

精講: 食品健康影響評価(平成29年3月16日)

加熱時に生じるアクリルアミドの食品健康影響評価



1

内容

1. 講演者: 食品安全委員会 吉田緑委員

- 食品中の化学物質のリスク評価とは
- アクリルアミドのリスク評価の背景
- アクリルアミドの毒性評価

2. 講演者: 国立環境研究所 河原純子

- アクリルアミドのばく露評価
— 食品由来のアクリルアミド摂取量の統計的推定 —

3. 講演者: 食品安全委員会 吉田緑委員

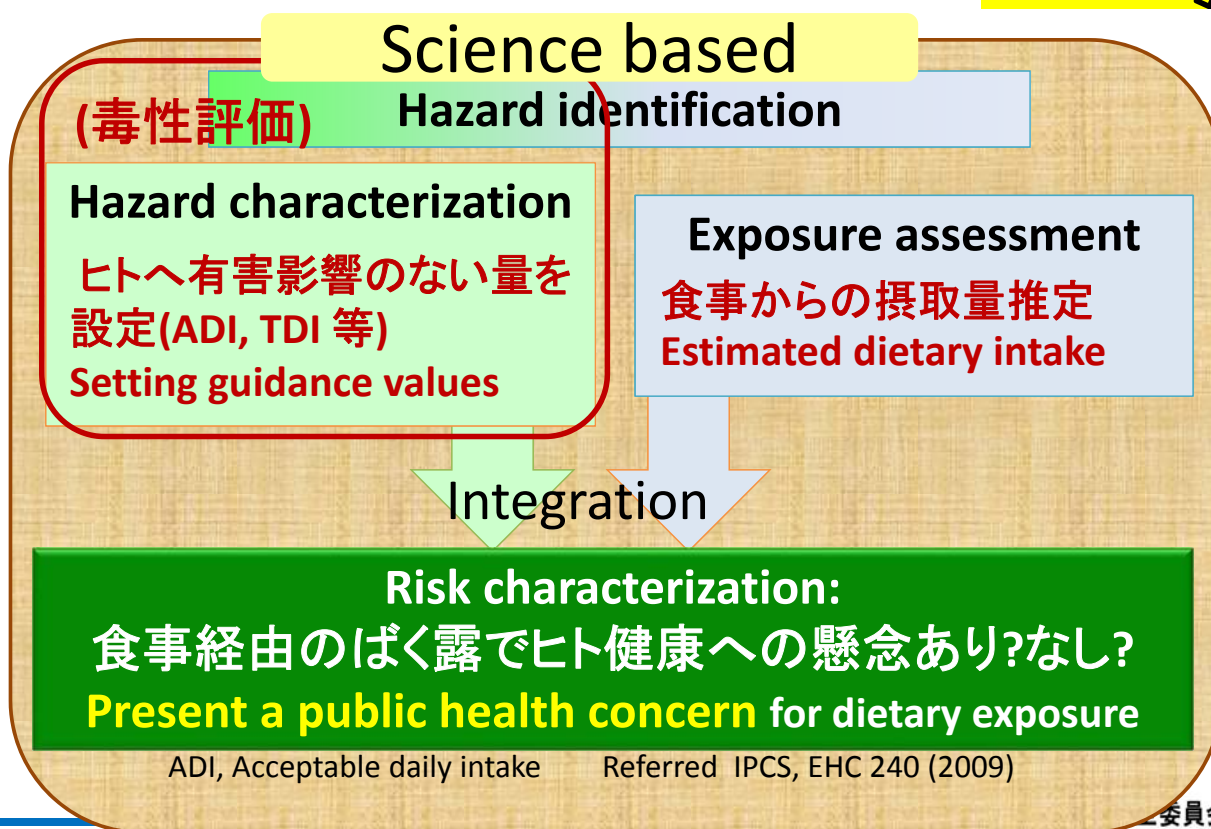
- アクリルアミドのリスク判定

- 食品中の化学物質のリスク評価とは
- アクリルアミドのリスク評価の背景
- アクリルアミドの毒性評価
- アクリルアミドのばく露評価(河原純子先生)
- アクリルアミドのリスク判定

食品中の化学物質のリスク評価とは

Risk assessment of chemicals in food

ちょっと詳しく



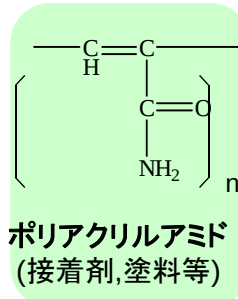
- 食品中の化学物質のリスク評価とは
- アクリルアミドのリスク評価の背景
- アクリルアミドの毒性評価
- アクリルアミドのばく露評価(河原純子先生)
- アクリルアミドのリスク判定

アクリルアミドが注目されたきっかけ

2002年 スウェーデン



アクリルアミドを含むポリアクリルアミドを使った建設工事で働いていた人たちのアクリルアミドばく露量調査の際、比較対照とした作業
者ばく露と無関係の人たちからもアクリルアミドが検出。食品中にア
クリルアミドが存在することを確認。



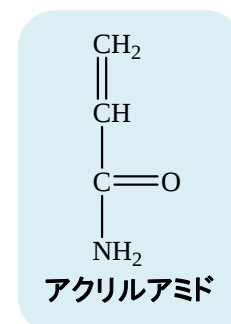
↓

食品安全に関わる新たな問題として、世界の関心が高まる。

日本では・・・



第376回食品安全委員会(2011年3月31日開催)において、「加熱
時に生じるアクリルアミド」について、「自ら評価」として食品健康影
響評価(=リスク評価)を行うことを決定。



メイラード(アミノカルボニル)反応のアウトライン

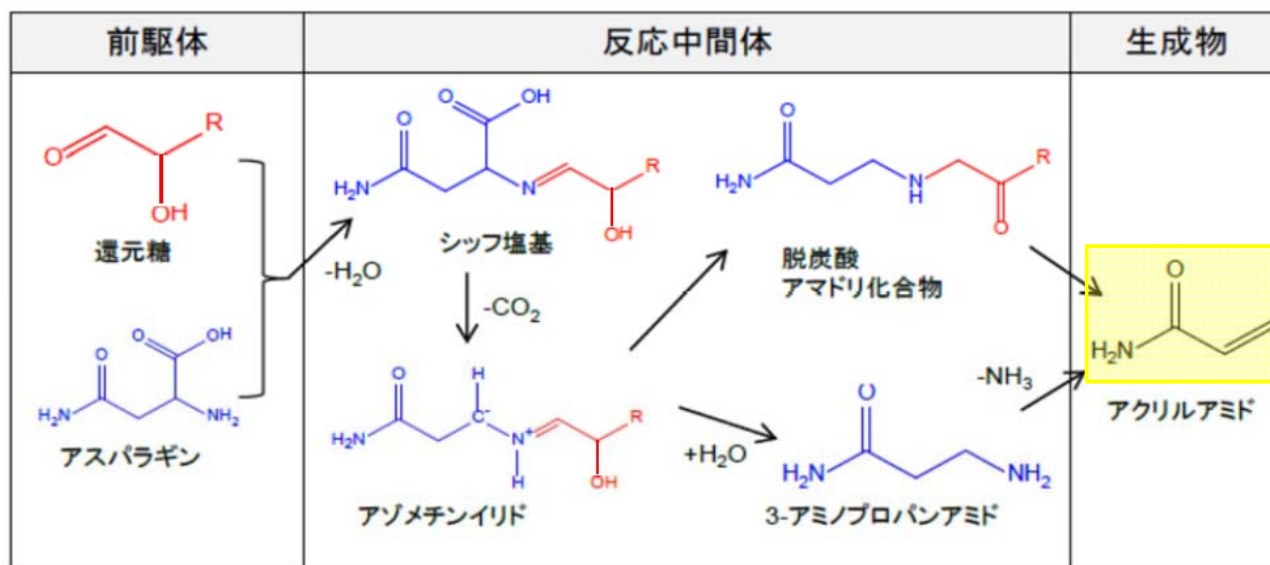


図 2-2 食品中のアクリルアミドの主な生成経路 (農林水産省 2013 を改変)

食品健康影響評価書より

- 食品中の化学物質のリスク評価とは
- アクリルアミドのリスク評価の背景
- アクリルアミドの毒性評価
- アクリルアミドのばく露評価(河原純子先生)
- アクリルアミドのリスク判定

アクリルアミドの体内動態

・広範な組織に分布。蓄積はしない

・2つの経路で代謝

①アクリルアミド→グリシドアミド

②アクリルアミド→グルタチオン抱合

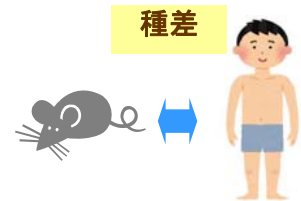
アクリルアミドは体の中で
変化するんだね



いずれも
尿中に排出

・アクリルアミド、グリシドアミドいずれも
ヘモグロビン又はDNAと付加体を形成

・代謝には種差があることが示唆されている



Qグルタチオン抱合とは？

体内に入った異物は、細胞内に存在するグルタチオンと結合(抱合)し、水溶性になる。グルタチオン抱合体は、最終的に尿や胆汁中に排出される。

アクリルアミドの有害影響

実験動物等で認められた毒性(経口ばく露)

- 一般毒性/神経毒性
- 発がん性
- 生殖発生毒性
- 遺伝毒性

ヒトにおける知見

- 職業ばく露
- 経口ばく露(一般集団における疫学研究)

有害(adverse) 影響とは?

ちょっと詳しく

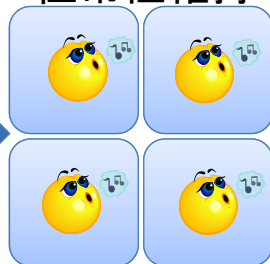


Chemical

正常細胞/組織



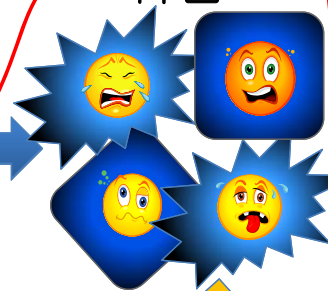
恒常性維持



恒常性
破たん



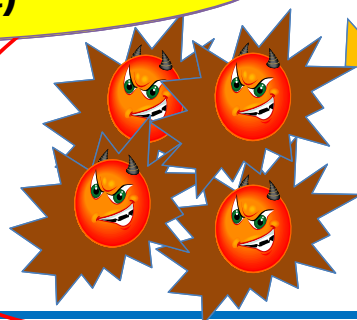
障害



恒常性の破たん= 有害影響
(adverse effect)

障害の増悪化

有害影響



実験動物等で認められた毒性

ちょっと詳しく



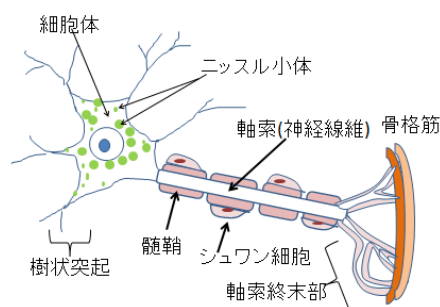
- 発がん性以外の主なアクリルアミドによる毒性
 - ・神経毒性
 - ・雄の生殖毒性

アクリルアミド投与による主な神経毒性=軸索の変性

ラット2年間慢性毒性及び発がん性試験(飲水投与)
(NTP2012)

2.71mg/kg 体重/日以上(雄)
顕微鏡検査: 坐骨神経軸索変性

更に高用量の試験において髄鞘崩壊や
神経症状等



神経細胞の構成

実験動物等で認められた毒性 -発がん性-

投与により増加した主な腫瘍

種	臓器/組織	腫瘍の種類
マウス	ハーダー腺	腺腫/腺癌
	肺	腺腫/腺癌
	前胃	扁平上皮乳頭腫/癌
	乳腺	腺癌
ラット	精巣鞘膜	中皮腫
	乳腺	線維腺腫
	甲状腺	濾胞細胞腺腫/腺癌
	陰核腺	腺腫

発がん性あり

増加した腫瘍の種類は、代謝物グリジドアミド誘発腫瘍と類似

発がん性試験

ちょっと詳しく



- 投与期間 約2年間（ラットの生涯に近い）
- 使用する動物数 1群50匹×投与群数×雌雄
- 顕微鏡検査で「がん」の発生を観察（約35臓器/匹）
- そのほか、体重変化、血液検査も実施



投与群に発生した
「がん」を投与しない
群（対照群）を比較

- ・ 数の増加
- ・ 悪性度が増強
- ・ 早期から出現

発がん性あり

「がん」の数・悪性
度・発現時期が対照群
と同様

発がん性なし



● 遺伝毒性

ちょっと詳しく



In vitro試験

微生物突然変異、DNA損傷/修復、哺乳類細胞遺伝子突然変異、哺乳類細胞染色体異常、姉妹染色分体交換、DNA損傷/修復及びDNA付加体形成、哺乳類細胞細胞形質転換

計57試験中、陽性(弱陽性含む)38試験、陰性19試験

In vivo試験

遺伝子突然変異、染色体異常、優性致死、姉妹染色分体交換、DNA損傷/修復及びDNA付加体形成、経世代遺伝子突然変異、非哺乳類遺伝子突然変異

計132試験中、陽性(弱陽性含む)103試験、陰性29試験



遺伝毒性あり

アクリルアミドの有害影響 –毒性試験まとめ–

実験動物等を用いた多くの毒性試験結果より

- 発がん性以外の主な毒性
 - ・神経毒性
 - ・雄の生殖毒性
- 発がん性
 - ・げっ歯類を用いた発がん性試験で、様々な臓器に腫瘍性病変の発生頻度増加
- 遺伝毒性
 - ・多くの遺伝毒性試験で陽性

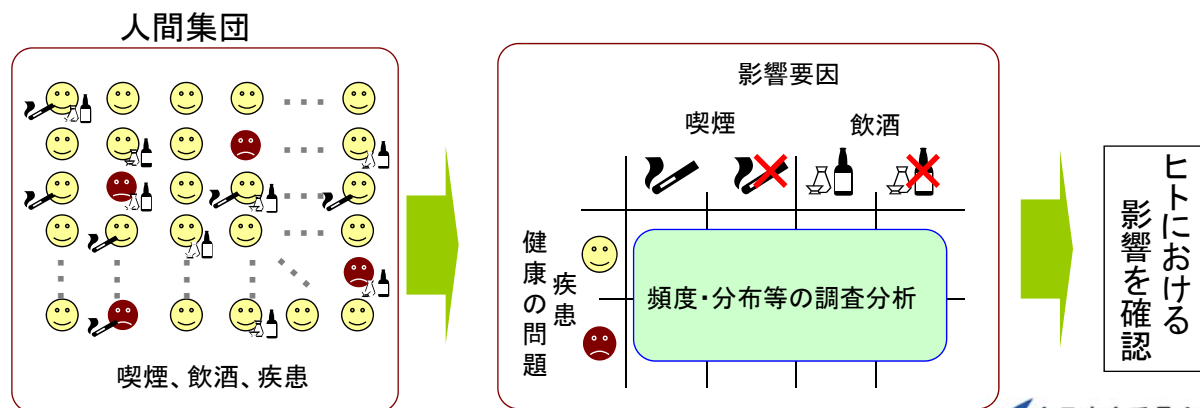


アクリルアミドは**遺伝毒性を有する発がん物質**と判断

ヒトにおける知見(疫学)

- ✚ アクリルアミドの食事からのばく露とがんとの関連について調査が行われているが...
- ✚ アクリルアミドのばく露量とがんの発生率の間に一貫した傾向はみられていない。

疫学研究および職業ばく露に関する研究結果を定量評価に用いることは困難



用量反応評価

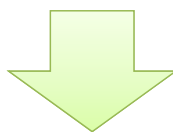
ちょっと詳しく



アクリルアミドは遺伝毒性に基づく健康影響を示すことから、閾値の設定ではなく、ばく露レベルとの幅を示す
MOE(Margin of Exposure)を用いることが適切

MOE評価のための基準点は、

- 遺伝毒性陽性結果から発がん性に閾値があると判断できないこと
- 非発がん影響のNOAELにも替わりうる方法であることから



ベンチマークドーズ(BMD)法を適用

BMDLとは

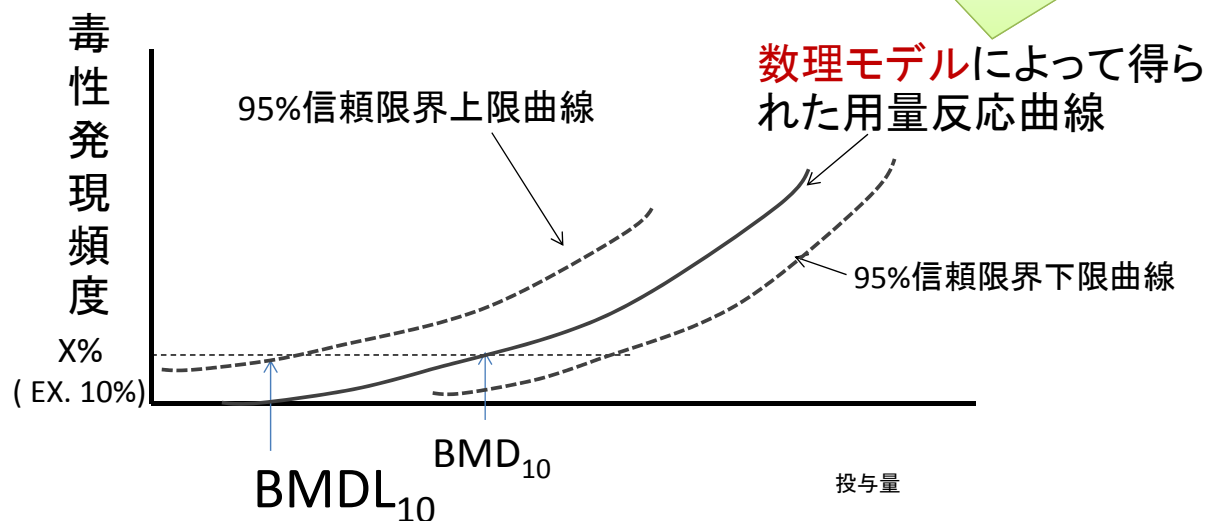
ちょっと詳しく



Bench Mark Dose Lower Confidence Limit

毒性発現頻度 に対する95%信頼上限曲線における用量の信頼下限値として算出

実験値に最もフィットした中央値



非発がん影響と発がん影響に対するBMDL₁₀

非発がん性

影響指標及び
BMDL₁₀値
(mg/kg体重/日)

坐骨神経軸索変性
BMDL₁₀:0.43
(雄ラット、NTP 2012)

発がん性

影響指標及び
BMDL₁₀値
(mg/kg体重/日)

ハーダー腺腫/腺癌
BMDL₁₀:0.17
(雄マウス、NTP 2012)

乳腺線維腺腫
BMDL₁₀:0.30
(雌ラット、NTP 2012)

BMDL₁₀, 毒性発現頻度 (10%) に対する95%信頼上限曲線における用量の信頼下限値



食品由来のアクリルアミド摂取量の統計的推定



国立研究開発法人 国立環境研究所

環境リスク・健康研究センター 曝露影響計測研究室
河原 純子

21

近年のアクリルアミドのリスク評価

地域	影響	Reference point ($\mu\text{g}/\text{kg-bw}/\text{d}$)	MOE	
			平均	高曝露
カナダ Health Canada 2012	神経組織形態変化 ラット	200 (NOAEL)	1274-328	651-144
	ハーダー腺腫 マウス	180 (BMDL ₁₀)	1146-296	586-119
オランダ RIVM 2014	坐骨神経軸索膜陥入 ラット	200 (NOAEL)	667-333	222-143
	乳腺線維腺腫 マウス	300 (BMDL ₁₀)	1000-500	333-214
EU EFSA 2015	坐骨神経軸索変形 ラット	430 (NOAEL)	1075-226	717-126
	ハーダー腺腫/腺癌 マウス	170 (BMDL ₁₀)	425-89	283-50
日本 2016	坐骨神経軸索変形 ラット	430 (BMDL ₁₀)		
	ハーダー腺腫 マウス	170 (BMDL ₁₀)		
	乳腺線維腺腫 ラット	300 (BMDL ₁₀)		

22

有害物質の摂取量の推定式

$$x_j = \sum_{i=1}^N \left(Conc_{ij} \times Port_{ij} \times \frac{\overline{Fq}_i}{T} \right)$$

i : 推定対象食品または食品群

N : 食品（群）の総数

$Conc_{ij}$: 食品 i 中の有害物質濃度 [mg/g]

$Port_{ij}$: 食品 i の一日摂取量 [g/kg体重/day]

$\overline{Fq}_i$: 期間 T における食品 i の摂取イベント数 [day]

T : 推定対象期間 [day]

23

食事由来のアクリルアミド長期平均摂取量 点推定モデル（本研究）

60の食品を選定

$$x_j = \sum_{i=1}^N \left(\overset{\textcircled{1}}{Conc_{ij}} \times \overset{\textcircled{2}}{Port_{ij}} \times \frac{\overset{\textcircled{3}}{\overline{Fq}_i}}{T} \right)$$

①食品中AA濃度（固定値 [平均値]）全体（年齢別）

国内データから推定

②食品摂取量（固定値 [摂取者平均値]）全体（年齢別）

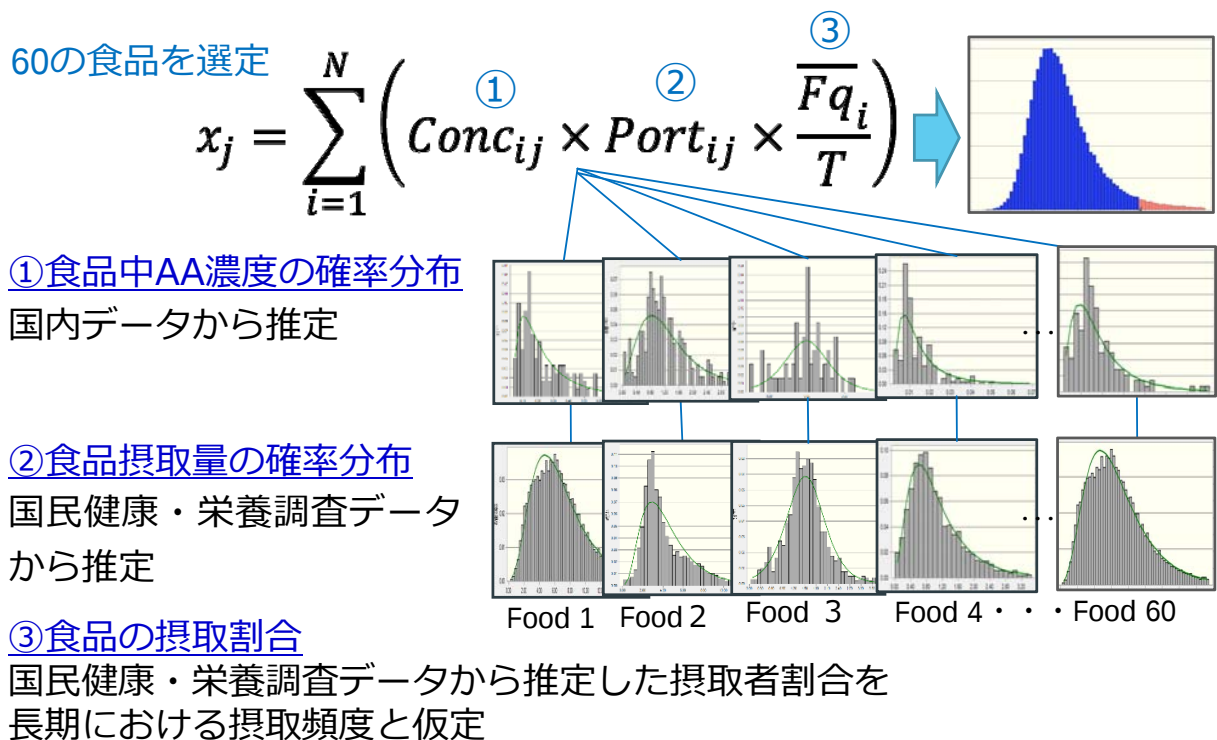
国民健康・栄養調査から推定

③食品の摂取割合（固定値）全体（年齢別）

国民健康・栄養調査データから推定した摂取者割合を
長期における摂取頻度と仮定

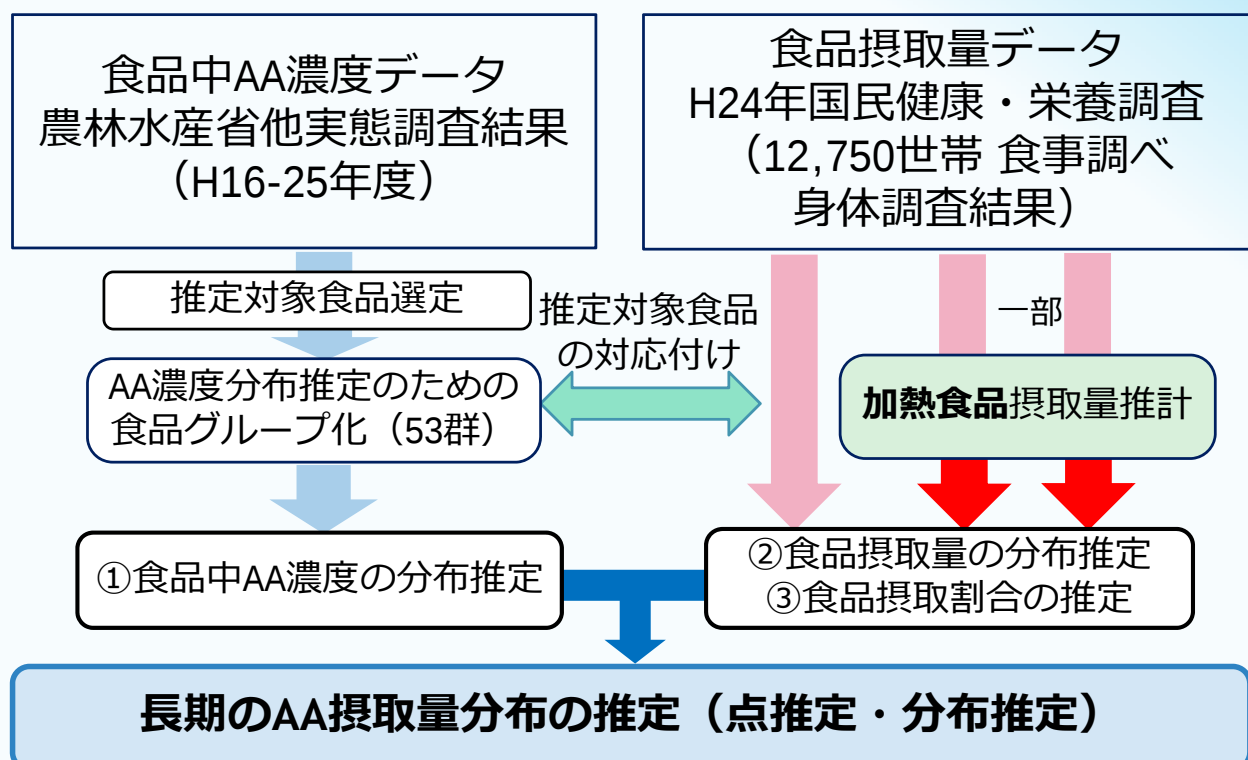
24

食事由来のアクリルアミド長期平均摂取量 分布推定モデル（本研究）



25

アクリルアミド（AA）曝露量推定の流れ



26

推定対象食品の選定 食品中アクリルアミド濃度の確率分布 および平均値推定

27

AA摂取量の推定対象食品群の選定

穀類	炊飯米、シリアル類、インスタント麺、フランスパン・ロールパン、菓子パン類 麦こがし、食パン（トースト）、食パン（トーストしない）、フライ衣
芋類	じゃがいも（素揚げ）、じゃがいも（炒め）、じゃがいも（下炒め）
砂糖	含みつ糖、和三盆
豆	フライビーンズ（空豆）、きな粉
種実	ごま、落花生、アーモンド、ピスタチオ
野菜	アスパラガス、キャベツ、玉ねぎ、さやえんどう、さやいんげん なす、ピーマン、かぼちゃ、もやし、ブロッコリー（以上は揚げ・炒め）、玉ねぎ（下炒め）
果実	乾燥果実
菓子	ポテトチップス、成型ポテトチップス、コーンチップス、米菓、小麦系菓子類、かりん とう、どらやき、まんじゅう（黒糖）、芋けんぴ、飴、餅
嗜好飲料	ほうじ茶、麦茶、麦茶（ボトル）、コーヒー飲料、インスタントコーヒー（粉） コーヒー豆、ココア（粉）、緑茶、ウーロン茶、紅茶（浸出液）
調味料	カレー粉、ハヤシ粉、ビーフシチュー粉、クリームシチュー粉、みそ、しょうゆ

28

アクリルアミド濃度データ（農林水産省）

食品	N	食品	N	食品	N
ロールパン	10	アスパラガス	20	ビスケット	398
ロールパンB	15	もやし	20	コーンスナック	30
フランスパン	180	ピーマン	20	芋けんぴ	5
菓子パン	60	ブロッコリー	20	ボーロ	30
食パン	30	キャベツ	20	コーヒー豆	60
食パントースト	80	なす	20	インスタントコーヒー粉	60
朝食シリアル	30	さやえんどう	20	コーヒー飲料	60
即席めん	30	かぼちゃ	20	ほうじ茶葉	78
フライドポテト	120	たまねぎ	20	炒り麦	60
ポテトチップス	94	乾燥果実	30	ルウ（カレー他）	92
成型ポテトチップス	229	米菓	254	ルウ（Wシチュー）	8
黒糖	145	黒かりんとう	15	米みそ	10
和三盆糖	13	まんじゅうB	10	豆みそ	30
さやいんげん	8	あめB	14	しょうゆ	50

29

アクリルアミド濃度データ（その他資料）

食品名	データ数	資料名
炊飯米	3	吉田ら 2011
じゃがいも（オーブン加熱）	5	米谷ら 2003
じゃがいも（下炒め）	53	吉田ら（本研究）
たまねぎ（下炒め）	58	
麦茶（ボトル）	1	食品安全委員会2015
緑茶・ウーロン茶 浸出液	15	Mizukami et al. 2006
紅茶 浸出液	3	
フライ衣	5	国立医薬品衛生研究所2002
麦こがし	1	
きな粉	1	
フライビーンズ	1	
種実類	8	
ココアパウダー	2	
カレー粉	1	

30

アクリルアミド濃度データ（その他資料）

コーヒー、ほうじ茶、麦茶浸出液中のAA濃度への換算

含有調査の食品名	栄養調査の食品名	係数	根拠
コーヒ（豆）	コーヒー（浸出液）	0.067	食品成分表
ほうじ（葉）	ほうじ茶（浸出液）	0.022	水上ら2008
煎り麦（粒）	麦茶（浸出液）	0.008	麦茶工業会

アクリルアミド濃度分布の推定対象食品の条件

■食品中AA濃度の分布推定を行う食品

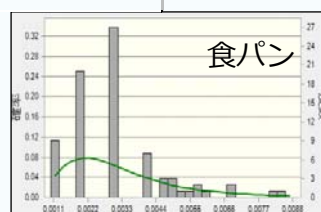
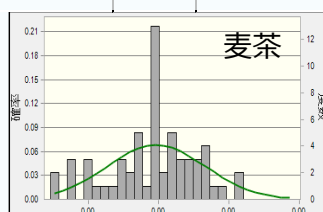
AA濃度の仮定	データ数	検出率	対象群
分布	30以上	80%＜	28
固定値 （平均値）	30以上	10%以上、80%未満	32
	30未満	40%＜	
推定対象外	上記以外		

不検出データ ⇒ 検出下限値の2分の1の値

食品中のアクリルアミド濃度分布の推定

▶ 濃度分布推定結果（一部表示）

食品グループ名	N	分布	平均, 標準偏差
シリアル類	30	対数正規	0.12, 0.47
ロールインパン・フランスパン等	180	対数正規	0.02, 0.01
じゃがいも（素揚げ）	120	対数正規	0.28, 0.27
もやし・アスパラガス・ピーマン（素揚げ・炒め）	60	対数正規	0.10, 0.08
かぼちゃ・キャベツ・さやいんげん・なす・アスパラ（素揚げ・炒め）	108	対数正規	0.02, 0.02
たまねぎ（下炒め）	58	対数正規	0.03, 0.05
ポテトチップス	94	対数正規	0.69, 1.9
成形ポテトスナック	229	対数正規	1.2, 0.81
小麦系菓子類	398	対数正規	0.18, 0.21
インスタントコーヒー（粉末）	60	正規分布	0.67, 0.11
レギュラーコーヒー（浸出液）	60	正規分布	0.02, 0.04
麦茶（浸出液）	60	正規分布	0.002, 0.001



33

60の推定対象食品と国民健康・栄養調査で使用される食品分類との対応付け

34

国民の食品摂取量・摂取割合の解析用データ 平成24年国民健康・栄養調査データ

▶ 食事調査・身体調査データのある対象者数（性・年齢別）

年齢(歳)	男性	女性	(妊婦)	男女計	全体に占める割合	総務省人口推計
1-6	655	641	(0)	1,296	5%	5%
7-14	916	941	(0)	1,857	8%	7%
15-19	389	333	(2)	722	3%	5%
20-29	676	779	(34)	1,455	6%	10%
30-39	1,176	1,496	(50)	2,672	11%	14%
40-49	1,265	1,635	(5)	2,900	12%	14%
50-59	1,309	1,846	(0)	3,155	13%	12%
60-69	2,153	2,649	(0)	4,802	20%	15%
70+	2,362	3,072	(0)	5,434	22%	18%
全体	10,901	13,392	(91)	24,293	100%	100%

厚生労働省より提供を受けた食事調査・身体調査対象者のべ32,228名のデータを解析。食事・体重データのある24,293名を対象に食品摂取を推計。

35

60の推定対象食品と健康栄養調査における 食品分類との対応付け（抜粋）

含有量調査における食品名	国民健康・栄養調査（国調）における食品名
炊飯米	玄米、半つき米、七分つき米、精白米、胚芽精米、玄米めし、半つき米めし、七分つき米めし、めし、胚芽精米めし、玄米全かゆ、全かゆ、半つき米五分かゆ、陸稻玄米、陸稻精白米、陸稻玄米めし、陸稻半つき米めし、陸稻七分米めし、陸稻精白米めし、アルファ化米、おにぎり、焼きおにぎり、きりたんぽ、赤飯
シリアル類	オートミール、コーンミール、コーングリッツ、コーンフレーク
インスタント麺	インスタントラーメン（油揚げ味付け麺）、インスタントラーメン（油揚げ麺）、インスタントラーメン（非油揚げ麺）、中華カップ麺（非油揚げ麺）、和風カップ麺（油揚げ麺）、インスタントラーメン（油揚げ味付け麺）（汁・残）、インスタントラーメン（油揚げ麺）（汁・残）、インスタントラーメン（非油揚げ麺）（汁・残）

▶ 最終的に197の食品分類コードと対応付け、食品摂取量・摂取割合を推定

36

60の推定対象食品と健康栄養調査における食品分類との対応付け（抜粋）

含有調査における食品名	国民健康栄養調査における食品名
炊飯米	≠ 国民健康・栄養調査における分類
フライドポテト	
トースト食パン	
揚げじゃがいも	
炒めじゃがいも	
揚げ野菜	
炒め野菜	
黒糖を含む菓子類	
茶、ココアパウダー	

37

加工食品・調理食品・高温調理食品の摂取量・摂取者割合の推計方法

栄養調査における食品名	調理方法の判定	摂取量・摂取割合の推計方法
パン、菓子、飲料などの加工品	不要	データをそのまま使用
米、かゆ、おもゆ	米：炊飯と仮定 かゆ・おもゆ：不要	炊飯米重量に換算 係数 2.1-0.4
玉露、せん茶（葉） 抹茶（粉末）	不要	浸出液重量に換算 係数 6 - 43
ココア飲料	不要	粉重量に換算 係数0.056
食パントースト	調理コードRで判定	食パンの摂取量を参照 摂取頻度を調整
じゃがいも 野菜類	食品コードと料理名 から調理法を判定	調理法毎に摂取量を推計、 揚・炒のみ推定対象に
	判別不可能 （料理名が「弁当」等）	一部を推定対象とする

38

加熱調理法ごとの食品摂取量推定における課題 例) フライドポテト、炒めた茄子 の摂取情報取得

- ▶ 国民健康栄養調査における
じゃがいも、なすの分類

コード	食品名
2017	じゃがいも
2018	蒸し・ふかしいも
2019	じゃがいも（水煮）
2021	乾燥マッシュポテト

コード	食品名
6191	なす
6192	なす（ゆで）
6193	べいなす

+調理コード（いずれか1つ記録される）

	調理コード	加熱調理の種類
優先順位 1	B	ゆで、煮物
優先順位 2	R	焼き物
優先順位 3	X	上記以外（炒め、揚げ、蒸し物等）

蒸して焼いた（X→R）：R
 炒め煮（X→B）：B
 揚げて煮る（X→B）：B
 ゆでて揚げた（B→X）：B
 給食、外食、惣菜は調理コードが付かない

揚げる、炒める等の調理別食品分類はなく調理コードでの判定も困難。
 フライドポテト、炒めた芋・野菜類の摂取量を推定する手段が必要

39

加熱調理法ごとの食品摂取量推定 「食品名」と「料理名」の組合わせからの判定

調査データ	RYORIMEI	SHOKUJIN	SHOKUJINMEI
	めし	1. 揚げ	
	糸ひき納豆	2. 炒め	
	糸ひき納豆	3. 炒めて煮る（煮るのみの場合もある）	
	味噌汁	4. ゆで・蒸し・ふかし・煮炊き	
	味噌汁	5. 衣等を付けて揚げまたは焼くもの	
	鶏手羽中焼き	6. 不明	
	鶏手羽中焼き	のいずれかに分類	
	鶏手羽中焼き		
	野菜炒め	6061	キャベツ
	野菜炒め	6153	玉ねぎ
	野菜炒め	6289	ブラックマッパ°もやし
	野菜炒め	14002	ごま油
	野菜炒め	17007	濃口しょうゆ
	野菜炒め	17012	食塩
	野菜炒め	17063	黒こしょう

40

加熱調理法ごとの食品摂取量推定 「食品名」と「料理名」の組合わせからの判定

調査データ	RYORIMEI	SHOKUHIN	SHOKUHINMEI
	和風弁当	1088	めし
	和風弁当	3003	上白糖
	和風弁当	4040	油揚げ
	和風弁当	6048	西洋かぼちゃ
	和風弁当	6061	キャベツ 調理法判定が困難
	和風弁当	6084	ごぼう
	和風弁当	6183	ミニトマト
	和風弁当	6214	人参・皮むき
	和風弁当	9031	干しひじき
	和風弁当	10188	すずき
	和風弁当	11221	鶏もも
	和風弁当	12018	厚焼きたまご(砂糖入り)
	和風弁当	14006	調合油
	和風弁当	16025	本みりん
	和風弁当	17007	濃口しょうゆ

41

じゃがいも・野菜類の摂取量・摂取者数の推計

区分	調理法 判定結果	食品摂取量の推定
1	素揚げ	全てを素揚げの推定対象とする
2	炒め物	全てを炒め物の推定対象とする
3	炒め煮 or 煮る	炒めものと煮物が各々50%あると仮定し、 炒め物を推定対象とする
4	衣揚げ	推定対象外 (パン粉・天ぷら粉からの摂取量は別途計算)
5	煮・蒸し もの	推定対象外
6	不明	「炒め物」が25/20%あると仮定し、推定対象とする

42

加熱食品の摂取量の仮定 先行研究事例

EFSA
EUにおける
アクリルアミド
摂取量推定



... In some surveys, potato were reported as raw ingredient and/or without any indication regarding the preparation method. (中略)

If during a same meal both potato and oil or fat for frying were consumed, the oil/fat representing more than 5% of the total consumption of potato and oil/fat, then the potato was assumed to be fried.

EFSA Journal 2015; 13(6):4104

... Regarding the AA level of chocolate biscuits, chocolate and biscuit were considered separately. Based on chocolate levels mentioned on the package, it was assumed that 40% of the biscuit consists of chocolate. Variability in preparation condition (e.g. deep-frying of chips, toasting of bread, etc.) was not taken into account.

Food Additive and Contaminants 27(9) 2010, pp 1199-1207

Claeysら
ベルギー国民の
アクリルアミド
摂取量の推定

43

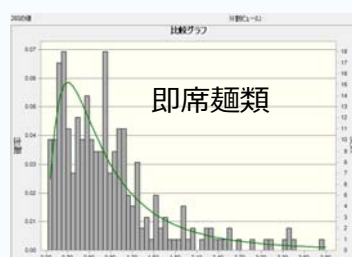
食品摂取量の確率分布の推定

▶ 食品摂取量の確率分布の推定

摂取者数	摂取量の仮定	食品群数
30 ≤	分布推定	55
<30	固定値 (平均値)	5

55グループの全てに対し対数正規分布を仮定.

麦こがし, 和三盆糖, フライビーンズ, ボーロ, ピスタチオ摂取量は固定値



44

食品摂取者割合の推計

➤ 食品の摂取割合

国民健康栄養調査（1日調査）における集団の食品摂取割合
＝長期の摂取頻度と仮定する。

➤ 黒糖を含む製品、トースト、市販麦茶の摂取頻度

対象食品	加工・調理内容	係数	利用データ
ロールパン	原材料に 含みつ糖を含む	0.1	販売時点情報（POSデータ） 2015
まんじゅう		0.1	
飴		0.03	
食パン	トースト	0.7	国民健康栄養調査データ
麦茶（PETボ トル）	製造業による 加工	0.21	ティーバッグ麦茶国内販売額 （食品マーケティング便覧2014） 麦茶（PETボトル）生産量 （清涼飲料水関係統計資料2014）

45

推定対象食品群の推計摂取者数と平均摂取量（一部）

食品グループ名	摂取者数	摂取者平均 摂取量 g/kg/day	全体平均 摂取量 g/kg/day
炊飯米	23605	6.8	6.6
シリアル類	270	0.96	0.011
インスタント麺	1019	1.6	0.065
食パン（含みつ糖不使用）トースト	5459	1.4	0.33
食パン（含みつ糖不使用）	2339	1.6	0.14
ロールパン	2152	1.5	0.13
ロールパン（含みつ糖使用）	239	1.5	0.015
ロールインパン・フランスパン等	1117	1.4	0.062
菓子パン	1247	1.7	0.089
イングリッシュマフィン・ナン	124	1.6	0.00082
じゃがいも（素揚げ）	435	1.4	0.025
じゃがいも（炒め）	2451	1.4	0.14

46

モンテカルロシミュレーションによる アクリルアミド摂取量分布の推定 計算条件

- シミュレーションにはCrystal Ball ver.11を使用。
モンテカルロ試行回数：200,000回
- 乱数サンプリング法：ラテンハイパーキューブ法
- 食品摂取量は食品グループ間で独立と仮定
- 食品中AA濃度と食品摂取量は独立と仮定
- 食品中AA濃度・食品摂取量分布の上限・下限の仮定

仮定	食品中AA濃度	各食品群の摂取量・対象食品の総摂取量
1	下限；0 上限；なし	下限：0 上限：なし、総摂取量上限は設定しない
2	下限；0 上限；実測最大値	下限：実測最小値 上限：実測最大値、総摂取量 120g/kg/日

47

推定結果

48

長期平均アクリルアミド摂取量（上限あり, 上位食品群を表示）

推定対象食品グループ名	中央値 (ng/kg-bw/day)	95パーセンタイル値 (ng/kg-bw/day)	AA濃度の仮定
レギュラーコーヒー（浸出液）	11	29	分布
インスタントコーヒー（粉末）	9.0	29	分布
じゃがいも（炒め）	6.9	23	固定値
もやし（素揚げ・炒め）	4.8	26	分布
成形ポテトスナック	4.8	24	分布
小麦系菓子類	4.5	37	分布
たまねぎ（下炒め）	4.2	36	分布
緑茶・ウーロン茶（浸出液）	4.2	12	固定値
じゃがいも（素揚げ）	3.7	24	分布
たまねぎ（素揚げ・炒め）	3.7	17	分布
ルウ	3.4	18	分布
炊飯米	3.4	8.0	固定値
ピーマン（素揚げ・炒め）	3.4	21	分布
ポテトチップス	3.2	30	分布
米菓類	2.2	19	分布
キャベツ（素揚げ・炒め）	2.0	11	分布
フライこも	2.0	7.9	固定値
かりんとう（含みつ糖使用）	1.9	5.6	固定値
麦茶（PET）	1.8	5.8	固定値
総摂取量	147	226	

49

長期平均アクリルアミド摂取量（上限なし, 上位食品群を表示）

推定対象食品グループ名	中央値 (ng/kg-bw/day)	95パーセンタイル値 (ng/kg-bw/day)	AA濃度の仮定
レギュラーコーヒー（浸出液）	11	29	分布
インスタントコーヒー（粉末）	9.0	29	分布
じゃがいも（炒め）	7.0	24	固定値
もやし（素揚げ・炒め）	4.9	28	分布
成形ポテトスナック	4.8	25	分布
小麦系菓子類	4.5	37	分布
たまねぎ（下炒め）	4.3	38	分布
緑茶・ウーロン茶（浸出液）	4.3	13	固定値
じゃがいも（素揚げ）	3.9	28	分布
たまねぎ（素揚げ・炒め）	3.7	17	分布
ポテトチップス	3.7	55	分布
ピーマン（素揚げ・炒め）	3.5	22	分布
ルウ	3.5	19	分布
炊飯米	3.5	8.0	固定値
米菓類	2.2	20	分布
キャベツ（素揚げ・炒め）	2.0	11	分布
フライこも	1.9	7.9	固定値
かりんとう（含みつ糖使用）	1.9	5.7	固定値
ほうじ茶（浸出液）	1.9	10	分布
総摂取量	154	261	

50

長期平均アクリルアミド摂取量（点推定）（上位食品群を表示）

推定対象食品グループ名	AA平均摂取量（ng/kg-bw/day）
レギュラーコーヒー（浸出液）	12
インスタントコーヒー（粉末）	12
小麦系菓子類	10
ポテトチップス	9.4
じゃがいも（炒め）	8.9
もやし（素揚げ・炒め）	8.4
成形ポテトスナック	7.8
じゃがいも（素揚げ）	7.5
たまねぎ（下炒め）	6.7
ピーマン（素揚げ・炒め）	6.5
ルウ	6.1
緑茶・ウーロン茶（浸出液）	5.3
たまねぎ（素揚げ・炒め）	5.3
米菓類	5.1
炊飯米	3.9
キャベツ（素揚げ・炒め）	3.6
ほうじ茶（浸出液）	3.1
フライころも	2.9
麦茶（浸出液）	2.6
総摂取量	158

51

食品安全委員会による追加推定

高温調理（素揚げ・炒め）野菜由来のAA摂取量推定結果

推定対象	摂取者数 （人）	全体平均摂取量 （g/kg-bw/day）	AA濃度平均 （ng/g）	AA摂取量 ng/kg/day	AA濃度データの試験条件 調理法（農林水産省2015）
れんこん	848	0.0231	455	10.5	・炒め時間：6分 ・切り方：1～2mm薄切り （水さらし有り、無し）
ごぼう	1,684	0.0344	80	2.8	・炒め時間：7分 ・切り方：さがき
にんじん	9,691	0.1443	16	2.3	・炒め時間：10分 ・切り方：2mm半月切り
にら	738	0.0114	30	0.3	・炒め時間：3分 ・切り方：長さ約4cm
にんにく	2,332	0.0031	173	0.5	・炒め時間：7分 ・切り方：厚さ1～2mm程度
根深ねぎ	1,979	0.0221	43	1.0	・炒め時間：6分 ・切り方：斜め薄切り （長さ4cm、厚さ5mm）
もやし	2385	0.008	752	66	・炒め時間：2分、7分 ・丸ごと、ひげ根の除去せず
じゃがいも	507	0.028	463	13	・炒め時間：10分 ・切り方：5mm半月切り 室温で保存、冷蔵で保存

このほか、ピーマン、キャベツ、アスパラガス、さやいんげんの高温調理品の新規AA濃度データを更新し推定。

52

食品安全委員会による追加推定（点推定） 上位を表示

推定対象食品グループ名	平均AA摂取量 (ng/kg-bw/day)	備考
もやし（素揚げ・炒め）	66	代替
じゃがいも（炒め）	13	代替
レギュラーコーヒー（浸出液）	12	
インスタントコーヒー（粉末）	12	
れんこん（素揚げ・炒め）	11	追加
小麦系菓子類	10	
ポテトチップス	9.4	
キャベツ（素揚げ・炒め）	9.0	代替
成形ポテトスナック	7.8	
じゃがいも（素揚げ）	7.5	
たまねぎ（下炒め）	6.7	
ルウ	6.1	
緑茶・ウーロン茶（浸出液）	5.3	
たまねぎ（素揚げ・炒め）	5.3	
米菓類	5.1	
炊飯米	3.9	
ほうじ茶（浸出液）	3.1	
ピーマン（素揚げ・炒め）	2.9	代替
フライこも	2.9	
ごぼう（素揚げ・炒め）	2.8	追加
麦茶（浸出液）	2.6	
麦茶（PET）	2.5	
かりんとう（含みつ糖使用）	2.4	
炒りごま	2.3	
にんじん（素揚げ・炒め）	2.3	追加
総摂取量	240	

53

AA摂取量推定値の妥当性

先行研究における推定AA摂取量

Population	Age	Exposure (μg/kg/d)		Reference
		Median	95th	
Japan	1+	0.15(0.24)	0.26	本研究
NL	7-69	0.3 - 0.6	0.9 - 1.4	Garaets 2014
Poland	1-96	0.43	1.2	Mojska 2010
Canada	1+	0.16 - 0.61	0.31 - 1.5	Health Canada 2012
France	18-79	0.43	1.0	Sirof 2012
China ^a	18-45	0.32	0.49	Gao 2016
China-HK ^a	20-84	0.21	0.54	Wong 2014
Swiss ^b	16-57	0.28	-	Swiss FOPH 2002
NL ^b	18-74	0.45	-	Konings 2010

a:トータルダイエツスタディー（マーケットバスケット法）による

b:陰膳法による推定。調査はいずれも2002年

54

AA摂取量推定値の妥当性

日本と欧州諸国の食品摂取量平均値 (g/d, 成人)

Food groups	Japan NHNS 2012	Netherland DNFCs 2007-10	Belgium BIRNH 1980-84	France INCA2 2006-07	Norway 1993-94
	Age:20+	19-69	25-74	18-79	16-79
Bread	28	105-140 ^a	205	74-162	197-292 ^b
Rice	328	0 ^{a,c}	20	-	
Potato	26	68-109 ^a	286	49-69	110-158
Coffee	150	65-590 ^a	145	163-369	420-528

a: 19-30、31-50、51-69歳の各群の中央値の範囲

b: 穀類全体の摂取量 c: パスタ・米・小麦の摂取量合計

55

アクリルアミド総摂取量に寄与する食品群

• 先行研究における推定

オランダ 2014 (chips, coffee, crisps)

フランス 2012 (French fries, coffee, biscuits)

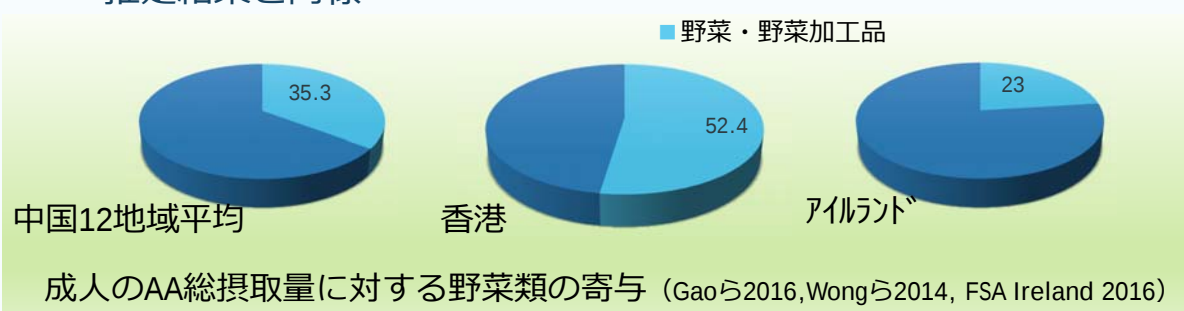
ベルギー 2010 (chips, coffee, biscuits)

ポーランド 2010 (bread, chips・French fries, coffee)

カナダ 2012 (French fries, snack chips, coffee)

• 高温調理野菜類の寄与について

中国12地域、香港におけるトータルダイエツスタディによる推定結果と同様



56

不確実性について

6 Research Needs

The strength of risk assessment modeling is its iterative nature. Models can be built with incomplete data and assumptions, and updated as new scientific studies are completed. The revised SERA model is based on the best available data, but also includes as inputs many assumptions and some ambiguous data and principles from scientific theory. Key uncertainties were identified for the current body of evidence and addressed as described in the various Annexes to this risk assessment and other chapters. Good risk assessment differentiates what is known from what is not known, so that future research initiatives can be directed toward filling the data gaps that would most enhance the scientific basis for food safety regulations. Thus, the

*FDA Risk assessments of salmonella enteritidis in shell eggs
and salmonella spp. in egg products より*

・・・良いリスク評価は、どこまでが明らかで、どこからが不明であるかを区別する。そうすることで将来研究がデータギャップを補う方へと進み、食品安全規制の科学的基盤が強化されるのである。

57

本推定における不確実性

- 食品中アクリルアミド濃度の仮定

調査試料数が少ない食品には代表値を使用。これにより実際のアクリルアミド摂取量分布よりも狭く推定している可能性がある。

AAを含有する食品全てを網羅していないため、実際の摂取量を過小評価している可能性がある。

対応付けた食品コード数は197／1645（或いは1100）

- 高温加熱した芋・野菜の摂取量の妥当性

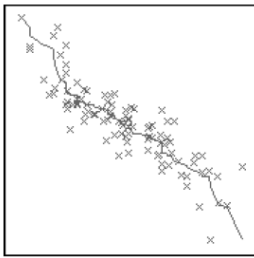
調理法別摂取量や摂取割合は食品名と料理名をもとに推定。

- 長期の食品摂取割合の妥当性

集団における食品摂取割合を個人の長期における食品摂取割合と仮定。1日調査では長期間における食物摂取頻度およびその変動を把握することはできない。

58

本推定における不確実性（続）

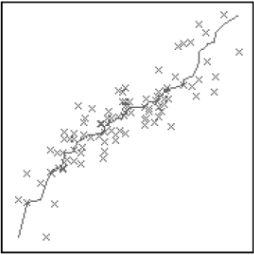


- 異なる食品間における摂取量の相関

食品摂取量は食品群間で独立と仮定。

仮に、コーヒーと麦茶、コーヒーと緑茶 間に負の相関

⇒アクリルアミド摂取量推定結果は殆ど変わらず



- 食品摂取量と食品中AA濃度の相関

食品中のアクリルアミド濃度と食品摂取量は独立と仮定。

アクリルアミド濃度の高い食品を習慣的に多く食べる消費者は考慮していない。

仮に、素揚げじゃがいものAA濃度と摂取量に正の相関がある場合、95thパーセンタイル値は +10ng/kg/day。

- （食品摂取量と摂取頻度の相関）

（特定の食品を多量に高頻度で食べる消費者は考慮せず。

まとめ

- 日本におけるアクリルアミド長期平均摂取量は、先行研究における推定に比べ低いと推定される。
- アクリルアミド摂取量に寄与する食品は、高温調理した野菜、飲料、スナック菓子類と推定される。
- AA濃度データの不足に由来する不確実性がある。
- 加熱条件ごとの食品摂取量、長期の食品摂取量および摂取頻度の仮定は不確実であり、今後データを補い検証する必要がある。

- 食品中の化学物質のリスク評価とは
- アクリルアミドのリスク評価の背景
- アクリルアミドの毒性評価
- アクリルアミドのばく露評価(河原純子先生)
- アクリルアミドのリスク判定

リスク判定

毒性評価とばく露評価を総合し、

- ✚ 実験動物等の結果より、アクリルアミドは遺伝毒性を有する発がん物質
- ✚ ヒト対象の研究において、摂取量と腫瘍の発生率に一貫した傾向なし
- ✚ リスク評価には、閾値の設定ではなく、ばく露レベル(=摂取量)との幅を示すことができる**MOE**を用いることが適切であると判断

$$\text{MOE} = \frac{\text{動物実験で腫瘍を10\%増加させる摂取量 (BMDL}_{10}\text{)}}{\text{食品を介した体重1kg当たりの摂取量}}$$

非発がん影響のMOE

影響指標及び BMDL ₁₀ 値 (mg/kg体重/日)	推定摂取量 (μg/kg 体重/日)		MOE
坐骨神経軸 索変性 BMDL ₁₀ :0.43 (雄ラット、 NTP 2012)	①モンテカルロ シミュレーション による推定	0.154(中央値)	2,792
		0.261(95パーセンタイル 値)	1,648
		0.166(平均値)	2,590
	②点推定による 推定	0.240(平均値)	1,792

✚ 非発がん影響は十分なマージンあり

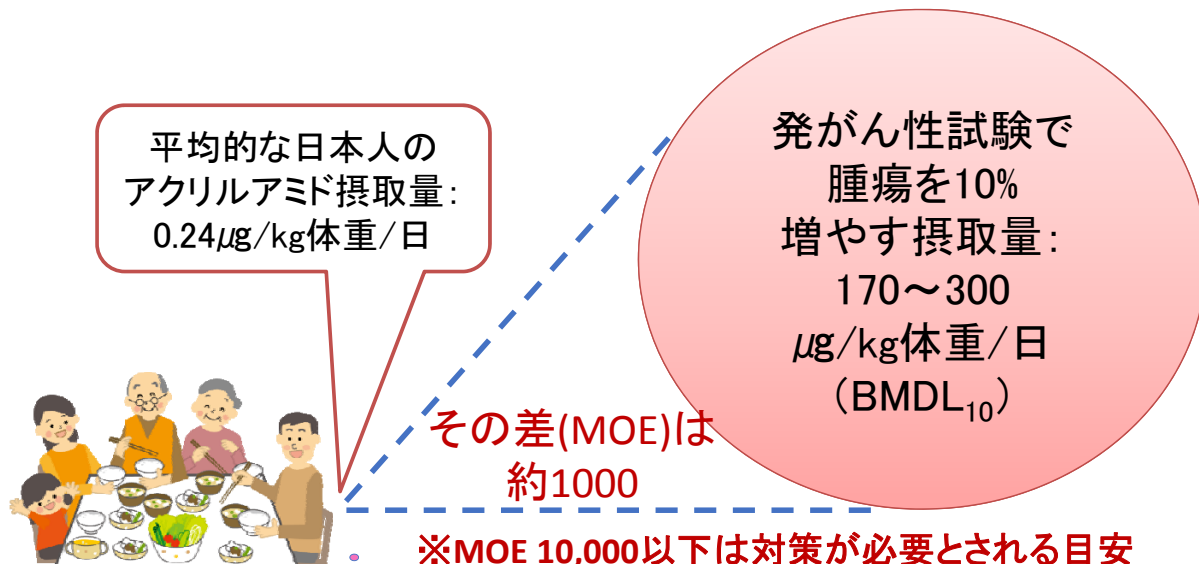
発がん影響のMOE

✚ 発がん影響のMOE(>10,000であれば懸念なし)

影響指標、BMDL ₁₀ 値 (mg/kg体重/日)および (根拠試験)	推定摂取量 (μg/kg 体重/日)		MOE
ハーダー腺腫/腺 癌 BMDL ₁₀ :0.17 (雄マウス、発がん 性、NTP 2012)	①モンテカルロシミュ レーションによる推定	0.154(中央値)	1,104
		0.261 (95パーセンタイル値)	651
		0.166(平均値)	1,024
	②点推定による推定	0.240(平均値)	708
乳腺線維腺腫 BMDL ₁₀ :0.30 (雌ラット、発がん 性、NTP 2012)	①モンテカルロシミュ レーションによる推定	0.154(中央値)	1,948
		0.261 (95パーセンタイル値)	1,149
		0.166(平均値)	1,807
	②点推定による推定	0.240(平均値)	1,250

ばく露マージン(MOE) 摂取量と有害影響との幅を示す指標

$$\text{MOE} = \frac{\text{動物実験で腫瘍を10\%増加させる摂取量(BMDL}_{10}\text{)}}{\text{食品を介した体重1kg当たりの摂取量}}$$



加熱時に生じるアクリルアミドのリスク評価の結論

非発がん影響(神経に対する影響等)では、日本人の推定摂取量との間に一定のばく露マージンが確保 ➡ 極めてリスクは低い

発がん影響では、ヒトにおける健康影響は明確ではないが、動物実験の結果と日本人の推定摂取量との間のばく露マージンが十分でない

➡ 公衆衛生上の観点から懸念がないとは言えない



ALARA(as low as reasonably achievable)の原則に則り、できる限りアクリルアミド摂取量の低減に努める必要あり

ご静聴ありがとうございました



<https://www.fsc.go.jp/>