

ミツバチワーカーの分業を制御する「メラトニン作動性機構」を解明

—昆虫初のメラトニン受容体を特定、蜂群崩壊症候群(CCD)解決への新アプローチ—

神戸大学大学院農学研究科 竹田真木生名誉教授を中心とする、日本、バングラデシュ、ベトナム、ポーランド、エジプト、中国の5カ国による国際共同研究チームは、セイヨウミツバチのワーカーが日齢に伴って役割を変える「分業(ポリイシズム)」の制御において、脳内のメラトニン作動性システムが中枢的な役割を果たしていることを世界で初めて明らかにしました。

本研究は、長年信じられてきた「幼若ホルモン(JH)主導説」を覆し、昆虫において存在が議論されていた「メラトニン受容体」が、内勤から外勤(採餌)へと行動を切り替える決定的なスイッチであることを証明しました。この発見は、世界的な問題となっている「ミツバチの失踪(CCD)」のメカニズム解明や、新たな害虫制御技術の開発に繋がる画期的な成果です。本成果は、国際学術誌『International Journal of Molecular Sciences』(2025年12月19日付)に掲載されました。

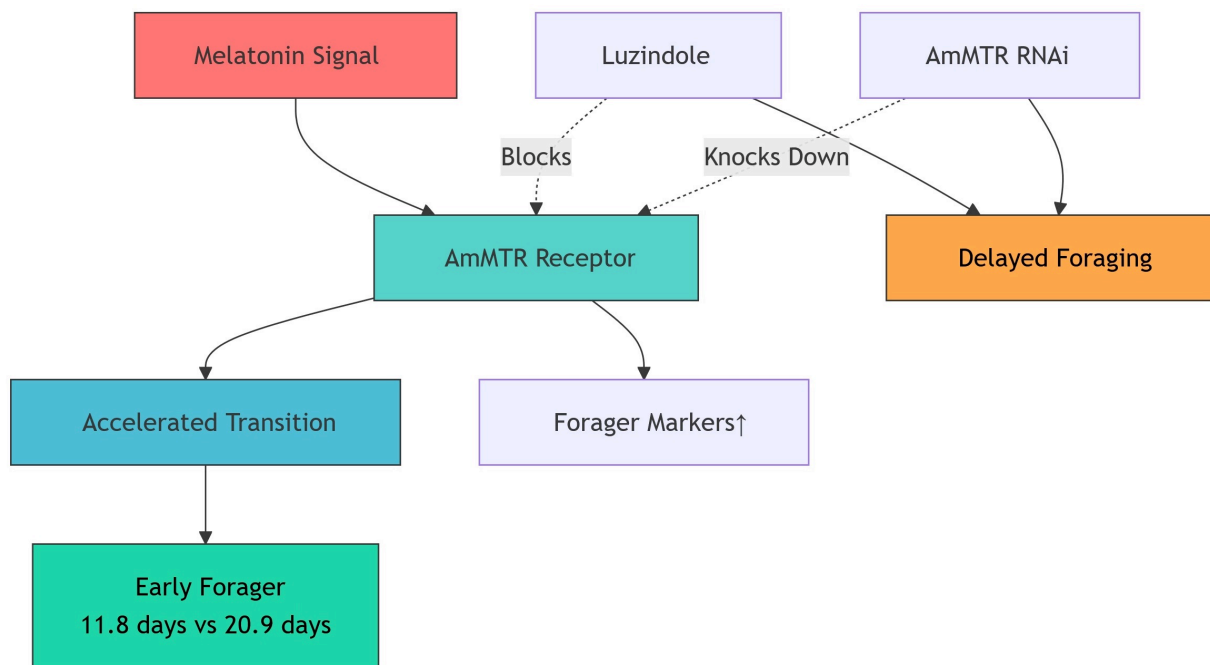


図1: 本研究の概要を示すフローチャート

<https://doi.org/10.3390/ijms27010035> (CC BY)

【本研究の内容: 5カ国の知が紡いだブレイクスルー】

ミツバチのワーカーは、羽化後の約3週間を巣内での育児や清掃(内勤)に費やし、その後、決然と外での採餌活動(外勤)へと旅立ちます。この劇的な「分業」の移行を操る分子メカニズムの解明に、国際チームが多角的なアプローチで挑みました。

「時間」と「行動」をつなぐメカニズムの解明(日本・中国): 日本と中国のチームは、日齢の進行に伴い上昇するメラトニン合成酵素(aaNAT)の活性を特定しました。またミツバチが体内時計の転写因子を「3週間の計測器」として使い、メラトニンを蓄積させていることを突き止めました。

「分業スイッチ」の実験的証明(バングラデシュ・ベトナム): 内勤バチにメラトニンを注射したところ、

通常21日かかる外勤化が15日に短縮。さらに、戻ったハチが採餌バチ特有の「8の字ダンス」を披露し、代謝レベルでも花蜜を蜂蜜に変える酵素が早期誘導されることを確認しました。「昆虫初の受容体」の特定(ポーランド・エジプト): ポーランドのチームによる遺伝子ノックダウン技術(RNAi)と、エジプトのチームによる最新の3次元構造解析により、昆虫では未解明だった「メラトニン受容体(GPCR)」の実在と機能を計算化学的・生理学的に立証しました。

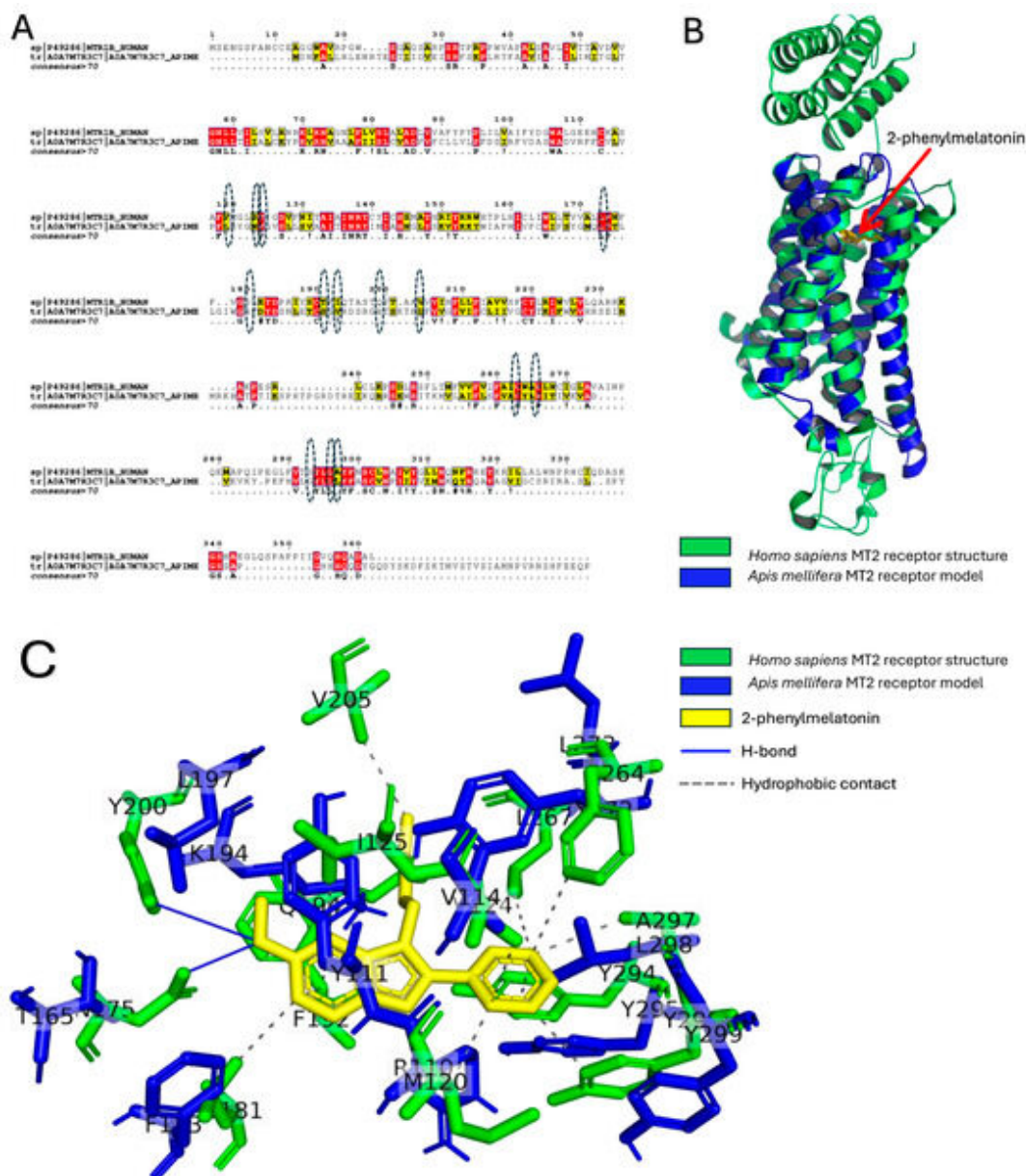


図 2 ヒトおよびセイウミツバチにおける MT2 受容体の配列比較および構造解析

ヒト(緑)及び蜜蜂(青)のメラトニン受容体の推定配列の3次元構造に、関連するリガンド(メラトニン、フェニルメラトニン(黄色)、ルジドール(メラトニン受容体拮抗剤)がドッキングする可能性を調べた。その結果これら3剤は結合する可能性が高いと考えられた。昆虫においてもメラトニン応答システムの存在が強く示唆された。

<https://doi.org/10.3390/jjms27010035> (CC BY)

【社会的意義: 農業・環境保護への貢献】

ミツバチは人類最古の家畜であり、現代農業においても顕花植物の受粉を担う不可欠な存在です。近年深刻化している「蜂群崩壊症候群 (CCD)」は、若齢バチの帰巢異常や日齢構成の偏りが原因とされています。本研究により、分業の鍵となる「メラトニン受容体」が特定されたことで、農薬(イミダクロプリド等)がこのシステムに及ぼす影響を詳細に解析する道が開かれました。これは、生物多様性の保護と持続可能な農業の両立に向けた大きな一歩です。

【補足資料: 用語解説】

メラトニンとaaNAT: セロトニンから合成される物質。ミツバチではaaNAT酵素の働きで日齢とともに増加し、社会行動の転換を促す。

ポリエシズム(分業): 年齢に応じて役割を変える仕組み。ミツバチ社会を支える基盤。

膜貫通型受容体 (GPCR): メラトニンという「鍵」を受け取る「鍵穴」となるタンパク質。

蜂群崩壊症候群 (CCD): 巣の構成員が急激に減少し、受粉活動が停止してしまう社会問題。

【論文情報】

タイトル: Melatonergic Regulation of Polyethism and Circadian Foraging in *Apis mellifera*

Mitsuhiro Izawa, Naznin Nahar, Quynh Tran, Jaja Bembenek, Ahmed A. M. Mohamed, Qiushi

DOI: 10.3390/ijms27010035

著者: Wang, Susumu Hiragaki, Rasha K. Al-Akeel, Hend M. Alharbi, Azza Elgendy, Abdo A. Elfiky, Amr Mohamed and Makio Takeda

掲載誌: *International Journal of Molecular Sciences* 2026, 27(1), 35