

第7回 人間-熱環境系シンポジウム報告集(昭和58年12月)

講

演 1

脊椎動物の光周期反応と温度

奈良女子大学 理学部

大石 正

Photoperiodism and temperature in vertebrates

Tadashi OISHI

Faculty of Science, Nara Women's University

In almost all the animals, breeding period is determined seasonally. Thus, various physiological parameters, such as body weight, gonadal activity, molting, fat accumulation and metabolism, indicate seasonal fluctuation. These physiological parameters are controlled mainly by seasonal change in photoperiod and temperature due to revolution of the earth around the sun and on its axis. In this report, role of photoperiod and temperature as environmental factors to control seasonal variation in representatives of some classes of Vertebrata were investigated. In the medaka (teleost fish), photoperiod seems to be a main controlling factor for gonadal development during spring and summer and temperature in late winter. In Japanese quail (bird), photoperiod has a major role to control the gonadal activity, but temperature was necessary to induce testicular involution in short day refractory birds. In Djungarian hasters (mammal), photoperiod was a major factor to control body weight, hair color, food storage and gonadal activity, and temperature to control the amount of food consumption. Involvement of circadian rhythm in photoperiodic time measurement was discussed. Role of photoperiod, temperature and endogenous circannual rhythm in the seasonal variation in each class of Vertebrata was also discussed from comparative point of view.

ほとんどの動物は、体重、生殖腺活性、被毛、脂肪蓄積、代謝量等の生理的パラメーターの季節変動を示す。このような生理的パラメーターは、大別すると、繁殖に関するものと、環境温の季節変動に対する代謝的順化に関するものとに分けられる。生殖腺活性の変動は、動物の繁殖期を決定するものであるが、熱帯地方の一部の場合を除いて、多くの場合、地球の自転・公転により毎年正確に繰り返えられる光周期あるいは、環境温の季節変化によって決定される。光周期が繁殖期を決定する場合、長日により生殖腺の発達を促進され、繁殖期が到来する。キンギョ、スズメ、ハムスターなどの長日動物と、短日によって生殖腺の発達が促進される。サケやシカのような短日動物が知られている。しかし、脊椎動物の色々な種において、種々の生理的パラメーターの季節変動に対する光周期と温度の役割、あるいは、それらの相互作用に関する研究は、まだ充分とは言えない。私達の研究室では、魚類、鳥類、哺乳類を使って、このような季節変化を引き起す環境要因の解析を行ってきたので、その紹介とともに、その比較生理学的検討を行った。

図1には、奈良市における日長と月の平均気温の周年変化を示してある。温度の変化は、日長の変化より約1ヶ月遅れの周期を示すことが明らかである。図2には、このような自然条件下でのメダカの生殖腺の周年変化をG.S.I. (生殖腺重量÷体重×100)で示してある。春から初夏にかけてG.S.I.は急激に増加し、夏から秋にかけて、減少することが明らかである。生殖腺の季節変化の要因を調べるために、長日・高温(LD 16:8; 25°C)、長日・低温(LD 16:8; 7°C)、短日・高温(LD 8:16; 25°C)、短日・低温(LD 8:16; 7°C)

第7回 人間-熱環境系シンポジウム報告集(昭和58年12月)

の4条件において、各季節毎に実験を行った(図3)。春から夏にかけて、生殖腺の発育には、長日が有効であり、短日下では、生殖腺は退縮した。低温下において、G. S. I. 値が高いまま維持されているが、これは、生殖腺活性は停止するが、低温により再吸収が防がれたためと考えられる。冬の場合、生殖腺の発育には、むしろ、温度が重要であるという結果が得られた。

図4には、ウズラの生殖腺活性(第二性徴の肛門腺のサイズで示してある)は、長日に反発して高くなるが、短日に対する反発性に3つのタイプがあることが示されている。すなわち、長日→短日の変化に反発しなくなるもの(70%)と、長日、短日に反発しつづけるタイプ(15%)と、その中間型(15%)である。図5には、この短日に対する不応性のウズラと低温におくと、精巣の退縮が生ずることと示してある。これらのことより、ウズラにおいては、光が主な役割を果たすが、温度との相互作用も認められることが明らかとなった。

図6には、ジャングリアン・ハムスターの体重及び摂食量の季節変化を示した。体重は夏大きく、冬小さく、摂食量は、夏少なく、冬多いという全く逆転した関係が見られた。図7には、体重、摂食量、被毛の色、生殖腺の季節変化と調節する環境因子として、光周期と温度の役割を調べた結果を示してある。摂食量に関しては、温度が主な調節因子であるが、体重、被毛、食物貯蔵、生殖腺に関しては、光周期が主な調節因子であることがわかった。

光周期のちがいと動物が認識するためには、内因的、サーカディアンリズムが関与していることが最近明らかとなってきた。すなわち、動物は、長日、短日のちがいと光の当たっている時間の長さによって知るのではなく、光感受性のサーカディアンリズムがあり、感受性の高い時刻に光が当たると、反応が表われるというわけである。メダカ、ウズラ、ハム

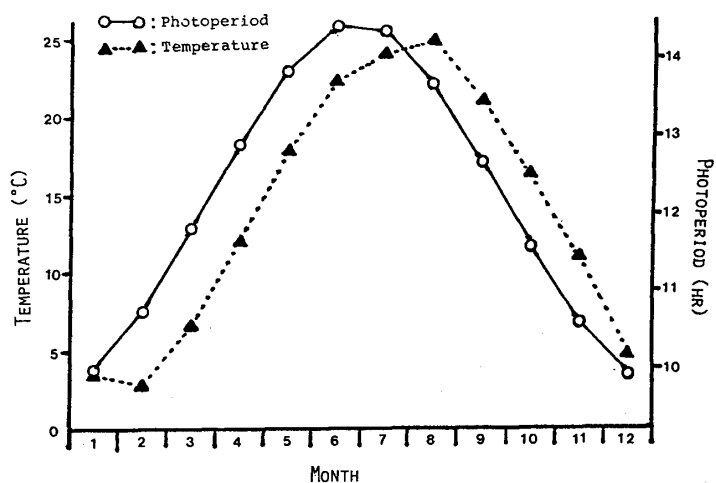


Fig. 1. Seasonal changes in mean temperature of each month and photoperiod in Nara.

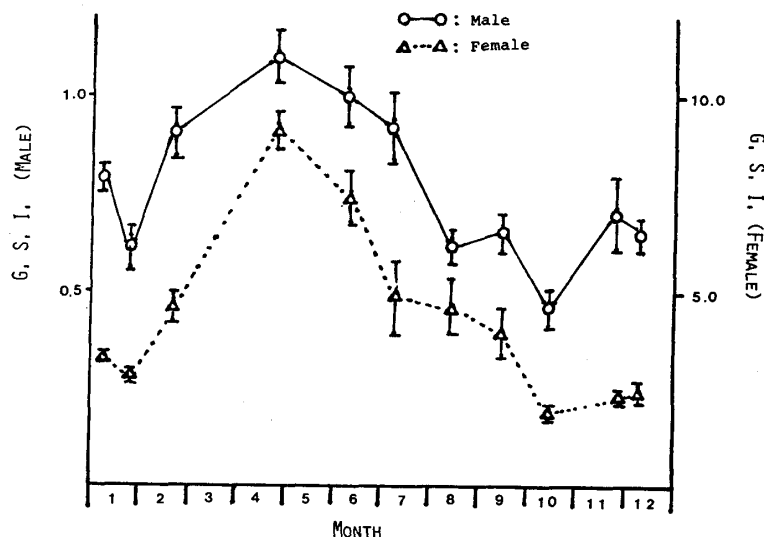


Fig. 2. Seasonal changes in gonosomatic indices in male and female medaka (Yamamoto and Oishi, unpublished).

第7回 人間-熱環境系シンポジウム報告集(昭和58年12月)

スターの光周性においても、サーカリアニリズムの関与が示唆されている。

繁殖期の決定、あるいは、各季節の環境条件に合わせて、体の生理的狀態と調節すること、温帯、寒帯地方に住む動物にとって決定的意味を持っている。各季節の到来と予測する手がかりとして二つのことが考えられる。まず、一つには、規則性のある環境要因の周年変動と感知し、これにより、来るべき厳しい季節の到来に備える方法がある。この環境要因として、光周期と温度が考えられるが、図1に示したように、光周期の変化は、温度の変化に先行すること。また、光周期の周年変動は、温度に比べ、安定していることにより、進化の過程の中で、それと利用する機構が生じ、魚類から哺乳類に至る多くの動物によってもまた、その機構が保持されてきたものと思われる。しかし、両生類、

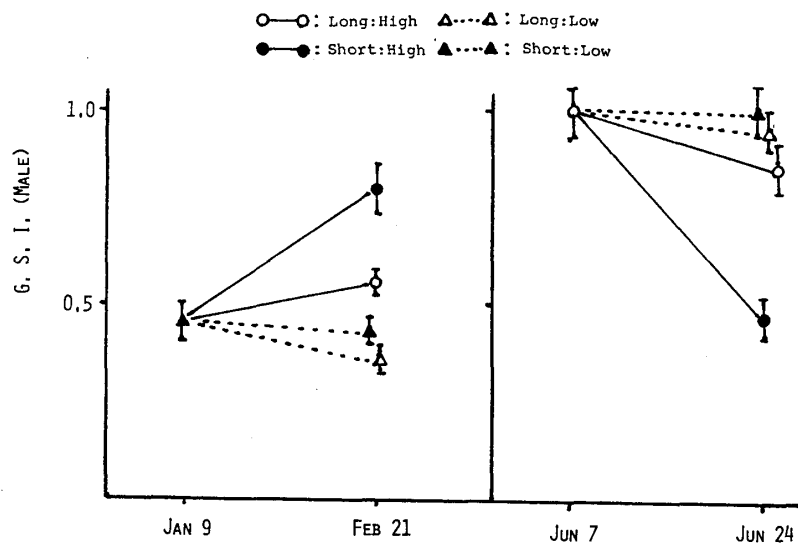


Fig. 3. Effects of photoperiod and temperature on the gonosomatic indices of the medaka in winter (left) and in summer (right) (Yamamoto and Oishi, unpublished).

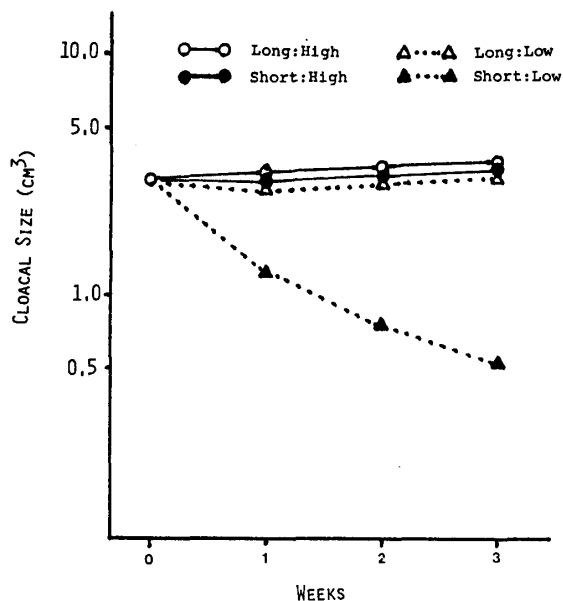


Fig. 5. Effects of photoperiod and temperature on the cloacal size of Japanese quail (Oishi and Konishi, 1978).

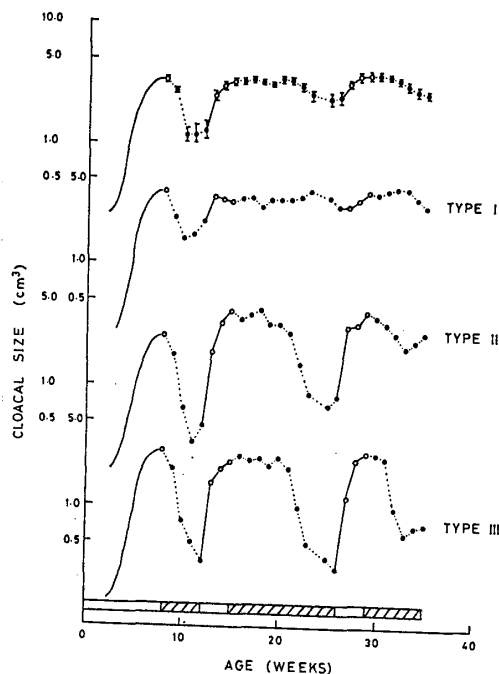


Fig. 4. Effects of long and short photoperiods on the cloacal gland size of Japanese quail. White and hatched bars indicate long and short photoperiods, respectively. (Oishi and Konishi, 1983)

第7回 人間-熱環境系シンポジウム報告集(昭和58年12月)

ハ虫類のように、変温性で、地中で冬眠する動物では、温度は、光より重要な環境因子として働いているようである。前もって、環境変化に対処するためのもう一つの方法は、サーカアニアルリズム(概年リズム)による方法である。ウズラやハムスターにおいては、サーカアニアルリズムの存在は認められなかったが、渡り鳥の生殖腺活性や、地リスの冬眠がサーカアニアルリズムにより調節されていることが報告されている。また、熱帯地帯においては、一年を通して、環境は、ほぼ一定である

ため、多くの種において、サーカアニアルリズムが繁殖期を決定しているようである。しかし、熱帯地帯においては、一年中繁殖可能な動物も報告されている。人間が、一年中、光、温度に関係なく、繁殖可能なのは、人間の起源が熱帯であることと示しているのかも知れない。あるいは、人間においては、人工光環境の発達も向うかの影響をもっているのかも知れない。

各季節の温度変化に対処した代謝量の変動は、人間においても認められているが、これらの季節変化の予知と、人間が、光周期、あるいは、サーカアニアルリズムにより行っているかどうかはまだ未解明である。もし、人間が、光周期への反応性、あるいは、サーカアニアルリズムを保持しているとすれば、居住生活の発達とともに、人間の生活環境が、一年を通して、より恒常状態に近づいていっている現代において、また、その傾向がさらに進むであろう未来の生活において、これらの性質は重要な意味をもってくるものと思われる。

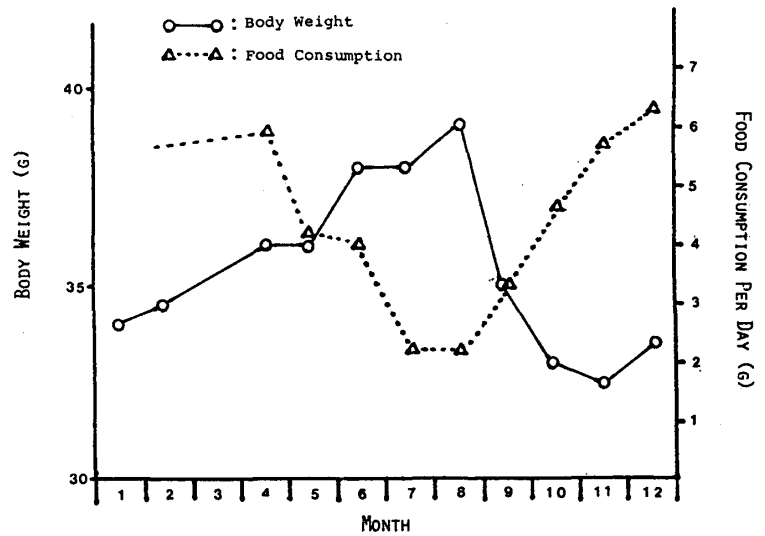


Fig. 6. Seasonal changes in body weight and food consumption in Djungarian hamsters (Tokura *et al.*, unpublished; Murakami and Oishi, unpublished).

	PHOTOPERIOD	TEMPERATURE
BODY WEIGHT	+++	+
FOOD CONSUMPTION	+	+++
HAIR COLOR	+++	-
FOOD STORAGE	+++	+
TESTIS SIZE	+++	+

Fig. 7. Effects of photoperiod and temperature on various physiological parameters of Djungarian hamsters (Masuda and Oishi, unpublished).