

座談会

株式会社SUBARU・軽金属学会 トップ座談会
「航空機産業の今と未来を語る」

SUBARU/JILM Summit: Present situation and Future prospects in Aircraft Industry

出席者 若井 洋 株式会社SUBARU 航空宇宙カンパニーヴァイスプレジデント 技術開発センター長
 萩巢 敏充 株式会社SUBARU 航空宇宙カンパニー 技術開発センター 研究部長
 伊藤 吾朗 一般社団法人軽金属学会 会長（茨城大学教授）
 廣澤 渉一 一般社団法人軽金属学会 編集委員会委員長（横浜国立大学教授）
 加藤 良知 一般社団法人軽金属学会 編集委員会幹事（昭和電工株式会社）（敬称略）

自動車と航空機の生産を手掛ける株式会社SUBARU。北米での自動車販売の躍進や、ボーイング社の主力航空機の中央翼を請け負うなど、日本のものづくりを世界に向けて力強く押し出しているリーディングカンパニーだ。1月に経済産業省と米ボーイング社が、航空機の電動化や製造の自動化など先進技術の開発協力を進めることで合意したことを受け、軽金属を含めた材料選定はいかなる思想で取り組んでいるのか、複合材が台頭してくる今後のマテリアルをどう見通しているのか、2019年2月8日（金）、SUBARU航空宇宙カンパニー宇都宮製作所にて、板金・複合材・チタンの加工工場を見学させていただいた後に、技術開発のトップを担うお二人にお話をうかがった。



若井 洋 技術開発センター長

伊藤：私たち軽金属学会はアルミニウム、マグネシウム、チタンをおもな対象材料として1951年に発足しました。これだけ長く、また対象金属を3つに限っている学会というのは世界的にも例がない。また、産学の連携を強く意識し、学会の会長も2年任期で産学交互に選出しております。産学が会員数でもおよそ1対1で、完全な素材メーカーの集まりでもなく、ユーザー企業も加わっている。とりわけ研究部会は「学」の立場でR&D支援を行っており、20近い部会が立ち上がって活動しています。

大学では教えられない人材育成というのものもある程度担っていると自負しているわけですが、今日は重工業のトップメーカーであるSUBARUさんが金属に対してどのような考えで接しているのか、また「学」への期待などについてもお話しができればと思っております。



伊藤 吾朗 軽金属学会会長

若井：航空機は社内で金属を切削/成形したり、複合材を積層成型したりと、自社工場内での部品加工が非常に多い。自動車生産では工場ロボットが組立てる工程が多いのですが、飛行機は組み立てもかなりの部分が手作業。さらに完成した機体の整備も正規従業員が行っている。全般的には航空機製造も自動化の流れになっており、だんだんと自動車産業に近づいてきてはいますが、まだまだ人手の工程が多いのが航空機の産業特性と言えると思います。

民間航空機は、1970年代のボーイング社747の小さな部品（方向舵）から始まり、徐々に規模を大きくしていき、現在ではボーイング社777から787、777X（2020年就航予定）の中央翼を全数請け負っています。777の中央翼はアルミですが、787は複合材（CFRP）が主要構造。しかし、まだまだアルミも多く、加えて複合材とアルミはガルバニック反応による電食が生じるので、結果、チタンが多用されています。大きな部材はほとんどチタンです。777Xはその中間ともいえる形で、外の翼は複合材ですが、中央翼本体はアルミ、さらに接合部は電食を防ぐためにチタンが用いられています。

金属材料はいまだに悩む事が非常に多い存在です。とくに鍛造材や成形材の残留応力が加工時に歪みとして現れ非常に苦勞しています。当社では、加工時にそれを抑え込むような応力を付与して矯正しています。矯正の手間をなんとか省けないかと金属材料メーカーさんとお話ししているのですが、なかなか難しい課題ですね。そう



荻巣 敏充 技術開発センター研究部長

いう悩みを抱えつつも、アルミ、チタンはまだまだ主力製品の部材なので、なんとかうまく付き合っているかと思っ

◆金属か複合材か

廣澤：歴史的に見て翼の素材が変わっていったのですが、中央翼の素材に関して今のトレンドとか材料設定の考え方をお聞かせいただけますか。

荻巣：777でアルミがメインだったものが、787では複合材がメインで使われた。その次の777Xも複合材が使われるのかとも思ったのですが、アルミが選定された。航空機のサイズ等によって適材適所な材料をメーカーが選択、もしくは前のモデルをどう活かすかという視点で材料の選定が行われているという印象ですね。ただ、大型機は軽量化が求められることを考えると、金属から複合材への流れは止まらないと思います。

では、金属は今後使われなくなるかということ、そうとも思えない。複合材のメンテナンスは非常に難しいので、LCC（ローコストキャリア）や途上国の航空会社にはいきなり複合材の修理はできません。そういった航空会社が使う航空機にはやはりアルミ、金属が使われていく可能性があると思っています。

今後はさらにマルチマテリアル化が進むという印象があります。複合材のみならず金属でもいいものは使われるし、コストと性能のバランスで一番適正なものが使われていくのではないのでしょうか。

伊藤：今日、工場で見せていただいた中央翼の変遷は、マルチマテリアル化ですね。787に比べ、777Xの方が大きいので、軽量化のメリットは出るはず。にもかかわらず、機体の心臓部といえる中央翼がアルミになっているというのは、非常におもしろいなと思いました。

さらに、複合材の機密性を保ち燃料漏れを防ぐためにシールを行う機械も見せていただいたのですが、金属では機密性を保てる結合方法があるため、シール作業が省ける場合があるというお話でした。ああ金属にはそういう利点もあるんだと、金属をやっている改めて見直しました（笑）。

若井：ボーイング社であれエアバス社であれ、お手頃な価格

で性能のいい飛行機、しかも価格だけではなくて、ライフサイクルコストの中で最も安く運航できるということを重視していますので、その中で金属と複合材を取捨選択するという事なのでしょうね。

◆適材適所

伊藤：今、複合材はメンテナンスが難しいとお聞きしましたが、いずれは複合材のメンテナンスもLCCや途上国の航空会社にも行き渡るのかなという印象をもっております。そうすると今度は、金属に対する今まで常識的にみんな知っていたはずのことが、おろそかになってしまっているところがあるかというところが心配になってしまうのですが、そのあたりは製造メーカー側としてはいかがですか？

荻巣：安全や品質は金属であろうが複合材であろうが、かわらないものと我々は思っています。常にそこに関しては変化してはいけないものだととらえていますので、まずは航空機の安全と品質は第一だと思っています。

若井：大型機にとって複合材による軽量化のメリットはあるのですが、やはり製造コストがかかります。さらに修理が必要な際の手間など、ライフサイクルコストも考慮適用範囲を考える必要があります。小型機やヘリコプターも含めて全部複合材に入れ替わるというようなことはないと見えています。

ただ、間違いなく言えるのは、金属にとっては厳しい意見かもしれませんが、787を使っている航空会社は、複合材の「腐食と疲労に対して強い」という点に非常に大きなメリットを感じているようです。当初の軽量化の利点もさることながら、腐食と疲労は、航空機にとって本当に根本的な課題です。そのため整備の時に一部塗料を剥いで、腐食や割れがないかを確認しています。787が就航して8年程経ちますが、そういう維持整備にかかるコストに対する複合材のメリットというのを実感しておられるようです。

荻巣：一方で複合材はメリットばかりではありません。一例をあげると雷に対して、複合材は特別な手当をしなければいけません。金属だと落雷してもそのまま空中放電してくれますが、複合材の場合は帯電して構造が壊れる可能性があるため、今飛んでいる飛行機はその手当がしてあります。

若井：その手当にもすごくコストがかかります。マルチマテリアル適材適所は間違いなく、なくならないですね。

廣澤：複合材が使われるようになった影響で、チタンが非常に使われるようになりましたね。

若井：さきほどの工場で見えていただいた通りです。777Xで中央翼本体と胴体の接合部に用いる巨大なチタンを削り出すために、6mのテーブルの加工機をマシンメーカーと共同開発しましたが、あんなに大きなチタン加工機を造るとは思っていませんでした（笑）。



廣澤 涉一 軽金属学会編集委員会委員長

廣澤：そのチタンの削り出しは歩留まりがわずかで、そのほとんどが切り屑になってしまうとのことで大変驚きました。それでないと求められる特性がでないのでしょうか？

荻巣：航空機の場合は、素材を切ったり貼ったりでつなぎ合わせると強度上の問題が生じますので、とりわけ強度が必要なものは鍛造材からの削り出しです。そのコストを下げるための努力として、できるだけニアネットシェイプ化してそこから削り出すようにしています。また、アルミは一般に鉄などに比べると価格が高いですが、航空業界の中では安い方なので、そういったものは鍛造品から削り出す方が時間的にもコスト的にも安いのです。

◆空飛ぶ車

伊藤：SUBARUさんの強みとして、777のような大型の民間機、防衛向けの航空機、ヘリなどがあるわけですが、それぞれへの注力の仕方について、どのようなストラテジーを考えておられますか？

若井：ビジネスの面では、自分たちが直接マーケットに価値を提供できる自社完成機として、中型のヘリがあります。これはグローバルビジネスの大事な柱だと思っています。また、防衛の事業では、陸自向けの輸送ヘリ・戦闘ヘリ、さらに海自・空自の練習機があり、これは末永くサポートする責務があると思っています。伸びる事業としてはパーツのサプライがあります。そこはお客さまと一緒に作りこんでいくのですが、全体としてはまだまだ金属材料が主体です。複合材の技術も金属の技術も高めていきます。

今回、工場で見させていただいたように777Xもアルミを使っていますよね。そこへも新技術を入れていく。例えば、ロボットによる自動化、環境負荷の小さい表面処理プロセスの適用なども金属の技術ですので、そういうのもどんどんやっていこうと思っています。

伊藤：自社完成機の方が投入コストに比べて売り上げが高いということでしょうか？

若井：いえ、規模はボーイング社などの民間旅客機の部品の方が大きいです。ですが、我々は航空機メーカーなので、完成機を直接お客様に届けるのが基本だと思ってい

ます。その技術力があるから、ボーイング社と一緒に共同開発できる体力や技術を持てるので、両方大事にしていきたい。部品屋になってしまっただけでは競争力を保てませんので、その点からも完成機をきちんと持ち続ける。その先に将来、空飛ぶ車みたいなものが出てくると我々も思っているのですが、それを自動車のシナジーも活かしながらやっていきたいですね。

廣澤：空飛ぶ車というお話ですが、SUBARUさんは自動車も手掛けられています。現状はお互いの技術の融合、それぞれの技術を他方に活かすような面が会社内であるのでしょうか？

若井：もちろんさまざまな話をしています。とくに自動車は、すでに電動化が進んでいますし、自動車の方がはるかに巨大な投資をしてR&Dを行っています。一方、飛行機は軽く造らなきゃいけない。そういうところは身内の中で活かせるかなと思っています。

伊藤：アルミは電食で苦勞しているということですが、もしそれが解決されると今のチタンで造っている部品をアルミに置き換える可能性はありますか？

若井：コストを考えると何らかの技術革新でアルミを使えるようにしていきたいですね。

荻巣：チタン加工機も共同開発です。売ってないので（笑）。チタン加工機だけではなく、手元で使う工具も開発して生産性を上げていかなければなりません。とりわけ、複合材とチタンの同時穿孔が必要になることもあり、違う材料を一緒に重ねて空けるというのが非常に難しいですね。

伊藤：燃料電池自動車というのがありますが、例えば、飛行機で電池なり燃料電池といったものが現れる可能性というのはいかがでしょうか？

若井：電動モーターで飛ぶ電気飛行機が将来モビリティとして挙げられています。システムの簡素さやコストを考えるとバッテリーを使いたいのですが、バッテリーの性能は夢のように高まりませんので、まだまだハードルは高いと思います。我々の試算だと数十人乗りだったら電気でいけると見えますが、それ以上になるとやはりまだターボファンエンジンの世界ですから、そこは環境負荷低減やエネルギー対策として化石燃料からバイオ系の燃料に切り替えていくというのが今の主流の考え方ですね。

◆マグネシウムの将来性

伊藤：工場では複合材、チタン、アルミと3つの材料を中心に見せていただいたのですが、マグネシウムというのはどのような位置にあるのでしょうか？

若井：夢の材料ですね。第二次世界大戦の頃から航空機への

マグネシウム適用はトライされていました。今や携帯電話もデジタルカメラもケースはマグネシウムになっていて、なんで航空機や自動車はならないのかと聞かれますね。

荻葉：耐食性や強度に関してもだいぶ改善されて、熊本大学の河村能人先生の「耐熱KUMADAIマグネシウム合金」などの成果もありますが、最後の一押しが欲しいという感じですね。航空機に使う材料はどの特性も兼ね備えたバランスと必要な強度が求められるので、かなりハードルが高い領域です。そこにはもう少し時間がかかるかなという感じです。

若井：マグネシウムリチウム合金もだいぶ研究したのですが、圧延性とか、成形性で相当苦労しています。では削るかと言うと、コストが変わってしまいますし。マグネシウムはまだ採掘が主流と思うのですが、海水から採るというのはまだまだコスト的にはあわないのでしょうか？

伊藤：イスラエルの死海からマグネシウムを作っていた会社がありまして、あれくらいの塩分濃度だとペイするみたいですね。どこの海でもよいというわけではないようです。

荻葉：マグネシウムに関しては、事業をやるというメーカーさんが出てこれていないのが痛いところです。大きな展伸材などは入手できませんので、なかなか我々が使うところまで製品としていただけていないというのが実情でもあります。

◆「学」への期待

伊藤：近年の「学」の傾向として、材料、特に金属材料そのものを対象とした学部・学科が少なくなってきているという現状があります。SUBARUさんは航空宇宙部門で、かなり材料の知識が必要とされる部署だと思うのですが、そのあたり、企業として大学や人材にどのような期待をお持ちでしょうか？

若井：日本の強みの一つは素材開発力であると確信しているのですが、そこをアカデミアで志す人がいない、機械系や金属系の学生が少ないというのは、危機的な状況だと思うのです。

荻葉：最近では情報系に流れる学生さんがすごく多くて、機械とか電気とかバタな工学をやられている方がちょっと少ないのかもしれないですね。

若井：IoTやITというのは大事なので、我々もそこに取り組んでいます。けれども、足腰は機械とマテリアルだと思います。

伊藤：しかし今日拝見した複合材にシールするロボットは、熟練した職人の手の動きをスキャンしてロボットに学習



させているということですが、それもAIの要素がないとできないところですね。

若井：金属を根っこからやらなきゃいけないテーマが多いのは自動車よりも航空機の方だと思います。人材としては、その専門の分野で問題解決や突破力のある人を求めています。

学生は、修士でも学卒でも、その分野に興味がありモチベーションを高くもって来てくれることがとても大事だと思います。もちろん会社に入ってから教育はしているのですが、自ら志して学んできた人の方が、モチベーションをもって問題点を突破していってくれますね。

うちは金属と複合材の研究者が半々ぐらいです。今は共同研究も複合材が目立っていますが、でもまだまだ金属は研究しなければならない課題があります。耐腐食性、難燃性、切削性、加工性…、金属の飛行機が飛ぶようになって100年経った今でも、金属の課題というのはまだまだありますね。形材を作る時に内部応力をどう除去するのか、切削した後に内部応力が影響しないようにするのかなども課題です。そこはアカデミアの力がないと、突破できないことだと思います。我々は工学ですけれどもサイエンスがないとできないことがある。そういうところにこそ大学の力が必要とされていると思います。

伊藤：今日はどうもありがとうございました。工場を見学していて、777Xで中央翼がふたたびアルミになったというのは感動しました。よく考えた上でまたアルミにしたんだな、と。また最後に、「学」についても力強い言葉をいただきましたが、我々軽金属学会としても可能な限りバックアップさせていただくつもりです。

(文・構成 盛田真史)

【会社概要】

株式会社SUBARU

代表取締役社長・中村知美氏。1917年創業の中島飛行機研究所を前身とし、2017年に富士重工業株式会社から現社名になる。自動車部門と、航空機・宇宙関連機器を製造する航空宇宙カンパニーからなる。自動車部門は群馬製作所を生産拠点とし、エンジンの全数と輸出車のほとんどを生産。航空宇宙カンパニーは、宇都宮製作所を本部とした臨空工場、愛知県半田市の臨空・臨海工場、千葉県木更津市の陸上自衛隊駐屯地内の整備事業を拠点とする。

会社規模は売り上げ3.4兆円のうち、自動車が95%、航空機が約5%前後。自動車は北米を中心に売り上げが急速に伸び、航空も民間旅客機の売上増もあって順調に成長している。