

# 光スイッチ型海洋分解性の可食プラスチック の開発研究

発表者：中山敦好（国立研究開発法人産業技術総合研究所）

PM：金子 達雄

国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 教授

PJ参画機関：国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学、国立大学法人神戸大学、  
国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学、国立大学法人鹿児島大学、  
学校法人東京理科大学、国立大学法人東京農工大学、  
国立研究開発法人産業技術総合研究所、地方独立行政法人大阪産業技術研究所

# 研究開発項目

② 室内光あるいは太陽光下での抗菌作用による OFF 型光スイッチシステムの構築

②-2 海洋分解性プラスチックと抗菌性光触媒のコンポジット化

③ 光スイッチ型海洋分解性プラスチックの海洋実環境での生分解性評価

③-2 ラボ試験による海水生分解および安全性評価：BOD試験

④ 光スイッチ型海洋分解性プラの実験室内疑似環境における分解性と安全性評価

④-1 消化酵素中における分解性評価

④-3 魚類を用いた分解性および安全性試験

# 全体の中での位置づけ

## ON型生分解性樹脂

バイオマス化

名大  
高バイオマス品種

神戸大  
リガム糖化  
発酵最適化ツール  
イコン酸生産プロセス

材料開発

東理大・東農工大・JAIST  
ON型スイッチ用  
光触媒開発

北陸先端大  
ON型生分解性樹脂の  
開発、成形加工

## OFF型生分解性樹脂

東農工大・東理大・JAIST  
OFF型スイッチ用還元型  
光触媒開発

産総研  
コンパウンド化  
大阪技術研  
抗菌性評価

複合化

JAIST  
産総研

## 安全性、環境影響評価

### 生分解性評価

産総研・神戸大  
・大阪技術研  
実環境生分解性評価  
ラボ生分解性評価

### 安全性評価

産総研  
酵素・魚類による評価  
神戸大  
疑似腸内環境での評価  
海洋生物による評価  
鹿児島大  
ナイロン生分解性評価

### 環境影響評価

北陸先端大  
LCA評価  
環境醸成  
鹿児島大  
コンポスト化プロセス

# OFF型光スイッチ生分解性材料の開発

最終目標

## 光触媒

(光誘起型抗菌剤)

既存品

新規開発品

↑光触媒開発チーム

種類、粒径、  
(形状、光劣化)

## 生分解性樹脂

既存品

新規合成品

↑産総研

高速生分解樹脂

PHB系、共重合系



一般的な生分解樹脂

## 複合化

コンポジット化

↑溶融混練

溶液キャスト

複層膜化

↑表面塗布

## OFF型光スイッチ 生分解性材料

フィルム

キャスト法、ホットプレス

\* 複層膜化

\* 傾斜材料化

成形物

射出成形

繊維化

成形物性評価

光劣化挙動

## ON/OFF具有型

## 光スイッチ生分解性材料

複層膜化、芯鞘構造繊維

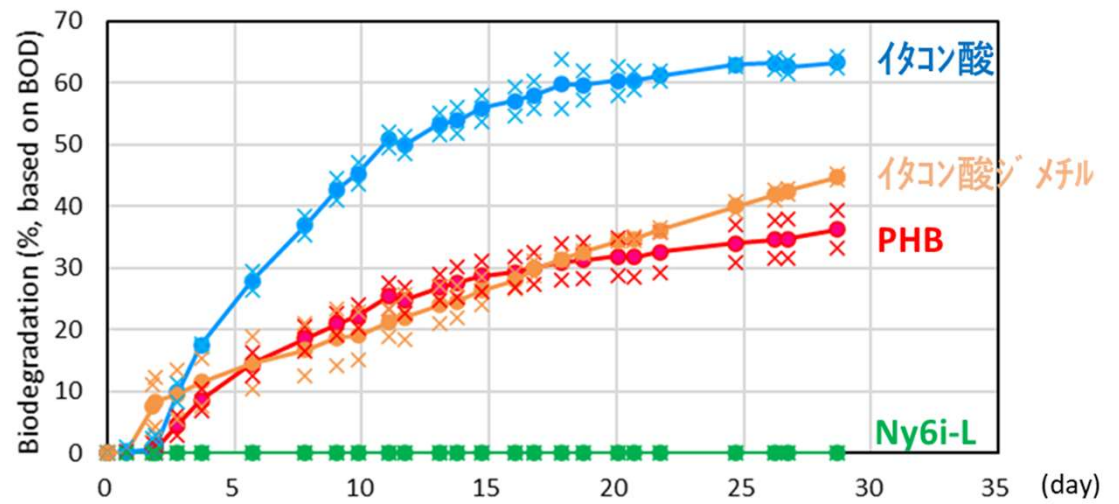
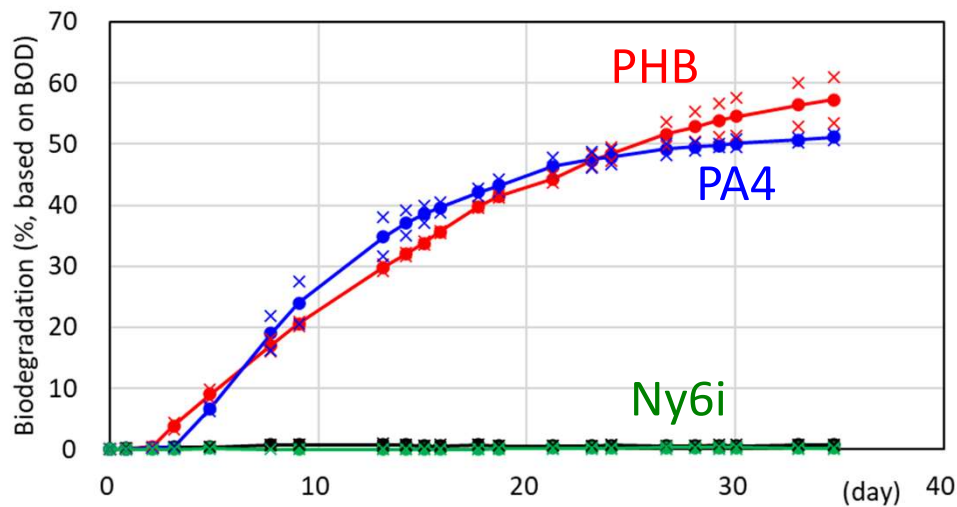
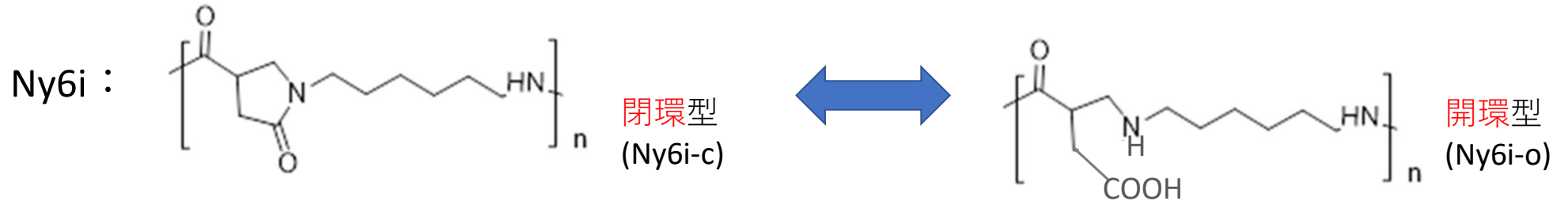
## 光スイッチ装備の生分解性材料の生分解

	材料 物性	生活環境	海洋 (表層)	海洋 (海中)	海洋表層 時間経過 (劣化)
<b>ON型 樹脂</b>	<b>高い</b>	<b>生分解 しない</b>	<b>生分解 する</b>	<b>生分解しない/ 生分解する</b>	<b>生分解する</b>
<b>OFF型 樹脂</b>	<b>低い</b>	<b>生分解 しない</b>	<b>生分解 しない</b>	<b>生分解する</b>	<b>生分解する</b>
<b>ON/OFF型 樹脂</b>	<b>高い</b>	<b>生分解 しない</b>	<b>生分解 しない</b>	<b>生分解する (強度維持)</b>	<b>生分解する (強度維持)</b>

環境条件、組み合わせ、複合化によって生分解スイッチの入り方は様々。

③-2ラボ試験による海水生分解および安全性評価：BOD試験

# BOD生分解試験／ON型樹脂（スイッチが入る前）



- |        |         |         |          |
|--------|---------|---------|----------|
| × EB1  | × PHB1  | × PA41  | × Ny6i1  |
| × EB2  | × PHB2  | × PA42  | × Ny6i2  |
| ● EBav | ● PHBav | ● PA4av | ● Ny6iav |
- 
- |         |            |        |          |
|---------|------------|--------|----------|
| ● PHBav | ● Ny6i-Lav | ● IAav | ● IADMav |
| × PHB1  | × Ny6i-L1  | × IA1  | × IADM1  |
| × PHB2  | × Ny6i-L2  | × IA2  | × IADM2  |

スイッチの入る前の閉環型では低分子量であっても生分解はほとんど進行しない。  
モノマー成分（イタコン酸、イタコン酸ジメチル）は生分解される。

# BOD生分解試験／OFF型樹脂（露光下での海水生分解試験）

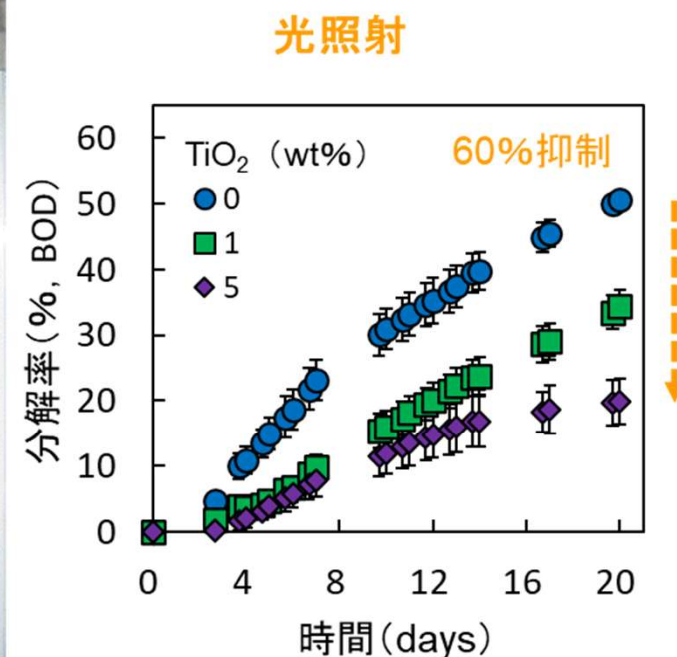


光照射型海水生分解測定装置

最終目標

海洋生分解に影響する光等の各種因子の抽出

分解生成物の追跡と樹脂の分解過程のプロファイルの明確化

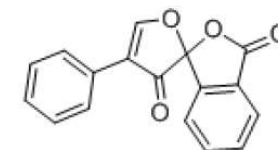


#### ④-1消化酵素中における分解性評価

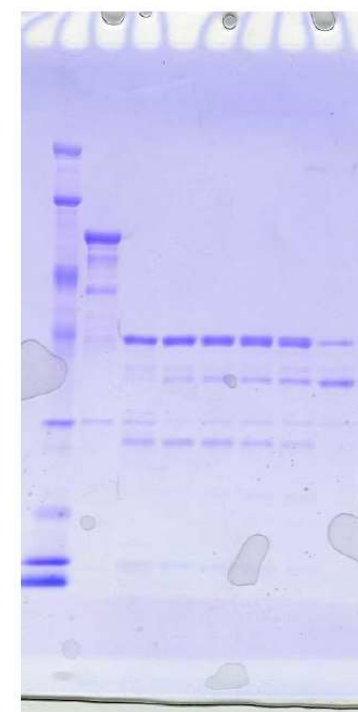
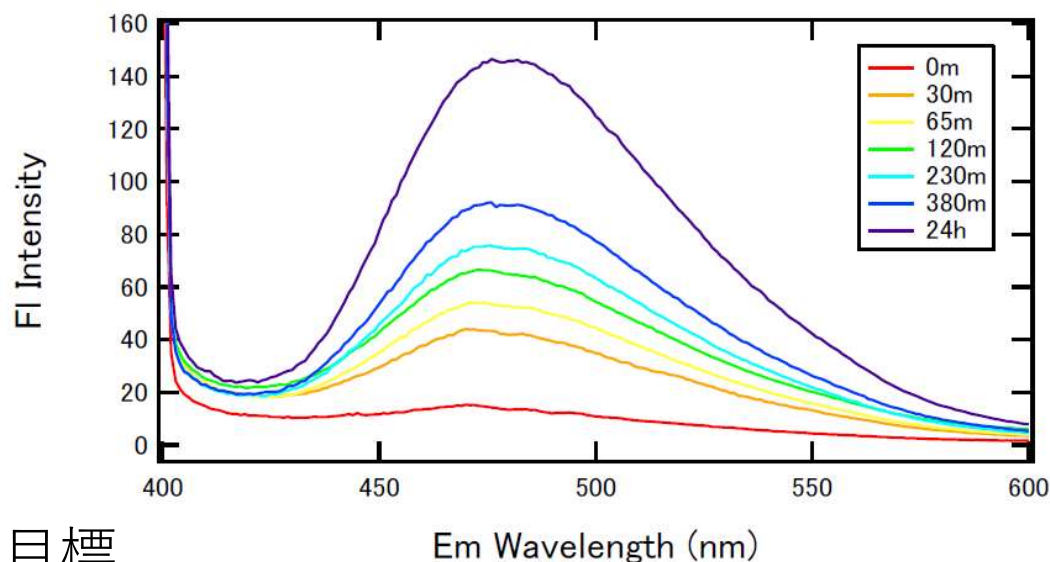
## 酵素生分解試験

- 分光学的手法による酵素加水分解手法を構築。

タンパク質のプロテアーゼによる分解にともない増加するアミノ基（新たなN末端由来）を、フルオレスカミンの蛍光により検出する手法



タンパク質の分解にともない、蛍光強度が増加分光学的に高分子の酵素分解をモニター



最終目標

消化酵素による分解性の定量化

高分子鎖構造が酵素分解性に及ぼす影響の明確化

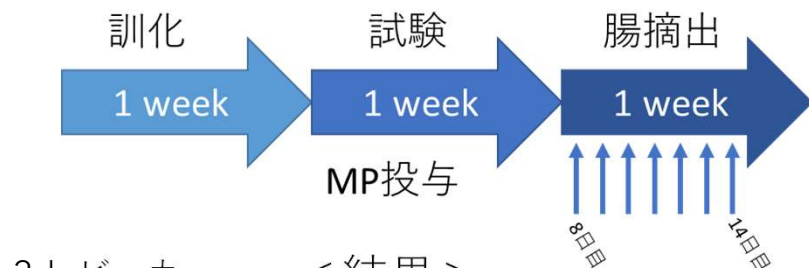
光暴露前後の立体構造変化に伴う酵素反応への影響の解明



#### ④-3 魚類を用いた分解性および安全性試験

# 魚類を用いた分解性および安全性試験

## ①急性毒性試験実施



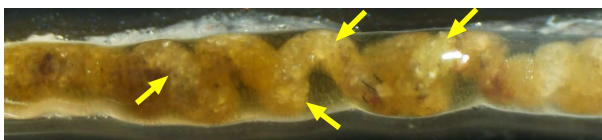
3 L ビーカー  
飼育水 2 L  
メダカ 7 匹  
餌 7.3mg/匹/日  
MP 3.7mg/匹/日

< 結果 >

MPの種類	急性毒性
PS	なし
Ny6	なし
Ny6i(1%TiO2)	なし
Ny6i(3量体)	なし

< 摘出した腸内のMP残存 >

PS (14日目)



Ny6i 3量体 (8日目)



PSは14日目でもMPが残存していたが  
Ny6i 3量体は8日目の段階で残存していない

## ②摂食MPの生体影響～遺伝子発現解析～

MP煉り込み粉末飼料作成

メダカ成魚に給餌 (給餌期間: 1カ月)

腸発現遺伝子のRNAシーケンシング解析  
→MP摂食による発現変動遺伝子の探索

※ PET粉末でケーススタディ進行中

< Ny6i系材料の煉り込み飼料作成 >

Ny6iL Ny6i(0.5%TiO2) Ny6i(1%TiO2) Ny6i,3量体



※ 2週間で明確な急性毒性認められず。

※ 腸遺伝子の遺伝子発現解析予定

最終目標 オリゴマー化した生分解中間産物の急性毒性評価を行い、  
樹脂及び分解産物のメダカ消化管中における分解性および安全性を明確にする。

