

複写機の定着器内の自然対流

シャープ株式会社

A1210 プロジェクトチーム

多久島 朗

1. 緒言

複写機やプリンタ等の電子写真関連機器では、高速化、高画質化とともに省エネルギー化が大きな技術課題であり、複写機に対しても図1に示すように消費電力の規制が実施されている。また、機器のコンパクト化、高密度化に伴って発熱密度が急増していることから、機器の熱問題が重要視されるようになり、簡易な熱設計手法の開発が望まれている。

複写機やプリンタの定着器では、内部で自然対流が起こり、定着ローラの熱が定着器外部へ運びだされている。そこで、複写機の省エネを目指し、取り組んだ定着器内部の熱流体解析の結果を報告する。

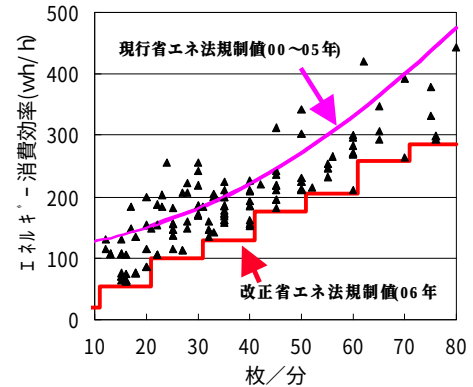


図1 エネルギー消費効率と省エネ規制値

2. 定着器の熱問題

複写機の画像形成記録装置に装着され未定着トナーを記録媒体に定着させる定着ローラ式定着器は、機器全体の消費電力の約6割を消費している。複写機は図2のような運転モードで試験されるが、装置の各運転モードのうち、待機モード時に消費される電力量が図3に示すように全体の約8割と最も大きい。従って、省エネルギー化には待機モード時における定着器の断熱設計を行うことが最も効果的である。

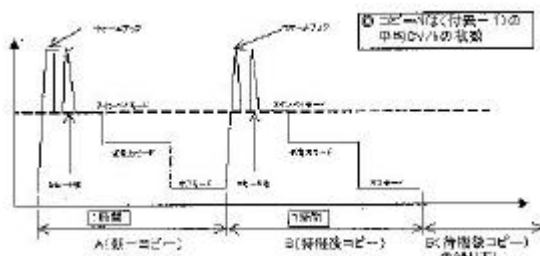


図2 複写機の運転パターン

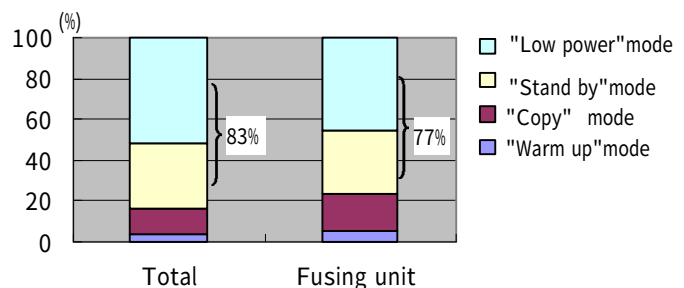
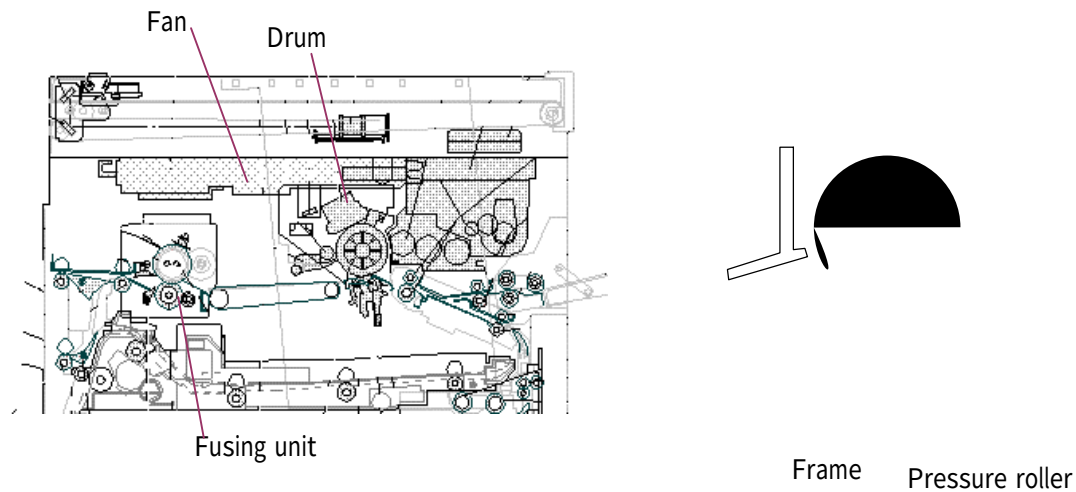


図3 運転モードごとの消費電力の比率

本研究で用いた定着器の断面概略形状を図4に示す。定着器は、ヒータを内蔵した定着ローラとそれに圧接する加圧ローラと、両ローラを支持し、装置外枠を兼ねるフレームとから構成される。待機モード時には両ローラは停止しており、定着ローラは内蔵するヒータにより加熱され、定着ローラ外周面が所定の定着温度となるよう温調管理される。

このとき、定着ローラから放出される熱は、輻射や熱伝導、定着器内部空間に生じる自然対流によって運ばれ、フレームや通紙開口部を通じて外部へ放出される。さらに、感光体や基板を冷却するために複写機内部に配置されたファンによって形成される流れや、定着器固定部分から他部品への熱伝導等の影響を受け放熱が促進されている。しかし、これら定着器周囲の影響を考慮するのに十分な実験精度を保つことは非常に困難であったため、本研究では解析対象を定着器に限定した。



3. 実験による放熱経路の分析

定着器の放熱経路を簡単に分析する手法として、熱回路網法⁽¹⁾がある。熱回路網法とは、伝熱経路の代表点に節点を設け、各節点間を熱抵抗 R で接続した回路を形成し、節点の温度や熱流束測定値から算出される熱抵抗値をもとに熱分析を行う手法である。この熱回路網法を定着器に適用して、図 5 に示すような定着ローラを起点とした 6 つの経路を設定し、その経路上に節点を設けた。

各経路と節点間の熱抵抗値を求めるため、6 つに分割した各壁面を通過する熱量、各節点温度、ヒートローラ温度、環境温度の計測を熱流束センサ、熱電対を用いて行った。計測位置を図 6 に示す。また、定着器側面についても同様に測定した。通紙口等開口部からの放熱量は全消費電力と壁面放熱量の差とした。実験は表 1 のように、待機モードを想定して、定着ローラ表面温度を 175°C 一定に制御し、各計測温度が定常となるまで放置後、

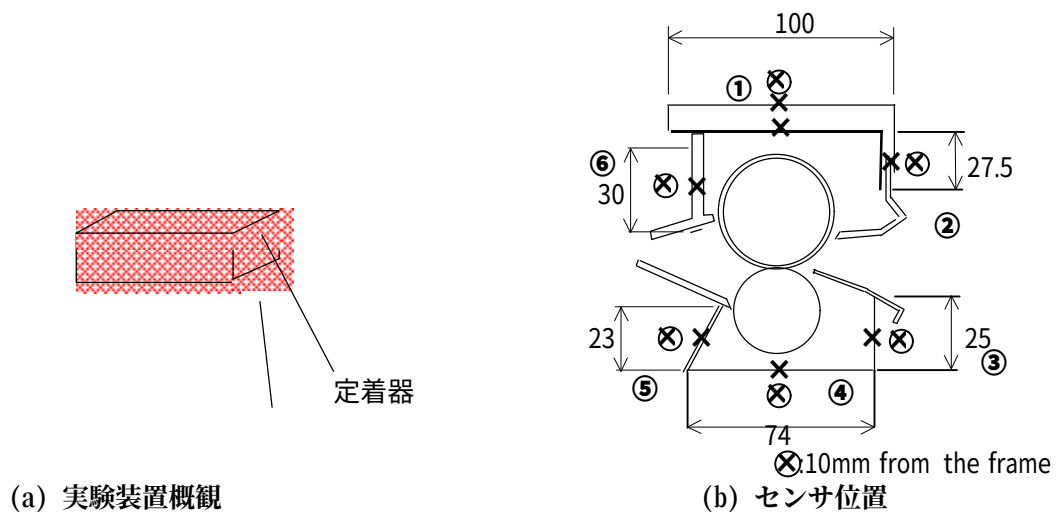


図 6 実験装置の外観

った。

表 1 実験条件

周囲温度	26℃
ヒートローラ温度	175℃
測定時間	3h 放置後 20min 測定

4.1 解析モデル

解析モデルを図 7 に示す。定着器は定着ローラや加圧ローラ、通紙ガイド等が近接して配置されているため、それぞれの形状をできるかぎり正確に定義し、ローラ間の熱移動、ローラと通紙ガイド間の狭い隙間を通る流れを模擬できることが重要である。そこで、ローラ部には図 8 のようにメッシュを集中し、また、ローラと通紙ガイド間の隙間には最低 3 メッシュ配置した。さらに、厚みの薄い斜め板部材の形状が連続するように、メッシュの生成に工夫を凝らした。最終のメッシュ分割例を図 9 に示す。解析メッシュ数は約 5 万であった。

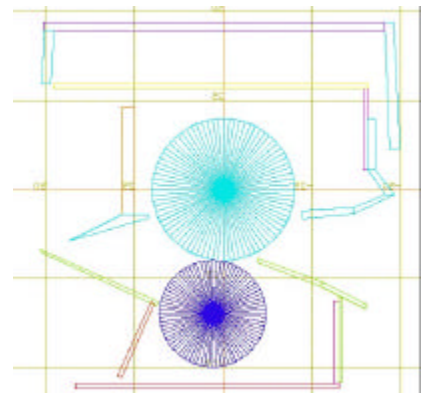


図 7 解析モデル

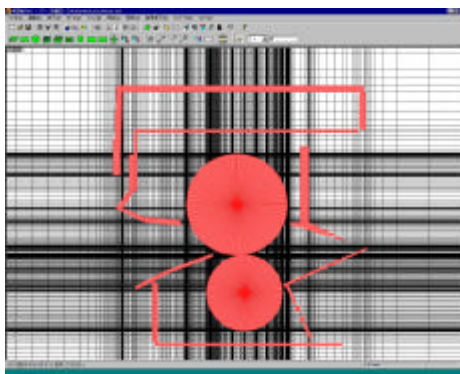


図 8 ローラ部のメッシュ分割

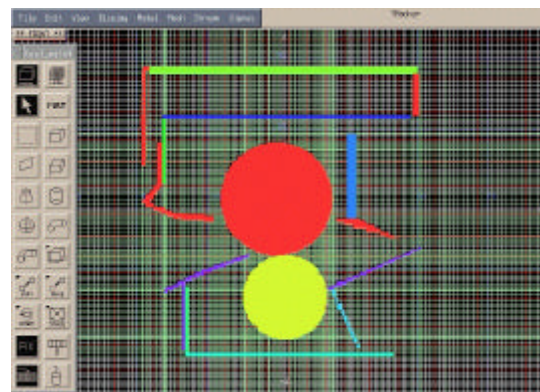


図 9 メッシュ分割例 (メッシュ数 215×227)

4.2 定常判定

解析では、計算の初期状態において温度差がなく、自然対流が発達しにくいという問題があったため、エネルギー保存式のみを解き、その結果を熱流体解析の初期状態として計算を行った。また計算の結果から、定着器を構成する部品の比熱差が大きいため、比熱の大きい部品の温度変化の割合が小さく、誤った定常判定を行ってしまうことが分かった。そこで、計算ステップ数を増やし、比熱の大きい部品の温度を基準に定常判定を行った。

5. 断熱対策

5.1 基本形状

図 4 に示した基本形状に放熱量の測定結果、各放熱経路における熱抵抗値を表 3、図 10 に示す。

表 3 放熱量と熱抵抗

放熱量(W)	熱抵抗値(K/W)	壁面熱抵抗値 (K/W)	壁面以外熱抵抗 値(K/W)
66.5	2.33	3.63	6.48

実験結果から定着器上面の熱抵抗が極めて小さく、重点的な対策が必要なが分かった。

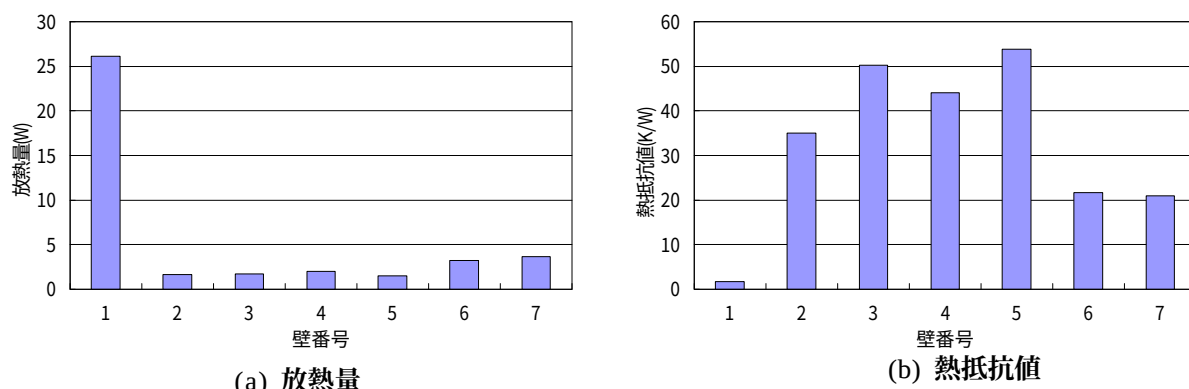


図 10 壁面放熱量と熱抵抗

解析結果を図 11 に示す。定着ローラの熱によって定着器内部の自然対流が起こり、内部の空気は定着器に沿って上昇し、フレーム上面に達した流れがフレームの隙間を通じて外部へと熱を運んでいる様子を確認することができた。このことから、上面での断熱性能を向上させるには、定着ローラに沿って上昇する対流を抑制する必要がある。また、給紙側壁面に比べ排紙側壁面を沿う流れが速くなっており、定着器の外壁の流れを抑えることが必要であることが分かる。さらに、金属で作られたフレームの熱抵抗が他の部分に比べて小さく、フレームを熱伝導率の悪い樹脂などに変更することが望ましいことも分かった。下側フレームにおいては、上側フレームと異なりフレーム周りの流れが遅く対流の影響は少ない。しかし、加圧ローラを介して下側フレームに熱が伝わっており、断熱性を向上させるには、加圧ローラの材質を熱伝導性の低いものに変えることが有効である。

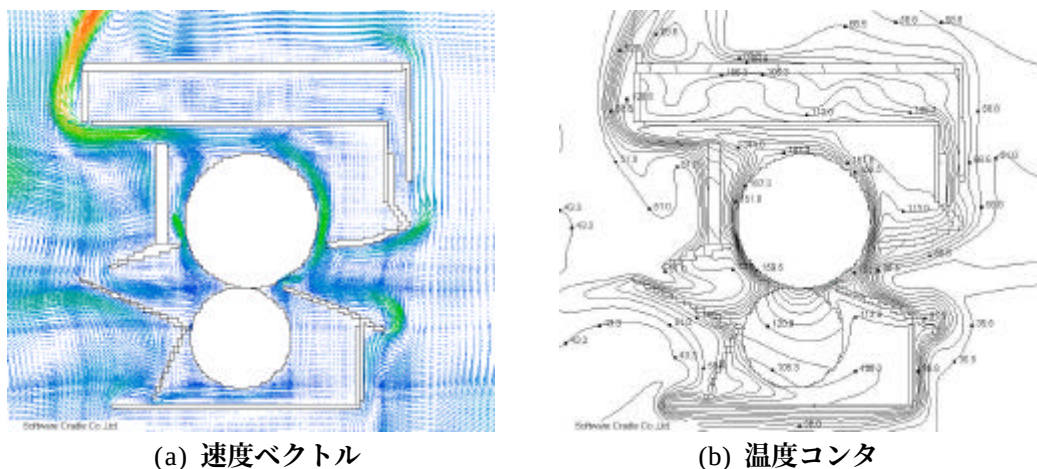


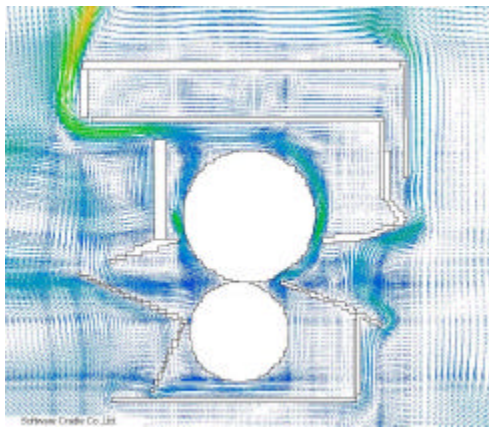
図 11 基本形状の数値解析結果

5.2 スポンジローラ

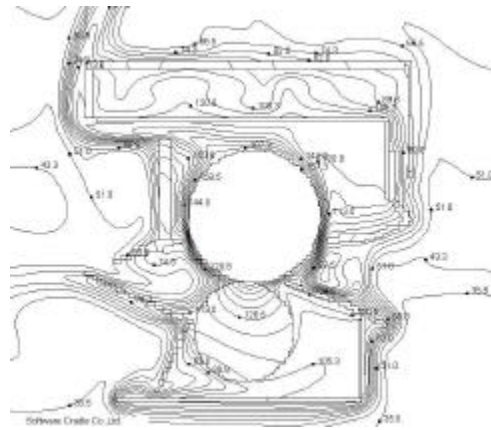
基本形状に対する検討結果から、まず加圧ローラの材質を熱伝導率の低いスポンジへ変更することにした。スポンジには発泡率約 50%のシリコンゴムを用いた。

解析結果を図 12 に示す。速度ベクトルは図 11 と変わっておらず、内部流れに対する影響はないが、加圧ローラの温度がわずかに抑えられ、下フレームの温度上昇が小さくなり、熱抵抗が増していると思われる。

図 13 に実験から求めた壁面の熱抵抗を示す。実験において、定着器の壁 3, 4, 5 の熱抵抗が増加しており、スポンジローラの効果を実験でも確認できた。



(a) 速度ベクトル



(b) 温度コンタ

図 12 スポンジローラの効果

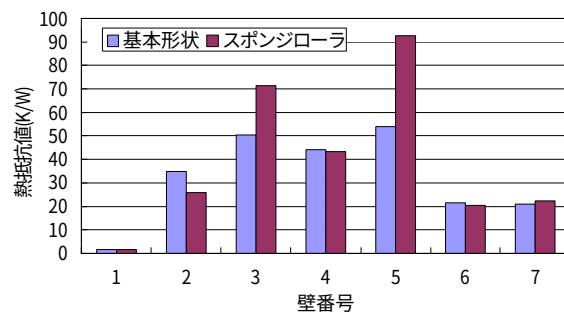
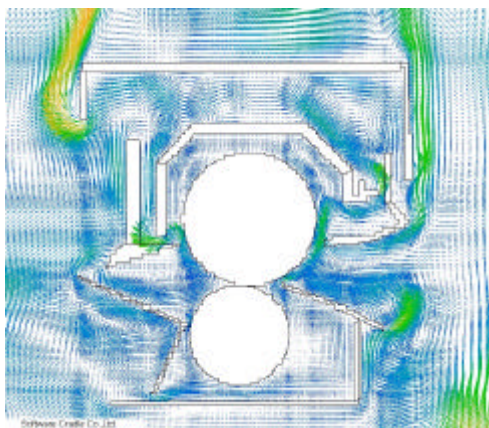


図 13 スポンジローラを用いたときの壁面熱抵抗

5.3 内部対流抑制

内部の対流を抑制して熱抵抗を増加させるために、上側フレームと定着ローラ間の隙間を狭め、熱伝導率が低い樹脂を用いてフレームを製作した。このときの解析結果を図 14 に示す。



(a) 速度ベクトル



(b) 温度コンタ

図 14 樹脂フレームの効果

温度分布を見ると、上フレームで放熱が抑えられていることが分かる。上フレームと加熱ローラの間には渦が生成し、また通紙側ガイド近傍では、加熱ローラに沿って上昇する流れがあり、その流れが上フレームの隙間を通り、熱を外へ運び出している様子が見られる。

そこで、上フレームの内側にフレーム上面から定着ローラ近傍へ向けて伸びる1本のリブを設置した。このときの解析結果を図15に示す。上フレームと加熱ローラの間の渦が小さくなり、また加熱ローラに沿う流れがリブによって定着ローラ表面から剥離され、内部対流が抑制されていることが確認できた。

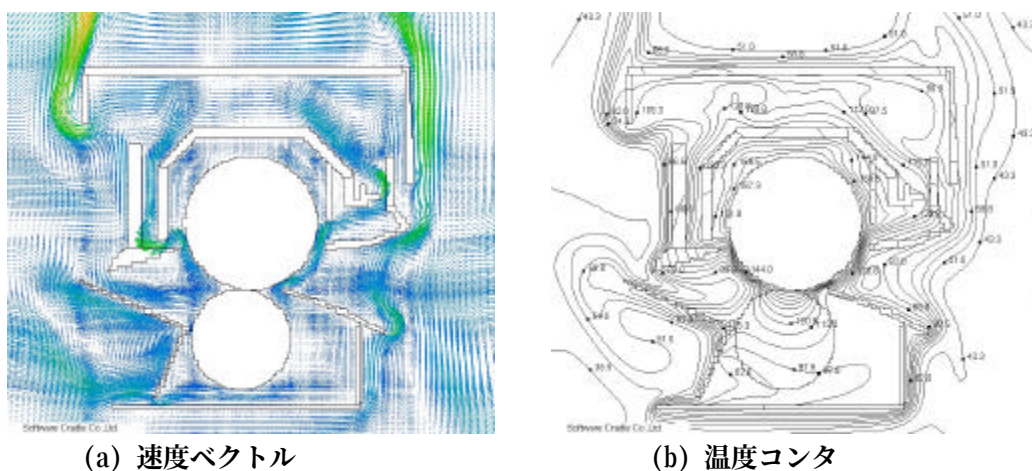


図15 内部リブの効果

5.4 外部対流抑制

次に、上部のカバーに沿って流れる上昇流をカバーから引き離し、定着器周辺の空気が熱を運び去るのを抑えるため、カバー上部から定着器外側に向かって水平にリブを取り付けた。このときの結果を図16に示す。リブによって、流れがカバー上部から引き離されていることが分かる。

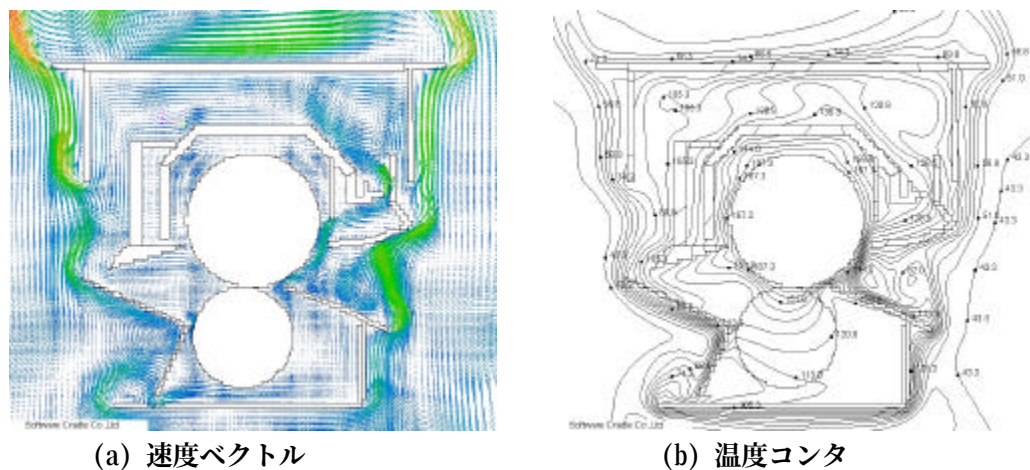


図16 外部リブの効果

この場合の壁面放熱量の解析と実験の結果比較を図17に示す。解析では、壁面放熱量を実験と同じ壁面を通過する熱流束から求めた。解析の結果は実験値よりも約40%小さい値を示し、大きくはずれているものの、形状変更による放熱量削減率はどちらも約14%と同じ結果を示しており、定性的な一致が確認でき、数値解析の有効性が明らかになった。今回の解

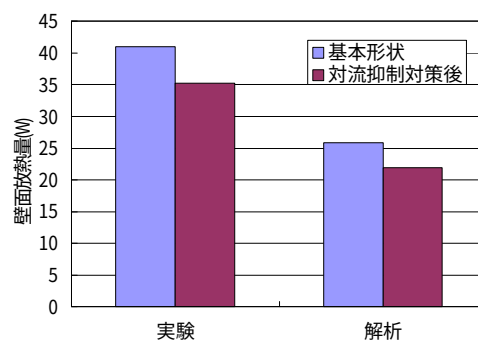


図17 壁面放熱量

析では輻射の影響を考慮していないことや、メッシュ生成上の問題による計算誤差が、解析値と実験値が大きく異なった原因だと思われる。

6. 結論

自然対流が支配的な複写機定着器内部の熱流体解析を行い、内部流れを明らかにし、定着器の省エネ設計に活用した。今回は定着器単体に限定した取り組みとなったが、今後は複写機全体への展開に向けて検討を進めていくとともに、輻射も考慮して定量的な評価が行えるようにしていく。

参考文献

- (1) 佐々木・石塚, 節点法を用いた複写機の熱設計(第2報), 熱工学シンポジウム講演論文集, 1991, pp.99-100.
- (2) 中人・多久島, 定着器の熱流体解析, 第37回伝熱シンポジウム論文集, 2000, pp.491-492.
- (3) 中人・多久島・香川, 熱流体解析を用いた定着器の省エネ設計, 日本画像学会”Japan Hardcopy 2000”論文集, 2000, pp.165-168.