

F B 技術研究会 V I P 対談
～林一雄会長が聞く～
シリーズ第 4 回：山内康仁氏

自動車産業を支える鑄造技術

林 今回登場していただく方は、元アイシン精機社長で現在は相談役に就任されている山内康仁（やすひと）さんです。山内さんは公益社団法人日本鑄造工学会会長の立場でもあり、日本鑄造業界発展のためにご尽力されておられます。この対談では少し趣きを変えまして、ファインブランキング（FB）の世界から離れて鑄物をテーマにお話を進めていきたいと思えます。山内会長は東北大学大学院終了後にトヨタ自動車工業（現トヨタ自動車）に入社され、最初の配属先が鑄物の部署でした。

山内 正直に申し上げますと、非常に汚い職場で一番行きたくない所でした（笑）。鑄物に取り組んでも分からないことばかりでした。でも人間というのは不思議なもので、未知の世界を知るなかでの取り組みがかえって新鮮に感じ、興味が深まるばかりでだんだん面白くなってきていたのです。林さんからご紹介がありましたように、現在、私は日本鑄造工学会の会長の立場でもありますが、鑄物の大切さや重要性について世間の方にもっと知ってもらわなければならないと痛感しています。自動車を例に挙げますと、エンジンやミッション関係など大変重要な自動車部品は鑄物です。そうした製品に求められる複雑な形状をいかにして精度良く作るのか、それが自動車としての製品の良し悪しを決めると言っても過言ではないのです。鑄物で勝負が決まることが多いのですよ。そうした重要性を認識しないで鑄造品の生産を中国に移したらどうかと言う人がいますが、何かの政情でレアアースと同様に鑄造品の日本へ

の輸出が止められたら、自動車は一台もつくれません。

林 鑄物は人が金属を使い始めた頃から採用された古い技法ですが、ご指摘のとおりになかなかその重要性について認識を持っている方は少ないようです。今回のインタビューが鑄物を啓蒙する一助になればと願っております。私はファインブランキング（FB）一筋に取り組んできたものですから、いわば鑄物については専門外で、初歩的なことも含めていろいろとお話を伺いたいと思っております。

林 トヨタでの最初の仕事は鑄物でした。何年ぐらい携われたのでしょうか。

山内 約 18 年でした。その後に足回り部品のユニット開発に携わることになるのですが、異動の話があったときに抵抗しました。

林 入社したときにあれほど嫌がった職場だったにも拘わらず。

山内 そうなのですよ（笑）。先ほども申し上げましたが、鑄物に関するテーマをいくつか抱えるなどどんどん面白くなってきていたのです。昇進しなくてもよいからもう少し鑄物に取り組ませてもらえないかとお願ひしたのですが、上司からは一切鑄物からは足を洗えと言われまして、新しい職場に行くことになりました。今から思えば最初は自動車を知らずして鑄物に取り組んでいたような気がします。鑄物のための鑄物づくりであったように思うのです。

車にとって良い鑄物部品が重要

林 鑄物のための鑄物づくりですか。

山内 はい。本当に鑄物だけに取り組んでいる人はそのようになりがちです。鑄物というのはそもそも“巢”が出やすく、難しい技術であると言ってもよいでしょう。したがって不良率も高いのです。そこで不良でない鑄物製品をつくる、そのことをもっ

て技術力が高いと思ってしまう。それは確かにある意味では正しいのです。しかし本当は自動車であれば車にとって良い鋳物部品でないといけないのです。エンジンであれば出力が出るような製品でなければならぬし、精度が良くてもしかも板厚が薄くなければ軽量化というニーズに応えられません。ところが鋳物だけをやっている、そういうことを忘れてしまっていて、たとえばこういう部分を肉厚にすれば不良が出難くなるのか、つくりやすいぞという方向へ考えがいつてしまいますのです。



山内康仁氏

林 自動車用の鋳物と鉄瓶の場合ではつくり方に基本的な違いはありますか。

山内 それは違いますね。鉄瓶の性能についてはよく分かりませんが、ある意味工芸品ということ言えば細かい複雑な形状とか美しさを追求するのではないのでしょうか。それに対して自動車用の鋳物は強度や寸法精度の世界ですから、同じ鋳物づくりでもコンセプトが違ってきます。それと鉄の鋳物でも工芸品ではきれいな形状を出すために“リン”を入れます。“リン”を入れることで“湯流れ”つまり溶湯の流動性が良くなるからです。しかし実は“リン”を入れると逆にすごくもろくなります。ですからそのような素材は自動車部品には使えません。

林 アルミダイキャストですと圧力を加えるので

隅々まで湯が流れると聞きますが。

山内 隅々まで湯を流したいので圧力を掛けるのです。

林 鉄でも圧力を掛けますか。

山内 鉄はほんの特殊なケースではしますが、普通は自然に流すだけです。型が砂型ですからね。砂型でないと鋳型として持たないですし、砂型には圧力は掛けられません。

林 自動車の重量のなかで鋳物の比率は以前に比べて変わっていますか。

山内 重量ではあまり変化がなくて年間で500万トン前後ぐらいでしょうか。その代わり中味については変わってきています。鋳鉄の使用量が減ってアルミが増えています。アルミとともに軽量化ということで、強度はありませんが軽い樹脂の採用が多くなってきてるのが特長です。鋳物の競争相手は樹脂ということになるでしょうか。

林 たとえばどのような所に樹脂が採用されていますか。

山内 エンジンのシリンダーヘッドカバーなどで、アルミから樹脂に変わっています。

林 先ほど本質的な高い技術力に関するお話が出ました。世界のなかで日本の鋳造技術のレベルはどのような位置にいるのでしょうか。

山内 ずば抜けているとは申しませんが、日本の技術力はドイツとともに間違いなく世界のトップレベルにあると思います。複雑な形状のものができる、高い強度を持たせることができる、あるいは精度が良くて薄い製品がつくれるとか、いろいろな判断基準はありますが、いずれをとってもトップクラスの技術力を日本は持っています。私の若い頃はドイツ、日本以外ではイギリス、アメリカ、当時のソ連、フランスなど各国の文献で学びました。これは私見ですが、イギリスやアメリカのレベルが少し今では落ちてきているように感じられます。

林 中国はどうですか。

山内 細かいことは分かりません。しかし日本の自動車メーカーが中国の地場企業に仕事を依頼するには、少し時間がかかると申し上げても間違いはないと思います。

林 少し鋳物から話が離れますが、ハイブリッドカーや電気自動車 (EV) などが市場に出てきまして、EVなどは今まで自動車に無縁であった人でもつくれるというような話や、そうした内容の本なども出ているようです。山内さんはどのようにお考えですか。

山内 そう簡単につくれるとは思えません。安全を保障しながら走る、廻る、止まるというのはやはり難しいですよ。将来的には分かりませんが、EVにしてもそれ自体どこまで需要が伸びるのか疑問を投げ掛ける人がいますが私も同感です。近距離を走るのならEVに代わる利点はあるでしょう。なにしろ走行距離が短いので、すばらしい電池が開発されればEVに置き換わるかもしれません。EVよりも燃料電池車のほうに、私は可能性があるように思います。

絶えず進化する鋳物技術

林 EVの時代になったときに鋳物は残りますか。

山内 残るでしょうね。EVになってエンジンはなくなります。モーターの部分はありますから。トランスミッションも今の形態ではないでしょう。エンジンのかんりの部分が鋳物でできていますから、EVになれば鋳物はかなり減るでしょうね。

林 世界の鋳物生産量全体のどの程度が自動車向けで使われているのでしょうか。

山内 世界で生産される鋳物全体の約 60~70%が自動車業界向けです。日本では70%です。ドイツでは自動車以外の分野にうまく進出をしまして

50~60%程度でしょうか。

林 強度や軽量化に関連してお聞きするのですが、鋳物というのはかなり進化しているのでしょうか。

山内 原理は一緒です。よくご存知のように、型の中に解けた金属を流し込んであるモノをつくるという方法は昔も今も同じです。その一方で型の材料は変化し生産性は進歩しています。

林 重量、強度、鋳物自体の質という点ではどうですか。

山内 それはものすごく進歩しています。戦前と戦後で一番変わったのは鉄鋳物でしょうか。戦前の黒鉛では球状の製品をつくるのは大変難しかったのです。その後、鋳鉄の中にたくさん入れるカーボンを炭化物の形にしておいて、後で熱処理することによって丸に近い形にする可鍛鋳鉄が出てきました。

林 その鋳鉄で鍛造ができると言われましたね。

山内 それでもうまく鍛造はできませんでしたがね。可鍛鋳鉄は高い靱性を持っていましたが、生産性は非常に悪かったのです。一回鋳込んで何時間も熱処理を行ってやっとできてくるという状態でした。それでも強度は今の球状黒鉛鋳鉄よりも低いです。そして戦後すぐに球状黒鉛鋳鉄が発見されました。これによって強度が格段に上がりました。引張り強さでいえばその頃が30kgであったのが、今では80~90kgまでになってきています。

林 それでは質の面でお聞きします。鋳物の主なトラブルの原因は“巣”だと思いますが、不良率についてもかなり改善されてきているのでしょうか。

山内 昔に比べれば不良率はものすごく改善されてきています。不良になる主な原因は林さんがご指摘の通り“巣”です。最近では鋳型になる砂の特性や溶湯の成分などの研究が進み、さらには溶炉をはじめとする各設備がかなり進化してきているのが不良品の削減に大きく寄与しています。

林 溶湯の流れを良くするために振動を掛けなが

ら湯を砂型の中に注ぐのでしょうか。

山内 振動を掛けるのはごく稀なケースで通常は湯を流すだけです。その代わり溶炉の中にはガスが存在していますので、中子（なかご）からいかにうまくガスを抜くかが大事です。ですから型にしても単に硬く固めれば良いというわけでもなく、砂の流動分布の解明も必要なのです。

林 溶湯の流れを良くするための型設計であるわけですね。

山内 崩れ易い型ではいけません。なおかつガスが抜けて溶湯には不純物が入っていますから、製品の中にそれが入る前に除去ができるような保安設計が必要です。

林 できた製品の良し悪しの検査手段にはどのようなものがあるのでしょうか。

山内 これも進化していますよ。X線の使用とか磁気探査などの方法で検査をします。現在では良品条件を決めてそれを維持管理できれば、抜き取り検査でも製品保証ができるレベルまでできています。

進歩する統計的品質管理

林 良品条件の具体的な内容はどのようなものですか。

山内 溶湯の成分をどのくらい入れるのか、ガス量をどの程度にするのか、強度などどのような条件で鑄型をつくるのか、そして設備をどのような方法で維持するのか、それらをきちんと管理維持すればどのような鑄物ができるのかというような因果関係が掴めるようになってきています。いわゆる S Q C（統計的品質管理）といわれる手法も随分進歩してきています。

林 同じ金属部品を前提として自動車部品を生産するとき、耐久性や経済性などを判断基準にして鑄物かあるいは他の加工方法にするかを決めると思

うのですが。

山内 どのような特性が求められるかで決まります。強度が求められる製品では鑄物より強度がある鍛造や鉄板でつくるようになります。中空部品をつくるとなれば鍛造ではできませんが、溶接をすることで鉄板では可能です。

林 その場合の鉄板と鑄物の比較では。

山内 経済性とか重いか軽いかということの判断になるでしょうか。一般的に言って鉄板を溶接して製品をつくるとなれば鑄物の方が安いんです。一発のプレスでとなれば鑄物はないですね。しかし鑄物の場合はどうしても強度面でバラつきが多いのです。それは同じ粗成のものでも冷却速度によって強度が変わるからです。したがって強度のバラつきを嫌う製品には鑄物は向いていません。



林一雄氏

林 鑄物の材料としては鉄やアルミが一般的ですが、それ以外の素材で利用されているものにはどのようなものがありますか。

山内 マグネシウムも鑄造品として使われますが、軽いのですが耐食性が良くないので腐食しやすいのと強度が弱いのが欠点です。チタンも鑄物用として使われますが、高強度で軽量ですが扱い難い素材であることは事実です。鑄造より鍛造で機械加工さ

れる方が多いのではないのでしょうか。航空機部品などに利用されていますが、それも特殊な箇所が使われています。いずれにしても鑄造の分野では鉄やアルミに勝る材料はありません。とにかく非常に複雑な形状の場合には鑄物が一番向いていると言えるでしょう。その反面、軽量化という今のニーズに応じていくには、克服していかなければならない課題がいくつかあります。鑄物は型を抜きますので抜き勾配ができ余分な肉が付いてしまいます。それをいかに小さくするかですね。それとその事と関連しますが、寸法精度をどれだけ上げていけるかでしょうか。寸法精度を上げれば鑄物のまま使えて二次加工が不要になりますから。あとは異種の金属との複合加工です。鑄物ではあるけれどもある部分は別の金属で複合させて、たとえば対磨耗性や耐久性を持たせるように工夫することです。

林 今までは鉄とアルミを溶接によって接合がすることができませんでしたが、現在では可能になっていますよね。

山内 典型的な例ではシリンダーブロックのエンジンのボアの部分で、さすがにアルミだけでは持ちませんからその部分には鉄を利用しています。このように異なる素材を使つての複合加工例が増えれば、鑄物はまだまだ他の加工方法に取って代わることが可能です。残念ながら現状では鑄物の方が食われている例の方が多いのですよ。急速に樹脂部品が増えていまして、樹脂に取って代わられるケースが一番多いです。

林 モノづくりの歴史を見ますと、さまざまな技術による競争の歴史みたいなものです。

山内 典型的な部品を例に挙げますとエンジンのクランクシャフトです。昔は鍛造でした。鑄造でも強度が出せるようになると鑄物になりました。そして軽量化の時代になると鑄物の方が鍛造より強度が低いですから、再び鍛造に戻っているのです。そ

のように世の中のニーズの変化によって、まだまだ鍛造技術が取って代わる分野があると考えています。

林 そういう意味で鑄造技術を専門に取り組んでいる技術者の方たちは、常日頃から異なる生産手段に対して注意を傾けておられるわけですか。

山内 当然鑄造以外の技術にも目を向けています。しかし機会あるごとに私はこのように話をしています。それよりも最終商品に対してそもそもお客様が何を望んでおられるのかを勉強することが一番大事であると。そうすることでこの部分は鑄物に代えられるのではないかと、そういうものがたくさん出てくると思っているのです。これが非常に重要なことです。要するにお客様のことを知らずに鑄物の世界だけを考えてもダメなのです。最終商品、つまり自動車のことをよく理解して、鑄物の技術で自動車をこのように変えていくのだという気概を持たなければいけません。これは単に鑄造だけの話ではなく、鍛造にしても F B にしても素形材の分野に携わっているすべての人に対して言えることで、自分たちの技術を使えば車はもっと良くなるというような提案をすることが必要なのです。

林 それは非常に大事なお話ですね。少し話が変わりますけれどもシミュレーションについて伺います。ファインブランキングも含めてプレス加工では、学問としてのおもしろさはあっても期待されるほど実用化が進んでいないのが現状です。鑄造の世界ではどうなのでしょう。

普及するシミュレーション技術

山内 シミュレーションについては、トヨタで仕事をしていたときに私自身もかなり勉強や研究をしました。非常に進んできていると思います。約 80% 程度はシミュレーションで解析できるレベルにあ

と思います。すでに一部の中小企業を除く多くの企業が導入しています。シミュレーションの利用は当たり前のことで、いろいろなソフトも開発されています。基本的に casting 分野でのシミュレーションとなると、材料が溶けた状況から固まるまでの範囲で行いますのでかなり難しいのですが、それにも拘わらずものすごく進んでいると言っても良いでしょう。

林 もうひとつお聞きしたいのが今話題になっている 3D です。3D の技術を利用するとすぐ試作品ができるようになりますが、将来も含めて casting ではどうですか。

山内 将来的には相当進むのではないかと考えています。3D は一品ものには絶対強いので、その部分ではかなり使えます。しかしコスト的に高いのがネックですので、生産性が 100 倍ぐらいアップすればかなり普及していく可能性はあるのではないのでしょうか。私も注目してしまっていて、日本ももう少し注力しなければならない技術だと考えています。

林 先ほど異なる生産手段による競争の話が出ましたが、同じ精密部品を製作する加工技術ということでは焼結があります。焼結は casting にとって競争相手なのでしょうか、それとも同じ文化といいますか同じ土壌にあるのでしょうか。

山内 単純な形状の製品ではある部分競合するかもしれませんが、基本的には異なるでしょうね。焼結では中空製品はできませんので、競合するとなるとむしろ鍛造かもしれません。単純な形状の製品でも強度があまり必要でなければ casting で、強度が求められる場合には鍛造や焼結ということになると思います。したがって casting と焼結が競合する部分はかなり限られるのではないのでしょうか。

林 焼結に似たようなもので“MIM (ミム)”があります。金属粉末射出成形法で金属粉とバインダーを金型に射出した成形体を焼結する技術ですが、

これは casting の仲間になるのですか。

山内 ある意味では仲間でしょうね。でありながら材料は樹脂とは違いますが、樹脂の仲間のようなものでもあります。大きい製品は無理です。“MIM”は小さい製品に向いていると思います。

林 要は金属製品をつくるための生産手段がいろいろあって、その製品の使い道や強度、または精度や経済性を考えることで、かなり細分化されてきているというのが現在の状況なのではないのでしょうか。

山内 さまざまな加工技術に話をしましたが、かなりの強度が必要であれば casting は向きませんが、複雑な形状が求められるときには casting にアドバンテージがあるように、使い分けということではないのでしょうか。

中小企業へのサービス強化

林 確かに使い分けですね。日本 casting 工学会として今のお話のような casting の優位性などを PR する広報活動にはどのようなものがあるのでしょうか。

山内 それは各会員企業が独自に行っていて、学会としては行っていません。学会ですので「casting 工学」という学会誌を発行しています。その会誌を読んでいただくことと講演会に参加していただくというのが基本です。その他では各種の研究会などを開催しています。

林 学生が参加できるような企画はないのでしょうか。

山内 基本的に会員でないと研究成果などに関する発表はできません。これはどこの学会でも同様です。しかし学生でも費用を払っていただければ研究発表会の聴講は可能です。それと変わったところでは、女子高校生を集めて実際に casting をつくってもらった“casting コンテスト”というイベントを行っています。NHK が取り上げてくれまして大変反響がありました。それから今もっとも力を入れているのが、

中小企業に向けての情報発信です。何度も申し上げましたが、鑄造技術に取り組むためにはもっと自動車を研究し、お客様が何を求めているのかを知ることが大切です。とは言っても個別にすべての情報を集めることは容易ではありません。でも少しずつ持っている情報を集めればかなりの情報量になるわけです。そこで学会が協力する形で経営手法のひとつであるナレッジマネジメント的な役割を果たそうと、各企業から情報をもらってきちんと整理し、それぞれの企業にフィールドバックしているのです。しかしもたらされた情報を基に新製品をつくるにしても技術力が欠かせません。それを支援するために必要であれば大学の先生を紹介することで、産学協同に向けての橋渡しもするようになりました。大学の先生方も中小企業の方々も、お互いに何を研究し何を取り組んでいるのか、意外と分かっているのです。

林 今まで日本鑄造工学会というのは中小企業にとって敷居が高かったのですか。

山内 今までは高かったですね。当学会は北海道から九州まで全国8支部で構成されていますが、私が会長になって最初に行ったことは全部の支部を廻りまして、中小企業の方々の意見を聞いたことです。学会の敷居が高いという声が圧倒的でした。学会誌を読んでも難しすぎるという意見も多く聞きました。そこで学会誌も高いレベルの論文だけを掲載するのではなく、もう少し読みやすい中味の論文も採用するようにし、また大学の先生と情報交換を持てるような場を多くセッティングするなど、改善策をどんどん実行していきました。考えてみれば学会のメンバーは大企業より中小企業の方がはるかに多いのです。そこに向けてサービスしないのはおかしいですよ。

林 それに対する評価はいかがでしたか。

山内 学会も大分変わってきたという評価をいた

だいています。私としても非常にうれしいですね。
林 確かに学会ですからアカデミックさは当然必要ですが、プレス業界と同様に鑄造でも中小企業の現場で働いて方々が実際には支えておられるわけですから。

山内 今後もその部分に光を当てていかなければならないと考えています。

林 本当にそれは必要だと思います。実はある雑誌で風鈴をつくっている鑄物師の記事を読みました。おそらく企業の規模として分類すれば零細ということになるでしょう。多分日本鑄造工学会の会員ではなく学会誌も読んでいないと思います。

山内 そうでしょうね。

林 雑誌で紹介されたような鑄物師は、良い音がする風鈴づくりのために材料の成分や肉厚など、さまざまなノウハウを持っているのだと思います。

山内 そうだと思います。全国8支部の支部長に対して、学会に入っていない方々から入会しない理由も含め、お考えになっている意見を責任もって聞くようにとの指示を出しているところです。

林 F B 技術研究会にも大変参考になるお話です。それ以外にも学会員を増やすために何か改革を進めていらっしゃいますか。

山内 先ほど学会誌に論文を投稿する場合は有料だと申し上げましたが、現在は無料にしまして学生も含めて誰でも投稿しやすいうにしました。また今まで高い賃料の所に事務所がありましたが、それほど不便でない現在の所に移転させ、経費節減を徹底させて余分な経費を省き、その分は鑄物の啓蒙や会員を増やすための活動費に回すようにしました。

製造現場で働く人たちを大切に

林 山内会長はトヨタ自動車やアイシン精機という大企業で仕事をされてきたわけですが、中小企業

の気持ちを酌むというのは身近な経験ではなかったように思います。

山内 そのようなことは絶対ありません。中小企業があるから大企業が存在するのです。トヨタ自動車にしても例外ではありません。そこを間違えてはいけません。大企業の人間が忘れていけないのは、誰がモノをつくっているのかということなのです。毎日ボルトを締める、溶接をする、プレスを打つなど製造現場で働いている人たち、こういう人たちがモノづくりを支えているのです。そこを大事にしなければモノはつくれません。そして製造現場はもちろん良い設計者や良い営業マンなどがいて、モノづくり企業は成り立っているのです。

林 最後になりますが、学会として海外との交流についてお聞きしたいと思います。鑄造に関して諸外国の学会が集まった W F O という組織に日本鑄造工学界も加盟されています。主な行事というのはどのようなものなのですか。

山内 一番大きな行事は2年に一回開催される大会でしょうか。学術の研究発表が行われまして鑄造に関する展示会が併催されます。

林 何カ国ぐらい加盟されていますか。

山内 主要な国の学会はすべて入って入って、30数カ国になると思います。なかでも日本はかなり以前から加盟しています。

林 日本での開催実績はありますか。

山内 過去2回ありまして京都と大阪で開催しています。今度日本で開催するのは2016年5月の予定で、場所は名古屋になります。すでに開催のための寄付を募ったりする活動をスタートさせています。今年は開催年でスペインのビルバオで大会が実施されるのですが、当学会では私も含めて20人ぐらい派遣するなど、すでにいろいろと準備を始めています。

林 アジアでは日本以外に中国と韓国が主要な学

会になるのですが、これらの学会とは定期的に交流をされているのでしょうか。

山内 お互いの学会が開催されるときに参加するとか、場合によっては論文発表なども行います。中韓以外では台湾とも定期的に交流をしています。

林 本日は大変貴重なお話を伺えました。以前、山内さんは日本工業大学を訪問されました。その際には村川正夫先生が学内の最新設備について総合的にご案内をされ、工業博物館では松野建一先生が歴史的に大切な遺産をご説明されました。また世界で例のない F B センターでは F B 技術を発明されたシースさんのお孫さんから頂いた貴重なサンプルなどをご覧になりました。その時、山内さんからは F B 技術が普及する初期と今日における応用がどのように違うのかというご質問をされ、私は F B 技術を採用した企業の技術者の高度利用に対する R & D と周辺技術の進歩により、平滑にせん断する初歩的な技術から板鍛造での活用が実現した経過をご説明しました。これまで私にご来訪者からお話を伺うように心掛けてきましたが、時間が十分でなく鑄造のお話をしていただけませんでした。今回、F B 技術研究会の仲間とともに F B に関する話だけでなく、あまり知らない隣接する技術も知って欲しいと考えてこのインタビューを企画しました。素人にも分かりやすく丁寧にお話下さった山内さんに感謝申し上げます。本当に有難うございました。

(文責：P F J・松尾昭俊)