National Research Council of Canada Industrial Materials Institute

Leszek A. Utracki^{*1}

(訳)市 橋 秀 樹^{*2}

The Industrial Materials Institute (IMI) は、National Research Council of Canada (NRCC) が持つ 20 の研究所、技術センターの一つである。当研究所は、材料の開発と加工に関する研究開発活動を行うことにより、カナダの企業を支援している。

主に研究対象となる材料は、金属、セラミックス、ポリマーであり、ポリマーは主にアロイ、ブレンド、コンポジット、発泡体といった多相、多成分の形態である。高性能材料のためのマイクロ構造の先端加工プロセス、プロセスのモデリングのためにソフトウェア、プロセスコントロールの装置開発、コントロール技術の開発のために様々な学問分野からアプローチされている。当研究所は、幾つかの技術グループ、協会、共同研究プロジェクト、マルチークライアントリサーチプロジェクト、産業フォーラムを通じて、産業界、大学、政府研究機関との密接な協力の下に活動を行っている。

1. IMI の歴史

IMI は 1978 年に Industrial Materials Research Institute (IMRI) として設立され、当初は仮住まいの環境から、国内および海外の大学、研究機関、産業界との共同研究プロジェクトと共に、研究所独自の研究プログラムをスタートした。1982 年の終わりには、100 人近い従業員と 4 つの科学セクションを持つ研究所となり、その活動は、成形プロセスの開発と最適化、新材料の開発とキャラクターゼーション、材料特性の最適化と材料、構造物の非破壊検査であった。さらに、これらの活動に加えて、産業ニーズに即した材料の技術的、経済的な研究が行われた。翌年、研究所は Boucherville に移動し（建物 13,746 m³）、1989 年にその名を Industrial Materials Institute (IMI) に変更した。

今日、IMI は 153 名の職員と 85 名を越える人々（客員

Aerial view of the NRCC Industrial Materials Institute

^{*1} Leszek A. Utracki
National Research Council Canada
Industrial Materials Institute
75 de Mortagne Boulevard
Boucherville, Quebec, J4B6Y4, Canada

^{*2} Ichihashi, Hideki
宇部興産(株) 宇部研究所機能材第二研究部
宇部市大字小串 1978-96 (〒755-8633)
2000. 6. 13 受理

教授、客員研究員、ポストドクターフェロー、学生等)を抱えている。科学技術の成長とともに、IMIの活動に対する産業界からの参加は着実に数を増してきた。これらは、ジョイントプロジェクト、協会への参加、IMIの特許ライセンスに基づいた製造や商品販売のための新しい企業の設立などを含んでいる。その専門知識は、プロセスのモデリングと実験的研究、プロセス開発、そして光学や超音波センサーを用いたプロセスコントロールシステムの開発といった3つの領域にわたっている。

2. 研究活動の構成

研究所の125人の研究スタッフは2つの技術セクションに分けられ、それぞれのセクションは4つのグループを持っている。

① 材料設計と加工

- 1) ポリマー複合材料
- 2) ポリマー材料工学
- 3) ネットシェイプ金属成形
- 4) 表面技術

② プロセスモデリングと装置化

- 1) 光学センサー
- 2) プロセスの超音波測定
- 3) プロセスの数値モデリング
- 4) プロセスの統合モデリング

ポリマーに関係する活動はグループ①-1)と①-2)に集中している。しかしながら、これら2つのグループとセクション2の4つのグループは、相互に深く関係しながら研究を進めており、具体的には、物理的な劣化を研究するための光学センサーの利用、押出成形の超音波モニタリング、ブロー成形や射出成形のプロセスのモデリング等が行われている。

3. 研究室

研究所の使命が産業の支援であったため、開設の当初から、実験室規模から小型生産規模の装置があるパイロットラボを整えてきた。

コンパウンディング・ミキシング装置はインターナルミキサー (Brabender, Banbury, Welex 等), Farrel Continuous Mixer (FCM), 二軸押出機 (TSE), そしてIMIが設計した Extensional Flow Mixer (EFM) を含むその他の混合機がある。押出し装置は、単軸押出機 (SSE, スクリュー径 12~64 mm), 5 台の SSE を備えたフィルムブローイングラインと 100 mm のダイ, そして 3 台の TSE (スクリュー径 30, 34, 50 mm) がある。成形プロセスは、2 台の射出 (複合射出) 成形機 (150 と 400 トン), そして 1 部品当りの樹脂量 3 kg までの容量を持つ 3 台のブロー成形ユニット (stretch, extrusion, そして co-extrusion blow molding) がある。複合材料の研究には、オートクレーブ (チャンバー容量 0.14 m³, T=500°C, P=5.5 MPa), 数台のプレス (最大 600 t), その他の成形機が設置されている。さらに、押出された材料に配向を付加するために設計された装置として、温度と速度の制御が可能な圧力ローラーと二軸延伸ユニットがある。発泡の研究には押出機と数台の高圧反応オートクレーブを使用している。

当研究所は数台のキャピラリーと動的粘弾性測定器を備

えた国内最高水準の実験室を有している。特徴的なものは、2 台の異なる伸長レオメータ (Münstedt 型と Meissner 型) を使用した伸長粘度測定である。

力学試験のための ASTM 規格の実験室, 分光器 (FTIR, ラマン, NIR-IR, UV-VIS, 複屈折分光器, XRD), 熱分析 (DSC, TGA, PVT 測定器), 顕微鏡 (光学, SEM), 溶液分析 (GC, SEM, キャピラリー粘度計), 規格試験器 (QUV ウェザーメーター, 摩擦, 衝撃試験機, 粒子測定, Vicat 軟化点および HDT 試験器, MFI), レーザーと超音波の試験室等の一般的な試験の実験室がある。

4. 研究トピックス

歴史的に、当研究所はブレンド、コンポジット、発泡材、配向された半結晶材料等の多相、多成分のポリマーに関する研究に注力してきた。これらの分野での研究のトピックスを以下に挙げる。

① ポリマーブレンド

- 1) TSE内のコンパウンディング中のモルホロジーの評価
- 2) モルホロジーと流動挙動の関係
- 3) エンジニアリングブレンドの反応相溶性
- 4) Extensional Flow Mixer (EFM) による SSE のブレンドコンパウンディング能力の向上 (例えば、熱可塑性プラスチック中へのエラストマーの分散への EFM の利用)

② ポリマーコンポジット

- 1) クレーのインターカレーションによるポリマーナノコンポジット
- 2) PVT と力学的挙動における固体の添加の効果
- 3) 熱硬化コンポジットの性能における加工条件の効果
- 4) 連続繊維熱可塑コンポジット - 加工, 成形, アセンブリング, 特性, 長期挙動
- 5) 多相ポリマー系の破壊力学

③ ポリマー発泡剤

- 1) 環境にやさしい発泡剤を用いた低比重ポリマー発泡材
- 2) 圧縮ガスまたは揮発性液体を用いた押出発泡成形中の粘度変化予測への hole-lattice 理論の利用
- 3) マイクロセルラー発泡材の作成
- 4) 発泡性と発泡品質におけるひずみ硬化の影響

④ 配向ポリマー

- 1) 配向の複屈折測定
- 2) 配向材料の耐衝撃性
- 3) 半結晶性材料の固相成形 (PET, PP, s-PS)
- 4) フィルムの配向, 応力, 収縮

さらに、8つの Technology and Special Interest Groups で次のような研究プロジェクトが実施されている。

5. Technology and Special Interest Groups

1989 年以来、IMI は企業に対して、市場ニーズに合致した技術を徐々に習得できる、独自の技術移管方法として Technology and Special Interest Groups を提供している。ここでは、メンバー (企業、大学、研究所もしくは工業団体) と IMI が共通の感心事項を満たすよう最適な研究開発プログラムを決定し、実行している。競争に要するコストを分担し、共同で研究開発を行い、さらにメンバーには

次のような利点がある。

- 1) 最新技術と最適手法の工業的適用
- 2) メンバー間の有益な相互関係
- 3) 技術的補助と従業員のトレーニング
- 4) 最先端の装置と世界中の技術情報の利用

現在メンバーの数は100近くまで増えており、採用されたプログラムがパートナーのニーズに対して柔軟で、能率良く、適切なものであることを示している。これらは、個々の企業との共同研究プログラムに発展する場合も多い。

現在、Technology and Special Interest Groupsには次のようなグループがある。

- A. Special Interest Group in Injection Molding (SIGIM)
- B. Special Interest Group in Die Casting (SIGCAST)
- C. Special Interest Group in Blow Molding (SIGBLOW)
- D. Surface Engineering Technology Group-Aerospace (SURFTEC Aerospace)
- E. Surface Engineering Technology Group-Resources (SURFTEC Resources)
- F. Technology Group on Polymer Foams (FOAMTECH)
- G. Special Interest Group in Thermoforming (SIGFORM)
- H. Special Interest Group in Continuous Fiber Polymer Composites (SIGCOMP)

メンバーの企業は、例えば交通、航空宇宙、製鉄、プラスチック、食品包装、情報産業等のように様々な産業がカナダ、アメリカ、ヨーロッパ、日本から参加している。

これら8つのグループで実行されている研究開発プログラムの例を以下に挙げる。

グループ	研 究 活 動
A	材料とプロセス性能 <ul style="list-style-type: none">・プロセスコントロールとモニタリング・原因の特定とプロセス上の問題の解決・レーザー、超音波、光学技術を使用したプロセスの装置化 金型充填とパッキング <ul style="list-style-type: none">・通常の充填、シーケンシャル、ガスアシストの充填とパッキングの最適化・ゲート位置とコールド/ホットランナーのバランスの最適化 冷却と固化 <ul style="list-style-type: none">・部分固化の挙動と微視的構造の解析・金型冷却とチャンネルレイアウトの最適設計 そりと離型 <ul style="list-style-type: none">・部分収縮、そり、残留応力の解析・取り出しシステムのレイアウトと金型の機構の最適化
B	プロセスコントロールとモニタリング ダイ/金型充填と加圧 冷却と固化 そりと離型 材料とプロセス性能

グループ	研 究 活 動
C	材料とプロセス性能 <ul style="list-style-type: none">・特性のキャラクタリゼーション・物理的特性、バリア特性、機械的特性の最適化 プロセスコントロールとモニタリング <ul style="list-style-type: none">・原因の特定とプロセス上の問題の解決・レーザー、超音波、光学技術を使用したプロセスの装置化 ダイと型内流動 <ul style="list-style-type: none">・バリソンの押出しとプリフォーム成形の最適化・ダイと型内流動のバランス バリソンとプリフォームの膨張 <ul style="list-style-type: none">・プリフォームとバリソンのプログラミングの最適化・プリフォームおよび単層、多相、シーケンシャルバリソンの膨張工程の解析 冷却と固化 <ul style="list-style-type: none">・部分固化挙動と微視的構造の動力学的解析・金型冷却とチャンネルレイアウトの最適設計
D	次を目的とした被覆の微視構造の最適化のための材料開発 <ul style="list-style-type: none">・耐摩耗性・室温、高温での耐侵食性・電極の防食・ハードクロムの代替・固体潤滑コーティング 機能的コーティング <ul style="list-style-type: none">・電極材料
E	前処理 修飾材料 プラズマ修飾 高速修飾 アーク放電修飾 コントロールと検査
F	コアプログラム (Foam Techの全メンバーで分担) <ul style="list-style-type: none">・ポリマーと発泡剤の相平衡・ポリマー中への発泡剤の分散・ポリマー/発泡剤混合物のレオロジー・流動下での気泡の発生、成長のモデリング 利用制限プログラム (メンバーが参加するチームを選択) <ul style="list-style-type: none">・発泡材 (ボード、シート、筒等) または拡張可能な材料の製造プロセスの開発・リアルタイム、オンラインのプロセスモニタリング (近赤外、超音波、可視等)・発泡ダイの設計と最適化・発泡ポリマーの力学的特性・発泡材の長時間の熱的性能・プロセスとモルホロジー的な性質の相関
G	材料とプロセス性能 <ul style="list-style-type: none">・特性のキャラクタリゼーションと制御条件の範囲・物理的特性、バリア特性、機械的特性の最適化 プロセスコントロールとモニタリング <ul style="list-style-type: none">・原因の特定とプロセス上の問題の解決・レーザー、超音波、光学技術を利用したプロセスの装置化

グループ	研 究 活 動
G	<p>シート成形</p> <ul style="list-style-type: none"> ・成形の制御の解析（減圧、圧力、プラグアシスト） ・薄物、厚物の成形条件の最適化 <p>冷却と固化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・部分固化挙動と微視的構造の解析 ・加熱システムのレイアウトの最適設計 <p>そりと離型</p> <ul style="list-style-type: none"> ・部分収縮、そり、残留応力の解析 ・取り出しシステムのレイアウトと金型機構の最適設計
H	<p>熱硬化性および熱可塑性複合材料の最適化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・耐熱性、耐環境性 ・最適な樹脂/強化材比率 <p>微視的構造と界面の制御</p> <ul style="list-style-type: none"> ・繊維/マトリクス相互作用におよぼす成形パラメーターの影響 ・サイジング剤または化学的に変性した樹脂による界面強度の最適化 ・マトリクスのモルホロジー、欠陥、空隙、繊維配向におよぼす時間-温度-圧力の効果 <p>複合材料成形プロセスの最適化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・レオロジー、誘電率測定、分光計による熱硬化性樹脂マトリクスの硬化のオンライン評価 <p>検討されている成形法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱硬化性樹脂：オートクレーブ成形、圧縮成形 ・熱可塑性樹脂：オートクレーブ成形、圧縮成形、押出成形、引き抜き成形、射出成形 <p>複合材料の性能評価（微視的構造と性能の関係）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・マトリクスのモルホロジー、繊維/マトリクス界面、繊維配向 ・短期的および長期的な力学挙動（応力-ひずみ特性、疲労特性、衝撃特性、破壊特性） ・力学特性におよぼす環境の影響 ・物理化学的評価（耐熱劣化性、耐エージング性、耐溶媒性、耐UV性）
H	<p>IR サーモグラフィと超音波イメージングによる非破壊検査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IR サーモグラフィイメージングシステムは1mx1mまでの面積の検査を直ちに行い、はく離の検出が可能 ・水中浸漬スキニングを用いた超音波イメージングとレーザー-超音波検査は高い精度の検出が可能 <p>非破壊評価の利用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・弾性率の超音波測定 ・繊維密度の均一性、硬化と材料劣化の不均一性

6. 周 辺

IMI は Montreal から北東に 20 km の Boucherville に有り、セントローレンス川の南岸に位置する。Boucherville は 1667 年の創立者 Pierre Boucher にちなんで名づけられた（彼の邸宅はいまだに建っている）。第二次世界大戦以後、Boucherville は Montreal の郊外住宅地として開発された。1996 年の人口は 34,989 人である。

Montreal は 17 世紀の終わりまでは、人口わずかに 1000 人の毛皮貿易の町であった。カナダ連邦設立後（1867 年）急速に発展し、今日、Montreal とその衛星都市の人口は 300 万人近い。Montreal は工業、流通、商業の主要な中心都市である。その原点の通り、いまだに毛皮貿易の国際的中心でありながら、同時にハイテク工業の中心にもなりつつある。また、4 つの有名大学、(Universite de Montreal, Universite du Quebec a Montreal, McGill University と Concordia University) そしていくつかの大学レベルの機関が立地する。

Montreal は強いフランス的な趣を持った、活発で多文化的な都市である。祭り、ファッション、美食等、多彩な素晴らしい文化を持った、旅行書における「是非とも訪れるべき」場所である。Montreal は美しく、多彩で、決して飽きることの無い、訪れてすばらしく、住んでなお良い都市である。