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（ミュンヒェン・ノイヘアベルク）の
ハーゲン・シェアブら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。

$$SR = 男児/女児 = m/f$$

- 男児の確率

$$p_{男児} = 男児/(男児＋女児) = m / (m + f)$$

を求めれば、より適切な、性オッズ（Sex Odds、SO）が導かれる。

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

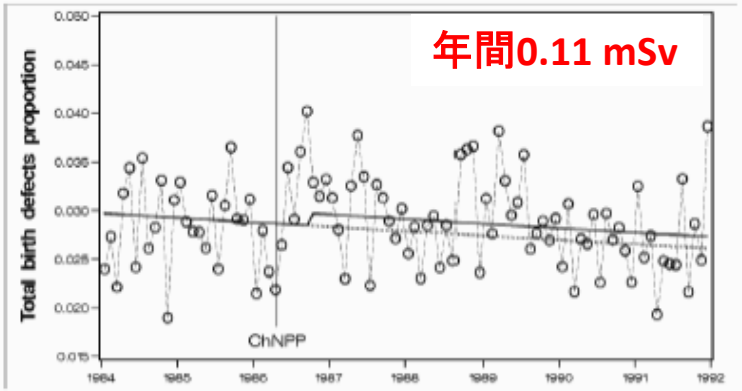
- 曝露群と非曝露群の2つの性オッズ（SO）を比較することにより、明白かつ自然な比率である 性オッズ比（Sex Odds Ratio、SOR)が導き出される。

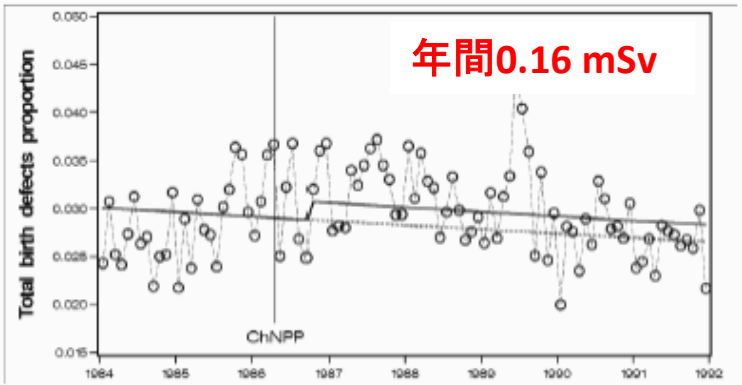
$$SOR = SO_{曝露群}/SO_{非曝露群}$$

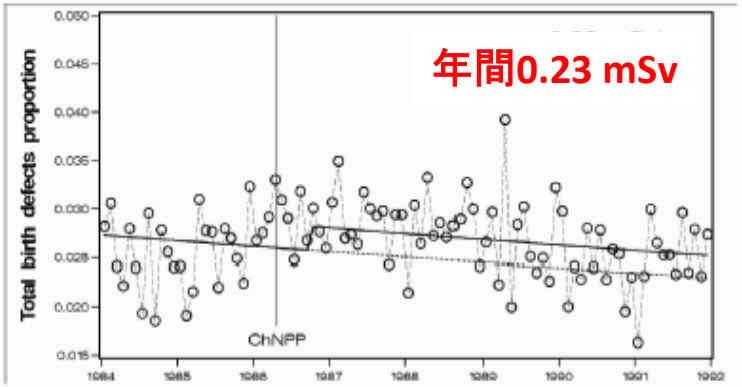
- 不便な用語である “*性比比（Sex Ratio Ratio）*” の使用を避けることができる。(ドイツ語だと: Geschlechtsverhältnisverhältnis 対 Geschlechtschancenverhältnis)

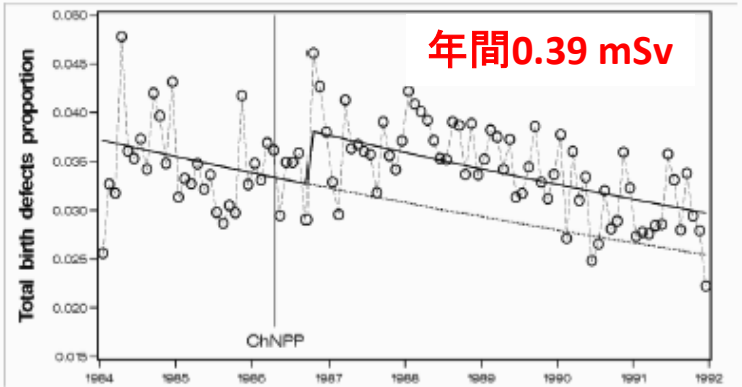
先天性奇形 (先天異常）

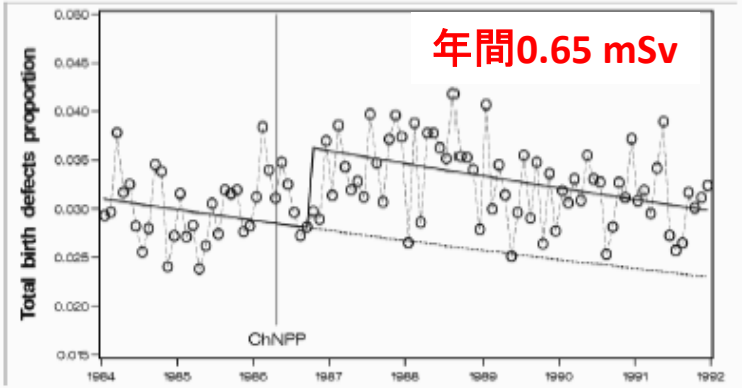
先天異常率 = 先天異常件数 : 総出生数











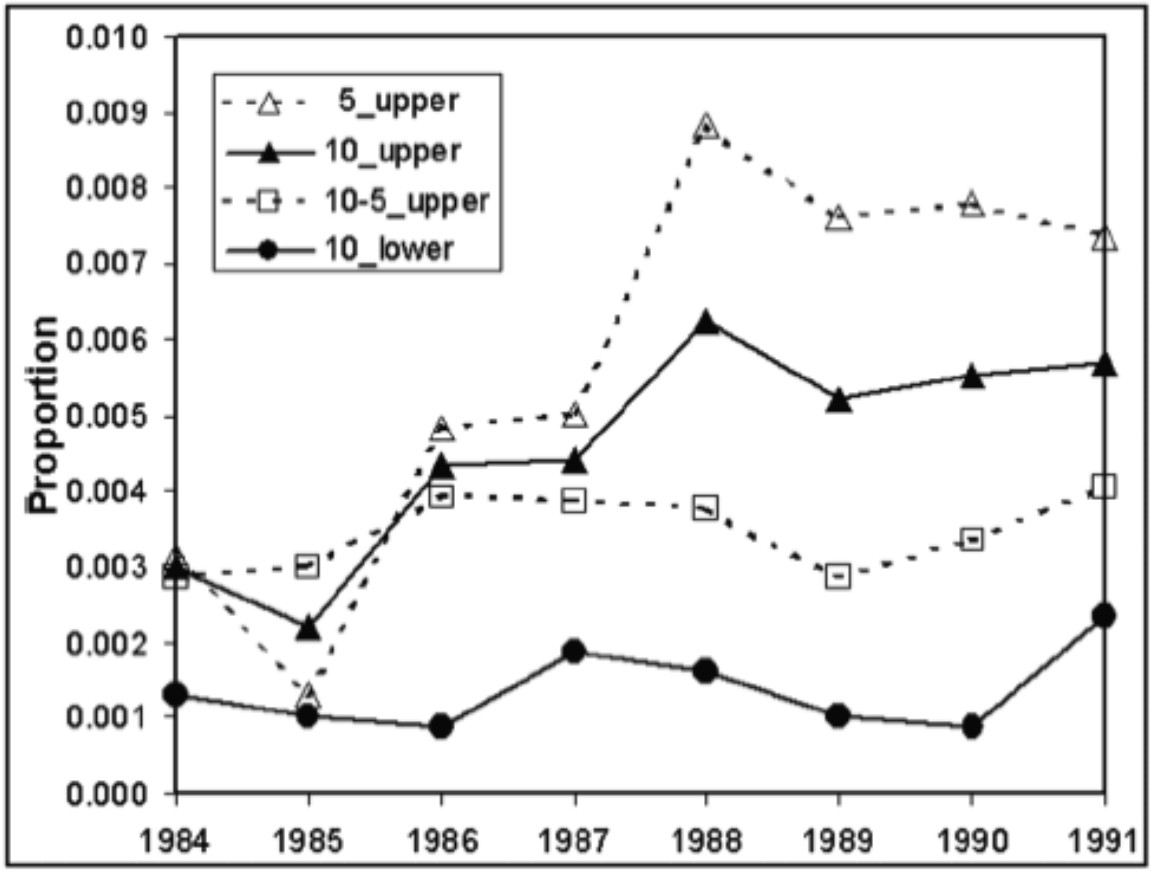
ドイツ・バイエルン州の男児と女児における先天性奇形の、年間被ばく量の五分位値ごとの傾向 (29962例)

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]
$p < 0.0001$

!

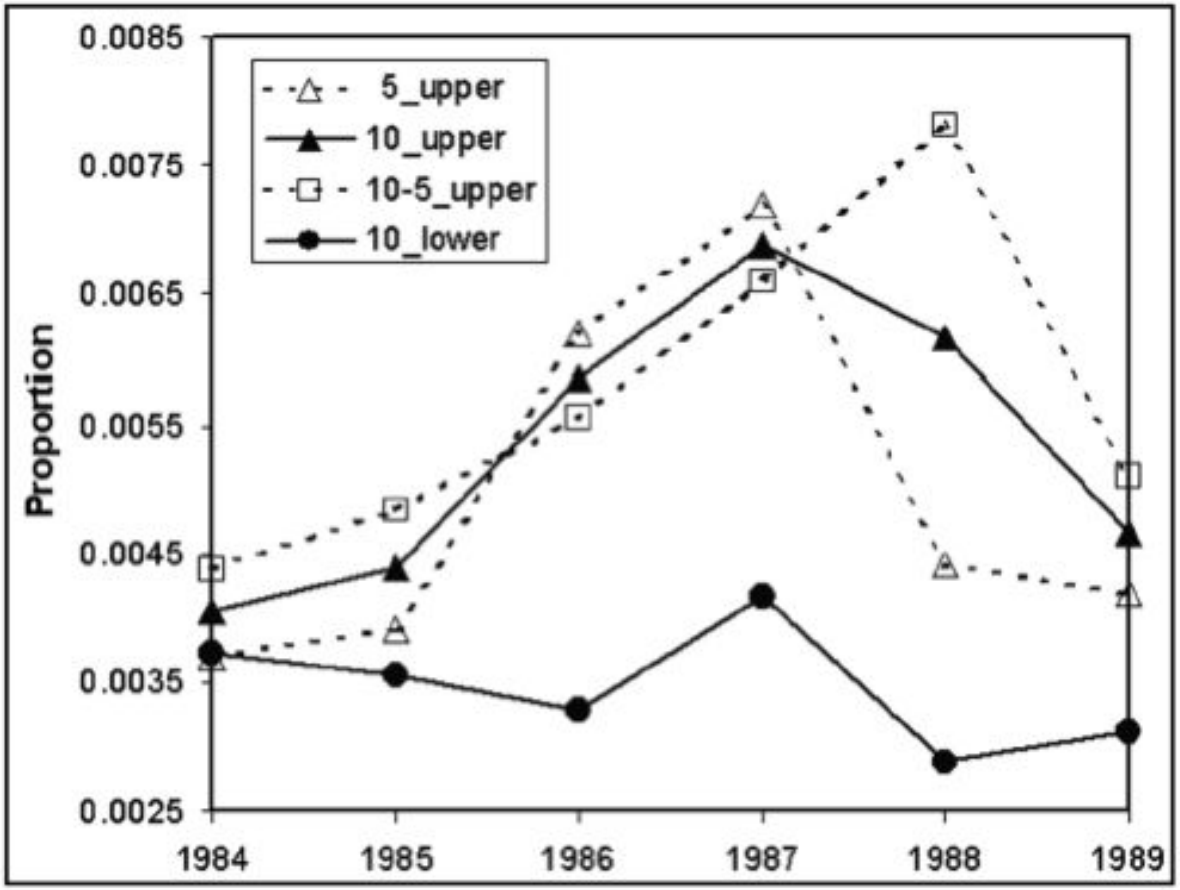


37.2 kBq/m²

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

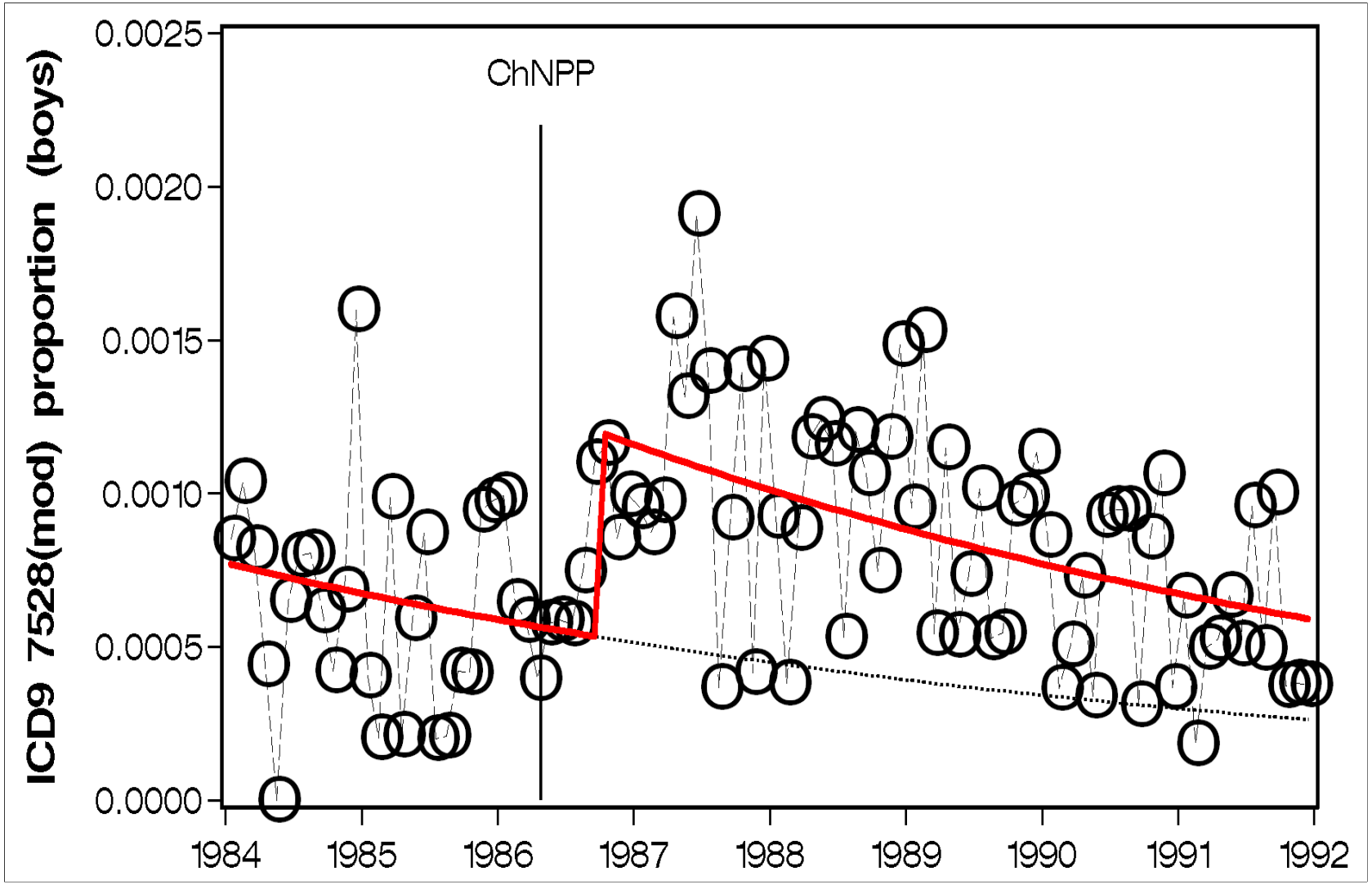


37.2 kBq/m²

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



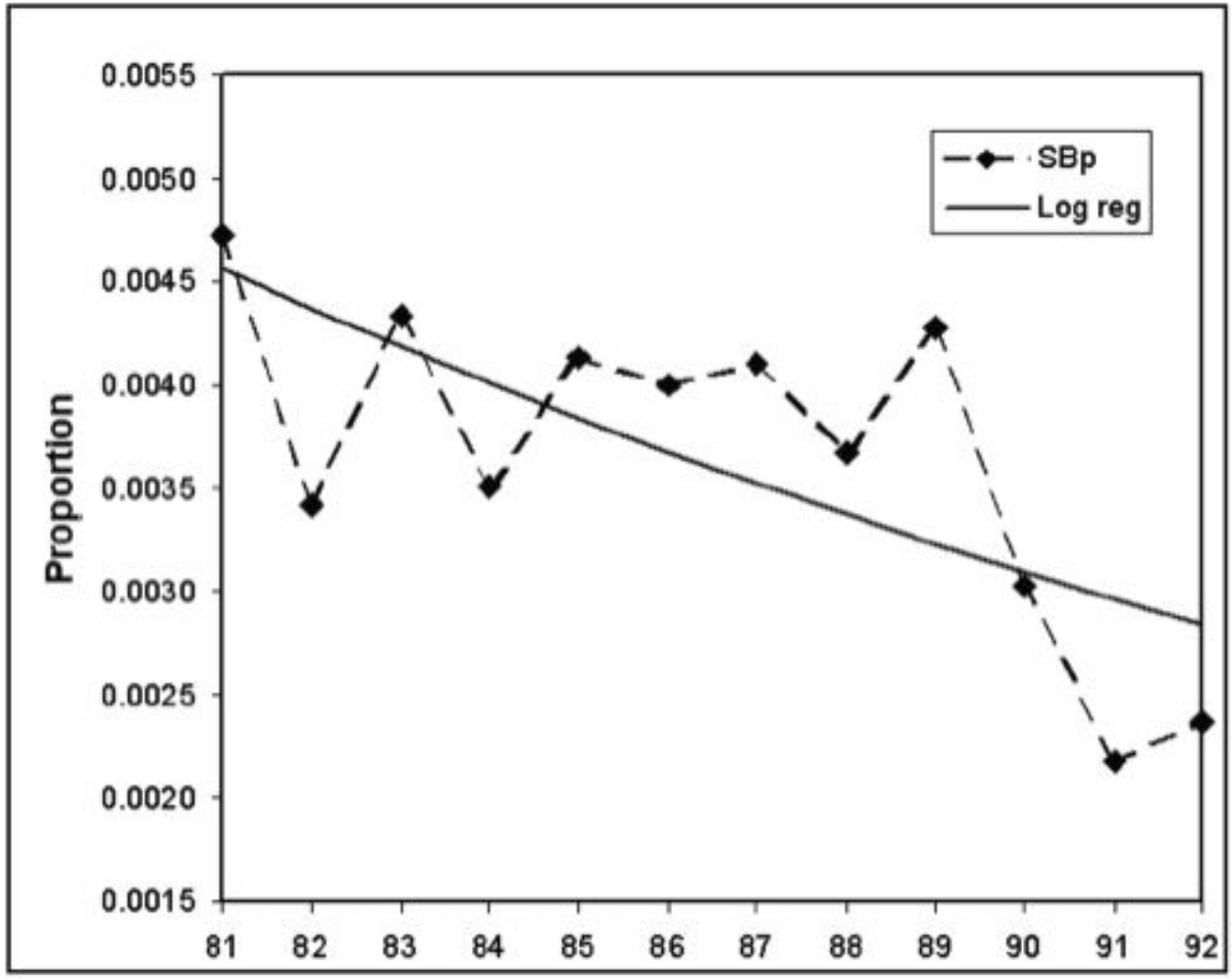
ドイツ・バイエルン州における男児の生殖器の先天性奇形
(ICD9コード 752.8（生殖器のその他の明示された異常）)

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

死産

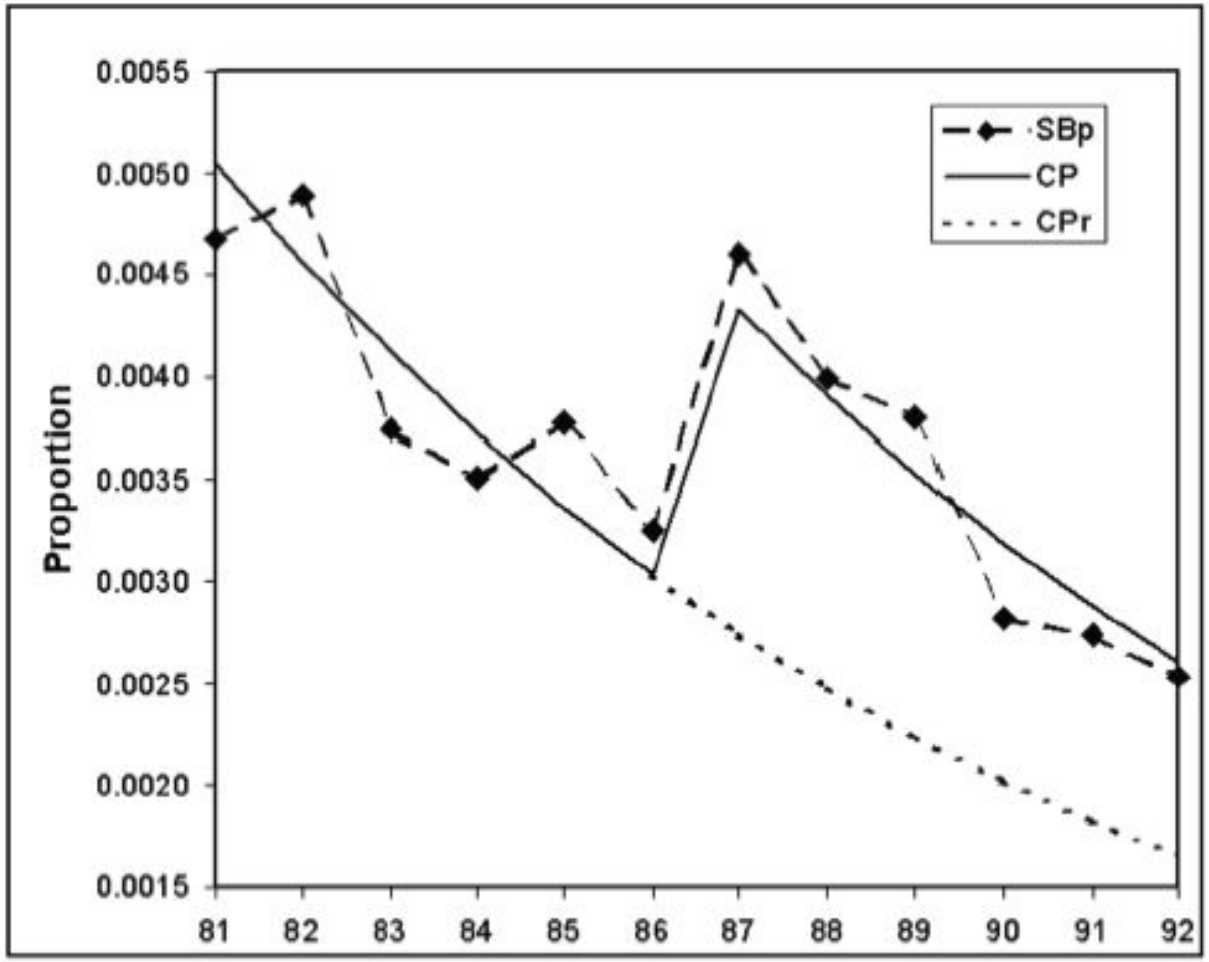
死産率の定義

死産率 = 死産数 : 総出生数



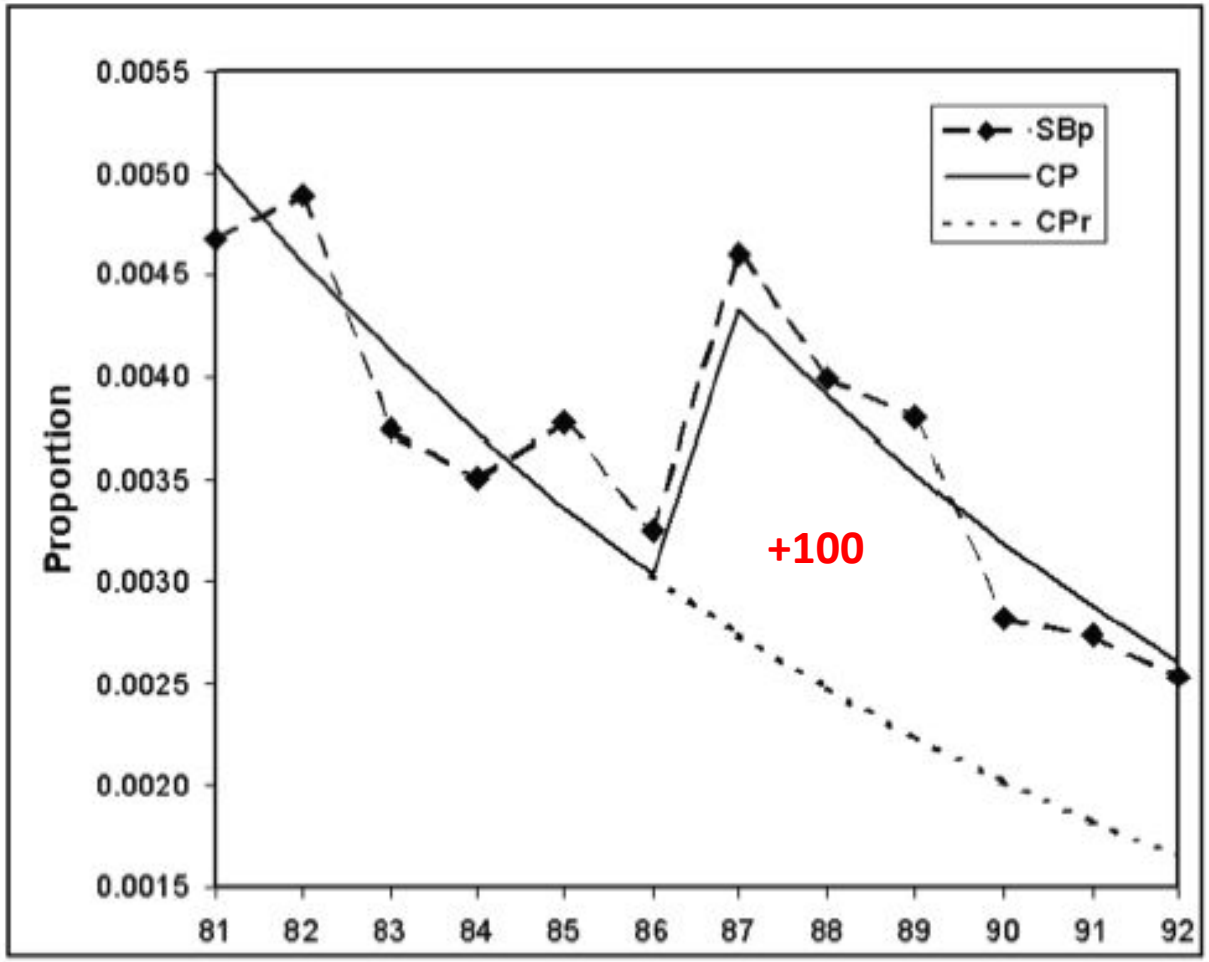
ドイツ・バイエルン州の汚染が**最小の**10の合併地区における
死産率 (SBp)

セシウム137沈着量中央値： **4.5** kBq/m^2
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)

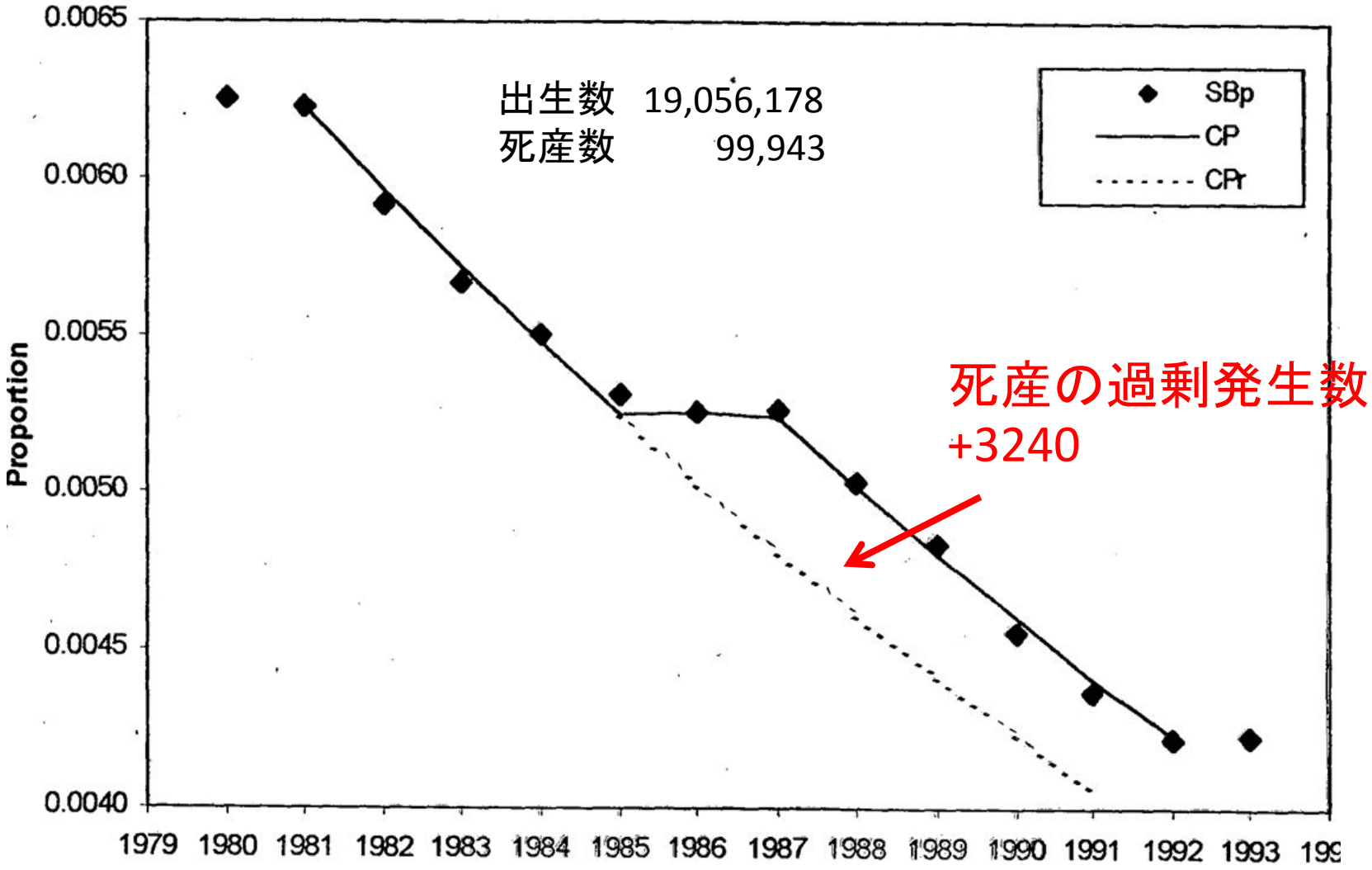
セシウム137沈着量中央値: **37.2 kBq/m²**
1987年に有意な変化点、p = 0.0091



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)

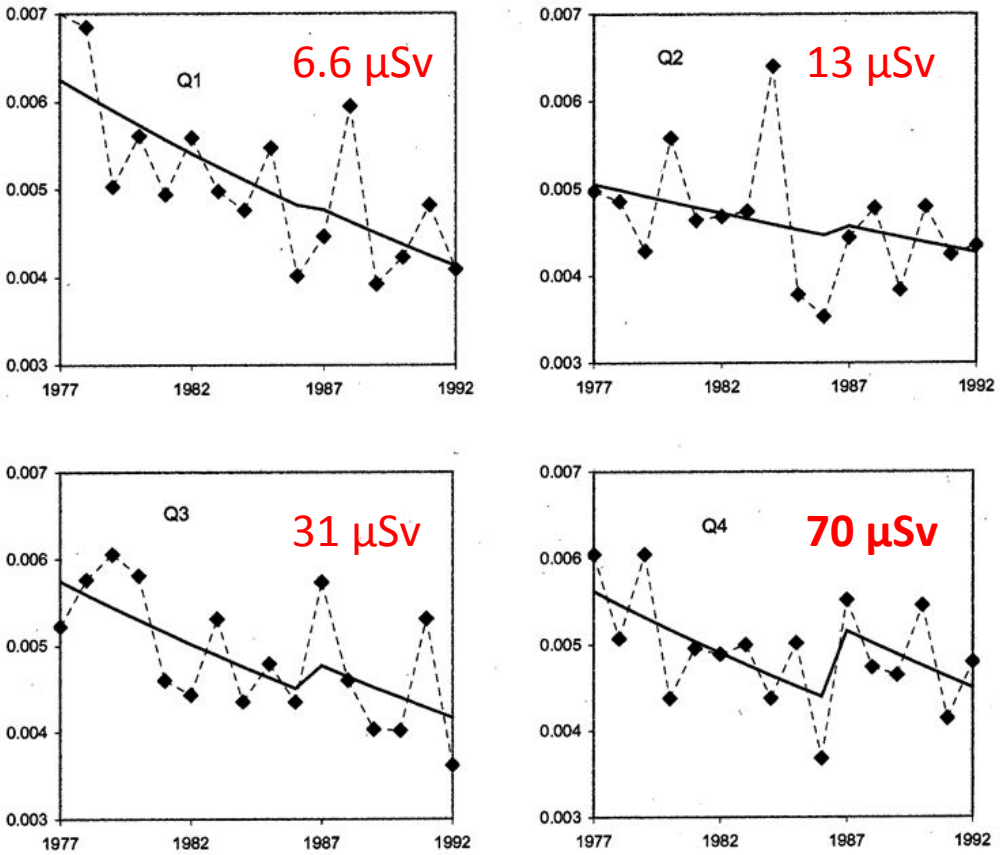
セシウム137沈着量中央値: **37.2 kBq/m²**

1987年に有意な変化点、p = 0.0091



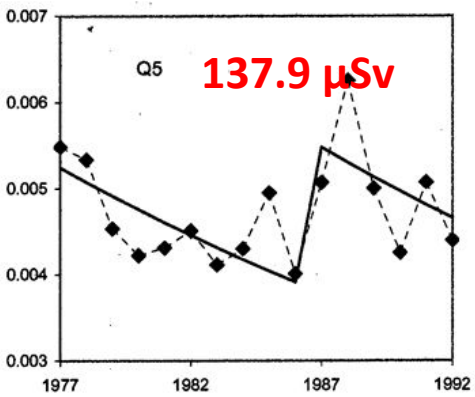
デンマーク、ドイツ・バイエルン州+東ドイツ+西ベルリン、ハンガリー、アイスランド、ラトビア、ノルウェー、ポーランド、スウェーデンにおける死産率、変化点(CP) と低減型変化点 (CPr) のモデル

+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1mSv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/m^2 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

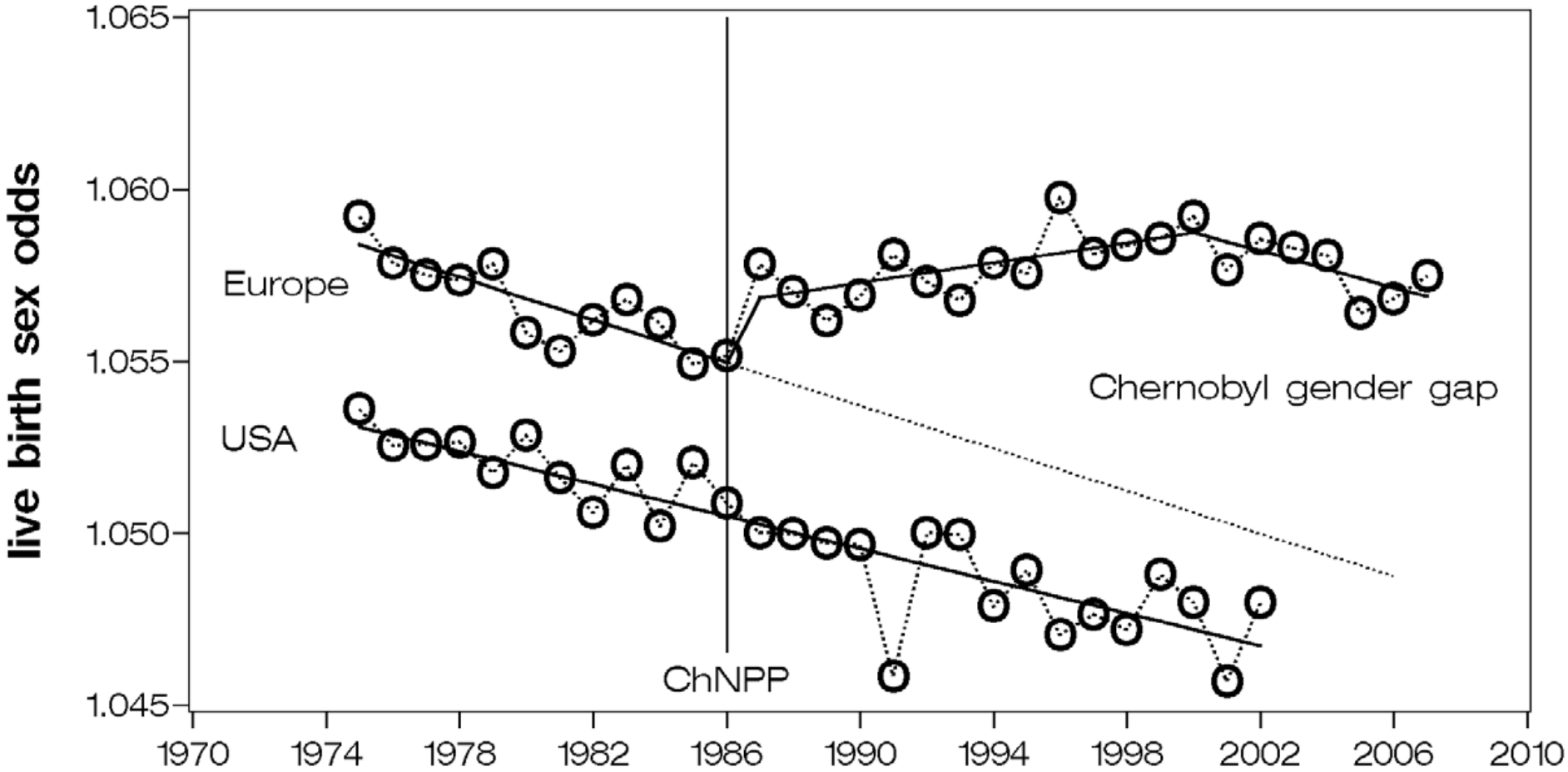
m ： f

性オッズ (= m : f)

105 ： 100

1.05

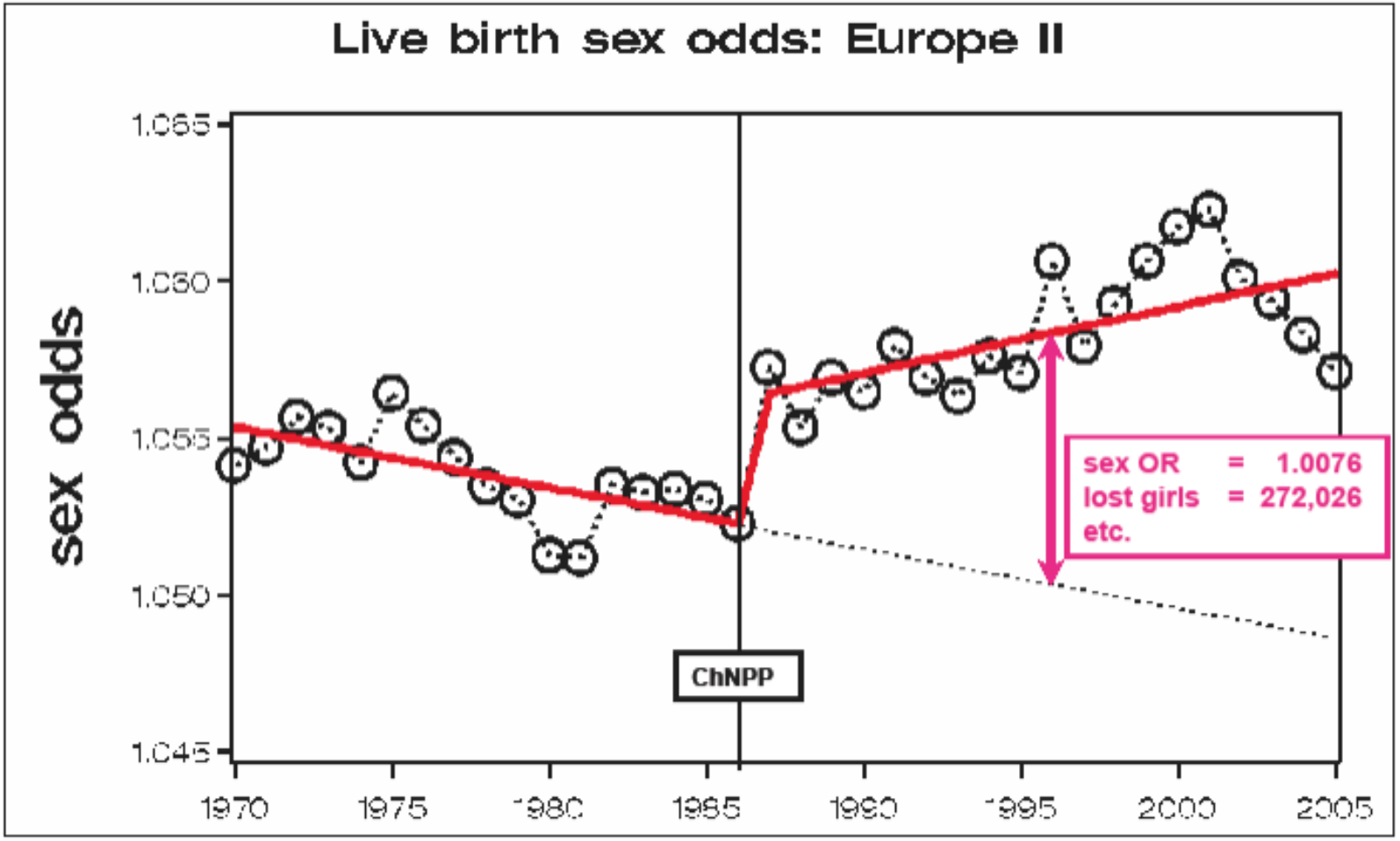
註：ここから先のスライドに出て来る「出生性オッズ」は、厳密には “Live birth sex odds” で、生産児（死産児の反対）、すなわち、出生時に生存している新生児の性オッズのことであるが、表現の簡略化のため、文中では「出生性オッズ」と示されている。



欧州38ヵ国における出生性オッズの傾向の変化ー
チェルノブイリ・ギャプ

米国では傾向に変化なし

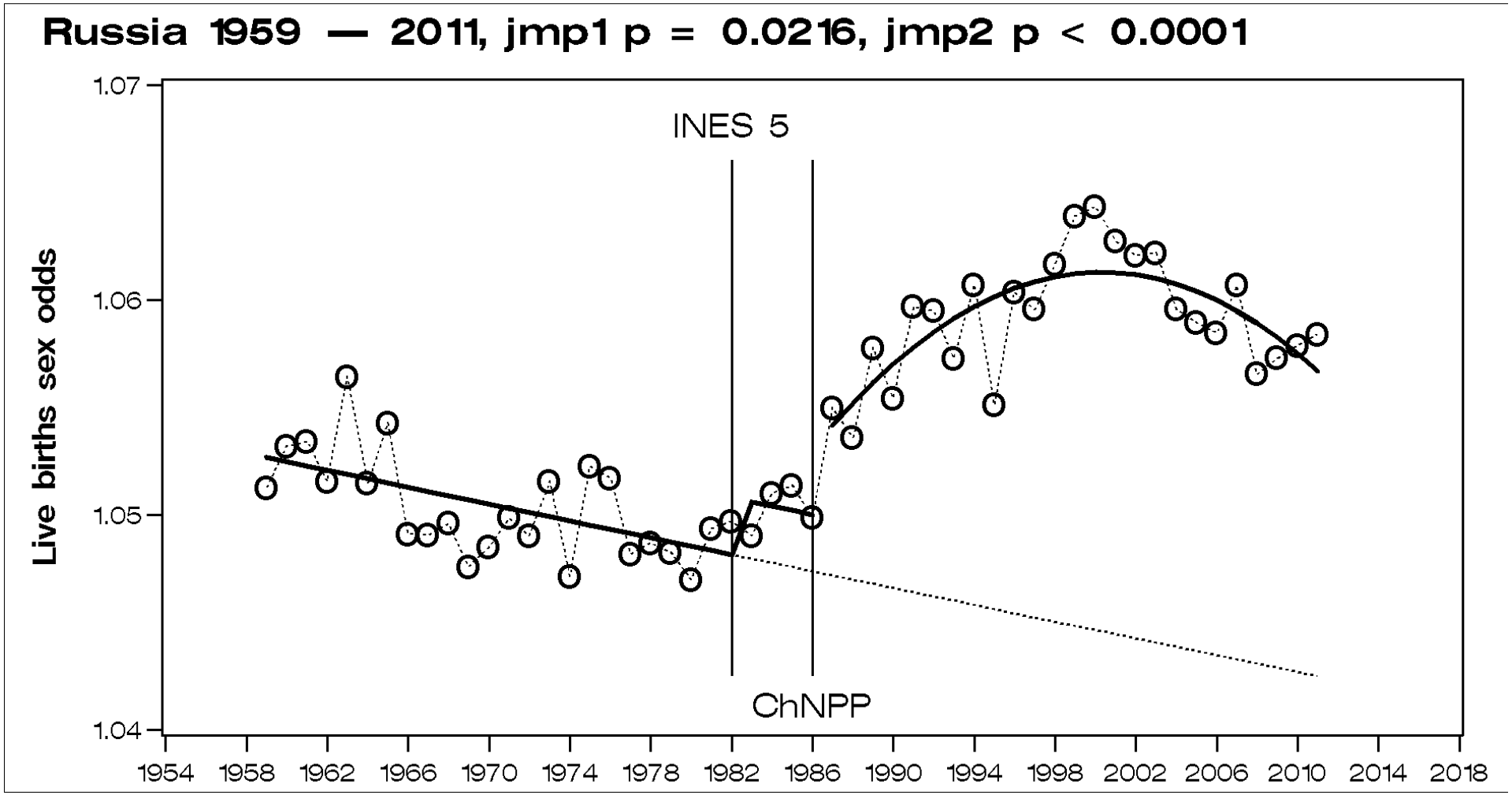
Lost children in Europe II (1987-2005) – not conservative, preliminary



HelmholtzZentrum münchen
German Research Center for Environmental Health

HELMHOLTZ ASSOCIATION

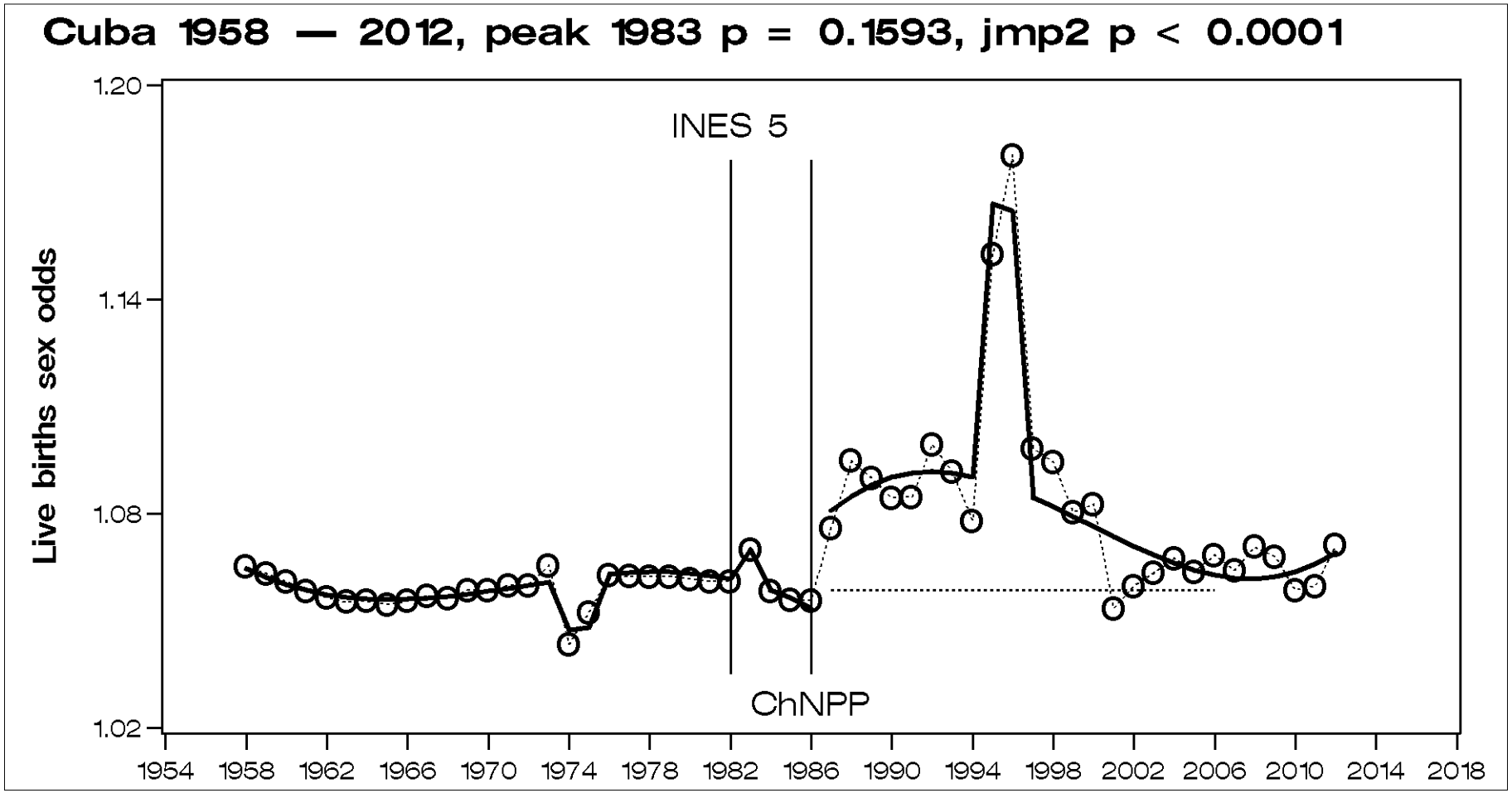
チェルノブイリ事故後の欧州における子どもの損失



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

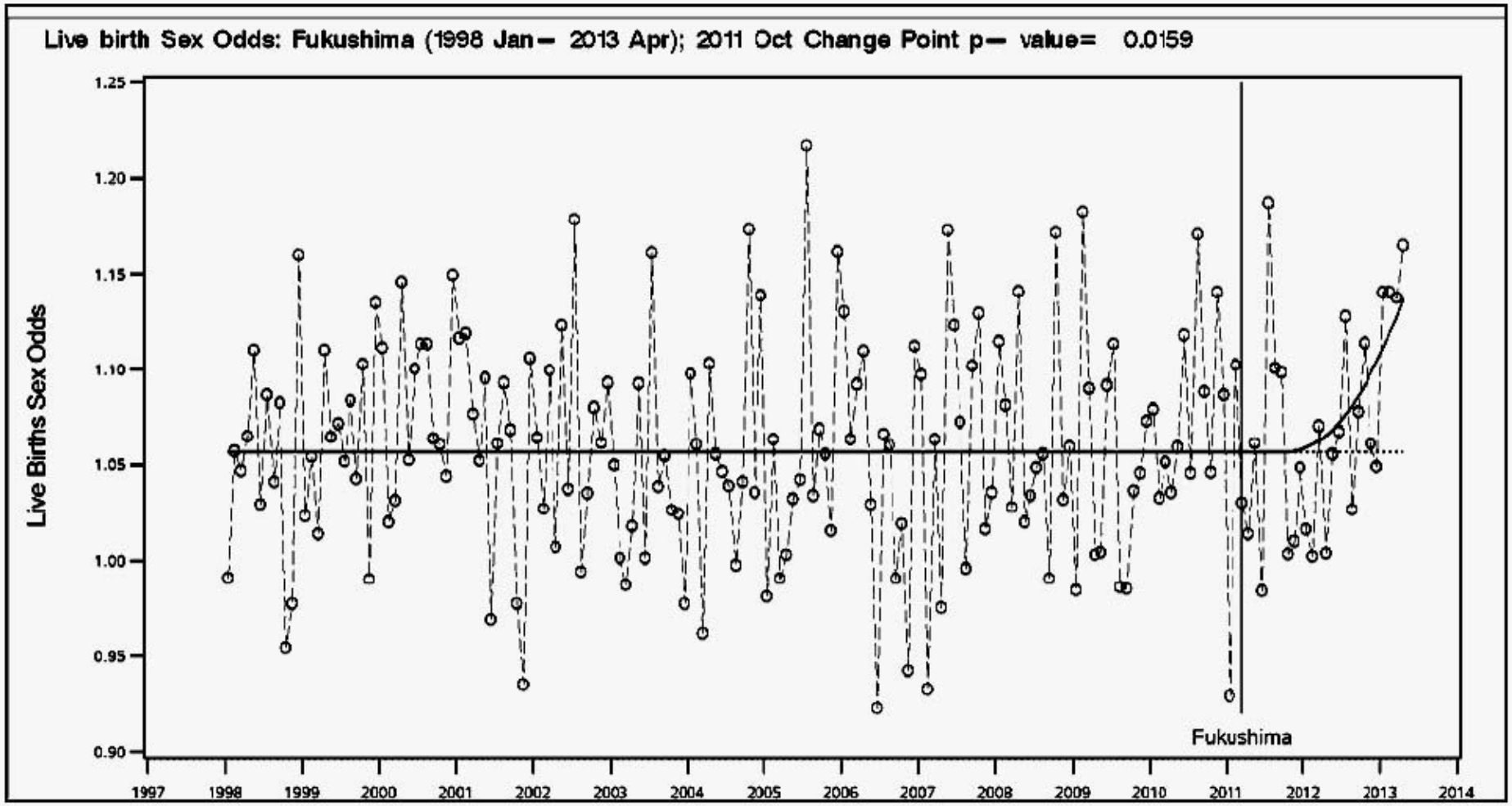
(1982年にチェルノブイリでINESレベル5の事故)

（INES=国際原子力事象評価尺度）



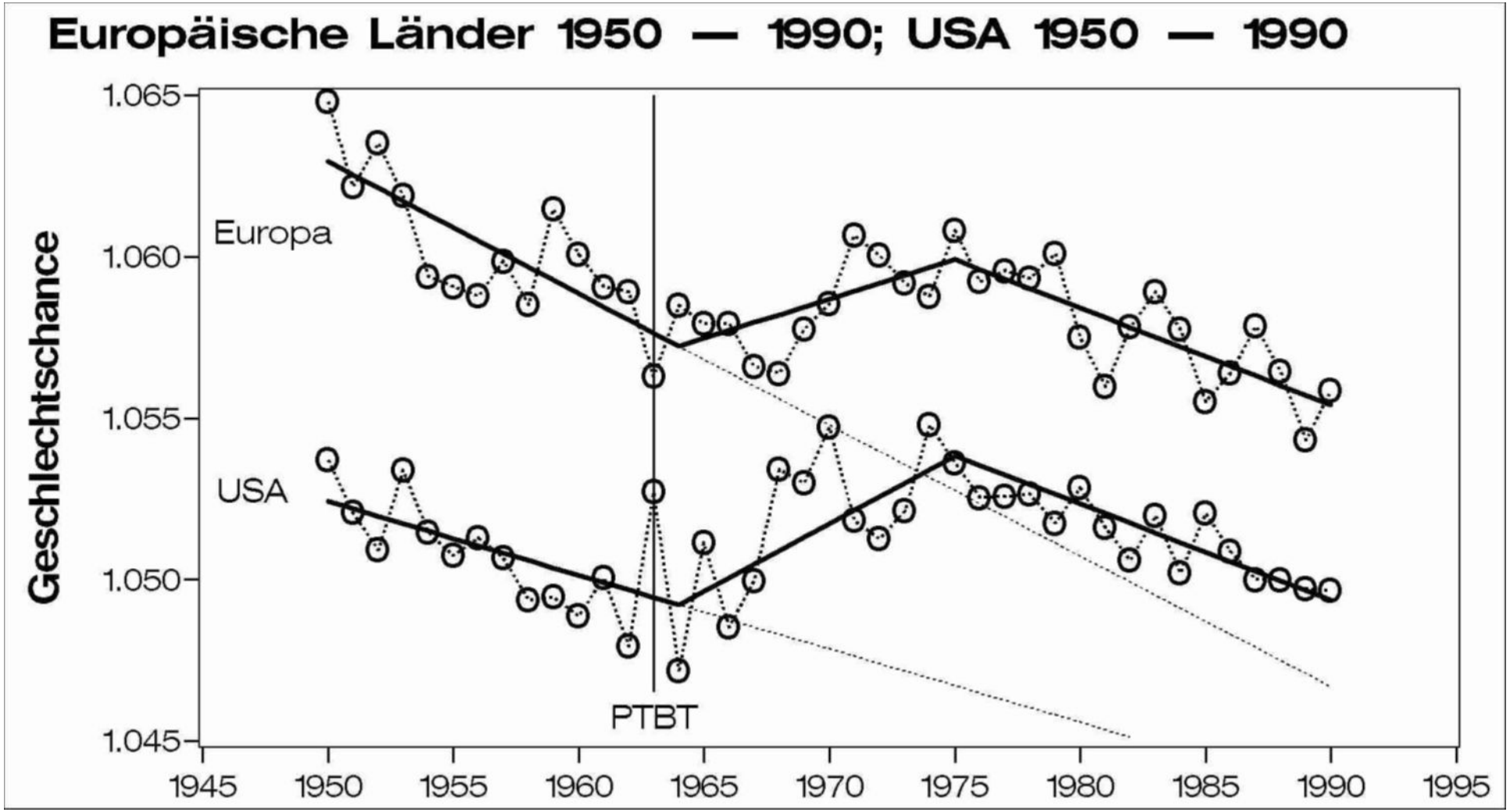
チェルノブイリ事故後のキューバにおける
出生性オッズ（男児/女児）の変化

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

http://www.mhlw.go.jp/tonkei/list/81-1.html



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

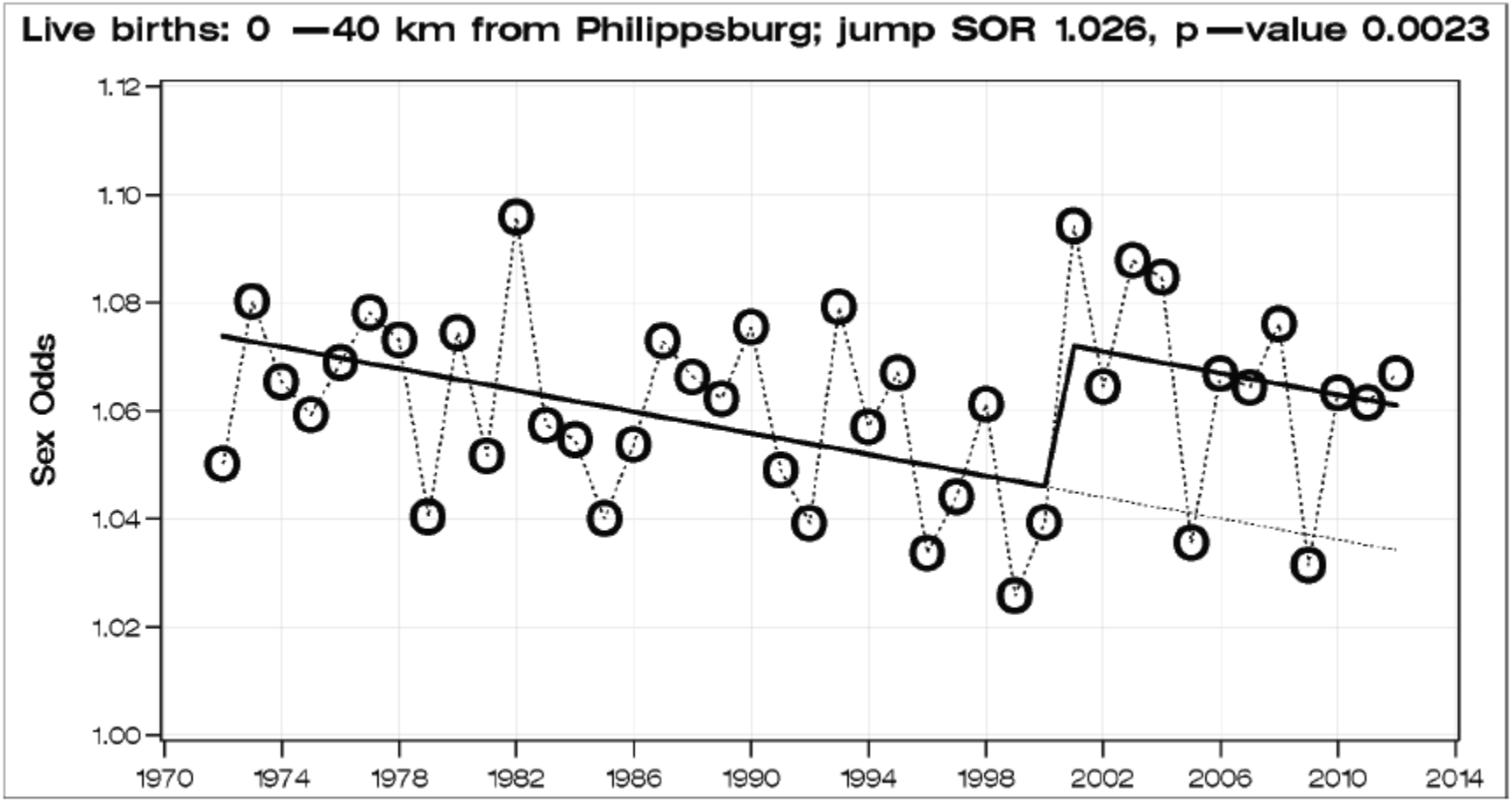
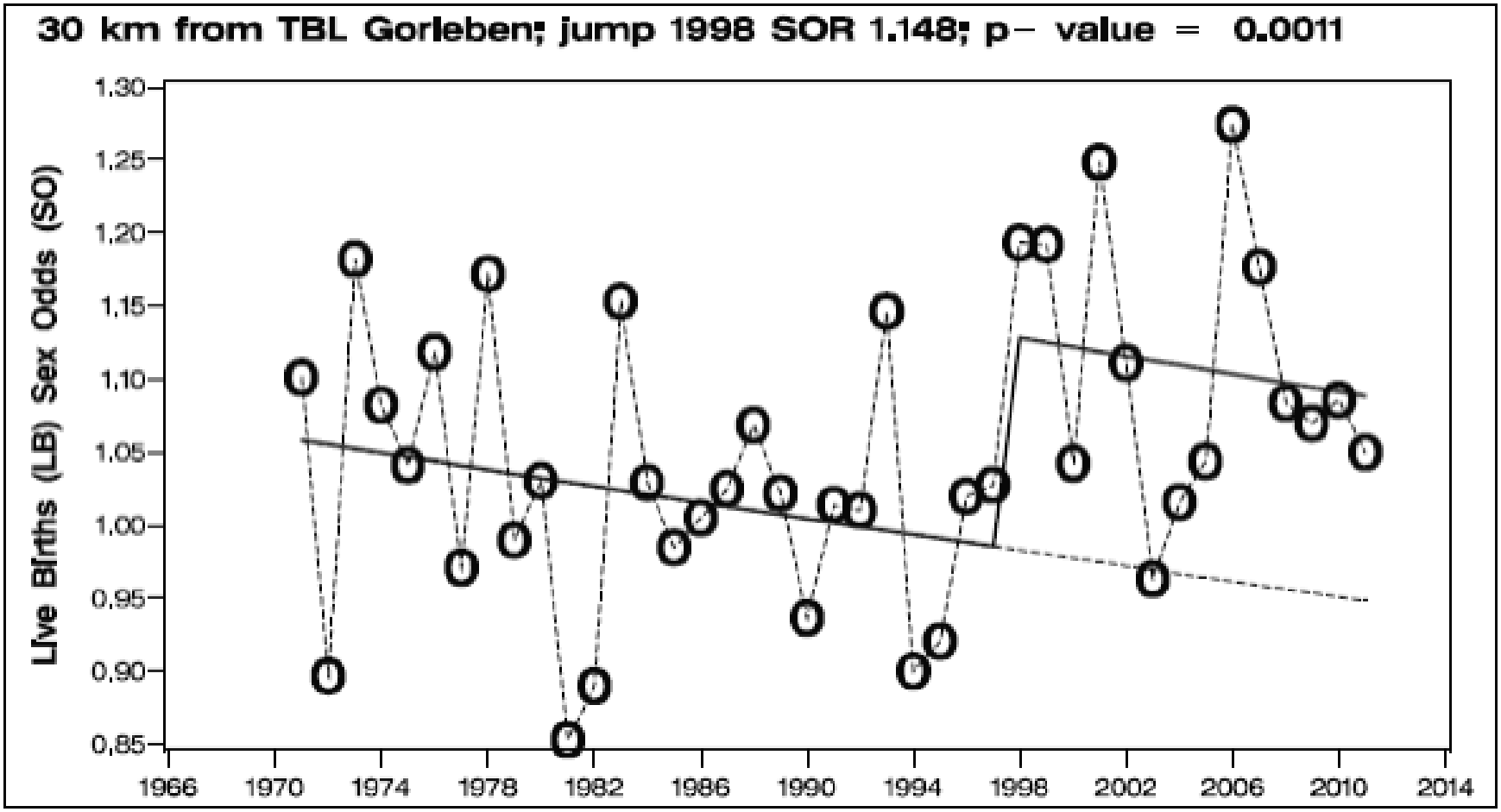


Fig. 1. Trend of the human sex odds at birth within 40 km from the HAW storage Philippsburg

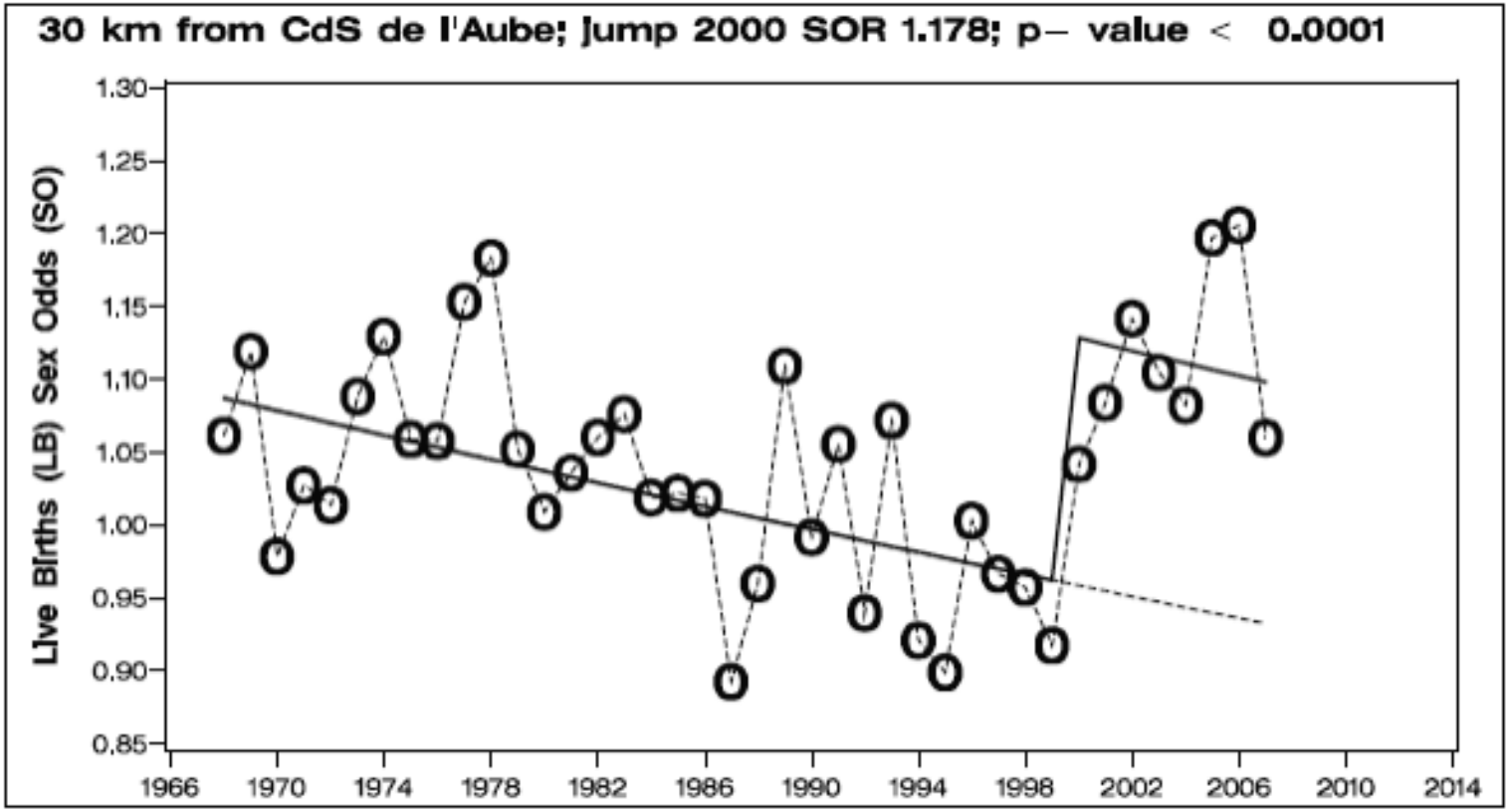
ドイツ・フィリップスブルク原発近郊の高レベル放射性廃棄物（使用済み核燃料）中間貯蔵施設

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



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

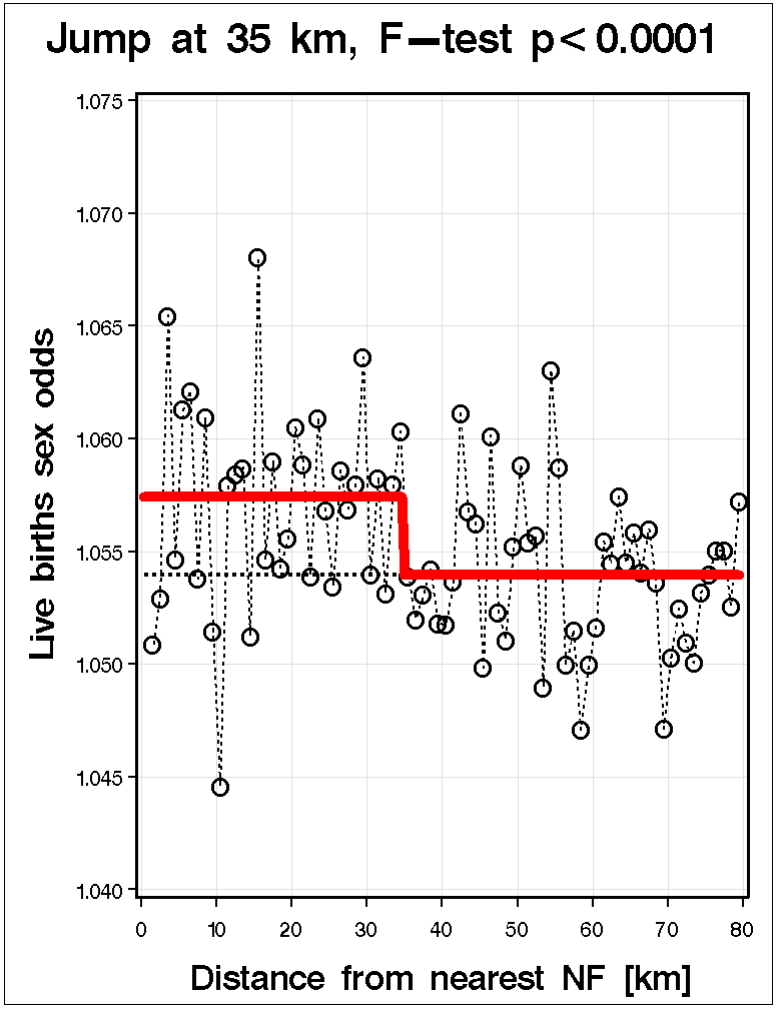


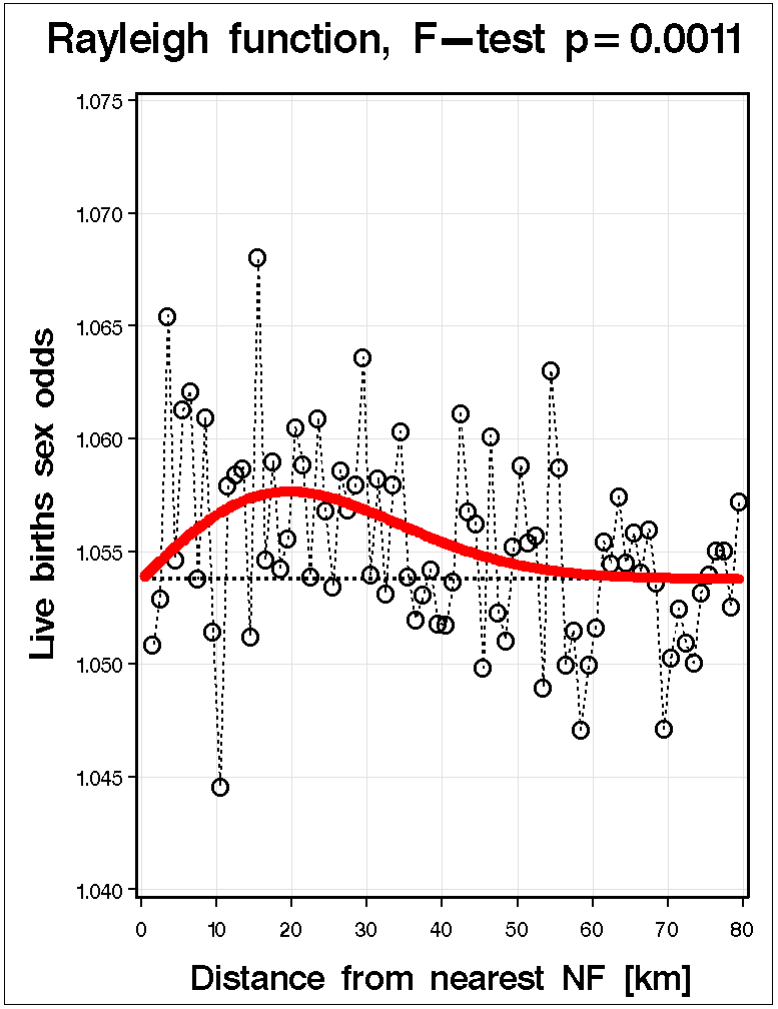
フランス・オーブ低中レベル放射性廃棄物処分場
(CdS）から30 km周辺で、
2000年に出生性オッズ（男児/女児）が急増

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

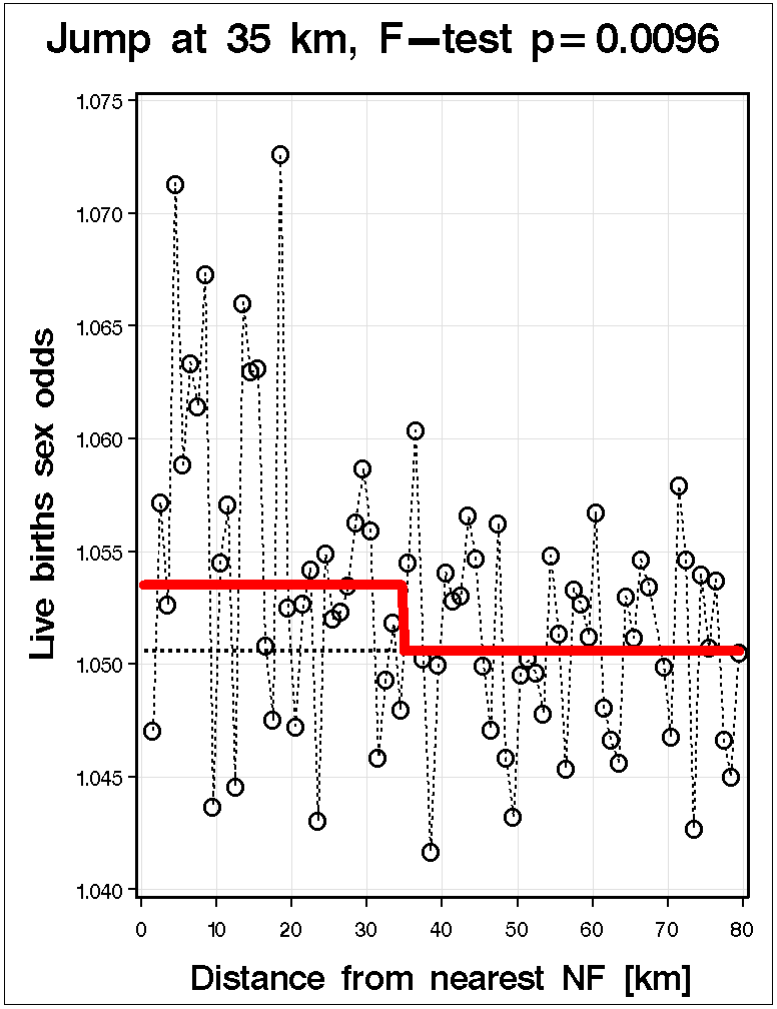
ドイツとスイスでの結果: 原子力施設32ヶ所

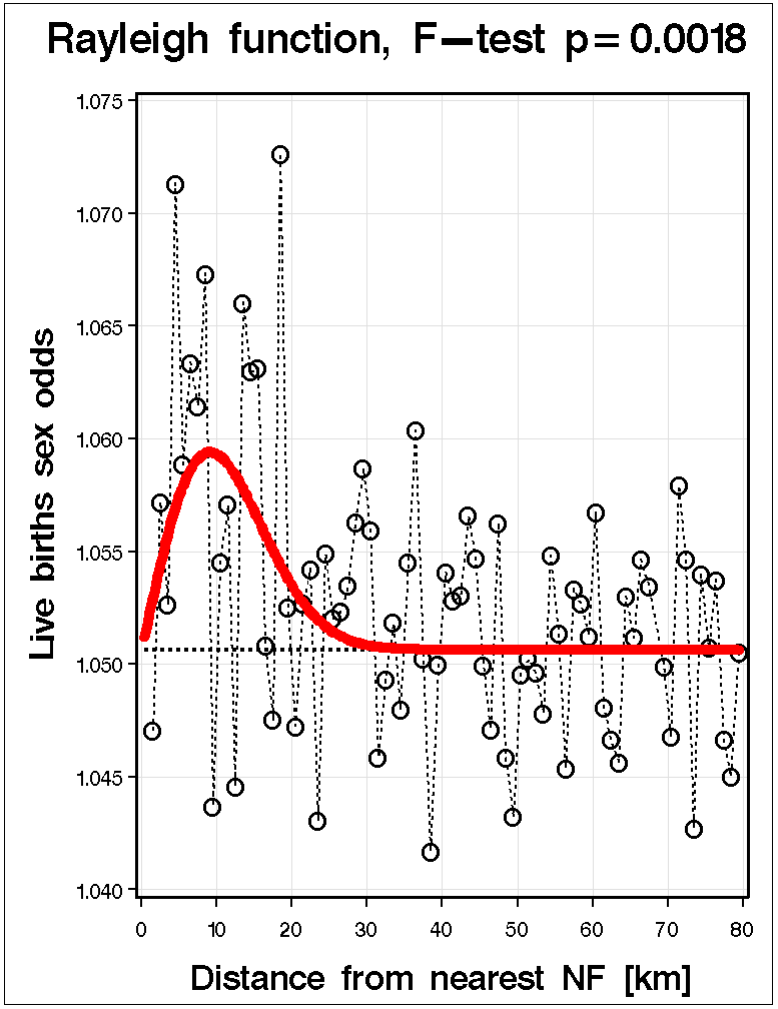
公表結果の更新　シェアブ＆フォイクト、2011年　クスミーアツ、フォイクト＆シェアブ、2010年





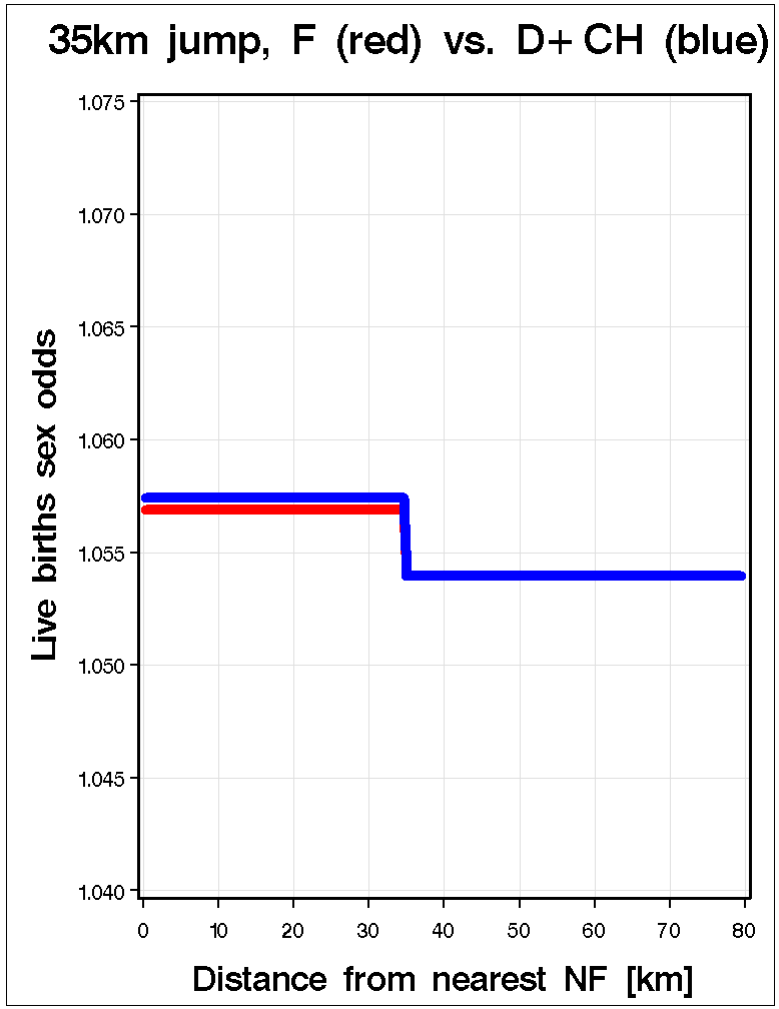
フランスでの結果: 原子力施設 28ヶ所

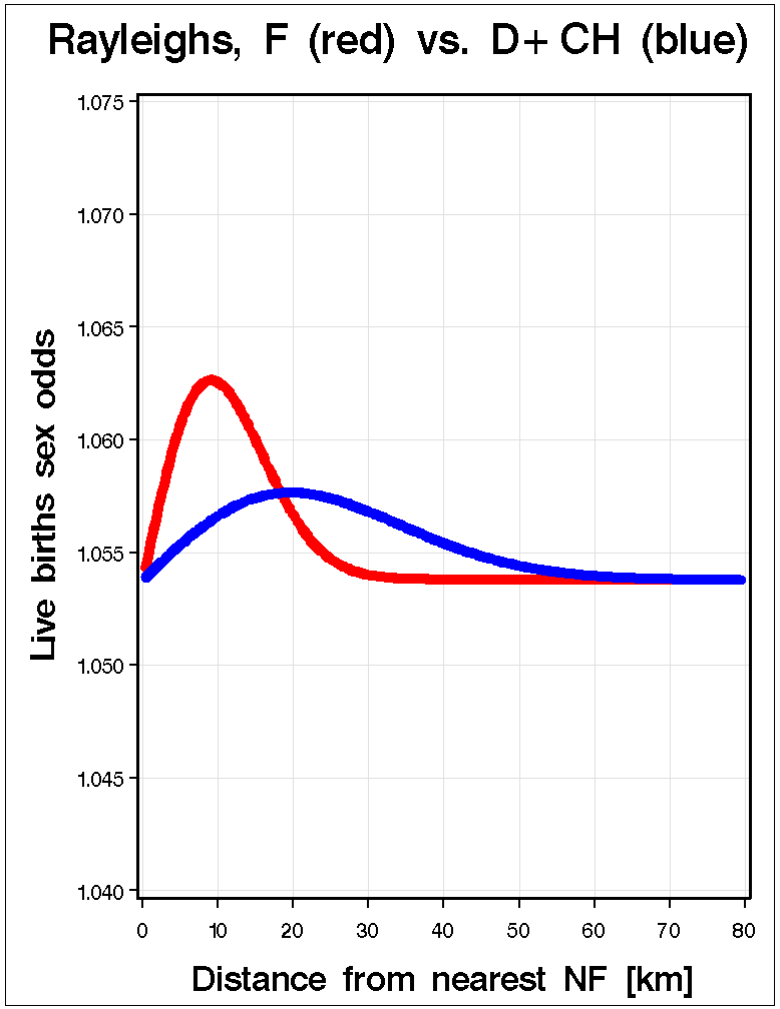


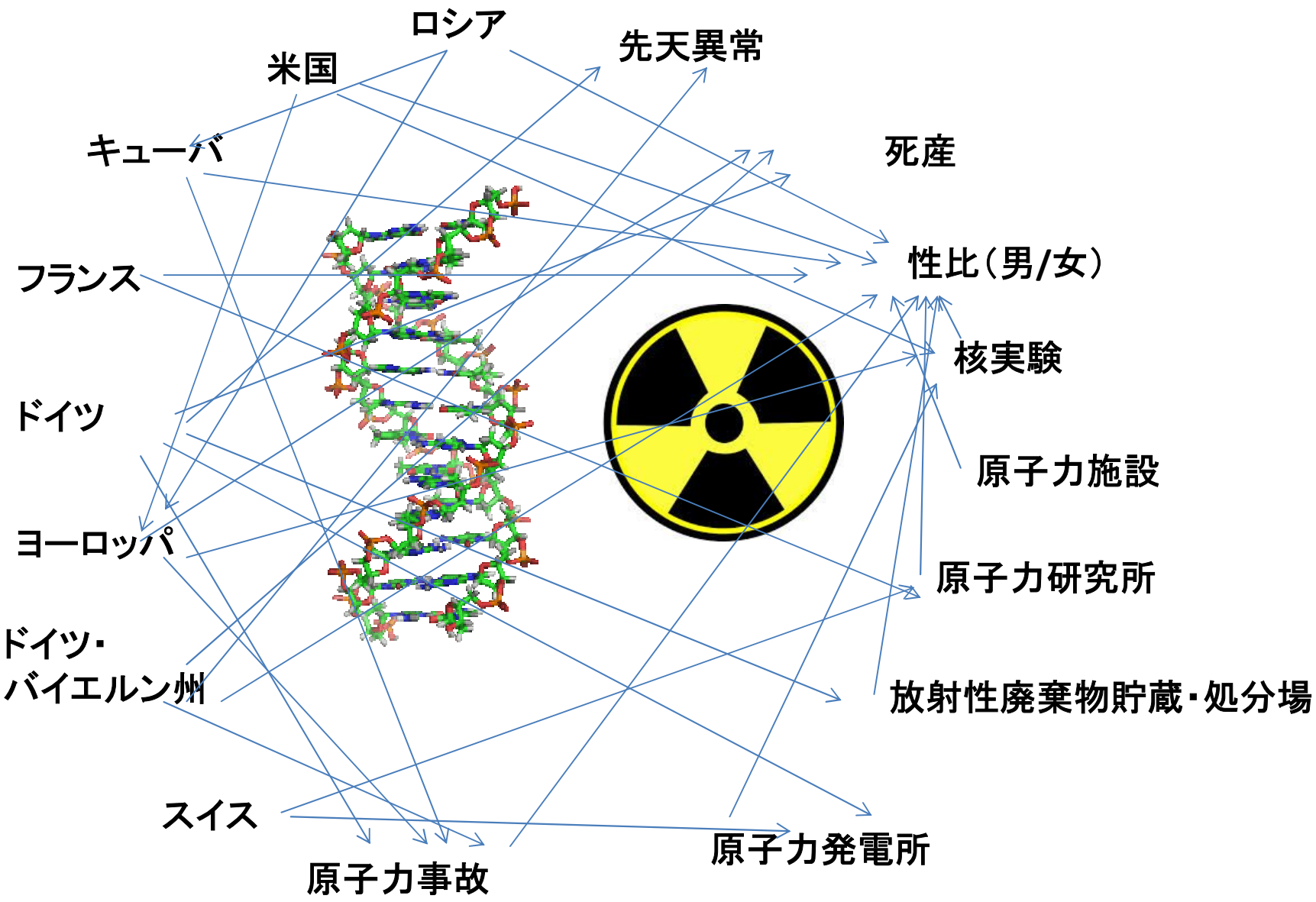


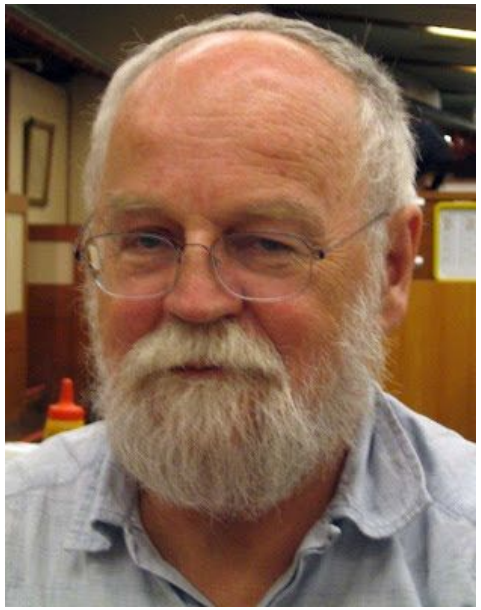
全体像の結果：フランス（赤線）
ドイツ＋スイス（青線）

フランスのベースラインが調整された！






ロシア
米国
先天異常
キューバ
死産
フランス
性比（男/女）
核実験
ドイツ
原子力施設
ヨーロッパ
原子力研究所
ドイツ・
バイエルン州
放射性廃棄物貯蔵・処分場
スイス
原子力発電所
原子力事故



Dr. ハーゲン・シェアブ
計算生物学研究所
ミュンヒェン・ヘルムホツセンター

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

www.Atommuellreport.de