

# 電力分野におけるロボット利用

## ロボット開発の現状と将来

### Utilization of Robots in the Electric Power Industry Development of Robots: Today and Tomorrow

(技術開発本部)

電力用ロボットの研究開発は、作業環境の改善や危険作業の排除等を目的に、各電力会社で早くから進められ、そのいくつかは実用化されている。しかし、一般の産業ロボットに比較して、ロボットを適用する環境整備がまだ不十分なため、多くは単機能、遠隔操作型で人手に頼る部分が多い。今後は、その時々最新の技術を導入しながらさらに研究を進め、より使いやすく汎用性を持ったロボットの開発が期待される。

(Research & Development Bureau)

Researches on the applications of robots to the electric power industry have long been made by utility companies, for the purposes of improving the working environment and mechanizing dangerous operations. While some have been put into practical use, they are mostly mono-functional and remote-controlled robots, and many operations are left yet to be mechanized, because the working environment of the utility industry is not suitable for robots unlike other fields where ordinary industrial robots are fully utilized. We will strive further to develop robots which are equipped with universal features and are easier to operate, by employing the latest technologies.

## 1 開発の背景

産業社会から日々の暮らしまで、電気はあらゆる分野を支えている。この電気の安定供給を維持するためには、電力関連の施設・設備の点検、補修作業等が欠かせない。こうした作業の多くは、現在その大部分を人手にたよっている。しかし、安全性や効率性、経済性、さらには今後一層進むと見られる現場作業員の不足などにより、電力用ロボットの開発ニーズは年々高まっている。特に原子力発電分野では、非常に高度な技術と正確さが求められるため、他電力分野と比べても、ロボットニーズは極めて高いといえる。

なお、開発ニーズを細かく見ると、次のような点があげられる。

- ①作業の安全性向上：危険作業（高所・高温等）・労働災害の回避。
- ②作業の省人化・無人化：省人化によるコストダウン、無人化による安全性の向上など。
- ③作業効率の向上：作業時間短縮、作業精度向上など。
- ④施設稼働率の向上：発電所運転中の作業などを可能にし、施設稼働率を向上する。

## 2 開発の現状

こうしたニーズに対応して、各電力会社はそれぞれの作業に合ったロボットの開発に取り組み、その一部は実用化している。これらのロボットの活用により、

- ①作業環境の改善、②作業の信頼性の向上、③定期検査期間の短縮などが実現されている。なお、ニーズが高いこともあって、開発されたロボットの約75%を原子力発電所用ロボットが占めている。

分野別の現状は、次のようになっている。

### (1) 原子力発電所用ロボット

わが国の原子力発電所では、法律で年1回、原子炉を止めて、定期点検する事が義務づけられている。その期間は最低でも1カ月、検査や修理が長引けば、数ヵ月から半年もかかってしまう。安定した電力を供給するためには、安全を損なうことなく、スピーディかつ正確にできるだけ短期間で点検を終え、稼働できるようにしなければならない。

そのため電力会社では、点検時の作業をできる限り機械化し、作業の効率化と技術作業者の放射線被曝を最も低いレベルですむように、ロボットの開発に取り組んでいる。その代表的なものが、燃料棒の搬出入に使われる「燃料自動交換装置」や、配管の溶接部分を自動走行しひび割れを調べる「自動超音波探傷装置」、さらには「制御棒駆動機構自動交換機」などの一連のロボットである。しかし、これらは特定の機器を対象とした専用機能ロボットであり、汎用性には乏しい。

なお、1983年度から8年間の期間をかけて実施された通産省工業技術院の大型プロジェクト「極限作業ロボットプロジェクト」の中で、原子力分野の研究も取り上げられ、作業ロボットに必要な基礎技術の研究開発が行われた。

### (2) 火力発電所用ロボット

一方、火力発電所用ロボットは、3K作業の軽減にウエイトを置いて1986年頃から積極的に開発が進められているが、ハンドリングや経済性から適用が遅れているのが現状である。これは、作業現場が分散し、ある期間に使用が限定されてしまうためと、ロボットをセットするより作業員が行った方が早く、費用もかからないことが多いからである。

(3) 配電線作業ロボット

配電現場の作業環境を改善し、配電線の電気を停止せずに安全かつ効率的に実施するために開発された。

(4) その他のロボット

その他の作業ロボットとしては、水中心検用ロボットなどが実用化されてはいるが、やはり経済性の面で普及が遅れているのが現状である。

### 3 当社の研究開発状況

当社では、作業環境の改善、危険作業の排除、検査精度の向上および放射線作業等の改善を目的に、過去10年間に62件ものロボット開発研究を行ってきており、現在17件が研究中である。部門別では、火力が34件、原子力が17件、その他が11件である。開発を終了したロボットの内、27機種が導入および導入を予定している。開発したロボットのほとんどは、清掃、検査、点検、単純作業等を遠隔操作で行うものである。以下に、その主なロボットについて紹介する。

(1) 原子力発電所用ロボット

ア 原子炉ウェル除染ロボット (第1図)

原子炉上部にある水槽の壁面に付着した放射能を除去するロボット。

イ ドラム缶表面自動検査ロボット (第2図)

ドラム缶表面のふきとりと線量率測定をするロボット。

(2) 作業するロボット

ア 配電線作業用ロボット (第3図)

高所で、高電圧(6000V)の活線作業を安全・快適に、効率よく行うロボット。

イ 電力管理設ロボット (第4図)

男性労働者の仕事であった深い掘削穴内での電力管理設作業を誰でも安全・快適に行うことができるロボット。

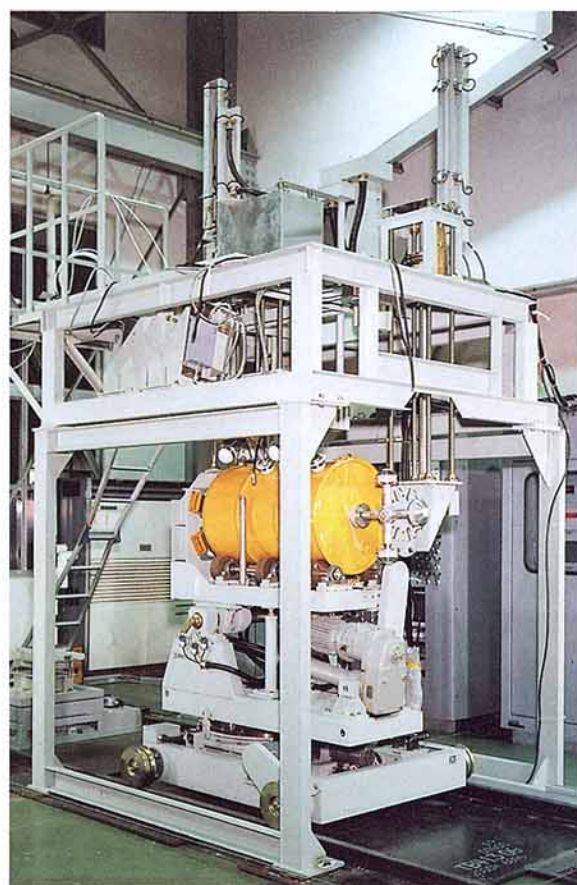
(3) 検査するロボット

ア 過・再熱器管検査ロボット (第5図)

過熱器・再熱器管の上をクローラ走行しながら管間隔の狭い配管群中の伝熱管の清掃と肉厚・外径を測定



第1図 原子炉ウェル除染ロボット



第2図 ドラム缶表面自動検査ロボット

するロボット。

イ ボイラ火炉壁点検検査ロボット (第6図)

天井から吊り下げられた横行レール上を移動することにより火炉壁管全面の清掃と肉厚・外径を測定するロボット。

ウ タービン翼検査ロボット (第7図)

検査の前処理の効率化を図るため、タービン動翼の清掃作業と検査液の吹き付けを行うロボット。

(4) 点検するロボット

ア 水中心点検ロボット (第8図)

取水路等の海水設備の点検をダイバーに頼ること無く遠隔操作で目視点検を行うロボット。

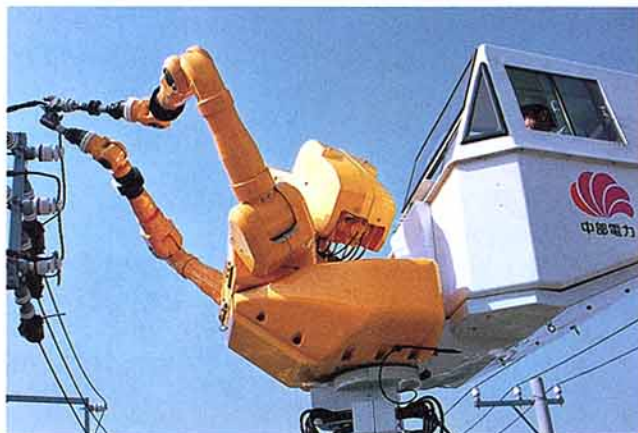
(5) 清掃するロボット

ア 取水路清掃ロボット (第9図)

発電所の取水路に大量に付着する貝類を、ダイバーの支援を一切受ける事なく水中で清掃するロボット。

イ 循環水管内海生生物付着防止ロボット (第10図)

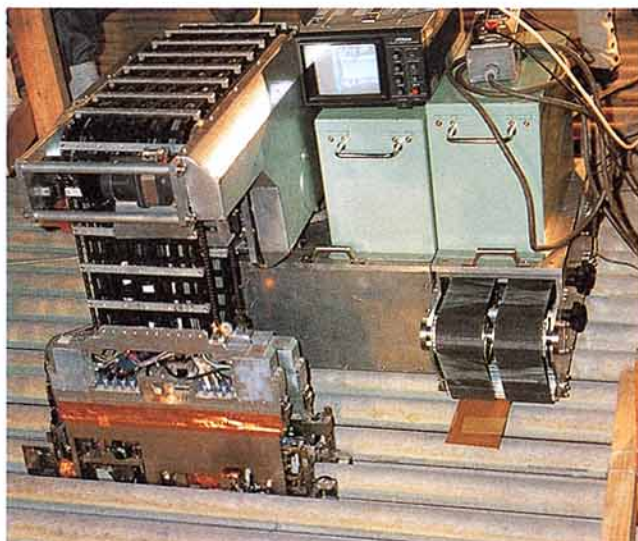
管内を流れる流体エネルギーで車輪とブラシを駆動して管内を走行し海生生物の付着を防止するロボット。



第3図 配電線作業用ロボット



第4図 電力管理設ロボット



第5図 過・再熱器管検査ロボット



第6図 ボイラ火炉壁点検検査ロボット

## 4 電力用ロボットの開発課題

前述したように、電力分野では原子力・火力発電所の保守・点検や補修作業の自動化、高度化、省力化等を目的に、ロボットの適用が進められている。しかし、一般の製造業で導入されているロボットに比べ、台数・種類とも少ないのが現状である。

製造業用のロボットの場合、各工程毎に専門化されたロボットを連続的に稼働できるため、経済性はもちろん、省力化の上からも合理的なロボットが適用できる。これに比べ電力用ロボットの主流となる点検・補修用ロボットでは、対象そのものから周辺環境に至るまで、多様な事柄をロボットが識別・判断しながら動作することが必要なため、開発にはより高度な技術が求められる。当然、開発の期間やコストも増し、それがロボット価格の上昇にもつながっている。そのため、電力用ロボットについては、一部のロボットを除き普及しているとはいえない。

このような環境下において、電力用ロボットを開発・

普及させていくためのポイントをまとめると以下のようになる。

- ①経済的なロボットの開発（ロボット価格の低下）
- ②使いやすく、適用範囲の広いロボットの開発
- ③ロボット利用空間に対する特別な工夫（発電所を建設する際、事前にロボットによるメンテナンスの在り方を予測し、作業上の利便性を考慮して設計・設備しておくこと）
- ④ロボット関連技術の進展
  - ア：視覚・聴覚等センサの開発
  - イ：認識・判別等高度な判断機能の開発
  - ウ：高精度・小型軽量・高可搬重量、高速作業が可能な手・腕の開発

これらのポイントは相互に関連しあっているが、特にロボット価格の低下が普及には重要と思われる。

## 5 今後の展開

ロボット技術の発展には目覚ましいものがあり、機能も年々向上している。しかし、視覚、触覚を含めた器用さ、汎用性といった点では、人間にはとても太刀打ちできない。また、価格が高いなどの理由も電力用ロボットの普及を阻んでいる。これらの課題をクリアするためにも、今後さらに研究を進め、優れた特徴を生かし、使いやすいものにまとめ上げるとともに、ロボットそのものを安くしていくことが大切である。

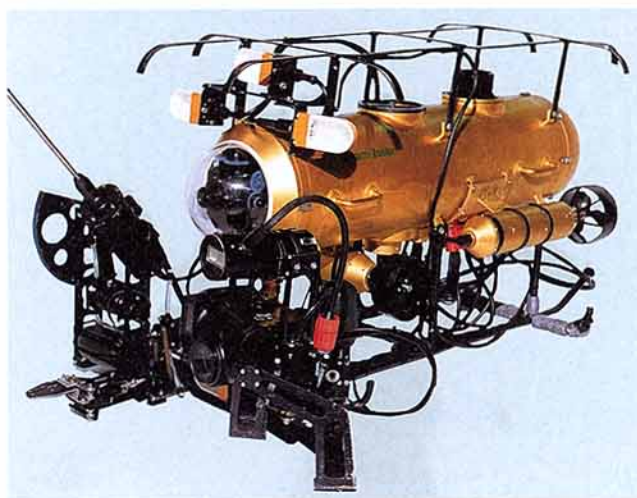
技術開発本部では横断的に研究を進めるため、部門間の垣根を取り払った組織変更を平成3年7月に行い、ロボットの研究を総合的に行うメカトロニクスグループを設けた。また、知能ロボットの研究では、大学の先生の知見を取り入れ産学共同研究を始めるなど、日本が諸外国に比べ遅れているといわれる基礎研究の充実に取り組んでいる。



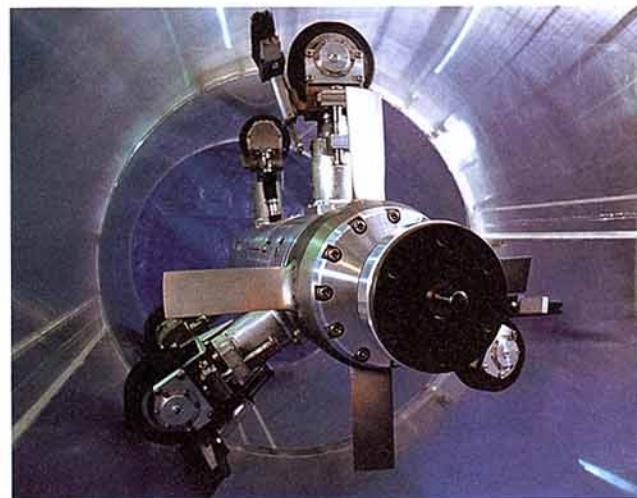
第7図 タービン翼検査ロボット



第9図 取水路清掃ロボット



第8図 水中点検ロボット



第10図 循環水管内海生生物付着防止ロボット