

# 蒸気タービン主要弁等狭隘部の劣化評価技術の開発

## 微小サンプル採取装置の開発と材料強度評価技術を確立

Development of Deterioration Assessment Technique for Narrow Parts Including Steam Turbine Main Valves  
Development of a micro-sampling device and establishment of a material strength assessment technique

(電力技術研究所 材料技術G 材料T)

蒸気タービン主要弁等の劣化評価部位は、直接的な評価が困難な内面の狭隘部であることから、非破壊検査により劣化部位付近を間接的に評価している。そこで、設計上肉厚に余裕がある部品を対象に、余肉を利用し、狭隘部より微小サンプルを採取する装置、および採取したサンプルを用い材料強度を評価する技術を開発した。

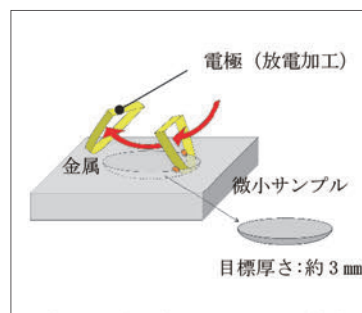
(Materials Technology Team, Materials Engineering Group, Electric Power Research and Development Center)

Since areas for deterioration assessment including steam turbine main valves are narrow interior parts for which direct assessment is difficult, areas near the deteriorated parts are indirectly assessed through a nondestructive test. We have therefore developed a device for obtaining micro-samples from narrow parts using excess material for parts where there is a margin in the thickness of the design, as well as a technique for assessing the material strength using the obtained samples.

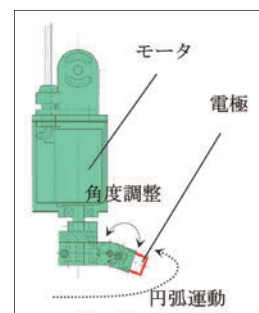
### 1 背景・目的

一般的に、蒸気タービン主要部品は、非破壊検査法による評価結果を基に劣化状況を判断することが多い。しかし、この評価手法は、規格サイズの強度試験片を実際に採取して試験を行う破壊検査と比較して余寿命評価精度が低く、裕度を持たせた保守となる場合がある。蒸気タービン車室・主要弁等の肉厚に余裕がある部品については、余肉部からサンプルを採取できれば破壊検査法が適用でき、劣化評価の精度向上が期待できる。しかし、これらの部品の劣化評価部位は狭隘部であることが多く、そのような部位から強度評価に必要なサンプルを採取できる装置はなく、また、採取した微小サンプルを適切に強度評価できるかも不明であった。そこで、本研究では、狭隘部から微小サンプルを採取する技術の開発、および採取した微小サンプルを適切に強度評価する技術の確立を目指した。

これらの劣化部位から材料採取ができ、かつ他形状での材料採取にも対応できる微小サンプル採取装置の試作に取り組んだ。微小サンプル採取方法は、放電加工技術(第2図参照)を用い、第1図形状②に入るよう設計し、複雑な動作機構は設けず電極の角度調整と円弧運動のみの機能とした(第3図参照)。



第2図 放電加工によるサンプル採取

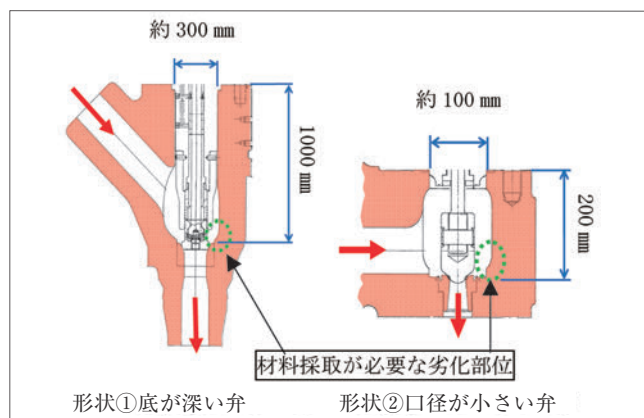


第3図 装置本体

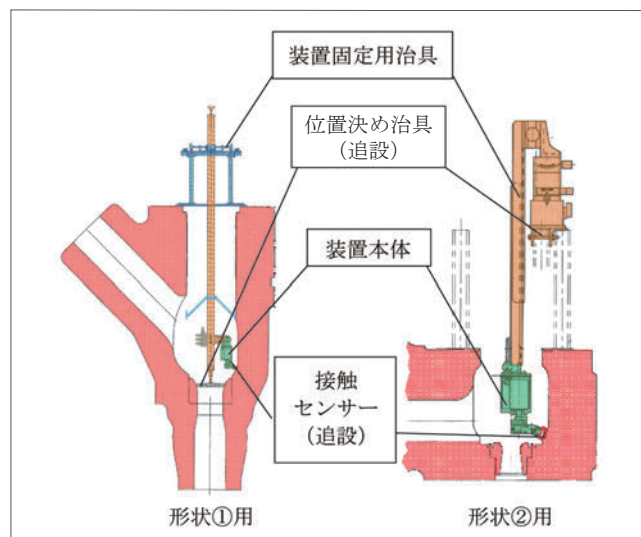
### 2 微小サンプル採取技術の開発

蒸気タービン主要部品で劣化評価を行う可能性のある狭隘部を調査したところ、主要弁の内面が特にサンプル採取が困難と考えられ、その内2種類を選定した(第1図参照)。

装置固定用治具については、第1図の形状①および形状②に対応できるように2種類製作し、適宜使い分けることで他形状の弁からの材料採取も可能な設計とした(第4図参照)。



第1図 サンプル採取が困難な弁の形状

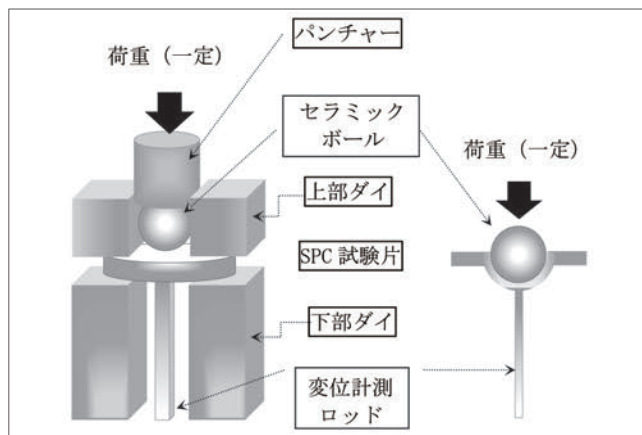


第4図 微小サンプル採取装置

次に、実機主要弁の模型を製作し、試作した微小サンプル採取装置による材料採取試験を行った。その結果、材料採取後の微小サンプルの採取厚さ（目標厚さ:3mm）にばらつきが大きいという課題が見出された。これは、電極が消耗した際、電極交換時の装置再設定による位置ずれが大きいと考えられたため、装置の位置決め治具や接触センサー等を追設することで、再設定時の位置ずれを防止するよう改良し、2種類の実機形状模型から安定して材料採取することが可能になった。また、微小サンプルの採取厚さについても、目標厚さに対して1mm以下の誤差に抑えることができた。以上の結果から、一般的な形状の実機主要弁を対象に材料採取試験を実施し、実機主要弁でも問題なく微小サンプルを採取できることを確認した。

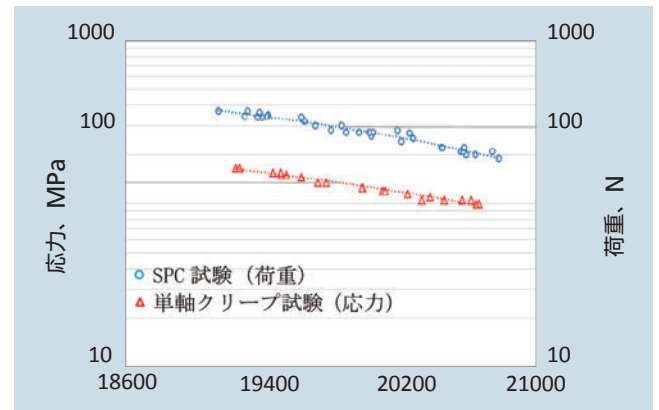
### 3 微小サンプル強度評価技術の確立

強度評価方法として、蒸気タービン主要弁等の支配的な劣化機構であるクリープ現象に着目し、微小サンプルにおいてもクリープ損傷度評価が可能な試験法として、スモールパンチクリープ試験法（以下、SPC試験という）を選定した。第5図にSPC試験の模式図を示す。



第5図 スモールパンチクリープ(SPC)試験模式図

上部ダイと下部ダイで挟んだ微小な板状のSPC試験片（以下、試験片という）に対し、セラミックボールとパンチャーを介して中心部に一定の荷重を加え、時間の経過に伴う試験片の変位および試験片が破断するまでの経過時間を評価する試験法である。試験片の材質は、蒸気タービン主要弁等に幅広く使用されている1.25Cr-Mo-V 鋳造材とし、実機使用材の未劣化部を用い、 $\phi 8 \times 0.5\text{mm}$ の円盤形状とした。実機の運転環境を模擬した加速試験を実施するため、アルゴンガス雰囲気（試験片の酸化防止目的）にて、適切な温度・荷重条件を決定した。決定した温度・荷重条件に基づいたSPC試験結果と従来より実績のある単軸クリープ試験結果について、縦軸を荷重または応力、横軸をラーソンミラーパラメータ

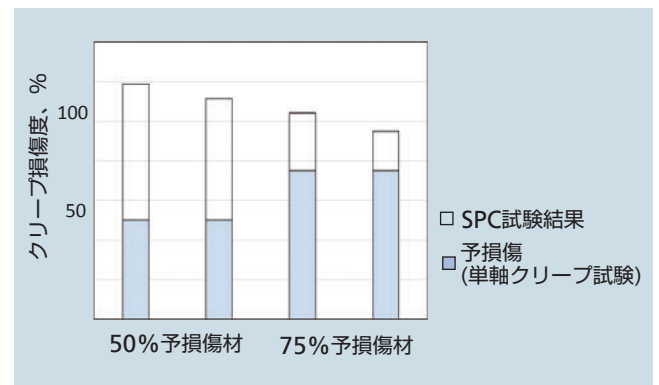


第6図 SPC試験および単軸クリープ試験結果

(LMP：温度と破断時間の関数)により整理した結果を第6図に示す。

両試験結果には良好な相関性が認められ、SPC試験は、単軸クリープ試験と大差ない評価精度が得られた。

最後に、SPC試験による余寿命評価精度を検証するため、予め単軸クリープ試験により50%、75%の損傷を与えた材料（予損傷50%材、予損傷75%材）を2本ずつ作製し、各予損傷材から微小サンプルを採取しSPC試験を行った。第7図に評価結果を示す。



第7図 予損傷材のクリープ損傷度評価結果

評価結果より、クリープ損傷度のばらつきは小さく、SPC試験によってクリープ損傷度の評価は可能であり、非破壊検査法と同等、またはそれ以上の精度で余寿命評価が可能であると考えられる。

### 4 まとめ

蒸気タービン主要弁等の狭隘部より微小サンプルを採取する技術を開発することができ、また、微小サンプル採取装置を用いて採取した試料をSPC試験により、高い精度でクリープ損傷度を評価できる技術を確立できた。

なお、微小サンプル採取装置は、株式会社神戸工業試験場との共同研究で開発した。



執筆者／福屋彰人