

OSTEC



電磁界の 健康影響について

[電磁界の安全性を確かめる研究の現状]



「電磁界の健康影響について」に関する
ご要望やご質問は下記へお問い合わせください。

発行所 財団法人 大阪科学技術センター
電磁界 (EMF) に関する調査研究委員会
〒550-0004
大阪市西区靱本町1丁目8番4号
電話 06-6443-5323

- 1 はじめに
- 2 身のまわりの電磁界について
- 3 電磁界の健康影響の評価
- 4 疫学のはじまり
- 5 電磁界の疫学研究
- 6 疫学研究の進め方
- 7 電磁界の実験研究
- 8 まとめ
- 9 用語解説

電気は私たちの生活に欠くことができません。照明や冷暖房、テレビやパソコン、新幹線や電車、エスカレーターなど近代的で便利な生活は全て電気を利用しています。近年、電気が流れているとそのまわりに必ず生じる「電磁界」が、健康に有害なのではないか、という問題への関心が高まりました。日本では「電磁波」という表現がしばしば使われていますが、別の項目で説明しますように、電気機器などの周辺に生じる非常に周波数の低い電磁波（極低周波電磁界）を、ここでは「電磁界」と呼ぶことにします。

1980年頃から電磁界による健康影響の恐れがあるのではないかと、いった疑問がアメリカなどで起こり、調査や研究が始まりました。日本でも1990年代の初めから本格的な研究に着手しました。

これまでの研究では以下のようなことが明らかになっています。

(1) 高圧送電線の近くに住んでいた人や、電磁界の強い職場に長いた人は、そうでない人に比べてある種のがんや白血病の頻度がやや高いという報告と、そうではないという報告がありました。

このような研究を疫学研究といいます。

(2) 動物実験や遺伝子などへの影響の実験では、電磁界が健康に有害であることを示す結果は得られていません。

このような研究を実験研究といいます。

以上の結果などに基づいて国際がん研究機関(IARC)は、電磁界の発がん性について、「疫学ではそれを示す研究報告があるが、実験では証明されていない」(分類2B)と発表しています。アメリカ政府も6年間の研究に基づいて同様な結論を公表しました。発がん性以外の健康影響についての研究も広く行われてきましたが、人体への影響があるとの科学的な研究結果の報告はありません。

このパンフレットは、これまで世界中で行われてきた電磁界の健康影響についての研究成果を解説し、電磁界の安全性について広く国際的にどのように理解されているかを説明することをめざします。

身のまわりの電磁界について

「電磁界」と「電磁波」

一般に「電磁波」と呼ばれているものには、周波数が高いものから低いものまでさまざまなものがあり、周波数の高いものほど電磁波の持つエネルギーは高くなります。これらの電磁波のうち最も周波数の低い領域（300Hz以下）に分類されるものを「極低周波電磁界」といいます。このパンフレットでは、このような極低周波電磁界を「電磁界」と呼んで説明します。

電磁界は、「電界」と「磁界」からなり、これらのうち電磁界の健康影響としてこれまで問題とされてきたのは、主に「磁界」の影響です。磁界は、磁石のまわりや、電流が流れている物のまわりにできます。

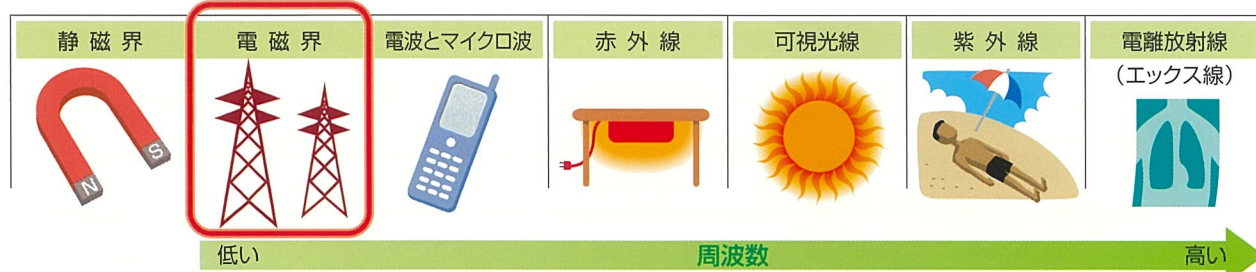
磁界には、地球の地磁気や磁石などによって生じる静磁界と、交流の電流によって生じる変動磁界があり、後者について健康影響の有無が問題とされてきました。



健康影響は？

エックス線やガンマ線などのような周波数が非常に高い電磁波は、遺伝子を直接傷つけるようなエネルギーを持っています。太陽光に含まれる紫外線も、遺伝子に直接傷をつけるので、人体に有害です。

このパンフレットで説明する、送電線などの電力設備や家電製品から発生する電磁界は、周波数が非常に低く、遺伝子を直接傷つけるようなエネルギーがありません。このため、電磁界をあびることが健康影響を及ぼすとは考えられません。



身のまわりの磁界

身のまわりの磁界の大きさは、一般に「マイクロテスラ (μT)」や「ミリガウス (mG)」という単位で表されます。これらの単位の間には、1マイクロテスラ=10ミリガウスの関係があります。私たちの生活している環境での、身のまわりの磁界の大きさは、最大でも数10マイクロテスラ(数100ミリガウス)程度です。

送配電線による磁界の大きさの最大値 (μT)

	地上1m	住居内
送電線	20	10
配電線	2	10

出典：『電磁界影響に関する調査・検討報告書』
1993年 資源エネルギー庁電磁界影響調査検討会

家電製品の近くでの磁界の大きさ (μT)

台所	電子レンジ(950W)	33(直)、0.9(1m)
	冷蔵庫(140W)	1.6(直)
	トースター(1000W)	9.5(直)、0.2(50cm)
リビング	テレビ(110W)	2.4(直)
	ファンヒーター(120W)	1.5(直)
	蛍光灯(70W)	2.5(直)、0.2(1m)
	電気カーペット(370W)	30(直)
	電気こたつ(500W)	5.0(直)、0.3(20cm)
浴室他	洗濯機(360W)	3.5(直)、0.3(1m)
	アイロン(600W)	2.8(直)
	ヘアドライヤー(1000W)	39(直)、2.8(10cm)

括弧内の数値は測定位置(「直」は接触させた場合)をあらわしている。

出典：『電磁界環境と健康影響』
2000年(財)大阪科学技術センター 電磁界(EMF)に関する調査研究委員会

電磁界の健康影響の評価

電磁界の健康影響については、さまざまな種類の研究から得られた結果を総合的に判断して評価されなければなりません。これまでに世界各国で行われた多くの研究には、大別して疫学研究と実験研究があります。

電磁界の健康影響を調べる研究

人間の集団を対象とした疫学研究とは

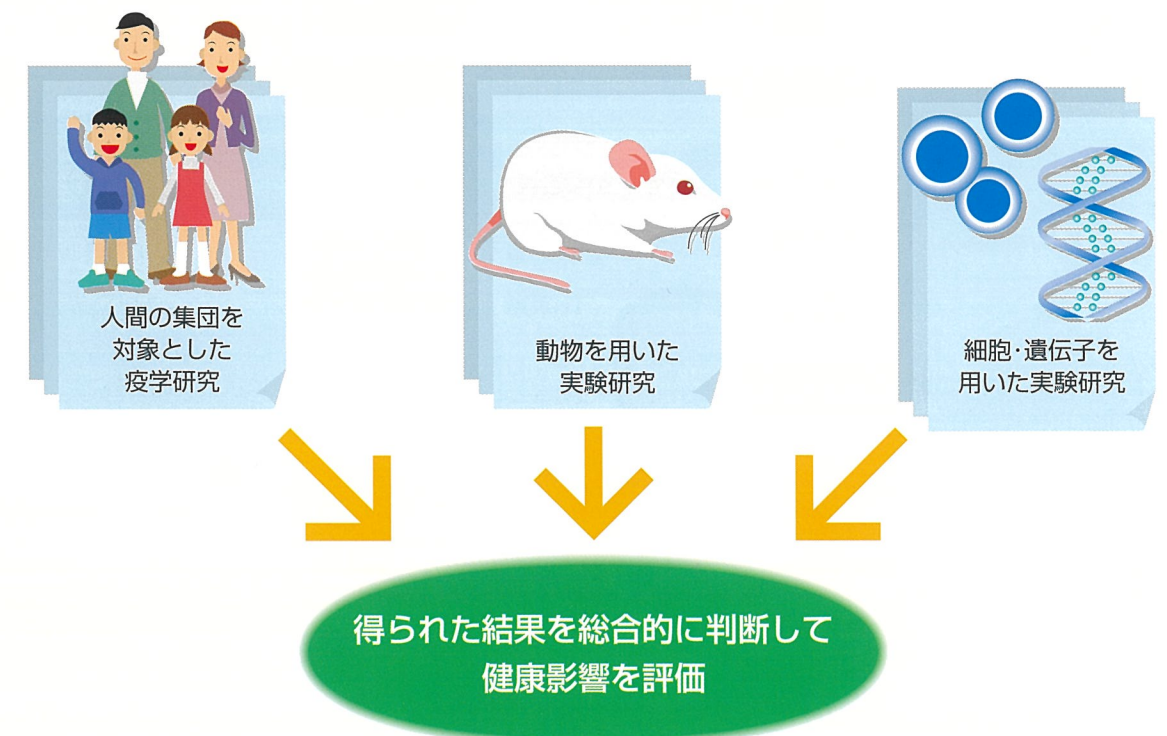
病気や健康に関する事柄の発生頻度や分布と、電磁界の推定値との統計的な関連を調べます。電磁界については、疫学研究で健康影響があるのではないかと疑われましたが、一般に、疫学研究だけで因果関係を明らかにすることは難しい場合が多く、実験で確かめる研究が進められてきました。

動物を用いた実験研究とは

多数のマウスなどの実験動物に電磁界をあびせて、影響があるかどうかを観察します。このような研究によって、電磁界が生体に及ぼす影響を、直接観察することができます。

細胞・遺伝子を用いた実験研究とは

ヒトや実験動物から取り出して培養した細胞に電磁界をあびせて、細胞の成育、増殖、遺伝子の配列や働きなどに影響が生じているかを調べます。この研究は、電磁界の生物学的な影響があるとすればどのようなメカニズムかを解明することを目的としています。



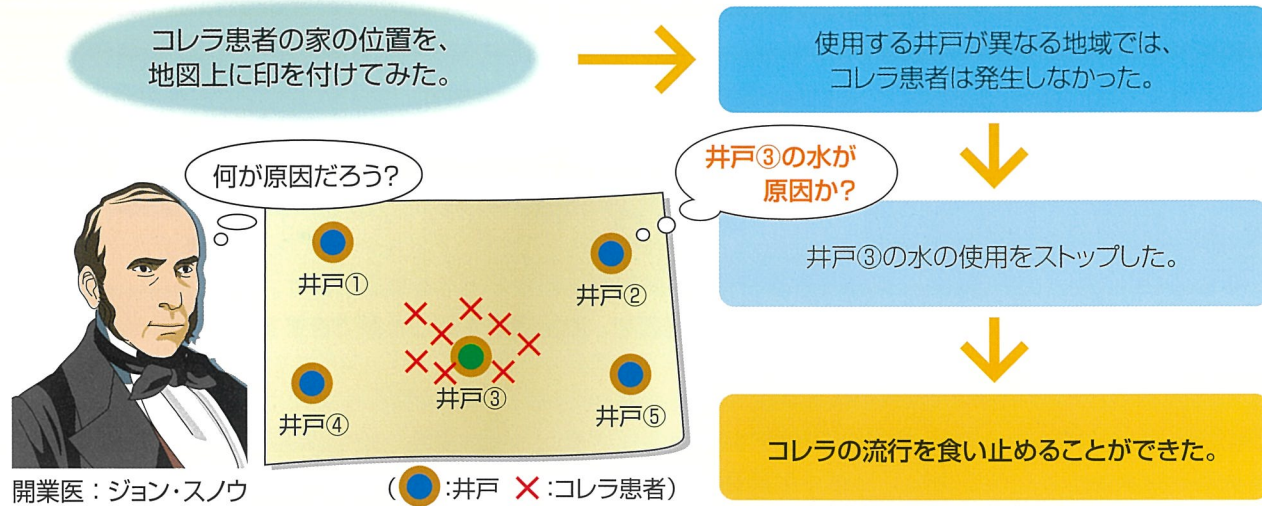
疫学研究と実験研究について、次ページ以降でくわしくご説明していきます。

疫学のはじまり

ここでは、疫学研究について理解いただくために、疫学のはじまりとして有名な、2つの事例を紹介いたします。

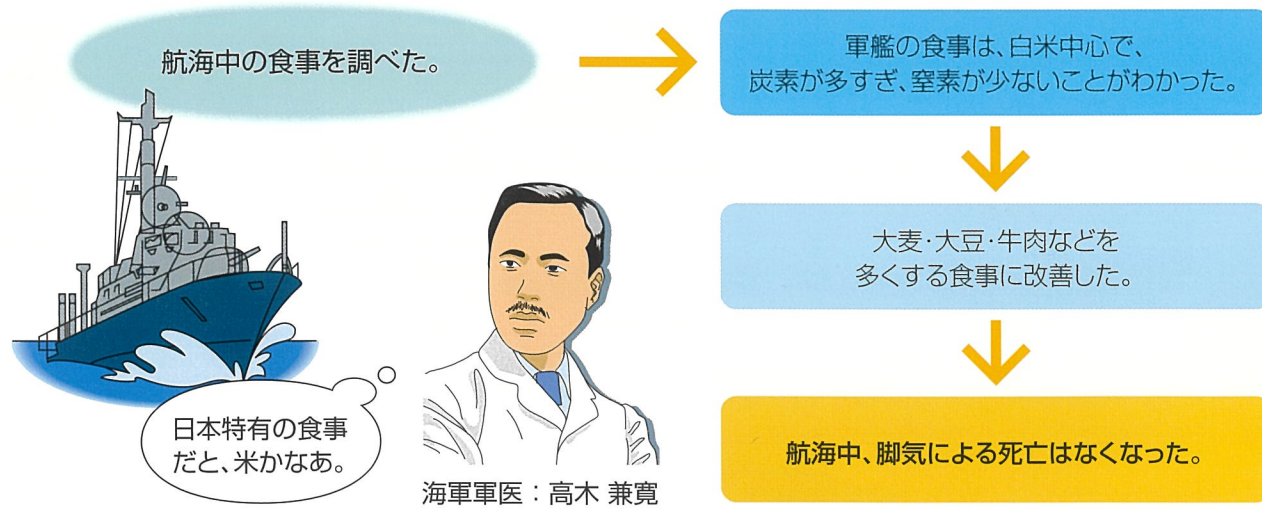
コレラ大流行に関する調査

1854年、ロンドンではコレラが大流行し、対策が緊急に必要となっていました。



脚気の原因の解明

1884年、航海中の軍人に多い病気「脚気(かっけ)」は、海軍の大きな問題でした。



このように、疫学研究は、人の集団を対象として、健康に関連するいろいろな事柄の頻度や分布を調べ、その原因と考えられるものと、関連があるかどうかを明らかにしようとする研究です。

ジョン・スノウや高木兼寛による初期の疫学研究が行われて以降、疫学研究の手法は発展し、1950年ごろには、肺がんと喫煙との関連を明らかにすることを目的に、「分析疫学研究」が発展しました。

電磁界の疫学研究

電磁界の健康影響について調べる疫学研究は、WertheimerとLeeperによる報告(1979)*から始まり、これまでに多くの研究がなされています。それらのうち、特に注目されているのは、磁界と小児白血病の関連を調べる研究です。これまでの研究結果からは、一部に有意差を示した論文(青色)があったので、国際がん研究機関(IARC)は「2B」(発がん性の可能性がある)と分類しました。

*この報告では、磁界は測定せずにwire codeという代用指標で磁界の大きさを区分しました。

小児白血病と居住環境の磁界の強さに関する代表的な疫学研究の論文

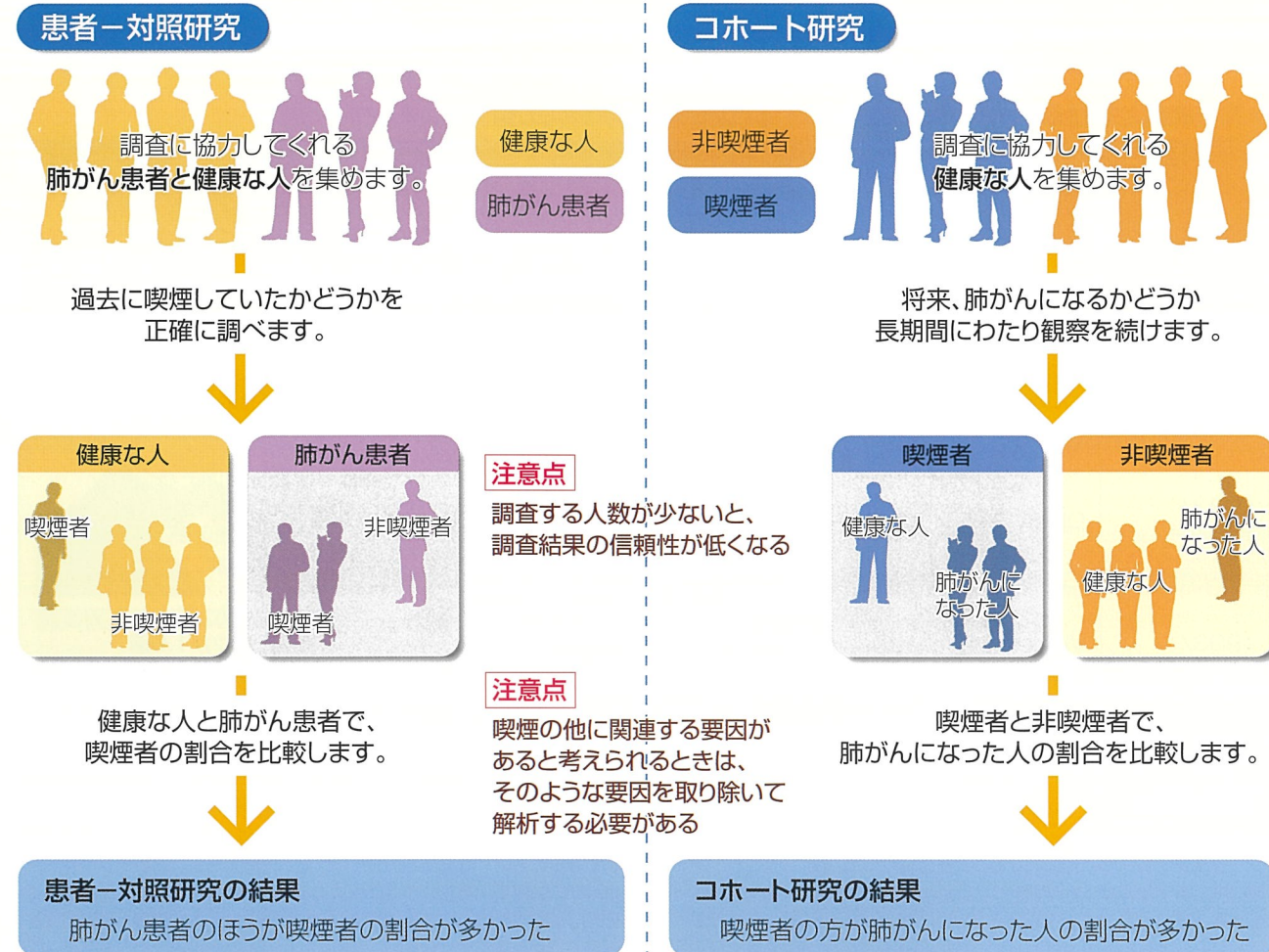
発表年/国名	著者	研究の種類	調査結果		相対リスク、オッズ比*1
1988/アメリカ	Savitz	患者一対照研究	磁界 μT 0.20未満 0.20以上	患者 31人 5人 対照 191人 16人	0.2 μT 以上で、 相対リスクが 1.9倍 95%信頼区間 0.67-5.56 (有意差なし)
1993/スウェーデン	Feychting M, Ahlbom A	患者一対照研究	磁界 μT 0.10以下 0.10~0.30 0.30以上	患者 27人 4人 7人 対照 475人 47人 32人	0.3 μT 以上で、 相対リスクが 3.8倍 95%信頼区間 1.4-9.3 (有意差あり)
1993/デンマーク	Olsen JHら	患者一対照研究	磁界 μT 0.10以下 0.10~0.25 0.25以上	患者 829人 1人 3人 対照 1658人 4人 4人	0.25 μT 以上で、 オッズ比が 1.5倍 95%信頼区間 0.3-6.7 (有意差なし)
1993/フィンランド	Verkasalo PKら	コホート研究	磁界 μT 0.20以下 0.20以上	発がん 32人 3人	0.2 μT 以上で、 相対リスクが 1.6倍 95%信頼区間 0.32-4.5 (有意差なし)
1997/ノルウェー*2	Tynes T, Haldorsen T	患者一対照研究	磁界 μT 0.05以下 0.05~0.14 0.14以上	患者 134人 10人 4人 対照 532人 26人 21人	0.14 μT 以上で、 オッズ比が 0.8倍 95%信頼区間 0.3-2.4 (有意差なし)
1997/アメリカ	Linet MSら	患者一対照研究	磁界 μT 0.065以下 0.065~0.10 0.10~0.20 0.20以上	患者 267人 123人 151人 83人 対照 285人 117人 143人 70人	0.2 μT 以上で、 オッズ比が 1.24倍 95%信頼区間 0.86-1.79 (有意差なし)
1999/イギリス	UKCCS (イギリス小児がん研究グループ)	患者一対照研究	磁界 μT 0.1以下 0.1~0.2 0.2以上	患者 995人 57人 21人 対照 977人 73人 23人	0.2 μT 以上で、 オッズ比が 0.90倍 95%信頼区間 0.49-1.63 (有意差なし)
2000/スウェーデン、イギリス、アメリカ 他	Ahlbomら	患者一対照研究 (プール解析)	磁界 μT 0.2以下 0.2~0.4 0.4以上	患者 1034人 4人 8人 対照 6771人 45人 37人	0.4 μT 以上で 相対リスクが 2.00倍 95%信頼区間 1.27-3.13 (有意差あり)
2006/日本	兜ら	患者一対照研究	磁界 μT 0.1以下 0.1~0.2 0.2~0.4 0.4以上	患者 276人 18人 12人 6人 対照 542人 36人 20人 5人	0.4 μT 以上で オッズ比が 2.56倍 95%信頼区間 0.76-8.58 (有意差なし)

*1「相対リスク(relative risk)」と「オッズ比(odds ratio)」の表現は、元論文での表現に基づいて記載しています。それぞれの用語の定義については、巻末の用語解説をご覧ください。

*2ノルウェーでは2004年に、女性乳がんに関して一部有意差ありとする論文が発表されました。

疫学研究の進め方

疫学研究の手法には、「患者－対照研究」と「コホート研究」の2種類のやり方があります。ここでは、喫煙と肺がんの関連を調べる疫学調査を例に説明します。



喫煙と肺がんの関連がある可能性がある。

病気の原因を探るには、コホート研究の方が患者－対照研究よりも優れているとされていますが、コホート研究は長期間の調査が必要になるので、これまで実際に行われた例は多くありません。また、疫学研究だけで原因と結果の関係を証明することは、特定の物質の汚染の場合などを除けば一般に困難であるとされ、実験研究で確認することが望まれます。

電磁界の疫学研究の問題点

電磁界と健康影響（発がんなど）との関連を調べる調査研究は、これまで主に患者－対照研究の手法で進められてきましたが、「調査に偏りがある」、「患者が少なすぎる」、「過去に電磁界をあびた量を正確に把握できていない」、「他の関連する要因を取り除けていない」などの問題が指摘されています。

また、住民が電磁界をあびた量を把握するのは容易ではなく、転居する人が多いなどの理由で、長期間にわたるコホート研究を進めることは困難です。

電磁界の実験研究

疫学研究では、「電磁界と発がんには関連があるかもしれない」という結果を示しているものがありますが、疫学研究の結果だけで因果関係があると判断することはできません。電磁界が発がんの原因であるかどうかは、動物や細胞を用いた実験研究によって確かめる必要があります。そのため、世界各国では多くの実験研究が進められてきました。

アメリカの大規模な電磁界研究計画（ラピッド計画）

アメリカでは、1992年～1998年に連邦政府の主導で大規模な実験研究が実施されました。研究では、新しい実験設備が作られ、約60の研究者チームが動物、細胞、分子レベルの実験研究を行いました。この結果、1999年に議会に提出された最終報告書において、実験研究では疫学研究で言われているような発がんを裏付けるような結果は得られなかったと結論付けられました。

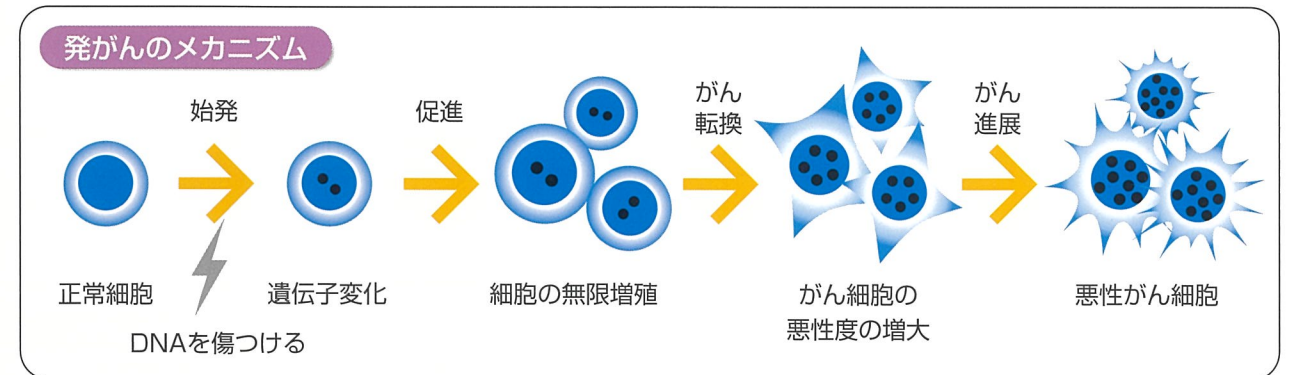
日本の実験研究

日本でも、1993年から多くの実験研究が行われ、国際的な専門雑誌にもその研究成果が公表され、それらはしばしば国際機関の報告書などにも引用されています。その中でも、三菱化学安全科学研究所などによる動物実験と、京都大学が行った細胞を用いた研究は、十数編の学術論文として公表され、世界的に高い評価を受けました。

動物実験では長期間にわたって多数のラットに電磁界をあびせて、すべてのラットを解剖して徹底的に影響を調べましたが、全く影響は検出できませんでした。ヒトおよび動物の培養細胞を用いた研究では、環境中の最大の2万倍以上の強い電磁界をあびせると遺伝子の活性が促進されました。しかしそのような効果は出力を下げると全くみられず、そのまま数週間あびせ続けても影響は見られませんでした。

実験研究によれば電磁界が発がんの原因とは考えられない

電磁界のエネルギーは非常に小さく、遺伝子の成分であるDNAを傷つけることは証明されていません。したがって、下図のようなメカニズムで起こるがんを生じるような働き（始発）はないと考えられています。さらに、がんを促進するような働きなどについても研究されていますが、これまでの研究ではそのような働きは認められていません。



- 電磁界にはDNAを傷つけるような強いエネルギーがない。
- 電磁界が発がんを促進させる働きは認められていない。

まとめ

電磁界の健康影響については、疫学研究ではがんや白血病を生じる疑いが示されました。しかし、電磁界に関する疫学研究についてはその方法や結果の解釈について多くの問題点や困難性が指摘されていて、疫学研究の結果だけで、電磁界が有害であると判断することはできません。

生物学的な実験研究の結果からは、電磁界の発がん性を示すような結果は得られていません。また、影響があるとしても、そのメカニズムは不明です。

これらのことを総合的に評価して、国際がん研究機関 (IARC) は、疫学では発がん性が示唆されたが、実験研究ではそれが証明されていない、として、電磁界の発がん性を「2B」(発がん性の可能性がある)と評価しました。国内外の多くの公的機関は、「居住環境における電磁界が健康に有害である証拠は認められない」という見解を示しています。

日本でも疫学研究では発がん性が示唆されましたが、多くの実験研究では、身のまわりに存在するような強さの電磁界では全く生物影響が生じないことが明確に示されました。国際がん研究機関 (IARC) の報告書にも、その成果である十数編の論文が引用されています。

(財)大阪科学技術センター・電磁界 (EMF) に関する調査研究委員会では、みなさまに電磁界について正しくご理解いただくために、国内外の情報収集やデータの分析を行い、情報提供することに努めております。当委員会は、このような活動の一環として、上述したような研究成果について説明し、電磁界の健康影響について正しい知識を持っていただくことをめざしてこのパンフレットを作成しました。

用語解説

電磁界

電界と磁界が存在する場所のこと。
このパンフレットでは、極低周波電磁界 (周波数が300Hz以下の電磁波) のことを呼ぶ。

電界

電圧がかかった物のまわりに発生する、電気的な状態のこと。単位は「ボルト毎メートル (V/m)」。
電界の強度は電圧に比例する。また、電界の強度は電圧がかかった物から遠ざかるほど小さくなる。

磁界

電流が流れている物のまわりに発生する、電気的な状態のこと。このパンフレットでは、「磁束密度」と「磁界」は同じ意味として扱う。磁束密度の単位は「テスラ (T)」。
磁界の大きさは電流に比例する。また、磁界の大きさは電流が流れている物から遠ざかるほど小さくなる。

疫学

人間の集団の中での病気や健康に関する事柄などを調査して、統計的に原因を突き止めようとする学問。

分析疫学研究

疾病発生要因についての仮説を設定した後、その仮説を証明するために行う疫学研究。

プール解析

過去に行われた複数の研究の対象者1人1人の生データを集めることができれば、それらをすべて合わせて大人数についての関連の有無を検討することが可能になる。この方法をプール解析という。

相対リスク

因子に曝露した場合、それに曝露しなかった場合に比べて何倍疾病にかかりやすくなるかを示す指標。

オッズ比

患者群の中の曝露者と非曝露者の比を、対照群の中の曝露者と非曝露者の比で割った値。

有意差

調査したグループ間に差があるという結果になった場合、そのような差が本当のものか、単に偶然によるのかを判断する手がかりとなるもの。本当は差が「ない」のに「ある」としてしまう誤りが、目安とする確率 (一般には5%) 以下であれば、「有意差あり」と判断する。

95%信頼区間

分析の対象となる人の数による誤差の範囲を評価する指標。別の機会または同様の調査を100回実施したら、その95回まではこの範囲の結果が得られる、という区間。分析の対象となる人の数が増えると、一般にこの区間は狭くなる。オッズ比や相対リスクの95%信頼区間の中に1が含まれていなければ、有意差ありと判断する。