

## 食用美國牛肉給消費者帶來之健康風險評估

謝顯堂 國家衛生研究院 環境衛生與職業醫學研究組  
竹南.台灣 民國 95 年 2 月 7 日

牛海綿狀腦病(bovine spongiform encephalopathy 或 BSE)，俗稱狂牛症(mad cow disease)，是因吃進 BSE 致病因子，經幾年的潛伏期之後爆發的慢性病，其致病詳細機制至今未明[Grist, 2005]，可是疾病發生的情況，表面上類似因吃進致癌毒物，經多年的潛伏期後，爆發惡性腫瘤的現象[Wogan, 1992]。所以在評估因食用 BSE 疫區進口之牛肉，可能帶有 BSE 致病因子，因而引致”人類版本的狂牛症”或新變異型庫賈氏症(new variant Creutzfeld-Jakob disease 或 nv-CJD)之風險時，本人認為可以採用毒理學上用於評估致癌毒物引發癌症風險的方法。此方法已在國際科學界受認定，並已被收納於本國政府公佈之”健康風險評估指引”[詹長權, 2003]之中。此方法論於本案之合理性，在下面毒性分析一節，再作詳細說明。

依照國際上現行的毒物風險評估方法，毒物之危害風險 (risk) 以及其可接受劑量 (acceptable dose) 之估算，分為(一)具有閾值 (threshold) 及(二)無閾值 (non-threshold) 兩大方法。前者適用於非致癌毒物 (non-carcinogens)，後者適用於基因性致癌物 (genetic carcinogens)。後者所估算出來的風險值，在低劑量範圍，比前者高出很多；所估算出來的可接受劑量，也因此遠低於前者所得結果。換言之，以無閾值方法作健康風險評估的結果，會產生較大的安全幅度(margin of safety)。

鑑於國人對狂牛症(BSE)的高度戒懼以及 BSE 病情與黃麴黴毒素(aflatoxin)引致肝癌病情[Wogan, 1992]之間的類似性，本評估作業採用無閾值估算方法，並於不確定性高(uncertainty)的項目使用蒙地卡羅模擬法(Monte Carlo simulation)，以便求得最嚴謹、最切實的風險評估結果。標準之健康風險評估程序，包括四個步驟[NRC, 1983]，即(一)危害辨識 (hazard identification)、(二)毒性分析 (dose/response analysis)、(三)暴露評估(exposure assessment)、及(四)風險特徵描述 (risk characterization)。本評估之各步驟，逐項分述於下。

### (一)危害辨識 (Hazard identification)

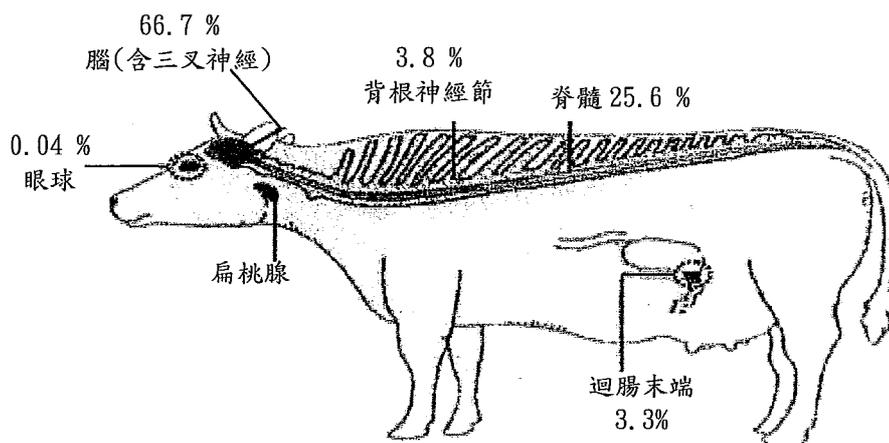
食用帶有 BSE 致病因子的牛肉所戒慮的危害是人類的新變異型賈庫氏症 (nv-CJD)。BSE 致病因子目前一般認為是一種變態蛋白質(prion 或 PrP<sup>Sc</sup>)，此蛋白質不含核酸(nuclei acids)，故不能像細菌或流感病毒一樣，急遽繁殖；卻能慢慢感染正常蛋白質(PrP<sup>C</sup>)，使之轉化成變 PrP<sup>Sc</sup>，在體內慢慢積聚。當牛隻由於吃進飼料中所帶有的 PrP<sup>Sc</sup>，或由於體內 PrP<sup>C</sup>之轉化，而使 PrP<sup>Sc</sup>積聚於體內的劑

量超越閾值(致病所需最低劑量)時,便引發終點症狀(狂牛症或 BSE)的出現[Grist, 2005]。目前 PrP<sup>C</sup> 轉化成 PrP<sup>Sc</sup> 之速度,及 PrP<sup>Sc</sup> 致病之閾值,皆尚未知。

表面上看來,PrP<sup>Sc</sup> 引發 BSE 之現象,與基因性致癌物(genetic carcinogens)引發終點症狀(癌)之現象,頗為相似 - 兩者皆有轉化正常細胞的功能,並經過一段長時間之潛伏發展,終於引發症狀。基因性致癌物因具轉化正常細胞之功能,其致病風險的評估,一般被假定無閾值之存在,亦即再低的劑量都具有一定的風險。

PrP<sup>Sc</sup> 係對牛的致病因子,其對人的致病能力因須跨越物種的阻礙 (species barrier),會大大降低。一般粗略估計,只是對牛能力的 1/10 至 1/10 萬[Cohen et al., 2003]。此兩項界限值的幾何平均數為 1/1000,故 PrP<sup>Sc</sup> 對牛與對人之間感染力的差異,常被認為降低 1000 倍[Gale et al., 1998]。其實此倍數如用牛及小鼠之個別半數感染劑量(ID<sub>50</sub>)的實驗數據,依照毒理學中劑量與體重關係[USEPA, 1992]常規來推算,則是倍數更高。詳細推算列述於下一節。

牛體內可能帶有 PrP<sup>Sc</sup> 的部份稱為特定危險組織(specified risk materials 或 SRM)。SRM 的分佈及各部份的感染力比例如圖一表示[日本石川縣食品安全對策室, 2005],包括腦、眼球、三叉神經節、脊髓、背根神經節、扁桃腺和迴腸末端。雖然頭顱和脊柱未證實具感染力,但頭顱含眼睛、三叉神經節、腦,而脊柱含背根神經節和脊髓,故頭顱和脊柱(不包括尾椎、胸與腰椎橫突及薦椎翼)亦列為 SRM。帶有 PrP<sup>Sc</sup> 而具感染力的 SRM 特以 *i*-SRM (infectious SRM 或“有毒牛雜”)表示之。本評估以 *i*-SRM 做為危害因子(不直接使用 PrP<sup>Sc</sup>),目的在便於估算因食用美國牛肉可能吃到 *i*-SRM 的劑量,用以推算因而可能罹患 nv-CJD 的機率(即風險)。



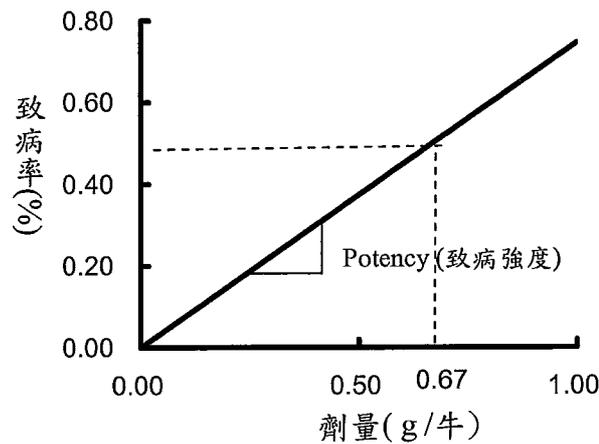
圖一:牛體中感染 BSE 致病因子的分佈[日本石川縣食品安全對策室, 2005]

## (二)毒性分析 (Dose/response analysis 或劑量反應關係分析)

本文中所用無閾值評估法之數學模式如下式,又稱線型模式:

$$\text{得病風險} = (\text{致病強度}) \times (\text{攝入毒物劑量}) \dots\dots\dots (1)$$

如圖二所示，以連接某劑量點的致病率及原點 (origin) 之劑量反應直線來作分析。茲以牛之實驗 ID<sub>50</sub> 數據為例：牛之 ID<sub>50</sub> 即為牛之半數致病劑量，意即吃了一個 ID<sub>50</sub> 量之 *i*-SRM，便有半數吃到的牛會致病；亦即一頭牛吃了一個 ID<sub>50</sub> 量之 *i*-SRM，此牛便有 50% 的可能率顯示 BSE 症狀。



圖二：有病牛腦致 BSE 之無閾值劑量反應關係

公式(1)中之得病風險 (risk)，即一頭牛因吃了某劑量之 *i*-SRM 致 BSE 之可能率；公式中之致病強度 (potency)，為圖二中之劑量反應直線之斜率，即一克 (g) 之 *i*-SRM 能引致一頭牛發作 BSE 之機率，由公式(1)可知致病強度等於 0.5/ID<sub>50</sub>。

以 BSE 病牛的腦漿作實驗所得之牛之 ID<sub>50</sub> 為 0.67 g [Wells and Kretzschmar, 2003]。因牛腦重量僅佔全部 SRM 之約 5% [國立台灣大學動物科學技術學系, 2002]，卻帶有全部 PrP<sup>Sc</sup> 之 66.7% (圖一)，則 0.67 g 之牛腦可換算為約 8.9 g 之 *i*-SRM；相似地，以 BSE 病牛的腦漿作餵飼實驗所得之小鼠 (mouse) 之 ID<sub>50</sub> 為 6.3 g [Kimberlin, 1996]，換算為 *i*-SRM 則為約 84 g。

根據毒理學 (toxicology)，物種之間相等毒性之劑量當量與體重之 0.75 次方成正比 [USEPA, 1992]，則牛與小鼠之間的劑量當量係數 (dose equivalence factor 或 DEQ) 可由下列公式(2)求得：

$$\text{DEQ (鼠/牛)} = \frac{\text{Dose (鼠)}}{\text{Dose (牛)}} = \left( \frac{\text{BW}_{\text{鼠}}}{\text{BW}_{\text{牛}}} \right)^{0.75} \dots\dots\dots (2)$$

公式(2)中之 Dose 為全重劑量 (g/animal)，BW 為動物體重。如以牛之平均體重值為 567 kg [北美國際商會, 2005]、小鼠之平均體重值為 0.03 kg [動物保護資訊網,

2005]、而牛之 ID<sub>50</sub> 值為 8.9 g 之 *i*-SRM 來計算，則小鼠對牛之 DEQ 及小鼠之相等毒性 ID<sub>50</sub> 當量值(ID<sub>50</sub>eq)為：

$$DEQ(\text{鼠}/\text{牛}) = \frac{ID_{50eq}(\text{鼠})}{8.9} = \left(\frac{0.03}{567}\right)^{0.75} = 0.00062$$

$$ID_{50eq}(\text{鼠}) = 0.00062 \times 8.9 = 0.0055 \text{ g } i\text{-SRM} / \text{鼠}$$

ID<sub>50</sub>eq(鼠)計算值與實驗所得值 ID<sub>50</sub> = 84 g 之間有很大的差異，此差異即反映出了 PrP<sup>Sc</sup> 感染能力對牛與對小鼠之間之跨物種差異。由此得知 PrP<sup>Sc</sup> 在牛與小鼠之間的相對感染能(relative infectivity 或 RIF)為：

$$RIF = 0.0055 / 84 = 0.000066 = 1 / 15267 \text{-----}(3)$$

意即 PrP<sup>Sc</sup> 感染力跨到小鼠時減低 15267 倍。

文獻上一般認為 PrP<sup>Sc</sup> 對人的感染力要比對小鼠的更低[Hope, 1995]。本文中因無數據可憑，權且假定 PrP<sup>Sc</sup> 對人的感染力與對小鼠的感染力相等，則人的 ID<sub>50</sub> 可由公式(2)以人的平均體重值為 60 kg [行政院衛生署, 1998]算出人的 ID<sub>50</sub>eq 值，再除以公式(3)中之 RIF 值 0.000066 即可得：

$$DEQ(\text{人}/\text{牛}) = \frac{ID_{50eq}(\text{人})}{1.0} = \left(\frac{60}{567}\right)^{0.75} = 0.186$$

$$ID_{50eq}(\text{人}) = 0.186 \times 8.9 = 1.66 \text{ g } i\text{-SRM} / \text{人}$$

$$ID_{50}(\text{人}) = 1.66 \div 0.000066 = 25152 \text{ g } i\text{-SRM} / \text{人} \text{-----}(4)$$

經由毒理學劑量與體重關係的考量，從公式(2)、(3)及(4)計算所得之 PrP<sup>Sc</sup> 對人的感染力，只是對牛的感染力的約 1/15267。此值比文獻中常用之 1/1000 低得多，但比 10 萬之一之低估值要高得多。

由公式(1)及圖二，已知致病強度等於 0.5 / ID<sub>50</sub>。則公式(1)中之致病強度可推算如下：

$$\text{致病強度} = 0.5 / ID_{50} (\text{g}^{-1} i\text{-SRM}) \text{-----}(5)$$

$$\text{致病強度(牛)} = 0.5 / 8.9 \text{ g} = 0.056 \text{ g}^{-1} i\text{-SRM}$$

$$\text{致病強度(小鼠)} = 0.5 / 84 \text{ g} = 0.0060 \text{ g}^{-1} i\text{-SRM}$$

$$\text{致病強度(人)} = 0.5 / 25152 \text{ g} = 0.000020 \text{ g}^{-1} i\text{-SRM}$$

本評估中之無閾值線型分析法之合理性已由[Gale et al., 1998]詳加闡明。該作者以流行病風險評估法為出發點作分析，所用數學模式為：

$$P = 1 - e^{-rN} \text{-----}(6)$$

公式(6)中之 P 為疾病感染可能率；N 為致病因子數量；r 為致病因子對某物種之感染力係數。在低劑量領域，即 N 為極小數量時，公式(6)便趨近於公式(6a)：

$$P = r \times N \text{-----}(6a)$$

公式(6a)則與公式(1)同為線型公式，具相同意義。

毒理學上用於評估致癌毒物引發癌症風險的慣例為估算終生得病風險，故本評估亦仿照此慣例估算由於食用美國牛肉因可能吃進 *i*-SRM 而得 nv-CJD 之終生風險。所用公式乃由公式(1)改寫為公式(7)：

$$\begin{aligned} & \text{(一個人得 nv-CJD 之終生風險)} \\ & = (\text{i-SRM 的致 nv-CJD 強度}) \times (\text{一個人之終生累積 i-SRM 劑量}) \text{--- (7)} \end{aligned}$$

### (三) 暴露評估 (Exposure assessment)

此部份的評估，在估算國內消費者一個人因終生食用美國進口牛肉，可能吃到 *i*-SRM 的累積劑量。此劑量，以下列公式(8)來估計：

$$\begin{aligned} & \text{終生 i-SRM 累積劑量(g)} \\ & = [\text{終生牛肉食用量(g)}] \times [\text{牛肉受 i-SRM 污染機率}] \text{----- (8)} \end{aligned}$$

按照致癌物風險評估慣例，假定一人平均壽命為 70 年，則一人終生牛肉食用量為國人每年每人平均牛肉食用量(3860g/人-年) [行政院衛生署, 1998]，乘以 70 年，即：

$$\text{一人終生牛肉食用量} = [3860\text{g/人-年}] \times [70 \text{年}] = 270200 \text{g/人} \text{----- (9)}$$

此值假設一人所吃之牛肉全部是美國牛肉，而且一生 70 年每年都吃進 3860g 牛肉，顯然是一項高估值。本評估中權且以此做為保全數值，增加安全幅度。

每 g 牛肉受 *i*-SRM 污染之可能率推估如下：

1. 每 g 帶骨牛肉所伴隨之 SRM 比例(SB)為 2/57，即 3.5% [日本石川縣食品

安全對策室, 2005]。因牛隻屠宰後(去除蹄、皮、血等重量)為活牛重量的 57%，而再去除 SRM 等部位，可食用部分約為活牛重量 55%，故 SRM 部分約為活牛之 2%，其佔屠宰後牛重之 3.5% (2/57)。如進口無骨牛肉則此比例更低。

2. 所伴隨之 SRM，來自帶有 BSE 病牛之比例( $D_{BSE}$ )假定為 1/505,961。因 *i*-SRM 只能來自有 BSE 病牛隻。美國農業部 2005 年 7 月登錄約 1 億零四百五十萬頭牛隻，至今證實有兩起 BSE，故牛隻中 BSE 的發生率之下限值為 2/104,500,000。而自 1990 年以來，迄 2005 年 7 月底，已隨機抽樣調查 505,961 頭中，並未檢測出有 BSE 的病牛[USDA, 2005]，故牛隻中 BSE 的發生率之上限值為 1/505,961。本評估中權且以 1/505,961 之上限值用作估算，以資保全。

3. 能夠污染進口之 30 月齡以下牛肉之 *i*-SRM，必須逃過下列兩項管控關卡：

關卡一為 SRM 進入食物消費鏈之禁令(CF1)。美國自 2001 年起禁止 SRM 進入食物消費鏈，此法令之執行，哈佛大學之評估假定 95% 奏效[Cohen et al., 2003]，而本評估延伸此假定為 90% 至 95% 奏效。

關卡二為 30 月齡牛肉之標定(CF2)。誤進口超過 30 個月齡的牛肉(標籤錯誤)，本評估仿照哈佛大學之評估，假定 90% 至 95% 奏效(5% 至 10% 的誤差)。

上面所列的每一項可能率，必須同時發生，進口的牛肉才有可能被污染，故該污染的可能率為各分項可能率的乘積，即：

$$\begin{aligned} [\text{污染的可能率}] &= (SB)(D_{BSE})(CF1)(CF2) \\ &= (2/57)(1/505,961)(0.05\sim 0.1)(0.05\sim 0.1) \text{-----} (10) \\ & \text{(實際計算採用蒙地卡羅模擬法)} \end{aligned}$$

公式(10)計算所得可能率顯然被高估；除了所用  $D_{BSE}$  數據是上限值之外，由於自 1997 年起污染源便受相關法令管控，污染可能率逐年在遞減之情況，也未計算在內。

#### (四)風險特徵描述 (Risk characterization)

依照(二)及(三)兩節逐項計算所得的數據，代入公式(7)，便可求得一個國人食用美國牛肉，終生可能得 nv-CJD 的風險(機率)值。因有幾項數據具較高不確定性(uncertainty)，故採用一個範圍的數值，以均一分佈(uniform distribution)

之蒙地卡羅模擬法算出終生風險的分佈值。代入公式(7)之所有數值列示於表一。

表一：帶入公式(7)之所有相關數值

項目	採用值	說明
ID <sub>50</sub> (牛)	8.9g i-SRM	由 0.67g 病牛腦實驗數據[Cohen et al., 2003]換算而來
ID <sub>50</sub> (小鼠)	84g i-SRM	由 6.3g 病牛腦實驗數據[CRC, 1998]換算而來
ID <sub>50</sub> (人)	25152g i-SRM	由 ID <sub>50</sub> (牛)及 ID <sub>50</sub> (小鼠)推算而來
牛體重	567 kg	1250 磅出自 NASS 2004
小鼠體重	0.03 kg	實驗小鼠 公: 25-40 g 母: 20-40 g [動物保護資訊網, 2005]
人體重	60 kg	19-64 歲男性平均 64.0 kg 19-64 歲女性平均 56.3 kg [行政院衛生署, 1998]
物種間相等毒性劑量當量係數(人相對於牛)	0.186	$\left( \frac{60\text{kg(人體重)}}{567\text{kg(牛體重)}} \right)^{0.75}$ [USEPA, 1992]
牛肉攝取量	3,860 g / year	男性平均每日攝取 7.9 g 女性平均每日攝取 3.1 g [行政院衛生署, 1998] 平均每人每年純糧食供給量(牛肉): 3.86 kg [行政院農業委員會, 2003]
平均壽命	70 year	美、日、德、英、南韓、新加坡、法國、香港、中國、台灣等國家，男性平均壽命 69 至 78 year，女性平均壽命 73 至 85 year [行政院經建會, 2003]
不同物種間相對感染力(RIF)	1/1000 ~ 1/15267	低限值出自[Cohen et al., 2003]、高限值出自本評估(二)
美國 BSE 發病率	1/505,961	2/104,500,000 ~ 1/505,961 [USDA, 2005]
違反 SRM 進入食物消費鏈禁令(CF <sub>1</sub> )	5% ~ 10%	延伸自[Cohen et al., 2003]
標籤或年齡驗證錯誤(CF <sub>2</sub> )	5% ~ 10%	參考[Cohen et al., 2003]

公式(7)之蒙地卡羅演算內容為：

(一個人得 nv-CJD 之終生風險)

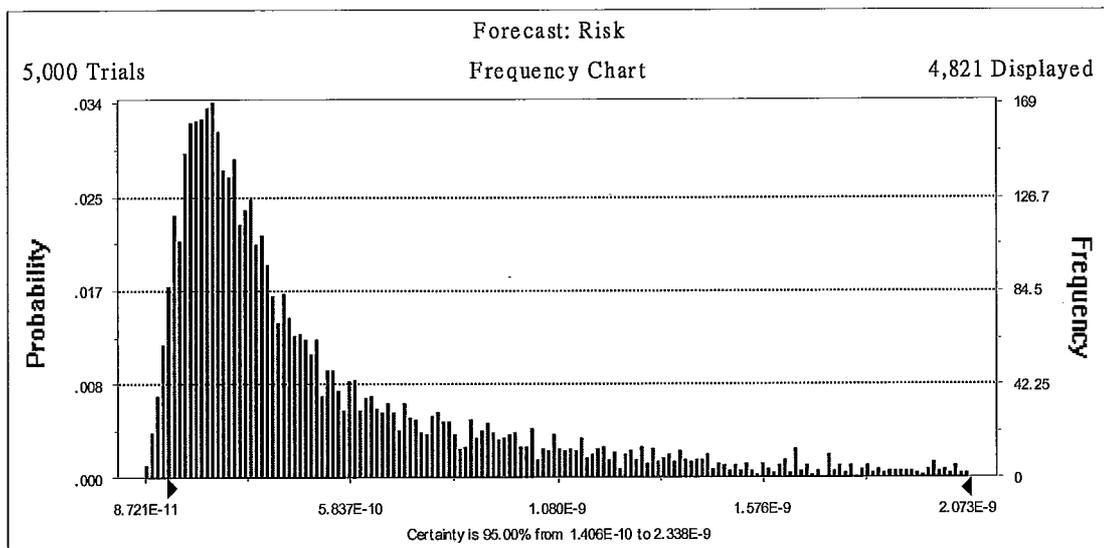
$$= (i\text{-SRM 的致 nv-CJD 強度}) \times (\text{一個人之終生累積 } i\text{-SRM 劑量}) \text{ ----(7)}$$

$$(i\text{-SRM 的致 nv-CJD 強度}) = 0.5 \div [\text{ID}_{50}(\text{牛}) \times \text{DEQ}(\text{人/牛})] \div \text{RIF} \text{ -----(7a)}$$

(一個人之終生累積  $i$ -SRM 劑量)

$$= [\text{牛肉終生攝取量}] \times \text{BSE 發病率} \times \text{SRM 比例} \times \text{CF}_1 \times \text{CF}_2 \text{ ----(7b)}$$

公式(7a)及(7b)中 RIF、 $\text{CF}_1$  及  $\text{CF}_2$  三項為均一分佈(uniform distribution)數值，如表一所示。蒙地卡羅演算結果如圖三：



圖三、蒙地卡羅演算結果

蒙地卡羅演算結果顯示個人終生 nv-CJD 風險的 95% 信賴區間為  $1.41 \times 10^{-10}$  至  $2.34 \times 10^{-9}$ ，平均值(mean)為  $5.86 \times 10^{-10}$ ，中位數(median)為  $3.74 \times 10^{-10}$ 。

本文中所做的風險評估，如圖二所示，係以連接  $\text{ID}_{50}$  點的致病率(50%)及原點 (origin) 之直線來作分析。此直線之斜率遠大於一般無閾值評估方法所使用之連結於較低劑量的致病率直線的斜率，故其分析結果所得的致病強度(potency)值被高估很多，因而由  $i$ -SRM 引發的風險也相對被高估。另外尚有下列諸項之假設也都高估了得病風險：

1. 沒考慮由於法令的管控，風險逐年在遞減。
2. 假設一人所食用的牛肉全部是美國牛肉。
3. 假設一人所食用的牛肉量終生 70 年都是每年 3860 公克。
4. 風險計算中所用的美國 BSE 發病率是高限值。

即便如此，所高估出來的終生風險，依然是遠遠低於一百萬分之一( $1 \times 10^{-6}$ )。

在當前國際間致癌物風險評估領域裡，一般公認一個人終生的致病風險低於一百萬分之一時，其相應劑量即可被接受。因為低於百萬分之一的致病風險被認為是趨於理論背景值，在現實生活中不具意義(*de minimis* risk)。所以本評估結果顯示，即便在高估情況下，終生風險為百萬分之 0.0023 以下。此風險值，從毒理學風險評估的觀點來說，食用或不食用美國牛肉，其得 nv-CJD 之機會都是微乎其微、沒有實質的差異。

本評估與文獻中多項評估作業[Grist, 2005]之間，最大差異在於有考慮物種之間相等毒性之劑量與體重關係。此考慮大大突顯物種間 PrP<sup>Sc</sup> 感染力的差異。本評估所得之低風險值，只限存在於特定規範下食用美國牛肉。此規範以外之情況，如走私輸入 SRM，或經由食用以外之管道使 SRM 進入人體等，皆可能導致較高之致病風險。國人要享有食用美國牛肉之低風險，端賴政府嚴謹把關，確保食用美國牛肉之安全規範的完整性。換言之，本評估中所用之各項數值，皆能完全持守。

## 誌謝

筆者感謝本組王玥晴、周宜成、及吳卓翰研究助理對本文資料搜尋與數據整合的協助，以及本院梁廣義副院長，本組葛應欽主任、吳焜裕助研究員及本院醫保組溫啟邦研究員的深切討論與指教。筆者特別感謝行政院衛生署牛海綿狀腦病專家諮詢委員會諸委員，對本文初稿的仔細審閱、並惠予指教及修正建言。

## 參考資料

- Cohen JT, Duggar K, Gray GM, Kreindel S, Abdelrahman H, HabteMariam T, Oryang D, Tameru B. 2003. Evaluation of the potential for bovine spongiform encephalopathy in the United States.: Harvard Center for Risk Analysis, Harvard School of Public Health; Center for Computational Epidemiology, College of Veterinary Medicine, Tuskegee University.
- CRC. 1998. Health Stream Article- Issue 10 June 1998.  
<http://www.waterquality.crc.org.au/hsarch/HS10c.htm>

- Gale P, Young C, Stanfield G, Oakes D. 1998. Development of a risk assessment for BSE in the aquatic environment. *Journal of Applied Microbiology* 84:467-477.
- Grist EPM. 2005. Transmissible spongiform encephalopathy risk assessment: the UK experience. *Risk analysis* 25:519-532.
- Hope J. 1995. Mice and beef and brain diseases. *Nature* 378:761-762.
- Kimberlin RH. 1996. Bovine spongiform encephalopathy and public health: some problems and solutions in assessing the risk. Court L, Dodet B, editors: Paris: Elsevier. 487-503 p.
- NRC. 1983. Risk assessment in the federal government: managing the process. . Washington, D.C.: National Research Council
- USDA. 2005. USDA's BSE testing .  
[http://www.aphis.usda.gov/lpa/issues/bse\\_testing/test\\_results.html](http://www.aphis.usda.gov/lpa/issues/bse_testing/test_results.html).
- USEPA. 1992. Draft report: A cross-species scaling factor for carcinogen risk assessment based on equivalence of  $\text{mg/kg}^{3/4}/\text{day}$ . Notice. Fed Reg 57:24152-24173.
- Wells GAH, Kretzschmar HA. 2003. Pathogenesis, tissue infectivity distribution and specified risk materials. In: Vossen P, Kreysa J, Goll M, editors. Overview of the BSE risk assessments of the European Commission's Scientific Steering Committee (SSC) and its TSE/BSE *ad hoc* Group Adopted between September 1997 and April 2003: European Commission's Scientific Steering Committee (SSC). p 83.
- Wogan GN. 1992. Aflatoxins as risk factors for hepatocellular carcinoma in humans. *Cancer Res.* 52:2114s-2118s.
- 日本石川縣食品安全對策室. 2005. 食の安全・安心ハンドブックを作成しました. [http://www.pref.ishikawa.jp/syoku\\_anzen/](http://www.pref.ishikawa.jp/syoku_anzen/).
- 北美國際商會. 2005. 出口加拿大種牛及牛胚胎.  
[http://www.nainet.org/pic/inf/page\\_02.asp](http://www.nainet.org/pic/inf/page_02.asp).
- 行政院經建會. 2003. 世界人口估計要覽表.
- 行政院農業委員會. 2003. 92 年糧食供需年報.
- 行政院衛生署. 1998. 1993-1996 國民營養健康狀況變遷調查結果.
- 動物保護資訊網. 2005. 表 3-2 實驗小鼠、實驗大鼠與敘利亞倉鼠之基本生長與生殖性狀. [http://animal.coa.gov.tw/experiment/3a\\_02.htm](http://animal.coa.gov.tw/experiment/3a_02.htm).
- 國立台灣大學動物科學技術學系. 2002. 肉品研究室: 牛雜類, 內臟肉.  
<http://www.ansc.ntu.edu.tw/~meatlab/I03BEEFVM.HTM>.
- 詹長權. 2003. 健康風險評估指引. 行政院衛生署國民健康局.

