

# 使用条件や設置場所に制約をうけない 高温プロセスモニタリングセンサ

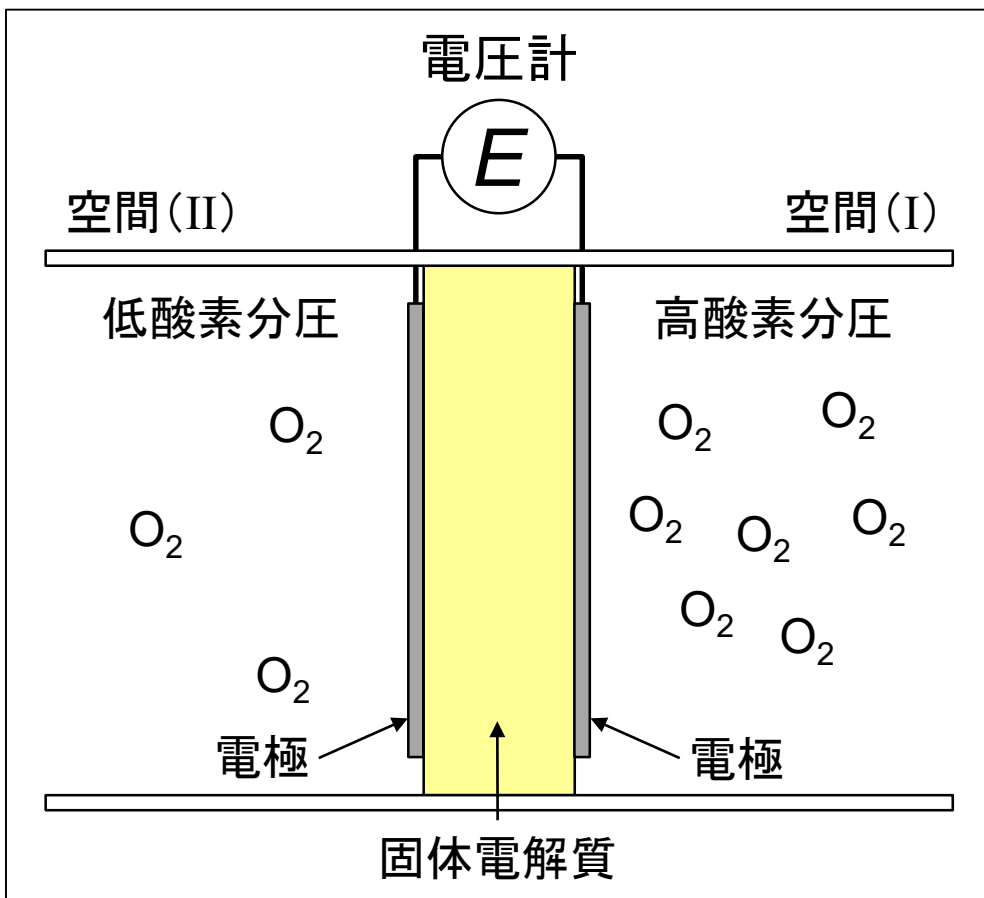
東京工業大学 物質理工学院 材料系  
准教授 上田 光敏

2022年11月15日

# 本技術の背景と従来技術

各種高温プロセスにおける酸素濃度(分圧)のインライン計測

現行の測定法: **固体電解質**を用いた酸素センサ  
(安定化ジルコニア)



酸素センサを構成する酸素濃淡電池の模式図

## 特徴

- ・確立された手法であり信頼性がある
- ・酸素濃度(分圧)の測定が可能

$$E = \frac{RT}{4F} \ln \left( \frac{P_{O_2}^I}{P_{O_2}^{II}} \right)$$

## 使用例

自動車排ガス用センサ  
溶鋼中の酸素検知用センサ

# 従来技術とその問題点

各種高温プロセスにおける酸素濃度(分圧)のインライン計測

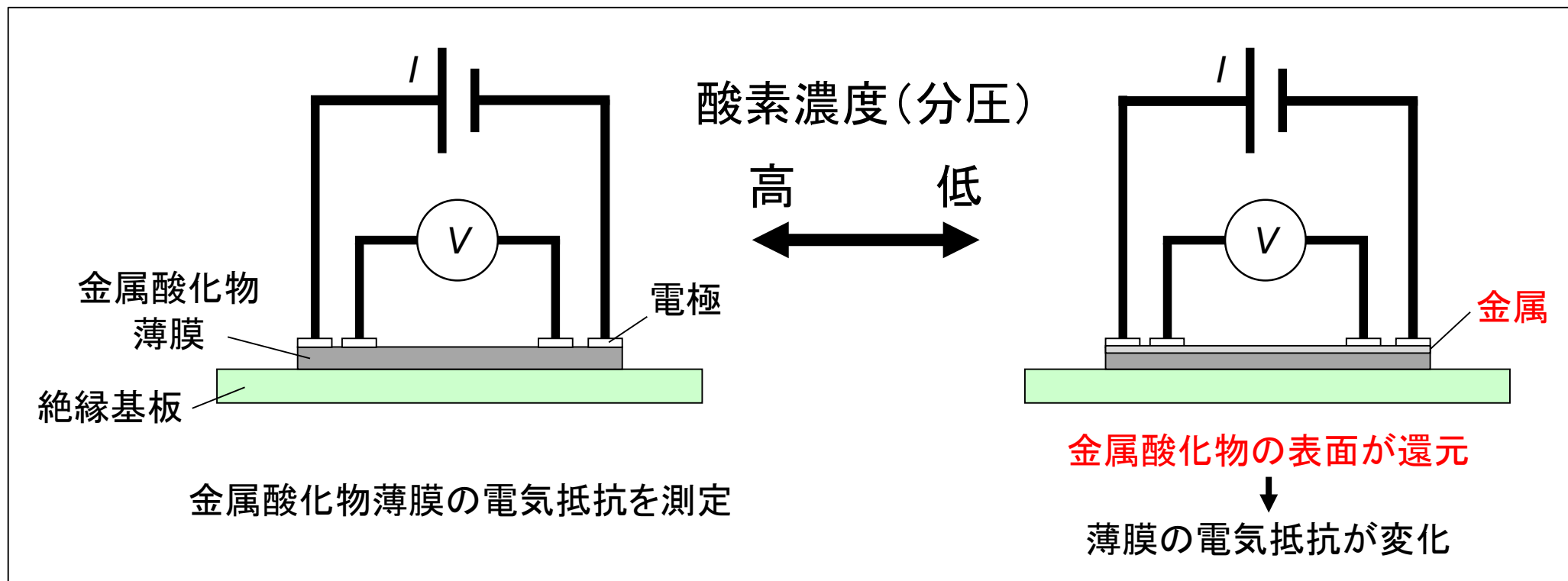
現行の測定法: **固体電解質**を用いた酸素センサ

## 使用上の制約

- ・動作温度に制限がある(400°C~)
  - ・基準極が必要
  - ・低酸素濃度(分圧)の測定には適していない
  - ・センサを構成する部品にセラミックスが含まれる
- 
- ・低温や低酸素濃度(分圧)の測定に適していない
  - ・センサの細かい設計が必要であり、実装できる場所に制限がある  
(**使用条件や設置場所に制約がある**)

# 新技術の特徴

## 金属酸化物薄膜還元検知センサ



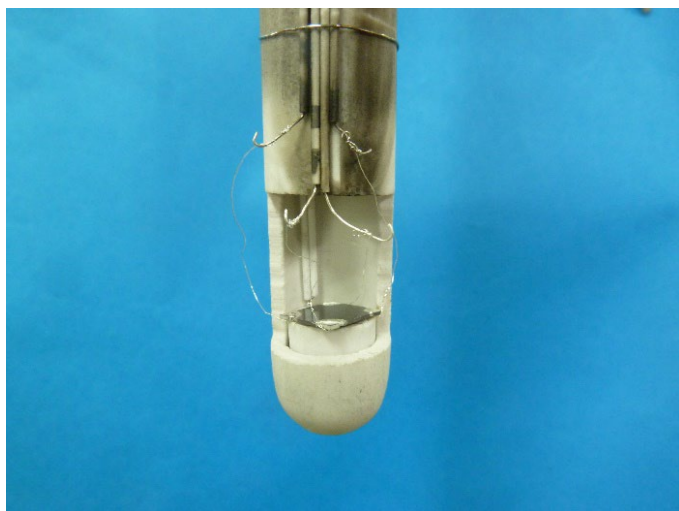
### 特徴

- ・ **金属酸化物の還元・酸化(金属の酸化・還元)現象**を利用し、環境中の酸素分圧の変化を、素子の電気抵抗変化として検知する
- ・ 金属酸化物薄膜を素子とする**シンプルな構造**
- ・ 電極間の電気抵抗をモニタリングだけの**簡便な計測方法**

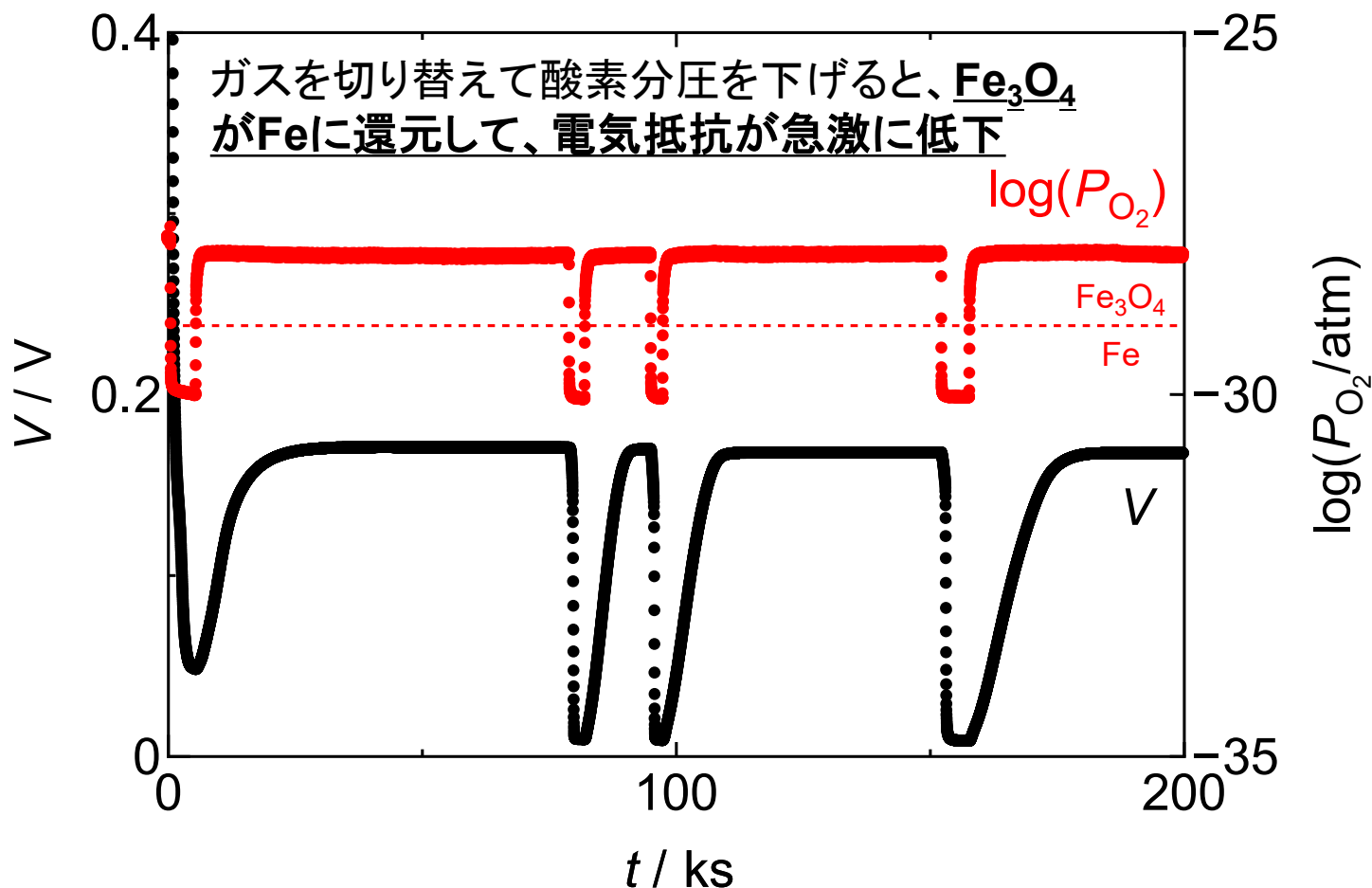
# 新技術の特徴

Ar-H<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O混合ガス気流中における  
酸素分圧とFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>薄膜の電気抵抗の変化

還元検知センサ  
(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>薄膜)



基板: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (サファイア基板)  
金属酸化物薄膜: Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>  
電極: Ag



直流2端子法で電圧を測定(電流: 2 mA)

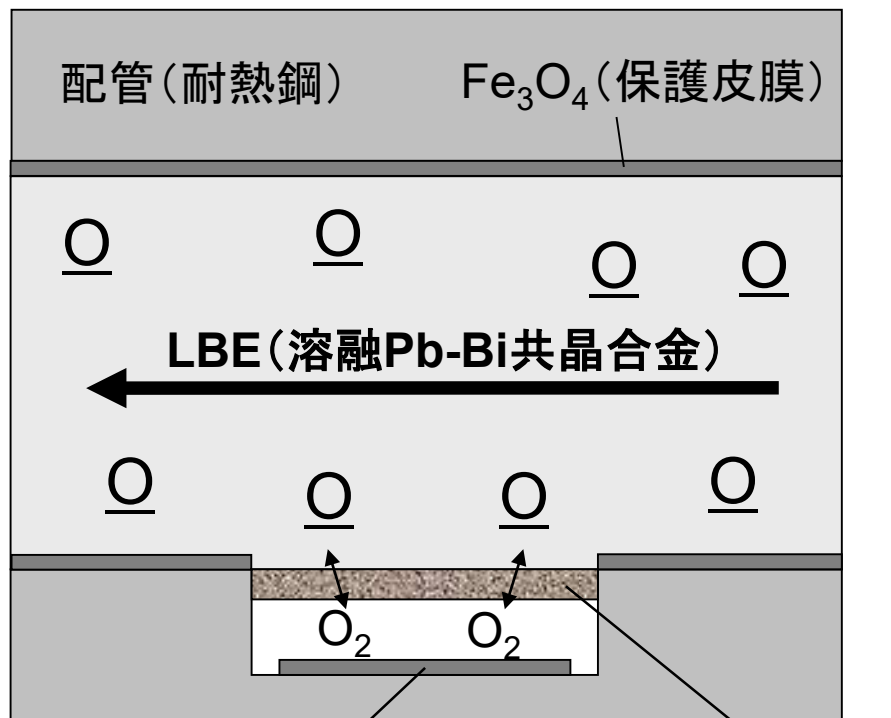
センサの電圧変化:  $\Delta V = \Delta R \times I$

# 新技術の適用例

## 液体金属による配管の腐食を監視するハザードウォーニングセンサ

原子力分野：大型鉛ビスマス流動ループ配管の断面（模式図）

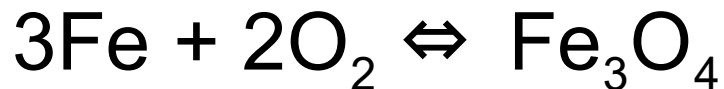
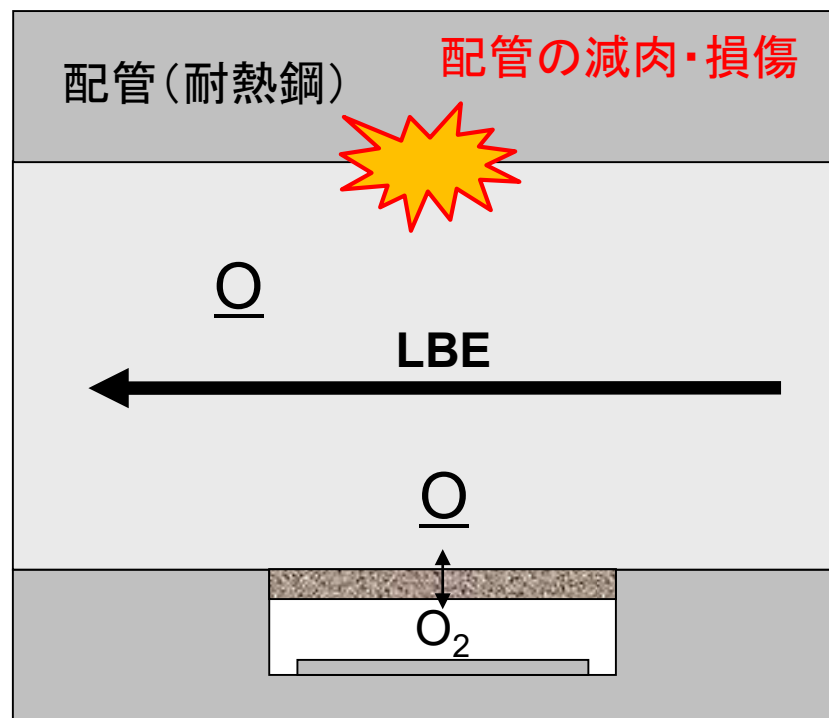
(a) 正常時（溶存酸素量を制御）



還元検知センサ  
( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 薄膜)

多孔質  
セラミックス

(b) 異常発生時（溶存酸素量の低下）

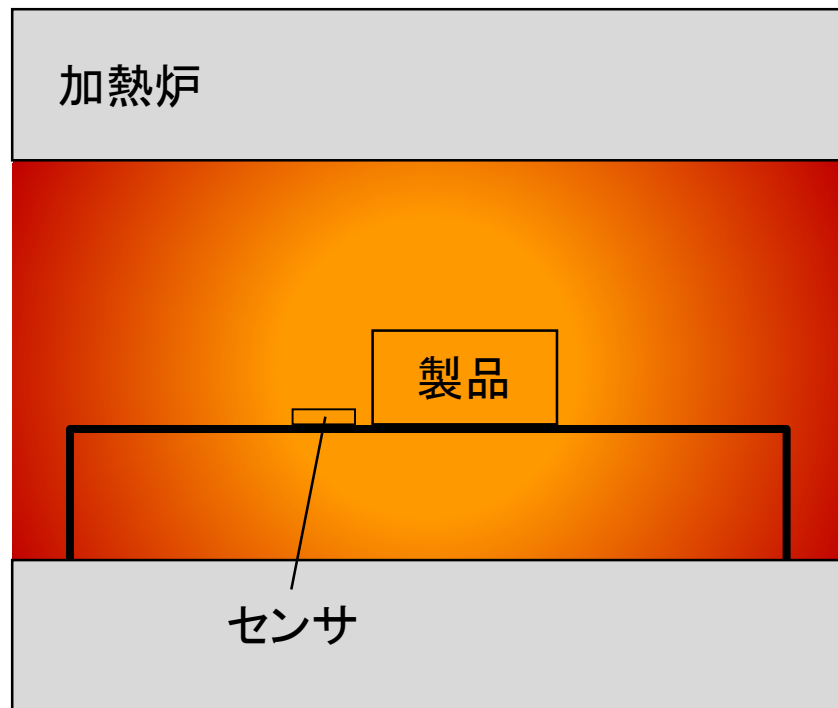


センサの電圧変化： $\Delta V = \Delta R \times I$

# 新技術の適用例

## 製品近傍の酸素濃度の監視 (環境モニタリングセンサ)

例: 加熱炉内



制御したい酸素分圧近傍で還元するような  
金属酸化物を選択する

製品の横に置いて酸素濃度を常時監視

測定範囲に対する柔軟性

金属酸化物の解離圧は  
酸化物によって異なる



使用する酸化物によって  
幅広い温度、酸素分圧範囲を  
測定領域としてカバーできる

# 新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術と比較して、より簡便な方法で高温プロセス環境中の酸素濃度(分圧)をモニタリングすることができる。
- 固体電解質を用いるセンサと比較して、より広範な温度および酸素分圧範囲を測定領域としてカバーできる可能性がある。
- 本技術の適用により、製品近傍の酸素濃度を監視できるようになるため、高温プロセスを介して製造される製品の品質向上に大きく貢献できると考えられる。



# 想定される用途

- 各種高温プロセスにおける環境モニタリングセンサ
- 各種高温プロセスの異常を検知する  
ハザードウォーニングセンサ
- 環境の変化を検知して作動する高温ヒューズ

## 実用化に向けた課題

- $\text{Fe}_3\text{O}_4$  薄膜を用いてセンサの動作原理を確認済み。社会実装にあたり、センサの応答性、繰り返し使用に対する耐久性を改善していく必要がある。
- 現在、低温におけるセンサの動作確認と応答性の評価を行っている。
- 広範な酸素濃度の検知ができるように、様々な金属酸化物を用いてセンサを構成し、その性能を評価する必要がある。

## 企業への期待

- 高温プロセス環境中の酸素濃度を管理・制御したいと考えておられる場合、本技術が解決策の一助になればと考えております。
- 本センサを社会実装できる形に作り込んで頂ける企業を探しております。
- 高温プロセス環境中の酸素濃度を測定したい、制御したい、または、少しでも本センサに興味があると考えておられる企業との連携を希望します。

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：金属酸化物薄膜還元検知センサ
- 出願番号：特願2020-062404
- 公開番号：特開2021-162404
- 出願人：国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構、  
国立大学法人 東京工業大学
- 発明者：上田光敏、林優作、河村憲一、入澤恵理子、  
小松篤史、大久保成彰、山口周

# お問い合わせ先

東京工業大学

研究・産学連携本部

TEL 03-5734-2445

FAX 03-5734-2482

e-mail [sangaku@sangaku.titech.ac.jp](mailto:sangaku@sangaku.titech.ac.jp)