
frmObj.Picture2.DrawStyle = 0
End Sub

```

' 半角バイトの固定

```

Public Function len7_Set(p) As String
    Select Case Len(p)
    Case 1
        len7_Set = Space(6) & p
    Case 2
        len7_Set = Space(5) & p
    Case 3
        len7_Set = Space(4) & p
    Case 4
        len7_Set = Space(3) & p
    Case 5
        len7_Set = Space(2) & p
    Case 6
        len7_Set = Space(1) & p
    Case Else
        If Len(p) > 7 Then len7_Set = Left(p, 7) Else len7_Set = p
    End Select
End Function

```

' 縦軸スケールの計算

```

Public Sub scl_Set()
    For Y1 = 0 To drwCst
        sclByt(Y1) = InStr(frmObj.Text3(Y1).Text, ".")
        If sclByt(Y1) Then sclByt(Y1) = Len(frmObj.Text3(Y1).Text) - sclByt(Y1)
        sclSng(Y1, 0) = frmObj.Text3(Y1).Text
        sclSng(Y1, 1) = frmObj.Text4(Y1).Text
        sclSng(Y1, 2) = (sclSng(Y1, 1) - sclSng(Y1, 0)) / 10
    Next Y1
End Sub

```

' 縦軸スケールの描写

```

Public Sub drw_Scl()
    Dim a As Byte
    frmObj.Cls
    For Y1 = 0 To drwCst
        If Y1 < drwCst Then
            frmObj.Line (Y1 * 750 + 750, topLng + 10)-Step(0, frmObj.Picture2.ScaleHeight), drwCor(Y1)
            frmObj.CurrentX = Y1 * 750
        Else
            frmObj.Line (frmObj.Picture2.Left + frmObj.Picture2.Width + 30, topLng + 10)-Step(0,
frmObj.Picture2.ScaleHeight), drwCor(Y1)
            frmObj.CurrentX = frmObj.Picture2.Left + frmObj.Picture2.Width
        End If
        frmObj.CurrentY = topLng - 500
        Select Case Y1
        Case 0
            dspStr = len7_Set("DBT°C")
            a = 1
        Case 1
            dspStr = len7_Set("RH%")
            a = 2
        Case 2
            dspStr = len7_Set("MC%")
            a = 4
        Case 3
            dspStr = len7_Set(untStr(5))
            a = 5
        End Select
    Next Y1
End Sub

```

```

Case 4
    If cntByt Then dspStr = "変動係数" Else dspStr = "熱画像℃"
End Select
frmObj.Print dspStr
For i2 = 0 To 10
    If Y1 < drwCst Then
        frmObj.Line (Y1 * 750 + 750, topLng + hetLng * i2 + 10)–Step(–80, 0), drwCor(Y1)
        frmObj.CurrentX = Y1 * 750
    Else
        frmObj.Line (frmObj.Picture2.Left + frmObj.Picture2.Width + 30, topLng + hetLng * i2 + 10)–Step(80, 0),
drwCor(Y1)
        frmObj.CurrentX = frmObj.Picture2.Left + frmObj.Picture2.Width
    End If
    frmObj.CurrentY = (topLng + frmObj.Picture2.ScaleHeight) – (hetLng * i2 + 120)
    If i2 Then sclSng(Y1, 1) = sclSng(Y1, 1) + sclSng(Y1, 2) Else sclSng(Y1, 1) = sclSng(Y1, 0)
    dspStr = len7_Set(Format(sclSng(Y1, 1), fmtFrm(sclByt(Y1))))
    frmObj.Print dspStr
Next i2
Next Y1
End Sub

' 時間軸の描写
Public Sub tim_Set()
    culDbl = cntTIMEsng / 10
    For Y1 = 0 To 10
        If Y1 Then timDbl = timDbl + culDbl Else timDbl = 0
        frmObj.Label3(Y1).Caption = Format(timDbl, "##0.0")
    Next Y1
End Sub

' 再描写
Sub drw_Old()
    drw_Cls
    culDbl = Mid(bufStr, 2, 7) / timDbl
    culDbl = culDbl * frmObj.Picture2.ScaleWidth
    For Y1 = 0 To drwCst
        If Y1 < drwCst Then
            adcSng = Mid(bufStr, grhByt(Y1) + 1, 7)
        Else
            adcSng = Mid(bufStr, grhByt(Y1 + cntByt) + 1, 7)
        End If
        adcSng = (adcSng – sclSng(Y1, 0)) / (sclSng(Y1, 1) – sclSng(Y1, 0))
        adcSng = (1 – adcSng) * frmObj.Picture2.ScaleHeight
        frmObj.Picture2.Circle (culDbl, adcSng), 5, drwCor(Y1)
        bufSng(Y1) = adcSng
    Next Y1
    bufDbl = culDbl
    drwAdd = InStr(2, bufStr, "S")
    If drwAdd = 0 Then Exit Sub
    Do
        culDbl = Mid(bufStr, drwAdd + 1, 7) / timDbl
        culDbl = culDbl * frmObj.Picture2.ScaleWidth
        For Y1 = 0 To drwCst
            If Y1 < drwCst Then
                adcSng = Mid(bufStr, drwAdd + grhByt(Y1), 7)
            Else
                adcSng = Mid(bufStr, drwAdd + grhByt(Y1 + cntByt), 7)
            End If
            adcSng = (adcSng – sclSng(Y1, 0)) / (sclSng(Y1, 1) – sclSng(Y1, 0))
            adcSng = (1 – adcSng) * frmObj.Picture2.ScaleHeight
            frmObj.Picture2.Circle (culDbl, adcSng), 5, drwCor(Y1)

```

```

        bufSng(Y1) = adcSng
    Next Y1
    bufDbl = culDbl
    drwAdd = InStr(drwAdd + 1, bufStr, "S")
Loop While drwAdd
End Sub

```

#### Appendix C. VB.Form frmSet

VERSION 5.00

Object = "{5E9E78A0-531B-11CF-91F6-C2863C385E30}#1.0#0"; "MSFLXGRD.OCX"

Object = "{F9043C88-F6F2-101A-A3C9-08002B2F49FB}#1.2#0"; "Comdlg32.ocx"

Object = "{BDC217C8-ED16-11CD-956C-0000C04E4C0A}#1.1#0"; "TABCTL32.OCX"

Begin VB.Form frmSet

End

Attribute VB\_Name = "frmSet"

Attribute VB\_GlobalNameSpace = False

Attribute VB\_Creatable = False

Attribute VB\_PredeclaredId = True

Attribute VB\_Exposed = False

Option Explicit

Dim savBln As Boolean, prmChg As Boolean, jmpBln As Boolean, S1 As Integer, S2 As Integer, S3 As Integer, tpIBas As Integer

Dim rowByt(1) As Byte, colByt(1) As Byte

Private Sub Command4\_Click(Index As Integer)

With MSFlexGrid1

.Visible = False

For S1 = tpIByt(Index, 0) To tpIByt(Index, 2)

.Col = S1

For S2 = tpIByt(Index, 1) To tpIByt(Index, 3)

If (S1 > 0) And (S2 > 0) Then

.Row = S2

.Text = ""

End If

Next S2

Next S1

.Visible = True

End With

tpIBas = -1

Label4(Index).BackColor = &H8000000F

tpIByt(Index, 0) = 0

tpIByt(Index, 1) = 0

tpIByt(Index, 2) = 0

tpIByt(Index, 3) = 0

Label5(Index).Caption = ""

Label6(Index).Caption = ""

Label7(Index).Caption = ""

Label8(Index).Caption = ""

Label1(49).Caption = "NOを指定or クリア"

savBln = True

End Sub

Private Sub Command5\_Click()

On Error GoTo cancelKey

CommonDialog1.DialogTitle = "画像データ"

CommonDialog1.InitDir = tpIPath

CommonDialog1.Filter = "画像(\*.jpg)|\*.jpg|データ(\*.csv)|\*.csv|すべて(\*.\*)|\*.\*"

CommonDialog1.filename = "Local"

CommonDialog1.ShowSave

For i1 = Len(CommonDialog1.filename) To 1 Step -1

If Mid(CommonDialog1.filename, i1, 1) = "¥" Then

tpIPath = Left(CommonDialog1.filename, i1 - 1)

```

        Label9.Caption = tpIPath
        i1 = 1
    End If
Next i1
sys_Save
cancelKey:
    On Error GoTo 0
End Sub

Private Sub Form_Activate()
    prm_Load
    Combo1(0).Text = comPort(0)
    Combo1(1).Text = comPort(1)
    Label1(13).Caption = prmFile
    Label1(14).Caption = recPath
    Label9.Caption = tpIPath
    prm_Dsp
    jmpBln = False
End Sub

Private Sub Form_Load()
    jmpBln = True
    Picture1.Line (0, 0)-Step(Picture1.ScaleWidth, Picture1.ScaleHeight), &H80000005, B
    Picture1.Line (50, Picture1.ScaleHeight)-Step(Picture1.ScaleWidth, 0), &H8000000C
    Picture1.Line (Picture1.ScaleWidth, 50)-Step(0, Picture1.ScaleHeight), &H8000000C
    With MSFlexGrid1
        .ColWidth(0) = 400
        .ColWidth(49) = 20
        .RowHeight(48) = 20
    For S1 = 1 To 48
        .ColWidth(S1) = 300
    Next S1
    End With
    Label1(23).Caption = tagStr(5): Label1(24).Caption = untStr(5)
    Label1(38).Caption = tagStr(5): Label1(37).Caption = untStr(5)
    Label1(25).Caption = tagStr(6): Label1(26).Caption = untStr(6)
    Label1(34).Caption = tagStr(6): Label1(33).Caption = untStr(6)
    Label1(27).Caption = tagStr(2): Label1(28).Caption = untStr(2)
    Label1(32).Caption = tagStr(2): Label1(31).Caption = untStr(2)
    Label1(22).Caption = tagStr(1): Label1(20).Caption = untStr(1)
    Label1(29).Caption = tagStr(1): Label1(30).Caption = untStr(1)
    Text3.Text = prmFile
    tpIBas = -1
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    If savBln Then Beep: Cancel = 1: Picture1.Visible = True: Exit Sub
    If masBln = False Then frmMnu.Show
End Sub

Private Sub Combo1_Click(Index As Integer)
    comPort(Index) = Combo1(Index).Text
    sys_Save
End Sub

Private Sub Combo1_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii <> 13 Then Exit Sub
    comPort(Index) = Combo1(Index).Text
End Sub

Private Sub Combo2_Change(Index As Integer)
    If jmpBln Then Exit Sub Else savBln = True

```

End Sub

Private Sub Combo2\_Click(Index As Integer)

savBln = True

End Sub

Private Sub Command1\_Click(Index As Integer)

On Error GoTo cancelKey

If Index Then

If savBln Then

prmChg = True

Picture1.Visible = True

Else

CommonDialog1.DialogTitle = "設定ファイル"

CommonDialog1.InitDir = App.Path

CommonDialog1.Filter = "テキスト(\*.set)|\*.set|すべて(\*.\*)|\*.\*"

CommonDialog1.filename = prmFile

CommonDialog1.ShowOpen

For i1 = Len(CommonDialog1.filename) To 1 Step -1

If Mid(CommonDialog1.filename, i1, 1) = "¥" Then

prmFile = Mid(CommonDialog1.filename, i1 + 1)

Label1(13).Caption = prmFile

i1 = 1

End If

Next i1

sys\_Save

prm\_Load

Label1(14).Caption = recPath

jmpBln = True

prm\_Dsp

Text3.Text = prmFile

jmpBln = False

End If

Else

CommonDialog1.DialogTitle = "記録データ"

CommonDialog1.InitDir = recPath

CommonDialog1.Filter = "テキスト(\*.csv)|\*.csv|すべて(\*.\*)|\*.\*"

CommonDialog1.filename = "Local"

CommonDialog1.ShowSave

For i1 = Len(CommonDialog1.filename) To 1 Step -1

If Mid(CommonDialog1.filename, i1, 1) = "¥" Then

recPath = Left(CommonDialog1.filename, i1 - 1)

Label1(14).Caption = recPath

i1 = 1

End If

Next i1

sys\_Save

End If

cancelKey:

On Error GoTo 0

End Sub

Private Sub Command2\_Click()

Unload Me

End Sub

Private Sub Command3\_Click(Index As Integer)

If Index = 0 Then

prmFile = Text3.Text

Label1(13).Caption = prmFile

prm\_Chg

prm\_Save

```

End If
savBin = False
Picture1.Visible = False
If prmChg Then prmChg = False Else Unload Me
End Sub

Private Sub Label4_Click(Index As Integer)
    tpIBas = -1
    For S1 = 0 To tpICst
        If S1 = Index Then
            If Label4(S1).BackColor = &H8000000F Then
                Label4(S1).BackColor = &H80000005
                Label1(49).Caption = "X/Yの範囲を指定して下さい。"
                tpIBas = S1
            Else
                Label4(S1).BackColor = &H8000000F
                Label1(49).Caption = "No. 指定 (Click) or クリア"
            End If
        Else
            Label4(S1).BackColor = &H8000000F
        End If
    Next S1
End Sub

Private Sub MSFlexGrid1_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)
    With MSFlexGrid1
        If .RowSel = (.Rows - 1) Then rowByt(0) = 1 Else rowByt(0) = .RowSel
        If .ColSel = (.Cols - 1) Then colByt(0) = 1 Else colByt(0) = .ColSel
    End With
End Sub

Private Sub MSFlexGrid1_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)
    If tpIBas = -1 Then MSFlexGrid1.Col = 0: MSFlexGrid1.Row = 0: Exit Sub
    With MSFlexGrid1
        .Visible = False
        If .RowSel = (.Rows - 1) Then rowByt(1) = (.Rows - 2) Else rowByt(1) = .RowSel
        If .ColSel = (.Cols - 1) Then colByt(1) = (.Cols - 2) Else colByt(1) = MSFlexGrid1.ColSel
        .Visible = False
        For S1 = colByt(0) To colByt(1)
            .Col = S1
            For S2 = rowByt(0) To rowByt(1)
                .Row = S2
                .Text = " ● "
            Next S2
        Next S1
        .Col = 0
        .Row = 0
        .Visible = True
    End With
    tpIByt(tpIBas, 0) = colByt(0)
    tpIByt(tpIBas, 1) = rowByt(0)
    tpIByt(tpIBas, 2) = colByt(1)
    tpIByt(tpIBas, 3) = rowByt(1)
    Label5(tpIBas).Caption = tpIByt(tpIBas, 0) - 1
    Label6(tpIBas).Caption = tpIByt(tpIBas, 1) - 1
    Label7(tpIBas).Caption = tpIByt(tpIBas, 2) - 1
    Label8(tpIBas).Caption = tpIByt(tpIBas, 3) - 1
    Label4(tpIBas).BackColor = &H8000000F
    Label1(49).Caption = "No. 指定 (Click) or クリア"
    tpIBas = -1
    savBin = True
End Sub

```

```

Private Sub Option1_Click(Index As Integer)
    cntByt = Index
    If cntByt Then
        Label1(23).Caption = "変動係数"
        Text1(5).Text = tab1Sng(0, 1)
        Label1(24).Caption = "%"
        Label1(38).Caption = "変動係数"
        Text1(6).Text = tab1Sng(1, 1)
        Label1(37).Caption = "%"
        Label1(36).Caption = "%"
    Else
        Label1(23).Caption = "平均温度"
        Text1(5).Text = tab1Sng(0, 0)
        Label1(24).Caption = "℃"
        Label1(38).Caption = "平均温度"
        Text1(6).Text = tab1Sng(1, 0)
        Label1(37).Caption = "℃"
        Label1(36).Caption = "℃"
    End If
    Text1(7).Text = changeSng(cntByt)
End Sub

Private Sub SStab1_Click(PreviousTab As Integer)
    If SStab1.Caption = "画像条件" Then
        Label1(49).Caption = "No. 指定 (Click) or クリア"
    Else
        Label1(49).Caption = "すべての項目はキー入力可"
    End If
End Sub

Private Sub Text1_Change(Index As Integer)
    If jmpBln Then Exit Sub Else savBln = True
End Sub

Sub prm_Dsp()
    Text1(0).Text = tilStr
    Combo2(0).Text = cntTIMEsng
    Combo2(1).Text = initWAITbyt
    Combo2(2).Text = initRHbyt
    Combo2(3).Text = initDBsng
    Combo2(4).Text = finalSng
    Text1(7).Text = changeSng(cntByt)
    Combo2(6).Text = intvByt
    Text1(1).Text = weightSng
    Text1(2).Text = buzSng(0)
    Text1(3).Text = buzSng(1)
    Text1(4).Text = buzSng(2)
    Option1(cntByt).Value = True
    If cntByt Then
        Label1(23).Caption = "変動係数"
        Text1(5).Text = tab1Sng(0, 1)
        Label1(24).Caption = "%"
        Label1(38).Caption = "変動係数"
        Text1(6).Text = tab1Sng(1, 1)
        Label1(37).Caption = "%"
        Label1(36).Caption = "%"
    Else
        Label1(23).Caption = "平均温度"
        Text1(5).Text = tab1Sng(0, 0)
        Label1(24).Caption = "℃"
        Label1(38).Caption = "平均温度"
    End If
End Sub

```

```

        Text1(6).Text = tab1Sng(1, 0)
        Label1(37).Caption = "C"
        Label1(36).Caption = "C"
    End If
    Combo2(7).Text = tab1Sng(0, 2)
    Combo2(8).Text = tab1Sng(0, 3)
    Combo2(9).Text = tab1Sng(0, 4)
    Combo2(10).Text = tab1Sng(1, 2)
    Combo2(11).Text = tab1Sng(1, 3)
    Combo2(12).Text = tab1Sng(1, 4)
    With MSFlexGrid1
        .Visible = False
        .Clear
        .Row = 0
        .Col = 0
        .Text = "X/Y"
    For S1 = 1 To 48
        .Col = S1
        .Text = S1 - 1
    Next S1
    .Col = 0
    For S1 = 1 To 47
        .Row = S1
        .Text = S1 - 1
    Next S1
    For S1 = 0 To tp1Cst
        If tp1Byt(S1, 0) Then Label5(S1).Caption = tp1Byt(S1, 0) - 1 Else Label5(S1).Caption = ""
        If tp1Byt(S1, 1) Then Label6(S1).Caption = tp1Byt(S1, 1) - 1 Else Label6(S1).Caption = ""
        If tp1Byt(S1, 2) Then Label7(S1).Caption = tp1Byt(S1, 2) - 1 Else Label7(S1).Caption = ""
        If tp1Byt(S1, 3) Then Label8(S1).Caption = tp1Byt(S1, 3) - 1 Else Label8(S1).Caption = ""
        For S2 = tp1Byt(S1, 0) To tp1Byt(S1, 2)
            .Col = S2
            For S3 = tp1Byt(S1, 1) To tp1Byt(S1, 3)
                If (S2 > 0) And (S3 > 0) Then
                    .Row = S3
                    .Text = "•"
                End If
            Next S3
        Next S2
    Next S1
    .Visible = True
End With
End Sub

Sub prm_Chg()
    tilStr = Text1(0).Text
    If Combo2(0).Text = "" Then Combo2(0).Text = cntTIMEsng
    cntTIMEsng = Combo2(0).Text
    If Combo2(1).Text = "" Then Combo2(1).Text = initWAITbyt
    initWAITbyt = Combo2(1).Text
    If Combo2(2).Text = "" Then Combo2(2).Text = initRHbyt
    initRHbyt = Combo2(2).Text
    If Combo2(3).Text = "" Then Combo2(3).Text = initDBsng
    initDBsng = Combo2(3).Text
    If Combo2(4).Text = "" Then Combo2(4).Text = finalSng
    finalSng = Combo2(4).Text
    If Text1(7).Text = "" Then Text1(7).Text = changeSng(cntByt)
    changeSng(cntByt) = Text1(7).Text
    If Combo2(6).Text = "" Then Combo2(6).Text = intvByt
    intvByt = Combo2(6).Text
    If Text1(1).Text = "" Then Text1(1).Text = weightSng
    weightSng = Text1(1).Text

```

```

For i1 = 0 To 2
    If Text1(i1 + 2).Text = "" Then Text1(i1 + 2).Text = buzSng(i1)
    buzSng(i1) = Text1(i1 + 2).Text
Next i1
For i1 = 0 To 1
    If Text1(i1 + 5).Text = "" Then Text1(i1 + 5).Text = tablSng(i1, cntByt)
    tablSng(i1, cntByt) = Text1(i1 + 5).Text
    If Combo2(i1 * 3 + 7).Text = "" Then Combo2(i1 * 3 + 7).Text = tablSng(i1, 2)
    tablSng(i1, 2) = Combo2(i1 * 3 + 7).Text
    If Combo2(i1 * 3 + 8).Text = "" Then Combo2(i1 * 3 + 8).Text = tablSng(i1, 3)
    tablSng(i1, 3) = Combo2(i1 * 3 + 8).Text
    If Combo2(i1 * 3 + 9).Text = "" Then Combo2(i1 * 3 + 9).Text = tablSng(i1, 4)
    tablSng(i1, 4) = Combo2(i1 * 3 + 9).Text
Next i1
End Sub

```

Appendix D. VB.Form frmDsp

VERSION 5.00

Object = "{5E9E78A0-531B-11CF-91F6-C2863C385E30}#1.0#0"; "MSFLXGRD.OCX"

Object = "{6B7E6392-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}#1.3#0"; "Comctl32.ocx"

Object = "{648A5603-2C6E-101B-82B6-000000000014}#1.1#0"; "Mscomm32.ocx"

Begin VB.Form frmDsp

省略

Private Sub Form\_Load()

Set frmObj = frmDsp

hourDb1 = TimeValue("1:0:0")

bsyTime = cntTIMEsng '試験時間(時)

bsyTime = bsyTime \* 60 '試験時間の分換算

,

' LH-20の初期設定パラメータ

LH20set = "S00dddr5000" '最大運転時間(500時間)

If initDBsng < 0 Then Mid(LH20set, 3, 1) = "-"

dspStr = Format(Abs(initDBsng) \* 10, "0000")

Mid(LH20set, 4, 4) = dspStr '温度

dspStr = Format(initRHbyt, "00")

Mid(LH20set, 8, 2) = dspStr '湿度

,

' 角材の表面積(m<sup>2</sup>)の算出[長さ, 幅, 高さ]

areaSng = (buzSng(0) \* buzSng(1)) + (buzSng(0) \* buzSng(2)) + (buzSng(1) \* buzSng(2))

areaSng = areaSng \* 2

Label6(0).Caption = Format(areaSng, "#0.000 m<sup>2</sup>")

,

' 記録フォーマット[経過時間], [乾球温度], [湿度], [湿球温度], [含水率], [重量], [乾燥速度], [変動係数]

recdDat = fmtFrm(1) & ", 0020.0, 0080.0, 0070.0," & fmtFrm(3) & ", " & fmtFrm(3) & ", " & fmtFrm(3)

,

Picture1.Line (0, 0)-Step(Picture1.ScaleWidth, Picture1.ScaleHeight), &H80000005, B

Picture1.Line (50, Picture1.ScaleHeight)-Step(Picture1.ScaleWidth, 0), &H8000000C

Picture1.Line (Picture1.ScaleWidth, 50)-Step(0, Picture1.ScaleHeight), &H8000000C

Picture3.Line (0, 0)-Step(Picture3.ScaleWidth, Picture3.ScaleHeight), &H80000005, B

Picture3.Line (50, Picture3.ScaleHeight)-Step(Picture3.ScaleWidth, 0), &H8000000C

Picture3.Line (Picture3.ScaleWidth, 50)-Step(0, Picture3.ScaleHeight), &H8000000C

Picture4.Line (0, 0)-Step(Picture4.ScaleWidth, Picture4.ScaleHeight), &H80000005, B

Picture4.Line (50, Picture4.ScaleHeight)-Step(Picture4.ScaleWidth, 0), &H8000000C

Picture4.Line (Picture4.ScaleWidth, 50)-Step(0, Picture4.ScaleHeight), &H8000000C

Picture6.Line (0, 0)-Step(Picture6.ScaleWidth, Picture6.ScaleHeight), &H80000005, B

Picture6.Line (50, Picture6.ScaleHeight)-Step(Picture6.ScaleWidth, 0), &H8000000C

Picture6.Line (Picture6.ScaleWidth, 50)-Step(0, Picture6.ScaleHeight), &H8000000C

Picture8.Line (0, 0)-Step(Picture8.ScaleWidth, Picture8.ScaleHeight), &H80000005, B

Picture8.Line (50, Picture8.ScaleHeight)-Step(Picture8.ScaleWidth, 0), &H8000000C

Picture8.Line (Picture8.ScaleWidth, 50)-Step(0, Picture8.ScaleHeight), &H8000000C

,

```

Text1(2).Text = tilStr
Label6(1).Caption = Format(weightSng, fmtFrm(3)) & " kg"
Label6(3).Caption = Month(Date) & "月" & Day(Date) & "日"
Label6(4).Caption = Hour(Time) & "時" & Minute(Time) & "分"
Label6(4).ToolTipText = Second(Time) & "秒"
Label6(5).Caption = Format(finalSng, fmtFrm(2)) & " %"
Timer1.Enabled = True
'
With MSFlexGrid1
.ColWidth(0) = 1900
.Row = 0
.Col = 0: .Text = "名称"
.Col = 1: .Text = " 設定値"
.Row = 1:
.Col = 0: .Text = "DBT (℃)": .Col = 1: .Text = Format(initDBSng, fmtFrm(1)) & " "
.Row = 2
.Col = 0: .Text = "RH (%)": .Col = 1: .Text = Format(initRHbyt, fmtFrm(0)) & " "
.Row = 3
.Col = 0: .Text = "WBT (℃)": .Col = 1: .Text = "- "
.Row = 4
.Col = 0: .Text = "TIME (hour)": .Col = 1: .Text = Format(cntTIMEsng, fmtFrm(1)) & " "
.Row = 5
.Col = 0: .Text = "含水率(%)": .Col = 1: .Text = "- "
.Row = 6
.Col = 0: .Text = "重量(kg)": .Col = 1: .Text = "- "
.Row = 7
.Col = 0: .Text = tagStr(5) & "(" & untStr(5) & ")": .Col = 1: .Text = "- "
' 熱画像データ
recdDat = recdDat & "," & fmtFrm(3) & "," & fmtFrm(1)
datByt = 8
.Col = 0
.Row = 8
If cntByt Then
.Text = "変動係数(%)"
.Col = 1
.Text = Format(tab1Sng(0, 1), fmtFrm(4)) & " "
Label2(4).Caption = "変動係数"
Else
.Text = "平均温度(℃)"
.Col = 1
.Text = Format(tab1Sng(0, 0), fmtFrm(1)) & " "
Label2(4).Caption = "平均温度"
End If
.Col = 0
For D1 = 0 To tp1Cst
If tp1Byt(D1, 0) Then
.Row = D1 + 9
.Text = tp1Byt(D1, 0) - 1 & "_" & tp1Byt(D1, 1) - 1 & "/" & tp1Byt(D1, 2) - 1 & "_" & tp1Byt(D1, 3) - 1
recdDat = recdDat & "," & fmtFrm(1)
datByt = datByt + 1
End If
Next D1
End With
recdDat = recdDat & "," & fmtFrm(4)
tolScn = datByt - 8
'
Text2.Text = cmtStr
For i1 = 0 To drwCst
Label2(i1).ForeColor = drwCor(i1)
Text3(i1).Text = drwStr(i1, 0)
Text4(i1).Text = drwStr(i1, 1)
Next i1

```

```

'再生範囲
For D1 = 0 To 4
    Combo1(D1).Text = jpgInt(D1, 0)
    Combo1(D1 + 5).Text = jpgInt(D1, 1)
Next D1

addInt(0) = 16384
addInt(1) = 16384
addInt(2) = 16384
addInt(3) = 16384
scl_Set
tim_Set
masBln = True
End Sub

Private Sub Form_Resize()
    Picture5.Left = Me.ScaleWidth - Picture5.Width
    Text1(2).Width = Picture5.Left - Text1(2).Left
    MSFlexGrid1.Width = Me.ScaleWidth - 50
    Picture1.Move (Me.ScaleWidth / 2) - (Picture1.Width / 2), (Me.Height / 2) - (Picture1.Height / 2)
    Picture3.Move (Me.ScaleWidth / 2) - (Picture3.Width / 2), (Me.Height / 2) - (Picture3.Height / 2)
    Picture4.Move (Me.ScaleWidth / 2) - (Picture4.Width / 2), (Me.Height / 2) - (Picture4.Height / 2)
    Picture6.Move (Me.ScaleWidth / 2) - (Picture6.Width / 2), (Me.Height / 2) - (Picture6.Height / 2)
    Picture8.Move (Me.ScaleWidth / 2) - (Picture8.Width / 2), (Me.Height / 2) - (Picture8.Height / 2)
    lefLng = 3050
    topLng = MSFlexGrid1.Top + MSFlexGrid1.Height + 600
    widLng = Me.ScaleWidth - (lefLng + 1300)
    hetLng = Me.ScaleHeight - (topLng + StatusBar1.Height + 500)
    Picture2.Move lefLng, topLng, widLng, hetLng
    hetLng = Picture2.ScaleHeight / 10
    widLng = Picture2.ScaleWidth / 10
    For i1 = 0 To (drwCst - 1)
        VScroll1(i1).Move i1 * 750 + 100, Picture2.Top + Picture2.Height + 120
    Next i1
    VScroll1(drwCst).Move Picture2.Left + Picture2.Width + 400, Picture2.Top + Picture2.Height + 120
    For i1 = 0 To 10
        Label3(i1).Move lefLng + widLng * i1 - 300, topLng + Picture2.Height + 100
    Next i1
    drw_Cls
    drw_Scl
    If bufStr <> "" Then drw_Old
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    Timer1.Enabled = False
    If MSComm1(0).PortOpen And MSComm1(1).PortOpen Then Cancel = 1: Picture4.Visible = True: Command2(1).SetFocus: Exit
Sub
    If MSComm1(0).PortOpen Then MSComm1(0).PortOpen = False
    If MSComm1(1).PortOpen Then MSComm1(1).PortOpen = False
    sys_Save
    bufStr = ""
    masBln = False
    frmMnu.Show
End Sub

Private Sub Picture7_Click()
    Picture7.Visible = False
    Toolbar1.Buttons(5).Enabled = False
End Sub

'熱画像データの処理
Private Sub Timer5_Timer()

```

```

Timer5.Enabled = False
On Error GoTo getErr
jpgClr = False
realTime = DateValue(Date) + TimeValue(Time)
cntTime = (realTime - firTim) / hourDb1 ' 経過時間 (Hour換算)
dspStr = Len7_Set(Format(cntTime, fmtFrm(2)))
Mid(recdDat, 1, 7) = dspStr
Label6(2).Caption = dspStr & "h"
MSFlexGrid1.Col = 2
MSFlexGrid1.Row = 4
MSFlexGrid1.Text = dspStr & " "
' JPGファイルの読み込み
jpgFile = Dir(tplFile)
If jpgFile = "" Then GoTo getErr
If Right(tplPath, 1) = "¥" Then jpgFile = tplPath & jpgFile Else jpgFile = tplPath & "¥" & jpgFile
StatusBar1.Panels(2).Text = jpgFile
DoEvents
Picture7.Picture = LoadPicture(jpgFile)
Picture7.CurrentX = 100
Picture7.CurrentY = 0
Picture7.Print getInt(1) & "/" & getInt(2) & " " & getInt(3) & ":" & Right(Str(getInt(4) + 100), 2)
' CSVファイルの読み込み
tplFile = jpgFile
i1 = InStr(tplFile, ".jpg")
Mid(tplFile, i1, 4) = ".csv"
DoEvents
Open tplFile For Input As #1
Line Input #1, recvStr
Line Input #1, recvStr
Line Input #1, recvStr
Line Input #1, recvStr
D1 = 0
Do
    Line Input #1, recvStr
    posInt = InStr(recvStr, ",")
    recvStr = Mid(recvStr, posInt + 1)
    For D2 = 0 To 46
        posInt = InStr(recvStr, ",")
        tplsng(D2, D1) = Left(recvStr, posInt - 1)
        recvStr = Mid(recvStr, posInt + 1)
    Next D2
    tplsng(D2, D1) = recvStr
    D1 = D1 + 1
Loop Until EOF(1)
Close #1
Kill tplFile ' CSV削除
jpgClr = True
If watByt Then watByt = watByt - 1: StatusBar1.Panels(1).Text = "待機" & watByt & "分"
dspBln = True
If watByt = 0 Then savByt = savByt + 1
' 画像の最終日時
If (watByt = 0) And (savByt >= intvByt) Then
    jpgInt(0, 1) = getInt(0)
    jpgInt(1, 1) = getInt(1)
    jpgInt(2, 1) = getInt(2)
    jpgInt(3, 1) = getInt(3)
    jpgInt(4, 1) = getInt(4)
    dskSave = True
    savByt = 0
    tplFile = getInt(0) & Right(Str(getInt(1) + 100), 2) & Right(Str(getInt(2) + 100), 2)
    tplFile = tplFile & "_" & Right(Str(getInt(3) + 100), 2) & Right(Str(getInt(4) + 100), 2) & ".jpg"
    If Right(recPath, 1) = "¥" Then tplFile = recPath & tplFile Else tplFile = recPath & "¥" & tplFile

```

```

        FileCopy jpgFile, tplFile
    End If
    If (dskSave = True) And (txtFile = "") Then dsk_Open ' 記録ファイル名の設定
    bsyTime = bsyTime - 1
getErr:
    On Error GoTo 0
    If jpgClr Then Kill jpgFile ' JPEG削除
    If dspBln Then dsp_Cnt ' 1分間隔表示
    ' 記録データ
    If dskSave Then
        Open txtFile For Append As #1
        Print #1, recdDat
        Close #1
        dskSave = False
    End If
    If jpgClr Then tpl_Tim
    recvStr = ""
    If (endBln = False) And (bsyTime > 0) Then Exit Sub
    ' 記録終了
    sendByt = 50
    send_Cmd
End Sub

Private Sub Toolbar1_ButtonClick(ByVal Button As ComctlLib.Button)
    Select Case Button
    Case "記録開始"
        Picture1.Visible = True
        Command1.SetFocus
    Case "変更"
        Picture3.Visible = True
        Command3(1).SetFocus
    Case "熱画像"
        Picture7.Move (Me.ScaleWidth / 2) - (Picture7.Width / 2), (Me.ScaleHeight / 2) - (Picture7.Height / 2)
        If Picture7.Visible Then
            Picture7.Visible = False
            Toolbar1.Buttons(5).Enabled = False
        Else
            Picture7.Visible = True
            Toolbar1.Buttons(5).Enabled = True
        End If
    Case "画像再生"
        Combo1(5).Text = jpgInt(0, 1)
        Combo1(6).Text = jpgInt(1, 1)
        Combo1(7).Text = jpgInt(2, 1)
        Combo1(8).Text = jpgInt(3, 1)
        Combo1(9).Text = jpgInt(4, 1)
        Picture8.Visible = True
        Command5(1).SetFocus
    Case "終了"
        Unload Me
    Case "SET"
        frmSet.Show
    End Select
End Sub

' 記録の開始
Private Sub Command1_Click()
    cmtStr = Text2.Text
    prm_Save ' 設定ファイルの保存
    bufStr = "" ' 作図データの消去
    picAdd(0) = 255 ' 熱画像ストアの初期化

```

```

txtFile = "" 'テキストファイル名の消去
savByt = intvByt '記録時間(分)の初期化
LH20tim = 0 '経過時間_REAL
watByt = initWAITbyt '初期待機時間(分)
'熱画像の検索日時
getInt(0) = Year(Date)
getInt(1) = Month(Date)
getInt(2) = Day(Date)
getInt(3) = Hour(Time)
getInt(4) = Minute(Time)
If jpgInt(0, 0) = 0 Then '熱画像の保存期間
    For D1 = 0 To 4
        jpgInt(D1, 0) = getInt(D1)
        jpgInt(D1, 1) = getInt(D1)
    Next D1
    sys_Save
End If
tpl_Tim
endBln = False
Picture1.Visible = False
com_Open
End Sub

'記録の終了
Private Sub Command2_Click(Index As Integer)
    Picture4.Visible = False
    If Index Then Exit Sub
    Me.MousePointer = vbHourglass
    StatusBar1.Panels(1).Text = "切断中"
    endBln = True
End Sub

'作図の変更
Private Sub Command3_Click(Index As Integer)
    If Index Then
        Picture3.Visible = False
    Else
        For i1 = 0 To drwCst
            If Text3(i1).Text = "" Then Text3(i1).Text = drwStr(i1, 0)
            drwStr(i1, 0) = Text3(i1).Text
            If Text4(i1).Text = "" Then Text4(i1).Text = drwStr(i1, 1)
            drwStr(i1, 1) = Text4(i1).Text
        Next i1
        drw_Save
        scl_Set
        drw_Scl
        If bufStr <> "" Then drw_Old
    End If
End Sub

'記録完了の確認
Private Sub Command4_Click()
    Unload Me
End Sub

'送信コマンドの作成
Sub send_Cmd()
    Timer3.Enabled = False '受信タイムオーバーの停止
    Select Case sendByt
    Case 0
        sendBln = True 'コマンド送信
        commBas = 0 '通信アドレス(重量計)
    End Select
End Sub

```

```

        sendStr = " " '重量計のデータリクエスト・コマンド(初回)
Case 1
    firTim = DateValue(Date) + TimeValue(Time) '計測開始の日時
    getMinute = Minute(Time)
    sendBln = True
    commBas = 1 '通信アドレス(LH-20)
    sendStr = "I" '現在の状態 <<<LH-20の設定開始>>>
Case 2
    commBas = 1
    sendStr = "SW101" '1CHのデータ設定
Case 3
    sendStr = LH20set '設定データ(S)
    If setBln Then
        setBln = False
        tablBas = 1
    End If
Case 4
    sendStr = "SC100" '1CHのデータの確認
Case 5
    sendStr = "A" '応答コード(設定データ待ち)
Case 6
    sendStr = "A" '応答コード()
Case 7
    If watByt Then StatusBar1.Panels(1).Text = "待機" & initWAITbyt & "分"
    sendBln = True
    sendStr = "RN010000" '運転指令
    Me.MousePointer = vbDefault
Case 8
    sendStr = "I" '運転状況
Case 9
    sendStr = "A" '応答コード(設定データの参照)
Case 10
    Timer3.Interval = 10000
    sendStr = "A" '応答コード(モニターデータ待ち)<<<設定完了>>>
Case 20
    If (Left(recvStr, 1) = "N") Or (Len(recvStr) < 17) Then
        recvStr = ""
        sendBln = False
    Else
        real_Data 'LH-20のREALデータ
        sendBln = True
        commBas = 0
        sendStr = " " '重量計のデータリクエスト・コマンド
    End If
Case 30 '重量データ
    posInt = InStr(recvStr, "R")
    If posInt Then dspStr = Left(recvStr, posInt - 1) Else dspStr = recvStr
    posInt = InStr(dspStr, vbCr)
    If posInt Then dspStr = Left(dspStr, posInt - 1)
    dspStr = len7_Set(dspStr)
    MSFlexGrid1.Col = 2
    MSFlexGrid1.Row = 6
    MSFlexGrid1.Text = dspStr & " "
    weightDbl(0) = weightDbl(0) + dspStr
    weightScn = weightScn + 1
    If setBln Then
        commBas = 1
        sendStr = "B1" 'LH-20の秒データ停止
    Else
        sendBln = False
    End If
Case 31

```

```

With MSFlexGrid1
.Col = 1
.Row = 1: .Text = Format(tablSng(tablBas, 4), fmtFrm(1)) & " "
If tablSng(tablBas, 3) < 0 Then Mid(LH20set, 3, 1) = "-"
dspStr = Format(Abs(tablSng(tablBas, 4)) * 10, "0000")
Mid(LH20set, 4, 4) = dspStr '温度
dspStr = Format(realRHsng, "00")
.Row = 2: .Text = Format(realRHsng, fmtFrm(0)) & " "
Mid(LH20set, 8, 2) = dspStr '湿度
End With
sendStr = "P"
Case 32
sendByt = 1
sendStr = "I"
Case 50
commBas = 1
sendBln = True
sendStr = "P" ' LH-20の運転停止
Case 51
sendBln = False
If MSComm1(0).PortOpen Then MSComm1(0).PortOpen = False
If MSComm1(1).PortOpen Then MSComm1(1).PortOpen = False
If endBln = False Then Picture6.Visible = True: Command4.SetFocus
End Select
If sendBln Then Timer2.Enabled = True: Exit Sub
If (sendByt = 51) And (endBln = True) Then Timer4.Enabled = True: Exit Sub
If sendByt = 30 Then Timer5.Enabled = True
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
Label6(3).Caption = Month(Date) & "月" & Day(Date) & "日"
Label6(4).Caption = Hour(Time) & "時" & Minute(Time) & "分"
Label6(4).ToolTipText = Second(Time) & "秒"
End Sub

' コマンドの送信
Private Sub Timer2_Timer()
Timer2.Enabled = False
recvStr = "" ' 受信データ消去
StatusBar1.Panels(2).Text = sendStr
Timer3.Enabled = True ' 受信タイムオーバーの起動
MSComm1(commBas).Output = sendStr & vbCr ' 送信
End Sub

' 受信のタイムオーバー(3秒)
Private Sub Timer3_Timer()
Timer3.Enabled = False
If sendByt = 6 Then sendByt = 7: send_Cmd: Exit Sub
Beep
MSComm1(commBas).PortOpen = False
StatusBar1.Panels(1).Text = "待機中"
StatusBar1.Panels(2).Text = "COM" & comPort(commBas) & "[" & sendStr & "]" → 応答がありません。"
If Me.MousePointer <> vbDefault Then Me.MousePointer = vbDefault
Toolbar1.Buttons(1).Enabled = True
If sendByt = 35 Then sendByt = 40: send_Cmd
End Sub

' 記録処理の終了
Private Sub Timer4_Timer()
Timer4.Enabled = False
Unload Me
End Sub

```

' 通信データの受信

Private Sub MSComm1\_OnComm(Index As Integer)

rcvCnt:

If MSComm1(Index).InBufferCount Then rcvStr = rcvStr & MSComm1(Index).Input Else Exit Sub

If InStr(rcvStr, vbCr) = 0 Then GoTo rcvCnt ' 終端コードの検索

If (sendStr = " ") And (sendByt > 0) Then sendByt = 29 ' 重量データ

If InStr(rcvStr, "RL") Then sendByt = 19 ' REALデータ

nxtCmd:

StatusBar1.Panels(2).Text = rcvStr

sendByt = sendByt + 1

send\_Cmd

End Sub

' 通信回線のオープン

Sub com\_Open()

On Error GoTo comErr

If MSComm1(0).PortOpen Then MSComm1(0).PortOpen = False

If MSComm1(1).PortOpen Then MSComm1(1).PortOpen = False

commBas = 0

MSComm1(0).CommPort = comPort(0)

MSComm1(0).PortOpen = True

commBas = 1

MSComm1(1).CommPort = comPort(1)

MSComm1(1).PortOpen = True

On Error GoTo 0

Me.MousePointer = vbHourglass

ToolBar1.Buttons(1).Enabled = False

StatusBar1.Panels(1).Text = "初期化中"

sendByt = 0

send\_Cmd

Exit Sub

comErr:

Beep

StatusBar1.Panels(2).Text = "COM" & comPort(commBas) & "→" & Err.Description

On Error GoTo 0

End Sub

' 表示& 制御

Sub dsp\_Cnt()

dspBl = False

With MSFlexGrid1

.Col = 2

' 経過時間

' 重量データ (kg)

weightDbl(0) = weightDbl(0) / weightScn

If weightDbl(1) = 0 Then weightDbl(1) = weightDbl(0)

dspStr = len7\_Set(Format(weightDbl(0), fmtFrm(3)))

Mid(recdDat, 41, 7) = dspStr

.Row = 6: .Text = dspStr & " "

' 含水率

waterDbl = ((weightDbl(0) - weightSng) / weightSng) \* 100

dspStr = len7\_Set(Format(waterDbl, fmtFrm(3)))

Mid(recdDat, 33, 7) = dspStr

.Row = 5: .Text = dspStr & " "

' 乾燥速度(前回の重量-今回重量)/(時間\* 表面積) [g/mh]

speedDbl = cntTime - LH20tim: LH20tim = cntTime

speedDbl = (weightDbl(1) - weightDbl(0)) / (speedDbl \* areaSng)

dspStr = len7\_Set(Format(speedDbl, fmtFrm(3)))

Mid(recdDat, 49, 7) = dspStr

```

.Row = 7: .Text = dspStr & " "
weightDbl(1) = weightDbl(0)
weightDbl(0) = 0
weightScn = 0
' 熱画像CHの平均値
tolDbl = 0
rcdCnt = 0
For D1 = 0 To tpICst
    If tpIByt(D1, 0) = 0 Then GoTo noData
    tpIAve(D1) = 0
    tpIScn = 0
    For D2 = tpIByt(D1, 0) To tpIByt(D1, 2)
        For D3 = tpIByt(D1, 1) To tpIByt(D1, 3)
            tpIAve(D1) = tpIAve(D1) + tpISng(D2 - 1, D3 - 1)
            tpIScn = tpIScn + 1
        Next D3
    Next D2
    tpIAve(D1) = tpIAve(D1) / tpIScn
    tolDbl = tolDbl + tpIAve(D1)
    rcdCnt = rcdCnt + 1
    dspStr = len7_Set(Format(tpIAve(D1), fmtFrm(1)))
    .Row = D1 + 9
    .Text = dspStr
    Mid(recdDat, (D1 + 9) * 8 + 1, 7) = dspStr
noData:
Next D1
' 熱画像合計の平均値
tolDbl = tolDbl / rcdCnt
tmpStr = len7_Set(Format(tolDbl, fmtFrm(1)))
Mid(recdDat, 65, 7) = tmpStr
' 標準偏差
culDbl = 0
For D1 = 0 To tpICst
    If tpIByt(D1, 0) Then
        culDbl = culDbl + ((tpIAve(D1) - tolDbl) ^ 2)
        D2 = D1
    End If
Next D1
culDbl = Sqr(culDbl / rcdCnt)
dspStr = len7_Set(Format(culDbl, fmtFrm(4)))
Mid(recdDat, (D2 + 10) * 8 + 1, 7) = dspStr ' DEBUG
' 変動係数
cvDbl = (culDbl / tolDbl) * 100
dspStr = len7_Set(Format(cvDbl, fmtFrm(4)))
Mid(recdDat, 57, 7) = dspStr
.Row = 8
.Col = 2
If cntByt Then .Text = dspStr & " " Else .Text = tmpStr & " "
End With
If bufStr = "" Then drw_Frs Else drw_Scd
bufStr = bufStr & "S" & recdDat & vbLf
If diskSave = False Then Exit Sub
'
' /// 記録& 表示////////////////////////////////////
cntTime = (realTime - firRecd) / hourDbl ' 記録の経過時間(Hour換算)
dspStr = len7_Set(Format(cntTime, fmtFrm(2)))
Mid(recdDat, 1, 7) = dspStr
Mid(recdDat, 65, 7) = tmpStr
With MSFlexGrid1
.Visible = False
For i1 = 0 To datByt
    .Row = i1

```

```

        For i2 = 59 To 3 Step -1
            .Col = i2 - 1: dspStr = .Text
            .Col = i2: .Text = dspStr
        Next i2
    Next i1
    .Visible = True
End With
rcdCnt = 0
If cntByt Then speedDb1 = cvDb1 Else speedDb1 = to1Db1
'変動係数の判定(湿度の増減)
If tab1Bas = 0 Then
    If speedDb1 > (tab1Sng(tab1Bas, cntByt) + (tab1Sng(tab1Bas, cntByt) * tab1Sng(tab1Bas, 2) * 0.01)) Then realRHsng
= realRHsng + tab1Sng(tab1Bas, 3): setBln = True
Else
    If speedDb1 < (tab1Sng(tab1Bas, cntByt) + (tab1Sng(tab1Bas, cntByt) * tab1Sng(tab1Bas, 2) * 0.01)) Then realRHsng
= realRHsng - tab1Sng(tab1Bas, 3): setBln = True
    If setBln Then
        If scdTb1 Then setBln = False Else scdTb1 = 1
    End If
End If
If setBln Then tab1_Dsp
If waterDb1 <= finalSng Then bsyTime = 0 '終了含水率の判定[LH-20の停止]
End Sub

```

' LH-20のREALデータ

```

Sub real_Data()
    posInt = InStr(recvStr, "RL")
    With MSFlexGrid1
        .Col = 2
        .Row = 0: .Text = Time & " "
        dspStr = len7_Set(Format(Mid(recvStr, posInt + 2, 5) / 10, fmtFrm(1))) 'DB
        Mid(recdDat, 9, 7) = dspStr
        .Row = 1: .Text = dspStr
        dspStr = len7_Set(Format(Mid(recvStr, posInt + 7, 2), fmtFrm(0))) 'RH
        Mid(recdDat, 17, 7) = dspStr
        realRHsng = dspStr
        .Row = 2: .Text = dspStr
        dspStr = len7_Set(Format(Mid(recvStr, posInt + 9, 3) / 10, fmtFrm(1))) 'WB
        Mid(recdDat, 25, 7) = dspStr
        .Row = 3: .Text = dspStr
    End With
End Sub

```

' 制御パラメータ

```

Sub tab1_Dsp()
    With MSFlexGrid1
        .Col = 1
        .Row = 1: .Text = Format(tab1Sng(tab1Bas, 4), fmtFrm(1)) & " "
        .Row = 2: .Text = Format(realRHsng, fmtFrm(0)) & " "
        '.Row = 7: .Text = Format(tab1Sng(tab1Bas, 4), fmtFrm(1)) & " "
        .Row = 8
        If cntByt Then
            .Text = Format(tab1Sng(1, cntByt), fmtFrm(3)) & " "
        Else
            .Text = Format(tab1Sng(1, cntByt), fmtFrm(1)) & " "
        End If
    End With
End Sub

```

' 縦軸スケールのステップ変更

```

Private Sub VScroll1_Change(Index As Integer)
    If addInt(Index) < VScroll1(Index).Value Then sclSng(Index, 0) = sclSng(Index, 0) - sclSng(Index, 2) Else sclSng(Index,

```

```

0) = sclSng(Index, 0) + sclSng(Index, 2)
    addInt(Index) = VScroll1(Index).Value
    drw_Scl
    If bufStr <> "" Then drw_Old
End Sub

Sub drw_Frs()
    culDbl = Mid(recdDat, 1, 7) / timDbl
    culDbl = culDbl * Picture2.ScaleWidth
    For i1 = 0 To drwCst
        If i1 < drwCst Then
            adcSng = Mid(recdDat, grhByt(i1), 7)
        Else
            adcSng = Mid(recdDat, grhByt(i1 + cntByt), 7)
        End If
        adcSng = (adcSng - sclSng(i1, 0)) / (sclSng(i1, 1) - sclSng(i1, 0))
        adcSng = (1 - adcSng) * Picture2.ScaleHeight
        Picture2.Circle (culDbl, adcSng), 5, drwCor(i1)
        bufSng(i1) = adcSng
    Next i1
    bufDbl = culDbl
End Sub

Sub drw_Scd()
    culDbl = Mid(recdDat, 1, 7) / timDbl
    culDbl = culDbl * Picture2.ScaleWidth
    For i1 = 0 To drwCst
        If i1 < drwCst Then
            adcSng = Mid(recdDat, grhByt(i1), 7)
        Else
            adcSng = Mid(recdDat, grhByt(i1 + cntByt), 7)
        End If
        adcSng = (adcSng - sclSng(i1, 0)) / (sclSng(i1, 1) - sclSng(i1, 0))
        adcSng = (1 - adcSng) * Picture2.ScaleHeight
        Picture2.Circle (culDbl, adcSng), 5, drwCor(i1)
        bufSng(i1) = adcSng
    Next i1
    bufDbl = culDbl
End Sub

Sub dsk_Open()
    firRecd = DateValue(Date) + TimeValue(Time) ' 記録開始の日時
    StatusBar1.Panels(1).Text = "記録中"
    StatusBar1.Panels(3).Text = getInt(1) & "月" & getInt(2) & "日" & getInt(3) & "時" & Right(Str(getInt(4) + 100), 2)
    & "分"
    txtFile = "RF" & getInt(0) & Right(Str(getInt(1) + 100), 2) & Right(Str(getInt(2) + 100), 2)
    txtFile = txtFile & "_" & Right(Str(getInt(3) + 100), 2) & Right(Str(getInt(4) + 100), 2) & ".csv"
    If Right(recPath, 1) = "¥" Then txtFile = recPath & txtFile Else txtFile = recPath & "¥" & txtFile
    Open txtFile For Output As #1
    Print #1, "TITLE,"; tilStr; ", COMMENT," & cmtStr
    Print #1, "MEASURE_TIME(H)," ; Format(cntTIMesng, fmtFrm(1)); ", INTERVAL(M)," ; intvByt; ", WAIT_TIME(M)," ; initWAITbyt
    Print #1, "INITIAL_DB(°C)," ; Format(initDBsng, fmtFrm(1)); ", RH(%)," & Format(initRHbyt, fmtFrm(0))
    Print #1, "FINAL(%)," ; Format(finalSng, fmtFrm(2)); ", CHANGE(%),"
    Print #1, "AREA(m²)," ; Format(areaSng, fmtFrm(3))
    Print #1, "WEIGHT(kg)," ; weightSng
    Print #1, "TOLERANCE(%)," ; tab1Sng(0, 2); ",," ; tab1Sng(1, 2)
    Print #1, "CORRECTION_RH(%)," ; Format(tab1Sng(0, 3), fmtFrm(1)); ",," ; Format(tab1Sng(1, 3), fmtFrm(1))
    Print #1, "DB(°C)," ; Format(tab1Sng(0, 4), fmtFrm(1)); ",," ; Format(tab1Sng(1, 4), fmtFrm(1))
    Print #1, "TURNING," ; Format(changeSng(0), fmtFrm(1)); "°C," ; Format(changeSng(1), fmtFrm(4))
    Print #1, "AVE(°C)," ; Format(tab1Sng(0, 0), fmtFrm(1)); ",," ; Format(tab1Sng(1, 0), fmtFrm(1))
    Print #1, "SD," ; Format(tab1Sng(0, 1), fmtFrm(4)); ",," ; Format(tab1Sng(1, 1), fmtFrm(4))
    dspStr = "TIME (Hour), DB (°C), RH (%), WB (°C), RATE (%), WEIGHT (kg), SPEED (g/mh), CV (%), AVE (°C)"

```

```

For D1 = 0 To tpICst
    If tpIByt(D1, 0) Then
        dspStr = dspStr & "," & (tpIByt(D1, 0) - 1 & "-" & tpIByt(D1, 1) - 1 & "/" & tpIByt(D1, 2) - 1 & "-" & tpIByt(D1,
3) - 1)
    End If
Next D1
Print #1, dspStr
Close #1
End Sub

```

' 読取熱画像の更新

```

Sub tpI_Tim()
    getInt(4) = getInt(4) + 1
    If getInt(4) >= 60 Then
        getInt(4) = getInt(4) - 60
        getInt(3) = getInt(3) + 1
    End If
    If getInt(3) >= 24 Then
        getInt(3) = getInt(3) - 24
        getInt(2) = getInt(2) + 1
    End If
    Select Case getInt(1)
    Case 2
        If ((getInt(0) - 2008) Mod 4) Then
            If getInt(2) >= 29 Then getInt(2) = 1: getInt(1) = 3
        Else
            If getInt(2) >= 30 Then getInt(2) = 1: getInt(1) = 3
        End If
    Case 4, 6, 9, 11
        If getInt(2) >= 31 Then getInt(2) = 1: getInt(1) = getInt(1) + 1
    Case Else
        If getInt(2) >= 32 Then getInt(2) = 1: getInt(1) = getInt(1) + 1
    End Select
    If getInt(1) >= 13 Then getInt(1) = 1: getInt(0) = getInt(0) + 1
    tpIFile = getInt(0) & "-" & Right(Str(getInt(1) + 100), 2) & "-" & Right(Str(getInt(2) + 100), 2)
    ' Select Case getInt(3)
    ' Case 0
    '     tpIFile = tpIFile & "*" & getInt(3)
    ' Case Else
    '     tpIFile = tpIFile & "_" & getInt(3)
    ' End Select
    tpIFile = tpIFile & "-" & Right(Str(getInt(4) + 100), 2) & fillAs
    If Right(tpIPath, 1) = "¥" Then tpIFile = tpIPath & tpIFile Else tpIFile = tpIPath & "¥" & tpIFile
    jpgClr = False
End Sub

```

' 熱画像の捲り

```

Sub jpg_0ld()
    Dim a As Integer, b As Byte, c As Byte, d As Byte, e As Byte, jpgBuf As String
    a = jpgInt(0, 0)
    b = jpgInt(1, 0)
    c = jpgInt(2, 0)
    d = jpgInt(3, 0)
    e = jpgInt(4, 0)
jpgInc:
    jpgBuf = a & Right(Str(b + 100), 2) & Right(Str(c + 100), 2)
    jpgBuf = jpgBuf & "-" & Right(Str(d + 100), 2) & Right(Str(e + 100), 2) & ".jpg"
    If Right(recPath, 1) = "¥" Then jpgBuf = recPath & jpgBuf Else jpgBuf = recPath & "¥" & jpgBuf
    If (Dir(jpgBuf) <> "") Then
        Picture7.Picture = LoadPicture(jpgBuf)
        Picture7.CurrentX = 100
        Picture7.CurrentY = 0
    End If
End Sub

```

```

Picture7.Print b & "/" & b & " " & d & ":" & Right(Str(e + 100), 2)
DoEvents
End If
e = e + 1
If e >= 60 Then
    e = e - 60
    d = d + 1
End If
If d >= 24 Then
    d = d - 24
    c = c + 1
End If
Select Case b
Case 2
    If ((a - 2008) Mod 4) Then
        If c >= 29 Then c = 1: b = 3
    Else
        If c >= 30 Then c = 1: b = 3
    End If
Case 4, 6, 9, 11
    If c >= 31 Then c = 1: b = b + 1
Case Else
    If c >= 32 Then c = 1: b = b + 1
End Select
If b >= 13 Then b = 1: a = a + 1
If a < jpgInt(0, 1) Then GoTo jpgInc
If b < jpgInt(1, 1) Then GoTo jpgInc
If c < jpgInt(2, 1) Then GoTo jpgInc
If d < jpgInt(3, 1) Then GoTo jpgInc
If e <= jpgInt(4, 1) Then GoTo jpgInc
End Sub

```

Appendix E. VB.Form frmBatch

VERSION 5.00

Object = "{6B7E6392-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}#1.3#0"; "Comctl32.ocx"

Begin VB.Form frmBatch

```

AutoRedraw      = -1 'True
Caption         = "再生"
ClientHeight    = 7170
ClientLeft      = 60
ClientTop       = 345
ClientWidth     = 8790

```

BeginProperty Font

```

Name           = "MS Pゴシック"
Size           = 12
Charset        = 128
Weight         = 400
Underline      = 0 'False
Italic         = 0 'False
Strikethrough  = 0 'False

```

EndProperty

```
LinkTopic      = "Form1"
```

```
ScaleHeight    = 7170
```

```
ScaleWidth     = 8790
```

```
StartupPosition = 3 'Windows の既定値
```

```
WindowState    = 2 '最大化
```

Begin ComctlLib.Toolbar Toolbar1

```

Align          = 1 '上揃え
Height         = 855
Left           = 0
TabIndex       = 16
Top            = 0

```

```

Width          = 8790
_ExtentX       = 15505
_ExtentY       = 1508
ButtonWidth    = 1349
ButtonHeight   = 1349
Appearance     = 1
ImageList      = "ImageList1"
_Version       = 327682
BeginProperty Buttons {0713E452-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
  NumButtons    = 4
  BeginProperty Button1 {0713F354-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
    Caption     = " 記録元"
    Key         = ""
    Object.ToolTipText = "記録ファイルの呼び出し"
    Object.Tag   = ""
    ImageIndex  = 1
  EndProperty
  BeginProperty Button2 {0713F354-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
    Caption     = "変 更"
    Key         = ""
    Object.ToolTipText = "作図の変更"
    Object.Tag   = ""
    ImageIndex  = 2
  EndProperty
  BeginProperty Button3 {0713F354-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
    Enabled     = 0 'False
    Key         = ""
    Object.Tag   = ""
    Style       = 3
    MixedState  = -1 'True
  EndProperty
  BeginProperty Button4 {0713F354-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
    Caption     = "終 了"
    Key         = ""
    Object.ToolTipText = "再生の終了"
    Object.Tag   = ""
    ImageIndex  = 3
  EndProperty
EndProperty
EndProperty
End

```

```

Begin ComctlLib.StatusBar StatusBar1
  Align        = 2 '下揃え
  Height       = 375
  Left         = 0
  TabIndex     = 17
  Top          = 6795
  Width        = 8790
  _ExtentX     = 15505
  _ExtentY     = 661
  SimpleText   = ""
  _Version     = 327682
BeginProperty Panels {0713E89E-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
  NumPanels    = 2
  BeginProperty Panel1 {0713E89F-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
    Alignment   = 1
    Text        = "待機中"
    TextSave    = "待機中"
    Key         = ""
    Object.Tag   = ""
  EndProperty
  BeginProperty Panel2 {0713E89F-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}

```

```

        Alignment      = 1
        AutoSize       = 1
        Object.Width   = 12435
        Text           = "記録ファイルを選択して下さい。"
        TextSave       = "記録ファイルを選択して下さい。"
        Key            = ""
        Object.Tag      = ""
    EndProperty
EndProperty
End
Begin VB.VScrollBar VScroll1
    Height      = 375
    Index       = 0
    Left        = 120
    TabIndex    = 4
    Top         = 4440
    Value       = 16384
    Width       = 375
End
Begin VB.VScrollBar VScroll1
    Height      = 375
    Index       = 1
    Left        = 480
    TabIndex    = 3
    Top         = 4440
    Value       = 16384
    Width       = 375
End
Begin VB.VScrollBar VScroll1
    Height      = 375
    Index       = 2
    Left        = 120
    TabIndex    = 2
    Top         = 4800
    Value       = 16384
    Width       = 375
End
Begin VB.VScrollBar VScroll1
    Height      = 375
    Index       = 3
    Left        = 480
    TabIndex    = 1
    Top         = 4800
    Value       = 16384
    Width       = 375
End
Begin VB.PictureBox Picture2
    Appearance   = 0 'フラット
    AutoRedraw   = -1 'True
    BackColor    = &H80000005&
    BorderStyle  = 0 'なし
    BeginProperty Font
        Name      = "MS Pゴシック"
        Size      = 9
        Charset   = 128
        Weight    = 400
        Underline  = 0 'False
        Italic     = 0 'False
        Strikethrough = 0 'False
    EndProperty
    ForeColor    = &H80000008&
    Height       = 1815

```

```

Left          = 5640
ScaleHeight   = 1815
ScaleWidth    = 2895
TabIndex      = 0
Top           = 1920
Width         = 2895
End
Begin ComctlLib.ImageList ImageList1
Left          = 1440
Top           = 5040
_ExtentX      = 1005
_ExtentY      = 1005
BackColor     = -2147483643
ImageWidth    = 32
ImageHeight   = 32
MaskColor     = 12632256
_Version      = 327682
BeginProperty Images {0713E8C2-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
  NumListImages = 3
  BeginProperty ListImage1 {0713E8C3-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
    Picture      = "frmBatch.frx":0000
    Key          = ""
  EndProperty
  BeginProperty ListImage2 {0713E8C3-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
    Picture      = "frmBatch.frx":031A
    Key          = ""
  EndProperty
  BeginProperty ListImage3 {0713E8C3-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
    Picture      = "frmBatch.frx":0634
    Key          = ""
  EndProperty
EndProperty
EndProperty
End
Attribute VB_Name = "frmBatch"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Option Explicit
Dim dskDat As String

Private Sub Command1_Click(Index As Integer)
  If Index Then Picture1.Visible = False: Exit Sub
  On Error GoTo noFile
  StatusBar1.Panels(1).Text = "検索中"
  StatusBar1.Panels(2).Text = ""
  dspStr = ""
  If Right(recPath, 1) = "¥" Then txtFile = recPath & txtFile Else txtFile = recPath & "¥" & txtFile
  Open txtFile For Input As #1
  For i1 = 0 To 12
    Line Input #1, dskDat
    dspStr = dspStr & dskDat & vbCrLf
    If i1 = 1 Then
      posInt = InStr(dskDat, ",")
      dskDat = Mid(dskDat, posInt + 1)
      posInt = InStr(dskDat, ",")
      timDbl = Left(dskDat, posInt - 1)
    End If
  Next i1
  Text1.Text = dspStr
  bufStr = ""
Do

```

```

        Line Input #1, dskDat
        bufStr = bufStr & "S" & dskDat & vbCrLf
    Loop Until EOF(1)
    Close #1
'
    culDbl = timDbl / 10
    For i1 = 0 To 10
        If i1 Then timDbl = timDbl + culDbl Else timDbl = 0
        Label3(i1).Caption = Format(timDbl, "##0.0")
    Next i1
    On Error GoTo 0
    drw_Old
    Exit Sub
noFile:
    Beep
    StatusBar1.Panels(1).Text = "待機中"
    StatusBar1.Panels(2).Text = "記録ファイルが見つかりません。"
    On Error GoTo 0
End Sub

Private Sub Command3_Click(Index As Integer)
    If Index Then
        Picture3.Visible = False
    Else
        For i1 = 0 To drwCst
            If Text3(i1).Text = "" Then Text3(i1).Text = drwStr(i1, 0)
            drwStr(i1, 0) = Text3(i1).Text
            If Text4(i1).Text = "" Then Text4(i1).Text = drwStr(i1, 1)
            drwStr(i1, 1) = Text4(i1).Text
        Next i1
        drw_Save
        scl_Set
        If bufStr <> "" Then drw_Old Else drw_Scl
    End If
End Sub

Private Sub File1_Click()
    txtFile = File1.filename
    Command1(0).SetFocus
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Set frmObj = frmBatch
    Picture1.Line (0, 0)-Step(Picture1.ScaleWidth, Picture1.ScaleHeight), &H80000005, B
    Picture1.Line (50, Picture1.ScaleHeight)-Step(Picture1.ScaleWidth, 0), &H8000000C
    Picture1.Line (Picture1.ScaleWidth, 50)-Step(0, Picture1.ScaleHeight), &H8000000C
    Picture3.Line (0, 0)-Step(Picture3.ScaleWidth, Picture3.ScaleHeight), &H80000005, B
    Picture3.Line (50, Picture3.ScaleHeight)-Step(Picture3.ScaleWidth, 0), &H8000000C
    Picture3.Line (Picture3.ScaleWidth, 50)-Step(0, Picture3.ScaleHeight), &H8000000C
    File1.Path = recPath
    For i1 = 0 To drwCst
        Label2(i1).ForeColor = drwCor(i1)
        Text3(i1).Text = drwStr(i1, 0)
        Text4(i1).Text = drwStr(i1, 1)
    Next i1
    addInt(0) = 16384
    addInt(1) = 16384
    addInt(2) = 16384
    addInt(3) = 16384
    scl_Set
End Sub

```

```

Private Sub Form_Resize()
    Text1.Width = Me.ScaleWidth
    Picture1.Move (Me.ScaleWidth / 2) - (Picture1.Width / 2), (Me.Height / 2) - (Picture1.Height / 2)
    Picture3.Move (Me.ScaleWidth / 2) - (Picture3.Width / 2), (Me.Height / 2) - (Picture3.Height / 2)
    lefLng = 3050
    topLng = Text1.Top + Text1.Height + 600
    widLng = Me.ScaleWidth - (lefLng + 1300)
    hetLng = Me.ScaleHeight - (topLng + StatusBar1.Height + 500)
    Picture2.Move lefLng, topLng, widLng, hetLng
    hetLng = Picture2.ScaleHeight / 10
    widLng = Picture2.ScaleWidth / 10
    For i1 = 0 To (drwCst - 1)
        VScroll1(i1).Move i1 * 750 + 100, Picture2.Top + Picture2.Height + 120
    Next i1
    VScroll1(drwCst).Move Picture2.Left + Picture2.Width + 400, Picture2.Top + Picture2.Height + 120
    For i1 = 0 To 10
        Label3(i1).Move lefLng + widLng * i1 - 300, topLng + Picture2.Height + 100
    Next i1
    drw_Cls
    drw_Scl
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    frmMnu.Show
End Sub

Sub drw_Cls()
    Picture2.Cls
    For i1 = 1 To 9
        Picture2.Line (0, i1 * hetLng)-Step(Picture2.ScaleWidth, 0), memCst
    Next i1
    For i1 = 1 To 9
        Picture2.Line (i1 * widLng, 0)-Step(0, Picture2.ScaleHeight), memCst
    Next i1
End Sub

Private Sub Toolbar1_ButtonClick(ByVal Button As ComctlLib.Button)
    Select Case Button
        Case " 記録元"
            Picture1.Visible = True
            Command1(0).SetFocus
        Case "変 更"
            Picture3.Visible = True
            Command3(1).SetFocus
        Case "終 了"
            Unload Me
    End Select
End Sub

Private Sub VScroll1_Change(Index As Integer)
    If addInt(Index) < VScroll1(Index).Value Then sclSng(Index, 0) = sclSng(Index, 0) - sclSng(Index, 2) Else sclSng(Index, 0) = sclSng(Index, 0) + sclSng(Index, 2)
    addInt(Index) = VScroll1(Index).Value
    drw_Scl
    If bufStr <> "" Then drw_Old
End Sub

Sub drw_Old()
    drw_Cls
    culDb1 = Mid(bufStr, 2, 7)
    culDb1 = culDb1 / timDb1

```

```

culDbl = culDbl * Picture2.ScaleWidth
For i1 = 0 To drwCst
    adcSng = Mid(bufStr, grhByt(i1) + 1, 7)
    adcSng = (adcSng - sclSng(i1, 0)) / (sclSng(i1, 1) - sclSng(i1, 0))
    adcSng = (1 - adcSng) * Picture2.ScaleHeight
    Picture2.PSet (culDbl, adcSng), drwCor(i1)
    bufSng(i1) = adcSng
Next i1
bufDbl = culDbl
drwAdd = InStr(2, bufStr, "S")
If drwAdd = 0 Then Exit Sub
'
Do
    culDbl = Mid(bufStr, drwAdd + 1, 7)
    culDbl = culDbl / timDbl
    culDbl = culDbl * Picture2.ScaleWidth
    For i1 = 0 To drwCst
        adcSng = Mid(bufStr, drwAdd + grhByt(i1), 7)
        adcSng = (adcSng - sclSng(i1, 0)) / (sclSng(i1, 1) - sclSng(i1, 0))
        adcSng = (1 - adcSng) * Picture2.ScaleHeight
        Picture2.Line (bufDbl, bufSng(i1))-(culDbl, adcSng), drwCor(i1)
        bufSng(i1) = adcSng
    Next i1
    bufDbl = culDbl
    drwAdd = InStr(drwAdd + 1, bufStr, "S")
Loop While drwAdd
End Sub

```