

ポリエステル樹脂の成形加工（その3）

—— FRP による造形教育の実践 ——

田 中 陽 子

- 1 序
- 2 FRPによる造形教育の意義
 - 2.1 生産造形としてのFRP
 - 2.2 FRPによる創造活動
- 3 造形教材としてのFRP
 - 3.1 FRPの特質
 - 3.2 形成材料の取り扱い上の注意
 - 3.3 成形の反応
 - 3.3.1 ラジカル重合反応
 - 3.3.2 硬化とキューア
- 4 FRPのハンドレイアップ法による実践
 - 4.1 成形材料・補助材料及び工具
 - 4.2 加工技術の実習過程
 - 4.2.1 手工芸品の製作
 - 4.2.2 FRP絵画の製作
- 5 結語（実習を終えて）

1 序

今日の社会は成長する社会であるばかりでなく、高度技術社会である。人類は1960年代終りには月面に足跡を残し得た。この成功はコンピュータをはじめとする科学技術の発展の成果といえるが、同時に第二次世界大戦を境として急速に成長してきたプラスチックという材料が出現したことをも見逃がせない。この科学技術の進歩によって生まれた合成高分子化合物のプラスチックが開発されたことにより、かつては夢であった月面への着陸も実現し、一般家庭の日用品にもかなり取り入れられ、また生活

必需品の材質も変化し、豊富になってきたといえる。人間の素晴らしい能力は '70年代にさらに何を発見し、発展させ、創造して行くか楽しみである。今日は日常生活のいたるところでプラスチック製品が見られ、今後さらに多種多様のプラスチックが開発され、その製品はわれわれの生活の中で活用され、浸透していくものと考えられる。

今までの社会は停滞した社会であったが、今日の社会は成長する社会である。この繁栄の社会に生まれ、21世紀に生きる次の世代の子どもたちのため、造形教育においても新しく開発されたすぐれた材料であるプラスチックの発展に関心を持たせるべきだと思う。従来の木材、金属、竹材、紙、皮革、綿布などの材料と同様に、造形材料としてプラスチックを学校教育の中に取り入れ、造形的創造表現という経験で教育効果をあげたいと考えている。このような意図により一昨年、昨年と本学紀要に記述してきた。今回はFRPを普通教育で取り扱う場合を考えながら、ハンド・レイ・アップ法 (Hand lay-up Method) による実践を報告し、まだ未完成で研究の余地を多分に残すが、21世紀への造形教育の提案としたい。

2 FRPによる造形教育の意義

2.1 生産造形としてのFRP

FRPはガラス繊維強化プラスチック、すなわち Fiberglass Reinforced Plastics の頭文字だけをとったものである。現在強化プラスチックと言えばポリエステル樹脂とガラス繊維の組み合わせからなっている。一般に強化

プラスチックはポリエステルガラス繊維積層品と同義語に使用されている。

FRPの導入初期は業界においてもハンド・レイ・アップ法などの生産速度の遅いものが主体であった。しかしFRPの原材料ならびに成形加工の工業的基盤が確立するにつれて、機械的大量生産方式に順次移動しつつある。

日本のFRPはアメリカより10年遅れて始まり、初期は外国文献の翻訳が主体で、独自の基礎研究は細々と続けられ、試作は時には見当違いのものもあり、無理なものはすぐ消えてしまった。⁽¹⁾しかしFRPの原材料ならびに成形加工の工業的基盤が確立するにつれて、現在、機械的大量生産方式に順次移動し、無理な需要開拓は必要なくなり、安定した基盤内でコスト低減をはかる方向に向きつつあるといわれる。

FRP製ボートおよびヨットの成功により、FRPの利用は大型成形の方面での地位を固めている。ここで修得された大型成形の技術は、浴槽から、さらに便槽、浄化槽などわが国独特のFRP製品へと花を開かせている。FRP製の保安帽はボートや自動車のボデーなどともに、最もFRPの特徴を生かした製品であり、今後とも伸びて行く予想される分野である。

われわれの日常生活は、すでにこれらの新しい物質でおおわれている。これらのものをはっきり認識して買い求め、また鑑賞し、使用することをも含め、FRPによる生産造形活動である教育は進められなければならない。合成高分子化学は、理化学の一大分野としての研究も勿論重要であるが、同時に生産造形の大きな部門の一つとして、造形という分野でも今後大いに研究開発されるべきである。

FRPによる造形活動は、第一報で指摘したように基礎造形をふえた上での、使用的機能をもつ創造活動である生産造形の一分野であることを再確認しておく。

2.2 FRPによる創造活動

造形創造の教育では、一方に基礎造形というまだ造形にならない以前の要素学習として、美的秩序の感覚的基礎や表示の基礎、技術的基礎人間工学上の基礎などの教育があり、他方に生産造形といって目的条件に即して、発想し、思

考し、計画し、表示し、製作完成するというように新しいものを生み出す縦の過程を通して練習する創造学習との二系列がある。そして造形学習の本質的なものは、どこまでも新しいものを生み出す創造学習であることを自覚する必要がある。

ポリエステル樹脂を造形教育における形成材料として、まず考えた紀要2号(1968)の論文においては、松原郁二⁽³⁾らによって説明された造形創造の3要因(動機的要因、物質的要因、感覚的要因)の中の物質的要因として位置づけて考えた。しかし、FRPによる創造活動を通しての造形教育を実践する時には、3要因を認識し、その上に立って指導されなければならないと考える。ではどのような指導が行なわれなければならないだろうか。松原郁二の生活造形創造の過程とその指導を参考に、FRPによる創造活動の指導について考えてみたい。

FRPによる創造活動では、FRPのすぐれた材質を認識し、それを生かして目的、条件にあった題材を定め、その問題解決にあたる発想においては、ひらめきを大切にしながらアイデアを出して行く。アイデアを実現するためにデザインを行う。学校教育での創造過程では自分でデザインし、自分で製作するので、デザインと製作をはっきり区切ったやり方はできないが頭の働かせ方とそれぞれに取り組む態度の問題として、各段階の仕事の特質を意識させるべきである。製作の段階で消したり描いたりが自由に行なえない形成材料上の問題もあるからデザインのうちに十分に試行錯誤の段階を経ておくべきである。

デザインに当ってはまず、使用目的の機能に即した個性的なアイデアに従って、それを具体化する全体形態を予想する。同じ機能形態もそれをどの材料によって実現するかによって、まったく違った結果を示すことになるから、FRPの材料とその加工技術の立場も考慮しておかねばならない。そのうえでこれを美的に秩序立てて完成するというように、さらに現代の生活感情に訴えるような総合計画をする過程の指導がこの表現の第一の要件である。総合的なアイデアは、どこまでも子どものものを育てていかなければならないが、そのアイデアを完成させ

るまでの資料については、教師は充分に準備して、子どものアイデアを実現できるように助言し、指導していかなければならない。

生産造形での創造活動はアイデアを出すまでに少なくとも三つの研究指導がある。その第一は、目的、条件を確認することである。使用機能の具現のためには、目的、条件がぼんやりしては適切な着想は出てこない。題目がおおまかであれば自由に創造されるのではなく、自由であればあるだけ、その問題と取り組む意欲にも欠ける。だから教育としての主題は機能や制限をはっきりしていなければならない。第二はその目的、条件について分析的研究することである。デザインが感覚だけでできるものではなく、現代では人間的要求も向上しているし、科学技術も発達していることだから、この分析研究も精密に行なわれないと、より新鮮なものはでてこない。すなわち、品物そのものの機能としての物と物との関係や、その利用する人間と物との関係について、だれが、いつ、どこで、どのように利用するかというような諸要件の研究をすることである。第三は資料収集である。機能上の資料データ類似品の資料、材料上の制限があれば、それらの材質や加工上に必要な資料などを集めて、新しいデザインを完成するために参考にする。

以上が指導に必要な第一段階の準備である。第二段階は新しい創造のアイデアの出し方を指導することである。もちろん生命力を持つ人間だから、題目を聞いた瞬間にいくつかの着想がひらめくはずである。それが条件に適合するかどうかは別にして、そうした新鮮なアイデアはいつかは役立つし、立派に成長する基礎になるから、アイデアスケッチにでもして大切に保存する心がけがいる。アイデアは沢山出すほどよい。アイデアはメモしておかないと消えるし、また発展もしない。なんとなく考えているだけでは、アイデアはいくらもないものだから、ある要件について組織的に順を追って考えたり、逆の考え方をしたりして、工夫するやり方を指導する。出つくしたところで多くのアイデアをしばって決定する決断の指導をする。第三段階では、アイデアを具体化するため、改めて機能やメカニズム、寸法上の問題、材料と美の立場

からデザイン計画を進める。第四段階がこれらを具体的に表示する指導である。第五段階が製作であるが、これはまた、それぞれの内容に即して、加工技術を含めて組織的指導があるので実習の指導過程について改めて考えたい。

3 造形教材としてのFRP

3.1 FRPの特質

当初FRPは材料あるいは生産技術の点からも、また特に価格上からも特殊材料であるといわれた。しかしこの15年間に各種の技術開発が行なわれ、わずかではあるが技術データの蓄積ができ、また生産コストと原料費の低減がなされた結果もはや特殊材料ではなくて、一般材料になったといえる。

鉄筋コンクリートのコンクリートは押しつける強さは強いかも知れぬが、引張る強さは強靱とはいえない。その中に引張る強さの強い鉄の棒を入れて一体のマスとしたならば、それこそ鬼に金棒という強いものになる。また身近に存在する竹という天然資材を考えて見ると、これは植物繊維とそれを包んでいる有機物リグニンである。これが揮然一体となって竹という強い資材となっている。ガラス繊維は引張り強度は鋼線より強い。ポリエステル樹脂は有機物でこれは柔らかいが、これを組み合わせたFRPは新しい工業材料として今後さらに開発される将来性のあるものといえる。

金属材料の第一は鉄でアルミもまた重要資材の一つである。しかし日本には原鉱がない。鉄、アルミに代わるものがあるとしたら、その製造工業は日本としては振興をはかるべきである。まさにFRPはその工業である。いかにFRPが鉄、アルミに代わる新時代の工業材料であるかは、米国が着々とその実証を示しつつある。

FRPの原料の一つはガラスである。そのガラスの原料である硼酸だけは少量ながら輸入しなければならない。他の一つはポリエステルである。その原料の一つは石炭から取れる。他の一つは石油化学から得た方が安くつく。石油は日本に無いのでどうしても輸入して、石油化学

を振興すべきだといわれている。そこでFRPは原料的に見ても無理な日本の工業ではない。残る加工技術も手先の器用な日本人には打ってつけの製品は沢山ある。また、機械加工にしてもその装置にしても日本の工業水準でやっているので、FRP工業は必ず日本で興ると考えられる。

FRP用の樹脂として必要な条件は、まず補強材（主としてガラス繊維）との成形上の密着が指摘されるのは言うまでもないが、その他、

- (1) 熱硬化性樹脂であること
- (2) 機械的性質、電気的性質など一般的性質がすぐれていること
- (3) 耐熱性、耐候性、耐薬品性がすぐれている
- (4) 成形圧力が小さくてすむこと
- (5) 成形温度が低くてすむこと
- (6) 価格が安いこと

などがあげられる。これらの点を満たすものとして一般に不飽和ポリエステル樹脂が用いられている。

ポリエステル樹脂の属性としてつぎの点をあげることができる。

強 度	……強靱
耐 熱 温 度	……+ 170℃
燃 焼 速 度	……遅燃から自己消火
電気的特性	……高透電特性を有す
色 相	……半透明、不透明、着色広範囲に可能
引掻き強さ	……良、抵抗力あり
耐 酸 性	……抵抗力あり、強酸にて侵蝕
耐アルカリ性	……強アルカリで侵蝕
耐 鈹、動物油脂性	……変化なし
耐 食 品 性	……おおむね変化なし、希に影響されるものあり
耐洗剤石鹼液性	……強アルカリ物以外は変化なし
耐ガソリン性	……変化なし
耐アルコール性	……変化なし
耐アセトン性	……侵される
耐 候 性	……優秀
成 型 性	……優秀
比 重	……1.35～2.3

ガラス繊維は他の補強材にみられない数々の特性をそなえ、特に強度は圧倒的に大きく、こ

の繊維に比較できる強さのものは他にない。ガラス繊維の特性として

- (1) 不燃性であって、高温の使用に耐える
- (2) 引張り強度が大きく、高温でもほとんど劣化しない
- (3) 絶縁耐力が高く、また吸湿性が小さいので温度の影響をあまり受けない
- (4) 熱伝導率は、ガラスヤーンやガラスクロスのように密な組織の場合は大きくなる
- (5) 酸、油脂、希アルカリなどの薬品に侵されず、腐食性ガスにも侵されない
- (6) 石綿に比べて摩擦や振動に耐える
- (7) 伸びや縮みがないので、織物などの寸法に変化が起らない
- (8) 綿状では保温性、吸音性が非常によいなどがあげられる。現在は宇宙衛星から、一般家庭消費材にいたるまで、極めて広範囲にわたって使われるようになった。

3.2 形成材料の取り扱い上の注意

ポリエステル樹脂を使用して目的とするFRP製品を得ようとする場合

- (1) 樹脂の選択
- (2) 合理的な硬化条件の確立
- (3) 補強材、充填剤、顔料などの選択
- (4) 成形方式、成形条件の確立

などが適当でなければならない。以上のことがらをふまえた上、ポリエステル樹脂、触媒、⁽⁶⁾溶剤などについての取り扱い上の注意を文献を参考に明らかにしたい。

〔1〕 ポリエステル樹脂

- (1) 冷暗所で特に火気の心配のない場所に貯蔵すること。
- (2) 作業場は火気厳禁のこと
- (3) 作業場の換気に注意すること（自然換気で充分である⁽⁷⁾）
- (4) 皮膚あるいは衣類に付着した場合はできるだけ速く洗浄すること。皮膚炎をおこす心配がある。⁽⁸⁾

〔2〕 触 媒

- (1) 冷暗所で促進剤の近くでない場所に貯蔵す

ること。できれば独立建物がよい。

- (2) 火気には特に注意すること。その他有機過酸化⁽⁹⁾物と同様の注意が必要である。
- (3) 皮膚あるいは衣服に付着したときは速かに洗浄すること。溶剤、石鹼、水の順に使用洗浄する。
- (4) 作業場には必要最少量だけ置くようにし、他は安全な倉庫に貯蔵しておくこと

〔3〕 溶 剤

アセトン⁽⁹⁾は火気に充分注意すること。

3.3 成形の反応

Hand lay-up 法では補強材であるガラス繊維を如何に組合わせるかは、現物を製作する前に試験片で強度含浸性等を試験して、一番適当な組み合わせを決定しておきたい。樹脂の選定も速硬化性樹脂であり、ガラス繊維に合った良好な含浸性、脱泡性、空気乾燥性と同時に垂直面でも樹脂の“タレ下り”を防止して遙変性も必要な性質である。予備試験において、樹脂の可使時間、硬化性、粘度、作業の能率などを室温によってそれぞれ測定しておき、予め解媒、促進剤の量と室温の関係を図表にしておく⁽¹⁰⁾と便利である。この点については紀要2号でふれたが、さらに成形に伴う反応について、文献を参照しながら概括しておく。

3.3.1 ラジカル重合反応

ポリエステル樹脂の成形に際してはラジカル重合反応が盛んに起っている。連鎖重合反応、これは子どもがよくやっている将棋倒しという遊びで、相接近して並べて立てた将棋の歩の一端を、一寸指で押し倒してやるとそれがきっかけになって、自動的につぎつぎに倒れて行くのに似て、一旦反応を起しだすとあとは自分のエネルギーで、どんどん進行して行くので激しい発熱を起すのである。これを重合熱といっている。

反応は際限なく進みそうに見えるが、実際はある程度分子が大きくなってくると、2ヶの活性ラジカル同志が衝突して、再結合とか不均斉

化という反応を起して双方活性を失ってしまうか、または自分の活性をぶつかった相手に引き渡す連鎖移動という反応を起して分子の生長を停止してしまう。

それ故過酸化⁽⁹⁾物触媒は普通一般にいわれている厳密な意味の解媒と異り、反応後に再生できず、重合の進行と共に消費されてしまう。従ってあまり少量過ぎる解媒では重合は不完全になり、丈夫な成形品を得ることが難しくなるが、さりとてあまり多過ぎると、活性中心が一時に大量できて激しい反応が起り、それに伴って活性分子相互の衝突による重合停止も頻繁に起り過ぎ、充分な重合度を得ることが困難になり、製品の機械的性質も低下し易いのである。従って触媒の使用量には適量がある。定められた触媒の量を使用することが重要である。

3.3.2 硬化とキュアー

樹脂が外観的に固まったら樹脂化反応は終わったものと早合点され易いが、これは誤りであって、熱硬化性樹脂の反応では、硬化(Hardening)とキュアー(Cure)の現象を厳格に区別して考えなければならない。前者は外観的な現象であるが、後者はより本質的なものである。キュアーとは高分子化学的には、分子間に架橋(Cross-linking)を起させて不溶不融性のいわゆる3次元的網状構造を生成させる反応をいうのである。

4 FRPのハンドレイアップ法による実践

Hand lay-up 法は現在でもボート、自動車ボデー等の大型成形にはこの方法が適当なので使用されている。この方法は木型、石膏型、プラスチック型等の安価な材料で雄型か雌型のいずれか一方だけで成形でき、多種少量生産の大型成形には適している。しかしこの成形方式は品質管理、作業管理が難しく決して容易な成形方法ではない点は充分に注意する必要がある。また製品のいずれかの片面が平滑とならない欠点があること等については以前にも指摘⁽¹¹⁾した通りである。

しかし安い設備費ですぐれた材質であるFR

Pによる創造活動が体験できるという利点は、学校教育では特に望ましいことである。

4.1 成形材料・補助材料及び工具

昨年の紀要に設備と工具について記述したので、今回使用したもののみについてまとめるとつぎのようである。

〔1〕 主要な成形材料・補助材料

- (1) 原料樹脂：不飽和ポリエステル樹脂
商品名 エスター R21
- (2) 補強材：ガラス繊維クロス
商品名 CC #230
- (3) 解 媒：メチル・エチル・ケトン・パー
オキシド (MEKPO)
商品名 パーメック N
- (4) 促進剤：ナフテン酸コバルト (エスター
R21には添加されている)
- (5) 原型材料：木材，油土，紙，(片面白ボール
セルロイドなど)
- (6) 離型剤：ポリビニールアルコール (PVA)
商品名 ボンドフィルム 2番
- (7) 着 色：パターン用材料 (布，糸，紙など)
ポリエステル用顔料
- (8) 充填剤：炭酸カルシウム

〔2〕 積層用工具

- (1) 刷毛 (ニス平刷毛)
- (2) 脱泡用ローラー
- (3) 容器 (ラバボール，紙コップ)
- (4) はさみ
- (5) 攪拌棒 (割箸)

〔3〕 切断・仕上げ工具

- (1) 弓鋸
- (2) 金工やすり (荒目，中目)
- (3) 耐水ペーパー (120番，240番)

4.2 加工技術の実習過程

前述のFRPによる創造活動で述べたように目的条件に即して発想し，思考し，計画し，表

示する造形創造の過程を経て，製作に取りかかるわけである。

4.2.1 手工芸品の製作

FRPによる初歩的課題として，容器類が考えられる。FRPが容器類に利用され始めたのは古く，その特性である耐薬品，耐熱，耐汚染性から特に工業用として，昭和28年頃より研究され始め，薬品槽，貯水槽などはすでにこの年に実用に供されていた。⁽¹²⁾ 当時FRPの応用については全く無知で，ただ内外宣伝文によって得られた効能書だけを頼りに試作しては実験用を使用するという程度であったが，特に問題となる欠点も起こらなかったため，翌29年の原料樹脂の国産化で，洗面器，バケツ，貯水槽と広範な分野にわたって検討され始めた。

今年度，本学においては幼児教育科「工作実習」では，FRPによる浅い器，家政科「家庭工作」ではペン皿を課題とした。それぞれの課題に異なった原型材料 (セルロイドと片面白ボール紙) を用いて，目的，条件に即したデザインを考えさせた。ここでは，各自設計したものに從って製作する段階ごとの加工技術について記述する。

〔1〕 原型の製作

一般にFRPの成形では，型の良否は決定的なものとなるが，特にHand lay-up法では型面を最良の状態にすることが重要である。石膏のような多孔質の型の場合には，あらかじめワックスなどで目止めして，表面を平滑にする必要がある。過去に実習した原型の製作では，油土を主材に平面にはビニール塗装をしたベニアを使用した⁽¹⁾が，この方法では原型の製作過程にかなりの時間を費した。原型の製作を能率的にできるように，今回は原型の製作材料に二つの異なったものを使って見ることにした。一つはセルロイドで型を作り，原板のハードボードにセロテープで押えてみた。(写真1)他の一つは厚目の片面白ボール紙を使用した。(写真2)片面白ボールを折り曲げるには，ボール紙の裏からきずをつけ，その切りきずの線の両側から片面白ボール紙をNTカッターやかみそりでそ



写真1 セルロイドによる原型の製作

り取って曲げると、折り目が非常にきれいにできて大成功であった。型は接触圧に耐えればよいので、やや深い時は一定の深さになるまで雄型の平面の高さを、油土や木切れなどでもちあげればよい。また、大きいものの型を片面白ボール紙で作る時は、つぎの工程で作った原型が波をうったり、原型が変形する心配がある。そこで、変形を防ぐために片面白ボール紙の裏から、ポリエステル樹脂を塗り、型を固定させる方法をとることも考えられる。

ボール紙で原型を作ってはどうかと考え、始めの試作で厚手の両面白ボール紙を使用した。ところが、折り曲げる時きれいにいかなかった。そこで片面白ボール紙を使用したわけだが、折り曲げる点で前述したように裏にきずをつけ、その線にそって裏からボール紙をそり取るという方法でいくと、両面白ボール紙の使用も可能となる。製作するものによっては、厚手の両面白ボール紙、片面白ボール紙、さらに空箱も原型材料として活用できるので、次回の課題はこれらをいかして発展できると考えている。

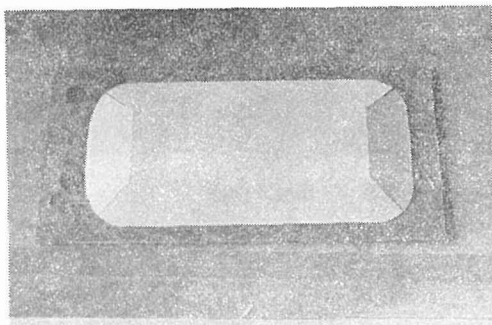


写真2 片面白ボール紙による原型の製作

〔2〕 離型剤塗布

多孔性の型については離型処理をしなくてはならない。逆に光沢のあるセルロイドで作った原型には離型処理をしなくてもよい。片面白ボール紙で作った原型には、ポリビニール・アルコール（PVA）を刷毛で、均一に1～2回塗布する。PVAは青色に着色して識別率をあげてある。PVAは水溶性なので、使用した刷毛は水洗しておくといよい。PVAは約30分で乾燥する。今回の課題で原型製作から離型剤塗布までを、100分間の同一実習時間内で行ない、次週につぎの段階に入ることができたので、仕事は昨年までに比べてスムーズに進行した。

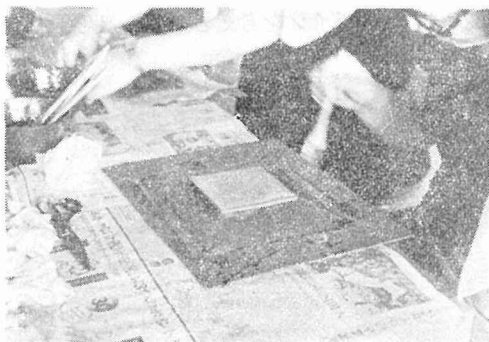


写真3 ゲルコート

（この型は平面部に木片をあて、完成時の底面が水平になるように工夫してある。）

〔3〕 ゲルコート

成形後製品の表面を極度に平滑な仕上げ面として、脱型後一切の仕上げ加工を省略する方法としてゲルコートを行なう。ゲルコートはゲルコート樹脂仕上げも行なわれるが、手工芸品の小品では積層用樹脂で代用することができる。

成形品のゲルコートの厚さは、一般に0.3～0.5mm程度が基準である。これは不飽和ポリエステル樹脂に触媒のメチル・エチル・ケトン・パーオキサイド（MEKPO）を可使時間20～30分になるように添加したものを刷毛で、均一に1～2回塗布すればよい。（写真3）

使用するポリエステル樹脂に加える触媒の量と室温の関係は予め、はっきりさせておくべき

である。ゲルコートで重要な点は厚さを均一に塗布することで、適当な硬化までつぎの作業を始めないことである。使用した刷毛を硬化させないように、刷毛はアセトンで洗っておくことも、実習時には気をつけなければならない。少しべたつきは残るが、接触可能な程度まで硬化が進んだらつぎの積層を始めてもよい。

〔4〕 装飾（パターン張り込み）

表面装飾のパターン材料は、ゲルコートと1枚目のガラス繊維の間に張り込む。この表面のデザインが作品の価値に及ぼす影響は大きいので、ゲルコートがゲル化するまでの間、よりよい作品になるように各自の感覚で表面の装飾のための平面デザインを考えさせる。（写真4）



写真4 パターン作り
（和紙に水彩絵の具で描く）

平面デザインは吸水性のよい薄い和紙に水彩で描いたものを用いてもよい。また、ガラス繊維に直接水彩絵の具で描いてもよい。その他、糸、毛糸、布、紙などのパターン材料を用いてデザインをまとめたものを張り込んでもよく、あらかじめ方針をたて、パターン材料で組み合わせるとよい。

ゲルコートがゲル化後、1時間位してから触媒を混ぜた樹脂を塗布しながら刷毛でパターン材料を張り込む。なお、水彩で描いたパターンは完全に乾燥させてから張り込む。

〔5〕 積 層

パターンを張り込んだ後、補強材であるガラス繊維の積層を行なう。まず触媒を添加したポ

リエステル樹脂を刷毛で、1枚目のガラスクロスの上によく含浸させるように塗る。

（写真5）



写真5 積 層（1枚目）

（ガラス繊維に直接水彩でパターンが描かれている。）

Hand lay-up 法ではこの段階で、脱泡に気をつけながら手際よく積層作業を進めて行く。積層は欲する厚さまで作業を繰り返して行くわけだが、今回使用したガラスクロスでは3プライで約1mmの厚さとなるので、1枚ずつ3枚目までガラスクロスを積層する。（写真6）

積層では充分にガラス繊維に樹脂を含浸させしかも脱泡を充分に行なう。使用する刷毛は硬化させないように気をつける点はゲルコートの段階と同じである。



写真6 積 層（3枚目）

〔6〕 硬 化

樹脂に適量の触媒を添加すると、ラジカル反応が盛んに進む。硬化は通常 10℃以上で行な

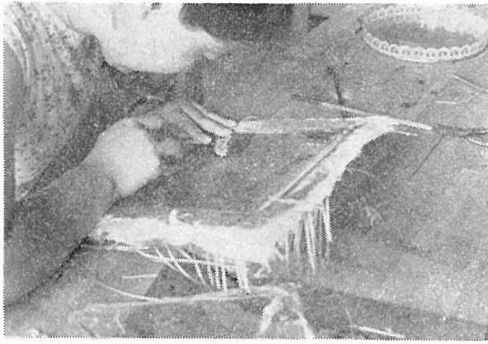


写真7 離 型

う。赤外線ランプで加熱する時も60℃以下で行なう。

触媒は約30分で硬化するように添加するが、完全に硬化させるためには数時間を要する。同じ週の実習時間(100分)で、ゲルコート、パターンの張り込み、積層までを能率よく続けて行ない、次週まで硬化させるように行なっていたが、仕事を進めて行くうえで非常に都合がよかった。

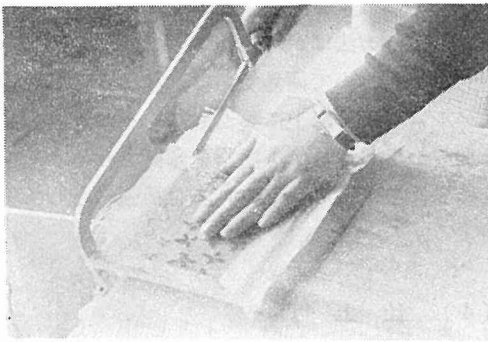


写真8 バリ取り(金切鋸による)

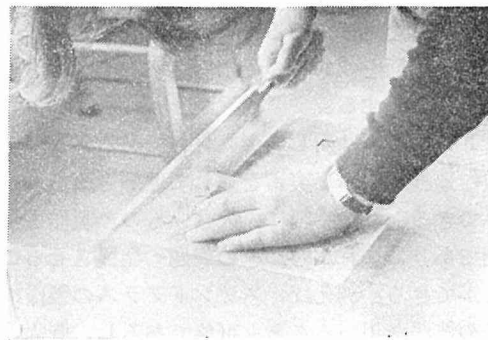


写真9 平やすりによる仕上げ

〔7〕 離 型

硬化したものは、ドライバーを使いながら端から順々に手ではいで行く。今回使用したセルロイドと片面白ボール紙の型は、離型が非常に容易であった。(写真7)なお、気泡があるものは補修するまででいねいに扱う。

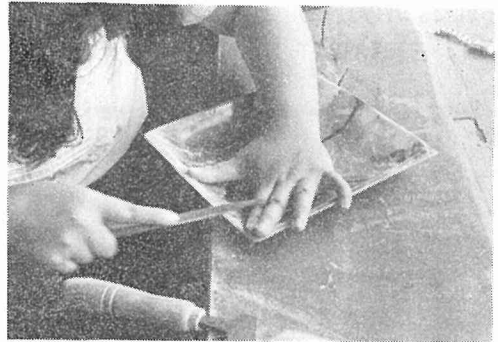


写真10 組みやすりによる仕上げ

〔8〕 仕上げ(バリ取り・補修)

型からはずした成形品の「バリ」を金切鋸で切断する。(写真8)FRPの仕上げに用いる工具類は、金属加工に使用するものに準じている。金切鋸による切断は金切鋸の往復運動を与えながら、押す時に力を入れる。金切鋸による切断面は断面が荒いので、やすりをかけて仕上げて行く。長い部分は平やすりの荒目または中目を使用する。(写真9)細部は組やすりを用いる。(写真10)さらに耐水ペーパーの240番、320番で切り口を軽くみがいて仕上げる。耐水ペーパーで、ゲルコートした表面に触れると表面の光沢がなくなるので気をつける。



写真11 気泡の補修仕上げ

表面に気泡ができたところは、ていねいに樹脂で補修する。(写真11)

〔9〕 完 成

原型材料の大きさ制限内で寸法、形を工夫し表面のパターンも各自の感覚でまとめさせた作品は、それぞれ個性豊かな作品として完成させられた。(写真12) FRPの完成品は 丈夫で軽く、どれもすばらしい作品であった。

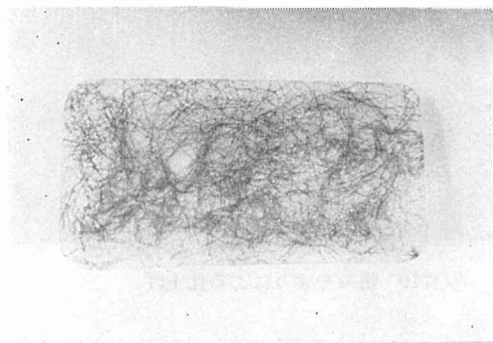


写真12 完成品の一例

4・2・2 FRP絵画の製作

FRPによる製作活動を通して、表面のデザインとして、いろいろな材料や方法による効果的なパターンを考えてきた。その中でガラス繊維に直接、水彩絵の具で絵を描いたものを、積層の1枚目に用いる方法は、作品の表面に気泡は入らず仕事の能率もよいことがわかった。また薄い和紙に描いたものもよい作品となった。

この経験から、FRPによる心象の表現は創造の意欲をもりたて、すぐれた作品を製作することができる点に気づいた。これはガラス絵といわれるものもあるので、FRP絵画と名付けることにした。

FRP絵画は表面は平滑であり、軽くて丈夫でしかも額にはガラスを入れる必要がなく、発色もよく、人々の注意をひくものとなった。つぎにFRP絵画の製作過程を記述する。

(1) 原板の準備

作品の表面が平滑になるような原板を用意する。これは、板ガラスを用いてもよいが、ハー

ドボードまたは、枠組みしたペニアの上にセロファンを水張りしたものを用いてもよい。この方法によれば離型剤を塗らなくてよいので、都合がよい。

(2) 心象表現

この段階はFRP絵画で最も重要な仕事である。そのため下絵をしっかりと描かせてから製作に入るとよい。

FRP絵画では心象表現の方法として、2種類考えられる。一つはガラス繊維のクロスに直接、絵を描く方法であり、他はゲルコートした上に、薄い和紙に描いた絵を張り込んで行く方法である。用いる描画材料は水性がよく、油性やパス類は使わない方がよい。

(3) 積 層

直接ガラス繊維に描かれた絵はセロファンの上に、絵を裏返しにおき、触媒を加えたポリエステル樹脂で気泡ができないように含浸させていく。その上にさらに2枚のガラス繊維を積層する。この方法はゲルコートの必要もなく、技術的にはきわめて簡易である。和紙に描いた絵はゲルコートした上に裏返しに絵をおき、触媒を加えたポリエステル樹脂を含浸させる。その上に3枚のガラス繊維クロスは補強材として積層する。

(4) 仕 上 げ

積層が終ったものを一晩おき、翌日これを端からはがしていく。それぞれの作品に応じて絵の大きさを定め、しるしをつけ金切鋸で切断する。切断面を240番の耐水ペーパーで整えると作品は完成する。

FRP絵画は新しい形成材料であるFRPの製作過程を簡単な実習を通して理解させることができる。また手軽に、大きいものの製作も可能であり、これからつぎの課題へ発展させることができる。例えば、スタンドグラスの製作にこの技法を用いることも可能であるし、壁面、間仕切りなどへの利用も考えられる。

5 結 語 (実習を終えて)

現在、普通教育ではまだFRPによる造形活動は一般に行なわれていない。今回記述した本学における造形教育の実践は、今後普通教育の製作課題として取り扱われることを考えて行なったものであり、一つの参考例になればと思う。この実習指導を通して普通教育においてもFRPによる造形教育の実践は可能であり、教育効果をあげうることを確信した。

実習を終えて学生の反省・感想を聞いてみると、新しい材料への魅力と関心は非常に高く、しかもそれぞれの過程をしっかりと行なうことにより、予想以上のすぐれた作品が完成したことにより興味と喜びを味わったようである。また実習の予備知識として各種材料とプラスチックの比較、プラスチックの中でのポリエステル樹脂及びFRPという材料の解説を行なったが、学生は知識欲も旺盛であり、予想以上の興味をひいたことがわかった。学生の反応から見てもプラスチック、FRPという材料は21世紀にのびる造形教育の形成材料に成長させることが必要であると感じた。

造形の教育内容は表現の造形(心象表現)、伝達の造形(伝達の機能の具現)、生産の造形(使用的機能の具現)という3分野が考えられている。今までは生産造形の一つの課題としてFRPを考えてきたが、FRP絵画でわかるように、造形の教育内容の全体にわたっての指導が、FRPを使って可能である。造形による教育の役割を認識し、FRPによる造形活動を考えていきたい。今後さらに試作を続け、実践指導の内容も深めながら研究の充実をはかりたいと考えている。

< 引用 文 献 >

- (1) 竹鼻三雄：FRPの若々しさについて。
強化プラスチック
Vol.15 No.1 P.2 (1969)
- (2) 田中陽子：ポリエステル樹脂の成形加工(その1) 山梨県立女子短期大学紀要
Vol.2 P.12 (1968)
- (3) 松原郁二、高山正喜久、長谷喜久一：造形創造の理念と構造及びその教育について
第17回国際美術教育会議発表要項
(1965)
- (4) 松原郁二：美術教育法 P.146 (1969)
- (5) 牧、仁科、山科：FRP工業5年後のビジョン。強化プラスチック Vol.15
No.2 P.63 (1969)
- (6) 岡沢洵平：ポリエステル取扱い上の基礎知識と問題点。強化プラスチック
Vol.8 No.2 P.74 (1962)
- (7) 秋田、大石：強化プラスチック Vol.3
P.219 (1957)
- (8) 有機合成化学協会編：工業薬品安全取扱要覧
(1954)
- (9) 日本化学会編：化学実験の安全指針 (1960)
- (10) 秋田 務：ポリエステルの成形法 Vol.2
No.3 P.17 (1956)
- (11) 前掲書 (2) P.17 (1968)
- (12) 森太兵衛：FRPの容器について。強化プラスチック Vol.11 No.1 P.53
(1965)