

ヤマモトロツクマシン株式会社

キャビテーションントネル灯具清掃車

# 開発物語



イラスト 川北義正



2004.05.31 委員会を YRM で開催 (株)テクナム・YRM・及び関連会社参加

日本道路公団の高速道路調査会は、長年にわたってある課題を抱えていた。それは、高速道路のトンネル内に設置された灯具の清掃を効率的に行なえないか、というものだった。灯具とは、トンネル内を照らす照明器具のことだ。この灯具を覆うガラスカバーが、トンネル内を走行する車両の排ガス、土ぼこり、そのほかさまざまな付着物によって汚れてしまう。汚れがひどくなれば、照度も落ちる。そのため、定期的に清掃を行なわなければならないかった。

しかし、従来のトンネル灯具清掃は、特殊車両の荷台に取り付けた回転ブラシを使って清掃していた。これが問題をこじらせていた。回転ブラシを強く押し当てれば、灯具が変形してしまうこともある。場合によっては破損してしまうこともあった。だからといって回転ブラシの灯具への押しつけが弱ければ、清掃効果が出ない。清掃効果を出しながら進むためには、時速2キロ程度で走行する必要があった。しかし、時速2キロの走行では、一車線規制が必要となる。そうなれば、規制機材の設置、規制作業員が必要となってしまうのだ。これでは清掃のコストがかかりすぎる。これを効率的に清掃できるように改善できないか、というのが日本道路公団の長年の課題だった。

### 時速50キロで清掃できないか

平成十六年(二〇〇四年)、四月。幹事三十名からなる道路維持機械研究会の委員会が開催された。道路維持車両開発委員会には、後にヤマモトロックマシ(株)の技術顧問となる川北義正がいた。

この席で、これまで何度も取り上げられていた課題が話題になった。それは、高速道路の最低速度である時速50キロで走行しながら、トンネル灯具の清掃ができないか、ということだった。しかし、それは、夢のまた夢の話と、だれもが思い込んでいた。

トンネル灯具清掃について、ある幹事から、ソフトブラスト(重炭酸ナトリウム⇨重曹を吹き付ける)という試験施工を行なった、という報告があった。重曹を包み込むようにして散水し、アルカリ水にすることで、無公害のまま放流できるはずともくろんでいた。たしかに清掃効果があり、時速は従来の倍、時速約20キロでの施工が可能だった。しかし、重曹の飛散を回収することができず、灰神楽(はいかぐら)状態の前方の視界を妨げてしまった。こちらが思った通りにはいかなかった。

この日、かねてからキャビテーション洗浄という方法に可能性を感じていた幹事の川北は意を決して発言した。

「キャビテーション洗浄ならば、少ない水量で、しかも時速50キロで走行しながら清掃することが可能かもしれません」

一瞬、会場がどよめいた。本当にそんなことが可能なのか。こ

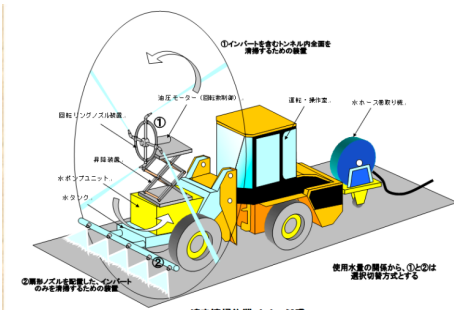


走行しながら清掃試験デモ



興味深く見学する JH 関係者

江戸川流域の一次貯水トンネル内壁面洗浄イメージ図



坑内清掃作業イメージ図

れまで夢のまた夢といわれていた、灯具洗浄の限界を超えることができるのか。

### 発端となったひび割れ検査

キャビテーションという現象は、一般的にはよい印象がなかった。かつて造船関連企業に勤務していた川北は、船舶のスクリュウのエッジ部分を壊食（かいしょく）してしまいうキャビテーション現象を目にしていたからだ。スクリュウの羽根の部分の滑らかさは失われ、エッジ部分は細かく虫食いにもあったようにザラザラになってしまう。

水力発電などプロペラを使うシステムは、水とプロペラの間で水圧の変化が生じる。プロペラの背面に水が入るとき、水の負圧が作用し、沸騰した状態になる。するとプロペラの表面に微細な気泡が生じる。この気泡が破裂するとき、大きな衝撃波が生じ、金属製のプロペラさえも傷つけてしまうのだ。水中でのキャビテーション現象は、なくすべき悪者扱いだったのである。

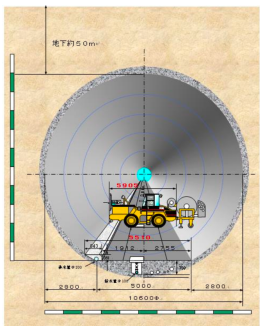
その会議の少し前、別なプロジェクトで検討されたのがキャビテーション洗浄だった。これは、東京の海拔ゼロメートル地帯の冠水対策として講じられた地下トンネルの壁面検査のために考えられたものだった。

荒川と江戸川という大きな川が流れ込む東京東部の海拔ゼロメートル地帯は、二つの川の同時氾濫、高潮が発生すると、最大二百五十万人の浸水被害が想定されていた。こうした被害を食い止めるために建設されたのが大深度トンネル式調整池だ。これはゼロメートル地帯が集中豪雨に見舞われた際に、一時的に雨水を貯水するためのものだった。地下50メートルに建設されたトンネルには、セグメントと呼ばれるコンクリート製の壁が使われていた。セグメントは、緩やかな曲面を描いたコンクリート製のパーツだ。その一つひとつを連結して、トンネルの円形壁をつくっていく。

このトンネルには、貯水時に50メートルの水圧がかかる。そして排水すると、今度は土圧がかかる。水圧は外側に膨らむ力がかかり、土圧は内側にしぼむ力がかかる。これが繰り返されると、セグメントにへアークラック（微細な亀裂、ひび割れ）が発生するおそれがあった。

微細なへアークラックを検査するためには、汚水やほこりなどで覆われてしまったセグメントの表面を、水で洗い流しながら検査をする必要があった。少量の水で、表面の汚れを落とせないものか。そこで検討されたのが、キャビテーション洗浄だった。キャビテーション現象を活用すれば、少量の水で、しかも強力な効果で表面の汚れを洗い流すことができる。

その話を聞いていた川北は、キャビテーションのメカニズムを理解していたため、高速道路の灯具清掃にも使えるのではないかと



と考えたのだった。

## 汚れを落とす要素とは

キャビテーション洗浄ならば、少ない水量で、しかも時速50キロで走行しながら、トンネル内の灯具を清掃することが可能という川北の発言は、根拠のないものではなかった。

だが、この発言に対してすぐさま賛同を得られたわけではない。会議に列席していた三十名の委員や幹事は、キャビテーション現象を理解しているわけではなかった。もちろん、前例のない話のため、川北が説明を求められたのはいうまでもない。

船のスクリューで起きるキャビテーション現象、その衝撃の強さ、海拔ゼロメートル地帯の貯水トンネルのヘアークラックを壁面に付着した汚れを洗い流しながら発見するためのキャビテーション洗浄など、それまでの知見に対して説明をした。しかし、委員たちの疑問、そして疑念は止まらない。

「高圧洗浄とどう違うのか」

「洗剤は必要なのか」

「水温は何度か」

もちろん、この段階では仮説にすぎない。新しい洗浄システムとして採用できるかもしれない。その可能性がある、というだけだ。実用化するためには実験や試験が必要になる。キャビテーション洗浄は本当に効果的なのか。それを確かめるため、清掃試験と耐久試験を行なうことになった。

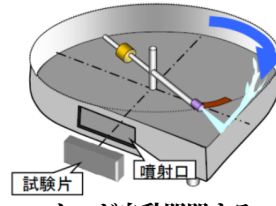
一般的に、汚れを落とすには、三つの要素がある。一つは水圧、もう一つは温水、そして洗剤だ。こすったり、圧力をかけたりしたほうが汚れは落ちやすくなる。だが、キャビテーション洗浄には洗剤は不要だ。キャビテーションという現象が、結果的に汚れを落とすという効果を発揮する。これを実証するため、実験を行なうことになった。

## 汚れの分析と破損しない離隔

水温を80℃にして圧力をかけて放射すると、汚れが効果的に落ちる、ということがわかったのは、マンションなどの壁面を清掃するドイツ製品があったからだ。これは車両を駐車して、壁面に温水を噴射して汚れを落とすというものだった。これに使用している高圧ポンプと高温高圧用のヒーターをドイツから輸入していた。それは類似製品が日本になかったからだ。このシステムをキャビテーション洗浄に活用することにした。

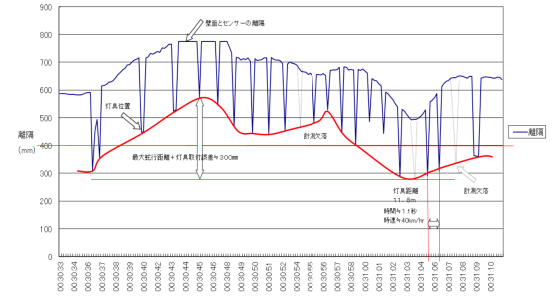
トンネル内に設置された灯具のガラスカバーには、さまざまな汚れが付着する。排ガス、土ぼこり、その他の付着物などが混じりあっている。川北は、まずこの汚れの成分を分析することにした。





(図版 cap) 80℃になるとシャッターが自動開閉する

走行中の蛇行量をレザージ測計で計測し約±15cm程度であることを確認した。



走行における蛇行量の計測図

速50キロで走行しながら、前記の効果を発揮できること。厳しい条件だった。

だからこそ、走行中の蛇行幅は、きわめて重要な指標だった。灯具のガラス面までの離隔が10センチで、一分間ほど噴射するとガラスが破損してしまう。離れすぎてしまうと洗浄力が上がらない。蛇行幅は、テストしてみると、平均してプラスマイナス15センチであることがわかった。この実験と破壊試験、電線の破損試験等は約一年続いた。このテストの結果を得て、実際のトンネル内で稼働する装置を作製することとなった。

### 連続回転試験機での実証

連続回転試験機は、清掃速度と離隔を一定にすることで、定量的に清掃効果のデータを採取するために試作した。これは、円盤状の試験機に回転するバーの先端にノズルを装着し、清掃効果の試験体の正面でシャッターが開閉するというものだった。これにより、清掃効果を見ることが出来る。この装置は、灯具のガラス面やパッキン及び灯具のケーブルの耐久性を検証するため、連続三百回を耐久試験の基準とした。これは年15回で20年間程度噴射することを想定した回数だ。

連続回転試験機による疑似汚れ離隔と清掃速度の関係を説明。時速50キロで走行しながらブラシ清掃による清掃よりも好成績を収めることができた。

さらにいえば、蛇行運転した場合でも、対象まで15センチ近づいても55センチ程度離れても、キャビテーション洗浄の効果に変化はないことを実証した。

住宅などの壁面清掃などに使用するωトン型のキャビテーション車で、ヤマモトロックマシンの(株)の本社工場で施工実験を行ない、その実験の結果を検証しつつ、修正、調整を行なっていた。この装置の洗浄効果は、これまでの綿密な実験の積み重ねによって、期待通りの結果を得た。しかし新たな懸念が持ち上がった。一車線を走るキャビテーション洗浄車の噴射する洗浄水が、隣の車線に飛散しないか、ということが問題になったのだ。これが問題のないレベルにならないければ、技術と管理運用面で、使えるシステムにはならない。この指摘をさらに実験を重ねることで解決。後続の車両にも影響がないことを確認した。

大型万能車にキャビテーション装置を装着し実トンネルで試験施工



平成 18 年 9 月 29 日山形道での試験状況



平成 19 年 10 月 24 日東海北陸道での試験の状況

## 初号機の発注

こうした数々の要素試験を経て、実用化までに一年余。試作機の発注までにじつに一年半もの時間を要している。ここまでの実験、テストを繰り返したのは、さまざまな意見、よくいえば懸念などに、川北の指導でヤマモトロックマシン(株)が一つひとつ明確に回答するためであった。仮説を立て、実験装置を開発し、データを収集し、立証していく。立証された事実にもとづき、装置の開発、手法やシステムを構築していった。

しかし、その開発時間は、きわめて短いといえるかもしれない。このような装置、システムの開発がわずか数年で実用化されるのは、きわめて短い開発期間といえるのではないだろうか。

その後、各地のトンネル内の走行での実証試験を経て、平成十九年(二〇〇七)、夏にようやく初号機の発注に至った。委員会の会議で川北がキャビテーション洗浄を提案してから実に三年の月日が流れていた。

## 世界初、ついに公開。実用化へ

時速50キロ以上で走行しながら、高速道路内のトンネル照明灯具を洗浄できるキャビテーション洗浄車が、ついに完成した。これまで関係者の中で、**「夢の夢」**とされていたことが、遂に実現したのだ。世界初のことだった。

マスコミ発表となった平成二十(二〇〇八)年、八月四日。川北は、よろこびを隠し切れなかった。初号機が完成したあと、プレス発表となったこの日。初めて委員会の席上で衝撃的な提案をしてから、じつに四年もの歳月が流れていた。

キャビテーション清掃車の完成で、トンネル内の灯具清掃の時間は、驚異的に短縮されることになった。当時、八百五十力所あったトンネルの清掃時間は、年間一千百時間という時間を要していた。それが、このキャビテーション清掃車の登場で、わずか五十時間にまで短縮できるようになったのだ。短縮されたのは時間だけではない。その関わる人員も削減できたため、大幅なコストダウンにつながった。しかも、車線規制が不要になり、追突事故などが低減できた。まさに快挙であった。以降、ネクスコ西日本、ネクスコ中日本、ネクスコ東日本などへ導入、配備された。

この技術、システムによるキャビテーション清掃車は、世界初のシステムだ。特許の共同出願されているが、その一社としてヤマモトロックマシン(株)の名が連なっていることは言うまでもない。

インタビュー  
プロフィール



川北義正(かわきた よしまさ)

1944年(昭和19年)6月生まれ  
神奈川県立横須賀工業高校 造船科卒業  
1963年 三菱重工(株)横浜製作所 入社  
機装工作部・修繕部・鉄構技術部などに配属  
定年退職後、道路維持機械の開発コンサルタントを始業  
2005年 ヤマトロックマシン(株)技術顧問に就任  
現在に至る

平成二十年八月十四日 朝日新聞



トンネル照明 スイスイ清掃

西日本高速 特殊車両

西日本高速道路は、トンネルの壁にある照明灯を洗う新型の清掃車一写真を導入した。時速50kmで走行しながら作業ができ、従来のように片側1車線を止める必要がないため、年6千万円の経費削減効果があると試算している。

現在の清掃車は照明灯の洗浄には回転ブラシを使っているが、新型車は特殊ノズルを装備し、水蒸気の気泡を混ぜた洗浄水を噴出する方式。気泡が液体に戻る時に出す衝撃力で汚れを取る。

照明灯は高さ約6mの位置に、5m間隔で設けられている。管内にあるトンネルの総延長は710km。これまで照明灯の清掃に年間1100時間かかっていたが、新型車を使えば約50時間まで短縮できるという。

8%増の8兆5071億  
海外子会社の内部留保が主な原因で、小幡が期連続で拡大した。

太陽光発電所  
ブルネイに建  
三菱商事 10年  
三菱商事は19日、ブル  
で東南アジア最大の太陽  
電所を建設することを明  
にした。資源輸出増フル  
との関係強化すると  
、成長市場の東洋アジ  
高い発電効率が見られる  
光パネルを検証する。

平成二十年八月五日 産経新聞



時速50km 高速清掃車公開

西日本高速道路(大阪市)は4日、時速50km以上で走行できる世界初の清掃車の開発、報道陣に公開した(写真(甘利慈撮影))。プランで取り取る従来の方法は時速2km程度での運転を強いられるため、1車線を通行止めにするなどの車線規制が必要だったが、新清掃車の導入で大幅に緩和された。開発されたのは水蒸気が液体に戻るさいに衝撃波を生ずる「キャビテーション現象」を利用した「キャビテーション清掃車」。気化した水道水を汚れに当てると発生した衝撃波の勢いで汚れを落とす仕組みで、洗浄剤は不要。時速50kmで走行できるため815カ所のトンネル清掃時間は現在の年間約1100時間から約50時間に短縮できるという。

同社と中日本高速道路、東日本高速道路、高速道路総合技術研究所(東京都町田市)が4年がかりで開発。価格は1台約1億円で各道路会社が順次導入する。今後、道路清掃や積雪除去などにも応用ができるという。