ウォータージェット加工の現状*

杉 野 太 加 良**

The Existing State of Water-Jet Machining

Takara SUGINO

1. は じ め に

ウォータージェットによる加工技術は、直径 $\phi 0.05 \sim 2.5$ mm 範囲内のノズル口から音速を越ゆる速度で噴射した高速水噴射流が物体に衝突するときのエネルギーによって、固体材料を加工する技術をいう。

ウォータージェットは、今日ではポンプの機構が飛躍的に改善され、高圧シーリングや回転継ぎ手、耐圧ホースなどの周辺技術も平行して向上し、レーザーと並ぶ高密度エネルギービーム加工のひとつとなっている。

我が社におけるウォータージェットの歴史は1936年、杉野林平が創業したスギノマシンの前身である「杉野クリーナー製作所」から始まる。当時、国鉄（現在のJR）は蒸気機関車全盛の時代であった。機関車の蒸気は多数のチューブ（パイプ）で構成されたボイラーにより発生されるが、使っているうちにチューブの内面に水垢などのスケールがたまり効率が悪くなる。そこで、定期的に「チューブクリーナー」により掃除をしていたが、「チューブクリーナー」は英国から輸入するしかなく、しかも非常に高価だった。林平は「クリーナーをなんとか国産化できないだろうか、しかし、ただ英国のモノマネでは嫌だ、独創的なものにしたい…」と考えた。

英国製のクリーナーは、空気圧でカッターを回転させパイプの中を掃除する方式であった。そこで空気ではなく、水圧を利用してカッターを回転させる独自の一段式タービンクリーナーを開発したのである。水圧式クリーナーは、かつての国鉄や当時の満州鉄道からも次々と注文が舞い込んだ。

その後、チューブクリーナーは蒸気機関車のボイラーばかりでなく、石灰火力発電所や暖房用熱交換器のク

リーニングなど多方面に使われるようになっていった。

しかし、用途が拡大すれば同時にスケールの種類も多くなり、回転式のカッターでは除去しにくいものもあらわれ、改良が要求されるようになってきた。

その頃、偶然、ドイツ・ゲッチンゲン大学の論文入手。それによると「雨中、高速で航空機が飛行するとレーダドームやプロペラの先端が水滴でエロージョンを起こす…これだ、高圧水を直接ぶっつければもっと取れやすいのでは…」というアイデアがひらめいた。

高圧水をぶつけるためには、高圧を発生させるポンプが必要になるが、当時、100 MPa を発生させるポンプは世界に無いとの判断から、結局ポンプを自社開発することになった。

1964年当時としては画期的な 30 MPa の高圧発生を可能にしたポンプ「ジェットクリーナ」の第一号機を完成させ、その後順次高圧化を図り、現在では 850 MPa までのポンプがラインナップされている。

ウォータージェットの適応範囲は、その圧力に応じ石油精製・石油化学コンビナートのプラント機器洗浄から、土木・建設・鉱業・鉄鋼・造船・発電・機械・自動車・航空機・繊維など多岐にわたる産業に拡大している。

また、近年クロースアップされている地球環境問題、エネルギー資源の有効利用、地球の温暖化などに対してもウォータージェット技術が応用されつつある。

ここでは、これら多くの分野で活用されているウォータージェット加工の適用例を開発当時のエピソードをまじえ紹介したい。

2. ウォータージェットの特徵と利用

ウォータージェットは、細い噴流水柱であり単位面積当たりのエネルギーはきわめて大きいのが第一の特徴で、所要動力が少なく、使用するものが水であるため維持費も安い。また、粉塵を発生させることなく、かつ加工点の温度が低いので、発火、爆発のおそれのある場所での

* 平成11年 6 月 3 日本会第102回例会において発表

** 株式会社スギノマシン取締役副社長

平成11年 8 月23日受理

表 1 ウォータージェットの圧力域と用途例

圧 力		kg f/cm ²													
種 類		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000
土 木 建 設 鉱 業		レイタンスカット				建材ボード切断				コンクリート切断					
		グリーンカット				ビル外壁リフォーム									
		矢板、パイル打込				高圧グラウト				石材表面加工				建材、人造大理石切断	
		上下水道管洗浄				抗内ジェット穿孔									
		井戸再生				橋造物築地調整									
水 産 食 品 織 維 紙・パルプ ゴ ム		高所給水				高圧ビル排水管洗浄				コンクリートハズリ					
		海底洗精				フィッシュミール乾燥缶洗浄				段ボール、紙オムツ切断					
		魚網洗浄								ロール外面洗浄				デコレーションケーキ切断	
		乾燥缶、効用缶エバポレータ洗浄								各種食品切断				殺菌、改質	
		ダイジェスタ、その他繊維洗浄													
化 学 石油精製 石油化学 薬 品 薬 業		酸酵和洗浄													
		不織布ジェットニードリング				ロール洗浄				ゴムホースインパルス試験					
		パルプ切断								不織布切断					
		ホース耐圧テスト								コムライニング剥離					
		ドライヤー洗浄				シュミットクーラ洗浄				タンク壁面築地調整					
鉄 鋼 非鉄金属		熱交換器、リボイラ、その他繊維洗浄								スクルー洗浄					
		重合缶、その他反応缶洗浄								焼成前タイル切断					
		コークスカット				スレート切断				押出しダイブレート洗浄、金型洗浄					
		排煙、脱硫、その他公害防止装置洗浄								ロール洗浄				セラミック基板切断	
		ドラム缶洗浄								ステンレス缶洗浄					
電 気 機 器 電 子 機 械		一般鋼材デスケリング				水アトマイズ									
		特殊鋼デスケリング				コークス炉洗浄				高炉冷水管補修					
		配管仕上洗浄				圧延ロール補修									
		ロールチョック洗浄													
		コイル洗浄				ロストワックス積砂除去									
自 動 車 航 空 機 造 船 産業機器		ICバリ取り				ICバリ取り				プリント基板切断					
		ビデオ部品洗浄				ハードディスクドライブ洗浄				フェライトグリーン切断					
		油圧部品バリ取り洗浄				高圧研削				感光ドラム洗浄				特殊鋼切断	
		エンジン部品洗浄								自動車内装材切断					
		トルコン部品バリ取り洗浄								塗装台車洗浄				FRP、CFRP切断	
発 電		ブレーキホース耐圧テスト								冷間静水圧成形(CIP)					
		燃料噴射ニードル洗浄								メタルガスケット剥離				バックシン切断	
		船体洗浄				甲板、タンククレン				ディーゼルエンジンカーボン除去					
		チューブ、圧力容器耐圧テスト								リテーナ、その他自解加工					
										シュミレーション、耐圧テスト					
発 電		コンデンサ・ヒータ洗浄				排煙脱硫装置洗浄				原子炉建屋解体					
		ドラム除染													
		取水口洗浄								クラッド除去					
		水圧テスト													
		海水管系地調整													
発 電		タービン洗浄													
		スチームセネレータ洗浄

図1 気体中のウォータージェットの流動構造膜

作業も可能である。

図1にジェットの構造を示すが、ノズルから噴射直後の液体表面は滑らかであるが、すぐに表面波が現れ、やがて液体内部に気体が混入し、高速の液滴群となる。通常洗浄では液滴部、切断では液滴になる前の噴流を使用している。

洗浄、バリ取り、はく離、はつりにおいては、水はどんな小さな穴でも入り込めるので、複雑な形状のものや深い穴部でのゴミや汚れも除去できる。しかしジェット水の当たる面積はきわめて小さいので、幅を持った面で加工したい場合は、複数のノズルを持つヘッドを回転させ処理面積を広くし、能率を上げている。

切断においては、ノズルと被切断物は非接触であり、離れた位置からカッティングできるので切断装置の自動化が容易になるという利点がある。

実用化されているウォータージェットの圧力領域は、100 MPa までは洗浄、バリ取り、150~200 MPa で、はり離、はつり、200 MPa 以上では切断に利用されている。表1に各業種におけるウォータージェットの用途例を示す。

ポンプで発生した高圧水は配管によりノズルに導かれる。噴射圧力が200 MPa 以下でノズルの移動が必要な場合には、ホースが使われる。200 MPa 以上の圧力ではステンレス製のチューブを使用する。チューブを利用してノズルを移動させる場合には、コイル状にして弾性を付加したり、スィベルジョイントと呼ばれる回転継ぎ手を利用してノズルの多次元運動を可能にする。

3. 洗浄、バリ取り

我々が日常恩恵にあずかっているハイテク製品には、精微に加工された金属部品が多く使用されている。こうした精密部品により構成される装置の品質と信頼性を確保するためには、洗浄やバリ取りが不可欠となっている。従来これらの洗浄に多量の有機溶剤が使用されていたが、有機溶剤は地球環境を破壊することが指摘されて以来、ますますウォータージェットによる洗浄、バリ取りが注目されている。

3-1 空気中での洗浄、バリ取り

20年前の自動車は新車時から、走行3,000 km で必ず

エンジンオイルを交換しなければならなかった。それはエンジンやトランスミッション部の加工後除去しきれなかった微量の金属のクズやゴミが、運転するにつれて脱離したからである。この切屑や、バリが自動車エンジンの悩みのタネだった。

そこで、ウォータージェットによる切り屑、バリを除去することが試みられた。その結果従来の手作業で取りきれなかった隅々までのゴミ洗浄、バリ取りが可能になり、今日、新車の運転開始後長期間の連続走行であってもエンジンオイルの無交換を可能にした。

特に最近では、オートマチック車の目覚しい普及に伴ってミッション系のトラブルを防止するため、さらに高圧化されたウォータージェットで微細バリの完全除去を目的とした図2のような高圧洗浄機が普及している。

今日では、自動車エンジン部品をはじめとして、電子部品、油圧機器部品など高品質でクリーンな部品生産のため、機械加工後の異物、微細バリの除去にウォータージェットシステムを利用した洗浄機が適用され自動化が図られている。

また、化学プラントでは重合缶・反応槽の内面の自動洗浄にウォータージェットが使われている。この洗浄方法は粉塵が発生しないので大気に悪影響を与えないクリーンな工法として注目されている(図3参照)。

3-2 水中キャビテーションジェット

ウォータージェットは、空気中で被加工物に衝突させ加工を行うのが一般的である。しかし、その効果は衝突点または水滴柱が直接当たる小さな面積のみで、大面積の場合は、多数のノズルを回転させるが、必要な動力もノズル数に比例して大きくなるが、1990年初頭、ウォータージェットを長年研究しておられる教授から、簡単なノズルの略図を示され、水中でキャビテーションを発生させ、むしろそれを増幅させて、崩壊する際の衝撃力を利用した洗浄をやってみてはとの提案があった。

図2 ミッション部品バリ取り洗浄機

図3 重合缶洗浄用ランス型ノズル噴射模図

キャビテーションは、従来、流体機器の高速化に伴って発生し、性能の劣化を招き、バルブやノズルを損傷させるため、いかにこれを防止するかが、大きなテーマであった。これを逆に利用するとは、まさに、「毒を以て毒を制する」諺どおりの方法であり、キャビテーションで苦勞していた者の常識を覆す発想であった。研究を重ね、末広がりの特殊形状をしたホーンノズルで、水中に向けジェットを噴射すると、キャビテーション気泡が効率よく発生することがわかった。

同じ圧力と流量で、空中より襲食作用を大きくすることに成功した。キャビテーションは、ジェット水柱の周辺に広範囲で発生するとともに、キャビテーション気泡の破壊力の相乗効果により、効率のよい洗浄、バリ取りが可能になる。4~30 MPa 程度でエンジン部品の切屑および微細バリの除去や機械部品のエッジバリの除去、精密鋳造部品の鋳砂除去、金型に膠着した樹脂除去などに利用されている。

4. はく離、はつり

ペンキが塗られた金属表面にウォータジェット水を衝突させて、塗膜だけが剥がれる圧力を調節することがで

図4 ハイジェットガンによる客車の外枠塗装剝離

きる。金属とペンキの付着強度の違いからペンキのみ破壊し離脱することが出来るのは、ウォータジェットの特徴の一つで、母材を傷めることなくコート材や汚れなどの付着物だけを能率よく、はく離（取り除く）できる。

従来のサンドブラストに比べて、養生作業が簡略化でき、除去物の回収も容易であるので、石油タンク底板、橋梁の錆、上下水・終末処理場のライニング、客貨車の塗装、発電所の水圧鉄管内面ライニング、横断歩道の白線などの除去に利用されている。通常、多数ノズルを回転させる手持ち式のハイジェットガンで作業を行うが、変わったところではニューヨークの「自由の女神像」の洗浄や、JR 車輦。鋳造仏像の砂落としが挙げられる（図4参照）。

1995年の阪神大震災で高速道路の橋脚のコンクリートが剥げ落ち、内部の鉄骨がむき出しになった光景はまだ記憶に新しい。これを復旧するためにウォータジェットにより鉄筋、鉄骨材をそのまま残してコンクリートだけを斫り（剥ぎ落とし）、周囲に鉄板を巻いて中に新しいコンクリートを流し込み、橋脚を補強する方法が採用された。ウォータジェットによれば鉄骨や鉄筋にダメージを与えることなく劣化したコンクリートを斫ることもできる。また、既設コンクリートと新設コンクリートの付着強度が従来の方式に比べて2~3倍アップしたという報告がある。騒音、振動、粉塵を発生することなく作業することができた。

5. 切 断

今日の技術革新に伴って生み出された新材料、新素材はその用途を急速に拡大させているが、強度を増加させた分、従来の加工法の適用を難しくさせるなど新しい加工法をさがし求めている例が多い。

直進性を持つ単色光をレンズで集め、高密度の熱エネルギーで切断するレーザー加工は、近時における大発明であり多くの素材の切断法として普及した。しかし、新素材といわれる化学繊維やプラスチック、特殊金属の中には熱を加えると、熔融により異臭を発生させたり、変形、変質、変色してしまうものも少なくない。

また、レーザー加工は焦点距離が短いので、切断物と常に接近させておく必要があり、立体的な構造をしたものの切断は苦手であった。

ウォータージェット切断は、200～400 MPa に加圧した水をノズルから噴射させ、その高速水噴流の破壊作用を利用して各種材料の切断を行う方法であるが、清水のみを加工エネルギー媒体とするウォータージェットと研削材（アブレイシブ）を混入させた固液複合噴射のアブレイシブジェットとがある。

ウォータージェットやアブレイシブジェット切断は上記レーザーの問題を解決する加工手段として一分野を確立した。

ウォータージェット、アブレイシブジェット切断の特長は、

- (1) 非接触切断・高パワー密度加工法であるため、切断面にかかる力が小さく、材料に与える変質・変色・歪み・残留応力が極めて少ない。
- (2) 発熱を伴わないため、材料の熱変形、あるいはガス化が生じない。
- (3) 加工物とノズルは非接触であり、自由な曲線の切断が可能である。
- (4) 任意の点から切断スタートし任意な点でストップできるので、複雑な切り抜き加工も簡単にできる。
- (5) 切断代が小さいため、複雑で小さな形状の切断ができる。また材料を節約できるので、高価な材料の切断にも有効である。

5-1 ウォータージェット切断適材

清水のみによるウォータージェット切断は紙・ゴム・プラスチック・カーペット・繊維材・合板・食品などの軟質材に適用され、切断幅はノズル径とほぼ同じ

0.05～0.5 mm 程度と狭い。

1980年頃より、自動車産業では溶接、塗装、組立、シーリングなど広範囲の作業を多関節産業ロボットにさせることにより、品質の安定、熟練工不足対策、作業改善を図ってきた。

当時、ルーフ材、フロアカーペット、ドアパネル、ダッシュボードなどは、従来プレス金型を使用して縁取り切断や穴あけを行っていたが、車種変更ごとに金型を変える必要があり、金型費用、保管場所等が問題になってきた。この要望に応える切断方法としてロボットにノズルを持たせて切断する「ウォータージェット加工」が注目された。

ウォータージェットによる切断加工は、大きな金型が不要になる上、切断抵抗が少ないため、ワークのクランプも簡単なものでよいなどのメリットがあった。また、一台のポンプから2～6台のロボットを同時に使用できるためトータルコストとしても安くシステム化が図れるようになった。

その後、「造れば売れる」というバブル時代に入り、各メーカーは競ってモデルチェンジを行い、自動車の多品種少量化が進んだ。これにともない、ウォータージェット加工は急速に普及していった。図5に多関節ロボット2台で、車の天井材を切断する装置を示す。

また最近では食品の切断にもウォータージェットが使われている。鰯寿司は、駅弁としてだけではなく、富山の名産品として全国的に知られているが、T社では、ウォータージェット加工装置を導入し鰯寿司の切断を自動化した。

従来は、職人が包丁で一枚一枚切っており、大量生産すると職人が腱鞘炎を起こしたり、肉体的疲労が生ずるなど一人当たりの処理量は限られていた。衛生面でも包

図5 ロボットによる車の天井材切断装置

丁は、いくら洗っても残りがすがついて完全な殺菌は難しかった。ウォータージェットで切断すれば、全く人の手に触れずに、10 m/min もの高速で切断するので、衛生的でかつ能率が上がり、コストダウンにつながった。また、ウォータージェット切断は、局部的にしか力が加わらないため、寿司をつぶさず切り口を美しく仕上げることでできた。

従来は円状の鰯寿司を笹の葉で包み桶に入れ、それを竹にゴムをかけた状態でおみやげ用として販売していたが、ウォータージェット切断により通常の鰯寿司を半円状に切り、プラスチックの容器に入れ、気軽な軽食・弁当といった位置づけでスーパーやコンビニエンスストアへ納入するなど販売拡大に貢献している。

ウォータージェットは医療の分野でも、肝臓の手術用に「アクアジェットメス」が利用されている。

アクアジェットメスの開発は次のようなエピソードがきっかけとなっている。冷凍マグロを持ち込んできた業者の方がいて、それまでマグロは歯幅が 5 mm ぐらいのノコギリで切っていたが切りカスが出る。それがもったいないので 0.2 mm の水の刃で、無駄なく切りたいとの相談であった。

テストしてみたらマグロ身の 100 mm t 程度まではすぱっと切れた。更に厚いものを切断するため圧力を上げたところ、マグロ身がバラバラになって飛び散ってしまった。そこでポンプの圧力を下げて切ってみたら身は切れたが筋が残ってしまった。この実験結果を聞きつけて、ある大学医学部から、肝臓の手術用メスを開発できないかと要請があった。肝臓の組織だけを切り、血管だけを残すようにウォータージェットで切断したいとのことである。

人間の肝臓に近いと言われている豚の肝臓を用い、高圧ポンプの圧力を下げて実験してみたところ肉は切れたが血管は残った。その後、臨床実験を重ね、厚生省より製造許可を得ることができた。

アクアジェットメスはペンシル型のハンドピースから、約 2 MPa（水道水の10倍程度）の細い水流（直径 0.15 mm）を噴射させ、患部を切り取る。普通のメスを使うと血管も切断して大量の出血が避けられないが、水流は血管や神経組織などの硬いところを避けて裏側にまわる「コアンダ効果」という性質があるため、患部の実組織だけを切り落とすことができ、出血の量も少なく抑えることが可能になった（図 6、図 7 参照）。

5-2 アブレイシブジェット切断

水だけを媒体としたウォータージェット加工法では、水圧をより高くして切断能力を高めても鋼材や石材・コンクリートなどといった高強度（硬度）の材料に対しては必ずしも効率的な切断とはなりえない。ウォータージェッ

図 6 アクアジェットメス本体とハンドピースの外観

図 7 ハンドピースノズルからの生食噴射

ト（圧力 200 MPa、約マッハ 2 のスピードで噴射）に研磨材を混入して噴射し、ウォータージェットの高速エネルギーとともに、研磨材のもつ切削性を利用したのがアブレイシブジェット加工法である。

アブレイシブジェットは、図 8 に示すようにエグゼク

図8 アブレイシブジェットの構造

タ構造のアブレイシブヘッドを用いて、超高圧水が噴射されるときに水の高速流水を利用して負圧を発生させ、その負圧により研磨材（アブレイシブ）をウォータージェットの中に巻き込ませて噴射する。

アブレイシブジェットではコンクリートや金属材料のほか、ガラス、石材などの脆性材料においても切削部以外にひび割れなどの損傷を与えず切断できるという優れた難削材加工性能を示す。図9にアブレイシブジェットにより切断したサンプル、表2にカッティングデータを示す。

6. 資源、環境、先端技術に関連するウォータージェット加工

6-1 CO₂ 固定化技術

地球温暖化は大気中のガスによる温室効果によるものとされ、CO₂、CH₄、N₂Oなどのガスが原因と考えられる。温暖化の49%はCO₂によるものである。大気中のCO₂濃度の増加は化石燃料の消費と非常に関係が深く、化石燃料を燃焼させる以上、CO₂の発生を止めることはできない。中でも、火力発電所から排出されるCO₂の量は、全体の4分の1にもなる。このため、火力発電所の排ガスのうちCO₂だけを回収し、液状化してタンカーで沖に運び、水深三千メートル付近の海底に投棄するという構想が生まれた。三千メートルの海底は、300気圧で、この環境では、CO₂はハイドレートと呼ばれる水和物をつくりシャーベット状と考えられている。

当社では、電力会社との共同研究により、このCO₂の固定化技術に取り組み、海底と同環境を造り、その中

図9 アブレイシブジェットによる切断サンプル

表2 アブレイシブジェットによる切断データ

切断材料名	厚み mm	圧力 kgf/cm ²	ノズル径 mm	アブレイシブ (研磨材)	切断速度 mm/min
ステンレス鋼 SUS304	50	3,000	1.5	ガーネット	30
	40	2,500	3.0	珪砂	20
	30	3,000	1.5	ガーネット	45
	20	3,000	1.5	ガーネット	50
	15	2,500	3.0	珪砂	40
	10	3,000	1.5	ガーネット	150
インコネル	80	3,000	1.5	ガーネット	10
	20	3,000	1.5	ガーネット	40
	15	2,500	2.0	珪砂	10
	6	3,000	1.5	ガーネット	100
純チタン	25	2,500	2.0	珪砂	30
チタン合金	3	2,500	2.0	珪砂	100
アルミ	35	2,500	2.0	珪砂	100
	15	2,500	2.0	珪砂	100
	10	3,000	1.5	ガーネット	300
コバルト合金	9	3,000	1.5	ガーネット	40
黄銅	10	3,000	1.5	ガーネット	200

で CO₂ がハイドレート化することを実験により実証した。

300気圧の中にただ CO₂ を押し込んでもなかなかシャーベット状にはならず、キャビテーションジェット用の特殊形状ノズルから噴射させることで効率よくハイドレートを造ることが可能になった。

この方法により、CO₂ を海底に貯留でき、地球温暖化防止策技術の有効手段と考えられているが、海洋の環境影響について未知な点が多く、現在それぞれの専門機関で調査研究が進められている。

6-2 原子炉解体

一般に原子炉の稼働期間は、30年～60年と考えられており、21世紀の初期には寿命に達した商業発電用原子炉が生ずるとされている。この運転を終了した原子炉施設を安全に処理するための方策が、我が国のみならず国際的にも重要な課題になっている。日本原子力研究所（以下原研という）では1986年から「原子炉解体技術開発」の一環として「アブレイシブジェットによる JPDR の生体遮蔽体の解体」の実地試験を実施した。この解体で得られた知見および経験は、将来の商業発電用原子炉の解体に反映されるものと期待されている（図10参照）。

6-3 リサイクル

リサイクル部材では、様々な汚れをどう取り除くか、不要な部分と、再使用可能な部分をどうより分けるかが

課題となる。この分野でもウォータージェット工法の利点は表面の軟らかいものだけが取り除けるという性質を活かし、利用されている。印刷用ゴムローラ再生のためにゴムライニングおよび接着剤を剥離するテストも行なっている。また、使い捨てカメラのリサイクルのためボディからラベルを除去し再利用を図る試みなどがなされている。

自動車の古タイヤをウォータージェットで細かく裁断、細粒にし、新素材に投入して再利用しようという試みもなされている。

6-4 超微粒化システム

今日の技術革新、エコロジー的な時代の流れから、電気、光、化学などの性質に優れた機能性材料の開発が重要視されるようになった。このような機能材料のベースとなるものとして粒径を1ミクロン以下まで小さくした「超微粒化」が注目されるようになった。具体例としては、超微粒子の酸化チタンを表面コートし、光触媒作用により殺菌効果を発揮させた「抗菌コート」や、携帯電話などに超小型で高容量のセラミックコンデンサーなどが挙げられる。

液中に粒子を混合しスラリー液化した後、加圧し秒速830メートルの超高压ジェット流として対向衝突させることで、含有スラリーを超微粒化する（図11参照）。

紫外線防止の化粧品は、その効果が長持ちすること、

図10 ウォータージェット切断による原子炉解体の概念図

被覆性が高いこと、べたべたしないことがポイントで、そのためには、顔料の粒の細かさが決め手となる。従来のローラミルでも超微粒化はできるが、粒径 $1\mu\text{m}$ をつくるには長時間を要する他、ローラの摩耗粉が混入し、純度が落ちるなどの問題があった。

これに対して超高压ジェットによる微粒化は、物質によっては $0.1\mu\text{m}$ まで超微細化ができるし、コンタミネーションの混入がない。

化粧品他に電子部品、医薬品、食品、セラミックス、

その他各種材料の従来に無い新しい機能を有する物質が出来ると期待されている。

7. おわりに

最もパワーのある水とは何かという質問に、文学者は「女性の涙」、気象学者は「津波」と「洪水」と応えるそうである。工学では、「超高压ウォータージェット」と応えるところまで来たと信じている。

人類も、動物も、そして植物も水と共に生き、発展し

図11 対向衝突のメカニズム

てきた。子供のころ、近くの川で泳いだことを思い出し、改めて、水の惑星、地球に生まれたことを喜びに感じる。しかし、今日の産業発展に伴い環境破壊の原因も多くなった。ウォータージェットは、環境に優しく、破壊された環境も回復できる。これらに関連した分野でますます発展するものと思われる。

また、近年、超高圧とまでいかないにしても、水噴流の利用は、すでに皿洗い機をはじめウォシュレット、車の高圧洗浄機など家庭生活にも入り込んできており、今後、機器をよりコストダウンし、小型化を進めていけば、家

庭生活にも利用できる新たな機械が出現するであろう。

「自ら考え、自ら創り、自ら届ける」をポリシーとし、独創的な技術によるグローバルオンリーワン商品の開発を推し進め、ウォータージェットのさらなる利用に貢献していきたい。

参 考 文 献

- 1) 日本ウォータージェット学会編，ウォータージェット技術事典，丸善株式会社（1993）
- 2) スギノニュース技報 他