A-8

細胞外物質を模倣して形成した"ナノス一ツ"の表面保護効果 -高真空下での水分蒸発抑制と大気下での酸化腐食防止能-

〇石井 大佑 (名古屋工業大学 若手研究イノベータ養成センター テニュアトラック助教)

高久 康春(浜松医科大学 医学部 総合人間科学講座 生物学教室 特任研究員) 鈴木 浩司(浜松医科大学 医学部 総合人間科学講座 化学教室 教務員)

【研究の概要】高真空環境下では、生物内の気体や液体が蒸発して死に至り、その微細構造は大きく変形する。

申請者らは、一部の生物がもつ細胞外物質を電子線重合することで、高真空環境下でも生命維持可能なナノ保護膜(ナノスーツ)を発見した。 さらに、細胞外物質の類似化合物で形成されたナノスーツを用い、生物の高真空環境下での生命維持を可能にした。 現在、ナノスーツの蒸発抑制能やガスバリア能に加え、酸化腐食防止能を調査している。

■バイオミメティクスとは■

生物 材料 物理化学 生存に必要な機能 機能の本質を抽出し解明 結晶解 析 牛物学 博物学 生物多様性に適応! 熱力学 現象論 行動論 分類 進化図 分光解 未知の機能の創成! 動力学

生物分野と物理化学分野の融合で研究促進 → 産学連携で応用開発

■高分解能電子顕微鏡観察■

- ・電子線は空気を通過できない
- ・被写体を高真空下に配置する
- ・脱気や水分蒸発に伴い変化する

・電子顕微鏡

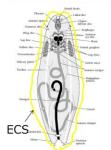
・・・光の代わりに 電子ビームを当 てて見る顕微鏡。 光の顕微鏡で見 えない小さなもの も拡大してみるこ とができるよ。

生命体や含水有機物は観察できない → 無機物や乾燥試料の観察に特化



■高真空下での生物■

ウジ(ショウジョウバエの幼生)







ほとんどの生き物は、 真空中では水分がなく なり死んでしまいます。 (酸素もないけど)

■研究の目的■

高真空環境下で生命を維持できれば、 生物の微細構造や動きの仕組みなど 生命の神秘を明らかにできる。

水分蒸発抑制能、ガスバリア能、酸 化腐食防止などの表面保護効果を有 するナノ薄膜の創成を目指す。

10-6Paの高真空環境下で体積収縮し死滅

■これまでの研究例■

環境・低真空SEM

•原理:低真空下電子顕微鏡観察

•長所:凍結乾燥や金属被覆等の

試料の前処理が不要 •短所:低真空のため高解像度の

観察や解析が不可能

イオン性液体塗布

•原理:導電性かつ不揮発性の

イオン性液体で試料被覆

•長所:高真空下でも観察可能

•短所:生物にとって毒性の試薬

であるため動的観察不可

技術課題:

生物の生命と構造を高真空下で維持し、 動きや反応を高解像度観察可能にする。

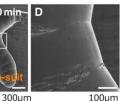
■電子線重合膜■

・ECSをもつ生物に電子線照射するとナノ薄膜が形成











200nm

・電子線照射しないとナノ薄膜は形成せず体積収縮











• 重合膜

• • 分子化合物 が複数結合し て生成される

特殊な膜をつ

くるのですね。

■我々のアプローチ■

網羅的に多種の生物を電子顕微鏡観察

ほとんどの生物は体積収縮して死滅

細胞外分泌物(ECS)をもつ生物の観察に成功









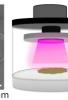


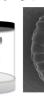
ウジが走査型電子顕微鏡 (FE-SEM) 内で動いている連続写真

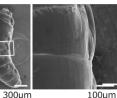
■プラズマ重合膜■

・ECSをもつ生物にプラズマ照射するとナノ薄膜が形成















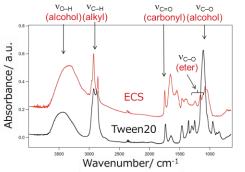




プラズマ処理したウジがFE-SEM内で動いている連続写真

■ECS類似成分(Tween20)■

FTIR測定 → ウジの細胞外分泌液の成分:アルキル鎖、カルボニル基、含水



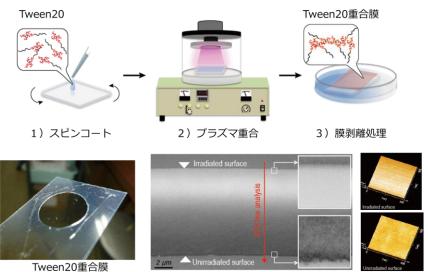
親水部 疎水部

食品添加物でもある生体適合性物質

Tween20

- 親水部と疎水部をもつ両親媒性分子
- ・水・エタノールに可溶

■Tween20重合膜の構造■

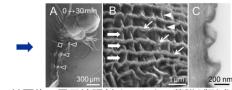


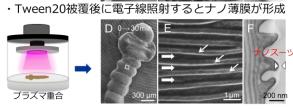
Tween20重合膜の断面TEM画像とAFM画像

照射面から被照射面にかけて重合密度の勾配

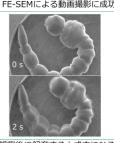
■ Tween20重合膜の表面保護効果 ■

ボウフラ ・ECSをもたない生物ではナノ薄膜は形成せず体積収縮 (チカイエカの幼生)



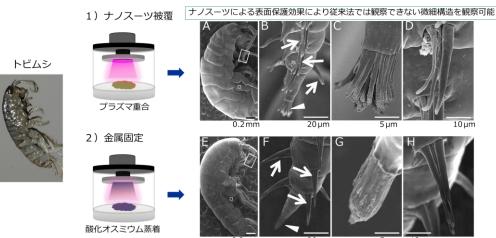


高真空 (10⁻⁵-10⁻⁷ Pa) での FE-SEMによる動画撮影に成功



観察後に飼育すると成虫になる







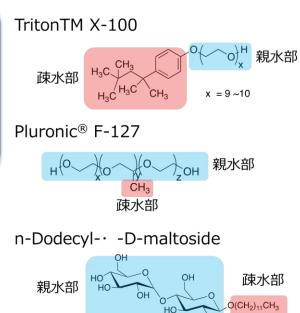
すごい! 生きたまま の形が良く見える。

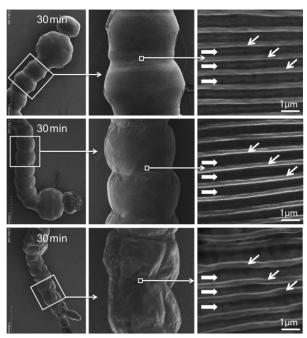
■表面保護膜「ナノスーツ」の応用■

- 両親媒性分子

・・1つの分子内に親水 基(水分子と水素結合な どによる弱い結合をつく る原子団)と疎水基(水 となじみにくい原子団) の両方を持つ分子でも できるのですね。

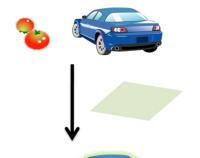






50種類超の両親媒性分子からなるナノスーツを確認、混合物でも作製可能

今後の応用



ナノスーツ

- · 水分蒸発抑制能
- ・ガスバリア能
- ・酸化防止 ・腐食防止

「有機重合薄膜とその製造方法」 鈴木浩司、高久康春、石井大佑ら 特願2013-084400 「自己支持性有機薄膜とその製造方法」 鈴木浩司、高久康春、石井大佑ら 特願2012-197927 「生物試料をそのままの姿で観察する ための真空下での蒸発抑制用組成物 と電子顕微鏡による観察方法」

特願2012-044383 「電子顕微鏡による試料の動的観察方法とそれに用いる走査型電子顕微鏡」 鈴木浩司、高久康春、石井大佑ら 特願2011-197685

鈴木浩司、高久康春、石井大佑ら

1) Y. Takaku, H. Suzuki, D. Ishii, et al., "A thin polymer membrane, nano-suit, enhancing survival across the continuum between air and high vacuum" Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2013, 110(19), 7631-7635.
2) H. Suzuki, Y. Takaku, D. Ishii, et al., "In-Situ Preparation of Biomimetic Thin Films and Their Surface Shield Effect for Organisms in High Vacuo", PLoS ONE, 2013, in press.