

福島第一原発事故の影響

日本における死産と周産期死亡、乳児死亡 － 2001年から2015年までのトレンド解析アップデート

ハーゲン・シェアプ、森國悦、ふくもとまさお、林敬治、クリスティーナ・フォイクト、ラルフ・クスミーアツ、

1. 背景と問題提起

東京電力福島第一原発事故後、放射能で汚染された地域においては妊娠満 12 週以後の死産（日本語註：死産には通常、自然妊娠中絶と人工妊娠中絶が含まれるが、本稿では自然妊娠中絶だけを対象としている。以下同）に生後 1 歳未満の乳児死亡を加えると、2 年間の観察期間だけでその死亡の全体が相対的に上昇していることが確認できた [1]。さらに、周産期死亡（妊娠満 22 週以後の死産に生後 1 週未満の死亡を加えたもの）は通常、安定して減少傾向を示すものだが、その 2012 年から 2014 年の周産期死亡が汚染レベルの高い 6 つの県（岩手、宮城、福島、茨城、栃木、群馬）において急に約 15% 上昇し、それがその期間続いたままになっていた [2]。本稿では、2015 年のデータが 2016 年末から入手できるようになったので、日本における妊娠満 12 週以後の死産と生後 1 歳未満の死亡（以下では、それを合わせて早期死亡とする）と周産期死亡に関するトレンド解析をアップデートして解析結果を更新し、これまでに確認された東京電力福島第一原発事故後のトレンドの変化をより正確に記述する。

日本の厚生労働省は、人口の推移を示す「人口動態統計」を作成している。この統計は総務省統計局が発表し、その中に 47 都道府県毎に月別の出生に関する統計データがある (<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/NewList.do?tid=000001028897>)。この公式の出生に関する統計データでは、1 歳未満までの早期死亡に関して以下の 5 つのカテゴリーが分類されている。

- 妊娠満 12 週以後の死産
- 妊娠満 22 週以後の死産
- 生後 7 日未満の死亡
- 生後 28 日未満の死亡
- 生後 1 年未満の死亡

2. 統計的評価方法

核施設周辺ないし放射能放出後に住民の罹患率と死亡率、あるいは出生性比に変化があると、通常全国をカバーする公的な人口統計データと先天奇形とがんに特化された登録データを使えば、住民に放射線に起因する遺伝子の影響があるかどうか分かる[3-5]。執筆者らによって開発された分析的環境疫学 (Analytical Ecological Epidemiology) の方法を使えば、汚染レベルの異なる地域において死産や早期新生児 (生後 7 日未満) の死亡、先天奇形の起こる頻度の傾向、さらには出生性比の傾向を観察して、線量反応関係があるかどうか空間的・時間的に解析することができる[6]。こうして放射能汚染と遺伝子に関わる影響の頻度の中に有意な線量反応関係が見られる、つまり放射能放出後により汚染度の高い地域の住民により多くの罹患や死亡が見られると、それは放射線と罹患ないし死亡の間に因果関係がある強い証拠だといえる。たとえばドイツのバイエルン州では、チェルノブイリ原発事故後に放射能汚染レベルが高くなるとともに先天奇形の発生率に統計的に非常に有意で、ほぼ直線に上昇する傾向が見られた[7]。

本稿では、チェルノブイリ原発事故後に得られた観察結果をもとに日本における早期死亡をいくつかの方法で観察し、その観察結果を以下のように分類する。

- ・ 3.1 項では、汚染レベルが中程度ないし高程度の 11 都県 (千葉、福島、群馬、茨城、岩手、宮城、新潟、埼玉、栃木、東京、山形) の早期死亡全体 (妊娠満 12 週以後の死産から生後 1 歳未満の死亡) に関してトレンド解析をアップデートする。これに関しては、すでに東京電力福島第一原発事故の 2 年後に早期死亡の上昇を明らかにした。2002 年から 2012 年までのトレンド解析に関しては、[1]を参照されたい。

- ・ 3.2 項では、3.1 項の主な結果から環境上の線量反応関係を見る。

- ・ 3.3 項では、汚染レベルの高い 6 つの県 (福島、群馬、茨城、岩手、宮城、栃木) と汚染レベルが中程度の 3 つの都県 (千葉、埼玉、東京) に分けた 2001 年から 2014 年の周産期死亡の解析を 2015 年の最新データを用いてアップデートする。2001 年から 2014 年のトレンド解析はすでに公表しており、それは[2]を参照されたい。

3. 結果

3. 1 11の汚染された都県における早期死亡

表1はそれぞれ日本全体の出生に関するデータの年間総数を示し、表2は中・高レベルに汚染された千葉と福島、群馬、茨城、岩手、宮城、新潟、埼玉、栃木、東京、山形の11都県におけるそれぞれの年間総数を示している。これら11都県の出生に関する統計数の年間合計は、ドイツ全体の出生に関する年間総数のおよそ半分に相当する[8]。さらに表3では、福島と群馬、茨城、岩手、宮城、栃木の6つの高レベルに汚染された県と中程度に汚染された千葉、埼玉、東京の3つの都県、さらにその他の日本における年間の出生数と周産期死亡（妊娠満22週以後の死産と生後7日未満の死亡）数だけを個別に示した。

図2と図3では、それぞれの早期死亡全体のトレンド、つまり11の汚染された都県のトレンド（図2）と汚染度が低いか、汚染されていないそれ以外の36の道府県のトレンド（図3）を示した。汚染された11の都県における早期死亡のトレンドでは、以下の2つのはっきりとした統計上有意な影響が見られる。

- 津波後の最初の3か月間（2011年3月から5月）では、一時的に15.6%上昇（オッズ比：1.156, 95%信頼区間 [1.085, 1.232], $p < 0.0001$ ）しているが、これが地震と津波の直接の影響であるのは間違いない。
- 2011年のその後の経過を見ると、早期死亡は一時的にはっきりと低下したが、2011年12月から再び上昇し、6.8%と非常に有意な上昇が続いている（オッズ比：1.068, 95%信頼区間 [1.035, 1.101], $p < 0.0001$ ）。

2011年12月以降早期死亡が日本で6.8%上昇しているのは、1987年つまりチェルノブイリ原発事故後の最初の年に周産期死亡がドイツ全体で4.9%上昇（オッズ比：1.049, 95%信頼区間 [1.015, 1.084], $p = 0.0046$ ）したことによく似ている[8]。またその他のヨーロッパでも、チェルノブイリ原発事故後に各国において死産がそれぞれ5から10%の相対的な上昇を示した[9, 10]（日本語註：なお、各国間で直接その上昇率を比較することはできない）。図3からは、汚染されていないその他の日本の道府県において2011年春に統計上有意な津波の影響もなく（ $p = 0.2644$ ）、2011年12月から死産のトレンドに統計上有意な上昇もない（ $p = 0.7931$ ）ことがわかる。汚染された11都県における2002年から2015年の出生数が484万2630件、死産と乳児死亡の総数が7万1645件であるので、図2では2011年12月からの影響は、95%信頼区間 [592, 1704]で超過死亡が1140件となる。

3. 2 環境上の線量反応関係

チェルノブイリ原発事故後、バイエルン州では放射性物質の降下量と、死産および先天奇形の間にはっきりした環境上の量反応関係が観察された。バイエルン州で最も汚染の高かった10の地域では、たとえば1987年から1992年の死産率が約50%上昇した[7, 11]。そのため、また日本においては死産（妊娠満12週以後の死児の出生）数が早期死亡全体の中で大きな割合を占めるので（表1参照）、最も汚染された太平洋沿岸に位置する北東部の4つの県、すなわち茨城と福島、宮城、岩手についてより正確に観察し、死産に関して残りの日本

全体と比較しなければならない。この汚染度の高い4つの県に関しては、図4で2011年3月から5月に死産が21.5% ($p=0.0086$)と有意な上昇のピークが観察されるが、これは地震と津波による直接的な影響と見られる。その後死産率は低下するものの、2011年12月から急に12%の上昇を続けたままとなる(95%信頼区間=[1.04, 1.21], $p=0.0048$)。

福島県に相対的に近く、人口密度の高い埼玉県と東京都では、2012年12月までのデータだけでは東京電力福島第一原発事故後に統計上有意な死産の上昇は見られなかった[1]。しかし今入手可能となった2015年12月までの統計データを入れて見ると(図5)、ここでも2011年12月から死産のトレンドにオッズ比が1.084と、統計上有意な上昇が見られる(95%信頼区間=[1.033, 1.137], $p=0.0010$)。早期死亡全体と同様(図3)、その他の汚染レベルの高い茨城、福島、宮城、岩手の4県と中程度に汚染された東京と埼玉の2つの都県を除く日本では、死産(妊娠満12週以後の死児の出産)は2012年から2015年の間上昇していない(図6)。

チェルノブイリ原発事故後のバイエルン州で地域別に見たのと同じように、東京電力福島第一原発事故後の日本でも都道府県別に見ると、放射性物質の降下量と死産の間に線量反応関係を示唆するものがある。図7は、記述的、用量的な角度から環境上の線量反応関係について図4から図6までを見たものである。これを見ると、死産が実際に線量に比例して上昇している。放射能汚染レベルの高い福島県と茨城県、岩手県、宮城県において東京電力福島第一原発事故後にバックグラウンド線量が年間約1 mSv から2 mSv と倍になる傾向があったと推定すると[2]、図4と図7から年間線量1 mSv 当たりの死産の相対的リスクが、オッズ比: 1.12 (12%上昇)、95%信頼区間 [1.035, 1.209]となることわかる。したがって、東京電力福島第一原発事故後の日本において都道府県別に解析した結果は、チェルノブイリ原発事故後のバイエルン州において地域別に解析した死産の環境上の線量反応関係(年間線量1 mSv 当たり死産の相対リスク: オッズ比: 1.33、95%信頼区間=[1.16, 1.51], $p < 0.0001$)と根本的によく似ている[10]。

3. 3 高レベルに汚染された6つの県と中レベルに汚染された3つの都県における周産期死亡

妊娠満12週以後の死産に生後1年未満の死亡を加えた早期死亡と並んで、周産期死亡(妊娠満22週以後に生後7日未満の死亡を加えたもの)だけを抽出して考察することもできる。[2]の論文では、その月別統計データを中高レベルに汚染された9つの都県(千葉、福島、群馬、茨城、岩手、宮城、埼玉、栃木、東京)と他の道府県に分けて2001年から2014年の間で解析し、ここでも汚染されていない地域から中レベルの汚染地域へ、さらに高レベルの汚染地域へと汚染度が高くなるにつれて周産期死亡の上昇がはっきりとした生物学的な変化を示すことを確認した。表3は、その2015年までの年間統計データを示している。図8から図10の図はその月別の推移を統計解析値とともに示しており、それによって汚染レベルに伴う影響の違いがわかる。[2]の論文で発表した東京電力福島第一原発事故後の日本における周産期死亡に関する解析結果はすべて、2015年の統計データを加えることによってさらにはっきりと立証され、裏付けられた。図8から図10の3つの図を一緒に見ると、3.2項で妊娠満12週以後の死産について明らかになったように(図7参照)、周産期死亡についても環境上の線量反応関係が存在することがわかる。

4. 結論

2011年3月に日本を襲った震災と原発事故の被害を受けた都県においては、日本全体では通常早期死亡が減少傾向を示すのに対して、放射能放出後9か月ないし10か月経過後に当該都県の汚染度に応じて早期死亡と周産期死亡が突然約5%から20%と、統計上とても有意な上昇を示し続けた。汚染されていない他の道府県では、このような影響は見られなかった。本稿でアップデートした解析結果は、都道府県を基本的に特別意識してグループ分けしたわけではなく、死産や乳児死亡など早期死亡を解析する対象も意図的に選んでおらず、さらにまたその影響が最も強くなるピークが東京電力福島第一原発事故の9か月後に現れるのか、10か月後に現れるのかについても問題にしていないので、裏付けがしっかりしたものであるといわなければならない。それによって、チェルノブイリ原発事故後のヨーロッパで見られたのとよく似た影響が福島第一原発事故後の日本でも観察できることがわかる。これを根拠に、人体において放射線によって誘発される可能性のある遺伝子への影響の推移(http://www.unscear.org/unscear/en/publications_/1958.html)、つまり具体的には早期死亡と周産期死亡などのいくつかの指標の他、先天奇形や出生性比の変化について、日本でも今後さらに厳密に統計をとって調査していくことが必要だというべきである。

放射線に起因して遺伝子が突然変異するには「閾値」があるとする前提、つまり死産や先天奇形のように遺伝子の損傷に起因する現象は数 cSv (センチシーベルト) の被ばくがないと起こるからず(http://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse_PDF/1984/1984_01.pdf?__blob=publicationFile)、がんのごくわずかな低線量で起こる可能性はないとする各国や国際放射線防護委員会の考え方は、チェルノブイリ原発事故の解析結果と、本稿で今提示した東京電力福島第一原発事故後のアップデートした解析結果によってはっきりと反証された。各国と国際的な放射線専門機関がこのような重大な見誤りを犯すのは、死産と先天奇形ががんの罹患と異なり、いわゆる放射線の確定的影響(一定量の放射線を受けると必ず現れる)であって、放射線によって誘発される確率的影響(一定量の放射線を受けたとしても必ずしも影響が現れるわけではなく、放射線を受ける量が多くなるほどその影響が高まること)ではないということから説明することができる。言い換えると、各国と国際放射線防護機関は、放射線がヒトの卵細胞と精子細胞に障害を及ぼす影響と、たとえば精子形成や胚形成など受胎に伴う生物学的・遺伝的なプロセスが放射線によって受ける影響を無視している。この観点からいうと、現在有効な放射線防護の基準は基本的に間違いであり、改定されなければならない。特に核施設の廃炉や半減期の長い高レベル放射性廃棄物の最終処分において放射能が放出されることを考えると、公衆の遺伝子上の健康を維持し、地球上における自然の生息条件を保護するため、この問題には優先的に取り組むまなければならない。

(日本語翻訳：桂木 忍)

表

表 1： 2002 ～2015 年の日本における出生数と早期死亡数

年	出生数	妊娠満 12 週以 後の死産	妊娠満 22 週以 後の死産	生後 7 日未 満の死亡	生後 1 年未満の 死亡
2002	1153855	15161	4959	1374	3497
2003	1123610	14644	4626	1303	3364
2004	1110721	14288	4357	1184	3122
2005	1062530	13502	4058	1091	2958
2006	1092674	13424	4047	1053	2864
2007	1089818	13107	3854	1052	2828
2008	1091156	12625	3751	969	2798
2009	1070035	12214	3645	874	2556
2010	1071304	12245	3637	875	2450
2011	1050806	11940	3491	824	2463
2012	1037231	11448	3343	790	2299
2013	1029816	10938	3110	752	2185
2014	1003539	10905	3039	711	2080
2015	1005677	10862	3063	665	1916
総数	14992772	177303	52980	13517	37380

表 2： 2002 ～2015 年の中・高レベルで汚染された都県（千葉、福島、群馬、茨城、岩手、宮城、新潟、埼玉、栃木、東京、山形）における出生数と早期死亡数

年間	出生数	妊娠満 12 週以 後の死産	妊娠満 22 週以 後の死産	生後 7 日未 満の死亡	生後 1 年未満 の死亡
2002	367475	5155	1746	463	1149
2003	358364	4912	1575	398	1084
2004	355089	4817	1533	370	996
2005	340873	4540	1314	322	920
2006	350774	4427	1342	358	935
2007	350473	4442	1279	355	912
2008	352263	4275	1263	286	915
2009	347581	4010	1177	308	845
2010	347421	3994	1195	263	769
2011	337900	3928	1152	231	791
2012	334449	3829	1132	280	771
2013	336428	3728	1059	240	711
2014	330815	3702	1064	248	691
2015	332725	3758	1005	211	639
総数	4842630	59517	17836	4333	12128

表 3: 2001 ～2015 年の高レベルに汚染された 6 つの県（福島、群馬、茨城、岩手、宮城、栃木）、中レベルに汚染された 3 つの都県（千葉、埼玉、東京）、その他の道府県における出生数と周産期死亡数

年	福島、群馬、茨城、岩手、宮城、栃木				千葉、埼玉、東京				その他の道府県			
	出生数	妊娠満 22 週以後の死産	生後 7 日未満の死亡	周産期死亡	出生数	妊娠満 22 週以後の死産	生後 7 日未満の死亡	周産期死亡	出生数	妊娠満 22 週以後の死産	生後 7 日未満の死亡	周産期死亡
2001	119830	576	147	723	218349	986	253	1239	832285	3546	959	4505
2002	117278	539	158	697	219487	1066	267	1333	816895	3349	943	4292
2003	114011	530	140	670	214547	927	220	1147	794882	3167	938	4105
2004	111437	518	135	653	214201	874	200	1074	784907	2964	847	3811
2005	106150	387	118	505	206861	811	184	995	749349	2859	786	3645
2006	107639	412	110	522	214637	820	213	1033	770222	2812	727	3539
2007	106134	402	131	533	216476	771	202	973	767048	2679	716	3395
2008	105870	393	93	486	218841	766	166	932	766272	2588	706	3294
2009	102741	348	107	455	218177	743	178	921	749018	2552	587	3139
2010	101482	370	82	452	219205	726	163	889	750492	2537	630	3167
2011	97213	333	65	398	214465	734	137	871	739006	2422	619	3041
2012	95536	358	80	438	213225	686	179	865	728403	2295	530	2825
2013	95404	339	79	418	215799	644	138	782	718559	2126	533	2659
2014	93226	304	85	389	213143	664	147	811	697105	2068	479	2547
2015	92270	301	67	368	216285	627	128	755	697069	2134	469	2603
総数	1566221	6110	1597	7707	3233698	11845	2775	14620	11361512	40098	10469	50567



図 1: 日本の 47 都道府県 (<http://de.wikipedia.org/wiki/Präfektur>)

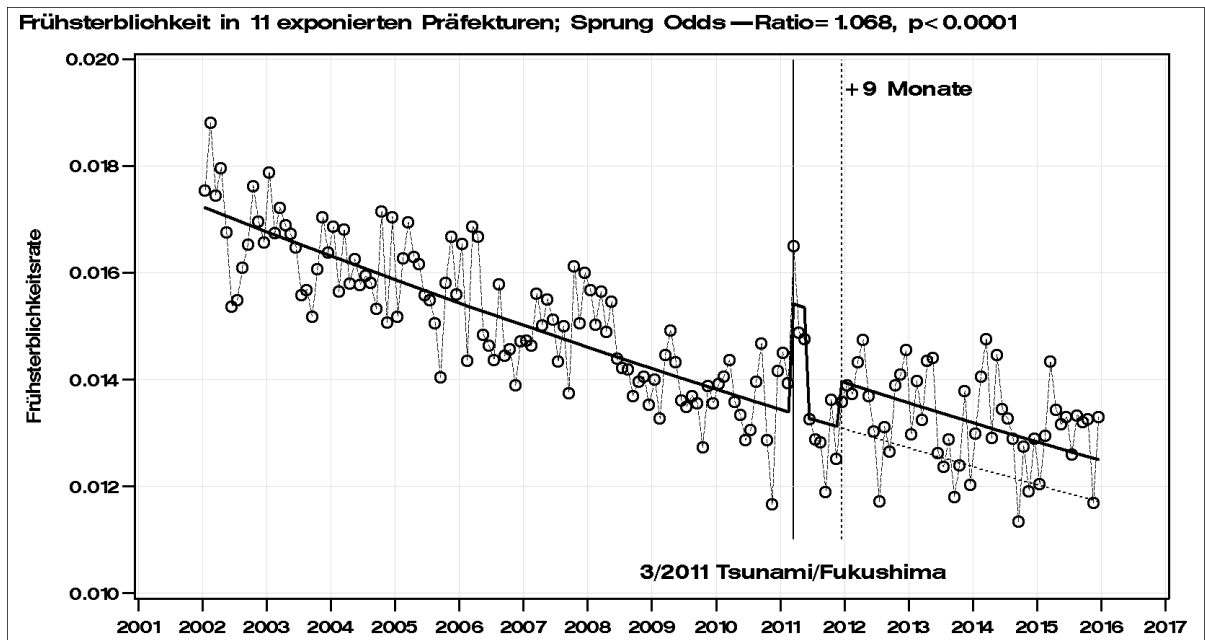


図 2 : 津波後の汚染された11の都県のトレンド。2011年の3月から5月にかけて早期死亡の上昇ピークがあり、2011年12月以降長期的な上昇が続いている

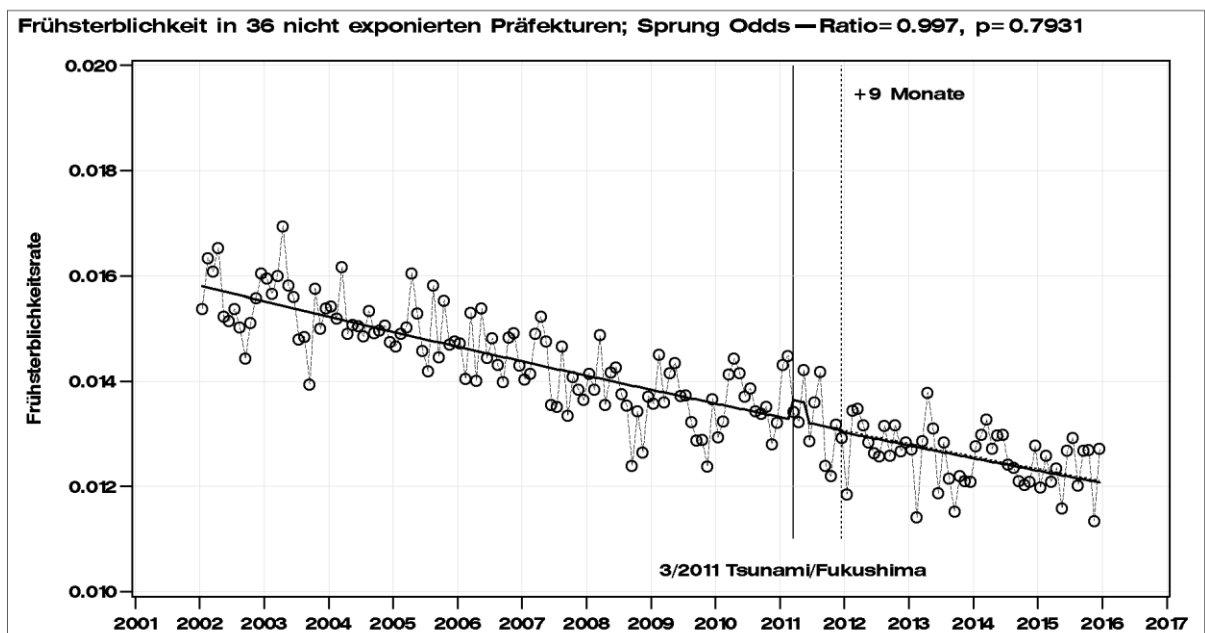


図 3 : 津波後の汚染されなかった 36 の道府県のトレンド。2011 年の 3 月から 5 月にかけて早期死亡に統計上有意な上昇がみられず、2011 年 12 月以降長期的に有意な上昇も続いていない

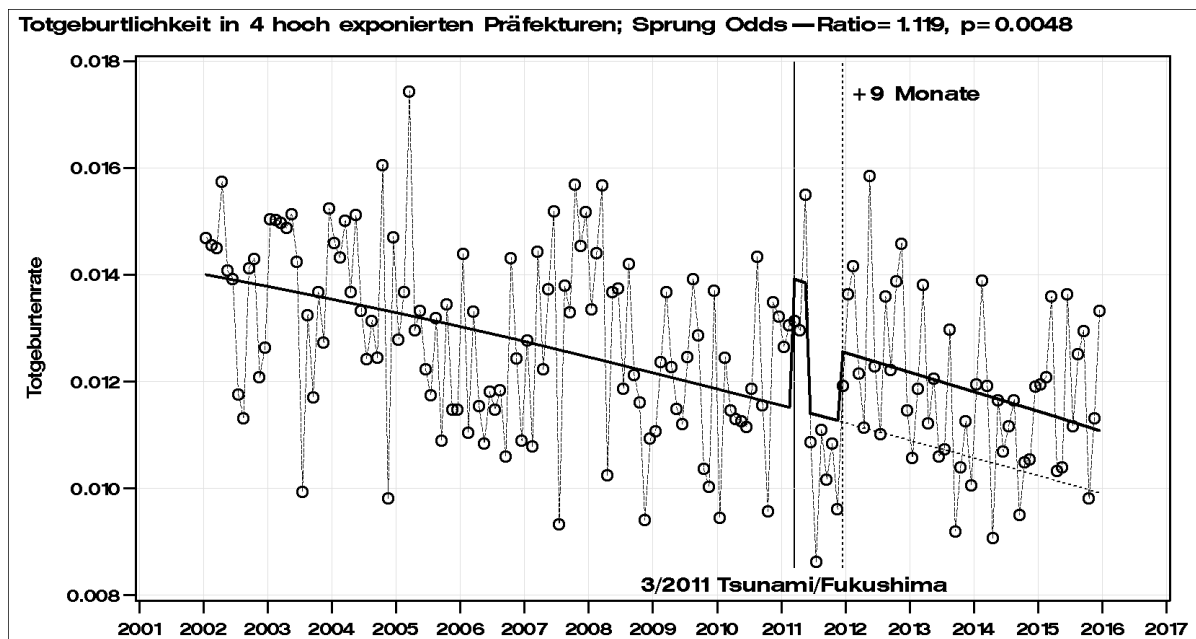


図 4 : 高レベルに汚染された県 (茨城、福島、宮城、岩手) における妊娠満 12 週以後の死産のトレンド

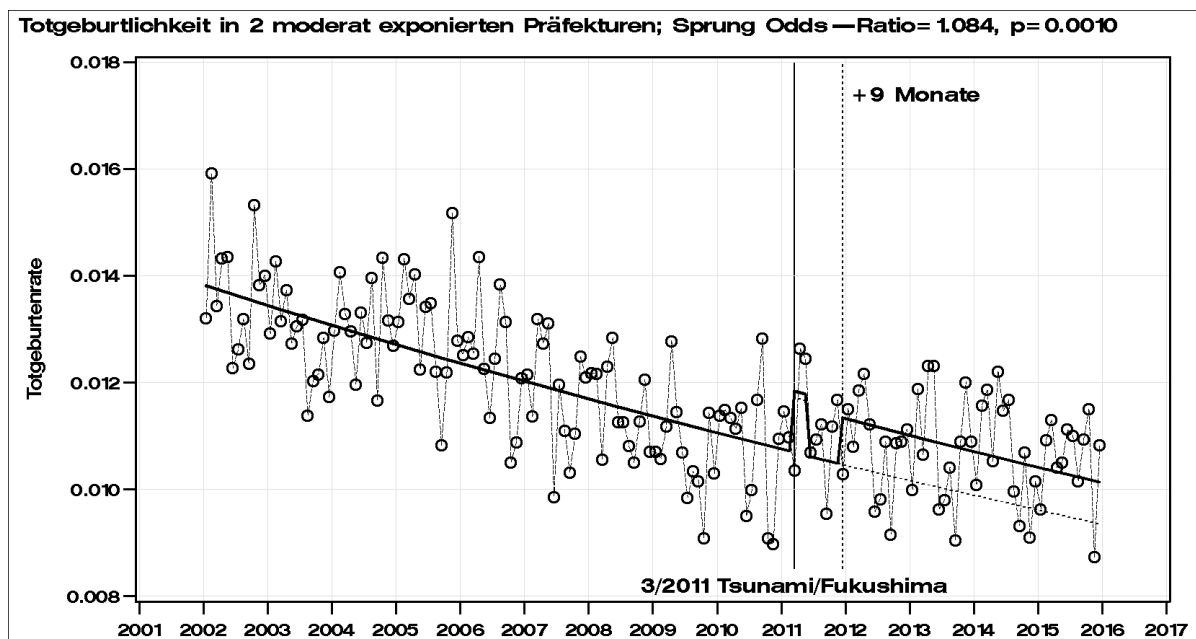


図 5 : 中レベルに汚染された都県 (埼玉、東京) における妊娠満 12 週以後の死産のトレンド

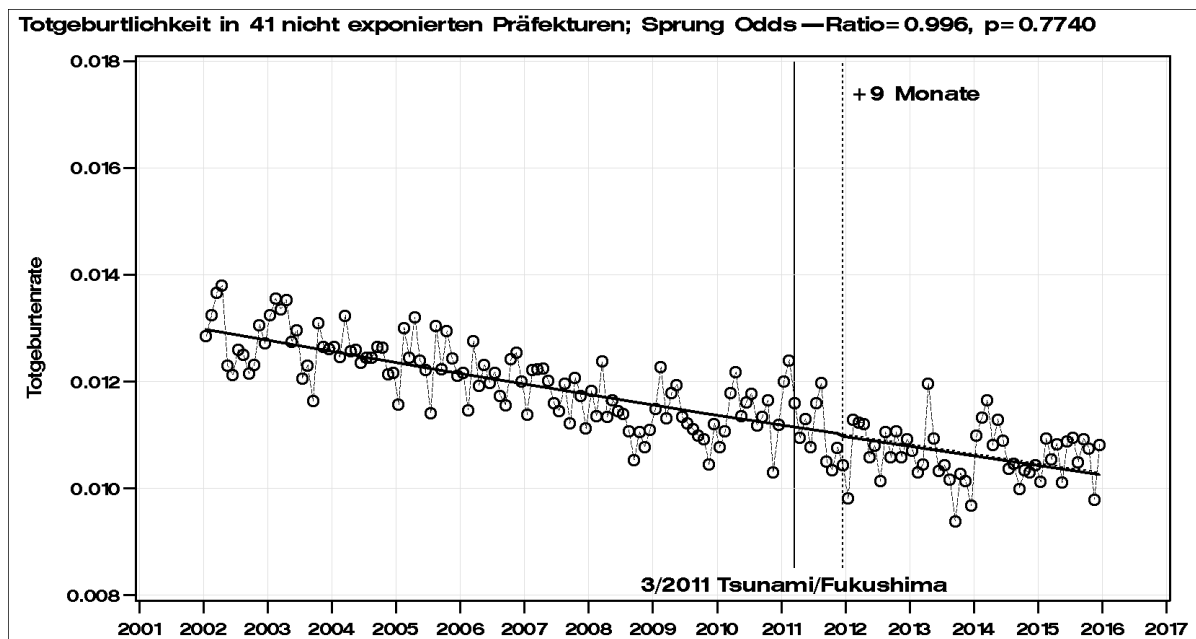


図 6 : 高レベルに汚染された県 (茨城、福島、宮城、岩手) と中レベルに汚染された都県 (埼玉、東京) 以外の道府県における妊娠満 12 週以後の死産のトレンド

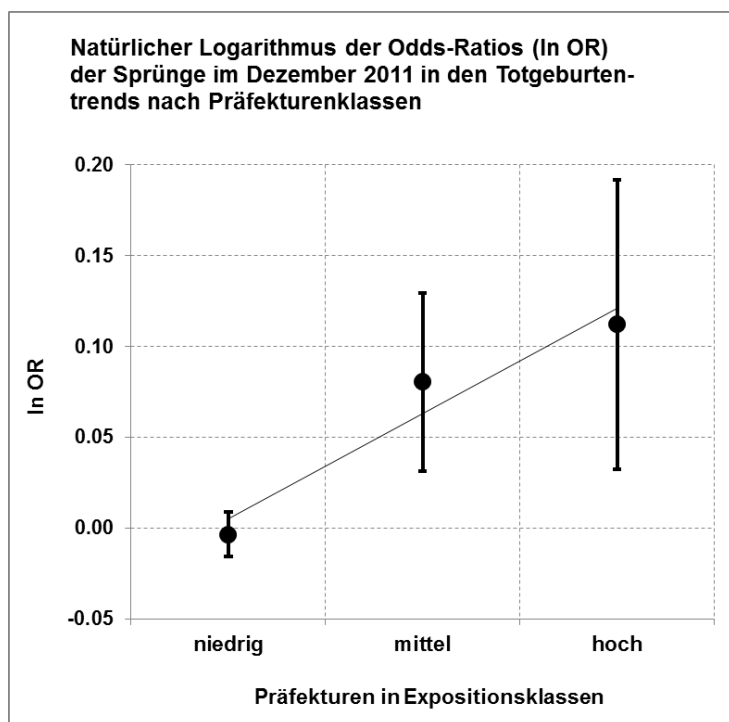


図 7 : 図 4、5、6 に関する上昇オッズ比の自然対数 (プラス/マイナス 2 標準誤差)

都県別の曝露クラス

- 右から : hoch (高い) : 茨城県、福島県、宮城県、岩手県
- mittel (中程度) : 埼玉県、東京都
- niedrig (低い) : それ以外の道府県

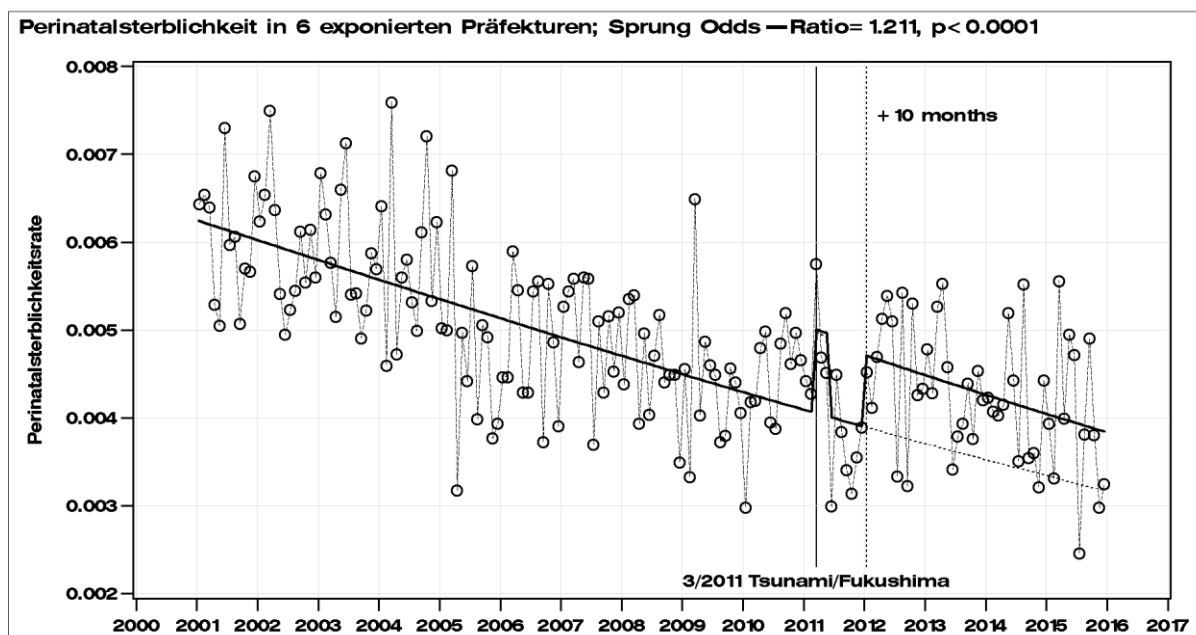


図 8 汚染された福島県、群馬県、茨城県、岩手県、宮城県、栃木県（6県）の周産期死亡のトレンド

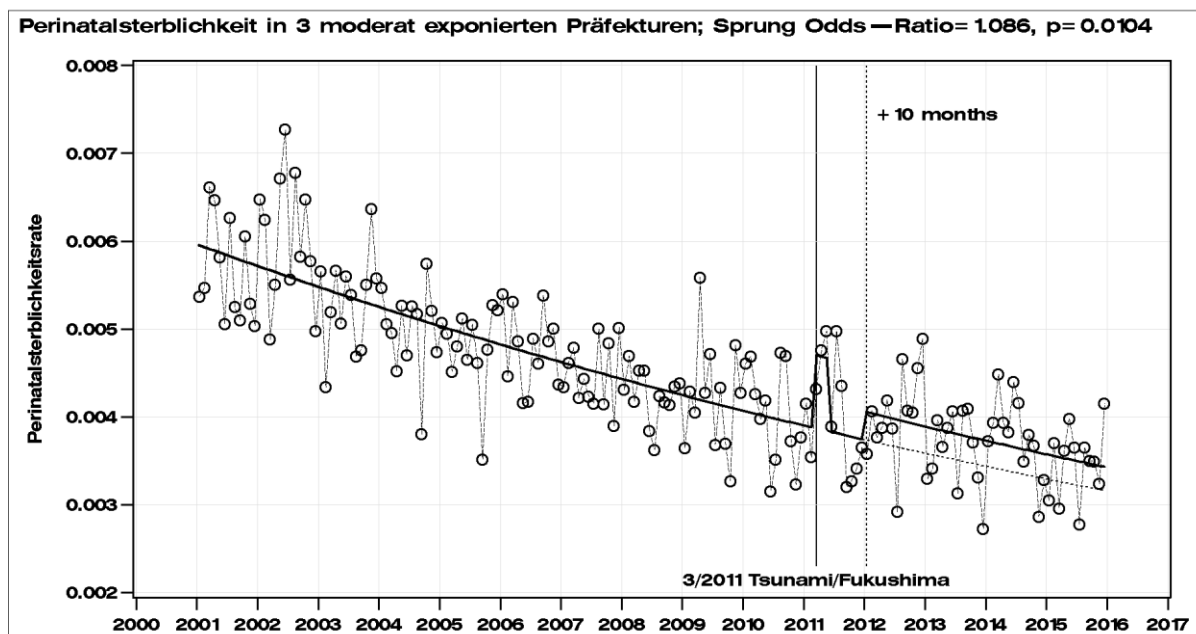


図 9 中レベルに汚染された千葉県、埼玉県、東京都（3都県）の周産期死亡のトレンド

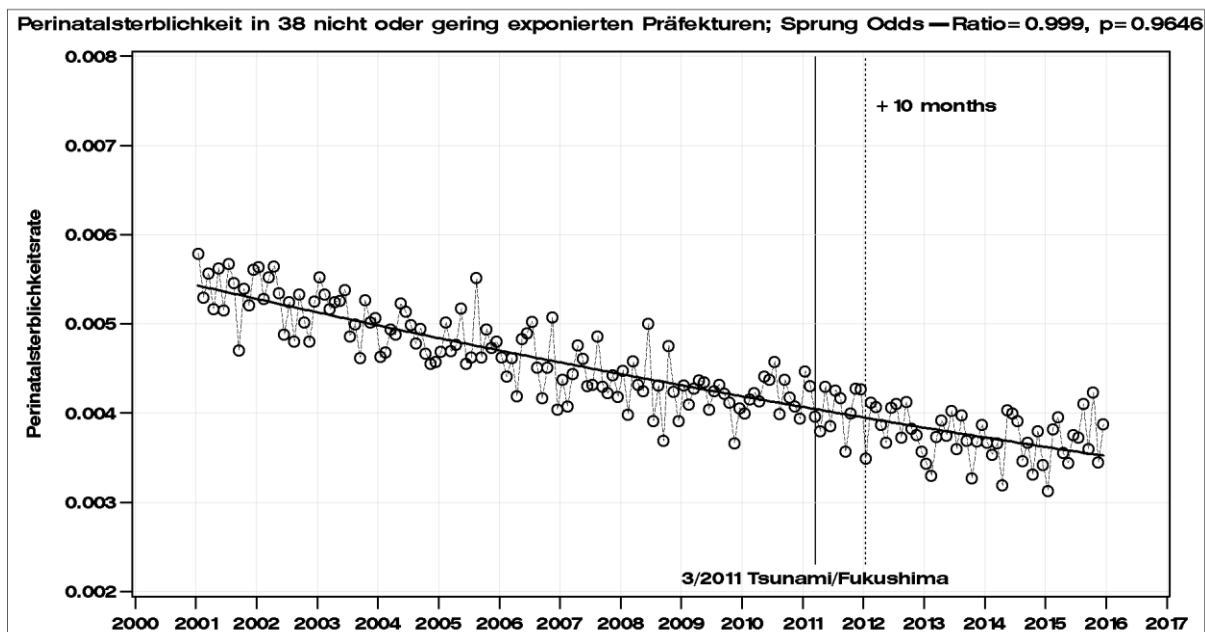


図 10 中レベルに汚染された3つの都県（千葉、埼玉、東京）と高レベルに汚染された6つの県（福島、群馬、茨城、岩手、宮城、栃木）を除いた日本の道府県における周産期死亡のトレンド

参考文献

1. Fukumoto, M., et al. *Folgen von Fukushima: Totgeburten und Säuglingssterblichkeit in Japan*. Strahlentelex 2014, http://www.strahlentelex.de/Stx_14_650-651_S03-06.pdf. 650-651.
2. Scherb, H.H., K. Mori, and K. Hayashi, *Increases in perinatal mortality in prefectures contaminated by the Fukushima nuclear power plant accident in Japan: A spatially stratified longitudinal study*. *Medicine (Baltimore)*, 2016. **95**(38): p. e4958.
3. Scherb, H., R. Kusmierz, and K. Voigt *Ökologische Studien, Trendanalysen und Hypothesentests - das Geschlechtsverhältnis der Neugeborenen in Japan von 1930 bis 1960*. Strahlentelex, 2015, http://www.strahlentelex.de/Stx_15_674-675_S04-06.pdf. 674-675.
4. Scherb, H., K. Voigt, and R. Kusmierz, *Ionizing radiation and the human gender proportion at birth-A concise review of the literature and complementary analyses of historical and recent data*. *Early Human Development*, 2015. **91**(12): p. 841-850.
5. Spix, C., et al., *Case-control study on childhood cancer in the vicinity of nuclear power plants in Germany 1980-2003*. *Eur J Cancer*, 2008. **44**(2): p. 275-84.
6. Scherb, H. and K. Voigt, *Analytical ecological epidemiology: exposure-response relations in spatially stratified time series*. *Environmetrics*, 2009. **20**(6): p. 596-606.
7. Scherb, H. and K. Voigt *Fehlbildungsrate in Bayern vor und nach dem Unfall von Tschernobyl*. Strahlentelex 2014, http://www.strahlentelex.de/Stx_14_652-653_S01-05.pdf. 652-653.
8. Scherb, H., E. Weigelt, and I. Bruske-Hohlfeld, *Regression analysis of time trends in perinatal mortality in Germany, 1980-1993*. *Environmental Health Perspectives*, 2000. **108**(2): p. 159-165.
9. Scherb, H., E. Weigelt, and I. Bruske-Hohlfeld, *European stillbirth proportions before and after the Chernobyl accident*. *Int J Epidemiol*, 1999. **28**(5): p. 932-40.
10. Scherb, H. and E. Weigelt, *Congenital Malformation and Stillbirth in Germany and Europe Before and After the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident*. *Environmental Science and Pollution Research, Special Issue*, 2003. **1**: p. 117-25.
11. Scherb, H. and K. Sperling, *Heutige Lehren aus dem Unfall von Tschernobyl*. *Naturw Rdschau*, 2011. **64**(5): p. 229-239.

Die deutschsprachige Fassung dieser Arbeit kann abgerufen werden unter www.strahlentelex.de/Stx_17_722-723_S01-07.pdf