

日本食品標準成分表の成分値策定における食物繊維定量法の選定に関する提言

1. 背景

文部科学省所管の日本食品標準成分表（以下、食品成分表）および消費者庁所管の栄養表示基準（以下、栄養表示）にはそれぞれ「食物繊維」の項目があるが、採用されている定量法に違いがみられる。すなわち、食品成分表では、AOAC Method 991.43 をベースにした方法が藻類以外の食品の水溶性食物繊維（SDF）と不溶性食物繊維（IDF）の分別定量に、また AOAC Method 985.29 をベースにした方法が藻類の食物繊維総量（TDF=SDF + IDF）定量に適用されている。食品成分表では、イヌリン分解物など低分子の水溶性食物繊維は定量されていない。他方、栄養表示では、AOAC Method 985.29 と AOAC Method 2001.03 の 2 種の方法が TDF の定量法として採用され、イヌリン分解物や大豆オリゴ糖なども食物繊維として定量されている。（表 1 参照）

栄養表示では、表示値を決めるに当たって分析は必ずしも必須ではなく、信頼できるデータベースを参照することも可とされており、食品成分表を参照して表示値を決めているケースもある。このため、食品成分表と栄養表示のそれぞれで採用される食物繊維定量法の間には高い整合性が求められている。

表 1 Codex 委員会の推奨する代表的な食物繊維総量の定量法（Type I）の特徴

Codex 分析法	AOAC 985.29	AOAC 991.43	AOAC 2001.03	AOAC 2009.01	AOAC 2011.25
栄養表示	酵素-重量法	—	酵素-HPLC 法	—	—
食品成分表	プロスキー法 (藻類のみ)	プロスキー変法 (藻類以外)	—	—	—
食物繊維の種類と各定量法の関係（○：適用可，×：適用不可）					
高分子食物繊維の総量	○	○	○	○	○
水溶性・不溶性の分別	×	○	×	×	○
低分子水溶性食物繊維	×	×	○	○	○
難消化性オリゴ糖（DP≥3）	×	×	○	○	○
糖アルコール（DP≥3）	×	×	○	○	○
レジスタントスターチ（RS）と各定量法の関係（○：適用可，×：適用不可）					
RS1	×	×	×	○	○
RS2	×	×	×	○	○
RS3	○	○	○	○	○
RS4	○	○	○	○	○

RS1：豆類や未粉碎の全粒穀類のデンプンなど物理的に消化酵素が接触できないもの。

RS2：生のジャガイモ、未熟なバナナ、あるいはハイアミロースコーンなどのデンプン。

RS3：老化デンプン（一旦糊化（α化）したデンプンが再結晶化（β化）したもの）。

RS4：加工デンプン（架橋デンプンなど化学修飾されたもの）。

2. 食物繊維定量法の選定における基本的な考え方

表 1 によれば、定量法の選択に当たって考慮すべきは、1) SDF と IDF を分別定量する

必要があるかどうか、2) イヌリン（フルクタン）などの低分子水溶性食物繊維、大豆オリゴ糖などの難消化性オリゴ糖、あるいは糖アルコールを食物繊維として定量する必要があるかどうか、3) レジスタントスターチ（RS）、特にRS1やRS2（これらのRSは、熱に不安定で、加熱処理で消失するとされている）を食物繊維として定量する必要があるかどうかの3点である。なお、RS3とRS4（これらのRSは、熱に対して比較的安定である）については、表1のいずれの方法でも定量できるとされている。（注：RS3の一部は熱に不安定で、AOAC Method 985.29、AOAC Method 991.43あるいはAOAC Method 2001.03による定量では、定量値から除外される可能性があるとの議論もある。）

表1によれば、SDFとIDFを分別定量しないならAOAC Method 2009.01を、SDFとIDFを分別定量するならAOAC Method 2011.25を適用すればほぼ全ての食品に対応できるものと考えられる。しかしながら、これら2種の方法は操作が複雑で多大の時間とコストを費やす方法であるため、RS、特にRS1やRS2を含む可能性のない食品にまで適用することは時間とコストの浪費につながる。また、これら2種の定量法では、フルクトオリゴ糖（FOS）の一部が分解されて定量値から除外されてしまうとの議論もある。

RS1やRS2、あるいは低分子の水溶性食物繊維や難消化性オリゴ糖などを含む可能性のない食品であれば、TDFの定量はAOAC Method 985.29で、SDFとIDFの分別定量はAOAC Method 991.43で対応できる。また、RS1やRS2を含む可能性はないが、低分子の水溶性食物繊維や難消化性オリゴ糖などを含む可能性のある食品であれば、TDFの定量はAOAC Method 2001.03で、SDFとIDFの分別定量はAOAC Method 991.43とAOAC Method 2001.03を組み合わせる方法で対応できる。

問題は、RS1やRS2を含む可能性のある食品である。AOAC Method 985.29、AOAC Method 991.43およびAOAC Method 2001.03で用いられている耐熱性アミラーゼ処理では、熱に不安定なRS1、RS2が消失してしまう（注：RS3の一部も消失する可能性があるとの議論もある）ことから、これらの定量法をRS1やRS2を含有する食品に適用するのは適切ではない。他方、AOAC Method 2009.01、AOAC Method 2011.25（いずれもブタ膵臓由来パンクレアチン処理を採用している）は、RS1やRS2を含有する食品に適している。

（注：一部のRS3は熱に不安定との議論もあり、その種のRS3を含有する食品にも適していると思われる。）そこで、RS1やRS2を含む可能性があり、低分子の水溶性食物繊維や難消化性オリゴ糖などを含む可能性のない食品であれば、TDFの定量はAOAC Method 2009.01の高分子食物繊維（HMW-DF）定量操作部分で、SDFとIDFの分別定量はAOAC Method 2011.25のHMW-DF定量操作部分で対応できる。また、RS1やRS2だけでなく、低分子の水溶性食物繊維や難消化性オリゴ糖なども含む可能性がある食品であれば、TDFの定量はAOAC Method 2009.01で、SDFとIDFの分別定量はAOAC Method 2011.25で対応できる。（注：これらの方法のいずれかによれば、AOAC Method 985.29、AOAC Method 991.43あるいはAOAC Method 2001.03では除外される可能性のある熱に不安定な一部のRS3も定量値に測り込まれるはずである。）

以上を基に、食品成分表の成分値策定において採用すべき定量法を以下に提言する。

3. 食品成分表の成分値策定における食物繊維定量法の選定について

食品成分表に「食物繊維」の成分値が記載されている食品は下記の3種に大別できる。

- ①デンプンを多く含む食品：穀類，いも・デンプン類，豆類，未熟バナナ，栗など
- ②イヌリンや難消化性オリゴ糖を多く含む食品：菊芋，ごぼう，にんにく，大豆など
- ③上記以外の食品：大部分の野菜類と果実類，大部分の種実類，きのこ類，藻類

③の食品では，RS，あるいは低分子のイヌリンやオリゴ糖について考慮する必要がないので，SDF と IDF を分別せずに定量する場合は AOAC Method 985.29 で，SDF と IDF を分別して定量する場合は AOAC Method 991.43 で対応すること，すなわち現行（2010年版）の食品成分表で採用されていると同様の定量法で対応することを提言する。

①の食品，特に「生」「乾」「玄穀」「精白粒」「製粉」などに該当する食品には有意量の RS1 や RS2 が含まれている可能性があるため，RS1 や RS2 も正確に定量できる方法を適用する必要がある。SDF と IDF を分別せずに定量する場合は AOAC Method 2009.01 の HMW-DF 定量操作部分で，SDF と IDF を分別して定量する場合は AOAC Method 2011.25 の HMW-DF 定量操作部分で対応することを提言する。（注：これら 2 種の方法のいずれかによれば，AOAC Method 985.29 あるいは AOAC Method 991.43 では除外される可能性のある熱に不安定な一部の RS3 も定量値に測り込まれるはずである。）なお，RS1 と RS2 は加熱・調理によって易消化性デンプンに変化するので，「生」などの状態のものと加熱・調理後のものの両者（たとえば，精白米と米飯）について定量し，調理変化の有無を確認すべきであろう。

②の食品（イヌリン，大豆オリゴ糖などを含む食品）では，HMW-DF の定量操作で得られる「ろ液」中に有意量の低分子食物繊維（LMW-DF）や難消化性オリゴ糖（ただし，重合度 3 以上）が含まれている可能性がある。そこで，SDF と IDF を分別せずに定量する場合は AOAC Method 2001.03 で HMW-DF と LMW-DF の両方を定量する。SDF と IDF を分別して定量する場合は AOAC Method 991.43 で HMW-DF を定量し，得られる「ろ液」に対して AOAC Method 2001.03 の LMW-DF 定量操作部分を適用することを提言する。

なお，LMW-DF の定量操作では，所定の条件で高速液体クロマトグラフィーを実施し，マルトトリオース（maltotriose）よりも先に溶出する画分を食物繊維とする。SDF と IDF を分別定量する場合，LMW-DF の定量値は SDF の定量値に加算する。

【注】
 AOAC Method 2009.01 と AOAC Method 2011.25 では，アジ化ナトリウムが緩衝液の防腐剤として使用されているが，アジ化ナトリウムは指定毒物であるため，できれば他の防腐剤に置き換えるべきである。

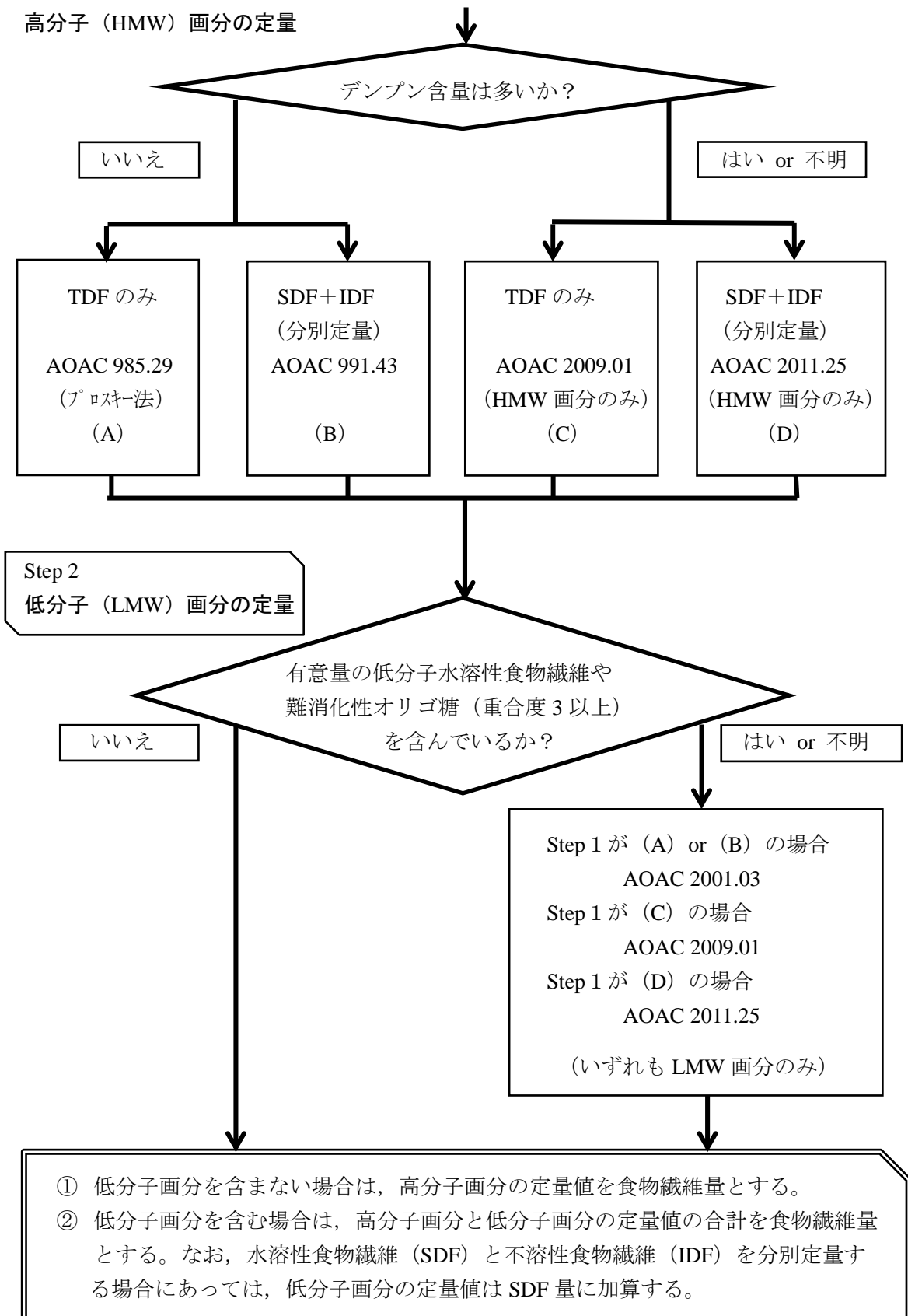
4 判断樹（食品成分表策定における食物繊維定量法の選定の場合）

食品成分表における食物繊維定量法の選定のための判断樹を次に示す。有意量の低分子水溶性食物繊維や難消化性オリゴ糖（重合度 3 以上）を含む食品の場合，Step2（LMW-DF の定量）において AOAC Method 2001.03，2009.01 および 2011.25 の何れを適用すべきかが問題となる。使用する酵素剤の違いからみて，Step1（HMW-DF の定量）で AOAC Method 985.29 か 991.43 を適用した場合は AOAC Method 2001.03，Step1 で AOAC Method 2009.01 か 2011.25 を適用した場合は Step2 でも当該法を適用するのが妥当である。

Step 1

試料

高分子 (HMW) 画分の定量



以上

栄養表示の表示値策定における食物繊維定量法の選定に関する提言

1. 背景

消費者庁所管の栄養表示基準（以下、栄養表示）では、AOAC Method 985.29 と AOAC Method 2001.03 の 2 種の方法が食物繊維総量（TDF）の定量法として採用されているが、これらの方法では、レジスタントスターチ（RS）のうち、RS1 と RS2 が定量値から除外されている可能性がある。（表 1 参照）

RS1 と RS2 は、熱に不安定であり、加熱・加工処理により消失するとされている。したがって、栄養表示の対象となる多くの加工食品では、RS1 と RS2 が含まれている可能性は低い。加工食品において RS1 と RS2 のような AOAC Method 985.29 や AOAC Method 2001.03 で定量できない RS が含まれていることがあるとすれば、その種の RS が意図的に添加されている場合が考えられる。

表 1 Codex 委員会の推奨する代表的な食物繊維総量の定量法（Type I）の特徴

Codex 分析法	AOAC 985.29	AOAC 991.43	AOAC 2001.03	AOAC 2009.01	AOAC 2011.25
栄養表示	酵素-重量法	—	酵素-HPLC 法	—	—
食品成分表	プロスキー法 (藻類のみ)	プロスキー変法 (藻類以外)	—	—	—
食物繊維の種類と各定量法の関係（○：適用可， ×：適用不可）					
高分子食物繊維の総量	○	○	○	○	○
水溶性・不溶性の分別	×	○	×	×	○
低分子水溶性食物繊維	×	×	○	○	○
難消化性オリゴ糖（DP \geq 3）	×	×	○	○	○
糖アルコール（DP \geq 3）	×	×	○	○	○
レジスタントスターチ（RS）と各定量法の関係（○：適用可， ×：適用不可）					
RS1	×	×	×	○	○
RS2	×	×	×	○	○
RS3	○	○	○	○	○
RS4	○	○	○	○	○

RS1：豆類や未粉碎の全粒穀類のデンプンなど物理的に消化酵素が接触できないもの。

RS2：生のジャガイモ，未熟なバナナ，あるいはハイアミロースコーンなどのデンプン。

RS3：老化デンプン（一旦糊化（ α 化）したデンプンが再結晶化（ β 化）したもの）。

RS4：加工デンプン（架橋デンプンなど化学修飾されたもの）。

2. 食物繊維定量法の選定における基本的な考え方

現行の栄養表示では、SDF と IDF の分別定量は求められていないことから、食物繊維定

量法の選択肢は AOAC Method 985.29, AOAC Method 2001.03 および AOAC Method 2009.01 の 3 種に絞られる。

そこで、表 1 によれば、定量法の選択に当たって考慮すべきは、1) イヌリン（フルクタン）、難消化性デキストリンなどの低分子水溶性食物繊維、フルクトオリゴ糖（FOS）やガラクトオリゴ糖（GOS）などの難消化性オリゴ糖、あるいは糖アルコールを食物繊維として定量する必要があるかどうか、2) レジスタントスターチ（RS）、特に RS1 や RS2（これらの RS は、熱に不安定で、加熱処理で消失するとされている）を食物繊維として定量する必要があるかどうかの 2 点である。なお、RS3 と RS4（これらの RS は、熱に対して比較的安定である）については、一部の特殊な人工 RS を除き、表 1 のいずれの方法でも定量できるとされている。

表 1 によれば、TDF の定量には AOAC Method 2009.01 を適用すればほぼ全ての食品に対応できるものと考えられる。しかしながら、この方法は操作が複雑で多大の時間とコストを費やす方法であるため、RS、特に RS1 や RS2 を含む可能性のない食品にまで適用することは時間とコストの浪費につながる。また、この定量法では、FOS の一部が分解されて定量値から除外されてしまうとの議論もある。

RS1 や RS2、あるいは低分子の水溶性食物繊維や難消化性オリゴ糖などを含む可能性のない食品であれば、TDF の定量は AOAC Method 985.29 で対応できる。また、RS1 や RS2 を含む可能性はないが、低分子の水溶性食物繊維や難消化性オリゴ糖などを含む可能性がある食品であれば、TDF の定量は AOAC Method 2001.03 で対応できる。

問題は、RS1 や RS2 を含む可能性のある食品であるが、栄養表示の対象となる加工食品では、製造プロセスで加熱処理が行われていることが多く、ほとんどの食品で熱に不安定な RS1、RS2 は消失してしまっていると考えられることができる。したがって、加工食品で、RS1 や RS2、あるいは AOAC Method 985.29 や AOAC Method 2001.03 では定量できない種類の RS を含んでいる食品があるとすれば、その種の RS を意図的に添加した食品がそれに該当するものと思われる。この種の食品の場合、TDF の定量は AOAC Method 2009.01 あるいはその高分子食物繊維（HMW-DF）定量操作部分で対応できる。また、その種の RS だけでなく、低分子の水溶性食物繊維や難消化性オリゴ糖なども含む可能性がある食品であれば、TDF の定量は AOAC Method 2009.01 で対応できる。

以上を基に、栄養表示の表示値策定において採用すべき定量法を以下に提言する。

3. 栄養表示の表示値策定における食物繊維定量法の選定について

栄養表示の対象食品はほとんどが加工食品で、下記の 3 種に大別できる。

- ①RS1 や RS2 など AOAC Method 985.29 や AOAC Method 2001.03 では定量できない種類の RS を含む食品
- ②低分子水溶性食物繊維（イヌリン、難消化性デキストリン、ポリデキストロースなど）、難消化性オリゴ糖（FOS, GOS など、ただし重合度 3 以上）あるいは糖アルコール（ただし重合度 3 以上）を多く含む食品
- ③上記以外

③の食品については現行の酵素-重量法（AOAC Method 985.29）で、②の食品については現行の酵素-HPLC 法（AOAC Method 2001.03）で対応することを提言する。

問題は①の食品であるが、有意量の RS が意図的に添加されており、添加 RS の種類が RS1 や RS2 であるか、あるいは不明である場合には、AOAC Method 2009.01 あるいはその HMW-DF 定量操作部分を適用するよう提言する。

【注】

AOAC Method 2009.01 では、アジ化ナトリウムが緩衝液の防腐剤として使用されているが、アジ化ナトリウムは指定毒物であるため、できれば他の防腐剤に置き換えるべきである。

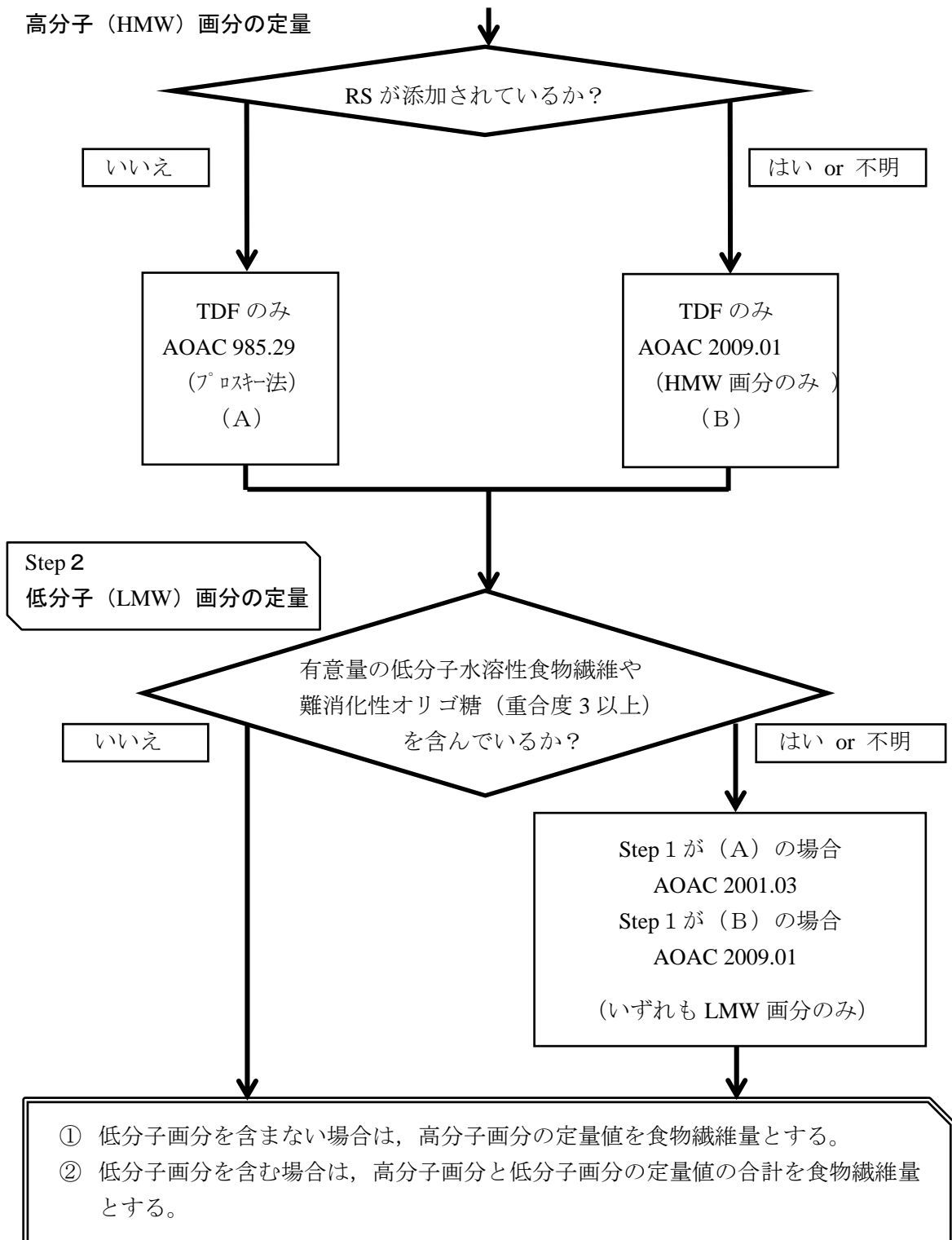
4 判断樹（栄養表示における食物繊維定量法の選定の場合）

栄養表示における食物繊維定量法の選定のための判断樹を次に示す。有意量の低分子水溶性食物繊維や難消化性オリゴ糖（重合度 3 以上）を含む食品の場合、Step2（LMW-DF の定量）において AOAC Method 2001.03 と AOAC Method 2009.01 の何れを適用すべきかが問題となる。使用する酵素剤の違いからみて、Step1（HMW-DF の定量）で AOAC Method 985.29 を適用した場合は AOAC Method 2001.03, Step1 で AOAC Method 2009.01 を適用した場合は Step2 でも同じく AOAC Method 2009.01 を適用するのが妥当である。

Step 1

試料

高分子（HMW）画分の定量



以上