

R&Dシンポジウム ラウンドテーブル

東北大学との連携「共同研究の推進」

東北大学 理事（研究・国際交流担当）産学官連携推進本部長
特定領域研究推進支援センター長、国際交流センター長

庄子 哲雄 氏

専門分野：機械工学、破壊物理化学、原子力長期信頼性

1975年 東北大学大学院工学研究科機械工学専攻博士課程修了（工学博士）

1988年 東北大学 工学部 教授

1994年 マサチューセッツ工科大学（MIT）原子力工学科 客員教授

2004年 東北大学 工学研究科 副研究科長

2005年 東北大学 理事（研究担当）研究推進・知的財産本部長

2006年 東北大学 産学官連携推進本部長（併任）

東北大学 特定領域研究推進支援センター長（併任）

2006年 東北大学 理事（研究・国際交流担当）

東北大学 国際交流センター長（併任）



東日本旅客鉄道株式会社 JR東日本研究開発センター
テクニカルセンター 所長

高木 言芳

1. 大学との共同研究の目的：高木所長

大学との共同研究の目的などを簡単に述べさせていただきます。

JR東日本グループのグループ理念には、「駅と鉄道を中心として、良質で時代の先端を行くサービスを提供」、「安全・正確な輸送、利用しやすく質の高い商品・サービスの提供」、「社会的責任の遂行と利益の創出」などが掲げられています。研究開発を通じてこれらの理念を達成することが私たちのミッションと考えています。

テクニカルセンターでは、これらの基本理念に基づいて、世界一のメンテナンス技術の確立を組織目標としています。究極の安全、コストダウンといった具体的な目標に対して大学の最先端のノウハウを共同研究、産学連携という形で活用し、その目標達成に向けて取り組んでいます。

グループ理念達成に向けての研究開発の推進

◇ JR東日本グループ理念

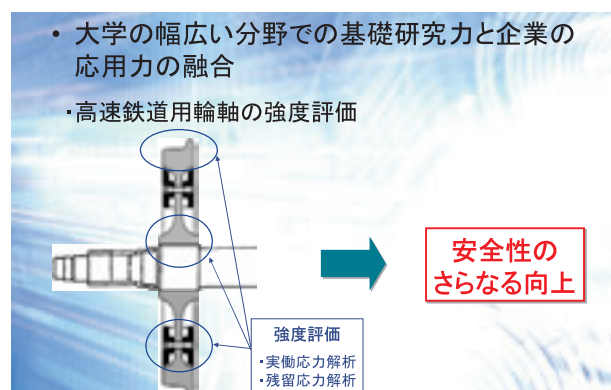
◇ 世界一のメンテナンス技術の確立

究極の安全、コストダウン、地球環境との調和等



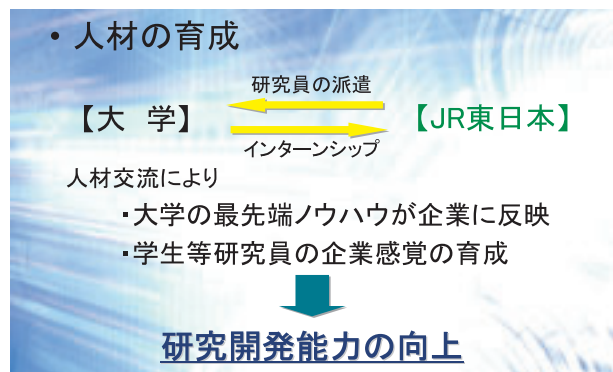
産学連携による最先端のノウハウの活用

大学の保有する幅広い分野における基礎研究力と私ども鉄道事業者の応用技術を融合、マッチングさせていくことが成功の秘訣と考えています。東北大学とは様々な共同研究を行っていますが、その中の1つである高速鉄道用輪軸の強度評価をご紹介します。東北大学には破壊力学特性に基づいた信頼性評価技術があり、このノウハウは原子力発電所の構造物などにも応用されています。



このノウハウを現在研究開発を行っている新幹線高速試験電車FASTECH360の輪軸強度評価に応用するため、一緒に勉強をさせていただいています。従来の信頼性評価とはまた違った評価ができるわけで、今まで以上に安全性が向上すると期待しています。

もう1つ、大学との共同研究の大きなねらいが人材の育成です。今回の共同研究では、私どもから社員を東北大学に研究員という形で派遣して一緒に勉強をさせていただいています。



また大学から、今回の研究とは別ですが、インターンシップという形で短期ですが私どものところに来ていただいています。企業感覚というものを感じていただき、大学にお戻りいただいた後、有効な研究等につなげていただくことをやっています。そのことが相互の研究開発能力の向上になればと考えています。

最後になりますが、大学との共同研究においては、大学のシーズと企業ニーズのマッチングがまだまだ組織的に行われているという状態ではありません。あるいは、大学の能力を企業内で発揮してもらう仕組みなどについても、まだまだできていませんので、そういう意味では課題は多いわけです。

- ・大学のシーズと企業ニーズのマッチング
(現状)人脈によるもの、学会論文等によるもの、インターネットで偶然に目にするもの
⇒ 組織的にマッチングができる仕組み
大学の情報発信、企業側の公募方式、大学の産学窓口の活用と企業窓口の明確化
- ・大学の能力を企業内で発揮してもらう仕組み

大学との共同研究は、私ども企業だけではなく、大学としても、大学のリソースを社会貢献という形であらわすことができるわけで、両者にとって非常に有効な手段ですし、今後の大きな流れになると考えています。いずれにせよ、最終的には大学、あるいは私どもがwin-winの関係になるような仕組みづくりがこれから大事だと感じています。

2. 東北大学とJR東日本の連携：庄子理事

私の話は2つで、まず大学として産学連携にどのように取り組んでいるかについて体制その他をお話しし、次に具体的な研究成果についてお話しさせていただきます。

2.1 国立大学法人化後の産学連携

まず、国立大学が法人化した後の産学連携ですが、基本的には産学連携の法人化前後で本質的なところは変わっていません。ただ、大学がやれるところがふえてきた、いろいろな仕組みを考えることができるようになった、という意味では多様性が広がってきたと思います。大学の理念で各先生方が自分の発想でいろいろなことをやるのが基本となっていますが、それを大切にすることとあわせて、大学全体としてある方向を向くことも大事です。そのために大枠で理念というものを設けております。使命と方針と教育目標ということで、教職員学生が一体となって理念の下に目的・目標を達成するために頑張るということです。それから、特に産学連携で大事なものは、大学としての個性、それから自律性という意味で財政的

東北大学の理念

使命：研究中心大学として人類の福祉と発展に寄与する。
方針：世界と地域に開かれた大学として、人々の自由と権利、社会の繁栄と文化に寄与する。
教育目標：社会の指導的・中核的人材の養成を行う。

大学の教職員学生が一体となって理念の下に目的・目標を達成
大学の個性・自律性と財政的基盤の強化

Fracture and Reliability Research Institute, Tohoku University

基盤です。

大学の基本的な戦略として、知の創造体、知の承継体、知の経営体という3つの基本的な方向で、教育基本戦略、研究基本戦略、組織経営基本戦略、社会貢献基本戦略を挙げています。

Interpretive article

東北大学の基本戦略

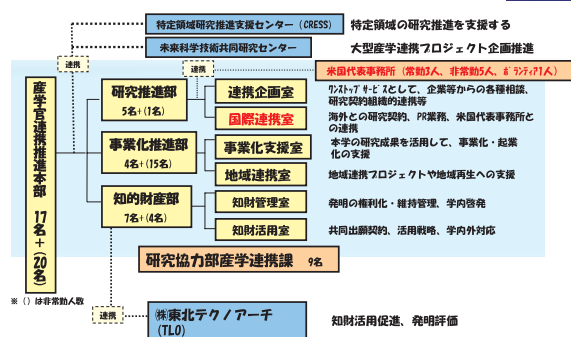


Fracture and Reliability Research Institute, Tohoku University

この基本戦略の中に「国際」や「世界」という言葉が入っていますが、大学も法人化をしていますます世界に伍してやっていくということで、国際化、世界的という視点が強く入っています。

これが具体的に産学官連携を進めるために、大学が今とっている体制です。

東北大学産学官連携推進本部組織



Fracture and Reliability Research Institute, Tohoku University

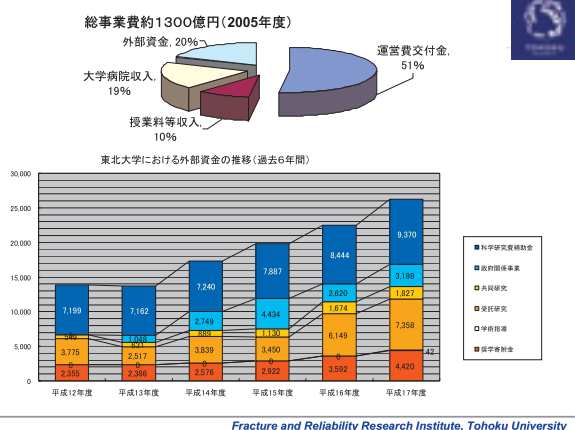
非常に複雑になっていますが、基本的には、産学官連携推進本部という組織があり、私はここの本部長をしています。その中に基本的な3つの部として、産学連携の研究を推進する研究推進部、その成果を社会に還元するための事業化推進部、知財の管理・活用を行なう知的財産部があります。また、特定領域の研究推進支援センター (CRESS) では特定領域の研究推進を支援していますし、NICHeと呼ばれる未来科学技術共同研究センターでは大きなプロジェクトを実施しています。さらに米国代表事務所を設けており、常勤3名で、国際的な学々連携、産学連携といったものを米国で具体的に展開をするということで進めています。知財の具体的な取り組みですが、知財の具体的な評価や市場性の調査といったものに関し

て、学外に(株)東北テクノアーチというTLOを設け、こちらで具体的な知財の活用促進、発明評価を行っています。

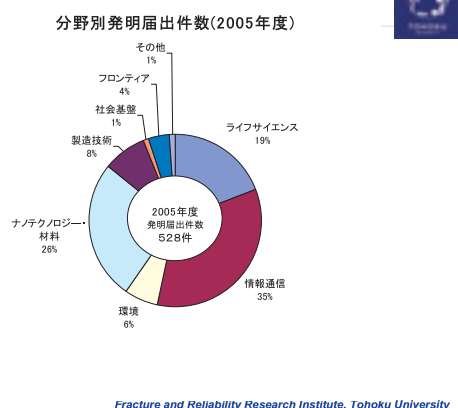
産学連携の現状と国際化ですが、基礎研究から応用研究、開発・事業化といったリニア型イノベーションは、今は成り立たないと言われています。最近注目されているのがノンリニア型イノベーションです。その中で、大学の基礎研究に対して企業からの期待が非常に高まっています。ただ、実態としては企業から大学に来る研究開発費は、欧米に比べればまだまだかなり少ない状態です。

それから産学連携によるイノベーションということで、大学側が産学連携に期待しているのは、時代を切りひらく新たな概念の創出です。ニーズを知りつつ新たな概念を創出するというので、非常に大きな期待をしています。つまり、具体的な内容の共同研究に加えて、新たなコンセプトをつくっていくということです。日本人は一般に概念のつくり方が不得手だといわれていますし、学生の科目にもそのようなものは特にありません。今後、このようなコンセプトをつくり、世界に展開していくことが非常に重要で、私どもはそれを産学連携の中で見出せるのではないかと考えています。そのためには、産学連携でブレインストーミングしていく場は必要で、そのような機会の提供を行なっていきます。それにより、大学がピボットになって異種企業間の連携も可能になり、非常に新しいものが生まれてくる可能性もあると考えています。後から少しお話ししますが、東北大学は新しいキャンパスをつくる予定です。工学部のキャンパスの隣のゴルフ場を大学の予算で購入して、そこに新しいキャンパスをつくと同時にサイエンスパークというものを構想しています。サイエンスパークでは、いろいろな企業に来ていただき、ピボットの役割を果たして、異種企業間の連携を実現したいと考えています。それから、研究費と研究スペースの確保、それから短期決戦型、長期戦略型、多様なものに結びつけていきたいということです。

財政面ですが2005年は総事業費1,300億円です。文部科学省からの予算が約半分で51%、大学病院が19%、授業料、自己収入が10%、産学連携を含めた外部資金が20%です。まだ国への依存度合が高いですが、アメリカ等の州立大学では大体20%から30%が州からで、あとは大体自前でやっています。日本の国立大学法人は、必ずしも欧米のようになるかどうか分かりませんが、財政的な独立性では欧米がかなり進んでいます。欧米は大きな基金、ファンドがありますので、それはまた別問題になります。



それから大学での分野別の発明で、大きく分けると、ライフサイエンス系が約20%、情報通信系が35%、ナノテクノロジー・材料関係が26%の3つです。この大きな3つに加えて製造技術、社会基盤、環境などがあります。この発明届出件数は、年間で約500件強で、大学の中でもかなり多いほうです。ただ、これを実際に特許化してやっていくには財政的な裏づけがないとできないので、あくまでもこれは届出件数です。

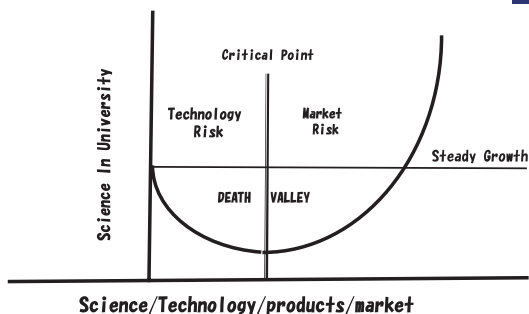


産学連携のねらいとして、大学の知的財産活用による社会貢献がありますが、大体年間1,000件程度です。それから研究人材の育成として、民間企業から研究員を大体500名くらい受け入れています。それから、技術交流等の中で今始めているのが、かつて包括的連携と呼ばれていた組織的連携です。組織間でいろいろなシーズ、ニーズを持ち寄り、お互いに知恵を出し合って、将来のコンセプトをつくっていくということです。このような取り組みには全学的な対応が必要です。そのための窓口を設けて組織的連携を行いつつ、具体的なテーマを固めていくという形で進めています。企業側にも歓迎されており、このような組織間の連携は、現在私どもが特に力を入れていることです。従来には形だけ連携が結ばれるけれどもその後は活発には連携が進まないということが見られましたが、新たな仕組みにより連携を深めていきたいと思っています。

次に、大学で生まれたいろいろなシーズが実際にどのように企業になっていくか示します。これはGeorge・原さんという、サンフランシスコ在住の日本人で元々は考古学が専門の、ベンチャー・キャピタリストが作成しました。大学で生まれているサイエンスから、実際にベンチャー、企業化するまでには、よく言われている「死の谷 (DEATH VALLEY)」があるということです。この領域は“Technology Risk”という、サイエンスからテクノロジーに移行する際のリスクです。サイエンスとしては優れていても、テクノロジーになるとときには、必ずしもそれだけでは済まないため、このリスクが存在します。次に、それがテクノロジーとして成立した場合に、マーケットとして成立するかという“Market Risk”がその次にあります。すなわち、“Technology Risk”と“Market Risk”を両方乗り越えたときに、初めて大学のサイエンスがうまく企業化に結ばれていくということです。このことを意識しながらやっていかないとだめだということです。さらに原さんは、ベンチャーはもうちょっと支援をしなければだめだとおっしゃっています。大学にとっては非常にありがたいお話です。

Interpretive article

● 産学連携からビジネスへ



George 原 氏の資料をもとに作成

Fracture and Reliability Research Institute, Tohoku University

産学連携の国際化の話は非常に重要ですが、大学の中にはそれに対応できる人材は非常にわずかです。最近文部科学省も経済産業省もそのような人材が必要ということで、いろいろな予算措置をしています。まだまだ不十分です。私どももまだ数少ないですが、国際弁護士や弁理士といった方々を先ほどの国際連携室にお招きして、いろいろな相談に乗っていただいています。米国代表事務所では、日常的にそのような弁護士などの方々と知財・共同研究についてお話を伺っています。この事務所は、ある意味ではアメリカあるいはヨーロッパに対するTLO的な機能を、今、果たしつつあるということです。

次にサイエンスパークをご説明します。大学が持っている成果を社会に還元する際、サイエンスパークという形で産学の交流の場を提供しようということで、先ほどのブレーンストーミングや異業種間の連携でのピボットの役割をここで果たしていこうということです。



Fracture and Reliability Research Institute, Tohoku University

まず、インキュベーター的な中央棟については、大学独自の予算で建てようと考えています。場所は、仙台市で、今キャンパスが4つに分散していますが、片平キャンパスの半分と、農学研究科のある雨宮地区の2つがこの新しいキャンパスに移る予定です。

キャンパス移転及びサイエンスパーク構想

東北大学各キャンパス及び青葉山県有地位地図



黒い建物が工学研究科の建物です。このキャンパスは真ん中に大きな通りがあり、建物は中央の通りに面しています。ハイウエーがあって、両側に建物が建っているだけではないかと、実は非常に悪評がありました。新しいキャンパスはボストンにあるSasaki Associates Inc. というところにデザインをお願いしました。すると、これだけ緑があるのになぜお互いに建物同士が向かい合っているのかということで、新しいキャンパスは緑のパークに対して建物が向かうというコンセプトでつくっています。平成22年にはスタートをしたいと思っています。



Fracture and Reliability Research Institute, Tohoku University

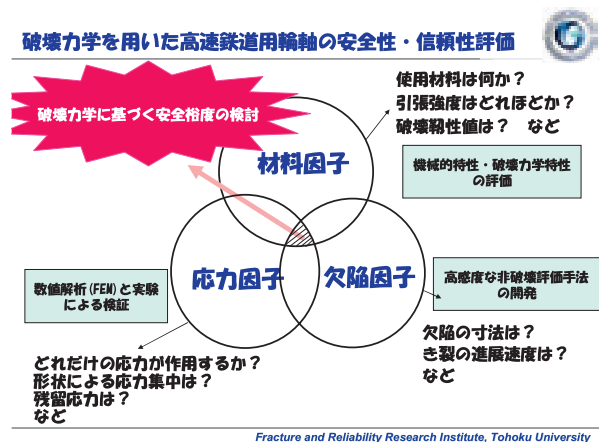
2.2 JR東日本と東北大学の共同研究に関して

それでは本題の共同研究についてご説明します。私はもともと工学研究科にいましたが、現在はエネルギー安全科学国際研究センターというところでこの研究をやらせていただいています。ここは、科学的合理性に基づいた機器・構造物の長期的な信頼性・安全性を確保するための総合的な研究センターです。キーワードの一つは科学的な合理性ですが、今、いろいろなところで求められているテーマです。もう一つのキーワードは長期的な信頼性です。最近人間社会、特に日本は世界最先端の高齢化社会に向かっていますが、原子力のプラントもやはり高齢化、エイジングという問題を抱えています。これらの要素を加味した上での信頼性・安全性が求められています。このようなことをきちんと研究するための学術的な基盤をつくっていかう、ということがこのセンターの基礎になっています。例えば高速鉄道車両の安全性・信頼性の確保のための研究があります。今までの経験で十分に安全で、安心して列車に乗れることは直感的にわかりますが、その根拠をきちんと明らかにしておくということです。そのために破壊力学という学問を使い、このような信頼性・安全性を評価します。破壊力学では、検査をした際に傷が全くない場合でも傷がないと仮定した評価はしません。傷がないといっても、あくまで調べた方法では傷が見つからなかっただけで、本当に傷がないかどうかかわからないとします。そして、調べた方法で見つけられる限界の亀裂があるとして安全側の評価をするのが破壊力学です。このように欠陥があるという前提で安全かどうか評価するため、欠陥がなければもっと安全は高まっているわけです。

このような理論をベースにおいて、これまで輪軸の信頼性評価と診断、輪軸の信頼性管理のための計測技術、高速鉄道車両用輪軸の強度信頼性評価に関する研究を実施しています。

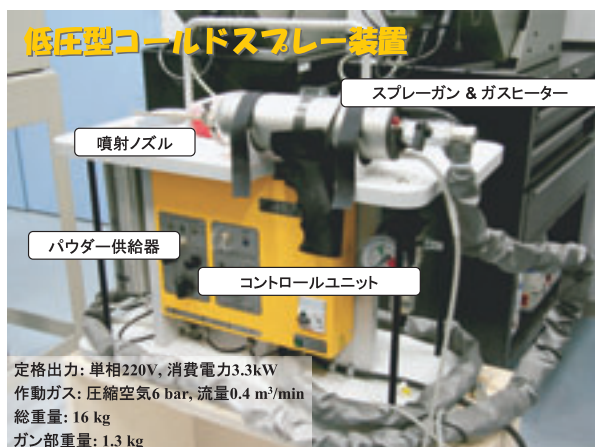
具体的なテーマとしては4つほどありますが、第一には高速鉄道車両用輪軸の強度評価です。第二には鉄道のメンテナンスとしてのコールドスプレー法の適用です。これは例えば傷があった際、全部をとりかえるのではなく、その傷の部分だけを削って、そこに穴埋めしてしまうというものです。例えてみれば、粘土でひび割れがあった

際、そこを削って新しく粘土で埋めるイメージです。問題は、本当に信頼性があるものかどうかということです。第三には、電位差法という方法による新しい非破壊検査です。なるべく小さなうちに傷を見つけることができれば、それだけ信頼性の高い評価ができるということです。第四には、E2系新幹線の車軸の実働負荷の評価です。先ほどの科学的な合理性を得るためには、具体的に働いている応力がどれほどかをきちんと把握する必要があります。実は、我々の周りにはいろいろな工学的なものは、設計はされていますが、実際に働いている応力は不明であることが多いです。設計応力の低いことがほとんどですが、時として、応力が高い場合には、それが大きな問題につながっていくわけです。そこで実働荷重を知ることが非常に重要になります。



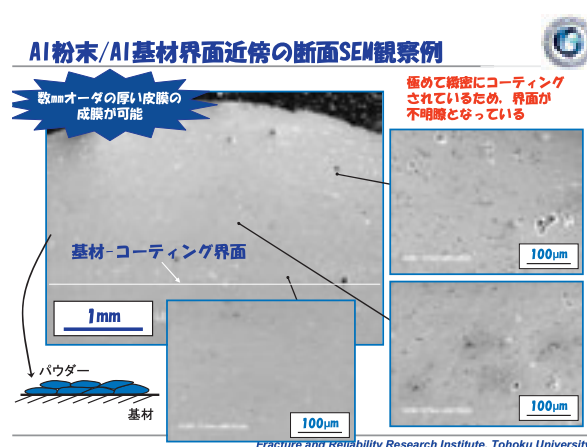
高速鉄道車両用輪軸の強度評価ですが、車輪・車軸について、踏面、板部、ボルト締結部、ボルト、それから嵌合部での強度評価をします。このようなところから材料を取り出して、実際に実験室で強度の評価をします。それが想定している強度よりも十分に高いことを確認したり、疲労によって亀裂がどう進展するかを調べたり、といった研究を進めています。

低圧型コールドスプレーは、ある意味では夢のような道具です。ノズルとパウダーがあり、パウダーを供給して、小さな粒を表面にぶつけることによって、それがお互にくっついて堆積していきます。例えば穴が空いた場合や、あるいは割れがあった場合には、そのような箇所を削って、その箇所に穴埋めをしていくというものです。

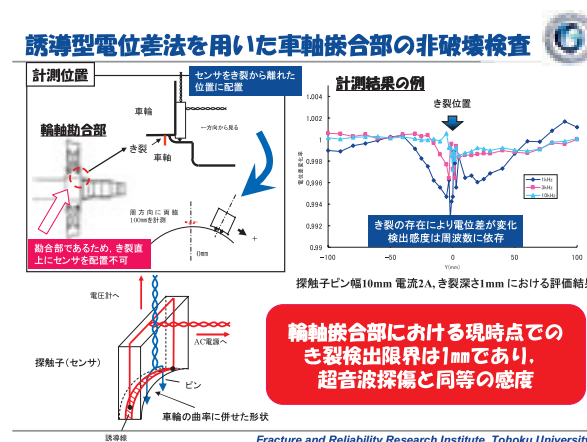


その穴埋めしたところが、従来以上の強度であれば十分にメンテナンスとして利用できるということで、それを今検証しています。しかも“低圧型”コールドスプレーということで、温度を上げなくても済みます。常温で、大気中で噴射すればできるので我々は非常に本研究に期待しています。スプレー後のものについて、サンプルを取り出して、実際に引っ張り試験をして、もとの材料に比べて十分強度があるかどうかを調べています。今はアルミでやっていますが、将来鉄、ニッケル、ステンレスといった材料にも適用できれば、非常に画期的な修復の方法になるのではないかと思います。短時間に堆積しますので、非常に効果的に修復できるということになります。

つけたものを磨いてみると、どこに元の線があったかが全く見つけられません。つまりそれだけきちんと密着しているということです。今までの材料と比較すると、少なくとも強度的にははるかに高いものができているということです。もちろんパウダーにする材料をどのように選んでいくかによって、さらに性質のよいものをつくることができます。東北大学には、超高純度金属という分野の先生がいるので、他ではなかなかつくれない、大体99.9989%くらい純度の高い材料がつくれます。この材料は我々がふだん使っている材料とは似て非なるもので、特性も全く違ってきます。このような非常に高純度のパウダー材料を低圧型コールドスプレー法と組み合わせると、今まではつくることが難しかったものを簡単につくることができるようになるのではないかと期待しています。この取り組みは学内的な連携で進めようと思っています。



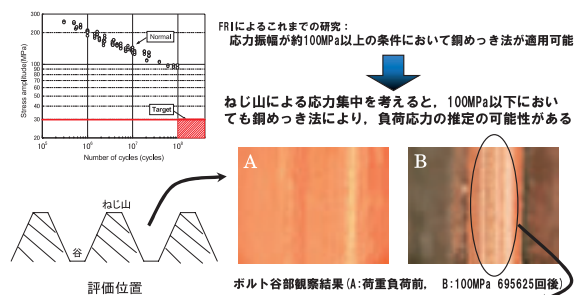
それから、このような亀裂をどのように見つけるかということですが、特に輪軸の嵌合部に関心があります。従来は、その部分を引き抜いて検査していましたが、引き抜かずに検査ができるのではないかとということで、電位差法による新しい非破壊検査手法を開発しました。これにより、1mmの深さの亀裂があった場合でも、外側から下の図のような場所に傷があることを見つけることができます。実はここで許容される傷の深さは破壊力学を使うと恐らく5cmくらいまでです。5cmあってもまだ十分持つということですので、1mmが見つかるということは、私は十分実用に耐えるのではないかと思います。



それからもう1つ、先ほど実働応力がなかなかわからないということをご紹介しました。銅めっきという方法でめっきをして、このめっきに繰り返しの疲労が加わるとこの銅めっきが再結晶して、黒い斑点が見えてきます。

ボルトの谷のところにどのような応力がかかっているかということで、銅めっきをして、試験機で実際に負荷をかけます。そうすると100MPaで、大体70万回繰り返しを加えると、この谷底に黒の斑点が見えてきます。この斑点の出方からどれだけの応力が働いているかがわかります。実際に稼動する部分のボルトの底にこのような銅めっきをして、稼動した後でそれを取り出してきて調べることによって、具体的にそこに働いている実働応力がわかるのではないかとということで、大変期待しています。

銅めっき法による新幹線輪軸の実働負荷の評価



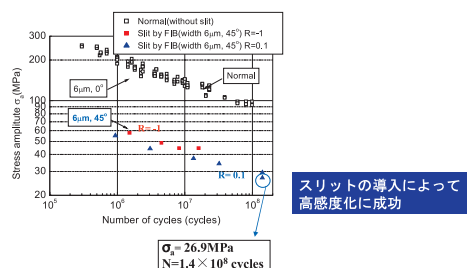
銅めっき法による応力・ひずみ評価の可能性 ライン状の斑点が発生!

Fracture and Reliability Research Institute, Tohoku University

それから、銅めっきにちょっと傷をつけることによって、さらに感度が上がります。これは現在大体3kg/mm²くらいの応力がはかれる状態になっています。

銅めっき法による疲労特性評価結果

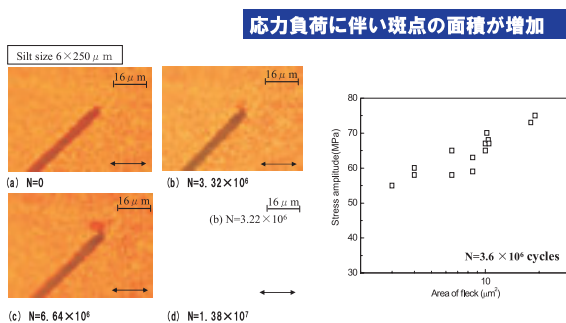
・引張-引張疲労試験の場合、スリット入り銅めっきでは $\sigma_a = 26.9\text{MPa}$, $N = 1.4 \times 10^6$ の条件で応力を評価することができた。このことから、新幹線の実働負荷予測に銅めっき法が適用可能であることが分かった。



Fracture and Reliability Research Institute, Tohoku University

この方法の優れた点は、ワイヤーも何も要らないことです。その場所にめっきをするか、あるいはめっきをした箔を小さく切って張りつけて、実際に走らせればよいわけです。車等にも使ったことがあります。そのようなところで、半年あるいは1年走った後で、はがしてきて顕微鏡で見れば、その応力がわかるということで、非常に便利な方法です。感度を上げるためには、応力集中をおこすと、そのような箇所にはこのような斑点が見えてきます。この斑点の見え方でそこに働いている応力が推定できるということになります。

スリット先端に発生した斑点の様子



Fracture and Reliability Research Institute, Tohoku University

以上で共同研究の中身を含めてお話をさせていただきました。どうもありがとうございました。

