

連載

トライボロジーにとりつかれた男の遊油ぶらぶらトーク③

## 油圧のバルブ・ロック研究の歴史

(株)クリーンテック工業 佐々木 徹

油圧バルブのことを英語ではHydraulic Valveという。この「Hydraulic」とは元来、「水力を用いた」とか「水圧の」という意味である。これからもわかるように、1800年代までは水圧を使った機械が使われていたが、錆、潤滑性が悪い等の問題があって、防錆性や潤滑性の優れた鉱物油を使った油圧システムが1906年に初めてアメリカの軍艦の大砲操作に実用化されたが、元の用語の「Hydraulic」はそのまま使われている。その油圧も今年で丁度90年になり、油圧システムは低圧から中圧、中圧から高圧になって小型化されてきた。最近では超高圧の油圧までできている。

この油圧システムを制御するのが油圧バルブである。そのため油圧バルブのトラブルは油圧技術者を悩ませてきた。そこで油圧システムが実用化されてから90年にもなるのに、何故油圧バルブのトラブルがなくなるのかと不思議に思う人は多いと思う。文献で調べると、最初に油圧バルブの問題を学会で検討されたのは1947年であった。その当時も油圧バルブのトラブルは油の汚染物で起こるとされていた。ところが1948年の論文での議論の中で、イギリスの油圧メーカーのエンジニアがバルブのピストンの円周に添ってミゾを刻んだらバルブのロックが減少したと発言した。それまではピストンにミゾはなかったので、その話を聞いた学者達はスプール・バルブのロックの研究を始めた。約10年間の研究で分かったことは、次のようなことであった。

- (1) スプールのピストン上に、その円周に添ってミゾを切るとバルブのロックが減少する。
- (2) ピストンの形状が真円から離れる度合が大きく

なると、ロックが起り易い。

- (3) ピストンの形状にテーパーが付くとロックが起り易い。そのとき油が太いテーパー側から細いテーパー側に流れるとスプールは半径方向に押し付けられてロックするが、逆に油が細いテーパー側から太いテーパー側に流れるとスプールはロックしない(スプールにかかる圧力分布に原因)。
- (4) スプールの軸が曲がっているとロックは起り易い。

以上の研究成果と機械加工技術の向上のおかげで、現在のバルブにはミゾがあり、ピストンの形状もほぼ真円になっている。

ところが、比例電磁弁やサーボ弁のような高性能の制御弁が使用されるようになってから、またバルブのトラブルの発生が増えてきた。そのため1970年代になって汚染物とバルブ・ロックの関係の研究が行われた。これらの研究は主として新油の中にACFTDという標準ダストを使用して行われた。これらの研究の後半には、標準ダストだけでは非現実的であることに気が付いたのか、カルボニル鉄Eというものも汚染物として使用された。これらの研究成果から、

- (1) 硬い固形物がスプールとスリーブの間に入り込んでロックが起ることとして、その入り方によってStatic Jamming, Shearing Jamming, Dynamic Jammingという3つの基本型に分類された。
- (2) 更に小さい汚染物としてシルトがスプールとスリーブの間に堆積して隙間を埋め、バルブをロックさせる。
- (3) 柔らかい汚染物はスプールの潤滑剤として作用

し、バルブのロックを緩和する働きがある。

という結論が導かれた。この結論から、汚染物濃度が高いとバルブのロックが起こることは確認された。汚染物に起因するバルブのロックの研究は1987年頃まで続けられたが、これらの努力にもかかわらず、バルブロックのメカニズムはほとんど解明されなかった。これは機械の分野だけからの研究が限界に突き当たった結果であり、この限界を打破して油圧バルブのロックの問題を解決するには研究の方向転換が必要だということを示唆している。

1970年の後半になって、やっと方向転換が計られた。ケミスト達がバルブ・スプールの表面の付着物を分析して、添加剤の分解物や基油の酸化変質物であることを明らかにした。そこでケミスト達の中には、油の酸化変質物を人工的に作り出し、油に添加して実験した結果、油圧バルブのロックが起こることを確認した。これでやっと突破口が見つかりかけた。ところがケミスト達は、油の酸化変質が早まる危険を犯しながらも、清浄分散剤を使用して<sup>(1)</sup>、油の酸化変質物がバルブスプールの表面に付着しないようにする方策に走ってしまい、バルブのロックが起こるメカニズムの解明の方向には行かなかった。そこで油圧トラブルに悩まされた経験のある筆者が研究できるようにこのテーマを

残してもらった結果になった。

筆者は油の酸化変質物がバルブ・スプールのロックさせる研究をするに当たって、新油と各種酸化油の付着力を、点接触、面接触、線接触条件で測定して、付着力がバルブ・スプールの固着させるメカニズムを研究した。次回から5回に分け、スティック・スリップ現象の説明を挟んで、点接触条件、面接触条件、線接触での付着力の測定とその結果について実験途中でのエピソードを交えながら説明し、使用中の油圧バルブにロックが起こるメカニズムを説明したい。

<参考文献>

- (1) Standard Handbook of Lubrication Engineering, McGraw-Hill, Chap.14.

---

筆者連絡先

佐々木 徹

㈱クリーンテック工業

常務取締役 工学博士

〒140 東京都品川区東大井2-7-7 品川テクノビル4F

TEL: (03) 3740-4141

FAX: (03) 3740-4966

---