

中央新幹線小委員会の第一回、第二回の議事録から

第1回

【渡辺委員】 全日本交通運輸産業労働組合協議会、交運労協の議長の渡辺委員でございます。

この種の問題について、2つございまして、1つは、JR東海が考えておられますリニアのシステムの関係ですけれども、なかなか技術論的に素人ですので、ぜひちょっといろいろ勉強したんですが、この場でもぜひ教えていただきたいのは、私、組合の出張の関係で上海のリニアモーターカー、実際に中国の鉄道の関係でご招待で乗せていただいたことあるんですが、あのシステムと今回考えているシステムというのが、技術的に一言で言うてどういうふうに違うのかっていうのは、わかりやすく、もし教えていただければありがたいなというふうに思っております。

【潮崎技術開発室長】 はい、上海の常電導式の磁気浮上鉄道、これはドイツが開発したトランスラピッドというシステムでございますが、次回詳細にご説明させていただきますけど、口頭で簡単に申し上げますと、結果として一番違うのは、浮上するときの高さです。リニアは約10センチぐらい浮いておりますけれども、トランスラピッドの場合は約1センチぐらいです、浮上高さは。したがって、揺れなんかを考慮いたしますと、高速走行するには私どもとしては、この超電導磁気浮上方式のほうが適していると考えております。システム的にはどちらも電磁石の力を使って浮上させて走行するというところで、しかもリニアモーターを使って走行するという原理は変わりませんが、超電導方式は非常に大きな浮上力を得るために絶対零度近くまで液体ヘリウムで冷やして、非常に大きな超電導によって電磁力を得るという仕組みを使っておるのに比べて、トランスラピッドは、通常の常温でのいわゆる電磁石でもって浮上させているということの違いでございまして、原理的には上海のシステムに近いものは、今日本でも名古屋のリニモというシステムが愛知万博の会場にアクセスをしておりました。今も走っておりますけれども、あのシステムが通常の鉄道ベースの速度で実用化をしておるということでございます。簡単に申し上げますと以上のようなことでございます。

【富澤委員】 …それからもう一つ、上海のリニアはトランスラピッドというドイツ方式であり、名古屋のリニモにも乗って見ましたが、乗った限りではほとんど在来の鉄道と変わら

ないような感じを受けました。例えば中央新幹線にこの方式を使った場合、何か大きな支障があるのかどうか、その辺のところもちょっと疑問に思っております。

【潮崎技術開発室長】 まず一番最後にご質問ございました、リニモとの比較の点でございますが、上海の常電導式の磁気浮上式鉄道、当然リニアモーターをこちらでも使っておりますので、リニアと称しても構わないんですけども、通称トランスラピッドという名前がついてございます。やはり一番の違いは、速度でございます。上海のシステムでは営業最高速度で、今現在400キロを超える速度で走っておると聞いてございますが、我が国でこの方式で、我が国でもリニモで実用化しておりますとおりに、古くからこの方式の開発も進められておりましたが、私どもとしては500キロという高速を目指すからにはこの常電導システム、常電導のこの浮上高さが1センチ程度しかない、この常電導システムでは、ちょっと不適切ではないかと考えておりました、かねてからこの先ほど参考資料2の歴史の表を見ていただきますと、この超電導式も昭和37年から基礎研究に着手しておりました、長い間かけてここまでできたシステムでございまして、500キロという速度での高速走行時の安定性ということであれば、この超電導のリニアシステムのほうがはるかに安定性があると私どもは考えてございます。その辺に関しまして、また次回の小委員会では詳細に議論させていただく予定でございます。

第2回

【潮崎技術開発室長】 …前回もご質問がございました、上海で実用化されております常電導方式のトランスラピッドというものと違いでございますが、原理的には当然、超電導磁石を超電導リニアは利用して、非常に強力な磁力を発生させるということ、常に10センチぐらいの浮上をする。こちらはそのような仕組みを使っておりませんので、常温での電磁石ですので、浮上高さはせいぜい1センチぐらいということでございます。まず、この差が一番大きいということ、安定的に浮上して、地震が起こったときのようなことも含めて安定的に走るためには、私どもとしては、この浮上高さが500キロで走行するためには必要であろうと考えております。トランスラピッドも、現在のところ営業最高速度430キロで走っているようですが、500キロというスピードは実現できておりません。

ドイツが常電導を選択した理由

大塚邦夫著『西独トランスラピッド
Maglev—世界のリニアモーターカー』、37
ページ、より

常電導方式が選ばれた理由は、超電導磁石を用いたリニアモーターカーの研究で明らかになった、経済的・技術的デメリットが原因であった。

最近の超電導技術は進歩してきているが、以下のような欠点が解決されていない。

- ・渦電流効果によるエネルギー消費が大きい

- ・特に低速度で顕著にみられるブレーキ作用で運転条件が不利となる

- ・浮上、着地システムや超電導冷却システムのような余分の車上ユニットが必要である

- ・すべての考えられる運転条件の下で、良好な乗り心地が得られる技術問題が解決されていない

- ・乗客および持物に対する高磁場の影響が不明である

当時の結論は1987年に再度見直され、1977年の選択は間違っていなかったことが確認された。

日本航空が常電導を選択した理由

中村信二、「HSSTの開発について」、『日本航空宇宙学会誌』、第26巻 第297号
(1978年10月)より

ヘリウムの冷却、液化にかなり大きなパワーを必要とするし、また高価なヘリウムの散逸を防ぐことに技術的困難が予想される。その他強力な磁場が人体に及ぼす影響とか、高速における動安定など今後解明せねばならぬ多くの点があると思われる。

この方式の利点の一つは、浮上パワーが他の方式に比較して小さい点にある。すなわち1トンの揚力を得るに1~3kW程度しか要しない。またレールとの間隔がきわめてタイトに保持できるので、リニア・インダクション・モーターと組み合わせれば、モーターのエアギャップの維持が容易である。

この方式の欠点と考えられていたものの一つは、レールとマグネットの間隙が10mm程度と小さなことで、このためレールの精度をよほどよくしないと高速走行には適さないのではないかということである。しかし後述するように、この問題は実用上なら支障のないことが判明した。

この方式の魅力はなんとといっても大部分がすでに解明され実用化されている技術の応用であり、それゆえに安価でかつ実用化がきわめて容易であることである。

日航技術陣では、これら各種方式を検討した結果、西ドイツの吸引式磁気浮上方式が低公害、省エネルギーの点で優れており、かつ最も早く実用に供しうる可能性が高いとの結論に達した。

○リニアは「磁気ばね」で支えられて走る

車両を浮かせようとする電磁力と、車両を沈めようとする重力が自然にバランスする点で浮上高さ(ギャップ)が決まる。・・・この方式では、バランス点からずれると元に戻そうとする復元力が生じることが特徴である。すなわち、特に制御など行わずとも、ギャップの長さに関しては元から安定なシステムである。しかし、逆に言うと、積極的にギャップを制御することはできないため、浮上系の設計段階で、例えばバランス点から何cmずれ

るとどの程度の復元力が発生するといったような、磁気ばね特性を決める必要がある。・・・この磁気ばね特性を種々の要求から適切に設計すると、走行中に車両が軌道に当たらないようにするには10cm程度のギャップが必要になると考えられる。(近藤圭一郎『鉄道ジャーナル』2017年4月、p96 近藤圭一郎氏=千葉大工学部教授、元鉄道総合技術研究所勤務)

○10cmと1cmの比較はナンセンス

上海リニアと超電導リニア(マグレブ)は、鉄のレール・車輪システムでは実現が難しいとされる400km/h以上の超高速鉄道システムを実現する技術としては同様に位置付けられる。そして両者の違いは、原理的にはギャップの相違、技術的には常電導磁石と鉄心付きコイルの組み合わせと、超電導磁石と空心コイルの組み合わせの違いとして現れている。現時点では両者に本質的な優劣は見られないというのが筆者の見解である。

一部に、上海リニアの方が先に実用化しているから、日本の超電導リニアよりは優れている、あるいは、上海リニアはギャップが小さく、地震が起きた際のダメージが大きいため技術的に劣っている、等の議論が聴かれる。しかし、これらの議論は全くナンセンスと言わざるを得ない。恐らく、日本の超電導リニアも技術的に十分に実用レベルにある(そうでなければ一般公募で旅客は乗せない)。

地震時の軌道の不整に関しては、鉄のレール・車輪システムに比べれば、安全性の観点で許容度はずっと高い。超電導リニアの基本思想は、エレクトロニクス技術に頼る制御システムによらず安定な支持と案内を実現し、広いギャップでも超電導磁石を利用して必要な磁束を得るというものである。それに対して、上海リニアのベースであるドイツのトランスラピッド方式は、積極的にエレクトロニクス技術を活用してギャップ制御を行い、磁気回路的に短いギャップ長の優位性を利用するシステムと言える。どちらのシステムを採用するかは、適用する線区の距離、輸送需要、最高速度、保有技術、などを個々の場合について比較して決定するしかないと考える。すなわち、一般に優劣は付けられないと考える。

(近藤圭一郎『鉄道ジャーナル』2017年4月、p98)

○浮上式鉄道の大きな弱点は分岐装置

「(磁気浮上式鉄道では)数組の車両を、あるいは数本の線路を用いて運転するという事になると、たちまち車両をある線路から他の線路に移すという問題が生じるのである。このために必要な分岐装置がきわめて複雑で高価であることを思えば、磁気浮上方式が高速鉄道に取って変わることが決してないだろうということを理解する一助となる。」

「実のところ、磁気浮上式の出番となるようなマーケットがないのである。レール・車輪方式の高速鉄道は、非常に多数の旅客を都市間旅行に必要な十分な高速度で、移動させることができる。それ以上の距離になると、今度は航空機が見事なほど効率的に長距離旅客を運んでくれるのである。」

「私がこれまでに聞いた磁気浮上式に関する批評のうち最も印象的なものは、1984年にバーミンガムで開かれた会議の席上、イギリスのGEC社の技術部長 M.P. リース博士が語った次のような言葉である。いわく『もし仮

に、誰でも彼でもがホヴァークラフトだの磁気浮上式車両だのに乗っているような事態になったとしよう。そのときには、車輪という発明は、われわれがいま考えているよりもずっと素晴らしいものだということが分かるであろう』。日本とドイツで既に巨万の費用をかけた研究がなされたにもかかわらず、磁気浮上車両がまだ営業運転を開始するには至っていないということに、冷静に思いをいたすべきである。」(マレー・ヒューズ著/菅健彦訳『レール300 世界の高速列車大競争』山海堂、1991年[原著は1987年]、100~101ページ)(注1) 原文は仮想法と思われ、“誰もがホヴァークラフトだの磁気浮上式車両だのに乗っているような時代がくるだろうか。車輪という発明は、われわれがいま考えているよりもずっと素晴らしいものなのだ。”という訳も可能と思う。