

流動による弁の振動を計測する蒸気試験設備

水や蒸気の流れる部位の信頼性を高める

実験とシミュレーションによる現象の解明

発電所で発生する軽微な故障
原因解明に向けた現象評価
信頼性向上のために

ひとこと 原子力技術研究所 発電基盤技術領域 研究員 森田 良

発電所で発生する軽微な故障

水や蒸気の流れる配管や弁には、部分的に強い力が加わり、配管や弁などの振動や減肉がおこることがあります。火力や原子力発電プラントの蒸気系統では、故障としては軽微ではありますが、運転の停止を余儀なくされる原因となります。蒸気や水を制御する弁は、これまでは、経験や実績で形状の選定が行われてきました。

電力中央研究所では、ここに科学的なメスを入れて、これまで培ってきた実験技術と流速の速い空気や蒸気などの気体（圧縮性流体）を解析するシミュレーションソフトを複合させて、原因の究明と対策に取り組んでいます。

流動に起因するトラブル解明の必要性

当所では、原子力発電所のトラブル事例を集めたデータベース（NUCIA）を公開しています。これによりますと、ヒューマンエラーを除いては、機械の振動とシールの部分でのトラブルが多いことが分ります。

流れによる構造物の振動（以下、流力振動）のうちで、弁は色々な条件で運転されるので、振動が発生しやすい部分です。特に開度が中間の状態にあるときには、流れが大きく乱れるため、振動源として重要になります。その原因の解明と対策は重要課題となっています。これまで、形状などの決定は、経験に頼る部分が多かったです。

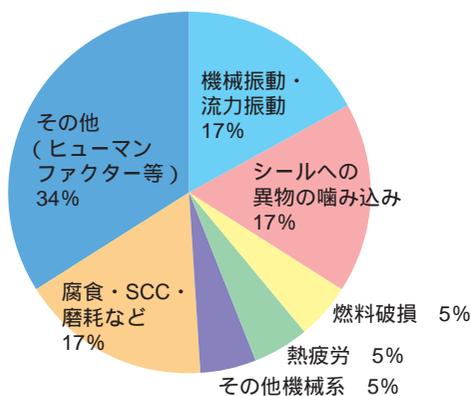


図 NUCIAによるトラブル分類

弁の故障原因

火力や原子力の発電プラントの蒸気が流れる配管や機器（蒸気系）では、高温高圧の蒸気が速い速度で流れています。この流れを制御するためには、弁が使われています。中でも蒸気加減弁は、流れを制御する重要な要素です。

弁の形は、従来は図のように先端が丸くなっています。弁を開け閉めする際には、わずかのすきまを流体が流れるために、弁の周りでは、流れが速くなり、特に開度が低い場合には、速い速度で流体が通過します。蒸気ですと音速を超える速さ（超音速）になることがあります。

このため、弁そのものや配管などに振動が起きたり、その結果減肉を発生させることがあります。

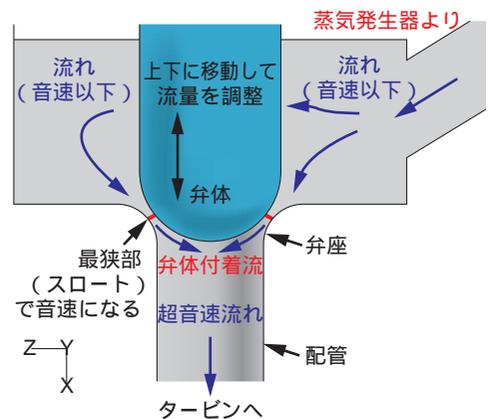


図 弁の構造

原因解明に向けた現象評価

振動現象の解明

振動現象を調べる方法には、実験やシミュレーションがあります。しかし、実験だけでは、弁内のすべての位置での流れは調べきれませんし、シミュレーションだけでは、信頼性に欠けてしまいます。この2つを複合させて評価する必要があります。

弁を模擬した模型実験で弁内の圧力を計測しました。その結果、従来の弁の形状ですと局所的に圧力が高くなる部分ができ、しかもこの高圧の部分を良く見ると、弁体の球面上を円を描くように回転していることが解りました。この圧力変動が振動の原因になると考えられます。

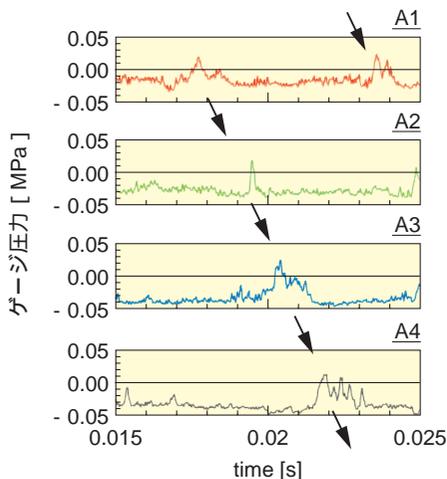
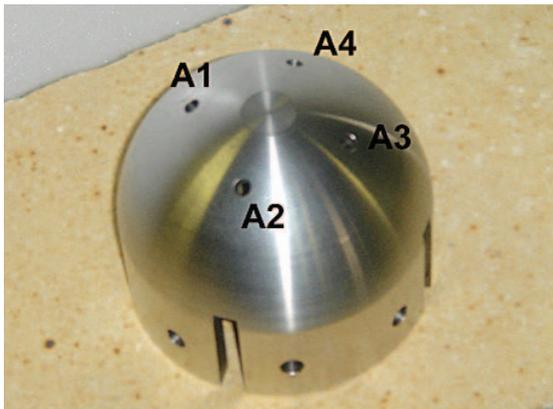


図 従来型弁の実験モデルと中間開度での圧力変動

振動現象を可視化

次に、実験と同じ流れ場をコンピュータの中に再現できるCFD技術*を用いたプログラムを作り、計算結果を可視化しました。

可視化により、弁の開き具合で流れの様子が異なることが分かります。弁が中間の開度では、音速を超えて流れる蒸気の一部が弁の丸みに沿って流入し、反対側からの流れと衝突して、局所的に高圧部分が生じています。さらにこの高圧部分が周方向に回転するため、圧力変動が生じるということが把握できました。

*CFD技術：CFD（数値流体力学）を用いる技術。
水や蒸気・空気などの流れをコンピュータ上に再現する技術

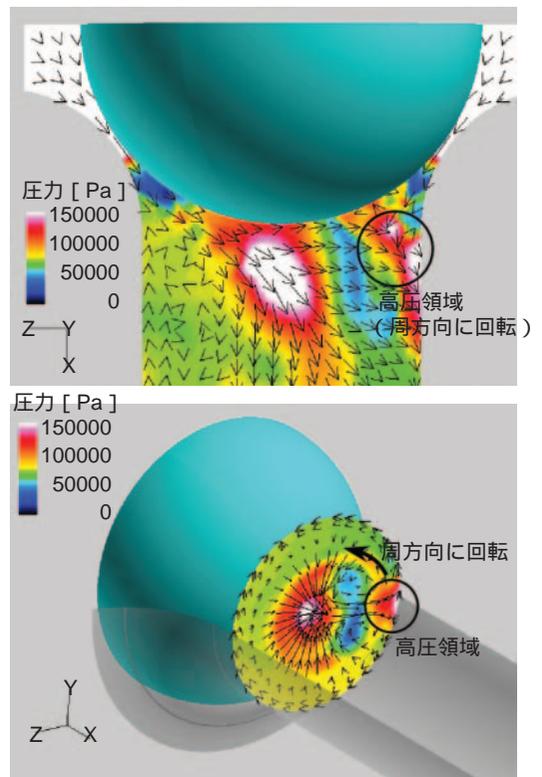


図 従来型弁での流動解析結果

信頼性向上のために

振動をおさえる弁体を開発

高速の流れがお互いに衝突することが原因で振動が発生することが明らかになったことにより、流れが衝突しないように、弁体や弁座の形状を変えた実験やCFDによる解析を行いました。

さまざまな形状の実験を行った結果、弁体の先端に逆の曲率をつけて延長した形状では、弁座の壁に沿って蒸気が流れるようになり、高压部分や衝突が減少し、振動が生じなくなりました。

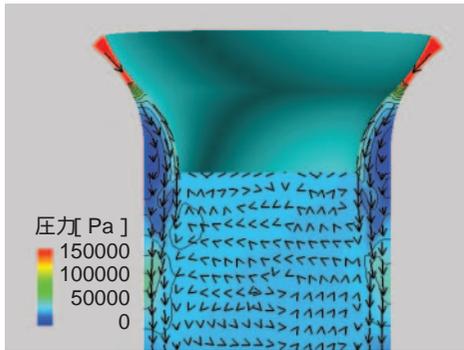
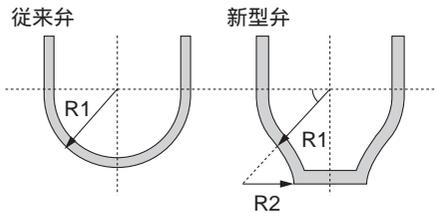


図 新型弁での流動解析結果

さまざまな部位の対策に向けて

弁は故障部位の一つです。当所では、蒸気や水の流れるすべてのところで信頼性向上に役立てたいと考えています。

配管や弁ばかりでなく、原子炉内の燃料集合体の中の流れも同様です。また、スケール（水垢）付着によって起こる現象も対象にした研究を行います。

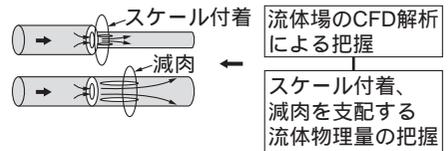


図 配管への付着や減肉

ひとこと



原子力技術研究所
発電基盤技術領域
研究員

森田 良

シミュレーション技術による結果は見た目が派手なため、学会や講演会などの場では重宝されますが、地道な実験データの裏付けが無くては意味をなさないものと考えています。

特に、伝熱流動という分野は、実験とシミュレーションという2つのアプローチにより、お互いを補完しながら研究を進めていくことが非常に大切です。

今回の弁体の開発も、どちらか一方のアプローチだけでは達成し得なかったと考えています。

既刊「電中研ニュース」ご案内

No.409 少子・高齢化社会の経済・電力需要
No.408 西暦2450年までの地球温暖化を予測

No.407 画像による監視・計測ソフトの開発を容易に
No.406 複雑な震源断層の形状を把握する