

NACHI  
**TECHNICAL  
REPORT**  
Materials

Vol. **16** B2  
June/2008

マテリアル事業

機械工具  
機能部品

■ 新商品・適用事例紹介

フライス用強靱サーメット合金  
「NAXi710」

Tough Cermet Alloy  
"NAXi710" for Milling

〈キーワード〉 サーメット・超硬合金・切削加工・軸受旋削・  
正面フライス加工・耐熱亀裂性・耐摩耗性

マテリアル事業部／技術開発部

吉本 隆志 Takashi Yoshimoto

松永 卓 Takashi Matsunaga

## 要 旨

NACHIマテリアル事業部は、切削工具用材料として高速度工具鋼を主力としているが、サーメット合金についても、独自の焼結技術と伝統ある工具製造技術を活かして、開発・製造を行ってきた。

社内にニーズのある軸受旋削用合金および市場でサーメットの比率の高いフライス加工用にターゲットを絞って、商品展開をすすめている。

今回、フライス用、とくに難加工性の金型用工具鋼の高効率加工に威力を発揮する新サーメット合金NAXi710を開発した。

## Abstract

NACHI Materials Division has been mainly focusing on high-speed tool steels for the material of cutting tools. Additionally, we have also been developing and manufacturing the cermet alloy with our unique sintering and proud tool manufacturing technologies. Narrowing our targets to the alloy tool for internal bearing turning and alloy tool with high cermet content for milling, NACHI is working on the marketing of these products.

Introduced here is NACHI's newly-developed cermet alloy, "NAXi710" that is an excellent steel for the highly-efficient milling tools and dies that are especially difficult to machine.



## 1.加工仕上面粗さに優れるサーメット工具

現在では、NCなどによる自動化やマシニングセンターの普及により切削加工の高能率化、高速化傾向が一段と強まってきた。こうした中で工具材料において超硬合金よりも高速加工が可能で、耐クレーター性、耐酸化性、仕上げ面粗さの点が優れるサーメット合金が伸びている。

※2 スローアウェイチップにおける2000年以降の伸びをみると、数量でサーメット合金は2倍となっており、超硬合金の1.7倍を上回っている。

また、開発の面からみると、超硬合金が自体の開発は成熟し、コーティング膜の開発で競争が行なわれているのに対し、サーメット合金の場合は、合金自体の開発・競争が、いまだ盛んに行なわれている点が異なっている。

サーメット合金は、鋼の切削加工用材料として、耐摩耗性が高く、また鋼との親和性が超硬合金よりも低いことから、ワークの加工表面の面粗さが良好であるという特長がある。

この点を活かして、軸受の旋削加工用や、鋼の正面フライス加工用として、特に、日本国内では、広く使われている。

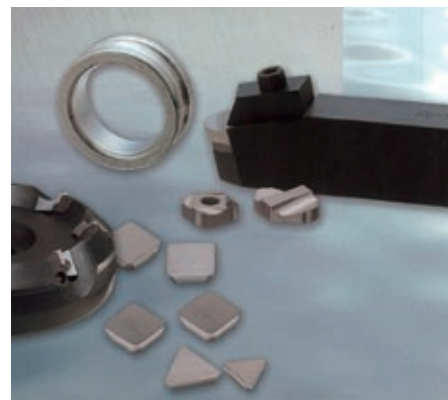


図1 サーメット工具の事例 (軸受旋削と正面フライス)

## 2. サーメット合金の概要

サーメット合金は、原料の炭化物粉末と金属粉末を混合・焼結して製造される焼結材料という点で、超硬合金の一種として考えられている。WC（炭化タングステン）を主たる硬質成分とする超硬合金に対して、サーメットはTiC（炭化チタン）を主たる硬質成分としている。

この主成分の違いが、切削工具材料としての特性の違いにも現れている。WCは、室温から1,000℃の高温まで、比較的、硬さ、強度、剛性が高く、超硬合金は、耐摩耗性、強度ともに優れた材料として、切削工具のほか金型、耐摩耗部品として、広く使用されている。

### （鋼との化学的親和性の違い）

しかし、鋼の切削加工において、WCは鋼との化学的親和性が高いため、切削加工時、高温となる刃先では、化学的な摩耗が生ずる弱点がある。これは、特に、きりくずと高速で接触・摩擦を生ずる刃先すくい面で、顕著に認められる（クレーター摩耗）。鋼切削用超硬工具では、この点を克服するため、鋼との親和性の低いTiCの添加やコーティング膜の付与が行なわれる。

一方、サーメット合金は、鋼との親和性の低いTiCを主成分とするため、鋼の切削加工（特に高速切削）に、上記の点で、超硬合金よりも強みを発揮する。しかし、TiCは韌性ではWCより劣るため、TiN（窒化チタン）やWC、NbCなど他の炭化物を複合添加して、この点を補っている。サーメット合金の、鋼に対する耐摩耗性の高いこと、仕上げ面粗度が良いことなどの特長は、上記のTiCの特性に由来している。

なお、各種炭化物の高温硬さのグラフを、図2に示す。WCは高温になっても、比較的硬さが低下しないのに対し、TiCは室温での硬さはWCより高いものの、高温になるとWCより硬さが低くなっている。サーメット合金や鋼の切削加工用超硬合金にTiCが使用される理由は、鋼との化学的親和性が低いという特長による。

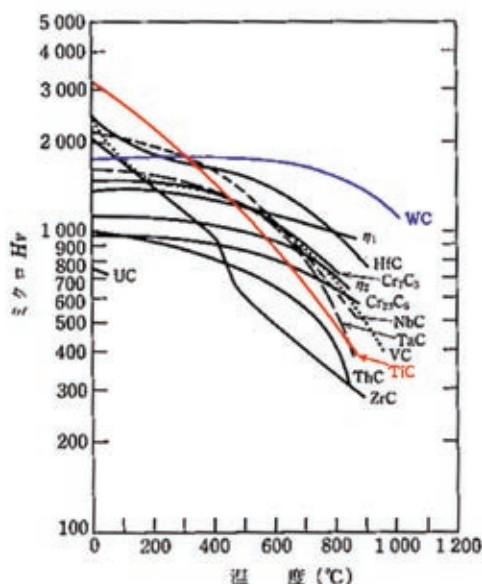


図2 炭化物の高温硬さ<sup>1)</sup>



図3 サーメット合金の製造工程

### （サーメット合金の製造工程）

サーメット合金の製造工程を、図3に示す。超硬合金の場合も、原料が異なるだけで同じ工程である。サーメット合金の原料は、主成分のTiC、TiNの他WC、TaC、NbCなどの添加炭化物粉末およびそれら硬質粒子を結合する金属粉末（Ni、Co）である。これらを、酸化を防ぐため有機溶剤中で均一に混合する。その後、乾燥・造粒し、金型にてプレス成形し所定の形状とし、真空炉中で加熱して焼結する。その際、金属成分（Ni、Co）のみ熔融し、炭化物粉末の隙間に浸透、冷却中に固化して、緻密で強靱な合金が得られる。

サーメット合金や超硬合金がセラミックスに対し強靱であるのは、この焼結中に熔融する金属成分により炭化物粒子同士を結合させているためである。なお、初期に開発されたサーメット合金の金属成分は、Niのみであったが、現在ではCoとNiの2成分が普通となり、NiよりCoが多い場合もある。

### 3. フライス用強靱サーメット合金NAXi710について

#### 1) サーメット合金のシリーズ

NACHIのサーメット合金シリーズを表1に示す。今回紹介するのは、この中のダイス鋼の正面フライス加工に適したNAXi710(略称:i710)である。

表1 サーメットNAXシリーズと使用分野

切削区分	材種名	特性		使用分野
		硬さ	抗折力	
		HRA	MPa	
施削	NAX MM	92.5	1,600	軸受鋼(仕上)
	NAX FF	92.0	1,700	軸受鋼(汎用)
	NAX LL	92.0	1,800	軸受鋼(重切削)
フライス	NAX i710	92.2	1,900	ダイス鋼
	NAX SS	91.5	2,000	構造用鋼

当初、軸受の旋削加工用のサーメット合金の開発・製造からスタートさせ、その後、正面フライス加工用のサーメット合金へと展開してきた。

社内で軸受を主力商品の一つとして製造しており、サーメット合金の開発当初から、需要家である軸受部門・切削工具部門・マテリアル部門が緊密な連携のもと、開発・商品化を行ってきた。

そこで培われたサーメット合金技術をもとに、サーメットの使用比率の高い正面フライス加工用へとシリーズを拡大し、NAX SS(略称:SS)を商品化した。

推奨切削適用領域を、図4に示す。熱的靱性が高いため、熱されつが問題となるSKD11などの難削材のフライス切削に威力を発揮します。

#### 2) フライス用強靱サーメット合金 NAXi710の開発の背景

NAX SSは、正面フライス加工用としての十分な靱性と被削材に対する優れた表面仕上げ性を、需要家に評価され、金型プレート加工業界で広く使用されてきた。

しかし、SS400やSCM材などの構造用鋼ではその性能を十分発揮するものの、SKD11を代表とするダイス鋼のフライス加工では、性能が十分とはいえなかった。

ダイス鋼内部には硬質の炭化物粒子が多く存在するため、サーメット合金には構造用鋼の加工に比べ、より耐摩耗性が必要となる。また、ダイス鋼加工後のNAX SS刃先の観察により、NAX SSには、耐摩耗性ととも<sup>※5</sup>に耐熱亀裂性の向上が必要であることがわかった。

そこで、特にダイス鋼のフライス加工において耐摩耗性および耐熱亀裂性の向上を両立させる方針のもと、開発した商品がNAXi710である。

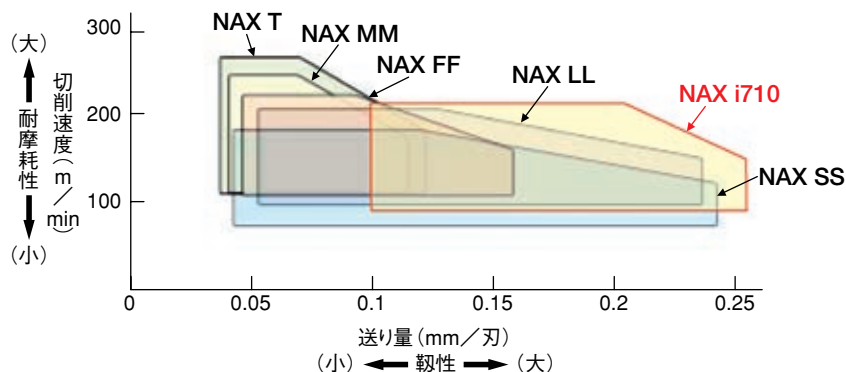


図4 推奨切削適用領域

### 3) フライス用強靱サーメット合金 NAXi710の開発

上記の方針のもと、機械的靱性(抗折力)を維持しつつ、(合金設計)の指針として

- ①金属成分減、炭化物増による、耐摩耗性向上
- ②炭化物成分のバランスによる耐熱亀裂性向上をねらいとし、合金成分を変えた試作・評価を行なった。

また、同時に、製造工程条件の検討によりサーメット合金中の炭化物粒度分布の制御を行ない、耐熱亀裂性の向上を図った。

### 4) フライス用強靱サーメット合金 NAXi710の合金組織

開発の結果、商品化したフライス用強靱サーメット合金NAXi710の走査電子顕微鏡による合金組織を、図5、図6に示す。写真右下隅に表示された白い線が、 $1\mu\text{m}$ の長さを示す。

写真中黒く見える粒子が、主成分のTiCである。その周りを取り巻くグレーの部分は、TiCに他の添加炭化物(WCなど)が固溶(合金化)している部分である。さらにその外側を取り巻いている比較的明るい部分が、金属成分(Co,Ni)である。

炭化物粒子は、 $1\mu\text{m}$ 以下のものから、数 $\mu\text{m}$ のものまで、存在しているのがわかる。前述したように、適切な炭化物成分のバランスと、ここに見られるような $1\mu\text{m}$ 以下微細粒と数 $\mu\text{m}$ の比較的粗い炭化物粒子を混在させることにより、耐摩耗性と耐熱亀裂性の向上を両立させている。

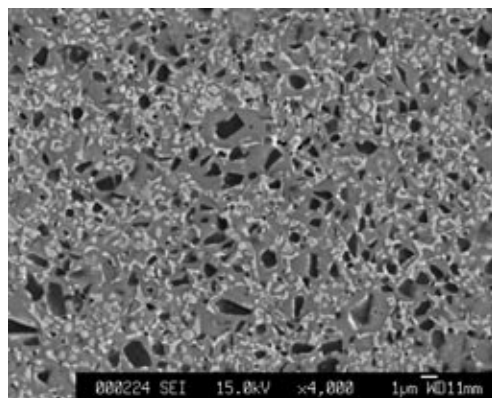


図5 NAXi710合金の合金組織

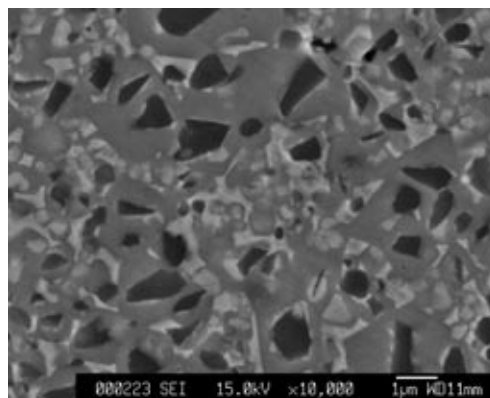


図6 NAXi710合金の合金組織(拡大)

- ・黒く見える部分が、主成分のTiC。
- ・その回りをとりまくグレーの部分は、TiCにTiNやWCなどが固溶している。
- ・間を埋めている比較的明るい部分は金属成分。(CoとNi)

## 5) フライス用強靱サーメット合金 NAXi710の切削性能

以下に、ダイス鋼SKD11の正面フライス加工におけるNAXi710の切削性能について述べる。

15	○ ○ ○ × ○		○ ○ ×
14	○ × ○ ○ ○		× ○ ○ ×
13	○ ○ ○ ○ ○		○ ○ ○ × ○
12	○ ○ ○ ○ ○		○ ○ ○ ○ ○
11	○ ○ ○ ○ ○		○ ○ ○ ○ ○
10	○ ○ ○ ○ ○		○ ○ ○ ○ ○
9	○ ○ ○ ○ ○		○ ○ ○ ○ ○
8	○ ○ ○ ○ ○		○ ○ ○ ○ ○
7	○ ○ ○ ○ ○	×	○ ○ ○ ○ ○
6	○ ○ ○ ○ ○	○	○ ○ ○ ○ ○
5	○ ○ ○ ○ ○	○	○ ○ ○ ○ ○
4	○ ○ ○ ○ ○	○ × × ○ ○	○ ○ ○ ○ ○
3	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○
2	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○
1	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○
	NAXi710	従来材	他社強靱サーメット

図7 NAXi710合金の耐欠損性(送り0.15mm/刃)

NAXi710、従来材であるSS、他社の強靱サーメットの正面フライス加工における耐欠損性を、図7に示す。NAXi710は、従来材に比較して耐欠損性が大きく向上し、他社強靱サーメットをやや上回る性能となっていることがわかる。切削加工後の刃先観察によると、すべての場合、欠損は刃先に発生した熱亀裂によるものとなっていた。

切削加工条件を、図8に示す。この条件にて、正面フライス加工したときのフランク摩耗(逃げ面摩耗)評価を、図9に示す。耐摩耗性も、従来のSSに比べて向上する結果となっている。上記の条件にて、送りだけを0.25mm/刃とした耐欠損性評価結果を、図10に示す。この条件では、他社強靱サーメットに比べて、安定して高い耐欠損性を示すことがわかる。

切削条件	
被削材質	SKD11 (97.2HRB)
被削材寸法	幅100×長さ200mm
フライスカッター径	φ160mm
切削速度	170m/min
送り	0.15mm/刃
切り込み	2.0mm

図8 切削加工条件

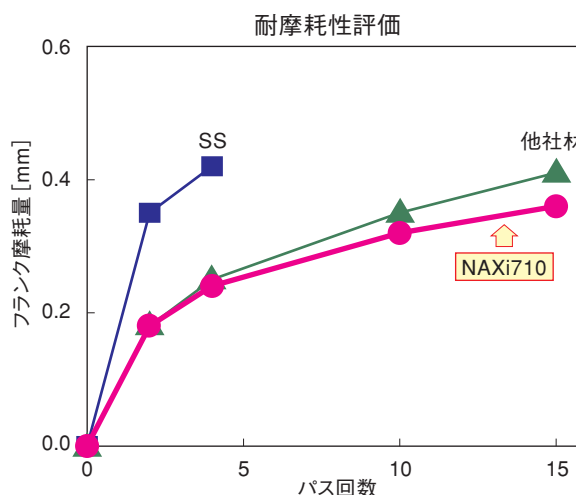


図9 NAXi710合金の耐摩耗性(送り0.15mm/刃)

20			
19			
18			
17	×		
16	× ○ ×		
15	○ ○ × × ○		×
14	○ ○ ○ ○ ○		○
13	○ ○ ○ ○ ○		○
12	○ ○ ○ ○ ○		× ○
11	○ ○ ○ ○ ○		○ ○
10	○ ○ ○ ○ ○		○ ○
9	○ ○ ○ ○ ○		○ ○
8	○ ○ ○ ○ ○		○ ○
7	○ ○ ○ ○ ○	×	○ ○
6	○ ○ ○ ○ ○	× ○	○ ○
5	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ × ×	○ ○ × ○
4	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ×	○ ○ ○ ○ ○
3	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ × ○
2	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○
1	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○
	NAXi710	従来材	他社強靱サーメット

図10 NAXi710合金の耐欠損性(送り0.25mm/刃)

## 4. 進化し続けるサーメット合金

今回は、最近、開発・商品化したSKD11を代表とするダイス鋼の正面フライス加工に優れた性能を発揮する強靱サーメット合金NAXi710を紹介した。この分野では、サーメット合金は、現在も切削性能の向上を目指して、開発・改良がメーカー各社で盛んに行なわれている。

表2 サーメット合金の用途

切削領域	低送り加工 ←————→ 高送り加工			
JIS使用分類	P01	P10	P20	P30
施削加工	NAX T	NAX MM	NAX FF	NAX LL
フライス加工		NAX LL	NAX SS	NAX i710

### 用語解説

- ※1 サーメット合金  
TiC (炭化チタン) を主成分とし、金属成分としてNi (ニッケル) あるいはCo (コバルト) を結合材として含む切削工具用焼結合金。
- ※2 スローアウェイチップ  
機械的にボディにとり付けて使用する刃物材料の小片。用途により四角形、三角形、ひし形などの形がある。一つの刃部が工具寿命に達したとき、他のコーナまたは他のチップに交換することによって再研削することなく、そのまま作業が継続できるようにしたもの。現在は、英語名のインサート(insert)と呼ばれることも、増えてきた。
- ※3 化学的親和性  
二つの物質が化学的に反応しやすいとき、化学的親和性が高いという。WCと鋼の例以外にも、ダイヤモンドと鋼も化学的親和性が高いため、ダイヤモンドバイトや砥石は、鋼の加工には使用されない。
- ※4 クレーター摩耗  
工具の刃先のうち、すくい面にくぼみ状に発生する摩耗のこと。切削加工中に、刃先で削り取られたワークのきりくずがカルして高速ですくい面を摩擦することで、発生する。
- ※5 耐熱亀裂性  
切削加工中の熱サイクルにより発生する熱応力から、刃先に発生する亀裂に対する抵抗力。一般的に、超硬合金はサーメット合金より耐熱亀裂性が高い。
- ※6 FM ALLOY  
NACHI新材料のブランド名。独自の新製法により、高機能化・高特性化を実現したマイクロ制御合金。

NAXi710は特にSKD11などのダイス鋼の高送り加工に威力を発揮します。

一方、NACHIマテリアル事業部は、従来主力の高速度鋼工具鋼(ハイス)に並ぶ新材料として「FM ALLOY」のブランド名で高機能、高品質、高付加価値材料の開発を推進している。サーメット合金の開発・改良も、こうした開発指向の事業展開の一環として、さらなる上のレベルを目指し、ものづくりの世界の発展に貢献する。

### 参考文献

- 1) J.H.Westbrook,E.R.Stover:High Temperture Materials and Technology edited by I.E.Campbell and E.M.Sherwood (Wiley,New York 1967)

### 関連記事

- 1) 原 恭：「新強靱サーメット -NAX-SS-」、不二越技報、Vol.53 No.2、(1997)
- 2) 吉本 隆志・早瀬 好明・石原 外美：「サーメットにおける繰返し熱衝撃下のき裂進展挙動と実機(正面フライス)評価」、不二越技報、Vol.54 No.2、(1998)
- 3) 原 恭・松木 賢司：「TiCN系サーメットと鋳鉄との摩擦摩耗特性」、不二越技報、Vol.56 No.2、(2000)
- 4) 原 恭：「ロータリコンプレッサ用ベーン材料への適用を目的としたTiCN系サーメット合金の開発に関する基礎的研究」、不二越技報、Vol.58 No.1、(2002)

本 社	本社・富山事業所 東京本社	富山市不二越本町1-1-1 東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F <a href="http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/">http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/</a>	〒930-8511 〒105-0021	Tel.076-423-5111 Tel.03-5568-5111	Fax.076-493-5211 Fax.03-5568-5206						
生産拠点	富山事業所	富山市不二越本町1-1-1	〒930-8511	工具 マシナリー ロボット ベアリング	Tel.076-423-5100 Fax.076-493-5221 Tel.076-423-5140 Fax.076-493-5242 Tel.076-423-5135 Fax.076-493-5252 Tel.076-423-5120 Fax.076-493-5231						
	東富山事業所	富山市米田町3-1-1	〒931-8511	マテリアル 油圧機器	Tel.076-438-4411 Fax.076-438-6313 Tel.076-438-8970 Fax.076-438-8978						
	滑川事業所	富山県滑川市大掛176	〒936-0802	プレジジョン カーハイドロリクス クリーンサーモ コーティング 精密成形	Tel.076-471-2101 Fax.076-471-2630 Tel.076-471-2320 Fax.076-471-2324 Tel.076-471-2982 Fax.076-471-2987 Tel.076-471-2985 Fax.076-471-2989 Tel.076-471-2991 Fax.076-471-2992						
	水橋事業所	富山市水橋伊勢屋193	〒939-3524	ベアリング	Tel.076-478-2098 Fax.076-479-1081						
営業拠点	東日本支社 北海道営業所 福島営業所 山形営業所 北関東営業所	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F 札幌市東区本町1条10-4-10 福島県郡山市桑野2-33-1 ワン・ブリッジビル2F 山形県西村山郡河北町谷地字真木130-1 (株)ナチ東北精工内 群馬県太田市浜町26-2	〒105-0021 〒065-0041 〒963-8025 〒999-3511 〒373-0853	Tel.03-5568-5280 Tel.011-782-0006 Tel.024-991-4511 Tel.0237-71-0321 Tel.0276-46-7511	Fax.03-5568-5290 Fax.011-782-0033 Fax.024-935-1450 Fax.0237-72-5212 Fax.0276-46-4599						
	中日本支社 東海支店 北陸支店	名古屋市名東区高社2-120-3 ナチ名古屋ビル 浜松市海老塚1-20-17 富山市石金2-3-60 ナチ北陸ビル	〒465-0095 〒432-8033 〒930-0966	Tel.052-769-6811 Tel.053-454-4160 Tel.076-425-8013	Fax.052-769-6830 Fax.053-454-4845 Fax.076-493-5215						
	西日本支社 中国四国支店 広島営業部 九州支店	東大阪市本庄西2-73-14 ナチ大阪ビル 岡山市西古松2-2-30 広島市安佐南区西原8-25-10 福岡市博多区山王1-10-30	〒578-8522 〒700-0927 〒731-0113 〒812-0015	Tel.06-6748-2510 Tel.086-244-0002 Tel.082-832-5111 Tel.092-441-2505	Fax.06-6748-1955 Fax.086-243-4346 Fax.082-832-5114 Fax.092-471-6600						
海 外	国際営業部	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒105-0021	Tel.03-5568-5240	Fax.03-5568-5236						
生産拠点 Overseas Manufacturing Companies	AMERICA	Indiana, Michigan / U.S.A.	BRAZIL								
	EUROPE	SPAIN	CZECH								
	ASIA and OCEANIA	KOREA	TAIWAN	CHINA	THAILAND	SINGAPORE					
営業拠点 Overseas Sales Companies	AMERICA	U.S.A.	CANADA	MEXICO	BRAZIL						
	EUROPE	GERMANY	SPAIN	U.K.	ITALY						
	ASIA and OCEANIA	KOREA	TAIWAN	CHINA	THAILAND	SINGAPORE	MALAYSIA	INDONESIA	PHILIPPINES	VIETNAM	AUSTRALIA