

東北タイ天水田地域のイネの栽培暦 (crop calendar)と降水量の変動

第97回 GIS研究会
2013年6月13日(木)
筑波大学空間情報科学分野

鳥谷 均(農業環境技術研究所)

2005.07.27 13:31

研究目的

アジアモンスーン地域でモンスーン変動がイネ生産に及ぼす影響を明らかにする。

この地域で見られる多種多様なイネの品種、栽培管理、栽培暦(crop calendar)などが、モンスーン変動によってどのような影響を受けるのかを検討する。

研究方法

1) 研究対象地域: タイ東北部の天水田地域

2) 現地調査をから、品種、湛水期間、栽培期間、イネの栽培暦(crop calendar)などに関する特徴を明らかにする。

食料としてのコメ

食料としてのコメの特徴(その1)

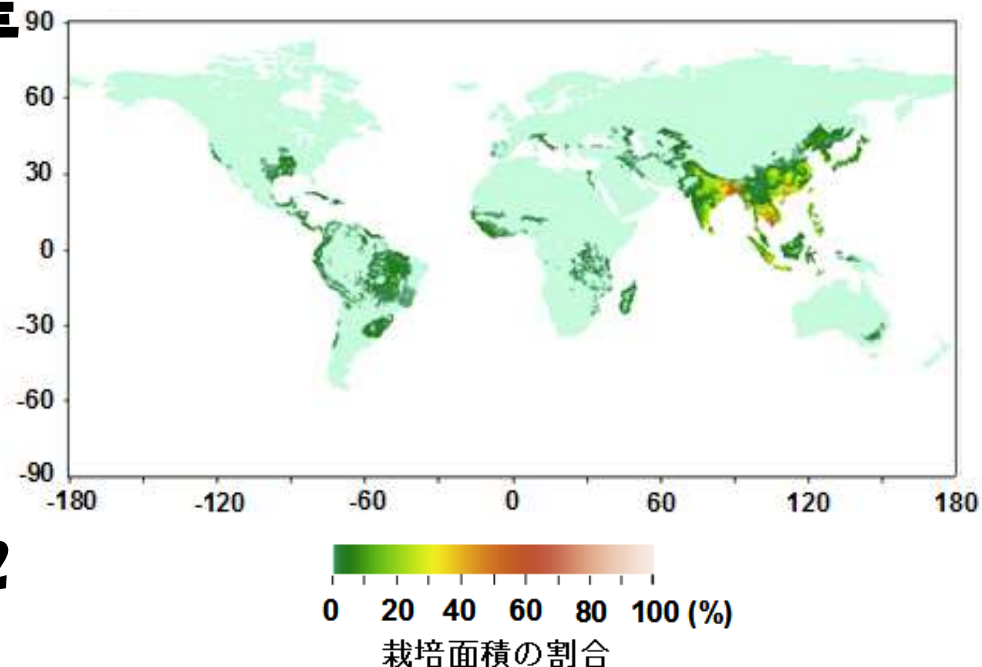
□コメ, コムギ, トウモロコシは世界三大穀物

- ✓ 世界の穀物生産量: 22.5億トン.
- ✓ コメ: 4.7億トン(20.1%) ただし精米ベース.
- ✓ コムギ: 6.6億トン(29.3%).
- ✓ トウモロコシ: 8.6億トン(38.2%).
- ✓ この3品目で穀物全体の87.6%を占めている(2012年).

□アジアで約90%のコメを生産

- ✓ 生産量: 中国 1.4億トン
インド 1.0億トン,
インドネシア 0.4億トン.
タイ 0.2億トン(7位).
日本 0.085億トン(11位).

コメの生産地域



(出展)USDA:「World Agricultural Supply and Demand Estimates」2012

アジアでコメの9割を生産

□アルプス・ヒマラヤ造山運動

- ✓アルプス・ヒマラヤ造山運動によって険しい山岳地域が形成

□モンスーン気候帯

- ✓雨季と乾季をもった多雨・湿潤気候.
- ✓降雨により、山岳地域を激しく浸食.

□沖積平野

- ✓山岳地域を源とする河川の中・下流域には大小様々な沖積平野が形成.
- ✓その何倍もの面積をもった集水域から降水が流れ込み、土砂が堆積することから、湿潤で肥沃な土壌が形成.

食料としてのコメの特徴

□高い人口扶養力をもつ。

✓栄養分が豊富。

・コメ100g(精白米)の熱量は356kcal, 炭水化物77.1g, たんぱく質6.1g。

✓単位面積当たりの人口扶養力が大きい。

・水田は1haで年間20~30人を扶養, コムギ畑は1人程度。

✓調理の過程が他の穀物に比べて簡単。

・コメはそのまま蒸したい煮たいする。コムギやトウモロコシは粉砕して, パンやめん等に加工作る必要がある。

・イモ類とは異なり, コメは長期間保存することが可能。

□生産力が保たれる。

✓湛水条件で栽培される。

・浸食に対して強い, 肥沃度が維持される, 連作障害がほとんどない, 雑草の害が少ない, 二期作(三期作)も可能。

気候からみたイネ生産

気候⇒気温・降水量

乾物生産(植物生産)

光合成

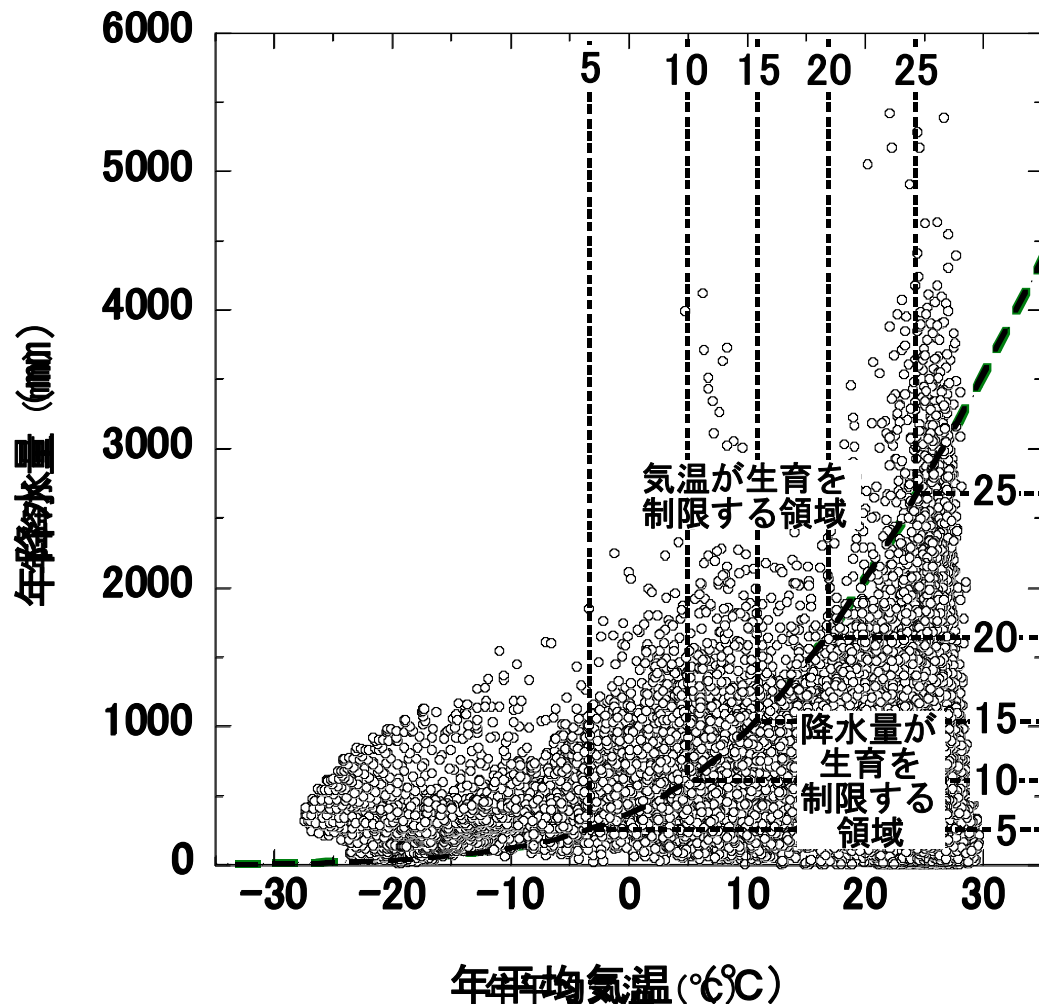
日射/気温

✓ 日射量⇒気温



✓ 降水量

$$NPP = GPP - REP$$



GPP: 総生産力

REP: 呼吸量

NPP: 純一次生産力

$$NPP = \min \left\{ \frac{30}{1 + e^{(1.315 - 0.119 * T)}}, 30 * (1 - e^{(-0.000664 * P)}) \right\}$$

NPP: 純一次生産力 ($g\ m^{-2}$)

T: 年平均気温 ($^{\circ}C$)

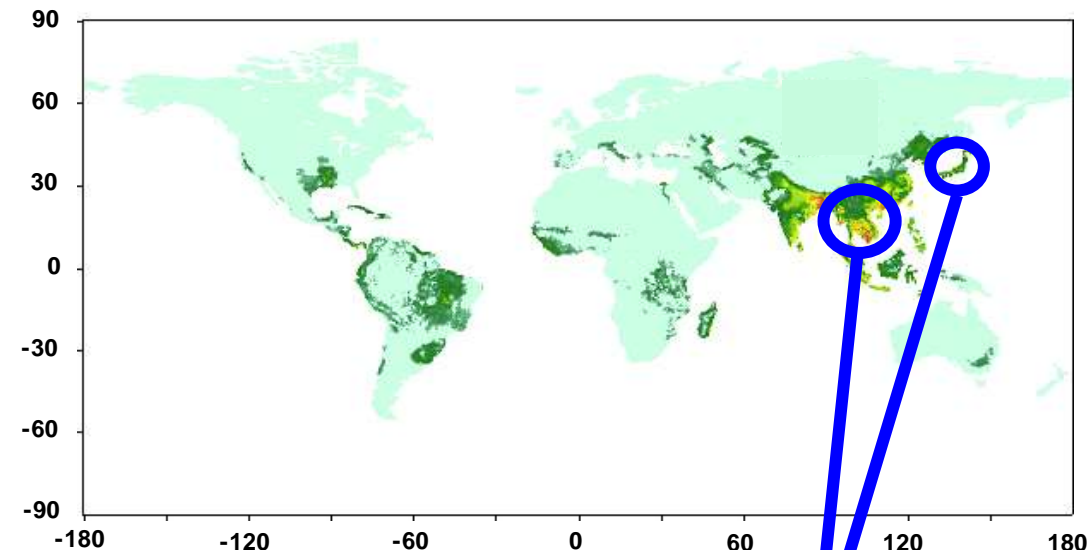
P: 年降水量 (mm)

CRU(1960-90)

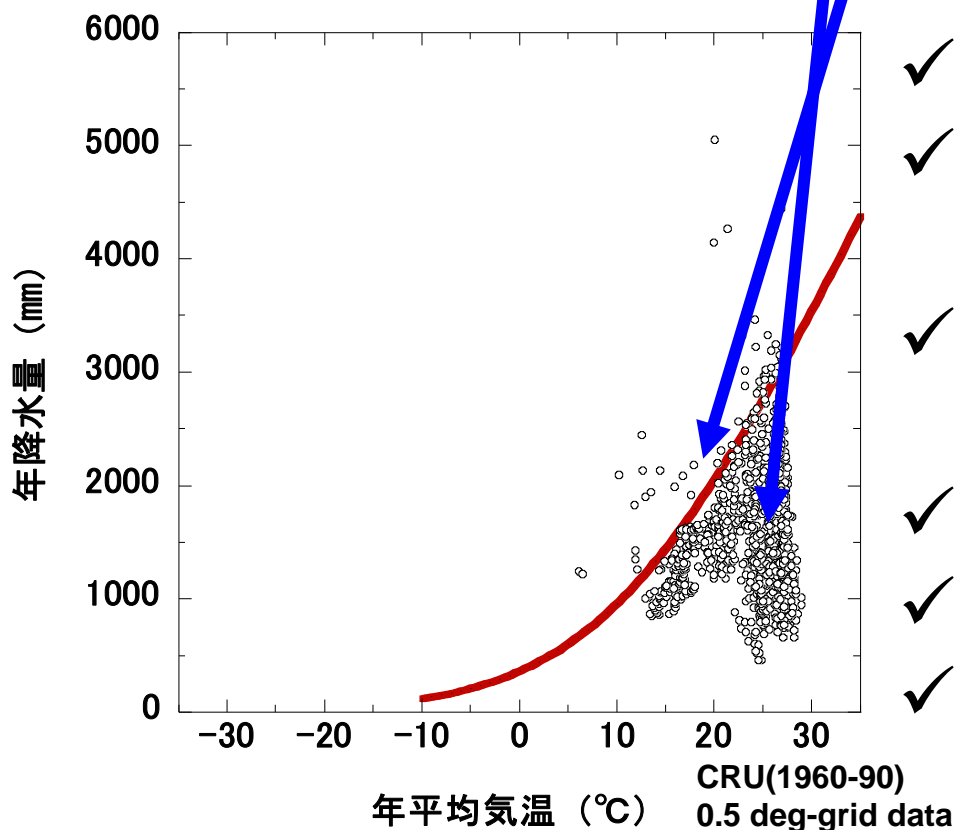
0.5 deg-grid data

より

コメの作付け地域

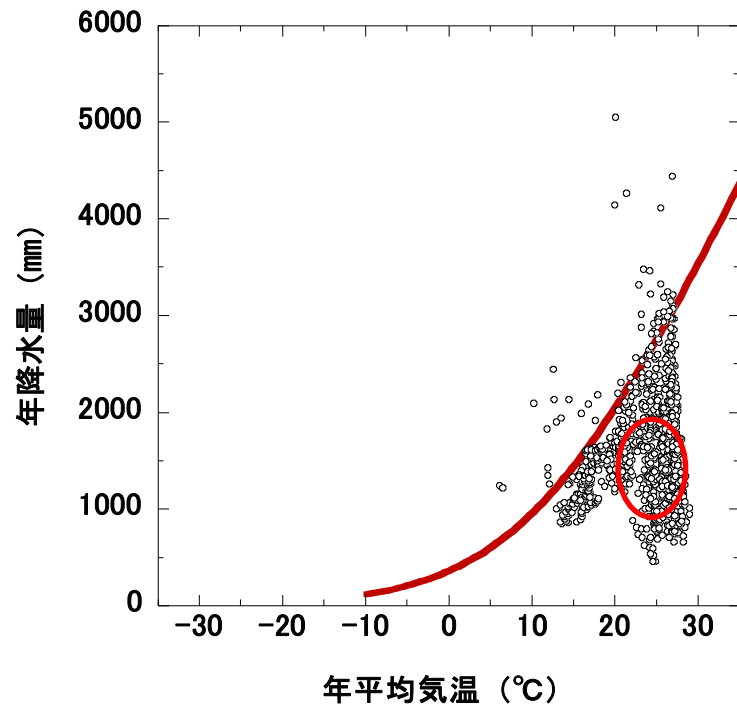


0 20 40 60 80 100 (%)
栽培面積の割合



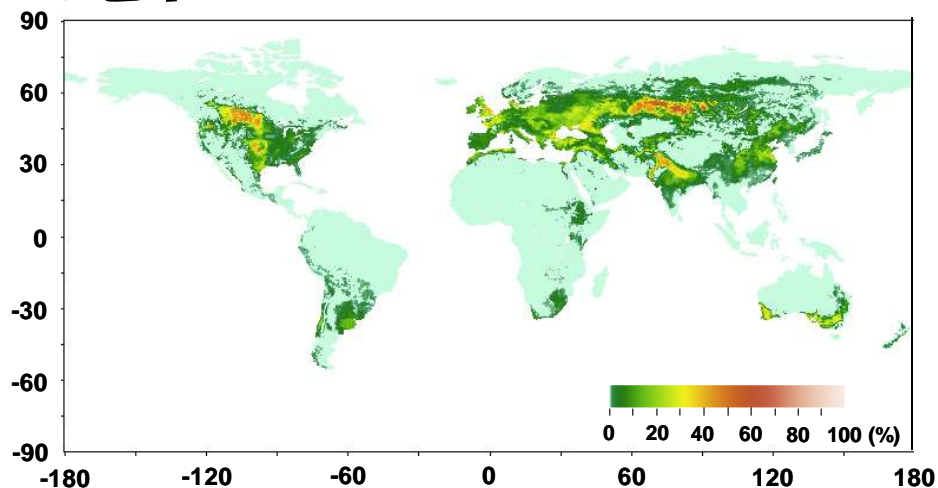
- ✓ モンスーン(雨季, 乾季).
- ✓ 低緯度.
- ✓ 水との付き合い方が多様.
- ✓ 品種: 感光性(, 感温性).
- ✓ 作付け時期・方法, 栽培期間.
- ✓ 作付け体系.

コメの作付け地域の気候

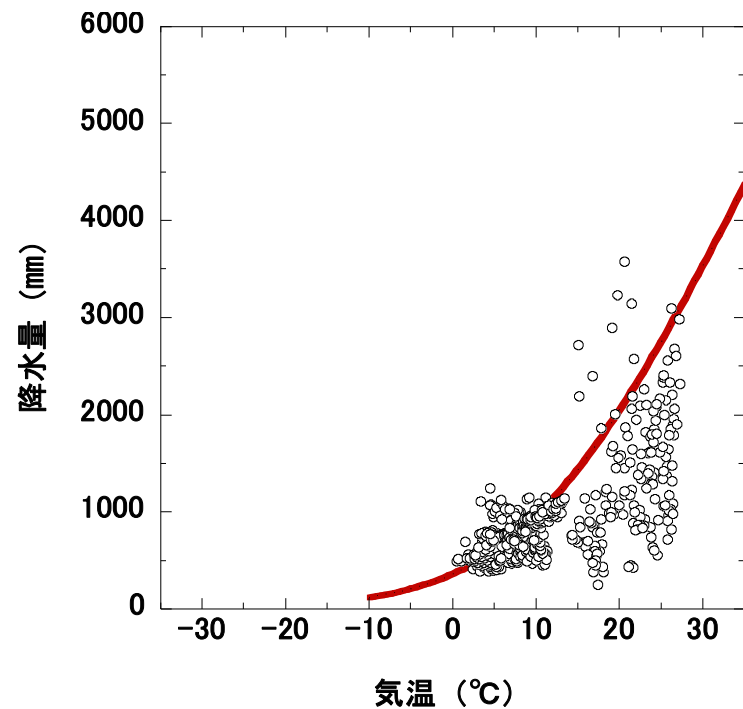
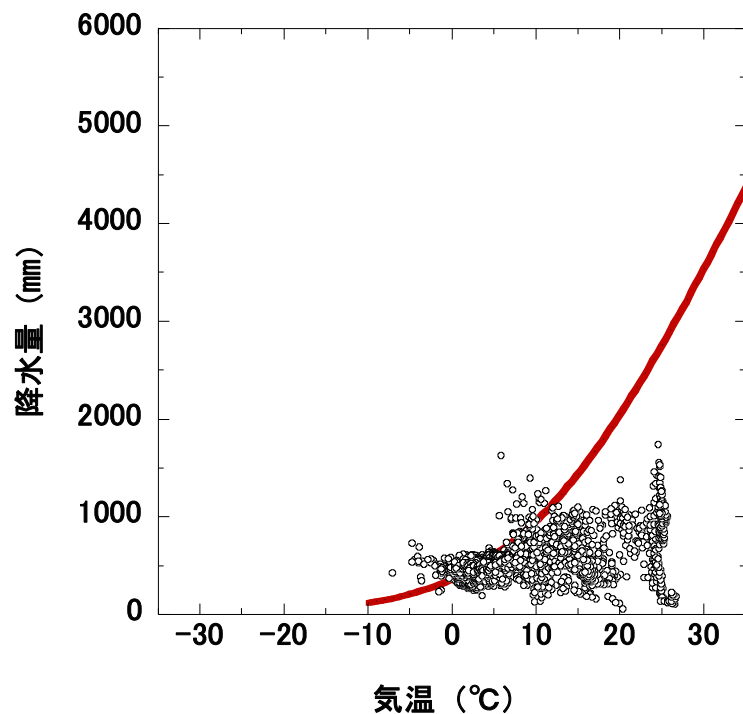
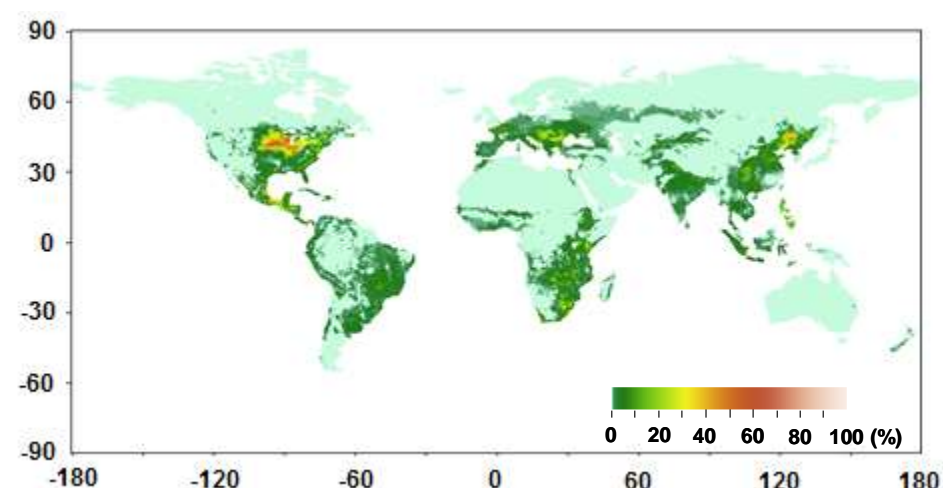


コムギ, トウモロコシの作付け地域の気候

コムギ

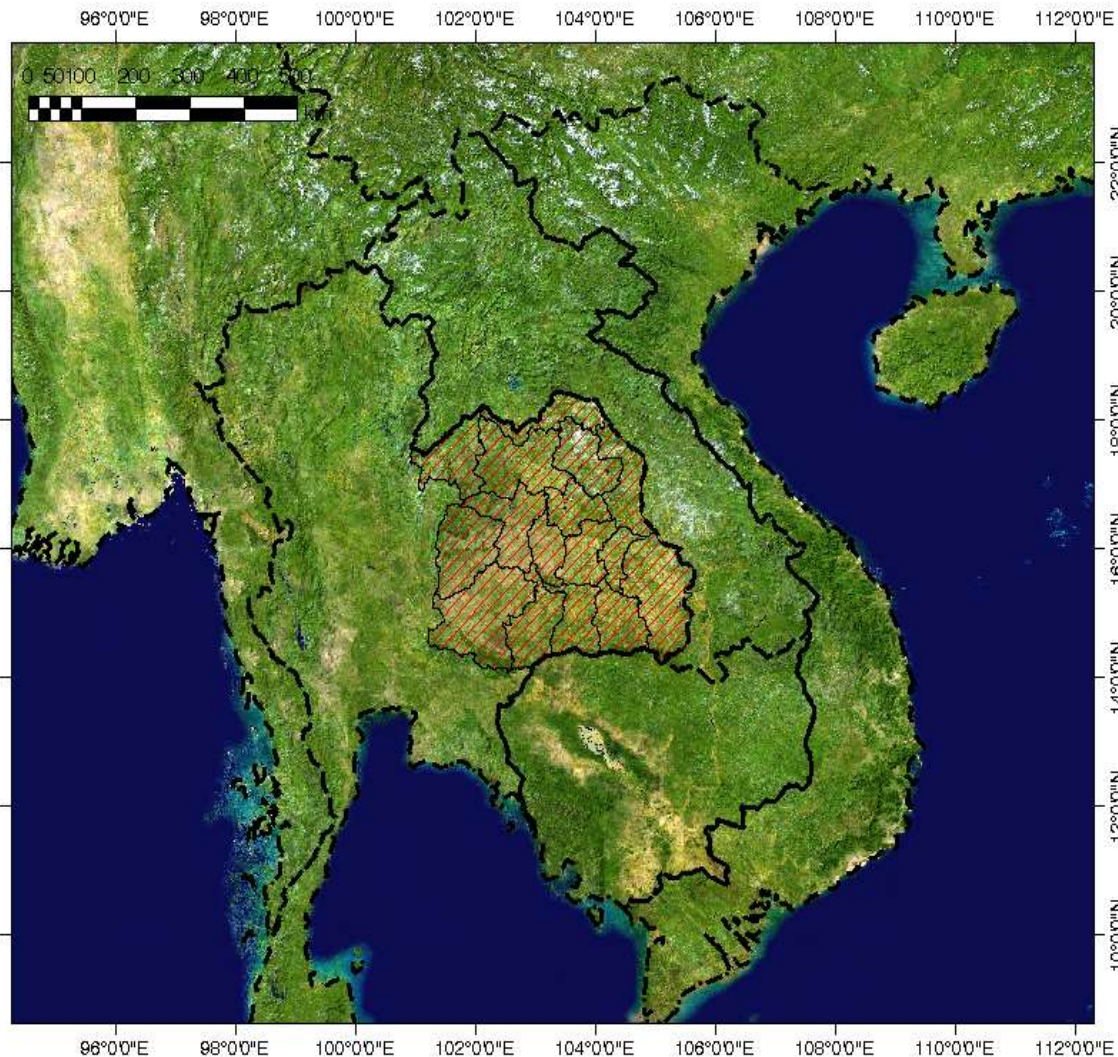


トウモロコシ



東北タイのイネ生産

調査対象地域の概要



(面積)
約168,000 km²
(タイ総面積の32.7%)

(地勢)
メコン河の支流(Mun, Chi, Songkram川).
大部分の地域が標高
150~200mの平坦地.

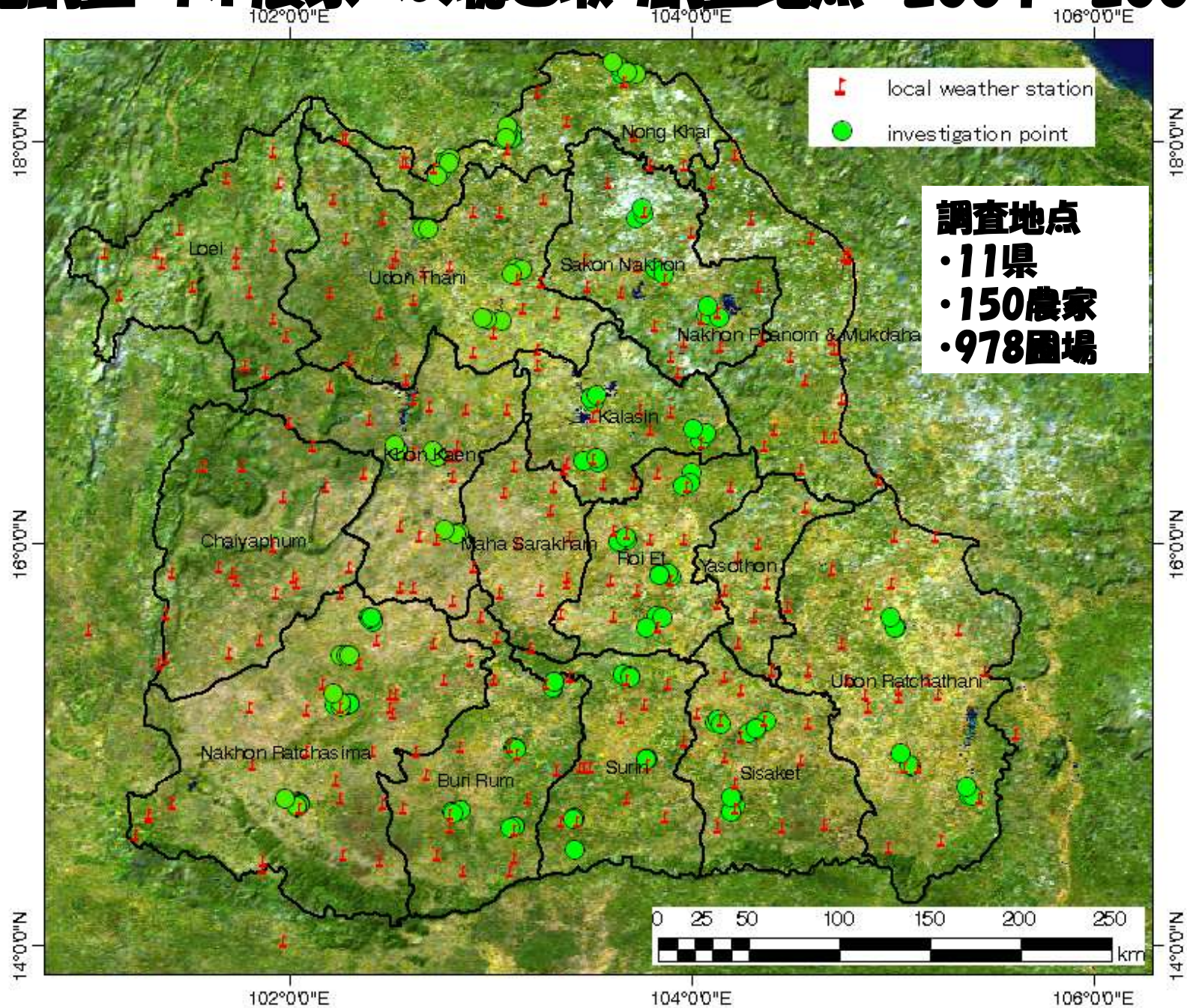
(人口)
約20,759,000人
(タイ総人口の34.2%)
※センサス2010より

(農地面積)
約102,157 km²
(タイ総農地面積の
42.8%)

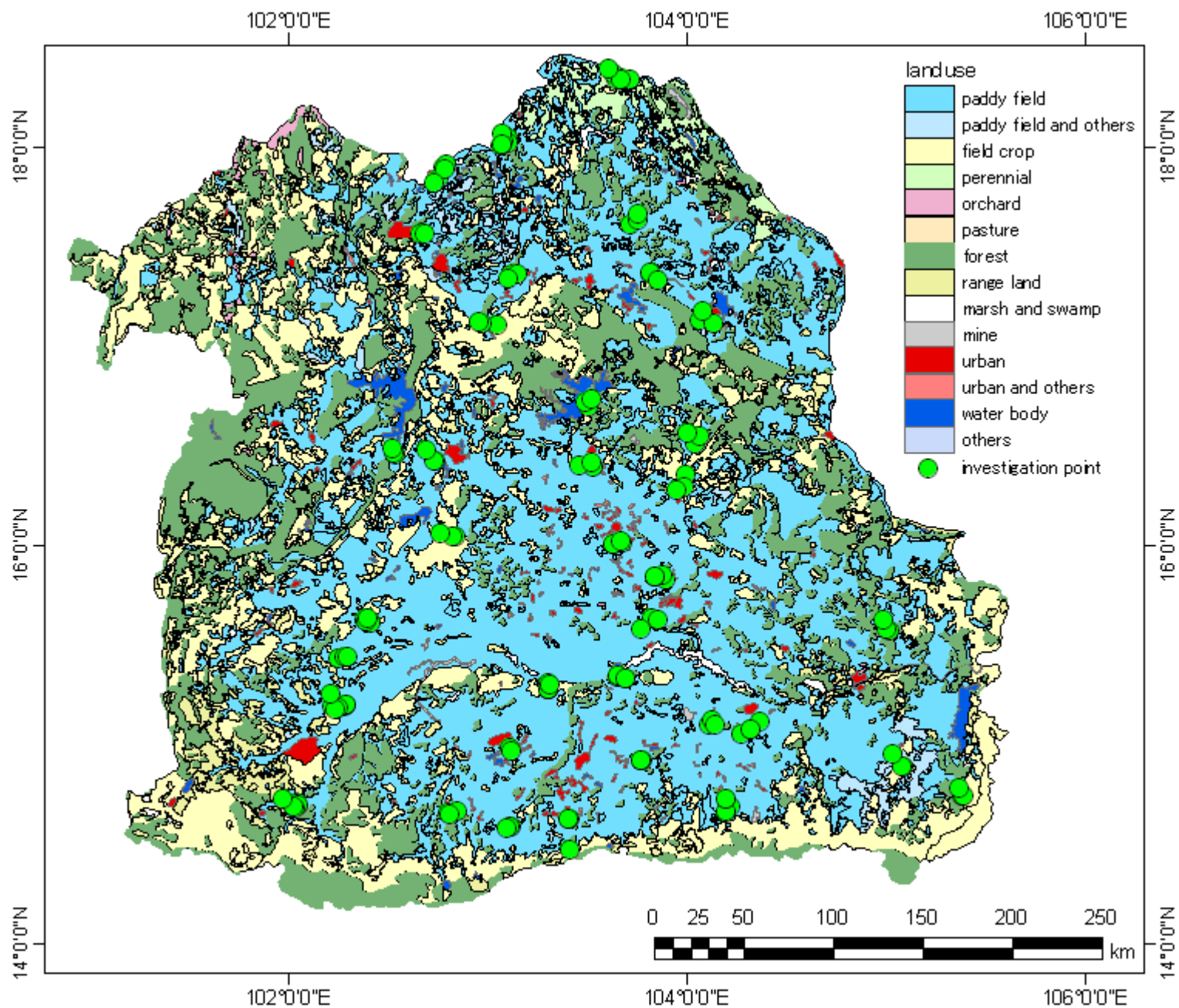
(農家戸数)
約2,755,000戸
(タイ総農家人口の
47.1%)

※ 2011年現在.
Agricultural Statistics of Thailand 2012より

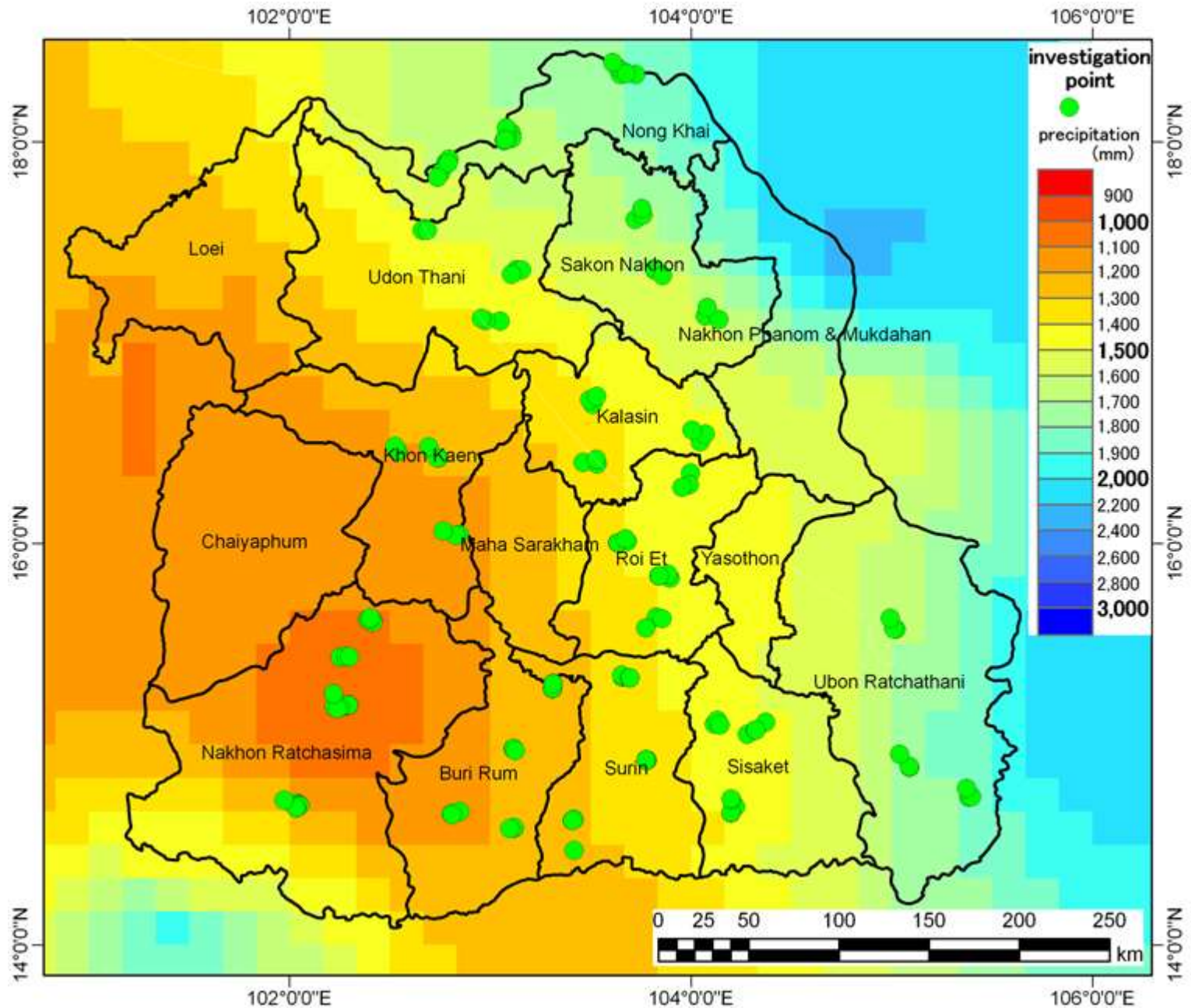
現地調査: イネ農家への聞き取り調査地点: 2004~2006年



土地利用 (LDD, 1998)



降水量の地域分布(CRU:1970-2000)



降水量の季節変化(climate)

5日間平均降水量とその標準偏差

タイ東北部(30年平均)

(TMD降水量観測点データを基に空間分布を作成し、タイ東北部の領域を抽出した後、領域平均した値)

5日間積算降水量

1月1日を起日とした積算値

タイ東北部(30年平均)

- 年平均降水量 1387.4mm

- モンスーン

雨季(5月から9月まで)

乾季(10月から翌年4月まで)

- 雨季

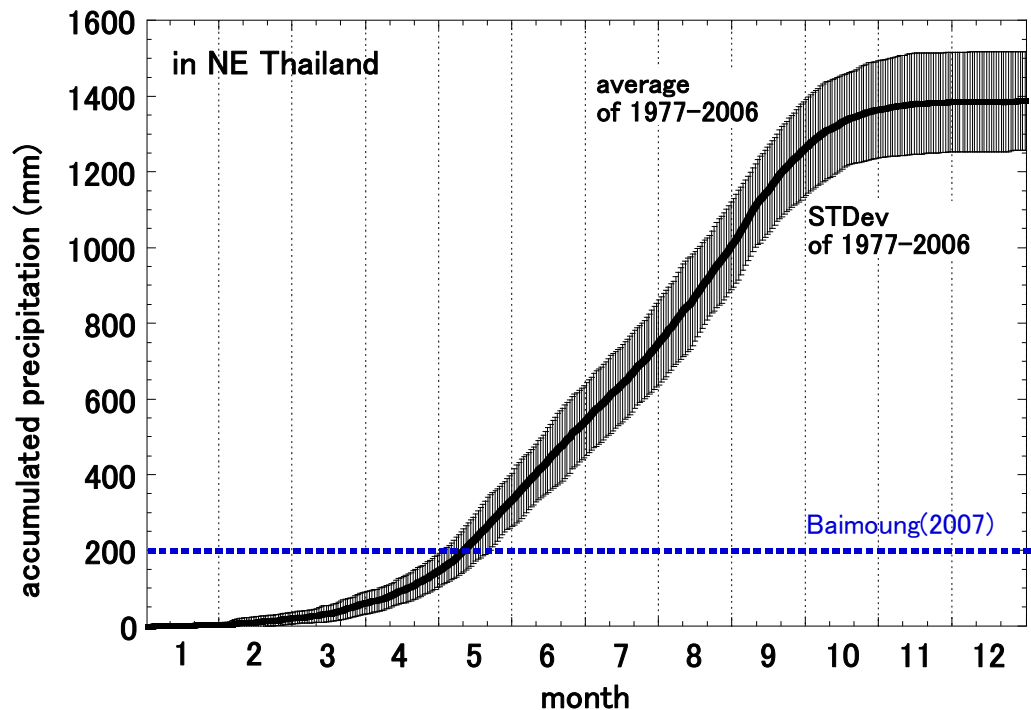
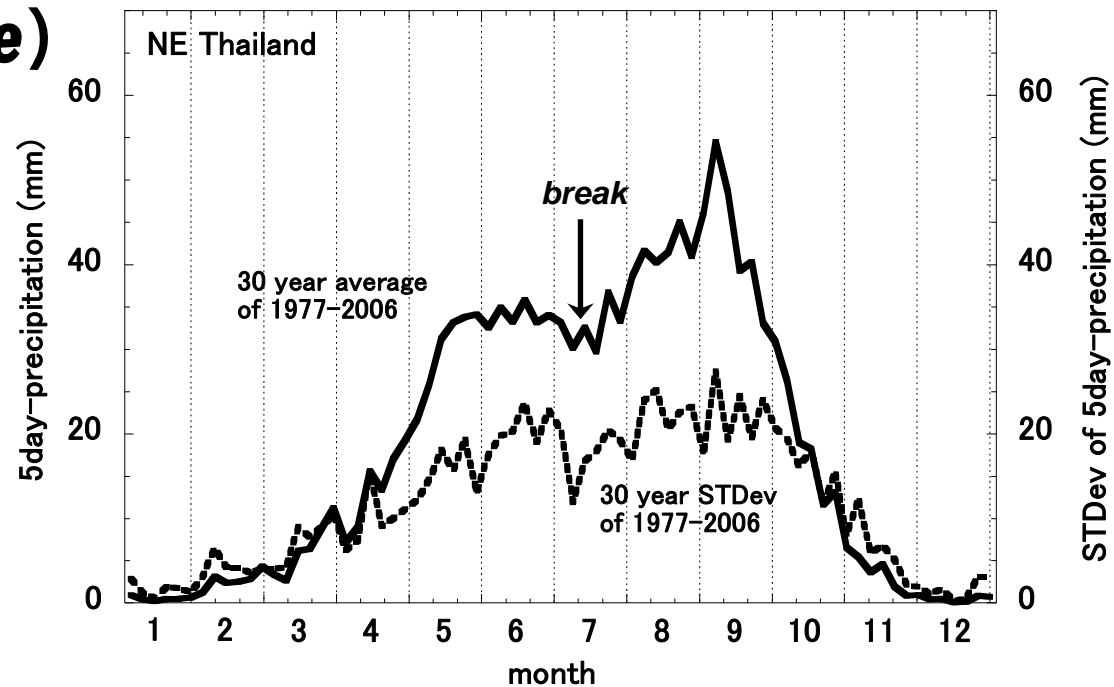
7月上旬に降水量が少ない時期がある(*break*).

*break*前の方が年々変動が大きい

- 雨季入りの目安:

タイ東北部において、農業生産を考慮した雨季入りの目安は、積算降水量が200mmに達した頃 (Baimoung, 2007).

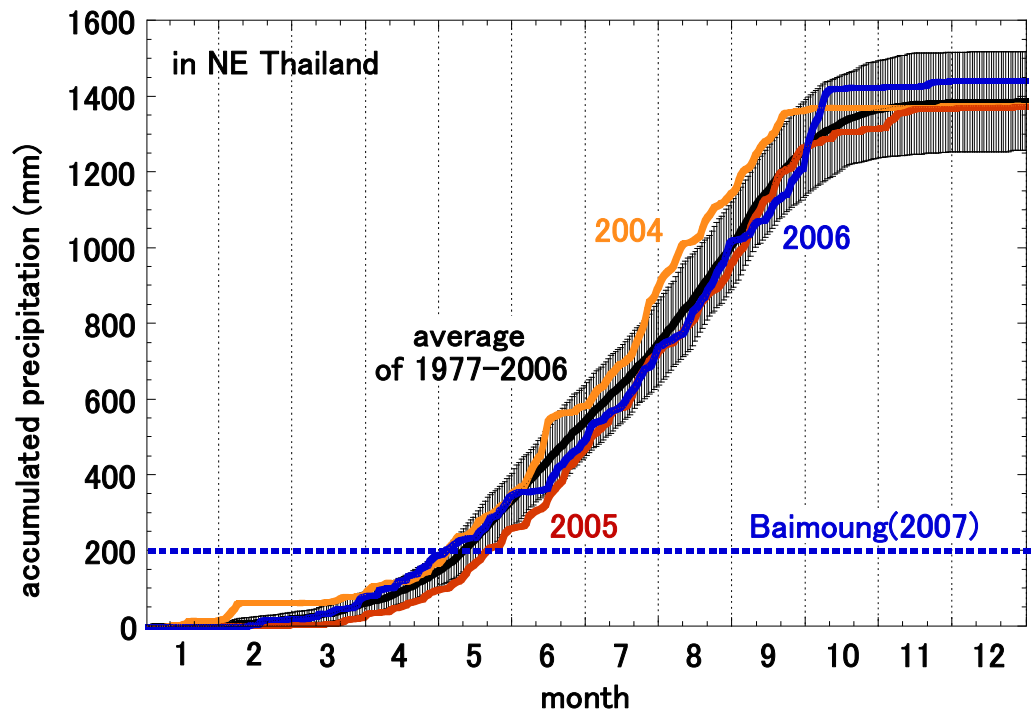
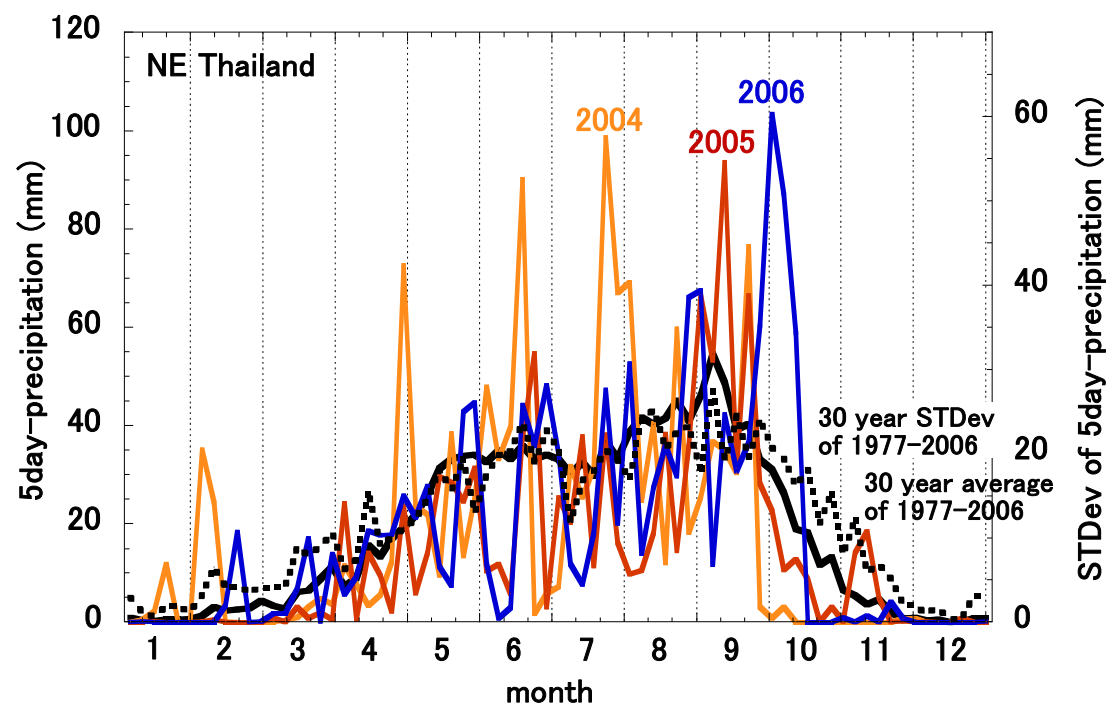
平年では、5月上旬から中旬.



降水量の季節変化 (2004~2006年)

現地調査を行った2004~
2006年における5日間平
均降水量と5日間積算降
水量(30年間平均も図示).

- ・5日間平均の変動が大きい。
(日々の降水量変動に対応)
 - ・2004年:
9月まで平年よりやや多い。9
月以降はほとんど降水がない。
 - ・2005年:
降水量は平年より少ない。とく
に7月以前が少ない。
 - ・2006年:
ほぼ平年並み。
- ※2004年9月下旬から2005年
3月中旬までほとんど降水なし。



イネ農家への聞き取り調査用インタビューシートのフォーマット



Interview Sheet Number 62 Date Feb 7, 2006

Province Ubon Ratchathani District Buntharik Village 日付 Phone Number -

Name of Owner Mr. Boon Janthareot

Cropping System Major rice

Paddock History Grow cassava after harvested

住所・所有者、作付体系など

Paddock No.	Size (rai)	Soil Texture	Paddy Class	DS/TP	Cultivar	Date of						GPS reading			Claimed Yield (kg/rai)				
						SWG	TPG	HDG				Latitude	Longitude	MSL	02	03	04	05	
Nursary																			
1	30	Clay	RF_Up	TP	RD 15	Early Jun	Early Jul	Early Oct	Early Nov	Chemical fertilizer / 16-8-8	250 kg / 150 kg	Early Jul / Early Sep	14.44.21.9	105.23.55.6	146	150	150	150	300
2	(Total)		RF_Up	TP	RD 15	Early Jun	Early Jul	Early Oct	Early Nov	Chemical fertilizer / 16-8-8		Early Jul / Early Sep	14.44.22.3	105.23.55.7	149				
3		Clay	RF_Up	TP	RD 15	Early Jun	Early Jul	Early Oct	Early Nov	Chemical fertilizer / 16-8-8		Early Jul / Early Sep	14.44.22.3	105.23.55.5	151				
4		Clay	RF_Lw	TP	RD 6	Early Jun	Early Jul	Early Oct	Early Nov	Chemical fertilizer / 16-8-8		Early Jul / Early Sep	14.44.22.1	105.23.55.1	151				
5		Clay	RF_Up	TP	RD 6	Early Jun	Early Jul	Early Oct	Early Nov	Chemical fertilizer / 16-8-8		Early Jul / Early Sep	14.44.22.5	105.23.54.7	152				
6		Clay	RF_Lw	TP	RD 6	Early Jun	Early Jul	Early Oct	Early Nov	Chemical fertilizer / 16-8-8		Early Jul / Early Sep	14.44.23.8	105.23.55.6	153				
7		Clay	RF_Md	TP	RD 6	Early Jun	Early Jul	Early Oct	Early Nov	Chemical fertilizer / 16-8-8		Early Jul / Early Sep	14.44.24.2	105.23.55.7	154				
8		Clay	RF_Up	TP	RD 6	Early Jun	Early Jul	Early Oct	Early Nov	Chemical fertilizer / 16-8-8		Early Jul / Early Sep							
9		Clay	RF_Up	TP	RD 6	Early Jun	Early Jul	Early Oct	Early Nov	Chemical fertilizer / 16-8-8		Early Jul / Early Sep							
10		Clay	RF_Up	TP	RD 6	Early Jun	Early Jul	Early Oct	Early Nov	Chemical fertilizer / 16-8-8		Early Jul / Early Sep							

各筆毎の筆面積、土壌特性、灌漑/天水、移植/直播、品種、播種・移植・出穂・収穫日、施肥日、GPSによる位置、予想収量など

Flooded period and depth of water

Paddock	Apr.	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Nursary									
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

各筆毎の湛水状況

Tillage Method	1st Hand tractor	2nd Hand tractor
Time	Mid Jun	Jul

Residue Method	Leave it
Management Time	Dec

episode of every paddock	1	Need more water	8	-
	2	Need more water	9	-
	3	-	10	-
	4	-		
	5	Need more water		

耕耘・耕起、病害虫、その他の情報

Note They don't use "Direct Seeding" because the water is quite less. As a result, there are a lot of grasses in the paddocks. So, they normally use this method almost every year.

This year, as the average, they estimate that they might get more rice resulted of having more rain fall during the mid year.

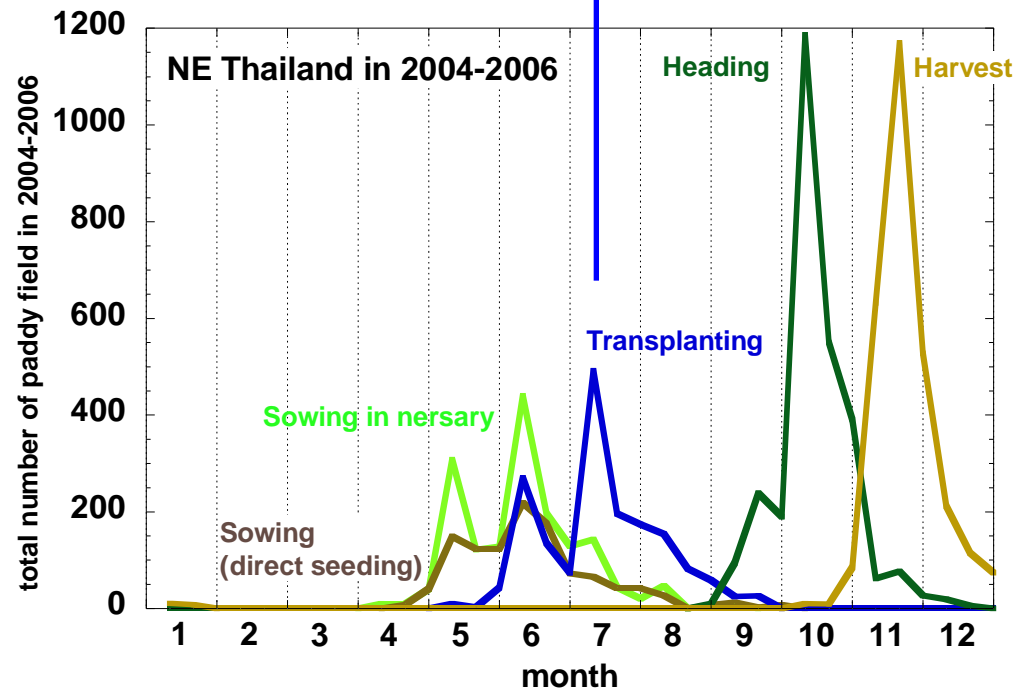
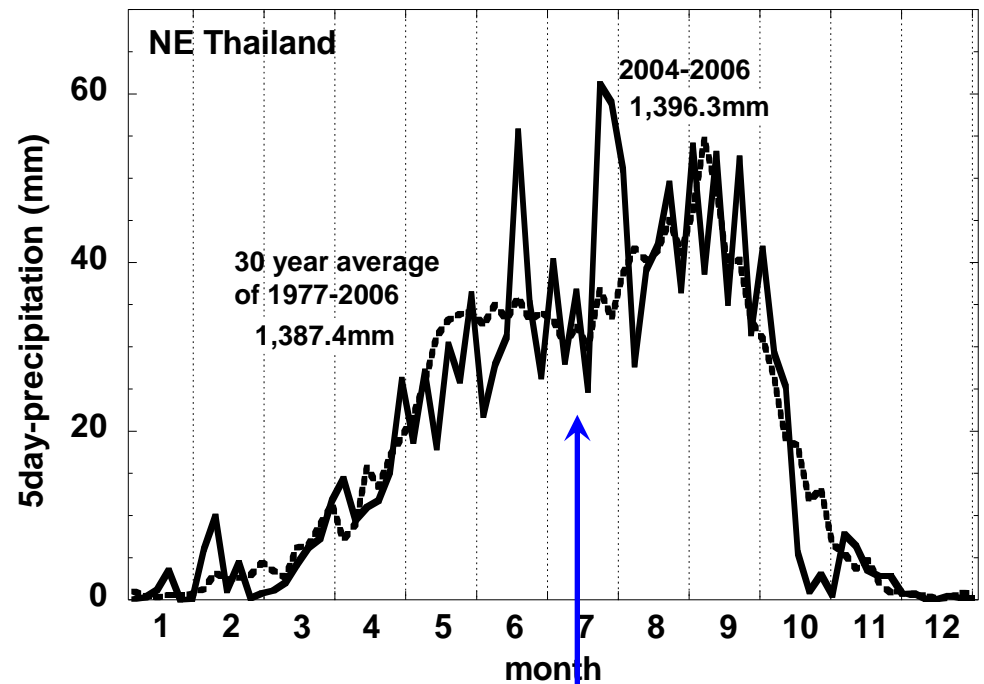
Dry Season: Don't grow anything as there is no water. Grow major rice only.

They used to do "Direct Seeding" before but it didn't work, so now they use this method.

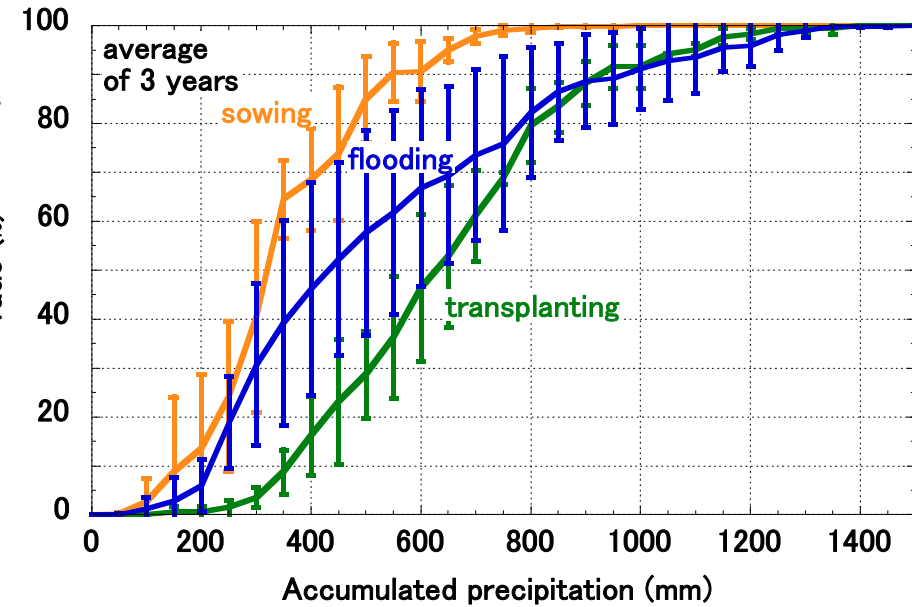
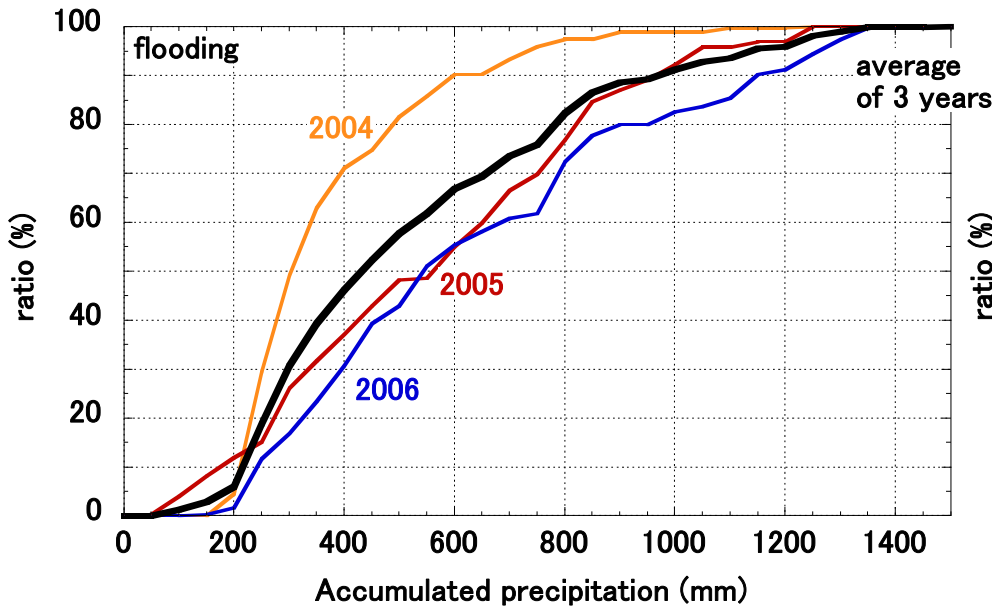
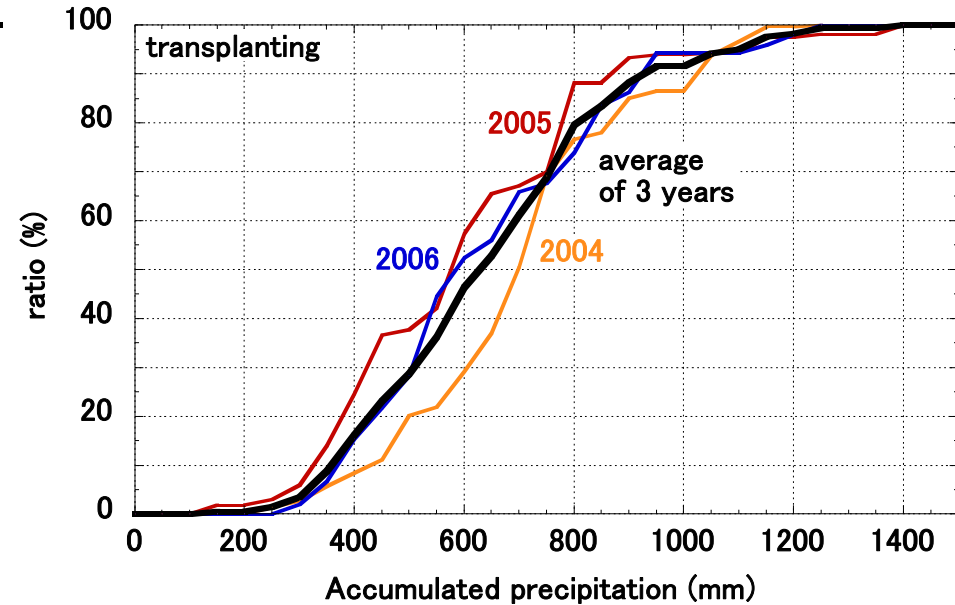
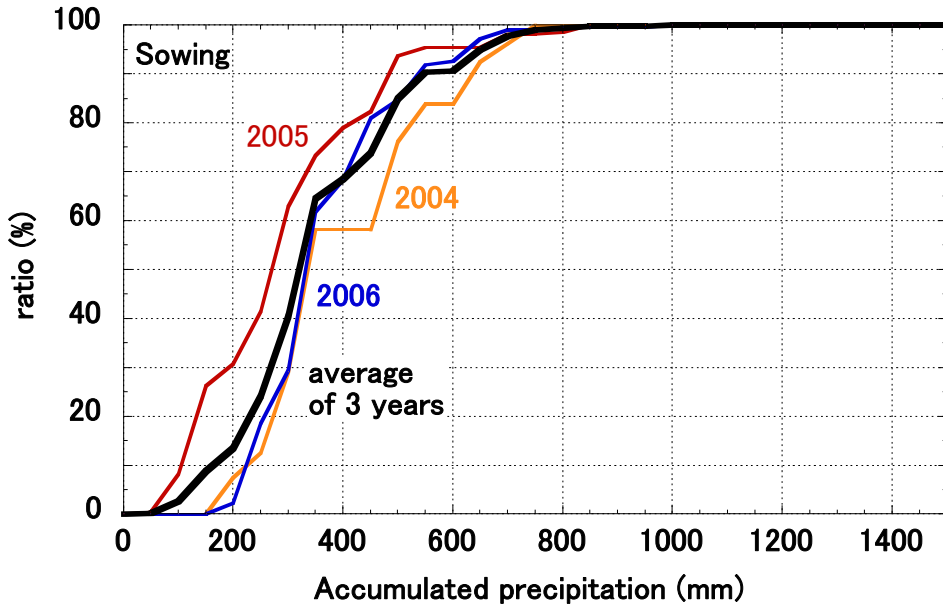
乾季作の情報

2004～2006年における 降水量5日間平均の季節変化と 聴き取り調査から明らかに なった栽培歴(播種日, 移植 日, 出穂日, 収穫日)

- ✓ 播種(直播), 播種(苗床):
雨季開始後から, *break*
前までに行われる. 期間
が長い.
- ✓ 移植:
7月上旬(*break*)がピーク
期間がながい.
- ✓ 出穂, 収穫:
雨季の終わる直前に出穂.
乾季に収穫.
期間が短い.



積算降水量と播種, 移植, 湛水



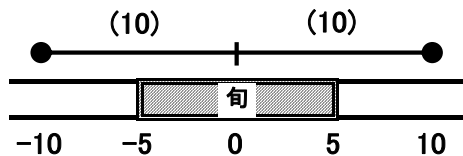
2004, 2005, 2006年のタイ東北部の積算降水量と播種, 移植, 湛水圃場数

(凡例)

2004:

2005:

2006:



移植時期の分布

7月上旬 (18)
6月下旬 (29)
6月下旬 (17)

6月下旬 (13)
7月上旬 (21)
7月上旬 (19)

7月上旬 (27)
7月中旬 (32)
7月上旬 (19)

7月下旬 (34)
8月下旬 (32)
8月上旬 (26)

7月上旬 (17)
8月下旬 (19)
8月上旬 (27)

7月下旬 (10)
7月下旬 (5)
6月下旬 (28)

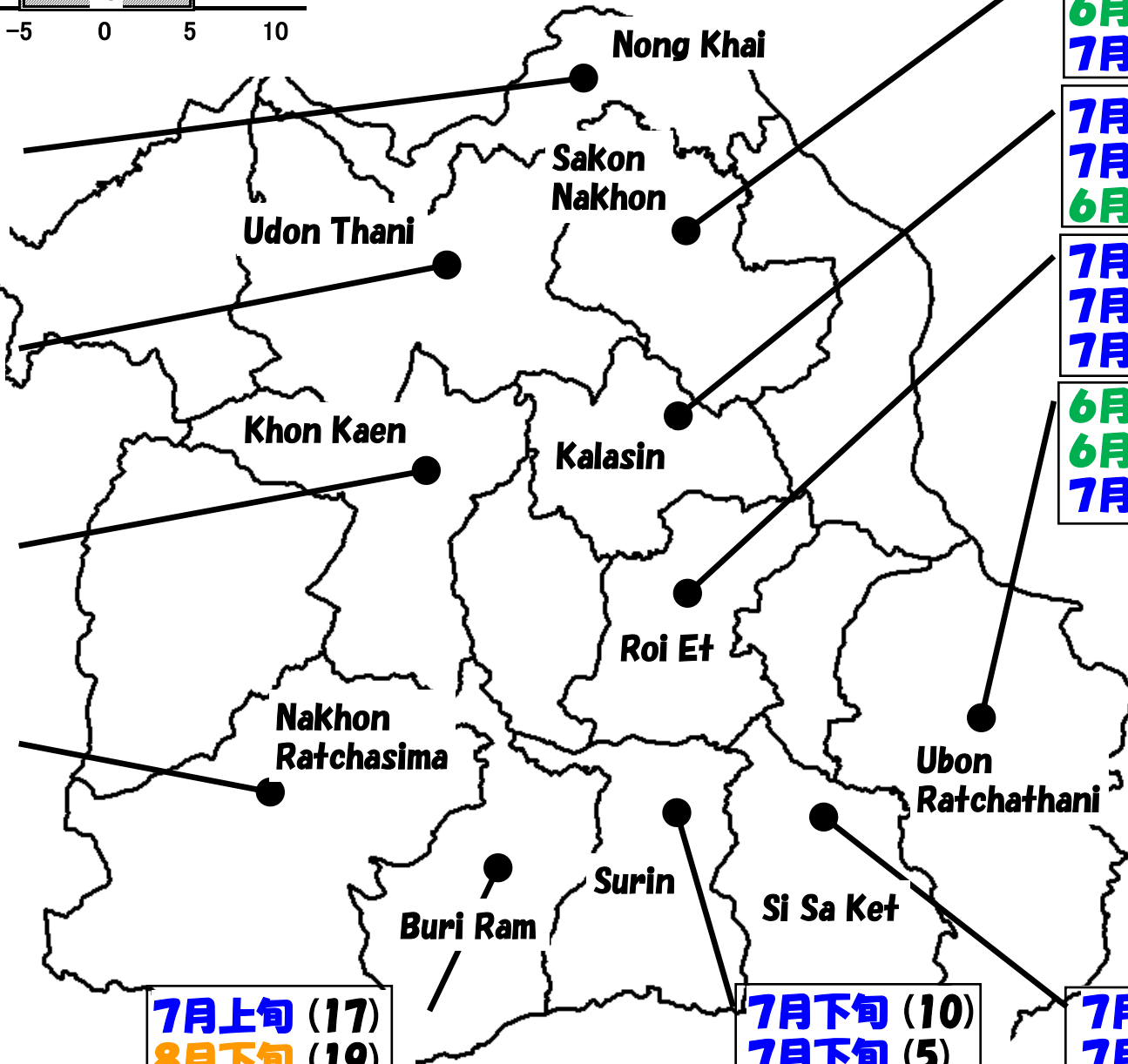
6月下旬 (21)
6月下旬 (14)
7月中旬 (26)

7月中旬 (13)
7月上旬 (16)
6月下旬 (22)

7月中旬 (21)
7月中旬 (24)
7月下旬 (19)

6月下旬 (16)
6月下旬 (18)
7月中旬 (31)

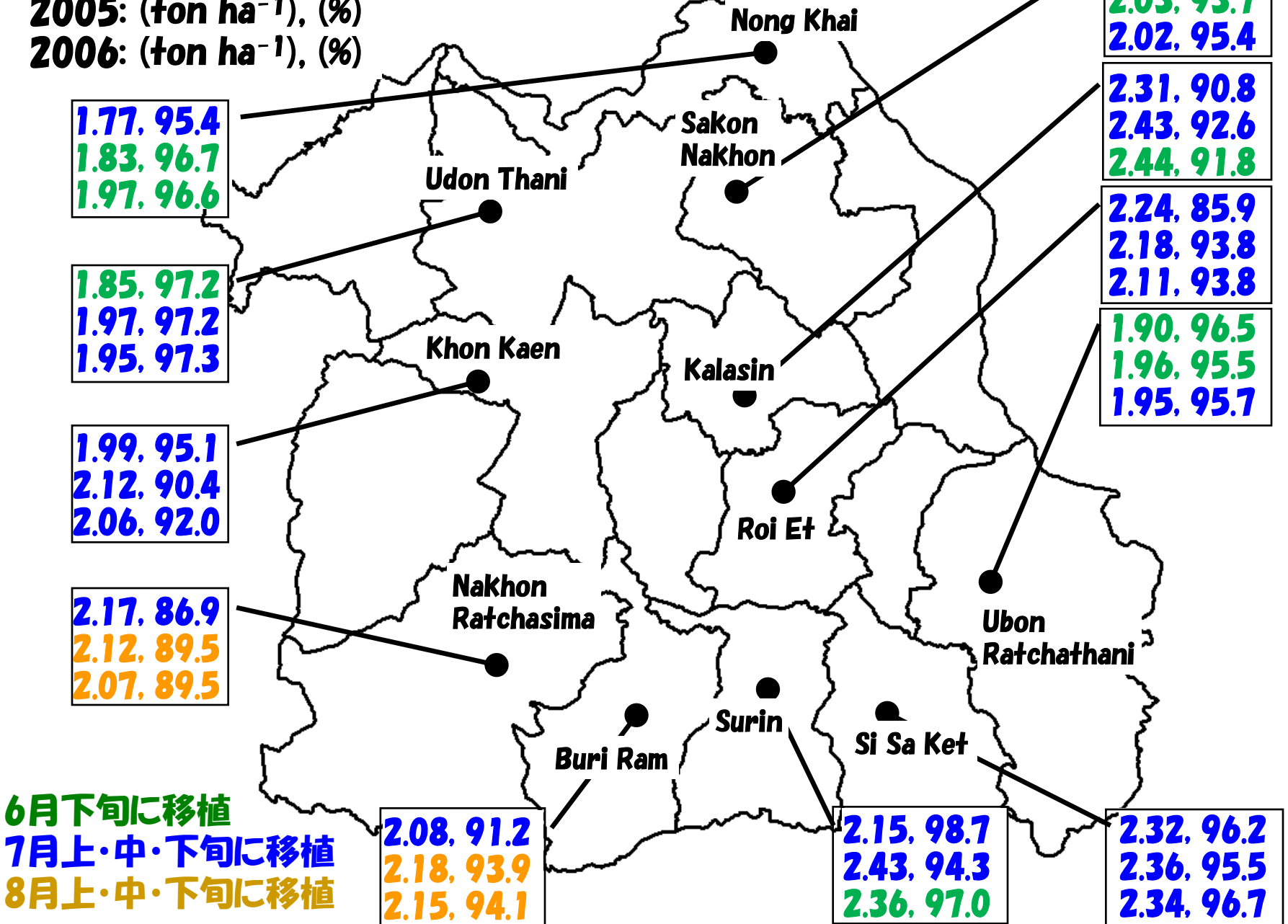
7月上旬 (31)
7月下旬 (5)
7月下旬 (5)



(凡例)

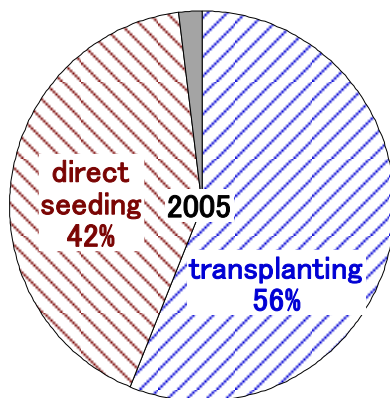
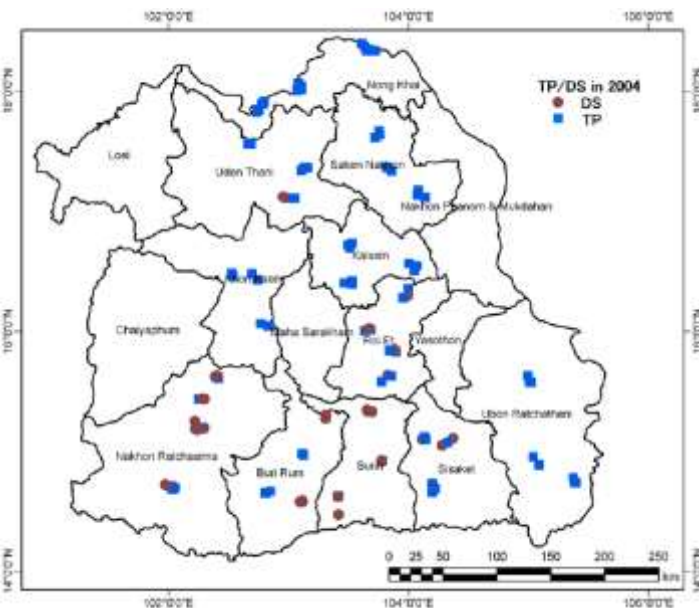
収量, 栽培・収穫面積比の分布

2004: (ton ha⁻¹), (%)
2005: (ton ha⁻¹), (%)
2006: (ton ha⁻¹), (%)

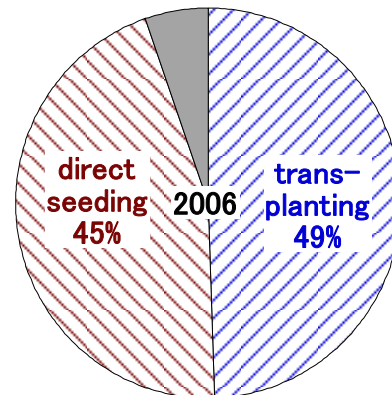
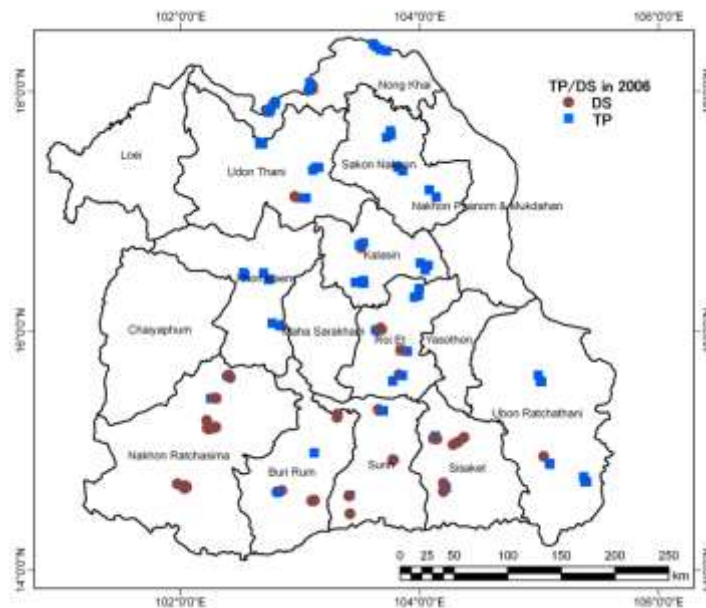


6月下旬に移植
7月上・中・下旬に移植
8月上・中・下旬に移植

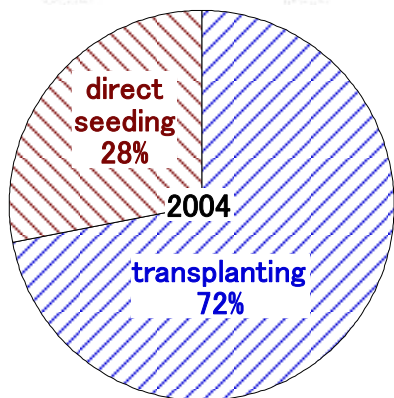
Transplanting(移植)とDirect seeding(直播)



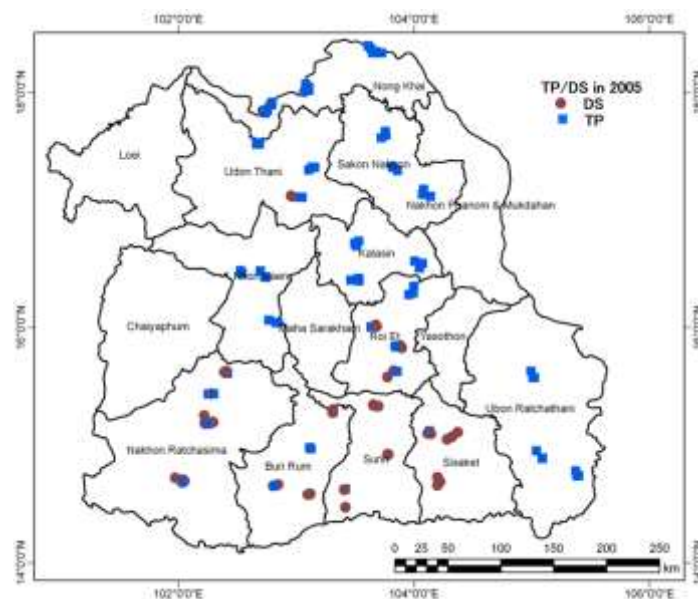
栽培面積: 5.28万km²
 收穫面積: 4.91万km²
 面積比: 93.1%
 生産量: 1041万ton
 収量: 2.12 ton ha⁻¹

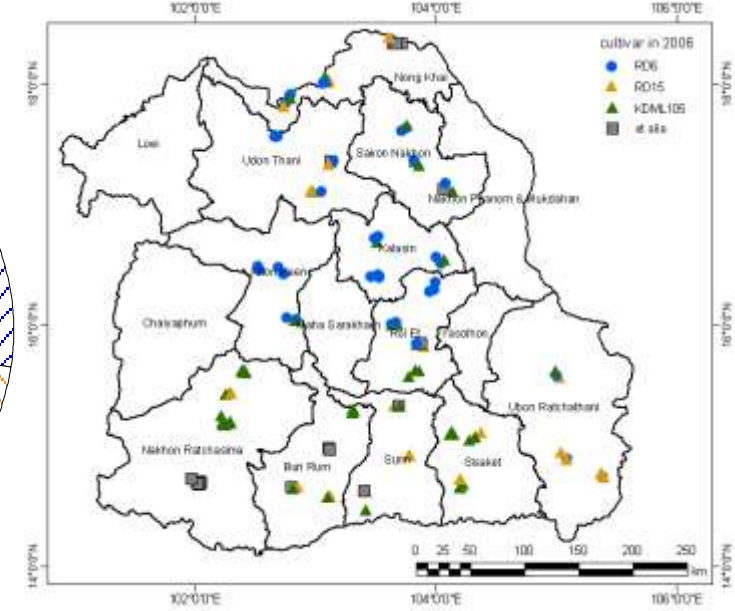
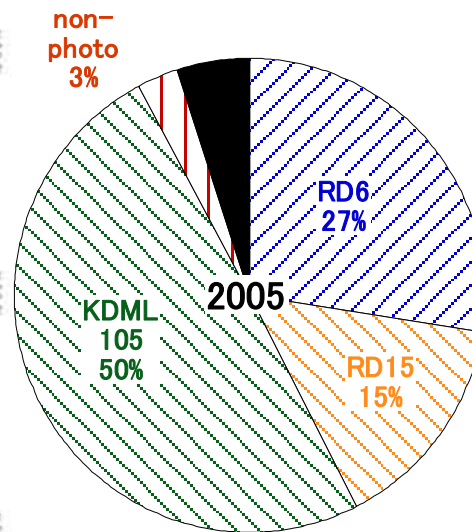
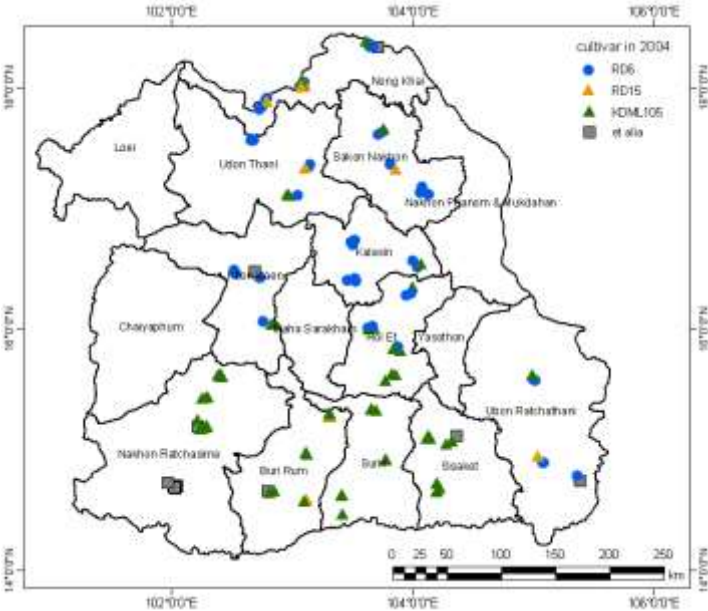


栽培面積: 5.23万km²
 收穫面積: 4.92万km²
 面積比: 94.0%
 生産量: 1029万ton
 収量: 2.09 ton ha⁻¹



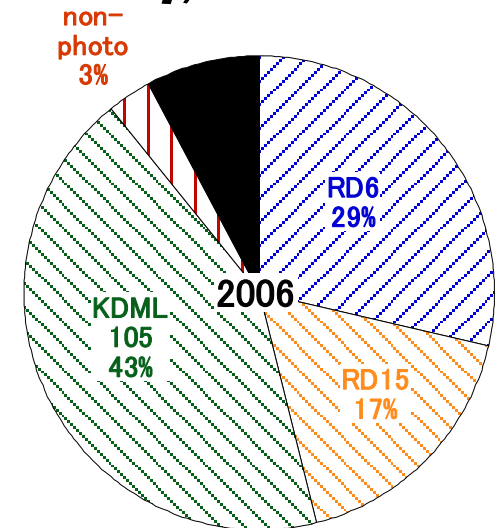
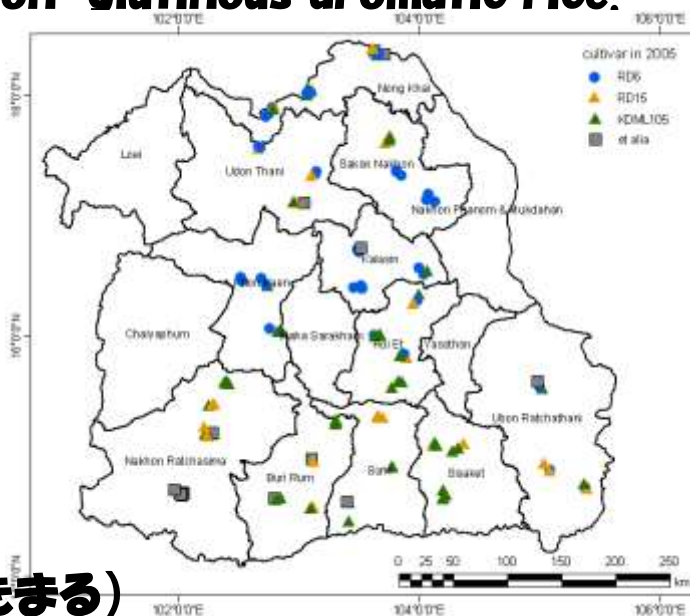
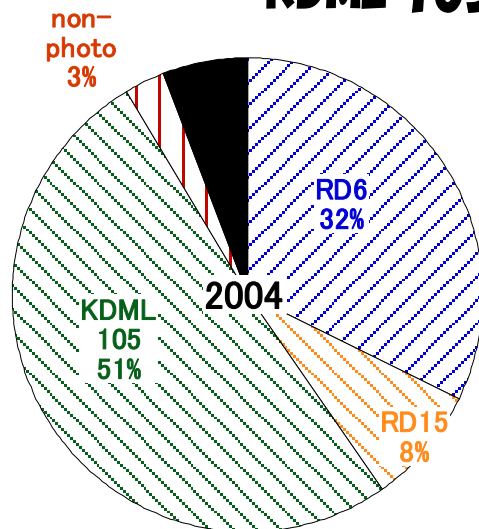
栽培面積: 5.27万km²
 收穫面積: 4.86万km²
 面積比: 92.3%
 生産量: 1000万ton
 収量: 2.06 ton ha⁻¹





variety

RD6: photoperiod sensitive lowland rice variety, glutinous rice.
RD15: photoperiod sensitive lowland rice variety, non-glutinous rice.
KDML 105: photoperiod sensitive lowland rice variety, non-glutinous aromatic rice.

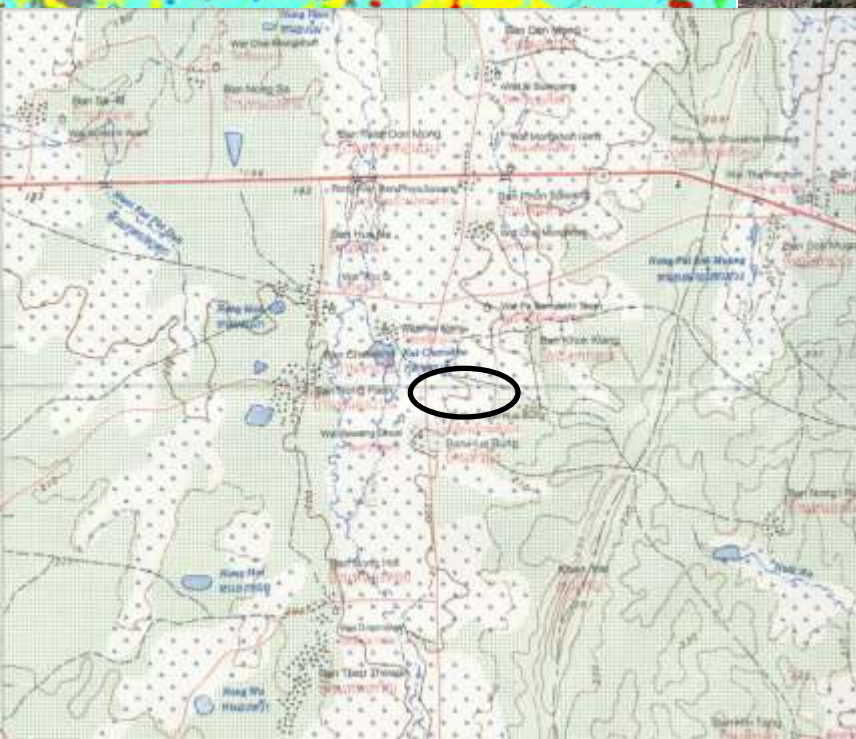
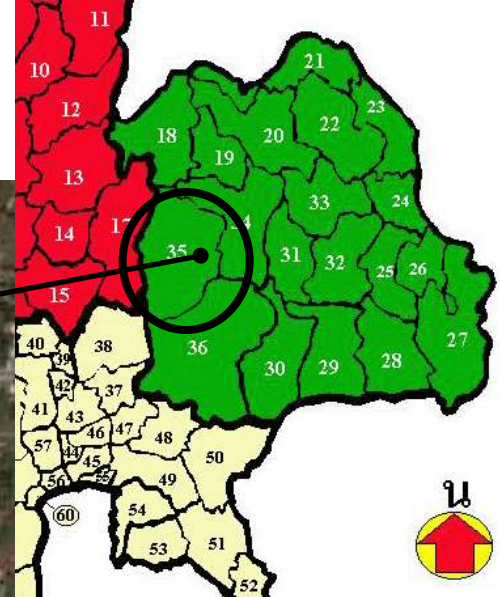
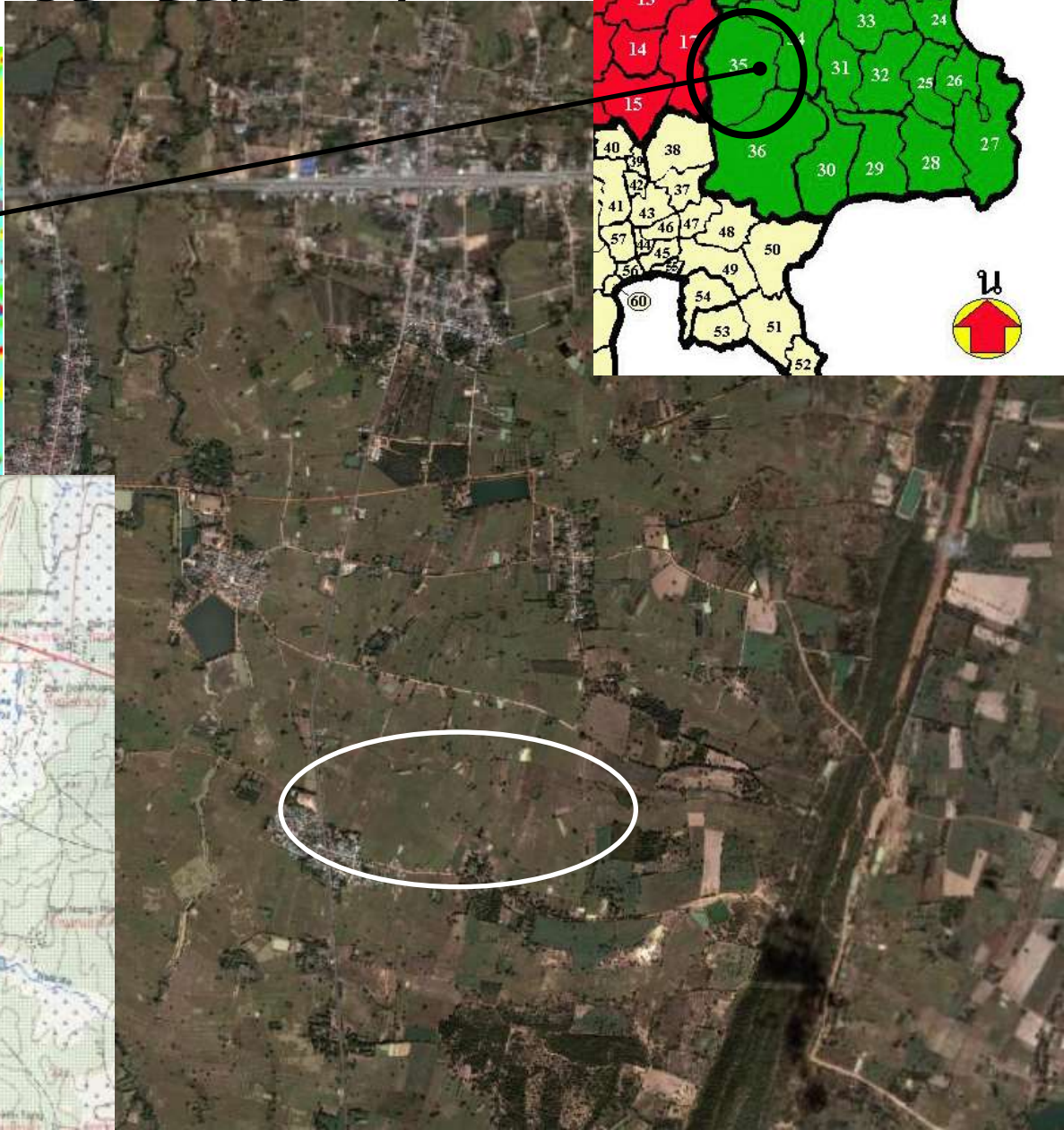
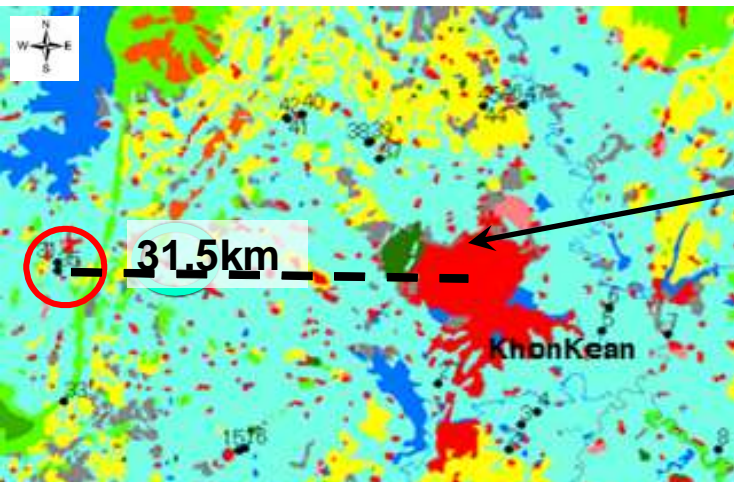


photoperiod sensitive:
感光性(日長で生育段階がきまる)

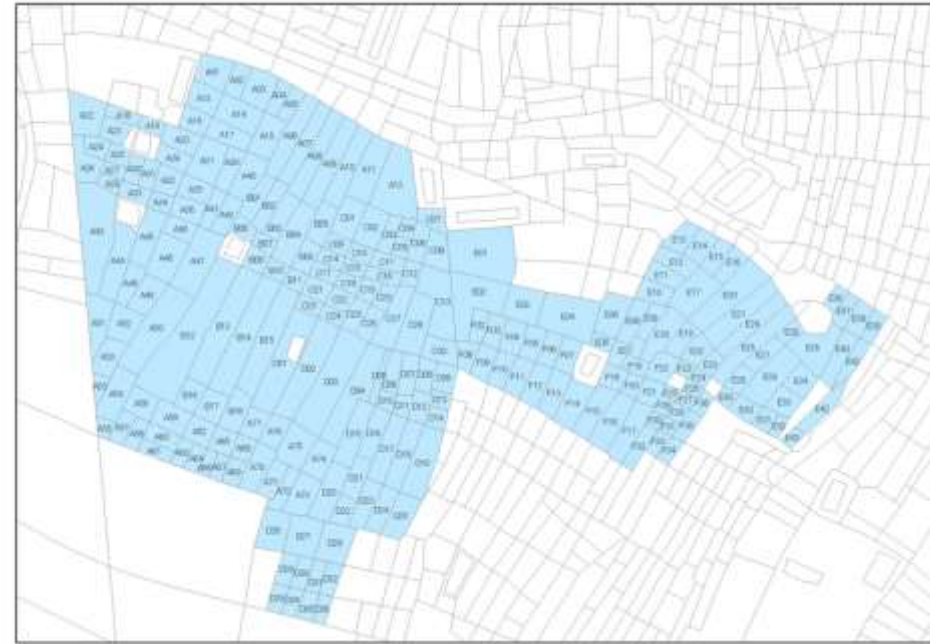
glutinous:もち(米)
aromatic:香り(米)

2007年のコンケン園場 の降水量と作付け

Description of our experimental field established in Khon Kaen ($16^{\circ} 27' 44.30''$ N, $102^{\circ} 32' 22.33''$ E)



Description on our experimental filed established in Khon Kaen (16° 27' 44.30" N, 102° 32' 22.33" E)



調査圃場の調査内容

240筆毎に

- ・耕起前, 苗床, 直播, 移植
- ・10日毎に湛水状態(全湛水, 部分湛水, 無湛水)

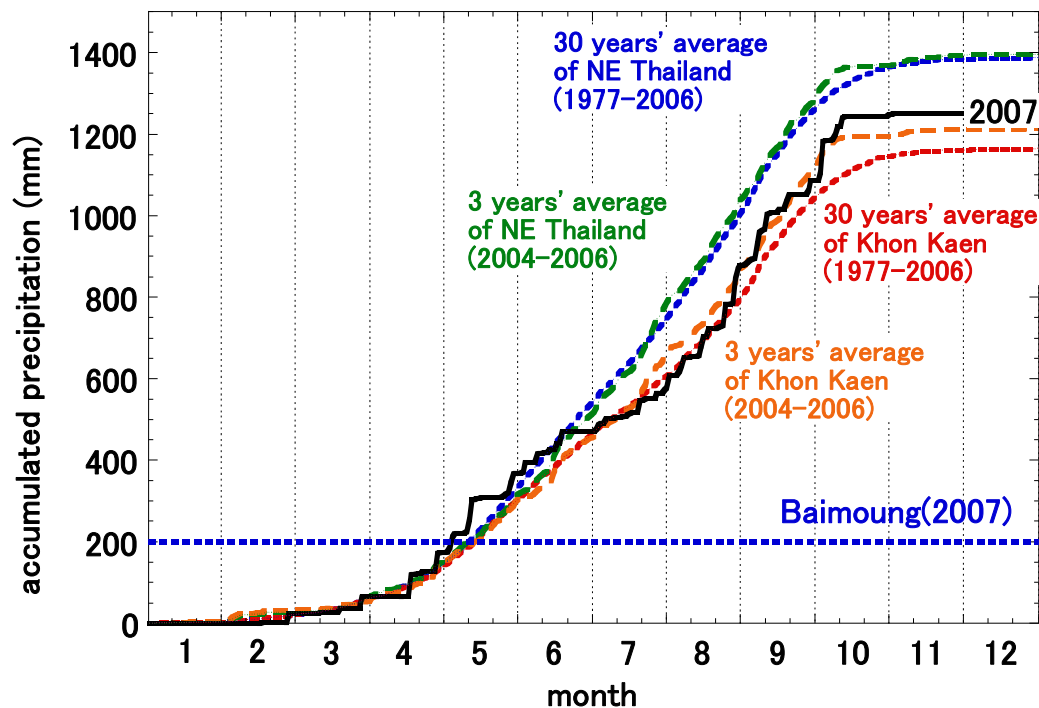
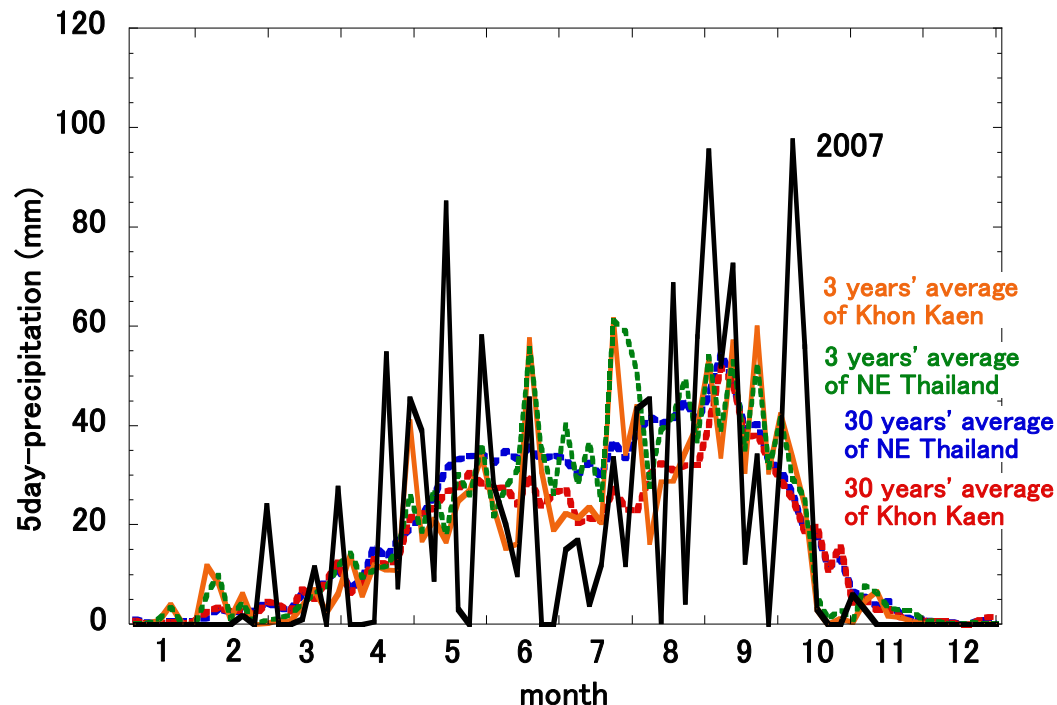
Khon Kaen 天水田園場 2007年降水量

5日間降水量の季節変化
(タイ東北部全域, コンケンの
1977~2006年,
2004~2006年平均
との比較)

2007年:

- ✓ 雨季初期(*break*前), 終盤で降水量が多い.
- ✓ *break*がはっきりとしている.

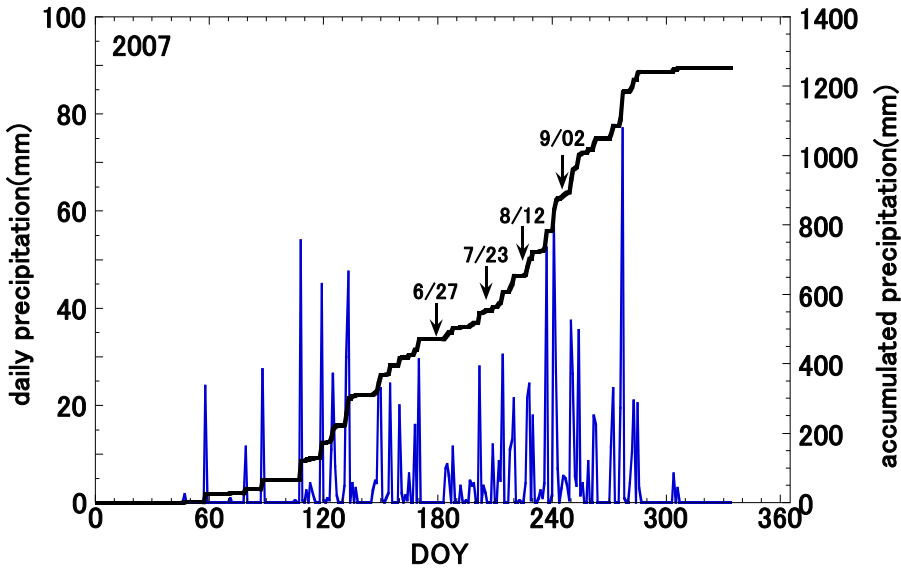
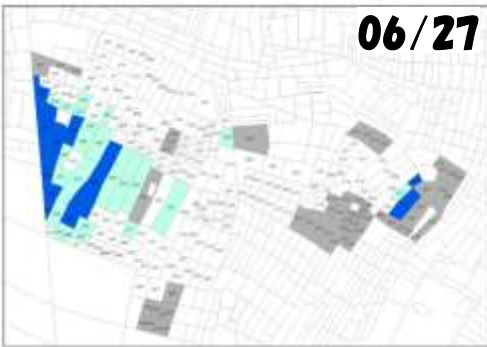
積算降水量の季節変化
(タイ東北部全域, コンケンの
1977~2006年,
2004~2006年積算
との比較)



2007年のコンケンの降水量と作付け

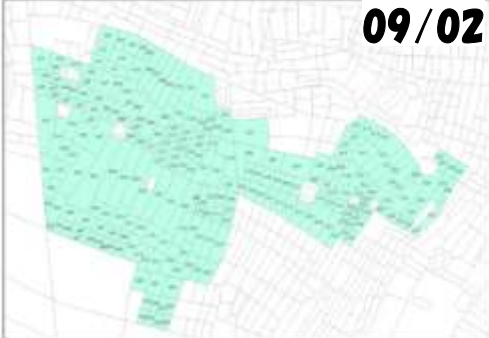
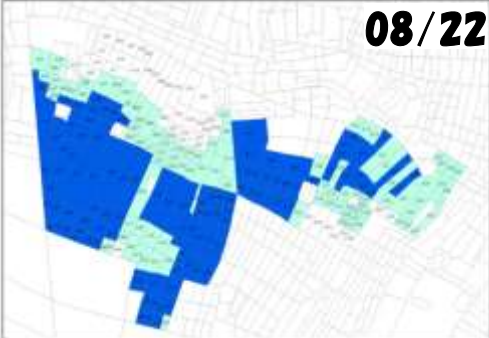
Khon Kaen農場における湛水状況の変動

- 全湛水
- 部分湛水
- 無湛水



Khon Kaen農場の日降水量, 積算降水量.

date	6月27日	7月13日	7月23日	8月2日	8月12日	8月22日	9月2日
accumulated precipitation (mm)	471.3	550.8	608.3	654.3	726.3	877.8	1003.8
number of partly flooding	22		5	64	67	98	240
number of whole flooding	10		0	41	16	102	0
number of flooding	32		5	105	83	200	240

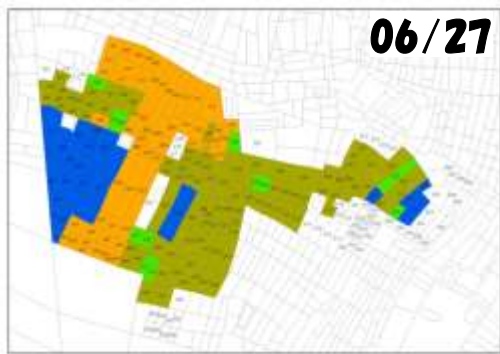


作付け面積調査対象農場における湛水状況の変化

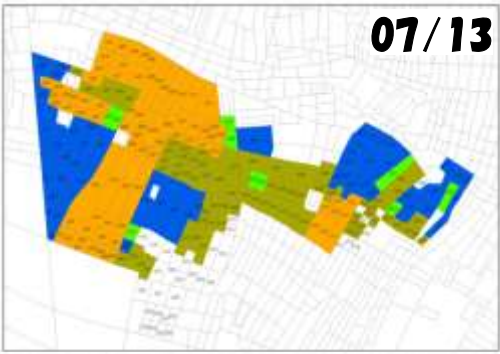
2007年のコンケンの降水量と作付け

Khon Kaen農場における作付け面積の変動

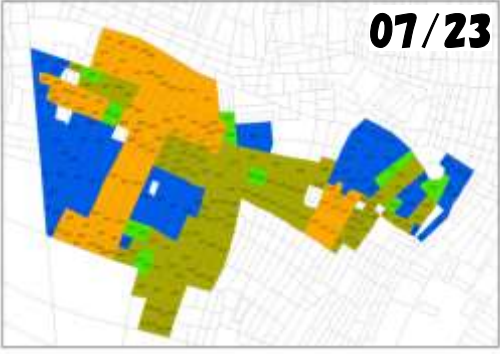
- 移植
- 直播
- 苗床
- 耕起前



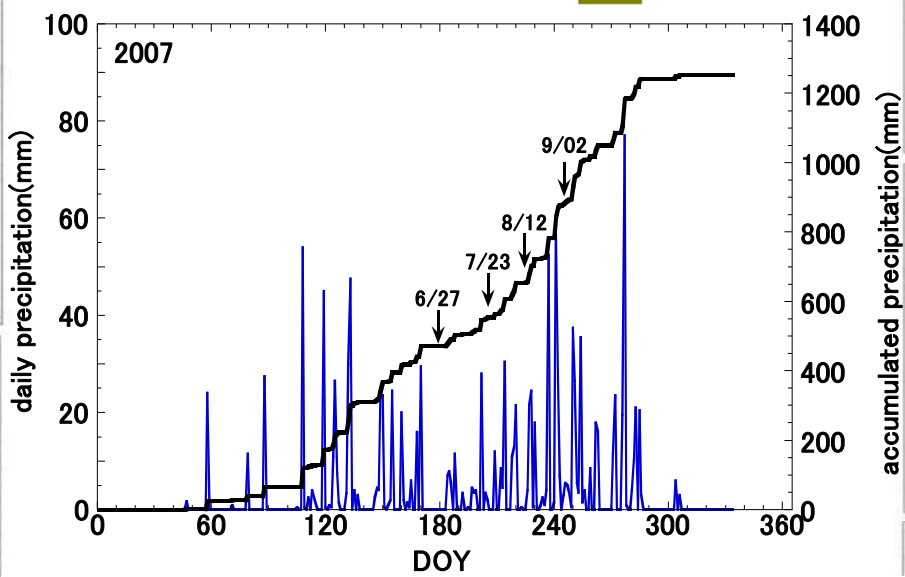
06/27



07/13



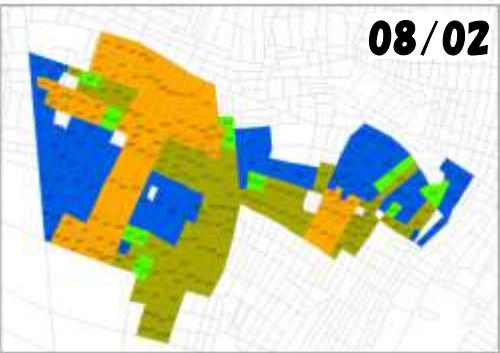
07/23



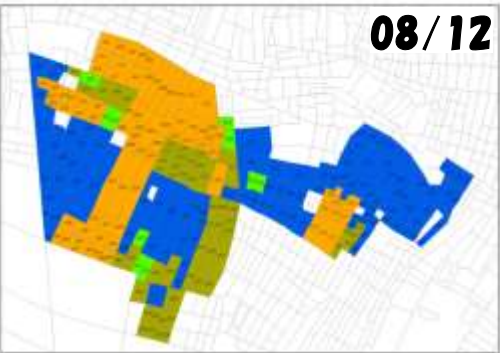
Khon Kaen農場の日降水量, 積算降水量.

date	6月27日	7月13日	7月23日	8月2日	8月12日	8月22日	9月2日
accumulated precipitation (mm)	471.3	550.8	608.3	654.3	726.3	877.8	1003.8
number of sowing	57	77	77	78	87	88	90
number of transplanting	19	50	55	98	140	149	150

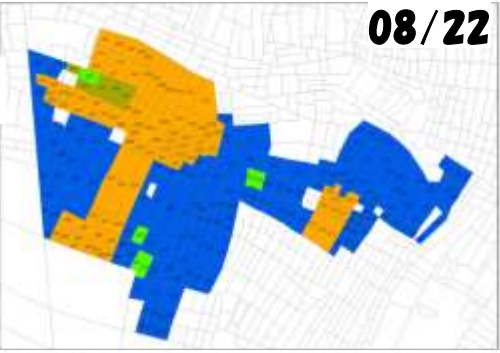
作付け面積調査対象農場における播種農場, 移植農場, 放棄農場, 苗床農場の変化.



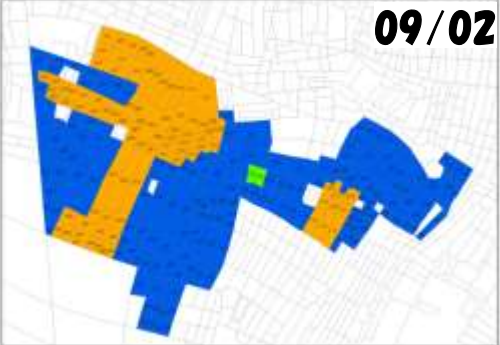
08/02



08/12



08/22

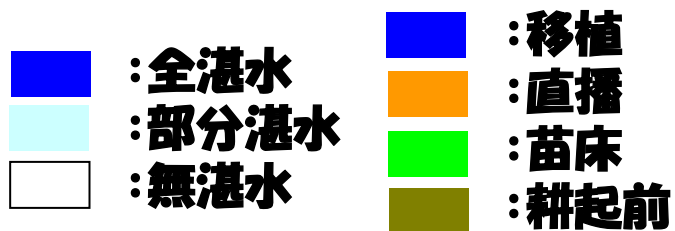


09/02

2007年Khon Kaen 圃場の降水量と作付け

06/27

作付け調査対象圃場における湛水状況、播種圃場、移植圃場、放棄圃場、苗床圃場の変化。

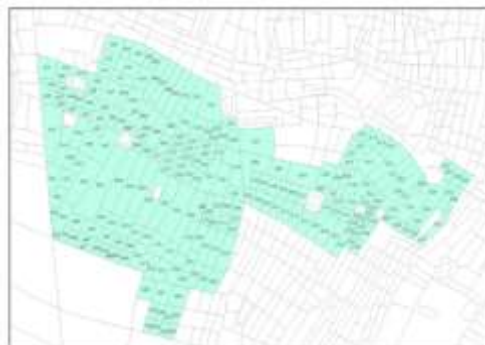
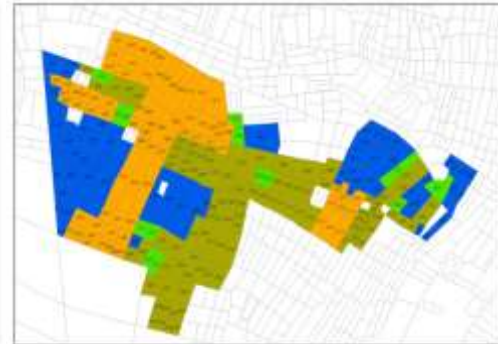
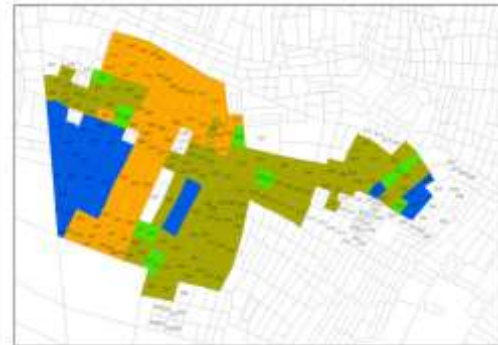
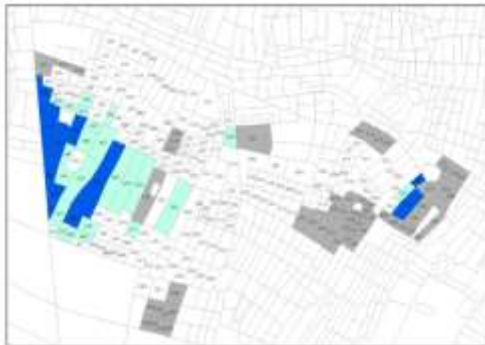


標高の低いところ、溜池
周辺から、耕起、苗床、
直播、移植が始まる。

07/23

08/12

09/02

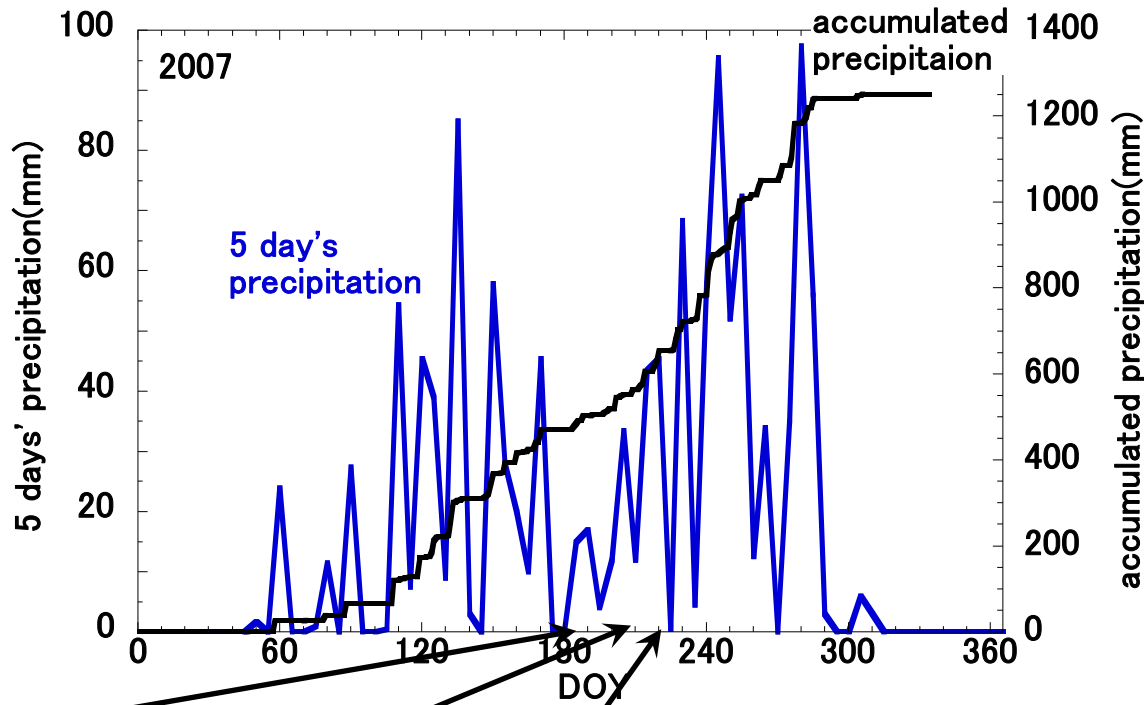


2007年Khon Kaenの 降水量と作付け 作付け調査から明らかにな った播種圃場, 移植圃 場数, 湛水状況の変化.

播種(直播):
Break終了(7/23: 204)までに
85%の圃場で播種が行われる.

移植:
Break終了までに36%の圃場
で移植が行われる.
8月中旬で93%の圃場で移植
完了.

湛水状況:
Break終了後の7月下旬の降
水で43%の圃場が湛水.
8月中旬の降水で80%の圃場
が湛水.
8月下旬の降水で100%の圃場
が湛水.



**6/27(178)
~7/13(194)
SW: 20(57→77)
TP: 31(18→50)**

**8/02(214)
~8/12(224)
SW: 9(78→87)
TP: 52(98→140)**

**7/23(204)
~8/02(214)
SW: 1(77→78)
TP: 43(55→98)**

まとめ

- ✓ **2004, 2005, 2006年の降水量.**
- ✓ **降水量に対応した播種, 移植, 出穂, 収穫.**
- ✓ **南部でうるち(香り米)を主とする品種 (KDML105など), 北部でもち(RD6)を主とする品種が多く分布する. RD15の台頭.**
- ✓ **移植から直播への変化(南部で顕著).**
- ✓ **コンケン園場の降水量と播種, 移植, 出穂, 収穫, 湛水.**

気候資源量

- ✓ 日射量⇒気温
- ✓ 降水量

光合成

日射/気温



Miami model

国際生物学事業計画(International Biological Programme, IBP, 1965～1974)のNPP資料をもとに提案. この推定法は, 陸上植物の生産に対して第一義的に影響を与えるのは水分と温度であるという考えから, 気温と降水量(気候要素)とNPPとの関係から作られた. (Miami model: Lieth, 1973, 1975).

$$NPP = \min \left\{ \frac{30}{1 + \exp(1.315 - 0.119 T)}, 30 \left(1 - \exp(-0.000664 P) \right) \right\}$$

NPP: 年純一次生産力 (t ha⁻¹)

T: 年平均気温 (°C)

P: 年降水量 (mm)

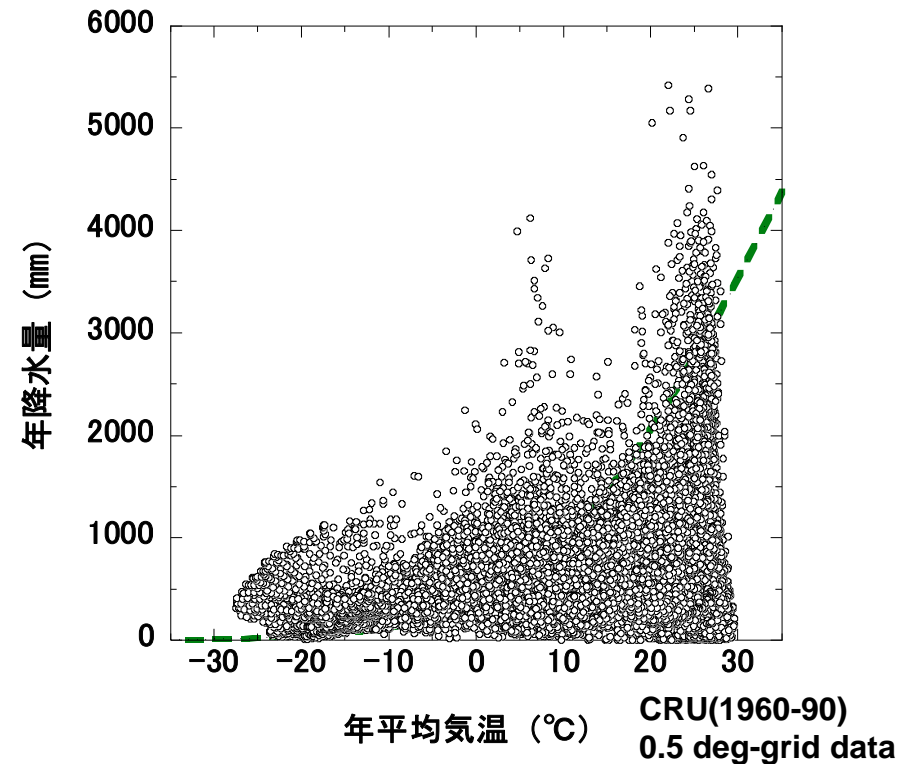
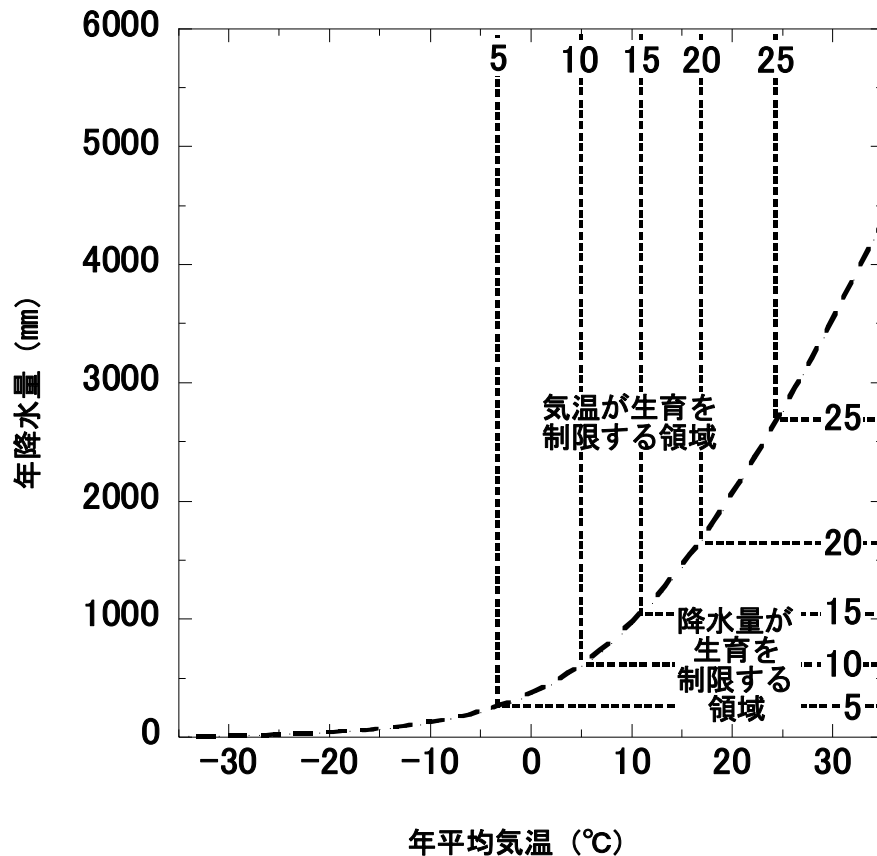
Miami model

$$NPP = \min \left\{ \frac{30}{1 + \exp(1.315 - 0.119 T)}, 30 \left(1 - \exp(-0.000664 P) \right) \right\}$$

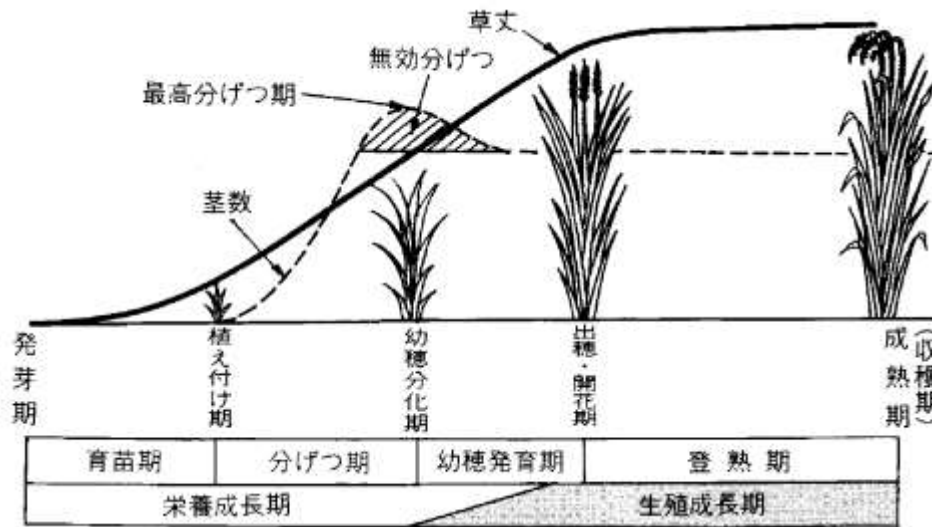
NPP: 年純一次生産力 (t ha⁻¹)

T: 年平均気温 (°C)

P: 年降水量 (mm)



イネの生育



$$Y = h \int_{t_p}^{t_h} (C_s S) dt$$

Y : 収量

h : 収穫指数

t_p : 移植日

t_h : 収穫日

C_s : 光乾物変換係数

S : 一日の吸収日射量

生育過程

生育速度 (DVR)

生育段階 (DVI)

$$DVR = f(T, L)$$

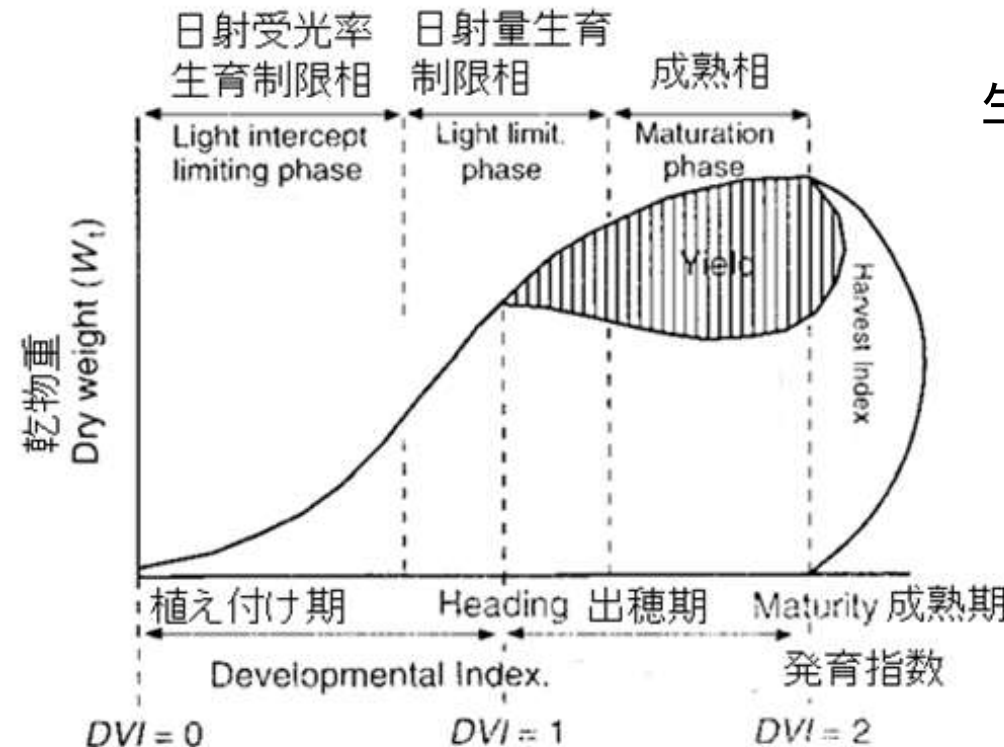
$$DVI_t = \sum_{i=1}^t DVR_i$$

日最高気温

日最低気温

日平均気温

日長時間



生育収量予測モデル

SIMRIW (Simulation Model for Rice-Weather relations)
(Horie, 1987, 1995)

生育過程

- ・生育速度→生育段階

乾物生産過程

- ・葉面積増加率→葉面積指数
- ・群落構造→吸収日射量
- ・乾物増加率→光乾物変換係数

$$Y = h \int_{t_p}^{t_h} (C_s S) dt$$

Y : 収量

h : 収穫指数

t_p : 移植日

t_h : 収穫日

C_s : 光乾物変換係数

S : 一日の吸収日射量

収量形成過程

- ・登熟, 不稔歩合→収穫指数

生育収量予測モデル

乾物生産過程

葉面積増加率
→葉面積指数

$$\Delta LAI = LAI \cdot R \cdot 1 - \exp \left\{ -K_f (T - T_c) \right\} \left\{ 1 - \left(\frac{LAI}{LAI_a} \right)^n \right\}$$

日最高気温

日平均気温

日最低気温

群落構造
→吸収日射量

$$S_s = S_0 \left\{ 1 - \gamma - (1 - \gamma_0) \exp \left\{ -(1 - m) k LAI \right\} \right\}$$

日積算日射量

乾物増加率
→光乾物変換係数

$$C_0 = \frac{C(1 - B)}{1 + B \exp \left(\frac{DVI - 1}{t} \right)} \quad (1.0 \leq DVI < 2.0)$$

$$C_s = C_0 \left\{ 1 + \frac{R_m (C_a - 330)}{(C_a - 330) + K_C} \right\}$$

CO₂濃度

生育過程

生育速度
(DVR)

$$DVR = f(T, L)$$

生育段階
(DVI)

$$DVI_t = \sum_{i=1}^t DVR_i$$

日最高気温

日最低気温

日平均気温

日長時間