

# 真空式污水収集システムの高機能化とその効果

鈴木 旭\* 池田 圭介\*

## Functional Improvement of Vacuum Sewerage Systems and its Effect

by Akira SUZUKI, & Keisuke IKEDA

Since the first system was introduced in Japan in 1990, vacuum sewerage systems have been operating in many regions of Japan. The earliest facilities using the systems are as old as twenty-four years, and many of them will require renewal in the coming years. Thus, the concept of stock management has been proposed to respond to demands to extend the service life of the facilities through timely and appropriate repair and renewal. EBARA realized the functional improvement of the components of the systems, namely (1) valve pit, (2) vacuum pump, and (3) vacuum valve failure monitor at the time of renewal. Even in old systems that require renewal, these improved components allow the achievement of higher performance while ensuring the systems' compatibility, thereby offering stable operation equivalent to that in the latest systems.

**Keywords:** Vacuum sewerage system, Renewal, Stock management, Functional improvement, Valve pit, Vacuum pump, Vacuum valve failure monitor

### 1. はじめに

真空式下水道システムは1990年に国内で初めて採用されて以来、公共下水道事業や農業集落排水事業など全国で採用され、多くの地区で稼働中である。当社独自集計によるエバラ真空式下水道システム（以下、本システム）の年度別全国採用件数は図1のようになる。

本システムの多くの施設が更新時期を迎えることから、適時・適切な修繕と更新によって、施設の長寿命化を進めていくことが求められ<sup>1)</sup>、ストックマネジメント手法が導入されてきている。ストックマネジメントとは「施設又は設備の機能診断に基づく機能保全対策の実施を通じて既存施設の有効利用や長寿命化を図り、ライフサイクルコストを低減するための技術体系及び管理手法の総称」である<sup>2)</sup>。

### 2. 真空式下水道システムについて<sup>1)</sup>

真空式下水道システムは図2に示すように「真空弁ユ

\* 風水力機械カンパニー 国内事業統括 社会システム技術統括部 複合プロジェクト室

本原稿は「産業機械」2012年8月号、2013年8月号に掲載した内容を一部加筆・修正して転載した。

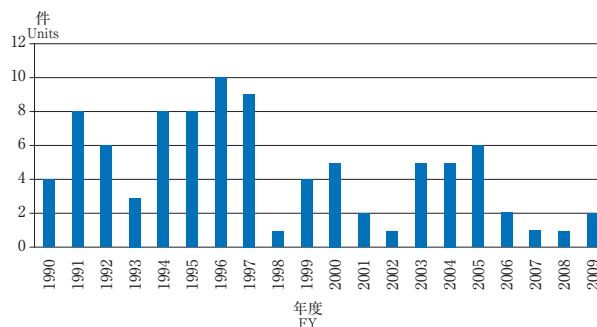


図1 真空式下水道システムの年度別採用件数

Fig. 1 The number of Ebara vacuum sewerage system installations

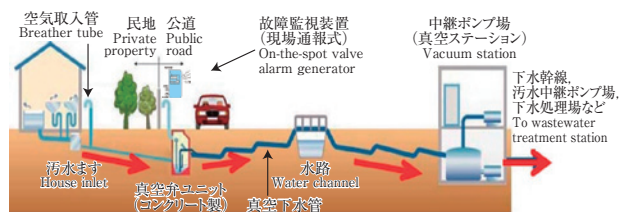


図2 真空式下水道システムの構成

Fig. 2 General features of vacuum sewerage system

ユニット]、「真空下水管」、「中継ポンプ場（真空ステーション）」の三つの主要設備から構成されており、一般に各設備の更新時期の目安は表1のとおりである。1990年に建設された最も古い施設は既に24年を経過しており、真空下水管路や中継ポンプ場の建屋など土木系の設備についてははまだ更新時期を迎えていないものの、機械・電気設備については更新の時期を迎えた地区が増えてきている。

### 3. 真空式下水道システムの高機能化とその効果

当社は更新時期を迎える本システムの構成機器について、多くの改善提案を行ってきた。ここでは、その採用事例の中から代表例として、以下の機器に関する高機能化とその効果を紹介する。

#### 3-1 真空弁ユニット

##### (1) 真空弁ユニットの概要

真空弁ユニット設備は、各家庭の宅地内污水排水設備から流入する污水や、自然流下管などから流入する污水を一時貯留し、真空弁の作動によって真空下水管に送り込む働きをする。真空弁ユニットには真空弁、コントローラ、附属品（吸込管、水位検知センサ管、仕切弁など）が設置されている。

真空弁はシステムにおいて最も重要な機器の一つであり、大気側と真空側の境界に設置される弁である。真空弁は水位検知センサ管内の圧力上昇でユニット内の水位上昇を検知し、コントローラの作動によって大気と真空の差圧を利用して開閉する。真空弁が開くと、污水だまりにたまった污水は一定量の空気と一緒に真空下水管に吸引される。

##### (2) 従来設備の問題点と対応策<sup>4)</sup>

2004年以前の旧型真空弁・旧型コントローラは、米国

で開発された製品であり、次の初期トラブルが問題となっていた。

- ・米国と日本の食文化の違いに起因する異物（割り箸や貝殻等）が弁体とボディの隙間に噛み込む。
- ・汚水量が想定以上に多い場合、污水吸引中に弁が閉まり通過する異物を挟み込む。
- ・ブリーザ管（旧型コントローラの作動に必要な外気をコントローラへ供給する管）やコントローラ内部の細かいチューブに結露水や虫等が侵入して詰まる（結果として、コントローラが正常作動せず、真空弁が誤作動する）。
- ・センサ管ヘスカムが付着する（結果として、水位検知不能となる）。

その後、これらの問題を解決するため、当社では信頼性の向上に努め、2004年に作動原理を見直した新型真空弁・新型コントローラを開発した（写真1）。

新型真空弁・新型コントローラの特長は以下のとおりである。

##### (a) 真空弁の無閉塞化

真空弁の胴体に膨らみをもたせ、異物の噛み込みを解決した。また、 $-20\text{ kPa}$ の低真空度でも安定した作動となる構造とした。

##### (b) 吸引方式の変更

作動原理を見直し、汚水量が想定以上に流入しても最後まで污水を吸い切り、最後に必ず空気を吸引して弁が閉まる構造とし、異物の挟み込みを解決した。また、汚

表1 各設備の更新時期の目安<sup>3)</sup>

Table 1 Reference renewal timing of equipment

設備の名称 Equipment	更新時期 Renewal timing 年数 Years
真空弁ユニット Valve pit ・真空弁, コントローラ Vacuum valve, Controller	36
真空下水管 Vacuum main ・管路 Pipe	50
中継ポンプ場（真空ステーション） Vacuum station ・真空ポンプ Vacuum pump	15
・圧送ポンプ Sewage pump	15
・集水タンク Collection tank	30
・動力制御盤 Power control panel	30
・計装 Instrumentation	10
・真空弁ユニット故障監視装置（現場通報式） Valve pit On-the-spot valve alarm generator	6

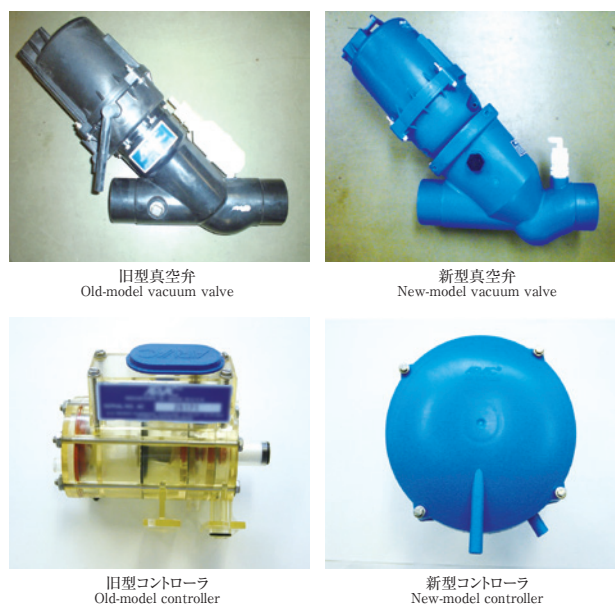


写真1 真空弁及びコントローラの新旧  
Photo 1 Vacuum valve and controller

14-05 01/243

水を吸引しきってから弁が閉まるためユニット内にスカムが残らず、部品への付着が激減した。

(c) コントローラの構造変更

コントローラの外気取入口の構造を変更し、ブリーザ管を通して外気を取り込む必要をなくした。さらに内部チューブがないシンプルなコントローラとし、結露水や虫等に起因したコントローラのトラブルを解決した。

(d) オーバーホール周期の延長

新型真空弁と新型コントローラは交換部品の材料、形状を大幅に見直し、オーバーホール周期を6年から12年に延長した。これによって、維持費低減が可能となった。

(3) 既設真空弁ユニットの高機能化とその効果<sup>4)</sup>

前項で述べた開発によって、新規事業における真空弁ユニットについては大幅に信頼性が向上した。しかし、既に設置済みである2004年以前の旧型真空弁・旧型コントローラについては、更新事業の中で信頼性の向上した新型に置き換えたいというニーズがあった。

そこで、2004年以前に設置した真空弁ユニットの更新提案において、既設汚水ますを再使用し、一部の内装部品を改造することによって、新型真空弁・新型コントローラを組み込む更新方法を確立した(図3, 写真2)。

図4は納入から約19年を経過した代表的な農業集落排水処理区において、年間の真空弁の故障に起因する警報

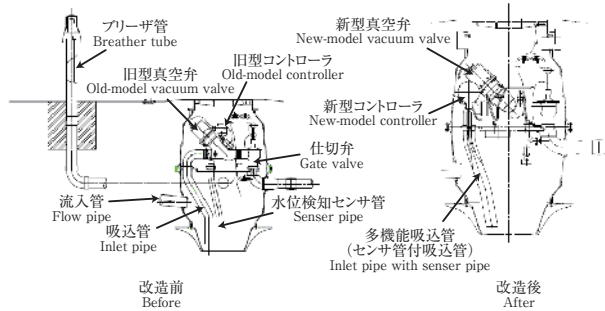


図3 既設真空弁ユニットの改造  
Fig. 3 Remodeling of the existing valve pit

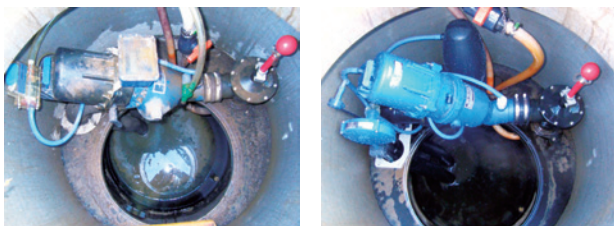


写真2 真空弁ユニットの改造状況  
Photo 2 Remodeling of the existing valve pit

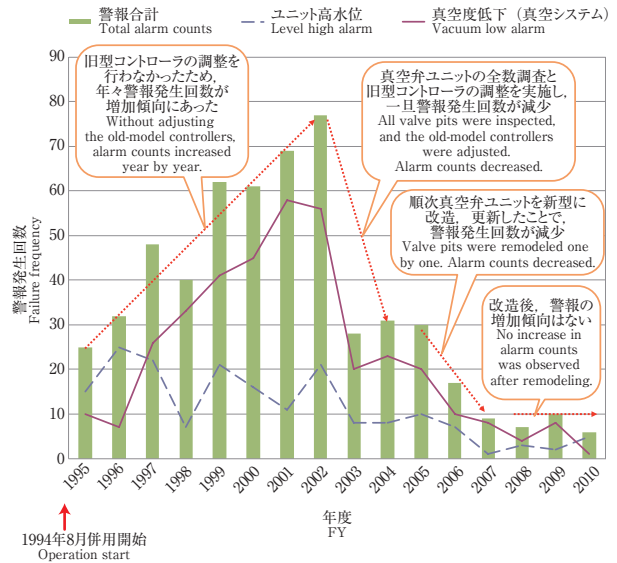


図4 真空弁警報回数/年の推移からみた真空弁ユニット改造の効果  
Fig. 4 Reduction of failure frequency by remodeling of the existing valve pit

発生回数(高水位及び真空度低下警報)の推移をまとめたものである。この地区では供用開始後、旧型コントローラの調整を行わなかったため、年々警報発生回数が増加傾向にあった。そこで、2003～2004年に真空弁ユニットの全数調査と旧型コントローラの調整を実施したところ、一旦警報発生回数は激減した。2005～2007年にかけて順次真空弁ユニットを新型に更新(改造)したことで、警報発生回数は更に減少し、その後増加する傾向も見られない。

本更新方法は、農業集落排水施設の機能強化事業で7地区において採用され、1000箇所以上の真空弁ユニットにおいて高機能化を実現している。

3-2 真空ポンプ

(1) 真空ポンプの概要

真空ポンプは、汚水を一時貯留する集水タンクとそれにつながる真空下水管路を負圧にする真空発生装置として中継ポンプ場(真空ステーション)に設置される(図5)。

本システムに使用される真空ポンプにはいくつかの型式があるが、ここでは水封式真空ポンプ(図6)の高機能化について紹介する。

(2) 従来設備の問題点

水封式真空ポンプは、次のような特長をもつことから多くの中継ポンプ場において採用されてきた<sup>3)</sup>。

- (a) 油を使わず、維持管理が簡単である。
- (b) 構造が簡単で耐久性に優れている。
- (c) 水分が混入しても、問題にならない。

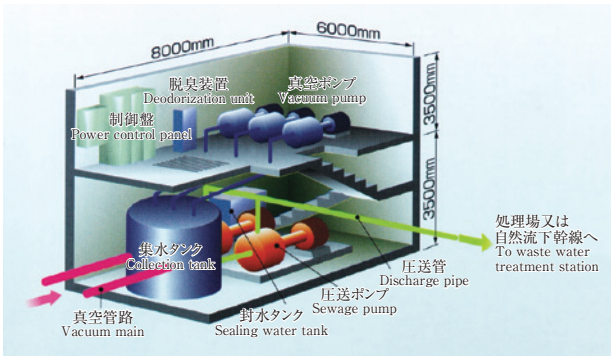


図5 中継ポンプ場（真空ステーション）  
Fig. 5 Vacuum station

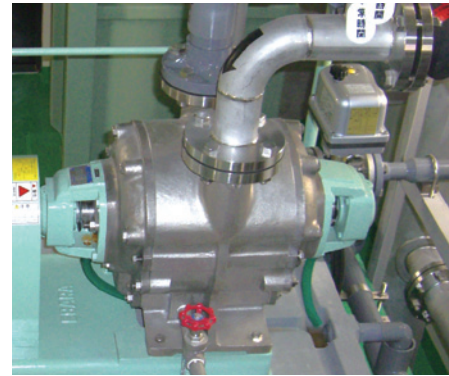


写真4 ステンレス製真空ポンプ  
Photo 4 Stainless steel vacuum pump

14-05 04/243

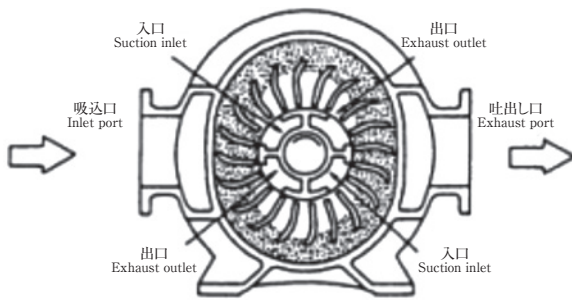


図6 水封式真空ポンプの構造  
Fig. 6 Water sealed vacuum pump

しかし、本システムにおける真空ポンプの吸気には、汚水から発生する腐食性の成分を含むため、従来真空ポンプで標準的に用いられてきた铸铁などに塗装を施した仕様では、運転後2～3年で、写真3のように内面の塗装がはがれ、本体が腐食するという問題があった。内部腐食が進行すると過電流や能力低下などのトラブル発生や、維持管理の上で塗装の補修手間がかかるのも問題



14-05 03/243

写真3 真空ポンプの腐食状況  
Photo 3 Corrosion in vacuum pump

となっていた。

### (3) 真空ポンプの高機能化とその効果

対策として、前項の問題を解決するために、ステンレス製の水封式真空ポンプをラインナップに加え、高機能化を図った(写真4)。ステンレス製真空ポンプの導入は初期費用が増えるが、整備費を含めたトータルコストでは従来仕様より安価となる。

ステンレス製真空ポンプは、農業集落排水施設の機能強化事業で6地区において採用され、約20台の真空ポンプが更新されている。

### 3-3 真空弁ユニット故障監視装置

#### (1) 真空弁ユニット故障監視装置の概要

真空弁ユニットには、システムの規模と緊急時の対応体制に応じて適切な故障監視装置が設置される。故障監視装置は真空弁などの故障で汚水が吸引されず、ユニット内水位が上昇した状態(水位高)と真空弁が長時間開いた状態(真空弁連続開)を検知する。

#### (2) 従来設備の問題点

真空弁ユニットに通報装置を設けない場合、真空弁ユニットでの異常発生時に発生場所の探索が必要となる。この探索には真空弁ユニット50箇所当たり通常1時間から2時間程度要する。システムの規模が大きいと、この探索作業が管理者への大きな負担となっていた<sup>4)</sup>。また、故障監視装置を設置する場合でも、従来は現場通報式と呼ばれるランプとブザーで異常を知らせる安価な装置が採用されることが多かった(図7)。現場通報式では、異常を発見した住民が下水道管理者に通報する必要があった。住民からの通報がなかった場合、ランプやブザー音が発生箇所探索時の目安になるが、異常発生箇所の探索に時間を要することがあった。このように、異常箇所をつきとめるのに時間が掛かるとシステム全体の真空度

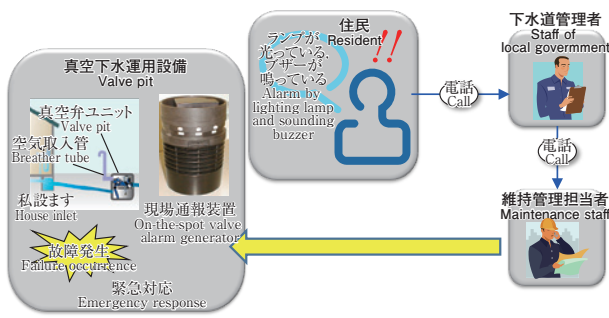


図7 現場通報式通報装置の設置例

Fig. 7 Installation example of the on-the-spot valve alarm generator

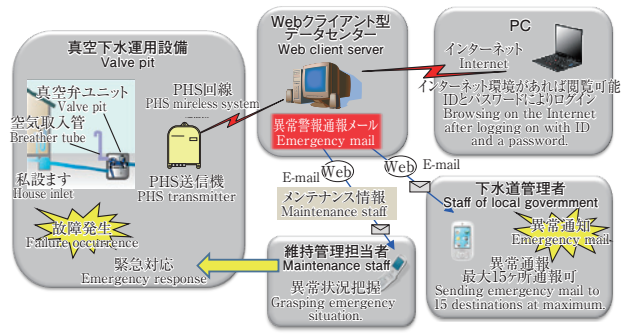


図8 データセンターサービス型真空弁監視システムの構成  
Fig. 8 Cloud type vacuum valve monitoring system

が下がり正常な汚水収集ができなくなるなどの問題があった。

(3) 真空弁ユニット故障監視装置の高機能化とその効果  
異常発生個所の探索に時間が掛からないようにするため、ガス検針などで実績の多いPHS無線を利用したデータセンターサービス型真空弁監視システムを導入した(図8)。このシステムの導入で、真空弁の故障発生時にピンポイントで迅速に異常発生個所を特定できるようになった。Webクライアント型データセンターを利用することによって、自治体において中央監視装置を購入・更新する必要がなく、極めて安価に真空弁の集中監視を導入することも可能となった。

#### 4. おわりに

本稿で述べた高機能化は、システムの互換性を確保しながら格段に優れた性能を実現しており、更新時期を迎えた古いシステムにおいても最新のシステムと同等の安定したシステムとすることが可能となる。今後の真空式下水道システム機能保全対策や長寿命化対策の代表的な手法として採用が増加すると予想される。

#### 参考文献

- 1) 産業機械, 第743号, P.43～44 (2012.8).
- 2) 農業水利施設の機能保全の手引き, 平成19年3月食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会技術小委員会.
- 3) 真空式下水道収集システム技術マニュアル, 2002年度版, (財)下水道新技術推進機構.
- 4) 産業機械, 第755号, P.36～38 (2013.8).