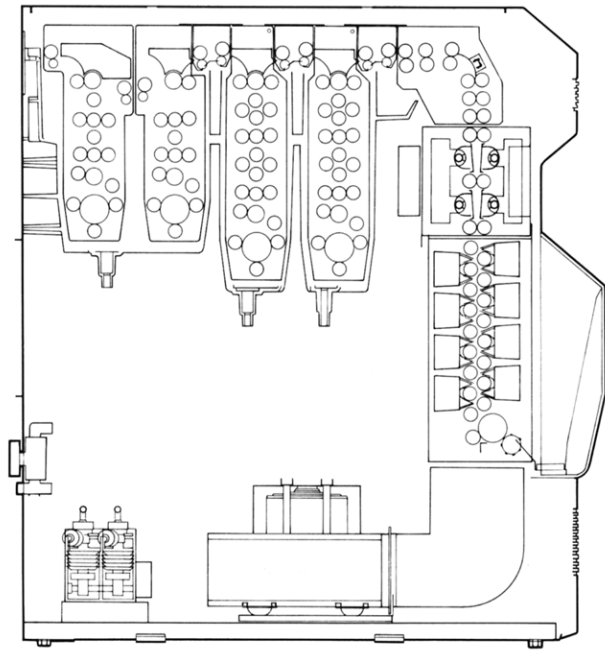


超迅速自現機 SRX-1001の開発

Development of Super-rapid Automatic Processor SRX-1001

樫野昭雄
山岸敏之
安藤政和
画像システム機器
事業部開発設計部



Abstract:

KONICA has developed SRX-1001 as the successor to the 45 seconds processing system SRX-501. The processing capacity of the SRX-1001 model is 900 sheets/hour (10x12inch size) which is the fastest speed in the world. This capacity has been achieved by

- (1) Speed-up and stabilization of transport.
- (2) Development of high drying capacity.
- (3) Establishment of peripheral technologies concerned.

Thereby, Speed-up of mass processing has been realized.

Kashino, Teruo
Yamagishi, Toshiyuki
Andoh, Masakazu
Design Department
Imaging Systems Division

1

まえがき

1968年より続いた医療用自動現像機（以下、自現機と略す）の90秒処理が、1987年11月にコニカが発表した「コニカ メディカル スーパーラピッド システム」の新システムによって、45秒処理へと流れが移り始めた。この世界初の45秒処理システムは、専用のフィルム、処理剤、そして自現機で構成されている。SRX-501は、45秒処理システムの自現機で、1時間当たり四切りサイズのフィルムが約500枚処理できる従来システムの大型処理能力に匹敵する。

45秒処理の迅速システムは、放射線科の診断分野において、血管造影撮影・救急撮影・術中撮影でのフィルム1枚の処理時間を半分に縮め、迅速な診断・迅速な処置及び患者の待ち時間短縮などに貢献している。しかしながら近年、診断の複合化や同一部位の多量撮影の増加に伴って一患者の撮影枚数が増えている。そこで処理時間の短縮化と共に多量枚数の迅速処理が必要となりつつある。

今回、我々は45秒処理システムの次の自現機として、SRX-1001を開発した。この自現機は、Fig.1に示す様に世界最高の処理能力900枚を実現し、45秒処理だけでなく多量処理の迅速化を可能とする世界最高機である。

本稿は900枚処理を実現したSRX-1001の開発技術について報告する。

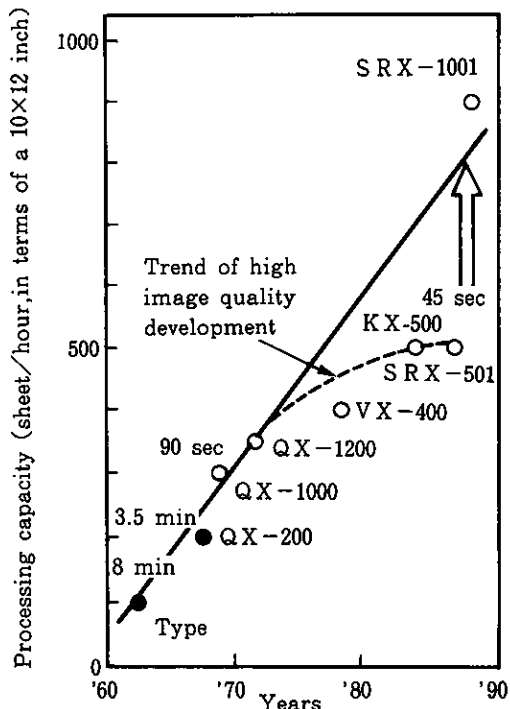


Fig.1 History of the processing capacity of KONICA's automatic processors

2

開発のねらい

900枚処理を達成する高速高能力化技術は、次の技術課題を達成し実現した。

- (1)搬送の高速化と安定化
- (2)乾燥の高能力化
- (3)周辺技術の確立

Fig.2は単位時間当たりのシートフィルムの処理状態を示し、1つのマスが1枚のフィルム処理時間を表す。機械処理能力は、フィルムが連続でしかも隙間なく処理されるときに搬送速度から計算される単位時間当たりの理論処理能力を表す。しかし、実処理能力は、安全な搬送性を確保するためにフィルムのスリップ量を見込んだ距離によって決定する挿入間隔を含んだ処理時間により、算出する。従って、高能力化を実現するにはフィルムの搬送速度を上昇させるだけでなく、挿入間隔を速度上昇分に伴って短かくしなければならない。このフィルム処理時間・挿入間隔の短縮が各技術課題の重要な開発ポイントである。

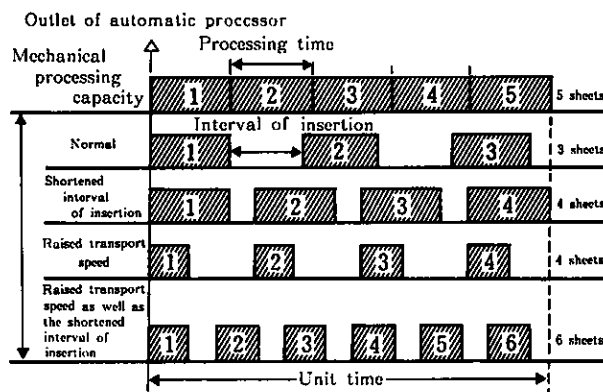


Fig.2 Model of film processing

3

高速搬送の安定化技術

3.1 目標スリップ量

高速搬送において、フィルムの重なりが発生しない安全な目標スリップ量 S_{max} は次式により求められる。

$$\phi \cdot S_{max} = \frac{60 \cdot LS}{N} - \ell$$

- ϕ : 安全係数
- S_{max} : 最大許容スリップ量 (mm)
- LS : 搬送速度 (mm/min)
- N : 処理枚数 (枚/四切・時)
- ℓ : 四切フィルム長さ (mm)

搬送速度5000mm/min、処理能力900枚/四切・時を満足し、過去の経験によって決められた安全係数を2倍と

規定すると目標最大スリップ量は、40mm以下となる。

3.2 従来ラックの問題点

Fig.3は、90秒処理システムで使用しているラックによって搬送速度を変化させた時のスリップ量を示す。従来ラックの小サイズフィルムのスリップ量は5000mm/minで大きくスリップし、このスリップの増加分は斜目搬送の影響によるところが大きい。この現象は対向ローラー方式のFig.4に示す状態によって発生する。まず左図は対向ローラーの剛性の高い材質を使用したローラー構成である。小サイズフィルムを搬送部左側基準で搬送すると、ローラー剛性が高い為フィルムへの圧着が中央部程強い状態となって、左側の圧着が非常に弱くなる。従って、搬送系路途中でフィルムの搬送方向の逆に作用する抵抗力が

働いた場合、搬送力の低い左側が、抵抗により遅れを生じ斜目搬送となる。一方、右図の構成は剛性のあまり高くない低剛性ローラー同志の対向ローラーユニットで、ローラーが両サイドで圧着され中央部にたわみを生じる。その結果、フィルムのローラー中央部が遅れを生じ斜目搬送となる。

3.3 対向ローラー搬送力と抵抗力

対向ローラー搬送のフィルム搬送力はFig.5で表される。フィルムの搬送力 F_1 は対向ローラー圧着力 R と各ローラー材質とフィルム間の摩擦係数 μr とで示され

$$F_1 = (\mu r_1 + \mu r_2) R$$

となる。 F_1 は R の大きさによって決定されるが、ローラーの長手方向に R は変化する。これは上述の内容に関係しローラー剛性、弾性、精度、圧着力などに影響を受ける。Fig.6はSRX-1001の搬送系路を示す。この搬送系路の各ラックそれぞれにUターン部が配置され、この箇所での抵抗力が高い。

そこで、ここでのフィルムに対する抵抗力 F_3 と搬送力 F_2 の関係は、

$$F_3 = \mu g \cdot F_1 \sin \theta$$

$$F_2 = F_1 \cos \theta$$

となり、 F_2 と F_3 の大きさのバランスによってスリップ量が決定される。

ここで搬送力を高める別の要因としては、ローラー摩擦係数があり、Fig.7に示す各ローラーの摩擦係数の大きいローラーを採用することが有効である。摩擦係数は同材質ローラーでも各処理液によって違った値を示し、各処理液に適したローラー材質を選択しなければならない。

3.4 新ラック方式の改善点

Fig.8は高速搬送のために改善を行った一例を示す。抵抗

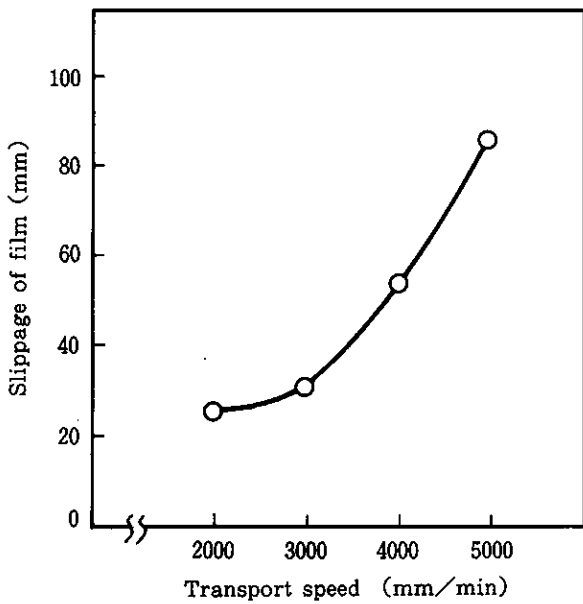


Fig.3 Slippage of film in conventional processing rack structure

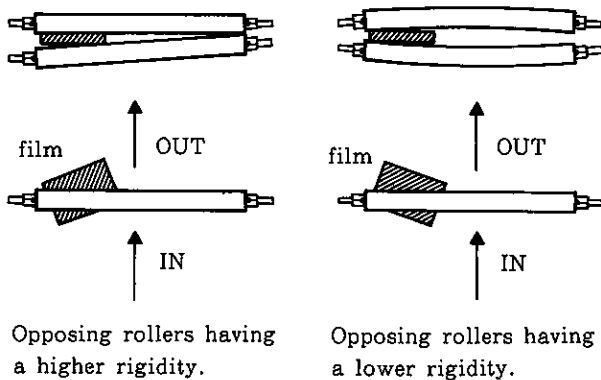


Fig.4 Pressure distribution of each roller arrangement

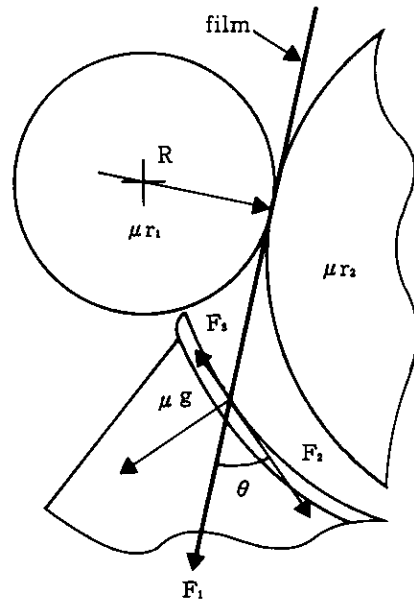


Fig.5 Mechanism of film transport

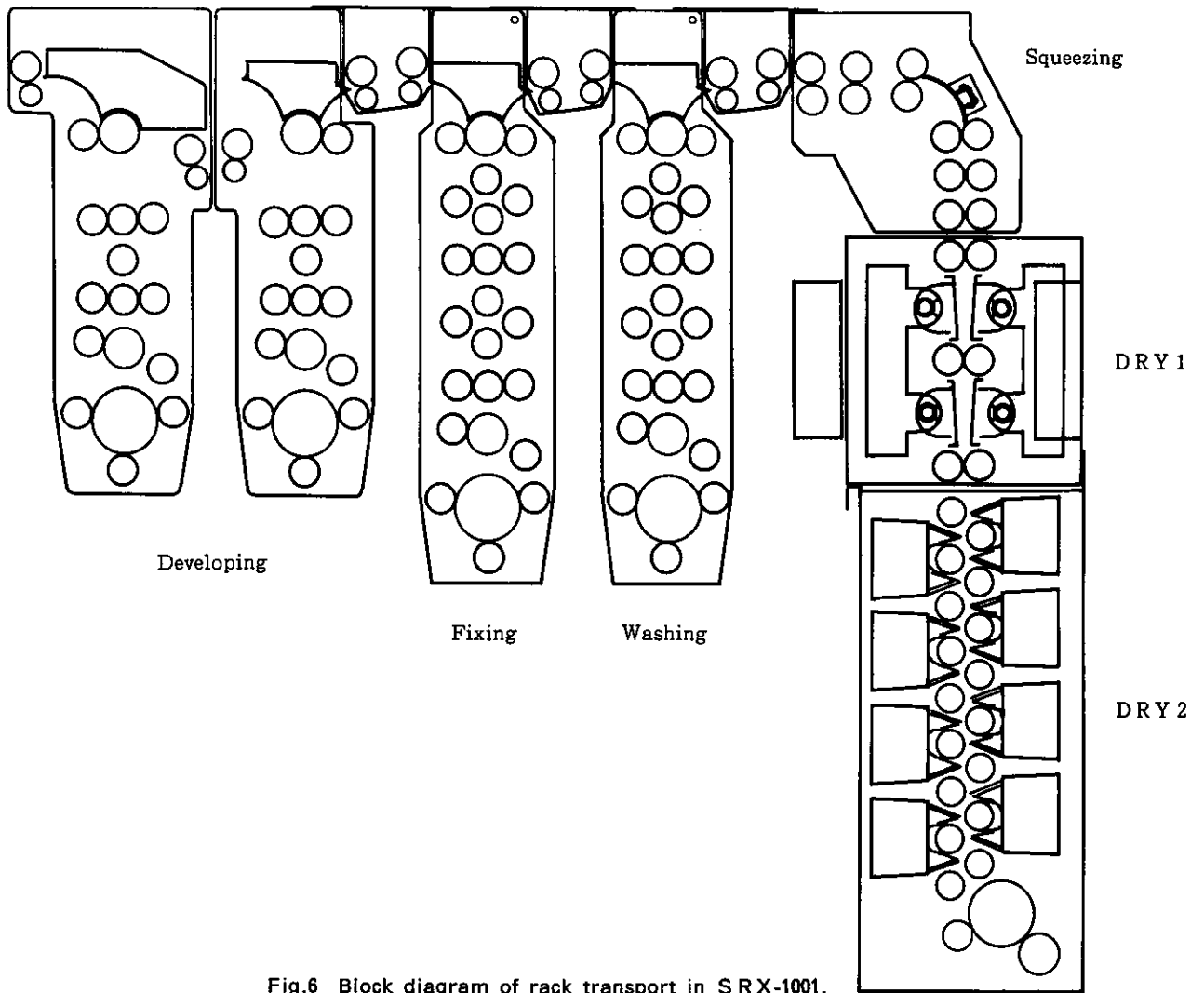


Fig.6 Block diagram of rack transport in SRX-1001.

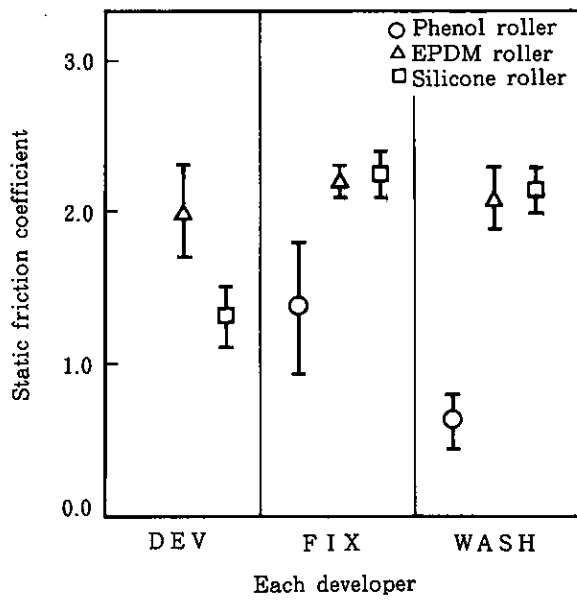


Fig.7 Relationship between the material of rollers and static friction coefficient

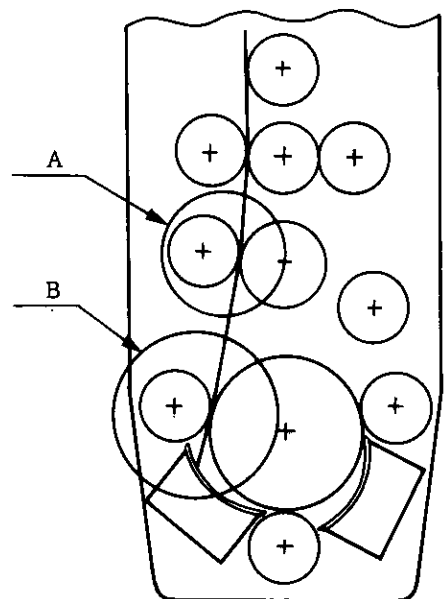


Fig.8 Newly developed rack composition

の高いB部での搬送力は低く、ローラー材質の対応だけではスリップの低下が望めない。そこでA部に対向ローラーを構成し、小サイズのフィルムがガイドによって抵抗を受ける位置に到達しても、A部がフィルムを挟持できる配置とした。この各部でのローラー長手方向における搬送力をFig.9に示す。この様にA部B部で合成された搬送力は、全体に均一に高い搬送力を示しこの様な設計によってスリップが大幅に改善された。今回開発したSRX-1001の搬送系路によるスリップ量をFig.10に示す。従来ラックに比較し大幅にスリップ量が改善され目標スリップ量をクリアーすることができた。以上、高速搬送での安定化は、ローラー材質を鑑み、各処理ラック毎に、ローラー構成の最適化とローラー配置の最適化によって達成した。

4

高能力乾燥技術

4.1 乾燥部設計思想

SRX-1001の乾燥方式にSRX-501の強制対流乾燥方式を採用し、Table 1に示す乾燥部仕様を満足させるためには、温風を15°C以上高めるか、あるいは風速をSRX-501に比較し約1.5倍向上させなければならない。これは各機能の大幅な改善だけでなく、乾燥の仕上がり画質の劣化、乾燥部容積の極大化、騒音、消費電力の増加も招くことになる。又、温風による乾燥の場合、フィルムの乳剤中の水分は拡散によって律則され直線的にフィルムの残留水

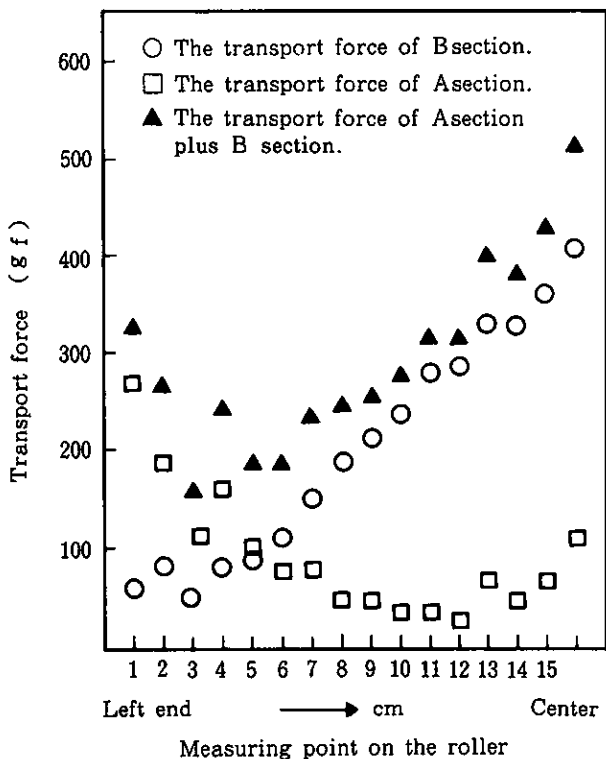


Fig.9 Distribution of transport force in U-turn inlet section

分を低下させることが出来ない。そこで今回我々は、輻射による熱伝達の特性を生かし高能力化を試みた。一般に輻射熱は乳剤中の水分にも直接的に熱の供給を行うため効果的である。しかしながら一気に乾燥終点まで、輻射乾燥で処理するとフィルム乳剤中水分の不均一差により画質のムラが生じる。Fig.11はSRX-1001の乾燥部の構成を示す。乾燥部のDRY 1は輻射乾燥部、DRY 2は対流乾燥部の2部で構成している。このように乾燥後半部にSRX-501の乾燥方式と同一構成を採用し、乾燥の終点は温風乾燥によるソフトな仕上がりによって、良好な画質を得る

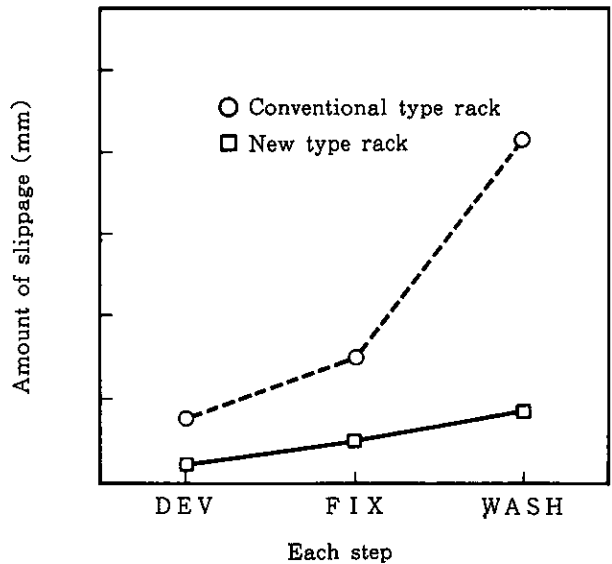


Fig.10 Amount of film slippage for speed of 5000 mm/min

Table 1 Specifications of the drying section

	SRX-1001	SRX-501
Processing time (sec)	6.8	9.6
Drying capacity (kg/m ² ·h)	4.3	2.7

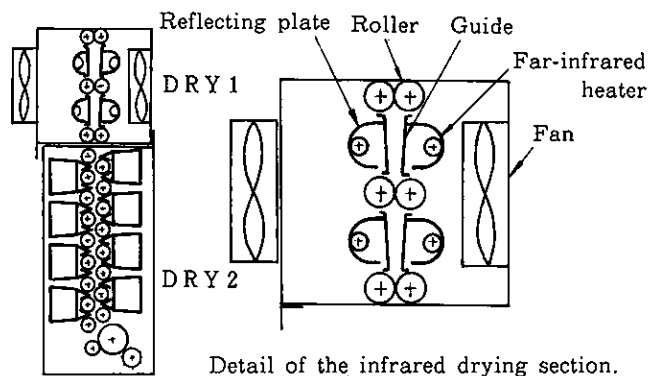


Fig.11 Drying section of SRX-1001

構成とした。

4.2 輻射乾燥の効果

輻射乾燥は熱源から直接電磁波が放射され、それが相手物体に吸収され乾燥エネルギーとなる。

Fig.12は輻射乾燥のモデルである。輻射される赤外線は、電磁波の一部であり、波長領域は約0.7~0.8 μm から1 mmまでが一般に認知されている。ここで放射効率 e_1 は、赤外線ヒーターの特性を表しヒーター表面温度の上昇によって放射エネルギーは全体に高くなるが、ピーク波長は短波側に移行する。

次に吸収効率 e_2 は、加熱物の赤外線に対する性質である。放射されたエネルギーは、フィルム表面で反射、透過、吸収の3つの現象に分離される。吸収されたエネルギーは熱となり水分の乾燥に利用される。

以上から効果的な乾燥を行うためにフィルムの吸収効率の特性を知る必要がある。Fig.13はXレイ感材の透過率特性を示す。フィルムのベースであるPETベースは全体に透過率が高いが約5~6 μm 以降透過率が低く吸収特性の高い波長ピークが存在する。又、フィルムは濃度によって異なる特性を示す。

各濃度ともに約5~6 μm 以上は透過率が非常に低く、

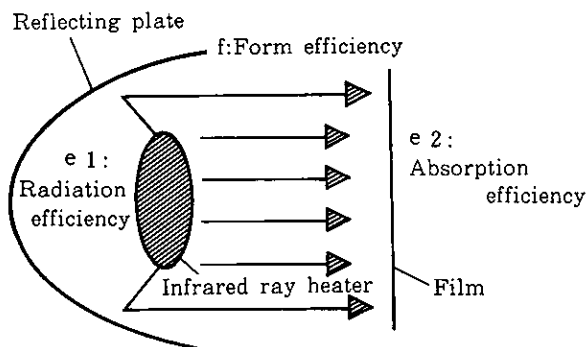


Fig.12 Model of radiation drying

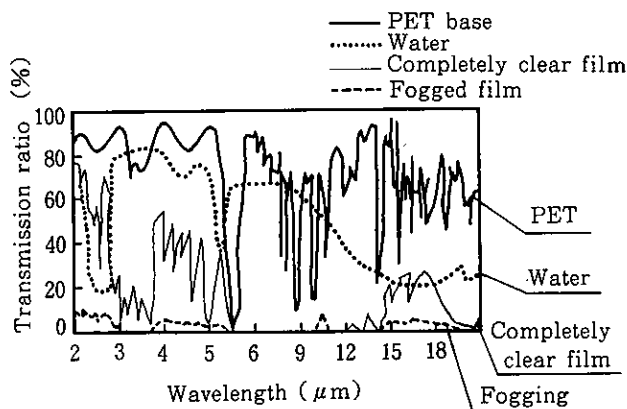


Fig.13 Film absorption characteristics

高い吸収特性を持つことが予測される。しかし、それ以下の短波側では、濃度の低いフィルムは透過率が高く、濃度の高いフィルムは低い。従って、どの濃度でも効果的に均一に加熱され乾燥を促進させるためには、5~6 μm 以上の長波側、いわゆる遠赤外領域で放射特性の高い赤外線ヒーターを使用するのが望ましい。Fig.14は今回採用した赤外線ヒーターの放射特性を示す。遠赤外領域でフィルムの吸収特性と一致し、効率の高い輻射乾燥が得られた。

更に、SRX-1001の赤外線反射板の形状をU字型、R型、皿型等のそれぞれの放射エネルギーの分布をFig.15に示す光線軌跡シュミレーション方式で検討し形状係数の高いU字型を採用した。

これらの構成により得られた乾燥曲線をFig.16に示す。

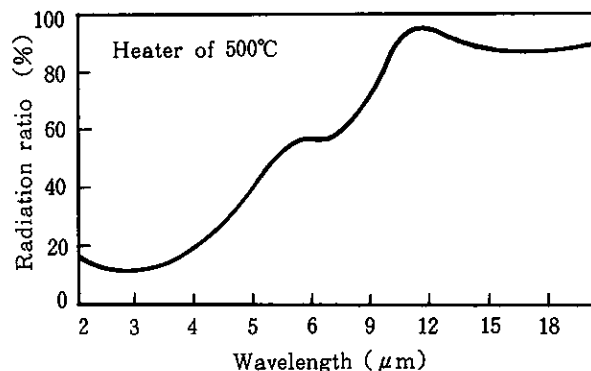


Fig.14 Characteristics of the infrared ray heater

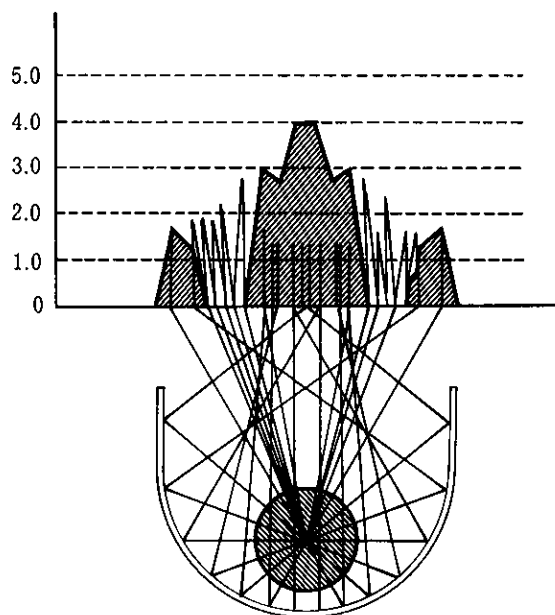


Fig.15 Distribution of radiation depending the upon the form of reflecting plate

輻射乾燥の利用により高能力乾燥が達成できた。

5 周辺技術の確立

自現機は処理・搬送・乾燥の基礎技術以外にそれらを初期状態に保ち信頼性、耐久性を確保する周辺技術の確立が必要である。今回、高能力処理に伴い処理特性維持のための新システムを開発した。

新システムの構成図をFig.17に示し、構成内容について次に示す。

5.1 多量補充システム

従来自現機の補充は、定量補充ポンプを採用し補充し

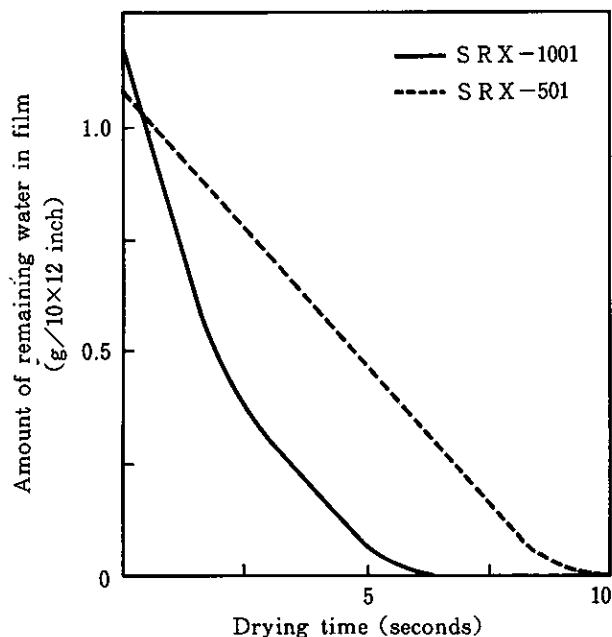


Fig.16 Drying characteristics of SRX-1001

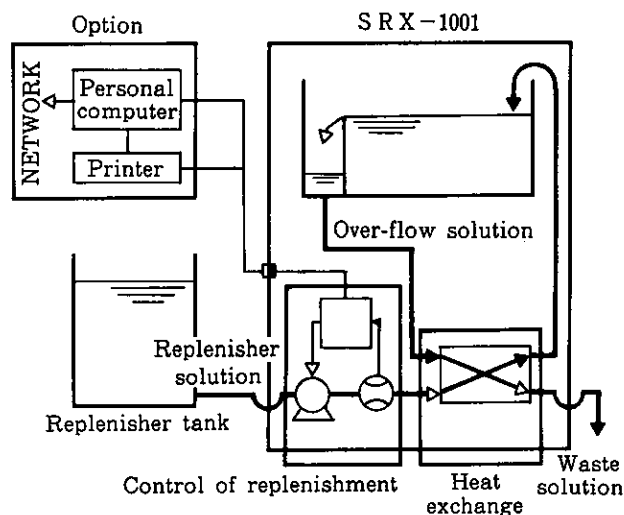


Fig.17 Replenishing system

ていた。しかしながら、高能力処理に伴い補充量が大容量化し、コスト、コンパクト性を満たした適当なポンプが少ない。又、ユーザーから補充の消費量を管理できるシステムの要求や補充制御のデジタル化による簡便な操作性が要求されつつある。そこで我々は、安価な大流量型補充ポンプとデジタル制御が可能な流量センサーによって目標仕様を満足させた。このシステムは、操作部で補充流量をデジタル制御しトータルの補充量を月別、日別毎に管理できる特徴を持つ。これらによって多量補充で且つ精度が高くユーザーの要望も満たすことができるシステムを開発した。

5.2 廃液の熱リサイクルシステム

処理槽内の液温は常に一定温度で制御される必要がある。現像の温度管理幅は $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ でありこれ以上の変動はフィルムの処理特性に変化を与え、診断に悪影響を及ぼす。ところが、寒冷地や冬季において、しばしば補充液温が 10°C 以下を示す時がある。この場合、多量に補充されると低温度の補充液温が処理槽内に多量に流入され、槽内温度が不均一になり液温の低下につながる。これらを解決する手段として槽内の攪拌力を高めヒーターの容量アップや補充液の予備加熱などが必要となる。ところが、これらの手段は、本体の消費電力の上昇と装置構造の複雑化を招く。そこで我々は、既にヒートアップされている槽内の液が廃液される際に、熱のみを再回収できる熱交換システムを採用した。このシステムで補充液温度はヒーターなしに自動的に槽内温度の値近くまで高められ、高能力でありながら従来の消費電力と同等レベルで安定な処理特性の維持を実現した。

6

むすび

SRX-1001で開発した高速高能化技術により、多量処理の迅速化を可能とした。我々はこのシステムにより、更に45秒処理システムが一般に普及し、医用業界に貢献できることを期待する。

●参考文献

- 1) 岩田正俊、小林俊弼、高橋一男：コニカXレイ写真研究、39(1),52 (1988)
- 2) 櫻野昭雄、大谷新一、千葉範雄、安藤政和：日本放射線技術学会誌、44(8),881(1988)
- 3) 安間 武、村上 守：第40回日本放射線学会静岡県支部総会研究発表(1988)
- 4) 本田 凡、櫻野昭雄：Konica Tch. Rep., 1,20(1988)
- 5) 芳賀幸明：電熱、22, 2 (1985)
- 6) F.A.ROSENTAL, N.A.VINOGRADOVA, Yu.A.BOLTUNOV, A.E.ZISKIS, A.P.SANKOV : Journal of the SMPTE, 83,10(1974)