

目に見え，実体験できる基礎鑄造工学の教材開発

マツダ工業技術短期大学校 酒向 育宏

概要

自動車業界をはじめとする製造業において，若者離れが重大な問題とされる今日，いかにして製造業という物づくりの世界へ若者の興味や関心を引きつけるかが大きな課題となる。

今回，「基礎鑄造工学」教材において“見る・触れる・感じる”を開発コンセプトとして，新教材開発に取り組んだ。

新教材は3部構成である。

第1部“新しい素材領域の姿を教える”…PM賞¹を受賞した当社の素材工場紹介ビデオをベースにして，素材の世界への導入を目的とした，素材領域の概要説明教材である。

第2部“現場を身近に感じさせる”…各種解析画像・写真および現物見本を活用して，学生の興味や関心を引き，効果的な理解を図ることを目的とした，画像・現物見本教材である。

第3部“体験から学ぶ”…実際の素材工場での実習を通じて，座学で学んだ内容を検証し理解を深めることと，物づくりの面白さ・楽しさを伝えることを目的とした，体験実習教材である。

以上，常に現場を見たり現物に触れたりすることができ，本当の製造現場を身近に感じることができるプロセスによって，素材領域に対する強い3Kイメージを取り去り，本当の面白さを引き出すことができるように配慮している。

さらに，この教材を活用することで“3現主義”の大切さを認識させ，問題解決の際に役立つ“事実から真因を追求する力”を身につけた“やる気”“やる腕”+“観る目”を持った人材の育成を実現させる。

1：日本プラントメンテナンス協会より，PM（生産保全）活動の優れた事業所に贈られる賞。

1. はじめに

現在，自動車業界をはじめ，金属機械関連に代表される製造業へ就職を志望する若者が年々減少するといった問題が起きている。

これは，近年の急速なコンピュータの発達と普及により，現代の若者が幼い頃より身近な生活環境の中で慣れ親しんだテレビゲームやパソコンの世界に興味を抱き，その結果，物づくりよりもゲームソフトやコンピュータソフト等の業界への就職人気が高まるかたちとして現れている。

当マツダ工業技術短期大学校（以下「マツダ短大」という）の教育環境の中にも，これと似た傾向が徐々に現れつつある。それは，“学生が興味を抱く教科”と“卒業後の配属希望”に顕著に現れている。

学生が興味を抱く教科は制御関係が多く，また，卒業後の配属志望においては間接部門への志望が高くなりつつある。このような状況において，基礎鑄造工学を担当している私が，特に問題視しているのは，学生の基礎鑄造工学の講義に対する興味の乏しさと，素材領域への配属敬遠傾向の2点である。

マツダ短大を卒業し，昨年的人事異動で当短大の講師として来た私は，この現象に歯止めを打つべく，在学中に得た知識と卒業後配属された素材領域での現場経験をもとに，今回の教材開発に取り組んできた。少しでも多くの学生が基礎鑄造工学に興味を抱くきっかけとなるような“無”（ゼロ）から形を造り出す物づくりの魅力や楽しさが感じられる講義”を目指し，それが「素材領域への配属志望」「やりがいを感じ，良い仕事ができる」「生産（会社）への貢献」といった，“学生”と“会社”の両方に

プラスの成果をもたらすことを願い、開発してきた教材をここに紹介する。

2．当社における素材領域の重要性と基礎鑄造工学知識の必要性

「素材領域」および「基礎鑄造工学知識」を重要視している理由は以下のとおりである。

2.1 素材領域の重要性

まず、“工程”という観点から素材領域の重要性を考えると、他の製造業と同様に金属機械関連の製造業においても、素材領域とは生産工程の初工程であり、原材料となる金属類を溶解し、それを鑄型に注湯して機械加工対象となる素形材（以下「素材」という）を造り出すところである。素材領域以後の工程にとっては、すべての基礎となる素材を提供するところであるだけに、そこにおける技術やそれを支える技能は生産全体において重要な役割を担っていると考える。

次に、“素材”という観点からさまざまな業種における素材の重要性を考えると、「料理」ではシェフ、「ファッション製品」ではデザイナー、「工業製品」ではエンジニアといった人たちが、どんなに優れたアイデアや技術技能を持っていても、それを生かす素材がなければ、現実の物（形）として誕生することはない。自動車メーカーである当社において、素材領域で造られる素材は、エンジン部品や駆動系部品という自動車にとってきわめて重要な部品全般に用いられている。これらの部品は、自動車という商品の性能や安全性に大きく影響を及ぼすもので、「強度」「靱性」「耐摩耗性」「減衰性」等、設計エンジニアから“素材”に求められる特性は数多い。したがって、素材の出来栄の良し悪しがそのまま自動車の性能や安全性を左右すると言っても過言ではない。

以上のことから、当社においてもこれらの部品を製造し供給する素材領域は、重要な役割を担っていると考える。

2.2 基礎鑄造工学知識の必要性

従来、素材工場においては、鑄造における重要な作業ポイントの大半を熟練工の経験や勘に依存していた。しかし、近年それらがデータ化され、素材領域にも無人化・ロボット化といった自動化システム等、設備の高度化が次第に進行しつつある。しかし、どんなに高度な設備が導入され、自動化されたとしても、それを操り仕事をさせるのは人（以下「オペレーター」という）である。特に素材領域においては、より良い素材品を造り出すために、季節等による「外気温変化」「鑄型温度変化」「設備冷却水温変化」等、製造環境の変化に応じて、鑄造条件の設定を随時、適正なものに調整する必要がある。つまり、オペレーターが豊富な経験と正しい知識をもとに的確な判断をし操作しなければ、良い素材を造り出すことはもちろんのこと、その設備の能力を十分に発揮させることはできない。

また、素材領域以後の工程の立場で考えてみると、素材領域は後工程にとってすべての基礎となる素材を供給する領域である。したがって、その素材を受け取り、それに加工を加えて部品を造り出す機械加工領域とは、互いに「生産性」「品質」「コスト」の面で密接な関係にある。例えば、素材領域が品質向上やコスト低減をねらいとして素材形状や材質の変更を行うとき、また、機械加工領域が工具寿命延長をねらいとして素材形状や材質の変更を提言するときには、その変更によって互いの生産に不具合を生じさせないために合同で事前検討を行い、互いの製造工程を理解し合う等「生産性」「品質」「コスト」の向上を目指した技術的・技能的協力がなされている。

以上のようなことから、素材領域に従事する者だけでなく機械加工領域に従事する者にも、形状や材質の他、諸条件の違いによって変化する素材の製造（鑄造）メカニズム等、必要最小限の基礎鑄造工学知識が必要と考える。

3．基礎鑄造工学講義の現状と問題点

マツダ短大では、開校当初より基礎鑄造工学の講

義を行っており、その講義で使用されるテキストには、基礎鑄造工学の概論としては十分すぎるほどの内容が示されている。しかし、従来の講義では十分な教育効果を得ることができなかつたと考えている。その理由は、学ぶ側の学生に重点を置いたものでなく、教える側からの一方通行的なものであった。この問題点として以下のことがあげられる。

(1) 初心者に興味を抱かせる魅力の不足

素材について何も知らない学生に対して、理論以前に素材領域が“どんなものなのか”“どんな仕事をしているのか”“それがなぜ重要なのか”を理解させ、興味・関心を持たせることへの配慮が不足している。

(2) 座学中心のテキストのみの講義

現在の講義は、座学中心でテキストのみで行われている。しかし鑄型構造や鑄造メカニズム、各種素材材料等を解説する際、テキストに記載されている写りの悪い白黒写真や複雑に線が重なり合ったイラスト・図解等では、現物を知らない学生の十分な理解を得ることや興味・関心を引くことは難しい。

(3) 製造現場とのつながりの希薄

従来の基礎鑄造工学の講義は、全体的な概要および一般的な各種鑄造法についての座学だけである。無論、知識を「学ぶ」ためにはこれも必要である。しかし、実際の量産設備等に接したことがなく、ましてや素材領域となると見たこともないという学生がほとんどであるから、学生が、学んだ知識を理解し「習得する」ためには、実際の現場の設備や作業に触れることで得られる体験に基づいた知識が不可欠である。これは、マツダ短大の教育方針である「実学一体」¹や「3現主義」²の考え方にも沿うものである。しかし、現在の講義はこの点が考慮されていない。

4．教材開発の必要性

これまで述べてきたような素材の重要性や基礎知識の必要性、および講義の問題点を踏まえて、なぜ基礎鑄造工学の講義に興味がないのか、また、

なぜ素材領域への配属を敬遠するのか、従来の教材と講義内容についてあらためて学生の意識調査を行った結果、以下のような原因があげられた。

(1) 素材に対するイメージが悪い

- ・3K職場（危険，汚い，キツイ）のイメージが強すぎる。
- ・ただ単に「型」を造り、溶けた金属を流し込むだけの単純な作業で退屈な感じがする。

(2) 「素材工場の生産システム」や「自動車と素材との関連」がイメージできない

- ・目に見えない世界の講義なのでよく理解できない。
- ・初めて聞く専門用語が多く講義を聴いてもよく理解できない。
- ・鑄造メカニズムや鑄型構造が上手くイメージできないので理解できない。
- ・テキストの白黒写真やイラスト図解ではよく理解できない。
- ・自動車製造にあまり関係があると思えない。

(3) 素材という仕事の内容が想像できない

- ・将来的に自分にとって鑄造工学知識の必要性が大きいとは考えられない。
- ・実際にどのような仕事をするのかわからないから自分に向いているかどうかかわからない。
- ・車両組立職場やエンジン組立職場に比べて、車の知識があまり得られない。

以上の原因をよく見ると、「3.基礎鑄造工学講義の現状と問題点」で取り上げた3つの問題点に起因するところが大きいことがわかる。これを解決するためには、新たな教材の開発が必要不可欠と考え、この教材開発に取り組むことにした。

5．教材開発上の留意点

新しい教材の開発においては、「現状の講義の問題点」と「学生の意識調査結果」を考慮し、いかにして学生の興味・関心を基礎鑄造工学に引きつけ、自らが進んで学べ効率よく習得できるような仕組み

にするかが重要な柱となる。そこで、私は次の3つの点に留意して開発に取り組むことにした。

第一に講義のあり方として、「写真のようなもの」「この図のようなもの」といった抽象的・概念的な説明や「決まりだから覚えろ」といった押しつけ的な説明、また、「このぐらいはわかるだろう」といった一方的な判断をせず、“学生は何も知らない”という観点で常識的・基本的なこともキッチリと含めた0から始まる講義とする。

第二に講義展開として、「素材とは何か」、それは「車のどの部分に使われているのか」、実際に「どのようにして造られているのか」というように、“何か”という素朴な疑問から始まり、実際に素材ができるまでを製造の流れに沿って具体的にわかりやすく進められるものとする。これが学生に興味を持たせ、“やる気”を起こさせることにつながる。

第三に理解を深める教材として、“論より証拠”“百聞は一見にしかず”という言葉どおり、実際の製造現場を目にしたり現物を手にすることができ、さらには実際に体験できることにより、素材を身近なものとしてとらえられるものにする。これにより学生の自主的な勉強意欲を引き出し、“やる気”を継続させることにつながる。

6. 開発教材の構成と特徴

今回、新たに開発した教材は、概要説明ビデオ、解析画像・写真資料と各種現物見本、体験実習の3つで構成されている。その3つの教材の特徴を以下に述べる。

6.1 概要説明ビデオ

当社の実際の鋳鉄鋳物工場と、軽合金ダイキャスト工場（高圧鋳造・低圧鋳造を含む）の2工場を、工場見学では見にくい箇所のズームアップ映像や、簡潔な解説の字幕を織り交ぜながら製造工程の流れに沿って比較紹介している。

6.2 解析画像・写真資料と各種現物見本

解析画像資料は、生産現場で量産に至るまでの開

発段階に行う、コンピュータ解析による鋳造時の湯流れ解析動画³や凝固解析動画⁴を用いている。また、写真資料は、実際に自動車に使用されている主要素材部品の写真等を掲載している。

各種現物見本は、実際に当社素材工場で使用されている各種鋳物砂⁵や鋳造時に発生した鋳造欠陥部のカットモデル等、現物見本を取りそろえている。

6.3 体験実習

マツダ短大は工場の敷地内にあり、製造現場に近いという利点を生かして、当社の素材工場に行き実際に量産現場で使用している鋳物砂を用いて、砂型造型作業⁶および砂型鋳造作業⁷等を体験できる内容にしている。

以上の教材を講義の要所要所に取り入れることによって、言葉による解説だけでは理解させることが困難な講義内容をより簡単にかつ効果的に理解させることを目指した。

7. 新教材活用のねらい

(1) 素材の世界に誘う（素材工場の現実を見る）

概要説明ビデオでは、“3K職場のイメージが強い”“単純な作業で退屈な感じがする”といった先入観を取り払うために、生きた教材として、1997年にPM優秀賞を受賞した当社の鋳鉄鋳物工場と、最新の軽合金ダイキャスト工場を取り上げ、その快適な作業環境と、材料投入から完成素材出荷までの作



写真1 概要説明ビデオを用いた講義

業内容を実際の現場の映像で紹介している。

(2) 効果的な理解を図るとともに、興味・関心を持たせる

解析画像資料では、“目に見えない世界の講義なのでよく理解できない”とか、“鋳造メカニズムや鋳型構造が上手くイメージできないので理解できない”といった学生の理解を妨げている要因を取り除くために、開発段階で使用しているコンピュータ解析動画像等を活用し、それらをカラーでわかりやすく目に見える形にして紹介している。これにより、鋳造技術の一端に触れることで技術的な興味も引き出せる。また、写真資料は、“自動車製造にあまり関係があると思えない”といった疑問を取り除くために、“自動車の構造図”と“主要素材部品の写真”をリンクさせ、自動車における素材品の用途と、なぜここにこの素材品が使用されるのかという性能



写真2 湯流れ・凝固解析画像の活用



写真3 現物見本を用いた講義

的・技術的理由も明確にして写真と解説で紹介している。

一方、現物見本は、“白黒写真やイラスト図解ではよく理解できない”“初めて聞く専門用語がよくわからない”といった解説だけでは理解を得ることが難しい講義内容をサポートし、学生の理解を深めるために、鋳造欠陥のカットモデルや鋳物砂等のサンプルをケースに収め、いつでも現物を手にとって見られるようにしている。

(3) 講義内容を検証するとともに、物づくりの面白さ・楽しさを伝える

体験実習では、座学講義で学んだ内容を検証し理解を深めるために、実際の素材工場に行き、砂型鋳造作業等を体験できる内容にしている。

また、体験実習を1班8人の編成とすることにより、学生自らが作業分担し、協力し合って作業すること（共同作業）の大切さを学びとれるようにもしている。さらに、初めて体験する作業で悪戦苦闘しながらも、最後には自分たちの手で製品を完成させることで、物づくりの面白さ・楽しさを感じとれるように配慮している。

8. 新教材を活用した授業の内容と流れ

授業内容の概略を表1に示した。



写真4 砂型造型・鋳造実習

9. 新教材の活用効果と今後の課題

9.1 活用効果

(1) 意識の変化

TPM活動⁸等により環境改善され、PM賞を受賞したきれいな素材工場を知り、それまで持っていた“暗くて汚い”といった先入観を捨て去ることができた。そして、今度は逆に“素材工場で仕事をしてみたい”という気持ちに変化しはじめ、さらには、素材領域に限らずどこで仕事をするようになるだろうが、その環境は自分たちの“やる気”しだいで“快適なものにできる”という考えが芽生えてきた。

(2) 素材領域の理解

自動車を構成する素材部品の用途と、求められる特性の多さや、さまざまなデータをもとにコンピュータ解析が行われていることを知り、それまでの“ただ溶けた鉄を流し込むだけ”といった安易な考えはなくなっていた。また、自動車という商品の性能や、安全性に大きく影響を及ぼす重要部品の素を造っているという現実、その出来栄（品質）を向上させるためにさまざまなデータを採取し、それをもとにあらゆる改善対策案を日々検討しているという実状を初めて知るとともに、“素材領域の重要性”と“基礎鑄造工学知識の必要性”さらには素材領域における“技術的要素（知識）の必要性”を痛感し

表 1

単位講義	講義目的	講義内容	新教材の活用
鑄造工学 1	・実際の素材工場を知る（動機づけ）	・概要説明ビデオを中心とした製造工程の解説（鑄鉄鑄物工場 & 軽合金鑄物工場）	・概要説明ビデオ
鑄造工学 2	・鑄物を知る（自動車部品との関連）	・鑄物の概要（歴史、種類、鑄造方法） ・鑄鉄鑄物とは（普通鑄鉄、低合金鑄鉄、ダクタイル鑄鉄） ・鑄鉄の5大元素とは（Mn, Si, C, P, S）	・写真資料
鑄造工学 3	・溶解工程とその特徴を理解する	・溶解炉の種類、特徴と用途（キューボラ、低周波誘導炉を中心に） ・溶解材料（原材料）について（地金、添加合金、コークス）	・概要説明ビデオ
鑄造工学 4	・造型工程とその特徴を理解する	・鑄型模型の種類とその特徴（鑄縮み、抜き勾配、機械加工しろ） ・鑄型材料について（鑄物砂とその性質） ・鑄型（主型・中子）造型について（鑄型各部の名称とはたらき、造型方法）	・現物見本
鑄造工学 5	・鑄造工程とその特徴を理解する	・鑄造方案について（湯流れ・凝固解析、歩留まり率） ・鑄造欠陥について（鑄造欠陥の種類とその発生原因）	・解析画像資料 ・現物見本
鑄造工学 6	・後処理工程とその特徴を理解する	・鑄肌仕上げについて（タンブラ、ショットブラスト） ・熱処理について（歪み取り・軟化焼なまし、焼き入れ）	・概要説明ビデオ
鑄造工学 7	・その他の鑄造法を理解する	・特殊鑄造法（シェルモールド法、コールドボックス法、CO ₂ 法、インベストメント法）	・概要説明ビデオ ・現物見本
鑄造工学 8	・軽合金鑄物を理解する（自動車部品との関連）	・アルミニウムの一般的性質について ・アルミニウム鑄造法について（ダイカスト法、低圧鑄造法の特徴） ・ダイカスト鑄造理論の基礎について（射出力、鑄造圧力、鑄造面積、型開き力、型締め力、トグル機構）	・概要説明ビデオ ・解析画像資料 ・写真資料
鑄造工学 9,10 鑄造工学11,12 （2日間）	・造型、鑄造作業を体験し、座学で学んだことを検証する	・体験実習（工場実習 砂型鑄造による花瓶の製作） 主型、中子型の造型作業 型ばらし、はつり仕上げ作業	・体験実習（工場実習）

講義時間...100分 / 1回、ただし工場実習...200分 / 1回（講義2回を合わせて1回とする）

ていた。

(3) 物づくりの面白さ・楽しさの実感

体験実習において、講義で学んだことを頭に描きながら、実際に自分たちで砂を混ぜ、型に入れて砂型を突き固める際に、“崩れた”“ひび割れた”等ハプニングも多々あったが、溶湯を流し込んでできあがった品物を手にすることで、額に汗を流しながらも砂と模型の他に何も無い“ゼロ”から形を造り出せたすごさに感動し、物づくりの面白さ・楽しさを実感していた。

9.2 今後の課題

今後は、その他の教科についても、動機づけの一手段として、ビデオ等を活用した“現実を見せる”“新しい姿を見せる”といった講義方法を水平展開していく。

また、講義時間や設備数等の問題により、実現まで時間がかかるかもしれないが、教える側が教材を準備するのではなく、学生自身が実際に工場へ行き、製品を切って顕微鏡で見たり、各自が考えたデータを入力しその解析結果を確認したりするような“学生主体の講義”の実現を目指す。

10. おわりに

この教材開発を通じて学んだことは多々あったが、その中でも特に強く感じたことが2つあった。

1つは、日々技術進歩する製造現場に合わせ、われわれが用いる教材の内容も常に進化しなければならないということである。“将来、現場の中核となる人材”の育成を担う企業内短大という位置づけから、教育内容も製造現場に疎通したものでなければ意味を持たない。そのためには、われわれが常に刻々と変化する製造現場の実状を正確かつ迅速にとらえ、どのような人材が必要なのか、また他企業の動向はどうかを考慮し、時代のニーズに沿えるよう、より良いものを求め試行錯誤しながら教材開

発に取り組みまねばならない。

もう1つは、教育を受ける学生も年々変化しており、“物の考え方・とらえ方”は十人十色であるから、それぞれの色に調和のとれた講義展開を行わなければならないということである。そのためには、日々の講義において学生を観察し、特徴をとらえ、常により効果的な講義展開・教材を考え、改善を加えていかなければならない。これこそがマツダ短大が目指すところの、学生と講師が共に育つ“共育”である。

以上のようなことを踏まえ、今後も「“やる気”“やる腕”+“観る目”を持った人材」の育成へ向け、立ち止まることなく教材開発に取り組んでいく。

注

- 1：実学一体とは、講義により学習した知識（理論）を実際に実習で体験する（検証する）ことによって、より深い理解を図る教育方法。
- 2：3現主義とは、「現場」「現物」「現実」主義。実際に現場に行き、現物を手にして（目にして）、現実を踏まえ、問題解決を図る考え方。
- 3：湯流れ解析動画とは、注湯時溶けた金属が型内にどのように流れるのか、溶かした金属の材質や温度、また流し込む型の材質や形状等、諸条件をコンピュータに入力し、その流れをシミュレーションした動画。
- 4：凝固解析動画とは、型内に流し込まれた溶けた金属がどのように凝固していくのか、型の形状や温度等、諸条件をコンピュータに入力し、その時系列的凝固の変化をシミュレーションした動画。
- 5：鑄物砂とは、けい砂（石英を主成分とした砂）と、その砂粒子を結びつける粘結材、および熱的性質（耐熱性）や、崩壊性（鑄造後の崩しやすさ）を向上させる添加材とが適切な割合で混練された砂。
- 6：砂型造型作業とは、鑄造したい製品の模型に鑄物砂をふりかけ、その砂を突き固めることによって鑄造砂型を造る作業。
- 7：砂型鑄造作業とは、鑄物砂によって造られた砂型に溶かした金属を流し込み、凝固した素材を冷却し、砂型から取り出し仕上げるという一連の作業。
- 8：TPM活動とは、設備のロスやムダを徹底的に排除し、設備効率の極限を追究することによって、企業の業績向上と、生きがいのある職場づくりをする全員参加の活動。