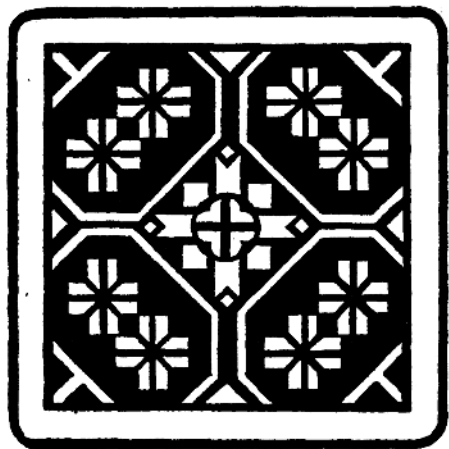


台港及海外中文报刊资料专辑

材料科技



第 4 辑

1987

书目文献出版社

出版说明

由于我国“四化”建设和祖国统一事业的发展,广大科学研究人员,文化、教育工作者以及党、政有关领导机关,需要更多地了解台湾省、港澳地区的现状和学术动态。为此,本中心编辑《台港及海外中文报刊资料专辑》,委托书目文献出版社出版。

本专辑所收的资料,系按专题选编,照原报刊版面影印。对原报刊文章的内容和词句,一般不作改动(如有改动,当予注明),仅于每期编有目次,俾读者开卷即可明了本期所收的文章,以资查阅;必要时附“编后记”,对有关问题作必要的说明。

选材以是否具有学术研究和资料情报价值为标准。对于反对我四项基本原则,对我国内情况进行捏造、歪曲或对我领导人进行人身攻击性的文章,以及渲染淫秽行为的文艺作品,概不收录。但由于社会制度和意识形态不同,有些作者所持的立场、观点、见解不免与我们迥异,甚至对立,或者出现某些带有诬蔑性的词句等等,对此,我们不急于置评,相信读者会予注意,能够鉴别。至于一些文中所言一九四九年以后之“我国”、“中华民国”、“中央”之类的文字,一望可知是指台湾省、国民党中央而言,不再一一注明,敬希读者阅读时注意。

为了统一装订规格,本专辑一律采取竖排版形式装订,对横排版亦按此形式处理,即封面倒装。

本专辑的编印,旨在为研究工作提供参考,限于内部发行。请各订阅单位和个人妥善保管,慎勿丢失。

北京图书馆文献信息服务中心

材料科技 (4)

——台港及海外中文报刊资料专辑(1987)

北京图书馆文献信息服务中心编辑

季啸风 李文博主编

高彦华 选编

书目文献出版社出版

(北京市文津街七号)

北京百善印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

787×1092毫米 1/16开本 5印张 128千字

1987年12月北京第1版 1987年12月北京第1次印刷

印数 1—3,000册

ISBN 7-5013-0298-7/TB·4

(书号 15201·75) 定价 1.40元

〔内部发行〕

取代石棉避免公害之革命性最新建材

石 方

紅泥抗氧化塑膠劃時代產品問世

取代PVC具多項特點施工方便價格大眾化

由中通紅泥公司推出系列產品現貨供應各界

多少年來，市場上的建築材料之一，大多使用傳統的石棉瓦與傳統的PVC製品，但自發現可能引起肺癌的石棉材料已造成嚴重公害，致威脅人類生命健康後，歐、美、日等國家早已立法對石棉的製造販賣，輸入，即嚴加管制。

石棉材料在日常生活中到處充斥，已被認是飛舞在風中的殺手，因為石棉纖維日久脫落後，石棉塵即導致呼吸困難，乾咳，食慾不振，並引起人體胃、肺、大腸、腺體等癌瘤之發生，因此，工業界近年正加速開發足以取代石棉功能的各項替代品。

固然，石棉板向來使用普遍，價格又便宜，事實上也有它的致命缺點，除了上述有害大眾健康外，因其久曝室外，極易老化、龜裂，強韌性消失，一碰就碎等。毀壞後，在此次臺灣風過後，行政院院長且公開指出儘量避免使用石棉瓦為復興建材。

為了克服室外氣候導致塑膠製品老化又不致造成公害之缺點，工業技術學院聯合工業研究所經過多年試驗，配製成一種耐老化性能而價格與P、V、C相若之新建材——「紅泥抗氧化塑膠」，亦即紅泥塑膠。

紅泥塑膠簡稱R、M、P，係利用一定細度的紅泥粉，加入聚氯乙稀(P、V、C)以及適量的安定劑等加以混和製成新材料，它具有抗熱、耐電壓、耐化學品、抗氧化、高機械強度等特性，壽命遠較一般塑膠材料長，由工研院聯合工業研究所研製成功後，迄今已榮獲中華民國、美國、日本、比利時、英國、加拿大、澳洲、印度等十餘國核准專利。

紅泥塑膠的誕生將取代目前市場上傳統的石棉瓦與傳統P、V、C製品，因為石棉的公害已經不能在這個時代繼續下去了。今年六月世界國際勞工組織總會(1、L、O)召集會議訂定條約，其中對石棉安全使用及保障勞工健康避免「石棉肺病」多項，在一六二條中有所規定，並在國家賠償法中對其受害者予以賠償。

紅泥塑膠板經聯合工業研究所做耐候試驗時，以日本東洋精機製作的EQUATOR-O-METER, BODEL, FCN-A, 破壞強光燈，進行人工加速耐候試驗，發現紅泥塑膠耐射材料四二八〇小時仍保有原抗拉強度，伸長

率仍有百分之八六以上，而普通聚氯乙稀(P、V、C)塑膠耐射六百小時後，抗拉強度僅餘百分之五十而伸長率降至百分之二六。較(P、V、C)塑膠強廿八倍以上。

一種新建材的誕生，通常要經過千百次實驗，又經過工研所的不斷改良配方，終於研究成功推出紅泥塑膠產品，並榮獲國際專利權。

所製出之硬質紅泥塑膠其物性如下：抗拉力強度及彎曲應力，每平方公分超過五百公斤，於斷裂點之伸長率為一、四至一、七倍，超過正字標記P、V、C之標準，聯合工業研究所曾以紅泥塑膠管與市售同規格正字標記P、V、C管同置，進行自然氣候曝曬試驗，兩年後測定物性比較，紅泥塑膠管仍保有原物性，而P、V、C管的物性則消失殆盡。

其它如水壓試驗、壓扁試驗、浸漬試驗、抗電壓試驗、溶解試驗、耐燃試驗等所得之數據，都和P、V、C塑膠材料雷同，如添加特殊成份或部份修改添加劑即可得各種特殊用途之紅泥塑膠，適用範圍很廣。

紅泥塑膠因具有優異之耐候性能，當應用於戶外設施時更能令此項特性表現得淋漓盡致，故可用於工業、建築、農、漁、鹽、水利及國防建材方面，實際上的使用可包括水、電配管、瓦斯管、地磚、安全瓦、柯柱、漁筏、結寮、香蕉支柱……用紅泥塑膠板作為建築的屋頂，可抗禦外緣、電波干擾，並有優越的隔熱效果。

工業技術研究院聯合工業研究所發明，榮獲我國及世界十餘國核准專利的紅泥塑膠現由中通企業公司推出系列產品，現貨供應各界，該公司並徵求各地經銷商；更歡迎合作內外銷。

中通公司供應建築界全面改善屋頂、牆壁、地磚、及裝潢之紅泥抗氧化塑膠系列產品有浪板、平板、屋瓦、地磚、塑膠管、管類接頭及相關附件等，系列完整，且價格大眾化。

中通紅泥公司地址：臺北市長春路六十七號六樓之一。電話：五一六一三五號

目 次

综 述

开发尖端技术最具关键性的新材料 (上)	程一麟	1
---------------------	-----	---

刀具材料

新刀具材料应用技术及实例	陈江龙	15
--------------	-----	----

高分子材料

矽橡胶之合成、特性及应用	连清宏	26
--------------	-----	----

建筑材料

P U 防水材	林志坚	42
---------	-----	----

红泥抗老化塑胶划时代产品问世	石 方	—
----------------	-----	---

陶瓷材料

长石粉体在三轴坯体中之热行为	颜富士 蔡尚智	53
----------------	---------	----

腐蚀与防护

海洋R .C .结构物龟裂与腐蚀互制现象	林维明	67
----------------------	-----	----

专利摘要

美国专利摘要		76
--------	--	----

開發尖端技術 最具關鍵性的新材料(上)

程 一 麟

以往吾人通常稱十年前為「從前」，如今由於技術之革新，日新月異，正全面開始以超速在前進中，「昨日」的新技術極可能已不再是「明日」的新技術，技術開發進度之「神速」將為人類帶來更大的「福祉」。其中能源、資訊及材料是今日文明及現代化生活的三大支柱。

新技術開發完成後立即予以商業化之同時，為求更能提高其性能，就勢須再開發更新更好的材料來迎合更進一步的需要，即正以「永遠沒有最好，只有更好 (better than the best)」，不斷地追求卓越的精神全力以赴。如此新材料與尖端技術有互相追趕研究開發之趨勢，因此技術革新的時代也可說是材料革命的時代。

例如1981到82年的兩年間，太空艙之太空旅行獲得數度的成功，太空梭在進入大氣層時，假如沒有耐摩擦熱所需之耐超高溫材料，諸如精密陶瓷以及碳纖維、硼纖維等複合材料，高機能性高分子等之類所謂耐熱材料等種種新材料的配合，實在絕無可能實現太空之旅。又以時速五百公里奔馳的超速度磁力浮走列車的磁浮電車，亦係以開發超導電材料為出發點而獲得實現。又因雷射手術技術而使外科手術可致「不出血」的效果。由於光通訊用光纖維的發展而使電氣通訊的傳達能力能提升十倍。

各種材料除了為更加發揮現有材料類別之功能外，正朝向「薄輕短小」等經濟性為着眼點的方向作積極努力，更為因應種種尖端科技發展之需求，而有許許多多創新的機能正不斷地在作急速的研究開發及陸續問世中：諸如能夠記憶形狀的「鎳鐵合金」；可儲存氫能量的「儲氫合金」；強硬而不腐蝕的「非晶質合金」；能大大有助於解決能源問題的「超導材料」；高效率氣渦輪機之關鍵材料的「超耐熱合金」；製造高性能磁帶用的「金屬超微粒子」、「高性能結晶控制合金」；具有無限潛力的「化合物半導體」、「磁氣氣泡記憶體材料G.G.G」；廣用於太陽電池等的「非結晶質矽」；向超高速資訊處理挑戰的「約瑟夫元件」、汽車「陶瓷引擎」、「電子陶瓷材料」，硬度幾可比美天然鑽石的「超硬質陶瓷」；代替人類五感的各種「感測器材料」；將以優越之機能特性逐步取代金屬的「工程塑膠」；使絕緣體的塑膠能通電的「導電性高分子」；將取代蒸餾塔的「高機能分離膜」；外科手術用人工臟器等之「陶瓷及高分子材料」；因應輕量化要求之「第二代複合材料」；比鐵強而比鋁輕的「碳纖維強化樹脂」；碳化矽纖維等「新複合強化材料」的繼續開發以及走向最尖端的「纖維強化金屬」(F.R.M)等等。

似此新材料對於始自電子乃至核能等所有的尖端技術來說已產生了甚大的貢獻，而領導二十一世紀之新技術開發，一般認為在本世紀末期將達到最高峯，因此開發最尖端技術可說是已正式地展開了。

例如，為了實現所謂最終能源的核融合，其所開發之超高耐熱材料須能承受超過一億度高溫，乃屬絕對必要之條件。另外以利用太陽光熱為起點的新能源、太空海洋、資訊、生命技術等二十一世紀所需大型科技技術的巨大計畫將接踵展開，因此吾人稱新材料革命是未來技術開發之關鍵並不為過。

筆者有感於日本在近年來為求其在最尖端技術之材料研究開發方面迎頭趕上，進而超越歐美各科技先進國家，而始自其通產省（相當於我國政府中的經濟部）、科學技術廳、各研究機構以至民間企業等等，早已在從事全國性有組織有計畫地一致配合，積極進行各種新材料的研究開發（請參考附表）而不遺餘力，其中在許多方面並已超越了歐美而領先全世界，不得不令人震驚與刮目相看。筆者於憂心忡忡，惟恐我國在策略性新材料之研究發展方面未能早日與歐美日本並駕齊驅之餘，特將日本證券新聞社所發表的「新技術開發之關鍵材料的革新及其相關企業」一文，請謝茂城、高道德、許煥亮三位先生選譯分上下兩篇發表，若能對今後我國策略性新材料之研究開發的整體規劃及其分工合作之積極推動方面有些許參考價值者，則誠幸甚矣！

新材料的用途和種類繁多，此次新技術系列之「新材料」是分為：金屬之新領域，電子材料，尖端化學，複合材料等四類，將其代表性製品之特點及其開發狀況分別作如下探討：

第二代產業基礎技術的研究開發制度

研究主題		內 容	參加的民間企業
新 材 料	精密陶瓷	為了克服陶瓷的脆性，而確保其具有構造材料所必須滿足的性能及可靠性，以達實用化基礎技術之建立。	東芝等15家
	高效率分離膜材料	一種有關革命性高效率分離膜材料基礎技術之建立，使原來難以適用膜分離處理之範圍亦得以適用。	東麗等11家
	導電性高分子材料	開發為了實現具有與金屬導電功能相異之機能的新型高分子電子材料，有關其導電性高分子材料基礎技術之建立。	
	高結晶高分子材料	有關建立作為構造用材料，其力學特性足以與金屬材料相匹敵之高結晶高分子材料的基礎技術。	富士重工等16家
	高性能結晶控制合金	有關建立依據合金設計進行成形、加工等，以控制金屬組織之高性能結晶控制合金的基礎技術。	
	複合材料	有關建立有效利用其異方性使其在必要的方向內具有高强度，高韌性的複合材料之技術。	

1. 以技術革新來擴大金屬功能之新領域

精密陶瓷或高機能性高分子「如工程塑膠（Engineering Plastic）等」之間世，在某些用途方面顯可取代金屬材料，然而鐵、鋁、銅等為與吾人有密切關係的金屬材料，其用途未減，誠可謂「老兵不

死」，其需要性仍未衰退。

然而，為了因應能源危機後時代對節省能源及能源開發等之要求，在實際上，金屬材料業界正全力投注於提升合金加工技術，開發複合化，高附加價值化製品而不遺餘力。金屬在全世界之年總生產量高達八億噸，擔負着材料使用量最多的使命。

金屬中，鐵是至今用途最廣的素材，正為護衛「產業之母」之雅譽而奮鬥，作為汽車構造材料至今之所以仍能居於主要角色，乃由於因應省能源，輕量化時代之要求進而開發質輕而強的高張力鋼。亦與鋁及其他新材料進行激烈的競爭，就汽車而言，在美國及加拿大的冬季，為了防止冬季道路凍結而灑上大量鹽巴。為了防止對車身所造成之鹽害，鋼鐵業界正致力開發不生銹新鋼板（單面鍍鋅鋼板）。

然而不論如何，開發領導廿一世紀最尖端技術之新合金實為不可或缺的。也就是說開發與原子爐、MHD 發電、核融合系統、太陽爐，地熱發電等新能源有關者，超高性能氣體渦輪（gas turbine）或太空梭（space shuttle）或各種衛星發射用太空火箭等，作為向更嚴酷的環境挑戰而具有超耐熱、超耐熱特性的新合金，亦即開發超耐熱合金（super alloy）乃屬必要。日本亦正進行開發「耐熱性是目前合金的兩倍，強韌性為 1.5 倍」之新合金即高性能結晶控制合金及以質輕強韌的精密鑄造、粉末冶金所製造之鈦合金等。

此外，一個接一個地開發了，不為磁鐵所吸引之鐵（磁浮電車用），超微粒子金屬，超彈性金屬，超快削鋼，以及發電損耗為零之超電導金屬，其強度為鐵十倍的鬚髮結晶合金（whisker alloy）等，甚至於更強更硬，不被腐蝕之非晶質新合金（amorphous）世上不可思議的形狀記憶金屬——鈦鎳新合金，儲氫合金等所謂外國引進材料之新奇金屬相繼問世。

如此藉追求理論極限，劃時代的加工及製造技術的進展，不斷地誕生金屬的新面貌，除了以上新合金，外國引進材料之外，金屬合金藉由與其他的新材料，精密陶瓷及工程塑膠等形成複合材料之際，而得以有效地發揮其優越的特性。

2. 能够記憶形狀之鎳、鈦合金

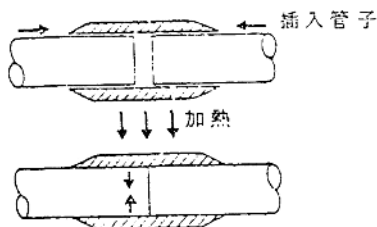
簡直就如橡膠般具有彈力的金屬，即使受力伸長20%，也會完全回復其原形，一般金屬的彈性能保持最多也不過大約0.5%已算是很勉強；然該種金屬不僅如此，尚可記憶本身的原來形狀，保有不可思議的性質。亦即在某個溫度下將其加工成某種形狀，在別的溫度中即使完全伸直了，然當恢復到原來溫度之瞬時，其形狀也跟着回復成原先的模樣。

前者所述之彈性叫「超彈性」，而後者的性質稱作「形狀記憶效果」。似此種不可思議的性質，廣泛地受到世上注目的是「鎳、鈦合金」，簡稱「NT 合金」（亦或取其鎳、鈦和研究室的頭一字，稱作「Nitinol」）。

能顯示相同性質的合金除了 NT 合金之外，尚發現有銅—鋁、銅—鋅—鋁、金—鎢等約有二十種左右。當然其中最具「記憶力」的是美國海軍研究所於1963年時所發展成功的 NT 合金。獲得專利權的美國雷伊肯姆公司，將其使用在製造 F14 戰鬥機的油料管接頭上。首先，先做出比本管口徑略小的管接頭，然後將其冷卻至零下四十度以下，此時管接頭的口徑會擴大，再將本管前後套合，恢復至常溫。如此，管接頭因會回復到原來的小口徑，藉此鎖緊本管，不需 V 字隙形即可完成空中加油的一種機構。

除了此種管接頭之外，美國 NASA（國家航空暨太空總署）也藉此成功地發展出一種能夠在火箭發射中

形狀記憶合金管子接頭
在變態溫度以下將接頭擴大備用



接頭的內徑變小，而將管子緊密連接

圖-1

合疊備用，而在太空中能自動回復原形以恢復拋物線型天線形狀的形狀自己復元天線。

在日本古河電工是站在開發此種合金的最前端，雖然專利權被美國海軍所奪，然而 NT 合金的開發却是與美國海軍研究所同一時期，實當「累積 NT 合金之技術乃世界第一」而無愧。美國的基本專利權有效至1979年三月為止，而應用專利權是到1981年三月為止，往後將可拭目期待發揮其本領。

其應用範圍非常廣泛，除了如溫度控制裝置，積體電路的導線，汽車零件等應用，在裝置和機械零件外；其與人類身體之整合性良好，且耐蝕性強，因而可作骨折部之固定用，人工心臟方面的人工肌肉及牙齒矯正方面的醫用材料等亦備受矚目，上述應用範圍內最具吸引力的是隨溫度的變化，而能瞬間恢復原形以產生力矩的熱引擎。東北大學選鑄製鍊研究所的本間教授正進行此方面的研究開發工作，其模型曾在神戶的（1981年理想鄉）展覽會中展示過。工業技術院也給予古河電工及日本聲寶公司經費補助，而成功地試作出熱驅動式發電系統。

然而，最感到困擾的是 NT 合金的成本高達每公斤10~30萬日幣，因此，最近開始考慮開發低成本的金屬形狀記憶合金。三菱金屬，神戶製鋼所，住友特殊金屬等日本的金屬材料製造廠商們，本着「銅才是普遍型形狀記憶合金的主角」的概念正緊鑼密鼓地在研究開發中。

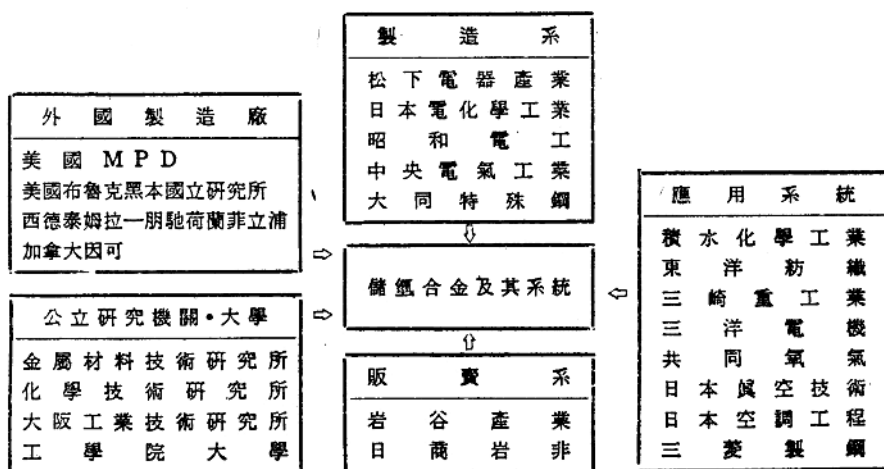
3. 儲存氫能量之儲氫合金

自從石油危機以來，氫能源被視為是無公害的新能源；地上無限量存在的能源，對其如何能有效加以利用，在世界上正受到重視，可是氫氣的儲存却有困難點存在。以氣體狀態儲存時，需要有笨重的高壓容器，若要液化，則非冷卻到攝氏零下 253 度的極低溫不可。然不論何者都被安全問題所困，因此既要能簡便的儲存，又要摒除爆炸的危險性，其貯存方法經仔細考量結果，只有利用儲氫合金一途。

儲氫合金是將氫原子儲存於合金之結晶間隙內，如此在不需高壓容器下亦能保有儲存液化氫的功能，極具安全性與經濟性。這種合金當被冷卻或是加壓時會吸入氫氣而與金屬形成金屬氫化物，同時產生熱量。反之當被加熱或是減壓時再重新分離成金屬與氫氣，而產生吸熱現象。

能儲存氫氣的合金大致上可分成鈦—鐵或鈦—錳等鈦系、鎂—鋁等鎂系，以及釷（La）鎂等稀土類系，三大類。其中鈦—鐵合金最便宜，具有耐反覆週轉使用的長處，可是須在高溫、高壓下有冗煩的前處理。鎂—鋁合金雖也是便宜且氫氣的吸收量也大，可是缺點是不到攝氏 250 度以上高溫則不會釋出氫氣。

儲 氫 合 金 業 界



鋼—鎳合金很貴，在資源上有限制。由以上可知，各有長短，針對此三種合金的開發，現在日本國內外企業，研究機構等各方面之競爭非常激烈，單是專利的申請就已經超過 200 件。儲氫合金是美國布魯克黑本國立研究所於1968年首次發現鎳—鎳合金具有儲存氫的功能，接着70年荷蘭的菲利浦公司陸續隨着1974年美國布魯克黑本國立研究所發現鈦鐵合金而開發出鋼—鎳合金，根據該研究所的技術而將儲氫合金企業化的是美國 MPD 公司，已經有14種的儲氫合金系列產品上市，其市場佔有率達50%以上。

在日本，研究開發的歷史雖短，可是企業和研究機構却朝此方面發展的非常激烈。

在民間企業則有：於1974年開發了鈦鎳的松下電器產業及與其合作的大同特殊鋼。日本最初開發儲氫鋼瓶的日本重化學，和美國 MPD 公司技術合作的昭和電工，其他如積水化學、三菱化成、山陽特殊鋼等等，一個接一個。另外，研究機構中，金屬材料研究所和大阪工業技術研究所的成果也非常引人注目。

在應用技術方面，美國布魯克黑本研究所和西德泰姆拉一朋馳公司等正在嘗試氫能汽車的製造，而日本方面也正迎頭追趕，住友集團中的共同氧氣公司也正在實施氫能汽車的試車實驗，而科學技術廳也開始着手研究開發將風力轉換成熟，然後將之儲存於儲氫合金中。

4. 解決能源問題之關鍵材料—超電導材料

某種金屬或其化合物，將其冷卻至接近絕對零度的極低溫時電阻將成為零。這種狀態稱之為超電導現象，可在無電損之下通以大電流，而令其發生強磁場，此種超電導可應用於：(1)省能源之發電機，送電電纜、能源儲存等電力系統；(2)核融合，MHD（電磁液體）發電等的新能源；(3)甚至利用強磁場開發高能加速機、磁浮電車、磁氣分離等新技术；(4)開發利用約瑟夫遜元件之大型電腦等等廣泛的領域內。

1911年，HK 翁森斯氏，發現在零下269度C極低溫時液態中的水銀其電阻為零之超電導現象。電阻為零，亦即使通電流也完全不會因產生熱能而造成能量損失。通常於通大電流之領域內會產生發熱，故電流損失應為最大問題。雖然是奇蹟般地發現此種超電導材料，然其至實用化為止仍需要很長（約五十年）的歲月。瓶頸在於必須開發超電導材料，超電導材料根據所發生超電導現象時溫度的不同有「臨界磁場」、「臨界溫度」、「臨界密度」等三個臨界值，而臨界溫度愈高，臨界密度和臨界磁場愈大，其利用價值愈大。因而各國為追求此理想材料所進行研究開發的結果，在1960年代開始終於實用化了，於這五十年之間已確定25種元素的超電導現象，這些元素的合金和包含金屬間化合物在內約發現了一千種超電導材料。

一般而言，三鈮化錫 (Nb_3Sn)，三鈮化鍺 (Nb_3Ge) 等化合物較鈮—鈦等之合金系具有二倍以上的高臨界溫度和臨界磁場。可是此種材料相對地却非常的硬，由於彎曲，延展等加工性不良，成為相當大的困擾，因此現在成為實用化主流者為成本低而且處理容易的鈮—鈦合金。最近即使對於處理困難的化合物系，日本金屬材料技術研究所利用由於製造非晶質合金而被注目的超急冷法來克服三鈮化合物的脆性，甚至進而發展出新超電導材料。

最初實用化者有1973年的美國西屋公司所製造 5 MVA（百萬伏特安培）的超電導發電機，76年富

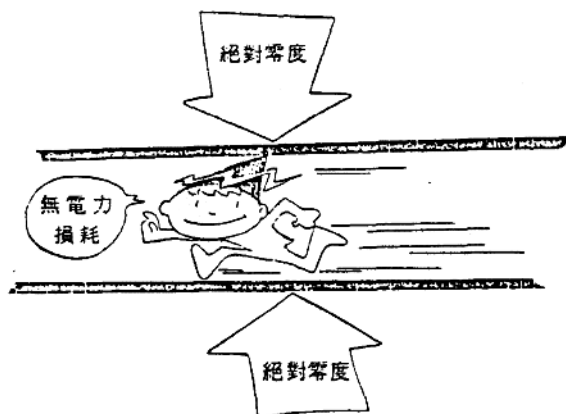


圖-2

士、三菱電機開發了 6 MVA，隨後西屋電氣、奇異、日本重電三社也正為大容量的開發先驅而演拉鋸戰中。

除發電機外，重電三社、昭和電纜、古河電工等電線製造廠商們正在協助國鐵的線型磁浮電車計畫，又重電三社、日本電氣、電氣興業、古河電工、日立電線、住友電工等也正協助開發日本原子力研究所的核融合爐「JT60」計畫內的超電導磁鐵、線圈。

5. 挑起下一代合金開發重任之高性能結晶控制合金

在通產省的國家計畫「下一代產業基礎技術研究開發制度」中，正進行開發作為九〇年代的新材料之高性能結晶控制合金，官方、民間正全體一致朝此方向進行研究。

在開發宇宙、航空、海洋、新能源等尖端技術當中，不能缺少「重量輕，具有高强度，富有耐熱性」的金屬。為了追求此種理想金屬而進行開發的新合金內，最近已開始窺出其界限，對於至目前為止所進行開發的新合金皆是以調整金屬元素組成的成分為中心。而此種新合金的出發點却是以金屬原子的結晶階段來設計而衍生出新材料的新構想。

其方法有單結晶化，粒子分散化，超塑性化三種。合金之特性是取決於其成分，亦即結晶中含有何種元素，其含量為多少而決定其特性。另外，即使成分一定，依據各原子的排列方式，其特性也有所不同。單結晶是全體為單一結晶所形成，故無粒界存在，能提高耐熱性與耐蝕性、融點也高。利用人為分散合金相中的硬粒子，會更提高其耐熱性。另外使結晶粒微細化，或利用其結晶構造的变化，能使脆性合金變得像軟糖一般的可以伸長且具韌性。

普通的合金，其結晶粒粗大且在各局部處所的合金濃度不同，結晶粒之間晶界處因集聚不純物而容易龜裂，將前述三種方法加以組合可衍生出各種的合金。

第一是開發耐熱合金。必須在 1,040 度 C 的高溫下具有能承受每平方厘米 14 公斤的應力，一千小時以上的高溫特性，可用單結晶化鎳系合金製造之或是粒子分散技術組合之，其應用對象是用在渦輪引擎的迴轉葉片材料。

第二是開發耐熱強韌合金。針對在 760 度 C 之下抗拉強度每平方厘米 160 公斤以上，伸長率 20% 以上，加工預留為以往的二倍以上等為目標，被利用於渦輪引擎之轉盤上。要達到上述特性，改良此種合金加工性不良的缺陷，為改善此種合金的重點，故和單結晶化相反，尋求結晶微細化，確定會使其產生超塑性化現象的方法為其指標。

第三是開發重量輕且強韌之合金。渦輪引擎的壓縮器葉片需要輕且強韌的合金，因此在鈦系合金當中以冀獲得在 300 度 C 溫度下，每單位密度有 28 公斤以上的抗拉強度，伸長率 10% 以上，加工預留是以往的三倍以上等為目標。鑑此已決定將以八年的時間來研究製造含少量不純物的超微粉及混合金屬粉和分散粒子的混合方法，能正確控制合金成分及其溶解性，結晶組成的高密度控制方法等。

6. 廣用於太陽電池等之非晶質矽

重視結晶矽做為半導體基礎材料的原因是：具有做為半導體的優越特性及豐富的原料來源，且已確立缺陷少、高純度結晶之製造技術等，此外，根據其元件的微細化，高密度集積化而相對地大大提高了材料的附加價值。可是，如此萬能般的結晶矽也存在着難題。

例如，以必須有大面積化技術之太陽電池為例，即面臨到此結晶技術的難題，所幸適時出現了所謂非晶質矽之此種所期待的新材料。

太陽光發電和太陽電池之所以成功的關鍵，不論如何說旨在降低發電成本。以矽結晶薄帶製成的太陽電池，其製造成本約每瓦特 5,000 圓日幣左右，其發電成本是以運轉率 20%（因只有白天且會受天候影響

的緣故)時,每瓦約550圓日幣,而對百萬瓦的核能發電而言,其運轉率以60%計算時,電費成本每瓦僅16圓日幣而已。每瓦若無法降到100圓日幣以下的話,在能源收支上是無法做為替代能源的。此種非晶質矽對挑戰100圓日幣以下的太陽能電池來說,為最有力的候補而受到注目。

非晶質係當普通的金屬或無機物固化時,會整體性的變成結晶狀態,然令這些固體在液化或氣化後以每秒10萬度C以上的超急速冷之,不給予產生結晶化的時間而固化形成。結晶狀態雜亂無章,此即所謂的非晶質。因此,代之而起所作成非晶質矽的P—N薄膜層取代了矽單結晶的P—N層。

矽結晶所作成的太陽電池元件是和半導體薄片的情形一樣,將矽結晶薄片化。可是薄片化的厚度無論如何也有其限度,約只有數十~數百 μ 。然而非晶質於最初作成時即為一種薄膜,因此材料重可達數十~百分之一 μ 以下。

其次矽結晶,為了結晶成長須要一千至百兩C之溫度,然而非晶質矽却是將氫化矽氣體於600度C之中蒸着製成,因此能源成本大幅下降,以非晶質矽所作成太陽電池之所以能低成本化其原因即在此。

最初用非晶質所形成的P—N層,其光電變換率曾低至2~3%。際此作為通產省「陽光計畫」的一環是設定至90年為止,將光電變換率提高至10%以上作為目標,三洋電機已經開始參加開發工作,至1982年止三洋電機已將5%變換率的太陽電池不斷量產販賣至市面上。甚至在試作階段中也已出現了變換率8.5%的東西,不須等到90年,而在85年即已能達成目標。

7. 第三類材料—精密陶瓷材料

僅次於金屬、塑膠樹脂,作為「第三類材料的精密陶瓷正不斷顯露出其大時代的頭角。最初是以電子材料為中心,最近正急速展開開發以汽車引擎等高溫構造材為主體的工程陶瓷領域。

以往如玻璃、陶瓷器、耐火材等之類非金屬的無機原料施以熱加工後的製品類稱作陶瓷(烘燒物)。這種「烘燒物」具有在高溫中很硬,不燃、不銹、光照射其上再加壓時可通電等等,相當多的優越特性。

傳統的老式陶瓷材是天然的無機物燒固而成之物,而精密陶瓷材則是精選高純度之天然無機物或是以人工合成之無機化合物作為原料經過精密控制其製造過程及加工技術,令其特有的性質遙遙凌駕傳統物之上,且具有高度機能者。將此稱之為新陶瓷或是精密陶瓷。

精密陶瓷的原料可區分為氧化物系和非氧化物系兩類。氧化物系是將高純度的天然原料經化學處理後而作成,佔目前精密陶瓷製品的八成左右。就氧化物系而言,IC(集體回路)的基板和套裝品等,以多用於電子方面的 Al_2O_3 為首,另有氧化鋁、氧化鎂、氧化鋇、氧化鈦等。

另一方面非氧化物系是將產出量少的天然原料以人工合成及合成自然界不存之新無機物所製造而成,可克服以往陶瓷材所特有的脆性,可超越金屬的機能性界限,成為新材料的王牌而廣受注目,其係以碳化矽、氮化矽、碳化鋁、氮化鋁等為主體。

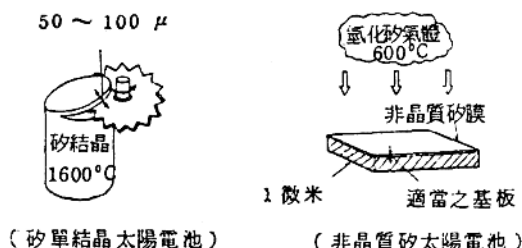


圖-3 非晶質太陽電池成本低之原因

表-1

	矽單結晶太陽電池	非晶質矽太陽電池
所要材料量	100	1
製造溫度	1,600°C	600°C
每瓦特成為	5,000円	100圓
發生電力成本	650圓 / KWH	16圓 / KWH

精密陶瓷的主要特性為具有：(1)電的特性（絕緣性、壓電性、半導體性、磁性）。(2)熱性機能：機械的機能（耐熱、隔熱、強硬度、耐磨耗性等）。(3)生物、化學的機能：（生體順應性等）。(4)光學的功能等及其他。

依照這些特性和用途，精密陶瓷製品的種類真是琳瑯滿目，大致可分為以下三類：

△電子陶瓷 = IC 基板、着火元件、濾波器、壓電濾波器、熱傳導體（thermistor）、磁性體、各種感應器（sensor）等主要用途。

△工程陶瓷 = 以切削工具、軸承、機械密封墊、高效率熱引擎材料等為中心。

△生物陶瓷 = 人工骨、人工齒、人工關節、固定化酵素團體、觸媒等為其主要用途。

根據產業技術經濟研究所對精密陶瓷市場的預測，從1980年度市場約2,250億日圓開始將可預見十年後在1990年可達15,000億日圓，七倍以上的急速成長。

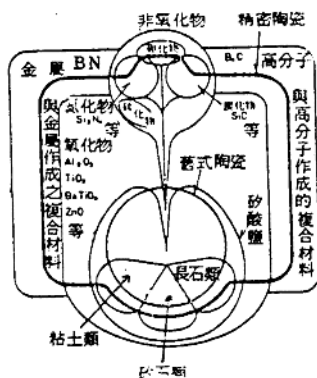


圖-4

8. 開發的最終目標「陶瓷引擎」

最近較盛行陶瓷材料之風，而其中被稱作「第三代」的工程陶瓷材料，最受到注目與評價。陶瓷器和水泥（cement）等，僅僅是將天然無機材料燒固而成的製品，如算做老陶瓷材料的話，於已形成高性能電子回路用之大市場中以氧化鋁（ Al_2O_3 ）為主體的氧化物系陶瓷材料為其第二代。第三代是氮化矽等非氧化物系陶瓷材料。有關業界對其比耐熱合金還要好且具有優異耐熱性、耐腐蝕性、耐磨耗性等機械特性之此種陶瓷，正拭目以待其在耐熱構造材料方面的應用。

由於其具有如此超羣的機械特性，又具有工程陶瓷材料的別稱。因此產業技術經濟研究所曾預測：以相同領域的耐熱構造材為中心的市場規模，將從1980年的800億日圓急增12倍強，在1990年將達到一兆日圓。

當然，為了達到此預測，於是官方民間正通力合作，對研究開發成果寄予很大的期望。首先通產省

在作為省能源對策一環的「月光計畫」中把高效率氣渦輪的開發列為主體，也研究原子爐、核融合爐、MHD 發電用絕緣材、熱交換器零件等方面的應用材料，當然把開發的最大目標擺在「陶瓷引擎」上是毋庸置疑的事。

現在的汽車引擎熱效率約30%左右，實在是還不夠效率。不論是令其往復式化或內燃機化，就舉在僅冷卻系統中熱量散失下及因引擎本身為鑄鐵所製，即不能令熱超過某一定程度，然若改用能耐高溫的工程陶瓷材料來做的話，其熱效率將可一舉而提高至40%。此外，和鐵比較其重量僅約鐵的一半，因此對汽車本身輕量化的要求也能寄予很大的期待。

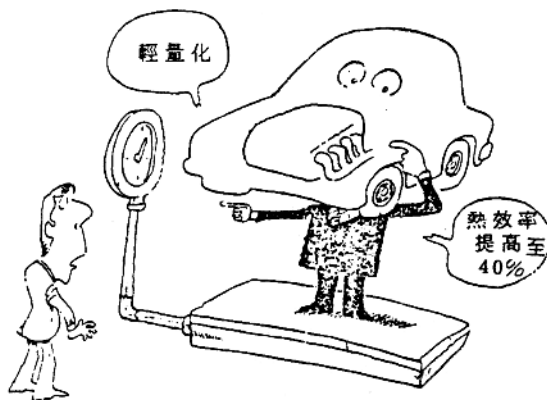


圖-5

在民間方面，汽車的製造廠商和材料的製造廠商們也正齊頭並進地研究着。兩方面合作或獨自發展的競爭非常激烈，而且成果也是不勝枚舉。最先的是日本特殊陶業於1981年九月，公開發表，全陶瓷材製的汽油引擎試作品。1982年一月，京都陶瓷和五十鈴汽車也實際試車展露出其合製的陶瓷化柴油引擎。而日本玻璃和美國卡敏斯公司也不遑乎其後地共同發表了可安裝全陶瓷材製的柴油引擎。

日本特殊陶業和京都陶瓷兩公司都是利用非氧化物系陶瓷材料氮化矽的「先鋒」，而日本玻璃却是使用所謂部份安定化結合物之類氧化物系的新產物，在1982年12月旭玻璃公司在世界上最先開發以炭化矽製造高熱效率而無公害的司大林格引擎，以上氧化物系的新面貌及兩種非氧化物系是開發陶瓷引擎代表性材料的目標。

9. 性能緊追天然鑽石的超硬質陶瓷

世界上最硬的素材是鑽石，它是在地球轉變成現在狀態的過程中於超高溫，超高壓狀態下結晶而成，故亦可說是一種天然陶瓷材。美國奇異（GE）公司曾於1955年成功地合成了此種鑽石，在最近以氮化硼，炭化矽等非氧化物系素材陸續開發製成近似鑽石硬度的陶瓷材，且已進入實用化階段。

至目前為止生產合成鑽石的廠家只限於奇異公司，南非的雷比阿斯，瑞典的 ASEA，日本的石塚製作所等四家公司，可是美國國內的中小廠商，日本的昭和電工、住友電工等也已在進行此方面工作。自由世界中工業用鑽石的消費量約一年一億克拉（20噸），其中合成品約佔90%。

人工鑽石的製造方法從開發當初起，一直不怎麼改變，然而十年前開始技術研究的人工鑽石之燒結體於最近獲得急速的進展，其係一種以粉末狀的人工鑽石為原料，如同陶瓷材料般燒固而成的新材料。添加如結之類的元素是當作粉末粘結劑，所作成的人工鑽石只比鑽石的硬度稍為遜色一點；可是耐衝擊破壞力較強。青出於藍勝於藍。

最近即使作為汽車、飛機等材料，諸如強韌性的鑄品，輕合金，超耐熱性的強韌材等之類硬質材料較多施以高速，高精度的切削，切削工具方面也比以往所用者更加需要超硬材質者。能迎合此種需求者即鑽石燒結體，現更進而正進行開發被認為僅次於鑽石硬度的立方晶氮化硼（CBN）。

氮化硼有低壓型與高壓型兩種，CBN 是屬於高壓型，美、蘇、日本是位於世界上開發高壓型的最高水準。日本的昭和電工確立了粉末的生產體制。對開發 CBN 燒結體而言，住友電工是繼美國奇異公司而為世界第二位，繼之是東芝 TANGALLOY、萊皆特工業、三菱金屬、日本油脂等也各自開發了燒結體的技術。

此外尚有碳化硼、碳化矽、氮化鋁、硼化銅、硼化鈦、氮化鈦等超硬質陶瓷材。硼化銅和碳化鈦的電子放射性非常優異，特別是硼化銅，將其單結晶加工成針狀後再加熱的話會從尖端放射出電子，由於可達到次顯微程度的微細加工，因而被認為很有可能用於超 LSI 的回路加工。

又今後大型化人工鑽石的技術如果能夠達成的話，除作為切削工具外可期待打開以發揮半導體性質及高熱傳導性特性的新用途。

表-2 超硬質陶瓷材料及其用途

素材名	記號	特性及用途
鑽 化	C	切削工具，模具，穿岩鑽頭
氮 化 硼	B N	切削工具
炭 化 硼	B ₂ C	特殊用途
炭 化 矽	SiC	傳熱材
氮 化 鋁	AlN	耐熱陶瓷
硼 化 銅	Cu ₂ B ₄	熱電子放射材料
炭 化 鈦	TiC	電子、射材料，切削工具
氮 化 鈦	TiN	切削工具
超硬合金	WC-Co	切削工具，耐磨製品

其他尚有 ZrB₂，ZrC，TaC，TaN 等，然其主材料，用途尚不確定。

10. 光通訊等大量資訊傳輸王牌—光纖維

最近作為資訊革命主幹的光通信系統，大大地顯露其頭角。所謂光通信即替代了以往的銅線電纜，通

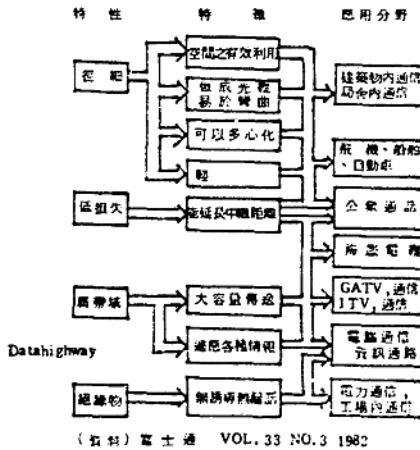
過由合成石英所製成細如一根毛髮的玻璃纖維以傳遞大量資訊的方法，此種劃時代的玻璃纖維，稱作光纖維。

光纖維較之電線有如下優越的高性能：(1)可以傳送大量的資訊＝光纖維一根可積換算成電話的6,000個頻道。(2)因為是低衰減性，故可以不經中繼而長距離直接傳送＝中繼距離對同軸電纜的2公里而言，光纖維最大則可達百公里。(3)不受附近落雷和大電流時對電磁的影響。(4)沒有因電氣短路所引起的火花，故不會造成火災。(5)細直徑，重量輕＝其直徑細如毛髮，所以可以大幅節約配線空間，且石英系、玻璃纖維之比重不超過銅的四分之一，故運搬和敷設纜線工事很容易。(6)省資源、省能源＝不必擔心像銅的資源會枯竭，生產能源成本為同軸纜線的十分之一以下。

日本的光纖通信技術是以電電公社為核心參與規劃通信機製造、電線製造廠，而享有世界最高水準之譽。尤其是於製造光纖的中心技術中，在世界上率先開發出高生產性低成本生產方法且受到甚高評價的VAD法（氣相軸附着法）。

被稱為「美景般的通信方式」的光纖維通信系統，於進入八〇年代即不斷迎向離開陸地的時期。電電公社正積極進行以光纖維方式對國內公用電話回線作正式的引進計畫。首先關於結合都市電話局中距離、中容量之傳送，從1987年末開始在日本12個區間（110公里）開始建設，1982年有一部分開始商用化。進而連結大都市之間幹線配送線路，預訂提前一年於1984年達成實用化目標，緊接着被稱為21世紀通信方式的INS構想也在1982年秋開工，已一步一步地進入實施階段中。

不單是在日本國內，將光纖維方式引進公共電話回路，在海外也相當活躍，光通信系統的生產，七成以上是供輸出用。此外，光通信系統除以外公共電話回路為對象外，亦積極導入鐵路、電力、道路、交



光產業規模之預測 () 內為核心技術

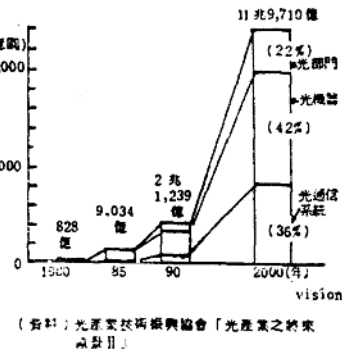


圖-6 光纖之特徵

通、廣播、CATV、原子能、鋼鐵、石油化學、汽車、電腦等各種民間用途內，僅僅是在日本國內即已實用於300個地方。

依光纖維材料來分類，大致可分為石英系、多成分系、塑膠系等三類。屬石英系的是住友電工、古河電工、藤倉電線、日立電線、大日本電線、昭和電線等六家大型電線公司，及加上沖電線，第一電工等佔日本國內生產石英系光纖維80%。多成分系則為昭和電線和日本板玻璃二家公司，塑膠系是以 MMA (methylmethacrylate) 樹脂為原料，目前僅三菱人造纖維一家公司，另鐘淵化學有誠意生產外，旭化成也在檢討之中，除石英系以外，餘皆以中短距離用途為主體。

11. 具有優良機能特性以取代金屬之工程塑膠

塑膠(合成樹脂)工業自1869年以來已有一世紀以上的發展歷史,然用第二次世界大戰後以石油化學的抬頭為背景而有驚人的急速成長。其中尤以其優異的成型加工性及低廉價格,可謂比什麼都來的吸引人,瞬間內滲透進日用雜貨、文具、包裝材料、住宅材料、家電、汽車零件、上下水道等之環境材料,工業用原料等各個方面,取代了木材、皮革、陶器、紙等天然材料,導致現代生活與塑膠無法脫離關係。

最近基於其耐熱性、強度、耐摩擦性等諸特性而問世了不遜於金屬,且具高機能性之新型塑膠。作為金屬的代替品而在產業界不斷大放異彩。此種材料稱之為工程塑膠,被譯為高機能性高分子,簡稱為ENPLA。

工程塑膠依用途來分,其種類繁多,具有代表性者有五種,分別是 Polyamide (nylon). Polyacetal, Polycarbonate, 變性 Polyphenyleneoxide (PPO) Polybutyleneterephthalate (P.B.T) 等五種,由於不論那一種,其年生產量都已超過一萬噸,故稱之為五大汎用工程塑膠。

進而際此較汎用工程塑膠更具優越耐熱性等特性之高機能樹脂亦相繼推出,稱此為特殊工程塑膠。其係即使在汽車或飛機之零件中亦然,於特別要求超高機能領域內針對取代金屬而開發之物,其種類有 Polyimide, Polyamideimide, Polysulfone, Polyphenylene sulfide (P.P.S.)-Polyetheretherketone. (PEER) 等十數種。

然而由於特殊工程塑膠 1 公斤價格在 3,000 到 10,000 圓日幣之間,其用途以飛機及軍事用途為主,不論何者年需求量都不超過 1,000 噸。

汎用工程塑膠之價格普通是汎用樹脂的兩倍到五倍,而特殊工程塑膠更是汎用工程塑膠的五倍甚至到十倍的價格。

合計汎用及特殊兩種工程塑膠之總需求量究竟為何呢?以日本的情形而言,因為沒有工程塑膠的統計,而是全部被含在汎用樹脂中一起統計的。正確掌握市場規模較困難,但根據和光經濟研究所之估計 1982 年約有 22 萬噸,金額約值日幣 2,000 億圓,合成樹脂的整個市場規模約有 700 萬噸/年,總值約日幣 2 兆圓,工程塑膠約佔其 3% 之數量,金額則約佔其 10%。

五大 用工程塑膠之特徵及用途

	主 要 的 特 徵	主 要 的 用 途
Polyamide (略稱: PA)	表面硬度、低溫特性、抗拉,彎曲強度、耐蝕性。	收音機零件等之電氣零件、連接器、冷却水箱等之汽車零件、羽毛球之羽根、其他。
Polyacetal (略稱: POM)	耐熱性、抗拉、彎曲強度、耐疲勞性、摩擦特性。	雨刷馬達之齒輪、門把等之汽車零件, VTR 及空調零件等之電氣零件、窗簾軌輪、其他。
Polycarbonate (略稱: PC)	耐熱性、低溫特性、彎曲衝擊強度、耐疲勞性、透明性。	照明器具、信號機蓋等之電氣零件、照相機裏蓋等之機械零件、太陽熱溫水器之集熱器蓋、安全帽、其他。
變性 Polyphenylene oxide (略稱: PPO)	彎曲、衝擊強度、耐熱性、尺寸安定性、電氣特性、輕的程度。	迷你電腦、現金記錄器等之外箱,汽車之連接器或車輪蓋、水井、抽水機及其他。
Polybutyleneterephthalate (略稱: PBT)	吸水率低的程度、耐熱性、耐藥品性、尺寸安定性、彎曲強度。	插頭、插座等之電氣零件,汽車之開關類、閥類、照相機零件、時鐘零件事務機器之零件、其他。

日本的工程塑膠企業,包含進口販賣者在內,約有 30 家左右。工程塑膠之大半發源於歐美,因此,日

本的工程塑膠製造廠的技術導入都仰賴海外，然而日本本身技術開發能力正在精進之中，最近有一部份已經趕上了歐美企業，且開始漸有超羣的實力。

12. 適用於外科手術用人工臟器等之陶瓷及高分子材料

外科治療之第一代是將不良的部位以手術「切除」。其第二代亦進行切除，然後再進行整修「整型」。其第三代則是將不良機能以代替品更換之「移植」。也就是說醫療技術下一代之情形亦可謂是「期使人體與人工臟器能融合共存，而外科治療無非是以移植或替換人工臟器為最終目標」。

然而光對被移植對象是非常靈妙不可思議的「生體」這一點而言，於開發人工生體零件或人工臟器材料時就有預想不到的困難的要求條件，其要求條件包括：(1)無論是在生物學上或物理學上而言均不會引起異物反應的排斥作用。(2)能耐物理上的力量耐磨耗及耐腐蝕強，具耐久性，不產生疲勞現象。(3)具抗血栓性。(4)具有良好的加工性等。

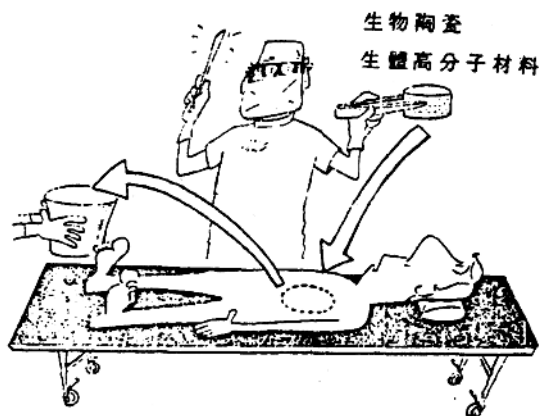
作為滿足這些要件之生體材料係以現代最尖端技術帶動之化學製品，生物陶瓷及生體高分子材料最受重視。

首先生物陶瓷方面，有氧化鋁之單晶、多晶、人工藍寶石、LTI 一砂、碳、apatite 陶瓷及聚合體 (polymer) 之複合材料等。這些材料已實用於人工牙齒、人工齒根、人工骨骼、人工關節、骨折接合處之螺絲、彌補鑽孔用之小珠 (beads) 等。人工骨骼以往是使用金屬，然因金屬在生體內受電解作用而腐蝕，故恐有滲出離子為害之虞。

第二之生體高分子材料是人工血管、人工心臟、人工泵、人工骨骼等之實用化，其中目前埋在生體中最多之材料是人工血管，由於動脈硬化性閉塞、靜脈血栓性、動脈瘤等之增加致使血管移植手術增多，每年件數達一千件以上。人工血管於1950年代初期被使用，當初是使用尼龍 (nylon) 或絨隆 (orlon) 今日則以達克隆 (dacron) 或鐵夫隆 (teflon) 為主要材料，鍍覆 collagen 或 abuco-thene 之物亦正在實驗中，「urokinase 固定化血管可耐用一年以上」之實驗報告業已發表。

在日本每年進行一千件以上人工泵移植手術，人工心臟之研究亦正急速進行中。據最近報導其裝用後可延續將近一年

的生命。最初時係使用 Polyvinyl chloride 做心臟泵，最近則已使用 Polyurethane，其他更進一步者則尚屬動物實驗研究階段，然後再應用到人體上。此外開發以高分子材料供做人工骨骼或關節、人工牙齒、人工皮膚等亦甚興盛，Methylmethacrylate 製之人工骨頭或鐵夫隆，Polyacetal 製之人工股關節亦有先例。總而言之，陶瓷及高分子材料皆為今後正式開發所寄以厚望之材料。



13. 因應輕量化要求之第二代複合材料

有人稱這個世界上混血兒當中美人佔大多數，換言之，複合材料亦正是如此。即不同種類的材料加以組合，各自發揮所長，以期開發獲得單獨材料所無法達到的優越特性及具有多種機能之新材料。所謂複合，不只是具有不同材料特性之互補關係，而且由於其相乘效果而產生出原來單一材料及技術上不可能期

待之完全新的特性。

此種對複合材料之構想決非新穎。在古代美梭波搭米亞製磚時於粘土中將稻草麥桿一同加入混合以補強。在日本，土壁之中以一種叫扣麻衣之竹子編成的格子併入其中以補強，同時壁土中摻入稻草麥桿的技術自古即有。奈良興福寺之阿修羅像係在其原型上以漆將麻層貼蓋。其表面則以油漆摻木粉之混合物製成乾漆的技術層層塗敷而成。

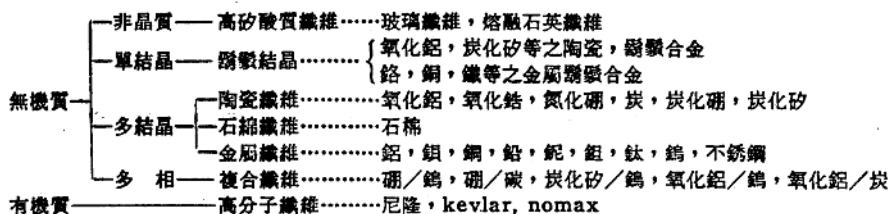
以接近身邊之物為例，鐵與混凝土結合而成鋼筋混凝土，混凝土本身是水泥、水、砂、砂礫所構成之複合材料；混凝土之抗張力非常弱，屬於無伸張性脆性材料，然鋼筋之抗拉力強，而且是伸張性強的材料，兩者合用成鋼筋混凝土，脆性與韌性得到互補而成經濟的結構物。

玻璃被認為是代表脆性的材料，若製成玻璃纖維，其抗拉強度每平方毫米高達 200 Kg，然而光是玻璃纖維即使可以吊物體，但卻無法支撐物體。細纖維即使很多條相集，亦是很細而無法實用。

但是，如果以塑膠予以凝結固定之，以塑膠將纖維凝固定成集合體，其對彎曲之抵抗可達數十倍而能充分支撐，所謂纖維強化材料即為如此樹立骨筋之材料，纖維強化塑膠 (FRP) 為其最大的成功實例。

於第二次大戰中，以玻璃纖維與不飽和 polyester 複合所開發出之玻璃纖維強化樹脂 (GFRP)，由於其實輕且強而普及應用於汽車、浴缸等，若將此纖維強化複合材料視為第一代實用期，則現在可以說是繼續迎接第二代尖端複合技術發展期之時期。就其背景而言，成形加工技術已有莫大的進步，對纖維強化複合材料輕量化之主要特性的要求愈顯強烈，大力相繼開發作為其根基而優越的新纖維、新樹脂。對新纖維而言，高強度高彈性之炭纖維正步入發展期，此外在開發硼纖維、碳化矽纖維、氧化鋁纖維等無機纖維之下，也將發展出耐熱強度優異之纖維強化金屬 (FRM) 開始被列為急需實用化的目標。

複合材料用強化纖維之例



出處：日本工業技術院技術振興課編「向革新技術挑戰」

14. 走向最尖端的 FRM (纖維強化金屬)

繼八〇年代以 Post 炭纖維為開發目標後相繼開發的硼纖維，aramid 纖維，氧化鋁纖維，炭化矽纖維等之新纖維強化複合材料稱之為 ACM (Advanced Composite Material 即尖端複合材料)，於這些 ACM 當中正如文字之意 FRM (纖維強化金屬) 是走在最尖端者。

若以 FRP, GRF 等日常用品為主的廣泛用途為主要對象者視為複合材料的第一代，則 ACM 是屬於以開拓高級娛樂用品，汽車，航空，太空，原子能，軍事等特殊業別用途為主要目標的第二代，八〇年代之後半正式進入其發展期。

其中之 FRM 最近已步入了實用階段，而在太空開發乃至原子能、軍事等方面殷望其成為能承受嚴酷極限狀態之新複合材料。自八〇年代後半至九〇年代被號稱為複合材料的第三代而預見其開花結果。

簡言之，FRM 是結合金屬之強度，耐熱性及走在最尖端新纖維強化材料之輕量性，強韌性等優點，使具有單種金屬以上的強度及特性的新複合材料。係於金屬之中埋入纖維，且視之為與普通金屬無異。自外表看不出有纖維之存在，然而却大為提高金屬之強度，耐磨耗性，耐熱性，耐衝擊力等特性。

FRM 開頭係由美國 NASA 所開發，係於1959年研究在鋼中埋入鎢纖維以做為強化材料。其後