

ステッピングモータを用いた 密閉タンク封鎖弁の開発

村井 真司 岩田 伸二 都築 康洋 牧野 勝彦

要旨

ガソリン蒸気に対する環境規制強化に伴い、PHEVなどキャニスタパージ量の少ない車両では密閉タンクシステムが拡大している。密閉タンクシステムにおいてはタンク圧力を封鎖するための圧力制御弁が必要となる。本稿では、ステッピングモータを使用した小型軽量の密閉タンク封鎖弁について紹介する。

1. まえがき

大気汚染を防止するためにエバポエミッションに対する規制が一層強化されている。車両におけるエバポシステムについてはガソリンベーパーをキャニスタで一時捕集し、走行中のエンジン負圧により吸着ベーパーをパージして燃焼処理することで成立している。しかし、市場では環境にやさしく燃費効率にすぐれたPHEV、HEV等の車両が増加しており、それらの車両はキャニスタパージ量が少なくなるためエバポ規制を満足することが難しくなっている。

近年はパージの少ない車両で規制を満足する技術として密閉タンクシステムの採用が拡大しており、そのシステムではタンク圧力を調整する制御弁が必要となる。本稿では、ステッピングモータを用いた小型軽量のタンク封鎖弁を開発したので紹介する。

2. 密閉タンクシステムの構成

2.1. 従来システムと密閉システムの比較

まず、従来システムの例を図1に示す。燃料タンクから発生したガソリンベーパーはキャニスタに常時捕集され、走行中のエンジンの吸気管負圧を利用してキャニスタから捕集ベーパーをパージして燃焼処理を行うものである。

次に密閉タンクシステムの例を図2に示す。この例では封鎖弁は燃料タンクとキャニスタの間に配置されており、必要な時以外はガソリンベーパーをキャニスタに吸着させない構成となっている。また、タンク圧力を常時モニタできるように圧力センサを燃料タンクに備えている。

図1 従来のシステム

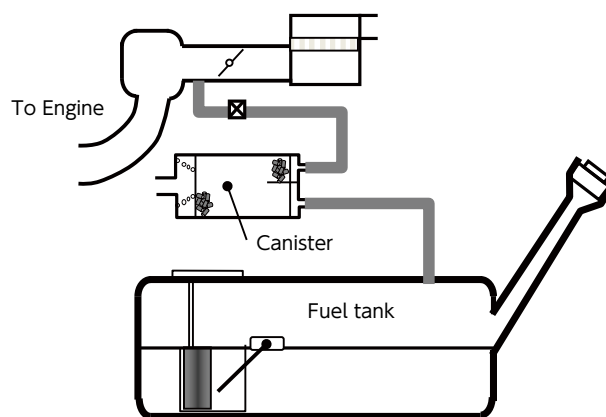
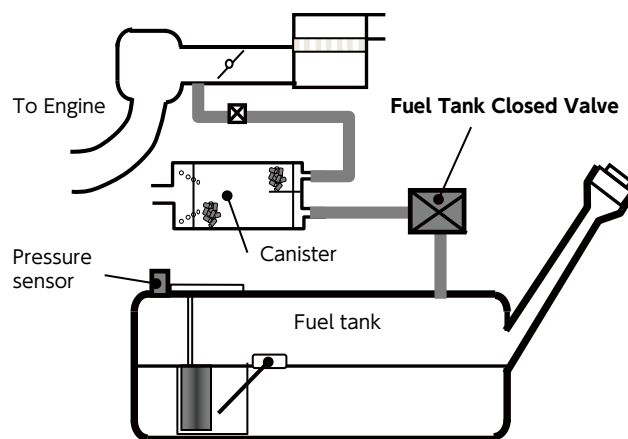


図2 密閉タンクシステム



2.2. 封鎖弁の機能

封鎖弁に要求される機能は大きくは下記①～③であり、市場での車両状況（駐車時、走行時、給油時）に応じてそれぞれ機能が必要となる。

- ① シール機能（駐車時）
- ② リリーフ機能（駐車時）（メカリリーフ弁によるタンク保護）
- ③ 流量制御機能（走行時、給油時）

表1に状況に対する必要機能を示す。

表1 状況に対する必要機能

Situation	Parking	Driving	Refueling
	① Seal function ② Relief function	③ Flow control function	③ Flow control function
Required function	Seal up to specified pressure, release pressure if exceeded	Control flow rate according to purge to the purge	Depressurize before refueling, hold fully open to secure flow path

3. 開発コンセプト

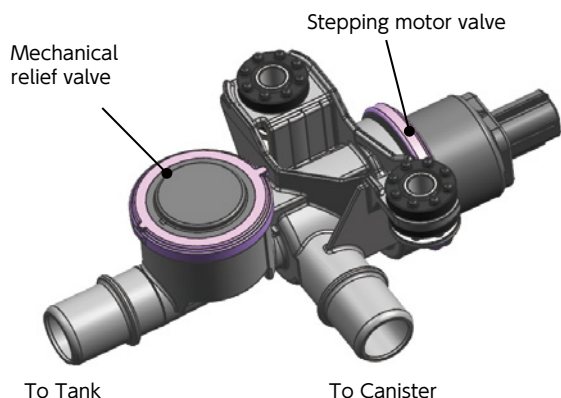
3.1. 開発品の概要

主要機能であるシール機能と流量制御機能を満足するために下記の方策を織り込み実施した。

- 小型ステッピングモータの採用
- 送りねじ機構を用いたストローク制御
- 2体構造バルブの採用
- メカリリーフ弁の一体化

図3に開発品の概要を示す。

図3 開発品の概要



現在、製品化されている封鎖弁としては電磁弁タイプが主流である。各項目についてステッピングモータとの比較を表2にまとめた。

表2 電磁弁タイプとの比較表

Actuator type	Solenoid	Stepping motor
Refueling	△ Valve opening hold requires energization	○ No energization required for valve open holding
Driving	△ Flow control by on-off Must be responsive	○ Flow control by stroke
Response	○	△
Leakage	○	○
Size	△	○
weight	×	○

電磁弁タイプは応答性に優れるが給油時の通路を確保するため体格と重量が大きくなりがちである。ステッピングモータは応答性は劣るが送りねじ機構を用いてストローク制御が可能であり小型化できる。

図4 ステッピングモータの概要

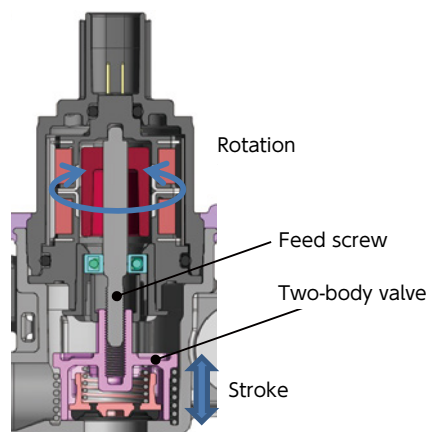
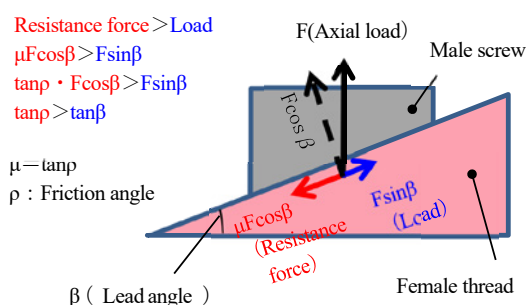
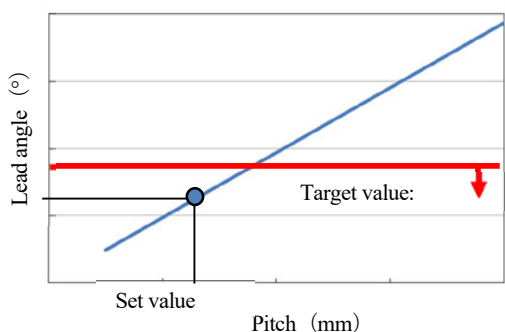


図4にモータ部の概要を示す。バルブ全開となる給油時はストローク量を確保することで低圧損を達成し、送りねじのピッチを小さくすることで微小流量制御性を両立させた。また、送りねじのリード角を小さくすることで軸負荷に対して無通電保持することが可能となり給油中の電力消費量を低減することができる。

図5にねじ角度の関係を示す。

図5 摩擦角とリード角の関係





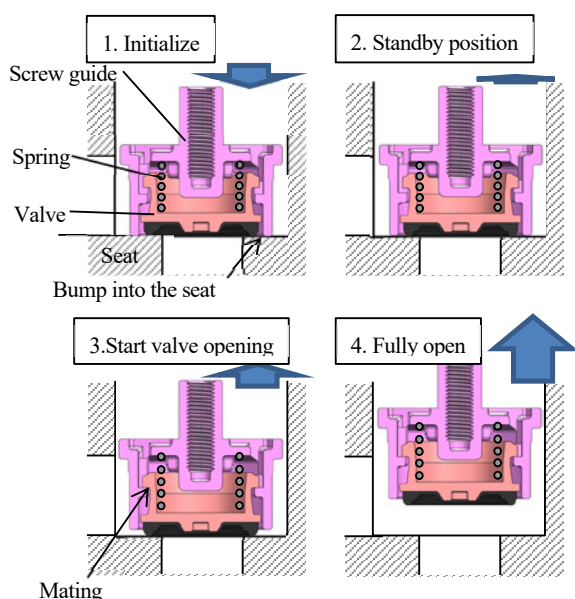
3.2. バルブ構造

ステッピングモータは位置検出するためのセンサを持たずに制御原点からのステップ数で位置決め制御ができるという特性がある。そして、そのためには制御原点決めのイニシャライズが必須となる。

イニシャライズはバルブを突き当てて実施するがバルブにはシール機能を満足するためにゴム部材が必要となる。その場合にはゴムを突き当てすることになるためモータ推力のばらつきによりゴムの変形量がばらつき、安定したシール機能を確保できないことが懸念される。そこでイニシャライズとシール機能を両立させるために2体構造のスプリング付きバルブを採用した。

図6にバルブ構造を示す。送りねじ部を有するスクリュガイドの端面をシート部に突き当てすることで安定してイニシャライズができる。バルブ部はスクリュガイドの内側にスプリングと共に内蔵される構造となっており、スプリング力により常時安定してシール機能を確保できる。スクリュガイドとバルブはそれぞれに嵌合する爪部を持っており、所定量をストロークさせることでシートからバルブが離脱する。

図6 バルブ構造



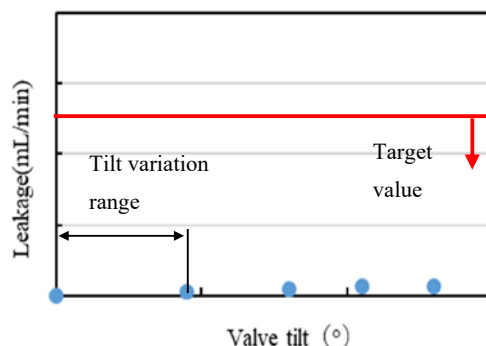
4. 開発品の性能

4.1. シール性

2体構造のバルブとしたことで安定したシール性を確保することができた。モータとシート部に傾きがあってもバルブ部分がシートに追従することが可能となっている。

図7に傾きに対するシール性を示す。

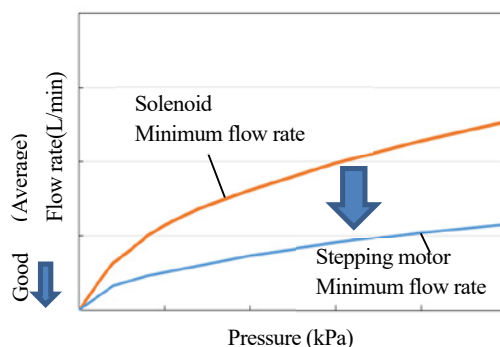
図7 傾きに対するシール性



4.2. 微小流量制御

本開発品はモータ+送りねじによるストローク制御を採用したことにより微小な流量制御が可能となった。結果として微小パージ量の車両状態でも圧抜きが可能となった。図8に電磁弁タイプとの流量特性の比較を示す。電磁弁タイプで微小流量制御するにはストロークを確保した上で高応答にする必要があるため不利となる。

図8 流量特性の比較



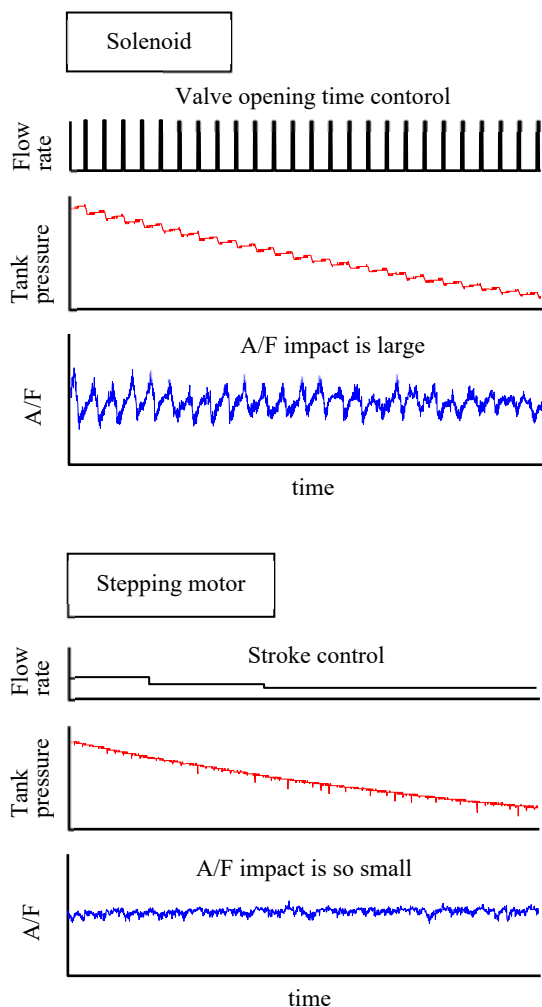
4.3. A/F荒れの抑制

走行中の流量制御例としてエンジンのパージに合わせてタンク圧抜きをする場合を想定する。電磁弁タイプはバルブの開弁時間制御により圧抜きするため大流量の間欠流れとなり、燃料フィードバック制御が追い付かずA/F荒れが大きくなる傾向となる。対してステッピングモータタイプはストローク制御することで小流量の連続流れとなり、フィードバック制御が追い付いてA/F荒れを小さくすることが可能であ

る。結果としてドライバビリティの向上が期待できる。

図9に制御方式によるA/Fの違いを示す。

図9 制御方式によるA/Fの違い

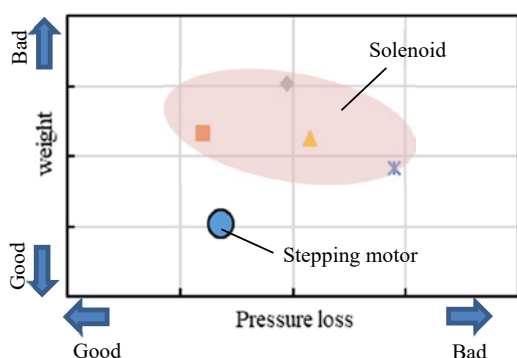


4.4. 低圧損と小型化の両立

低圧損に対してはバルブストロークを確保することで達成している。小型化についてはステッピングモータを採用したことで主流となっている電磁弁タイプに対して40%以上の軽量化を実現、世界最軽量レベルを達成したと言える。

図10に圧損と重量を示す。

図10 圧損と重量



5. まとめ

ステッピングモータを用いることで小型軽量のタンク封鎖弁を開発することができた。

- (1) 2体構造バルブを開発し、ステッピングモータのイニシャライズと安定したシール性を両立した。
- (2) ストローク制御とすることで微小流量制御が可能となり、低圧損かつ軽量化を実現した。

最後に本製品を開発するにあたり多大なご支援、ご協力を頂いた全ての関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- (1) 品川昌慶ほか:密閉タンクシステム用封鎖弁の開発, 2006年春季大会学術講演会講演予稿集 20065285
- (2) 安江昭成ほか:大流量で高密閉なDCモータ式EGRバルブの開発, 2017年春季大会学術講演会講演予稿集 20175336

著者



村井 真司
第1製品開発部



岩田 伸二
技術統括部



都築 康洋
第1製品開発部



牧野 勝彦
研究開発部