

応力発光体を用いた配管内欠陥の可視化

*小野大輔 *李承周 *ト楠 *、**、***徐超男

*産業技術総合研究所 **九州大学 ***科学技術振興機構 CREST

本研究では、火力、原子力発電プラントで問題となっている配管の減肉やき裂などの内部欠陥をユーロピウム添加アルミン酸ストロンチウム $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ (以下、SAOE) フィルムを用いて可視化した。SAOE は応力発光材料の中でも強い応力発光を示す材料のひとつで、その発光強度は、ひずみとひずみ速度に比例することが知られている⁽¹⁾。本研究では、欠陥として内部に切欠き設けたアクリルパイプの表面に SAOE フィルムを塗布し、配管内圧を 0 から 1.5MPa に上昇させた場合の応力発光強度分布を CCD カメラにより測定した(図 1、2)。さらに、構造解析ソフト ANSYS を用いた数値解析を行い実験結果と比較した(図 3、4)。に示すよう、内圧の上昇に伴って、周方向ひずみ、応力発光強度は増加する。本研究では、内圧が 0.8MPa の場合の発光画像について考察を行った。その結果、切欠きがない場合、配管表面の応力発光強度分布は、周方向に一様であるが、切欠きがあると切欠き上で最小値をとり、その周辺で最大値をとることが明らかになった(図 5、図 6)。また、応力発光強度の最大値は切欠き深さが深くなるにつれて大きくなることが明らかになった(図 6)。上述のように、応力発光強度はひずみとひずみ速度に比例するため、発光強度を積分することによってひずみを得ることができる(図 7)。そこで、(図 4) から発光強度の積分値を計算し補正曲線を求めた(図 8)。さらに、この補正曲線を用いて発光強度分布を周方向ひずみ分布に変換した(図 9)。その結果、発光強度から得られた周方向ひずみ分布は、数値解析およびひずみゲージにより得られた周方向ひずみ分布と良い一致を示し、発光強度分布と同様に切欠き上で最小値をとり、周辺部で最大値を取ることが明らかになった。

参考文献

- (1) C. N. Xu “Coatings” Encyclopedia of Smart Materials, 1 190 (2002)

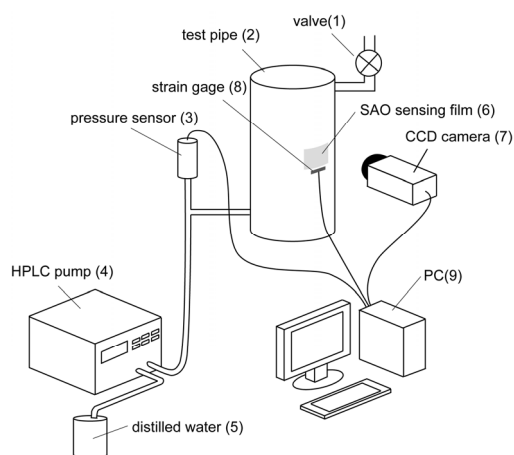


図 1: 実験装置

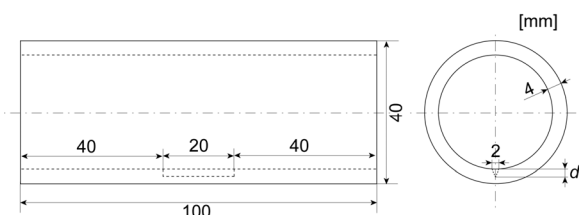


図 2: 配管モデル (切欠き深さ $a=0, 1.0, 1.5, 2.0\text{mm}$)

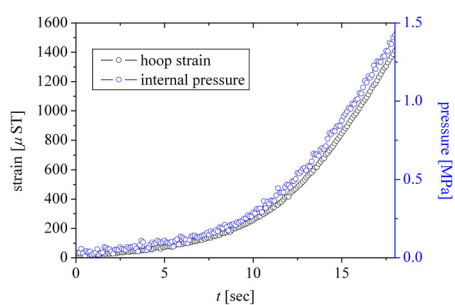


図 3: 内圧と周方向ひずみの時間変化

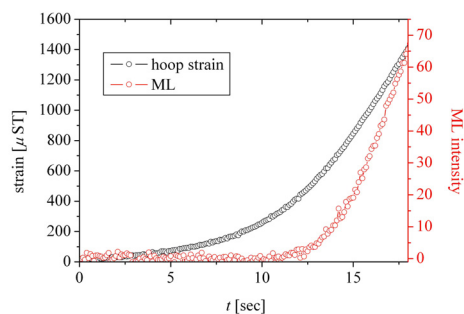


図 4: 発光強度と周方向ひずみの時間変化

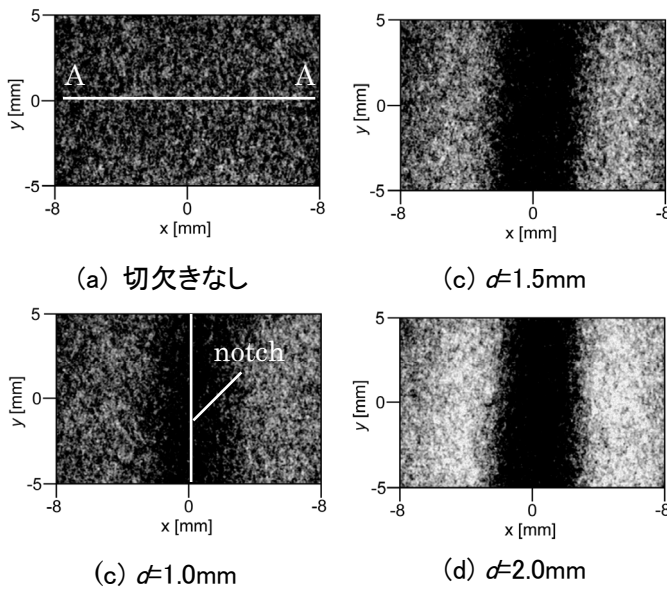


図 5: 応力発光画像 (内圧 0.8MPa)

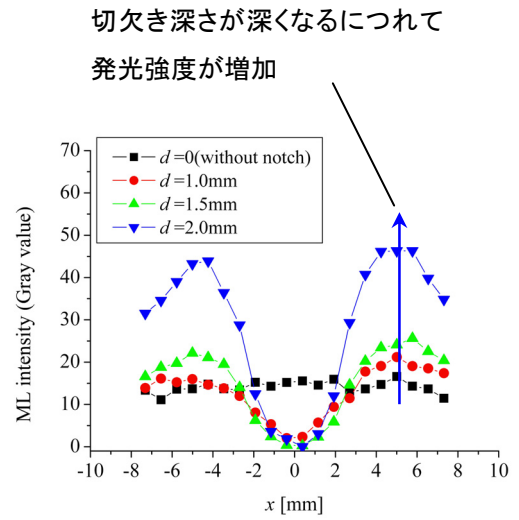


図 6: 発光強度分布 (図 3 の A-A 線上)

$$S_{ML}(t) \propto \varepsilon(t) \times \frac{d\varepsilon(t)}{dt}$$

S_{ML} : 発光強度
 ε : ひずみ

$$\varepsilon = C \sqrt{\int S_{ML}(t) dt} = C A_{ML}$$

Cは定数

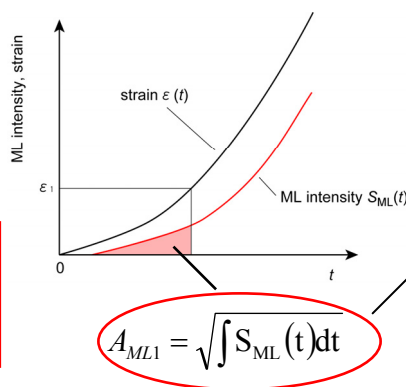


図 7: 発光強度の定量評価

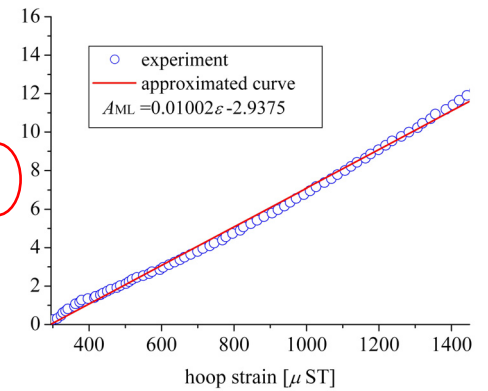
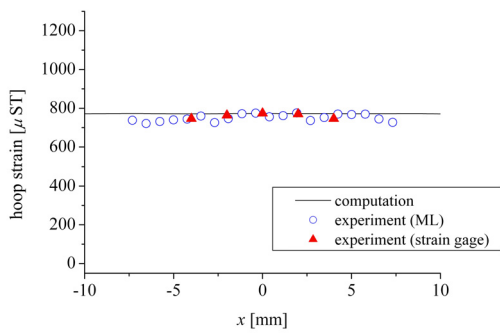
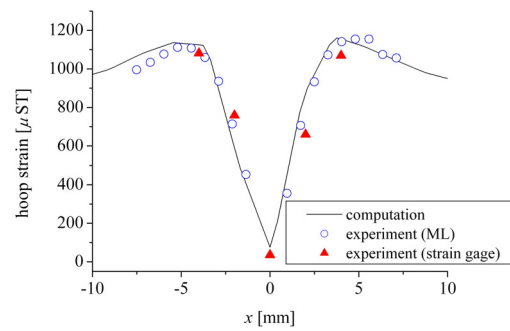


図 8: A_{ML} と周方向ひずみの関係



(a) 切欠きなし



(b) $d=2.0\text{mm}$

図 9: 周方向ひずみ分布 (図 5(a),(d) A-A 線上)