

生産加工技術を支える

# 機 械 と 工 具

2015  
8



工場における  
環境・省エネ技術の実際

High Quality Toolings

**BIG**  
BIG DAISHOWA

防振ダンパー内蔵型精密ボーリングヘッド

## SMART DAMPER EWN HEAD

スマートダンパー EWNヘッド



加工径:  $\phi 41 \sim \phi 150$

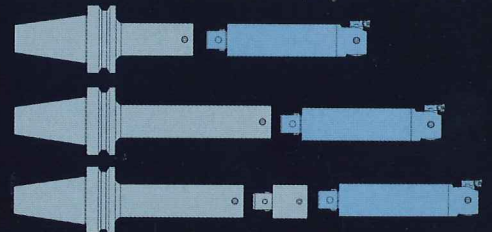


信頼性の高い目盛盤

バーニアが付いて  
1ミクロン調整が可能



豊富な標準CKシャンクとの組み合わせで工具レイアウトが自在



高 品 位 合 衆 国  
**大昭和精機株式会社**

[www.big-daishowa.co.jp](http://www.big-daishowa.co.jp)

# ナノカーบอนを配合した 水溶性切削・研削液「カーボンキュール」

森田 修司\*

## 1. はじめに

現在使用されている切削油、研削油は、いくつもの問題を抱えている。たとえば、切削工具における工具寿命の問題、研削加工では砥石の目詰まり、また作業性で見ると、ワーク洗浄の煩雑さ、さらに環境面では、腐敗・悪臭の問題、作業者の皮膚の荒れ、べた付きなど、多くの解決すべき項目が挙げられる。

それらの主な原因となっている油である。その油をまったく使用せず、ナノカーบอนを配合することで加工液としての性能を高めた、水溶性切削・研削液「カーボンキュール」を開発した。ここでは、カーボンキュールの特徴、その優位性を紹介する。

## 2. 現状の切削・研削油

現在、加工現場で使用されている切削・研削油は、潤滑作用を目的とした「不水溶性切削・研削油」＝「油性」と、冷却作用を目的とし、水を希釈して使用する「水溶性切削・研削油」の2つのタイプに大別される。

そのうち、「水溶性切削・研削油」は、「エマルジョンタイプ」、「ソリュブルタイプ」、「ソリューションタイプ」の3つに区分される。それぞれ10～30倍に希釈して使用する。

「エマルジョンタイプ」は、鉱物油を乳化させたもので水に溶解すると乳白色になる。成分は、防錆剤、極圧剤、油性剤、界面活性剤、防腐剤、消泡剤、鉱物油など。また、「ソリュブルタイプ」も鉱物油を乳化させたもので、水に溶解すると半透明な白色になる。成分は、防錆剤、極圧剤、油性剤、界面活性剤、防腐剤、消泡剤、鉱物油、水。そして「ソリューションタイプ」は、鉱

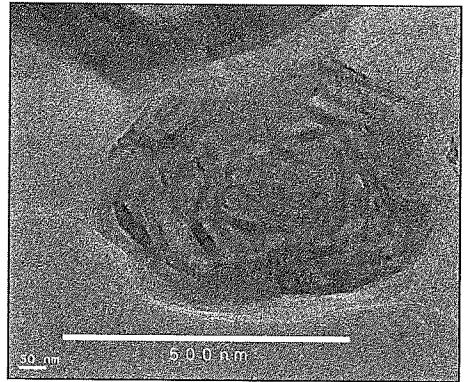


図1 オニオンライクカーボン (ナノカーボン)  
φ400～700nm

物油を使用しないもので、水に溶解すると透明になる。成分は、防錆剤、油性剤、防腐剤、消泡剤、界面活性剤、水である。

これらに含まれている鉱物油および界面活性剤が、そのままでは分解できず、自然には戻らない環境負荷物質であり、環境面からみると大きな問題を抱えた物質である。

## 3. カーボンキュールの特徴

カーボンキュール (CL) には、大きく2つの特徴がある。一つ目の特徴が、鉱物油、界面活性剤を一切使っていないことである。従来、鉱物油が潤滑を受け持ち、加工を進めていた。これに代わるものとして今回使用されているのが、オニオンライクカーボンというナノカーボンである。これは、玉ねぎのように層状になった球状のカーボン粒子で、大きさは直径400～700nm (図1)。水溶性切削液中では、1L中に推定40兆個が分散して存在している。

カーボンキュールの外観は、使用時の状態 (10倍に希釈した状態) では、透明の容器に入れると黒く見える (図2)。これはナノカーボンが、1つ、1つは小さくて肉眼では見えないものの、多

\*MORITA, Shuji/株研削研磨 専務取締役

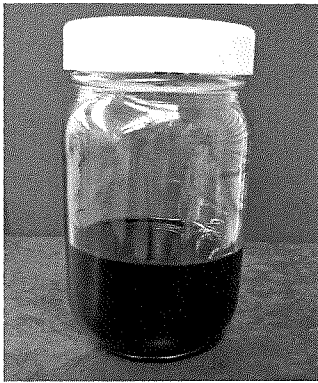


図2 10倍に希釈したカーボンキュールの外観

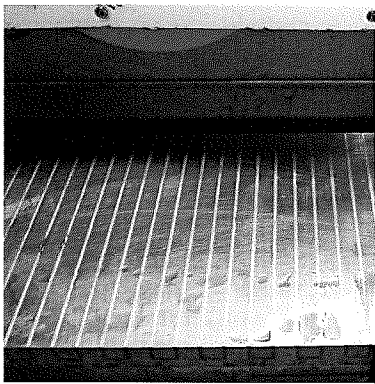


図3 カーボンキュールが排出された状態ほぼ透明である

数あることで黒く見えるため、排出される時にはほぼ透明となる（図3）。工作機械、ワークが黒くなることはない。

カーボンには自己潤滑性があり、またオニオンライクカーボンは丸い形状をしているため、摩擦係数を低減する。加工時には、オニオンライクカーボンが工具とワークとの間に入り込み、ベアリング潤滑を行うと考えられる（図4）。

#### 4. 切削・研削液としての役割

##### ① 潤滑性

切削・研削液の重要な役割の1つが潤滑性である。従来の水溶性切削・研削液をタイプ別に見ると、摩擦係数が一番小さいのはエマルジョンタイプであった。これは油分が多いためである。摩擦係数試験の結果では、原液での比較で、エマルジョンが動摩擦係数0.301であるのに対し、カーボンキュール（CL）は、0.220とさらに小さい値を示しており、潤滑性が高いことを示している。

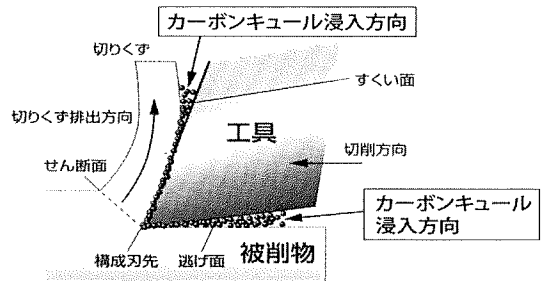
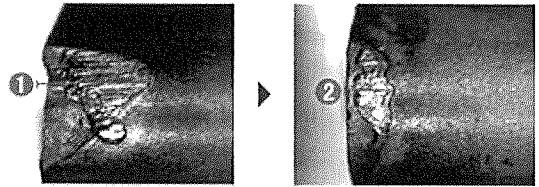


図4 加工時にカーボンキュールが作用する概念図



① 従来品 1.0753mm  
② カーボンキュール 0.4215mm  
機械：NC旋盤（オークマLC-20）  
加工：黒皮剥き  
工具：インサート

図5 工具寿命比較試験結果

##### ② 冷却性

もう一つの役割が冷却性である。エマルジョンタイプは油を多く含むため、冷却性が低い。ソリューションタイプは、界面活性剤が入っているが油が入っていないため、冷却性は高い。カーボンキュールは、ソリューションタイプと同様に油を含んでおらず、水が主成分のため、冷却性が高い。さらにカーボンは熱伝導性が高いため、加工点の熱を奪う働きをする。

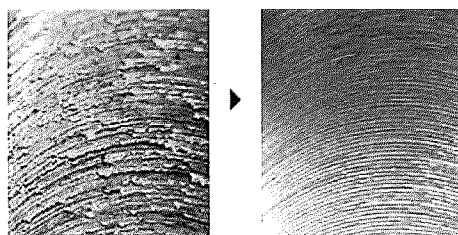
##### ③ 工具寿命延長・面粗度向上

カーボンキュールは潤滑性が高いため、他の水溶性切削・研削液に比べ、工具の摩耗を抑制することができる。平均1.5倍程度の工具寿命延長が期待できる。図5に工具寿命比較試験の結果を示す。

潤滑性が高いため、むしれ、かじりが抑えられ、加工面の面粗度も向上する。図6に面粗度が向上した加工事例を示す。

図5、6の事例は切削加工であるが、研削加工でも同様の結果が得られている。たとえば、純チタンをダイヤモンドホイール（#1,000）で加工した事例への適用（理化学研究所で実施）では、従来の研削液ではワークに入っていた微細な傷をなくすことができ、さらに面粗度も大幅に向上することが確認されている。





左：従来品、右：カーボンキュール  
 機械：マシニングセンタ  
 ワーク：S45C  
 工具：超硬エンドミルφ10mm  
 回転数：2,000min<sup>-1</sup>  
 送り速度：200m/min  
 切り込み深さ：0.05mm

図6 面粗度比較例

さらに、研削加工への適用で有効なのが、目詰まりの抑制効果である。ナノカーボンが、切りくずが砥石の気孔に詰まることを抑制する。目詰まりが抑制されると、ドレスの間隔もあけられるため、砥石の寿命も延びてくる。

加工後の洗浄工程でも大きな違いがある。従来、油を含んだ切削・研削液では、油膜が取りづらいなどの問題があったが、カーボンキュールでは、油分そのものがないため、洗浄が容易になる。これまで、洗浄後に塗装を行う必要がある工程の場合、なかなか油膜がとれず塗装ののりにくいといったケースもあったが、カーボンキュールの場合には、洗浄が不要で、エアで吹くだけで塗装ののりが良くなり、洗浄工程をすべてカットできた事例もある。ただし、厳しい精度が要求される製品では、洗浄工程が必要となるが、従来に比べると、洗浄工程を大幅に縮小できる。

## 5. 環境面でのメリット

### ① 皮膚荒れの原因

皮膚荒れの原因の主なものは、鉱物油と界面活性剤である。鉱物油は、油疹を引き起こす。また、界面活性剤は、皮膚を脱脂してしまう。

現在、皮膚荒れに対応するためPHを下げた水溶性切削・研削液が販売されている。加工液を酸性にすると錆が出てしまうため、加工液は必ずアルカリ性である。PHが10を超えると強アルカリで人体に影響が出るため、ほとんどのものがPH8.5～9.5で維持している。選択できるPHの範囲は広くはなく、PHを大きく下げることで皮膚荒れ環境を是正することは困難である。カーボンキュールでは、もともと肌荒れの原因となる鉱物

油、界面活性剤を含んでいないため、安心して使用できる。

### ② 腐敗・悪臭の原因

切削・研削液の悪臭、腐敗の原因は「嫌気性菌」である。夏場は一般雑菌の活動が活発になることにより、液中の酸素濃度が低下し、嫌気性菌の増殖が起こり、「悪臭の発生」となる。カーボンキュールのナノカーボンは、酸素を抱きかかえる構造であるため、液中の酸素濃度低下を抑える働きをし、嫌気性菌の増殖を抑える。さらに、嫌気性菌の餌となる鉱物油、界面活性剤を含まないため、増殖を抑えることができる。

ただ、カーボンキュールも水で希釈する水溶性切削・研削液であるため、長く使用すると水が腐敗してしまうが、カーボンの触媒効果により、嫌気性菌から放出される硫化水素を無臭に分解する消臭効果が期待できる。

### ③ ベタ付き

カーボンキュールの場合、ベタ付きの原因である油分を含んでいないので、ベタ付きによる作業環境の悪化はない。ベタ付きのための機械内部の切りくずの付着などが無い。

### ④ 錆への対応

カーボンキュールの主な成分は、ナノカーボン、水、そして防錆剤である。水溶性切削・研削液では、水が錆を起こす原因となるため、すべて防錆剤を含んでいる。JIS規格である金属腐食試験を、アルミ鋳物、鋳鉄、銅、黄銅、鋼（SPCC材）、はんだなどを対象に実施した結果、従来の水溶性切削・研削液に比べて高い防錆性が確認されている。少なくとも、これまでの水溶性切削・研削液を使用して錆が出ていない材料に関しては、錆の心配はない。大手ユーザーの使用例では、事前に3か月間にわたる錆試験の結果、採用され、順調に稼働している実績もある。

## 6. カーボンキュールの狙い

切削・研削液自体のコストが生産コスト全体の占める割合は、1%程度と言われている。そのため、カーボンキュールの狙いは、ユーザーにおける「全体の生産コストダウンを図る」ことに置いている。具体的には、液自体の寿命が長いこと、「交換コスト」を50%低減、工具寿命が延びるため、「工具コスト」を30%低減、油分がないことにより「洗浄コスト」を50%低減できる。

またコスト全体の85%を占める「加工コスト」は、加工条件を上げられることにより、15%の低減が実現される。

さらに、加工品質の向上と安定性、人体への安全・安心の確保、作業環境の快適化など、多くのメリットをもたらすことができる。

## 7. カーボンキュールの種類

カーボンキュールは、4種ある。そのうち2種が工作機械に事前に搭載して使用するものである。

### ① カーボンキュールCL

鉱物油、界面活性剤を含まず、ナノカーボンで潤滑させるのが「カーボンキュールCL」である。使用方法は、従来の切削・研削液とまったく同様で、10~20倍に希釈し、使用する。濃度計で濃度管理できる。廃棄は、従来の水溶性切削・研削液と同様である。未使用の場合には、水で薄めると下水道などの水質汚染の基準値をクリアできるため、下水道に流すことも可能な製品である。

鉄、鋳鉄、銅など、多くの加工材料で優位性を示すが、SUS300系、アルミについては、優位性が乏しい。これは、SUS300系、アルミの場合、揮発性が良いため、加工部への浸透性が劣るためである。特に穴加工の場合には不適である。

### ② カーボンキュールALL

上記の課題を克服するために開発したのが「カーボンキュールALL」である。これは、植物性油脂を原液で8%程度含有している。エマルジョンの原液は、70~80%の油分で構成されている。「カーボンキュールALL」は使用時に水で希釈するため、使用される時には油分は1%以下になるが、ナノカーボンに加えて油分という2つの潤滑成分になるため、加工性能がさらに向上、SUS300系、アルミの加工にもある程度対応できる。従来の水溶性切削・研削液にくらべ、鉱物油ではなく、植物性油脂を少量添加していること、また油脂分がすくないため、界面活性剤も少量の使用に抑えているため、環境へのデメリットは最小限に留められている。

### ③ その他

上記の2タイプのほか、刷毛塗りもしくはミストで使用する「タッピングウォーターカーボンキュールTAP」、また現状の水溶性切削・研削液

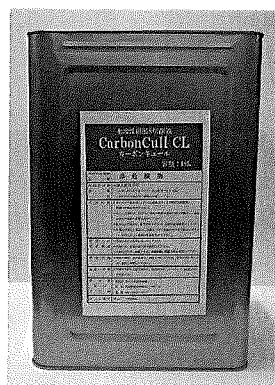


図7 カーボンキュールCL

に添加することで生産性を向上する「水溶性潤滑添加剤カーボンキュールPLUS」がある。

## 8. 得意な加工

カーボンキュールでは、特に効果を発揮できる材料、分野がある。加工対象では、鉄、鋳鉄(特にFCD)、銅、SUS400・600系などで、高い効果を発揮する。また、材料が高硬度であるほど加工性が悪くなるため、他の切削・研削液に比べ、効果が顕著に出る。さらに、高速加工、高精度加工でも優位性が発揮される。

## 9. おわりに

カーボンキュール(CL)は、油、界面活性剤をまったく含まない唯一の切削・研削液である。ナノカーボンの効果により、加工現場の環境改善はもちろんのこと、工具寿命の向上、砥石目詰まりの抑制、ワーク洗浄の簡易化など、多くのメリットを提供する。

今後も、さらにカーボンキュールの性能を向上させ、生産コスト削減と環境改善に貢献していく所存である。

