

農業用水用回転スクレーパ付ストレーナの開発

Development of Agricultural Water Strainer with Rotating Scraper

橋野慶介* 桑原 隆* 畠 明宏* 有村花澄*

Keisuke Hashino Takashi Kuwahara Akihiro Hata Kasumi Arimura

ストレーナは、流体中の異物を除去し、下流側の減圧弁やスプリンクラといった配管機器の動作不良を防止する目的で設置される。捕捉した異物がストレーナ内に堆積すると、流れを阻害するため定期的に排出する必要がある。標準的なストレーナは、断水の上、分解し異物排出と清掃をおこなうが、時間と手間を要することが課題であった。

このため、通水状態において異物排出が可能なストレーナが開発、製品化されているが、多種多様な異物を含む農業用水に対して十分な排出性能を有する製品が無いのが現状である。

そこで今回、通水状態にてさまざまな異物の排出に対応可能なストレーナを考案し、要素試験と性能試験を経てフィールド試験を実施するに至ったため報告する。

A strainer is used to remove foreign matter in pipes so as to prevent malfunctions in components attached to the pipes such as pressure-reducing valves and sprinklers. Captured foreign matter must be removed from inside the strainer regularly, as it will block the flow of water when foreign matter has accumulated inside the strainer. In general, such foreign matter is removed by first stopping the supply of water and then disassembling the strainer, and it takes a great deal of time and effort, which used to be a problem.

Actually, there is no strainer with satisfactory performance in removing foreign matter for agricultural water, which contains various kinds of foreign matter, although strainers from which foreign matter can be removed even while water is flowing through have been developed and commercialized to solve the problem.

We have invented a new strainer from which various kinds of foreign matter can be removed without stopping the supply of water and successfully conducted field tests after going through component/performance tests. This paper reports on this new strainer.

1 はじめに

農業用水は、貝類、魚、枝葉、藻といった異物を含んでおり、スクリーン目詰まりの原因となる。当社製品には、図1に示すスクリーンの逆洗機能を有するストレーナがあり、ラボ試験にて通水状態における一定の目詰まり除去性能を確認していた。しかし、実際の納入現場ではスクリーンに張り付いた異物を、逆洗機能では完全に

除去することができなかった。また使用条件によっては、異物の量が多く、短時間で多量の異物が堆積しドレン管を閉塞させ、標準的なストレーナ同様、断水の上、分解清掃にて対応する必要がある。

これらの課題を解決するために、次の3点を新構造ストレーナの開発コンセプトとした。

- ①通水状態のまま異物の排出がおこなえる。
- ②機械的に異物をスクリーンから剥ぎ取る機構を持つ。

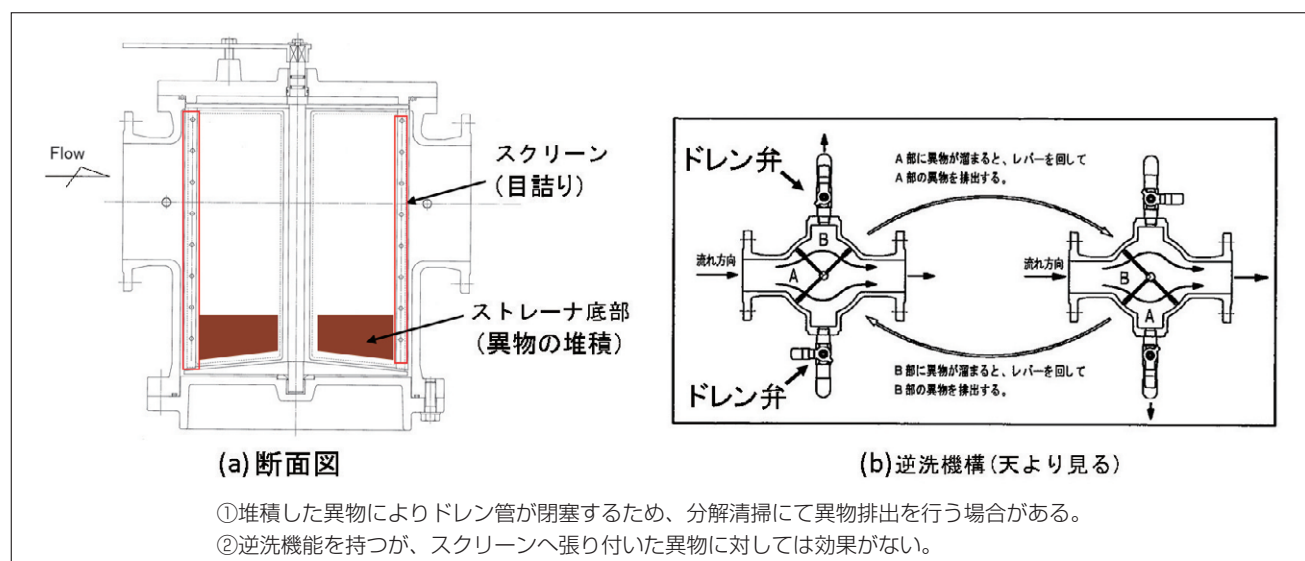


図1 既存の当社ストレーナ構造図(RA-87逆洗型)

③要素試験とフィールド試験の結果を製品へ反映し、実際の環境下においても排出性能を保持する。

2 新構造のストレーナの構造概要

先述の開発コンセプトに従い考案した新構造のストレーナは、これまでの「スクリーンの目詰まり」と「異物の堆積」という二つの課題を解決する機構を持っている。図2に新構造ストレーナ試作機の構造を示し、以降に異物排出機構について説明する。

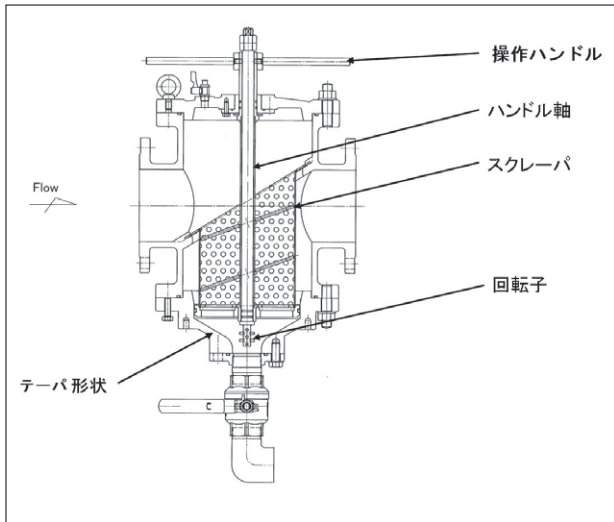


図2 スクレーパ付きストレーナ構造図

2.1 スクレーパによるスクリーン目詰まり除去

スクリーン目詰まりの除去をおこなうスクレーパの機構を図3に示す。これまで貝類などのスクリーンへの張付きは、逆洗機能だけで完全に取去ることが困難であった。新構造のストレーナは、スクレーパによって剥ぎ落とすことが可能である。

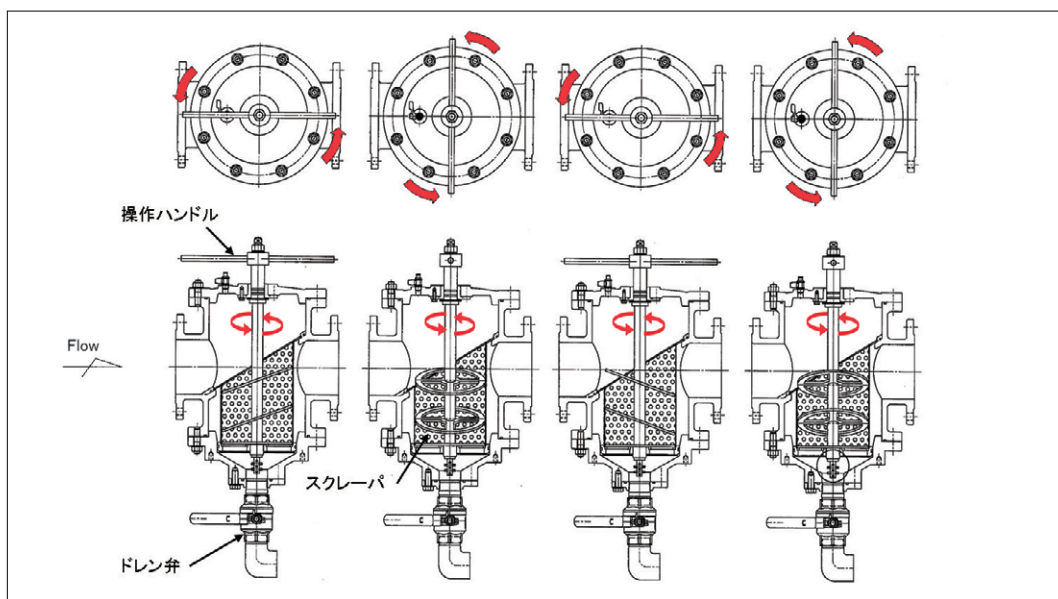


図3 スクレーパによる異物除去機構

スクレーパは楕円鋼板をハンドル軸に対して傾けて取付けたものであり、ストレーナ上部にあるハンドルの操作により回転する。このときハンドル軸に対して傾きを持つスクレーパのエッジ部分が、回転に合わせてスクリーン内面をなぞり、張り付いた異物を剥ぎ落とせるようにした。

2.2 回転子による堆積した異物の排出

ストレーナ内に堆積した異物の排出を促す回転子の機構を図4に示す。異物の堆積量が多い場合、異物同士が互いに噛み合い、ドレン管からの排出作業は、困難となる。図1のRA-87逆洗型ではドレン管を側面に取付けていたが、新構造のストレーナは、底面へ取付けている。加えて回転子を設け、排出を促す構造とした。

回転子は、ストレーナ下部のドレン管の入口部分に位置している。ドレン排出作業時は、回転子を回転させることによって互いに噛み合った異物に動きを与え、ドレン管への水路をつくる。これによって発生する水流で異物を流し排出できるようにした。

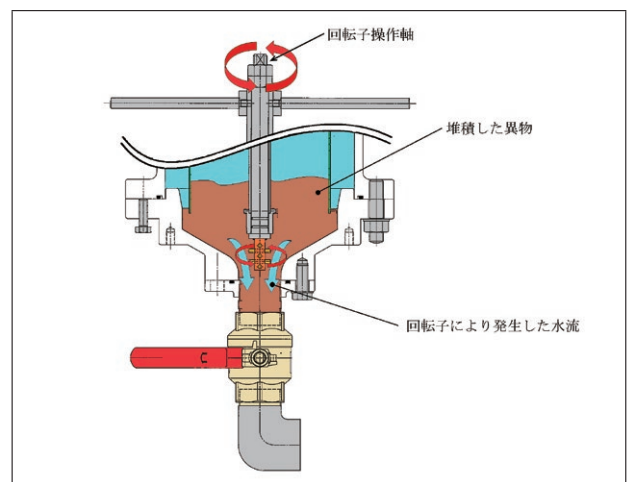


図4 回転子による異物排出機構

3 要素試験

図2の試作機の開発にあたり、回転子による異物排出機構を考案した際、ドレン管をストレーナ側面から底面へ移動させ、ボトム部をテーパ形状とすることで、より異物排出を促す構造とした。しかし、排出性能のコアとなるボトム部のテーパ角と回転子の形状については、流体が水と異物の混相流であるためCFD（Computational Fluid Dynamics）解析を用いても決定することが困難である。そこで、図5に示す試験体を製作し、当社実験室にてボトム部のテーパ角と回転子の形状についてそれぞれ要素試験をおこない決定することとした。

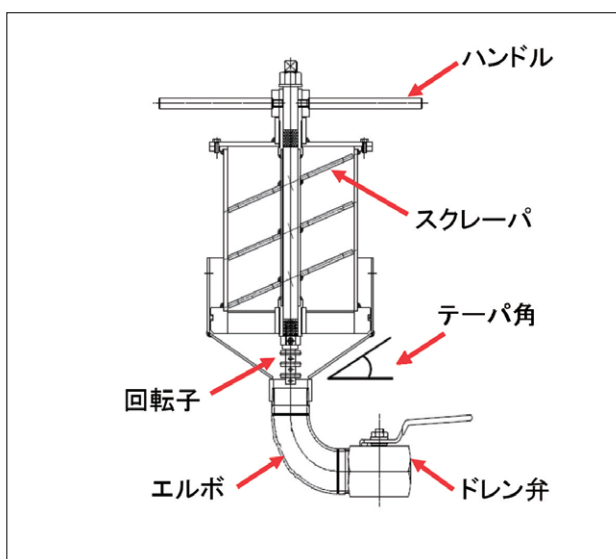


図5 試験体構造図

3.1 ボトム部テーパ角の要素試験

ボトム部のテーパ角が大きいほど、異物排出性能が向上すると推測されるが、一方で管心から下端が長くなり据付場所の制約が多くなる。そのため、異物排出が可能となる最も緩やかなテーパ角を見つけ出すため、砂を用いた要素試験をおこなった。

3.1.1 試験方法

ボトム部のテーパ角を20°、30°とした試験体を製作し下記の方法にて要素試験をおこなった。

- ①試験体へ水を注いだ後、砂を入れる。
- ②スクレーパを回転させ攪拌した後、40分ほど放置し砂を沈殿させる。
- ③ドレン弁を開き、スクレーパと回転子を回転させ排出状況を確認する。

3.1.2 試験結果

試験の結果、テーパ角が20°の場合、ボトム部に砂の残留を確認したが、テーパ角が30°の場合では、ボトム部に砂が残留していなかった。テーパ角が30°の試験体は、20°の試験体と比較して、管心から下端の外形寸法

が大きくなるが、現状の問題である「異物の堆積」の解決を最優先とし、試作機ボトム部のテーパ角を30°とした。

3.2 回転子形状の要素試験

試験方法は、先述の3.1.1と同様とし、テーパ角30°の試験体を使用する。図6に試験に使用した回転子形状と排出状況を示す。試験の結果、排出を促した回転子の形状は、突起形状だけであった。突起形状の場合の排出状況は、回転子を操作しない状態にてドレン弁を開いても、少量の水しか排出されず、ドレン管が閉塞していることを確認した。その後、ハンドルを操作し回転子を回転させたところ、徐々に水量が増加していき、ある時点で一挙に排出された。

マイナス(-)、プラス(+)形状の回転子は、形状が単純であるためコスト面で優れているが、回転子の回転によって異物が径方向に押し出され、持続的に攪拌することに適していない形状であったため、排出を促すことができなかったと考える。一方、突起形状の回転子は、互い違いに取り付けられた突起が、堆積した異物をさまざまな方向に移動させつづけ、持続的に攪拌することに適した形状であったと考える。

本試験によって回転子によりストレーナ内に堆積した異物を排出できる性能を確認した。回転子の形状についても、異物排出性能を優先し、試作機の回転子形状を突起形状とした。

| 回転子先端形状 | 突起形状 | マイナス(-)形状 | プラス(+)形状 |
|---------|------|-----------|----------|
| 概略図 | | | |
| コスト | △ | ○ | ○ |
| 排出状況 | ○ | × | × |

図6 回転子の先端金具についての形状比較

4 試作機の性能試験

先述の各種要素試験から仕様を決定し、開発した図2の試作機の性能を確認するため、当社水理実験室にて実流試験をおこない、損失係数の算出と排出状況を確認した。

4.1 損失係数の確認試験

既設のストレーナを新構造のストレーナへと取替えをおこなう際、新構造のストレーナの損失係数が既設品に対し大きい場合、現地のパイプラインの再設計が必要となる可能性がある。そのため当社水理実験室にて実流試験をおこない、損失係数を算出した。

損失係数は、下式にて算出される値で、この値が大きいほど、損失が大きくなる。

$$\kappa = \frac{2 \cdot g \cdot \Delta H}{v^2}$$

| | |
|--------------------|------------------------------|
| κ : 損失係数 | v : 管内平均流速 m/s |
| ΔH : 水頭差 m | g : 重力加速度 m/s ² |

4.1.1 試験方法

ストレーナ試作機に管内流速 0.5 m/s から 6.0 m/s の間で実流試験をおこなった。一次側圧力、二次側圧力および管内平均流速を測定し損失係数を算出した。

図7に当社水理実験室での試験状況を示す。

4.1.2 試験結果

試作機の損失係数と RA-87 逆洗型のカタログ値を図8に示す。新構造のストレーナの損失係数は、いずれの流速においても RA-87 逆洗型のカタログ値である K=4.5 よりも低損失であることを確認した。これにより、流量

不足によって現地の配管設計を見直すことなく、新構造のストレーナをお客様に提案できるようになった。

4.2 排出性能試験

当社水理実験室にて実流環境下における新構造のストレーナの排出性能確認試験をおこなった。

4.2.1 試験方法

- ①図9に示すように試作機を配管し、充水を完了した試作機内部へ模擬異物（砂、ビニルひも、テープ片）を投入する。
- ②通水開始後、目的の水理条件に調整の上、ドレン弁を全開とし排出作業をおこなう。なお本試験の水理条件は、図10に示す条件にて実施する。
- ③排出作業開始後、ハンドルを操作しスクレーパと回転子を動作させる。ハンドルの操作力の変化がなくなった時点を排出完了とみなし、実験を終了し、試作機内部の異物の残留状況を確認する。



図7 損失係数の確認試験状況

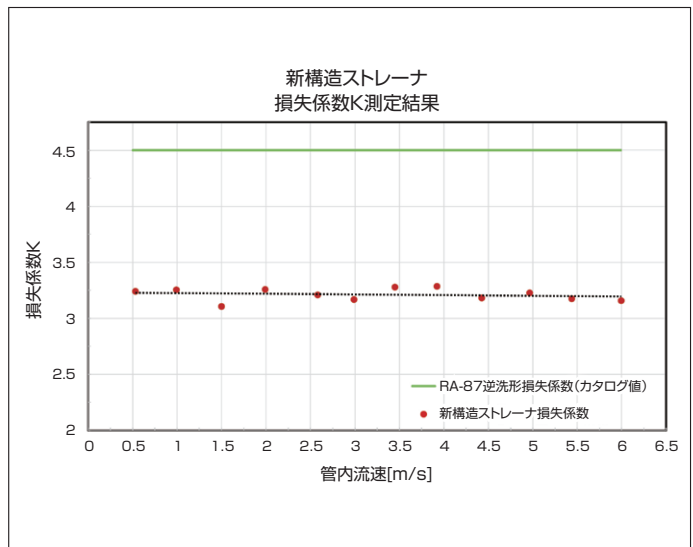


図8 損失係数の算出結果

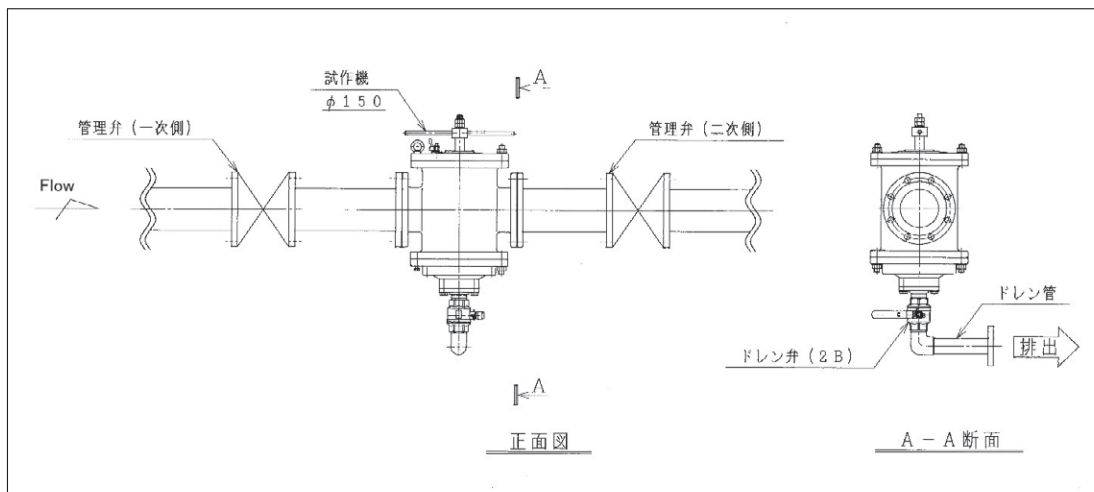


図9 配管レイアウト

4.2.2 試験結果

実流試験の結果を図10に示す。条件No.1（1次側圧力 $p_1=0.07$ MPa）では、スクリーン内面に多くの砂が付着していたことに加え、ビニルひもがスクリーンとスクレーパの隙間に入り込んでいた。一方、条件No.2（ $p_1=0.2$ MPa）以上の一次側圧力の条件では、スクリーン内面への砂の付着は無かった。しかし、条件No.3（ $p_1=0.3$ MPa）においてテープ片の残留が確認された。ストレーナ底部に堆積する異物に対して有効性を示した回転子であったが、テープ片のような比重の小さい異物は、排出作業時ストレーナ内を浮遊していたために、完全に排出することができなかったと考える。

新構造のスクレーパと回転子の操作状況は、排出作業開始直後、スクレーパとスクリーンの隙間の砂利によりハンドル操作に負荷と異音を発生させていたが、排出開始5分程度で負荷、異音ともに小さくなっていった。試験終了後、試作機の分解点検をおこなったが、各部品にキズや摩耗といった異常はなかった。

本試験により異物排出の際、条件No.1のように低い水圧である場合は、スクリーン内面の砂を完全に排出できないという課題を確認した。またストレーナ内に残留したビニルひものような長物や比重の小さい異物が及ぼすストレーナ性能への影響についても明らかにする必要があると判った。そのため、フィールド試験にて重点的に確認することとした。

5 フィールド試験

農業用水のように多種多様な異物を含む流体は、試験設備では再現不可能であるため、試作機を2017年5月よ

り農業用水の減圧弁室にてフィールド試験を実施している。

試験対象地域では、ストレーナの異物排出を目的とした分解清掃を1年に1回程度実施しており、既存のRA-87逆洗型の場合の分解清掃は、1台当たり4人で作業しておおよそ4時間を必要としている。

フィールド試験では、実際の使用環境における異物の種類、排出性能、残留異物、各種部材の強度確認およびお客様の意見を伺うことを目的としている。特に4.2で課題として残っている、長物および低比重異物のストレーナ性能への影響と、試験設備では確認できなかったスクリーンへの生物の張り付きに対する、スクレーパによる異物除去性能について重点を置くこととした。試験期間は1年を予定している。

試作機の排出作業の時期は、試験対象地域にて使用されている他のストレーナと合わせることにした。2017年8月の時点では、試作機に異物を堆積させている段階のため、排出作業はおこなっていないが、不具合なくストレーナとして機能していることを確認している。

6 まとめ

現在開発している新構造のストレーナは、異物の堆積によって閉塞した場合でも、回転子により異物排出を促すことを確認した。スクリーンへの生物の張り付きに対する、スクレーパによる異物除去性能はフィールド試験にて確認する。

今後、フィールド試験から得たデータを試作機にフィードバックし、ストレーナの排出作業に要する人員、時間の削減によってお客様が満足できるよう、製品化を進めていく。




| 条件 | No.1 | No.2 | No.3 |
|-------------------|---|--|---|
| 流速[m/s] | 2.0 | | |
| 一次側圧力 p_1 [MPa] | 0.07 | 0.2 | 0.3 |
| 試作機 内部状況 |  |  |  |
| 異物排出状況 | ・スクリーン内面に砂の付着が残る。 ・ビニルひもがスクリーンとスクレーパの隙間に入り込んでいる。 | ・スクリーン内面に砂の付着は見られない。 | ・スクリーン内面に砂の付着は見られない。 ・テープ片が残留していた。 |

図10 試験条件および排出状況

執筆者：

橋野慶介

2015年入社

バルブ設計に従事



桑原 隆

1989年入社

バルブ設計に従事



畠 明宏

2017年入社

バルブ設計に従事



有村花澄

2017年入社

バルブ設計に従事

