油膜付水滴加工液を用いたエンドミル加工の加工精度*

河田圭一** 中村 隆*** 松原十三生† 佐藤 豊**

Machining Accuracy in End-milling with Oil Film on Water Fog Metal Working Fluid

Keiichi KAWATA, Takashi NAKAMURA, Tomio MATSUBARA and Yutaka SATO

Recently, waste treatments in the traditional coolant system have been causing increase in manufacturing costs because of environmental concern. A new cutting fluid supply system (Oil film on Water fog: OoW) has been proposed for an environmental measure. The new system supplies the comparatively large water particles covered with very thin vegetable oil to a machining point with air jet. In this paper, milling tests, shaping two cylindrical bosses from an aluminum alloy block, are carried out, and the machining accuracy is examined for the practical use of this system. The experimental results are compared with the results used conventional coolant and minimal quantity of lubricant (MQL). As OoW has an enough cooling ability, the accuracy of products with OoW is finer than that with MQL, and is as same as that with conventional coolant. Consequently, it is concluded that the new system is expectable as one of the ecological-friendly machining methods.

Key word: ecological-friendly machining, metal working fluid, milling, machining accuracy, surface roughness

1. 緒 言

現在、環境を重視した製品が主流となり、その製造過程から使用後のリサイクルまで環境負担の軽減が求められている。切削加工に用いられる加工液は高能率、高精度加工には不可欠であるが、ここでも環境に配慮した対応が求められている。従来から使用されてきた水溶性加工液は、様々な化学物質が添加剤として混合されており、今後廃液処理の問題から、これまでのような多量な水溶性加工液を用いた加工は制限されると思われる。また、多量の加工液をポンプで循環させる電力は、省エネルギーの視点からも、極力抑えていかなければならない。

これらの対策として、環境に配慮した様々な加工方法が研究されている。加工液を使用しない理想的な加工方法としてドライ加工、加工点に冷風を供給して切削を行う冷風加工^{1),2),3)}、微量の油をミスト状にして加工点に供給する極微量潤滑法 (Minimal quantity of lubricant: MQL)^{4),5),6)}があげられる。しかしながら、これらの加工方法は長所や短所があり、加工条件に合わせた様々な加工対策が必要になると思われる。

本研究では、新たに環境に配慮した加工方法として油膜付水滴加工液 (Oil film on water fog: OoW) を用いた加工方法^{7),8),9)}を提案している。本報告では、この油膜付水滴加工液を用いた加工の実用化に向け、マシニングセンタによるエンドミル加工を行い、これまであまり検討されていない加工液供給法の違いによる加工精度について冷却性の影響に注目し検討を行った。従来から行われている水溶性加工液 (エマルジョン) を用いた加工と、環境に配慮した加工方法として注目されている MQL による加工との比較を試みた。その結果、油膜付水滴加工液が加工精度を重視した環境対応の加工方法になり得る結果が得られたので報告する。

Fig.1. Principle of OoW

2. 油膜付水滴加工液の原理

切削加工液の役割として、冷却、潤滑および切り屑除去がある。図 1 に、油膜付水滴加工液の原理図を示す。水滴表面に油膜の張った水滴を加工液として、圧縮空気により加工点に供給する。水滴表面に油膜が張られていることで、活性の高い加工表面および工具表面に油剤が最初に到達して、効率よく潤滑を得ることが期待できる。比較的大きな水滴 (0.1~0.2mm) により油剤は運ばれるので、加工点に的確に付着し、少量の油剤で十分な潤滑効果が期待できる。また、油剤として生分解性のある植物油を使用するので、廃液処理も容易となる。水滴は、油剤を運ぶ役割と加工物や工具を冷却する役割を果たしている。圧縮空気は、油膜付水滴をノズル内で生成し、加工点に運ぶ役割を持つが、空気供給量は比較的小さくしている。水滴の粒径が小さくならないようにすることが第 1 の理由であるが、空気消費量を少なくする利点もある。

油膜付水滴加工液は、MQL と同様に極微量の油剤で加工ができるために、製品や切り屑に付着する量は非常に少ない。このため、切り屑のリサイクルが簡単である。また、大型のタンク

* 原稿受付 平成 14 年 11 月 29 日

** 正 会 員 愛知県産業技術研究所 (刈谷市一ツ木町西新割)

*** 正 会 員 名古屋工業大学 (名古屋市中区昭和区御器所町)

† 正 会 員 名古屋工業大学 (現、愛知工科大学; 蒲郡市西迫町馬乗 50-2)

Fig.2 Supply system of OoW

Fig.3 Photograph of traces after OoW evaporated

や潤滑装置は不要であり、油剤の管理も必要なくなる。

図2に油膜付水滴加工液供給装置を示す。(a)の本体に蓄えられている水は、ポンプにより加圧されノズルに送られる。また油剤は、一定時間ごとに0.03mlずつ断続的に供給され、空気によって搬送される。ホース内をとすることでノズルには一定量の油剤が連続的に供給される。ノズルまでは水、油剤は別のホースで搬送され、(b)のノズル内部において油膜付水滴が生成され加工点に供給される。

油膜付水滴の生成を確認するため、ガラス板の上に油膜付水滴を吹き付けて、水が蒸発した後の状態を観察した。その観察写真を図3に示す。黒くなっているところが油剤である。これを見ると、油剤が幾重にもリング状になっていることが観察された。これは、ガラスに付着した水滴が蒸発するにつれ水滴の径が小さくなるので、水滴周りについている油剤が残ってできたものと思われる。一方、油膜が形成されず水滴と油滴が個々に付着した場合にはこのようなリング状のものは観察されなかった。このことから、この装置により油膜付水滴が生成されているものと推察される。しかしながら、微小な油滴の痕跡も観

Fig.4 Machine form

Fig.5 Machining method

察されることから、すべての油剤が油膜付水滴になっていないと思われる。

3. 実験方法

3.1 加工方法と加工条件

加工は、立形マシニングセンタ（安田工業製 YBM-640V）を用いて行った。マシニングセンタは $20 \pm 1^\circ\text{C}$ の恒温室に設置し、熱の影響による加工機の変形を極力抑えた。加工精度を調べるために図4に示すような2つの円筒状ボスを、角材からスクエアエンドミルを用いて削りだした。図中のピッチ、直径、高さは加工機の指令値である。被削材には、アルミニウム合金（A5052）を用いた。被削材は図に示す位置でバイスにより固定した。工具は、アルミニウム加工用超硬ソリッドスクエアエンドミル（直径 10mm、2枚刃）を使用した。工具の突き出し長さは 21mm とした。

実験を行う前に、加工中の熱による工具の伸びを調べるため、実験と同じ工具を使用して被削材上面を 0.5mm の切込みを与えて平面に加工した。この時、大量の水溶性加工液を供給し、加工による温度上昇がなるべく起こらないようにした。

実験では、円筒状ボスの高さ分軸方向に工具を切込み、エン

Table 1 Machining condition

Spindle speed	8000rpm (Cutting speed:251 m/min)
Feed rate	2400 mm/min (0.15 mm/tooth)
Axial depth of cut	14.3 mm
Radius depth of cut	0.5 mm

Table2 Supply condition

Method	Supply condition
OoW	10 ml/h :Vegetable oil
	20 ml/min :Water
	160 NI/min :Air
Coolant	7 l/min :Emulsion Type
MQL	4 ml/h :Oil
	150 NI/min :Air
Oil mist	10 ml/h :Vegetable oil
	160 NI/min :Air

Fig.6 Temperature of workpiece

ドミルの刃全体を使用して加工した。また、半径方向の切込みは小さくし、1刃あたりの送りを多くした。加工条件を表1に示す。どの工程においてもダウンカットになるようにした。図5に加工方法を示す。図は被削材を上から見た図で、点線は工具中心の加工経路の一部である。まず①の工程で角材の外周を切削して、直方体を作成した。次に②の工程で、中央をトロロイド加工により分け、2つの直方体にした。最後に③と④の行程で直方体の外周を円弧に切削して、2本の円筒状ボスを完成させた。①と②の工程は粗加工なので、主軸回転数と切込みは変えずに送りだけ2倍にした。

表2にそれぞれの加工液供給方法における加工液と吐出量を示す。油膜付水滴加工液の水は水道水でも効果を発揮するが、

本実験では蒸留水を使用した。ノズルと工具の距離は110mmとして、1方向からのみ供給した。水溶性加工液は、マシンングセンタ付属の装置を用いてノズルにより2方向から加工点に供給した。MQLはセンタスルー方式になっており、極微粒化した油剤がコレットに設けられた穴から加工点に供給される。オイルミストは、油膜付水滴と同じノズルを用い、水の供給だけを止めて加工を行った。

3.2 加工精度の測定方法

本研究では加工精度として寸法精度、形状精度および表面性状を評価した。寸法精度は、2つの円筒状ボスのピッチ、直径および高さを三次元測定機により測定をした。2つのボス上面を基準として、加工機のX軸とY軸に対して45度の位置4点でボスの直径を測定した。また、測定した2つの円の中心距離をピッチとした。直径とピッチはボス上面から7.5mmの位置を測定した。高さは円筒状ボス付近の4点を測定し、その平均値とした。

真円度は、真円度測定機を用いて測定した。円筒面の仕上げ面粗さは表面粗さ測定機を用いて測定した。これらは円筒状ボス上面から7.5mmの位置を測定した。

測定機は20度の恒温室に設置されており、加工後被削材の温度が十分安定してから測定をした。

加工物の温度上昇は、図4に示したように、ボス中心部に挿入した熱電対（銅-コンスタンタン）により測定した。

4. アルミニウム合金の加工特性

4.1 加工時の温度変化

加工前に、加工液を約5分間吐出し、被削材の温度が定常状態になってから加工を開始した。その時の被削材温度は、水溶性加工液とMQLの場合、室温と同じ20℃、オイルミストで19℃であった。一方、油膜付水滴加工液の場合、水滴の気化熱で冷却され、最も小さく約18℃であった。

それぞれの加工液における加工開始から終了までの円筒状ボス内部の温度は、図6(a)(b)(c)(d)のように変化した。細線は円筒状ボスA、太線は円筒状ボスBに挿入した熱電対で測定した温度である。図6(a)中に示した①～④は、図5①～④の工程を加工しているときの温度である。①と②の粗工程を加工しているときの円筒状ボスAとBの温度はほぼ同じ値で推移した。③の円筒状ボスAを加工している工程および④の円筒状ボスBを加工している工程では、加工点がそれぞれのボスに挿入されている熱電対に最も近づくので、測定した温度が最も高くなった。このときの円筒状ボスA、Bの最高温度はほぼ同じであった。最高温度を加工別に見ると、図6(a)の油膜付水滴加工液では約27℃、(b)の水溶性加工液では約24℃、(c)のMQLでは約37℃(d)のオイルミストでは約32℃となった。当然ながら、多量の加工液をかけて加工する水溶性加工液の場合が最も温度抑制効果があった。油膜付水滴加工液は同一形状のノズルを用いているオイルミストに比べ約半分、MQLと比べると半分以下の温度上昇に抑えられており、少量の水滴で大きな冷却効果を発揮していることが分かった。MQLとオイルミストは、油剤と空気による加工であるが、ノズルの形状が異なることや油剤の量が異なることからオイルミストの上昇温度がMQLに比べ5℃抑えられたと考えられる。

次に円筒状ボスAを加工しているときの円筒状ボスBの温度、円筒状ボスBを加工しているときの円筒状ボスAの温度に注目する。このときの温度はA、Bどちらにおいてもほぼ同じ温度

Fig.7 Accuracy of dimension

になった。(a)油膜付水滴加工液は(b)水溶性加工液と同様に温度が再び20℃まで冷却されている。一方、(c)MQLおよび(d)オイルミストでは約24～25℃となっており、約4～5℃温度上昇したままになった。

4.2 寸法精度

寸法精度に影響を及ぼす原因は加工機の精度、工具摩耗、工具のたわみなど様々であるが、恒温室に設置した高精度マシニングセンタで被削性のよい材料を軽切削する本実験では、加工時における加工物と工具の温度上昇が最も影響すると考えられる。温度が上昇した状態で指令値どおり移動する加工機で加工された工作物は、室温に戻ったときには収縮するので、指令値に対して円筒状ボスの直径とピッチでは減少、高さは増加として現れる。一方、工具の温度上昇は、工具長さ、工具径を増加させるので、円筒状ボスの直径の減少と円筒状ボス高さの増加として現れる。

図7(a)(b)(c)にアルミニウム合金を各加工液により加工したときの指令値に対する寸法誤差を示した。黒塗りが実際に測定された寸法誤差である。(a)のピッチおよび(c)の直径は指令値に対して減少、(b)の高さは増加として寸法誤差は測定される。図の値は、すべて指令値に対する誤差の絶対値である。

まず、(a)のピッチ誤差を見ると、油膜付水滴加工液では4μm、水溶性加工液では3μmであった。一方、MQLやオイルミストの誤差は3倍以上大きく13μm、9μmであった。ここで、ピッチ誤差から加工中の平均的な被削材の温度上昇について考察する。

Table 3 Estimated temperature of tool

Method	OoW	Coolant	MQL	Oil mist
Temperature (°C)	38	32	131	69

加工中の被削材の温度が一樣であるとする、温度上昇はアルミニウム合金の熱膨張係数 23.5×10^{-6} として計算することができる。その結果、油膜付水滴加工液は3.4℃、水溶性加工液は2.6℃、MQLは11.1℃、オイルミストでは7.7℃上昇していることになる。図6に見られるように、油膜付水滴加工液と水溶性加工液では、加工点から離れた場所では被削材温度が約20℃まで冷却されているのに対して、MQLやオイルミストでは加工点から離れた場所においても温度が上昇したままになっていることから推察される。

次に、(b)の高さ誤差を見ると、ピッチ誤差と同様に油膜付水滴加工液と水溶性加工液に比べMQLでは5倍以上、オイルミストでも3倍以上寸法誤差は大きくなった。本実験では、多量の水溶液をかけることにより工具の伸びがほとんどない状態にして、被削材の上面を削り基準面を作っている。このため、測定された高さ誤差は大きく2つに分けられると考えられる。1つは、加工熱により工具が膨張して伸びるために生じる誤差である。もう1つは、円筒状ボス下とクランプ間(5mm部分)が加工熱で膨張した状態で加工されると、指令値より多く切りこまれることで生じる誤差である。そこで、測定された高さの誤差から2つめの誤差を差し引き工具の熱膨張による誤差を求めた。ここで、工具の膨張係数は 6.0×10^{-6} 、工具は円柱状で一樣な温度であり、突出している長さ分が伸縮すると仮定し、工具温度を求めると表3のようになった。油膜付水滴加工液では水溶性加工液と同様に工具温度上昇は抑えられているが、MQLやオイルミストではかなり高い温度となっていると推察される。

最後に、(c)の円筒状ボス直径の誤差について考察する。円加工における寸法誤差の要因として、①加工機の運動誤差、②工具の振れ、③工具径の誤差、④工具のたわみ、⑤被削材の温度上昇、⑥工具の温度上昇が考えられる。本実験ではそれぞれの加工において同じ加工機と工具を使用していることから、どの加工液においても①から③の誤差はほぼ同じであると思われる。また、④により生じる誤差は加工液ごとに切削抵抗が異なるため工具のたわみは異なってくる。しかし、たわみが大きくなると寸法誤差はプラス側に現れるため、冷却性による誤差とは逆になり打ち消されると思われる。これらのことから、本報では加工液の冷却性と加工精度の関係を検討するために、①から④により生じる誤差は取り除いた。その方法として、①から④により生じる誤差を、水溶性加工液による加工を基準として、推定した工具温度と測定された被削材の温度から計算により求めた。そのため、水溶性加工液による実験結果は実測値と推定値は同じ値となる。ここで、(c)に示す黒の測定値は、この誤差を差し引いた値である。図中に示した白色部は先に求めた工具温度から求めた工具の熱膨張による誤差である。また、灰色部は作成した円筒状ボスの温度が、それぞれの円筒状ボスを加工しているときの最高温度で一樣になっていると仮定して求めた被削材の熱膨張による誤差である。求めた2つの誤差をあわせた結果と測定された誤差を比較すると2μm以内で一致した。MQLやオイルミストの場合、油膜付水滴加工や水溶性加工液に比べ工具の温度上昇により形状誤差に与える割合が多いことが分かった。

Table 4 Roundness and surface roughness

Method	Roundness (μm)	Surface roughness R_v (μm)
OoW	6.9	2.3
Coolant	6.4	2.1
MQL	6.6	2.2
Oil mist	5.8	2.1

Fig.8 Test piece for cooling performance measurement

Fig.9 Cooling performance curve

エンドミル加工における寸法誤差が加工機の誤差に比べて有意かどうかを調べるため、同一条件で加工液ごとに繰り返し5回の加工を行った。どの加工液においても寸法のばらつきは、直径、ピッチ、高さとも $3\mu\text{m}$ 以内であり、極めて再現性のよい加工が可能であった。

4.3 形状精度

表4に真円度と表面粗さの測定結果を示す。真円度は円筒状ボスの加工開始位置で切り残しが存在したのでその部分は除外して評価を行った。いずれの加工液においても真円度は約 $6\mu\text{m}$ 、仕上げ面粗さは $2\mu\text{m}$ 程度となり、加工液の違いによる影響は見られなかった。本実験のような低切込みの切削では、加工液による影響はあまりないと思われる。

5. 加工液の冷却性能

図8に示すような形状のテストピースを用いて、各加工液の冷却性能について調べた。テストピースはアルミニウム合金で、図に示すように、支持棒を用いて横向きに設置した。円柱の下側から熱電対（クロメル-アルメル）を挿入し、円柱表面から約 0.2mm の温度を測定した。テストピースを電気炉の中に入れて約 470°C まで加熱し、テストピースの温度が5分以上ほぼ一定であることを確認してから、炉からテストピースを取り出した。そして、すばやく加工液供給ノズルを設置し、冷却を開始した。

Fig.10 Effect of water flow rate on temperature of workpiece and accuracy

テストピースとノズルの距離は加工精度実験時と同じになるように設置し、テストピースの上側から加工液を供給した。加工液を供給し始めてから 450°C になった時点から、テストピースの温度測定を開始した。

図9に冷却性能を測定した結果を示す。油膜付水滴加工液における括弧内の数字は、1分間あたりの水の供給量を示しており、油剤および空気の供給量は加工精度実験時と同じである。図から、水溶性切削液は加工液の供給を始めて5秒程度で室温である 20°C まで冷却されていることが分かる。一方、油膜付水滴加工液について見ると、約 250°C まではMQLとほぼ同じ割合でテストピースは冷却されている。これは、テストピースとノズルの距離が、油膜付水滴加工液では 110mm であるのに対し、MQLでは 20mm と距離が違うこととノズルの形状が違うためであると考えられる。テストピースの温度が 250°C 以上では、テストピースに付着すると水滴は瞬時に蒸発していたが、 250°C まで冷却されると、テストピースに付着した水滴が見られるようになった。この状態になると、油膜付水滴加工液では急速にMQLよりも冷却の割合は大きくなった。そのため、油膜付水滴加工液では44秒で 20°C に冷却された。しかしながら、MQLでは、非常に油剤の量が少なく圧縮空気による冷却しか期待ができないため 20°C まで冷却されるのに非常に時間がかかり、600秒以上必要とした。このことが、工具や被削材の冷却効果を下げ、寸法精度を悪くしたと考えられる。

次に、油膜付水滴加工液において、水の供給量が冷却性能に及ぼす影響についてみる。水が供給されていないオイルミストの状態（OoW(0)）では、MQLと同様に緩やかに冷却されている。しかし、水を 10ml/min 供給することで、冷却性能は大きく向上する。また、 20°C まで冷却される時間は、 10ml/min の場合63秒であったが、水の供給量を増やしていくと短くなり、 50ml/min では30秒であった。

6. 油膜付水滴加工液における水の冷却効果

前述の結果から、油膜付水滴加工液による加工において、水の供給量がどの程度冷却効果に影響しているかを調べた。油剤および空気の流量を一定にして水の供給量を変化させた。水供給量に対する円筒状ボス内部の温度上昇を図10に示す（黒塗り記号）。水供給量が 0ml/min の場合はオイルミストである。この場合、冷却効果は小さく円筒状ボス内部の温度は約 12°C 上昇した。 10ml/min の水を供給すると、温度上昇は約 7°C に減少した。

しかし、水の供給量を 50ml/min まで増加させても被削材温度は変化しなかった。

図 10 に示した水供給量に対する寸法誤差（白抜き記号）を見ると、今回のようなアルミニウム合金の切削では、寸法精度は加工温度に大きく影響され、水供給量に対して大きな変化は見られなかった。このように、水の水供給量を増やしても過剰な供給になるだけで、精度の向上にはつながらない。環境に配慮した加工を行うためにも、加工液の必要最小限の供給量を見極める必要がある。

7. ま と め

アルミニウム合金のエンドミル加工を行い、加工液供給法と加工精度の関連について調べたところ、以下の結果が得られた。このことから、油膜付水滴加工液の切削加工が、環境に配慮した加工方法として有効であることがわかった。

- (1) 油膜付水滴加工液を用いた加工は、従来法による加工に近い加工精度が得られた。
- (2) 油膜付水滴加工液の冷却効果は約 250℃以下で MQL に比べ大きくなった。
- (3) 油膜付水滴加工液において油剤、空気の水供給量を一定にして水の水供給量を 0～50ml/min まで変化させたが、10ml/min 以上では寸法精度に大きな変化はなかった。

謝 辞

工具はオーエスジー（株）、油膜付水滴供給装置は大同メタル工業（株）、油膜付水滴加工液油剤は協同油脂（株）に御協力いただきました。また、この研究は内藤科学技術振興財団の研究助成を受けて行いました。記して感謝します。

参 考 文 献

- 1) 横川宗彦, 尾作宗一, 島ノ江洋司: 冷風 MC 加工法に関する研究, 1997 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, (1997) 412.
- 2) 横川宗彦, 横川和彦, 和田豊太郎, 角田庸人: 環境にやさしい冷風 MC 加工法に関する研究 (第 2 報), 2000 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (2000) 305.
- 3) 横川宗彦: 冷風加工における冷風条件が加工性能に及ぼす影響, 2001 年度精密工学会秋季大会シンポジウム資料, 156.
- 4) 佐藤潤幹, 稲崎一郎, 若林利明: 極微量切削液供給による旋削加工, 日本機械学会誌, **62**, 604 (1996-12) 4696.
- 5) 峯川洋己, 稲崎一郎, 中村誠, 鈴木繁, 上間丈司, 横田秀雄: 極微量切削液供給法による切削加工—フライス加工に関する基礎研究一, 日本機械学会誌, **66**, 646 (2000-6) 2054.
- 6) 須田聡, 横田秀雄, 小松富士夫, 稲崎一郎, 若林利明: MQL 加工における加工性能評価と極微量油剤の効果, 2001 年度精密工学会秋季大会シンポジウム資料, 168.
- 7) 中村隆, 松原十三生, 糸魚川文広, 丹羽小三郎: 環境を重視した微量油膜付水滴加工液の研究, 1999 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (1999) 550.
- 8) 中村隆, 松原十三生, 糸魚川文広, 魏源遷, 野田裕貴, 小林博人: 環境を重視した微量油膜付水滴加工液の特性と研削性能, 1999 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, (1999) 89.
- 9) 中村隆, 松原十三生, 糸魚川文広, 馬淵英二, 早川伸哉, 野田裕貴: 油膜付水滴加工液の加工特性, 日本トライボロジ学会トライボロジ会議予稿集 (高松 1999-10), (1999) 279.

編 集 後 記

今回の特集は「マイクロ塑性加工」を採り上げました。「塑性加工」というと、大量生産は得意だが小さなものを作るのは苦手、それ故「マイクロ塑性加工」という分野は越えなければならないハードルがまだまだある、という漠然としたイメージがあり、私自身がもう少し勉強してから本腰を入れて企画しようと考えていたのですが、諸般の事情から本号で採り上げることとなりました。しかし結果的には、案を練っていく間や原稿を通読していく中で、色々と勉強することができました。成熟段階を迎えたといわれる塑性加工分野の中においても、様々な手法で力学的に研究が行われており、これからの「ものづくり」には欠くことのできない技術になるであろうと実感しております。ご多忙中、快く原稿を寄稿していただいた早乙女教授をはじめ執筆者の皆様に感謝しております。

グラビアとインタビューでは、マイクロ歯車の製造で有名な樹

研工業にお邪魔し、松浦社長にお話を伺いました。本業である会社の経営の傍ら、ご講演、TV 出演、執筆と各分野で引っ張りだこ状態で非常に多忙な方なのですが、スケジュールの合間を縫って時間を作っていただきました。大変広い見識をお持ちで、また大変エネルギーな方で、インタビューも予定していた時間を遙かに超過し、様々なお話を伺いました。私自身もお話を伺いながら、そのエネルギーを分けていただいた様で、非常に興奮しながら帰路についたことを思い出します。紙面の都合上、すべての内容を掲載することができませんが、大変有意義なお話を伺えましたこと、この場を借りまして改めて御礼申し上げます。

今後もよりよい会誌を目指し、さらに努力をしてゆきますので、会員皆様のご支援、ご協力をお願い致します。

(青木孝史朗)