

# 山岳環境傾度分析による生物反応のモデル化

井上直人

信州大学 農学部 食料生産科学科

## Modeling of Response to Mountainous Environment in Organisms (Mountainous Environmental Gradient Analysis; MEGA project)

Naoto INOUE

Department of Crop and Animal Science, Faculty of Agriculture,  
Shinshu University, Minamiminowa, Nagano, Japan

Key words: Animals, Model, Mountain, Plants, Response.

山岳、植物、動物、反応、モデル.

### プロジェクトの目的

信州大学の研究教育施設や保養施設は標高2500mから500mに分布し、山岳環境の分析にもっとも適した他大学に無い特徴を有している。山岳環境は日射、温度、気圧、大気組成、風などの環境が平野とは大きく異なるため、これに対する生物の反応を調べることによって基礎と応用面で大きな成果が期待される。特に、きびしい環境ストレスに対する生物の反応を細胞、個体、個体群、群集レベルで調査してモデル化し、生物にとっての山岳環境の意味を考察することは、地表面に住む生物にとって非常に重要であると考えた。この課題は中部山岳地帯に点在する信州大学の附属施設や海外の高標高地帯の環境を活用して、主に気象環境と生物の関係を解析しようとする他大学に無いユニークな学際的研究システムや新たな方法を構築しようとするものである。従来それぞれ別の分野で行われてきたことをこうした機会に有機的に結びつけてゆくことによって、新しい研究の萌芽を見ることができると期待するものである。

### 課題の設定基準

このような目的にそって、小課題を以下のような基準で設定することにした。

- 1) 信州大学の標高差の大きい立地環境を活かしたテーマであること
- 2) フィールドを活かした教育ができること

3) 附属施設を活用できること

4) 環境傾度分析を人工気象室のような莫大な資金をかけずにできること

5) 学部を超えた研究・教育活動の発展が期待できること

### 研究体制

各分野をまたがって連携できることを期待して、植物、動物、気象の3分野に関係の深い研究者にアプローチした。その構成と専門分野と小課題は以下のとおりである。

|              |                              |
|--------------|------------------------------|
| 井上直人 農学部助教授  | 作物生態生理<br>総括と植物の生長のモデル化      |
| 中村寛志 農学部教授   | 昆虫数理生態<br>山岳における標高と昆虫群集のモデル化 |
| 鈴木 純 農学部助教授  | 緑地微気象<br>微気象の解析              |
| 酒井秋男 医学部助教授  | 高地順応生理<br>動物の高地順応の機構解析       |
| 藤山静雄 理学部教授   | 昆虫生態<br>昆虫個体群のモデル化           |
| 久保浩義 理学部助教授  | 植物生態<br>植物個体の反応解析            |
| 小島峯雄 繊維学部教授  | 植物遺伝<br>植物二次代謝に関する遺伝の解析      |
| 野末雅之 繊維学部助教授 | 植物生理<br>植物の二次代謝の分析           |

## 方法論

環境傾度分析は実験植物分類学における移植実験や植生学において盛んに研究されて以後、しばらく下火になっていた。近年、地球温暖化に対応したモデル研究<sup>2)</sup>などで、国内外で再び取り入れられるようになってきた。しかしながら、UVや酸素などが変化する山岳環境の要素についての傾度分析は少ないのが現状であるので、そのような要素も注視することを考える。

モデルの研究手法としては、生物の特定の反応に最も関係の深いと事前に予測される気象要因のみを人工気象室などを用いて変化させるのではなく、多数の環境要因が変化する自然の山岳環境の中に生物を置くこと、あるいは標高などが大きく異なる実際の山岳地帯の中で生物の実際の状態を観察することを基本とする。その中から、特定気象要因と生体反応の関係を切り出して解析してゆき、簡単にして説明力の高いシンプルモデル<sup>1)</sup>の構築をめざす。無限ともいえる環境要素を網羅することはもともと不可能であり、もし詳細な「積み上げモデル」を構築しようとする、イギリスの植物数理モデル学者が1970年代に陥ったように、多数のパラメータをひとつひとつ確定してゆかなければならない。しかしながら、モデルの良さはパラメータ数と逆比例関係にあり、その数が増加するほどにあてはまり具合は劣化し、普遍性を失ってゆくといったことが経験されている。したがって、少数のパラメータによる説明力の高い生物の生体機能をよく反映した機能モデル(functional model)をめざすのが基本的な方法の枠組みである。

## 結果の概要

構成メンバーの一人である井上は世界で最も重要な食用作物であるイネを用いて、その耐冷性(cool tolerance)についてのモデル化を行った。高緯度地方の生産の安定性を低下させる最大の要因である温度と不稔の関係を解析するため、野辺山(標高1350m)にある高冷地実験施設に実験水田を開設し、野辺山と準高冷地である原村(900m)にそれぞれ20品種栽培した。日々の水温を記録し、積算冷却量(cooling-degree day)の概念<sup>3)</sup>を導入して不稔率との関係を定式化した。パラメータの比較により、北海道の「ユキヒカリ」や「ハヤユキ」の低温感受性が低く、意外にもUSSRの品種が

非常に弱いことがわかった。さらに、窒素やリンの栄養水準との関係を組み込んだモデルを開発しつつある。これは3月11日、農学部で開催される環境科学研究発表会および環境科学年報に発表される予定である。

酒井は標高の異なる場所において、チベットヒツジやブタなどを調査し、高地環境に対する適応の状況を生理学的に調査し、チベットヒツジが高地順応型の特徴を持っていることを明らかにした。この報告は本年報に論文として掲載されている。

中村は南アルプスの仙丈岳をフィールドにして、標高100m間隔に定点観測し、それらの地点における昆虫群集の多様性について調査した。その結果は現在解析中であり、群集の特性と山岳環境傾度の関係についてのモデルを検討中である。これは3月11日、農学部で開催される環境科学研究発表会で発表される予定である。

他の研究テーマについては現在検討中であり、今後まとまり次第発表してゆく予定である。

## 今後の展望

紫外線などの山岳環境を特徴づける環境要素に対する細胞、個体レベルのモデル化は今後の課題である。気象学、生態学、生理学、遺伝学の各分野の研究者の連携により、具体化してゆく必要がある。また成果が集積した段階で、それらをひとつにまとめた刊行物を作成することを考えても良いように思う。

## 引用文献

- 1) Horie, T. *et al.* (1992) Yield forecasting. *Agricultural Systems* 40: 211-236.
- 2) Horie, T. *et al.* (1995) Temperature gradient chambers for research on global environment change. III. A system designed for rice in Kyoto, Japan. *Plant, Cell and Environment* 18: 1064-1069.
- 3) Ucijima, T. (1976) Some aspects of the relation between low air temperature and sterile spikelets in rice plants. *J. Agric., Meteorol., Tokyo*, 31: 199-202.