

# 【 切削油講習会 】

- ◇ 切削油のはたらき
- ◇ 切削油の種類とその特徴
- ◇ 水溶性切削油の管理について
- ◇ 切削油の選定

# 切削油のはたらき 種類 それぞれの特徴

# 切削油のはたらき

## 切削油のはたらき

### 一次性能

#### 冷却

- ・熱の除去
- ・加工精度の向上

#### 潤滑

- ・摩擦力の減少
- ・高速加工、工具寿命の延長

#### 洗浄

- ・切粉の除去
- ・仕上げ面粗度の向上

### 二次性能

#### 防錆効果

#### 長期安定性(劣化・腐敗)

#### 残渣除去の容易さ

#### 環境や人への安全性

#### 機械部材との相性

# 切削油の種類

不水溶性



- 鉱物油
- エステル油
- 合成油

- 極圧添加剤
- 防錆剤
- 消泡剤

水溶性



- 鉱物油
- エステル油
- 合成油

- 界面活性剤
- 極圧添加剤
- 防錆剤
- 殺菌剤
- 消泡剤

## 不水溶性と水溶性の比較（一般例）

	不水溶性	水溶性
潤滑性	優	劣
冷却性	劣	優
洗浄性	劣	優
錆止め性	優	劣
耐腐敗性(悪臭)	優	劣
オイルミスト	劣	良
管理のし易さ	優	劣
耐引火性	劣	優

## エマルジョン



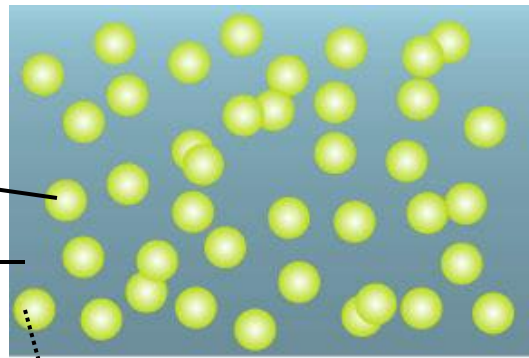
- n 水で希釈すると白濁する。
- n 鉱物油や植物油など水に溶けない成分と、それを乳化させるための界面活性剤からなる。
- n 水溶性切削油の中では潤滑性に優れる。

# エマルジョンの状態

水の中に油粒子が分散

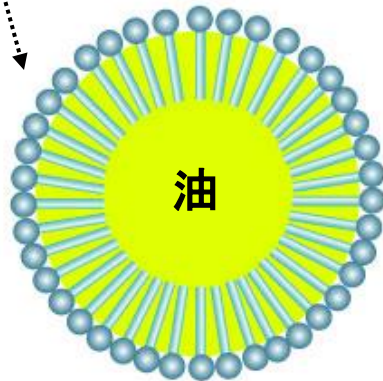
油

水

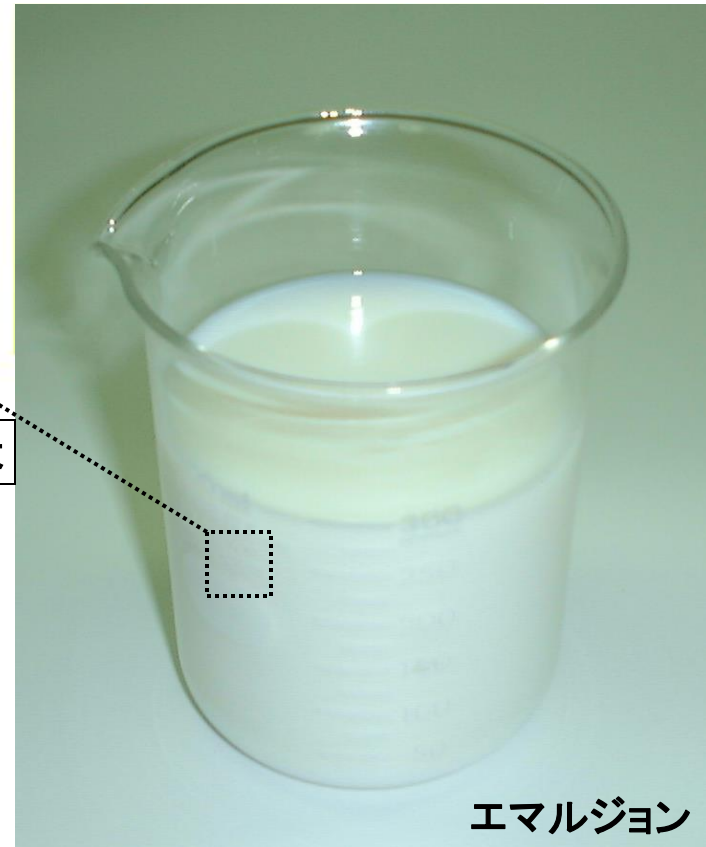


拡大

エマルジョン粒子:  
油が界面活性剤で  
包まれている状態



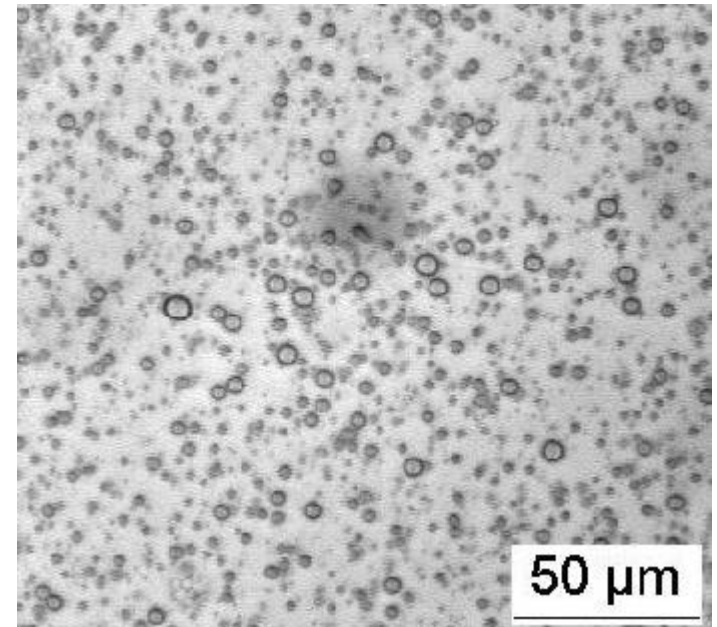
拡大



エマルジョン

# 各種物質のサイズとエマルジョン粒子

粒子	μm
細かい切粉	100
毛髪	50
研削時の切粉	20
赤血球	5
バクテリア	0.6
エマルジョンの粒子	0.1-0.7



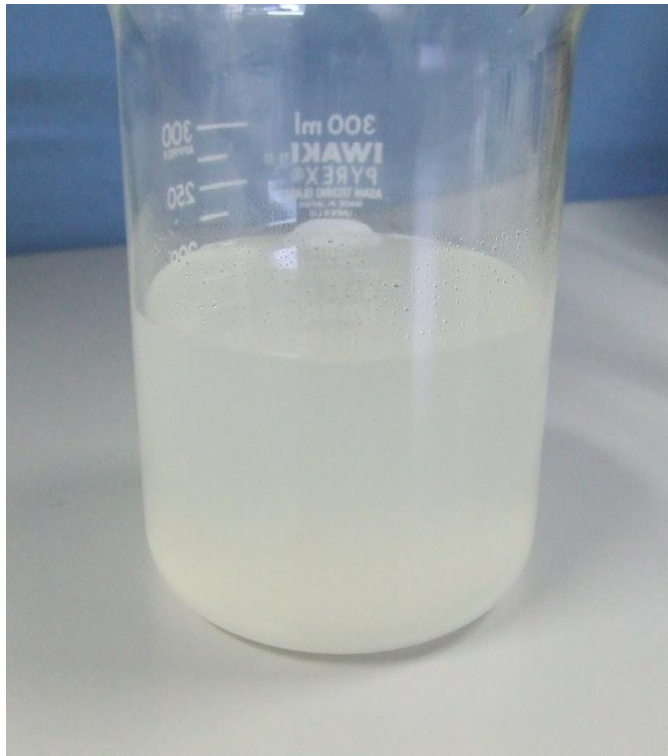


## ソリューション



- n 水で希釈すると透明になる。
- n 鉱物・植物油分を含まず、水に溶解する成分（界面活性剤など）からできている。
- n 浸透性や洗浄性に優れる。
- n 油分を含まないため、腐敗しにくい。

## ソリュブル



- n 水で希釈すると半透明もしくは透明になる。
- n 水に溶解する成分(合成油)と、水に溶解しない成分(鉱物油・植物油)からなり、界面活性剤を含む。
- n ソリューションより潤滑性が高く、エマルジョンより腐敗しにくい。

# 水溶性切削油の特徴 一般例

	水溶性		
	ソリューション	ソリュブル	エマルジョン
冷却性	Excellent	Excellent	Excellent
潤滑性	Poor	Fair	Good
微生物的安定性(耐腐敗性)	Good	Fair	Fair
機械との調和性	Poor	Fair	Good
環境への影響	Poor	Fair	Fair
硬水との相性	Excellent	Fair	Fair
人体に対する安全性	Poor	Fair	Good
泡立ち	Good	Fair	Fair
火災の懸念	Excellent	Excellent	Excellent

Excellent

Good

Fair

Poor

# 加工性能(潤滑性能) 切削油の構成と作用機構

## 切削油の構成

- 基油（ベースオイル）
- 添加剤

# 基油(ベースオイル)

## 鉱物油

原油から精製された重質油  
精製方法によってグレードがある

### 特性 メリット

安定した供給量があり安価である  
相溶性が良い  
粘度の調製が容易にできる

### デメリット

ミストになりやすい  
引火点が低い  
精製度により皮膚刺激がある

## エステル油

動植物油脂を出発原料としている  
合成方法により多くの品種が存在する

### 特性 メリット

潤滑性が高い  
引火点が高い  
低温流動性が良い  
耐熱性に富む

### デメリット

鉱物油に比べて高価である  
加水分解による劣化がある  
エストラマーへの影響がある

## 合成油

出発原料は様々  
※エステル油も合成油  
天然ガス Gas To Liquids(GTL)  
エチレン Poly alpha olefin(PAO)

### 特性 メリット

潤滑性に富む  
引火点が高い  
低温流動性が良い  
耐熱性に富む  
温度-粘度の変化が小さい  
不純物が極めて少ない

### デメリット

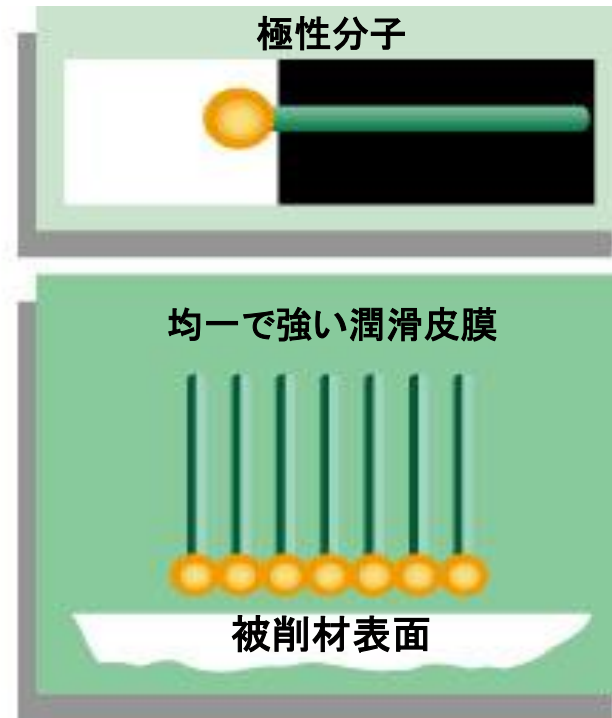
鉱物油に比べて高価である  
相溶性が悪い

# エステル油の潤滑性について

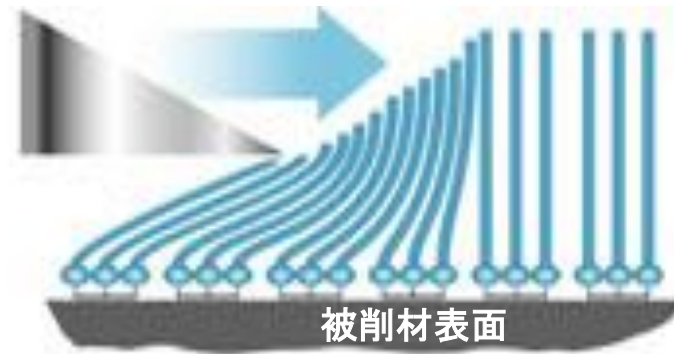
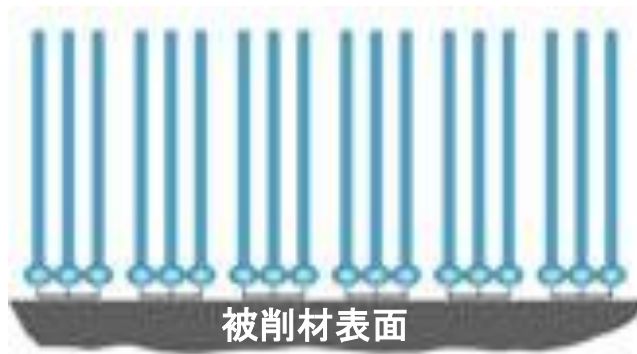
**鉱物油:**  
非極性分子



**エステル油:**  
極性分子



## 極性劑



## 非極性劑



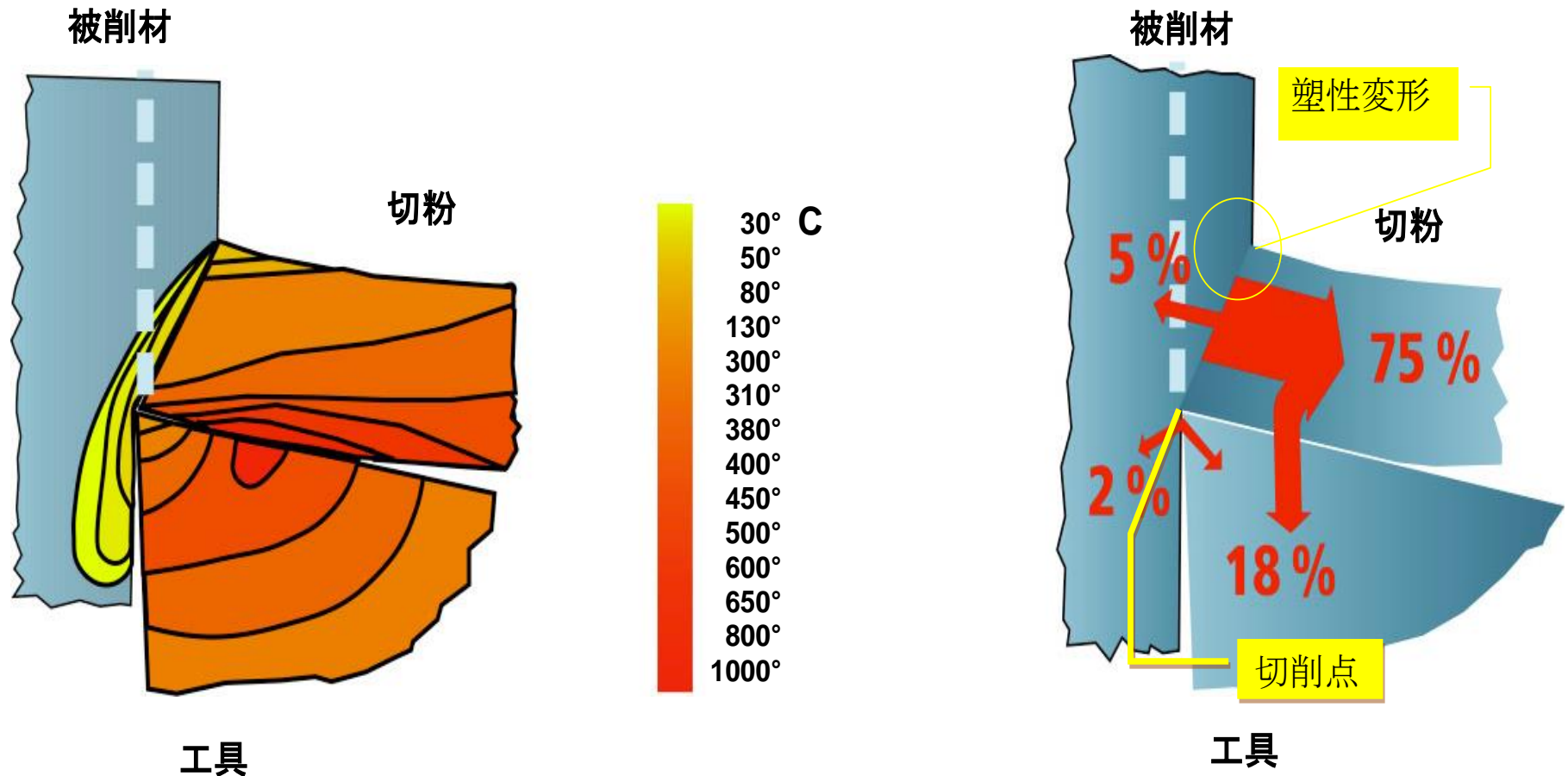


## 添加剤 ー加工性能向上を目的とした添加剤

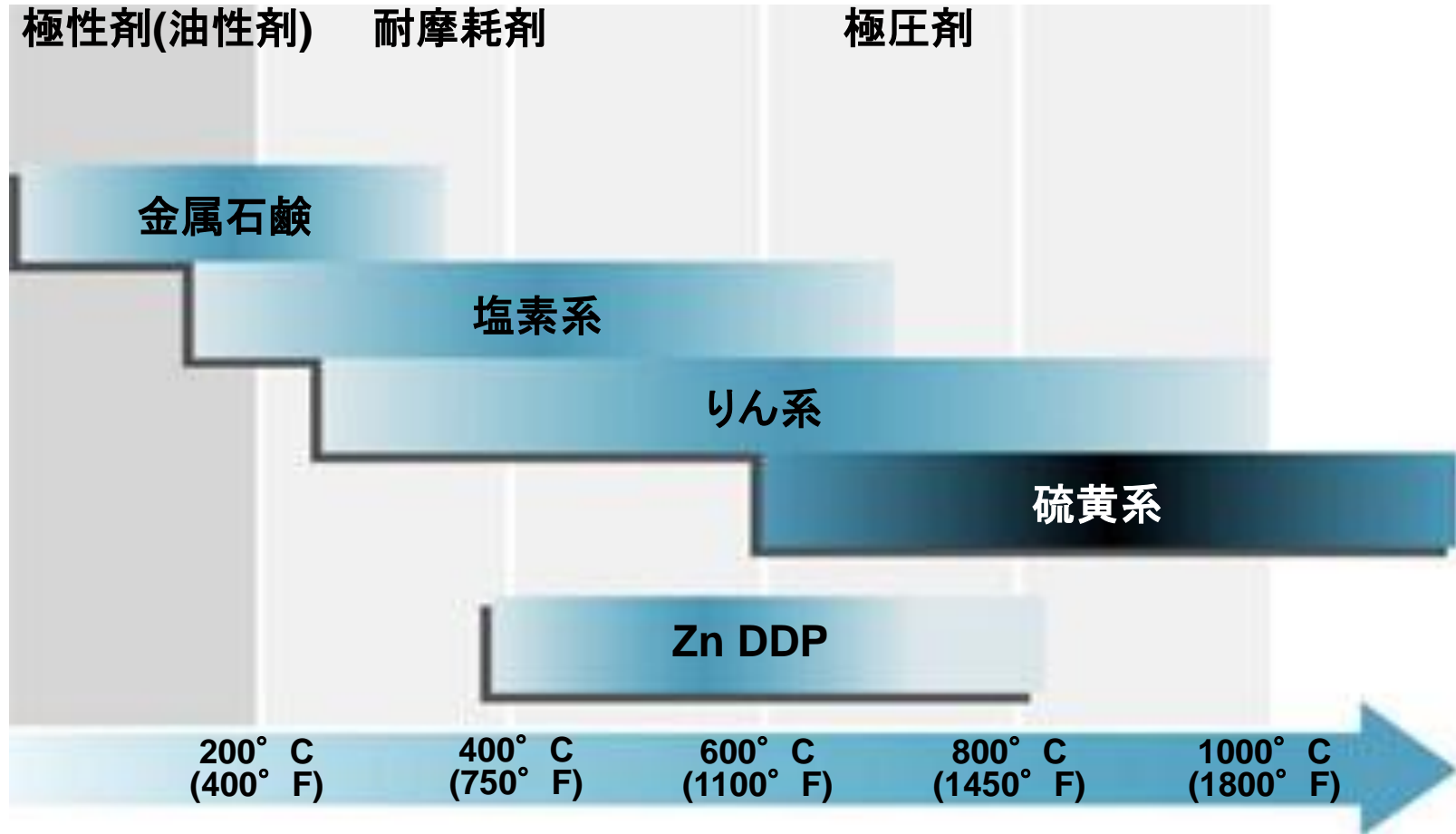
### 添加剤の効果

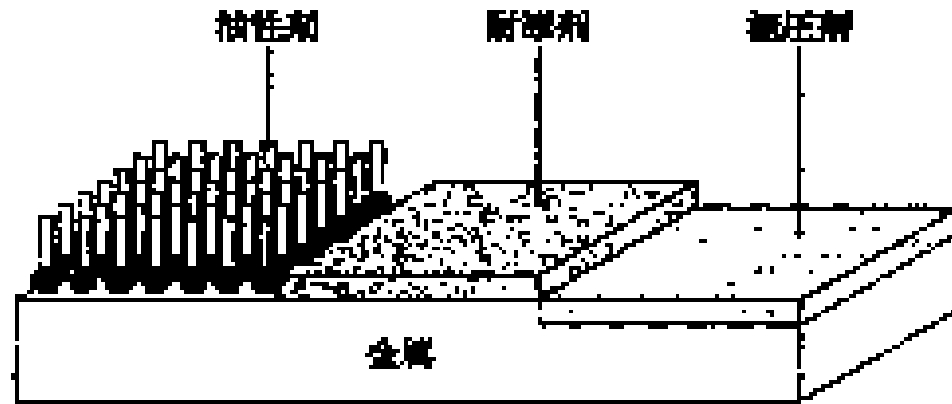
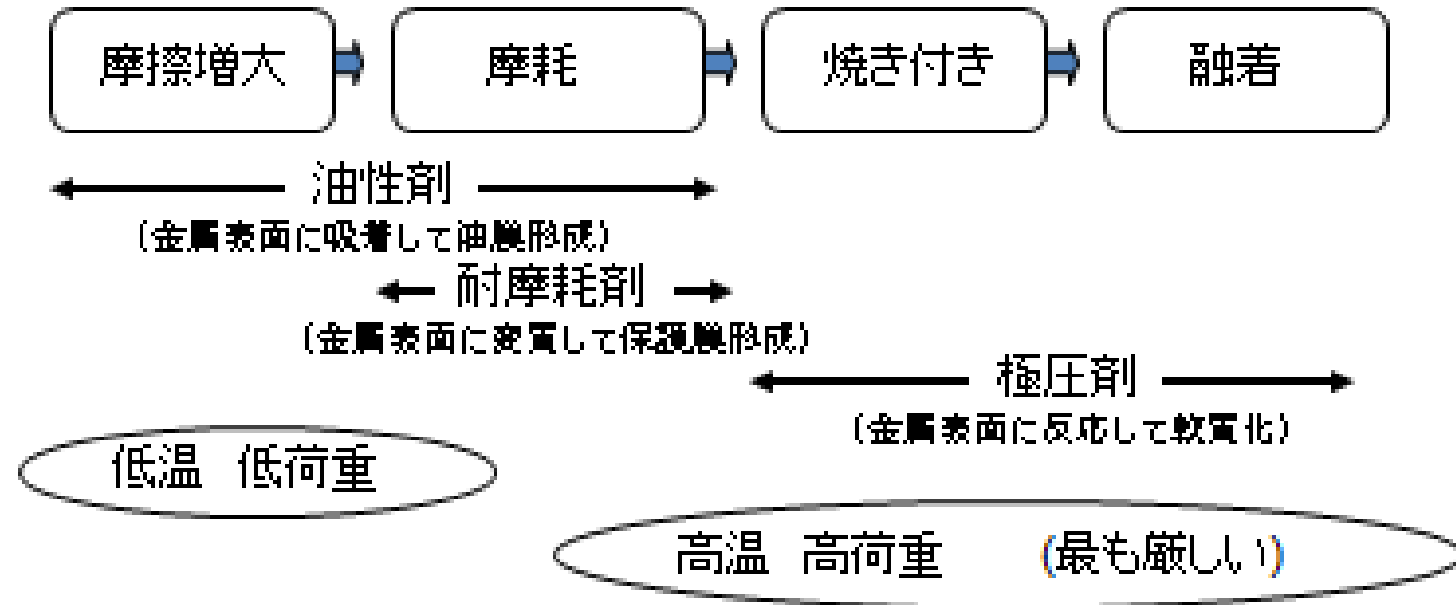
- ・工具刃先を熱や衝撃から護る作用をする添加剤
- ・摩擦熱に対応した潤滑膜を形成する添加剤
- ・切屑生成の塑性変形を助ける添加剤

# 加工中における温度分布と熱のゆくえ



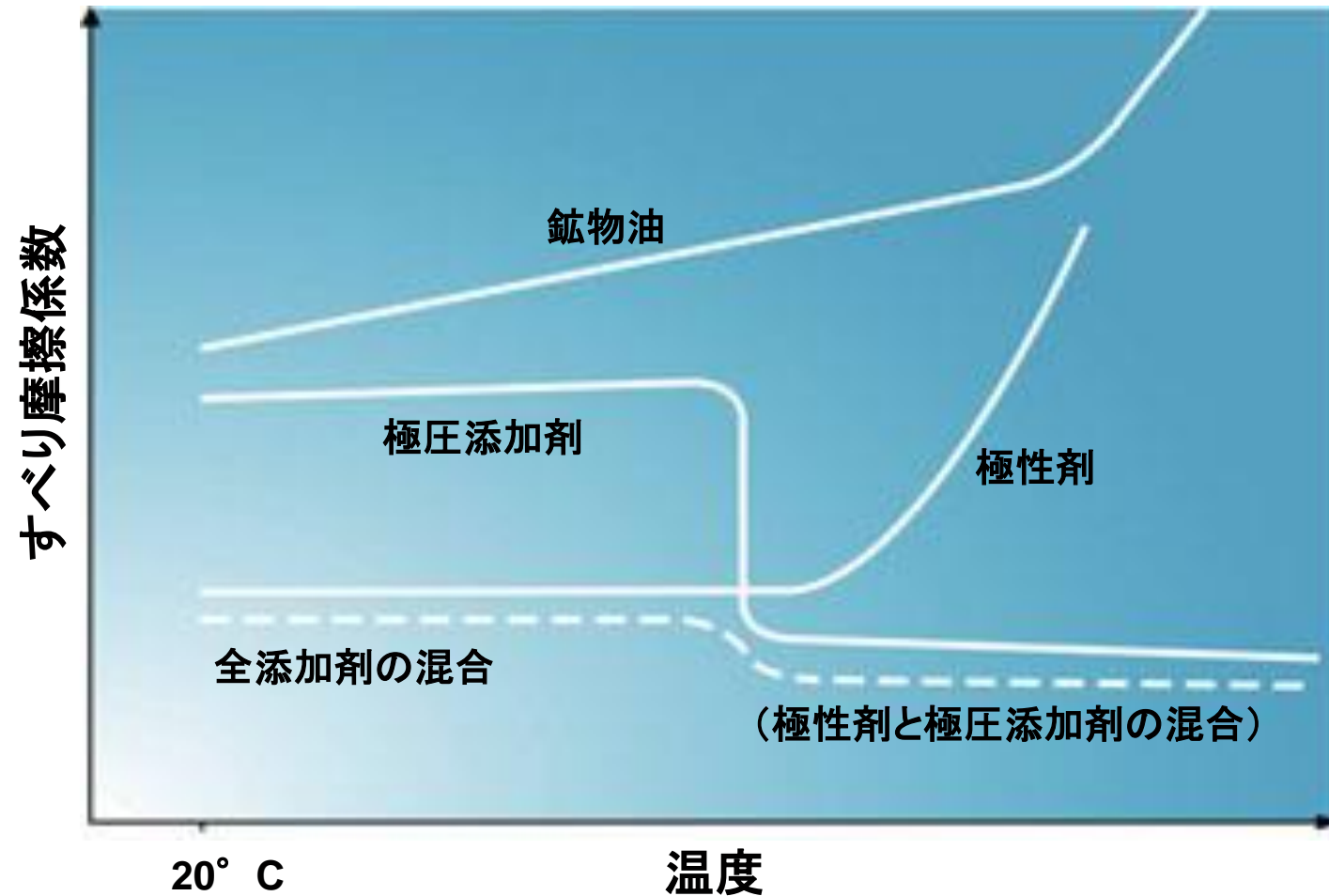
# 加工性能向上添加剤





耐荷重能力向上剤のイメージ

# 添加剤ごとの温度による摩擦係数の変化



# 潤滑試験機による添加剤の効果の検証

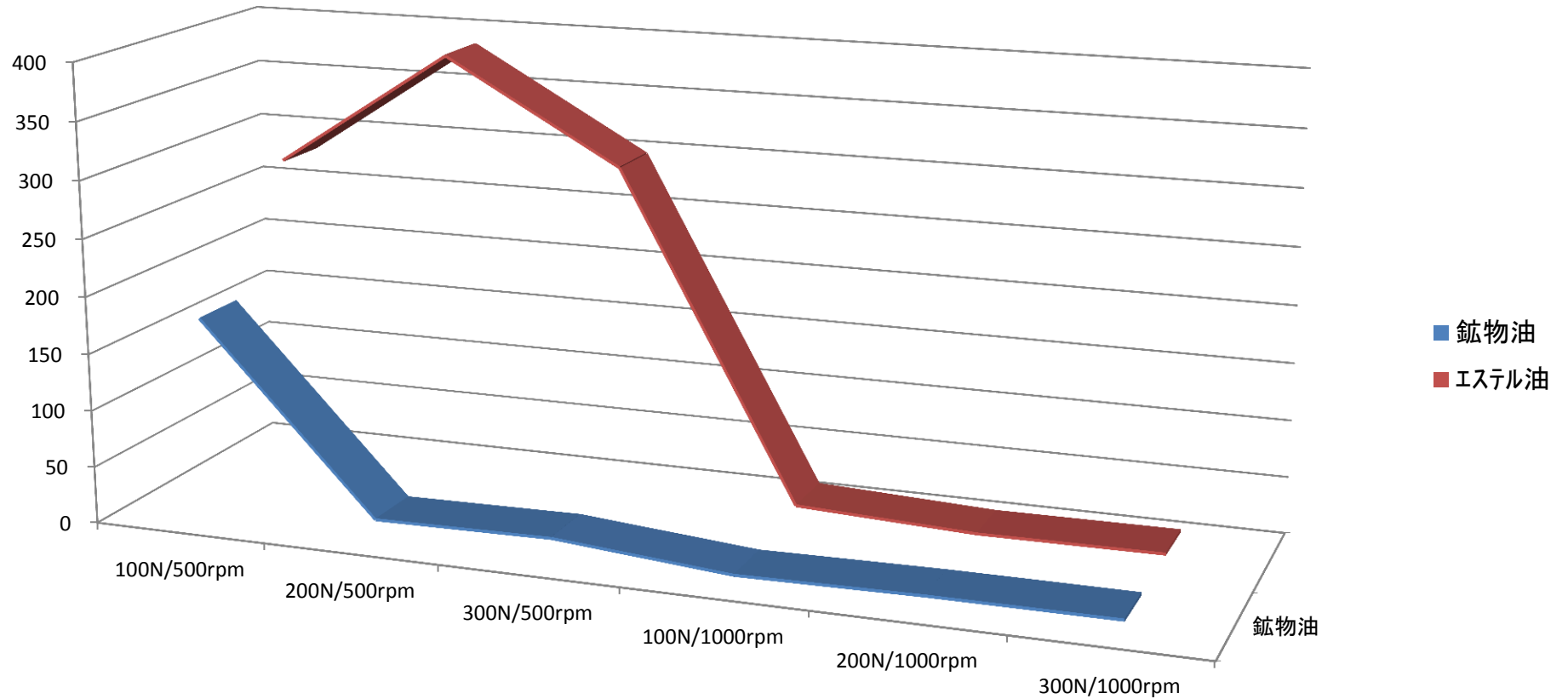


## 潤滑性能テスト: Reichert

- 荷重 : 100N 200N 300N
- 滑走速度 : 0.85m/sec(500RPM),1.7m/sec(1000RPM)
- 接触長 : 100mm
- リングとローラー材質 : Hardened Steel
- 摩擦のタイプ : すべり摩擦
- 計測の変数 : 摩滅痕の面積(mm<sup>2</sup>)とノイズ
- 結果 : 耐荷重能および形成される潤滑膜の強さ (N/mm<sup>2</sup>)

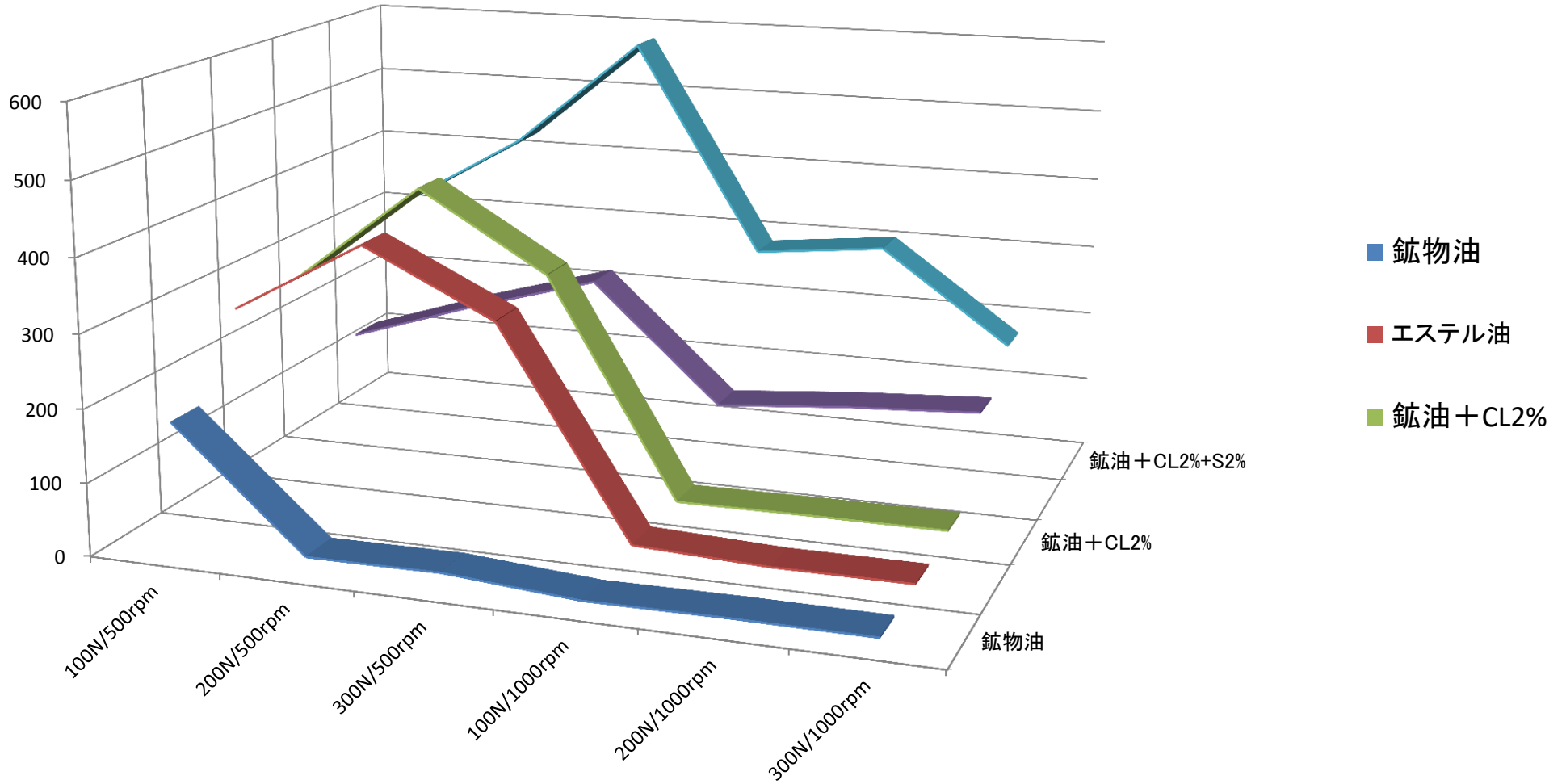


# 鉱物油とエステル油の潤滑性能の比較





# 基油と添加剤の相乗効果の検証

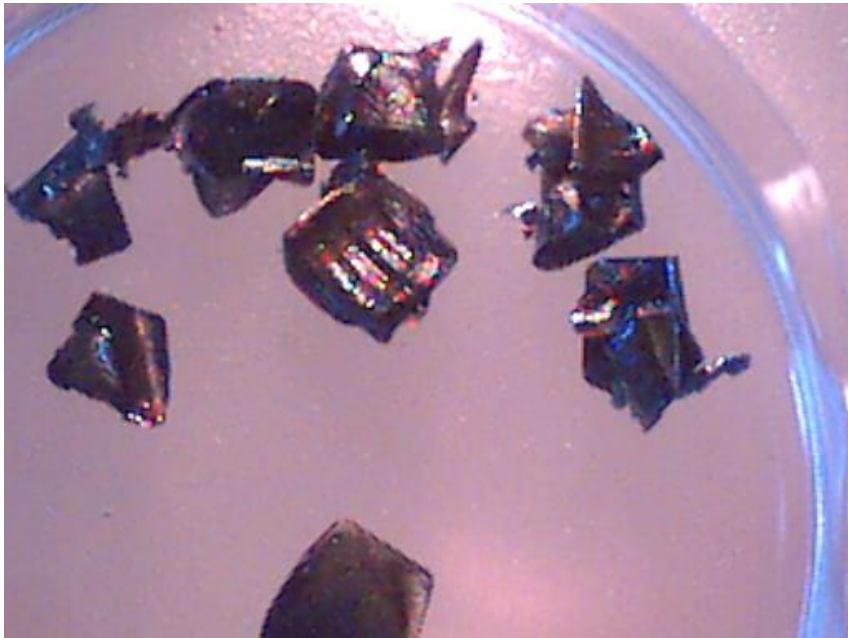


## 加工性能の違い 事例

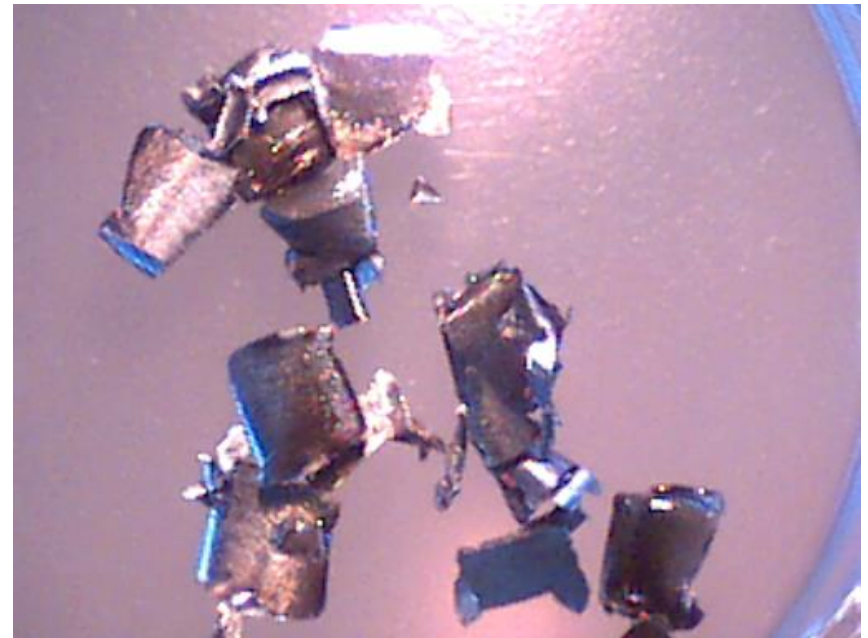
加工内容: 歯切り  
 ワークピース: ABSのセンサー部品 材質: SPH  
 切削速度: 100 m/min モジュール: 2.1

	鉱物油基油 不水溶性(塩素フリー)	エステル油基油 不水溶性	備考
工具寿命	6,000個	12,000個	工具寿命2倍 (max.16,000個)
加工条件	100%	120%	20%UP
シフト	2mm / ワーク1個	1mm / ワーク2個	
再研磨	10~15本/月 (機械1台あたり)	5~7本/月 (機械1台あたり)	

## 切粉の違い(鉱物油基油とエステル油基油の比較)



鉱物油を基油とした油剤の切屑



エステル油を基油とした油剤の切屑

## 加工性能に影響を与えるもの(不水溶性切削油)

- 切削油は工作機械全体の熱変異に影響を与える
  - ↳ 雰囲気温度 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ に切削油の油温を維持できることが望ましいです。  
恒温室などに設置された機械では室温 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ で温調してください。
- 切削油のクーラントタンク内における適正温度
  - ↳ 不水溶性切削油＝温度による粘度変化によって吐出量が増減しますのでクーラントタンク内では $20^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ が適正な温度です。
- 加工における切削油の適正温度
  - ↳ 安定していることが大切です。 $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ で循環使用できることが理想です。クーラントタンク容量が大きい方が温度維持に有効です。  
加工点での潤滑と冷却では、熱反応と熱衝撃がありますので、  
切削油の温度は一定であることが理想です。供給量を最適に保つために $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ を維持できるように温調ができることが理想です。

## 加工性能に影響を与えるもの(不水溶性切削油)

### 他油の混入

工作機械の摺動面潤滑油や油圧作動油のクーラントタンク内への流入  
切削油や洗浄油の回収油の再利用投入

- ・ 潤滑性の変化の検証データを提示します

市販切削油に摺動面用潤滑油が混入した場合を想定し、潤滑性の変化を知るために潤滑試験を実施しました。

混合油種	摺動面用潤滑油	VG68
混合比率	20% 30% 40%	
試験器	Reichert試験	
試験条件	すべり速度	500rpm 750rpm 1000rpm
	荷重	100N 200N 300N
	温度	室温 (20°C)



500R.P.M-100N

	HD25	VM10	J	Y
新液	303	265	363	181
潤-20%	318	265	133	122
潤-30%	236	236	165	145
潤-40%	165	165	236	114

結果	・他油の混入油量が増加するにつれ徐々に潤滑性低下傾向。
----	-----------------------------

500R.P.M-200N

	HD25	VM10	J	Y
新液	531	425	636	589
潤-20%	265	303	303	265
潤-30%	303	303	357	280
潤-40%	265	245	303	227

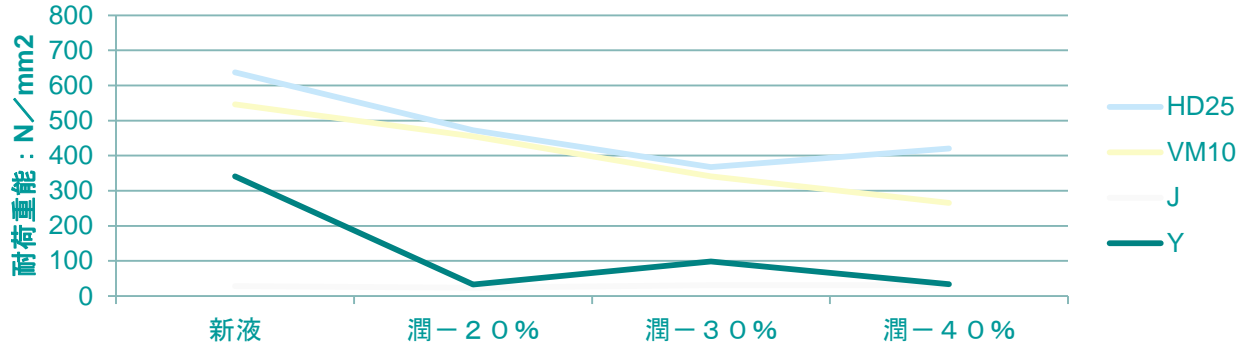
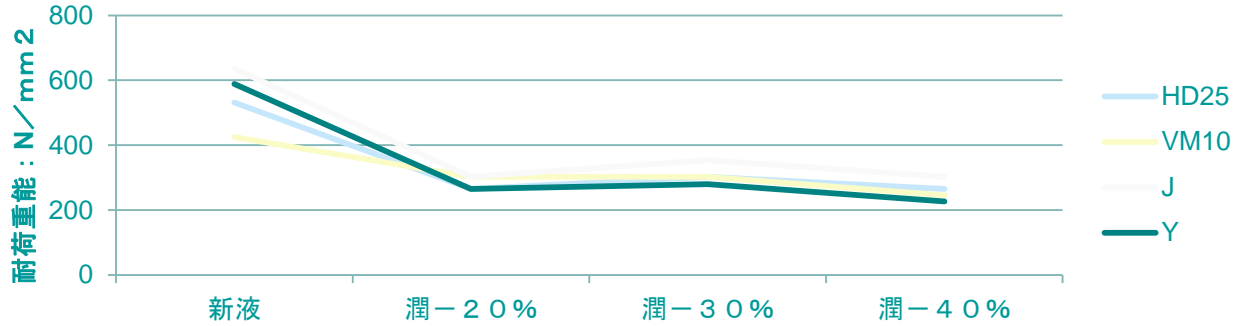
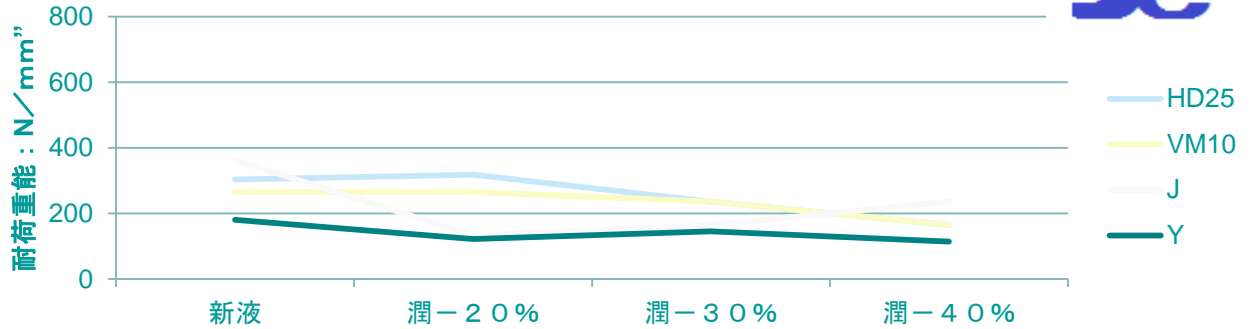
結果	・他油の混入油量が増加するにつれ徐々に潤滑性低下傾向。
----	-----------------------------

500R.P.M-300N

	HD25	VM10	J	Y
新液	637	576	28	341
潤-20%	472	457	24	33
潤-30%	367	341	31	98
潤-40%	420	265	31	34

結果	・HD25は潤滑性が徐々に低下。 ・J,Yは著しく潤滑性低下。
----	------------------------------------

所見	・HD25は、すべての荷重域にて他油混入による潤滑性が徐々に低下傾向であるが、J,Yは300Nにて著しく潤滑性低下傾向になる。
----	---





750R.P.M-100N

	HD25	VM10	J	Y
新液	364	212	283	113
潤-20%	364	265	193	61
潤-30%	318	212	165	101
潤-40%	236	193	122	101

結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>他油の混入油量が増加するにつれ徐々に潤滑性低下傾向。</li> </ul>
----	--

750R.P.M-200N

	HD25	VM10	J	Y
新液	576	472	10	14
潤-20%	364	472	17	21
潤-30%	364	30	16	19
潤-40%	331	26	17	12

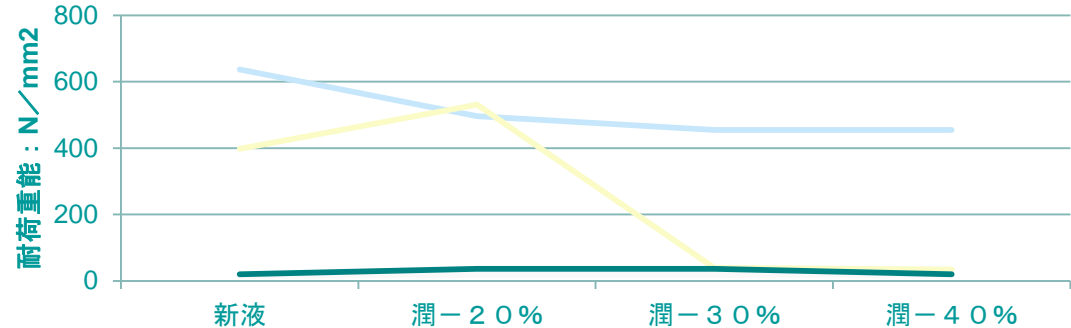
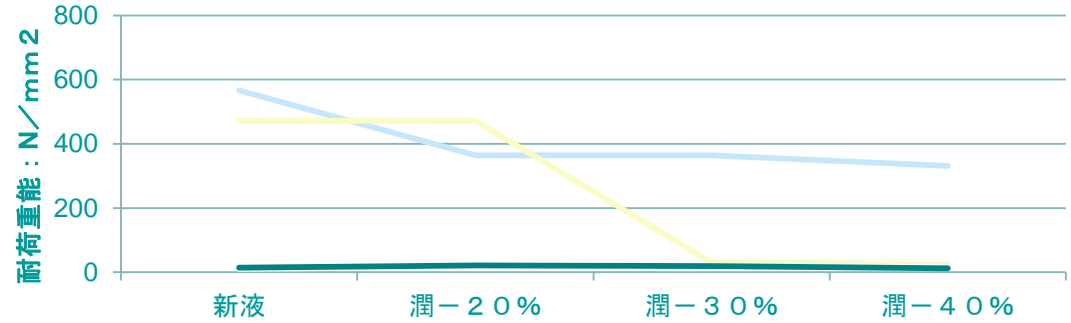
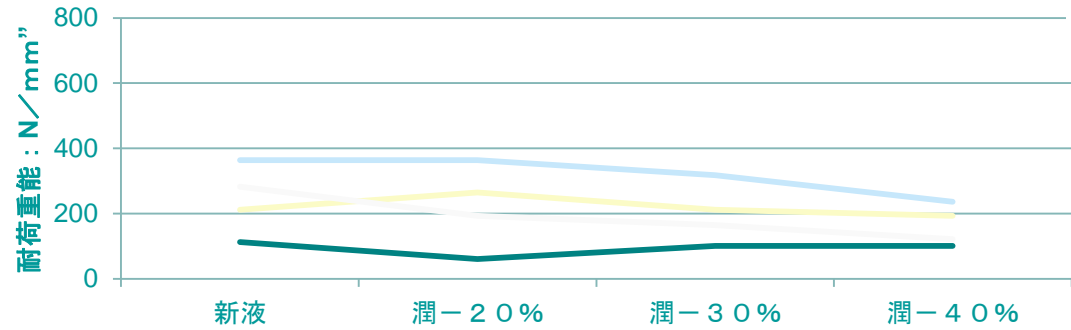
結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>HD25は潤滑性が徐々に低下。</li> <li>J,Yは著しく潤滑性低下。</li> </ul>
----	--

750R.P.M-300N

	HD25	VM10	J	Y
新液	637	398	16	20
潤-20%	496	531	18	36
潤-30%	457	39	18	36
潤-40%	457	34	19	20

結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>HD25は潤滑性が徐々に低下。</li> <li>J,Yは著しく潤滑性低下。</li> </ul>
----	--

所見	<ul style="list-style-type: none"> <li>HD25は、すべての荷重域にて他油混入による潤滑性が徐々に低下傾向であるが、J,Yは200N以降にて著しく潤滑性低下傾向になる。</li> </ul>
----	--





1000R.P.M—100N

	HD25	VM10	J	Y
新液	318	212	10	10
潤—20%	318	318	12	11
潤—30%	202	202	14	11
潤—40%	227	16	13	16

結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>HD25は潤滑性が徐々に低下。</li> <li>J,Yは著しく潤滑性低下。</li> </ul>
----	--

1000R.P.M—200N

	HD25	VM10	J	Y
新液	728	364	19	20
潤—20%	576	26	14	21
潤—30%	30	30	14	23
潤—40%	404	29	12	21

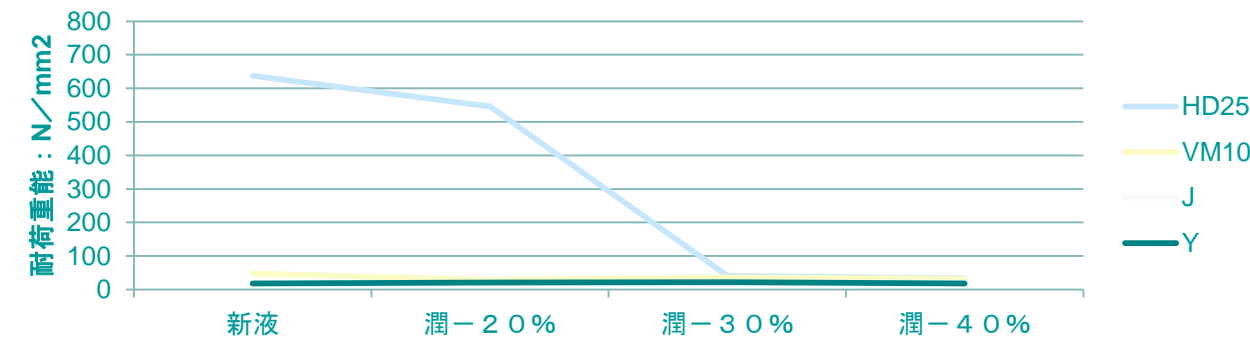
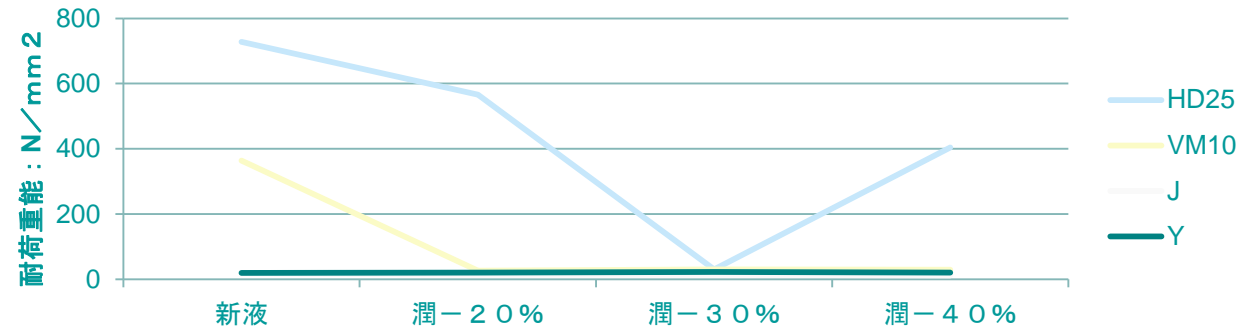
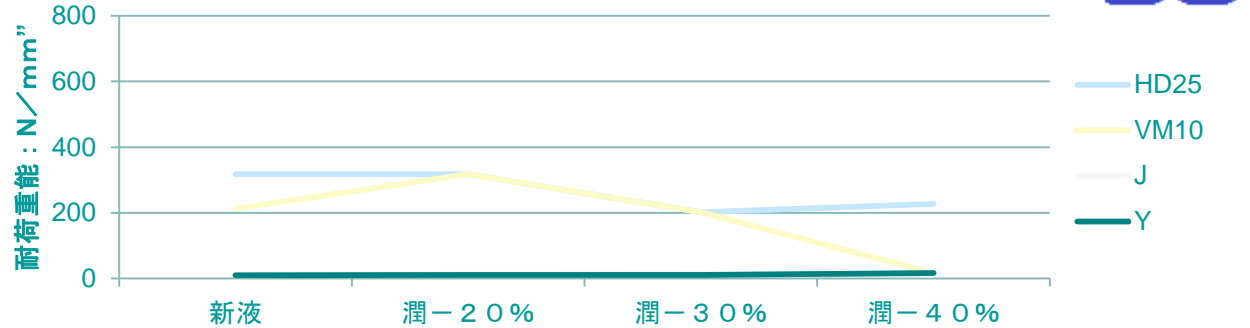
結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>HD25は他油混入油質量30%以上に著しく潤滑性の挙動が激しくなる。</li> <li>J,Yは著しく潤滑性低下。</li> </ul>
----	---

1000R.P.M—300N

	HD25	VM10	J	Y
新液	637	48	15	18
潤—20%	576	29	19	21
潤—30%	41	36	20	22
潤—40%	33	32	21	18

結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>HD25は他油混入油質量30%以上に著しく潤滑性の挙動が激しくなる。</li> <li>J,Yは著しく潤滑性低下。</li> </ul>
----	---

所見	<ul style="list-style-type: none"> <li>HD25は、すべての荷重域にて他油混入による潤滑性が徐々に低下傾向であるが、J,Yは著しく潤滑性低下傾向になる。</li> <li>J,Yは、添加剤主成分がリン化合物という事で、従来価格面や引火点の関係から大量に添加することは難しいため他油混入油量の増加に伴い、その影響を受けやすいと思われる。</li> </ul>
----	---





# 加工性能に影響を与えるもの(不水溶性切削油)

## 酸化劣化

熱と水分の混入によって切削油の劣化は加速されます

熱酸化と加水分解 = 変色 粘度変化(ベタつき 油焼け)

ASTM	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
色見本									

※新油との色の差が劣化判定の目安になることもあります

### 水分の混入経路と対策

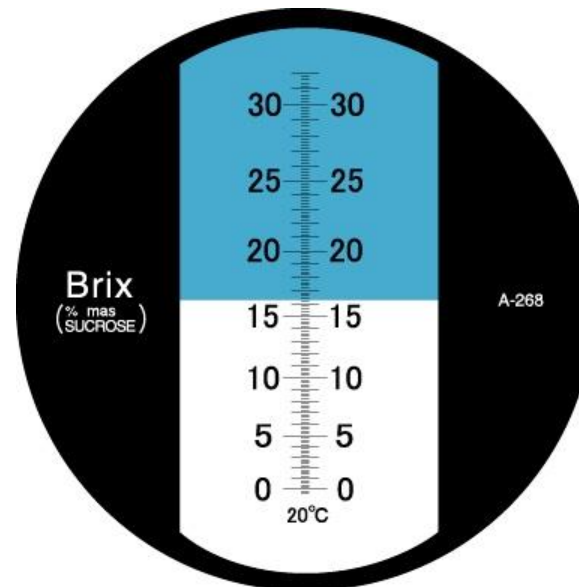
雰囲気環境からの水分の混入, 前工程での加工油が残渣として混入, が一般的な経路ですので空調で湿度を調整したり, エアブローなどで防いでください.  
水の比重は油よりも重いのでドレインもできると効果的な管理になります.

加工性能(潤滑性能)に与える濃度の影響

# 水溶性切削油剤の管理

# 加工性能(潤滑性能)に与える濃度の影響

## 希釈濃度の管理

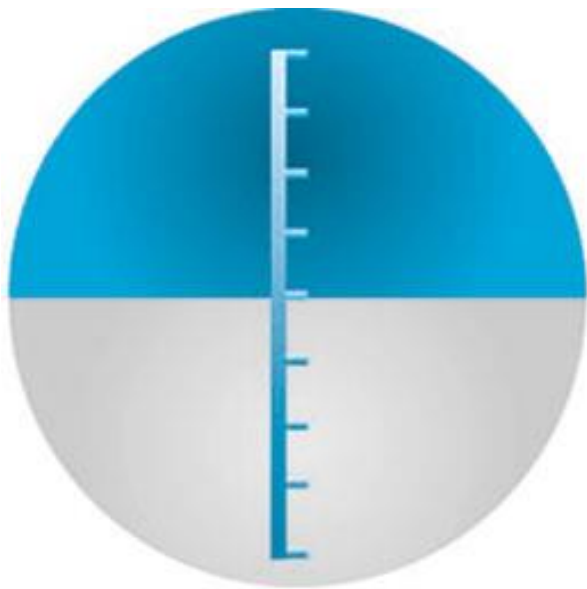


## 濃度計 - 水溶性切削油の管理で最も重要なツール

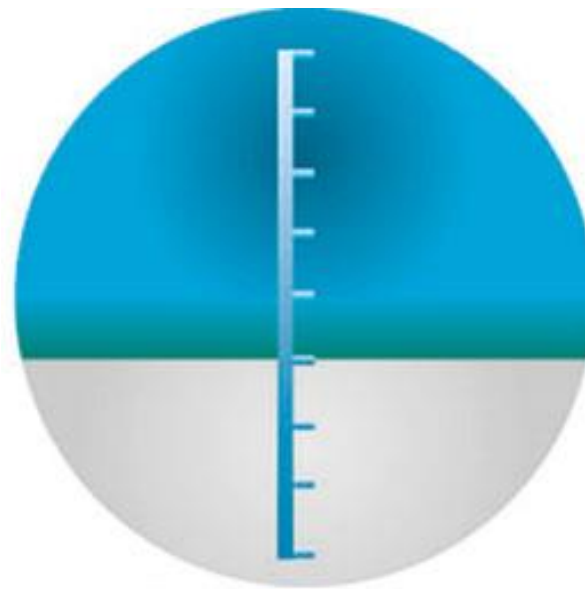
濃度計での測定値 (Brix%) x 油剤ごとの換算係数  
= クーラントの実濃度



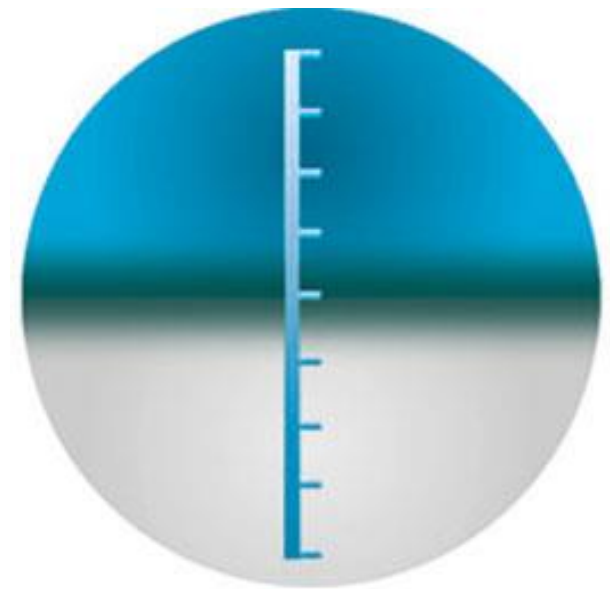
## 油の粒子径により、濃度計の目盛りの見え方が異なる



**200 nmまで**



**200 - 500 nm**



**> 500 nm**

## 濃度によっても加工性能(潤滑性能)が変わる

濃度が高いと加工性能(潤滑性能)が向上する。

ただし、高くなりすぎると下記の問題が発生しやすくなる

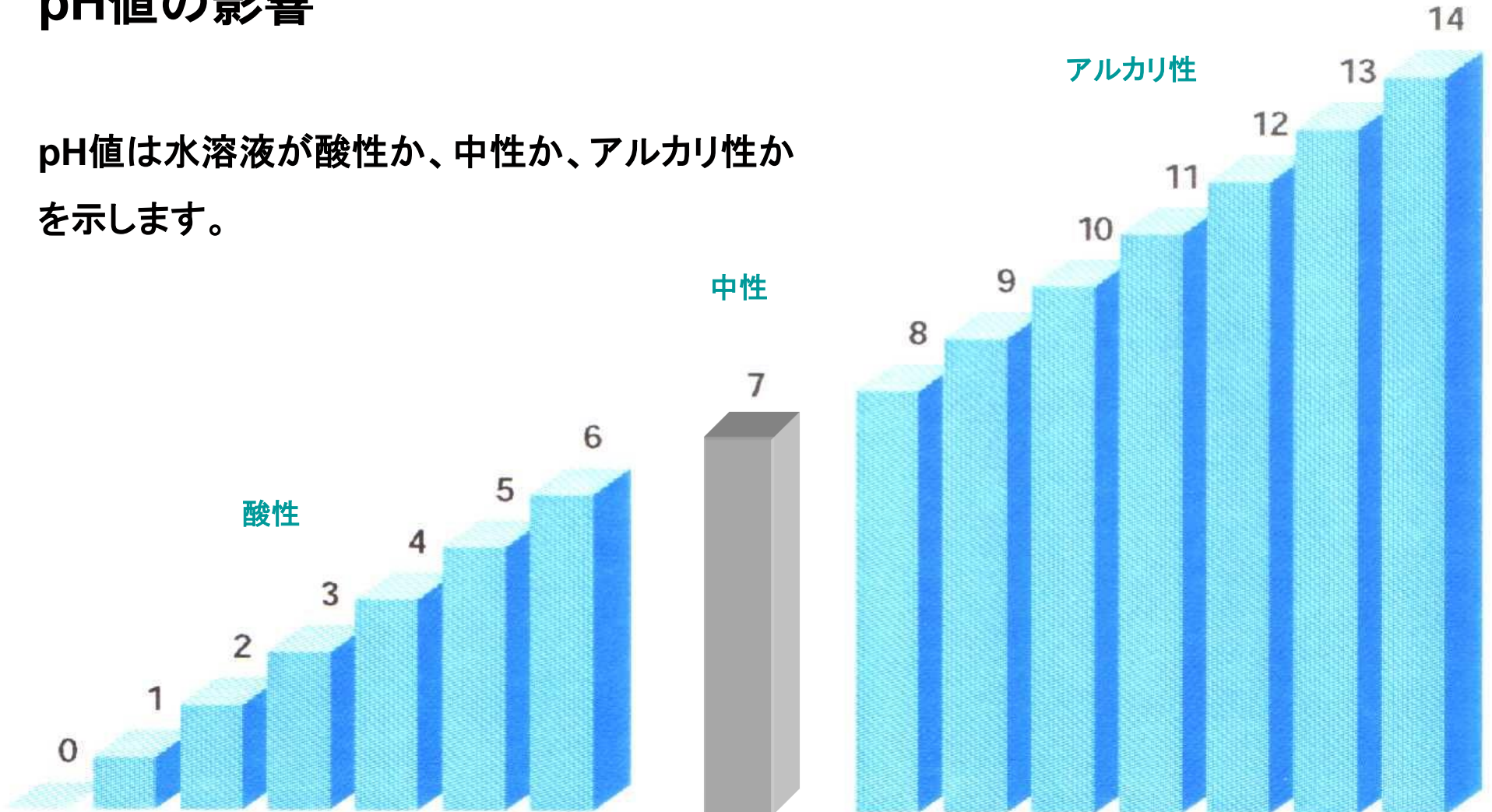
- 泡立ち
- べとつき
- ・冷却性能の低下
- 手あれ(油種による)

注1) 油種によっては、高くなっても加工性能(潤滑性能)があまり良くなるものもある

注2) 加工性能(潤滑性能)が良くなる限界はある

# pH値の影響

pH値は水溶液が酸性か、中性か、アルカリ性かを示します。



pH値

## 一般的なpHによる事象

**< 8.5**

鉄系材質の腐食  
液の安定性低下  
悪臭の発生

クーラントの  
理想的なpH値

**8.5 – 9.2**

**9.2 <**

非鉄金属の腐食  
皮膚障害  
塗装剥離  
泡立ち

pH値は、水溶液が「酸性」、「中性」、「アルカリ性」のいずれかであることを示している。



## クーラントのpHチェック

pHチェックは、濃度チェックと同じくらい重要な管理項目です

### pH試験紙の使い方 (スティックタイプの一例)

- 切削液上層部に浮上油がある場合は取り除く
- 1秒間試験紙を浸ける
- 試験紙に付着した液を振るい落とす
- pH値測定の場合は10秒後に、見本の色と比べて数値を判定する



# トラブルシューティング (pH)

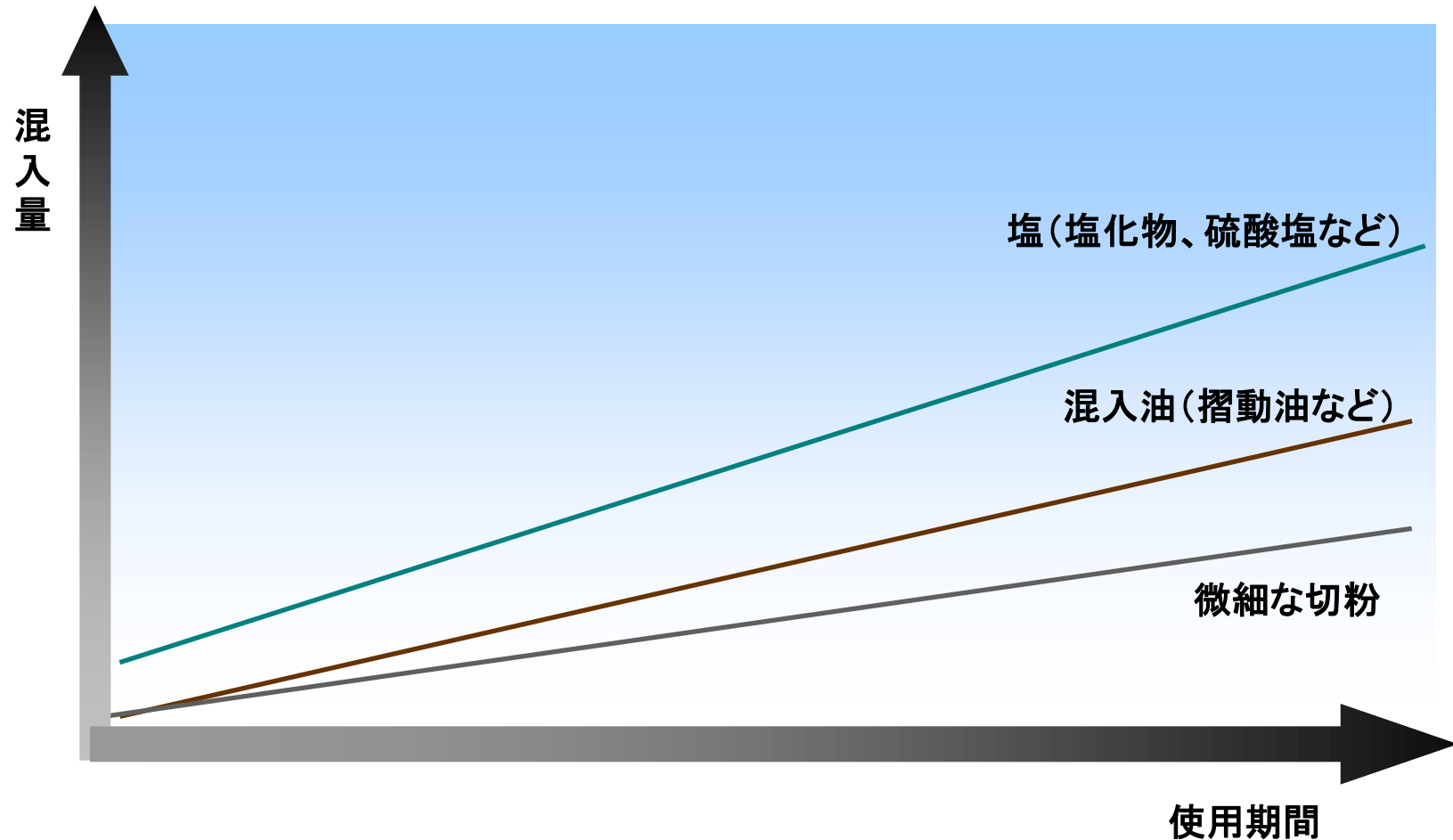
注) pHの適正值は製品により異なります

チェック項目	適性値	チェック結果	トラブル	考えられる原因	対策
pH値	8.5 - 9.2	< 8.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 悪臭</li> <li>- 鉄系材質に錆</li> <li>- 液の安定性低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 最低濃度を下回っている</li> <li>- 水だけの補充</li> <li>- エマルジョン分離</li> <li>- 外部からの混入物 (機械の潤滑油、酸性物質、等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 濃度を適性値に上げる</li> <li>- 水だけの補充はしない</li> <li>- 外部からの混入物を除去する もしくは、混入を避ける</li> </ul>
		> 9.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 手荒れ</li> <li>- 非鉄系材質に錆</li> <li>- 機械の塗装剥離</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 外部からの混入物 (製品に付着したクリーナーなど)</li> <li>- Mgの混入(切粉から)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 外部からの混入を避ける</li> <li>- Mgの切粉除去</li> </ul>

## 切削油が劣化・腐敗することによる影響

- ◆ 加工性能(工具寿命など)の低下
- ◆ 錆の発生
- ◆ べたつきやすくなり、洗浄性が悪くなったり、油の持ち出し量が増える
- ◆ 悪臭の発生
- ◆ 手あれ

# 切削液への異物混入



使用期間が長くなるほど混入物の量が増える

## 液管理

液の管理不足によるトラブルが多いようです（特に水溶性）。

メンテナンスすることが、トラブルなく使用できるといえます。

できるだけ負担ないような工夫をして、メンテナンスしましょう！

## トラブルシューティング(濃度)

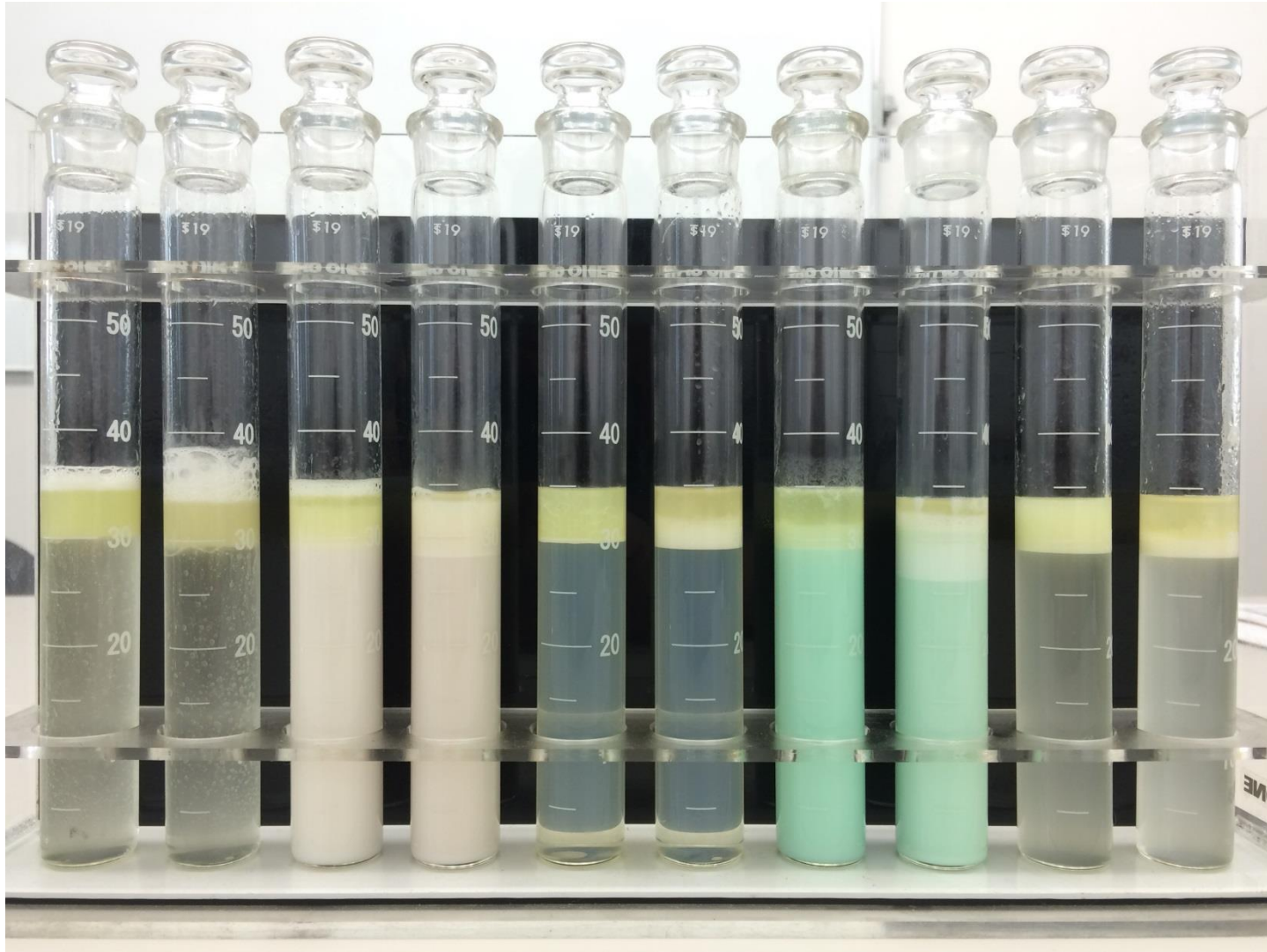
チェック項目	適性値	チェック結果	トラブル	考えられる原因	対策
濃度	5% - 15%  加工の材質、内容等により異なる	< 5%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 悪臭の発生</li> <li>- ワーク・機械に錆</li> <li>- 切削性能の低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 水だけの補充</li> <li>- エマルジョン分離</li> <li>- ワーク・切粉での持ち出し量が多い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 濃度の高い液を補充</li> <li>注) 原液のみの補充は避ける</li> </ul>
		> 15%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 泡立ち</li> <li>- べたつき</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 原液だけの補充</li> <li>- 水分の蒸発量が多い</li> <li>- 濃度の高い液を補充</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 濃度の薄い液を補充</li> <li>注) 水だけの補充は避ける</li> </ul>
		濃度計の境界線がぼやける	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 悪臭の発生</li> <li>- 切削性能の低下</li> <li>- べたつき</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 機械潤滑油の混入</li> <li>- 逆エマルジョン</li> <li>- 希釈が不十分</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 定期的な浮上油の除去</li> <li>- 正しい希釈</li> </ul>

注) 濃度の適正值は製品により異なります

# 浮上油について



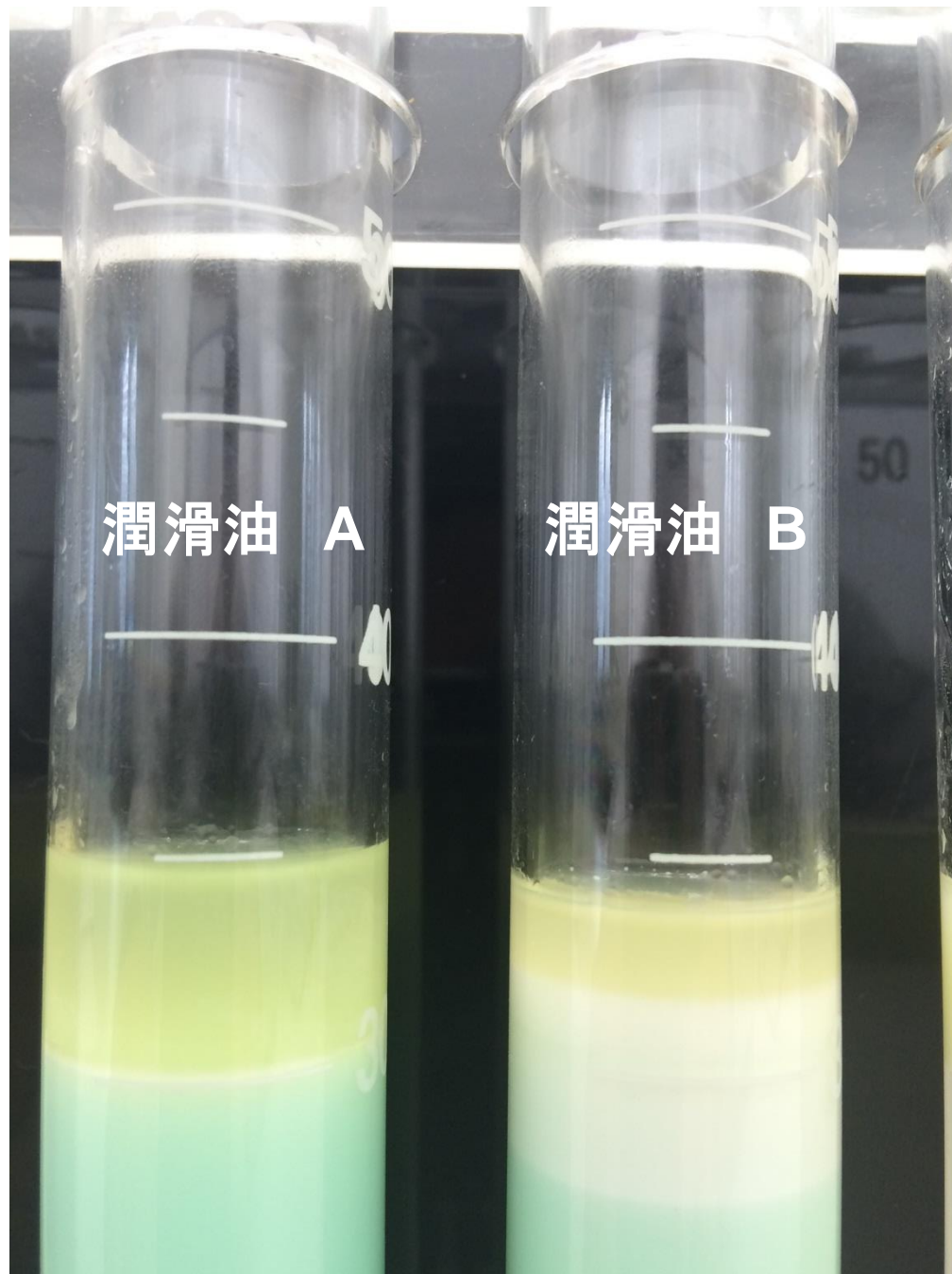
# 潤滑油2銘柄のクーラント分離性能比較





# 潤滑油銘柄2種の 油水分離状況の比較

水温 20°C  
鉱物油エマルジョン型  
クーラント10%希釈液  
振盪後静止24時間経過



潤滑油層

乳化層

クーラント層

## オイルスキマー（浮上油回収装置）

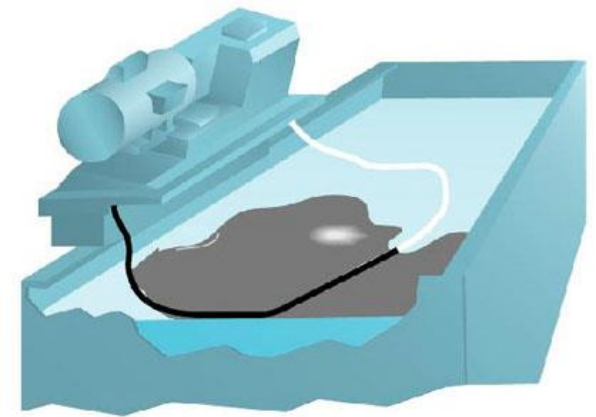
効果的な回収は、機械稼働時ではなく、クーラントポンプ休止時のタンク内でクーラントが静止したときにオイルスキマー（浮上油回収装置）を稼働させること。



ベルトスキマー



ディスクスキマー



チューブスキマー

## 切粉の影響

### クーラントタンクにおける切粉や溶出した金属イオンの影響

- 切粉は以下のような影響をもたらす恐れがある：
  - u 加工面粗度の低下(工具とワークピースの間に入り込むため)
  - u 研磨剤のような働きをする(特に高圧クーラントシステムの場合)
  - u 細かい切粉はポンプを詰まらせる
  - u 細かい切粉は表面積が大きいため金属イオンが多く溶出する
  
- 金属イオンは以下のような影響をもたらす恐れがある：
  - u 溶解した金属イオンは切削油の成分と結合し、切削油を劣化させる
  
- 切粉の除去：
  - u 適切なメッシュサイズのフィルタ
  - u 遠心分離機

# 切削油の選定

## 1次性能の選定

- 加工方法(機械 ・ 切削条件)
- 被削材質
- 工具種
- 切削油

切削油に要求されるスペックは加工におけるパラメーターを明確にして  
統合的にメリットを洗い出すことで判明します。  
実際の加工現場に即した選定が重要です。

# 切削油の選定

## 2次性能の選定

- **油剤のメンテナンスが容易であること**
  - ↳油剤の性能を長期に安定させることが簡単な管理手法で実現できること
- **被削材質への適合性**
  - ↳変性や腐食, 変色が無いこと
- **残渣分の除去性**
  - ↳加工後ワーク表面の残渣が確実に洗浄できること 例. シリコン
- **人体への安全性**
  - ↳化学物質の管理法令等でリスクがないことが確認できた成分で構成されていること
- **環境負荷への配慮**
  - ↳SDSでリスクがチェックでき, 廃棄量が低減できること
- **機械部材に影響がないこと**
  - ↳シール材や塗装に影響しないこと, 残渣による稼働不良がないこと



# クーラントメンテナンス用ツールの一例

**金属切削工程**  
**切粉、クーラント回収に特化**  
**IVR-L65/12-1Tc**



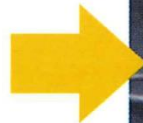
クーラントタンク清掃



工作機内、周辺の清掃



切粉を分別



クーラント再利用



**鋭利な金属にも耐える高耐久ボディ、ホース**



# 材料の被削性

材料	合金	硬さ ⇒	soft	medium	hard, tough
鋳鉄	片状黒鉛鋳鉄			■	
	球状黒鉛鋳鉄			■	
鋼	快削鋼			■	
	炭素鋼			■	■
高合金鋼	クロム鋼				■
	クロムニッケル鋼				■
アルミニウム	soft, low alloyed <5% Si, Cu, Zn		■		
	hard aluminium			■	
銅合金	銅			■	
	真鍮			■	
	青銅			■	
耐熱合金	Inconel, Nimonic, etc				■
チタン					■

# 加工方法と切削油の選定について

		一般加工	重切削加工	特殊重切削加工
		水溶性		不水溶性
		通常の濃度	高濃度 / 添加剤必要	
穴あけ	ドリル	■		
	深穴ドリル			■
ターニング		■		
ミーリング	通常ミーリング	■		
	ホビング			■
ねじ切り	切削		■	
	転造 / 成形			■
リーマ				■
歯切り	ホビング			■
	ピニオンカッタ			■
ブローチ				■
切断(鋸盤)		■		



# END

**ユカワ化工油株式会社**

URL <http://www.yukawa.co.jp>



ユカワ化工油株式会社 油剤部  
TEL 0564-48-2132 FAX 0564-48-3216  
〒444-3502 愛知県岡崎市大幡町東方便野74