測手法として確率均質化法を適用するためのハンドレイアップ成形におけるばらつきを考慮したマイクロ構造モデリングの提案 (A-214) や、プレーディング成形における成形工程のシミュレーション手法の提案とその成形過程における組角度の変化を考慮した製品構造解析技術の提案 (A-215)、コンプレッション成形における粘度特性 Fitting 手法の流動パターンへの影響検討 (A-217) や Direct Fiber Simulation による成形時の長繊維のうねりの予測 (A-218, A-219) といった報告があった。いずれの研究においても製品特性に影響を与える成形プロセスでの重要因子をどの

ようにシミュレーションにてどのように表現していくかに重点を置いており、更なる技術革新が期待される。

以上のように、本セッションではコンプレッション成形に関する解析技術、材料特性予測、成形品の構造解析技術といった、いままではあまり馴染みのなかった成形加工の周辺技術に関する講演が多かったにも関わらず、多くの聴講者によって活発な議論が繰り広げられており、これらの成形加工の上流・下流におけるシミュレーション技術への関心の高さを感じることができた。

射出成形の高度化を実現する要素技術

(C-101～C-113)

山 田 浩 二*

プラスチックの成形法としての射出成形の重要性については今さら言及するまでもなく、年次大会やシンポジアにおいて一般セッションの一つの領域を占めるほど広範な分野である。このセッションは、射出成形分野の中でも特に高度化を実現するための個々の要素技術に焦点を当て、特別セッションとしたものである。4つの基調講演と24もの一般講演で2日間をフルに使ったセッションとなり、大変盛況であった。特に4つの基調講演は、今後の発展がますます期待される炭素繊維複合材料のオンラインブレンド射出成形と熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂の一体製品化を図るハイブリッド成形、金型の挙動に着目したインプロセス計測、マイクロ・ナノ転写成形をはじめとする微細形状を実現する種々の成形法、可視化などの型内計測による成形現象の解析手法など、それぞれの第一人者による研究を総括的に把握できるとあって、立ち見は当然のことながら左右の壁際に座って熱心に耳を傾ける参加者も見受けられるほどの賑わいぶりであった。これほど多くの発表であったため、個々の内容については予稿集に当たっていただくとして、ここでは本セッションの1日目について全体を総括的に俯瞰したい。

射出成形は大きく分けて、加熱シリンダによる可塑化工程と、金型における冷却固化工程に分けられる。それぞれにおける挙動が成形品の最終的な特性を決定づけているので、本セッションで注目した要素技術も、各々において未だ解明されていない点を明らかにしたり、新たな可能性に挑戦したりするという機運にあふれたものであった。可塑化工程においては、強化繊維の折損の問題がやはり大きく注目されていることが理解された。特に直接可視化可能なシリンダを用いた研究では、繊維の折損現象を明確に捉え

ることに成功している。なお、基調講演でも取り上げられた射出シリンダ内に直接繊維を添加するオンラインブレンド射出成形では、繊維折損には樹脂粘度変化が大きく関係するが、添加する繊維の温度が低いと混合時の樹脂温度の低下とそれに伴う増粘を誘起するものと考えられる。したがって樹脂と繊維の温度をいかに制御するかが重要度を増すであろう。温度の制御は、プレス成形と射出成形を複合化したハイブリッド成形の分野でも考慮すべき問題として取り上げられた。また射出成形はその性格上、いかにスループットを最大化するかが最重要課題であるが、CAEのさらなる発展・高度化により、そのための最適なスクリュ形状を導き出そうとする研究は非常に興味深い。

一方、冷却固化工程においては、高温の樹脂と低温の金型との間の激しい熱移動の様子をいかに正確に捉えられるかが、成形品の特性を制御するうえで最も重要な要素となろう。その動向を反映するものとして、流動中の樹脂の熱的挙動の計測技術、および金型加熱により樹脂温度の低下を抑制する技術に関する研究が複数発表された。特に基調講演においては種々の金型加熱法が紹介され、それらのとりわけ繊維強化樹脂の外観形状を向上する応用例が提示された。すなわち、電磁誘導加熱による方法、遠赤外線ヒータによる方法などである。また、一般講演ではニッケルリンを薄膜発熱体として金型の局部加熱に応用した研究も報告された。なお2日目のプログラムになるが、樹脂温度計測技術は樹脂流動解析ソフトウェアへのデータ提供として直接にリンクするものであり、実成形品のソリやヒケといった不良現象の予測精度の向上に大きく寄与するものと期待される。

冒頭で述べたように、非常に多くの参加者を数えたのに加え、質疑自体も特定の質問者に偏ったりせず多様な問かけがなされていたように感じた。今後もこのような既存の分野を掘り下げるような特別セッションの開催に期待したい。

* Yamada, Koji
地方独立行政法人大阪市立工業研究所
加工技術研究部プラスチック成形加工研究室
大阪市城東区森之宮 1-6-50 (〒536-8553)

本特別セッション2日目は、2件の基調講演と15件の一般講演が行われた。初日に引き続き多くの聴講者で会場が埋め尽くされ、活発な議論が繰り広げられた。

射出成形品の表面に生じるフローマークは、成形品の外観品質の低下を招く重要な成形不良の一つである。前田は、タルク含有PPに生じるタイガーストライプ型のフローマークについて、成形品の詳細観察および材料の観点から検討し、PPに含有される低分子成分量の増加によって、成形品表面と裏面に生じるフローマークが異位相から同位相に変化することを明らかにし、その原因はフローフロントのすべり現象であると推察した。フローマーク発生挙動の解明と同時に材料特性からのアプローチによって、フローマーク対策の明確な指針が示され有益な講演であった(C-201)。

射出成形による異種材料との一体成形は、製造コストと製造時間を削減でき、注目されている技術である。小金澤らは、ガラスを金型内にインサートし、ガラス周縁部を樹脂で射出成形する一体成形技術について報告した。本技術については、ガラスと樹脂材料の継ぎ目の段差と接合強さが課題であったが、樹脂の加熱冷却機構および加圧機構を設けた金型とガラス表面に新たに開発した熱可塑性接着剤を塗布することによって、段差の低減と高い接合強さを実現した(C-202)。

射出成形品の精密成形技術は、成形品の高付加価値化を実現する重要な成形技術の一つと考えられる。本特別セッションでは、サブテーマの一つとして「精密成形」を取り上げ、山形大学 伊藤浩志教授に「プラスチック精密転写成形の最新動向—マイクロ・ナノスケールの転写成形—」と題してナノインプリントおよび精密射出成形技術を中心にこれまでの研究成果と課題について基調講演をいただいた。射出成形品の転写性に与える成形品板厚の影響について、成形中の樹脂圧力の観点から考察するとともに、離形時における金型への樹脂の残留が課題であることが示された(C-203)。村岡らは微細転写性と離形性について、材料に含まれる離型剤の添加量の影響を検討した。離型剤を添加することで、せん断粘度が低くなるため転写率が向上するとともに、ガラス転移点の低下にともなって残留応力が解放されて金型との摩擦が小さくなり突出し力が低下することが示された(C-205)。一方、新川らは、アルミニウム合金金型を用いて転写性の評価を行い、ゲートからの距離によって転写率が異なること、さらに数値シミュレーションによって、その原因が微細部流入時の樹脂の温度差によるものであることを考察している(C-206)。

光学特性の向上もプラスチック部品の高機能化、適用拡大の重要な技術の一つである。光学特性の定量評価は、様々な制約から局所的な評価が主流であり、面内の評価が難しい問題がある。この問題を解決するため、井上らは集積偏光フィルターとイメージセンサーを組み合わせることで広

範囲の複屈折を高速計測できる技術を確立した(C-208)。また、金田らは、高密度ポリエチレンを用いた赤外用レンズについて、射出成形条件や金型表面粗さがIRおよびVRの透過率に与える影響を検討した。高密度ポリエチレンにおけるIR透過率はせん断配向層、VR透過率は結晶化度に影響され、金型温度および冷却時間によって変化することが示された(C-207)。

射出成形は溶融混練したプラスチック材料を金型内に拘束で充填させて製品が成形される。そのため、成形品の高機能化には、金型内での材料の挙動を把握することが重要である。本セッション2日目の2件目の基調講演として、東京大学 横井秀俊教授に「射出成形における型内計測技術の進展および成形現象の実験解析」と題してご講演いただいた。金型内における材料の温度計測や圧力計測技術を中心に、最新の研究成果をご紹介いただき、金型内の現象解明のみならず、CAEの高精度化を目的とした検証データ取得としての計測技術の重要性、より複雑化する成形プロセスの現象解明のための計測技術の必要性が示された(C-211)。増田らは、ガラス繊維含有樹脂を対象に集積熱電対を用いた金型内の樹脂温度分布計測について報告した。これまで、ガラス繊維の含有による粘度上昇に伴うせん断発熱効果と熱伝導率の上昇に伴う冷却促進効果の相殺によって成形中の樹脂温度に大きな変化は見られないとされていたが、本研究によって、高速条件下においてせん断発熱効果が支配的となり、特に成形品側面部近傍で温度上昇が見られることが報告された(C-214)。射出成形において成形品側面部の樹脂の先行現象がしばしば見られるが、この現象を樹脂流動解析で再現することが難しい課題であった。菊池らは、流動解析において熱移流計算を改良することで成形品側面の高温部を再現し、前述の増田らの研究結果である側面部の温度上昇は、ランナーおよびゲート内での側面部のせん断発熱に起因することを推察した(C-215)。また、郭らは射出成形中の樹脂のフローフロントを正面から可視化観察し、ガラス繊維強化樹脂における非対称ファウンテンフロー現象に与えるガラス繊維含有量の影響とその発生メカニズムを考察した。流動するフローフロントおよびガラス繊維の直接観察により、フローフロントの揺動現象を解明した点は、成形品の表面性状改善につながる興味深い結果であった。

本セッションではここで紹介した以外にも、インプリント法の転写性やシボ加工における離形抵抗計測などの講演があり、いずれの研究もプラスチック成形品の高機能化を実現する上で重要な結果が示された。今後射出成形分野において国際的な競争を勝ち抜いていくためには、成形技術の高度化や成形品の高機能化、高品質化が不可欠であり、本特別セッションで報告された研究がさらに発展し、成形技術に結びついていくことを期待したい。

最後に、基調講演をいただいた先生方ならびにご発表いただいた皆さま、多くの聴講者の方々のご協力により、本特別セッションが大盛況のうちに終えることができました。この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

* Seto, Masahiro
金沢工業大学ものづくり研究所
白山市八東穂 3-1 (〒924-0838)