

2020年度

地球環境『自然学』講座

第7回

テーマ

バイカルアザラシの謎に迫る

—生態・環境・感染症—

講師

東京大学名誉教授

宮崎 信之 先生

2021年1月16日

認定NPO法人・シニア自然大学校

講師プロフィール

宮崎 信之 (みやざき のぶゆき)



1. 経歴

1946年8月4日東京に生まれる。京都大学農学部水産学科卒業、東京大学大学院農学系研究科博士課程修了、農学博士。琉球大学理工学部助手、国立科学博物館動物研究部主任研究官、東京大学海洋研究所教授、東京大学海洋研究所大槌センター長、日本BICER(Baikal International Center for Ecological Research) 協議会会長などを歴任。

2. 現職

東京大学名誉教授

3. 著書

「海の哺乳類」(共編、サイエンティスト社)、「クジラの世界」(監修、創元社)、「恐るべき海洋汚染」(合同出版社)、「トロと象牙」(共著、日本放送出版協会)、「バイカル湖」(共編、東京大学出版会)、「イルカは1000万年も人間を待っていた」(PHP研究所)、「三陸の海と生物」(共編、サイエンティスト社)、「バイカルアザラシを追って」(ユーラシア文庫)、「Mankind and the Ocean」(Co-editors, United Nation University Press) など多数。

2020年度
地球環境『自然学』講座 第7回

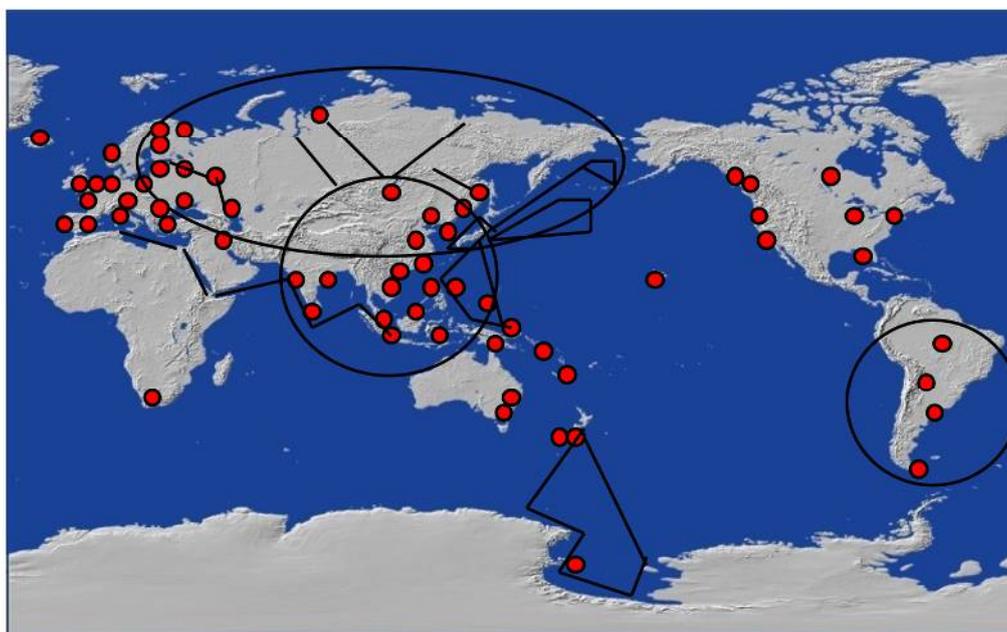
バイカルアザラシの謎に迫る
—生態・環境・感染症—

宮崎 信之
東京大学名誉教授
nmiyazaki2184@gmail.com

2021年1月16日 認定NPO法人・シニア自然大学校

1

調査などで訪れた海域(—)・都市(●)と今後の主要な調査域(○)



2

BICERの設立と国際共同研究

・旧ソ連邦科学アカデミーはバイカル湖を世界の科学者に開放し、バイカル湖とその周辺域を対象に国際共同研究を実施するためにBICER (Baikal International Center for Ecological Research) を1988年に創設した。日本、アメリカ、イギリス、ベルギー、スイスの5カ国は拠出金を払い設立運営委員会のメンバーに登録された。約400人の研究者が参加した。

・参加者は独自の発想で、世界最先端の手法を駆使して未知の世界に挑むことになった。日本チームは、地球科学・宇宙科学、湖沼物理学、水理・水文学、進化学、生態学、環境科学など分野から専門家が手弁当で参加し、国際共同研究に取り組んだ。

・本講演では、頭骨の形態と分子生物学的手法、高度な環境分析法、安定同位体比手法、バイオリギング手法、ウイルス抗原解析法などを用いて実施した研究成果の一部を紹介する。

3

バイカル湖の特徴

バイカル湖 (104-110° E, 51-56° N) は約3,000万年前に形成された地溝湖。現在でも毎年幅2cm、深さ6mm増加。南北長：639km、東西幅：40-50km (最大80km)、湖面高：455.5m、最大深度：1,643m (平均：730m)、面積：46,000km²。

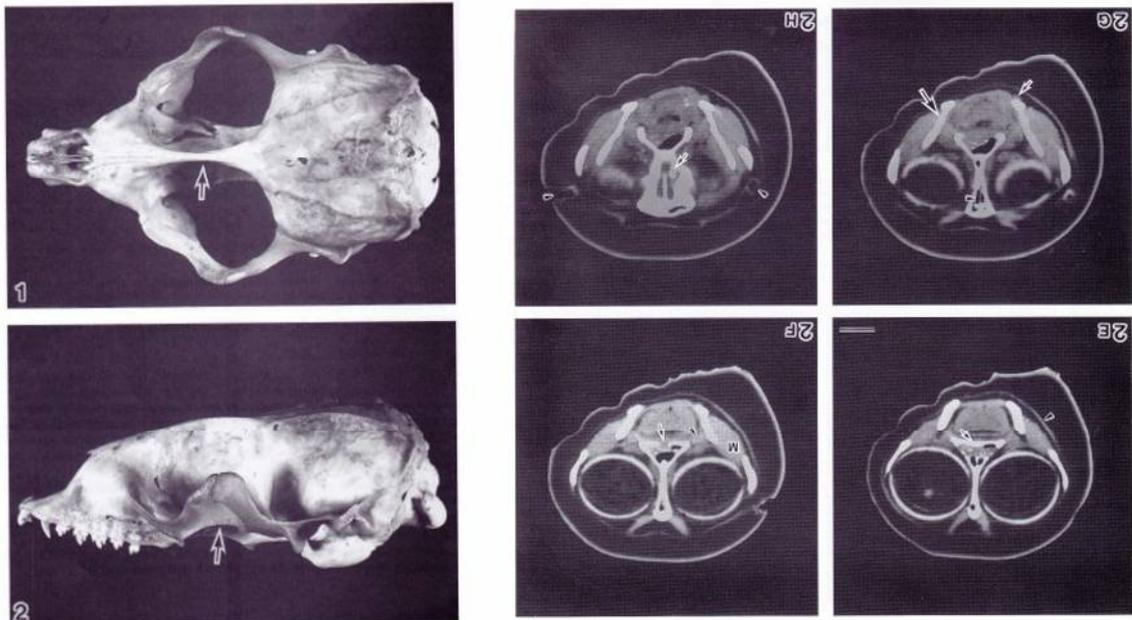


博物館に展示されていたバイカルアザラシの胎児と剥製



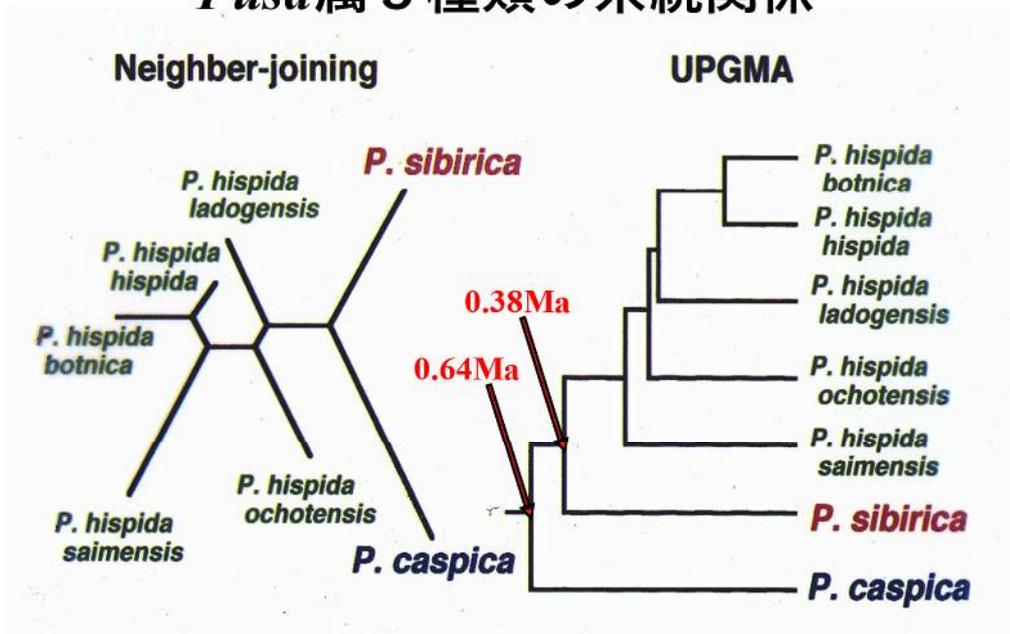
5

バイカルアザラシの頭骨と頭部のCT画像



Endo et al. (1999)

Pusa属 3種類の系統関係



Amano et al (2000)

バイカルアザラシのバイカル湖への適応模式図



データロガー開発

- ・水深・温度・塩分・行動などの計測器
- ・装置の小型化
- ・記憶容量の拡大
(高頻度、長時間)
- ・多パラメータ化
(速度、加速度、画像、地磁気など)
- ・価格の低下・大量生産
- ・技術レベルの向上
- ・対象生物の拡大
- ・海洋環境情報の収集

History of Bio-Logging

| Analog | Camera | Digital |
|---|--|--|
| 1985 T ϕ 25×95mm 109g 1983 D ϕ 25×92mm 78g 1982 D ϕ 25×82mm 75g 1979 P ϕ 2000m ϕ 50×190mm D 2000m ϕ 50×190mm P ϕ 78×205mm D ϕ 83×255mm D ϕ 110×290mm C: depth T: temp. F: speed ECO: ECO A: acceleration M: magnetic field V: camera | 2003 DSL 2000m DTV ϕ 52×230mm 2002 DSL DTV ϕ 22×128mm 1999 D75×160×245mm | 2002 W3MPD3GT ϕ 26×175mm WFD3GT ϕ 21×116mm MD3GT ϕ 15×53mm 16g 2000 WECO ϕ 22×105mm W2000m FD3GT ϕ 27×128mm 114g 1997 M2000m 3T ϕ 15×67mm UME DT ϕ 15×49mm 14g WFDT ϕ 21×117mm 75g 1996 UWE ECO ϕ 22×108mm UWE DT ϕ 21mm×92mm 1995 NFR 3T ϕ 14×91mm 26g NFR DT ϕ 14×84mm 18g NFR T ϕ 14×91mm 19g 1991 KS FDT ϕ 31×108mm 70g KS DT ϕ 19×76mm 30g KS TT ϕ 19×95mm 30g |

© 2004 Bio-Logging Science

●全地球に広がるバイオリギングサイエンスの活動●



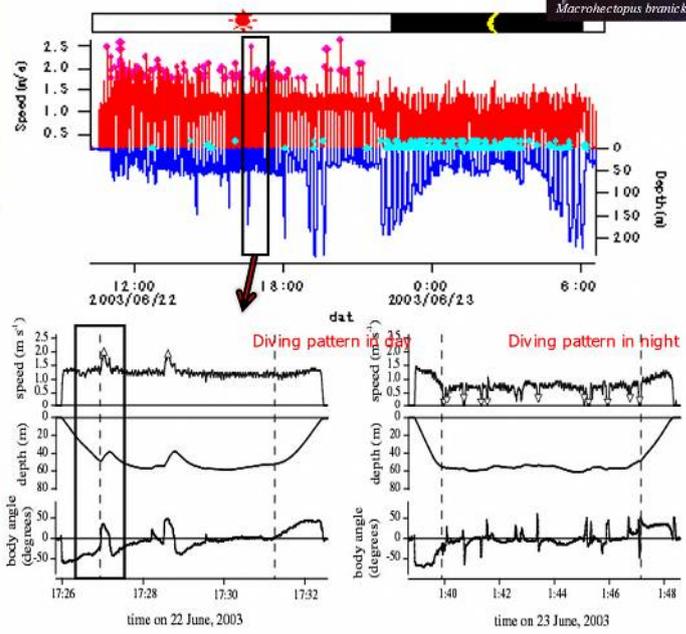
バイカルアザラシの潜水記録



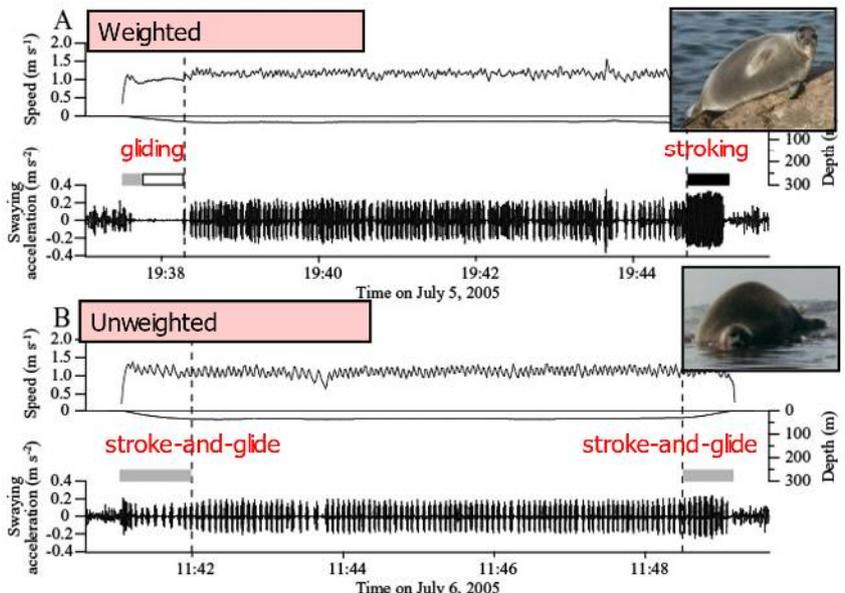
バイカルアザラシは、昼は魚のカジカを水面に対してシルエットとして認識し、体を40-50度に傾けて、秒速2mで追いかけて捕食する。夜はヨコエビを頻りに捕食する。



Watanabe et al. (2004) *MEPS*



比重の違いによる潜水行動の比較

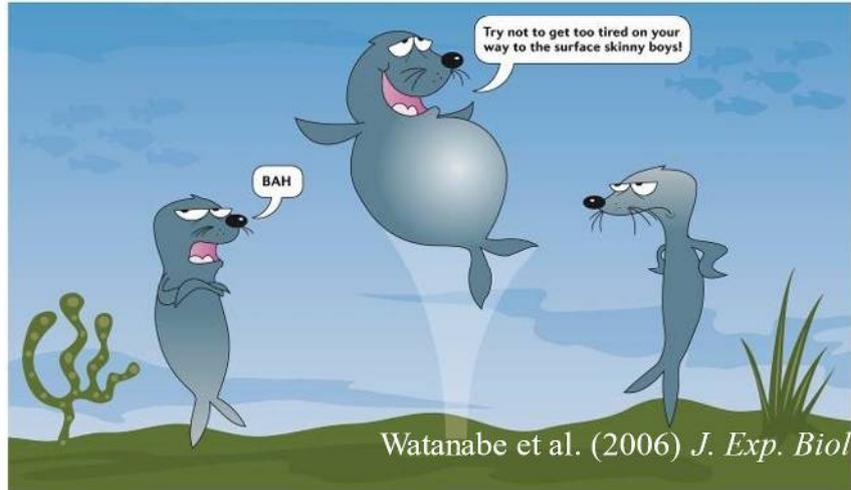


Watanabe et al. (2006) *J. Exp. Biol.*

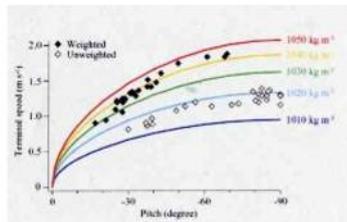
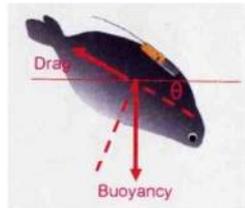
脂肪量の違いによる潜水行動の比較



潜水行動の解析から脂肪量を推定することができる



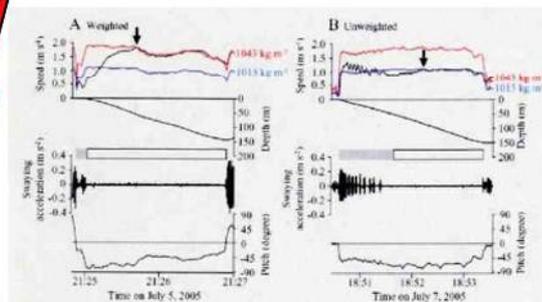
グライディング速度から推定した体密度



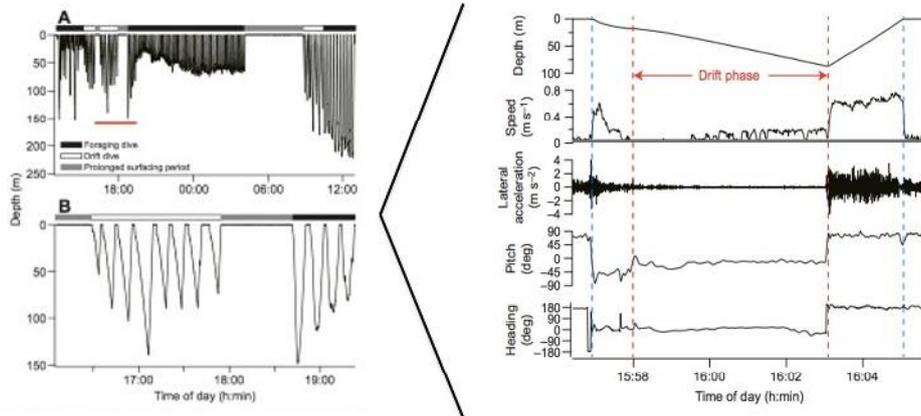
Weight: 1043 kg/m³, 34% lipid content
 Unweight: 1015 kg/m³, 47% lipid content:

At terminal speed (U) during prolonged glides;
 $\text{Drag} = \text{Buoyancy} \cdot \sin \theta$
 $0.5 C_d \rho_{\text{water}} A_f U^2 = (1 - \rho_{\text{water}} / \rho_{\text{animal}}) m \cdot g \sin \theta$

Relationship between body density (ρ_{animal}) and proportion of body lipid by mass (P_{lipid}) in seals is;
 $\rho_{\text{animal}} = 901 P_{\text{lipid}} + 1115 (1 - P_{\text{lipid}})$



バイカルアザラシの休息行動



アザラシは水中で休息する（平均水深：116m, 平均潜水時間：10分）

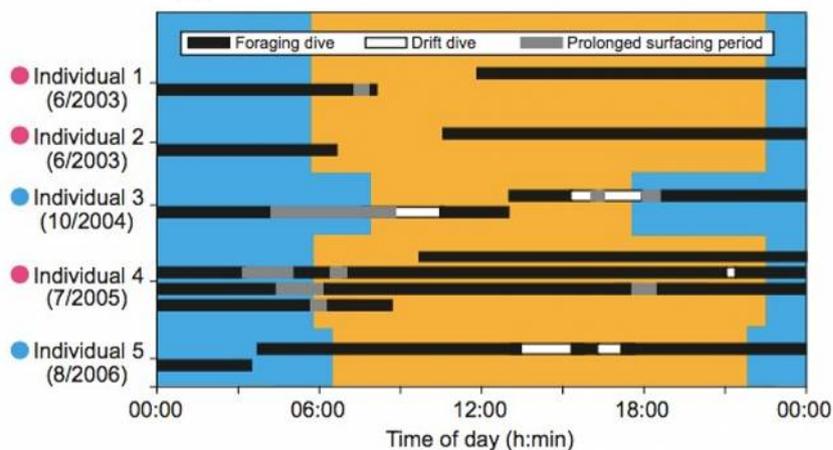
Watanabe et al., *J. Exp. Biol.* 2016

Table 1. Summary for study animals and data collected

| Animal ID | Sex | Body mass (kg) | Release month/year | Wild animals? | Tag ^a | Data length (h) | No. of dives | No. of drift dives | No. of prolonged surfacing periods |
|--------------|--------|----------------|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|--------------|--------------------|------------------------------------|
| Individual 1 | Female | 54.6 | 6/2003 | No ^b | PD2GT | 20 | 164 | 0 | 1 |
| Individual 2 | Female | 72.8 | 6/2003 | No ^b | PD2GT | 20 | 151 | 0 | 0 |
| Individual 3 | Male | 83.0 | 10/2004 | Yes | 3MPD3GT | 24 | 114 | 20 | 3 |
| Individual 4 | Female | 45.2 | 7/2005 | No ^b | 3MPD3GT | 72 | 311 | 1 | 5 |
| Individual 5 | Female | 30.5 | 8/2006 | Yes | 3MPD3GT | 24 | 114 | 13 | 0 |

^aPD2GT records depth, swim speed, temperature and acceleration; 3MPD3GT records an additional parameter: geomagnetism.

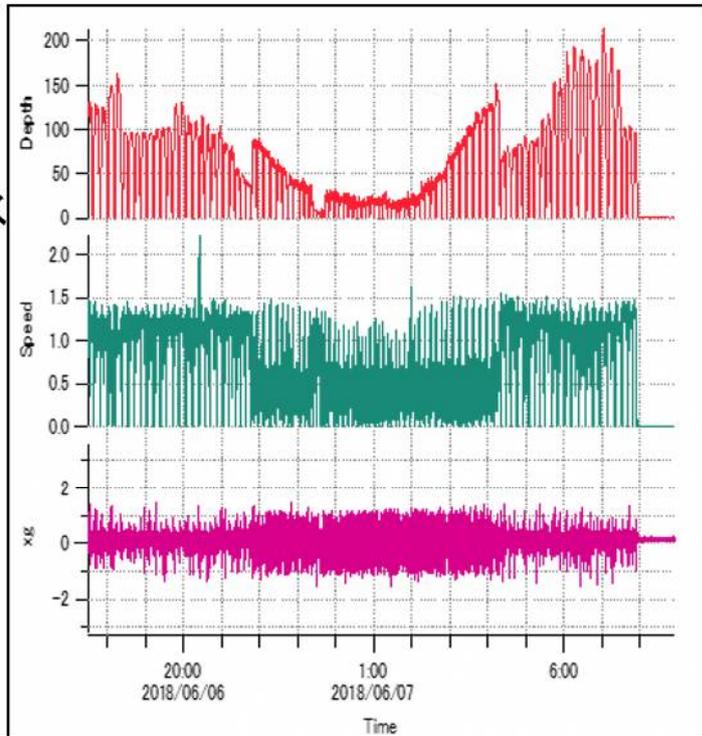
^bThese individuals had been in captivity for 3–6 months before release.



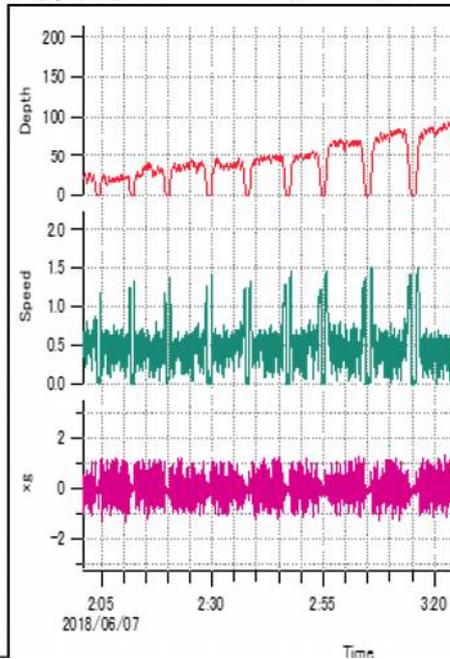
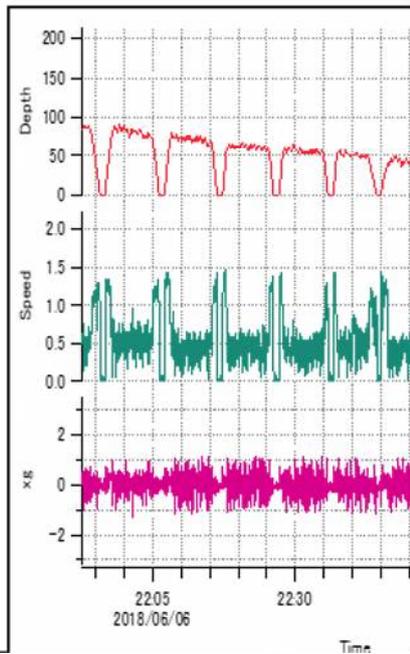
Watanabe et al., *J. Exp. Biol.* 2016

16

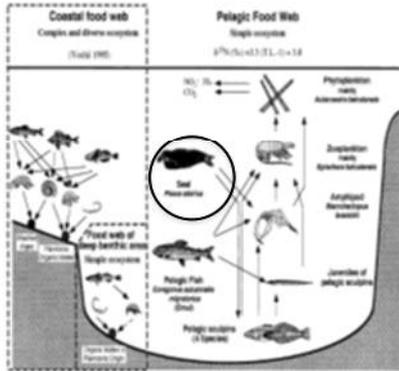
アザラシの潜水
データ
(上から水深、
速度、
3D-加速度)



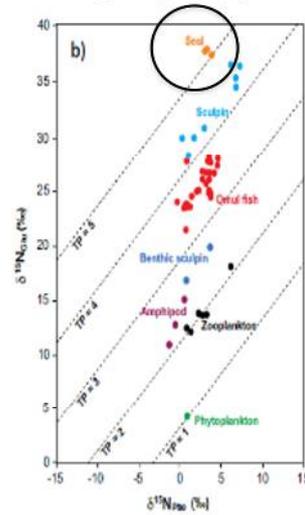
バイカルアザラシの潜水プロフィール



バイカルアザラシの安定同位体比

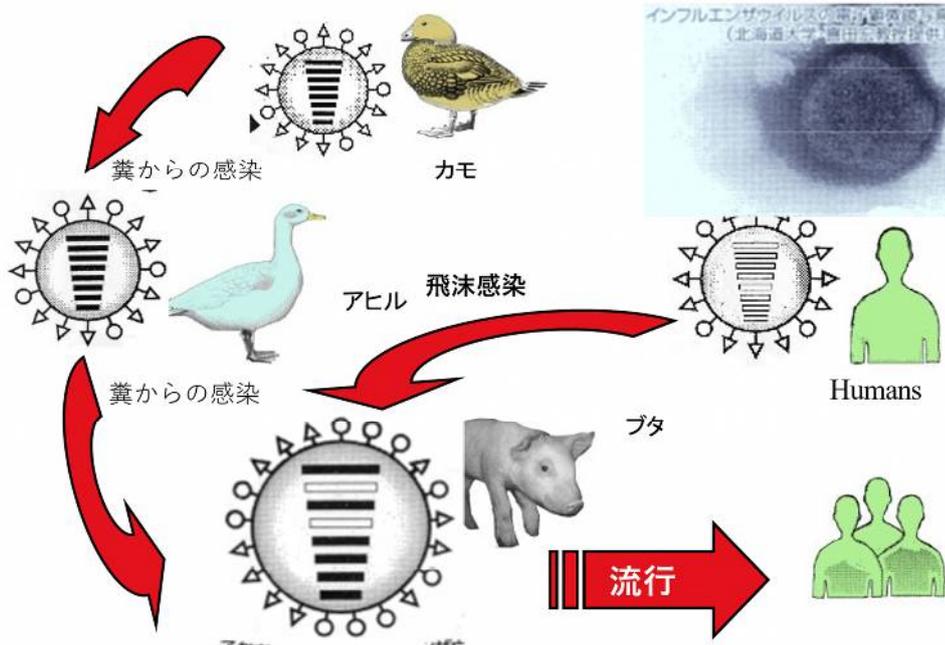


Based on stable isotope analyses, Yoshii et al. 1999, (*Limnol. and Oceanogr.*) expected that Baikal seals take fish (60%) and gammarids (40%) in Lake Baikal



Based on amino acid nitrogen analyses, Ohkouchi et al. 2017 (*Organic Geochemistry*)

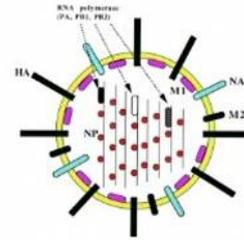
インフルエンザウイルスの感染ルート



カスピカイアザラシがインフルエンザA型とB型に感染 (Ohishi et al. 2002)

| インフルエンザの「猛威」を辿る | |
|-----------------|---|
| nih=天竺燈籠 (2001) | |
| BC412 | ギリシャのヒボクラデスが、インフルエンザと推定される症状を報告。 |
| 1504 | ヨーロッパで流行、「インフルエンザ」という言葉が登場。 |
| 1781 | ヨーロッパで流行したことが記録されている。 |
| 1830 | ヨーロッパで流行したことが記録されている。 |
| 1880 | H3N8型ウイルスによる流行。アジア発症。 |
| 1890 | H3N2型ウイルスによる流行。 |
| 1918 | スペイン風邪 (H1N1型ウイルス) が世界的に流行し、死者の数が約2000万人に達する。 |
| 1933 | ワイルソン・スミスらによって、ヒト・インフルエンザウイルスが初めて取り出される。 |
| 1947 | イタリア風邪 (H1N1型ウイルス) が流行。 |
| 1957 | 新アジア風邪 (H2N2型ウイルス) が流行。日本での死者の数が5700人に達する。 |
| 1968 | 香港風邪 (H3N2型ウイルス) が流行。 |
| 1976 | 米ニュージャージー州フォート・ディックで、オタのインフルエンザウイルスが人間に感染していることがわかる。大量のワクチンが作られ、ワクチン禍が発生する。 |
| 1977 | ソ連風邪が流行。この時、H1N1型ウイルスとH3N2型ウイルスが同時に流行していることがわかる。 |
| 1980 | 米ボストン沿岸で、アザラシがインフルエンザで大量死。 |
| 1983 | 米ペンシルベニア州などで、H5N2型ウイルスがトリを大量死させる。 |
| 1997 | 香港で新型ウイルスが登場し (H5N1)、トリにしか感染しなかったウイルスが人間にも感染。 |

- ・ 2000年に調査した個体 (14歳以上) のうち26.2% (11/42)がインフルエンザA型【A/Bangkok/1/79 (H3N2)】に感染 (by ELISA: enzyme-linked immunosorbent assay and Western blot analysis).
- ・ 9.5% (4/42)がインフルエンザB型に感染 (by ELISA)



23

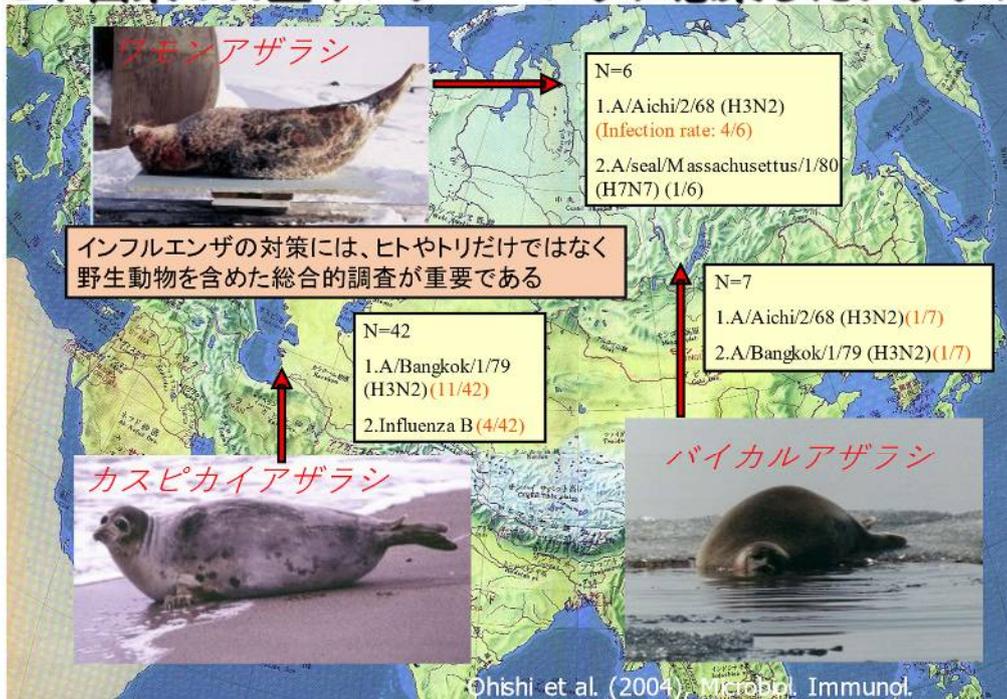
バイカルアザラシ、カスピカイアザラシ、ワモンアザラシが ヒト由来のインフルエンザウイルスに感染



東京大学の宮崎教授は、Harvard Medical Schoolsのインタビューを受けて、次のように語った。1993-2000年の間に調査したカスピカイアザラシ 77個体のうち28個体がA型インフルエンザウイルス (A/Bangkok/1/79) の感染を検出した。このウイルスは1979-1981年に世界中に広がり、1983年にバンコクで再度検出された。ヒト由来のインフルエンザウイルスがカスピカイアザラシから検出されたことは、このウイルスがヒトに感染し pandemicを引き起こす可能性がある。ウイルスは動物からヒトに移行することにより様々に変異することから、アザラシからヒトへ感染する可能性もある。香港インフルエンザが1968-69年に世界的なpandemicを引き起こし100万人以上が死亡している。また1981年のスペイン風邪では約2,000万人が死亡している。A型インフルエンザは突然変異を起こし、種類を超えて急速に感染するので、免疫力のないヒトは防御力が弱いことからトリやアザラシからウイルスに感染する危険性が高い。SARSはcivet cat (ジャコウネコ) からヒトに感染したと言われており、昨年8,000例があり、774人が死亡している。広東省で一人の人間がCARSに感染したことを受けて、中国政府はSARS対策として1万個体のcivet catを殺戮した。今後、健康を管理機関は動物の感染症に対してより一層警戒する必要があると述べている。(Harvard Medical Schools, 2004)。

24

ヒト由来のA型インフルエンザに感染したアザラシ



25

脂肪中に蓄積している有害化学物質

高濃度の蓄積により動物の免疫力が低下する



| | Caspian seal | | Baikal seal | Ringed seal |
|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | 1993 | 2000 | | |
| | mean ¹ | range ² | mean ³ | mean ⁴ |
| PCBs (µg/g) | 9.7 | 6.3 - 470 * | 27 | 4.2 |
| DDTs (µg/g) | 19 | 2.4 - 320 * | 55 | 3.6 |
| BHC (µg/g) | 1.3 | 0.69 - 9.9 * | 0.077 | 0.18 |
| Total TEQ (pg/g) | 51 | | 570 | - |

•Mass die-off seals

1:Watanabe et al.(1999) , 2:Kajiwara et al.(2002) ,3:Nakada et al.(1995) , 4:Nakada et al.(1998)

