

2011.1.12 原子力安全委員会 被ばく医療分科会

# 被ばく時年齢が40歳以上の場合の 甲状腺癌のリスクについて

広島大学 原爆放射線医科学研究所

細井 義夫

# 項目

1. これまでの評価
2. 被ばく時年齢40歳以上でリスクが上昇するという報告
  - 2-1. チェルノブイリ原発事故の被ばく者
  - 2-2. 広島・長崎の原爆被爆者
3. 1970年代から続く世界的な甲状腺癌罹患率の増加
3. 40歳以上の住民等に対する安定ヨウ素剤の投与
5. 参考文献

# 1. これまでの評価

原子力安全委員会による安定ヨウ素剤の服用に関する重要な文書は以下の2点である。

1. 「原子力施設等の防災対策について」  
昭和55年6月制定、平成22年8月最終一部改訂、原子力安全委員会
2. 「原子力災害時における安定ヨウ素剤予防服用の考え方について」  
平成14年4月制定、原子力安全委員会、原子力施設等防災専門部会

# 1. これまでの評価

## 「原子力施設等の防災対策について」

- ・安定ヨウ素剤の予防服用について  
「周辺住民等に対する防護対策としての安定ヨウ素剤の服用については、『原子力災害時における安定ヨウ素剤予防服用の考え方について』（平成14年4月原子量安全委員会原子力施設等防災専門部会）によるものとする。」(p20)
- ・付属資料12、周辺住民等に対する安定ヨウ素剤予防服用に係る防護対策について  
「服用対象者 40歳未満を対象とする。」(p104)  
「40歳以上については、放射性ヨウ素による被ばくによる甲状腺がん等の発生確率が増加しないため、安定ヨウ素剤を服用する必要はない。」(p105)

# 1. これまでの評価

## 「原子力災害時における安定ヨウ素剤予防服用の考え方について」

- ・甲状腺癌

「広島、長崎の原爆被災者の長期にわたる疫学調査」では「被ばく時年齢が、40歳以上では、甲状腺がんの生涯リスクは消失し放射線による影響とは考えられなくなる」(p3)

- ・年齢を考慮した服用対象者の制限

「40歳以上では、放射線被ばくにより誘発される甲状腺発がんのリスクがないことから、安定ヨウ素剤の服用は、40歳未満の者を対象とする。」(p11)

## 2. 被ばく時40歳以上でリスクが上昇するという報告

### 2-1. チェルノブイリ原発事故の被ばく者

チェルノブイリ原発事故から25年が経過し、住民や原発事故従事者に対する影響が報告されている。

Fuzikらは、ウクライナの全人口を対象した2008年までの調査から、①男女ともに被ばく時全年齢で有意に相対リスクが上昇していること、②過剰相対リスクは、診断時19歳以下で高いのに対し、過剰絶対リスクは診断時40歳以上で高く、女性においてより顕著であること、③相対リスクは被ばく線量依存性があることを報告している [1] (表1、表2)。

Prysyazhnyukらは、住民と低線量被ばくした原発事故従事者の2004年までのデータから、大人においても放射線被ばくにより甲状腺癌の罹患率が有意に上昇し、罹患率の上昇には線量依存性があることを報告している [2]。

また、Ivanovらは、2003年までのチェルノブイリ原発事故従事者のデータから、放射性ヨウ素の内部被ばくにより大人の甲状腺癌罹患率が有意に上昇することを報告している [3]。

表1. ウクライナ住民人口10万人当たり甲状腺癌の罹患率と相対リスク  
 (Fuxik M. *et al.*, Thyroid cancer incidence in Ukraine: trends with reference to the Chernobyl accident. Radiat Environ Biophys 50: 47–55, 2011. Table 1–2 を改変)

診断の時期	男性				女性			
	高線量(>35mGy)		低線量(=<35mGy)		高線量(>35mGy)		低線量(=<35mGy)	
	TASR*	RR**	TASR*	RR**	TASR*	RR**	TASR*	RR**
診断時0–19歳								
1989	0.06	1.00	0.13	1.00	0.34	1.00	0.19	1.00
1990–1994	0.71	<b><u>11.58</u></b>	0.12	0.94	1.29	<b><u>3.78</u></b>	0.24	1.25
1995–1999	0.86	<b><u>13.99</u></b>	0.19	1.49	1.89	<b><u>5.55</u></b>	0.44	<b><u>2.26</u></b>
2000–2004	0.71	<b><u>11.48</u></b>	0.15	1.16	1.36	<b><u>4.00</u></b>	0.35	<b><u>1.82</u></b>
2005–2008	0.10	1.54	0.12	0.94	0.09	<b><u>1.77</u></b>	0.41	<b><u>2.12</u></b>
診断時20–39歳								
1989	0.52	1.00	0.52	1.00	3.46	1.00	2.22	1.00
1990–1994	1.10	<b><u>2.11</u></b>	0.55	1.07	4.00	<b><u>1.16</u></b>	2.88	<b><u>1.30</u></b>
1995–1999	1.47	<b><u>2.81</u></b>	0.65	1.27	6.34	<b><u>1.83</u></b>	3.64	<b><u>1.64</u></b>
2000–2004	2.05	<b><u>3.94</u></b>	0.74	<b><u>1.43</u></b>	9.99	<b><u>2.89</u></b>	3.66	<b><u>1.65</u></b>
2005–2008	2.42	<b><u>4.65</u></b>	0.97	<b><u>1.88</u></b>	8.47	<b><u>2.45</u></b>	4.69	<b><u>2.12</u></b>
診断時40–59歳								
1989	1.69	1.00	1.40	1.00	7.85	1.00	5.28	1.00
1990–1994	2.24	1.33	1.93	<b><u>1.37</u></b>	9.34	1.19	6.32	<b><u>1.20</u></b>
1995–1999	3.83	<b><u>2.27</u></b>	2.11	<b><u>1.50</u></b>	15.75	<b><u>2.01</u></b>	8.44	<b><u>1.60</u></b>
2000–2004	4.07	<b><u>2.41</u></b>	2.28	<b><u>1.63</u></b>	20.68	<b><u>2.63</u></b>	9.45	<b><u>1.79</u></b>
2005–2008	5.27	<b><u>3.72</u></b>	2.32	<b><u>1.65</u></b>	18.58	<b><u>2.27</u></b>	11.98	<b><u>2.27</u></b>
診断時60歳以上								
1989	3.14	1.00	3.46	1.00	5.33	1.00	6.41	1.00
1990–1994	3.35	1.07	3.10	0.90	6.31	1.18	6.68	1.04
1995–1999	4.53	1.44	3.72	1.07	11.10	<b><u>2.08</u></b>	7.72	<b><u>1.20</u></b>
2000–2004	5.06	<b><u>1.61</u></b>	3.44	0.99	13.22	<b><u>2.48</u></b>	7.46	<b><u>1.16</u></b>
2005–2008	5.78	<b><u>1.84</u></b>	3.74	1.08	13.42	<b><u>2.52</u></b>	9.68	<b><u>1.51</u></b>

\*TASR: Tuncated age-standardized incidence rates. \*\*RR: Rate ratios.

下線: 1989年と比べ有意に上昇 斜体: 低線量と比べ高線量で有意に上昇

表2. 高線量地域と低線量地域を含めたウクライナ住民のチェルノブイリ原発事故発生時の年齢別甲状腺癌の相対リスク(rate ratio)

(Fuxik M. *et al.*, Thyroid cancer incidence in Ukraine: trends with reference to the Chernobyl accident. Radiat Environ Biophys 50: 47–55, 2011. Table 4を改変)

チェルノブイリ原発事故発生時の年齢	男性				女性			
	診断時の西暦				診断時の西暦			
	1991	1996	2001	2006	1991	1996	2001	2006
0-4	NA	<u>5.91</u>	<u>5.40</u>	<u>4.91</u>	12.33	<u>10.83</u>	<u>5.60</u>	<u>2.62</u>
5-9	16.40	2.93	2.39	<u>4.38</u>	<u>28.63</u>	<u>2.41</u>	<u>3.42</u>	<u>2.28</u>
10-14	0.68	3.08	<u>3.86</u>	1.80	2.82	2.12	<u>3.64</u>	<u>2.46</u>
15-19	4.05	0.37	1.69	1.31	1.30	1.38	<u>2.29</u>	<u>2.37</u>
20-24	<u>6.32</u>	0.79	<u>2.97</u>	<u>4.09</u>	1.00	<u>1.74</u>	<u>2.64</u>	<u>2.13</u>
25-29	2.52	2.37	<u>2.71</u>	1.24	<u>1.98</u>	<u>1.67</u>	<u>2.68</u>	<u>2.46</u>
30-34	0.51	<u>2.89</u>	1.66	<u>2.48</u>	1.97	<u>2.06</u>	<u>2.41</u>	<u>2.27</u>
35-39	0.42	<u>2.20</u>	<u>2.64</u>	<u>2.43</u>	0.95	<u>1.82</u>	<u>2.02</u>	<u>1.73</u>
40-44	1.13	1.08	2.08	1.88	<u>1.70</u>	<u>1.71</u>	<u>2.44</u>	<u>1.63</u>
45-49	0.64	1.80	0.99	1.75	1.66	<u>1.80</u>	<u>2.31</u>	<u>1.95</u>
50-54	1.50	0.45	2.00	2.36	1.32	<u>2.59</u>	<u>2.04</u>	1.28
55-59	2.18	0.84	1.07	1.79	0.83	0.93	<u>1.57</u>	0.99

.下線:1989年と比べ有意



## 2. 被ばく時40歳以上でリスクが上昇するという報告

### 2-2. 広島・長崎の原爆被爆者

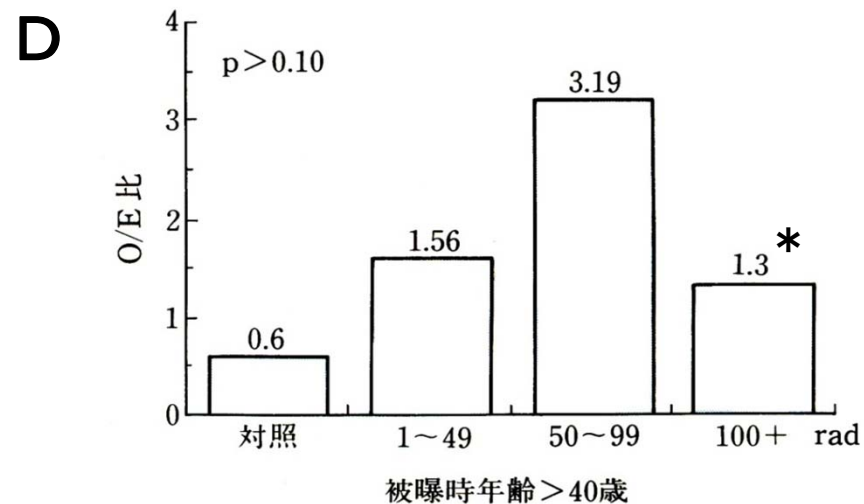
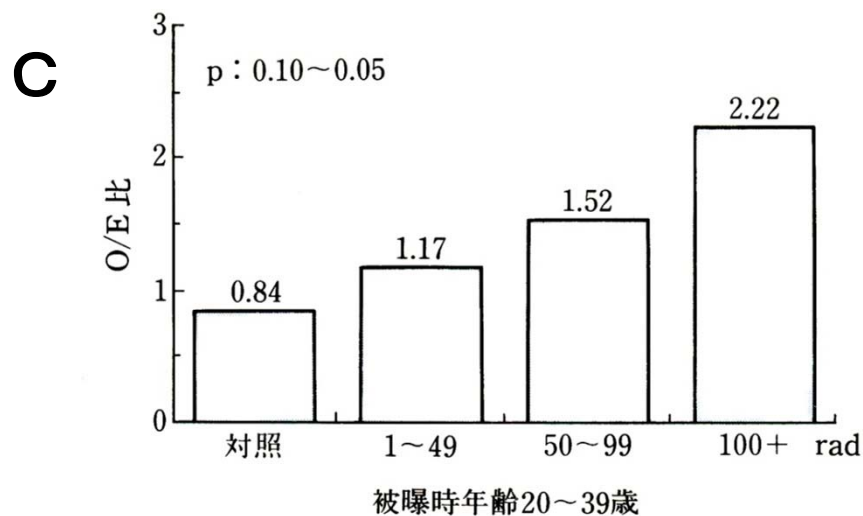
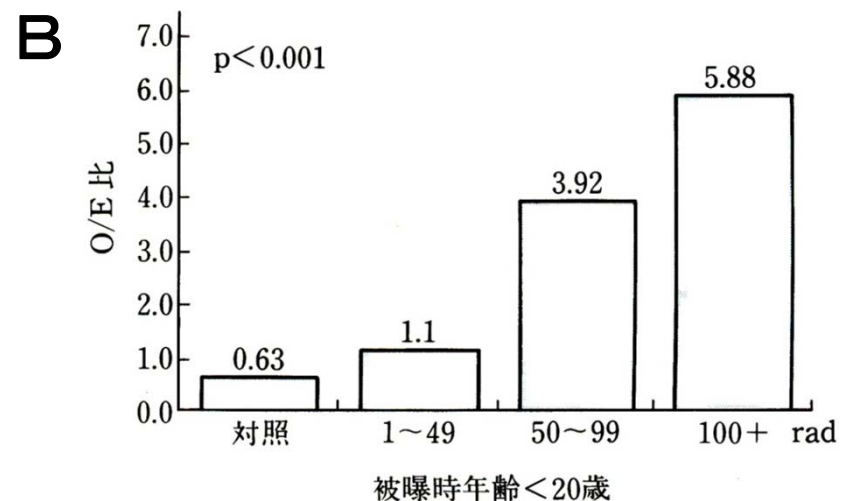
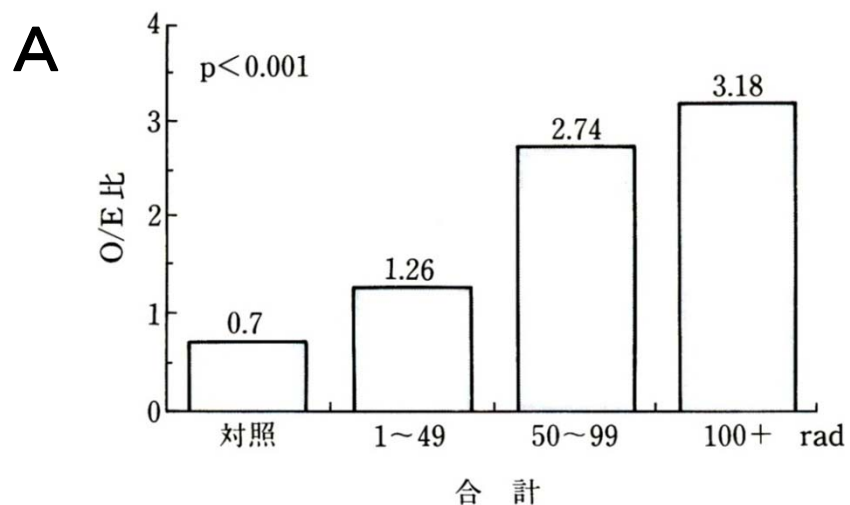
原爆被爆者における甲状腺癌の罹患リスクに関する研究は、男女別の罹患リスクの評価や、甲状腺のpapillary microcarcinomaの評価により、被ばく時年齢が40歳以上でもリスクがあることが報告されている。

Hayashiらは、原爆被爆者で甲状腺のpapillary microcarcinomaの罹患リスクが上昇し、それは被ばく時年齢が40歳以上でも認められること、女性で顕著であることを2010年に報告している [4]。

Richardsonらは、原爆被爆者の女性では、被ばく時全年齢で甲状腺癌の罹患率の上昇が認められ、過剰相対リスクは被ばく時年齢20歳以上の年齢で違いはないことを2009年に報告している [5]。

江島は1992年発行の「原爆放射線の人体影響1992」で、被ばく時年齢が40歳以上で甲状腺癌の相対リスクが上昇する傾向が認められ、被ばく時全年齢の平均値では甲状腺癌の相対リスクが有意に上昇することを報告している [6] (図1)。

# 図1. 原爆被爆者における甲状腺癌罹患率の相対リスク (原爆放射線の人体影響1992)



O/E比: 観察数と期待数の比

D\*: 低い値は症例数が少ないためと本文中で説明されている。

### 3. 1970年代から続く世界的な甲状腺癌罹患率の増加

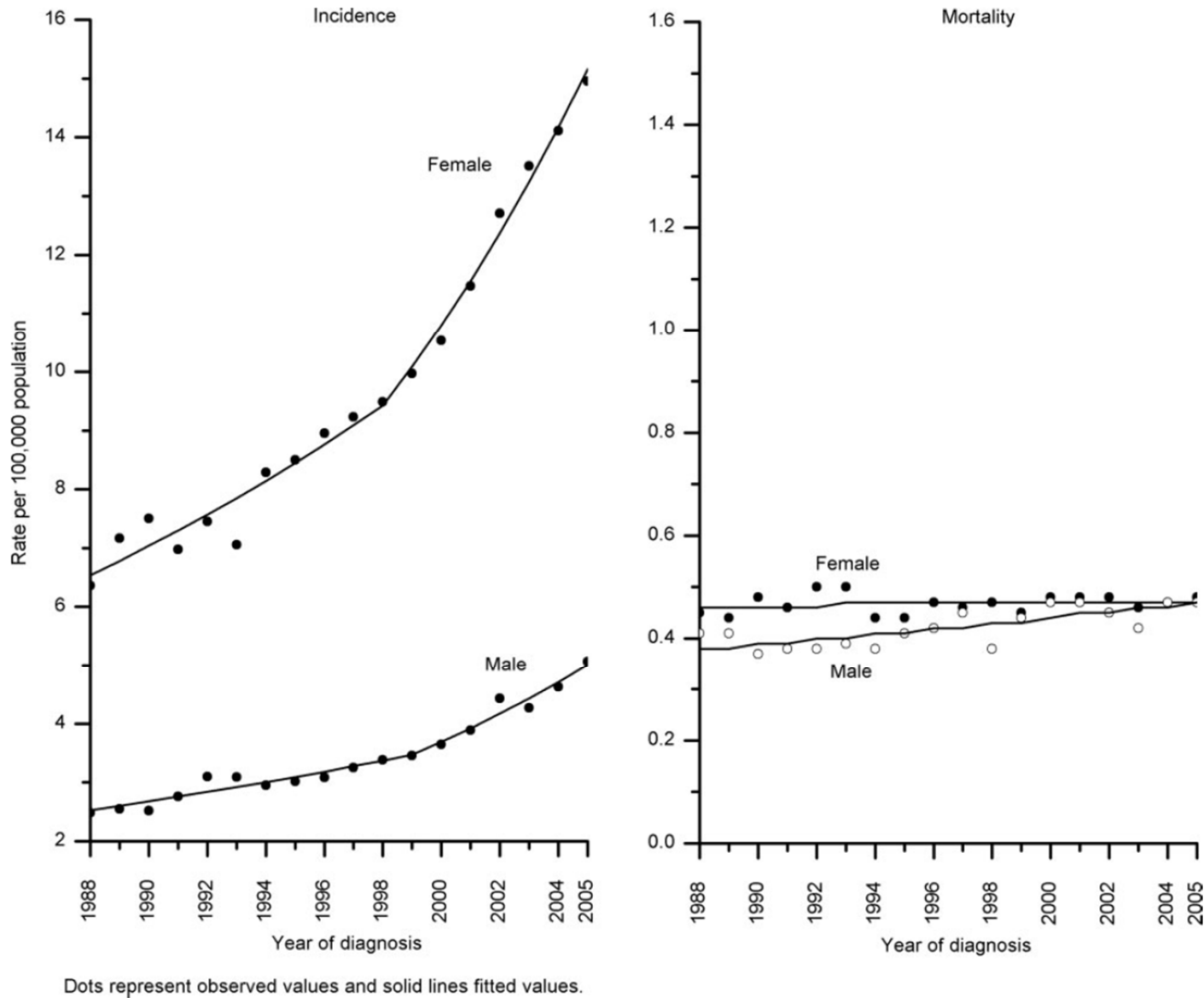
1970年代からアメリカを含む世界各地で甲状腺癌の罹患率が2～3倍に増加していることが報告されている [7]。この原因として、①検査精度の向上、②原爆実験やチェルノブイリ原発事故などからの放射性ヨウ素の影響、③その他の環境因子等が言及されているが、放射性ヨウ素に関しては否定的な報告もあり、真の原因は明らかではない [7]。

Chenらは、アメリカにおける甲状腺癌の罹患率が上昇し、特に女性に顕著であること、年齢との関係では45歳以上で顕著であることを報告している [8] (図2、図3)。また、罹患率上昇は検査精度の向上のみでは説明できないとしている [8]。

Ivanovらは、ロシアのBryansk地域の1986年から1998年までのデータを解析し、男女ともに甲状腺癌の罹患率が上昇し、特に女性で顕著であるが、線量依存性が認められないことから、甲状腺癌罹患率上昇の原因として放射線を除外している [9] (図4)。

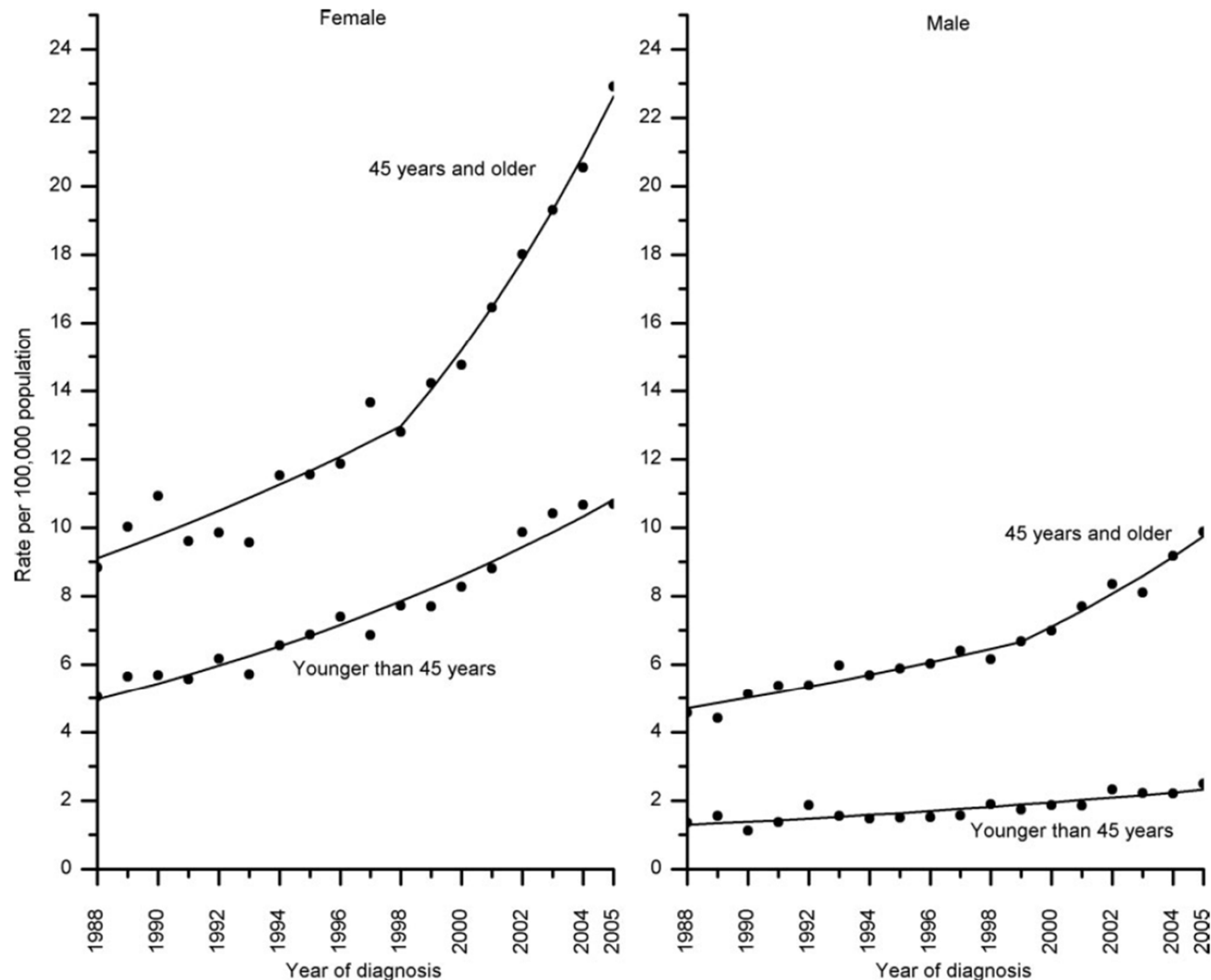
## 図2. 1986-1998年の米国における甲状腺癌の罹患率と死亡率の推移

Chen A.Y. *et. al.*, : Increasing incidence of differentiated thyroid cancer in the United States, 1988-2005. *Cancer* 115: 3801-3807, 2009. (Fig. 1)



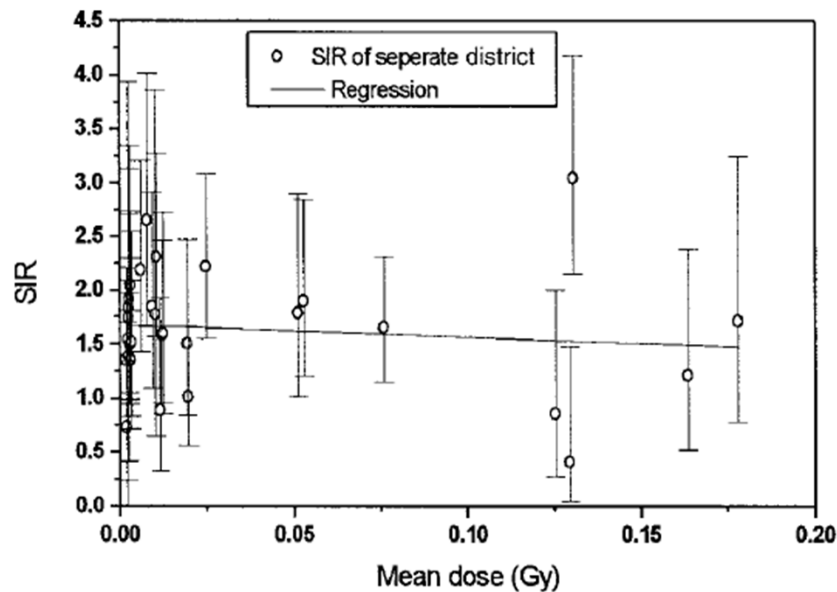
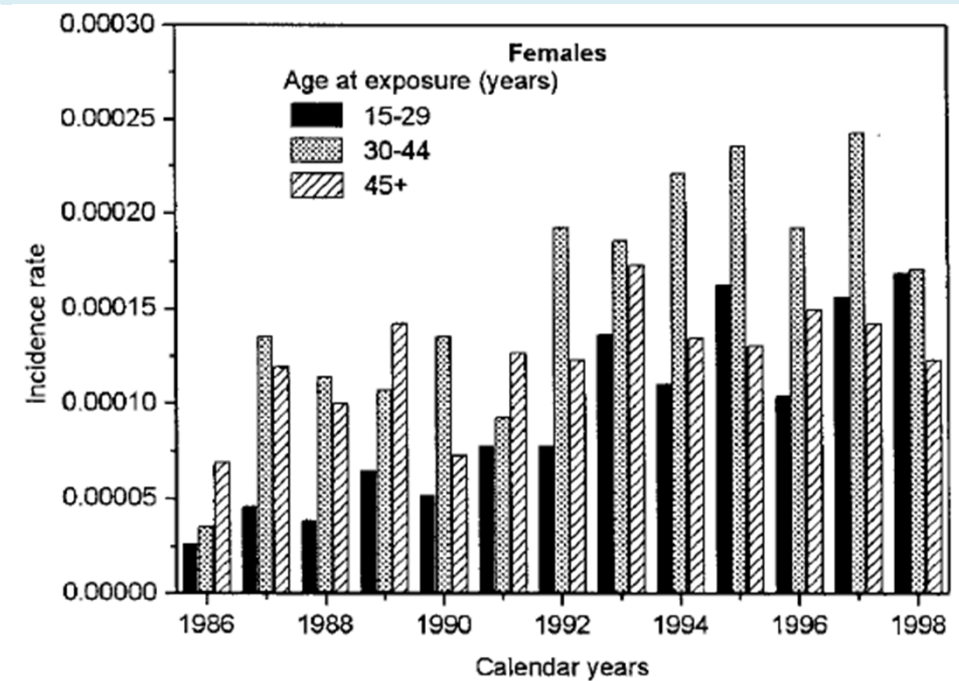
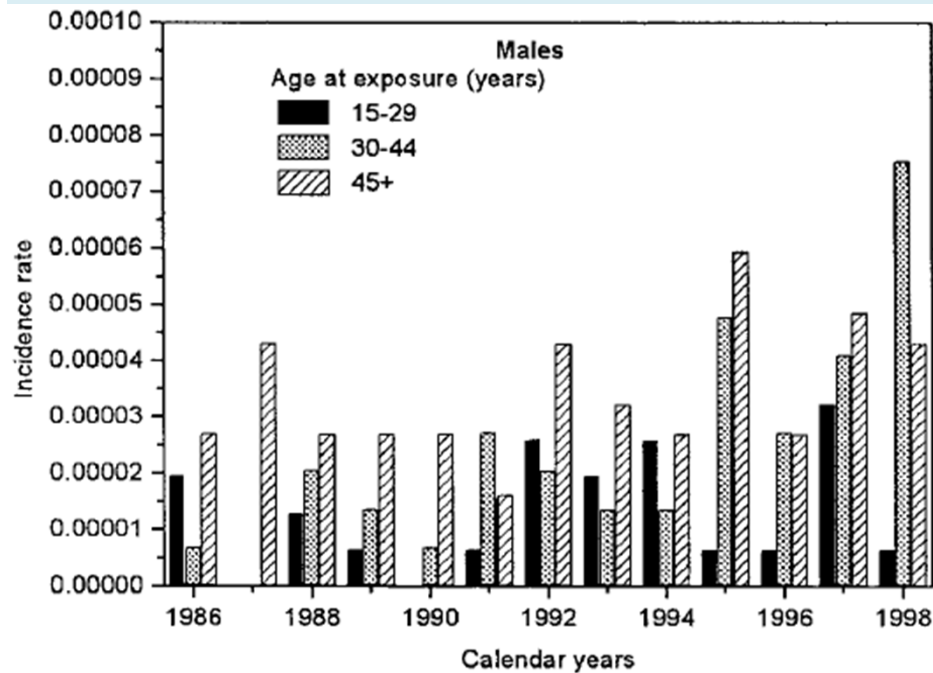
### 図3. 1986-1998年の米国における甲状腺癌の男女別・年齢別の罹患率の推移

Chen A.Y. *et. al.*, : Increasing incidence of differentiated thyroid cancer in the United States, 1988-2005. *Cancer* 115: 3801-3807, 2009. (Fig. 2)



Dots represent observed values and solid lines fitted values.

図4. 1986-1998年のロシアのBryansk地域住民における甲状腺癌の罹患率の推移とSIRの線量依存性  
 Ivanov V.K. *et al.*, Thyroid cancer incidence among adolescents and adults in the Bryansk region of Russia following the Chernobyl accident. *Health Physics* 84: 46-60, 2003. (Fig. 4, Fig. 6)



SIR: standardized incidence ratio

## 4. 40歳以上の住民等に対する安定ヨウ素剤の投与

40歳以上で被ばくした場合の甲状腺癌の罹患率に関しては、上昇するという報告と上昇しないという報告がある。上昇しないとする報告の代表的なものはPrestonらの2007年の報告であり、原爆放射線の影響についての解析から甲状腺癌の被ばく時年齢が30歳以上では罹患リスクは上昇しないと述べている [10]。

世界的な甲状腺癌罹患リスクの上昇が認められ、しかもその原因が明らかではない現状では、1986年以降のデータに基づき放射線被ばくで甲状腺癌罹患率が上昇するという報告の評価に関しては慎重でなければならない。しかし、これらのことを勘案しても線量率効果が認められるなど甲状腺癌罹患率の上昇を示す報告がある以上、被ばく時年齢が40歳以上でリスクが消失すると考える根拠は限定的で、むしろリスクはあると考えるべきである。安定ヨウ素剤服用のリスクが大きくないことを考えると、40歳以上の住民等を服用対象から外すべきではない。

## 5. 参考文献

1. Fuxik M., Prysyazhnyuk A., Shibata Y., Romanenko A., Fedorenko Z., Gulak L., Goroh Y., Gudzenko N., Trotsyuk N., Khukhrianska O., Saenko V., Yamashita S.: Thyroid cancer incidence in Ukraine: trends with reference to the Chernobyl accident. *Radiat. Environ. Biophys.* 50: 47-55, 2011.
2. Prysyazhnyuk A., Gristchenko V., Fedorenko Z., Gulak L., Fuzik M., Slipenyuk K., Timarche M.: Twenty years after the Chernobyl accident: solid cancer incidence in various group of the Ukrainian population. *Radiat. Environ. Biophys.* 46: 43-51, 2007.
3. Ivanov V.K., Chekin S.Y., Kashacheev V.V., Maksoutov M.A., Tumanov K.A.: Risk of thyroid cancer among Chernobyl emergency workers of Russia. *Radiat. Environ. Biophys.* 47: 463-467, 2008.
4. Hayashi Y, Lagarde F, Tsuda N, Funamoto S, Preston DL, Koyama K, Mabuchi K, Ron E, Kodama K, Tokuoka S.: Papillary microcarcinoma of the thyroid among atomic bomb survivors: tumor characteristics and radiation risk. *Cancer* 116: 1646-1655, 2010.
5. Richardson D.B.: Exposure to ionizing radiation in adulthood and thyroid cancer incidence. *Epidemiology* 20: 181-187, 2009.
6. 江崎治夫、甲状腺癌、「原爆放射線の人体影響1992」放射線被曝者医療国際協力推進協議会編、文光堂、60—68頁、1992年
7. Nikiforov Y.E.: Is Ionizing radiation responsible for the increasing incidence of thyroid cancer? *Cancer* 116: 1626-1628, 2010.
8. Chen A.Y., Jemal A., Ward E.M.: Increasing incidence of differentiated thyroid cancer in the United States, 1988-2005. *Cancer* 115: 3801-3807, 2009.
9. Ivanov V.K., Gorski A.I., Maksoutov M.A., Vlasov O.K., Godko, A.M., Tsyb A.F.: Timarche M., Vallenty M., Verger P.: Thyroid cancer incidence among adolescents and adults in the Bryansk region of Russia following the Chernobyl accident. *Health Physics* 84: 46-60, 2003.
10. Preston D.L., Ron E., Tokuoka S., Funamoto S., Nishi N., Soda M., Mabuchi K., Kodama K.: Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958-1998. *Radiat. Res.* 168: 1-64, 2007.