

(4) 高速複写機における電磁誘導加熱定着方式

(採用機種：iRC-5180N/5180 シリーズ、iR-5075N シリーズ)

キヤノン株式会社 映像事務機開発センター
副部長 陣在 誠
主幹研究員 浪 泰夫
主任研究員 林 康弘
山本 直之

1. はじめに

ここ数年、プリンターやコピーは単に印刷物や複写物が作成できるだけでなく、Network環境の中心に位置して、E-Mail、Fax、インターネットFax、ファイル送信など、多彩な機能を有することにより、オフィスでの多様なドキュメントワークに快適な環境を与えるべく進化してきた。これらは、IT環境、PC環境の技術進化によるものである。

一方で、ユーザーの信頼を得るためには、安定で高性能なことが重要で、システムを支え続けるキーテクノロジーとしては、電子写真系エンジン技術が主役であることは言うまでもない。

特にユーザーの真のニーズとしては、<高生産性>、<省エネ>、<高画質>に加えて<小サイズ>といった、基本性能が求められている。

このような市場の多様なユーザーニーズに答えるべく、キヤノンはオフィス向け高速機として、表1のような白黒、カラー機の各シリーズを投入した。またそれぞれのシリーズに、<TBF 定着器>、<薄肉ローラーIH 定着器>を投入している。

表1 各機種 と 投入定着器

機種	iRC-5180シリーズ	iR-5075シリーズ
製品No (生産性:BW/FCppm)	iRC-5180(51/51) iRC-4580(45/40) iRC-3880(38/36)	iR-5075(75) iR-5065(65) iR-5055(55)
発売開始	2006年7月	2007年2月
定着器	TBF <Twin Belt Fuser>	薄肉ローラー-IH <Induction Heating>

両定着方式とも、熱源としてIH<Induction Heating>を採用しており、本報告では IH 方式のメリット、及び、

両定着器の技術解説を行いたい。



図1 iRC-5180N



図2 iR-5075N

2. 電磁誘導加熱方式

2-1) 定着方式

キヤノンでオフィス向け複写機に投入している「定着器」は、大別すると3種類ある。

図3のように<生産性> <カラー/モノクロ>というそれぞれのセグメントゾーンに対応して、低速側では「ODF方式」、高速側では、「薄肉ローラーIH方式」(モノクロ機)、「TBF方式」(カラー機)を採用した。

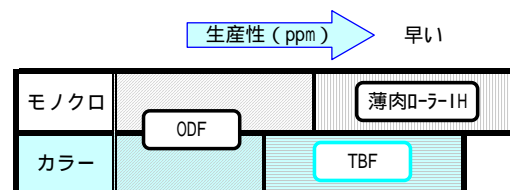


図3 各セグメント投入定着器

図4~6は、以上3種の「定着器」の断面図である。合わせて、表2に各「定着器」の特徴をまとめた。

「ODF方式」は、大変省エネには優れるが、以下の理由から、高速機での使用に限界がある。

- ・NIP 幅が十分に取れない。
- ・圧力がかけられない。
- ・熱供給が間に合わない。

一方で、以上の課題を克服すべく、高速側ではそれぞれ、「薄肉ローラーIH方式」、「TBF方式」を開発した。

それぞれの「定着器」についての詳細技術については、後述させていただくが、大きな特徴として、両定着器とも、加熱源に<電磁誘導加熱方式>を採用していることである。

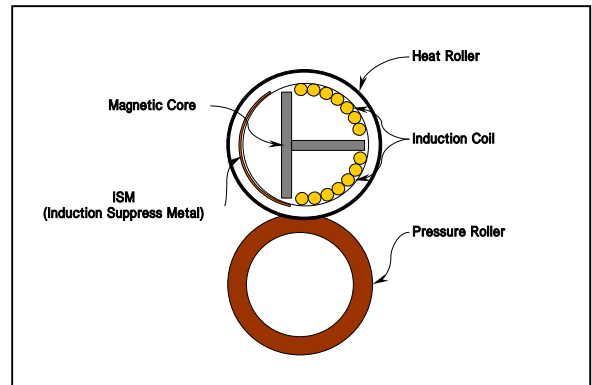


図5 「薄肉ローラーIH方式」 断面図

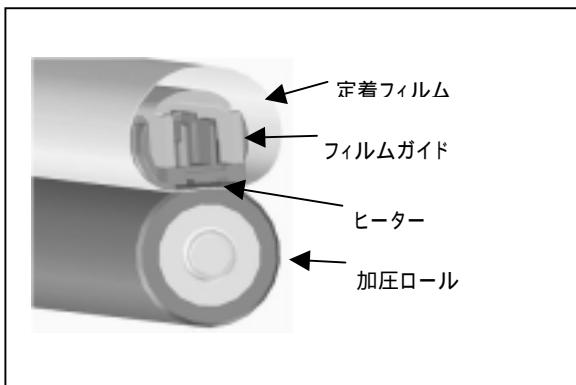


図4 「ODF方式」 断面図

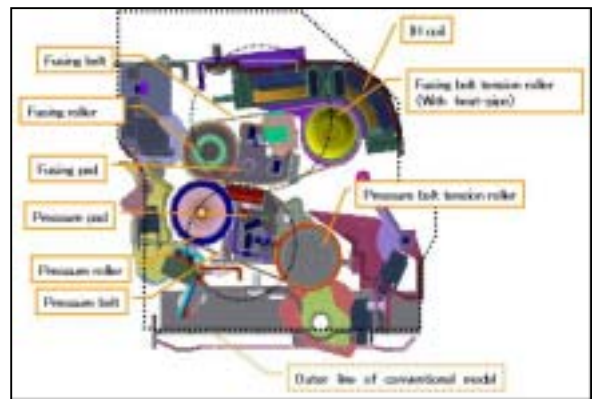


図6 「TBF方式」 断面図

表2 各定着器の特徴

定着方式	特徴	熱源	パフォーマンス			
			<生産性>	<WUT>	<画像性>	<スループ>
「ODF方式」 <On Demand Fuser>	・Nip内局所加熱 ・極低熱容量	面状セラミックヒーター				
「薄肉R-IH方式」 <Induction Heating>	・薄肉芯金をIH加熱 ・低熱容量	IH (内部配置)				
「TBF方式」 <Twin Belt Fuser>	・ニールトをIH加熱 ・Wide Nip	IH (外部配置)				

2-2) 電磁誘導加熱方式 (IH方式) のメリット

熱変換効率;

<IH方式>の最大のメリットは、定着ローラーや定着ベルト等の被加熱物が直接発熱することである。そのために、最大限の発熱効率が得られることである。

図7に<IH方式>の原理図を示した。

<ハロゲンランプ加熱方式>と比較するが、<IH方式>は発熱効率が数十W程度有利である。<ハロゲンランプ加熱方式>では、ハロゲンランプ自身の発熱効率は97%程度と高

効率であるが、非加熱物への熱の伝達が、熱輻射によるため、熱損失が多く、複合すると75%程度の効率になってしまう。一方、<IH方式>は、直接非加熱体が発熱するため、電源を含めた、電磁回路での損失のみで済むため、90%程度の効率になる。

実際に、<ハロゲンランプ加熱方式>と<IH方式>の効率を、同一定着器構成で比較してみた。図8に結果を示す。まず、<WUT>(ウォームアップタイム)が、約30%短縮され、また、連続コピー中の温度低下幅も約5%改善された。

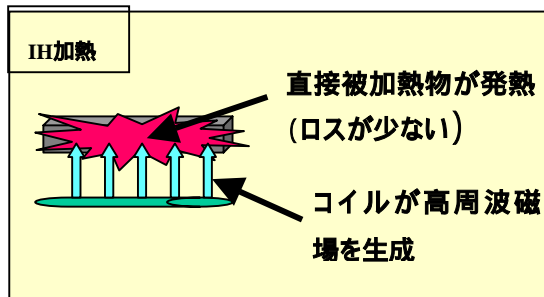
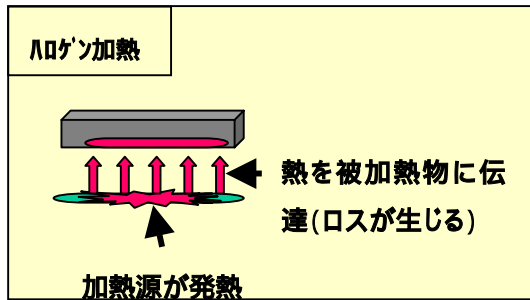


図7 <IH方式>原理図

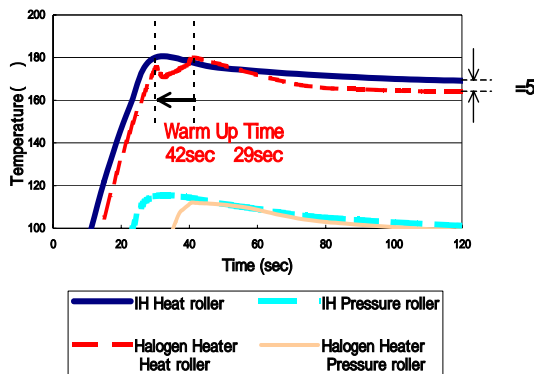


図8 <IH方式>の効果

小スペース化；

近年多くの定着器でベルト定着方式が採用されているが、<IH方式>と組み合わせることで、「小スペース化」も実現できる。<IH方式>の場合、電磁コイルに対向する定着ベルトが加熱領域になる。<TBF方式>の場合も、定着ベルトに対して電磁コイルを外部から対向配置することで、非常に効率よく加熱領域が確保することが可能となった。その結果として、非常に小さな構成で、高速機においても熱の供給が可能となり、マシンの「小スペース化」が可能になったのである。

3. 薄肉ローラーIH方式技術「iR-5075Nシリーズ」

3-1) 定着器構成

定着装置を短時間で立ち上げるための重要な項目は、ウォームアップ時および画像出力時に定着装置に入力可能な電力、プロセス速度、ppm、トナー特性、定着温度、定着ニップにおける単位面積あたりの圧力(面圧)、ニップ幅、ローラ構成、熱源等が挙げられる。この中で画像出力時に定着装置に入力可能な電力、プロセス速度、ppm、トナー特性に関しては、定着器以外の構成で決定される。目標を達成するための定着装置の設計においては、定着温度、面圧、ニップ幅、ローラー構成、熱源に関して、それぞれ最適な構成を決定することが課題となる。

まず、定着温度は、面圧、ニップ幅、ローラー構成により決定される。また、連続出力時における最低温度(最下点温度)は定着可能温度以上であることが必要であり、最下点温度はニップ幅とローラー構成から決定される。また、ローラー構成に関しては、面圧、ローラーを構成する芯金材料の破断強度、芯金材料の厚さによって決定される。

3-2) 加熱源の選択

本定着構成において、加熱源として<ハロゲンランプ>と<IH>(キヤノン社製 LBP2810 搭載の IH¹⁾)を本定着構成に適用)の各熱源を用いて、ウォームアップ~180 到達~連続出力における温度推移を比較した。(上述 図8 参照)

なお、<IH>は局所加熱であることから、定着ローラーの周方向の温度分布を均一にするために、ウォームアップ時には常時空回転を行った。一方、<ハロゲンランプ>では全周加熱であり、周方向の温度分布はほぼ均一であるため、175 から空回転を行った。

この結果、繰り返しになるが、<IH>は<ハロゲンランプ>に対して 180 に到達する時間が約 30%短縮され、また最下点温度も約 5 上昇した。これは、空回転による放熱を加味しても、それ以上に<IH>によって発熱効率が改善されたことを示す。

以上の結果、本定着構成において IH を用いることで、目標であるウォームアップ時間 30 秒以内を達成することが出来た。

3-3) 非通紙部昇温対策<ISM 方式>

(Induction Suppress Metal: 磁束遮蔽板方式)

課題:

本定着構成のような、薄肉低熱容量の定着ローラーを用いた定着装置を高速複写機に採用した場合、小サイズ紙の連続出力時において、非通紙部昇温が課題となる。これは、非通紙部は紙に熱を奪われないこと、および定着ローラーが薄肉であるために長手の熱伝達が少ないことが原因である。

非通紙部昇温の対策として、一般に、小サイズ紙の出力時には生産性を下げることが行われている。また、<ハロゲンランプ>の場合、フィラメントの配置を異ならせた複数の<ハロゲンランプ>を用いることで、小サイズ出力時には非通紙部の発熱量を減少させている。<IH>の場合でも、東芝社製 e-STUDIO810 では、ハロゲンヒータと同様の考えにより発熱領域の異なる複数のコイルを用いた IH 定着装置が採用されている²⁾。

筆者らは、IH 定着装置における非通紙部昇温の新たな解決方法として、導電材料を用いた ISM (Induction Suppress Metal: 磁束遮蔽板)を開発することで、小サイズ紙であっても生産性を下げることなく、<IH>定着方式を高速複写機に採用することが可能となった。以下に ISM の詳細を述べる。

ISM 方式原理:

コイル/磁性コアと定着ローラーの間に ISM を挿入すると、ISM が磁束を遮蔽することによって、定着ローラー内に通過する磁束密度は減少する。このため、定着ローラーの発熱量が減少する。したがって、小サイズ紙の連続出力時において、ISM を非通紙部領域にのみ挿入することによって、非通紙部昇温を抑えることが可能となる。

コイル/磁性コアと定着ローラーの間に ISM を挿入した場合、および挿入しない場合のそれぞれにおける磁束分布のシミュレーション結果を示す。(図9 参照)

シミュレーションの結果より、ISM を挿入すると、定着ローラー内を通過する磁束が減少していることが判る。

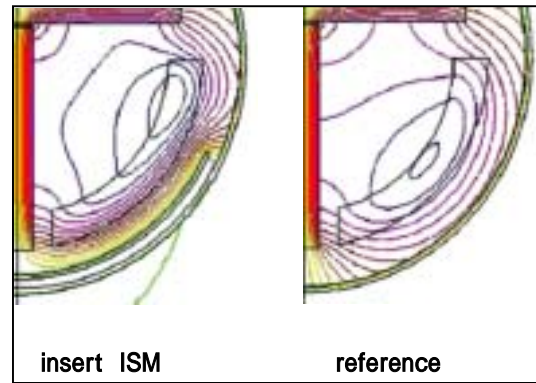


図9 磁束分布 (Sim.)

材料の選別:

ISM を挿入すると、ISM にも渦電流が誘導されるため、ISM 自身も自己発熱する。ISM の自己発熱があまりに大きいと、定着ローラー表面の温度分布や、コイル/磁性コアの耐熱性に影響を及ぼしてしまう。

ISM の発熱量は、ISM の材料の電気抵抗に比例し、また、誘導される渦電流の 2 乗にも比例する。したがって、ISM の材料としては導電率が大きく、比透磁率が小さい材料が良い。本製品においては、この条件を満たす材料として無酸素銅(純度 99.995%)を採用することで、ISM の自己発熱を抑えることが可能となった。

形状の決定:

ISM の形状を決定するにあたり、まず、ISM を挿入しない状態で、代表的な紙サイズを所定枚数出力したときの、定着ローラーの温度分布を観察した。(図10 参照)

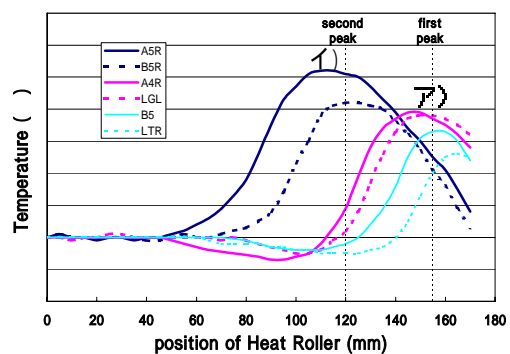


図10 ローラー端部温度

各紙サイズにおける非通紙部昇温のピーク位置は、
 ア). 通紙中央から 155mm付近に発生するピーク
 イ). 通紙中央から 120mm付近に発生するピーク
 の 2 箇所に大別できることが判る。

この結果を受けて、ISM の形状は、ア). およびイ).の各
 ピーク位置にそれぞれ選択的に挿入されるように、挿入角
 度および遮蔽幅を最適化した。

また、ISM は、(a)コイル/磁性コアと定着ローラーの間に
 挿入されずに退避している状態 (b)ピーク位置 におよび
 挿入される位置 (c)ピーク位置 および の両方に挿入
 される位置 を、それぞれ移動可能とした。(図 11 参照)

動作シーケンス；

非通紙部昇温を検知するサーミスタを、ピーク位置 ア).
 付近と、ピーク位置 イ). 付近の 2 箇所に設置した。
 ISM の動作シーケンスは、出力する紙サイズ情報と、各サ
 ーミスタの出力に応じて、(a)、(b)、(c)のいずれかの位置に
 ISM を移動させることで、非通紙部昇温を抑えることが可
 能となった。

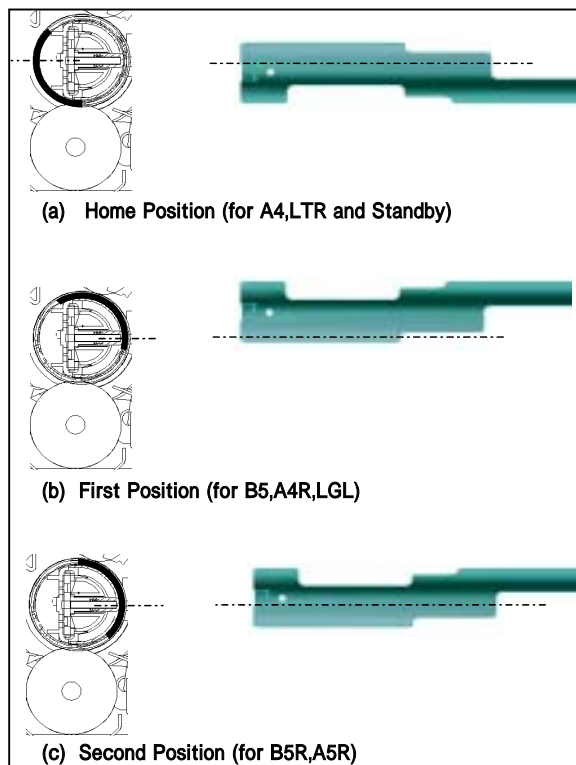


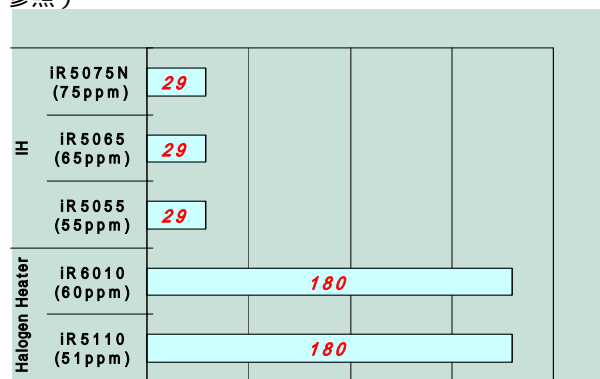
図 11 ISM の形状と制御位置

3-4) 省エネ達成度

<ハロゲンランプ>を用いた定着装置を搭載した従来
 製品 (キヤノン社製 iR6010/5110) と、<IH>定着装置
 を搭載した製品 (キヤノン社製 iR5065/5055) との、
 省エネに関わる 2 つの指標による比較を以下に示す。

ウォームアップタイム；

<ハロゲンランプ>である iR6010/5110 に対して、
 <IH>定着装置の iR5075N/5065/5055 では、ウォームア
 ップ時間を約 1/6 に短縮することが出来た。(図 12
 参照)



Warm Up Time (sec)
 図 12 ウォームアップタイム比較

エネルギー消費効率；

消費電力は、室温 (20) において、通商産業省告
 示第 193 号に記載のエネルギー消費効率測定方法に基
 づき、測定した。

ハロゲンヒータの iR6010/5110 に対して、IH 定着装
 置の iR6570/5570 では、複写機の消費電力は、50 ~
 55ppm 機の比較では約 70%削減することが出来た。(図
 13 参照)

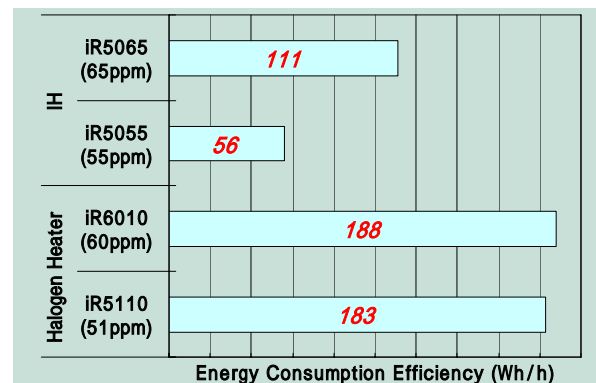


図 13 エネルギー消費効率比較

3-5) <薄肉ローラーIH方式> まとめ

上述のように、薄肉低熱容量の<定着ローラー>と<IH>を採用し、また ISM を新規に開発することによって、非通紙部昇温の問題を解決し、小サイズ紙の連続出力時にも生産性を下げることなく、省エネに対応した高速複写機を開発することが出来た。

4. TBF 方式 技術「IRC-5180 シリーズ」

4-1) <TBF>の特徴

IRC-5180 シリーズの基本コンセプトである、「高速化」、「小スペース化」、「高画質化」を実現するために、新規定着システム<TBF>を開発した。主要構成と性能を従来機種と比較して、表3 にまとめた。まず大きな特徴は、ユニットの大きさを広げることなく、効率よくNIP幅をとれるようになったことである。また、加熱源を<ハロゲンランプ方式>から<IH方式>にすることにより、エネルギーの利用効率をおおよそ1.2倍向上させた。これらの効果により、従来定着器以下の大きさ(断面積比 90%)で、51PPMまでの定着が余裕をもって行えるようになった。

また、あわせて、定着ベルトのゴム厚みを大幅に薄くすることが可能となった。従来のカラー機の熱ローラー定着方式では、NIP 幅、紙分離性、画像性確保などのために、定着ローラー表層に少なくとも 1mm 以上のゴム厚のシリコーンゴムが必要であったが、<TBF>ではわずか 400 μm のゴム厚でこれらの性能が得られるようになった。

表3 定着器比較(対従来機)

	IRC-5180	Conventional model
Fuser method	TBF	Heat roller
Heating source	IH	Halogen lamp
NIP width	15 mm	9 mm
Rubber thickness (of Fusing belt/roller)	400 μ	21 mm
Productivity	51 PPM	32 PPM
Warm up time	4 min.	6 min.
Sectional area(ratio)	90%	100%
Durability(ratio)	300%	100%

4-2) 基本構成と動作原理

主断面を図6(上述)に示す。大きく分けると、IH

コイル、コアなどから構成される<IHコイルユニット>、定着ローラー、定着ベルトテンションローラー、定着ベルトなどから構成される<定着ベルトユニット>、及び、加圧ローラー、加圧テンションローラー、加圧ベルトなどから構成される<加圧ベルトユニット>で、構成される

定着ベルト、加圧ベルトの層構成を図14に示す。

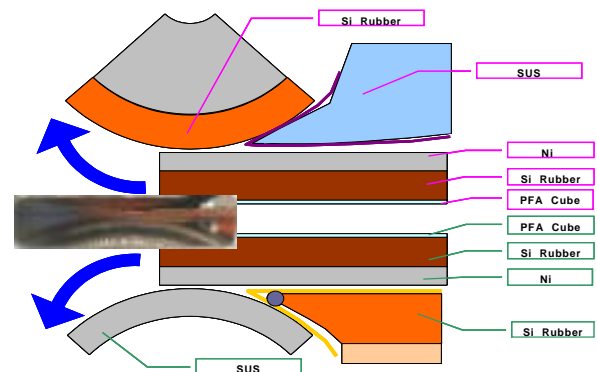


図14 Nip 断面図

両ベルト共に、基層はNiで、その上にSiゴムにPFAチューブを積層した。

4-2) 基本構成と動作原理

加熱原理を図15を用いて説明する。IHコイルユニットに交流電流が印加され、コアと定着ベルト基層のNi層との間に交番磁界が発生し、Ni層内に渦電流が発生してジュール発熱する。電磁界Simの結果を図16に示す。図中の色分布は、渦電流とNi層抵抗により生じるジュール損失であり、赤色分が発熱密度が大きい部分を示している。同磁場領域で加熱された定着ベルトが、回転駆動して、NIP部にきて未定着画像を加熱定着する。

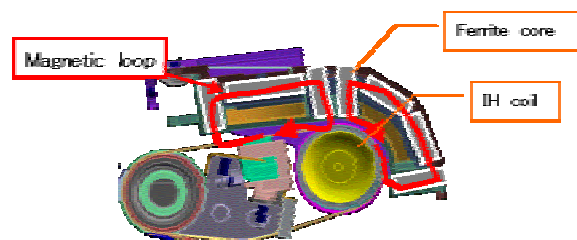


図15 磁束原理

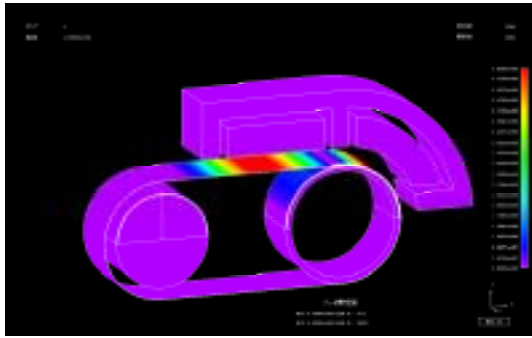


図 16 発熱密度 (Sim.)

4-3) 手奥行き方向温度分布均一化

「小スペース化」に対しての必要な技術は、長手奥行き方向の小サイズ化も同時に要求される。定着ユニットへの大きな要求技術項目として、長手方向の温度分布があるが、従来のヒートローラーハロゲン定着方式では、ハロゲンランプの長手配光分布を変えたり、また、薄肉ローラーIH定着方式では、ローラーの内側にIHコイルと、ローラーの芯金との間に磁界をさえぎる磁気遮蔽板を挿入する方式などがあった。(ISM方式) <TBF>では、新規に定着ベルトテンションローラーの内部にヒートパイプを挿入し、長手方向の温度分布を均一化した。

立ち上げ直後の定着ベルトの温度分布を図 17 に示した。ヒートパイプの有無で長手奥行き方向の温度分布均一性比較したが、有効性は歴然と現れている。

A4横送り連続通紙時の定着ベルトの非通紙部領域の温度推移を図 18 に示した。本結果も、ヒートパイプの有無で長手奥行き方向の温度分布均一性に対して、同様の効果が現れている。

4-4) NIP圧力分布

近年では各社いろいろな構成からなるWideNIP型定着器技術が生み出されているが、一番困難な課題が、NIP内の圧力分布であろう。圧力分布は、紙しわなどの紙搬送性や、各種定着画像の画像欠陥の発生防止といった主要性能と大きく相関する。圧力分布は長手奥行き方向、紙搬送方向と2種類ある。

圧力分布の測定は、ニッタ株式会社製のタクトイルセンサシステムで行った。本システムは図 19 に示すように、Nip

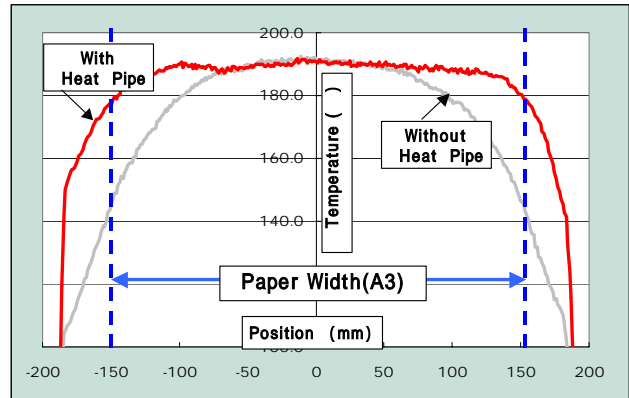


図 17 端部昇温度 (長手方向)

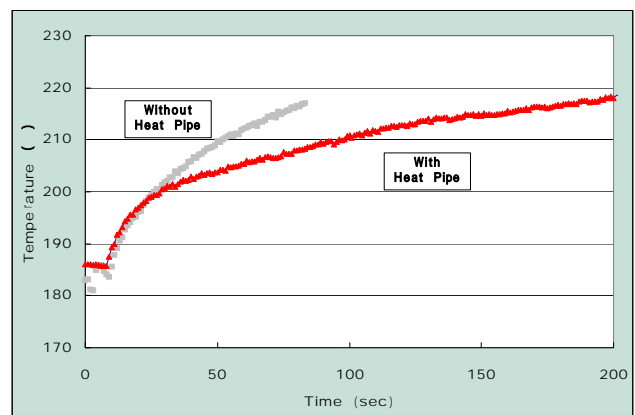


図 18 端部昇温度 (時間推移)

内に感圧センサを挟み込むことで、センサ内に配置された微小コンデンサの静電容量の微小変化を測定する方式で、実際には、圧力分布が色分布として表示される。また、それぞれのNip内の任意長手奥行き方向の断面位置に対して圧力分布が同図内のグラフのように表示される。本装置を有効に使用することで、規定の最適な圧力分布が得られるように定着パッド、加圧パッド、及び、定着ローラー、加圧ローラーなどのNipを構成する部材の配置や圧力を調整した。

本報告では、詳細説明は省略するが、上記パラメーターを規定値に調整することにより、NIP内の圧力分布を最適化して、紙搬送性、画像性に関する課題をクリアした。

4-5) <TBF方式> まとめ

上述のように、2本のNiベルトと<IH>を組み合わせ、またヒートパイプを長手方向の温度均一化のため使用するによ

って、非通紙部昇温の問題を解決し、小サイズ紙の連続出力時にも生産性を下げることない、非常にコンパクトな定着器が完成した。その結果、小サイズで高性能な高速カラー複写機を開発することができた。

5. おわりに

以上概説してきたような技術を投入して、iRC-5180 シリーズ、iR-5075 シリーズは相次いで完成した。市場の顧客のニーズを最大限満足いただけるように各所工夫を取り入れて、好評を得ていると自負している。

上述してきたように、両シリーズで採用している「定着器」は、それぞれ<TBF>、<薄肉ローラーIH>と、形状はまったく異なる。しかしながら、系を加熱する熱源として、<電磁誘導加熱方式>を採用した。

理由は本文中に記した通りであるが、一言で説明するならば、この加熱方式が「定着器」とのマッチングが良いということである。

今後、さらなる高機能化を実現するため、本加熱方式のメリットを最大限生かせる「定着器」を開発するために、一層努力をしていく所存である。

* 参考文献

- 1) 谷川、竹内：“カラーIH（電磁誘導加熱）定着方式” Japan Hardcopy 2003 論文集 p41-44（2003）
- 2) 木ノ内、高木：“複数のコイルを用いた誘導加熱定着装置” Japan Hardcopy 2003 論文集 p45-48（2003）

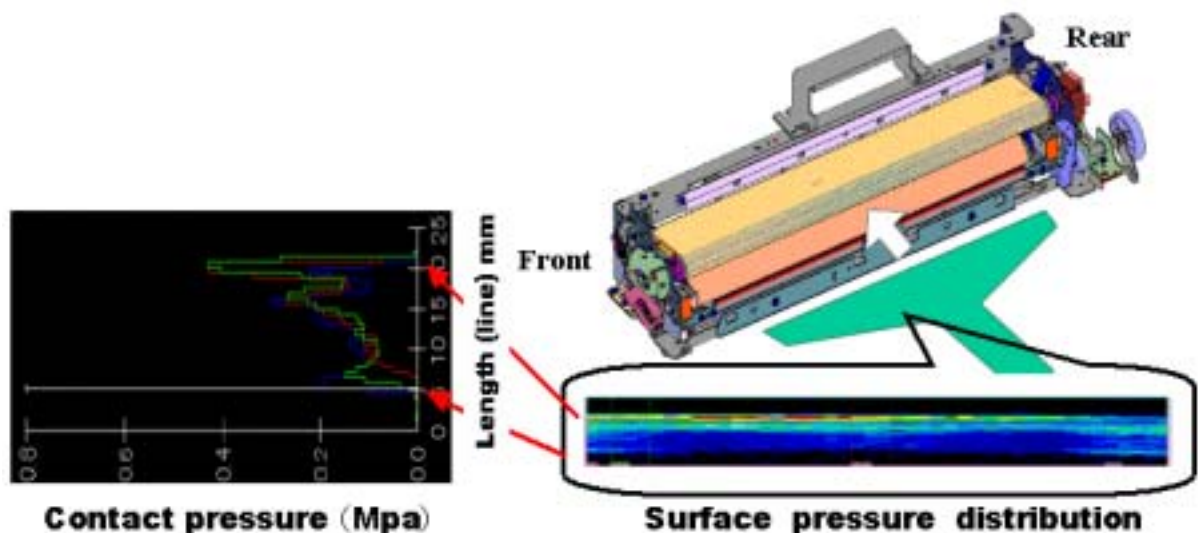


図 19 Nip 内厚分布