



国立大学法人

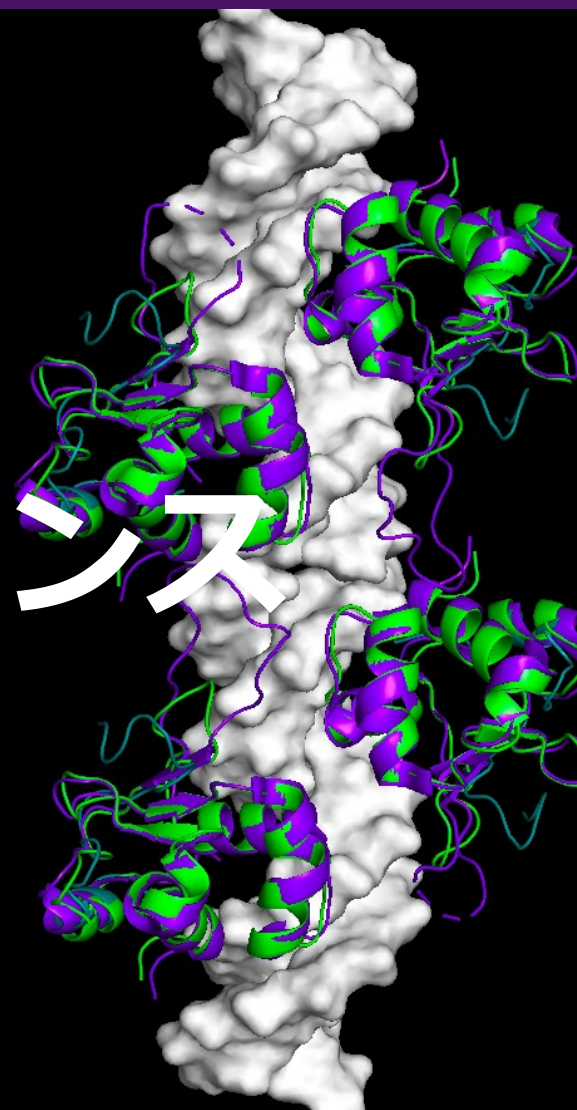
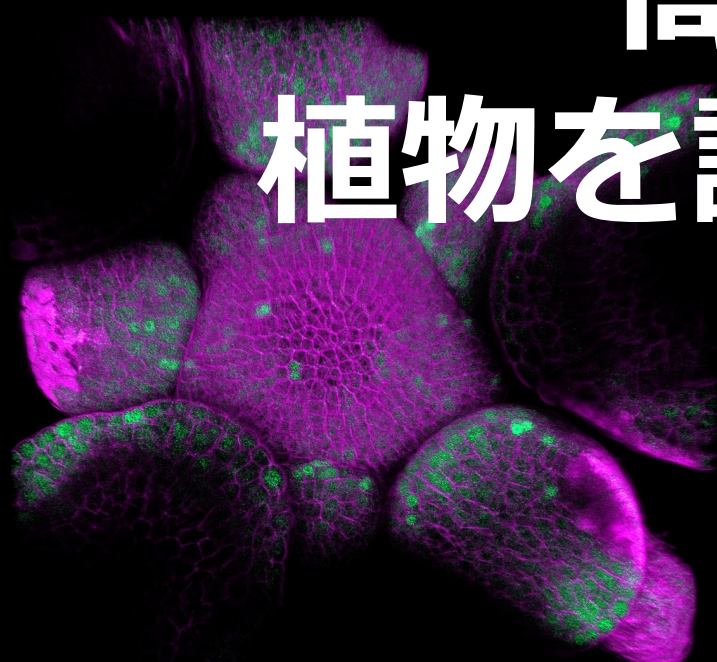
奈良先端科学技術大学院大学

2022年10月8日 公開講座

高温環境を生き抜く 植物を調べるバイオサイエンス

やまぐち のぶとし

山口 暢俊





自己紹介

- 奈良先端大で植物の研究をしています。 -



- ・ 名古屋大学 情報文化学部
- ・ 東大大学院 理学系研究科
博士(理学)
- ・ ペンシルバニア大学 生物学部
ポスドク研究員
- ・ NAIST 先端・バイオサイエンス
助教・准教授



自己紹介

- 略歴です。 -

2000

名大



名大 青木研にて

2004

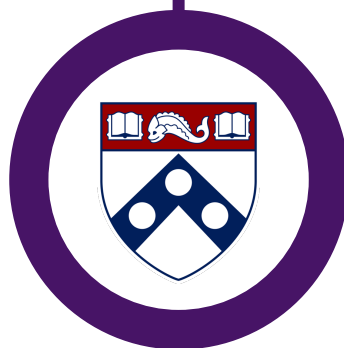
東大



東大 米田研にて

2009

Penn



Penn Wagner研にて

2015

奈良先



奈良先 伊藤研にて



ストレスって何？

- 外部から刺激を受けたときに生じる緊張状態 -



ストレスって何？

- 外部から刺激を受けたときに生じる緊張状態 -

緊張状態

- ・ 環境要因 (天候・騒音)
- ・ 身体的要因 (病気・睡眠不足)
- ・ 心理的要因 (不安・悩み)
- ・ 社会的要因 (仕事・人間関係)



ストレスって何？

ストレスと聞くと、嫌なことやつらいことを連想される方が多いかもしれませんが、実はうれしいことも楽しいこともストレスの原因になります。

毎日を快適に過ごすために、まずはストレスを正しく理解しましょう。

○ ストレスの原因

そもそもストレスとは、外部から刺激を受けたときに生じる緊張状態のことです。外部からの刺激には、天候や騒音などの環境的要因、病気や睡眠不足などの身体的要因、不安や悩みなど心理的な要因、そして人間関係がうまくいかない、仕事が忙しいなどの社会的要因があります。つまり、日常の中で起こる様々な変化が、ストレスの原因になるのです。たとえば、進学や就職、結婚、出産といった喜ばしい出来事でも、変化であり刺激ですから、実はストレスの原因になります。



厚生労働省
Ministry of Health, Labour and Welfare



調べたい語句を入力してください

検索

文字サイズの変更

標準

大

特大

● サイトマップ

● リンク

● このサイトに対するご意見

知ることからはじめよう

みんなのメンタルヘルス 総合サイト こころの健康や病気、支援やサービスに関するウェブサイト

メンタルヘルスへのとびら

こころの病気を知る

治療や生活へのサポート

国の政策と方向性

その他

ホーム > メンタルヘルスへのとびら > セルフケアでこころを元気に > ストレスって何？

メンタルヘルスへのとびら

○ こころの病気について理解を深めよう

○ セルフケアでこころを元気に

▶ ストレスって何？

▶ ストレスをためない暮らし方

○ こころの病気と上手につきあうために

▶ こころの病気の初期サインに気づく

▶ 専門機関への相談や受診をするときは？

▶ こころの病気とのつきあい方

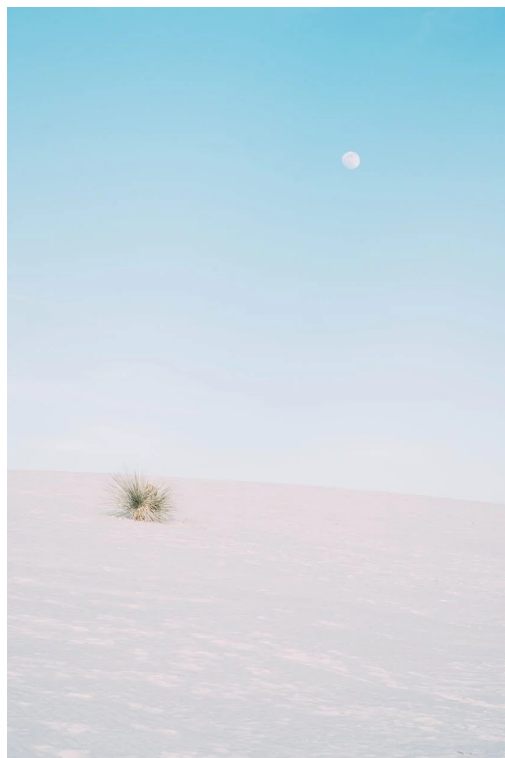
○ アート作品のご紹介





植物にとってストレス？

- 外部から刺激を受けたときに生じる緊張状態 -



砂漠の植物
(高温・乾燥)



うどん粉病



アブラムシ

緊張状態

- ・ 環境要因 (天候・騒音)
- ・ 身体的要因 (病気・睡眠不足)
- ・ 心理的要因 (不安・悩み) ？
- ・ 社会的要因 (仕事・生物関係)



温暖化が進むと植物は育たなくなる

地球温暖化



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS





Loading...

暑い日も寒い日もやってくる
植物はどのようにやり過ごしているのか？





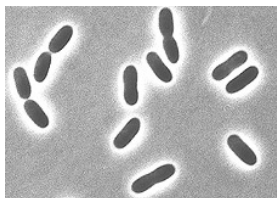
生物と生育温度

生物の生育と温度

日本で育っている植物のほとんどは10-40 °Cで成長する。

それよりも高い、あるいは低い温度になると植物はストレスを感じて、生育が悪くなる。

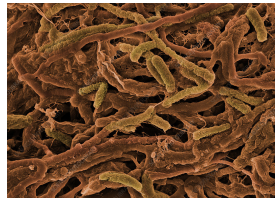
寒冷生物



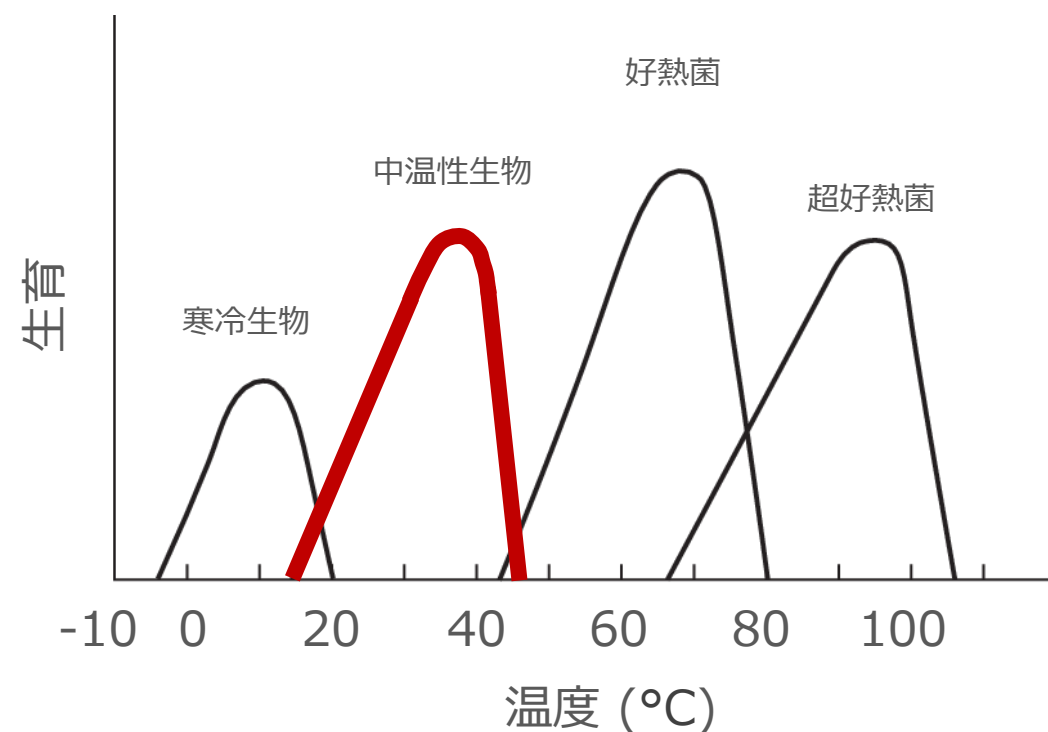
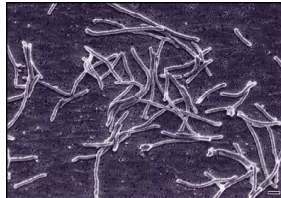
中温性生物



好熱菌



超好熱菌





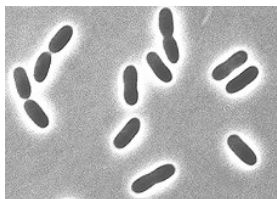
生物と生育温度

生物の生育と温度

日本で育っている植物のほとんどは10-40 °Cで成長する。

それよりも高い、あるいは低い温度になると植物はストレスを感じて、生育が悪くなる。

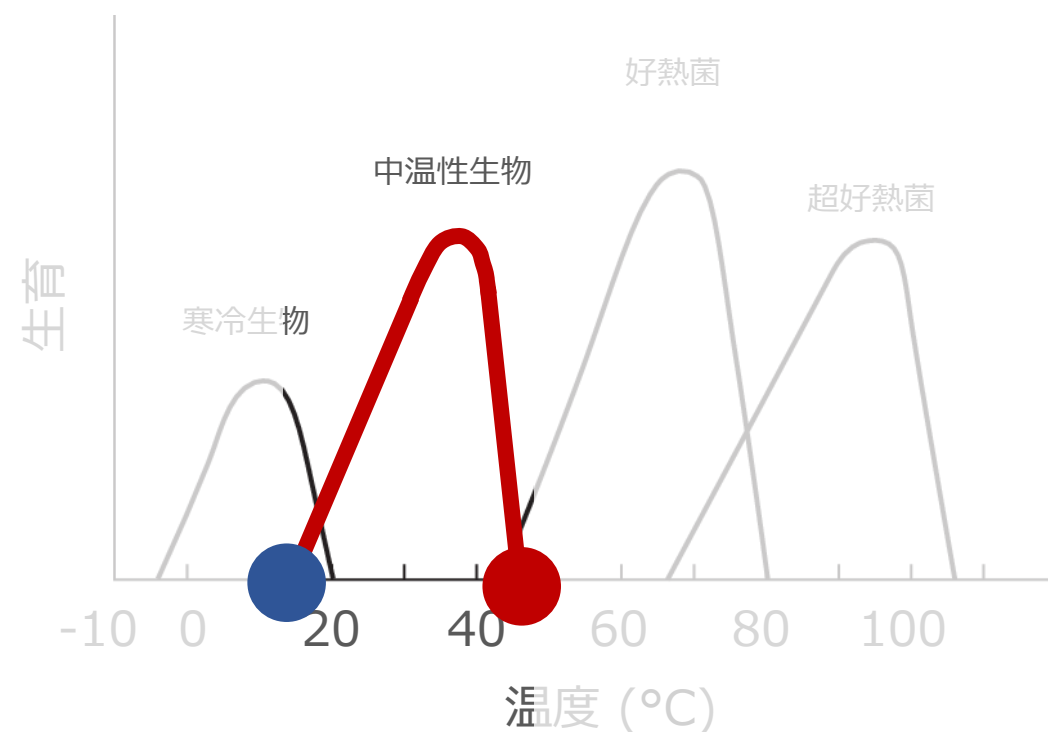
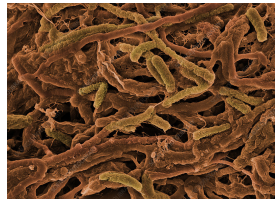
寒冷生物



中温性生物



好熱菌





植物はどのくらいから暑いと感じるか？

高温応答の上限

表：作物の高温応答の上限

作物名	閾値	ステージ	引用文献
小麦	26	開花	Stone & Nicolas, 1994
トウモロコシ	38	実り	Thompson, 1986
綿	45	生殖	Rehman <i>et al.</i> , 2004
トウジンビエ	35	芽生えの生育	Ashraf & Hafeez., 2004
トマト	30	発芽	Camejo <i>et al.</i> , 2005
菜の花	29	花成	Mornson & Stewart, 2002
Cool season pulses	25	花成	Siddique <i>et al.</i> , 1999
落花生	34	花粉形成	Vara Prasad <i>et al.</i> , 2000
ササゲ	41	花成	Patel & Hall, 1990
稲	34	実り	Morita <i>et al.</i> , 2004



植物の高温応答

植物が高温を感じると

高温



植物の形態的・生理学的・生化学的な変化



植物の発生や分化への影響



収量の減少

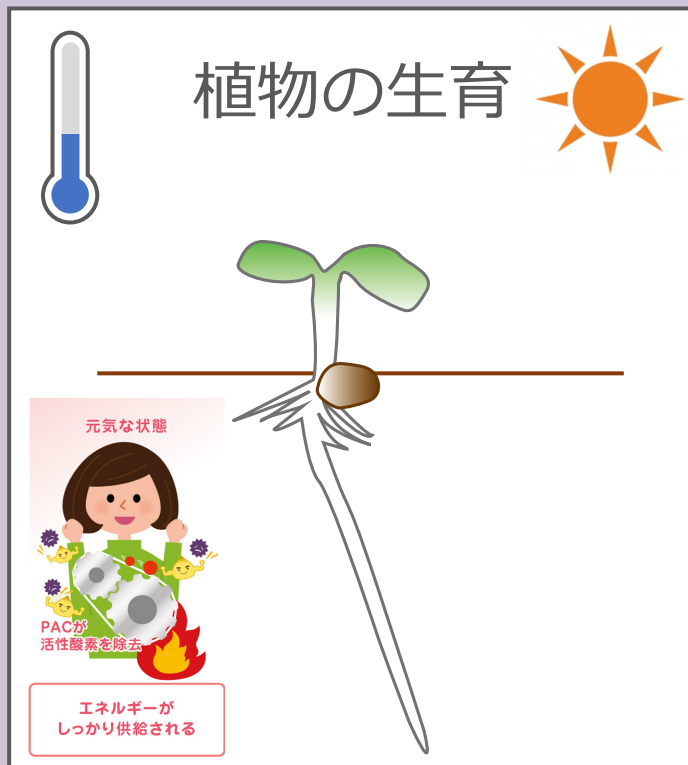
高温障害（ダメージ・細胞死）





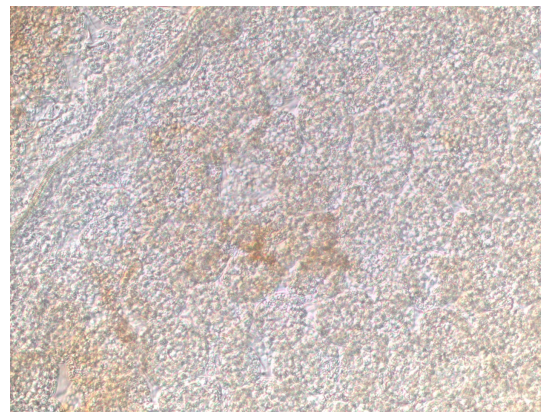
植物の高温応答

常温

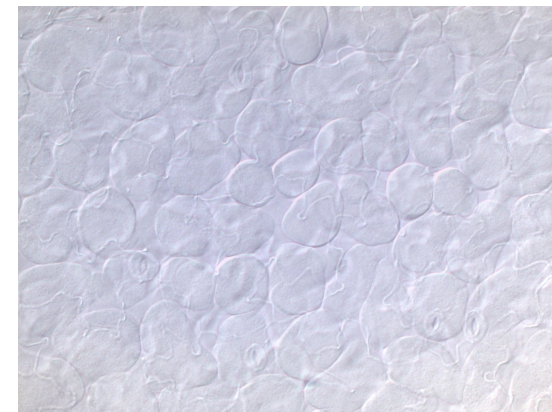


細胞のダメージと細胞死

DAB染色
(活性酸素種)



Trypan Blue染色
(死細胞)

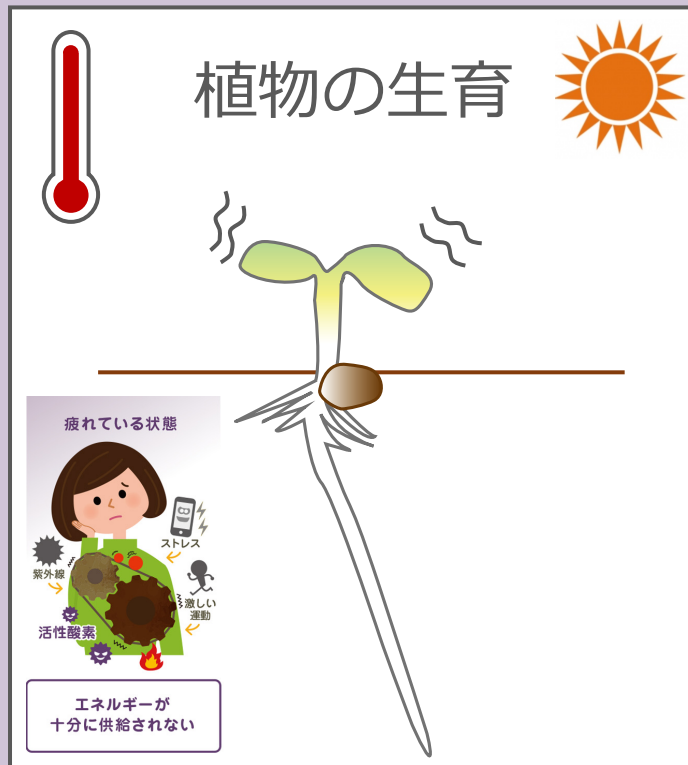


常温ではストレスがなく、細胞は正常



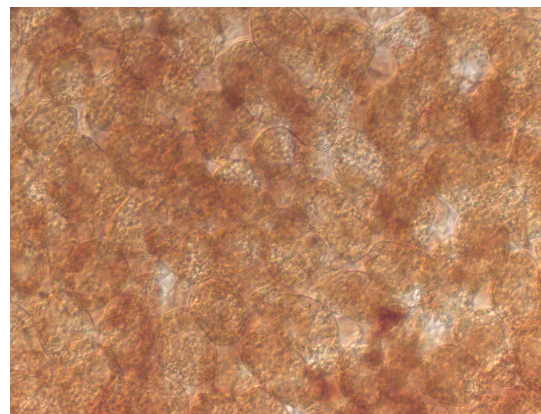
植物の高温応答

高温

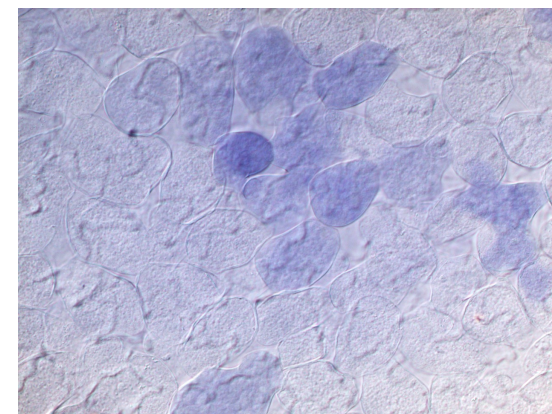


細胞のダメージと細胞死

DAB染色
(活性酸素種)



Trypan Blue染色
(死細胞)



温度が高くなると、細胞にダメージが残る



植物の高温ストレスの対処方法

高温によって受けたダメージがあるなら
、、、修復すればいい。



レタスの高温応答の例





ヒートショックプロテイン



HEAT SHOCK PROTEIN (HSP)

- ・ 1974年代に線虫で発見
- ・ 高温により増えるタンパク質
- ・ タンパク質の**品質を管理**する



ヒートショックプロテインの分類と構造

5つのクラスのヒートショックプロテイン

表:ヒートショックプロテインのファミリー

Protein class	Size (kDa)	Location
HSP100	100-114	Cytoplasm
HSP90	80-94	Cytoplasm, ER
HSP70	69-71	Cytoplasm, ER, mitochondria
HSP60	10-60	Cytoplasm, mitochondria
small HSP	15-30	Cytoplasm, ER, mitochondria



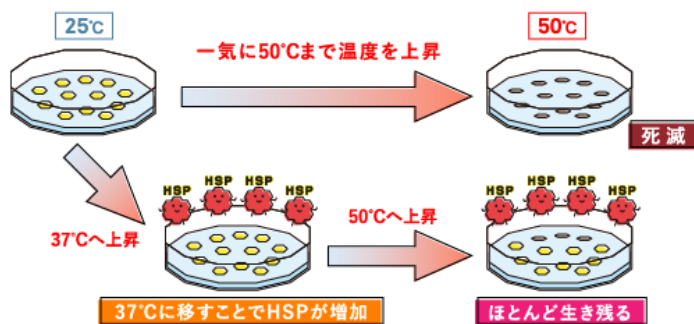
Purple : HSP110



ヒートショックプロテイン

- 全ての生き物に保存された防御システム。 -

ヒートショックプロテインの色々



今、話題!!

ヒートショックプロテイン入浴法

ヒートショックプロテイン (HSP) とは...

様々なストレスから守ってくれるみんなが持っているたんぱく質のこと!
そんなヒートショックプロテイン (HSP) を自身で増やし、自己回復力を向上させたり
免疫力を向上させることで、ウイルスへの対策、病気の予防や美肌へつなげ、
健康に役立てる事ができるのです。
◇ 一例に元気がないレタスを 50°Cのお湯で洗うとシャキッとする これも HSP の仕事です ◇

HSP入浴法とは?

1. 入浴前に必ず水分補給をおこなう
2. 40°C~42°Cのお湯に20分ほどつかる
3. 体温が38°Cになるのが理想
4. 10分~15分、体を保温する

注意すること

- 入浴前の水分補給を必ずおこなう
- 長風呂は危険をともなう行為であるため、体に異変を感じたらすぐに中止する

どんな効果があるの?

- 免疫力の向上
- 疲れにくい体を作る
- NK細胞を活性化
- 美肌効果

他にも、色々な効果が期待できます!!

無理はしない
水分補給
この2つは
気をつけましょう

HSPプロジェクト研究所 医学博士 伊藤愛子さんの
サイトより引用させて頂きました
<https://www.youko-itoh-hsp.com/>

肌の断面

肌表面
肌内部

通常の肌

紫外線をあてると

HSP70を高めた肌

表皮が厚く変形
炎症反応も出ている!

ほぼダメージを受けていない!

42°C

紫外線

シワ

酸化

繊維芽細胞の能力低下

コラーゲナーゼ

分解

生成

分解

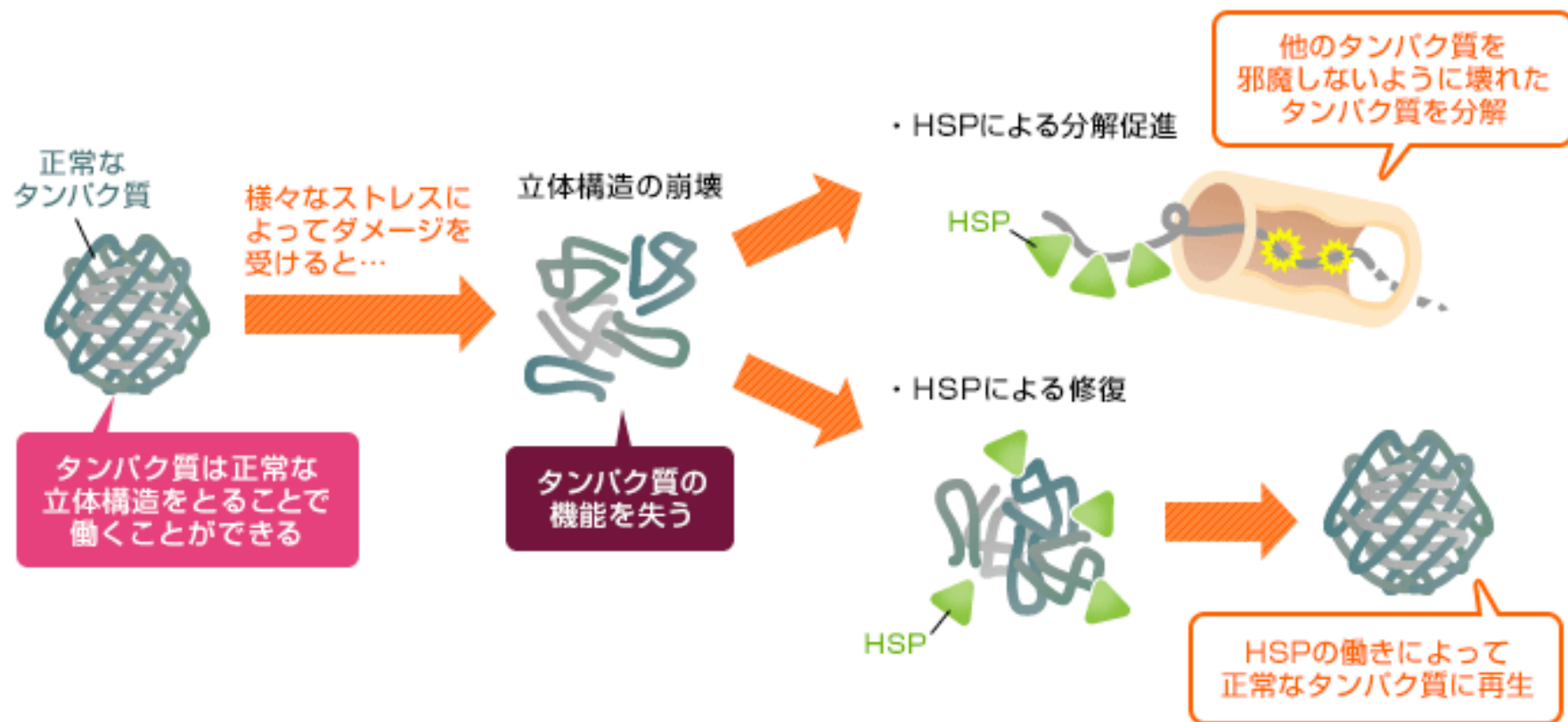
生成

HSP



HSPはタンパク質の立体構造を直す

HSPの働き (タンパク質の品質管理)





タンパク質の立体構造が壊れると。。。

誤った折りたたみの危険

これはささいな問題ではない。細胞はタンパク質が正しく折りたたまれるのをただ待っていることはできない。誤って折りたたまれたタンパク質は、本来安全に内側にしまい込まれているはずの炭素が豊富な部分を表面に出していることがよくある。炭素が豊富な部分は他のタンパク質の似たような部分と強く結合し、大きな凝集体を形成する。ランダムな凝集体は細胞にとって致命的である。鎌形赤血球貧血 (sickle cell anemia)、狂牛病 (mad cow disease)、アルツハイマー病 (Alzheimer's disease) などの病気は、異常なタンパク質の凝集が細胞の動きを妨げる原線維 (fibril) となることで引き起こされる。

折りたたみの経路に沿った案内

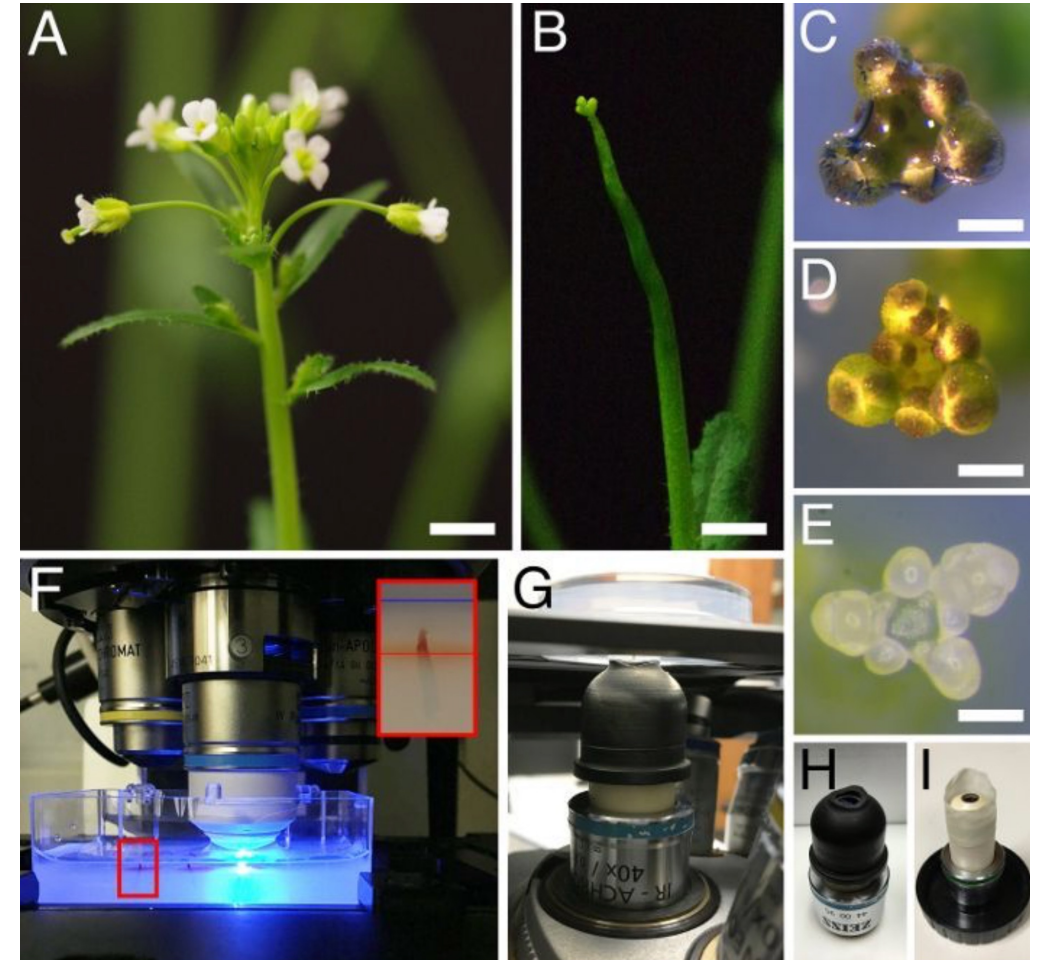
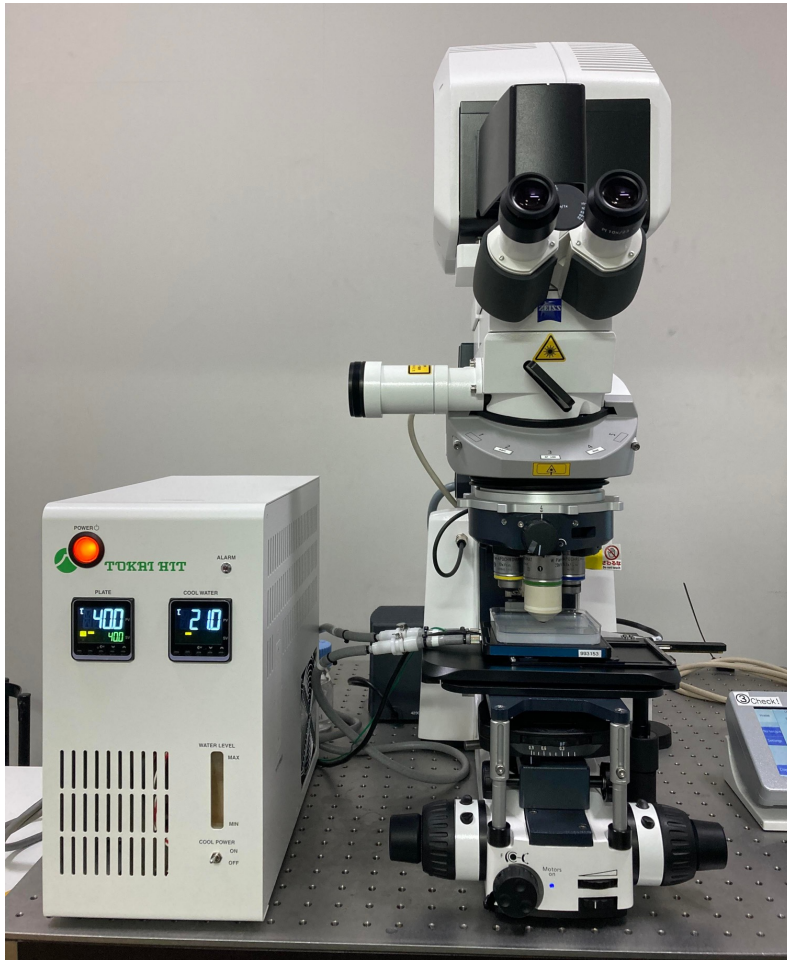
シャペロン (chaperone) は、タンパク質を正しい過程に従って折りたたまれるのを誘導するタンパク質である。折りたたみ過程中そのタンパク質を保護し、他のタンパク質が結合したり折りたたみ過程を邪魔したりしないようにしている。多くのシャペロンタンパク質は「熱ショックタンパク質」 (heat shock protein) と呼ばれ、HSP-60のように名付けられている。こう呼ばれるのは細胞が熱にさらされた時大量に作られるからである。一般的に熱はタンパク質を不安定化させ、誤った折りたたみをより起きやすくしてしまう。だから本当に熱くなった時、細胞はこれらシャペロンの追加支援を必要とするのである。

ヒトの場合

- 鎌形赤血球貧血
- 狂牛病
- アルツハイマー病



蛍光顕微鏡で植物サンプルを観察する

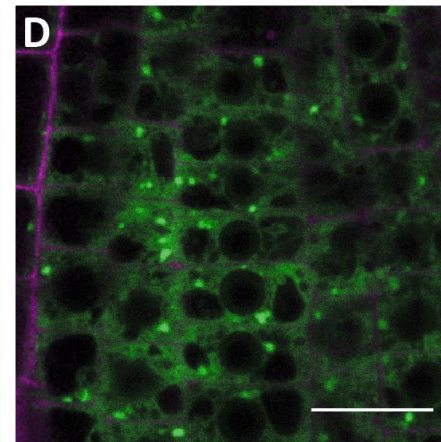
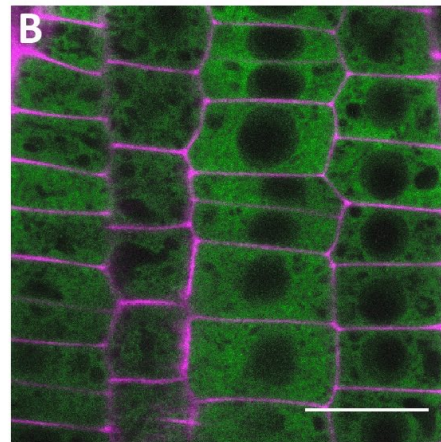
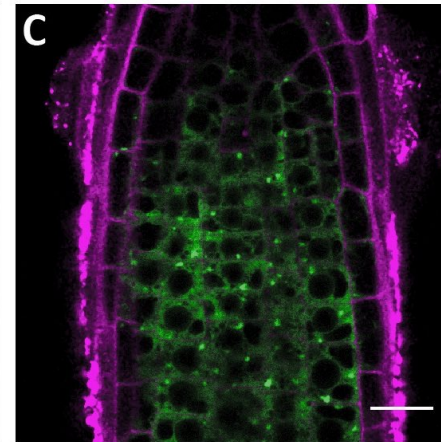
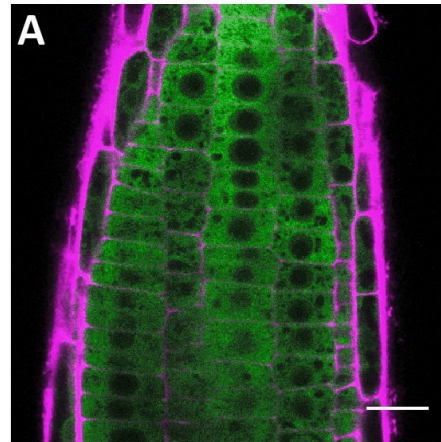




温度が高くなるとストレス顆粒

22度

37度

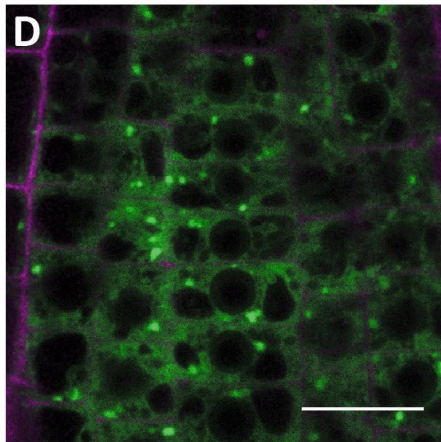
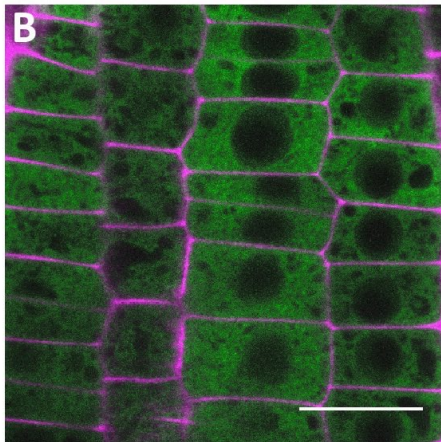
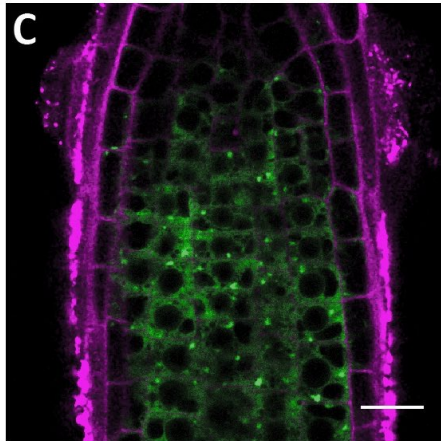
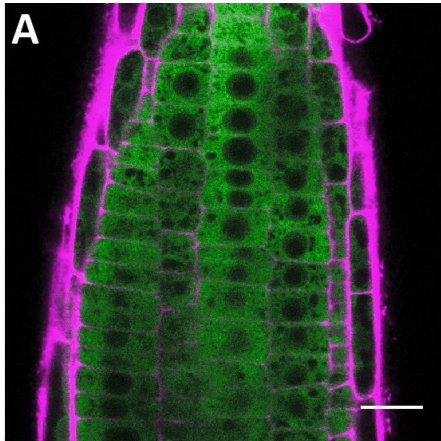




温度が高くなるとストレス顆粒

22度

37度



タンパク質が細胞に溜まってしまう



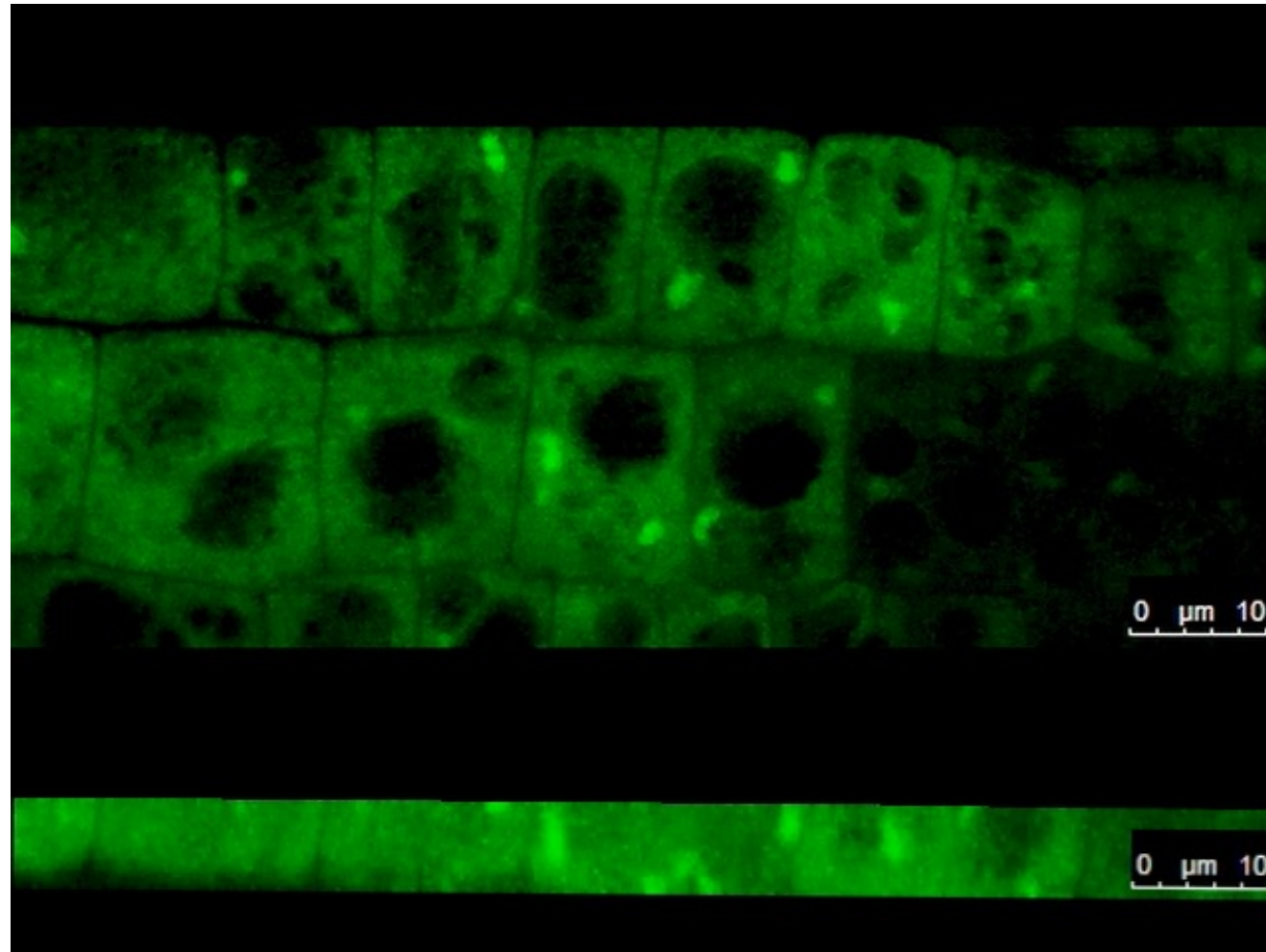
生死に大きく関わる

例. 全身性アミロイドーシス
タンパク質が凝集して臓器に沈着





温度が高くなるとストレス顆粒

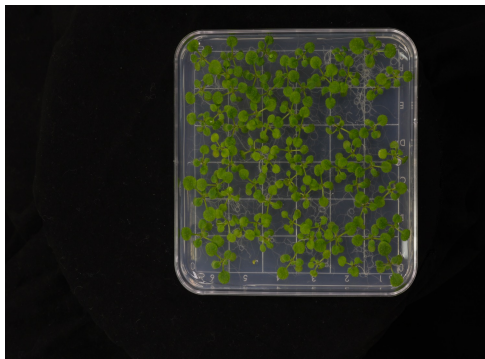
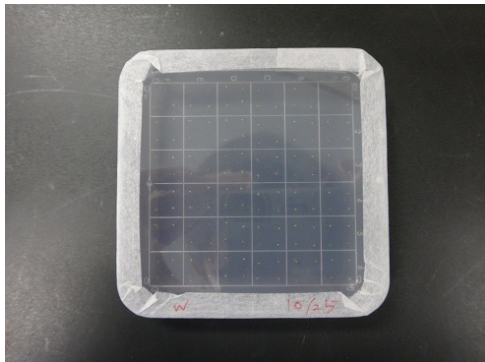




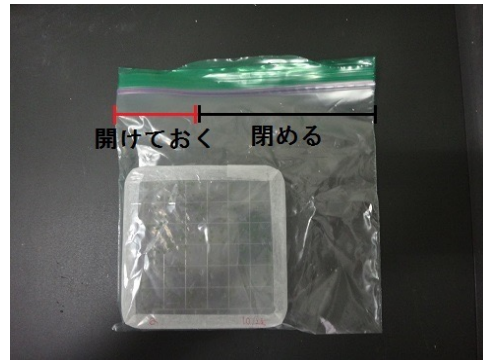
植物の高温処理方法

- 植物サンプルと高温処理 -

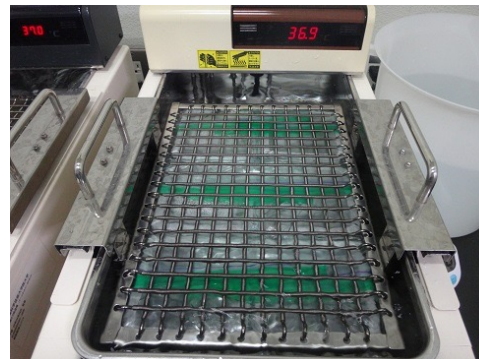
播種・生育



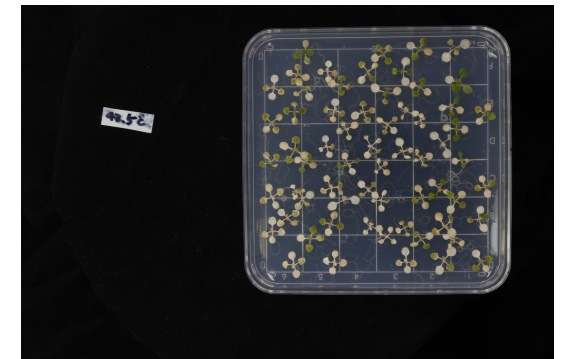
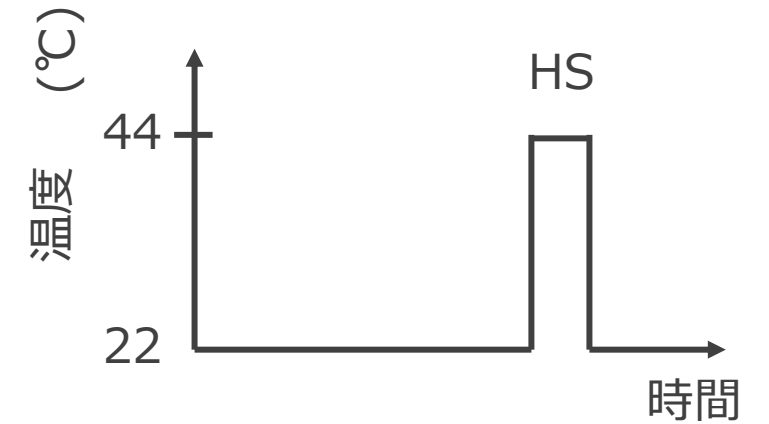
パック



高温処理

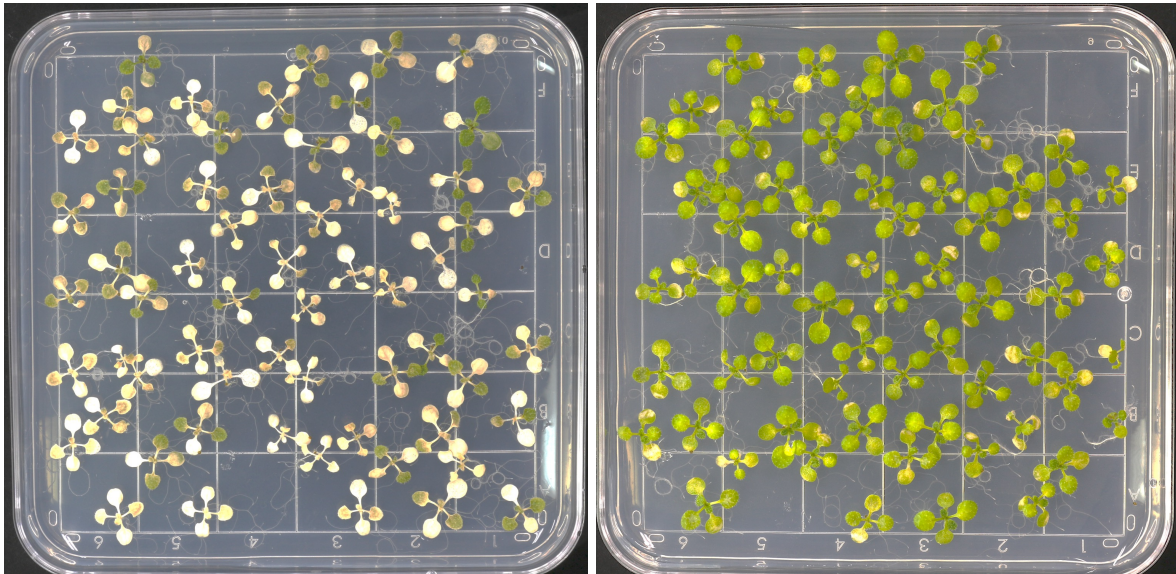


- 表現型 -





高温ストレスの定量方法

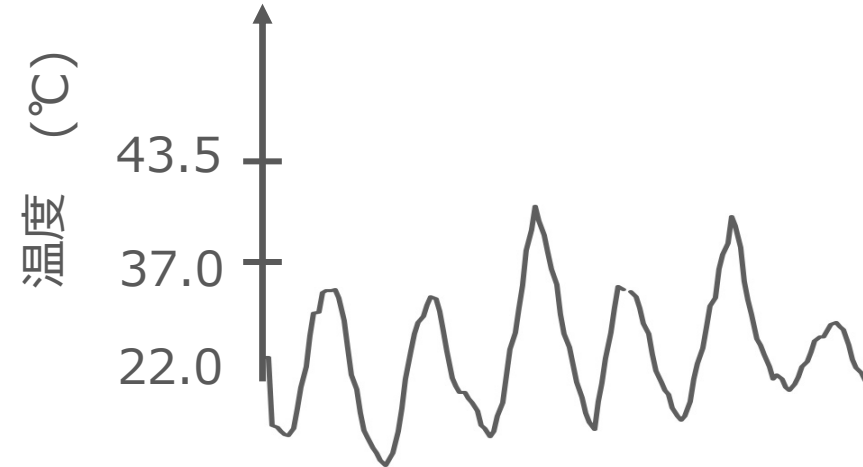
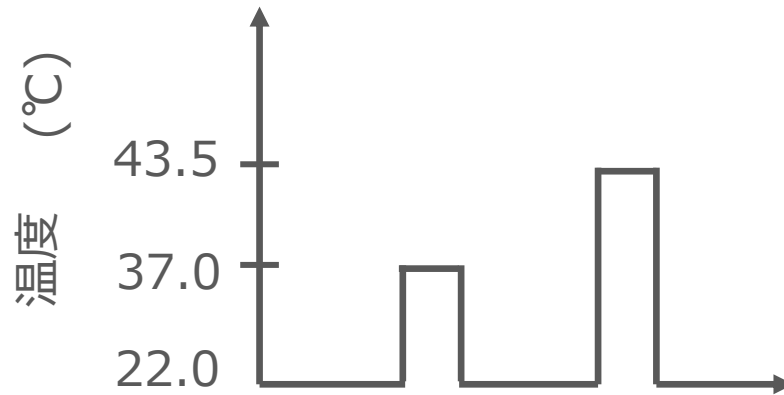
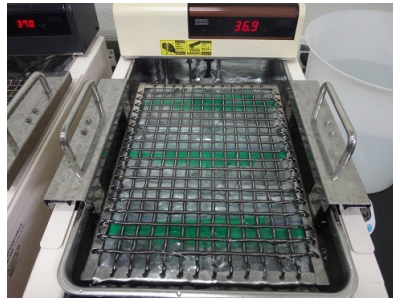


ダメージにより影響を受けるもの

- ・ 生存率
- ・ クロロフィル含量
- ・ 生重量
- ・ 成長率 (器官の長さ・大きさ)



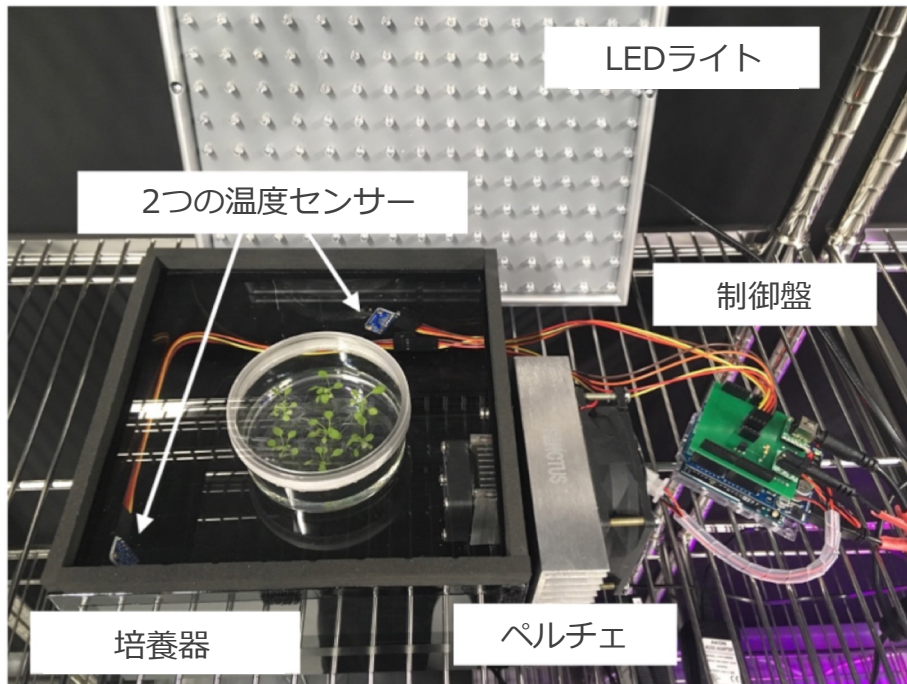
実験室と野外の高温条件の違い



野外の温度を実験室に作ってみる



野外の高温条件の再現

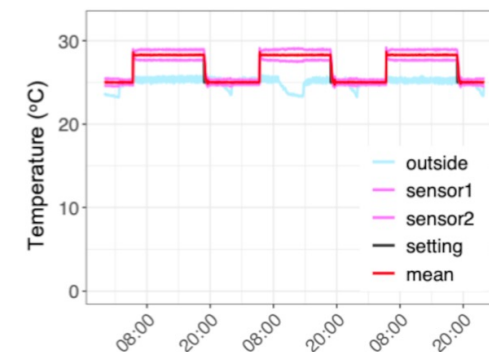
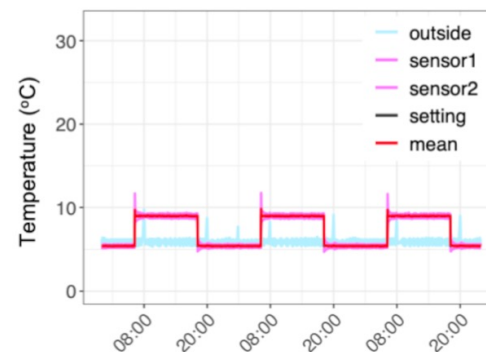
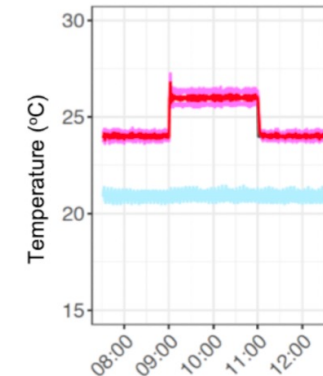
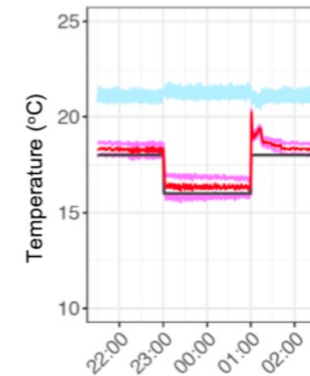
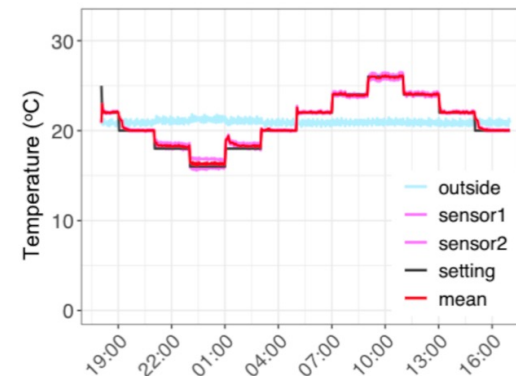
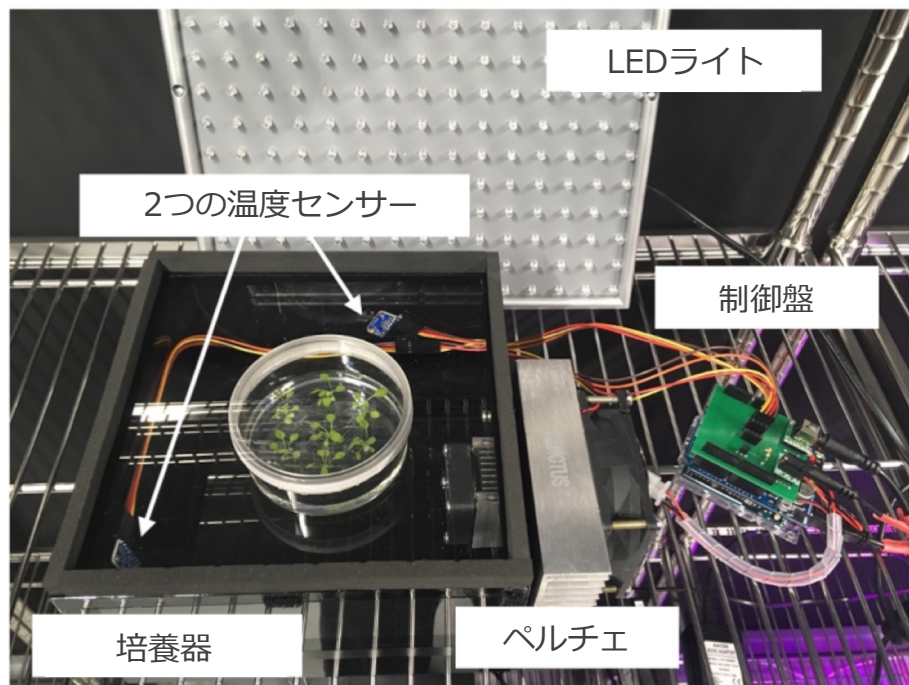


小型培養器(SmartGC)の特徴

- ・ 庫内は20 x 20 x 8 cm
- ・ 光・温度を制御可能
- ・ パソコンが必要
- ・ ペルチエは消耗品(1ヶ月程度)



野外の高温条件の再現





野外の高温応答の検証実験

気象庁のデータを使用

国土交通省
気象庁
Japan Meteorological Agency

ENGLISHOther Languages

Google 提供 検索

ホーム | 防災情報 | 各種データ・資料 | 地域の情報 | 知識・解説 | 各種申請・ご案内

ホーム > 各種データ・資料 > 過去の気象データ検索

過去の気象データ検索

各地の気温、降水量、風など | 高層の気温、風など

最新の気象データ | 過去の気象データダウンロード | 過去の地域平均気象データ

地点と年月日時を選択して、表示するデータの種別を選択してください。 [検索条件を全てクリア](#)

地点の選択

年月日の選択

データの種別

地点の選択をクリア

都道府県選択
都道府県・地方を選択

地点選択
(未選択)

年月日の選択をクリア

2022年 2002年 1982年
2021年 2001年 1981年
2020年 2000年 1980年
2019年 1999年 1979年
2018年 1998年 1978年
2017年 1997年 1977年
2016年 1996年 1976年
2015年 1995年
2014年 1994年
2013年 1993年
2012年 1992年
2011年 1991年
2010年 1990年
2009年 1989年
2008年 1988年
2007年 1987年
2006年 1986年
2005年 1985年
2004年 1984年
2003年 1983年

1月 1日 16日
2月 2日 17日
3月 3日 18日
4月 4日 19日
5月 5日 20日
6月 6日 21日
7月 7日 22日
8月 8日 23日
9月 9日 24日
10月 10日 25日
11月 11日 26日
12月 12日 27日
13日 28日
14日 29日
15日 30日
31日

年ごとの値を表示
(地点を指定してください)

3か月ごとの値を表示
(地点、年を指定してください)

観測開始からの月ごとの値を表示
(地点を指定してください)

月ごとの値を表示
(地点、年を指定してください)

旬ごとの値を表示
(地点、年を指定してください)

日ごとの値を表示
(地点、年月を指定してください)

1時間ごとの値を表示
(地点、年月日を指定してください)

10分ごとの値を表示
(地点、年月日を指定してください)

地点ごとの観測史上1〜10位の値
(地点を指定してください)

歴代全国ランキング

年・月ごとの平年値を表示
(地点を指定してください)

3か月ごとの平年値を表示
(地点を指定してください)

旬ごとの平年値を表示
(地点を指定してください)

半旬ごとの平年値を表示
(地点、月を指定してください)

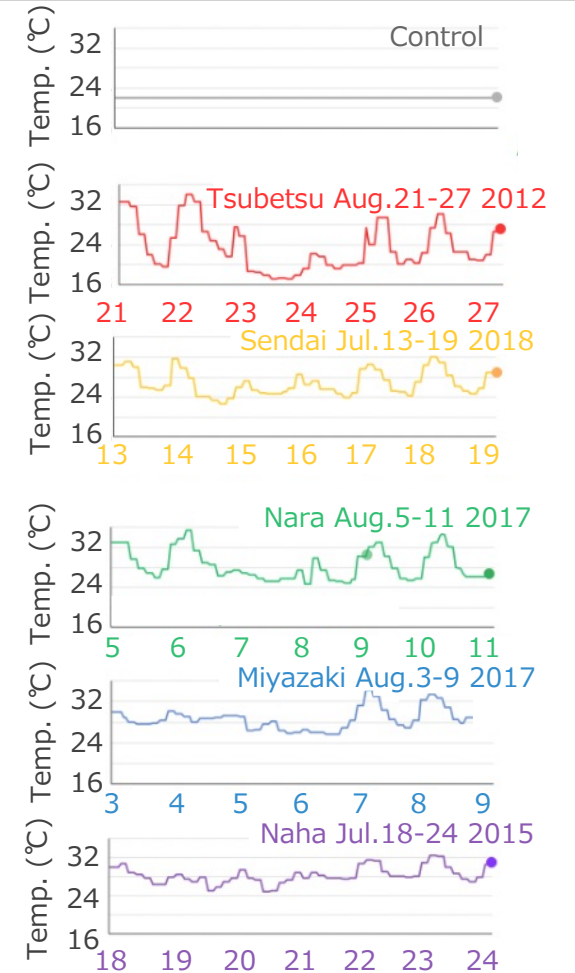
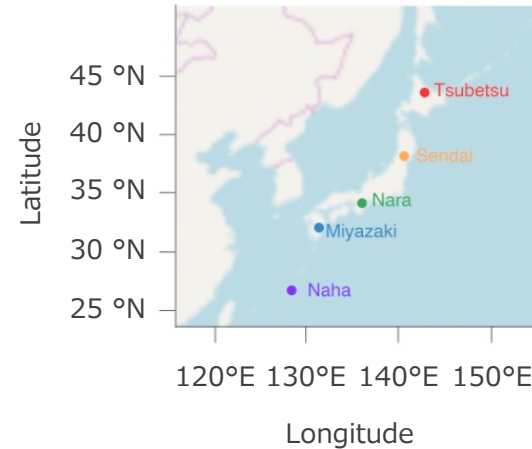
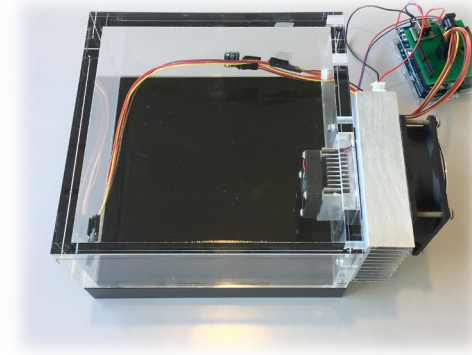
日ごとの平年値を表示
(地点、月を指定してください)

霜・雪・結氷の初終日と初冠雪日の平年値を表示
(気象台、測候所などのみのデータです)

平年値は1991-2020年の30年間の観測値の平均をもとに算出しています。

要素別データの公開期間
(気象台、測候所などのみのデータです)

メッシュ平年値図





野外の高温応答の検証実験

Recapitulation of field conditions

国土交通省
気象庁
Japan Meteorological Agency

ホーム | 防災情報

ホーム > 各種データ・資料 > 過去の気象データ検索

過去の気象データ検索

各地の気温、降水量、風など

高層の気温

地点と年月日時を選択して、表示するデータの種類の選択

地点の選択

年月日の選択

地点の選択をクリア

都道府県選択

都道府県・地方を選択

地点選択

地点を選択

(未選択)

2022年

2021年

2020年

2019年

2018年

2017年

2016年

2015年

2014年

2013年

2012年

2011年

2010年

2009年

2008年

2007年

2006年

2005年

2004年

2003年

2002年

2001年

2000年

1999年

1998年

1997年

1996年

1995年

1994年

1993年

1992年

1991年

1990年

1989年

1988年

1987年

1986年

1985年

1984年

1983年

奈良県のアメダス観測所

気象官署が1箇所（奈良地方気象台）あります。

紀伊半島の中央部を占める県です。史跡や都が集まる北西部を除けば、深い山が続く山岳地帯で、厳しい道が続いています。雨量計のみの観測所が7箇所あり、四要素の観測所（5箇所）の数を上回っています。

訪問は、2012年から2014年にかけてです。

針（はり）

[北部 | 北西部]

奈良市都祁友田町（ならしつげともだちょう）

観測要素：降水量、風向・風速、気温、日照時間

県庁所在地の奈良市ですが、この観測所は中心市街地から離れた南東側の山間の地区です。南から西方向の見晴らしが良い場所です。2014年に移設され、住所表記では針町の隣になってしまいましたが、観測所名は引き続き「針」のままです。

奈良市針町（ならしはりちょう）

移設前の様子もご紹介しておきます。移設後の場所とそれほど離れていません。建物工事の影響で移設を余儀なくされたようです。植え込みの中に設置され、フェンスなどはありませんでした。

田原本（たわらもと）

[北部 | 北西部]

磯城郡田原本町大字保津（しきぐん たわらもとちょう おおあざ ほう）

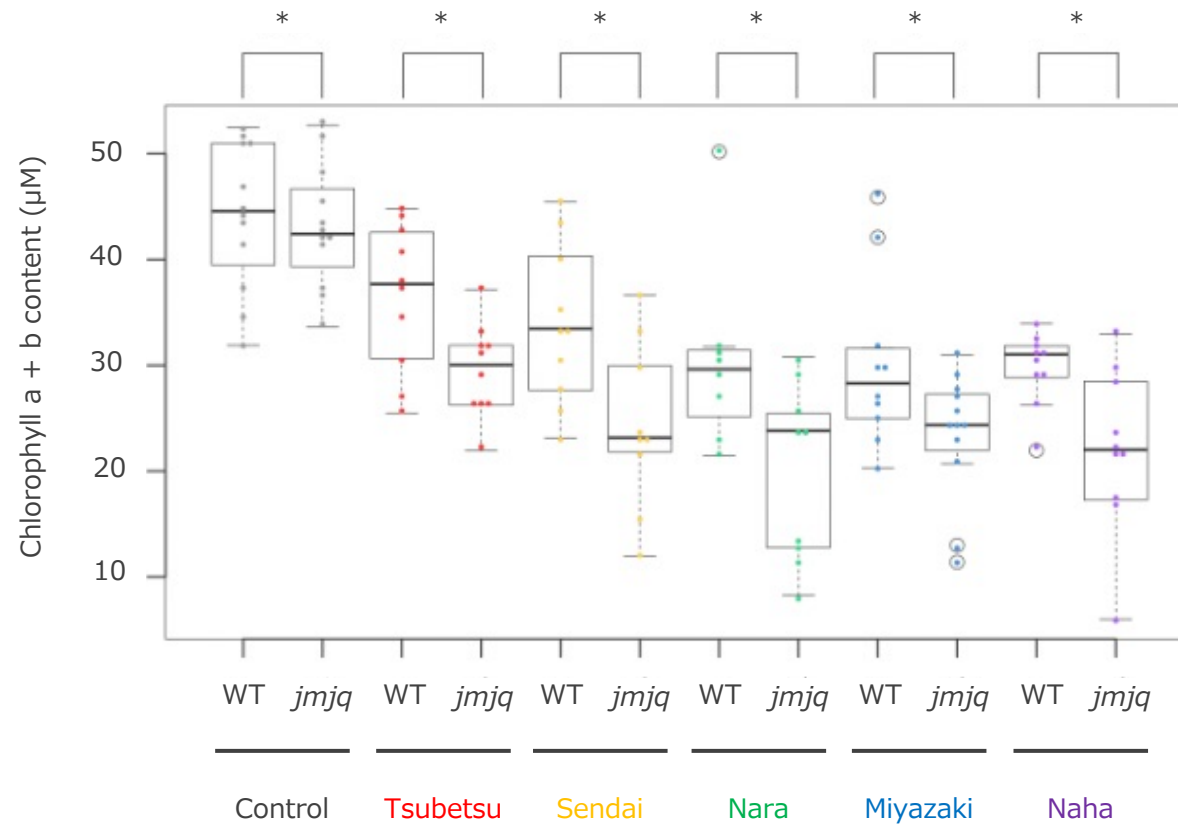
観測要素：降水量

Yamaguchi[†] et al., 2021 *Nature Commun.*



フィールドでの高温応答の検証実験

Phenotyping





植物が高温を受けたか？テストする方法



植物が高温を受けたか？テストする方法

例. コロナ

- 抗体検査
- PCR検査



植物が高温を受けたか？テストする方法

例. コロナ

- ・ 抗体検査
- ・ PCR検査

植物

- ・ 抗体検査
- ・ PCR検査



高温によるHSPタンパク質の蓄積

- 抗体 -

お問い合わせは電話 +81-(0)3-6231-0940 または [メールでどうぞ](#)

[ログイン](#) または [新規登録](#)



[カート](#)



[クイック・オーダー](#)

abcam

例 : p53, IL6 ELISA, inhibitor, western blot



[研究用製品](#) [カスタム製品 & パートナーシップ](#) [サポート](#) [イベント](#) [パスウェイ](#)

[新型コロナウイルス（COVID-19）に伴う当社の対応について](#)

該当製品622件

ソート機能

関連性



- ターゲット



☐ [Hsp27](#) (55)

☐ [Hsp70](#) (50)

☐ [Hsp60](#) (39)

KO 評価済

[Anti-Hsp90 antibody \[D7a\]](#) (ab59459)

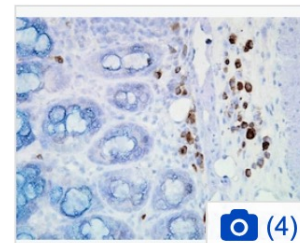
★★★★★ レビュー (9) 使用論文 (16)

Description: Mouse monoclonal [D7a] to Hsp90

Application: Flow Cyt, ICC/IF, IHC-Fr, IHC-P, IP, WB

Reactivity: Mouse, Rat, Rabbit
Immunohistochemistry (Formalin/PFA-fixed paraffin-embedded sections)

Conjugate: Unconjugated



(4)

☐ [クリックして比較](#)(4 製品)

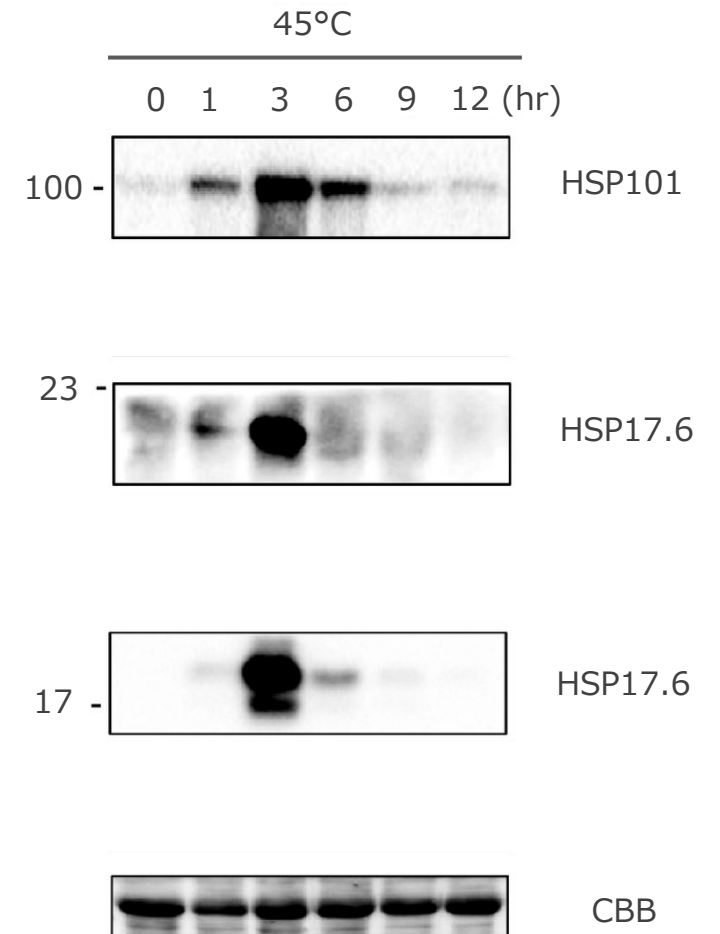
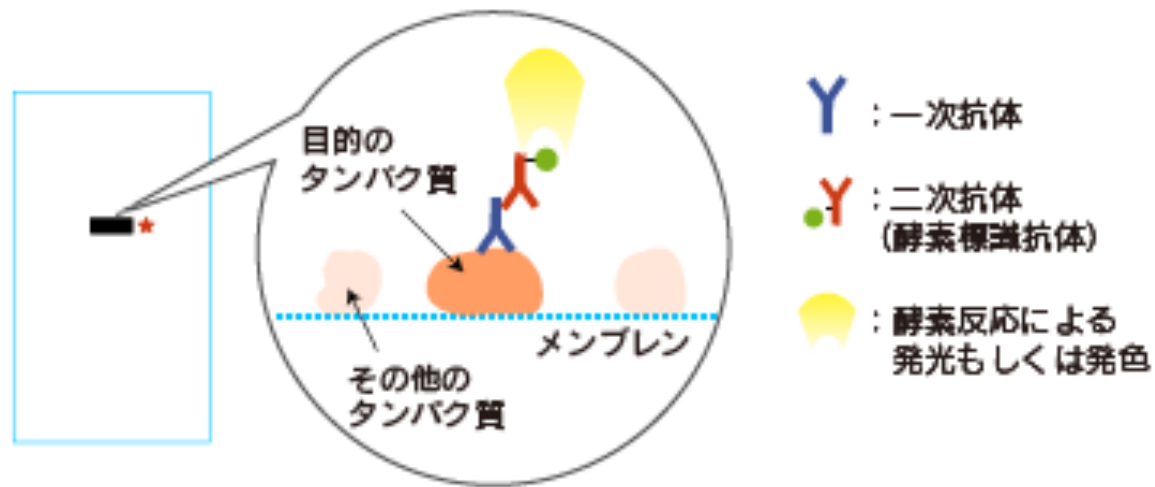


高温の経験の「抗体検査」

ヒートショックプロテイン の検出

ウェスタンブロット

抗体反応、酵素反応で目的タンパク質を検出

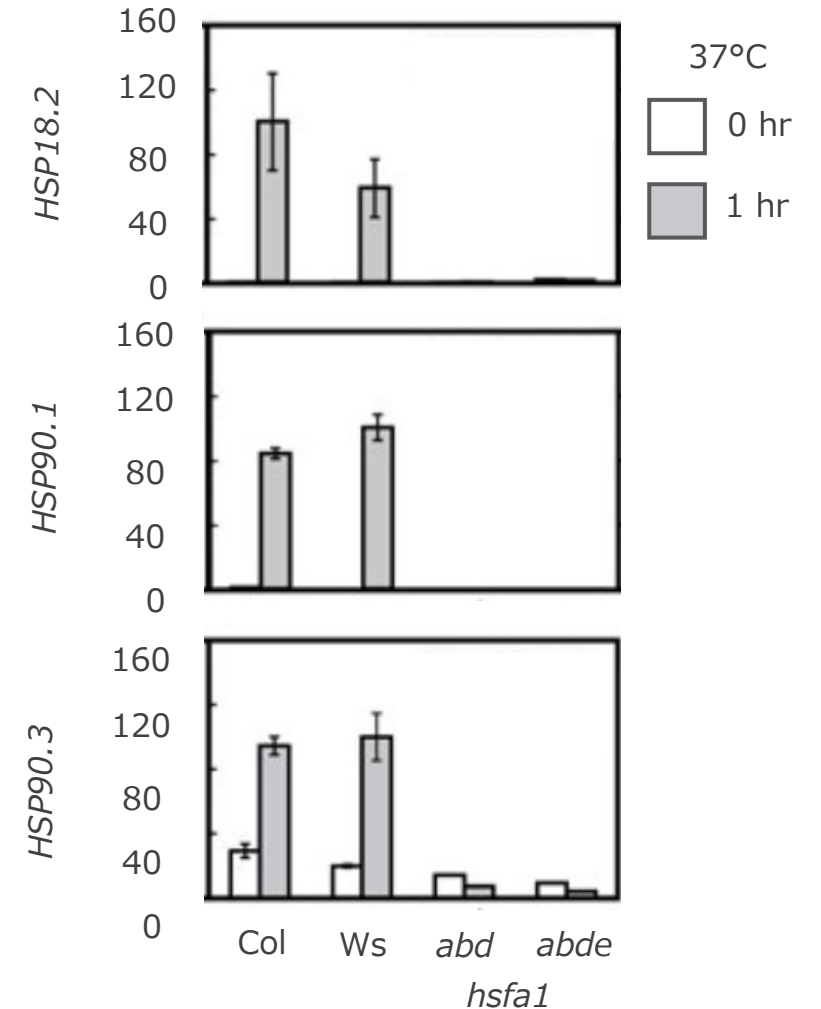
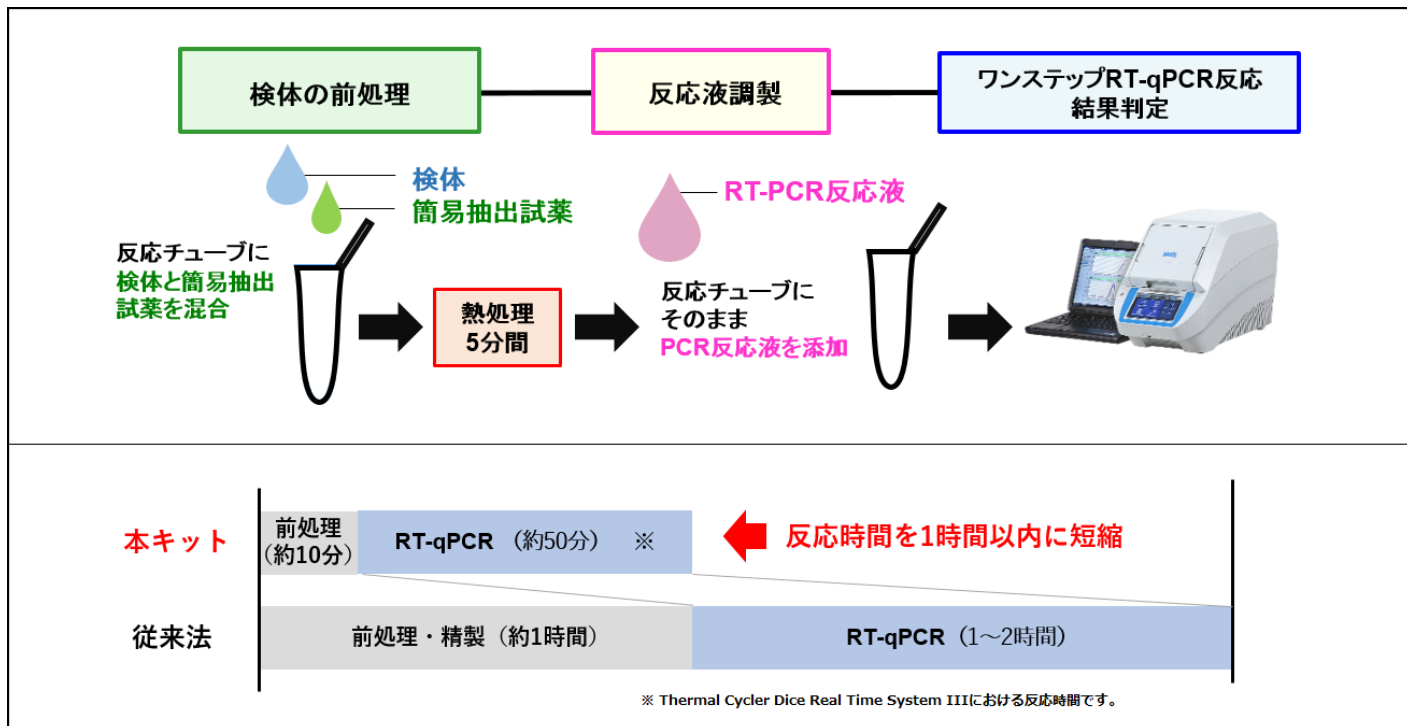




高温の経験の「PCR検査」

ヒートショックプロテイン の検出

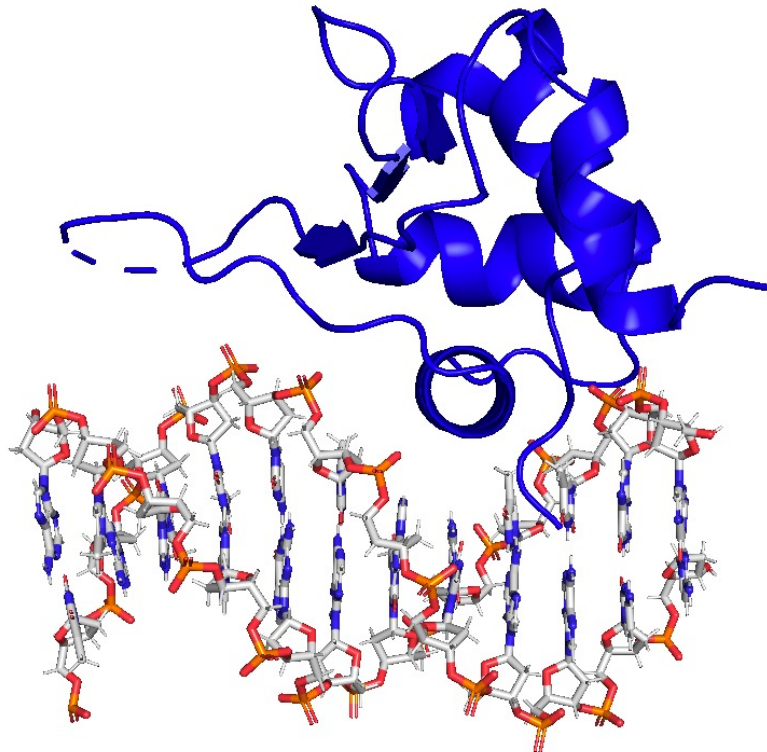
RT-PCR





転写因子HSFがヒートショックタンパク質をつくる司令を出す

HSF



ヒートショックプロテイン遺伝子

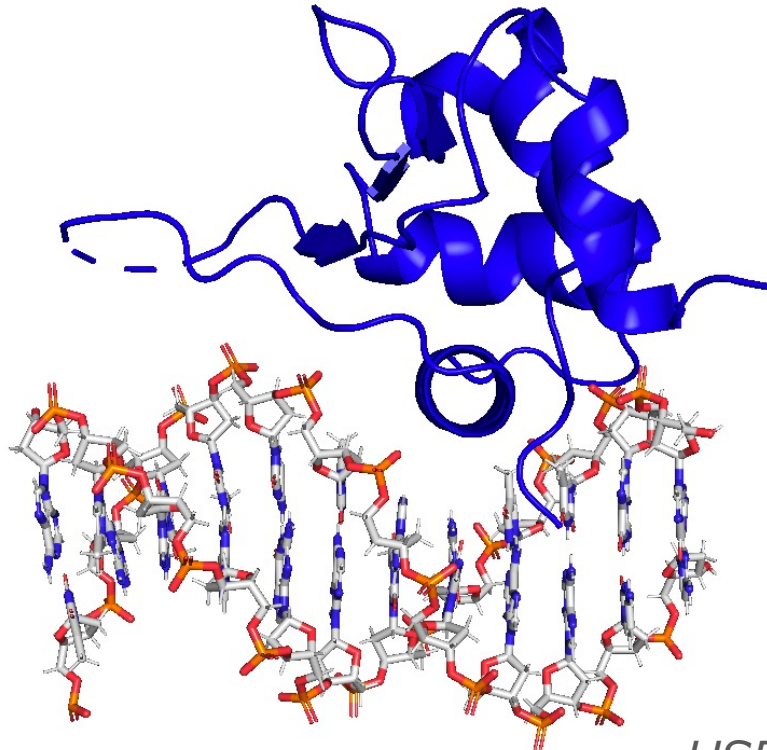
HEAT SHOCK FACTORs (HSFs)

- ・ 1990年代に発見
- ・ 高温により増える転写因子
- ・ *HSP*遺伝子を転写する



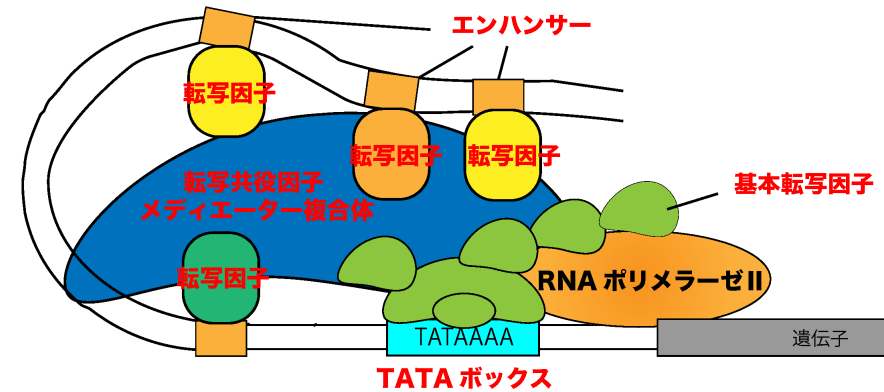
HSFAはHSEを認識して、DNAに結合

HsHSF1 DBD



HSP

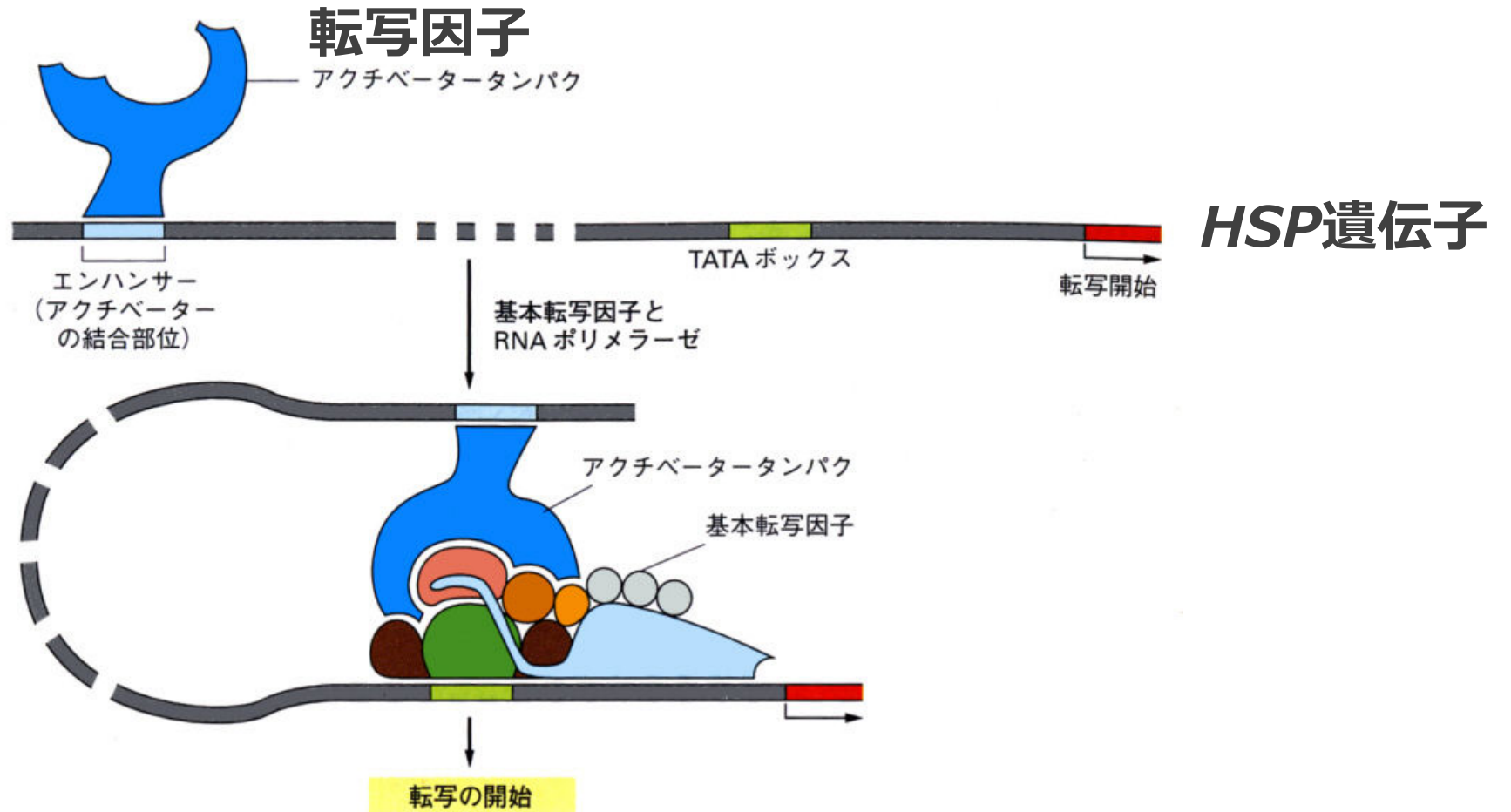
<真核生物の転写調節の仕組み>



- HEAT SHOCK ELEMENT (HSE)
GAAnnTTC



高温応答を制御する転写因子HSF





様々な生物種におけるHSFAの数

表1 ■ さまざまな生物種におけるHSFの数

生物種		HSF 数
非植物	酵母	1
	ショウジョウバエ	1
	ヒト	3
	マウス	4
植物	シロイヌナズナ	21
	イネ	25
	ダイズ	52
	トマト	24



HSFA転写因子のドメイン構造

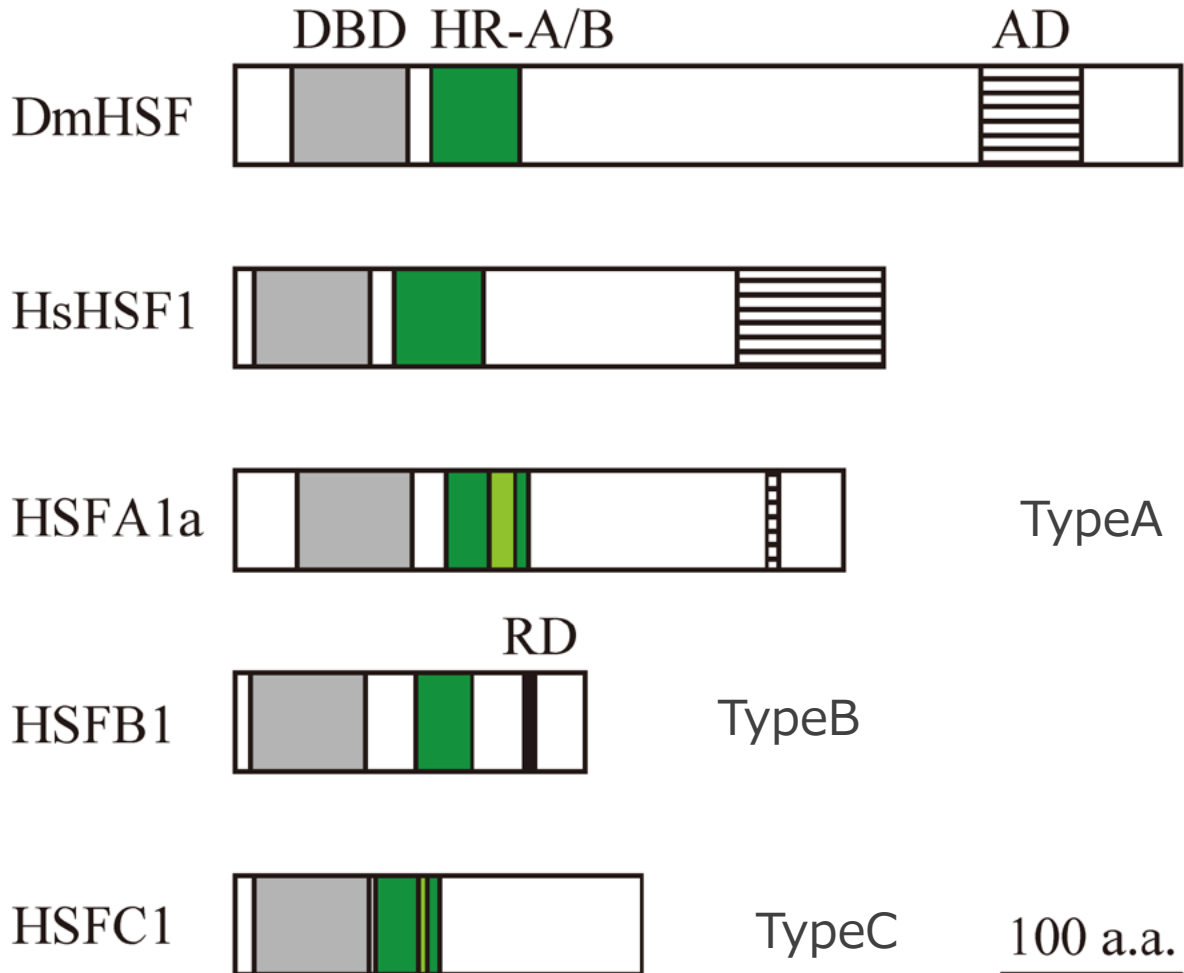


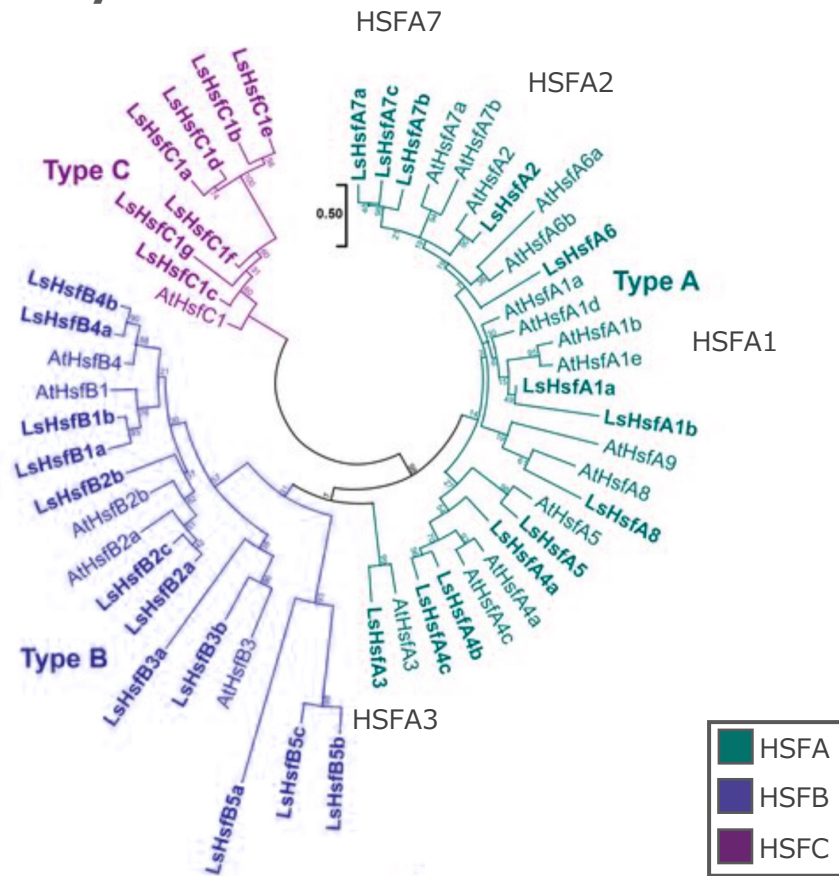
図1 ■ HSFのドメイン構造

ショウジョウバエ HSF (DmHSF), ヒト HSF1 (HsHSF1), シロイヌナズナ HSF (HSFA1a, HSFB1, HSFC1) の構造を示す. 図の簡略化のため, 本文中で触れたドメインについてのみ記した. HSFA1a, HSFC1 のオリゴマー化ドメイン中の色が薄い部分は挿入配列を示す. DBD: DNA-binding domain, HR-A/B: Heptad repeat A/B (オリゴマー化ドメイン), AD: Activation domain, RD: Repression domain.



転写因子HSFがヒートショックタンパク質をつくる司令を出す

HSF family



HEAT SHOCK FACTORs (HSFs)

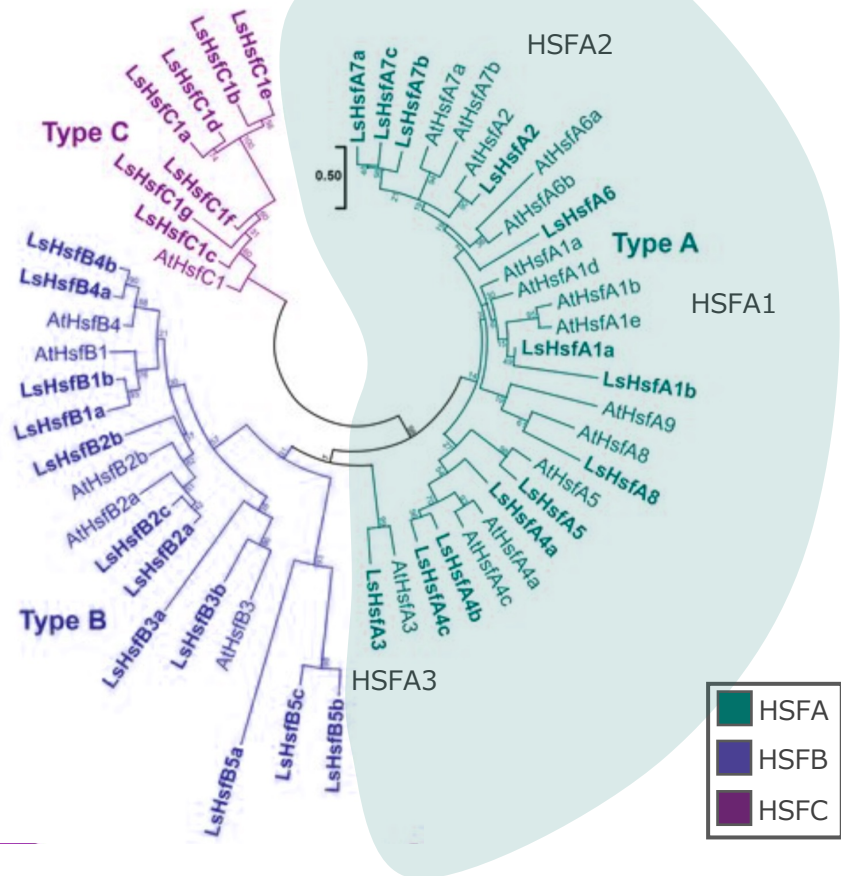
- ・ 1990年代に発見
- ・ 高温により増える転写因子
- ・ *HSP*遺伝子を転写する
- ・ タイプA, B, Cに分かれる



植物のHSF Type Aファミリーの特徴

HSF family

Type A



Type A

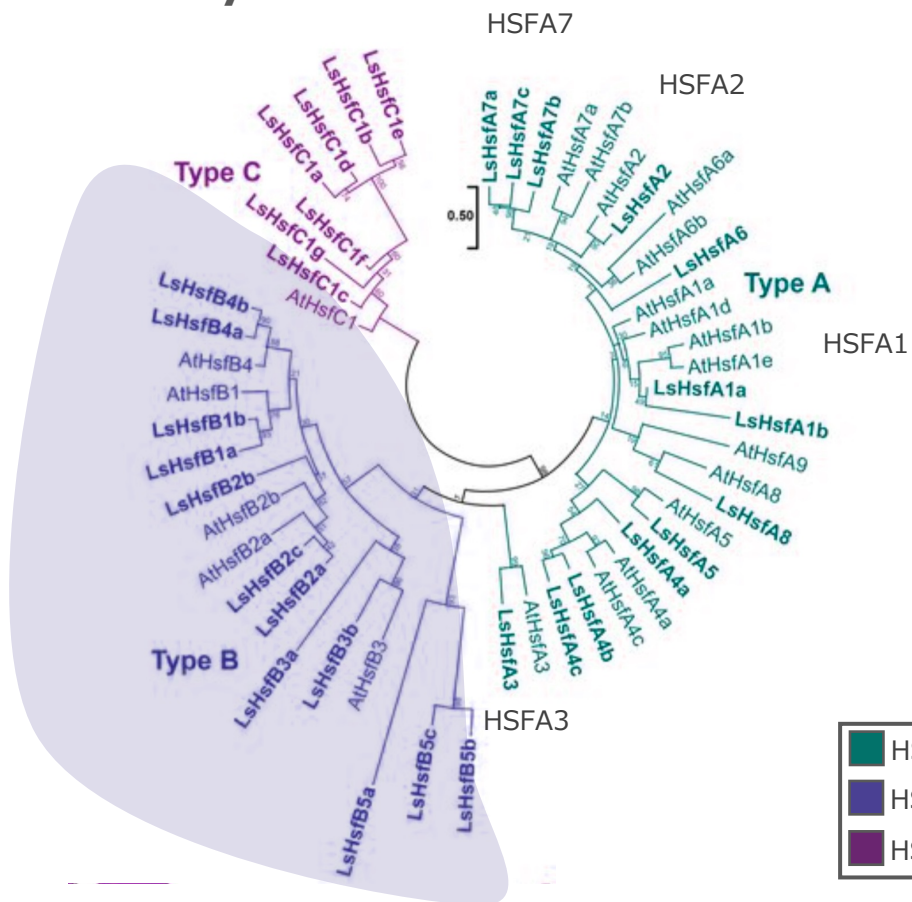
- ・転写のアクチベーター
- ・アクチベーションドメインを持つ
- ・恒常的に発現するHSFがある
- ・熱に誘導されるHSFもある



植物のHSF Type Bファミリーの特徴

HSF family

Type B



Type B

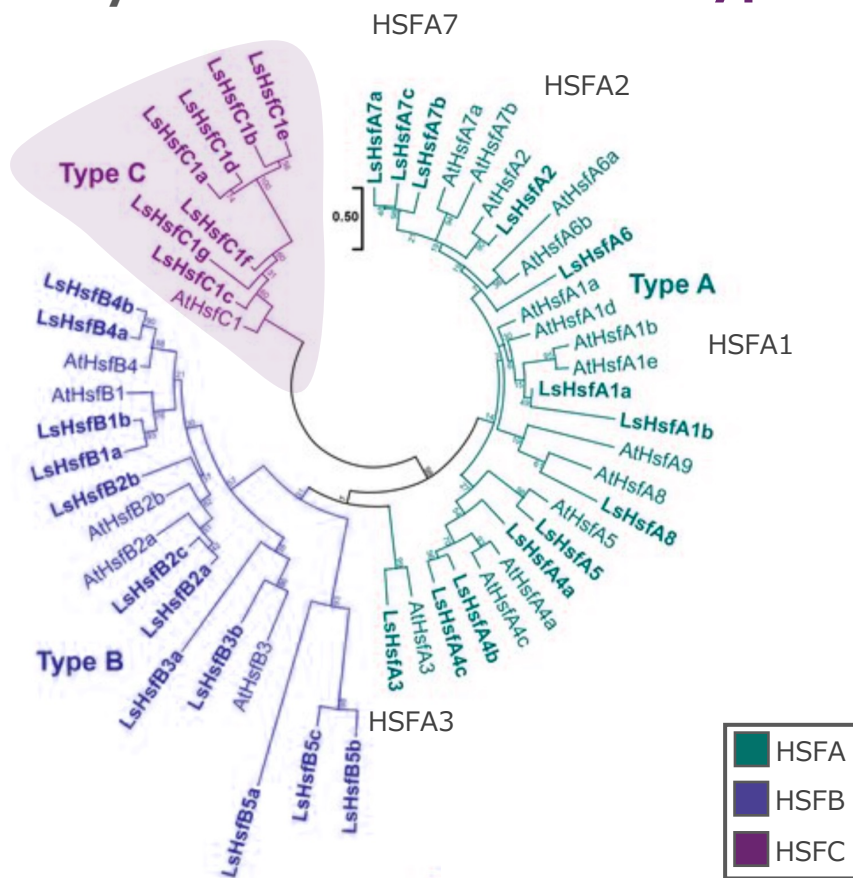
- ・転写のリプレッサー?
- ・リプレッションドメインを持つ
- ・植物特有のType



植物のHSF Type Cファミリーの特徴

HSF family

Type C

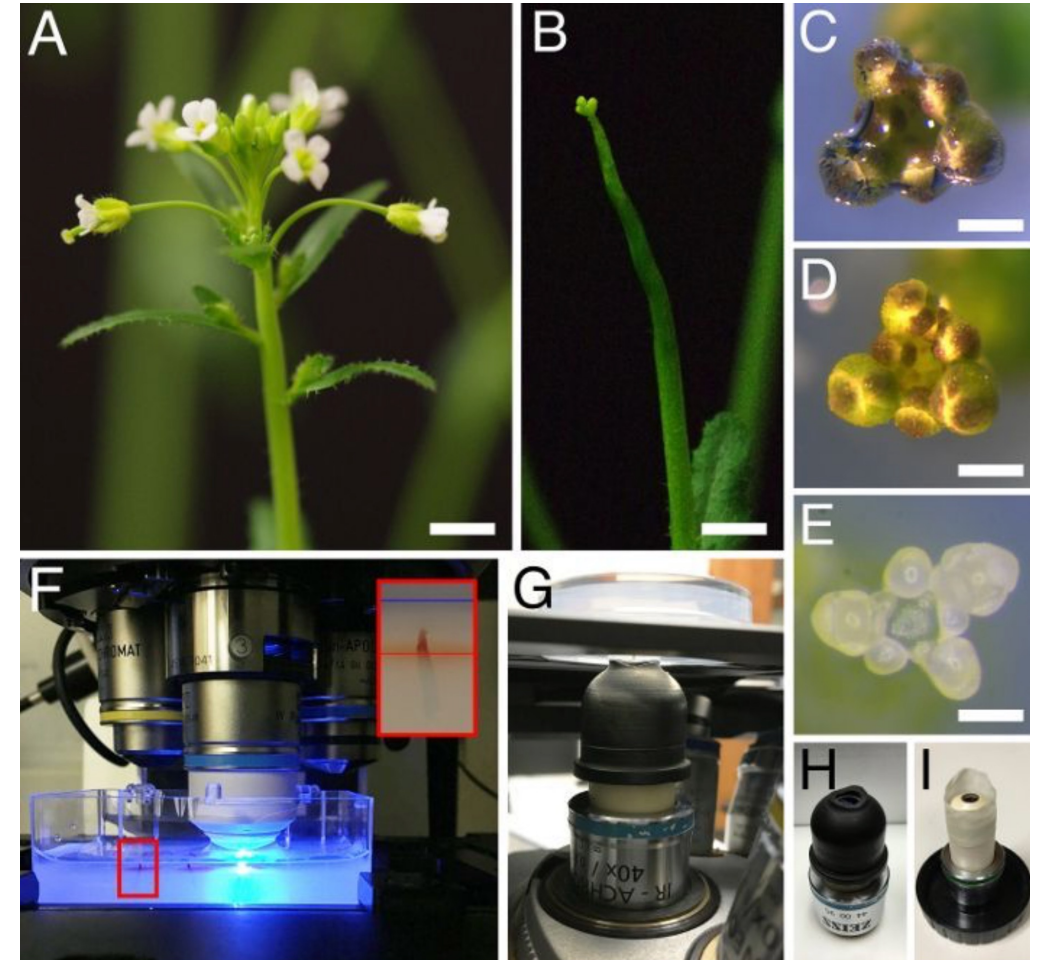
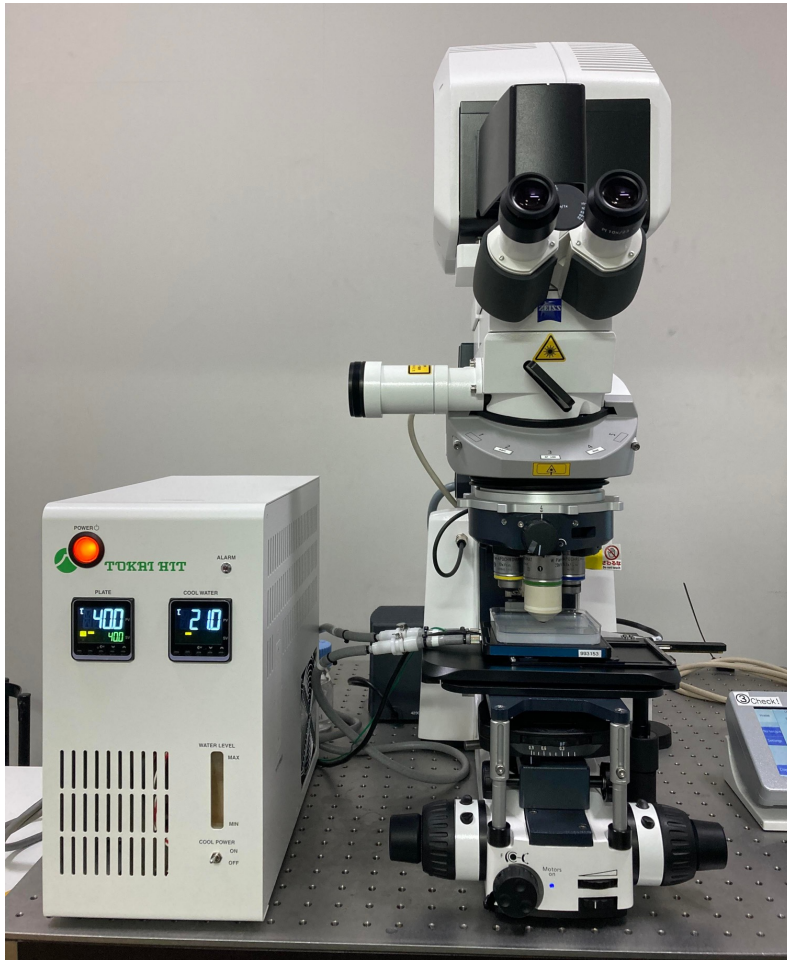


Type C

- ・ アクチベーションドメインはない
- ・ リプレッションドメインもない
- ・ 植物特有のType



蛍光顕微鏡で植物サンプルを観察する





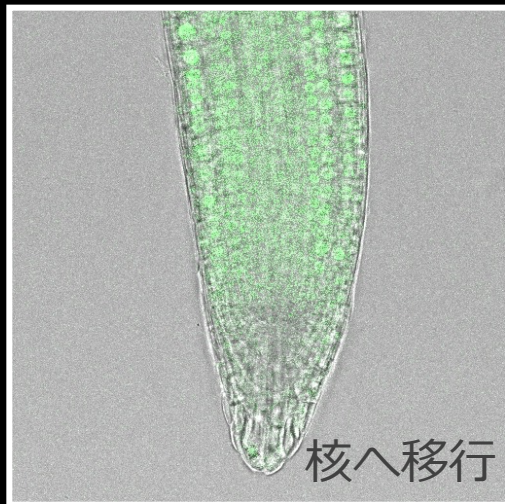
TypeAファミリーの発現

恒常的に蓄積するHSF

HSFA1B-GFP

22°C

37°C



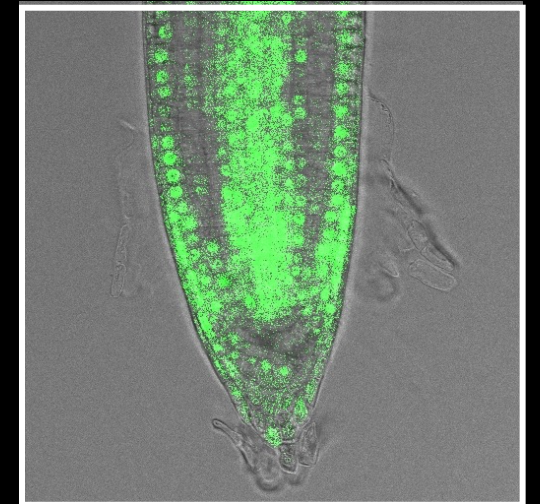
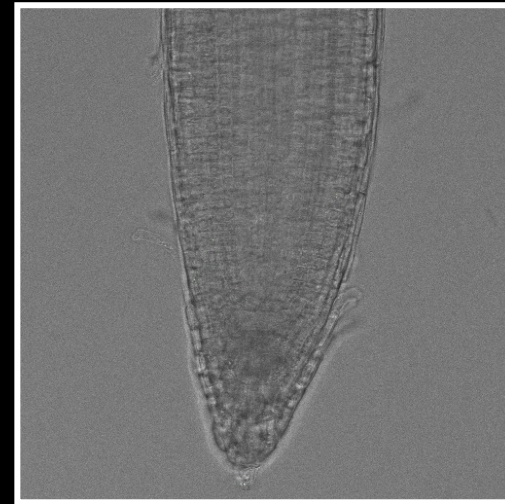
その他HSFA1A, HSFA1D

熱に誘導されるHSF

HSFA2-GFP

22°C

37°C



その他HSFA1E, HSFA3, HSFA7aなど

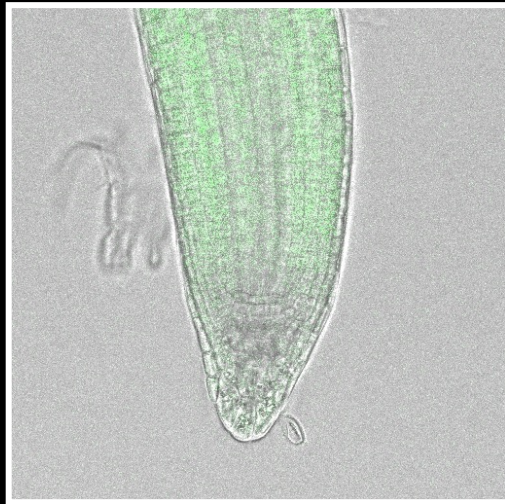


発現

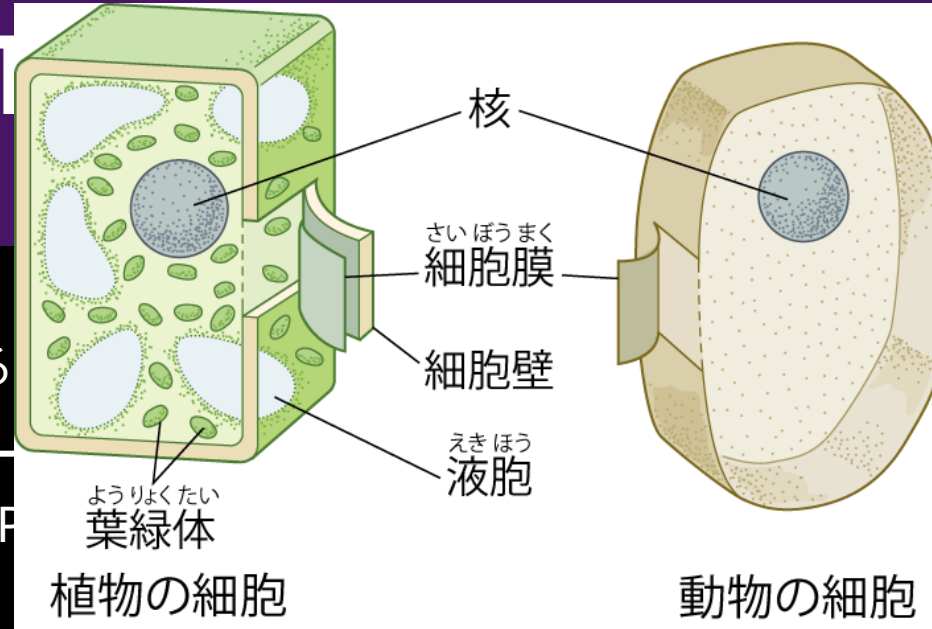
恒常的に蓄積する

HSFA1B-GFP

22°C



その他HSFA1A, HSFA1D



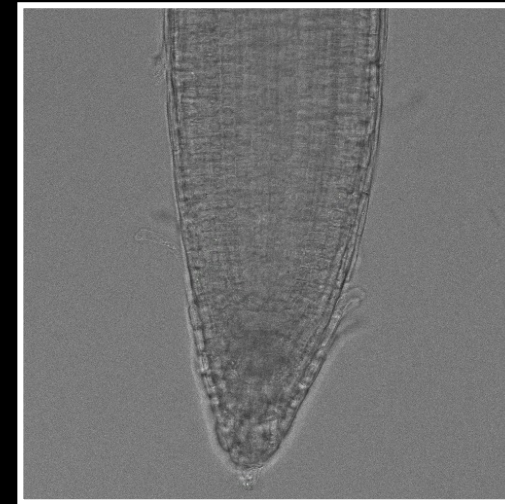
植物の細胞

動物の細胞

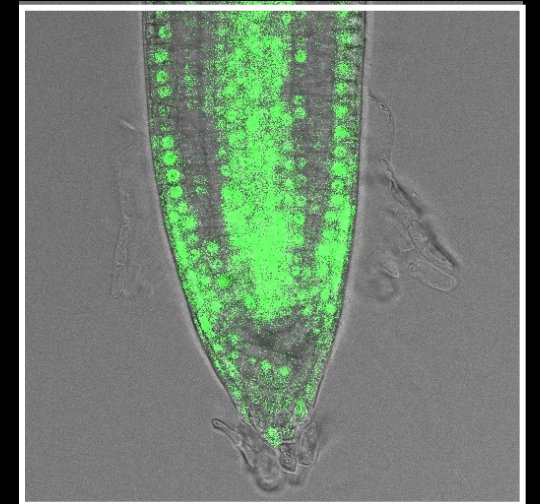
に誘導されるHSF

HSFA2-GFP

37°C



その他HSFA1E, HSFA3, HSFA7aなど



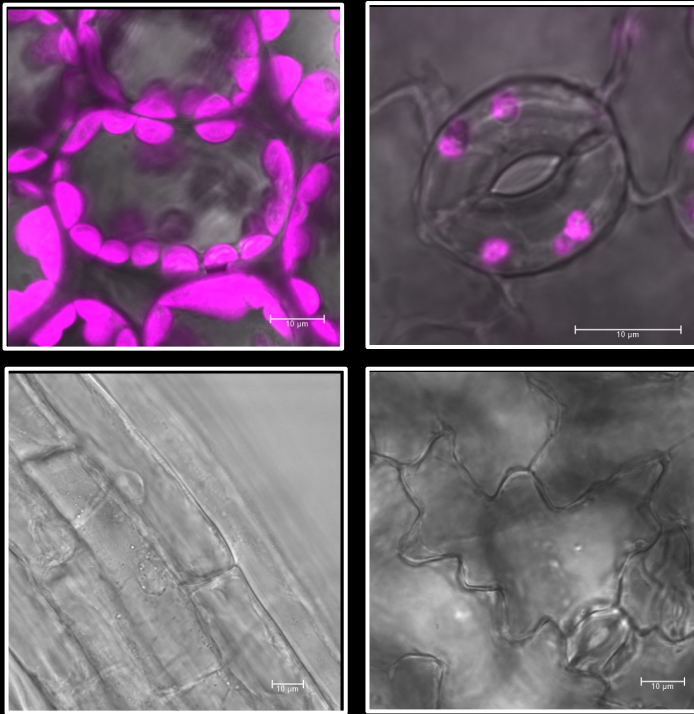
核へ移行



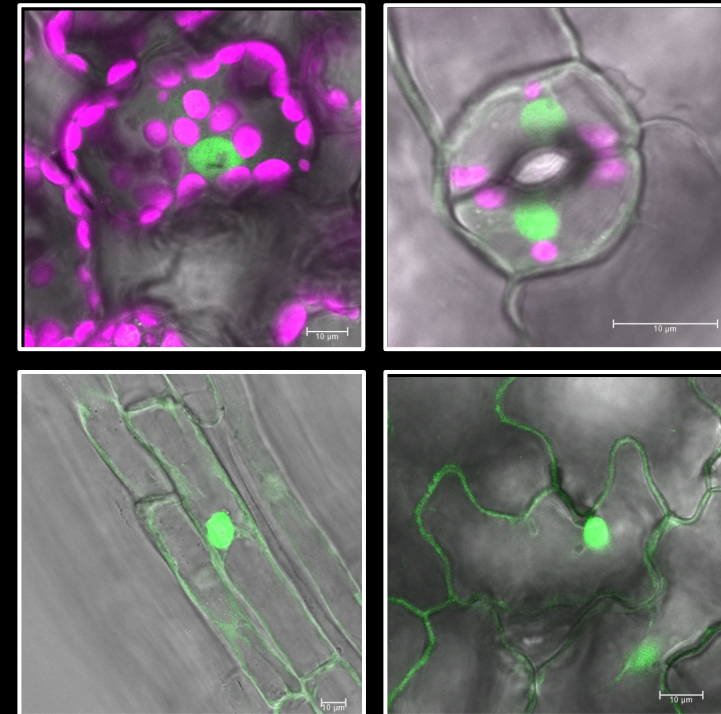
HSFA2は核内で多く蓄積する

Live imaging

22°C



37°C



Purple : Autofluorescence
Green : HSFA2-GFP

宇都宮大学 児玉さんより

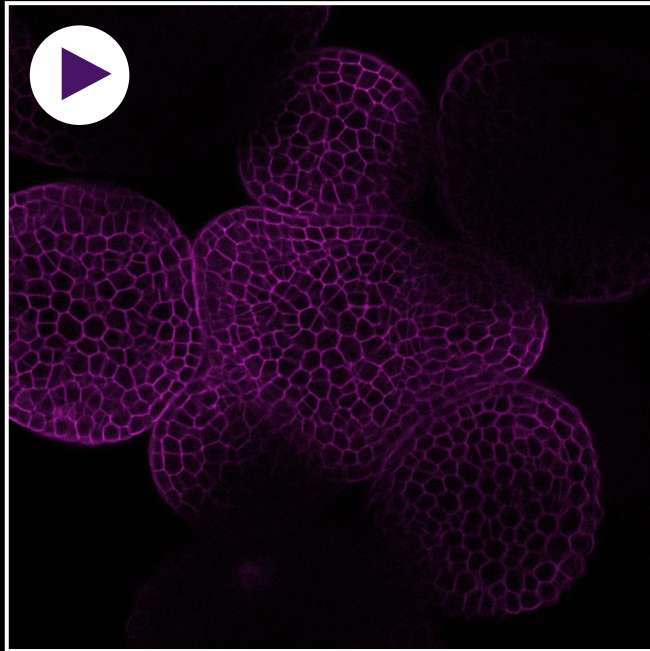


1つ1つの細胞が高温に応答する

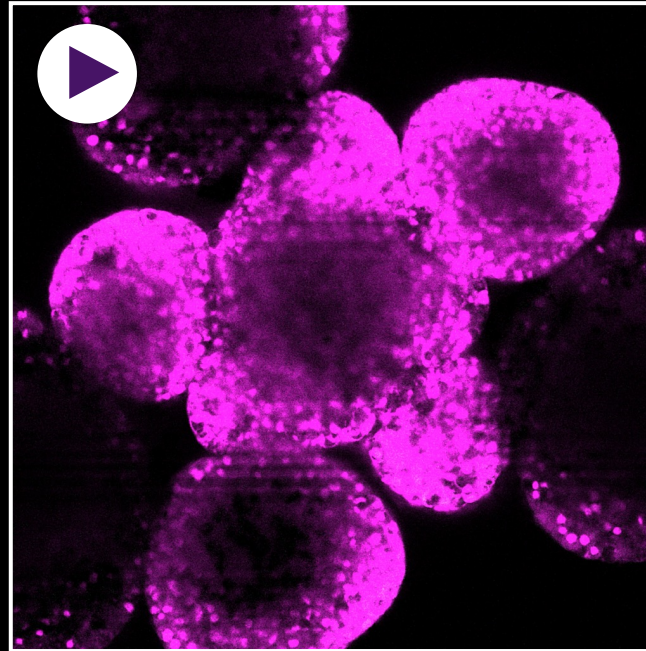
Live imaging

Purple : PI
Green : HSFA2-GFP

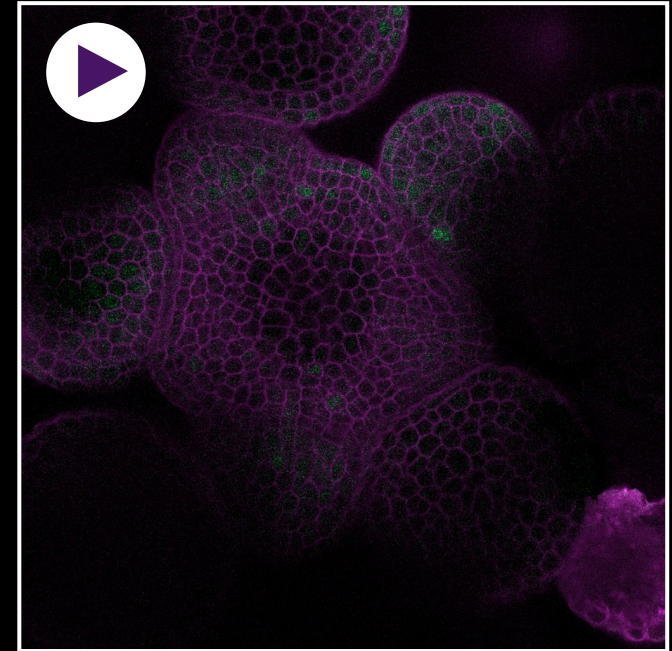
Control



44°C



37°C



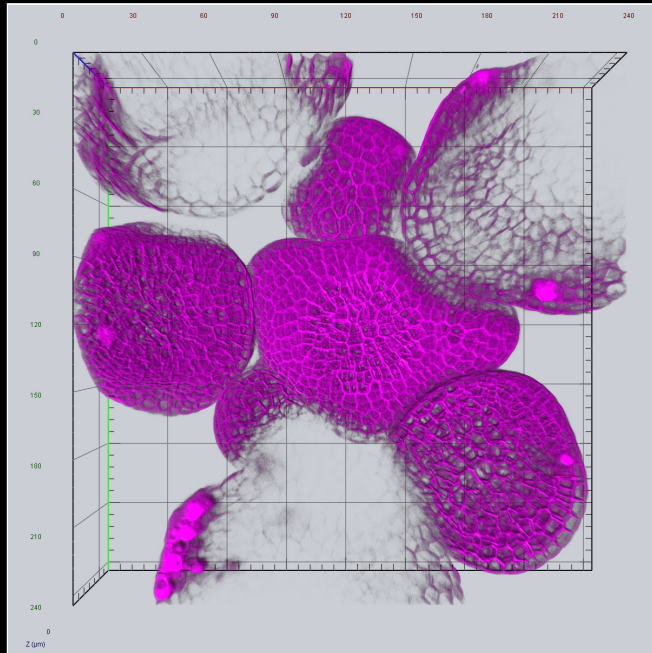


メリステム周辺では個々の細胞が光る

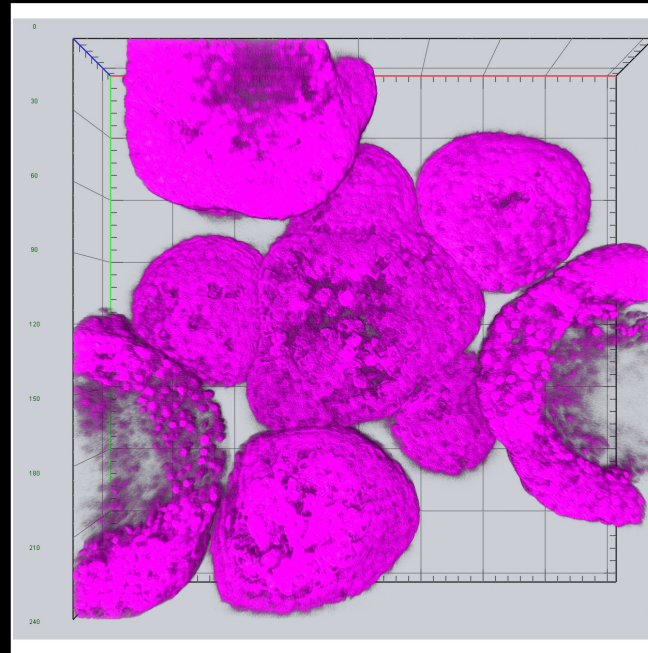
Live imaging

Purple : PI
Green : HSFA2-GFP

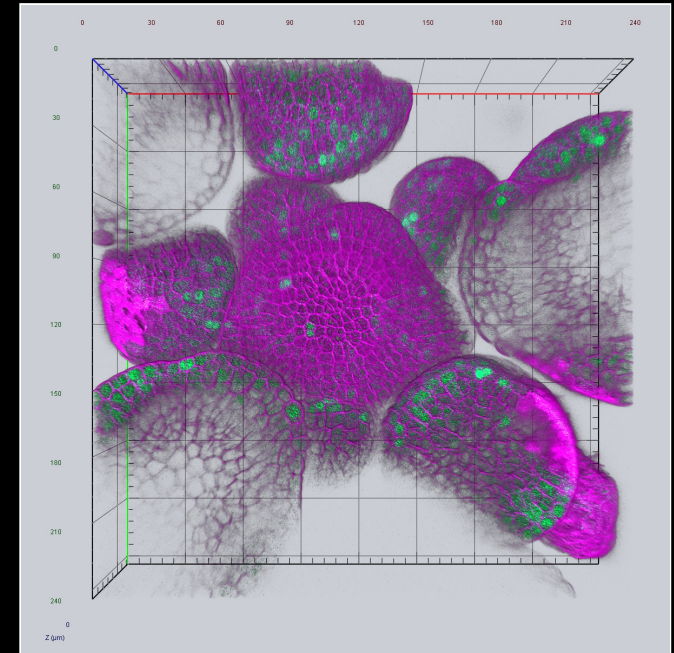
Control



44°C



37°C

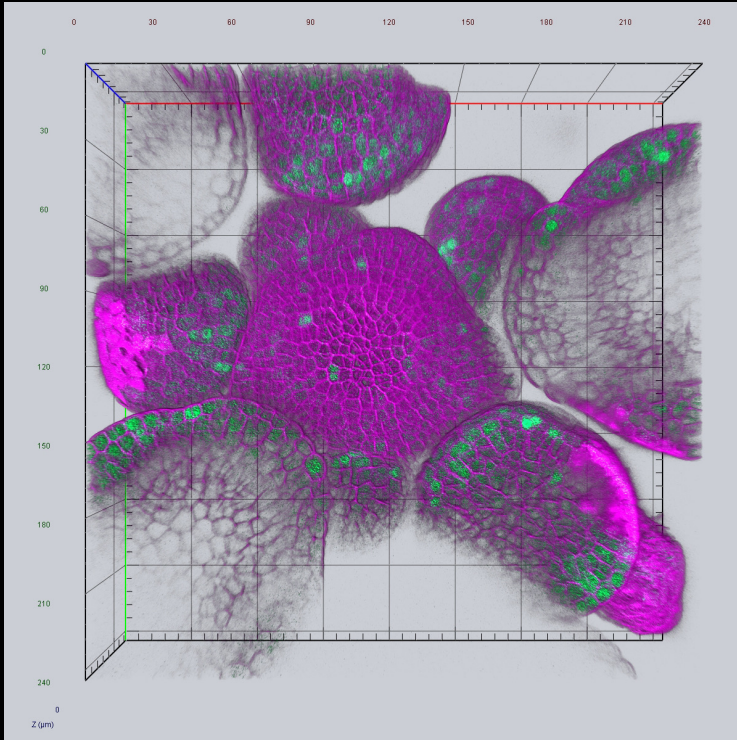




メリステム周辺では個々の細胞が光る

Live imaging

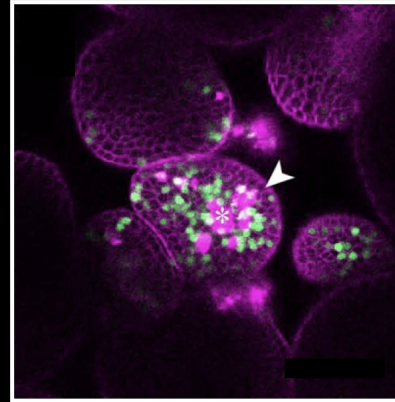
37°C



Purple : PI

Green : HSFA2-GFP

LSM900: 3D projection



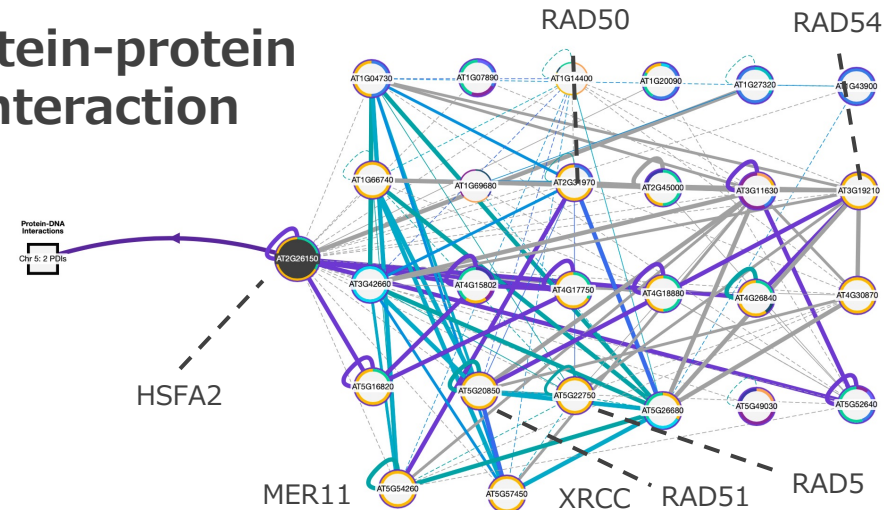
Live imaging

Purple : PI Cell Wall / DNA damage

Green : CYCB1;1-GFP Cell cycle

Fulcher and Sablowski, 2009, *PNAS*

Protein-protein interaction



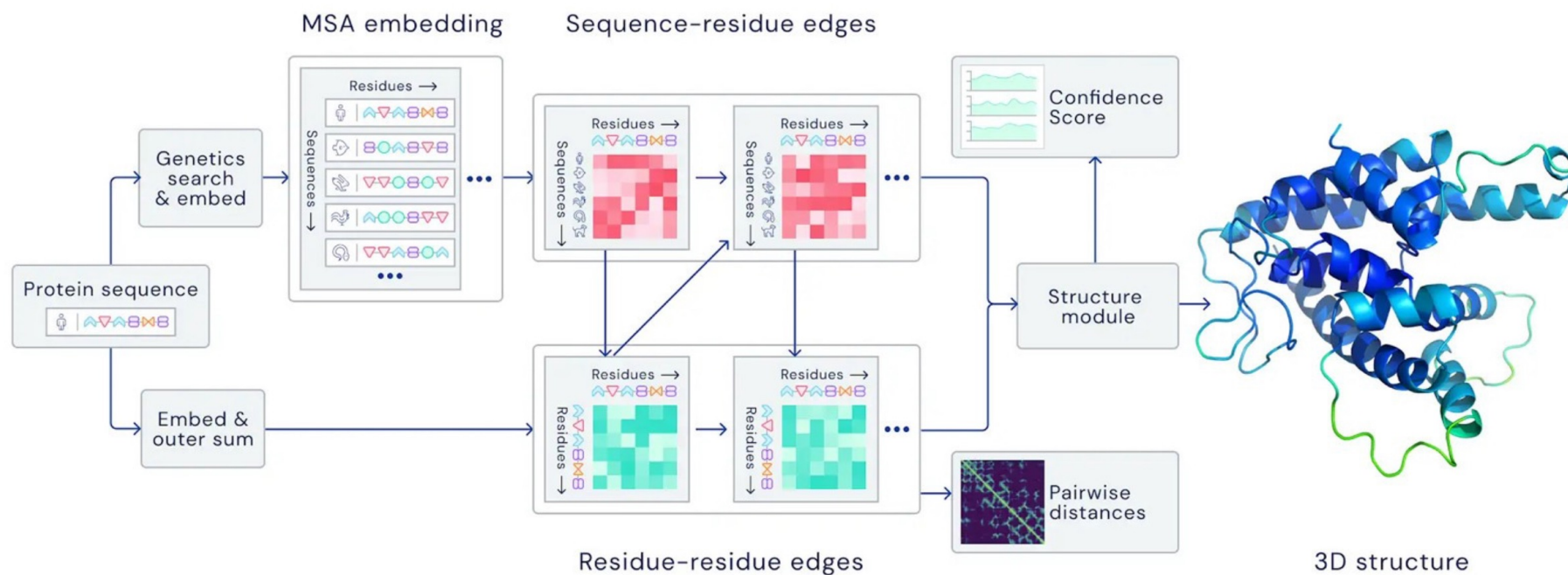
HSFA1a: TF
HSFA3 : TF
HSBP : TF
HSP83 : Chaperon

MER11 : DNA repair protein
XRCC3 : X-ray repair
RAD50 : DNA repair
RAD51 : DNA repair
RAD54 : DNA repair
RAD5 : DNA repair



Alpha foldによる構造予測

「原子レベルの誤差しかない」構造予測をコンピュータで初めて達成

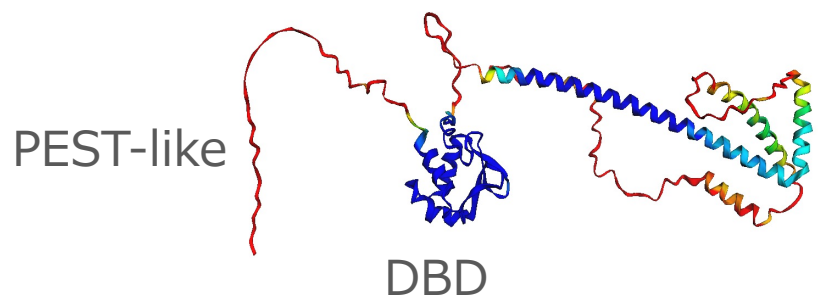


DeepMindがCASP14のためにトレーニングした「AlphaFold」の設計思想

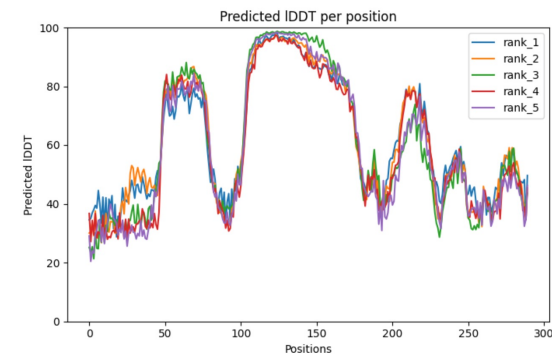
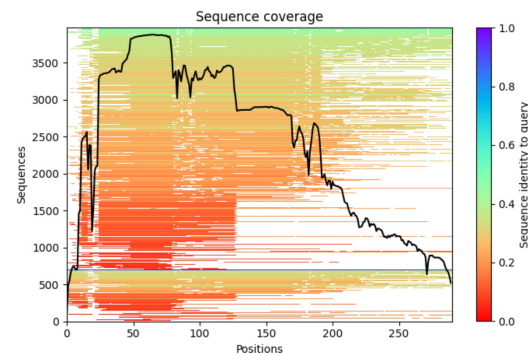
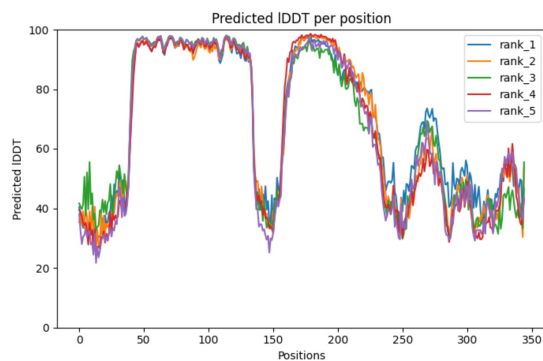
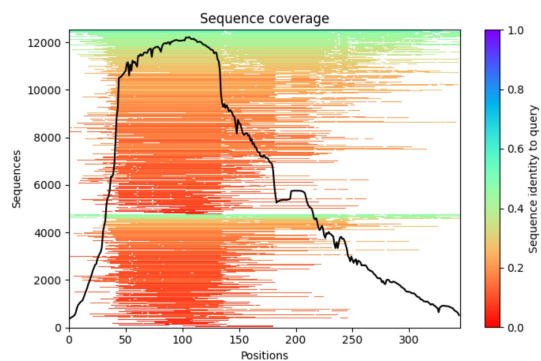
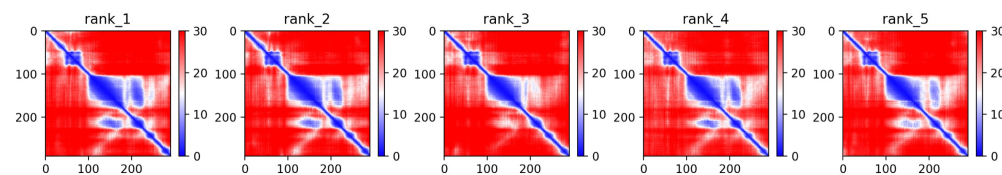
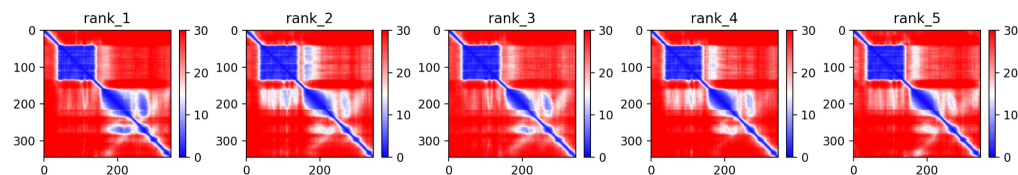
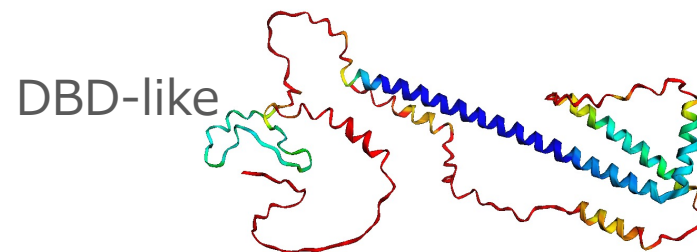


HSFA2には2つのバリエーションがある

HSFA2a

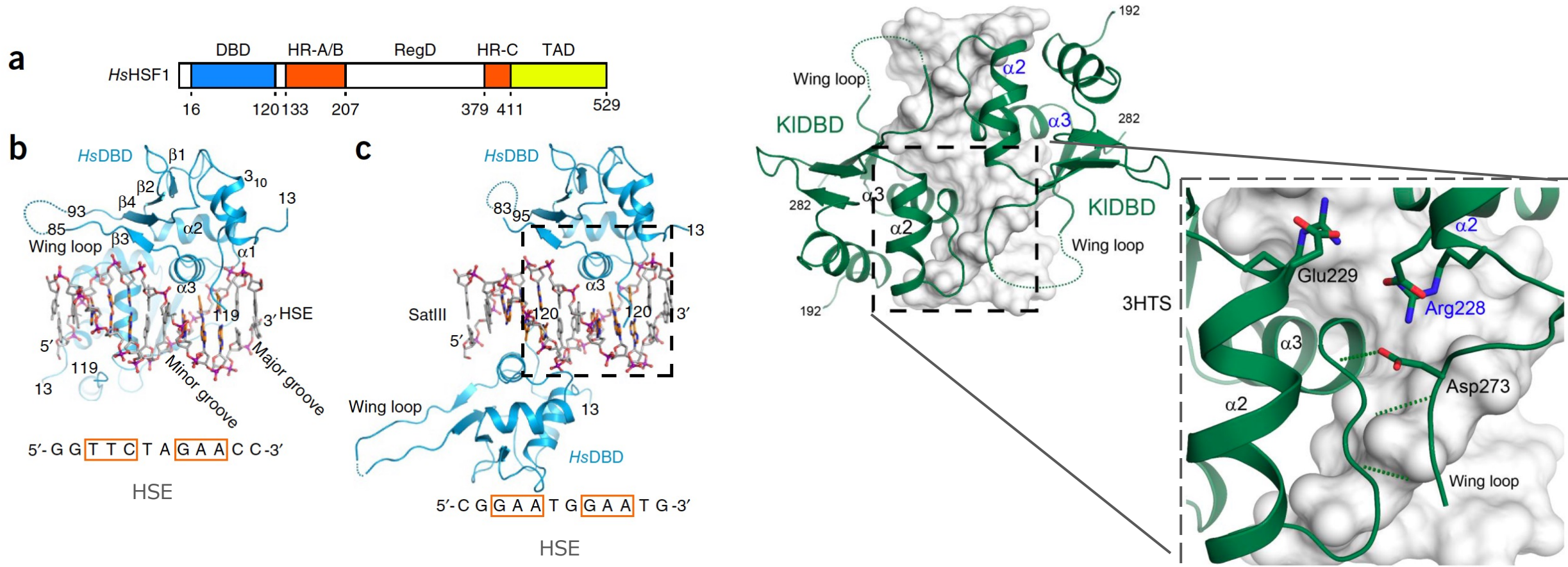


HSFA2b





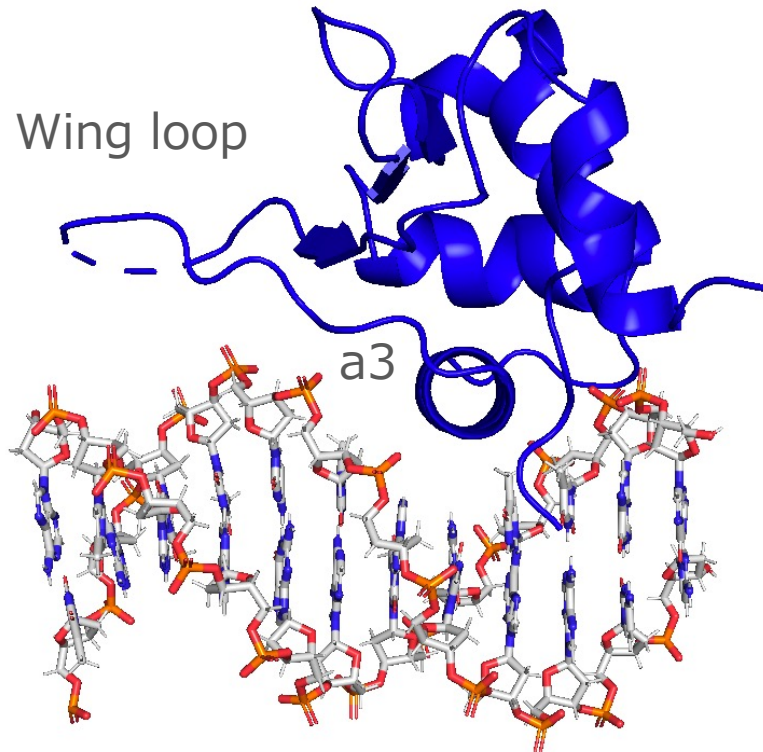
HsHSF1の結晶構造解析



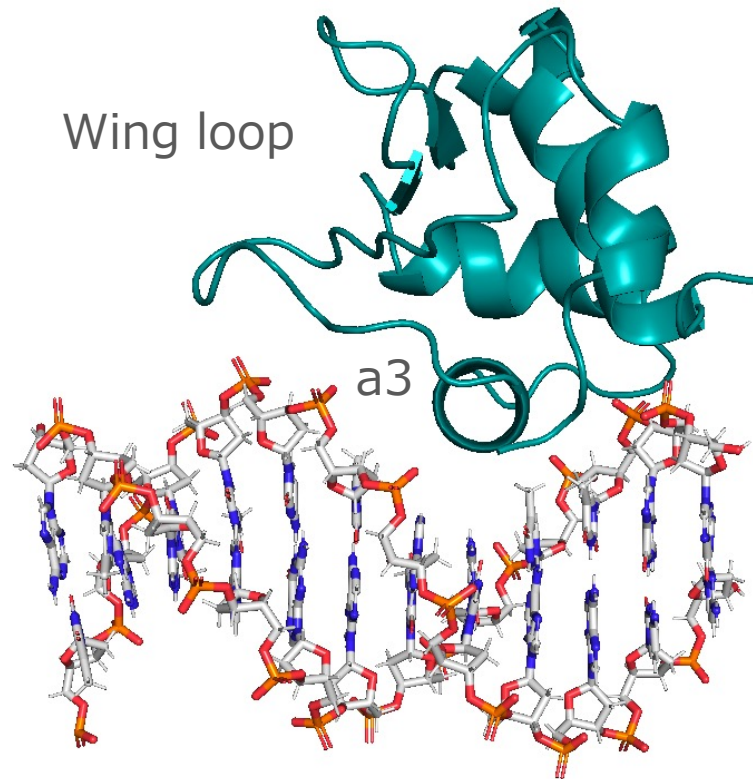


HSFA2bにはa3がない

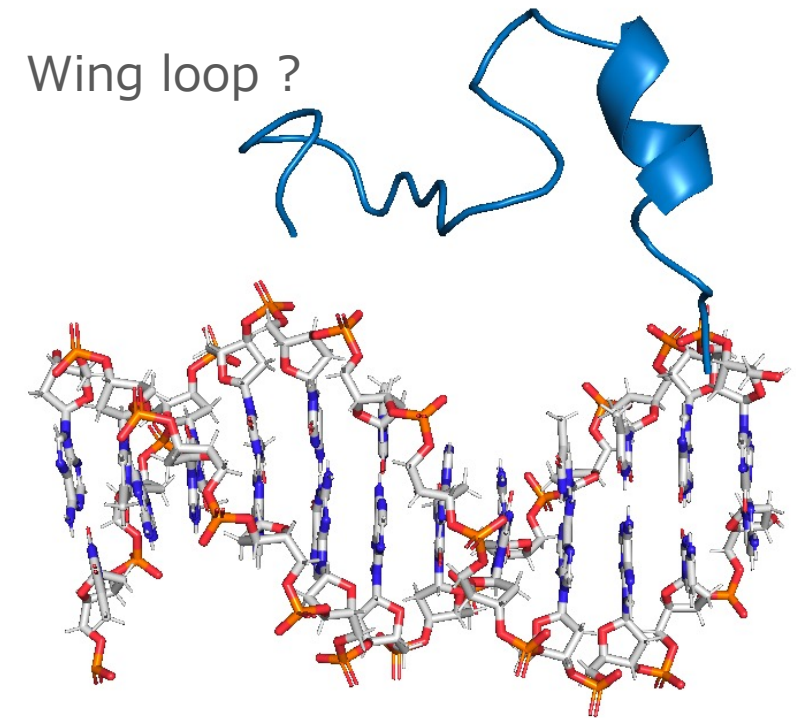
HsHSF1 DBD



HSFA2a DBD



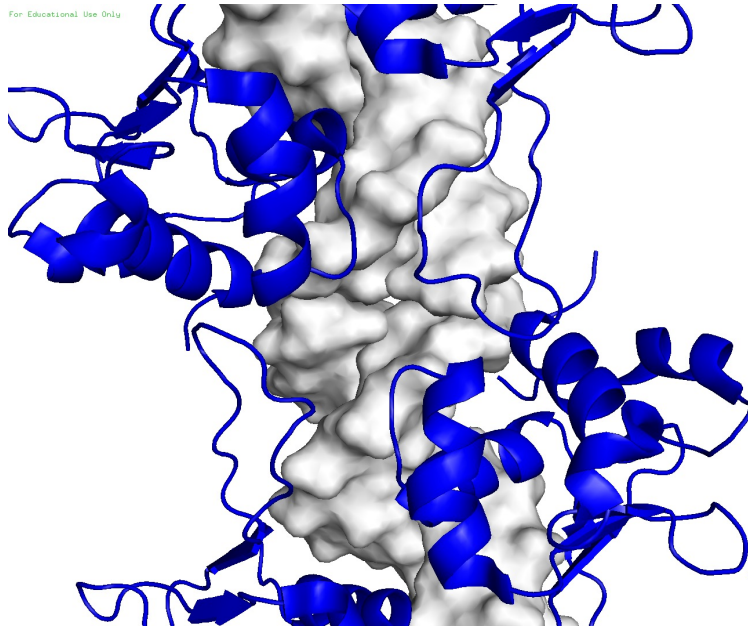
HSFA2b DBD



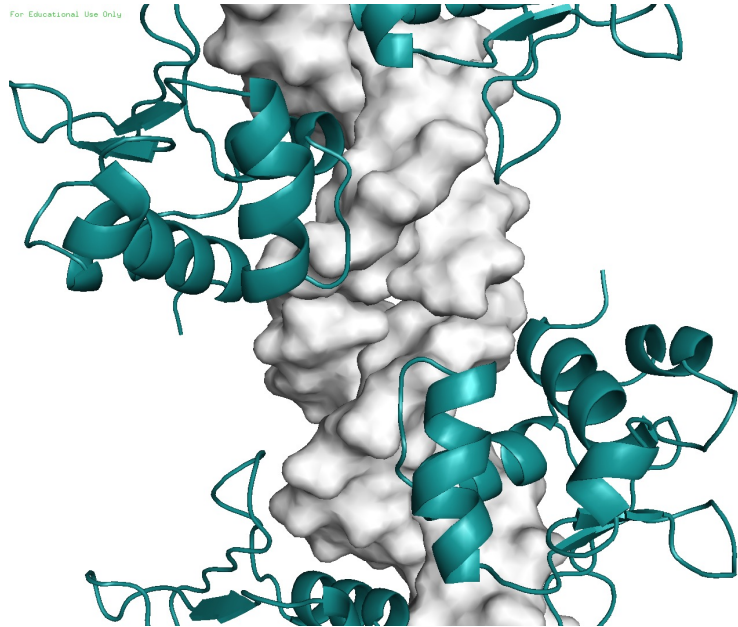


HSFA2間の距離は遠い

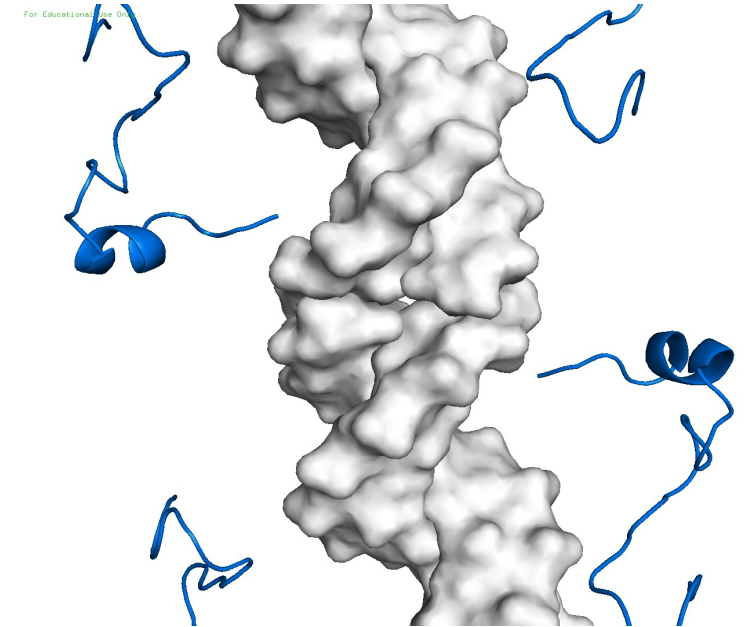
HsHSF1 DBD



HSFA2a DBD



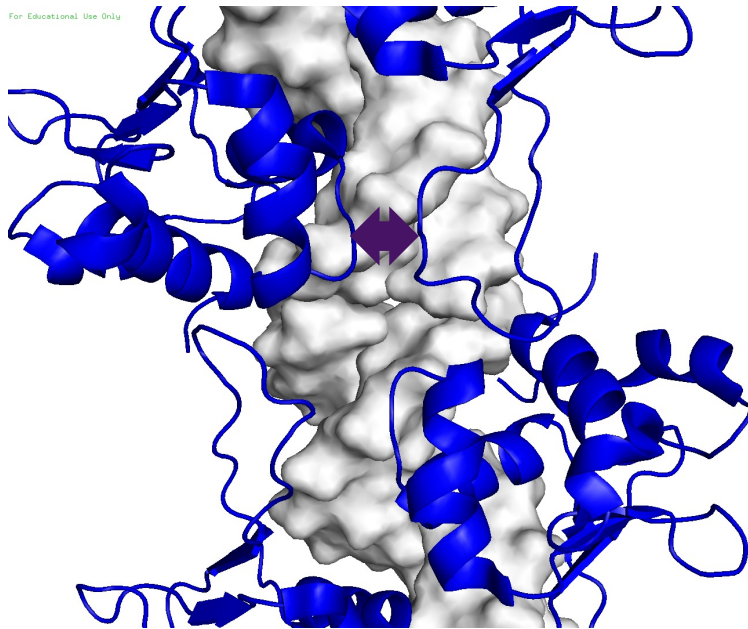
HSFA2b DBD



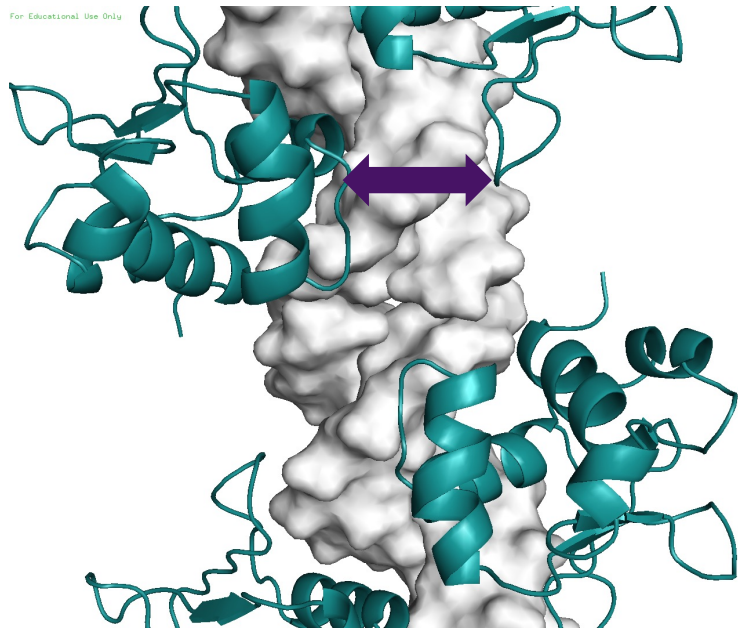


HSFA2間の距離は遠い

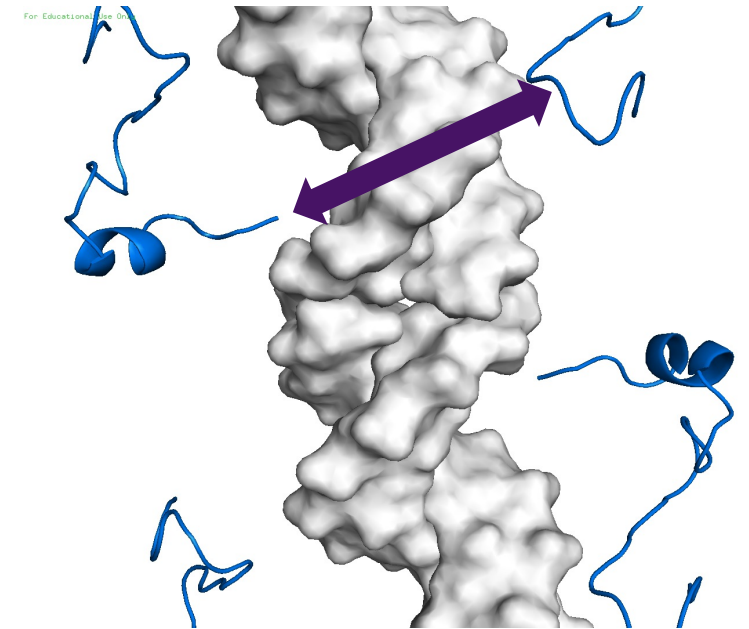
HsHSF1 DBD



HSFA2a DBD



HSFA2b DBD

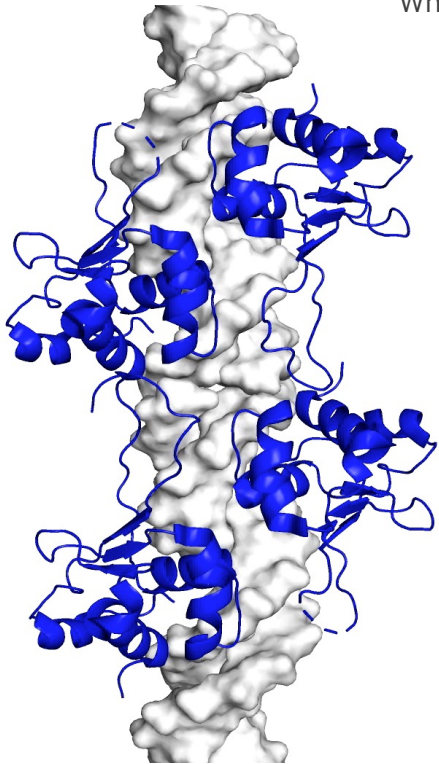




Wing loopはHSFA2をDNAに固定する



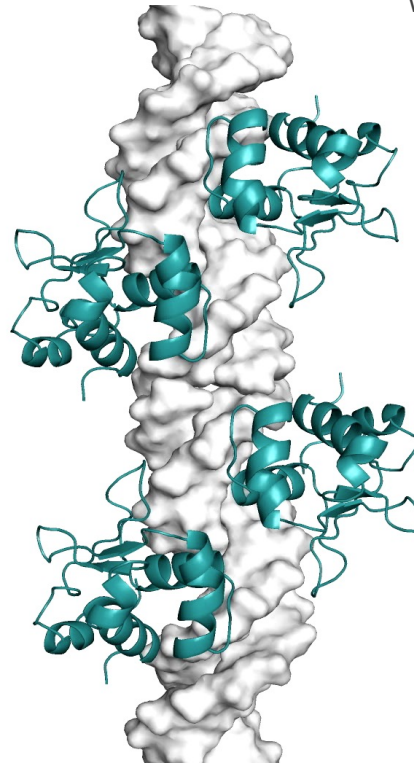
Blue: HsHSF1
White : DNA



HsHSF1 DBD



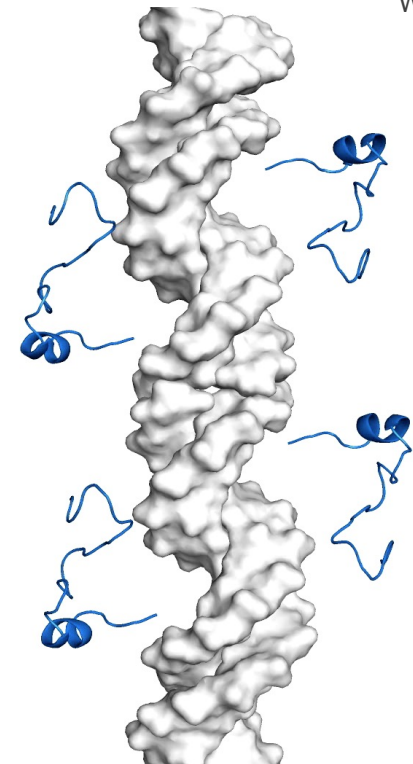
Deep teal: HSFA2a
White : DNA



HSFA2a DBD



Sky blue: HSFA2b
White : DNA

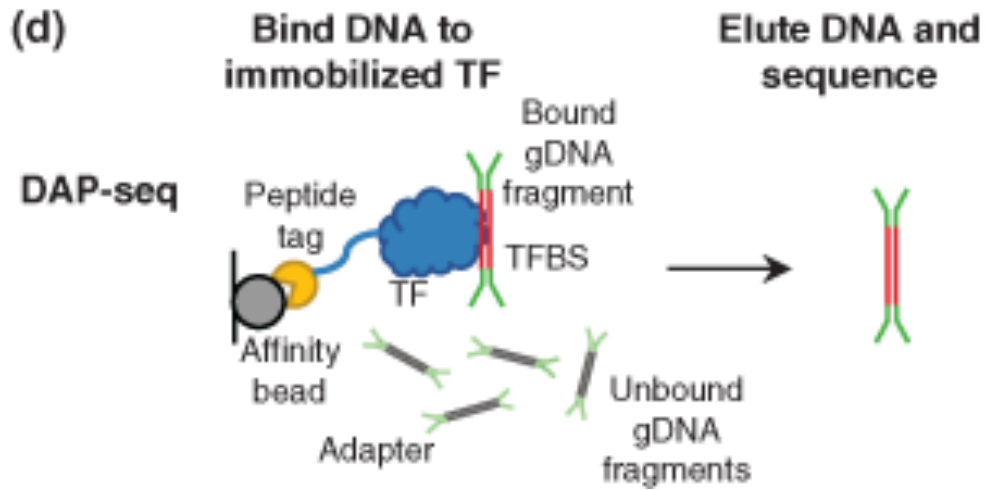


HSFA2b DBD

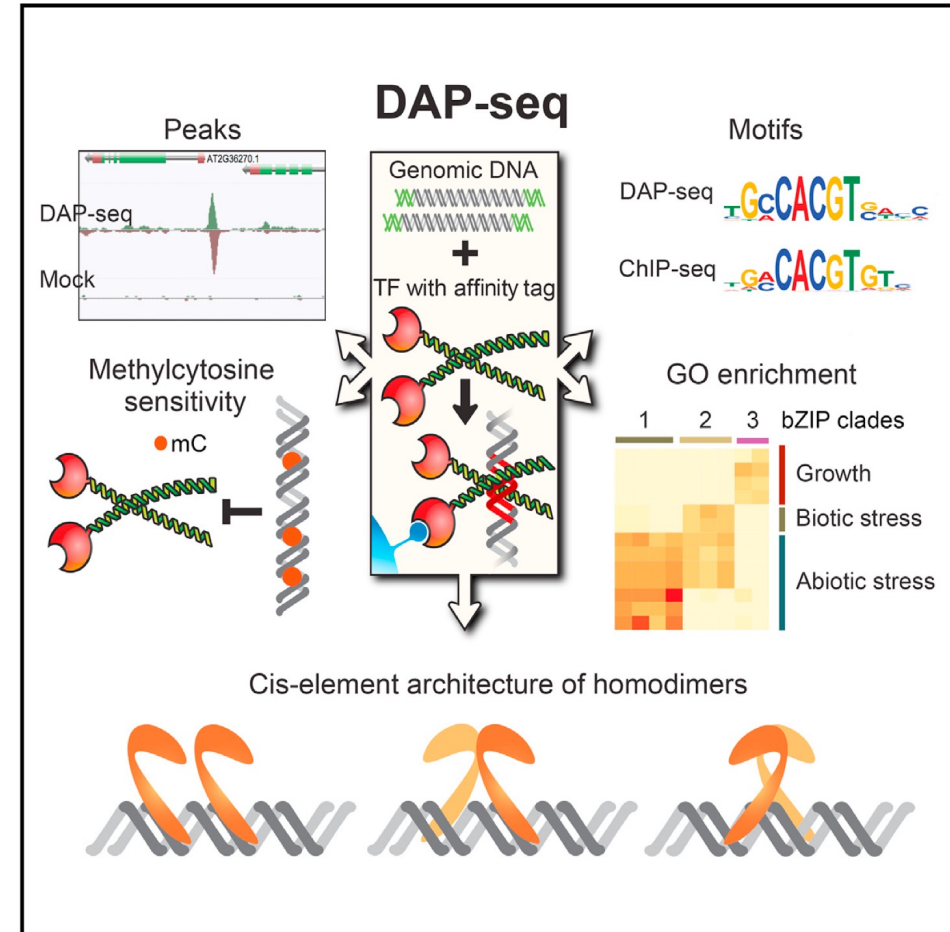


試験管内で2つのバリエーションを作り、 DNAとの相互作用をテスト

DAP-seq



TF: HSFA2a, HSFA2b
Tag: Halo tag
gDNA: *Arabidopsis*

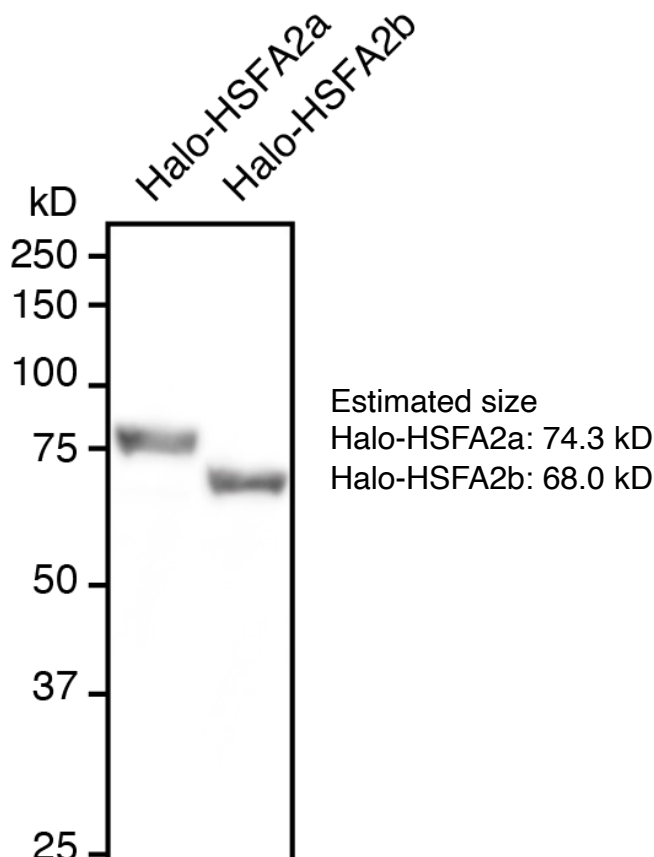




HSFA2aはDNAに結合するが、bはしない？

シス配列との相互作用2

Expression of Halo-HSFA2 variants



DAP-seq mapping stats

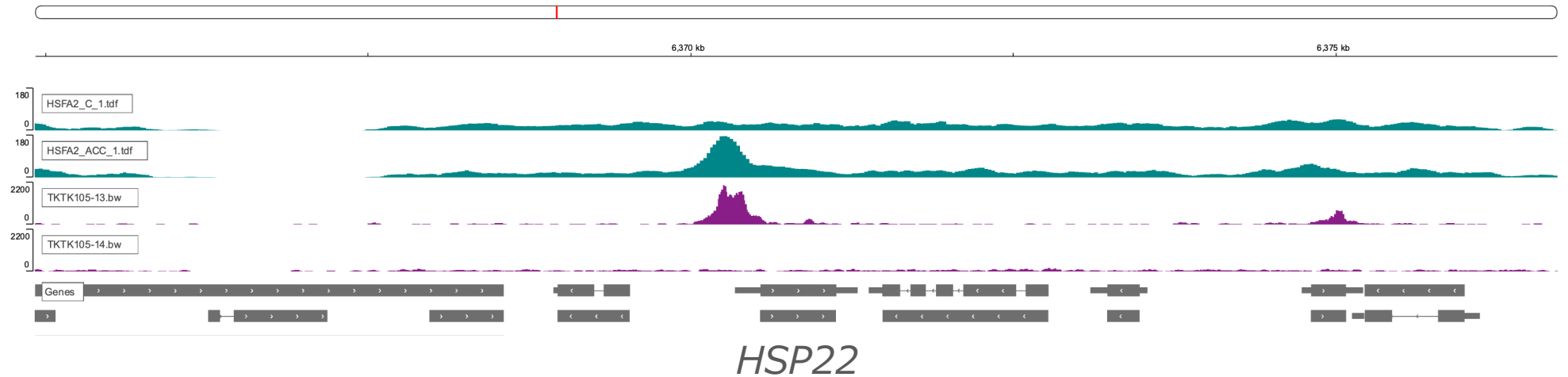
	TKTK105-13	TKTK105-14	TKTK105-16	TKTK105-17
	HSFA2a_rep1	HSFA2b_rep1	HSFA2a_rep2	HSFA2b_rep2
Total reads	5,624,539	6,969,083	6,347,756	6,072,956
unmapped	116,944	228,921	147,996	197,498
mapped once	3,732,314	4,709,674	4,251,472	4,102,500
mapped >1 times	1,775,281	2,030,488	1,948,288	1,772,958
mapped rate	97.9%	96.7%	97.7%	96.7%
Uniquely mapped*	4,116,464	5,181,493	4,684,837	4,514,431
uniquely mapped rate	73.2%	74.3%	73.8%	74.3%

*uniquely mapped (MAPQ >= 8)

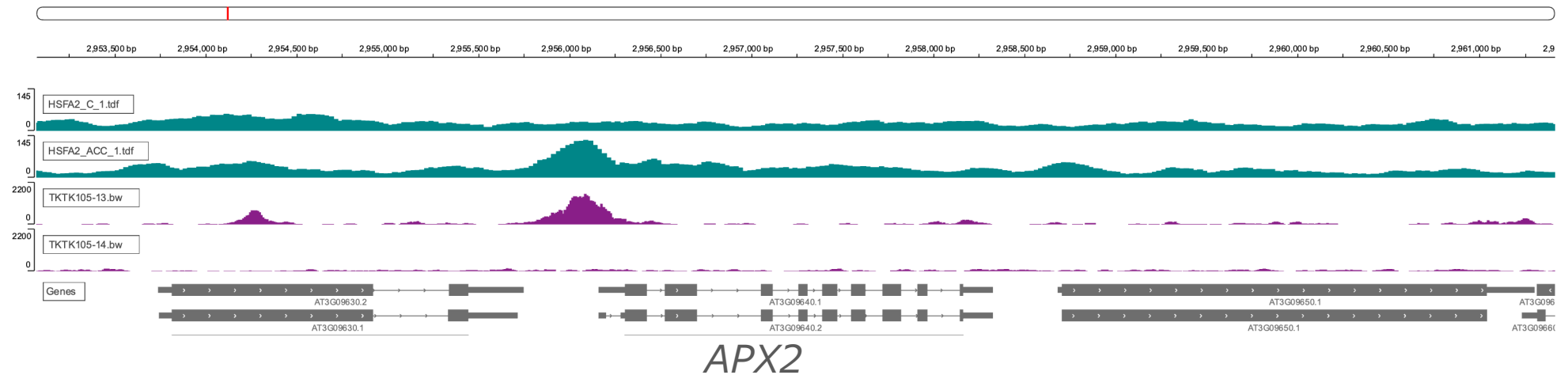


ChIP-seqとDAP-seqのデータ

HSFA2 ChIP 22°C
HSFA2 ChIP 37°C
HSFA2a DAP
HSFA2b DAP



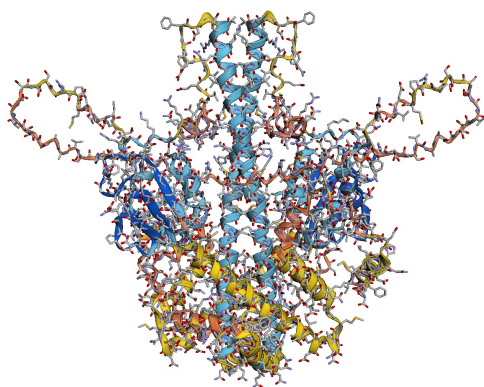
HSFA2 ChIP 22°C
HSFA2 ChIP 37°C
HSFA2a DAP
HSFA2b DAP



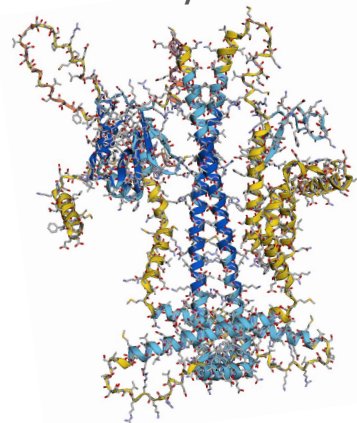


HSFA2bはダイマーになりやすい

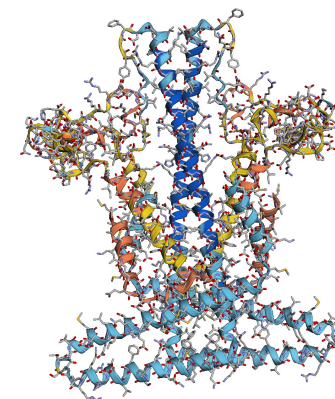
HSFA2a/HSFA2a



HSFA2a/HSFA2b

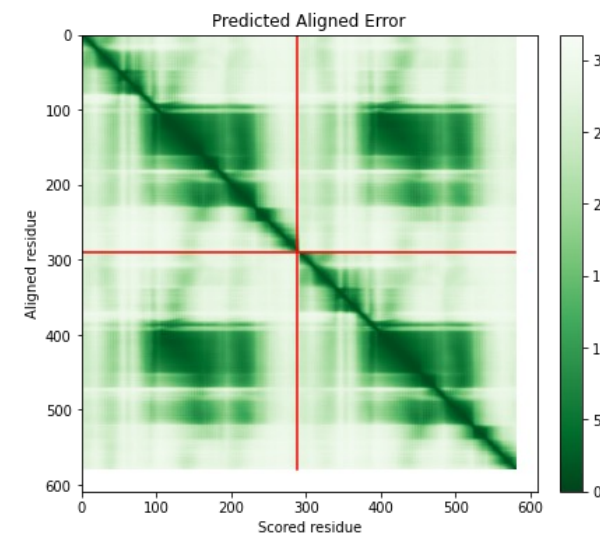
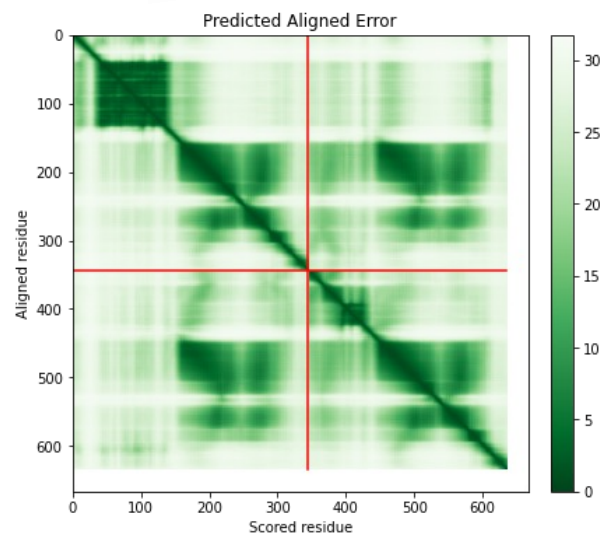
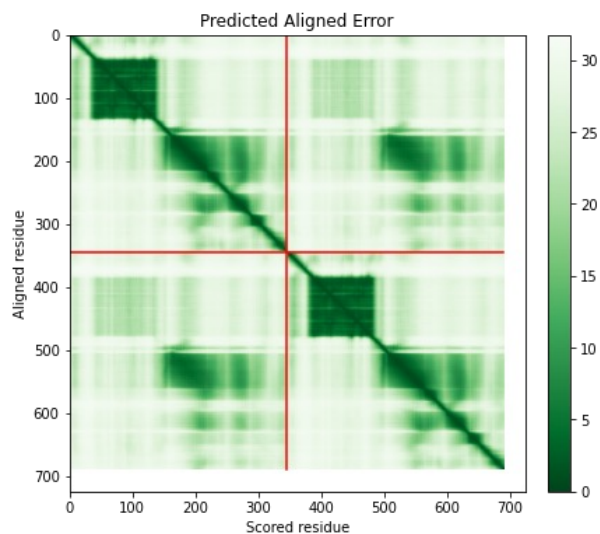


HSFA2b/HSFA2b



Model Confidence

- Very low (pLDDT < 50)
- Low (70 > pLDDT > 50)
- Confident (90 > pLDDT > 70)
- Very high (pLDDT > 90)





HSFA2bは植物を加湿させる

野生型



35S::HSFA2b





まとめ

- ☑ 植物にとって、環境の変化が大きなストレスである
- ☑ ヒートショックプロテインが損傷したタンパク質を修復する
- ☑ HSFがヒートショックプロテインを作る司令を出す
- ☑ 植物には、HSF、ヒートショックプロテインが多い



謝辞1

Photos



伊藤研究室



不均一環境と植物



フィールド植物制御



Wagner 研究室

Ito lab

教授

- ・ 伊藤寿朗

助教

- ・ 白川一
- ・ 和田七夕子

ポスドク

- ・ Margaret A. Pelayo

博士課程学生

- ・ 丸岡孝資
- ・ Wang Yicong
- ・ 飯村秀明
- ・ 小林利紗

修士課程学生

- ・ 長島晃太
- ・ 戸川聖香
- ・ 下保瑤己
- ・ 相良真由
- ・ 大塚菜那
- ・ 井坂阿怜

修士課程学生

- ・ 海老原諒子
- ・ 森下史
- ・ 古田優生
- ・ 福地正弥
- ・ 谷田舞

技術補佐員

- ・ 高橋明苗
- ・ 藪内有紀
- ・ 米光歩
- ・ 江頭弘子
- ・ 東浦美輝子
- ・ 奈良真弓

卒業生

- ・ Jinfeng Wu
- ・ Lee ZeHong
- ・ 上村祥
- ・ 山本美香
- ・ 片桐直哉
- ・ 吉水芳織
- ・ 阿部真人

ほか22名

Grants

科研費等

- ・ 学術変革A「不均一環境と植物」
- ・ 挑戦的研究 (萌芽)
- ・ 基盤研究 (B)
- ・ 新学術研究「環境記憶統合」2
- ・ 新学術研究「環境記憶統合」1
- ・ さきがけ「フィールド植物制御」

民間助成金

- ・ 大隅基礎科学創成財団
- ・ エリザベス・アーノルド富士財団
- ・ セコム科学技術振興財団
- ・ 第一三共生命科学研究振興財団
- ・ ロッテ財団
- ・ 奈良先端大支援財団 2
- ・ 三島海雲記念財団
- ・ 武田科学振興財団
- ・ 奈良先端大支援財団 1
- ・ 住友財団





謝辞2

Collaborators

RNA-seq

- ・ 白須賢 (RIKEN)
- ・ 市橋泰範 (RIKEN)
- ・ 熊石妃恵 (RIKEN)
- ・ 久野智美 (RIKEN)
- ・ 能勢結衣 (RIKEN)
- ・ 鈴木孝征 (中部大学)

ChIP-seq

- ・ 角谷徹仁 (東京大学)
- ・ 稲垣宗一 (東京大学)
- ・ 藤 泰子 (東京大学)

数理モデル

- ・ 佐竹暁子 (九州大学)
- ・ 関元秀 (九州大学)
- ・ 濱田康太 (九州大学)

小型培養器

- ・ 永野惇 (龍谷大学)
- ・ 神谷麻梨 (龍谷大学)
- ・ 栗田悠子 (龍谷大学)
- ・ 野村康之 (龍谷大学)

フィールドエピジェネティクス

- ・ 工藤洋 (京都大学)
- ・ 西尾治幾 (滋賀大学)

選択的スプライシング

- ・ 大谷美沙都 (東京大学)
- ・ 高柳なつ (東京大学)

Alpha Screen

- ・ 多田安臣 (名古屋大学)
- ・ 野元美佳 (名古屋大学)
- ・ 上原晋 (名古屋大学)

イメージング

- ・ 児玉豊 (宇都宮大学)

ラジオアイソトープ

- ・ 田野井慶太郎 (東京大学)

TEM

- ・ 豊岡公德 (RIKEN)
- ・ 佐藤蘭 (RIKEN)
- ・ 武田紀子 (RIKEN)

DAP-seq

- ・ 川勝泰二 (農研機構)

CRISPR/CAS

- ・ 菅野茂夫 (産総研)

LC-MS/MS

- ・ 榊原均 (名古屋大学)
- ・ 木羽隆敏 (名古屋大学)
- ・ 小嶋美紀子 (RIKEN)
- ・ 竹林裕美子 (RIKEN)
- ・ 瀬尾光範 (RIKEN)
- ・ 菅野裕理 (RIKEN)
- ・ 峠隆之 (奈良先端大)
- ・ 渡邊むつみ (奈良先端大)

抗体染色

- ・ 西谷和彦 (神奈川大学)
- ・ 横山隆亮 (東北大学)

形質転換植物提供

- ・ 後藤弘爾 (岡山県生科研)
- ・ 深城英弘 (神戸大学)

ChIP-seq

- ・ Doris Wagner (UPENN)
- ・ Yang Zhu (UPENN)
- ・ Samantha Klasfeld (UPENN)
- ・ Cheol Woong Jeong (UPENN)

ChIP-chip

- ・ Cara M. Winter (Duke)

In situ hybridization

- ・ Miin-Feng Wu (Monsanto)

Phylogenetic shadowing

- ・ George Coupland (Max Planck)
- ・ Markus C. Berns (Max Planck)

形質転換植物提供

- ・ Dolf Weijers (WUR)
- ・ Krizek A. Beth (USC)
- ・ Staci Nole-Wilson (USC)
- ・ Eng Seng Gan (TAMASEK)
- ・ Liang Sheng Looi (TAMASEK)
- ・ Frank Wellmer (TCD)