

# 「リスクマネージメント」



国立保健医療科学院  
生活環境部  
牛山 明



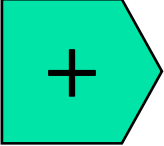
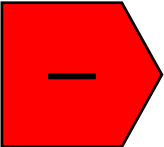
# リスクとは??

リスク (RISK) は  
「望ましくない事象の大きさ」 × 「その事象が起こる確率」  
で考えることができる

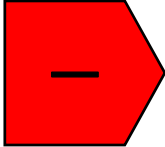
テロ 地震 台風 火災 詐欺 カード犯罪 ペイオフ  
欠陥住宅 飲酒 食品添加物 賞味期限 がん 感染症  
誤飲・誤食 シックハウス ガス漏れ 空き巣 原子力施  
設と放射線 自動車事故 鉄道事故 地球温暖化 ゴミ  
問題 紫外線 排気ガス ダイエット 健康食品 薬  
など

リスクゼロ社会はない  
日々、何らかのリスクの中で生活している

# ベネフィットとリスクは表裏一体

	医薬品	交通手段 (車・電車・航空機)
	病気・けがが治る	短時間で遠くに移動
	副作用	事故の可能性

 を最大限に

 を最小限に

# リスクマネージメント

かかるコストを考慮しつつ、リスクを最小限に抑える活動

「**リスク管理**」ともいう

## リスク評価

リスクアナリシス（分析）  
リスクの同定



**リスクマネージメント**

タバコの場合では



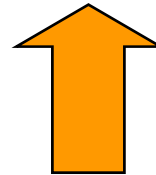
★タバコを吸ったらがんになる確率が変わるか？  
★本当にタバコの成分ががんの原因か？



★禁煙指導・教育  
★販売機規制  
★増税

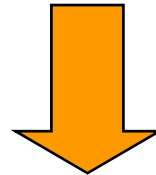
# 「便利な生活」と「安全」・「健康」

「便利」で「快適」な生活の向上



導入

新しい「モノ」



リスク評価  
リスクマネジメント

「安全」で「健康」な生活を守る

「モノ」 (化学物質、テクノロジー、食べ物・・・)

## 関心（リスクの懸念）の高い環境因子

外因性内分泌攪乱物質（環境ホルモン）

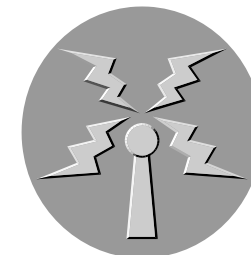
ダイオキシン

BSE問題

遺伝子組み換え食品

原子力・放射線

電磁波・電波



# 一般の人がリスクを認知するときの評価基準

(Slovic, 1987)

## 恐ろしさ

対象のモノが

- ・ コントロールできない
- ・ 削減することが難しい
- ・ 増大しつつある
- ・ 次世代に影響
- ・ 非自発的にさらされる  
etc.

## 未知性

対象のモノが

- ・ 新しい
- ・ さらされていてもわからない
- ・ 科学的によくわかっていない
- ・ 観察できない  
etc.

**リスクとしての認知が増大**

## それでは、一般市民から見た電波は？



### 恐ろしさ

- ☑ 携帯の基地局が周りにある  
(コントロールできない・非自発的に受けている)
- ☑ 携帯はどんどん利用者が増えている  
(削減できない・増大している)
- ☑ 子供が影響があるというウワサがある (次世代への影響)

### 未知性

- ☑ 10数年前には携帯電話はなかった (新しい)
- ☑ 電波は見えない  
(さらされていてもわからない・観察できない)
- ☑ 電波が健康に影響あるらしい  
(科学的にもわかっていない)



# 環境に起因する「健康リスク」とは？

「環境に加えられる負荷が環境中の経路を通じ、**人の健康に影響を及ぼす確率**」



確率ということは

**必ず0と1の間の数字  
で表すことができる**

発がんの場合	
全く発がんのしない	→リスク0
全てが発がんする	→リスク1

確率が小さければ実質的に安全とする

一般的には

→  **$10^{-5}$ ~ $10^{-6}$** レベル  
が採用されている

# 10<sup>-6</sup>の死亡リスクの一つの例

R.Wilson 「Analyzing the Daily Risk of Life」  
Technology Review, Vol.81 No.4 pp.41-46(1979) より

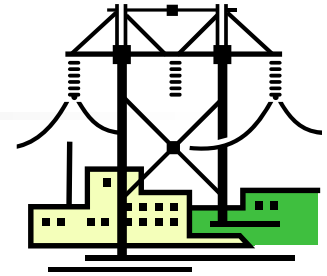
1.4本の喫煙	がん、心臓病
0.5リットルのワインを飲む	肝硬変
ニューヨークあるいはボストンに2日間滞在	大気汚染
カーで6分間旅行（移動）	事故
自転車で10マイル(16km) 旅行（移動）	事故
車で300マイル(約500km) 旅行（移動）	事故
ジェット機で1000マイル(1600Km) 飛行	事故
病院で胸のX線を1枚撮る	放射線によるがん
喫煙者と2ヶ月暮らす	がん、心臓病
ピーナッツバターを大さじ40杯食べる	Aflatoxin Bによる肝臓がん
マイアミの飲料水を1年間飲む	クロロホルムによるがん
12オンスのダイエットソーダを30缶飲む	サッカリンによるがん
広大な原子力発電所の敷地との境界に5年間住む	放射線によるがん
原子力発電所から20マイル以内に150年間住む	放射線によるがん
木炭で焼いたステーキを100枚食べる	ベンゾピレンによるがん
原子炉から5マイル以内に住むことによるアクチノイドのリスク	放射線によるがん



# 電波環境のリスク評価

---

## 電磁界問題の経緯



- 米疫学者ウェルトハイマー&リーパー、デンバー地区の電力線近傍に住むこどもの小児白血病の発生率が高いことを統計的に示す [1979]

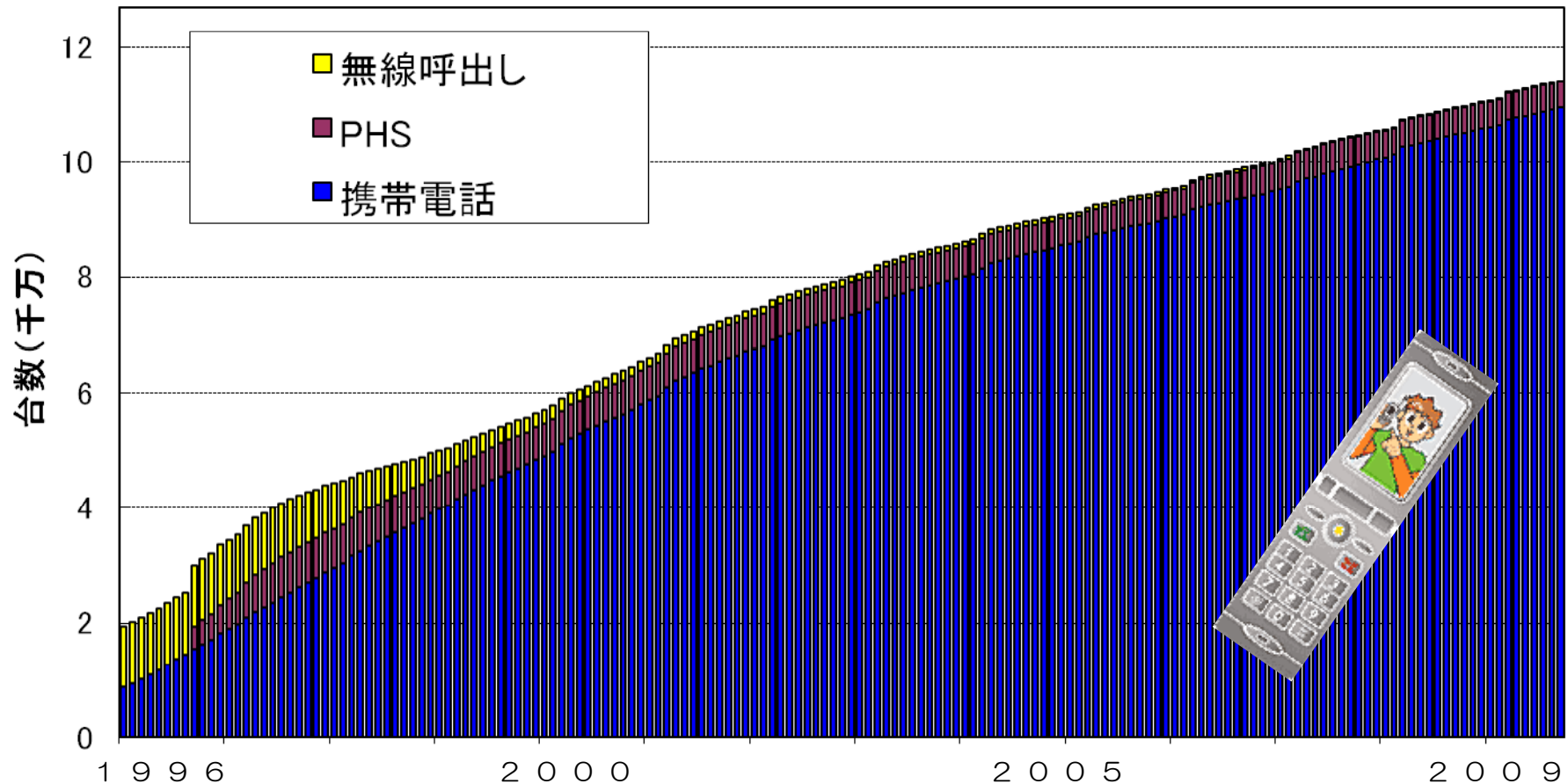
### 小児白血病とは？

- ✓ 稀な病気である (小児10万人あたり年間4人程度が発症)
- ✓ 原因としてはウイルス、遺伝、放射線等が考えられてはいるがまだ不明な点が多い

- それ以降、多くの疫学研究、生物学的研究が行われ、様々な機関から報告がなされる (影響あり・なし)
- 携帯電話の普及に伴い、携帯電話が使用する高周波電磁界についても市民による懸念があり、研究が行われる

# 日本における携帯電話等契約数

1996年1月～2009年9月(電気通信事業者協会発表)



昨年9月末で携帯電話は1億963万台！

# 電波環境における影響



機械的な誤作動

病院内機器 ペースメーカー

生体への作用

**刺激作用**

誘導される電流により、刺激を感じる

**熱作用**

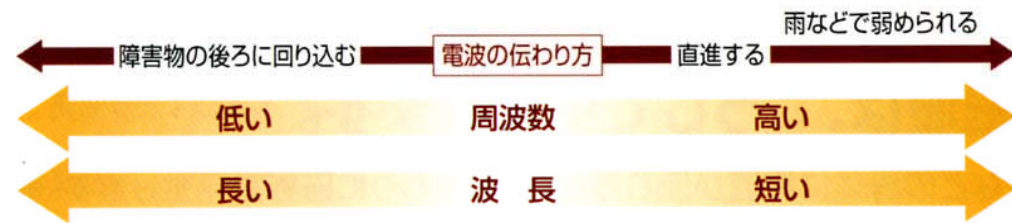
生体の温度を上昇させる作用

**非熱作用**

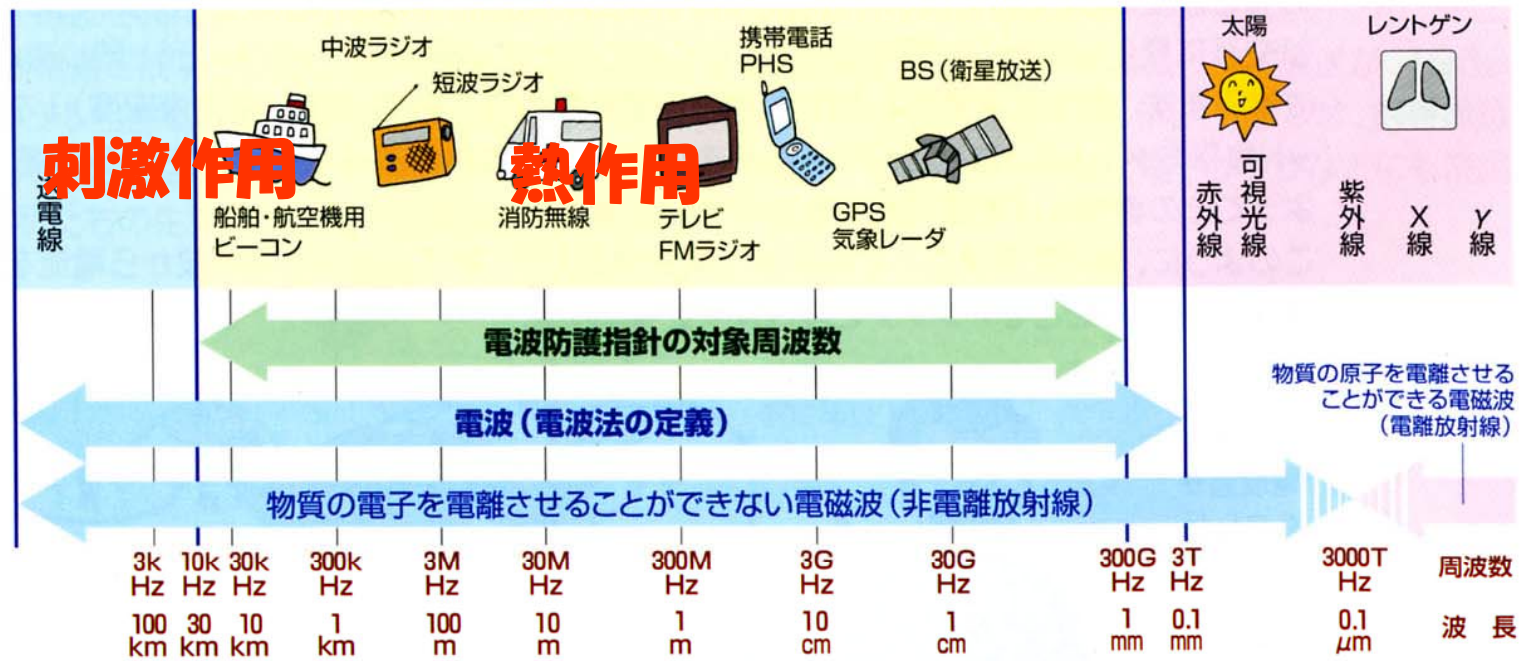
発熱を伴わない作用

遺伝子、タンパク質、細胞、組織が影響を受け、健康影響に結びつく？

$1T = 10^{12}$  (1兆)  
 $1G = 10^9$  (10億)  
 $1M = 10^6$  (100万)  
 $1k = 10^3$  (1千)



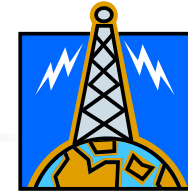
周波数による電磁波の分類



注：この冊子では、電磁波のうち通信や放送などで使用される電波による健康への影響などについて解説していますが、世界保健機関 (WHO) 等の国際的な検討の場では超低周波の電磁界も対象に含めるため、通常「電波 (Radio Wave)」よりも「電磁界 (EMF: ElectroMagnetic Fields)」が使われています。このため、これ以降は「電波」と「電磁界」を特に区別せずに用いることとします。

# 熱作用・刺激作用による被害を防ぐために 「電波防護指針」により管理

# 電磁界による影響



## 機械的な誤作動

病院内機器 ペースメーカー

生体への作用

## 刺激作用

誘導される電流により、刺激を感じる

## 熱作用

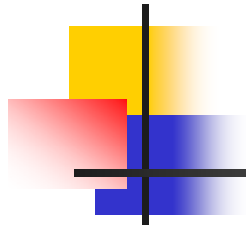
生体の温度を上昇させる作用

## 非熱作用

### 発熱を伴わない作用

遺伝子、タンパク質、細胞、組織が影響を受け、健康影響に結びつく？

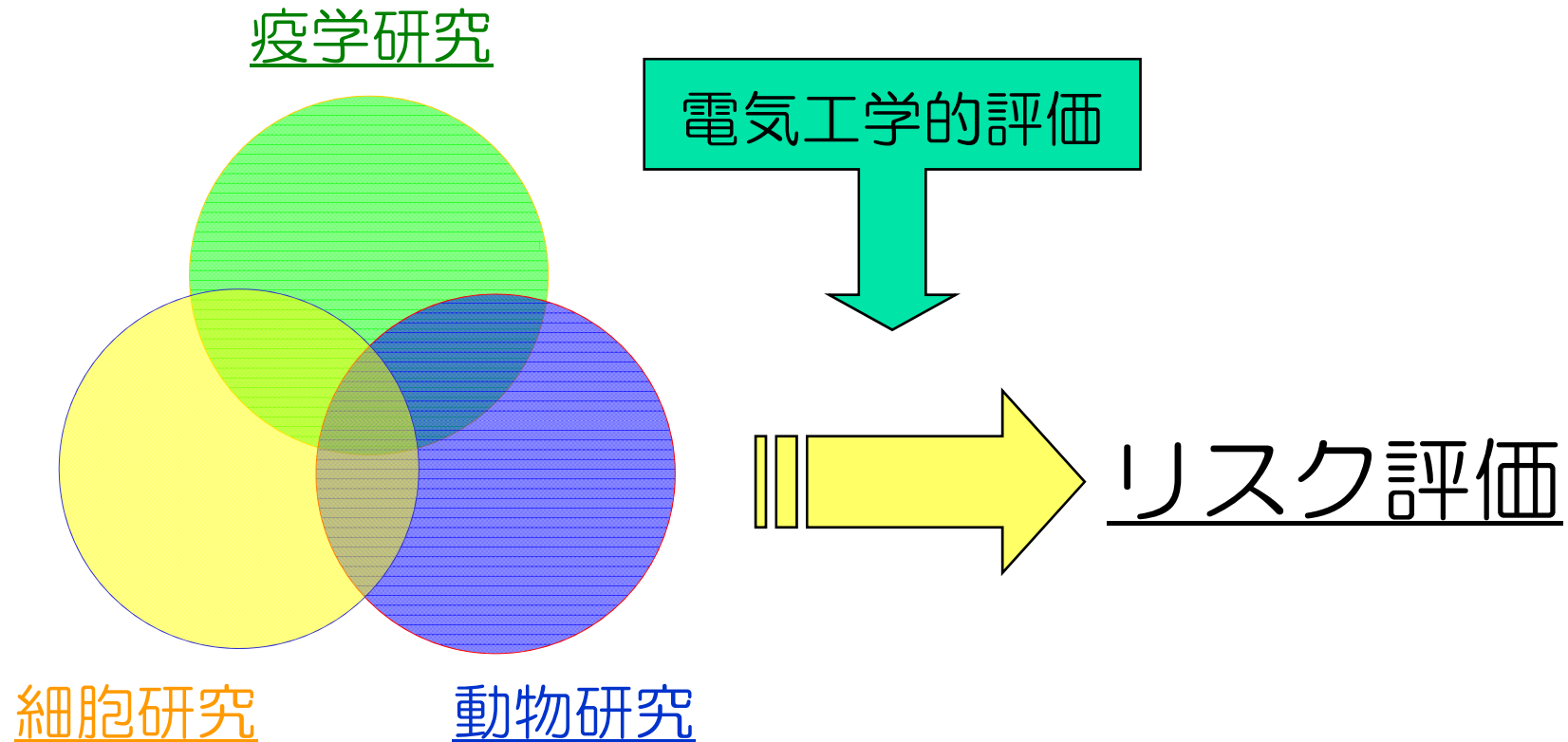




非熱効果による影響が予想されるなら、  
リスク分析およびリスク評価を行う必要  
がある

正しい分析・評価のためのアプ  
ローチは？

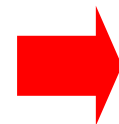
# 電波環境のリスク評価のプロセス



- 疫学研究では、「相関」が示される
- 細胞研究・動物研究では、「メカニズム」が示される

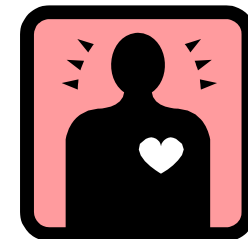
# 疫学とは

人間集団を対象として人間の健康およびその異常の原因を宿主，病因，環境の各面から包括的に考究し，健康増進と疾病予防をはかる学問



関係は？

がん  
脳卒中  
心筋梗塞  
その他

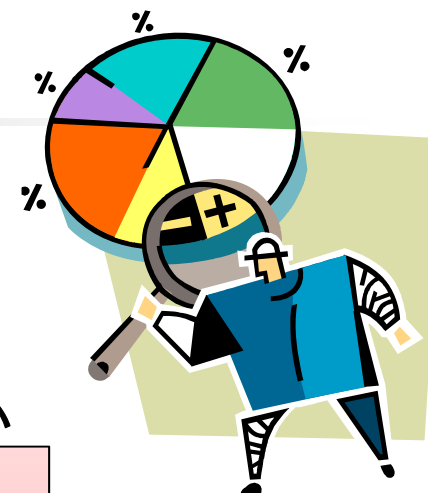


# 疫学研究の方法

■ 疫学研究には、いくつかの方法がある

- 断面研究（断面調査）
- ケースコントロール研究
- コホート研究
  - ・ 後向きコホート研究
  - ・ 前向きコホート研究

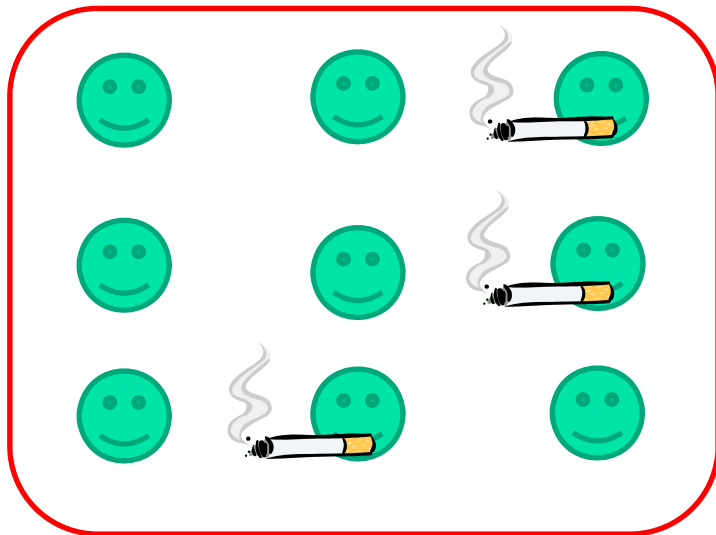
小  
信  
頼  
性  
の  
強  
さ  
大



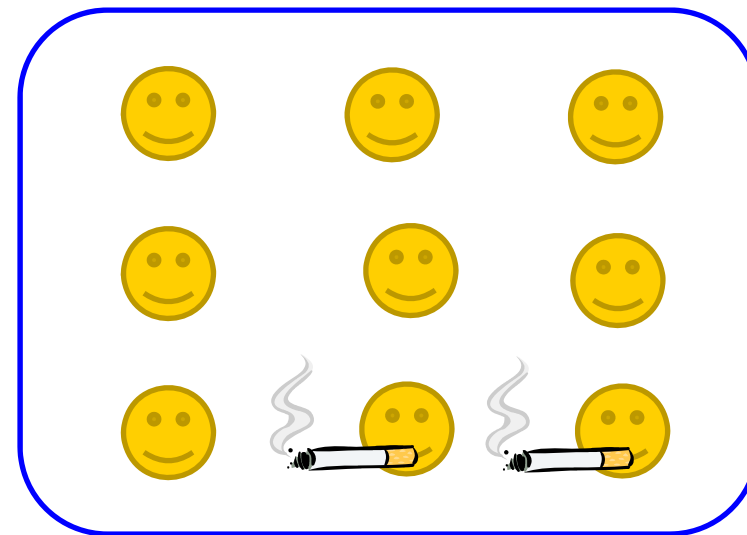
# ケースコントロール研究

- ・患者 (case) と非患者 (control) を設定
- ・この両群で要因のばく露の有無を調査
- ・患者群の中に含まれるばく露者の割合と非患者群に含まれるばく露者の割合を比較

## ケース



## コントロール



## ケースコントロール研究から導かれるオッズ比

「オッズ比」とは？

ばく露されている人での疾病の発生率とされていない人の疾病の発生率との比

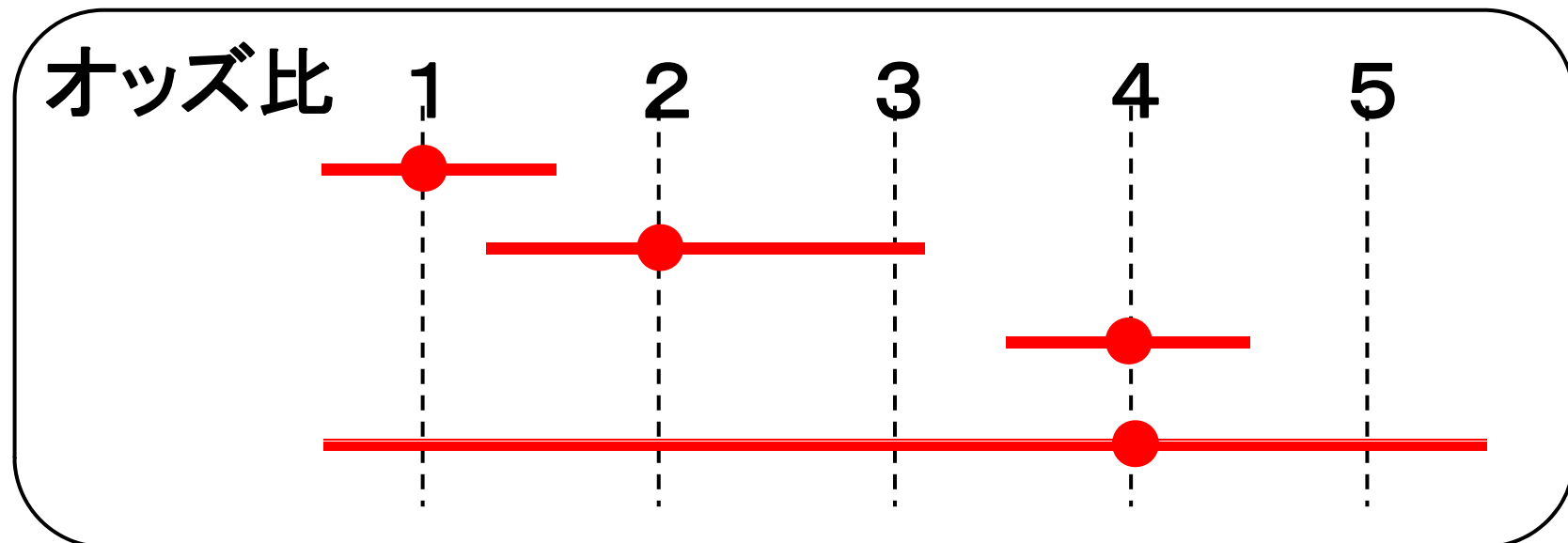
仮説要因への	ケース	コントロール
ばく露 あり	A	B
ばく露 なし	C	D

$$\text{Odds Ratio} = \frac{\frac{A/(A+C)}{B/(A+C)}}{\frac{D/(B+D)}{C/(B+D)}} = \frac{AD}{BC} = A/C / B/D$$

## オッズ比の数字の意味

- ✓ 1 を超えると、疾病の発生率とばく露の間に正の関係があり、大きくなるほどその関係は強い
- ✓ 信頼度（通常95%）を満たすよう統計的な推定値に幅を持たせて明記

例：2.00(1.27-3.13) 推定値が2.00で1.27から3.13までの幅がある



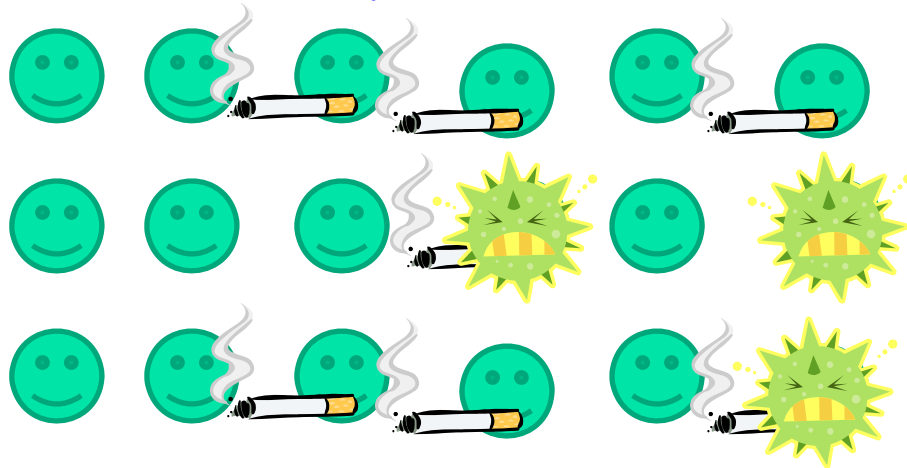
# コホート研究

ばく露している人と、していない人からなる研究集団を設定

連続的に観察して、発生する患者を調査

患者群の中のばく露者の割合と非患者群の中のばく露者の割合を比較

## コホート



相対危険度 (RR) で表示される。

ばく露した人の患者の割合 / 非ばく露の患者の割合





## コホート研究の種類

---

過去にさかのぼる

### 後ろ向きコホート研究

- ・バイアスが多い。→精度が落ちる。

未来に向かって追跡する

### 前向きコホート研究

- ・バイアスが少ない。
- ・長い年月と費用がかかる。



## たばこの疫学の例

日本における疫学（コホート）調査, (1990, 平山)

1日あたりのたばこの本数と肺がん死亡の関連（男性）

本数 / 日	Risk Estimate	95%信頼区間
0	1.00	
1 - 9	2.06	1.57 - 2.71
10 - 19	4.00	3.32 - 4.82
> 19	6.24	5.24 - 7.42

## 疫学研究の評価（信頼性評価）

疫学ではさまざまな誤差が生じる可能性がある。  
誤差の大きさを最小に制御しているか？

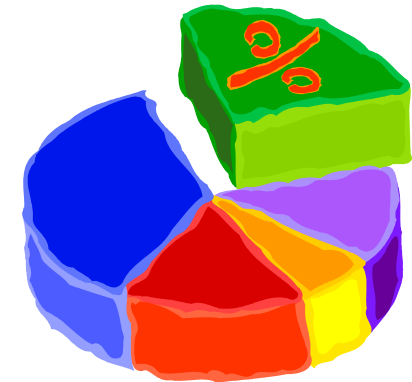
### ➤ 偶然誤差

- ✓ 不十分な標本数
- ✓ 不適切な統計解析手法

### ➤ 系統誤差

- ✓ 調査対象者の選択の偏り
- ✓ 交絡因子（遺伝、年齢、既往疾患等）
- ✓ 情報収集の偏り（リコールバイアス等）

### ➤ ばく露評価方法



# 電波環境による健康影響（生物学研究）



## ■ 生物学研究

- ラット等の動物実験
- 培養細胞などを用いた細胞実験  
関連性のメカニズムを解明
- 1回の実験結果のみで判断できない
  - 精度の向上（繰り返し同様の結果を示す）
  - 再現性（他の研究者が同様の結果を示す）



## ■ 研究結果

現時点では携帯電話の使用が人の健康に悪い影響を及ぼす可能性を示唆する再現性のある結果は得られていない。



## 電波環境の健康リスク評価（評価基準）

### ■ 健康リスク評価のためのヒル基準

ばく露とリスクとの間の

- ✓ 関連性の強さ
- ✓ 関連性の一貫性
- ✓ 量－反応関係
- ✓ 関連性を支持する実験的証拠
- ✓ 関連性を示す信頼できる生物学的メカニズム

AB Hill: The environment and disease: Association or causation?  
Proc Royal Soc Med 58:295-300, 1965.

## ■電波の悪影響について

- 非常に強い電波は悪影響を及ぼす（熱作用）
- しかし熱作用を防ぐように、電波防護指針が設定 →後述

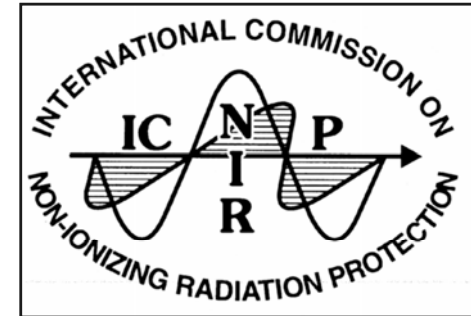
## ■携帯電話の基地局や端末からの電波の影響は？

- 熱作用は考えられない
- 非熱作用について、悪影響を示す信頼できる研究結果はない

# 電磁界・電波環境に対する規制 (国際レベル)

## ■ 国際非電離放射線防護委員会

- ガイドラインを策定（1998年）  
（各国に強制するものではない）
- 健康影響から防護するために電磁界によって引き起こされる神経や組織への刺激を根拠に安全係数をとって設定
- 発がん等を含む長期的な影響は、生物学的な裏づけがないため指針値には反映されていない



# 電波防護指針（日本）の構成

生体影響を及ぼす電波の強さの閾値

安全率

10倍

**基礎指針** 人体の内部電磁現象に基づいて評価するための指針

**管理指針** 測定可能な物理量で表した指針

**電磁界強度指針**  
基地局、放送局等に適用

**局所吸収指針**  
携帯電話端末等に適用

管理環境...職業的な環境等

5倍の安全率

一般環境...一般の居住環境等