

平成12年度

マイクロマシン技術の研究開発
(発電施設用高機能メンテナンス技術開発)
委託研究成果報告書

平成13年3月

財団法人マイクロマシンセンター

まえがき

本報告書は、新エネルギー・産業技術総合開発機構から財団法人マイクロマシンセンターが産業科学技術研究開発制度として委託を受けて行った「マイクロマシン技術の研究開発（発電施設用高機能メンテナンス技術開発）」の平成12年度の研究成果をとりまとめたものである。

火力発電プラントのボイラー内細管の点検・修理作業は重労働かつ長時間を要する。また、原子力発電プラント等の熱交換器やタービン等の点検・修理においても作業者の放射線被曝の低減化が求められている。このような背景のもとに、大型発電施設では、その安全性の向上とメンテナンスコストの低減を図るために、熱交換器や配管系等を分解することなく、その複雑で狭隘な場所における異常を綿密かつ迅速に検査・補修することができる高機能メンテナンスシステムの開発要求が発電施設の信頼性、経済性の確保から強く要請されている。そして、このような高機能メンテナンスシステムには、微小容積内に各種の微小機能要素を高度に集積した超小型で高機能の機械システムが必要であり、上述の要求に応えられる技術として、マイクロマシン技術の研究開発が強く望まれている。

そこで本プロジェクトは、発電施設において熱交換器や配管系等を分解することなしに、その内部で生じたクラック等の異常状態を検査・補修する高機能メンテナンスシステムをマイクロマシン技術によって実現させるための研究開発を行う。

しかしながら、マイクロマシン技術の歴史は比較的浅く、基礎的な研究から着手しなければならない課題が多いことから、高機能メンテナンスシステムの実現を想定しつつ、本プロジェクトの研究開発目標をマイクロマシン技術体系の確立に置いている。

平成3年度から平成7年度までの第1期では幅広くマイクロマシンの基本的構成要素に関する研究開発が行われ、各要素技術において、従来技術から大幅な進展が見られた。しかし、一方でマイクロマシンをシステムとして実現するための技術の確立にとって必要な、各要素技術の課題及びシステム化に向かって取り組むべき課題が明らかになった。

そこで平成8年度からの第2期の研究開発では、マイクロマシンを構成する微小機能デバイスのマイクロ化、高性能化、複合機能化等の高度化技術、微小機能デバイスを集積し、マイクロマシンシステムとして機能させるためのシステム化技術、マイクロマシンシステムを実現するために必要な共通的な基盤技術として制御・計測・評価技術に取り組んでいる。また、マイクロマシンシステムの確立を目指し、マイクロマシン技術のトータルシステム像と将来の展開を明確にするため、マイクロマシンシステムの概念構築の研究にも取り組んでいる。

本研究開発は、発電施設用高機能メンテナンス技術開発として、(1)システム化技術の研究開発（管内自走環境認識用試作システム）、(2)システム化技術の研究開発（細管群外部検査用試作システム）、(3)システム化技術の研究開発（機器内部作業用試作システム）、(4)機能デバイスの高度化技術の研究開発、(5)共通基盤技術の研究開発、(6)総合調査研究 の6項目に分けて財団法人マイクロマシンセンターが平成12年4月1日から平成13年3月31日にかけて実施したものである。

目 次

まえがき

1. 研究開発の成果と達成状況	3
(1) 研究開発の成果	3
① 要約	3
② 本文	4
(2) 目標に照らした達成状況	7
2. 研究発表・講演、文献、特許等の状況	10
3. 研究機関別成果	11
(1) システム化技術の研究開発（管内自走環境認識用試作システム）	13
1. 1 管内自走環境認識試作システムの研究（株式会社デンソー）	13
1. 2 光エネルギー伝送のシステム化研究（三洋電機株式会社）	79
1. 3 マイクロ視覚のシステム化研究（株式会社東芝）	120
(2) システム化技術の研究開発（細管群外部検査用試作システム）	189
2. 1 細管群外部検査試作システムの研究（三菱電機株式会社）	191
2. 2 減速・走行デバイスのシステム化研究（松下技研株式会社）	269
2. 3 マイクロコネクタのシステム化研究（住友電気工業株式会社）	309
(3) システム化技術の研究開発（機器内部作業用試作システム）	353
3. 1 機器内部作業試作システムの研究（オリンパス光学工業株式会社）	355
3. 2 姿勢検出デバイスのシステム化研究（株式会社村田製作所）	444
3. 3 モニタリングデバイスのシステム化研究（オムロン株式会社）	485
(4) 機能デバイスの高度化技術の研究開発	523
4. 1 人工筋肉の研究（財団法人 SRI インターナショナル）	525
4. 2 マイクロジョイントの研究（株式会社フジクラ）	556
4. 3 極低摩擦サスペンションデバイスの研究（王立メルボルン工科大学）	574
4. 4 マイクロバッテリーの研究（三菱マテリアル株式会社）	592
4. 5 光駆動自由関節デバイスの研究（テルモ株式会社）	629
(5) 共通基盤技術の研究開発	665
5. 1 分散マイクロマシンのパターン形成技術の研究（川崎重工業株式会社）	667
5. 2 階層型群制御技術の研究（三菱重工業株式会社）	713
5. 3 マイクロマシンの計測技術の研究（横河電機株式会社）	746
(6) 総合調査研究	787
6. 1 メンテナンス用マイクロマシンの研究（財団法人発電設備技術検査協会）	789
6. 2 マイクロマシン技術総合調査研究（財団法人マイクロマシンセンター）	843