

2. 調査の方法と結果

上記計画に基づいて実施した調査の方法及び結果は以下の通りである。

2.1 調査 1. 個人磁界曝露調査—疫学調査の対照群のうち東京大都市圏居住の小児を対象とした追跡調査

測定調査責任者 国立環境研究所 兜 真徳

2.1.1. 対象と調査方法

i) 対象者の選出

1都3県で前回疫学調査に参加された対照群（小児白血病及び脳腫瘍症例に対するすべての対照者）の中から120名を抽出し、依頼状を郵送して再調査への協力を依頼した。なお、120名の抽出に当たっては以下の点を考慮した

- ・ 前回の調査からすでに3年以上経過しており転居している者が少なからずいる（20-30才代の転居率は年10%との報告あり）
- ・ 参加率を50%と見込み、予定60名を確保するため依頼数は120程度必要
- ・ 平成13年11月1日当時0才児はすでに3才以上となっているので、15才までを対象とすると、当時の11～12才児までに限定することが必要。
- ・ 以上の条件から、東京都だけでなく千葉、埼玉および神奈川を含める必要がある（小児白血病と脳腫瘍の症例に対する対照者は、1都3県で計333名あったが、そのうち10才以下は259名であった）。
- ・ 前回調査の対象者のうち対照群では、子供の寝室の磁界レベルが0.4 μT 以上の者は関東では0であった（ただし、症例では越える者があった）ので、0.2 μT 以上であった12名には全て依頼することにした。残りはそれ以下の磁界レベルであった者の中から、年齢上限と地理的制約（個別訪問調査の制約）などを考慮して全体で120名となるまで絞り込んだ。

以上の依頼を通して、60名の予定より多く70名が調査対象となった。これら対象者について個々に戸別訪問して測定調査を進めた。日程調整は電話等で行った。なお、磁界測定は学校等が通常活動している期間の1週間とし、年末年始の休校期間中は対象外としたため、調査は平成15年12月～平成16年1月のうち年末年始の休暇期間を除く期間について行った。

なお、家族からの依頼により、対象児が学校等に携帯する場合、担当の先生に機器を管理してもらうための依頼状を家族あるいは対象児から提出してもらった。つまり、学校

内では登校時に機器を担当の先生にあずけ、下校時に再度対象児が受け取って曝露測定を継続することとした。

ii) 磁界測定

磁界測定は、先の疫学調査と同様の方法で行った。①子供の寝室における固定点での1週間測定、②小児に携帯させた場合の個人曝露測定、および③屋内外主要ポイント(最も長くいる部屋の中央、寝室の中央と就寝時頭部位置など、また、一戸建ての場合、敷地境界の角、集合住宅は玄関とその反対側の窓の位置など)での短時間測定に分けられる。①と②の磁界測定には EMDEX-Lite を、③の測定には EMDEX-II を用いた。

①と②は同時並行で測定開始後正確に1週間測定することとし、測定間隔は前回疫学調査と同様30秒とした。(つまり、「子供の寝室の磁界レベル」は、小児の就寝時の頭部付近で近傍に測定結果に影響するような特定の磁界発生源のないところである)。

なお、小児の個人曝露測定については、同時に測定期間中の活動内容(睡眠、居間、台所、その他屋内、電車、車、学校等、その他屋外などの空間別の活動)を示す活動記録を付けてもらった。これをもとに、以下に示すように、それぞれの活動別の分析を行った。

ただし、個人曝露測定においては、測定器を、睡眠中は頭部付近、入浴時は子供部屋に置くことを原則とした。また、学校等においては担当教官の机の上などに保管してもらったことは上述の通りである。したがって、就寝時に電気毛布や電気こたつなどを利用する場合には、実際の曝露レベルはそもそも測定されていないことになる。また、対象児が測定器を身につけて携帯していても、例えば、ヘアードライア利用による頭部の磁界曝露を直接測定している訳ではない。同様のことは、TVや加湿器などによって発生する局所の高磁界レベル部位との位置関係によって測定されるレベルは大きくバラツクことがある。これらは本測定法による個人曝露磁界測定の限界でもあり、今後改良されるべき点でもある。

2.1.2 結果

1) 対象者の属性、電気機器利用状況等

対象者70名の性別は男42名、女28名、年齢は5~10才であった。すべて通園通学しており、通学時間は片道3分~40分であった。通学手段はバス利用が2名、自家用車利用が3名あったが、その他は徒歩であり、地下鉄、電車などの利用者はなかった。

各家庭における電気機器の利用、対象児の電気機器の利用状況については(表1)に示す通りである。

低周波磁界への個人曝露からみると、電気毛布、電気カーペット(ホットカーペットとも呼ばれるが、ここでは電気カーペットに統一)あるいは電気こたつなどは冬季の暖房用に限られものの、利用していれば大きな曝露量をもたらすことが予想される。本調査時にそれぞれの家庭で利用されていた電気カーペットについては、後述するように、スイッ

チオン時の磁界レベルを測定しているが、直近で数十 μT を示すものもあった。以上の電気機器のうち、電気カーペット利用者は多く 70 名中 44 名 (63%) を占めていたが、電気毛布の利用は 1 名のみ、電気こたつは 10 名、電気あんかが 3 名、床暖房が 4 名であった。

後述する本研究の調査 2 の結果から、電気カーペットの場合、直近では高レベルを示すが、上に 1 m の距離における磁界レベルは低下している傾向があった。なお、屋内の床上 1 m の空間において高い磁界を発生させるものとして TV と加湿器が主要であった。加湿器の利用は 7 名 (10%) であり、TV を視聴していない子供は少なく、比較的磁界発生の大きいと予想される「従来のブラウン管型」と「最近の平面型」を合わせると 67 名 (95%) を占めていた。磁界発生が少ないと予想される「液晶型」は 4 名であり、未だ一般化していないことが示された。視聴時間は、平日でも 4 時間以上、週末には 8 時間以上見ているものが数名あった。また、TV からの距離は、1m 以内が 9 名と 10% を超え、3m 以上離れて見ているのは 5 名であった。

表 1：対象家庭および対象児の家電製品利用状況

			有	70	100.0
			電気掃除機 (最長 2 時間まで)		
1. 家族が共通して利用するもの			毎日	33	47.1
エアコン			週 3 日+	25	35.7
-----			まれに	12	17.1
無	2	2.9	電子レンジ		
有	68	97.1	-----		
エアコン (台数)			無	3	4.29
-----			毎日	56	80.00
0	21	30.4	週 3 日+	9	12.86
1	24	34.8	まれに	2	2.86
2	20	29.0	電子レンジ (利用時間、分)		
3	3	4.4	-----		
5	1	1.5	0	48	68.6
電気ストーブ (台数)			1	1	1.4
-----			1.5	2	2.9
0	45	64.3	2.5	1	1.4
1	19	27.1	3	2	2.9
2	5	7.1	5	5	7.1
3	1	1.4	10	4	5.7
冷蔵庫			20	3	4.3
-----			30	2	2.9

40	1	1.4
50	1	1.4

IH ヒーター

無	65	92.9
毎日	1	1.4
週3日+	1	1.4
まれに	3	4.3

床暖房

無	66	94.3
有	4	5.7

PC (台数)

0	8	11.6
1	43	62.3
2	12	17.4
3	5	7.3
5	1	1.5

食器洗浄機

無	52	74.29
毎日	16	22.86
週3日+	1	1.43
まれに	1	1.43

電気洗濯機

無	2	2.86
毎日	64	91.43
週3日+	4	5.71

スタンド型照明器具

無	32	45.71
電球	9	12.86

蛍光灯	29	41.43
-----	----	-------

2. 対象児が利用しているもの

電気毛布 (12-2月)

有	1	1.4
---	---	-----

電気カーペット

無	26	37.1
子供部屋	5	7.1
子供部屋+居間	2	2.9
子供部屋+親寝室	1	1.4
居間	34	48.6
居間+親寝室	1	1.4
客間	1	1.4

電気こたつ

無	60	85.7
有	10	14.3

電気あんか

無	67	95.7
有	3	4.3

加湿器 (冬季の利用のみ)

無	63	90.0
有	7	10.0

ヘアドライヤー (最長15分)

無	36	51.4
毎日	9	12.9
週3日+	12	17.1
まれに	13	18.6

ヘッドフォン

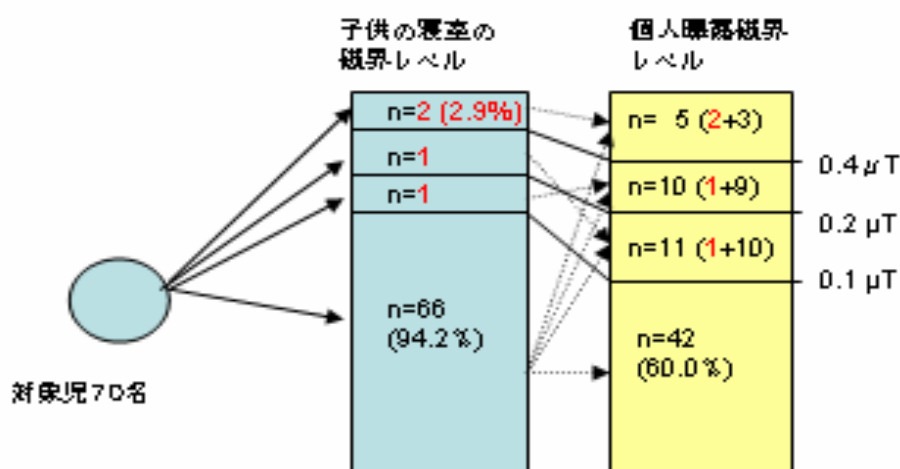
無	63	90.00
---	----	-------

毎日	1	1.43	210	3	4.3
週3日+	1	1.43	240	7	10.0
まれに	5	7.14	270	1	1.4
ステレオラジオなど			TV週末の平均視聴時間(分)		
無	31	44.29	0	5	7.3
毎日	8	11.43	30	1	1.5
週3日+	10	14.29	60	6	8.7
まれに	21	30.00	90	2	2.9
TV(家族で見るもの)			120	7	10.13
無	9	13.2	150	4	5.8
有	59	86.8	180	15	21.7
TVタイプ(白黒)			210	2	2.9
有	0	0.0	240	8	11.6
TVタイプ(カラー・小型液晶)			300	9	13.0
有	1	1.4	330	2	2.9
TVタイプ(カラー・旧来のブラウン管型)			360	5	7.3
有	50	71.4	480	1	1.5
TVタイプ(カラー・最近の平面型)			600	2	2.9
有	17	24.3	TVを見る時のTVからの距離(cm)		
TVタイプ(カラー・最近の液晶型)			0	5	7.6
有	4	5.7	40	1	1.5
TV週日の平均視聴時間(分)			100	8	12.1
0	4	5.7	120	1	1.5
60	11	15.7	130	3	4.6
90	9	12.9	150	17	25.8
120	19	27.1	160	1	1.5
150	5	7.1	170	1	1.5
180	11	15.7	190	1	1.5
			199	1	1.5
			200	17	25.8
			230	2	3.1
			250	3	4.6
			300	4	6.1
			400	1	1.5

2) 子供の寝室の磁界レベルと個人磁界曝露

70名の「子供の寝室の1週間平均磁界レベル」が $0.4\mu\text{T}$ を超えていたのは2名、 $0.2\sim 0.4\mu\text{T}$ が1名、 $0.1\sim 0.2\mu\text{T}$ が1名であった。残り66名はすべて $0.1\mu\text{T}$ 未満であった(図1)。なお、同図に示すように個人磁界曝露の1週間平均レベルでは、 $0.4\mu\text{T}$ を超えていたのは5名、 $0.2\sim 0.4\mu\text{T}$ が10名、 $0.1\sim 0.2\mu\text{T}$ が9名であった。残り46名は $0.1\mu\text{T}$ 未満であった。

以下、これら子供の寝室の磁界レベルと個人曝露磁界レベルとの対応関係について、これまで小児白血病リスクとの関連で示されている 0.1 、 0.2 および $0.4\mu\text{T}$ の3つのカットポイントを基準として検討してみた。



「子供の寝室の磁界レベル」と個人曝露磁界レベルの関係

i) 「子供の寝室の磁界レベル」が $0.1\mu\text{T}$ 以上であった4例について

上記 $0.1\mu\text{T}$ 以上であった4名(ID=40,41,50,12)について、それぞれの子供の寝室の1週間の磁界変動パターンと同期間における個人磁界曝露レベルの変動パターンを示したのが(添付資料1の図1)である。なお、上記4例については、それぞれの電磁界個人曝露調査測定結果から、それぞれの磁界環境の特徴をまとめると以下のものであった。

- ① 「子供の寝室の磁界レベル」が最も高値($0.71\mu\text{T}$)であったID=40の場合、居間の南側に 6600V の配電線が走っており、スポット測定では、子供部屋の中心で $0.92\mu\text{T}$ 、就寝時の頭部位置で $0.76\mu\text{T}$ であった。また、家屋周辺の磁界測定では、玄関で $0.28\mu\text{T}$ であったが、玄関と反対側の窓では $1.24\mu\text{T}$ と配電線側で高レベルであった。子供が最も長くいる部屋は居間で、部屋の中心は同様に $0.93\mu\text{T}$ 、特記すべき磁界発生源として水槽のエアープンプがあり、その近傍は $10\mu\text{T}$ を超えていた。なお、同期間の平均個人曝

露磁界レベルは $0.65 \mu\text{T}$ であった。

- ② 「子供の寝室の磁界レベル」が次ぎに高かった($0.40 \mu\text{T}$) ID=41 の場合、子供の寝室中央で $0.48 \mu\text{T}$ 、就寝時の頭部位置で $0.43 \mu\text{T}$ であった。一方、敷地境界の角で $0.23 \sim 0.75 \mu\text{T}$ であり、また、こうした高い磁界発生源となっていることが予想された配電線・変圧器近傍の電柱の下（地上 1m）では $47.0 \mu\text{T}$ が観察された。なお、同期間の平均個人曝露磁界レベルは $0.50 \mu\text{T}$ であった。
- ③ 「子供の寝室の平均磁界レベル」が $0.23 \mu\text{T}$ であった ID=50 の場合、子供部屋の中心で $0.25 \mu\text{T}$ 、就寝時の頭部位置で $0.24 \mu\text{T}$ であった。一方、敷地境界の角でも $0.22 \sim 0.26 \mu\text{T}$ であり、家屋内外を含む地域一帯の磁界レベルが全体的に上昇していた。なお、発生源と考えられる配電線が走る電柱の近傍（地上 1m）では $0.71 \mu\text{T}$ であった。この場合、平均個人曝露磁界レベルは $0.19 \mu\text{T}$ であった。
- ④ 「子供の寝室の平均磁界レベル」が $0.11 \mu\text{T}$ であった ID=12 の場合、子供が最も長くいる居間で 0.12 、玄関で 0.11 、その反対側の窓で 0.14 であった。寝室の磁界レベル変動パターンは、上記 3 例の場合と類似しており、外部配電線の磁界によって屋内磁界レベルが上昇していることが示唆された。この場合の平均個人曝露磁界レベルは $0.23 \mu\text{T}$ であった。

以上から、これら 4 例が示している比較的高い屋内の磁界レベル（疫学調査では“バックグラウンドレベル”と呼ばれている）は、いずれも、近くを走る配電線が発生する磁界を反映していることはほぼ疑う余地がないと考えられた。とくにバックグラウンドレベルが $0.4 \mu\text{T}$ 以上の場合には、個人曝露レベルも 0.4 以上である確率が高いことも示唆された。なお、バックグラウンドレベルがそれ以下の場合には、近傍の配電線等からの磁界があっても、それ以外の磁界曝露の影響で個人曝露磁界レベルは比較的やや大きく変動する傾向があると言えよう。

ii) 個人曝露磁界レベルの分布

全対象児 70 名のうち、上記 4 名を除く 66 名は、「子供の寝室の磁界レベル」がいずれも $0.1 \mu\text{T}$ 未満であった。そのうち個人磁界曝露レベルも $0.1 \mu\text{T}$ 未満であったのは 46 名（63%）であった。残り 20 名は個人磁界曝露レベルが $0.1 \mu\text{T}$ を超えていた。なお、個人磁界曝露レベルが $0.1 \mu\text{T}$ を超えていた 20 名のうち、曝露磁界レベルが $0.4 \mu\text{T}$ 以上は 5 名、 $0.2 \sim 0.4 \mu\text{T}$ は 9 名、 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{T}$ が 8 名であった。このうち、 $0.4 \mu\text{T}$ 以上の 2 例は、「子供の寝室の磁界レベル」が $0.4 \mu\text{T}$ 以上であったものである。

上述の 4 名を除く、66 名について、それぞれの「子供の部屋の磁界レベル」と個人曝露磁界レベルの 1 週間の変動を、個人磁界曝露レベルが $0.4 \mu\text{T}$ 以上であった 3 名については（添付資料 1 の図 2）に、 $0.2 \sim 0.4 \mu\text{T}$ であった 9 名については（添付資料 1 の図 3）に、また、 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{T}$ の 8 名については（添付資料 1 の図 4）に示す。これらの、とくに個人磁界曝露レベルの変

動に着目すると、週末（土日）のみ異常に高レベルを示している（本節の添付図3）の ID=2 と ID=68 の2名を除いて、それぞれ夕方（帰宅～就寝）あるいは朝（起床～通学）の屋内で磁界レベルが周期的に上昇する一方、屋外活動中は全体的に低下する傾向のあることが示されている。なお、週末に高レベルを示した上記2名のうち1例は、週末だけ高圧送電線近傍にある祖父母の家庭で過ごしていたものであり、もう1例は、そもそも測定が不完全であった例であり、たまたま睡眠中（夜中1時から8時まで）連続して利用していた何らかの電気機器の近傍に測定器を置いて就寝したためと推定された。いずれにしても、これら2名については、異常に高レベルを示した時間帯を除けば、個人磁界曝露レベルの平均値は大きく低下した。

ここで、以上のように、個人曝露磁界レベルが「子供の寝室の磁界レベル」より高値を示している原因を探るため活動空間別の個人曝露磁界レベルを調べてみると、図2のようであった。屋内、とくに居間での磁界レベルが高く、屋内活動時（睡眠時を除く）磁界レベルが $1.0 \mu\text{T}$ を超えるものが4名あった。なお、これらの「子供の寝室の磁界レベル」はすべて $0.1 \mu\text{T}$ 未満であった。

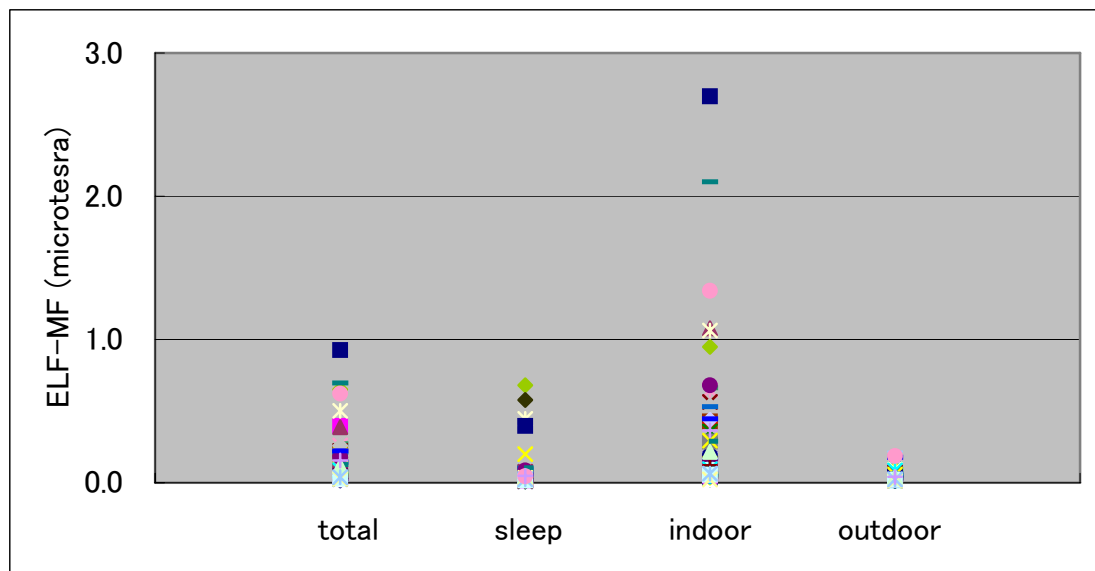


図2：個人曝露磁界レベルの行動空間別分布。屋内、とくに居間での曝露レベルが高いことが知られる。Indoorは睡眠を除く自宅屋内、outdoorは学校・塾など屋外施設内の意。（図中、「子供の寝室の磁界レベル」が $0.1 \mu\text{T}$ を超えていた4名は除外している）

ペットを利用していることは、家庭での曝露レベルが上昇することの必要条件ではあっても、十分条件ではない。なお、上記46名中1名の家庭で用いられている石油ファンヒーターは直近で100 μ Tを超えていたが、この場合にも曝露レベルは大きく上昇していなかった。利用する場所からの距離があることによって減衰しているものと推定された。

(図3)に、図2の分布を電気カーペット(EC)の有無別に分けて個人曝露磁界レベルの分布を示した。ここで、電気カーペット利用者は42名、非利用者は28名であった。図中で、ECを利用していないのに飛び抜けて高値を示していた赤丸の対象者はID=40であり、「子供の寝室の磁界レベル」が0.4 μ Tを超えていたケースであった。ここで、電気カーペットの利用者と非利用者の個人曝露磁界レベルについて行動空間別に比較したのが(表2)である。表から明らかなように、個人曝露磁界レベルには、全体でも、睡眠中でも、屋外でも有意差は見られなかったが、自宅屋内でのみ電気カーペット利用者が非利用者より有意高値であった。なお、非利用者の平均曝露磁界レベルは、その他の行動空間における曝露レベルより高い傾向も明らかであった。

以上から、比較的個人曝露磁界レベルが高い場合には、電気カーペットのように高レベルの磁界を発生させ、また、身体の直近でその磁界に曝露されるチャンスが多いものがないことから、電気カーペット使用者群で、非利用者群より高いレベルを示しているケースは、全体的に電気カーペットを利用することに由来することが推定される。それ以外の「子供の寝室の磁界レベル」より高い曝露レベルについては、調査2の結果も考慮すれば、TVの近傍、加湿器の近傍、あるいは短時間ではあるがヘアードライアの利用などによるものがあることがデータからも推定されている。ただし、これらの利用の有無別の個人曝露磁界レベルには有意な差異は認められず、これらの個々の寄与を定量的に示すことは不可能であった。

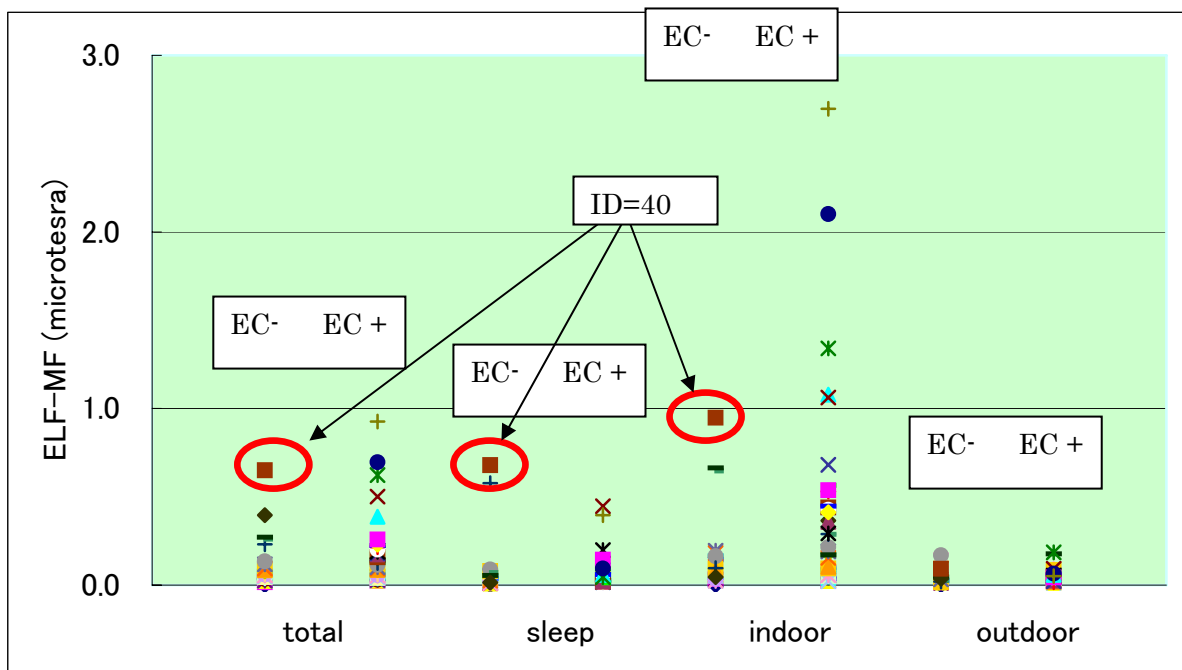


図3：電気カーペット(EC)の有無別及び行動空間別に見た個人曝露磁界レベルの分布。個人曝露磁界レベルは、屋内(indoor)で活動中に高いレベルが多い傾向が明らかである。なお、outdoorは学校・塾など屋外施設を指す。ECの利用ありは42名、利用無しは

28名であった。また、ECの利用がなく、曝露レベルが高い値を示していた図中赤丸の点は、ID=40で、屋内の磁界レベルが近傍の配電線のために全体的に高レベルであった例である。(ただし、対象は70名全員)

表2：全体、睡眠中、自宅屋内および屋外施設内別の個人曝露磁界レベルの電気カーペット(EC)利用の有無別の差異に関する比較検討

個人曝露 磁界レベル	EC利用無し 平均(標準誤差) n=28	EC利用あり 平均(標準誤差) n=42	統計的有意性
Total	0.112 (0.032)	0.166 (0.026)	n.s.
Sleep	0.079 (0.022)	0.068 (0.018)	n.s.
Indoor	0.152 (0.085)	0.382 (0.069)	P=0.041
Outdoor	0.043 (0.007)	0.047 (0.005)	n.s.

注) outdoorは、学校・塾などの屋外施設内の意味である。

iii) まとめ

調査1によって、冬季の東京及び近郊における70名の5-10才の小児の個人曝露磁界の実態がほぼ明らかになった。得られた主要な知見として、以下の点が重要と思われる。

1. 「子供の寝室の磁界レベル」が、0.4 μ T以上であった2名の場合、その高レベルの原因は、自宅近傍の配電線・変圧器からの磁界であることが明らかであった。なお、この2名は、前回の疫学調査での測定では、0.2-0.4 μ Tの範囲にあり、3~4年の間に磁界レベルが上昇していることが推定された(表3)。ただし、70名中2名(2.9%)は、前回高レベルであった方には低レベルであった方より多く依頼していることから、実際の高レベル者の頻度よりやや高くなっていると思われる。

表3：「子供の寝室の平均磁界レベル」が0.4 μ T以上であった2名の前回の疫学調査における測定値との比較

Id	「子供の寝室の平均磁界レベル」		前回調査日	前回年齢 (才)	高圧送電 線との距離	備考
	前回	今回				
41	0.271	0.404	2001/7/25	2.7	54 m	屋外レベルが上昇?(家屋周辺レベルも高い)
40	0.373	0.712	2001/11/21	3.6	100+m	屋外レベルが上昇?(家屋周辺レベルも高い)

2. 「子供の寝室の磁界レベル」に比較して、個人曝露磁界レベルは、とくに「起床～通学」まで、及び「帰宅～就寝」まで、また、週末はほぼ全日の場合が多いが、屋内での行動中に高い傾向を示す者が多い。
3. 屋内でも居間での曝露レベルが高いものが多く、その原因として電気カーペットによって発生する磁界の影響が最も大きいと推定された。カーペット利用者は42名、非利用者は28名であり、カーペット利用時の直近での磁界レベルは18～47 μ Tと、その他の発生源からの磁界レベルに比較して極端に高かった。
4. しかし、電気カーペット利用者と非利用者では、利用者の個人曝露磁界レベルが有意に高いものの、非利用者の個人曝露磁界レベルも、屋外や睡眠中と比較してやや高い傾向が明らかであった。これら非利用者の個人曝露磁界レベルに、TV、加湿器、水槽のポンプ、電気こたつ、ドライヤー、床暖房などの利用の有無で差異があるかどうかを調べても差異は見られなかった。
5. 睡眠中の曝露磁界レベルは「子供の寝室の磁界レベル」と有意な差は見られなかった。睡眠中は頭部近傍に測定器を置くことが原則となっており、電気毛布などを利用する場合には、実際の磁界曝露を反映しえないと予想されるが、本調査の対象児の中で電気毛布利用者は1名に過ぎなかった。
6. 学校、塾など屋外での曝露磁界レベルは、自宅屋内曝露磁界レベルに比較すると全体的に低い傾向があった。なお、学校では、担任の先生が登校時～下校時まで測定器を保管していたケースも含まれるが、概ね学校内の磁界レベルを反映しているものと推定される。