

## 樹脂ウォーターパイプの開発

木野 等<sup>\*1</sup>, 久保田徳道<sup>\*1</sup>

## Development of Plastic Water Pipe

Hitoshi Kino<sup>\*1</sup>, Norimichi Kubota<sup>\*1</sup>

## 要旨

エンジン冷却システム・HVユニット冷却システムなどの冷却配管に用いられる自動車用樹脂ウォーターパイプについて紹介する。

従来の冷却配管の一部に金属ウォーターパイプが使用されていたが、軽量化・低コスト化・搭載自由度向上などが求められている。

そのニーズに対応する為、ウォーターアシストインジェクション工法を適用した樹脂ウォーターパイプを開発し、量産化を実現させたので、その開発事例を紹介する。

## Abstract

Here, we introduce the automotive resin water pipes used in the cooling piping such as used for the engine cooling systems and the inverter unit cooling systems for hybrid vehicles.

Metal water pipes, which have been used for some conventional cooling piping, have been requiring such as lightweight, cost reduction and mounting flexibility improvement.

To meet these needs, we developed the resin water pipes applied a water-assist injection method and realized the mass production, so we introduce a case of development.

## 1. はじめに

近年、環境対応意識の高まりから法的な燃費規制の強化を背景に、燃料電池車、電気自動車が注目されている中で、ハイブリッド車、ガソリン車、ディーゼル車も同様に更なる低燃費化が求められている。

その対応のアイテムの1つとして、車両全体の軽量化・部品レベルでの軽量化が挙げられており、金属部品の樹脂化技術が実現に向けた1つの鍵となる。

一方、燃費向上技術として、ガソリン乗用車では、直噴化とターボを組み合わせたエンジン小排気量化（ダウンサイジング）がトレンドとなっている。

エンジン小排気量化や低燃費仕様で、背反となる動力性能の低下をターボ適用によりレベルアップ・補完させるものである。

課題として、ターボ適用に伴い過給器やインタークーラーなどの部品追加が挙げられ、エンジン質量及びコストが増加し、搭載スペースも減少する傾向にある。

本稿ではレクサス NX 向け水冷式インタークーラー冷却用配管（図-1）をウォーターアシストイ

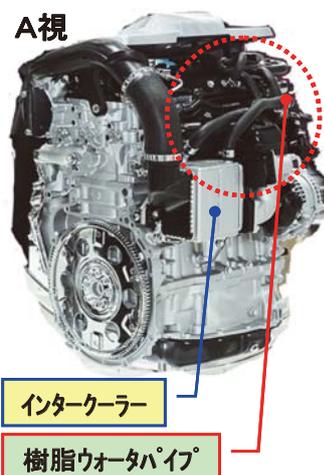
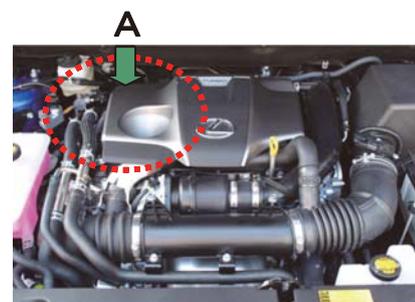


図-1 搭載位置

\*1 FC 技術部 エンコパ部品技術室

ンジェクション工法（以下、WAI工法）の適用にて樹脂化し、金属ウォータパイプの場合と比較して約25%の軽量化を図った開発品（図-2）を紹介する。

WAI工法を適用し量産化した自動車用樹脂ウォータパイプとしては、日本初の製品となる。

## 2. 樹脂ウォータパイプの概要

### 2-1. 製品概要

図-2に示す樹脂ウォータパイプは、ターボの吸気冷却用水冷式インタークーラーへ冷却水を供給・循環させる為の配管であり、WAI工法を適用し成形したものである。

図中の矢印方向は冷却水の流れ方向を示す。

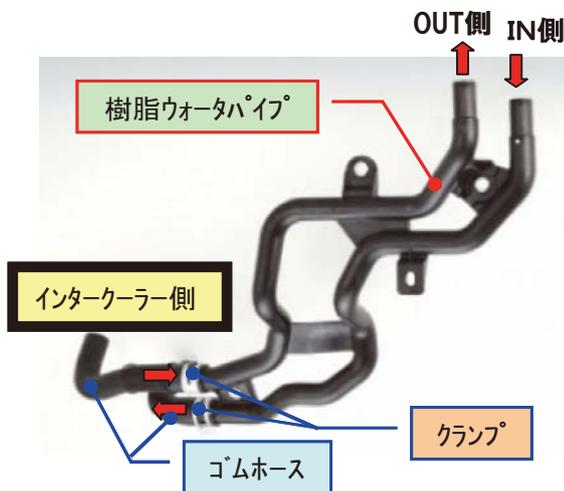


図-2 樹脂ウォータパイプ

樹脂ウォータパイプの要求品質項目と設計のポイントを下記に示す。

- (1) 長期劣化後の目標パイプ強度
  - ・耐 LLC 劣化性・耐水蒸気劣化性に優れた樹脂材料の適用
  - ・部位別の外力付与・LLC 内圧付与に耐えうる部位別の目標パイプ肉厚確保
- (2) 目標圧損特性
  - ・目標最小断面積確保（パイプ薄肉化）
- (3) 目標コンタミ規制
  - ・初期状態から長期劣化までのパイプ内面の樹脂剥がれ防止（内面状態）
  - ・耐 LLC 劣化性・耐水蒸気劣化性に優れた樹脂材料の適用
- (4) 軽量化
  - ・低比重大な樹脂材料の適用
  - ・パイプ部の薄肉化，偏肉・偏芯の抑制
- (5) 低コスト化
  - ・低コストな樹脂材料の適用
  - ・パイプ部の薄肉化，偏肉・偏芯の抑制

### 2-2. 工程概要

WAI工法の概略を図-3に示す。初めに、一般的な樹脂射出成形機を用いて金型のキャビティー内に溶融樹脂を射出・充填する。

次に、ウォータアシスト制御装置にて金型内に設置されたバルブを開閉制御し、キャビティー内

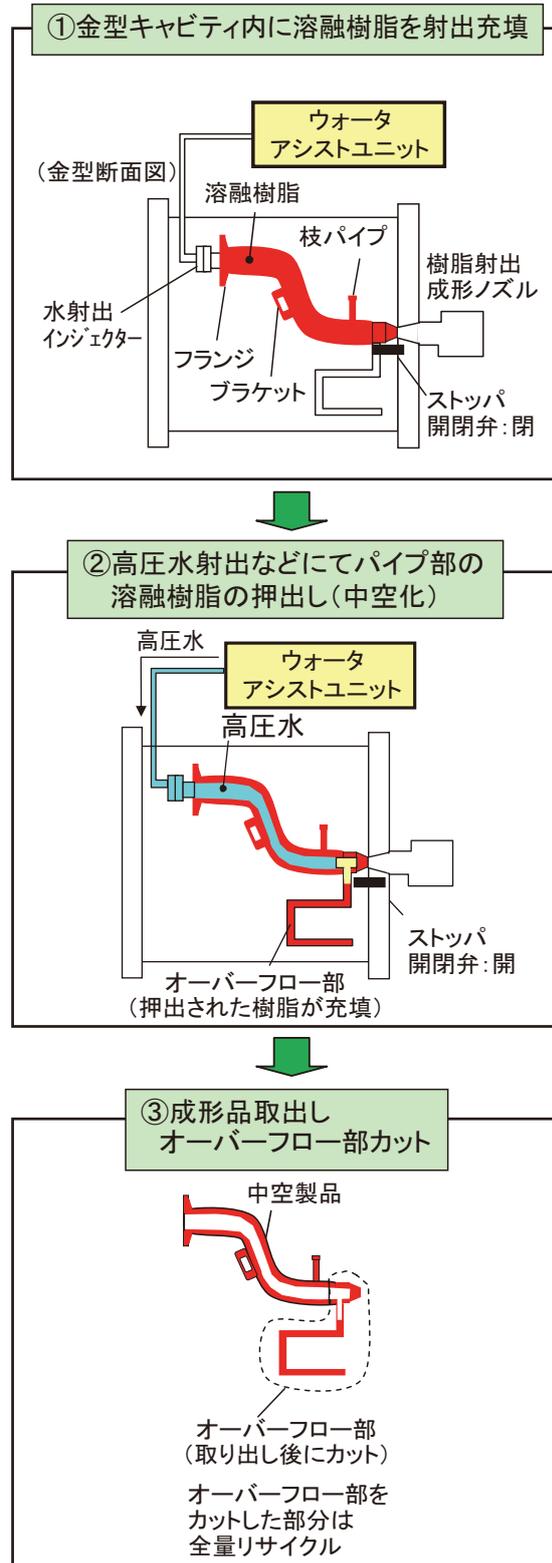


図-3 WAI工法の工程概要

に高圧水を注入する事で、熔融樹脂の一部をオーバーフロー側へ押し出し製品部を中空状にする。

最後に、キャビティから成形品を取り出し、製品以外の部分を切断し、製品部を形成させる。製品以外の切断された部分は、粉碎工程を経てリサイクル材として活用され、適用製品に求められる目標材料強度を確保可能な範囲内のバージン材とリサイクル材との配合比率に設定した樹脂材料で成形工程へ循環供給する。

### 2-3. 適用材料

冷却用水系配管に適用する樹脂材料は、使用環境条件下での長期劣化後の強度保証を確保する為、低吸水性（耐LLC封入劣化性・耐水蒸気劣化性）・リサイクル材配合状態での強度低下特性・耐熱性・耐塩化カルシウム性・耐薬品性に優れている必要がある。

同時に、量産化の為に成形性・材料コストなども考慮して、最適なバランスが取れた樹脂材料を選定する。

図-2にて示したWAI工法樹脂ウォーターパイプでは耐熱性・材料剛性・成形性に優れ、比較的安価なナイロン66材と低吸水性・耐塩化カルシウム性を考慮して長鎖脂肪族ナイロン材を配合したベースポリマーに、更に材料剛性を確保する為ガラス繊維も含有させた樹脂材料を適用した。

### 2-4. 設計自由度

WAI工法の適用による樹脂化により、金属ウォーターパイプでは加工困難な複雑形状に成形する事が可能となる。

例えば、WAI工法の適用にて三次元形状に曲がったパイプ部と枝パイプ部とブラケット部を一体同時成形が出来て部品点数削減が図れる(図-4)。

更に、パイプ部の断面形状を相手部品との搭載隙が狭い部位においては、制約条件付きではあるが部分的な異形(楕円形状・拡張管など)への対応も可能(図-5)であり、設計自由度向上が図れる。

狭いエンジンルーム内の金属パイプで困難だった配索が、WAI工法の適用により搭載可能となる場合が増える。

但し、WAI工法において大径パイプの場合や、パイプ曲がり角度が90°以上の場合や、偏平率が大きい場合には、パイプ肉厚が厚肉傾向や偏肉傾向にあり、低コスト化・軽量化・圧損・成形収縮変形などに対して背反項目が発生する為、適用を避けることが望ましい。

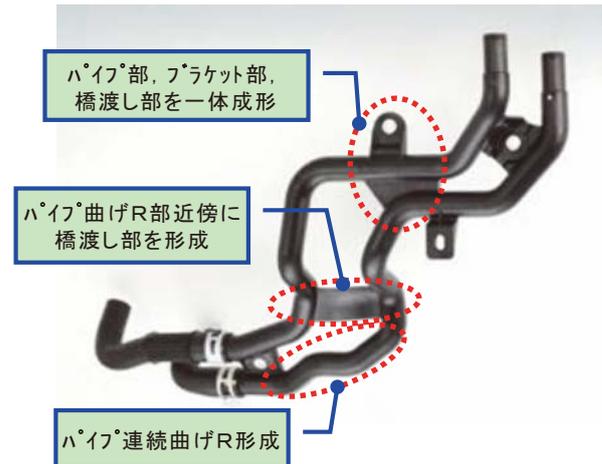


図-4 WAI工法の設計自由度の特徴(事例1)



図-5 WAI工法の設計自由度の特徴(事例2)

### 2-5. WAI工法のパイプ肉厚形成

図-6では、WAI工法におけるパイプ肉厚の形成される過程での概略内容について各ステップ毎に説明する。

【STEP 1】金型キャビティ内に、通常の樹脂射出成形と同様に、熔融樹脂を充填した直後から、金型による冷却によりキャビティに接触した熔融樹脂面が固化し、外側スキン層が形成される。

【STEP 2】金型キャビティ内に水射出インジェクターから高圧水を同時に押し込み、熔融樹脂をパイプ先端に向かって押し出され、高圧水に接触した熔融樹脂面が固化しつつ、内側スキン層が形成される。

【STEP 3】同時に高圧水の水圧にてパイプ外周に向かって拡張され、パイプ肉厚がより薄肉化傾向になる。

【STEP 4】パイプ肉厚部が完全に固化し、パイプ形状が形成される。

熔融樹脂の射出状態条件、熔融樹脂の外側スキン層・内側スキン層を形成させる条件などを制御させる事により目標パイプ肉厚が設定通りになるようにしている。

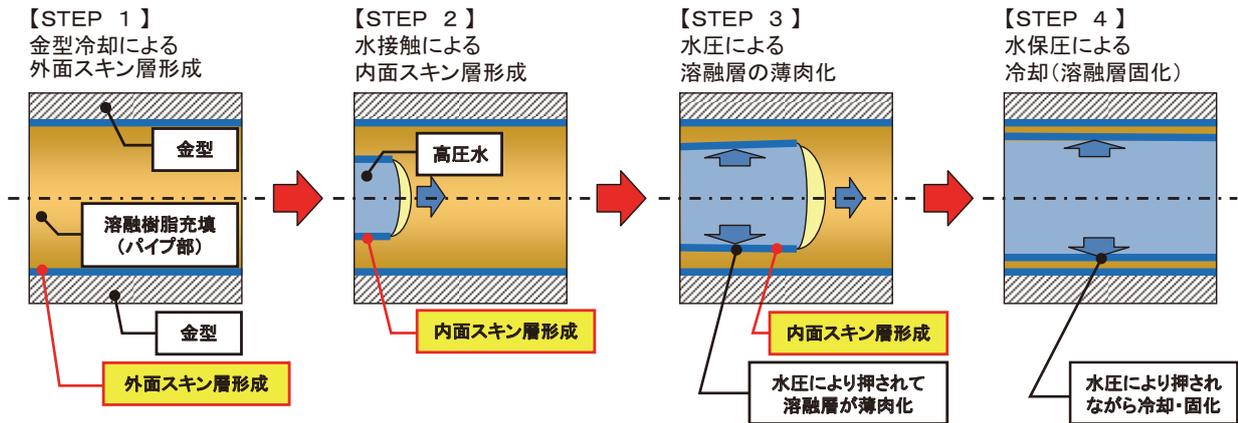


図-6 WAI工法のパイプ肉厚形成の過程

## 2-6. WAI工法水射出条件とパイプ肉厚

樹脂ウォーターパイプのパイプ肉厚設定においては、強度と圧損の要求性能を満足させる事が求められる。

強度面では、応力目標を満足出来る必要なパイプ肉厚以上を確保させる必要がある。

一方、圧損面では、通水抵抗目標を満足出来る必要なパイプ断面積以上を確保するため、必要なパイプ肉厚以下を満足させる必要がある。

つまり、強度と圧損の双方はパイプ肉厚としては背反関係にあり、両方を満足させる為にパイプ肉厚において上下限の範囲設定をする事となる。

パイプ肉厚の目標設定範囲内に収まるようにパイプ肉厚の特性要因と関係する成形条件因子を制御する必要がある。

成形条件を変えるとパイプ肉厚とパイプ内面の状態は図-7に示すように変化する。

樹脂ウォーターパイプにおいて、初期状態から長期劣化後までにLLC流速・LLC圧力・LLC封入劣化などによりパイプ内面から樹脂屑やガラス繊維が剥離しないようにして、その異物が冷却配管回路中に循環・堆積する事で車両へ悪影響を及ぼさないようにしなければならない。

また、パイプ内面に凹凸部は存在するが圧損へ影響しないレベルの内面粗度以下に設定する必要がある。

図-8にパイプ内面状態の事例を示す。

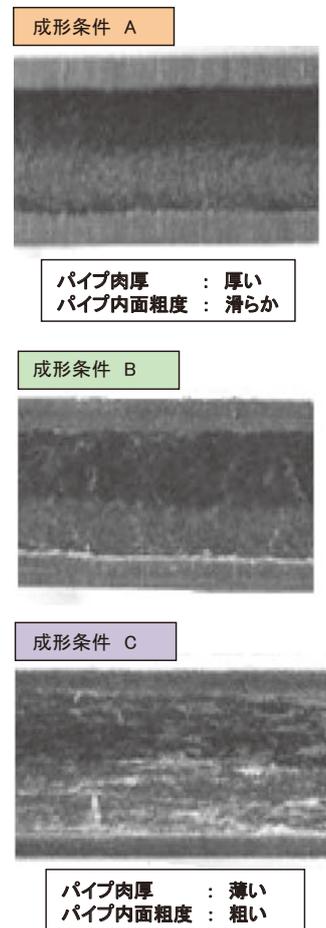


図-7 成形条件別のパイプ内面状態の事例

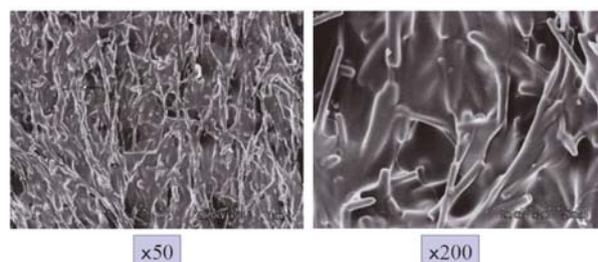


図-8 パイプ内面状態の事例

### 3. 技術の概要

#### 3-1. 性能

WAI工法樹脂ウォーターパイプにおける冷却性能に影響する圧損特性の一例を図-9に示す。

樹脂ウォーターパイプの内径（肉厚）を制御する事で金属ウォーターパイプと同等レベルの流量性能を確保している。

強度面において、CAE解析にてパイプ最小肉厚目標を設定し、製品での強度評価にて要求強度を満足する事を確認した。

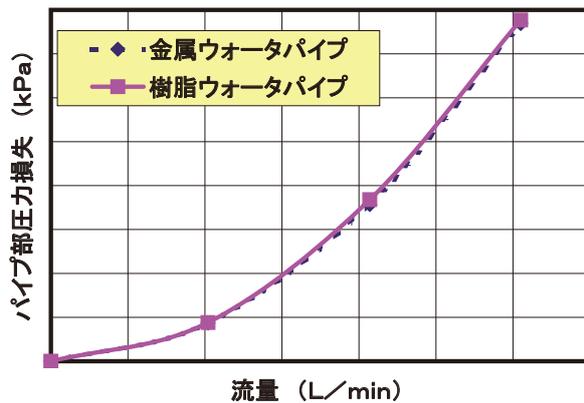


図-9 金属ウォーターパイプとの圧損特性比較

#### 3-2. パイプ肉厚状態

パイプ肉厚は前記で述べたように強度面、圧損面で重要な因子である。そのパイプ肉厚状態の一例として、図-2に示す樹脂ウォーターパイプ部のX線撮影写真を図-10に示す。

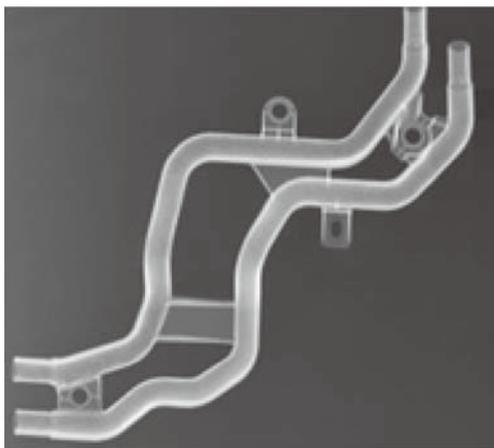


図-10 X線撮影によるパイプ肉厚状態の事例

### 4. おわりに

今回紹介したWAI工法樹脂ウォーターパイプは、レクサスNXにて量産化に成功した。今後、他車種にも適用拡大して行く予定である。

最後に、本製品の開発、量産化に際し、御支援・御指導頂いたトヨタ自動車株式会社 エンジン設計部の皆様に、お礼を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 久保田徳道, 木野等: 豊田合成技報, vol.56, p.94 (2014)
- 2) 大聖泰弘: 自動車技術, vol.70, No.9, p.4 (2016)
- 3) 前田義男: 自動車技術, vol.70, No.8, p.92 (2016)
- 4) 光森清富, 早崎悟, 棚橋朗: 自動車技術, vol.70, No.8, p.141 (2016)
- 5) 中田浩一: トヨタ・テクニカル・レビュー, vol.60, No.230, p.15 (2014)

#### 著者



木野 等



久保田徳道