

発表No. B-4

水素社会構築技術開発事業/ 地域水素利活用技術開発/
水素エネルギーの地産地消と工業的熱利用による
温室効果ガス総合削減実証研究

発表者名	中田延明
団体名	住友ゴム工業株式会社
発表日	2022年7月27日

連絡先：住友ゴム工業株式会社
<https://www.srigroup.co.jp/contact/index.html>

事業概要

1. 期間

開始 : 2021年8月
終了（予定） : 2024年2月

2. 最終目標

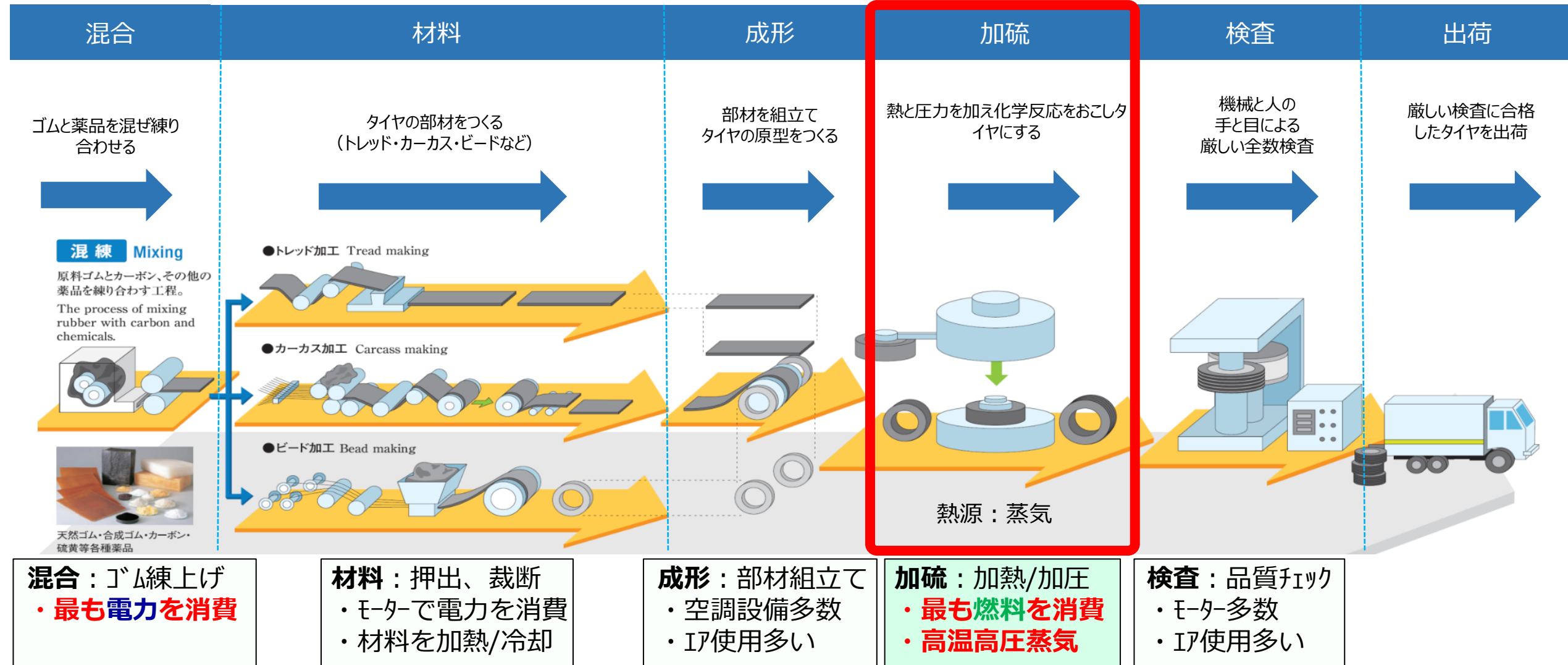
ゴム製造に必要な熱エネルギーの脱炭素化技術の確立（水素ボイラーの安定稼働）
福島新エネ社会構想の一つである水素エネルギーの地産地消モデルの構築
製造時にCO2排出がゼロとなる世界初タイヤの製造販売のための環境と製品に対する有効性評価

3. 成果・進捗概要

計画通り進捗しています ※詳細は「2. 研究開発マネジメントについて」で説明

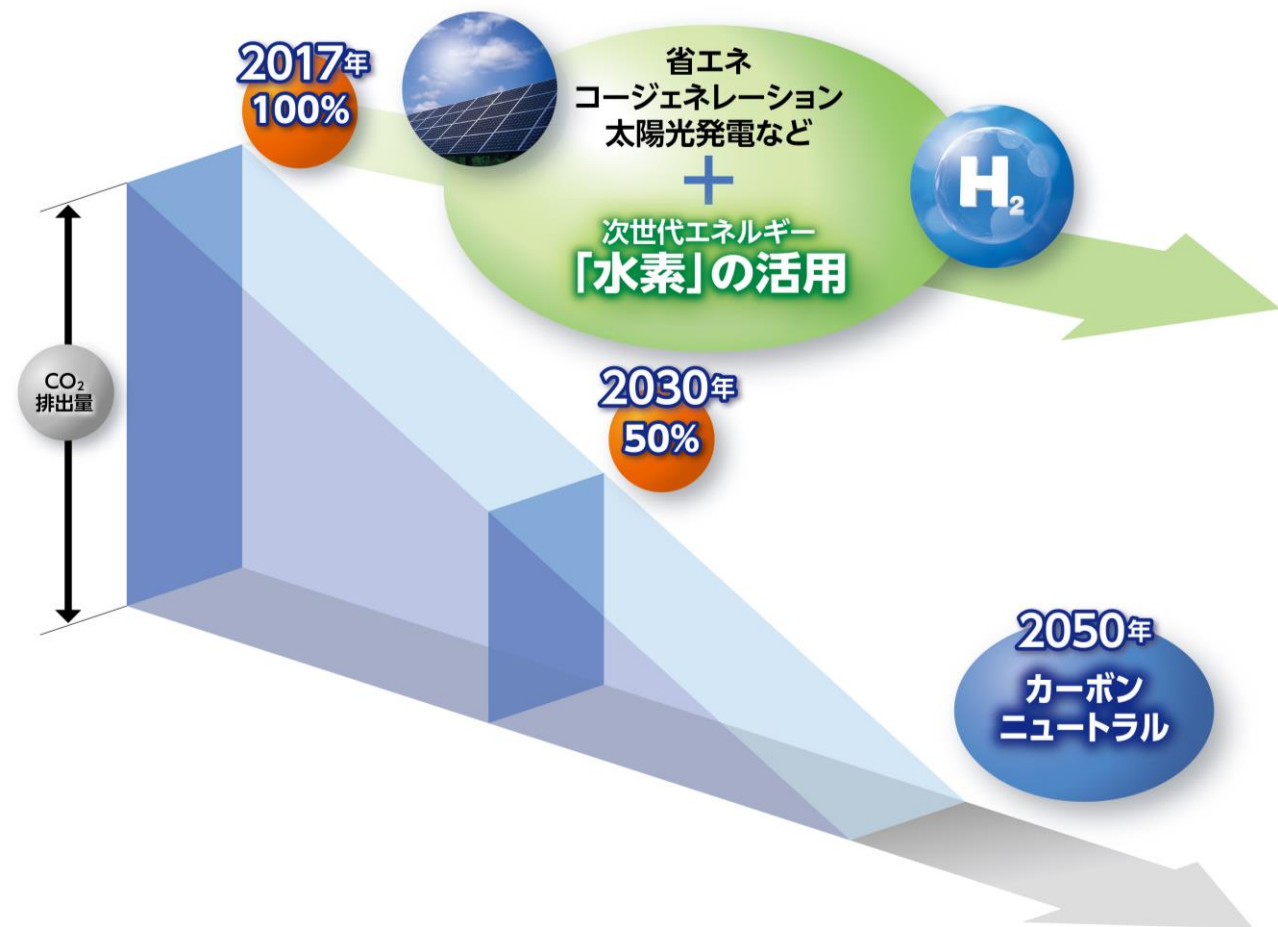
2021年8月	実証実験開始（ボイラー選定、設備設計等）	
2022年3月	ボイラー選定を予定通り完了	※「3. 研究開発成果について(1)」で説明
2022年4月	設備設計完了、着工	※「3. 研究開発成果について(2)」で説明
2023年1月	竣工、ボイラー稼働予定 安定稼働等のテストを実施	※「3. 研究開発成果について(2)(3)」で説明

1. 事業の位置付け・必要性 目的：ゴム・タイヤ製造を脱炭素化するための有力候補



**製造に必要なエネルギーの約半分を占める加硫工程では、高温高圧の蒸気が必要
タイヤ製造は装置産業で設備の入替が容易ではない ⇒ 燃料転換は脱炭素の有力候補**

1. 事業の位置付け・必要性 製造工程(蒸気)の脱炭素化及び燃料転換の検討



省エネ、コージェネレーション（熱電併給）、太陽光発電等でCO₂排出量削減を進め、
その上で、電化では解決できない熱（加硫）の脱炭素化のために水素を使う

1. 事業の位置付け・必要性 製造工程(蒸気)の脱炭素化及び燃料転換の検討

脱炭素手法	メリット	デメリット
現状のまま	製造方法の開発、設備投資が不要	社会的ニーズに対応できないことによる企業価値の低下
蒸気を使わない技術の開発	革新的で、品質向上が見込める	開発中（現状は困難） かきかえる 設備一新のための設備投資が必要
CO2を排出しない蒸気による製造	同じ製造方法で継続できるので、現在の設備とノウハウを維持できる	高額な燃料費（水素等の場合） 大量使用のインフラ整備(電力も)

燃料転換の評価/ 燃料の種類		CO2削減	技術確立	初期コスト	運用コスト	評価	課題
現在	ガス,重油等の化石燃料	×	○	○	○	—	CCS技術開発や規制の動向次第
将来燃料	電気(ボイラー)	△	△	×	×	△	要求仕様不足
	電気(ヒートポンプ)	△	△	△	△	×	高温高圧の調整技術
	水素	○	○	○	×	○	コスト、供給量
	アンモニア,メタン等 (水素派生物質)	○	△	○	×	△	研究中

**脱炭素の有力候補として燃料転換を検討し、代替燃料の中で最有力の水素に注目
将来のコストダウンを見込み、水素利活用の知見をいち早く集積することを図る**

2. 研究開発マネジメントについて 設備計画のスケジュール

設備設計のスケジュール

- 2021.8～2022.3 設備と建屋の設計、実証実験の詳細計画 ※「3. 研究開発成果について」で説明
- 2022.3～2022.12 設備の制作、工事等、LCA等の調査準備
- 2023.1～2024.2 ボイラー稼働、各種データ採取と分析

内容		担当	2021年					2022年											
			8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	主要スケジュール		20 実証開始		12 社内承認						27 着工								
NEDO 実証実験	水素ボイラーの検討及び設置工事	本社-設備	機種選定 ⇒ 11月 社外の助言を経て決定				要求仕様の確定 ⇒ 3月 発注			メーカー 現地査察			配管、電気、 散水設備の工事	メーカー 現地査察	据付及び水素配管配管敷設 工事、検収				
NEDO 実証実験	水素トレーラー建屋及び付帯設備、建築工事	工場-工務							仕様、見積 の検討			確認申請		水素トレーラー置き場 新築工事		竣工 引渡し			
独自の取組み	水素設備関連の外構工事	工場-工務							仕様、見積 の検討	造成、舗装、雨水側溝、防火水槽工事			水素配管用 側溝工事						
独自の取組み	太陽光発電	工場-工務			仕様、見積 の検討	17コペ	業者と詳細な仕様の検討				確認申請		敷設工事、検収						
-	社外アドバイザーによる助言	本社-環境		22 採択の 報告	ボイラー選 定について	ボイラー選 定について	進捗報告			進捗報告					工場の 現場確認		工場の 現場確認		

2. 研究開発マネジメントについて 研究開発のスケジュール

- 目標
- ・安定稼働 連続3000時間 ※実際の連続稼働時間 他に仕損比率で他の製造ラインと比較する
 - ・NOx濃度 100ppm未満 ※大防法の基準を参考とした
 - ・有効性評価 Scope3-Category4の算出と比較

テーマ	詳細	～2022年3月				4～6月		7～9月		10～12月		2023年1月～						
		課題の想定、対応方法の検討および各項目への落とし込み												年間を通じた検討内容と評価				
①水素ボイラーの安定稼働	製品 (タイヤ)											品質が社内基準から外れていないことの確認 (従来の検査工程で実施予定)						
	生産設備	現状の蒸気負荷変動データ確認												問題無く運用できることの確認 (従来と同じ生産設備、設定の予定)				
	蒸気配管系統			詳細仕様検討 ⇒水素ボイラーのみで生産、 非常時は既設配管でバックアップ				工事		水素ボイラーと仮接続				水素ボイラーのみで運用と、非常時は既設蒸気との融通が「生産を止めることなく」運用できることの確認 (センサーを多数設置、圧力変動等を入念に確認する)				
	水素ボイラー	現状の蒸気負荷変動から 要求仕様を検討 ⇒選定		メーカーにて詳細設計、製作				水素ボイラー詳細仕様を元に工事仕様等検討→ 工事		納入 →試運転による性能確認				・外気温変化等の影響確認 (放熱影響、積雪、凍結等の対策) ・運用データ (負荷率、O2、NOxデータ等) によるボイラー運用の改善 (安定稼働、効率改善、環境数値良化など)				
	水素受入設備	水素特性を考慮した安全対策の検討		ボイラー水素消費とトレーラ仕様を元に、圧力変動を加味したガス配管系統を検討 (水素ガス安定供給) →工事										完成 →試運転開始		問題無く運用できることの確認 (受入れ、安全設備の充足等)		
	水素トレーラー台数			必要量を試算し 要求仕様決定												受入 (試運転用) 開始		運用方法の確認 (受入頻度、時間帯、住友ゴム側の体制など)
②水素エネルギーの地産地消モデルの構築	水素使用量の精査			設備仕様に基づく使用量の精査				使用量の決定と 供給元との供給計画の確定				問題無く運用できることの確認 (安定供給、品質の確認等)						
	7月(主供給元停止時)の供給							7月の使用量、供給量と代替拠点についての供給元との検討				22年中に供給量の確認を行い、7月の運転状況について判断する						
③環境と製品に対する有効性評価	水素ライン専用タイヤの選定、販売			企画部門を含めて協議 ⇒実証実験中は'21年現在、 LNG蒸気で製造中の高性能 タイヤで進めることとなった。								品質が社内基準から外れていないことの確認 (従来の検査工程で実施予定)						
	LCAの算出方法確定と評価	ゴム業界のLCA算出方法の精査 ⇒SCOPE3-category4 は独自算出要						サプライヤーへのCO2排出量調査 ※一部の会社にSCOPE3-category4についても調査				水素蒸気とLNG蒸気でのLCA比較 タイヤ1本当たりのLCA値算出 (SCOPE3-category4を新たに追加)						
	マスメディア評価							積極的なマスコミ対応、情報発信				マスメディア対応の継続 水素設備の見学受入れ						

2. 研究開発マネジメントについて 研究開発のスケジュール 概要

- 目標
- ・安定稼働 連続3000時間 ※実際の連続稼働時間 他に仕損比率で他の製造ラインと比較する
 - ・NOx濃度 100ppm未満 ※大防法の基準を参考とした
 - ・有効性評価 Scope3-Category4の算出と比較

テーマ	詳細	～2022年3月	4～6月	7～9月	10～12月	2023年1月～
		課題の想定、対応方法の検討および各項目への落とし込み				
①水素ボイラーの安定稼働	製品(タイヤ)					準から外れていないことの確認(工程で実施予定)
	生産設備	現状の蒸気	①水素ボイラーの安定稼働	これまでの取組み <ul style="list-style-type: none"> ・ボイラーの仕様選定 ・設置工事 	今後の取組み <ul style="list-style-type: none"> ・22年内に設置 ・23年から安定稼働のための各種試験を実施 	できることの確認(生産設備、設定の予定)
	蒸気配管系統					みで運用と、非常時は既設蒸気との止めることなく運用できることの確認(多数設置、圧力変動等を入念に確認)
	水素ボイラー	現状の蒸気要求				②水素エネルギーの地産地消モデルの構築
	水素受入設備	水素特		供給方法の検討		できることの確認(全設備の充足等)
	水素トレーラー台数			LCAの基礎データ収集	LCAによるCO₂削減評価の比較検討	認(受入頻度、時間帯、住友ゴム)
②水素エネルギーの地産地消モデルの構築	水素使用量の精査		③環境と製品に対する有効性評価	製品(タイヤ)の選定	製造時CO₂排出ゼロのタイヤの製造	できることの確認(品質の確認等)
	7月(主供給元停止時)の供給					マスメディアや国際機関等の社外評価調査
③環境と製品に対する有効性評価	水素ライン専用タイヤの選定、販売		企画部門を含め協議 ⇒実証実験中は'21年現在、LNG蒸気で製造中の高性能タイヤで進めることとなった。			品質が社内基準から外れていないことの確認(従来の検査工程で実施予定)
	LCAの算出方法確定と評価	ゴム業界のLCA算出方法の精査 ⇒SCOPE3-category4は独自算出要		サプライヤーへのCO2排出量調査 ※一部の会社にSCOPE3-category4についても調査		水素蒸気とLNG蒸気でのLCA比較(タイヤ1本当たりのLCA値算出(SCOPE3-category4を新たに追加))
	マスメディア評価			積極的なマスコミ対応、情報発信		マスメディア対応の継続(水素設備の見学受入れ)

2. 研究開発マネジメントについて 研究開発の実施体制



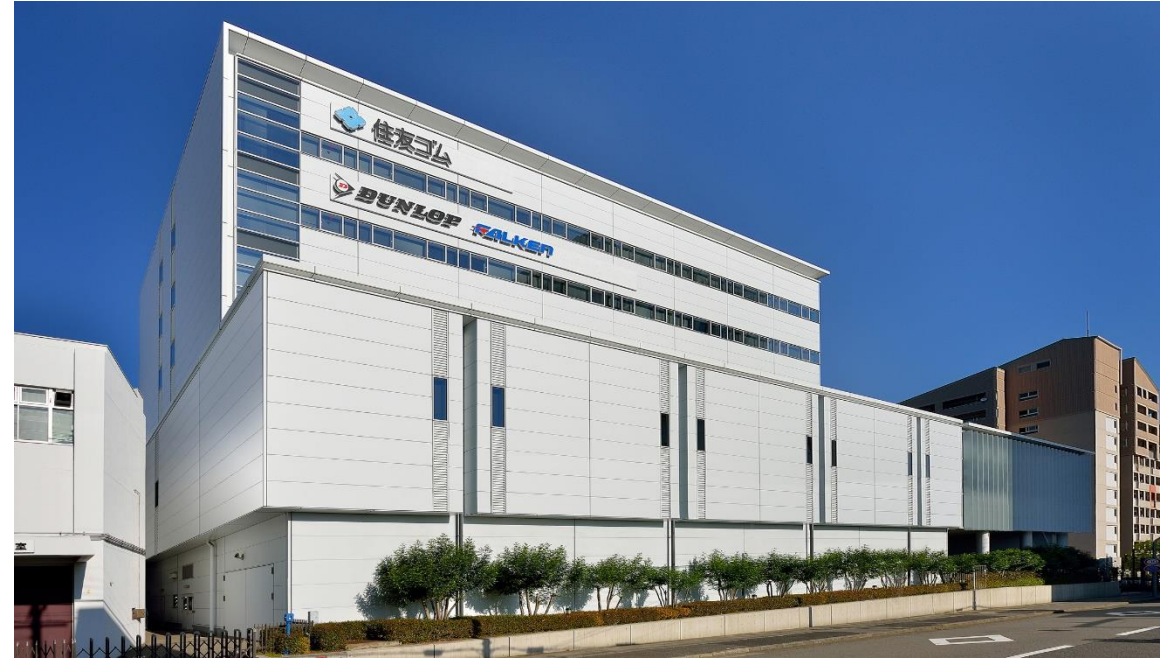
白河工場（福島県、弊社国内最大の工場）

工務課 7名 設備工事、ボイラー等の運用管理

環境課 4名 実験（調査、分析等）

※2022年7月工務課より独立

生産技術課 2名 生産設備の運用管理



本社 / 技術研究センター（神戸市）

設備技術部 2名 設備選定、施工管理など

環境管理部 3名 当該実証実験のとりまとめ、社外調整等

水素プロジェクトグループ ※2021年12月 部署横断で発足

3. 研究開発成果について(1) 水素ボイラー選定

今回の目的に沿うボイラーを検討し評価。検討対象は4タイプ。

総合評価	◎	○	×	×
ボイラータイプ	A	B	C	D
最高圧力	○	○	○	○
蒸気発生量	◎	○	◎	○
効率	○	○	○	○
追従性能	◎	○	○	×
NOx低減見込み	◎	◎	◎	○
製作期間	○	○	×	◎

今回対象の
工程においては
追従性能を重視



- ◎ : 今回の目的により適している
- : 従来であれば十分な性能、
または十分対応可能
- × : 今回の要求には不十分

水素ボイラー単独での安定稼働に必要な追従性能を重視した

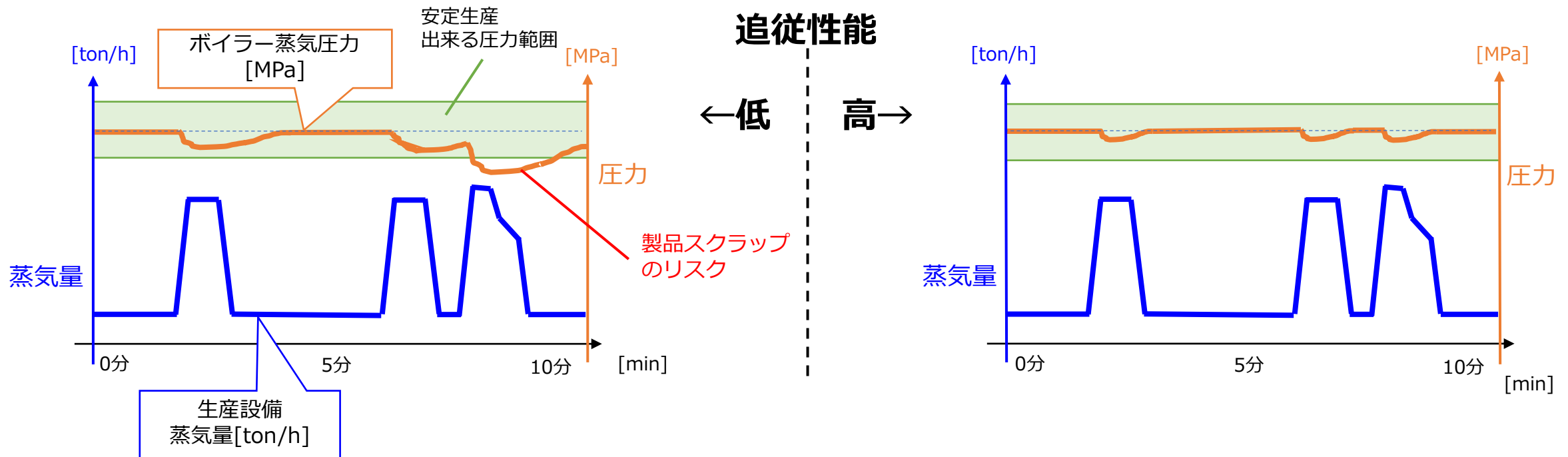
3. 研究開発成果について(1) 水素ボイラー選定

※追従性能について

**蒸気負荷変動に対し設定蒸気圧を維持する性能。
性能が高いほど、急激な負荷変動があっても圧力がすぐに戻る。**

今回水素ボイラーの対象とした工程は、従来工程よりも蒸気変動が激しく、水素ボイラーのみでの安定生産を考えた場合、より高い負荷追従性能が必要。

負荷変動とボイラー圧力の関係



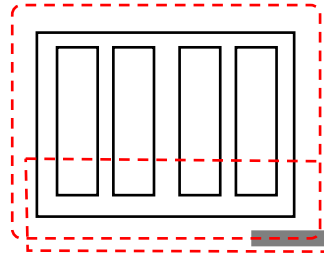
追従性能が低いと蒸気圧力が不安定となり、圧力変動が一定域を超えてしまうと、その間に加硫していたタイヤは品質不良（スクラップ処理）となる

3. 研究開発成果について(2) 設備設計

当実証実験に際し、主要設備を4つに分けて設計を行った

対象	機能
①トレーラー置場	工場外より 圧縮水素ガス をトレーラーにて搬入する
②ガス設備・配管	水素ガス受入および減圧、ガス消費設備であるボイラに適正圧で供給する
③ボイラー	ボイラで水素ガスを燃焼させて蒸気を得る
④蒸気系統	生産ラインの蒸気消費設備であるタイヤ加硫機に蒸気を送る

①トレーラー置場



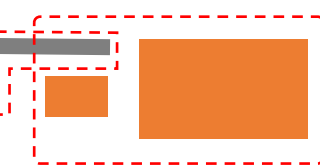
散水用水槽

②ガス設備・配管



制御盤・電源盤

③ボイラー



④蒸気系統

3. 研究開発成果について(2) 設備設計

① トレーラー置場

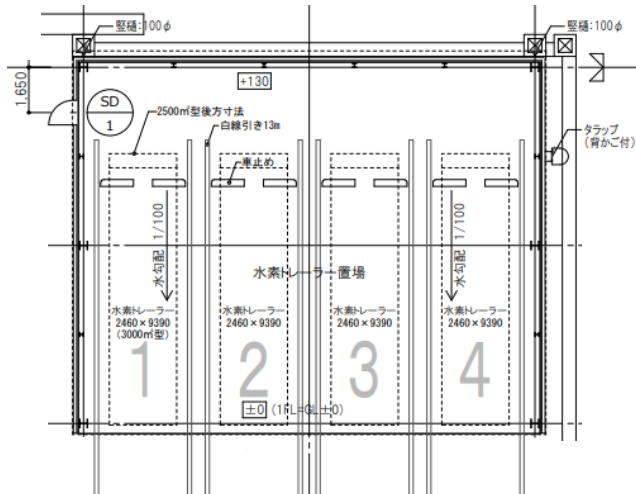
水素使用量に応じた建屋サイズと水素ガスの特徴を考慮した建屋仕様を検討

1. 建屋サイズ

水素ガス使用量 : 8600Nm³/日
(水素ボイラでの最大使用量)



トレーラー4台分に相当

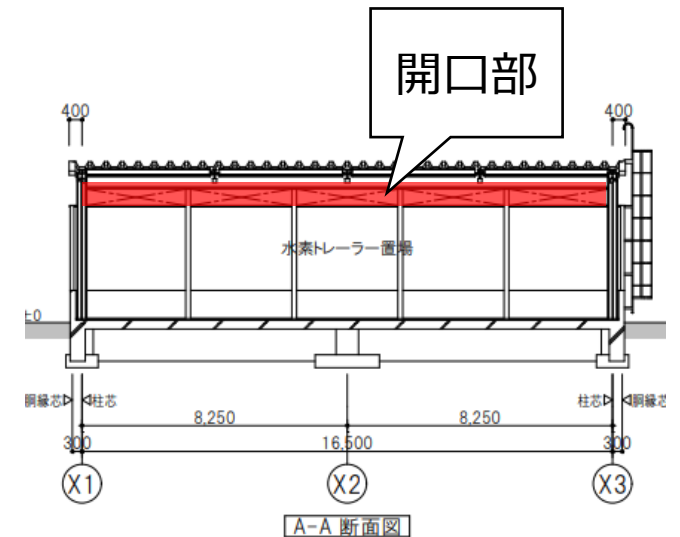
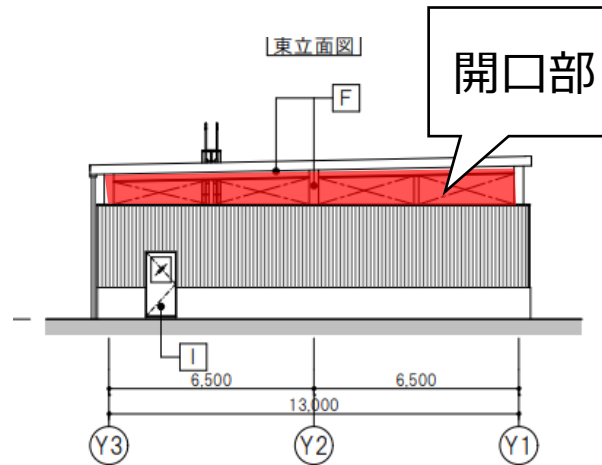


建屋平面図

2. 建屋形状

水素ガスは軽く、燃焼範囲が広い特徴があるため
以下に留意した仕様とした

- ・建屋上部に開口を設けて通気性を確保
- ・電気系統は防爆仕様、水素ガス検知器を設置



建屋図面

3. 研究開発成果について(2) 設備設計

②ガス設備・配管

圧縮水素の減圧機構、水素特有の安全仕様の検討を実施

1. 圧力差への対応

2段減圧により圧力差に対応

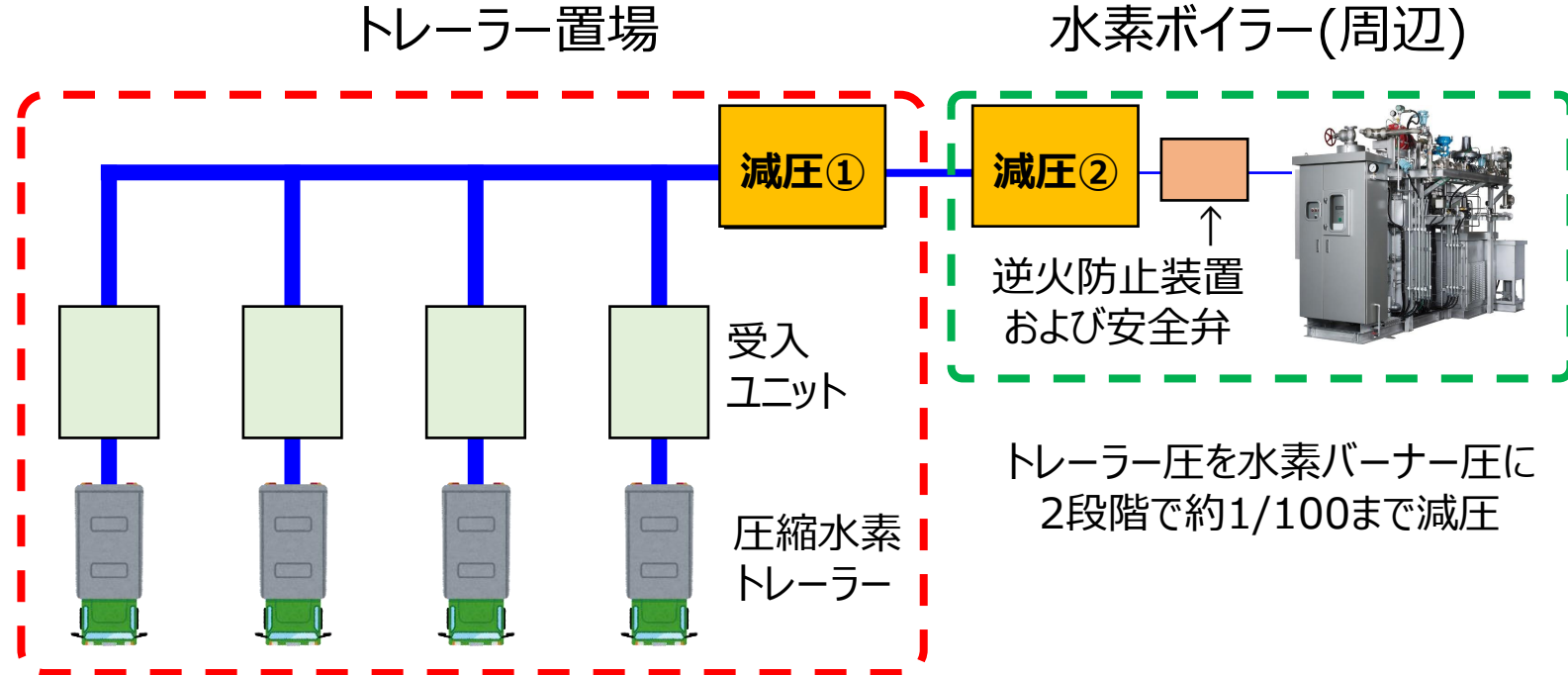
2. 燃焼設備との接続

逆火防止装置の設置

3. 機器の保護

ボイラ緊急遮断時の
圧力上昇防止のため安全弁設置

水素ガス受入供給系統概要



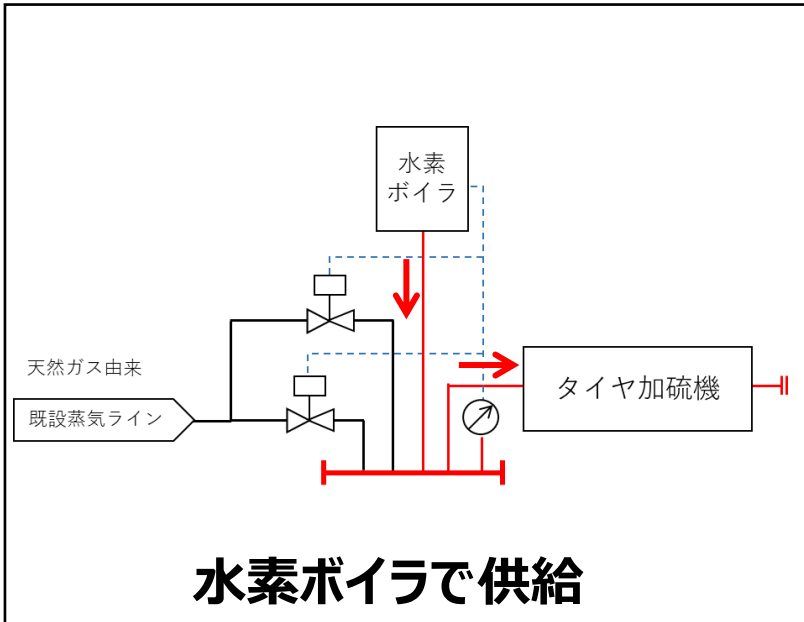
3. 研究開発成果について(2) 設備設計

③ボイラー ④蒸気系統

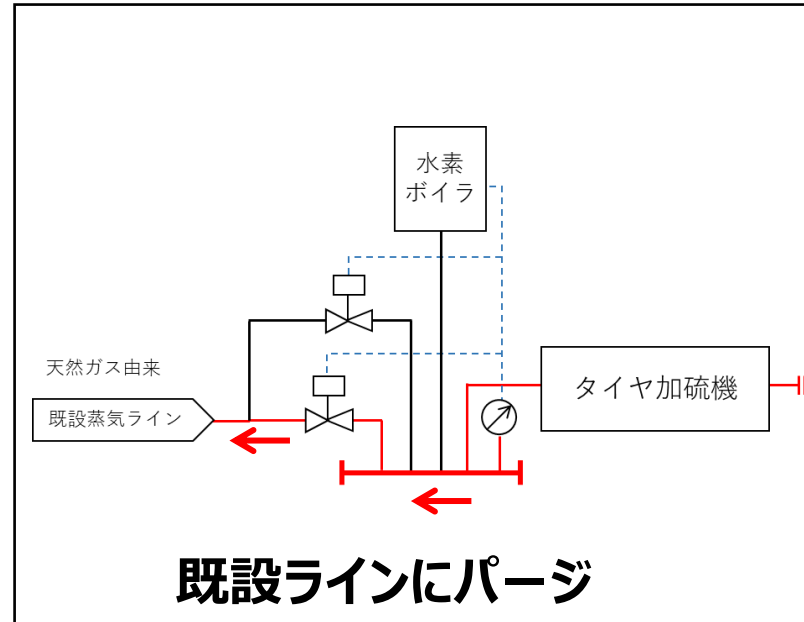
水素ボイラー単独で製造工程を賄う前提だが、既存配管でバックアップできる設計
(蒸気の過不足時のエネルギーロスと品質不良を防いで安定生産を図る)

制御方法

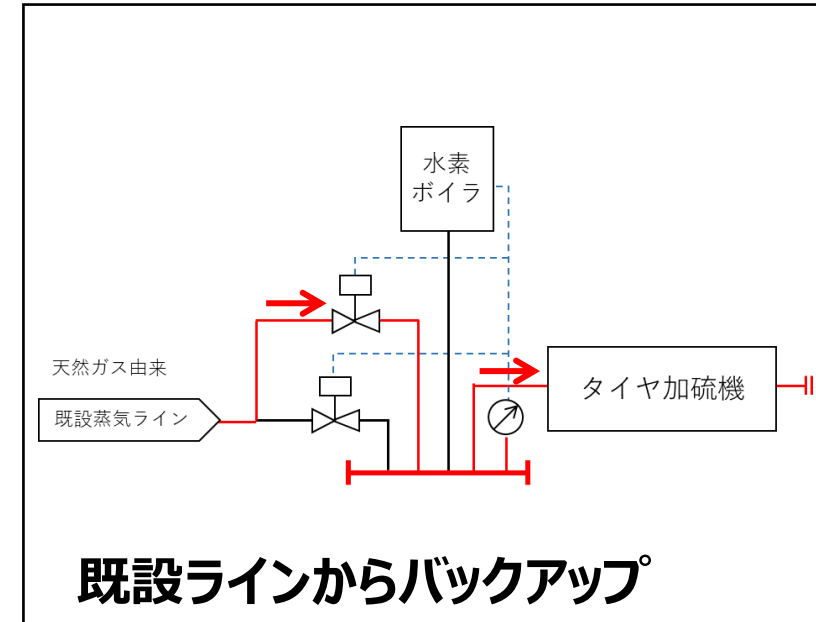
1. 通常時



2. 蒸気過剰



3. 蒸気不足



製造工程で段階的に燃料転換を行う過渡期には必要なリスク軽減措置

※ 実証実験ではバックアップ不要の安定生産できる運用を図る

3. 研究開発成果について(3) NOx削減の取組み

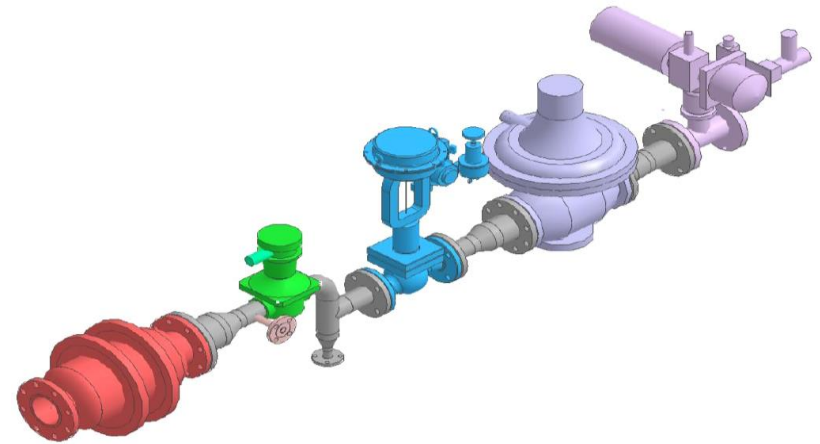
①低NOxバーナ燃焼機構

燃焼用空気を高速で噴出することで炉内の燃焼ガスを誘引し、燃焼反応を緩慢化して局所的な火炎の温度上昇を抑制させ、NOxを低減させる。これにより規制値(大防法/100ppm)は達成見込みだが、今回の相当蒸発量に合わせたバーナスケールの変更によって、さらなるNOx減少を図る。

②水素燃料流量制御

今回の使用流量範囲に応じた水素燃料配管の流量コントロールの安定化を検証中。

⇒水素使用量をメーカーに提供し、シミュレーションを予定。



③缶体の高圧対応

水素専焼低NOxバーナー専用の小型貫流ボイラ缶体（常用圧0.98MPa）をベースに、高圧でも使用可能な缶体を設計して検証中
※これまでニーズが無く、メーカーによる新規開発案件

3. 研究開発成果について(4) 水素実証に関する講演、記事、イベント

日付	種類	取材及び講演主催など
'21 9月24日	イベント	住友ゴム工業(株)サステナビリティ長期方針のオンライン説明会で水素の活用について説明。数社により記事化
'21 10月18日	講演	福島県工業クラブのオンライン講演会
'21 12月15日	記事	自動車タイヤ新聞（業界紙）
'22 4月27日	イベント	白河工場にて水素設備の安全祈願祭(地鎮祭)開催し、数社により記事化
'22 5月27日	講演	福島県経営者協会・立教志塾共催の講演会
'22 6月1日号	記事	ガスレビュー（工業ガス業界誌）
'22 6月14日	講演	白河地域再生可能エネルギー推進協議会
'22 6月17日	講演	関西学院大学商学部 教養基礎（環境） ※授業
'22 6月20日	講演	(公財) 福島県産業振興センター エネルギー・エージェンシーふくしま 第1回水素分科会
'22 7月	記事	ゴム報知新聞（業界紙）

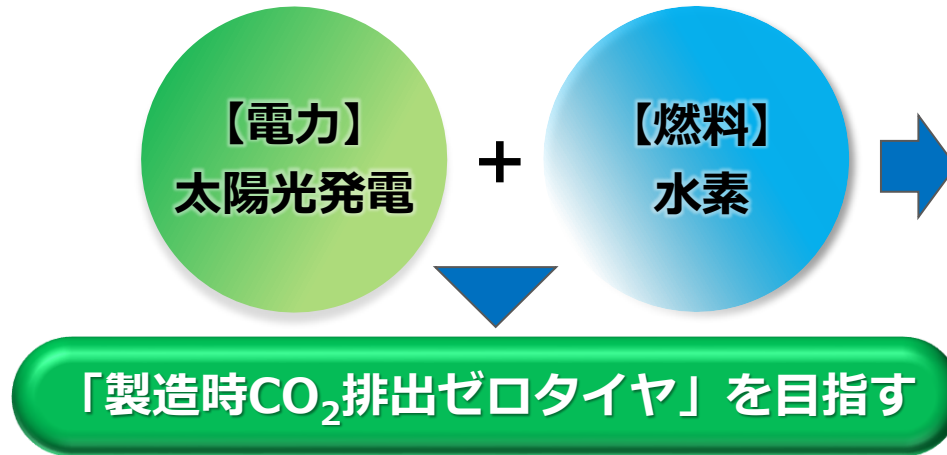
水素ボイラーと太陽光発電を合わせてCO₂排出ゼロへ

高性能タイヤを製造
する生産システム



NEO-T01

NEO-T01の全工程をクリーンエネルギー化



2021年8月
実証実験開始

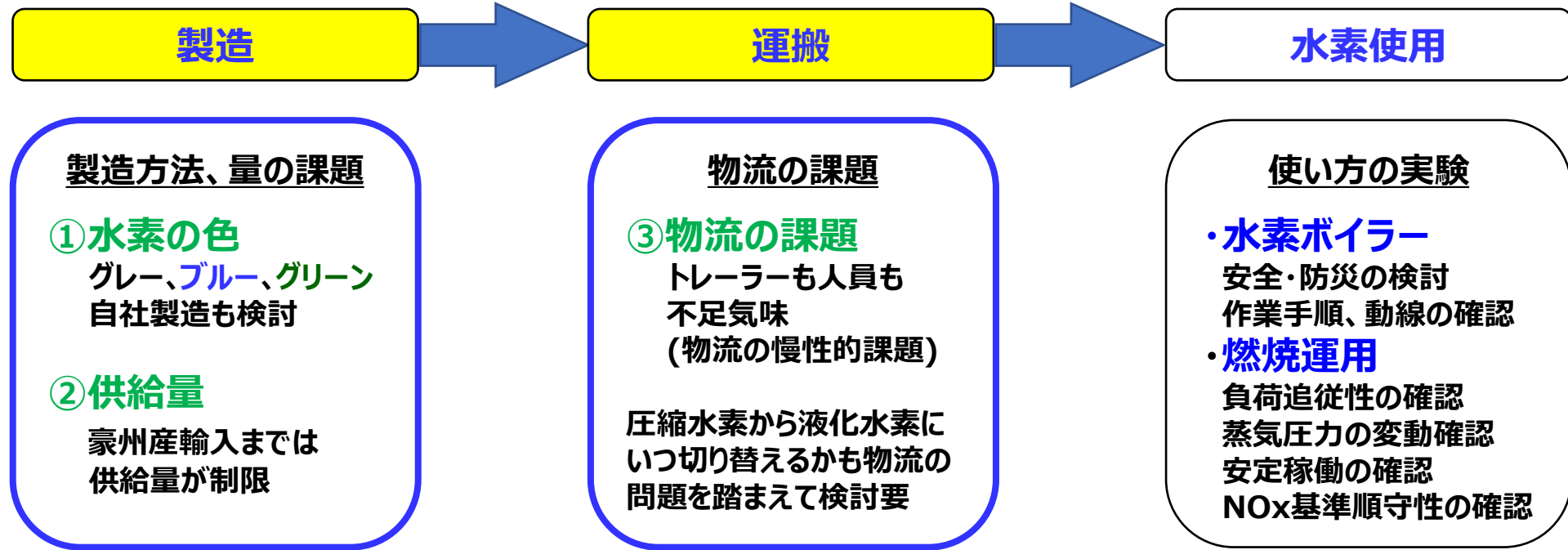
2023年
製造開始



福島県から国内工場、そして海外工場へ展開を検討



4. 今後の見通しについて(2) 実用化・事業化の課題と対応方針



	2024	2025	2026	2027	2028	
CO2削減量(t-CO2/y)	320	640	640	750	750	当面は対象ラインの安定稼働を図る
設備対応	量産ライン転換		増設の検討			より量産化できる製造ラインに水素蒸気を導入 20年代後半にはボイラーやタービンの増設を検討
水素供給	供給、確保の検討			→		敷地内製造や液化水素への転換を検討する
収益	水素価格変動による改善 付加価値向上による改善			→		製造時CO2が排出ゼロであることを付加価値にできるよう、最適なタイヤ種の製造検討を進め、 2030年をメドとして収支均衡を図る

**実証実験後、量産品に切り替える生産拡大を検討中だが、
拡大を図る上でのネックは水素の供給**

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



住友ゴム工業株式会社
SUMITOMO RUBBER INDUSTRIES, LTD.