

「レーマー」と緑色ガラスのリサイクル

"The Römer" and Recycling of Green Colored Glasses

寺井 良平

Ryohei TERAJ

寺井ガラス技術事務所

問合せ/テライ リョウヘイ 〒567-0815 茨木市竹橋町11-11-303 TEL 072-626-9140 FAX 072-626-9140
E-mail/rterai@nifty.com

キーワード：レーマー、ヴァルトガラス、ダイヤモンド・ポイント・エングレーヴィング、緑色ガラス、クロム発色、ガラス・リサイクル、リサイクル増幅系数

1 オランダ・王立美術館の「レーマー」

オランダ・アムステルダム王立美術館 (Rijksmuseum) は、レンブラントの『夜警』やフェルメールの『牛乳を注ぐ女』(またの名は『台所女中』)などの17世紀オランダ絵画の名画を所蔵することで有名であるが、ここに「レーマー」と呼ばれる一群のガラス器がかなり多数展示されていることは余り知られていない。ガラスに興味のない大抵の観光客は、名画鑑賞の後、このコーナーを無視するか、あるいは素通りして行く。

レーマー (Römer) は、15-16 世紀ごろからドイツで作られ、次第にネーデルランドに伝わり、方々の工房で作られたワイングラスである。レーマーという名の由来は正確には分からないが、我々が陶磁器一般を「瀬戸物」というように、ドイツやネーデルランドでは一時期ガラス杯のことを「レーマー (ローマ的)」と呼んだものかと思える。ドイツ語の辞書で「Römer」を引けば、「ローマ人」以外に「葡萄酒用高脚杯」という答えが出てくる。

しかし厳密にレーマーと呼ばれるガラス器は、図 1 に示すように、太い中空の柄の上に乗った卵型、あるいは樽型のワイングラス杯のことで、元々ドイツで作られていた円錐形の杯 (ベルケマイヤー) から出発して、こ

れを変形して出来上がったものといわれている。そして全体に薄い緑色を帯びている。

このレーマーは、王立美術館 (アムステルダム) やマウリッツハイス美術館 (デン・ハーグ) に展示されている 17-18 世紀の多くのオランダ絵画、特に宴会の場面や静物を描いた絵画の中に実にしばしば登場する。つまり 17-18 世紀ネーデルランドでは、この種のガラス器がかなり大量に作られ、一般に、あるいは主として富裕な商人などの家庭や集会で盛んに使われたことを物語るものであろう。

2 レーマーの突起模様

このガラス器の特徴の一つは、プランツ (滴型記章) と呼ばれる突起状の飾りものを柄の部分に融着していることである。液滴のようでもあり、明らかにイチゴを模ったものもある。この突起模様は 15 世紀のドイツ製ワイングラスによく見られる装飾で、別名プランツガラス (prunted glass) とも呼ばれていたが、これが次第に変形して、レーマーに引き継がれたものと思われる。この移り変わりについては、黒川の『ヴァルトガラス』に詳しい。



図1 17世紀ネーデルランドのワイングラス・レーマー
(高さ14cm) やや暗い緑色 彫刻: Anna Römer
Visschier アムステルダム王立美術館蔵

このようなワイングラスのプランツ(突起物)は、美術館の展示説明によれば、食物を驚掴みした油だらけの手でもグラスが持てるように工夫されたものであるという。一般に食事にナイフ・フォークを使うようになるのは、フランス・ブルボン王朝の風習が真似られた17世紀以降のことであろう。

プランツのような装飾は、元々南ヨーロッパ、つまりヴェネチアあたりのガラス器から発祥したとされるが、古いものではガラスの細いステム(柄)やピーカー状カップの表面に、小さなガラスビーズを多数融着したものが知られている。しかし、通常のヴェネチアンガラスといえば、手の込んだレースガラス製ドラゴン付きステムのように、かなり洗練された、凝った意匠のものが本流であり、ベルケマイヤーやレーマーのような素朴な形は、やはりドイツの、いわゆる実用的なヴァルトガラスの流れの中で作り出されたものかと思われる。

美術館展示のレーマーで驚くのは、手ごろな大きさのものも勿論あるが、中にはとてつもなく大きいものがあることである。高さ30cm、直径20cmを越すものはいくつもある。これに酒を満たせば、片手ではおろか両手でも持ちかねる重さになるに違いない。一体に何に使ったのか不思議な気がするが、『ガラスの歴史』によれば、これは葡萄酒の回し飲み用であるという。我が国の回し飲み杯のように、集団の結束に役立てる意味でもあった

のであろうか。そういえば、オランダで大流行した集団肖像画(同業者組合メンバーなど)の登場人物にも、このような大きな杯を抱えた姿がよく見られる。

3 ダイヤモンド彫刻

もう一つのレーマーの特徴に、ダイヤモンド・ポイント・エングレーヴィング(Diamond point engraving)といわれる彫刻の存在がある。ダイヤモンドによる手彫りの彫刻で、勿論この技術も古いヴェネチアンガラスに見られるから、ガラスの伝播とともに次第に南から北に伝わり、ネーデルランドにおいて花開いたものといえる。ダイヤモンドをガラス加工に使うのは、17世紀のネーデルランドが、ダイヤモンドの研磨や加工で名をさせていたことと無関係ではあるまい。アントワープは今でも世界のダイヤモンド加工の中心地である。

王立美術館に残されたレーマーには、その作者の名の刻まれたものがあり、当時の上流階級のご婦人たちがこの装飾技術に関係していたことが分かる。つまり趣味の類のお遊びが高じて芸術品にまで昇華したものと思われる。とすると、この農民的ともいえる大ぶりのワイングラスが、実は17世紀の世界貿易を支配したオランダ上流階級・商人たちの間で大いにもてはやされた代物であることが想像される。例えば、図1に示したレーマーの彫刻は、アンナ・レーマー・ヴィッシャー(Anna Römer Visscher)というご婦人の作品で、彼女は富裕な商人の娘であり、この王立美術館にも、彼女やその妹の銘を持つガラス器が数点収蔵されている。

このダイヤモンド・ポイントによる彫刻は、時代とともに回転ホイールによる彫刻、あるいは「ステイップリング」(Stipple engraving)と呼ばれる特別な加工法、つまりダイヤモンドの尖った先でコツコツ模様を叩き出し、これで深い陰影のある像を浮き上がらせる技術に受け継がれ、18-19世紀には、かなり多数のワイングラスがこの手法で生み出されている。図2にその代表的な作品の一つを示す。

しかしこの頃になると、用いられるガラスは、淡緑のヴァルトガラス系の器ではなく、透明度の高いイングリッシュ・クリスタルであることが多い。つまりこの時期、イギリスの鉛クリスタルが、その優れた透明性ゆえに、ネーデルランドに盛んに持ち込まれたことを示している。18世紀に入ると、ガラス原料の精製技術も進み、良質のアルカリ原料が入手できるようになったのである

◎解説

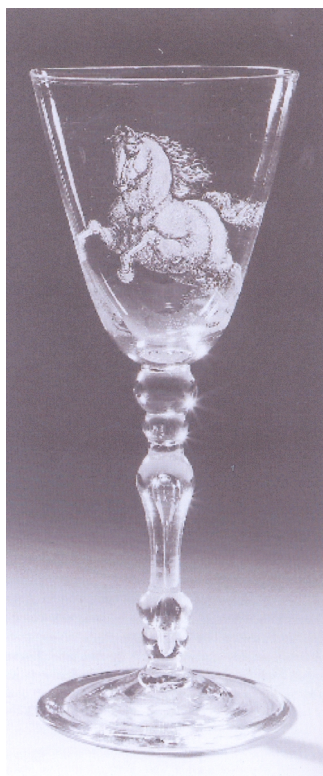


図 2 スティップリング・エングレーヴィングされたワイングラス (18 世紀) 製作者: Frans Greenwood (高さ 20cm) ガラスは無色透明 アムステルダム王立美術館蔵

う、ネーデルランドでもガラスの無色化が一段と進む。

4 レーマーの時代背景とその退場

17 世紀といえば、前述のように、オランダ全盛期と重なる。スペインからの独立を達成し、宗教的な束縛からも解放され、貿易商人を中心とする市民層の社会的進出が社会一般に大変な活力を与えていた時期である。東インド会社という中世には想像もしなかった新しいタイプの集団（株式会社）を生み出し、世界の富をかき集めていた時代、いわゆる大航海時代のピークの時期である。

多分農民の生活水準も急速に改善されていったのであろう。絵画も王侯貴族やキリストの宗教物語を描くのではなく、個人や風景を描くものが流行し、レンブラント、フェルメールといった庶民を描く画家が輩出した。農民すらその部屋に絵画を掲げて楽しんだといわれ

ている。

当時、海外貿易の中心であったネーデルランドには、ヴェネチアやアルターレからもかなり多数のガラス職人がやって来て、アントワープなどのガラス工房でヴェネチア風のガラス器が作られた。これは今日ファソン・ド・ヴェニース (facon de Venise) と呼ばれ、かなり多数の作品が残されている。これら良質原料を使った新興ガラスやイギリスから来た鉛クリスタル、あるいはボヘミアから来たカリ・クリスタルなどは、次第にドイツ系の緑色「ヴァルトガラス」の類を市場から追い出し、18 世紀も後半になるとレーマーやベルケマイヤーは急速に姿を消してゆくようである。王立美術館収蔵のガラス器展示を見ている、その動きが手に取るように伺える。17 世紀の名品も、次第に日常雑器として乱雑に扱われ、その化学的耐久性の乏しさも手伝って、早々に退場していったのかも知れない。江戸時代、オランダと交易のあった我が国の歴史資料館などにも、レーマーを展示しているという所の話は余り聞かない。

この春、アムステルダムのデパートや商店のガラス品売場をかなり心がけて覗いてみたが、遂にレーマーやベルケマイヤーに出会うことはできなかった。ただし、ガラス器売場で見られるワイングラスにレーマーの名残と見られるものがある。例えば、彫刻のある杯に螺旋文を主体とした太目のステムや台座をつけたワイングラスがそれである。ステムには緑や褐色に着色したものが多い。何れも日常雑器の類で、我が国でも、ワインの景品としてついてくる安物グラスがこれに近い。こんな形でレーマーは生き残っているのであろうか。

その後訪ねたメデルブルグのマルクト広場では、折よく復活祭記念の大骨董市が開かれ、多数のガラス器が出品されていたが、ここでも遂に本物のレーマーの類を見出すことはできなかった。ただ、オランダ陶器の町・デルフトの商店街を散歩していた時、とある骨董屋のショーウィンドーでプランツをもったこの緑色のグラスを見つけたことがある。既に開店時間を過ぎていたので、古いものか新作のイミテーションか、確かめる術はなかったが、値札は 3-40Euro (数千円) だったと記憶する。

5 緑色ガラスとクロム

レーマーの多くは透明ではあるが、薄い緑色をしている。これはブナやシダの木灰を原料とする「ヴァルトガ

ラス」の宿命で、原料中の不純物である「鉄」がこんな色を与えるのである。木灰中の鉄の量をコントロールすることは不可能だし、他にも不純物がいろいろ入っているので、原料精製技術のない当時においては、発色のコントロールはただ溶融雰囲気によるしかなかったものと思われる。そしてこれが、レーマーの場合、薄い緑色あるいは黄緑色となり、レーマー独特の雰囲気を与えるようになったかと思える。例えば、白ワインには、この薄緑色がよく合うという人がある。そういえば今日でも、ワインボトルには緑色のものが多い。これも往時のグラスやボトルの色をそのまま踏襲したセイかも知れないが、ボトルの場合、たまたま、これがかなり紫外線吸収に効果があり、中身の保存にも役立つとして重宝されたのであろう。

しかし、現在の緑色ボトルは、その多くはクロム、あるいはクロムと銅によって着色されている。勿論、マンガ、ン、コバルトなども加えられて微妙な色合いの調節に用いられるが、いわゆるエメラルド・グリーンといわれる絶妙な緑色は、 Cr^{3+} による 450nm と 650nm の吸収がその発色の重要な役目を演じている。更に、 Cr^{6+} も可視域短波長側を殆どカットして強い黄色を与えるので、これも色調と紫外線吸収に一役買っている。 Cr^{6+} は有害化学物質の指定を受け、敬遠されているけれども、通常の雰囲気では溶融されたガラスでは、 Cr^{3+} の方に平衡が傾き、 Cr^{6+} は余り生じない。

クロムによる発色は、極少量の Cr_2O_3 (原料としては重クロム酸カリなど) で実現できる。最大でも 0.5% 程度で十分であり、この量を越すとガラスに溶け切らず、結晶として再析出する傾向がある。特に銅やコバルトと組んで緑色や青色を出す場合には、僅か 0.01–0.1% の添加で済むようである。

しかし、紫外線吸収目的ならば、ビール瓶と同じ茶色のアンバーでも目的は達せられる。図 3 にエメラルド・グリーンと茶色アンバー、及び青色、黒色、ジョージア・緑色のガラスびん光透過曲線を示す。

エメラルド・グリーン、黒色、茶色アンバー、何れでもそこそこに紫外線をカットすることが見て取れる。ただ、緑色の方が茶色よりも明るい感じを与えるのかボトラー（飲料業者）には人気があるが、これ以外に積極的な緑色採用の理由は見つからない。例えば、ビールのホップは直射日光によって変質し日光臭を発するので、550nm までの紫外線カットが望ましいとされる。それならば、アンバーで十分事足りるわけで、むしろ中途

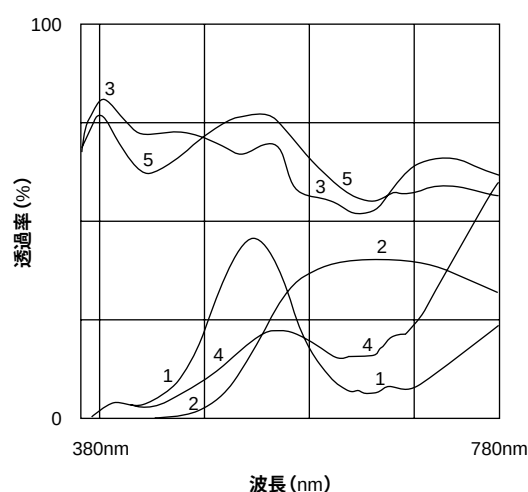


図 3 各種着色ガラスびんの光透過曲線 (1) エメラルド・グリーン (2) 茶色アンバー (3) 青色 (4) 黒色 (5) ジョージア・グリーン

半端なクロム添加では紫外線吸収でもアンバーに劣る。ビール酒造組合の意見では、ヨーロッパのビールびんに緑色の多いのは、我が国よりも日光の弱いセイであるという。

因みに黒色は Fe, Cr, Mn, Cu, Co など複数のイオンによることが多く、一方、茶色アンバーはアンバー着色団 [O-Fe-S] によると考えられ、重金属イオンとは無縁である。

6 EU のクロム禁止の動き

環境問題に厳しいヨーロッパでは、1995 年、包装容器廃棄物に関する EC・指令 (Directive94/62) で、2000 年以降、包装材料中の有害金属：鉛・カドミウム・水銀・6 価クロムの総計が 100ppm を越えてはならないという規制を設けた。

しかし、この規制に批判的なヨーロッパ・ガラス製造業界では、各種の着色ガラスびんについて、実際にどの程度クロムや鉛が溶け出すのか検討して、6 価クロムの溶出量は何れも検出限界以下であり、クロム全体のガラスからの浸出も全く問題にならない量であること、また鉛さえも、その溶出量は非常に少なく、ガラスは極めて inert な材料であると反論している。

ところが、北欧のスウェーデン、デンマーク、オランダでは、積極的にガラスびんから重金属元素を追い出し、

◎解説

ガラスを完全に無害化しようとする動きが顕著であり、早晚 EU に持ち込まれる可能性があるという。ガラス業界ではこの規制に科学的根拠が乏しいとして、盛んにロビー活動を行っているとする情報もあるが、EU で重金属の禁止が実現する可能性は非常に高い。これほど物議を醸す着色剤であれば、また実際に積極的なメリットがないのであれば、いかにガラスが inert な材料であっても、クロムなどの重金属イオンの使用を規制するという選択肢も考えられる。

7 ガラスびんリサイクル

現在市販のガラスびんは、その 45%が無色透明ないわゆる「フリント」と呼ばれるガラスで、残り 40%がアンバー（茶色）であり、残余の 15%がその他の色、つまり黒色や緑色、青色などである。また、主としてボトラーの好みによる桃色、紫色、薄緑色などの多様な色は、透明ガラスの溶融の最終段階において着色剤（色ガラス粉末など）を添加して作られることが多い。これは「カラーフィーダー法」と呼ばれ、簡便な着色法としてよく用いられている。

ガラスびんはリサイクルの優等生であるといわれる。ビールびんや一升びんは随分以前から何回も繰り返し使用されてきた。いわゆるリターナル・ボトルである。1回で捨てられるワンウェイ・ボトルも、透明ガラス、茶色ガラスは破碎されて再びガラス溶融原料のカレット（破碎ガラス片）になる。そのリサイクル率は 80%を超える（2001 年）。

また、100%ガラスカレットだけで作るリサイクル・ボトル（エコロジー・ボトル）もある。この場合には、1550℃以上の高温を必要とする天然原料（ケイ砂、石灰石、ソーダ灰など）を全く使わず、100℃近くも低温で溶融することができるので、必要エネルギーの約 25%が削減できる上、溶融時に放出される CO₂ も約 50%減少するという。つまり天然資源の節約と地球温暖化対策の上でも好ましいという利点が強調されている。ただ回収にコストがかかる欠点がある。

8 緑色ガラスのリサイクル

一時、緑色ボトルのリサイクルがトラブり、輸入ボトルの多くも緑色ということもあって、多量のワインボト

ルがリサイクル施設に堆積したことがあった。「カラーフィーダー着色」がリサイクルに適合しないことも影響したと思われる。今日ではかなり改善されて、積極的に緑色や黒色のガラスカレットを使いたいいわゆる「スーパー・エコロジー・ボトル」も作られ、既に飲用ボトラー数社によって実際に使用されている。また、道路舗装用骨材、軽量骨材、グラス・ウールなどへの転用も検討され、実用化されつつある。

先日、産総研・関西センター（元大工試）で、着色ガラスを無色化する技術が発表された。例えば、クロム含有ガラスなどにホウ酸系の融剤を加え、高温加熱して再びガラスとし、これを熱処理してシリカ相とホウ酸相に分相させる。そのときクロムなどの有害金属は殆どホウ酸相に選択的に分配されるので、これを酸処理によって溶出させ、有害金属イオンを抜き取るというのである。分相によってクロムなどの金属イオンがホウ酸相に分配されるという現象自体は、これも随分古く到大工試で見出されていたが、この現象を援用して着色ガラスを無色に変えようというわけである。この技術は、有害金属イオンを除いた後、これに無害な希土類イオンなどをドーピングさせて蛍光発光ガラスを作るというアイデアにつながり、これで処理にかかるコストをカバーしたいとする。

しかし、クロムはそれほど枯渇の心配される元素ではないし、ガラス中のクロムは殆ど水に溶け出さず、特に危険な 6 価のクロムは全く浸出ししないという前述の結果や「スーパー・エコロジー・ボトル」の利用拡大の事実を踏まえると、大変なエネルギーを投入してクロムをガラスから取り出すことには余り積極的な意味を見出しにくい。それよりも、北欧の国のように、ガラスへの重金属の無意味な使用を規制すれば、この問題は解決するように思われる。レーマーのような緑色ガラスであれば少し暗い感じは残るが、溶融雰囲気調節を適当に行うことによって、鉄を用いても十分製造できるように思われる。

これと似た方法で、テレビやパソコンのモニタから回収される鉛ガラスを使って、鉛を取り出す計画が進んでいる。テレビやパソコン・モニタは年間 500 万台が廃棄にまわり、その CRT（ブラウン管）1 台に平均 900g の酸化鉛が含まれているという。この鉛ガラスカレットに融剤を加えて再溶融し、高温状態に保持して、蒸気圧の高い酸化鉛を選択的に揮発させ、鉛を回収しようというのである。しかし、これもエネルギー的に随分問題の多い処理方法のように思われる。鉛はクロムと違って、

近い将来にその枯渇が心配されている金属である。安井の意見によれば、2030年には、完全回収の条件をつけないければ鉛は全面使用禁止になる可能性があるという。

これに対して、今問題となっているこの大量の鉛ガラスやその他の鉛含有製品を、そのまま「管理型埋立て処分」（人工鉱山）にせよというユニークな提案がある（武田）。何年か経って地球上の貴重な資源が枯渇したとき、資源の乏しい我が国で、これが貴重な資源になるというのである。資源経済学的立場から、なかなか説得力のある意見のように思える。

そして「リサイクル増幅係数」という考え方を武田は提唱している。リサイクルするのにどれだけエネルギーが余分に要するかという指標である。これが高ければ、それだけ地球の負担が増える。忘れてはならない視点であろう。

本稿の記述にご協力頂いた松本巖、加藤隆也、米田誠士の諸氏に感謝する。査読頂いた速水諒三氏に感謝する。また多くの情報をインターネットで得たことを付記する。

[参考文献]

- 1) 黒川高明：「ヴァルトガラス」（印刷）東芝ドキュメンツ（2000）
- 2) 井上暁子：「ガラスのはなし」技報堂出版（1988）
- 3) 中山公男監修：「世界ガラス工芸史」美術出版社（2000）
- 4) P. C. R. van Eck: “Glass in the Rijksmuseum” Vol. II, Rijksmuseum Amsterdam（1995）
- 5) Rijksmuseum Amsterdam 美術館コレクション名品集（1995）
- 6) 中山公男監修：「ガラスの歴史」西村書店（1995）
- 7) ガラスびんリサイクル促進協議会：パンフレット“ガラスびんリサイクル”（2003）
- 8) ガラス工学ハンドブック（旧版）：朝倉書店（1963）
- 9) 1991 Data Book of Glass Composition：日本硝子製品工業会（1991）
- 10) E. Guadagnino & R. Dall’Igna : *Glass Technol.*, **37**, 76（1996）
- 11) 江口清久：「高ケイ酸ガラスの製造と応用に関する研究」大阪工業技術試験所報告 No. 355（1979）
- 12) 安井至：「市民のための環境学入門」丸善（1998）
- 13) 永田勝也（監修）：「エコデザイン 持続可能な生産と消費のための将来性のあるアプローチ」ミクニ環境システム研究所（2001）
- 14) 武田邦彦：「環境にやさしい生活をするために『リサイクル』してはいけない」青春出版社（2000）