

復水器洗浄装置ボールカウンタの開発と精度向上

New development of sponge rubber ball counter for a condenser cleaning system

工業用カウンタを応用した光学式ボールカウンタの開発

従来の復水器洗浄装置ボールカウンタは、ボールを1個ずつカウントするため細い配管を複数使用しており、詰まり等によるトラブルが多発していた。そこで、幅広く流れる物体を複数個同時にカウントできる光学式の工業用カウンタを応用し、トラブルの無いボールカウンタを開発したので紹介する。



執筆者
電力技術研究所
機械グループ
石川 明

1 研究の背景

火力発電所の復水器洗浄装置に用いられているボールカウンタは、配管内を通過する洗浄用のボールをLEDセンサによりカウントしている。この装置は、ボールを1個ずつカウントするため、ボール1個のみが通過できる細い配管を用いており、貝等による詰まりが発生しやすい。また、貝の詰まりやセンサ劣化による、エラー発生時（洗浄ボールの過不足による警報発報時）に、現場で装置の分解清掃および、人による数量確認を実施する必要がある。

夏場等の特定時期に故障が集中し、故障時の対応に労力を要していることから、抜本的な装置の改良を検討して欲しいとの要望が、JERA新名古屋火力発電所から研究所に寄せられた。発電所のニーズをまとめると次のとおりであった。

- ①ボールの詰まりが発生しない構造(太い配管)としたい。
- ②センサのトラブルが少ない画像・光学式としたい。
- ③カウントの誤差は5%以下で極力少ない方がよい。
- ④価格は現行カウンタと同程度に抑えたい。
- ⑤できるだけ短期間で実用化したい。

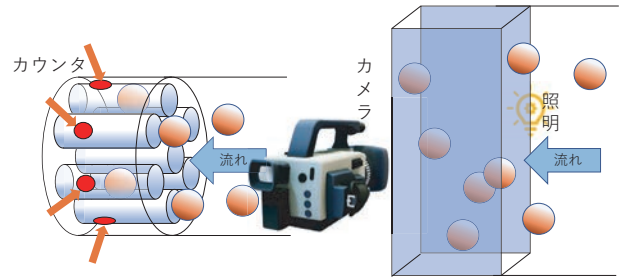
2 基本構想の検討

画像・光学式のカウンタを中心に、有望と考えられるメーカーに聞き取り調査を実施した。その結果、ベルトコンベアを流れる部品を光学的にカウントする工業用カウンタを利用することが、開発期間や価格の面も含め総合的に有望と考えられた。(株)光伸舎の工業用カウンタを適用することとし、関係者で協議の上、基本構想を次のとおりとした。

- ①ボールのカウンタ部は、縦方向（流れと直角方向）に30cm程度必要。
- ②ボールの重なりは誤差要因となるので、流れを拡散させ、ボールを分散させる。

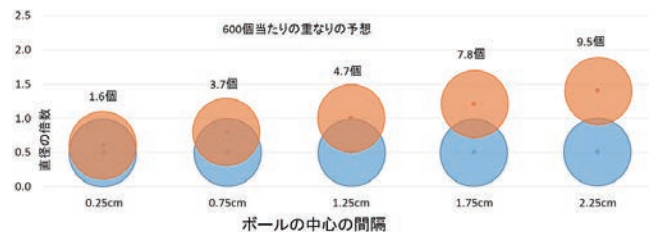
ボール(26mmφ)の詰りが発生しないためには、配管の全ての場所において、ボール2個が並んで通過できる幅が必要となる。①を踏まえカウンタ部の断面を52mm×300mmとした。

画像・光学式カウンタのイメージを第1図に示す。



第1図 従来式(左)と光学式(右)のイメージ

ボールの重なりについては、流速とボールのカウント速度(600個/分)をもとに、300mm幅の範囲を600個ボールが1.5m/sで、ランダムに1分間で通過すると想定した。1万回のモンテカルロシミュレーションを行い、ボールの重なり頻度を予想した。第2図に結果を示す。中心間隔1.25cm(0.5φ)以下はボールを1個とカウントする可能性が高いが、その個数は10個(2%)程度であり、精度上は大きな問題とならないことが予想された。

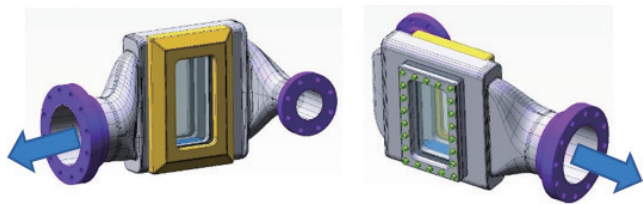


第2図 モンテカルロシミュレーションの結果

配管は100φで、これがカウンタ窓部で52mm×300mmとなることから、流れの断面積が約2倍に拡大する。そのままでは、カウンタ部で流れが広がらないことから、配管の曲がりを利用し、流れを拡散することとした。WindowsPCで利用できる流体シミュレーションソフト(FlowSquere+)を用いて、簡易形状でシミュレーションを行い、流れが全体に拡散することを確認した。

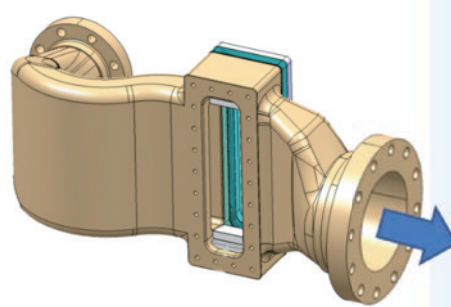
3 試作機の実機適用

配管の製作と、実機適用に関しては、JERA新名古屋火力発電所にて実施した。第3図にその配管形状を示す。



第3図 試作機の配管形状

配管と工業用カウンタを組み合わせた試作機を実機適用した結果、ボールを実用的な精度でカウントでき、従来式のような詰まりの発生は皆無であった。



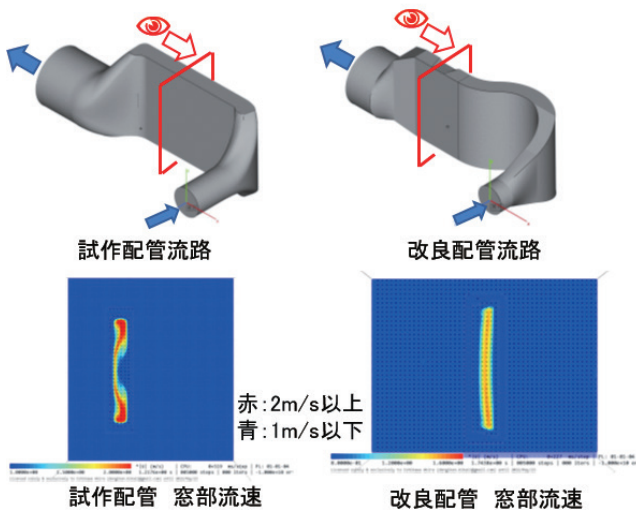
第5図 改良後の配管形状

また、改良配管と工業用カウンタを実機に配置した現場の状況を図6に示す。

4 精度向上をめざした配管形状の改良

試作機は、洗浄用ボール550個に対して最大でも誤差25個(約5%)程度の精度が得られたが、安定的な運用のために、さらなる精度向上を達成する必要がある。データを分析した結果、一部に流速の遅いボールがあり、これを2個と誤認することが誤差の要因となっていることが判明した。これは、配管内の流速が均一でないことが原因と考えられる。

そこで、WindowsPCで利用できる3D-CAD (Fusion360)を使用し、配管内部の流路設計を詳細に行った。流路設計と流体シミュレーション (FlowSquare+使用)の結果を第4図に示す。

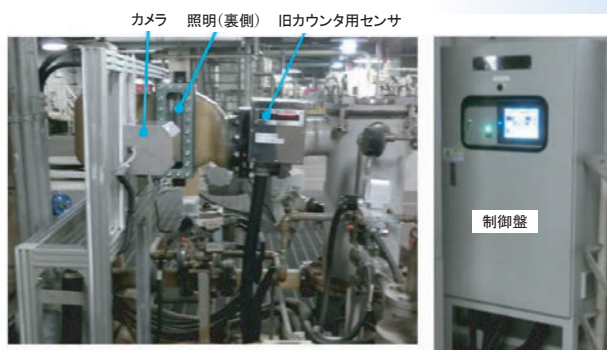


第4図 試作配管(左)と改良配管(右)の内部流路

第4図の窓部断面の流速分布からわかるとおり、試作配管(左)では断面部の流速に大きなムラがあるが、改良配管(右)では、ほぼ均一な流速分布となっている。

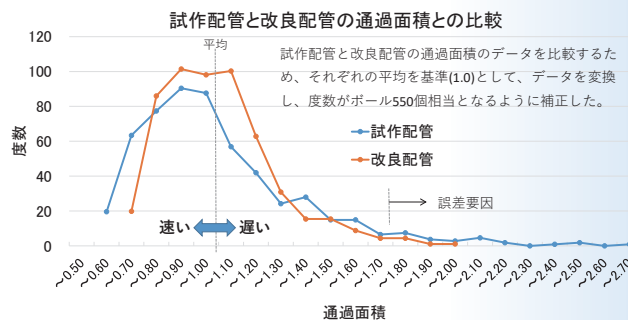
5 改良配管の実機適用

流路設計結果にもとづき、JERA新名古屋火力発電所にて改良配管の製作と、実機適用を実施した。第5図に改良後の配管形状を示す。



第6図 改良配管の現場設置状況

改良配管による試験結果を第7図に示す。これは、ボールを1個ずつカウンタ部に通過させ、その通過面積(流速の逆数に相当)を計測した結果である。この分布から1個と2個を区別する閾値を決めるので、分布の幅が狭いほど精度が向上する。改良配管(オレンジ)は、試作配管(水色)と比べて通過面積の分布の幅が狭く、精度が向上していることがわかる。



第7図 試作配管と改良配管の性能比較

改良配管の実機適用結果は、誤差10個(2%)以下となり、良好な精度が確認できた。

6 成果の活用と展開

開発したボールカウンタは、発電所で2022年4月から運用されている。JERAでは、長期運用に伴う窓への藻類付着等の課題に取り組むとともに、2023年度中に新名古屋火力発電所の7号機全軸に適用する計画である。さらに、他発電所への適用も検討している。