

# 阿蘇を構成する植生の蒸発散の比較研究

— 草原の維持は水資源涵養に寄与するか？ —

H25年度 9,376 千円

H26年度 10,417千円

○ 宮沢良行(九州大学／東アジア環境研究機構)

丸山篤志(中央農業研究センター)

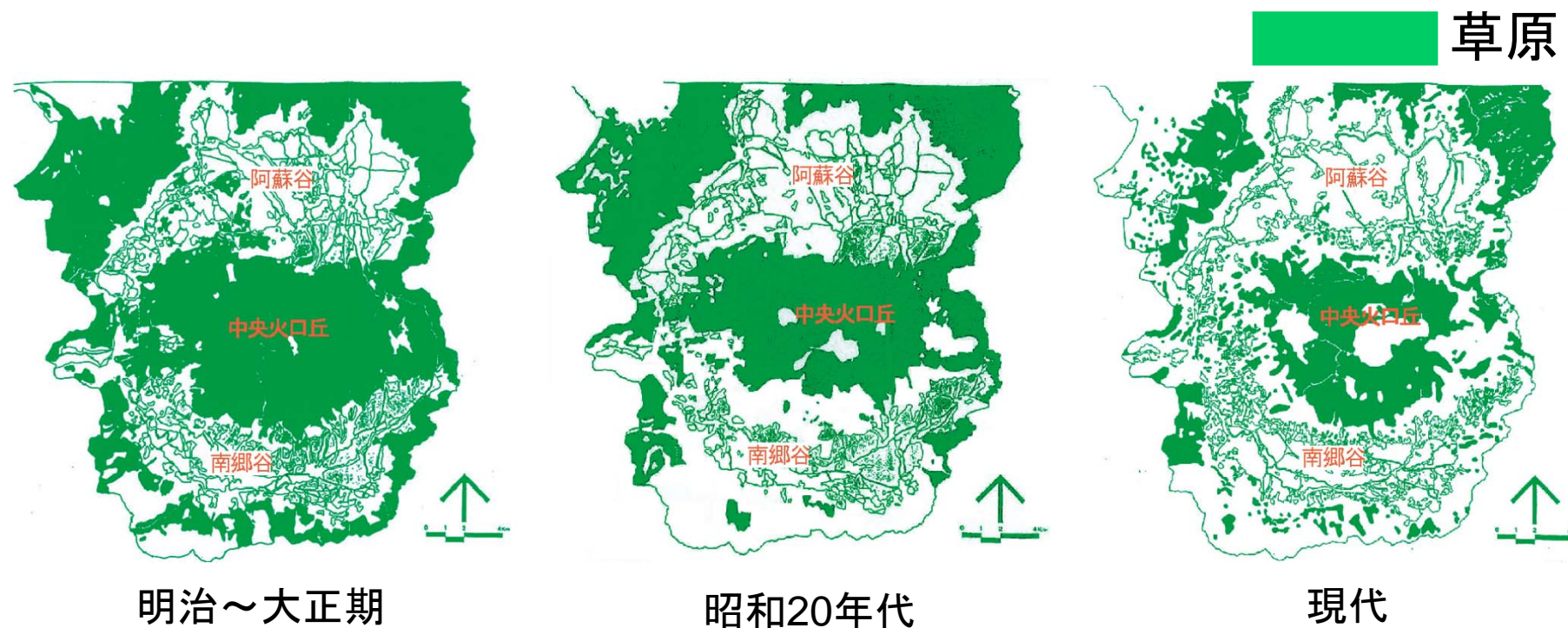
井上昭夫(熊本県立大学／環境共生学部)

2015年 3月 6日

# 背景(1) 阿蘇の草原の減少

## 減少する阿蘇の草原面積

進行する草原減少、保全や回復の課題



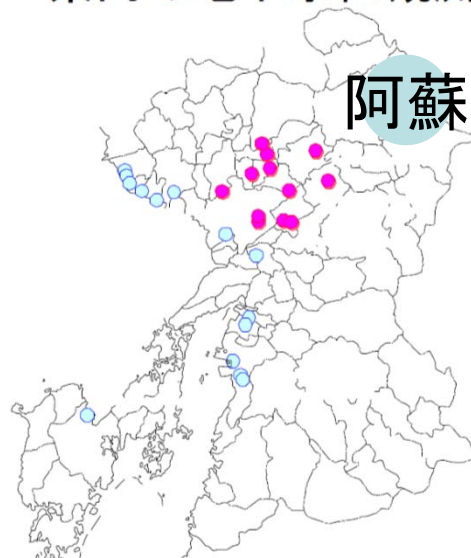
出典: 阿蘇草原再生全体構想概要版

# 背景(2) 低下する熊本の地下水位



## 森林化と河川流出低下

県内の地下水位観測井位置図

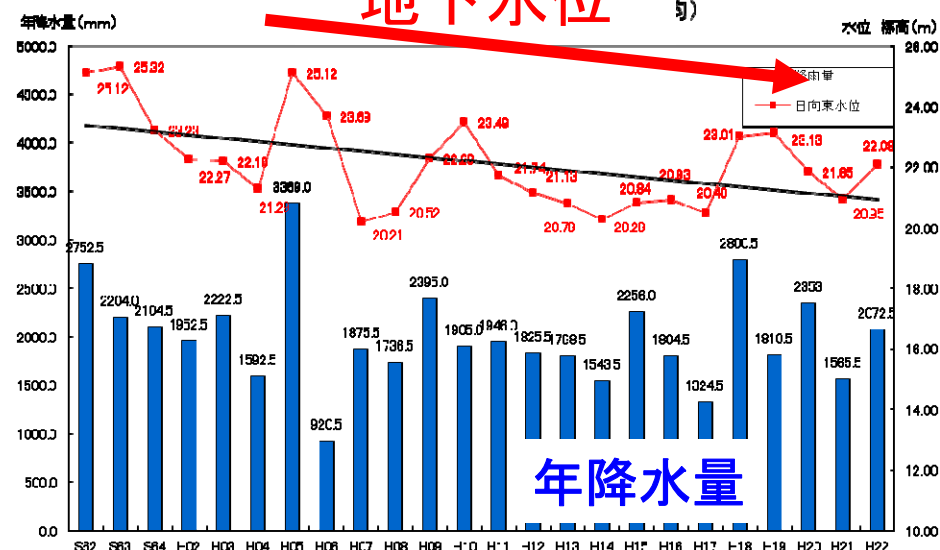


台地部では**下降傾向**  
海岸部では**上昇傾向**

- 水位**下降**傾向地点
- 水位横ばい・**上昇**傾向地点

出典:平成23年度「第3回環境保全関係法令研修会」

## 地下水位



提供:公益財団法人 くまもと地下水財団

枯渇した湧水地(熊本市 亀井)

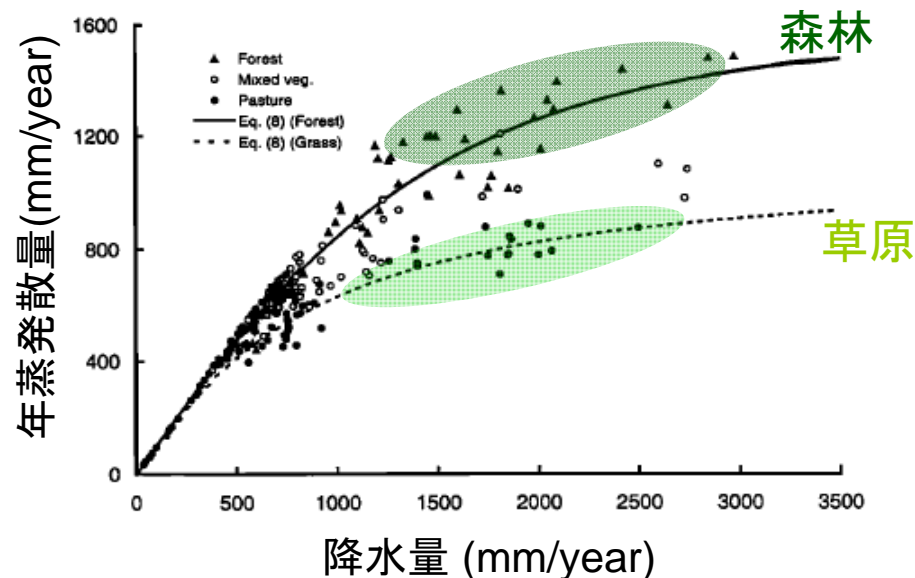


# 地下水低下と草原減少の因果関係？



草原減少との因果関係は？

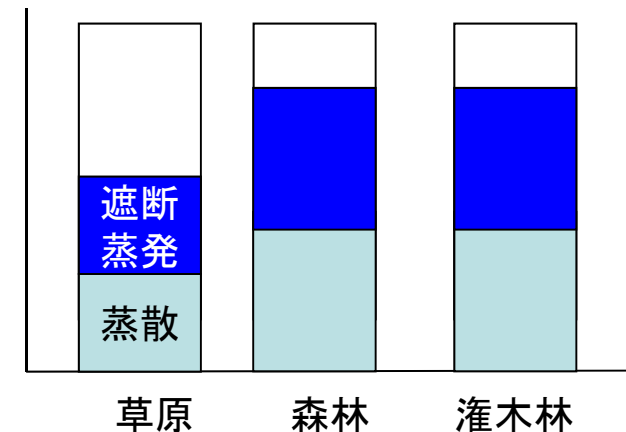
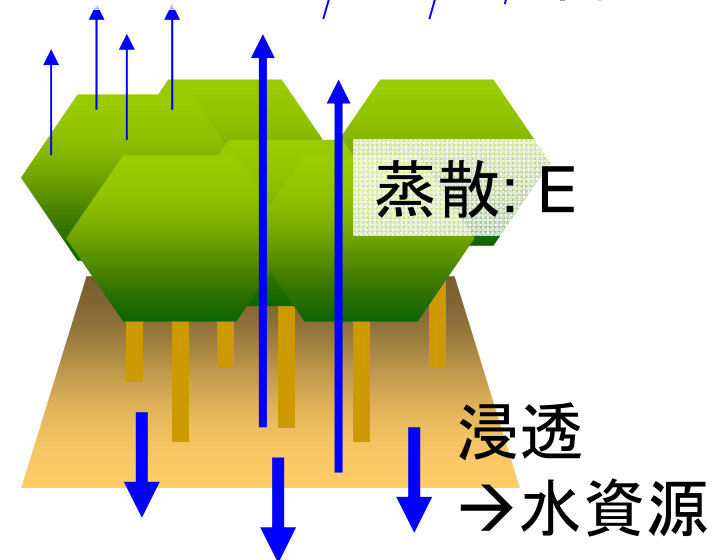
森林の高い蒸発散: **ET**に伴う水資源  
の消費 (Zhang et al. 2001, Jackson et al. 2005)



Zhang et al. (2001)

遮断蒸発  $iE$

降雨



# 目的: 草原の水資源涵養機能の検証



1. ET予測の基盤整備: 各植生の実態と諸過程解明
2. 過去／今後の草原減少が域内ETに及ぼす影響評価
3. 草原維持の経済性の評価  
ー水源涵養の他の取り組みと比較ー

草原保全 ¥3,350万円/year  
間伐費用 ¥5.3万-25.3万/ha  
(36-70年生、太田ら2013)



# 調査地

水田

灌木林

灌木林(ウツギ)

草原

24.7 °C  
14.6MJ/m2/day

21.7 °C

24.0 °C  
16.9MJ/m2/day

広葉樹人工林

針葉樹人工林

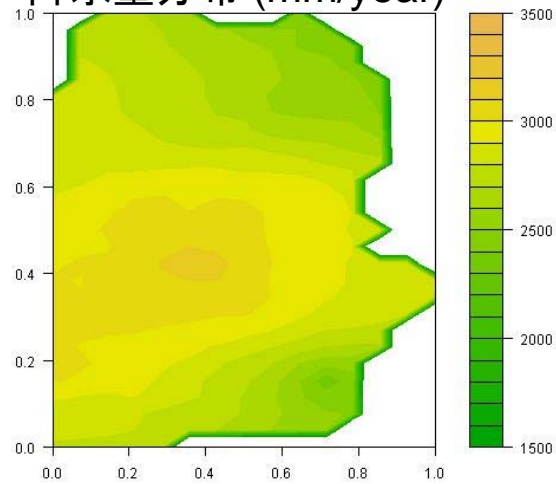
Google Earth



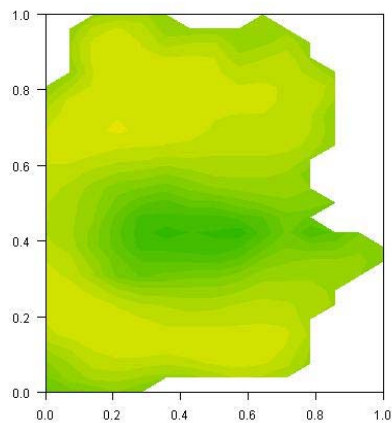
# 調査地 気象条件と植生分布



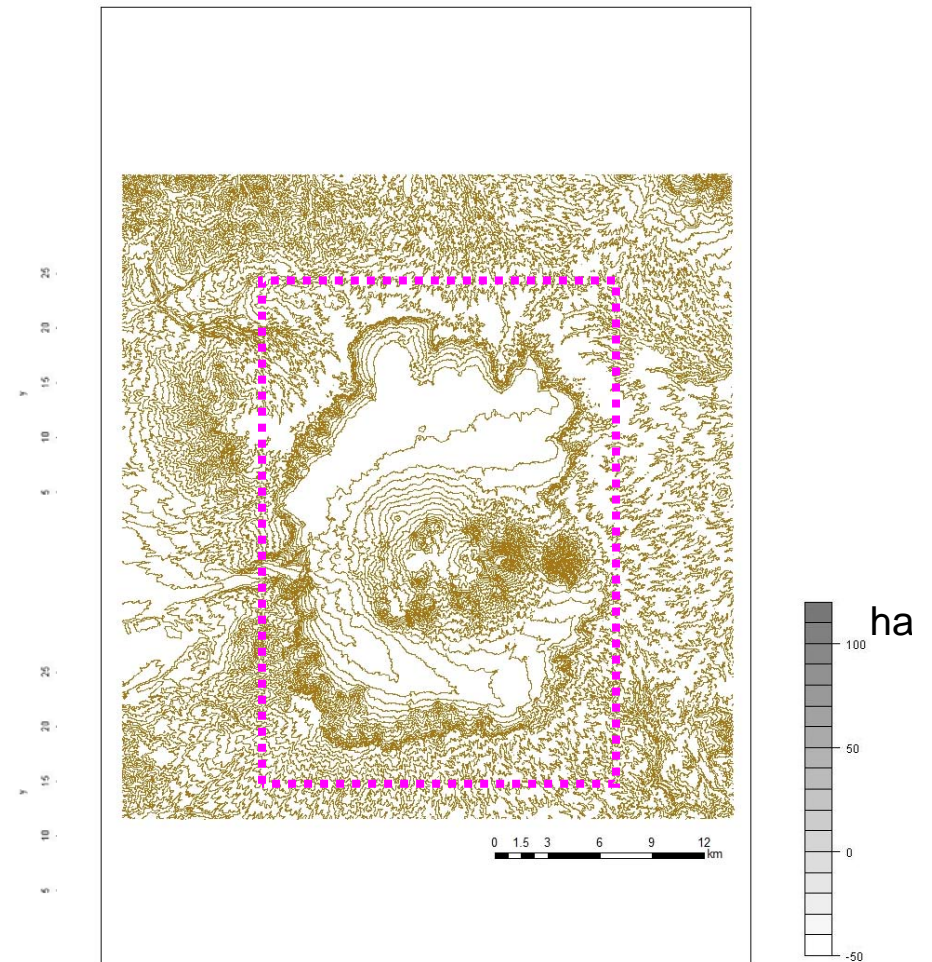
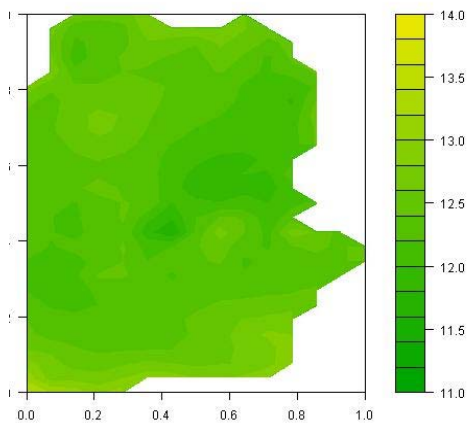
降水量分布 (mm/year)



年平均日飽差 (kPa)



年平均日射 (MJ/m<sup>2</sup>/day)



# ETのモデル化 & スケールアップ



様々な気象条件でのETの推定

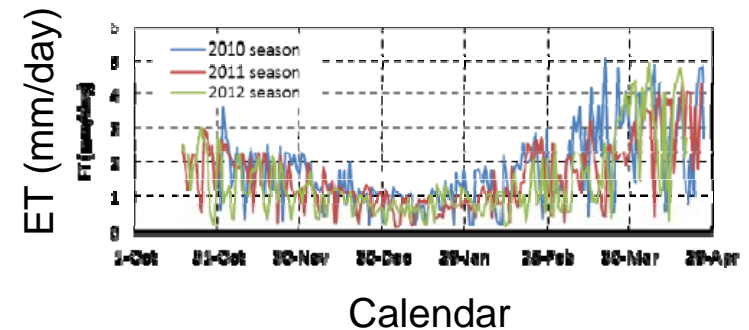
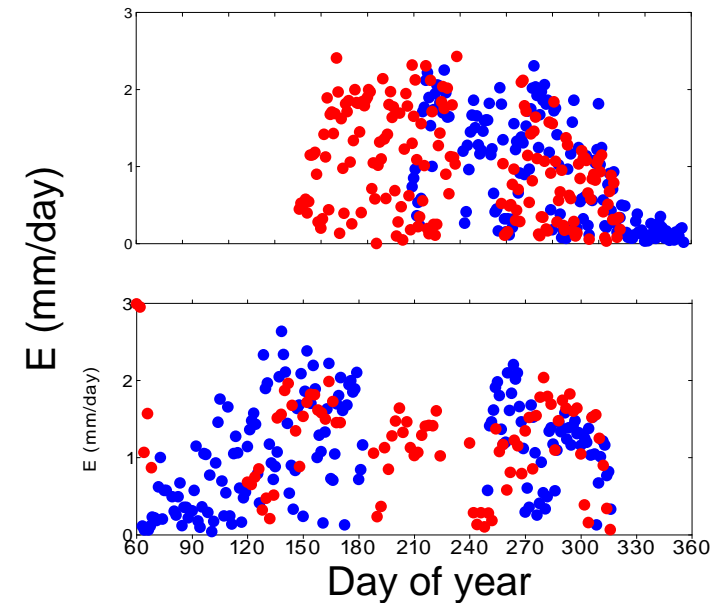
$$g_s = \underline{g_{s\max}} \cdot \underline{f_1(R_n)} \cdot \underline{f_2(D)} \cdot \underline{f_3(\theta_{soil})}$$

Jarvis式 Eq[1]

$$E = \frac{s(\underline{R_n} - \underline{G}) + \lambda \gamma \underline{g_w} \frac{D}{P}}{s + \gamma}$$

Penman-Monteith式 Eq[2]

—— 生物データ  
—— 気象データ

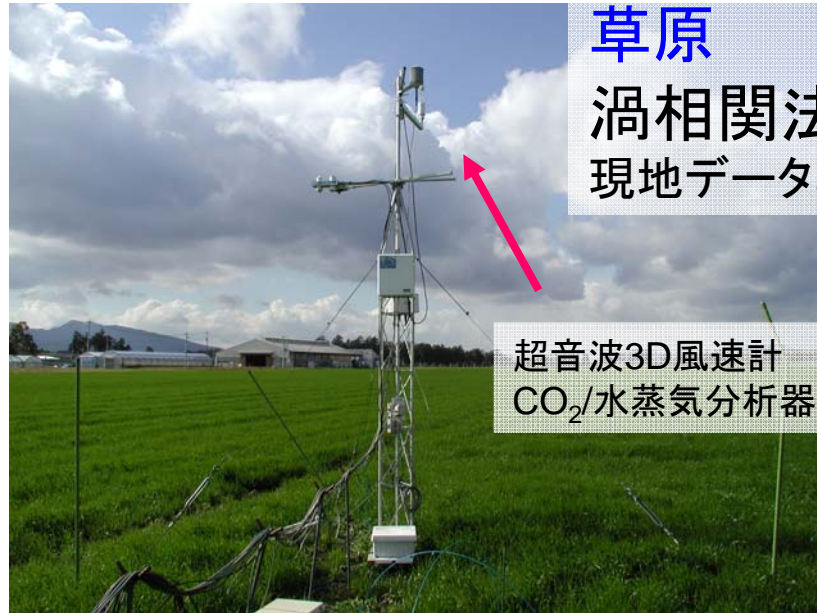




# 手法

## 草原

渦相関法(水蒸気フラックスの観測)  
現地データとの比較(ライシメーター法)



超音波3D風速計  
CO<sub>2</sub>/水蒸気分析器



## 森林

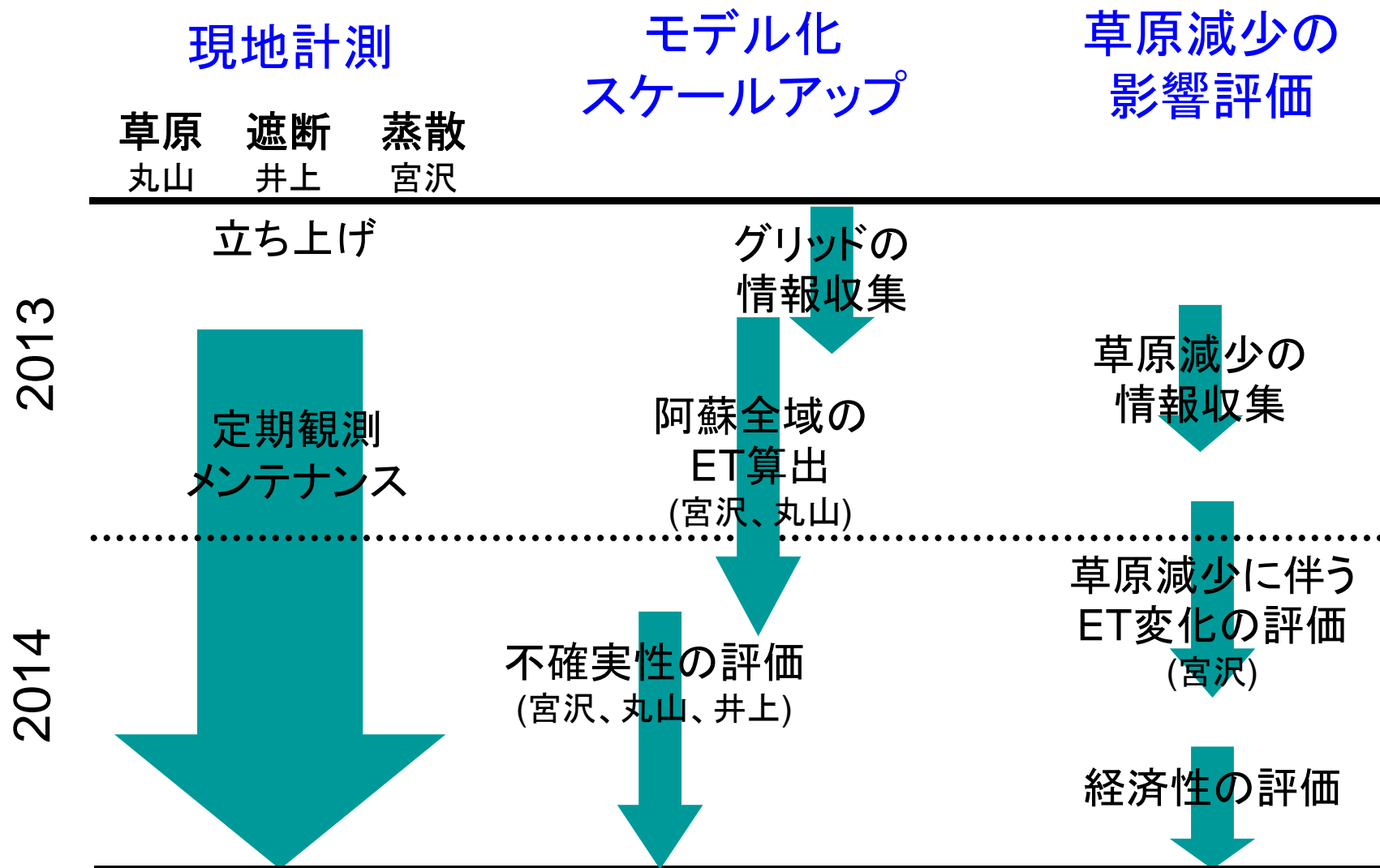
雨水配分 & 樹液流計測

樹木による蒸散と遮断蒸発を個別に計測

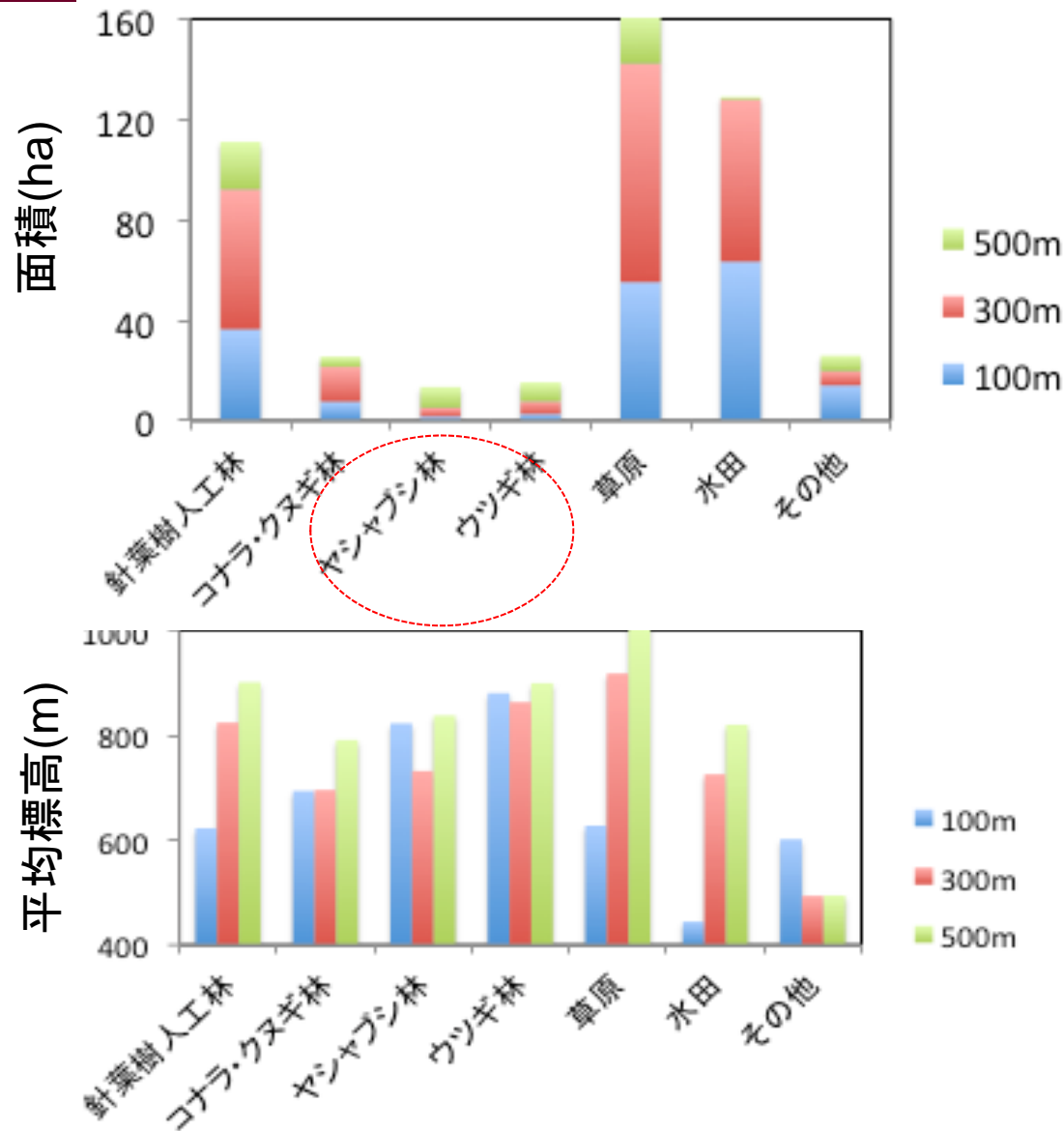


遮断蒸発  
= 林外雨 - 林内雨

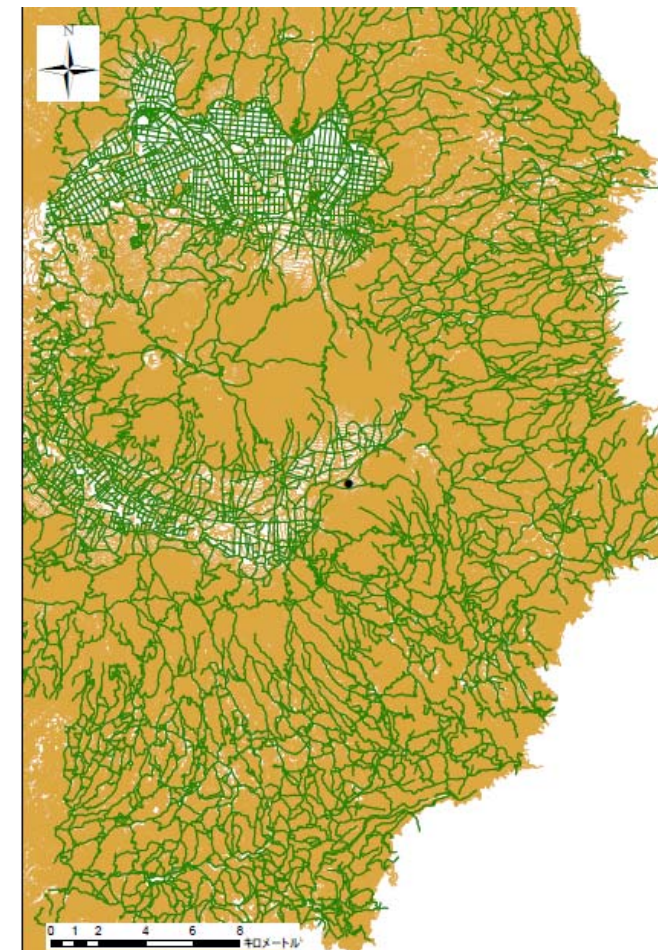
# スケジュール



# 結果・各植生の分布の特徴



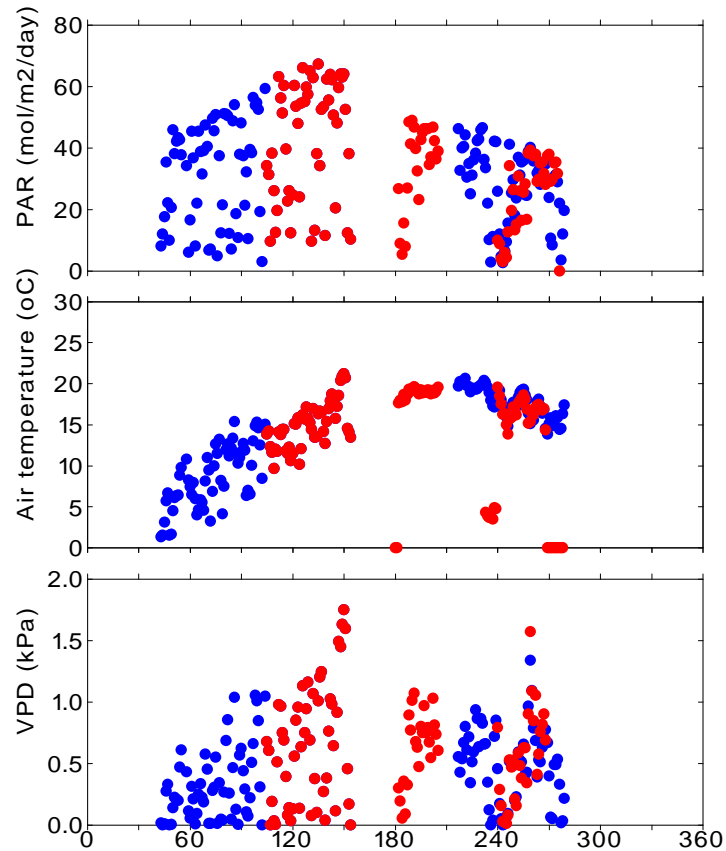
林道からの距離のある  
地点が灌木林化



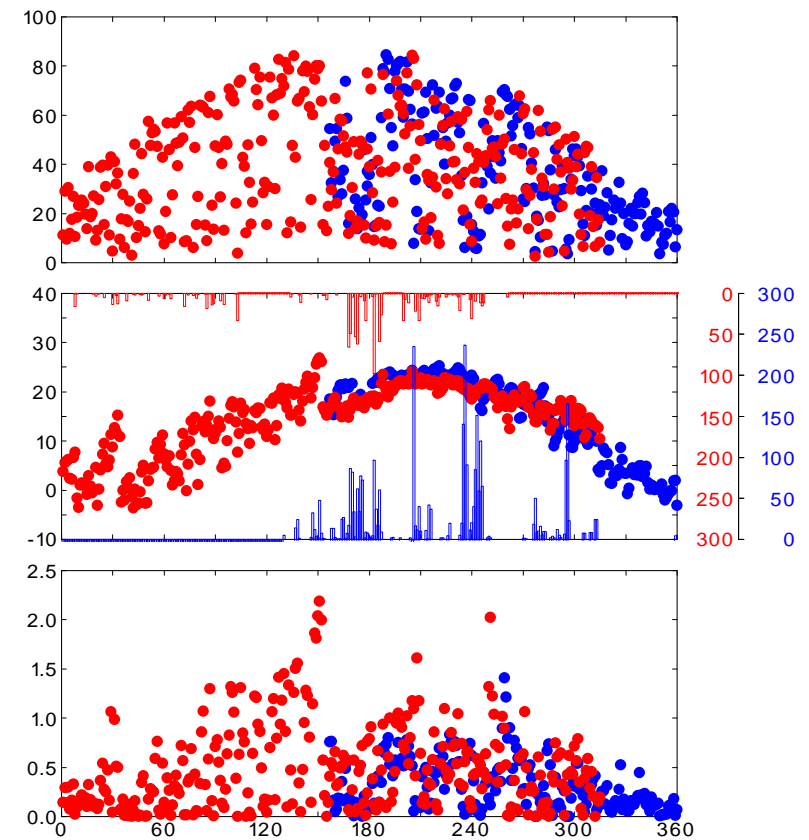


# 結果・気象条件

## 仙酔峡(灌木林)



## 南阿蘇(針葉樹林、草原)



# ETの季節的・地理的変異

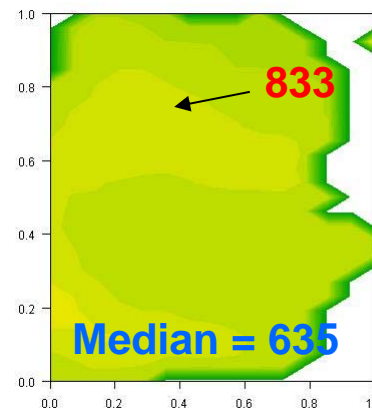
蒸散の大半は4月下旬から  
10月まで(全体の8-9割)

同じ地点では、ETは  
針葉樹林 > 草原 > 灌木林  
(蒸散速度)

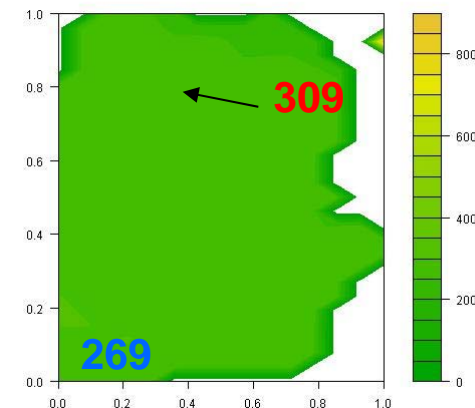
針葉樹林、草原 > 灌木林  
(遮断蒸発)

針葉樹林 > 草原、灌木林

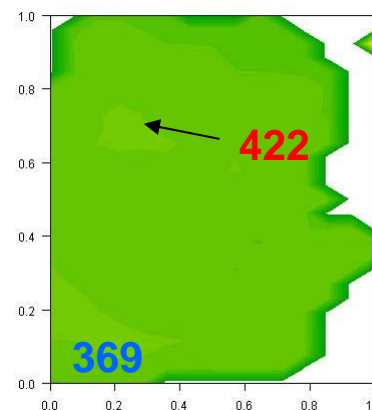
針葉樹人工林



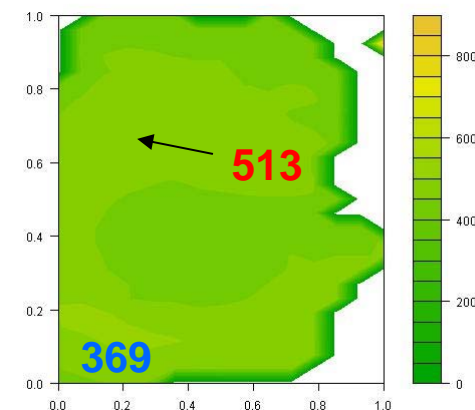
灌木林



草原



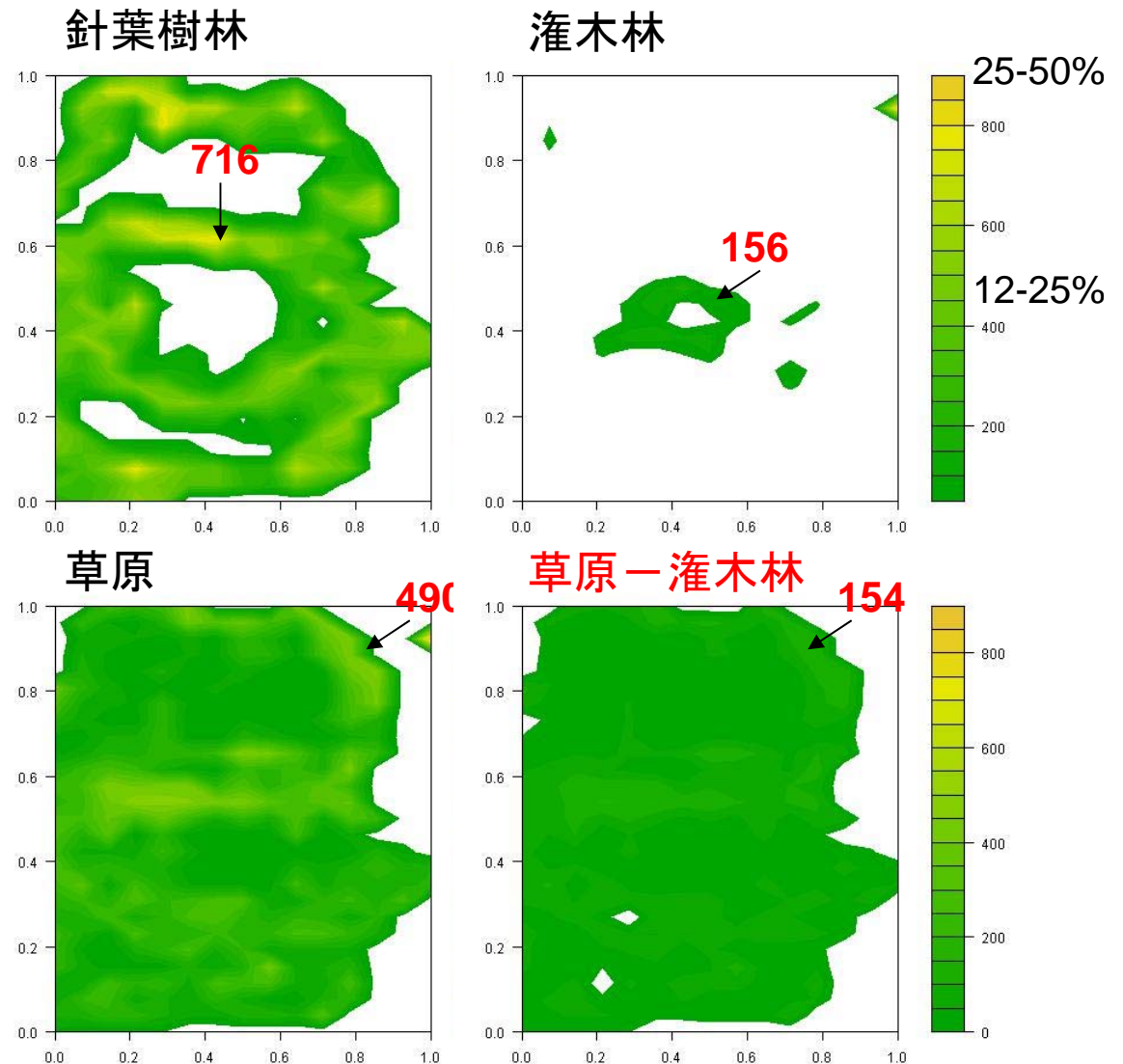
水田



## 各地のET

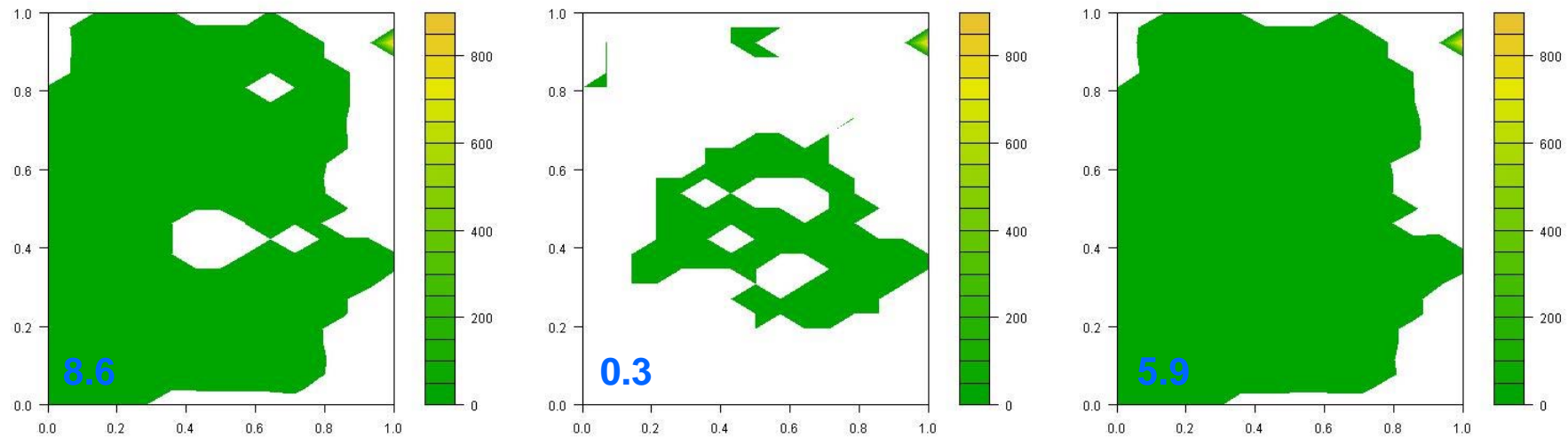
- ETは各地点での面積を強く反映
- 低標高でETが高い傾向
- 草原から灌木林への移行はETの減少をもたらす

\*ET × 占有面積 / グリッド面積



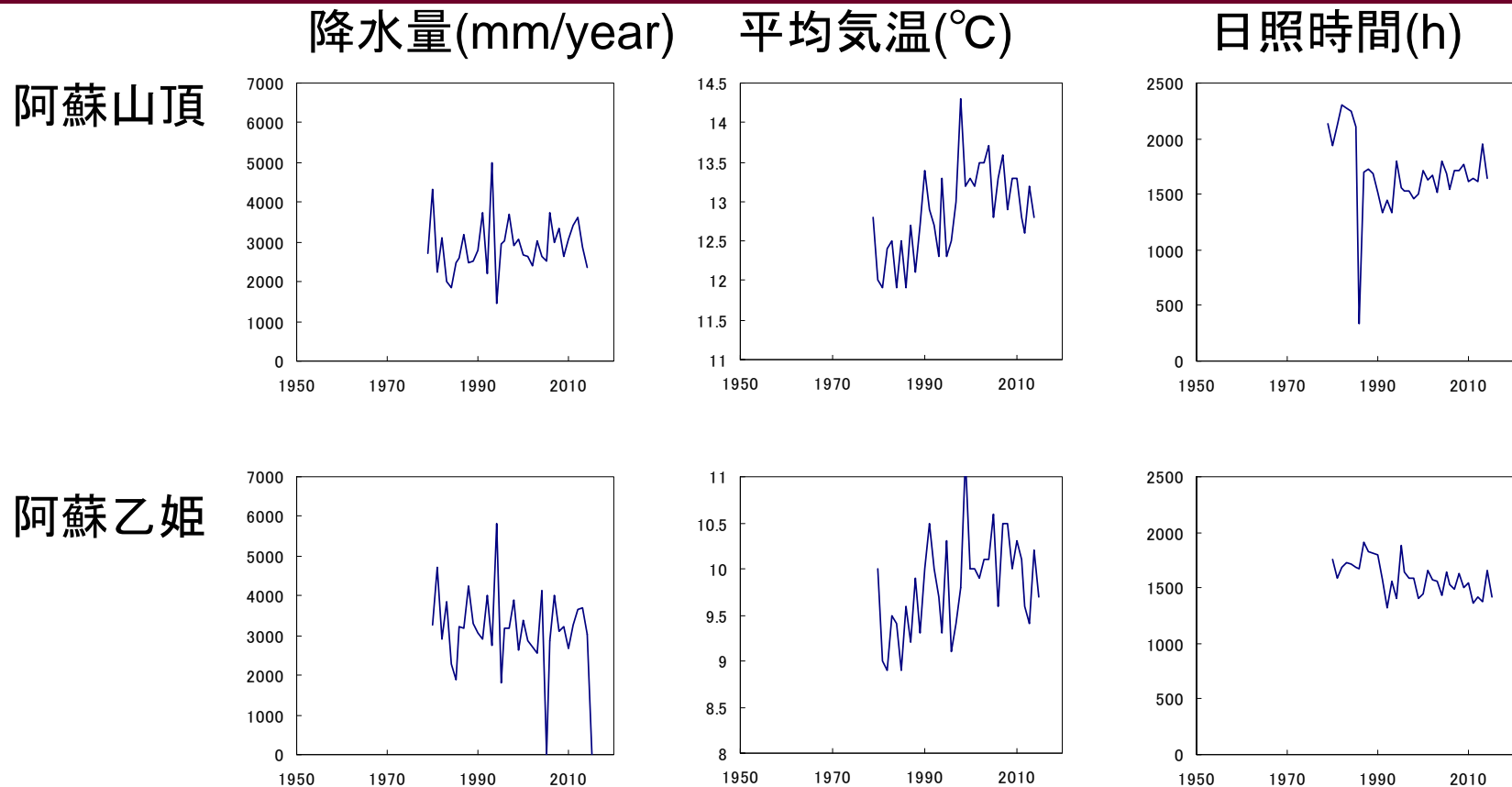


# ETの不確実性



1999-2008年のETはきわめて安定(日射、降水量、気温の変化が微小)  
年々変動よりも植生間のETの差のほうが大きい

# ET増大はあったのか？

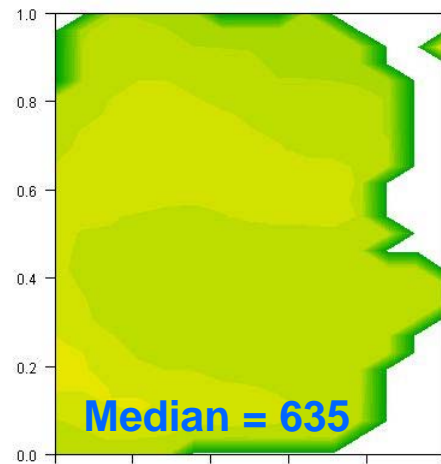


阿蘇山頂 1982 3865 mm / 9.4°C / 1730 h  
2008 3241 mm / 10.5°C / 1506 h

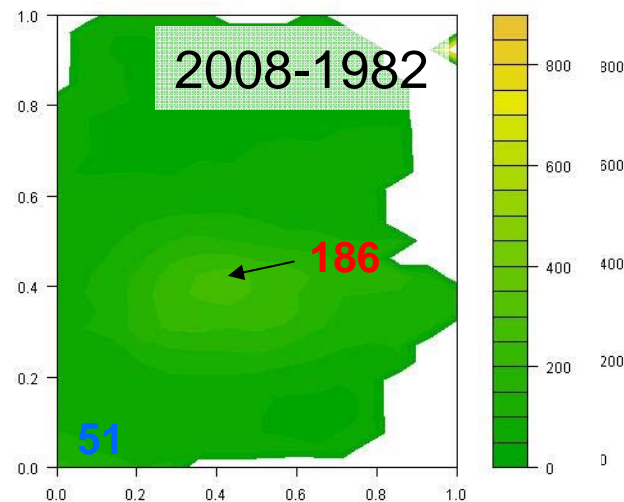
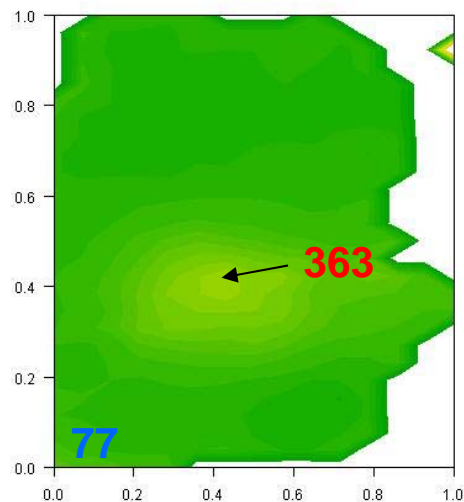
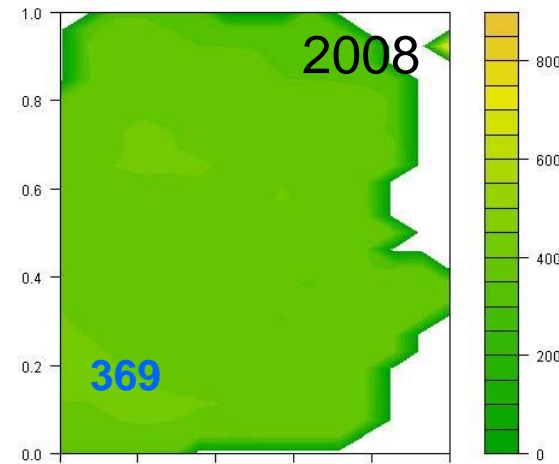
阿蘇乙姫 1982 3107 mm / 12.4 °C/ 2116 h  
2008 3327 mm / 12.9 °C/ 1763 h

# 25年間で各地・各植生のETが増大

針葉樹人工林



草原





# 結論 草原保全と水資源涵養の関係



## 草原の灌木林への移行は蒸発散を増やさない

- 水資源涵養を共通目的とした、他活動との一体化は難しい
- 草原の保全は別の目的を掲げて推進するべきである
- ススキ植生については、別途評価が必要？

## 地下水減少は、温暖化によるET増加が原因？

- 短期的な蒸散の抑制が草原では現れる可能性？

# 結論 既存研究との乖離の原因



草原のETが低い原因は、浅い根系、乾燥による蒸散抑制

(Delgado-Balbuena et al. 2013; cf. Robert and Roiser 2005; Marc and Robinson 2007)

→蒸散は光合成能力と水利用効率の関数：草本で高い  
(Kattage et al. 2009, Sellers et al. 1997)

→土壌乾燥は考えにくい

LAIに大きな違いが見られた

→森林で低いLAI 高ストレス下（火山ガス、低養分、保水性の低い土壌）

遮断蒸発の差が大きかった

→灌木林が霧水を補足していた？

# 謝辞



- (現地機関) 阿蘇自然環境事務所、九州地方環境事務所
- (協力機関) アジア航測、阿蘇グリーンストック、阿蘇草原再生協議会、小堀牧野組合、中松牧野組合、村山牧野組合、南阿蘇ビジターセンター、南阿蘇休暇村
- (事務作業) 中央農研、熊本県立大、九大東アジア環境研究機構、環境省地球環境局総務課研究調査室
- (研究相談・助言) 井鷲祐司教授・小杉緑子助教・小松光准教授(京大)、熊谷朝臣准教授(名大)、Prof. Gaby Katul教授(Duke Univ.)、Prof. TW Giambelluca (Univ. Hawaii Manoa)
- (活動協力者) 高橋佳孝(近畿中国四国農研)、中島慶二(環境省)、桐原章(グリーンストック)、堀苑志乃(九大)、荒木仁(阿蘇市)、田上浩尚(高森町)、くまもと地下水財団、ペンション山林舎、市橋隆二・篠塚賢一・甲斐巻奈・北林恭子(九大)、三小田憲史・北里春香・栃原志保莉・井 郁弥・宮崎彩乃・永野美穂(熊本県立大)

# 参考資料



1. 農業環境情報センター 農業環境研究所 <http://agrienv.dc.affrc.go.jp/>
2. 環境省植生図 <http://www.vegetation.biodic.go.jp/>
3. Jackson RB, Jobbagy EG, Avissar R, Roy SB, Barrett DJ, Cook CW, Farley KA, le Maitre DC, McCarl BA, Murray BC. 2005. *Science* **310**: 1944-1947.
4. Zhang SR, Li QK, Ma KP, Chen LZ. 2001. *Photosynthetica* **39**: 383-388.
5. Jarvis PG, McNaughton KG. 1986. *Advances in Ecological Research* **15**: 1-49.
6. Penman HL. 1948. *Proceedings of the Royal Society of London Series a-Mathematical and Physical Sciences* **193**: 120-145.
7. Delgado-Balbuena J, Arredondo JT, Loescher HW, Huber-Sannwald E, Chavez-Aguilar G, Luna-Luna M, Barretero-Hernandez R. 2013. *Biogeosciences* **10**: 4673-4690.
8. Roberts J, Rosier P, Smith DM. 2005. *Hydrology and Earth System Sciences* **9**: 607-613.
9. Kattge J, Knorr W, Raddatz T, Wirth C. 2009. *Global Change Biology* **15**: 976-991.
10. Sellers PJ, Dickinson RE, Randall DA, Betts AK, Hall FG, Berry JA, Collatz GJ, Denning AS, Mooney HA, Nobre CA, Sato N, Field CB, HendersonSellers A. 1997. *Science* **275**: 502-509.
11. Bush SE, Hultine KR, Sperry JS, Ehleringer JR. 2010. *Tree Physiology* **30**: 1545-1554.
12. 太田徹志, 高比良聡, 中間康介, 吉田茂二郎, 溝上展也. 2013. *日本林学会誌* **95**: 126-133.