

Contributing to SDGs by “Kagaku”(=science & chemistry).

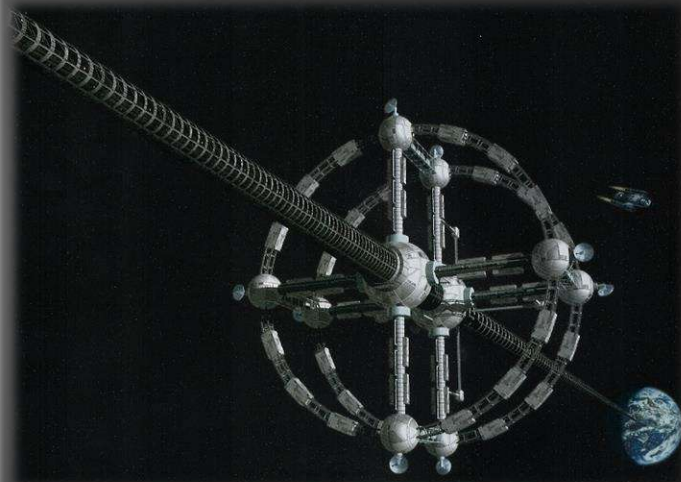
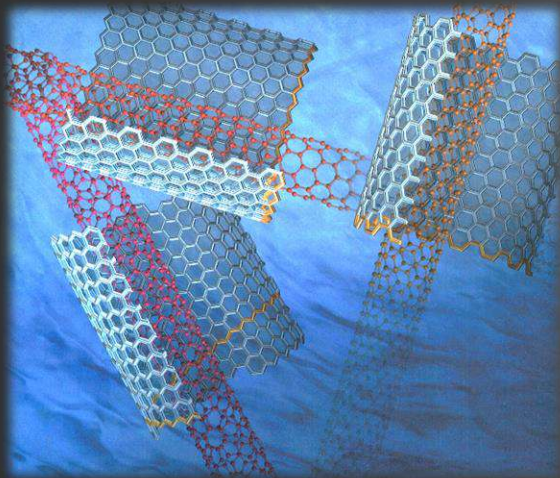
科学（化学）でSDGsに貢献する



岡山大学 異分野融合先端研究コア
准教授 仁科 勇太

Contributing to SDGs by “Kagaku” (=science & chemistry).

科学（化学）でSDGsに貢献する



岡山大学 異分野融合先端研究コア
准教授 仁科 勇太

Contributing to SDGs by “Kagaku”(=science & chemistry).

科学（化学）でSDGsに貢献する

温暖化対策のために，材料開発からイノベーション
を起こし，既存技術を見直していく

9 産業と技術革新の
基盤をつくろう

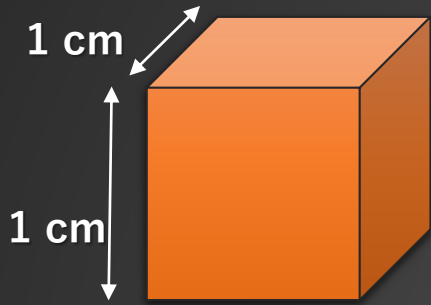


岡山大学 異分野融合先端研究コア
准教授 仁科 勇太

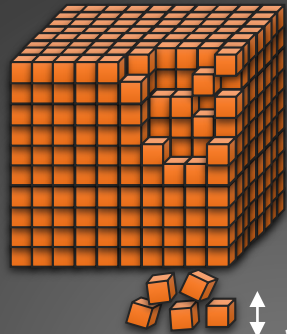
ナノテクノロジー



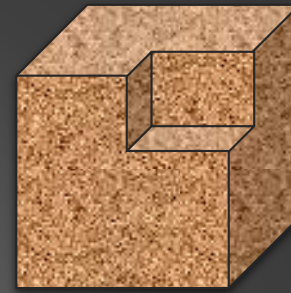
ナノ材料のすごさ



6 cm²



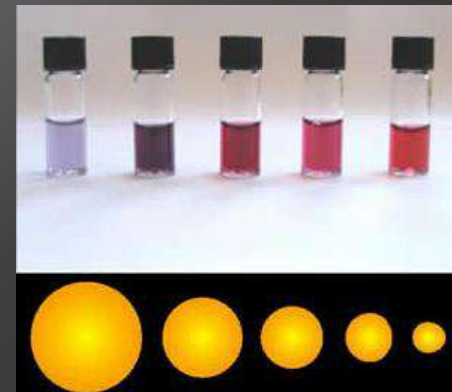
$$0.06 \text{ cm}^2 \times 1000 \text{ 個} = 60 \text{ cm}^2$$



$$6 \times 10^{-14} \text{ cm}^2 \times 10^{21} \text{ 個} = 60,000,000 \text{ cm}^2$$



砕くだけでは変化無し

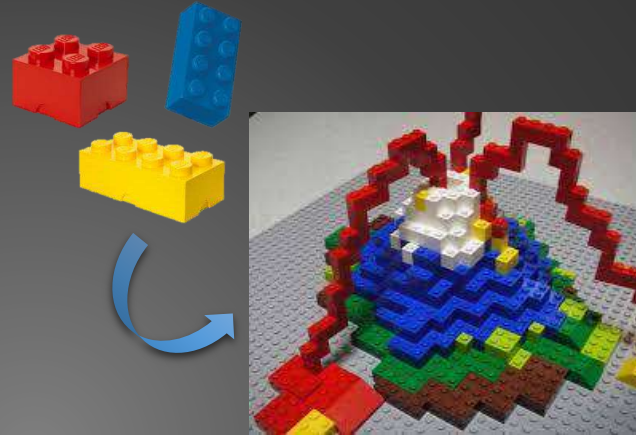


ナノにすると色が変わる

ナノ材料の作り方

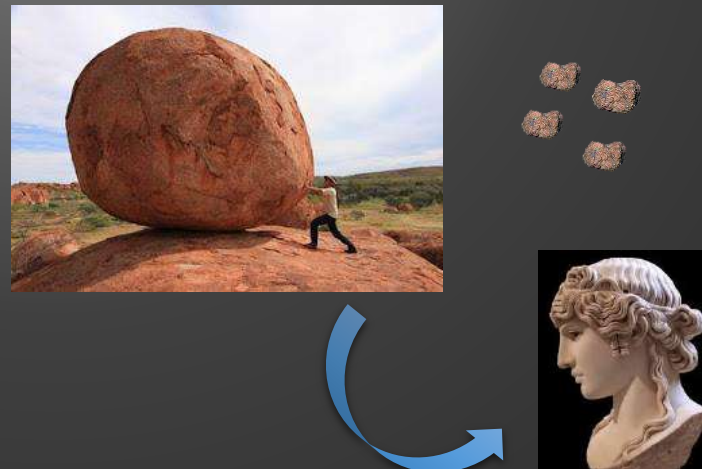
ボトムアップ法

- 原子・分子をくみ上げる
- 廃棄物が少ない
- 先端のテクノロジー



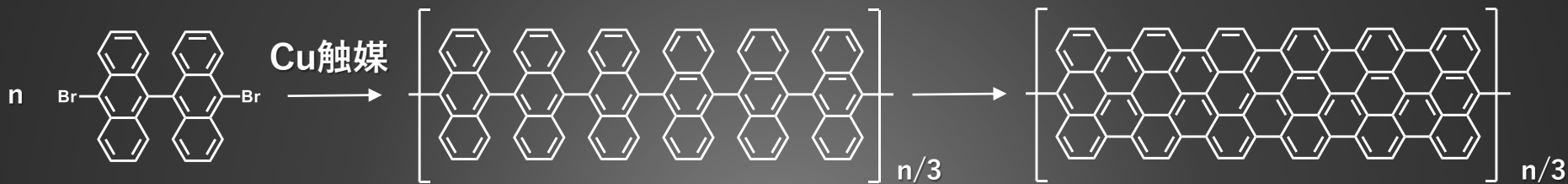
トップダウン法

- 大きな構造体を砕く
- 廃棄物が出る
- 昔からの技術

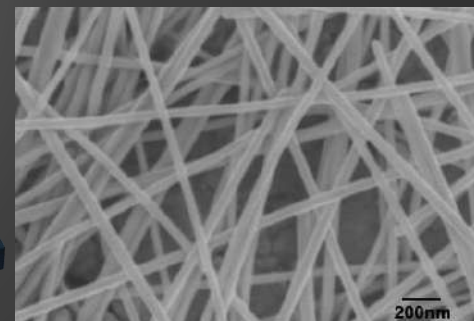


ボトムアップ法

炭素ナノシートの例



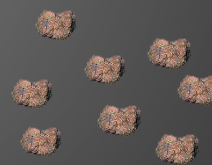
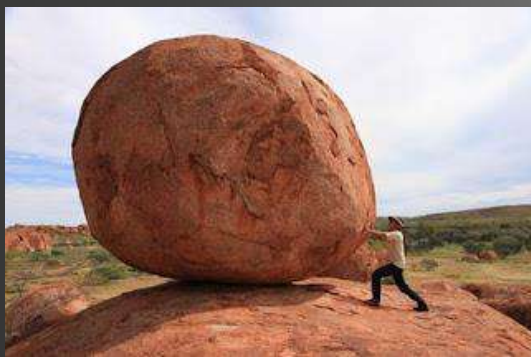
金属ナノワイヤーの例



美しいがエネルギーやコストがかかる
⇒環境面や利益に課題

トップダウン法で優れた材料を目指す

もし副生成物を生じずに、高機能性材料のみを作ることができれば・・・
世の中を変えられるかもしれない



高機能性材料

どの元素に着目するか

THE ELEMENTS

C (炭素)



H Hydrogen	He Helium																	
Li Lithium	Be Beryllium	B Boron	C Carbon	N Nitrogen	O Oxygen	F Fluorine	Ne Neon											
Na Sodium	Mg Magnesium	Al Aluminum	Si Silicon	P Phosphorus	S Sulfur	Cl Chlorine	Ar Argon											
K Potassium	Ca Calcium	Sc Scandium	Ti Titanium	V Vanadium	Cr Chromium	Mn Manganese	Fe Iron	Cu Copper	Zn Zinc	Ga Gallium	Ge Germanium	As Arsenic	Se Selenium	Br Bromine	Kr Krypton			
Rb Rubidium	Sr Strontium	Y Yttrium	Zr Zirconium	Nb Niobium	Mo Molybdenum	Tc Technetium	Ru Ruthenium	Rh Rhodium	Pd Palladium	Ag Silver	Cd Cadmium	In Indium	Sn Tin	Sb Antimony	Te Tellurium	I Iodine	Xe Xenon	
Cs Cesium	Ba Barium	La Lanthanum	Hf Hafnium	Ta Tantalum	W Tungsten	Re Rhenium	Os Osmium	Ir Iridium	Pt Platinum	Au Gold	Hg Mercury	Tl Thallium	Pb Lead	Bi Bismuth	Po Polonium	At Astatine	Rn Radon	
Fr Francium	Ra Radium	Rf Rutherfordium	Db Dubnium	Sg Seaborgium	Bh Bohrium	Hs Hassium	Mt Meitnerium	Darmstadtium	Roentgenium	Ununbium	Ununtrium	Ununquadium	Ununpentium	Ununhexium	Ununseptium	Ununoctium		
☼ radioactive elements		La Lanthanum	Ce Cerium	Pr Praseodymium	Nd Neodymium	Pm Promethium	Sm Samarium	Eu Europium	Gd Gadolinium	Tb Terbium	Dy Dysprosium	Ho Holmium	Er Erbium	Tm Thulium	Yb Ytterbium	Lu Lutetium	☼ radioactive elements	
Ac Actinium	Th Thorium	Pa Protactinium	U Uranium	Np Neptunium	Pu Plutonium	Am Americium	Cm Curium	Bk Berkelium	Cf Californium	Es Einsteinium	Fm Fermium	Mendelevium	No Nobelium	Lr Lawrencium				

Photographs show samples of the pure or nearly pure element except as follows: Bi, Hg, Kr, Xe, and Pb show radiotracer images; Os shows a radiotracer image; Pt, Au, and Ag show radiotracer images; Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, In, Sn, Pb, Bi, Po, At, and Rn show artificial images consisting of multiple elements of the element. Technetium shows a 99mTc image. Promethium shows a multiple space telescope image of the Eagle Nebula, which is easily recognized. All other elements are shown as they appear in nature. © 2000 Theodore W. Gray and Nick Mann.

On the other side of this poster you will find a version with smaller pictures but with detailed technical data on each of the elements, plus trend plots. More images and complete technical data can be found at periodictable.com

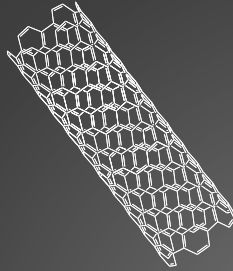
炭素の実力

0次元材料



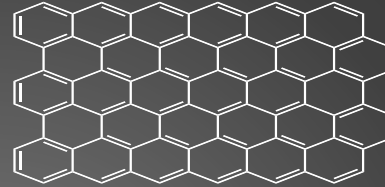
フラーレン

1次元材料



カーボン
ナノチューブ

2次元材料



グラフェン

3次元材料

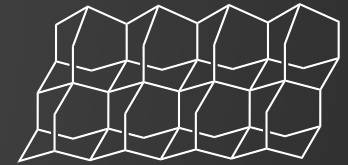
活性炭

炭素繊維

カーボンブラック

黒鉛

ダイヤモンド



金属の代替となる可能性を秘めている

順位	導電率 (S/m)		表面積 (m ² /g)		強度 (ヤング率 GPa)	
1	グラフェン	7.5×10^7	グラフェン	2,630	グラフェン	1,500
2	Ag	6.1×10^7	活性炭	1,000	ダイヤモンド	1,200
3	Au	4.5×10^7	ゼオライト	500	カーボン ナノチューブ	1,000

CO₂削減に向けて: 電気自動車の普及を加速するための材料開発

グラフェンの用途展開



高比表面積かつ2次元であることのデメリット

(岡山大学津島キャンパス：0.64 km²)



電気自動車



リチウムイオン電池
(カーボン >50 kg)

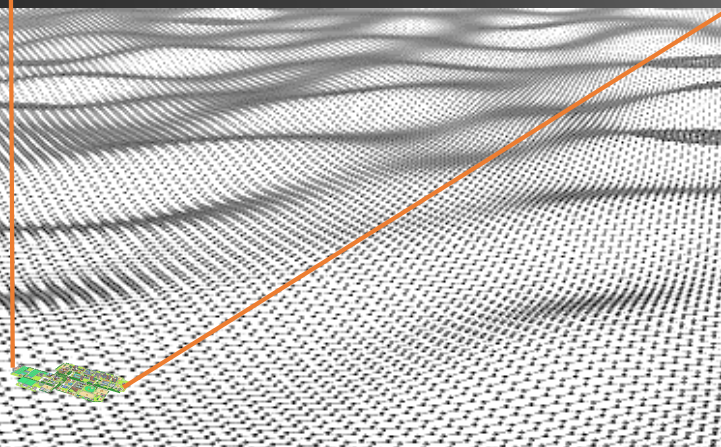
車1台のために130 km²は使えない…



液の中に溶かして (分散させて) 扱う



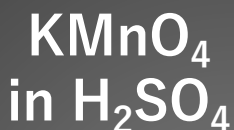
グラフェンだと130 km²



溶けるナノ材料を黒鉛から製造

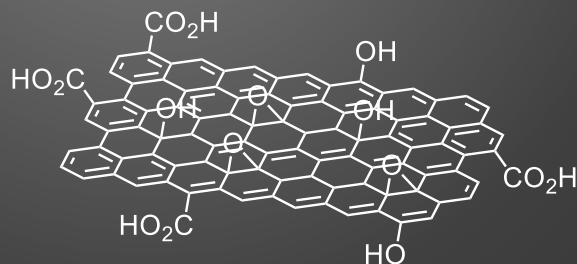
黒鉛

- ・天然 or 人造
- ・安価 (200円/kg)
- ・安定



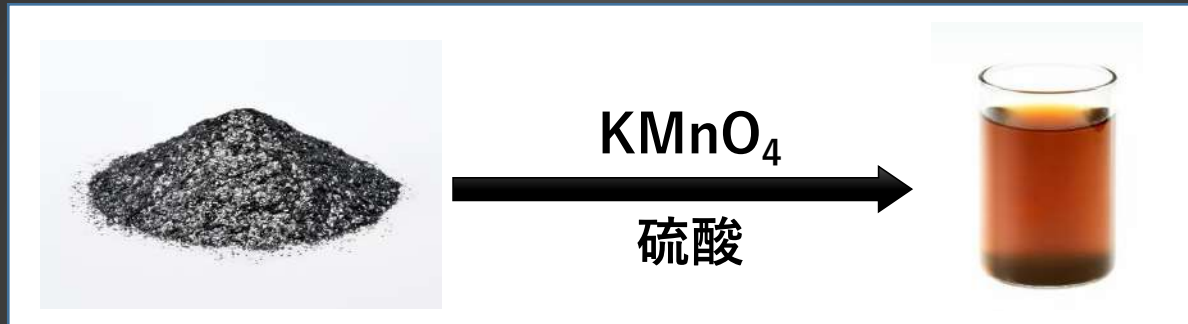
酸化グラフェン

- ・トップダウン的
- ・大量合成可
- ・現状の化学プラントで実施可
- ・ただし, 2000万円/kg



こんなに簡単なのに、なぜ…？

酸化反応は制御が難しい



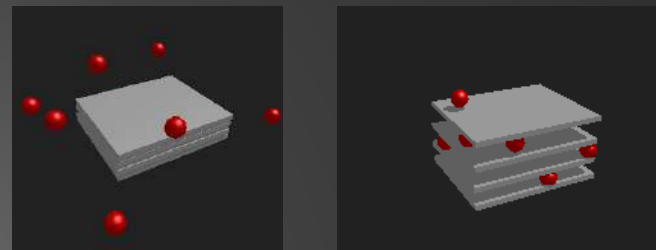
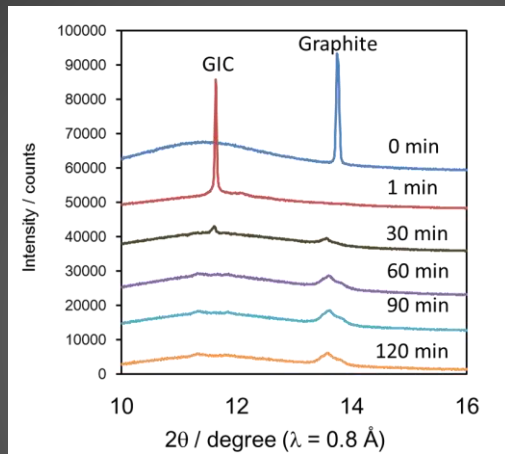
こんな危ない酸化剤は使えない、
と誰もが思っていた。

メカニズム解明:安全かつ効率的に合成可能に



- ・放射光X線を用いることができる国内最大の施設。
- ・岡山大学はSPRING-8に最も近い国立大学。

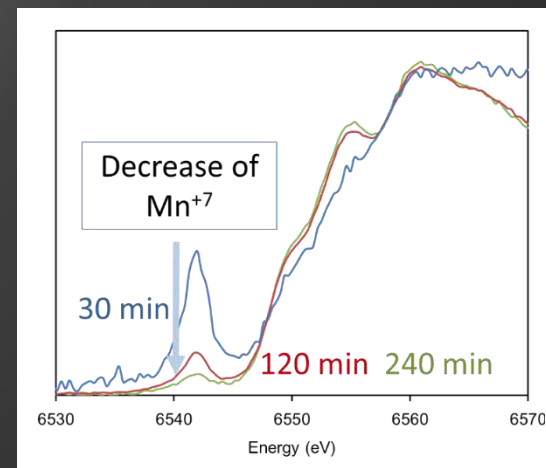
反応中のX線回折



- ・黒鉛の層間は1分で広がる。
- ・その後、1時間かけて剥がれていく。

反応中のX線吸収

- ・過マンガン酸カリウムは2時間で消費される。
- ・反応後のマンガンは3価になる。



量産化への道



反応中
(H_2SO_4 13 L)

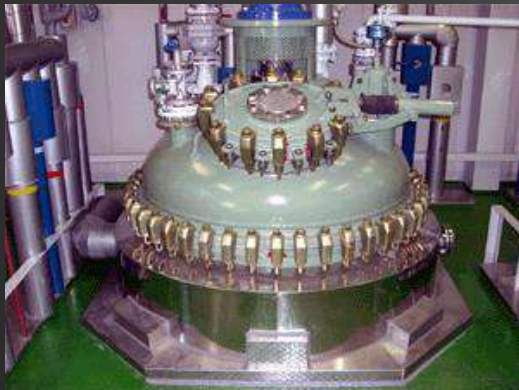


反応後(30 L)



精製装置 (12 L)

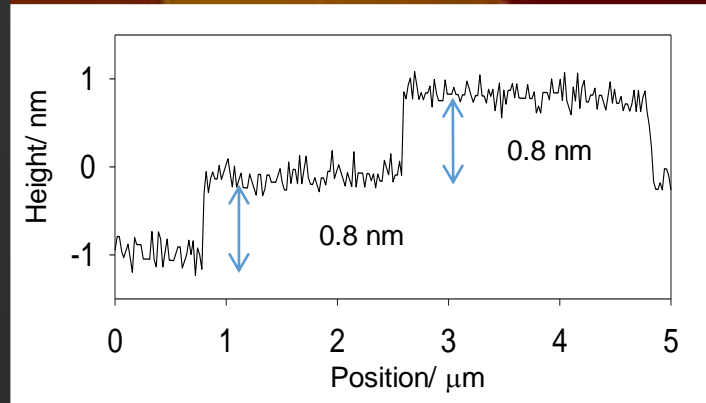
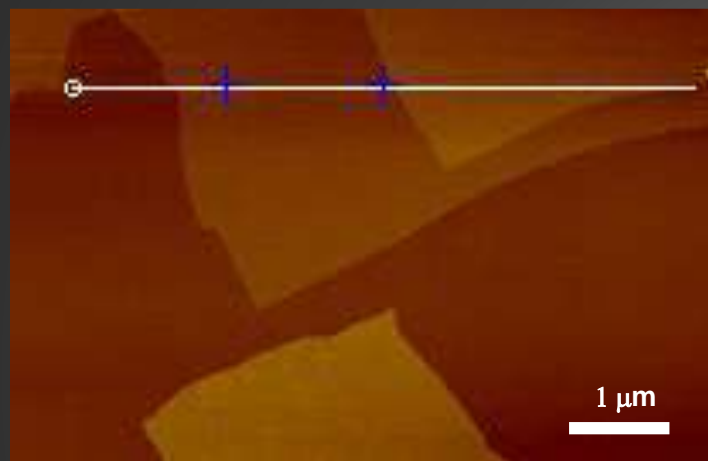
>500 g



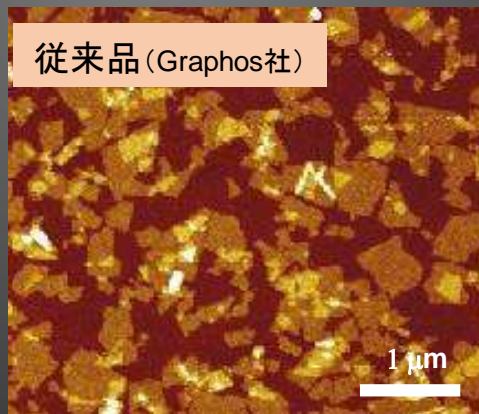
5 kg用の試作プラント

高品質な酸化グラフェン：製品化

原子間力顕微鏡



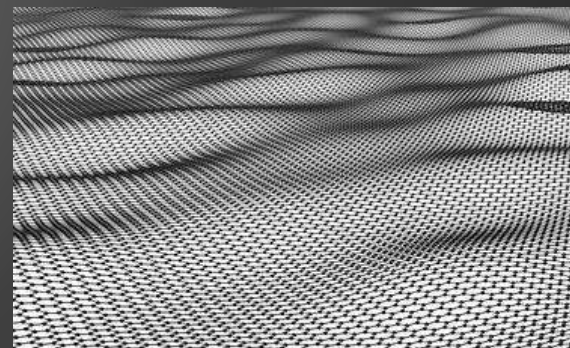
- ・ 極めて平坦
- ・ 完全に1層に剥離
- ・ 大サイズ (10-30 μm)

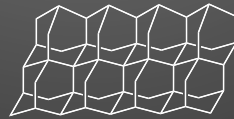
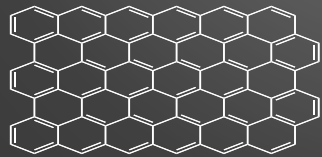
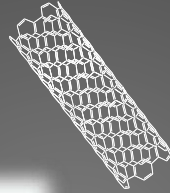


<ベンチャー企業設立>

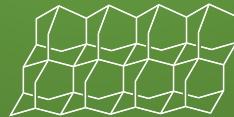
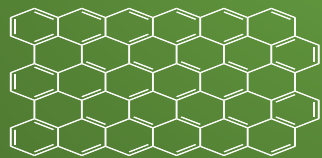
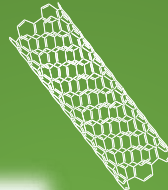


〒700-0803
岡山県岡山市北区北方2丁目6番20-3号
e-mail: info@nisina-materials.com



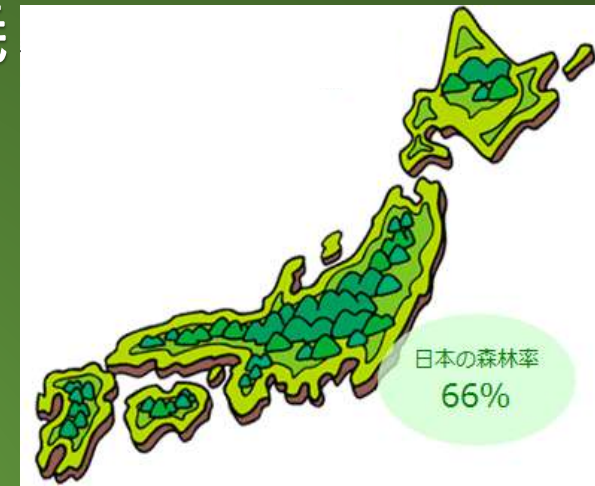


木材からトップダウン的に ナノ材料を創出する



• 木材からのものづくり：日本で行う意義

国土の2/3が森林



⇒ CO₂の削減を森林に委ねることが可能。

健全な森林を育成するために、
間伐を促進し、CO₂の吸収力を向上させることが重要。

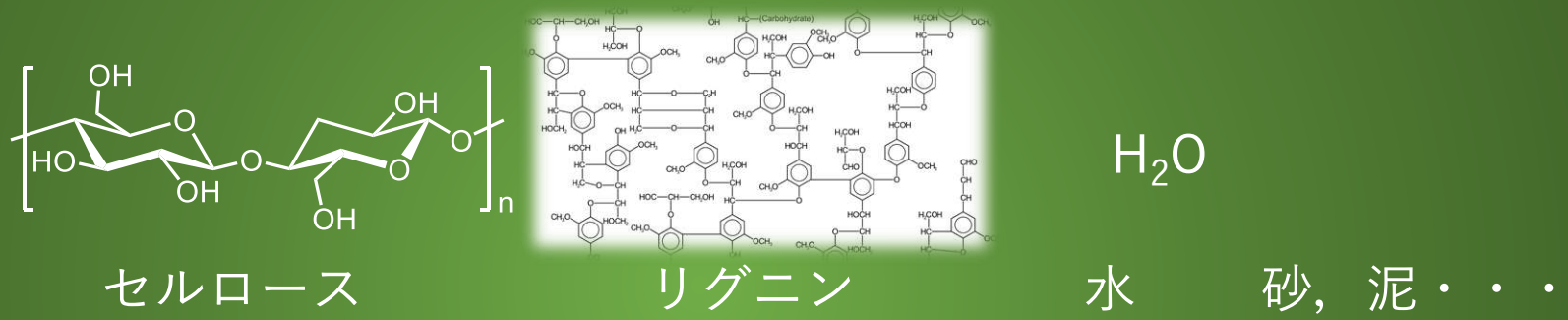
産業界の要求：CO₂排出が少なく，循環可能な材料

⇒ 再生可能資源である木材（間伐材）から創出する
ナノカーボン材料に着目した。

方法

木材からナノカーボンを創り出す

複雑なため、材料研究の対象となりにくかった

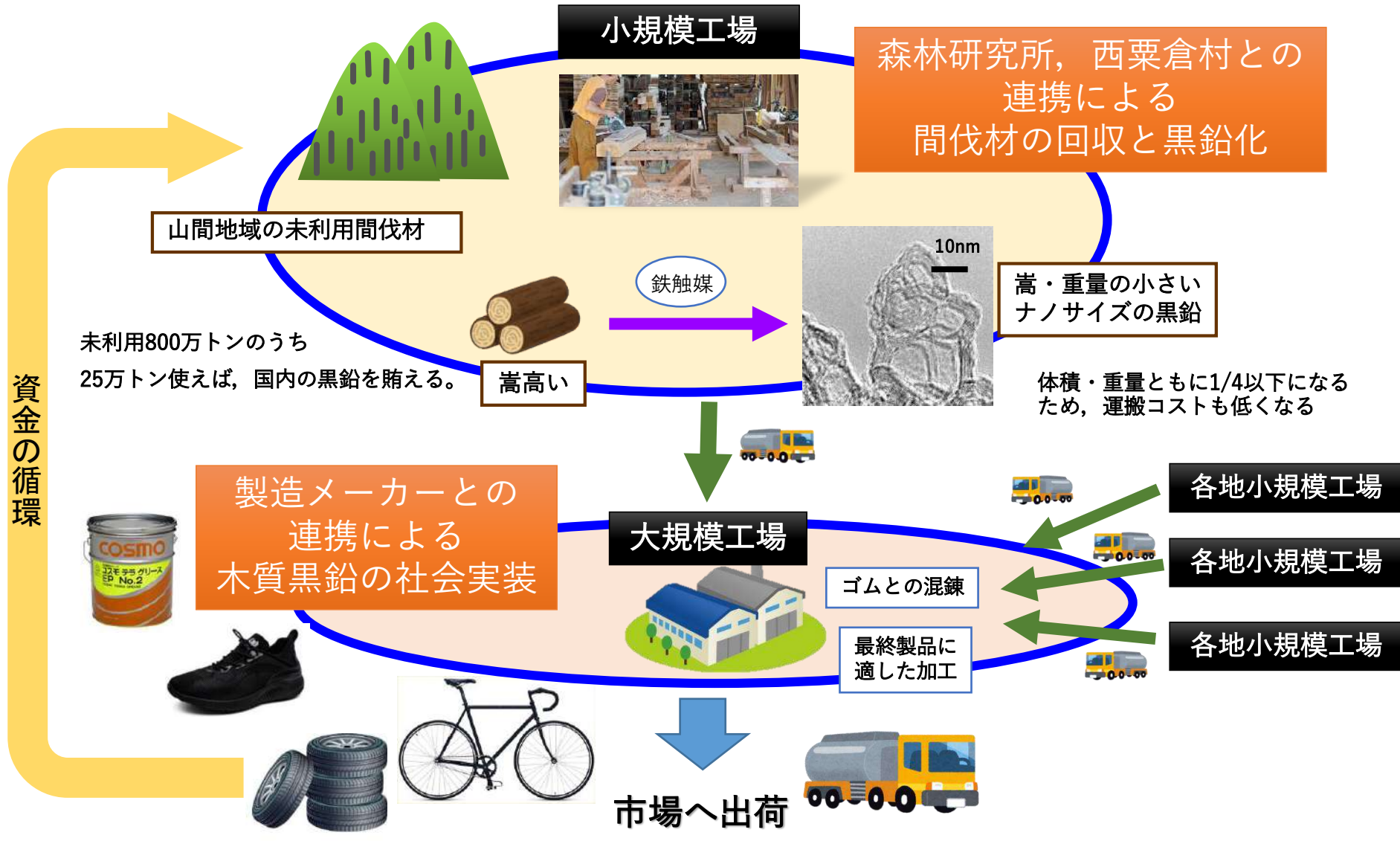


触媒炭化による木質バイオマスの改質技術



本技術の特徴：鉄の触媒作用により、どんな樹種でもナノカーボン化できる

● 将来展望：地方創生やパリ協定の目標達成に大きく貢献



全国の山間地域に適用し、低炭素社会のシステムづくりを達成する

最後に

● 産学連携の成功例 (アメリカ化学会雑誌に掲載)



chemical industry. For instance, a major Japanese company has yet to hold a contest for technology development or set up a website that invites outsiders to find solutions to specific industrial problems—steps that Western firms such as AkzoNobel, BASF, and Dow Chemical routinely take. AkzoNobel's chemical business, for instance, recently engineered a contract for

Mitsubishi Chemical Holdings as an example, a conglomerate that includes the chemical producer Mitsubishi Chemical, the drug firm Mitsubishi Tanabe Pharma, the industrial gas maker Taiyo Nippon Sanso, and other subsidiaries.

The firm has several partnerships with universities in Japan and abroad. One is an alliance formed in 2007 between Mitsubi

In 2015, the METI-funded New Energy & Industrial Technology Development Organization started an innovation committee with 177 companies—including 40 chemical firms—and 41 universities. The goal is to promote networking, expose scientists to research in different organizations, and encourage matchmaking. The participating chemical companies include

Japanese pairings Industry-academia collaborations yield an eclectic mix of research projects.

COMPANY NAME	ACADEMIC PARTNER	RESEARCH THEME
Asahi Kasei	Kyushu University	Refining of bamboo into raw materials for medicine and food
Asahi Kasei	University of Miyazaki	Chemical transformation of cellulose to create new molecules
Kaneka	Kansai University	Development of anti-freezing protein derived from eriko mushrooms
Mitsubishi Chemical	University of Toyama	Technology to analyze the causes of sepsis
Nippon Shokubai	Okayama Univ.	Commercial production of graphene oxide
Sumitomo Chemical	Purdue University	Technology to optimize agrochemical use by analyzing photos of plant roots and leaves
Toray Industries	Waseda University affiliate	Thin films to prevent unwanted internal adhesion after surgery

Yoshiyuki Nakanishi, the chief executive officer of DIC, is among those backing the idea of open innovation, a method of conducting R&D in collaboration with outside partners including competitors, start-ups, universities, and research institutes. Not long after assuming his position in 2012, Nakanishi told his staff, "Don't stick to doing it all by ourselves." His support for collaboration with outsiders exemplifies

tronic industry, often prefer to work with specialized materials suppliers that pursue their own unique technologies in isolation from competitors. Researchers at small and medium-sized Japanese chemical firms have amassed in-depth expertise in several niche performance materials.

But times are changing. In recent years, Japanese electronic materials suppliers lost market share to emerging competitors

instead complete solutions that might consist of a mix of old and new products along with technologies for delivering them.

"We are facing difficulty supplying value to our customers with the technology from just one material," acknowledges Ikuzo Ogawa, senior managing executive officer for R&D at Sumitomo Chemical.

For now, open innovation is not nearly as developed in Japan as it is in the Western

world's information and electronics, environment and energy, and life sciences businesses. The company is also counting on collaboration with others to help it come up with new technologies for catalysts, precision machining, organic and inorganic chemicals, and polymers.

Other firms are trying to move beyond garden-variety academic collaborations and into something more sweeping. Take

Japanese companies need to catch up.

To that end, the government introduced a tax break two years ago that allows companies to deduct 30% of the expenses of joint research with academia, research institutes, and contract research firms. The 30% deduction also applies to the use of intellectual property from small and medium-sized firms. Firms already benefit from a 10% tax deduction on all R&D activities.

open innovation among Japanese industry, academia, and government research institutes. Like chemical companies, the government hopes the increased collaboration will help Japan keep up as a world-leading supplier of advanced materials.

Katsunori Matsuoka has covered the chemical industry for Japan's *Chemical Daily* for the past four decades.

2030年に花開く 10大材料

次世代パワー素子から人工クモの糸まで



安い酸化グラフェンに注目

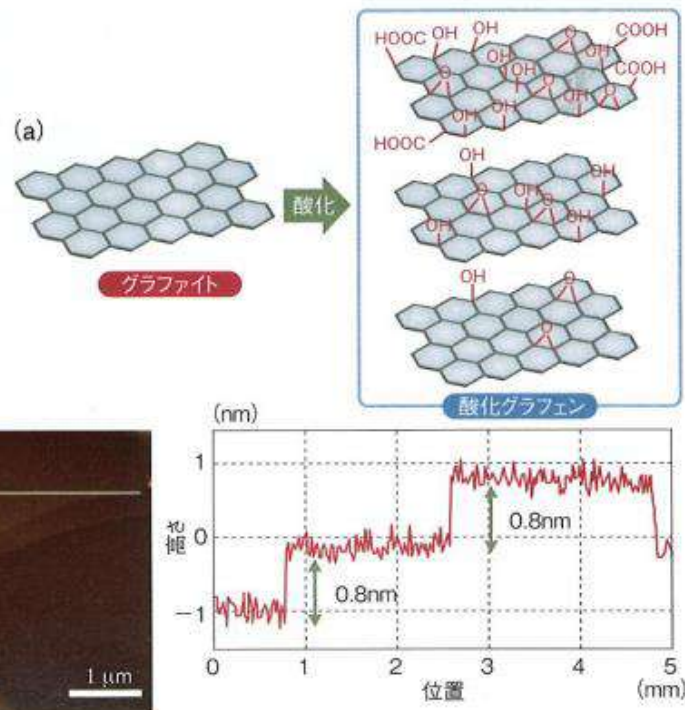
nm オーダーの炭素材料で、CNTと競い合う形で脚光を浴びる材料にグラフェンもある。6員環の炭素原子が並んだ構造はCNTと同じだが、円筒ではなくシート状のもの。シート1枚の単層グラフェンの理論的な電子移動度はSiの100倍と高く、トランジスタやセンサーに使うことが期待される。

ただし、現段階で安く量産する技術のメドが立っていない。自動車部品への採用はCNTに比べて時間がかかる。あるグラフェンの研究者は、「CNTに比べて5~6年遅れている」とする。

単層グラフェンの実用化には時間がかかるものの、最近、「安い疑似グラフェン」として産業界で注目を集める材料がある。酸化グラフェンだ(図4)。同材料を簡単に造りつつ、それなりの電子伝

図4 安価な酸化グラフェン

(a) グラファイトを酸化すると、薄く剥がれて、グラフェンようになる。安価に造れて、グラフェンの代替品として注目が集まる。(b) 酸化グラフェンの写真と厚みを測った結果。写真中の白線部の高さを測ったのが右のグラフになる。グラフェン層の間隔は0.8nm程度。(出典：岡山大学准教授の仁科勇太氏)



導度や強度を実現する研究が進む。2020年頃に実用化するかもしれない。

岡山大学准教授の仁科勇太氏が、酸化グラフェンの酸化量を制御する研究成果を発表した。同材料は、グラファイト(黒鉛)に過マンガン酸カリウムや硫酸を混ぜて酸化させて造る。酸化すると黒鉛が薄く剥がれて、数~十数層の多層の酸化グラフェンになる。

ただ炭素原子が完全に酸化すると、

電子移動度などの性能が下がる。仁科氏は、生産過程の条件を制御して酸化量を抑える手法を見いだした。適度な酸化量に抑えると、グラフェンに近い性能になる。同氏は、酸化量を制御しながら大量に生産する技術も研究する。

応用先で早そうなのが、エンジンなどに使う潤滑油である。同材料の表面は滑りやすく、歯車の摩擦抵抗を抑えられる。タイヤに使う研究も進んでいる。

研究を実施するにあたり



SICORP



OKAYAMA UNIV.



CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業

の支援を受けています。