

# EDI システムの紹介

## Introduction of EDI System



(環)製品開発室  
松田年博  
Toshihiro Matsuda  
杉澤政宣  
Masanori Sugisawa  
知福博行  
Hiroyuki Chifuku

電気再生式脱イオン装置を使用した EDI システム（純水製造システム）を開発した。本システムでは前処理設備として 2 段 RO と膜脱気装置を備え、全く薬品を使用せずに比抵抗が  $17 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$  以上の純水を製造することができる。また、本システムは従来のイオン交換装置で純水を製造する場合に比べ、薬品再生が不要で省廃棄物であり、連続運転が可能で運転管理も容易であるといった特長を持つ。

We developed an EDI system, a pure water production system, using electrodeionization (EDI). This system is provided with a two-stage RO unit and membrane degasser for pretreatment. The system produces pure water of more than  $17 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$  resistivity, using no chemicals. Compared with conventional ion exchange equipment, the system has characteristics such as no chemical regeneration requirement, little wastes generation, continuous operation and easy maintenance.

### Key Words :

電気再生式脱イオン装置  
省 廃 棄 物  
2 段 R O

Electrodeionization  
Little wastes  
Two-stage RO

### まえがき

現代社会は、大量生産・大量消費・大量廃棄の社会であるといわれている。しかし、環境に対する関心が高まり、廃棄物を出さず資源を有効に活用する「循環型社会」に転換するべく、努力がなされている。

純水製造の分野でも例外でなく省資源、省廃棄物

であることが求められている。この純水製造装置においては、イオン交換装置が様々な分野で使用されている。しかしイオン交換装置では塩酸・苛性ソーダ等の薬品によって樹脂の再生を行わねばならないうえに、酸性・アルカリ性の再生廃液を排出するといった問題を抱えており、省資源、省廃棄物で純水を製造できる装置が望まれていた。

このような問題を解決するために電気再生式脱イオン装置が開発された。本報ではこの電気再生式脱イオン装置を使用した EDI システムについて紹介する。

## 1. 電気再生式脱イオン装置の特長及び原理

### 1.1 電気再生式脱イオン装置の特長

電気再生式脱イオン装置 (Electrodeionization: 以下 EDI と略す) は電気によりイオン交換樹脂を連続的に再生する。そのため EDI は以下のような特長を持つ。

- ①薬品による再生を行わない。そのため、再生薬品は不要であり、(省資源) 薬品補充などのメンテナンスを行う必要はない。
- ②再生廃液は発生しない。(省廃棄物) 従って、再生廃液を中和処理する必要はない。
- ③イオン交換樹脂が常に再生された状態であるため連続運転が可能となる。
- ④日常の運転管理が容易である。
- ⑤イオン交換樹脂再生のための薬注設備や廃液処理用の中和槽も必要でないため、省スペースである。

EDI は、薬品を使用せず省廃棄物である点で環

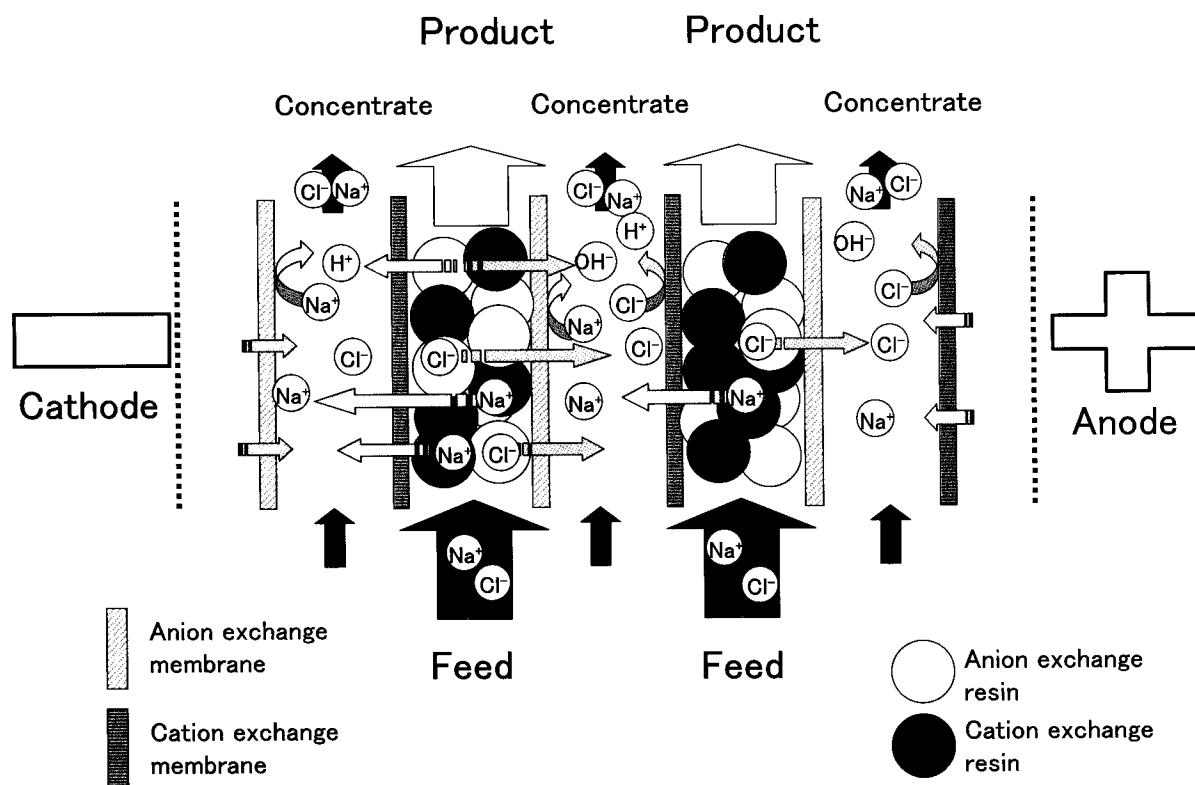
境にやさしい商品であると言える。更に運転管理も容易であり、これからの時代の要求に応えることのできる製品である。

### 1.2 脱塩原理

第1図に EDI における脱塩の原理を示す。2種類のイオン交換膜 (カチオン交換膜, アニオン交換膜) を交互に配置し、その間にイオン交換樹脂 (カチオン交換樹脂, アニオン交換樹脂) を充填する。ここでイオン交換樹脂を充填した部分を脱塩室、充填していない部分を濃縮室と呼ぶ。両端には電極を配置し、直流電圧をかける。

脱塩室に水を供給すると水中のカチオンはカチオン交換樹脂にアニオンはアニオン交換樹脂に吸着される。吸着されたカチオンは電荷により陰極方向に移動しカチオン交換膜を通過する。しかし、更に移動しようとしてもカチオンはアニオン交換膜を通過することができない。そのため、カチオンは濃縮室にとどまることになる。同様に、アニオンは陽極側に移動し、アニオン交換膜を通過するがカチオン交換膜を通過できないため、濃縮室にとどまる。

また、脱塩が進むにつれて供給水中のイオンだけでは電流を流すことが困難となり、水自体がカチオン交換樹脂とアニオン交換樹脂の界面で分裂して、



第1図 脱塩原理  
Fig. 1 Principle of deionization

このような問題を解決するために電気再生式脱イオン装置が開発された。本報ではこの電気再生式脱イオン装置を使用した EDI システムについて紹介する。

## 1. 電気再生式脱イオン装置の特長及び原理

### 1.1 電気再生式脱イオン装置の特長

電気再生式脱イオン装置 (Electrodeionization: 以下 EDI と略す) は電気によりイオン交換樹脂を連続的に再生する。そのため EDI は以下のような特長を持つ。

- ①薬品による再生を行わない。そのため、再生薬品は不要であり、(省資源) 薬品補充などのメンテナンスを行う必要はない。
- ②再生廃液は発生しない。(省廃棄物) 従って、再生廃液を中和処理する必要はない。
- ③イオン交換樹脂が常に再生された状態であるため連続運転が可能となる。
- ④日常の運転管理が容易である。
- ⑤イオン交換樹脂再生のための薬注設備や廃液処理用の中和槽も必要でないため、省スペースである。

EDI は、薬品を使用せず省廃棄物である点で環

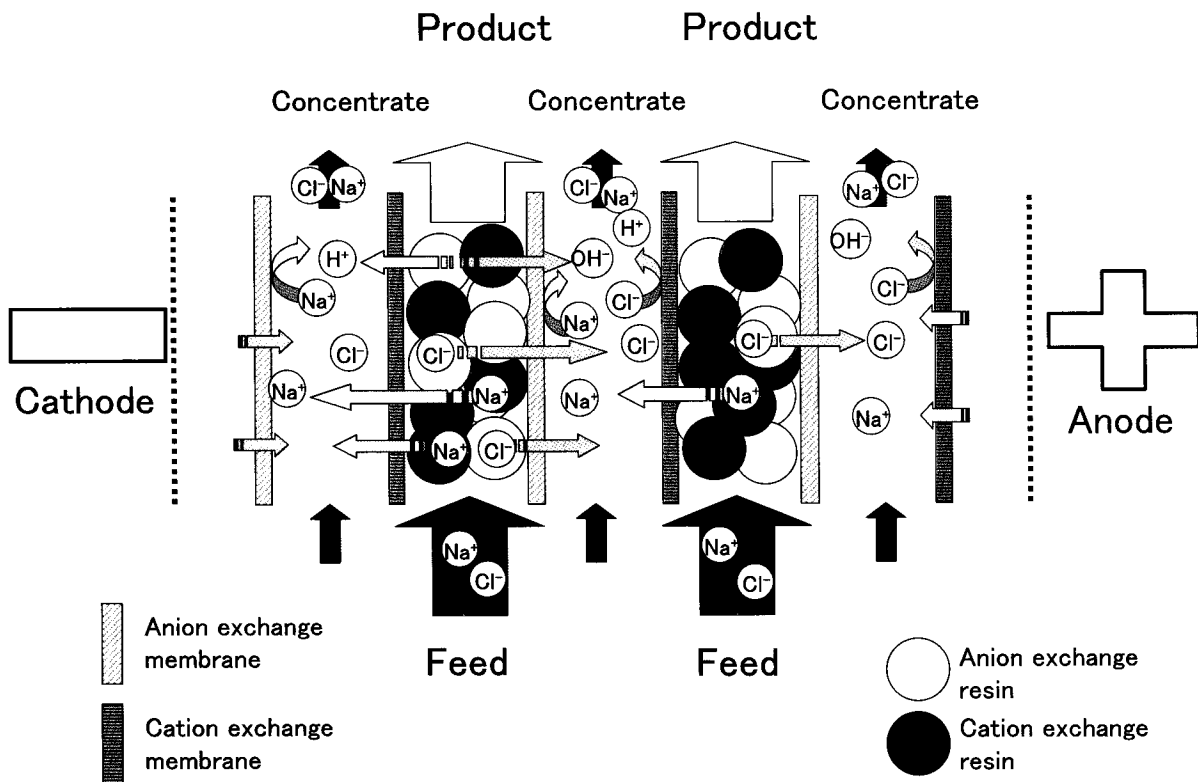
境にやさしい商品であると言える。更に運転管理も容易であり、これからの時代の要求に応えることのできる製品である。

### 1.2 脱塩原理

第1図に EDI における脱塩の原理を示す。2種類のイオン交換膜 (カチオン交換膜, アニオン交換膜) を交互に配置し、その間にイオン交換樹脂 (カチオン交換樹脂, アニオン交換樹脂) を充填する。ここでイオン交換樹脂を充填した部分を脱塩室, 充填していない部分を濃縮室と呼ぶ。両端には電極を配置し、直流電圧をかける。

脱塩室に水を供給すると水中のカチオンはカチオン交換樹脂にアニオンはアニオン交換樹脂に吸着される。吸着されたカチオンは電荷により陰極方向に移動しカチオン交換膜を通過する。しかし、更に移動しようとしてもカチオンはアニオン交換膜を通過することができない。そのため、カチオンは濃縮室にとどまることになる。同様に、アニオンは陽極側に移動し、アニオン交換膜を通過するがカチオン交換膜を通過できないため、濃縮室にとどまる。

また、脱塩が進むにつれて供給水中のイオンだけでは電流を流すことが困難となり、水自体がカチオン交換樹脂とアニオン交換樹脂の界面で分裂して、



第1図 脱塩原理  
Fig. 1 Principle of deionization

H<sup>+</sup>イオンとOH<sup>-</sup>イオンが生じる。生じたH<sup>+</sup>イオンとOH<sup>-</sup>イオンによりイオン交換樹脂が再生される。このようにして、脱塩室から連続的に脱塩された処理水が得られる。

## 2. EDI システム

### 2.1 EDI スタック

先程説明した脱塩が行われる部分をスタックと呼ぶ。写真1にスタックの外観を示す。スタックはE-CELL社のE-CELL™を使用している。第1表にスタックの仕様を示す。このスタックは処理量1.0 m<sup>3</sup>/hと2.8 m<sup>3</sup>/hの2種類がある。このスタックを複数並列に使用することで大流量も処理可能となる。スタックの大きさは2.8 m<sup>3</sup>/h用で300 mmW×425 mmD×610 mmHと非常にコンパクトである。

### 2.2 EDI システムフロー

第2図に市水を原水とした場合のEDIシステムのフローを示す。原水をまず活性炭に通し、ROへのダメージとなる遊離塩素を除去する。遊離塩素は還元剤によっても除去できるが、薬品を使用しないというEDIの特長を生かすために、この方法を採用している。次にプレフィルターを通した後RO

に供給する。RO部では大部分のイオン除去及び微粒子の除去を行う。RO透過水は膜脱気装置により脱炭酸した後、EDIに供給する。EDIでは1.2で述べたようなメカニズムにより脱塩され、その結果高純度の純水が得られる。一方EDI濃縮水は循環し、一部は活性炭の前に戻し原水として用いる。また、電極水も活性炭の前に戻し原水として用いる。

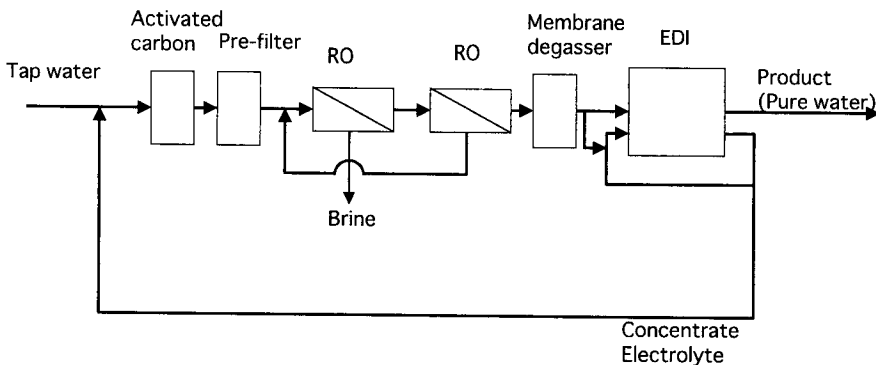
このシステムの特長は薬品を全く使用せずに純水を製造することができることである。また、システム全体の排水はRO濃縮水のみであり、特別な処理をせずに放流することができる。

### 2.3 スケーリング対策

EDI内においては、水分裂によって生成したOH<sup>-</sup>イオンがアニオン交換膜を通過する際、濃縮室側との境界膜で濃度分極が生じ、膜表面のpHが上昇する現象が起きる。その際、濃縮水中の硬度成分濃度が高いと、スケールリングが起きて脱塩性能が低下する恐れがある。EDIにおいてはこのスケールリングは非常に重大な問題である。そこで当社ではEDI供給水の硬度成分をスケールリングの起きないレベルまで2段ROで除去することにより、確実にこの間

第1表 EDIスタック仕様  
Table 1 Specifications of EDI stack

	MK - 1 E	MK - 1 Mini
Standard flow rate	2.8 m <sup>3</sup> /h	1.0 m <sup>3</sup> /h
Power source	DC 600×4 A	DC 500×4 A
Dimensions	300 mmW×425 mmD×610 mmH	300 mmW×240 mmD×610 mmH
Operating weight	about 90 kg	about 56 kg
Recovery	< 95 %	< 92 %



第2図 EDIシステムフロー  
Fig. 2 EDI system flow

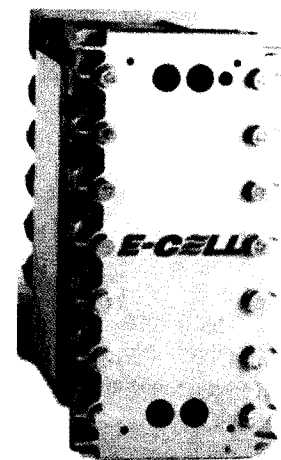


写真1 EDIスタック  
Photo.1 EDI Stack

題の解決を図っている。軟水器を使用することによっても硬度成分を低くすることができるが、樹脂の再生のために食塩が必要であり、食塩補充などのメンテナンスが必要となる。

### 3. 性能例

#### 3.1 スタックの脱塩性能

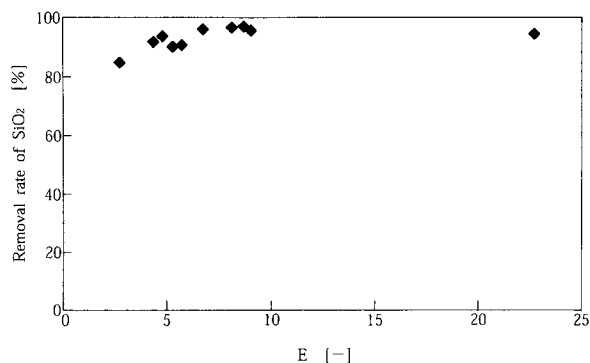
EDI スタックの脱塩性能を第3図に示す。横軸のE値はスタックに流す電流が、供給水中に含まれるイオンを全量脱塩するのに必要な理論電流の何倍であるかを示している。つまり、E値が5である場合、理論電流の5倍の電流を流していることを示している。E値を増加させると脱塩性能が上がるのがわかる。実際の運転では性能が頭打ちとなるE値=5以上で運転するが、数MΩ・cmで十分である場合にはそれ以下のE値でも運転可能である。

第4図にシリカの除去性能の試験を行った結果を示す。EDI供給水のシリカ濃度は100~300μg/Lであった。E値が増加するにつれシリカ除去率が上がり、E値が6以上では90%以上のシリカを除去

することができた。

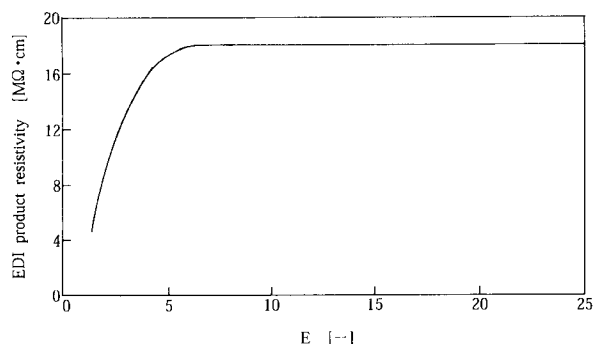
#### 3.2 水質例

次に実際にEDIシステムで得られた処理水の水質例を第2表に示す。原水として神戸市水を使用し、電導度は16.9 mS/m (169μS/cm)であった。この



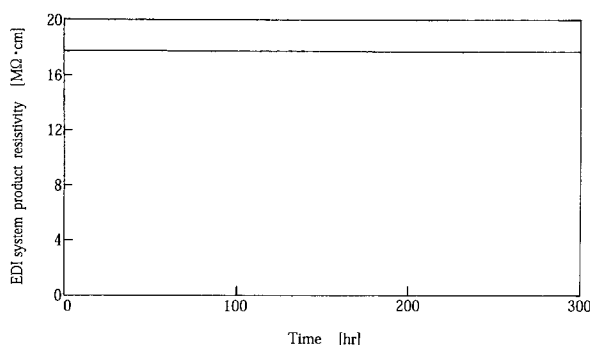
第4図 E値とシリカ除去率の関係 (供給水 全CO<sub>2</sub><3.4 mg/L)

Fig. 4 Relationship between E value and removal rate of SiO<sub>2</sub> (feed total CO<sub>2</sub><3.4 mg/L)



第3図 E値とEDI処理水比抵抗の関係

Fig. 3 Relationship between E value and EDI product resistivity



第5図 EDIシステム処理水比抵抗の経時変化

Fig. 5 Change of EDI system product resistivity with time

第2表 水質例

Table 2 Water quality

		Tap water	Product water
Conductivity	[mS/m]	16.9	—
Resistivity	[MΩ·cm]	—	17.9
pH	[—]	7.3	—
Na	[μg/L]	17 100	0.055
Mg	[μg/L]	3 250	< 0.01
K	[μg/L]	2 660	< 0.01
Ca	[μg/L]	12 200	< 0.01
Cl	[μg/L]	16 700	0.06
NO <sub>3</sub>	[μg/L]	6 910	< 100
SO <sub>4</sub>	[μg/L]	28 400	< 0.05
SiO <sub>2</sub>	[μg/L]	6 290	< 5
IC	[μg/L]	7 100	< 120
TOC	[μg/L]	800	< 10

第3表 EDIシステムラインアップ  
Table 3 EDI system line-up

Flow rate [m <sup>3</sup> /h]	The number of stacks
1.0	1.0 m <sup>3</sup> /h×1
2.8	2.8 m <sup>3</sup> /h×1
5.6	2.8 m <sup>3</sup> /h×2
11.2	2.8 m <sup>3</sup> /h×4
22.4	2.8 m <sup>3</sup> /h×8
33.6	2.8 m <sup>3</sup> /h×12
44.8	2.8 m <sup>3</sup> /h×16
67.2	2.8 m <sup>3</sup> /h×24

原水をEDIシステムで処理することにより、比抵抗が17.9 MΩ・cmという高純度の純水が得られた。処理水のシリカは5 μg/L以下であり、TOCも10 μg/L以下であった。第5図に連続運転時における処理水比抵抗の変化の様子を示す。第5図より、EDIシステムによって得られる水質が非常に安定していることがわかる。これらのことより、EDIシステムは従来のイオン交換装置に置き換わる十分な性能を有しているといえる。

#### 4. 用途及び製品

前述のようにEDIシステムの脱塩性能は従来のイオン交換装置と同等である。そのため、現在イオン交換装置で製造されている電子部品洗浄用水、発電所用ボイラー給水、医用製薬用水等の分野にEDIシステムの適用が可能と考えている。

当社のEDIシステムのラインアップを第3表に示す。処理量が少ない、1.0 m<sup>3</sup>/h用と2.8 m<sup>3</sup>/h用は前処理部のRO部とEDI部を一体化したパッケージタイプである。それ以上の処理量のものについてはEDI部のみのスキッドマウントタイプである。写真2に小型のEDIシステムの外観を示す。

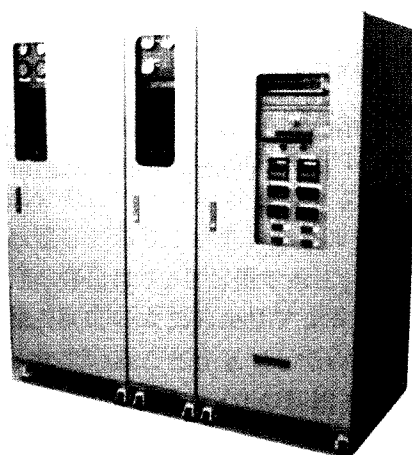


写真2 小型EDIシステムの外観  
Photo.2 Small EDI system

#### むすび

当社のEDIシステムの特長は次の通りである。

- ①前処理設備として2段ROと膜脱気装置を備え、一切の薬品を使用せずに純水を製造することができる。
- ②再生廃液が発生せず、省廃棄物である。
- ③連続運転が可能である。
- ④運転管理が容易である。
- ⑤高純度の純水が得られる。

EDIを使用した純水製造システムは、小型のものの方が需要が多かったが、EDIの特長から、これからはプラント用の大型装置の需要も増えるものと思われる。当社のEDIシステムは小型から大型まで幅広くラインアップされておりこのような要求に対応することができる。

#### [参考文献]

- 1) 正司信義：造水技術，Vol.25，No.4（1999），p.68
- 2) 大見忠弘ほか監修：超純水の科学，（株）アライズ社

#### 連絡先

松田年博 環境装置事業部  
製品開発室  
TEL 078-992-6532  
FAX 078-992-6503  
E-mail ts.matsuda@pantec.co.jp

杉澤政宣 環境装置事業部  
製品開発室  
TEL 078-992-6532  
FAX 078-992-6503  
E-mail m.sugisawa@pantec.co.jp

知福博行 環境装置事業部  
（技術士・水道部門）  
製品開発室  
担当次長  
TEL 078-992-6532  
FAX 078-992-6503  
E-mail h.chifuku@pantec.co.jp