

水と空気を原料・資源にできる相界面反応の科学

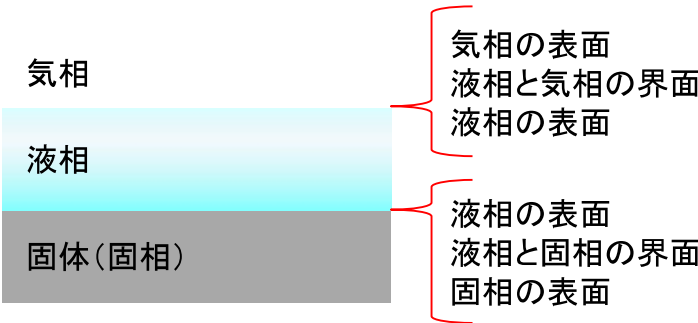
～ 界面機能工学:基礎研究から製品化・産業技術まで～

春山哲也

九州工業大学 大学院 生命体工学研究科
生体機能応用工学専攻 環境共生工学講座 界面機能工学分野 教授



界面: 気体・液体・固体の相が他の相と接している境界



様々な界面において実施してきた、様々な基礎研究と応用研究

固／液界面

触媒研究……CO₂資源化反応、ほか
分子電子素子……センサ、ほか

(JST-CREST事業、JST-ACTC事業、経済産業省事業、
産学共同研究、科研費研究)

固／固界面

接着界面……電子材料の封止、ほか

(経済産業省直轄事業、産学共同研究開発)

気／液界面

相界面反応研究……大気の資源化利用、ほか
超薄膜研究……バイオエネルギー、センサ、ほか

(JST2国間共同研究、NEDO事業、産学共同研究開発、科研費研究)



多様な界面の基礎的研究から見出した、
独自の化学反応系が「**相界面反応**」である。

相界面反応とは何か……



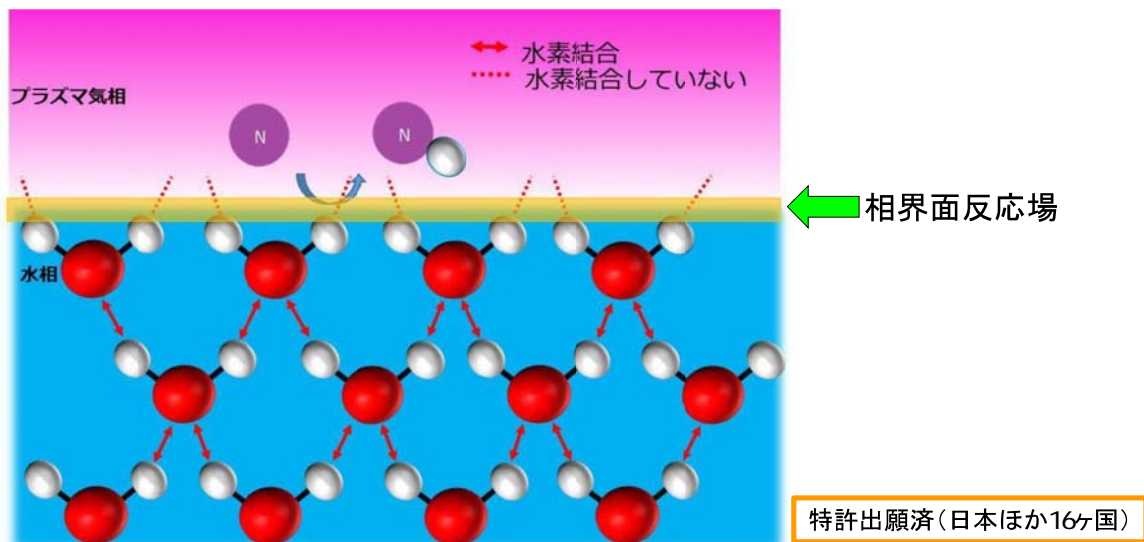
相界面反応①

空気(窒素)と水からアンモニア製造

～ 水素不要、常温・常圧・無触媒のサステナブル・グリーン化学プロセス ～



相界面反応法 (P/L interfacial reaction)



相界面反応: P/L reactionは、

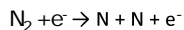
- 水を直接の水素源に出来る、無触媒還元反応である。
- 空気(窒素)と水のみを原料にして、常温・常圧・無触媒でアンモニアを生産できる。



② 相界面への紫外線照射

相界面に紫外線を照射することにより、アンモニア生成量は、大きく増大

① 放電プラズマ生成



相界面
(P/L interface)



水相表面(P/L界面)における
水分子によるH表面提示



Dominik Marx, *Science*, 303, 634-636 (2001)

Simulating a water surface. (Lower inset) An isolated water molecule depicted with the first-order partial molecular orbital corresponding to the wave function. (Upper inset) Hydrogen bonding between two water molecules. (Main inset) A schematic of a water molecule at the interface with the electric field. (Center) Schematic of water molecules at the interface with the electric field. The blue electron path, red and blue lines show the proton. (Right inset) A schematic of a water molecule at the interface with the electric field. The blue electron path, red and blue lines show the proton. (Right inset) A schematic of a water molecule at the interface with the electric field. The blue electron path, red and blue lines show the proton. (Right inset) A schematic of a water molecule at the interface with the electric field. The blue electron path, red and blue lines show the proton.

特許出願済
日本ほか16ヶ国



③ 相界面反応(フロー水相系)

Plasma/Liquid interface reaction (P/L reaction)

プラズマ中の原子状N定量値と、生成アンモニア定量値より、現時点での「③相界面反応」は、
反応収率=0.63(63%)

本NEDO先導研究事業成果(相界面反応の初報)は、
英国王立化学会「Green Chemistry」誌に受理・掲載



Green Chemistry

COMMUNICATION



Non-catalyzed one-step synthesis of ammonia
from atmospheric air and water

Cite this: *Green Chem.* 2016, 18, 4556

Received 8th June 2016,

Accepted 7th July 2016

DOI: 10.1039/c6gc01950c

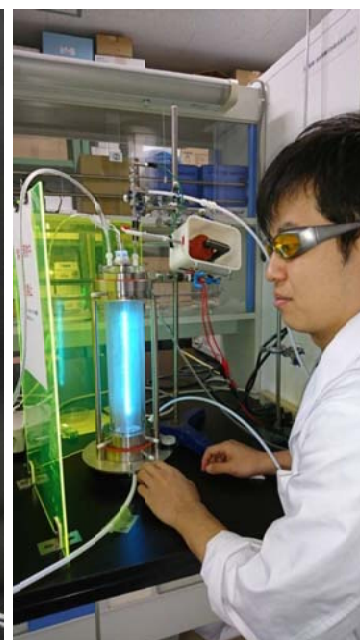
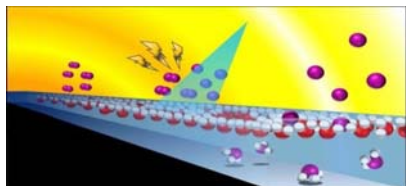
Tetsuya Haruyama,^{a,b} Takamitsu Namise,^a Naoya Shimoshimizu,^a
Shintaro Uemura,^a Yoshiyuki Takatsuji,^a Mutsuki Hino,^a Ryota Yamasaki,^b
Toshiaki Kamachi^c and Masahiro Kohno^c



Haruyama Laboratory
Kyushu Institute of Technology

7

NEDOエネ環事業において、相界面反応「反応器C型」が完成しました

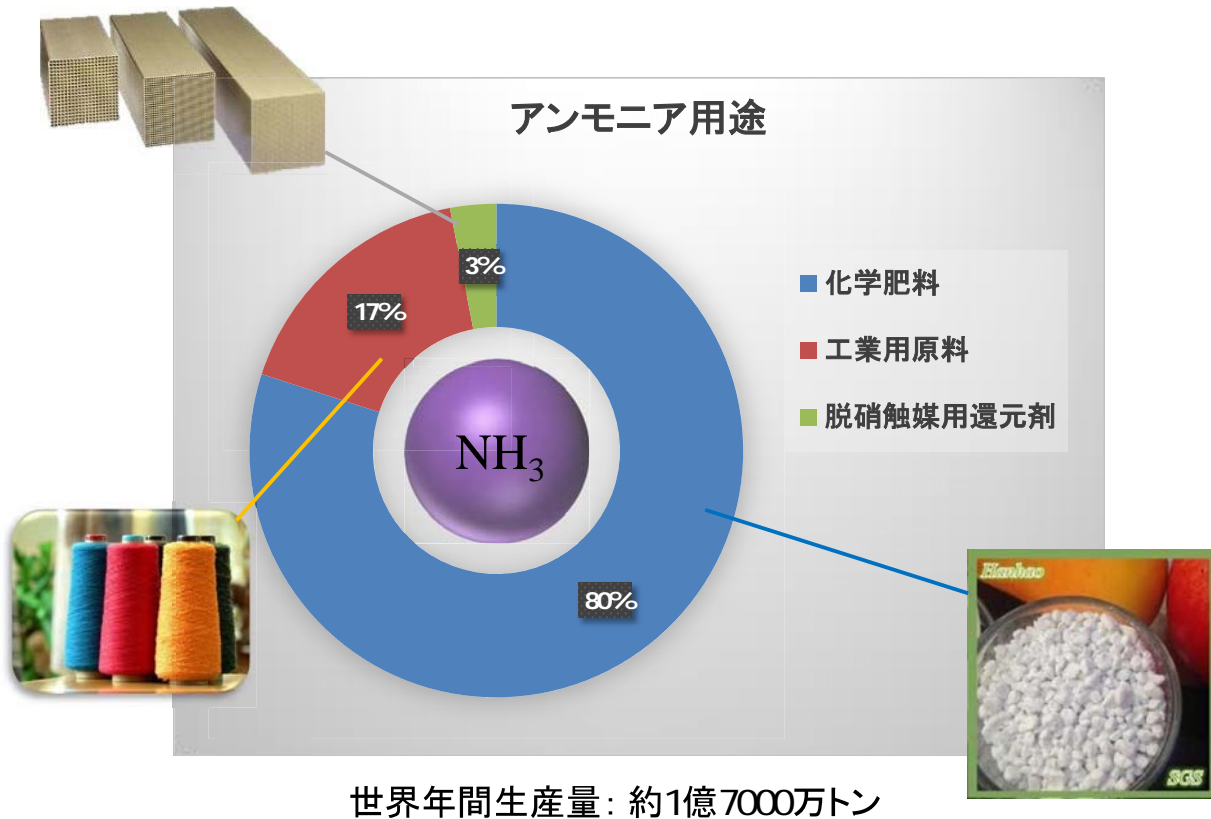


この反応器は、8/31~9/1に東京ビッグサイトで開催された、
「イノベーション・ジャパン2017(NEDOビジネスマッチング)」で展示しました

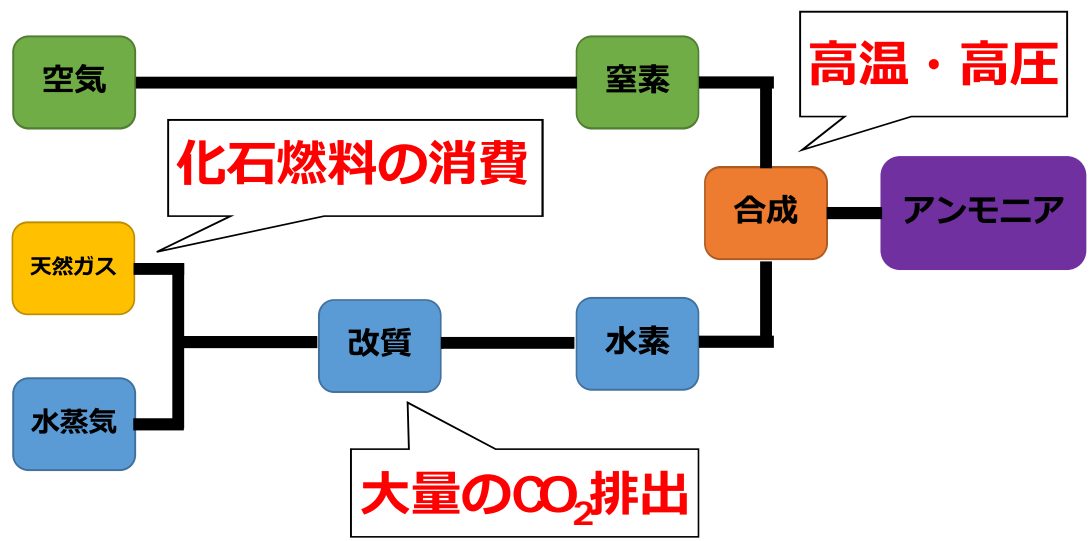


Haruyama Laboratory
Kyushu Institute of Technology

8



Haber-Bosch法



- 生産設備の大規模化が必須
- 高純度水素の供給懸念

相界面法(春山法)



- 水素が不要
- 原料は、水と空気（または窒素）のみ（オンサイト調
- 常温・常圧・無触媒・CO₂フリーで低コスト
- 軽便で発停自在な化学プロセス
- 小型化・オンサイト化・再生可能エネルギー利用



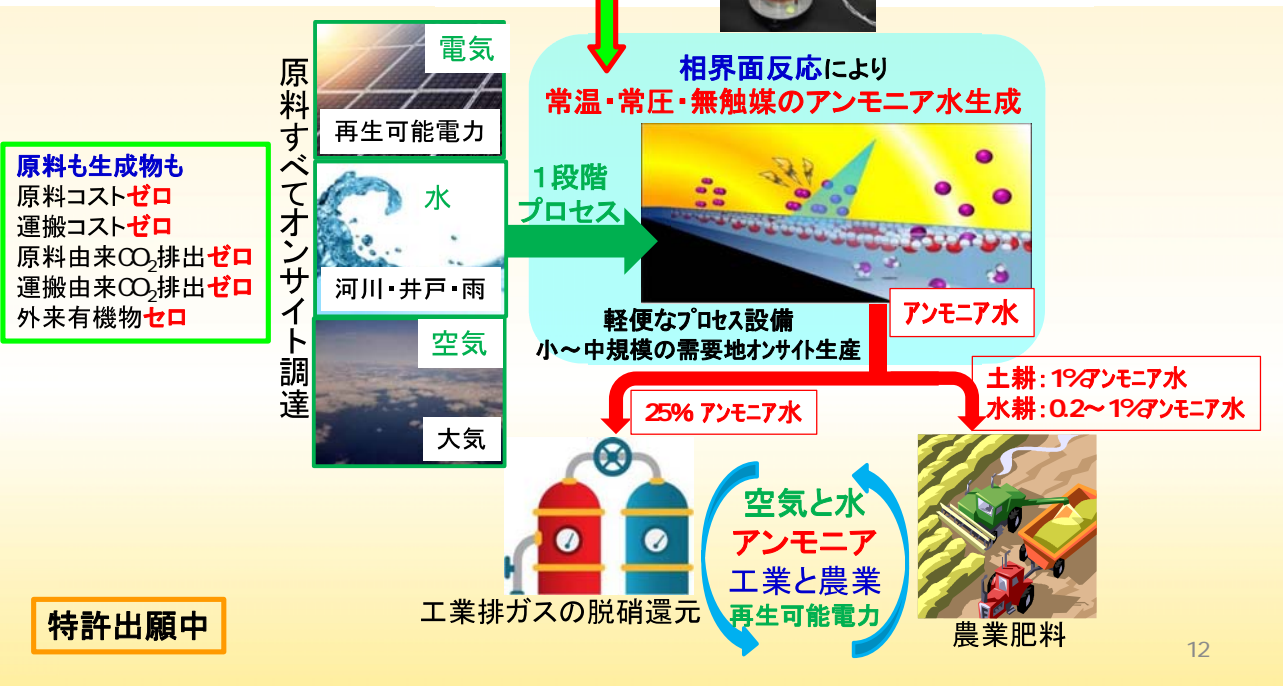
1913年～現在は、全てのアンモニアが Haber-Bosch 法で集約的に生産されている

2000年からは、低濃度アンモニア水は、「相界面法」によって、原料も製造もオンサイトに！



相界面反応
エネ環 試作反応器
(2017年)

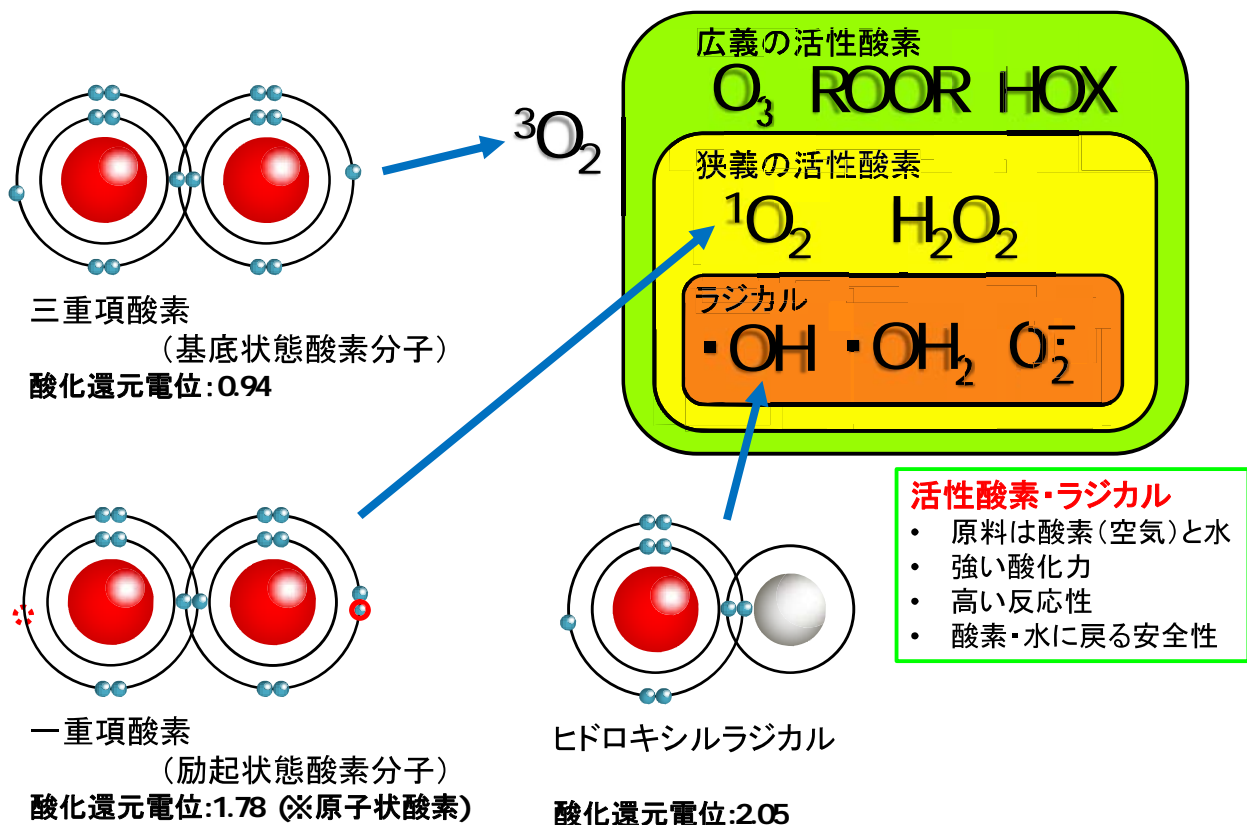
高濃度アンモニアガスは
大規模・集約型のHB法やその改法



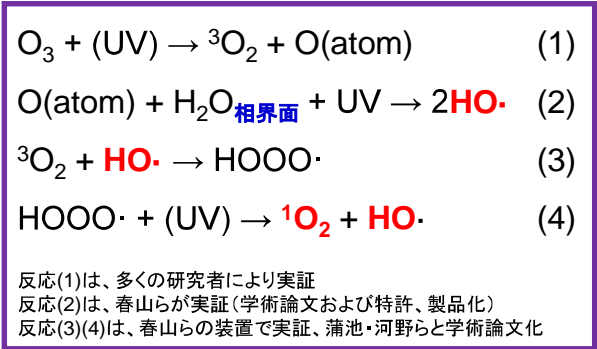
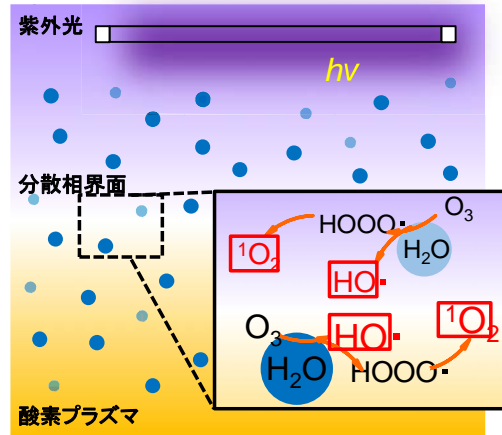
相界面反応②

酸素と水から高濃度の活性酸素種を生成し曝露する
活性酸素曝露プロセス

～ Radical Vapor Reactorの開発と上市 ～

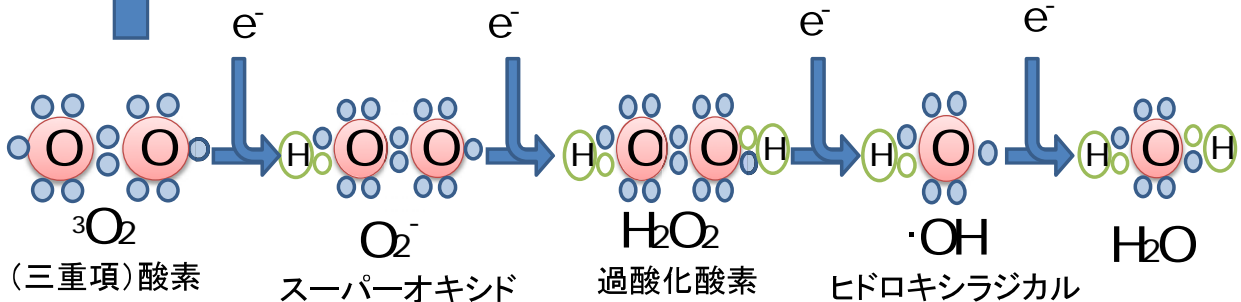
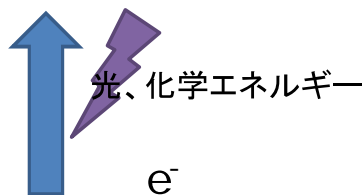
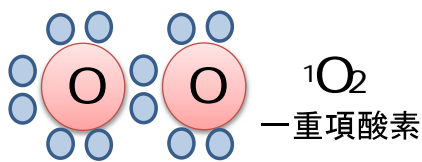


酸素と水の相界面反応により、高濃度の活性酸素種を連続的に生成し、対象に曝露できる世界初のプロセス装置
ラジカル・ベイパー・リアクター(RVR)

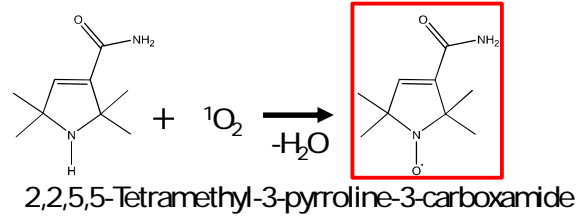
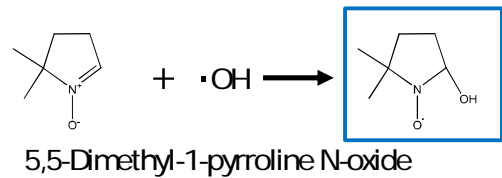
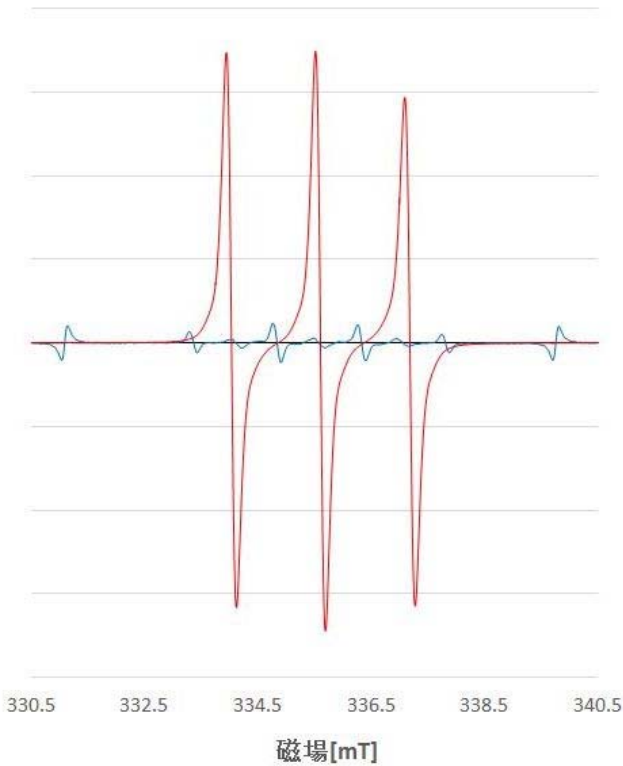


Radical Vapor Reactorは、**酸素ラジカル・活性酸素**を雰囲気中で定量的に生成することを世界で初めて実現しました。
 様々な反応プロセスの**高効率化・低コスト化・低環境負荷・高安全性**を達成する**唯一のプロセス装置**です。

(特許出願済)



独自の「相界面反応」だから**水素付加が効率良く**行なわれ、**高濃度活性酸素種が生成**できる



adduct	Spin label	Spins
DMPO-OH	0.3M	$9 \times 10^3 \text{mM}$
TPC- $^1\text{O}_2$	0.5M	15mM

既に製品化・上市に成功している「相界面反応」技術の応用製品例

特許出願済
上市済

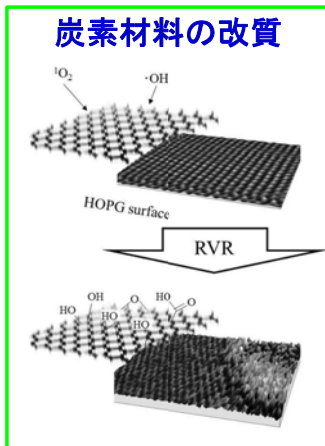
K. Matsuo, T. Haruyama, et al.,
Electrochemistry, 83(9), 721-724 (2015)



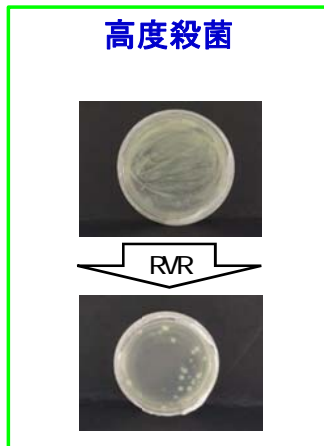
Radical Vapor Reactor (RVR)

酸素と水から活性酸素種($\cdot\text{OH}$, $^1\text{O}_2$)を高濃度(mMオーダー)生成し、対象物へ直接曝露することができる世界初の装置

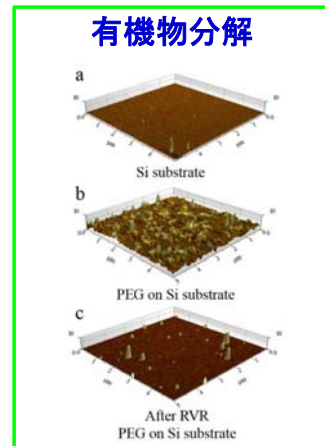
導入ユーザー: 電池技術者、半導体技術者、触媒技術者、iPS細胞研究者、無機材料研究者、バイオプロセス研究者、ほか多領域
発売元: 荏原実業株式会社



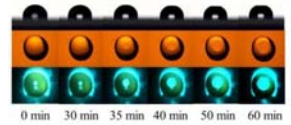
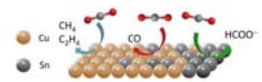
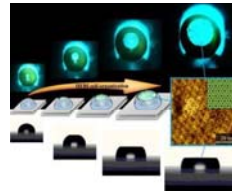
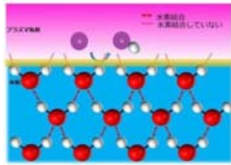
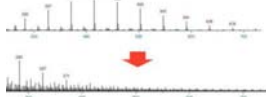
R. Yamasaki, T. Haruyama, et al.,
Colloids and Surfaces A, 522, 328-334 (2017)



Y. Takatsujia, T. Haruyama, et al.,
Process Biochemistry, 54, 140-143 (2017)



R. Yamasaki, T. Haruyama, et al.,
Submitted.



相界面を科学し、相界面を活かす技術

～ 界面機能工学:基礎研究から製品化・産業技術まで～

春山 哲也

九州工業大学大学院 生命体工学研究科 生体機能応用工学専攻
 環境共生工学講座 界面機能工学分野 教授

