

高山帯ハイマツ生態系において 渦相関法で測定した蒸発散の分離

19s6025d 山崎隆広

1. はじめに

研究背景

渦相関法では、**蒸発(E)**と**蒸散(T)**を**蒸発散(ET)**として**連続測定**

蒸発(E)→土壌表面や樹冠の水分量が影響

蒸散(T) →気孔開度による制御



蒸発散(ET)の分離

→蒸発, 蒸散のプロセスをモデル化するために重要

水利用効率の概念を用いた分離手法の提案 (Zhou et al.,2016)

目的

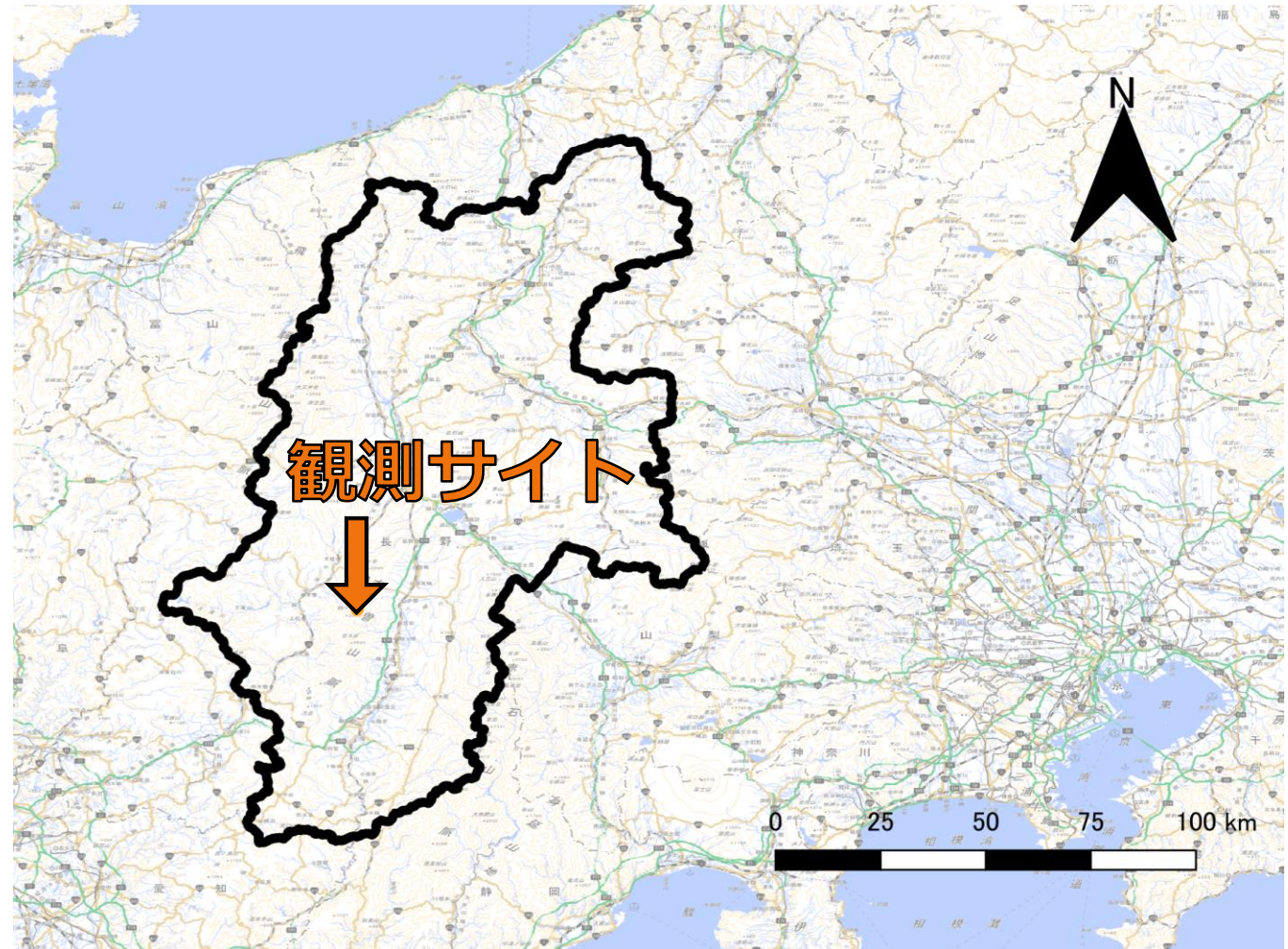
高山帯ハイマツ生態系での渦相関法による蒸発散の連続測定, 分離手法の適用

→ハイマツ生態系からの蒸発・蒸散の制御要因を明らかにする

2. 観測サイト

木曾山脈 将棊ノ頭付近

標高 | 2640 m



国土地理院より引用

3. 方法 | 渦相関法による観測

観測サイトのハイマツ

ハイマツの樹高 | 0.35 m

葉面積指数 | 4.6 (2022年9月)

観測内容

渦相関法 | 蒸発散量, CO₂交換量

気象データ | 風速, 風向, 気温, 日射,
土壌含水率, 葉面の湿り具合

測定期間

2019年6/23~10/21

2020年6月以降~2022年→通年で観測

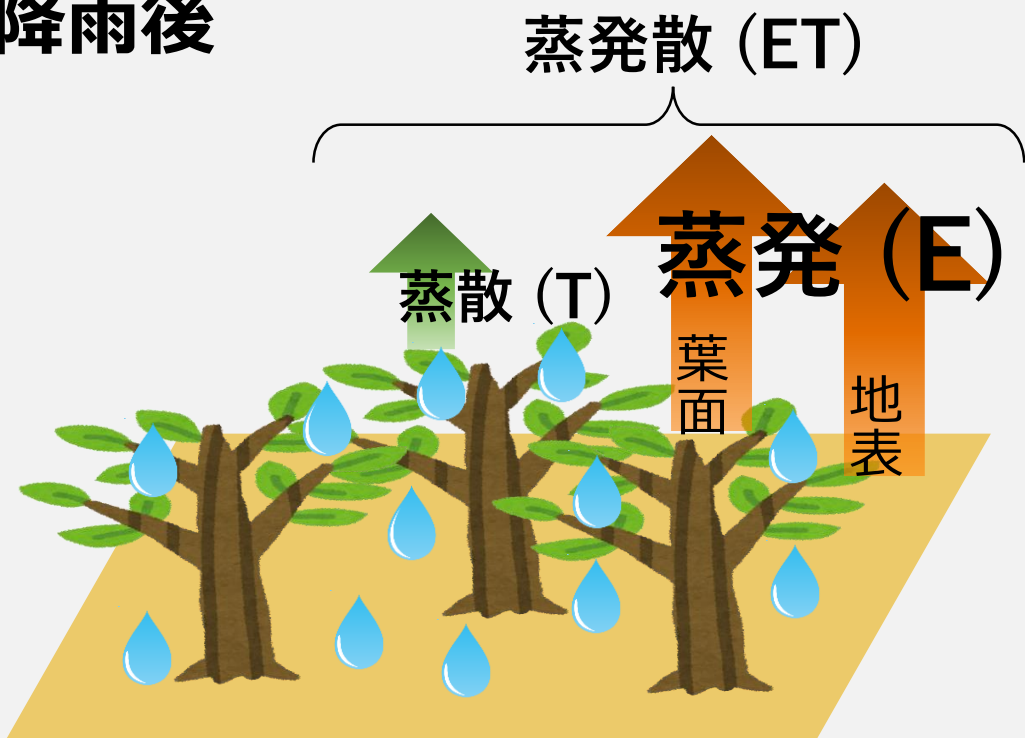


観測サイトの様子

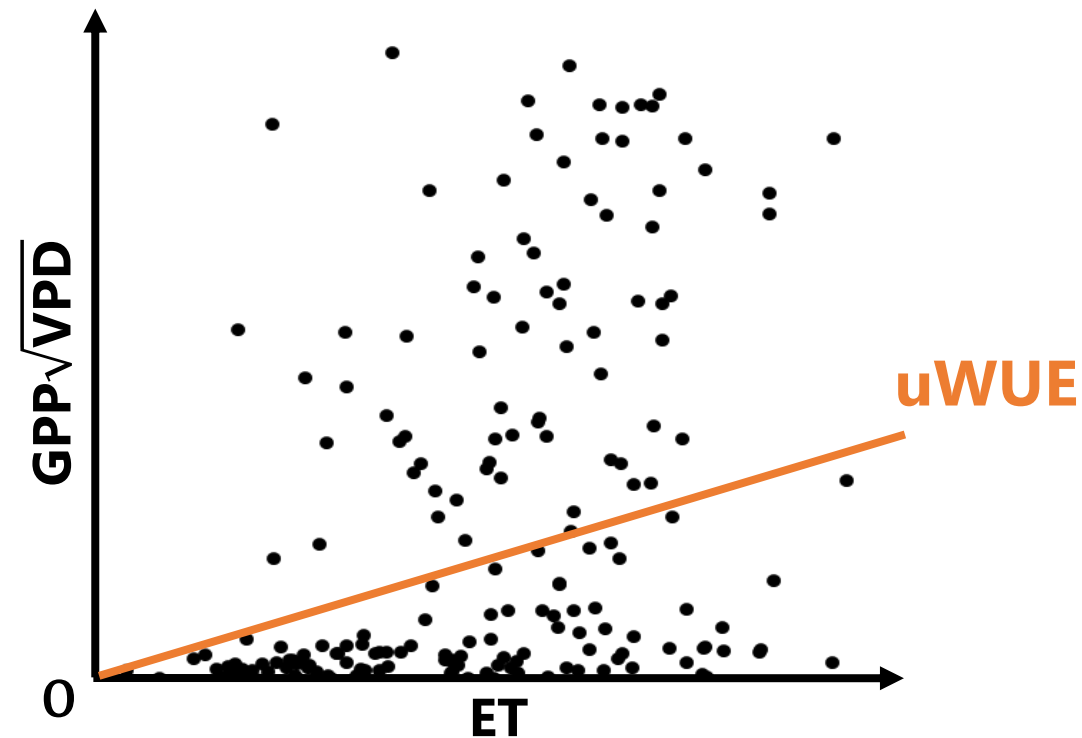
3. 方法 | 蒸発散の分離手法

生態系スケールの水利用効率を $uWUE = \frac{GPP\sqrt{VPD}}{ET}$ で定義 (GPP=総一次生産量, VPD=飽差)

降雨後



樹冠と地表面が濡れる
→蒸発 (E) が増加



$uWUE$ を直線の傾きとして図示

傾きが緩 → $uWUE$ は小

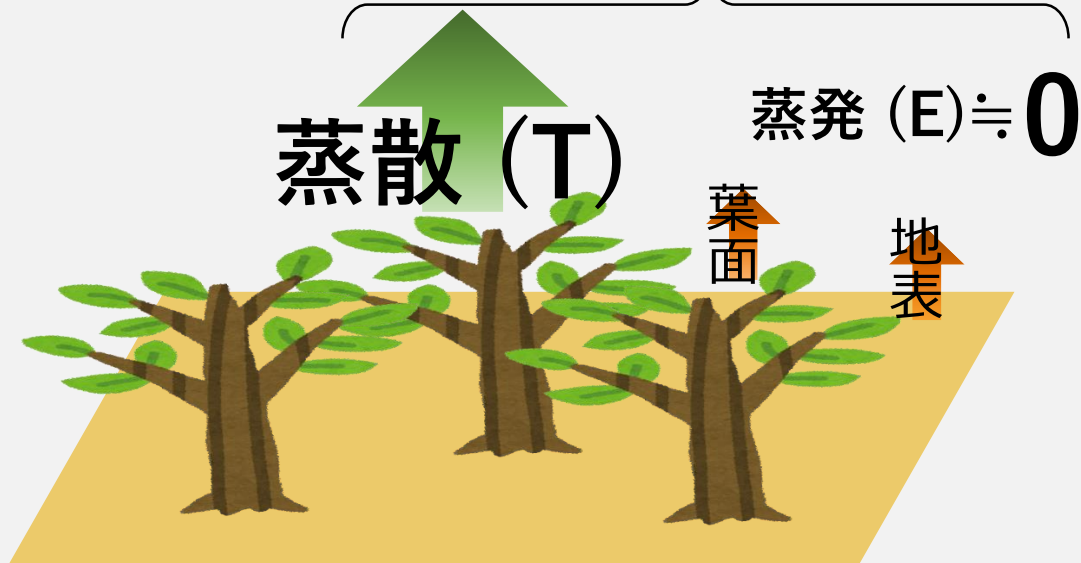
3. 方法 | 蒸発散の分離手法

生態系スケールの水利用効率を $uWUE = \frac{GPP\sqrt{VPD}}{ET}$ で定義 (GPP=総一次生産量, VPD=飽差)

樹冠と地表面乾燥時

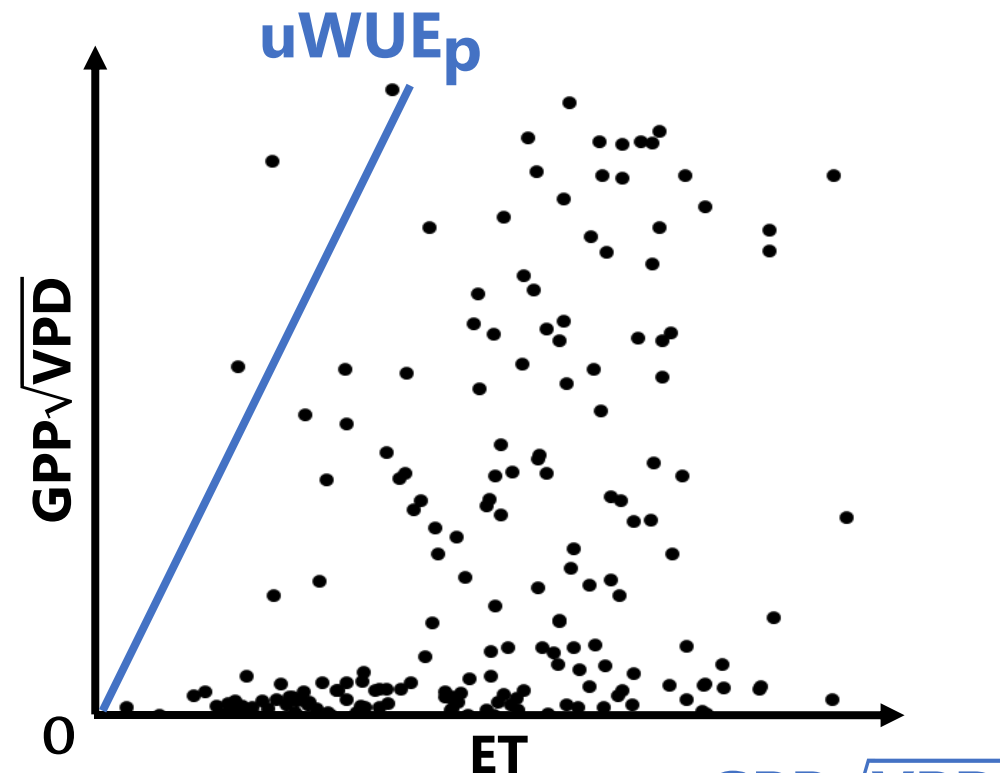
$$\text{蒸発散 (ET)} \doteq \text{蒸散 (T)}$$

$$\text{蒸発 (E)} \doteq 0$$



樹冠と地表面が乾燥

→ 蒸発 (E) が 0 に近づく

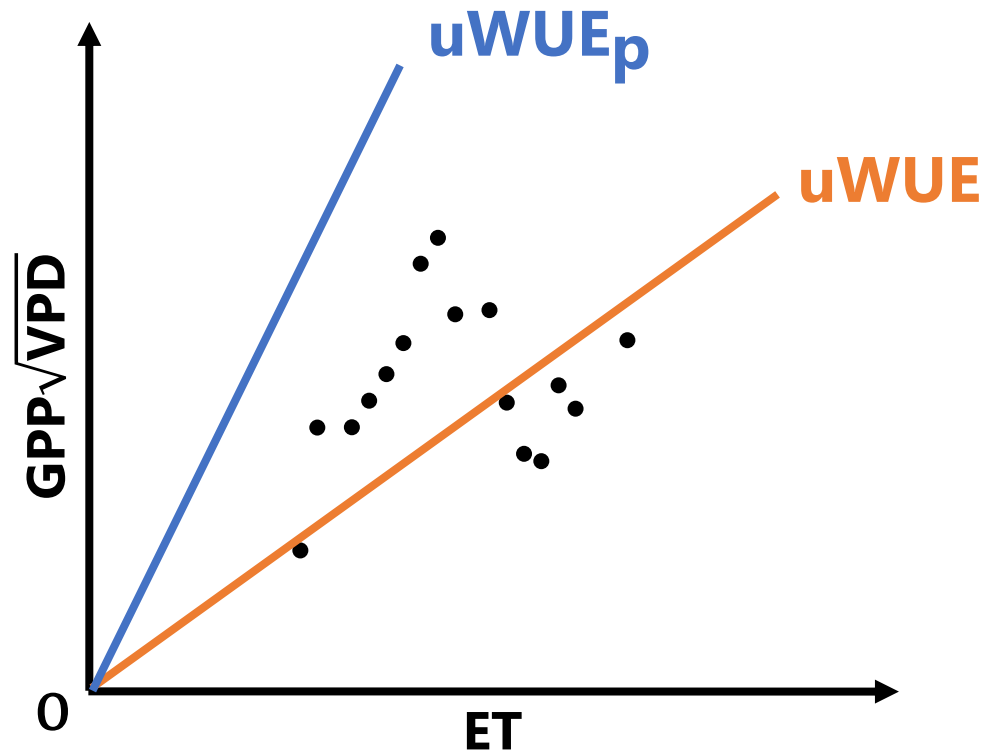


$$\text{最大のとき } uWUE_p = \frac{GPP\sqrt{VPD}}{T}$$

→ 年毎に95分位回帰法で傾きを算出

3. 方法 | 蒸発散の分離手法

生態系スケールの水利用効率を $uWUE = \frac{GPP\sqrt{VPD}}{ET}$ で定義 (GPP=総一次生産量, VPD=飽差)



$$\frac{uWUE}{uWUE_p} = \frac{\frac{GPP\sqrt{VPD}}{ET}}{\frac{GPP\sqrt{VPD}}{T}} = \frac{T}{ET}$$



蒸散量の寄与率を得る

$$uWUE = \frac{GPP\sqrt{VPD}}{ET}$$

→ 1日毎に線形回帰で傾きを算出

3. 方法 | 個葉の観測

観測方法

携帯型光合成蒸散測定装置を使用
(LI-COR社製 LI-6400)

観測マストの東側の当年葉群を対象に
6サンプル × 11回 測定

純光合成速度, 蒸散量を
個々の葉面積あたりに換算
→暗呼吸速度より総光合成速度に換算

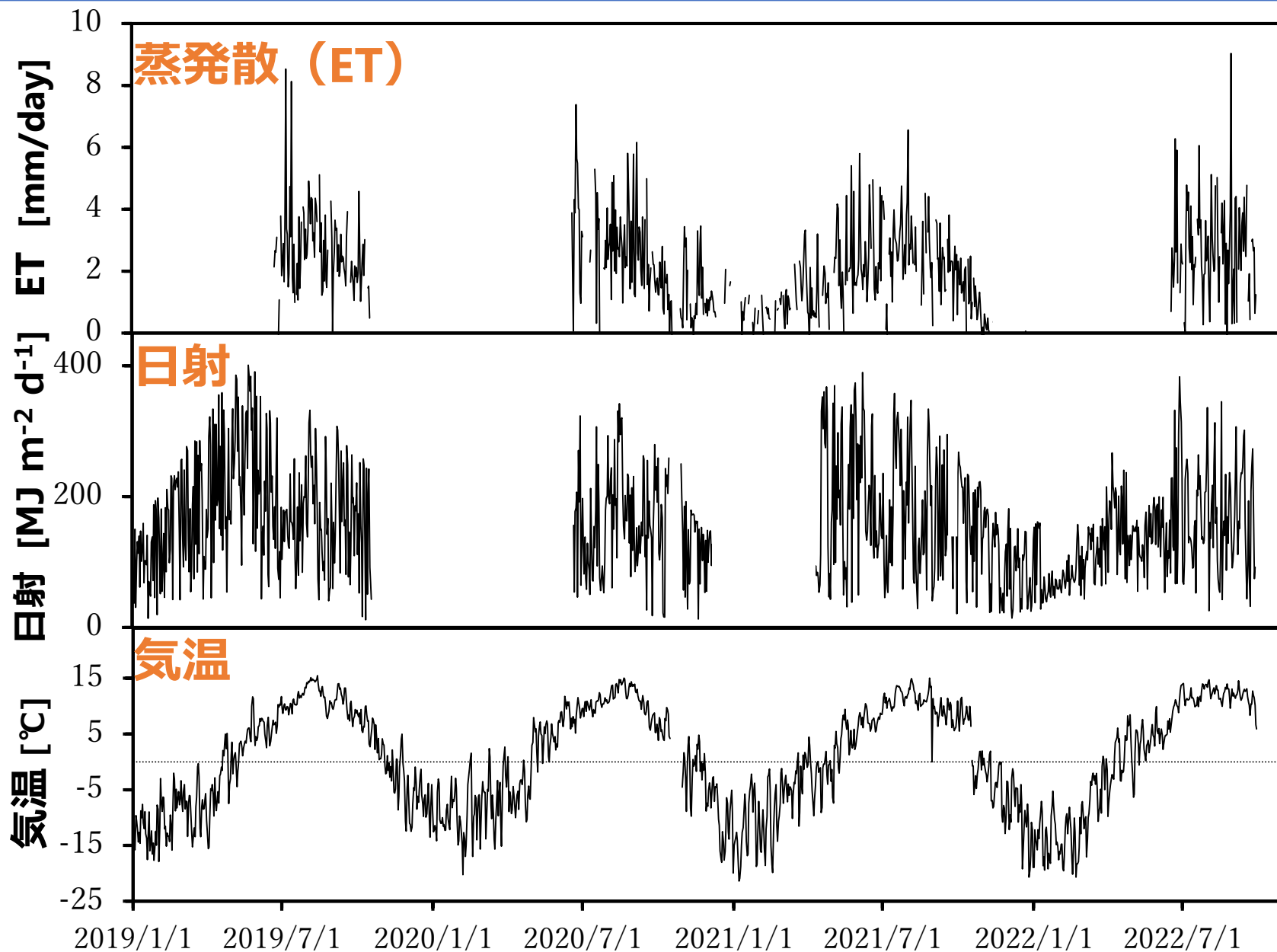
測定期間

2021年 7月30, 31日



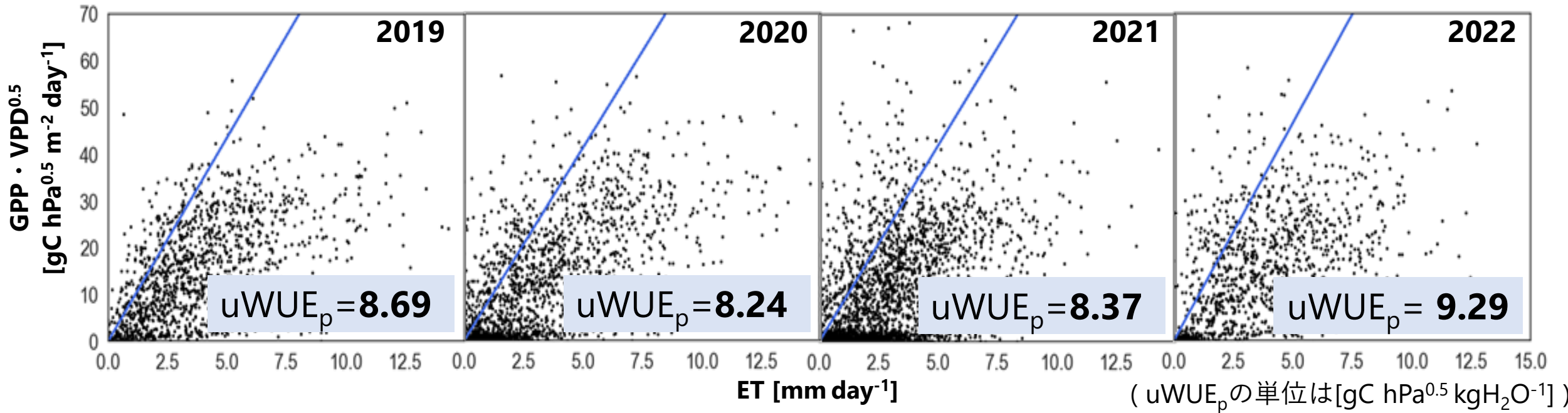
LI-6400によるのハイマツ個葉の観測
観測は鎌倉ら (京都大学) により実施

4. 結果 | 蒸発散 (ET) の季節変化



冬 | 蒸発散 (ET) が小さい
夏 | 蒸発散 (ET) が大きい

4. 結果 | ハイマツ生態系の最大水利用効率 ($uWUE_p$)



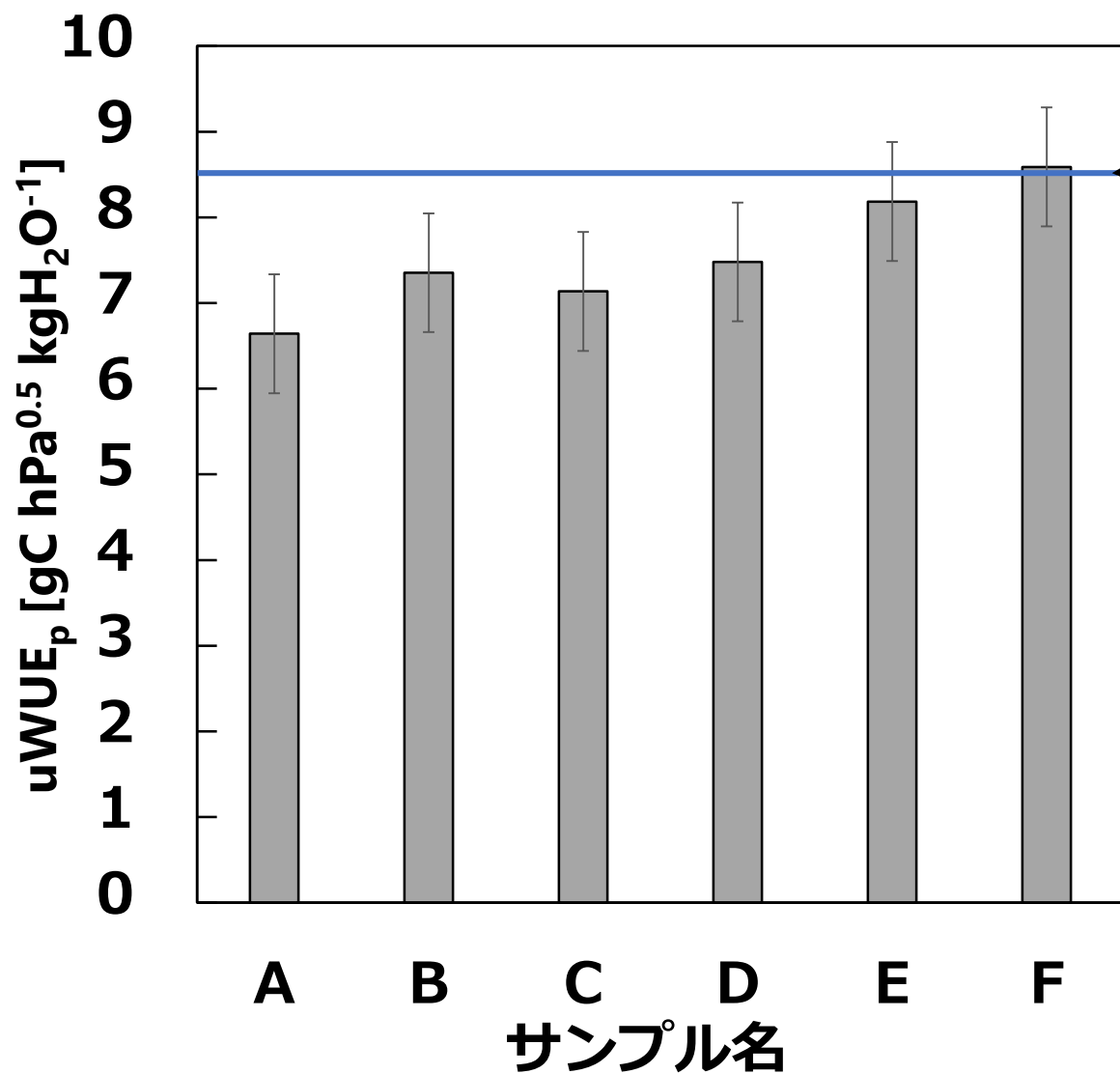
■ 先行研究の年間 $uWUE_p$

農作地		12.97 $gC \text{ hPa}^{0.5} \text{ kgH}_2\text{O}^{-1}$
落葉広葉樹林		16.05 $gC \text{ hPa}^{0.5} \text{ kgH}_2\text{O}^{-1}$
草地		12.93 $gC \text{ hPa}^{0.5} \text{ kgH}_2\text{O}^{-1}$
常緑針葉樹林		12.48 $gC \text{ hPa}^{0.5} \text{ kgH}_2\text{O}^{-1}$

ハイマツ生態系における $uWUE_p$ の年毎の違いは少ない

先行研究の農作地や常緑針葉樹林の $uWUE_p$ よりも小さい

4. 結果 | 個葉スケールの水利用効率



(エラーバーはサンプル間の標準偏差)

2019-2022の生態系スケール

平均 $uWUE_p = 8.69 \pm 0.36 \text{ gC hPa}^{0.5} \text{ kgH}_2\text{O}^{-1}$

個葉スケール

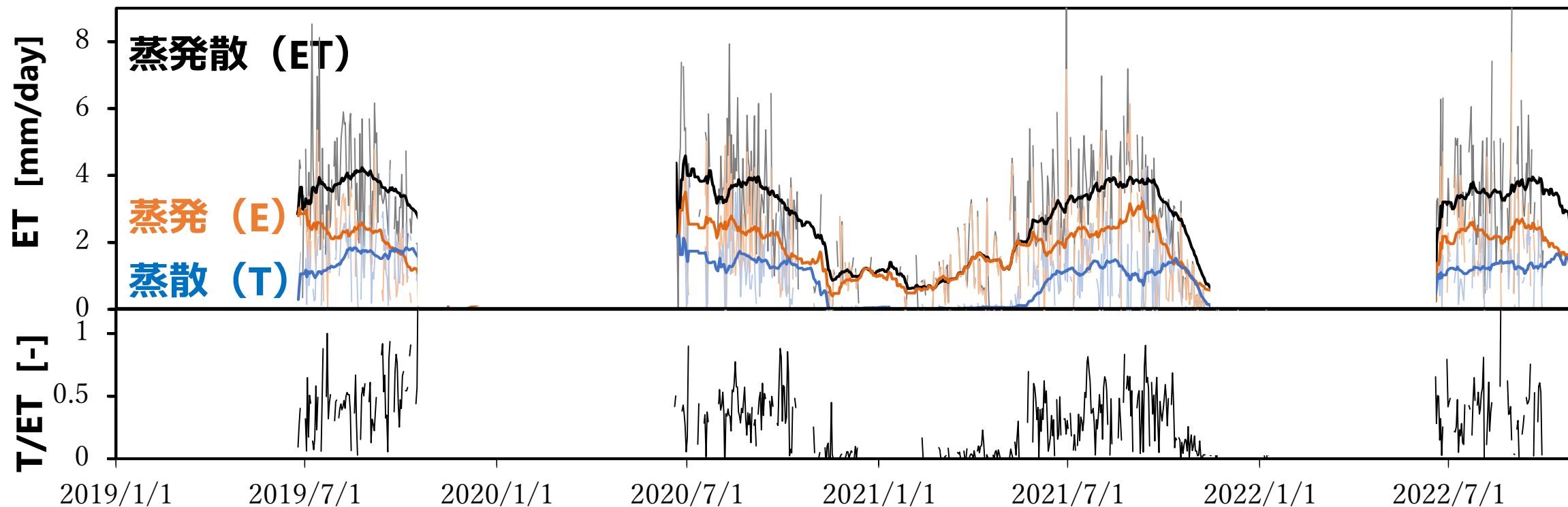
平均 $uWUE = 7.56 \pm 0.65 \text{ gC hPa}^{0.5} / \text{kgH}_2\text{O}^{-1}$

→生態系スケールと同程度の値



生態系スケールの値の妥当性

4. 結果 | 蒸発散 (ET) の分離結果



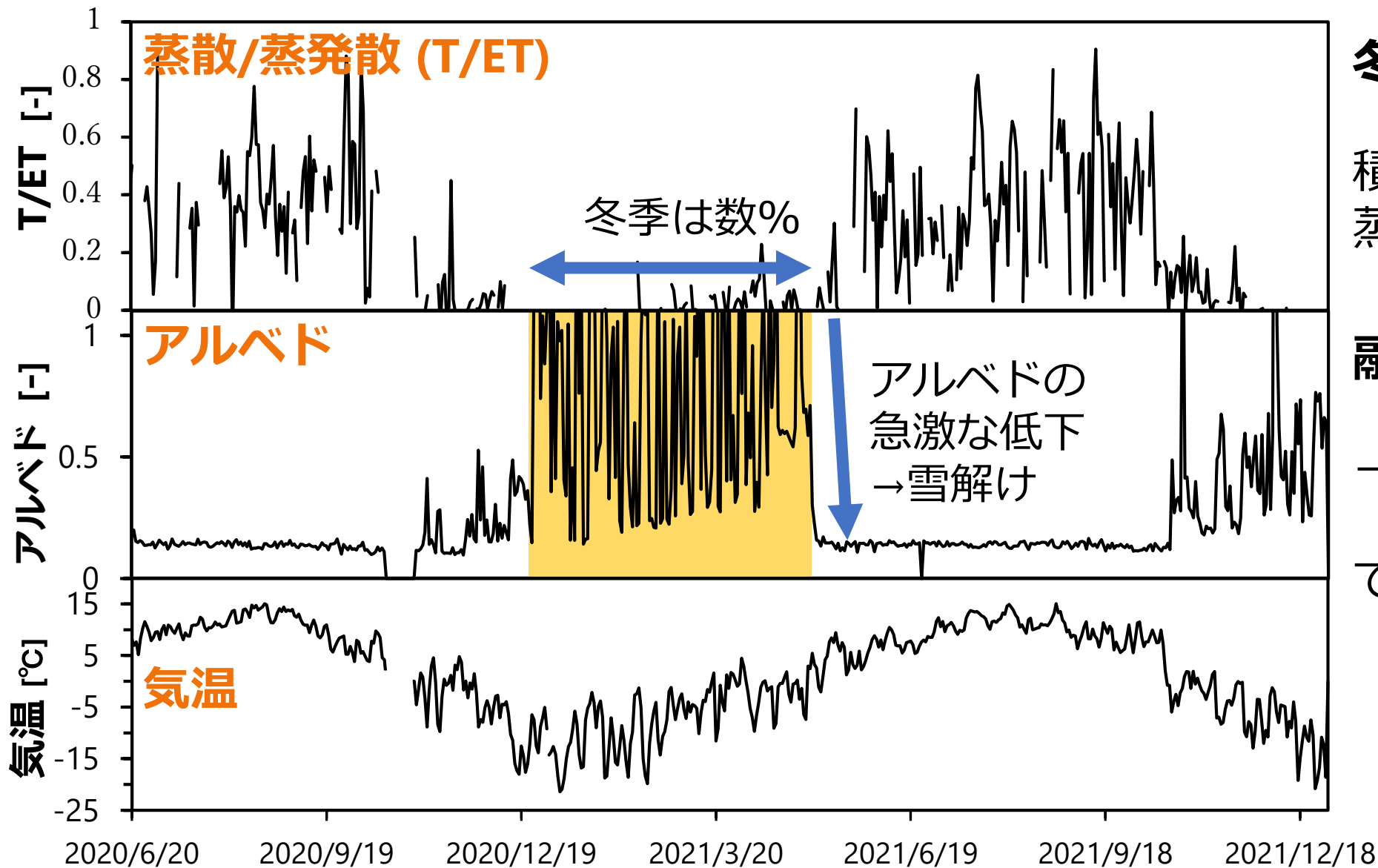
■ 先行研究のT/ET

農作地 (コーン)		0.69	落葉広葉樹林		0.52
農作地 (ダイズ)		0.62	草地		0.59
			常緑針葉樹林		0.64

■ ハイマツ生態系のT/ET

2019年-2022年, 通年		0.30
2019年-2022年, 7月-9月		0.39

4. 結果 | 蒸散の寄与 (T/ET) の季節変化



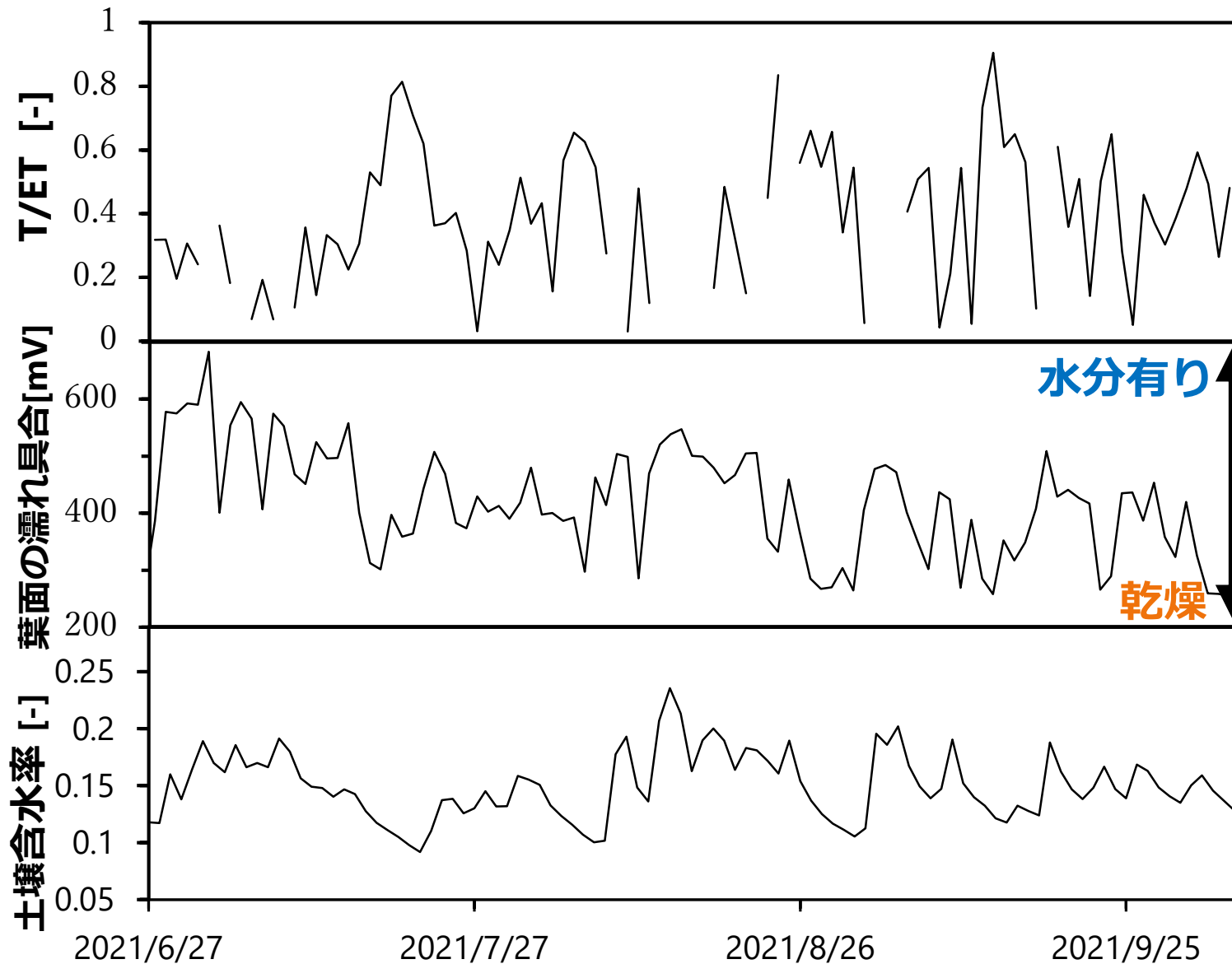
冬季

積雪と低温により
蒸散の寄与は数%

融雪後

→蒸散の寄与
(T/ET) は0~90%
で**大小を繰り返す**

4. 結果 | 蒸散の寄与 (T/ET) の季節変化【2021年 夏秋】



葉面の**乾燥**に伴い
蒸散の寄与が**増加**

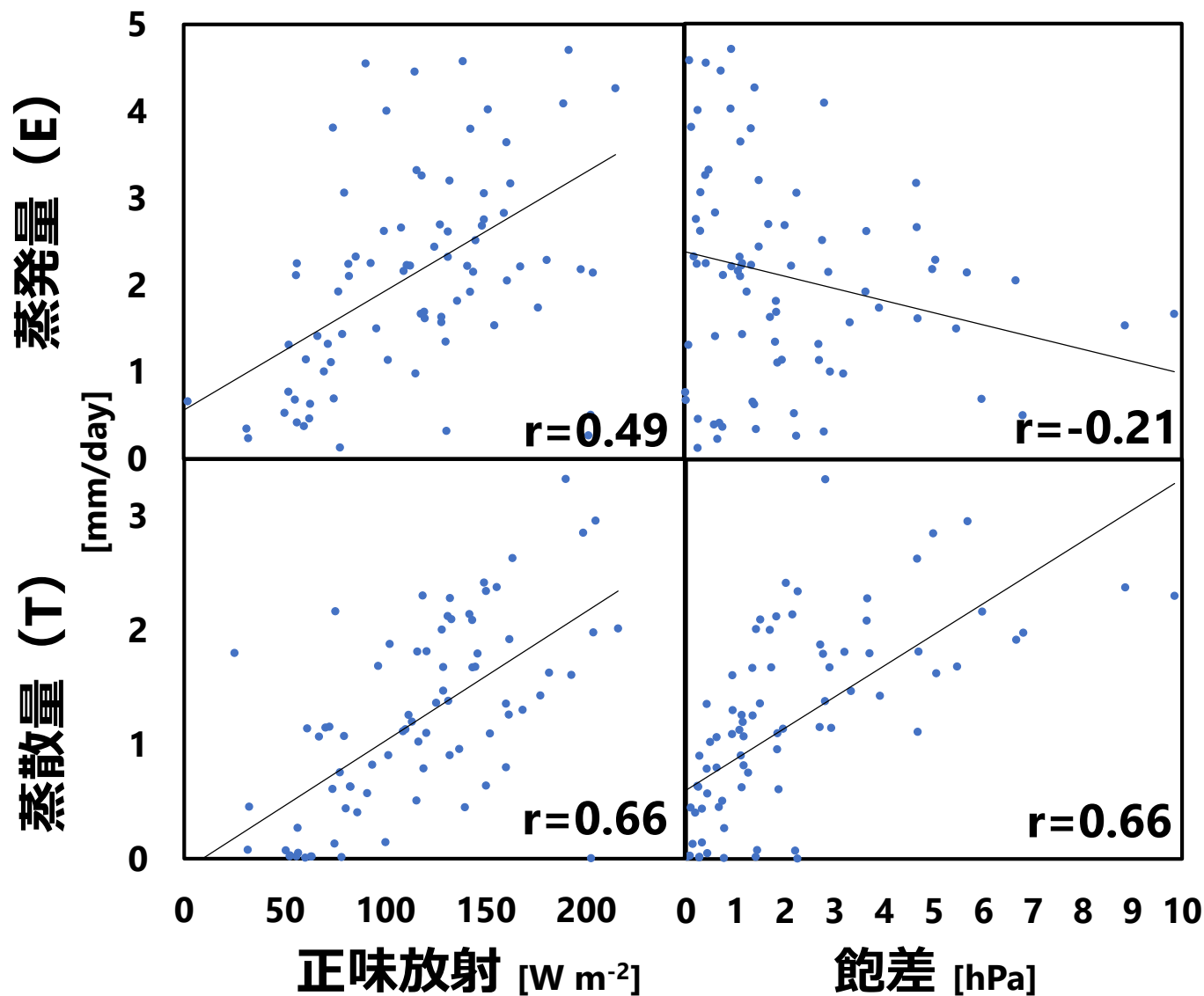
相関係数 = -0.69で**負の相関**

水分有り

乾燥

分離結果は定性的に
妥当

4. 結果 | 蒸発と蒸散の制御要因



(2022年7月-9月の昼間のデータを使用)

蒸散量と正味放射, 飽差
→ 正の相関

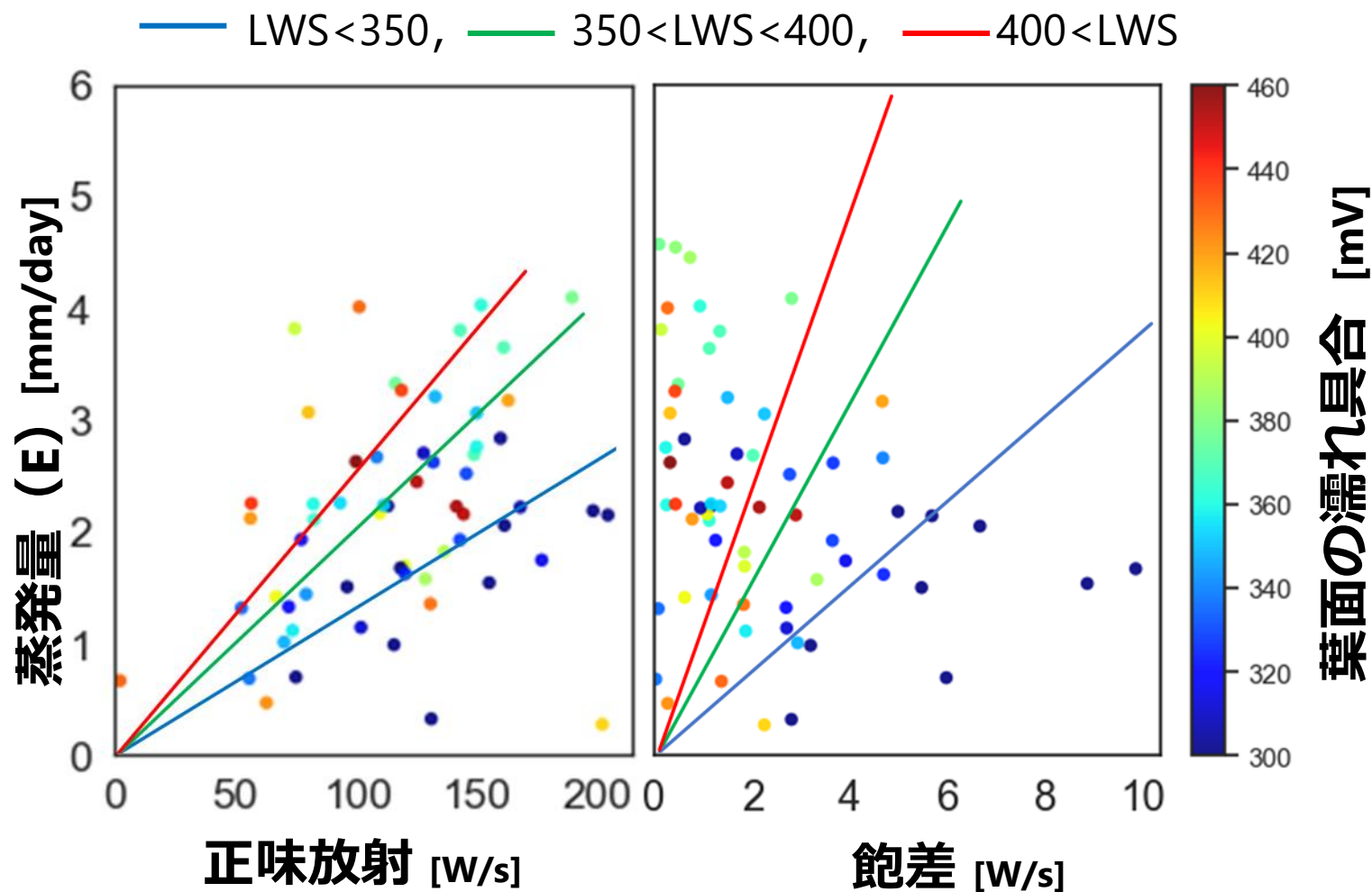
蒸発量と正味放射
→ 弱い正の相関

蒸発量と飽差
→ 相関がない



蒸散量は
正味放射, 飽差によって制御される

4. 結果 | 蒸発と蒸散の制御要因



(2022年7月-9月の昼間のデータを使用)

正味放射, 飽差が同程度
→ 葉面の濡れ具合に伴い,
蒸発量が増加

正味放射, 飽差と
蒸発量の回帰直線の傾き
→ 葉面の濡れ具合毎に有意な差



蒸散量は
正味放射, 飽差
+
葉面の濡れ具合で制御される

5. まとめと結論

まとめ

高山帯ハイマツ生態系において**分離手法**を適用した結果、**蒸散量**の割合の時間変化が得られた

最大水利用効率は、年毎の差は少なく、**個葉スケールとも近い値**
→最大水利用効率の**妥当性**

冬季は低温と積雪のために蒸散は抑制

夏季は葉面が濡れているときに蒸発が起これることで蒸散の寄与は相対的に減少
→分離手法の妥当性が確認された

結論

蒸散量は**正味放射**、**飽差**によって**制御**されていた

正味放射、**飽差**が**蒸発量**に与える影響は、**葉面の濡れ具合**を用いて定量化できた