

■ポンプの機能診断と評価 ～キャビテーション対策～

東北農政局北奥羽土地改良調査管理事務所 佐々木 久 様より

ポンプを運転すると、図1に示すように、ケーシング内で羽根車（インペラ）が回転し、ケーシング内の水は遠心力によって高圧になり、圧力の小さい出口に向かって流出します。一方、ケーシングの中心部は遠心力が作用しないので吐き出された水に引っ張られて低圧になり、入口から水が引っ張られるように流入してきます。そのため入口付近では、水が引っ張られることによって極度の圧力低下が起こり、それが真空状態に近くなると水の蒸気が発生したり、水に溶け込んでいる空気が分離発生したりします。この現象がキャビテーションです。さらに、ケーシング内では羽根車の進行方向では圧力が上昇しますが、羽根車の裏側では局所的にかなりの低圧力になり、この部分もキャビテーションの発生場所になるなど、ケーシング内の流れは複雑であり、まだまだ解明されていない事象が残っています。

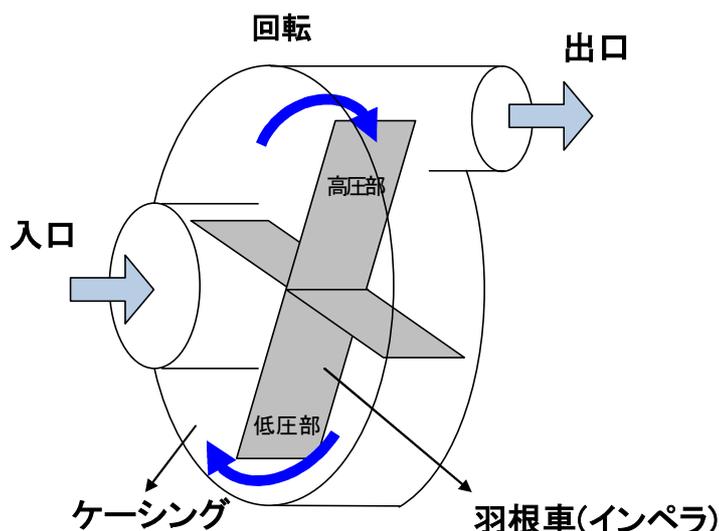


図1 渦巻きポンプ内の模式図

ケーシング内で発生した気泡は、水流で羽根の外周の高圧帯に達すると、圧力で潰れて消滅します。気泡がたくさん発生すると、ポンプの空回り状態に近くなり、ポンプ効率が低下すると共に、気泡が崩壊する際に、瞬間的に非常に高い圧力が発生し、これが羽根車等の表面にへこみや傷をつけ、長期間繰り返されると表面がぼろぼろになったり、穴が開いたりします。また、気泡の破裂騒音と共に振動も発生します。

私たちは、以下のような手順でポンプの機能診断を行いました。

表 1 機能診断の手順

機能診断の手順	補足説明
<p>(1) 一次機能診断</p> <p>ポンプを運転管理する土地改良区の職員が、写真 2 に示すポンプの性能を人間の五感で判断</p>	<p>運転管理者は日常の運転管理の中で振動・音について注意しており、時々異常音が発生していた。</p>
<p>(2) 二次機能診断</p> <p>①ポンプの性能を確認するため、吐き出し側のバルブを一時的に閉塞し、最大圧力を測定する。圧力低下量は、1号ポンプで5%、2号ポンプで2%程度で、性能低下を起こしているとは言えなかった。</p> <p>②また、バルブの開度の調整によって流量調整する運転方法は行われていないことを確認した。</p> <p>③ケーシング（羽根車（インペラ）を覆い流路を形成する胴殻の総称）を分解し（写真 3）、羽根車の状態を目視すると、羽根車は写真 4 のように、羽根車前縁の前面側にキャビテーション損傷を受けており、特に損傷の大きな部分において小さな穴を発見した。</p> <p>④その他の部分には、摩耗、腐食を主因とする劣化は特に認められなかった。</p>	<p>①ポンプの圧力が上がらないと、ポンプの吐き出し流量が不足する。ポンプの性能が低下（老朽化）していないかを診断する。</p> <p>②配水槽内の水位を検知し、バルブ開度調節によって、流量調整を行っているか、単純な ON/OFF しか行っていないかを確認。キャビテーションは吸い込み側の流量絞り運転や過大流量でも発生する。</p> <p>③キャビテーション損傷の発生位置は、羽根負圧面、羽根圧力面、羽根先端等多様であり、その原因と対策を検討する重要な情報を与える。</p>

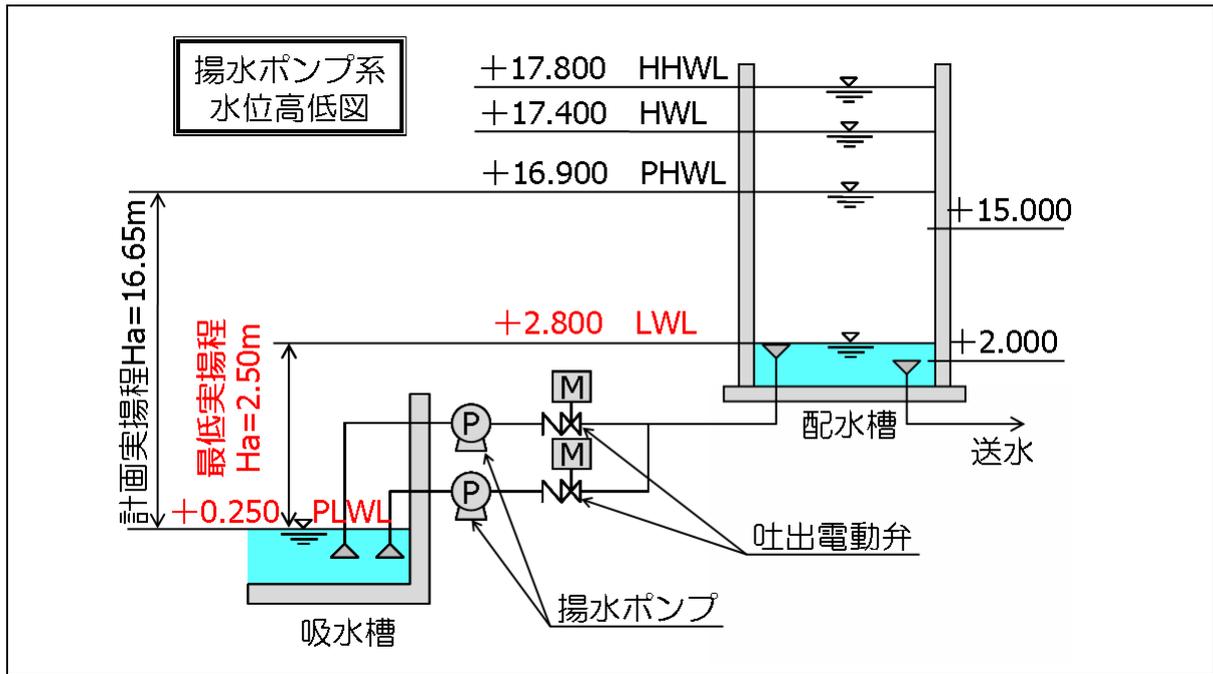


図2 揚水ポンプと配水槽の位置関係



写真1 ポンプ場の全景



写真2 揚水ポンプ全景



写真3 ケーシング内部



写真4 羽根車の孔食

以上のような調査結果を踏まえ、キャビテーション発生の原因を突き止め、再びキャビテーション損傷が発生しないような対策を検討することにしました。

農業用ポンプでキャビテーションが発生する要因と対策は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説「設計 ポンプ場 (p.197)」によると、表2のように整理されます。本施設（高揚程ポンプ）の場合、配水槽内の水位は、配水槽からの流出量とポンプからの揚水量のアンバランスによって変動しており、施設管理者は配水槽の水位が15.0m程度に維持されるように運転管理を行っていますが、図2に示すように、用水需要量がポンプ吐出量を超えた場合に、一時的に極度に水位低下状態が発生している可能性が示唆されました。すなわち、キャビテーションの要因としては項目表2の(3)が有力と判定しました。

また、試算の結果、設計揚水量に対し、吐き出し水量が130%に達したときにキャビテーションが発生していると推定しました。

表2 対策の検討

キャビテーション発生要因	対策と考え方
(1) ポンプの据え付け位置が高すぎる。	(対策) ポンプの据え付け位置を下げ、吸い込み実揚程を小さくする。 (考え方) ポンプが水を吸い上げる負担を小さくし、吸い込み圧力(入口圧力)が低下し過ぎないようにする。
(2) ポンプの回転速度が速すぎる。	(対策) 回転数を下げる。 (考え方) 回転数が増してケーシング内の遠心力が増加し高圧になると、その反面、吸い込み圧力(入口圧力)が極度に低下する。
(3) ポンプの設計点における揚水能力に対して、揚水量が過大流量で運転される。	(対策) 出口の流量を絞る。 (考え方) 過大な吐き出し流量に引っ張られて、過大な吸い込みが発生し、流入圧力が不足する。
(4) 吸い込み管の損失水頭が大き過ぎる。	(対策) 吸い込み側の配管が長い場合には太くする。吸い込み側で水量を絞ることは避ける。ゴミ詰まりなどが発生しないように点検する。 (考え方) 流入圧力が不足しないようにする。

■ポンプ施設機能診断調査を通じたの所見

今回の調査を通じて、一時的な用水需要の集中による配水槽内の水位の急激な低下がポンプキャビテーション発生の一の要因になっていることを突き止め、施設管理者には配水槽の水位が一定になるよう監視しつつ、配水槽内の水位が低下した場合には、ポンプ揚水量が過大流量とならないようにポンプの回転数(回転速度)を制御(下げる)するようお願いしました。

前記したように、運転管理者は日常の運転管理の中で時々異常音が発生していることに気がついていました。このような一次機能診断に必要な現場の情報を、調査管理事務所としてもいち早

く把握し、必要な処置を早期に実行していくことがストックマネジメントの基本であると考えます。また、経験知を基盤とする人の五感の長所を再認識するとともに、経験が浅くても簡易にしかも的確に機能診断ができるような、例えば、人の優れた五感情報を科学的なデータに変換する技術の開発と普及の必要性を実感しました。