

# 天然ゴムの加温システムの評価

寒さで固くなる天然ゴムを柔らかく！

## Evaluation of Heating Systems for Natural Rubber

Softening natural rubber hardened by cold!

(エネルギー応用研究所 生産技術G 基礎技術T)

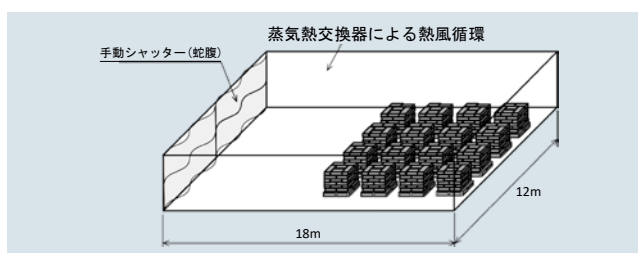
タイヤ・ゴム業界では、天然ゴム原料の前処理として、天然ゴム原料を、30℃に加温するプロセスがある。現在は、温風を使って加温しているが、天然ゴムの加温プロセスの省エネルギー化および生産の効率化を目的に、赤外線やマイクロ波等の各種加熱方式の評価を行った。各種加熱方式の昇温特性を把握し、大規模工場を想定して、加温システムの構成および経済性を検討した。

(Basic Technology Team, Production Engineering Group, Energy Applications Research and Development Center)

In the tire and rubber industry, there is a process for heating natural rubber material to 30 degrees Celsius as a pretreatment. Currently, warm air is used, but other heating methods such as infrared radiation and microwaves have been evaluated to save energy and improve the production efficiency of the heating process for natural rubber. Based on an understanding of the heating properties of various heating methods, the configuration and cost performance of heating systems were examined for large-scale factories.

### 1 開発の背景と目的

タイヤ・ゴム業界には、タイヤなどのゴム製品を加工する前に、天然ゴム原料を30℃まで加温するプロセスがある。現状は、パレットに積載された1m<sup>3</sup>程度の天然ゴム原料を、65℃の温風を24時間吹き付けることで、最も昇温し難い中心部を30℃まで加温している。本研究では、その加温プロセスの省エネルギー化および生産の効率化を目的に、赤外線やマイクロ波等の各種加熱方式の評価を行った。



第1図 現状の保管倉庫

第1表 天然ゴムの加温条件

加熱技術	天然ゴム形状	加熱時間	備考
ヒートポンプ	パレット	9時間	隙間あり
遠赤外線	3cm厚シート	17.3分	140℃
高周波誘電	35kgの塊	44.3分	平置き
マイクロ波	パレット	85分	24kW

### 2 加温システムの概要

#### (1) 現状の加温プロセス

タイヤ・ゴム業界の代表的な大規模工場では、原料の天然ゴムを月に1500トン消費している。天然ゴムの搬入は、例えば、35kgの天然ゴムを35個ずつ積載したパレットが複数まとめてコンテナに収納され、そのまま搬送されてくる。

原料の天然ゴムの加温は、保管倉庫内でパレットに積載された状態で、蒸気熱源の熱風によって1年を通じて行われている。天然ゴムは10℃前後で固くなるため、65℃の温風を用いて、冬場は0℃の天然ゴムの中心が、24時間後に30℃に昇温するプロセスが採用されている(第1図)。

加温された天然ゴムは、混練機に送られ、合成ゴムと一緒に混ぜ合わされた後、ゴム製品の形状に加工され、180℃前後の加硫工程を経て製品化される。

#### (2) 各種加熱基礎試験

0℃の天然ゴムを30℃に加温させる最適な方法を見出すために、ヒートポンプ、遠赤外線、高周波誘電およびマイクロ波といった各種加熱方式による加熱試験を実施した。各方式の特徴に応じて、原料の積載方法、形状厚さを検討するとともに、処理時間の現実性を考慮して最適な天然ゴムの加温条件を探索した(第1表)。

天然ゴムは、タンパク質の変質が無いように65℃以下

に保つという制約条件があり、その最適条件を見出すところに苦労があった。

ヒートポンプとマイクロ波による加熱方式は、パレットのまま加熱できることが試験により分かった。

遠赤外線による加熱は、ヒータの温度が140℃より高くなると表面が過昇温になるため、140℃を上限として、天然ゴムの厚さを薄くして条件を探索した。処理時間とコンベアの加熱面積のバランス、原料の裁断長さを考慮した結果、天然ゴムの厚さ3cmが最も経済的であった。

高周波誘電による加熱は、加熱対象物の形状が薄いほど良好であるが、裁断プロセスはコスト高になるため、裁断の必要のない35kgの天然ゴムの塊(寸法：65×34×H17cm)が均一に加熱できないかを試験により検証した。その結果、平置きで44.3分の加熱処理が可能であった。

#### (3) 各種加温システムの検討

前述のように、大規模工場では、月1500トンの天然ゴムを消費している。これは、1日当たり35kgの塊が1530個、35個積みのパレットで43.7個を処理する必要がある。これらの条件の基に、実機を想定したシステム構成等の検討を行った。

### ①ヒートポンプ式

ヒートポンプ式の加温システムの構成図を第2図に示す。従来方式では、蒸気によって熱風を発生させていたが、本システムではヒートポンプにより熱風を発生させ、その熱風を断熱倉庫内の天然ゴムに吹き付けて加温するものである。

6段積の天然ゴムの塊の間に隙間を作ることで、従来の蒸気熱源の温風による加温に比べて、24時間から9時間と大幅な短縮を図ることができた。ただし、その隙間を作るためには、積み替えロボットが必要である。

### ②遠赤外線加熱式

遠赤外線加熱式の構成図を第3図に示す。パレット上の天然ゴムは、コンベアで遠赤外線加熱炉に搬送され、加熱炉内で遠赤外線を照射され加熱される。

天然ゴムは熱が伝わりにくいため、表面と中心部に温度差が生じやすく、天然ゴムの厚さが薄い物ほど加熱処理し易くなる。ただし、薄いと広げた面積が多くなるため、時間当たりの処理量を同じにするためには、コンベアの面積を大きくする必要がある。また、天然ゴムの表面温度を65℃以下に抑える制約条件から、ヒータ温度は140℃までとなり、時間とコンベアの加熱面積とのバランスから、厚さを3cm以下にスライスする必要がある。天然ゴムのブロックの厚さが17cmであることから、これを6枚にスライスして厚さ2.8cmとして加温する構成とした。

### ③高周波誘電加熱式

高周波誘電加熱式の構成図を第4図に示す。天然ゴムの塊12個を平らに並べた状態で加熱する方式とした。1ラインあたりの出力は60kW (5kW/個×12個) であるため、同ラインが6ライン必要である。高周波誘電加熱式では、加温試験の消費電力量および稼働時間から換算して、天然ゴムを月1500トン加温する場合、360kW必要である。また、35kgの塊 (65×34×H17cm) 1個あたりの許容最大出力は電力密度で2.3 (W/cm<sup>2</sup>) であり、装置の許容出力は5kWが経済的な限界である。

### ④マイクロ波加熱式

マイクロ波加熱式の構成図を第5図に示す。加熱炉内でマイクロ波を照射され加熱される。

天然ゴムのマイクロ波によるサンプル加温試験の結果から、天然ゴムを月1500トン加温する場合、必要な消費電力量および稼働時間から換算すると、69kWの容量が必要であることが分かった。マイクロ波発振器の標準出力6kW/台があるため、6kWの12倍の72kWの設備容量とした。

天然ゴム加温後の混練機械が3ラインあることから、24kW (6kW×4台) を1ラインとして、同じものを3ライン設置し、天然ゴムパレットのままマイクロ波加熱装置に投入する方法とした。出力24kWでは85分で平均40℃まで加熱できた。

## 3 経済性の評価

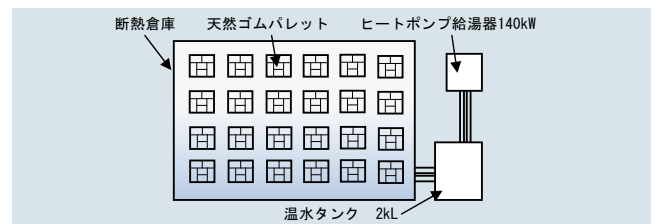
タイヤ・ゴム業界の大規模工場を想定してコスト試算を行い、経済性を評価した。消費電力量は試験結果をもとに、試験に使用した天然ゴムの質量から実際の処理規模を考慮して算出した。各種加温システムの耐用年数を10年とし、電気料金は、高压電力第2種プランLを使用した。

試算結果を第6図に示す。イニシャルコストとランニングコストの合計が、最も安価なのはヒートポンプ、次いでマイクロ波、遠赤外線、高周波誘電の順となった。

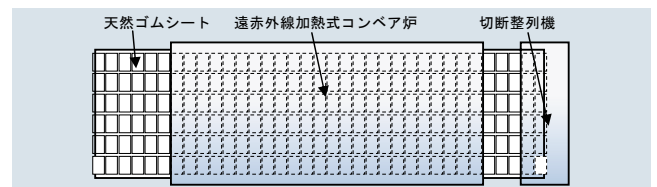
このように、ヒートポンプが最も経済性に優れることが分かった。また、ランニングコストに着目するとマイクロ波がヒートポンプと同等であることも分かった。

## 4 今後の展開

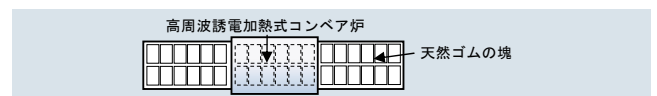
本研究成果は、タイヤ・ゴム業界のお客さまに販売カンパニーを通じて提案し、お客さまの省エネに役立てたい。



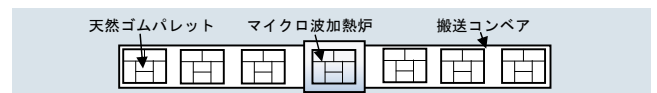
第2図 ヒートポンプ式加温システム



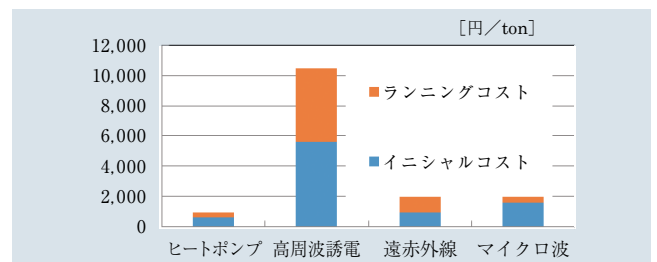
第3図 遠赤外線加熱式加温システム



第4図 高周波誘電加熱式加温システム



第5図 マイクロ波加熱式加温システム



第6図 各種加温システムの経済性比較



執筆者／河村和彦