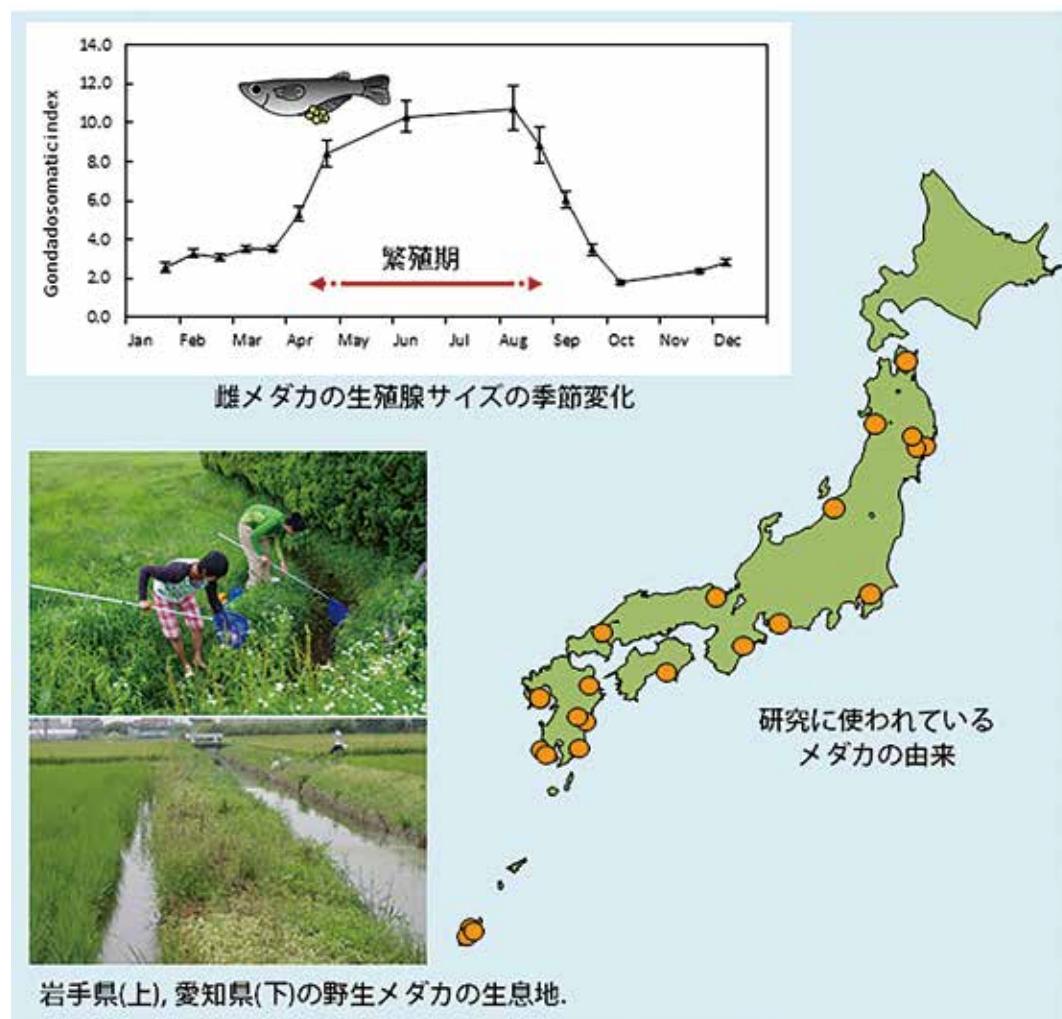


動物が環境の季節変化を感じて 巧みに適応する仕組みを解明する

春夏秋冬の季節の移ろいにともない、日の長さ（日長）や気温、降水量など、生物をとりまく環境は刻々と変化する。動物はこの環境の変化を感じて、繁殖、渡り、冬眠、換毛など、様々な生理機能や行動を変化させているが、動物が季節の変化を読み取る仕組みはまだ解明されていない。メダカは、日長や水温の変化を敏感に感知し、春から夏にかけて繁殖する。また、生息する地域によって季節の変化に対する応答性が異なることが知られている。本部門では、日本の様々な地域で採集された野生メダカや遺伝子改変メダカを駆使して、動物が日長や温度の変化を感じて環境の季節変化に適応する仕組みの全容の解明を目指している。



メダカは日照時間と温度の変化に敏感に反応し、春から夏にかけて繁殖活動を行う（左上）。高緯度地方に生息するメダカは低緯度地方に生息するメダカに比べて洗練された季節応答を示すことが知られている。本部門では、日本各地に由来するメダカ（右、左下）の解析を通じて、動物が日照時間や温度の変化を感じて環境の季節変動に適応する仕組みを取り組んでいる。

季節生物学研究部門

脊椎動物の季節適応機構

動物の行動の季節変化については紀元前300年代のアリストテレスの著書「動物誌」にも記述されているが、今日においても、動物がいかに季節を感じて、四季の環境の変化に適応しているかは明らかにされていない。

動物が季節を感じる仕組みを解明するには、四季の変化に明瞭に応答する生き物に学ぶのが近道である。鳥類は空を飛ぶため、可能な限り身体を軽くしており、生殖器も必要な時期だけ発達させる。特に雄では日照時間（日長）が長くなると精巣重量がたった2週間で100倍以上も大きくなる。このように生物が日長の変化に反応する現象は「光周性」と呼ばれている。鳥類、とりわけウズラは急速かつ劇的な光周反応を示すため、光周性の解明に最適なモデル生物として研究に用いられてきた。我々はウズラを材料として、脳の視床下部において春に発現誘導を受ける遺伝子群を探索し、光周性を制御する鍵遺伝子 *DIO2* を単離した（文献7）。また、ゲノムワイドな遺伝子発現解析により、*DIO2* 遺伝子を制御する光周性のマスタークロントロール因子として下垂体隆起部の甲状腺刺激ホルモン（TSH）を同定した（文献5）。哺乳類においては眼が唯一の光受容器官であるが、哺乳類以外の脊椎動物は脳内にも光受容器を持つ。我々はウズラの脳内で日長の変化を感じる新規な光受容分子、オプシン5を発見した（文献4）。これらの研究から、鳥類の光周性を制御する情報伝達経路が明らかになった。

我々はさらに遺伝子改変マウスを用いて、ウズラで明らかにした仕組みが、ヒトを含む哺乳類においても保存されていることも明らかにしている（文献2, 6）。さらにヤマメにおいても解析を進め、魚類特有の器官で、機能が知られていなかった「血管囊」が、季節を感じるセンサーとして働いていることを明らかにした（文献3）。

動物が日の長さを測る仕組みの解明に向けて

これまでの研究によって脊椎動物が季節の変化を感じる情報伝達経路が明らかになってきた。しかしウズラがどのようにして12時間の明期を長日と認識し、11時間半の明期を短日と認識するのかという「臨界日長」の謎、すなわち、光周性の本質は明らかになっていない。メダカは日本各地に生息しているが、東北地方など、高緯度地方のメダカは沖縄などの低緯度地方のメダカに比べて、洗練された光周反応を示すことが知られており、この謎の解明に優れたモデルである。我々は最近メダカの色覚が季節によってダイナミックに

変化することで繁殖期に婚姻色を見分けていることを明らかにした（文献1）。

本部門では、メダカをモデル動物として、動物が季節の変化を感じ、巧みに適応している仕組みの解明を目指している。

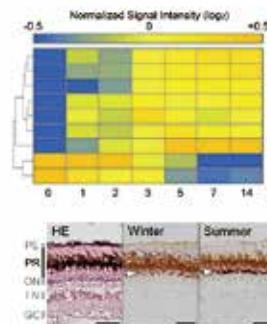


図1. メダカの光受容器の季節変化
メダカの目の光受容器は、冬はほとんど発現していないが、夏の条件に移ると顕著に発現するため、季節によって色覚が変化することが明らかになった。

参考文献

1. Shimmura, T., Nakayama, T., Shinomiya, A., Fukamachi, S., Yasugi, M., Watanabe, E., Shimo, T., Senga, T., Nishimura, T., Tanaka, M., Kamei, Y., Naruse, K., and Yoshimura, T. (2017). Dynamic plasticity in phototransduction regulates seasonal changes in color perception. *Nature Communications* 8, 412.
2. Ikegami, K., Liao, X.H., Hoshino, Y., Ono, H., Ota, W., Ito, Y., Nishiwaki-Ohkawa, T., Sato, C., Kitajima, K., Iigo, M., Shigeyoshi, Y., Yamada, M., Murata, Y., Refetoff, S., and Yoshimura, T. (2014). Tissue-specific post-translational modification allows functional targeting of thyrotropin. *Cell Reports* 9, 1-9.
3. Nakane, Y., Ikegami, K., Iigo, M., Ono, H., Takeda, K., Takahashi, D., Uesaka, M., Kimijima, M., Hashimoto, R., Arai, N., Suga, T., Kosuge, K., Abe, T., Maeda, R., Senga, T., Amiya, N., Azuma, T., Amano, M., Abe, H., Yamamoto, N., and Yoshimura, T. (2013). The saccus vasculosus of fish is a sensor of seasonal changes in day length. *Nature Communications* 4, 2108.
4. Nakane, Y., Ikegami, K., Ono, H., Yamamoto, N., Yoshida, S., Hirunagi, K., Ebihara, S., Kubo, Y., and Yoshimura, T. (2010). A mammalian neural tissue opsin (Opsin 5) is a deep brain photoreceptor in birds. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 107, 15264-15268.
5. Nakao, N., Ono, H., Yamamura, T., Anraku, T., Takagi, T., Higashi, K., Yasuo, S., Katou, Y., Kageyama, S., Uno, Y., Kasukawa, T., Iigo, M., Sharp, P.J., Iwasawa, A., Suzuki, Y., Sugano, S., Niimi, T., Mizutani, M., Namikawa, T., Ebihara, S., Ueda, H.R., and Yoshimura, T. (2008). Thyrotrophin in the pars tuberalis triggers photoperiodic response. *Nature* 452, 317-322.
6. Ono, H., Hoshino, Y., Yasuo, S., Watanabe, M., Nakane, Y., Murai, A., Ebihara, S., Korf, H.W., and Yoshimura, T. (2008). Involvement of thyrotropin in photoperiodic signal transduction in mice. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105, 18238-18242.
7. Yoshimura, T., Yasuo, S., Watanabe, M., Iigo, M., Yamamura, T., Hirunagi, K., and Ebihara, S. (2003). Light-induced hormone conversion of T4 to T3 regulates photoperiodic response of gonads in birds. *Nature* 426, 178-181.

客員教授
吉村 崇



特任助教
四宮 愛

