

目 的

1986年のチェルノブイリ原子力発電所事故から23年が経過した。事故時に乳幼児や小児であった世代に甲状腺がんが事故後5年を契機に激増したことはよく知られている。特に、ベラルーシ共和国のゴメリ地区では、甲状腺がんが非常に多く見られたが、2006年の世界保健機関（WHO）の報告によると、ベラルーシ、ウクライナ及びロシアでは1986年～2002年の間に甲状腺がんと診断された症例は、小児及び若年層で4,000例を超えたとされている。甲状腺がんの増加の原因としては、事故後に発電所から放出された¹³¹I等の短半減期核種の吸入や汚染された食物からの摂取による内被ばくが考えられているが、事故直後に適切な予防措置、すなわち安定ヨウ素剤の服用による防護対策を行わなかったことが考えられている。

さらに、事故当時チェルノブイリ周辺地区は元来ヨード欠乏地区であったと考えられており、事故当時ヨード欠乏状態であったことが推定されている。ヨード欠乏は放射線の誘導により甲状腺がんのリスクを高めるとされ、このことが甲状腺がんの増加に寄与した可能性が考えられている。

1991年～1996年にチェルノブイリ周辺地区における尿中ヨード濃度のスクリーニングでは、この地区特有のヨード欠乏状態を示し、2000年のゴメリ地区の尿中ヨード濃度は47.3 $\mu\text{g/L}$ （中央値、以下同様）であった。他のコホート研究では、1998年～2000年の尿中ヨード濃度は41.7 $\mu\text{g/L}$ 、2001年～2003年では47.5 $\mu\text{g/L}$ で、この地区は中等度のヨード欠乏状態であることが推定されている。また、我々が行ったキエフにおける調査結果（ $n=100$ ）によると、尿中ヨード濃度は109 $\mu\text{g/L}$ で、全体の10%のみが中等度のヨード欠乏状態（ $<50 \mu\text{g/L}$ ）で重度のヨード欠乏状態（ $<20 \mu\text{g/L}$ ）を示すサンプルは見られなかったことから、ウクライナのヨード充足状況は改善され、ヨード添加塩の政策によるものと推測された。同様に、カザフスタン共和国のセミパラチンスクではヨード欠乏を示すデータは得られなかったことから、主にヨード添加塩によるヨード欠乏を予防するための社会医療政策が、旧ソビエト連邦で浸透していることが示唆される。

今回我々は、甲状腺がんの増加が最も顕著にみられたベラルーシ共和国ゴメリ州の州都であるゴメリ市と地方都市であるホイニキ市において、ヨードの充足状況を調査したので報告する。

方 法

1. ベラルーシの国立ベラルーシ医科大学及びゴメリ州にあるゴメリ医科大学と共同で、ゴメリ市の一般住民100名及びホイニキ市の一般住民126名から随意尿を採取し、尿中ヨウ素濃度を測定した。（図1）
2. 得られた結果から、ベラルーシ共和国の都市部（ゴメリ市）及び地方（ホイニキ市）の間のヨー

ド充足状況を比較するとともに、我々がゴメリ市（2000年）で行ったデータと比較し、現在のヨード充足状況を評価した。



図1 対象地域

ベラルーシ共和国（ゴメリ市、ホイニキ市）及び周辺地域の位置関係

結果

1. ゴメリ市の尿中ヨード濃度は $220.5 \mu\text{g/L}$ ($151.0 - 358.8$) で、ホイニキ市の尿中ヨード濃度は $228.0 \mu\text{g/L}$ ($130.0 - 337.5$) であり、両市において尿中ヨード濃度に差は見られなかった ($p=0.39$)。 (図2)
2. ゴメリ市の尿中ヨード濃度について、今回得られたデータ（2007年）と2000年に行ったデータと比較 ($220.5 \mu\text{g/L}$ ($151.0 - 358.8$) vs. $47.3 \mu\text{g/L}$ ($35.9 - 76.5$)) すると、顕著な改善傾向が見られることが明らかとなった ($p<0.001$)。 (図3)
3. また、ヨード欠乏状態について、ゴメリ市（2000年）のデータでは34%が軽度の欠乏状態 ($50-99 \mu\text{g/L}$)、42%が中等度の欠乏状態 ($<50 \mu\text{g/L}$)、そして10%が重度の欠乏状態 ($<20 \mu\text{g/L}$) を示していたが、今回得られたデータからゴメリ市（2007年）では軽度の欠乏状態を示すサンプル（7%）のみで、ホイニキ市（2007年）では軽度の欠乏状態を示すサンプル（11%）のみで、中等度及び重度のヨード欠乏状態を示すサンプルは見られなかった。 (表1)

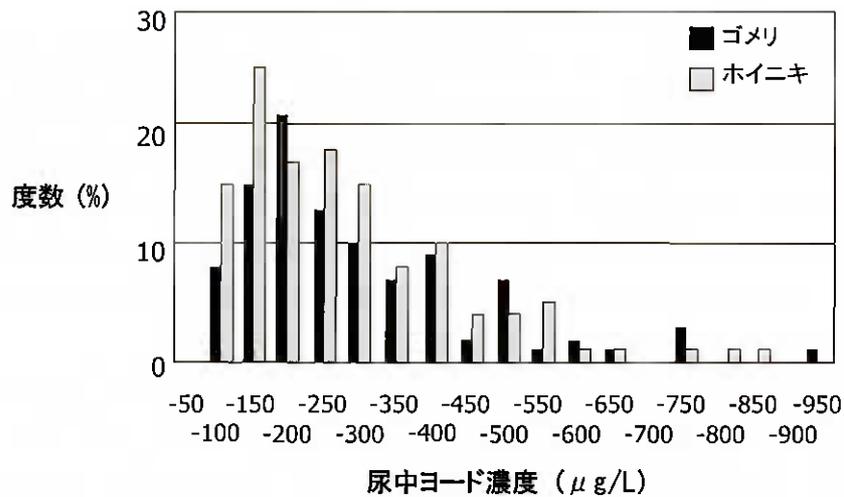


図2 尿中ヨード濃度分布（ゴメリ市及びホイニキ市、2007年）

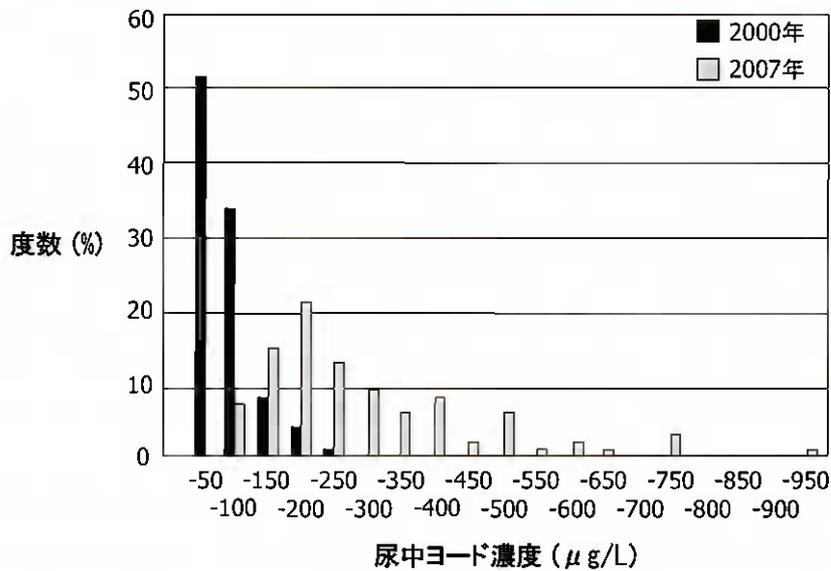


図3 尿中ヨード濃度分布（ゴメリ市、2000年及び2007年）

表1 ゴメリ市及びホイニキ市における尿中ヨード濃度の概要

		尿中ヨード濃度 μg/L (中央値)	50-99 μg/L (軽度の欠乏)	20-49 μg/L (中等度の欠乏)	<20 μg/L (重度の欠乏)
ゴメリ	(2000年)	47.3	34/100 (34%)	42/100 (42%)	10/100 (10%)
ゴメリ	(2007年)	220.5	7/100 (7%)	-	-
ホイニキ	(2007年)	228.0	14/126 (11%)	-	-

考 察

今回の調査から、我々はベラルーシにおける尿中ヨード濃度を評価し、2000年以降ゴメリ市においてヨード充足状況が劇的に改善してきていることを示した。さらに、我々はゴメリ地区の都市部（ゴメリ市）及び地方（ホイニキ市）の間の尿中ヨード濃度に差が見られなかったことから、都市部及び地方においてヨードの充足状況は改善していることが示唆された。今回の調査は、ベラルーシ共和国ゴメリ地区の都市部及び地方ではもはやヨード不足ではないことを示す最初の報告である。調査期間中、実際に地方の市場で現地調査した結果、ヨード添加塩が普及しこの地区のヨード摂取状況が適していることを確認することができた。

最近の報告によると、ベラルーシ及びロシアの甲状腺がんのリスクに関して放射線量とヨード欠乏との関係性が調査された結果、土壌のヨードレベルと甲状腺がんのリスクとの間に明らかな相関関係があることが示された。あるいは、ロシアのブリャンスク地区における調査では、放射線量とヨード欠乏とは相加的な効果があるとする結果もある。これらの結果から、チェルノブイリ周辺地区の放射線誘導性の甲状腺がんリスクについて予測するうえで、この地区特有の甲状腺腫及び先天性甲状腺機能低下症などと同様に、ヨード欠乏状態を確認するためにヨード欠乏が見られる地区のヨード摂取状況を確認する必要性があることが示唆される。

ベラルーシでは、最近の調査によりヨード欠乏による甲状腺腫の発症率が軽度及び中等度であることがわかっている。この甲状腺腫発症率の減少は1970年～1980年に見られたが、全体としては1990年までは上昇傾向にあった。これは、当時旧ソビエト連邦及びベラルーシ共和国の政策により、ベラルーシの地方で小売されている飲食物にはヨードが多く含まれておらず、ヨード添加塩が不足した結果であると考えられる。1999年以降、ベラルーシの市場には多くのヨード添加塩が供給されたが、都市部と地方ではヨード添加塩の供給状況に差が見られていた。実際に2003年の調査では、家庭における添加塩の使用率はベラルーシ共和国の首都ミンスクで83%、ゴメリ市及びホイニキ市を含むゴメリ地区では51%であった。

今回の調査で我々は、ゴメリ地区における現在のヨード充足状況を都市部及び地方において確認することができた。以前の報告（平成17年度）において、ロシアでは1998年を境にヨード塩が急速に普及し、旧ソ連邦全体で捉えた場合、2000-2001年ごろを境にヨード添加塩の普及が浸透し、ヨードの充足状況の改善が見られるようになったとしていたが、今回の調査により、2000年以降のベラルーシ国内の都市部及び地方におけるヨード充足状況の急速な改善傾向が確認された。これにより、ベラルーシ共和国の都市部同様地方においてもヨード添加塩の普及が効果的に行われていることが示唆される。しかし、ベラルーシの地方特にホイニキ市では甲状腺がんの高い発生率が見られることから、甲状腺がんの発生率とともにヨード充足状況について今後も注意深くフォローアップしていく必要があると考えられる。

参考文献

1. Souchkevitch GN, Tsyb AF (eds) (1997) Health consequences of the Chernobyl accident: results of the IPEHCA pilot projects and related national programmes. Geneva: WHO.

2. Yamashita S, Shibata Y (eds) (1997) Chernobyl a decade. ICS, 1156, Excerpta Medica, Amsterdam.
3. Bennet B, Repacholi M, Zhanat C (eds) (2006) Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes. Geneva: WHO.
4. Shibata Y, Yamashita S, Masyakin VB, Panasyuk GD, Nagataki S (2001) 15 years after Chernobyl: new evidence of thyroid cancer. *Lancet* 358: 1965-1966.
5. Thomas GA, Williams ED (1991) Reversibility of the malignant phenotype in monoclonal tumours in the mouse. *Br J Cancer* 63: 213-216.
6. Kanno J, Onodera H, Furuta K, Mackawa A, Kasuga T, Hayashi Y (1992) Tumour-promoting effects of both iodine deficiency and iodine excess in the rat thyroid. *Toxicol Pathol* 20: 226-235.
7. Ohshima M, Ward JM (1986) Dietary iodine deficiency as a tumor promoter and carcinogen in male F344/NCr rats. *Cancer Res* 46: 877-883.
8. Baverstock K, Cardis E (1996) The WHO activities on thyroid cancer. Proceeding of the EU conference "The Radiological Consequences of the Chernobyl Accident" .
9. Gemibicki M, Stozharov AN, Arinchin AN, Moschik KV, Petrenko S, Khamara IM, Baverstock KF (1997) Iodine deficiency in Belarusian children as a possible factor stimulating the irradiation of the thyroid gland during the Chernobyl catastrophe. *Environ Health Perspect* 89: 1779-1797.
10. Gerasimov G (1993) Update on IDD in the Former USSR. IDD Newsletter 9. <http://www.iccidd.org/media/IDD%20Newsletter/1991?2006/idd1193.htm#USSR>
11. Ashizawa K, Shibata Y, Yamashita S, Namba H, Hoshi M, Yokoyama N, Izumi M, Nagataki S (1997) Prevalence of goiter and urinary iodine excretion levels in children around Chernobyl. *J Clin Endocrinol Metab* 82: 3430-3433.
12. Ishigaki K, Namba H, Takamura N, Saiwai H, Parshin V, Ohashi T, Kanematsu T, Yamashita S (2001) Urinary iodine levels and thyroid diseases in children; comparison between Nagasaki and Chernobyl. *Endocr J* 48: 591-595.
13. Tronko M, Kravchenko V, Fink D, Hatch M, Turchin V, McConnell R, Shpak V, Brenner A, Robbins J, Lusanchuk I, Howe G (2005) Iodine excretion in regions of Ukraine affected by the Chernobyl accident: Experience of the Ukrainian-American cohort study of thyroid cancer and other thyroid diseases. *Thyroid* 15: 1291-1297.
14. Takamura N, Bebesko V, Aoyagi K, Yamashita S, Saito H (2007) Ukraine urinary iodine levels; 20 years after the Chernobyl accident. *Endocr J* 54: 335.
15. Hamada A, Takamura N, Meirmanov S, Alipov G, Mine M, Ensebaev R, Sagandikova S, Ohashi T, Yamashita S (2003) No evidence of radiation risk for thyroid gland among schoolchildren around Semipalatinsk Nuclear Testing Site. *Endocr J* 50: 85-89.

16. Hamada A, Zakupbekova M, Sagandikova S, Espenbetova M, Ohashi T, Takamura N, Yamashita S (2003) Iodine prophylaxis around the Semipalatinsk Nuclear Testing Site, Republic of Kazakhstan. *Public Health Nutr* 6:785-789.
17. World Health Organization (2004) Iodine status worldwide. WHO global database on iodine deficiency. Geneva: World Health Organization.
18. Cardis E, Kesmeniene A, Ivanov V, Malakhova I, Shibata Y, Khrouch V (2005) Risk of thyroid cancer after exposure to ¹³¹I in childhood. *J Natl Cancer Inst* 97: 724-732.
19. Shakhtarin VV, Tsyb AF, Stepanenko VF, Orlov MY, Kopecky KJ, Davis S (2003) Iodine deficiency, radiation dose, and the risk of thyroid cancer among children and adolescents in the Bryansk region of Russia following the Chernobyl power station accident. *Int J Epidemiol* 32: 584-591.
20. The United Nations Children' s Fund (2002) The iodine deficiency elimination program in Belarus. The United Nations Children' s Fund.
21. Gerasimov G (2003) The iodine deficiency elimination program in Belarus in 2003 End-of-the Year Review and Recommendations. The United Nations Children' s Fund.
22. Yamashita S, Shibata Y, Hoshi M, Fujimura K (eds) (2002) Chernobyl: Message for the 21st Century. ICS, 1234, Excerpta Medica, Amsterdam.
23. 平成17年度成長科学協会報告書