

HelmholtzZentrum münchen

German Research Center for Environmental Health



福島県における超音波検査による調査と甲状腺がん（仮訳）

Peter Jacob, Alexander Ulanovsky, Christian Kaiser

Department of Radiation Sciences

Institute of Radiation Protection

放射線と甲状腺がんに関する国際ワークショップ、2014年2月21～23日、東京





疑問点

福島県で実施中の超音波検査によるスクリーニング調査において、スクリーニング対象集団の甲状腺がんに関する予想はどうか？

1. 1回目のスクリーニング調査における有病率^a
2. 事故による被曝と無関係な事故後の甲状腺がん発生率^b
3. 事故による被曝に起因する発生率
4. 放射線影響の検出の可能性

^a スクリーニング対象者数当たりの症例数

^b 一定期間中の対象者当たりの新規症例数



1. 有病率

1.1 基本的な仮定

同一のスクリーニング法を適用した場合、
福島県と、ウクライナのウクライナ-米国調査(UkrAm)コホートにおける
各スクリーニング コホートの発生率と各国の発生率との比は等しいはずである。

$$P_{Fp} / \lambda_{Japan,Fp} = P_{UA1} / \lambda_{Ukraine,UA1} \quad \text{同一のスクリーニング調査と仮定}$$



1. 有病率

1.1 基本的な仮定(つづき)

福島県と、ウクライナのUkrAmコホートにおける
各スクリーニング コホートの有病率と各国の有病率との比は、
調査方法を考慮した係数(f_{sp})以外、等しい。

$$P_{Fp} / \lambda_{Japan,Fp} = f_{sp} P_{UA1} / \lambda_{Ukraine,UA1}$$



1. 有病率

1.2 有病率データ

UkrAmコホートの1回目スクリーニング : 13 127 例、平均年齢 : 22 歳
11.2 (95%CI: 3.2; 22.5) 放射線と無関係な症例

$$P_{UA} = 0.09\% \text{ (95\%CI: 0.02\%; 0.17\%)}$$

Tronko et al. J Natl Cancer Inst 2006

小結節 > 5 mm / # 小結節 > 10 mm = 1568 / 475 = 3.3
福島県立医科大学 (2013年)

http://www.fmu.ac.jp/radiationhealth/results/media/13-2_ThyroidUE.pdf

$$f_{sp} = \text{三角分布 [1; 3.2]}^a$$

^a 2013年7月31日のデータ

Jacob et al. Radiat Environ Biophys 2014



1. 有病率

1.2 有病率データ(つづき)

香港での調査における小結節サイズ分布と腫瘍サイズ分布の類似性:

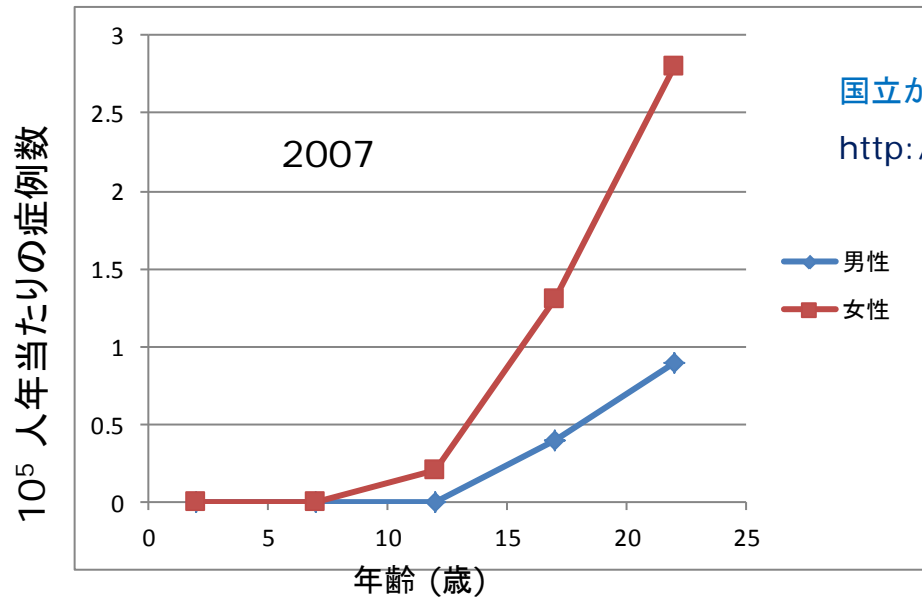
#小結節 > 5 mm / #小結節 > 10 mm = 398 / 169 = 2.4

#腫瘍 > 5 mm / #腫瘍 > 10 mm = 11 / 5 = 2.2

Yuen et al. [Head Neck](#) 2011

1. 有病率

1.3 各国の発生率データ



国立がんセンター

http://ganjoko.jp/pro/statistics/en/table_download.html

$$\lambda_{\text{日本}, Fp} = 10^5 \text{ 人年あたり } 0.3 \text{ 例 (0.0003 \% / \text{年})}$$

$$\lambda_{\text{ウクライナ}, UA1} = 10^5 \text{ 人年あたり } 1.8 \text{ 例 (0.0018 \% / \text{年})}$$



1. 有病率

1.4 有病率の結果

地方自治体／県	対象としたスクリーニング 期間	予測有病率 (%) ^a
福島県13カ所	2011年4月～2012年5月	0.027 (0.007, 0.069)
福島県12カ所	2012年4月～2013年5月	0.034 (0.009, 0.088)
青森県、山梨県、長崎県	2012年11月～2013年1月	0.032 (0.008, 0.084)

^a 算術平均と95%信頼区間 (CI)

Jacob et al. Radiat Environ Biophys 2014

2011年4月～2012年5月のスクリーニング調査で認められた有病率：
13/41493 = 0.031 % (2013年9月30日)

福島県立医科大学 (2013年)

http://www.fmu.ac.jp/radiationhealth/results/media/13-2_ThyroidUE.pdf

2. 発生率は事故による放射線と無関係である

2.1 発生率のスクリーニング係数 (Screening factor)

福島県のスクリーニング係数

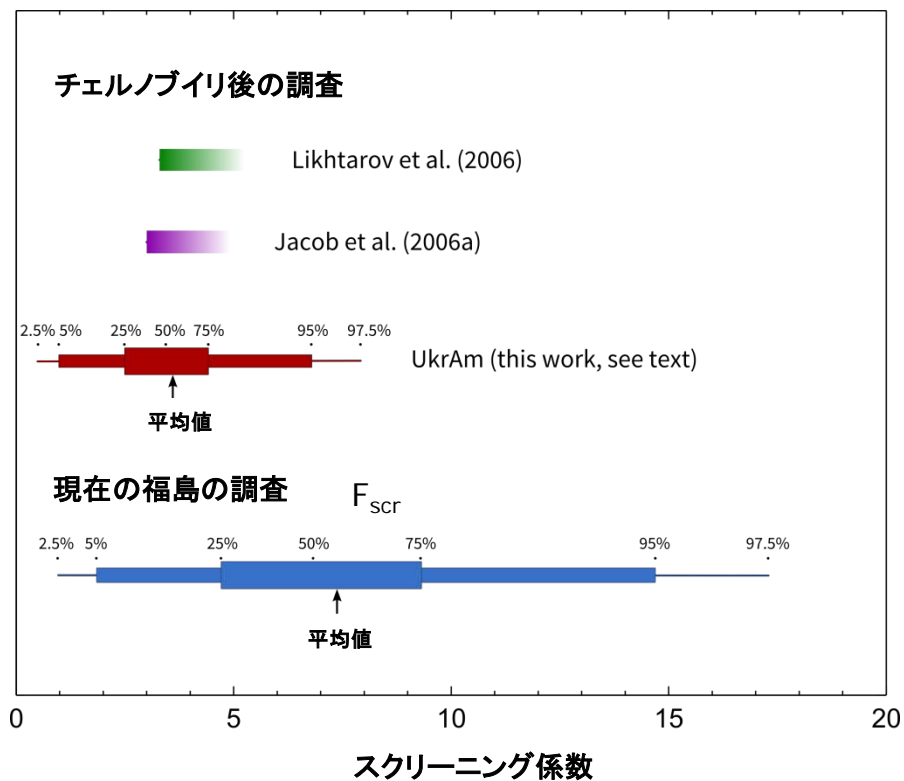
$$= \text{UkrAmコホートのスクリーニング係数} * f_{sp}$$

$$= (EAR_{UA}/ERR_{UA})/\lambda_{\text{ウクライナ,UA2-4}} * f_{sp}$$

$$= 7.4 \text{ (95\% CI: 0.95; 17.3)}$$

Brenner et al. Environ Health Persp 2011

Jacob et al. Radiat Environ Biophys 2014





2. 発生率は事故による放射線と無関係である

2.2 結果

セクション3に示す

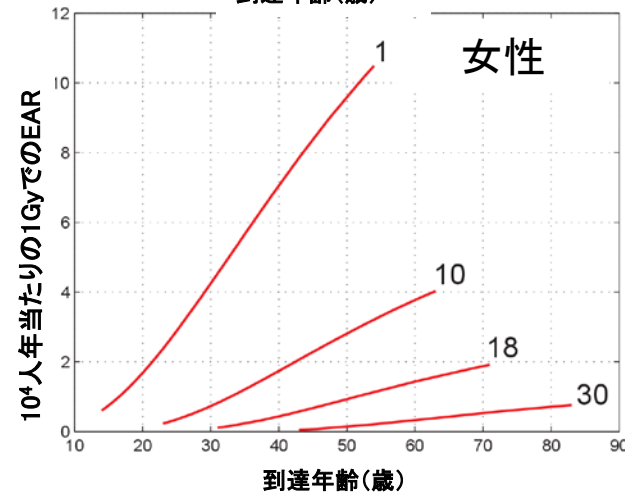
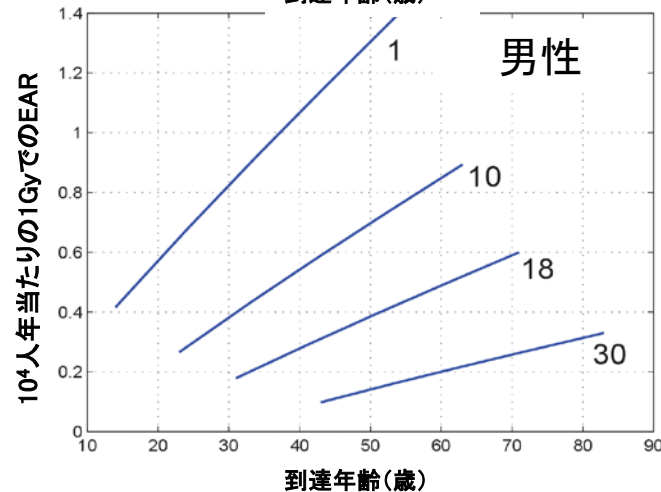
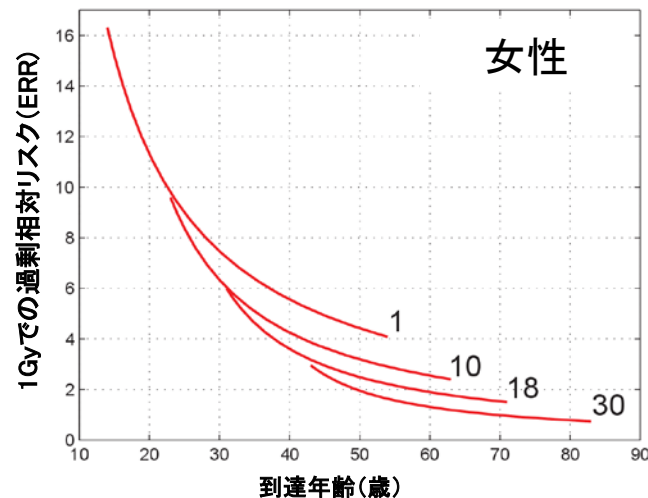
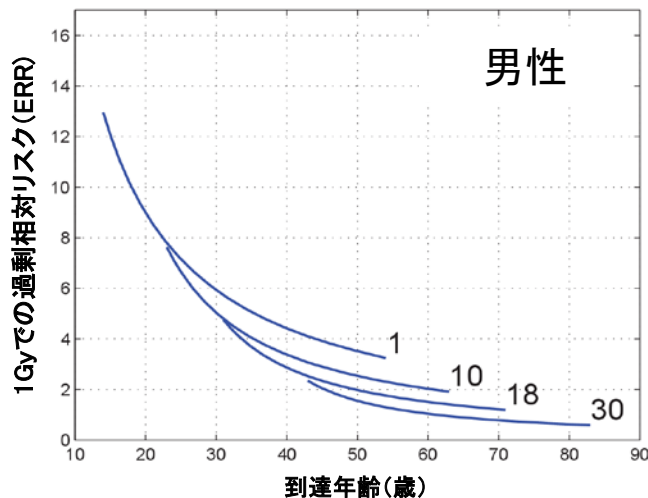
3. 事故による被曝に起因する発生率

3.1 成人健康調査 (AHS)に参加していない 寿命調査(LSS)参加者の リスクモデル

相対リスクは被曝時の年齢と
参加時の年齢の上昇に伴い
減少する。

過剰リスクは被曝時年齢の上昇
に伴い減少し、被曝からの経過
時間の増加に伴い上昇する

Jacob et al.
Radiat Environ Biophys 2014



3. 事故による被曝に起因する発生率

3.2 単位線量当たりの過剰絶対リスク(EAR)

LSSの相対リスクを福島県の相対リスクに変換

$$EAR_{Fp}(s, e, a) = F_{scr} F_L(a-e) F_{DDREF} ERR_{LSS}(s, e, a) \lambda_{Japan}(s, a)$$

F_{DDREF} 低線量と低リスクへの変換に起因する不確実性

$F_L(a-e)$ 最小3年間の潜在期間

F_{scr} スクリーニング係数

Heidenreich et al. Radiat Res 1999 (F_L)

Jacob et al. Occup Environ Med 2009 (F_{DDREF})

Jacob et al. Radiat Environ Biophys 2014 (F_{scr} , ERR_{LSS})

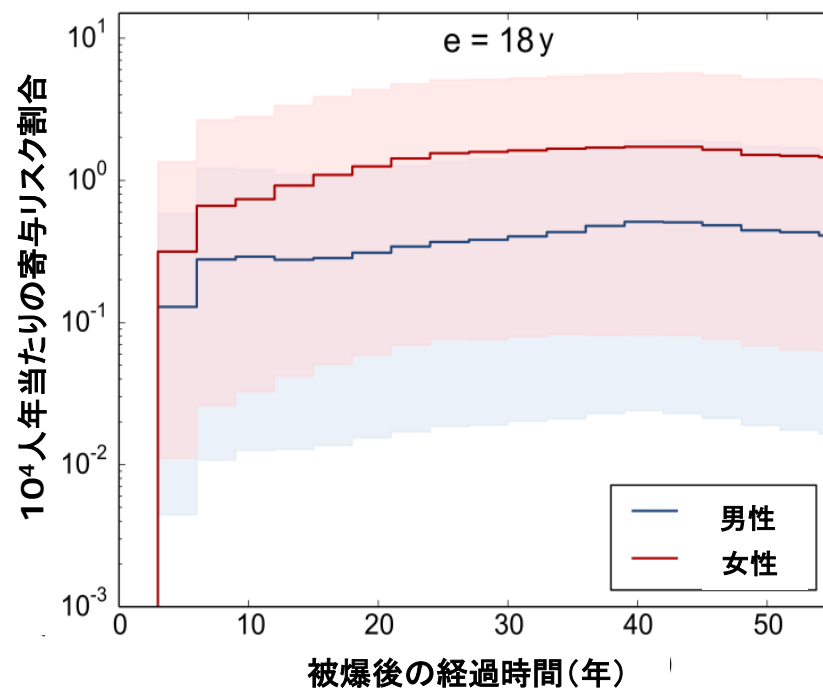
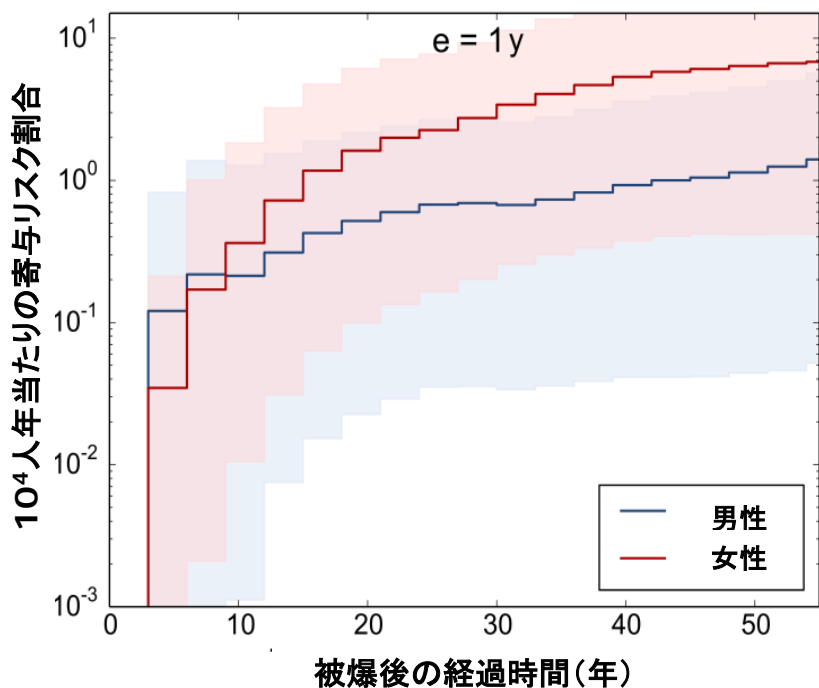
National Cancer Center, http://ganjoho.jp/pro/statistics/en/table_download.html (λ_{Japan})

若年層では過剰がゼロと予測

= > 混合変換がより妥当

3. 事故による被曝に起因する発生率

3.3 100 mGyでの過剰絶対リスク



Jacob et al. Radiat Environ Biophys 2014

3. 事故による被曝に起因する発生率

3.4 2期間中の予測発生率

ベースラインと推定線量20 mGyの甲状腺被曝

甲状腺がん	発生率(%)	
	10年	50年
ベースライン	0.06 (0.006; 0.14)	2.2 (0.27; 5.3)
過剰リスク	0.006 (0.0002; 0.025)	0.13 (0.005; 0.40)

主な不確実源 : F_{SCR} , ERR_{LSS} , F_{DDREF}

Jacob et al. Radiat Environ Biophys 2014

3. 事故による被曝に起因する発生率

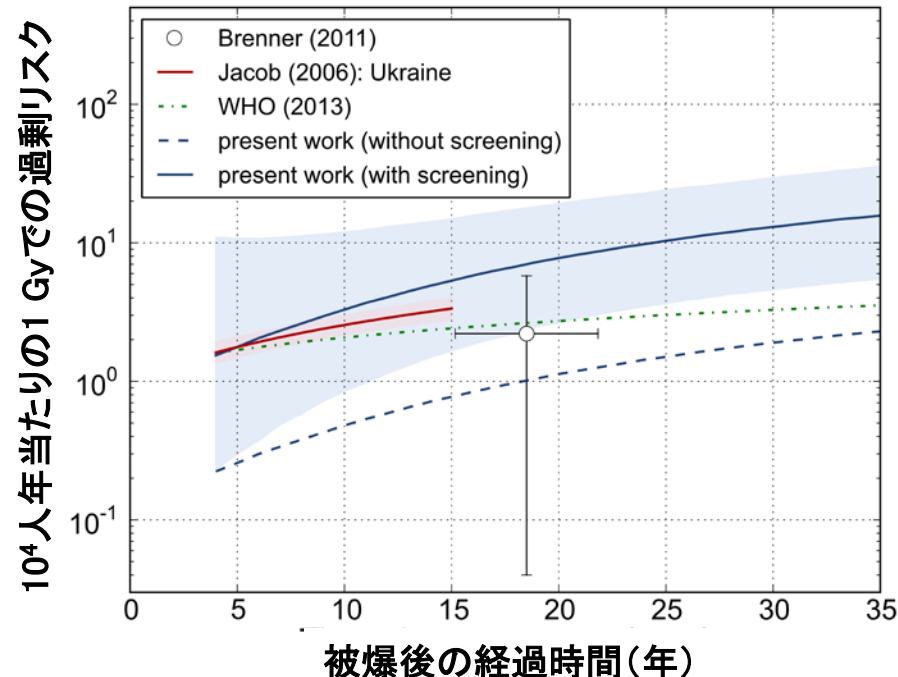
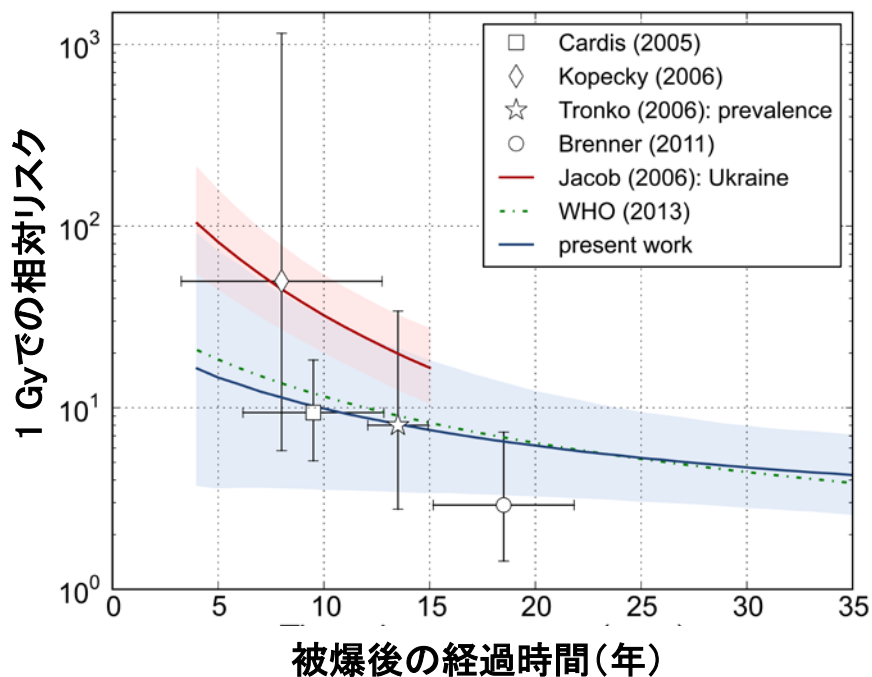
3.5 放射線影響は検出可能となるのか？

幼児(女児)の最良推定値に基づき、
2000～3000名の幼児(女児)が50 mGy単位で甲状腺被曝した場合、
放射線影響は、数十年後に検出される可能性がある。

しかし不確実性は大きい。
また、放射線影響は低線量群やより数の少ない群でも検出可能になると考えられる。

4. 他の調査との比較

4.1 チェルノブイリ後の調査における甲状腺がんに対する過剰リスク



4. 他の調査との比較

4.2 100 mGyでの甲状腺がんリスクの予測値(WHO、2013年)

少女、被曝時年齢10歳	WHO (2013)	Jacob et al. (2014)	割合
LAR	0.25%	1.6%	6.5
RR、生存期間	0.33	0.24	0.7
AR ₁₅	0.03%	0.09%	2.9
RR、15年	1.1	0.53	0.5

WHO(2013年)およびJacobら(2014年)の予測値との比較

- 甲状腺がんリスクがより高い(超音波検査によるスクリーニング調査のため)
- 少女において、特に被曝後10年間の相対リスクがわずかに低い(放射線リスク関数の差異のため)



継続的な超音波検査に対する予測値の要約(1)

予測値は、UkrAm調査における有病率およびスクリーニング係数と、

AHSに参加していないLSS参加者の甲状腺がんリスク関数を指標とした。

1回目のスクリーニング調査における有病率：0.034% (95% CI: 0.009%; 0.085%)

発生率のスクリーニング係数：7 (95% CI: 1; 17)

50年以上での甲状腺がん発生率：2% (95% CI: 0.3%; 5%)

50年の過剰リスク(甲状腺線量20 mGyの発生率)：0.1% (95% CI: 0.005%; 0.4%)



継続的な超音波検査に対する予測値の要約(2)

甲状腺線量20 mGyの50年過剰発生率 : 0.1% (95% CI: 0.005%; 0.4%)

最初の10年間の50年過剰リスクの蓄積は5%以下

F_{scr} 、 ERR_{LSS} 、 F_{DDREF} および甲状腺線量に関する不確実性は大

チェルノブイリ後の調査と良好に一致

WHOデータと比べ発生率は高いものの、

相対リスクは低い(特に少女における被曝後10年間)



継続的な超音波検査に対する予測値の要約

予測値は、UkrAm調査における有病率およびスクリーニング係数と、
AHSに参加していないLSS参加者の甲状腺がんリスク関数を指標とした。

1回目のスクリーニング調査における有病率：0.034% (95% CI: 0.009%; 0.085%)

発生率のスクリーニング係数：7 (95% CI: 1; 17)

50年以上の甲状腺がん発生率：2% (95% CI: 0.3%; 5%)

50年の過剰発生率(甲状腺線量20 mGy)：0.1% (95% CI: 0.005%; 0.4%)

最初の10年間の50年過剰リスクの蓄積は5%以下

F_{scr} 、 ERR_{LSS} 、 F_{DDREF} および甲状腺線量に関する不確実性は大

チェルノブイリ後の調査と良好に一致

WHOデータと比べ発生率は高いものの、
相対リスクは低い(特に少女における被曝後10年間)