

Title	経年原子炉構造材料の寿命延長に関する研究
Author(s)	山下, 善弘
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/43255">https://hdl.handle.net/11094/43255</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	山 下 善 弘
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 6 6 2 1 号
学位授与年月日	平成14年1月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	経年原子炉構造材料の寿命延長に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 岡田 成文
	(副査) 教授 竹田 敏一 教授 宮本 勇 助教授 片山 聖二 教授 高橋 亮人 教授 山中 伸介 教授 西嶋 茂宏

### 論 文 内 容 の 要 旨

日本国内の原子炉は運転開始後30年以上経たプラントもあり、経年化対策が必要である。本論文では経年原子炉材料の寿命延長に必要なレーザによるインサイトでの検査とインサイトでの低入熱補修法を開発した成果を纏めたものであり、6章より構成されている。

第1章では本研究の背景を述べ、本研究の意義と目的を明確にした。

第2章では、経年プラントの検査結果の評価基準として原子炉構造材料に許容される欠陥寸法を2000年5月に機械学会から構造維持規格として施行され新しい運用法による検査技術の開発が必要であることを示した。

第3章では、構造維持規格の運用により必要となる欠陥寸法をインサイトで高速で計測する技術の必要性を述べ、本研究で開発した沸騰水型原子炉のインサイトでの検査技術であるレーザ励起超音波による応力腐食割の欠陥寸法測定法と本研究にて独自開発したパルスレーザホログラフィーによる応力腐食割の全視野計測法を確立して、経済産業省助成金にて試験装置を試作し原子炉構造相当材料での確認試験を実施し、その性能を明確にした。パルスレーザホログラフィーによりパルスレーザビームのスキニングによるSCCの形状・位置・寸法を瞬時に広域を遠隔で計測可能となった。また、レーザホログラフィーにて計測特定されたSCCの位置にパルスレーザを照射してSCCの深さを遠隔で計測できることを、本研究で実証し、原子炉等溶接構造物で問題となる溶接部近傍の欠陥計測を表面波という新しいモードの波で構造維持規格に要求される精度での計測が可能であることが明確となった。

更にこれらのレーザ励起超音波による計測現象と原理を差分法にて波動方程式を解くことにより現象を詳細に解明した。

第4章では、経年した原子炉構造材料は延性が低下していることから補修後の構造材料表面引張応力を低減する低入熱補修技術の開発の必要性を明確にし、インサイトでの補修技術として水中での低入熱補修を実現する高出力YAGレーザによる全姿勢水中溶接補修試験装置を本研究により開発製作し安定な水中溶接を実現した上で装置を顧客に納入して稼動中であり、経年原子炉構造材料の水中レーザ補修の3年に渡る金相的基礎データ取得に資した。また、材料の摩擦による塑性流動現象を応用した低入熱補修技術としての摩擦肉盛補修技術をSCC補修法として適用する技術を本研究にて開発し、基礎的な確認試験とインサイトでの施工適用性を確認した。その後、通産省プロジェクトにて3年に渡った炉内構造物材料のステンレスの金相試験に資した。

第5章では、本研究成果である検査法であるレーザUT及びレーザホログラフィーによる欠陥計測技術の運用に

必要な規格化を検討し、ISO等の既にレーザ応用技術に実績のある機関を使って国内規格化に呼び込む活動について説明した。また、本研究により開発されたレーザ水中補修技術と摩擦肉盛りによる補修法は開発納入した装置を適用して取得したデータをベースに経済産業省にて認可を得る方針を明確にした。

第6章は結論であり、本研究にて得られた成果を纏め本論文の総括を行った。

## 論文審査の結果の要旨

既存の商業原子炉の寿命を延長することにより原子力発電のコストを低減することが米国で考えられている。日本国内では商業用原子炉は1970年から運転が開始されており、これらに対して余寿命評価や経年状況の把握のための検査・診断や更には補修の方法を確立しておく必要がある。検査や補修はインサイト、非破壊で実施できることが重要であり、これに加えて能率的な検査、補修法を開発し原子炉停止による発電コスト上昇を最小にとどめるように努める必要がある。本論文はこのような要請をみたす原子炉材料表面に表れた欠陥の検査・診断法の開発とこれの計算機シミュレーションを用いた解析および補修法の開発についての研究成果をまとめたものであり、以下のように要約される。

- (1)従来、原子力発電プラント構造物の探傷にはパルス状超音波の縦波が用いられてきた。これを励起・検出するには狭隘部への接近が困難な大型装置が必要等の欠陥があり、更に検査結果の解釈に困難な点がある。これに対しパルスレーザーを用いて熱弾性効果およびレーザーアブレーション効果により励起される表面波を用いることにより、これらの困難が解決されることを示している。
- (2)表面波を励起し、レーザーホログラフィーによりその伝搬の様子を観察することにより表面の欠陥を検出することが出来る。ここでは20cm×25cmの広い領域を一括して探傷できることを実証している。
- (3)欠陥の深さを測定するためのレーザー励起超音波診断法に関し、レーザー光の集光ビーム径により励起される表面波の周波数スペクトルを制御したり、測定を複数回行いアベレーシングを行うなどをして、0.3mmまでの深さを寸法計測できる見通しを得ている。
- (4)上記について計算機により波動伝搬のシミュレーションを行い測定結果と良く一致する結果を得、測定結果の見通しの良い解釈を行うのに有用であること、又検査法の適用限界への示唆が得られること等を示している。
- (5)欠陥検出後の経年により延性の低下した構造材に対する補修には補修時の入熱が少なく水中での施工時の急冷による応力を低減させることが出来る方法を用いる必要がある。このような方法の一つである摩擦肉盛り補修法の最適化を行っている。

以上のように本論文は経年原子炉の構造材に生じる欠陥を非破壊・インサイトで能率的に検出できる方法として、レーザーにより構造材表面に超音波の表面波を励起しこれをレーザーホログラフィーにより観察する方法を考案し開発した。更に欠陥の深さを測定するためのレーザー励起超音波診断法を開発し、計算機シミュレーションを援用して測定結果の解釈を行い0.3mmまでの微細な寸法決定を行えることを示している。更に延性の低下した構造材の補修法への指針を示しており、技術・工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。