

## 低温プラズマ科学が拓く 未来社会

## 堀勝

名古屋大学低温プラズマ科学研究センター(cLPS) 共同利用・共同研究拠点「低温プラズマ科学研究拠点」

設置 平成31(2019)年4月1日

#### プラズマ科学:宇宙の99.9%はプラズマ! ~ 宇宙を支えるエネルギー ~ 分子の生成 ビッグバン 電子、中性子、光 核融合 原子の生成 惑星の生成 産業化 生命科学 137 億年 前 星の誕生 低温プラズマが 6,000°C ~40°C 10,000°C 人類の活動を支えている 10<sup>8</sup> 低温プラズマ 高温プラズマ $(J/m^3)$ 核融合 気相 高圧 低圧 コネルギーを困 10°0 104 グロー放電 超臨界流体 液体 クラスター 正イオン 負イオン 10-4 ラジカル イオン 10<sup>0</sup> 2 $10^{11}$ 10<sup>5</sup> $10^{2}$ $10^{4}$ 10<sup>1</sup> ガス温度(℃)

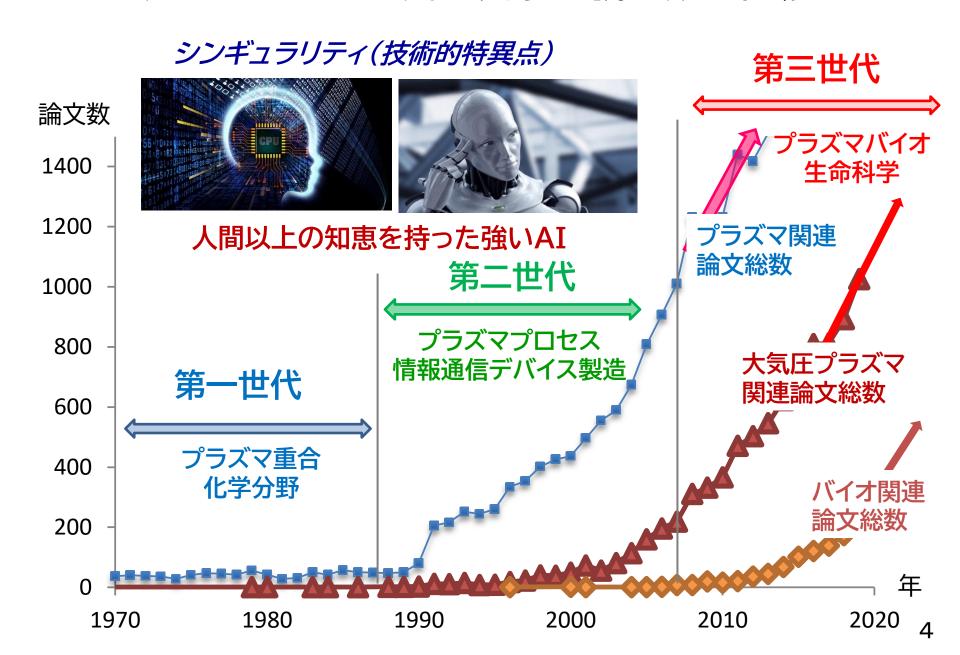
## オーロラは、低温プラズマである。

大気を通して太陽と地球の協奏現象(低温プラズマ)を見ている!

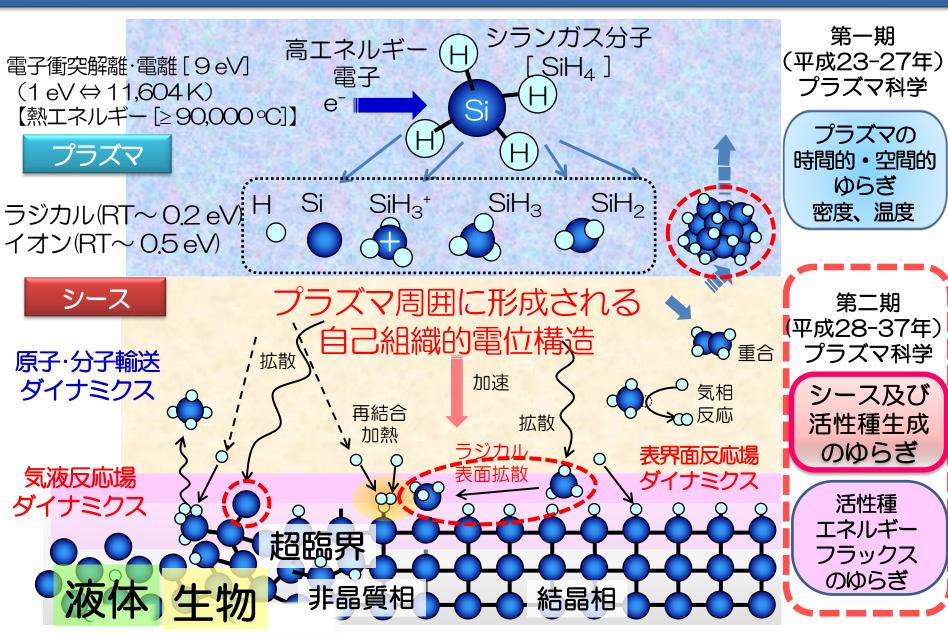


低温プラズマは全産業で使用されている基幹科学技術

## 低温プラズマ応用に関する論文数の推移



#### 低温プラズマの学理



新しい基礎科学:シース非平衡表界面物理化学反応場の科学

### 未来社会創造に向けたイノベーションを生むプラズマ科学

ナノデバイス

グリーン

ライフ

大規模集積回路 メモリー 情報通信デバイス 量子コンピュター IoTセンサー

燃料電池、太陽電池 CO。分解 水素生成

バイオデバイス 医療、農水産 感染パンデミック の防止

大気圧、液中プラズマ

超高精密,超高速 プロセス

Ⅱ世代

皿世代

I 世代

自己組織化

プログラムド プロセス

原子レベル制御

プラズマ科学

診断

生成制御 装置デザイン プロセスレシピ

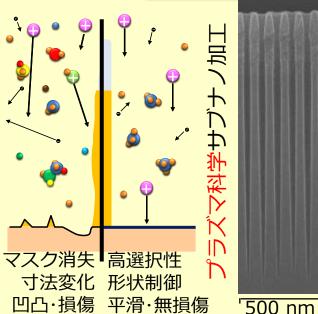
モデリング シミュレーション

AIを用いた「プラズマインフォマティクス」によるプロセス科学の構築

## プラズマ材料デバイス科学

#### 1ナノメーター加工への挑戦

シミュレーション

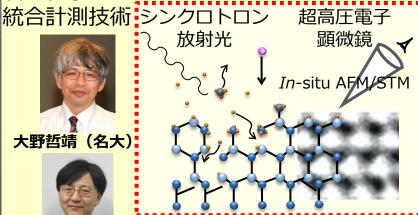


制御限界10nm





大野哲靖 (名大)



原子レベルその場分析+量子化学

浜口智志(阪大)



江利口浩二(京大)

豊田浩孝 (名大)の非平衡反応解析

電子物性

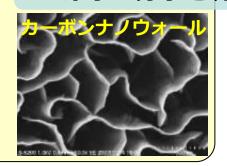
プラズマ科学に基づいた自律型制御システムの実現

固体物理学

勝(名大) 新物性をインテグ レーションしたデ バイスの創生

## スケーリング理論を超えたデバイス

- 原子・分子を制御 - 複雑系デバイス





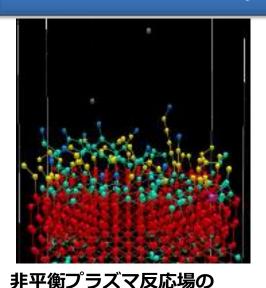


白谷正治(九大)

プラズマ科学に基づく ボンドエンジニアリング 理論確立

異種材料界面・三次元構造の'ゆらぎ'の制御理論体系の構築

## プラズマ環境エネルギー科学



分子動力学シミュレーション 新却か熱プラブラに トス



寺嶋和夫 (東大)

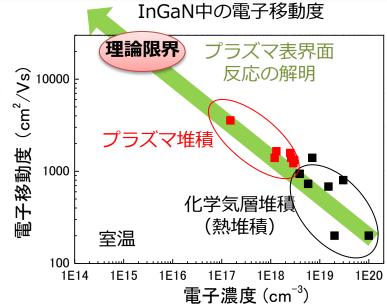


野崎智洋(東工大)









新規な熱プラズマによる 環境調和型プロセスの実現



佐々木浩一 (北大)



渡辺隆行 (九大)

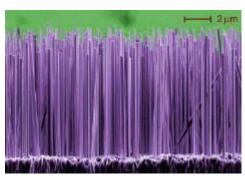


伊藤昌文 (名城大)

殺菌部材

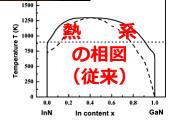


天野浩 (名大)



ナノワイヤ構造 (自己組織化)

- 原子層単位での組成制御
- 非平衡混晶材料 <del>(相図)</del>
- 自己組織化構造





非平衡薄膜材料科学 (励起状態、励起物質)

## プラズマ生命科学

# 生物医学 腫瘍治癒 腫瘍生物学

## 細胞の死滅と増殖



水野正明 (名大)



豊國伸哉 (名大)

がん細胞アポトーシス (死滅)



正常細胞の成長促進

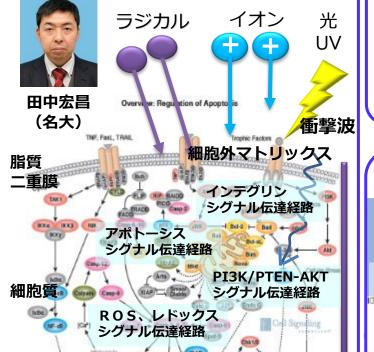
未照射

卵巣がん治癒実証

(Appl. Phys. Lett. 100 (2012) 113702.)

#### 分子細胞生物学

#### プラズマと細胞内シグナル 伝達経路との相互作用



グナル伝達経路

Cell shrinking

核膜

DNA

分子生物物理・構造生物学

』 DNA損傷修復シ

ATMUNTA - DS

雷磁界

#### 生物機能分化学

#### 植物・魚類成長促進





金子俊郎 (東北大)

#### 恒常性の理解と強化

#### 細胞外で行われる活動制御

組織としての作用機序 臓器官としての作用機序

細胞間コミュニケーション

- ・免疫
- 細胞の輸送

たんぱく質間相互作用

成長因子

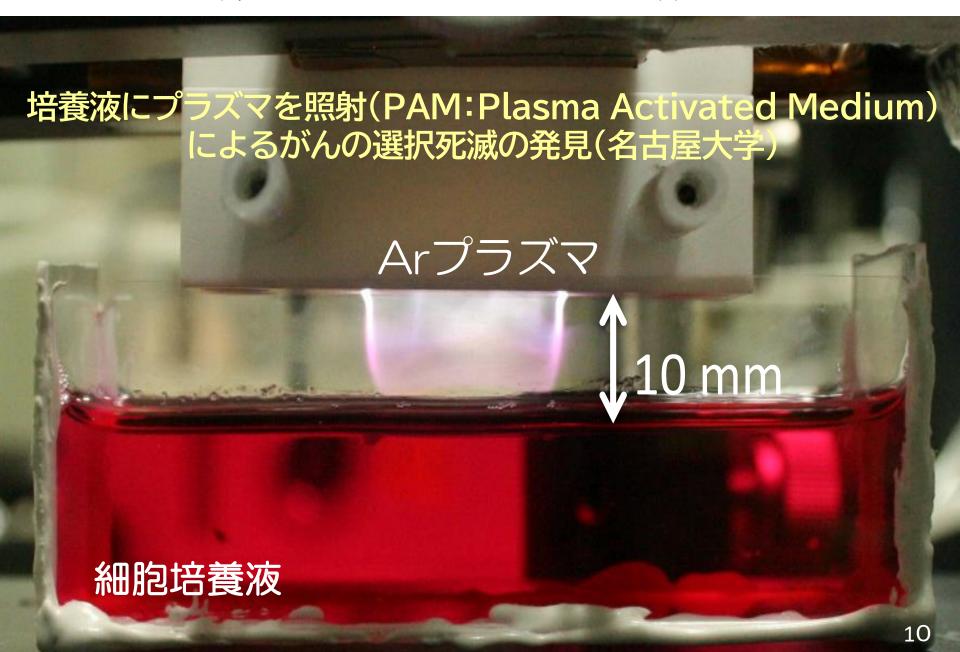
たんぱく質の修飾

- ・構造の安定性
- ・輸送
  - 多くの生体分子が糖鎖 糖鎖たんぱく質
- シグナル伝達 ・糖脂質
- 細胞の増殖
- ·分化
- ・プロテオグリカン
- ・転写調節

糖鎖遺伝子



新たな科学領域の勃興:プラズマと液体との相互作用

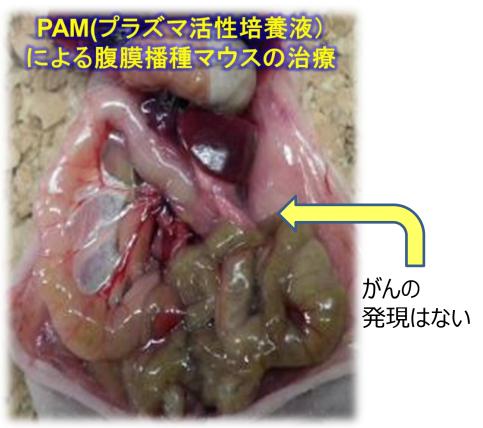


## 未来医療へ道

プラズマ活性培養液(Plasma Activated Medium: PAM) によって腹膜転移を抑制(卵巣がん)

(産婦人科:吉川史隆教授、脳外科:水野正明教授、眼科:寺崎浩子教授)





名古屋大学:プラズマ・医科学チーム 卵巣がん,胃がん、膵臓がん,乳がん,子宮頸がん,脳腫瘍,メラノーマ 加齢黄斑変性、未分化iPS細胞の選択的除去などにも効果 <sub>1</sub>

## プラズマ農業 ~食糧危機を解決~ 幸田町(愛知県)・名古屋大学プラズマファームの設立



プラズマ直接照射を行った果実では対照 区と比較して約25%増加。プラズマ活性 点滴溶液処理を行ったイチゴ果実では、 52%増加。

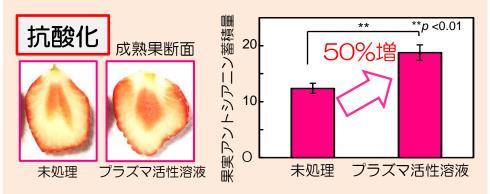
抗酸化物質を蓄積した高付加価値の果実 を栽培に世界で初めて成功

アンチエージング、健康長寿を実現する 未来型農業への展開

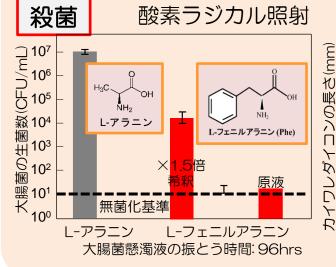
ICT+プラズマによる 第6次産業を目指す!

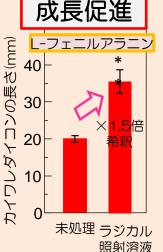
#### 機能イチゴの創成

イチゴ苗へのプラズマ活性点滴 (PAL)処理



#### 成長促進と殺菌の両立



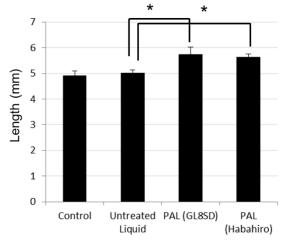


## プラズマ陸上養殖

~マイクロプラスティック、重金属汚染のない良質たんぱく質の魚~ **名古屋大学・豊根村(愛知県)プラズマアクアカルチャー** 











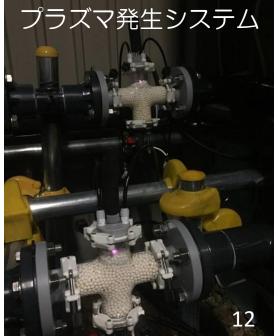






チョウザメの陸上養殖を推進





## プラズマバイオコンソーシアム(平成30年7月創設)

## ~本質の理解と新学理の構築~

## 基礎

大学

大学

## (バイオサイエンス・計測・シミュレーション)

自然科学研究機構

(NINS)

新分野創成センター (CNSI) プラズマバイオ 研究分野

核融合科学研究所 (NIFS)

• 基礎生物学研究所 (NIBB)

・生理学研究所 (NIPS)

• 分子科学研究所 (IMS)





名古屋大学 (NU)

低温フラズマ科学 研究センタ・

動物系

(医療・水産)

東北大学

非平衡プラズマ 学際研究センタ

九州大学 (KU)

プラズマナノ界面 工学センター

植物系

(農業)

大学

14

★一体での共同研究運営

·統一窓口·管理

(NINS)

#### 社会や国民から の大きな期待

## 低温宇宙におけるサステーナブルな地球の実現

来るべき21世紀後半の未来社会の実現

**SDGs** を牽引

エネルギー問題 **谷** 田問題 食料問題 環境問題 緊急な

健康問題

交通問題

低温プラズマ技術に よる抜本的解決





次代「エネルギー、通信、交通、 衣食住・医療・介護」産業の創出

水素化社会 ユビキタス社会 先進的自動車社会 豊かな社会 安全な社会 超寿命化社会

#### 最先端デバイス・システムの創成

・次世代車載GaNパワーデバイス

課題!!

- 超低消費電力ULSI、三次元化 • インテレクチュアルグラス
- 低CO<sub>2</sub>クリーンエネルギー源

スマートモビリティー 革新製造装置



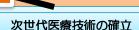
革新的環境改善技術の確立

- ・ 住宅環境の最適化 (特に在宅医療介護者の感染症対策)
- 世界的水不足の解消
- · 土壌改良 · 除染

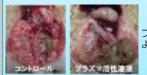


2023 世界的食糧危機への挑戦

- 高品質・高付加価値作物の 安定的生産 • 世界的食糧不足の解消
  - フィールドでの プラズマ処理によって 収穫した種子や果実の 収量増加および 品質の向上



- ・ 次世代プラズマがん医療の確立
- ・プラズマによる低侵襲止血の実現 ・次世代プラズマ再生医療の確立



プラズマ活性溶液に よる腹膜播種治療

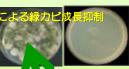
#### 次代プラズマナノプロセスの創出

- 超微細ナノ加工技術、3次元化構造
- ・革新的カーボンナノ材料創出技術
- 超高アスペクト比高速ガラス加工
- プラズマ活性異種材料接合



ナノカーボン





• 十壌浄化技術

カビ(環境)の成長制御技術 ・水を使わない洗浄技術

(トイレ、キッチン、風呂等)

次代プラズマ制御環境技術の創出



次代プラズマ促進農水産技術の創出

農水産物 (植物, 魚類, 微生物等) の 成長制御技術

様々な生物種に対して定量的なプラズマ処理により その成長(促進/抑制)制御を可能とする



プラズマ医療科学の創成

プラズマ照射およびプラズマ活性 溶液によるがん細胞の選択的殺傷効果

・プラズマ照射による低侵襲止血効果



プラズマによるがん細胞 の選択的殺傷効果の発見

マ・農水産

プラズマ・医学(医療)

統合領域

プラズマ・環境制御

生命農学

医学•医療

融合対象領域

丁学•理学

環境社会学

非平衡反応場科学·励起物質化学

低温プラズマ科学 (コア領域)

プラズマ制御技術



## 名古屋大学プラズマ科学プラットフォーム (NIC・4階2015年設立)

低温プラズマ科学研究センター、工学研究科、医学研究科、附属病院



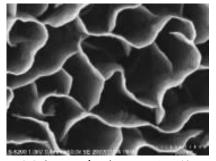
## プラズマ励起反応場の新理論を基にSociety5.0を推進



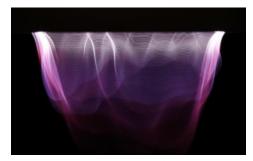
### 名古屋大学低温プラズマ科学研究センター 我が国初の文部科学省認定の共同利用・共同研究拠点

第24期学術の大型研究計画に関するマスタープラン(マスタープラン2020)

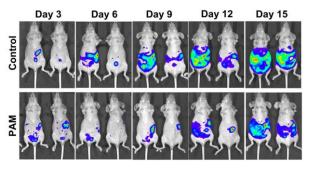
重点大型研究計画(計画No.23) http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-24-t286-1.html



材料・デバイス科学



環境・エネルギー科学



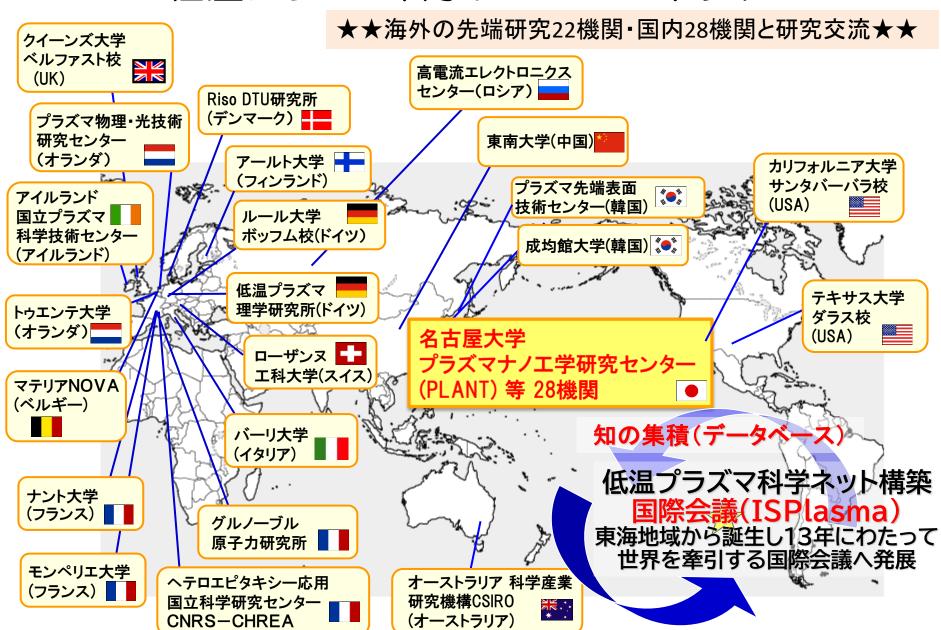
生命科学

### 世界最高峰の未来科学技術の開拓

1フロア (2000m²)に最先端プラズマ・計測装置160台を設置して共同利用を推進



## 低温プラズマ科学グローバルネット



#### 2019年度低温プラズマ科学研究センター 共同利用・共同研究採択先一覧

## 知のチカラ

共共拠点29機関との連携企業40社との連携を

保有する知的財産(出願565、登録171以上):

公的機関での特許評価第一位。

特許収入があり、プラズマを機軸にした大学発のベン

チャー企業5社等が独創的製品を開発して事業を展開



プラズマバイオコンソージアム

核融合科学研究所 • 自然科学研究機構

東北大学大学院工学研究科

産業技術総合研究所

- 電子光技術研究部門
- ・太陽光発電研究センター

東京大学新領域創成科学研究科 日本大学生産工学部

東京工業大学工学院機械系 首都大学東京システムデザイン研究科 東京都市大学工学部 東京工科大学工学部

静岡大学大学院総合科学技術研究科

豊田工業大学工学部 中部大学工学部 名城大学理工学部 名古屋市立大学芸術工学部 名古屋大学大学院創薬科学研究科 愛知工業大学工学部 中部大学応用生物学部

岐阜大学工学部

富山大学大学院医学薬学研究部

金沢大学電子情報通信学系

京都大学大学院工学研究科

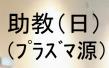
大阪市立大学工学研究科 大阪府立大学研究推進機構 愛媛大学大学院理工学研究科

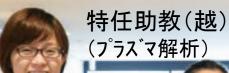
九州大学プラズマナノ界面工学センター

佐世保工業高等専門学校電気電子工学科19



新たな学際領域:プラズマ科学のグローバル教育が最も重要





特任講師(日) (プラズマ医療)

特任講師(蘭) (プラズマプロセス)

## 先駆的な知的価値の創造

次世代のイノベーション創出を牽引する

グローバルで柔軟な若い感性