



最終講義100308

フシナシミドロにひかれて40年

(惹かれて・引かれて)

先端成長 - 光屈性とCa - 青色光による光形態形成 -
オーレオクロムの発見 - 多核細胞

東北大学大学院生命科学研究科
片岡博尚

Rottenburg近郊, 遠くにSchwäbische Albを臨む 2007

0. 甲賀者仙台へ

1. 黄色植物とフシナシミドロへの招待

2. オーレオクロムの発見

3. オーレオクロムの分布と起源

4. 多核細胞の生物学

自己紹介

東北大学大学院生命科学研究科 分子応答制御分野 准教授 片岡 博尚

植物生理学, 細胞生理学, 光生物学

E-mail kataoka_ige.tohoku.ac.jp

ホームページ <http://www.ige.tohoku.ac.jp/outou/outou-j/kataoka-j.html>

<http://www.ige.tohoku.ac.jp/outou/outou-e/kataoka-e.html>

経歴

1947年 2月1日 滋賀県 甲賀町生まれ

1965年 滋賀県立膳所高卒業, 神戸大学理学部生物学科入学

1969年 同学卒業

1969年 大阪大学大学院理学研究科 神谷宣郎, 田澤仁先生に弟子入り

1975年 理学博士(生理学)取得, 学振奨励研究員(阪大)

1976年 東北大学農学研究所教務職員として赴任。(西崎友一郎助教授)

1982年 助手に昇格

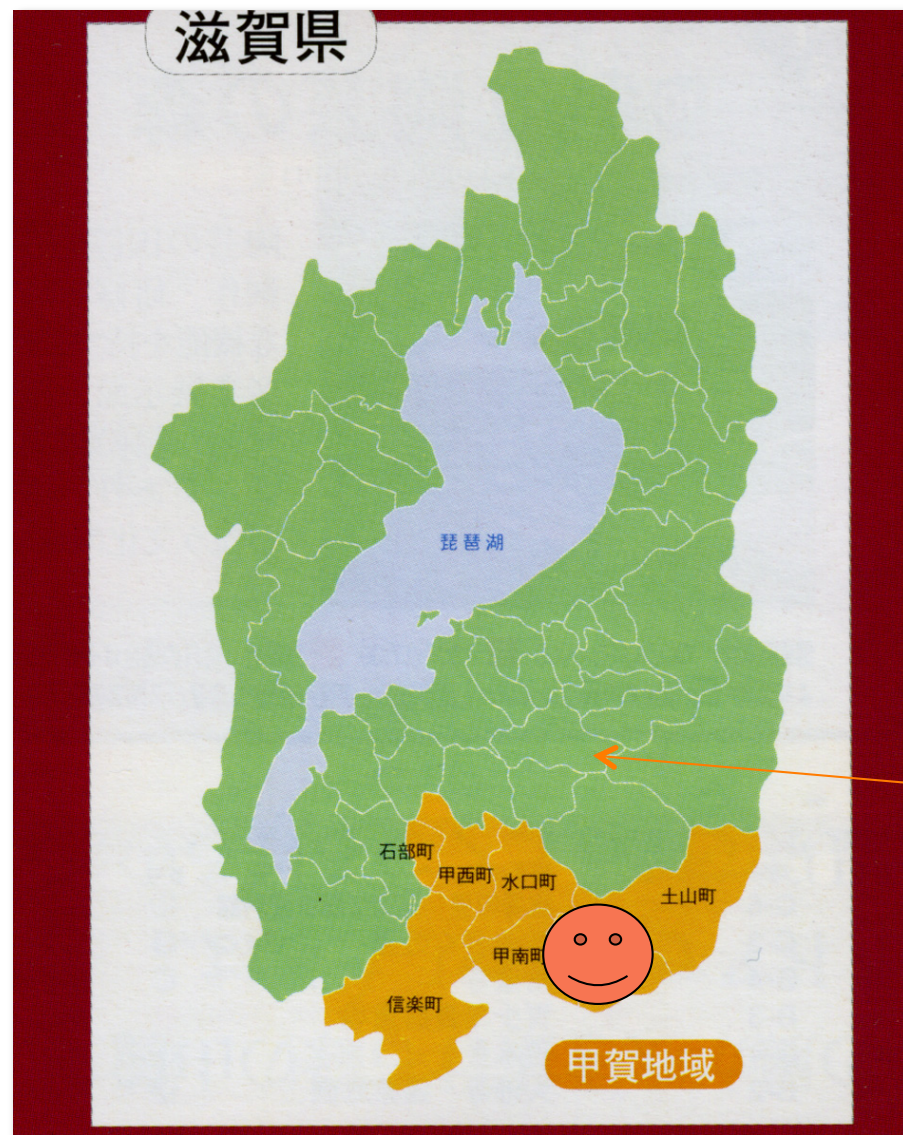
1988年 農学同研究所廃止, 遺伝生態研究センターに配置転換

1993年 助教授昇格

2001年 生命科学研究科への移行

2004年 国立大学法人化される

2010年3月 定年退職



584年百濟より鹿深臣(かふかのおみ)が招致され... [日本書紀]
天武は”天文遁甲を能(よくす)”[同]とも

鹿深臣が日本に持ち込んだ遁甲の術が忍術の起源？

滋賀県・甲賀出身で 東北大学・仙台と関連の深い人

坂上田村麿

甲賀市土山出身？ Tamraとは屯の意，
軍事長官か，その集団を指すかも？

蒲生氏郷

近江日野城主 1590年会津に転封.

藤崎三郎助（藤崎デパート）

蒲生氏郷についてきた日野商人
1819年芭蕉の辻あたりに得可主屋
（エビスヤ）開業

加藤陸奥雄

1971年-1977年 東北大学学長.
父親が甲賀市水口町出身



会津若松城にある
甲賀忍者に因む城壁

神谷宣郎 1913-1999

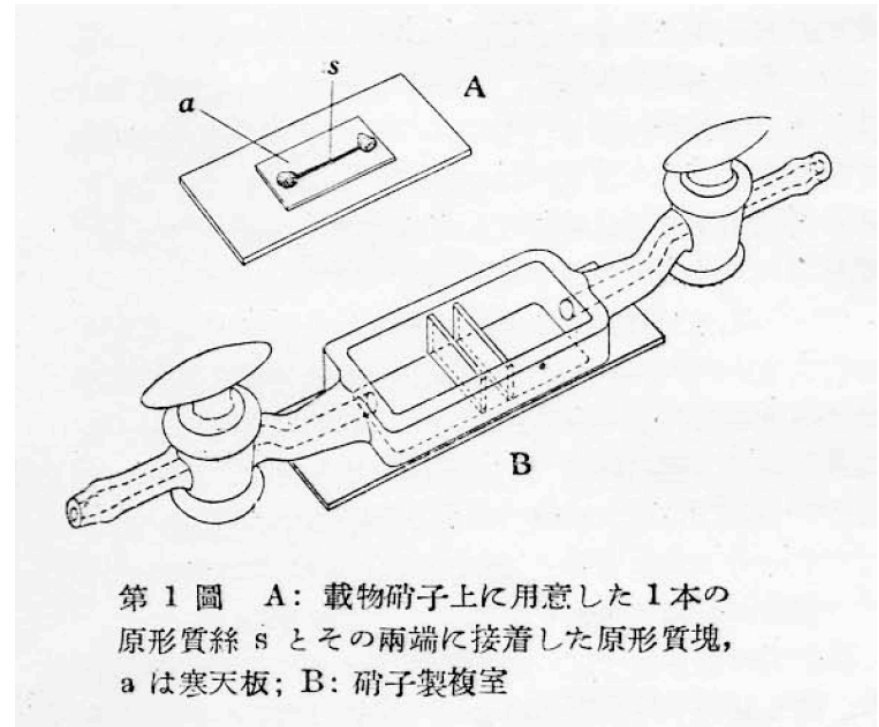


原形質流動を世界で初めて
解析した



原形質流動の原動力 (III)

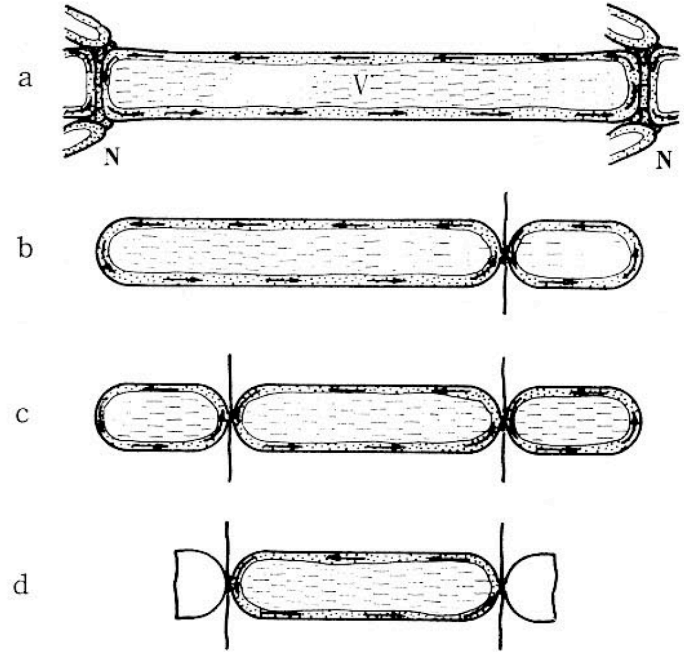
神谷 宣郎



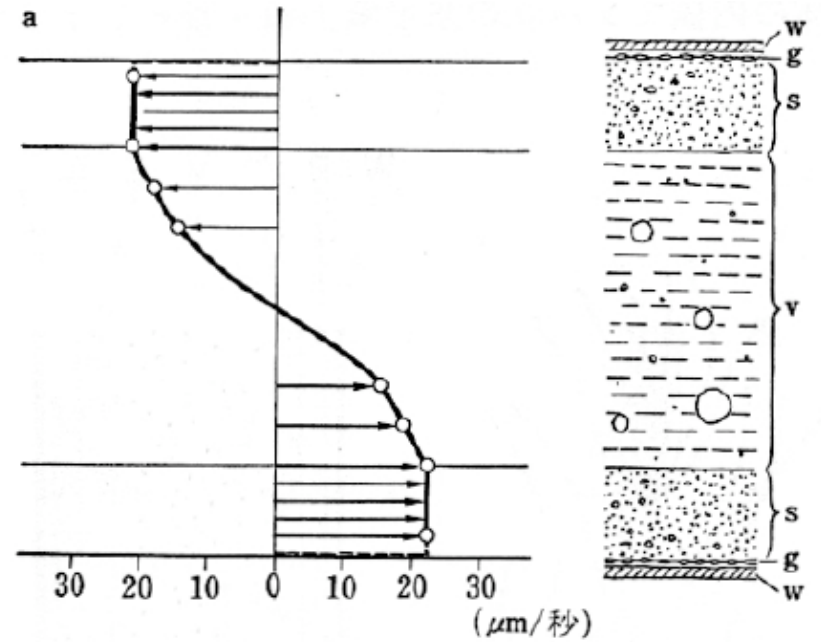
第 1 圖 A: 載物硝子上に用意した 1 本の原形質絲 s とその両端に接着した原形質塊, a は寒天板; B: 硝子製複室



Chlorophyta (Green Algae) 緑藻- Charophyta 車軸藻綱



42. 節間細胞とくくりの実験 (模式図)



1969-1970年 田澤仁先生に師事

フラスモ (*Nitella*) の浸透圧制御・イオン制御
水浸透に伴うKイオンの漏出 1974, 1979

1971年-1976年 神谷 宣郎先生に師事

「君、これからテーマを変えたいって？ 困ったなあ。
ふつうはある程度目処をつけたテーマを学生に与えるのだけど...
もし、本当に一人だけでもやる覚悟があるんだったら、
昨年、アメリカから持って帰ったフシナシミドロというかわった藻類があるんだ
が、
これで何か見つけてみるかい？
日本でもアメリカでも誰も手がけていないが、
ドイツ語で書かれた文献ならたくさんある。何か分かれば、
すぐ聞かせてくれたまえ。」



上坪 田澤 神谷 永井 浜口 Thimann 片岡 新免 富永 酒井
菜島 長田 八巻 黒田 菊山 石上

27歳

1974年3月植物生理学会中農研訪問
まさか、2年後ここに赴任するとは予想だにせなんだ



菊山 片岡 田澤 羽山 浅田

1986 39歳

Wolfgang Haupt 1921-2005; Bünningの弟子, このとき65歳



Wolfgang Haupt & Robert Scheuerlein @ 日光, 蔵王

Encyclopedia of Plant Physiology
New Series Volume 7

1979

Physiology of Movements

Edited by
W. Haupt and M. E. Felzleib



Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Bewegungsphysiologie
der Pflanzen 1977

von Wolfgang Haupt

Für meinen guten Freund Hironao Kataoka
in Erinnerung an unsere erste Begegnung
in Santa Barbara (Calif.) ca. 1978-1980, an
Ihren Besuch in Erlangen 1985, und an die
erlebnisreichen Tage, die ich 1986 bei Ihnen
in Sendai verbringen durfte.

Wolfgang Haupt

Donated from
Prof. W. Haupt.
12. Sep. '94.



図 1. Haupt 先生と Gerda 夫人 エアランゲン大学の研究室にて 1985 年 10 月 片岡撮影



図 4 Gerda さんの植物園 2000

Je älter ich werde,
desto stärker spüre ich
die Verbindung mit den Menschen,
die vor mir gelebt, geliebt
und gelitten haben.

Ihre Erfahrungen erweitern meinen Sinn.
Je mehr ich von ihnen aufnehme,
umso ruhiger und sicherer
wird mein Tun und Lassen.

(歳を重ねれば重ねるほど
私はより強く感じるのです
私より前に生き、愛し、悩んだ
人たちとの結びつきを。
そのような先人を識ったことで私の心は広がります。
先人から受け取るものが多ければ多いほど
私のおこないはますます穏やかで
そしてしっかりとしてくるのです)

Gerda Rohde-Haupt 1984

Mein guter Begleiter von Erden-Wesen und Sonnen-Seele より



2005年10月16日死去

39歳



Manabe, Briggs, Wayne, Kataoka

1986 Yamada Conference NIBB

このときBriggs先生は58歳だった

参考となる著書，総説，実験書等：

- Hironao Kataoka 1980 Phototropism: determination of an action spectrum in a tip-growing cell. *In Phycological Methods Developmental & Cytological Methods*. E. Gantt ed. p.206-218 Cambridge Univ. Press.
- 片岡博尚. 1981. 下等緑色植物の光屈性. *In 光運動反応 7 章*. 古谷雅樹編. pp. 147-176. 共立出版. 東京.
- 片岡博尚. 1981. 葉緑体の定位運動. *In 光運動反応 9 章*. 古谷雅樹編. pp. 206-241. 共立出版. 東京.
- 片岡博尚. 1981. 屈性反応. *In 植物生理学 8, 環境情報*. 古谷雅樹編. pp. 211-245. 朝倉書店. 東京.
- 片岡博尚. 1983. 屈性運動. *In 実験生物学講座 16. 植物生理学 II*. 勝見允行, 増田芳雄編. pp. 254-265. 丸善, 東京.
- 片岡博尚. 1990. 下等植物の重力反応. *In 宇宙植物学の課題-植物の重力反応*. 菅洋編 pp. 1-34. 学会出版センター. 東京.
- 片岡博尚. 1991. 屈性. *In 現代植物生理学 4. 環境応答*. 新免輝男編. pp. 64-84 朝倉書店. 東京.
- 片岡博尚. 1991. 屈光性発現のシグナルとしてのカルシウム. *細胞* 23: 252-258
- 片岡博尚 (翻訳) 1998. 運動の生理学 *In Mohr/Schopfer 植物生理学 31 章*. 駒嶺監訳. pp. 485-525, シュプリンガー東京. (31 章はドイツ語から翻訳)
- 片岡博尚 1999. フシナシミドロにおける屈光性と分枝誘導の光シグナリング. *In 光シグナルトランスダクション, 8.1 章*, 蓮沼ら編, pp. 80-88. シュプリンガーフェアラーク東京.
- 片岡博尚 2001 光走性と光屈性 *In 朝倉植物生理学 5. 環境応答*. 寺島一郎編 pp. 17-39 朝倉書店. 東京.
- 片岡博尚・高橋文雄・石川美恵 2007 フシナシミドロ光形態形成運動の青色光受容体. *遺伝* 61:20-22
- 片岡博尚・高橋文雄・石川美恵 2009 黄色植物専用の青色光受容体オーレオクロム. *蛋白質 核酸 酵素*. 54:267-275

HANDBOOK OF
**PHYCOLOGICAL
 METHODS**

Developmental &
 Cytological Methods

EDITED BY
 ELISABETH GANTT

SPONSORED BY THE PHYCOLOGICAL
 SOCIETY OF AMERICA INC.



CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

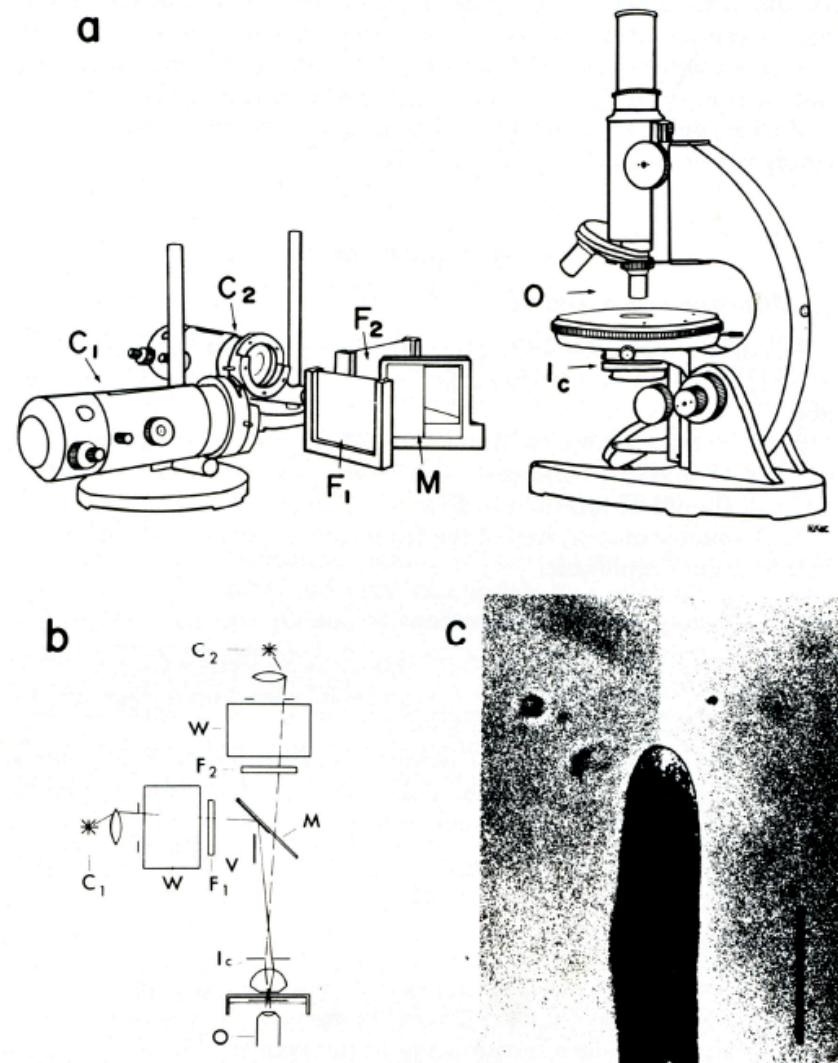
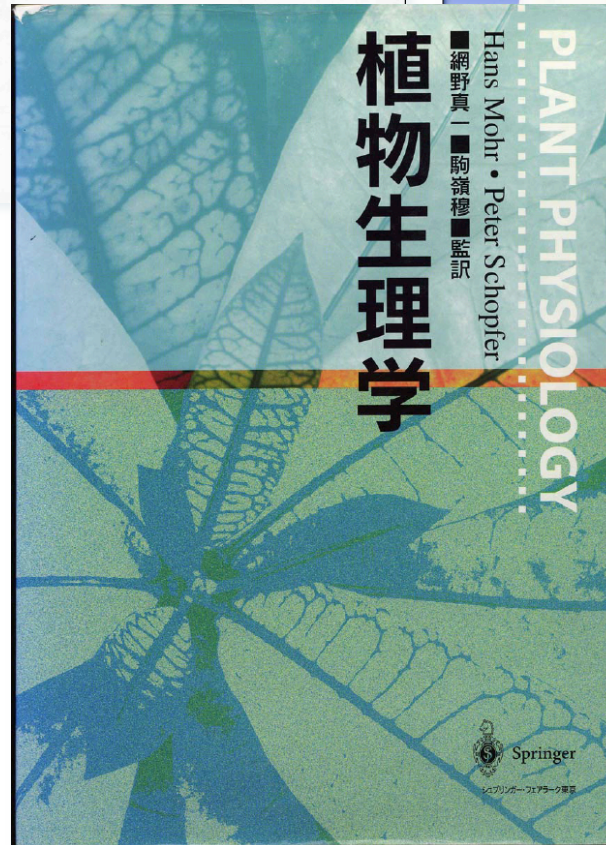
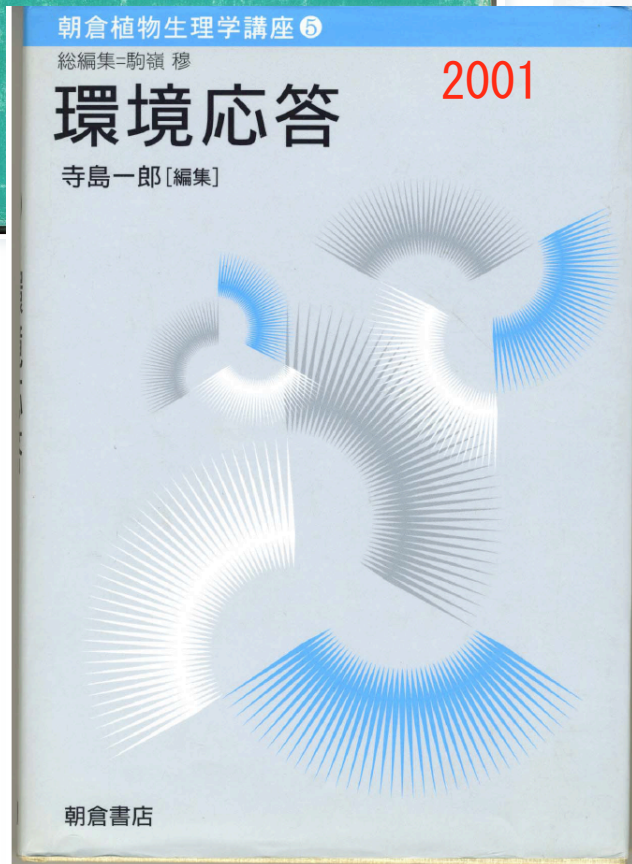
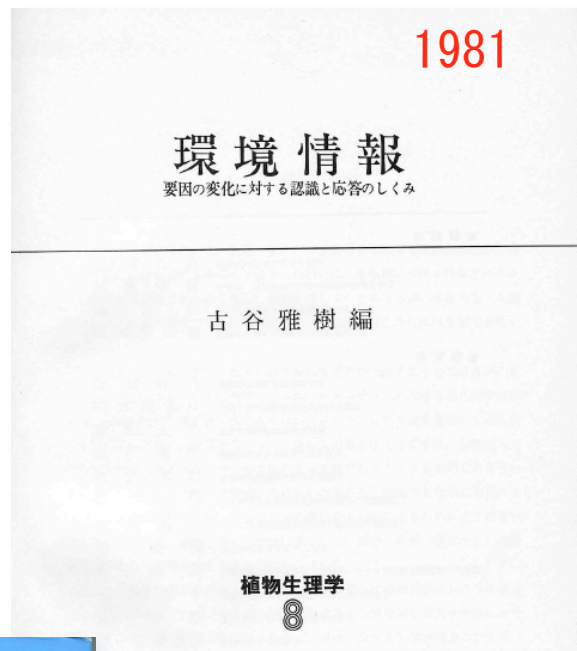
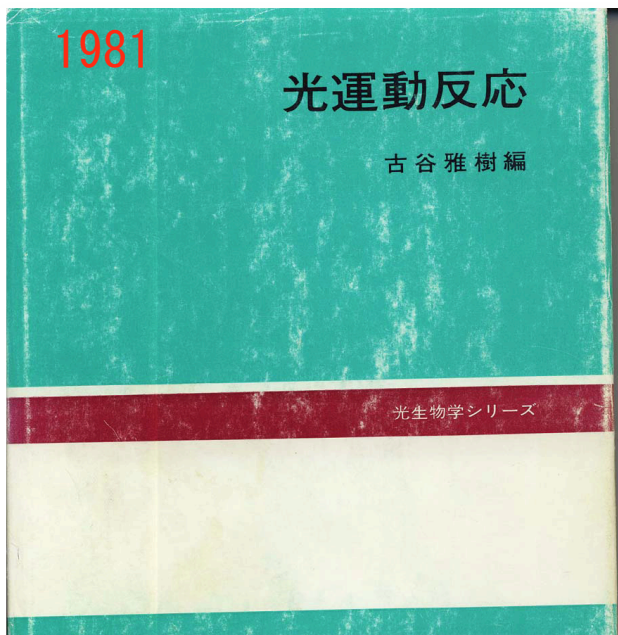


Fig. 17-1. Optics employed for the half-side illumination method. (a) Arrangement optics: objective lens (O); iris diaphragm (I_c); and light source (C_1 , C_2); filters (F_1 , F_2); and mirror (M). (b) Schematic diagram of the optics including water filters (W) and vane (V). (c) Photograph of an algal tip with half-side illumination. (Bar indicates $100 \mu\text{m}$.)



1998

翻訳: 31章
運動の生理学
はドイツ語から
直接翻訳した。

Hans Molisch (1920-1922)

東北大学理学部
生物学教室設立のため
招聘された外国人教授

帰国後Wien大学の学長となった

東北大学理学部共通講義室
に掲げてある肖像画



Je einfacher das Experiment, desto schöner ist es.
実験は簡単であればあるほど美しい

Der Naturforscher, der nur sein Heimat gesehen hat,
kennt nur Teilweisen der Natur.

**故郷しか見たことのない自然科学者は自然のごく一部しか
見ていないことになる**

回想のモーリッシュ

—ある自然科学者の人間像—

渋谷 章



書肆 内田老鶴圃新社

植物学者モーリッシュの

大正

ニッポン

観察記

Im Lande der Aufgehenden Sonne



ハンス・モーリッシュ著 瀬野文教訳

大正ニッポン観察記

草思社

2007



Universität Wien,
Botanisches Institut,
mit Dr. M. Popp

Molisch の肉声 (1937年録音)
内容は史料館だより2009年9月号に





東北大学

東北大学 史料館

だより

ISSN 1347-6211

No.11
2009 Sep.

TOHOKU UNIVERSITY ARCHIVES NEWSLETTER



Index

- 2 ハンス・モーリッシュを訪ねて
生命科学研究所 片岡 博尚
- 6 資料の公開について
- 7 史料館のうごき
- 8 お知らせ

- 上 ハンス・モーリッシュの机
- 左下 モーリッシュの肖像画
(理学研究科生物・地学共通講義室に掲げられている)
モーリッシュ木製胸像
(ウイーン大学植物学教室蔵)
- 右下 クルマバソウ
(宮城県七ヶ宿町に自生)

ハンス・モーリッシュの机

史料館展示室内にさりげなく置かれている写真の机。格別人目を引くこともない普通の机ですが、これも展示物の一つです。植物学者ハンス・モーリッシュが使用していた机と伝えられ、「〔東北〕帝大 植物学科」の焼印があります。

モーリッシュは、東北大学拡充期、理学部のなかではやや立ち遅れていた生物学教室の体制を整えるため招聘されました。在任中、仙台だけではなく日本各地の植物を観察・研究しています。来仙後まもないころ、



アインシュタインが東北大学を訪れ、工学部会議室の壁に二人でサインを記念に残しました。残念ながらこれは焼失してしまいましたが、サイン帳に記した小さなサインは、今でも史料館で見ることができます。

(こちらの写真については、次頁からの寄稿を御覧ください)



**H. Molisch
K. Dobat**

**Botanische
Versuche und
Beobachtungen
mit einfachen
Mitteln**

5. Auflage



**Gustav Fischer
Verlag Stuttgart**

18.12.2004

モーリッシュとドバートの

だれでもどこでも簡単にできる

植物の実験と観察

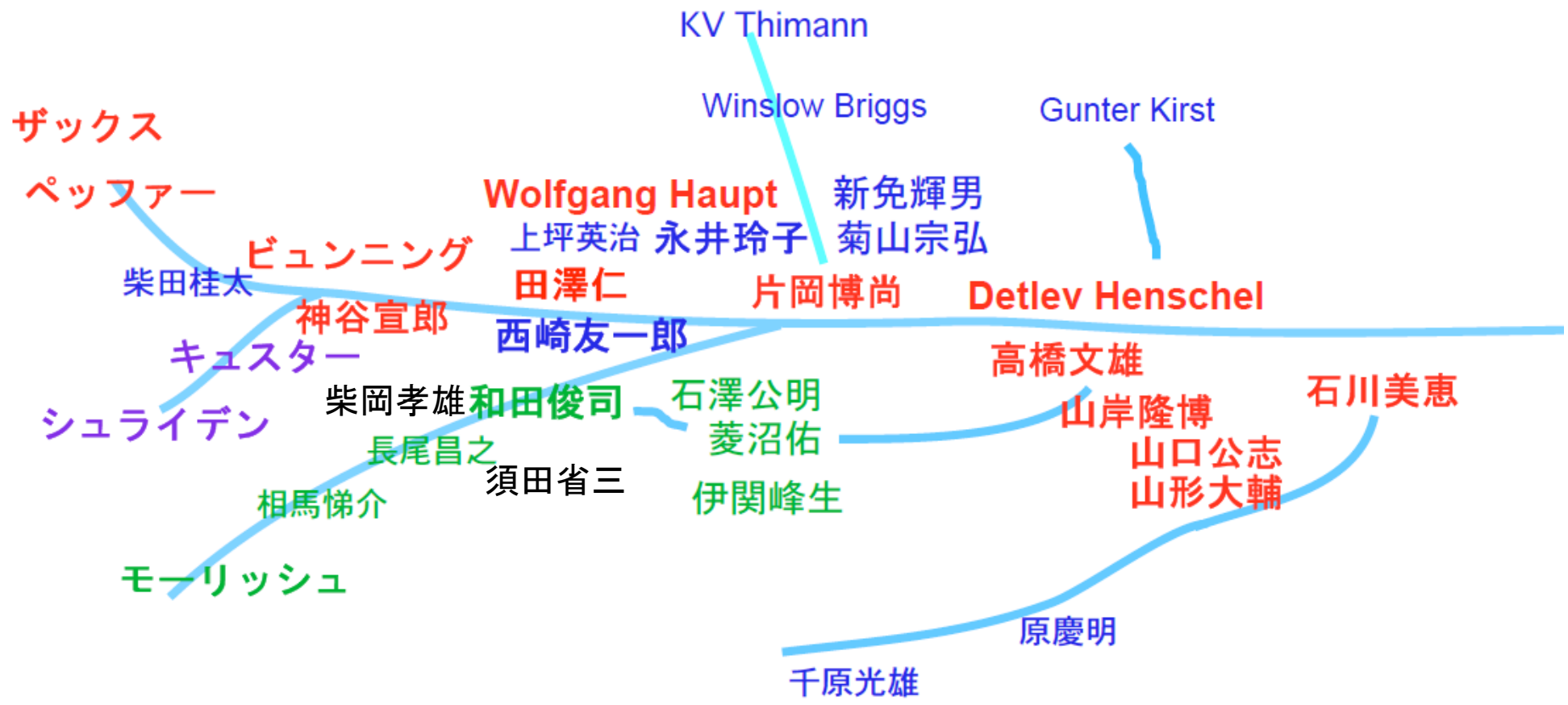
—植物好きな学生と教師のための実験のてびき—

Molisch, H., Dobat, K.

**Botanische Versuche und Beobachtungen mit
einfachen Mitteln**

5. Auflage

片岡博尚 訳



Pfeffer-Bünning-Tazawa-Kataoka
 Kamiya
 Molisch-Soma-Wada-Kataoka

Pfeffer と Molisch の植物(運動)生理学を私の世代で仙台で合流させたかな？

0. 甲賀者仙台へ

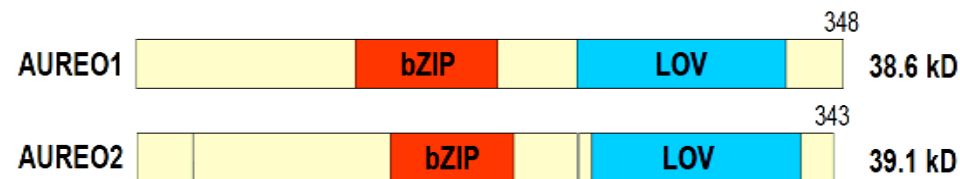
1. 黄色植物とフシナシミドロへの招待

2. オーレオクロムの発見

3. オーレオクロムの分布と起源

4. 多核細胞の生物学

The blue light receptor AUREOCHROME is specific to stramenopile algae



Hironao Kataoka, Fumio Takahashi, Mié Ishikawa
(Tohoku Univ., Sendai, Japan)

片岡博尚・高橋文雄・石川美恵 (東北大・院・生命科学研究科)

kataoka@ige.tohoku.ac.jp



黄色植物

成長促す光受容体発見

東北大 コンブなど改良に道

東北大学院生命科学
研究科の片岡博尚准教授
(光生物学)らの研究グ
ループは、コンブなどの
黄色植物が持つ光受容体
を発見し、成長に關係す

る機能を解明した。光受
容体には生態を変えるス
イッチの役割があり、生
態制御による漁業などへ
の活用が期待される。
グループは、海や陸地



光を受けて右方向へ成長するフシナシ
ミドロ

の湿った場所に生息する
藻類フシナシミドロの光
受容体を解析。新しいタ
イプを見つけ、オーレオ
クロム(ラテン語でオー
レオは「金色」、クロム
は「色素」の意味)と命
名した。

オーレオクロムはケイ
藻やヒバマタなど他の黄
色植物の分析でも発見で
きたが、イネなどの緑色
植物については確認され
なかった。片岡准教授は
「黄色植物に共通する特
有の光受容体の可能性が
高い」と推測する。

フシナシミドロは光を
受けると、その部分だけ
が枝状に成長する。実験

でオーレオクロムを破壊
した場合は育たなかった
ことから、オーレオクロ
ムには特定の遺伝子に作
用し、成長を促す機能が
あるとみられる。

光感知から成長までの
メカニズムはさらに詳細
な研究が必要だが、片岡
准教授は「将来的には黄
色植物のコンブ、ワカメ
の品種改良や、ケイ藻の
生育促進による二酸化炭
素(CO₂)吸収、赤潮を
起こす藻類の除去など、
漁業や環境保全に貢献で
きる」と話している。研
究成果は五十九日に公開
される米科学アカデミー
紀要電子版で発表する。

光合成する黄色植物

青色光受容体を発見

東北大

東北大学大学院生命科
学研究科の高橋文雄博士
研究員、石川美恵大学院
生、片岡博尚准教授らは
褐藻、ケイ藻などの光合
成をする黄色植物の青色
光受容体2種を発見し
た。またこの光受容体が
青色光を吸収して特定の

遺伝子の発現を制御する
「光センサー」つき転写因
子であることや、陸上
植物を含む緑色植物には
ないことなどを突き止め
た。任意の遺伝子の発現
を青色光でオン・オフで
きるナノマシンの開発な
どにつながる成果と期待

される。

米科学アカデミー紀
要(電子版)に近く掲載
される。

光受容体はフシナシミ
ドロという藻類から見つ
け、「オーレオクロム」
と名づけた。フシナシミ
ドロは海から湿った土の

上まで広く分布し、まば
らに分岐する管状の多核
細胞でできている。

この光受容体の構造と
働きを香川大学、基礎生
物学研究所、新潟大学な
どの研究者と共同で調べ
た結果、この受容体がフ
シナシミドロを含む黄色
植物に広く分布する青色
光受容体であることがわ
かった。

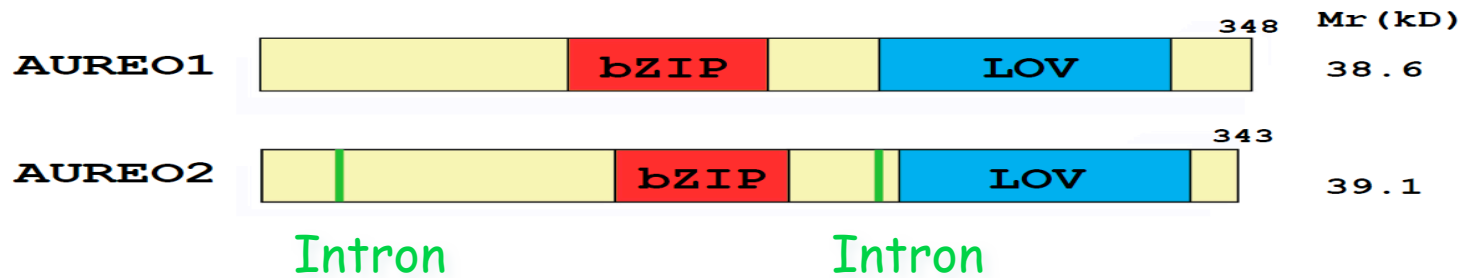
黄色植物と緑色植物は
系統が異なり、今回の光
受容体の発見は黄色植物
の生物学に大きなインパ
クトを与えるだろうとし
ている。

発見した光受容体の研
究が進めば、コンブやワ
カメの品種改良のほか、
ケイ藻の生育を促進して
大気中の二酸化炭素吸収を
増やしたり、赤潮を起こ
す藻類を防除することな
どに役立つと期待され
る。

おもな青色光受容体

	クリプトクロム	CRY	植物・動物	胚軸成長	概日リズム
	フォトトロピン	PHOT	緑色植物	光屈性	葉緑体運動 気孔開口
●	パック	PAC	ミドリムシ	光驚動反応	
	ホワイトカラー	WC-1	菌類	光屈性	概日リズム
●	オーレオクロム	AUREO	<u>黄色植物</u>	光形態形成	光屈性?

● 日本で発見された光受容体
 LOVDメインを持つタンパク



AUREOCHROME1 & 2

フォトトロピン Phototropin

光屈性 (Phototropism) だけでなく

葉緑体の定位運動 や

気孔開口の光センサーでもある！

Winslow Briggsら 1997年にNPH発見。
2000年 Phototropinと改名。

Briggsは1963年から陸上植物の光屈性の研究に取り組んできた。Phototropinの発見は彼の40年以上の生理学の蓄積の上になしえた成果である。

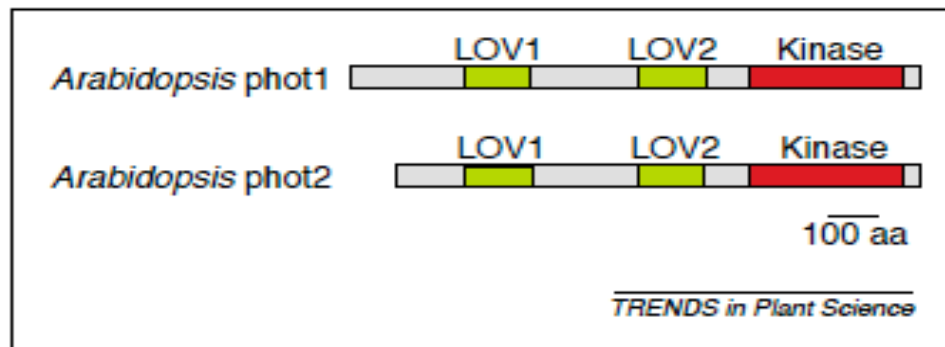


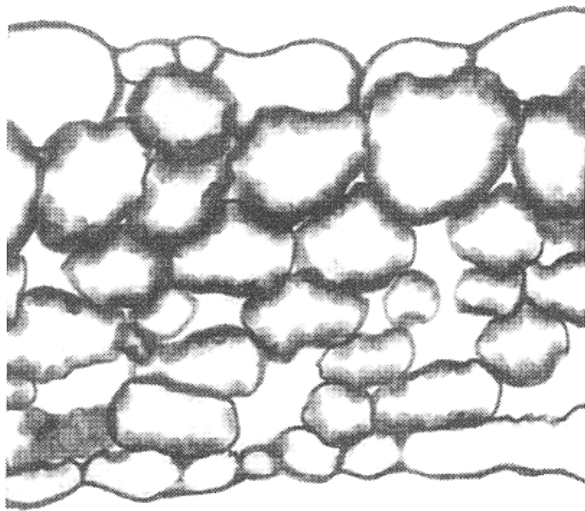
Fig. 2. Protein structures of the *Arabidopsis* blue-light receptors, phot1 and phot2 (996 and 915 amino acids, respectively). Light, oxygen or voltage (LOV) domains are shown in green. The kinase domains, which catalyse the phosphorylation of proteins on specific amino acid residues (threonine and serine in this case), are shown in red.



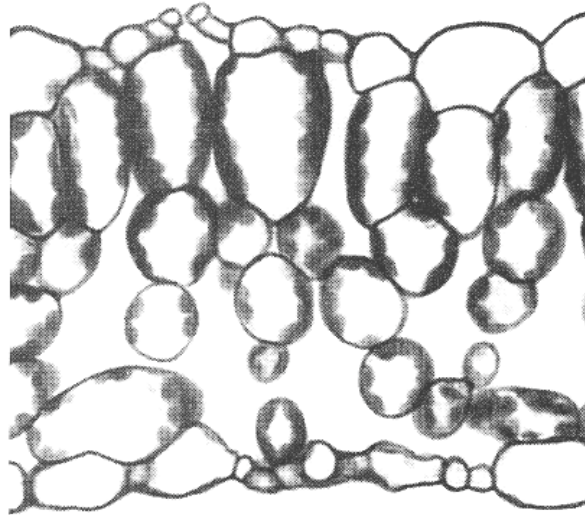
24, June 2008
Carnegie Institution, CA

フォトトロピンのその他の働き

葉緑体の光定位運動



弱光位 Phot1,2



強光位 Phot2



気孔の開口

明 Phot1,2 > H⁺-ATPase > K⁺ 取込 > 膨圧上昇 > 開口

暗 ABA > ~~H⁺-ATPase~~ > K⁺ 逸失 > 膨圧減少 > 閉鎖

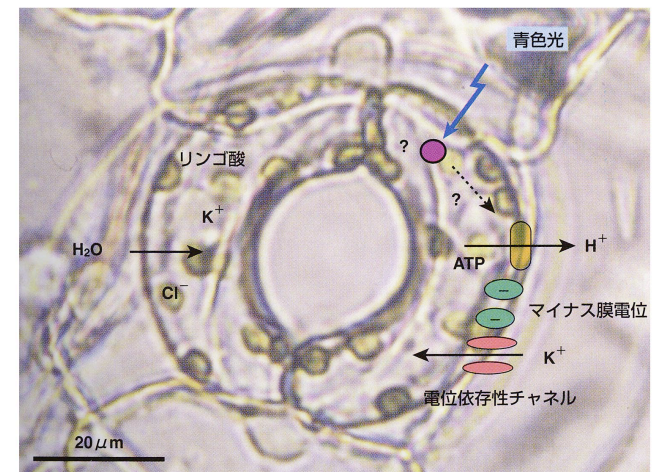


図1 青色光によるマツバツユクサの気孔開口

カタバミの葉の運動もPhotで??



Muir Woods, CA,
21, June 2008

ミドリムシ(*Euglena*)光驚動反応の光受容体PAC (Photoactivated Adenylate Cyclase)

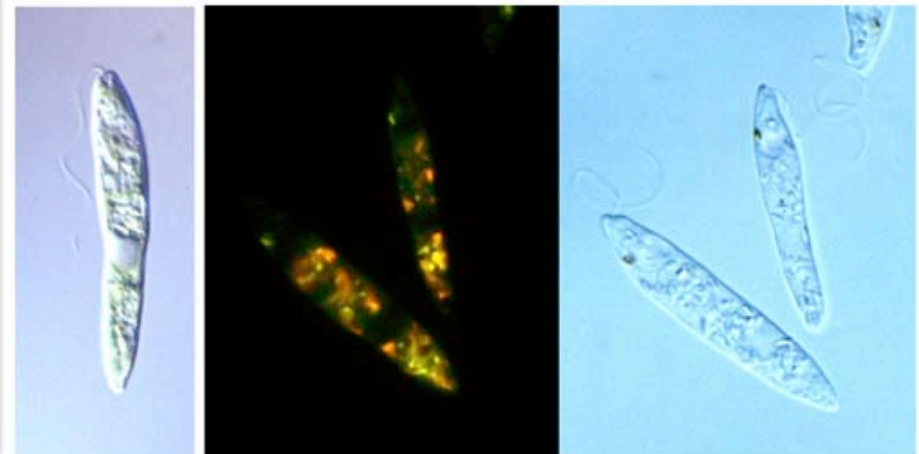
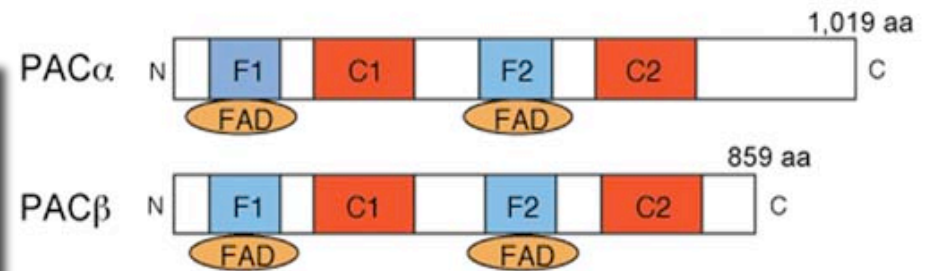
Iseki et al. 2002
Nature 415:1047-51



Step-up 光驚動反応:
暗から明に泳ぎ込んだとき
直進運動が回転運動に変わる
結果的に強光から逃れること
になる.

PACはStep-up光驚動反応の
光受容体だった.

2008 San Francisco, ASP



伊関峰生さんは東北大院理学研究科出身(和田俊司先生の弟子)

黄色植物とは

KELP FOREST

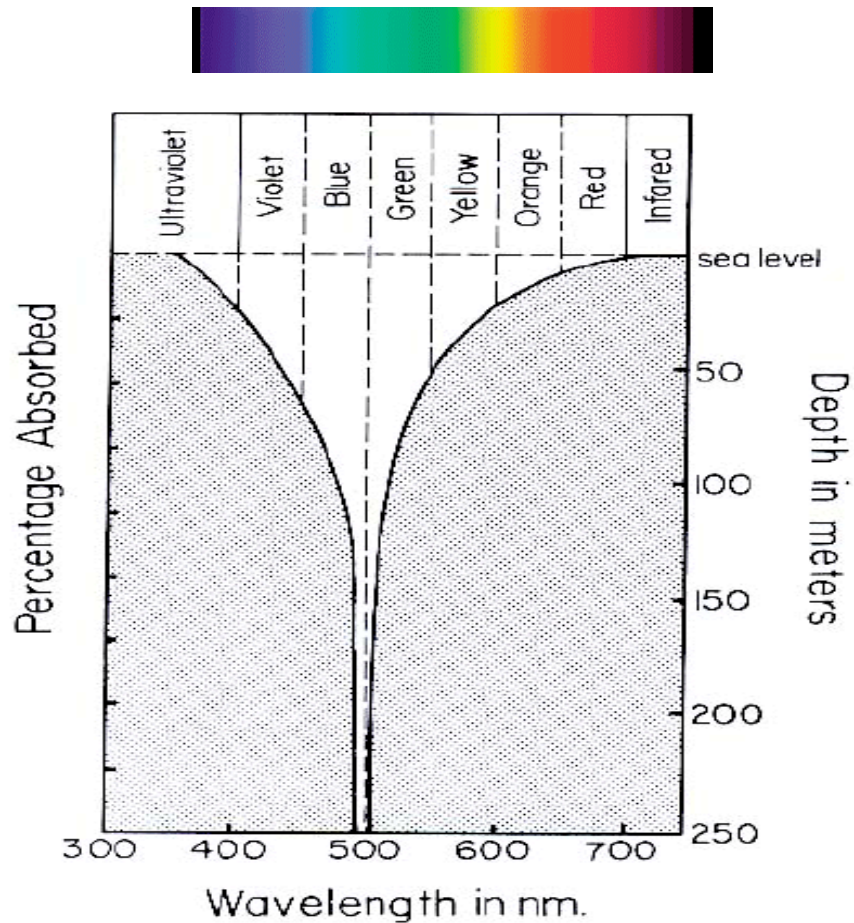
11TH IN A SERIES



N A T U R E O F A M E R I C A

From the US Postal Service Website

Only BLUE LIGHT does penetrate the thick water mass.
In deep sea light is none other than BLUE LIGHT.

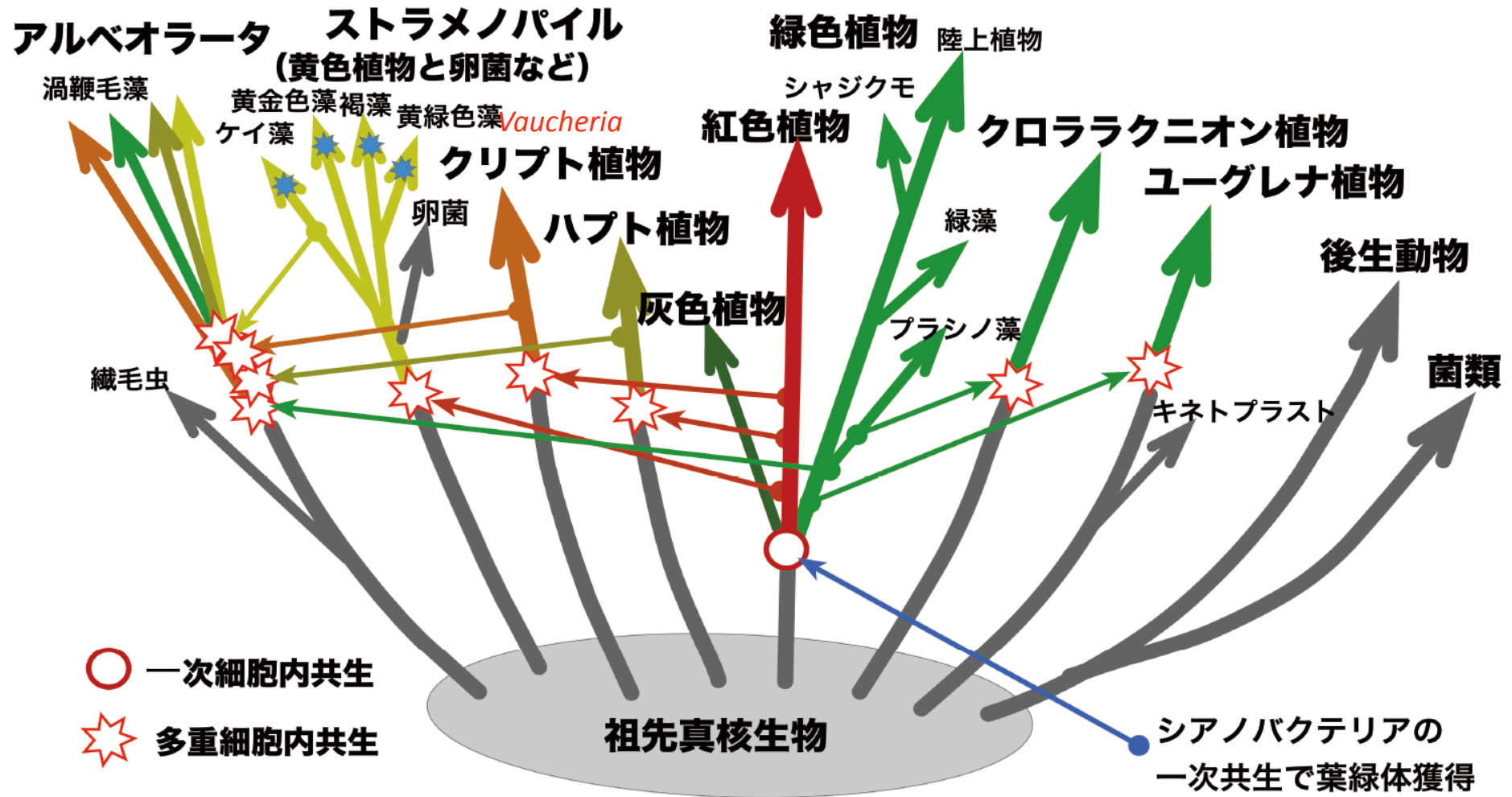


Organisms living in deep sea can survive, as far as they just sense BLUE LIGHT.

Life was born in sea.
This is why BL sensing is common and basic.

Wolken 1986 "Light and Life Processes"

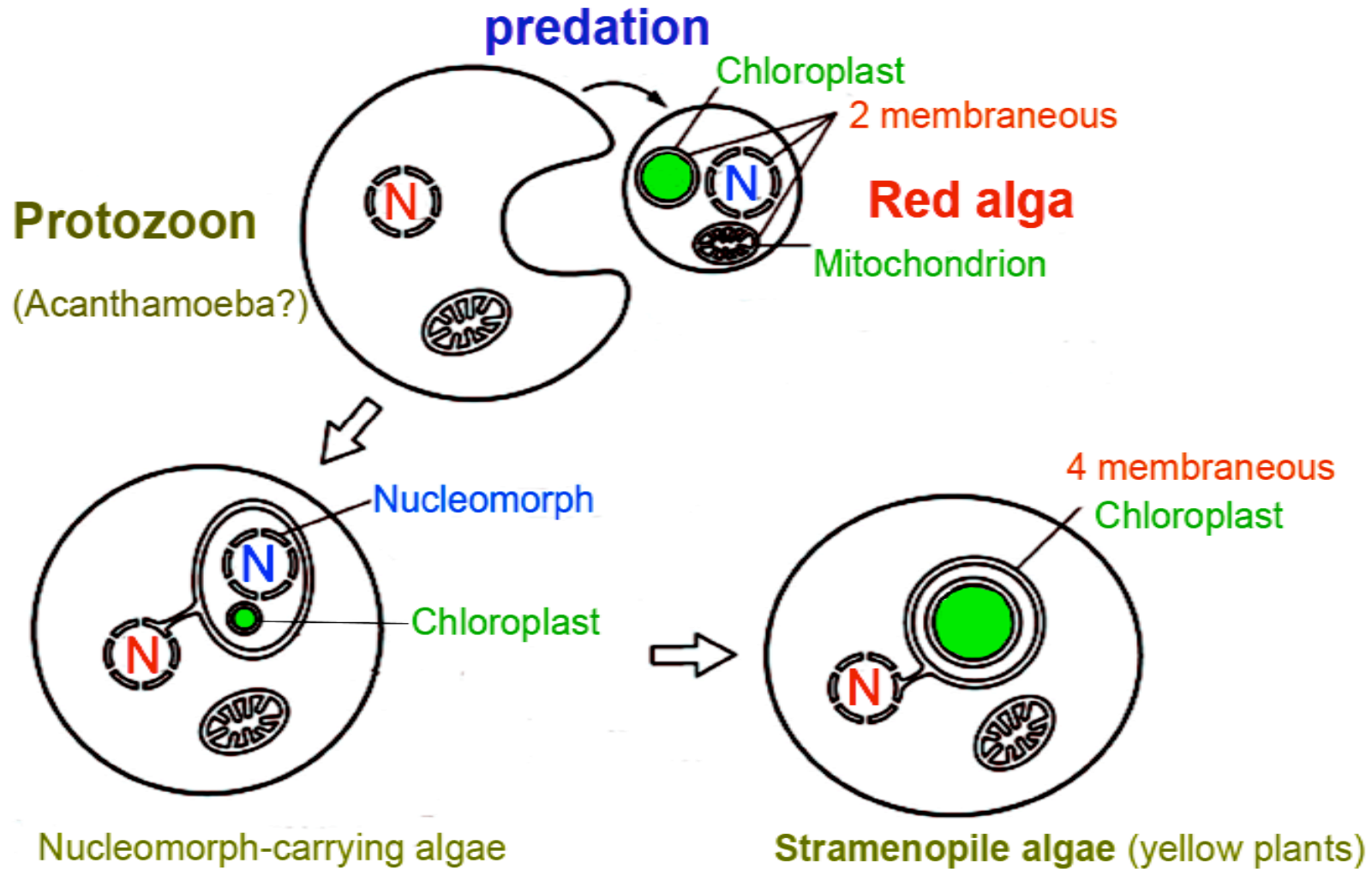
黄色植物 - 葉緑体をもつストラメノパイル



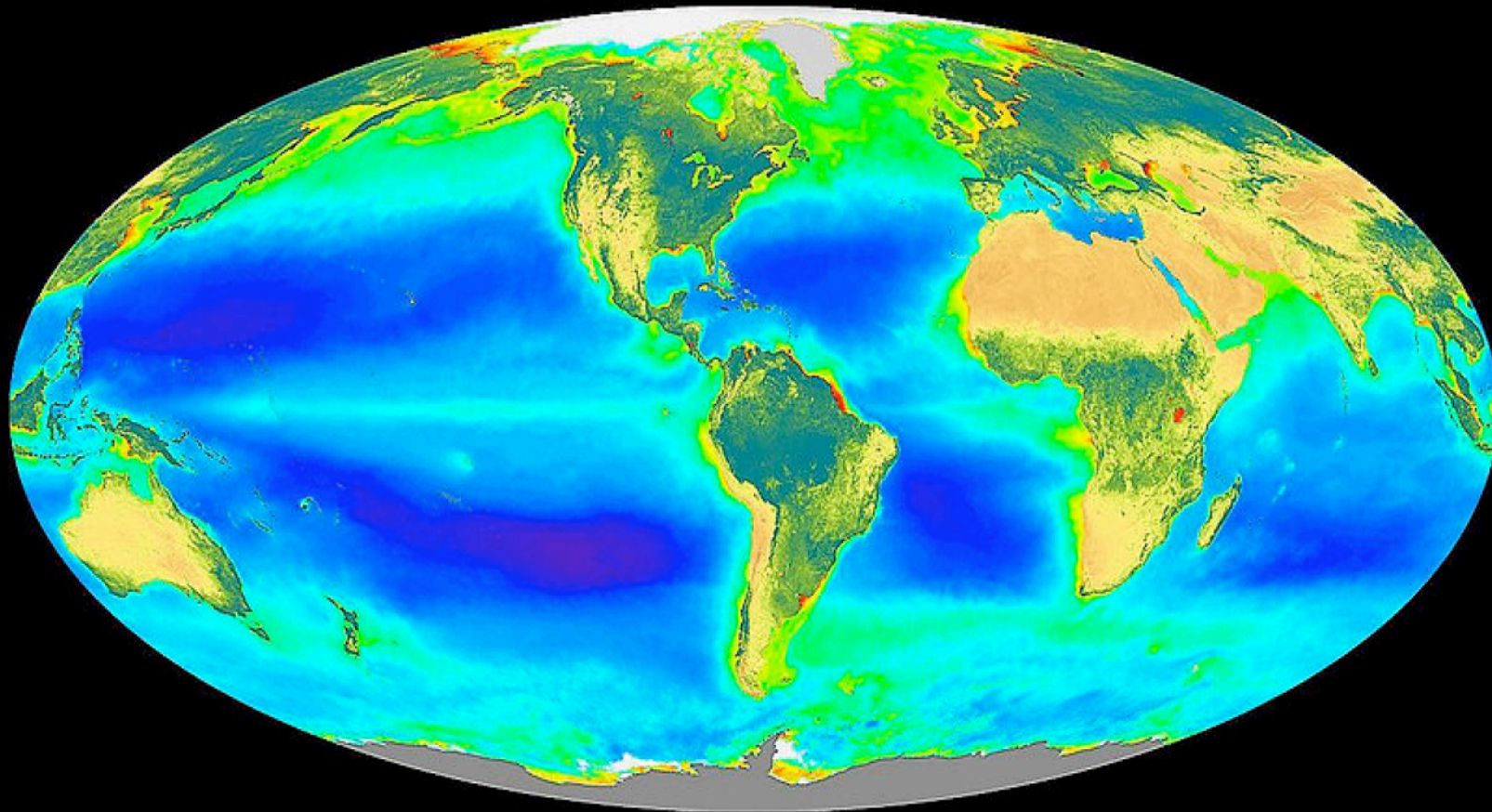
- ❑ 黄色植物は祖先真核細胞に真核細胞の紅藻が二次細胞内共生してできた。
- ❑ 卵菌類はいったん獲得した葉緑体を二次的に失ったらしい。
- ❑ 10億年前の地層から現生のフシナシミドロにそっくりの化石が見つかった。

黄色植物とは - 二次細胞内共生による藻類の進化

黄色植物は(アメーバのような)祖先真核細胞と二次細胞内共生した紅藻細胞から進化した.



Almost 50% of global primary productivity is from ocean*.
The main primary producers in ocean are stramenopile algae.



>0.1 .02 .03 .05 .1 .2 .3 .5 1 2 3 5 10 15 20 30 50
Ocean: Chlorophyll *a* Concentration (mg/m³)

Maximum Minimum
Land: Normalized Difference Land Vegetation Index

*ANPP: 48.5 Gt C y⁻¹/104.9 Gt C y⁻¹

NASA/Goddard Space Flight Center & ORBIMAGE

VAUCHERIA IS A STRAMENOPILE

ストラメノピイル界

Stramenopile

黄色植物亜界

不等毛植物門

Heterokontophyta

黄緑藻綱

Xanthophyceae

フシナシミドロ目

Vaucheriales

フシナシミドロ属

Vaucheria

(無節藻)

~~無節操~~とはちやいまんねん

Vaucheria (Xanthophyceae-Stramenopile)



V. constricta on the tropical coast (Okinawa)

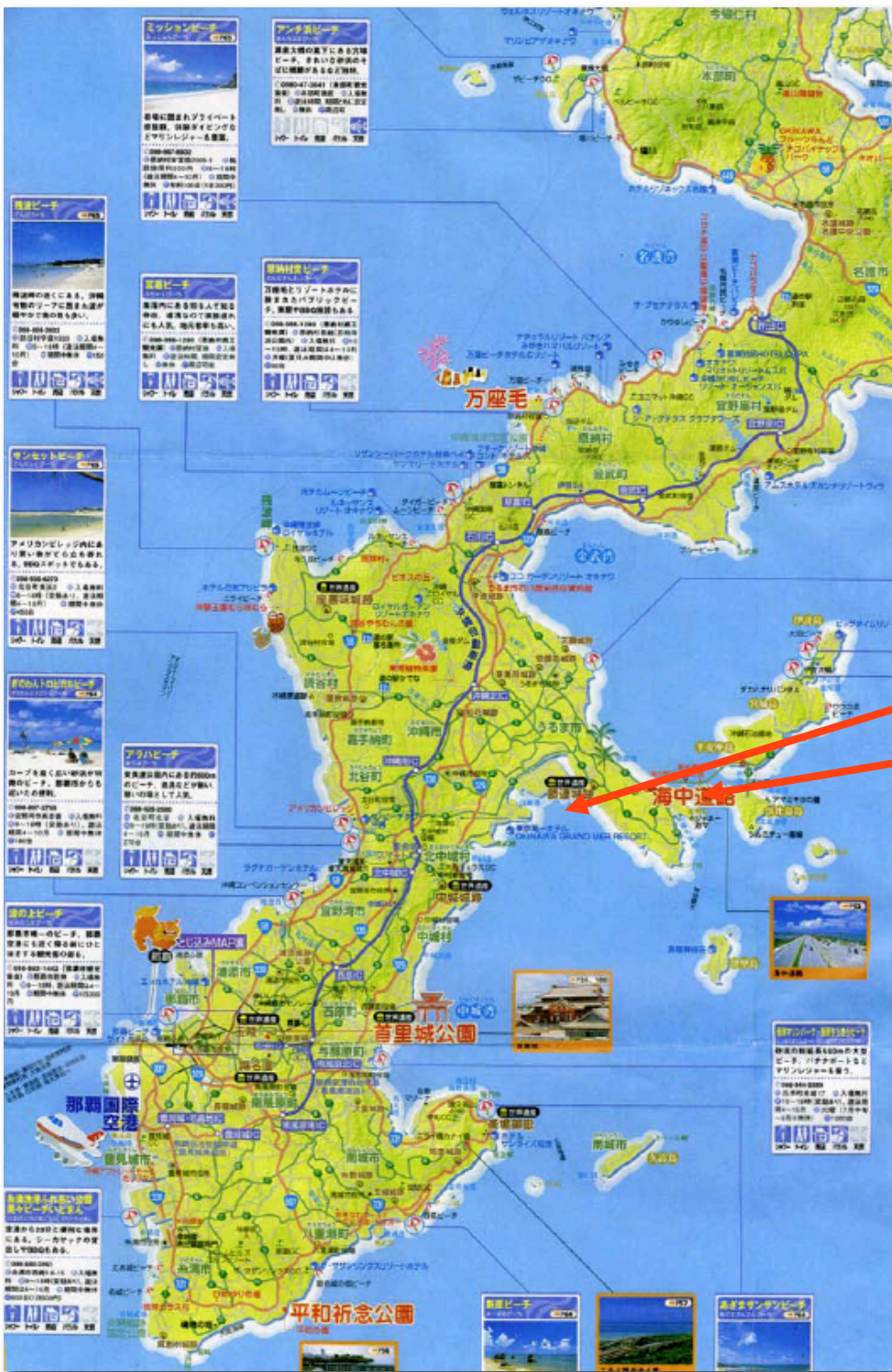


V. dichotoma in brackish ditch (Netherland)



V. frigida growing on wet forest slope (Sendai)
東北大学植物園

Vaucheria (フシナシミドロ)は海岸, 河口, 淡水湖, 川, 湿地に広く分布する



クビレミドロ

*Pseudodichotomosiphon
constrictus*
=*Vaucheria constricta*

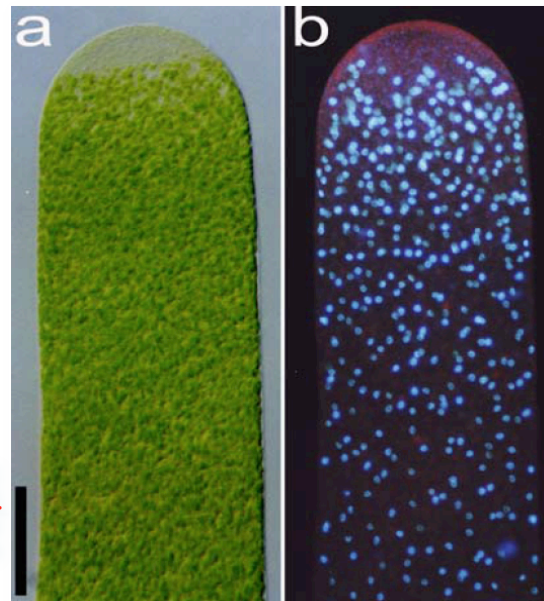
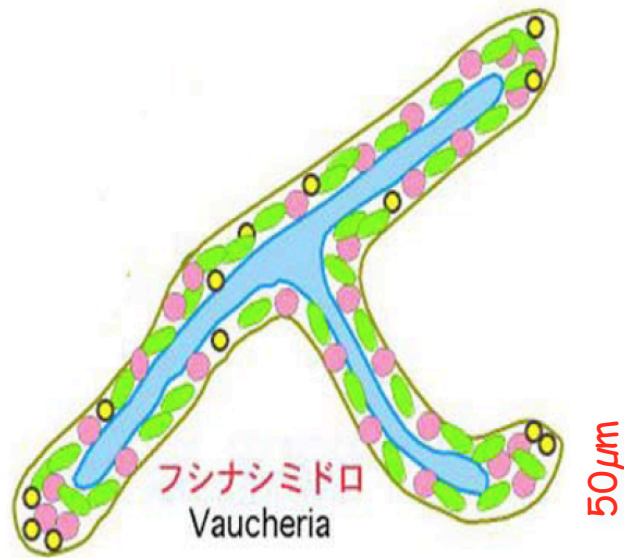
沖縄だけに生育する絶滅危惧種



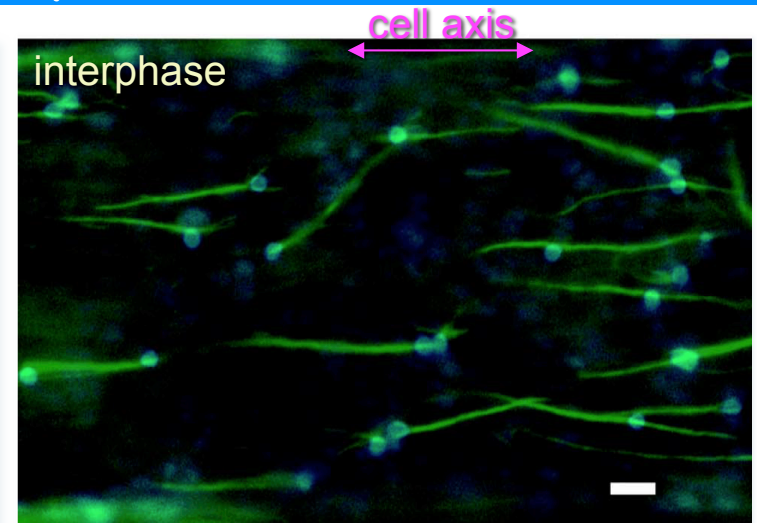
Vaucheria constricta



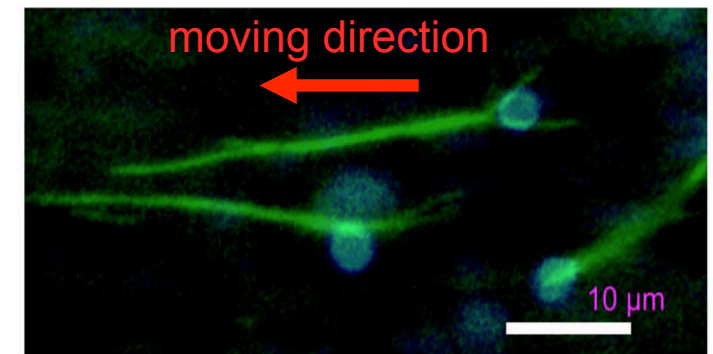
Vaucheria is a tip-growing coenocyte



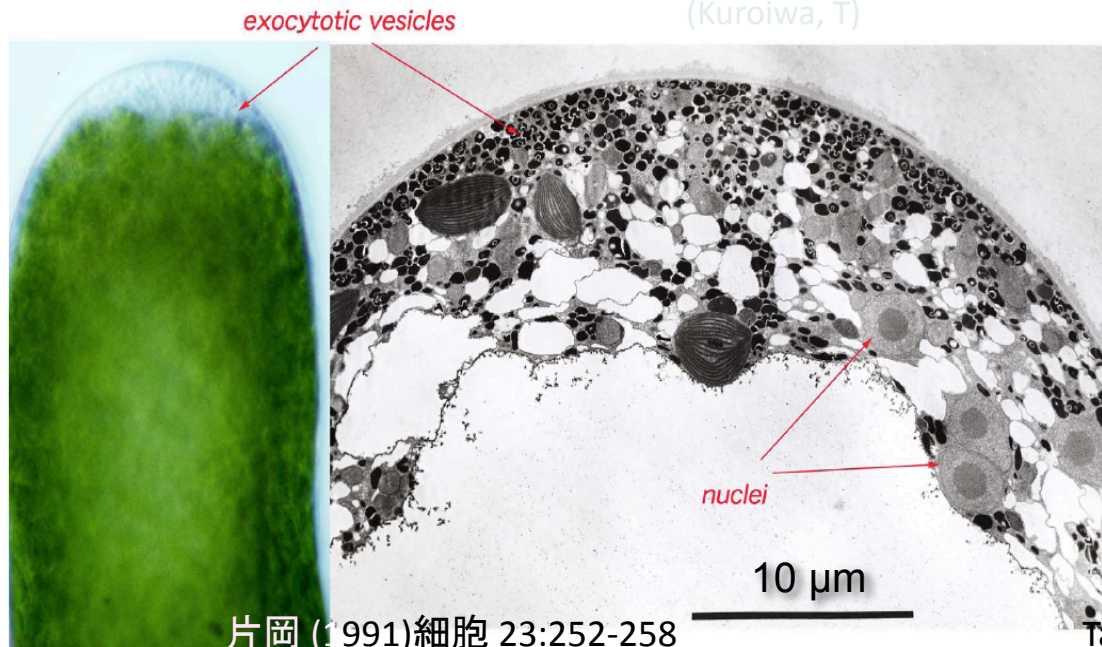
Genome size : ca. 560 Mb
(Kuroiwa, T)



A long MT bundle extends from each nucleus.



Every nucleus has a long front and two short rear MT bundles.



片岡 (1991)細胞 23:252-258

Each nucleus is carried by a MT-bundle

フシナシミドロは欧米 では有名な実験生物で ある

光屈性 (PHOTOTROPISM)
という術語は藻類学者Friedrich
Oltmanns によって
1892年にDarwin以来の向日性
(HELIOTROPISM) から改名
された。

たいていの陸上植物は正光屈性
しか示さない。

Oltmanns は光強度があるレベ
ルを超えるとフシナシミドロは
光源から逃げる負光屈性を示す
ことを観察した。

Friedrich Oltmanns 1892

II. Phototropie.

a) Orthophototropie.

Vaucheria sessilis.

Oltmanns, F. (1892)

Flora 75: 183-266.
"Ueber photometrische
Bewegungen der Pflanzen"

Die heliotropischen Erscheinungen vom gleichen Gesichtspunkt aus zu behandelte, von welchem vorher die phototaktischen betrachtet wurden, hat man sich immer gesträubt. Obwohl N. J. C. Müller¹⁾ ganz präcis hervorgobogen hatte, dass alle Pflanzen je nach der Lichtintensität positiven oder negativen Heliotropismus zeigen, wurde das von Wiesner²⁾ und auf Grund der Beobachtungen dieses Forschers überhaupt bestritten. Nichts destoweniger sind Müller's Beobachtungen, wie ich zeigen werde, vollkommen richtig.

Nach den an den phototaktischen Organismen gemachten Erfahrungen war anzunehmen, dass auch bei heliotropischen Pflanzen die Lichtstimmung abhängig sein müsse von den äusseren Lebensbedingungen derselben, dass also Pflanzen, welche im Schatten wachsen, weit tiefer gestimmt sein werden, als andere, welche an der hellen Sonne gedeihen. Nun habe ich gezeigt,³⁾ dass fast alle Algen zu den typischen Schattenpflanzen gehören; es lag demnach nahe, solche für die Untersuchung zu verwenden. Da Stahl⁴⁾ angibt, dass Vaucheriafäden bei starker Beleuchtung eine zum Lichteinfall senkrechte Wachstumsrichtung einhalten, bei schwächerem Licht aber normal positiv heliotropisch werden, schienen die Vaucherien für eine Untersuchung im angedeutetem Sinne etwas zu versprechen. *Vaucheria sessilis* überzieht bekanntlich den Erdboden an geeigneten Lokalitäten

1) N. J. C. Müller, Krümmung der Pflanzen gegen das Sonnenlicht. Botan. Untersuchungen Bd. 1 S. 57 ff. (1872).

2) Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreich. I. Th. Denkschr. der Wiener Akad. Bd. 39 (1879). II. Th. das. Bd. 43 (1882).

3) l. c. p. 406 ff.

4) Stahl, Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreich. Bot. Zeit. 1880 S. 412.

フシナシミドロは欧米 では有名な実験生物 である

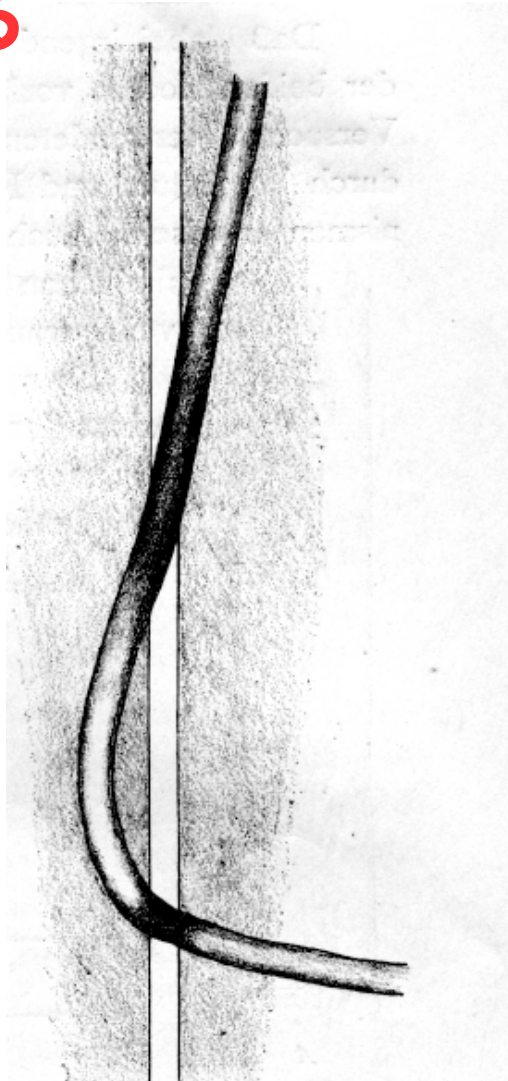


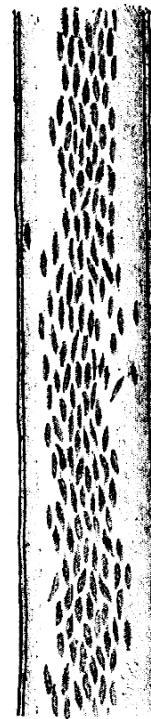
Fig. 17. *Vaucheria*-Schlauch, hinter der Spalte partiell belichtet, mit zwei Ansammlungen der Chloroplasten. Vergr. 65.

Gustav Senn 1908

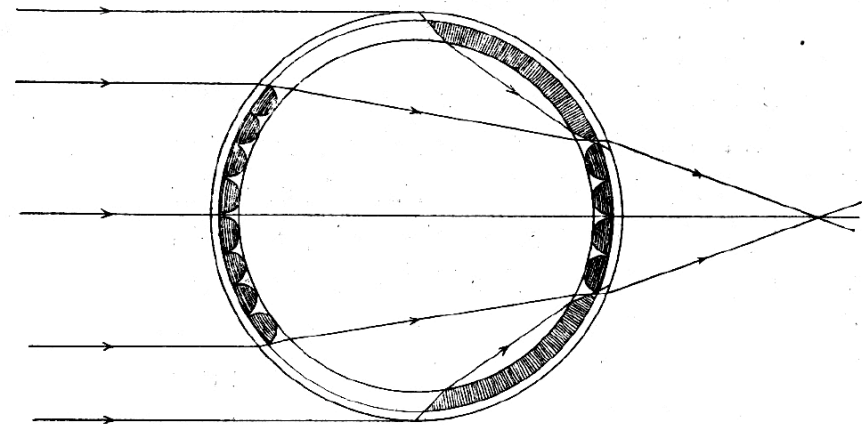
Die Gestalts- und Lageveränderung der Pflanzen-Chromatophoren

ähnlichen Objekten an und ruf sich keine Chloroplastenverlagerung hervor.

Es scheint vielmehr eine rein physikalische Eigenschaft der Zelle und des sie umgebenden Mediums, ihr Lichtbrechungsverhältnis zu sein, das die Verschiedenheit der Anordnung veranlaßt.



A



B

Fig. 18. Chlorophyllarmer *Vaucheria*-Schlauch in Luft einseitig belichtet.

A Chlorophyllbelag der direkt belichteten Vorderseite. Vergr. 300.

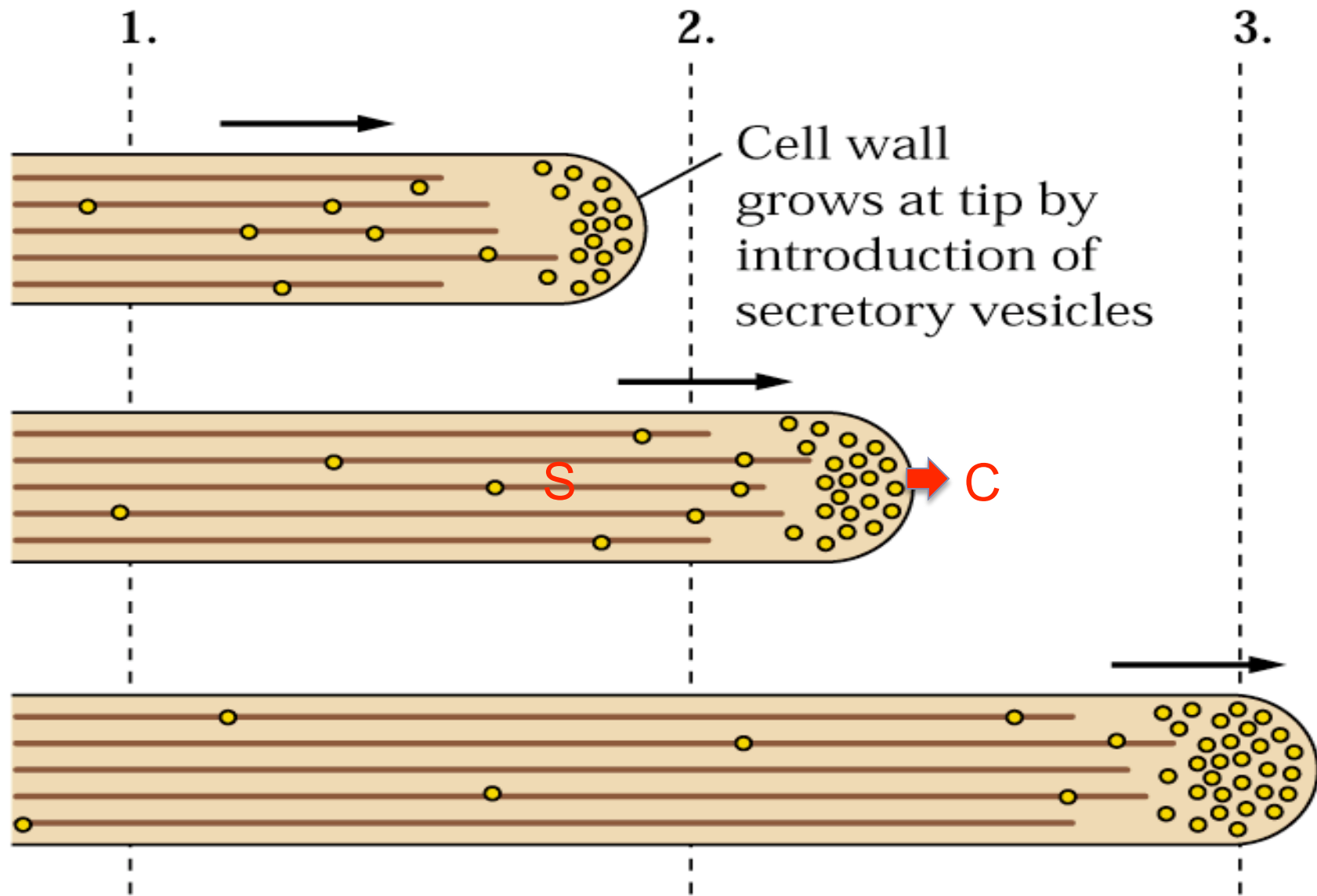
B Schematischer Querschnitt nach Messungen an einem in Luft einseitig belichteten Schlauch; Konstruktion des Strahlenganges. Vergr. 1000.

フシナシミドロは青色光だけを見ている



Vaucheria bends towards the side irradiated with BL of moderate intensity.





分泌小胞の供給 **S** と消費 **C** の時間・空間的偏りで
光成長反応も光屈性も起こる

先端成長細胞の曲がる仕組みは2つある！

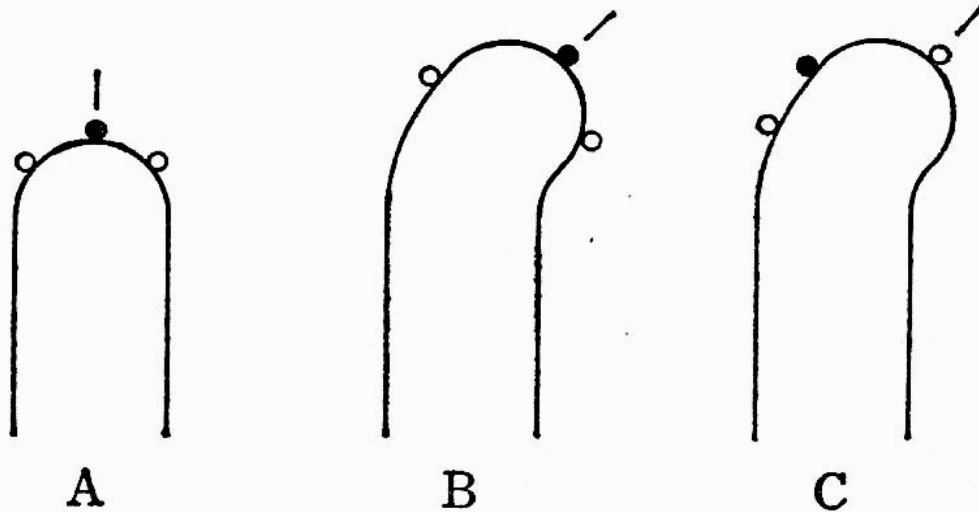


図 4.23 先端成長細胞の屈曲様式
(Kataoka¹⁴) を改変)

A: 屈曲前, B: たわみ屈曲, C: 突出屈曲.
棒は成長方向, 丸点は指標とした樹脂粒を示し, 黒い点はもとの成長点を意味する. 3点相互間の距離の違いに注意せよ.

B たわみ屈曲 (bowing)

左右の成長速度の差
(偏差成長) で曲がる

C 突出屈曲 (bulging)

一方に新しい成長点が
できて曲がる

ほとんどの先端成長細胞は突出屈曲で曲がる

ハネモなどの成長域が基部に広がっているものではたわみ屈曲が見られる

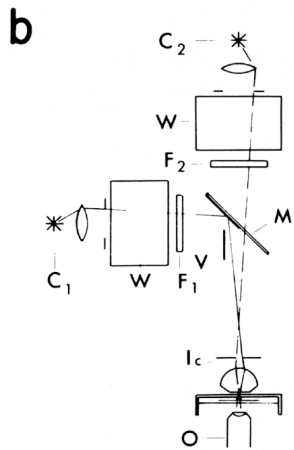
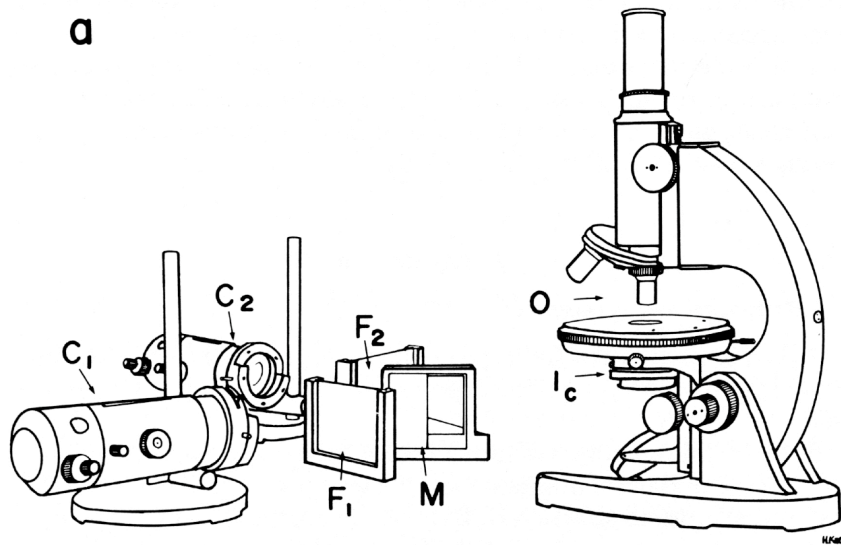
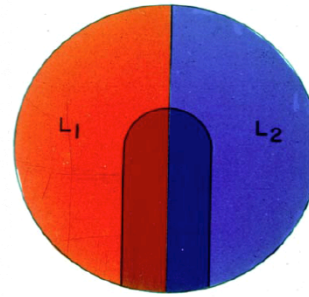


Fig. 17-1. Optics employed for the half-side illumination method. (a) Arrangement optics: objective lens (O); iris diaphragm (I_c); and light source (C_1 , C_2); filters (F_1 , F_2); and mirror (M). (b) Schematic diagram of the optics including water filters (W) and vane (V). (c) Photograph of an algal tip with half-side illumination. (Bar indicates $100 \mu\text{m}$.)



縦半照明法 と 平衡法 を組み合わせてフシナシミドロの正光屈性の作用スペクトルを得た (Kataoka 1975a)

平衡法の原理

L1 参照光: 479 nm , $I = 1$
 L2 試験光: $\lambda \text{ nm}$, $I = A$;
 $A = 2$ のとき 屈曲 = 0 となれば $\lambda \text{ nm}$ 光の効率は 0.5

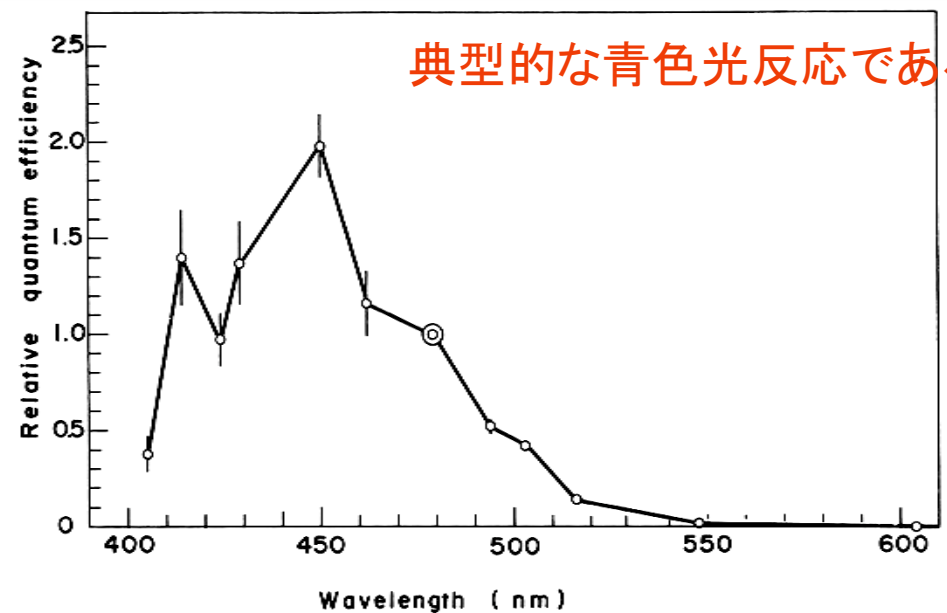
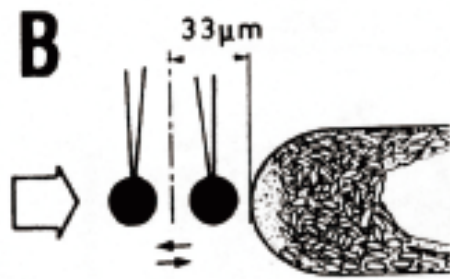
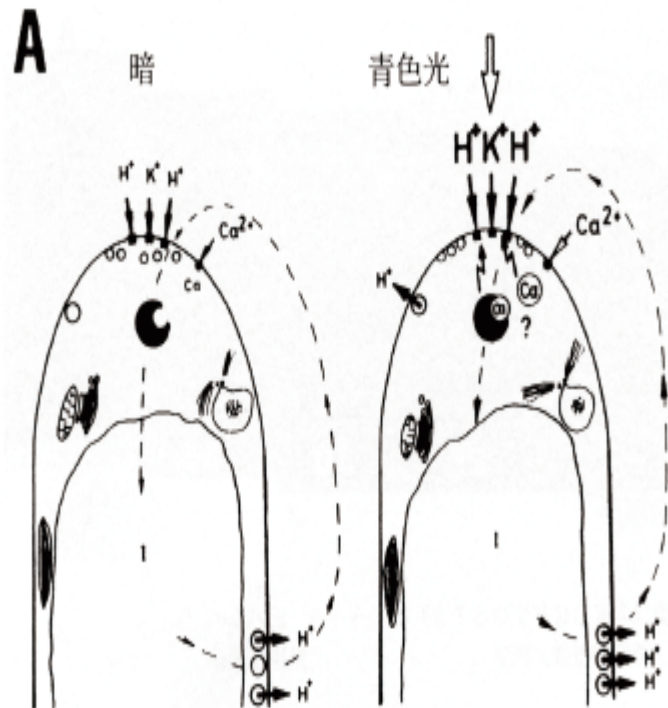
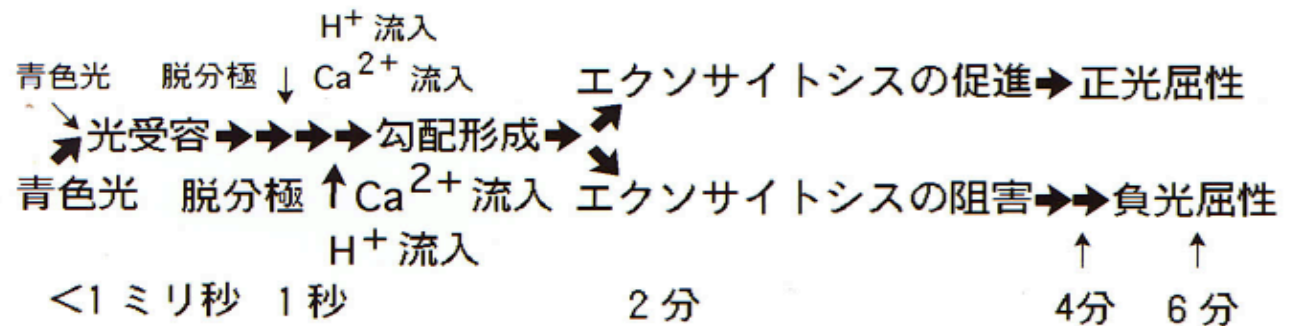


Fig. 17-5. Action spectrum for first positive phototropism of *V. geminata*. Each plot represents average values from 4 to 8 determinations. Bars indicate standard errors. (Redrawn from Kataoka, 1975a.)

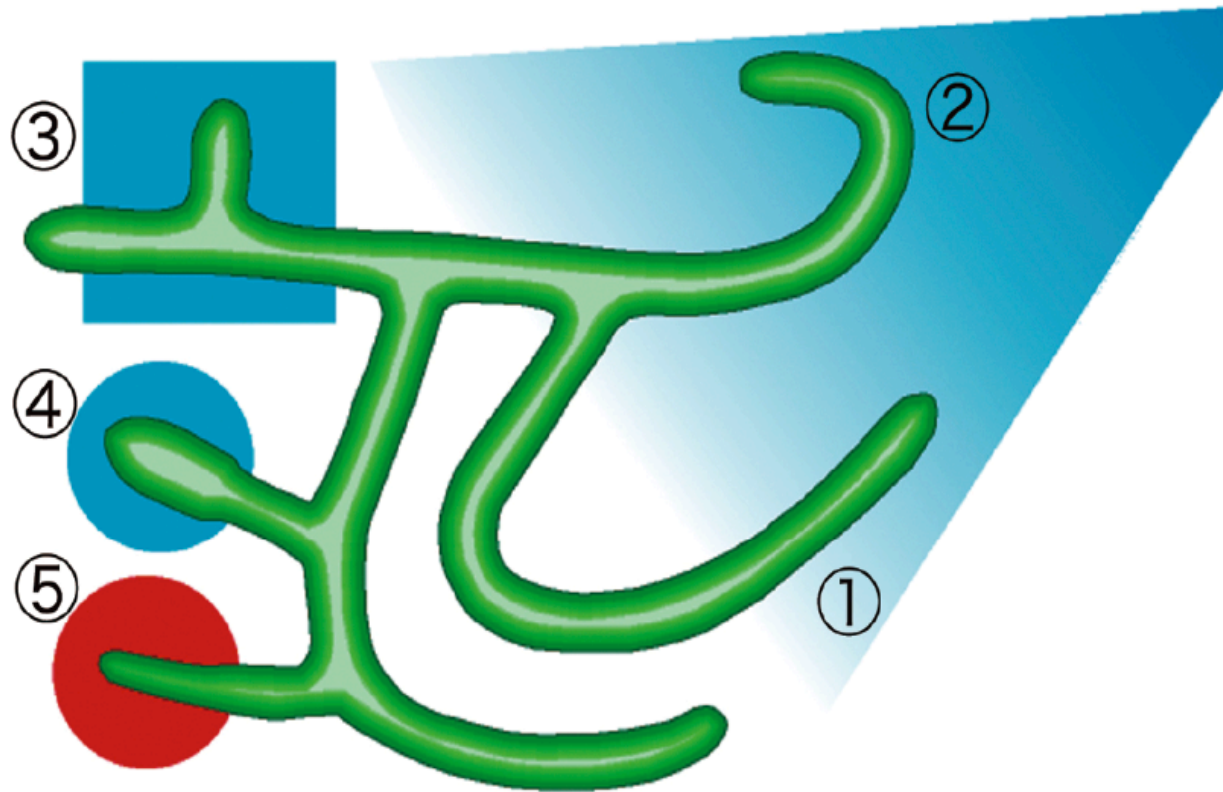
フシナシミドロの光屈性反応



振動電極法

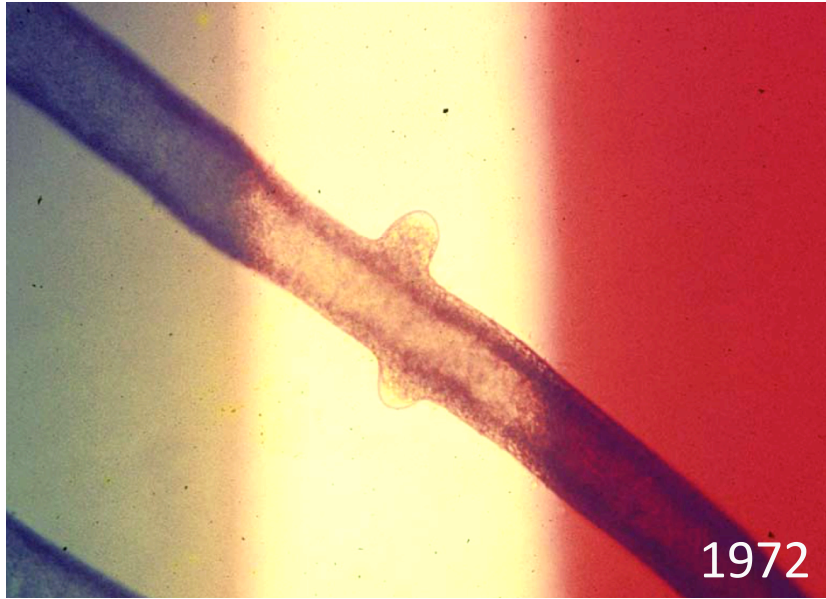


Vaucheria watches only blue light



- ① positive phototropism 1975
- ② negative phototropism 1987-1993
- ③ branch induction 1975-2009
- ④ apical expansion 1980
- ⑤ red light is inert 1975

BL-induced branching in *Vaucheria*

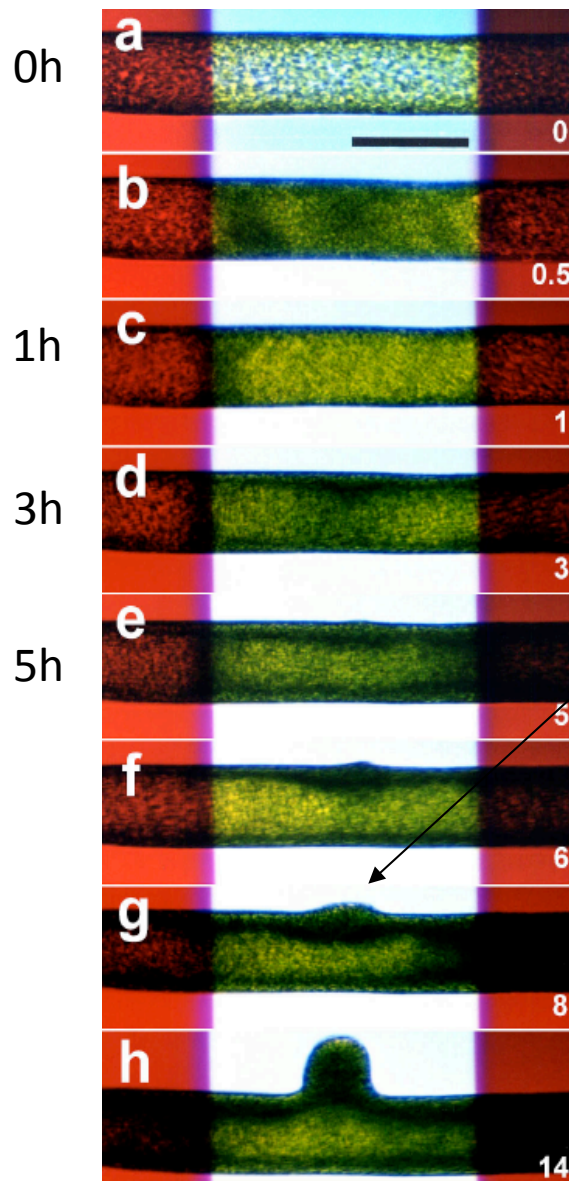


= Photo(cyto)morphogenesis

Vaucheria expands its habitat towards optimum photic environment by means of either phototropism or branching



BL-induced branching in *Vaucheria*

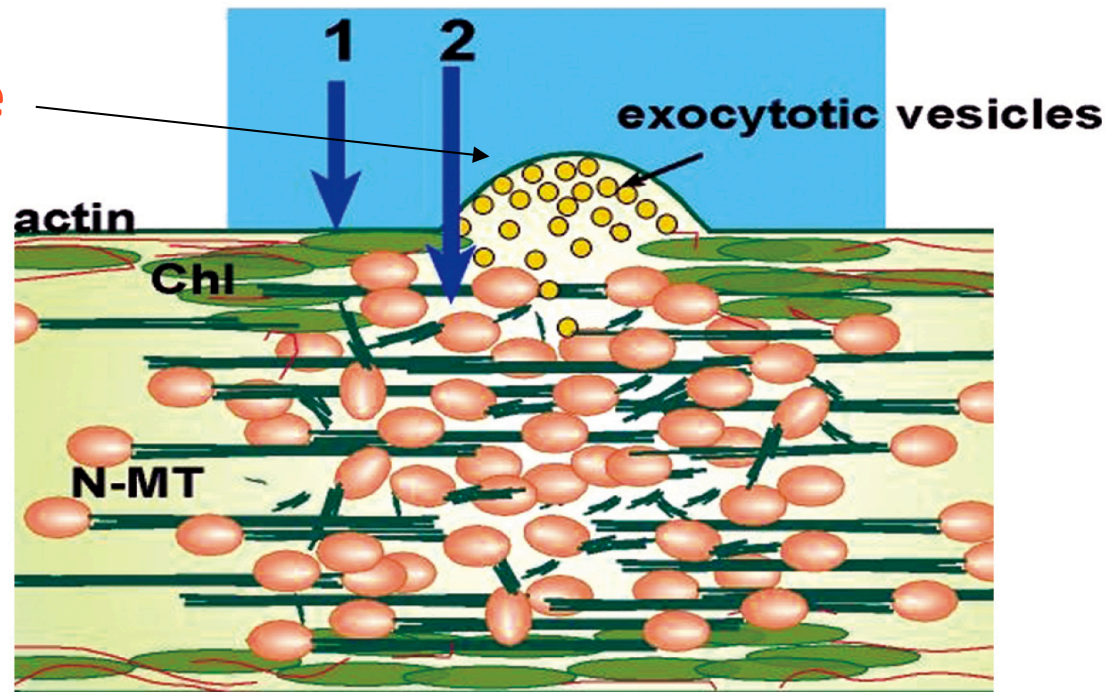


**FORMING A SHAPE BY
GATHERING NUCLEI**
核を寄せて形を造る

分枝誘導は少なくとも2つ以上の光反応系で起こる

- 1) 葉緑体と核の集合
- 2) 集合した核による新規の遺伝子発現

Bulge



0. 甲賀者仙台へ

1. 黄色植物とフシナシミドロへの招待

2. オーレオクロムの発見

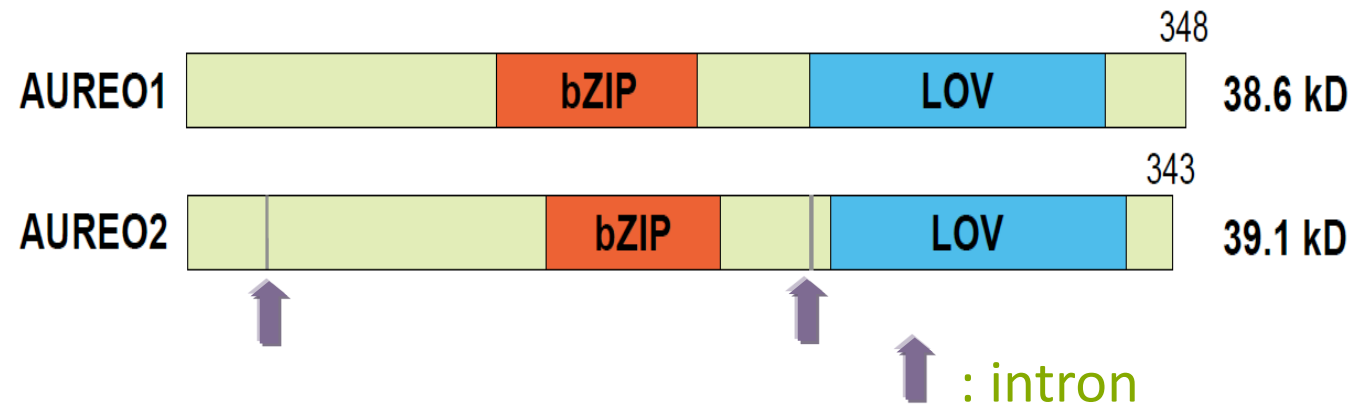
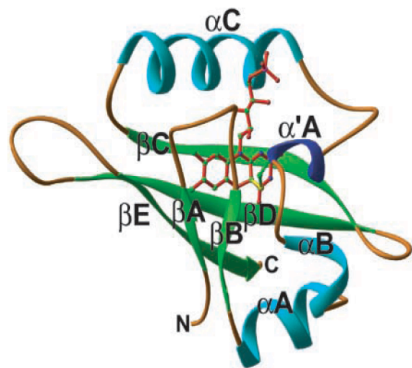
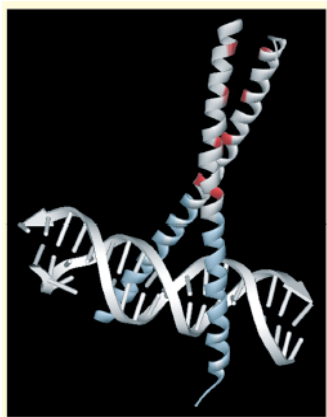
3. オーレオクロムの分布と起源

4. 多核細胞の生物学

1. オーレオクロムの発見

AUREOCHROME 1 & 2

Aureus : golden
Aurum : gold

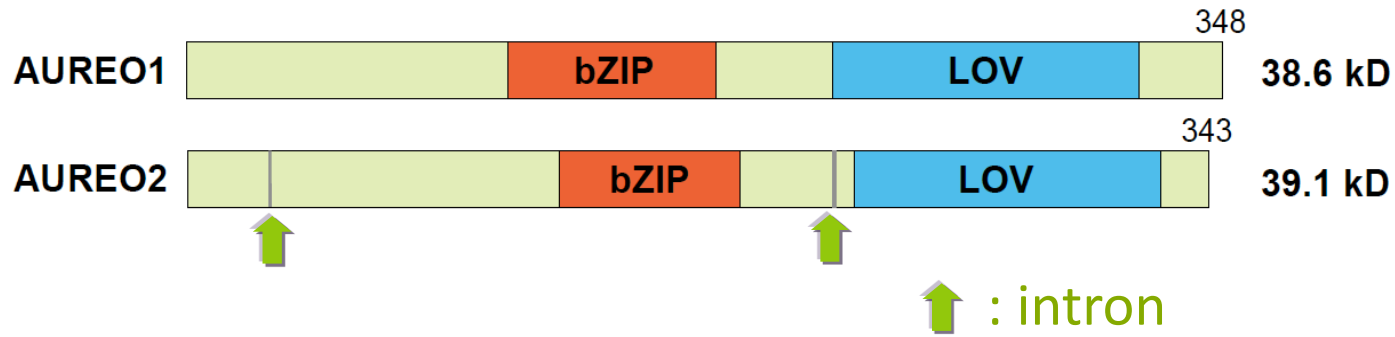


**bZIP: Basic Region/Leucine Zipper
transcription factor**

**LOV: Light/Oxygen/Voltage sensing
BL-sensor**

AUREOCHROME is a BL-activated transcription regulator

Structure of AUREOCHROME



AUREO1 -----MNGLTPLPLMFCRSDDPSSTSNINLDDVFADVFFNSN-GELLDIDEIDD-FG
AUREO2 MINFTSTHFTPFVPRKYNEREYFOQNCPEFAGVDNDFDFVEFCKLSQALFDVSAVSDSY

AUREO1 DNTCPKSSMSVDD--DASSOVFOGHLFGNALSSIALSDSGDLSTGIYESQG--NASRGKS
AUREO2 PSLDPQSFYPLVNELDCEYP--WTDGPN--PSFPPSQLOVESAI--SQECLNTA-YKS

AUREO1 LRTKSSGSISSSELTEAOKVERRERNREHAKRSRVKKFFLESLOOSVNEINHENCLKES
AUREO2 DATTATTRRRAQSREEQQQRREERNKVLARKTRLRKKFFLQGLRNQVMSLYQENLRKEI

bZIP

AUREO1 IREHLGPRGD-SLIAQCSPEADTLLTDNPSKANRILEDPDYSLVKALQMAQONFVITDAS
AUREO2 VKNHCGINSKKILLDDNCLGDMPDIVATCGQEATALIQRSDFTLMKALYSSQPSFCVTNPL

LOV

AUREO1 LPDNEIVYASRGELTLIGYSLDQILGRNOREILOGPETDPRAVDKIRNAITKGVDTISVCLL
AUREO2 VPCDPIVEASDSFIKLIIGYSREOVILGRNOREILOGPDTDPDAVRILRKGIVEGKDTDVITL

AUREO1 ! K ! ! NYRODGTTFWNLFFVAGLRDSKGNIVNYVGVQSKVSEDYAKLLVNEQNIYKGVRTSNML
AUREO2 ! ! ! ! NYNASGEPFWNHVFAALRDSSGVINFGVIOHVQR-----PVIDRGOGENNPF

AUREO1 RRK 348
AUREO2 R-- 343
*

! : Amino acid residues necessary for FMN-binding

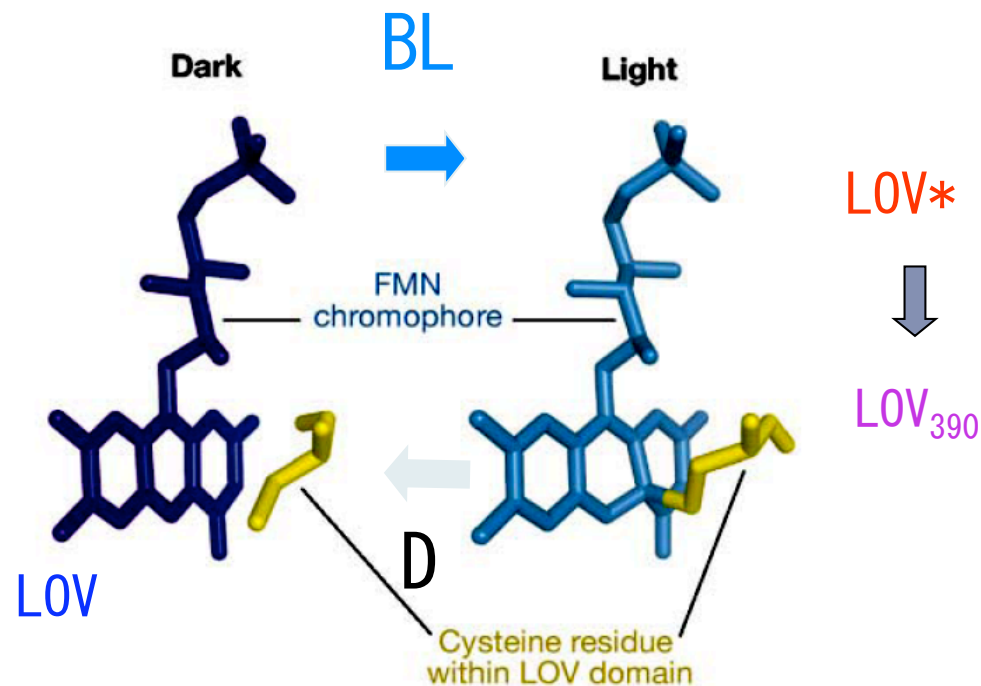
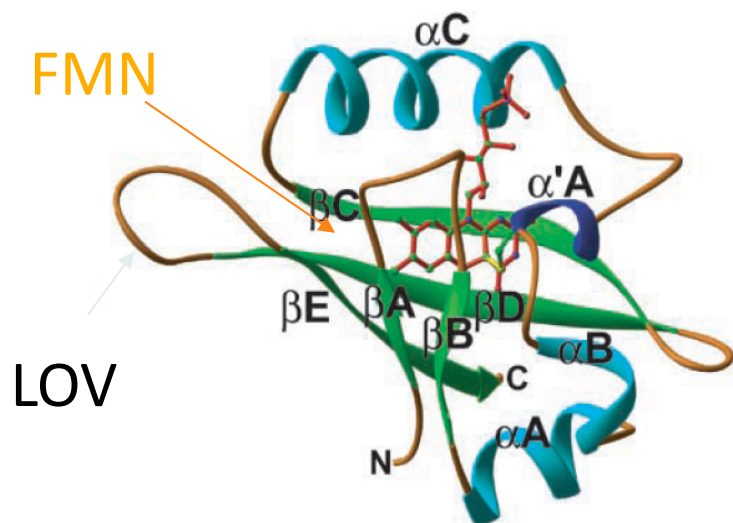
NCRQVIRNNFQ
NCRQVLRNNVQ

オーレオクロムが青色光受容体であるための3条件

- 1) クロモフォア (FMN かFAD) をもち、
BLで励起/弛緩するサイクルがある
- 2) BLによってbZIPドメインの
DNA結合活性が変化する
- 3) 明確な標的となるBL反応がある
(オーレオクロムを壊すと反応は消える)

1) AUREO1 は 青色光受容体としての基本的性質をもつ

LOVドメインがBLセンサー

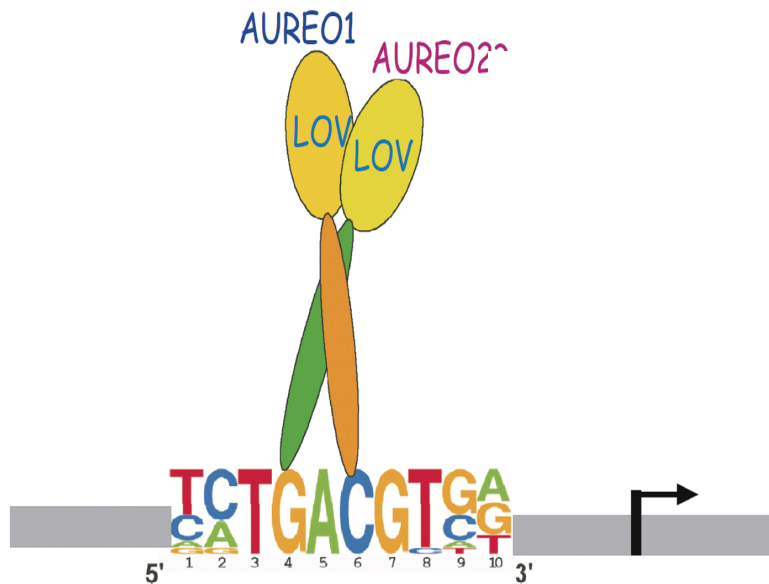


$$\tau_{1/2} = 4.9 \text{ min}$$

FMNがBLを吸収するとシステインとの間に共有結合(cysteinyl adduct)ができる
Cysteinyl adductの生成は 390 nmの吸収増加でわかる

2) オーレオクロム1は青色光で活性化する転写因子だった！

In vitro binding assay



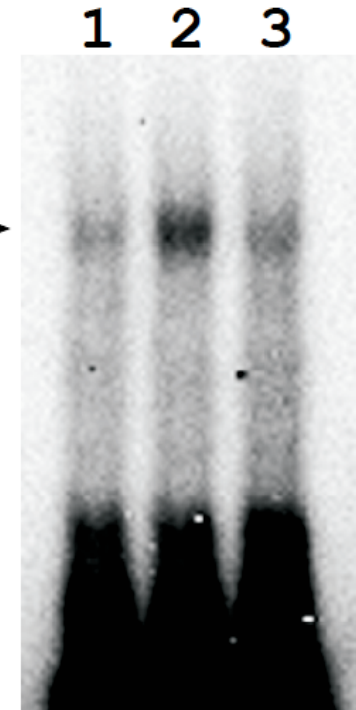
AUREO 1 は特定の標的配列
TGACGTに結合

Gel-shift assay with BL

AUREO1-TGACGT complex ▶

5分のBLでAUREO1-
TGACGTの結合が一過的に
促進 (レーン2)

25分のDで結合は離れる
(レーン3)



1 D30'

2 D25' BL5'

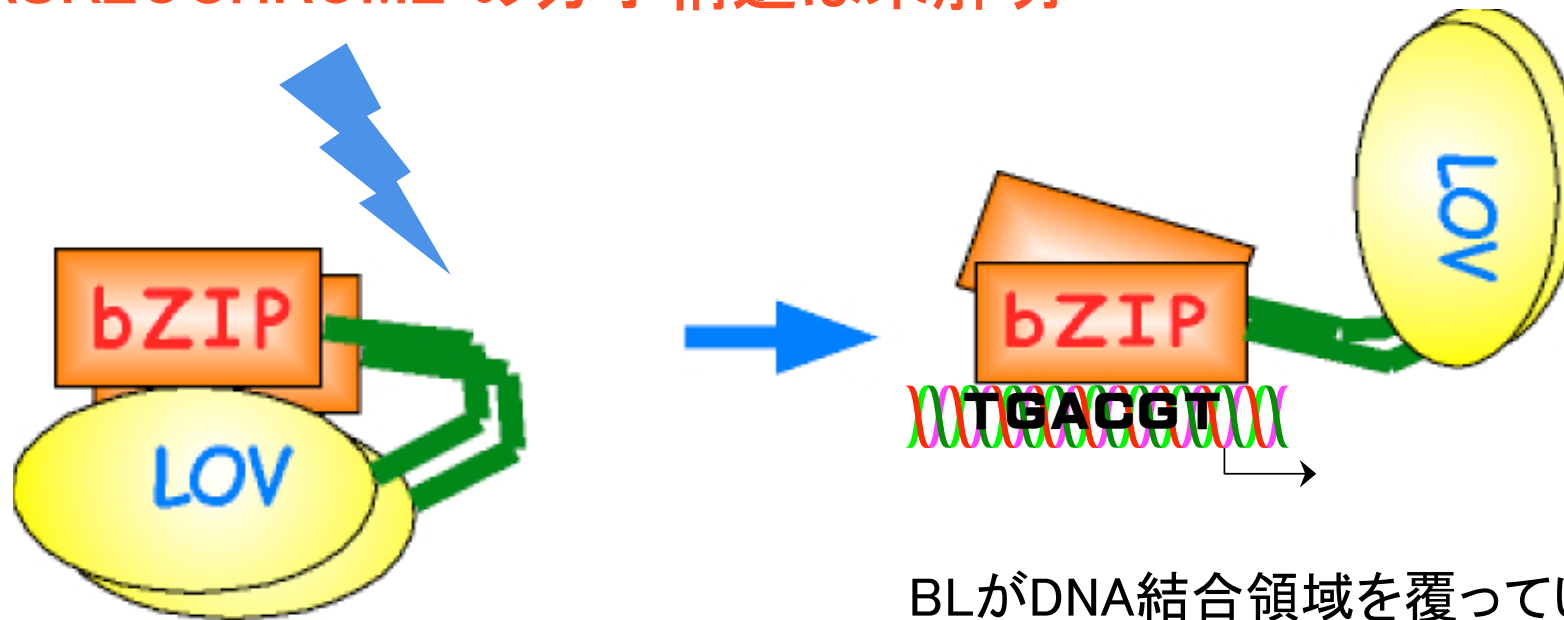
3 BL5' D25'

▲ DNA probe

DNA結合はBLで活性化し、
Dで不活化

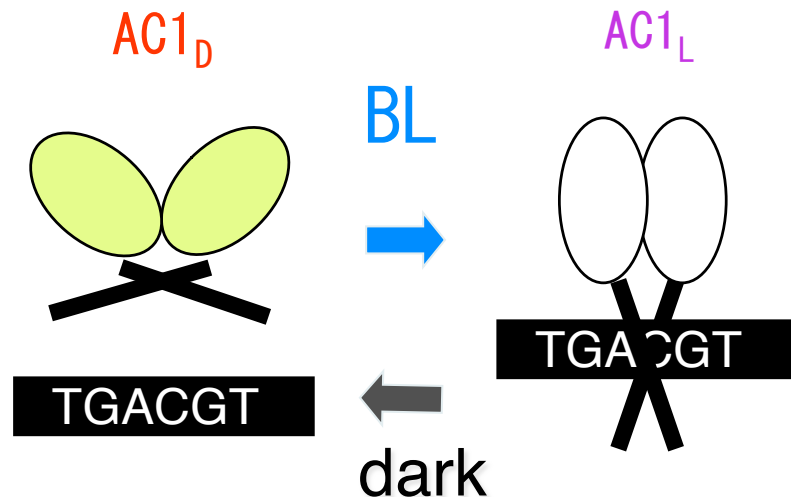
2) AUREO1 is a BL-activated transcription factor !

AUREOCHROME の分子構造は未解明



BLがDNA結合領域を覆っていた
LOVドメインをはねのける？

or



BLがAUREO-dimer をDNAと結合しや
すいよう変形させる？ (阪大 久富)

3) ノックダウン実験 (RNAi) RNAi が6ヶ月以上持続した

RNAi knock-down experiment

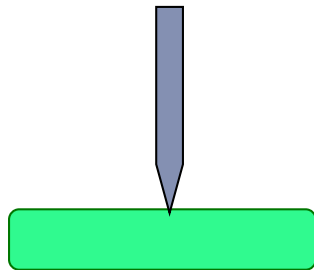
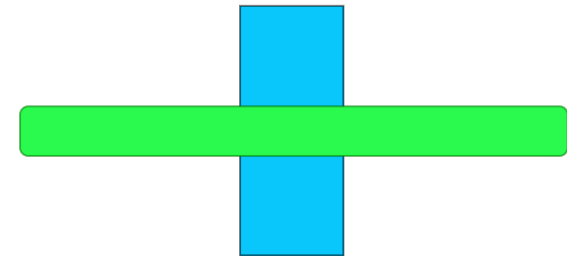
AURE01&AURE02の
dsRNAを注射
dsRNAは瞬時に多核
細胞全体に拡散する



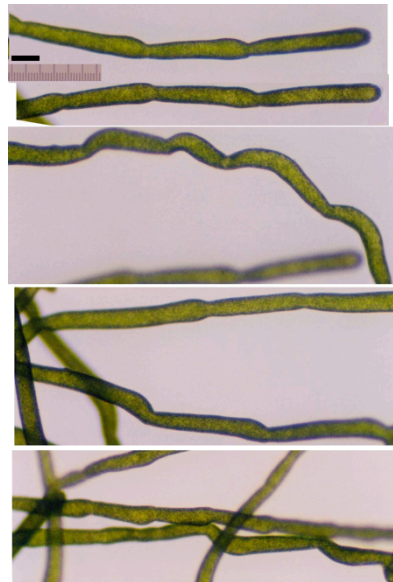
数日後断片から再生
した枝は異常な形態
を示した。
異常形態は6ヶ月以上
持続.



6ヶ月後, 青色光を当てて
分枝誘導の有無を検査



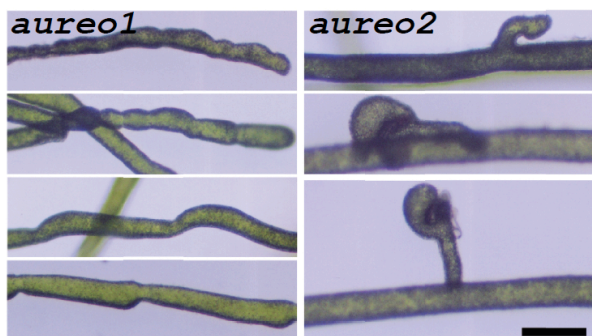
Vaucheria fragment



Line name	#2A6 (control)	#1A1	#2B1	#1B3	#2D2
β -tubulin					
AUREO1					
AUREO2					
Branching (24h)	88%	0%	60%	0%	46%

分枝誘導が起こらないラメット
にはaureo1, 2のmRNAがなかった.

3) ノックダウン実験 (RNAi)



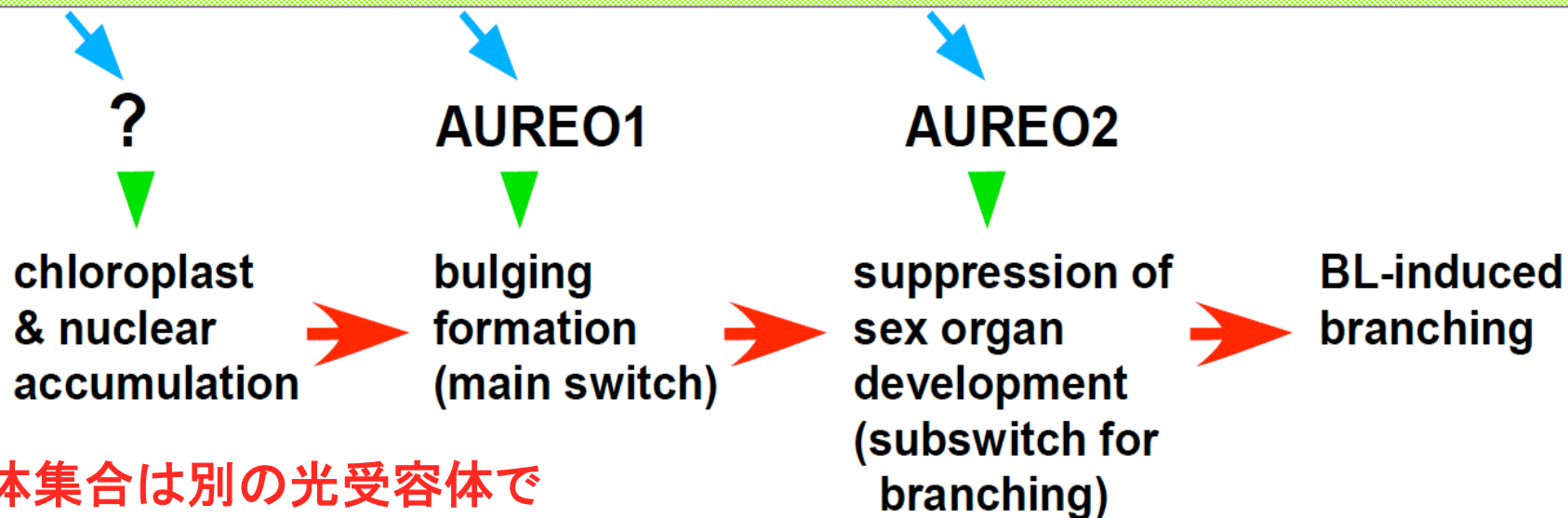
**AUREO2 は有性生殖を
抑圧している！**

aureo2 は多くの未熟な生殖器官をつくった。

仮説:

AUREO1 は分枝誘導のメインスイッチ；

AUREO2 は枝原基が生殖器官にならないよう仕向ける切り換えスイッチ。
葉緑体集合には別の光受容体はたらく。



葉緑体集合は別の光受容体で

0. 甲賀者仙台へ

1. 黄色植物とフシナシミドロへの招待

2. オーレオクロムの発見

3. オーレオクロムの分布と起源

4. 多核細胞の生物学

2. オーレオクロムの起源と進化

フシナシミドロ (Xanthophyceae) は黄色植物.
ならば, 褐藻やケイ藻など他の黄色植物にも
オーレオクロムがあるのでは?

Stramenopile algae

Phaeophyceae

✓ Xanthophyceae

Bacillariophyceae

Chrysophyceae

Raphidophyceae

Pelagophyceae

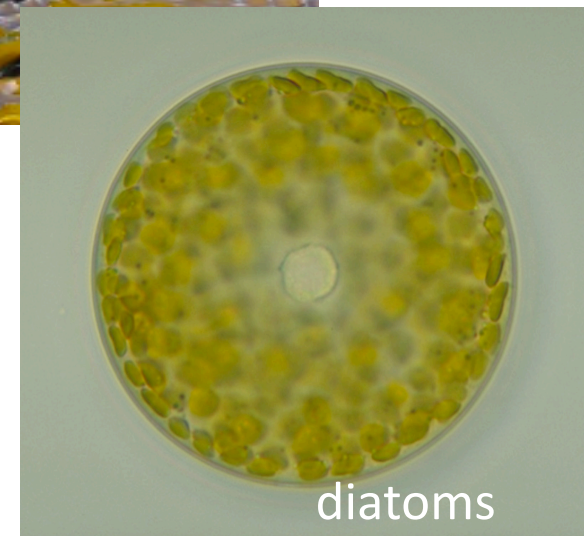
Eustigmatophyceae

Chrysomerophyceae

Bolidophyceae

Dictyochophyceae

Pinguiphyceae

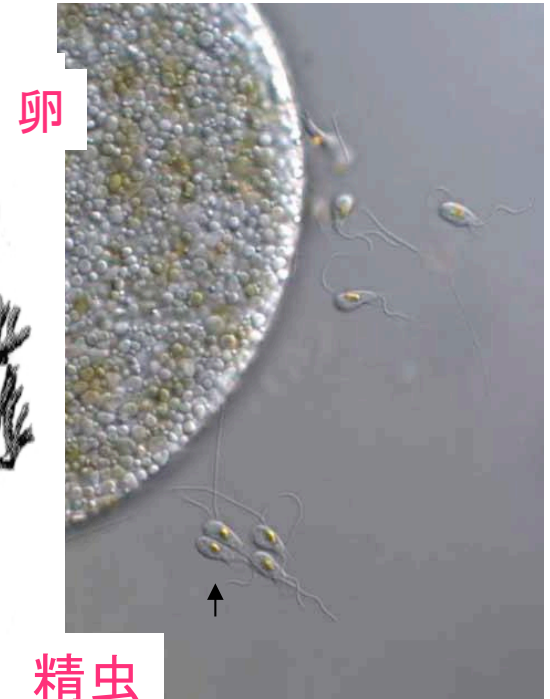


Furoid zygote: BL-induced polarization

褐藻類に AUREOCHROMEを探すなら, ヒバマタ (Fucus) を使うに限る



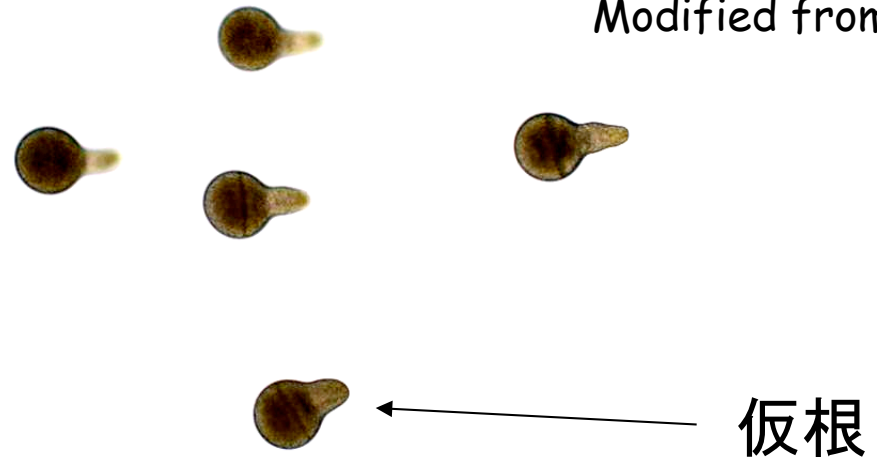
Kataoka, H.



Modified from Motomura, T

Blue Light →

仮根 (rhizoid) がBLの反対側に作られる。



AUREOCHROMEs are conserved in stramenopile

Organism

AUREOCHROME

Stramenopiles

Stramenopile Algae (Yellow plants)

黄色植物

<i>Vaucheria</i>	Xanthophyceae	黄緑色藻	>2 orthologues	RT-PCR
<i>Fucus</i>	Phaeophyceae	褐藻	2 orthologues	RT-PCR
<i>Thalassiosira</i>	Bacillariophyceae	ケイ藻	3 orthologues	BLAST search
<i>Phaeodactylum</i>	Bacillariophyceae		3 orthologues	BLAST search
<i>Ochromonas</i>	Chrysophyceae	黄金色藻	2 orthologues	RT-PCR
<i>Chattonella</i>	Raphidophyceae	ラフィド藻	1 orthologue	RT-PCR
<i>Aureococcus</i>	Pelagophyceae	ペラゴ藻	1 orthologue	RT-PCR

Oomycetes (Heterotrophic stramenopiles)

卵菌

<i>Phytophthora</i>			no	BLAST search
<i>Saprolegnia</i>			no	RT-PCR

Haptophyta

ハプト藻 no RT-PCR

Cryptophyta

クリプト藻 no RT-PCR

Chlorophyta

緑色植物 no BLAST search

Stramenopiles never have PHOTOTROPIN

Multiple-sequence alignment of AUREOCHROMES



VfAUREO1	-----MNGLTFFPLMFCRSDDP-----SSTSN--INLDDVFADVFFNSNGELLDEIDDFG-----DNMCPKSSMSVDDAS-----SOV
VfAUREO2	-----MINFTSHTFFVPRKINEREYFQONCFNAGVDNDFVDFVEFCKLSQLFDVVS-----AVSDSYPSLDFQSFYPLVNELD
FdAUREO1	-----MSASVKAPVYTSVVHRKLOHNMGGTDVDVCHLD--DFALDLIELSGIAGFLMNEHPDNLGLLHPPWTSEPEPLPLFLPLVVKAEPMIVESNSPRPQFGRSVPTSSMLG
FdAUREO2	-----MTSKQQLFPFFIFGVLDGDK-----QVARNGLISLVDIFDFFLFGSDRNQFSNTASSSSH-----AQESESVGVKDEENDYD-----SND
OdAUREO1	-----MSKEDSRRLRIAEMSRPEESHDFSDASSVDLNDPFDHEMGGANDG-----SLDNFNSQTNLFSASNPLHTGIDNIVSSSNPFIITLQ
OdAUREO2	-----ERSVDELNSDCNGPLITELLFDSSAGKRRDAHLGNETSLLIEDIDNVLSEIFVLDEEENSDFSLPESTS-----SLDNFNSQTNLFSASNPLHTGIDNIVSSSNPFIITLQ
CaAUREO1	-----ERSVDELNSDCNGPLITELLFDSSAGKRRDAHLGNETSLLIEDIDNVLSEIFVLDEEENSDFSLPESTS-----SLDNFNSQTNLFSASNPLHTGIDNIVSSSNPFIITLQ
TpAUREO1	-----
TpAUREO2	-----
TpAUREO3	-----
PtAUREO1	-----
PtAUREO2	-----
AaAUREO1	-----
bZIP	
VfAUREO1	FQGHALSSIALSDSGDLSTGIYESQGNASRGKSLRTKSSGSISSSELT EAQKVERRERNREHAKRSVRKGFLLSLOQSVNELNHNENCLKESIREHL--GPRGDSLIAQCS---FGN---
VfAUREO2	CSEYFGPNPSFPPS--QLOVESAI SOECLNTAYKSDATTATRRRAQSEEQQKRRERNKVLARKTRLRKFKFLFQGLRNQVMSLYQENLRKKEIVK--NHCGINSKKILD--DN---WTD---
FdAUREO1	-----ALP-----RRQRHKVS---SKDL TEQRNERRERNREHAKRSVRKGFLLSLOQSVDELQAEENDSLKGSIVGSL--GERGRELVAMFS---
FdAUREO2	TRADTKVGAVNISTGVIRVAQRAPTARVGS TLKKTAAAGVTRRRSSSKEEQAKRRERNRVLARRTLRKFKFFQSLQOQVNDLOVENERLKGIIIN--TRCANNSAEIIR--S---STF---
OdAUREO1	DEGDS-----DGKRRKRSRTLPN MTEEQKERRERNREHAKRSVRKGFLLSLOQSVRALEENEKLRNAIRENL--QGEAEOLLTRCS---D---
OdAUREO2	-----CGESQNFDTGPIPL TSKEKRKERNKLLARKSRMLKADLENLAKKLMYLMKENESLRSQLYRVSTPPVSAEALLHED---
CaAUREO1	IENLRNDSLIDHNNFIQSVAPRKRQKHSPPSSKSMMPAGEDSS STADQMKQRNKEHAKRSRIKGMLLDSLOKSIDLLEKENLKLRTIISNALGDEAKALLYTHQF---QDL---
TpAUREO1	-----RENRREHAKRSRIKGFLLSLOQSV SLLKEENEKLGATRSHLGDKEAEELLKSKQA---
TpAUREO2	-----SSSKVAASAL TESQKERRERNREHAKRSRLRKKFLLSLOQIDGLNGEIQTLDIIRHRELPDKASALLKMDGGDS---AAGG---
TpAUREO3	-----ERRLRREHAKRSVRKGFLLSLOQ QVRGLQEENSALRMIVQKHPDALQIIDDCCSKS---
PtAUREO1	-----S----- QAQIDRRERNRILARRTLRKFKFFESLQKEIMDLORENVLVKELVKVNIISGEEGKILEGCN---
PtAUREO2	-----L TEQOKLERRERNREHAKRSRLRKKFLLSLOEQIHLGLEQDGLKSAIKKELPQAEQIITRIGC---
AaAUREO1	-----REMT EQQKERRERNREHAKRSVRKGFLLSLOQSVNALQYENDKLRVAIRDKMGDAVANELLARCG---
VfAUREO1	PEAD----TLLTDNPSKANRILEDPDYSLVKALQ MAQONFVITDASLFDNPIVYASRGFLTLGYSLDQILGRNCRFLQGPETDPRAVDKIRNAITKGVDTSVCLLNYRQDGTTFWNLFFVA
VfAUREO2	CLGDMF--DIVATCGQEA TALIQRSDFILMKALYSSQPSFCVTNPLVDFDCPIVFASDSFKITIGYSREQVLRNCRFLQGPDTDPDAVRILRKGIVEGKDIDVTILNYNASGEFFWNVFIA
FdAUREO1	FEDEDG--TLVTANP QATKTLDDPDYSLVKALQTAQONSVITDASLADNPIVFASGGFLELTRYTLTEVLGRNCRFLQGPETDPRAVDKIRTAIEEGCDTSVCLLNYRADGTTFWNLFHL-
FdAUREO2	CVSHVP--SMVADCANQ ATALLEQSDFLLVKALQSSQPSFCVTDQPLFDNPIVYASNTIFIELTGYDRSQVLRNCRFLQGPDTDPDAVAKIRKGLIEEGKDTSVFLRQYKADGTFWNVHFVA
OdAUREO1	CGG--P--SVIASDPN ATRTLLDDPDYSLVKALQTAQONFVITSDPFIQVYASQGFLLTLGYALSEVLGRNCRFLQGPETDPKAVEKVRKGLERGEDTIVLLNRYKDGSTFWNQLFIA
OdAUREO2	-----FILPENIESLV QOLLARTARGSPAPHRKLTIVSFCISNAISDFMPLVYASPGFLKLTGYEMHEILGRNCRFLQGPRTDPTEVAKVSRALAEGRDYSTVLLNRYKDGSTFWNQILLS
CaAUREO1	CIS-----LIANDP SQG--KVLDPDFSLVTALQTAQKSFVLTDPFLFDNPIVFASPGFLEMGTVDQVIGRNCRFLQGPDTNPKSIKIRRAIATGEDCSCVCLLNYRVDGSTFWNNFVVS
TpAUREO1	LADAAAGGLI ASSSGDANKVLDDPDFSFIKALQTAQONFVITDPSLFDNPIVYATQGFLLTLGYTLDQVLRNCRFLQGPETDPKAVEKIRNAIEEGSDMSVCLLNYRVDGTTFWNQFFIA
TpAUREO2	AHKKGFTPL PMPSGFGPVKTLMQPDYRLMSALSGSQNFVITDPSLFDNPIVYASQGFLLDLGYTLDQVLRNCRFLQGPDTQAAVDVIRKGVREGVDTSVCLLNYKADGTFWNVQFFVA
TpAUREO3	PLFGTEGELE VVPQKSDKTDALLHTDFSLIESLTSQONFVITDPSLFDNPIVFASPGFYLKGYTRDQVLRNCRFLQGTGDPKALDVRTALANGTATTCFLNYKADGTFWNVQFFVA
PtAUREO1	AAENLPS--SVLEAC GEEND--MDSQDFNLVRSIQSSQHSFMITDPSLQDNPIVFASDDFLKLTGYTREQVLRNCRFLQGTETSQEKVNOIRKGLSEGEDVTIVILMNYTADGTFWNVKLFIA
PtAUREO2	--DKEKFTPL PMPSGFGPVKTLMEPDFRLMSALSGSQNFVITDPSLFDNPIVYASQGFLLDLGYTLDQVLRNCRFLQGPDTQSAVEVIRKGLTEGVDTSVCLLNYKADGTFWNVQFFVA
AaAUREO1	SDGKKT--SLIARDP SDATRILLDDPDYSLVKALQTAQONFVITDPSLFDNPIVFASGHFLTLGYSLSEVLGRNCRFLQGPRTDPRAVAKIRKAVEGDTYDTSVCLLNYRIDGSTFWNVQFFVA
LOV	
VfAUREO1	GLRDSKGNIVNYGVQSKVSE YAKLLVNEQNIYKGVRTSNMLRRK--
VfAUREO2	ALRDSSGQVIN FVGIQHVVQRP-----VIDRGOGENNFFR--
FdAUREO1	-----
FdAUREO2	ALRNDHKIINYVGI QHPLEKEFSPQILACINDDGVDEQRETKESDFQAITFAGWFDSPDAFMGAGVWHES--
OdAUREO1	ALRDGEGNVNYL GVQCKVSEYAKAF--
OdAUREO2	HVKDRAGRT FFVVGIGTQVKPVMSMGNFPSSSSNTSTAMEVDHPPAAGDHCLSSEIIMEASSGSGRTTGSGEDVFFVLHLLSSSTSTSVLVPSAPSSSSCNQSVQOQEKELQSSQITDSMQLS
CaAUREO1	ALRDINGKVVNF IGVQSEVEEKGKPREPEAAIRAV--
TpAUREO1	ALRDAGNITNY VGQCKVSDQYAAVCKKQ--
TpAUREO2	ALRDAENNV VNFVGVQCEVS--
TpAUREO3	ALRDADNCIV NYV--
PtAUREO1	ALRDAQNNIV NFIGVIVKVA--
PtAUREO2	SLRDAENNV VNVGVQCEVS--
AaAUREO1	PLRDGQGNV VNYGVQCEVSDQFAQAIKDE-----

Multiple alignment of AUREO-LOV domains

b

Blue : AA residues important for binding to FMN

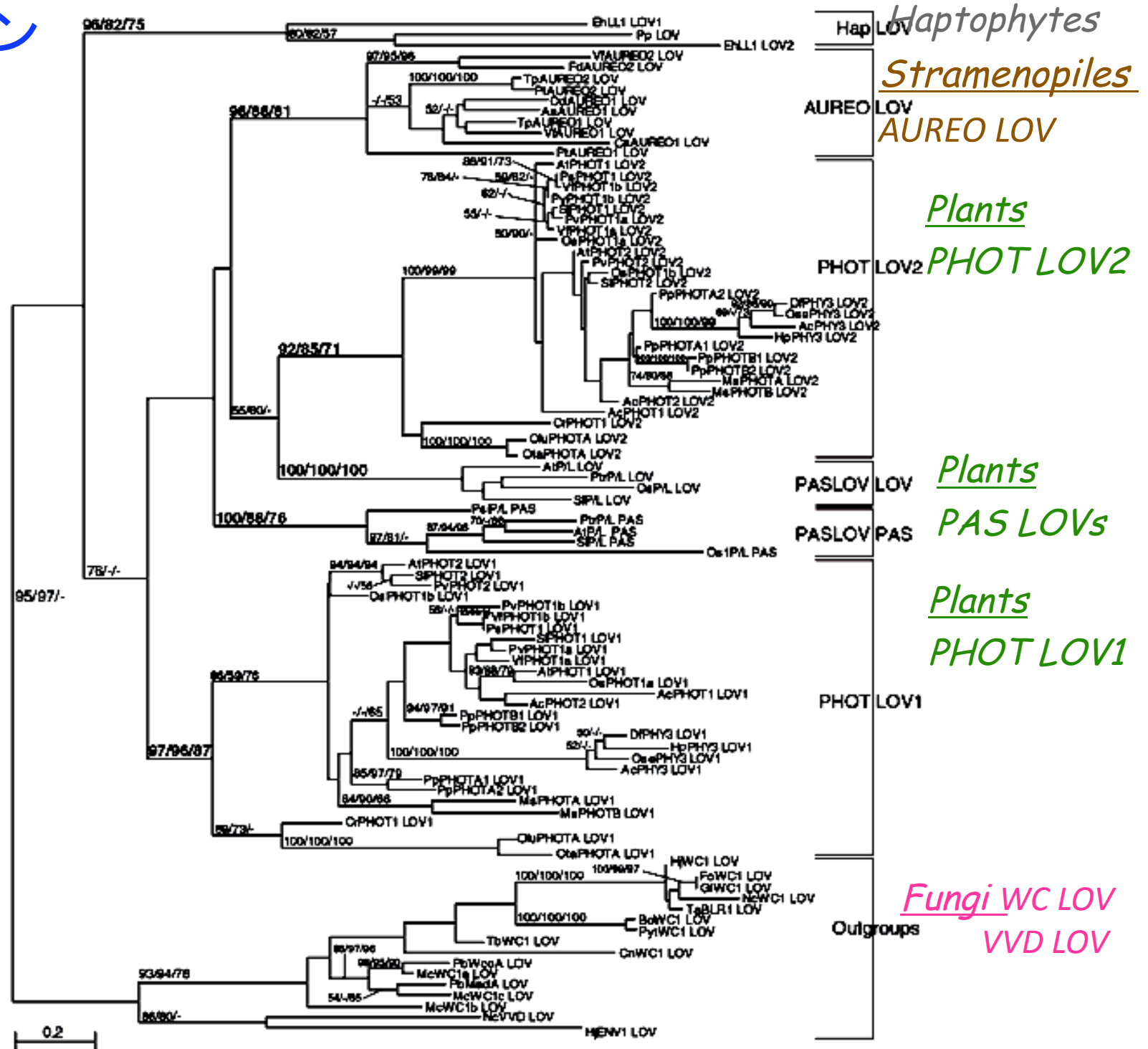
			1	10	20	30	40	50	
<i>Vaucheria</i>	VfAUREO1	LOV	FVITDASLPDNP	IVYASRGFLTL	TGYSLDQILGR	NCRFLQ	GPETDPRA	VDKIRNA	
	VfAUREO2	LOV	FCVTNPLVPDCP	IVFASDSFIKIT	TGYSREQVLGR	NCRFLQ	GPDTDPDA	VRILRKG	
<i>Fucus</i>	FdAUREO1	LOV	SVITDASLADNP	IVFASSGFLEL	TRYTLTEVLGR	NCRFLQ	GPETDPRA	VDKIRTA	
	FdAUREO2	LOV	FCVTDLPQLDNP	IVYASNTFIEL	TGYDRSQVLGR	NCRFLQ	GPDTDPDA	VAKIRKG	
<i>Ochromonas</i>	OdAUREO1	LOV	FVISDPSIPDNP	IVYASQGFLTL	TGYALSEVLGR	NCRFLQ	GPETDPKA	VEKVRKG	
	OdAUREO2	LOV	FCISNAISPDM	PLVYASPGFLKL	TGYEMHEILGR	NCRFLQ	GPRTDPTE	VAKVSRA	
<i>Chattonella</i>	CaAUREO1	LOV	FVLTDPSLPDNP	IVFASPGFLEMT	GYTVDQVIGR	NCRFLQ	GPDTNPKS	IAKIRRA	
<i>Thalassiosira</i>	TpAUREO1	LOV	FVVTDPSPDNP	IVYATQGFLNL	TGYTLDQVLGR	NCRFLQ	GPETDPKA	VEKIRNA	
	TpAUREO2	LOV	FAISDPSLPDNP	IVYVSQGFLDL	TGYTLDQVLGR	NCRFLQ	GPGETDQA	AVDVIRKG	
	TpAUREO3	LOV	FVLSDPRLDNP	IVFASPGFYKLT	GYTRDQVLGR	NCRFLQ	GTGTPKA	IDVIRTA	
<i>Phaeodactylum</i>	PtAUREO1	LOV	FMITDPSLQDNP	IVFASDDLKLT	GYTREQVLGR	NCRFLQ	GTETSQEK	VNQIRKN	
	PtAUREO2	LOV	FAISDPTLPDNP	IVYVSQGFLDL	TGYTLDQVLGR	NCRFLQ	GPGETDQA	SAVEVIRKG	
<i>Aureococcus</i>	AaAUREO1	LOV	FVITDPSLPDNP	IVFASHGFLTL	TGYSLESVLGR	NCRFLQ	GPRTDPRA	VAKIRKA	
<i>Prymnesium</i>	Pp	LOV	IVISDMATPGN	PMFFVNQEF	CRVTGYAKHEA	QGRNCRFLQ	GPRTPEPQ	SVAVIQDT	
(Haptophyte: out group)									
			60	70	80	90	100	110	
	VfAUREO1	LOV	ITKGVDTSVCLL	NYRQDGTTFWN	LFVAGLRD	SKGNIVNY	VGVSQK	VSEDIYAK--	
	VfAUREO2	LOV	IVEGKDTDVT	ILNYNASGEP	FWNHVFI	AALRDSSG	QVINFGI	QHVVQR-P----	
	FdAUREO1	LOV	IIEGCDTSVCLL	NYRADGTTFWN	L FHL-----				
	FdAUREO2	LOV	IIEGKDTSVFL	RQYKADGTV	FWNHVFVA	ALRNNDH	KIINYVGI	QHPLEKEPSP--	
	OdAUREO1	LOV	LERGEDTTVLL	NYRKDGSTFWN	QLFIAAL	RDGEGNV	VNYLGV	QCKVSEDIY----	
	OdAUREO2	LOV	LAEGRDYSTVLL	NYRKDGRTFWN	QILLSHV	KDRAGRT	FFVVGI	QTQVKPVSMS--	
	CaAUREO1	LOV	IATGEDCSVCIL	NYRVDGSTFWN	NFYVSAL	RDINGK	VNFIVG	QSEVEEEGPK--	
	TpAUREO1	LOV	IIEGSDMSVCLL	NYRVDGTTFWN	QFFIAAL	RDAGGNI	TNYVGV	QCKVSDQY----	
	TpAUREO2	LOV	VREGVDTSVCLL	NYKADGTPFWN	QFFVAAL	RDAENNV	VNFVGV	QCEVS-----	
	TpAUREO3	LOV	IANGTDATTCFL	NYKADGTPFWN	QLFVAAL	RDADNCI	VNYV-----		
	PtAUREO1	LOV	LSEGEDVTVTLM	NYTADGTPFWN	KL FIAAL	RDAQNNI	VNFIVG	VIVKVA-----	
	PtAUREO2	LOV	ITEGVDTSVCLL	NYKADGTPFWN	QFFVASL	RDAENNV	NHVG	VQCEVS-----	
	AaAUREO1	LOV	VDEGYDTSVCLL	NYRIDGSTFFN	QFFVAPL	RDGQGNV	VNYVGV	QCOVSDQF----	
	Pp	LOV	LRRGVDCHVKIT	NYRKS	GELFENL	LTMRPVH	DSNGVY	RF CIGVQFEV	MRDQSL--

LOV ドメイン の系統樹

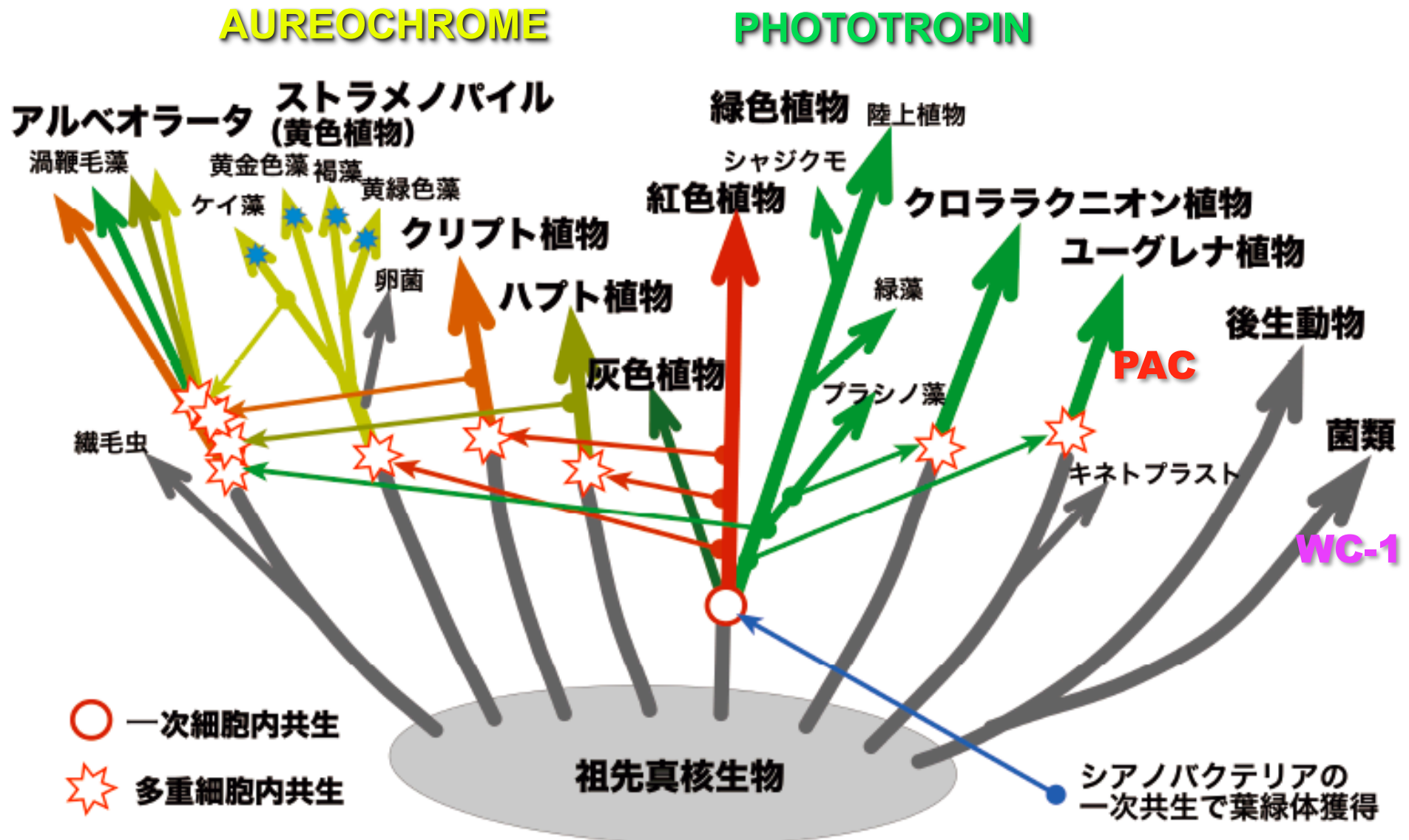
AUREO-LOVs
は単一の
クレードに

AUREO-LOVs
は Phot-LOV1
よりむしろ
Phot-LOV2
に似ている。

(フォトロピンの
の祖先はLOV
ドメインを1個だ
けもっていた?)



Each phylum has own specific BL receptor!



緑色植物はフォトトロピンを持つが、オーレオクロムは持たない。
 黄色植物はオーレオクロムを持つが、フォトトロピンを持たない。

AUREOCHROME, a photoreceptor required for photomorphogenesis in stramenopiles

Fumio Takahashi*^{†‡}, Daisuke Yamagata[‡], Mié Ishikawa[‡], Yosuke Fukamatsu[§], Yasunobu Ogura[§], Masahiro Kasahara*[¶], Tomohiro Kiyosue[§], Munehiro Kikuyama^{||}, Masamitsu Wada*[†], and Hironao Kataoka^{‡**}

*Division of Biological Regulation and Photobiology, National Institute for Basic Biology, Okazaki 444-8585, Japan; [†]Graduate School of Sciences, Tokyo Metropolitan University, Hachioji, Tokyo 192-0397, Japan; [‡]Graduate School of Life Sciences, Tohoku University, Sendai 980-8577, Japan; [§]Life Science Research Center, Institute of Research Promotion, Kagawa University, Miki-Cho, Kita-Gun, Kagawa 761-0795, Japan; and ^{||}Department of Biology, Faculty of Science, Niigata University, Niigata 950-2181, Japan

Communicated by Winslow R. Briggs, Carnegie Institution of Washington, Stanford, CA, September 25, 2007 (received for review April 16, 2007)

Planta

DOI 10.1007/s00425-009-0967-6

ORIGINAL ARTICLE

Planta 230:543-552 (2009)

Distribution and phylogeny of the blue light receptors aureochromes in eukaryotes

Mié Ishikawa · Fumio Takahashi · Hisayoshi Nozaki ·
Chikako Nagasato · Taizo Motomura ·
Hironao Kataoka

2009年度国際生物学賞: Winslow Briggs

LOVドメイン

～生物界に広く見られる

ユニークな青色光受容センサーモジュール～



Memorial Symposium
Celebrating Dr. Winslow R. Briggs
Recipient, the 25th International Prize for Biology



学士院会館
Nov. 30, 2009

Biology of Sensing

December 2 Wed. and 3 Thu. 2009
Inamori Hall, Shiran-Kaikan
Kyoto University, Kyoto, Japan

Topics

- | Phototropin: Structure, Photoreaction and Physiological Functions
- | LOV Family Proteins
- | Various Animal and Plant Sensing Systems

Acknowledgments

PNAS coauthors

菊山宗弘	KIKUYAMA, MUNEHIRO	Niigata Univ.	Microinjection
深松陽介	FUKAMATSU, YOSUKE	Kagawa Univ.	Binding Assay
小倉康裕	OGURA, YASUNOBU	Kagawa Univ.	Binding Assay
清未知宏	KIYOSUE, TOMOHIRO	Gakushuin Univ.	Binding Assay
笠原賢洋	KASAHARA, MASAHIRO	Ritsumeikan Univ.	Fluo. Analysis
和田正三	WADA, MASAMITSU	Kyushu Univ.	Photobiology

PLANTA coauthors (Phylogeny)

野崎久義	NOZAKI, HISAYOSHI	Univ. Tokyo
長里千香子	NAGASATO, CHIKAKO	Hokkaido Univ.
本村泰三	MOTOMURA, TAIZO	Hokkaido Univ.



Others

Winslow Briggs, Osamu Hisatomi, Noburo Kamiya, John Christie, Wolfgang Haupt, Masashi Tazawa, Teruo Shimmen, Aba Losi, Wolfgang Gärtner, Tyge Christensen, Masaki Furuya, Mineo Iseki, Masakatsu Watanabe, et al.

文部科学省特定領域研究「LOV光受容体」(領域代表者：島崎研一郎: MESST Grant #17084001)

0. 甲賀者仙台へ

1. 黄色植物とフシナシミドロへの招待

2. オーレオクロムの発見

3. オーレオクロムの分布と起源

4. 多核細胞の生物学

多核細胞の生物学

多核細胞

COENOCYTES

MULTINUCLEATES

SYNCYTIA

複数個の核がある細胞

なぜ多核細胞か

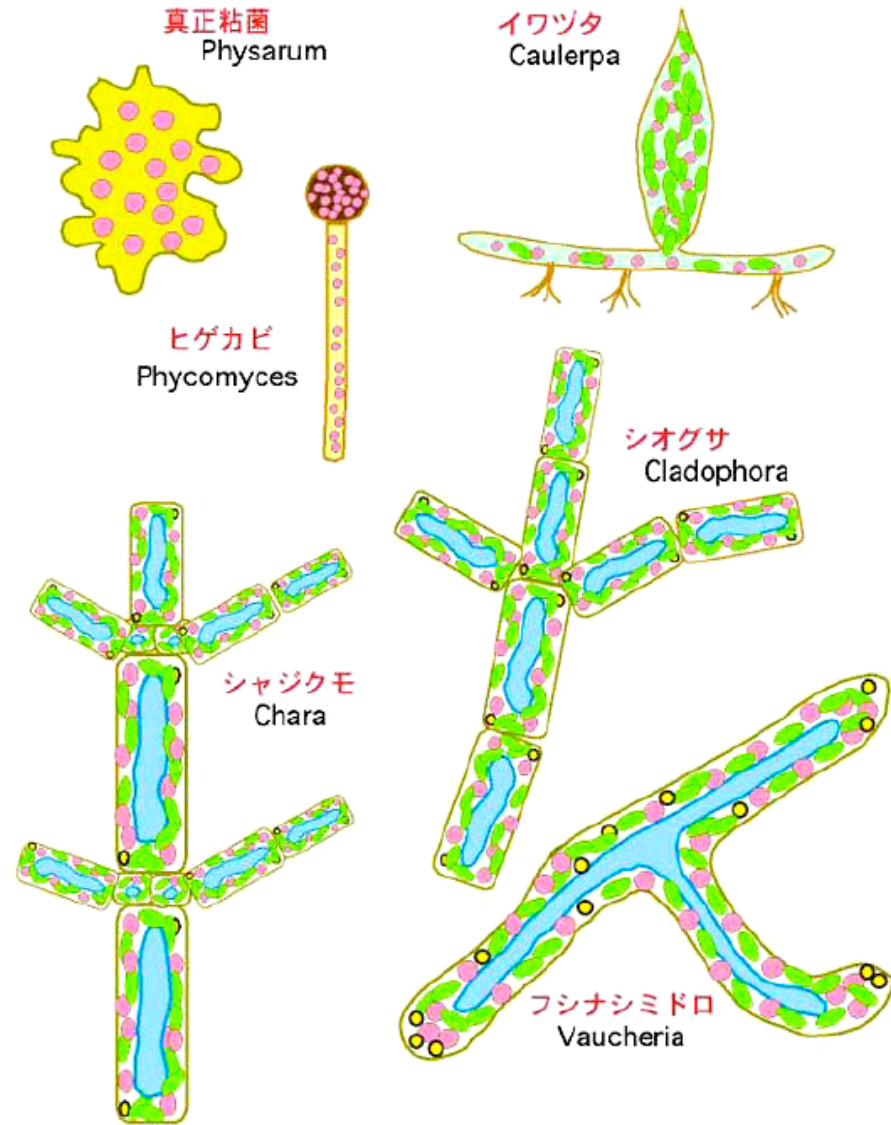
- 巨大細胞は細胞生物学で細胞のモデルとして使われてきた(シャジクモ, バロニア, 真正粘菌, ヒゲカビなど)
- これら巨大細胞はすべて多核細胞である

- 長所：巨大なため細胞手術が容易
- 短所：突然変異が得られない

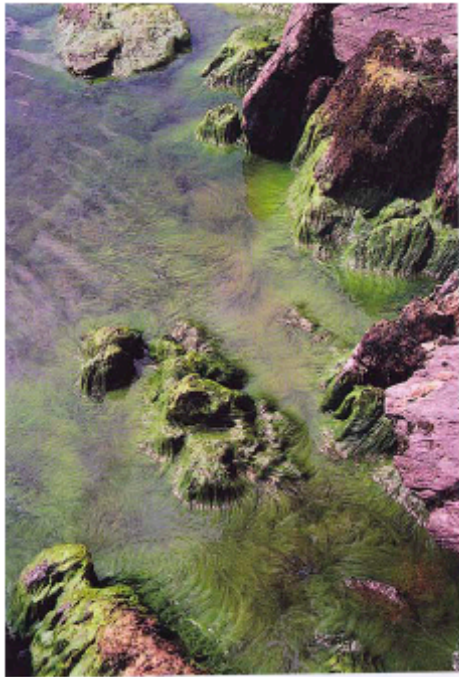


Valonia

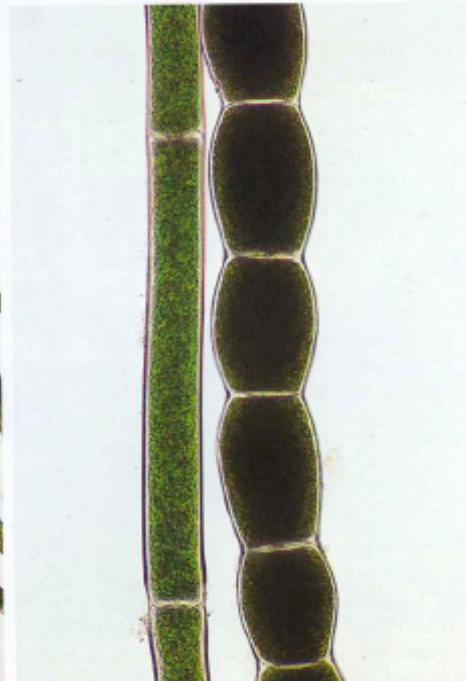
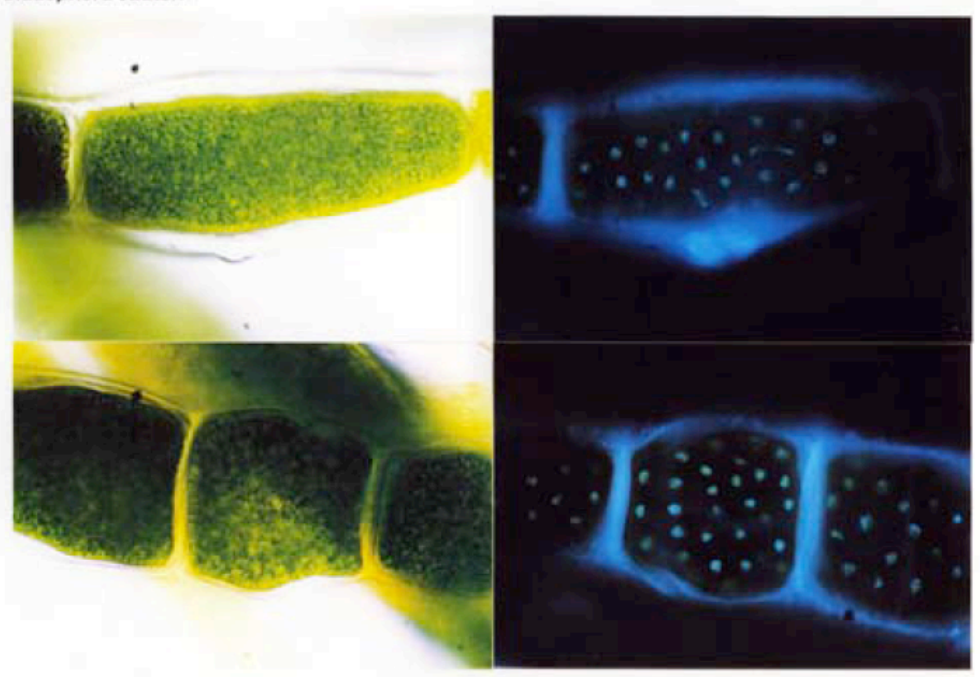
多核細胞のいろいろ



Cladophora (シオグサ)



Cladophora sauteri



阿寒湖のマリモ群落

緑色植物

Dichotomosiphon tuberosus

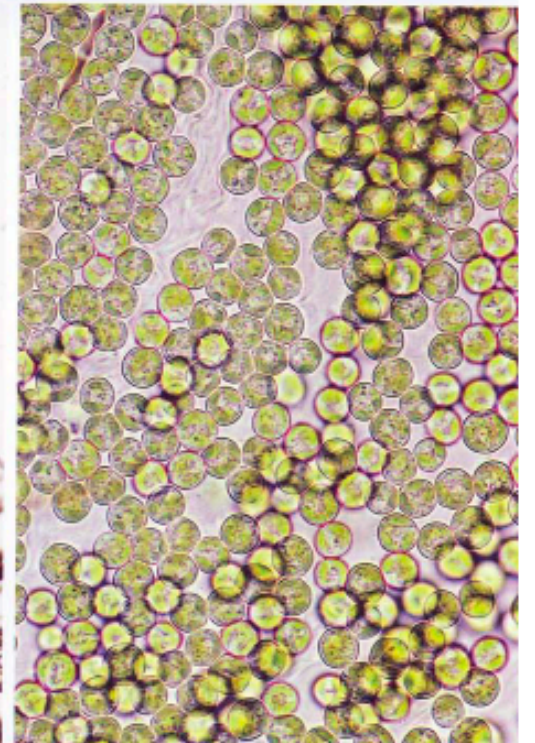
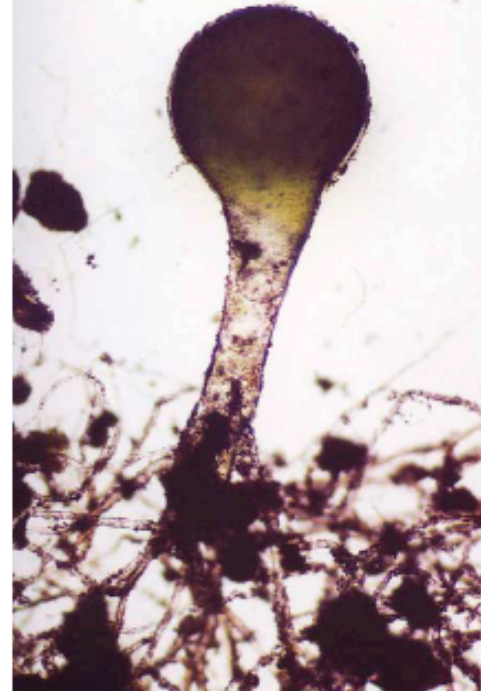
チョウチンミドロ

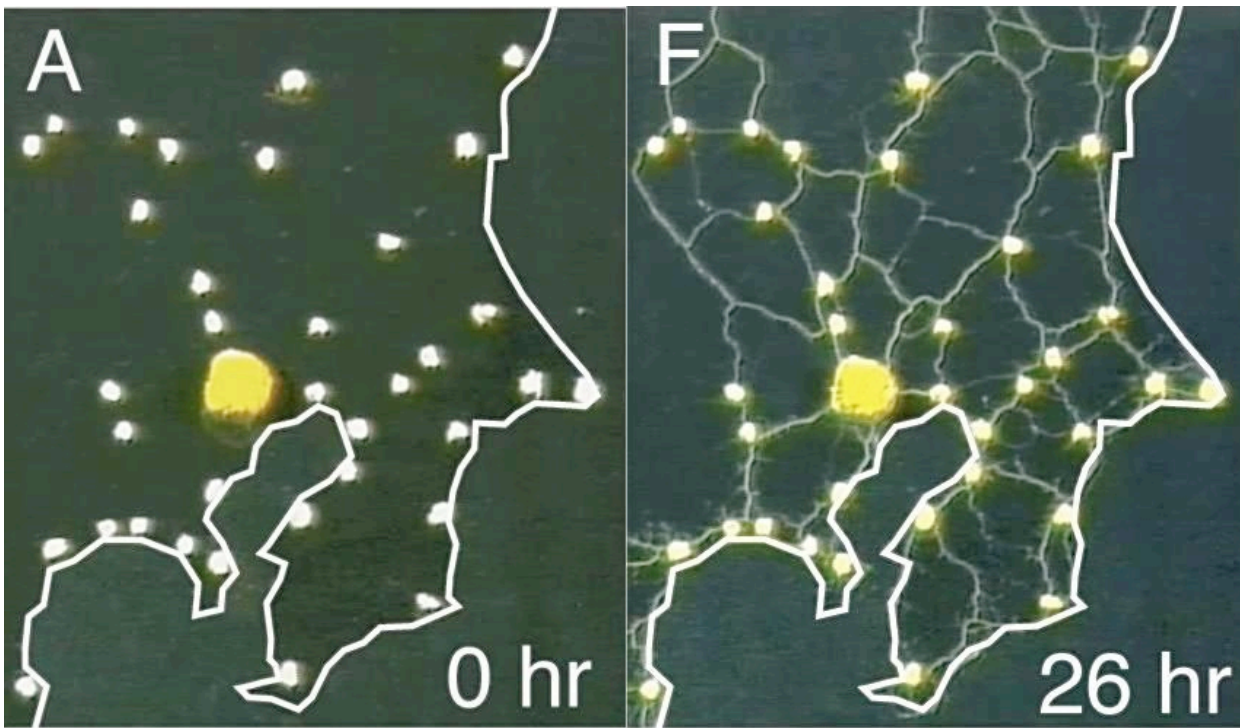


黄色植物

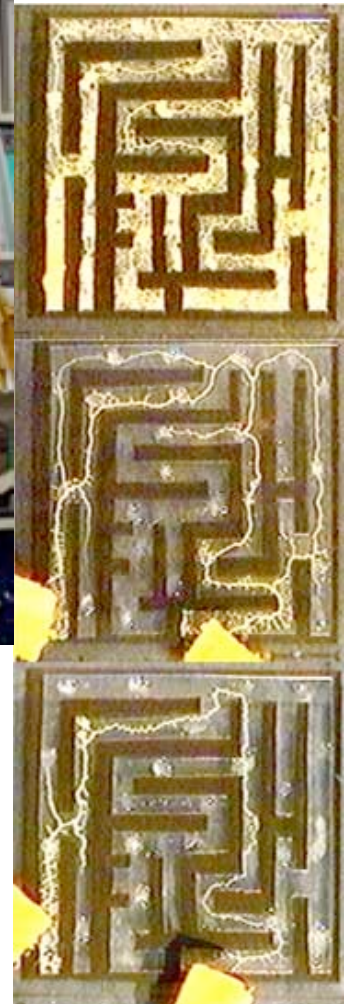


Botridium フウセンモ





中垣俊之(北大)



読売2010 01 22

Physarum polycephalum

08 年
イグノーベル賞

poly: 多い 欧米人が愉快と思うのは種小名の
cephalum: 頭脳 意味を知っているから？

多核細胞は自分の空間配置を知り、効率のよい成長戦略をとる

疑問：多核細胞は

- 単核細胞とどこが違うのか
- どのような生態的有利性をもっているのか
- どのようにして維持されているのか
- どう進化したのか
- 細胞質分裂の機能を捨てたのか，保持しているのか

どうしたら疑問は解けるか：

多核細胞はDNA傷害や突然変異に強い耐性をもつだろうが，
速く進化できないだろう

多細胞生物を研究しても多核細胞のしくみは解けないが，
多核細胞の研究から多細胞生物の気づかれない謎がとけるかも
多細胞植物でも原形質連絡があれば，機能的多核細胞ではないか
RNAiを使えば多核細胞の分子生物学的アプローチもできる
or もっと適している？

原形質連絡を通してdsRNAが体全体に広がる シンプラストは多核細胞である

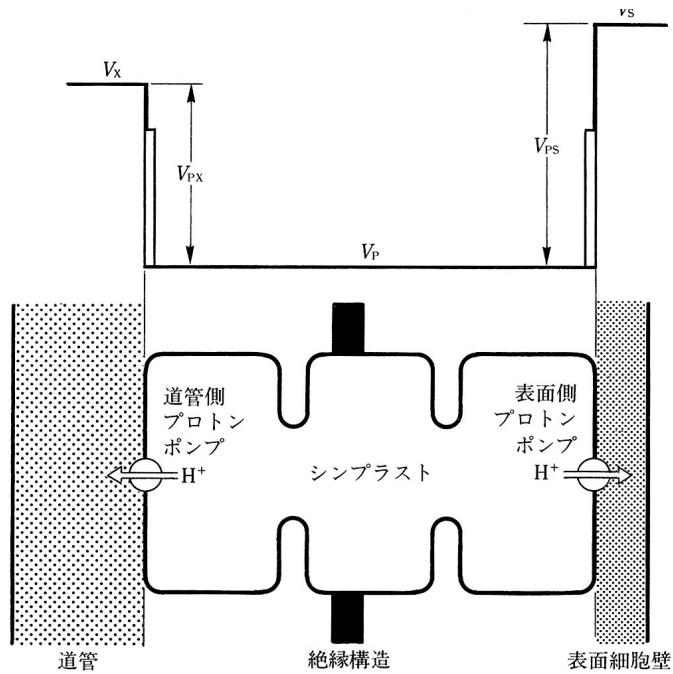


図3-10 軸性器官の生理学的構造模型（名古屋モデル）。モデルの3要素であるシンプラスト構造、その間隙を埋める絶縁構造、道管側と表面側細胞膜にあるプロトンポンプの配列を示す。電位のプロファイルの白抜き部分はポンプの活動による起電性成分。

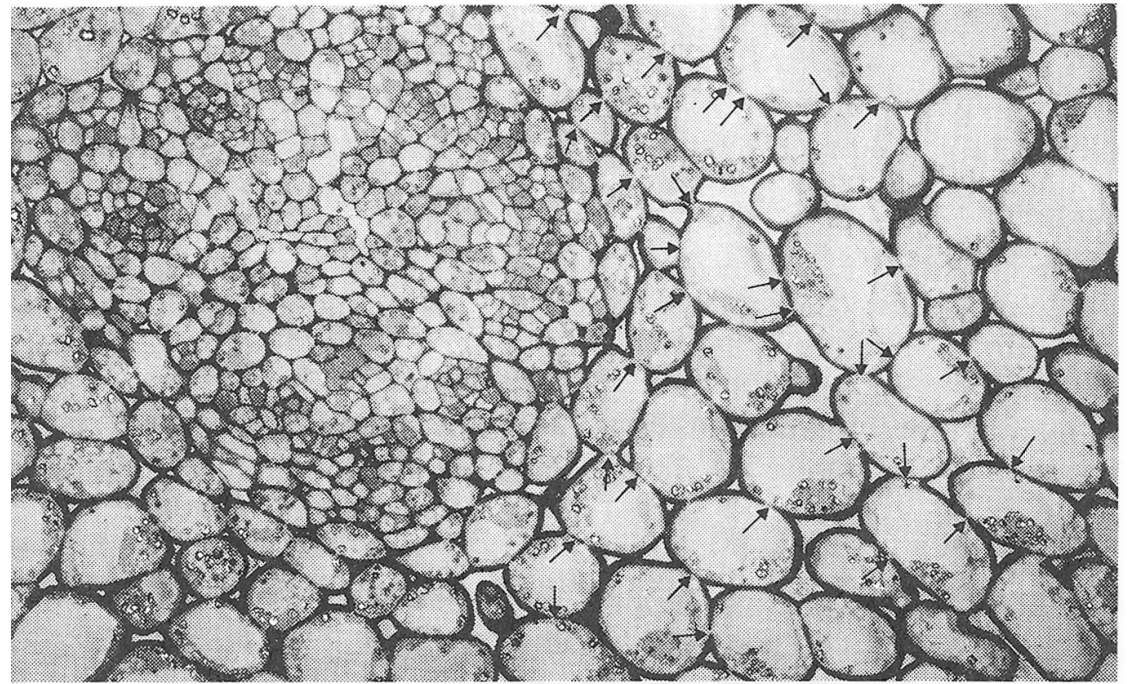


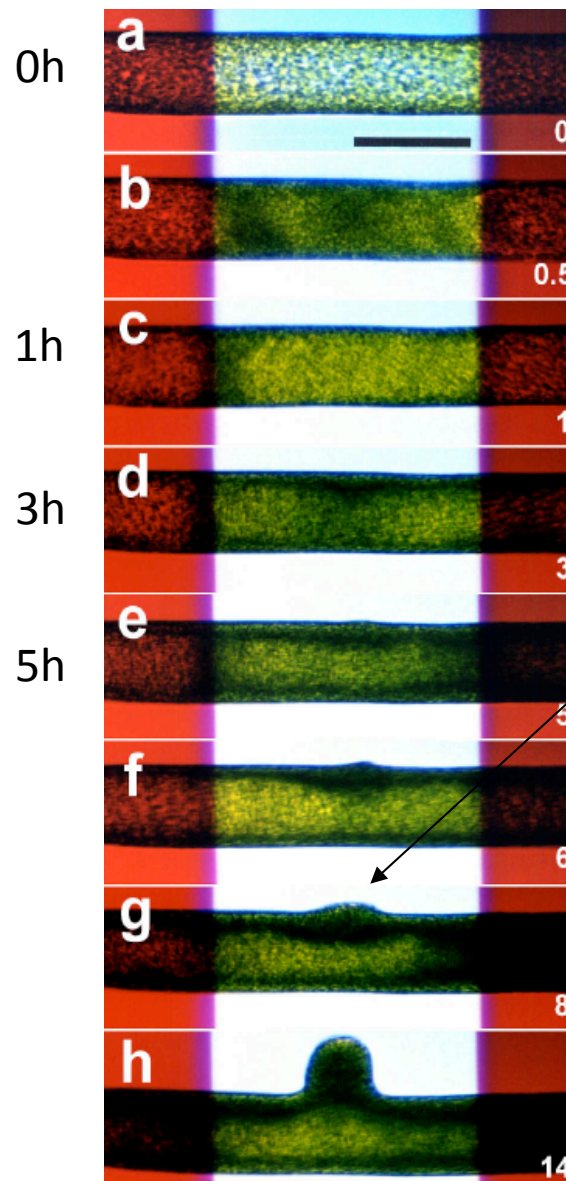
写真 原形質連絡（→）でつながっている細胞群（ミトリササゲ）。（名古屋大学農学部前田英三氏のご好意による）。

フシナシミドロが獲得した 多核細胞ならではの生きるしくみ

- 1) 核集合による形態形成--核を寄せて形を作る
(分裂組織を作る必要がない)
- 2) 非常に低い水透過性--低い膨圧とともに傷害修復に必須
(水が急速流入しないので細胞は破裂しない)
- 3) 核分裂波 (mitotic wave) :
(先端の若い核がリーダーシップをにぎる)

多核細胞は共和制か封建制か，独裁体制か

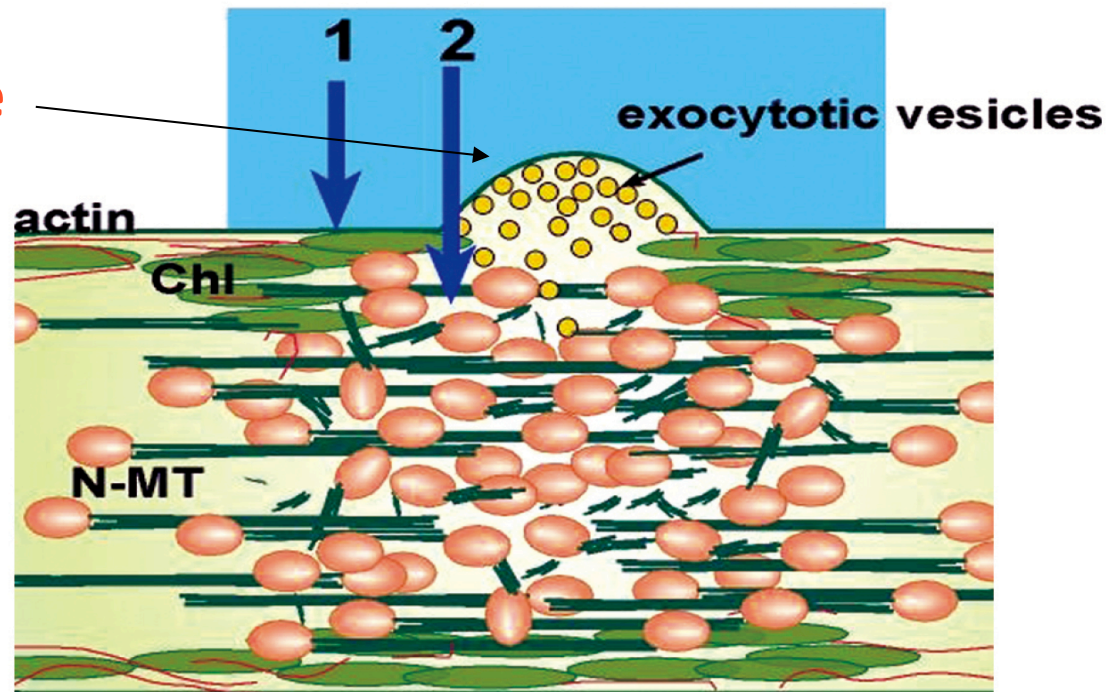
1) 核集合による形態形成 -- 核分裂・細胞分裂を待たずともよい



*FORMING A SHAPE BY
GATHERING NUCLEI*
核を寄せて形を造る

多細胞植物がmeristemを作るのは、mRNA密度を高めるためであり、細胞の若返りとは無関係なのでは？

Bulge



2) 非常に低い水透過性 (Lp)

植物と計測方法による水透過性(Lp)の違い

材料	方法	Lp(nm · s ⁻¹ · MPa ⁻¹)	
<i>Vaucheria geminata</i>	膨圧秤法 ^{*1}	1.5	細胞壁ごと
<i>Vaucheria terrestris</i> Goetz	プロトプラスト法 ^{*2}	10	原形質膜だけ
<i>Vaucheria dichotoma</i>	プロトプラスト法 ^{*2}	16	
<i>Arabidopsis thaliana</i> の根	プロトプラスト法 ^{*3}	1100	
<i>Chara corallina</i> の節間細胞	細胞横断浸透法 ^{*4}	2000	細胞壁ごと

*1:田沢 1991 *2:本実験 *3: Martre et al., 2002 *4: 田沢仁・新免輝男, 1981

細胞壁の抵抗が膜の約10倍大きい。

それでも、水透過性はシャジクモや陸上植物の1/100 以下!

2) 非常に低い水透過性 (Lp)

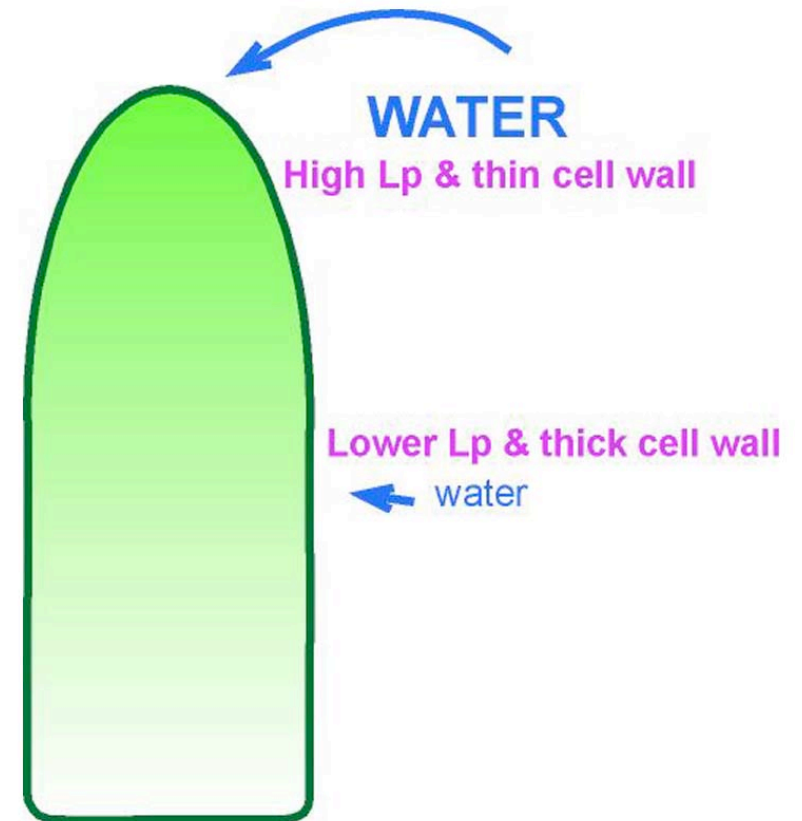
先端の細胞膜のLpは基部より高い

細胞先端から作ったプロトプラスト

Lp: 10.34 ± 0.29

細胞基部から作ったプロトプラスト

Lp: 6.65 ± 0.37



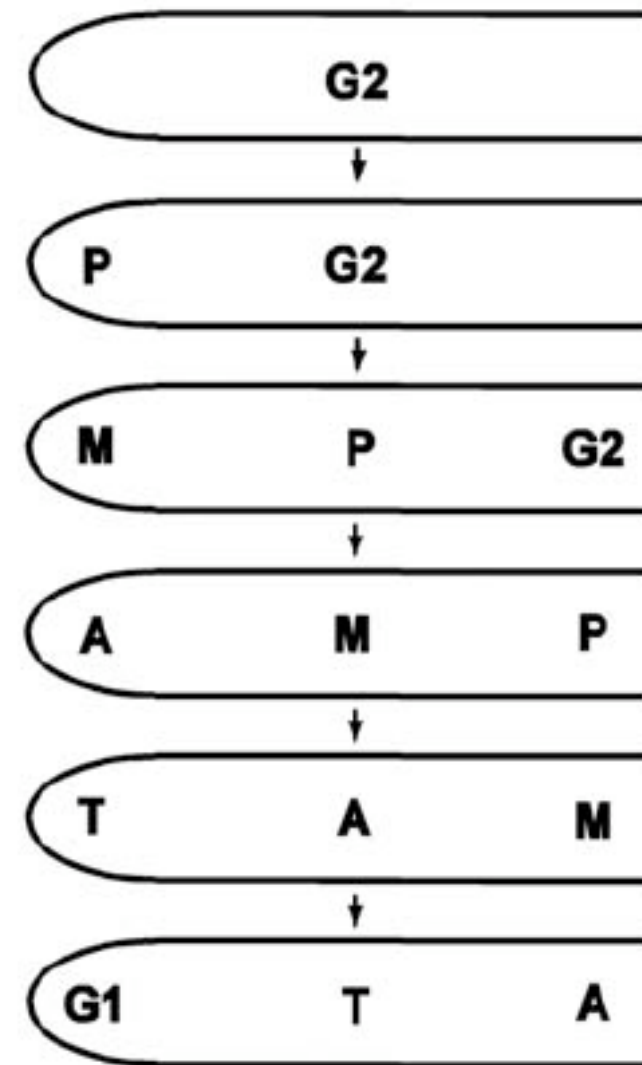
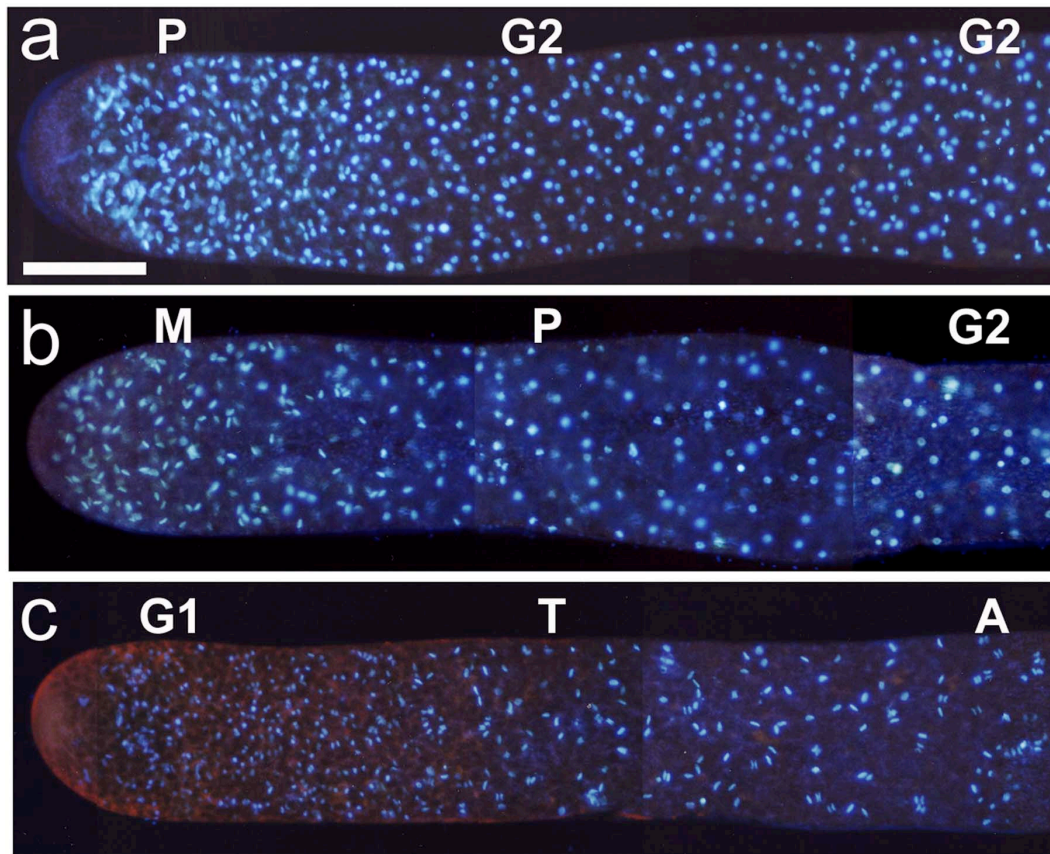
先端成長をしている細胞先端は細胞壁も薄い

水は実質的に成長中の先端部から流入する

先端成長は水の取り込み場所を決めることである？

3) 先端の核が主導権

同調的核分裂が主に先端から基部に向かって伝播する → mitotic wave



先端にいる核が成長と核分裂において主導権を握っている

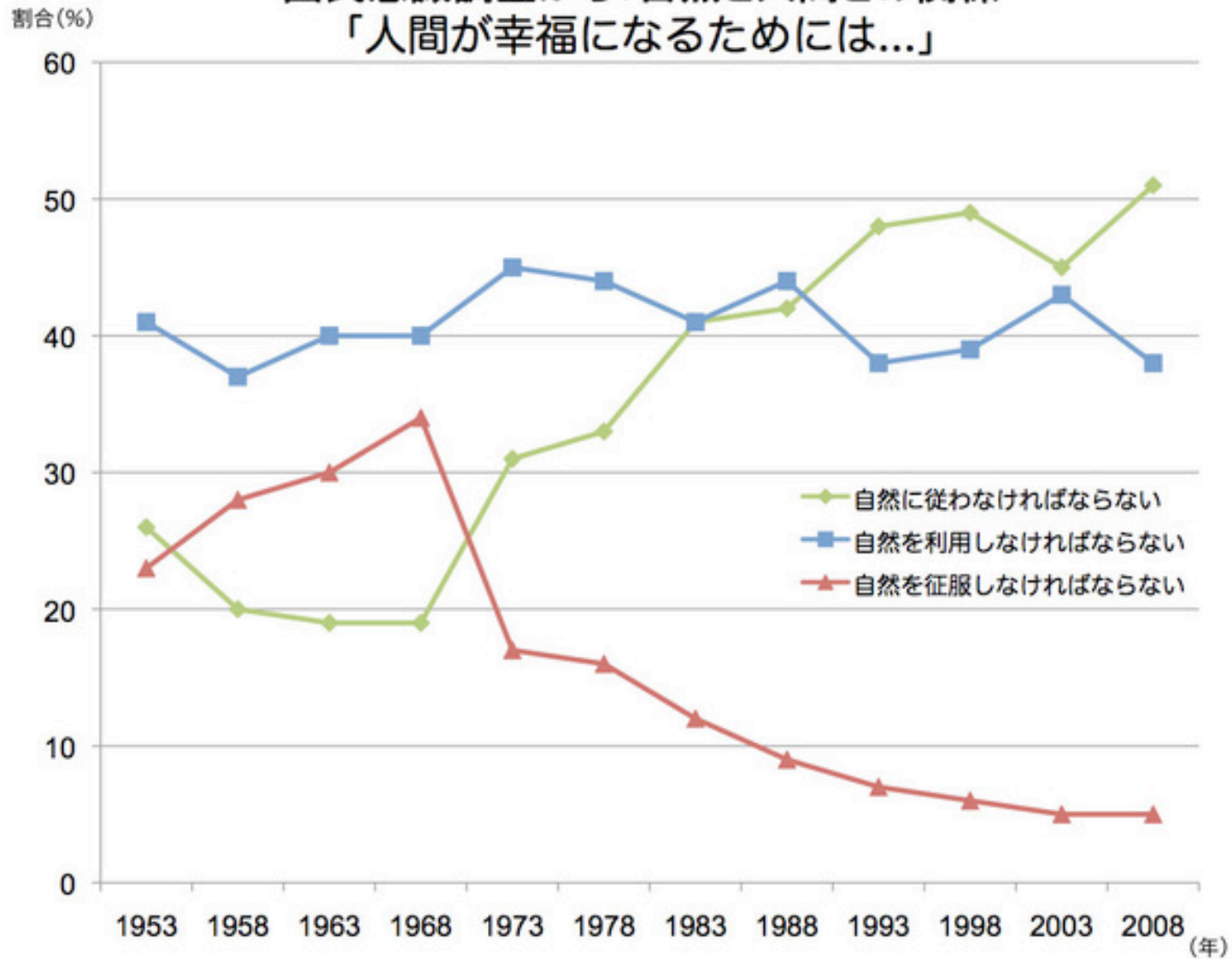
現象の多様性の上にもできるだけ大きく視野を広げることは、常に、さらにより深く掘り下げるための最も重要な手段である(W. ペッファー)

Die Ausdehnung des Gesichtskreises auf eine möglichst große Mannigfaltigkeit der Erscheinungen ist stets eines der wichtigsten Werkzeuge, um tiefer und tiefer einzudringen (W. Pfeffer)



0910万里長城八達嶺

国民意識調査から：自然と人間との関係 「人間が幸福になるためには...」



資料：統計数理研究所「国民性の研究 第12次全国調査」

九層の台も墨土より起こり、

千里の行も足下に始まる

(老子 64)

跂つ者は立たず、

跨ぐ者は行かず (老子 24)

禍は福の倚るところ、

福は禍の伏すところ (老子 58)

子曰、知之者不如好之者、

好之者不如樂之者 (孔子 擁也 6-20)

退職後ぜひともやりたい仕事:

Gustav Senn 1908
Die Gestalts- und
Lageveränderung
der Pflanzen-Chromatophoren

と

G. Haberlandt 1901
Sinnesorgane im Pflanzenreich
zur Perzeption mechanischer Reize

の翻訳

長い間お世話になり
ありがとうございました。
東北大学が大きく成長しますように