

農業生産研究グループの取り組み

～地球環境変動下における安定的な食料生産へ向けて～

九州大学大学院 農学研究院
石橋 勇志

2050年

Year 2050

97億人

9.7 billion people

世界人口

The world population

2010年 70億人 → 2050年 97億人
7.0 bn. people → 9.7 bn. people

1.7倍
必要

1.7-fold food

食料増産

Food production

2010年 34億トン → 2050年 58億トン
3.4 bn tonnes → 5.8 bn tonnes

16億ha

1.6 billion ha.

農地面積

Agricultural area

1960年からほぼ変化なし
Unchanged since 1960

地球温暖化等に
伴う気候変動

Climate change due to
global warming



不作や災害により
収穫量が不安定になる

Yields will be unstable

パンデミックの多発
世界情勢の不安定化

Pandemics and destabilization
of the world situation



国際貿易が
機能停止する

Suspension of international trade

Our Lab's Vision

世界中の人々が豊かな食生活を送る

People around the world enjoy a rich diet



地球環境に左右されず環境負荷を配慮した圧倒的
な食料増産の「鍵」はどこにあるのか？

Where is the "key" to increasing food production with consideration for environmental
impact under global environmental change?

Our Lab's Target

<植物外 outside the Plant>

- ① センシング (sensing)
- ② 全体最適化の技術 (optimization)
- ⑤ 自動化技術 (automation)

- ① センシング (sensing)
- ② 全体最適化の技術 (optimization)
- ④ 化学肥料・農薬 (fertilizers and pesticides)
- ⑤ 自動化技術 (automation)

- ① センシング (sensing)
- ② 全体最適化の技術 (optimization)
- ⑤ 自動化技術 (automation)

<植物内 inside the Plant>

栽培期間中の植物内からのアプローチはほぼない

Almost no approach from inside the plant during the growing season

- ③ 新品種の開発 (new breeding)

播種
Seeding

栽培
Cultivate

収穫
Harvest

Our Lab's Mission

“緑の革命 2.0”
“Green revolution 2.0”

PR
Plant Recipe

次世代バイオ肥料・農薬
高次元処方箋
(核酸/タンパク質処方)



PS
Plant Speaking

食料生産に必要な植物
内部情報の取得
高次元センサーの開発



PO
Plant Optimization

生育の全体最適化
(量子コンピューターの活用など)
完全自動化栽培へ向けた
省コスト化



CO₂削減
(低投入化)
CO₂ reduction

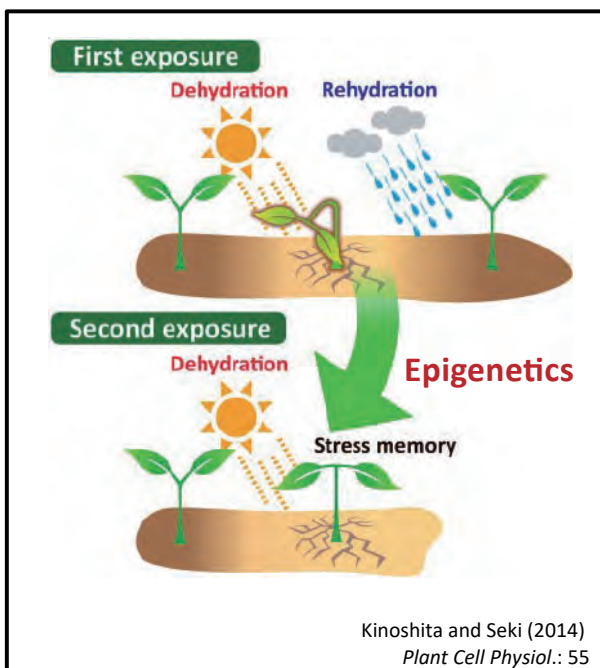
地球環境変動
global environmental change

食糧生産の
維持・増加
Maintain and increase
food production

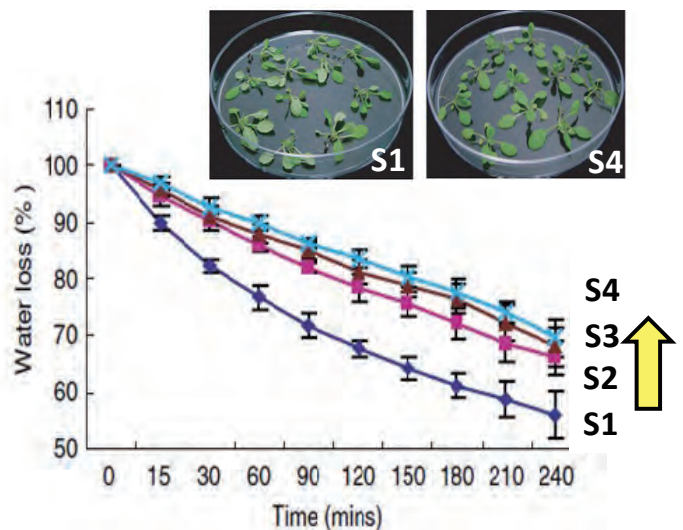
Environmental Memory (環境記憶)

植物の環境ストレスメモリーによる環境適応 Environmental Adaptation by Environmental Stress Memory in Plants

Epigenetics-induced Stress memory



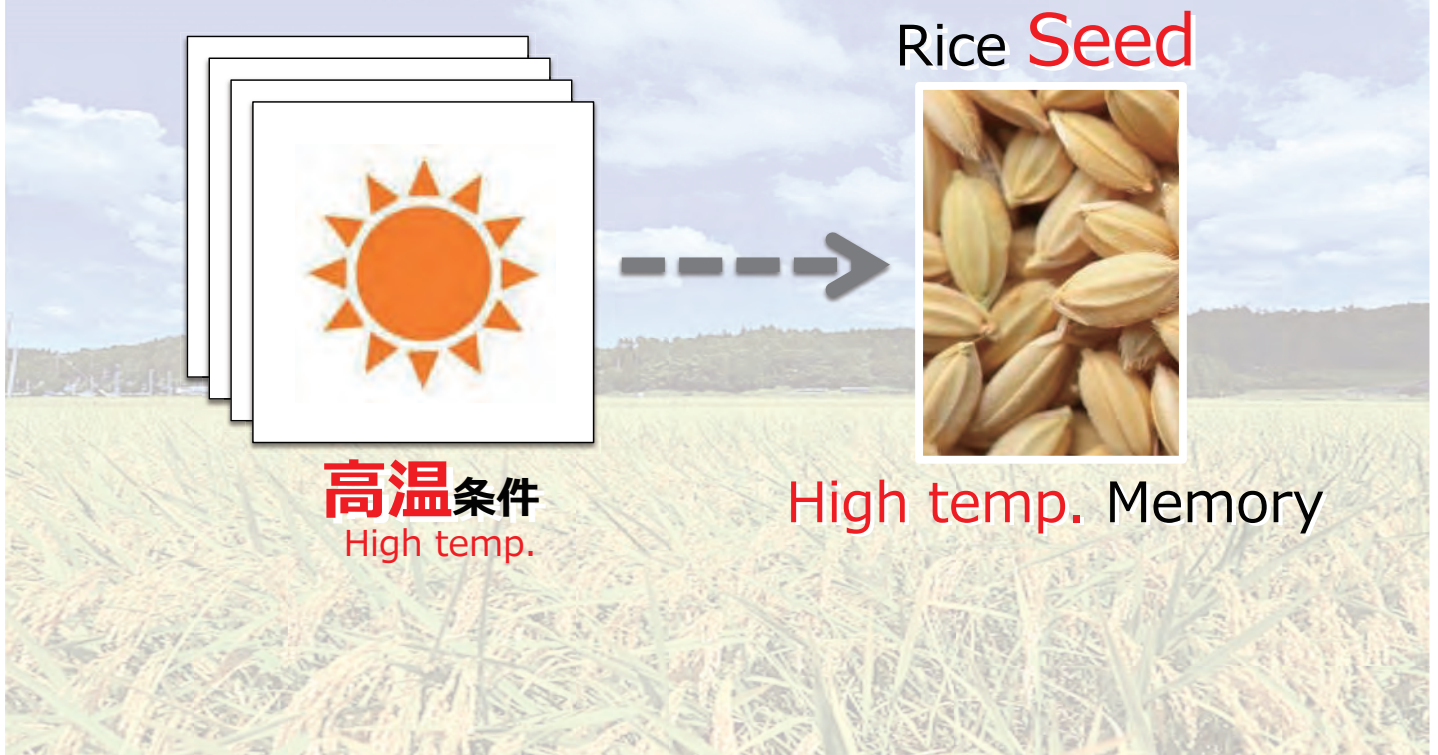
シロイヌナズナストレスメモリー Stress memory of *Arabidopsis thaliana*



乾燥ストレスを繰り返すほど
水の損失が少なくなる
Repeated drought stress reduces
leaf water loss.

種子の環境記憶を利用した食料生産革新

Innovations in Food Production Using Seeds Environmental Memory



種子への高温環境記憶は次世代の生育に影響する
High temperature environmental memory for developmental seeds affects the growth of the next generation

High temp. memory seeds

Natural condition



Changes in phenotypes under both natural condition and stress condition

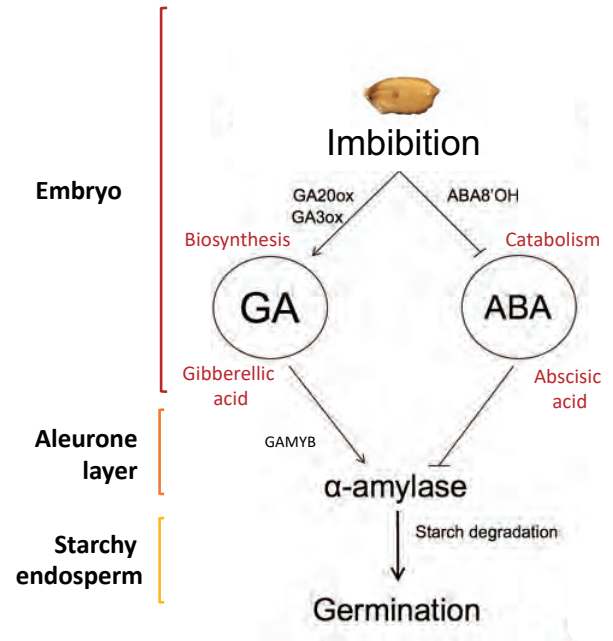
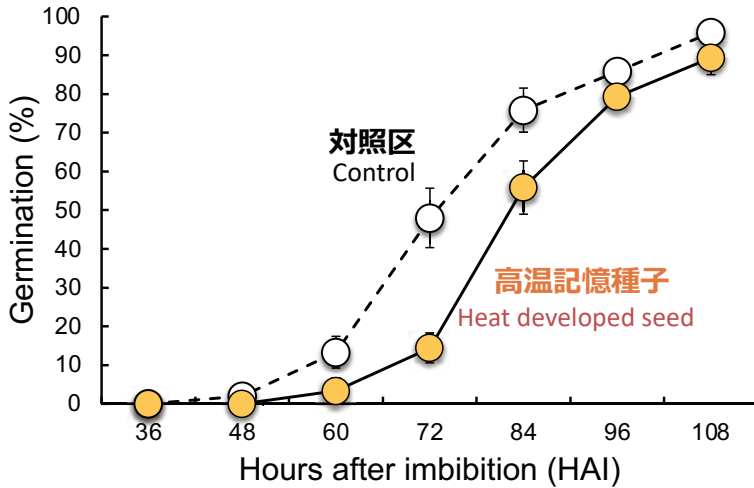
Heat stress condition



種子への高温環境記憶は次世代の種子発芽を遅延する

High temperature environmental memory for seeds delays seed germination of the next generation

✔ Seed germination

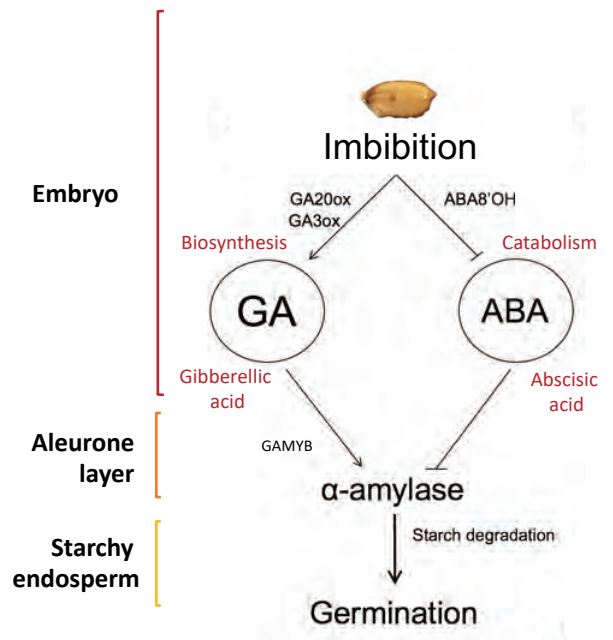
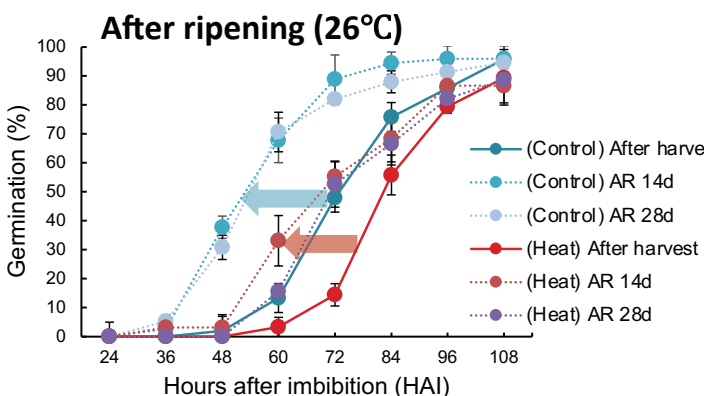
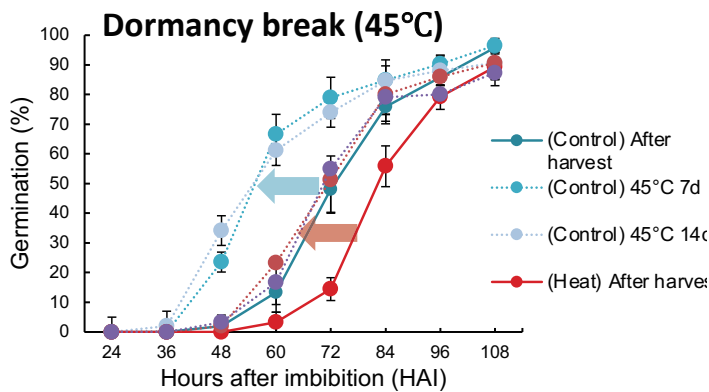


(Suriyasak, Ishibashi et al., 2020. *Scientific Report*)



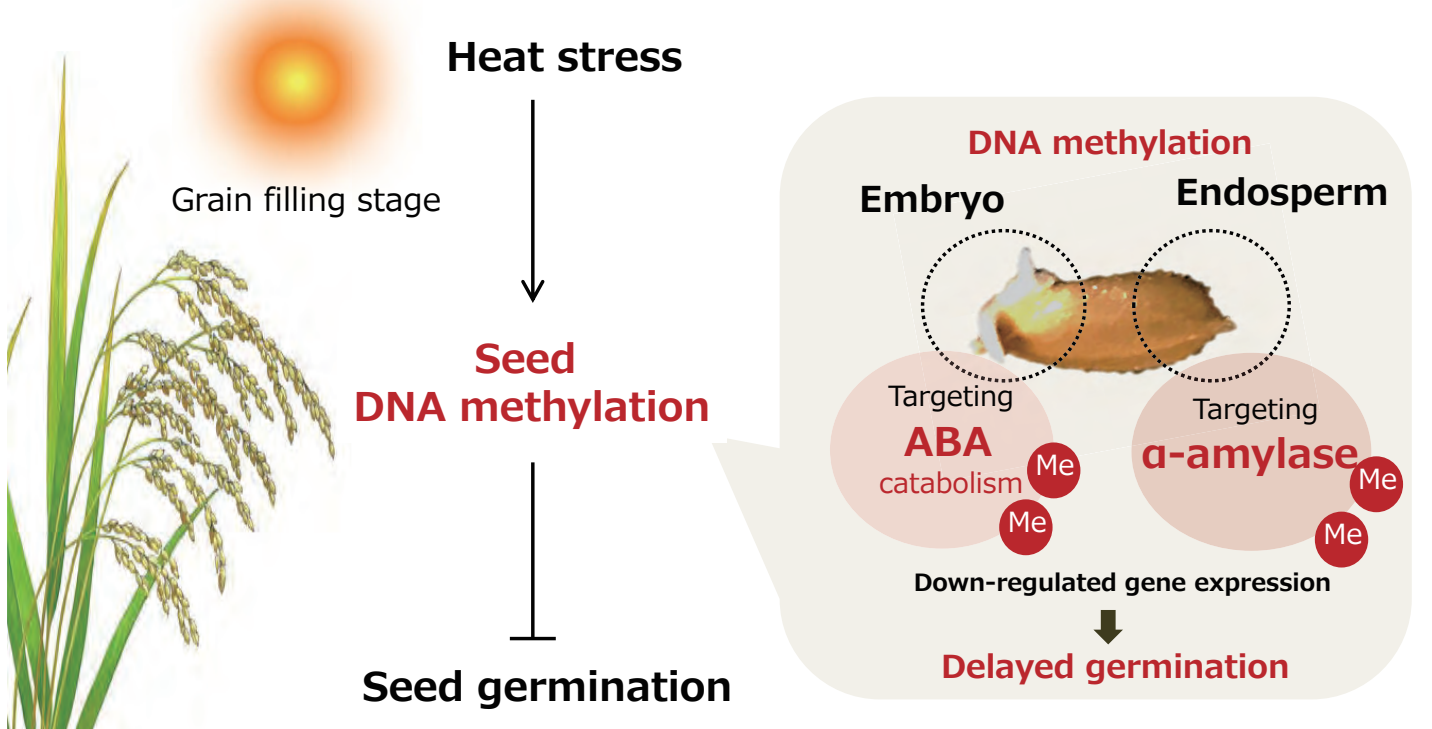
RESULTS

Delay in germination was not due to primary seed dormancy



種子への高温環境記憶は次世代の種子発芽を遅延する

High temperature environmental memory for seeds delays seed germination of the next generation



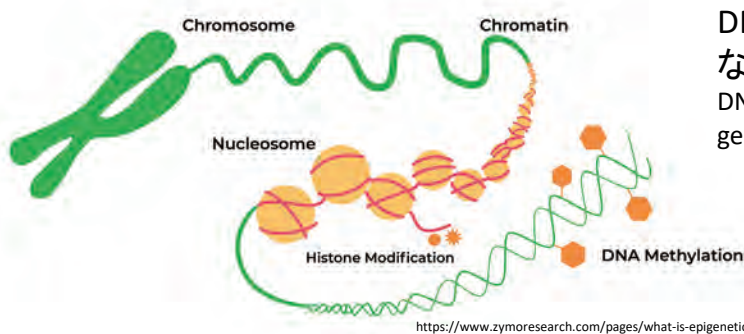
イネの登熟過程における高温ストレスは、種子内のDNAメチル化を介して次世代の発芽を制御している

High temperature stress during the rice grain filling can regulate germination of the next generation through DNA methylation in seeds

RESULTS

ポイント

遺伝子発現を調節する**エピジェネティクス**制御とは
What is epigenetic regulation at gene expression?



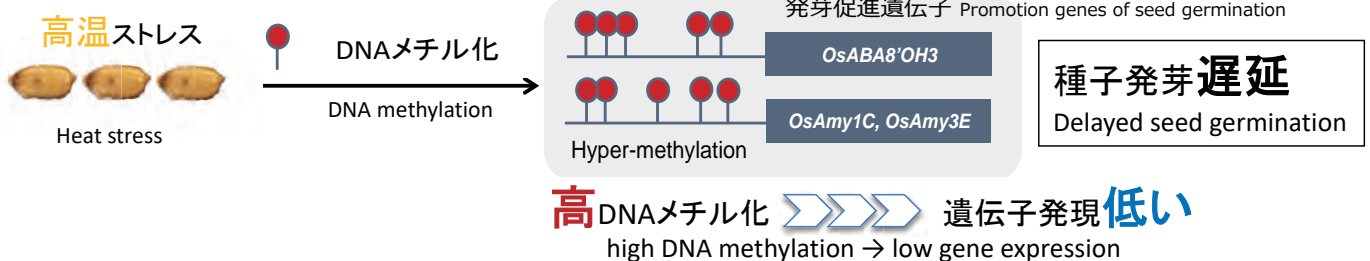
DNAのメチル化ヒストンのアセチル化などにより遺伝子発現を調節する
DNA methylation and histone acetylation regulate gene expression

例: **低**DNAメチル化 → 遺伝子発現**促進**
low DNA methylation → high gene expression

高DNAメチル化 → 遺伝子発現**抑制**
high DNA methylation → low gene expression

ポイント

高温障害による発芽遅延には**エピジェネティクス**制御が関わっていた
Delayed germination due to high temperature damage is caused by epigenetic regulation.



農学(農業)
Agriculture

×

プラズマ工学
Plasma

「稲妻ひと光で稲が一寸伸びる」
Lightning accelerates rice growth



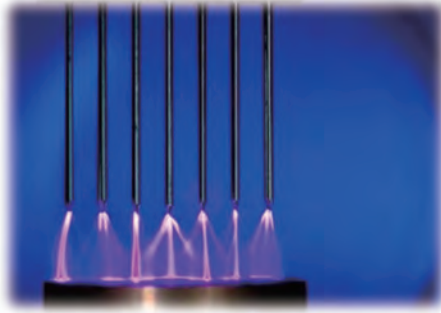
九州大学から見える雷山



お米(特に山田錦)の大産地
<http://ginjoka.com/sake-basic/yamadanishikinotae/>

INTRODUCTION

低温大気圧プラズマ Cold Atmospheric Plasma (CAP)

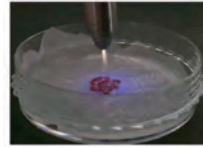


・大気圧下や室温ほどの低温、液中など、様々な状況で放電可能

Dischargeable at room temperature or low temperature under atmospheric pressure and in liquid conditions

・生物学分野や医学分野の研究に広く利用されている

Widely used in research in the biological and medical fields



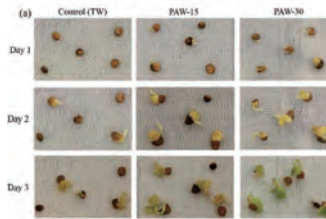
低温大気圧プラズマによる
トマトの成長促進

Promoting growth in tomato by CAP



Control 1 min 5 min 10 min

Adhikari et al. (2020) Free Radical Biology and Medicine



ラディッシュ種子の
発芽促進

Promoting seed germination
in radish by CAP



トウガラシの成長促進
Promoting growth in chili by CAP

Sivachandiran and Khacef (2017) RSC Advances



ポイント

低温大気圧プラズマは、多くの
植物の成長を促進する

CAP promotes growth of many plants

プラズマによる植物成長促進の理由は **ブラックボックス**

INTRODUCTION



子実登熟過程
grain filling

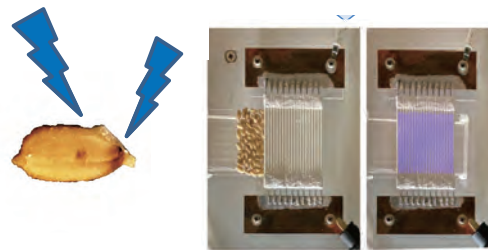
高温ストレス
heat stress

種子発芽の遅延
delayed seed germination

種子発芽の**促進**

promoted seed germination

低温大気圧プラズマ (CAP)



実験仮説 hypothesis

低温大気圧プラズマで処理され
た種子は、発芽促進される。

Seeds treated with CAP will
have accelerated germination

ポイント

低温大気圧プラズマによる**エピジェネティクス変化**は起こるのか？

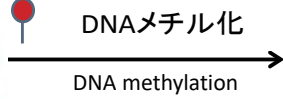
Does CAP cause epigenetic changes?

RESULTS

ポイント

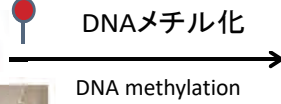
低温大気圧プラズマ照射は、高温登熟種子のDNAのメチル化制御を介して、発芽を促進する？

Does CAP promote germination through regulation of DNA methylation in heat development seeds?



高DNAメチル化 >>>> 遺伝子発現低い
high DNA methylation → low gene expression

プラズマ照射
Plasma Irradiation



低DNAメチル化 >>>> 遺伝子発現高い
low DNA methylation → high gene expression

Suriyasak, Koga, Shiratani, Ishibashi et al. (2021)
ACS Agricultural Science & Technology

Agriculture × Plasma

農学(農業) × プラズマ工学

「稲妻ひと光で稲が一寸伸びる」
Lightning accelerates rice growth

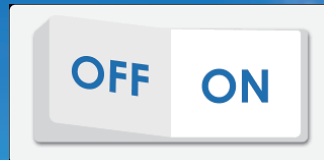
プラズマ
Plasma



DNAメチル化変動
DNA methylation



遺伝子発現調節
Gene expression



生育制御
Plant growth



Why Japan, Why Kyushu univ.?

植物内部情報に基づく食料生産技術開発により、
九州は世界をリードする立場になり得る

Kyushu can be a world leader by developing food production technology



植物科学 & 農業科学

- ✓ 日本の学会誌は世界トップ10にランクイン
- ✓ 九州大学農学部には100年以上の研究成果が蓄積されている

Plant and Agriculture science

- ✓ Japanese academic journal ranked in world's top 10 Ranked in the Top 10
- ✓ Kyushu University Faculty of Agriculture has accumulated more than 100 years of research results



コンパクトな国 & 四季

- ✓ 様々な環境下における多様な栽培品目及び栽培方法の実績を有する
- ✓ コンパクトな国土故、情報共有や実地検証が容易
- ✓ 都市部と農村部の融合

Compact Country & Four Seasons

- ✓ Variety of cultivars and cultivation methods in different environments
- ✓ Easy information sharing and field verification
- ✓ Integration of urban and rural areas



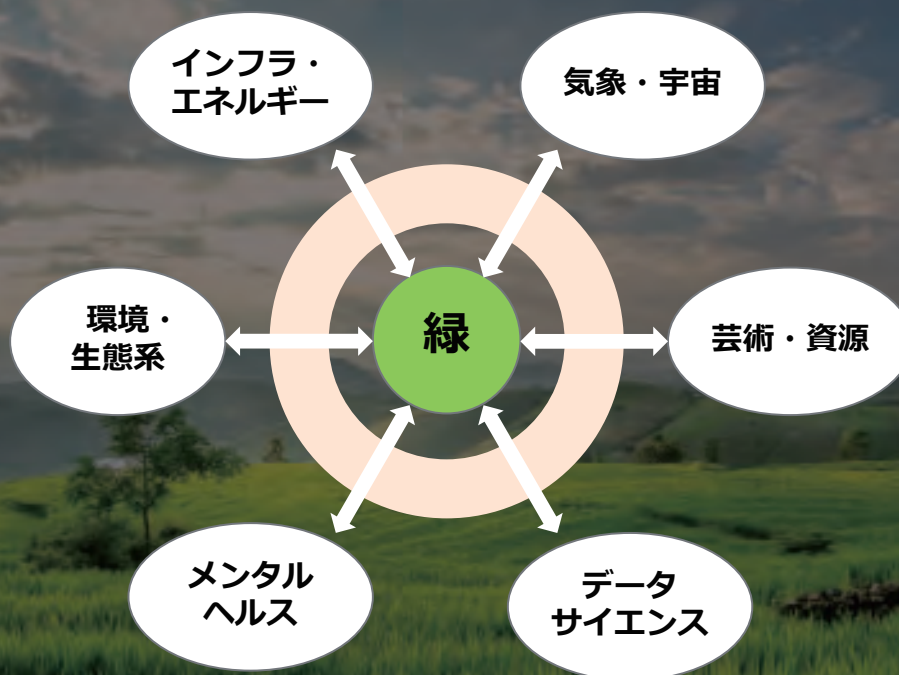
多様な食文化

- ✓ 四季と各地域特有の食材がもたらす多様な食文化
- ✓ 和食はユネスコの無形文化遺産に登録されている

Diverse Food Culture

- ✓ Diverse food culture brought about by the four seasons and ingredients unique to each region
- ✓ Japanese food is registered as a UNESCO Intangible Cultural Heritage

Our Lab's Message



ともに九大発「Green Valley」を創りましょう！！

ご清聴ありがとうございました。

