

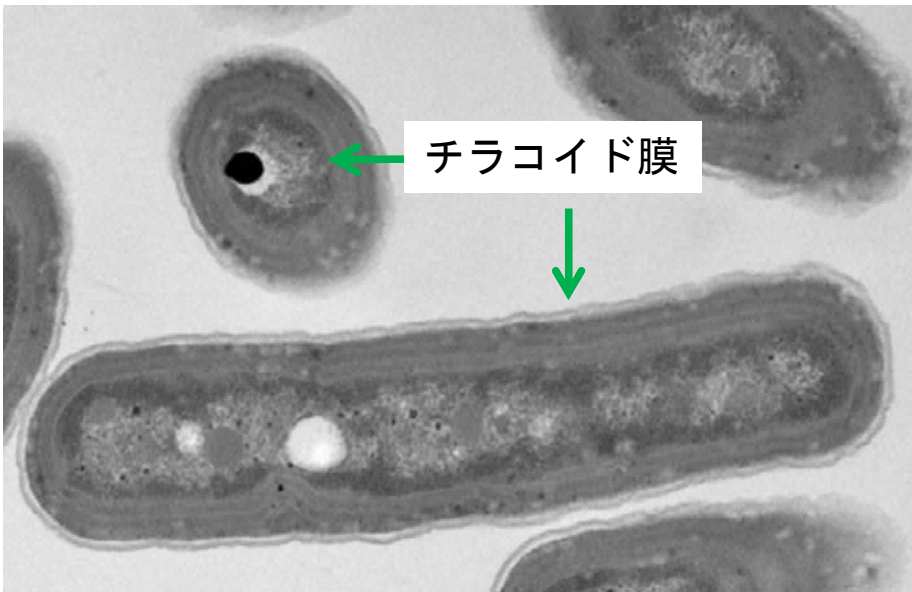
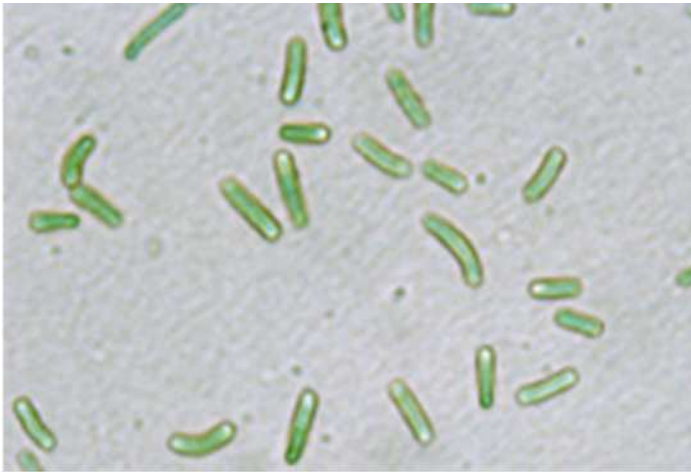
アフリカの農業を救う！ 藍藻を用いたストリゴラクトン生産

東京農業大学 生命科学部 バイオサイエンス学科
准教授 渡辺 智

2021年12月16日

藍藻 (シアノバクテリア)

Synechococcus elongatus PCC 7942

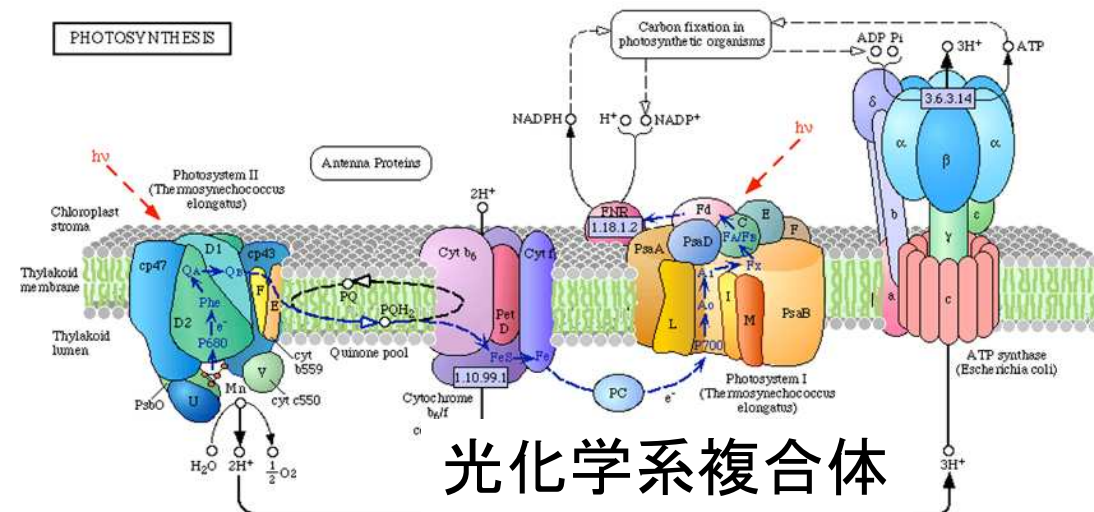


- 光合成をする微生物

CO₂を吸収して、炭水化物と酸素をつくる

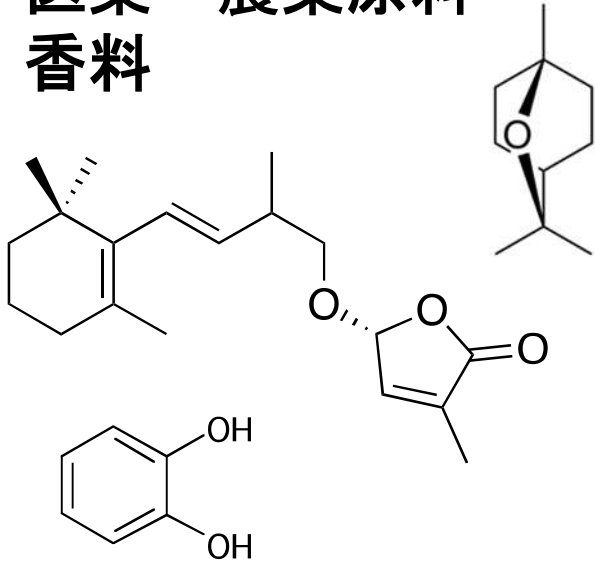
- 地球生態を支えている

一次生産者：プランクトンや魚のえさ



藍藻を用いたゼロエミッション型細胞工場の創製

医薬・農薬原料
香料



太陽光と二酸化炭素で生きる
シアノバクテリアを利用して
環境負荷の少ない物質生産に挑戦！

藍藻工場



素材生産
(硫酸多糖)



色素生産



フィナンシェ (アウトリーチ活動)



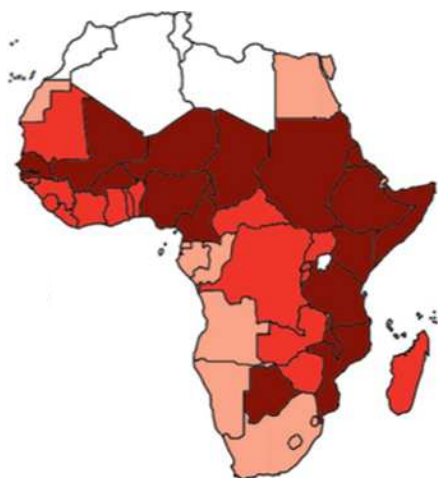
絵、西内としお

アフリカ農業を救う ストリゴラクトン高生産系の構築と 高活性類縁体の創出

坂田洋一、伊藤晋作、渡辺智 (バイオサイエンス学科)
橘隆一 (森林総合科学科)
大島宏行 (農芸化学科)
對馬誠也 (分子微生物学科)
川田紘次郎、坂巻裕 (バイオサイエンス専攻、院生)

アフリカにおける根寄生植物の脅威

根寄生植物
汚染度



- アフリカの主要穀物であるトウモロコシやソルガム、イネなどに寄生する。
- アフリカで7000万ヘクタール以上の農地が汚染されている（日本の総面積の2倍！！）。
- 100億ドルの経済的損失
- マラリア、エイズと並ぶアフリカの三大問題と言われている。
- 現状で有効な解決策はない



Striga hermonthica



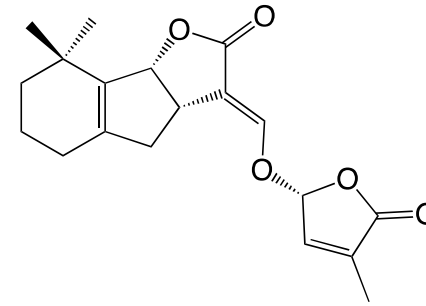
Striga asiatica



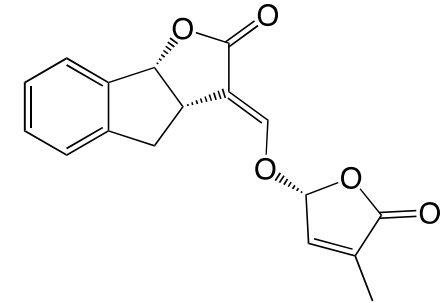
Adapted from Ejeta, G. and Gressel, J. (eds) (2007) Integrating new technologies for striga control: towards ending the witch-hunt. World Scientific Publishing, Singapore; Image sources: [USDA APHIS PPO Archive](#), [Florida Division of Plant Industry Archive](#), [Dept Agriculture and Consumer Services](#).

ストリゴラクトンとは？

- 植物ホルモンの一つ (10 pg/イネ根1g)
- 枝分かれ抑制作用
- β カロテンから4つの反応を経て合成 (葉緑体、小胞体)
- 根寄生植物 (ストライガ、オロバンキ) の発芽誘導物質

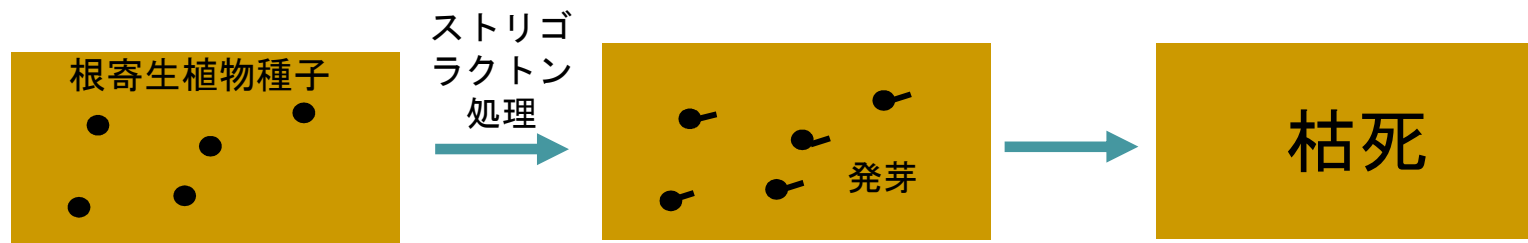


4DO
(天然型)
30,000円/mg



GR24
(有機合成)
4,000円/mg

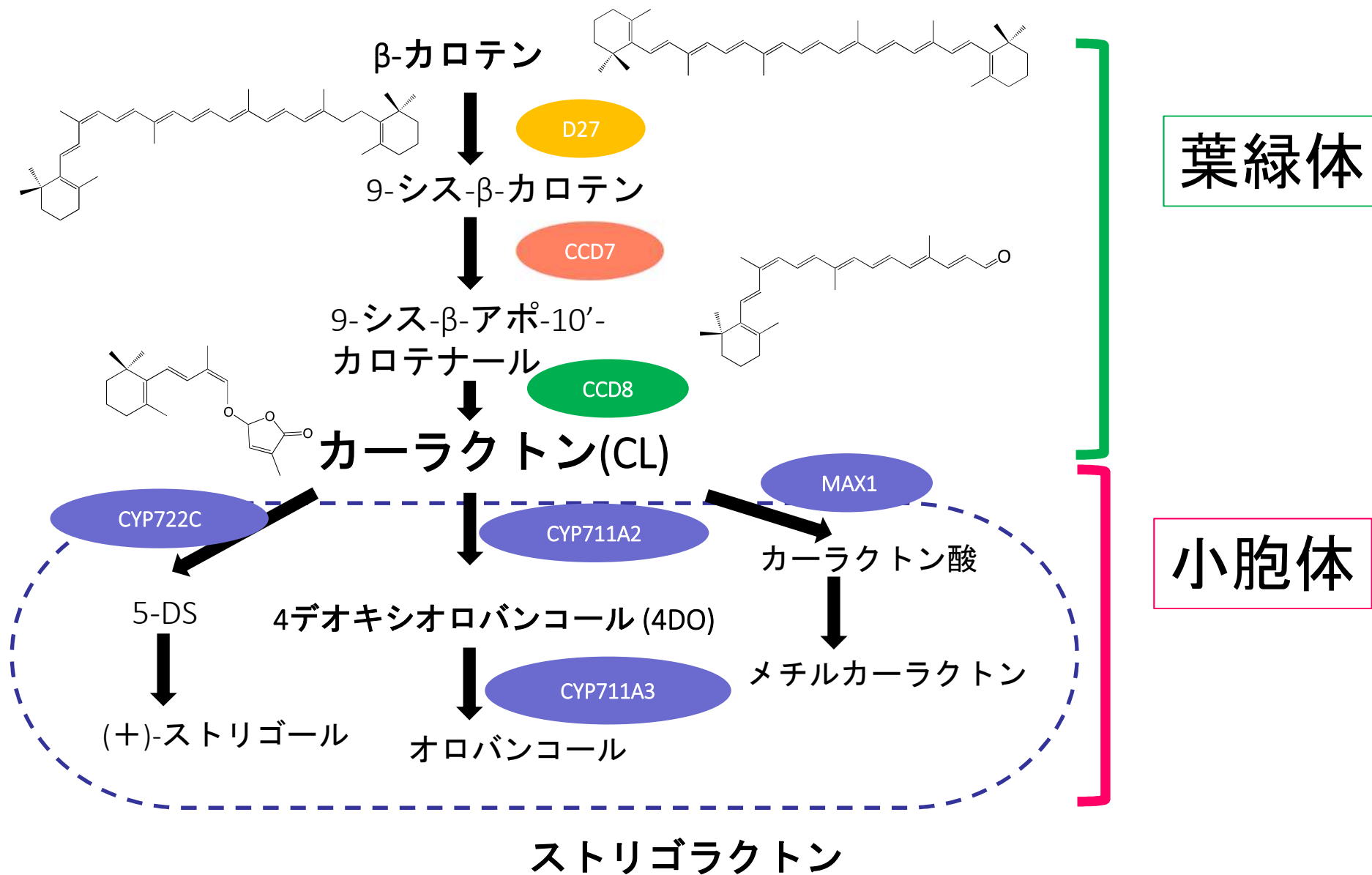
☞ 自殺発芽法に利用できる



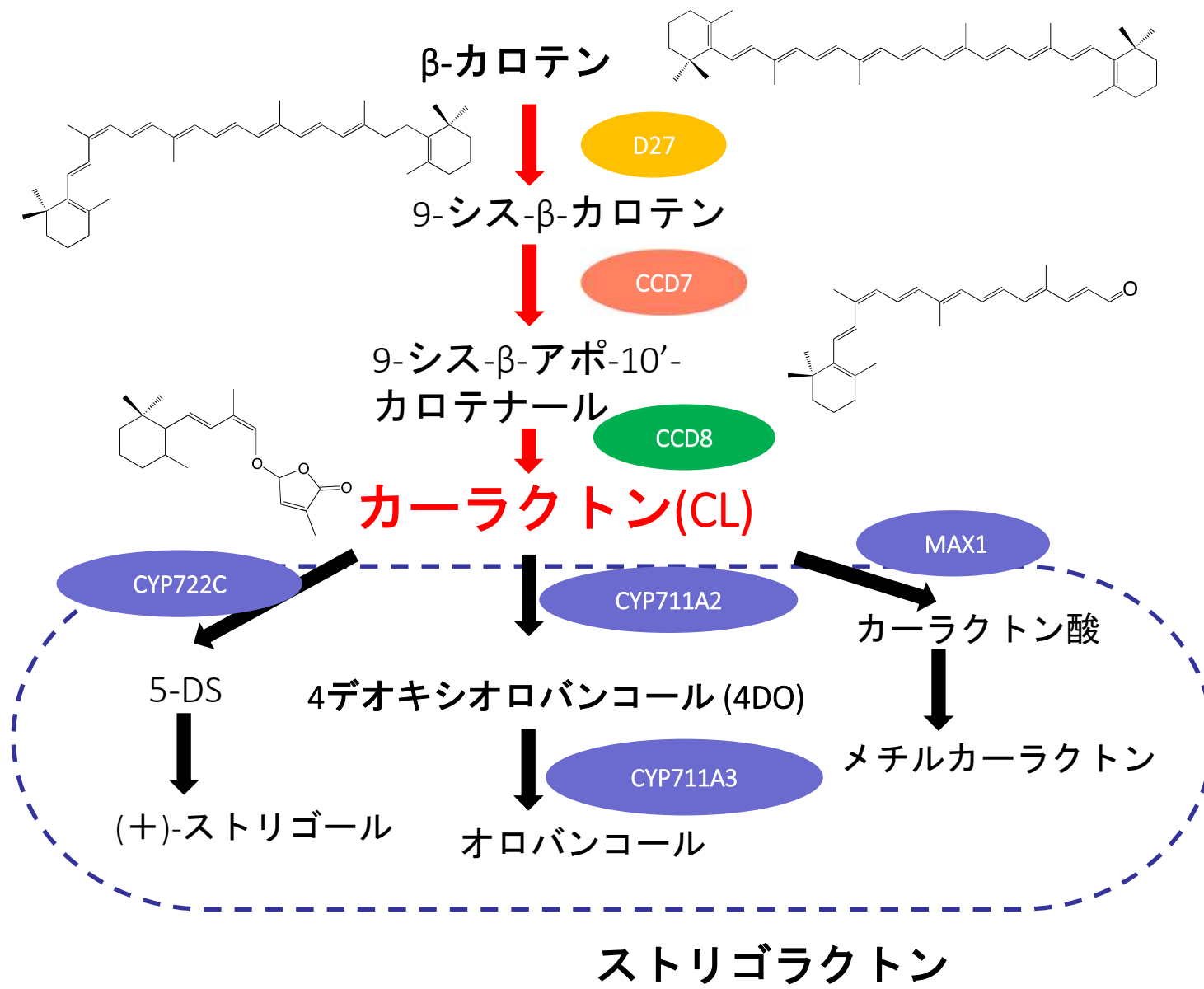
問題点

現在、合成方法が化学合成のみ
植物からの天然ストリゴラクトン分泌量は微量

ストリゴラクトン合成経路



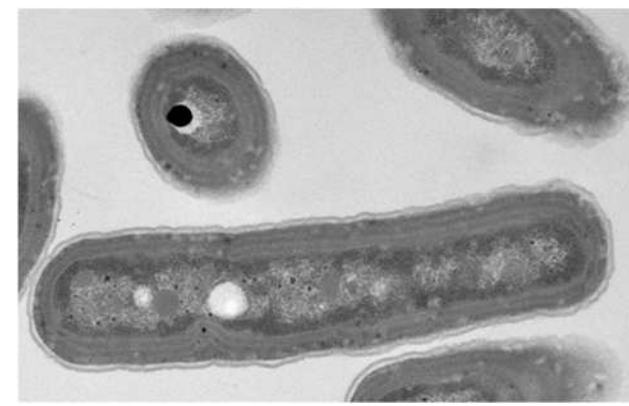
ストリゴラクトン合成経路



葉緑体

藍藻

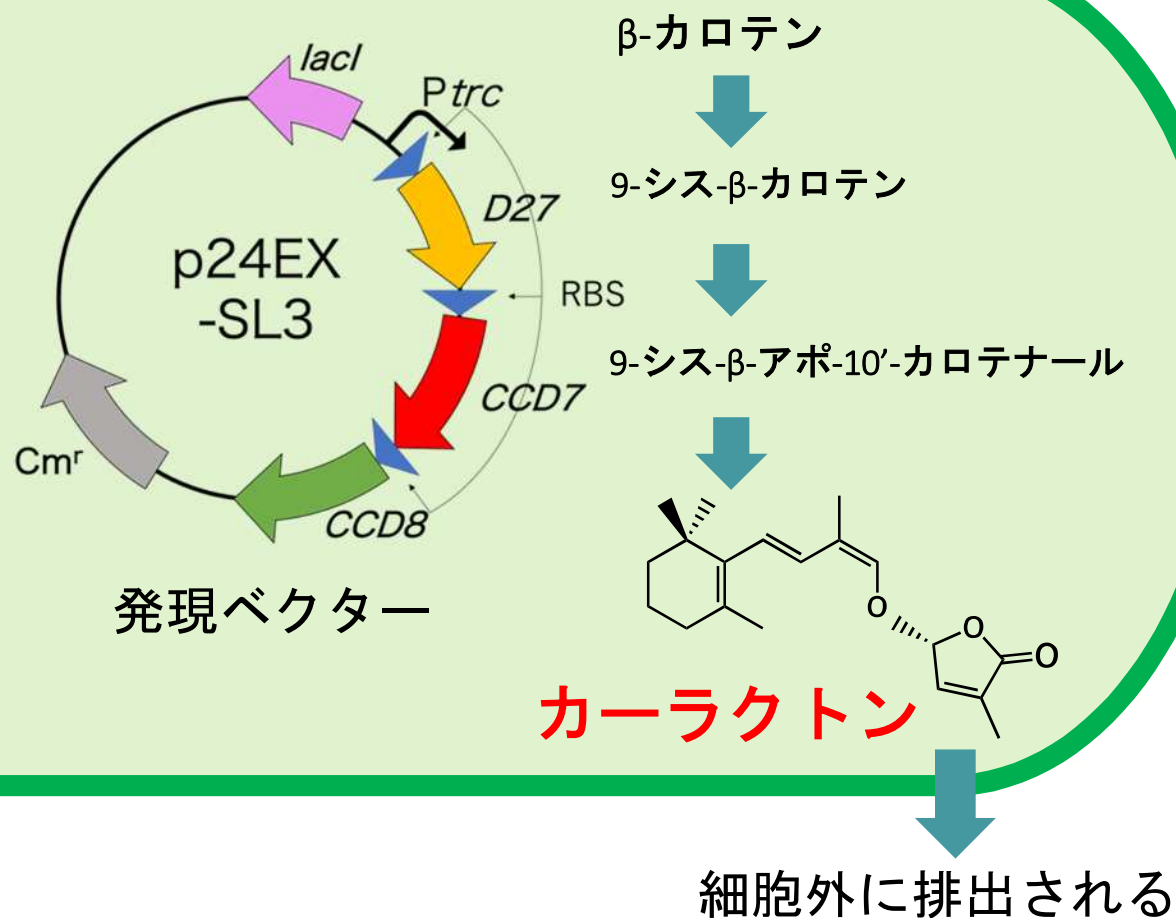
葉緑体の祖先生物
葉緑体と同様の細胞内環境
光とCO₂を利用して成長



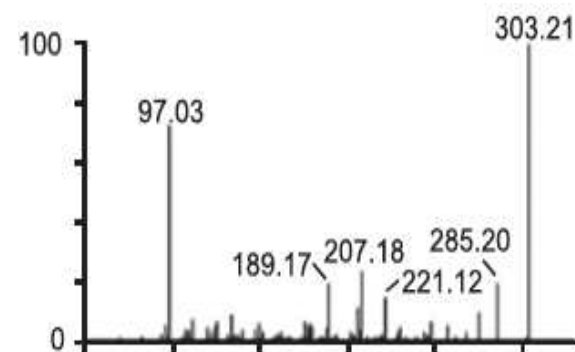
藍藻 *Synechococcus elongatus* PCC 7942
電子顕微鏡写真

藍藻を用いたカーラクトン生産

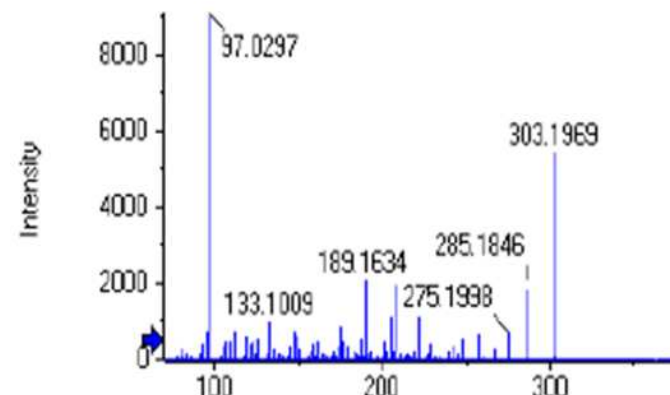
藍藻 *Synechococcus elongatus* PCC 7942



LC/MS/MS解析

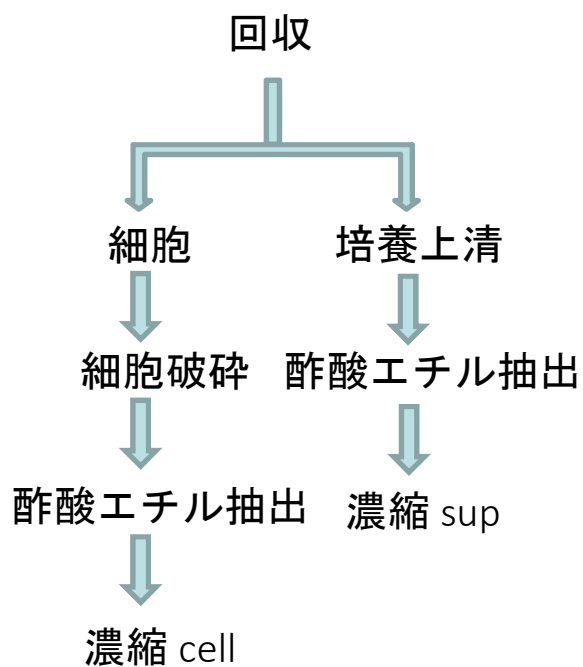


CLのフラグメントイオンパターン(Seto et al.)

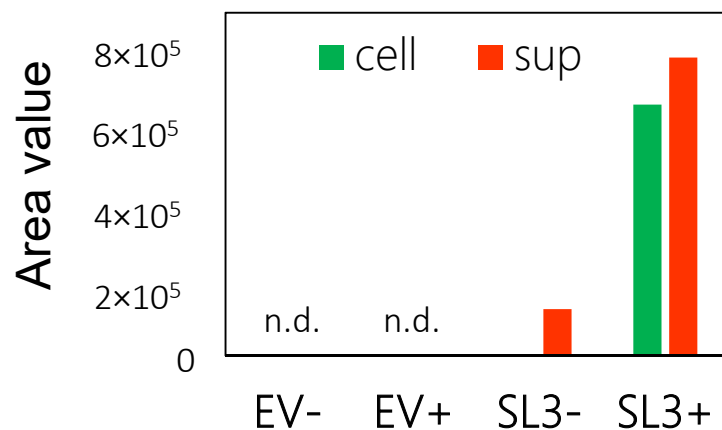


藍藻から抽出したCLのフラグメントイオンパターン

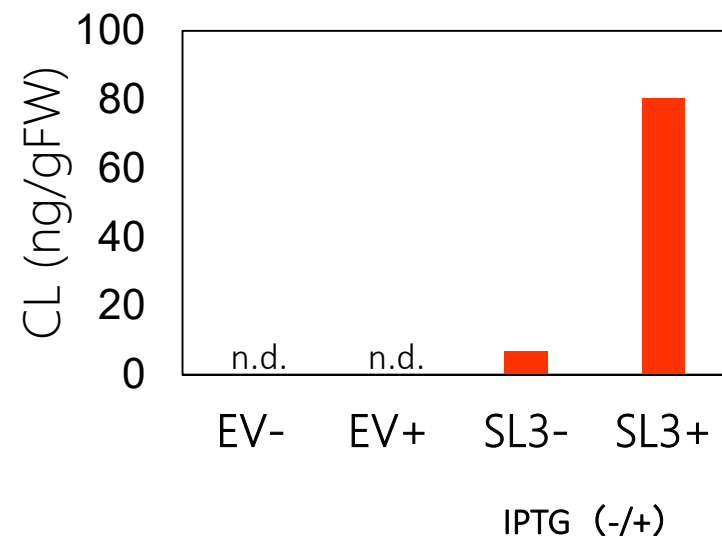
藍藻を用いたカーラク トン生産



菌体内/外のCL存在量



CL生産量



- 培養3日で菌体1gあたり約80 ngのCLを生産
 →シロイヌナズナ (Col-0) 約300 pg/gFW **250倍**
 イネ (Shiokari) 約100 pg/gFW **800倍**
- 藍藻からCLが菌体外に排出されていることを確認

根寄生植物の発芽刺激活性の確認



根寄生植物ヤセウツボ (*Orobanche minor*)



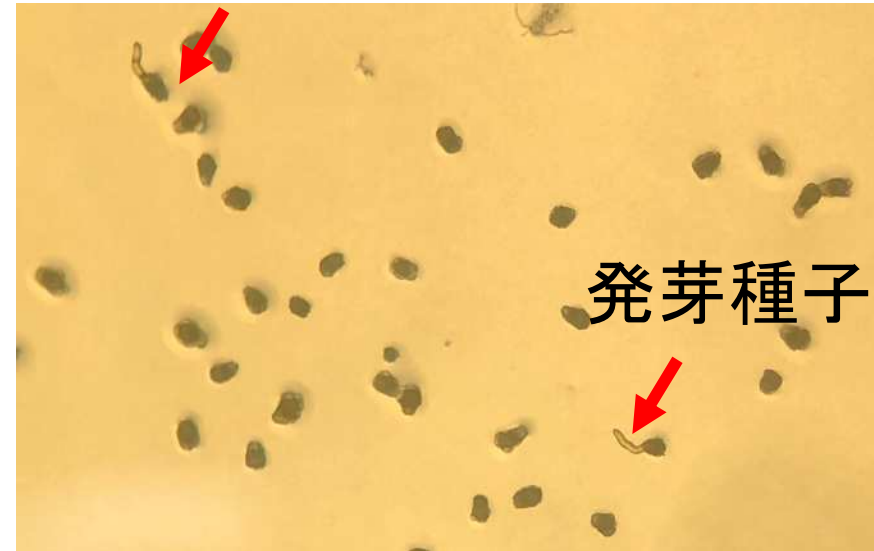
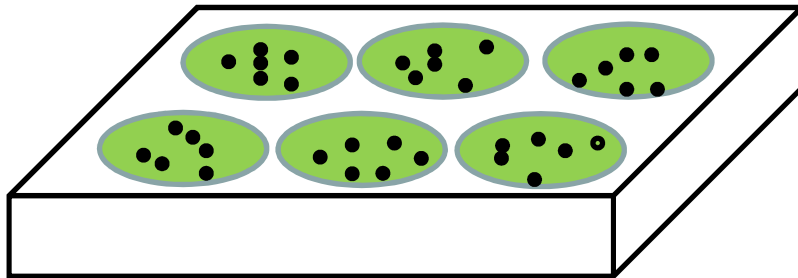
2020年 5月 9日

ヤセウツボ@多摩川

根寄生植物の発芽刺激活性の確認

根寄生植物ヤセウツボ (*Orobanche minor*) 種子

CL含有藍藻培養液により
作成した寒天プレート



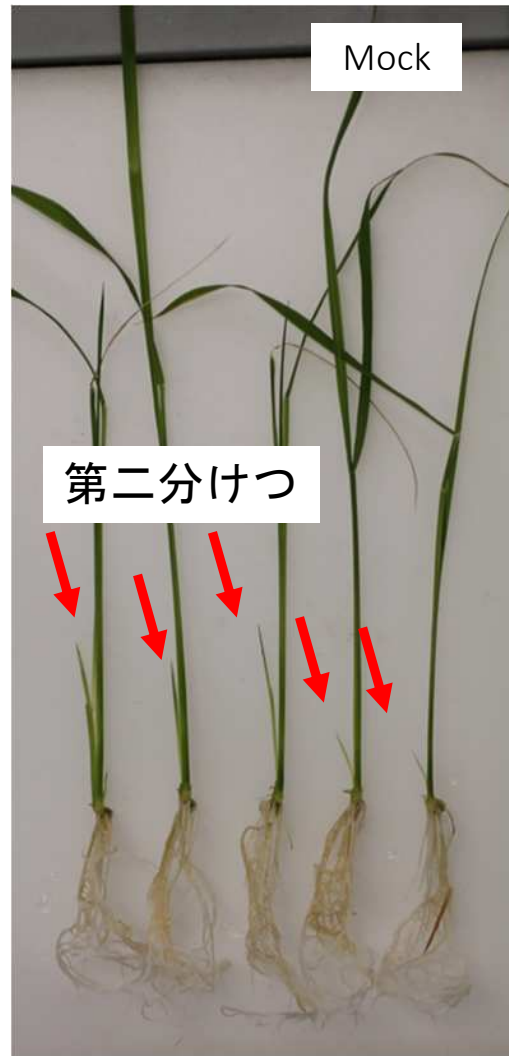
藍藻由来のCLは発芽活性を有
することを確認

	総種子数	発芽種子数	発芽率
CL生産株寒天	1,432	32	2.23%
空ベクター 寒天	1,236	0	0%

伊藤晋作 准教授 (バイオサイエンス学科)

イネの分けつ抑制活性の確認

d10-1 (ストリゴラクトン生合成変異体) へのSL3株培養液の効果

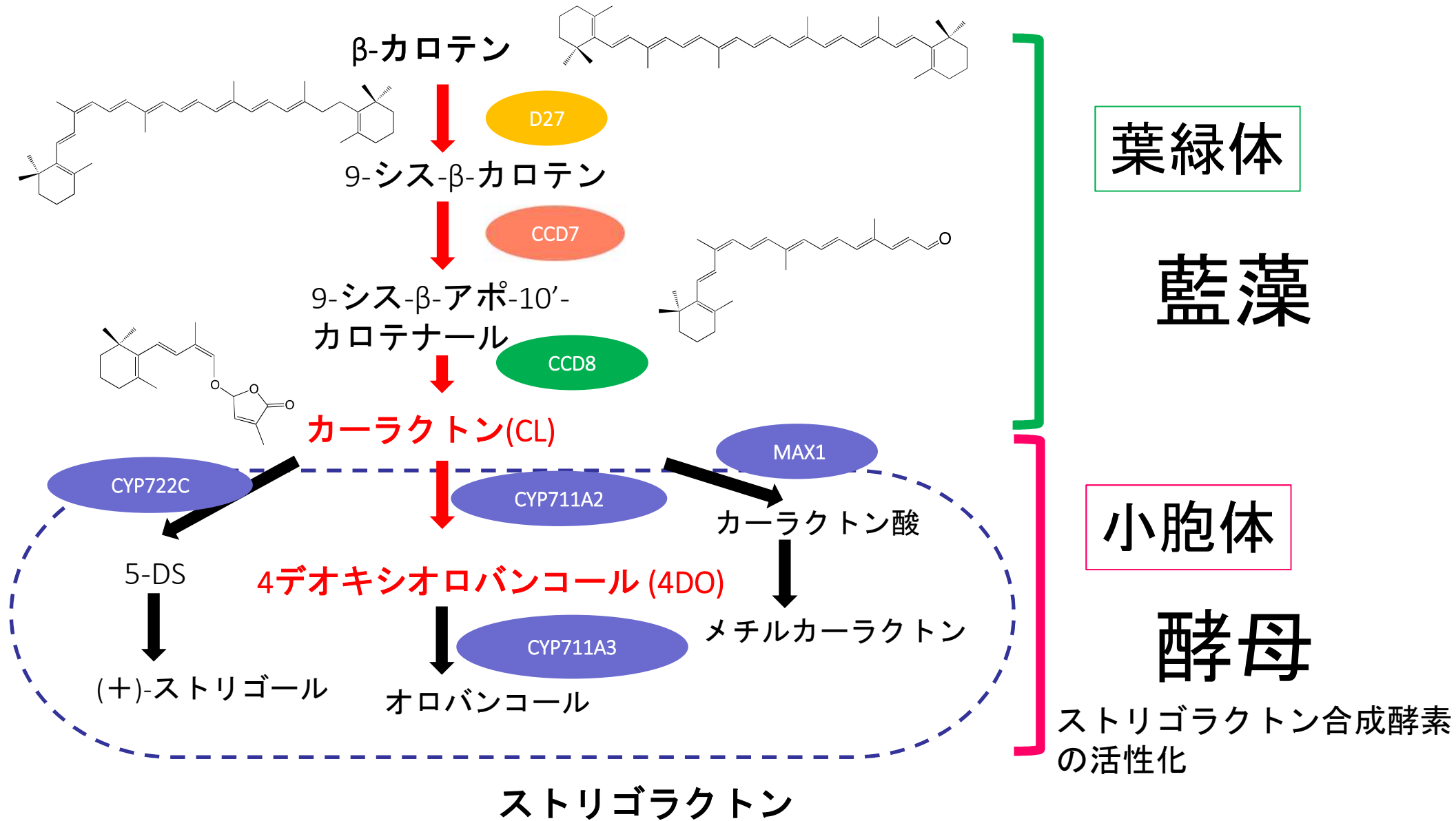


伊藤晋作 准教授
(バイオサイエンス学科)

実験手順：
SL3株培養液を酢酸エチルで抽出、濃縮したものを約100mLのイネ水耕用培地に懸濁し、発芽1週間の*d10-1*を水耕用培地で1週間生育させ、測定した。

SL3株培養液で処理したイネは第二分けつ伸長が抑制された。

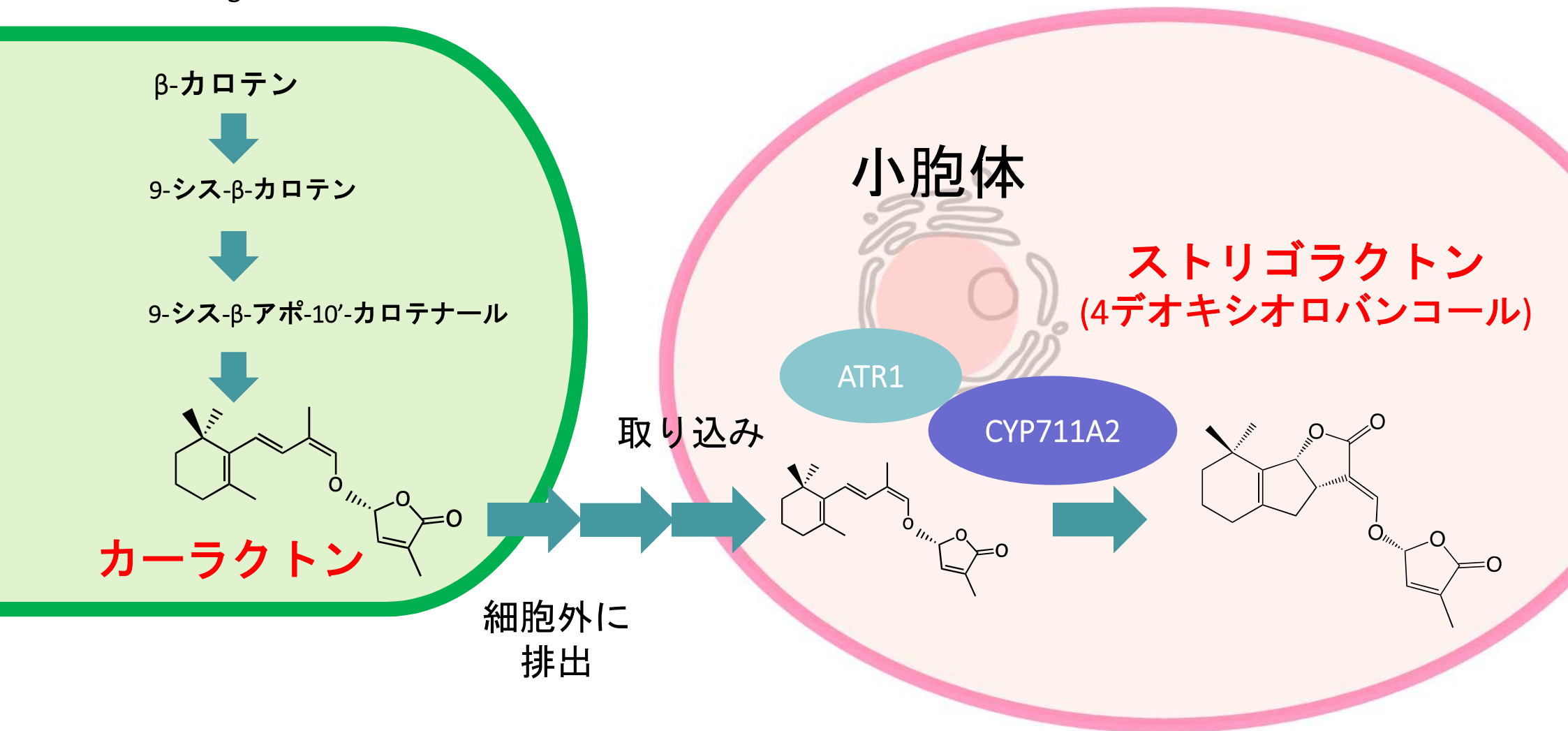
ストリゴラクトン合成経路



藍藻-酵母によるストリゴラクトン生産

藍藻 *S. elongatus* PCC 7942

酵母 *Saccharomyces cerevisiae* WAT11



藍藻-酵母によるストリゴラクトン生産

実験手順

藍藻CL生産株を培養し、誘導剤添加でCL生産



藍藻CL生産株培養液（カーラクトン含有）
と一緒にCYP711A2発現酵母を培養



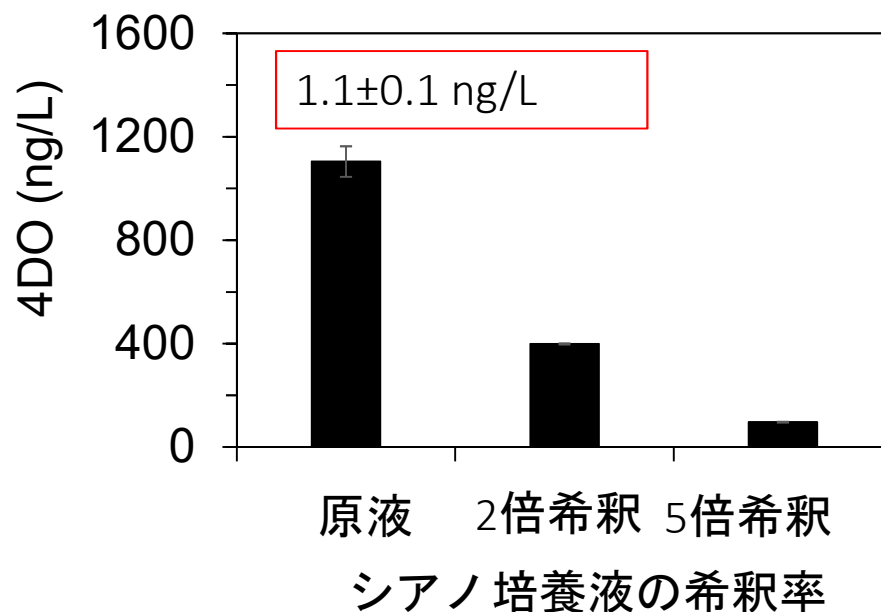
19 h

酢酸エチルで抽出



LC/MS/MSで測定

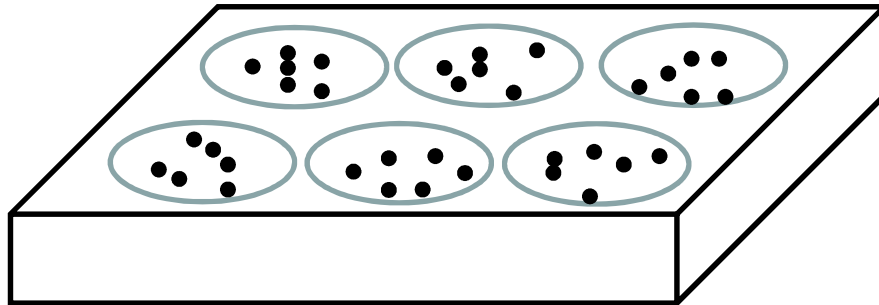
SL (4-deoxyorobanchol: 4DO)



- 培養4日で菌体 1 gあたり約130 ng のストリゴラクトンを生産
→イネ (Shiokari) 約10 pg/gFW **13,000倍**

根寄生植物（ストライガ）の発芽刺激活性を確認

根寄生植物の発芽刺激活性の確認

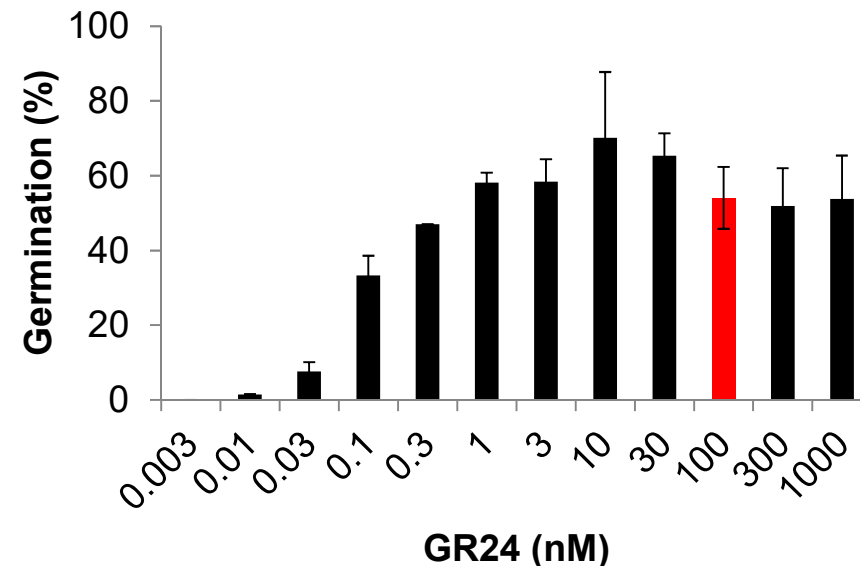
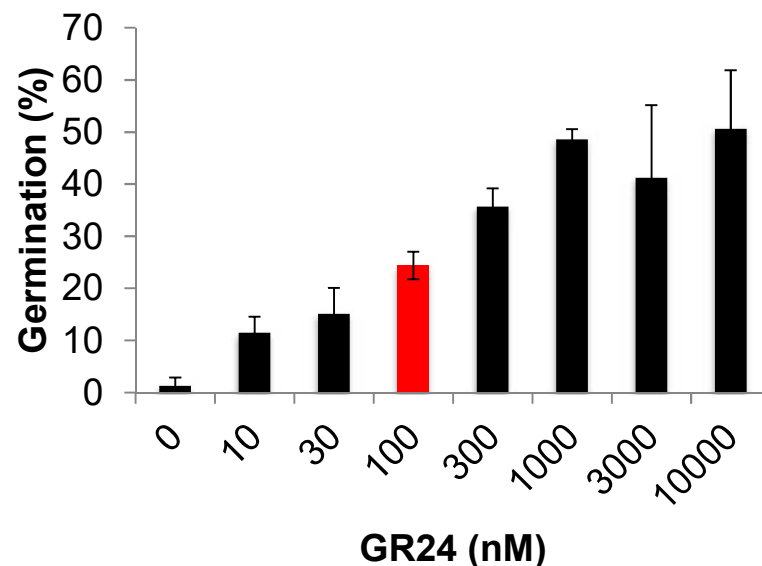


ストリゴラクトン (GR24) 入り寒天培地で
2週間インキュベート

Orobanche minor (別名ヤセウツボ)

- ハマウツボ科 (ストライガと同科)
- 日本では外来種として定着
- ストライガと比較して寄生力は弱い

Striga hermonthica



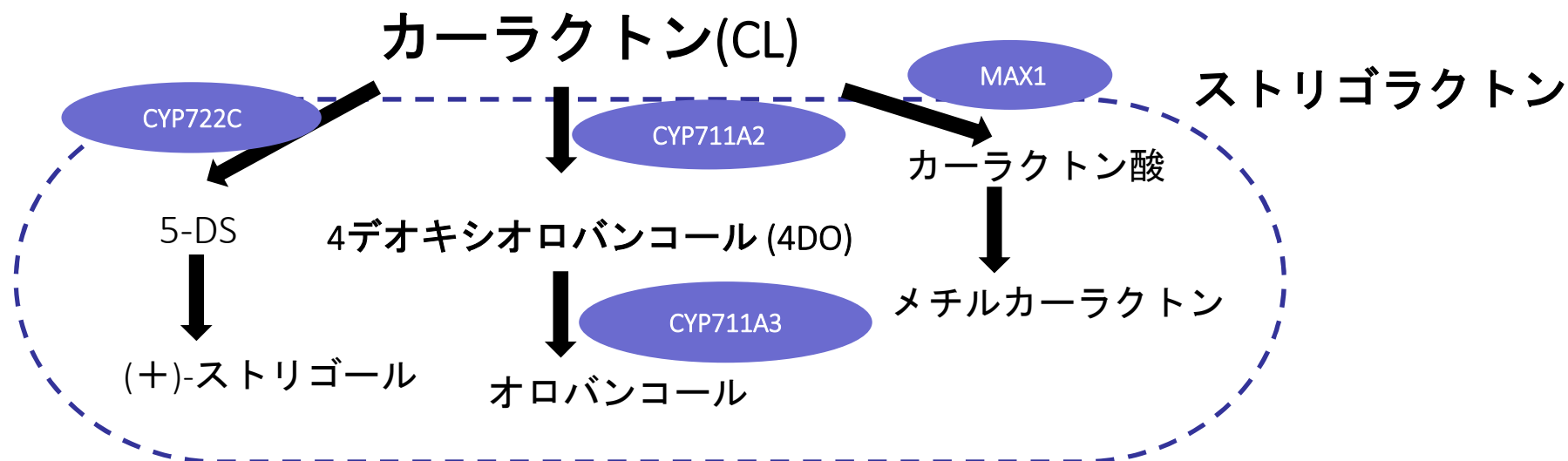
シアノバクテリアによるCL生産量 (100 nM) より低濃度で発芽を確認

カーボンニュートラル
低炭素化社会に貢献

まとめ

組換え藍藻と酵母を用いることで、
短期間で、大量にストリゴラクトンを生産

さらに
多様なストリゴラクトン生産にチャレンジ



実用化に向けた課題と企業への期待

スケールアップ：
生産効率を保ちつつ、大規模に生産

各ステップ（培養、精製）の簡便化：
直接アフリカの土壤に散布？

植物工場のシステムを利用できないか？
製剤化（農薬、製薬企業との共同研究）