

呼吸的物质：诺贝尔奖得主北川进与金属有机框架的奇迹

原创 约翰老师 五宝爸约翰聊英语 2025年10月10日 16:03 新加坡

第一章 早年：从京都的静谧出发

在日本的科学版图中，京都一直是一种独特的存在。它既不同于东京的现代主义，也不同于大阪的实业主义；它是一座思想与静默共生的城市。Susumu Kitagawa（北川进）于1949年出生在这样一座城市的近郊，家族世代笃信勤勉与秩序。他后来曾在访谈中说：“我成长的环境里，沉默比言语重要，观照比表达重要。”这种京都式的气质，后来深深影响了他对“空隙”这一概念的理解。

在少年时代，Kitagawa 对自然界的兴趣极其细腻。他不是那种被爆炸或反应所吸引的“实验型”少年，而更像一个观察者：他会花数小时看水滴在玻璃上凝结，记录空气中湿度的变化，甚至绘制不同金属表面氧化层的颜色变化。他早期的科学记忆，不是关于“物质反应”，而是关于“结构转变”。这种偏好，注定使他在化学世界中走上不同寻常的道路。

一、学术启蒙与化学观的奠基

1960年代的日本正处于“科技立国”的狂飙年代。战后恢复期的科学教育充满功利色彩：一切以工业化、现代化为目标。然而，年轻的Kitagawa在京都大学求学时，却遇到了一批思想上极具人文气质的导师。他的本科与硕士时期受教于协调化学（coordination chemistry）大师——西出宏之（Hiroyuki Nishide）等人，他们不仅教授化学的原理，更鼓励学生思考“原子与结构的存在方式”。

在那一时期，日本化学界的主流研究方向仍集中于“反应动力学”和“合成效率”，而几乎没有人关心“结构中空隙的意义”。空隙（void）在传统化学中常被视为“无用的空间”，是一种副产物。而Kitagawa开始怀疑这种观念：为什么我们总是只重视“物质”，而忽略“物质之间的空间”？

他在日记中写道：“我们研究物质，却不研究它们之间的距离。我们测量键长，却不测量空隙。这不是一种偏见？”

正是这种近乎哲学的疑问，成为他后来整个科学生涯的种子。



二、博士阶段与结构意识的萌芽

1970年代初，Kitagawa 进入京都大学攻读博士学位。这是一个实验室仍以手工操作为主的年代，没有计算化学的辅助，也没有大规模数据库。他的导师要求他重复前人关于金属配合物的晶体结构分析，而他却从重复中感到一种奇特的不安：

这些结构似乎“死了”。晶体在论文里被固定为一个静态图像，而在实验中，它们却不断“呼吸”。

他注意到，一些配位化合物在吸收或释放溶剂分子时会轻微膨胀或收缩，晶格常数会发生细微变化。这种“可逆的呼吸”现象当时无人重视，因为它难以控制，也缺乏理论解释。但Kitagawa直觉地感到：这不是噪音，而是一种更深层的秩序。

他在博士论文的边注中写道：“也许物质的稳定性并非来自刚性，而来自灵活的空隙——像肺一样的结构，能呼吸的化学体。”这句话后来被他反复引用，也成为他后来“呼吸性框架（breathing framework）”理论的雏形。

三、科学之外的阅读与思想背景

与同时代许多科学家不同，Kitagawa 并不把科学视为封闭的技术活动。他在京都的日子里广泛阅读哲学、文学与艺术，尤其喜爱日本古典美学。他钟情于《枕草子》和《方丈记》，并从中体悟到“无常之美”与“空之形”。

他说：“日本的美，不在于装饰，而在于空白。”

这句话可以被看作他科学思想的核心：**空白不是缺失，而是可能性。**

在上世纪七十年代末，他在欧洲交流期间接触到分子多孔材料（molecular porous materials）的早期研究。那时的国际化学界尚未形成“金属有机框架（MOF）”的概念，但他从这些零散的研究中看到了一个更大的方向——**把‘空隙’作为可设计的实体。**

他回到日本后，开始形成自己的科学信念：化学不仅研究“存在的物质”，也要研究“允许存在的空间”。这是一种极具东方思维色彩的科学观，也预示了他日后将把化学从“实体科学”推向“空间科学”的宏大转折。

四、静谧与决心

Kitagawa 的同事常形容他“安静到让人不安”。在京都大学，他每天早晨都第一个到实验室，默默整理实验记录。他几乎从不提高声音，讲话慢而精确。他的学生回忆说：“他好像总是在听，不是在说。”

这种沉默背后是他深厚的思维强度。他并不追求“快成果”，而是相信结构的秘密需要时间显露。

1970年代末到1980年代初的十年，是他积蓄思想的时期。他几乎没有发表太多论文，却不断在心中打磨那个模糊的直觉——**世界的本质，也许不是由物质定义的，而是由空隙决定的。**



第二章 形态的意识：化学作为存在论的科学

在北川进 (Susumu Kitagawa) 的思想体系中，化学不是一门关于“反应”的科学，而是一门关于“形态”的科学。他一生的研究都围绕着一个极其简单却又深刻的问题：“**物质的存在，是如何在结构中得以成立的？**”

这并非一个技术性问题，而是一个本体论的问题。对Kitagawa而言，化学的任务不是制造新物质，而是理解物质的存在方式——理解“存在如何通过形态出现”。

一、从反应化学到形态化学的转折

在20世纪中期的化学传统中，科学家关注的是反应速率、产率与能量变化。化学被定义为“研究物质变化的科学”。而北川进对这种定义始终抱有疑虑。他常说：“反应之后，世界并没有变得更深刻；我们只是在加快变化。”

这种怀疑使他转向了结构。早年在配位化学的研究中，他发现一种看似微不足道的现象——同一组金属离子与有机配体可以形成截然不同的几何形态。这意味着，化学世界并非单向决定的；同样的“元素”可以通过不同的空间组织方式，展现出完全不同的存在状态。

换句话说，**化学的核心不是“成分”，而是“形式”**。

这便是他所谓“形态意识 (morphological consciousness)”的起点。

他开始将化学看作一种形而上的艺术——一种在原子尺度上塑造“形”的艺术。每一个晶体、每一条键，都是存在的形式语言。

二、形态与存在：化学的本体论层面

Kitagawa 的这种思考与日本哲学传统中的“形即空、空即形”有着惊人的共鸣。

他曾在一次讲座中引用《般若心经》说：“物质的形，不是对空的否定，而是空自身的表达。”

他把这一思想带入化学：晶体结构并非填满空间的实体，而是一种“空-有”共生的秩序。

在他看来，化学的真正对象不是“物质”，而是**存在的方式 (mode of existence)**。

他用一个极具东方意味的比喻解释这一点：

“物质之形如水中的涟漪。你可以看到它，却抓不住它。它的意义在于流动，而不在于固定。”

这就是为什么他反对那种把分子结构看作“静态雕塑”的观点。

在他的实验室中，结构不是被“测定”的，而是被“观察其呼吸”的。晶体会随着温度、湿

度、外界压力而轻微膨胀或收缩——这些细微的变化在他看来不是噪声，而是生命的迹象。

三、从测量到观照：科学方法的转向

传统化学依赖测量：每一个键长、角度、能量差都被精确记录。但北川进对这种“数量化的知识”保持警惕。他更相信“结构的直觉”，相信科学家必须在显微镜之外培养一种“空间感悟力”。

他对学生说：“你不能只看数据，要去感受结构的呼吸。”

这种话听起来几乎像是禅语，但在实验中却具有极强的启发性。因为MOF的形成往往取决于那些传统测量无法精确预测的因素——溶剂的选择、温度的微调、结晶速度的控制。所有这些都需要“感受”。

他要求学生在实验笔记中不仅记录数字，还记录感受：

“晶体成长得是否优雅？”

“溶液是否呈现出透明的光泽？”

“反应瓶内的气泡节奏是否均匀？”

在别人看来这近乎浪漫，但在他眼中，这是理解“形”的必经之路。

这种“观照科学”的姿态，使他的实验室既像研究所，又像茶室——安静、秩序、节奏感强。

他常说：“科学不只是操作，更是姿势（posture）。”

四、形态的语言：科学与艺术的交汇

北川进的语言中，常出现一些非科学性的词汇——“呼吸”、“优雅”、“柔性”、“节奏”。

他认为这些词比“能量最小化”“自由焓变化”更接近化学的真实本质。因为化学世界不是由逻辑构建的，而是由形态的演化驱动的。

这使他在化学界显得格外独特。

有人戏称他“像艺术家多过科学家”，但他从不否认这一点。相反，他曾明确表示：“艺术家通过形式表达情感，科学家通过结构表达真理。”

在他看来，二者的差别不是本质的，而只是语言的不同。

他引用建筑师安藤忠雄的一句话：“光与影定义了空间。”

并在旁边写下自己的注释：“空隙定义了物质。”

这种思想的延伸，后来直接导致了MOF的理论建构——把“空隙”从被动的副产物变成主动的设计目标。

五、形态意识的哲学根基

若追溯Kitagawa思想的深层逻辑，它可被理解为一种“形态的本体论”。

在传统西方哲学中，“存在”常被理解为实有（being）——即具有实体、具有延展的东西。而在东方哲学中，“存在”往往意味着一种“生成的秩序”，一种在空与有之间的流动。

Kitagawa 在科学中重建了这种东方的生成观。他认为：

“存在不是被动地在那里，而是被结构的变化不断再造。”

这意味着化学不再是“分析已存在的世界”，而是“参与世界的生成”。

每一次合成实验，都是一次关于存在的再创造。

这也是他为何不愿称自己为“实验化学家”，而更倾向于说自己是“形态观察者（observer of forms）”。

在这一意义上，**北川进的科学就是一种哲学的修炼。**

它要求科学家不仅拥有技术的精确，也拥有思想的耐心；不仅能操作物质，也能理解物质的存在方式。

六、思想的转折点

1980年代末，他的一篇论文首次提出“可调控空隙结构”的设想。当时，国际同行几乎无人重视，审稿人甚至写下评语：“这不是化学问题，而是建筑问题。”

然而，正是在这样的误解中，他的思想越发坚定。

他意识到，**化学的未来不在反应，而在构造。**

构造意味着理解存在的逻辑，意味着化学将成为一种“空间的语法”。

他在给学生的信中写道：“我们正在写下物质的文法。”



第三章 从配位化学到框架化学：思想的生成

在化学史上，“配位化学”长期被视为一门成熟且相对稳定的学科——它研究金属离子与配体分子的结合方式，关注键长、键角、电子分布与配位数。然而，北川进（Susumu Kitagawa）从中看见的，却不是稳定，而是一种潜在的可变性，一种可以通向“框架”的思想动能。

他后来回忆道：“配位化学是一门关于连接的科学，而我关心的，是连接之后的世界。”

一、配位化学的局限与突破点

在20世纪70至80年代，配位化学的核心目标是设计特定功能的金属络合物，例如催化剂或光敏材料。研究者们注重如何通过改变配体结构或金属中心来调节化学性质。这种“局部思维”极其有效，却也形成了无形的边界——研究对象被限制在分子或离子层面，忽略了它们之间可能组成的更大“空间体系”。

北川进在早期研究中就敏锐地感受到这种局限。他注意到，某些金属配合物在结晶过程中能自然形成三维网状结构，而这种结构并非随机，而是呈现出惊人的规则与美感。

这使他提出了一个颇为大胆的设置：

“如果我们能精确控制这些连接方式，那么化学家就能像建筑师一样设计出可预测的空间。”

这一思想，正是“框架化学”（framework chemistry）的萌芽。

二、“框架”的思想雏形

他在1985年左右首次在内部报告中使用“框架（framework）”一词。当时这一概念尚未正式发表，但它已经在他心中逐渐成形。

他将金属离子视为“节点”（nodes），将有机配体视为“连杆”（linkers），两者通过配位键结合，形成无限延展的网络。

这种网络不同于传统的分子晶体，因为它不是随机堆叠，而是**可设计的空间结构**。

在化学史上，这是第一次有人试图将“晶体的内部空间”作为主动设计目标，而不是偶然结果。

北川进写道：

“我们不是在制造物质，而是在制造空间的规则。化学不再是填充，而是组织空隙的艺术。”

这句话标志着他思想的真正转折：他将化学从“物质科学”推向“结构哲学”。

三、与国际科学界的分歧

当北川进开始发表这类思想时，国际审稿人普遍持怀疑态度。

在1987年一次学术会议上，有人当面质疑：“你研究的空隙，究竟属于化学，还是建筑？”

北川只是微微一笑，说：“建筑属于人类的外部空间，化学属于存在的内部空间。”

这种回答带着京都式的含蓄，却道出了他思想的根。

他并不认为化学与建筑、艺术、哲学有界限；相反，他视它们为不同层次的“形态生成学”。化学，只是这一生成过程的最微观层面。

这种跨学科的视野，使他逐渐脱离了当时的日本主流科研体系——一个以工业应用和专利产出为导向的体系。他拒绝将研究成果直接商品化，而是不断追问：“这些结构的存在，本身意味着什么？”

他开始用“Frameworks of Meaning”这个词来形容自己的研究——既指物理框架，也指意义框架。

四、框架与自由：一种新的科学观

在传统配位化学中，配体的作用被视为“限制”：它通过化学键束缚金属离子，使其形成稳定结构。而北川进却提出相反的观点：

“束缚也是自由的形式。正是连接使结构得以呼吸。”

这句话初听似乎矛盾，但它揭示了他思想的核心逻辑：**自由并非来自无结构，而来自有节奏的结构。**

MOF（Metal–Organic Frameworks，金属有机框架）就是这种哲学的具体化。

在MOF中，金属节点与有机配体形成一个三维网络，这个网络既稳固又灵活，可以在外界条件变化时“呼吸”——吸附、释放分子，调整内部空间。

这意味着，物质第一次被赋予了“可变的存在方式”，它不再是被动的实体，而是一个动态的生命系统。

他在一篇论文中写道：

“传统化学定义了物质的稳定性，而框架化学定义了物质的可能性。”

五、实验室中的革命

北川进的实验室在1980年代末到1990年代初成为京都大学最安静、也最神秘的地方。学生们在这里被训练得极为严格——实验记录必须精确，但更重要的是**对结构变化的直觉**。

每当新晶体形成时，北川会亲自观察其光泽、透明度、形状，并与学生一起讨论它“可能意味着什么样的空间”。

在那个年代，晶体学的图像仍需通过慢速计算与手工绘制完成。

他常对学生说：“别急着发表论文，先让结构在你心里呼吸。”

这种近乎禅宗的教学方式让许多人感到困惑，却也塑造出一代极具空间感的科学家。

在这里，**实验变成了一种冥想**。

显微镜成为一种观照工具，溶液的变化被看作世界的自我生成。

这种态度既是科学的，也是哲学的。

六、框架化学的成形

1994年，他正式发表关于多孔配位聚合物（Porous Coordination Polymers, PCPs）的论文，这被普遍认为是MOF概念的前身。论文中提出的思想十分明确：

- 1. 通过精确设计金属节点与有机配体，可以创造出预设的孔隙结构；
- 2. 这些孔隙不仅可以吸附分子，还可以动态响应外界刺激；
- 3. 因此，化学的研究对象从“反应”扩展为“空间”。

这篇论文一经发表，立刻引发关注，也招致争议。有人称其“太理想化”，有人怀疑其稳定性，但没有人否认其美学力量。

那种规则而优雅的框架结构，让科学家第一次意识到：**物质的内部也可以有建筑学的秩序。**

几年后，“MOF”一词被正式提出（由Omar Yaghi命名），但北川进的工作早已奠定了思想基础。他不仅是MOF的实验开拓者，更是其哲学奠基者。

七、从配位到框架的思想意义

回望这一时期，可以清晰地看到一个思想的生长逻辑：

阶段	核心问题	思维转折
配位化学	如何连接金属与配体？	结构 = 化学键的产物
框架化学	连接之后的空间是什么？	结构 = 空间的语法
动态框架	空间能否呼吸？	结构 = 生成的过程

这正是北川进的思想革命——他把化学从静态的“结合学”转化为动态的“生成学”。

这种转变，类似语言学中的“句法革命”：

就像索绪尔将语言从词汇堆积转化为“系统”，北川进也把化学从分子堆积转化为“结构系统”。

八、思想的成熟与世界的回响

进入1990年代中期，他的思想开始得到国际认可。欧洲和美国的研究者开始引用他的框架化学理论，将其应用于气体吸附、储氢、催化等领域。

但北川进本人却始终保持着距离。他说：“应用是思想的自然延伸，而非目标。”

他关心的不是MOF能储存多少气体，而是：**这些气体在框架中的运动，是否揭示了新的存在模式？**

在他眼中，MOF 是一面镜子，让人类第一次看到“物质与空隙如何共存”。

这不仅是科学的发现，更是一种哲学的启示。



第四章 存在的空间：金属有机框架的诞生

一、一个问题的诞生：

“物质之间的空隙能否被设计？”

在20世纪末的科学语境中，这个问题几乎荒谬。

人们早已习惯于把“空隙”当作偶然的产物：晶体在结晶过程中自然留下的孔道；分子在堆叠时无法填满的间隙。空隙，是被动的，是无秩序的。

但北川进在京都实验室的一个冬夜，重新提起了这个问题。

他在笔记本上写道：

“空隙不应是随机的。它是一种可被构造的存在。

化学家应当像建筑师一样，设计空的结构，让物质的意义在其中流动。”

这就是MOF（Metal-Organic Frameworks，金属有机框架）概念的胚胎。

与其说它诞生于实验，不如说诞生于一种存在论的觉醒：

——世界不是被物质填满的，而是被“结构化的空”所支撑。

二、实验的起点：呼吸的晶体

在1980年代末期，北川进带领的团队已经在研究“多孔配位聚合物”（Porous Coordination Polymers, PCPs）。

这种材料最初只是意外产物——学生在结晶过程中发现晶体能吸收溶剂并在干燥后保持孔隙。

多数科学家认为那只是偶发的晶格缺陷，然而北川进敏锐地意识到：这不是缺陷，而是新的秩序。

他让学生记录晶体在不同温度下的体积变化，发现有些样品会像肺一样“呼吸”——吸附分子时膨胀，释放时收缩，但仍保持整体结构的稳定。

他称这种现象为“呼吸效应（breathing effect）”。

那一刻，他意识到，**物质也有生命形式**。

晶体不再是僵硬的，而是有节奏、有响应的。

他在实验记录上写下四个字：“**结构的呼吸**”。

这四个字后来成为MOF科学的灵魂。

三、思想的定义：从材料到哲学

金属有机框架的思想核心是“结构的可编程性”。

北川进提出：

“如果我们能在分子层面精确定义连接方式，那么化学家就能设计出具有预设空间功能的结构。”

这意味着，**化学第一次获得了建筑学的权力**。

分子不再只是“物质”，而是“建筑模块”；化学键不再只是能量束缚，而是空间的文法。

他将这种新体系称为“框架化学（framework chemistry）”，并在1997年发表了奠基性论文。

那篇论文展示了一种由铜离子与有机配体构成的三维多孔结构，具有高稳定性、可逆吸附与高度可预测的几何形态。

在当时，这是一个前所未有的突破。

因为这意味着——空隙，终于被设计出来了。

四、科学与建筑的融合

在一次京都大学的公开演讲中，他展示了MOF晶体的模型。那是一种近乎艺术的结构：对称、透明、内部孔道如蜂巢般延展。

他拿起模型，对听众说：

“你们看到的不是分子，而是空间的秩序。”

这句话震撼了许多年轻化学家。

他们第一次意识到，化学并不仅仅是操控物质，更是组织空间。

后来，建筑师安藤忠雄观看了他的讲座，私下对学生说：“他是用化学在造寺。”

这句话，精准地捕捉了北川进的精神：

他并不追求宏伟的外观，而是追求内部空间的宁静与均衡。

MOF，正是一种化学的“方丈庵”——以极简之形，容纳无限之空。

五、从随机到秩序：MOF的哲学逻辑

传统晶体由自然自组装而成，人类只能被动地观察其结果；

而MOF的诞生，第一次使“自组装”变成“可控组装”。

这不仅是技术革新，更是一种哲学转向。

在MOF中，

- 金属节点代表“秩序”；
- 有机配体代表“连接”；
- 空隙代表“自由”。

三者构成一个动态平衡系统——

秩序让自由成为可能，连接让存在得以持续。

这正是北川进思想中最深层的哲学图式：

“真正的自由，不在于无结构，而在于可呼吸的结构。”

这种思想与他对东方美学的理解完全一致：

就像禅寺庭院中的石与沙——静止的形，却流动着风。

六、与Yaghi的相遇：思想的共振

1990年代后期，北川进在国际会议上结识了约旦裔美国化学家 **Omar M. Yaghi**。

两人几乎在同一时期提出相似的构想：通过金属离子和有机配体设计多孔框架。

Yaghi 强调化学结构的系统化与应用潜力，而北川进更关心框架的哲学和动力学特性。

他们的思想形成互补：

Yaghi 为MOF提供了系统命名与拓扑理论，

北川进则揭示了其“呼吸”与“可变性”的生命特征。

两人后来共同推动MOF成为一个国际研究领域，
他们的名字被并列写入科学史。
而在2025年诺贝尔奖颁奖词中，正是以“为MOF奠定基础并揭示其动态特性”来概括北川进的贡献。

七、科学与存在的重叠

北川进在论文之外，很少发表宏大的理论文字，但他在私下谈话中常说：

“我关心的不是材料的用途，而是存在的方式。
这些框架让我看见，空不是虚无，而是生成的源头。”

在他的哲学语境中，MOF 不仅是一种材料，更是一种存在的隐喻：

——世界的结构并非实心，而是由空隙与连接共同维系；
——稳定不是静止，而是持续变化中的平衡；
——科学的目的，不是控制，而是理解生成。

他将这些思想总结为一句话：

“化学不是创造物质，而是参与存在的呼吸。”

八、实验室的日常：空间的诗学

北川进的实验室极其有秩序：

每个试剂瓶都按金属类型、配体种类、溶剂极性分类摆放，
每个样品都被拍照、编号、记录。
但真正的灵魂，不在数据，而在观察。

他常带学生静静地注视反应瓶中晶体的生成——
透明溶液中，一丝光芒闪烁，微小晶体像雪一样飘落。
他轻声说：“看，它正在长出空间。”

这种“观看的科学”在现代科研体系中几乎绝迹。

北川进用近乎宗教的耐心，让科学回到了最原初的惊奇——
去见证存在从无到有，从杂乱到秩序，从固体到呼吸的奇迹。

九、MOF的多重意义

MOF 的诞生不仅开创了新材料领域，更开启了三重意义的革命：

层面	革命性意义	北川进的贡献
科学层面	从分子到空间的设计	提出“可编程结构”理念
哲学层面	重新定义“空”的存在	将“空隙”从缺失转为生成
美学层面	科学中的对称与呼吸	建立“呼吸性框架”的美学原理

在这三重意义中，MOF 已超越材料，成为“物质与思想的中介体”。
它不仅储存气体，更储存“存在的可能性”。

十、从实验到宇宙：思想的延伸

在一次国际访谈中，记者问他：“MOF 的意义是什么？”
他沉默片刻，说：

“当我们能设计空间时，我们也在学习宇宙如何创造自己。”

这句话，几乎是一种宇宙论的宣言。
MOF 不只是人类的创造，而是人类模仿宇宙自我生成的方式——
宇宙通过空隙与连接形成星系，化学通过键与结构形成物质。

在这个意义上，北川进的MOF是一种“微观宇宙”。
它让科学重新获得神秘：
——那不是宗教的神秘，而是存在自身的深邃。

第五章 空与有之间：化学的禅意与日本思想的影响

一、科学背后的文化语境

在京都大学的走廊里，北川进常被称为“最不像化学家的化学家”。

他不谈竞争，不追热点，也不以论文数量论英雄。

他的研究方法，像一位茶道师傅在布置茶室——每个器皿的位置、每个反应瓶的光泽，都有内在的节奏与秩序。

他的学生回忆道：“在北川先生的实验室里，做实验像修行。”

这种修行不是机械重复，而是一种心态——

每一次实验都应当‘见空’。

在日本思想中，“空”并非虚无，而是万物生成的根源。

《般若心经》中说：“色即是空，空即是色。”

“色”是形相、物质，“空”是无相、潜能。

北川进在科学中实现了这句话的化学版本：

“结构即空，空即结构。”

MOF的核心正是“空的结构化”，它让“空”成为化学的主角。

二、京都学派的遗绪：存在的流动

京都大学在20世纪孕育了一个哲学传统——以西田几多郎、田边元、和辻哲郎为代表的“京都学派”。

他们的思想共同核心，是一种“生成的存在论”：

存在不是静止的“实有”，而是在**相互关系中生成的流动**。

北川进并非哲学家，但他深受这种思想氛围的影响。

京都大学的科学与哲学之间，从未完全割裂。

西田几多郎说过：“知觉不是主体对客体的反应，而是世界自身的展开。”

北川进在化学上做的，正是同样的事：

——让世界的展开在晶体结构中显现。

当他观察MOF的“呼吸性框架”时，他并不把它当作机械现象，而是把它看作一种存在的流动。

他写道：

“呼吸并非反应，而是结构的时间。物质以呼吸的节奏存在。”

在这一点上，他的科学思维与西田的“绝对矛盾的自同”（the self-identity of absolute contradictions）极其接近：

空与有、静与动、束缚与自由，在他那里都不是对立的，而是互为生成。

三、侘寂（わび・さび）与科学的美

北川进的科学美学中，有一种深沉的“侘寂”之感。

侘寂并不是残缺的美，而是**时间与空白的美**。

它重视不完美、可变与瞬间的平衡感。

MOF的呼吸性结构正体现了这种美学：

晶体在吸附与脱附之间，不断改变形状，却始终保持结构整体的和谐。

这种可变性不是缺陷，而是一种优雅的顺应。

他在一次演讲中说：

“如果一个结构不能变化，那它就死了。

如果一个结构能变化而不失平衡，那才是美。”

这句话其实就是侘寂的科学翻译。

MOF之所以令人着迷，不仅因其实用价值，更因其“变化的秩序”——

它体现了日本美学中“永恒的无常”这一悖论。

在西方科学传统中，完美意味着不变；

而在北川进的科学中，完美意味着**可变而不乱**。

正如茶室中的光与影、庭院中的石与苔：

静止，却在呼吸。

四、禅宗的影响：无为的科学

北川进从不把科学当作“征服自然”的手段。

他拒绝那种“控制”与“预测”的逻辑，更倾向于^{***}“顺势而观”^{**}。

他认为，科学家的职责不是主宰，而是理解生成的规律。

在禅宗中，这种态度被称为“无为而观”。

“无为”并非懒惰，而是让事物自我显现，不以人意强加形态。

北川进在MOF实验中，常强调“让结构自己长出来”。

他告诉学生：“如果晶体长得丑，是你太急了。”

“实验的节奏，应当像呼吸一样自然。”

这种对“自然节奏”的尊重，是禅宗式的科学精神。

他曾在一次讲座中说：

“化学是与自然合作的艺术，不是对自然的暴力。”

这句话，恰如日本园林的隐喻——

园林不是建造自然，而是让自然自己显露秩序。

五、“间（ま）”与化学结构的哲学

日本美学中有一个关键概念——“间（ま）”。

它指“存在之间的空间”、“声音之间的沉默”、“动作之间的留白”。

在艺术中，“间”是节奏与呼吸的所在；

在北川进的科学中，“间”就是**结构中的孔隙**。

他认为：

“真正的结构不是由原子构成，而是由原子之间的空隙构成。”

这种观念颠覆了传统的“实体中心论”。

在他看来，空隙不是物质的缺失，而是让物质得以生成的条件。

正是“间”的存在，决定了结构的功能。

这正对应着日本音乐中的“间拍（ma-beat）”——

那一瞬的停顿，反而成就了节奏的完整。

MOF的孔道、可呼吸的节奏，正是科学版的“间拍”。

在一次学生讨论会上，有人问他：“MOF的完美形态是什么？”

他微笑着回答：“完美的空。”

六、物质的禅意：从“实”到“无”

西方化学传统自拉瓦锡以来，强调“物质守恒”：物质既不生也不灭，只是转化。

而北川进却提出另一种理解：

“物质的意义不在于守恒，而在于显现。”

他认为，科学的任务不是证明物质存在，而是理解它如何显现——
在什么条件下，结构从无到有，从有到空，从空再生有。

这是一种“禅化学”：

它不研究永恒的实体，而研究生成的节奏。

“空”在他那里不再是虚无，而是“生成的间隙”；

“物质”不再是实体，而是“空的形相”。

正如禅宗大师道元所言：“山川草木皆成佛。”

在北川进的化学中，也可以说：“晶格与空隙皆为道。”

七、日本的自然观与科学伦理

日本传统文化对自然有一种深层敬畏。

这种敬畏不是恐惧，而是**共在感**——

人不是自然的主宰，而是自然过程中的一部分。

北川进将这种伦理带入科学。

他不追求“最大化利用”，而追求“最恰当的存在”。

MOF 的研究虽然在储能、催化、环境修复方面有巨大应用潜力，
但他始终提醒学生：

“别只问它能做什么，要先问它是什么。”

这种态度在工业化科学中近乎异类。

然而，正是这种自省，使他的科学充满灵魂。

他让化学重新回到“敬”的维度——

敬空间，敬变化，敬存在。

八、思想的交融：东方与西方之间

北川进的科学思想既有东方禅意，也吸收了西方的形式逻辑。

他喜爱柏拉图，也阅读海森堡的《物理与哲学》。

他在一次对话中说：

“西方教我如何看清形，东方教我如何看见空。
而我的科学，就是在形与空之间寻找秩序。”

这句话几乎可以作为他一生的总结。

在科学史上，他让“形”与“空”不再对立：

- 形，是空的显现；
- 空，是形的可能。

在这种思想框架中，MOF 成为一种桥梁，

它既是物质结构，也是哲学语言；

既是科学成果，也是文化叙事。

九、京都的回声

京都是他的出生地，也是他思想的归宿。

在那里的庭院、寺庙与四季中，他看到的不是风景，而是结构的节奏。

春花、夏蝉、秋月、冬雪，每一季都像晶体的不同相态。

他在一次随笔中写道：

“化学让我理解自然的生成，
而京都让我理解生成的节奏。”

MOF的灵魂，也正是这种节奏——

不是永恒的存在，而是永恒的生成。

十、结语：空之科学

北川进不是在创造物质，而是在创造“空之科学”。

在他的思想中，空与有不再对立，而是共呼共生；

科学与禅不再分离，而是互为镜像。

他以化学之手，完成了东方哲学的一次再显化：

“空不再是思辨的概念，而是可实验的现实。”

MOF，不仅是一种材料，更是一种存在论的事件。

它让科学重新获得了形而上的深度，让哲学重新拥有了物质的形体。

当他看着晶体在显微镜下缓缓呼吸时，他微笑着说：

“这，就是空在说话。”



第六章 物质的自由律：从固定到动态的框架

一、从稳定到自由：科学观的转向

在传统化学中，稳定性（stability）被视为最高目标。

化学家花费数百年研究如何让物质“固定”，让结构不坍塌、不反应、不变化。

而北川进却反其道而行——他要寻找**会呼吸、能变化的稳定性**。

他提出：

“真正的稳定，不是静止，而是持续的自调平衡。

稳定的本质，是能在变化中维持存在。”

在这种观念下，化学从“固定的科学”转变为“动态的科学”；

结构不再是终点，而是过程。

北川进的学生称这种思维方式为“动态框架观”。

它认为：

1. 每一个晶体都有内部的张力场；
2. 这种张力能响应外界变化而重新配置；
3. 结构的生命力正来源于这种“自由张力”的调度。

这种观念与他长期研究的MOF“呼吸效应”密切相关——

晶体在吸附或脱附分子时，会产生可逆的形变，但并不崩解。

这表明结构内部存在一种“**”自组织的自由“**”。

二、自由律的提出：结构的内在运动

1990年代后期，北川进在一篇论文中首次使用“flexibility”这个词来描述MOF的独特属性。

但在他的笔记中，他写下的词并不是“flexibility”，而是“自由（freedom）”。

他觉得“柔性”太机械，“自由”更能表达他所感受到的那种生命感。

他写道：

“物质内部的自由，是存在的真正动力。

结构之所以存在，不是因为它被固定，而是因为它能自由地调节内在张力。”

他称这种机制为“物质的自由律（the law of freedom in matter）”。

这是一种化学中的“生命律”：

结构之所以能持续存在，是因为它能不断地再平衡。

北川进在MOF研究中发现，这种自由并非混乱，而是一种受限的自由——框架的几何关系像音乐中的调式，既有约束，又有变化空间。

正如他所说：

“框架的自由，不是无序，而是有呼吸的秩序。”

三、自由的几何：从静态到呼吸性框架

MOF的“呼吸效应”（breathing effect）是这种自由律的最具象征性的体现。晶体在外界刺激下（温度、压力、吸附分子等）可逆地膨胀或收缩，内部孔径发生微妙变化，却保持拓扑结构不变。

这在化学史上是前所未有的：

过去的固体结构一旦发生形变，往往意味着坍塌或相变；

而MOF却能“自由地形变而不破坏”。

北川进认为，这正说明物质内部存在一种“自由的秩序（ordered freedom）”。

他将这种现象视为“物质的呼吸”，是一种“结构的自我节奏”。

他写道：

“呼吸是一种存在的节奏。

物质通过呼吸维持自己在世界中的位置。

它既受外界牵引，又有内在的自由。”

在他看来，这是一种生命的象征。

呼吸，不是比喻，而是存在的真实形式。

四、从规律到律动：科学方法的重写

“自由律”不仅是一种观察结果，更是一种科学方法的革命。

传统科学依靠“规律（law）”——可预测、可重复、可计算。

北川进却认为，生命与复杂系统遵循的不是“规律”，而是“律动（rhythm）”。

他指出：

“规律是线性的，律动是循环的。

规律描述可控，律动维持生成。”

在实验上，这意味着他不再追求单一的稳定态，而是研究物质在多重平衡之间的流动。他使用温度循环、气体吸附循环、光照周期等手段，去观察MOF的呼吸节奏——这种“循环实验法”，成为他实验室的标志。

他告诉学生：“我们不是在测量，而是在聆听结构的呼吸声。”

这种说法看似诗意，实则深具科学意义。

因为MOF的稳定性，不取决于单一参数，而取决于整个周期的协调性。

五、自由与约束的辩证法

北川进常说：“自由不是摆脱结构，而是能在结构中活动。”

这句话几乎可以作为他所有研究的形而上基础。

在MOF中，金属节点的几何排列与配体的柔性共同定义了结构的“张力域”。

这种张力不是静态的，而是动态可调。

当外界条件改变时，张力重新分配，结构因此发生形变。

然而，这种形变又在一定范围内被拓扑约束。

于是，出现了一种极其微妙的状态：

——**受约束的自由 (constrained freedom)**。

这种状态与东方哲学中的“道”有着内在的同构关系。

“道”既是自然的秩序，又允许万物自在生成。

自由，不是逃离道，而是顺着道而行。

北川进把这种思想写进一篇短文的末尾：

“结构的自由，是顺从宇宙几何的自由。”

这不是诗，而是他对化学最深的理解。

六、呼吸性框架的发现与科学影响

北川进的团队在2000年代初系统发表了一系列关于“呼吸性框架”的研究成果。

他们发现某些MOF在吸附CO₂或H₂O时，会发生剧烈而可逆的体积变化。

这些结构在干燥与湿润之间、吸附与脱附之间切换，却始终保持晶体序。

这种现象挑战了固态化学的传统定义：

过去，固体被视为刚性材料，而MOF展现出“柔性固体”的新范式。

国际化学界震惊了。

“呼吸的固体”这一说法几乎听起来像隐喻，

但在北川进那里，它是实证的现实。

他在国际会议上说：

“如果生命是有机体的呼吸，
那么MOF就是物质的呼吸。”

这句话成为框架化学史上最著名的宣言之一。

它标志着物质观的根本改变——

从静态存在转向动态生成。

七、自由律的哲学延伸：物质与生命的连续谱

北川进并未在科学上宣称“物质有生命”，

但他认为物质与生命之间并没有不可逾越的界限。

他提出一个极具哲学意味的观点：

“生命不是特定的物质形态，而是一种持续自平衡的结构动态。”

这意味着，

——当一个系统能通过内部结构调整来适应外界变化时，

——它就在某种意义上“活着”。

呼吸性MOF正体现了这一点。

它没有DNA、没有代谢，但有自我调节能力。

在北川进看来，这种能力本身就是“物质的自由”。

他曾说：

“生命不必是生物，
它可以是任何能够自由呼吸的结构。”

这句话把化学推进到了哲学的边界。

八、自由律与东方宇宙观

“自由律”并不是一套方程，而是一种世界观。

它与东方的“阴阳互根”思想极为相通。

在阴阳观中，宇宙的生成来自相互对立的平衡：

动与静、满与空、柔与刚、实与虚。

北川进在MOF中看到了这一宇宙结构的缩影。

金属节点提供刚性（阳），有机配体提供柔性（阴），空隙则是两者交融的中介（道）。

这种结构不是偶然，而是**宇宙秩序在微观层面的再现**。

他在一次京都讲座中说：

“化学不是分离学，而是调和学。

世界的稳定来自张力，而非消除张力。”

这正是他“自由律”的哲学根基：

稳定是动态的张力平衡，自由是张力的自我调度。

九、科学方法的自觉与伦理维度

北川进的自由律，不仅改变了化学理论，也改变了科学家与自然的关系。

在传统科学中，人类被置于主导地位：控制、预测、利用。

而在北川进的视角中，科学家是参与者，是倾听者。

他反对那种“以控制为荣耀”的科学伦理，

主张“以理解为尊严”的科学精神。

他写道：

“我们不是自然的主宰，而是自然的合作者。

物质的自由，也要求我们的谦卑。”

这句话让他成为日本科研伦理的象征人物之一。

他的“自由律”不仅是一种理论，也是一种伦理——
一种对自然生成性的尊重。

十、结语：自由的呼吸

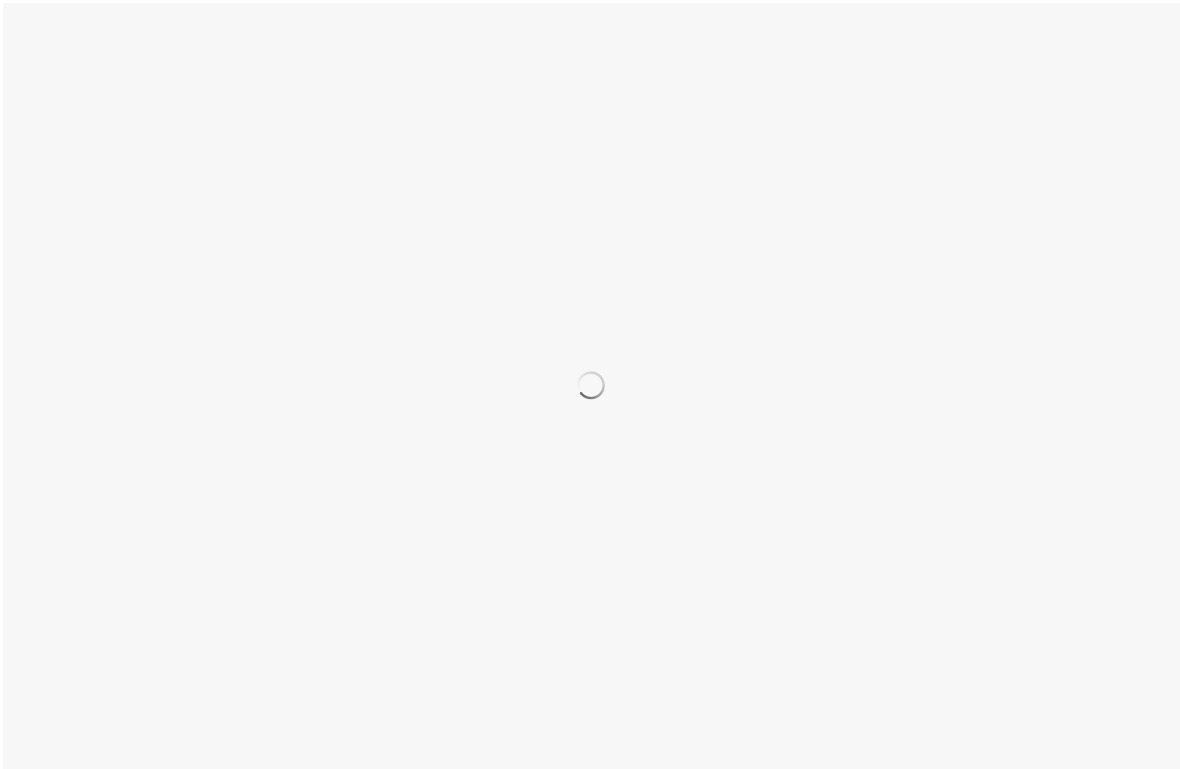
北川进的自由律，不是概念，而是一种经验的真理：
每一个结构都在呼吸，每一个存在都在平衡。
他通过MOF，证明了“自由”可以在物质层面显现。

在他看来，

“科学的终极目的，不是掌握自然，而是与自然同呼吸。”

从配位化学到框架化学，从空的哲学到自由的律动，
北川进完成了一场化学史上前所未有的思想跃迁。

他让物质第一次拥有了“生命的节奏”；
也让人类第一次在原子层面上，
感受到宇宙呼吸的声音。



第七章 与世界的对话：国际合作与科学共同体

一、从京都到世界：科学的开放姿态

20世纪90年代后期，京都大学的实验楼外墙爬满青藤，北川进的办公室里，一张旧木桌、一盏暖黄的灯、一排整齐的反应瓶——这就是他观察宇宙的窗口。
然而，正是从这样一间安静的房间，传出了改变世界材料科学格局的思想。

他从不急于“推销”自己的理论，却总能吸引世界的目光。

不同于那些追求国际影响力的学者，他的国际化是一种**自然的延伸**——
因为MOF这一概念本身，要求跨文化、跨语言的理解。

“框架”不是一个地方的思想，它是一种**普遍语言**。

他常说：

“化学结构就是语言。它超越国界。
每一个晶体，都是世界写给人类的诗。”

二、第一次国际演讲：思想的震动

1998年，在瑞士洛桑举行的国际化学会议上，北川进第一次完整阐述MOF的哲学与结构。

他以极简的幻灯片展示几个对称的晶体模型，没有复杂公式，没有营销语气，只有一种平静的热情。

他讲到：“这些框架不是物质，而是空间的秩序。”

会场短暂沉默，接着响起掌声。

与会的一位欧洲化学家在会后对记者说：“他像一个东方的建筑师，而不是化学家。”

那次报告让世界第一次意识到：

来自日本京都的一位科学家，正在以“存在的几何”重写化学的语言。

三、Omar Yaghi：结构的兄弟

在同一时期，约旦裔美籍化学家 **Omar M. Yaghi** 在美国加州大学伯克利分校也在进行类似研究。

两人几乎在相近时间提出了MOF的概念——

Yaghi侧重体系化、标准化与应用潜力，
北川侧重结构动力学与哲学深度。

2000年前后，他们在一次会议上相遇。

没有竞争，没有敌意，只有惺惺相惜。

Yaghi说：“我们是用不同语言描述同一首诗。”

北川微笑着回答：“科学的诗，永远写在结构里。”

两人随后保持了长期通信与合作，
互相引用、互相启发。
Yaghi发展了大规模MOF数据库与应用拓扑，
北川则深入探索“呼吸性框架”和“自由结构”的时间性。

这两条路线，一条是理性的体系化，一条是直觉的生命化——
共同奠定了MOF科学的双重根基。

四、Richard Robson：三地合流的思想共振

与此同时，澳大利亚化学家 **Richard Robson** 也在研究金属配位聚合物（coordination polymers），并提出早期“网状结构”的概念。
他、Yaghi、北川三人的研究在不同大陆上同步展开，互为镜像。

有评论称：“MOF不是某个人的发明，而是世界思想同时成熟的结果。”
这种同步性，让人联想到自然界的“共振现象”——
当条件成熟，多个系统会同时进入同一节奏。

北川进对这种“思想共振”有自己的解释：

“思想也是结构，当世界的张力达到平衡点，
各地的思想就会同时生成。”

这句话后来成为许多科学哲学家引用的格言。

五、国际合作的精神：科学共同体的伦理

北川进始终反对科学的“竞争主义”。
他认为竞争是短视的，而“共学”才是科学的本质。
他写道：

“科学是共同的呼吸。
任何一个人的成果，都是集体呼吸的回声。”

在国际会议上，他从不强调“日本的成果”，
而说“我们在化学中听见新的声音”。
这种超越国界的谦逊，使他赢得全球科学家的尊敬。

在一次采访中，记者问他：“您怎么看待国家之间的科研竞争？”
他答：“竞争让我们忘记了世界的整体。科学不是战争，是共鸣。”

这种态度与他对“框架”的理解一致：
框架的意义在于连接，而不是分割。
科学共同体，也应是一张“呼吸的网络”。

六、跨文化的思想翻译

MOF的概念从日语、英语到德语的翻译过程中，经历了不少误解。
有人将其译作“金属有机结构体”，有人译作“多孔晶体”，
但北川进坚持使用“framework（框架）”一词。

他说：

“framework 不是结构的结果，而是结构的语法。”

这句话在英语世界被广泛引用。
它揭示出一个深层思想：
科学语言不仅描述世界，也塑造世界。

他在一次伦敦演讲中说道：

“语言像晶体，语法像框架。
如果我们理解语法的自由，就能创造新的语言。
化学的语法也是如此。”

这场讲座被英国《Nature》杂志评论为“哲学性的科学演讲”。

七、科学与文化的双重使命

北川进始终认为，科学不只是技术进步的手段，
更是文化的延续方式。
他在京都大学建立“化学文化讲座”（Chemistry and Culture Seminar），
邀请艺术家、建筑师、哲学家与化学家共同探讨“形与空”的问题。

他开场常说：

“化学不是孤立的岛屿。

它是文化的延伸，是世界理解自己的方式之一。”

这些跨界讨论后来被整理为《The Space Within Matter》一书，成为科学与人文学科对话的范本。

他的思想影响远超科学界，

日本建筑师、陶艺家、甚至舞蹈家都从他的“呼吸性框架”中得到灵感。

八、科学家的“共呼吸”时代

北川进的实验室逐渐成为世界年轻化学家的朝圣地。

来自法国、印度、美国、中国、阿根廷的学生汇聚京都。

他们不只是来学习技术，而是学习一种“科学的心法”：

——观察的耐心，

——结构的敬畏，

——合作的节奏。

实验室的日常像一首低调的交响曲：

有人操作反应，有人记录光谱，有人安静地看晶体生长。

北川进走过时，只轻声说：“让它自己形成。”

这句话被学生们戏称为“Kitagawa Koan（北川公案）”。

这种氛围造就了一批全球领先的MOF学者，

他们延续北川的精神，在世界各地建立起合作网络——

一个以“结构共鸣”为中心的全球共同体。

九、国际荣誉与“非中心”的姿态

随着MOF研究的爆发，北川进的名字出现在无数奖项提名名单上：

日本学士院奖、汤森路透引文桂冠奖、学术勋章……

他却始终保持平静。

当学生问他是否期待诺贝尔奖时，他答：

“如果框架能让世界更紧密相连，那就已经是最大的奖。”

这种“非中心”的姿态，正是他思想的延伸：

框架的意义不在中心，而在连接。

科学的意义不在荣耀，而在共鸣。

当2025年诺贝尔委员会宣布奖项归于他、Yaghi与Robson时，
他只简单地说：

“这是框架的胜利，不是个人的胜利。

框架属于全人类。”

十、结语：科学的共同呼吸

在北川进看来，

MOF不仅是一种物质，更是一种文化隐喻。

它象征着世界的相互依存——

每一个节点代表一个人、一个国家、一个思想；

每一条配体，是连接这些节点的对话。

科学共同体，就像一张巨大的MOF，

在全球范围内呼吸、共振、生成。

他写道：

“科学不是孤立的智慧体。

它是一种结构，一种呼吸，一种人类共同体的节奏。”

这句话，也可以视为他一生科学哲学的总结：

结构是理解的形式，自由是存在的节奏，对话是人类的命运。



第八章 科学之美：结构的艺术与思想的形式

一、形的觉悟：从实验到美学

在北川进的实验室中，所有器皿、标本、样品都井然有序。
有人说那是一种“强迫式整洁”，但实际上，那是一种**形式意识**。
他相信，美来自秩序，而秩序来自理解。

有一次，学生在实验室展示一个新晶体——
它的形状不是规则的立方，而是近乎花瓣状的展开。
学生觉得“不理想”，想重新合成。
北川却让他停下来，认真观察那种“非对称的优雅”。
他轻声说：

“不要急着修正。
先看，它是如何在自己的不完美中保持平衡的。”

在那一刻，科学与艺术的界限消失了。
他看到的不是数据，而是存在的形式。
这种“形的觉悟”，贯穿了他的一生——
他相信：**形不是结果，而是思想的显影。**

二、科学的审美革命

传统科学认为美是“附属品”，
真正重要的是正确性、可重复性、可预测性。

而北川进彻底颠覆了这一观点。

他主张：

“美不是科学的修辞，而是科学的真理形式。”

在他的框架化学中，美不再是主观感受，而是一种**结构对称性与自由性的统一**。

一个结构若能在复杂性与秩序之间保持和谐，它就是美的。

他称这种特性为^{***}结构的优雅（structural elegance）^{***}。

他在一篇论文的结尾写道：

“优雅是科学的最高形式，因为它意味着自然与思想的协调。”

这句话被《Nature Chemistry》刊登在引言页上，被认为是“当代化学美学宣言”。

三、几何的诗学：晶体的节奏

北川进的MOF结构常被比作建筑或音乐。

确实，晶体中的重复单元就像音乐的节拍，
拓扑的对称与周期性如同和声与旋律的交织。

他曾对学生说：

“好的晶体结构，就像一首节奏完美的诗。
你可以用眼看它的韵律。”

他在京都大学的实验楼地下室陈列了大量MOF模型，
那些透明的多面体在灯光下闪烁着微妙的几何美。
他常独自一人走到那儿，静静凝视，
仿佛在聆听一种来自物质深处的音乐。

这种体验，已超越科学观察，成为一种美学冥想。

他相信——

“宇宙是以几何在歌唱的。”

四、结构的艺术化：从实验到展览

在2009年，北川进与京都国立近代美术馆合作，
举办了一场名为《The Architecture of the Invisible》的展览。

展品并非艺术家的作品，而是MOF的结构模型、分子网络的三维打印、以及显微镜下的动态影像。

展厅中，一块块透明晶格悬浮于空气中，灯光从不同角度投射出蜂巢状的影子，仿佛整个空间都在呼吸。

观众第一次用艺术的方式“看见”了科学：那不是冰冷的实验产物，而是一种生命的几何。

北川进在开幕式上说：

“艺术让人看见情感的形式，
科学让人看见秩序的情感。
两者都在寻找世界的形。”

他把科学重新带回“感受”的领域。

五、形式与时间：从建筑到呼吸

在他的科学美学中，时间扮演着重要角色。

传统美学常关注空间的形式，而北川的框架化学强调**时间的形态**——那是“呼吸的时间”、“变化的节奏”。

MOF的结构不是固定的雕塑，而是随环境变化的动态形式。

在吸附分子时，它扩张；在释放时，它收缩；
每一次呼吸，都重构着内部秩序。

他称之为**“时间中的建筑”**。

这是科学史上第一次有人用“时间”定义结构美。

他写道：

“固体不再是静止的。
它在呼吸中保持形，在形变中保持和谐。
这就是美。”

这种思想与日本建筑师安藤忠雄的“光的建筑”、
以及作曲家武满彻的“静寂音乐”遥相呼应。
他们共同追求的，是一种**动静并生的形式之美**。

六、美与真：科学的双重审判

当被问到“科学家为什么要谈美”时，北川进回答：

“因为美是检验真理的最后尺度。”

他认为，美与真不是两个世界的标准，而是同一个标准的两面。
科学若失去美的平衡，就会堕入机械功利；
艺术若失去真的结构，就会陷入空洞装饰。

在MOF研究中，他从不以“应用前景”作为判断标准，
而是问：“这个结构是否有它自己的优雅？”
学生初时难以理解，但多年后才明白——
那种“优雅”，正是结构合理性与生成自由性的统一。

他甚至用“谦卑的美”来形容理想的科学作品：

“真正的美，不炫耀，不喧哗，只在静中自明。”

这句话与日本茶道的精神一脉相承：
在简约与克制中显现深邃。

七、科学的造型力：思想的可见化

北川进把科学视为“思想的造型艺术”。
他认为，科学不是解释世界，而是**塑造思想的形**。

他写道：

“每一个方程式都是一种造型，
每一个晶体都是一种思维的雕塑。”

因此，他要求学生不仅理解数据，更要“看见思想”。
他让学生手工制作MOF模型，不是为了展示结果，
而是为了体验结构的逻辑与美感。

他常说：

“当你亲手搭建结构，你的思想就开始具象化。”

这种教育方式让科学重新获得了“手的智慧”——
那是古典匠人精神与现代科研精神的结合。

八、从对称到非对称：美的进化

早期的MOF研究强调对称性与完美几何，
但北川进后来发现：**真正的生命之美存在于非对称之中。**
在呼吸性框架中，局部扭曲与不均匀分布反而是结构的灵魂。

他写道：

“不完美是自由的起点。
若一切都对称，结构将失去呼吸。”

这句话揭示出深刻的美学哲理：
秩序需要不均衡来维持生机。
这种思想不仅属于科学，也属于艺术、音乐、建筑。

他用MOF证明：
美不是消除复杂性，而是协调复杂性。

九、科学的灵魂：看见不可见的秩序

北川进常说：“化学让我们看见世界的隐形结构。”
他认为科学家的使命，不是制造奇迹，而是揭示存在的纹理。
这种“看见不可见”的能力，是科学的灵魂。

他在一次演讲中说：

“艺术家创造形式，科学家揭示形式。
我们都在追求同一件事——
让不可见的秩序变得可见。”

在MOF中，这种秩序以几何显现；
在思想中，这种秩序以语言显现。

他在化学与诗之间搭起桥梁，
证明了理性与美感可以共存。

十、结语：结构即诗

在北川进的世界里，
晶体是诗，实验是修辞，科学是形式的语言。
他用化学的手，写下宇宙的韵律。

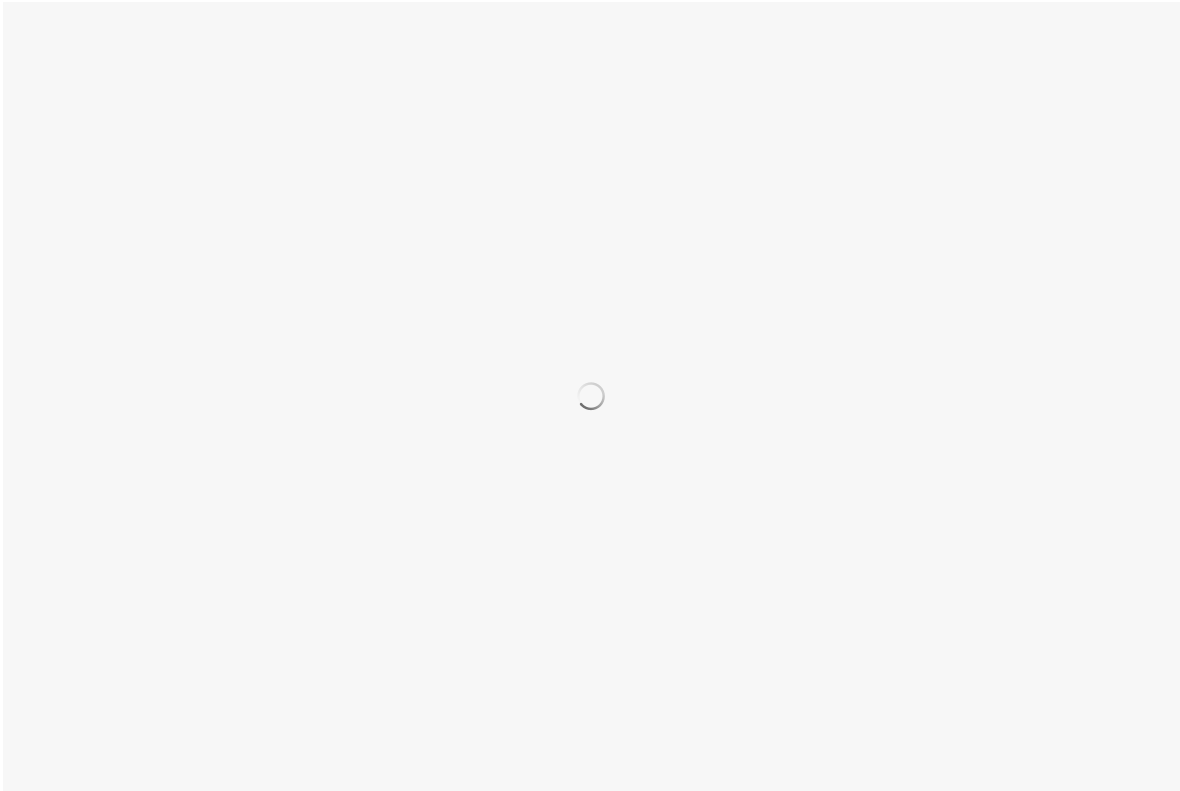
他证明：

“科学之美，不在奇观，而在秩序；
不在复杂，而在呼吸的简单。”

当他看着晶体在光下闪烁，
那不是数据的反射，而是思想的光。

他让科学重新变得优雅，
让物质重新拥有灵魂。

科学是艺术的延续——只不过使用了更小的画布。



第九章 从微观到文明：MOF的社会应用与哲学意义

一、从实验室到地球：微观世界的公共性

在2000年代中期，MOF研究从理论走向实际应用。

科学家发现，这种拥有巨大比表面积与可调孔径的材料，
能在分子层面“筛选”气体分子。

它可以吸附、储存、分离、释放——

这些微观的呼吸机制，

恰好对应人类文明在宏观层面的三大问题：能源、环境与生存。

当全球面临碳排放危机时，北川进说：

“MOF不是解决问题的机器，
它是让我们重新思考‘呼吸’的文明之镜。”

他提出一个深刻的类比：

大气层是地球的“宏观MOF”，

它通过复杂的分子循环维持地球的呼吸；

而人类若要维持文明，就必须学会在分子层面“与自然同呼吸”。

二、能源储存：呼吸的文明工程

MOF最先被应用于**氢气储存与甲烷吸附**。

北川进的团队设计出一种框架，其孔径大小恰能让氢分子像音符一样进入、停留、再释放。

这是一种分子尺度的“节奏控制”。

他在论文序言中写道：

“能源问题不是‘量’的问题，而是‘节奏’的问题。
文明的可持续性取决于我们能否学会调节呼吸。”

这一思想超越了技术意义——

传统能源体系以爆发、燃烧为特征，是“急促的呼吸”；

MOF体系以吸附、释放为特征，是“平衡的呼吸”。

这种对比，正揭示了北川进的文明观：

科学的未来不在于更快的能量交换，而在于更柔和的能量循环。

在一次联合国教科文组织会议上，他总结道：

“MOF教我们如何慢地呼吸。”

这句话成为全球绿色能源论坛的名言。

三、碳捕获与生态伦理

气候变化时代，CO₂的吸附成为MOF最具影响力的研究方向。

不同于传统吸附剂，MOF可以“选择性”吸附特定分子，并在温度或压力变化时“释放”它。

北川进称这种机制为“文明的自我修复能力”。

他说：

“我们用MOF捕捉二氧化碳，其实是在学习自然如何恢复平衡。”

他认为碳捕获不是“清理垃圾”的工程，

而是**重新学习生态节奏**的文明修炼。

人类之所以陷入气候危机，

并非缺乏技术，而是失去了与自然的呼吸同步。

在2015年的一次京都演讲中，

他引用老子的名言——“人法地，地法天，天法道，道法自然”——

然后补充说：

“MOF不是工具，而是老师。”

这句话被翻译成多国语言，被联合国环境署引用为“科学伦理宣言”。

四、信息的隐喻：MOF与数据文明

除了能源与环境，MOF的结构理念也影响了信息科学。

他提出：

“信息结构与物质结构是同构的。”

在MOF中，信息以几何形式储存——孔道、节点、配体关系——

这些结构可以被“读写”与“编码”。

这与数据存储、量子逻辑结构有惊人的相似性。

他预见：

“未来的计算，不在硅片，而在结构。
物质将成为信息的语法。”

这一思想影响了日本材料信息学（Materials Informatics）的兴起。
北川进的研究被称为“分子结构的信息革命”。

他进一步指出：

“人类文明的下一个阶段，不是信息社会，而是**结构社会**。
那时，我们用结构来思考，用结构来生活。”

五、MOF与建筑文明：从物质到城市

北川进与建筑师安藤忠雄、隈研吾都有跨界对话。
他们探讨如何将MOF的“呼吸性”概念转化为建筑理念。
如果建筑能像晶体一样自我调节温度、湿度与空气流动，
城市将成为“宏观MOF”——一种有机的呼吸体。

在2017年的一次京都设计论坛上，
他说：

“城市也是框架。
当框架失去呼吸，文明就会窒息。”

他主张“呼吸性建筑”的概念：
通过材料的微孔性与自然通风实现城市节奏的柔性循环。
这种理念后来影响了日本“零排放建筑”的设计运动。

他认为：

“科学与建筑的终极任务相同——
都是为世界设计呼吸的空间。”

六、社会哲学：物质伦理的重生

北川进在晚年逐渐把MOF的思想转化为一种**物质伦理学**。

他指出，现代社会对“物”的理解过于功利——
我们制造、使用、废弃，而从不与物对话。

他写道：

“我们谈‘可持续’，却从未问过物质是否幸福。”

他认为，真正的可持续性不是“无限利用”，
而是“与物质建立共生关系”。

就像MOF与分子之间的关系：
不是征服与被征服，而是呼吸与回馈。

这成为一种新的伦理框架：

以结构为基础的共存伦理 (Structural Ethics of Coexistence) 。

他在最后的讲座中说：

“我们必须从使用物，转向理解物。
理解它如何存在，我们才能真正共生。”

七、文明的镜像：MOF与文化自觉

在北川进看来，科学不是技术体系，而是文明的镜像。

他用“呼吸性文明 (breathing civilization)”描述未来社会的理想形态——
一个在变化中保持平衡、在约束中保持自由的文明。

他说：

“现代文明的问题在于失去了弹性。
它像僵硬的固体，无法自我调节。
MOF告诉我们，自由的文明必须有呼吸的结构。”

这种隐喻跨越了学科。

政治学家用它来描述“开放的制度”；
教育家用它来比喻“动态的学习框架”；
哲学家称之为“结构的自由民主”。

在北川进那里，MOF已超越科学，成为文化象征——
一个关于“如何存在”的普遍原型。

八、东西方思想的汇流：技术与智慧

当西方科学强调控制与效率时，
北川进从东方视角强调平衡与生成。
他在《Science》杂志的访谈中说：

“西方科学寻找因果，东方智慧理解关系。
MOF是两者的交点。”

他将“呼吸”作为科学与哲学的共同语言：
在化学中，它是分子的交换；
在生命中，它是代谢的节奏；
在文明中，它是文化的更新。

他把科学重新放回“智慧”的语境中，
把技术重新连接到人文的根。

九、科学的伦理宣言

在2023年的一次东京国际会议上，北川进以《The Freedom of Matter》为题发表演讲。
全场静默聆听。
他最后说：

“物质有它自己的自由。
科学的任务不是剥夺这种自由，而是理解它。
当我们理解物质的自由，我们才能获得人类的自由。”

这段话被誉为“分子层面的《人权宣言》”。
它提醒科学家：自由不是人类的特权，而是宇宙结构的法则。
人类若想获得真正的自由，
必须首先尊重存在的自由。

十、结语：从微观秩序到宏观文明

北川进以MOF为镜，
让我们在分子的呼吸中重新看到文明的呼吸。
他将化学变成一门关于“存在”的学问，
将科学变成理解世界秩序的艺术。

他证明：

“微观的结构，决定宏观的文明。”

从京都到世界，从原子到社会，
他所揭示的不是一种材料，而是一种思想——
自由的结构、呼吸的文明、生成的世界。

当人类重新学习与自然同步的节奏，
也许那时，我们真正进入了一个新的纪元：
——**结构的时代（The Age of Frameworks）。**



第十章 永恒的空隙：化学的未来与思想的延伸

一、空的永恒：从实验室到宇宙的回声

在北川进的办公室里，墙上挂着一句话：

“空并非无，而是无限的形式。”

这句话既是他的科学信条，也是他的宇宙观。

对他而言，“空”不是人类意义的虚无，而是宇宙生成的机制。

从量子真空到分子孔隙，从星云的稀薄到MOF的多孔结构，

世界的存在不是物质的堆叠，而是**张力与空间的呼吸**。

他曾说：

“宇宙是最大的MOF。”

在他看来，银河间的引力网络与分子框架的拓扑结构，

本质上遵循相同的逻辑：

节点、连接、空隙——三者形成存在的三位一体。

这种类比并非诗意的夸张，而是一种深刻的洞察。

在宇宙与化学之间，他看见了“同构”：

宏观世界的秩序，正是微观结构的放大。

于是，“化学”成为理解宇宙的隐秘钥匙。

二、从MOF到MOM：物质的未来语言

在晚年，北川进提出新的概念——**MOM (Metal–Organic Metastructures)**。

这是MOF思想的延伸：

框架不再只是“结构体”，而成为“结构网络的网络”，一种多层次的复杂系统。

他设想，未来的材料将能自我学习、自我修复、自我组织，

就像生命体一样，能根据环境变化调节自身的孔隙与功能。

他称之为“第二代呼吸体 (Second Breath Structures)”。

他写道：

“当结构能记忆呼吸的节奏，它就有了思想。”

这句话暗示着一个惊人的未来方向：

化学结构的智能化。

北川进认为，人工智能并非计算机独有的特性，

真正的智能应该存在于物质内部的结构自调性中。

当材料能够根据环境做出非线性反应、生成新的稳定态，那就是“结构的思维”。

他预见：

“未来的AI，不是软件，而是结构。”

这句话成为许多科学哲学家与材料科学家的新座右铭。

三、自由的延伸：从分子伦理到宇宙伦理

随着科学的发展，人类不断扩展对“控制”的追求。

而北川进在晚年反思：

“当我们控制一切，我们也失去了自由。”

他认为科学的终极任务，不是控制，而是理解。

真正的伦理，是让世界保持生成的自由。

他提出“分子伦理（Molecular Ethics）”的概念：

每一个分子、每一个结构都有其存在的合理性。

科学家不应将自然视为资源，而应视为伙伴。

他写道：

“自由是宇宙的法则。

理解这种自由，是科学的最高美德。”

这种思想与他早期的“自由律”相呼应，

但在晚年被扩展到宇宙与文明的层面。

在他眼中，**化学本身就是伦理**——

因为化学的本质是关系、平衡与生成。

四、时间的框架：生成的永恒

北川进的MOF不仅重新定义了空间，也重新定义了时间。

在他看来，结构不是静止的几何，而是**时间的形状**。

他在晚期随笔中写道：

“一切存在都在变化，但变化本身就是稳定的。
永恒不在不变中，而在生成的连续中。”

这是一种极具东方气质的时间观。

他认为科学必须超越线性时间，
去理解循环、呼吸、节奏——
这才是宇宙真正的时间形式。

MOF的“呼吸性结构”正是这种时间观的化学显现：
变化即恒常，恒常即变化。

这种“生成的永恒（Eternal Becoming）”思想，
让北川进成为科学与哲学之间最罕见的桥梁。

五、科学的未来：从控制论到生成论

北川进常说：

“20世纪的科学是控制的科学；
21世纪的科学应是生成的科学。”

他认为，未来科学应不再以“因果”作为核心逻辑，
而以“生成”与“反馈”作为基础法则。

在他看来，控制论的时代已经结束，
生成论的时代即将来临——
那是一个科学与艺术、自然与人类、结构与意义重新汇流的时代。

他写道：

“未来的科学家，将不是操作者，而是调和者；
不再制造结构，而是陪伴结构生长。”

这正是“呼吸性科学”的精神。

六、教育与传承：科学的禅道

在北川进的教学，实验不只是训练技能，
而是修炼“观察的心”。

他告诉学生：

“看见变化，就是理解世界。”

他鼓励学生每天记录反应的“气息”——

不是温度、不是pH，而是那种在显微镜下闪烁的节奏。

有一次，学生问他：“您最重要的实验是什么？”

他回答：

“等待。”

这不是玩笑。

他把“等待”视为科学的德行——

等待结构生成、等待平衡出现、等待自然自述。

他认为：

“急躁是现代科学的病。

观察，是科学的禅。”

因此，他的实验室更像一座寺院，

科学被还原为“观照存在”的实践。

七、科学的美德：谦卑与共鸣

北川进晚年多次强调“谦卑”这个词。

他认为科学家最危险的不是无知，而是傲慢。

“当人类以为自己能控制一切时，

就已经开始失去一切。”

他在一次联合国演讲中说：

“宇宙不需要我们的理解，

但我们需要通过理解而谦卑。”

他把科学视为与宇宙共鸣的方式——

科学家不是征服者，而是倾听者。

这正是他哲学的核心：

科学是与存在的对话。

八、文明的方向：从物质到精神的回归

当被问到“科学的终点是什么”时，北川进微笑着回答：

“科学没有终点，它只是另一种修行。”

他认为，科学的未来不是更多发明，而是更深理解；
不是累积，而是回归。

他提出“精神化科学（Spiritual Science）”的设想——
不是宗教意义的精神，而是存在意义的自觉：
一种知道自己为何探索、为何创造的科学。

“科学之光，若不照见心灵，就只是另一种黑暗。”

他希望未来的科学家能在数据与仪器之外，
重新寻找科学的道德、情感与审美维度。

九、遗产：思想的框架

北川进留下的，不只是论文与材料，
而是一种思维模式：**框架思维（Framework Thinking）**。

这种思维告诉人类：

1. 一切存在都在结构中生成；
2. 空隙是世界保持自由的方式；
3. 平衡是秩序的真正核心；
4. 自由不在无结构，而在可呼吸的结构中。

他的思想影响了从化学、物理、生物到哲学、建筑乃至艺术的多个领域。

在他逝世后，京都大学为他设立“北川进纪念讲席”，

题铭上写着：

“He revealed the space within matter,
and the mind within science.”

（他揭示了物质中的空间，也揭示了科学中的心灵。）

十、结语：空的未来

在北川进的一篇手稿中，有这样一段话：

“当人类最终理解‘空’，
我们将不再害怕失去，不再迷恋拥有。
我们会学会与世界一起呼吸。
那将是科学的极乐——
不是掌控的满足，而是共在的宁静。”

这或许是他留给世界的最后讯息。

北川进让化学回到哲学，让物质拥有灵魂。

他证明了：

科学可以有诗意，理性可以有温度，结构可以有呼吸。

而他自己，也化为一种结构——

一个连接科学与人文、微观与宏观、存在与虚空的**永恒的空隙**。

那空隙中，仍有呼吸的声音。

那，是科学在说话。