

火成论

[日] 牛来正夫 著

地质出版社

火 成 论

〔日〕 牛来正夫 著

林 强
朴 春 變 译

陆 恩 泽 校

地 质 出 版 社

内 容 提 要

本书根据近代地球物理学、实验岩石学 and 同位素岩石学等资料,叙述了岩浆生成的物理化学过程、火成岩多样性等岩理学的基本问题,进而论述了火成岩系的演化,讨论了火成作用与地球深部构造以及地壳和地幔运动之间的关系。本书可供从事岩石学研究、地质矿产以及地壳构造演化研究工作者和地质院校师生参考。

火 成 论

〔日〕 牛来正夫 著

林 强 朴春燮 译

陆恩泽 校

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑:马志先

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·全国新华书店经售

开本: $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张: $10^{11/16}$ ·字数: 275,000

1983年3月北京第一版·1983年3月北京第一次印刷

印数: 1—3,734册·定价: 1.90元

统一书号: 15038·新906

译者序

本书系日本东京教育大学教授牛来正夫所著“火成作用”(1973)一书的续编。作者继20多年前自己的专著“火成岩成因论”(上、中、下卷)之后,根据多年的研究以及近代岩石学的大量资料写出“火成作用”和本书——“火成论”。

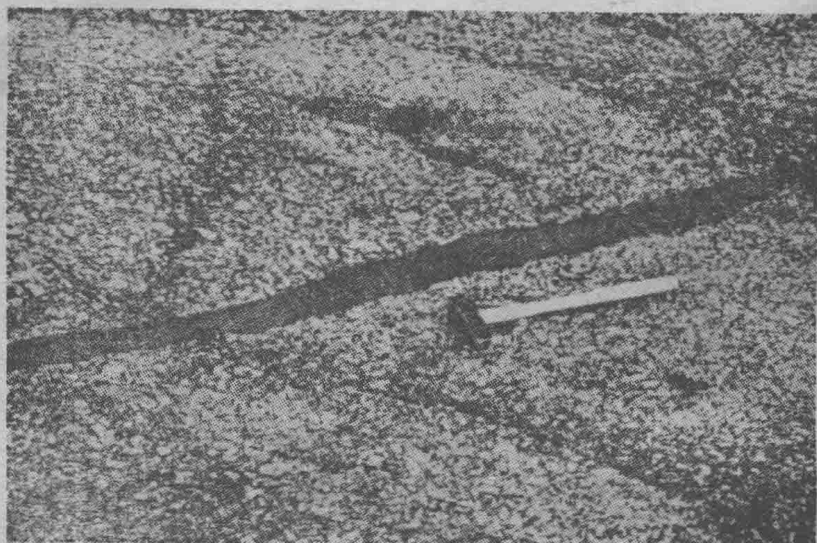
本书分为概论和演化论两部分,着眼点在于第二部分。作者根据实验岩石学 and 同位素岩石学等新近资料,论述了岩浆的生成过程、火成岩多样性以及“火成岩系的演化”等问题。本书的特点是从“岩浆生成过程”的观点,试图把火成岩系的演化同地球的深部构造以及地壳和地幔运动联系起来论述地球的演化历史。

1977年译者曾摘译过本书中部分章节,因见其内容有一定的参考价值,作为教学中的参考书,后经穆克敏教授、贺同兴副教授和林景仟同志的推荐,根据1975年原版译出。因译者水平有限,错误难免,尚希读者指正。

在整个翻译过程中,始终得到了穆克敏教授的热情鼓励和指教;原书中有关英文部分由陈浩琉同志协助译校;马世珍、韩贞镐、严寿鹤同志审阅了部分译稿并提供了有益的帮助,在此一并表示深切的谢意。

1980年2月于长春

译者

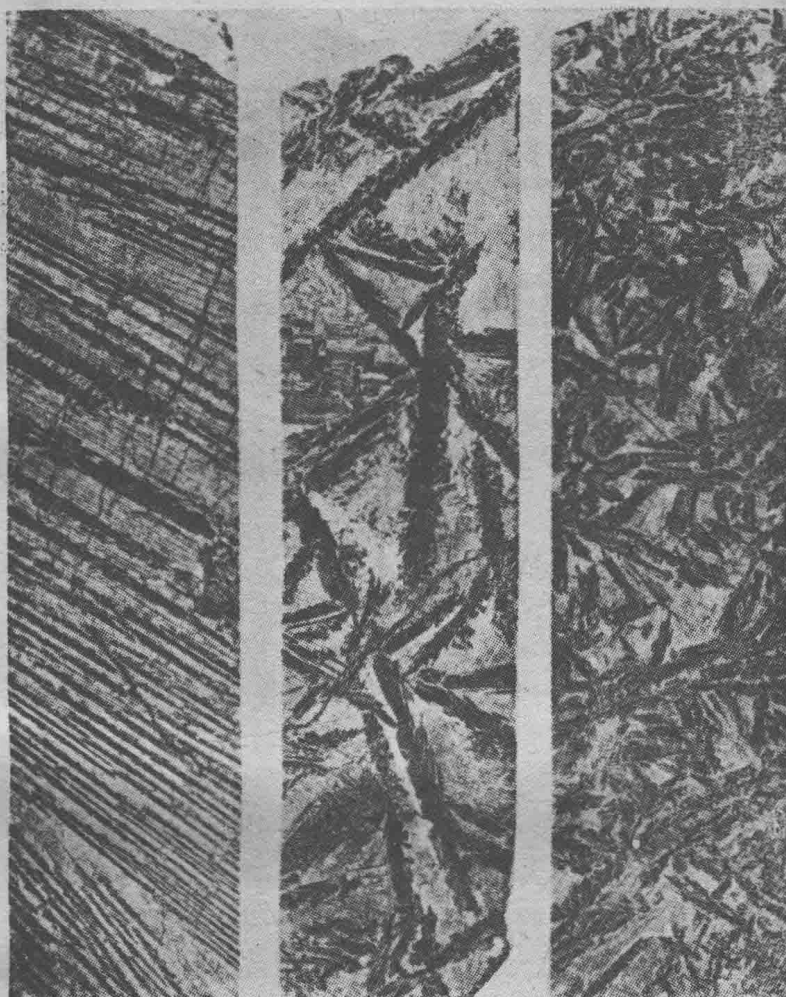


(I) 格陵兰西南部戈德霍普 (Godthåb) 地区的阿米错克 (Amitsoq) 片麻岩 (约 38 亿年前)

上图 变化比较轻微的岩相 (黑色部分为 Ameralik 角闪岩岩脉)

下图 遭受了强烈变化的岩相 (黑色部分同上)

(McGregor, 1973)



(II) 产于加拿大地盾阿比蒂比(诺兰达)地区太古代绿岩带的
科马提岩岩心(长约14厘米)

(a) 板状鬣刺结构; (b) 粗粒放射状鬣刺结构; (c) 细粒放射状鬣刺结构
暗色部分为由橄榄石转变的次生蛇纹石, 灰色部分为可能由“骤冷”辉石和
玻璃转变而来的绿泥石的混合物

(Naldrett 和Gasparrini 1971)

原 序

本书可以说是两年前问世的“火成作用”一书的续编。而且，正象“火成作用”是大约二十年前写的“火成岩成因论”上卷的现代版一样，本书就相当于“火成岩成因论”中、下卷的现代版。

就象在“火成作用”一书的序中所指出的那样，开始写那本书时，当初的打算是在其前半部写“火成作用”一书中所写的内容，而在其后半部叙述本书中着重论述的成因论。但是由于本人计划不周并且或许努力不够，竟分成了这样两本书。

不管怎样，终于完成了这十年来一直压在我身上的一件任务，因而现在的心情犹如卸掉了一份担子一般稍感轻松些。

本书虽然由第一部分概论和第二部分演化论两部分构成，但本书的中心在第二部分。第二部分中，根据所谓岩浆生成过程的观点，对《火成作用》一书中论述过的，即通过大约 45 亿年的地球演化历史过程所看到的构造-火成作用的演变问题，提出了一种成因论（火成岩系演化论）。

可以说第一部分的各章是为第二部分的论述起引子作用。第一部分所论述的是与火成论的方法（我的研究方法）和岩浆生成过程有关的若干情况的概要以及我对这些问题的考察结果。

不言而喻，最近十几年来地球科学已有了惊人的发展。这些新的发展成果为我在本书中所要阐明的火成岩系的演化论提供了宝贵的资料，但从我个人的角度来说应该说那些资料太多了。

换句话说，要把最近的所有成果充分地概括在一起进一步阐明火成岩的成因论，这对我来说是无论如何也不可能的事情。就象在本书中所曾反复指出过的那样，在第二部分演化论中论述的内容只是我在现阶段所想到的纯属“假说”性的东西，因此尤其

希望年青的读者能够注意到这一点，以免中我的“毒”。

最近有一次机会（《地球科学》，28—6，29—1）我曾谈到，从我开始对火成岩及岩浆问题感到兴趣以来，已经快有四十年了。其前半期约二十年间的研究成果就是《火成岩成因论》，以后大约又过了20年，发表了《火成作用》与《火成论》，这一点对我来说是无限感慨的。今后能否还有类似东西第三次问世无甚把握，但是现在想，对如今已经没有多少业余工作精力的我来说，只好依然沿着这条路走下去。

我以前所做的工作除了得到已故旧师杉健一先生的鼓励，这里无需赘言外，另外还得到了许多先辈、知友、学生以及亲属的鼓励。这里虽未一一举出他们的姓名，但在此一并深表感谢。

此外，还谨向在本书写作过程中给我提供了有关前寒武纪地质、岩石的最新资料的名古屋大学诹访兼位博士、提供了有关稀土元素资料的冈山大学温泉研究所的田崎耕市博士、协助绘制一部分图表和校对工作的我的研究室的加加美宽雄、周藤贤治两位博士以及在出版阶段提供了帮助的共立出版股份有限公司的安部登祉子、齐藤 昇两位表示感谢。

牛 来 正 夫

1975年盛夏 于板桥区常盘台寓所

凡 例

1. 在本书中使用的英文,凡是普通名词头一个单词的第一个字母用大写(例如, Petrographic province),凡是专有名词所有单词的第一个字母都用大写(例如, East Pacific Rise)。但是,矿物、岩石的名称和形容词、动词则第一个字母也用小写。

2. 在正文(包括图表注记)中,凡是引用日本人写的文献时,其姓名一律写日文(汉字),而在书末文献目录中则按原文写(用罗马字拼写的就按罗马字),可对照文献的发表年次查阅(但和外国人合著的英文文献就按原文写)。

3. 凡是引用“火成作用”一书中的图表时,在图号下面划一横线,以此与本书中的图表相区别。

目 录

译者序

卷头画

原序

第一部分 概 论

第一章 火成作用与火成论	1
第一节 引言	1
第二节 地球构成物质的赋存状态	3
第三节 地质现象的历史性和非历史性	4
第四节 火成论的方法	7
(一) 岩浆的定义——本书中的用法	7
(二) 火成岩成因论史概观	8
(三) 岩浆生成过程的重要性——本书中采用的研究方法	12
第五节 岩浆生成过程的研究方法	14
(一) 地质学方法	15
(二) 描述岩石学方法	20
(三) 实验岩石学方法	28
(四) 地球物理学方法	35
(五) 地球化学方法	38
第二章 地壳和上地幔的构成	44
第一节 稳定大陆下面的地壳和上地幔	45
(一) 概述	45
(二) 花岗岩层的实体	46
(三) “玄武岩层”的实体	50
(四) 莫霍面的含义	52
(五) 低速层问题	54
第二节 大陆的构造-火成带下的地壳和上地幔	58

(一) 大陆性断裂带的深部构成	59
(二) 环太平洋带的深部构成	60
第三节 大洋地区的地壳和上地幔	72
(一) 概述	72
(二) 大洋脊的深部构成	74
(三) 大洋盆地的深部构成	77
第三章 岩浆生成的物理化学过程	83
第一节 玄武岩质岩浆的生成过程	83
(一) 历史的回顾	83
(二) 玄武岩质岩石的组成分类	86
(三) 根据化学实验结果的考察	88
(四) 根据超基性岩熔融实验结果的考察	97
第二节 钙碱性岩浆的生成过程	103
(一) 历史的回顾	103
(二) 根据上地幔条件下实验结果的研究	105
(三) 根据沉积岩和花岗岩的熔融实验结果所做的研究	110
第四章 岩浆生成过程与稀土元素、放射性同位素	115
第一节 岩浆生成过程与稀土元素	115
(一) 增田、松井说中的若干问题	116
(二) 橄榄岩质包体的起源与稀土元素	122
(三) 花岗岩中稀土元素的研究方法——一种尝试——	124
第二节 岩浆起源物质与放射性同位素	130
(一) 概述	130
(二) 锶同位素法的原理	131
(三) 锶同位素法在应用上的若干问题	133
第五章 花岗岩问题	137
第一节 历史的回顾	137
第二节 笔者的研究经过	143
第三节 花岗岩质岩浆的起源	150
(一) 起源物质	150
(二) 起源物质与深部构成的关系	155
第四节 混合型花岗岩的成因	156

(一) 概述	156
(二) 花岗岩化作用的定义	157
(三) 花岗岩化作用与斜长石双晶法	159
(四) 花岗岩化作用的机理	163

第二部分 演化论

第六章 第一时期（地球形成阶段）和第二时期

(太古代)的火成作用	166
第一节 引言	166
第二节 第一时期（地球形成阶段）的火成作用	168
(一) 概述	168
(二) 大陆壳（岩石圈）的偏布问题	171
(三) 原始大陆物质与原始大洋物质	171
(四) 原始大陆壳（岩石圈）和原始大洋壳（岩石圈） 的形成	174
(五) 原始大陆性上地幔	179
第三节 第二时期（太古代）的火成作用	182
(一) 基性-超基性火山作用	183
(二) 关于花岗岩问题	193
(三) 太古代大陆壳（岩石圈）的厚度与构造过程	197

第七章 第三时期（元古代）的火成作用

第一节 元古代的上地幔运动	199
第二节 稳定陆块中的火成作用	202
(一) 玄武岩质火成作用的周期性	203
(二) 玄武岩质岩浆成分看到的时代演变	204
附：碱性岩问题	207
第三节 活动带的火成作用	208
(一) 概述	208
(二) 前造山期（“地槽”期）的火成作用	209
(三) 微斜长石花岗岩问题	210
(四) 麻粒岩和紫苏花岗岩问题	213
(五) 斜长岩问题	215

(六) “间造山期”的玄武岩质火成作用	221
第八章 第四时期早期(古生代)的火成作用	223
第一节 引言	223
第二节 古生代的上地幔运动	
——古生代地槽的成因——	225
第三节 有关地槽玄武岩的若干问题	228
(一) 地槽玄武岩的化学成分与岩浆生成的“构造场”	229
(二) 有关“火成岩系的演化”问题	236
第四节 关于酸性火山岩与花岗岩的若干问题	237
(一) 酸性火山岩问题	237
(二) 花岗岩问题	238
第九章 第四时期晚期(中生代和新生代)的火成	
作用(1)——稳定大陆——	241
第一节 大陆漂移与上地幔运动	241
第二节 中生代的火成作用	244
(一) 拉斑玄武岩的化学成分	244
(二) 拉斑玄武岩质岩浆的起源	245
附: 碱性岩问题	247
第三节 新生代的火成作用	248
(一) 火成作用的多样性	248
(二) 高原玄武岩问题	249
(三) 碱性岩问题	250
第十章 第四时期晚期(中生代、新生代)的火成	
作用(2)——大洋地区——	254
第一节 引言	254
第二节 大洋脊地区的火成作用	256
(一) 大洋脊拉斑玄武岩的化学组成	256
(二) 大洋脊拉斑玄武岩的成因	259
(三) 碱性玄武岩及酸性岩的成因	264
(四) 有关大洋脊的若干构造问题	266
第三节 大洋岛的火成作用	269
(一) 大洋岛拉斑玄武岩的化学组成	269

(二) 几个成因问题	270
(三) 以“热点说”为基础的成因论中存在的问题	272
第十一章 第四时期晚期(中生代、新生代)的火成作用(3)——环太平洋地区	275
第一节 晚中生代酸性钙碱性火成作用	276
(一) 概述	276
(二) 酸性岩浆的起源物质	277
(三) 酸性火成作用的板块构造模式中存在的问题	281
(四) 笔者的模式——一种尝试——	284
第二节 新生代岛弧—大陆边缘带的火成作用	285
(一) 火山岩类的时空分布	286
(二) 火山岩类的化学成分特征	289
(三) 以板块构造说为基础的成因论中存在的问题	292
(四) 有关岩浆生成的构造过程	296
(五) 岩浆的起源物质	298
(六) 笔者的模式——一种尝试——	302
参考文献	307

第一部分 概 论

第一章 火成作用与火成论

在论述正题之前,对以什么观点来研究火成作用的问题,也就是说对研究方法(方法论)或岩浆生成过程的研究方法,简单地谈一谈笔者的想法。不过由于笔者对方法论这一哲学问题不太熟悉,所以不免会有不少错误和不足之处,这一点还请读者给予谅解。

第一节 引 言

地质现象的最主要的因素大概是构造、火成、沉积等三种作用。因为,从整个地球的发展历史来看,这三种作用乃是最基本的和最普遍的地质过程。过去,笔者曾想找出另外的因素,但都没有找到。

也许勉强能提到变质作用,但笔者不赞成把变质作用同火成作用或沉积作用相提并论。因为,变质作用只是在地球表层部位的特定空间(地槽—造山带等)上附属于构造、火成、沉积作用而发生的,从这个意义上说,它只不过是一种次要的地质过程(牛来,1968a)。

这种观点与如何考虑花岗岩类的成因这一问题密切相关。就象在本书第五章所详细论述的,在笔者看来,形成花岗岩类的最主要的地质过程是火成作用,因为笔者抱有这样的观点,所以才

有了上面那种想法。

不过，话虽如此，这并不是说作为一种地质过程的变质作用并不重要。如前所述，对地槽-造山带及其类似的活动带来说，变质作用同构造、火成、沉积作用都是重要的地质过程。如果忽视了这一点，就不能正确地理解这些地区的地质发展历史，这是不言而喻的。

此外还有一种作用叫做矿化作用，它是火成、沉积、变质作用的特殊表现形式。也就是说，作为这些地质作用的一种特殊表现形式，把各种特定成分聚集于特定空间的作用叫做矿化作用。而且正因为如此，这种作用对人类的生产和经济活动具有重要意义。

所谓火成作用 (Magmatism, Igneous activity) 一般的来说是指那些在地下深处（主要是在地壳下部或上地幔）生成（或者已经存在）的岩浆通过各种构造过程上升并侵入到地壳上部或喷出到地表、形成火成岩前的一系列作用。

换句话说，所谓火成作用者就是指地球内部物质通过熔融、上升、凝结过程，并在此过程中一面发生所谓围岩反应和分异、同化作用以致这样那样地改变成分（多样化），一面运移到地球上层部位的过程。

这一过程同在地球表面进行的既存岩石的风化和由于各种机制进行的风化产物的选择性搬运、沉积以及通过它们的固结作用所进行的沉积岩的形成作用一起构成了地球历史中最基本、最普遍的两大岩类的形成过程。

过去一般所说的火成作用只涉及岩浆侵入到地壳上部或喷出到地表进行固结的过程。笔者过去所著的《火成作用》(1973)①一书也主要是从这种意义上论述火成作用的。

然而最近对于地壳下部或上地幔中的岩浆生成过程已能够在若干实验验证的基础上进行了研究了。已有可能把火成作用问题作

① 以下简称“前著”——译者注。

为上述那种岩浆的生成→上升（侵入、喷出）→固结等一系列过程来进行研究。本书即将论述建立在这种观点之上的火成论，特别是把重点放在岩浆的生成问题上^①。

在此预先提一句，笔者并不认为作为地质现象的岩浆固结过程并不重要。然而这一过程，无论从火成岩的成因（多样性）问题来说还是对地球的大规模构造过程来说都只起次要的作用，因此在这本书中，只是在必要时简单提及。

第二节 地球构成物质的赋存状态

人们常说，构成地壳或地幔的物质的最小单位是矿物。过去笔者自己也一直是这样说的（牛来，1968a）。

的确，矿物是可以拿在手里观看的（按照字义）最小单位，这是无可非议的，但从自然界的所谓“可分性”观点看，根据这种直观而朴素的认识特意强调矿物是最小单位不一定是妥当的。

譬如，地球现象中存在与放射性同位素衰变有关的现象，而且这种现象起着很重要的作用。这种现象是以原子核或粒子一级的现象为基础的。

此外还有：矿物的现象是由原子一级的现象所决定的，关于这一点，现在已用不着再讲了。

另一方面，如在地层、构造地质学的现象中，矿物一级的现象就不再是研究对象了，原子一级的现象更不涉及，至少它们不构成直接的研究对象。被作为问题来研究的至多是作为矿物集合体的岩石或岩石集合体所表现的现象，并且在岩石集合体中也是包含了各种级别的现象^②。

总之，应该能够想到，在研究地球现象时，根据所研究现象的单元的大小不同，而具有不同的、直接的最小单位。

① 但是，在以下各章节中也有不少火成作用仍指过去狭义的含义，所以希望读者能够分别地判断。

② 对沉积岩来说有建造、群、亚群、组、段等各种单元。