

平成26年1月30日

文部科学省地域イノベーション戦略支援プログラム 次世代自動車宮城県エリア
次世代自動車のための産学官連携イノベーション； 大学発の新製品，新システム開発
人材育成成果発表会

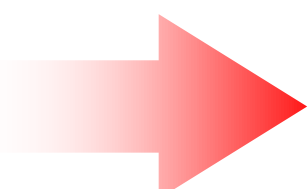
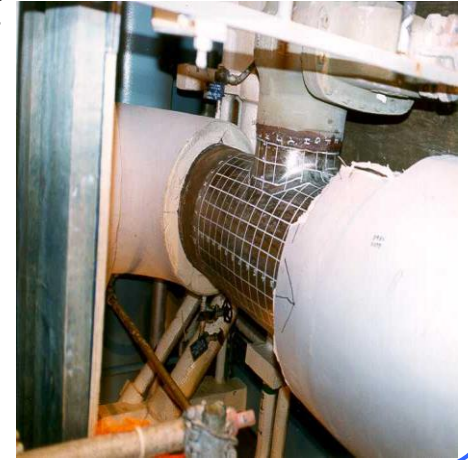
高木・内一・三木研究室紹介

流体科学研究所

未到エネルギー研究センター

システムエネルギー保全分野

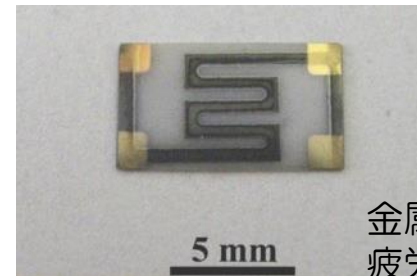
- 複雑な人工物の設計、維持・管理を
如何にして高度化するか？
- 不具合、事故を如何に防止するか？



- 保全の定量化、最適化に関する研究
- 非破壊検査・診断に関する研究
- 新しいセンサの開発とメカニズム解明



渦電流マルチアレイコイルプローブ



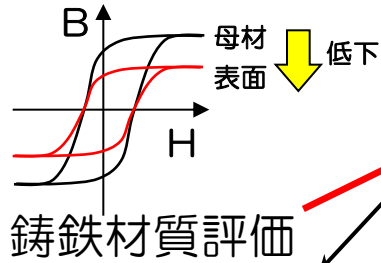
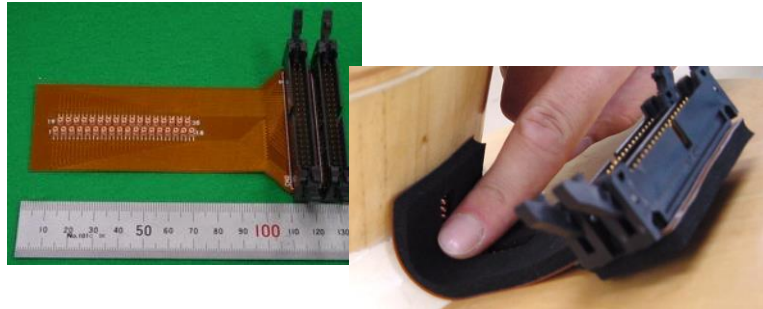
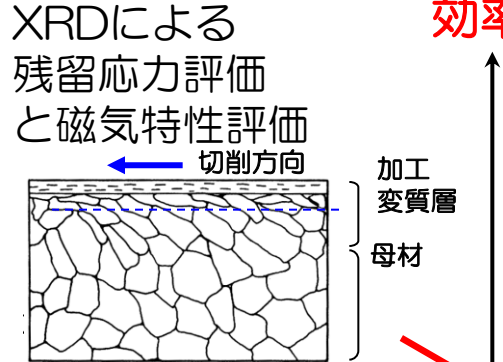
金属含有DLCを用いた
疲労センサ

電磁現象を利用した非破壊検査技術の確立

プローブの開発

渦電流マルチアレイコイル
プローブの開発

効率



材質劣化評価

供用期間中検査

時間

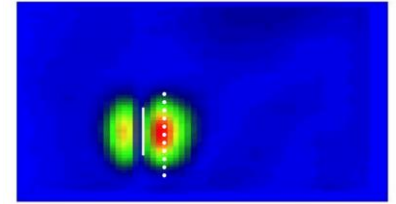
モニタリング

信頼性

電磁超音波・渦電流複
合プローブの開発

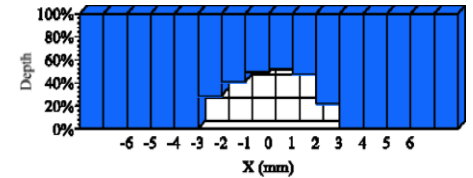
渦電流モニタリングによる
き裂進展モニタリング

信号処理



渦電流信号

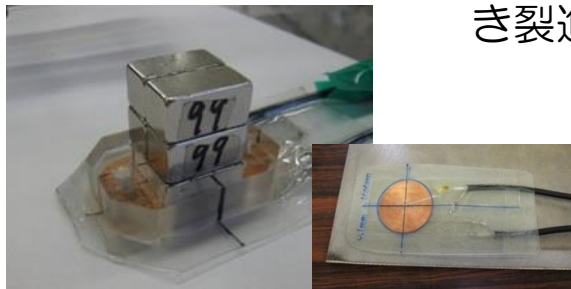
逆問題解析



き裂形状の再構成

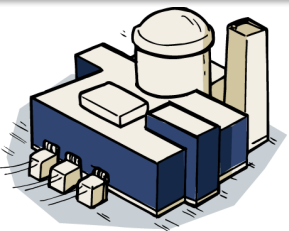


鋳鉄の組織

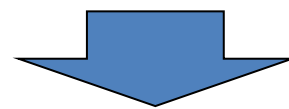


金属-炭素ナノ複合膜を用いた疲労センサの開発

微小振動による構造材の
疲労が問題

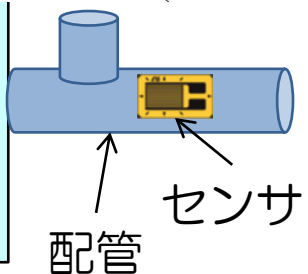
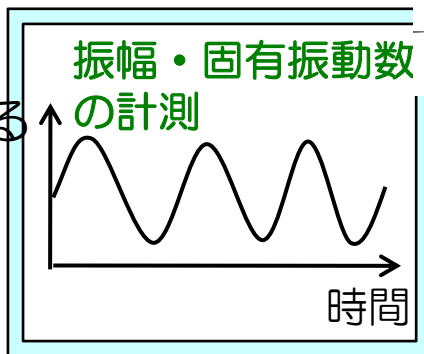


- 構造材の材料物性 (known)
- 一定の負荷条件 (known)
- **負荷回数 (unknown!)**



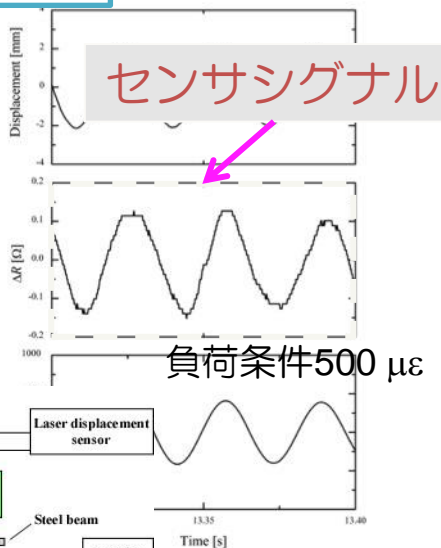
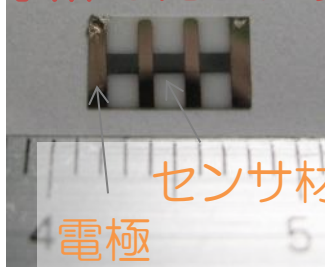
負荷回数が分かれば
疲労センサになり得る!

薄膜センサによる
振動による歪み
計測
(2010年まで)

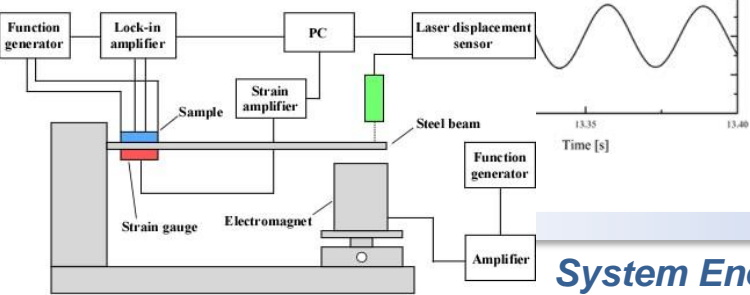
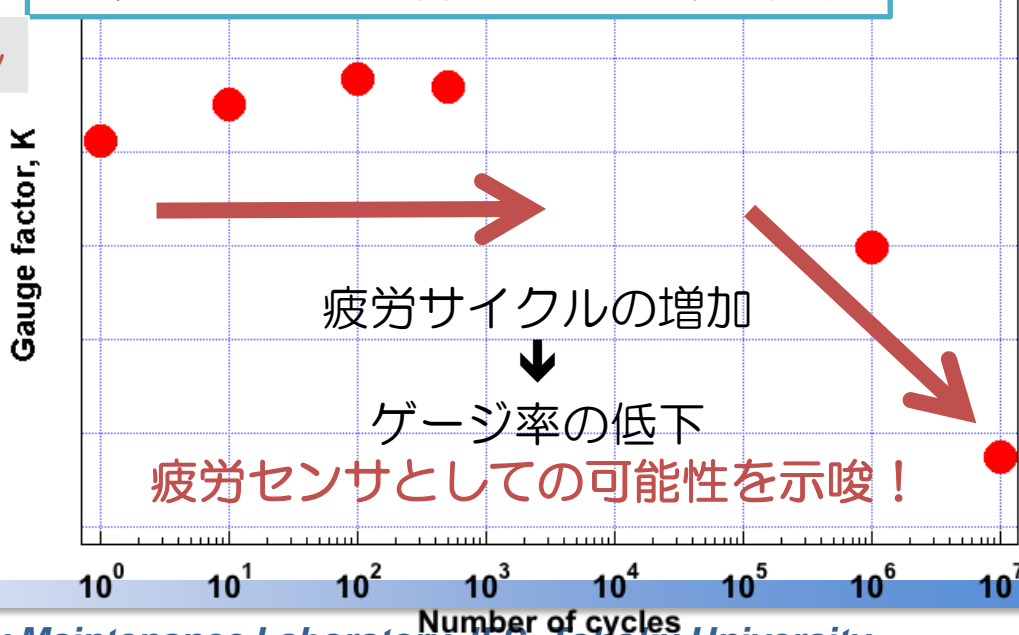


高サイクル疲労試験

試作したセンサ



歪みサイクルに対するゲージ率の変化

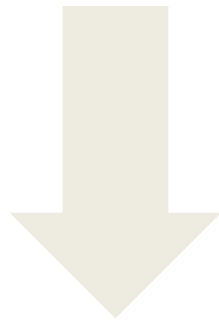


提供可能な研究技術

- 電磁現象を利用した非破壊検査技術
- 金属-炭素ナノ複合膜を用いた疲労センサ
- 新しい導電性摺動材料
- ダイヤモンド膜におけるナノスケール潤滑

保全への取り組み

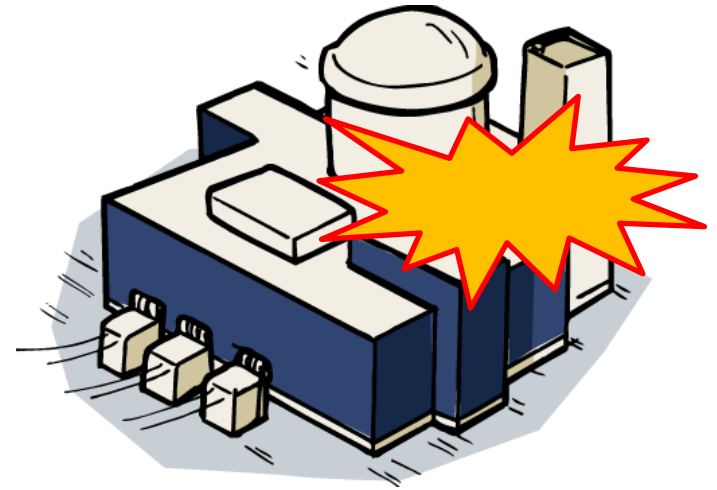
構造物における微小振動や変形は疲労や亀裂を引き起こす原因となる。これらの要因により構造物が劣化し損傷すると重大な事故につながる可能性がある。



疲労状態を的確に評価する技術が求められている。

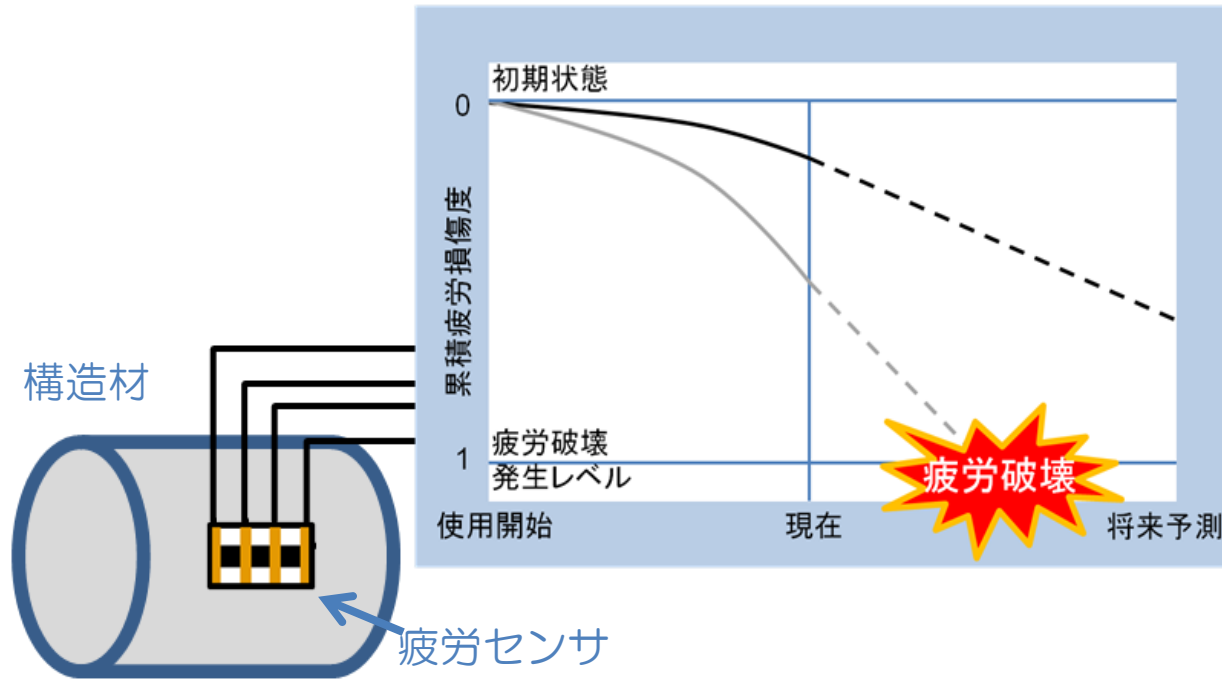
疲労評価技術に求められるもの

- 使用場所を選ばない(直接製膜・非電源)
- 他の作業を妨げない(測定が簡便・薄型)
- 過酷環境での使用が可能(耐腐食性)



構造物は種々の応力集中部において疲労損傷を引き起こす。これまでの疲労損傷度評価には歪みセンサによる長期的な応力履歴データの収集が必要であった。

疲労センサによる余寿命予測

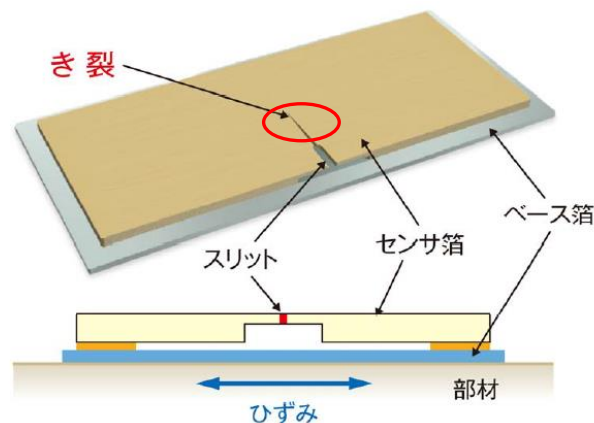
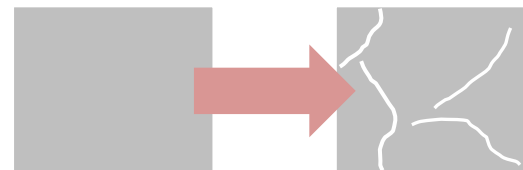


累積疲労損傷度に伴い出力信号が変化する材料をセンサとして利用



センサの出力信号の変化から構造物の疲労を推定し余寿命を算出する。

疲労センサの例



金属薄膜の表面粗さを測定**

様々な疲労センサが考案されている。

提案されている疲労センサ

センサーの種類	測定方法	材料
疲労ヒューズ	亀裂測定	金属薄膜
電気抵抗疲労ゲージ	抵抗測定	Cu/Ni合金箔
表面粗さ疲労ゲージ	粗さ測定	Al箔
レーザースペckル疲労センサ	スペckルパターン測定	Al箔
マルテンサイト変態疲労ゲージ	色の变化	銀亜鉛合金

課題点

- 金属材のため腐食に弱い
- 超高サイクル ($10^7 < N$) に対応しているものが少ない

新たな疲労センサの開発が求められている。

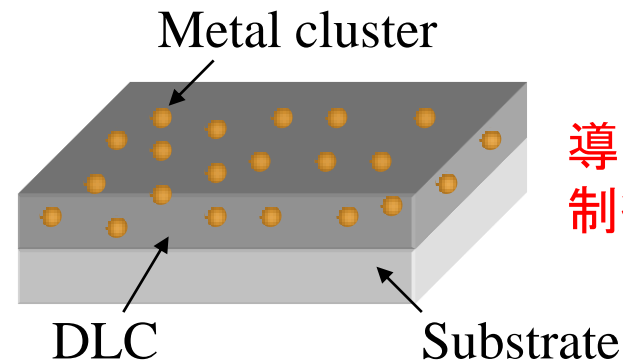
非晶質炭素膜 (DLC) とは

Diamond-like carbon (DLC)

- 低摩擦
- 高硬度
- 絶縁性
- 化学的安定性

金属クラスタ
を混入

Metal-containing DLC; Me-DLC



DLCセンサのメリット

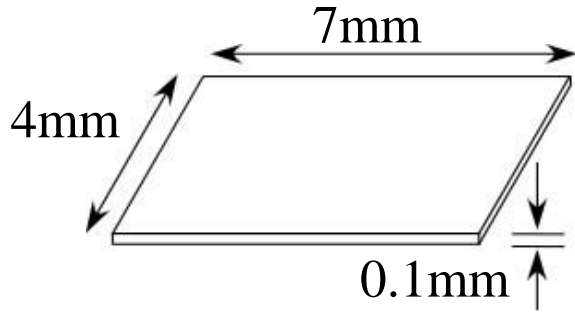
- 薄型
- 直接製膜可能
- 耐腐食性

Strain sensor	ゲージ率	抵抗温度係数 [$\times 10^{-6}/K$]
ステンレス ¹⁾	2.0-2.1	90
DLC ²⁾	36 ~ 46	-6000 ~ -8000
Ni-DLC複合膜 ³⁾	8	-300

Me-DLCを用いたセンサが注目されている。

1) Kyowa Co, <http://www.kyowa-ei.co.jp>. 2) E.Peiner et al., *Sensors and Actuators A: Physical*, vol.130 (2006) pp.75-82.
3) G.Shultes et al., *Diamond and Related Materials*, vol.15 (2006) pp.80-89

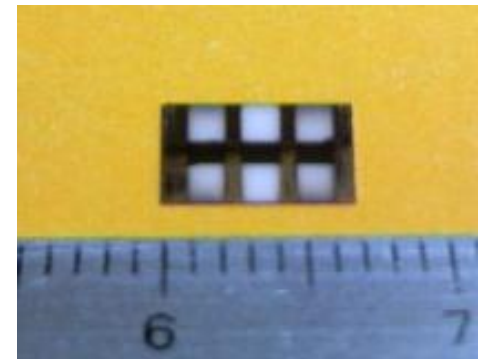
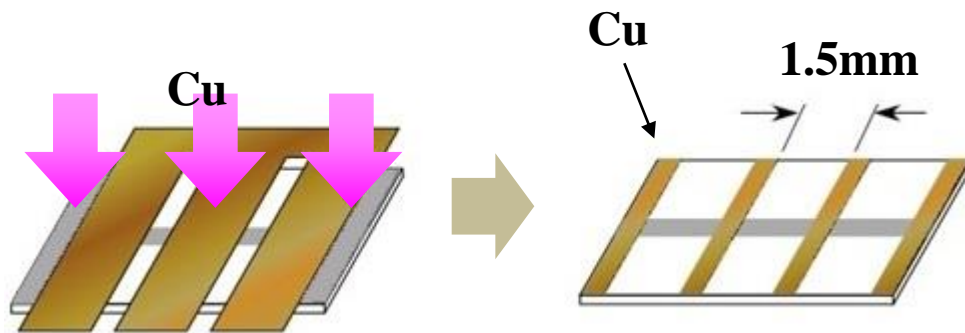
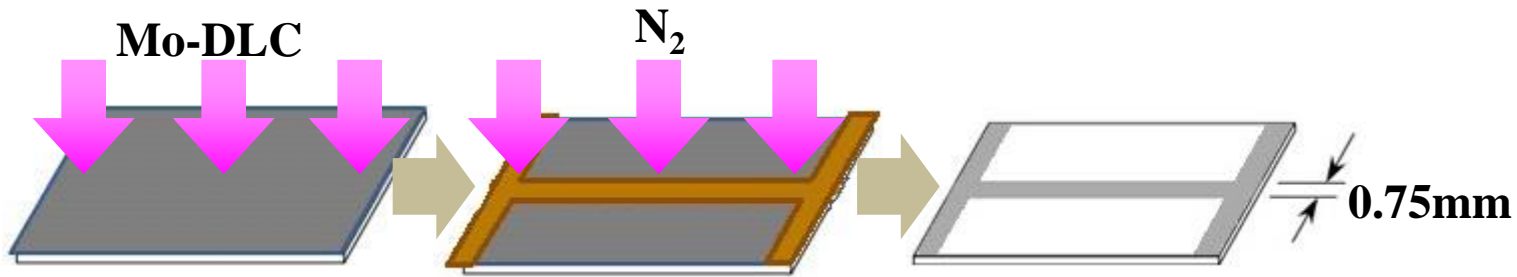
センサ形状加工



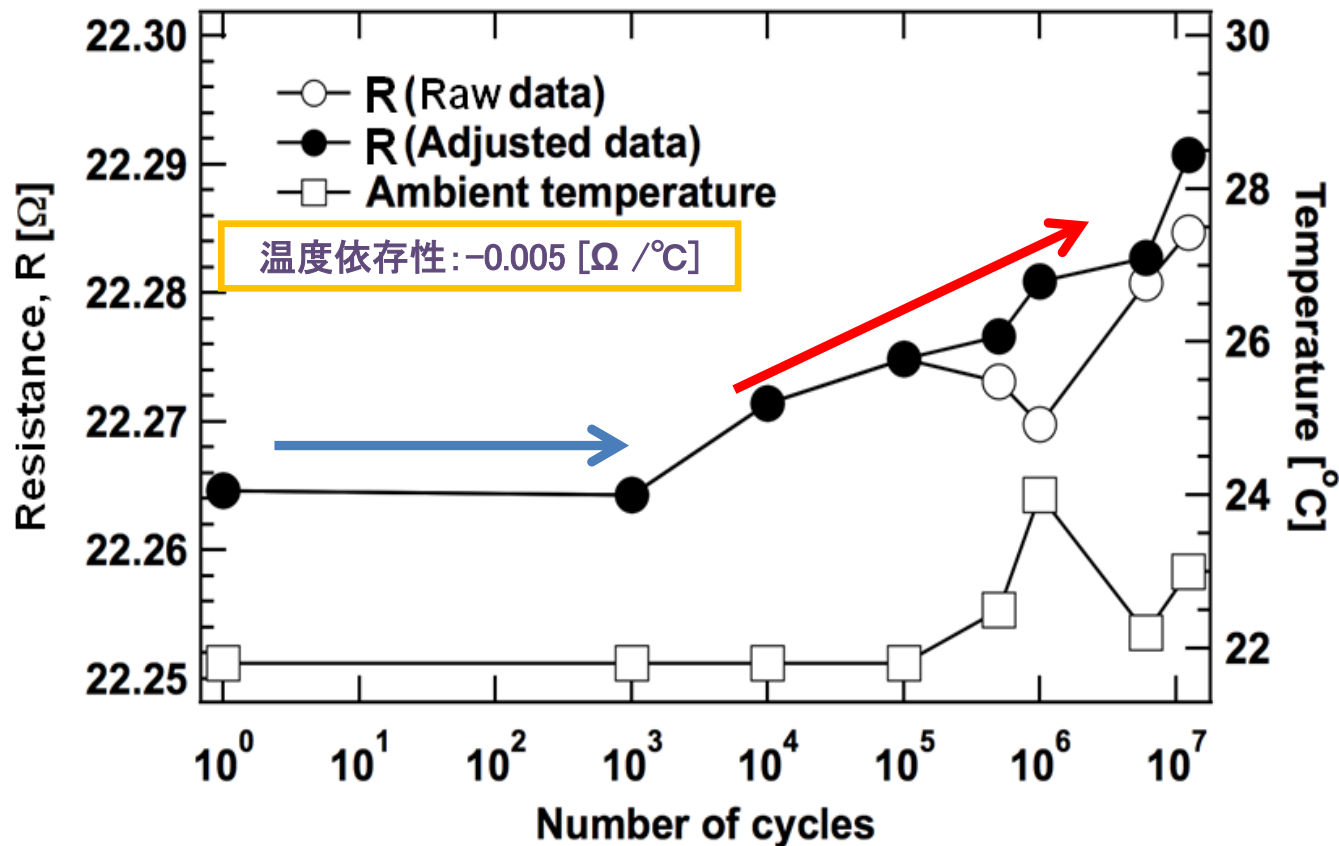
Ceraflex (ZrO_2)
抵抗率 : 10^{10} [$\Omega \cdot m$]
曲げ強さ : 1000 [MPa]



(株)日本ファインセラミクス



DLCセンサの振動負荷に対する感受性

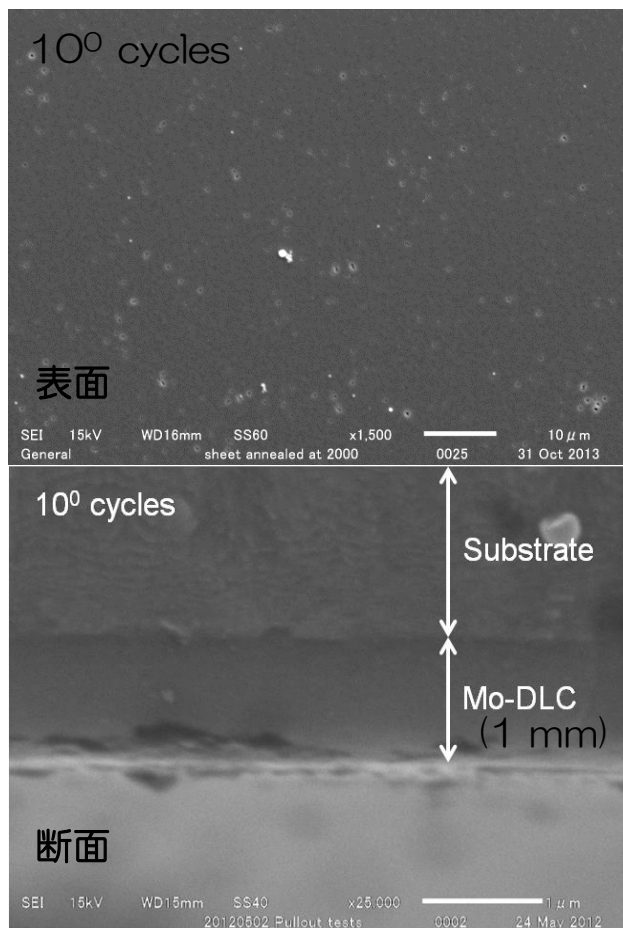


温度補正の結果、 10^4 回以上では曲げ振動回数に伴い増加

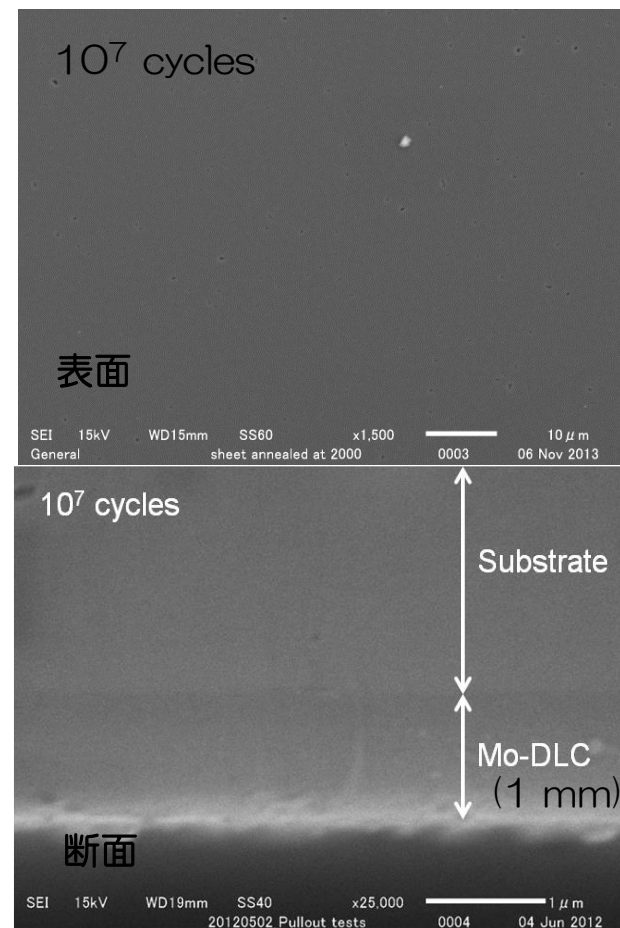
膜の構造評価

振動による膜の構造破壊の確認

(Mo濃度(EDX result): 43 at.%)



振動を加える



曲げ振動試験後においても亀裂や剥離は見られない。

電気抵抗の変化は構造破壊によるものではない。

当研究室が所有する各種装置

分析評価装置

- SEM/EDS
- X線回折装置
- 原子間力顕微鏡/磁気力顕微鏡
- 光学顕微鏡
- ナノインデント
- DSC (示差走査熱量測定)
- 試料振動型磁力計
- 硬さ計 (ビッカース、ブリネル)
- 超音波顕微鏡
- 疲労試験機/引張り試験機

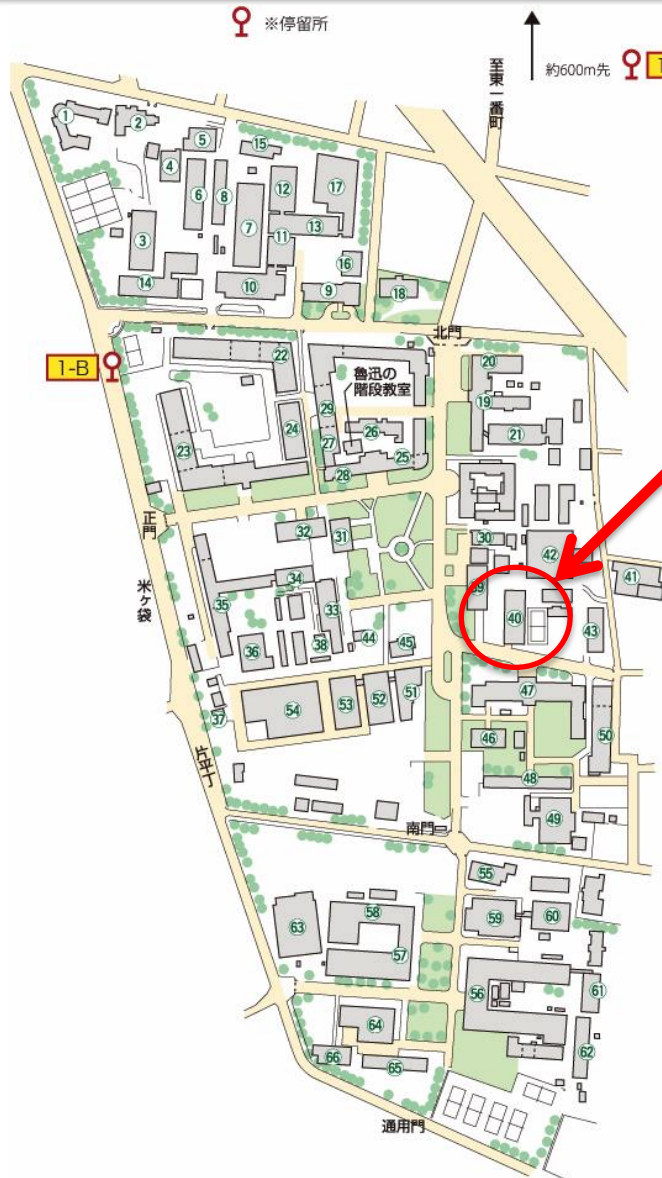
材料プロセス装置

- ダイヤモンド成膜装置
- ダイヤモンドライカーボン成膜装置
- 電気炉
- 超伝導マグネット

- 超音波探傷試験装置一式
- 電磁特性測定装置一式
- 電磁非破壊評価試験装置一式
(渦電流試験、磁気試験等)

非破壊評価装置

アクセスと連絡先



連絡先：

web-asel@wert.ifs.tohoku.ac.jp

流体科学研究所2号館3階、4階

ご静聴ありがとうございました

