

先駆的な疫学的方法による 放射線の健康影響の証明

ドイツからの報告

セバスチャン・プフルークバイル

ヘルムホルツセンター(ミュンヘン・ノイヘアベルク)の
ハーゲン・シェアブラのグループの方法とデータ

背景と動機 放射線と性比、あるいは性オッズ

- 性比 (Sex Ratio, SR) は、新生男児の数を新生女児の数で割った比率の名称である。

$$SR = \text{男児/女児} = m/f$$

- 男児の確率

$$p_{\text{男児}} = \text{男児}/(\text{男児} + \text{女児}) = m / (m + f)$$

を求めれば、より適切な、性オッズ (Sex Odds, SO) が導かれる。

$$SO = p_{\text{男児}} / (1 - p_{\text{男児}}) = \text{男児/女児} = SR (\text{性比})$$

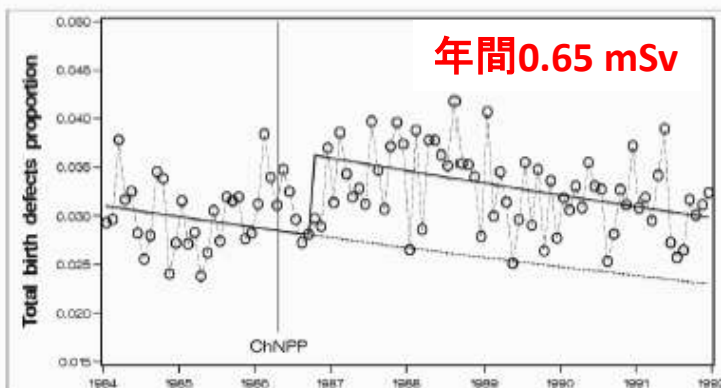
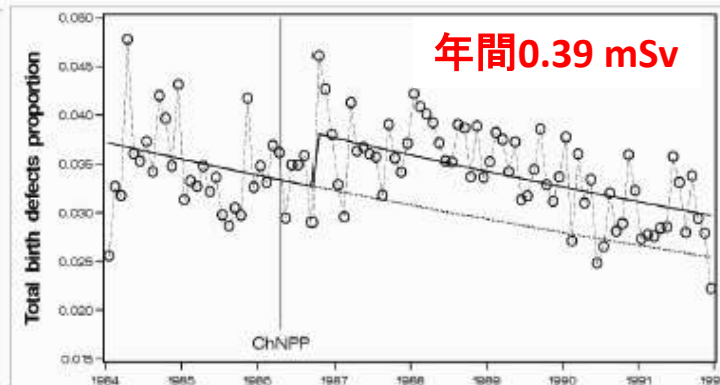
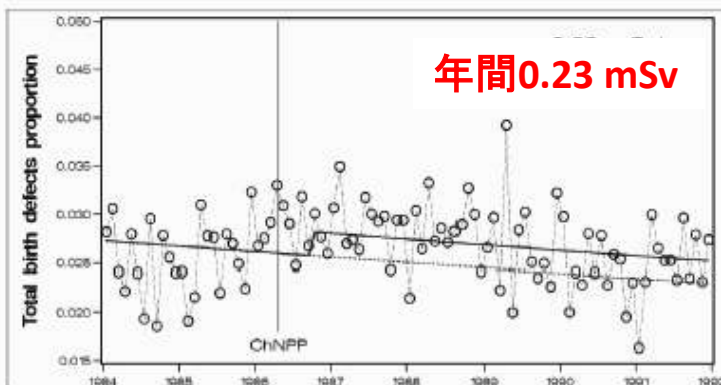
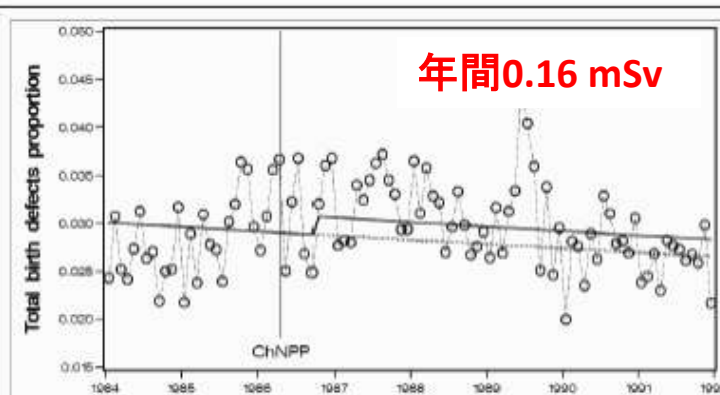
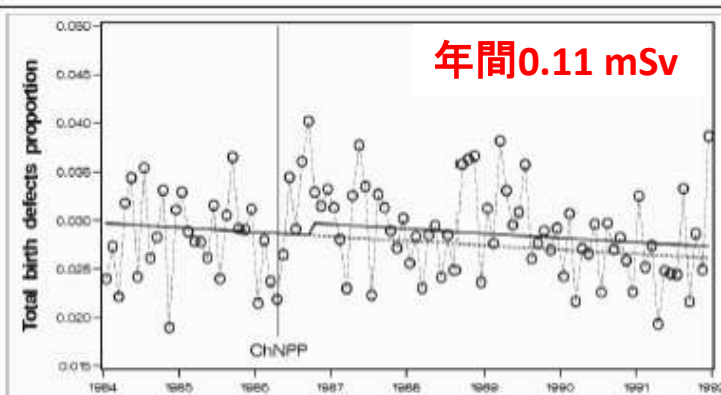
- 曝露群と非曝露群の2つの性オッズ (SO) を比較することにより、明白かつ自然な比率である 性オッズ比 (Sex Odds Ratio, SOR) が導き出される。

$$SOR = SO_{\text{曝露群}} / SO_{\text{非曝露群}}$$

- 不便な用語である “性比比 (Sex Ratio Ratio)” の使用を避けることができる。(ドイツ語だと: Geschlechtsverhältnisverhältnis 対 Geschlechtsschancenverhältnis)

先天性奇形 (先天異常)

先天異常率 = 先天異常件数 : 総出生数



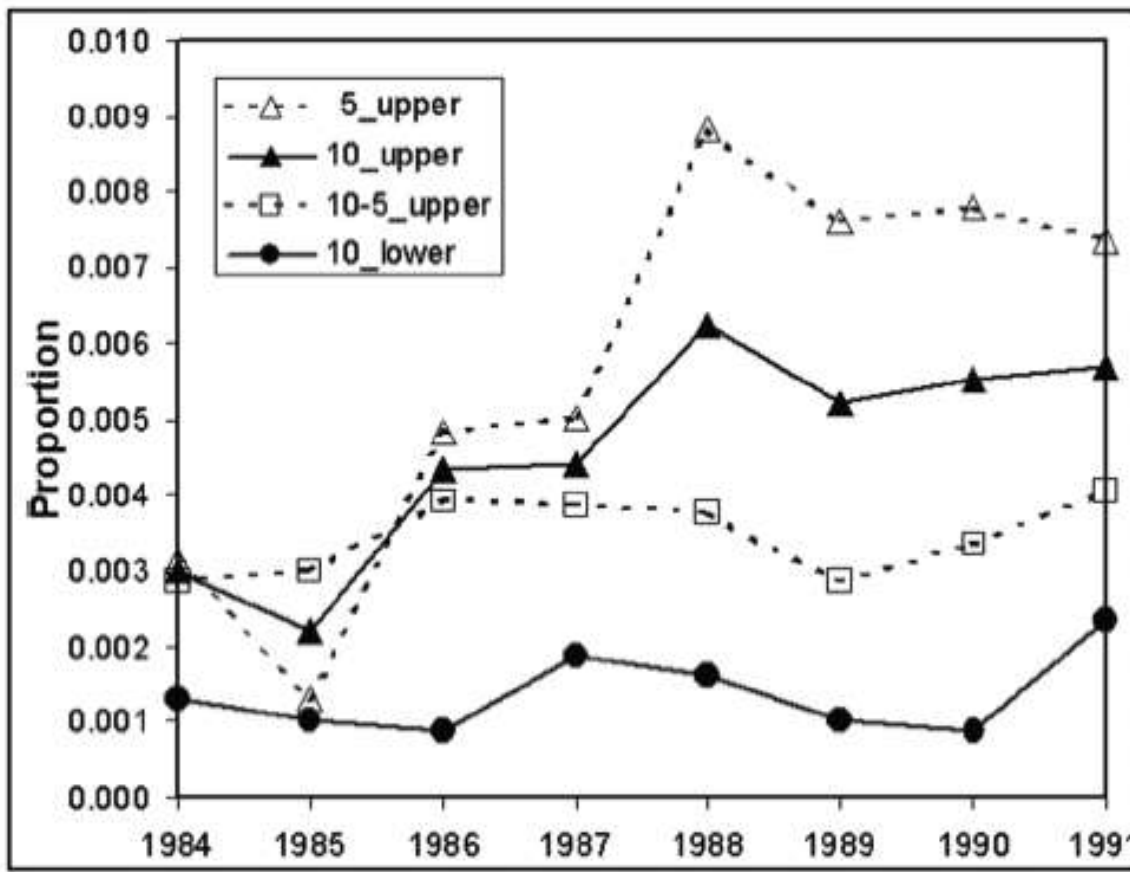
ドイツ・バイエルン州の男児
と女児における先天性奇形
の、年間被ばく量の五分位
値ごとの傾向 (29962例)

ドイツ・バイエルン州の96地区を年間被ばく量で五分位区分すると、その中央値に比例して先天性奇形率が増加した
(29961例)

男児: 年間1 mSvあたり 32 %
95% 信頼区間 [13, 54]
 $p < 0.0001$

女児: 年間1 mSvあたり 82 %
95% 信頼区間 [53, 117]
 $p < 0.0001$



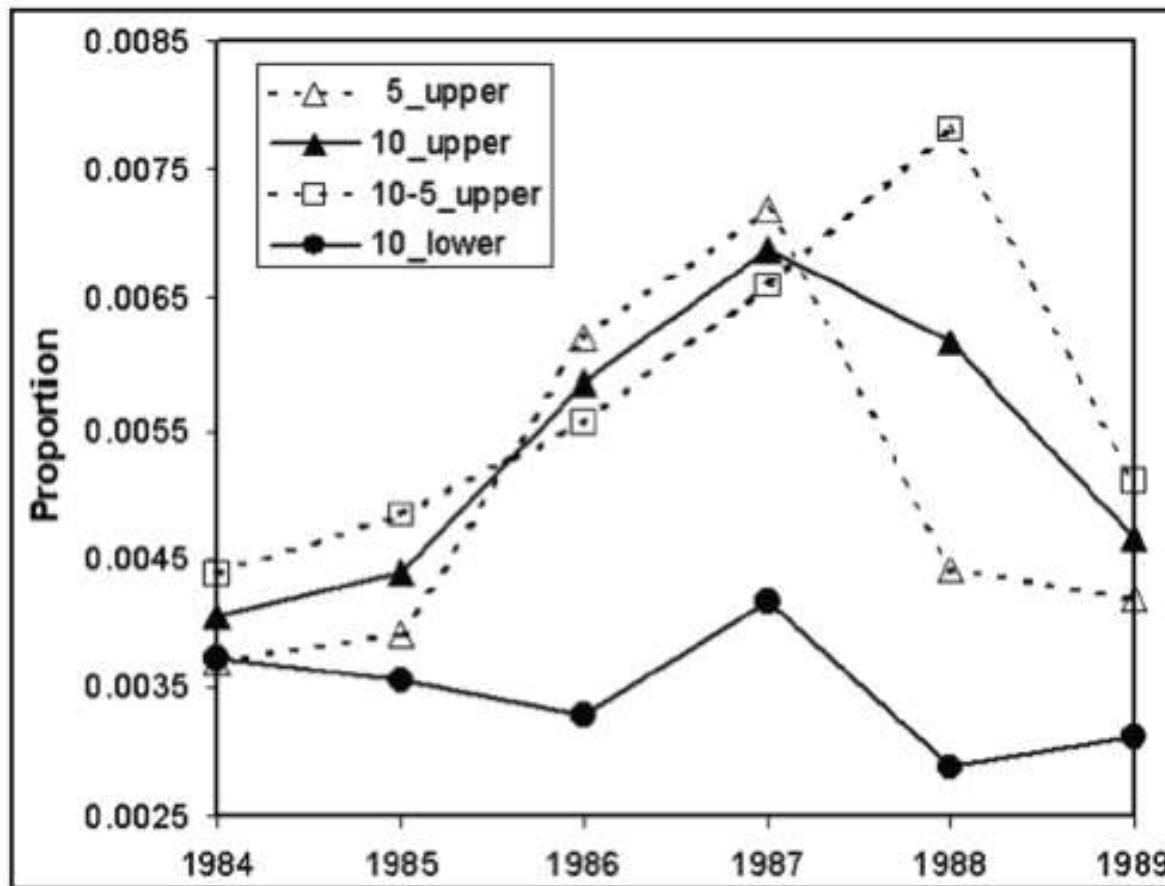


37.2 kBq/m²

4.5 kBq/m²

ドイツ・バイエルン州における先天性心臓奇形児の出生率
 ICD9コード 745.4(心室中隔欠損)+ 745.5(二次口型心房中隔欠損)
 2797例

相対リスク(RR): 1.013、 $p = 0.0020$ 、1 kBq/m²あたり
 相対リスク(RR): 1.830、 $p = 0.0020$ 、年間1 mSvあたり

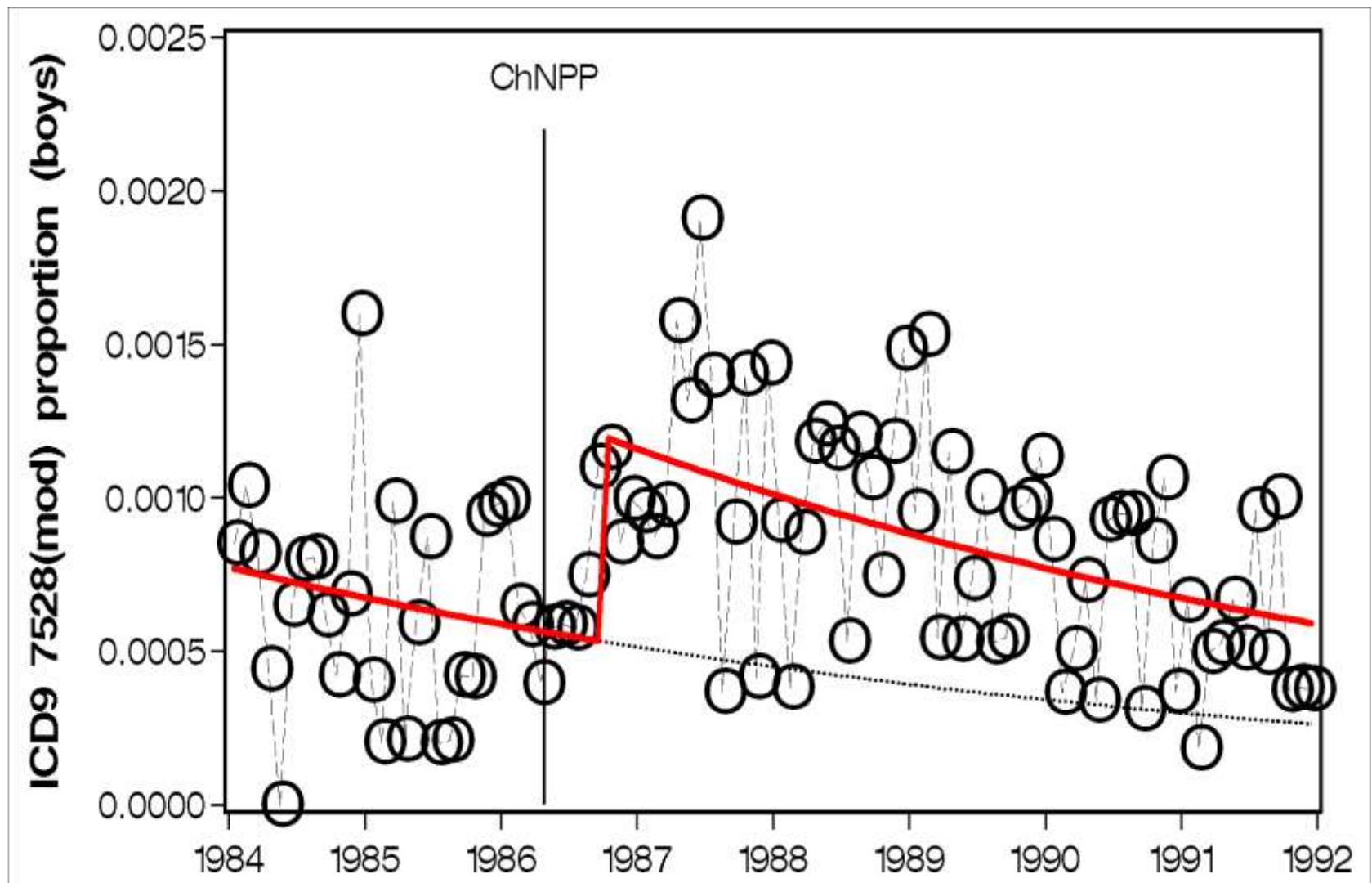


37.2 kBq/m²

4.5 kBq/m²

ドイツ・バイエルン州における頭蓋、顔面、顎、頸部、脊椎、股関節、下肢の長骨, および足の奇形の出生率
(ICD9コード 754.0-754.4, 754.6-754.8(主要先天性筋骨格異常), 756.5(骨形成異常)、3686例

相対リスク(RR): 1.018、 $p = 0.000036$ 、有意差大、セシウム137 1 kBq/m² あたり
相対リスク(RR): 2.295、 $p = 0.000036$ 、有意差大、年間1 mSvあたり



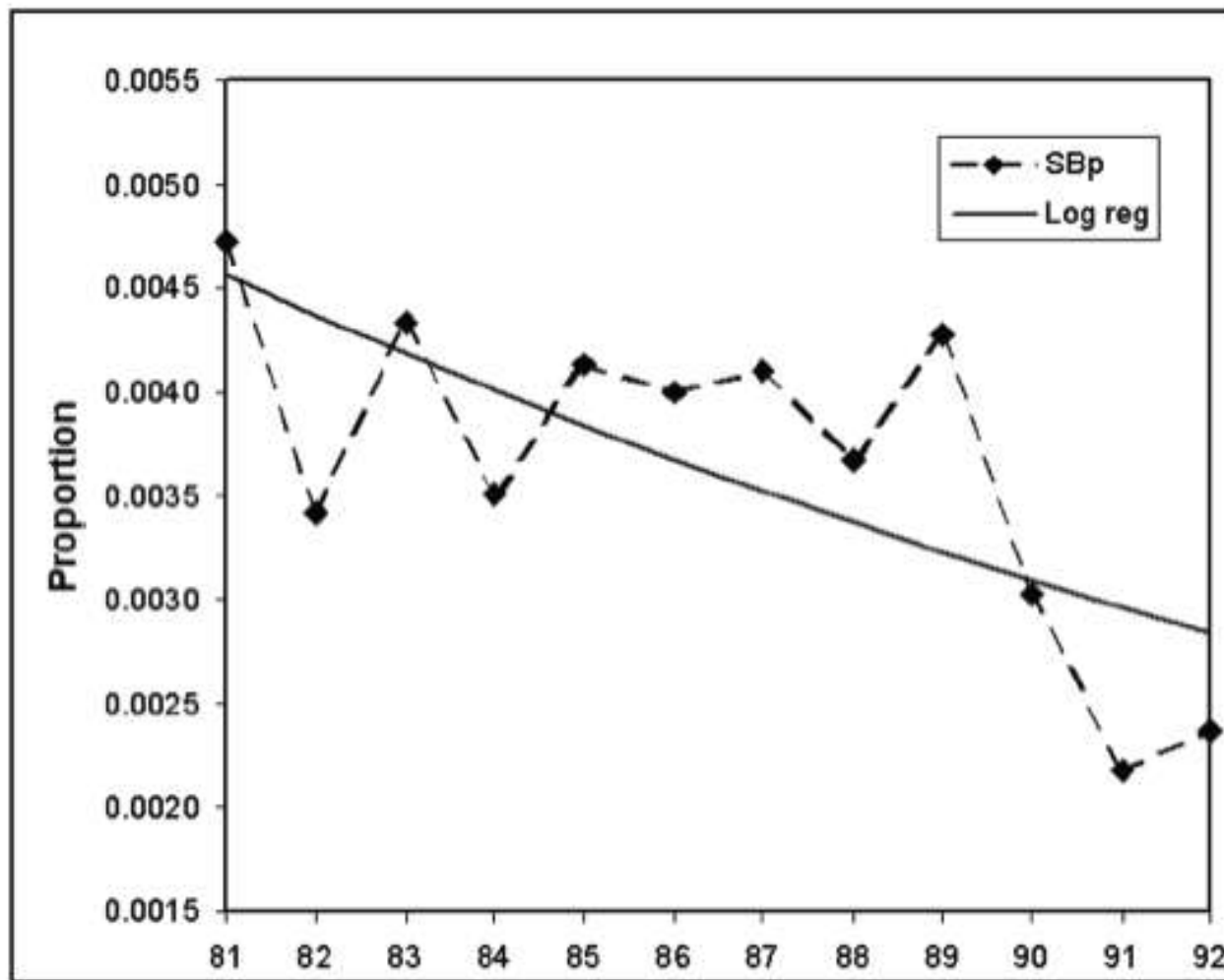
ドイツ・バイエルン州における男児の生殖器の先天性奇形
(ICD9コード 752.8(生殖器のその他の明示された異常))

1986年10月の急増のオッズ比 (OR) : $OR = 2.26, p < 0.0001$

死産

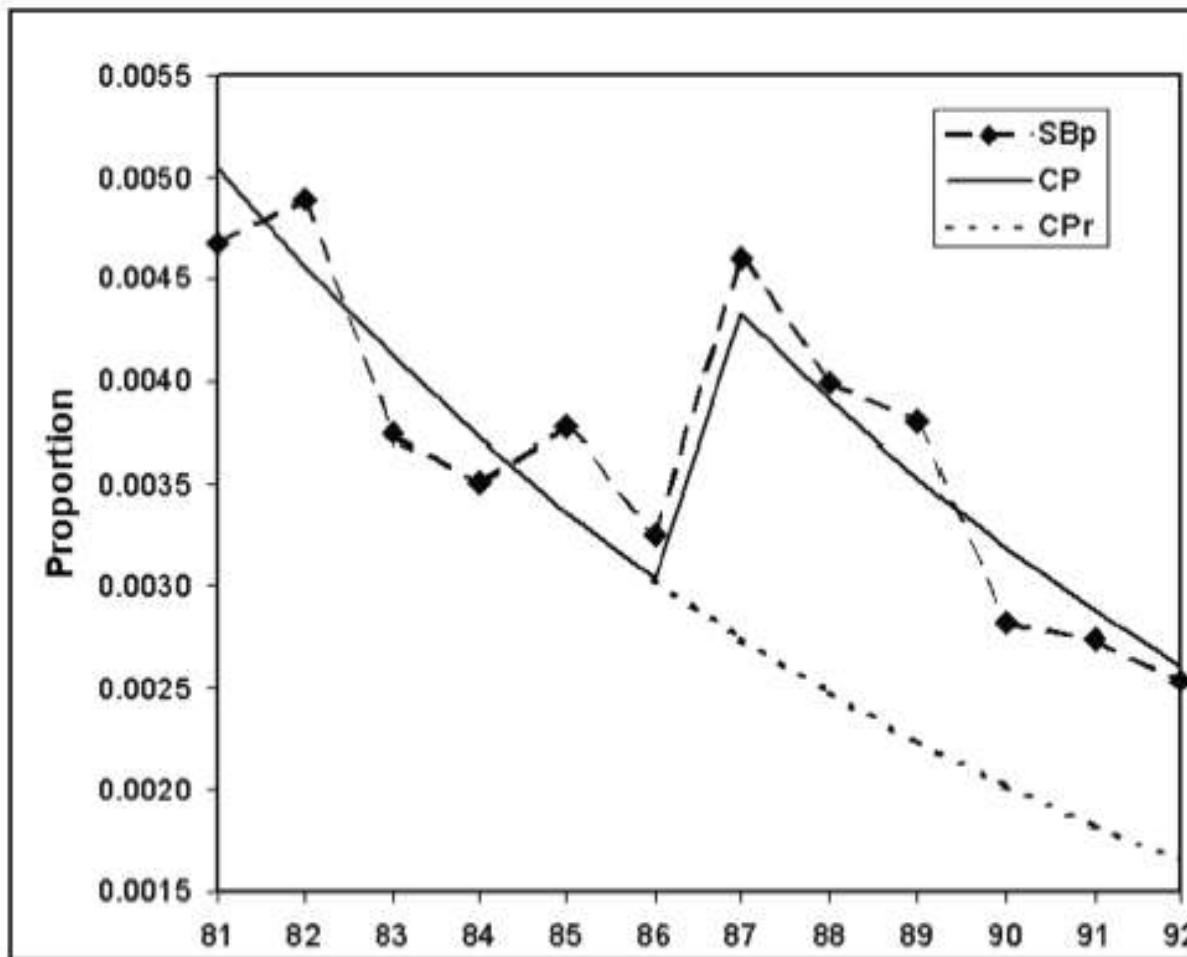
死産率の定義

死産率 = 死産数 : 総出生数



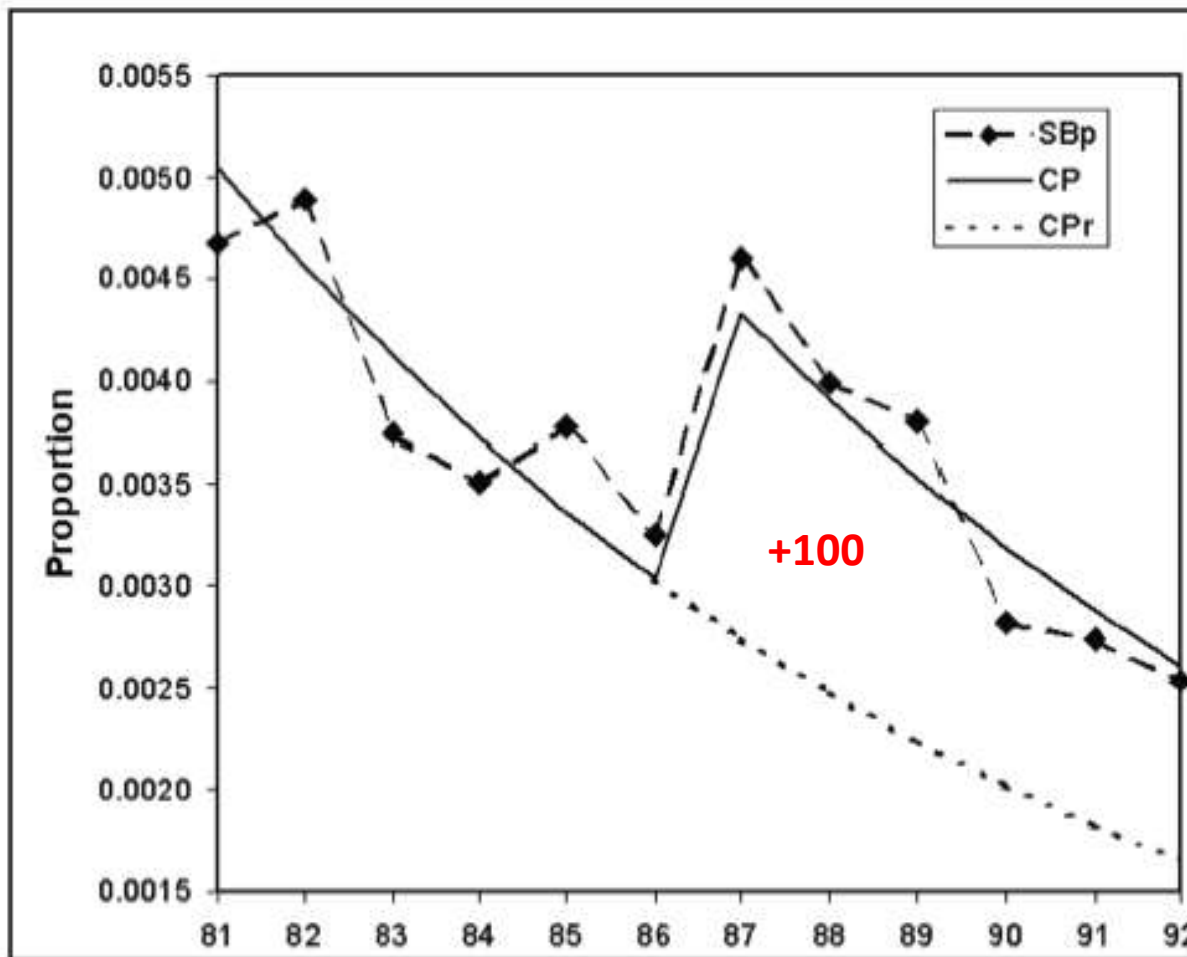
ドイツ・バイエルン州の汚染が**最小の**10の合併地区における
死産率 (SBp)

セシウム137沈着量中央値: **4.5 kBq/m²**
有意な変化点なし



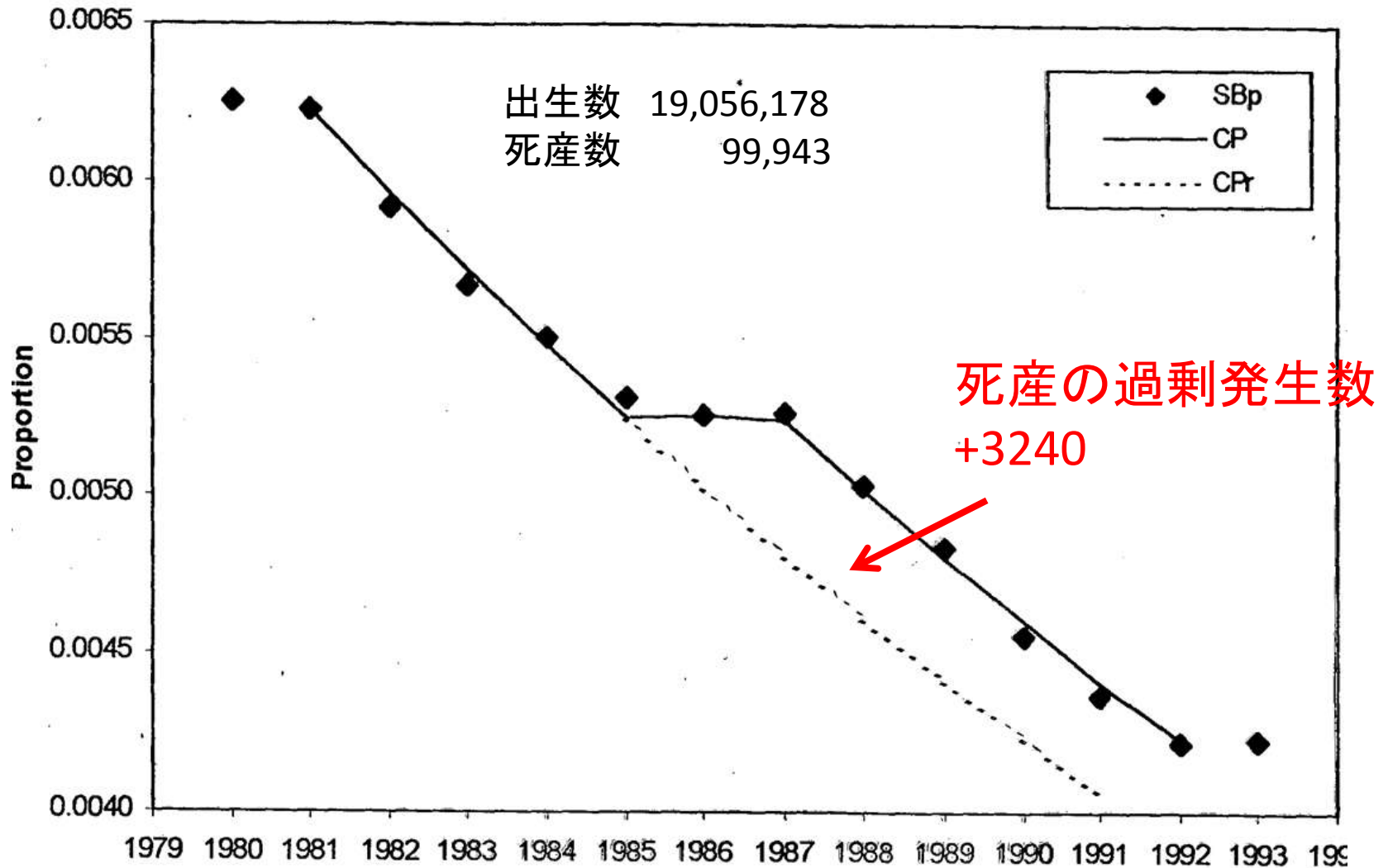
ドイツ・バイエルン州の汚染が**最大の10の合併地域**における
死産率 (SBp)

セシウム137沈着量中央値: **37.2 kBq/m²**
1987年に有意な変化点、 $p = 0.0091$

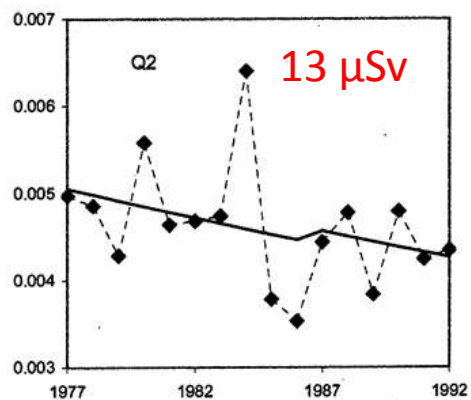
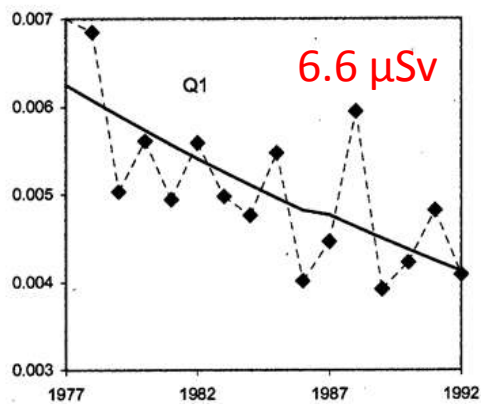


ドイツ・バイエルン州の汚染が最大の10の合併地域における
死産率 (SBp)

セシウム137沈着量中央値: 37.2 kBq/m^2
1987年に有意な変化点、 $p = 0.0091$

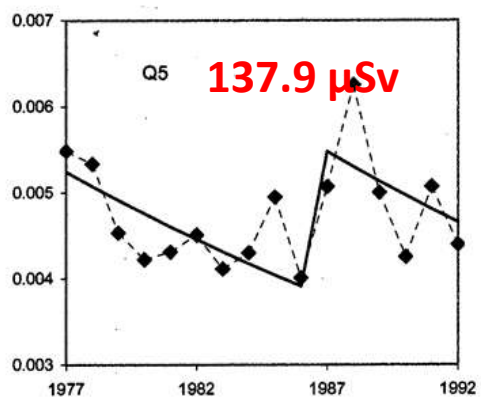
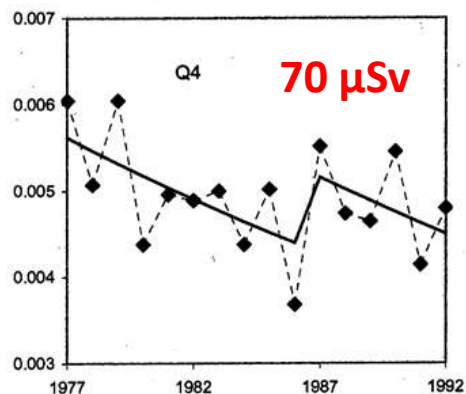
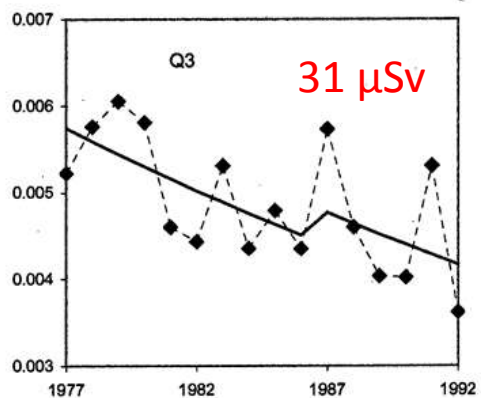


デンマーク、ドイツ・バイエルン州+東ドイツ+西ベルリン、ハンガリー、アイスランド、ラトビア、ノルウェー、ポーランド、スウェーデンにおける死産率、変化点(CP)と低減型変化点 (CPr) のモデル +3240、95%信頼区間 [1973, 4560]、 $p = 0.00000031$



フィンランドにおける被ばく
線量5分位値ごとの死産率

1986年5月に中央値



1987年に被ばく線量に比例して増加

年間1 mSvあたりの相対リスク(RR): 1.25

95% 信頼区間 [1.10, 1.42], $p = 0.0006$

フィンランドでは、1987年から1994年の間に、409件の死産が過剰発生

死産と先天性奇形

1 kBq/m² あたりの相対リスク(RR)が有意

1.005 – 1.020

新生男児：新生女児

m : f

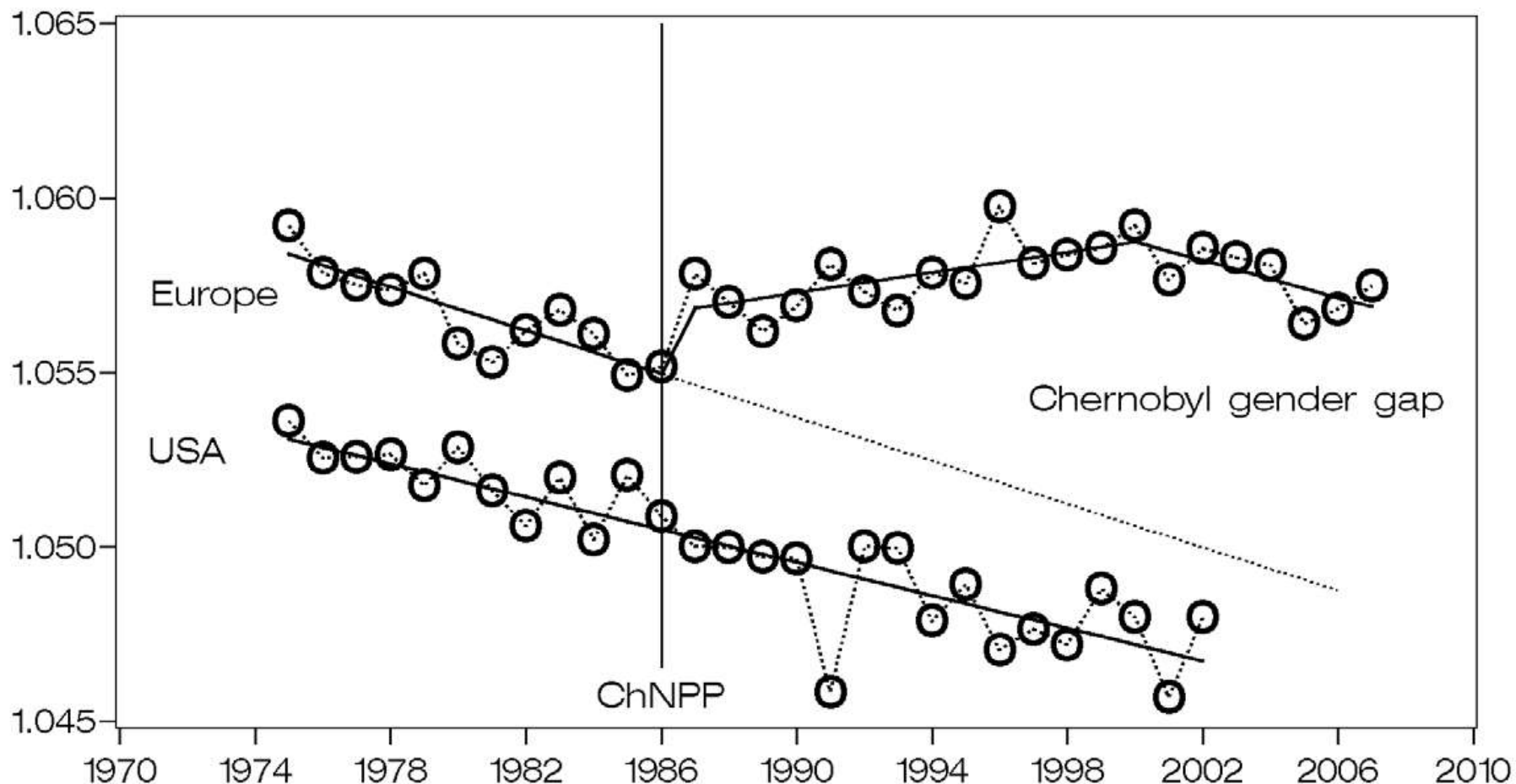
性オッズ (= m : f)

105 : 100

1.05

註：ここから先のスライドに出て来る「出生性オッズ」は、厳密には“Live birth sex odds”で、生産児（死産児の反対）、すなわち、出生時に生存している新生児の性オッズのことであるが、表現の簡略化のため、文中では「出生性オッズ」と示されている。

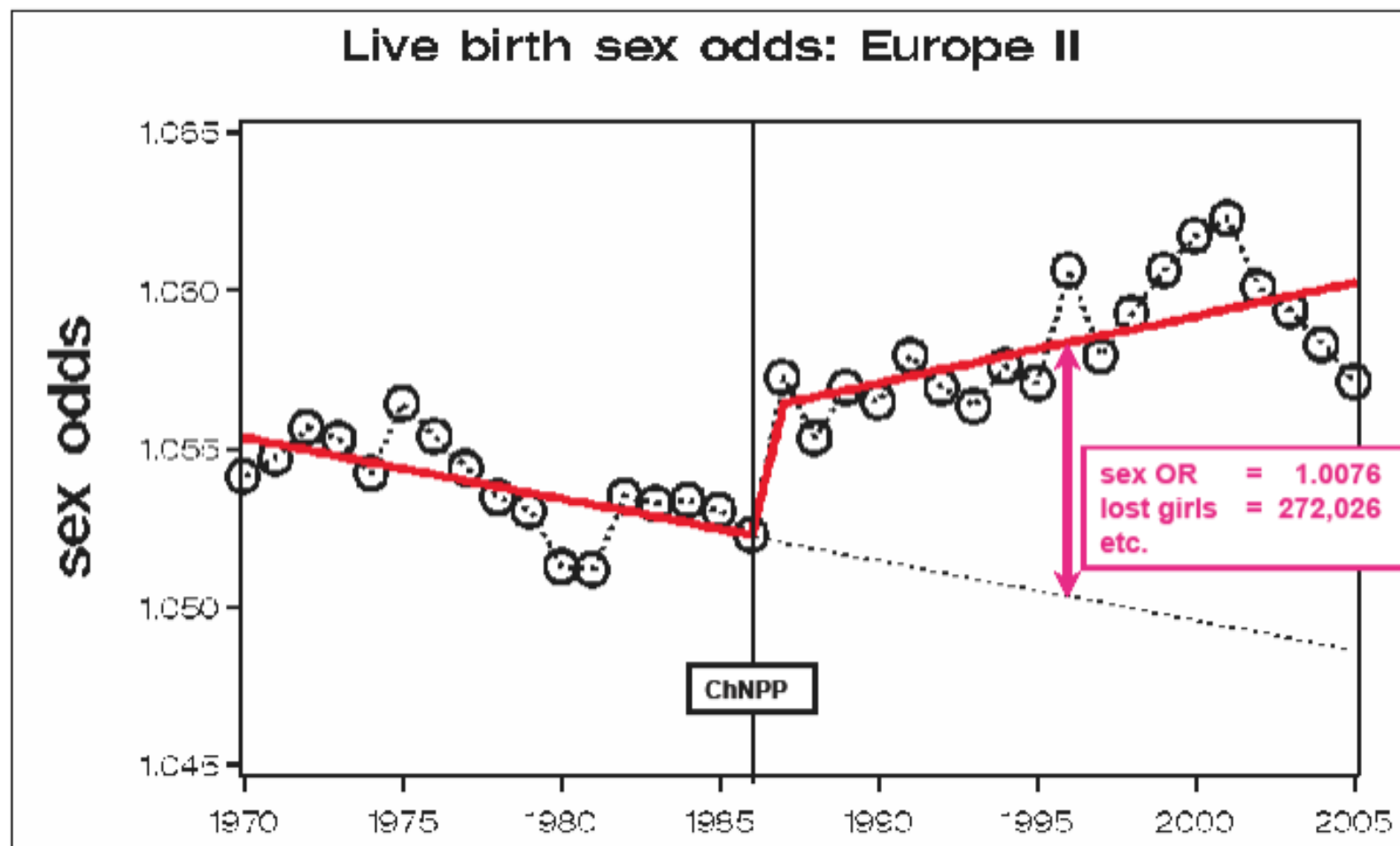
live birth sex odds



欧州38カ国における出生性オッズの傾向の変化—
チェルノブイリ・ギャップ

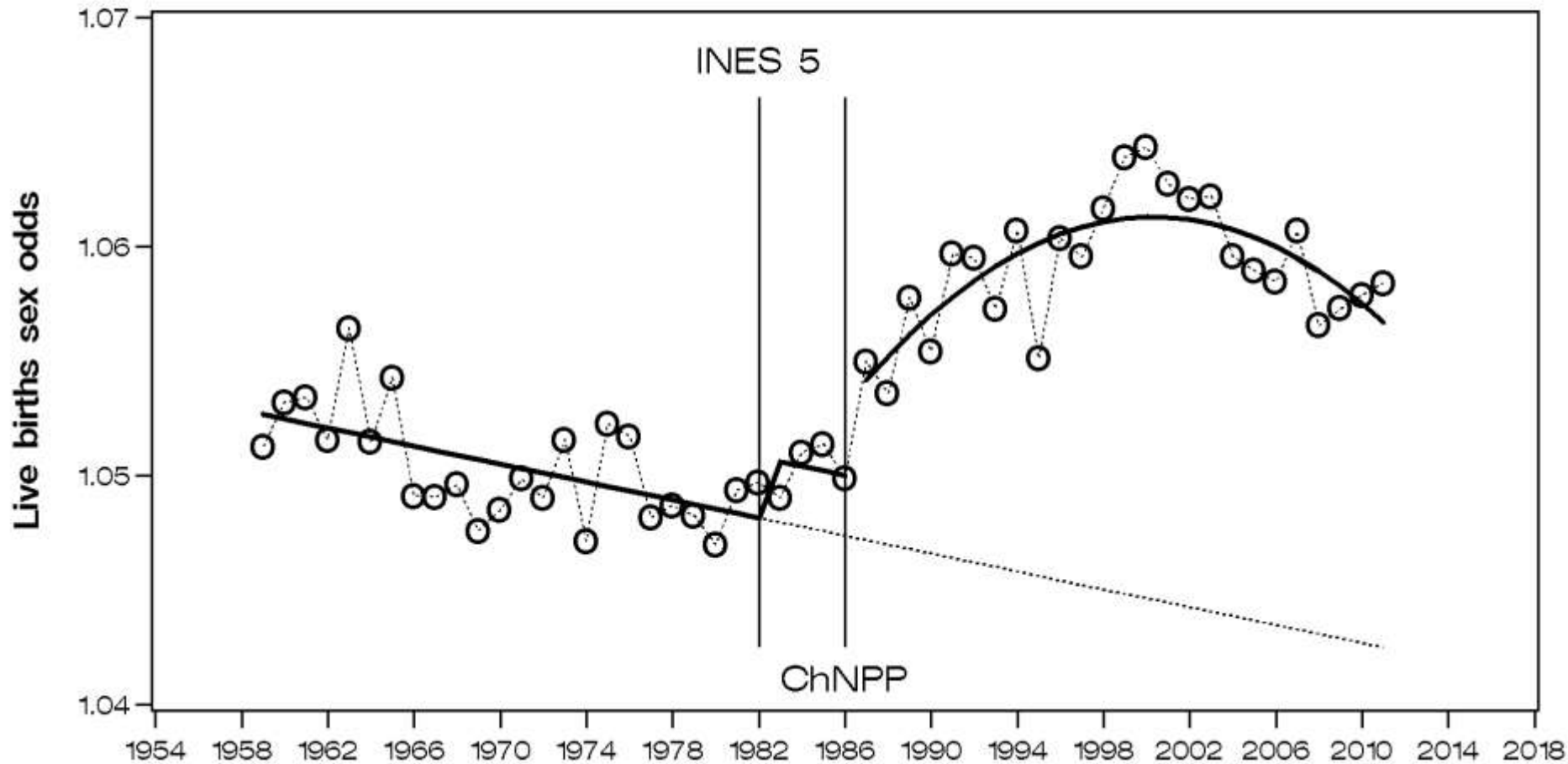
米国では傾向に変化なし

Lost children in Europe II (1987-2005) – not conservative, preliminary



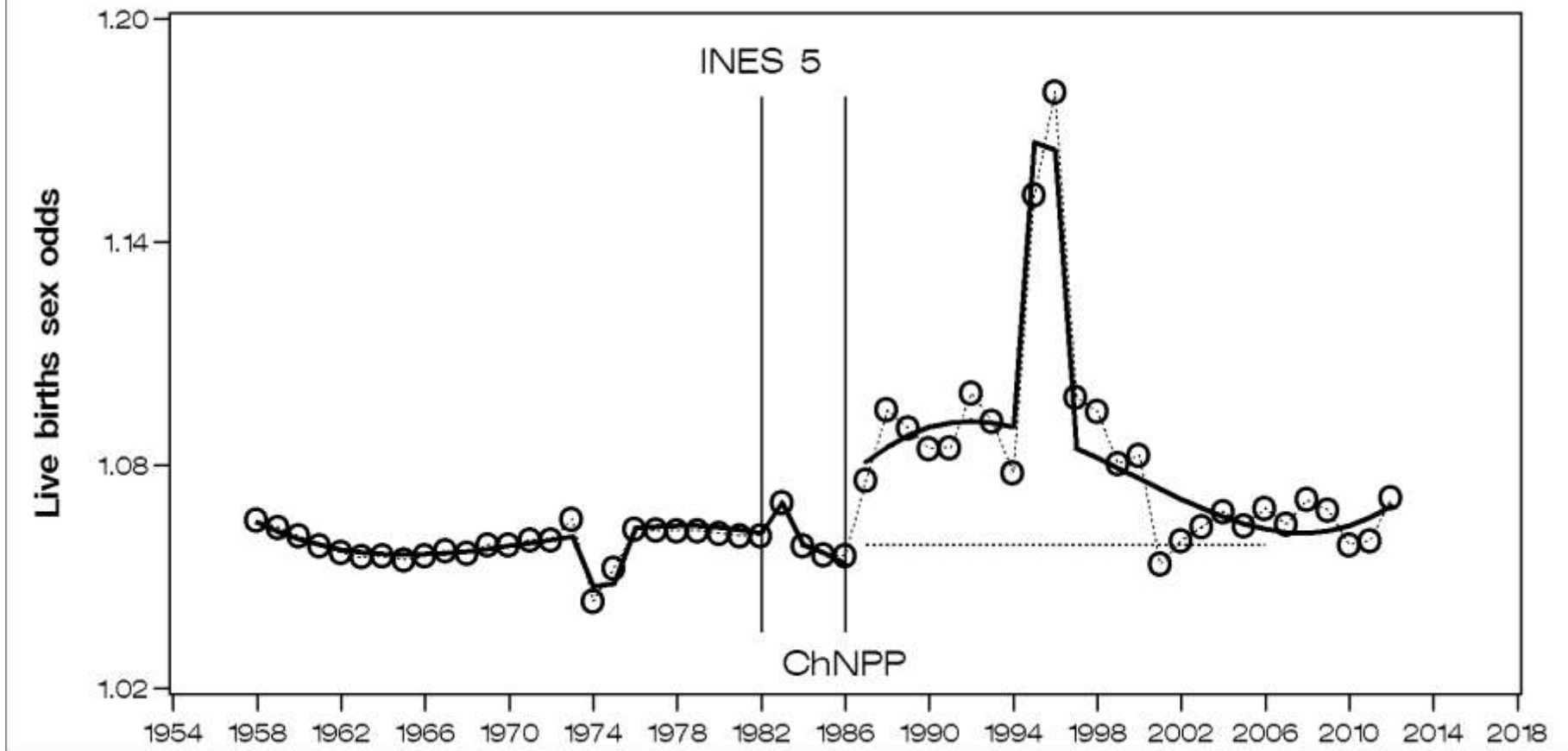
チェルノブイリ事故後の欧州における子どもの損失

Russia 1959 — 2011, jmp1 p = 0.0216, jmp2 p < 0.0001



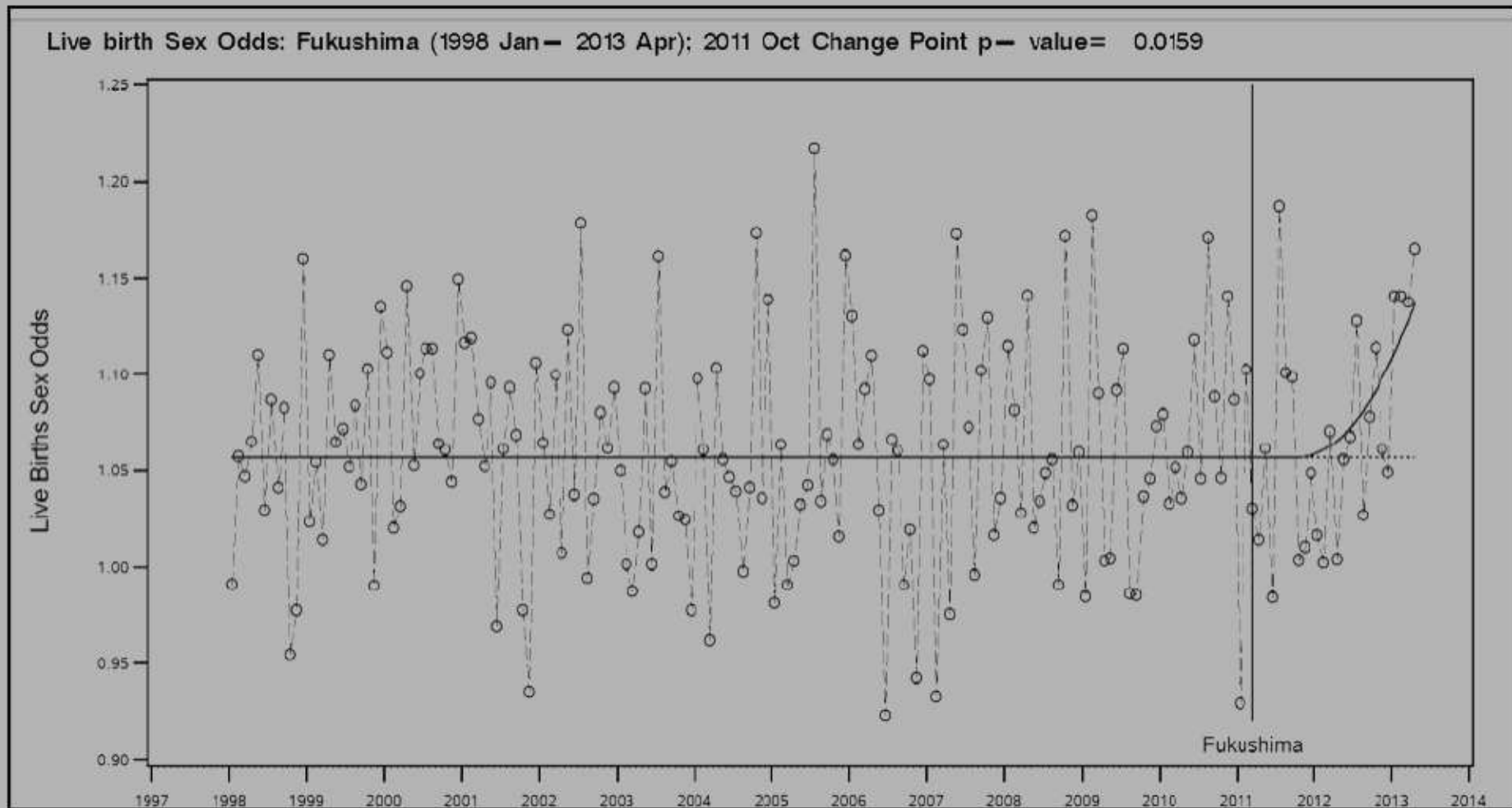
1986年のチェルノブイリ事故後のロシアにおける
出生性オッズ(男児/女児)の変化
(1982年にチェルノブイリでINESレベル5の事故)
(INES=国際原子力事象評価尺度)

Cuba 1958 — 2012, peak 1983 $p = 0.1593$, jmp2 $p < 0.0001$



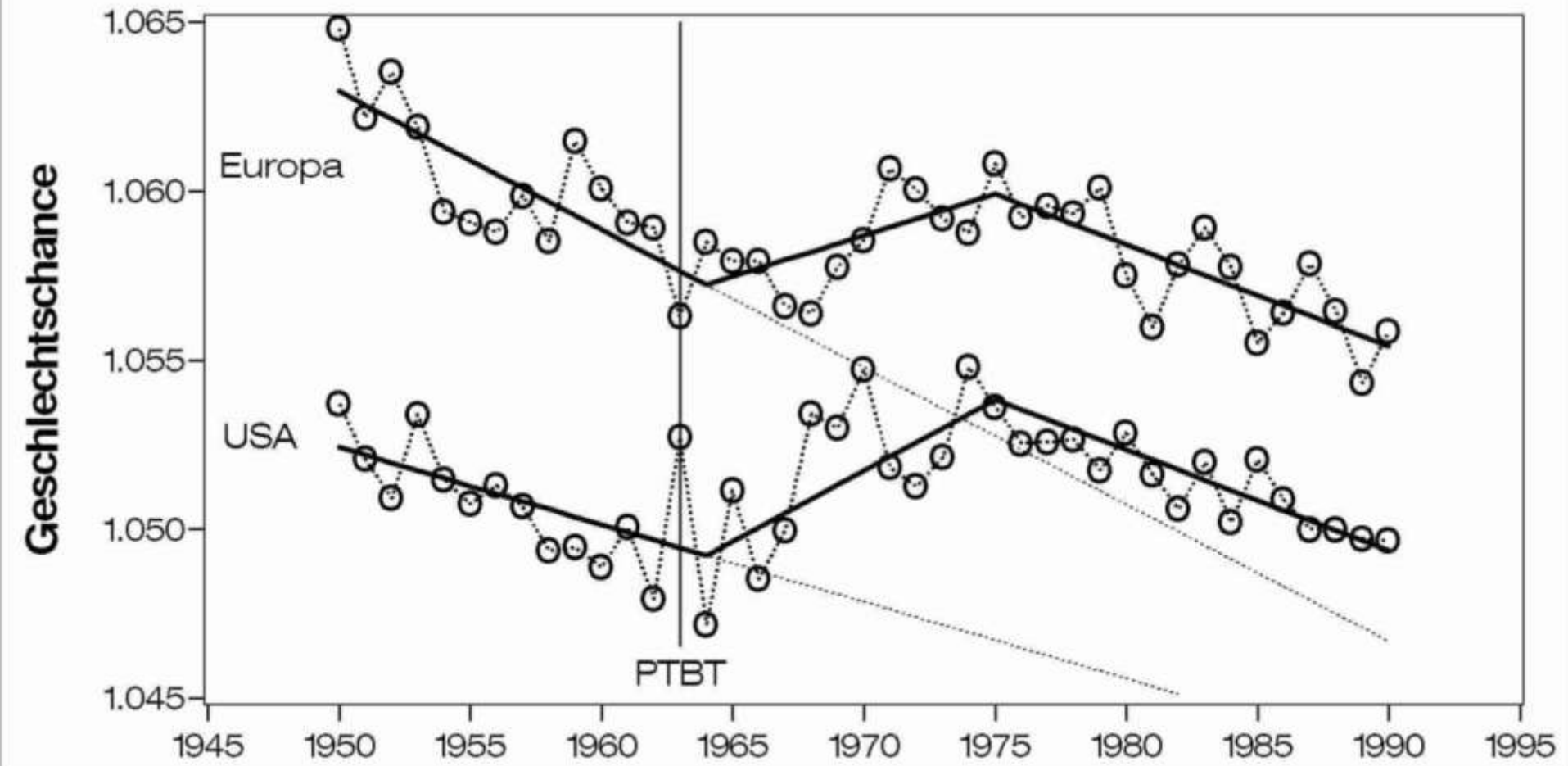
チェルノブイリ事故後のキューバにおける
出生性オッズ(男児/女児)の変化

原因はロシアからの輸入食品か?



2011年3月以後の福島県における
出生性オッズ(男児/女児)の変化

Europäische Länder 1950 — 1990; USA 1950 — 1990



大気圏内核実験期間後の欧州と米国における子どもの損失

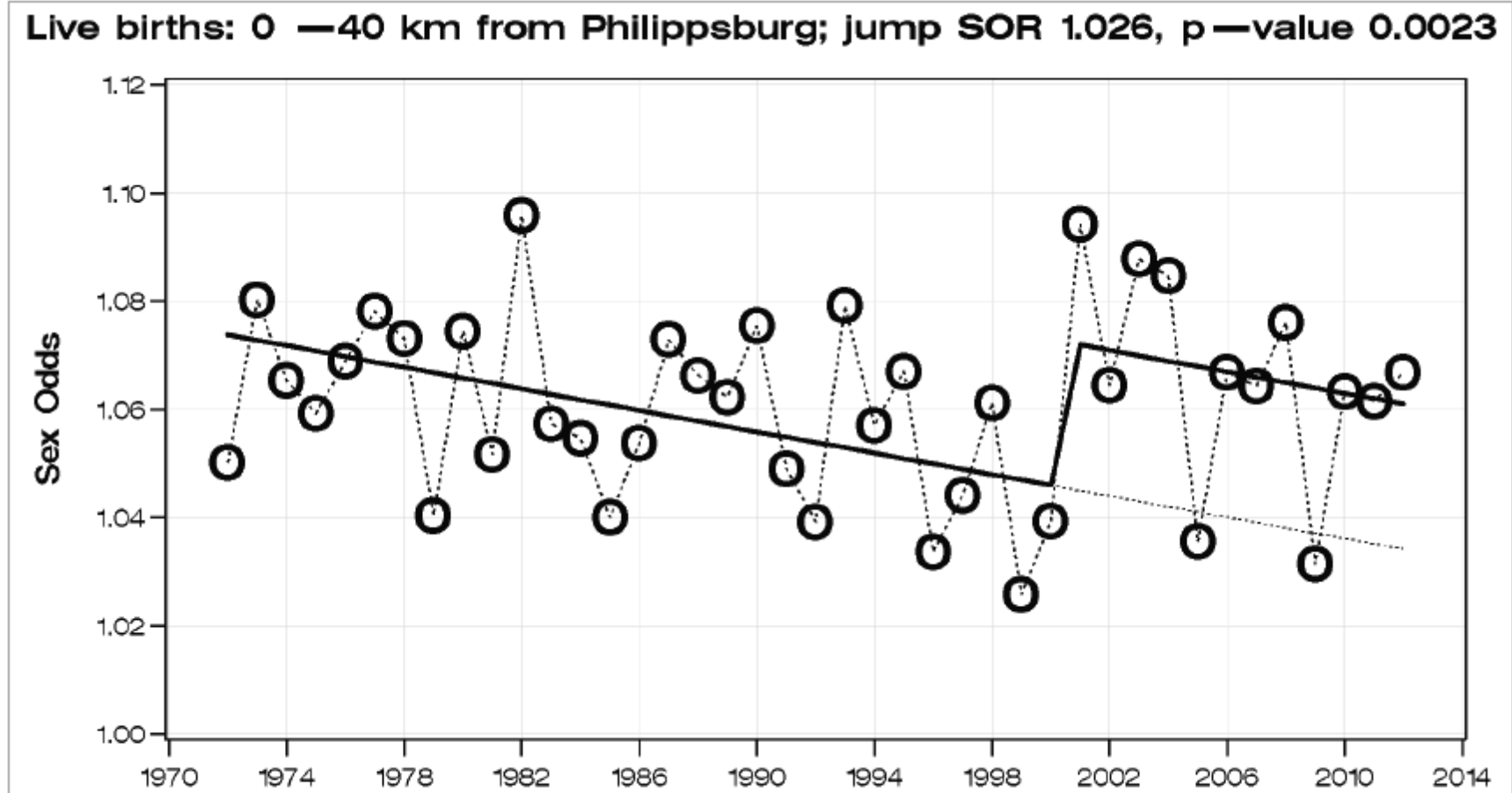


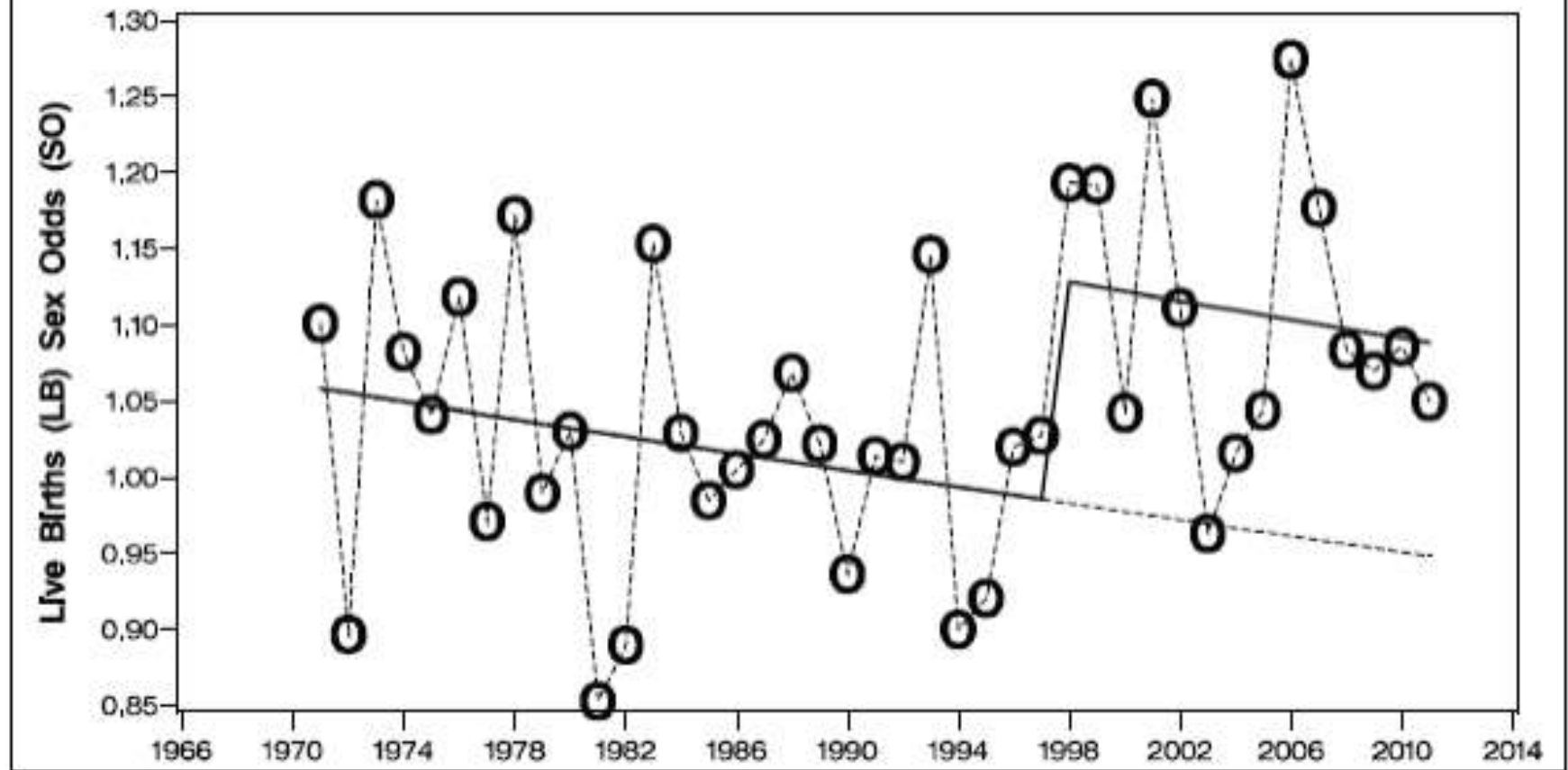
Fig. 1. Trend of the human sex odds at birth within 40 km from the HAW storage Philippsburg

ドイツ・フィリップスブルク原発近郊の高レベル放射性廃棄物(使用済み核燃料)中間貯蔵施設

2001年中頃に使用開始

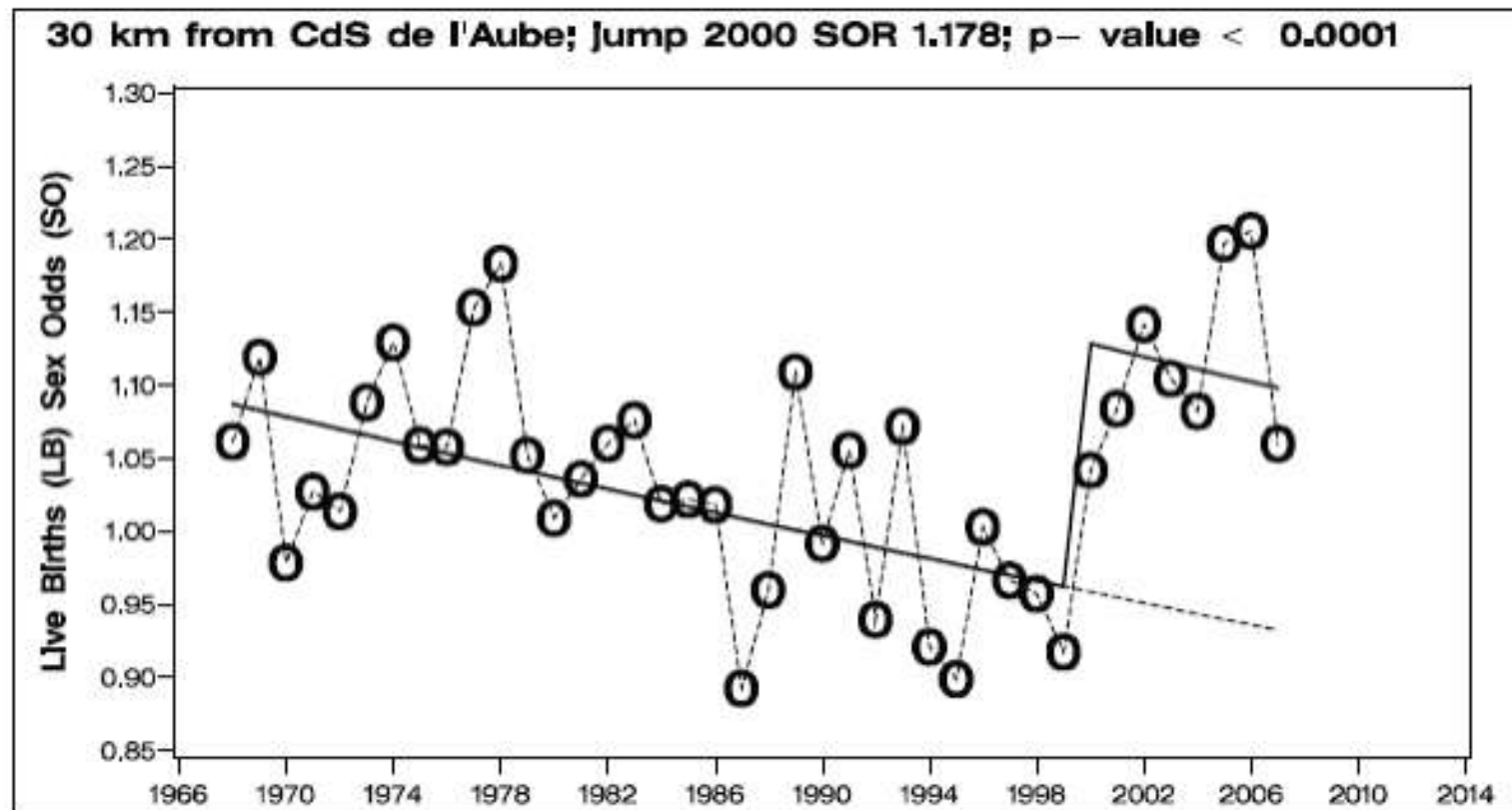
2001年中頃から出生性オッズ(男児/女児)が急増－有意差大

30 km from TBL Gorleben; jump 1998 SOR 1.148; p-value = 0.0011



ドイツ・ゴアレーベン中間貯蔵施設から30 km周辺
で出生性オッズ（男児/女児）が急増

最初のキャスクの搬入: 1995年春

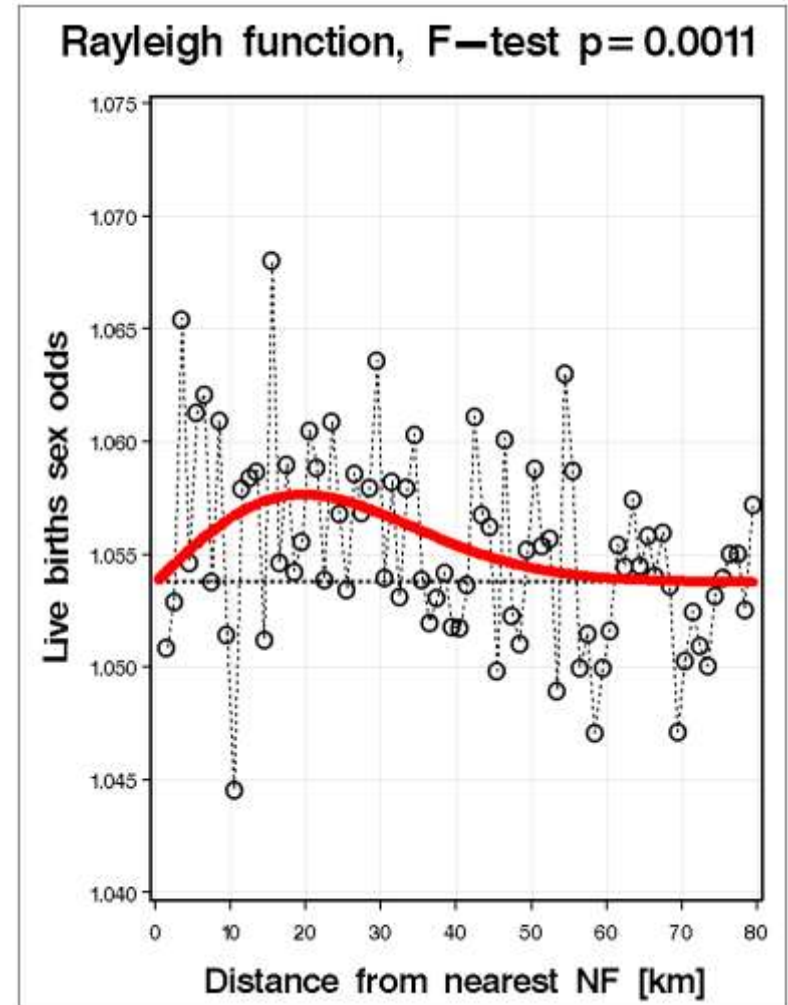
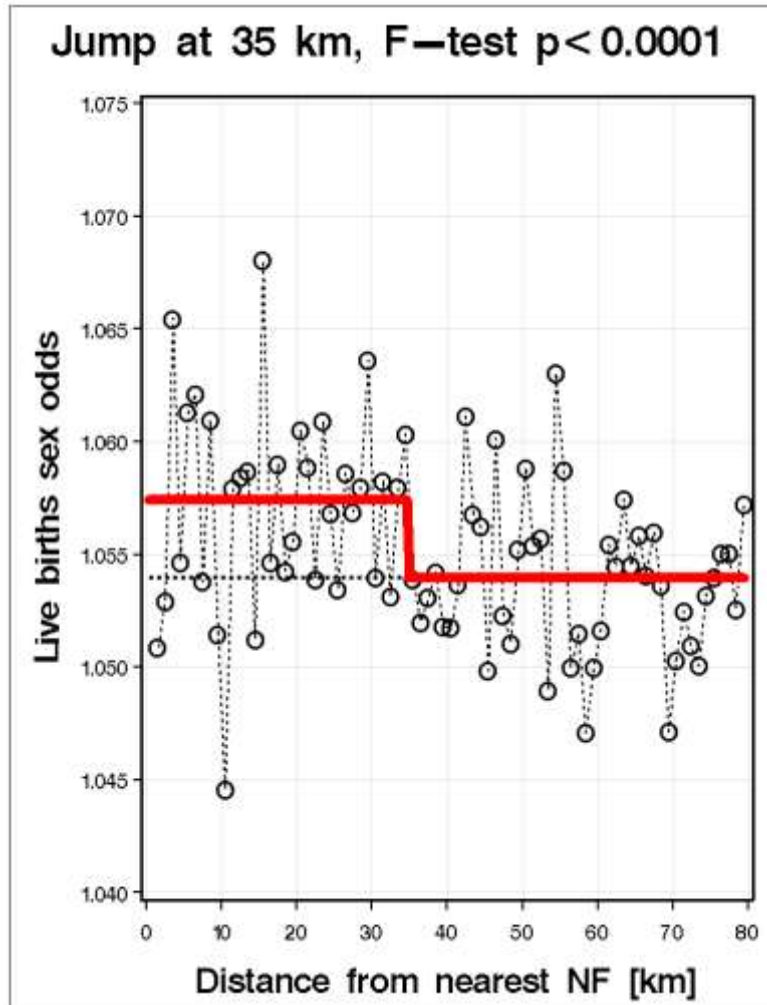


フランス・オーブ低中レベル放射性廃棄物処分場
(CdS)から30 km周辺で、
2000年に出生性オッズ(男児/女児)が急増

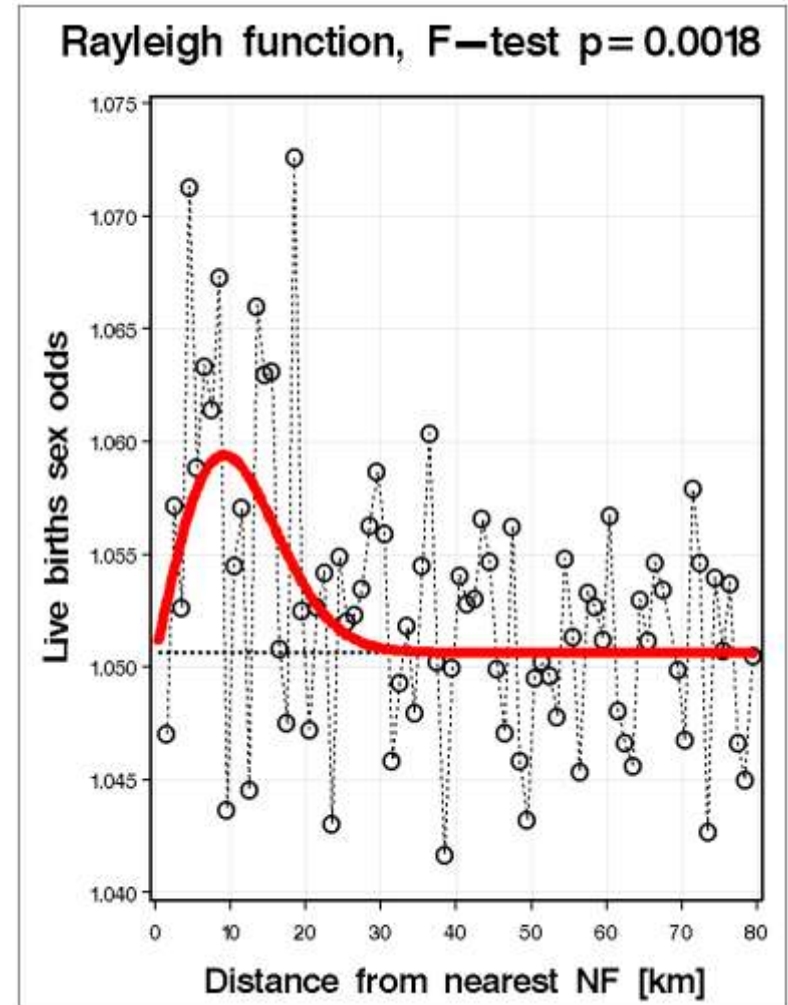
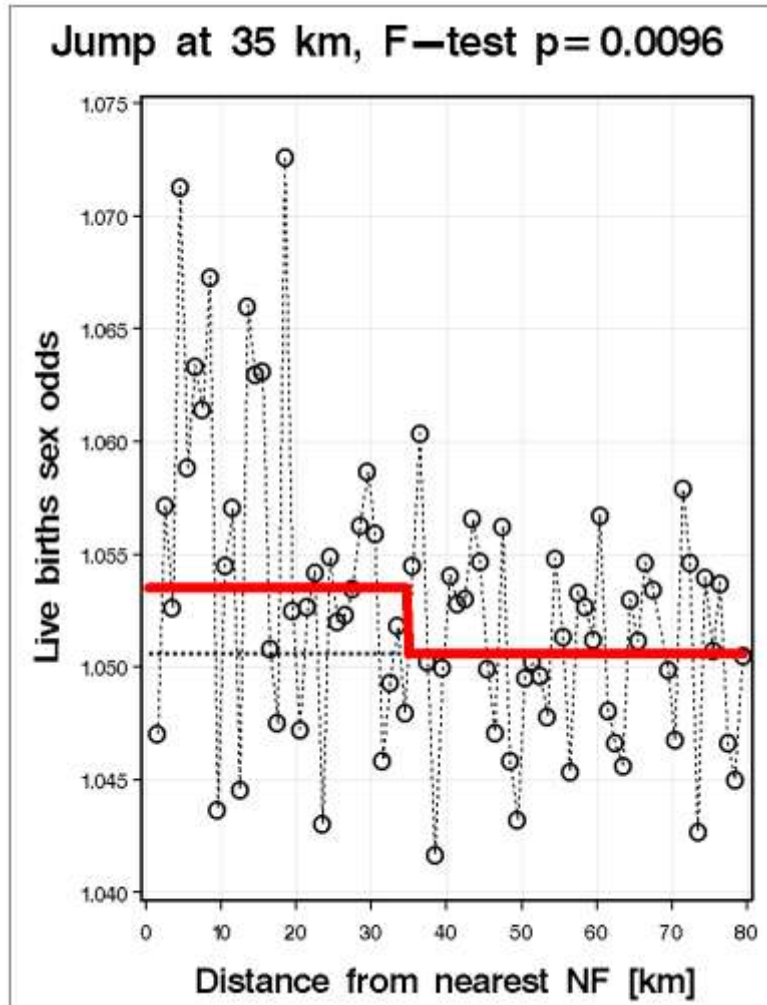
1998年以降、ドイツ・ゴアレーベンとフランス・CdSから
30 km 周辺で約1,200人の女児が不足

ドイツとスイスでの結果: 原子力施設32ヶ所

公表結果の更新 [シェアブ&フォイクト、2011年](#) [クスミーツ、フォイクト&シェアブ、2010年](#)

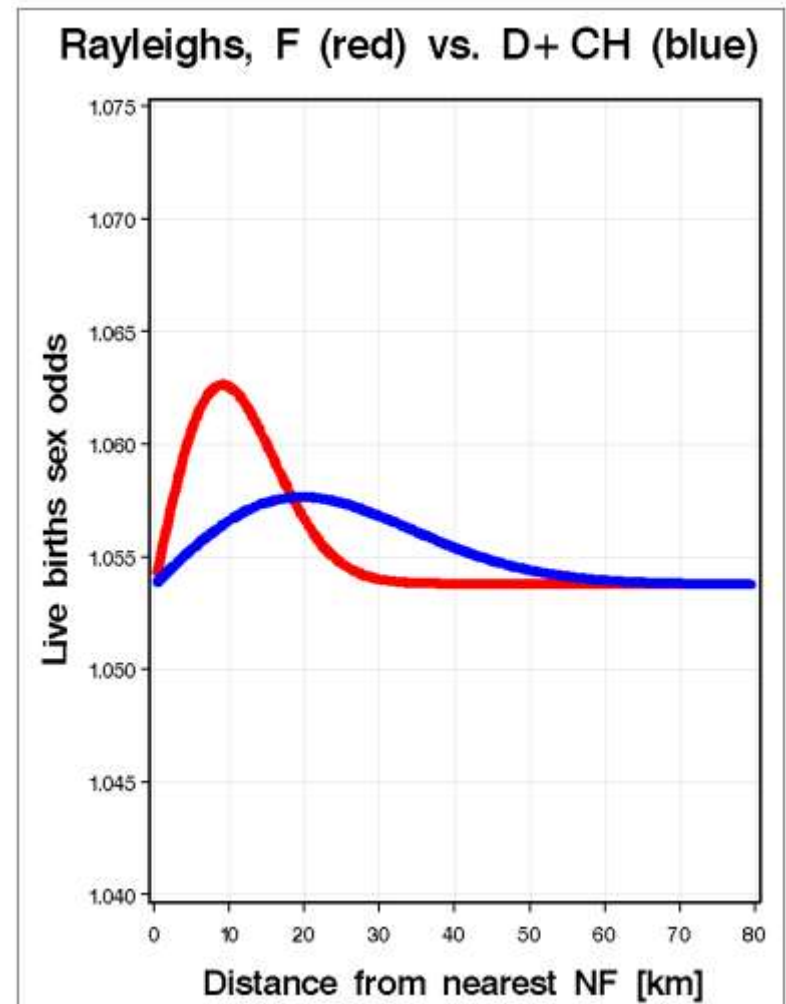
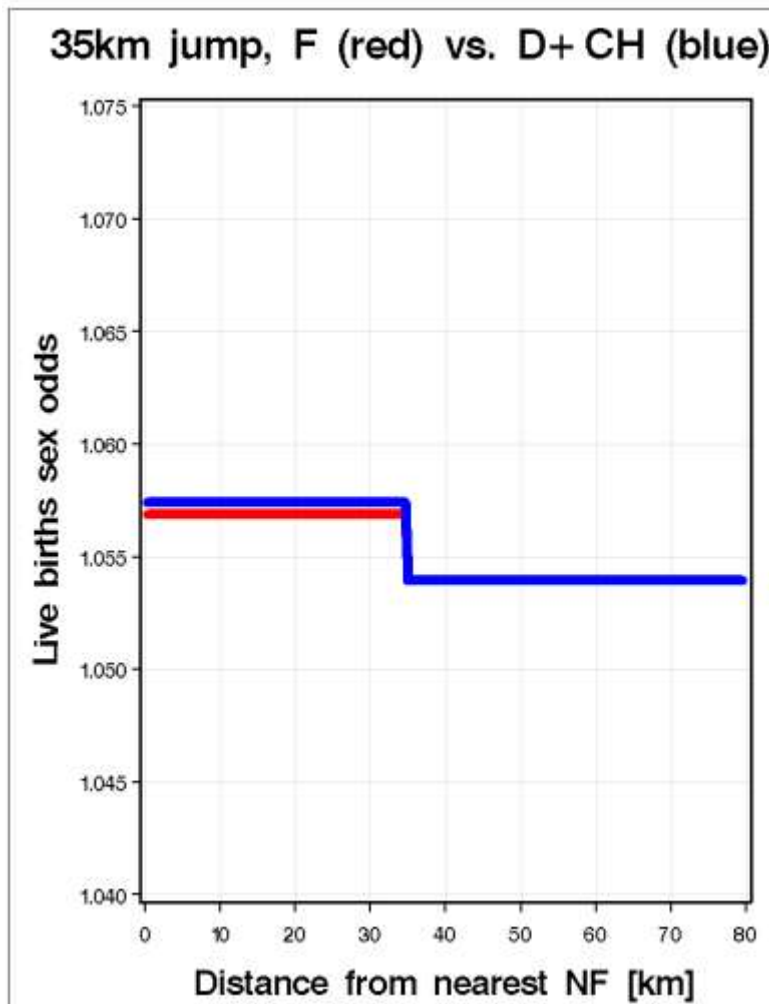


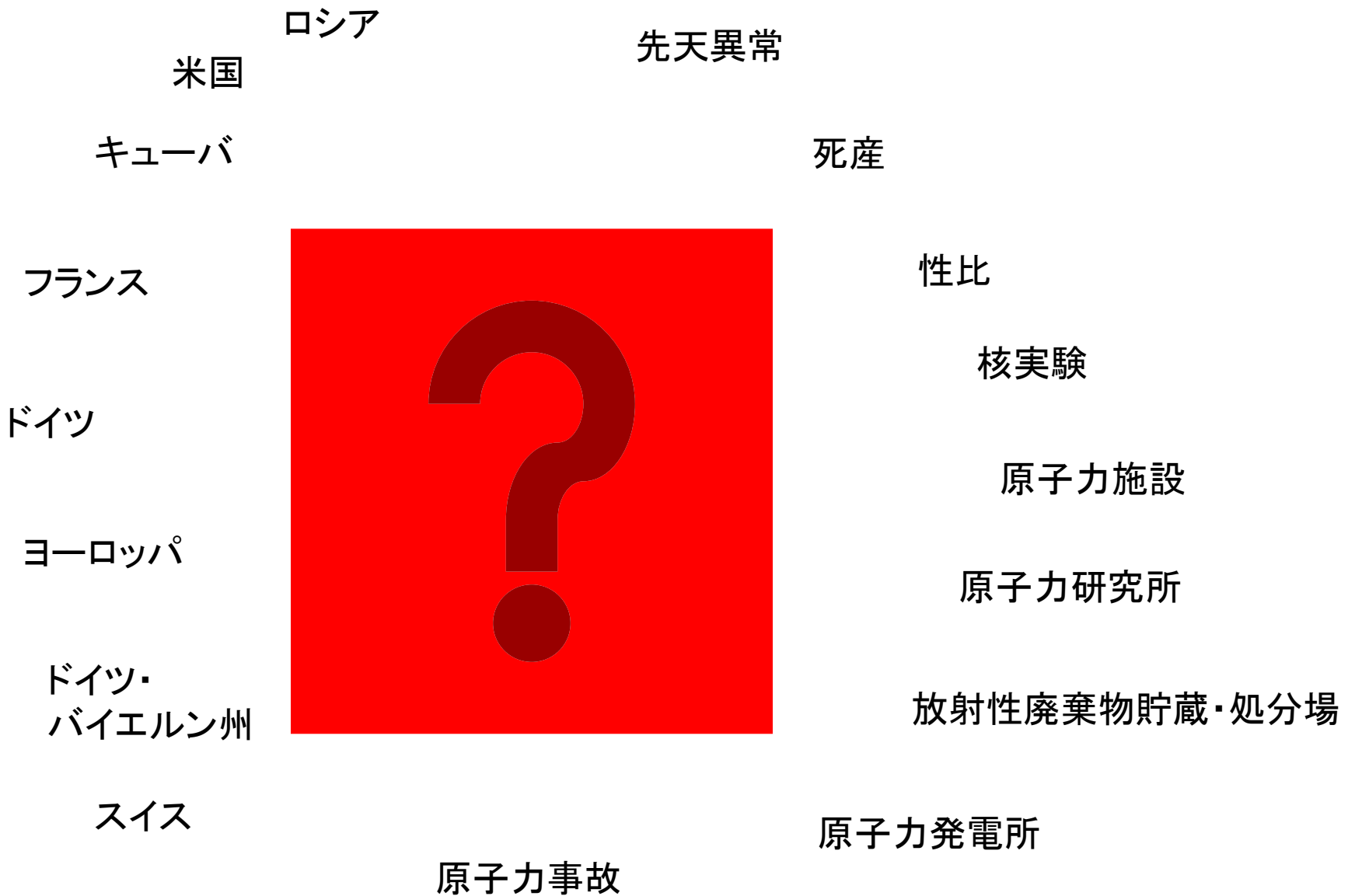
フランスでの結果: 原子力施設 28ヶ所



全体像の結果：フランス（赤線） ドイツ + スイス（青線）

フランスのベースラインが調整された！





米国

先天異常

キューバ

死産

フランス

性比

ドイツ

核実験

ヨーロッパ

原子力施設

ドイツ・
バイエルン州

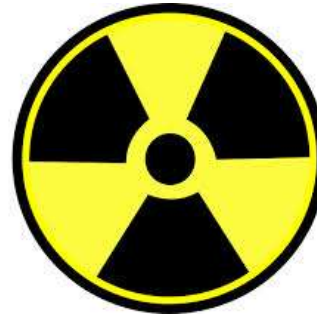
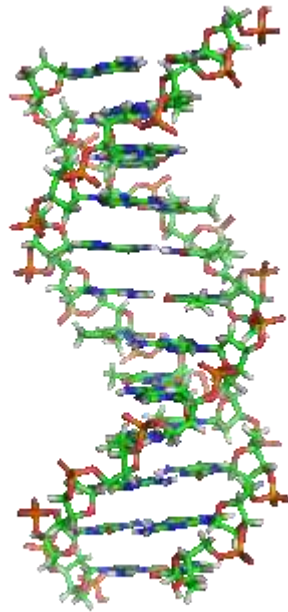
原子力研究所

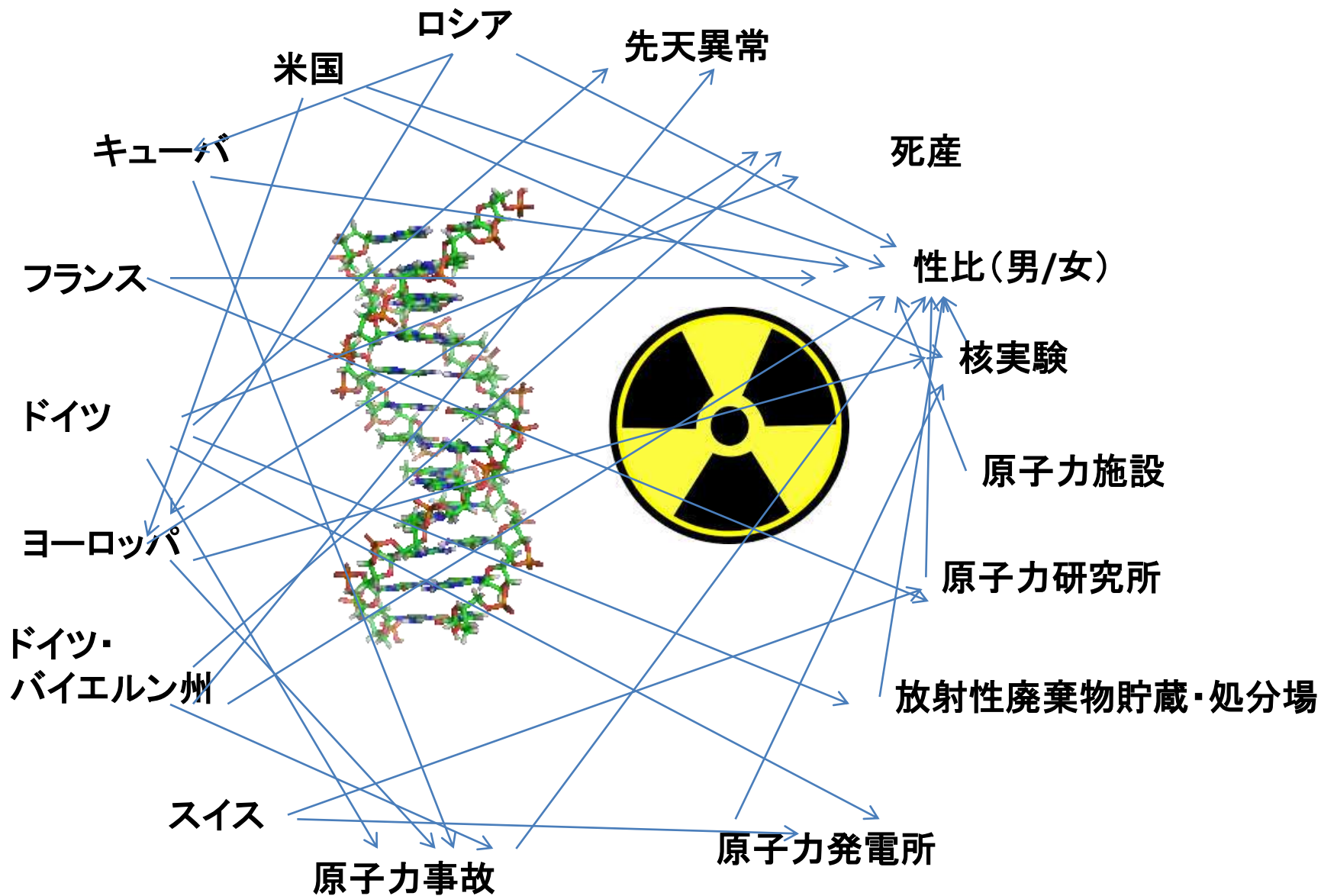
スイス

放射性廃棄物貯蔵・処分場

原子力事故

原子力発電所

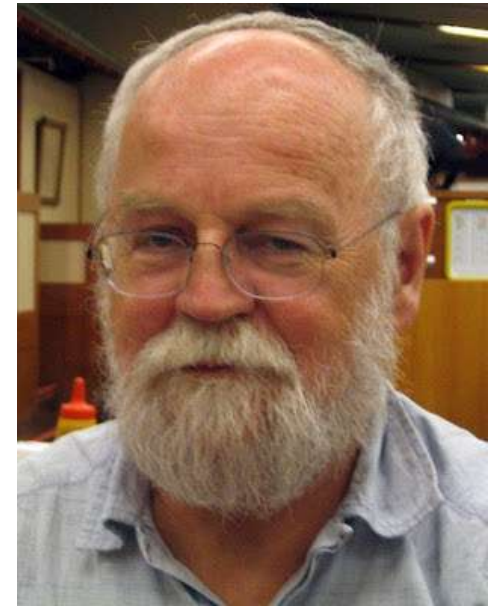






Dr. ハーゲン・シェアブ
計算生物学研究所
ミュンヘン・ヘルムホルツセンター

scherb@helmholtz-muenchen.de



Dr. セバスチャン・プフルークバイル
ドイツ放射線防護協会
ベルリン

pflugbeil.kvt@t-online.de

ご清聴ありがとうございました

ドイツ原子力マップ

稼働中の原子力発電所

最終停止された原子力発電所(廃炉中も含む)

廃炉が終了した原子力発電所

高レベル放射性廃棄物中間貯蔵施設(使用済み燃料)

高レベル放射性廃棄物中央中間貯蔵施設(使用済み核燃料、ガラス固化体)

低中レベル放射性廃棄物中間貯蔵施設

問題の起こっている最終処分場、アッセ、モアスレーベン(低中レベル)

稼働中の原子力関連工場

最終停止された原子力関連工場

解体された原子力関連工場

最終処分予定地ゴアレーベン(高レベル)、コンラード(低中レベル)

稼働中の研究炉

最終停止された研究炉

廃炉が終了した研究炉



	AKW in Betrieb		Standortzwischenlager für abgebrannte Brennelemente		Atomfabrik in Betrieb		Forschungsreaktor in Betrieb
	AKW außer Betrieb		Zentrale Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente		Atomfabrik außer Betrieb		Forschungsreaktor außer Betrieb
	AKW abgerissen		Zwischenlager für schwach-/mittelradioaktiven Müll (LAW/MAW)		Atomfabrik abgerissen		Forschungsreaktor abgerissen
	Uranhalten und Tailings		Havarierte Lager ASSE II und Morsleben		Geplante Lager Gorleben und Schacht KONRAD		