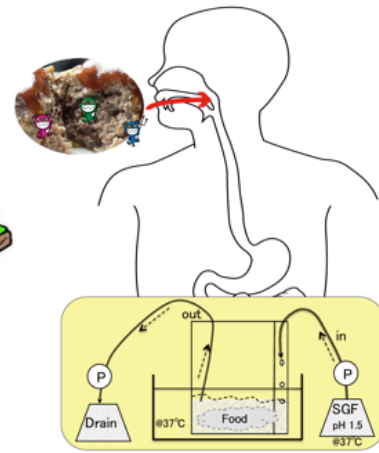
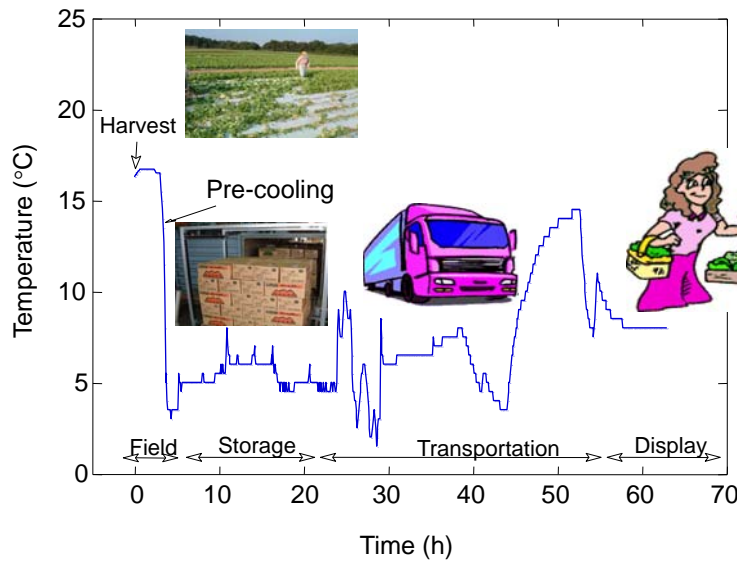


# 食品媒介病原微生物の増殖・死滅挙動の数理モデル化

## Growth and survival models of food-borne VTEC and other pathogenic bacteria

講演資料4

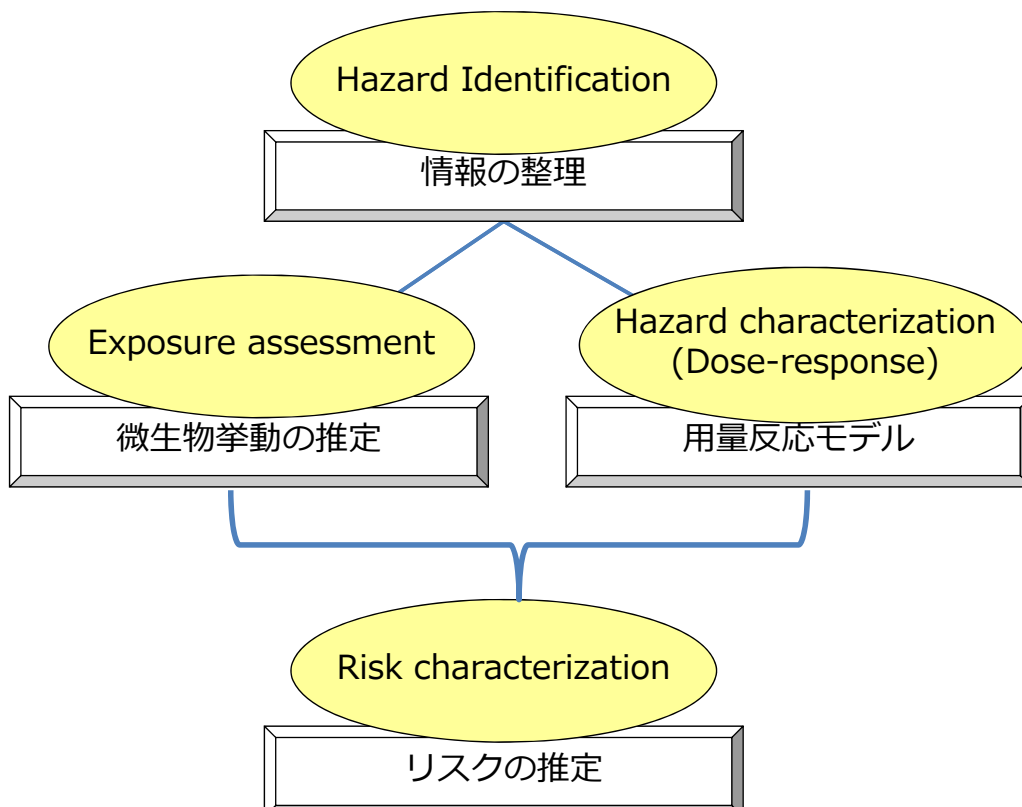


北海道大学大学院 農学研究院  
Shigenobu Koseki 小関 成樹



1/31

## なぜ？数理モデル化がリスク評価に必要なか



2/31

注目したのは「なまもの」

- 📍 レタス収穫後、消費に至るまでの病原性細菌数の変動予測  
⇐保存温度の影響



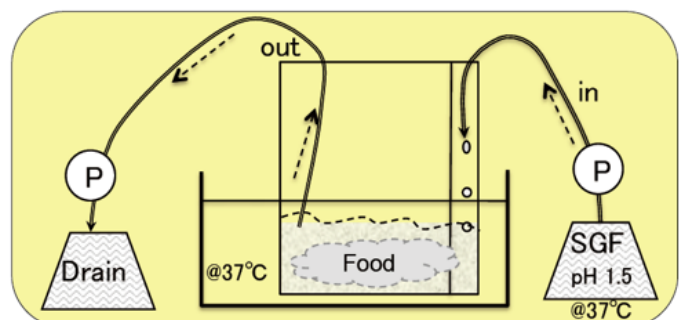
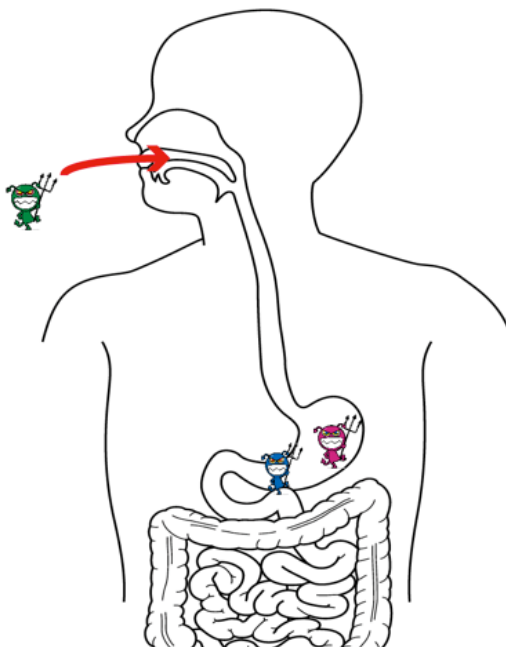
- 📍 マグロすき身中におけるリステリアの菌数変動予測  
⇐保存温度および競合細菌の影響



3/31

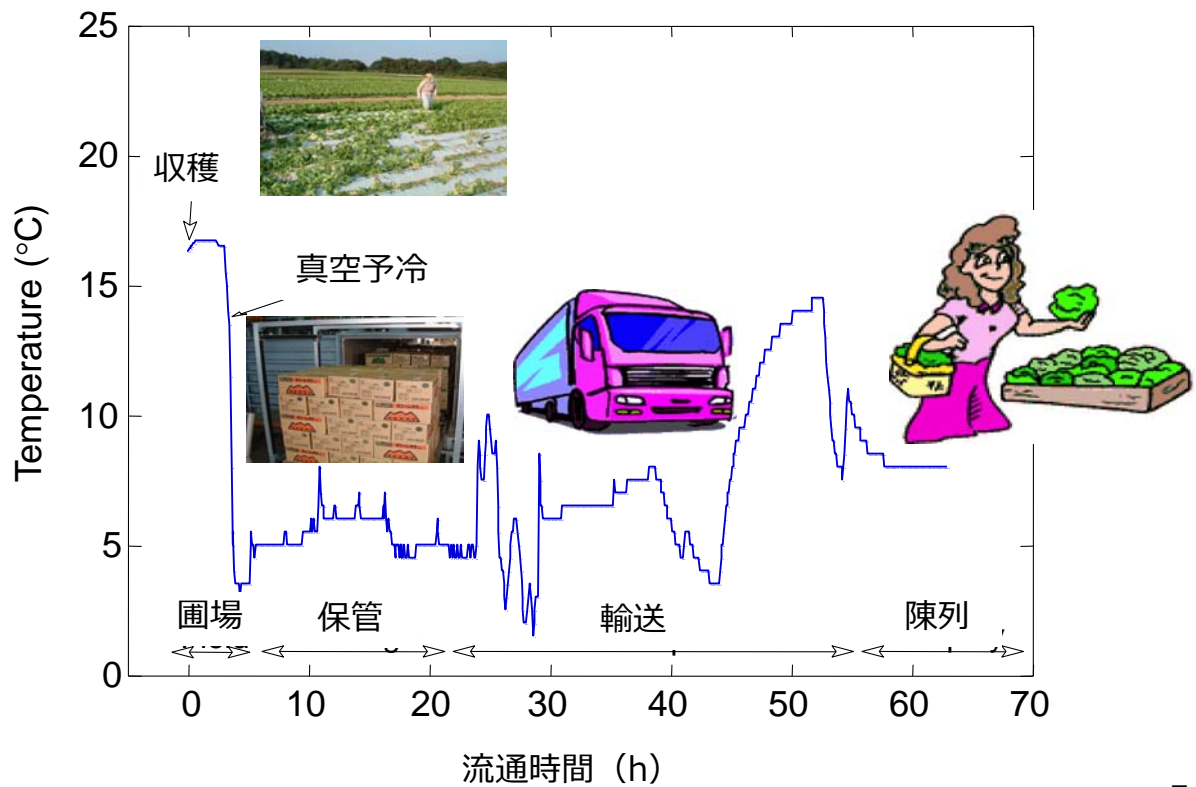
## Hazard characterization (Dose-response) 用量反応モデル

- 📍 人工胃液 (Simulated Gastric Fluid, SGF) を用いたモデル消化系における病原菌の死滅



4/31

## レタス収穫後、消費に至るまでの病原性細菌数の変動予測



5/31

## レタス収穫後、消費に至るまでの病原性細菌数の変動予測

### 解析の流れ

定温条件でのレタスにおける細菌増殖曲線を得る



温度と増殖速度との関係を求める

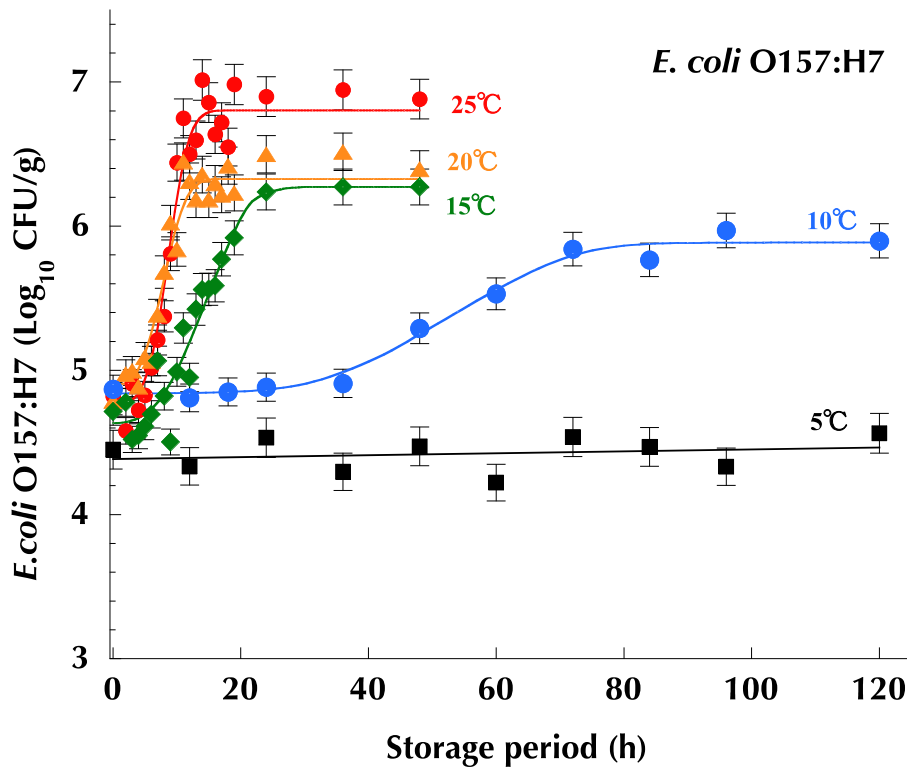


温度変化に対応させてモデルを解く

6/31

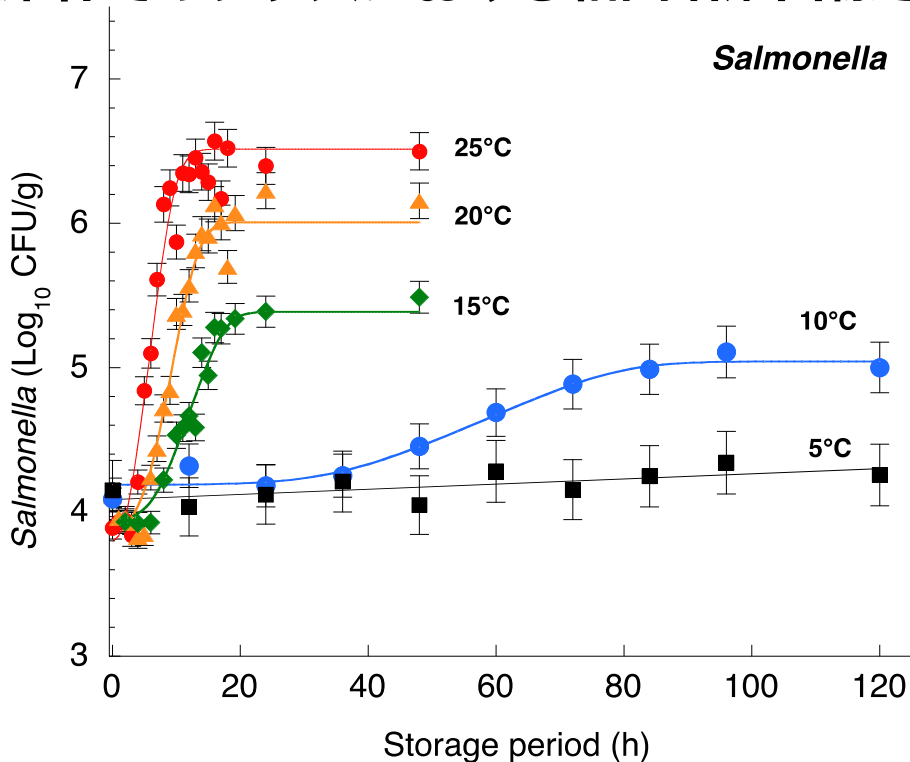
# レタス収穫後、消費に至るまでの 病原性細菌数の変動予測

## 定温条件でのレタスにおける細菌増殖曲線を得る



# レタス収穫後、消費に至るまでの 病原性細菌数の変動予測

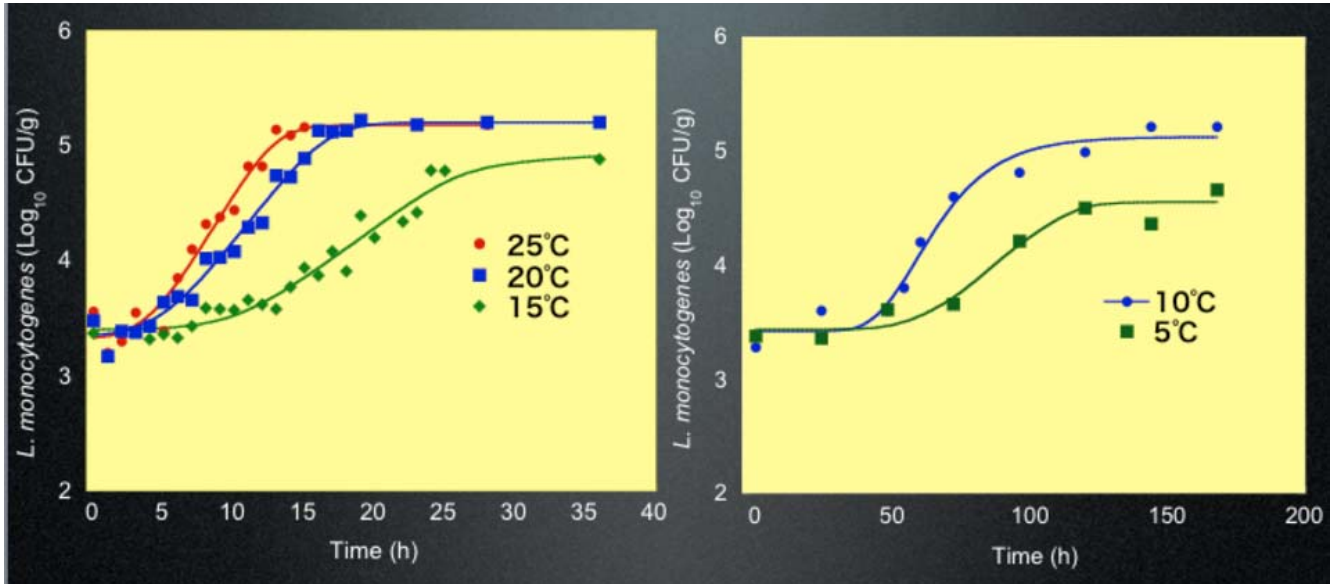
## 定温条件でのレタスにおける細菌増殖曲線を得る



# レタス収穫後、消費に至るまでの 病原性細菌数の変動予測

定温条件でのレタスにおける細菌増殖曲線を得る

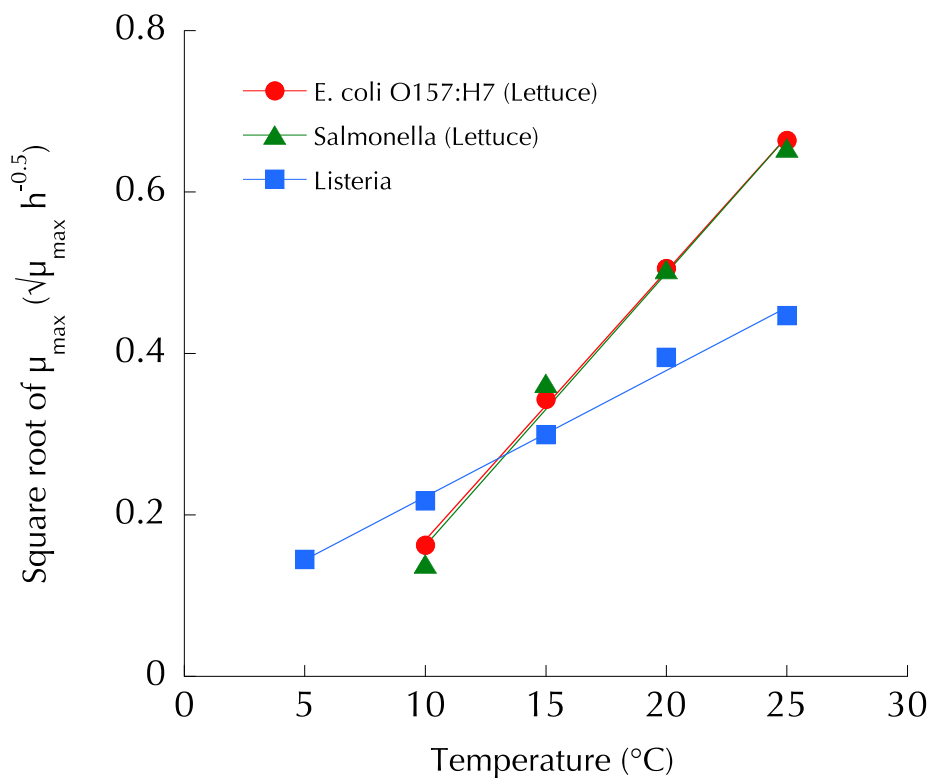
*Listeria monocytogenes*



9/31

# レタス収穫後、消費に至るまでの 病原性細菌数の変動予測

温度と増殖速度との関係を求める



10/31

# レタス収穫後，消費に至るまでの 病原性細菌数の変動予測

温度変化に対応させてモデルを解く

## Baranyi's primary model

$$\frac{dq}{dt} = \mu_{\max} q$$

$$\frac{dx}{dt} = \mu_{\max} \frac{q}{1+q} \left(1 - \frac{x}{x_{\max}}\right) x$$

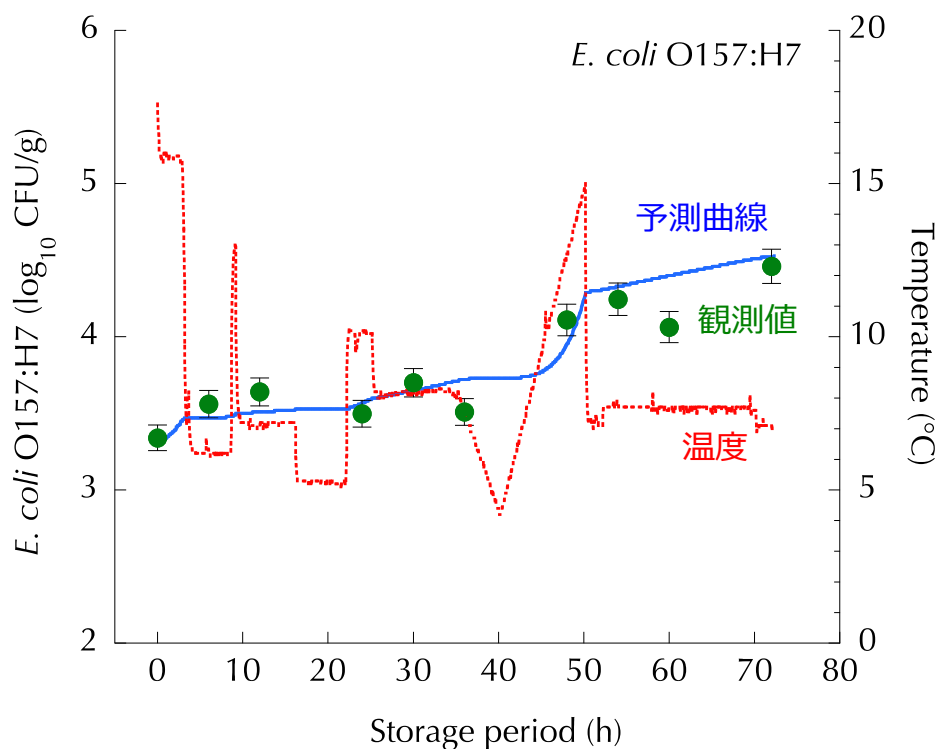
## Ratkowsky's secondary model

$$\sqrt{\mu_{\max}} = b(T - T_{\min})$$

11/31

# レタス収穫後，消費に至るまでの 病原性細菌数の変動予測

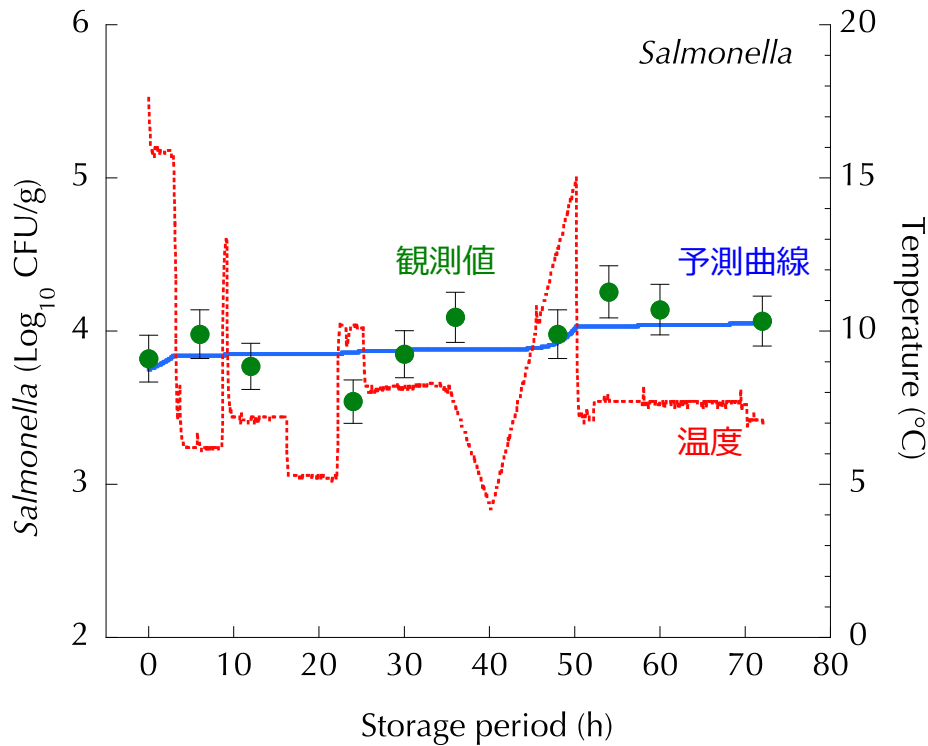
温度変化に対応させてモデルを解く



12/31

# レタス収穫後，消費に至るまでの 病原性細菌数の変動予測

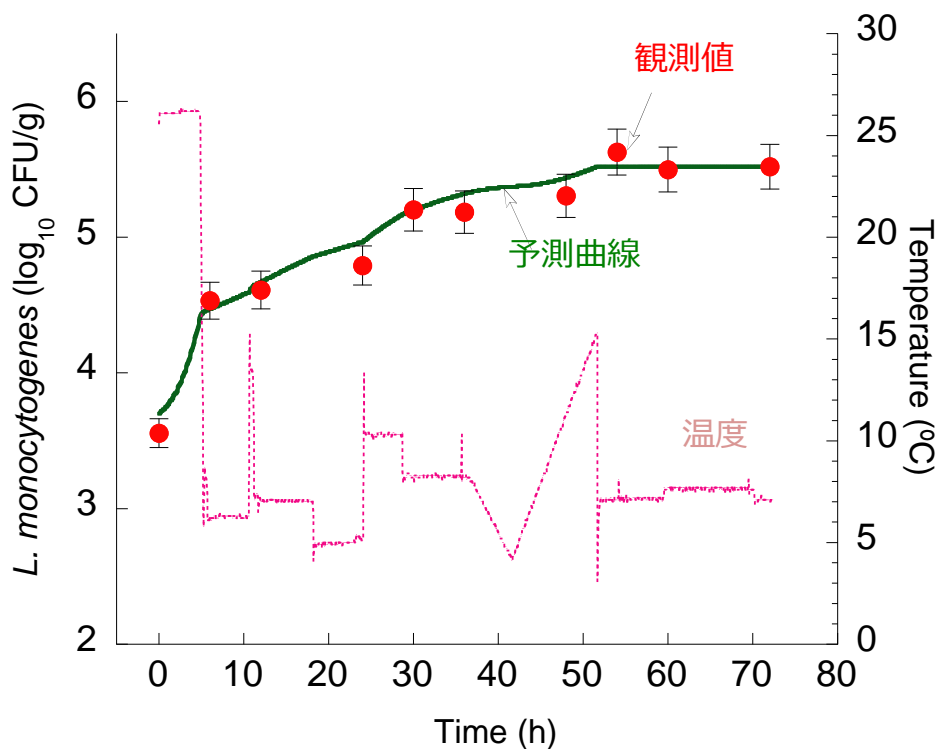
## 温度変化に対応させてモデルを解く



13/31

# レタス収穫後，消費に至るまでの 病原性細菌数の変動予測

## 温度変化に対応させてモデルを解く

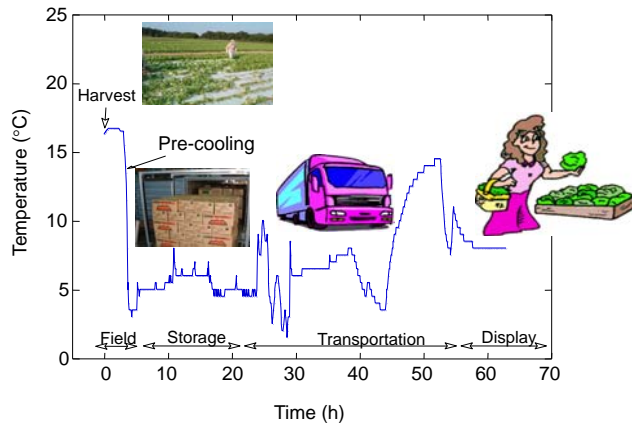


14/31

# レタス収穫後，消費に至るまでの 病原性細菌数の変動予測

実際の流通中の温度履歴に対応して  
レタス上の病原性細菌数の変化を予測可能に

消費時の汚染菌数を推定



課題  
初期値が不明

15/31

# マグロすき身中におけるリステリアの菌数変動予測 ←保存温度および競合細菌の影響

**Why minced tuna?**  
なぜ，マグロすき身？



📌 **eaten raw as a sushi ingredient**  
寿司ネタとして生で食べられる

📌 **contaminated with *L. monocytogenes* in 14.3% of Japanese retail stores (Handa et al., 2005)**

*L. monocytogenes*に日本国内の店舗で汚染されている (14.3%)

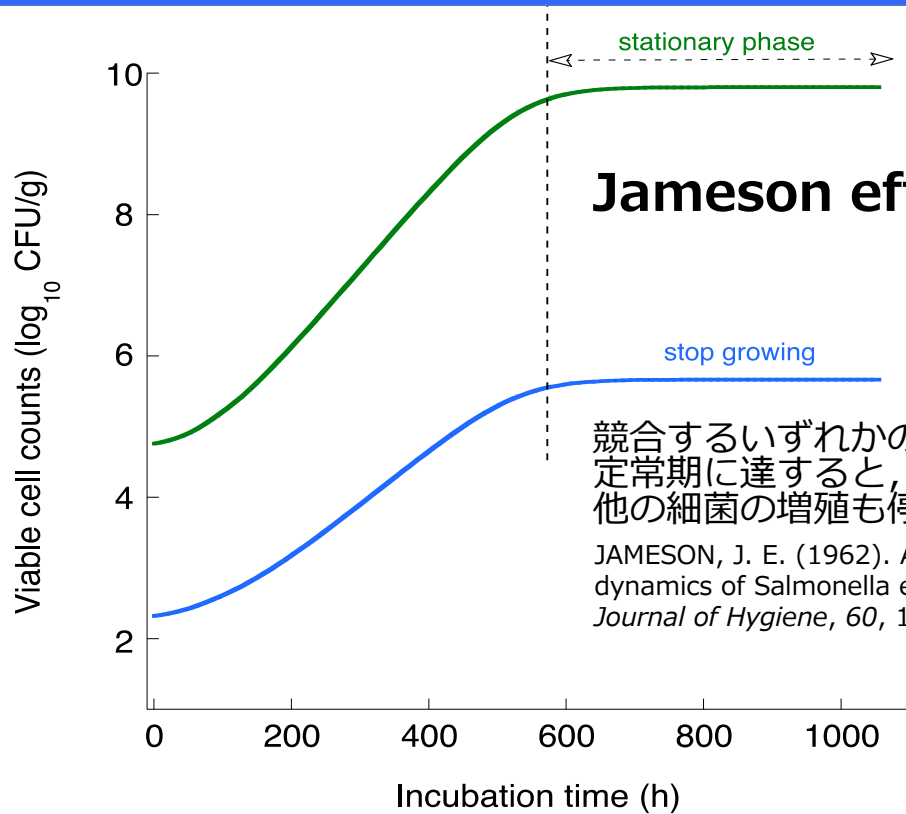


**Potential risk of food poisoning by listeriosis**

潜在的なリステリア食中毒の原因である

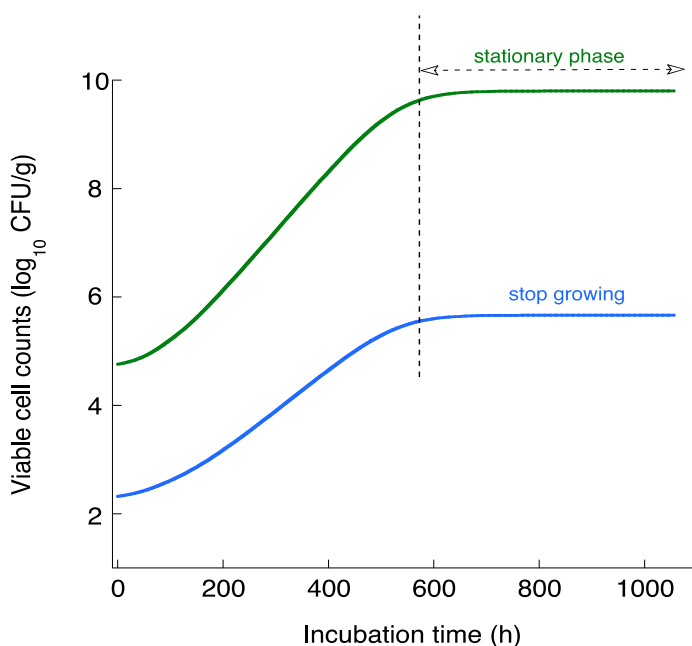
16/31

# マグロすき身中におけるリステリアの菌数変動予測 ←保存温度および競合細菌の影響



17/31

# マグロすき身中におけるリステリアの菌数変動予測 ←保存温度および競合細菌の影響



## Jameson effect

$$\frac{dq_{Lm}}{dt} = \mu_{\max}^{Lm} q_{Lm}$$

$$\frac{dLm}{dt} = \frac{q_{Lm}}{1 + q_{Lm}} \times \mu_{\max}^{Lm} \times \left(1 - \frac{Lm_t}{Lm_{\max}}\right) \times \left(1 - \frac{NF_t}{NF_{\max}}\right) \times Lm_t$$

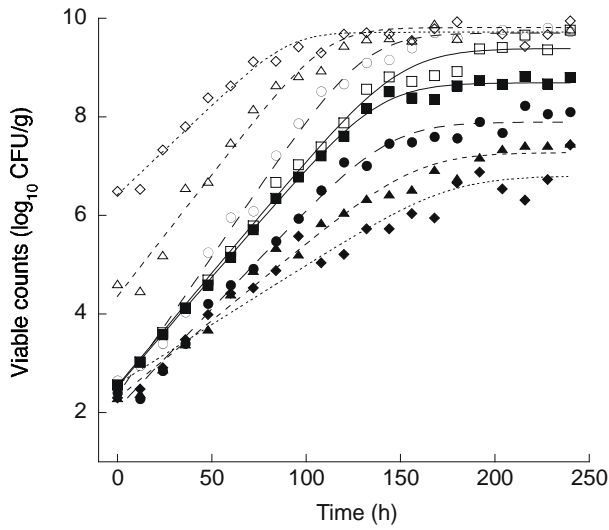
$$\frac{dq_{NF}}{dt} = \mu_{\max}^{NF} q_{NF}$$

$$\frac{dNF}{dt} = \frac{q_{NF}}{1 + q_{NF}} \times \mu_{\max}^{NF} \times \left(1 - \frac{NF_t}{NF_{\max}}\right) \times \left(1 - \frac{Lm_t}{Lm_{\max}}\right) \times NF_t$$

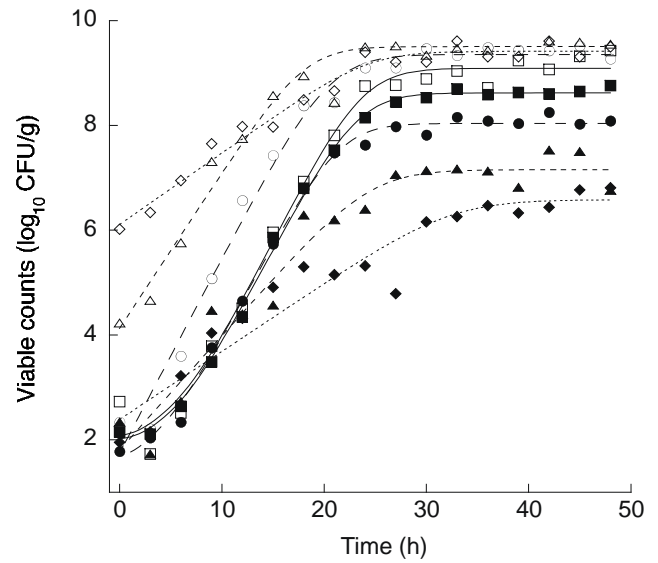
18/31

# マグロすき身中におけるリステリアの菌数変動予測 ←保存温度および競合細菌の影響

@10°C

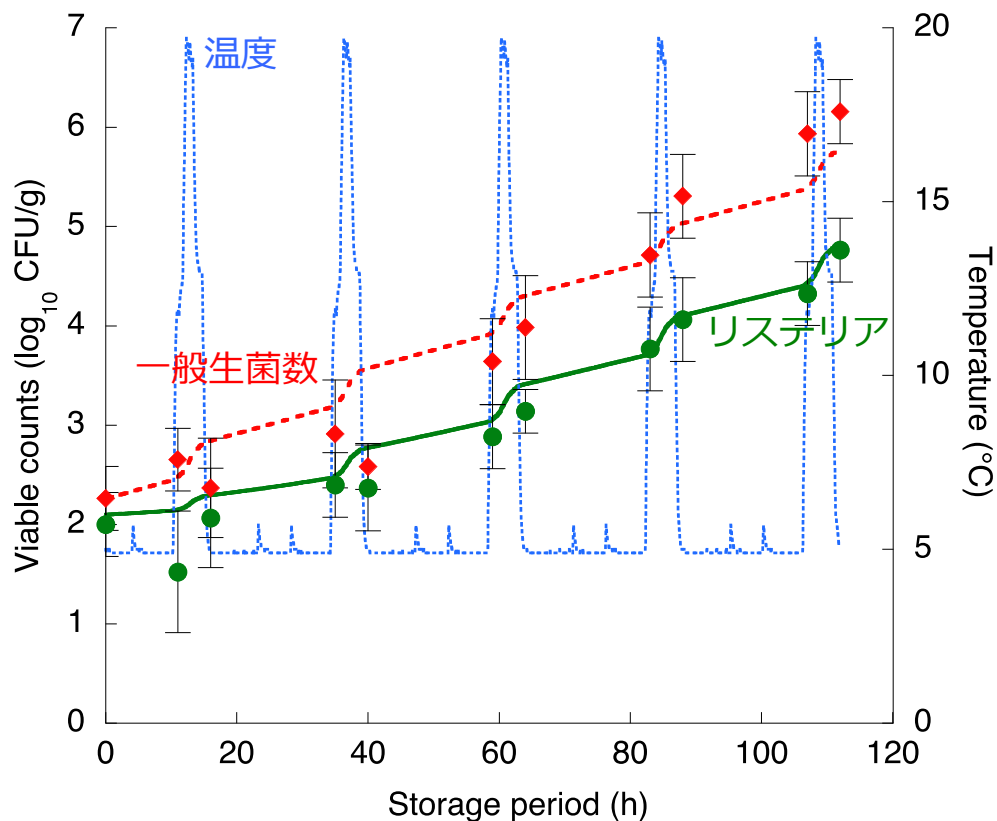


@30°C



19/31

# マグロすき身中におけるリステリアの菌数変動予測 変動温度環境下および競合細菌の影響



20/31

# マグロすき身中におけるリステリアの菌数変動予測



保存温度および競合細菌の影響を考慮して  
リステリア菌数および競合細菌数を予測可能



消費時の汚染菌数を推定



課題  
初期値が不明

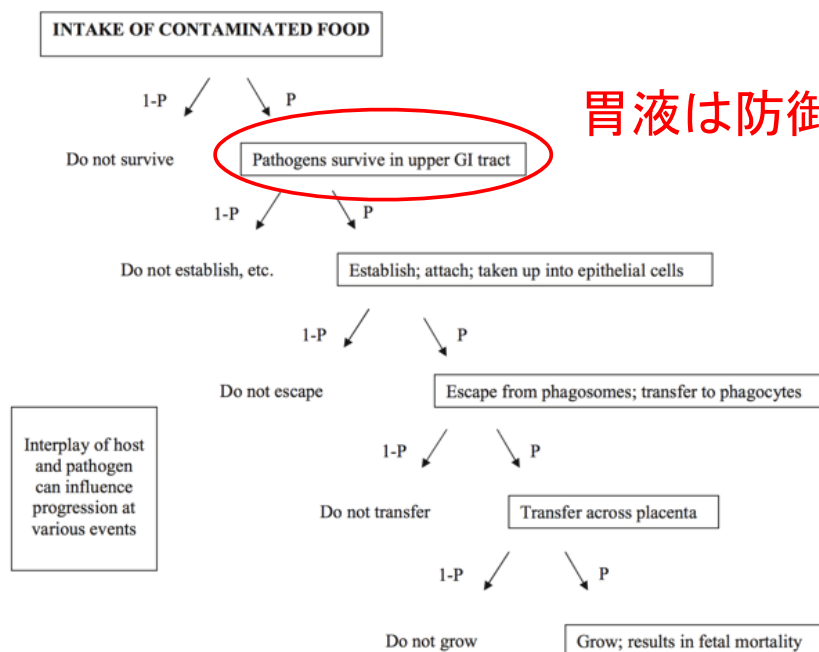
21/31

## Hazard characterization (Dose-response) 用量反応モデル

### The Key Events Dose-Response Framework

*Buchanan et al., 2009. Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*

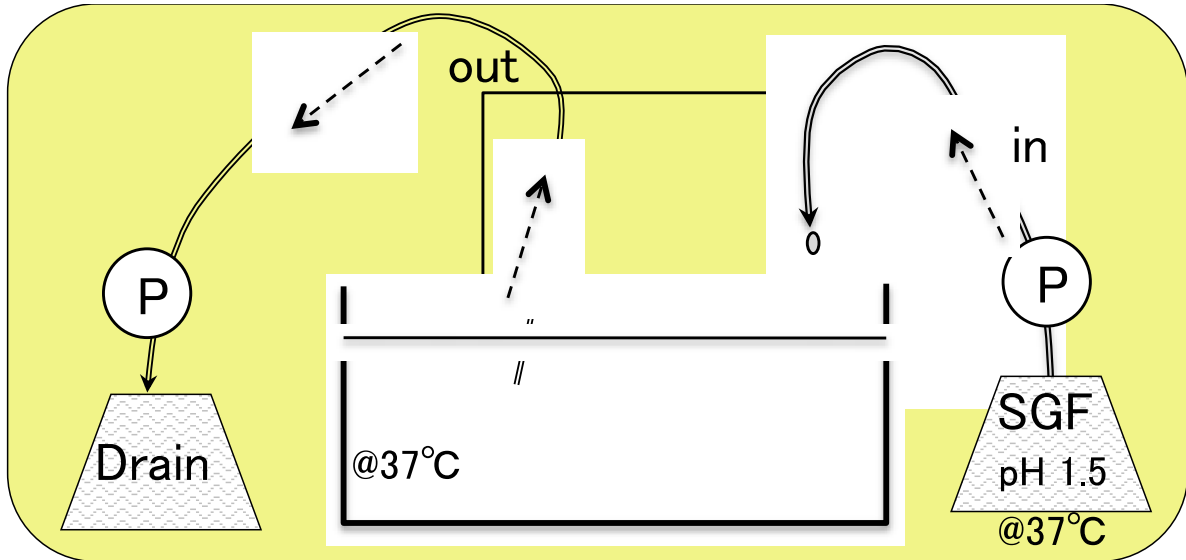
KEY EVENTS PATHWAY: *L. monocytogenes* intake and potential fetal death



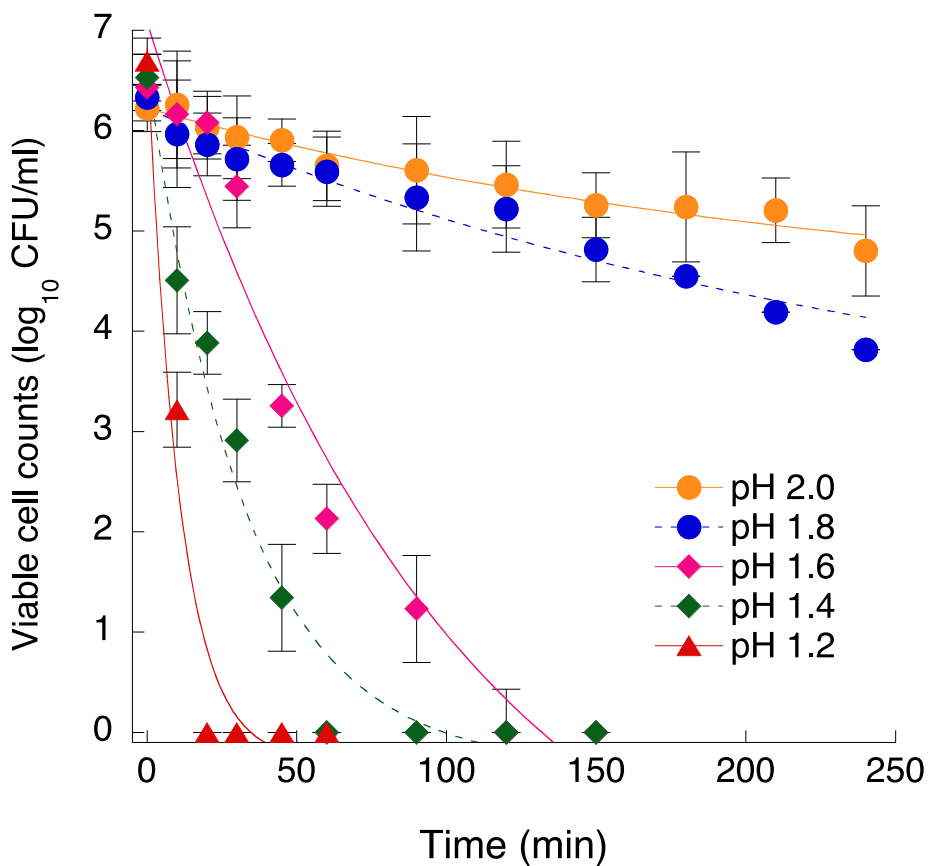
22/31

# Hazard characterization (Dose-response) 用量反応モデル

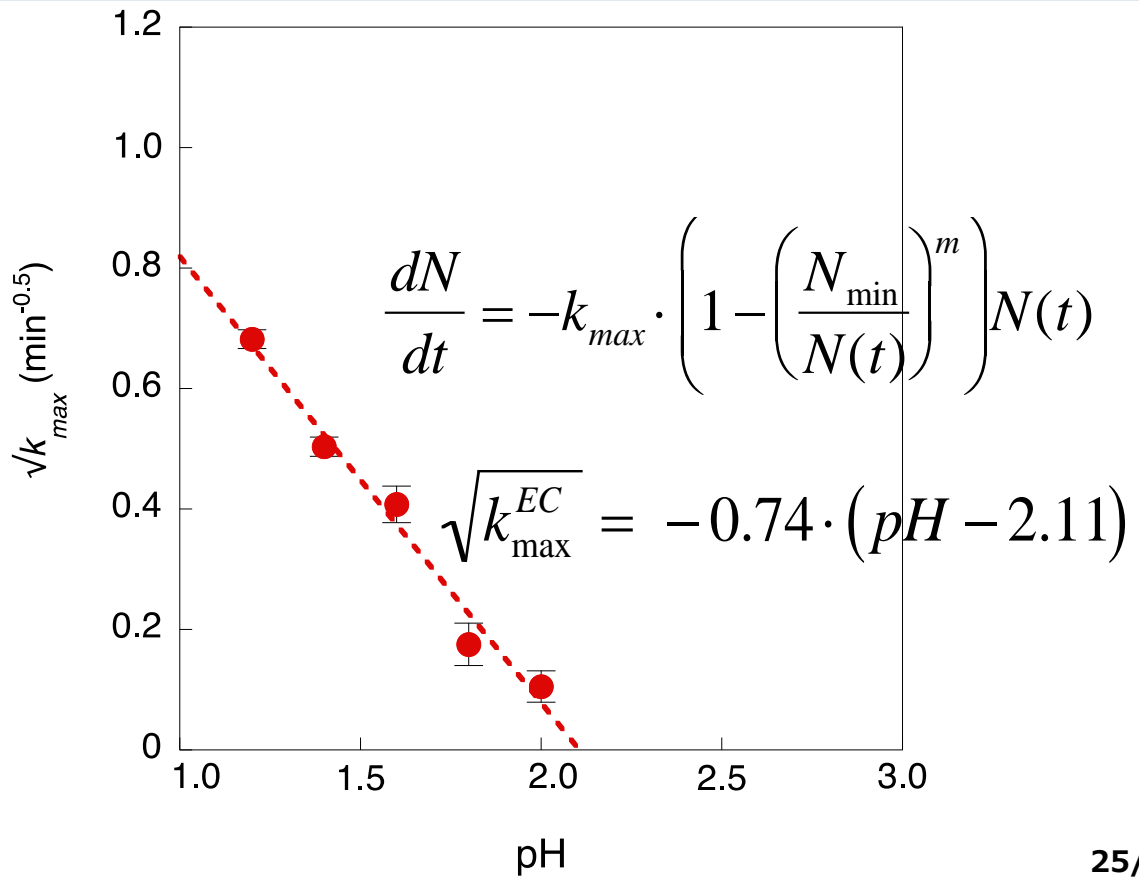
## 人工胃液 (Simulated Gastric Fluid, SGF) を用いたモデル消化系における実験



## 人工胃液中での *E. coli* O157:H7 の挙動

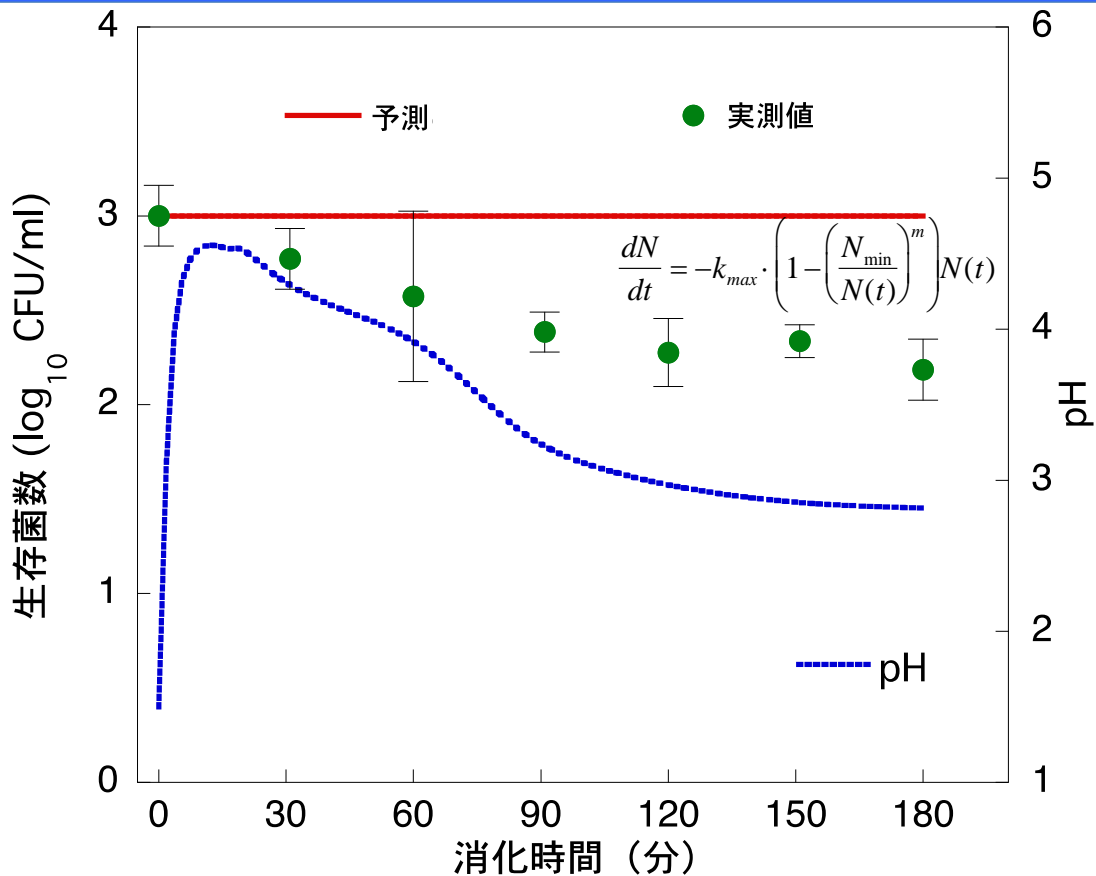


## E. coli O157:H7の死滅速度：pH依存性



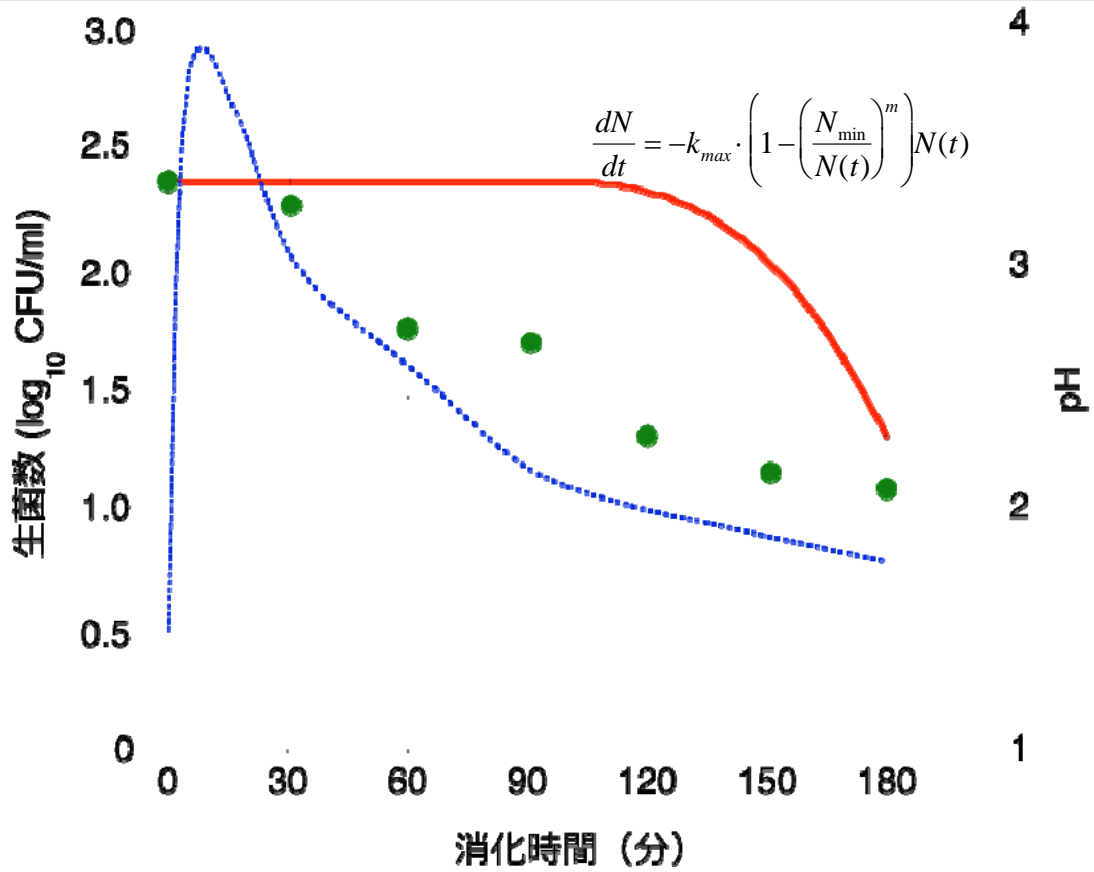
25/31

## ハンバーグ 80g 摂食時の E. coli O157:H7の死滅



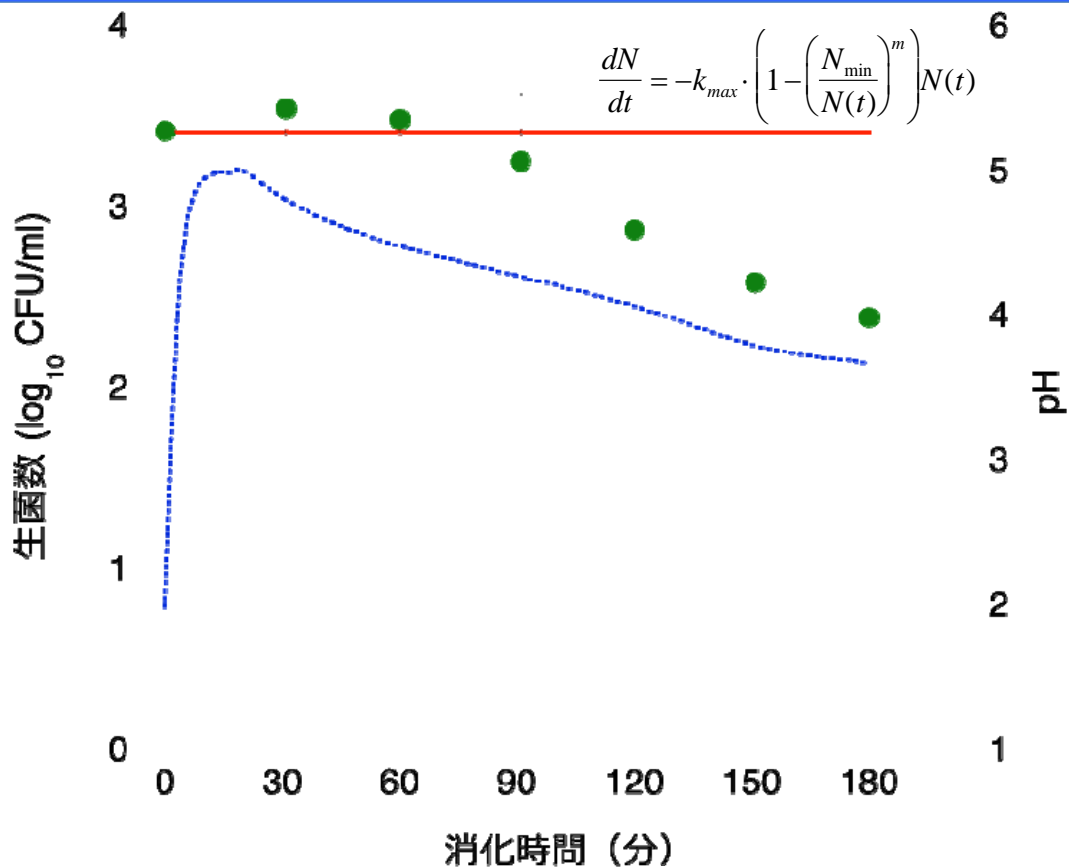
26/31

## レタス 100g 摂食時の *E. coli* O157:H7の死滅



27/31

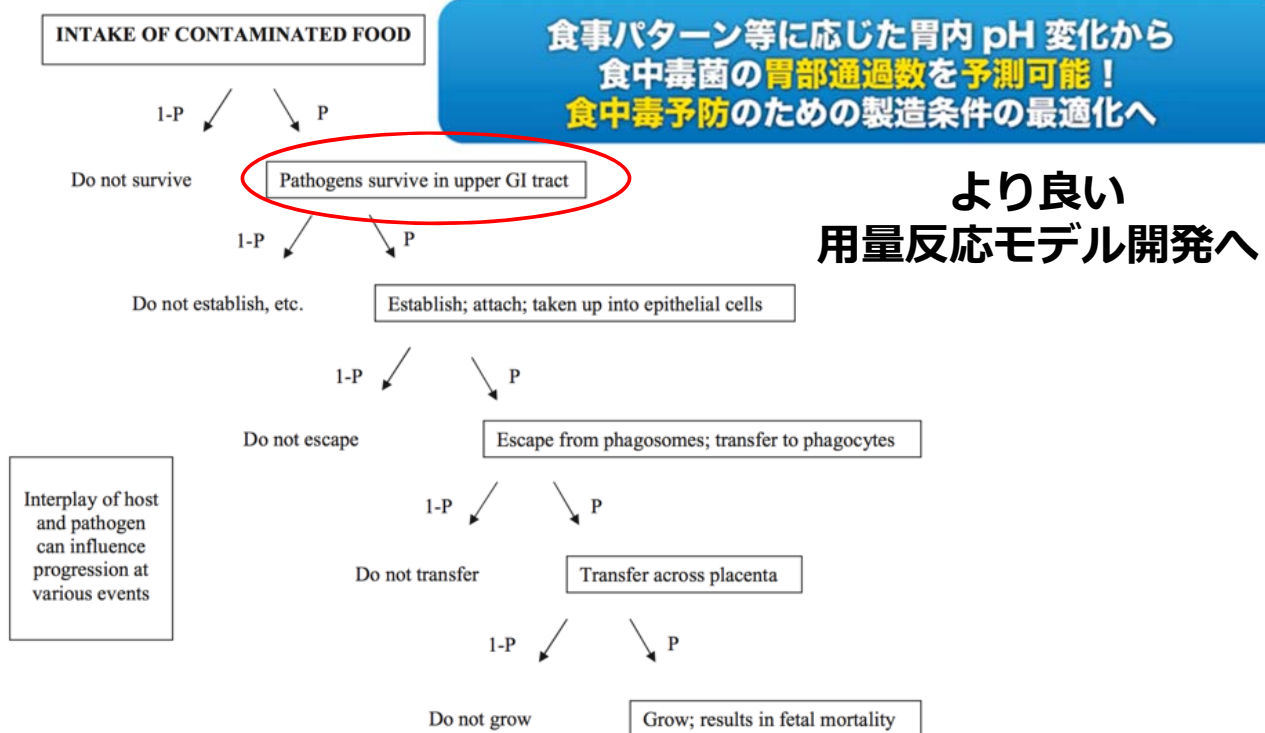
## ネギトコ 100g 摂食時の *E. coli* O157:H7の死滅



28/31

# Hazard characterization (Dose-response) 用量反応モデル

KEY EVENTS PATHWAY: *L. monocytogenes* intake and potential fetal death



29/31

## 食品媒介病原微生物の増殖・死滅挙動の数理モデル化 まとめ

- 📍 レタス収穫後，消費に至るまでの病原性細菌数の変動予測  
⇒ 流通中の温度変化に対応
- 📍 マグロすき身中におけるリステリアの菌数変動予測  
⇒ 保存流通中の温度および競合細菌の影響に対応
- 📍 人工胃液（Simulated Gastric Fluid, SGF）を用いたモデル消化系における病原菌の死滅  
⇒ より現実に即した用量反応モデル開発へ

30/31



北海道大学大学院農学研究院 食品加工工学研究室

こせき しげのぶ  
小関 成樹

koseki@bpe.agr.hokudai.ac.jp



## 参考文献

Koseki, S., and Isobe, S. (2005). Prediction of pathogen growth on iceberg lettuce under real temperature history during distribution from farm to table. *International Journal of Food Microbiology*, 104(3), 239–248.

Koseki, S., Takizawa, Y., Miya, S., Takahashi, H., and Kimura, B. (2011). Modeling and predicting the simultaneous growth of *Listeria monocytogenes* and natural flora in minced tuna. *Journal of Food Protection*, 74(2), 176–187.

Koseki, S., Mizuno, Y., and Sotome, I. (2011). Modeling of pathogen survival during simulated gastric digestion. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(3), 1021–1032.