

環境負荷を低減する塑性加工のトライボロジー技術の共同研究

社団法人 日本塑性加工学会 プロセス・トライボロジー分科会

執筆代表者：池 浩・片岡 征二

(平成13年度研究開発助成 AF2001018)

キーワード：トライボロジー，環境負荷低減，塑性加工，ライフサイクルアセスメント，LCA

1. はじめに

塑性加工において、潤滑剤を使用する主な目的は、工具と材料との間の摩擦・摩耗を低減させることにある。摩擦の低減は、加工力の低減，加工限界の向上，工程数の削減，金型寿命の延長，製品表面性状の向上等，いわゆる塑性加工の成否に直接結びつくものであり、潤滑剤が塑性加工において大変重要な役割を演じているのは誰しもが認めるところと言える。

本来 塑性加工技術はNear Net Shapeを効率良く生産する手段としての特徴を有しており、省資源・省エネルギーの面からは環境にやさしいといえる。さらにトライボロジーも摩擦・摩耗の低減による加工エネルギーの低減および工具寿命の延長などを通して環境を保全する作用を有している。

しかしながら、近年の地球環境に対する意識の高揚から、特に有害化学物質の利用という意味で、塑性加工においてこれまで使用されてきたような潤滑剤、さらには潤滑剤の使用自体が問題視されるようになりつつある。すなわち、洗浄の簡易化や環境負荷の小さい潤滑剤への切り替えが重要な課題になっている。

そこでプロセス・トライボロジー分科会では平成11年5月に環境部会を設置し、トライボロジーと環境をキーワードとして様々な活動を開始した。その一環として標記課題のもとに次の目標を掲げて活動を展開した。

1. 潤滑剤・潤滑技術・加工法・金型や被加工材の表面処理および表面制御などトライボロジーの総合的視点から塑性加工と環境との関わりを認識を深める。

2. 各種加工法別、要素別にトライボロジーが環境負荷を発生している状況を調査し、環境負荷特性の評価を試みる。

3. さらに環境負荷低減のために利用しうるトライボロジー的技術を検討する。

4. 今後開発・展開を考慮すべきトライボロジー技術とその特質、必要な条件、可能性などを総合的に提案し、今後の塑性加工に関する指針を提供する。またその実現のための社会的条件の整備等もあわせて提言する。

以下においては、本課題のもとでおこなった①地球環境とトライボロジー関連文献の整理と冊子の発行、②地球環境とトライボロジー関連の各種セミナー、シンポジウムの企画実行、③地球環境とトライボロジー関連の研

究部会活動について報告し、その中で得られた結論と今後への提言を示す

2. 地球環境関連文献の整理と公開研究会開催

2・1 背景と目的

地球環境へ意識が高まりつつある状況下にあつて、潤滑剤を使用している現場はもちろんのことであるが、トライボロジーの研究に携わっている大学、研究機関でも地球環境問題には強い関心を持ち、環境負荷低減に関する研究も活発に行われ始めている。この結果、地球環境に関する研究発表、研究論文は数多く存在し、とくにこの10年間では急激に増加しつつあるといえよう。

さて、これらの貴重な数多くの文献情報を収集・分析・整理し、研究者や技術者に提供することは、地球環境負荷低減を目的とした研究状況の把握と、将来の技術開発や研究の方向性を決める上で役立つものとなると考えられる。そこで、プロセストライボロジー分科会・情報データベース部会がこれまで約14年間にわたって構築した10,000件を超えるデータベースを対象として、トライボロジーと環境をキーワードとした文献をピックアップし、これらを基に加工法別に環境問題の現状と課題を分析し、さらに今後の対応について検討を行った。最終的には冊子としてまとめ、トライボロジーに携わる研究者や技術者に提供することを目的とした。地球環境負荷低減を目的とした研究動向、あるいは状況を把握する上で、また、将来の技術開発や研究の方向性を決める上で役立つものとなると期待できる。

2・2 作業手順

文献調査に際しては、プロセストライボロジー分科会会員の中から加工法別に調査委員を選任し、文献の調査・分析・整理を依頼した。また、調査委員を中心とした「環境問題資料集出版部会」を開催し、冊子発行までの作業について検討し、最終的な作業手順を取り決めた。

2・3 調査結果の整理と公開研究会の開催

環境に関する文献をピックアップし、さらに加工法別に整理ができた段階で、下記の表1に示すような公開研究会を開催した。なお、この段階で環境に関するピックアップされた文献数は、せん断加工4件、板成形100件、鍛

造66件、圧延17件、引抜き25件、洗浄技術136件、金型材料・表面処理8件、加工油剤123件にのぼる。

本研究会は環境負荷の小さい潤滑技術の現状を把握し、今後の環境負荷低減に向けた潤滑技術を探ることを目的としたが、ものづくりの分野において21世紀には「環境」が重要なkey wordの一つとなるのは明らかであり、このようなこともあって、聴講者の関心は高く、熱心な雰囲気です。

表1 第12回公開研究会

「塑性加工関連のトライボロジーにおける環境問題」		
日時：平成14年12月11日（水） 9:50-17:00		
会場：ホテルアジュール竹芝（東京都港区海岸1-11-2）		
(1)せん断加工	日本工業大学	村川 正夫
(2)板成形	都産業技術研究所	片岡 征二
(3)鍛造	静岡大学	中村 保
(4)圧延	横浜国立大学	小豆島 明
(5)引抜き	岐阜大学	王 志剛
(6)切削研削	ユシロ化学工業（株）	丸山 英二
(7)基調講演：環境とものづくり	日本大学	木原 諄二
(8)洗浄技術	日本工作油（株）	木村 茂樹
(9)金型材料・表面処理（株）	豊田中央研究所	土屋 能成
(10)金属加工油剤	大同化学工業（株）	横山 東司
(11)総合討論（司会）	理化学研究所	池 浩

現実的な研究課題としては、塩素フリー、ノニルフェノールフリー、アミンフリー、ボンデフリーといった環境に優しい潤滑剤の開発、それに伴う洗浄剤、洗浄技術の開発に関する研究が目につく。しかし、将来的には洗浄レス、あるいはドライ加工への取り組みが必要不可欠という意見が多かった。ドライ加工への取り組みについては、DLC膜への期待が大きい。

以下においてはそのときの質疑討論の状況を記す。

(1) 塩素フリーに関する研究の現状紹介

Q：塩素系潤滑剤には難燃性（継続して燃え続けたい）という利点もある。塩素フリー潤滑剤ではどうか。

A：塩素フリー潤滑剤では難燃性に関しては現状のものより劣る。硫化エステル等をうまく添加剤として使用すれば難燃性とすることも可能と考える。

Q：同じレベルのものに比べて塩素フリー潤滑剤のコストはどうか。

A：原料コストは1.5倍ぐらい、ステンレスだともっと割高になる可能性がある。ただし、新しい潤滑剤であるので、潤滑剤メーカーがまだその性能を十分に挿んでおらず、加工状況に対してオーバスペックになっているのも一因と考えられる。

(2) リン酸塩被膜代替潤滑剤の現状と課題

Q：メックフォーマットの処理温度60℃は、乾燥を考

るともっと高い方が良いのでは。

A：温度を高くすると潤滑剤の中で別の反応が生じる可能性があり、40～50℃で使用している。乾燥を考えなければ室温で良い。

A：メックフォーマットの塗布量は。

Q：平米あたり10g±1g程度を目安としている。

A：湿度の影響についてどの様なことに注意が必要か。

Q：ボンデライト処理に比べて湿度の面では若干劣る、塗布したらすぐに加工するかあるいは再乾燥で対応しており、まだ改良の余地がある。

(3) 無洗浄油の普及状況

A：8時間程度で乾燥し、また、無洗浄油G6231F、G6221F以上の加工性があり、とくにステンレスの加工が可能な無洗浄油はあるのか。

Q：ステンレスに対応可能な無洗浄油はすでに市場に出ている。ただし、ステンレスの場合吸着性の高いものを選んでるので、乾燥時間は16時間程度必要。

Q：無洗浄油を使用する場合の型材質に対する留意点は。

A：DLCコーティング膜との併用によって無洗浄油の性能が非常に良くなるということは聞いているが、一般にはダイス鋼でも超硬でも大きな差はない。

Q：ヨーロッパでは揮発性油の規制がある。フランスでは白灯油レベルも含まれていると聞く、無洗浄油では問題にならないのか。

A：揮発性有機物（VOC）の扱い方についてヨーロッパ、アメリカ、カナダでは規制が始まっている。日本では検討段階に入っており、とくに塗装関係のVOCが対象となっているらしい。来年度には何らかの答申が出るが、多分VOCの沸点による規制となるので無洗浄油は対象にならないと思われる。

(4) プレコート材（TULC、DEC）の普及状況

Q：アルミニウムのラミネート材の場合無延伸の方がよい結果が出ている。TULCの場合にスチールとアルミニウムで無延伸と延伸を使い分ける理由は。

A：最初の頃はダイレクトコート技術がまだ十分ではなかった。そのためフィルムを適用する方法でスタートしたが、最終的には無延伸に一本化する方向。

Q：フィルムの膜厚はどの程度か。

A：内側の面で20～30μm程度である。

(5) 水潤滑の可能性

Q：水を対象としたこのような装置は市販されているか。

A：本装置は、本質的には対向液圧装置と同じであり、そこでは水溶性の潤滑剤を媒体としたものもあり、その装置を用いれば十分対応可能である。

(6) 超音波援用による潤滑剤省略の可能性

Q：超音波援用による潤滑効果はファインブランキングでも期待できるか。

A：超音波は半径方向に印加するのがベターである。しかし、ファインブランキングの型構造からそれは難しい。パンチ方向だと、小物で有れば可能であろう

が、普通はかじりが発生し、注意が必要となる。

Q: ファインブランキングへのDLCコーティング膜の効果は期待できるか。

A: アルミニウムであればよい結果が出ることはすでに実験している。ステンレスでは難しいがDLC膜の密着性を上げる何らかの方法をがあれば可能である。

Q: 10mm程度の伸線で超音波を印加するのは可能か。

A: 細い線の場合より太い線の方が超音波は印加し易く、十分対応可能である。

(7)ドライ加工実現の可能性

Q: 基材表面粗さを大きくするとDLC膜の密着性が向上するメカニズムは。

A: DLC膜の接着メカニズムはファンデルワールス力とされている。そうすると密着性向上には表面積を大きくすることであり、表面粗さは表面積を拡大する方向に作用していると考えている。もう一つは、基材の表面粗さの比較的小さいところでのアンカー効果が考えられる。

Q: 硬質膜は表面粗さを大きくするとそこが焼付の基点となりやすいと考えられるが。

A: DLC膜は金属との凝着が少ないこともあるが、HV2000程度であり、比較的軟らかい。表面がある程度変形することで焼付を抑えているとも考えられる。

Q: DLCコーティング膜を量産に適用した例はあるのか。

A: リードフレームの抜き曲げ工程で、抜きはセラミックス工具であるが、曲げ部にはDLCコーティング膜を適用し、ドライ加工で量産している。

A: DI缶の量産工程ではダイスにDLCコーティング膜で使われている。

A: 2mm熱延鋼板のせん断加工において量産用工具としてDLC膜が使用されている。ハイテンの曲げ型、絞り型にも適用されているが、効果がある場合とない場合がある。また、粉末成形の圧粉型にも使用され、こちらはすでに実用化されている。

3. 環境に関するセミナー・シンポジウムの企画と実行

ものづくり分野において環境問題の啓蒙と研究開発の状況を整理し今後の展開するために、1回の公開研究会と1回の塑性加工シンポジウム、3回の環境部会、2回の潤滑機構研究部会を開催した。

3.1 第14回公開研究会「環境を考慮した潤滑技術を展望する」(表2参照)

70名が参加した。総合討論から主な質疑応答を示す。

(1)について: 潤滑油の総量2,089,000kl/年のうち約3%が塩素系だがそのうちの99%が金属加工油という実態があり、性能価格面で代替が難しい面が露呈された。

(2)について: 塩素系は耐焼き付き性と難燃性で優れている。ポリサルファイド+添加剤など現在の塩素フリーの難燃性は低い。塩基性Caスルフォネート系、硫化油脂、ZnDTP系などが近い性能を発揮しているがコストで塩

素系の1.5倍くらいするのが一つの障害である。

(3)について: 固体の潤滑被膜でリン酸塩被膜処理の代替が進んでいる。単体の性能では同等レベルであるが、湿気の影響を受けやすいので管理が重要。塗布して直ちに鍛造するか、再度乾燥することが必要である。

(4)について: 無洗浄油は粘度1mm²/sで揮発成分が主体。極圧添加剤は一般に不揮発成分が多いのであまり配合できない。板材や型材の表面処理と併用して適用分野を拡げつつある。

(5)について: 金属板にフィルムをラミネート押出するDEC技術を開発し、ストレッチ・アイオニング法と組み合わせでドライ加工を実現。アルミも可能となった。

表2 第14回公開研究会¹⁾

「環境を考慮した潤滑技術を展望する」

日時: 2003年12月12日(金) 9:25~17:00

会場: 東京都立産業貿易センター・浜松町館(東京都港区海岸1-7-8)

趣旨: トライボロジーの分野でも環境問題が大きなテーマとなり、それに伴う研究も活発化しつつある。本公開研究会では、現在取り組まれている環境負荷低減をめざす技術開発の現状についての話題を提供いただき、これを基に環境を考慮した潤滑技術の将来像について展望する。

内容:

- (1) 潤滑油のリサイクルに関わる実態調査結果の紹介
(社) 潤滑油協会 荻原 詔喜
- (2) 塩素フリーに関する研究の現状紹介
新日本石油(株) 横田 秀雄
- (3) ボンデフリーの普及状況
㈱メックインターナショナル 伴野 満
- (4) 無洗浄油の普及状況
日本工作油(株) 木村 茂樹
- (5) プレコート材(TULC,DEC)の普及状況
東洋製罐(株) 今津 勝宏
- (6) 水潤滑の可能性
千葉工業大学 中村 和彦
- (7) 穀物けんだく液の潤滑剤への適用の可能性
新潟県工業技術総合研究所 平田 康一
- (8) 超音波援用による潤滑剤省略の可能性
日本工業大学 村川 正夫
- (9) 工具の表面処理活用による潤滑剤省略の可能性
(株) 豊田中央研究所 土屋 能成
- (10) ドライ加工実現の可能性
都立産業技術研究所 片岡 征二
- (11) 総合討論
(司会) 理化学研究所 池 浩

- (6) について：A5182やSUS304の板は水圧を選べば高粘度潤滑油並の限界絞り比が得られた。防錆対策をすれば実用性ある。
- (7) について：乾燥した豆乳や牛乳フィルムでは絞り比2.5程度を得られ蛋白質フィルムの有効性を示した。
- (8) について：工具材質や表面改質との組合せで絞りしごき加工、引き抜きなどに適用可能としている。ファイブブランキングへの適用例もある。使い方に注意が必要。

表3 第234回塑性加工シンポジウム²⁾

第234回塑性加工シンポジウム「ドライ加工の可能性と今後の展開」	
日 時	平成16年11月25日(木) 9:30~17:20
会 場	同志社大学 京田辺キャンパス(京田辺市多々羅都谷1-3)
主 催	日本塑性加工学会(実行：トライボロジー分科会、金型分科会共催)
協 賛	軽金属学会、精密工学会、トライボロジー学会、日本機械学会、日本金属学会、型技術協会、自動車技術会、日本金属プレス工業協会、日本鉄鋼協会、日本マグネシウム協会、表面技術協会、素形材センター
趣 旨	潤滑油の環境への適合性が重要課題として求められるようになりつつある。その中で、潤滑油を使えば必ず何某かの環境負荷をとまなうという考えから、潤滑油を全く使わない加工、すなわちドライ加工が注目されている。このシンポジウムでは、研究段階にあるドライ加工技術をも含め、その現状と実用化への課題を探る。
(1) 地球環境と潤滑	日本大学 木原諄二
(2) ドライ切削加工はどこまで進んだか	㈱不二越 関口 徹
(3) 超音波援用によるドライ・セミドライ加工	日本工業大学神 神 雅彦
(4) マグネシウム合金のドライ・セミドライ加工	大阪大学 小坂田宏造・松本良
(5) DLCコーティング工具によるドライプレス加工	日本工業大学 村川正夫
(6) セラミックス工具によるドライプレス加工	都立産業技術研究所 片岡征二
(7) イオン注入した工具によるドライ加工	東京大学 相澤達彦
(8) 電磁鋼板のドライ打抜き加工	東芝ジーエータービンサービス㈱ 高石和年
(9) 総合討論	(司会) 理化学研究所 池 浩

- (9) について：工具の表面処理では耐焼き付き性は改善されるが、摩擦は潤滑剤ほど下らない。微量でも併用すると効果大。DLCのアルミへの適用など期待は大きい。
- (10) について：セラミック工具による無潤滑絞り加工では特定の組合せにおいて連続加工まで可能。

また総合討論としてはDLCの硬さや変形能、密着性、素地との界面の仕上げ等について関心が高く議論された。

3・2 第234回塑性加工シンポジウム

表3に示すようにドライ加工をテーマに第234回塑性加工シンポジウムを開催し、60名の参加があった。全体としてはまだ研究開発段階であり実用例が少ないが、今後の重要な発展方向であることは間違いなく、熱心な議論が展開された。

4. 研究部会の開催

4・1 第5回環境部会

テーマ：5th ESAFORM 参加報告会

講師 都立産業技術研究所 片岡征二

日時：平成14年7月31日

場所：電気通信大学

内容：地球環境とものづくりをkeywordとした場合、世界では現在どの程度の認識が持たれ、また、環境負荷低減加工技術実現のためにどのような研究が行われているかを、環境先進国の多くが存在するヨーロッパで実際に調査することは意義のあることと言えよう。

ヨーロッパを中心として開催されている国際会議5th ESAFORM(開催地：ポーランド)にプロセストライボロジー分科会から代表を参加させ、ものづくりの分野における環境への取り組み状況、あるいはセミドライ加工・ドライ加工の研究状況の実態調査をすることとした。また、日本におけるドライ加工に関する話題提供を行うことよっての情報交換も行うこととした。

参加者は全体で212人で国別で見るとフランス49人、ポーランド41人、イギリス20人、ドイツ13人とヨーロッパが193人と圧倒的に多い。日本からは5人の参加であった。

講演内容は期待していたものとは異なり、環境に関連する講演はほとんどなかった。逆に環境負荷低減を目的としドライ加工の実現にチャレンジした片岡・池の講演「Dry deepdrawing using ceramics tools」には強い関心を持たれ、「日本ではすでにドライ加工が実用化しているのか?」、「セラミックスの寿命はどのようなのか?」、「セラミックスのコストはどのようなのか?」等々の多数の質問があった。

当初の目的の、ものづくりにおけるヨーロッパの環境対応のレベルの評価に関しては十分な情報が得られなかったものの、日本がすでにもものづくりの分野で環境に対して積極的に取り組んでいること、そしてドライ加工へのチャレンジが始まっているという強いインパクトを与

えられたのではないかと評価している。

4・2 第6回環境部会

テーマ：プラスチック低分子化物質の生成と健康影響

講師 元東芝タンガロイ(株) 津谷裕子

日時：平成15年9月16日

場所：ルブラ王山(名古屋市千種区)

内容：杉並区にあるプラスチックごみの中継所近辺で発生した俗に言う「杉並病」の発生原因について調査報告。杉並中継所では、毎日ごみ収集車約200台で搬入されるプラスチックや燃やさないごみを10トンコンテナに押し込んで再び処分場に送り出すという作業を行っている。平成8年の同所の開所と同時にこの付近の住民の間に、呼吸器障害、皮膚・粘膜の炎症症状、中枢神経機能障害症状等の発症が顕著になり始めた。原因調査をしたところ、大気中にプラスチックの低分子化物質が観察され、これらが呼吸によって人体に入り肺を通過して血液に混入し、これらの症状を引き起こしていると推測しているとのことであった。

プラスチック低分子化物質は、プラスチックをコンテナに押し込むときに受けるせん断力、光、温度、メカノケミストリーによるトライボ化学反応と考えられる。物質の取り扱いと環境物質の問題に直結するトライボロジー分野からの研究協力を依頼したいとのことであった。

4・3 第7回環境部会

テーマ：表面改質による打抜き型の寿命向上(ドライ打抜き加工の可能性)

講師 (株)東芝 高石和年

日時：平成15年12月11日

場所：東京都立産業貿易センター(東京都港区)

内容：電磁鋼板のドライ打抜き加工にチャレンジし、実用化に成功した。その取り組み状況について以下のような紹介があった。

(1)実験方法

①被加工材は板厚0.35mmの電磁鋼帯である。打抜かれた製品の形状は半径555mmの円弧状で、長さ約200mm、幅約35mmである。

②金型材料は合金工具鋼SKD11、粉末高速度鋼、粉末バナジウムリッチ合金工具鋼および溶解高硬度高速度鋼を用いている。なお、SKD11と粉末高速度鋼には熱処理後に一部超サブゼロ処理を施している。

③表面処理はDLC膜コーティングと放電表面処理(EDC)を施した。DLCの場合には、Tiを中間層としたものとCrを中間層としその上にWCを含有するMe-DLCをコーティングした2種類を採用している。表面被膜はパンチとダイスの端面、側面のいずれにもコーティングし、表面処理後の研削加工や研磨加工は行っていない。

④金型寿命の評価法は、ダイスの上に残った製品のかえりの高さが80μmに達した時点が寿命として評価する。

(2)ドライ打抜きの結果

①表面処理をしない場合、型材質としては粉末バナジウムリッチ合金工具鋼が最も寿命が長い。②SKD11にMe-DLCコーティングや放電表面処理をすることによって、型寿命を3倍以上にさせることができる。③SKD11に超サブゼロ処理と放電表面処理をすることによって型寿命を9倍向上させることができる場合がある。

以上の結果を基に、プレス加工現場では最終的には粉末バナジウムリッチ高速度鋼を金型材質として採用した。ドライ加工の実用化に成功した例として注目されよう。

4・4 第11回潤滑機構研究部会

テーマ：トライボ反応を利用する固体潤滑剤の実用化

講師 (株)メックインターナショナル 尾嶋 平次郎

日時：2001年7月26日(木)

会場：名古屋工業大学

リン酸塩被膜処理に替わる固体被膜処理についてその潤滑機構をキレートの化学の立場から解説された。

4・5 第14回潤滑機構研究部会

テーマ：非塩素系金属加工油の現状と将来

講師：出光興産(株)営業研究所 斉藤敏夫

日時：2003年9月16日

会場：東京 電気通信大学

各種油剤メーカーの協力を得て推進された共同研究結果から現状どこまで非塩素化が可能であるかを解説された。

5. 環境問題資料集の発刊と総括討論会の開催

2. に示した調査作業と公開研究会の開催を下敷きにしてさらに内容の強化、分科会文献データベースとの連携、全体状況の展望等を加えて2004年12月に「塑性加工のトライボロジーにおける環境問題—分科会文献データベースを活用した現状と課題の分析—」(A4版144ページ 300部)を発刊した。表4に目次を示す。

さらにこの資料集の著者およびコーディネータを集めてこの3年間に展開してきた塑性加工の環境負荷低減のテーマに関する総合討論を行い(2005年1月13日)、認識を整理するとともに今後の方向性について議論を行った。その中の主な内容を次に示す。

5・1 議論の流れ

討論会では個別の技術にはたとえばディーゼルエンジンをとってみても環境負荷について良い面と悪い面があるのでそれを総合的に評価する方法が必要であるという視点と、実際にはコスト計算が優位で加工プロセスが決められている時にそこに影響を及ぼしうるプロセスの環境影響評価をどう構築するかという視点から展開された。

5・2 コスト計算とLCA

1. コスト計算とLCAを複合する方法があるのか?
2. 企業は加工法加工条件の選択など実際にはコスト計算オンリーでやっており、法的規制等がある場合のみ、

表4「塑性加工のトライボロジーにおける環境問題」目次

序章	地球環境とトライボロジー	日本大学	木原諄二
第1章	せん断加工	日本工業大学	村川正夫
第2章	板成形	東京都立産業技術研究所	片岡征二
第3章	鍛造	静岡大学	中村 保
第4章	圧延	横浜国立大学	小豆島 明
第5章	引抜き	岐阜大学	王 志剛
第6章	切削・研削・	ユシロ化学工業(株)	丸山英二
第7章	洗浄技術	日本工作油(株)	木村茂樹
第8章	金型材料・表面処理・	(株)豊田中央研究所	土屋能成
第9章	加工用潤滑剤	大同化学工業(株)	横山東司
終章	環境問題における世界の動向とトライボロジー技術	理化学研究所	池 浩

選択肢からはずすようなやり方である。

3. 環境負荷税、法的規制の強化、企業イメージに響くような方法、を導入するなどして環境ファクターを重視せざるを得ない方向にシフトしていく必要がある。

4. ドイツでは最終処分場に廃棄物を渡すときの負担額が環境負荷の大きい物質はかなりの高額になっており、コスト計算からも塩素系潤滑油を使いにくいようになっている。

5. CO₂の排出量をペナルティとしてコスト換算できるようにするのが一つの方法。世界的枠組みとしても京都会議の延長で排出権取引が始まろうとしている。

5.3 技術と社会の関係

1. 技術の発展には社会的プレッシャが必要である。
2. グリーン購入とかマイルドな形で企業の活動を誘導することがよいのではないか。
3. 技術あるいは製品の環境的側面を評価する団体が必要である。それはNPOがよいのか、財団みたいなどころか、ミシュランのような民間団体か？本来は学会が役割を果たすべきではないか。

5.4 LCAを進める上での問題点

やはり学会でライフサイクルアセスメント(Life Cycle Assessment, LCA)を進め総合的に評価できるようになく

てはいけない。

総合的評価の一面としては、製品のパーツあるいは親企業と納入業者をすべて含めて計算しなくてはならない。

ただし現状のLCAはシミュレーションソフトを走らせるようなものとなっている。前提がしっかりしていないと、お好みの結果が出てしまう。

プロセスの評価はどうやるのか。プロセスが他企業・外国に提供できるというのが一つの評価基準であり、各社競争で環境対策を開発するというのはかえって環境負荷を増大する。知的財産を共有するあるいは交換または取引するというような観点が必要である。

その意味では中国にも欧米日の企業が進出して開発をするから進出先での環境負荷低減を進めるべきである。中国にしても追いつけ追い越せというならばある程度環境問題でも国際的基準をクリアしていただかななくては困る。ただし中国は場所毎に基準が違う。内陸部をもっと大事にしないと開発のひずみが大きくなる。また将来的に考えれば環境に関する教育も重要である。

5.5 まとめとしての提言

1. 個別プロセスでの課題は今回刊行した環境問題資料集でほぼわかった。今後は横断して定量的にとらえる物差しが必要である。それは通常の言葉でいうとLCAの一つの形となるであろう。
2. システム設計につかえる環境値みたいなものがほしい。それをCO₂換算してコストへの換算もできるのではないか。あるいは1元的な評価ではなくあくまでコストと環境の2次元で評価すべきではないのかもしれない。ここら辺については実際に取りかかって研究すべき内容であろう。
3. プロトタイプでよいから装置を使って実際に試行してみることに意義がある。
4. 各種の要素の影響係数を定量化してシステム設計に使えるものをめざすべきである。
5. このような見地から塑性加工のLCAを試行することを提言し、今後の分科会活動に組み込むべきである。

謝辞

本研究開発課題は塑性加工の直面している環境問題に取り組んだ社会的にも重要なものであり、(財)天田金属加工機械技術振興財団より研究開発助成AF2001018をいただいで推進できたことを深く感謝致します。

参考文献

- 1) 日本塑性加工学会プロセス・トライボロジー分科会年間報告書(2003年度)：「環境を考慮した潤滑技術を展望する」p.94-181.
- 2) 日本塑性加工学会：第234回塑性加工シンポジウムテキスト。(2004).