

短 報

顕微鏡を使用する研究検査業務における 超低周波電磁界作業環境測定の一事例 —電磁波漏洩源の同定とリスク低減に関する検討—

長岡中央総合病院、病理部；第一種作業環境測定士、衛生工学衛生管理者、
COH 労働衛生コンサルタント、産業医、病理医

いからしとしひこ
五十嵐俊彦

キーワード：電磁波、電磁場、超低周波電磁界、トリ
フィールドメーター、作業環境測定、研究検査
業務、顕微鏡、リスクアセスメント、リスク低
減

背 景

電磁波は3群に分類される：1. 無線周波電磁界(300 Hz以上、作業機械・密着使用の携帯電話等のマイクロ波)、2. 超低周波電磁界(3000Hz未満)、3. 静的電磁界(1Hz未満)。

電磁波は、機器の誤作動と健康障害をもたらす。健康障害としては、高周波による発熱作用と、低周波による神経・筋への刺激作用(電磁波過敏症)や発癌等がある。レーダーやアンテナ施設等の防護柵内に侵入しない限り、一般的には、電化製品の超低周波電磁界による健康障害が最も問題視されている。疫学調査上、1979年ナンシー・ワルトハイマー(コロラド大、アメリカ)は、デンバー変電所近隣の小児癌発生率が高いことを報告し、更に、1992年マリア・ファイヒティング(カリフォルニア研究所、スウェーデン)より小児白血病の発生率の増加が報告された。そして、WHOは2001年に発癌可能性2Bへ分類し、2007年(平成19年)6月に4mG以上の電磁波による小児白血病発生率の2倍の発癌性と予防原則が指示された。

公式な制限値は以下の2群がある：高周波域の発熱作用のみへの対策として低周波域が高値に設定されている職場・公衆用の1998年WHO基準と、低周波域の健康障害を念頭に置いて低値に設定されている独自の公衆用国別基準が公表されている(結果・参照)。

今回、電磁波障害の少ないと判断された顕微鏡を使用した研究検査業務において、作業場における電磁波の作業環境測定を行ったので、その結果について考察し報告する。

事 例 報 告

作業場は広さ5.5×3.5m、高さ2.6mで、電磁界発生電化機器として、精密作業用天井蛍光灯(白色32W、8本)、デスクトップ型パソコン3台、コピー機1台、顕微鏡1台(オリンパスBH-2)が設置されている。

業務は顕微鏡を使った研究検査業務で、作業態様は作業者が顕微鏡本体の10cm程度に近接して作業し、50分鏡検、10分休憩の8時間労働である。

電磁波測定は東日本仕様50Hz電磁波測定器トリフィールドメーター(Trifield Meter、テックインターナショナル(米国)製、日本正規輸入代理店河田企画 <http://www.denjiha-busters.com/trifieldmeter/index.html>)、販売店佐藤商事 <http://www.ureruzo.com>)とした。測定対象周波数は家庭用電化製品を対象とする1kHz以下の超長波・超低周波域と携帯電話・電子レンジを対象とする1G~1MHzの極超短波・超短波・短波である。測定項目と測定範囲は、それぞれ、電磁場0.2~100mG、電場0~1000V/m、ラジオ/マイクロ波(電波)0.01~1mW/cm²である。

今回、安全性の目安(安全上限値)としては、高値に設定されている職場・公衆用の1998年WHO国際非電離放射線防護委員会ガイドラインと、低値に設定されている独自の公衆用国別基準として、実測値と比較した(結果・参照)。

測定点は腰掛作業の作業者胸部前面のB測定点として、測定結果を一覧表とした(結果表)。作業環境における電磁波強度は職業人安全上限値未満であった。国別公衆用安全上限値と比較した場合、安全閾値を逸脱していた。作業者に密着している旧型顕微鏡が作業場における最大の電磁波発生源であった。この旧型顕微鏡を最新型顕微鏡(オリンパスBX50)に交換した場合、電磁波強度が安全域以下に低減できた。

考 察

低周波電磁界による職業性電磁波曝露の実態調査(櫻澤博文、産業衛生学会、2001年総会)によれば、電気炉作業者128mG、溶接工177mG、変電・送電工1.3mGと報告されている。本研究検査場においては、電磁波に関する職業人許容基準の勧告値(発生源周波数25~814Hz)と比較して、作業環境測定上は問題の無い結果であった。快適職場づくりを考えた場合、より厳密な一般人向けの環境基準に沿うことが望ましいと判断される。この場合、電磁波強度が安全上限値を逸脱していることが確認され、高リスクと判断された⁽¹⁰⁾。その点において、作業者に近接する作業用電化機器がある場合には、必ず電磁波の強さを測定する

ことが必要であることがわかった。電磁波に関するリスクアセスメント並びに改善措置として、電磁波発生を抑えた機器に代替することにより低リスクとすることが可能となり、その場合ハードウェア面での予算措置が必要であることがわかった。予算付けが困難な場合、代替としてのシールド材の使用や、電源を小まめに切ることが提案された。

また、業務用に使っている携帯電話、PHS、及び、研究検査室内什器の電磁波を測定し、文献引用値に追記完成した(参照4)。携帯電話も PHS も通話中は安全域を逸脱していたが、周囲 1m において PHS は安全域であった。PHS は周囲の人や機器に影響を与えないことも理解できた。また、電子レンジの電磁波は強力で、健康障害が懸念された。

本年度 WHO より電磁波の発癌機序における促進因子として発表されたことはとても意義深い。アスベストへの対応のごとく、対応が後手にならないことを期待したい。その為にも、職場において複数の電化機器に囲まれ作業環境からの電磁波の測定として、個人サンプリング (B 測定) が有意義と考えられる。

文 献

1. ウィキペディア. 電磁波, 2007. <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%BB%E7%A3%81%E6%B3%A2>, http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation_hazard
2. 国立保健医療科学院. 電磁界と健康. <http://www.niph.go.jp/soshiki/seikatsu/seiri/html/WHO/top.htm>
3. WHO. 電磁界のリスクに関する対話の確立, 2002. <http://www.niph.go.jp/soshiki/seikatsu/seiri/html/WHO/index-jp.htm>
4. WHO. 新環境保健クライテリア EHC238, 2007. http://www.who.int/peh-emf/publications/elf_ehc/en/index.html
5. 読売新聞 Yomiuri Online. 健康被害予防、電磁波対策で WHO が初の国際基準案, 2007. http://www.yomiuri.co.jp/iryu/news/iryu_news/20060112ik07.htm
6. 産業衛生学会. 許容濃度等の勧告, 2006. http://joh.med.uoeh-u.ac.jp/pdf/J48/J48_4_02.pdf
7. 國尾絃子. 家電製品、送電線からの電磁波測定と防護基準との比較, 2000. <http://www.kochi-tech.ac.jp>

/library/ron/2000/env/1010030.pdf#search='ICNIRO'

8. 広島大総合科学研究科環境自然科学講座地球資源論研究室. 電磁波問題とは http://home.hiroshima-u.ac.jp/er/EV_DM.html
9. 9ANUYO. 「電磁波」のこゝろと一緒に考えましょう! <http://www13.ocn.ne.jp/~tanuyo/framepage.html> (新聞報道一覧表).
10. 厚生労働省・都道府県労働局・労働基準監督署. 化学物質・粉じん、騒音、暑熱に関するリスクアセスメントのすすめ方 ~ 鋳物製造業を例として~, 2007. <http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzenisei14/index.html>

英 文 抄 録

Brief Report

A case report of an electromagnetic measurement of a testing institution workplace -an identification of a source of environmental pollution and a reduction of its risk-

Department of Pathology, Nagaoka Central General Hospital; First-class working environment measurement expert, Industrial hygiene engineering health supervisor, Certified occupational health consultant, Industrial physician, Pathologist

Toshihiko Ikarashi

Summary

Electromagnetic measurement was done in an inspection work with light microscopes. The existing microscope showed stronger electromagnetic waves beyond safety thresholds, but its magnitude could be adequately reduced with the latest model of a microscope instead of the existing one. In work to use electric machinery, it is important to measure electromagnetic waves as one of working environment measurements.

Key Words : electromagnetic wave, electromagnetic field, extremely low-frequency (ELF), Trifieldmeter, working environment measurement, testing institution, light microscope, risk assessment, risk reduction

結果. 作業場における作業者の電磁波測定値 (B 測定)

種 類	全部の電化製品を使用時	顕微鏡を除く、全部の電化製品を使用時	顕微鏡のみ使用時	
			旧型顕微鏡使用時	最新型顕微鏡を代替使用時
磁場 mG	15	0	15	1
電場 V/m	70	10	65	130
マイクロ波 mW/cm ²	0	0	0	0

参照. 電磁波の安全上限値

	条 件	上限値	単 位	提 唱		
磁 場	送電線		2	mG	スウェーデン、カロリンスカ	
			2		イタリア	
	電化製品		2		アメリカ、全米放射線防護委員会 NCRP、1995	
			10		スイス (2000)	
			50000		WHO 環境保健基準69(1987)	
		静磁場 ≤ 2.5Hz、頭 部 躯幹	2000		許容濃度 (日本産業衛生学会、2007)	
		静磁場 ≤ 2.5Hz、四肢	5000		許容濃度 (日本産業衛生学会、2007)	
		低周波 ≤500Hz	500		許容濃度 (日本産業衛生学会、2007)	
		低周波 ≤60kHz	1		許容濃度 (日本産業衛生学会、2007)	
		電波 ≤30MHz	60		許容濃度 (日本産業衛生学会、2007)	
	電波 ≤400MHz	2		許容濃度 (日本産業衛生学会、2007)		
	パソコン	VDT より30cm	2		スウェーデン、俸給従業員中労働組合連盟 TCO (1991)	
		ELF(極低周波)、全面より 50cm	2.5		スウェーデン、VDT 電磁波規制ガイドライン	
		VLF(超低周波)、全面より 50cm	0.25		スウェーデン、VDT 電磁波規制ガイドライン	
職業人		5000		WHO 国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP、1998)		
一般公衆		1000(50Hz)、 830(60Hz)		WHO 国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP、1998)		
電 場	パソコン	VDT より30cm	1	V/m		
		ELF(極低周波)、全面より 50cm	25		スウェーデン、VDT 電磁波規制ガイドライン	
		VLF(超低周波)、全面より 50cm	2.5		スウェーデン、VDT 電磁波規制ガイドライン	
	電化製品	低周波 ≤25Hz	20000		許容濃度 (日本産業衛生学会、2007)	
		低周波 ≤814Hz	500000		許容濃度 (日本産業衛生学会、2007)	
		低周波 ≤100kHz	614		許容濃度 (日本産業衛生学会、2007)	
		電波 ≤3MHz	614		許容濃度 (日本産業衛生学会、2007)	
		電波 ≤30MHz	184		許容濃度 (日本産業衛生学会、2007)	
		電波 ≤400MHz	61		許容濃度 (日本産業衛生学会、2007)	
	職業人		10000		WHO 国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP、1998)	
	一般公衆		5000		WHO 国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP、1998)	
	ラジオ/ マイクロ波	携帯電話、無線		0.2	mW/cm ²	アメリカ
		電子レンジ	扉から5cm	1		
扉から1.8m			0.2			
他			0.0001		ザルツブルグ市	

参照 1. 電磁波の種類と利用例

電磁波の分類					利 用	周波数 Hz (3x10exp)	
		メートル表示、慣用名	電波法	EMF			
電離放射線 IR	γ線				医療	18	
	X線				材料検査、X線写真	16	
非電離放射線 NIR	太陽光線	紫外線	UVB		殺菌灯	15	
		可視光線			光学機器	13	
		赤外線			赤外線ヒーター	12	
	電波	マイクロ波	デシメートル波、テラヘルツ波、サブミリ波 THz			電波天文 (宇宙電波受信)、非破壊検査	12~11
			ミリメートル波、ミリ波、extremely high f. (EHF)	EHF	無線周波数電磁界、RF	レーダー、衛星放送、衛星通信、アマチュア無線、	11~10
			センチメートル波、super high f. (SHF)	SHF		衛星通信・衛星 (BS・CS) テレビ放送・放送用中継回線 (STL・固定通信・非常用・FPU)・無線アクセス・無線 LAN・ISMバンド (ETC)・電波高度計・ESR・アマチュア無線	10~9
			極超短波、デシメートル波、ultra high f. (UHF)	UHF		テレビ波、放送電波、携帯電話 列車無線・アナログコードレス電話親機・特定小電力無線・空港無線電話・UHF テレビ放送 (13ch~62ch)・地上デジタルテレビジョン放送・RFID・パーソナル無線・800MHz帯・第三者無線・携帯電話・PHS・業務用移動通信・GPS・無線航法 (GS/DME/TACAN/ATC/TCAS)・ELT・EPIRB・軍用航空無線・アマチュア無線・ISMバンド (電子レンジ・無線 LAN・デジタルコードレス電話・VICS など)・医用ジアテルミー	9~8
		高周波	超短波、メートル波、very high f. (VHF)	VHF		ISMバンド (ワイヤレスマイク・ラジコン)・産業用ラジコン・MRI・業務用移動通信・無線航法 (MKR/LOC/VOR)・民間航空無線・ELT・EPIRB・国際 VHF 船舶無線・同報無線・FM ラジオ放送・VHF テレビ放送 (1ch~12ch)・アマチュア無線・無線呼び出し・アナログコードレス電話子機・防災無線	8~7
			短波、デカメートル波、high f. (HF)	HF		ラジオ波、無線電波 非常通信連絡設定 (4630kHz)・船舶無線 (洋上) 航空無線・短波ラジオ放送・RFID・アマチュア無線・OTH レーダー・市民ラジオ・ISMバンド (トランシーバー玩具・ラジコン)・高周波熱溶接装置、医用ジアテルミー	7~6
		中波	中波、ヘクトメートル波、medium f. (MF)	MF		中波ラジオ放送・船舶気象通報・無線航法 (NDB/ADF)・アマチュア無線 (トップバンド)、工業用誘導加熱装置	6~5
		長波	長波、キロメートル波、low f. (LF)	LF		LORAN-C・標準電波 (電波時計)・船舶無線電信・RFID・AM ラジオ (長波ラジオ) 放送	5~4
			超長波、ミリアメートル波、very low f. (VLF)	VLF		モニター (テレビ、パソコン)、オメガ (電波航法)・標準電波・対潜水艦通信	4~3
			極超長波、ultra low f. (ULF)				3~2
		電力周波	極々超長波、super low f. (SLF)		超低周波電磁界、ELF		電場 (待機電流)・磁場 (交流電流) (送電線・高圧線・変電所、電柱トランス・電線、エレベーター・ビルの配電盤、工作機械、電化製品、ACアダプター、白物家電、AV家電、テレビゲーム機、パソコン、照明、ジェット機客室、走行中の自動車内)
超低周波、extremely low f. (ELF)					1~0 (日常では50~60Hzが問題となる)		
参照				静的電磁界	直流、磁石	<1Hz	
参照	脳波					α波10Hz	

参照 EMF 国際電磁界プロジェクト、Electro-magnetic Fields Project, WHO, 1996. <http://www.who.int/peh-emf/en/>

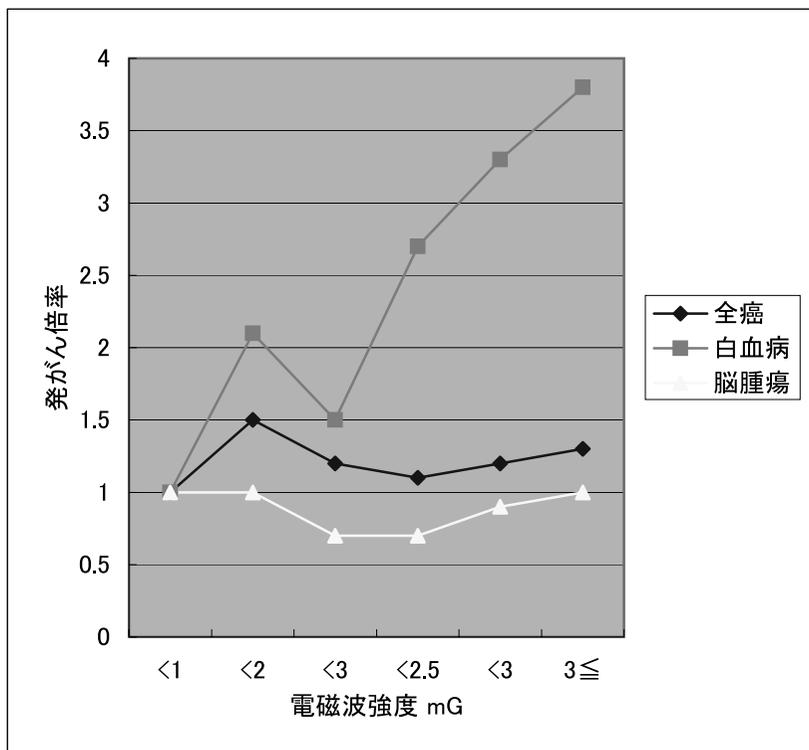
参照2. 発癌リスク

2-1. IARC 発癌ランク表 (2001年)

ランク	発癌可能性	対象物質
1	有り	ダイオキシン、アスベスト、ベンゼン、C型肝炎ウイルス、塩化ビニール、ラドンなど87種類
2A	高い	紫外線、PCB、ホルムアルデヒド、ベンゾピレンなど63種類
2B	有り	DDT、クロロホルム、極低周波電磁波 (initiatorではなく、promoterとして作用)、PBB、鉛、四塩化炭素など236種類
3	不明	炭塵、水銀、キシレン、フェノール、蛍光、サッカリンなど483種類
4	無し	カプロラクタム (ナイロンの原料)

2-2. フェイチング・アールボム (カロリンスカ研究所、スウェーデン、1992年) 報告：
小児がん増加率と高圧線電磁波強度

癌	電磁波強度 (磁場強度 mG)					
	< 1	< 2	< 3	< 2.5	< 3	3 ≤
全癌	1	1.5	1.2	1.1	1.2	1.3
白血病	1	2.1	1.5	2.7	3.3	3.8
脳腫瘍	1	1	0.7	0.7	0.9	1



参照3. 電磁波と有害性

3-1. 周波数別:

無線周波数 RF	超低周波 ELF	静的電磁界
<p>熱作用：レーダーやFMアンテナの安全柵内に入らない限り、温熱制御可能。微温熱の癌、記憶障害（電磁波過敏症）への影響は検討中。 誘導電流：細胞単位の電流・電荷誘導の影響は検討中。</p>	<p>電流、電荷誘導： 1. 疫学的に、小児白血病との弱い因果関係：白血病リスクが2倍（4mG）、8-10倍（10~40V/mx 20年間）、脳腫瘍、乳癌、肺癌、 2. 電磁波過敏症（EHS）：閾値0.3 mG、 3. 流産：5.7倍（16mG）、突然変異、染色体異常、 4. 内分泌異常、不妊症、 5. 免疫力低下、 6. アルツハイマー、うつ、自殺。</p>	<p>電流、電荷誘導： 強い：血流、神経刺激に影響。 長期間曝露：不明。</p>

3-2. 電磁波過敏症:

A. たびたび発症する兆候:

- (1) 普通でない熱さや、日焼けのような熱さを顔に感じたり、炎症が起きたり、顔に赤みが出る
- (2) 顔から始まって体の他の部分に移る、くすぐったさや かゆみ、刺すような痛みを感じる
- (3) 呼吸器上部の乾き、呼吸困難
- (4) 目の乾きと炎症
- (5) 集中力の欠如や、めまい、記憶や方向感覚の喪失
- (6) 粘膜が膨張し（感染症ではない）、鼻、のど、副鼻腔、耳が腫れる
- (7) インフルエンザに感染していないのに、症状が始まったかのような感覚
- (8) 自己免疫疾患に関係するリュウマチ性の反応に似た症状、

B. 頻発しないが、もっと深刻な症状:

- (1) 頭痛、吐き気、疲労感
- (2) 皮膚の感覚がなくなる
- (3) 歯や顎が痛む
- (4) 筋肉痛や関節痛
- (5) 腹部への圧迫感や痛み
- (6) 頻脈や不整脈、

C. さらに深刻な兆候:

- (1) 意識の喪失
- (2) 脳溢血。

参照4. 電化製品からの電磁波の強さと自衛策

電化製品		測定距離	磁界	電界	ラジオ/マイクロ波
単位		cm	mG	V/m	mW/cm ²
パソコン	デスクトップ	0	0.8	100	0
		30	0	10	0
		100	0	0	0
	ノート	0	0.8、1	1500	0
		30	0	4	0
モニター visual display terminal (VDT)	ブラウン管	0	50	1000<	0
		30	0.6、1.5	800	0
		110	0、1、6	0	0
	液晶	0	3.8	680	0
		20	1	0	0
	プラズマ	0	5	9	0
		100	1	0	0
ビデオデッキ	0	0.6	200	0	
	30	0.2	0	0	
ACアダプター	0	169	30	0	
	40	1	0	0	
卓上電気スタンド	0	4	1000<	0.2	
	30	0.6	1000<	0	
	100	0.2	200	0	
蛍光灯	30	5	90	0	
	100	0	25	0	
	150	0	0	0	
電話機	0	0	20	0	
	30	0	1	0	
	100	0	0	0	
携帯電話	0	50	60	1	
	100	12	0	0.2	
PHS	0	35	10	0.03	
	100	0	0	0	
電気ストーブ	0	70	50	0	
	30	5	10	0	
	100	1	0	0	
扇風機	0	4	150	0	
	30	0.5	0	0	
	100	0	0	0	
エアコン	30	3	300	0	
	100	0	0	0	
冷蔵庫	0	1	100	0	
	30	0.5	90	0	
	50	0	0	0	
電子レンジ	0	500	0	0.3	
	10	40-102	0	0.15	
	30	80	0	0.03	
	100	10	0	0	
	200	1	0	0	

注意：文献1～10、及び、発表者自身による測定結果より表を作成

(2007/11/06 受付)