

## 鯨類の化学感覚能力の一端を解明

### 概要

鯨類（クジラ目）はウシやカバなどの偶蹄目から派生した海洋性の哺乳類であり、全ての現生種はイルカやマッコウクジラなどの歯を持つハクジラ亜目と、ミンククジラなどのヒゲ板でプランクトンを濾過して食べるヒゲクジラ亜目の二つの亜目に分類されます。陸上哺乳類にとって嗅覚は生存上とても大切な感覚能力の一つですが、海洋性の鯨類では嗅覚能力はほとんど失われていると、従来は考えられてきました。実際、ハクジラ類は嗅球など嗅覚に必要な神経系を持ちません。しかしヒゲクジラ類は、著しく退化しているものの、嗅覚に必要な全ての神経系を備えており、我々と同じく空気中に揮発している化学物質をニオイとして識別できることを、我々は以前に報告しました。では、ヒゲクジラ類の嗅覚能力は陸上哺乳類のそれと比べてどのような点が退化しているのでしょうか。残念ながら、ヒゲクジラ類は現在の技術をもってしても人類が飼育できない唯一の哺乳類グループであり、このため行動実験などに基づいてこうした疑問点を調べることができません。

本研究では、ヒゲクジラ類の嗅球の形状を組織学および比較ゲノム学の両面から調べました。その結果、ヒゲクジラ類の嗅球には背側の領域が存在しないことが示されました。嗅球の背側領域を人為的に除去した変異マウス（図2）は、天敵や腐敗物のニオイに対する先天的な忌避行動を示さないことが報告されています。ヒゲクジラ類も、進化の過程でこうした忌避行動につながる嗅覚能力を失った可能性が示唆されました。また、全ての現生鯨類は、甘味やうま味、苦味を感知するための遺伝子を失っていることが解明されました。

### 本研究で行ったこと

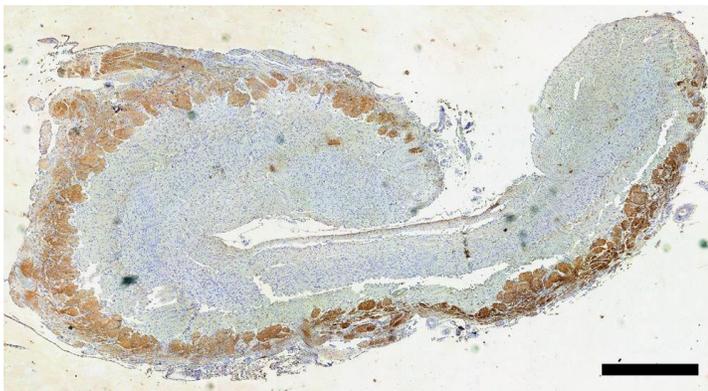
1. ホッキョククジラ（ヒゲクジラ亜目）の嗅球を OMP 抗体で免疫染色して、嗅球上の糸球体の分布を調べました（図1）。嗅球背側に糸球体が分布しないことが示唆されました。
2. クロミンククジラ（ヒゲクジラ亜目）の全ゲノムを世界に先駆けて解読しました。
3. クロミンククジラゲノムを既にゲノム配列が報告されているハンドウイルカ（ハクジラ亜目）、ウシ（偶蹄目）のゲノムと比較したところ、クロミンククジラとハンドウイルカの両方で嗅球背側に特異的に発現する遺伝子（*OMACS*、*NQO1*、微量アミン受容体、クラス I 嗅覚受容体）を失っていました。また、*OMACS* と *NQO1* に関して、ハンドウイルカとクロミンククジラの遺伝子の失い方が共通しており、両者の共通祖先でこれらの遺伝子は機能を失ったことが解明されました（添付論文の Fig. 1）。
4. ハクジラ—ヒゲクジラ分岐前の、始新世の時代に存在した両棲的な化石鯨類 2 種（パキケトゥスおよびレミングトノケトゥス。系統的な位置は図3）を調べました。パキケトゥスの嗅球背側には複数の神経孔が散在しており、この時代にはまだ嗅球背側に糸球体が存在していることが示唆されました。その一方でレミングトノケトゥスの嗅球背側は現生のヒゲクジラと同じく大きくえぐれており、この時代までに嗅球の背側領域が失われたことが示唆されました（添付論文の Fig. 3）。
5. 哺乳類の味覚のうち、甘味とうま味はクラス I 味覚受容体(*TAS1R*)、苦味はクラス II 味覚受容体(*TAS2R*)によって受容されることが知られています。これら *TAS1R*、*TAS2R* はどちらも G タンパク共役型受容体であり、シグナル伝達のために *gustducin* という G タンパクが必要です。本研究では、複数の鯨類や偶蹄類の *gustducin* 遺伝子を解読して比較を行いました。その結果、この遺伝子は偶蹄類との分岐後、ハクジラ—ヒゲクジラ分岐前までに失われていることが示唆されました（添付論文の Fig. 4）。

## まとめ

鯨類は、嗅覚・味覚ともに、偶蹄類との分岐後、ハクジラーヒゲクジラ分岐前の始新世の時代に、陸上哺乳類のそれらから大幅に退化したことが示されました。この時代は、鯨類の祖先が陸から海へと適応進化を遂げた時代と一致します。また、ヒゲクジラ類が天敵や腐敗物のニオイに対する先天的な忌避行動を失っている可能性が示唆されましたが、この結果は彼らの生態に照らし合わせると非常に合理的です。ヒゲクジラは他の哺乳類と同じく空気中に揮発した分子をニオイとして識別していますが、一生涯を海で暮らす彼らには、陸上動物の天敵はいません。彼らの天敵であるサメやシャチの存在は、空気中のニオイでは感知できません。また、クジラの鼻孔は吻端ではなく頭頂部にあるため、これから口に入れようとするものが食べられるのかどうか、ニオイを嗅ぐことで判断することができません。さらには、我々と異なって、クジラの鼻腔は口腔と直接つながっていないため、口に入れたものを嚥下していいのかどうかも、嗅覚で判断することはできません。

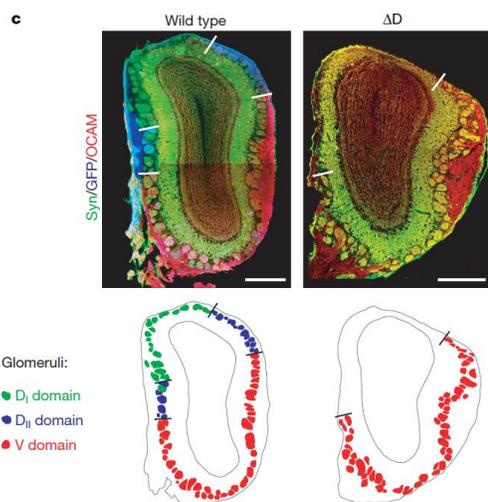
本研究では、全ゲノム配列、現生種の脳構造、そして化石を総合的に調べて、変異マウスとの比較を行うことで、海洋環境への適応進化にともなう化学感覚の退化の一端を明らかにしました（図3）。結果は、日本動物学会が今年創刊したばかりの *Zoological Letters* 誌に2月13日付で掲載されました。

図1



ホッキョククジラの嗅球の冠状切片。糸球体を抗OMP抗体で染色している。スケールバーの長さは1mm。画面上が背側、下が腹側、右が外側、左が内側。

図2 (参考図)



野生マウス（左）と背側領域除去マウス（右）の嗅球の冠状切片。小早川ら(Kobayakawa et al. 2007, Nature 450, 503-8)より引用。右に示された変異マウス嗅球の糸球体の分布が、図1とよく似ていないだろうか。

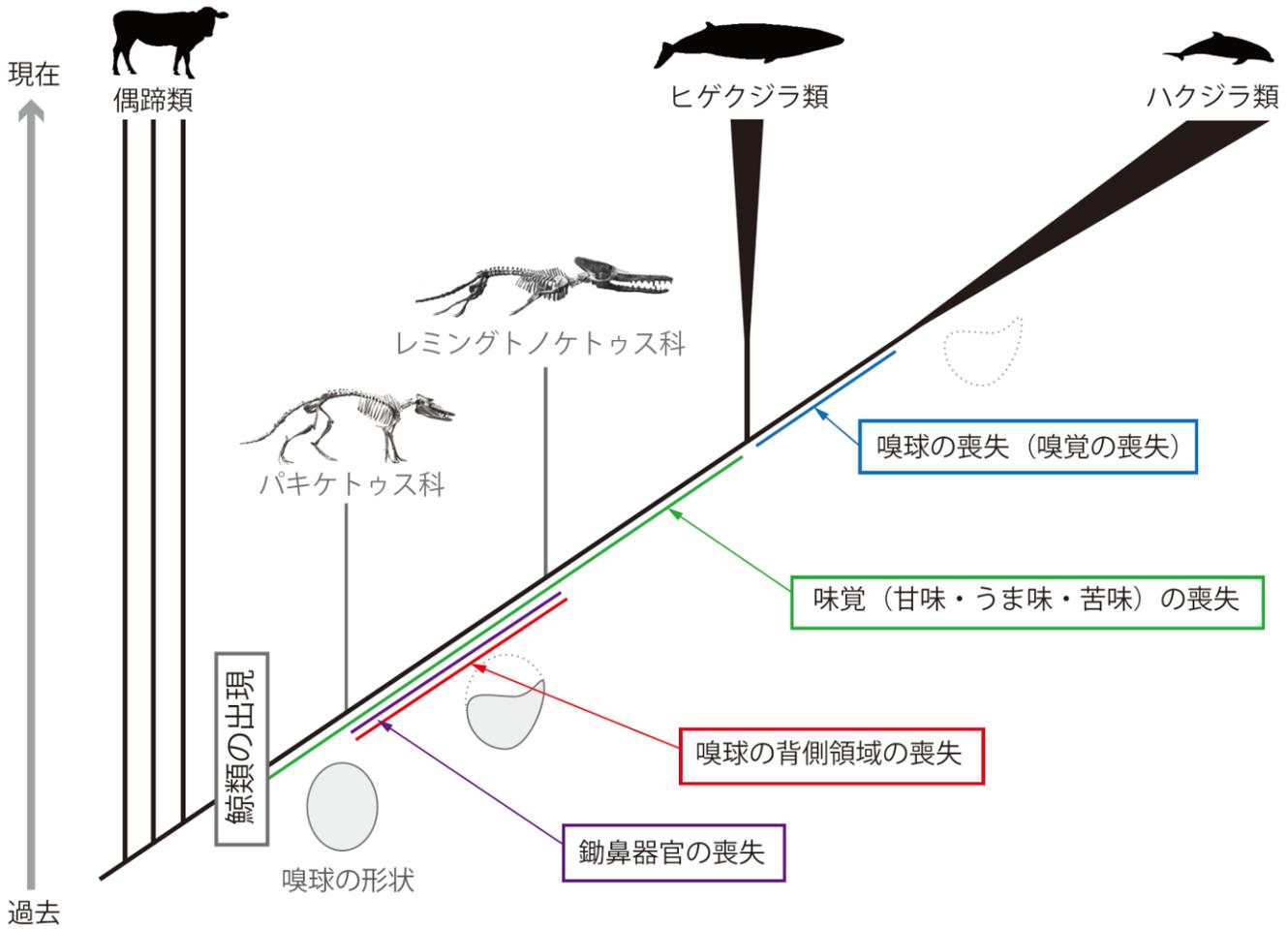


図 3

本研究結果の要約。Kishida et al. 2015 を改変。

### 発表論文

Kishida T, Thewissen JGM, Hayakawa T, Imai H, Agata K. (2015) Aquatic adaptation and the evolution of smell and taste in whales. *Zoological Letters* 1: 9. <http://www.zoologicalletters.com/content/1/1/9>

[著者：岸田拓士（京大・野生研）、ハンス=テーヴィセン（ノースイーストオハイオ医科大、米国オハイオ州）、早川卓志（京大・霊長研）、今井啓雄（京大・霊長研）、阿形清和（京大・院理）]