

新型非金属材料进展

〔日〕 仓田正也 编著

姜作义 马 立 等译

新 时 代 出 版 社

新型非金属材料进展

〔日〕 倉田 正也 编著

姜作义 马 立 等译

新时_代出版社

译者的话

本书由日本三菱化学工业公司综合研究所的四位专门从事非金属新材料研究的专家根据工业调查会组织的一系列学术讨论会的资料编写成的,1981年由日本工业调查会出版部出版。

本书第一章由权万森译,第二章由马立译,第三、四章由姜作义译。全书由沈嗣唐、洪时藏作了技术校审。在译、校过程中,对原著的某些问题作了注释。

限于经验与水平,译本中难免存在不妥或谬误之处,敬请读者批评、指正。

40060

前 言

数年来，日本人深深感到他们的国家经济上非常发达而资源却很缺乏的矛盾日益增大。究竟应该生产出口什么样的产品，在思想上引起了混乱。日本的力量无论如何也左右不了象中东政治、宗教形势对燃料能源价格和石油化工产品持续上涨的这种影响。

日本是一个资源十分缺乏的国家，一定要成为输入国还制造不了的独立技术产品的输出国，只有这样才不会发生贸易摩擦，否则是不成的。所以当今的技术立国决策是必要的。

总的来说，日本的经济中技术的比重在年年增长。根据科学技术厅提供的数字，因技术进步而使经济增长所占的比例是：1955~1960年为20%，1960~1965年为23%，1965~1970年为40%，1970~1975年为50%，1975~1980年为65%。

然而，在这种技术所占的比例中，材料的贡献的增长更为迅速。只要看看我们日常生活近年来的变化就可以信服，在家庭中再也见不到用真空管的电子设备，汽车的内部设施已实现塑料化，比以前舒适得多。

材料研究终究会成为一门尖端技术。本书编写者的所在单位——三菱化学工业公司综合研究所，其宗旨便是为促进发展新材料而奋斗。本书的编写人都是该所的有关学科研究室的负责人：宫崎高嶺、川口佳一和清水茂樹三位先生又是这些学科讨论的中心召集人。在九里竜夫干事先生的计划下，已经召开过六次学术讨论会，各有十多位专家参加会议并作

了报告，本书便是综合这些资料写成的。

在本书的各负责执笔人的名下，还有许多其他专家参加。参加耐热性部分的除宫崎高嶺外，有前田敏勝、粕谷重明、小出次郎、野沢清一、三島良治等人；强度部分除川口佳一外，有本間梅夫、吉村纯一、吉村完等人；光学、电磁学部分除清水茂樹外，还有大島昭信、田島常光、高橋常照、国府三郎等人。

工业调查会的出版部对本讨论会产生兴趣，他们将资料整理后印成书，我们在此对他们表示感谢。

本书对金属材料一概略去，有关这方面的内容，田中良平已有专著。本书首先是围绕非金属材料的耐热性，讨论了玻璃、陶瓷、碳及有机高分子。当然，也述及这些材料的其它值得记叙的特性。其次是谈强度，除了理想强度，也谈到有机高分子、无机高分子以及橡胶类材料。本书的最后部分是由光学和电磁学材料中选出的四类材料，即感光材料、存储（记忆）材料、激光材料及超导材料。

日常生活中关系密切的许多材料如水、羊毛、层合板等，在加工性能方面极为优异的聚氨酯，以及效能特优的功能高分子膜等材料，由于篇幅所限，概予从略。

最后，对曾给予我们支持的工业调查会出版部的内堀隆夫、辻精一两先生表示由衷地感谢。

一九八一年四月

倉田 正也

目 录

第一章 对材料的要求	1
一、现今“材料”的概念	1
二、发展中的材料	3
三、材料是怎样发展的	6
四、向极限挑战	13
第二章 耐热材料	17
一、耐热材料	17
什么是材料的耐热性	17
二、玻璃	20
1. 重新讨论玻璃 2. 玻璃 3. 玻璃化 4. 键的形式决定着玻璃化 5. 玻璃的耐热性 6. 熔点与热膨胀系数 7. 降低与提高玻璃耐热性的方法 8. 石英(纯二氧化硅)玻璃与 Vycor 玻璃(维科尔高硼硅酸耐热玻璃) 9. 结晶玻璃(玻璃陶瓷) 10. 耐热玻璃的用途与未来 11. 耐热性以外的特点	
三、碳素材料	42
1. 日常生活中的碳素材料 2. 碳的结构与性质 3. 碳素材料的种类 4. 碳的耐热性 5. 碳素材料的奥秘 6. 耐热的碳素材料	
四、陶瓷	57
1. 陶瓷材料发展的历程 2. 面临新时代的陶瓷 3. 陶瓷的耐热性 4. 耐热陶瓷的用途 5. 耐热性设计 6. 对陶瓷的要求	
五、有机耐热材料	70
1. 简述 2. 如何判断耐热性 3. 耐热树脂应有的结构形式 4. 提高耐热性的试验 5. 耐热树脂的成形方法 6. 聚酰亚胺 7. 含金属元素的高分子 8. 耐热纤维 9. 今后方向	
第三章 强度	87
一、材料的强度	87
1. 各种破坏模式 2. 强度 3. 硬度 4. 寿命	

二、有机高分子——塑料	96
1.理想强度 2.向理想强度靠近 3.超寿命试验——疲劳 4.超寿命试验——蠕变	
三、无机高分子	117
1.什么是无机高分子 2.无机高分子的未来 3.在不追求强度情况下的特殊用途的开发耐热性 4.高强度、高弹性模量的纤维	
四、复合材料	128
1.支撑材料革命的复合材料 2.复合材料的种类及复合方法 3.塑料的复合 4.复合材料的未来	
五、橡胶	147
1.弹性如何发现? 2.大变形也可复原的能弹性体 3.橡胶弹性的理论与实际 4.特定分子结构橡胶弹性的发现 5.橡胶的特性化	
第四章 光学·电磁学	170
一、感光材料	170
1.感光材料与照相、复印、印刷 2.银盐照相材料的感光度 3.重氮照相的感光度 4.电子照相的感光度 5.感光树脂(感光聚合物) 6.新型感光材料	
二、存储材料	191
1.大脑和存储材料 2.照相、复印、印刷等硬存储器 3.由机加工制成的软存储器 4.采用石印术的软存储器 5.新型石印术与超 LSI(大规模集成电路)	
三、激光材料	215
1.激光器原理 2.激光器分类 3.短波长激光器 4.大功率激光器 5.半导体激光器	
四、超导材料	231
1.超导的基础 2.超导磁铁 3.今天的超导材料 4.新型超导材料	
参考文献	250

第一章 对材料的要求

一、现今“材料”的概念

“材料”这个概念再次在科学上出现是相当近期的事。毋庸置疑，凡是阅读本书的读者都早已熟悉“材料”这个名词，其中一定有不少人想得到更多有关“材料”的知识。这种读者在过去是很少的。

“材料科学”的国际性杂志是一九六六年创刊的，设在美国麻省理工学院的“材料研究中心”是一九六三年开始创建的，直到一九六五年以后，这个研究中心才算奠定好基础。

试想一下，就会觉得这些事十分奇怪，众所周知，我们人类是与材料一起走过各个历史阶段的。人类的文明史就是按制作工具或武器所用的材料而分为石器、青铜器和铁器时代的。就是现在我们仍然处在从几千年前就开始的铁器时代(从原料角度看，下一个时代好象不会再是铁器时代了)。这个时代所使用的代表性材料是各种各样的天然产物及其加工制品，住房用的是砖瓦、木材，穿衣用的是各种天然纤维，食具方面用的是土器和陶器等等。

人类为什么长时间来没有进行材料方面的科学研究呢？

我们平常把“材料”和“原料”无意识地分开使用，岂不知这两个词的意思有所不同。如在英语中，“材料”表示“用什么制的”(make of)；而“原料”则表示“由什么制成的”(make from)。“材料”在制品中残留其形态，而“原料”则不然。日语中说“其加工组成的材料是……”时就相当于“用什么制的”，

说“以……作为原料”时就相当于“由什么制成的”。

十九世纪化学工业有了很大发展，最突出的原因是精炼铁时不再使用木炭而是改用焦炭（直接用煤炭时，则无论如何不能含有硫的成分），当时就懂得煤炭焦化时的副产物——煤焦油是制造许多有用产品的原料。那时冶金与化学已经分开，成为独立的学科。还在同样久远以前，窑业和冶金术是调制“材料”的，而化学则是制造新的“原料”。谁也不会把焦炭称作材料。

促进化学发展的另一个重要因素是酸碱工业，但是酸碱工业的产品并非“材料”。作为对人类的贡献，从空气中制取氮的技术是二十世纪初化学的一大光彩，但是氮在土壤中会溶解而变为失去其原来形态的肥料，所以氮也不能算作“材料”。

当然，化学与“材料”之间是有密切关系的，这可用玻璃、化学纤维及铝材作例子。一切材料制造业均以化学过程为必要条件。然而这种关系并不影响“材料”与“原料”各自独立地存在。

为什么现今要讨论“材料”问题呢？

原因之一是需要。在航天、航空、原子能、信息、生命、核聚变等所谓大型科学分支都需要新材料。另外，这些学科都是系统性、边缘性（即跨越各学科）的学科，对于这些领域，电子学是必不可少的手段，这使电子学对材料的需求达到极其热衷的程度，所以用于电子设备的材料一直在飞速发展。

另一个原因是由于塑料工业的迅速发展而引起的化工制造业的革命。由于加工方法的开发研究是作为制造业的关键而进行的，所以这个时期开始转成“材料”制造业的厂家大大增加。作为原料制造业，石油化工的广泛兴起，促成了高分子

化学的发展。一度由于产品数量的供应能力与产品质量水平均不适应而阻碍了需求的增长，但是在激烈的竞争之下大大加强了加工技术的研究，使产品数量和质量都有很大提高，反过来又促进了需求的增长。照这样发展下去，象“电子材料”、“信息材料”的进展是指日可待的。

如把技术开发分为宇宙开发、生命科学、能源与资源、电子与信息、新材料五类，那么每一类都与国防、人民生活水平的提高，国际协作、产业基础的加强，以及基础科学技术的发展有非常密切的关系。从对日本 165 家公司的实际调查结果来看，不管是制造业还是非制造业都一致认为应把新材料列为后二项目标。这就是说，材料作为基础的基础这一正确的认识，现在已经普遍为人们所接受。

让我们用体育方面的术语来作一比喻，从石器到金属，从真空管到集成电路，“超难度动作”往往是指材料，而控制“落地成功”的就是所谓系统工程学。

二、发展中的材料

在日本谈及 2000cc 型的汽车时并不觉得小，但在美国却认为是小型汽车。在日本之后，美国通用汽车公司终于十分认真地制造了对抗的车种。这种车与日本的相比既轻便又省油。据传该公司的材料部门曾为此举杯庆贺。由于没有传出价格方面的信息，所以其真伪程度不详，但可以肯定，决不会是所说的全塑料实验车。素以无公害引擎自豪于世界的日本，在车体及内装轻量化方面恐怕是落后了。

现在是以燃料费用、安全、快而舒适这三大指标评价汽车材料。不言而喻，不断降低成本是当然的、长期性的研究课题，譬如采用室温固化型聚氨基甲酸酯（反应型注射成形法）就是

一个既达到加工费用低又满足了安全轻量要求的实例。

主管城市建设的部门在说到“这里好久没有发生过大的火灾”时，总是流露出颇为得意的神态。的确，日本在战争中未曾被烧过的城镇也许是有的，但在战后布满了建筑物的大城市中，火灾却从未间断过。建设部门为了防止发生火灾时大火蔓延，在建筑物外壁敷设一层耐火材料，这项工作一直在研究进行。据说这种建筑物不会招致发生大火灾。

以前，一种称为计算尺的工具，它与只能计数的算盘不同，更接近于模拟数字计算机（作为计算机要素不管哪一种计算机都是指存储装置）。但平常使用计算尺过程中常要计数，而算盘又不适用，于是出现了用手摇动的手摇式计算器。

不久又出现了使用电机的电动式计算器、使用继电器的电气式计算器。虽然大型电子计算机有电子管式的，但如果没有集成电路，那么台式计算器将要制作成多大的机体啊！象打字机那样大小的台式电子计算机刚出现时，只能进行四则运算，没有存储装置，价值约三十万日元。这是本世纪六十年代中期，即电动式计算器问世后十年的情况。又过十年，花六千日元就能买到一台只要投入一张载有运算内容的卡片，就能得到38种函数的统计计算结果的电子计算机。这就是通常所说的从晶体管发展到集成电路，从集成电路又发展到大规模集成电路的变化。当然，超微量加工的技术诀窍及原料助剂都属于专利及保密技术范畴。

在日常生活方面也是如此，革新的技术必定要求新材料。野中幸敏氏经过归纳列出了一张图（图1-1），图中所列的十八个部门无一不是重要的，而且全都要求耐火和耐热材料。

不过，必须说明一点，往往有这种情况：作为整个系统

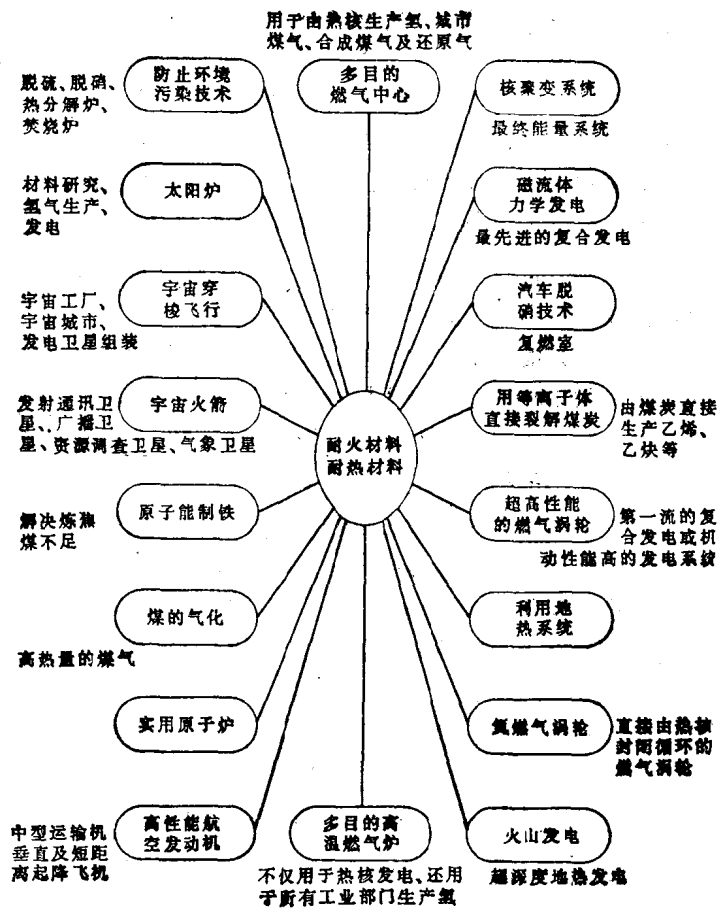


图1-1 耐热材料及需要耐热材料的技术部门

是新的，但并没有使用新型材料。

新干线就是这种情况。在东京-大阪间规定行驶三小时，速度为每小时 200 公里，这就不能采用电机车了。因为一台电机车想要产生达到这个速度所需的起动转矩，机车就要制得相当大，而且也不会有相应的钢轨。应该是象蜈蚣那样，列车的各处都能启动才行，就是日本国电采用的那种形式。这个理论是以没有耐巨大机车重量的钢轨材料为前提的。

新干线之所以驰名世界，并不是以新材料为基础的新技术，而是每隔 12 分钟使超特快列车安全驶过的管理技术。这与一家企业出售新产品体系大不一样，任何庞大的设计是不能以完成时间不明确的新材料为前提的。

在太阳光的利用方面，即使在空调室主要组成部分的阳光系统中也几乎没有采用新材料。不过，所用的选择性吸收膜能使太阳光线透入，但不易出来；其表面处理在日本也是新奇的，使用的类型很少有报道。

大型的太阳光利用设施迫切需要新材料。例如为了直接制取氢，就得以高效率的光电池、热电池之类换能材料为前提，并且要开发非水蓄热材料等。如果这些工作能相当普及地展开，那么当今所谓太阳能利用系统就一定会出现完全不同的状况。

日本与美国在技术方面相比较，差距较大的部门有：

人造卫星、飞机、兵器、海洋开发、原子能、生命科学。

在这些方面并非全都期待着新材料，或者说只要关键部位有了新材料，其余的部位用现有材料就能组装起来。

三、材料是怎样发展的

如前所述，对新材料的要求的确是强烈的。这种需要促

进了新材料的研制，当然，研究人员的勇气并不是新材料发展的直接原动力。

林雄二郎氏在“信息化社会”一书中引用了牧野升氏的数据并作了论述，他说：在预测十年、二十年后的未来技术状况时，交通运输专家可预见到二十年以后的情况，可是材料部门的专家最多也只要预计十年以内的发展情况。林氏十分感慨时说：“具有讽刺意味的是，大多数技术革新只是在出现划时代的新材料之后才萌芽。”他列举了电子学文明的起点是晶体管的出现；拉开计算机时代帷幕的是铁氧体。这就最清楚地说明了“量的变化容易推测，而质的变化难以预料”。谁都知道，预见质的变化是困难的，这也正是人们对未来预测不甚相信的原因。

为了获得未来材料发展的可能动向，人们采用戴尔费法向专家进行调查。对同一个人反复进行若干次调查，即先把第一次的调查结果予以整理后附在调查卡片（参见图 1-2）上，再向同一个人进行同样的提问。在对同一个人反复进行多次

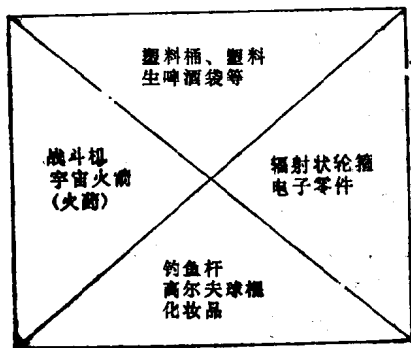


图 1-2

是新的，但并没有使用新型材料。

新干线就是这种情况。在东京-大阪间规定行驶三小时，速度为每小时 200 公里，这就不能采用电机车了。因为一台电机车想要产生达到这个速度所需的起动转矩，机车就要制得相当大，而且也不会有相应的钢轨。应该是象蜈蚣那样，列车的各处都能启动才行，就是日本国电采用的那种形式。这个理论是以没有耐巨大机车重量的钢轨材料为前提的。

新干线之所以驰名世界，并不是以新材料为基础的新技术，而是每隔 12 分钟使超特快列车安全驶过的管理技术。这与一家企业出售新产品体系大不一样，任何庞大的设计是不能以完成时间不明确的新材料为前提的。

在太阳光的利用方面，即使在空调室主要组成部分的阳光系统中也几乎没有采用新材料。不过，所用的选择性吸收膜能使太阳光线透入，但不易出来，其表面处理在日本也是新奇的，使用的类型很少有报道。

大型的太阳光利用设施迫切需要新材料。例如为了直接制取氢，就得以高效率的光电池、热电池之类换能材料为前提，并且要开发非水蓄热材料等。如果这些工作能相当普及地展开，那么当今所谓太阳能利用系统就一定会出现完全不同的状况。

日本与美国在技术方面相比较，差距较大的部门有：

人造卫星、飞机、兵器、海洋开发、原子能、生命科学。

在这些方面并非全都期待着新材料，或者说只要关键部位有了新材料，其余的部位用现有材料就能组装起来。

三、材料是怎样发展的

如前所述，对新材料的要求的确是强烈的。这种需要促

表 1-1

-
1. 成本型
成本 = 价格 - 利润
 2. 成本/性能型
成本 = 价格 - 利润
 3. 成本/性能 (+ 幻想) 型
价格 = 成本 + 利润
 4. 性能型
价格 = 成本 + 利润
-

第 1 类一般是指标准件或大型通用制品。在这种情况下研究工作的注意力往往集中于原料的选择, 若为化学合成产品时则为催化剂的选择(这首先关系到设备的利用率)、人工费、能与水的投入量、操作管理方法等方面的研究开发; 另外, 尽可能大量推销, 即所谓用“规模价值法”达到降低成本之目的。加工方法的研究也是由此而引起的。

价格与生产量之间刚好是逆函数关系, 这里用大家所熟知的塑料工业为例来进行讨论。称为通用塑料的聚乙烯(有低密度与高密度二种)、聚丙烯、聚氯乙烯等生产量很大且价格低廉。称为工程塑料的高级制品由于价格高, 生产量就很少。著者从各方面搜集引用了一九七五年的数据资料, 根据这些数字, 每公斤价格与年生产量数字为: 聚氯乙烯是 120 元、100 万吨, 三聚氰胺是 500 元、10 万吨, 聚苯撑氧(PPO)是 900 元、1 万吨。很明显, 每公斤价格提高 400 元, 则年生产量降低一个数量级, 即为偏对数一次逆函数关系(见图 1-3)。

这个事实表明, 塑料工业是一个整体, 如果某种树脂由于某种原因产量突然增高的话, 那就意味着别的树脂有被淘汰的危险。因此, 降低成本是各项研究要求中最根本的要求。

这种调查的过程中逐次进行归纳，并把归纳到最后所集中的内容作为最终调查结果。通过这种调查，还可以充分了解期待新材料的各产业界的情况。如果不这样做，即使是本行的专家，也不管他是多么希望了解这方面的情况，其结果总是在他完全不知道会出现新材料的情况下，新材料却出现了。

曾有一段时间，“无公害的聚乙烯袋”经常成为人们热烈谈论的话题。据说是采用易被紫外线分解的高分子材料制作的薄膜，再制成袋，把它扔到山上就会因日照分解而自行消失。这也可认为是以前研究工作的具体应用。当初进行这项研究时却觉得没有什么价值，并且也没有再听到谈起它，或许那时不迫切需要吧！

材料的发展，相当大的一部分是依赖偶然性，这是不容置辩的事实。虽然在研究工作中有各种各样的动机，例如常见材料的改性研究，即使在这样的研究工作中也可能有飞跃性的发现和发明。

材料研究是怎样进行的呢？如果把材料分为以下四类，这实际上既是研究内容的分类又是研究方法的分类。另外，后面所述的“性能”可以看成是广义的性能。对材料而言，其狭义性能是指拉伸强度高，弯曲强度高，耐腐蚀，热变形小等等物质本身的性能。如提及“性能”，则除去上述狭义性能外还包括成形加工的难易程度等。具体分类为：

1. 成本型。只考虑成本问题，其成本控制在由市场标准价格扣除必要利润的范围内，即成本必须低于价格；
2. 成本/性能。兼顾成本与性能，并且成本低于价格；
3. 成本/性能型。兼顾成本与性能，其价格通常等于成本加上适当的利润；
4. 性能型。价格等于成本加利润(参见表 1-1)