

# 自然な「声」を実現する電気式人工喉頭の誕生まで

橋場 参生(はしばみつお)	及川 雅稔(おいかわまさのり)	岩越 睦郎(いわこしむつろう)	山本 寧(やまもとやすし)
北海道立工業試験場	北海道立工業試験場	北海道立工業試験場	北海道立工業試験場
電子応用部電子制御科研究職員	企画調整部企画課企画調整係長	産業デザイン部デザイン開発科長	電子応用部システム技術科長

## はじめに

喉頭癌(こうとうがん)という病気がある。この病気のために、喉頭摘出手術を受けた人々は、国内に2万人以上いると言われる。

喉頭を摘出した人々は、「声」を出すことができない。喉頭が我々の発声に極めて重要な役割を果たしていたからである。手術の日を境にして、自分の声は失われ、言葉による意志伝達は勿論のこと、声で合図を送ることも、歌を歌うことも、また、声を出して笑うこともできなくなる。

本稿では、平成10年に販売が開始された電気式人工喉頭と呼ばれる電子機器の開発に関して紹介する。この機器は、喉頭を失った人々が再び会話をできるようにするための福祉機器であるが、これまでは日本製の製品が存在しなかった。産学官の連携により我々が開発した電気式人工喉頭は、国産初の電気式人工喉頭であるばかりでなく、

世界で初めて抑揚のついた自然な発声を可能にした。

## 喉頭と発声

まず、声が作られる仕組みと喉頭の役割を説明する。喉頭は気管と咽頭の境界(男性でいう喉仏の位置)にあり、その中には、声帯と呼ばれる筋肉のヒダがある。私たちが声を出す場合、通常は肺からの呼気によって声帯が振動し、声の元になる音が作られる。この音は、声帯音源と呼ばれる。そして、この声帯音源に、口や舌の動きによって変化が加えられて言葉が作られている。

一方、喉頭を摘出した場合には、声帯がないために、声帯音源を作ることができない。その結果、口や舌などが問題なく動いても、声は出ないという障害が生じる。また、手術後は、呼吸を鼻や口でなく、首にあけられた小さな孔で行うことになる。この孔は気管



孔(きかんこう)と呼ばれている。

## 電気式人工喉頭

既に述べたように、喉頭摘出後に声が出せない理由は、声帯音源を作れないためである。従って、何らかの方法で、声帯音源の代わりとなる音源を得ることができれば、声を出す道は残されている。その代表的な方法は、自分の意志でゲップを出せるように訓練を重ね、ゲップの音を音源にして声を出す方法で、食道発声法と呼ばれる。特別な器具を必要とせず、両手も自由であるなどの利点が多いが、修得は容易でなく、体力も消耗する。このため、手術後間もない人々や、高齢の人々などには、電気式人工喉頭が有力な発声手段となっている。

電気式人工喉頭は、小型のヒゲソリに似た形状の電子機器である。押しボタンを押すと先端が振動し、振動音が作られる。この先端を首に押し当てると、皮膚を介して振動音が伝わり、声帯音源の代わりとなる。あとは、押しボタンの操作に合わせて、口や舌を動かすだけで声を出すことができる。操作が簡単なので、喉頭を失った人々の多くが使用しているが、海外からの輸入品であったために、修理やアフターケアに不便があった。



そしてもう1つ、従来の電気式人工喉頭には、声が非常に不自然であるという問題があった。従来の電気式人工喉頭が生成する振動音は、高さが一定の音源であったために、声には抑揚がなく、単調で機械的印象が強かった。その結果、話の内容が上手く伝わらない、相手に驚かれる、いたずら電話と間違えられるなど、深刻な悩みが訴えられていた。

## シーズから実用化へ

我々が電気式人工喉頭の開発に取り組むきっかけは、北海道大学の基礎研究にあった。北海道大学電子科学研究所には、福祉工学を専門とする感覚情報研究室がある。この研究室では、視覚、聴覚、触覚など、人間の様々な感

覚機能を研究し、その結果を福祉に応用するという研究が進められている。その研究テーマの一つに、電気式人工喉頭の声の改善があった。九宮鳥の発声の仕組みをヒントにして進められていたこの研究により、電気式人工喉頭の声を改善するためには、「抑揚」の制御が重要であるという知見が得られていた。この成果が本開発のシーズとなった。

国産の電気式人工喉頭がないという現状、そして、北海道大学で得られていた有効な研究成果。この2つに注目した我々は、平成2年度から電気式人工喉頭の実用化を目標とする試験研究に取り組み、マイクロコンピュータによる抑揚制御回路など、各種要素技術の開発を進めた。そして、その成果を平成3年度の工業試験場事業報告会で発表し、抑揚制御機能を備えた電気式人工喉頭の実用化が十分可能であることを示した。この報告会が、現在、電気式人工喉頭を製造している道内企業、(株)電制との出会いに繋がった。

## 産学官連携による 技術開発

(株)電制は、配電盤や分電盤などの電力関連機器、ダム管理装置やロードヒーティング制御装置などの各種システ

ム機器を主力とする札幌の電気機器メーカーである。平成3年当時、新規事業分野の開拓を重要な戦略として位置づけていた㈱電制は、社内に設置した研究開発部門を中心に、新技術及び新製品開発のターゲットを模索していた。その過程で着目したのが我々の電気式人工喉頭の開発であった。報告会の後、工業試験場と北海道大学を訪れた㈱電制は、電気式人工喉頭の製品化に取り組むことを決意する。そして、この時から、産学官の連携による本格的な開発プロジェクトがスタートした。

## 試作1号器の開発

平成4年度に我々と共同で電気式人工喉頭の製品化に着手した㈱電制は、電気式人工喉頭の原理や北海道大学が提案する抑揚制御方式を修得し、技術開発を進めていった。そして、平成5年度に共同研究の成果として、試作1号器を開発した。この2年間で、北海道大学の研究成果と、その実用化に関するノウハウが工業試験場を介して㈱電制に技術移転され、基本的な性能を備えた電気式人工喉頭が形になるまでに至った。しかし、試作1号器は携帯には大きく、振動音の音量が不十分、電池の消耗が著しいなど、実用化への

課題が山積していた。

## 改良と試作を重ね、製品化へ

次の開発課題は、内部回路などの大幅な改良であることは明らかであった。しかし、その取り組みを進めるための開発費の確保が壁となった。電気式人工喉頭を必要とする人々は国内で2~3万人であり、市場としては小さい。技術的課題が明らかであっても、多額の開発費を投入することは経営的には難しい状況であった。このような中で救いとなったのが、NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)が実施する福祉用具実用化開発費助成制度であった。この制度は、障害者の自立促進などを目的とする福祉機器の開発費を助成する制度で、平成5年度から事業が始まっていた。平成7年度は全国77件の申請の中から9件が採択されたが、幸運にも、㈱電制が申請した電気式人工喉頭の開発が、その1件に採択される結果となった。これは、道内企業としては初めてのことであった。

平成7~9年度の3年間、NEDOより開発費の助成を受けることが決まった㈱電制は、精力的に電気式人工喉頭の開発を進めていった。平成7年度に開発した試作2号器は、内部回路や

振動子、電源回路などを大幅に改良し、試作1号器の約7割まで小型化を図った。また、制御回路にマイクロコンピュータを用いることにより、高機能化と高性能化を実現した。この間、工業試験場では、工業技術指導センターより電子分野とデザイン分野の研究職員を(株)電制に派遣し、開発の現場で技術

支援を進めていった。

このような経過を経て、平成8年度にはデザインや外装を一新した試作3号器を開発。以後、モニター調査などの結果を反映させながら改良と試作が続けられ、平成9年度末に、製品版の電気式人工喉頭が完成した。



試作1号器(平成5年)



試作2号器(平成7年)



試作3号器(平成8年)



製品(平成9年)

## 電気式人工喉頭

### 「ユアトーン」

開発した電気式人工喉頭は、「ユアト

ーン」の商品名で平成10年4月より販売が開始された。ここでは、電気式人工喉頭ユアトーンの代表的な機能を簡単に紹介する。



「ユアトーン」製品パッケージ

### 押しボタンによる発声機能

一定の高さの音源を利用して発声を行う機能で、従来の製品と同様の基本的な発声機能である。音源の周波数、即ち、声の高さは、使用者の好みや性別に合わせて調整することができる。

### 呼気を利用して抑揚を制御する機能

気管孔からの呼気を利用して、抑揚のついた発声ができる機能で、世界で初めての機能である。呼気を利用した発声は、オプションの呼気センサを気管孔に軽く押しあてて行う。呼気センサで検出した呼気の強弱に応じて、音源周波数の高低が変化するので、発声内容に合わせて声の高さが変化し、声に抑揚がつく。この機能を使用すると、声の自然性が格段に向上し、発声内容も明確になる。



抑揚制御の原理



### 歌を歌える機能

喉頭を失った人々は、歌を歌うことができない。もし、子供の誕生日などに、お祝いの歌と一緒に歌うことができたなら...、このような考えで開発したのが歌機能である。ユアトーンの内には、「ハッピー・バースディ・トゥ・ユー」、「チューリップ」、「四季の歌」などの音程が記憶されており、押しボタンの操作によって、音程に合わせた音源を生成できる仕組みになっている。

押しボタンを押す度に音源の高さが自動的に更新されるので、口の形を変化させていだけで歌を歌うことができる。

## 商品化後の状況

初めての国産品ということも追い風となつてか、ユアトーンの出荷は順調に続き、1年間で約1千台の販売台数を達成した。製品に添付されたアンケートの結果によると、発声機能やデザインなど、基本的な性能や仕様に関して良好な評価を得ることができており、歌機能なども好評である。今後は、使用者からの要望や意見を反映させ、製品の改良を図っていくことが重要な課題と考えている。

## おわりに

以上、国産初となる電気式人工喉頭が商品化に至るまでの経過と、発売後の状況を紹介した。北海道で生まれた発想が、北海道の企業の手によって商品となっていく過程において、シーズの発掘と育成、実用化に向けた共同研究、商品化に向けた技術指導など、工業試験場が実施する様々な事業によ

て開発を支援できたことを嬉しく思う。

振り返ると、大学のシーズに着目してから、商品化に至るまでの期間だけでも、10年近くの歳月を要したことになる。この間、市場投入を急ぐことなく、一つひとつの課題を解決しながら、着実に開発を進めていったことが、現在の成果に結びついた要因であると感じている。勿論、このような取り組みを継続できたのは、㈱電制の製品開発に対する堅実な姿勢があったからに他ならない。

また、本製品が商品化に結びつき、大きな反響を得られたのは、産学官の連携だけではなく、ユーザーである北海道喉頭摘出者福祉団体「北鈴会」からの協力と支援があったからである。惜しみないご支援を頂いた「北鈴会」の皆様には、この場を借りて、心から御礼を申し上げたい。