



# 灌漑を考慮した 陸域水循環モデルの構築

2011年3月10日

○小槻峻司<sup>1</sup>

田中賢治<sup>2</sup> 小尻利治<sup>2</sup> 浜口俊雄<sup>2</sup>

<sup>1</sup>京都大学大学院 工学研究科

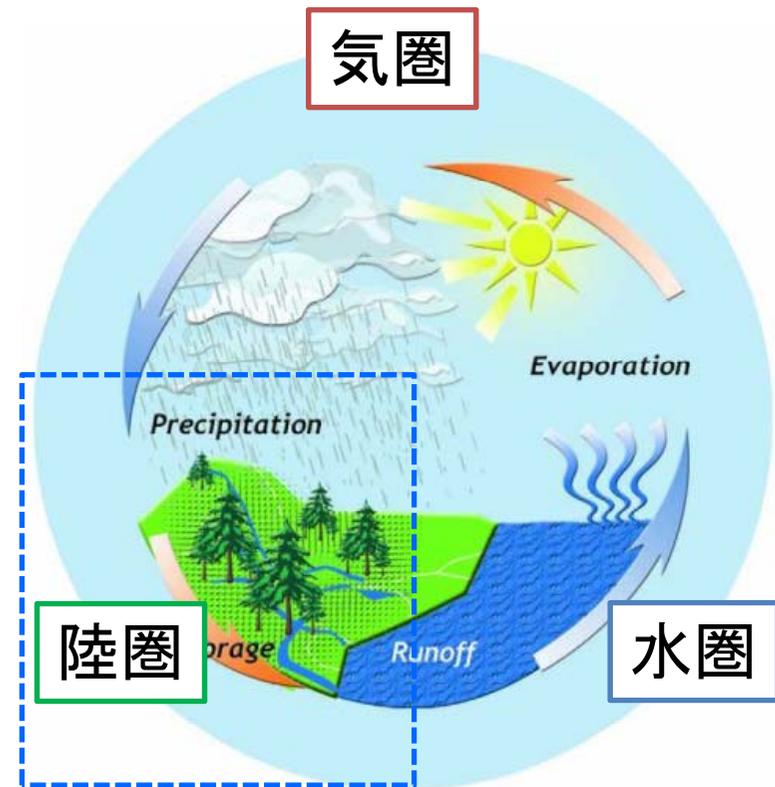
<sup>2</sup>京都大学防災研究所

# 本研究の目的

## 灌漑を考慮した 陸域水循環モデル

Key word

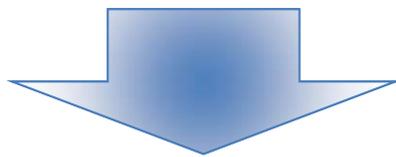
1. 物理過程に根差した  
農業水需要の解析
2. 衛星データの時系列解析から  
農地の農事暦を作成



1) GEWEX: <http://www.gewex.org/>

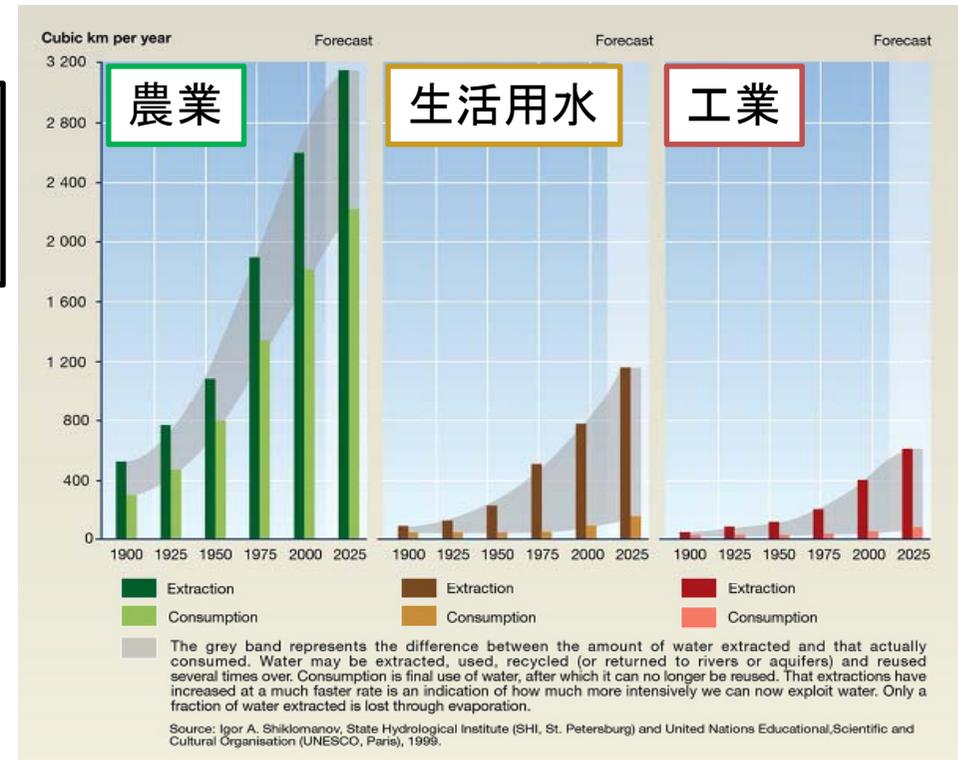
# 背景(1): 水需要量の増加

人口増加や経済成長に伴う  
**水需要量の増加**



持続可能な水資源計画の策定  
が求められている

## 世界の水使用量



2) Shiklomanov *et al.*

水資源の時間的・空間的分布の特定が必要

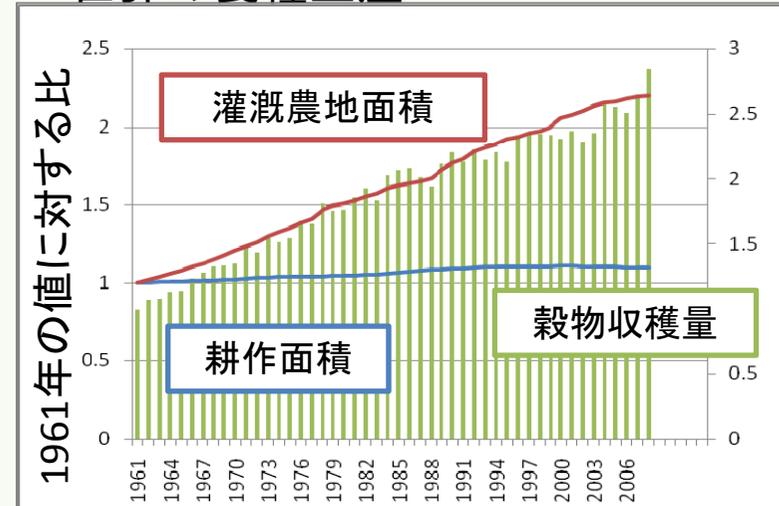
## 背景(2)：灌漑農地の増加

今後、灌漑農地は  
更に増加すると予測されるが  
全球での統計値が少ない

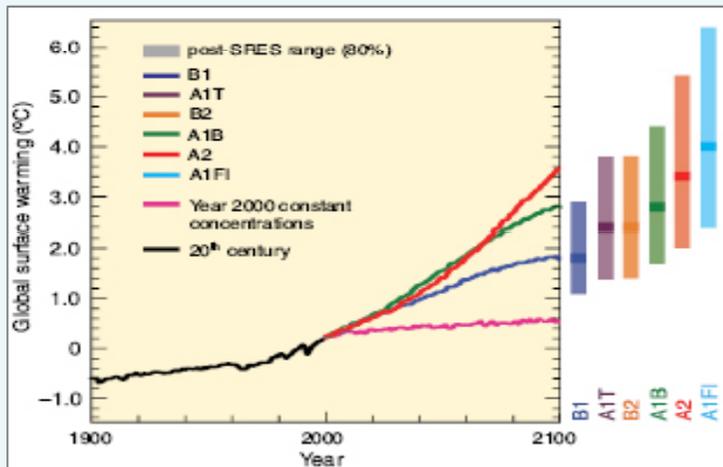


灌漑農業用水の推定手法  
の確立が必要

### 世界の食糧生産



3) 国連食糧農業機関



4) IPCC第4次報告書(<http://www.ipcc.ch/>)

気候変動により、陸域の水循環や  
灌漑必要水量はどう変化するか



物理過程解析が必要

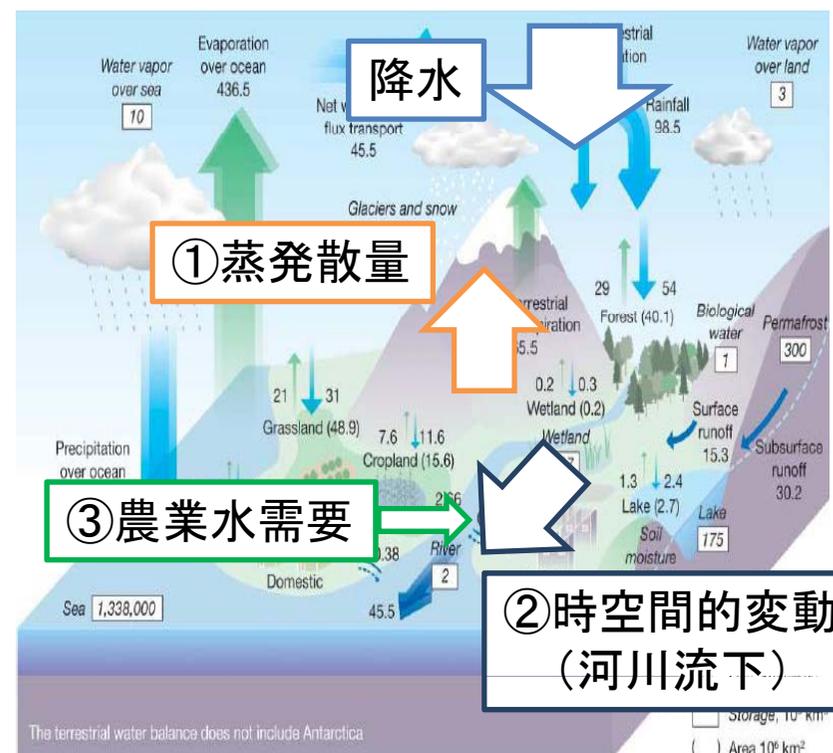
# 本研究の目的

## 陸域水循環の解析

何を特定する必要があるのか？

INPUT：降水量等の気象条件

- ① 蒸発散量(水資源量の特定)
- ② 空間分布の変化(河川流下)
- ③ 農業水使用の取水効果



5) Oki and Kanae

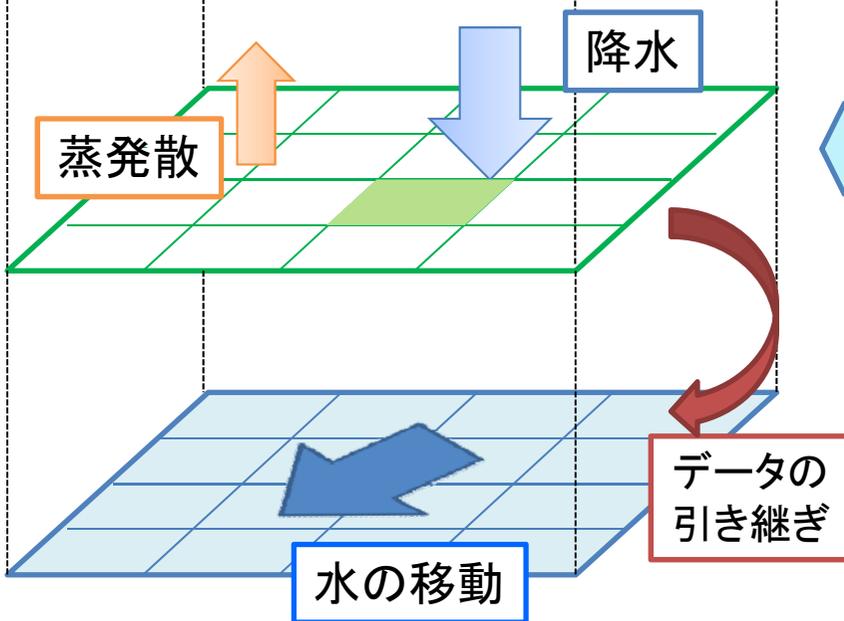
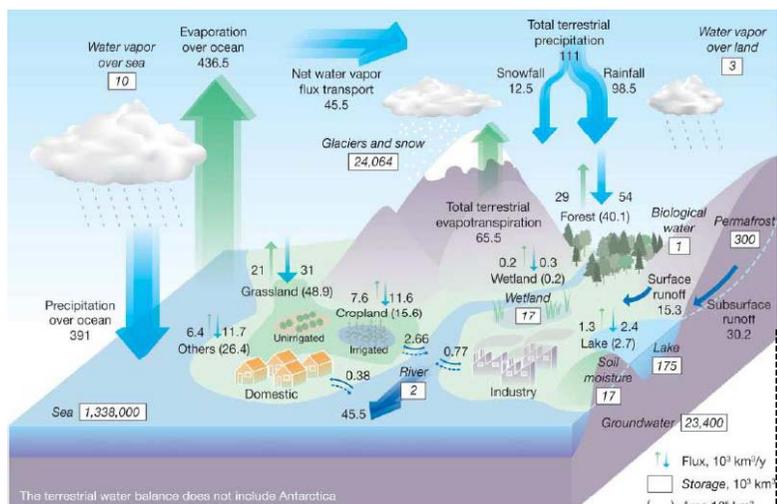
陸域の水循環をモデル化

# 研究手法

1. 研究の目的と背景
2. 研究手法
3. 適用結果
4. 結論と今後の課題

- ✓ 農業必要水量の推定手法
- ✓ 灌漑パラメーターの作成

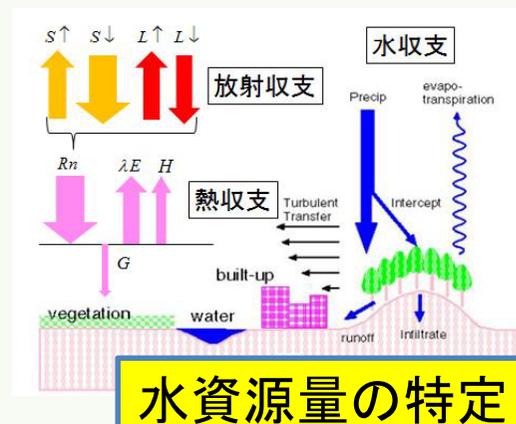
# モデルの構造



## 陸面過程モデル : SiBUC

地表面での鉛直方向の水の挙動を解析

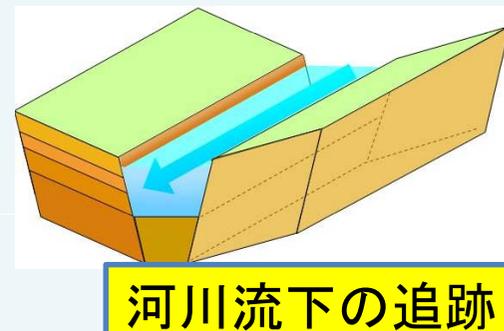
- 出力
- ・蒸発散
  - ・灌漑要求水量
  - ・貯留水量
  - など



## 流出モデル : Hydro-BEAM

水平方向の水の挙動を解析

- 出力
- ・河川流量
  - ・貯水池貯留量
  - など



# 灌漑の表現

1. 陸面過程の物理解析により  
水位(水田)や土壌水分(畑地)を追跡

Ex) 水田の水位追跡式

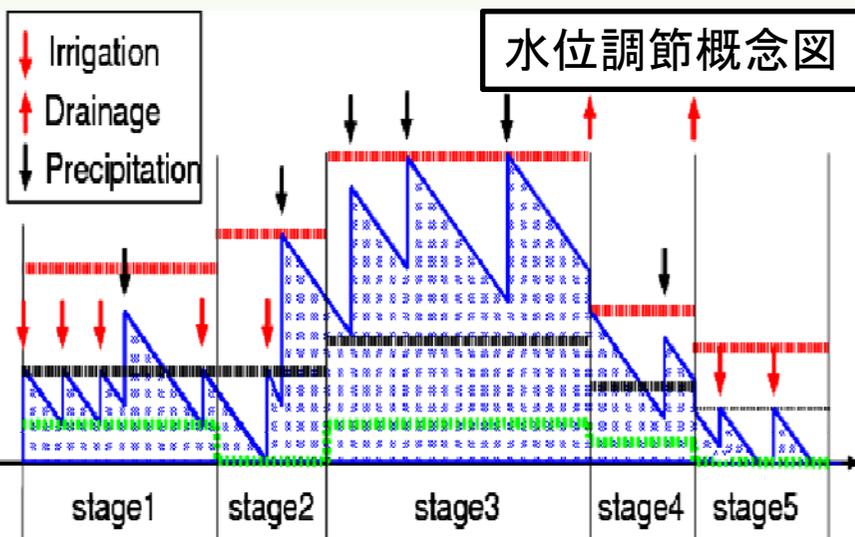
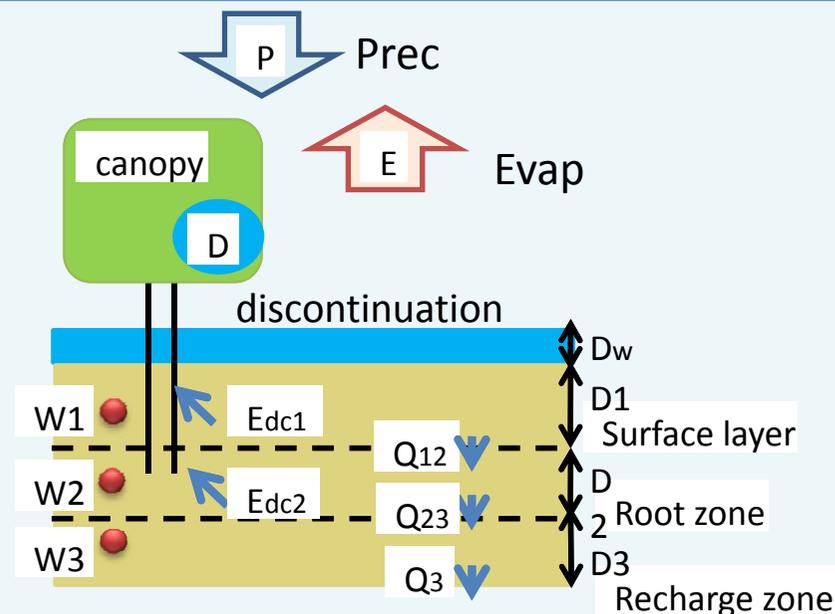
$$D_w = TWS - SM_s$$

TWS: 地表面総貯留量

SM : 土壌水分量

SM<sub>s</sub>: 飽和土壌水分量

D<sub>w</sub> : 水深



2. 作種・農事暦により定められた  
規定値を超過した場合に、  
取水・排水をするとモデル化

$$W_{in} = W_{opt} - D_w + (SM_s - SM)$$

$$W_{out} = D_w - W_{opt}$$

W<sub>in</sub>: 灌漑要求水量

W<sub>out</sub> : 灌漑排水量

W<sub>opt</sub>: 最適水深

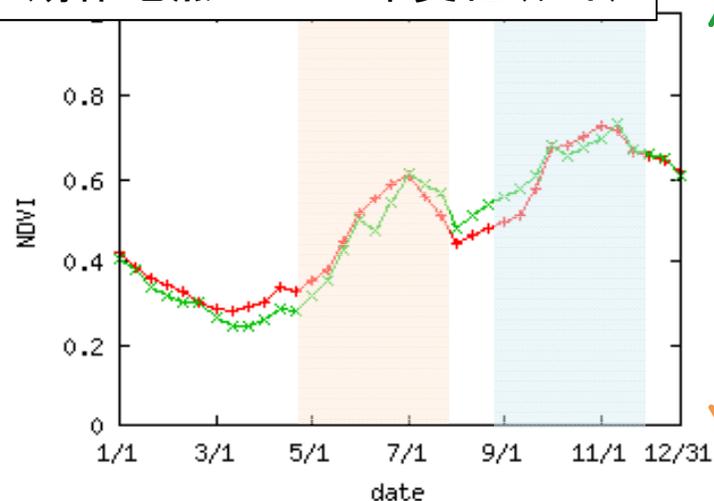
# 灌漑パラメータ

作物種と生育段階  
から  
土壌水分量(水深)の  
維持範囲が決定

作物種	生育段階	1	2	3	4	5
春小麦	最低土壌水分量	0.70	0.60	0.80	0.80	0.55
冬小麦		0.70	0.70	0.80	0.80	0.55
トウモロコシ		0.75	0.65	0.70	0.75	0.65
大豆		0.75	0.65	0.65	0.70	0.65
綿花		none	0.5	0.55	0.55	0.5
稲	最低水深(mm)	20	0	20	10	0
	最適水深(mm)	50	50	60	40	30
	最高水深(mm)	100	120	160	80	60

6) 中国水利電力出版社

2期作地点のNDVI年変化(タイ)



$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

*NIR* : 近赤外領域の反射率

*RED* : 赤外領域の反射率(植物が吸収)

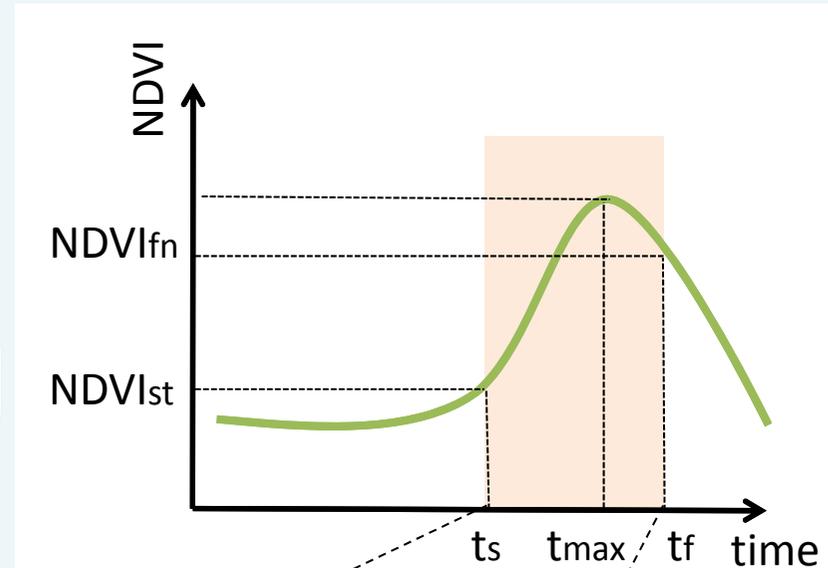
衛星データの時系列変化から  
作物の生育段階を特定

# 農事暦作成手法

## 1. 衛星データの時系列変化から作物の農期を特定

$$t = \begin{pmatrix} ts_i \\ tf_i \end{pmatrix} \quad \text{when} \begin{pmatrix} t \leq t_{\max} \\ t \geq t_{\max} \end{pmatrix} \quad \text{and} \begin{pmatrix} NDVI(t) = NDVIst_i \\ NDVI(t) = NDVIfn_i \end{pmatrix}$$

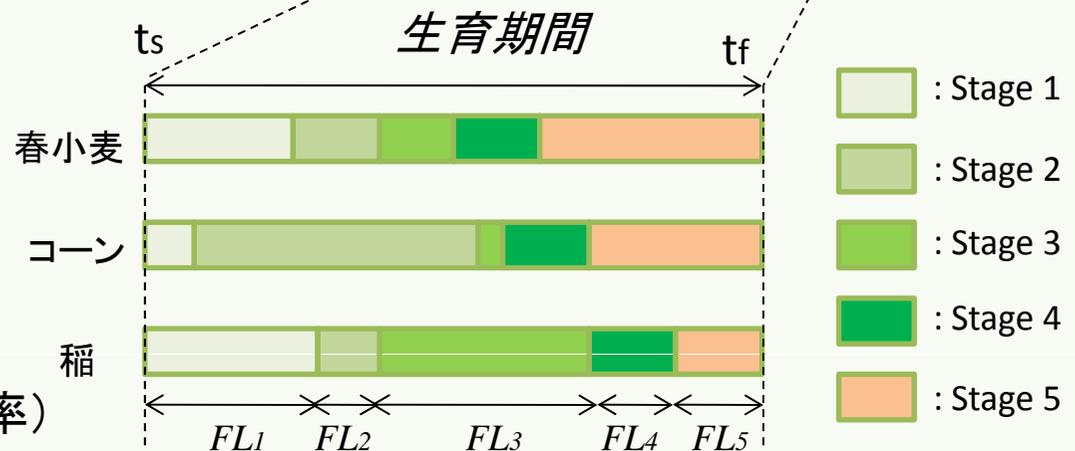
$ts$  : 生育開始時期  
 $tf$  : 生育終了時期



## 2. 作物種類ごとに生育段階を特定 (各生育期間が異なるため)

$$\sum_{i=1}^n FL_{i,j} = 1$$

$FL_{i,j}$ : 作物*i*のステージ*j*の長さ(百分率)

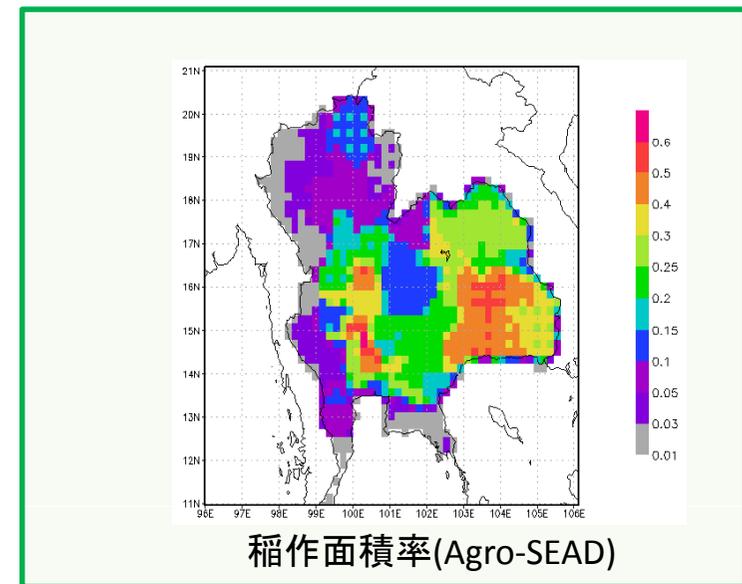


# モデルの適用



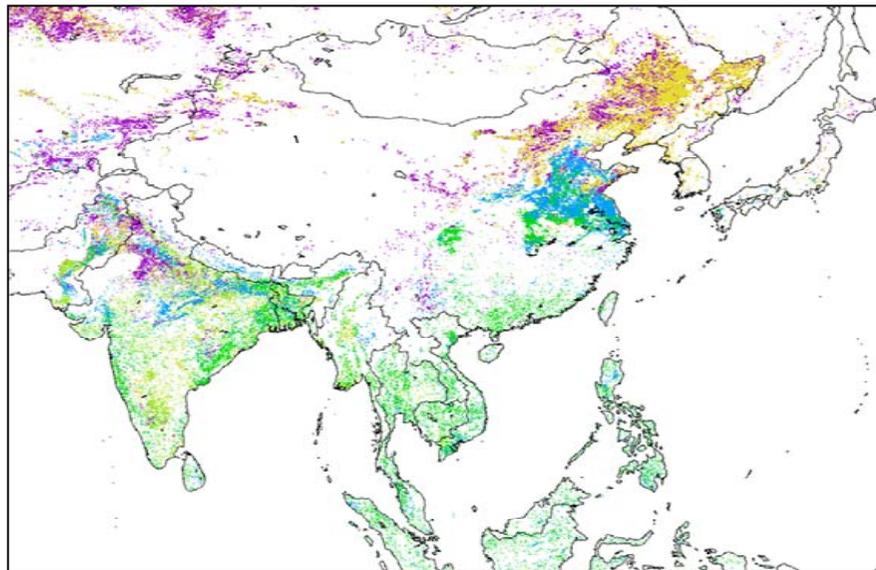
## チャオプラヤ川 (タイ国)

1. 陸域水循環解析結果の検証
2. 灌漑要求水量
3. 水循環への灌漑の影響



# 解析条件

全球プロダクトを基本として使用



Wheat

Corn/Soybean  
-single

Rice-single

Corn/Soybean  
-double

水田の抽出に  
全球1km作物分類図を活用  
(当研究室で開発中)

## 気象強制力

### ・降水量

現地観測値...TMD及びRID

### ・下向き短波, 気温

下向き長波放射, 比湿

H08プロダクト...Hirabayashi *et al.*(2008)

### ・風速, 気圧

GSWP2プロダクト...JRA25再解析データ

## 地表面パラメーター

### ・土地利用

GLCC version2 及びAgro-SEAD

### ・土壌分類

Ecoclimap (Meteo-France: 解像度1km)

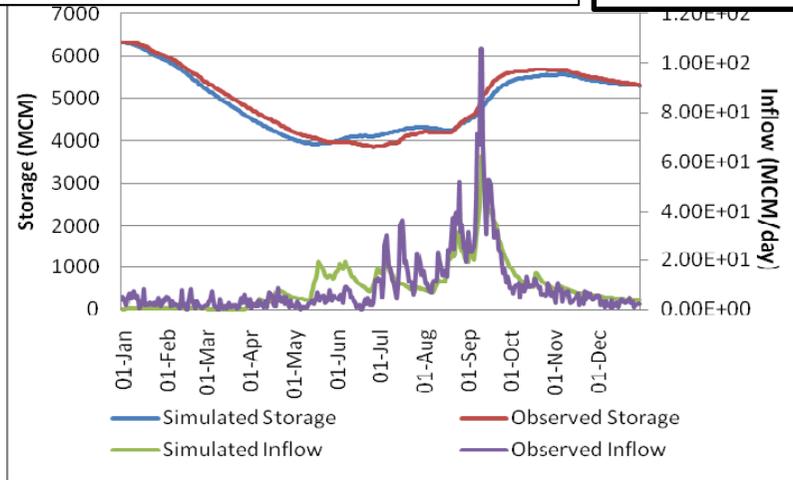
### ・植生指数(NDVI)

SPOT vegetation (10days composite)

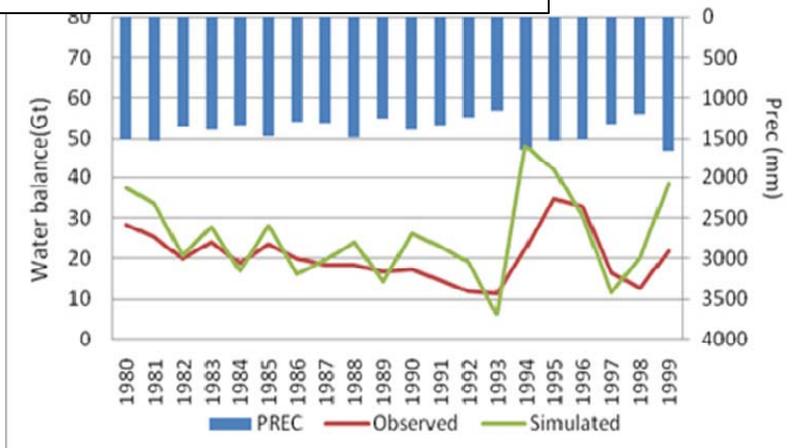
BISE法により雲の影響を除去

# 水収支の検証

流入量と貯水量変化(1998年)



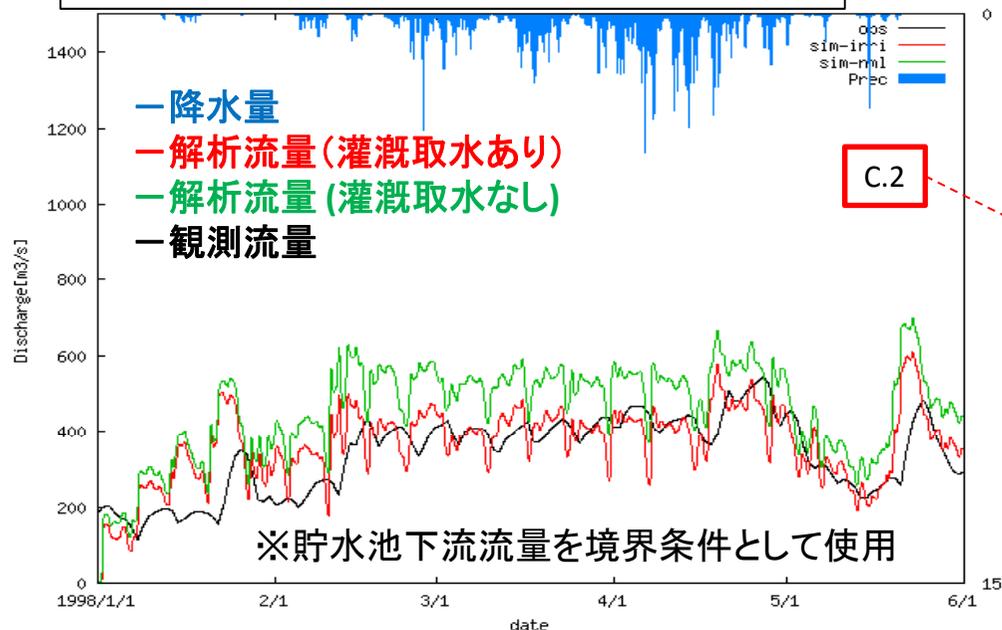
中流域水収支経年変化 (1980-1999年)



水収支や季節変化がモデルにより再現されている

# 中流域での検証

## 灌漑取水効果の検証(1998年, 乾季)



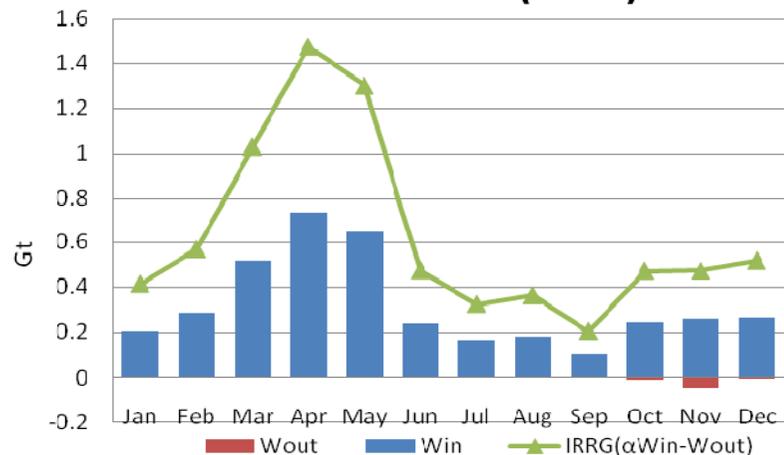
- 灌漑要求水量
- 空間的分布
- 灌漑必要水量の発生時期  
が再現されている

農事暦の作成手法や  
灌漑モデルの妥当性が示された。

# 水収支への灌漑の影響

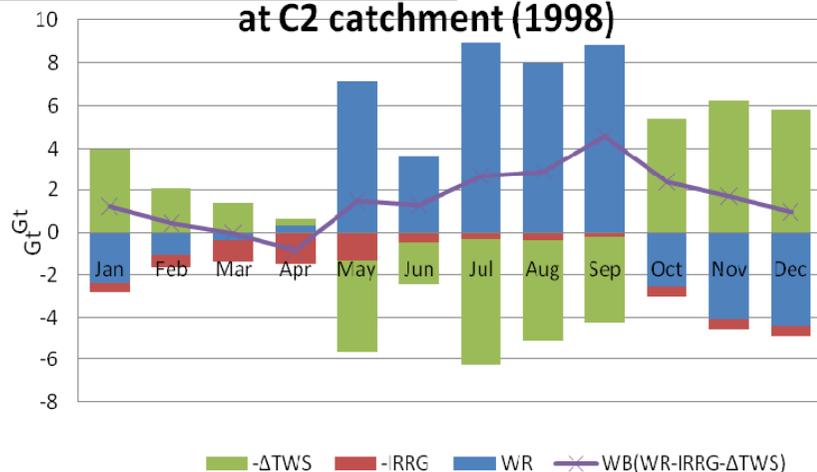
灌漑取水量の月変化

irrigation at C2 catchment (1998)



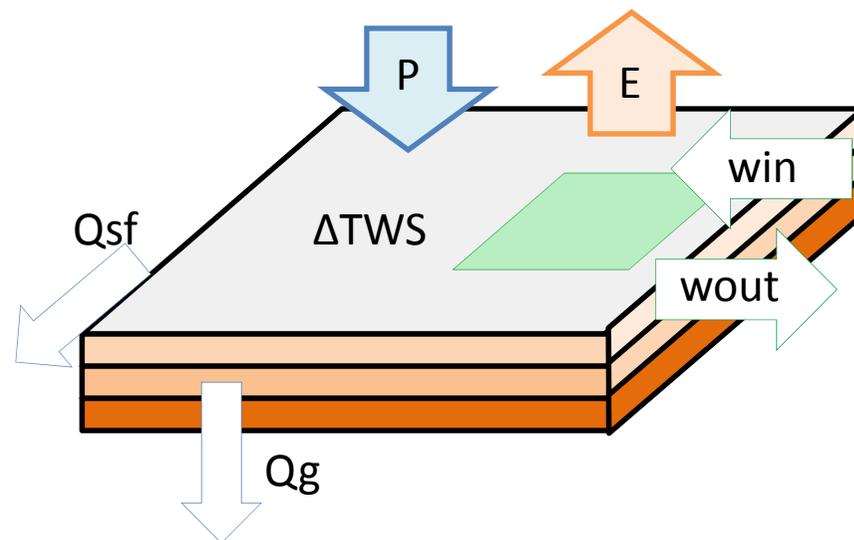
流域水収支の月変化

Water balance at C2 catchment (1998)



Water budget on each mesh

$$WB = WR - IRRG - \Delta TWS$$



- WR : 降水量 - 蒸発散量 (Gt)
- IRRG: 総灌漑取水量 (Gt)
- TWS : 地表面帯水量 (Gt)
- WB : 流域水収支 (Gt)

特に乾季は、流域の水収支における灌漑の効果が非常に大きい

# 結論

## 結論:

- グローバルデータセットから陸域水循環をモデル化
- 灌漑必要水量の再現
- 特に乾季は、流域水収支における灌漑の影響が大きい

## 課題:

- 他流域でのモデル精度の検証