

生活環境モニタリングとしての地域がん登録の役割

電磁場

兜 真徳*

1. はじめに

超低周波（0-300Hz、とくに 50/60Hz の電力周波数（power frequency）の交流磁界による健康リスクについては、米国の Wertheimer & Leeper（1979）が、高圧送電線周辺で小児白血病が多いとの疫学調査結果を報告して以来、国際的にも関心が高まり、約 20 年に亘り多くの関連研究が行われてきた。しかし、依然として、リスク分析の最初の段階、つまり「傷害性の見極め：“hazard identification”」レベルでの議論が続いている状況にある。これまで、一連の動物実験結果では、生活環境中の比較的弱い超低周波の電磁界には、白血病をはじめ発がん性を直接示唆する知見は現在までのところ得られていないとの見方が強い。一方、その後の疫学調査結果から、とくに小児白血病及び職業性の成人白血病については、リスクは小さいものの電磁界曝露の影響を否定し得ない傾向を示しており、1992 年から 5 年計画で行われた米国のラピッド計画の整理を行った、米国環境保健研究所（NIEHS）のワーキンググループは、疫学的知見を重視し、電力周波数の電磁界には“発がん性があるかも知れない（possible human carcinogen）”と結論している（詳細は同研究所の HP：<http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/home.htm> を参照されたい）。なお、WHO の“国際 EMF プロジェクト（1996～2005）”では、こうした米国の動向も考慮しつつ、国際がん研究機関（IARC）とともに、生活環境中レベルの超

低周波電磁界の発がん性について、2001 年を目途に一定の結論を出す予定としている（詳細は、<http://www.who.int/peh-emf/> を参照されたい）。

こうしたリスク評価のプロセスは、これまでの動物実験による毒性学的なアプローチを基本としてきた化学物質の健康リスクアセスメントの場合とは明らかに異なっており、疫学的に人での発がんに影響している可能性が示唆されるとすれば、動物の知見を人に外挿することを前提としているリスクアセスメントの“不確実性”を議論することも必要となることを示している。電磁波の作用メカニズムは、化学物質とは本質的に異なっており、商用周波数帯の磁界では体内に発生する誘導電流は、磁界強度が強くなると神経刺激や細胞のイオンレベルへの影響の原因となるため、暴露レベルを大きくして明確な影響を把握し、その量 反応関係から低レベルのリスクを推定するプロセスが取りにくいことなども考慮する必要がある。この種の疑問は、さらに、地球温暖化などの一連の新たな環境リスクの諸問題にまで発展するであろう。つまり、環境リスクの課題は全体として、これまでの公害型健康被害を再び起こさないように「危険かも知れない」事象にも、「事前対処の原則（precautionary principles）」に立ったリスクマネジメントが求められるようになってきているからである。事実、電磁波のリスクに関して、スウェーデンでは prudent

*環境省国立環境研究所地域環境研究グループ 上席研究官

〒305-0053 茨城県つくば市小野川 16-2 Tel: 0298-50-2333 Fax: 0298-50-2571

avoidance (慎重なる回避)の原則が、また、スイスでは、最近、住民の不安に基づくガイドライン設定に踏み切るなどの動向が見られる。ただし、一方で、事前対処の原則の適用に当たっては科学的根拠を重視すべきであるとの指摘も改めて強調される状況もある。

いずれにしても、示唆されるリスクに対して事前対処の原則の視点から、リスク評価を急ぐとともに、継続的なモニタリングが求められている状況には変わりがない。こうした環境リスク研究にとって、がん登録制度が整備されていて、常時モニタリングが可能となっていれば、あえて大規模な疫学調査を最初から立ち上げる苦勞は相当少なくなるであろう。

2. 疫学研究の動向 とくに小児白血病

超低周波の変動磁界による誘導電流は、ミリ・テスラ (mT) 以上のレベルとなると、神経を刺激し、磁気閃光など生理影響を引き起こすことは、以前から知られている。現行の国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) の安全性ガイドライン (1999) では、これら誘導電流による生理影響を基本として、当該周波数では磁界強度が公衆については 100 マイクロテスラ (μT) 周辺までは安全と考えている。我が国の産業衛生学会が最近まとめたガイドラインは職業曝露のみが対象であるが、基本的考え方は同じである。ただし、こうした生理影響を起こさないと考えられる低レベルの磁界について示唆されてきた、小児白血病をはじめとする発がんリスクについては、研究の進捗を待って考慮することとされている。

高圧送電線由来の電磁界の健康リスクに関する疫学研究は、小児白血病に関するものが、脳腫瘍や乳癌などの疫学調査より数が多く、また、小児白血病の大半を占める急性リンパ性白血病については、ある程度一貫した結果が示されてきた。つまり、これまでに 10 を越える調査結果の中には、否定的な結果もあるが、スウェーデンや米国で行われたメタアナリシスで

は、24 時間平均曝露レベルが $0.2\mu\text{T}$ 以上 (Ahlbom, 1997)、或いは $0.3\mu\text{T}$ 以上 (Wertheimer, 1997) で、相対リスク (推定オッズ) が僅かに、しかし、統計的に有意に上昇する傾向を示している (前者では 1.8 (95%信頼区間: 1.4-2.4))。ところで、最近、カナダ・トロントで行われた調査結果が 2 つ報告された。1 つは、88 の症例群と 133 の対照群を対象に、2 日間 1 分毎に測定した個人曝露レベルの平均値との関連を見ているもので、結果は同平均曝露レベルが $0.14\mu\text{T}$ 以上では、 $0.03\mu\text{T}$ 未満に比べ全白血病のリスクが、推定オッズで 4.5 (95%信頼区間: 1.3-15.9) で統計的に有意であった。ここで、対象を 6 才以下で急性リンパ性白血病に限ると、同オッズは 5.7 (1.4-22.5) に上昇した。もう 1 つの報告は、症例 201、対照 406 について、家屋の 4 隅 (屋外) の 3 箇所以上の平均磁界レベルが $0.15\mu\text{T}$ 以上で、 $0.03\mu\text{T}$ 未満に比較して推定オッズが 3.45 (1.14-10.45) であった。同報告では、6 才未満、急性リンパ性白血病、生後 2 年以内に居住していた家屋外側の実測値などに限定するとさらに推定オッズが上昇する傾向を示している。一方、英国で最近終了した全国レベルの大規模の調査結果は、否定的であったが、対象者の曝露レベルが相対的に低く、 $0.4\mu\text{T}$ 以上の対象者は、症例と対照を合わせても 16 と少なかった。これは、英国で利用している家庭電源は 220V と高いために、発生する磁界レベルが低いためにとされているが、いずれにしても、これまで示唆されていた $0.3\mu\text{T}$ までの磁界レベルまでは安全なことが示唆されたとしている。とは言え、高い曝露レベルのデータがほとんどないために、これまで行われたメタアナリシスに、同結果を加えても、従来傾向にはほとんど変化はないとされている。なお、ドイツでは、南サクソニーとベルリンを対象とした予備調査において、とくに 4 才以下では推定オッズが $0.2\mu\text{T}$ 以上で約 7 と異常に高かったため、全国規模に拡大した調査を継続中であるほか、イタリアと我が国では

これらの国際的な状況を考慮しつつ、昨年度から全国規模の疫学調査を進めているところである。

我が国の疫学調査（平成 11～13 年度：筆者が研究代表）は、先進諸国に若干遅れてスタートすることになったが、上記の WHO プロジェクトをはじめ国際貢献を前提としており、そのため 症例数を、米国 NCI で終了している調査や英国で進行中の調査と同じ程度まで大きくすること、小児の脳腫瘍についても詳細な検討を行うこと、曝露評価において、これまでの疫学調査では対象者が少なかった比較的高レベル曝露群をできるだけ含めた解析を行うこと、電磁界曝露のバラツキの大きさを考慮して、対照群をこれまでよりも多くして統計的パワーを上昇させること、生活環境中にみられる電力周波数のみならず、電気機器等から発生している高調波、トランジェントあるいはパルス波の影響の可能性についても検討すること（これらは動物実験では考慮されてこなかった超低周波～中間周波数の磁界であり、動物実験結果との乖離現象の説明要因である可能性も示唆されている） 我が国での小児人口の電磁界曝露分布が整理できるものであること、我が国での小児白血病と脳腫瘍の地域別発症率が把握できるものであること、などを考慮している。なお、この研究計画では、携帯電話などで用いられているマイクロ波などの高周波磁界のリスクについては、疑われる成人の頭頸部がんなどについては、直接検討することはできないが、それらの母体を介した子供へのリスクの可能性については、同時に調査中である。

ところで、これまでの調査の進捗を見ると、我が国では、この種の全国を対象とした症例対照研究の試みは前例がほとんどなく、我が国に適したいくつかの新たな方式を採用することが必要であった。例えば、年間を通して新規発症例が少ないために、対象地域を全国に拡大する必要があった。また、一定のがん登録制度が

確立していないため、個々の関連病院からの症例報告を収集するシステムをはじめから作る必要もあった。個別にバラバラに発生してくる症例に対する対照者の選択と調査の進め方の方法の検討、カバーできる地域及びカバーすべき地域（キャッチメントエリアと呼ぶ）を設定することが必要であり、電力や電気機器の利用に地域差や季節差などが予想されるので、それらを考慮した電磁界ほか考慮すべき交絡要因（大気汚染やラドンなど）の測定法あるいは解析法、問診調査の進め方などについても、我が国の状況を踏まえて詳細に検討する必要があった。症例情報がすでにあれば、こうした努力は、半分以下に軽減されるであろう。また、症例の地理的分布と送電線の位置などを重ね合わせることによって簡単なモニタリングシステムは容易に構築できることが期待できるのである。

3. 疫学的リスク評価のための課題

曝露の評価は、疫学調査にとって一般的に最も重要かつ困難な課題である。とくに、電磁界とがんの疫学調査は症例対照研究が大半を占めており、理想的には発症前の曝露評価が必要であるが、絶対評価は不可能である。初期の疫学調査では、上記ワートハイマーとリーパーの調査では電線規格による指標（W/L Wire Code と呼ばれる）が用いられたため、その後も同じ指標や高圧送電線から住居までの距離との関連が検討された。しかし、W/L Wire Code と実際の磁界曝露レベルとの相関関係は、必ずしも良好と言えないとの指摘もある。その後、米国 NCI の調査（1996）やドイツで進行中のものでは 1 日の平均曝露レベル推定値についても検討されるようになった（ただし、ドイツの場合には、高圧送電線が地中に埋設されているものが多いので Wire Code が決められない事情があると言う）。米国 NCI の調査結果では、W/L Wire Code と白血病リスクと間には関連は認められなかった。一方、平均曝露レベル推定値との間

では、逆 U 字型の量 反応関係が認められたが、対象に高曝露者が少なかったこともあり、さらなる検討が望まれている。この平均曝露レベル推定値は、屋内各部屋のスポット測定を行い、各部屋で過ごす平均時間を考慮した荷重平均 (time-weighted-average, TWA) 値である。上述のように、カナダ・トロントの調査報告 (1999) では、Wire Code のほか、新たな曝露指標として、家屋外側の 4 隅の磁界レベルや個人曝露レベルの実測値についても検討し、W/L Wire Code や Kaune & Savitz の Wire Code との関連は見られなかったが、後 2 者と白血病リスクとの有意な関連を観察している。また、家屋外側のレベルとの関連性は、6 才未満、急性リンパ性白血病、生後 2 年以内に住んでいた家屋などに限定すると、さらに強くなる傾向を示すことは、母体内や生後間もないころの磁界曝露のリスクが大きいことを反映しているのかも知れない。いずれにしても、これらカナダの調査結果は、これまでの疫学調査結果の解釈について、新たな課題を投げかけている。

4. おわりに 地域がん登録への期待

電力周波数の、とくに磁界と小児の白血病、とくに急性リンパ性白血病との関連についての疫学所見は、全体的に小さなリスクを示唆しているが、なお、曝露評価の問題を含め検討すべき課題が多い。我が国で現在進行中の疫学調査では、WHO 等と国際協力を図りつつ、これらの課題についても検討中である。とくに我が国では、送電線以外に、電車沿線や変電所の近傍に多くの家屋が密集している地域も多いなど、諸外国にはない特殊な状況も観察される。ただし、こうした地理的分布が明確なものについては、がん登録など疾病の発生状況が把握できるシステムがあるかないかによって、リスクの疫学的評価やモニタリングの実現可能性は大きく左右されることは言うまでもない。筆者は、大気汚染と肺がんやダイオキシン汚染と内分泌関連疾患のリスク評価研究にも関わって

きたが、同様に、緊急にリスクモニタリングが求められる状況も多い。国保レセプトの統計や一部のがん登録を用いた研究もあるが、集団や地域に偏りあることが前提条件となるためその結果の解釈には注意が必要となるのが一般的であろう。今後、こうした疫学的手法を用いた健康リスク評価とモニタリングはますます重要となると予想されることから、漏れのない登録制度が構築され、維持されることを期待したい。一部の地域であっても、確実にカバーされていることが保証されるものであれば、とりあえずは機能するはずである。

参考文献

- 1) Matthes, R., Bernhardt, J.H. and Repacholi, M.H. (edt.): Biological Effects of Static and ELF Electric and Magnetic Fields. Proceedings of International Seminar on Biological Effects of Static and ELF Electric and Magnetic Fields and Related Health Risks, Bologna, Italy, June 4 and 5, 1997. ICNIRP 4/97.
- 2) Green, L.M. et al.: Childhood leukemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada. *Cancer Causes and Control* 10:233-243, 1999.
- 3) Green, L.M. et al.: A Case-control study of childhood leukemia in Southern Ontario, Canada, and exposure to magnetic fields in residents. *Int J Cancer* 82, 161-170, 1999.

Summary

Electromagnetic Fields

Michinori Kabuto

National Institute for Environmental Studies

State of researches useful for risk assessment for the possible cancer risk of Extremely Low Frequency (ELF)- electromagnetic fields (EMF) originated especially from high voltage power

lines is overviewed. In general, epidemiological evidences have been suggesting a weak but significant risk for childhood leukemia, but it is regarded that most of the animal experiments have not been supporting this risk. However, with emphasizing the importance of those epidemiological findings, the working group of RAPID program concluded that ELF-EMF may be the “possible human carcinogen” in 1998, although it has not yet obtained an international consensus. The WHO International EMF Project (1996-2005) has been making further efforts to evaluate the scientific evidence and summarize the needs of further researches, including large size

epidemiological studies including more subjects with higher level exposures than those in the previous studies to get more convincing data regarding the possible dose-response relationship. In relation to these movements, a nation-wide epidemiological study on childhood leukemia and brain tumor has been implemented by Japan NIES with collaborations of many institutes including NCC, National Children’s Hospital and several universities as well as related hospitals. This epidemiological study is introduced thoroughly. More information is available on the homepage of NIES (see What’s New of <http://www.nies.go.jp>, which will be opened early November, 2000).