

## 解説

「プラスチック製容器包装のリサイクルによる  
アンモニア製造プロセス Version 1.0」

制定予定日 2015 年 6 月 1 日

## 1. 商品類型設定の背景

我が国の家庭から出るごみのうち、容積比で約 60%、重量比で約 20%を容器包装廃棄物（金属、ガラス、紙、プラスチック）が占めている。廃棄物の減量化、分別、効率的なリサイクルの促進等は、持続可能な社会の実現に向け取り組むべき課題の一つである。そこで我が国では、資源の有効利用を図ることを目的に、「容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律（以下、容器包装リサイクル法）」が 1997 年 4 月に施行され、取り組みが進められている。環境省が行った平成 23 年度容器包装廃棄物の使用・排出実態調査によると、容器包装廃棄物のなかでもプラスチックは容積比で約 34%と最も大きな割合を占め、家庭から排出されたごみ総排出量 4,539 万トン<sup>1</sup>のうち重量比で約 10%を占める 465 万トン<sup>2</sup>がプラスチック製容器包装として排出され、様々な形でリサイクル（再商品化）が行われている。

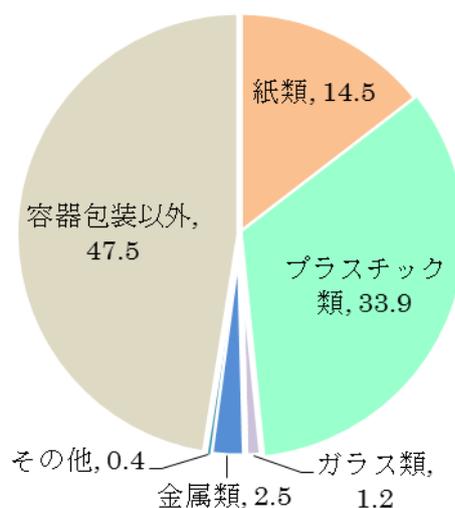


図 1 家庭ごみ中の容器包装廃棄物の割合（平成 23 年・容積比）

容器包装リサイクル法によるプラスチック製容器包装廃棄物の再商品化手法には、材料リサイクル（マテリアルリサイクル）、ケミカルリサイクルおよび固形燃料等燃料化がある。エコマークではすでに、商品類型 No.128「日用品」や No.112「文具・事務用

<sup>1</sup> 環境省「一般廃棄物処理事業実態調査（平成 23 年度）」

<sup>2</sup> 環境省「環境統計 4 章物質循環容器包装リサイクル 4.32 プラスチックの生産量と排出量」（平成 23 年度）

品」、No.118「プラスチック製品」など一般消費者に身近な商品を対象とする認定基準や、その他の認定基準においても材料リサイクルの観点を探り上げており、多くの商品を認定してきた。本認定基準では、これらのうちプラスチック製容器包装廃棄物（混合プラスチック）を効率よく処理し、再び資源に変えることができるケミカルリサイクル手法（ガス化）について探り上げる（表 1）。この手法により生成される化学製品は、主として事業者間で取引される工業製品であるが、一般消費者が分別・排出した廃棄物を原料としており、一般消費者の行動が資源循環として製品に結びついた良い取り組みである。この資源循環の取り組みを、一般消費者の認知度が高いエコマークを活用して社会に発信していくことにより、プラスチック製容器包装廃棄物として分別する意義を一般消費者が深く理解し、賛同して分別行動に取り組めるようになることが期待される。

表 1 容器包装リサイクル法に定められたケミカルリサイクル手法

ガス化	水素及び一酸化炭素を主成分とするガスを得るための施設において、異物の除去、破砕、熱分解、改質、精製その他の処理をし、水素及び一酸化炭素を主成分とするガスを得ることにより再商品化がされる。当該ガスは、化学工業等において原材料又は燃料として利用される。
油化	炭化水素油を得るための施設において、異物の除去、破砕、脱塩素、熱分解、精製その他の処理をし、炭化水素油を得ることにより再商品化がされる。当該炭化水素油は、化学工業等において原材料又は燃料として利用される。
高炉還元剤化	高炉で用いる還元剤を得るための施設において、異物の除去、破砕、脱塩素、検査、分級その他の処理をし、高炉で用いる還元剤を得ることにより再商品化がされる。当該還元剤は、高炉において鉄鉱石を還元するために利用される。
コークス炉化学原料化	コークス炉で用いる原料炭の代替物を得るための施設において、異物の除去、破砕、脱塩素、検査、分級その他の処理をし、コークス炉で用いる原料炭の代替物を得ることにより再商品化がされる。当該原料炭の代替物は、コークス炉においてコークス、炭化水素油並びに水素及び一酸化炭素を主成分とするガスの原材料として用いられる。

出典：公益財団法人日本容器包装リサイクル協会「平成 25 年度プラスチック製容器包装再生処理ガイドライン」

## 2. 適用範囲について

適用範囲の設定にあたっては、当初、他のケミカルリサイクル手法である油化、高炉還元剤化、コークス炉化学原料化については適用範囲として含めて検討することを議論したが、すべてのケミカルリサイクル手法を想定した認定基準の策定が難しいことから、まずガス化手法を探り上げた。他の手法においても、具体的な提案があれば認定基準策定の検討も可能である

本商品類型では、容器包装リサイクル法に則り収集されたプラスチック製容器包装廃棄物をケミカルリサイクル手法により再商品化し、それを原料の一部として化学製品

(アンモニア)を生産するための一連のプロセスを対象とする。一連のプロセスとは、当該化学製品を製造するプロセスならびにそのプロセスに付加したケミカルリサイクルのための化学的操作を伴うプロセスを指す。ガス化手法については、アンモニア製造の原料として利用される場合と燃料ガスとして利用（以下、燃料利用）される場合があるため、商品類型名称を「プラスチック製容器包装のリサイクルによるアンモニア製造プロセス」とし、かつ「燃料利用は主目的としない」と明記することにより、適用範囲を明確にした。なお、当該手法においてプラスチック製容器包装廃棄物から合成ガスを生成するプロセスにて発生する反応熱は、ここでいう燃料利用を主目的としたケースにはあたらない。

また、既述のとおり本認定基準の適用範囲における投入プラスチックとは、容器包装リサイクル法に則って収集されたプラスチック製容器包装廃棄物とするが、当該制度対象外のプラスチック製容器包装廃棄物や製品プラスチック、産業廃棄物として廃棄される廃プラスチック（産廃系廃プラスチック）などが原料の一部として混入する場合も申込を妨げるものではない。

### 3. 用語の定義について

「容器包装リサイクル法」、「平成 25 年度プラスチック製容器包装再生処理ガイドライン（公益財団法人日本容器包装リサイクル協会）」の定義などを参考に作成した。

## 4. 認定の基準と証明方法について

### 4-1.環境に関する基準と証明方法の策定の経緯

従来、基準の設定にあたっては、エコマーク事業実施要領に定める「商品ライフステージ環境評価項目選定表」を用いて商品のライフサイクル全体にわたる環境負荷を考慮して認定基準を設定している。しかし、この選定表は製品におけるライフサイクルを想定しているものであるため、本検討では下表 2 のとおり「プラスチック製容器包装のリサイクルによるアンモニア製造プロセス ライフステージ環境評価項目選定表」として新たに選定表を定め、プラスチック製容器包装のリサイクルによるアンモニア製造プロセスのステージ別に環境負荷を考慮することとした。この選定表に従い、認定基準を設定するに際し重要と考えられる評価項目が選定され、それらの項目について定性的または定量的な基準を策定した。

商品類型「プラスチック製容器包装のリサイクルによるアンモニア製造プロセス」において考慮された環境評価項目は下表 2 に示したとおりである。最終的に選定された基準項目は A-1、B-1~5 および C-1~2 である。（表中◎：基準項目、○：配慮事項もしくは検討した事項）

なお、表中■印の欄は検討対象にならなかった項目または他の項目に合わせて検討

された項目を示す。以下に環境に関する基準の策定の経緯を示す。

**表 2 プラスチック製容器包装のリサイクルによるアンモニア製造プロセス  
ライフステージ環境評価項目選定表**

環境評価項目	ライフステージ		
	A. インプット (主原料)	B. プロセス(処理)、 運営・管理	C. アウトプット (化学製品)
1 省資源と資源循環	◎	◎	◎
2 地球温暖化の防止		◎	◎
3 有害物質の制限と コントロール		◎	
4 生物多様性の保全		◎	
5 その他		◎	

## A インプット（主原料）段階

### A-1 （省資源と資源循環）

本項目では以下の点が検討された。

- (1) 効率的なプロセス運営に努めているか
- (2) 投入するプラスチック製容器包装廃棄物の有効利用と一般消費者への情報提供について
- (3) 原燃料が従来のプロセスと比べて削減されているか

(1)は、本認定基準の適用範囲であるプロセスの全体像と物質・エネルギー収支が正しく把握されていることを確認する基準項目として選定された。【認定基準 4-1-1.(1)の策定】

本項目は、プロセスのライフステージ全体を通じた環境負荷低減効果を確認することと、生成されるアウトプットに対して過剰に廃棄物やエネルギーが消費されていないことを確認するミニマムチェックとしての側面も有している。併せて、プラスチック製容器包装廃棄物のリサイクルにより生成された化学物質が何であるか、またその化学製品に十分な需要があり、有用な製品として利用されている（不適切に放置や廃棄されていない）ことを担保するため、化学製品として有価で販売されているかを販売実績により確認することとした。なお、提出する物質収支およびエネルギー収支の単位時間は、公益財団法人日本容器包装リサイクル協会にプラスチック製容器包装再生処理事業者登録として申請する書式に準ずるものとした。

(2)は、一般消費者が分別・排出したプラスチック製容器包装が有効利用されているかを評価する基準項目として選定された。【認定基準 4-1-1.(1)の策定】

本項目は、プラスチック製容器包装廃棄物の主成分である炭素（C）と水素（H）が、申込プロセスで製造される化学製品にどの程度転化されていることを算定することで、一般消費者が排出したプラスチック製容器包装が資源として有効利用されたことを定量的に評価するとともに、一般消費者への情報の見える化を目的に検討された。しかし、CとHの転換量を評価する場合、他のケミカルリサイクル手法に同様の基準を展開することが難しいことや、製造されるアンモニアのH分は副原料として投入される蒸気からも生成され、プラスチック製容器包装廃棄物由来とは限らないといった意見が挙げられた。そのため、ガス化手法における再商品化製品である合成ガスの主成分（一酸化炭素（CO））に着目し、基準項目として設定した。

プラスチック製容器包装は、加工後、ガス化炉にてCOを主成分とする合成ガスに生成され、さらにアンモニア原料のHを生成する水性ガスシフト反応（ $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}_2$ ）に利用される。そのシフト反応において、 $\text{H}_2\text{O}$ の還元反応にプラスチック製容器包装廃棄物由来のCがCOとして寄与している。そのため、シフト反応に寄与したCを算定することで、申込プロセスにおける投入したプラスチック製容器包装廃棄物の有効利用率として評価することとした。

算定式については、プラスチック製容器包装の合成ガス化工程の出口で測定されるCO中の炭素量（ $Q_1$ ）から、アンモニア製造プロセスのCO転化工程の出口における炭素量（ $Q_2$ ）の差分をシフト反応に寄与した炭素として計算する。また、スラグ等として系外に排出される炭素分はごくわずかで、プラスチック製容器包装由来のC全体のうち1%程度である。そのため、スラグ等以外のプラスチック製容器包装廃棄物由来の炭素量が、ほぼ全量COとCO<sub>2</sub>を含む合成ガスとなる場合は、「 $Y_1$ ：プラスチック製容器包装廃棄物に含まれるCのうち合成ガスに転化される割合」を1とみなせる。

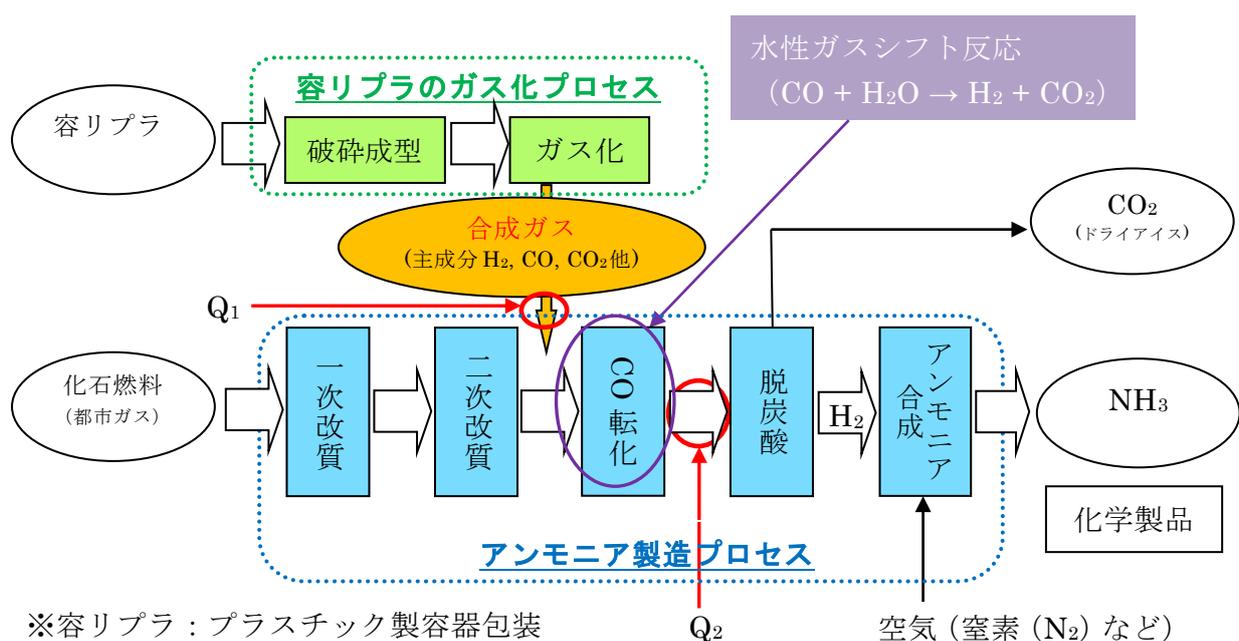


図2 本基準で想定したプロセス

表 3 計測値の参考例

計測位置/組成	H <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	他(左記以外の組成)
Q <sub>1</sub> : 合成ガス化工程の出口	30 Nm <sub>3</sub>	40 Nm <sub>3</sub>	20 Nm <sub>3</sub>	10 Nm <sub>3</sub>
Q <sub>2</sub> : CO 転化工程の出口	67 Nm <sub>3</sub>	3 Nm <sub>3</sub>	57 Nm <sub>3</sub>	10 Nm <sub>3</sub>

表 4 計算例

$$R = \left( \frac{40}{40+20} - \frac{3}{3+57} \right) \times 1 \times 100 = 61.7\%$$

※小数点第 2 位を四捨五入

一般消費者への情報提供として、アンモニアの原料となる H を得るためのプロセスに、プラスチック製容器包装廃棄物の C が原料としての役割を果たしていることを一般消費者に対してわかりやすく説明することを基準とした。具体的には、製造する化学製品は H を原料としていること、その H を得るための化学的変化を伴うプロセスと、そのプロセスに一般消費者が排出したプラスチック製容器包装廃棄物の C が原料としての役割を果たしていることを、そのプロセスを紹介するパンフレットやウェブサイト等で情報公開する。

(3)は、「省資源と資源循環」及び「地球温暖化の防止」の観点から基準項目とし選定された。【認定基準 4-1-1.(2)の策定】

プラスチック製容器包装廃棄物を原料として投入することにより得られる原燃料の削減効果を確認することは重要な論点である。従来プロセスに原料として投入する都市ガスは、申込プロセスの燃料としても利用される。また、プラスチック製容器包装廃棄物は 1m<sup>3</sup>大のベールとして受け入れ、破碎、金属選別機での金属除去、減容成形品 (RPF) の前処理段階を経て、合成ガス化プロセスに投入されるが、その前処理段階でエネルギー (電力) を使用する。さらに、公益財団法人日本容器包装リサイクル協会が行った LCA の検討事例においても電力は考慮されており、リサイクルプロセスに必要なすべてのエネルギー投入を考慮する必要性から、電力を含めた原燃料の削減効果を確認する基準内容として検討が進められた。

算定単位としては、プラントの規模に依存しないように、投入するプラスチック製容器包装廃棄物 1 トンあたりの原燃料消費量を評価することとした。基準値の検討については、電力の計算で使用する一次エネルギー換算値は定期的に更新されるため、換算値の変更によって想定しうる最も厳しくなる数値を上限として検討した。下限としては、プラスチック製容器包装廃棄物を本プロセスでリサイクルされないと仮定した場合の処理方法として考えられるプラスチック製容器包装廃棄物を原料とする焼却発電の効率を上回る数値を下限として検討した。しかし、上限値の設定にあたり、数年

間分の投入原燃料の数値を用いて試算を行ったところ、製造する化学製品の生産量とプラスチック製容器包装廃棄物の投入量（入札状況）を考慮した結果、試算結果の数値に幅があった。そのため、基準値の設定にあたり、上限値を考慮せず、廃プラスチックを原料とする焼却発電の効率を上回ることを最低条件とし、ごみ焼却施設の焼却発電効率を参考に廃プラスチック発電の天然資源削減量を計算したうえで、妥当と考えられるレベルに基準値を設定した。具体的には、プラスチック製容器包装廃棄物のペールのエネルギー資源消費データ<sup>3</sup>（35,580kJ/kg）とごみ焼却施設の発電効率<sup>4</sup>（11.92%）から廃プラスチック発電の発電効率を求め、一次エネルギー換算値<sup>5</sup>を用いて、廃プラスチック発電の原燃料削減量を計算した。

また、副原料については現行技術より空気や蒸気、酸素を想定しているが、新技術の導入などによる新たな副原料を想定して「等」としている。

## B プロセス（処理）、運営・管理業務段階

### B-1 （省資源と資源循環）

本項目では以下の点が検討された。

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 効率的なプロセス運営に努めているか</li> <li>(2) 原燃料が従来のプロセスと比べて削減されているか</li> </ul> |
|--|

(1)、(2)については、A-1 で一括して検討した。

### B-2 （地球温暖化の防止）

本項目では以下の点が検討された。

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 環境負荷低減効果について</li> </ul> |
|--|

(1)については、環境負荷低減効果を定量的に把握する目的で、基準項目として選定された。【認定基準 4-1-2.(4)の策定】

申込プロセスの LCA 評価については、公益財団法人日本容器包装リサイクル協会が平成 19 年と平成 24 年に外部から LCA の専門家を招き「プラスチック製容器包装再商品化に関する環境負荷検討委員会」を設置し、検討・評価を行っている。LCA の実施にあたっては様々な前提条件を設定する必要があるため、検討範囲（システム境界）の考え方については、客観性や手法の妥当性、入手の平等性の観点から上記等を参考にすることとした。

### B-3 （有害物質の制限とコントロール）

<sup>3</sup> 公益財団法人日本容器包装リサイクル協会「プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討等」（平成 19 年）

<sup>4</sup> 環境省「日本の廃棄物処理」（平成 24 年度）

<sup>5</sup> 資源エネルギー庁「エネルギー源別標準発熱量一覧表」（平成 23 年度）

本項目では以下の点が検討された。

- (1) 製造工程で大気汚染物質の放出、水質汚濁物質の排出、有害物質の使用が少ないこと、あるいは排出などに配慮されていること
- (2) 副生物や排出物が有効に利用されているか

(1)申込プロセスを有する工場から排出される大気汚染物質などについては、労働安全衛生関連法規も含め、関連する環境法規および公害防止協定などを順守することで、環境への負荷が低減されると判断され、基準項目として選定された。【認定基準 4-1-3.(5)の策定】

(2)については、過剰な廃棄物や副生物の生成を抑制する観点より、基準項目として選定された。【認定基準 4-1-1.(3)の策定】

市町村から引き取るペールは、公益財団法人日本容器包装リサイクル協会の設定した引取り品質ガイドライン等に適合することが求められるが、一部で再資源化しにくい材料が混入されるケースがある。そのため、副生物や排出物を 100%再資源化することは現実的ではないため、数値基準を設けずに可能な限り再資源化することを求め、再資源化できないものは適正に処理することを基本とし、処理方法、用途などを確認することとした。また、副生物については CO<sub>2</sub> や塩化水素、硫黄を、排出物についてはスラグやペールに含まれる非意図的に混入される金属などをそれぞれ想定している。

#### B-4 (一般消費者への情報提供)

本項目では以下の点が検討された。

- (1) 申込プロセスを有する工場への見学者の受け入れ
- (2) 一般消費者への普及啓発について
- (3) 一般消費者とのコミュニケーションについて

(1)の見学者の受け入れについては、一般消費者が実際のリサイクルプロセスを見学することで、自ら排出した廃棄物が資源に変わるという資源循環の考え方を体感的に理解できるだけでなく、環境教育のよい機会ともなる。申込者が率先して申込プロセスを紹介していくことは、一般消費者の環境に対する関心を高め、持続可能な地域社会の形成につながることを期待されることから、基準項目として選定された。【認定基準 4-1-4.(6)の策定】

(2)は、一般消費者への情報提供の観点から、基準項目として選定された。【認定基準 4-1-4.(6)の策定】

一般消費者が分別・排出した廃棄物が、資源として有効利用されたことを一般消費者にわかりやすく伝えることは、一般消費者の分別・排出行動のさらなる促進を図るという本認定基準の趣旨に沿うことであり、重要な観点である。

しかし、本認定基準がプロセス認証であること、ならびに生成されるアウトプットが工業製品であることは、一般消費者にとって身近で接点が多いとはいいがたい。さ

らに、一般消費者としては排出した廃棄物がどのようなプロセスを経てリサイクルされたかよりも、どのような資源にリサイクルされたかが、最も関心が高い情報であるという意見があった。そのため、一般消費者が廃棄したプラスチック製容器包装を原料としていること、および、どのような製品にリサイクルされているかを情報提供の内容に網羅し、申込プロセスを一般消費者にわかりやすく紹介することを要件とした。

(3)についても、一般消費者への情報提供の観点から、双方向コミュニケーションの促進を目的に基準項目として選定された。【4-1-4.(7)の策定】

見学者の受入といった受動的な取り組みに加えて、申込プラントを有する申込事業者が能動的に環境をテーマにした取り組みを一般消費者に発信・協働していくことで、一般消費者の環境意識の向上や地域社会との環境コミュニケーションを深める狙いから、基準項目として設定した。

## B-5 (事業運営)

本項目では以下の点が検討された。

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 容器包装リサイクル法と収率について</li> <li>(2) 環境マネジメントシステムについて</li> <li>(3) 品質マネジメントシステムについて</li> </ul> |
|---|

(1)は、事業者の適格性を担保する基準項目として選定された。【認定基準 4-1-5.(8)の策定】

容器包装リサイクル法に則って回収されたプラスチック製容器包装廃棄物を取り扱う再生処理事業者として公益財団法人日本容器包装リサイクル協会に登録するためには、同法第 37 条 2 項（施行令第 5 条）にもとづいて同協会が定める「事業者登録規定」に適合している必要がある。その適合条件として、再生処理事業を業として実施するに足る施設や人員及び財政的基盤を有する者であることや、手法毎に定められた収率の基準値を満していることを確認することになっている。事業者の適格性を確認するだけでなく、申込プロセスのミニマムチェックとして適当であると判断され、基準を策定する項目として設定された。

(2)については、申込プロセスの物質収支や効率性は認定基準 4-1-1(1)にて確認しているが、申込プロセスを有するプラントの運営・管理体制が適切に運用されていること、かつ継続的な順守・改善が図られていること、環境配慮行動が実践されていることを確認する観点から、基準項目として選定された。【認定基準 4-1-5.(9)の策定】

具体的には、計画 (PLAN)、実行 (DO)、評価 (CHECK)、改善 (ACT) といった PDCA のサイクルを回していく体制が整備されていることを確認する。これら一連の環境マネジメントシステムを第三者が認証するものとして、ISO14001 やエコアクション 21 などの認証制度があるが、それらの認証を受けていなくても、基本的な環境マネジメントシステムの体制があればよいこととして基準項目を設定した。

(3)については、エコマークの製品認定における品質に関する基準項目は、最低限の

品質を確認するために、該当する JIS 規格等への適合を確認している。しかし、本認定基準はプロセス認定を目的としているため、品質マネジメントシステムを有していることで生産する化学製品の品質管理を確認することを狙いとして、基準項目として選定された。【4-2.(10)】

## C アウトプット（化学製品）段階

### C-1 （省資源と資源循環）

本項目では以下の点が検討された。

- (1) プロセス全体の収支について
- (2) プラスチック製容器包装廃棄物由来の C が、生成される化学製品にどのくらい配合されているか、または化学製品の生産のための化学反応にどのくらい寄与したか

(1)については、A-1 で一括して検討した。

(2)については、製造される化学製品に投入したプラスチック製容器包装廃棄物由来の C が一定量配合されていることを基準化することで、化学製品の主要原料としてプラスチック製容器包装廃棄物が利用されていることを確認する意図から検討された。また、エコマークの他基準においても再生材料の配合割合を基準化しており、配合率は一般消費者にとってもわかりやすい指標である。

しかし、アンモニア製造プロセスにおける C の主たる機能は、アンモニアそのものに配合されることではなく、その過程の化学反応（水性ガスシフト反応）において、アンモニアの原料となる H を生成することにある。こうした化学プロセスにおける機能は、燃料利用とは異なるフィードストック利用という、原料利用の一形態として認めるべきとの議論がなされた。そのため、アンモニア中の C の基準配合率は設定しないこととし、本項目は A-1 で原料有効利用率と一括して検討した。

また、投入するプラスチック製容器包装廃棄物の量が入札状況や季節により変動し、それに伴い投入する他原料の使用量も変動する。結果として、製造した化学製品への配合率も変動の影響を受けてしまうことも、本項目が選定されなかった経緯の中で議論された。

### C-2 （地球温暖化の防止）

本項目では以下の点が検討された。

- (1) 環境負荷低減効果について

(1)については、B-2 で一括して検討した。

以上