残留塩素濃度維持装置「復活くん」

石岡　久道（いしおか　ひさみち）　　**出野　　裕**（での　ひろし）　　**明瀬　郁郎**（みょうせ　いくお）

1　まえがき

富士電機は，学校，公共施設，集合住宅などの受水槽の衛生管理を，薬剤を使わず電気分解により無人で安全に行える，残留塩素濃度維持装置（商品名「復活くん」）を開発した。

2002 年 4 月に施行された「水道法の一部を改正する法律」〔改正水道法（厚生労働省）〕では，ビルなどの貯水槽水道への水道事業者の関与の明確化や，学校・レジャー施設などの専用水道としての規制適用などが盛り込まれた。全国には貯水槽水道施設が 90 万箇所以上あるが，今後，貯水槽水道の水質管理に関して，官民のパートナーシップに基づく管理原則にのっとり，貯水槽の水質管理指標である残留塩素濃度を適正管理（給水末端にて 0.1 mg/L 以上を確保）し，安全性の向上が求められるようになった。また，水道法の改正と同時期に施行された学校週 5 日制の影響で，休日の学校における水道水の衛生管理の徹底という新たなニーズも生まれた。

このような社会的背景をもとに，水道事業体向け水処理プロセス技術と国内トップシェアの自動販売機技術を融合させた，コンパクトで安全な取扱いが可能な残留塩素濃度維持装置の開発に至った（**図 1**）。

本稿では，残留塩素濃度維持装置（「復活くん」）の原理，特徴，導入事例などについて述べる。

図 1　残留塩素濃度維持装置「復活くん」

2　「復活くん」の開発

2.1　原　理

図 2 に「復活くん」の原理を示す。「復活くん」では，水道水中に含まれている塩素イオンを利用して，消失した有効塩素（136 ページの「解説」参照）を電気分解により再生成する。正極と負極での化学反応は以下のような化学式で表され，次亜塩素酸（HClO）が生成する。この次亜塩素酸は殺菌作用が強く，電極上に投入された電流値により生成される有効塩素の量が決まる。

(1)　正　極

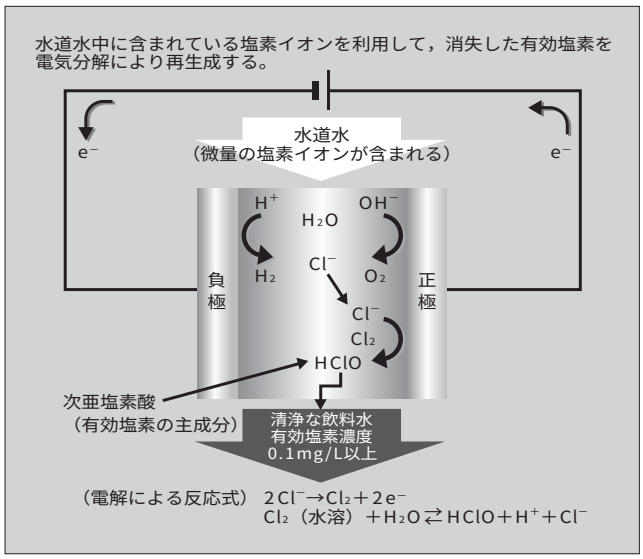
$H_2O \rightarrow \frac{1}{2} O_2 + 2H^+ + 2e^-$

$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$

Cl_2（水溶）$+ H_2O \rightleftarrows HClO + H^+ + Cl^-$

$HClO \rightleftarrows ClO^- + H^+$

図 2　電気分解による有効塩素生成の原理



石岡　久道

水電解，紫外線，オゾンを用いた消毒装置のエンジニアリング業務に従事。現在，電機システムカンパニー水処理システム事業部水環境技術部担当課長。工学博士。電気学会会員。

出野　　裕

水環境にかかわる機器の開発に従事。現在，三重工場開発第二部。応用物理学会会員，日本化学会会員，品質工学会会員。

明瀬　郁郎

上水道用の新エネルギー活用システム，水質管理システムの企画・開発に従事。現在，電機システムカンパニー環境システム本部営業統括部水環境事業推進室課長補佐。日本水環境学会会員。

(2)　負　極

$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

「復活くん」の電極は，金属チタンに独自の貴金属触媒を被覆した水溶液電解用不溶性金属電極で，きわめて低い消費エネルギーで有効塩素が発生するように設計されている。また化学的な安定性に優れているため，電極成分が溶出して水質に影響を与えることはない。「復活くん」は，水道水中に含まれるミネラル成分から生成されるスケールも自動で除去できるような工夫がされている。

表１　「復活くん」の仕様

型　式		FE410
定　格		AC100V±10％　50/60Hz
設置環境	使用場所	屋外設置
	使用温度（湿度）	−10〜38℃（RH85％以下）
	使用水温度	1〜35℃（結露なきこと）
	使用水圧（装置出口吐出圧）	0.07MPa以上
参考寸法 W×D×H		650×400×500（mm）
質　量		40kg
吸引・吐水方式		ポンプ循環方式
有効塩素発生量		10mg/min
循環流量		10L/min±20％
設置角度		2 °以下
配　管（IN/OUT）		各20A（R3/4）
消費電力	待機時（50Hz/60Hz）	12W/12W
	運転時（50Hz/60Hz）	360W/380W
	凍結防止時（50Hz/60Hz）	610W/630W

2.2　特　徴

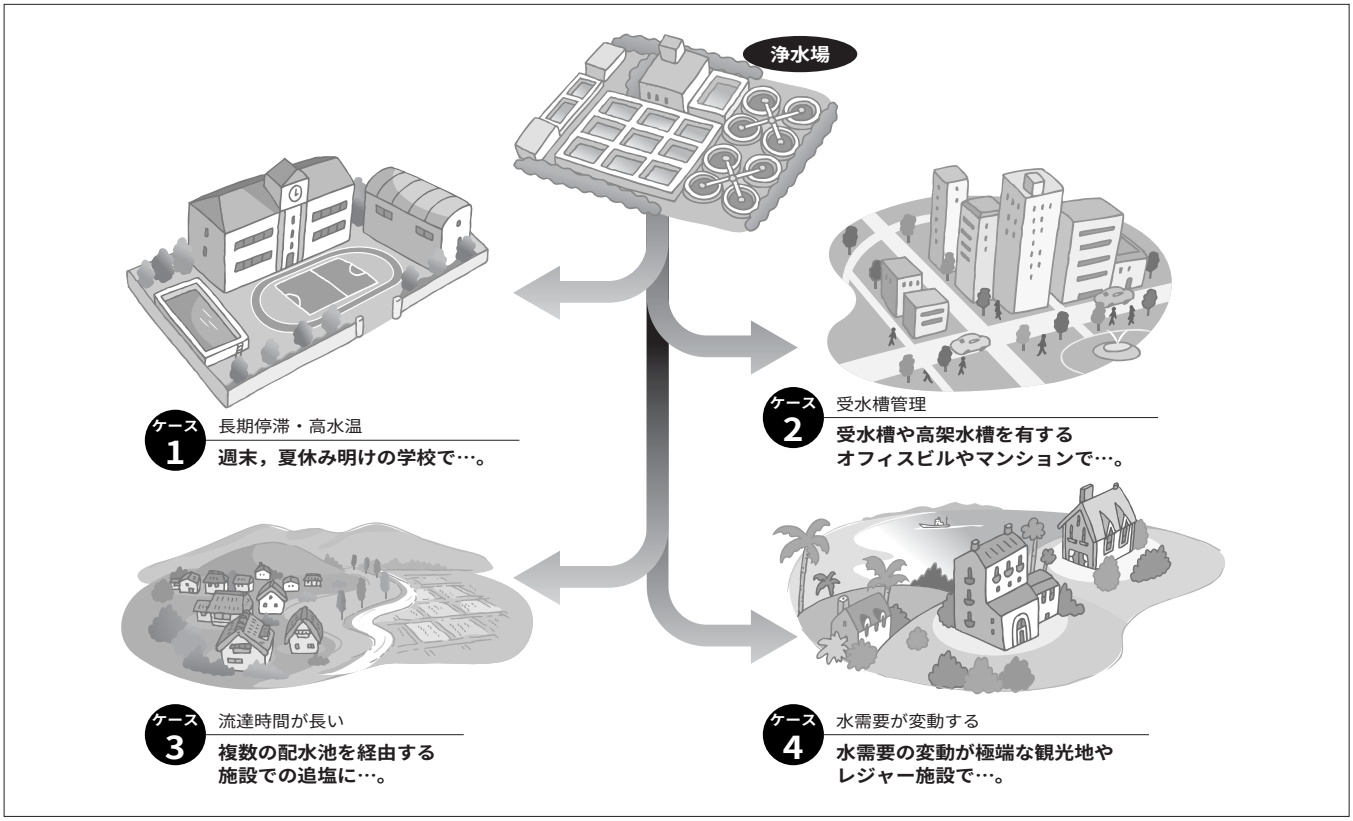
「復活くん」は，水道水中のミネラル成分の塩素イオンを電気分解することで有効塩素である次亜塩素酸を発生させる方式のため，薬剤など添加物は一切使用せず，維持・管理が容易である。運転は水温・水質に合わせて運転時間を自動算出し，貯水槽などの残留塩素濃度を適正値に維持することができる。また，残留塩素計の計測値による残留塩素自動制御方式の適用が可能である。この場合，残留塩素計故障および点検時は，運転支援プログラムで残留塩素濃度を維持することができる。

そのほかに，適用ケースの一つである高架水槽では衛生管理が行え，雑菌や藻の発生を抑制することができる。また密閉装置で循環方式のため，異物の混入がない。**表１**に「復活くん」の仕様を示す。小型，軽量，低消費電力などが特徴である。

2.3　適用ケース

図３は，「復活くん」の適用ケースである。ケース１は週末・夏休み明けの学校であり，貯水槽の水が長期滞留する場合，または高水温で残留塩素濃度が低下する場合である。ケース２は受水槽や高架水槽を有するオフィスビルやマンションであり，受水槽の衛生管理が問題になる場合である。ケース３は複数の配水池を経由する施設であり，流達時間が長く，次亜塩素酸の追加注入が必要な場合である。ケース４は観光地やレジャー施設であり，水需要の変動が

図３　「復活くん」の適用ケース



極端な場合である。

「復活くん」が適用可能な貯水槽，高架水槽の目安は容量 10 m³ 以下で使用量 20 m³/日以下である。また，適用水質の目安は塩素イオン濃度 10 mg/L 以上，鉄イオン濃度 0.3 mg/L 以下，マンガンイオン濃度 0.05 mg/L 以下である。

3　導入事例

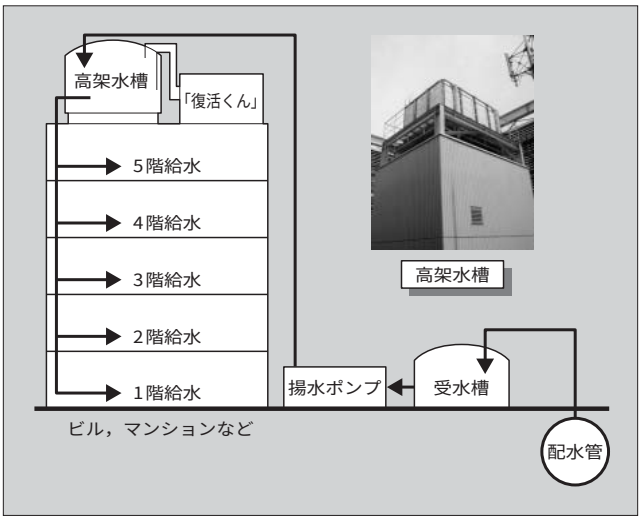
3.1　高架水槽への適用

高架水槽は，高さによって所定の水頭圧を持たせて水を安定供給する貯蔵タンクである。水を安定供給する貯蔵タンク 3 階建て以下の個人の家などでは，直結方式（水道の配水管→給水管→給水栓）による水道の利用形態がとられるが，4 階建て以上のビルやマンションなどでは受水槽方式がとられる。水道水の流れは，水道の配水管→受水槽→揚水ポンプ→高架水槽→給水管→各階の給水栓となる（**図 4**）。

高架水槽は，その設置されている建物内の水道使用量により，水槽内に水道水が長時間停留することがある。その場合，水道水中に含まれる有効塩素が低減し，水槽内の水質が悪化する。このようなとき「復活くん」を高架水槽に設置すると消失した有効塩素を復活し，水槽内の残留塩素濃度を維持することができる。

富士電機・三重工場社員寮ブルーアークの 10 m³ × 2 台の高架水槽に「復活くん」2 台を設置し，2002 年 8 月 26 日から 9 月 19 日までの約 1 か月間稼動を行った（**図 5**）。残留塩素濃度の測定は，2 階の室内流し場の水栓から水をサンプリングし，ジエチル-p-フェニレンジアミン法（DPD 法）にて測定した。「復活くん」稼動前の残留塩素濃度は，0 ～ 0.2 mg/L 前後で推移しており，稼動後には 0.2 ～ 0.4 mg/L 前後で推移している。残留塩素濃度計のばらつき ± 0.05 mg/L を考慮しても，「復活くん」導入による効果が見られる。

図 4　高架水槽システムの概要



3.2　受水槽への適用

岩手県にある児童数約 100 人のＡ小学校屋上の受水槽（貯水容量：8 m³）に「復活くん」1 台を設置し，約 1 か月間無人運転を実施した。Ａ小学校 2 階の蛇口 1 か所を定点観測ポイントと決め，装置設置前 1 週間（2002 年 9 月 9 日～ 17 日）および設置後（9 月 18 日～ 10 月 23 日）の残留塩素濃度をポーラログラフ法で測定した（**図 6**）。

装置稼動前の休日において，貯水槽内滞留の影響と思われる残留塩素濃度の低下減少が顕著に認められた（9 月 14, 15 日）。装置稼動以降は，休日を含めて残留塩素濃度が目標上昇濃度（＋ 0.13 mg/L・日）程度上昇し，安定する様子が顕著に表れている。

4　水道施設における残留塩素監視制御システムへの発展

浄水場での消毒用塩素は，末端給水栓での残留塩素濃度が基準値以上に保たれるようにその注入量を制御している。しかし，水温が上昇する夏場に滞留時間が長くなる場所では残留塩素濃度が低下し，基準値を下回る懸念がある。一方，末端部での残留塩素濃度低下を予防するために浄水場で塩素を過剰注入すれば，発がん性を持つトリハロメタンの生成リスクを高める。このため，残留塩素濃度を監視し，低下したサイトのみにスポット的に塩素を追加する方法がとられているが，維持管理コストが掛かる，きめ細かな濃

図 5　社員寮高架水槽への適用結果

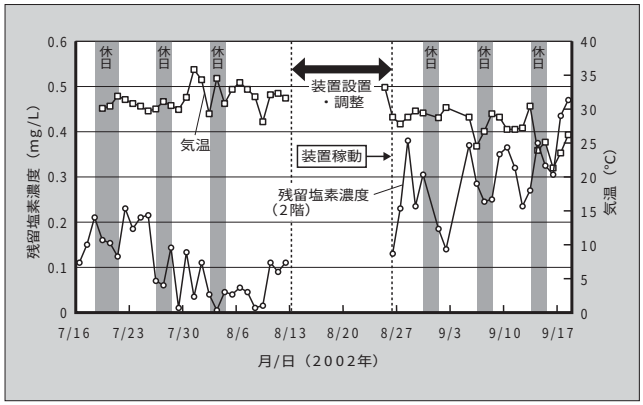


図 6　小学校受水槽への適用結果

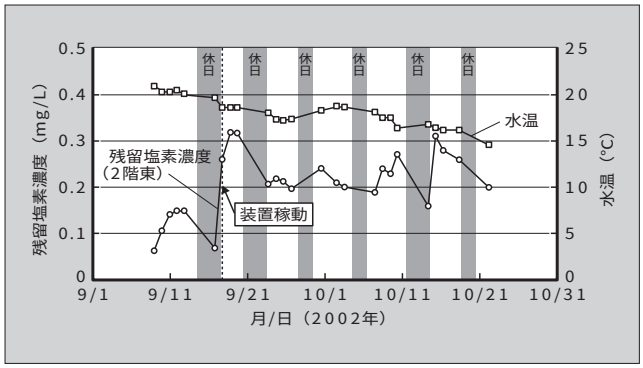
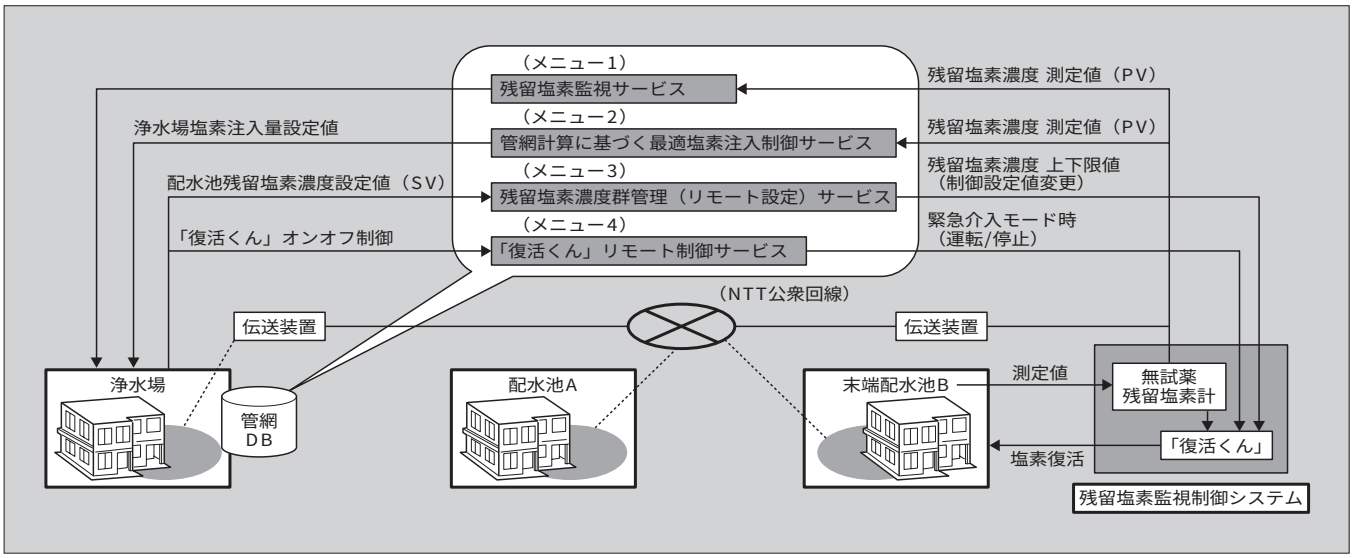


図7　「復活くん」を適用した残留塩素監視制御システム



度管理ができないなどの問題がある。

そこで**図7**に示すとおり末端給水栓（配水池）に「復活くん」と無試薬残留塩素計および伝送装置からなる自立分散型の残留塩素監視制御システムを設置することで，残留塩素濃度が設定値を下回った場合，水電解装置を稼動させて自動的に残留塩素濃度の回復を図ることが可能である。また，ネットワークを介して各末端配水池の残留塩素濃度データを浄水場でリアルタイムに監視し，管網シミュレータを用いて最適な塩素注入量を決定することもできる。

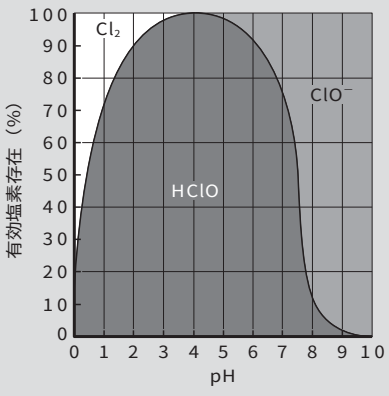
5　あとがき

本稿では，電気分解を利用した残留塩素濃度維持装置「復活くん」の概要を説明した。「復活くん」の適用により末端給水栓での残留塩素濃度の低下を予防し，かつ浄水場での塩素注入量を適正に制御してトリハロメタンなど消毒副生成物質の発生を抑制する，きめ細かな水質管理サービスの提供を行っていく所存である。

解　説　塩　素

水道分野で用いるキーワード「塩素」とは，水溶液中で次亜塩素酸（HClO）と次亜塩素酸イオン（ClO^-）の有効塩素のことである。その有効塩素を生成する塩素消毒剤は，一般的に使用される液化塩素，次亜塩素酸ナトリウム，次亜塩素酸カルシウムの3種類がある。液化塩素，次亜塩素酸ナトリウムは水中に注入されると，次亜塩素酸および次亜塩素酸イオンを生じる。これらは同じ有効塩素であるが殺菌力に大差があり，次亜塩素酸のほうが殺菌作用は強い。

次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンの存在比は，水温にも依存するが主としてpHに依存し，図に示すようにpHが低くなるほど次亜塩素酸の占める割合が高くなる。したがってpHが低いほど，消毒効果は大きい。



pH と有効塩素の存在比

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。