

京都大学基礎物理学研究所研究会報告書

『電磁波と生体への影響』

日時：2003年5月30日（金）～31日（土）

主催：京都大学基礎物理学研究所

場所：〒606-8502 京都市左京区北白川追分町

京都大学基礎物理学研究所

湯川秀樹記念館 大講演室

講演者：松田 外志朗 大阪大学大学院生命機能研究科
中岡 保夫 大阪大学大学院生命機能研究科
富永 真琴 三重大学医学部生理学第一講座
石堂 正美 独立行政法人国立環境研究所
本堂 毅 東北大学大学院理学研究科物理学専攻
荻野 晃也 電磁波環境研究所・前京都大学工学部
森 昭雄 日本大学文理学部
兜 真徳 独立行政法人国立環境研究所
宮田 幹夫 北里研究所病院・臨床環境医学センター
村瀬 雅俊 京都大学基礎物理学研究所

座長：山田 耕作 京都大学大学院理学研究科物理学専攻
池田 研介 立命館大学理工学部物理学教室
吉村 一良 京都大学大学院理学研究科化学専攻
津田 一郎 北海道大学大学院理学研究科数学専攻

研究会企画

提案責任者：村瀬 雅俊

京都大学基礎物理学研究所 非平衡系物
理学

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町

E-mail: murase@yukawa.kyoto-u.ac.jp

TEL: 075-753-7008

FAX: 075-753-7010

プログラム

5月30日（金）

座長： 山田 耕作 （京都大学大学院理学研究科物理学専攻）

1:00 はじめに

村瀬 雅俊 （京都大学基礎物理学研究所）

1:10 太陽光過敏症の分子メカニズム

松田 外志朗 （大阪大学大学院生命機能研究科）

2:10 原生生物における電磁場の影響

中岡 保夫 （大阪大学大学院生命機能研究科）

座長： 池田 研介 （立命館大学工学部物理学教室）

3:30 痛み・温度感覚の分子生物学

富永 真琴 （三重大学医学部生理学第一講座）

4:30 磁界感受性とメラトニン

石堂 正美 （独立行政法人国立環境研究所）

5:30 閉鎖空間における携帯電磁波の影響

本堂 毅 （東北大学大学院理学研究科物理学専攻）

5月31日（土）

座長： 津田 一郎 （北海道大学大学院理学研究科数学専攻）

10:00 電磁波問題と予防原則

萩野 晃也 （電磁波環境研究所・前京都大学工学部）

11:00 ゲーム脳の状態

森 昭雄 （日本大学文理学部）

座長： 吉村 一良 （京都大学大学院理学研究科化学専攻）

1:00 低周波電磁波の疫学について

兜 真徳 （独立行政法人国立環境研究所）

2:00 化学物質過敏症と電磁波過敏症

宮田 幹夫 （北里研究所病院・臨床環境医学センター）

3:00 広義の環境ホルモンとしての電磁波

村瀬 雅俊 （京都大学基礎物理学研究所）

統合生命科学から捉えた

『電磁波と生体への影響』に関する諸問題

理論の飛躍はしばしば理論の内部にある矛盾の発展の結果としておこなわれるといえよう。例えば量子論の発展を見ても、光や物質に対する波動と粒子という互いに矛盾する考え方があって、それらが相互に他を否定する結果として一つの新しい考え方に統一されたのが量子力学であるともいえるであろう。この意味において理論物理学の発展の仕方は弁証法的だともいえるであろう。

湯川秀樹

科学の世界では、よく自然現象とか、自然の実際の姿とか、あるいはその間の法則とかいう言葉が使われるが、これらはすべて人間が見つけたのであって、その点が重要なことである。自然そのものは、もっと違ったものであるかもしれないし、たぶんずっと違ったものであろう。・・・従って科学の本質は、人間と自然との協同作品という点にある。

中谷宇吉郎

1. 科学的‘真理’の主観的‘客観性’

科学的‘真理’というものは、その適用範囲を拡大していくにつれて互いに矛盾する事実直面するのが常である。その際、私たちは互いに矛盾する事実の一方のみを排除し、物事の一面性・明白性に固執したくなる誘惑に駆り立てられる。しかし、それはちょうど何人かの盲人が一匹のゾウに触り、「へビのようだ」、「扇子のようだ」、「丸太のようだ」などと、それぞれが自分勝手に自己主張を繰り返しているようなものではないだろうか。それぞれの主張を補い合わなければ、ゾウという全体の姿は決して捉えられるものではない。同じように、相矛盾しあう事実を一つの全体として統合する‘ものの見方’が障害されている限り、科学の発展は望めない。逆に、相矛盾しあう事実がより高次の‘も

のの見方’の中に統合された時、新たな科学的‘真理’が発見されたことになる。つまり、‘統合の障害’による‘科学崩壊の危機’と‘統合の成立’による‘科学発展の可能性’が共存するのである。しかも科学的‘真理’の探求においては、人間的要素を完全に排除することはできず、その‘客観性’がその時代精神とともに変容することになる。つまり、科学的‘真理’は、その時代に新たに発見された最新の知識を統合しながら、常に再認識され続けねばならない。そのために、現在の‘常識’は将来の‘非常識’へ、また逆に、現在の‘非常識’は将来の‘常識’へと転化してしまう可能性を、どこまでもはらみつづけることになる。その意味では、科学的‘真理’は、あくまでも主観的‘客観性’を持つに過ぎない。

興味深いことに、この‘主観的認識’の‘系統発生’としての‘科学史’は、個々人の‘主観的認識’の‘個体発生’としての‘精神史’と酷似した一般的過程をたどる（ジャン・ピアジェ）。すなわち、世代交代を繰り返しながら人類の頭脳を通して「対象を理解する」という‘系統発生的’な認識過程と、一人の人間が生涯をかけて「対象を理解する」という‘個体発生的’な認識過程とが、互いに同型の関係となるのである。従って、外面的にはそれぞれの学問は多様に見えるが、内面的に捉えてみると、それらは同一過程の異なる展開に過ぎない。そのために、先に述べた相矛盾する事実の‘統合成立’による‘発展の可能性’および、その‘統合障害’による‘崩壊の危機’からなる歴史的な様相は、認識過程によって営まれるあらゆる学問体系に現れることになる。すなわち、自然科学はもとより（湯川秀樹、朝永振一郎、小平邦彦）、‘絶対矛盾的自己同一’を説いた西田哲学（西田幾多郎）、禅の思想をよりどころに‘東洋的なものの見方’を構築した仏教哲学（鈴木大拙）、心の諸問題を‘対立物の結合’から説き起こした精神医学（カール・グスタフ・ユング）、認識の生物学的基礎を‘生物進化’に求めた動物行動学（コンラット・ローレンツ）、そして‘発展と崩壊を一つの過程’として捉えた歴史学（アーノルド・トインビー）において、統合の成立と破綻というジレンマが常に存在し続けることになる。

ここで重要な点は、対象が‘物質現象’であろうと、‘生命現象’であろうと、それらに関する‘学問’であろうと、さらに高次の‘人間・社会現象’であろうと、「対象を理解する」という認識過程に生命過程の基本原理が反映されるということである（M.Muray, 1992；村瀬雅俊、2000；2001）。

2. 20世紀における化学物質・複合汚染の時代から

21世紀における化学物質・電磁波・複合汚染の時代へ

このような観点に立って、まず、現代社会に広く浸透している化学物質について考えてみたい。人類が開発した科学技術の成果として化学物質が日常生活の中に広く適用されるとき、私たちはその安全性は十分に確立しているものと信じきっている。しかし、この‘安全神話’が崩壊してきたことは、この半世紀におよぶ科学史が示している通りである（レイチェル・カーソン、有吉佐和子、William, Rea、シーア・コルボーン）。この点に関して、細胞生物学者バーバラ・マクリントックが、晩年になってノーベル賞を受賞する直前に、エブリン・フォックス・ケラーのインタビューに答えて述懐した言葉を引用したい。

私たちは環境を恐ろしく損ないながら、それでも平然と構えています。しかし、科学の技術が工業の段階を迎えると、十分に先を見通していなかったためにしっぺ返しをうけます。私たちは仮定を立ててはならないことについて仮定を立ててきました。全体が実際のところどのように動いているのかという視点から見ると、ほんのある部分がどうなっているかしかしらなかつた。私たちは残る部分がどのようになっていたかを理解することはなかつたし、問題にもしなかつたのです。ただ私たちにはそれがわからなかつたのです。

バーバラ・マクリントック

このマクリントックの言葉から明らかなように、「全体がどのようになっているか」ということは、絶対的な時間が経過し、矛盾しあう事実が浮き彫りになってこない限り、誰にもわからないことなのである。

このような考えに立つと、私には、化学物質に関してこの半世紀において見られてきた歴史が、電磁波に関して再び繰り返されているように思われてならない。しかもそれは、環境汚染の歴史が単に繰り返されているにとどまらず、化学物質汚染と電磁波汚染の関係には単なるアナロジー以上の深刻さがある。なぜなら、刺激が機械的なものであろうと、化学的なものであろうと、視覚的なものであろうと、そして電磁気学的なものであろうと、こうした質的に異なる情報は、生体が営む生命過程にあっては同等に扱われてしまうからである。それについては、本報告書の最後で詳しく論考したい（村瀬雅俊、2004）。

電磁波の生体への影響に関しては、これまでもさまざまな研究がなされてきた。それらの研究においては、生体への「影響あり」という報告とともに、生体への「影響なし」という報告が混在していた。そのため、「現時点では、確定的なことは結論づけられない」という常套句に終始するばかりであった。しかし、こうした事態は冒頭に述べたように、あらゆる科学的‘真理’がたどる宿命であるにすぎず、電磁波に関して生体への「影響なし」という主張を保証するものではない。同一刺激の反応の多様性こそ、生体反応の本質である（ヴァイツゼッカー、アントニオ・ダマシオ）。生体は単に‘刺激’に対して反応するばかりでなく、‘刺激に対する反応’にも反応してしまう。つまり、単純な‘刺激への反応’から、より複雑な‘反応への反応’へと転換するのである。しかも、入力刺激の外面的な多様性は、内面的には基本的に共通の反応ネットワークの自己組織化の生命過程として捉えられることになるのである。

こうした反応ネットワークの自己組織化によって、ある種の‘記憶’効果をもたらされることにもなる。そのために、複雑な反応の自己組織化の過程を繰り返しながら絶えず統合をはかろうとしている生体という巨大なシステム—いわゆる、スーパーシステム（多田富雄）—の中で、実際にどのような反応カスケードが‘構成的に選択’されるかが、興味をそそられる問題となる。なぜなら、それによって、生体反応の結果には、ありとあらゆる可能性が内包されるからである。また、それは、先に科学史や精神史において指摘したような、‘統合の成立’による‘発展の可能性’から‘統合の障害’による‘崩壊の危険性’をも含むことになるのである。これを生命現象の言葉で‘翻訳’するならば、「進化と老化」、あるいは「認識と病気」といった全く相反する現象が、同一過程の異なる展開として鱗得られるということである（村瀬雅俊、2000）。

全く同じ人間が世界に二人と存在しない以上、‘構成的な選択’のあり方も全く異なる。同一刺激に対して、どのような反応を最終的に‘自覚’するか、個々人によって異なるのは当然である。しかも、同一の人間であっても、全く同一の状態は二度と再現しない。そのために、同一刺激であるにもかかわらず、‘構成的な選択’によって、全く異なる反応を‘自覚’することにもなる。‘再現性’ばかりを重視する物質科学の方法が、必ずしも生命科学の方法としてそのまま適用できない理由がここにある（寺田寅彦、中谷宇吉郎、湯川秀樹）。そして、このように考えてくると、電磁波曝露の実験結果に生体への「影響あり」と生体への「影響なし」というバラツキがあるということは、生体への「影響なし」を意味しているのではなく、生体への「影響の現れ方が多様である」ということを意味していることに過ぎないことに気づかされる。

3. 統合生命科学への期待

— 電磁波の生体への影響における病理学と健康科学 —

こうした統合的な‘ものの見方’に関連して、生体電磁気学の分野で活躍しているコロンビア大学の Blank の言葉を引用したい。

The presence of significant biological effects due to electromagnetic fields is generally acknowledged, but we cannot be sure if there is a health risk associated with exposure. The molecular research suggests that fundamental reaction rates can be affected in the body by weak electromagnetic fields. Strong evidence on the cellular level indicates that weak magnetic fields are stimulating the stress-response pathway. Activation of this pathway helps to control damage due to a physical stimulus. However, if the system is compromised or the body is overexposed, the stress response may not be able to compensate. The research findings appear to justify caution regarding exposure to electromagnetic fields but show no clear links to disease.

Martin Blank

Blank の言葉からも明らかなように、「微弱な電磁波であっても、その生体分子や細胞への影響は疑う余地がない。現時点で確証されていない点は、電磁波暴露と生体レベルでの病気発症との明白な因果関係である」ということである。この「生体レベルでの病気発症との明白な因果関係を探る」ということは、分子・細胞レベルの影響が生体という個体レベルにどのように現れるかというメカニズムの探求に他ならない。そして、この‘構成的な選択’過程で行われる、いわゆる‘情報増幅作用’を明らかにすることこそ、「生命とは何か」を問う生命科学の重要なテーマなのである。しかも、脳科学者であるアントニオ・ダマシオが提唱している、ソマティック・マーカー仮説—すなわち、身体反応を媒介とする認識論—を思い起こすならば、身体レベルの‘情報増幅作用’は、究極的には「認識とは何か」を問う脳神経科学の重要なテーマと考えるべきなのである。そういう意味では、私たちの関心を‘電磁波’という狭い領域に限定

してしまうことは、問題の全体像を捉え、かつその問題を解決に導くためには、必ずしも賢明ではないことが理解できる。

統合的な‘ものの見方’を意識的に構築していく際に、電磁波による生体・環境汚染としての‘負’の側面ばかりでなく、再生医学の観点からも有効な治療法としての‘正’の側面をも念頭におかなければならない。この両面性を科学的データに基づいてはじめて総合的に論じたのが、ニューヨーク州立大学医学部の Robert, O. Becker である。彼は、その著書“Cross Currents”の冒頭を、次のように書き出している。

“Cross Currents” describes the meeting of two opposing trends: the rapid rise of electromedicine, which promises to unlock the secrets of healing, and the parallel rise of electropollution, which poses a pressing environmental danger.

The book explains that current popular healing practices use an invisible common source: the body’s innate electrical systems. While this discovery is coming to light, “Cross Currents” reports evidence that these same bodily resources are being adversely affected by man-made electromagnetic fields from widespread technologies.

Robert, O. Becker

この著書で、Becker は、骨折時にしばしば問題となる‘癒合欠如’という骨細胞の不癒合における治療効果として、電磁波の影響を詳説している。ここに、生体を単なる化学反応系と見なしてしまう従来までの生物化学の‘ものの見方’への反省が込められている。このように、電磁波の生体への影響を考える際には、分子・細胞レベルにおける、いわゆる‘ストレス反応’ばかりでなく、‘癒合欠如’の治療効果としての細胞レベルの‘再生現象’をも含めた、さまざまな形で現れている現象に着目し、そうした分子・細胞レベルの現象が、個体レベルへどのように増幅していくかを調べる必要があるのではないだろうか。

4. 研究会『電磁波と生体への影響』開催の意義

以上のような理由から、本研究会『電磁波と生体への影響』を組織する上で、私がとくに留意した点は、電磁波の生体への影響を研究してきた専門家以外の研究者にも参加して頂くことであった。それによって、これまで電磁波の生体への影響について全く考えもしなかった医学者・生物学者・物理学者に関心を呼び起こすことができた点は非常に意義深い。そればかりでなく、電磁波研究に関する非専門家、特に医学・生物学者の参加によって、生命現象それ自体の理解が深まるとともに、一般に、「同一刺激がなぜ生体に多様な反応をおよぼしうするのか」、「どのような場合に生体への影響が顕在化し、どのような場合に生体への影響の発現が潜在化されてしまうのか」、そして「生体への影響の発現が潜在化されていた場合に、いついかなる時に生体への影響が突如として発現されてしまうのか」といった、基本的な疑問を解決する手がかりが得られることも期待したのである。数十億年の進化の歴史を刻んできた生命にとって、「未だ経験したことのない人工電磁波がどのような作用をおよぼしうするのか」について考察する際に、先入観にとらわれない斬新な視点がどうしても欠かせないからである。

こうして、研究会を終えて、現時点で言えることは、電磁波の生体への影響についてこれまで確定的な結論が得られなかったのは、電磁波の生体への影響が無視できるほど小さいからではなく、既に得られている生命科学・脳神経科学の知識、あるいは現在新発見が相次いでいる生命科学・脳神経科学の知識が十分に統合されていないためであることに気づかされた。その意味では、‘統合生命科学’や‘高次脳神経科学’が未だ発展途上なのである。さらに、私たちの意識的な認識過程に先行して進化してきた生命過程を基盤として、多様な現象を統合的に捉える哲学—いわゆる、生命哲学—が未だ発展途上だとも言える。

このような統合的な‘ものの見方’の構築への努力とは独立に、現実の状況は予断を許さない。例えば、低周波電磁波の曝露に関する疫学研究によって、小児白血病のリスクが高くなる傾向が、この四半世紀に繰り返し報告されてきた (Wertheimer, N. and Leeper, E., 1979)。既に明白になってきた化学物質の生体への影響から学んだ貴重な教訓を無駄にしないためにも、「電磁波の生体への影響に関して確定的な結論が得られていない」という現時点においてこそ、その影響の可能性を視野に入れた防御策を事前に検討・実施するという‘予防原則’に真剣に取り組まなければならない。1996年1月、私は当時全く知られ

ていなかった‘プリオン’に着目し、その知見が、アルツハイマー病をはじめとする医学・生物学の重要な問題解決の糸口となるばかりでなく、その起源と進化を探ることによって新たなプリオン病の発症が起こりうることを予見した (M.Murase, 1996)。そして、不幸にもその予見が論文発表から数ヶ月もたたないうちに、いわゆる‘狂牛病パニック’として現実のものとなってしまった (村瀬雅俊、2000)。しかも、今日に至っても、狂牛病の発症は衰えを知らない。そのことを考えると、電磁波に関して‘予防原則’にのっとった対策が今こそ求められるということを大いに強調しておきたいと思う。

この研究会は、湯川秀樹博士の日本人初のノーベル賞受賞を記念して設立され、ちょうど2003年に創立50周年を迎えた京都大学基礎物理学研究所で行われた、『電磁波と生体への影響』に関する、はじめての学術的かつ学際的研究会である。予算規模30万円での研究会にもかかわらず、物理学者を中心に90名を超える参加者があり、文字通り、物理学者・医学者・生物学者・工学者との間で学際的・学術的な議論が行われた。この研究会を契機に、閉鎖空間においてホットスポットと呼ばれる電磁波強度の著しい場所がどのように形成するかに関する計算機実験、および測定器を用いた実測実験が始まるとともに、電磁波負荷実験によって脳血流量がどの程度変動するかに関する定量的研究も行われる段階になっている。

電磁波の生体への影響を考える場合、その影響として病理的側面と治療的側面の両面性に注目することが必要である。どちらの側面からアプローチするにしても、電磁波の作用部位はどこか、また電磁波の作用機序は何かに関して、同じような学問的な寄与が期待できるのではないかと私は思う。もちろん、こうした問題は、まだまだわからないことが多い。従って、これらの本質的な問題の解決に向けて、研究会の継続が望まれている。

村瀬 雅俊

京都大学基礎物理学研究所

非平衡系物理学

2003年12月18日

文 献

1. 湯川秀樹 (1966) 「科学的思考について」『学問について』
(湯川秀樹著作集1) 岩波書店、1989年
2. 湯川秀樹 (1976) 『目に見えないもの』講談社学術文庫
3. 中谷宇吉郎 (1958) 『科学の方法』岩波親書
4. ピアジェ、J.、ガルシア、R. (1983) 『精神発生と科学史—知の形成
と科学史の比較研究』(藤野邦夫、松原望 訳) 新評論、1996年
5. 朝永振一郎 (1961) 『科学者の自由な楽園』岩波文庫、2000年
6. 小平邦彦 (1985) 『怠け数学者の記』岩波現代文庫、2000年
7. 小平邦彦 (1987) 『ボクは算数しか出来なかった』日経サイエンス社
8. 西田幾多郎 (1911) 『善の研究』(日本の名著『西田幾多郎』)
中央公論社、1984年
9. 西田幾多郎 (1936) 「論理と生命」『西田幾多郎哲学論集Ⅱ』
岩波文庫、1988年
10. 鈴木大拙 (1965) 『東洋の心』春秋社
11. 鈴木大拙 『新編 東洋的な見方』岩波文庫、1997年
12. ユング、C. G. (1963) 『ユング自伝1—思い出・夢・思想—』
(河合隼雄、藤縄昭、出井淑子 訳) みすず書房、1972年
13. ユング、C. G. (1963) 『ユング自伝2—思い出・夢・思想—』
(河合隼雄、藤縄昭、出井淑子 訳) みすず書房、1973年
14. ローレンツ、K. (1965) 『動物行動学Ⅰ』(丘 直通、日高敏隆 訳)
思索社、1989年
15. ローレンツ、K. (1965) 『動物行動学Ⅱ』(丘 直通、日高敏隆 訳)
思索社、1989年
16. トインビー、A. (1972) 『図説 歴史の研究』(桑原武夫、樋口謹一、
橋本峰雄、多田道太郎 訳) 学習研究社、1975年
17. Murase, M. (1992) *The Dynamics of Cellular Motility.*
John Wiley & Sons; Chichester
18. Murase, M. (1996) Alzheimer's Disease as Subcellular 'Cancer':
The Scale-Invariant Principles Underlying the Mechanisms of
Aging. *Progress of Theoretical Physics* 95, 1-36.
19. 村瀬雅俊 (2000) 『歴史としての生命—自己・非自己循環理論の構築』
京都大学学術出版会

20. 村瀬雅俊 (2001) 「こころの老化としての‘分裂病’—創造性と破壊性の起源と進化」『講座・生命 vol.5』(中村雄二郎、木村敏 監修) 河合文化教育研究所、河合出版
21. 村瀬雅俊 (2004) 『電磁波の生体への影響—ホルモン様作用仮説の提唱』物性研究 (本報告書)
22. カーソン、R. (1962) 『沈黙の春』(青樹梁一 訳) 新潮社、2001年
23. Rea, W. J. (1992) *Chemical Sensitivity Vol.1: Mechanisms of Chemical Sensitivity*. Lewis Publishers; Boca Raton, FL
24. Rea, W. J. (1994) *Chemical Sensitivity Vol.2: Sources of Total Body Load*. Lewis Publishers; Boca Raton, FL
25. Rea, W. J. (1996) *Chemical Sensitivity Vol.3: Clinical Manifestations of Pollutant Overload*. Lewis Publishers; Boca Raton, FL
26. Rea, W. J. (1997) *Chemical Sensitivity Vol.4: Tools of Diagnosis and Methods of Treatment*. Lewis Publishers; Boca Raton, FL
27. コルボーン、T.、ダマノスキ、D.、マイヤーズ、J. P. (1996) 『奪われし未来』(長尾力 訳) 翔泳社、2001年
28. 有吉佐和子 (1975) 『複合汚染』新潮文庫
29. ケラー、E. F. (1983) 『動く遺伝子—トウモロコシとノーベル賞』(石館三枝子、石館康平 訳) 晶文社、1987年
30. ヴァイツゼッカー、V. (1942) 『生命と主体—ゲシュタルトと時間/アノニューマ』(木村敏 訳) 人文書院、1995年
31. ダマシオ、A. R. (1994) 『生存する脳—心と脳と身体的神秘』(田中三彦 訳) 講談社、2000年
32. 多田富雄 (1993) 『免疫の意味論』青土社
33. 寺田寅彦 (1936) 『物理学序説』(寺田寅彦全集第十卷) 岩波書店 1997年
34. Becker, R. O. (1990) *Cross Currents: The Promise of Electromedicine, The Perils of Electropollution*. Jeremy P. Tarcher/Putnam, New York
35. Blank, M. (1995) *Electromagnetic Fields: Biological Interactions and Mechanisms* (Advances in Chemistry Series 250). American Chemical Society; Washington, DC
36. Wertheimer, N. and Leeper, E. (1979) Electrical Wiring Configurations and Childhood Cancer. *American Journal of*

Epidemiology 109, 273-284