

含放射性物質之食品對人體健康影響之相關問答

目次

《基礎名詞解譯》

- ◆ 輻射單位－「Bq(貝克)」、「Gy(格雷)」、「Sv(西弗)」
- ◆ 「吸收劑量」(Gy)、「等效劑量」(Sv)、「有效劑量」(Sv)的關係

《「食品內含放射性物質之食品安全風險評估」概要》

- 問題 1 目前如何看待食品含放射性物質的安全問題，未來會變得如何？
- 問題 2 「食品內含放射性物質之安全風險評估」概要為何？
- 問題 3 目前的暫行標準－3 月的「緊急彙總」與「食品內含放射性物質之安全風險評估」有何關聯？
- 問題 4 「食品內含放射性物質之安全風險評估」是否考量將來→體內或體外曝露造成的整體影響？
- 問題 5 終生曝露劑量超過 100mSv，是否會致癌？
- 問題 6 終生曝露劑量在 100mSv 以下，是否不會因輻射而致癌？
- 問題 7 國際組織訂定大眾曝露上限為 1mSv/年，「食品內含放射性物質之安全風險評估」中是否考量此曝露限制？
- 問題 8 國際組織是否針對含放射性物質食品造成人體健康影響加以評估？

《輻射對健康造成影響的機制、「低劑量的健康影響」》

- 問題 9 輻射如何影響我們的健康？不同輻射量會對健康造成什麼樣的影響？
- 問題 10 「低劑量」指多少輻射量？
- 問題 11 目前對低劑量健康影響了解到什麼程度？
- 問題 12 國際上如何看待低劑量健康影響？
- 問題 13 低劑量輻射造成致癌的機率有多少？

《對孩童、懷孕、哺乳的影響》

- 問題 14 擔心輻射是否會造成不孕或將來由於遺傳因素對孩童造成影響？
- 問題 15 擔心輻射對胎中嬰兒造成影響。不同輻射劑量會造成什麼樣的影響？
- 問題 16 擔心輻射會對孩童造成影響。車諾比核能事故造成很多孩童罹患甲狀腺癌，多少輻射劑量會造成這樣的影響？
- 問題 17 擔心輻射對母乳造成影響，可否繼續哺乳？

《本次核電廠事故引發的曝露量與自然環境的曝露量》

- 問題 18 本次核電廠事故導致我們遭受曝露情形為何？
- 問題 19 聽說一般環境中也有曝露，曝露量為何？
- 問題 20 「體內曝露」和「體外曝露」有何不同？飲食會導致放射性物質進入體內，如果少量日漸累積，將來是否對健康造成影響？
- 問題 21 是否能夠減低蔬菜中的放射性物質？

《基礎名詞解譯》

~輻射的單位~

◆ 「Bq(貝克)」：表示輻射釋出的強度單位，常使用在土壤或食品的檢測數據。

◆ 「Gy(格雷)」：表示物質吸收輻射能量的單位(吸收劑量)。

◆ 「Sv(西弗)」：表示輻射影響人體的單位。通常分為影響身體組織和各器官之「等效劑量」與影響全身之「有效劑量」。

※ 「Gy(格雷)」的千分之一為「mGy(毫格雷)」

「Sv(西弗)」的千分之一為「mSv(毫西弗)」

~「吸收劑量」(Gy)和「等效劑量」(Sv)和「有效劑量」(Sv)的關係~

◆ 「吸收劑量(Gy)」：表示 1kg 物質因輻射而吸收的輻射能量。

◆ 「等效劑量(Sv)」：輻射種類(α 射線、 β 射線等)會對人體造成不同的影響，因此「吸收劑量(Gy)」須乘以不同輻射種類的影響因子(輻射權重因子)修正數值。輻射權重因子中 α 射線為 20、 β 射線與 γ 射線為 1。

→ β 射線與 γ 射線(放射性碘與銫)的情況下，吸收劑量(mGy)=等效劑量(mSv)

◆ 「有效劑量(Sv)」：根據承受輻射之組織或器官的不同，對人體的影響也會不同，因此每個組織或器官的「等效劑量」乘以不同組織或器官的影響因子(組織權重因子)後，加總求得數值。

(例)

$$\boxed{\text{甲狀腺的吸收劑量}(\bullet\text{mGy}) \times \text{輻射權重因子}(\beta \text{ 射線}=1)} \times \text{組織權重因子} \\ = \text{甲狀腺的等效劑量}(\bullet\text{mSv}) \quad (\text{甲狀腺 } 0.05)$$

+

$$\boxed{\text{骨髓的吸收劑量}(\bullet\text{mGy}) \times \text{輻射權重因子}(\beta \text{ 射線}=1)} \times \text{組織權重因子} \\ = \text{骨髓的等效劑量}(\bullet\text{mSv}) \quad (\text{骨髓 } 0.12)$$

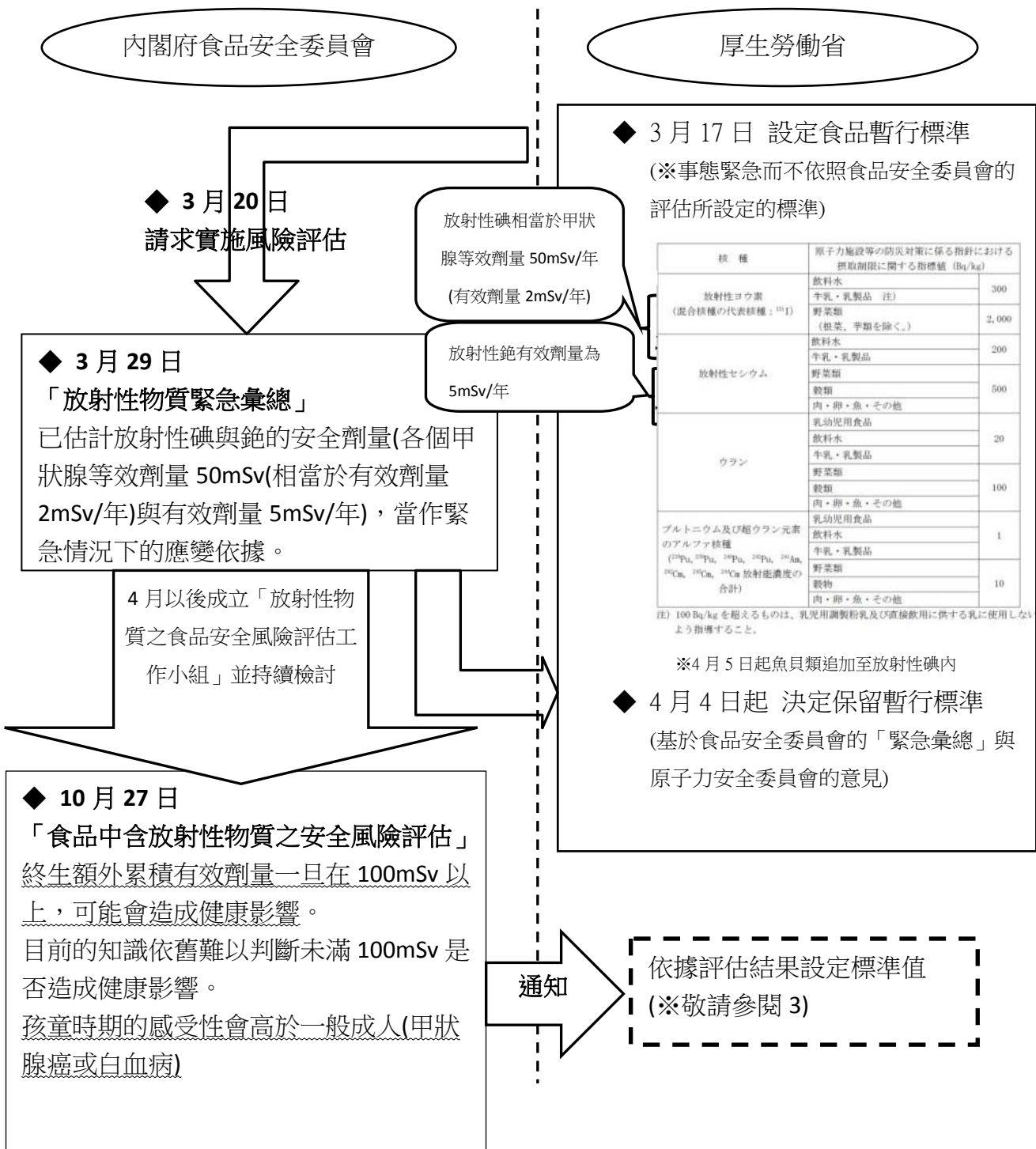
+

$$\text{全身組織與器官的加總} \\ = \text{有效劑量}(\bullet\text{mSv})$$

問題 1 目前如何看待食品含放射性物質的安全問題，未來會變得如何？

答：

1. 食品含放射性物質之安全相關目前主要動向如下所示：



2. 「食品中含放射性物質之安全風險評估」即請求制定食品暫行標準之厚生労働省實施風險評估(安全評估)後，基於目前的科學知識評估攝取含放射性物質之食品後造成的健康影響。

3. 今年 7 月整合評估結果後，徵求國民的寶貴意見與資訊，於 10 月 27 日通知厚生勞働省評估結果。依據評估結果，厚生勞働省於 2012 年 4 月起制定食品含放射性物質的新標準。

(參考) 厚生勞働省 宣傳單「食品含放射性物質之新標準」

http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/dl/leaflet_120329.pdf

問題 2 「食品內含放射性物質之安全風險評估」概要為何？

答：

「食品中含放射性物質之安全風險評估」公開下列內容當作整合各種放射性物質(核種)對健康影響的資訊。

- 食品安全風險評估發現輻射終生額外(※1)累積有效劑量一旦在 100mSv 以上，則會造成健康影響(※2)。

※1：排除天然輻射(日本每年平均約 1.5mSv)或醫療曝露等日常生活接收的輻射劑量。

※2：針對健康影響數值，在錯綜複雜的流行病學資料數據內，依據食品領域中的風險分析原則(科學知識的確定性、重視健康影響指標內最嚴謹的部份)判斷大約為 100mSv。

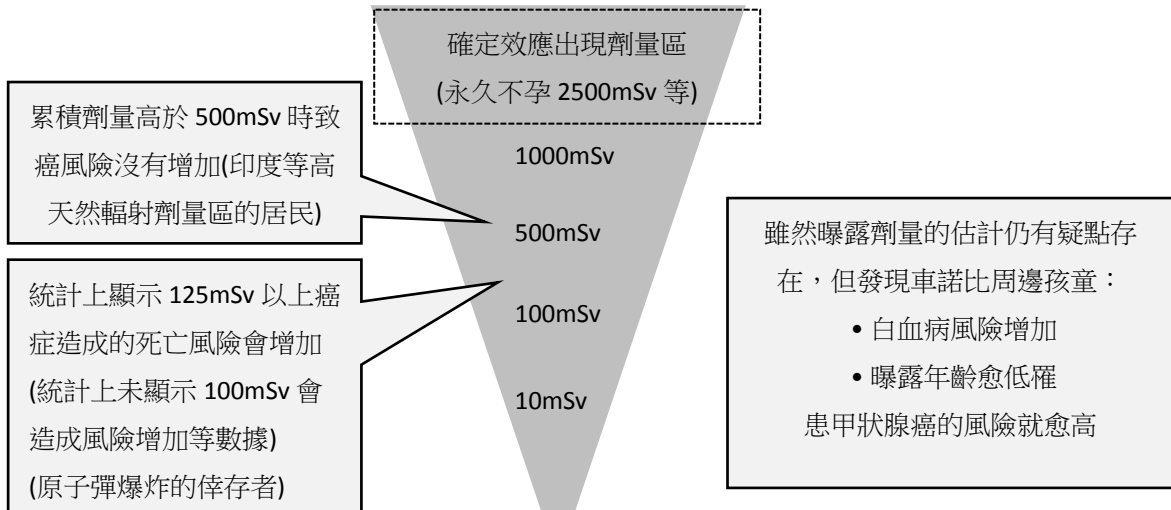
- 孩童時期的影響性會高於一般成人(甲狀腺癌或白血病)(※3)。

※3：雖然曝露劑量的估計仍有疑點存在，車諾比事故發生時，有傳染病學數據顯示周邊孩童的白血病風險增加，而且曝露年齡愈低罹患甲狀腺癌的風險就愈高。

- 目前的知識依舊難以判斷未滿 100mSv 是否造成健康影響。

- 將來會考量終生額外的累積劑量，並依據食品中放射性物質的檢測狀況與日本人實際的生活飲食等資訊實施風險管理(食品規定值的設定等)。

傳染病學數據中主要的輻射健康影響



※為了做比較，原著上記載的吸收劑量(mGy)換算成等效劑量(mSv)

問題 3 目前的暫行標準－3 月的「緊急彙總」與「食品內含放射性物質之安全風險評估」有何關聯？

答：

1. 針對目前的暫行標準，3 月「緊急彙總」已估計出放射性碘與銫的安全劑量(各個甲狀腺等效劑量 50mSv(相當於有效劑量 2mSv/年)與有效劑量 5mSv/年)，當作緊急情況時的應變依據。

2. 「食品中含放射性物質之安全風險評估」是透過緊急情況或平時評估終生額外(※1)累積有效劑量，雖然已發現大約 100mSv 以上的輻射會造成健康影響(※2)，但目前的知識依舊難以判斷未滿 100mSv 是否對健康造成任何影響。

※1：排除天然輻射(日本每年平均約 1.5mSv)或醫療曝露等日常生活接收的輻射劑量。

※2：針對健康影響的數值，在錯綜複雜的流行病學資料數據內依據食品領域中的風險分析原則(科學知識的確定性、重視健康影響指標內最嚴謹的部份)判斷大約為 100mSv。

緊急情況下的應變並非考慮長期，而是以終生額外累積劑量為評估標準。

3. 針對食品中放射性物質的規定值，厚生勞動省依據評估結果，自 2012 年 4 月份起制定食品中放射性物質之新標準。

(參考) 厚生勞動省 宣傳單「食品中放射性物質之新標準」

http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/dl/leaflet_120329.pdf

「放射性物質相關緊急彙總」(3 月 29 日)與「食品中含放射性物質之安全風險評估」(10 月 27 日)的比較

	緊急彙總(3 月 29 日)	評估(10 月 27 日)
期間	緊急情況(整年劑量)	緊急情況或平時的終身額外累積有效劑量
目標核種與劑量	碘(甲狀腺等效劑量 50mSv(相當於有效劑量 2mSv)) 銫(有效劑量 5mSv)	放射性物質合計後的有效劑量大約 100mSv 以上(※)當作食品安全風險評估
主要論點依據	國際機構(ICRP)的緊急情況應變意見	輻射造成健康影響之傳染病學資訊(※由於來自食品的傳染病學資訊微乎其微，於是使用包含體外曝露之相關資訊)

※ 鈷元素部份，比起輻射造成的健康影響，其化學物質(重金屬)毒性容易以低劑量方式出現，因此於其他不同核種，可容忍的一日攝取量設定為 0.2 μg/kg 體重/日。

問題 4 「食品內含放射性物質之安全風險評估」是否考量將來、體內或體外曝露造成的整體影響？

答：

1. 「食品中含放射性物質之安全風險評估」已針對數年後可能出現的影響(隨機效應)進行重點檢討。
2. 食品安全風險評估依據食品造成健康影響等數據評估對健康造成何種影響，但本次評估中，食品引發體內曝露等數據微乎其微，因此已透過輻射劑量造成健康影響數據當作涵蓋體外曝露之總劑量，檢討是否採用本次食品安全風險評估。
3. 食品的安全風險評估原本就以食品引發的額外曝露為前提顯示終生額外累積劑量(有效劑量)(評估概要敬請參閱問題 2)，並非評估體外曝露，也不是用來判斷體外曝露與體內曝露的合計數值。
4. 本次評估中針對健康影響數值，在錯綜複雜的流行病學資料數據內，是根據：
 - (1) 風險評估與風險管理兩者分離的制度下
 - (2) 科學知識的確定性
 - (3) 重視健康影響指標內最嚴謹的部份等食品領域中的風險分析原則加以判斷。
5. 實際上，雖然有可靠的文獻指出印度等高劑量地區的居民處於累積劑量相當於 500mSv 之慢性曝露環境下，卻未發現致癌風險提高的現象，然而根據重視健康影響指標內最嚴謹的原則，已重新檢視廣島與長崎的曝露數據(0-100mSv 內無法確認顯致癌影響，但 0-125mSv 內則確認顯著致癌影響)。與原子彈爆炸瞬間曝露相較後，得知本次核電廠事故引發的慢性與低劑量曝露造成的影響較小，於是國際輻射防護委員會採用所謂的「劑量率效應」，但「劑量率效應」隱含各種知識，本次的評估基於重視科學知識的確定性原則，於是在不考慮「劑量率效應」的情況下做出判斷。
6. 一般認為體外曝露與食品領域的原則完全相異，應由合適的機構採取必要措施。

問題 5 終生曝露劑量超過 100mSv，是否會致癌？

答：

1. 本次食品安全風險預估的「大約 100mSv」數值並非是安全與危險的界限(閾值)。
2. 一般認為輻射引發「癌症」的機制為：**【請參閱問題 9】**
 - 輻射造成細胞內的 DNA 損傷
 - 大部份的細胞都能回復至原本狀態，但也有無法修復的細胞
 - 少數無法修復的細胞會發生突變
 - 這些突變細胞成長後導致「癌症」
3. 普遍認為遭受曝露後未必會罹患「癌症」，這是或然率的問題。
4. 根據實際上遭受曝露之流行病調查資料，本次的食品安全風險評估發現：終生額外累積有效劑量達 100mSv 以上會造成健康影響，但還未能顯示達 100mSv 時「癌症」的發生機率有多少。
5. 國際輻射防護委員會(ICRP)估計一旦曝露於 100mSv 劑量下，終生的癌症發病率會提高 1.71%；癌症死亡率提高 0.56%。
 - ※ 終生的癌症發病率：日本人的情況－男性 53.6%、女性 40.5%
 - 終生的癌症死亡率：日本人的情況－男性 26.1%、女性 15.9%

出處：國際輻射防護委員會(ICRP)「2007 年建議(Publication 103)」 附錄 A 表 A.4.1
獨立行政法人國立癌症研究中心之癌症防治資訊中心「最新癌症統計」

問題 6 終生曝露劑量在 100mSv 以下，是否不會因輻射而致癌？

答：

1. 本次食品安全風險預估的「大約 100mSv」數值並非是安全與危險的界限(閾值)。
2. 針對未滿 100mSv 的健康影響，由於相對影響較小，而且難以與輻射以外的各種原因(香煙或飲食習慣等)作區別，因此目前的科學無法判斷有無影響。
3. 國際輻射防護委員會(ICRP)估計一旦曝露於 100mSv 劑量下，終生的癌症發病率會提高 1.71%；癌症死亡率提高 0.56%。
※ 終生的癌症發病率：日本人的情況－男性 53.6%、女性 40.5%
終生的癌症死亡率：日本人的情況－男性 26.1%、女性 15.9%

若直接把 ICRP 的「線性無閾值假說」套用於低劑量地區時，曝露於 10mSv 下的終生癌症發病率(日本人的情況－男性為 53.6%、女性為 40.5%※1)會提高 0.17%，但目前還不能確定低劑量是否造成健康影響，因此 ICRP 不應該使用長期微小劑量評估個人風險。

出處：國際輻射防護委員會(ICRP)「2007 年建議(Publication 103)」 附錄 A 表 A.4.1

獨立行政法人國立癌症研究中心之癌症防治資訊中心「最新癌症統計」

問題 7 國際組織訂定大眾曝露上限為 1mSv/年，「食品內含放射性物質之安全風險評估」中是否考量此曝露限制？

答：

1. 國際輻射防護委員會(ICRP)針對輻射造成健康的影響
 - (1) 確實防止確定效應(遭受高劑量曝露後，短時間內造成的不孕症等影響。敬請參閱問題 9)
 - (2) 盡可能防止隨機效應(低輻射劑量下數年後可能造成的影響。敬請參閱問題 9)等基本理念，公布下列數值：

狀況	一般公眾
平常 (劑量限制)	1mSv/年 ※特殊情況下可容許超過，但 5 年的平均不能超過 1mSv
緊急時 (劑量限制)	根據不同情況在 20 mSv/年至 100 mSv/年之間

出處：國際輻射防護委員會(ICRP)「2007 年建議(Publication 103)」

2. 目前科學雖然還未能證實「低劑量」的健康影響(敬請參閱問題 11)，但已制定平時一般民眾的上限值為「1mSv/年」，其考量的因素有：
 - 依照「低劑量」對健康影響之 ICRP 假說模型計算結果，自出生後每年的曝露劑量為 1 mSv 時，各年齡死亡率在 75 歲前為每 10000 人就有 1 人以下死亡；
 - 天然輻射造成的曝露(土地除外)為 1 mSv。※土地曝露量根據住處不同而造成差異，因此排除此項目
3. 本次「食品含放射性物質之安全風險評估」難以透過風險管理假說模型進行驗證，取而代之是根據已遭受曝露的流行病調查數據資訊，發現終生額外累劑量在 100 mSv 以上會影響健康，但目前的知識未能證明劑量未滿 100 mSv 時會影響健康。

【參考文獻：ATOMICA「ICRP 建議(1990 年)之個人劑量限制」、國際防護委員會(ICRP)「1990 年建議」附錄 C(表 C-5)】

問題 8 國際組織是否針對含放射性物質食品對人體健康影響加以評估？

答：

1. 食品中含有物質等相關管制規定(如食品添加物等)是用來評估「攝取多少含有該物質之食品後對健康會造成什麼影響」，並根據結果制定不造成健康影響的規定值。
2. 現代科學還不能證實 100~200mSv 以下之低輻射量是否對健康造成影響，同時國際組織目前依舊未能評估出攝取含有放射性物質的食品將對健康造成何種風險。
3. 健康影響風險評估導出的數值未必是明確依據，但緊急情況下實施食品管制規定時的參考數值如下所示：

國際組織	食品規定的參考值		食品規定的人體影響 (有效劑量)參考值
ICRP (國際輻射防護委員會) (※1)	放射性碘、銫、銂等 (β 、 μ 釋放體)	1,000~ 10,000Bq/kg	10mSv(有效劑量)/年 (※每種食品的規定都要合理化)
	鈷、銻、銻等 (α 釋放體)	10~ 100Bq/kg	
WHO (世界衛生組織) (※2)	—		5mSv(有效劑量)/年 (※放射性碘的甲狀腺等效劑量為 50mSv)

4. 除此之外，食品法典委員會(※3)與 EU(※4)的標準如下所示：

核種	食品法典委員會		EU		(參考)日本暫行標準	
	對象	標準	對象	標準	對象	標準
碘 131	嬰幼兒食品	100	嬰幼兒食品	100	嬰兒用牛乳、乳製品	100
			牛奶等其他日常食品	300	飲用水、牛乳、乳製品	300
	其他(嬰幼兒食品外)	100	其他食品	2000	蔬菜(根莖、芋頭類以外)、魚貝類	2000
			液態食品	300		
銫	嬰幼兒	1000	嬰幼兒食品	200	—	—

134 137	食品		牛奶等其他 日常食品	200	飲用水、牛 乳、乳製品	200
	其他 (嬰幼兒食 品外)	1000	其他食品	500	蔬菜類、穀 類、肉、蛋、 魚等	500
	液態食品		200			
銻 90	嬰幼兒 食品	100	嬰幼兒食品	75	—	—(※5)
			牛奶等其他 日常食品	125	飲用水、牛 乳、乳製品	—(※5)
	其他 (嬰幼兒食 品外)	100	其他食品	750	蔬菜類、穀 類、肉、蛋、 魚等	—(※5)
			液態食品	125		
一鈾	嬰幼兒 食品	100	—	—	嬰幼兒食品	20
					飲用水、牛 乳、乳製品	20
	其他 (嬰幼兒食 品外)	100			蔬菜類、穀 類、肉、蛋、 魚等	50
	嬰幼兒 食品	1	牛奶等其他 日常食品	1	嬰幼兒食品	1
	其他 (嬰幼兒食 品外)	10	其他食品	10	飲用水、牛 乳、乳製品	1
			液態食品	1	蔬菜類、穀 類、肉、蛋、 魚等	10

※1：國際輻射防護委員會(ICRP)「Publication 63」(1992)

※2：WHO(世界衛生組織)「Derived intervention levels for radionuclides in food」(1998)

※3：食品法典委員會：於1963年由聯合國糧食暨農業組織(FAO)與世界衛生組織(WHO)設立的食物國際標準(食品法典標準)組織。

「CODEX GENERAL STANDARD FOR CONTAMINANTS AND TOXINS IN FOOD AND FEED」(1995)

※4：EU「COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION(EU)No351/2011」

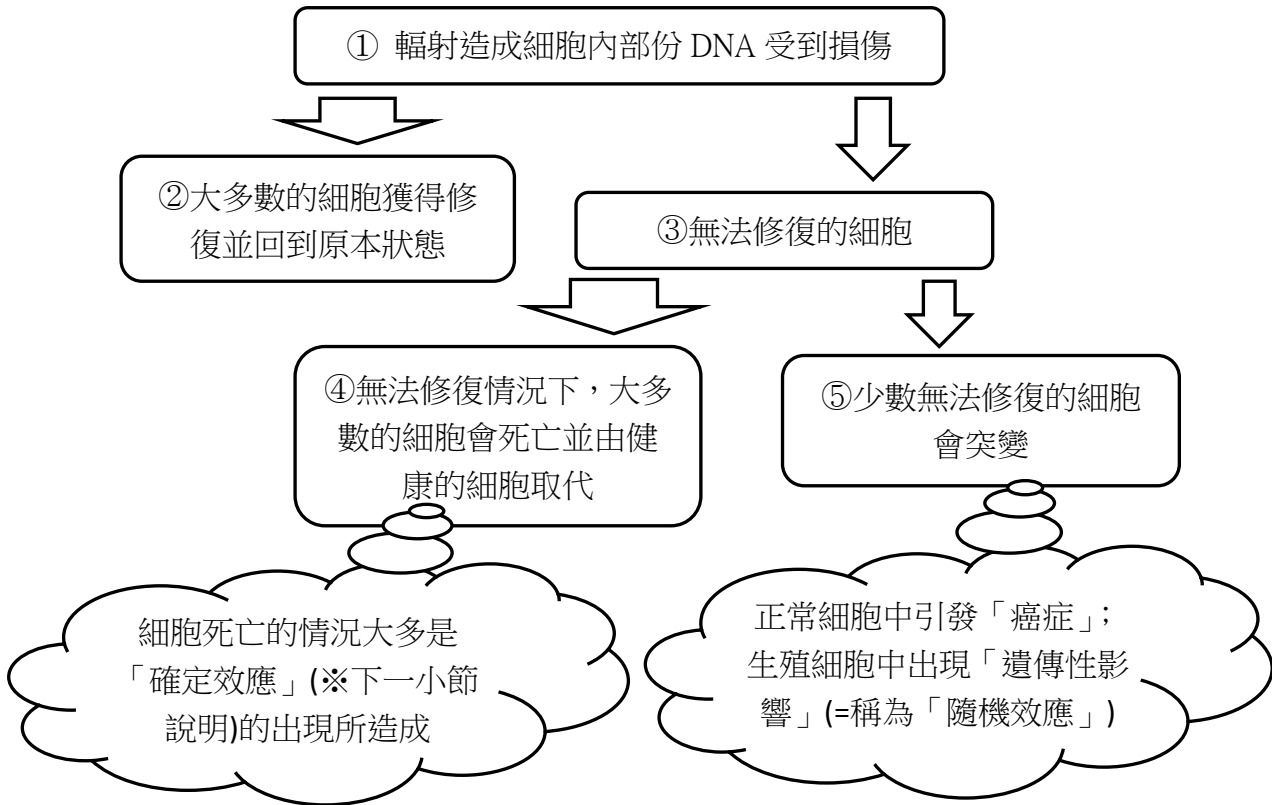
EU的標準於今年4月中旬起與日本的暫行標準值一同強化。

※5：鈾的暫行標準中，十分之一的鈾(134、137)相當於銻(89、90)

問題 9 輻射如何影響我們的健康？不同輻射量會對健康造成什麼樣的影響？

答：

1. 輻射影響人體健康的基本運作模式如下：



2. 透過此運作模式影響人體健康大致可區分為以下 2 種：

- ◆ 「確定效應」：※上述④的情況(只限於細胞死亡非常多的情況)承受相對較高的劑量而出現的健康影響。曝露後在較短的時間內會顯現其影響。健康影響開始出現的輻射劑量稱為「閾值」。
→ 實際會造成「永久不孕」(急性曝露情況下，男性閾值為 3500mSv 以上；女性閾值為 2500 以上)等結果
- ◆ 「隨機效應」：※上述⑤的情況一般認為承受相對較低的劑量有時也會出現；隨著輻射量的變高其機率也隨著上升而影響健康。曝露後經過數年時間才會顯現其影響。
→ 實際會造成「癌症」或「遺傳性影響」(敬請參閱問題 14)

3. 「確定效應」是較高的輻射劑量所造成的結果，但本次的核電廠事故為相對較低的劑量，因此屬於「隨機效應」問題。

【主要參考文獻：輻射醫學綜合研究所「低劑量輻射與健康影響」醫療科學社、食品安全委員會「放射性物質相關緊急彙總」(3 月 29 日)】

問題 10 「低劑量」指多少輻射量？

答：

「低劑量」一般指大約 100~200mSv(毫西弗) 以下的輻射劑量。即便是「100~200mSv(毫西弗)」，依舊遠大於本次核能事故後假定的曝露量，一般來說，低於該數值之劑量對健康造成的影響難以透過統計方式檢測，因此稱為「低劑量」。

【參考文獻：輻射醫學綜合研究所「低劑量輻射與健康影響」醫療科學社】

問題 11 目前對低劑量健康影響了解到什麼程度？

答：

1. 雖然低劑量下出現的健康影響主要是「癌症」(敬請參閱問題 9)，但輻射影響造成的「癌症」與輻射以外各種原因造成「癌症」並不會出現不同症狀，因此難以區分「個人」是否因為輻射而罹患「癌症」。基於此原因，輻射影響引發的致癌風險研究調查主要是透過統計方式比較遭受輻射曝露「群體」與未受曝露「群體」的癌症比率。
2. 「癌症」是一生當中最多人罹患的疾病(以日本人來看，男性和女性的癌症罹患率分別為 54%和 41%(※))。低劑量輻射引發的癌症風險並不一定非常大，因此不應該隱藏讓輻射以外的各種致癌原因，為了檢測統計低劑量輻射引發的癌症，必須實施大樣本人口調查(敬請參考下方「注釋」)。

※)獨立行政法人國立癌症研究中心之癌症防治資訊中心「最新癌症統計」

3. 此外，「癌症」是長期性疾病，必須經年累月地針對大樣本人口實施隨訪研究。而且「癌症」大多以飲食習慣或抽煙為主要原因，一旦區分輻射以外的多數原因(影響因子)就難以檢測影響。目前的科學技術仍難以證實低劑量有致癌的風險。

◆ 注釋：為了證實 100mSv 以下的致癌影響，必須實施大批人數的調查 ◆

○針對 100mSv 的致癌影響，目前以原子彈爆炸倖存者為對象實施隨訪研究(研究對象約 12 萬人)當作統計上的檢測調查。

○另一方面，國際輻射防護委員會(ICRP)為了證實輻射曝露是否與癌症死亡風險的關係，透過以下假設估計必要的調查對象人數。

《假設條件》

未曾遭受曝露之癌症死亡率為 10%；曝露後引發的超額死亡率每 1Sv 為 10%(根據統計上的一般條件(檢測率 80%、顯著水準 5%的單邊檢定))。

《必要的調查對象人數》

100mSv 的情況：約 6400 人；10mSv 的情況：約 62 萬人；1mSv 的情況：約 6180 萬人

(※為了做比較，原著上的記載的吸收劑量(mGy)換算成等效劑量(mSv))

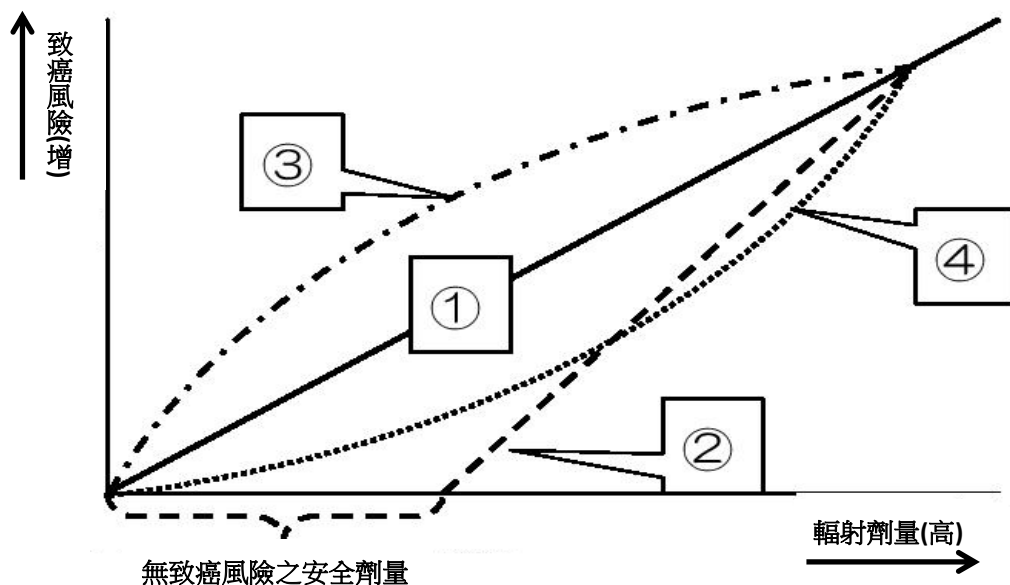
【參考文獻：輻射醫學綜合研究所「低劑量輻射與健康影響」醫療科學社、國際輻射防護委員會(ICRP)

「Low-Dose Extrapolation Radiation Related Cancer Risk (Publication99)」】

問題 12 國際上如何看待低劑量健康影響？

答：

1. 雖然低劑量輻射出現的健康影響主要是「癌症」，但目前的科學技術仍然未能證實低劑量有致癌的風險(敬請參閱問題 11)。
2. 因此針對低劑量的致癌風險提出以下「假說」。
3. ①稱為「線性無閾值假說」，由國際輻射防護委員會(ICRP)、美國科學院(BEIR)等單位提出的理念，並將高劑量地區(200mSv 以上)的輻射劑量與癌症發生率的增加關係延伸至低劑量地區，即便在 100mSv 以下，一旦輻射劑量比例增加，癌症的發生率就會提高，並假設沒有癌症風險為 0 的安全劑量(閾值)。
4. ②為法國科學與醫學研究所提倡的理念，由於中國與印度等具有高天然輻射劑量的地區並未發現癌症發生率上升，於是認為有癌症風險為 0 之安全劑量。另一方面，③為 ECRR(歐洲輻射風險委員會)評估鈾和鋇造成的體內曝露結果比 ICRP 的評估結果更高；④為輻射引發的白血病等急性曝露資訊呈現下凸。



5. 本次「食品含放射性物質之安全風險評估」由於難以驗證這些假說，因此並非依據假說模型，而是透過實際上遭受曝露之流行病調查數據，發現終生額外累積有效劑量達 100mSv 時會造成健康影響，但目前的知識難以證明未達 100mSv 時不會對健康造成影響。

【參考文獻：輻射醫學綜合研究所「低劑量輻射與健康影響」醫療科學社】

問題 13 低劑量輻射造成致癌的機率有多少？

答：

1. 雖然低劑量輻射下出現的健康影響主要是「癌症」，但目前的科學技術仍然未能證實低劑量有致癌的風險(敬請參閱問題 11)。
2. 根據實際上遭受曝露之流行病調查數據，本次「放射性物質之食品安全風險評估」發現終生額外累積有效劑量達 100mSv 以上會造成健康影響，但目前的知識難以證明未達 100mSv 就不會造成影響。除此之外，針對健康影響的數值，在錯綜複雜的流行病學資料中，可依據食品領域風險分析原則(確定的科學知識或可能造成健康影響的指標當中最嚴謹的數據)做判斷，但目前還未能顯示 100mSv 具體的致癌風險數值。
3. 關於「低劑量」的致癌風險已提出的各種假說，例如採納「線性無閾值假說」(=即使處在 100mSv 以下的低劑量地區，一旦輻射劑量比例增加，癌症的發生率就會提高之假設)之國際輻射防護委員會(ICRP)，以原子彈爆炸倖存者的隨訪研究數據為基礎，推估下列結果。

	1000mSv 情況下終生的癌症發病數目(每 1 萬人)	1000mSv 情況下終生的癌症死亡數目(每 1 萬人)※
所有癌症合計	1715	565

※死亡數目中加上非致命性癌症等生活品質下降(疼痛等)係數後的調整值

出處：國際輻射防護委員會(ICRP)「2007 年建議(Publication 103)」附錄 A 表 A.4.1

若直接把 ICRP 的「線性無閾值假說」套用於低劑量地區時，10mSv 時終生癌症發病率(日本人的情況－男性為 53.6%、女性為 40.5%※1)會提高 0.17%，但目前還不能確定低劑量會造成健康影響，因此 ICRP 不應該使用長期微小劑量估計個人風險。

4. 依據厚生勞動省的初步估計，本次核能事故導致含放射性物質之食品攝取引發曝露劑量 1 年大約 0.1mSv 左右(※2 詳細情況如問題 18)。而且我們在日常的飲食生活中整年會攝取約 0.4mSv(※3)的天然輻射物(放射性鉀等)。

※1：獨立行政法人國立癌症研究中心之癌症防治資訊中心「最新癌症統計」

※2、3：厚生勞動省 藥務與食品衛生委員會放射性物質措施小組(2011 年 7 月 12 日) 資料

※4：

問題 14 擔心輻射是否會造成不孕或將來由於遺傳因素對孩童造成影響？

答：

1. 如下表所示，造成不孕的輻射劑量遠大於本次核電廠事故假設的曝露劑量(※

1)。

性別與狀態	一次的急性曝露情況	長年曝露情況
男性永久不孕	3,500~6,000 mSv	2000 mSv/年
女性永久不孕	2,500~6,000mSv	200 mSv/年

2. 無論是曝露於高劑量下之日本原子彈爆炸倖存者調查或其他調查，並無發現遺傳性影響(父母親任一方在懷孕前遭受輻射曝露後遺傳給小孩造成畸形或致癌等影響)(※2)。

※1：食品安全委員會「放射性物質相關緊急彙總」(3月29日)

※2：國際輻射防護委員會(ICRP)「孕婦與醫療輻射(Publication 84)」

(※為了做比較，原著上的記載的吸收劑量(mGy)換算成等效劑量(mSv))

問題 15 擔心輻射對胎中嬰兒造成影響。不同輻射劑量會造成什麼樣的影響？

答：

1. 快速分裂的細胞容易因輻射受到傷害(※1)，在受精卵細胞特別活躍的懷孕期間承受過多的輻射劑量容易有引發胎兒畸形等影響。
2. 出生後雖然可能造成癌症(以下請參閱 3)以外的影響，但需達到一定程度以上的輻射劑量，因此即便是最容易受影響的懷孕期間，只要分別未達 100mSv 以上、300 mSv 以上或未滿數十 mSv 就不會致死和造成畸形、重度精神發展遲緩或影響免疫系統。
3. 針對出生前曝露於低劑量下的孩童出生後罹患白血病(血癌)等風險，目前尚未被充分證實，但已持續引發國際高度議論。
4. 國際輻射防護委員會(ICRP)透過醫療上的 X 射線研究分析出生前遭受曝露的孩童，估計胎兒劑量在 10mSv 時 1,700 人中會有 1 人引發兒童(實體腫瘤)癌症的風險；在數十 mSv 時，白血病的自然發生率會提高 1.4 倍。即使在相同輻射劑量下，少量且長期的曝露情況與曾經一次遭受曝露的情況相較之下，人體細胞更容易修復，所以影響較小。上述的資料為透過 X 射線檢測遭受一次曝露情況的資訊，與少量且長期的曝露情況相較後得知其影響性較大。
5. 除此之外，世界上最大規模之日本原子彈爆炸倖存者的隨訪研究中，出生前在母體內遭受的曝露劑量未達 200mSv 的情況下，尚未發現孩童的實體腫瘤或白血病發病率有上升現象(※7)。
6. 依據厚生勞動省的估計，母親攝取含放射性物質食品造成胎兒的曝露劑量在懷孕期間大約為 0.1mSv 左右(中位數)(※8 詳細情況請參閱問題 18)。而且我們在日常的飲食生活中整年會攝取約 0.4mSv(※9)的天然輻射物(放射性鉀等)。

※1：ATSDR(美國有害物質疾病註冊署)「TOXICOLOGICAL PROFILE FOR IONIZING RADIATION」

※2：國際輻射防護委員會(ICRP)「2007 年建議(Publication 103)」等

※3：WHO(世界衛生組織)「Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group “Health”」

※4、6：國際輻射防護委員會(ICRP)「懷孕與醫療用輻射(Publication 84)」、「(Publication 99)」

※5：0~14 歲的白血病發病率：每 10 萬人中會有 1~2 人(ATOMICA「白血病(09-02-05-02)」)

※7：Preston DL 等「Solid Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors Exposed In Utero or as Young Children」

※8、9：厚生勞動省 藥務與食品衛生委員會放射性物質措施小組(2011 年 10 月 31 日) 資料 4

(※為了比較，原著上記載的吸收劑量(mGy)換算成等效劑量(mSv))

問題 16 擔心輻射會對孩童造成影響。車諾比核能事故造成很多孩童罹患甲狀腺癌，多

少輻射劑量會造成這樣的影響？

答：

一般認為相對較低的輻射劑量容易引發孩童「甲狀腺癌」或「白血病」(血癌)等兒童癌症。針對曝露於低劑量下孩童的癌症風險，目前雖未被充分證實，但已持續引發國際高度議論。

◆甲狀腺癌

人體製造甲狀腺荷爾蒙時必要的穩定碘被放射性碘取代並進入體內，容易引發甲狀腺癌。車諾比事故時，遭受放射性碘污染的牛奶被大量消費購買，最後導致避難居民(白俄羅斯和烏克蘭)內9成以上孩童(尚未就學)曝露在甲狀腺等效劑量200mSv以上(※1)，而且居住於周邊的多數孩童也罹患甲狀腺癌。在多數車諾比核能事故研究當中得知：曝露於甲狀腺等效劑量100mSv以上時(※2)，甲狀腺癌的發病機率會明顯提高。

另一方面，本次核電廠事故後，原子力安全委員會與福島縣於3月下旬以福島第一核能發電廠周邊市町村大約1000位孩童為對象，實施曝露量調查，結果發現曝露劑量最高的孩童為0.1 μ Sv/時(相當於1歲孩童的甲狀腺等效劑量整年50mSv)，其他99%的孩童為0.04 μ Sv/時以下(相當於1歲孩童的甲狀腺等效劑量整年20mSv以下)(※3)。

◆甲狀腺癌以外的實體腫瘤或白血病

世界上最大規模之日本原子彈爆炸倖存者的隨訪研究中，於未滿6歲之嬰兒時期遭受曝露的劑量未達200mSv的情況下，尚未發現孩童的實體腫瘤或白血病發病率有上升現象(※4)。依照世界衛生組織與聯合國的統計，車諾比核能事故發生時也未曾發現甲狀腺以外之實體腫瘤或白血病的發病率有明顯上升(※5和6)。雖然曝露劑量的估計存在著不確定性，但在最新的論文中發現車諾比事故當時位於重度污染地區—烏克蘭之0~5歲孩童當中，比起曝露量未滿10mSv，曝露量在10~99.9mSv的孩童其白血病發病率有明顯的增加，也得知遭受曝露的年齡愈低罹患甲狀腺癌的風險就愈高(※7和8)。

根據以上數據資料，本次「食品含放射性物質之安全風險評估」得知孩童時期的影響(甲狀腺癌或白血病)會高於一般成人。除此之外，根據厚生勞動省的估計結果，本次核電廠事故導致孩童由於食品攝取引發的曝露劑量為1年大約0.1mSv左右(中位數)(※詳細情況敬請參閱問題18)。我們在日常的飲食生活中整年會攝取約0.4mSv的天然輻射物(放射性鉀等)。

※1：(財)原子力安全技術中心「放射性物質之食品安全風險評估相關資訊收集調查」p2-101

※2：Ron等「Thyroid Cancer after Exposure to External Radiation」(1995)

※3：原子力安全委員會「福島縣孩童甲狀腺曝露調查結果」及同委員加藤審議官評語

- ※4 : Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, National Research Council 「BEIR VII Phase 2」 p245
- ※5 : WHO(世界衛生組織)「Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Health"」 p104
- ※6 : UNSCEAR(原子輻射的影響之聯合國科學委員會)「2000 年大會報告」附錄 P566
- ※7 : Noshchenko 等「Radiation-induced leukemia among children aged 0-5 years at the time of the Chernobyl accident.」
- ※8 : L.B.Zablotska 等「Thyroid cancer risk in Belarus among children and adolescents exposed to radioiodine after the Chornobyl accident」
- ※9、10 : 厚生労働省 藥務與食品衛生委員會放射性物質措施小組(2011 年 10 月 31 日) 資料 4
(※為了比較，原著上的記載的吸收劑量(mGy)換算成等效劑量(mSv))

問題 17 擔心輻射對母乳造成影響，可否繼續哺乳？

答：

1. 依據 6 月 7 日國立保健醫療科學院發表的「母乳中放射性物質濃度相關調查」，檢測東北與關東地區 108 位母親母乳中的放射性物質濃度，雖然檢測結果發現福島縣內 7 位母親的母乳中含有放射性銫但非常微量，與食品中的暫行標準比較後其數值非常低，因此認定對嬰兒的健康幾乎不會造成任何影響。福島以外的 101 位全體母親並未檢測出母乳中含有放射性碘與放射性銫。

國立保健醫療科學院 新聞稿

2. 除此之外，針對含放射性物質之食品對懷孕過程的影響與母乳對嬰兒的影響，日本婦產科學會公布下列意見，請參閱這些資訊。

(參閱)

- 「母乳中放射性物質濃度相關調查」問答
(6 月 8 日 日本婦產科學會等)
- 「給擔憂食物中放射性銫之懷孕與哺乳期女性的指引」
http://www.jsog.or.jp/news/pdf/announce_20110721.pdf
(7 月 21 日 日本婦產科學會)

《本次核電廠事故造成的曝露量與自然環境的曝露量》

問題 18 本次核電廠事故導致我們遭受曝露情形為何？

答：

1. 本次核能事故的輻射曝露區分為經由攝取含放射性物質之食品引發的「體內曝露」與遭受附著於土壤中放射性物質照射而引發的「體外曝露」。
2. 厚生勞働省(藥務與食品衛生委員會放射性物質措施小組)於 10 月 31 日針對食品造成的「體內曝露」公開暫定曝露劑量的估算值。具體針對放射性物質檢查目標之食品，依檢查結果計算濃度的中位數並依據日本人平均的食品攝取量當做 1 年的曝露劑量。

具體的試算結果如下。

	所有 年齡	群體特性			
		孕婦(※1)	孩童(※2)	胎兒(※1)	嬰兒(只攝取母乳)
整年估算值 (mSv)	0.099	0.066	0.135	0.057	0.041

※1：孕婦和胎兒在懷孕期間(9 個月)的估算值 ※2：孩童指的 1 至 6 歲的小孩

除此之外，整年食用的檢查結果為 90%濃度的情況下，須透過多種方法推算結果。詳細情形，請參閱厚生勞働省網頁。在日常生活飲食中，整年會攝取約 0.4mSv 的天然輻射物(放射性鉀等)。

※厚生勞働省於 12 月 22 日實際購買 9 月和 11 月份流通於市面上的食品並實施檢查，透過檢查結果推估流通食品的曝露劑量。依照本劑量推算東京、宮城福島整年的額外曝露劑量分別為 0.003mSv 和 0.02mSv。

出處：厚生勞働省 藥務與食品衛生委員會放射性物質措施小組(2011 年 10 月 31 日) 資料 4

<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000001tsmk.html>

厚生勞働省 藥務與食品衛生委員會放射性物質措施小組(2011 年 10 月 31 日) 資料 7

<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000001yw1j.html>

3. 另一方面，關於來自土壤的「體外曝露」，都道府縣之間雖然有很大的差異，但可透過文部科學省網頁確認每 1 小時環境中的輻射能。

http://www.mext.go.jp/a_menu/saigaijohou/syousai/130707.html

而且，也記載福島縣各地點至明年 3 月底前的累積劑量估計值。

http://www.mext.go.jp/a_menu/saigaijohou/syousai/1305520.html

問題 19 聽說一般環境中也有曝露，曝露量為何？

答：

1. 放射性物質存在於自然界中，日本平均一年會曝露在 1.5mSv 的天然輻射劑量下。天然輻射的項目如下。(※1)

食品造成的曝露	約 0.41mSv
大氣中的氡造成的曝露	約 0.40 mSv
大地輻射造成的曝露	約 0.38 mSv
宇宙射線造成的曝露	約 0.29 mSv
<hr/>	
合計約	1.5 mSv

2. 人體中含有放射性物質(放射性鉀與碳等)，日本男性(體重約 65 公斤)的狀況下，試算結果合計約 7,900Bq。(※2)

日本男性體內的放射性核種與貝克勒爾數

碳	: 16,000g × 65.3/70 × 0.24 Bq/g-C	=3,559 Bq
鉀	: 140g × 65.3/70 × 30.2 Bq/g-K	=3,956 Bq
銣	: 0.32g × 65.3/70 × 890 Bq/g-Rb	=267 Bq
鈾	: 0.00009g × 65.3/70 × 12,400 Bq/g-U	=1 Bq
²¹⁰ Po	: 19Bq × 65.3/70	=18 Bq
²¹⁰ Pb	: 16 Bq × 65.3/70	=15 Bq
合計		7,865 Bq

(注 1) 以 65.3 公斤做為日本男性體重換算。

(注 2) 下列數值為放射性核種的比活度

碳：0.24 Bq/g-C	鉀：30.2 Bq/g-K
銣：890 Bq/g-Ru	鈾：12,400 Bq/g-U

※1)放射線醫學綜合研究所「低劑量輻射與健康影響」醫療科學社

※2)食品安全委員會 放射性物質之食品安全風險評估工作小組第 7 次資料 1

問題 20 「體內曝露」和「體外曝露」有何不同？飲食會導致放射性物質進入體內，如果少量日漸累積，將來是否對健康造成影響？

答：

1. 本次核能事故的輻射曝露區分為經由攝取含有放射性物質之食品引發的「體內曝露」與遭受附著於土壤中放射性物質照射而造成的「體外曝露」。
2. 「體外曝露」情況下，如能遠離或清除輻射源(已附著放射性物質之土壤)，曝露則不會持續發生。另一方面，「體內曝露」部份，進入體內的放射性物質雖然大部份(※)都能排出體外，但某些殘留的放射性物質仍促使曝露持續發生。
 ※ 進入體內的放射性銫，分別於 1 歲、9 歲、30 歲、50 歲之前須經過 9 天、38 天、70 天、90 天的時間才能減少一半。
3. 不論「體內曝露」或是「體外曝露」，兩者都使用「有效劑量」(mSv)做為影響全身健康之曝露劑量單位。「食品內含放射性物質之安全風險評估」透過「有效劑量」(mSv)顯示並證實終生額外累積有效劑量 100mSv 以上時對健康會造成影響。(請參閱問題 2)
4. 另一方面，為了計算攝取含放射性物質之食物對健康的影響，應考慮上述「體內曝露」的性質(殘留體內的放射性物質會持續影響)。國際輻射防護委員會(ICRP)預估留在體內的放射性物質會長期持續地釋放輻射，因此為了計算體內曝露對健康的影響，已制定「有效劑量係數」。
5. 在制定含放射性物質之食品的暫行標準(Bq)時，透過「有效劑量係數」的運用，妥善考慮食品引發「體內曝露」的本質。

【參考】經口攝入主要放射性物質之有效劑量係數(mSv/Bq)

(食品中攝取 1Bq 放射性物質時影響全身健康的曝露劑量(mSv))

[銫 134]

0 歲	~2 歲	~7 歲	~12 歲	~17 歲	18 歲~
0.000026	0.000016	0.000013	0.000014	0.000019	0.000019

[銫 137]

0 歲	~2 歲	~7 歲	~12 歲	~17 歲	18 歲~
0.000021	0.000012	0.000096	0.00001	0.000013	0.000013

出處：國際輻射防護委員會(ICRP)「Publication 72」(1996)

計算實例：20 歲成人食用含有 500qB/kg 銫 137 之食品

$$\rightarrow 500 \times 0.000013 \times 0.1 = 0.00065\text{mSv} \quad (\text{※}50 \text{ 年後的體內曝露劑量合計為 } 0.00065 \text{ mSv})$$

問題 21 是否能夠減低蔬菜中的放射性物質？

答：

1. 依據「(獨)放射線醫學綜合研究所」的研究，認為「可透過清洗與烹調(倒掉烹調汁液)、剝離外皮或外層葉片減低污染」。
2. 以烹調方式減低放射性物質等相關研究報告顯示：稻米在去殼與碾米的過程、清洗或煮沸蔬菜時已去除大部份的放射性物質。
(參照)「食品烹調與加工之放射性核種的去除率」(財)原子力環境整備中心