

伊藤理事長対談シリーズ

VOL. 12

リニア技術が日本を強くする

超電導技術の応用が生み出す新たなブレイクスルー

『VOICE』2006年12月号(PHP研究所刊)転載記事

ゲスト 東海旅客鉄道(株)代表取締役社長 松本正之 氏
聞き手 総合研究開発機構 理事長 伊藤元重

高速鉄道の効率性とは

伊藤 昭和39年の開業以来、40年以上にわたって新幹線は日本の最先端技術を集めて着実に進化してきました。その鉄道技術はつねに世界をリードする存在だったといえるでしょう。そして来年、いよいよ「N700系」という新しい新幹線車両が登場するそうですね。この車両の画期的なところをお教えいただけますか。

松本 これは第二世代新幹線の完成形です。国鉄民営化後すぐに、高速鉄道の最高度の効率性・機能性を発揮する姿を求めて、車両そのものの性能や機能を根本的に変えていくことを決断しました。

東海道新幹線は昭和39年に開業しましたが、その後、国鉄時代には抜本的な車両の改良はなされなかった。そのため車両の速度はその間、時速210キロから220キロへの10キロの向上にすぎませんでした。それを時速270キロに上げるために、車両を全部取り替えるプロジェクトを始めたのです。これ以降、開発された車両(300系・700系)が、第二世代ということになります。

その後、東海道新幹線の品川新駅をつくるプロジェクトが加わります。品川駅をわれわれは都心第二ターミナルと呼んでいます。この品川駅の開業に合わせ、新幹線の車両のすべてを集中的に第二世代の新幹線に取り替え、「のぞみ」「ひかり」「こだま」のすべてを最高速度時速270キロに揃えることで、抜本的なサービスの向上が図られました。それをわれわれは第二の開業と称しています。

以降、ダイヤの中心となった「のぞみ」を中心に運用している700系は、高速性、快適性、省エネ性においてきわめて優れた車両ですが、来年の夏に登場するN700系では、700系をベースに高速性、乗り心地、IT環境も含めた車内快適性、省エネ性の各面でそれらをさらに進化させています。

いまカーブ区間のスピードは乗り心地の観点から時速250キロで走行していますが、これを直線区間と同じように時速270キロで快適に走れるようになり、東京・新大阪間は5分程度の時間短縮になります。もともと2時間半で走っていたのですから、その5分というのはかなりの時間効果であると考えています。また、走行抵抗の徹底的な低減を行なうなどにより、より一層の省エネ性を実現

しています。

伊藤 第二の開業へのプロジェクトがスタートしたのは、JR東海になってすぐのことですか。それが2003年10月に完成したということになると、15年以上かかったことになります。第二開業プロジェクトが終わった段階で達成感が強かったことを、あえて一つ挙げるとすると何でしょうか。

松本 鉄道のダイヤは、いくら投資しても、すべての車両が同じ性能に変わらないと効果が得られません。速度性能の遅い車両がいる間はそれに引っ張られてしまいます。線路は上下各一本なので、一部にどんなに高性能の車両が走っていても追い越しはできず、前の列車の影響を受けてしまいます。逆に、車両の性能が全部高性能に統一されれば、高速鉄道の効率性は最高度に発揮され、一挙にレベルアップできるのです。それがまさに第二の開業でした。

伊藤 全部のシステムが変わったということですね。

松本 そうです。そのために電力設備や軌道など、さまざまな設備においてパワーアップや改良をしなければいけない。日々、新幹線を運行しながら、もう一方で施設を一つひとつレベルアップさせていったのです。お客さまの目にはあまり触れないところもありますが、身体でいえば血管や臓器などがすべて取り替えられたということになります。それらがすべて変わった瞬間に、それまでの努力が一気に花開くのです。

伊藤 ただ、「のぞみ」はそうだとすると、「こ

だま」や「ひかり」も同時に走っているのですから、ある程度のところで限界があるのではないですか。

松本 もちろん、ある程度の限界はあります。しかし「のぞみ」の車両も「ひかり」の車両も同じスピードで走れるようになることで、「ひかり」の停車駅数をこれまでより増やすことができたのです。

伊藤 「ひかり」の停車パターンさえ工夫すれば、あとは同じスピードで走れますから、その部分で後続の「のぞみ」がつかえることがなくなるということですか。

松本 そうです。「ひかり」も「こだま」も駅と駅のあいだは「のぞみ」と同じ最高速度になりましたから、全列車トータルでスピードアップされたことになるのです。これにより「のぞみ」の本数を一気に増やす一方で、「ひかり」の停車パターンをさまざまに工夫することができ、利便性が向上しました。

伊藤 なるほど。たしかに、そういう意味では同一性能というのはたいへん大きなインパクトをもつのですね。このことは最初から理屈ではわかっていたのですか。

松本 高速鉄道の効率性を最高度に発揮するには、同じ車両、編成、性能で統一することなのですが、驚いたことに、東海道新幹線をつくった国鉄の有名な技師長の島秀雄さんという方が昔に書かれた論文を読んできましたら、そのなかに高速鉄道の最も効率的なダイヤ設定はこのようなあるべきだとすでに書いているんです。われわれはJRになってから一生懸命取り組んできたけれども、

そのことを 40 数年前に頭で考えて、論文にしていたのです。昔の論文を読むのも大事なことです（笑）。

伊藤 われわれ学者の世界ではよくこういいます。いまいちばん花盛りの分野というのは枝や葉が生い茂っている部分だが、しかし、次の新しい枝は必ず幹から出てくるのだと。

松本 なるほど（笑）。

風土特性に合わせた細やかな技術

伊藤 第二の開業が成功したとすると、次の目標はどう設定されるのでしょうか。鉄道というのは、もちろん国内で航空業とは競争はされているのですが、海外の鉄道会社と直接競争しているわけではない。目標設定というのはなかなか難しいのではないですか。

松本 鉄道というのは技術産業です。その意味では、技術者集団をつくるのが大変なのですが、技術的な観点からいうと、目標はつねにあるものです。

伊藤 技術的な目標として、たとえば環境性や高速性などはどうでしょうか。新幹線車両で、今後 5 年、10 年先を見たときに可能性がありそうな分野はどんなところですか。

松本 そうですね。やはり新幹線の環境優位性は、向上しています。これには、車両の軽量化や走行抵抗の低減に向けた技術開発によるところが大きいと思います。たとえばモーターでは、従来は直流モーターを使用していましたが、新たに「VVVF（可変電圧可

変周波数）制御方式」を用いた交流の高出力誘導モーターを開発しました。技術的には革命的なことで、これにより馬力を 3 割ぐらいアップしても、逆に重量は半分になりました。昔であれば、大きな出力が欲しければモーターを大きくしたわけですが、モーターを小さくして車両重量を低減する一方、パワーをアップする技術を開発したわけです。他にも、車両重量の低減に向けた取り組みとして、台車をシンプルな構造にしたりアルミ合金の高耐久性車体とするなどに取り組み、高速化やエネルギー効率の向上が図られたのです。

伊藤 今後の課題としては、さらなる車両重量の低減などが一番の核になるのですか。

松本 それもありますが、N700 系で実現したように、車両の先頭形状や車体の平滑化などにより走行抵抗を大幅に低減させるという技術もそうです。また、ブレーキ時にモーターを発電機として使って電力を生み出し、それを架線に戻すことで他の車両の動力として活用する「電力回生ブレーキ」システムの技術もあります。これらの技術により、東海道新幹線開業時の 0 系車両と比べ、現在運用している 300 系や 700 系車両は、最高速度を時速 220 キロから 270 キロへ 50 キロ向上させつつ、電力消費量を 9～16% 減少させました。

伊藤 先日テレビでフランスの高速鉄道が走っているのを見ました。700 系の先頭車両は大きなカモノハシのようなかたちをしていますが、フランスのものはまったく違います。フランスのものと比べて、日本の新幹線のほうが、空気抵抗上はるかに優れているのでしょうか。

松本 そのように思いますが、それぞれの国の気候風土や地形によって考え方が異なりますし、課題も違います。そもそも、日本とフランスとでは、車両の形式がまったく異なっています。フランスの高速鉄道はプッシュプルといって、機関車が客車を引っ張るといったのが基本ですが、日本の新幹線の場合は、中間車両にもモーターを積んでいます。日本の方式で便利なのは、たとえばブレーキの負担割合をきめ細かく車両ごとに変えられることです。スムーズに停車させるために、中間車両に比べて、先頭車両は少し弱くするようにしています。

伊藤 それはもちろんコンピュータで全部制御しているわけですね。

松本 そうなるようにセットしてあります。そして、日本は雨が多いですから、雨のときでもブレーキがうまく機能するように、前の車両は比較的弱いブレーキをかけていって、後ろの車両で強めのブレーキをかけるということもできます。日本の風土気候に合わせて、微妙に調整しているのです。

伊藤 それは乗っているだけではわからないことですね。

松本 わからないでしょうね。それから、トンネルに入ったときに耳がツンとするのを克服するために気圧の調整もやっています。日本はトンネルが多いですからそのような技術が必要になりますが、トンネルが少ない欧州ではあまり必要ありません。鉄道というのはその国の風土に合わせて、発展・進化していく歴史をたどるのです。

伊藤 単純に日本にフランスの車両をもってきてもだめなのですね。そのような技術開発は、どういう体制でやっていらっしゃるのですか。JR東海の人たちはもちろん、メーカーの方もいらっしゃるのでしょうか。

松本 技術開発は愛知県の小牧市にある当社の技術開発部の研究施設で取り組み、一部はメーカーと意見を出し合いながら進めていきます。小牧市の研究施設には、世界最先端の設備もあります。

たとえば、座席や車内空間を本物の列車内に模したものに、加減速や揺れの感覚等をコンピュータでコントロールして、現実の乗り心地を体験することができるシミュレーター設備をつくりました。これは、世界でも唯一のもので、この装置のなかに入ると、東海道新幹線のデータを入力すれば、東京から新大阪までの乗り心地を忠実に体感することができます。駅に止まるときは駅に止まるような感覚になります。リニアモーターカーについても、データを入力すればこのシミュレーターで疑似体験することができます。

また、品川駅の建設にともない不要になった橋げたを使い、列車が通過する際の振動を構造物に人工的に与え、その影響を実物大で調べる設備もあります。これを使えば、たとえば、橋げたが100年後にはどのような状況になるかということも短期間で調べられます。

伊藤 やはり鉄道というのは、他の産業と比べて時間のサイクルがとても長いのですね。

松本 携帯電話のようなIT関係の業界のサイクルと鉄道とでは、技術革新のサイクルがまったく違います。鉄道の黎明期は1800

年代。日本でも明治から営々と敷設されていくわけです。途中でSLから電車に替わったりしますが、鉄道の基本は変わりません。新幹線ができてから40数年ですが、高速鉄道の構想は60年以上前から始まり、実際に着工したのが1940年ごろのことです。その後、太平洋戦争で中断になりますが、すでに日本坂のトンネルなどは掘っており、それを戦後もメンテナンスしていたのです。

伊藤 そういう蓄積がなければ、あんなに早く新幹線はできなかつたんですね。

松本 先ほどの第二の開業も、1987年のJR発足から15年以上もかけてやっと完成したわけですが、鉄道のサイクルは、それほど長いということですか。

リニアによる爆発的ブレイクスルー

伊藤 さて、リニアモーターカーの話もお伺いしたいのですが、山梨県にあるリニアの実験線を、現在の18.4キロから42.8キロに延伸されるそうですね。答えにくいかもしれませんが、あらゆる障害をいちばんうまくクリアしたとして、いちばん早く何年ぐらいで東京・大阪間を開通させることができるのでしょうか。

松本 すでに実用化できるところまで技術的には来ていますので、現実には財源などさまざまな問題がありますが、建設を始めてから十数年くらいでしょうか。

伊藤 もちろん新幹線も大変なブレイクスルーだったのでしょうが、技術的には線路上を車輪が走るといふ点では、従来の鉄道の延

長線上にあった。ところがリニアは浮上式鉄道ということで、一段次元が上のブレイクスルーですよ。

松本 ええ。時間的なことだけでいっても、東京・大阪はかつて6時間半だったものが新幹線開業で約3時間になった。われわれの第二の開業で、それが2時間半になった。リニアになると、その2時間半が、さらに半分以下になる。このブレイクスルーのエネルギーは、開花したときにはたいへん爆発力をもつと考えています。しかも、すでに技術的にはそれが実現できるレベルにきている。だから、そこに向けて少しでも早く歩を進めていくべきだと思います。

伊藤 技術的には問題がクリアできているのだとすれば、リニアが早期開通するかどうかは政治の問題だという気もしますけれども(笑)。

松本 もちろん、国家的にインフラの重点投資をどうしていくかという点に関わることになるでしょう。リニアを推進しているわれわれとしては、リニアへの投資は日本の人口あるいはGDPの6割を占める東京・名古屋・大阪間というエリアの価値をさらに高めるものだと考えています。

伊藤 投資額は、大体いくらか試算されていますか。

松本 国の試算によれば、およそ8兆円だといわれます。

伊藤 8兆円というお金はたしかに大きいように見えますが、しかしたとえば、日本国中

に満遍なく投資をするという政策から、これから日本の活力を生み出すようなものに重点投資をしていくという政策へと思想を変えるだけで、実現が可能な金額だと思うのです。ご指摘のように日本国民の6割以上の方がその沿線にいるわけですから、そのような判断をしてもいいのではないかと思います。

ところで、リニアが完成した暁には、リニアにとっての最大のライバルは新幹線ということになるのではないですか。

松本 そうですね。新幹線にとっての最大のライバルがリニアになるのかもしれませんが。ただリニアのシステムと、現在の新幹線のシステムは相反するものでなく、調和するものだと考えています。たとえば、新幹線のなかで東京・名古屋あるいは大阪へとノンストップで行く直行型の需要をリニアに移すと、その分新幹線の可能性もさらに広がります。

伊藤 そうすると、人の動きがかなり変わりますね。

松本 そうです。たとえば通勤・通学などに新幹線が使いやすくなっていくでしょう。いま車で移動している方々も、新幹線で移動するようになるかもしれません。

伊藤 東京のJRや私鉄、あるいは地下鉄のネットワークはものすごく充実している。これだけの人口密度がありながら、鉄道のおかげで人々は非常にスムーズに移動できるわけです。もし本当にいまおっしゃったように新幹線のネットワークが充実し、たとえば静岡県などが便利なネットワークに組み込まれるようになれば、それはまた大きなブレイクスルーのエネルギーを生みますね。

松本 やはり交通機関にはそれぞれの特性があり、その特性を発揮して、全体の利便性が増すことをもっと考えてもいいように思います。昔は馬車だった。それが鉄道に変わる。鉄道に変わって、一時期は鉄道の独占市場となります。そこに自動車が入る。道路ができる。すると、小回りが求められるニーズは自動車に代わられる。長距離では飛行機が出てくる。速さでは鉄道は飛行機にはかなわない。鉄道は都市間や大都市内のネットワークとしての利便性が求められるようになる。そして、鉄道では新幹線ができ、やがてリニアができていく。

そのような流れで、ここまで交通ネットワークが形成されてきたわけですが、そこに別の価値観が求められたらどうなるか。たとえば地球環境問題。地球温暖化やエネルギー問題などということです。東京・大阪間で考えた場合、一座席あたりのCO₂排出量は、新幹線は航空機の約10分の1程度です。リニアになりますと、速度が時速500キロになっても航空機の3分の1程度です。2005年2月に発効した「京都議定書」の基準をクリアするには、新幹線が有効ともいえるでしょう。

伊藤 環境というキーワードで、あらためて新幹線やリニアを考えてみると、別の角度から大きな便益というものが見えてきますね。

松本 そうです。新しい「ものさし」を置いて、その「ものさし」に合う体系はどのようなかというふうに組み直していくと、いろいろなことが変わってきます。したがって、時代の進展に合わせて公共投資のあり方や交通政策を変えていく必要があります。現在は、その過渡期にあるのではないかと思います。交通という業界に携わる者として、やはりあ

るべきかたちを提案していくべきだと思います。

伊藤 なるほど。しかも先におっしゃったように非常にタイムスパンが長いものですから、やはり事実を押さえながら、しっかり頭で考えていかなければいけませんね。経済的な動きだけを見て瞬発的に動いても、いい仕組みにはなりませんから。

松本 日本という国、そして地球全体が持続性を保つためには、われわれの技術をどう生かしていけるかという発想が大切だと思います。新幹線の高度な技術、さらにはリニアの超電導技術で、日本および世界経済をリードする役割を担っていると考えています。

超電導技術の可能性

伊藤 いまご指摘のように、日本のリニアには超電導の技術が使われているわけですが、なぜこの技術を採用されたのですか。

松本 超電導技術を選択していく前提として、われわれには乗り越えるべき課題がありました。鉄道的高速化において、鉄の軌道が必然的にもつ摩擦の限界点をどうクリアするかです。それをクリアするためには車両を浮かせるしかない。そのために、いろいろな技術が検討されてきました。

伊藤 昔のSFだとチューブみたいなもののなかを進むというイメージがよくありましたね。

松本 そのようなプランもありましたし、ホバークラフトのように空気浮上してジェット

エンジンをつけたらどうかということも考えられました。それから、いわゆる常電導浮上というものも検討されました。

伊藤 常電導浮上は、ドイツのトランスラピッドの方式ですね。

松本 そうです。そのようないろいろな選択肢のなかから、高速時の安定性やパワーやスピードの可能性などを検討し、最終的に残ったのが超電導リニア磁気浮上方式だったので。

伊藤 そういう意味では他の方式というのは、検討の過程で淘汰されたものということですね。われわれから見ると、愛知万博の「リニモ」のように、突然別の方式のリニア技術が出てきたものですから、あのような技術がこれから日本でも利用されていくのかなと思っただけですけれども。

松本 あの技術は短距離の区間では効果的かもしれませんが。ただ、高速鉄道に必要なスピードとパワーは出ません。

ドイツの方式もスピードが出ることは出ますが、たとえばこの方式を採用した上海のリニアでいえば時速430キロ程度が限度で、しかも長い編成での運行は難しいでしょう。日本の超電導リニアは現時点で最高時速581キロ出しています。それから、加速性という点で考えても、ドイツ方式の上海リニアでは時速430キロに到達するためには13キロほど必要ですが、日本の超電導リニアでは、時速580キロに8.8キロで到達します。

また、ドイツ方式では浮上するのは1センチほどですが、日本の方式では10センチ浮かせることができます。これはすごく大きな問

題で、1センチしか浮上しなければ、ちょっとした地上の構造物の変状等も運転に影響を与えてしまうかもしれません。安全面を考えた場合、1センチと10センチとでは大きな差です。

伊藤 これまで培ってこられた超電導技術が鉄道以外にも使われ、新たなブレイクスルーを生んでいく可能性は、どの程度あるのでしょうか。

松本 大いに可能性はあると思います。超電導技術も、さまざまな製品に波及していくでしょう。

たとえば線材技術の応用範囲は広いと思います。超電導というのは、ある素材を極低温にすると電気抵抗がゼロになるというもので、たとえばマイナス269度まで冷やすと、超電導状態になる線材があります。当初その線材は日本ではつくれなかったのがアメリカから輸入していましたが、われわれが超電導リニアの技術開発を進めていく過程で、それをつくれる日本のメーカーが出てきました。

その後、マイナス253度でも超電導現象となる線材が開発され、これまで液体窒素や液体ヘリウムで冷やさなければならなかったものが、普通の冷凍機でそこまで冷やせるようになりました。これはたいへん画期的なこと、これによって冷却のためのコストを大幅に減らすことができるということになります。このような線材をアメリカでは地下埋蔵の送電線に使うという話も出ているようです。電気抵抗がないわけですから、きわめて効率よく電気が送れるのです。日本の超電導技術がそのようなかたちで関与しているのです。

このような技術が生まれてきたのは、われわれもメーカーも一生懸命技術開発を続けて

きたからです。なかなか実用化されないからやめたらどうかというような話もありましたが、歯を食いしばって続けたわけです。

もしわれわれが超電導リニアをやめたら、この技術は一挙に日本から消えてなくなってしまいます。それを維持することが、超電導から派生する要素技術にもプラスとなっていく。そう思いつづけたからこそ、技術がさまざまな分野で花開いてきたのです。

伊藤 安倍総理もイノベーションを重視されていますが、イノベーションのためには、そのような大きな視野をもつことが必要ですね。たしかに鉄道という産業の息が長いということもあるでしょうが、技術者の方にはある意味でその技術に一生を懸けてやっているわけですからね。

松本 そうです。それをまずわれわれが理解しないといけないのです。こと研究開発については、目先のことばかりやっても日本経済の力にならない。目標を設定して、そこに向けてとにかく前に進むことです。

技術開発というのは、一つは忍耐。それから、もう一つは、結果は必ず出ると信ずること。その二つを継続するということが大切です。それを継続すれば、必ず花を咲かせられます。

伊藤 その言葉は、新幹線をずっとやってこられた、ある意味で鉄道マン的な過去の成功体験から生まれたものではないでしょうか。

松本 そうですね。私は社員に対しても、DNAの大切さをよく説きます。われわれJR東海のなかには、高速鉄道を運営する会社としての先人のDNAが引き継がれているのだ

と。組織や事業形態のなかに、遺伝子が綿々として引き継がれている。その意識で、確信をもって目標を追い掛けていこうと思っています。

*この記事は、月刊誌『Voice』の許可を得て転載しています。