

# てくのすこーぷで見たロケット技術の発明

技術開発の現場で生まれた「発明」は、特許という知的財産になります。

このコーナーでは、その発明の裏側にあるエピソードについて、特許を用いてご紹介します。

今回は、2011年度群馬県発明協会会長賞を受賞した

「熱衝撃に強い炭素複合材料によるロケットノズル製造方法に関する特許」を、のぞいてみたいと思います。

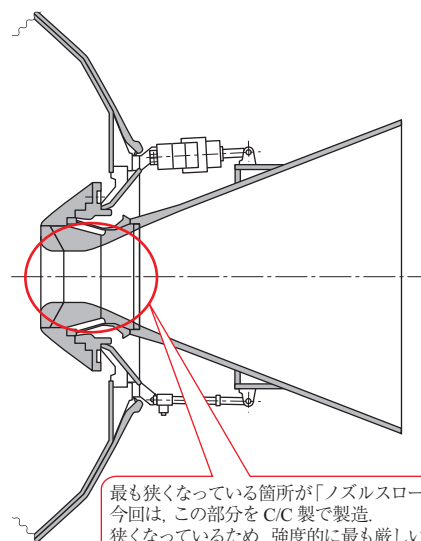


©JAXA

2010年、皆さまに感動を与えた「はやぶさ」は、まだ記憶に残っているかと思います。7年60億kmの旅、その始まりのエピソードの一つに株式会社IHIエアロスペースの「三次元炭素繊維強化／炭素複合材（三次元C/Cコンポジット）」の開発物語がありました。

IHIエアロスペースは、日本の宇宙開発に当初から参画しており、固体ロケットとして世界最高水準の性能をもつM-Vロケットを製品として有していました。M-Vロケットは、全段固体燃料を使用した3段および4段式のロケットで、X線天文学や赤外線天文学などの発展に貢献し、月や惑星探査に代表される太陽系科学のミッションにも利用されたことで有名です。このM-Vロケットの底部には大きな噴射用のロケットノズルがあります。ノズルの根元は幅が狭く、エンジンから燃焼ガスが高速に噴射されると、ここには大きな力が掛かります。ここはスロットと呼ばれています。水を流しているホースの出口をつぶした場合を考えるとイメージしやすいと思います。ホースをつぶすほど水が勢いよく出ます。この勢いはロケットを進める推力と同じです。ホースをつぶされた部分ははどうでしょう？流れてくる水の圧力

が集中しています。M-Vロケットの噴射ノズルも同じで、この部分は衝撃にも熱にも強い材料でなくてはなりません。それまでは黒鉛が使われていました。しかしより高い推力を得るためには、もっと強く壊れにくい材料で製



最も狭くなっている箇所が「ノズルスロット」  
今回は、この部分をC/C製で製造。  
狭くなっているため、強度的に最も厳しい仕様が要求される。

ロケットノズル部の概略  
(登録公報特許3666710より)



「はやぶさ」を搭載した M-V 5 号機打上げ  
©JAXA



実際に製作した M-V 大型ロケットノズルスロート

造する必要がありました。こうして、三次元 C/C コンポジットで、直径 1 m 級のノズルを製造する技術の開発がはじまりました。

この三次元 C/C コンポジットとは、黒鉛と同じ炭素成分を繊維にして織り、その層に直交する方向にも繊維が通っている部材のことです。

ロケットノズルは高温の燃焼ガスによって削られ、これによりロケットの推進力が低下します。この削られる現象はエロージョンと呼ばれますが、ノズルの材料である三次元 C/C コンポジットの密度と関係があり、エロージョンが問題ならない程度に抑えるには、密度を  $1.80 \text{ g/cm}^3$  以上としなければいけないことが分かりました。これは、世界に前例のない値です。それまで、アメリカとフランスでは大型の三次元 C/C コンポジットの開発例はあるものの、これほど高い密度を実現した前例がなく、手探り状態からの開発でした。

試行錯誤の日々でした。炭素繊維の隙間に細かな炭素粒子（カーボンブラック）を<sup>すき</sup>浸み込ませる「カーボンブラック含浸技術」、繊維とカーボンブラックを固める

ためにコールタールから作られるピッチを浸み込ませて改質する「ピッチ改質技術」、さらに、熱硬化性であるフラン樹脂を使って残った小さな隙間を埋めて緻密にする「フラン樹脂含浸／炭素化技術」などを結集し、密度  $1.80 \text{ g/cm}^3$  を超える材料の混合比、焼き上げる温度、圧力などをつきとめました。そして、当時世界一のノズルスロートを製造することが可能になりました。これが発明「C/C コンポジットの製造方法、ロケットノズルおよび再突入カプセル（特許第 4 356 870 号）」です。

2003 年に M-V ロケット 5 号機が打ち上げられました。この発明で製作された三次元 C/C コンポジットが、過酷な条件である 1 段目ノズルに採用されました。この M-V ロケット 5 号機で無事打ち上げられたのが「はやぶさ」です。

いかがでしょうか？皆さまに感動を与えた「はやぶさ」の成功を、技術者たちの工夫と努力の結晶である、当時世界一の三次元 C/C コンポジットによるノズルスロートの製造特許が、陰からしっかりと支えていたのです。

（文責 知的財産部）