



CHIBA  
UNIVERSITY

# UAVリモートセンシングによる 水稲生育パラメータの推定に関する研究 (2)

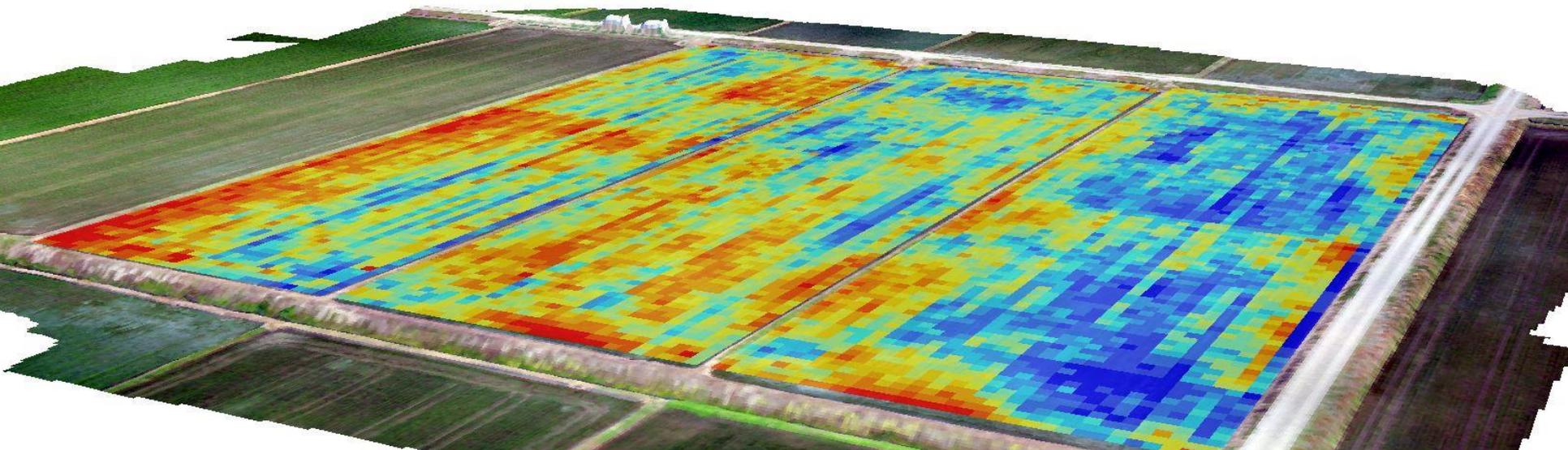
## 品種・田植え時期・地域による水稲生育の違い

近藤 昭彦<sup>1</sup>・濱 侃<sup>2</sup>・田中 圭<sup>3</sup>・望月 篤<sup>4</sup>・平田 俊之<sup>5</sup>  
新井 弘幸<sup>5</sup>・八幡 竜也<sup>5</sup>・樋口 泰浩<sup>6</sup>・鶴岡 康夫<sup>4</sup>

1. 千葉大学 CEReS, 2. 千葉大学 理学研究科, 3. 日本地図センター  
4. 千葉県農林総合研究センター, 5. 金井度量衡株式会社, 6. 新潟県農業総合研究所

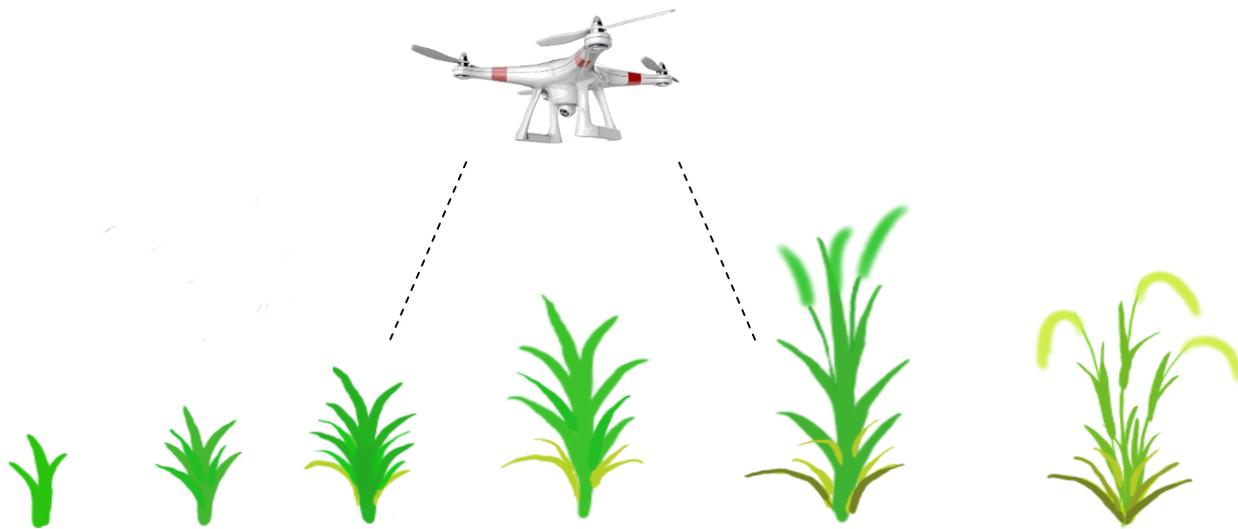
# はじめに

- 「UAVリモートセンシング」の確立
  - Unmanned Aerial Vehicle(UAV)を使用したリモートセンシング
- UAVリモートセンシング技術の農業利用における課題
  - 低コスト、運用の適時性、解析の簡便さ
  - 生育診断、精密農業、環境負荷の軽減



# 水稲モニタリング技術の社会実装に向けて

- ▶ 品種, 田植え (移植) 時期, 地域等の条件の違いを明らかにする必要性
- ✓ 水稲生育管理における UAV リモートセンシングによるモニタリング戦略を構築することは可能か？



# 目的

- **品種，田植え時期，地域による  
水稲フェノロジーの違いを明らかにする**

- UAVを用いた水稲の生育モニタリング  
週1回頻度，2地点（千葉，新潟）

- 品種の違いによるフェノロジーの差 ⇒ 確認
- 田植え時期の違いによるフェノロジーの差 ⇒ 確認
- 地域による差 ⇒ 同じ品種、生育管理、気候条件のもとでは、ほぼ同じ



# 比較項目

## ▶ 品種間差

▶ 3品種：早生，中生



(ふさおとめ、ふさこがね、コシヒカリ)

## ▶ 田植え時期の差(生育時期の差)

▶ 全4時期：4月初旬～6月初旬

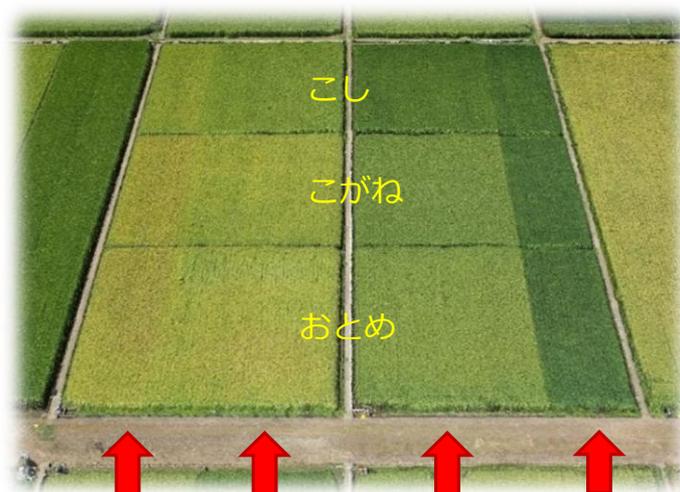
## ▶ 地域差

▶ 千葉 3品種、4移植時期

▶ 新潟 1品種(コシヒカリ)



新潟

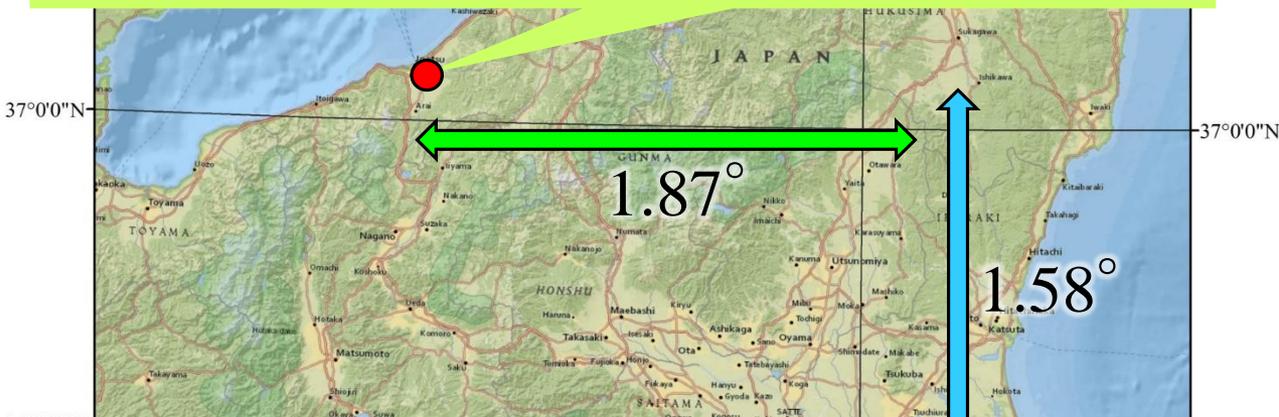


千葉

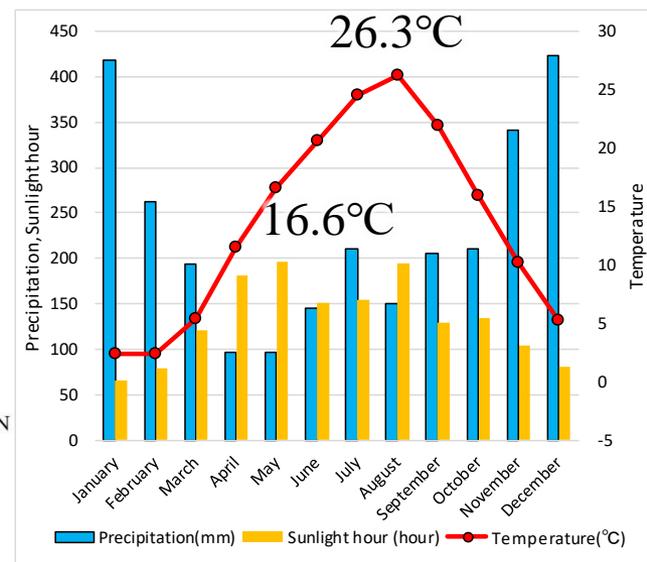
田植え時期の差

# 試験サイト

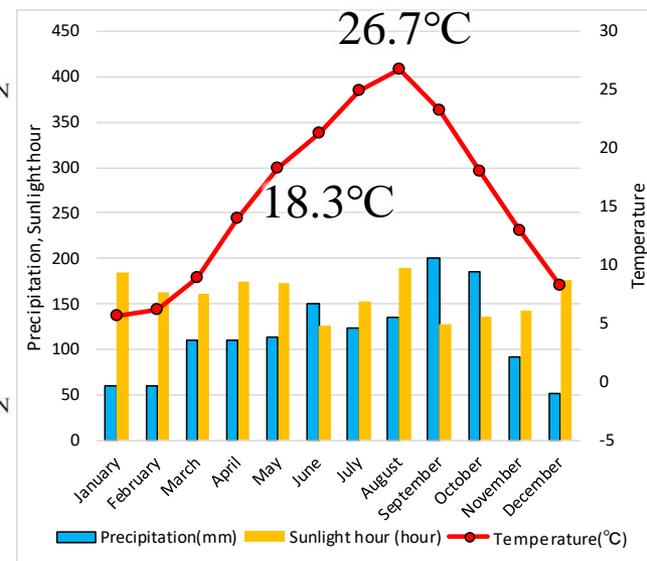
新潟(上越市) Lat : 37.12° N, Lon : 138.29° E



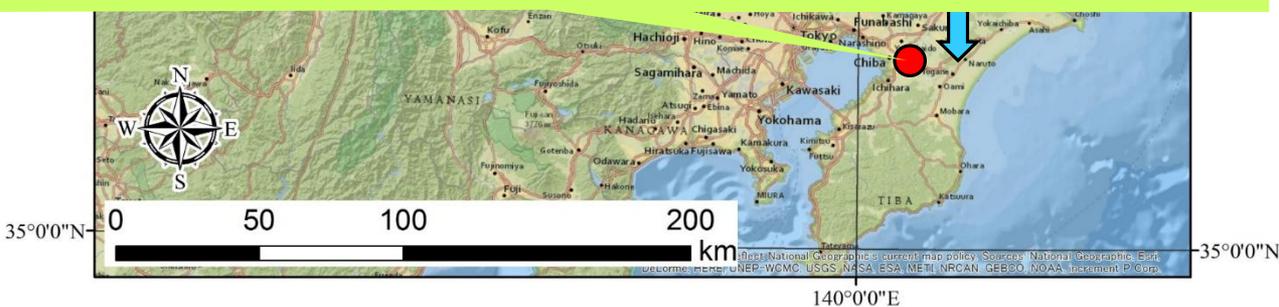
## 高田 (新潟)



## 千葉 (千葉)



千葉(千葉市緑区) Lat : 35.54° N, Lon : 140.16° E



# 対象品種 コシヒカリ、ふさおとめ、ふさこがね



## ▶ コシヒカリ(中生) - 千葉, 新潟 -

1979年(昭和54年)から全国作付面積1位 - 作付比率36.1%(2015) -

- 米の粘りが強く食味に優れる品種
- 草丈が高く, 倒伏しやすい。いもち病などに弱い (BL米除く)

## ▶ ふさおとめ (早生) - 千葉 -

千葉が独自育成し,平成11年(1999)に品種登録

- 『ひとめぼれ』と『ハナエチゼン』の掛け合わせ
- 千葉県内で**最も早期に収穫可能**で,少し粘り気が弱い



## ▶ ふさこがね (早生) - 千葉 -

千葉が独自育成し,平成19年(2007)に品種登録

- 『ふさおとめ』と『中部64号』の掛け合わせ
- **気候変化(高温耐性), 台風に強く**,ふさおとめに続いて収穫可能



# 使用機材, データ

## ▶ UAV

QC630(enRoute), Phantom2,3(DJI)

## ▶ カメラ

Yubaflex(BIZWORKS), GR, GR II (RICOH)

## ▶ ソフトウェア

PhotoScan Professional(Agisoft), ArcGIS(ESRI), QGIS(無償)

## ▶ 生育調査データ

草丈, 莖数, 葉色 - SPAD502plus (コニカミノルタ)

## ▶ 気象データ

AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System)

● 千葉(千葉県), 高田(新潟県)

□ 日平均気温, 日降水量, 日照時間



# 植生指数

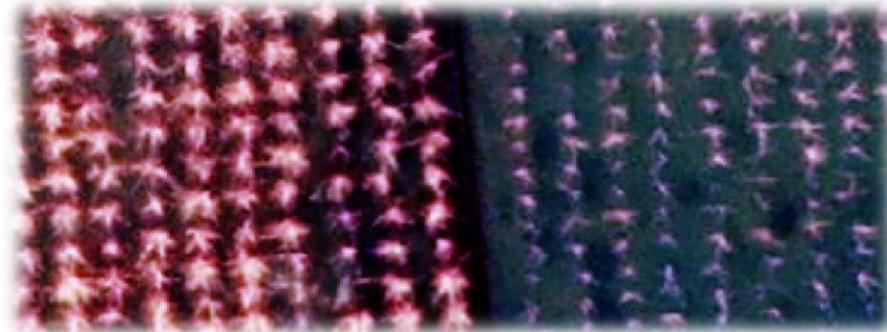
付属ソフトYubaflex3.0 で輝度に変換した画像を使用

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR}(\text{radiance}) - \text{Red}(\text{radiance})}{\text{NIR}(\text{radiance}) + \text{Red}(\text{radiance})}$$

NDVI pure vegetation (NDVI<sub>pv</sub>)

$$\text{NDVI}_{\text{pv}} = \frac{\text{NIR}(\text{radiance}) - \text{Red}(\text{radiance})}{\text{NIR}(\text{radiance}) + \text{Red}(\text{radiance})} \geq 0$$

植生部分のみを抽出



# 水稻のフェノロジー(コシヒカリ, 5月12日植え)

田植え後15日

50日



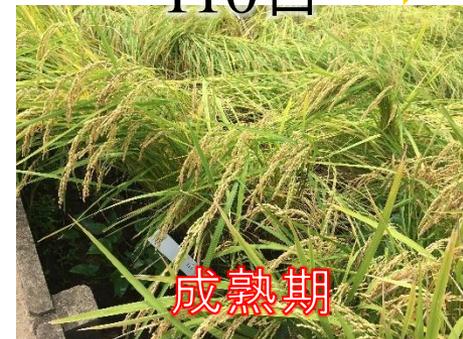
60日

80日

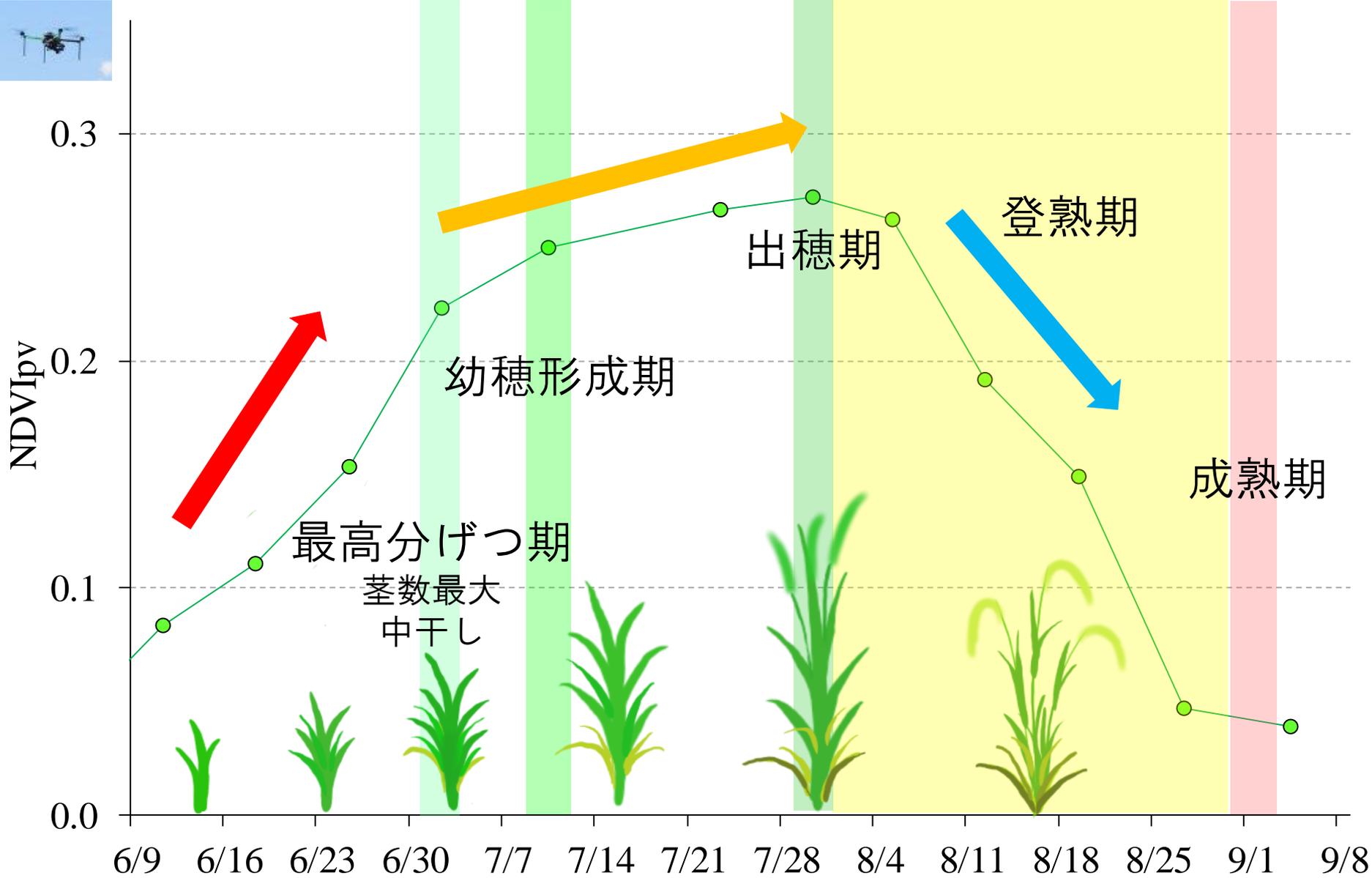


90日

110日



# 水稻のフェノロジー(コシヒカリ) 千葉 2015年

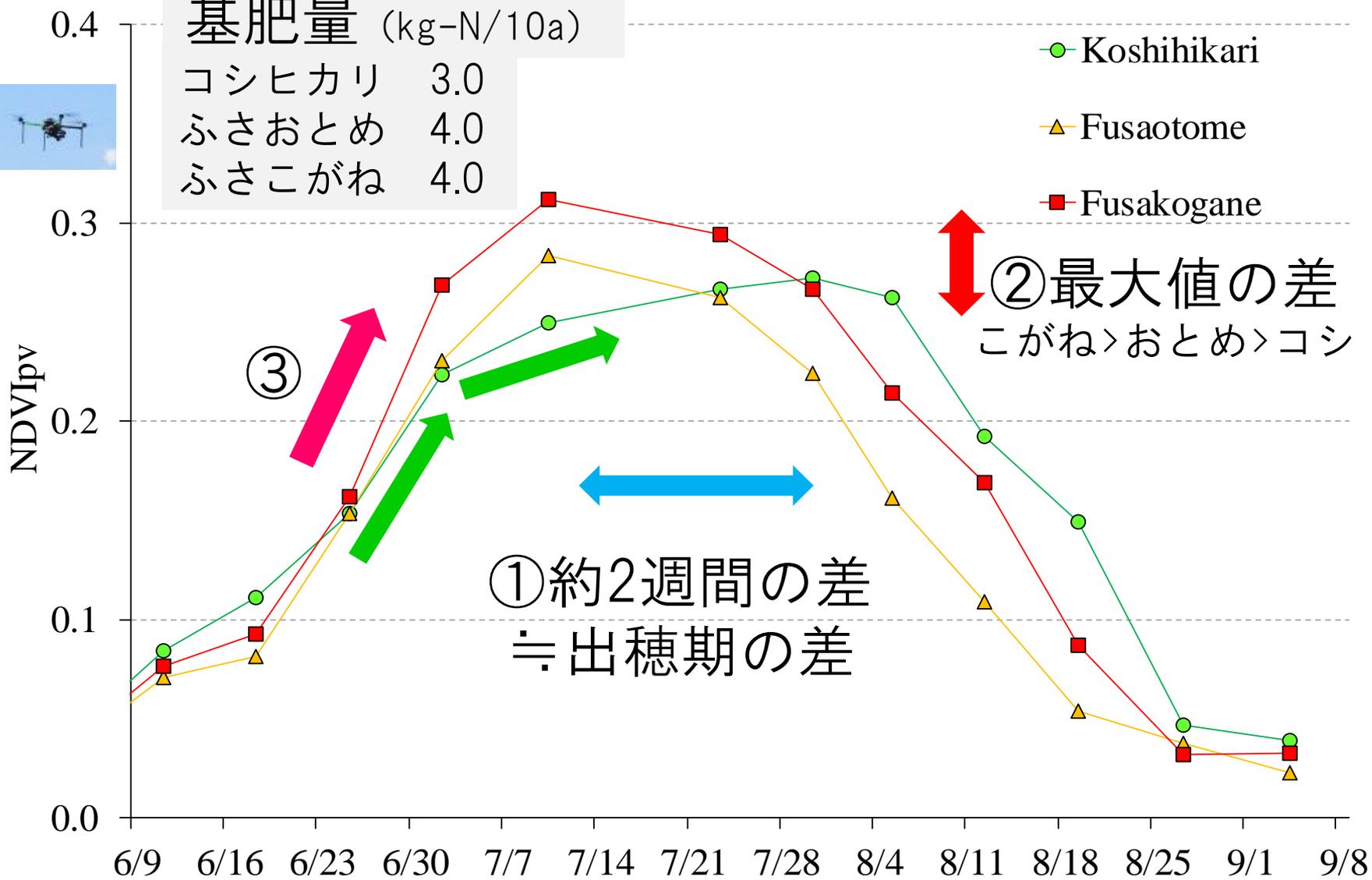


# 品種によるフェノロジーの違い (2015年5月15日植え)



基肥量 (kg-N/10a)

コシヒカリ	3.0
ふさおとめ	4.0
ふさこがね	4.0



# 品種によるフェノロジーの違い (2016年5月12日植え)

基肥量 (kg-N/10a)

コシヒカリ	2.0
ふさおとめ	3.0
ふさこがね	4.0

② 最大値の差

おとめ > こがね > コシ

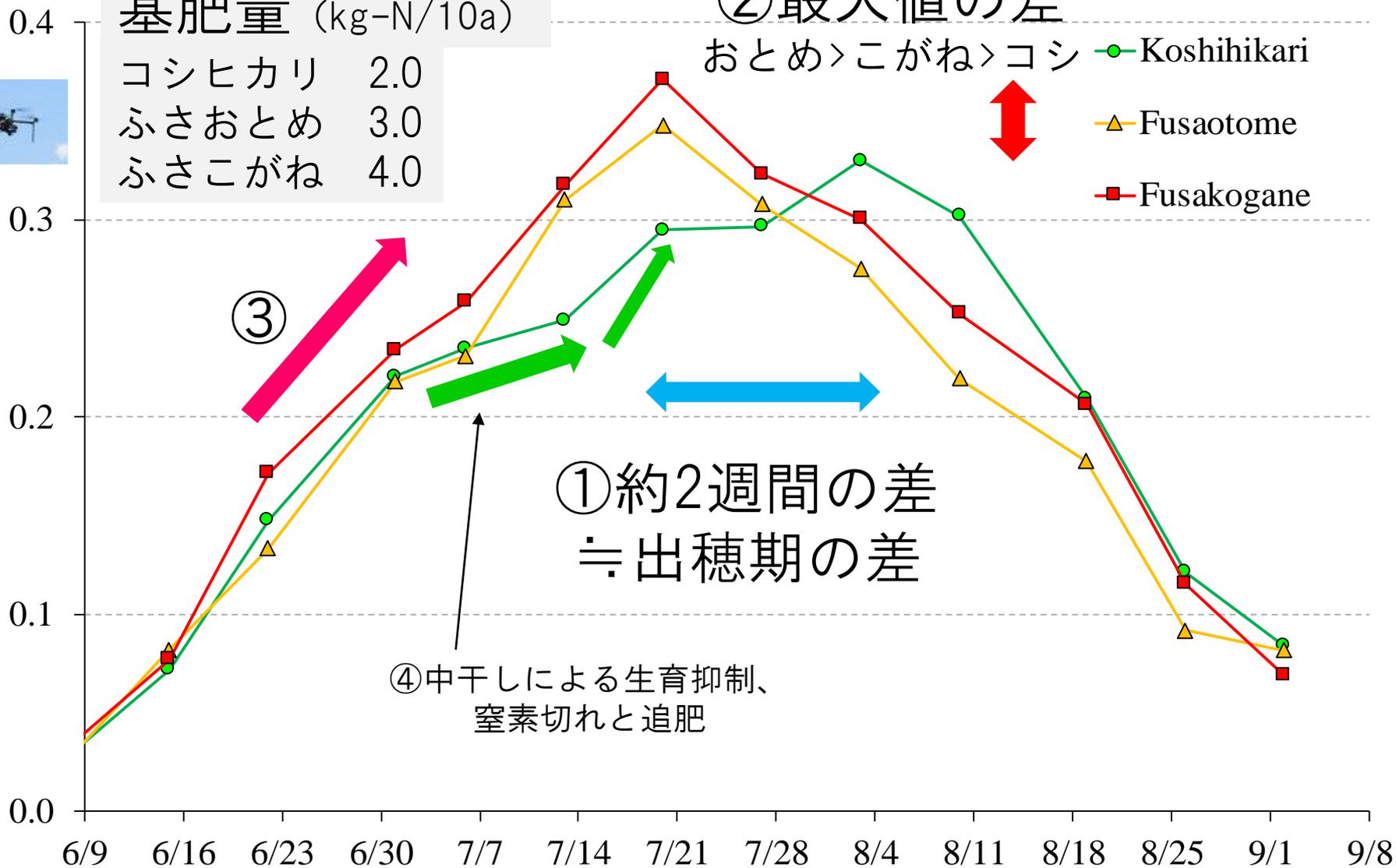
- Koshihikari
- ▲ Fusaotome
- Fusakogane

③

① 約2週間の差  
≡ 出穂期の差

④ 中干しによる生育抑制、  
窒素切れと追肥

NDVI<sub>pv</sub>



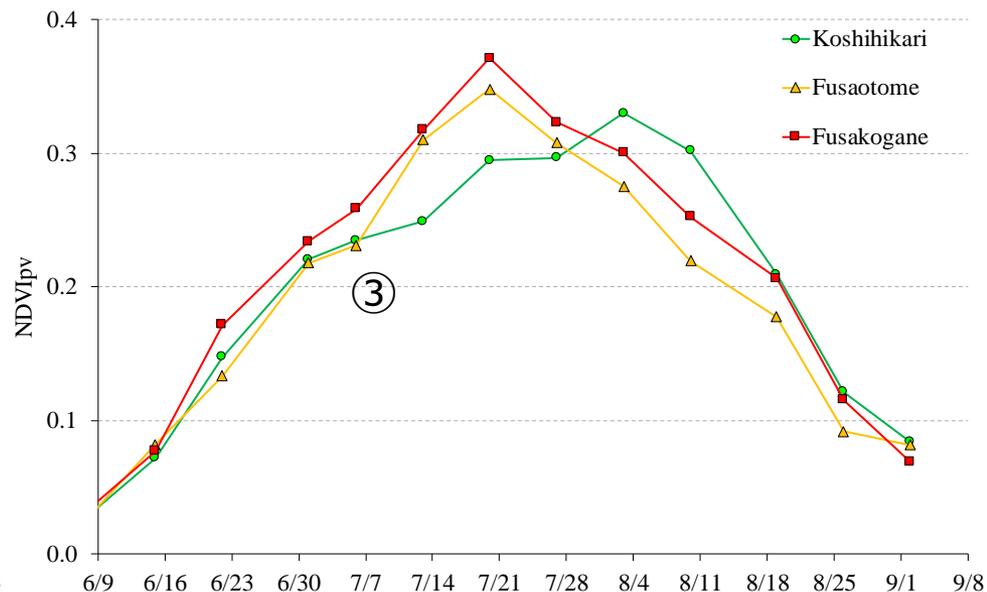
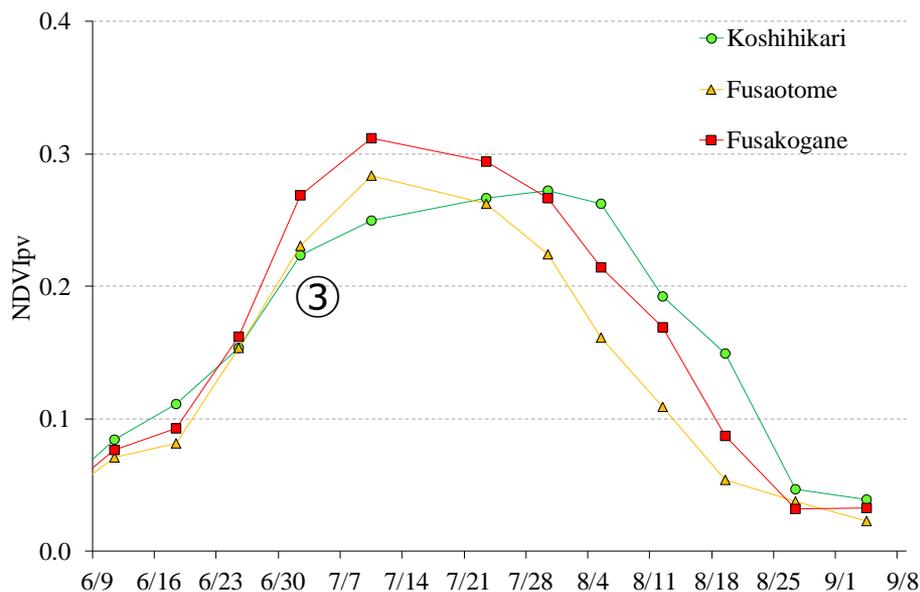
# 【品種】 2015, 2016年観測結果の比較・共通点

①：早生と中生で約2週間のNDVIpvピークの差

②：NDVIpv最大値の差

➤ ふさがね>ふさおとめ>コシヒカリ

③：最高分けつ期以降のNDVIpvの変化

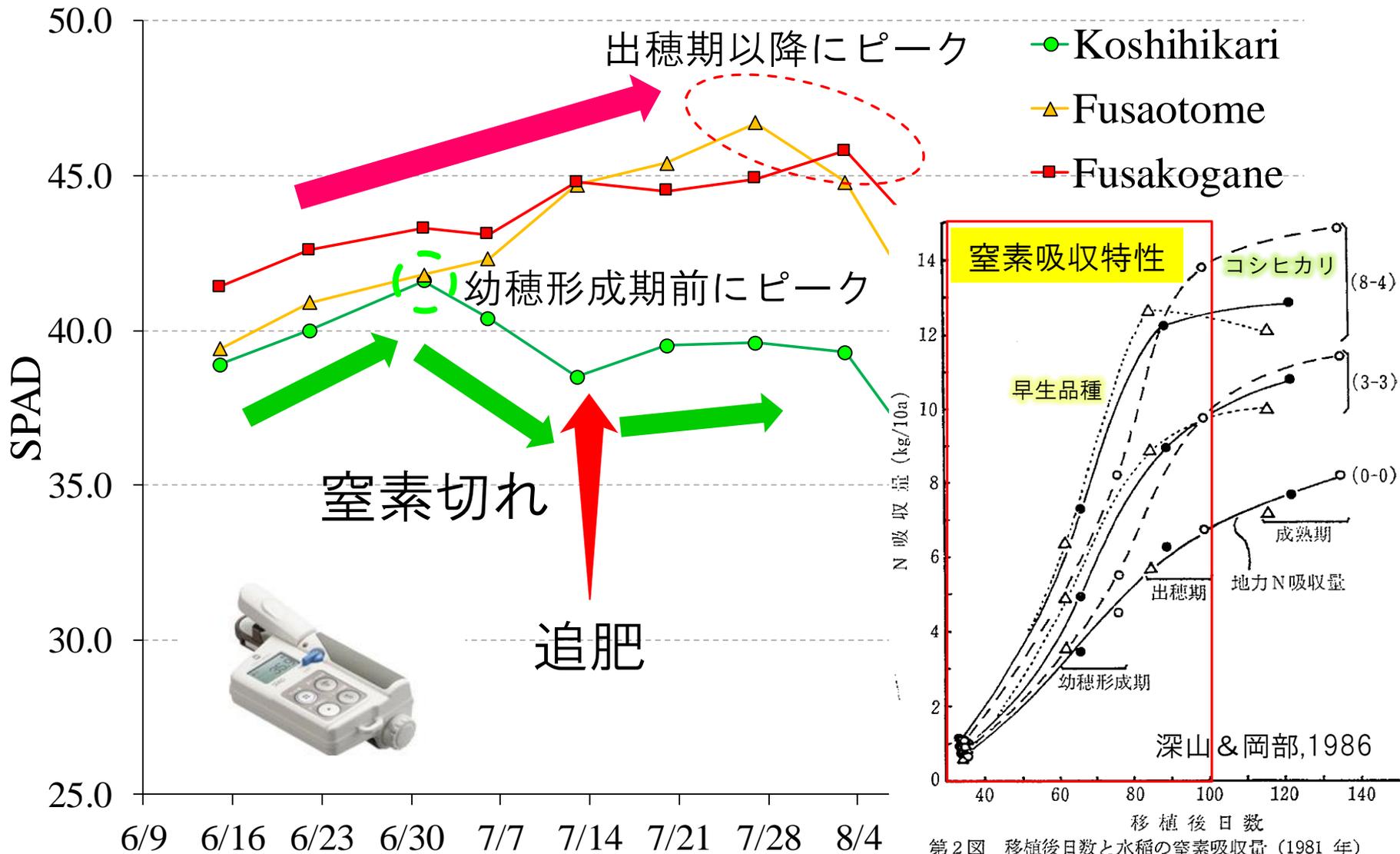


# 出穂時の実測データ（草丈，茎数，葉色）

2016年 ※2015年は葉色の実測を行わなかった

品種	草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	葉色 (SPAD)	NDVI <sub>pv</sub>
コシヒカリ	103.4	558	35.1	0.330
ふさおとめ	88.5	535	42.7	0.348
ふさこがね	87.3	520	44.1	0.371

# 葉色の時系列変化の違い（早生，中生）



第2図 移植後日数と水稻の窒素吸収量 (1981年)  
 ○, コシヒカリ; ●, トドロキワセ; △, ハヤヒカリ.

## 【品種】 2015, 2016年観測結果の比較・共通点

### ①：約2週間のNDVl<sub>pv</sub>ピークの差が観測された

- 現場観測による出穂期の差と一致

### ②：NDVl<sub>pv</sub>最大値の差

- ふさこがね>ふさおとめ>コシヒカリ
- 特に，葉色に大きな差（こがね：44.1，おとめ：42.7，コシ：35.1）



### ③：最高分けつ期以降のNDVl<sub>pv</sub>の変化

- 窒素吸収特性の差 → 特に,幼穂形成期周辺でのN吸収量
- コシヒカリは窒素切れ



# 田植え時期の違いによるフェノロジーの違い (2015年)



品種：コシヒカリ  
基肥：3.0 (kgN/10a)  
追肥：3.0 (kgN/10a)

田植えが遅くなるほど

①最大値の上昇

③最高分けつ期

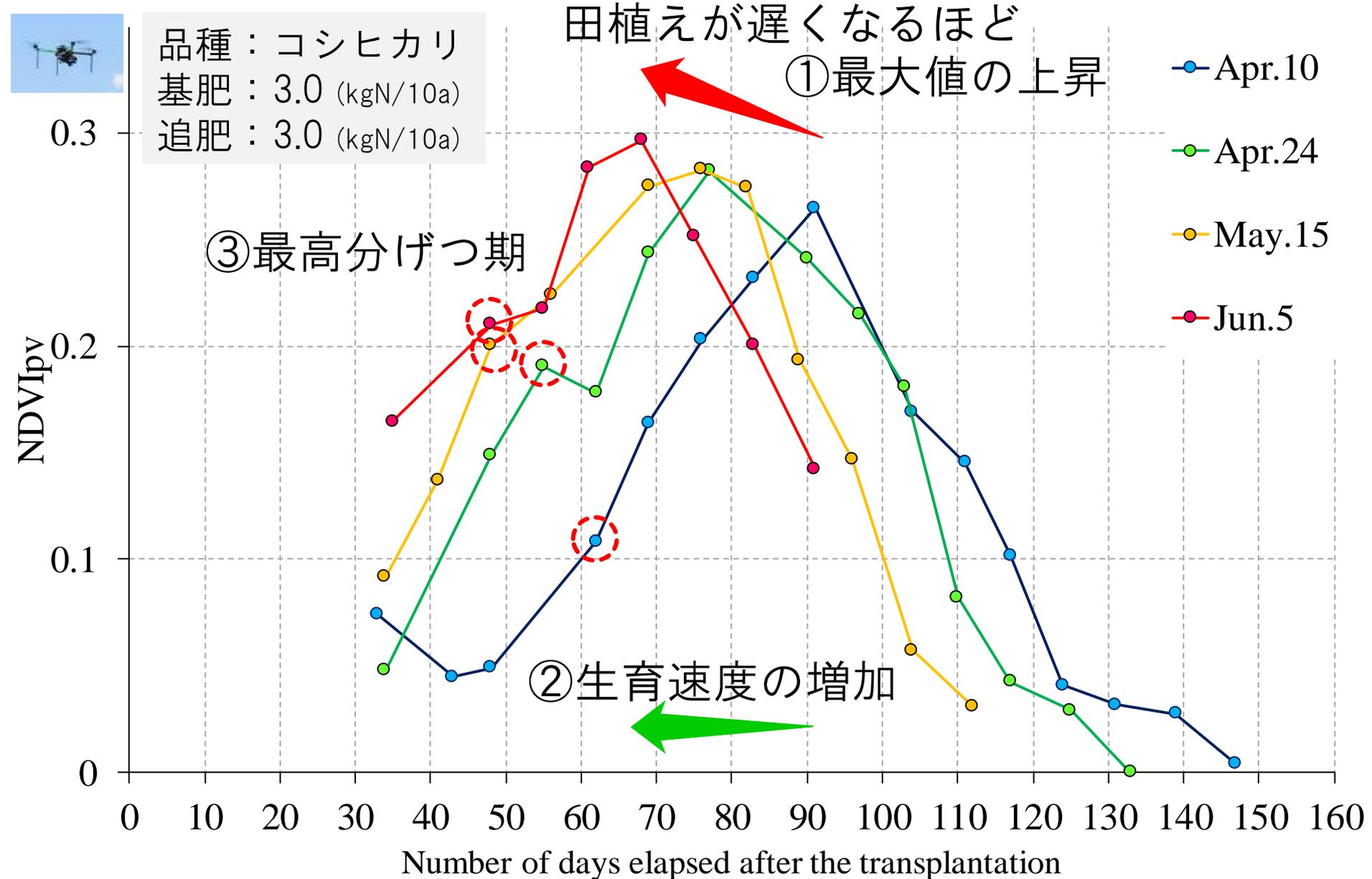
②生育速度の増加

● Apr.10

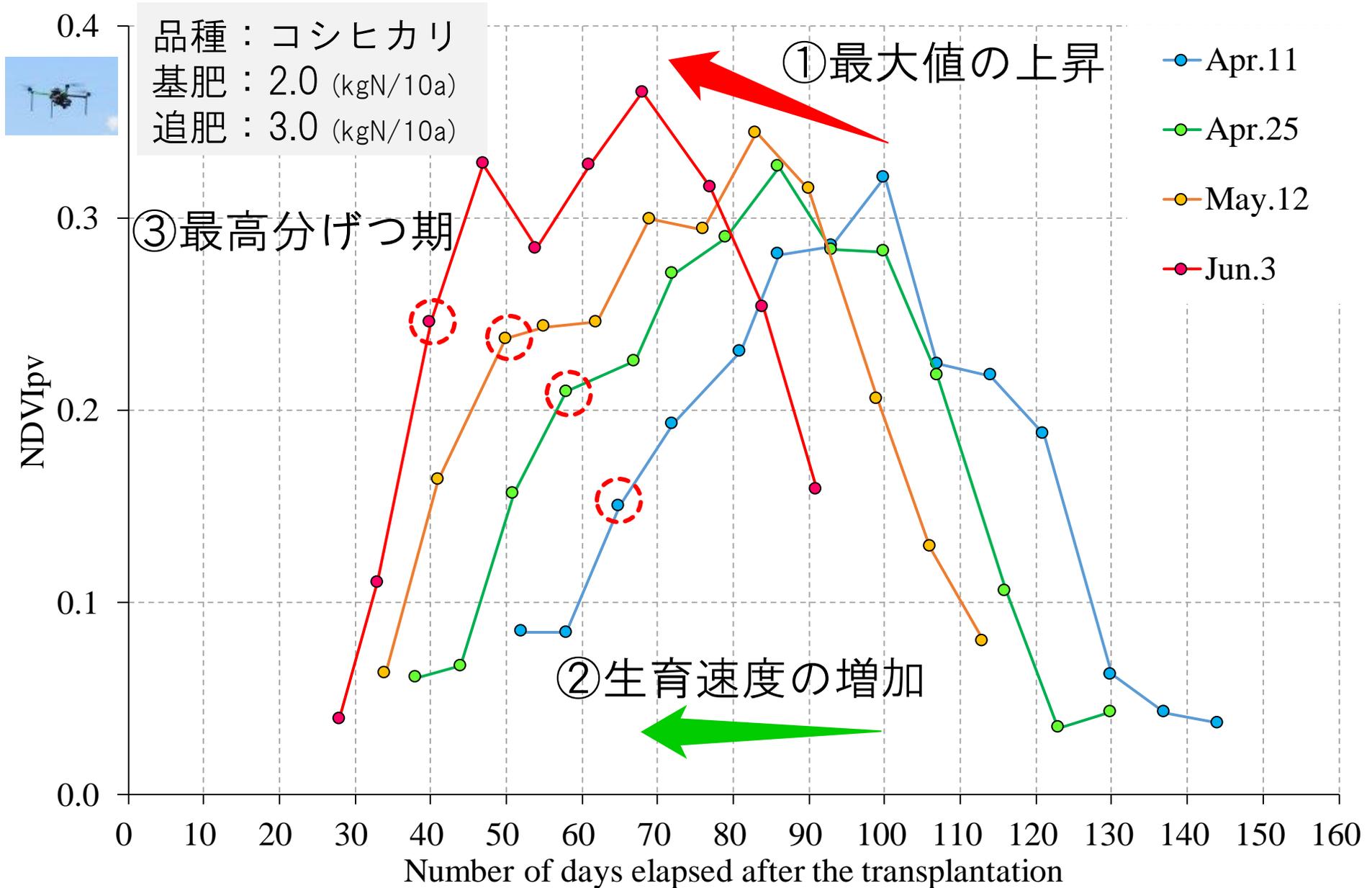
● Apr.24

● May.15

● Jun.5



# 田植え時期の違いによるフェノロジーの違い（2016年）



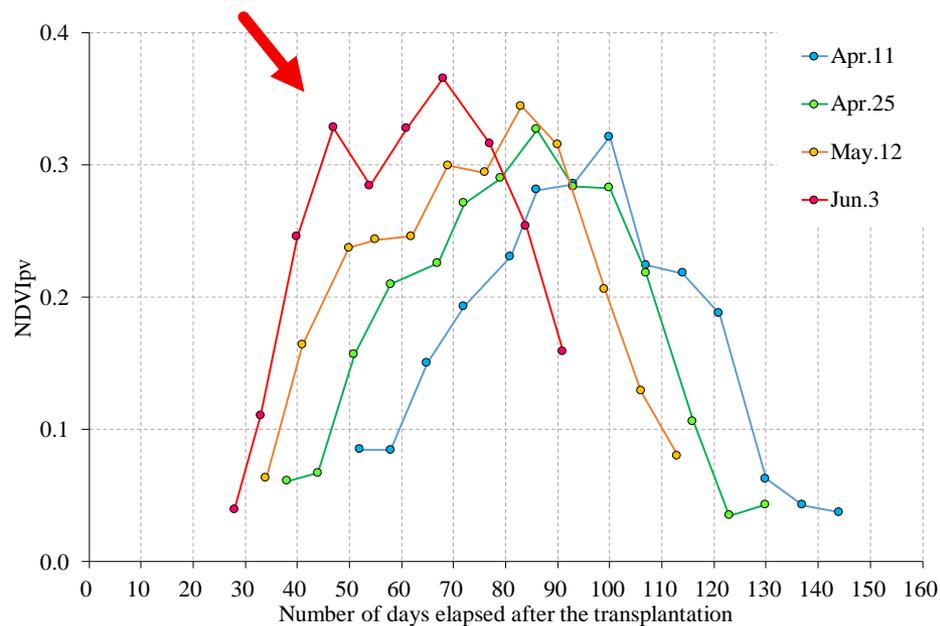
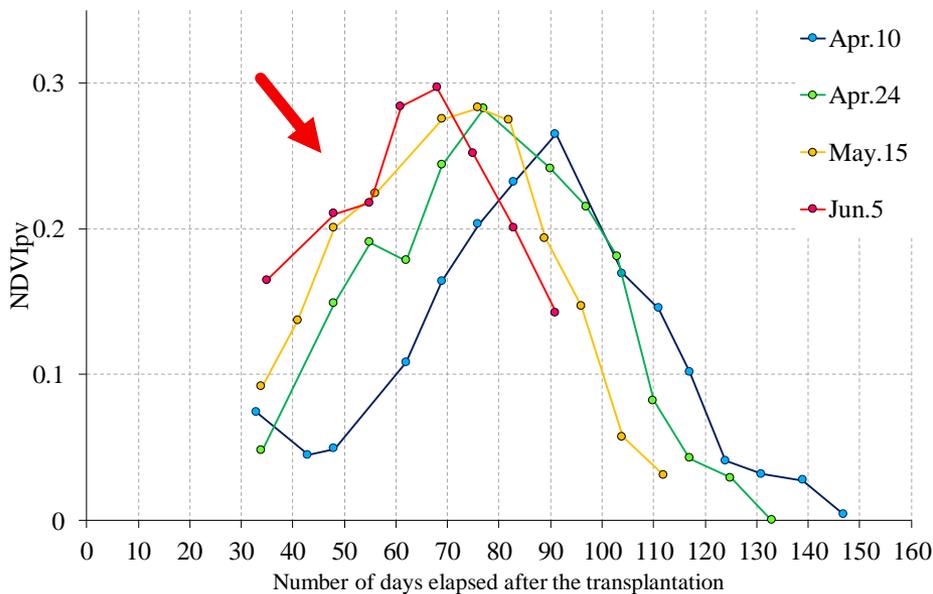
# 【田植え時期】 2015, 2016年観測結果の比較・共通点

## ➡ 田植え（移植）が遅いほど

- ①：NDVIpvの最大値の増加
- ②：最大値を計測するまでの日数が短くなる

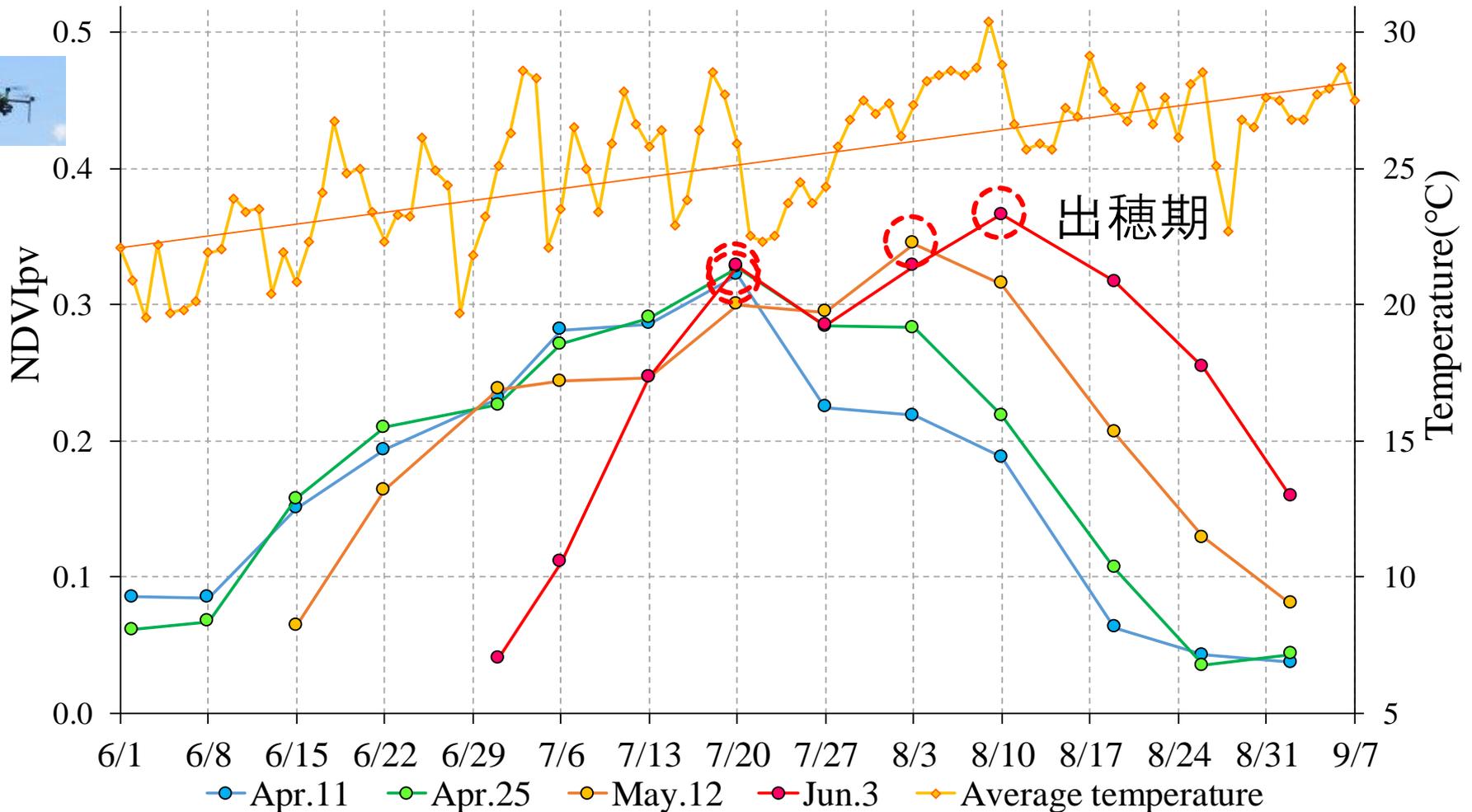
## ➡ 4月初旬植えのコシヒカリ

- ③：最高分けつ期周辺でNDVIpv上昇量が小さくならない

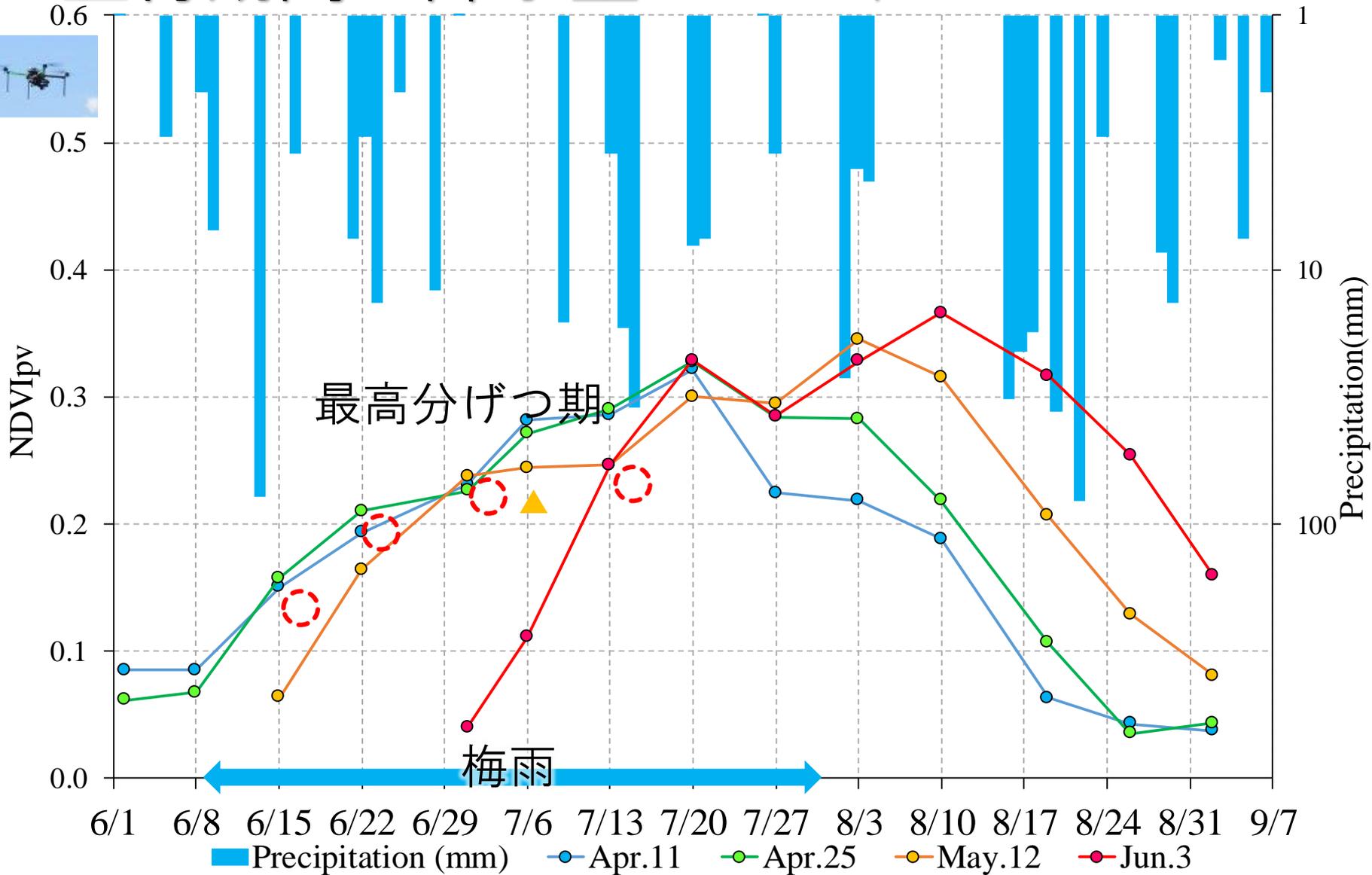


# 生育期間の平均気温 2016年千葉

水稻の生育速度は、ほぼ温度に比例し、有効積算温度で生育ステージを把握できる（江幡，1990）



# 生育期間の降水量 2016年



# 【田植え時期】 2015, 2016年観測結果の比較・共通点

田植え（移植）が遅いほど

①：NDV<sub>ipv</sub>最大値の増加

②：NDV<sub>ipv</sub>最大値までの日数の減少

➤ 生育期間の温度が高くなることによる生育増進

③：4月初旬植えのコシヒカリの最高分けつ期以降の生育

➤ 中干しによる生育抑制効果の差（4月植と5月植）

低温，曇天

抑制効果小

湿

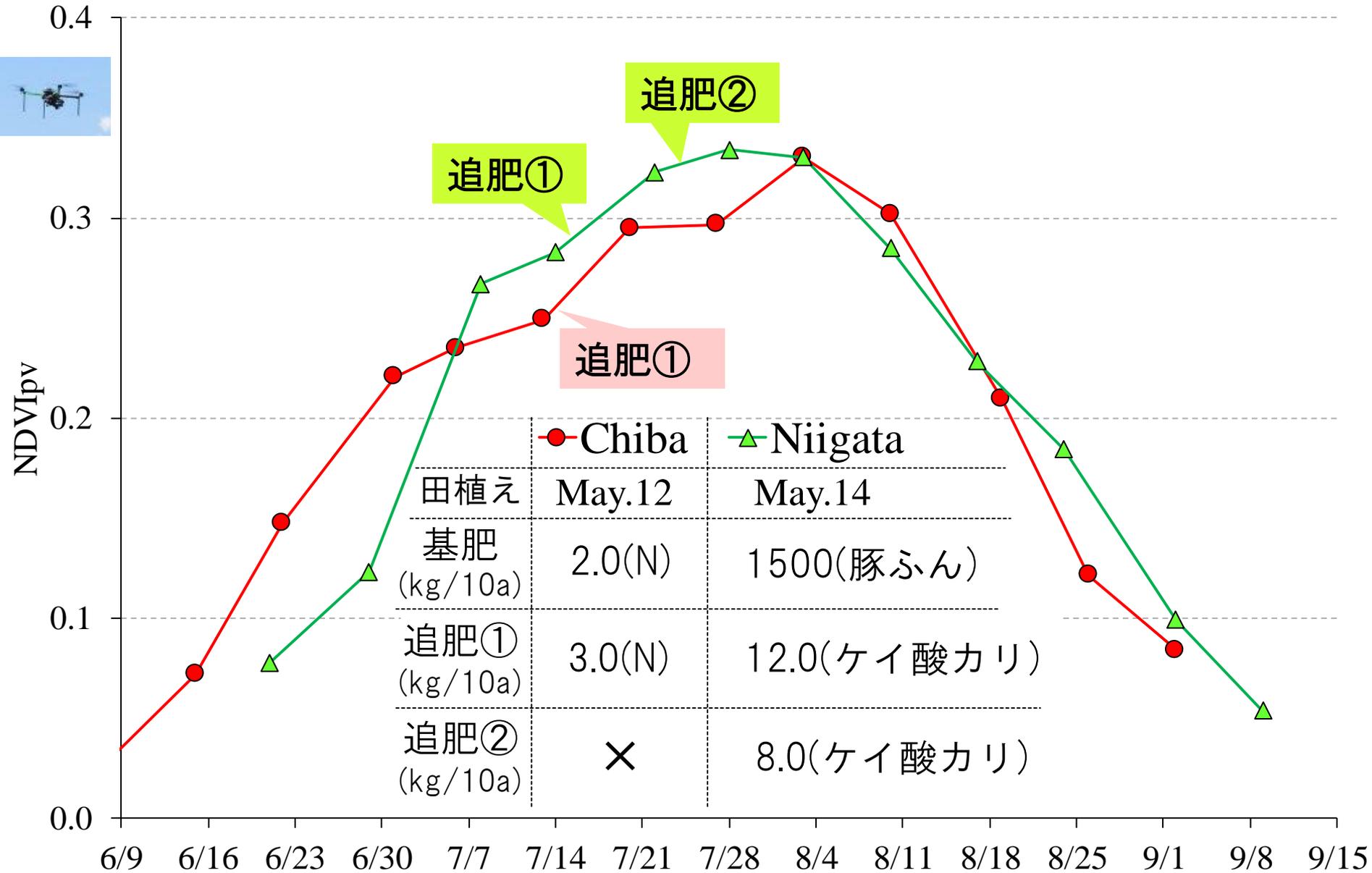
乾

高温，晴天

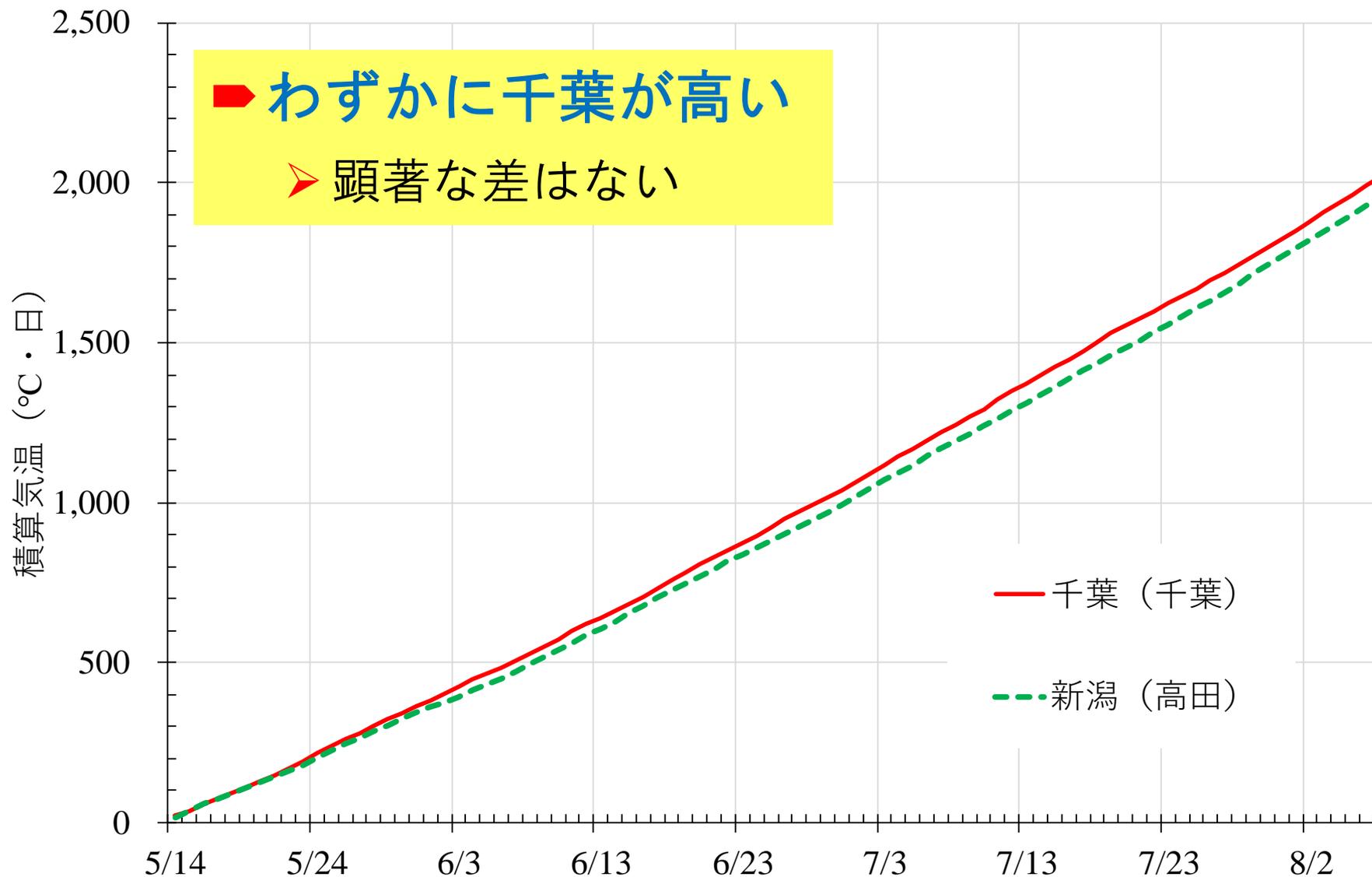
抑制効果大



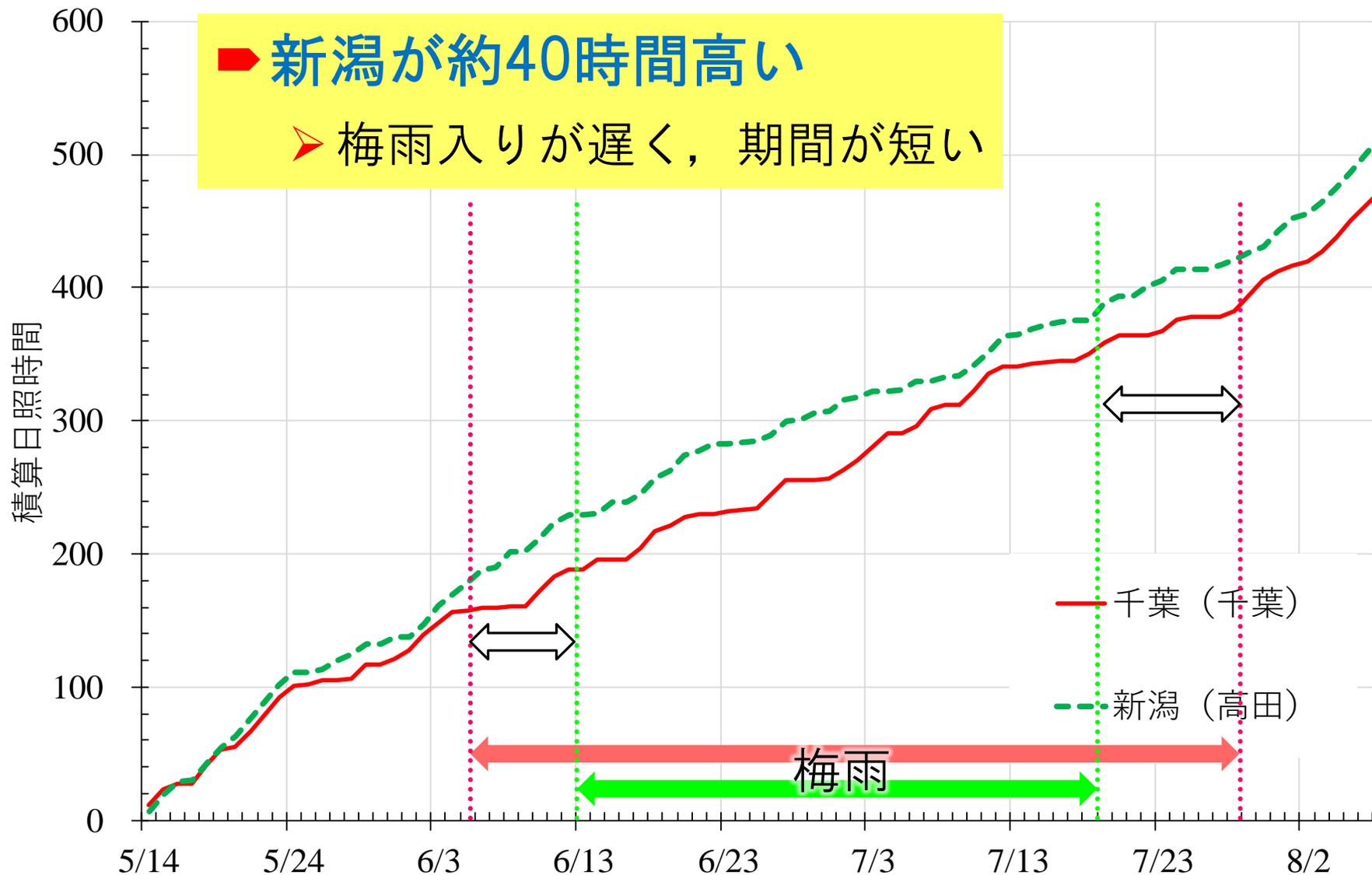
# 千葉, 新潟のフェノロジーの比較 (コシヒカリ)



# 生育期間の積算気温（田植えから出穂まで）



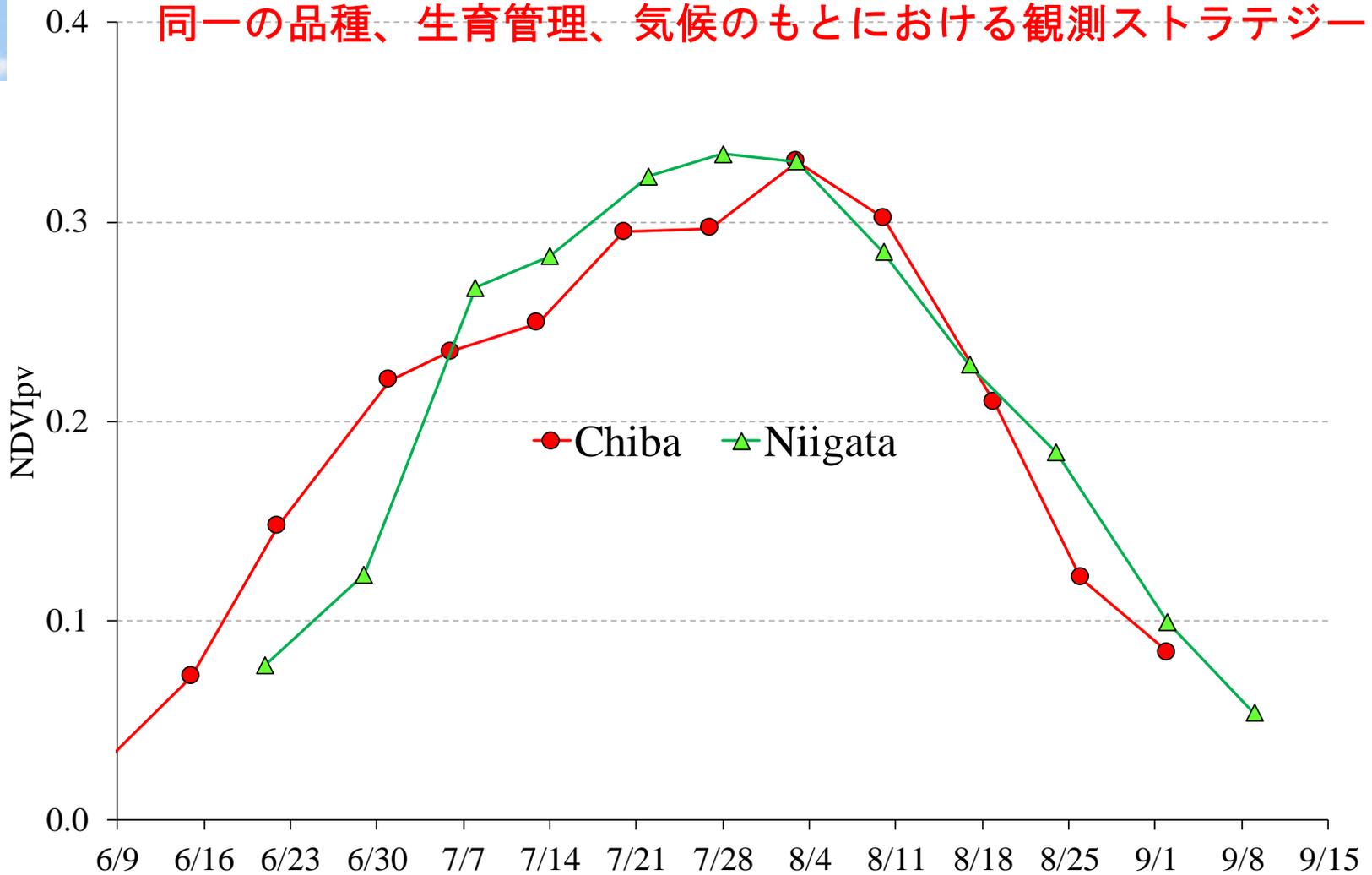
# 生育期間の積算日照時間（田植えから出穂まで）



# 千葉，新潟のフェノロジーの比較（コシヒカリ）

## フェノロジーに明瞭な差はない

同一の品種、生育管理、気候のもとにおける観測ストラテジー



# 結論

## UAVリモセンによるフェノロジー（NDVI<sub>pv</sub>の季節変化）観測

### ▶ 品種間差 あり

□ NDVI<sub>pv</sub>のピーク時期および値に差

▶ 出穂期の差（早生が早い），窒素吸収特性の差

### ▶ 田植え時期の差（生育時期の差） あり

□ 生育期間の気温が高いほど，生育が促進される

▶ NDVI<sub>pv</sub>の時系列変化，最大値の差として表れる

### ▶ 地域差 同一品種、生育管理、気候条件のもとでは

□ 出穂期までの2地点（千葉、新潟）の気温に大差なし

フェノロジーに明瞭な差はでなかった



# ドローンで生育調整したお米の出荷をはじめました。

埼玉坂戸産「どろーん米」 出荷2年目になりました

新潟上越産「天視の米（てんしのまい）」 2016年産米、できあがりしました。

平成 28 年  
埼玉県坂戸市産  
コシヒカリ 100%

## どろーん米

私が生産しています  
水稲栽培を始めて2年目。ベテラン農家さんのような知識や経験はありませんが、ドローンにはちよっと詳しいです。おいしいお米を食べるために日々勉強中。

新米は水加減を少なめに！  
新米は通常のお米より水分が多いのが特徴です。通常の水加減より少な目に炊いてください。おすすめは「すし飯」よりも少ないくらいの水加減です。お届けした精米の袋に表記してある「水分量」も参考にしてみてください。

「どろーん米」って何？  
「どろーん米」は、水稲の生育状況をモニタリングする際に小型無人飛行機ドローンを活用したお米です。使用しているドローンには可視光と近赤外のカメラが搭載されており、自動操縦でデータを取得します。圃場内の生育状況を細かく管理することで、安定した品質のお米を生産しています。

どんなことがわかるの？  
モニタリング結果からは、生育状況、追肥判定、収量予測、倒伏リスク診断などがわかります。圃場内の生育状況を可視化することにより、肥料が足りない箇所、倒伏しそうな箇所などを初心者にもわかるようにしています。これらの取り組みはまだ研究開発段階ではありますが、各種メディアでも紹介されており、今後さらなる進化が期待されています。

今年のお米は？  
収穫直前に台風の直撃を受けましたが、幸い被害は少なく、収量も品質も昨年より向上しています。ドローンが空から見つめた「どろーん米」をぜひお試しください。

「どろーん米」はドローンを用いた水稲管理を行っています。米の生育状況やモニタリング結果は、学会誌や書籍のほか下記サイトで公開しておりますので、ご覧ください。

生産・販売者  
埼玉県坂戸市新ヶ谷79番地  
田中圭

<http://dronerice.jp/>

ドローン水稲モニタリング



<http://dronerice.jp/>

金井度量衡株式会社