

JST理事長記者説明会
2019年1月23日

無限の可能性をもつ 分子ナノカーボン

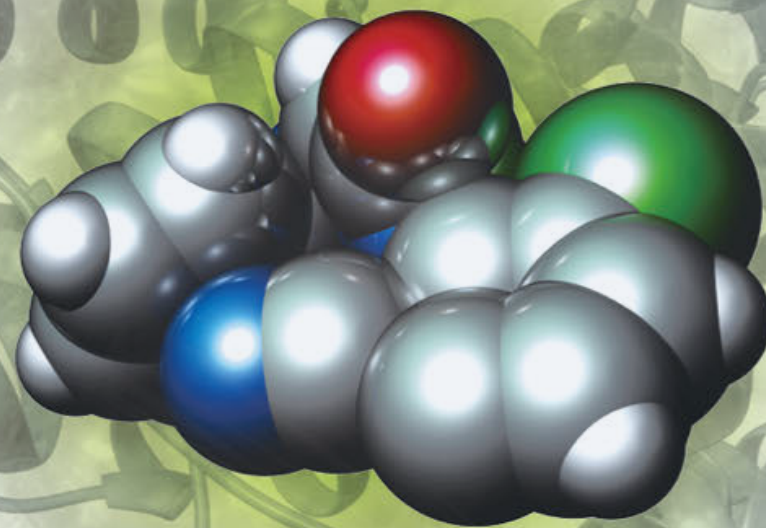
伊丹 健一郎

名古屋大学WPI-ITbM 拠点長 名古屋大学大学院理学研究科 教授
JST-ERATO 伊丹分子ナノカーボンプロジェクト 研究総括



分子

Molecules



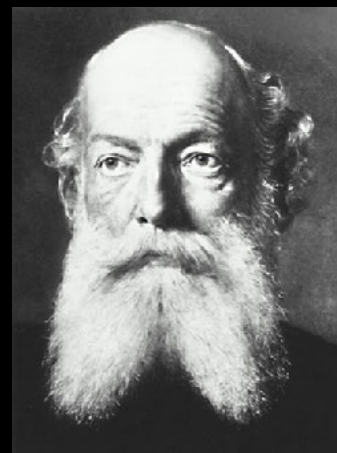
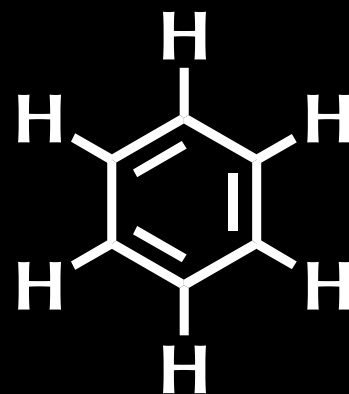
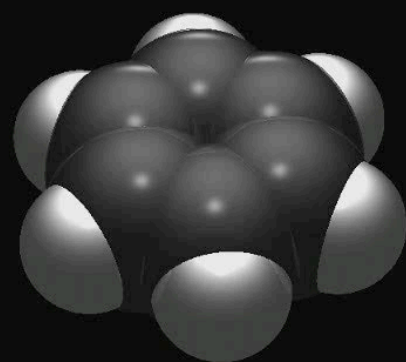
- ・複数の原子が化学的に結合した物質（**1~10億分の1メートル**）
- ・化学・生物・医学・薬学・農学に関わるあらゆる**産業の中核**
（医薬、農薬、エレクトロニクス産業、石油化学工業、自動車産業）

分子には我々の生活や科学・技術を一変させる力がある！

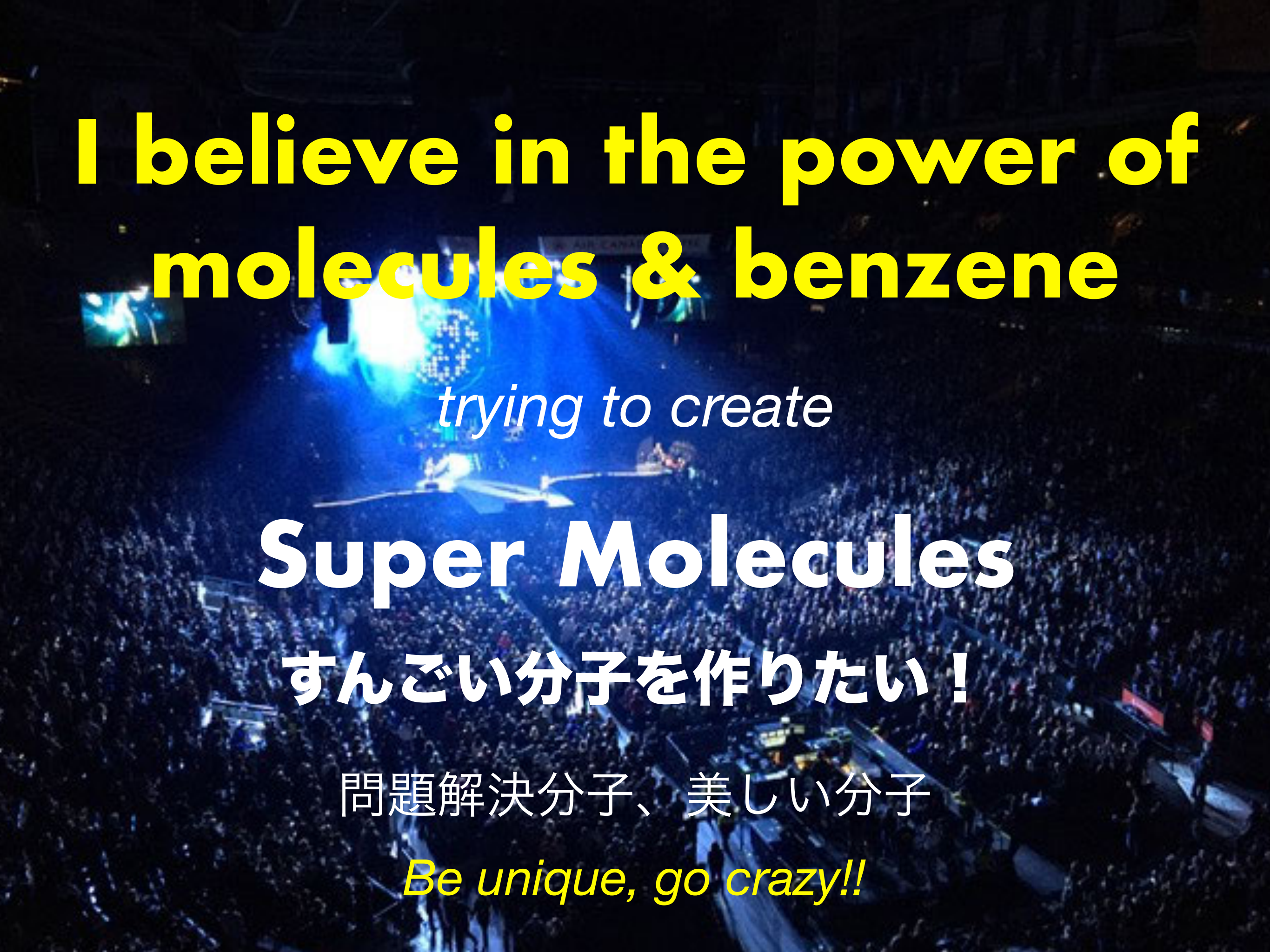
Molecules can change the world !

I love benzene!

since 16 years old



ベンゼンを使った分子の建築家 (合成化学者)

The background of the slide is a photograph of a large crowd at a night concert. A bright stage light is visible in the upper left, casting a blue glow over the scene. The crowd is dense and fills the lower two-thirds of the image.

**I believe in the power of
molecules & benzene**

trying to create

Super Molecules

すごい分子を作りたい！

問題解決分子、美しい分子

Be unique, go crazy!!

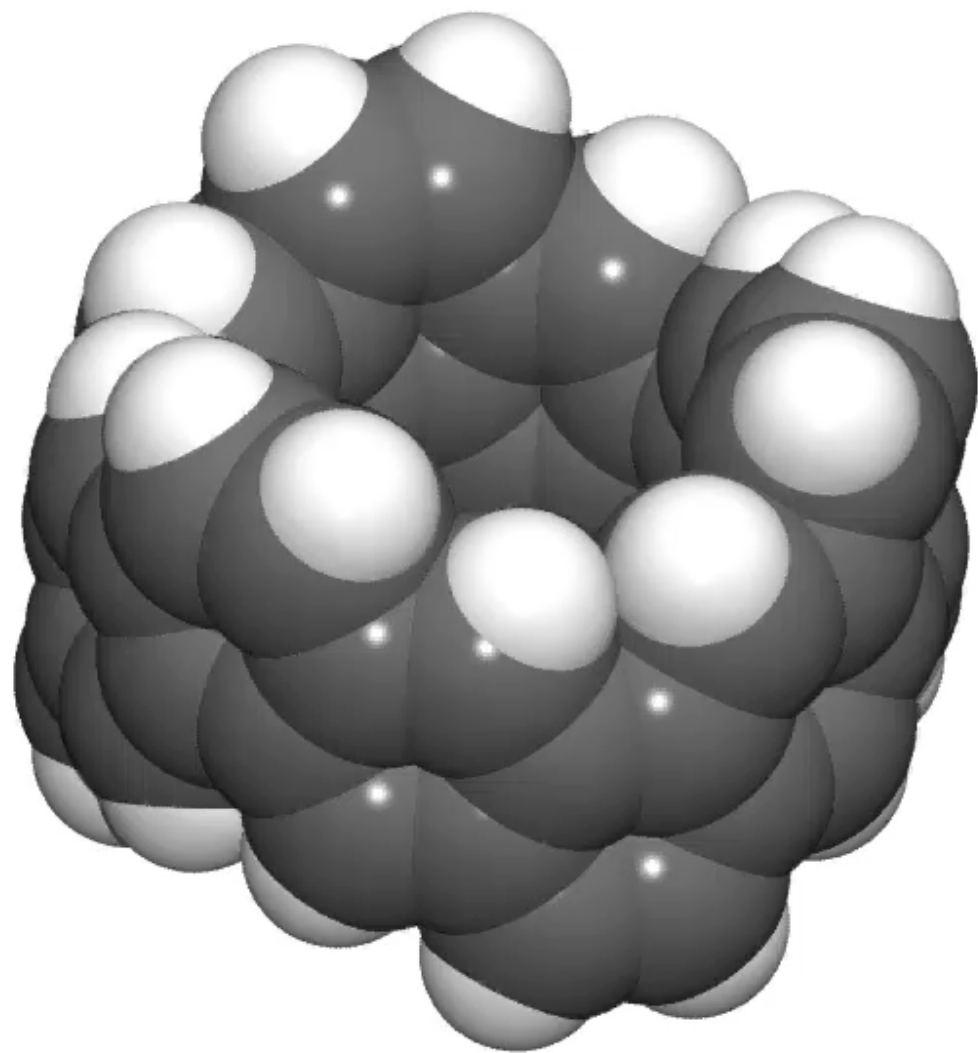
A high-angle, wide shot of a massive crowd gathered at night for a large-scale event. The scene is dominated by a brilliant blue light emanating from a central point, creating a starburst effect and illuminating the surrounding area. The crowd, seen from above, fills the lower two-thirds of the frame, with many individuals holding up their phones to capture the moment. In the background, a large structure with the word "LIFE" is visible, and a sign for "AIR CANADA CENTRE" can be seen at the very top. The overall atmosphere is one of awe and collective excitement.

科学者感動の瞬間

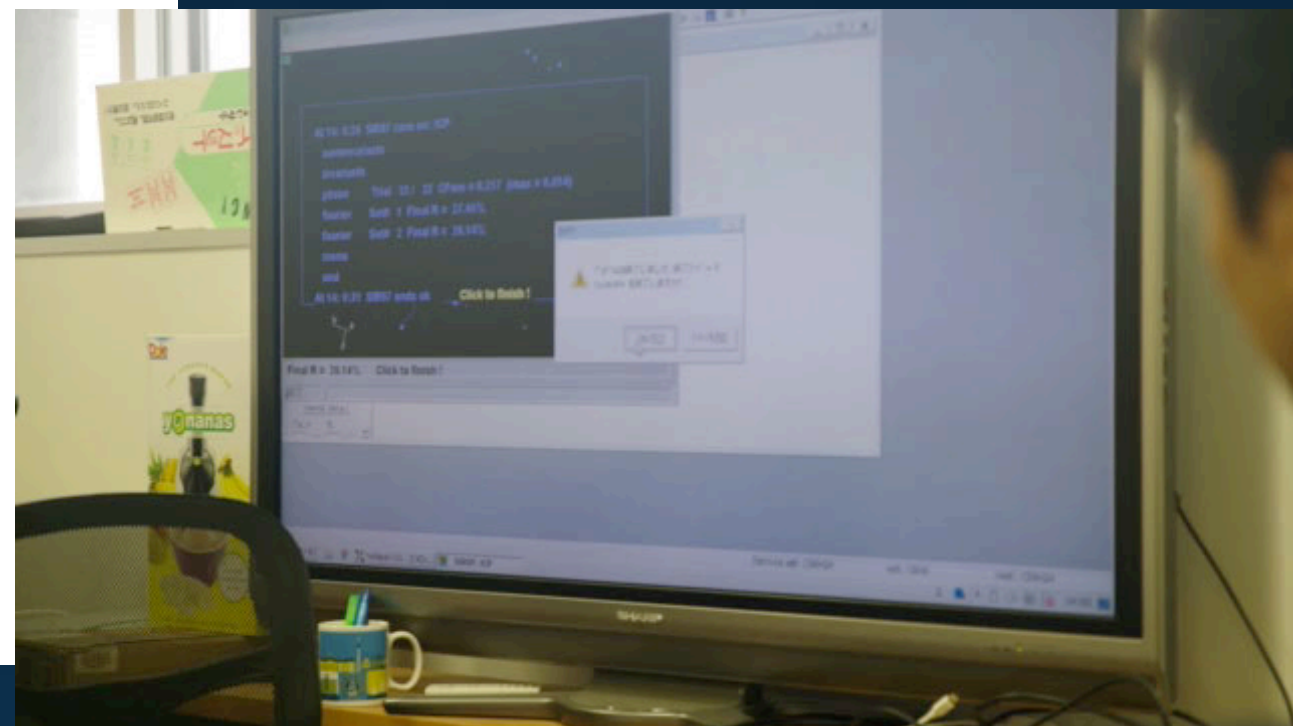
科学者感動の瞬間

カーボンナノベルトのX線結晶構造解析に成功 (2016年9月28日)

G. Povie, Y. Segawa, T. Nishihara, Y. Miyauchi, K. Itami, *Science* **2017**, 356, 172-175.



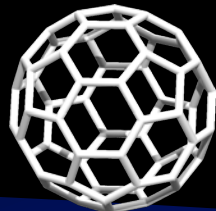
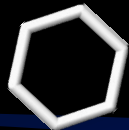
*Video taken secretly by
Dr. Hideto Ito
(now in YouTube)*



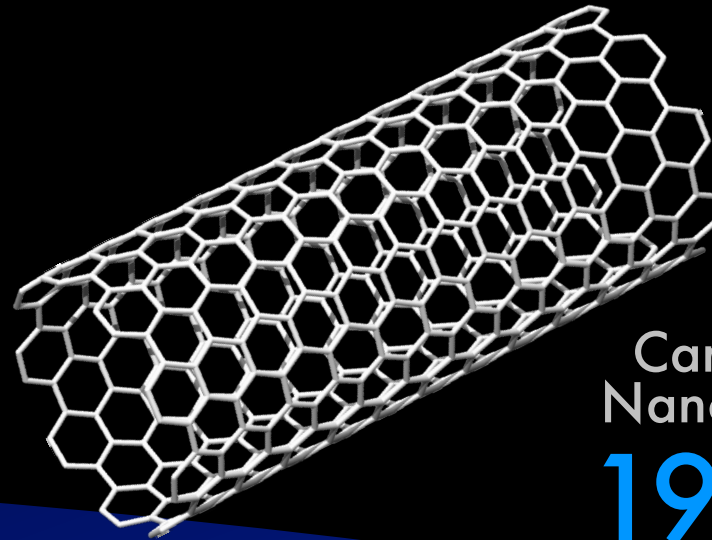
ナノカーボン

究極のベンゼン誘導体

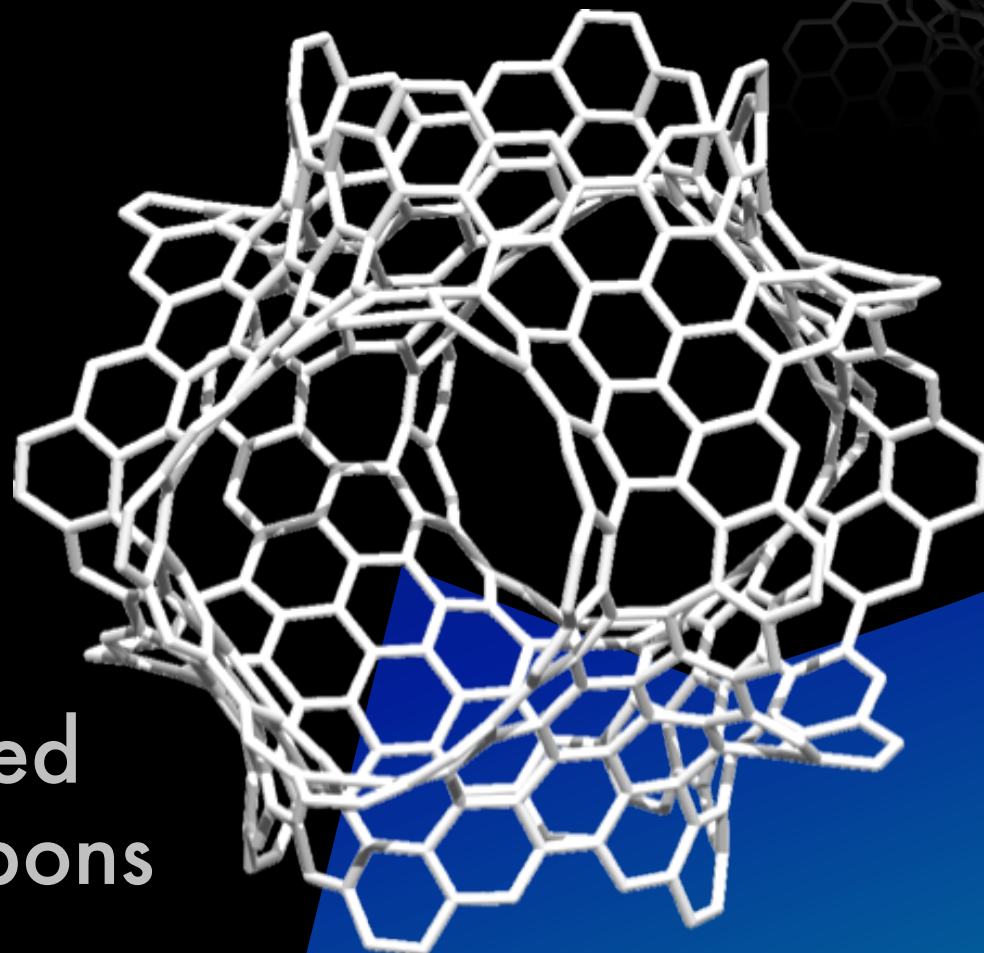
Benzene
1825



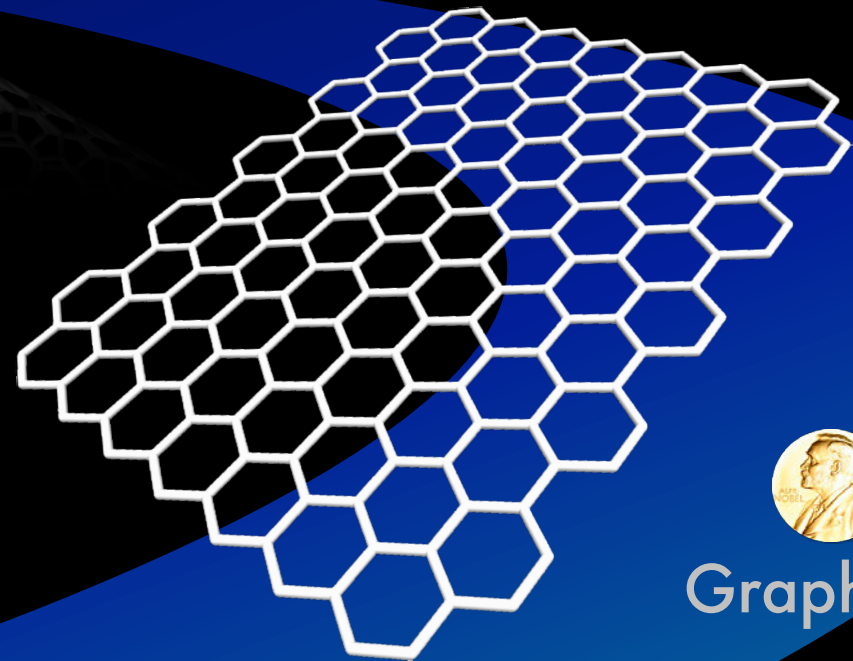
Fullerene
1985



Carbon
Nanotube
1991



Unexplored
Nanocarbons

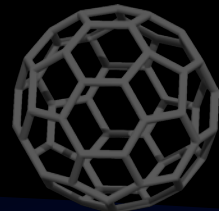
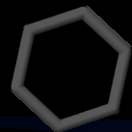


Graphene
2004

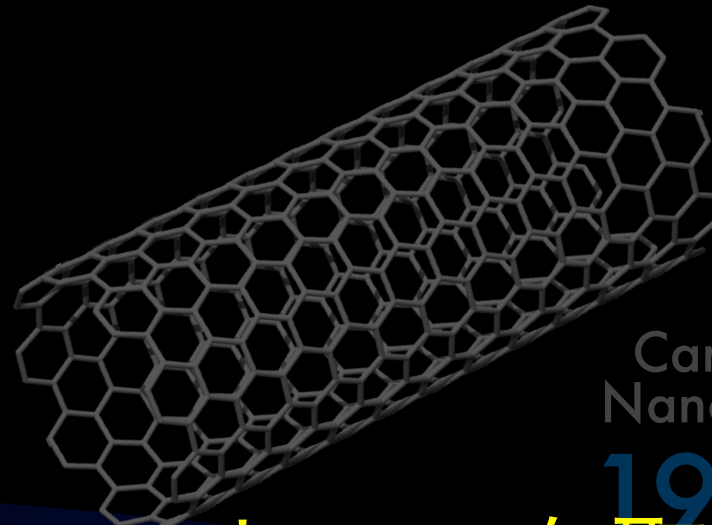
ナノカーボン

究極のベンゼン誘導体

Benzene
1825

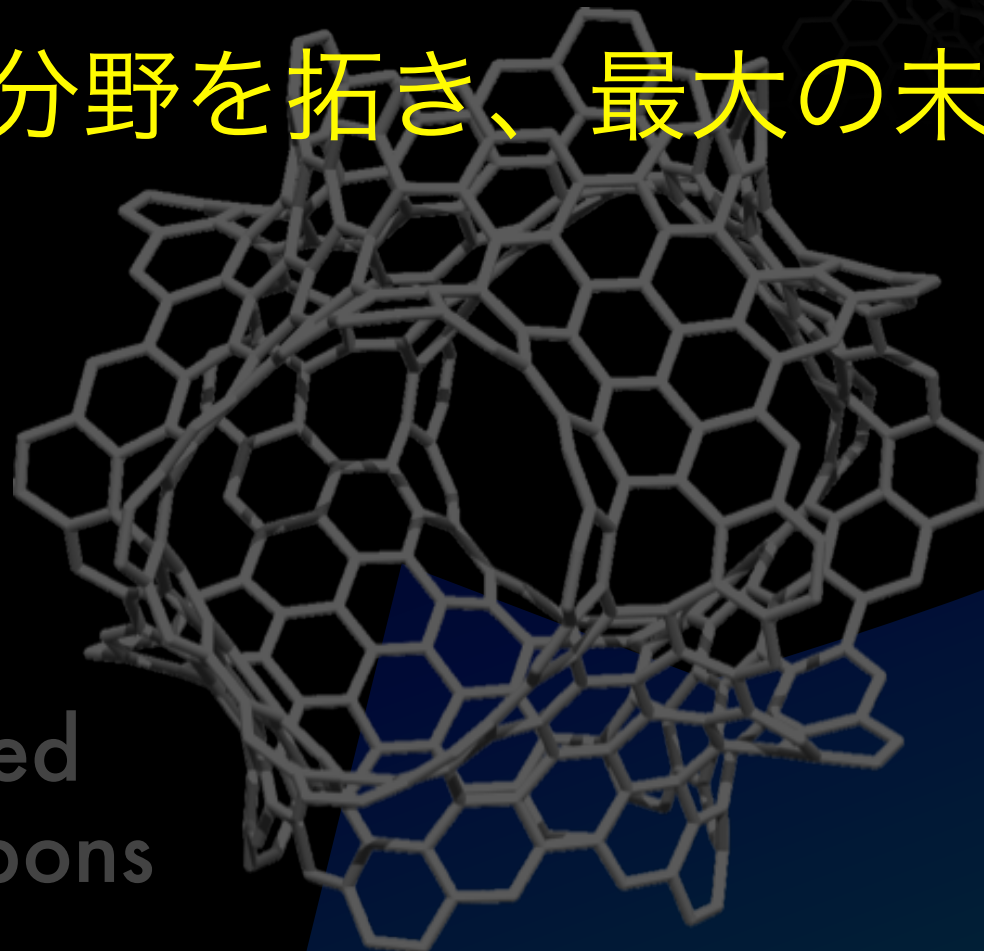


Fullerene
1985

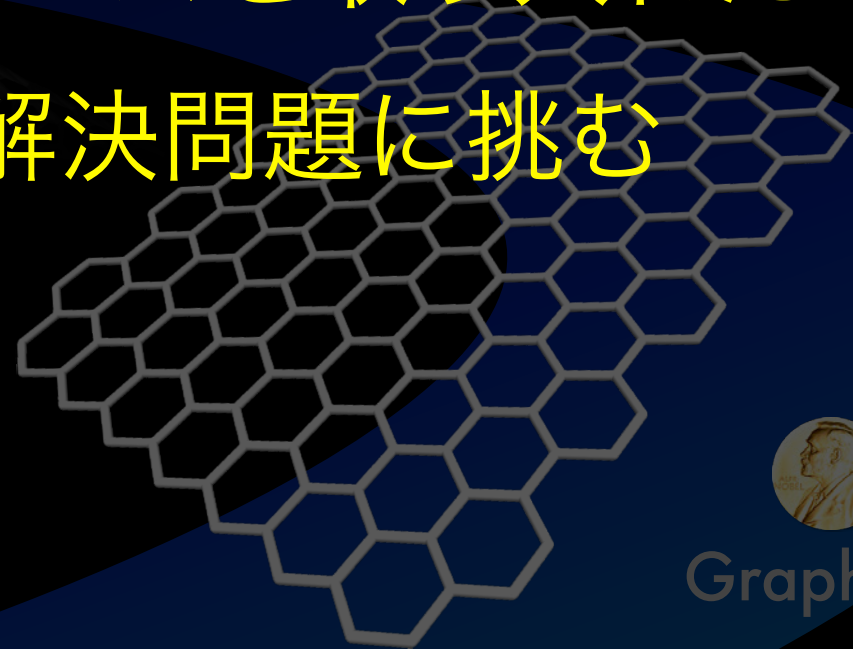


Carbon
Nanotube
1991

有機化学や合成化学のエッセンスを取り入れた
新分野を拓き、最大の未解決問題に挑む



Unexplored
Nanocarbons



Graphene
2004

最大の未解決問題に挑む

「分子として」

設計

混合物問題

精密合成はもちろんの
こと、混合物（物性は
異なる）を精製するこ
とができない

合成

理解

活用・応用

「分子ナノカーボン科学」という新分野



JST-ERATO Itami Molecular Nanocarbon Project

- *Selected in the fall of 2013, and officially launched in April 2014.*
- *The core project duration: April 2014 – March 2019 (5 years).*

Scientific Outputs

2013-2018 (ERATO & Itami Lab)

162 papers

Science (3), Nature Chem (3), Nature Comm (3), Nature Rev Mater (1), Nature Chem Biol (1), Science Adv (1), Sci Rep (1), ACS Cent Sci (1), J Am Chem Soc (16), Angew Chem Int Ed (18), Chem (1), Chem Sci (15)

>500 times highlighted in media

20 patent publications & applications

9 compounds commercialized

>50 awards and honors

>600 presentations

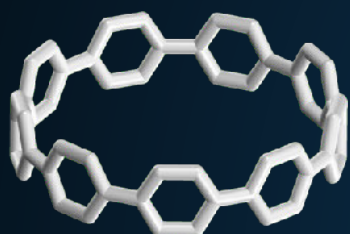
26 got academic positions or promoted

我々の分子ナノカーボン

これまでに存在しなかった、美しいそして新しい炭素のカタチ

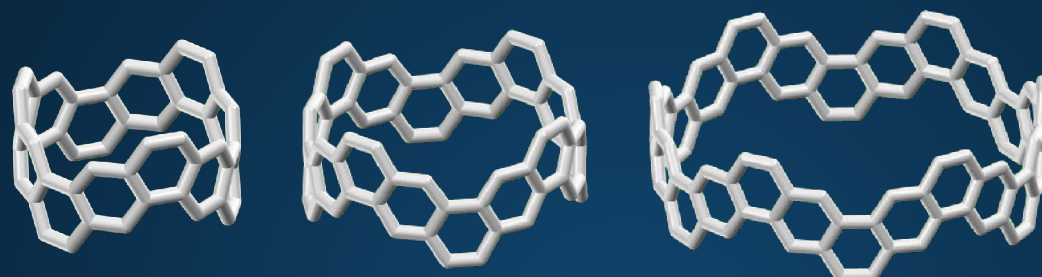
Carbon nanorings

Angew Chem (2009)



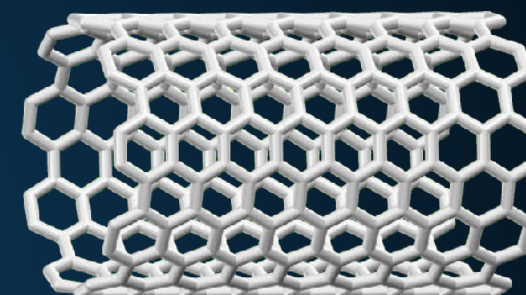
Carbon nanobelts

Science (2017), JACS (2018)



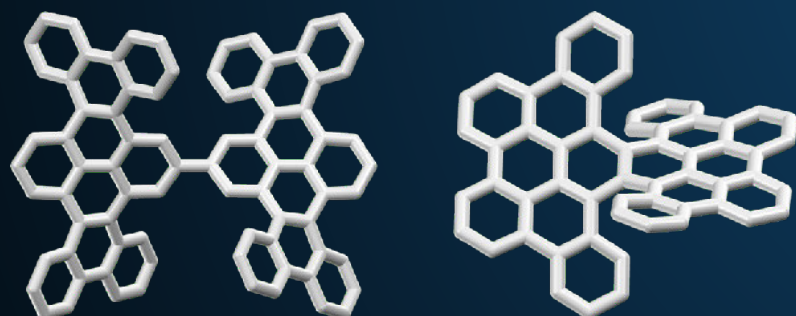
Uniform carbon nanotubes

Nature Chem (2013), Nature Commun (2018)



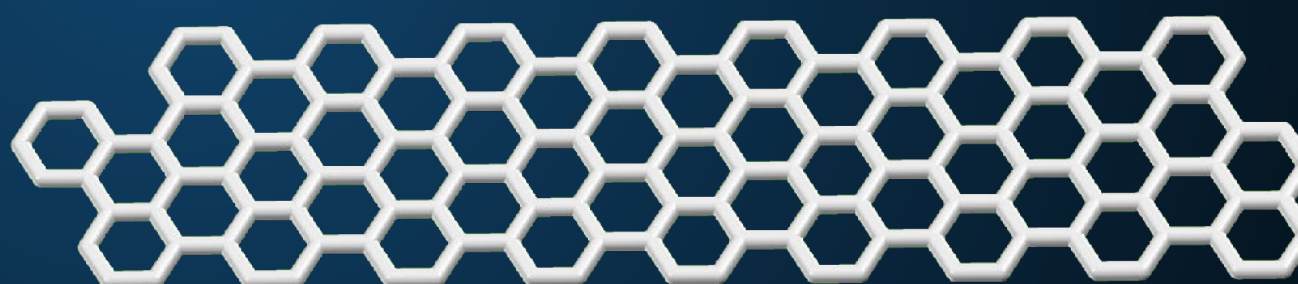
Exotic nanographenes

Nature Commun (2015), JACS (2015)



Uniform graphene nanoribbons

Science (2018), Under revision (2018)



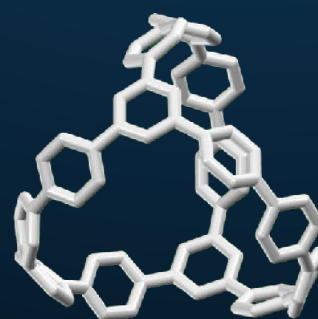
Warped nanographenes

Nature Chem (2013), ACIE (2018)



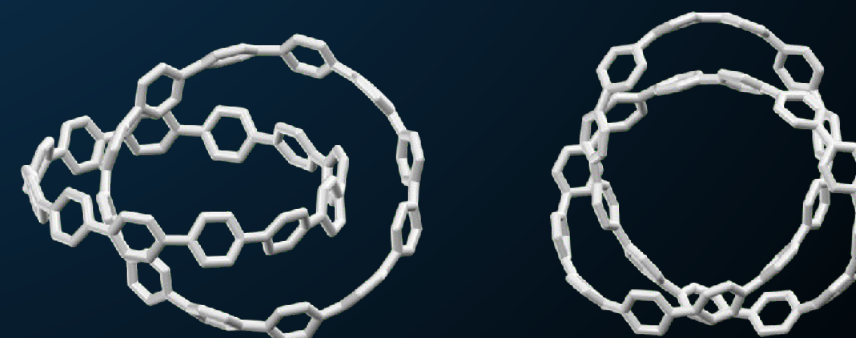
Carbon nanocages

Chem Sci (2013), JACS (2014)



Carbon catenanes and knots

Submitted



カーボンナノチューブ

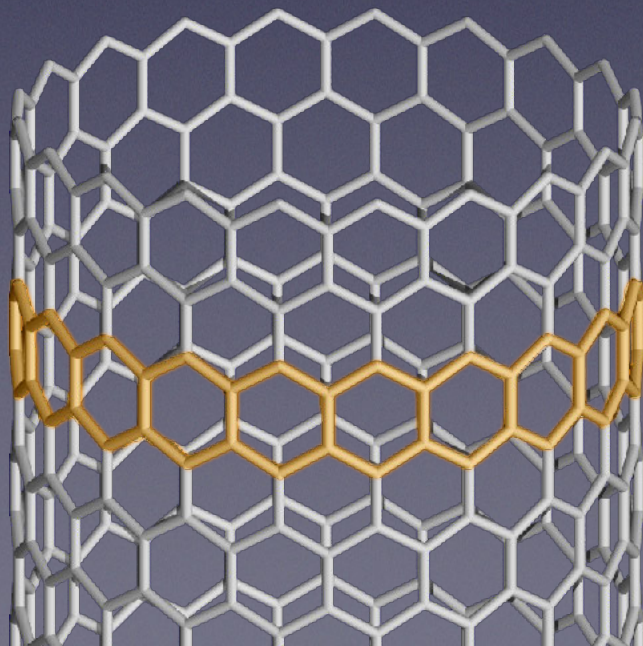
1991年飯島澄男によって発見 炭素のみから成る物質

アルミニウムの半分の重さ 鋼鉄の20倍の硬さ

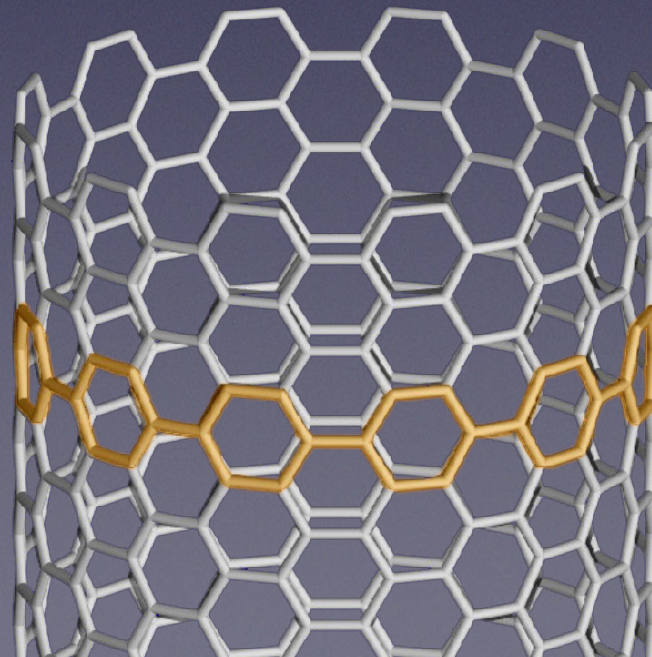
電気伝導性・半導体性 超電導性 発光素子 宇宙エレベーター？



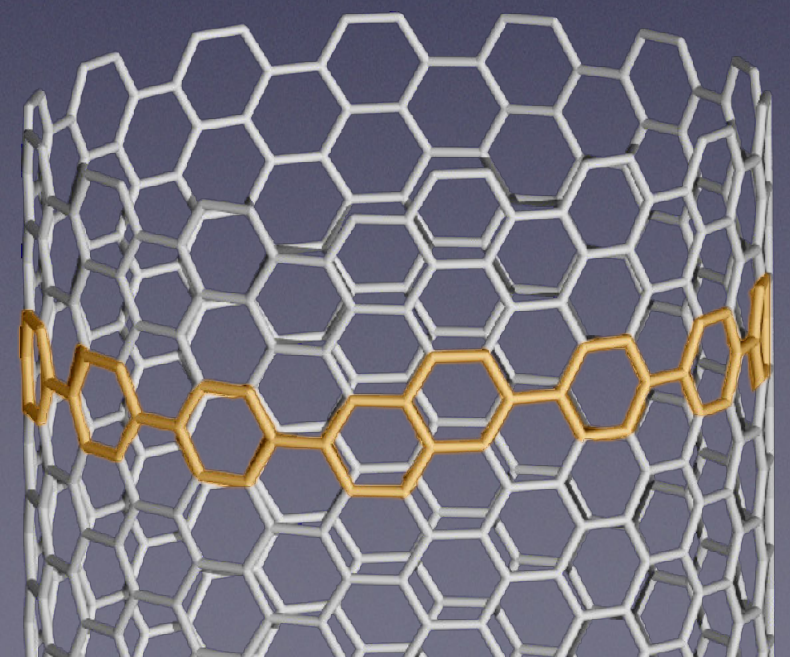
ジグザグ型CNT
(多くが半導体性)



アームチェア型CNT
(金属性)



カイラル型CNT
(多くが半導体性)



カーボンナノチューブ

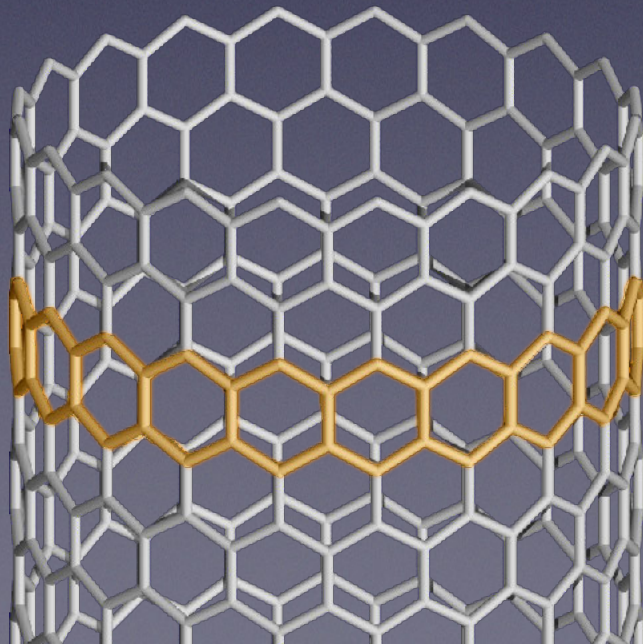
1991年飯島澄男によって発見 炭素のみから成る物質

アルミニウムの半分の重さ 鋼鉄の20倍の硬さ

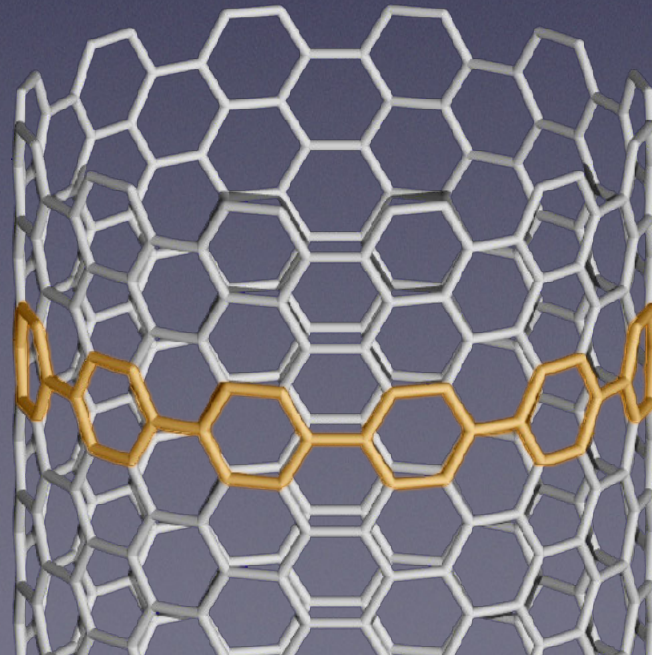
電気伝導性・半導体性 超電導性 発光素子 宇宙エレベーター？

これまでの方法だと、様々な構造や直径の
ナノチューブの混合物しか得られない

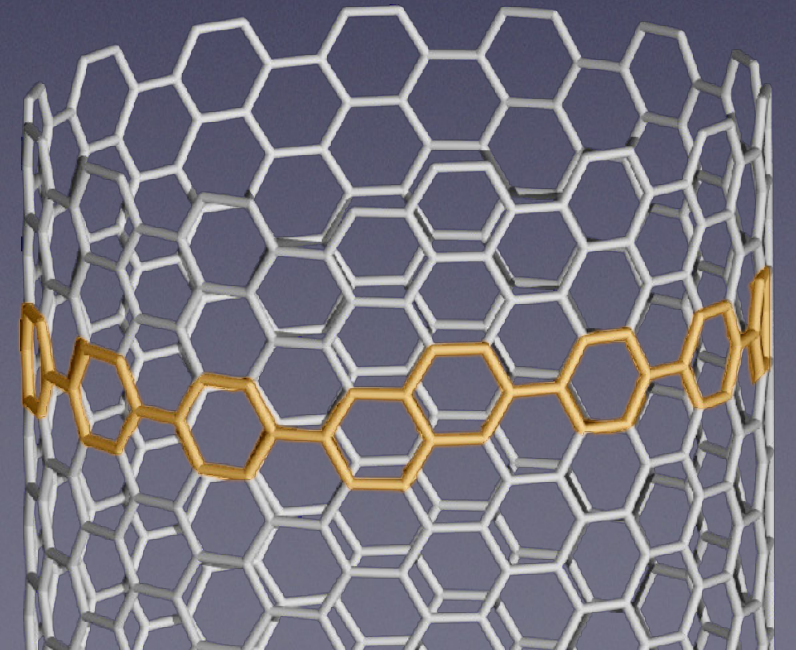
ジグザグ型CNT
(多くが半導体性)



アームチェア型CNT
(金属性)



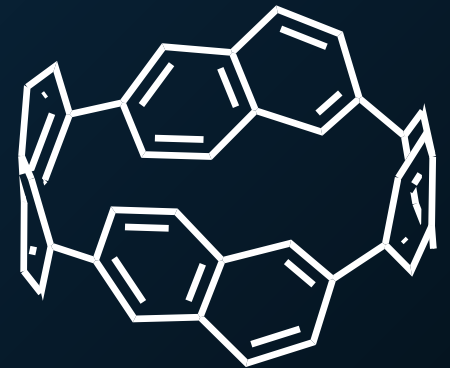
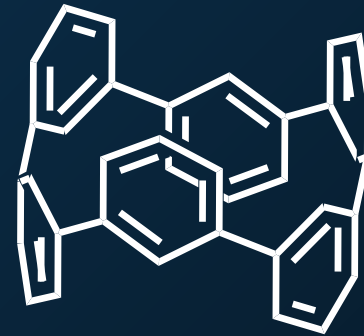
カイラル型CNT
(多くが半導体性)



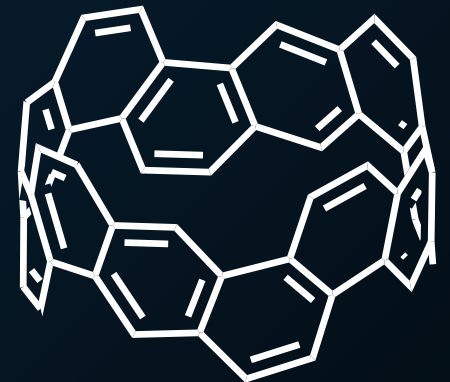
小さい鑄型から伸ばす

Reviews: Angew. Chem. (2016), Nature Rev. Mater. (2016)

ナノリング



ナノベルト



growth



growth



growth



ナノチューブ



armchair



zigzag



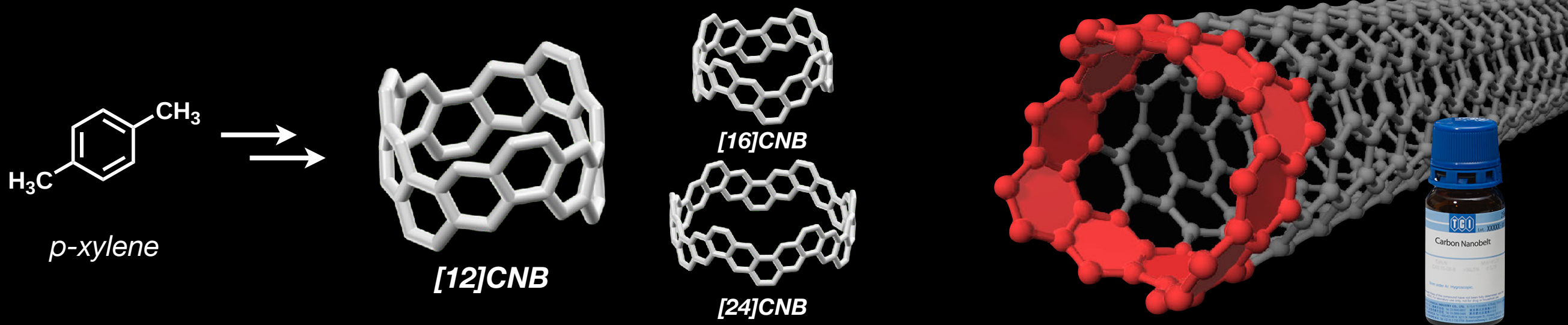
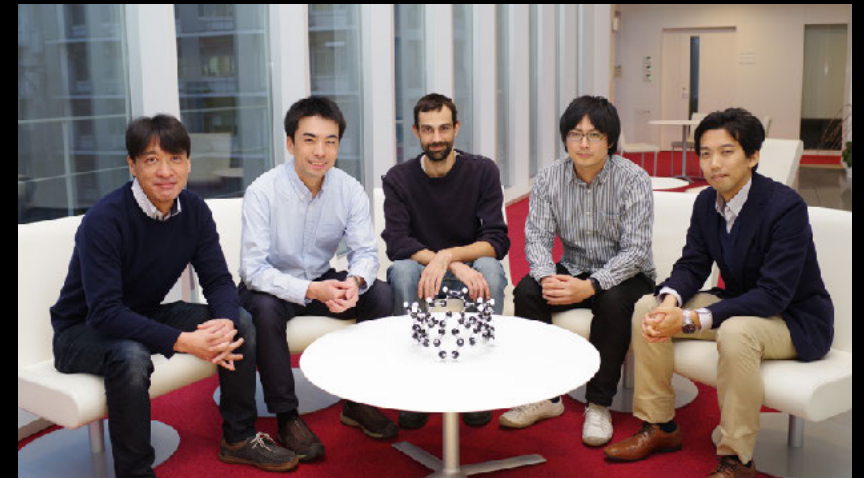
chiral

世界初のカーボンナノベルト

科学者が60年以上、追い求めていた夢の分子

石油成分パラキシレンから11段階で化学合成
(12年にもおよぶ伊丹研の汗と涙の結晶)

様々なサイズのナノベルトが合成できる



There are only 5 authors in this paper, but this was not possible without the contribution of >20 students and postdocs (12-years campaign)!!

G. Povie, Y. Segawa, T. Nishihara, Y. Miyauchi, K. Itami, *Science* **2017**, 356, 172-175.

カーボンナノベルト

発表直後から、超有名分子

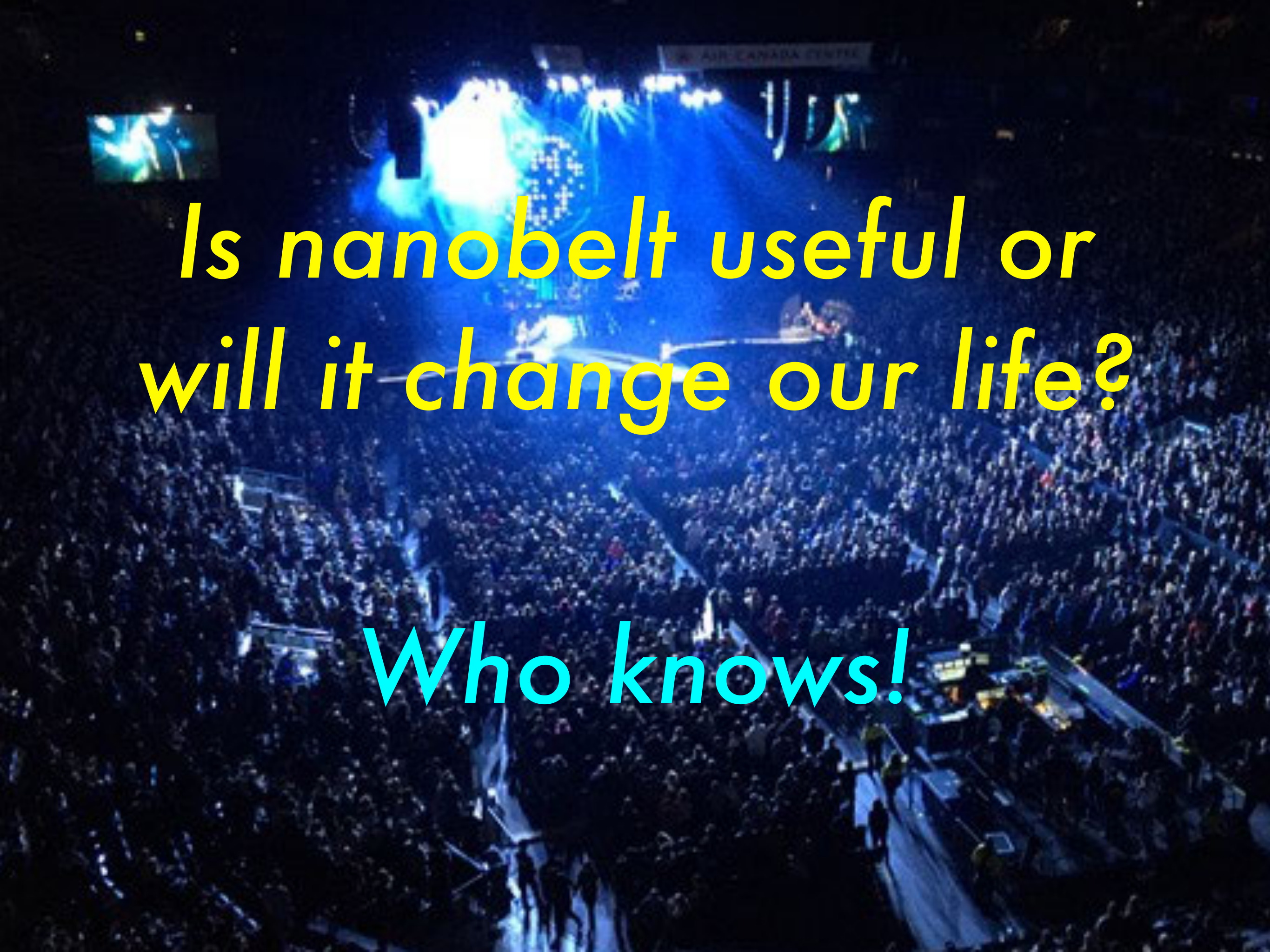
ネット検索すると30万件以上！



株価が動く？

アクセサリーに！

入試問題にも！

A high-angle, wide shot of a massive crowd at a concert or festival at night. The scene is dominated by bright blue and white stage lights emanating from a central point, creating a hazy, atmospheric glow. The crowd is dense and fills the lower two-thirds of the frame. In the background, a sign for the 'AIR CANADA CENTRE' is visible above the stage area. The overall mood is one of a large-scale, high-energy event.

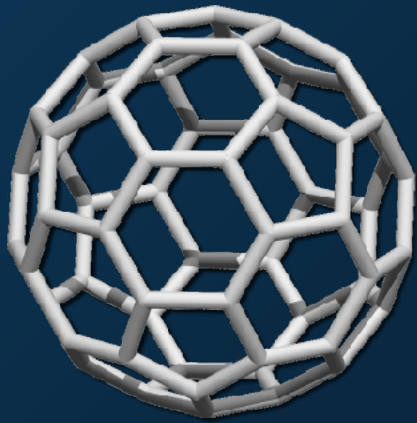
*Is nanobelt useful or
will it change our life?*

Who knows!

美しいものには必ず 機能が宿る

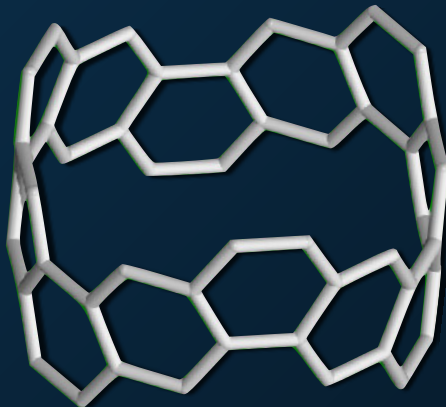
物性や機能などは後からついてくる（歴史が証明している）

フラーレン



理論的研究 (1970s)
合成の試み (1980s)
発見 (1985)
大量合成法 (1990s)
様々な機能の発見と応用
ノーベル化学賞 (1996)

カーボンナノベルト



理論的研究 (1950s)
合成の試み (1980s)
「長尺の長男」ナノチューブの発見 (1991)
ナノベルト合成の達成 (2017)
大量合成法?
様々な機能の発見と応用?

2018年3月21日、市販化！

New

MATERIALS

TCI

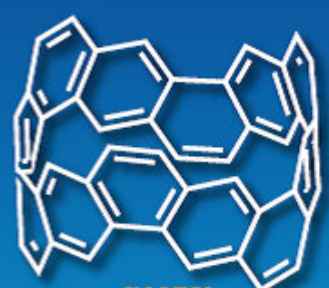
無限の可能性を秘めた 次世代炭素素材 (6,6)カーボンナノベルト

[I1078]

特長

- 60年以上の挑戦を経て2017年に初めて合成された炭素素材
- 12個のベンゼン環が縮環された剛直なベルト構造
- アームチェア型カーボンナノチューブ (CNT) の部分構造
- (6,6)CNT に極めて近い性質を持つ分子 (ラマン分光法)
- 赤色発光 $\lambda_{em} = 630 \text{ nm}$ (CH_2Cl_2 溶液, $\lambda_{ex} = 500 \text{ nm}$)

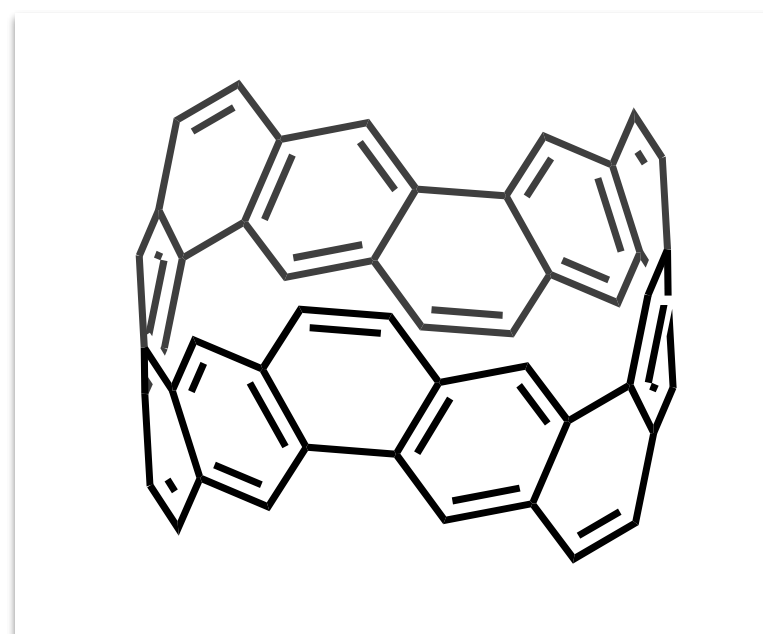
Highlighted in Nature, SPOTLIGHT 06 December 2017



G. Povie, Y. Segawa, T. Nishihara, Y. Miyauchi, K. Itami, Science 2017, 356, 172.

(6,6)Carbon Nanobelt Bis(tetrahydrofuran) Adduct 10mg 12,000円 [I1078]

本製品は名古屋大学 伊丹健一郎教授、瀬川泰知准教授との共同開発により製品化されました。



東京化成工業株式会社



TCI's goal:
Kilo-gram synthesis (future)

Our goal:
To let nanobelt stand on its own and to assist researchers discovering new functions and applications

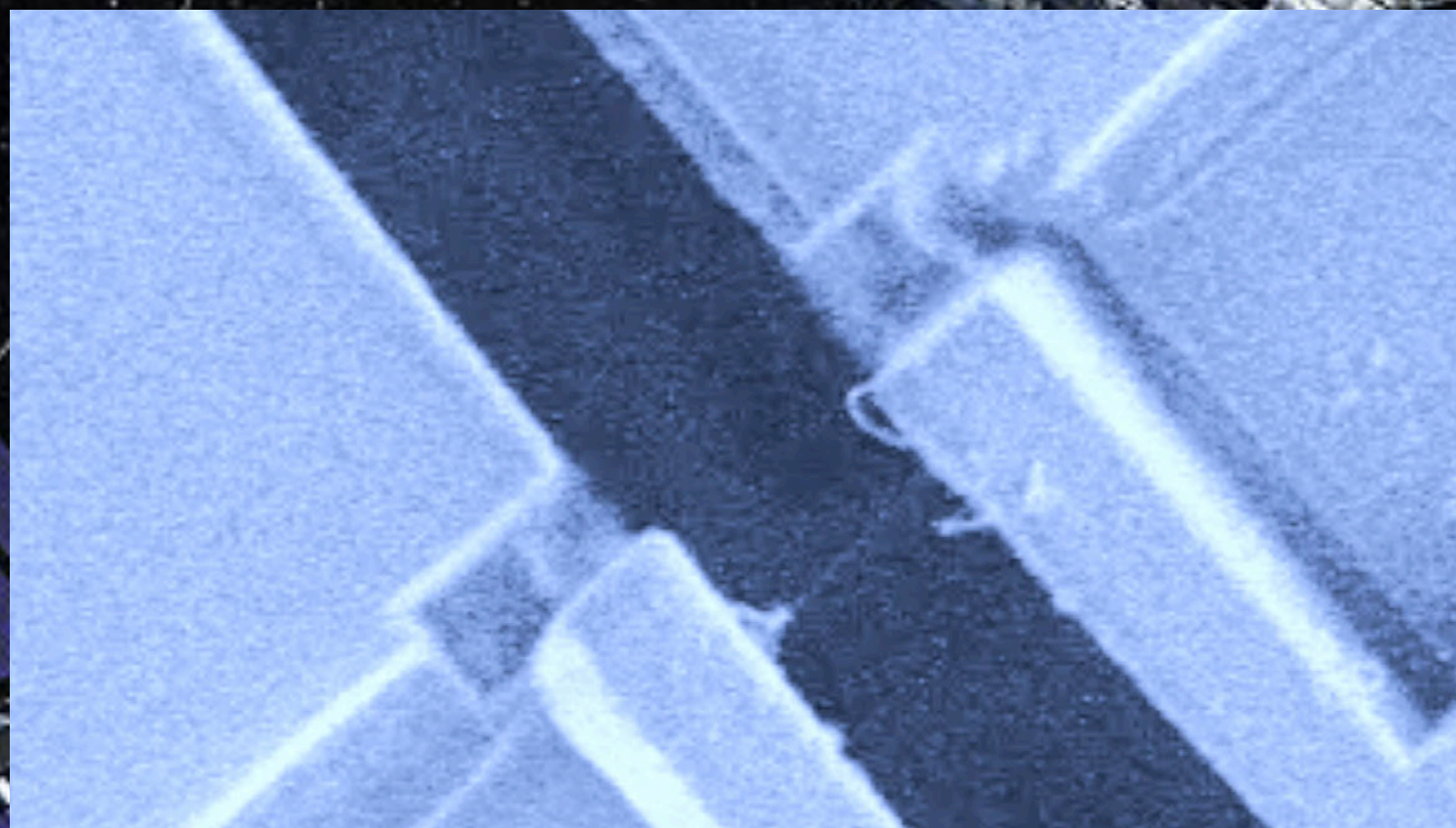
Special thanks to Dr. Taro Tanabe (TCI)

カーボンナノチューブ で宇宙エレベーター？

Video created by Obayashi Cooperation

基礎科学として未解決問題

- 正確な引っ張り強度がわかっていない
- どの構造が一番強いかがわかっていない
- 宇宙エレベーターの実現可能性は？



**Yuhei
Miyauchi**



**Akira
Takakura**



**Taishi
Nishihara**



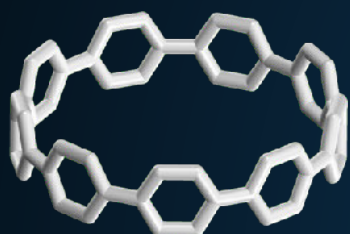
**Takahiro
Namazu
(AITech)**

ナノカーボンの無限の可能性

科学者の想像力（分子デザイン）と創造力（合成技術）で世界が変わる

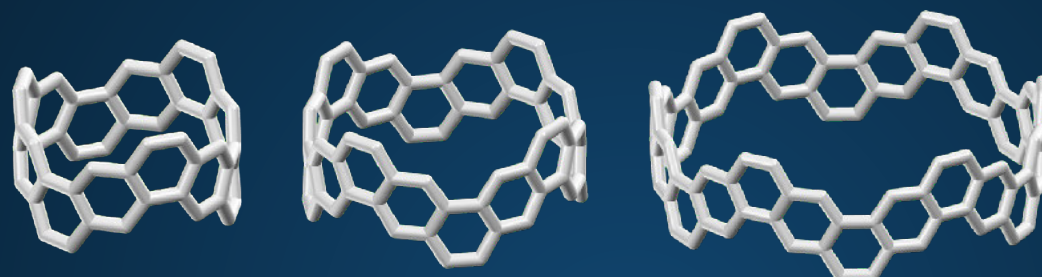
Carbon nanorings

Angew Chem (2009)



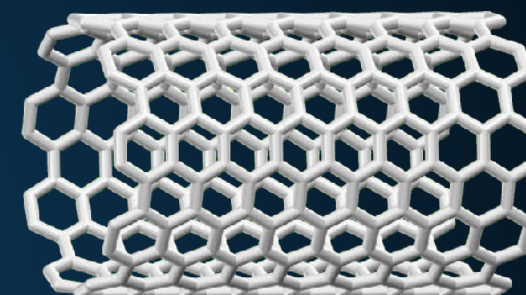
Carbon nanobelts

Science (2017), JACS (2018)



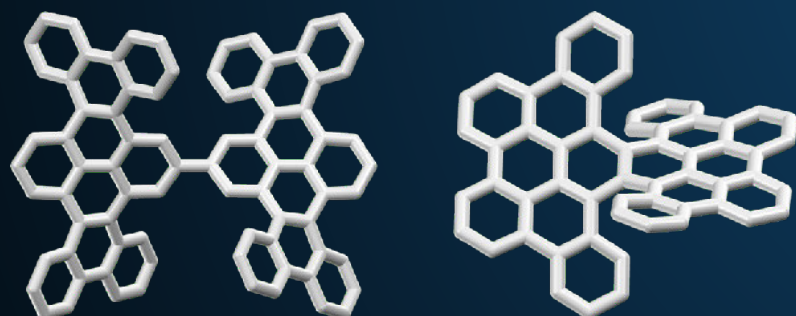
Uniform carbon nanotubes

Nature Chem (2013), Nature Commun (2018)



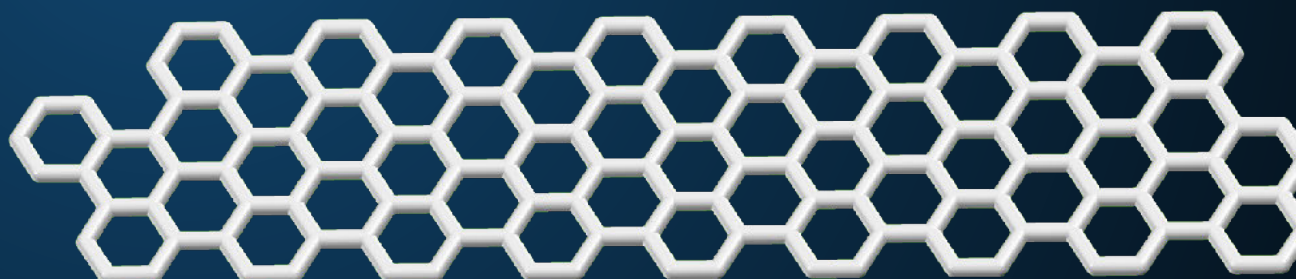
Exotic nanographenes

Nature Commun (2015), JACS (2015)



Uniform graphene nanoribbons

Science (2018), Under revision (2018)



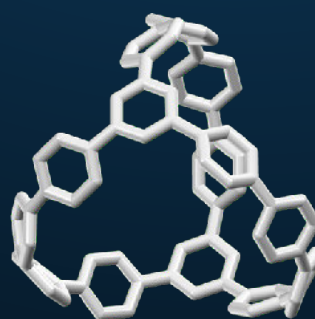
Warped nanographenes

Nature Chem (2013), ACIE (2018)



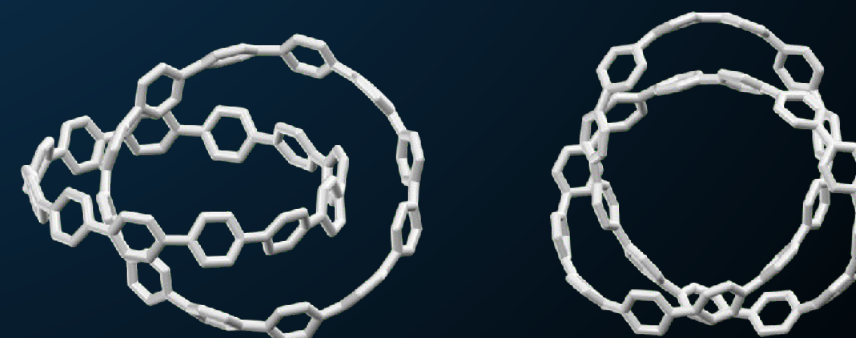
Carbon nanocages

Chem Sci (2013), JACS (2014)



Carbon catenanes and knots

Submitted



分子のもつ無限の可能性

美しい分子には必ず機能が宿る

*Needs-inspired basic science
(NOT needs-oriented)*

「すぐに役に立つものはすぐに役に立たなくなる」

分野融合で新しい研究分野を

ユニークに、そしてクレイジーに



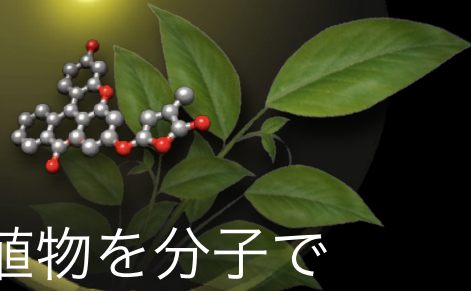
世界トップレベル研究拠点
(WPI) 2012-2022



名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所 Institute of Transformative Bio-Molecules

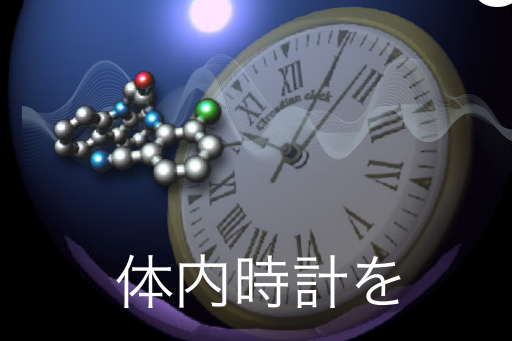
'Needs-inspired basic research' toward transformative bio-molecules

Plant Chemical Biology



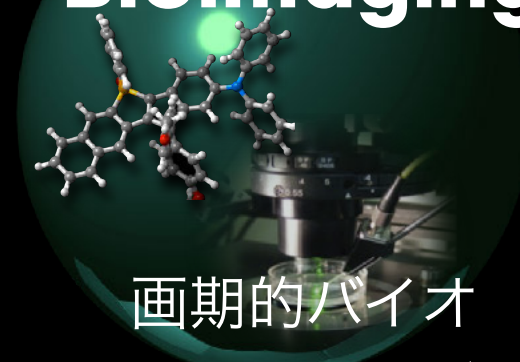
植物を分子で
理解・制御

Chemical Chronobiology

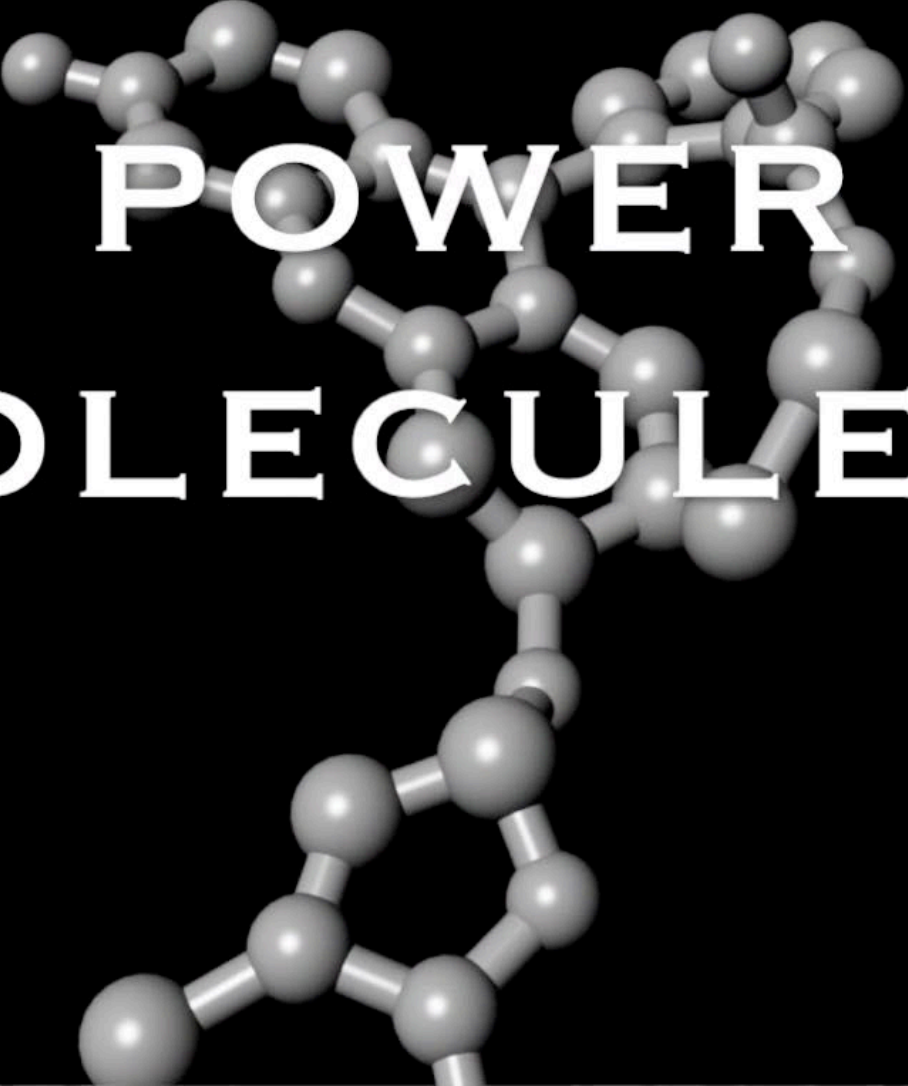


体内時計を
分子で制御

Chemistry-enabled Bioimaging



画期的バイオ
イメージング



THE POWER OF MOLECULES

**Synthetic
Chemistry**

**Plant
Biology**

MIX

RESEARCH FIELDS

Theory

**Animal
Biology**

**Synthetic
Chemistry**

Cathleen Crudden
Queen's U., Canada

Shigehiro Yamaguchi
Vice Director

Jeffrey Boege
ETH, Switzerland

Theory

Takeshi Yanai

Kenichiro Itami
Director

Takashi Ooi

MIX

TOP SCIENTISTS

**Florence
Tama**

Wolf Frommer
U. Düsseldorf, Germany

**Plant
Biology**

Tetsuya Higashiyama
Vice Director

Keiko Torii
U. Washington, USA

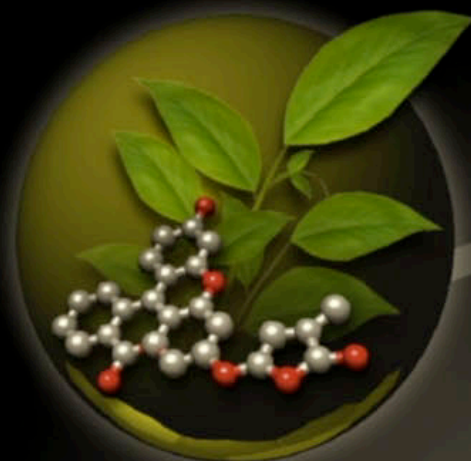
Toshinori Kinoshita

Steve Kay
U. Southern Calif,
USA

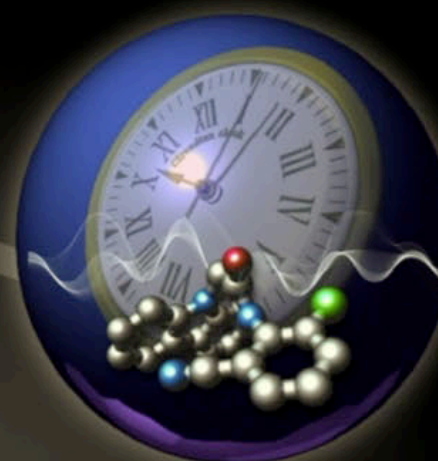
**Takashi
Yoshimura**

**Animal
Biology**

**Plant
Chemical
Biology**



**Chemical
Chrono-
biology**

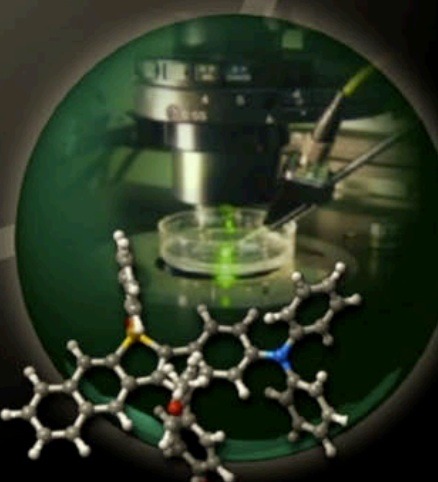


EMERGING NEW AREAS

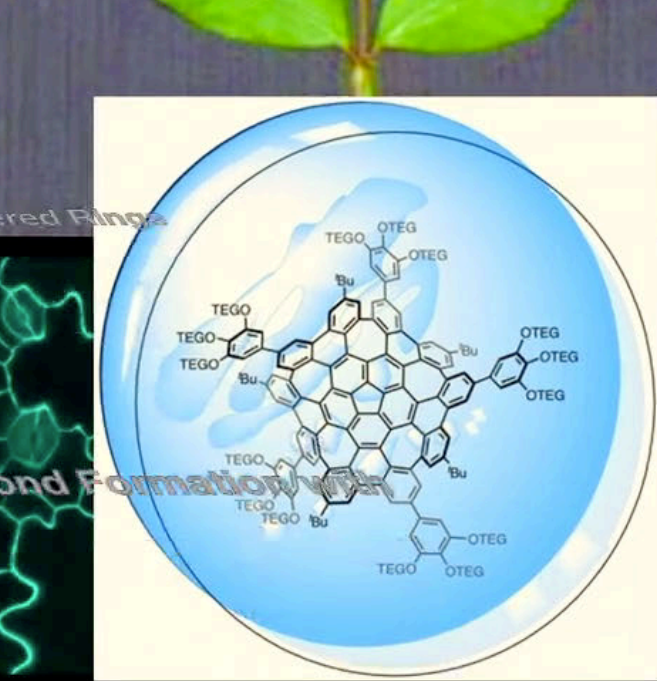
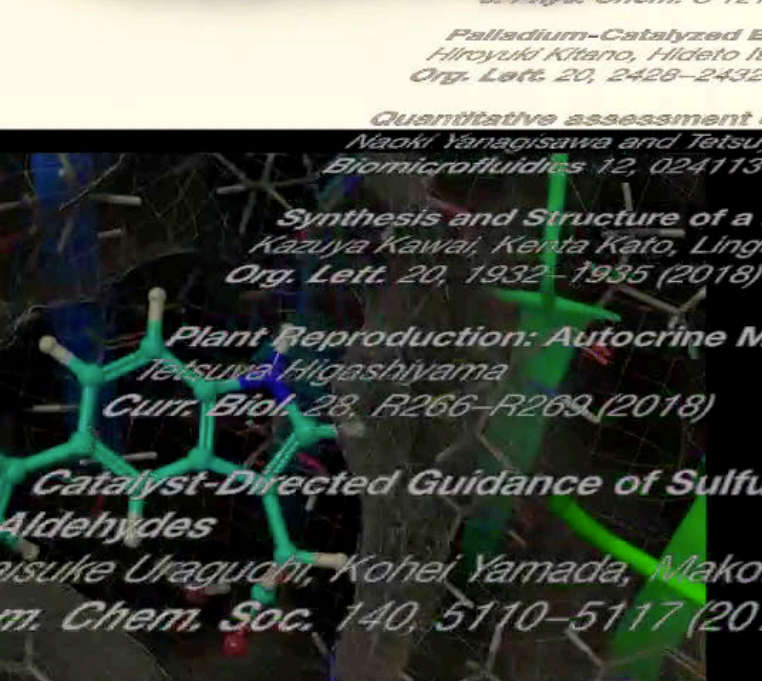
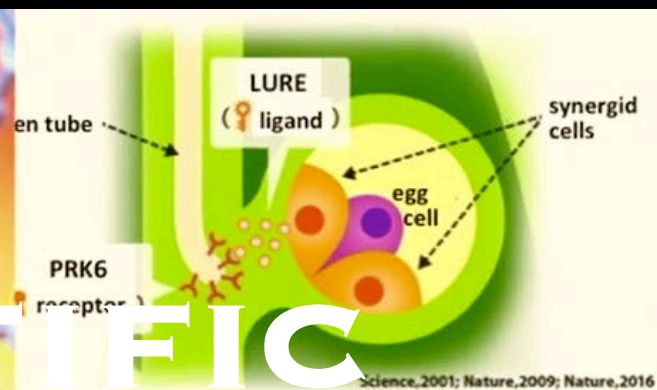
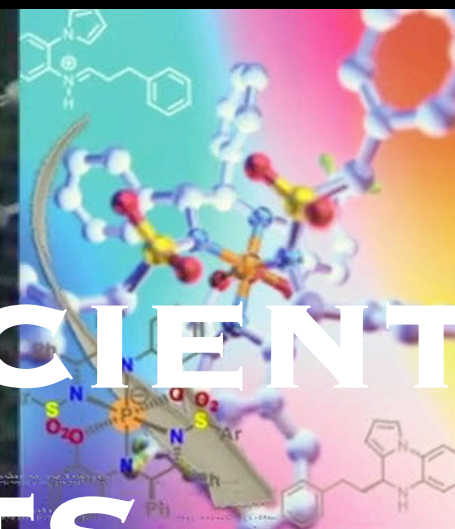
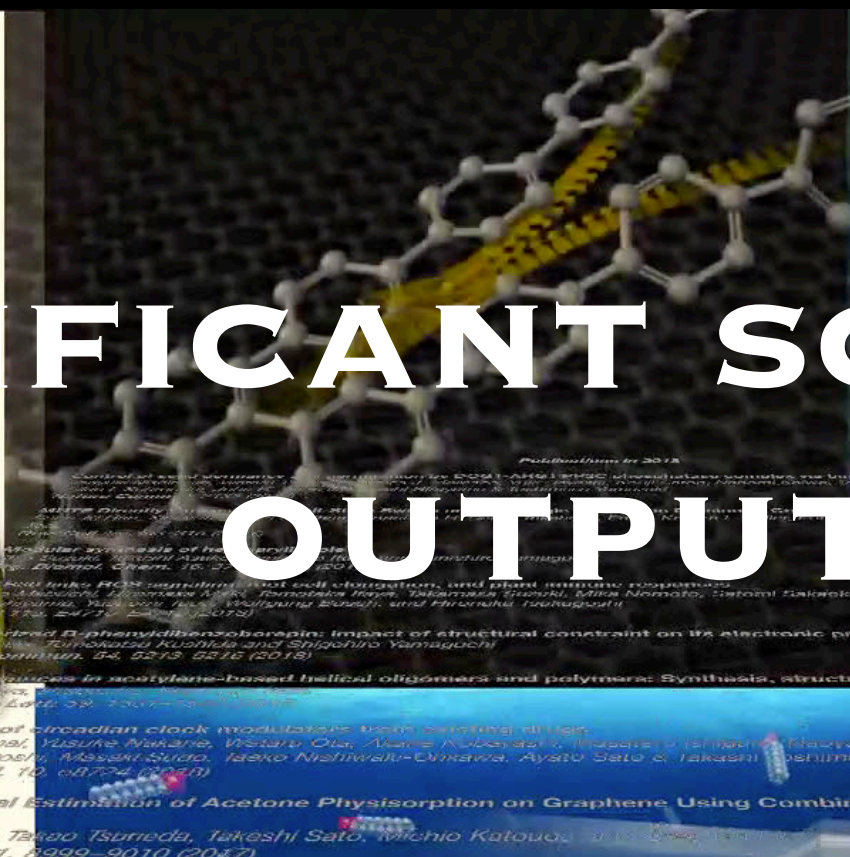
Striga



**Chemistry-
enabled
Live Imaging**



SIGNIFICANT SCIENTIFIC OUTPUTS

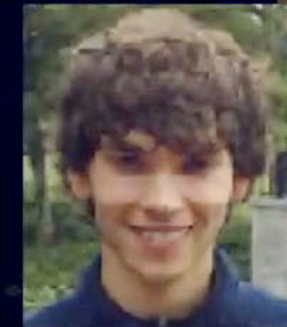
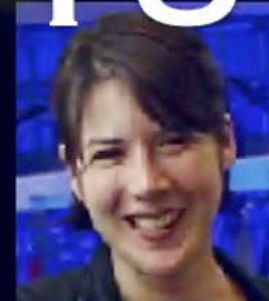
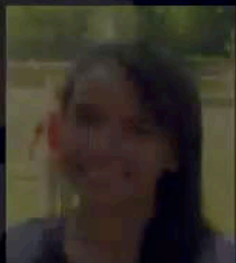


Nature (5), Science (6), Cell (4), Nature sister journals (49)

since 2013



WORLD VISIBLE INSTITUTE

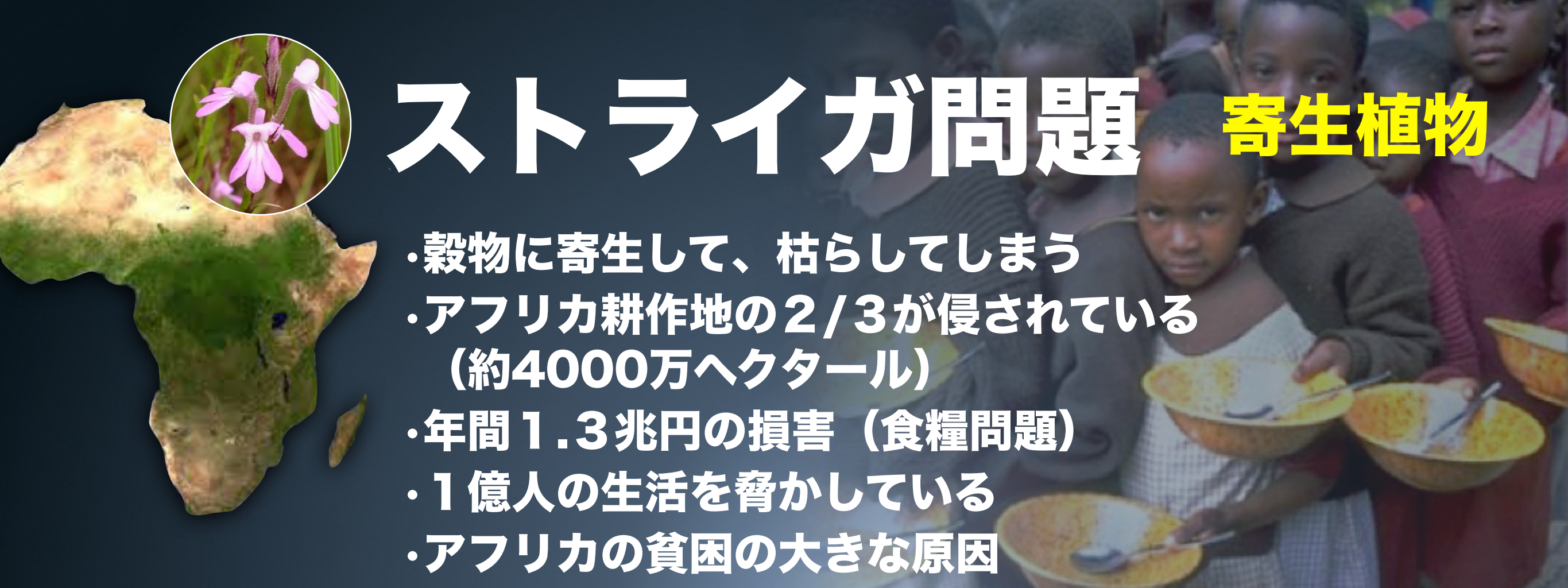


A dark blue world map serves as the background. Numerous yellow dots are placed across various continents, representing global locations. Curved yellow lines connect these dots, with a high concentration of lines radiating from a central point in Europe, symbolizing a global network or connectivity.

**ITbM SPIRITS
EVERYWHERE**



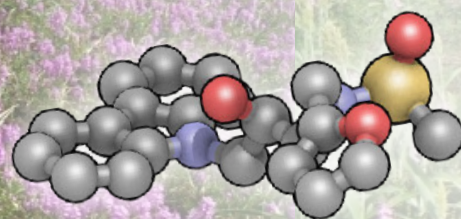
CHANGE THE WORLD
WITH MOLECULES



ストライガ問題

寄生植物

- ・穀物に寄生して、枯らしてしまう
- ・アフリカ耕作地の2/3が侵されている
(約4000万ヘクタール)
- ・年間1.3兆円の損害(食糧問題)
- ・1億人の生活を脅かしている
- ・アフリカの貧困の大きな原因



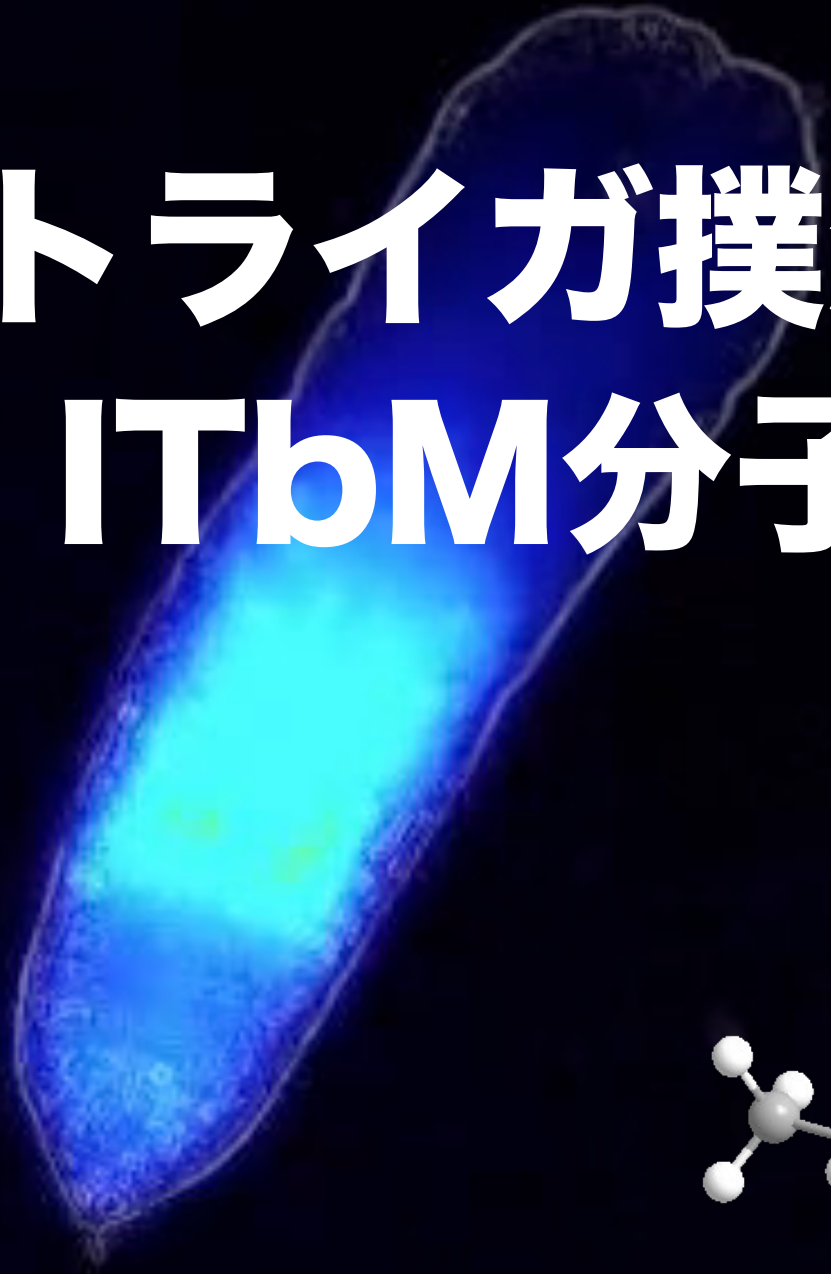
分子



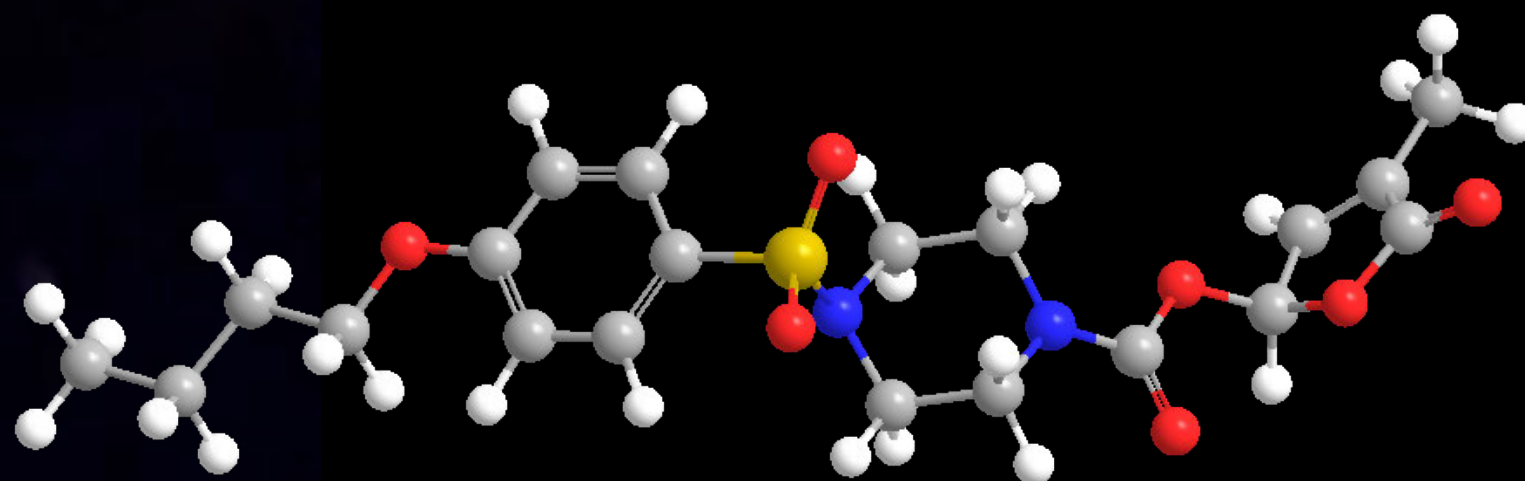
イネ、トウモロコシ、
ソルガムなど

ピンクに染まってしまった大地を「分子」の力で緑に戻し、食糧危機の解決に貢献

ストライガ撲滅の可能性をもつ ITbM分子をついに開発



ヨシムラクトン
(発芽可視化分子)
Science (2015)



スーパーストリゴラクトン
(自殺発芽促進分子)
Science (2018)

土屋・木下グループ（植物科学）、大井グループ（触媒化学）、伊丹・萩原グループ（合成化学）、理論化学グループ、分子構造センター、ライブイメージングセンター、ケミカルライブラリーセンター（**ITbMの総力を挙げたプロジェクト**）

いざ、ケニアへ!!



ITbM 土屋雄一郎准教授 in ケニア

ケニア共和国

2018年7月16日



ITbM 土屋雄一郎准教授 in ケニア



ケニア共和国の湖岸開発公社(Lake Basin Development Authority, LBDA)に着きました

ITbM 土屋雄一郎准教授 in ケニア



寄生植物ストライガの撲滅のため、
圃場実験を行う件で話し合います。

ITbM 土屋雄一郎准教授 in ケニア

Evans A. Atera

Managing Director, LBDA



この湖沼周辺の畑で、
数え切れない数のストライガが寄生しています。

ITbM 土屋雄一郎准教授 in ケニア

Evans A. Atera

Managing Director, LBDA

畑一面が、無数のストライガの花のせいで、
完全に紫色に染まってしまいました。

ITbM 土屋雄一郎准教授 in ケニア

Evans A. Atera

Managing Director, LBDA

もし分子の力でストライガを撲滅することができたら、
アフリカの農業にとって大きなブレイクスルーになります。

ITbM 土屋雄一郎准教授 in ケニア

Evans A. Atera

Managing Director, LBDA

ストライガが種子をつける前に、
ベストなタイミングで自殺発芽させる分子を散布すれば

ITbM 土屋雄一郎准教授 in ケニア

Evans A. Atera

Managing Director, LBDA

これまでにない完璧なストライカ撲滅方法となるはずです。

ITbM 土屋雄一郎准教授 in ケニア



ITbM 土屋雄一郎准教授 in ケニア



寄生植物ストライガ

ITbM 土屋雄一郎准教授 in ケニア

ストライガの根



ソルガム (トウモロコシの一種) の根



ITbM 土屋雄一郎准教授 in ケニア

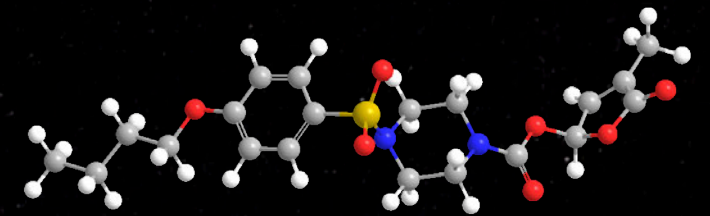


我々ITbMの分子がケニアで役立つよう、全力を尽くします。

ITbM分子をアフリカへ

スーパーストリゴラクトン

強力なストライガ自殺発芽
促進作用を示す



スプーン1杯 (3 g) の
砂糖 in 琵琶湖



Science (2018)

ケニアで圃場実験を
2019年に予定

分子でアフリカの食糧問題の解決に貢献したい！

分子のチカラ

美しい分子には必ず機能が宿る
異分野融合でブレークスルーを
全てののはじまりはワクワク感



*If we can dream today, we can live tomorrow.
Be unique!! Be crazy!!*