

**NIBS LETTER** 2009 MAY  
No. 556

# 日生研たより

2009年(平成21年)5月号 第55巻第3号(通巻556号)

---

## 挨拶・巻頭言

動物実験施設の重要性と低コスト化  
.....板倉智敏(2)

## 獣医病理学研修会

第47回 No. 947 犬の臀部皮下腫瘍  
日本獣医生命科学大学獣医病理学教室(3)  
第47回 No. 949 カエルの皮膚  
.....麻布大学獣医病理学研究室(4)

## レビュー

海棲哺乳類の感染症の最近の知見  
.....大石和恵(5)

## 学会参加記

5th International Workshop on  
Biological Effects of EMFs 2008  
.....渋谷一元(11)

---



NIBS

財団法人 日本生物科学研究所  
NIPPON INSTITUTE FOR BIOLOGICAL SCIENCE  
<http://nibs.lin.go.jp/>

## 動物実験施設の重要性と低コスト化

板倉 智敏

トランスジェニックマウスの誕生（1980年）、ノックアウトマウスの開発（1980年：2007年度ノーベル賞授賞）、クローン羊の誕生（1996年）、クローンマウスの誕生（1997年）、iPS細胞の開発（2007年）は、先端的な動物実験から生まれ、改めて動物実験の重要性を知らしめた。動物実験がもたらした成果は他にも疾患モデル動物の開発、癌をはじめとしての疾病診断方法あるいは薬物治療法の開発など枚挙にいとまがない。

動物実験を実施するにあたっては動物飼育施設が必須であることはいままでもない。動物実験施設の起点は、1946年米国のシカゴに数人の仲間が集まったことにある。当時彼らは、「研究用動物の適切な、同情心のある管理が獣医、研究者、飼育者の願いである」と掲げた。動物飼育施設の近代化は、1970年代に入って子宮摘出によるSPFマウスの登場により、これを収容するための“Barrier”施設が必要になったのが始まりである。そしてSPF動物ができたのを機会に、飼育機材の著しい変革がもたらされた。なかでもマイクロベント様式のケージ・ラックや自動給水システムの開発、機材の自動洗浄機の開発などは画期的である。他方、動物愛護の観点から、動物の飼育スペースの一定をはじめ、玩具を導入するなど飼育環境の整備も必要となった。かくして学術論文は整った動物実験施設においての実験成果でないと採用されなくなった。

しかしながら、動物飼育・実験施設の整備、運用には多額の費用を要し、これは研究推進上大きな悩み、支障となっている。例えば、米国では、共同研究としてのプロジェクトを企画する際に、共同研究者の条件として所属する機関の動物飼育費を考慮すると言われている。このような事実からして、米国では数年前から動物実験施設に費やす経費を如何に削減するかが論議されるようになった。課題としては、人件費削減のために飼育者はどの位のケージ処理が適切か、飼育管理機材の自動化促進、ケージ交換間隔の延長、施設へ入る時の着用衣服の簡素化、光熱水量の少ない機材の開発などがある。日本においても動物施設並びにその運用の低コスト化は誰しも望むところではあるが、具体化には至っていない。この背景には、伝統的に築かれてきた自身の施設を改革したくないとの保守的な考えがあること、長年運用してきた施設を改革するにあたっては自信の持てるデータが乏しいこと、専門家あるいは専門業者が少ないことなどが挙げられる。よって関係者は客観的立場に立ち、あるいはビジネスを抜きにして策を検討すべきであることを提言したい。

実験動物界が極めて多様な分野から成立っていることは、世界最大規模である米国実験動物科学会（AALAS）における展示の業種と展示社数（表）から垣間見ることができる。これから、動物実験に関わる諸設備並びに運用は多岐に渡ること、各々が関連をもって必要不可欠であること、低コスト化を考える時に検討に値する事項が多面であることが伺える。

科学発展の飛躍に対する動物実験の重要性は高まる一方である。資金のことを気にせずに動物実験ができるようになりたいものである。

（理化学研究所脳科学総合研究センター研究基盤センター長、日本生物科学研究所理事）

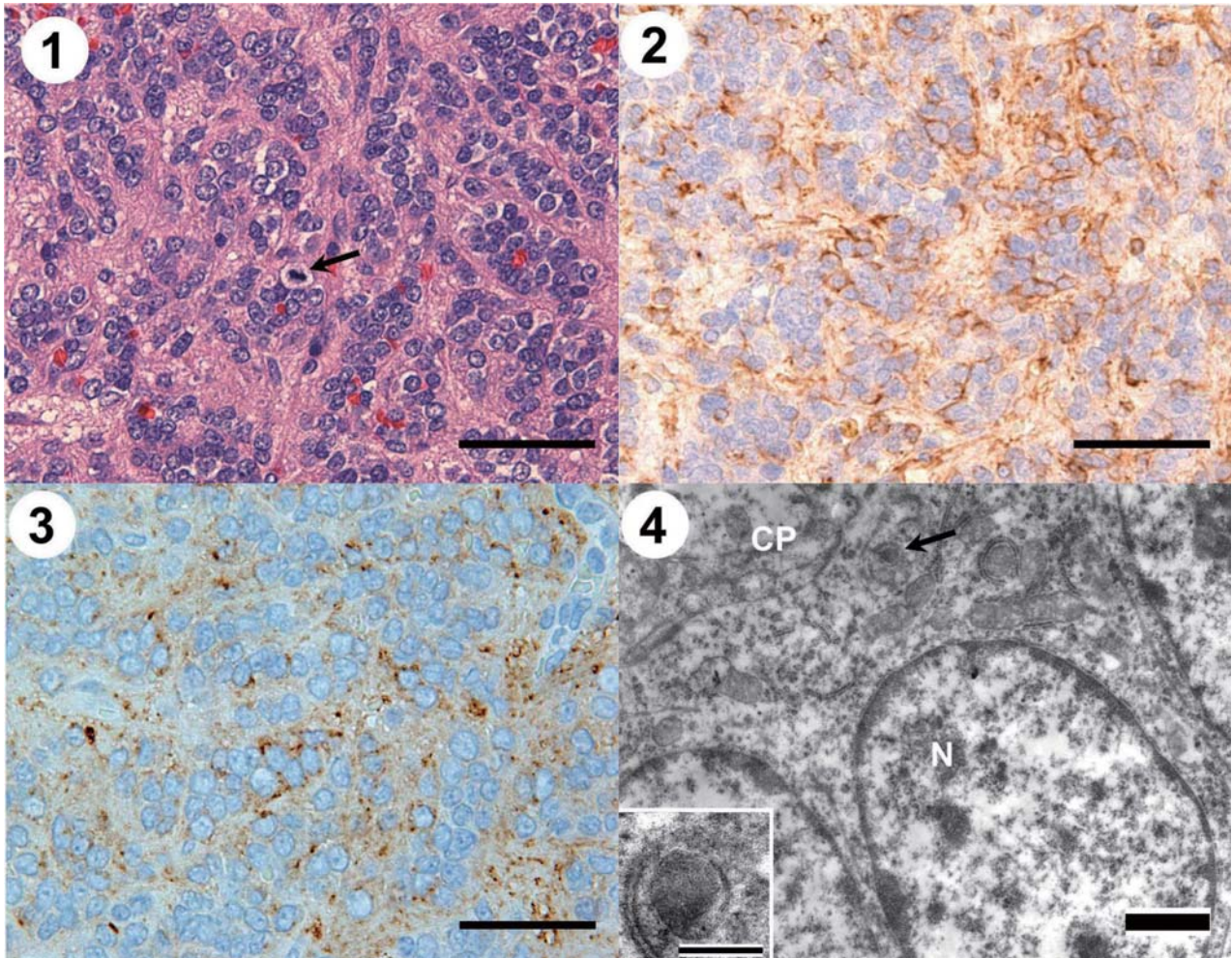
AALAS における展示社と業種

| 業種             | 展示社数  |       | 業種       | 展示社数  |       |
|----------------|-------|-------|----------|-------|-------|
|                | 2007年 | 2008年 |          | 2007年 | 2008年 |
| 麻酔・安楽死         | 22    | 20    | コンサルタント  | 29    | 31    |
| モデル動物供給        | 38    | 39    | 研究受託サービス | 51    | 45    |
| 飼育機材           | 71    | 75    | 施設設計・建築  | 48    | 56    |
| 中古機材           | 9     | 10    | 実験・手術機材  | 69    | 80    |
| 飼育管理（飼料含む）     | 92    | 94    | 衛生・滅菌・消毒 | 65    | 71    |
| バイオセーフティ       | 44    | 50    | 動物モニタリング | 37    | 34    |
| 出版             | 8     | 9     | 教育・訓練    | 20    | 21    |
| 派遣・リクルート       | 2     | 3     | 動物輸送     | 37    | 27    |
| コンピューター・ソフトウェア | 23    | 22    | 獣医機材     | 64    | 79    |

注）出展社総数は2007年は292社、2008年は299社であった。表示数は延べ数である。

## 犬の臀部皮下腫瘍

日本獣医生命科学大学獣医病理学教室 第47回獣医病理学研修会 No. 947



動物：イヌ，シーザー，雄，11歳。

臨床事項：右臀部腫瘍を主訴に来院。腫瘍は約2ヶ月間で $2 \times 2 \times 1$  cmの大きさに成長した。血液学および血液生化学的検査において異常所見は認められなかった。また超音波検査において腹腔内に腫瘍または結節様物は認められなかった。外科的切除された腫瘍のホルマリン固定材料が当教室に送付された。なお，術創部は完全治癒し，再発は認められない。

肉眼所見：腫瘍は硬結感を呈し，周囲との固着性はみられなかった。断面は灰白色～赤褐色を呈し，一部で出血が認められた。

組織所見：腫瘍は皮下織に局限し，線維性被膜に覆われた，概ね均一な小型腫瘍細胞の小集塊状増殖からなっていた(図1, bar = 50  $\mu$ m)。腫瘍細胞は類円形の淡明な核を有し，細胞質は乏しく好酸性で，個々の細胞境界は不明瞭であった。核分裂像は高頻度に認められた(図1矢印)。また間質は乏しく，少量の細網線維が腫瘍巣を不規則に分画していた。免疫組織化学的には，腫瘍細胞

はVimentin(図2, bar = 50  $\mu$ m)，NSE, Synaptophysin(図3, bar = 50  $\mu$ m)，S-100に陽性を示し，Cytokeratin(AE1/AE3)，Desmin,  $\alpha$ SMA, Neurofilament, GFAP, Chromogranin A, Melan A, CD3およびCD20に陰性を示した。電顕的には，隣接した腫瘍細胞間に細胞質突起(CP)の重積がみられた。突起内には少数の微小管が存在し(図4, bar = 1  $\mu$ m)，神経分泌顆粒もまれに認められた(図4矢印および図4挿入図, bar = 250 nm)。

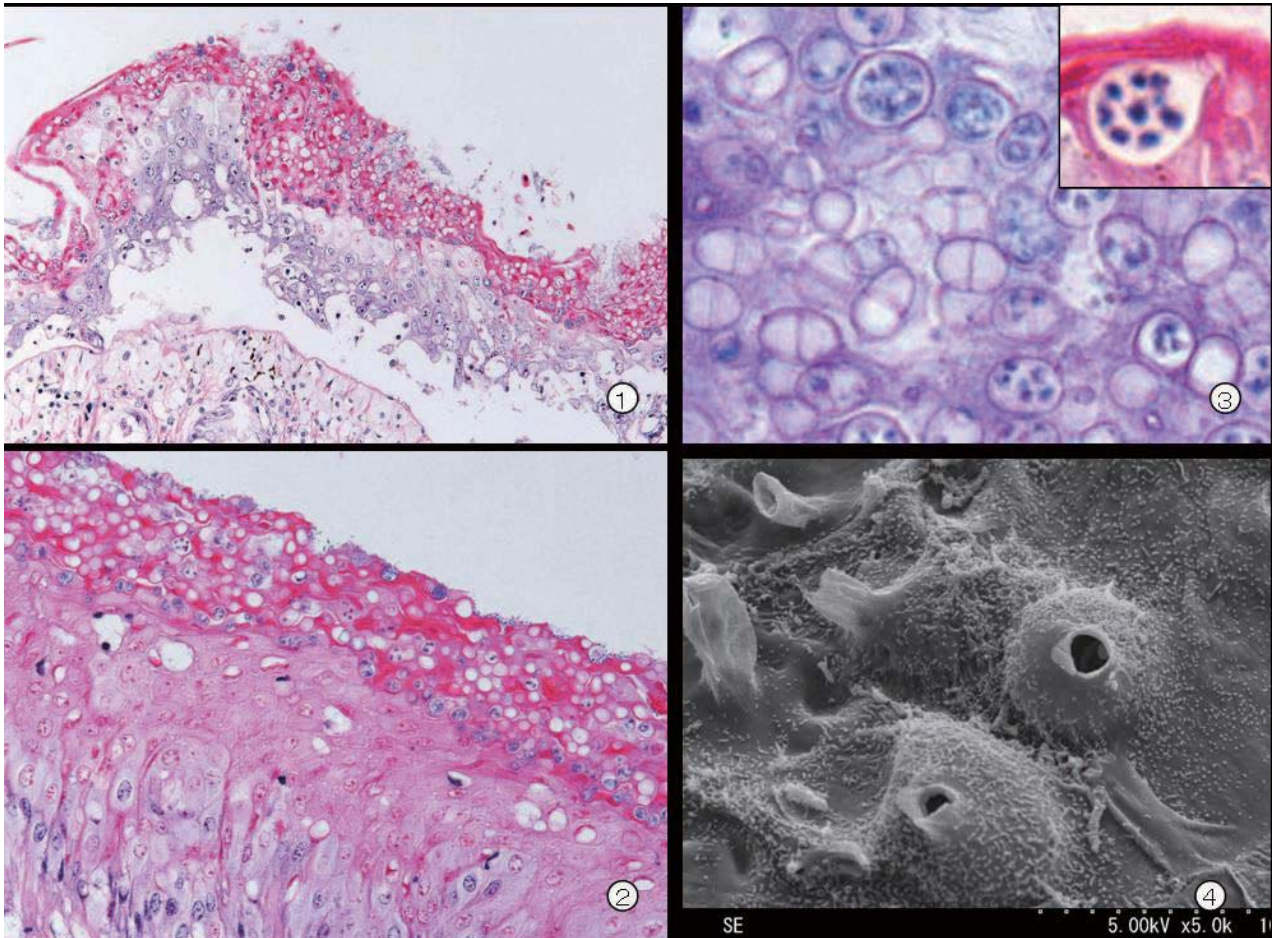
診断：末梢神経芽腫(Peripheral neuroblastoma)

考察：腫瘍細胞は神経系マーカーに陽性を示し，電顕的にはneuropileに類似する特徴が示されたことから，神経芽腫と診断した。イヌにおける神経芽腫は，副腎，交感神経節および大脳で報告されているが，本症例は皮下にのみ認められたことから，皮下原発の神経芽腫と考えられる。

(道下正貴)

## カエルの皮膚

麻布大学獣医病理学研究室 第47回獣医病理学研修会 No. 949



動物：アマゾンツノガエル *Ceratophrys cornuta*, 幼体（繁殖個体）、体重 18 g、頭胴長 4.6 cm。

臨床事項：11 種類の水棲および陸棲のカエル、35 匹を飼育する個人宅で、11 月になって、突然 1 週間に 1 匹程度の頻度でカエルが死に始め、その数は約 2 ヶ月で 13 匹に達した。カエルは単独の飼育容器で、数箇所の部屋に分散して飼育されていた。常態では佇んでいるカエルが、不安げに動き回ったり、暴れたり、活力低下、吐き戻しなどを呈して 1～3 日で死亡した。このうち、11 番目と 12 番目に死亡したアマゾンツノガエル（飼育歴 4 ヶ月）とマルメタピオカガエル *Lepidobatrachus laevis*（飼育歴 1 年）の 2 匹を病性鑑定した。提出標本はそのうちのアマゾンツノガエルで、このカエルは死の 2～3 日前まで活力、食欲ともに良好であったが、頻繁に暴れるようになり、少量の血様便を排泄して斃死した。なお、この飼育者は、カエルが斃死する約 1 年半前より様々なカエルの飼育を始めているが、このような連続する不審死を経験していない。

剖検所見：アマゾンツノガエルでは、肉眼的に異常を見つけないことができなかった。マルメタピオカガエルの体表は粘液で覆われており、諸所に充血があったが、皮膚潰瘍や指端の欠損などの病変は観察されなかった。なお、2 匹のカエルの皮膚の病理組織学的所見はほぼ同様で

あった。

組織所見：腹側皮膚には、角化層の不規則の肥厚、表皮の軽度の過形成があり表皮層内には裂隙形成が観察された（図 1）。肥厚した角化層内には、無数の遊走子を含む遊走子嚢、空になった遊走子嚢や有隔葉状体が観察され、表皮との境界部分に未熟なツボカビが好塩基性の球状構造物として認められた（図 2, 3）。また、角化層直下の上皮細胞は変性し好酸性を呈していた（図 2）。皮膚の走査電顕像では皮膚表面にドーム状に隆起する放出管を有する遊走子嚢が観察された（図 4）。PCR 検査でカエルツボカビ特異のバンドを検出した。

診断：カエルツボカビ *Batrachochytrium dendrobatidis* による皮膚症（ツボカビ症 Chytridiomycosis）

考察：ツボカビ症は、両生類の新興病原体であるカエルツボカビによる致死性の皮膚感染症で、世界的規模で起きている両生類の減少、絶滅に関係する感染症として認識されている。アジアでは今まで報告がなかったことから、本例がアジア初の事例となった。診断は病理検査と PCR 法によって行われ、組織学的には、角化層内で増殖するカエルツボカビ（遊走子嚢や有隔葉状体）を観察することによって診断される。

（宇根有美）

## 海棲哺乳類の感染症の最近の知見

大石 和 恵 (独立行政法人海洋研究開発機構 海洋生態・環境研究プログラム)

### 1. はじめに

野生動物の医学的研究が近年注目されている。2008年10月にクロアチアで開催された欧州野生動物医学会では陸棲・海棲の哺乳類を中心に細菌やウイルス感染の疫学的研究やワクチン接種の試みなどが数多く発表された。ヒトや家畜・ペット動物を取り巻く野生動物の感染症は、まだその実態の一部しか明らかにされていないが、最近の人間社会の脅威となっているエマージング感染症は野生動物からもたらされることが多く、野生動物保護の観点からも、人間社会の感染症のコントロールの観点からも、その研究は重要である。近年の地球温暖化による環境変化は野生動物の生態や分布に大きな影響をもたらすことが予想され、より高い視点に立った研究が求められる。

海棲哺乳類では、80年代後半にバイカル湖やバルト海・北海で勃発した各々1万頭を越すアザラシの大量死を契機に、欧米では本格的な獣医学的研究がなされるようになった。その研究の歴史はまだ浅いが、陸棲哺乳類で報告されているような細菌やウイルスの感染の実態が少しずつ明らかにされつつある [1]。2007年にアンカレッジで開催された国際捕鯨委員会 (IWC) では、Overview of infectious and non-infectious disease of marine mammals and impacts on cetaceans と題したワークショップが特別に設けられ、世界からの専門家が議論を交わした。本稿では、海棲哺乳類の感染症の中でも報告が多く、重要な研究課題であると考えられるモービリウイルス感染症、A型インフルエンザ、ブルセラ症をとりあげ、その実態の概説と、私たちの研究グループの最近の知見を紹介する。海棲哺乳類は系統分類学的にいくつかのグループを含む形態的に水生への適応が認められる動物群の総称である。本稿では特に、鯨類と鰭脚類を対象とした研究について述べる。

### 2. 海棲哺乳類の感染症

#### (1) A型インフルエンザ

インフルエンザウイルスはオルソミクソウイルス科に属するRNAウイルスで、内部蛋白質の抗原性の違いからA, B, Cの3つの型に分けられ、このうちA型は多くの種類の鳥類や陸棲哺乳類に感染し、最も強い病原性を示す。近年、A型インフルエンザウイルスはアザラシや鯨類等の海棲哺乳類にも感染することが報告され、陸、空、海のすべての動物に関係する感染症であることが明らかになった。水禽はすべての亜型のウイルスを有し、自然界のすべてのインフルエンザウイルスは水禽に由来すると考えられている。現在の自然界では、トリ、ヒト、ブタが継続的にウイルスを維持している集団である。トリとヒトは各々固有のウイルスのレセプターを呼吸器に有している (NeuAc a 2,3Gal と NeuAc a 2,6Gal)。ブタの呼吸器は両方のレセプターを有しているためにトリとヒトのウイルスが同時に感染し、新たなハイブリッドウイルス産生の攪拌器となりうることが知られている。

1979年12月に米国マサチューセッツ州ケープ岬でゼニガタアザラシ (*Phoca vitulina*) の大量死が起こった [2, 3]。およそ600個体の死亡が確認され、急性で重篤な気管支肺炎あるいは出血性肺炎と診断された。死亡個体の肺と脳の組織からH7N7型のトリ由来A型インフルエンザウイルスが分離された。しかし、このウイルスは、動物接種実験ではニワトリやアヒル等の鳥類よりもむしろ、サル、アザラシ、ブタ、イタチ、マウス等の哺乳類において、高い増殖性と病原性を示し、実験中の不慮の感染からヒトにも結膜炎を起こすことが明らかになった。これらの結果から、このH7N7インフルエンザウイルスはゲノム全体としてはトリ型であるが、哺乳類での増殖能力を獲得したウイルス株であると考えられた。その後も、ケープ岬では継続的な監視が行われ、通年よりも座礁死亡個体の多かった1982-1983年と1990年に、病理学的に気管支肺炎と診断されたアザラシの組織サンプルからのウイルス分離が試みられ、肺あるいは脳組織からH4N5, H4N6なら

びに H3N1 型のトリ型のウイルスが得られた。いずれもその病原性は高いものではなかった。以上の知見より、トリインフルエンザウイルスの中にはアザラシに対して感染性、病原性を有する株が存在することが明らかになった。なお、1979 年以来、インフルエンザウイルスによる鰭脚類の大量死はこれまでのところ観察されていない

鯨類では、インフルエンザによる大量死は現在までのところ報告されておらず、調査と情報そのものも鰭脚類よりもさらに少ない。1980 年に南アフリカ沖で捕獲した鯨（原著論文の記載からナガスクジラ科と推定される）から、H1 型の、米国のケープ岬で座礁した 2 頭のヒレナガゴンドウ (*Globicephala melaena*) から H13N5, H13N6 型の A 型インフルエンザウイルスが分離された。これらの H13 型ウイルスは、北米に棲息するカモメから、その当時分離されたウイルスと極めて類似したウイルスであり、海鳥からの感染が強く示唆された。ベーリング海、アラスカ・カナダ北極圏、北海、バレンツ海・ノルウェー海等では血清モニタリングが行われ、複数種の鰭脚類や、シロイルカ (*Delphinapterus leucas*) で、特異的抗体が検出された。

感染症のグローバルな状況を把握するためには、より広い水域の調査が重要であると考え、私たちは海棲哺乳類の血清疫学調査を行っている。ここでは、ユーラシア大陸に棲息する鰭脚類についての知見を紹介する。日本とロシアの国際共同研究によりサンプルの入手の機会があった、カスピカイアザラシ (*Phoca caspica*)、バイカルアザラシ (*Phoca sibirica*)、ワモンアザラシ (*Phoca hispida*) の血清を調べた。この 3 種のアザラシは体色や紋様に違いはあるものの、よく似た形態的特徴をもち進化的に近縁であると考えられている。カスピカイアザラシ、バイカルアザラシは、それぞれカスピ海、バイカル湖の固有種で、カスピ海北西にあるパールアイランドにて 1993, 1997, 1998, 2000 年に、バイカル湖の南西部にて 1998 年にサンプリングが行われた。ワモンアザラシは図 1 のように、北極海・ベーリング海、オホーツク海、サイマー湖、ラドガ湖、バルチック海に棲息する 5 つの集団があるが、北極海中央のカラ海に面するディクソン付近にて 2002 年にサンプリングが行われた。

不活化したウイルス粒子を抗原とする酵素結合免

疫固相法 (Enzyme-linked immunosorbent assay: ELISA) により、調べたカスピカイアザラシの 36% (4 年の平均)、バイカルアザラシの 29%、ワモンアザラシの 83% の血清中に特異的抗体が検出された (図 1) [4-6]。次に、抗体が認識するウイルスの亜型を決定するために、さまざまな標準株ウイルスの赤血球凝集阻止試験を行なったところ、これらのアザラシ血清のほとんどがヒトの H3 標準ウイルスである A/Aichi/2/68 株ならびにその変異株である A/Bangkok/1/79 株と強く反応した [4-6]。宿主特異性を決定する因子としてレセプターは重要であるが、アザラシの肺組織にはトリ型のレセプターの存在が報告されており、ヒト型ウイルスの感染は矛盾するように思えた。しかし、最近、ヒトの下部呼吸器にもトリ型のレセプターが存在することが報告された [7]。アザラシにおいても、詳細な解剖学に基づいた糖鎖構造の解析が重要であると考えられる。

上述したように、米国のケープ岬でアザラシから分離されたインフルエンザウイルスはトリ型ウイルスであった。従って、私たちのデータと併せて考えると、アザラシはトリ型とヒト型の両ウイルスに感染し、天然の攪拌器になりうる可能性も間接的に示していることになる。さらに、交叉性を示したこれらのヒト型ウイルス株は最近流行したものではなく、1968 年ならびに 1979 年に分離され、1970 年代初頭、1980 年代初頭にヒトの間で世界的に流行したウイルス株であるということに強い興味をもった。ヒト

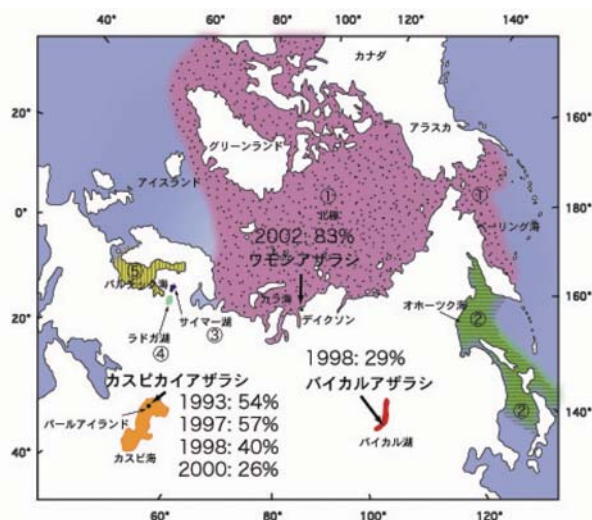


図 1 ユーラシア大陸に棲息するアザラシの分布と A 型インフルエンザウイルスの抗体保有率  
ワモンアザラシは地理的に隔離された 5 つの集団 (①~⑤) がある。文献 6 のアザラシ分布図を基に作成した。

の体内では、インフルエンザウイルスは速く変異・進化するため、これらの株は1990年代には、既にヒトの世界からは消失している。そこで、我々は、アザラシ個体の年齢構成から、このウイルスが各々のアザラシ集団に存在した時期について考察した。犬歯の形成層を数える方法によって年齢推定を行った結果、陽性個体はすべて14.5歳以上の成熟個体であることが明らかになった。同様の方法で、他のサンプル個体について年齢と陽性反応の関係を調べたところ、カスピカイアザラシでは少なくとも1990年代前半に集団内にウイルスが存在していたことが示唆された[4, 6]。ヒト型ウイルスが、それが流行していた時代にアザラシ集団に侵入し、その後、ヒトの世界では既に存在しなくなった時期においても、ウイルスが安定してアザラシの集団内に少なくとも一定期間は維持されていたことが示唆される。ウイルスの感染ルートは不明であるが、ロシアでは古くからアザラシを経済的に利用しており、また、近年、人間の経済活動に伴い多くの工場や住宅が建設されており、どこかにヒトとアザラシとの接点があったのかもしれない。また、この感染ルートのどこかに私たちが関知しない中間宿主が存在するのかもしれない。今後の研究の中で、ウイルスの分離がなされ、その分子生物学的解析が進展すれば、これらの疑問に答えるヒントが得られると思われる。

## (2) モービリウイルスのレセプター解析

モービリウイルスはパラミクソウイルス科モービリウイルス属に属するRNAウイルスである。陸棲哺乳類では麻疹ウイルス (measles virus: MV), 牛痘ウイルス (rinderpest virus: RPV), 小型反芻類ウイルス (peste des and petits ruminants virus: PPRV), イヌジステンパーウイルス (canine distemper virus: CDV) の4種類が知られている。タヌキ, キツネ等の野生動物でも感染が知られている。海棲哺乳類においては大量死の主要な原因である。例えば、1988年にバルト海・北海で、ゼニガタアザラシの大量死が起こり、18,000頭を超える個体が死亡した[8, 9]。死亡個体から新しいモービリウイルス *phocine distemper virus* (PDV) が分離された。これに先立つ1987年にはバイカル湖でバイカルアザラシが18,000頭以上死亡した。死亡個体から、バイカル湖周囲のイヌから分離されたCDVと同じウイル

スが検出され、イヌからのモービリウイルスの伝播が原因である大量死であることが判明した[10-12]。鯨類では、ヨーロッパ北海で座礁したネズミイルカ (*Phocoena phocoena*) から porpoise morbillivirus (PMV) が、1990年に地中海で大量死したスジイルカ (*Stenella coeruleoalba*) からイルカモービリウイルス (dolphin morbillivirus: DMV) が、分離された[13, 14]。その後、いろいろな海域の座礁鯨類から複数のモービリウイルスが分離されたが、現在では、これらの鯨類由来のモービリウイルスは *cetacean morbillivirus* (CMV) と総称することが提唱されている。モービリウイルスはリンパ系組織を標的として破壊し、感染個体に強い免疫抑制をもたらす。その結果、日和見感染を誘導することがある。イヌやアザラシなどの食肉目を宿主とするジステンパーウイルスは神経指向性があり、神経症状の異常や痙攣、脳炎を引き起こし、しばしば致死率の高い流行を引き起こすことがある。

モービリウイルスの大きな特徴のひとつは高い宿主特異性である。このウイルスと宿主の組み合わせを決定する重要な因子として、ウイルスが宿主細胞に侵入する際に結合するレセプター分子が挙げられる。最近、モービリウイルスが *Signaling lymphocyte activation molecule* (SLAM) を利用して細胞内に侵入することが明らかにされた[15]。SLAMはイムノグロブリンスーパーファミリーに属するI型膜タンパク質で、分子構造の類似したいくつかの分子とともに、SLAMファミリーと呼ばれるグループを構成している。細胞外に免疫グロブリン様のVとC2ドメインを、細胞内にはSLAM-associated protein (SAP) とよばれる分子と結合するチロシンを介する伝達モチーフを有している(図2)。リンパ球の活性化やサイトカイン産生、マクロファージの機能などを制御していて、活性化したT, B細胞等の免疫細胞に発現する。SLAMはセルフリガンドと呼ばれる自身をリガンドとする分子で、異なる細胞上のSLAMどうしの相互作用により、シグナル伝達が行なわれると考えられる(図2)。ウイルスの細胞への感染は、ウイルス外被膜上にあるヘマグルチニン(H)蛋白質がまず宿主細胞膜上のSLAMのVドメインと結合することから始まる。引き続き起こるウイルス外被膜上のフュージョン(F)蛋白質と宿主細胞膜との融合により、ウイルスゲノムが細

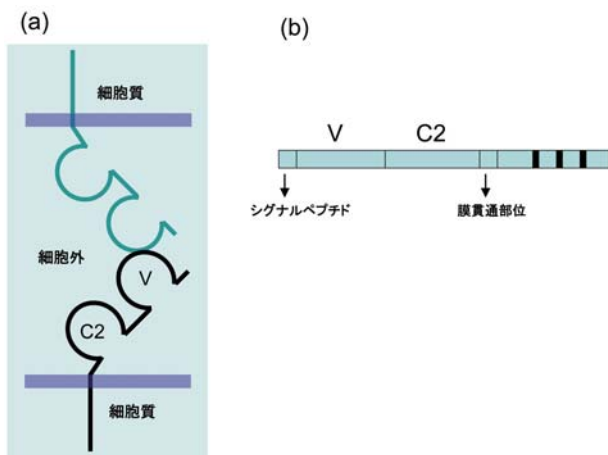


図2 SLAM分子の模式図

(a) セルフリガンドであるSLAMの高次構造模式図

(b) アミノ酸配列に基づく模式図

黒四角:immunoreceptor tyrosine-based motif (ITSM)

胞内へ侵入することが可能になる。

私たちは、モービリウイルスの宿主特異性や感受性について知見を得るために、まだ明らかにされていなかった海棲哺乳類のSLAMの解析を行った。材料として鯨類のカマイルカ (*Lagenorhynchus obliquidens*)、シャチ (*Orcinus orca*)、鰭脚類のゴマフアザラシ (*Phoca largha*)、セイウチ (*Odobenus rosmarus*)、海牛類のアメリマナティー (*Trichechus manatus*)、海牛類との近縁性が指摘されているインドゾウ (*Elephas maximus bengalensis*) の非凝固末梢血から白血球を分離した。この白血球を、Phytohemagglutinin (PHA) により刺激し、活性化した白血球から、mRNAを回収して遺伝子解析を行った。海棲哺乳類のSLAMは、337-339個からなるアミノ酸で構成されるI型膜蛋白質で、陸棲哺乳類同様、細胞外にVとC2ドメインを、細胞内にimmunoreceptor tyrosine-based motif (ITSM)を有し、チロシンキナーゼによるシグナル伝達を行うと考えられた(図2) [16]。次に、SLAM分子とウイルスとが結合する部位(インターフェース)を明らかにするために、SLAMファミリーのメンバーであり、最近、細胞外領域の結晶構造が明らかにされたヒトNTB-A分子 [17] を基にしてSLAM細胞外領域の高次構造のモデリングを行った。その結果、SLAMのVドメインのフロントシートがウイルス結合面として働き、その面上に存在し、側鎖が面上に突き出た21個のアミノ酸がウイルスに結合する候補と考えられた [16]。さらに、それら21個のア

ミノ酸のうち、各ウイルスに感染しうる宿主動物のグループ間で異なる8個のアミノ酸が見い出され、これらのアミノ酸セットが宿主特異性に関与すると考えられた [16]。

モービリウイルス感染は海棲哺乳類にとって大量死を引き起こす重篤な感染症であり、ウイルスの感受性を理解することは極めて重要である。今後、海棲哺乳類を中心に、ウイルスとの結合に関わる、より多くの動物のSLAMのインターフェースの解析を行う予定である。これにより、それぞれのウイルスの宿主域を知り、動物の分布情報と併せることにより、万が一、感染が流行した場合のリスク予想に繋がる可能性があると考えている。また、レセプター分子とウイルスの結合を阻止するような分子の研究は、ワクチンや治療薬の開発に繋がる可能性がある。今後、SLAMの生体内での発現について調べることにより、モービリウイルスの伝播や病態の理解に役立てたい。

### (3) ブルセラ症

ブルセラ症は、グラム陰性菌であるブルセラ菌によって引き起こされ、精巣炎などの生殖器官の異常や、重篤な場合には流産を引き起こす。ブルセラ菌はウシ、ブタ、ヒツジなどの家畜における重要な感染症として研究がなされてきた歴史がある。陸棲動物では、*Brucella melitensis*, *B. abortus*, *B. ovis*, *B. suis*, *B. canis*, *B. neotomae* の6種が知られ、各々、ヤギ・ヒツジ、ウシ、ヒツジ、ブタ、イヌ、デザートラットを主要な宿主とする。ブルセラ菌は1種として扱うことも提唱されているが、宿主特異性、感染性、病原性の違いを反映できる上記のような従来の分類が良く使われている。近年の北米での野生動物の疫学調査から、シカ、キツネ、クマなど多種にわたる陸棲の野生動物に感染していることが明らかにされた。海棲哺乳類では、1994年に英国沿岸に座礁した小型ハクジラとアザラシから初めて菌が分離された [18]。その後、さまざまな海域のいろいろな種、海棲哺乳類に感染していることが、菌の分離や血清学的検査により明らかにされた(表1) [19, 20]。海棲哺乳類由来のブルセラ菌は陸棲哺乳類由来菌とは、微生物学的にも分子生物学的にも異なることから、海棲哺乳類由来菌は *B. maris* と区別して呼ぶことが提唱されている。太平洋海域のこの感



表1 ブルセラ菌が分離または抗体保有が認められた海棲哺乳類の種

| クジラ目    |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ヒゲクジラ亜目 | ナガスクジラ科 | ナガスクジラ ( <i>Balaenoptera physalus</i> ), イワシクジラ ( <i>B. borealis</i> ),<br>ミンククジラ ( <i>B. acutorostrata</i> ), ニタリクジラ ( <i>B. edeni</i> )                                                                                                                                                      |
| ハクジラ亜目  | コマッコウ科  | コマッコウクジラ ( <i>Kogia breviceps</i> )                                                                                                                                                                                                                                                            |
|         | ネズミイルカ科 | ネズミイルカ ( <i>Phocoena phocoena</i> ), コハリイルカ ( <i>P. spinipinnis</i> )                                                                                                                                                                                                                          |
|         | マイルカ科   | ヒレナガゴンドウ ( <i>Globicephala melas</i> ),<br>ハラジロカマイルカ ( <i>Lagenorhynchus obscurus</i> ),<br>ハンドウイルカ ( <i>Tursiops truncatus</i> ),<br>スジイルカ ( <i>Stenella coeruleoalba</i> ), マイルカ ( <i>Delphinus delphis</i> )                                                                                |
|         | イッカク科   | イッカク ( <i>Monodon monoceros</i> ), シロイルカ ( <i>Delphinapterus leucas</i> )                                                                                                                                                                                                                      |
| 食肉目     |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 鯨脚亜目    | アシカ科    | トド ( <i>Eumetopias jubatus</i> ), オーストラリアアシカ ( <i>Neophoca cinerea</i> ),<br>ニュージーランドオットセイ ( <i>Arctocephalus forsteri</i> ),<br>ナンキョクオットセイ ( <i>A. gazella</i> )                                                                                                                              |
|         | セイウチ科   | セイウチ ( <i>Odobenus rosmarus</i> )                                                                                                                                                                                                                                                              |
|         | アザラシ科   | ゼニガタアザラシ ( <i>Phoca vitulina</i> ), ワモンアザラシ ( <i>P. hispida</i> ),<br>タテゴトアザラシ ( <i>P. groenlandica</i> ),<br>ハイイロアザラシ ( <i>Halichoerus grypus</i> ),<br>アゴヒゲアザラシ ( <i>Erignathus barbatus</i> ),<br>ズキンアザラシ ( <i>Cystophora cristata</i> ),<br>ハワイアンモンクアザラシ ( <i>Monachus schauinslandi</i> ) |

血清学調査は10頭以上を対象に行った学術論文を基に記載した。動物の学名は参考文献26に基づいた。

染症に関する情報が皆無であったため、私たちは、血清疫学調査に着手した。2000年の第II期北西太平洋鯨類捕獲調査 (JARPNII) ならびに2000/2001年の南極海鯨類捕獲調査 (JARPA) において得られた血清を調べた。その結果、ミンククジラ (*Balaenoptera acutorostrata*), ニタリクジラ (*Balaenoptera edeni*) の各々38%, 9%の個体血清に特異的抗体が検出された。一方、南極海に棲息するクロミンククジラ (*Balaenoptera bonarensis*) は調べた104頭のすべてにおいて陽性反応は認められなかった [21]。次に、特異的抗体陽性のミンククジラ組織を用いて、PCR法により、*omp2* 遺伝子、*bp26* と下流のトランスポゾン *IS711* の解析を行った。また、海棲哺乳類特異的と報告された4種類のPCR産物とその配列を決定した。その結果、太平洋ミンククジラ由来菌DNAは、大西洋の鯨類由来株よりもむしろ大西洋鯨脚類由来菌の配列に近いことが明らかになった [22]。私たちは、より多くの鯨種を調べるために、座礁鯨類の血清についても同時に調査を行っている。コマッコウクジラ (*Kogia breviceps*) は、亜熱帯・温帯海域の比較的深い海域に棲息し、深海性のイカ等を餌にしている。2001, 2003年に太平洋沿岸に座礁したコマッコウクジラ2個体の血清を得る機会が

あり、その両方の血清中にブルセラ菌特異的抗体を検出した [23]。そのうちの1頭は、水族館にて保護され、1年以上の長期の生存記録を残した。保護時に認められた特異的抗体は抗生物質の投与によって減衰し、投与4ヶ月後には認められなくなった。以上より、日本沿岸の多種の鯨類にブルセラ菌は存在していると考えられる。今後、菌分離がなされ、微生物学的な解析が進むことにより、菌の性状、伝播についての新たな知見が得られることであろう。

### 3. さいごに

野生動物の感染症の研究、特に海棲哺乳類の研究はサンプリングを得ること自体が困難である。しかし、欧米ではストランディングのネットワークが形成され、リハビリテーション施設を備えたような組織も現れ、獣医学研究と野生動物保護の活動が平行して行われている。日本でもストランディングのネットワークが構築され、これを利用して少しずつ研究がなされつつある。今後、診断法・診断薬の確立、リハビリテーション技術の向上やワクチン開発、国際的に活躍できる人材の育成などが重要な課題であろう。また、現場での活動とともに、感染症に対抗する生体防御についての基礎的な研究も並行して

行うことが重要であろう [24]。

地球規模での温暖化はさまざまな方面に大きな影響を与えるが、感染症への懸念も指摘されている。既に陸上では、感染症の媒体となる蚊等のベクターの分布の変化と感染症の問題が議論されている。海洋においても、例えば、北極海の海氷の大きな減少が観測されている [25]。このような変化は、動物の分布や移動・回遊に変化をもたらし、新しい動物間の接触の機会を高めると考えられる。これにより局所的に分布していた病原微生物が他の動物集団に新たに持ち込まれ、感受性の高い種やこれまでに感染履歴のない集団（バージンポピュレーション）に大きな被害をもたらす可能性がある。今後、野生動物の生態学と感染症学を統合した研究領域の開拓が強く望まれる。

#### 参考文献

- Dierauf, L. A., and Gulland, F. M. D. (eds) 2001. CRC handbook of marine mammal medicine. Second Edition, CRC Press, Boca Raton, New York, Washington, D. C.
- Webster, R. G., Hinshaw, V. S., Bean, W. J., Van Wyke, K. L., Geraci, J. R., Aubin, D. J. St. and Petrusson, G. 1981. Characterization of an influenza A virus from seals. *Virology* **113**:712-724.
- Geraci, J. R., Aubin, D. J. St., Barker I. K., Webster, R. G., Hinshaw, V. S., Bean, W. J., Ruhnke, H. L., Prescott, J. H., Early, G., Baker, A. S., Madoff, S. and Schooley, R. T. 1982. Mass mortality of harbor seals: pneumonia associated with influenza A virus. *Science* **215**:1129-1131.
- Ohishi, K., Ninomiya, A., Kida, H., Park, C.-H., Maruyama, T., Arai, T., Katsumata, E., Tobayama, T., Boltunov, A. N., Khursakin, L. S. and Miyazaki, N. 2002. Serological evidence of transmission of human influenza A and B viruses to Caspian seals (*Phoca caspica*). *Microbiology and Immunology* **46**:639-644.
- Ohishi, K., Kishida, N., Ninomiya, A., Kida, H., Takada, Y., Miyazaki, N., Boltunov, A. N. and Maruyama, T. 2004. Antibodies to human-related H3 influenza A virus in Baikal seals (*Phoca sibirica*) and ringed seals (*Phoca hispida*) in Russia. *Microbiology and Immunology* **48**:905-909.
- 大石和恵. 2006. 総説：海棲哺乳類におけるインフルエンザウイルス感染. *海洋と生物* **42**:420-431.
- Shinya, K., Ebina, M., Yamada, S., Ono, M., Kasai, N. and Kawaoka, Y. 2006. Influenza virus receptors in the human airway. *Nature* **440**:435-436.
- Osterhaus, A. D. and Vedder, E. J. 1988. Identification of virus causing recent seal deaths. *Nature* **335**:20.
- Kennedy, S., Smyth, J. A., McCullough, S. J., Allan, G. M., McNeilly, F., and McQuaid, S. 1988. Confirmation of cause of recent seal deaths. *Nature* **335**:404.
- Grachev, M. A., Kumarev, V. P., Mamaev, L. V., Zorin, V. L., Baranova, L. V., Denikina, N. N., Belikov, S. I., Petrov, E. A., Kolesnik, V. S., Kolesnik, V. R. S., Dorofeev, V. A. M., Beim, V. M., Kudelin, F. N., Nagieva, G. and Sidorov, V. N. 1989. Distemper virus in Baikal seals. *Nature* **338**:209.
- Osterhaus, A. D. M. E., Grosen, J., Uytdehaag, D. G. C. M., Visser, I. K. G., van de Bildt, M. W. G., Bergman, A., and Klingeborn, B. 1989. Distemper virus in Baikal seals. *Nature* **338**:210.
- Mamaev, L. V., Visser, I. K. G., Belikov, S. I., Denikina, N. N., Harder, T. C., DGoatly L., Rima, B. K., Osterhaus, A. D. M. E., and Barrett, T. 1996. Canine distemper virus in Lake Baikal seals (*Phoca sibirica*). *Vet. Rec.* **138**:437-439.
- Kennedy, S., Smyth, J. A., Cush, P. F., Duignan, P., Platten, M., McCullough, S. J., Allan, G. M. and McQuaid, S. 1988. Viral distemper now found in porpoises. *Nature* **336**:21.
- Domingo, M., Ferre, L., Pumaorola, M., Marco, A., Plana, J., Kennedy, S., McAlisky, M. and Rima, B. K. 1990. Morbillivirus in dolphins. *Nature* **348**:21.
- Tatsuo, H., Ono, N., Tanaka, K. and Yanagi, Y. 2000. SLAM (CDw150) is a cellular receptor for measles virus. *Nature* **406**:893-897.
- Ohishi, K., Ando, A., Suzuki, R., Takishita, K., Kawato, M., Katsumata, E., Ohtsu, D., Okutsu, K., Tokutake, K., Miyahara, H., Nakamura, H., Murayama, T. and Maruyama, T. Host-virus specificity of morbilliviruses predicted by structural mod-

- eling of the marine mammal SLAM, a receptor. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases* (in press, doi:10. 1016/j. cimid. 2008 10. 003.)
17. Cao, E., Ramagopal, U. A., Fedorov, A., Fedorov, E., Yan, Q., Lary, J. W., Cole, J. L., Nathenson, S. G. and Almo, S. C. 2006. NTB-A receptor crystal structure: insights into homophilic interactions in the signaling lymphocytic activation molecule receptor family. *Immunity* **25**:559-570.
  18. Ross, H. M., Foster, G., Reid, R. J., Jahans, K. L., and MacMillan, A. P. 1994. *Brucella* species infection in sea-mammals. *Vet. Rec.* **134**:359.
  19. Foster, G., MacMillan, A. P., Godfroid, J., Howie, F., Ross, H. M., Cloeckert, A., Reid, R. J., Brew, S. and Patterson, I. A. P. 2002. A review of *Brucella* sp. infection of seal mammals with particular emphasis on isolates from Scotland. *Vet. Microbiol.* **90**:563-580.
  20. Ohishi K., Fujise, Y. and Maruyama, T. 2008. *Brucella* spp. in the western north pacific and antarctic cetaceans: A review. *Journal of Cetacean Research and Management* **10**:67-72.
  21. Ohishi, K., Zenitani, R., Bando, T., Goto, Y., Uchida, K., Maruyama, T., Yamamoto, S., Miyazaki, N. and Fujise, Y. 2003. Pathological and serological evidence of *Brucella*-infection in baleen whales (Mysticeti) in the western North Pacific. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* **26**:125-136.
  22. Ohishi, K., Takishita, K., Kawato, M., Zenitani, R., Bando, T., Fujise, Y., Goto, Y., Yamamoto, S., and Maruyama, T. 2004. Molecular evidence of new variant *Brucella* in north pacific common minke whales. *Microbe. Infect.* **6**:1199-1204.
  23. Ohishi, K., Katsumata, E., Uchida, K. and Maruyama, T. 2007. Two stranded pygmy sperm whales (*Kogia breviceps*) with anti-*Brucella* antibodies in Japan. *Vet. Rec.* **160**:628-629.
  24. 大石和恵, 宍戸玲子. 2008. 海棲哺乳類の病原微生物との相互作用に關与する免疫因子. 海洋 **40**:606-612.
  25. Shimada, K., Kamoshida, T., Ito, M., Nishino, S., Carmack, E., Mclaughlin, F., Zimmermann, S. and Proshutinsky, A. 2005. Pacific ocean inflow: influence on catastrophic reduction of sea ice cover. *Geophys. Res. Lett.* **33**:8-13.
  26. Jefferson T. A., Leatherwood, J. S. and Webber, M. A., 山田格 (翻訳). 1998. 海の哺乳類 FAO 種同定ガイド. NTT 出版

## 学会参加記

# 5th International Workshop on Biological Effects of EMFs 2008

場所：Citta del Mare, Terrasini, Scilia, Italy

期間：2008年9月28日－10月2日

渋谷 一元 (主任研究員)

### はじめに

商用周波磁界の曝露と小児白血病発生との関連性を疫学研究として Wertheimer と Leeper が 1979 年に最初に報告してから、これまでに数多くのこの問題に関する疫学研究がなされてきました。これらの研究・調査を踏まえて国際がん研究機関 (IARC) は、

商用周波微弱磁界を含む超低周波磁界の発がん性について「超低周波磁界はヒトに対して発がん性がある可能性がある (グループ 2B)」(ヒトへの発がん性を示す証拠が限定的であり、動物実験における発がん性に対する十分な証拠がない：同じカテゴリーにはコーヒー、漬物、ガソリンなどが含まれる)、

「静電界・磁界および超低周波電界はヒトに対する発がん性について分類することはできない（グループ3）」（ヒトへの発がん性を示す証拠が不十分であり、動物実験における発がん性に対する十分な証拠がない：同じカテゴリーにはカフェイン、お茶、蛍光灯などが含まれる）という総合評価を下しています。しかしながら、商用周波磁界のヒトへの曝露を正確に調査することは、疫学的に磁界強度を正確に把握しにくいこと、磁界曝露量の評価指標が確定していないこと、個人の居住環境が非常に多様であることなどから、調査対象者のバイアスを制御できない難しい問題を抱えていることも事実です。このため、実験動物を用いた評価系を構築し、商用周波磁界曝露が腫瘍の発生およびその成長に影響するかどうかを確認する必要があります。1997年の米国科学アカデミーの報告書では「超低周波電磁界の生物影響に関して、居住環境レベルの磁界には明確な生物影響は認められない」としながらも、今後の研究を継続すべきとしています。

商用周波磁界は、エネルギーレベルが低いことから細胞のDNAに作用して直接損傷を生じさせることはないと言われています（Juutilainen J & Liimatainen A, 1986, Rosenthal M & Obe G, 1989）。このことから、商用周波磁界の腫瘍発生への影響は、磁界が腫瘍の発生および増殖を促進させる作用、すなわちプロモーター作用あるいは共促進作用ではないかと仮定されています。以上のような背景から、経済産業省ならびに財団法人電力中央研究所環境科学研究所が主体となり、商用周波磁界がヒトの健康に及ぼす影響を科学的かつ客観的に評価するため実験動物を用いた磁界曝露試験（電力設備電磁界環境影響調査：生体影響調査事業）を実施してきました。これまでこの事業では以下の動物試験を実施してきました。

- ・ラットを用いた 50 Hz 回転円磁界の発がん性試験
- ・ラットを用いた 50 Hz 水平磁界の乳腺腫瘍に対するプロモーター作用検索試験
- ・ラットを用いた 50 Hz 回転円磁界の乳腺腫瘍に対するプロモーター作用検索試験
- ・マウスを用いた 50 Hz 回転円磁界の皮膚腫瘍に対するコ・プロモーター（共促進）作用検索試験
- ・ラットを用いた 50 Hz 回転円磁界の脳腫瘍に対するプロモーター作用検索試験



- ・マウスを用いた 50 Hz 回転円磁界の悪性リンパ腫／リンパ性白血病に対するプロモーター作用検索試験

- ・ラットを用いた 50 Hz 回転円磁界の白血病に対するプロモーター作用検索試験

これらの動物試験の結果、そのいずれにおいても対象とした腫瘍に対する磁界の発がん性あるいは腫瘍に対する磁界のプロモーター作用は認められていません。本研究所はこれらの動物試験・研究を分担してきた関係で、今回、「ラットを用いた 50 Hz 回転円磁界の白血病に対するプロモーター作用検索試験」の共同研究発表者として発表する機会が与えられました。

### 学会の概要

この学会は、イタリアシチリア島の Palermo から約 10 km ほど離れた Terrasini という町の近郊にあります Citta del Mare というホテルにおいて開催されました。この施設は、広大な敷地にテニスコート、プール、スポーツジムなどのスポーツ施設を備えており、シーズンにはさながら体育会系の合宿所あるいはスポーツリゾートとして混み合うのでないかと思われます。今回訪れた時期は残念ながらすでにシーズンからはずれていたようで、落ち着いた雰囲気の中で学会が催されていました。

学会参加国は 31 カ国におよび、口頭発表が 2 会場に分かれ、その他にポスター発表がありました。この学会の特徴は「電磁界」というひとつのテーマに対して、多方面からアプローチしている研究者が集まっていることといえます。そして、その研究分野は大きく 2 つに分けられます。ひとつは磁界を発生させる側の分野、すなわち電気工学、電子工学、

機械工学といったハード面の研究分野です。もうひとつは磁界の影響を受ける側の分野, すなわち医学, 疫学, 生物学, 分子生物学, 毒性学といったソフト面の研究分野です。電気工学系の分野については, 専門外の分野でしたので今回は生物系の研究発表についていくつかをご紹介しますと思います。

### プレナリーセッション

携帯電話に用いられている高周波数帯電磁界が脳微小循環動態に及ぼす影響を評価する手法として, 脳軟膜微小環境を生きたまま顕微鏡的に評価できる Cranial Window (CW) 法の応用について, 大久保千代次先生 (財団法人 電気安全環境研究所・明治薬科大学大学院客員教授, WHO 国際電磁界プロジェクト国際諮問委員会委員) から発表がありました。この演題では, ラットの頭部に CW 法を施し携帯電話で使用されている高周波数帯電磁界の脳組織に及ぼす影響について検索していました。結果としては, 脳血液関門の機能を血管透過性, すなわち蛍光標識アルブミンの漏出の有無により評価する実験, 血管径および血漿速度の変化に関する実験および白血球挙動に関する検査のすべてにおいて, 高周波数帯電磁界を 10 分間曝露した後に検索した急性影響確認実験および 1 日 1 時間, 週 5 日, 4 週間曝露した亜急性影響確認実験ともに曝露の影響はみられないとのことでした。

携帯電話のウサギにおける顔面神経およびその周囲組織に及ぼす熱効果について Kalkan らのグループ (イスタンブール大) から発表がありました。この研究ではウサギの耳根部に実際の携帯電話を通話モードで当て, 217 pulse/sec の電磁波を 25 分間曝露した場合の顔面神経の神経伝達機能および周囲組織の温度変化について検索していました。その結果, 曝露前と比較して顔面神経の周囲組織の温度が曝露中に 0.39 K (熱力学温度) 上昇し, 顔面神経の反応電位の低下 ( $3.003 \pm 2.005 \text{ mV} \rightarrow 1.840 \pm 1.11 \text{ mV}$ ) がみられたが, いずれも曝露を停止した直後には回復するという内容でした。

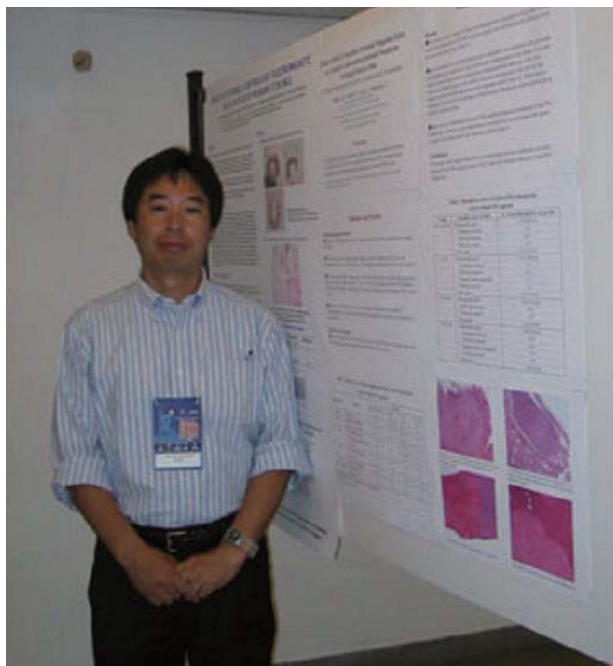
### ポスターセッション

はじめに, 今回の電力中央研究所および弊所で発表した内容「ラットを用いた 50 Hz 回転円磁界の白血病に対するプロモーター作用検索試験」につ

いての概要を紹介します。先に述べたように商用周波磁界 (50 ~ 60 Hz) はエネルギーレベルが低く細胞の DNA に対する損傷作用はないことから, もし腫瘍の発生に何らかの影響があるとすればイニシエーション作用ではなくプロモーション作用あるいは共促進作用と考えられています。そこで我々は, 1-propyl-1-nitrosourea (PNU) を用いたラット白血病中期発がんモデルを用いて 50 Hz の商用周波磁界の白血病の発生に及ぼす影響を検査しました。曝露前に PNU でイニシエーション処理したラットを用い同じ波長で 3 段階の磁界強度を設定した曝露群およびシャム曝露群を設定し, 1 日 22 時間, 週 7 日, 30 週間の曝露実験を実施しました。その結果, 発生した骨髄性白血病, 赤芽球性白血病, 組織球性肉腫および悪性リンパ腫といった造血系腫瘍ならびにその他の非造血系腫瘍のいずれにおいても磁界曝露の影響はみられませんでした。また, 曝露期間中に腫瘍発生等により死亡したラットの死因を検索したところ, 死因と磁界曝露との関連性もみられませんでした。これらの結果から, 50 Hz の商用周波磁界の曝露はラットの化学物質誘発性白血病の発生において促進作用あるいは共促進作用はみられないと考えられます。

In vitro 研究として, Ahmadian ら (テヘラン大) のグループは 217 Hz 周波数の電磁界を曝露したヒト乳癌細胞の増殖性および細胞骨格蛋白であるアクチンマイクロフィラメントの動態について報告していました。ヒト乳癌細胞を培養し, 周波数 217 Hz, 磁界強度 0.2 mT (テスラー) を 24, 48 および 72 時間曝露して, 細胞の増殖性および細胞内のアクチンフィラメントの分布およびウェスタンブロッティングによるアクチン蛋白分子量の変化を観察したところ, すべての項目において磁界曝露の明らかな影響はなかったと結論していました。

一方, 電磁界が腫瘍性疾患の抗がん剤による治療効果を増強する可能性が近年報告されてきています。それに関連した in vitro 研究として, Abdolmaleki ら (Tarbiat Modare 大) のグループは腫瘍細胞の代替細胞としてのラットの骨髄間葉性幹細胞に静磁界 static magnetic field (SMF) を曝露し, 細胞のアポトーシスに対する影響を観察していました。ラットの大腿骨骨髄から単離し培養した骨髄間葉性幹細胞に 15 mT の強度の SMF を 5 時間曝露し,



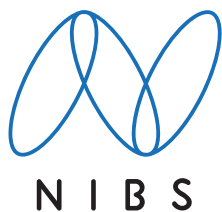
アポトーシスの発生率をフローサイトメトリーで測定したところ、細胞のアポトーシスの割合はシャム曝露群に比較してSMF曝露群の方が高くなりました。同様の実験設定で、曝露条件に $H_2O_2$ によるフリーラジカルストレスを加えて観察したところ、シャム曝露群およびSMF曝露群の両方でアポトーシス発生率は増加したものの、やはりSMF曝露群の方が高率であったことが示されました。これらの結果から、癌治療の一般的な放射線療法に静磁界の処置を加えることにより、さらに有効な治療法が開発される可能性が示されました。

### あとがき

先にも述べましたように、この学会には世界中の多くの国々から、しかも多様な研究分野の研究者が参加していました。国内からも生物関連分野とし

て我々の他に県立広島大学病態病理学および横浜市立大学のグループ、工学関連分野として独立行政法人情報通信研究機構、青山学院大学理工学部、北海道大学理工学部のグループが参加していました。このことから、磁界のヒトおよび生物の健康影響への関心が国際的に高いことが理解されます。この現代社会において、ヒトおよびあらゆる生物は地球上に住むかぎり必ず何らかの磁界曝露を受けているといえます。今回の学会に参加していた研究者の姿勢およびこれまでの研究事業を通じて痛切に感じたことは、今後もこれらの磁界曝露の問題に正面から取り組み、少しずつでもその成果を社会に還元していくことが必要であるということです。現在、電磁界のヒト健康影響の研究は、送電線からの商用周波電磁界および携帯電話からの高周波電磁界を中心に行われていますが、身近にあるもうひとつの周波数領域の電磁界、すなわち電磁誘導加熱器 (Induction Heating: IH, いわゆる IH クッキングヒーターなど) からの中間周波数電磁界は、近年、家庭環境の電化という大きな流れのなかで急速に曝露機会が多くなってきていると思われます。こうした中で、中間周波数電磁界に関する疫学および基礎生物的研究がほとんどなされておらず、その実態、すなわち中間周波数電磁界がヒトの健康に影響する可能性があるのかないのかは不明のままといえます。よって、今後はこの中間周波数電磁界についての様々な研究が他の周波数帯の研究と同様に多方面の研究分野で実施され、その安全性の正確な評価がますます必要となると思われます。

最後に、今回の学会発表の機会を与えてくださった財団法人電力中央研究所の関係各位、ならびに日生研関係者の方々に深謝いたします。



—— テーマは「生命の連鎖」——  
生命の「共生・調和」を理念とし、生命体の豊かな明日と、研究の永続性を願う気持ちを快いリズムに整え、視覚化したものです。カラーは生命の源、水を表す「青」としています。

表紙題字は故中村稔治博士の揮毫

日生研たより 昭和30年9月1日創刊(隔月1回発行)  
(通巻556号) 平成21年4月25日印刷 平成21年5月1日発行(第55巻第3号)  
発行所 財団法人日本生物科学研究所  
〒198-0024 東京都青梅市新町9丁目2221番地の1  
TEL: 0428(33)1056(企画学術部) FAX: 0428(33)1036  
発行人 林志鋒  
編集室 委員/竹山夏実(委員長), 入江拓也, 佐藤寛子  
事務/企画学術部  
印刷所 株式会社 精興社  
(無断転載を禁ず)