

リーフレタス (*Lactuca sativa* L. cv. "Greenwave") の成長モデル

背景

- 植物工場など高度に環境制御が可能な施設栽培では、環境制御による成長コントロールができるポテンシャルがある。
- しかしながら、成長の遅れを定量的に把握する方法が確立されていない。

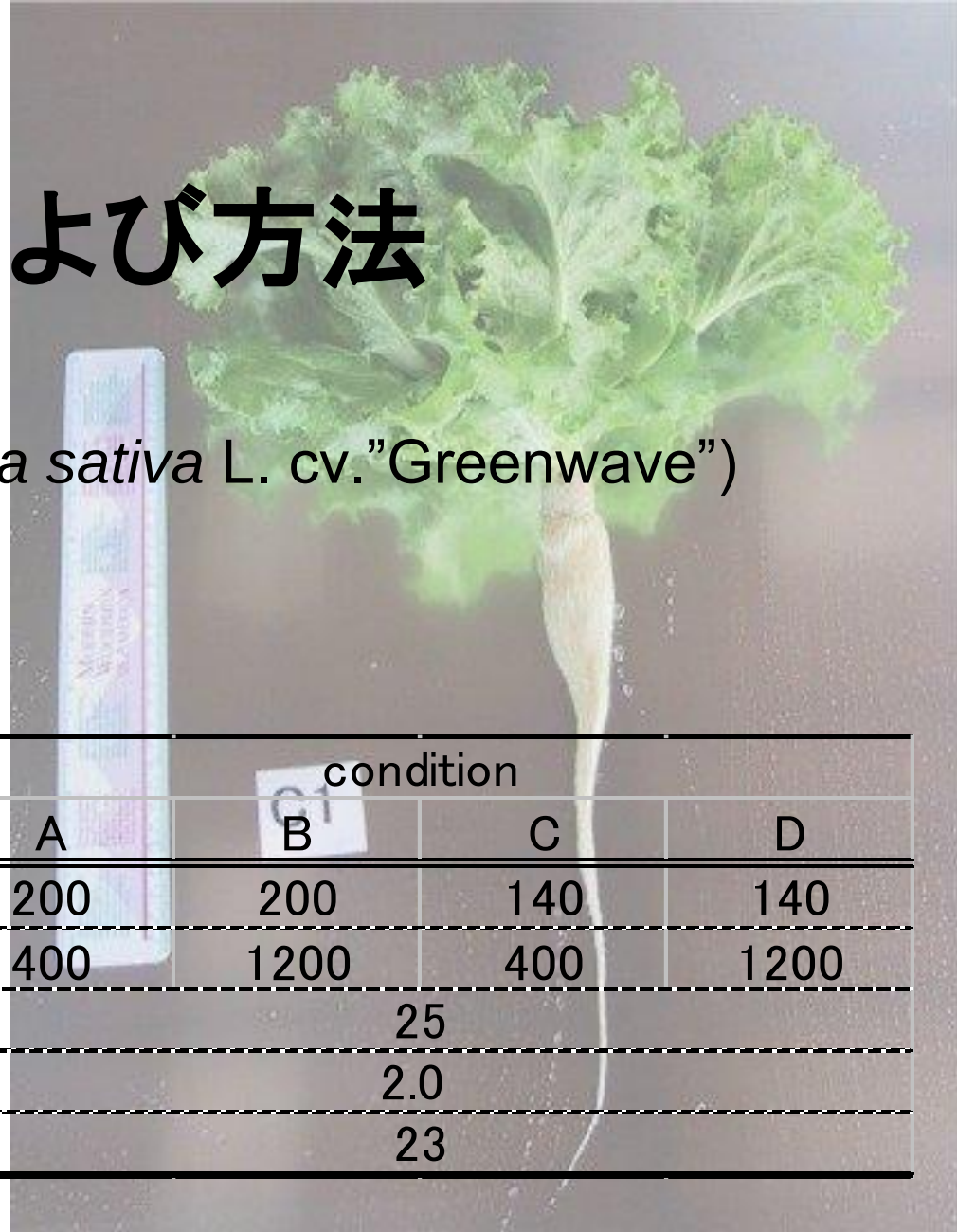
目 的

- 栽培しているリーフレタスが順調に成育しているか否かを判断するためのツールとして、任意の日数における理想的な生体重を予測するモデルを構築する。

材料および方法

- リーフレタス (*Lactuca sativa* L. cv. "Greenwave")
- 環境条件

Factor	unit	condition			
		A	B	C	D
PPF	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	200	200	140	140
CO ₂	$\mu\text{mol mol}^{-1}$	400	1200	400	1200
Drybulb temp.	C	25			
Solution EC	dS m ⁻¹	2.0			
Solution temp.	C	23			



- 水耕栽培システム
- 12株／実験区



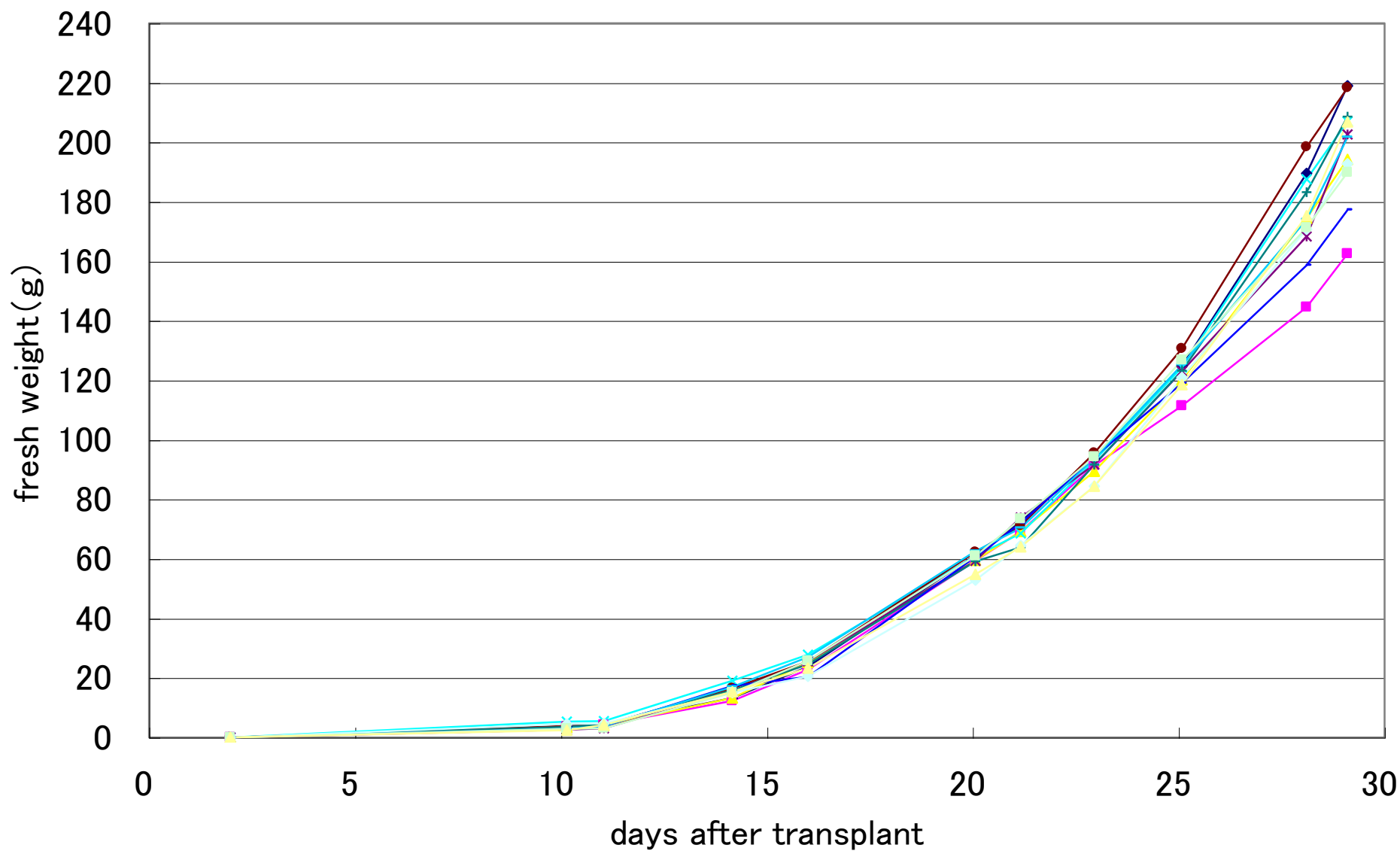
- 発芽・育苗 : 7 日
- 本圃栽培 : 29 日

結果

•各条件における収穫時の生体重

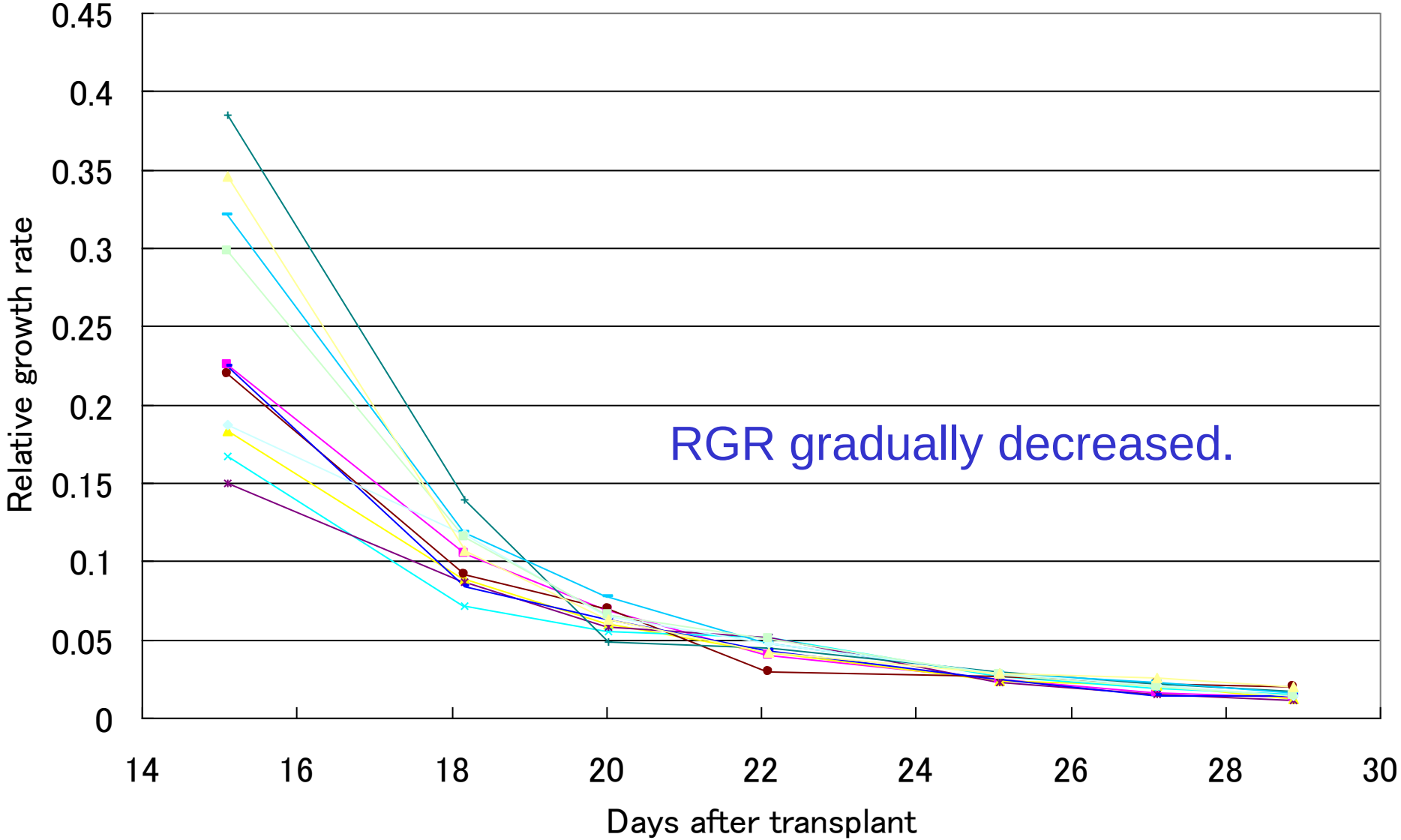
Crop No.	Environmental condition			
	A	B	C	D
1	152.9	219.0	73.1	155.4
2	168.4	162.6	69.1	129.8
3	128.3	194.2	70.9	129.9
4	145.6	207.0	71.3	127.1
5	125.7	202.6	60.5	124.3
6	150.0	218.3	66.8	133.5
7	151.6	208.6	74.7	118.5
8	158.2	177.2	62.7	113.5
9	135.4	201.6	61.6	147.0
10	150.3	192.8	63.7	116.2
11	138.2	189.8	60.3	95.0
12	156.2	206.9	73.4	125.1

•生体重の経時変化



(condition:B)

・相対成長率の経時変化



•Gompertz functionの微分方程式

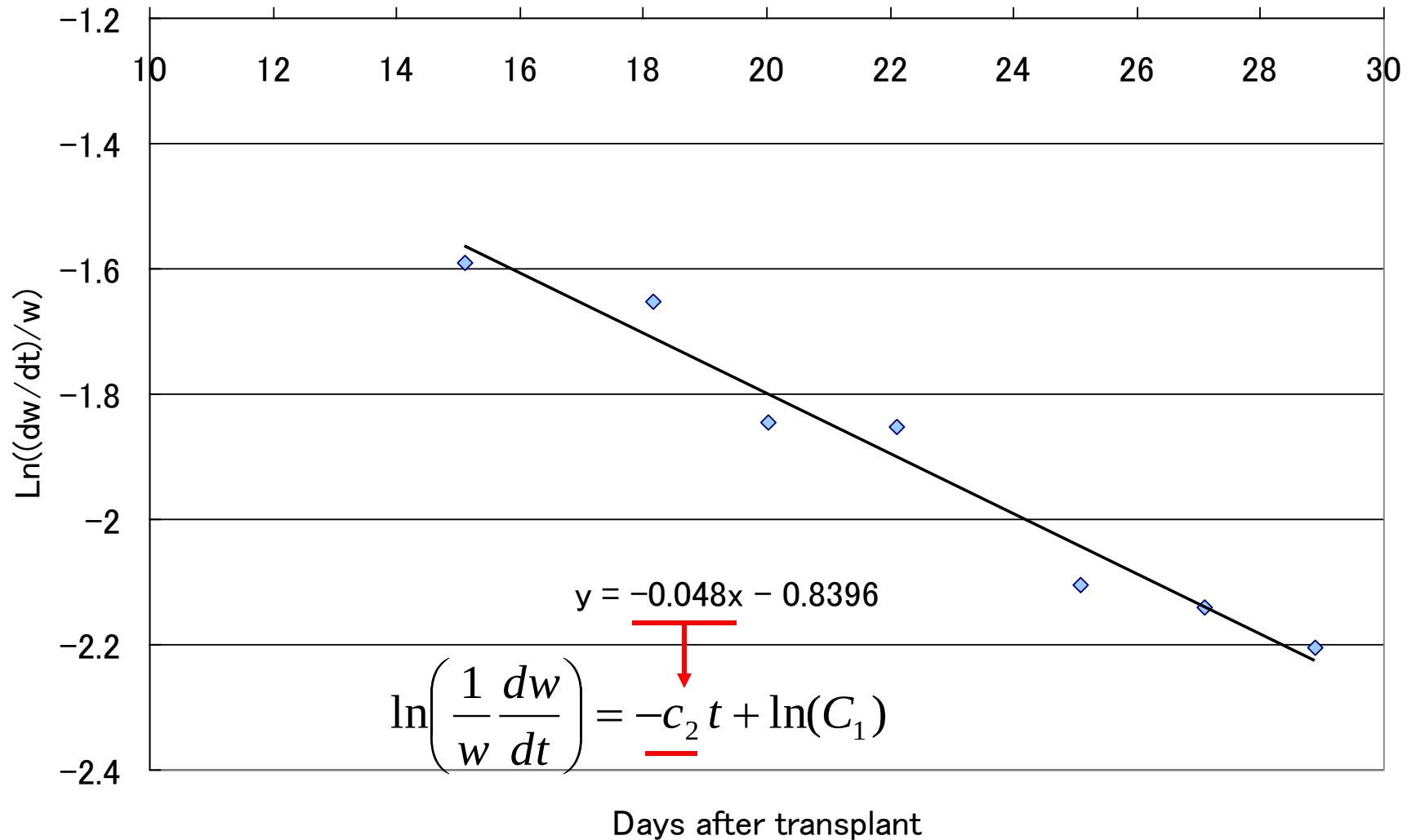
$$\frac{1}{w} \frac{dw}{dt} = \frac{c_1 \exp(-c_2 t)}{}$$



漸減を表す関数

$$\ln\left(\frac{1}{w} \frac{dw}{dt}\right) = -c_2 t + \ln(C_1)$$

•相対成長率の対数プロット



•係数 C2

	A	B	C	D
1	0.040	0.045	0.035	0.028
2	0.069	0.074	0.058	0.048
3	0.075	0.062	0.056	0.047
4	0.036	0.062	0.040	0.060
5	0.090	0.038	0.032	0.079
6	0.041	0.045	0.021	0.059
7	0.067	0.025	0.063	0.023
8	0.051	0.011	0.058	0.051
9	0.042	0.034	0.069	0.057
10	0.059	0.030	0.046	0.066
11	0.056	0.066	0.065	0.065
12	0.049	0.022	0.049	0.056

バートレット検定および一元分散分析の結果、
環境条件による有意差は認められなかった。

C2の平均値 : 0.0504

•微分方程式の解

$$\frac{1}{w} \frac{dw}{dt} = c_1 \exp(-c_2 t)$$



Gompertz function

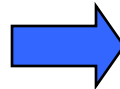
$$w = e^C e^{-\frac{c_1}{c_2} e^{-c_2 t}}$$

$$= K_1 K_2 e^{-K_3 t}$$

$$\text{ここで} \quad K_1 = e^C \quad K_2 = e^{-\frac{c_1}{c_2}} \quad K_3 = c_2$$

•係数 C1

$$c_1 = \frac{\frac{1}{w} \frac{dw}{dt}}{\exp(-c_2 t)}$$



A	B	C	D
0.0607	0.0611	0.0562	0.0480
0.0692	0.0744	0.0583	0.0603
0.0749	0.0617	0.0558	0.0601
0.0528	0.0617	0.0477	0.0792
0.0521	0.0705	0.0807	0.0587
0.0666	0.0447	0.0628	0.0648
0.0507	0.0450	0.0738	0.0713
0.0471	0.0622	0.0691	0.0722
0.0591	0.0588	0.0556	0.0663
0.0563	0.0450	0.0654	0.0650
0.0494	0.0660	0.0595	0.0670



バートレット検定および一元分散分析の結果、
環境条件による有意差は認められなかった。

C1の平均値 : 0.070

•係数 K2

$$K_2 = e^{-\frac{c_1}{c_2}} = \exp\left(-\frac{\frac{1}{w} \frac{dw}{dt}}{c_2 \exp(-c_2 t)}\right)$$

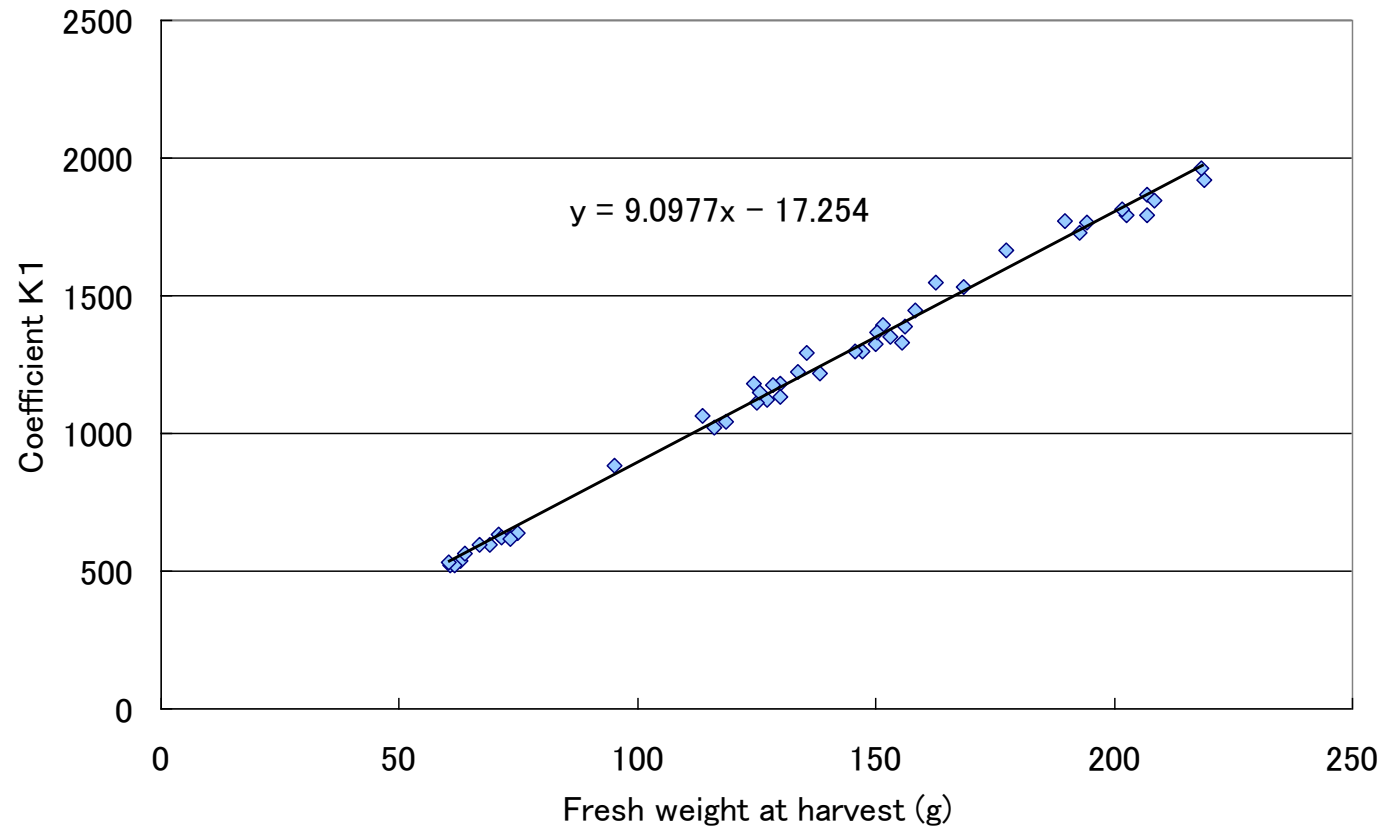


$$K_2 = 7.26\text{E} - 5$$

•係数 K1

$$W = K_1 K_2 e^{-K_3 t}$$

係数K1と収穫時の生体重との関係



•成長モデル

$$w = K_1 K_2 e^{-K_3 t}$$

$$K1 = 9.0977FW - 17.254$$

$$K2 = 7.26E - 5$$

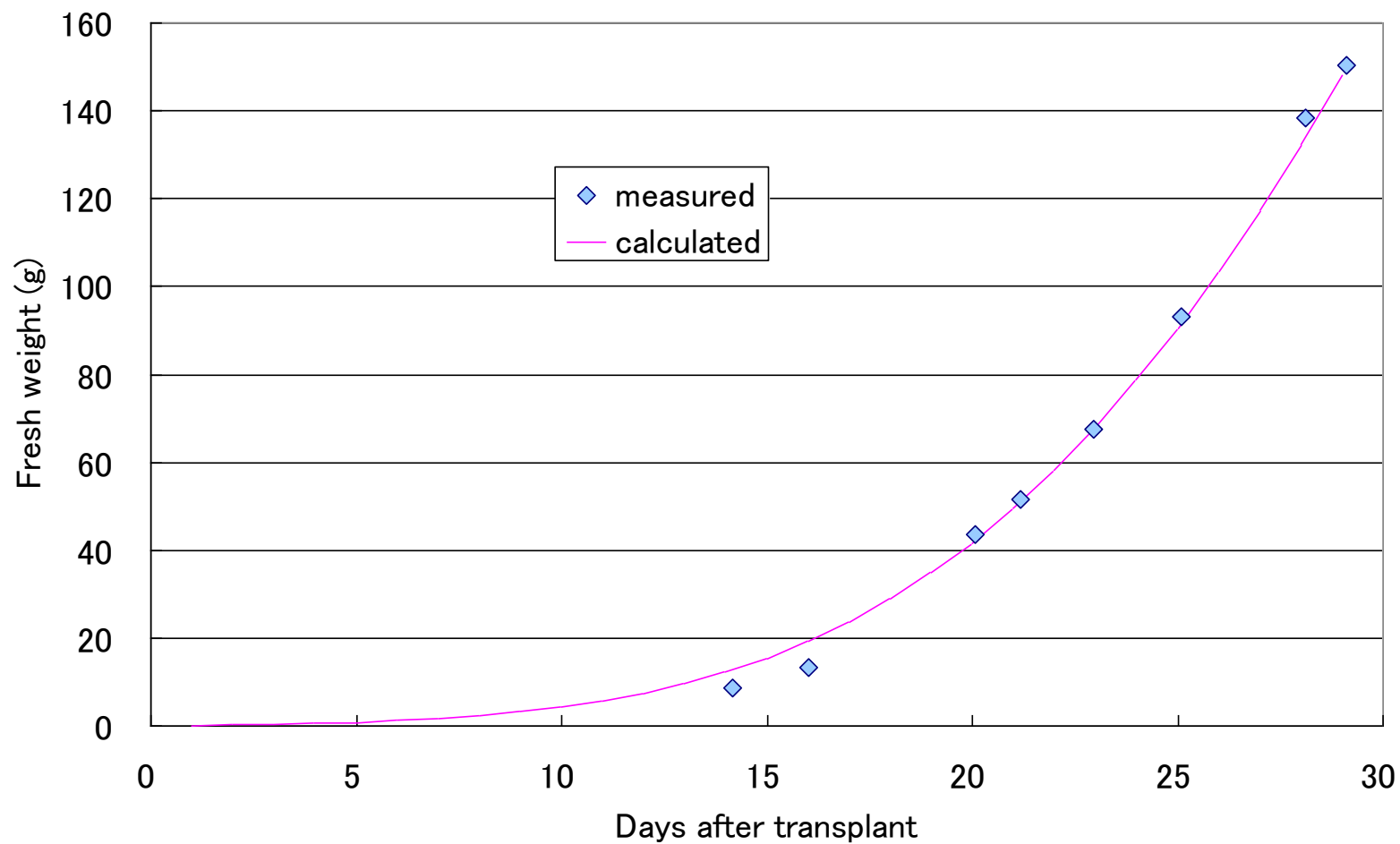
$$K3 = -0.05041$$

ここで

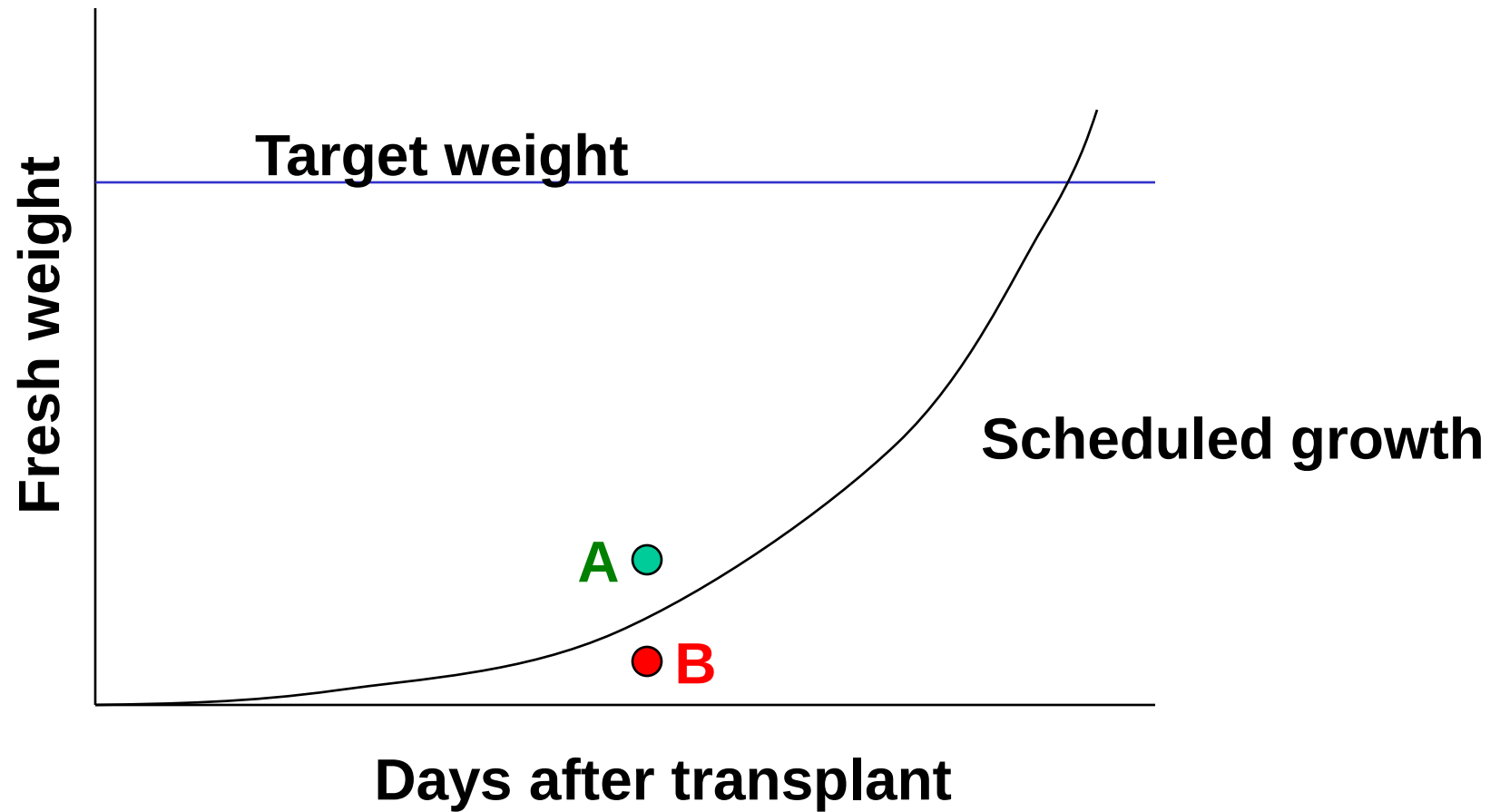
t : 移植後日数

FW : 収穫時の生体重

•シミュレーションの一例



•アプリケーション



ま と め

- ギンペルツ関数をベースとしたリーフレタス (*Lactuca sativa* L. cv."Greenwave")の成長モデルを構築した。その過程において、3つのパラメータのうち2つは定数であることが判明した。(ただし、本研究での条件において)
- 残る1つのパラメータは収穫時の生体重の関数となることが明らかとなった。
- その結果、目標生体重(つまり、収穫時の生体重)を与えれば、移植後の任意の時点での理想的な生体重が予測することが可能となった。
- このモデルは、任意の時点において、栽培しているリーフレタスが順調な成育をしているか否かを判断するツールとして栽培管理に利用できると思われる。