

# 樹に寄り添って44年

## ～温帯林から北方林、そして熱帯林へ～



稻武演習林(愛知県)



北方林(スウェーデン北部)



ジャックフルーツ林(マレーシア)



マングローブ林(沖縄本島)

写真提供:名古屋大学森林生態生理学研究室

森林・環境資源科学専攻  
森林生態学研究室

小川一治

# 温帯林：名古屋大学での学部生・大学院生の頃

毎年夏休み(8月)の伐倒調査：“手を汚す”



新城営林署 段戸国有林59年生ヒノキ人工林

# 岐阜宮林署緑ヶ丘種苗事業所内のヒノキの苗畠

当年生



床替え

1年生



据え置き

2年生



据え置き

密植



## ヒノキ林

### 林分の光合成能率の変化

葉の光合成能率の指數：

NPP/林分葉量比

(Kira and Shidei 1967; Tadaki  
1977)

NPP: 純一次生産量

(Net Primary Production)

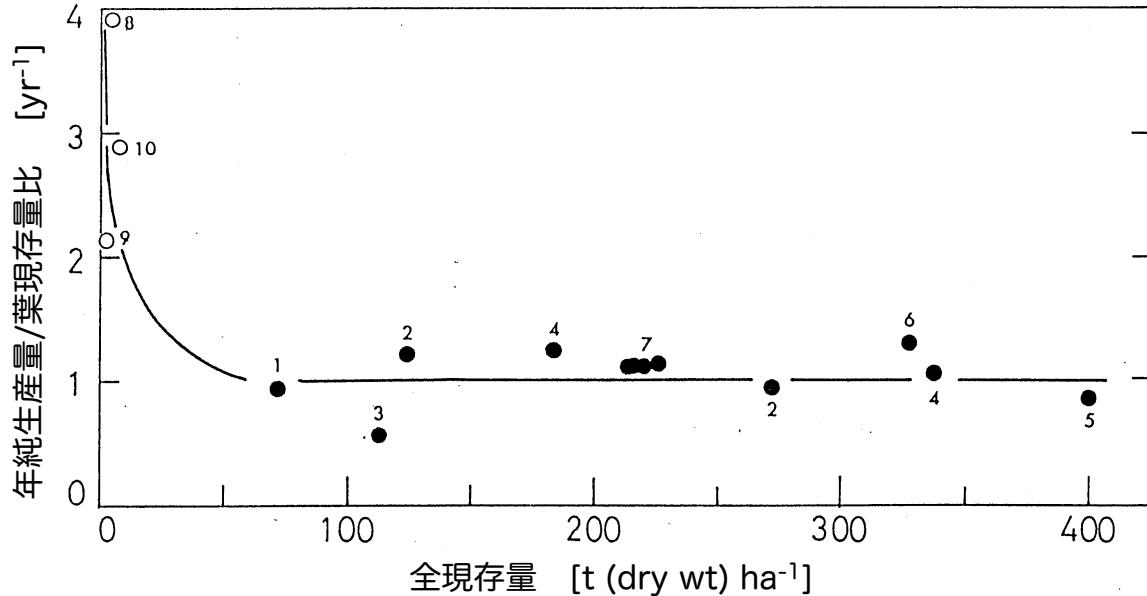
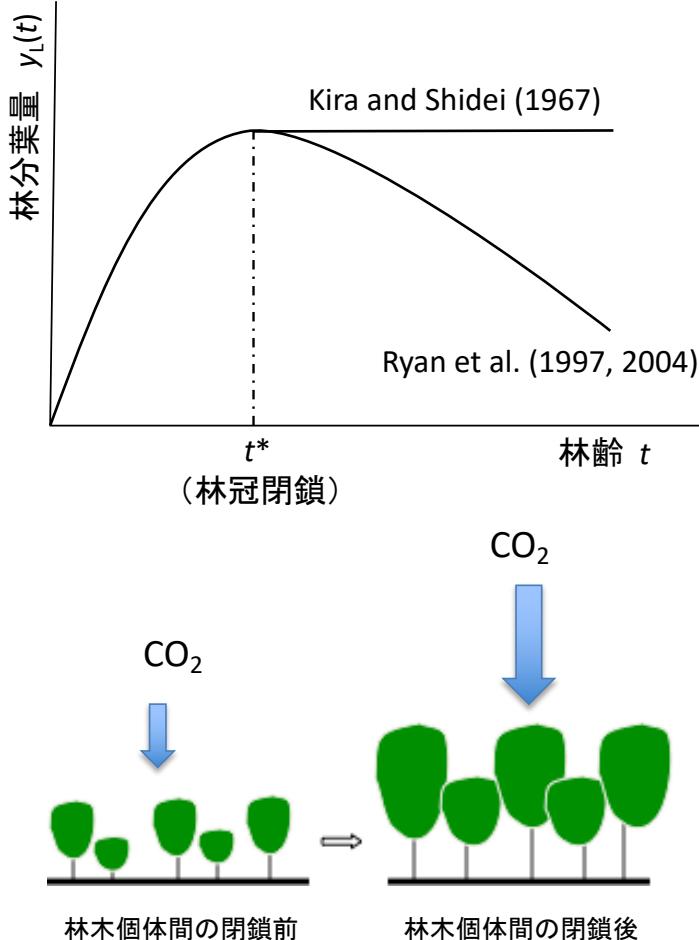


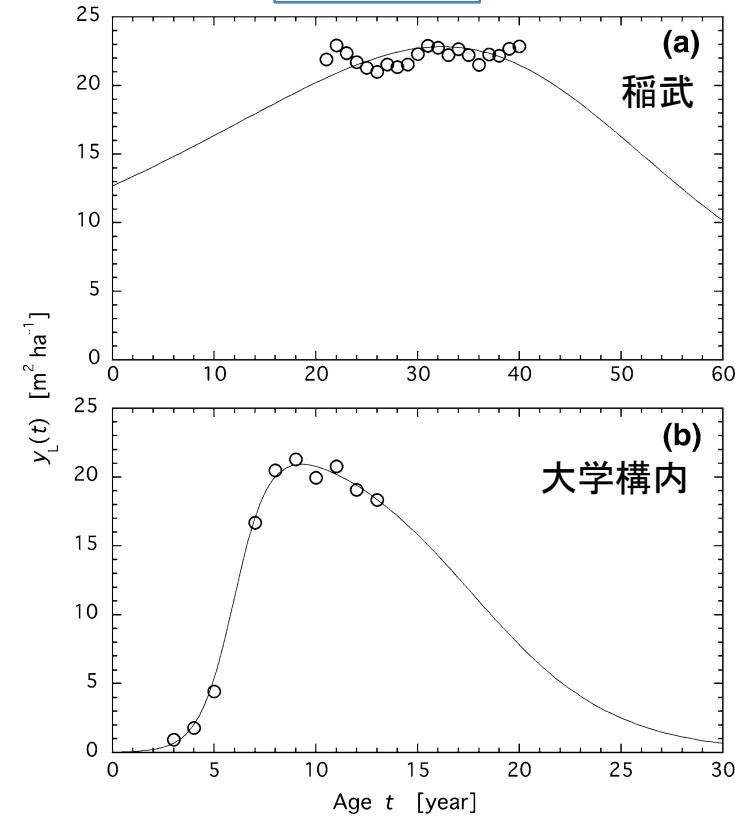
図 8-1. ヒノキ人工林における全現存量の増加にともなう年純生産量/葉現存量比の変化

図中の数字は以下の資料と対応する：1, Hagihara and Hozumi 1983; 2, 川原ほか 1973; 3, 宮浦 1983; 4, Saito 1977; 5, 斎藤 1982; 6, 只木ほか 1966; 7, 竹内ほか 1975; 8, 当年生苗；9, 1年生苗；10, 2年生苗

# 林分葉量の変化に関する仮説



# ヒノキ林



**Fig. 4** Application of Ogawa's (2012) model (Model I) to the leaf biomass data on mature (a) Sumida et al. 2013 and young (b) Ogawa et al. 1988, 2010 *Chamaecyparis obtusa* stands

(Ogawa 2007, *Journal of Ecology*; Ogawa 2017, *Trees*)

# 林分呼吸量の変化

## ヒノキ林

- (a) 大畠・四手井モデル (1974)  
(仮定1) 自己間引きの $3/2$ 乗則  
(仮定2) 単木呼吸  $\propto$  単木表面積

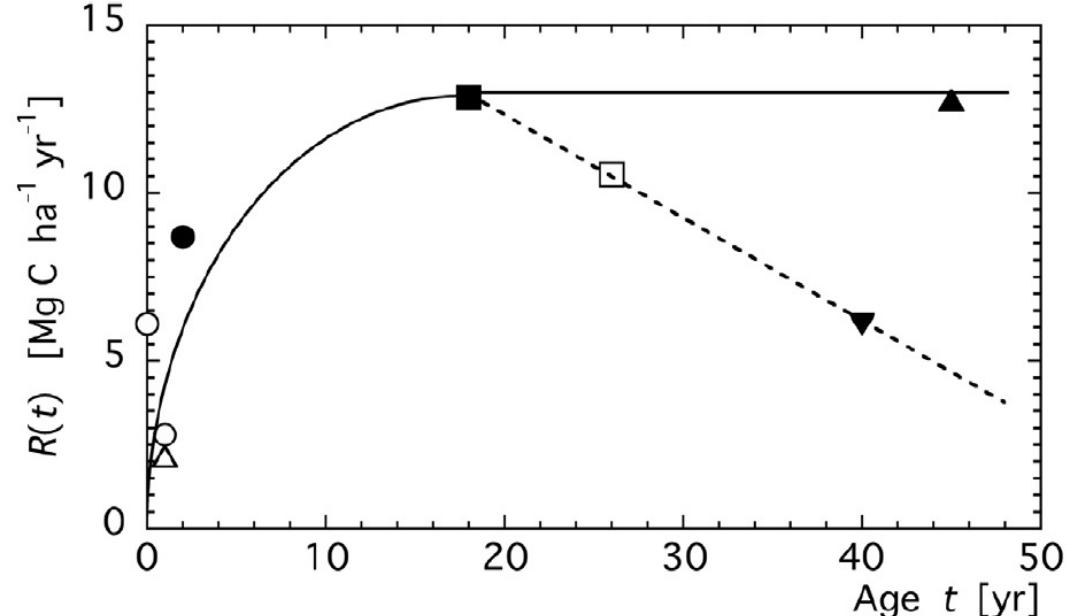


林分呼吸量  $\propto$  林分表面積 = 一定

- (b) 本モデル(Ogawa 2007)  
(仮定1) 自己間引き則 ( $3/2$  or  $4/3$ 乗則)  
(仮定2) 密度の変化がLogistic曲線  
(仮定3) 単木呼吸 - 単木重の巾乗関係



林分呼吸量  $R(t)$  の減少



**Fig. 5.** Age-related changes in stand respiration (woody + foliage respiration)  $R(t)$  in *C. obtusa* plantations. The solid line is drawn after Ogawa et al. (1985), and the broken line shows the potential for decreasing stand respiration after canopy closure. Data sources: ▲, Tadaki et al. (1966); △, Ogawa (1981); ■, Hagihara and Hozumi (1983); □, Mori et al. (1984); ●, Ogawa et al. (1985); ○, Ogawa (1989); ▼, Saito (1977). Stand respiration expressed as a dry weight basis was converted to a 50% carbon content of the dry weight (Ågren et al., 1980). (Ogawa 2007, Ecological Modelling)

## 森林の炭素バランス

- CUE (Carbon Use Efficiency, 炭素利用効率) (Amthor 2000; Cannell and Thornley 2000)

$$\text{CUE} = \text{NPP}/\text{GPP}$$

森林の炭素固定機能の指標

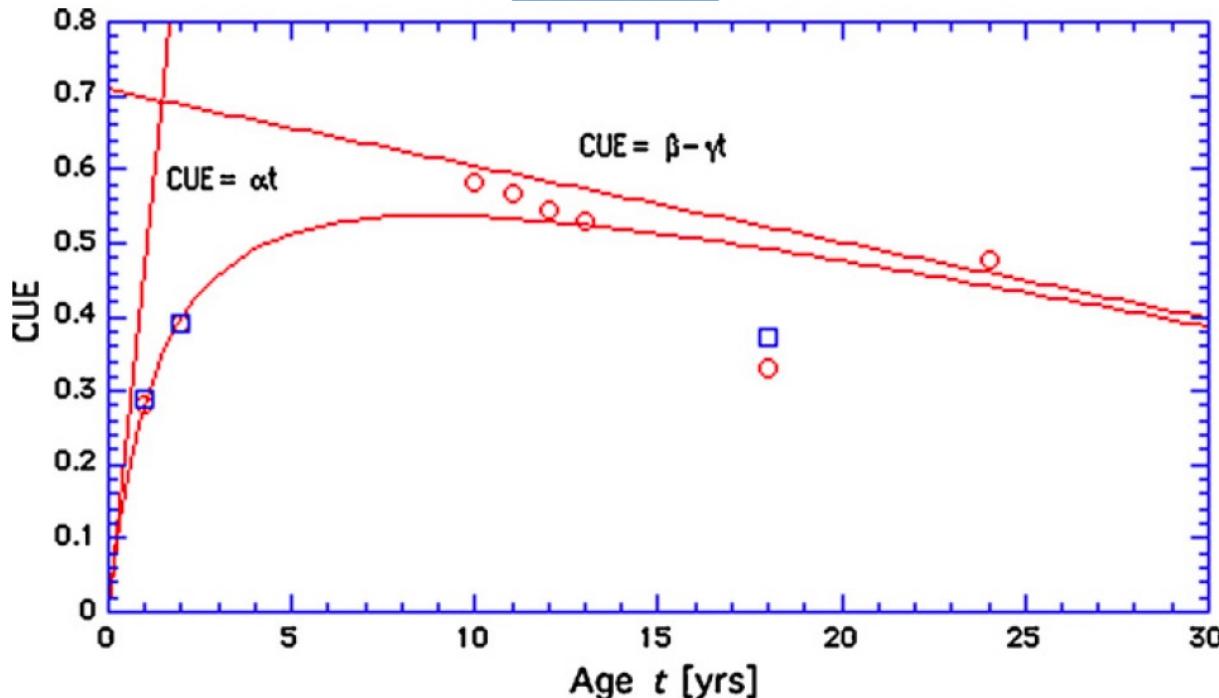
NPP: 純一次生産量

GPP: 総一次生産量

- 吉良(1970)の生産効率 (Production efficiency)

森林の生産性の指標

## ヒノキ林



**Fig. 3.** Changes in carbon use efficiency (CUE) with stand age ( $t$ ). Smooth curve is given by Eq. (5). The values of coefficients, standard error (SE) and the coefficient of determination ( $R^2$ ) are given in Table 2. Circle, aboveground only; square, aboveground and belowground.

(Ogawa 2011, Ecological Modelling)

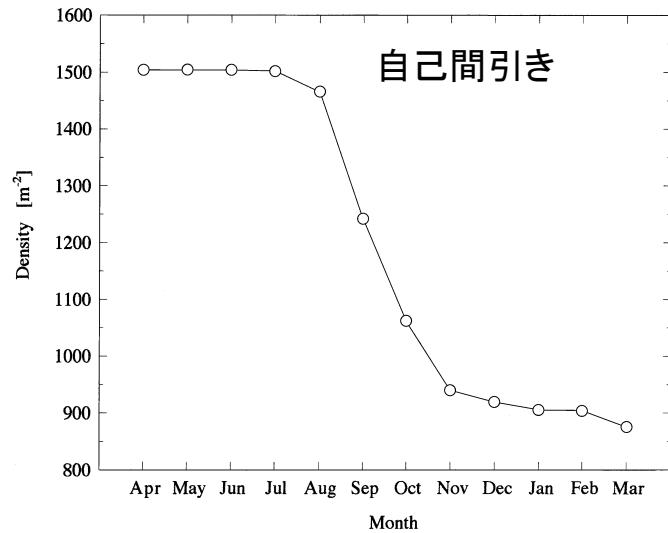


Fig. 2. Seasonal trend of seedling density.

### 自己間引き曲線

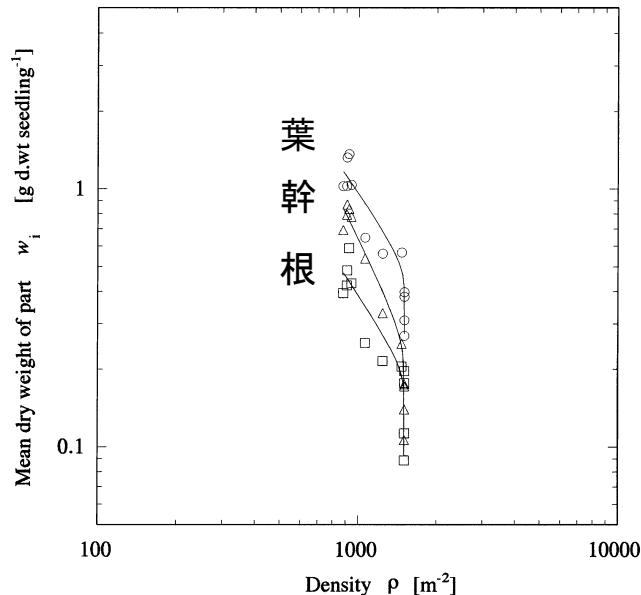


Fig. 6. Time trajectories of mean dry weights  $w_i$  of leaves (○); stems ( $\Delta$ ) and roots ( $\square$ ) and density  $\rho$ . The curves are fitted by Eq. (6) of  $w_i = gK^h\rho^{-ah}(1-\rho/\rho_0)^{bh}$ . For the values of coefficients  $g$ ,  $h$ ,  $K$ ,  $\rho_0$ ,  $a$  and  $b$ , see Figs. 3 and 5.

### 今までの自己間引き則の例

- (1) 3/2乗則 (eg. Yoda et al. 1963): 幾何学モデルに基づく
- (2) 4/3乗則 (eg. West et al. 1997; Enquist et al. 1998; Brown and West 2000): 代謝スケーリング則に基づく

# 大学構内の実験林(ヒノキ若齢林)



27 MAY, 1987

# The Seasonal Course of Respiration and Photosynthesis in Strobili of Scots Pine

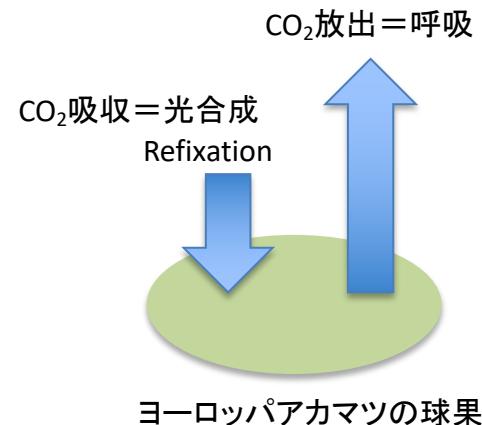
SUNE LINDER

ERIK TROENG

**ABSTRACT.** The respiration of current and 1-year-old cones of Scots pine was investigated on excised cones during one season. The cones were collected in a 20-year-old stand of Scots pine in central Sweden. The respiration rate at 15°C showed pronounced seasonal variation and in light some of the carbon dioxide released in respiration was refixed. The average refixation capacity of 1-year-old cones was 60 percent and of current conelets 79 percent at light saturation.

The seasonal performance of cone respiration was estimated, using records of air temperature and photon flux densities from the stand from which the cones were collected. The refixation of carbon dioxide reduced respiratory losses by 31 percent. Calculated on a carbon basis, the respiration cost of cone production was 50 percent of the final cone weight after correction for carbon refixation. Cones covered with aluminium foil in mid-July had lower seed weight than the controls had when harvested in late October. FOREST SCI. 27:267-276.

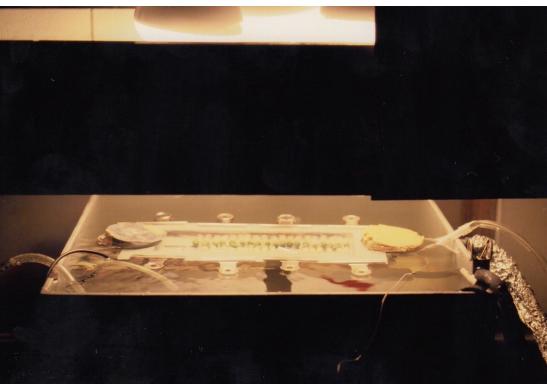
**ADDITIONAL KEY WORDS.** *Pinus sylvestris*, cone respiration.



# ヒノキ球果の光合成測定



同化箱



照射



ヒノキ実生の地上部

# ヒノキ球果の光合成再固定率 (Refixation)

(1) 光反応 → 光飽和時で最大値 ≈ 100%

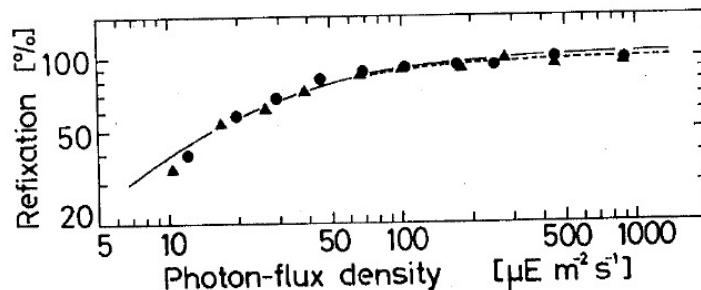


Fig. 5. Light-response curve of photosynthetic refixation of  $\text{CO}_2$  released by dark respiration at 25°C in cones

The photosynthetic  $\text{CO}_2$ -refixation refers to the reduction in  $\text{CO}_2$  release measured in light, expressed as a percentage of  $\text{CO}_2$  release in darkness (LINDER and TROENG, 1981; KOPPEL and others, 1987). The dark-respiration rate was estimated at 0.57 mg ( $\text{CO}_2$ ) g (dry wt) $^{-1}$ h $^{-1}$  on July 11, 1987 (—●—), and 0.43 on July 13 (—▲—).

(2) 温度反応 → 最適温度で最大値 ≈ 100%

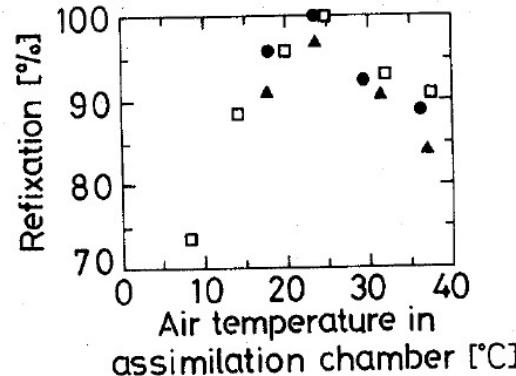


Fig. 6. Temperature response of photosynthetic refixation of  $\text{CO}_2$  released by dark respiration at 700  $\mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$  in cones

The values are given as the percentage of the dark respiration. Symbols are the same as in Fig. 4B.

花芽・花



花芽・花



果実



果実



クスノキ (Ogawa and Takano 1997, *Tree Physiology*; Imai and Ogawa 2009, *Journal of Plant Research*)

アオキ (今井 2008, 修論)

# 果実での転流量( $\Delta T_r$ )推定の試み

## (1) コンパートモデルの開発 (Ogawa and Takano 1997, *Tree Physiology*; Imai and Ogawa 2009, *Journal of Plant Research*)



$$\begin{aligned}\Delta T_r &= \Delta T_{r_{in}} - \Delta T_{r_{out}} \\ &= \Delta r - \Delta p + \Delta w + \Delta D + \Delta G \\ &\doteq \Delta r - \Delta p + \Delta w\end{aligned}$$

$\Delta w$ : 成長量,  $\Delta T_{r_{in}}$ : 果実へ入る転流量,  $\Delta T_{r_{out}}$ : 果実から出る転流量,  $\Delta p$ : 光合成再固定量,  $\Delta r$ : 暗呼吸量,  $\Delta D$ : 枯死量,  $\Delta G$ : 被食量

## (2) 葉からの転流の貢献度: クスノキの場合 (Imai and Ogawa 2009, *Journal of Plant Research*) ➤ 同時に葉の光合成測定



果実への転流量/葉から出る転流量 = 0.5~1.8%



# 北欧スウェーデンでの北方林研究

スウェーデン農科大学(略称SLU, 英名Swedish University of Agricultural Sciences)





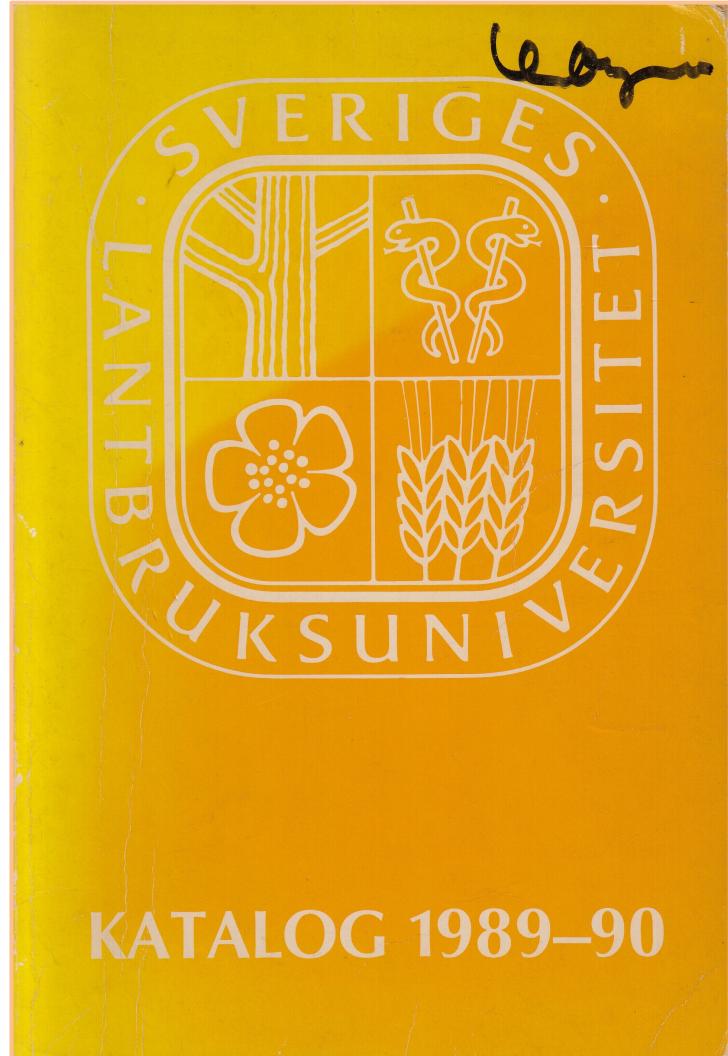
Dr. Tomas Lundmark

Prof. Sune Linder

1983 3 4

## クスノキ科クロモジ属 *Lindera*の命名の由来:

- カール・フォン・リンネ(スウェーデンの博物学者・植物学者)と Linder 家と親交



## S 12 Institutionen för ekologi och miljövård

(Department of Ecology and Environmental Research)

Postadress: Box 7072, 750 07 UPPSALA. Besöksadress: Södra Ultuna 11. Tel vx 018-671000 (med direktval). Information ankn 2400. Telefax: 018-302876.

Prefekt (Fr o m 900520)

Sannerby-Forsse, Lisbeth, forskningsledare, ankn 2567. Se vidare S12. 7 och L13.

Tl prefekt (Fr o m 900519)

Agren, Göran, extra prof i systemekologi, ankn 2449. Se vidare S12. 6.

### S 12.1 Gemensam personal för institutionen

#### S 12.1.1 Intendentenheten

Intendent

Johansson, Gunnar, JK, f 430911, ankn 2401. Aprikos 133, 741 00 KNIVSTA, tel 018-380146. Se även L13. 1. 1.

Institutionssekreterare

Holm, Siv E, f 330719, ankn 2401. Murstensväg 14, 186 36 VÄLLENUNA, tel 0762-77462.

Odin, Ulla S, f 310205, ankn 2438. Stureg 25 B, 752 27 UPPSALA, tel 018-553504. Se även S17. Vakanat

## S 12.1.4 Odlingsenheten

Forskningsledare

Johansson, Ruben W, FK, f 490708, ankn 2406. Lugnet, Uppsala-Näs, 755 91 UPPSALA, tel 018-360316.

Förste institutionsbiträde

Andersson, Ulla, f 400811, ankn 2530. Strömsbro, 740 21 JÄRLASA, tel 018-391684.

Eriksson, Ingjerd, f 450826, ankn 2530. Väpnarg 7 C, 753 36 UPPSALA, tel 018-106515.

Tekniker

Alm, Göte, f 350513, ankn 2530. Åloppet, 740 22 BALINGE, tel 018-355079.

S 12.1.5 Verkstäder

Tekniker

Bonde, Hans, f 391120, ankn 2536. Åkerv 4, 756 51 UPPSALA, tel 018-324423.

### S 12.2 Avdelningen för jordbrukskemi

Se vidare L13. 2.

### S 12.3 Stiftelsen Oscar och Lili Lamms minne

Se vidare Ö21.

### S 12.4 Avdelningen för skogsekologi

Professor

Linder, Sune, FD, prof i skogsekologi, 85, f 430503, anvn 2440. Apelsinv 80, 741 00 KNIVSTA, tel 018-343690.

105

Forskarassistent

Pettersson, D Roger, FD, f 581007, ankn 2423. Fjällugglev 14, 756 53 UPPSALA, tel 018-324773. Se även L13. 2.

Forsöksskäringsassistent

Alwindi, Ibrahim, AgrDr, f 381002, ankn 2519. Bonadsv 19, 752 57 UPPSALA, tel 018-425581.

Forskningsassistent

Andersson, FK, f 550627, ankn 2416. Svartbäcksg 105 D, 753 35 UPPSALA, tel 018-143173.

Ahlström, Kerstin, FM, f 450131, ankn 2427. Konvaljevg 6, 756 51 UPPSALA, tel 018-324764.

Clemensson-Lindell, Anna, FK, f 600822, ankn 2427. Studentv 15, 752 34 UPPSALA, tel 018-115098.

England, Robert, BSc, ankn 2415. Väderkvarnsg 43 B, 753 26 UPPSALA, tel 018-133308.

Halbacken, Leif, FK, f 551223, ankn 2443. Brännbol, 740 10 ALMUNGE, tel 0174-21054.

Hyyönen, Olson, Riitta, FK, f 540223, ankn 2447. Dirigentv 185, 756 54 UPPSALA, tel 018-152511.

Majdi, Hooshang, MSc, f 521226, ankn 2428. Blodstensv 41, 752 44 UPPSALA, tel 018-400302.

Olsson, Bengt, FK, f 540410, ankn 2449. Dirigentv 185, 756 54 UPPSALA, tel 018-400302.

Reurslag, Annemarie, MSc, f 1620713, ankn 2452. Väktarg 48 C, 754 22 UPPSALA, tel 018-260392.

Professor emeritus

Tamm, Carl Olof S, FD, prof i skogsekologi, 57, emer 84, f 191011, ankn 2443. Stavgårdsg 11, 161 37 BROMMA, tel 08-250330.

Gästforskare

Ogawa, Kazuharu, f 580628, ankn . Stabby, Allé 54 tr, 752 29 UPPSALA, tel 018-553002

### S 12.4.1 Naturresurslära

Professor

Wranner, Per I, FD, f 430817, ankn 2618. Villag 18-20, 114 32 STOCKHOLM, tel 08-106579. Se även L13. 2. 1. Tjänstledig.

Forskningsledare

Christiansson, Carl, FD, f 440625, ankn 2405. Skogsklockev 84, 181 61 LIDINGÖ, tel 08-7678283.

Forskningsassistent

Bäklin, Gustav, Agr, f 490325, ankn 2454. Kungsängs 63 3 tr, 113 29 STOCKHOLM. Tjänstledig.

Olsson, Dag, Jägmäst, f 590105, ankn 2454. Norrv 115, 756 45 UPPSALA, tel 018-302765.

### S 12.4.2 Floravård, Databank för hotade arter

Se även L13. 2. 2.

106

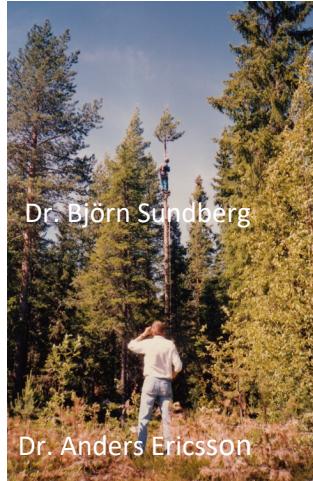
S



スウェーデン北部の北方林(亜寒帯林)

➤ ヨーロッパアカマツ・ヨーロッパトウヒの混交林

ヨーロッパアカマツ  
枝打ち処理 Pruning (6月)



環状剥皮処理 Girdling (6月)



幹呼吸測定 (6, 7月/10月)



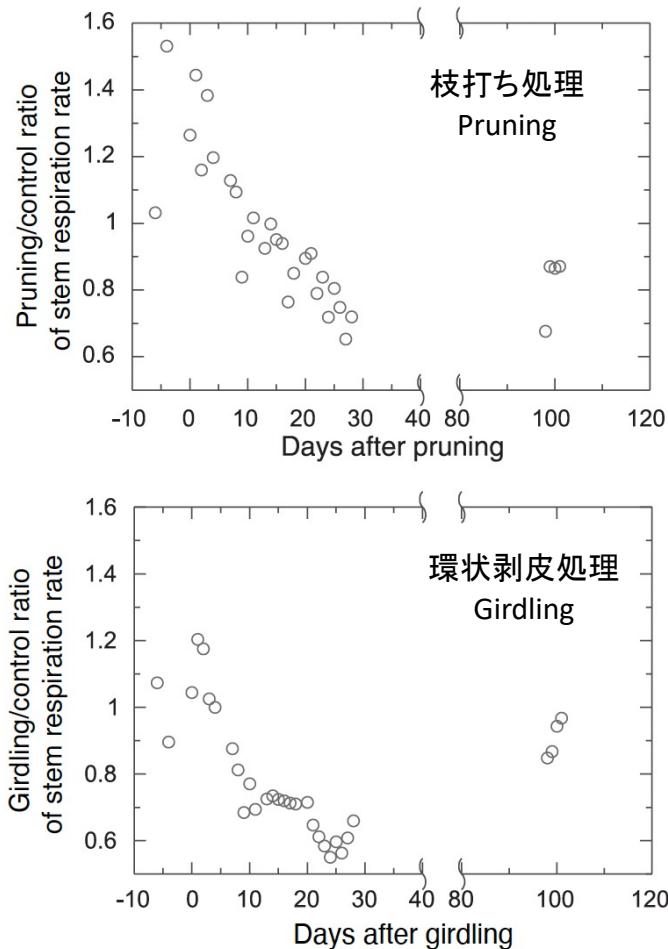


Figure 3. Time trends of the pruning/control and girdling/control ratios of mean stem respiration rate.  
(Ogawa 2006, *Scandinavian Journal of Forest Research*)

➤ 呼吸 = 成長呼吸 + 維持呼吸  
(Amthor 1989; Ryan 1990;  
Sprugel and Benecke 1991; Ryan  
et al. 1995)

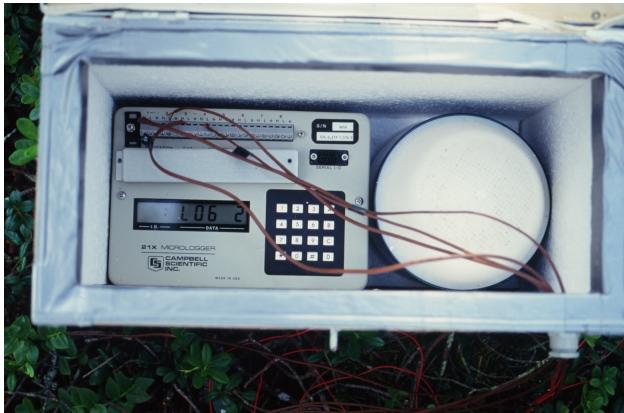


➤ 6, 7月 : 成長呼吸の低下  
10月 : 維持呼吸

# 幹呼吸測定装置



携帯光合成測定装置(ADC)



データロガー、熱電対



PC(データ転送)

# CO<sub>2</sub>ガス交換連続測定装置



事務所・実験棟



本体システム



IRGA

# 31年生ヨーロッパトウヒ人工林／伐倒調査(10月)



施肥タンク



地上部(幹+枝+葉)



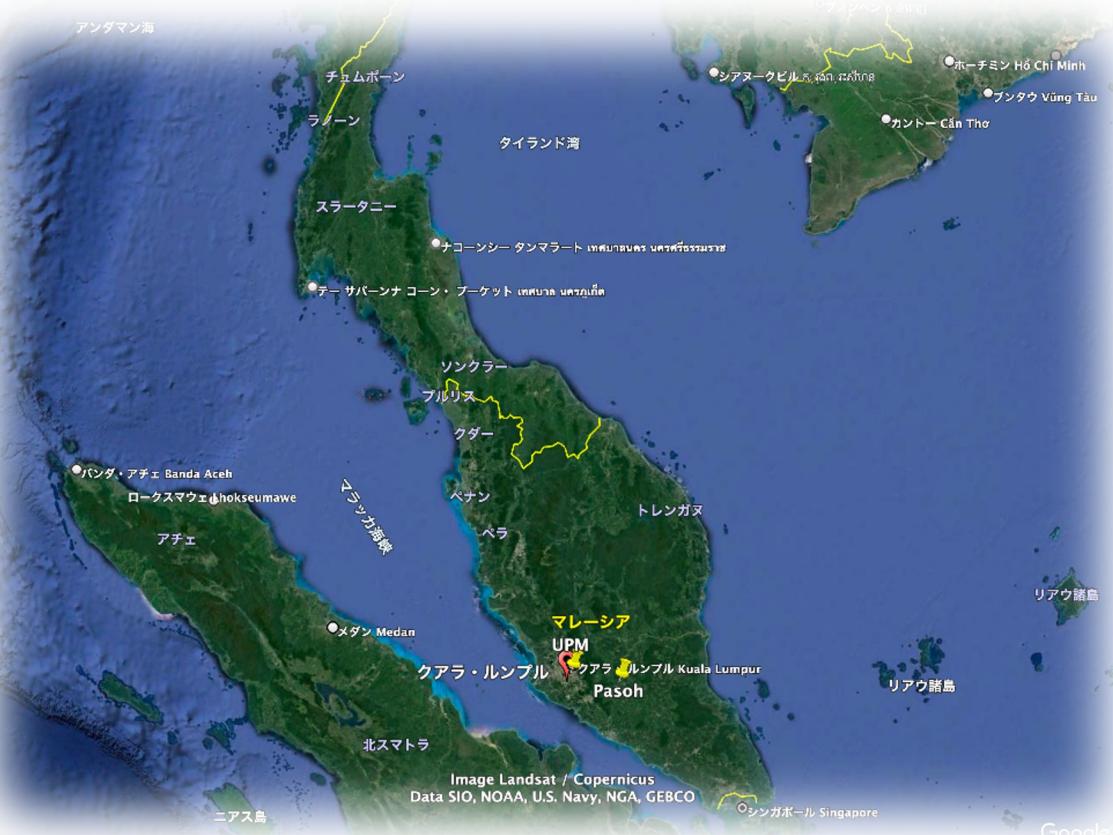
地下部(根)の掘り取り



地下部(根)

# 熱帯マレーシアでの熱帯林研究

熱帯林生態系の修復をテーマとしたマレーシア・日本共同プロジェクト



マレーシア側: マレーシア森林研究所  
(FRIM)

マレーシア農科大学  
(UPM)

日本側: 国立環境研究所 (NIES)

## 【担当】

実験地: マレーシア農科大学(UPM)  
構内の実験林

材料: ドリアンやジャックフルーツの果実などの繁殖器官

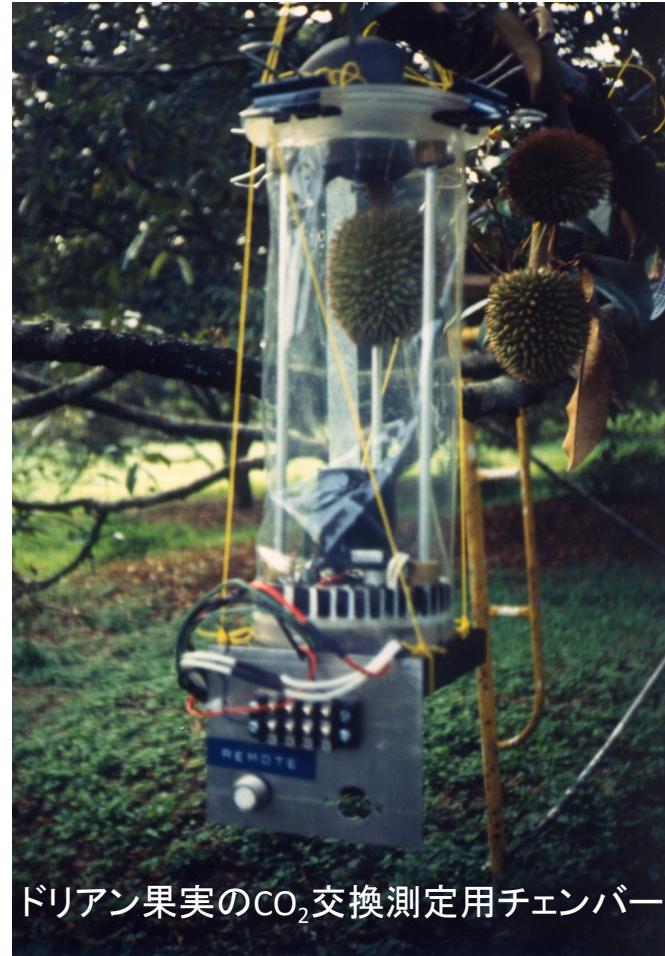


ドリアン実験林／Dr. Ahmad Makmom Abdullah (左), Prof. Muhamad Awang (中央), 管理人(右)

# マレーシア(FRIM, UPM)・日本(NIES)共同プロジェクト



Dr. Ahmad Makmom Abdullah



ドリアン果実のCO<sub>2</sub>交換測定用チャンバー

# ドリアン果実のCO<sub>2</sub>交換連続測定装置

\*除湿用



(Ogawa et al. 1995, *Trees*; Ogawa et al. 2005, *Journal of Plant Research*)

チェジバー

発砲スチロー  
ル製冷却器 \*

エアータンク



ジャックフルーツ林



成長初期の果実

ジャックフルーツ（パラミツ）

学名 *Artocarpus heterophyllus*

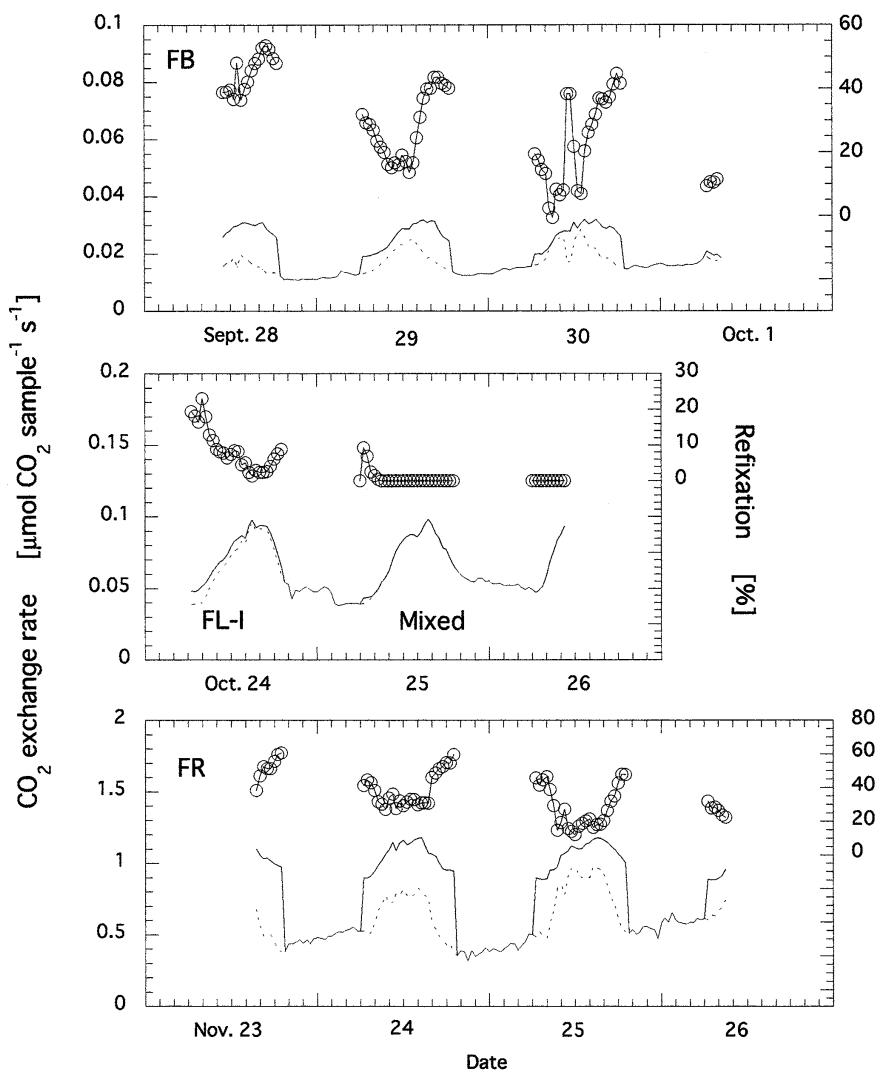
英名 Jack fruit



成長後期の果実



# ドリアンの繁殖器官のCO<sub>2</sub>ガス交換



FB: 花芽

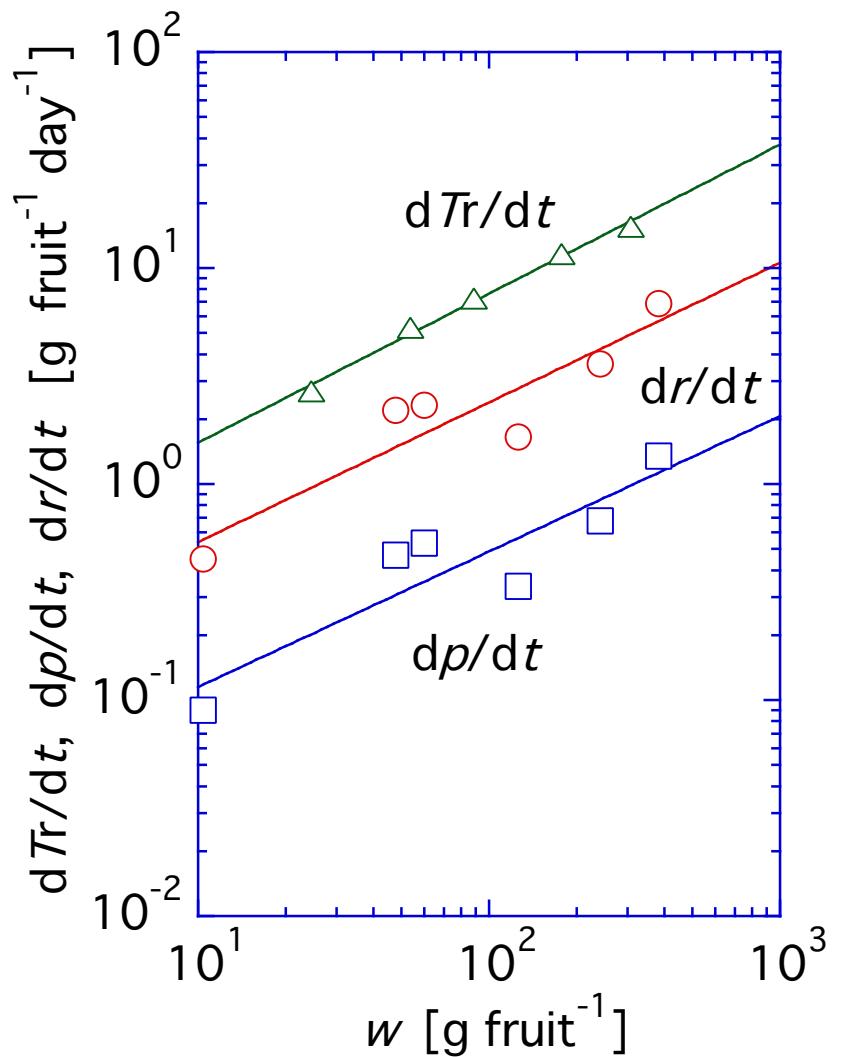
FL-I: 開花初期

Mixed: 花芽+花+果実

FR: 果実

○: 光合成再固定率 (Refixation)  
 実線: 暗呼吸速度  
 破線: 純呼吸速度

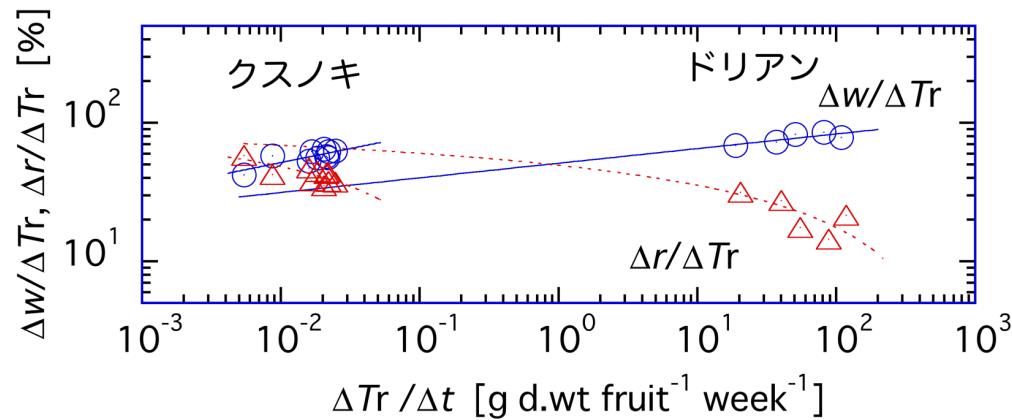
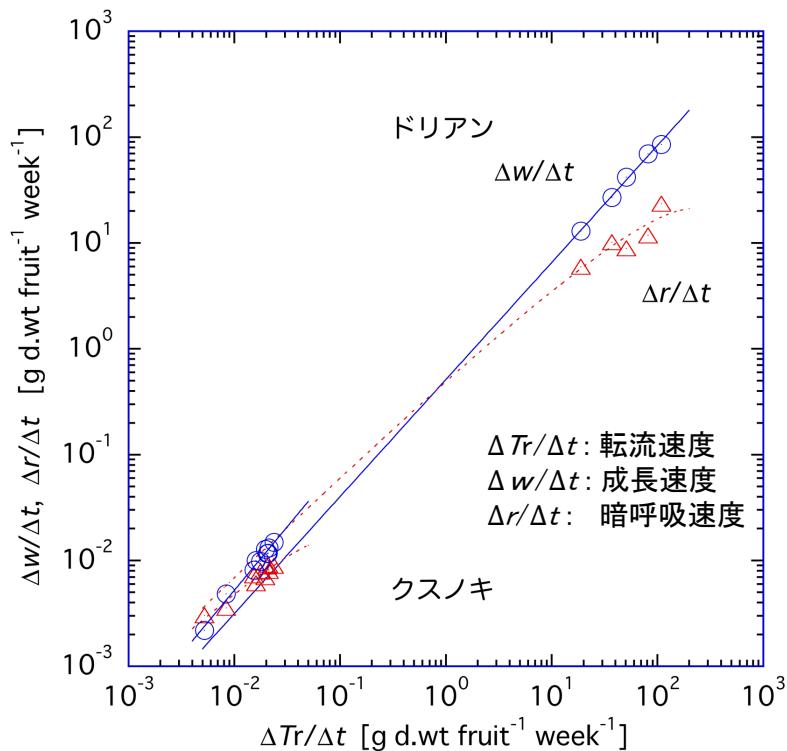
(Ogawa et al. 2005, *Journal of Plant Research*)



母樹の成長方程式の誘導

$dTTr/dt$  : 転流速度  
 $dr/dt$  : 暗呼吸速度  
 $dp/dt$  : 光合成速度  
 $w$ : ドリアンの果実重

# 2つ気候帯(熱帯, 温帯)における転流量の違い



分かったこと:

熱帯域に成育するドリアンの果実は温度が高いため呼吸の占める割合( $\Delta r/\Delta Tr$ ) が高く、そのため温帯域に成育するクスノキの果実に比べて転流に占める成長の割合( $\Delta w/\Delta Tr$ ) が低くなる

# 沖縄本島亜熱帯域でのマングローブ林調査



(Khan et al. 2004, *Journal of Forest Research*)

# 樹木繁殖器官の 物質収支

果実の成長と呼吸・光合成のバランス

小川一治 著



「樹木繁殖器官の物質収支  
—果実の成長と呼吸・光合成のバランス—」  
小川一治、海青社



海青社

(2021)

# Carbon Balance in Reproductive Organs of Trees

Growth and Balance between Respiration  
and Photosynthesis in Fruits

Kazuharu Ogawa



(2021)

"Carbon Balance in Reproductive Organs of Trees:  
Growth and Balance  
between Respiration and Photosynthesis in Fruits"  
Kazuharu OGAWA, Kaiseisha Press

Dear Ogawa-san,

Thanks for your quick response to me email! -----

I would suggest that you also send a copy, both Japanese and English, to Tomas since this book would be a rare and nice contribution to the library at Svarberget. His address is Tomas Lundmark, Västomån 40, SE-922 32 Vindeln, Sweden.

Cheers,

Sune

# Publishing Agreement

**SPRINGER NATURE**

---

This Publishing Agreement (this "**Agreement**") has been approved by and entered into between

**Dr. Kazuharu Ogawa**, Nagoya University, Graduate School of Bioagricultural Sciences, Furo-cho, Chikusa-ku,  
Nagoya 464-8601, Japan  
(the "**Author**")

on the one part and

**Springer Nature Singapore Pte Ltd.**, 152 Beach Road, #21-01/04 Gateway East, Singapore 189721, Singapore  
(the "**Publisher**")

on the other part

together hereinafter referred to as the "**Parties**".

## **§1 Subject of the Agreement**

1.1 The Author will prepare a work provisionally entitled:

### **Modeling Forest Structure and Function**

comprising approximately 250 pages, including approximately 95 illustrations.

お世話になりました



オーストラリア・タスマニアの原生林