

總膳食研究的經驗分享及發展方向

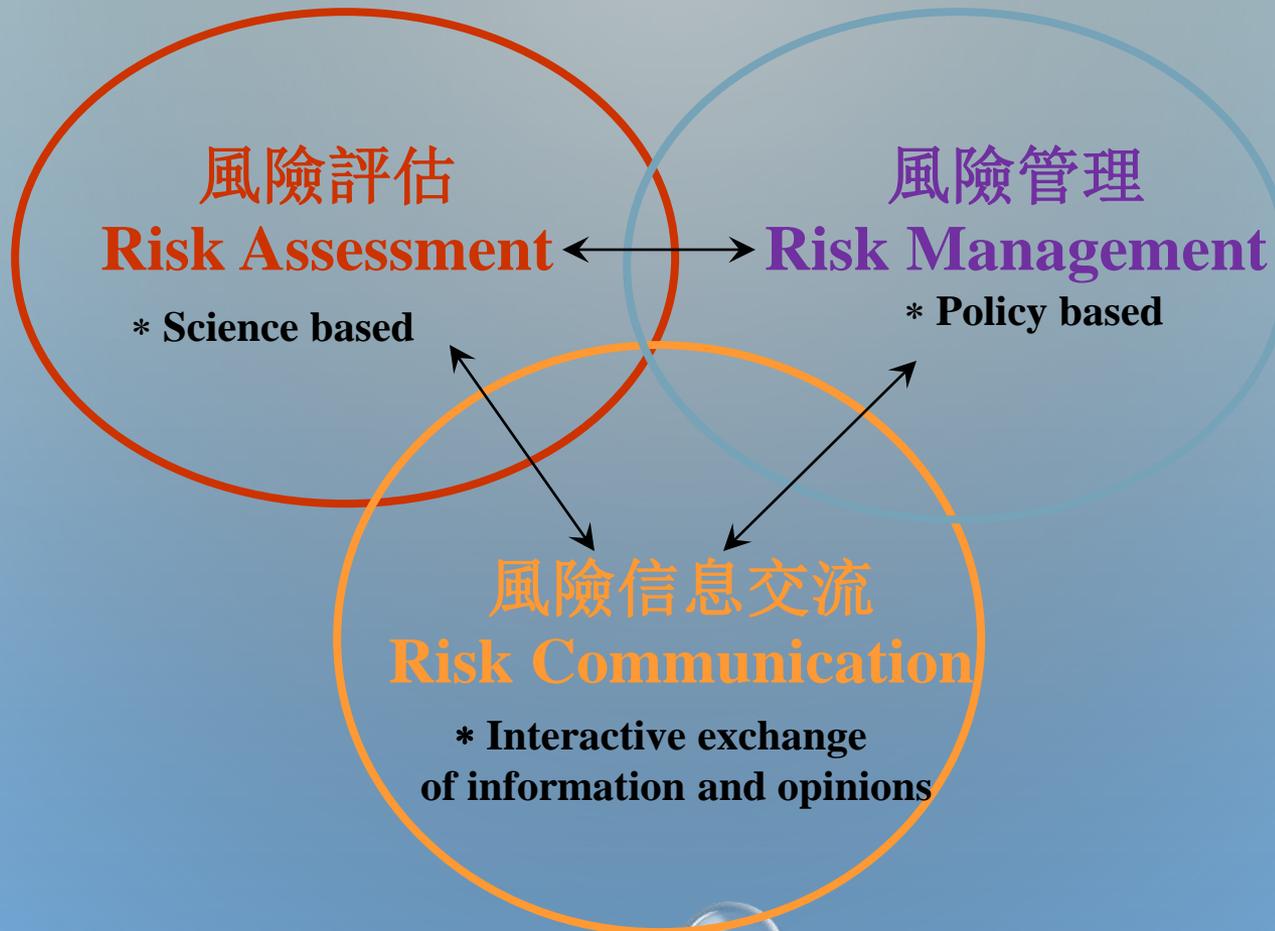
肖穎

澳門科技大學



澳門科技大學
MACAU UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

風險分析框架



風險評估

RISK ASSESSMENT



總膳食研究 (TOTAL DIET STUDY)

- 國際上公認的最具成本效益的風險評估方法
 - 可評估不同人群
 - 可評估多種物質的暴露
- 相對精準的暴露評估
 - 所有被檢測的樣品都為可食狀態（考慮到物質的降解和生成）
- 為食物安全風險評估、風險交流和風險管理奠定科學基礎

總膳食研究與食物監察計劃的不同

- 聚焦於經整個食物的暴露水平，而不是個別食物
- 食物烹調至可食狀態
- 評估的是經膳食的總暴露水平，而不是某種物質在食物中的含量

香港首個總膳食研究

- 評估了超過130多種物質的暴露水準，包括
 - 二噁英和二噁英樣多氯聯苯
 - 無機砷
 - 多溴聯苯醚
 - 農藥
 - 金屬污染物
 - 丙烯醯胺
 - 黴菌毒素
 - 有機氯類農藥
 - 礦物質
- 相對精準的暴露評估
 - 所有被檢測的樣品都為可食狀態（考慮到物質的降解和生成）
- 為食物安全風險評估、風險交流和風險管理奠定科學基礎

總膳食研究

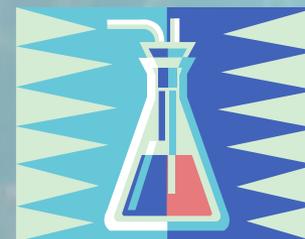
採樣



烹調至可食狀態



分析



與健康指導值比較

Hg

Cd

Pb

As

POPs



暴露評估



食物消費量

香港第一次總膳食研究

食物消費量數據

香港食物消費量調查
(2005-2007)

檢測物質在食物中含量

150 種食物
大於130種化學物質
(PESTICIDE RESIDUES, POPS, METALLIC
CONTAMINANTS, MYCOTOXINS, MACRO
NUTRIENTS, ELEMENTS ETC.)

暴露水平

採樣及樣品製備

Purchase 150 food items, 3 samples each

Individual food items (150): **prepare** as consumed and **combine** into one composite sample

Repeat sampling and preparation on **4 occasions**
from 03.2010 – 02.2011

Analysis of substances of interest in 600
composite samples (150 food items X 4)

LIST OF SUBSTANCES

Chemical groups	Numbers (including those tested simultaneously with selected substances)
Pesticide residues (excluding POPs)	86
Nutrients	24
POPs	16
Mycotoxins	9
Metallic contaminants	9
Processing contaminants	1
Other contaminants	1
Total	146

丙烯醯胺的暴露評估

丙烯醯胺 (Acrylamide)

- 食物加工產生的污染物，2002年，瑞典研究人員首次報告油炸或烘焗食物會產生大量丙烯醯胺
- 工業化學物自1950年代中以來，用以製造聚丙烯醯胺（絮凝劑、密封劑、粘合劑等）
- 在食物中形成的主要機制：食物經高溫（一般 $>120^{\circ}\text{C}$ ）烹煮或加工而形成，含量較高的食物：薯條、薯片、脆餅乾等
- 水煮的情況下沒有或只有微量形成

丙烯醯胺的毒性

- 實驗動物的影響
 - 神經系統毒性
 - 影響生殖和發育
 - 可引起齧齒動物多器官腫瘤
 - 小鼠：哈氏腺、乳腺、肺、前胃
 - 大鼠：乳腺、甲狀腺、睪丸
 - 國際癌症研究機構(IARC)列為第2A組物質(即可能令人患癌的物质)
- 人體的影響
 - 攝入高劑量會產生神經系統毒性作用
 - 內分泌干擾物，降低血清甲狀腺激素水準

暴露限值(MOE)

- $MOE = BMDL_{10} / \text{估計膳食攝入量}$
 - 評定對健康值得關注的程度，而不是真實地量化其對健康可能帶來的風險的高低
 - MOE的值越大，顯示關注程度越低
 - 如果致癌物質 $MOE > 10000$ ，對公眾健康值得關注的程度不高
- $BMDL_{10}$ ：誘發實驗動物腫瘤發病率增加10%的可信區間下限值

香港食物中丙烯醯胺的含量

(微克/公斤)

	香港總膳食研究	其他地區
薯片	680	399 - 1202
薯條	390	159 - 963
炒翠玉瓜	360	

香港炒菜中丙烯醯胺的含量

(微克/公斤)

苦瓜、唐生菜、莧菜、菠菜、西洋菜	< 10
西蘭花、紹菜 / 黃芽白、菜心、椰菜、芽菜、白菜、番茄	11 – 50
西芹、芥藍、茄子、芥菜、絲瓜	51 – 100
蒜頭、洋蔥、燈籠椒、蕹菜、翠玉瓜	101 – 360

日本食物中丙烯醯胺含量

食物	丙烯醯胺含量 (μg/kg)
炒豆芽	752
炒蓮藕	455
炒蘆筍	400
炒土豆	463
土豆片	471
速溶咖啡	668
炸蒜	173

數據來源：日本食物安全委員會 (CAS No 79-06-1), 2016

丙烯醯胺的平均每日暴露水準

	(微克/公斤體重)
香港	0.21
中國內地	0.286
英國	0.3
加拿大	0.3 - 0.4
歐洲	0.31-1.10
美國 (2歲以上)	0.4
日本	0.154
法國	0.43
愛爾蘭	0.59
新西蘭	0.84 (男 25歲以上) 0.66 (女 25歲以上)

暴露水平比較

每日膳食暴露量（微克/公斤體重） [MOE]		
	一般人	高消費者
香港 ¹	0.21 [847-1459]	0.54 [334-576]
中國內地 ²	0.286 [621-1069]	0.49 [367-633]
日本 ³	0.154 [2772]	0.24 [1792]

¹Waiky W.K. Wong, et al. Food Additives and Contaminants: Part A, 2014,31: 799-805

²Zhou PP, et al. Biomedical and Environmental Sciences 2013, 26: 465-470.

³Food Safety Commission of Japan, 2016, (CAS No. 79-06-1)

丙烯醯胺主要的膳食來源

- 西方國家：薯條10-60%，薯片10-20%

- 中國內地：

- 蔬菜48.4%
- 穀類27%
- 土豆8%



- 香港：

- 蔬菜及蔬菜製品（包括薯條）：52.4%
- 炒菜：45%

¹Waiky W.K. Wong, et al. Food Additives and Contaminants: Part A, 2014,31: 799-805

²Zhou PP, et al. Biomedical and Environmental Sciences 2013, 26: 465-470.

降低丙烯醯胺暴露

- 國際機構和政府

- 食品法典委員會的實務守則（2009）
- 制定業界指引
- 監測計劃

- 業界

- 研發減低食品中丙烯醯胺的方法

- 消費者

- 平衡膳食
- 烹煮食物的溫度不應過高過長
- 蔬菜生吃、水煮、或先焯過再炒，減少加熱時間

甲基汞的暴露評估



甲基汞對健康的影響

- 甲基汞的毒性大於無機汞
- 對胎兒、嬰兒和兒童造成神經系統發育不良
- 甲基汞可通過胎盤屏障，如果孕婦攝入較高的甲基汞，可影響孩子的大腦和神經系統發育

甲基汞的健康指導值

- 2003年，世界糧農組織/世界衛生組織食品添加劑專家委員會（ JECFA）制訂甲基汞的暫定每週可容忍攝入量為每公斤體重1.6微克，以免發育中的胎兒受到神經毒性影響
- 2006年， JECFA指出，胚胎和胎兒期過後，受甲基汞不良影響的程度或會較低。成年人的攝入量大約不超過暫定每週可容忍攝入量的兩倍(即每公斤體重3.3微克)，不會構成神經毒性的風險

甲基汞在香港魚中的含量

Fish	平均*($\mu\text{g}/\text{kg}$)	範圍 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
吞拿魚 / 金槍魚	330	150-450
海斑	160	100-240
馬頭魚	160	63-250
紅衫	130	87-160
桂花魚	100	80-140
黃花魚	66	49-100
大頭魚	49	33-79
鯧魚	36	26-42
鯪魚肉	34	30-37
三文魚	29	26-30
烏頭	21	16-24
龍脷柳	7.9	4.8-11
鮭魚	4.5	4.0-5.0

其他海產：平均 7 - 48 $\mu\text{g}/\text{kg}$

香港成年人甲基汞的暴露水平

	平均	高消費者
膳食暴露水平 ($\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{week}$)	0.74	2.7
佔健康指導值 (%) (PTWI 3.3 $\mu\text{g}/\text{kg bw}$)	22	82

育齡婦女 (20-49歲)

膳食暴露水平 ($\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{week}$)	0.69	2.4
佔健康指導值 (%) (PTWI 1.6 $\mu\text{g}/\text{kg bw}$)	43	150

香港成年人魚類的消費量(克/人/周)

	成年人	育齡婦女 (20-49歲)	推薦的孕婦吃魚量* (USFDA/FSANZ)
平均	402	337	
高消費者	1363	1120	300-450

*包括魚和海產品

甲基汞暴露的主要來源

Code	:	MeHg
Description	:	Methylmercury (expressed as methylmercury)
Reference Value	:	1.6
Unit for Reference Value	:	ug/kg bw/week
Name of Reference Value	:	PTWI
Source of Information	:	JECFA 2003

PTWI of 1.6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ bw

Exposure Breakdown

Food Item / Food Sub-group / TDS Group			Average Exposure
Code	English Description	Chinese Description	Median Bound
1200	Freshwater Fish	淡水魚	0.0402
1201	Seawater Fish Other Than	除珊瑚魚外的鹹水魚	0.3758
1202	Freshwater / Seawater Fish	鹹淡水魚	0.0844
1203	Coral Fish	珊瑚魚	0.0384
1204	Fish Products	魚類製品	0.0730
1301	Shrimp / Prawn	蝦	0.0173
1302	Crab	蟹	0.0092
1303	Lobster	龍蝦	0.0009
1400	Molluscs, not specified	軟體動物 (未指明)	0.0018
1401	Univalve	單殼類動物	0.0007
1402	Bivalves	雙殼類動物	0.0030
1403	Cephalopods	頭足動物	0.0179

Fish and its products

38% PTWI

Other seafood and its products

3% PTWI

TDS的結果是標準制定的基礎

- 人群暴露的主要來源 (>5%)
 - “魚及魚產品”：
 - 38% OF PTWI OF 1.6 MG/KG BW
- 從風險管理的角度有必要考慮降低人群從魚對甲基汞的暴露
 - 建立魚中甲基汞的限量水準

CODEX 關於魚中甲基汞的限量

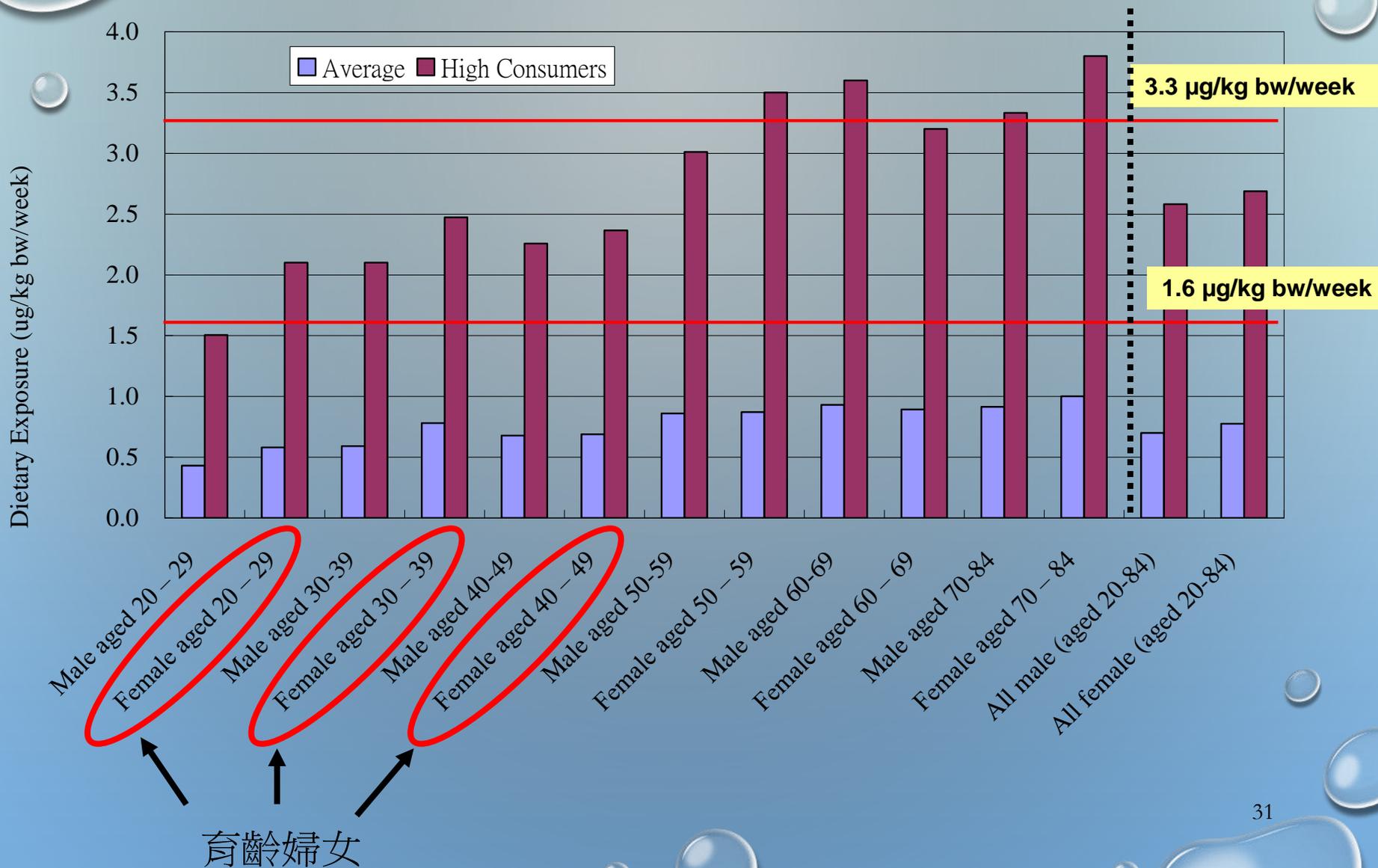
CODEX GUIDELINE LEVELS* FOR MEHG

- **捕獵性魚(E.G. SHARK, SWORDFISH, TUNA, PIKE AND OTHERS):**

1 MG/KG

- **除捕獵性魚外: 0.5 MG/KG**

香港不同年齡/性別對甲基汞的暴露水準



育齡婦女（20-49歲）的膳食暴露

Exposure Assessment System - Exposure Estimation Long Term Report - Windows Internet Explorer

Population Groups

Age Group : 20-49
 Gender : Female
 Consumers : All Respondents
 Weighted / Unweighted Data : Weighted
 Reference Value : 1.6
 Unit for Reference Value : ug/kg bw/week
 Name of Reference Value : PTWI
 Source of Information : JECFA 2003

PTWI of 1.6 $\mu\text{g}/\text{kg bw}$

Summary of Exposure Data

Average Body Weight : 55.19 kg
 Unit for Exposure Data : ug/kg bw/week
 Percentage of Results with Non-detects : 25.98 %
 No. of respondents : 1,866,504 (Unweighted: 1,252)

	Lower Bound		Median Bound		Exposure	%
	Exposure	% contributed to ref value	Exposure	% contributed to ref value		
Mean	0.6826	42.66	0.6879	42.99	0.6921	43.32
Median	0.3692	23.08	0.3766	23.54	0.3816	23.85
5th percentile	0.0273	1.71	0.0311	1.94	0.0335	2.09
95th percentile	2.4022	150.14	2.4046	150.29	2.4083	150.52
97.5th percentile	2.8894	180.59	2.8895	180.59	2.8895	180.59

Average: 43% of PTWI

High consumer: 150% of PTWI

	Lower Bound		Median Bound		No.	%
	No.	%	No.	%		
Respondents with exposure higher than reference value	203,985	10.93	208,702	11.18	210,001	11.25

11% > PTWI

Exposure Breakdown

完成

近端內部網路 100%

孕婦、計畫懷孕的婦女和幼童進食魚類建議

以下魚類的甲基汞的風險超過其N-3 脂肪酸(DHA 和EPA)的益處，孕婦如經常進食這些魚，或可導致胎兒長大後的智商較低

- 大王馬鮫魚 MACKEREL, KING
- 大眼吞拿魚 TUNA, BIGEYE
- 波粒 GOLDEN TAIL, YELLOWBACK SEABREAM
- 金目鯛 SPLENDID ALFONSINO
- 長鰭吞拿魚 TUNA, ALBACORE
- 單帶海緋鯉、秋姑、須哥 DASH-AND-DOT GOATFISH
- 黃鰭吞拿魚 TUNA, YELLOWFIN
- 旗魚 MARLIN
- 劍魚 SWORDFISH
- 橘棘鯛 ORANGE ROUGHY
- 藍鰭吞拿魚 TUNA, PACIFIC BLUEFIN
- 鯊魚 SHARK

https://www.cfs.gov.hk/tc_chi/programme/programme_firm/files/Fish_advice_for_Pregnant_women.pdf

FDA對育齡婦女、乳母和幼兒的吃魚建議

最佳選擇

每周食用2~3份魚

鯷魚	黑鱸魚	鯧魚	鯰魚
蛤蜊	小龍蝦	鱈魚	螃蟹
鯉魚	比目魚	大龍蝦	烏鰂
梭魚	三文魚	白魚	扇貝
魷魚	羅非魚	生蠔	鱈魚
牙鱈	胡瓜魚	沙丁魚	
大西洋鯖魚		淡水鮭魚	
大西洋細須石首魚			
罐裝淡金槍魚			
海鱸魚或者淡水鱸魚			

或

好的選擇

每週食用1份魚

牛魚	鯉魚	石斑魚	岩魚	齒魚
鯛魚	鱈魚	安康魚	黑鱈	羊鯛
鯛魚	西班牙鯖魚		條紋鱈	
大西洋方頭魚		罐裝或解凍白金槍魚		
黃鰭金槍魚		大比目魚		

避免選擇

含有高水準的汞

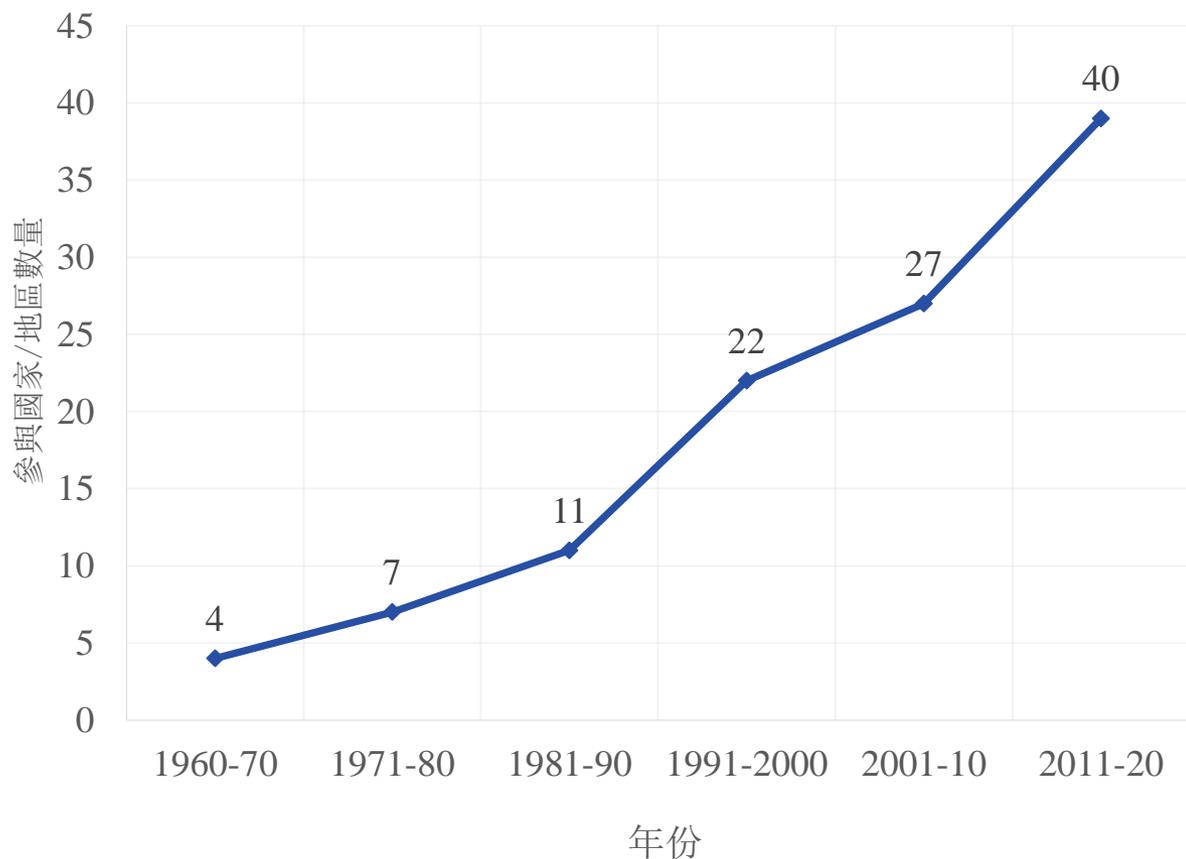
鯊魚	劍魚	墨西哥灣方頭魚	紅羅非魚
大馬林魚		大西洋馬鮫	大眼金槍魚

* 本建議是將魚類和貝類統稱為“魚類”，一些被家人和朋友捕獲的魚類，如較大的鯉魚、鯰魚和鱸魚，由於汞或其他污染物，更有可能受到可食用魚類警告。

www.FDA.gov/fishadvice
www.EPA.gov/fishadvice



越來越多的國家/地區開展總膳食研究



- 1 美國
- 2 英國
- 3 加拿大
- 4 澳大利亞
- 5 新西蘭
- 6 喀麥隆
- 7 中國
- 8 智利
- 9 捷克
- 10 芬蘭
- 11 斐濟群島
- 12 法國
- 13 危地馬拉
- 14 印尼
- 15 愛爾蘭
- 16 日本
- 17 科威特
- 18 韓國
- 19 黎巴嫩
- 20 荷蘭
- 21 巴布亞新幾內亞
- 22 西班牙
- 23 瑞典
- 24 中國台灣
- 25 德國
- 26 埃及
- 27 印度
- 28 葡萄牙
- 29 比利時
- 30 斯洛伐克共和國
- 31 丹麥
- 32 波蘭
- 33 義大利
- 34 突尼斯
- 35 拉脫維亞
- 36 馬來西亞
- 37 貝寧
- 38 馬裡
- 39 尼日利亞
- 40 中國香港

[1] FAO, Peltonen K, Charrondiere U R, *et al.* State of the art on Total Diet Studies based on the replies to the EFSA/FAO/WHO questionnaire on national total diet study approaches [J]. **2011**.

[2] Betsy A, Rao V S, Polasa K. Evolution of approaches in conducting total diet studies [J]. *Journal of Applied Toxicology* **2012**, 32(10):0-0.

[3] FAO. Total Diet Score as a tool to assess chemical contamination of foods-application in Sub-Saharan Africa [J]. *Food safety at FAO*, **2014**.

美國和中國TDS分析物質的變化

	1961	1990	2000	2017
美國 ^[1]	放射性元素 (5) 農藥 少量營養素	-	-	放射性元素(6) 農藥 有毒元素 工業化學品 黴菌毒素 營養成分 加工副產品 (約800)
中國 ^[2]	—	污染物 (22) 營養素 (76)	污染物 (30) 營養素 (19)	食品中化學污染物 (30) 添加劑 農藥殘留 (200) 獸藥殘留 (50) 營養成分 (19)

[1] FAO, Peltonen K , Charrondiere U R , *et al.* State of the art on Total Diet Studies based on the replies to the EFSA/FAO/WHO questionnaire on national total diet study approaches [J]. 2011

[2] 中國總膳食研究 (CTDS). Retrieved from:

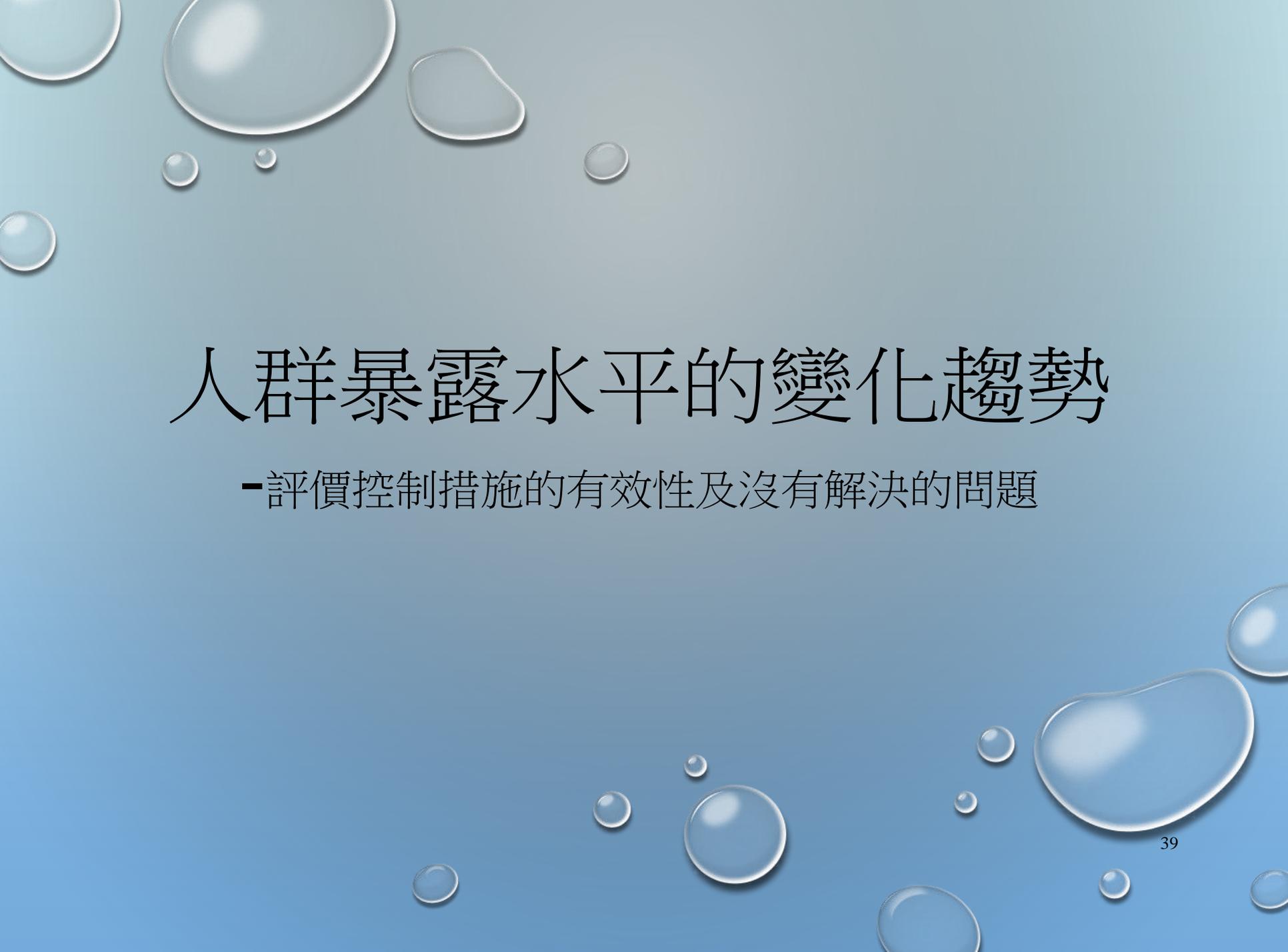
<http://www.cfsa.net.cn/Article/News.aspx?id=443677A84AB03002F3B6167BD940844B39237010EFA0D8F9>

中國總膳食研究的發展

- 覆蓋的省市：從12個省（每個菜籃子3個省）到20個省市（每個菜籃子5個省）
- 檢測的食物樣品：從48個混樣到240個混樣加662個個樣
- 暴露人群：從成年人到分城市-農村，分男-女，分年齡組
- 檢測的化學物：從11種到數百種

中國總膳食發展簡表

	區域和檢測的食物	人群	檢測的物質
第1次 (1990)	4個菜籃子 (12個省市) 48個混合樣品 (12類食物組別)	成人	營養素及能量 重金屬 有機氯和有機磷農藥 黃曲霉毒素B1, M1 放射性核素
第2次 (1992)	4個菜籃子 (12個省市) 採樣分春、秋兩季	城市/農村， 4個年齡-性別組	增加： 稀土元素，鋁 新的有機污染物，如PCBs, AA, 有機錫，氯丙醇
第3次 (2000)	4個菜籃子 (12個省市) 48混樣+662個樣	城市/農村， 4個年齡-性別組	新的有機污染物，如PCBs, AA, 有機錫，氯丙醇
第4次 (2007)	4個菜籃子 (12個省市) 144混樣+662個樣	同上	增加： 全氟化學物，PBDEs, 碘 重金屬等
第5次 (2009- 2014)	4個菜籃子 (20個省市) 240混樣+1000個樣	同上	增加： 反式脂肪，38種黴菌毒素

The background is a light blue gradient with several realistic water droplets of various sizes scattered across the surface. The droplets have highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance.

人群暴露水平的變化趨勢

- 評價控制措施的有效性及沒有解決的問題

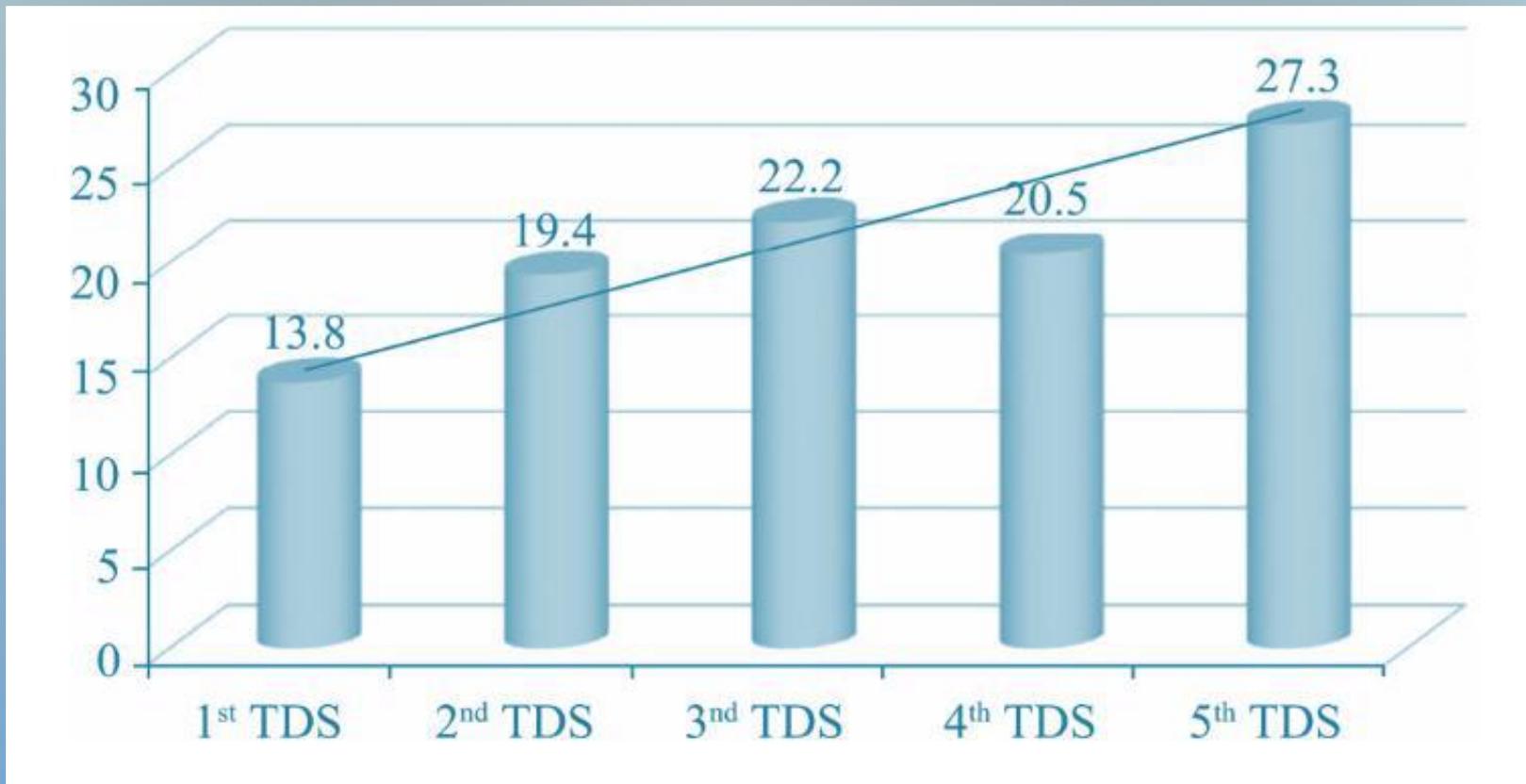
中國內地人群鉛暴露變化趨勢 (MG/D)



1996年禁止使用含鉛汽油
GB2762-2005

李筱薇, 呂冰. 從中國總膳食研究視角看待食品安全問題的變化[J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2018(1):28-38.

中國內地人群鎘暴露變化趨勢 (MG/D)



李筱薇, 呂冰. 從中國總膳食研究視角看待食品安全問題的變化[J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2018(1):28-38.

中國總膳食鎘暴露評估

- 19-33.2%個體膳食鎘暴露大於PTMI
- 30%的兒童和青少年膳食鎘暴露大於PTMI
- 第4次CTDS細化年齡（10歲）/ 性別進行暴露評估
 - 大米是主要的暴露來源

中國內地鎘暴露的地區分佈

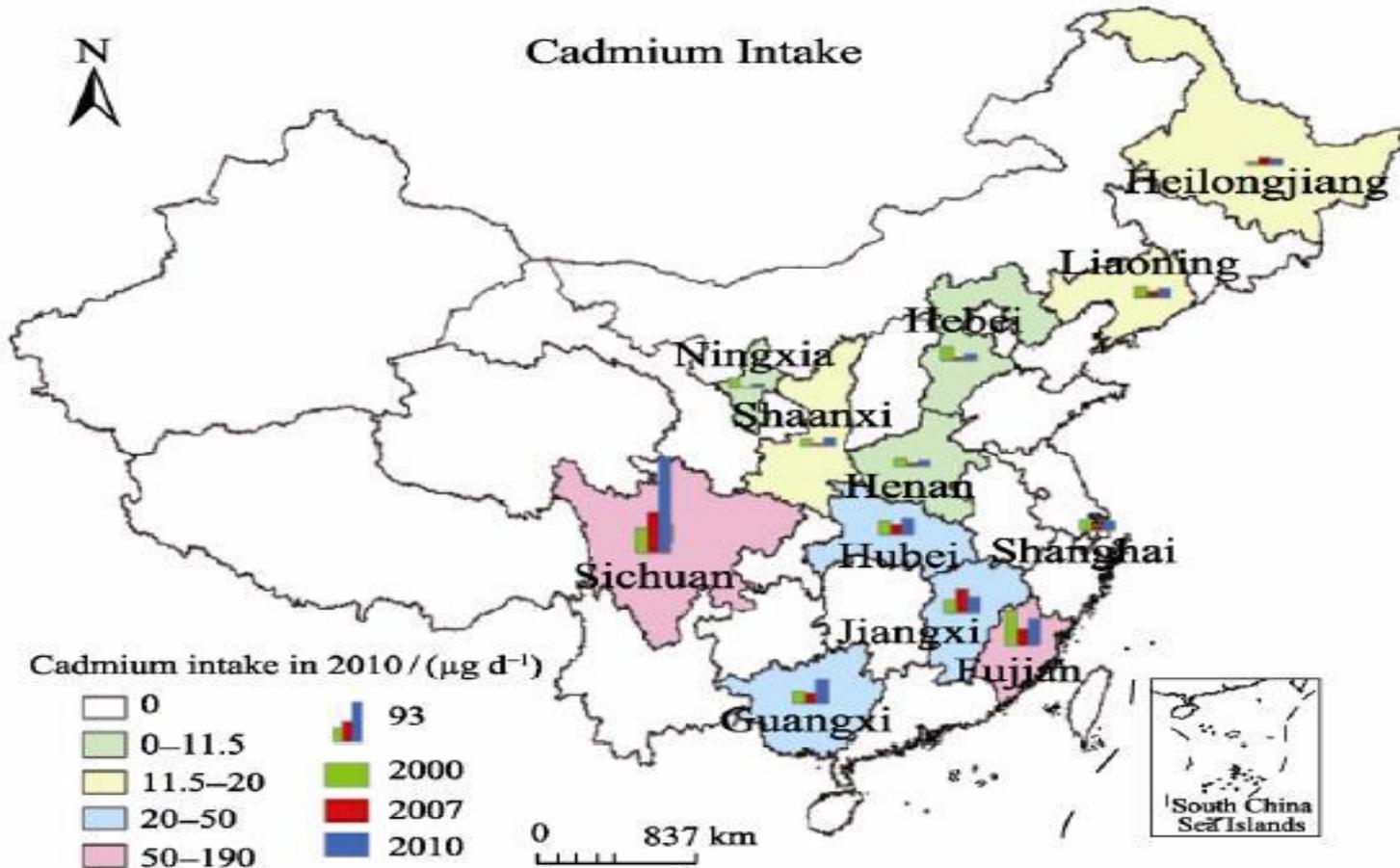
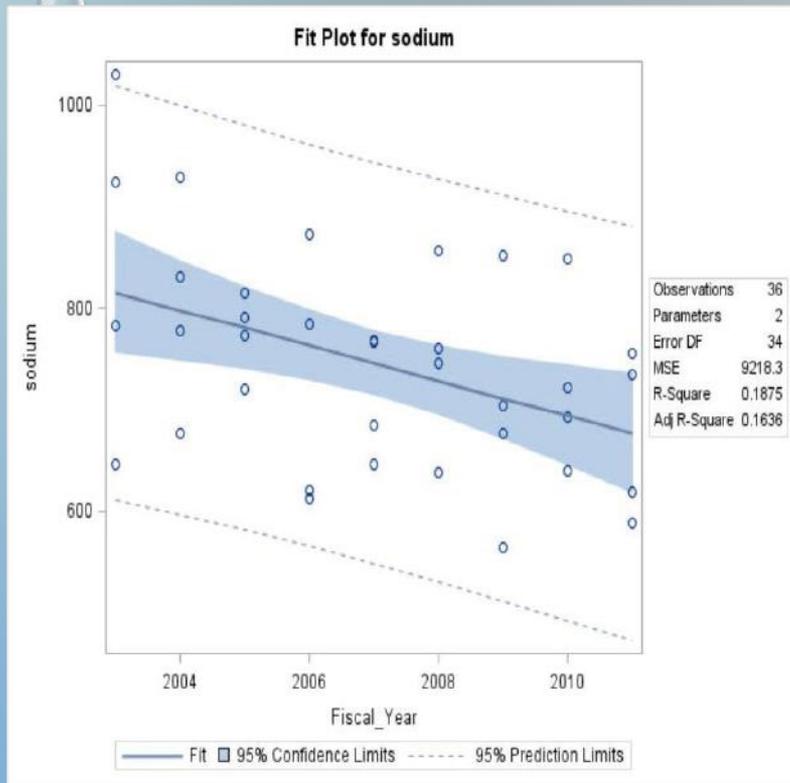


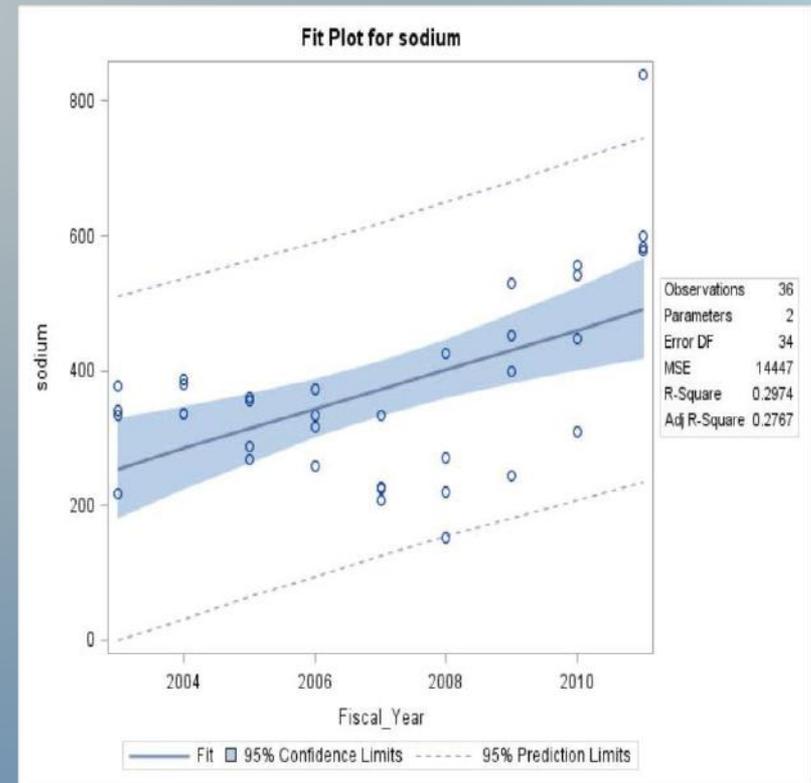
Fig.3 Regional distribution of dietary cadmium exposure from the 4th and 5th TDS

食物中某種物質的變化趨勢

食物中鈉含量的變化趨勢（USA，2003-2011）



爆米花（黄油味）



拉面（水煮）

利用總膳食研究對有害物質溯源

- 如果混樣中發現某種高含量的物質，需分別測定單樣，找出污染來源
- 找出有害物質摻入食物的時間段及控制措施的有效性
 - 第3次CTDS（2000年）奶製品中沒有三聚氰胺檢出
 - 第4次CTDS (2007)，奶製品中多有檢出三聚氰胺，河北最高
 - 2008年三聚氰胺事故發生後，制定各種食品法律法規，問題快速解決

TDS 在食品安全領域的用途

- 評價食品的安全品質
- 評價人群的暴露水準，進行風險特徵描述
- 細化評估的結果，提供了優先制定限量標準的依據
- 連續開展TDS，可得到人群暴露的變化趨勢及控制措施的效果

TDS的未來

- 全球開展TDS的國家/地區增加
- 覆蓋的人群增加及細化
- 檢測的食物種類和物質增加
- 檢測手段提高，使得暴露評估的準確性提高
- 人群暴露的生物樣品中化學物水平作為內暴露的指標

The background is a light blue gradient with several realistic water bubbles of various sizes scattered across the surface. The bubbles have highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance.

THANKS

感謝聆聽