

## 第26回国際土岐コンファレンス 記者発表

日時 平成29年12月5日(火) 13時00分から  
場所 セラトピア土岐 3階 第1会議室

### 次 第

挨拶 竹入 康彦 核融合科学研究所長

第26回国際土岐コンファレンス及び市民学術講演会概要説明

榊原 悟 高温プラズマ研究系研究主幹・教授  
第26回国際土岐コンファレンス実行委員会委員長

大型ヘリカル装置重水素実験初年度の実験成果について

長壁 正樹 大型ヘリカル装置計画実験統括主幹

質疑応答

司会：樋田 美栄子  
基礎物理シミュレーション研究系 准教授  
対外協力部副部長



# 12月9日(土)に市民学術講演会を開催

## 生命に宿る振り子時計

ーバクテリアの時計たんぱく質研究から見えてきた体内時計のメカニズム

講師: 近藤孝男(名古屋大学大学院理学研究科生命理学専攻 名誉教授)

中日文化章、朝日賞、文部科学大臣表彰科学技術賞、日本学士院賞、内藤記念科学振興賞、Gilbert Morgan Smith Medalなど多数の賞を受賞。  
2011年に紫綬褒章を受賞。

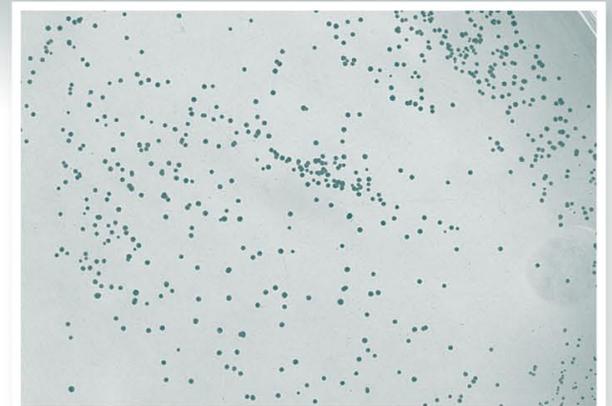
### 内容

- ・生命が体内に持つ「概日時計」と呼ばれる約24時間周期の時計。そのメカニズムは長年の謎であり、多くの研究者を魅了し続けてきました。
- ・「シアノバクテリア」から見出された時計遺伝子群の研究から、「概日時計」のメカニズムをついに明らかにしました。
- ・「概日時計」は2017年のノーベル生理学・医学賞の受賞対象となり、世界が注目する分野です。講演では研究の最先端について報告いただきます。



# 生命に宿る 振り子時計

## バクテリアの時計タンパク質研究から 見えてきた体内時計のメカニズム



シアノバクテリア

地球に生息する生命は24時間周期の時計をもち、昼夜環境に合わせて巧みに生活しています。私たちは腕時計を携帯し毎日の生活に利用していますが、腕時計をもたない動物、植物、あるいはバクテリアもその細胞内に時計を持っていて、一日の生活をプログラムしています。この時計は概日時計(生物時計)と呼ばれますが、大変正確で温度が変わってもほとんど狂いません。生命活動が温度に大きく影響されることを考えると、これはとても不思議なことです。

生命がいかにして地球の自転周期を細胞内に記憶し、24時間の安定した振動を発生するかという問題は、幅広い分野の研究者を魅了してきました。私はシアノバクテリアの実験系を開発し、3つの時計遺伝子 *kaiA*, *kaiB*, *kaiC* (*kai* は回転から命名)を見出しました。さらに *KaiC* タンパク質の生化学的機能の解明を目指した研究により、3つの *Kai* タンパク質と ATP を試験管内で混ぜるだけで温度に影響されない24時間振動が発生することを発見し、概日時計を試験管内で再構成することに成功しました。

生きた細胞の機能だと思われていた概日時計の研究にとって、この発見はコペルニクス的転回であり、ヒトをも含めた高等生物の体内時計研究にも非常に大きなインパクトを与えました。また、この成果は「時を刻む」というタンパク質の全く新しい機能を発見したもので、化学・物理分野の研究者にも注目されています。さらに、最近の研究では *KaiC* タンパク質内に原子レベルの24時間のペースメーカーが機能することを示すことができました。これらの研究成果は概日時計研究の最先端を切り拓いたもので、タンパク質による時間測定や情報処理など、我々の物質観、生命観にも影響を及ぼすインパクトをもっているものとして国際的にも高く評価されています。

講演では、概日時計のメカニズム解明の端緒となった、シアノバクテリアから見出された時計遺伝子群の発見とそのタンパク質の機能の研究を中心に、生命の体内時計のメカニズムについて解説します。



講師

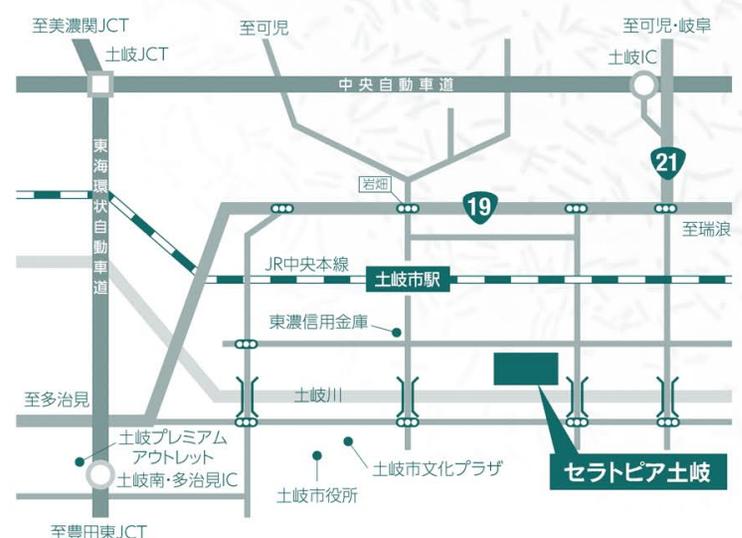
名古屋大学大学院理学研究科生命理学専攻  
名誉教授 理学博士

**近藤 孝男**

こんどう たかお

K o n d o T a k a o

シアノバクテリアの研究により時計機能を司る遺伝子及びタンパク質を発見し、さらに、概日時計を再現する実験に成功した。研究成果は、学術専門誌のみならず、一般雑誌や科学TV番組等でニューストピックスとして大きく取り上げられ、社会的にも注目されている。これまで、中日文化賞、朝日賞、文部科学大臣表彰科学技術賞、日本学士院賞、内藤記念科学振興賞、Gilbert Morgan Smith Medalなど多数の賞を受賞するとともに、2011年に紫綬褒章を受章している。



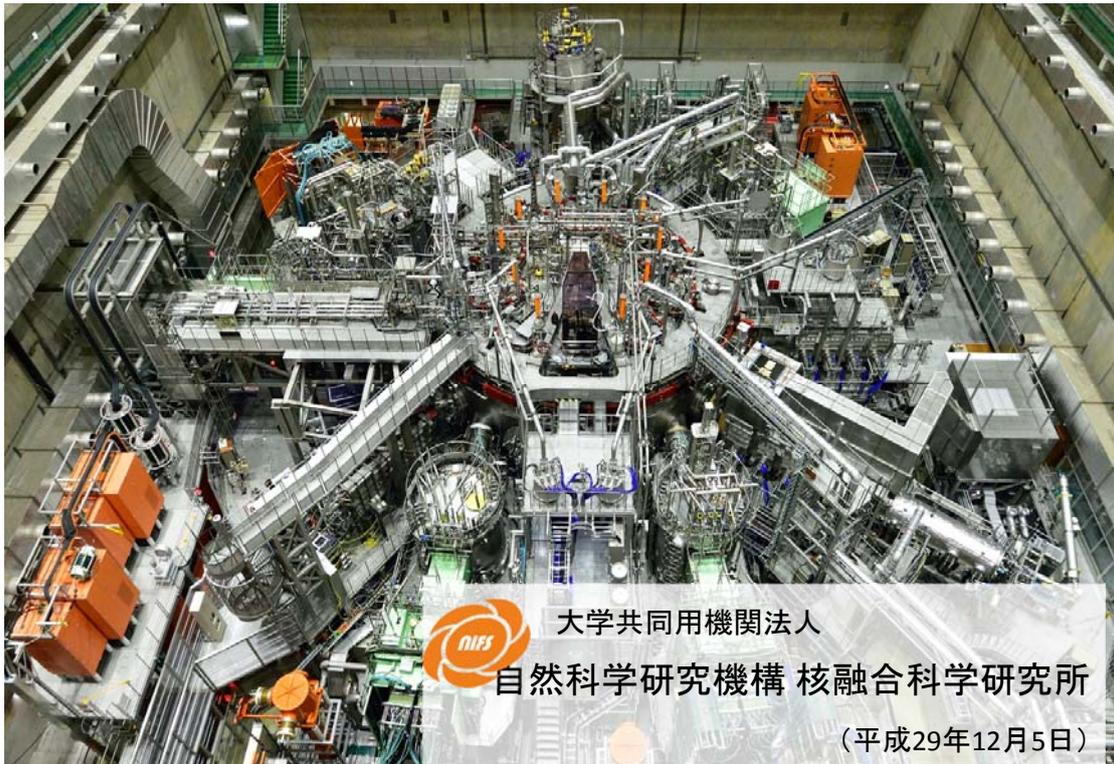
会場案内図

土岐市産業文化振興センター セラトピア土岐

土岐市土岐津町高山4番地 (電車) JR土岐駅下車 徒歩10分  
(車) 中央自動車道土岐ICから車で6分

# プラズマ物理の長年の謎とされる 「同位体効果」の解明に迫る成果

—理論予測と一致する重水素によるプラズマの高性能化を実験的に観測—



1/8



## 発表の概要

核融合科学研究所は、大型ヘリカル装置(LHD)における初年度の重水素実験を、平成29年3月7日～7月7日の間に安全に実施いたしました。

### ◆ 重水素を用いるとプラズマ性能がなぜ向上するのか？

「同位体効果」はプラズマ物理の長年の謎

⇒ 今回、この謎の解明に迫る成果を得ました！

- 重水素プラズマでは、軽水素プラズマよりも少ない加熱電力で電子温度1億度のプラズマが実現出来ることがわかりました。

これは、理論的な予測と定性的に一致。



重水素プラズマでは、軽水素プラズマに比べて、電子がつくる乱流(乱れ)が抑制され、それによって熱の逃げが抑制される。  
(平成29年4月10日 プレス発表)

2/8



# 同位体効果とは？

- プラズマ中のイオンの質量(重さ)に依存してプラズマの性能(熱の逃げにくさ)が変化することを「同位体効果」と呼ぶ。
- 例えば重水素は、軽水素の2倍の重さを持つが、どちらも水素の同位体であり、物理的・化学的には同様の性質を持つ。
- 磁場閉じ込めプラズマにおいては、質量が重くなるとプラズマの性能が悪くなる(熱が逃げやすい)と予測されていたのに対して、**実験ではプラズマ中のイオンの性能が良くなる(熱が逃げにくい)結果が得られていた**ため、「プラズマ物理の謎」とされてきた。

3/8



# 重水素実験の目的

1. プラズマの高性能化を実現して、現状より核融合条件に近いプラズマの研究を遂行し、それにより、新たな研究領域の開拓や実験の多様性を拡大すること
2. プラズマ物理の長年の謎とされる閉じ込め物理の質量依存性(同位体効果)を研究し、核融合炉におけるプラズマを十分な確度で予測できるモデルを構築すること
3. ヘリカル型装置の高エネルギーイオンの閉じこめ性能が核融合炉を展望できることを示すこと
4. プラズマ対向材料中における水素同位体挙動の解明

4/8



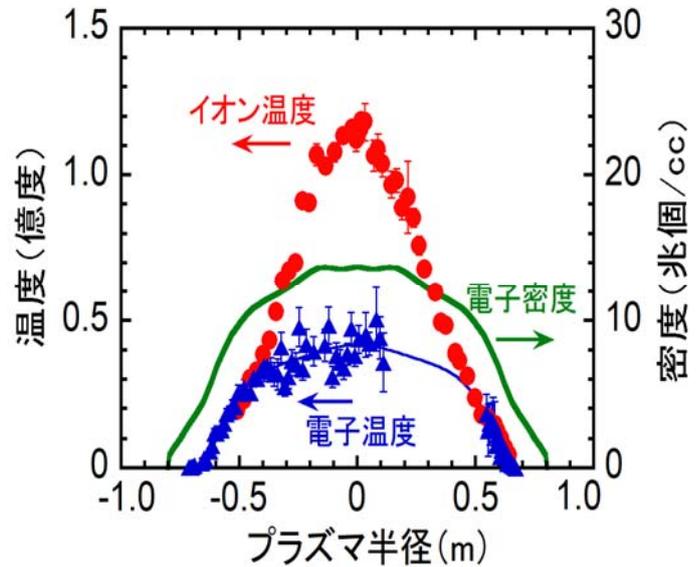
# LHD重水素実験の安全な実施とイオン温度 1億2千万度の達成

(平成29年8月9日 プレス発表)

平成29年3月7日～7月7日に、初年度のLHD重水素実験を安全に実施。

イオン温度1億2,000万度を達成し、プラズマ中のイオンの高性能化に成功するなど、ヘリカル型核融合炉の実現に向けて大きな成果を挙げました。

7月11日～8月3日の間は軽水素ガスを用いた実験を実施。その後、超伝導コイルを1ヶ月かけて昇温し、現在はメンテナンスを行っています。



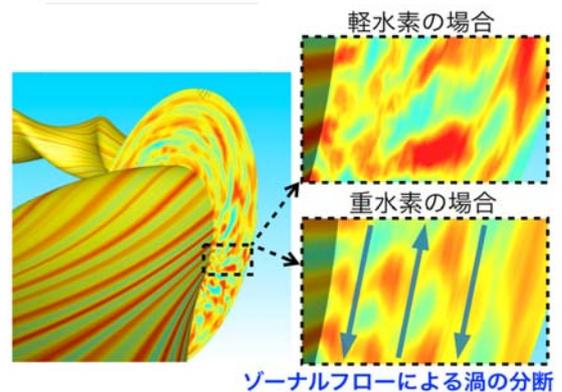
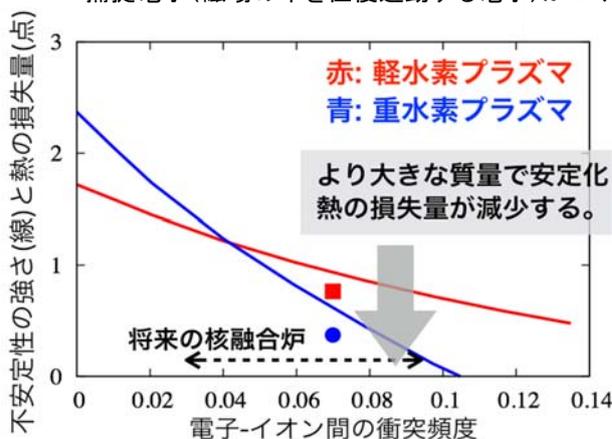
5/8



# 同位体効果による乱流抑制と、それによる熱損失の抑制 を理論的に予測

(平成29年4月10日 プレス発表)

捕捉電子(磁場の中を往復運動する電子)がつくる乱れを最新鋭スーパーコンピュータでシミュレーション



プラズマの密度が高くなると、電子とイオン間の衝突頻度は増加。

電子とイオンの衝突が不安定性を抑える働きをするが、この働きが、重水素プラズマの方が強いことを発見。

これにより、高密度になると、重水素プラズマの方が不安定性が弱くなり、乱流が抑制されて熱の損失が低減することを突き止めた。

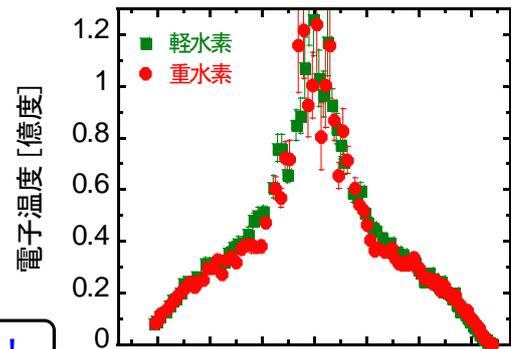
ヘリカル型とトカマク型で共通であることも発見。

6/8

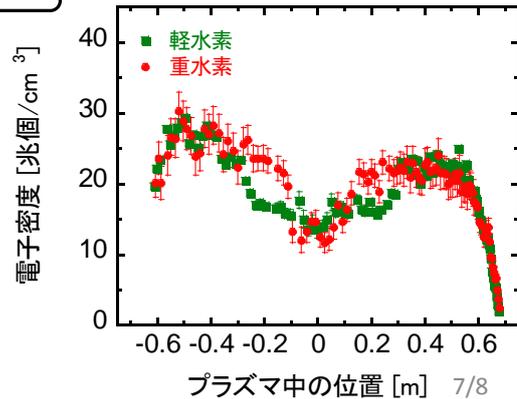
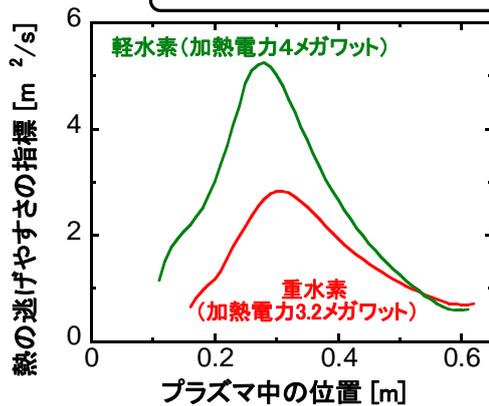


# 重水素実験の実施によって プラズマ中の電子の高性能化に成功

- 重水素においても電子温度1億度を超えるプラズマの実現に成功
  - 電子温度1億度のプラズマ実現に要した加熱電力は、軽水素4メガワットに対して、重水素は3.2メガワットと少ない電力であった。
- ⇒ 重水素プラズマでは、プラズマ中の電子の熱が逃げにくいことが**実験的に明らかとなった**。

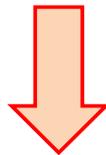


理論的な予測と定性的に一致！



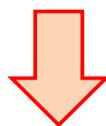
## まとめ

- 重水素プラズマでは、軽水素プラズマに比べて、電子がつくる乱れが抑制されて、熱の閉じ込めが改善することを理論的に予測。(平成29年4月発表)
- 重水素プラズマにおいては、軽水素プラズマよりも少ない加熱電力で高い電子温度プラズマ(1億度)が出来ることを実験的に示した。



理論の予測と実験観測が定性的に一致する**世界で初めての成果!**

プラズマ物理に横たわる長年の謎とされてきた  
プラズマ性能の同位体効果の解明に向けて前進



核融合炉を予測するモデル構築に大きく貢献