

## ジベレリン受容に関する分子生物学的研究

Study on gibberellin perception

松岡 信 (MATSUOKA Makoto)

名古屋大学・生物機能開発利用研究センター・教授



### 研究の概要

ジベレリン (GA) は植物の生長や生殖を制御する植物ホルモンである。本研究では、この GA のシグナル受容の分子機構を解明することを目的としている。GA 受容は、GA 反応を抑制している DELLA タンパク質、その抑制タンパク質を脱抑制する GA 受容体 GID1 と分解に関与する GID2 の 3 つのタンパク質が織りなす反応であり、本課題もこの 3 タンパク質の構造と機能について研究を行っている。

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学、植物生理・分子

キーワード：成長生理、植物ホルモン

### 1. 研究開始当初の背景

- (1) GA は植物の生長や生殖に関与する植物ホルモンである。
- (2) GA は核内に存在する GID1 受容体により受容される。
- (3) GA と結合した GID1 体は、GA 反応を抑制する活性を有する DELLA タンパク質と相互作用可能になる。
- (4) GA-GID1 と相互作用した DELLA は F-ボックスタンパク質である GID2 の標的となり、ユビキチン化され分解に至る。その結果、GA 反応の抑制状態は解除され、GA 反応が開始される。

### 2. 研究の目的

本研究は GA のシグナル受容の分子機構を解明することを目的としている。具体的には上述した 3 つのタンパク質、GID1, DELLA, GID2 がどのように相互作用することにより、抑制タンパク質 DELLA の分解を導くかの機構について研究する。

### 3. 研究の方法

- (1) 各種生化学方法 (大腸菌を用いたタンパク質合成、タンパク質精製、マスマスペクトル、表面プラズモン共鳴による解析、等) による、3 つのタンパク質、GID1, DELLA, GID2 の解析
- (2) 結晶化タンパク質を用いた X 線構造解析

### 4. これまでの成果

#### (1) GID1 受容体の構造の特徴

一次構造から予想されたように、GID1 受容体の全体構造は、リパーゼと同じ骨格の構造 ( $\alpha/\beta$  水解酵素型構造) をしていた (図 1)。

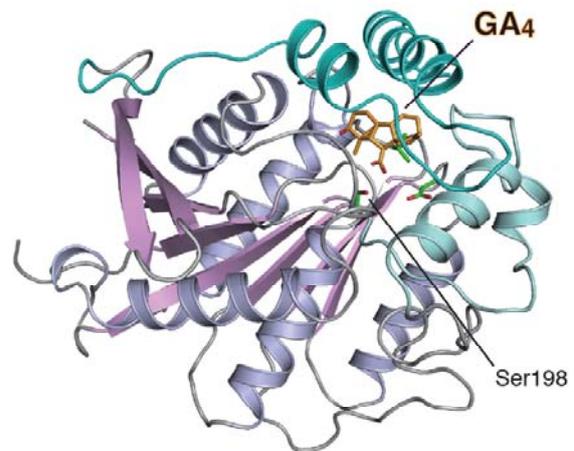


図 1 リボンモデルで表示した GA 受容体とリパーゼの立体構造の比較。薄紫色示したのが  $\alpha/\beta$  水解酵素型構造。濃緑色で示したのが N 末端のリッド (ふた)。

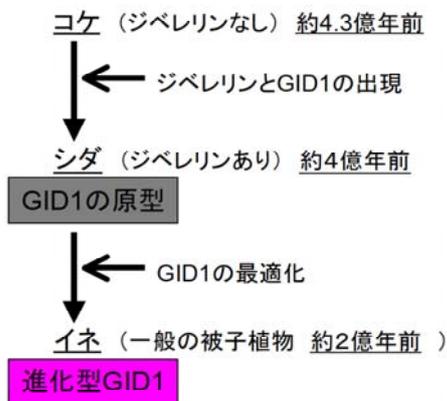
リパーゼの活性ポケットの部分が GA 結合ポケットに対応し、リパーゼの触媒サイトのうち 2 つのアミノ酸残基 (セリン (Ser198)、アスパラギン酸 (Asp296)) やオキシアニオン結合部位などが GID1 にも保存されている。さらに、両方のタンパク質ともに N-末端側に「ふた」と名付けられた自由に動ける構造領域が存在した。これら立体構造から、結合ポケットに GA が入り込むとこの「ふた」が被

さり GA をポケット内に保つ、さらに、閉じた「ふた」の外側の構造の特徴を認識して、植物の別のタンパク質が GID1 受容体と結合して植物細胞が生長するきっかけを作り出す、という一連の仕組みが解明された。

## (2) GID1 タンパク質の進化

以上結果は、GID1 は酵素の役割を持つタンパク質（リパーゼ）から出発して、まったく働きが異なる GA 受容体に進化したことを示唆している。GID1 受容体は、下等なシダから進化の進んだ被子植物（例えばイネ）まで広く存在するが、コケには存在しない。そこで下等植物のシダと高等植物のイネの GID1 の違いについて検討した。イネの GID1 受容体は、GA 結合ポケットの構造の凸凹に結合した GA の構造は良くフィットする一方、シダ GID1 では、GA 結合ポケットの凸凹を構成するアミノ酸のいくつかに変異があり GA に対する結合能力や GA と似て非なる化合物との識別能力において劣ることが分かった。つまり、植物は進化の過程で、成長ホルモンである GA に対してその類似物質ときちんと区別を行い、鋭敏に反応する能力を獲得してきた、と結論できる（図 2）。

図 2 GA 受容体の進化



## 5. 今後の計画

- (1)GID1 と DELLA タンパク質との相互作用サイトはどこか。
  - (2)GID1 と結合した DELLA タンパク質はどのような変化を受けるか。
  - (3)DELLA タンパク質はどのような機構により GA シグナルを抑制するのか。
- を重点的に研究を進める。

## 6. これまでの発表論文等

(研究代表者は太字、研究分担者は二重下線、連携研究者は一重下線)

Shimada A, Ueguchi-Tanaka M, Nakatsu T, Nakajima M, Naoe Y, Ohmiya H, Kato H, **Matsuoka M**. Structural basis for gibberellin recognition by its receptor GID1. **Nature** 456, 520-523. 2008

Ueguchi-Tanaka, M., Hirano, K., Hasegawa, Y., Kitano, H. and **Matsuoka, M**. Release of the Repressive Activity of Rice DELLA Protein SLR1 by Gibberellin Does Not Require SLR1 Degradation in the *gid2* Mutant. **Plant Cell** 20, 2437-2446. 2008

Hirano, K., Ueguchi-Tanaka, M. and **Matsuoka, M**. GID1-mediated gibberellin signaling in plants. **Trends Plant Sci.** 13, 192-199. 2008

Tory, C., Aya, K., Asano, K., Yamamoto, E., Morinaka, Y., Watanabe, M., Kitano, H., Ashikari, M., **Matsuoka, M**. and Ueguchi-Tanaka, M. Gibberellin regulates pollen viability and pollen tube growth in rice. **Plant Cell** 19, 3876-3888. 2007

Ueguchi-Tanaka, M., Nakajima, M, Ashikari, M. and **Matsuoka, M**. Gibberellin receptor and its role in gibberellin signaling in plants. **Annu. Rev. Plant Biol.**, 58, 183-198. 2007

Hirano, K., Nakajima, M, Asano, K., Nishiyama, T., Sakakibara, H., Kojima, M., Katoh, E., Xiang, H., Tanahashi, T., Hasebe, M., Banks, JA., Ashikari, M., Kitano, H., Ueguchi-Tanaka, M. and **Matsuoka, M**. The GID1-Mediated Gibberellin Perception Mechanism Is Conserved in the Lycophyte *Selaginella moellendorffii* but Not in the Bryophyte *Physcomitrella patens*. **Plant Cell** 19, 3058-3079. 2007

Ueguchi-Tanaka, M., Nakajima, M, Katoh, E., Ohmiya, H., Asano, K., Saji, S., Hongyu, X., Ashikari, M., Kitano, H., Yamaguchi, I. and **Matsuoka, M**. Molecular interactions of a soluble gibberellin receptor, GID1, with a rice DELLA protein, SLR1, and gibberellin. **Plant Cell** 19, 2140-2155. 2007

Iuchi, S., Suzuki, H., Kim, Y.-C., Iuchi, A., Kuromori, T., Ueguchi-Tanaka, M., Asami, T., Yamaguchi, I., **Matsuoka, M**, Kobayashi, M. and Nakajima, M. Multiple loss-function of Arabidopsis gibberellin receptor AtGID1s completely shuts down a gibberellin signal. **Plant J.** 50, 958-966. 2007