

新型尿糖検査機の開発 (インテリジェンストイレ用)

Development of New Urine sugar Checker

大野 和重※1
Kazushige Ono
杉野 実 ※2
Minoru Sugino
岡本 隆生※2
Takao Okamoto

1. はじめに

インテリジェンストイレとは、健康チェック機能として、尿糖・血圧・体脂肪・体重が測定でき、さらに清潔性・収納性にもこだわったトイレ空間を創出したトイレである。

インテリジェンストイレの開発は、大和ハウス工業株式会社殿の「家族全員の健康チェックが出来るトイレ空間の実現」というコンセプトと、東陶機器株式会社殿の「トイレ内での便・尿による健康チェック」というコンセプトが合致し、スタートした。

このインテリジェンストイレには、当社が従来生産してきた尿糖検査機「ウェルユーⅡ」を改良した新型尿糖検査機が組み込まれることになった。

尿糖検査機は、洋式トイレに座って尿をするだけで簡単に尿糖値が測定できる装置である。

尿糖値の長期的な推移を把握することで、生活習慣改善の必要性を気づかせる効果が期待できる。

2. 尿糖検査機の開発経緯

(1) ウェルユー

当社は、1995年より東陶機器株式会社殿と共同で尿糖検査機の開発をスタートした。

第1弾の尿糖検査機は、個人ユーザー向けに福岡県限定で1999年に販売開始した。それが「ウェルユー」である。

福岡県限定とした理由は、東陶機器株式会社殿開発部門が福岡県にあり、使用者情報の収集、導入効果の検証がしやすい点にあった。この使用者情報を集約した結果、尿糖値の測定時間短縮化の必要性が確認された。



図1 ウェルユーⅡ尿糖検査機のトイレ設置例

※1 機器事業部 設計1G
※2 機器事業部 設計2G

(2) ウェルユーⅡ

第2弾の尿糖検査機は、2001年に首都圏で販売を開始した。それが「ウェルユーⅡ」である。

この「ウェルユーⅡ」は、市場での認知度向上およびユーザー層の拡大を狙い、オフィスやフィットネスクラブ等のパブリック向けとした。「ウェルユーⅡ」は、「ウェルユー」に対し尿糖値測定時間を大幅に短縮する改良を施した。

(3) 新型尿糖検査機

インテリジェンストイレ用に新型尿糖検査機を開発し、2005年に販売を開始した。本装置は、トイレ空間の有効活用を目的に、ウェルユーⅡに対して設置形態を変更し、また機能・性能の向上をはかった。従来型と新型の設置状況を各々図1と図2に示す。

3. 尿糖検査機の基本構成

尿糖検査機の基本構成を「ウェルユーⅡ」をモデルとして説明する。システム構成を図3に示す。基本的に採尿部と計測部とで構成されている。

(1) 採尿部

採尿部は、尿を採取する部分で、便座と便器本体との間に装着される。採尿部には、尿を採取する採尿器と採尿器駆動用モータ、採尿器洗浄用ノズルが格納されている。

採尿器は、尿を採取する皿と尿を吸引するノズルおよび尿が皿に入ったことを検知する尿検知センサーで構成されている。採尿状態での採尿器を図4に示す。



図2 新型尿糖検査機のトイレ設置例

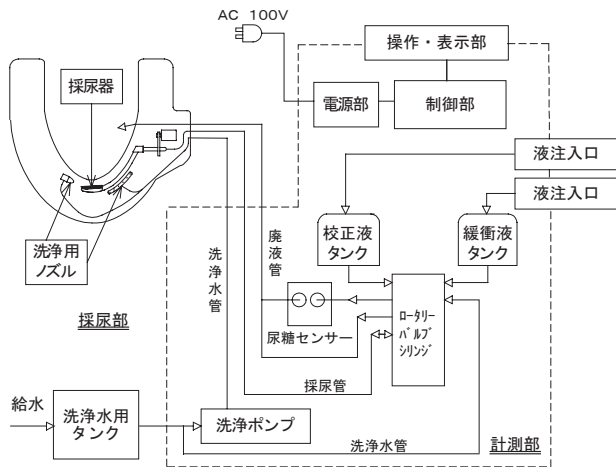


図3 ウェルユー II のシステム構成



図4 採尿器が便器内に移動した状態

(2) 計測部

計測部は、採尿部で採取した尿を吸引、定量化、希釈した上で、尿酸センサーへ送り出し、尿酸値を測定する部分である。

この部分は、ロータリーバルブシリンジと尿酸センサー、校正液タンク、緩衝液タンク、洗浄ポンプ、電源部、制御部、操作・表示部から構成されている。

① ロータリーバルブシリンジ

このロータリーバルブシリンジは、東陶機器株式会社とNOK株式会社殿で共同開発されたものである。

ロータリーバルブシリンジの外観を図5に示す。

校正液、緩衝液、洗浄水、尿の各々の流路切替を行うロータリーバルブ部と吸引・定量化・送り出しが可能なポンプ部とで構成されている。

② 尿酸センサー

この尿酸センサーは、東陶機器株式会社殿で開発されたものである。尿中のグルコース（ブドウ糖）と反応し、グルコースの量により出力電圧が変化するセンサーである。

尿酸センサーの構成を図6に示す。セラミック基板上に作用極および参照極、対極が印刷されている。

作用極の構造を図7に示す。作用極には選択透過膜（牛血清アルブミン）と酵素膜（グルコースオキシダーゼ）が形成されている。

この検出原理を図8に示すが、詳細は後述する。

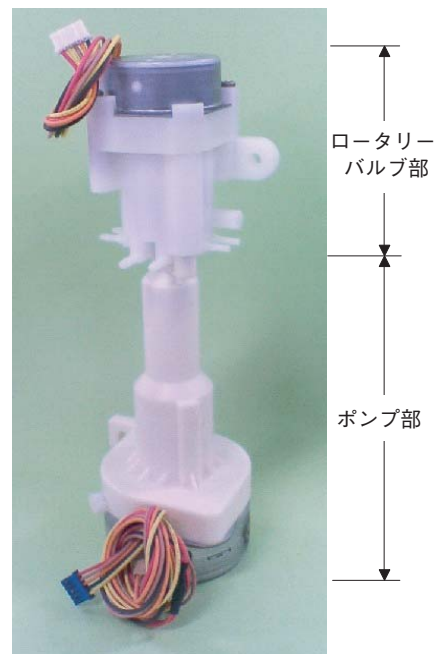


図5 ロータリーバルブシリンジの外観

③ 校正液・緩衝液タンク

校正液、緩衝液の各タンクは、各液を保管する部分で、液量検知機能も備えている。

校正液は尿酸センサーの校正用に使用される。緩衝液は採取した尿の希釈およびpHやイオンの影響除去に使用される。

④ 洗浄ポンプ

このポンプは、洗浄水用タンクより洗浄水を吸引し、洗浄用ノズルから水を吐出させ、採尿器を洗浄するのに使用する。

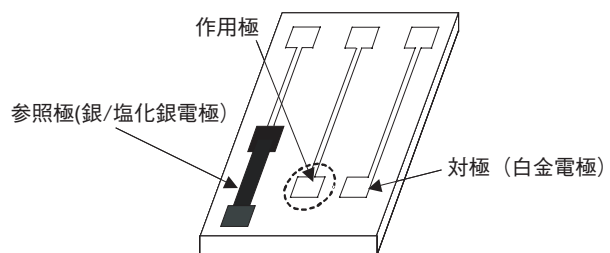


図6 尿酸センサーのセラミック基板上の構成

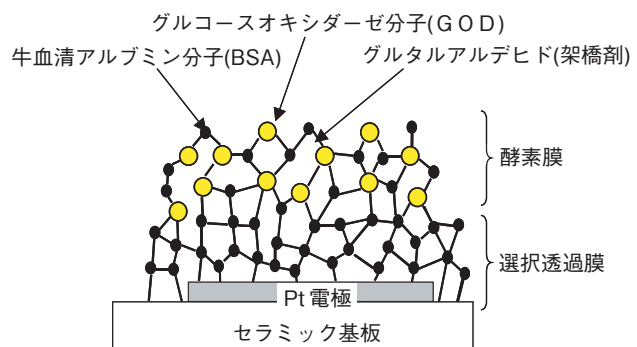


図7 尿酸センサーの作用極の構造⁽¹⁾⁽²⁾

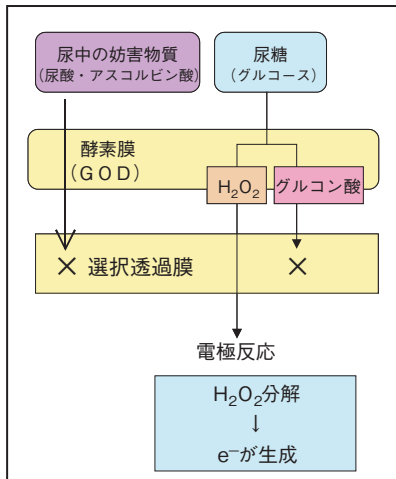


図8 尿糖センサーの検出原理⁽¹⁾⁽²⁾

⑤ 電源部・制御部

各装置を駆動するための電源供給と、尿採取から尿糖値を表示するまでの一連のシーケンス制御を行う。

⑥ 操作・表示部

操作・表示部の外観を図9に示す。操作部は、スタートスイッチと採尿器の位置調整用スイッチ等で構成されている。表示部は、測定された尿糖値を数値表示する。

4. 尿糖検査機の動作

尿糖検査機の動作は、以下の通りである。

- ①操作部のスタートスイッチを押すと、採尿器が所定の位置まで移動する（図4）。
- ②尿を採尿器にかけると、採尿器に尿が溜まる。
採尿器内の尿検知センサーで尿の存在が検知されると、採尿器に溜まった尿が、図10に示すロータリーバルブシリンジ（以下RVSと称す）のポンプ部のピストンの移動によりRVSのシリンダー内へ吸引される。
- ③シリンダー内へ吸引された尿は、ピストンの復帰ストロークを制御することにより、シリンダー内で定量化される。ピストンが復帰する際に発生する余剰の尿は、採尿管路を通して、採尿器へ戻される。



図9 操作・表示部の外観

- ④シリンダー内の定量化された尿は、尿糖センサーへ管路を切り替え、同管路内へ送り出される。
- ⑤次に、管路を緩衝液タンクに切り替え、緩衝液をシリンダー内へ吸引する。
再度、尿糖センサーへの管路に切り替え、シリンダー内の緩衝液を尿糖センサー管路へ送り出す。
既に送り出された尿は、管路内で緩衝液により希釈され、尿糖センサーに到達する。
- ⑥尿糖センサーへ送られた尿中のグルコース（ブドウ糖）は、図8に示すように、作用極上の酵素膜と反応し、過酸化水素を発生する。選択透過膜は、分子量の小さな過酸化水素のみ透過させ、測定誤差の要因となる尿中の尿酸やアスコルビン酸の透過を防ぐ⁽¹⁾。
透過した過酸化水素は、作用極上で分解され、生成した電子により、起電力が発生する。この原理により、尿中のグルコース（ブドウ糖）の量に応じた電圧が出力される。
出力電圧はデジタルデータに変換され、制御部マイコンにて校正液データと比較演算され、尿糖値が表示部に数値表示される。なお、校正は1日1回自動的に行われ、測定値の精度を維持している。
- ⑦測定に使用された尿は、新たに供給された緩衝液に押し出され、廃液管を通して便器内に排出される。
- ⑧次に、洗浄動作に移る。

採尿管、採尿器を洗浄するため、洗浄水用タンクに管路を切り替え、洗浄水をシリンダー内へ吸引する。次に、採尿管に管路を切り替え、シリンダー内の洗浄水を、採尿器から吐き出すことにより、採尿管、採尿器を洗浄する。採尿器外廻りの尿の汚れは、洗浄ノズルから水を噴出させ、洗浄する。これにより、各部は、常に清浄性が保たれる。

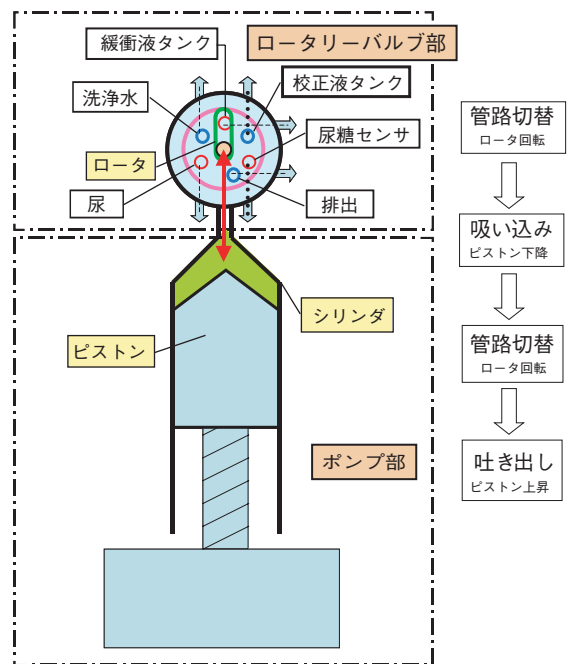


図10 ロータリーバルブシリンジの構造

5. 新型尿糖検査機

インテリジェントトイレ用の新型尿糖検査機は、前述の如く従来型に対し設置形態を変更し、また施工性の改善、安全性の充実等を図った。

従来型は計測部および洗浄水用タンクを便器横に配置していた。それに対し、新型は便器後方のインテリジェントトイレ用に新設されたキャビネット内に収納した。新型尿糖検査機のシステム構成を図11に示す。

以下に、具体的な改良・変更の内容を述べる。

(1) 採尿接続部の新設

採尿接続部を新設することにより、計測部と採尿部を着脱可能とし、施工性を容易にした。外観を図12に示す。

採尿接続部は、採尿管・洗浄水管・廃液管の各種チューブ接続アダプターと尿検知センサー・モータ用の電線接続用コネクタとで構成されている。特に採尿部側のチューブ接続部には、3種類のチューブと電線接続用コネクタを同時に接続できるよう調芯機構を設けた。また、固定用ナットを採用し、容易に外れない構造とした。

(2) 洗浄水用タンクの改善

洗浄水用タンクをキャビネット内に配置したため、万一バルブ故障が発生した場合、ユーザーの発見が遅れ、大きな被害に発展しかねない。そのため、洗浄水用タンク内に2段のフロートスイッチを設け、タンク内水位が基準値よりも高くなった場合、表示部にエラー表示してユーザーに知らせるようにした。

(3) 補充液注入ユニットの新設

従来型は、便器横に計測部が設置されていたため、校正液、緩衝液の補充は、計測部の補充液注入口より行っていた。

新型は、計測部をキャビネット内に設置したため液補充時の作業スペースが無く、その対策として新たに補充液注入ユニットを新設した。

補充液注入ユニットは、石油ファンヒータのオイルカセ

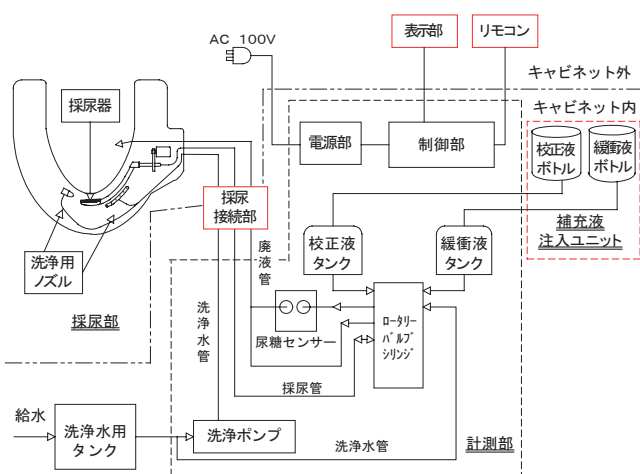


図11 新型尿糖検査機のシステム構成

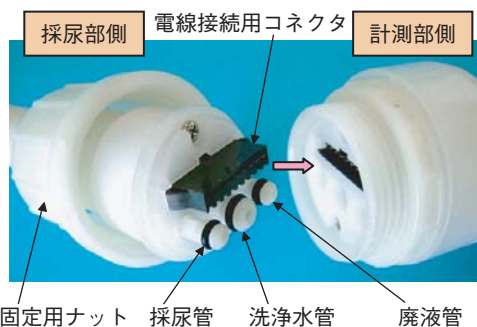


図12 採尿接続部の外観

ットのように、逆止弁を内蔵したキャップ付きボトルを逆さに差し込むだけで、校正液、緩衝液を容易に補充できる構造とした。

(4) リモコンの新設

従来型は、計測部本体上面に操作部を配置していたが、新型は、計測部がキャビネット内に設置されるため、リモコンを新設した。

リモコンには、スタートスイッチ、採尿器の位置調整スイッチの他に、センサーの寿命予告、補充液の残量予告表示機能を付加した。

(5) 表示部

従来型は、計測部本体上面に表示部を配置していたが、新型は、トイレ内壁面に配置した。

この表示部は、東陶機器株式会社殿で開発されたもので、尿糖値以外に他システムで測定された血圧、体脂肪、体重も統合的に表示する。また、各種エラー表示機能も有している。

6. あとがき

インテリジェントトイレ用新型尿糖検査機は、いち早く商品化するために、尿糖検査機「ウェルユーⅡ」をベースに必要な構造・機能を追加した形で開発を進めた。このため、構造面や機能面で、まだまだ改良の余地が残っている。

今後も見直しを図っていくとともに、尿から得られる他の健康指標成分についても測定可能とするなど、新機能を盛り込んだ製品への開発を進めていきたい。

最後に、本製品の開発、量産にあたり、多大なご指導・ご協力をいただいた、大和ハウス工業株式会社総合技術研究所殿および東陶機器株式会社新規商品部殿をはじめ、関係各位に厚くお礼申し上げる次第である。

参考文献

- (1) 武内：「在宅健康モニター機器の現状と期待」
FED Review Vol.3 No.7(2004.3)
- (2) 関口、嘉川他：「腰かけ便器取り付け型尿糖検査機（ウェルユー）に関する基礎的研究」プラクティス Vol.17 No.2 (2000)