

美濃焼産地における資源循環型食器の実用化への取り組み 美濃「リ食器」とGL21の活動

一伊達稔*・長谷川善一***・加藤誠二**・加藤弘二***・渡辺 隆****・島田 忠***

*名古屋工業大学セラミックス基盤工学研究センター

**GL21 会長 ヤマカ陶料株式会社

***岐阜県セラミックス技術研究所

****土岐市立陶磁器試験場

Activities on Re-circulation of Discharged Porcelain Wares at MINOYAKI District - MINO「Re-Tableware」and Green Life 21 Project

Minoru Ichidate* , Zenichi Hasegawa** , Seji Kato*** , Koji Kato** ,
Takashi Watanabe**** , Tadashi Shimada** (The Green Life 21 Project*)

*the Ceramics Research Laboratory , Nagoya Institute of Technology

**Gifu Prefectural Institute for Ceramics Research and Technology

***YAMAKA Clay Materials Company

****Toki Municipal Institute of Ceramics

+ The Green Life 21 Project is organized by local industries, research institutes and scholars.

One of the measures for waste and recycling stipulated in the Basic Environment Plan of Japan is recycle the collected used items into raw materials.

The GL21 project at MINOYAKI district is developing re-circulation system of discharged porcelain wares ,which are made into new tableware.

This article is reported on the activities of GL21 project;

- 1) The amounts of products of porcelain tableware in Japan are about 200,000 ton/year and at present most of discharged wares are filled in land.
- 2) The property such as the density and bending strength of fired body added 20mass% and 30 mass % crushed discharged wares are not difference with that of conventional ones.
- 3) It is recognized that the CO₂ consumption for the discharged porcelain system including transportation, collection , reproduction are almost same with that of the system using raw materials by the LCA calculation.
- 4) The design concept of MINO「Re-tableware」 is based on such as "warm and beauty", "design for daily useful tableware" and "safety for human life".

That tableware was award on the Ecology-Design Prize of Good Design Award 2001 in Japan Industry Design Promotion Organization .

- 5) These activities will be able to encourage to recycle the discharged wares into porcelain industry and to help to enlarge the business opportunities of local. industries.

1. 緒言

20世紀の100年の間に、世界の人口は16億人から60億人に、生産高は17倍になっている。この時期は、科学技術の飛躍的發展を背景とした大量生産、大量使用、大量

廃棄の社会経済システムを構築し享受してきた時代であったが、一方で、その社会経済システムを支える地球環境自体の劣化が進んでいることが判明し、「将来世代にかけがえのない地球を残し、現世代も繁栄すること」を目指した「持続可能な社会の構築」が求められるに至っ

た。また、日本においては、右肩上がりの経済構造が大幅に変化し、消費が多様化すると共に、コストの安い外国製品が大幅に増加し、これらの製品との厳しい競争に対抗するため、地場産業は再構築と活性化が不可欠となっている。

このような状況を背景に、器づくりに欠かせない“土”が、「枯渇性の資源」であることを身を持って感じ、且つ大切に活用してきた美濃焼企業と研究機関が中心となり、「社会から廃棄される不良・不用食器の再資源化による枯渇性自然資源の有効活用と環境負荷低減食器の開発」をテーマに、「器から器へ」をコンセプトとしていち早く取り組み始めたのがGL21の始まりである。

一方、我が国では環境問題の高まりとともに、廃棄物問題が顕在化し、増加一方の廃棄物量 最終処分場の残余処分容量の減少と新設処分場の確保難 各所での不法投棄の続発などが社会問題化し、根本的な対策が求められ、これらの課題を解決する政策として、「循環型社会形成促進基本法」、リサイクルの促進を求めた「資源有効利用促進法改正」、廃棄物の適正処理を求めた「廃棄物処理法改正」と個別物品のリサイクル促進を求めた「リサイクル法」の追加、リサイクル品の積極的購入促進の「グリーン購入法」を成立させ、3R = Reduce, Reuse, Recycleの普及を図りつつある。

GL21プロジェクトは、地場企業群の長期にわたる努力の上に、上記の外的条件が重なり、着実に進展しつつあるが、今後、陶磁器製品のリサイクルが“あたりまえのこと”として定着させていくためには、さらに課題の解決と開発に地道な努力と継続が必要である。

ここでは、これまで行われてきた美濃「リ食器」開発の状況と製品品質指標の考え方、環境負荷評価など資源循環型食器に関わる基本的な側面を紹介する。

2. 陶磁器廃棄物の現状と資源リサイクルの基本的意味

これまでの各種材料のリサイクルは、基本的には「利益があるから実施する」という考え方で行われてきた。たとえば、古くから金属類は故銅、古鉄などして回収され、リサイクルの“元祖”であるし、一升瓶やビール瓶は、リユースの“本家”でもある。これらは、今日の環境問題が厳しくなる前から、経済原則に基づいて行われてきたものである。さらに、原材料から一貫生産している素材産業では工場内で発生し、原料に戻しても差し支えない端材は古くから必ずリサイクルしてきたが、その判断根拠は、コスト削減になるかどうかであった。そして、多くの産業廃棄物は、目に見えないところで全て“外部化”がなされてきた。ところが、著しく増加する廃棄物の処理地の逼迫、有害物質を含む廃棄物の適切な処理による拡散の防止、無害化などが喫緊の課題として対策が必要になり、単にコスト問題の根拠だけで、リユース、リサイクルが行われることが許されなくなり、「循環型社会の構築」のため、いずれの企業体・事業体

も{環境}を経営の側面に取り込むことが必須条件になり取り組まれている。また、一般消費者である個人もその枠外で居られる状況でなく、相応の負担と分別回収など協力を求められている。

しかしながら、リサイクルは決して経済合理性を無視し得ないものである。もし、全ての資源をリサイクルで賄うとすれば、消費により分散した資源の収集・分離回収・はじめと同一レベルの品質を保証するまでの再生には莫大なエネルギーが消費されることになる。したがって、少なくとも現在のエネルギー体系である限り、きわめて高い価格のものになり、消費者に大きい負担を強い、リサイクル製品は結局使用されなくなる。

以上のことから、潜在的資源として存在する廃棄物(不用品)からリサイクルして資源化するには、可能な限り少ないエネルギー消費下で、少量に拡散した対象資源を収集し、再度分離精製・加工するシステム・技術を開発すること、再生物=価値の低いもの=安い物との固定概念が払拭出来る、従来品と変わらないかそれ以上の製品を創造し、リサイクル資源を活用した製品の需要を生み出すことが極めて重要である。即ち、「サイクルを回す」ことである。そして、食器のリサイクルにおいても、この原則から逃れられないことを認識しておくことが大切である。

さて、陶磁器・ファインセラミックスの生産量は、表

表1 日本における陶磁器・ファインセラミックスの生産量 (H12経産省データより)

項目	生産量	単位
タイル	54,049	千㎡
衛生用陶磁器	8,365	トン
台所・家庭用品	198,223	トン
電気用品	73,440	トン
機能性ファインセラミックス	2,096,623	千個
触媒担体	10,814	キログラム
瓦	1,202,477	千枚(H11年)

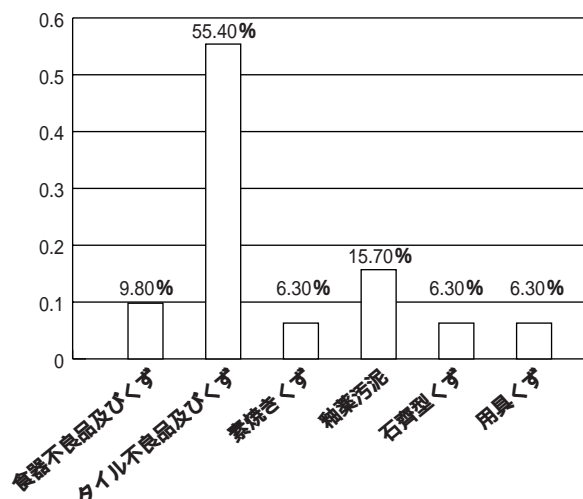


図1 生産地における陶磁器産業廃棄物の事例

1の通りである。

また、中部地方での、陶磁器産業の生産段階での廃棄物の発生割合は図1に示す通りである。

生産段階での陶磁器くずあるいはファインセラミックスくずの発生量は生産歩留からある程度推定可能である。そして、工場では量的に纏まっているためリサイクルされ、活用されている場合が多い。しかし、一旦、消費者にわたったセラミックス製品は、ごく少量に分散してしまい、集約が困難なため、特別の有害金属との複合化がなされない限り、安定型廃棄物処分場で埋め立てられているのが現状である。ガラスを除く狭義のセラミックス自体は、現状では資源有効利用促進法の中でも独立した品目に取り上げられていず、建設廃棄物リサイクル法でも、タイルなど陶磁器くずに分類される廃棄物は、リサイクルが義務付けられている「特定建設資材廃棄物=コンクリート、アスファルト、コンクリート+鉄、木材」に指定されていない。

したがって、国の政策的なりサイクル対象製品にもなっていない陶磁器関係製品のリサイクルは、いかにコストを掛けずに、良質で、量的に集約された回収品が集められるか、リサイクル原料を使用した製品にこれまでの既存製品以上に消費者に受け入れられるデザイン・性状を持たし得るかが鍵である。

3. 美濃「リ食器」「土色彩生」
資源循環型食器の開発の考え方

地場産業として分業化された工場からそれぞれ排出される不良品あるいは一度市場に出た不用食器を回収して再度原料化する難問に挑戦して、環境を考えたビジネスとして定着させることを目指したプロジェクトがGL21で

ある。

図2はGL21の再生システムを示す。

そして、その考え方の基本的発想は以下の通りである。

“ある製品を考えると、「コンセプト 仕様 原材料の選択 土づくり・器づくり 流通 使用 リサイクル/最終処分」というライフサイクルの全段階において、環境にかかる負荷を最小にする。”

これを「うつわの再生・循環」という発想に結びつけたものである。

そして、ものづくりの具体的な考え方を以下のガイドラインに定めている。

1) つくる

消費された不用食器や生産段階の規格外食器を原料化したものを20%以上含むこと。

不用食器を再生する際の環境負荷は従来の器製造と同じまたはそれ以下であること。

製造時の負荷低減のために、過剰な加工や絵付けを省いたシンプルなデザインを採用し、無駄な工程を回避する。

クリーンなものづくりのために、人や自然に害を与える重金属や化学物質の使用を抑制している。

2) つかう

洗いやすい、収納しやすい、使いやすい器づくりで生活使用時の低負荷を目指す。

デザインの調和や使用における楽しさを考え、土のあたたかさや優しさを感じるものとし、器の文化と環境の共生を目指す。

永く使われる器づくりのため、耐久性の向上とともにシンプルでスタンダードな器を提案する。

3) もどす

排出された不用食器をできる限りゴミとしないよ

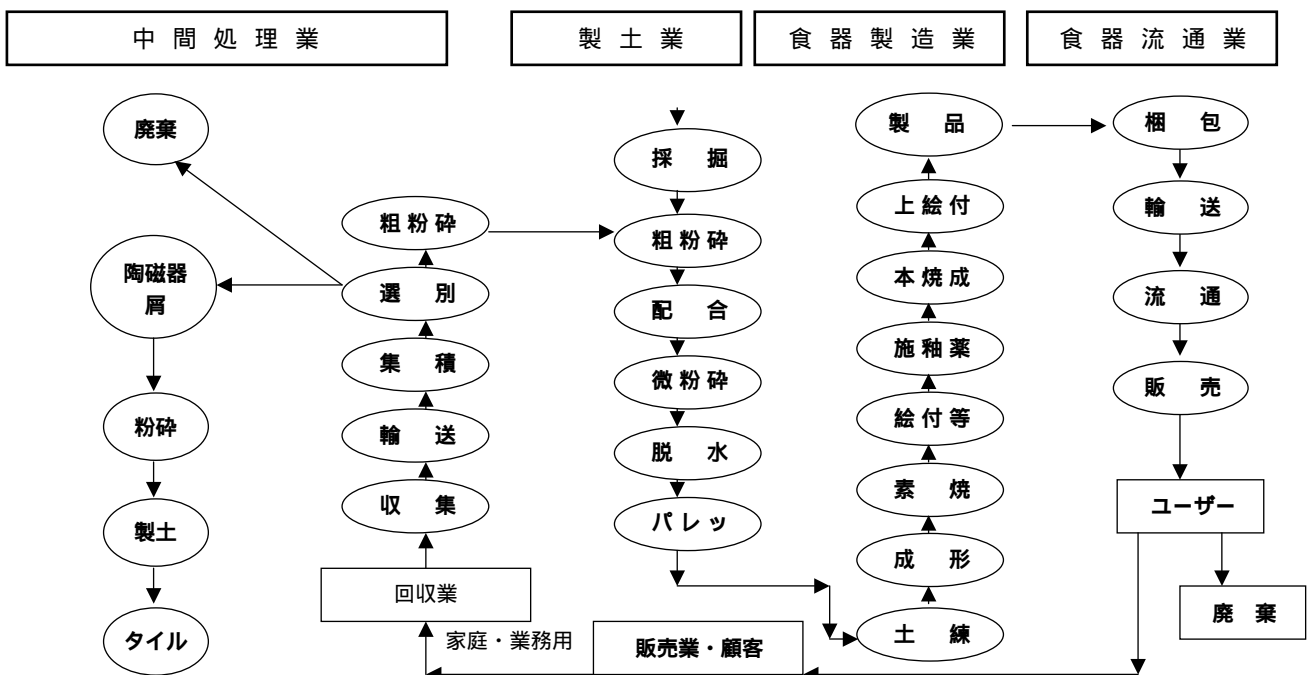


図2 GL21の再生システム

う、配合率の向上技術、再生システムを開発する。異素材の複合や過剰な絵付け、装飾、化学物質による表面加工を省き、再資源化、再製品化が容易になるよう配慮する。

4) 安全

安全と安心への高い配慮を優先する。

器の強度、熱衝撃強度、重金属溶出などに独自の環境基準を設けてクリアした商品を提供する。

特にデザインは、従来の器との差別化のためにも極めて重要である。そのガイドラインを設けて制作者の指針としている。

「再生した食器ならではの魅力づくりが大切である。」
 「魅力づくり」では、特に生活の中で「環境にやさしく使える」ことがもっとも大切なキーワードになります。」

以上の考え方のもとに、具体的に示すと以下のようになる。

GL21のデザイン基準

・あたたかな美しさ

再生の器は“真っ白”には戻りません。しかし、真っ白でないがゆえに生み出す“人間的で温かな美しさ”を大切にします。

・日常食器としてのデザイン

一時的なデザインものではなく、日常の暮らしで活躍する器を対象に、使い勝手の良いリーズナブルな商品づくりが目的です。

・「あたたかみとなごみ」を誘うデザイン

永く愛着のもてる器は、素材本来がもつ力をさいだいの発揮したデザインだと考えています。それは、どこか不完全で「あたたかみ」や「なごみ」を誘うものかもしれません。

・安全で美しい着彩

重金属による鮮やか色彩をもつ器でなく、土色を素直に表現した器のデザインが基本です。それを「美しい土色」と呼んでいます。

・過度な絵付けの回避、

料理の脇役としてのさりげない器のデザインを心掛けています。過度な絵付けを回避することで生産エネルギーの削減にもなります。

・生活提案のあるデザイン

環境に配慮するライフスタイルを支援するデザインが狙いです。実用面、使用面ですこしでも環境負荷を少なくする器を提案します。

以上のように、GL21の美濃り食器「土色彩生」には開発についての基本的なガイドラインが設けられ、意志の統一化が図られている。

4. 製造プロセスと成品の諸性質

製品の製造工程は、はい土の製造工程に回収セルペンを添加して製造する以外には基本的に従来のプロセスと相違ないものである。

図3はその関係を示す。

1) 回収陶磁器の性質

表2は、回収された陶磁器食器類の性状を示している。

表に示されているように、都市部の場合ボンチャイナの混入率が高くなり、地元の多治見、土岐では磁器製品が90%を示す。

このことから回収時に、特性が大きく異なるボンチャイナと陶器の混入率管理が重要であるが、ここで産地として特に注意しなければならないことは、汚れたままの食器あるいは、異物が多量に混入している回収食器は絶対に避けなければならないことである。回収システムの組む上で中間処理あるいは回収拠点の選択にはこの点に十分理解がされ、相互の信頼関係が成り立たなければならない。

表3と表4は使用原料の化学組成の分析値と1300 で

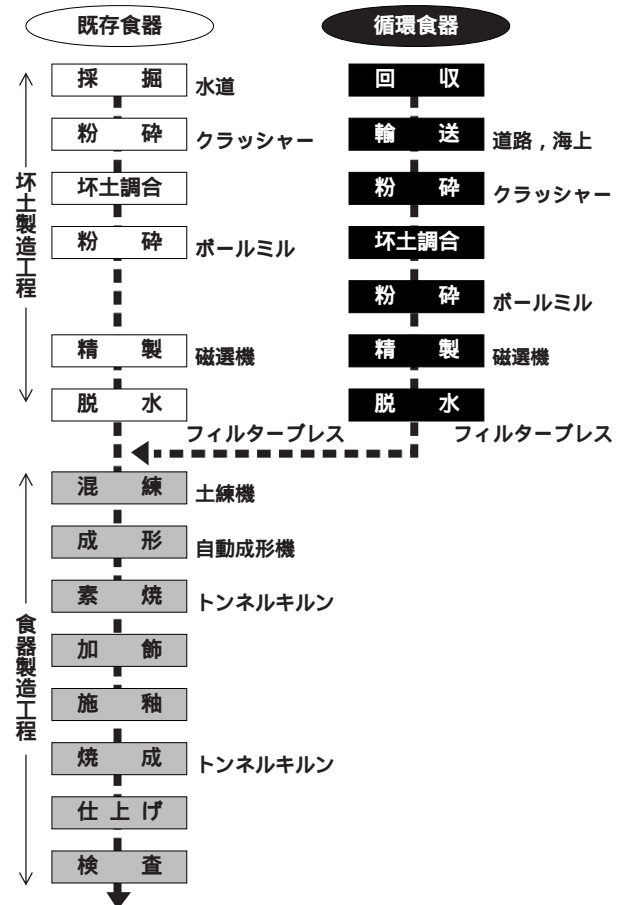


図3 環境負荷の定量化を行った既存食器と循環食器の製造工程

表2 回収された陶磁器食器類の性状

	東京北区	土岐市	土岐市	多治見市
磁器	86.0 %	90.0 %	91.0 %	98.0 %
陶器	5.0	8.0	3.7	1.0
ボン・チャイナ	8.2	0.4	2.7	0.5
その他 煉瓦, タイル	0.6	1.7	2.3	0.5

表3 使用した原料の化学組成

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Ig・loss
陶磁器屑粉碎品	70.5	20.6	1.9	0.49	2.42	0.3	3.2	2.7	0.1
蛙目粘土	55.7	29.5	0.85	0.54	0.47	0.31	1.53	0.24	10.5
韓国カオリン	45.8	38.4	0.36	-	0.43	0.1	1.6	1.04	12.8
阿婁ソウケイ	75.9	13.3	0.38	0.04	0.7	0.02	8.12	2.49	0.9
天草陶石	78.5	14.53	1.15	0.25	0.07	0.18	2.47	0.02	2.9

表4 使用した原料のノルム計算値

	粘土分(%)	長石分(%)	珪石分(%)
陶磁器屑	27.72	26.68	45.60
蛙目粘土	59.86	24.09	16.05
カオリン	81.76	18.24	-
ソウケイ	1.00	69.04	29.96
陶石	25.81	44.46	54.96

の最適調合のノルム計算値である。

2) 回収食器の粉碎性

粉碎性についての評価として、モデル試験の結果を示す。原料1kgを

ジョークラッシャー ロールクラッシャー ミルの工程で処理する場合で、ロールクラッシャーまでは粗粉碎工程として1mm以下まで粉碎し、ミルにより目的の粒子径までの所要時間、電氣量を測定する。回収食器

表5 粉碎時間毎の粒子径とエネルギー消費量

(単位はすべてμm)

	6時間後	12時間後	18時間後	24時間後
磁器質回収食器		19.0	13.9	12.7
陶器質回収食器		20.2	10.5	8.7
ポーンチャイナ質回収食器		18.6	12.0	9.8
粘土	8.9	7.0	6.1	6.0
長石	22.9	12.9	9.7	8.2
陶石	35.9	20.0	13.9	10.9
珪長石(ソウケイ)	23.8	16.7	10.9	7.6

1mmの粉体を10μmまで粉碎するための時間、及びエネルギー

	粉碎時間(h)	電氣量(kwh)	CO ₂ 排出量(kgC/kg)
磁器質回収食器	34	1.02	12.24 (×10 ⁻²)
陶器質回収食器	18.5	0.555	6.66
ポーンチャイナ質回収食器	24	0.72	8.64
粘土	4	0.12	1.44
長石	17	0.51	6.12
陶石	26	0.78	9.36
珪長石(ソウケイ)	18	0.54	6.48

$$P(\text{kgC/kg}) = 0.03(\text{kw}) \times \text{粉碎時間}(\text{h}) \times 0.12(\text{kgC/kw})$$

*P: 粉体1kgを粉碎するための二酸化炭素排出量

表6 調合はい土の熱膨張係数(単位は×10⁻⁶)

調合No.	酸化(1300)	還元(1300)
1	5.85	5.37
2	5.71	5.26
3	5.67	5.22
4	5.53	5.09
5	5.49	5.06
6	5.66	5.20
7	5.62	5.17
8	5.75	5.29

表7 焼成収縮率, 吸水率, 曲げ試験結果(1300, 酸化焼成)

調合No.	焼成収縮率(%)	吸水率(%)	曲げ強度(kgf/cm ²)
No. 1	11.6	0.09	845
No. 2	11.4	0.12	821
No. 3	10.4	0.24	678
No. 4	10.6	0.30	656
No. 5	10.1	0.39	611
No. 6	9.8	0.87	590
No. 7	9.6	0.45	588
No. 8	8.9	1.10	564

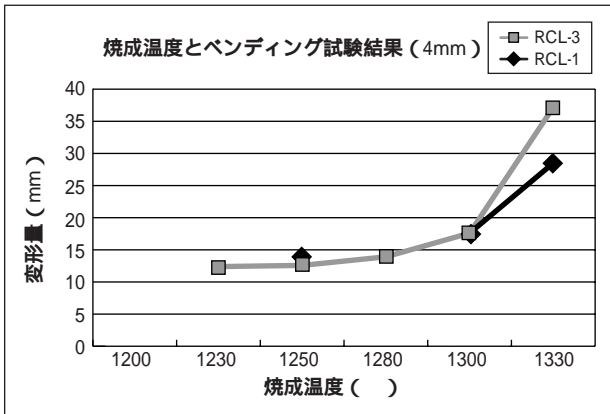
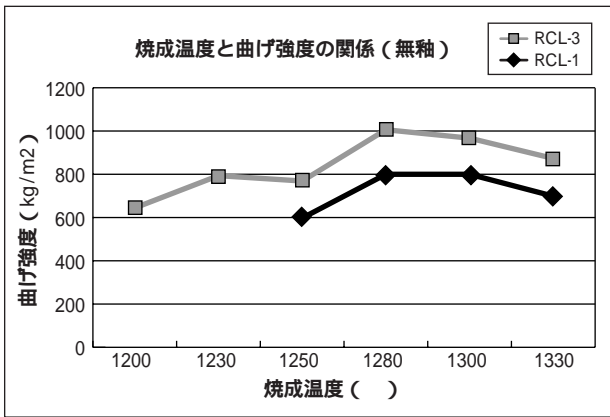


図4 焼成温度と曲げ強度，ベンディング試験結果
RCL-1：セルベン20%，RCL-3：セルベン30%

以外は参考データとして示す。ミル条件：試料 1mm 以下 1kg，水 1kg，玉石 1kg

表5は粉砕時間ごとの粒子径とエネルギー消費量である。

3) 調合原料の焼成特性

回収セルベンを配合率30%としたときの、1300°Cでの焼成試験において得られた焼成サンプルの諸特性を表6、表7、図4に示す。

以上のように素地に関する諸特性を調査して、焼成メーカーの炉の温度、雰囲気合わせた原料を数種作成して再生セルベンを使用したはい土を供給出来る体制を構築している。

5. 製品の品質指標

このような、基礎試験と実用製品の試作あるいは生産を通じて、消費者へのインターネットによるモニター調査、多くの展示会への出品、実販売を行いつつあるが、GL21としての登録商標を添付出来る製品について開発の考え方を具現化するため、基本的な品質指標を定めている。

特に、鉛とカドミウムの溶出については、我が国の食品衛生法での規制値より厳しいISO基準を採用している。また、その他の重金属についても土壌の環境基準を参考に分析値を保持して万全を期するように申し合わせている。その概要を表8に示す。

表8 GL21適合製品評価基準 (完成品)

項目	基準
省資源化	1. リサイクル原料を20%以上含有すること。 2. リサイクル原料は原則として陶磁器製食器に限る。
省エネルギー	1. 製造に用いたエネルギー総量が普通原料の場合を越さない。
リサイクル容易性	1. 製品は素手、簡単な工具で素材単位に分解・分離可能なこと。 2. プラスチック部品はすべて材料表示し、使用は最小限とする。
容器包装の最少化	1. 包装紙は再生紙を用い、再生を妨げる表面処理をしないこと。 2. 発泡スチロール使用量は包装材料全量の5%以下であること。 3. 保護用袋はポリエチレン系樹脂または紙とすること。
有害物質含有規制	1. 製品・包装材は法律の使用規制を越えないこと。 2. GL21で規定した独自の基準を超えないこと。 (鉛、カドミウムは国際基準改正案に基づき、セレンは溶出試験で検出されないこと。その他の重金属は「土壌の環境基準」、フッ素及びナトリウムは水道法基準に基づく。) 3. 製品に法律で規制されている物質を使用する場合は、その含有量について、第三者によりなされた分析値を保持すること。
商品評価	1. デザイン、形状についてGL21の評価グループの承認を得る。
強度レベル	1. 並製品以上の強度のこと。(磁器製品で500kg/cm ² 以上)
食器物理特性	1. JIS等で規定されている規格を満たすこと。 (スパーリング試験：陶器120，磁器150)

表9 食器製造に使用する原料1トンあたりの環境負荷定量 (単位はkgCO₂/トン)

原料	粘土	長石	珪石	陶石	
項目	採掘	22.33	採掘	22.33	
	粉砕	15.66	採掘	22.33	
水簸	13.93	磁選	3.96	粉砕	15.66
	輸送	14.26	輸送	9.9	輸送
輸送	14.26			輸送	19.8
合計	64.78	51.85	39.79	57.79	

原料	食器回収物					
項目	多治見市内から輸送	1.486	東京から輸送	28.67 + 1.486	大阪から輸送	16.61 + 1.486
	粉砕	15.56	粉砕	15.56	粉砕	15.56
合計		16.82		45.50		33.43

6. 美濃「リ食器」の環境負荷評価 (LCAからの評価)

再生セルベンを使用した食器の環境負荷評価を実施することは、このプロジェクトが循環対応型であることを示す上でも不可欠の要因である。

そこで、全ライフサイクルを製造・流通・生活使用・廃棄・回収の段階に分けてLCA評価を実施した。

1) 製造段階

図3に示したように、循環・既存食器の製造において異なるのは原料の調達工程のみである。従って、回

表10 既存、循環食器における環境負荷定量
(単位はkgCO₂/トン)

項目	既存食器	循環食器			
		20%配合土		30%配合土	
環境負荷定量	54.505	多治見地区	48.102	多治見地区	40.219
		東京地区	53.838	東京地区	48.823
		大阪地区	51.424	大阪地区	45.202

取と製造工程を纏めて評価した方が適切である。そして、回収拠点の相違も考慮に入れる必要がある。この点につき、東濃地区、東京、大阪につき評価した。

表9は代表的な既存原料の環境負荷評価である。

そして、再生セルペン配合率20%の場合と30%の環境負荷評価を表10に示す。

この段階で、既存食器より二酸化炭素の排出量で製品1トンあたり、0.667 13.286kg削減出来ている。

2) 流通段階

流通の段階の環境負荷評価を図に示す3段階で評価した。

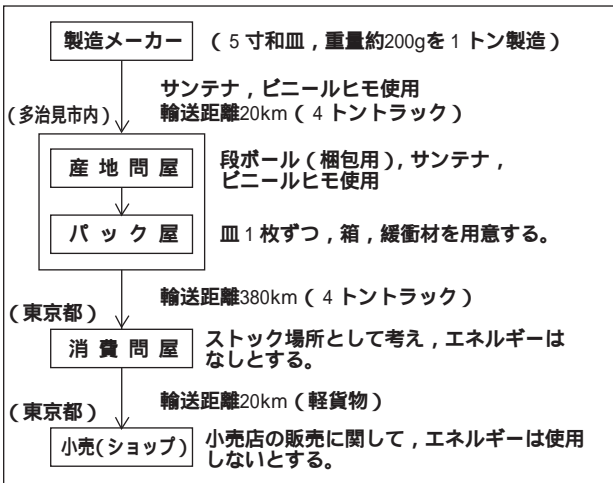
その結果は表11に示す。この値は既存・循環共通である。

3) 廃棄段階

廃棄段階はメーカーでなされる場合と生活使用でなされる場合について評価した。

4) 全工程の評価

循環食器についての使用段階による相違での環境評価

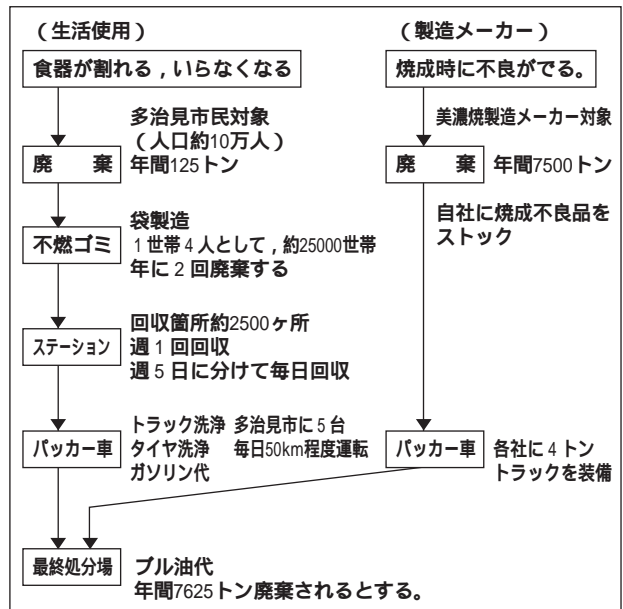


食器の流通段階におけるその工程図

である。製造段階での環境負荷評価で既存食器より有利であった。しかし、掛け替えのない「枯渇性の資源」の再利用は不可欠のことであり、二酸化炭素の排出でわずかな有利性であっても回収・再生に活用されるべきである。

7. 今後の課題と開発の方向

これまで述べた様に、美濃り食器「土色彩生」は地元企業群と研究機関、学識支援者などの努力により、一定の進展を果たし、2000年度にはリサイクル推進功労者表彰「通商産業大臣賞」の受賞、2001年度にはグッドデザイン賞エコロジーデザイン賞を受賞し、さらに、陶磁器としては初めてグッドデザイン大賞候補にノミネートされるなど着実に認知されつつある。しかし、ビジネスとして定着させ、“あたりまえ”のこととして消費者に浸



食器の廃棄段階におけるその工程図

不用陶磁器製品1トンあたり、廃棄すると23.36kgの二酸化炭素を放出する。

・条件

- 一般家庭用 - 多治見市を限定に、市内の回収ステーションに廃棄時から、最終処分場へ不用食器が輸送され(1年間回収)、その場所で、1年間放置されるとする。
- 食器製造業 - 美濃焼食器製造業約650社の企業で焼成不良品をストックした場所から、トラック等で最終処分場に輸送され(1年間回収)、1年間放置されるとする。

表11 流通工程における二酸化炭素排出量結果

材料, エネルギー種	単位	使用量	二酸化炭素排出量
軽油 (1リットル)	2.64 kg/リットル	33.7 リットル	88.97 kg
ガソリン (1リットル)	2.62 kg/リットル	10.0 リットル	34.85 kg
ポリプロピレン (1kg)	1.104 kg/kg	277 g	0.276 kg
両面ダンボール (1㎡)	343.56 g/㎡	459 ㎡	157.7 kg
片面ダンボール (1㎡)	206.36 g/㎡	144.5 ㎡	29.8 kg
サンテナ(ポリプロピレン)(1kg)	1.104 kg/kg	0.475 kg	0.5244 kg
合計			312.12 kg

透させていくためにはまだまだ多くの課題がある。

たとえば、

製造段階

- ・配合率の向上と低コスト最適粉碎方法の確立
- ・すべての焼成条件に適したはい土の開発
- ・回収食器中の異物の低コスト分離技術と中間処理段階での処理

デザイン

- ・消費者の多様化に対応したデザインの創造
- ・継続的なヒットデザインの創造

マーケティング

- ・環境ラベルなど環境情報の充実
- ・エコマーケットへの拡大
- ・知名度のさらなる拡大

などが上げられるが、基本的な課題として、このプロジェクトをビジネスとして企業群の活性化の柱に一刻も早く育て上げることである。

8. おわりに

循環型社会の構築は我が国では不可欠の命題であり、不況中でも是非推進していかなければならない事柄である。GL21は、いよいよ定着化が求められているが、幸いにも多くの方々に次第に認知されつつある。今後、循環型社会の一旦を担い、食器のリサイクルが、古紙などと同じように万人が“あたりまえ”のこととして受け入れられるように努力することが望まれる。

謝辞

GL21プロジェクトは、多くの企業と岐阜県あるいは環境問題に深い理解を持つ消費者団体の方々、専門家の支援により発展してきている。特に、愛知産業大学 佐藤延男教授、㈱INAX取締役石田秀輝博士、和光大学 竹原明子教授、服部淳義氏には当初より多大のご指導を頂いていることを付記する。