

(技術資料)

電気加熱タイヤ加硫機

Tire Curing Press with Electrical Heating



岡田和人*(工博)

Dr. Kazuto OKADA



戸島正剛*

Masatake TOSHIMA



村田誠慶**

Tomomich MURATA

Kobe Steel has supplied tire curing presses heated by compressed steam and/or hot water since the 1950's, which have been one of our major products in the industrial machinery department. Recently we have developed an innovative tire curing press which consists of a mold heating system by induction heater and an internal heating system with compressed Nitrogen heated electrically in place of steam and/or hot water. The new apparatus demonstrates not only high performance; reduction of curing time, more uniform temperature distribution of cured tire, but also low running cost and environmental load through CO₂ exhaust reduction. Here, we explain the aforementioned development technology.

まえがき = 当社機械部門の主力メニューの一つであるタイヤ加硫機は、1950年代から現在まで半世紀以上にわたる製作 / 販売実績を持ち、プレス機構への油圧式の導入、機械的精度向上、タイヤ搬出入や金型交換の自動化など、顧客ニーズに即した改良がなされてきた。一方、近年のタイヤ性能（低転がり抵抗、直進性など）の向上は目覚しく、また、ハイパフォーマンスタイヤ、ランフラットタイヤなどは増産傾向にあり、タイヤメーカーにおける高品質のタイヤを高スループットで生産可能な設備の導入要求は高まっている。

これまで、当社においては、加硫工程直前に生タイヤを内部から予熱するグリーンタイヤ予熱装置¹⁾や、加硫直後のタイヤを膨張冷却する際にタイヤを自転させることで高速に冷却する回転式ポストキュアインフレーター^{2), 3)}などの開発を手がけ、生産性とタイヤ品質向上に取り組んできた。

本稿では、加硫機本体を開発対象として、旧来から用いられてきたスチームに替わるエネルギー源として電力を適用することで、現行機を凌駕する性能を発揮する新方式の加硫機を開発したので、その概要を紹介する。

1. 現行のスチーム加硫機の課題

1.1 装置の概要

現行のスチーム加硫機における加硫工程中のタイヤ断面図を図1に示す。各種生ゴムと各種補強部材によってドーナツ状に成形された生タイヤは、あらかじめ上下プラテンおよびコンテナジャケットに供給されたスチームにより所定の温度となったタイヤ加硫機金型内に挿入され、タイヤ内面側からはブラダとよばれるゴム袋を介して、該ブラダ内に供給されるスチームなどの熱媒の圧力(1.5MPa程度)によって金型内面に押付けられる。タイヤ内外面からの入熱により、所定の時間が経過すると

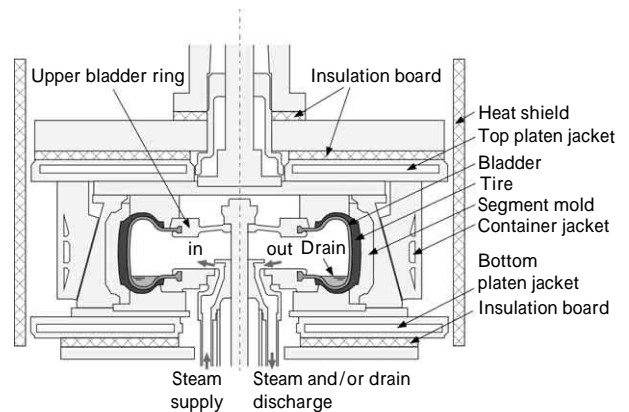


図1 現行のスチーム加硫機の断面図

Fig. 1 Cross sectional view of existing tire curing press heated by steam

タイヤ全体に加硫反応が進行し、弾性のあるゴムに変化して加硫成形が完了する。熱拡散率の小さなゴムが主要原料となるタイヤにおいては、ショルダ部やビードフィラ部に代表される肉厚部位内部の昇温が遅れる。このため、当該部位の加硫反応が進行するまでタイヤを加熱または温度維持する必要がある、タイヤ製造プロセスの中での律速工程となっている。以下、現行のスチーム加硫における主な課題を1.2から1.4節に例示する。

1.2 上下温度差

タイヤ(175/65R14)各部(図2参照)に熱電対(0.2mm素線K型)を取付け、加硫中の温度履歴を計測した結果を図3に示す。また、このときのタイヤ上下温度差(上側温度 下側温度、正の値は上側温度が高い)の履歴をプロットしたものを図4に示す。図3より、各部のタイヤ内外表面温度は4~5分でほぼ定常となるが、タイヤ内部の律速部位(ベルトエッジ)では低い熱拡散率のため昇温は遅れ、加硫終了間際でようやく他の部位と等しい温度となる。タイヤ表面温度について、各部位の

*技術開発本部 機械研究所 **機械エンジニアリングカンパニー 産業機械事業部 産業機械技術部

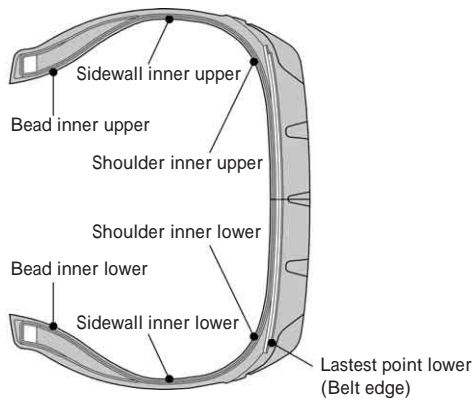


図2 タイヤの温度測定点
Fig. 2 Measuring point of tire

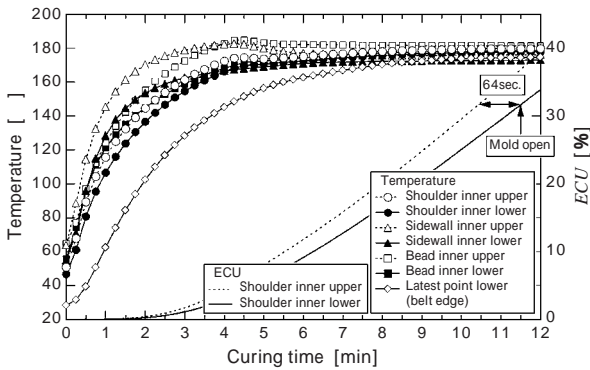


図3 タイヤ各部の温度および等価加硫量履歴（スチーム加硫）
Fig. 3 Transient curves of tire temperature and ECU at each point
(Existing tire curing press heated by steam)

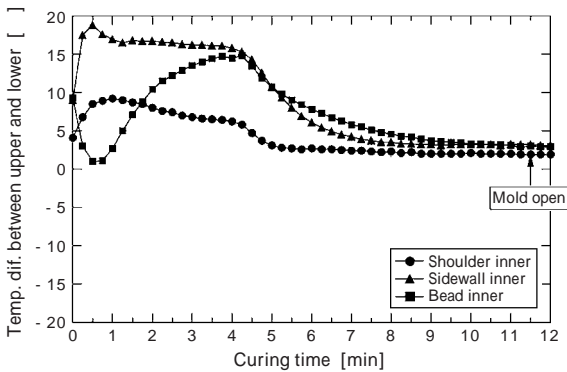


図4 タイヤ各部の上下温度差履歴（スチーム加硫）
Fig. 4 Transient curves of temperature difference between upper and lower position
(Existing tire curing press heated by steam)

上下対称位置における温度を比較してみると、どの部位においても上側の温度が高く、特に加硫開始後4分までは上下温度差が顕著である。これは、図1に図示した通り、加硫初期において供給されたスチームが生タイヤやブラダを加熱した結果、凝縮し、下側のサイドウォール部にスチームに比べ低温のドレイン（凝縮水）として滞留することに起因する。4分以降に上下温度差が小さくなっているのは、 N_2 ガスパージステップとして、高压窒素ガスを封入する際に短時間排気口を開けることで窒素ガス噴流を形成し、その動圧によりドレインの排出を促していることによる。ただし、上下温度差は完全には解消されず（ドレイン自体、全量排出されるわけではない）、加硫終了時において、例えばショルダ内面では1.9

の上下温度差が残っている。窒素吹込みのタイミングやノズル形状などの工夫でドレイン滞留を極力抑え、上下温度差を低減する試みがなされているが、タイヤの幾何形状を考えるとドレインをすべて排出することは困難であり、上下温度差の解消には至っていない。

図3には、温度履歴に合せて、ショルダ内面上下の温度履歴を用いた等価加硫量試算曲線を示す。本来、律速部であるベルトエッジ部での温度履歴から試算することが望ましいが、トレッドパターンの上下非対称形状や加硫反応中のゴム流動による熱電対接点の移流などの影響で温度測定点を上下対称に設置することが困難であったため、ショルダ内面上下を評価対象とした。ここで、等価加硫量（ECU）は以下の式より求めた^{1)A)}。

$$ECU = \exp \left\{ -\frac{E}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right\} \frac{t}{t_0} \dots\dots\dots (1)$$

- E (kJ/mol) : 活性化エネルギー
- R (kJ/mol K) : 一般ガス定数 (8.314e - 3kJ/mol K)
- T_0 (K) : 基準温度
- T (K) : 加硫温度
- t (s) : 加硫時間
- t_0 (s) : 基準時間

ただし、基準温度は149.5、活性化エネルギーは83.7 kJ/mol K、基準時間は60秒とした。

今回対象としたタイヤの必要加硫時間は11分30秒であり（図中“Mold open”と記載）、このときのショルダ内面下側の等価加硫量は31.7%となる。一方、ショルダ内面上側の等価加硫量が31.7%となるのに必要な加硫時間は10分26秒と試算され、ショルダ上側から見れば、ショルダ下側の加硫が進行するまで64秒も余計に金型内に保持されていることになる。

1.3 エネルギー損失

現行の加硫機の熱源として用いられるスチームは、タイヤ工場における加硫工程建屋の外部の、加硫機から比較的離れた場所にあるメインボイラにより生成され、各加硫機と接続された蒸気配管を介して供給される。また、1台のメインボイラに対して数十台から百数十台の加硫機が接続されるため、必然的に蒸気管の総配管長は長くなり、これら蒸気配管網からの放熱量は小さくない。タイヤ工場の配管レイアウトにもよるが、メインボイラにて生成されたスチームのうち、ドレイン化せずに加硫機に到達する正味のスチーム量は7割から5割程度と言われている。3.3節には、ドレイン発生量の実測により、現行のスチーム加硫機がタイヤ1本あたりに消費するスチーム量を見積った結果について示す。

1.4 ブラダ内凝縮ドレイン再蒸発

1.1節で述べた通り、加硫途中での高压窒素ガス導入により、ブラダ内に滞留したドレインの一部は系外に排出される。しかし、残ったドレインは、加硫終了時のブラダエギゾーストステップにおいて大気圧にさらされ再蒸発する。ブラダからタイヤを取出すためには、ブラダをタイヤビード内径より縮小させる必要があるが、例えば図1の加硫機の場合、上側ブラダリングを上部へ移動させつつ、ブラダ内を負圧に吸引するパキュムステッ

ブを設定している。バキュームステップには、ドレイン再蒸発によりドレインの大半が排出されるまでである程度の時間が必要とされ、その分の加硫時間延長と負圧源生成のための真空ポンプやエゼクタなどの動力消費が発生する。

2. 電気式タイヤ加硫機の構成

2.1 装置の概要

電気式タイヤ加硫機（以下、電気加硫機という）の外観写真を図5に、系統図を図6に示す。量産導入にあたっては、タイヤメーカーの既存設備や資産を如何に無駄なく活用するかに留意すべきである。本開発機では、スチーム配管が不要になるものの、窒素ガスラインは流用でき、また、タイヤメーカーの主要資産の一つである各種既存モデルのタイヤ金型をそのまま使用できる。さらに、既存のスチーム加硫機のセンタメカ部、プラテン板のリプレース対応も可能であり、電気加硫機の導入障壁をおよそ払拭できるものと期待される。以下、プラダ内側窒素ガス加熱循環ユニット、金型誘導加熱ユニットについて説明する。

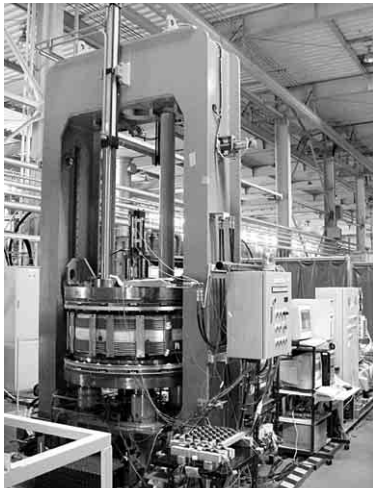


図5 電気加硫機の外観

Fig. 5 Appearance of tire curing press driven by electrical power

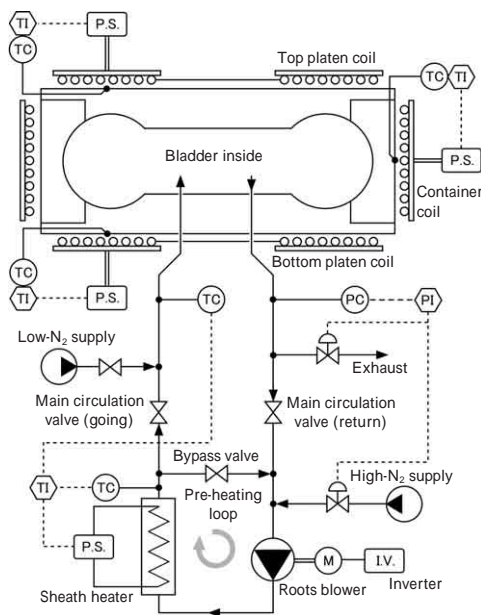


図6 電気加硫機の系統図

Fig. 6 Flow diagram of tire curing press driven by electric power

2.2 窒素ガス加熱循環ユニット

窒素ガスではスチームのような高い熱伝達（凝縮潜熱による）は得られないが、加硫条件に相当する20気圧程度となると、気流速度一定条件のもとでは常圧に比べ8倍程度の対流熱伝達向上が見込める⁵⁾。この特性を生かし、本加硫機における窒素ガス加熱循環ユニットでは、図6および図7に示す通りの装置構成とした。すなわち、プラダ内へ高温窒素ガスを導入するためのルーツブロワとシースヒータからなる循環回路を備え、タイヤ出し入れ時のドライサイクルステップにはバイパス弁、およびメイン循環弁の切替で予熱循環流路にて次の加硫に向けた窒素ガスの予熱を行う。窒素ガス温度の制御にはそれぞれの循環流路に配した熱電対からの計測値を参照し、窒素ガス温度に依存して系内の圧力が変動しないよう、調圧弁にて系内圧力を調整している。また、窒素ガス循環に要する動力を低減するため、配管径を既存設備への導入が可能な範囲で大きくすることで圧力損失を減らし、さらに、入熱がそれほど必要でない加硫工程後半では、ルーツブロワを停止することとした。図7に示す窒素ガス加熱循環ユニットはあくまでも試作機であり、ルーツブロワ、モータ、シースヒータなど、能力的にかなり余裕をみた仕様となっている。商用機においては、性能評価結果に基づき各構成機器の最適仕様を確定し、コンパクト化を図る予定である。

図8には電気加硫機の金型断面図を示す。窒素ガス加

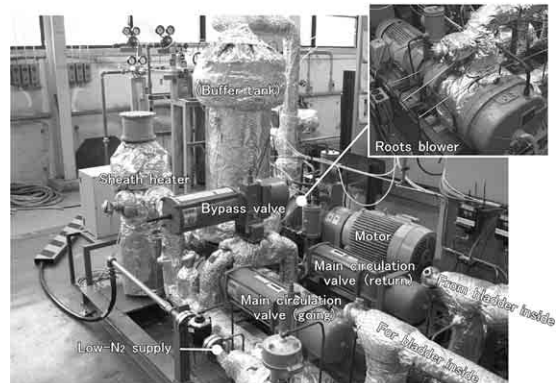


図7 窒素ガス加熱循環ユニットの外観

Fig. 7 Appearance of N₂ gas heating and circulation unit

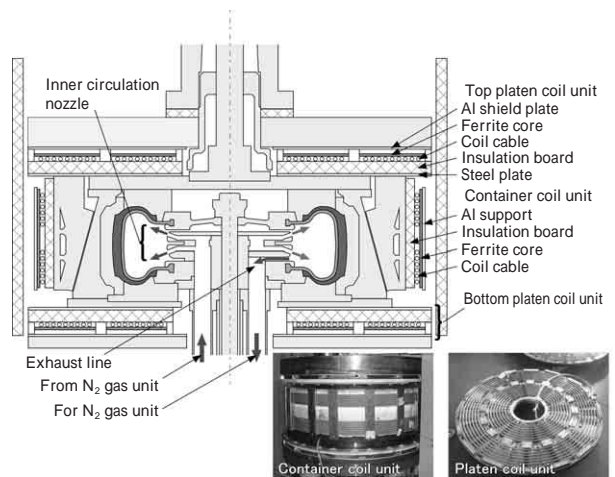


図8 電気加硫機の断面図

Fig. 8 Cross sectional view of present tire curing press driven by electric power

熱循環ユニットから導入された高温窒素ガスは、周方向に複数個配置された内部循環ノズルよりブラダ内に供給され、周方向に旋回し、かつ、ショルダ部に向かうガス流れを形成する。このようなブラダ内への窒素ガス導入ノズルおよび排出口形状の工夫により、タイヤ周方向ならびに上下方向に均一な加熱を実現した。

2.3 金型誘導加熱ユニット

金型の加熱には電磁誘導加熱方式を採用した。コイル構成図および外観を図8に示す。また、図6の系統図に示すとおり、上プラテン、下プラテン、コンテナの3系統にそれぞれ高周波電源とコイルを付設し、各部位に配した熱電対からの計測温度を参照し、金型温度を制御している。一般に、誘導加熱においては、高い力率(コイルに印加した皮相電力に対する被加熱物に投入される電力の比)とするため、コイルをできるだけ被加熱物に近づける構成が適用される。本開発機では、力率を極力低下させない範囲でコイルと金型との距離を保ち、その間に断熱層を設けること、および、金型からみてコイルの外側にフェライトコアおよびアルミ磁気シールドを設けることで、放熱量の低減、加熱の不要な部位への無駄なエネルギーの投入抑止、コイルケーブルの過熱防止、さらには、タイヤメカ既存の金型をそのまま活用できる(レトロフィット)構造を見出した。

3. 電気加硫機のメリット

3.1 上下温度差低減とウェットサイクルの短縮

スチーム加硫での温度測定と同様に、タイヤ(175/65R14)各部に熱電対(0.2mm素線K型)を取付け、加硫中の温度履歴を計測した結果を図9に示す。また、このときのタイヤ上下温度差の履歴をプロットしたものを図10に示す。図3と図9を比較すると、電気加硫では加硫開始直後の15秒で既にタイヤ各部の表面が80を超えているのに対し、スチーム加硫では上側サイドウォールのみ電気加硫並みの温度を示している。これは、1.1節や1.4節で述べた通り、パキュムステップにおけるドレイン再蒸発でブラダが冷やされたためと考えられる。その後の温度履歴は、スチーム供給による凝縮熱伝達によりスチーム加硫の立上りが勝り(特に上側では顕著)、スチーム加硫におけるN2ガスサプライステップ(4分)以降は、逆に電気加硫がスチーム加硫に追

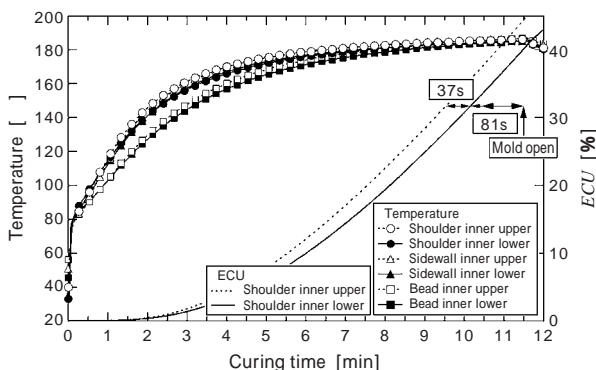


図9 タイヤ各部の温度および等価加硫量履歴(電気加硫)
Fig.9 Transient curves of tire temperature and ECU at each point (Present tire curing press driven by electrical power)

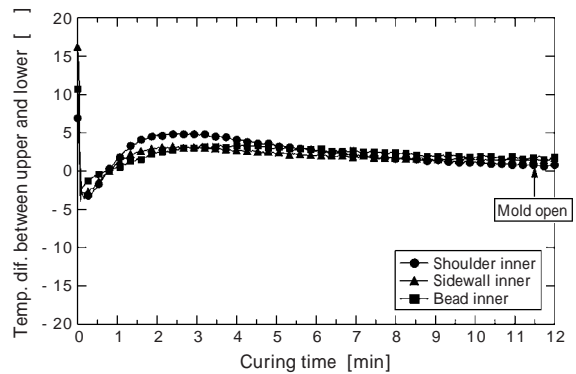


図10 タイヤ各部の上下温度差履歴(電気加硫)
Fig.10 Transient curves of temperature difference between upper and lower position (Present tire curing press driven by electrical power)

いつき、さらにその後スチーム加硫より高い温度で推移している。また図10より、どの部位においても上下温度差は小さく、最大上下温度差はショルダ内面で5以下(スチーム加硫の1/3以下)、加硫終了時において0.7(スチーム加硫の1/3程度)の上下温度差となっている。図9には、ショルダ内面上下の温度履歴を用いた等価加硫量試算曲線を合せて示す。当該曲線より加硫時間短縮効果を見積ると、スチーム加硫の必要加硫時間11分30秒(図中" Mold open"と記載)での等価加硫量31.7%に相当する電気加硫での必要加硫時間は10分9秒となり、81秒、比率では12%の短縮が可能となる。また、電気加硫における上下の必要加硫時間の差は37秒で、スチーム加硫の64秒の半分程度となる。熱媒体として窒素ガスを用いた本技術では、ドレイン起因の温度むらを解消でき、過加硫緩和による転がり抵抗低減効果も期待できる。さらに、今回の計測では窒素ガス供給温度を210としたが、2.2節で述べた通り、熱伝達率がスチームに比べ1桁から2桁小さく^{5),6)}、ブラダ表面温度自体は窒素ガス温度より低いと推定される。ブラダの寿命評価と合せた検討は必要であるが、インナライナ(気密性を持つタイヤ内面部材)上限温度を超えない範囲で窒素ガス制御温度をさらに高くすれば、一層の加硫時間短縮が見込める。

3.2 ドライサイクルの短縮

電気加硫方式では、スチーム加硫のようなドレインの発生がないため、パキュムステップ所要時間を大幅削減できる。今回対象とした加硫機では、タイヤ出し入れのためのアンロード/ロード動作や、金型開閉動作、生タイヤをブラダに正しく保持するためのブラダシーピングなどを積算すると90秒となり、スチーム加硫での140秒から50秒の時間短縮が可能となった。

3.3 ランニングコスト低減

現行のスチーム加硫機と電気加硫機のランニングコストを比較するため、まず、それぞれのエネルギーコストを試算した。ボイラによる蒸気製造コスト C_G (円/kg-steam)は、アメリカエネルギー省のホームページ⁷⁾を参考に、以下の式より求めた。

$$C_{Fi} = a_{Fi}(H_F - h_w)/1000 / B \dots \dots \dots (2)$$

$$C_G = (1.0 + 0.3) \sum_i^n F_{Fi} C_{Fi} \dots \dots \dots (3)$$

ここで、

- a_{Fi} (円 / MJ) : 単位熱量当りの燃料種 “ i ” のコスト
- H_f (kJ/kg) : スチームの比エンタルピ
- h_w (kJ/kg) : ボイラ給水の比エンタルピ
- η_b (-) : ボイラ燃焼効率
- r_{Fi} (-) : ボイラに用いられる燃料種 “ i ” の比率
- C_F (円 / kg-steam) : 単位スチーム重量当りの燃料種 “ i ” のコスト

式 (3) 中の係数 “ 0.3 ” は、ボイラ給水コスト、給水処理コスト、給水供給ポンプおよび燃焼空気送風機電力コスト、ボイラブロー下水処理コスト、排ガスおよび燃焼灰処理コストなど、スチーム製造にかかわる諸費用分に相当する。タイヤメーカーのボイラにて用いられる燃料種とその比率 r_{Fi} ⁸⁾、各燃料種の単価 (低硫黄 C 重油、灯油⁹⁾、LNG¹⁰⁾)、単位体積当りの発熱量^{10),11)} を表 1 にまとめて示す (LNG 単価は 2008 年 1 月末の燃料調整を含む)。ここで、ボイラ効率 η_b を 0.85、生成スチームを 1.5MPa 飽和蒸気、全量を 50 ボイラ給水として再使用 ($H_f = 2,642\text{kJ/kg}$, $h_w = 220\text{kJ/kg}$) するとした。以上より、ボイラによる蒸気製造コスト C_G を 5.17 (円/kg-steam) と試算した。

電力コストについては、関西電力㈱の電気料金メニューのうち、特別高圧電力 B-TOU (2 季節 3 時間帯別料金) 70,000V 供給¹²⁾ を適用した。契約電力を平均消費電力の 1.5 倍とすると、電力コストは 11.5 円/kWh となる。

表 2 に、現行のスチーム加硫機と電気加硫機のタイヤ 1 本当りのランニングコスト比較を示す。スチーム加硫機については、1.2 節の温度測定試験と同じサイズのタイヤ (175/65R14) の各加硫サイクル時間、ならびに、ブラダ側、金型側それぞれから排出されるドレイン重量の実測データからの蒸気消費量算定値、さらに、蒸気コストを乗じたランニングコストを記載した。

電気加硫については、3.1 節および 3.2 節より試算される加硫時間短縮効果を加味した各加硫サイクル時間、ならびに、ブラダ側 (窒素ガス加熱循環)、金型側それぞれに使用される電力量、さらに、電力コストを乗じたランニングコストを記載した。上記試算結果によれば、ス

チーム加硫の 66.7 円 / 本に対し、電気加硫は 44.5 円 / 本となり、ランニングコストを 2/3 程度に圧縮できることが分かる。

3.4 CO₂ 排出量削減

2006 年 4 月に施行された改正省エネ法では、エネルギー管理指定工場が、熱と電気の合算にて規制され (第二種エネルギー管理指定工場から第一種エネルギー管理指定工場へ移行するケースもある)、また、第一種エネルギー管理指定工場においては、定期報告のほかに、中長期計画の作成・提出の義務が課されるなど、これまで以上に企業への温室効果ガス削減に対する貢献要求は高まっている。タイヤ工場も例外ではなく、CO₂ 排出量削減対策として、コ・ジェネレーションシステムや自然エネルギーシステムを導入するなど、積極的取り組みを進めている。本節では、電気加硫機を導入することによりどの程度の CO₂ 排出量削減ができるか試算してみた。

表 3 に、現行のスチーム加硫機と電気加硫機のタイヤ 1 本当りのエネルギー消費量および CO₂ 排出量試算値を比較したものを示す。エネルギー消費量では、電気加硫機はスチーム加硫機の半分以下となっている。これは、加硫時間短縮のみならず、蒸気配管網および加硫機本体熱損失の大幅低減によるものと考えられる。これらエネルギー消費量から、スチーム加硫機については表 1 に記載の各燃料の CO₂ 排出係数¹¹⁾ からその構成比率に基づき、電気加硫機については関西電力㈱の CO₂ 排出係数¹³⁾ を用いて、それぞれ CO₂ 排出量を算定した。スチーム加硫機から電気加硫機に変更することで、乗用車タイヤ 1 本当り 0.47kg の CO₂ 削減が可能となる。乗用車タイヤ 1 本当りのタイヤ生産に要する CO₂ 排出量が 3.72kg⁸⁾ (原料天然ゴム単位重量あたりのカーボン排出量 0.271t-C/t-NR より、製品に占める天然ゴム重量比 48%、一般的な乗用車タイヤの重量 7.8kg を加味して算出) であることからすれば、電気加硫機の導入により 13% 程度の CO₂ 排出削減が見込まれる。

3.5 その他期待できるメリット

3.1 から 3.4 節では、主にこれまでの加硫運転試験データに基づいて、電気加硫機の優れた性能を定量的に示

表 1 蒸気生産コストの計算
Table 1 Calculation for cost of generating steam

Fuel	Fuel cost per unit amount	Fuel energy per unit amount	a_{Fi} Fuel cost per unit heat capacity	C_{Fi} Fuel cost per unit steam weight	r_{Fi} Fuel composition ratio ¹⁰⁾	C_G Cost of generating steam
Heavy oil	69.0 kyen/m ³ ¹¹⁾	41.7 GJ/m ³ ¹³⁾	1.655 yen/MJ	4.72 yen/kg-steam	53.1%	5.17yen/kg-steam
Kerosene	72.0 kyen/m ³ ¹¹⁾	36.7 GJ/m ³ ¹³⁾	1.962 yen/MJ	5.59 yen/kg-steam	9.4%	
LNG	53.0 yen/Nm ³ ¹²⁾	45.0 MJ/Nm ³ ¹²⁾	1.178 yen/MJ	3.36 yen/kg-steam	28.1%	
Scrap tire	0.0 kyen/m ³	-	0.000 yen/MJ	0.00 yen/kg-steam	9.4%	

表 2 現行スチーム方式と電気方式とのタイヤ加硫コスト (タイヤ 1 本あたり) の比較
Table 2 Comparison of tire curing cost (per unit tire) between existing steam and present electrical power

Curing type	Wet cycle time	Dry cycle time	Total curing time	Bladder side energy input	Mold side energy input	Total energy input	Energy cost
Steam	690s	140s	830s	7.28 kg-steam	5.62 kg-steam	12.90 kg-steam	66.7 yen
Electrical power	609s	90s	699s	2.19 kWh	1.68 kWh	3.87 kWh	44.5 yen

表3 電気式タイヤ加硫機の省エネ性とCO₂排出量削減効果(タイヤ1本あたり)

Table 3 Effect of energy-saving and CO₂ discharge reduction on present tire curing press driven by electrical power (per unit tire)

Curing type	Position	Total energy input	Energy consumption	Coefficient of CO ₂	Amount of CO ₂
Steam	Bladder side	7.28 kg-steam	17.6 MJ	0.0570 kg-CO ₂ /MJ ¹³⁾	1.003 kg
	Mold side	5.62 kg-steam	13.6 MJ		0.775 kg
	Total	12.90 kg-steam	31.2 MJ		1.778 kg
Electrical power	Bladder side	2.19 kWh	7.88 MJ	0.338 kg-CO ₂ /kWh ¹⁵⁾	0.740 kg
	Mold side	1.68 kWh	6.05 MJ		0.568 kg
	Total	3.87 kWh	13.9 MJ		1.308 kg

CO₂ discharge reduction: 0.47 kg
Energy-saving: 17.3 MJ

表4 スチーム加硫と電気加硫との加硫ステップの比較

Table 4 Comparison of tire curing step between existing steam and present electrical power

Step order	Steam	Electrical power
1	Steam through	N ₂ gas supply
2	Steam dead end	N ₂ gas dead end
3	Steam purge	gas recovery
4	N ₂ gas supply	Exhaust
5	N ₂ gas dead end	Vacuum
6	Leak check	
7	Steam gas recovery	
8	Exhaust	
9	Vacuum	

してきた。本節では、現段階においては定量評価に至っていないが、明らかにスチーム加硫機に勝ると期待される電気加硫機の特長について述べる。

- (1) スチームを全く使用しないため、これまでのスチーム加硫機で必要とされた配管・バルブを削減でき、また加硫ステップも大幅に簡素化される。参考までに、現行スチーム加硫機と電気加硫機の加硫ステップを比較した例を表4に示す。
- (2) スチームを用いない電気加硫機では、スチーム内溶存酸素、および生成酸化物によるブラダ劣化がなく、ブラダ温度も不均一性が抑えられてブラダ自体の加硫進行むらが小さくなり、ブラダ寿命向上が期待できる。
- (3) スチーム配管網からの放熱が削減されることで、工場建屋内雰囲気温度の上昇を抑え、作業環境の改善につながる。
- (4) ブラダ側熱媒体の温度・圧力の個別制御により、これまで実現困難であった条件下での加硫反応プロセスの構築が可能となる。
- (5) 金型の加熱源として複数系統の電磁誘導加熱を採用しているため、例えば、サイドウォール部の上下で温度を微妙に調整したり、サイドウォール部に比べレッド部への入熱を増やすなど、金型各部のきめ細かな温度調整が可能となる。

むすび=今回、スチームを全く使用しない電気加硫機の開発状況について概説した。通常、熱源として電気エネルギーを適用することは、化石燃料から熱を得るよりコスト的に不利になる。ところが本技術では、スチーム加硫における熱損失の現状を精査することにより、電気エネルギーを適用してもランニングコスト的に成立つことを予見し、さらに省エネのためのいくつかの工夫(金型コイル構成、容積式圧縮機の運転法など)を施すことでスチーム加硫との優位性(ランニングコスト、CO₂削減量、生産性向上、タイヤ転がり抵抗低減)を実証した。

今後の展開として、まずはタイヤメーカーのスチーム加硫機を電気加硫仕様に改造し、量産工場での連続生産による量産技術の確立を目指す予定である。また、日本の電力コストと比較し、世界諸国の電力コストは1/2程度であることより、海外における電気加硫機の優位性はさらに増す。国内での量産技術確立後の海外タイヤメーカーへの展開も検討中である。

参考文献

- 1) 三田村久ほか: R&D 神戸製鋼技報, Vol.54, No.3(2004) p.64.
- 2) 公開特許: 2006-137056.
- 3) 公開特許: 2006-137054.
- 4) 有松利雄: 日本ゴム協会誌, Vol.59, No.3(1986) p.129.
- 5) J. P. Holman: Heat transfer, 6th edition (1986) p.308, McGraw-Hill.
- 6) J. P. Holman: Heat transfer, 6th edition (1986) p.491, McGraw-Hill.
- 7) U. S. Department of energy: www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/pdfs/tech_brief_true_cost.pdf
- 8) 住友ゴム工業㈱: 社会・環境報告書 2007.
- 9) 日本経済新聞: 2月12日主要相場.
- 10) 東京ガス㈱: 業務用・工業用お客様向けホームページ.
http://eee.tokyo-gas.co.jp/ryokin/r-oguchi.html
- 11) 環境省ほか: 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル ver.2.1,
http://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/manual/chpt2.pdf
- 12) 関西電力㈱: 自由化分野のお客様の電気料金,
http://www.kepco.co.jp/yakkan/h18-2-1-1.html
- 13) 環境省: 平成18年度の電気事業者別排出係数の公表について,
http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=8836