

# 高窒素ステンレス鋼のPEFC用 金属セパレータへの適用可能性

第1回つくば3Eフォーラム  
筑波大学 大学会館ホール(3F)  
2007年12月16日  
(独)物質・材料研究機構  
片田 康行

## 内容

- ・ 研究の背景とねらい
- ・ 高窒素ステンレス鋼 (HNS) の開発 (NIMS)
  - \* 加圧ESR法によるHNSの創製
  - \* HNSの機械的性質／耐食性
  - \* ニッケルフリーHNS
- ・ 固体高分子型燃料電池用セパレータへの適用
- ・ まとめ

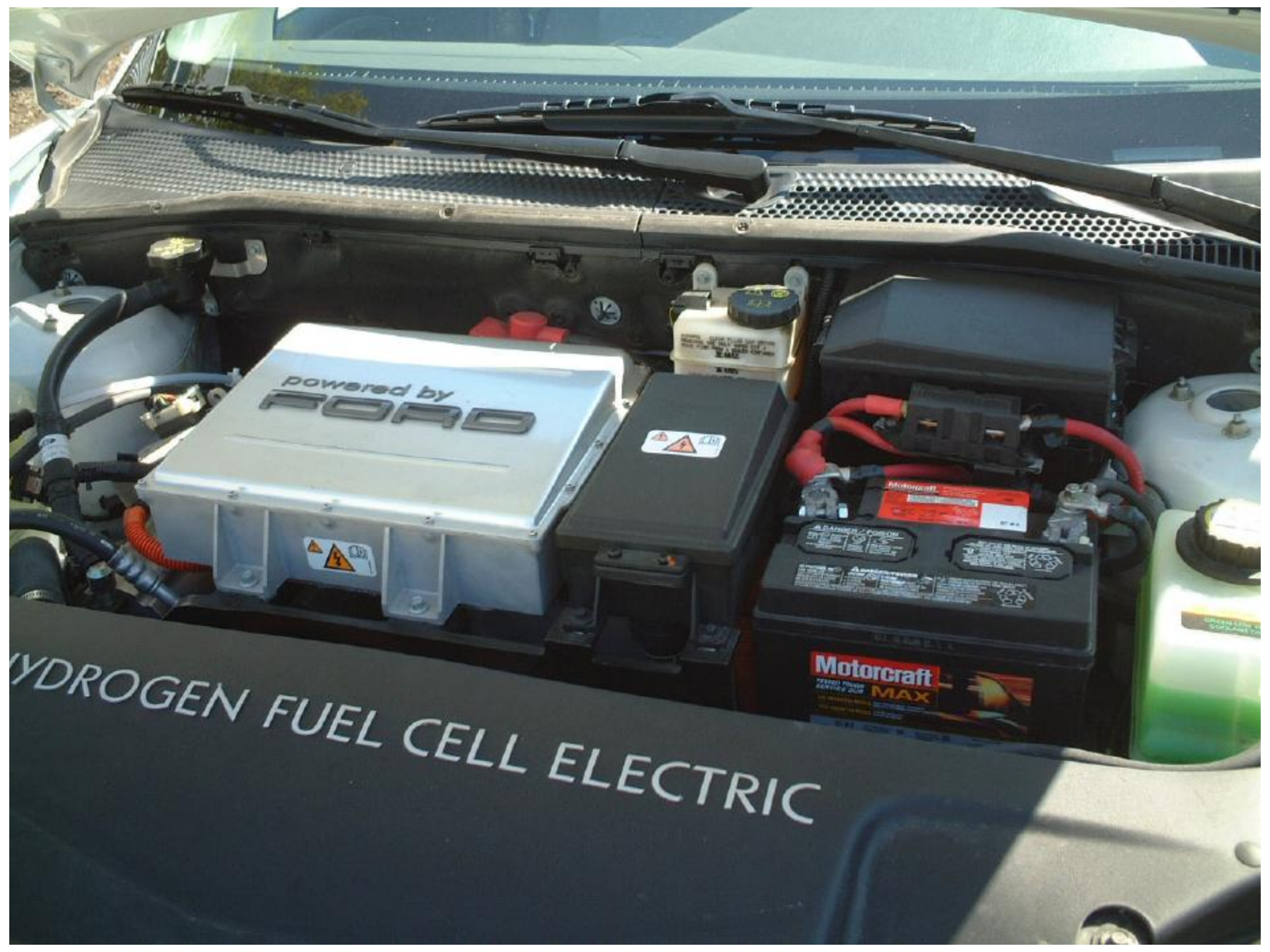


Vancouver  
**Fuel Cell Vehicle**

Program

Operated by **BC Hydro**

**42**



powered by  
**FORD**

⚠️

**Motorcraft**  
**MAX**

HYDROGEN FUEL CELL ELECTRIC

D...<sup>®</sup> Advanced Fuel Storage Systems™

**CASE ONLY HYDROGEN OR  
HYDROGEN BLENDS ONLY**

**NOT USE AFTER: 02/2010**

02/2004 SERIAL NO: JB895

MODEL: ZM180H350M/C

Safety

P.A. NO.

INPUT

C.S. NO.

DATE

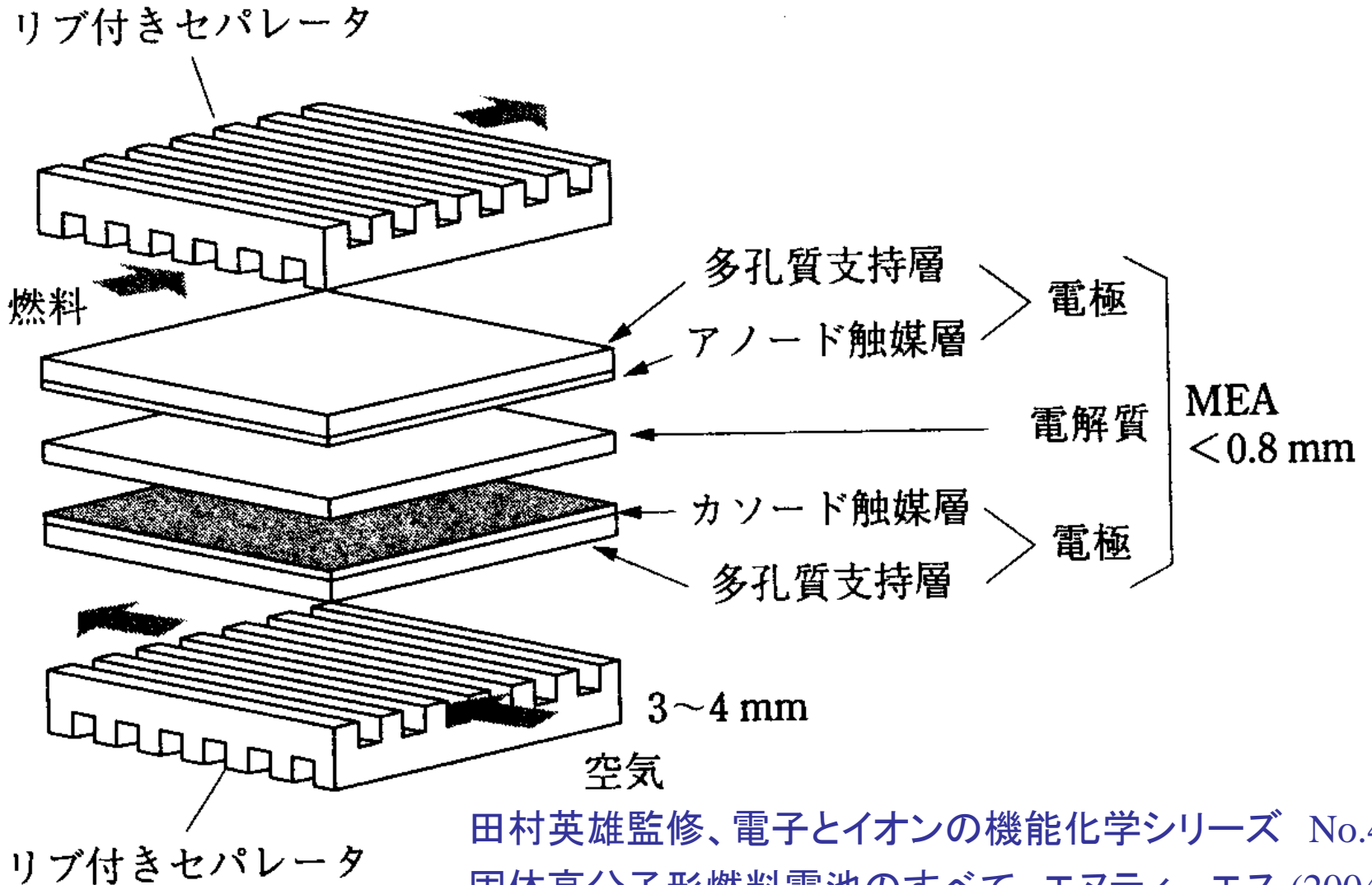
EMERSON ELECTRIC CO.

ford

## 各種燃料電池の構成と特徴

燃料電池の種類	アルカリ型 (AFC)	固体高分子型 (PEFC)	リン酸型 (PAFC)	熔融炭酸塩型 (MCFC)	固体酸化物型 (SOFC)	
作動温度 (°C)	←	低温型	→	←	高温型	→
	室温～230	室温～100	180～205	630～670	～1000	
発電出力	～10kW	1kW ～100kW	50 ～200kW	300kW ～MW	100kW ～200kW	
用途	宇宙用	携帯電話 自動車	ビル用発電	大規模発電	大規模発電	

# 固体高分子型燃料電池の模式図



田村英雄監修、電子とイオンの機能化学シリーズ No.4  
固体高分子形燃料電池のすべて、エヌティーエス (2004)

# グラファイトと金属の比較

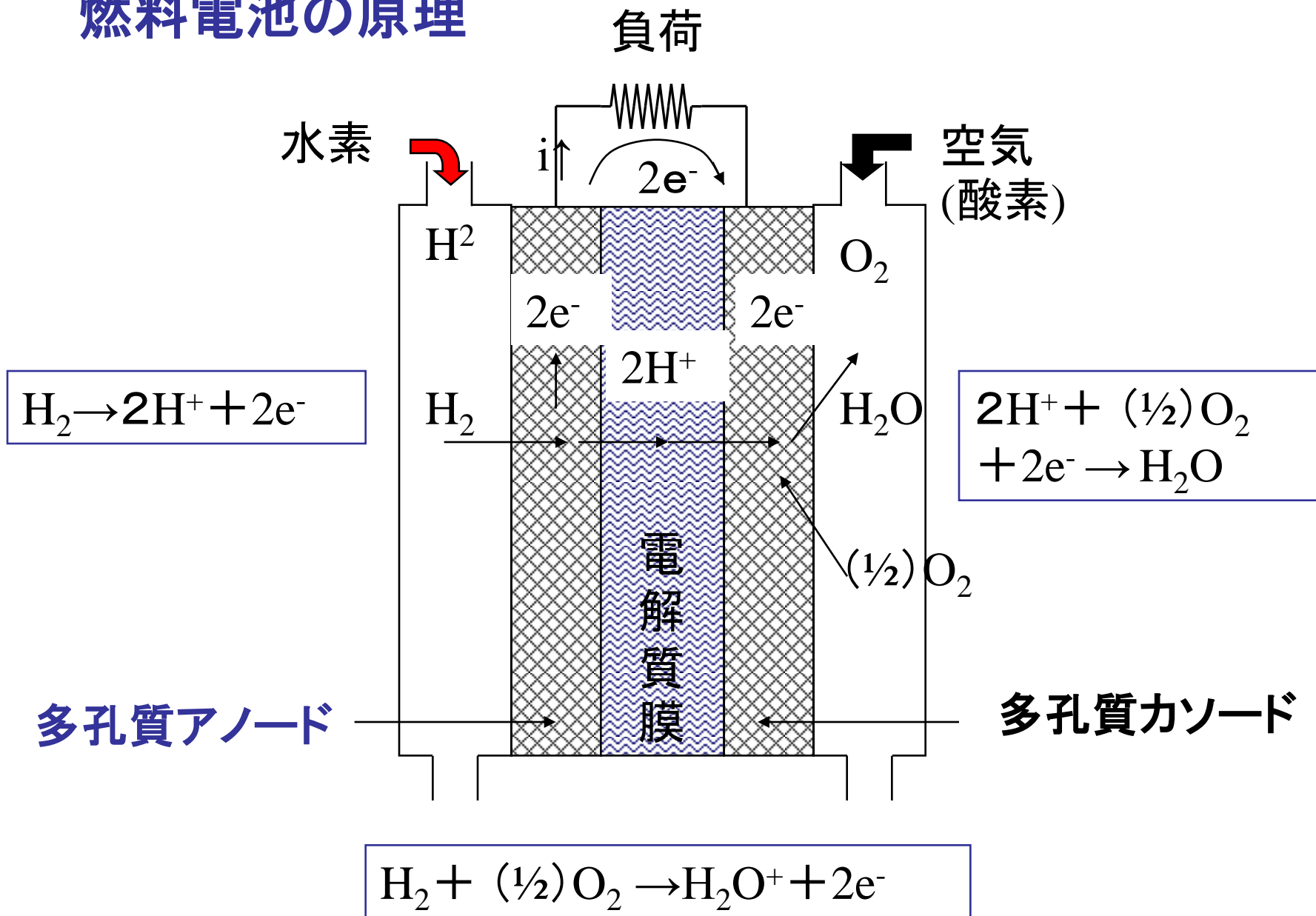
セパレータ特性／素材	グラファイト系	金属系
耐食性	◎	△
接触抵抗	◎	△
強度	△	◎
ガス透過性	△	◎
大量生産性	△	◎
コスト	△	◎

◎:優れている

△:やや問題あり

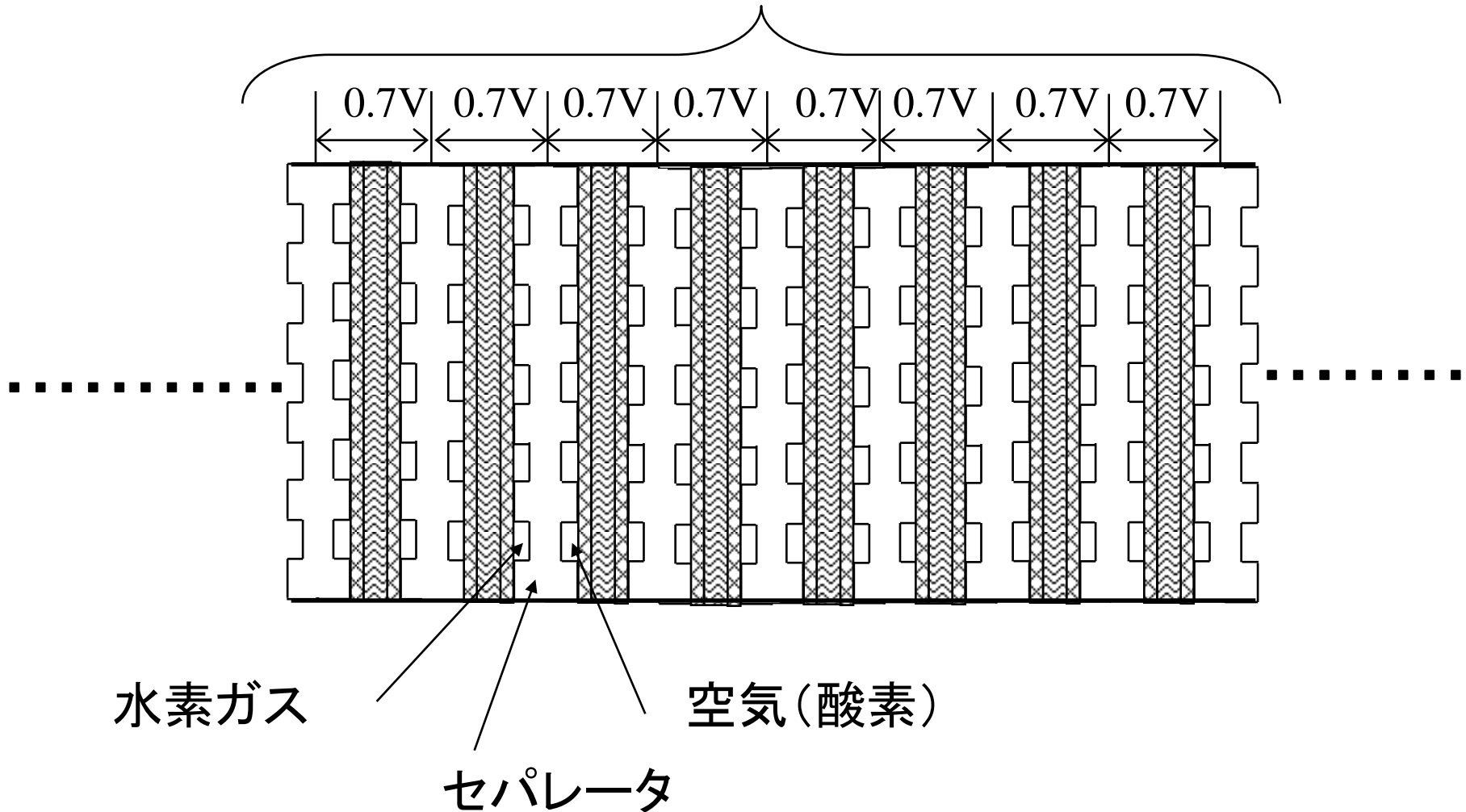


# 燃料電池の原理

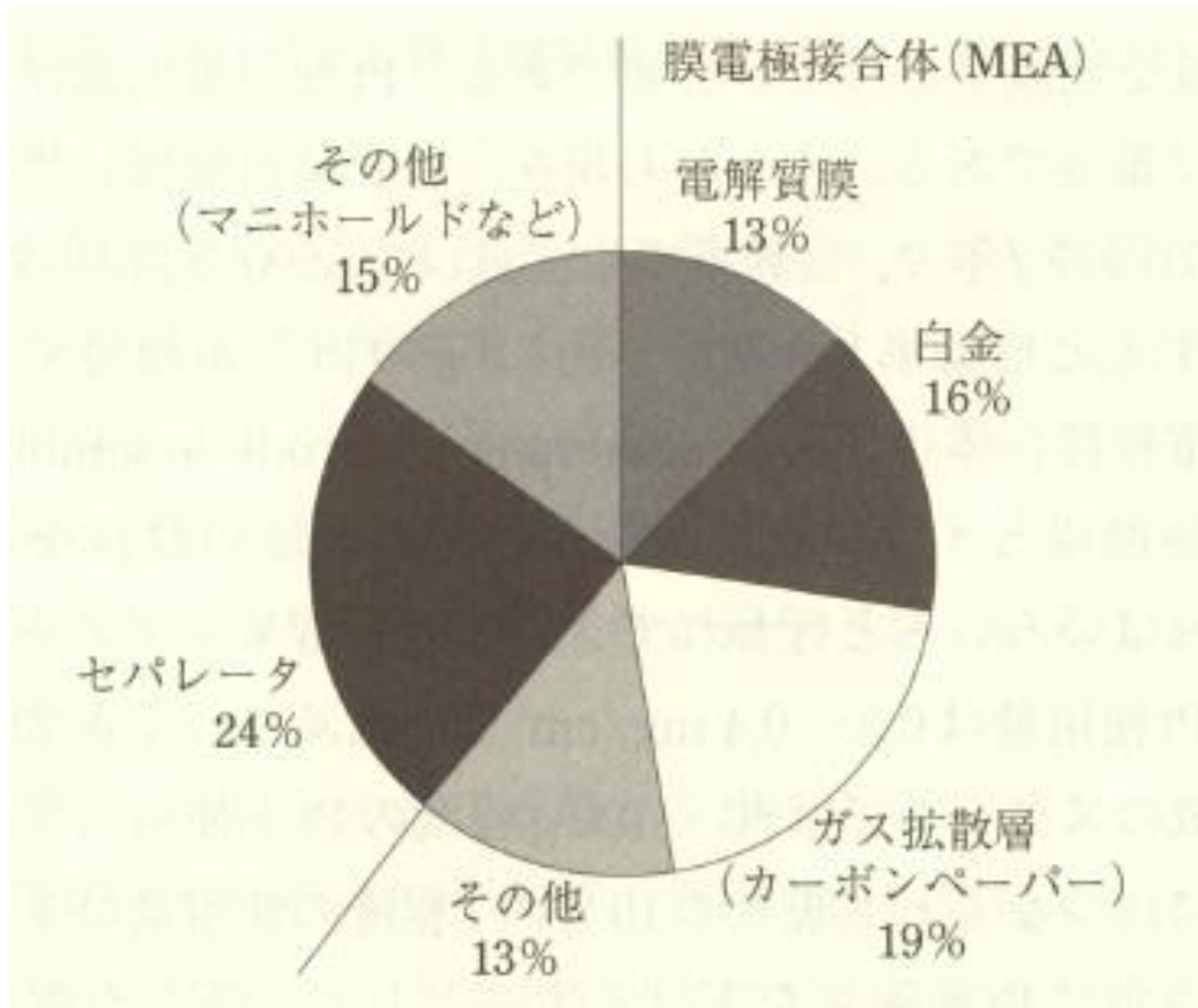


# スタック(積層)されたセルの模式図

$$E = n \times 0.7V$$



# PEMスタックのコスト



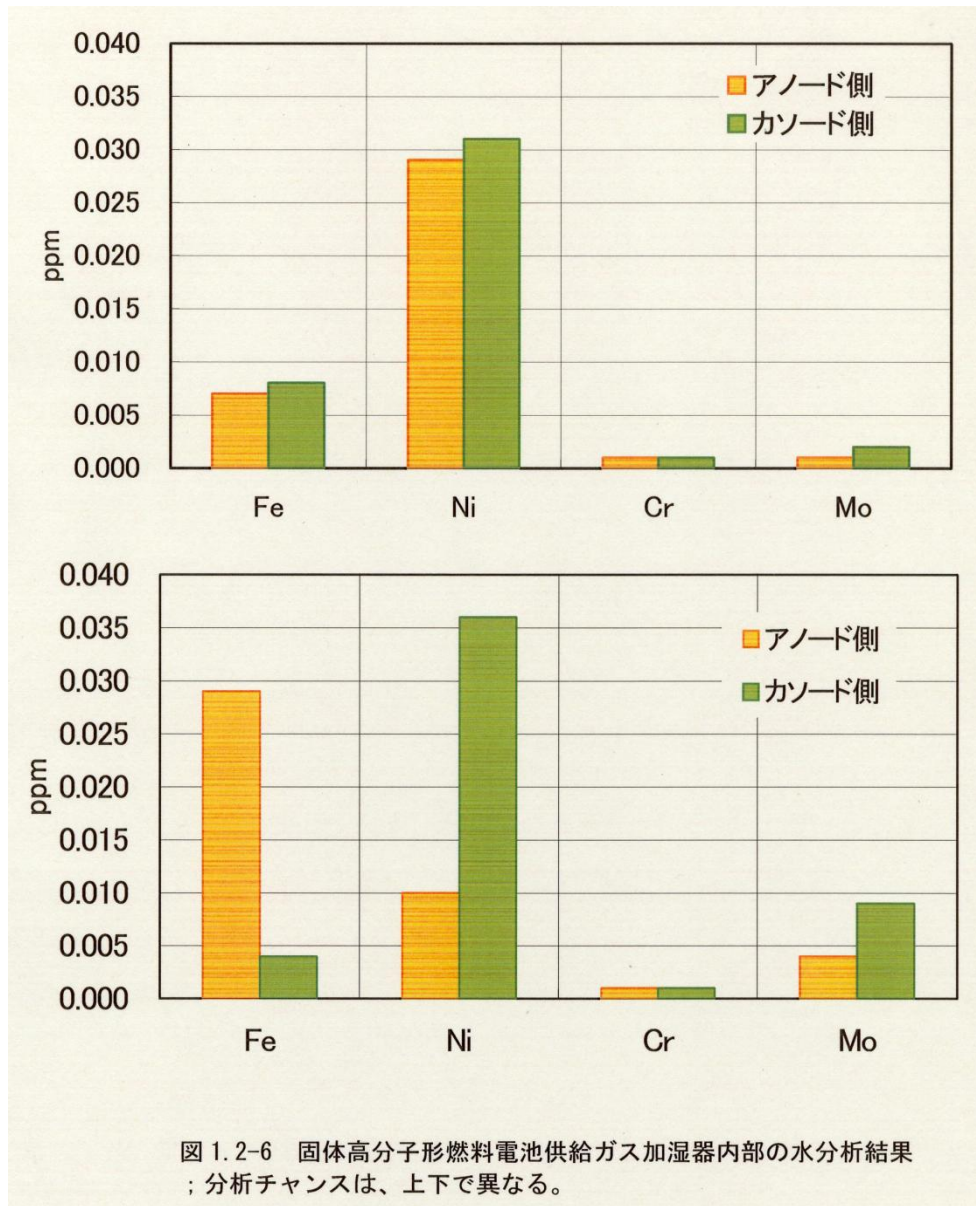
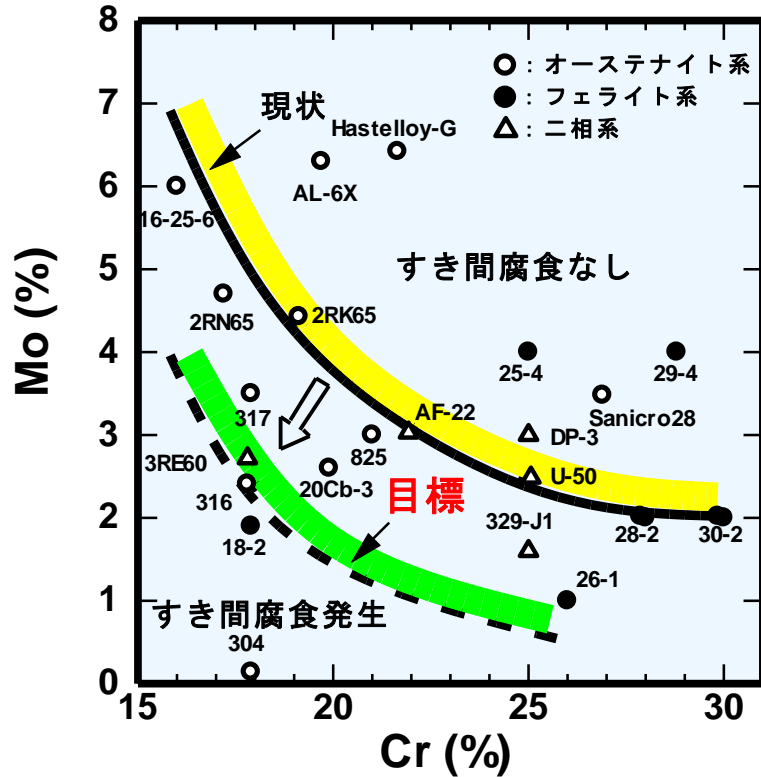


図 1.2-6 固体高分子形燃料電池供給ガス加湿器内部の水分析結果  
；分析チャンスは、上下で異なる。

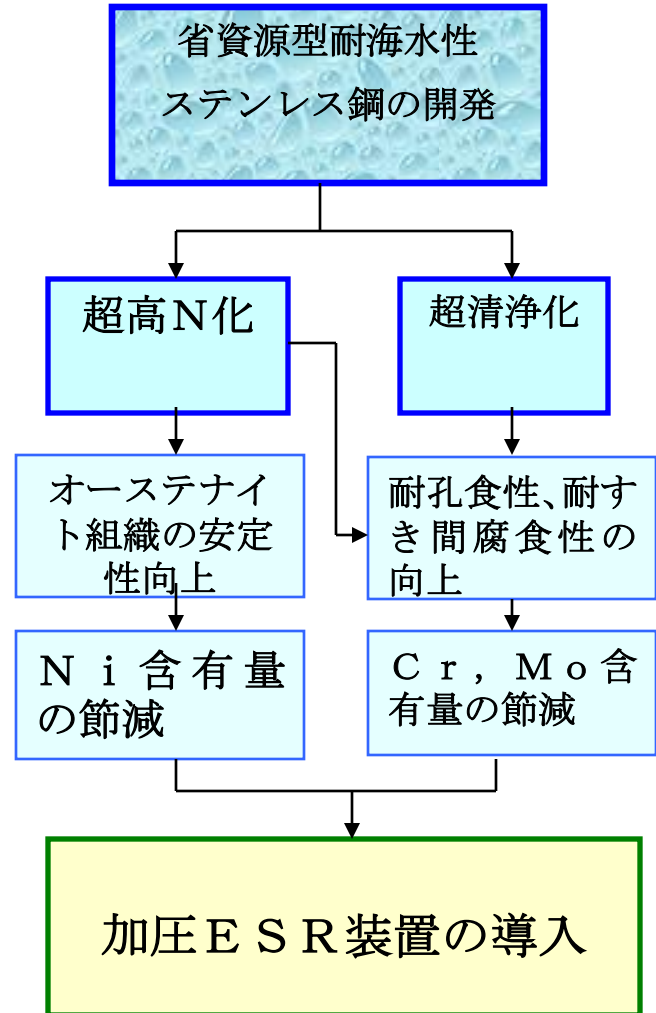
「固体高分子形燃料電池セパレータ量産化技術開発」、NEDO、平成13年度成果報告書、住友金属工業株式会社（2001）

# 高窒素ステンレス鋼

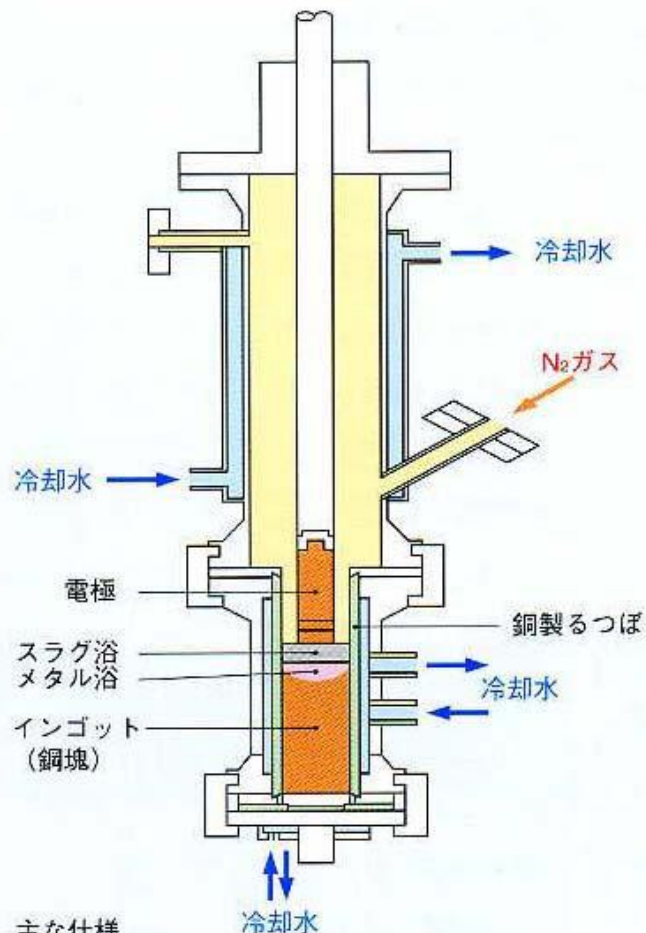
## 研究開発の背景



### 耐海水ステンレス鋼開発の研究目標



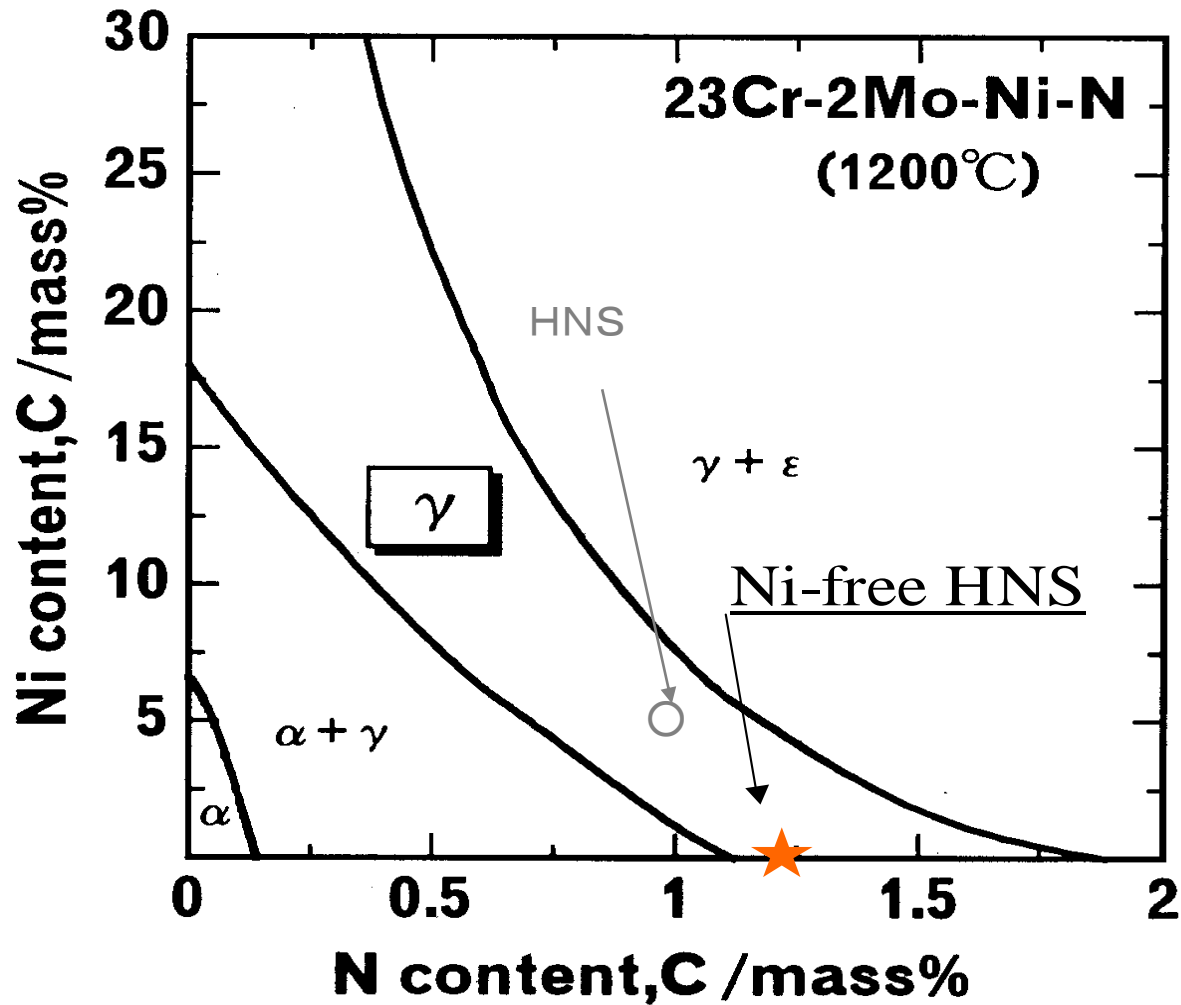
# NIMSで開発された加圧ESR溶解装置



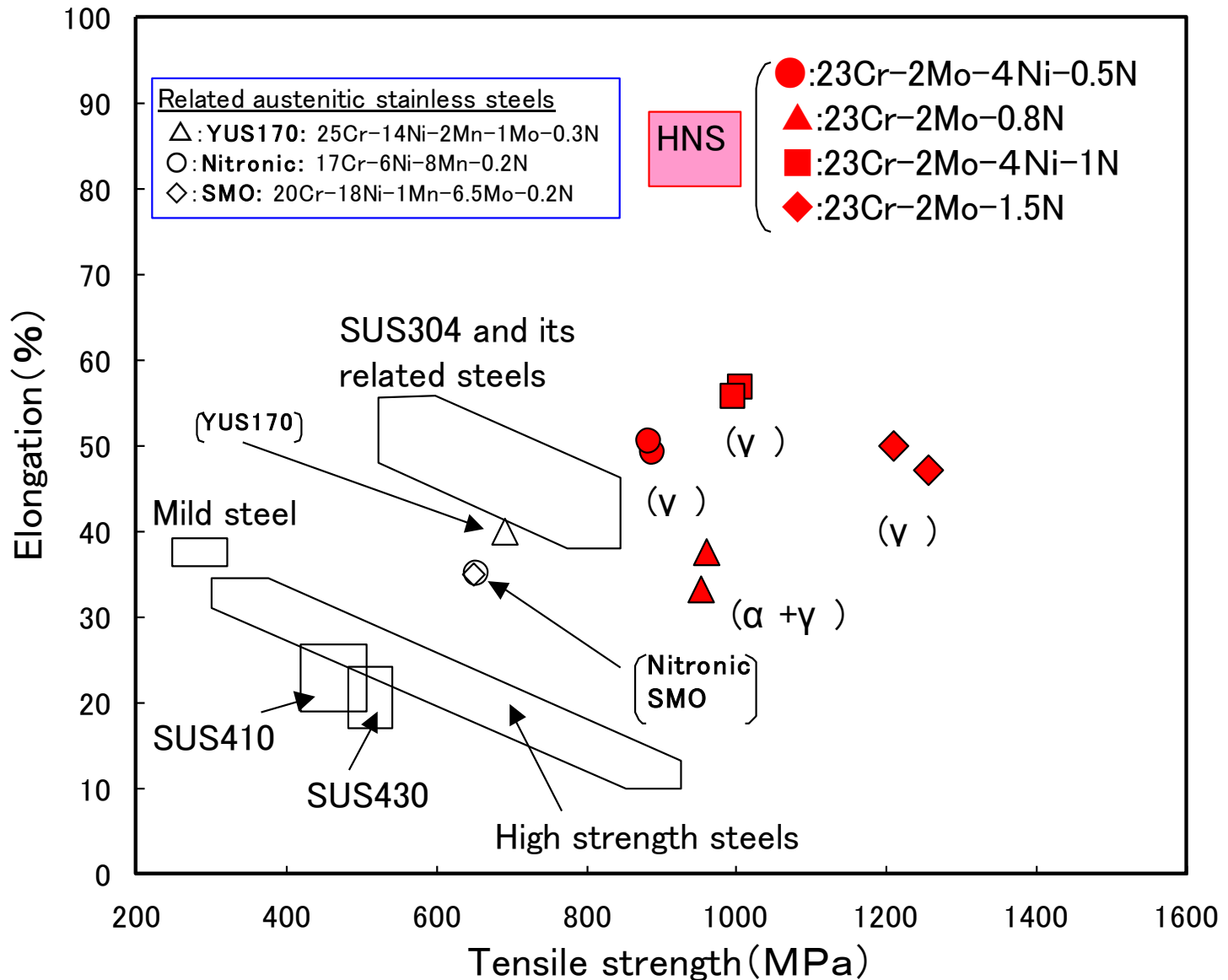
主な仕様  
最大電流：3000A  
圧力装置：0.1～5MPa N<sub>2</sub>ガス使用  
鋼塊サイズ：直径100mm×長さ320mm以下  
(20kg以下)

窒素ガス加圧式 ESR 装置の模式図

# オーステナイト系高窒素ステンレス鋼



# HNSの機械的性質





# HNSの局部腐食特性

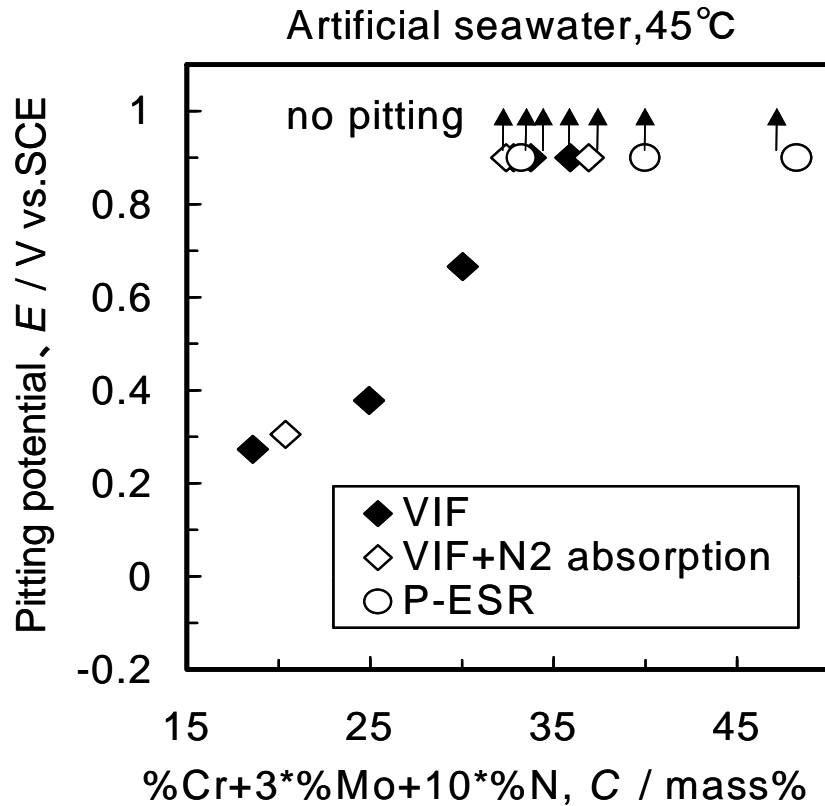


Fig.3. Relationship between pitting corrosion resistance equivalent ( $\%Cr+3*\%Mo+10*\%N$ ) and pitting potential in artificial seawater (45°C).

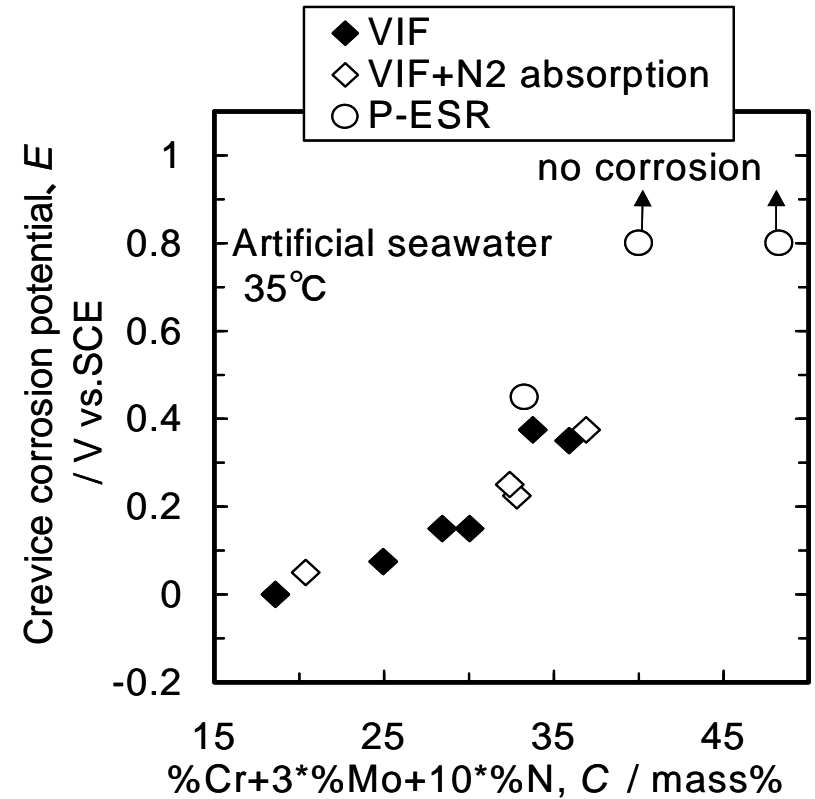


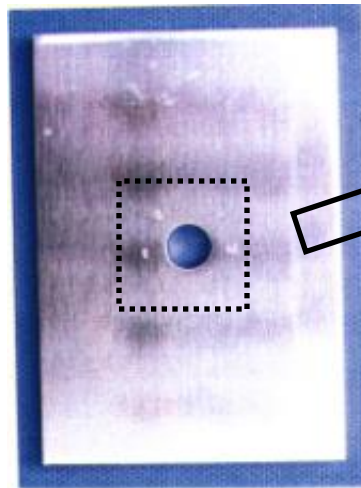
Fig.5. Relationship between crevice corrosion resistance equivalent ( $\%Cr+3*\%Mo+10*\%N$ ) and crevice corrosion potential in artificial seawater (35°C).

# 実海水暴露試験

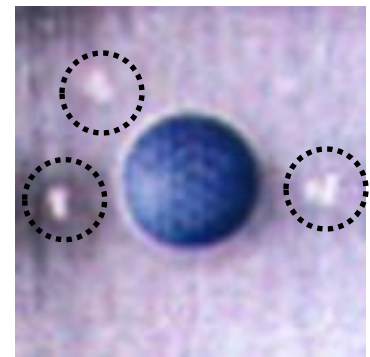
As received



After rinsing

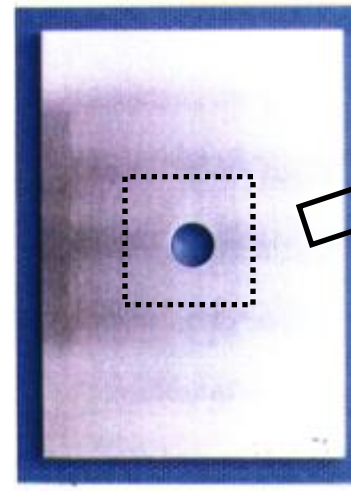


Enlargement



**Initiation of crevice corrosion**

Duplex stainless steel  
(25Cr-7Ni-3Mo-0.15N)



**No corrosion**

HNS  
(23Cr-4Ni-2Mo-1N)

**No crevice corrosion was observed so far in the filed test**

# N添加による耐食性向上の発現機構

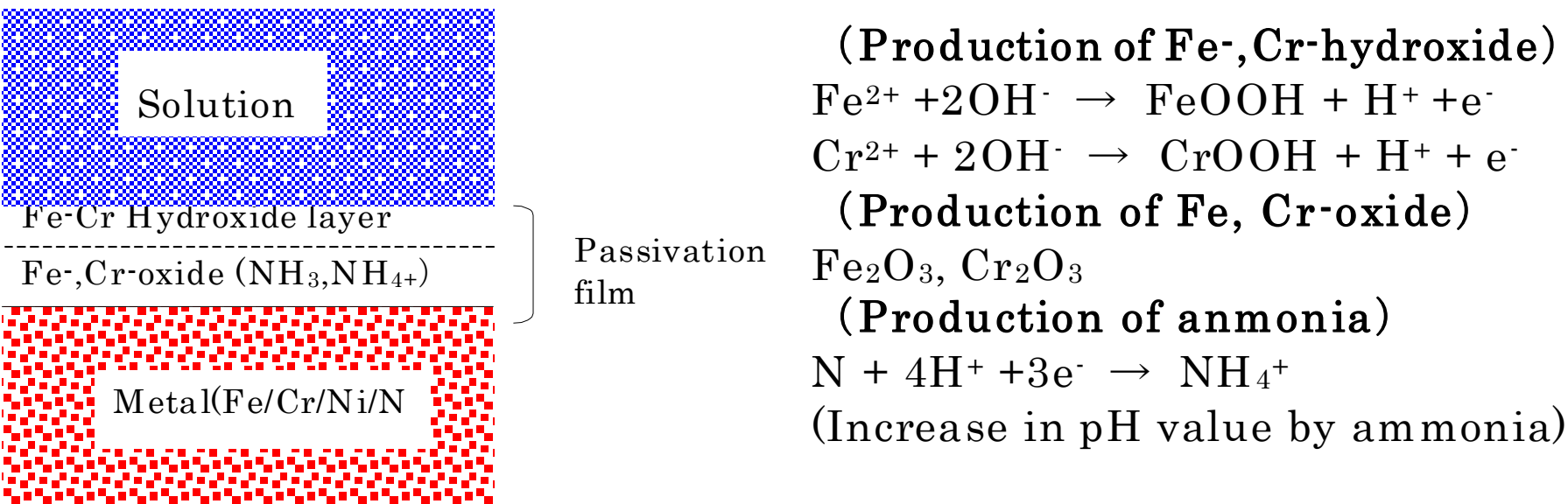


Fig.12 Qualitative model of passive film of HNS

After polarization, N is enriched in the inner layer of passivation film, and formed  $\text{NH}_4^+$  resulting in increasing pH value in the corroded area.

→ Crevice corrosion suppressed

# Examples of Ni Allergy (via internet survey)



Due to jeans stud



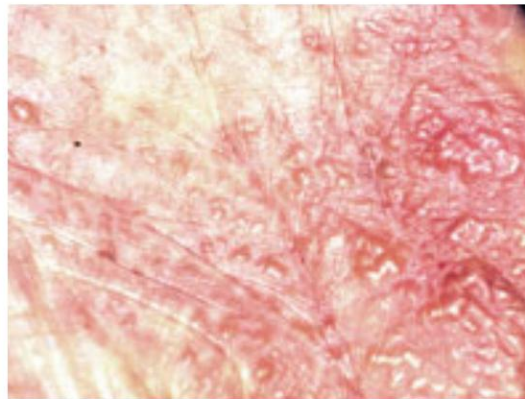
Due to rings



Due to watch strap



Cashier handling coins

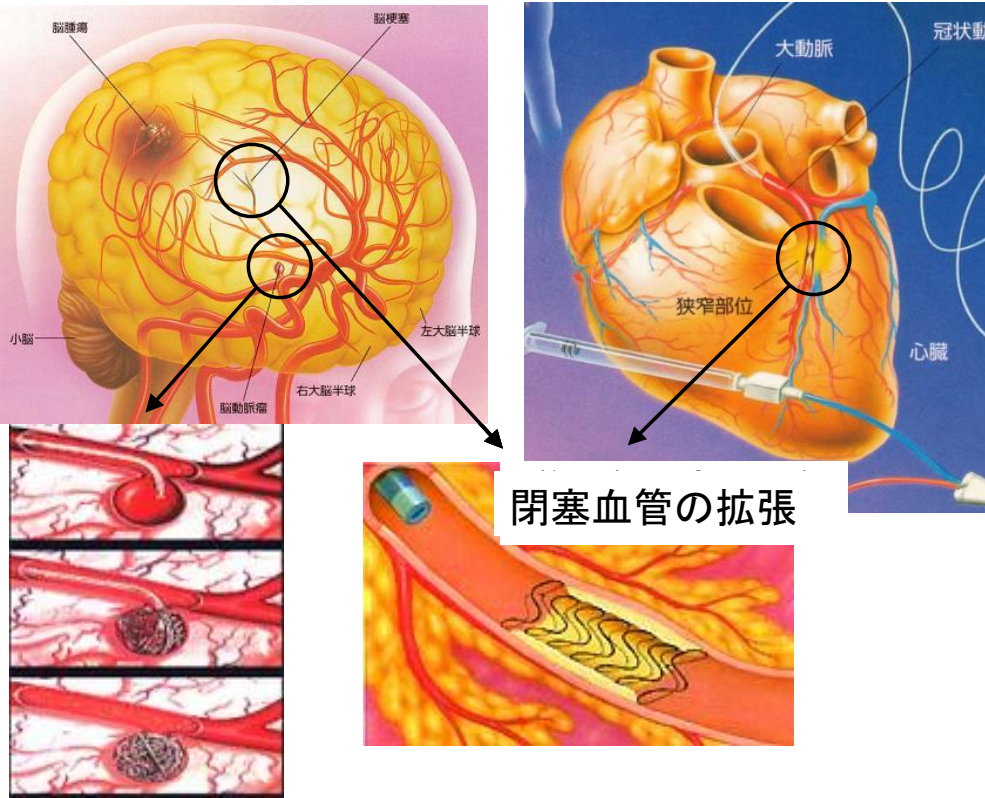


Pompholyx



Patch test to Ni sulphate

# ニッケルフリー高窒素ステンレス鋼の応用展開



眼鏡フレーム



手すり



時計バンド



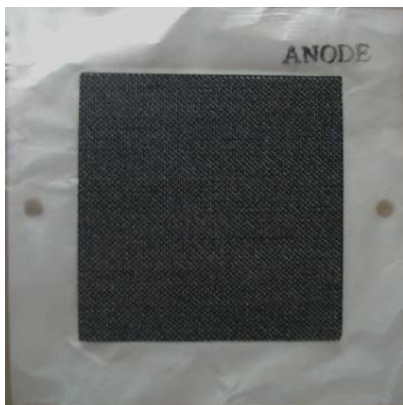
装飾品

非磁性・ニッケルフリーHNS

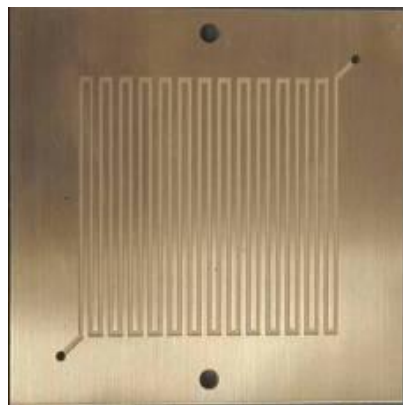
→ インプラント材、歯科材料、  
手術用／手術室用機器

# 発電条件・MEA・HNSセパレータ

- セル温度: 348 K
- アノードガス: 純水素 (利用率70%, 加湿温度 343 K)
- カソードガス: 空気 (利用率 40 %, 加湿温度 343 K)
- MEA: 市販品 (50×50 mm<sup>2</sup>)
- 締め付け圧: 150 N cm<sup>-2</sup>
- 電流密度: 0.5 A cm<sup>-2</sup>

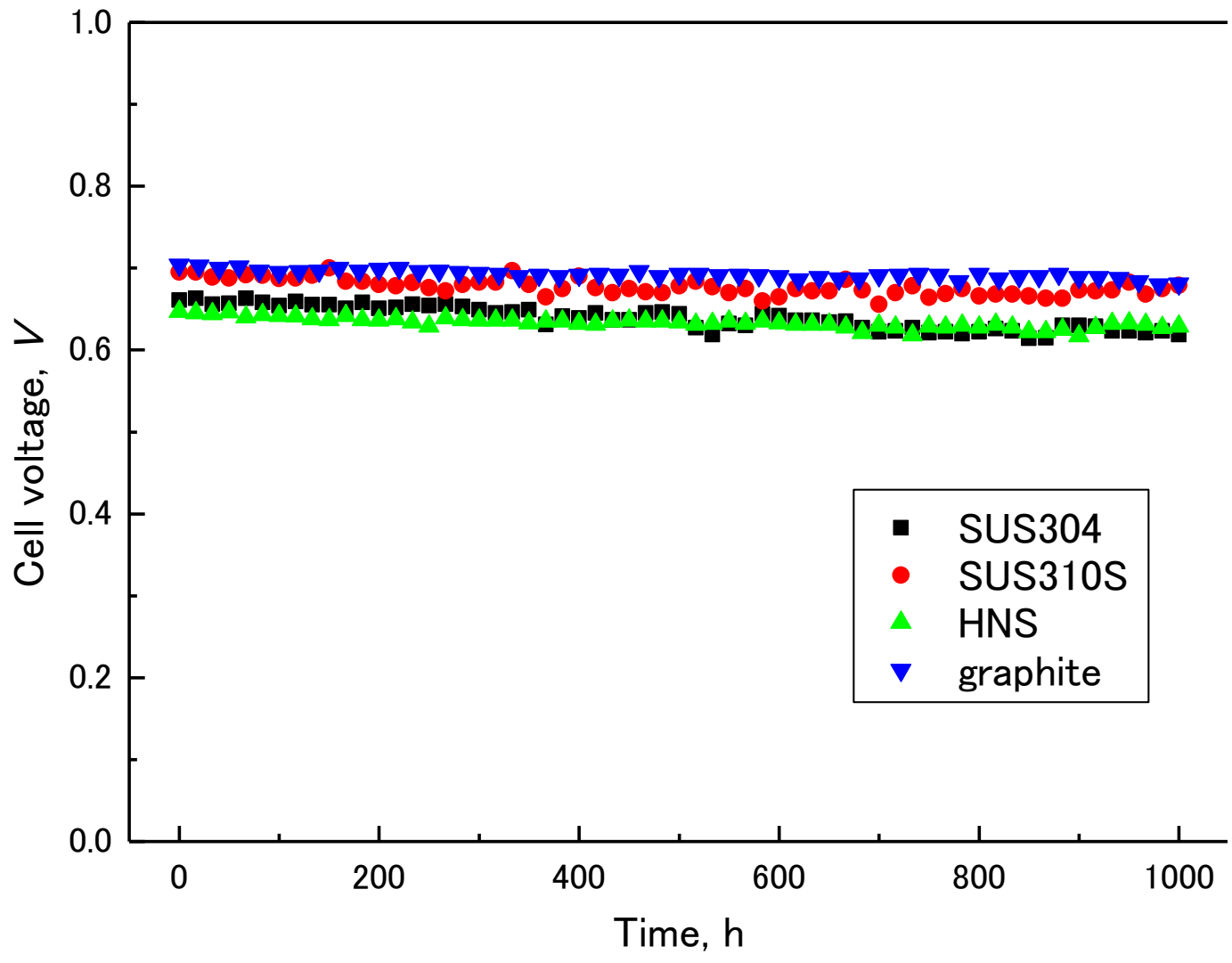


MEA  
(50mmx50mm)

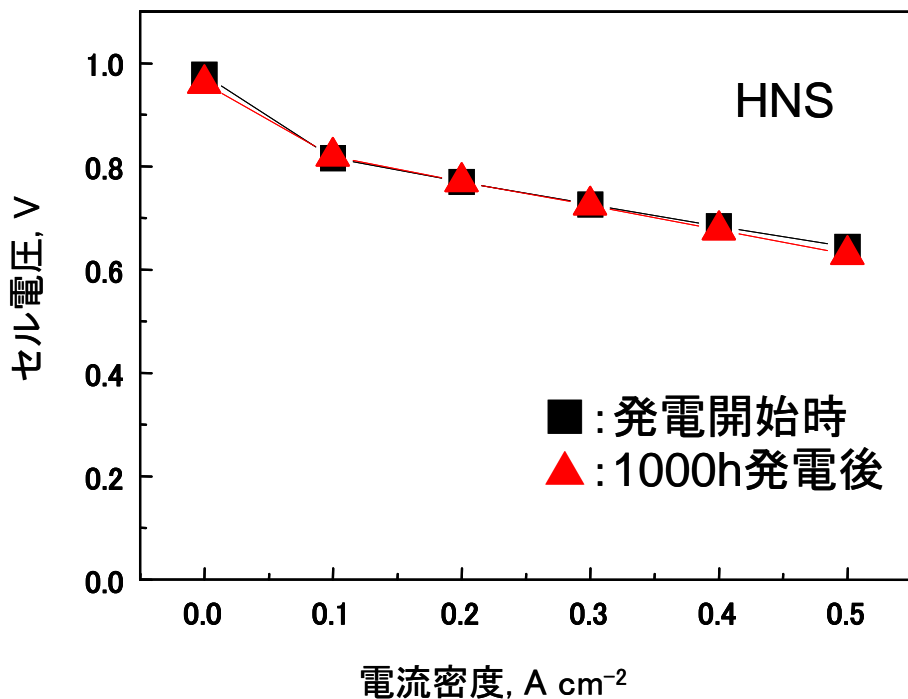


HNSセパレータ  
(50mmx50mm)

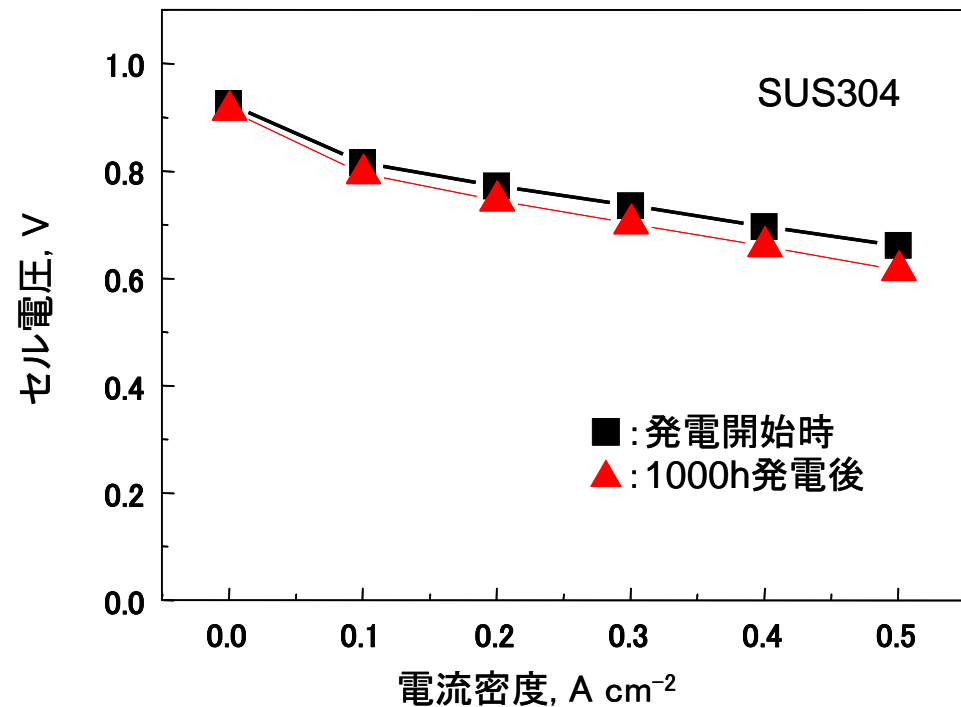




# 発電特性の比較



(a)HNS



(B)SUS304

1000h発電後のi-V特性の比較(SUS304で劣化を確認)



## まとめ

- 燃料電池用セパレータ市場では、低コスト・大量生産が可能な金属セパレータの出現が期待されている。
- NIMSで開発された低ニッケル型オーステナイト系ステンレス鋼製セパレータは、安定した発電特性を示した。
- 低 Ni  $\gamma$ 系高窒素鋼 (HNS) は金属用セパレータとして期待されるが、コストや加工性についてさらなる検討が必要である。