

648171

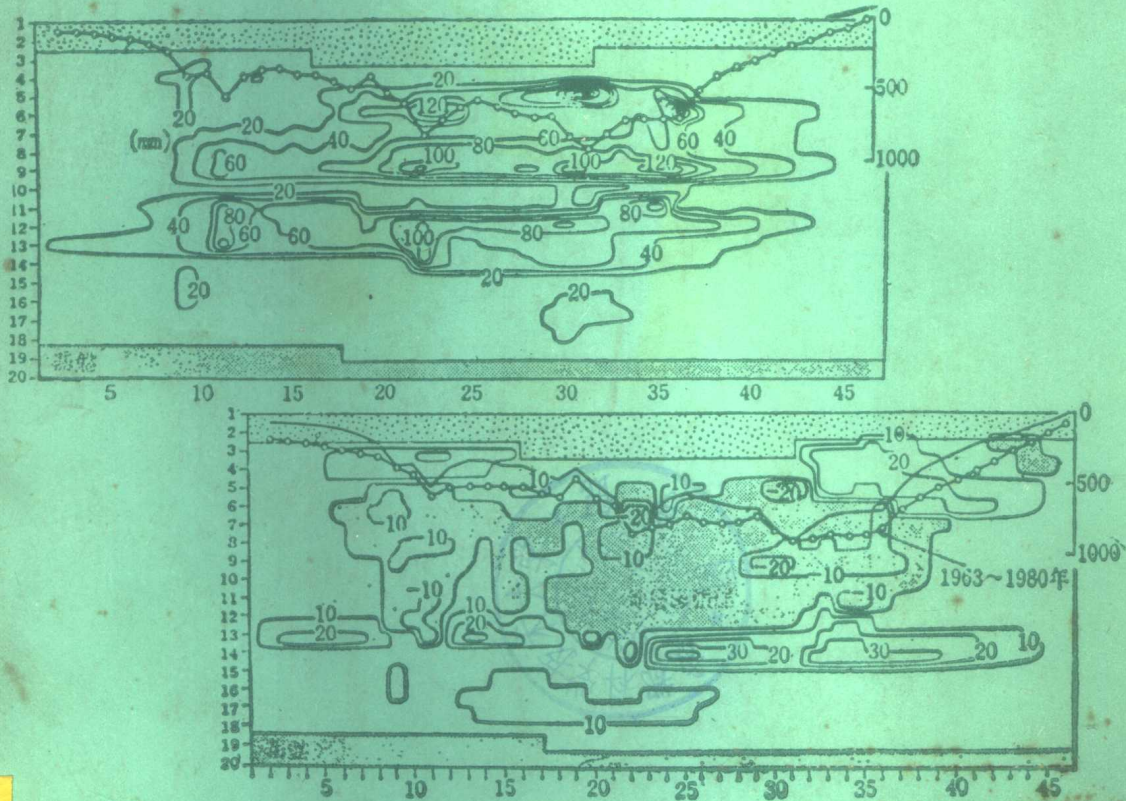
3563

7/2253

高等学校教学参考书

地下水盆地管理

[日] 柴崎达雄 著



成都科学技术大学图书馆
基本藏书

地质出版社

高等学校教学参考书

地下水盆地管理

(理论与实践)

〔日本〕 水均衡研究组 柴崎达雄 著

王秉忱、周文辅、闵连太、沈治安 译

徐 绍 利 校

地 质 出 版 社

内 容 提 要

本书是地下水资源管理问题的一本代表作,反映了日本及国际上有关防止地下水公害及对地下水资源管理方面的理论与实践成果,其中很多是最新方法。地下水均衡模拟的研究更为突出,被地下水管理国际会议所公认。

全书共七章二十四节,约30万字。可作为大中专院校水文地质、工程地质、农田水利、城市供水与城建、环保等专业师生教学参考书,也是各该专业广大科技工作者的有价值的学用参考读物。

地下水盆の管理

〔理論と実際〕

〔日〕水収支研究グループ

柴崎達雄 著

〔日〕東海大学出版会

1976.1

地下水盆地管理

(理论与实践)

〔日〕水均衡研究組

柴崎达雄 著

王秉忱、周文辅、闵连太、沈治安 译

徐绍利 校

*

地质矿产部教育司教材室编辑

责任编辑:于纯仁

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·各地新华书店经售

*

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 13¹/₈ 插页: 6个 字数: 306,000

1982年6月北京第一版·1982年6月北京第一次印刷

印数1—4,690册·定价1.70元

统一书号: 15038·教138

译者序

《地下水盆地管理》(理论与实践)一书是由日本水均衡研究组柴崎达雄主编的。参加执笔者除柴崎达雄外,还有该组织的古野邦雄、原雄、原田和彦、樋口茂生、鎌田烈、村上雅博、榆井久、高桥一等人。本书是1976年由日本东海大学出版社作为教材出版的。

由于本书原序主要涉及其与日本前已出版的《地下水资源学》一书的关系及向很多人员与单位表示感谢的内容,故从略。在这里仅须指出:原序中谈到本书所引用的大部份资料,多是水均衡研究组参予调查研究的成果;在出版本书时,得到以东海大学杉山隆二和星野通平两位教授为首的海洋资源学科的帮助。

鉴于国外水文地质学理论和实践的发展现状,在我国翻译出版此书具有重要意义。本书所介绍的地下水公害是以防止地面沉降为主来阐述的,这对我国更有现实指导作用。

为了合理开发利用和保护地下水资源,防止过量开采所产生的严重后果,国外积极强调加强地下水资源的管理工作,并为此成立了一些专门机构,全面规划,统筹安排,收到了良好效果,并取得了经验。我国的地下水资源管理工作也已开始列入日程。但是,目前尚无详细的中文参考文献。故本书的翻译出版应该说正切合当前急需,即可作为实际工作的指南书籍,又可供大学、中专院校水文地质专业师生作为参考教材。

我们认为,本书可以作为地下水资源管理问题的一本代表作。它主要阐明了近十年来日本水均衡研究组在日本及其他几个国家积累有一定实际经验的情况下,为防止地下水公害与对地下水资源进行有效管理所独立研讨的最新方法。其中地下水均衡模拟的研究成果是日本水均衡研究组的主要成就之一。

当前,在地下水资源管理问题上,从水井管理到地下水盆地管理是个新发展,已初步建立了管理地下水盆地的程序。为合理地管理地下水盆地,还要建立监控系统,提出限制抽水的地区与限制抽水的时间安排等。所以,地下水盆地的管理是个复杂问题,涉及许多新的概念与工作方法。柴崎达雄代表日本水均衡研究组提出的地下水盆地管理的模拟模型设计,已在地下水管理的国际学术会议上被公认为标准设计。

本书的译者是王秉忱(译者序,第五、七章),周文辅(第一、三章),闵连太(第二、四章)与沈治安(第六章)。本书译稿曾由王秉忱统译,其中第一、三章曾由湖南大学日语教研室周炎辉同志校。由于译者外语水平与专业知识所限,初译稿曾存在一些不当之处,承蒙徐绍利同志在百忙中对全稿进行了认真细致的审校,地质部教育司教材编辑室于纯仁同志为提高译校稿的质量也付出了很多辛苦,韩京平同志为图件贴字,在此一并表示诚挚的谢意。

译者

一九八一年九月

目 录

第一章 地下水盆地管理的基本原理	1
第一节 地下水资源所具有的自然特性和社会特性	1
1. 作为天然水和使用水的地下水	1
2. 作为有用资源的地下水	2
第二节 地下水的开发与保护	3
1. 生产力发展与地下水开发	3
2. 地下水公害的发生及其扩大	4
3. 地下水保护学说的演化及其特征	6
4. 从管理水井到管理地下水盆地	7
第三节 地下水盆地管理的基本概念	8
1. 地下水盆地管理的必要性	8
2. 设立目标标准的重要性	9
3. 地下水盆地管理的顺序	9
第二章 地下水资源的数量评价	14
第一节 作为水循环要素之一的地下水	14
1. 作为总系统的水循环	14
2. 各亚系统的相互关系	15
3. 各亚系统单元的物质均衡	17
第二节 人为因素对水循环系统的改变	19
1. 越流现象加速及其对农业用水的侵害	19
2. 干旱地区灌溉土地的盐害	24
3. 地下水污染—水循环系统内的物质均衡	26
第三节 地下水盆地与地下水流动系统	26
1. 水文构造与水均衡区	27
2. 以前的地下水盆地的概念	27
3. 作为地下水容器的地下水盆地	29
4. 表示地下水盆地中水动态的流动系统	30
5. 沉积盆地、地下水盆地、地下水流动系统	37
第三章 地下水开发保护的环境容量	40
第一节 在地下水问题方面的容许概念	40
1. 地下水开发过程中利弊的调整	40
2. 地下水储量与可采量的区别	41
3. 对迄今限制标准的看法	41
4. 持续性抽水量和涸竭性抽水量	42
5. 安全抽水量概念的演变	44

6. 再论安全抽水量的概念	44
7. 地下水的环境容量	46
第二节 具体运用地下水环境容量的工作程序	47
1. 地下水利用中利弊的具体评价	48
2. 地下水环境容量的求法	52
第四章 地下水均衡模拟及其模型化	66
第一节 模拟的基本概念	66
1. 模拟	66
2. 模拟模型的组成部分	67
3. 相似模拟	67
4. 数字模拟	68
第二节 水均衡模拟的意义	69
1. 均衡模拟的作用	69
2. 均衡模拟的用途与界限	70
第三节 水均衡模拟的程序	70
1. 模拟的一般程序	70
2. 水均衡模拟的程序	71
第四节 地下水均衡模型的基本公式	72
1. 单位立方体的水均衡	72
2. 弹性承压含水层的储量变化	73
3. 承压地下水流的基础方程式	76
第五节 地下水均衡模型及其发展	77
1. 作为集中参数系统的水均衡模型	77
2. 平面二维含水层系统模型	80
3. 准三维含水层系统模型	82
4. 垂直二维多层含水层系统模型	86
第五章 地下水均衡模拟的解法及其程序	92
第一节 承压含水层系统的水均衡基本公式及其差分近似化	92
1. 承压地下水均衡的基本公式	92
2. 差分近似式的概念	94
第二节 差分近似式的解法	95
1. 偏微分方程式	95
2. 显式解法与隐式解法	97
3. ADI 法 (交替方向隐式法)	99
4. 边界条件	102
5. 初始条件	105
第三节 解的稳定性	106
1. 差分近似法的稳定性与收敛性	106
2. 空间的分割幅度与解的稳定性	108
3. 时间的单位分割幅度与解的稳定性	108
4. 初始条件与解的稳定性	108
5. 边界条件与解的稳定性	110

第四节 模拟程序的实际情况	110
1. 有挤压释水的准三维越流承压含水层系统模型的模拟程序	110
2. 垂直二维多层含水层系统模型的模拟程序	113
第六章 地下水均衡模拟的具体应用	123
第一节 地下水盆地的模型化	123
1. 地下水盆地内部构造的阐明	123
2. 地下水盆地模型的适合	130
第二节 确定地下水盆地参数的方法	148
1. 地下水盆地的参数	148
2. 确定各参数的方法	149
第三节 模型的内插检定	164
1. 内插检定的实际操作	164
2. 内插检定的变化	174
第四节 模型运用及其评价	177
1. 模型运用的目的	177
2. 未来抽水计划方案的配合	178
3. 预测结果的评价	182
第五节 关于地下水均衡模拟的几点遗留问题	191
1. 掌握正确的水文地质构造与选取含水层系数	193
2. 确定边界条件和初始条件的方法	194
3. 掌握正确的抽水量	194
4. 包含水质变化的模拟模型的研制	195
5. 最优化方法的应用	195
第七章 合理的地下水盆地管理的重新组织	198
第一节 监控与模拟	198
1. 现行的监控系统	199
2. 调查阶段监控系统的应有状态	199
第二节 限制地下水抽水的顺序	201
1. 限制抽水地区的划分	202
2. 限制抽水的时间安排	202

第一章 地下水盆地管理的基本原理

资源的种类很多,其中如能源、金属、粮食、木材等,即使国内不能自给,亦可通过进口途径加以解决。但是,土地资源和水资源却不然。必须由住在当地的人们,在本国或本地区范围内,自己动手解决。不言而喻,土地和水有着密切的关系,特别是就地下水而言,仅从土地本身才能成为它的容器这一点,便可说明其关系是何等显著。

人类具有通过劳动手段改造自然,并从自然获取有用资源而发展起来的历史;同时,它也是一个导致自然灾祸的过程。换句话说,随着社会的发展,人类加强了对自然的改造,结果使自然环境发生了变异,这不仅给人类以一种新的适应关系,也给社会经济结构(生产关系)造成重大的影响。上述过程,从过量开采地下水而引起地面沉降的现象中,便可得到直接的证实。

在处理因汲取地下水所带来的以地面沉降为典型表现的危害问题时,仅把地下水作为自然科学的研究对象来对待是不够的。还必须注意把地下水作为资源使用一方的社会性或阶级性。不但处理资源问题如此,在处理环境、公害问题时,也要求对自然科学和社会科学这两个方面作出正确的理解和评价,并在此基础上采取相应的措施。

本章介绍的地下水盆地管理方法,也可以说是为解决这个课题而提出的具体建议之一。

第一节 地下水资源所具有的自然特性和社会特性

1. 作为天然水和使用水的地下水

降落到地表的水的一部份渗透到地下,成为地下水。地下水在地层空隙和岩石裂隙中缓慢地流动,或者储存在那里。有时候,地下水长年累月储存在地下,也可成为构成大地地壳的重要组成因素。

包含在地层中的地下水,只要是处于没有人为影响的自然条件下,就可以看作是一个自然体。但是,人们发现地下水具有资源的价值,把它们抽出来开始利用之后,地下水的动态就将发生很大的变化。也就是说,在自然条件下,地下水受到其储存库的状态(地下水盆地的构造)的强烈影响,表现为稳定的流动,而加上所谓抽水这种人为的影响后,就成为复杂的非稳定的流动状态,同时人为因素的影响也越来越强烈。

佐藤⁽¹⁾*曾根据水的赋存状态是天然物质还是人们劳动的产物而从性质上加以区分,把前者定义为天然水,后者定义为使用水。而把天然水变为使用水的行为则称为水利(生产使用水)。

根据这个定义,河水、湖沼水、地下水、海水等都是水的天然存在形态,应该叫天然水;与此相反,农业用水、工业用水、饮用水等都是水的社会存在形态,一律称为使用水。把天然水变成使用水的行为——水利,是把自然和人类联系起来的劳动手段,并且随生产力的发展阶段不同而发生相应的变化。水利的实质是改变水的存在形态,又可促使人类适应新的环境⁽²⁾。

这些过程,非常清楚地表现在人类与河流的关系上。水利和治水的纠葛历史有力地说明了这个问题。在人类和地下水的关系上也不例外。但是,由于地下水的现象是发生在地下,不能亲眼看到,证实起来有些困难。这也是使人们对这个问题的观念淡薄,以致造成相应措施落后的原因。

*〔 〕内数字系引用文献序号,下同。——译者注

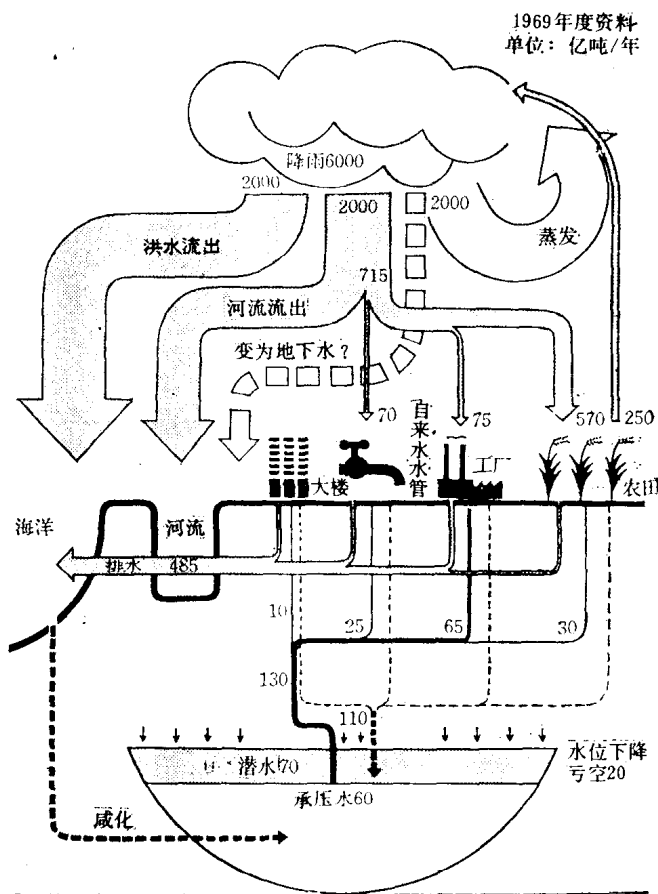


图 1.1 在日本列岛上水的均衡计算
(据柴崎, 中马^[63])

为代表的所谓地下水公害就将要产生。

人类在改造自然并从中获取有用资源时, 如果对自然规律缺乏充分考虑, 那么灾害就会相伴而生, 从这里也可以看到开发资源时出现的矛盾。因此, 防止地面沉降的措施, 实质上也是地下水资源对策; 而地下水资源对策, 作为一种用水对策, 则必须看作是整个水资源对策的一个部份。

联系到利用, 地下水一般具有以下特征: (1) 四季不变的恒温性; (2) 良好的水质; (3) 用井孔这类比较简单的设备就能容易取得的经济性等。这些特性, 和作为各种使用水的水源所必要的条件是完全一致的。特别是工业上大量利用地下水的特点, 最后列举的经济性占有很大的比重。

另一方面, 地下水在水循环系统中, 和其它水相比, 其循环速度是很慢的。只有其它水的速度的几分之一, 甚至几百分之一。因此, 在增大抽汲量时, 地下水来不及得到补给, 水均衡产生亏空, 结果导致地下水储量消耗。

地下水储量的减少具体表现为地下水位(层间水的水压)下降。水井干涸、地下水咸化、地面沉降、地下空气缺氧等地下水公害产生的原因, 归根结蒂, 都和地下水储量的消耗有关。

地下水资源对策的基本问题, 如前所述, 在于如何调整在整个地下水利用过程中产生

虽然在今天才开始研究这一问题, 但是, 如果把地下水的观测体系健全起来, 并结合本书所提供的模拟方法的发展, 那么对地下水的活动情况作出具体的解释是可能的。但是在很多情况下, 现在往往停留在发生问题后再来采取措施的水平上, 这是非常遗憾的事。

但是, 如果再考虑到地下水的开发和保护, 那么, 具体阐明人为因素对地下水动态的影响并进行预测, 在今后也就越来越加重要。与此同时, 还要进一步重视作为使用水的地下水的性质, 也就是认真研究地下水的社会性。

2. 作为有用资源的地下水

地下水是水循环系统的一个组成部份。如果人为地改变水循环系统的一个部份, 即从地下抽取地下水作为资源使用时, 那么, 其相反的作用即以地面沉降

的利弊。这个问题不仅地下水资源是如此,广泛的各种资源也是如此。总之,资源因人和自然的相互作用(生产)而产生价值。而且人既然通过生产活动产生社会联系,那么就不能忽视以资源为媒介的人与人之间的关系。

处理地下水资源问题时,仅注意作为自然物体的地下水特性是不能解决问题的。如果不同时解决围绕地下水资源而出现的人与人之间的关系(社会性),就不可能采取根本的对应措施。

第二节 地下水的开发与保护

1. 生产力发展与地下水开发

自古以来,地下水就和人们的生活有着密切的关系。不必举沙漠绿洲为例,在旧约全书、日本的古事记、《风土志》中就有很多关于井和泉的记述,从这里也可以看出地下水作为生活用水的重要性。

地下水的利用,首先是从利用地下水的天然露头——泉开始的,进一步利用浅井开发潜水,而后再进一步利用深井开发承压水。这个过程是和社会生产力的发展相适应的。而资源开发所具有的扩大性,亦即随着消费的增加而扩大开发事业的特性,以及资源所具有的发展性,亦即因资源不足而改用另一种新的代替资源的特性等,这些原则也都贯穿在整个历史发展过程中。

用手工在土地上挖坑,即用所谓的浅井汲取潜水,在日本大约始于开始种稻并在低地过定居生活的弥生时代^①。浅井有各种各样的形状和规模,并且一直流传到现在。可以说浅井和泉一样,自古以来就是当地居民的共有设备,具有显著的共同管理、共同利用的特点,采取的地下水本来就带有浓厚的公共用水的色彩。

承压水的开发是近代由于“自流井”技术的发展才开始发展起来的。据文字记载,享保年间(1723年前后)在江户^②就已打成了自流井。后来,自流井的技术经多方面的改进,始在日本各地普及,不久出现了称为“上总凿井术”的正式操作打井法。从自流井取出的承压水,因为是自喷的,所以被用做生活用水和灌溉用水。

从明治以后到近代,“上总凿井术”这种技术除了用来掘凿水井外,还被用来钻石油井。但是不久便被冲击钻法和旋转钻法所取代。冲击钻法和旋转钻法原是作为油井的钻进技术而发明的。在1913年(大正二年)以后,由于日本引进了油井的钻井技术,打了很多口现代化深井(钻井)。随着水泵技术的进步,其数量也相应地有所增加。

城市的发展要取得上水道水源,或者随着工业的发展要取得工业用水水源,于是近代深井就普遍发展起来了。特别是工业用深井,随着生产的发展,需水量增大,各自在工厂范围内乱打井,结果产生互相竞争的局面。由于对地下水公共用水的性质淡薄了,于是就加强了它的私有性和垄断性。这正像油田开发当中各个矿区各自抢先乱采一样^④。

① 约在公元前三世纪到二世纪。

② 现在的东京,日本明治维新前称江户。——译者注

2. 地下水公害的发生及其扩大

如前所述, 由于地下水的循环速度缓慢, 得不到与抽水相适应的充分补给, 从而导致储量减少, 并带来各种危害。与利用地下水相伴而产生的危害, 根据其现象可分成如下两类^[5]。

(1) 地下水位(水压)的变化带来的: 水井的互相干扰、停止自喷、抽水量减少、地下水位(水压)异常下降、地面沉降、地下出现缺氧空气。

(2) 地下水污染带来的: 水质污染、咸水侵入。

其中(1)是地下水量的变化带来的; (2)是水质的变化。而在沿海平原, 由于过量抽汲地下水, 以至导致海水侵入含水层。所以(1)和(2)多以有密切联系的现象表现出来。

这些现象分别表现为连续的量的变化, 而实际上当构成危害反映出来的时候, 则因地区的自然条件和社会条件不同而产生本质差异的形态。这说明在造成一种危害时, 总是以人类的生产活动和社会活动为媒介的。

从量到质的转化是许多所谓公害的本质, 因此, 在地下水公害方面也不例外。弄清楚这个过程是我们的目标。本书所研究的主题之一的模拟方法, 也只是为弄清此问题的一个步骤和一种手段而已。

大量抽汲地下水而引起地下水位下降的现象, 在初期阶段, 表现为井与井之间的互相干扰, 但在最近它已波及到整个承压地下水盆地, 有扩大化的倾向。与此同时, 随着深井的加深, 灾源向深层发展下去的倾向加强。人们很早以前就熟知的自流井自喷带, 在日本, 它的面积已迅速地缩小, 最终将趋向于消失。而且, 地下水位的异常下降不久将引起地面沉降。

发生地面沉降地带的共同特征是: ①大部是临海的称为冲积平原的低平地带; ②由软地层构成的所谓软弱地壳; ③该地区大量开采地下水或天然气; ④主要由于浅层地层收缩, 引起地面沉降。但是, 最近还有报告说, 不只是特征①的临海平原, 即使在内地和山间盆地也发生了地面沉降现象。同时, 关于特征④, 正在解决深部地层收缩引起的地面沉降的机理。

在日本, 符合①和②项条件的临海冲积平原, 从来就是人类生产活动的场所, 人口集中, 现在大多数成了东京、大阪、名古屋等大城市或工业地带。如果在这些低平原发生地面沉降的话, 则由于高潮、地震或河流泛滥等造成灾害的危险性就很大, 目前在大阪、名古屋、新潟等地由高潮、地震使地面沉降地带受到很大的危害。

地面沉降过程中的不均匀沉降现象一直给建筑物、铁道、公路、桥梁或水渠等设施造成危害, 但最近, 对近海地区联合企业的石油库群等也有影响。可以认为: 这些库群原本就是建造在软弱的人造平原之上, 又由于开采取用地下水而引起地面沉降, 从而促进了它的不均匀沉降。石油库的事故, 即使不以水岛为例, 亦可断言它与严重的环境污染有关系。

东京和大阪的地面沉降现象, 以1923年(大正12年)关东大地震和1926年(昭和2年)的丹后地震为开端, 引起了人们的注意。后来靠水准测量得到了证实。对此, 比较早期的说法是: 根据井身上拔等现象, 认为地面沉降是由于表层的软弱的粘土层收缩所造成的。但是, 关于地面沉降的原因, 一直没有定论。

在大阪市, 于1938年(昭和13年), 根据和達清夫的意见, 在大阪港内的天保山, 应

用井身上拔现象设置了沉降记录仪。这台沉降仪的特微是在其中设置一种双层管结构的自动记录装置,不仅能观测沉降速度,同时还能观测地下水位的变化情况。第二年,在九条小公园内设置了深度不同的三口观测井,开始观测不同深度地层的收缩量。

根据这些观测井记录的分析,和達清夫与広野卓藏阐明了地面沉降的主要原因,认为是由于人为的地下水位降低,使表层软粘土层的压密加速所致^[6,7,8]。这种说法根据以后第二次世界大战激化,城市地区受战争破坏,工厂等单位的深井抽汲量减少,地面沉降停止;而战后随着工厂地带的恢复,地面又重新迅速沉降等事实而得到证实。今天,这一点已成定论。

随着战后经济的增长,工业生产增加,城市扩大,地面沉降的速度远远超过战前逐渐激化,并以扩大化、深层化、分散化的倾向发展。而且,如沿海工业地带地下水的咸化和大城市地下开发过程中空气缺氧造成人身事故等其它地下水公害,也有了新的表现。

最近,各个部门已在尝试从经济损失或费用等方面来处理因地下水利用所带来的危害。例如,在地下水位降低而产生的经济损失方面,提高由于停止自喷而新设或更换水泵的必需费用。但是其中的大部分只意味增加了用户内部费用。而发展到地面沉降,危害就扩大了,成为包括第三者在内的社会性损失,即加浓了公害的色彩。

地面沉降带来的直接危害是井身上拔和不均匀下沉使建筑物受到破坏,而更成问题的

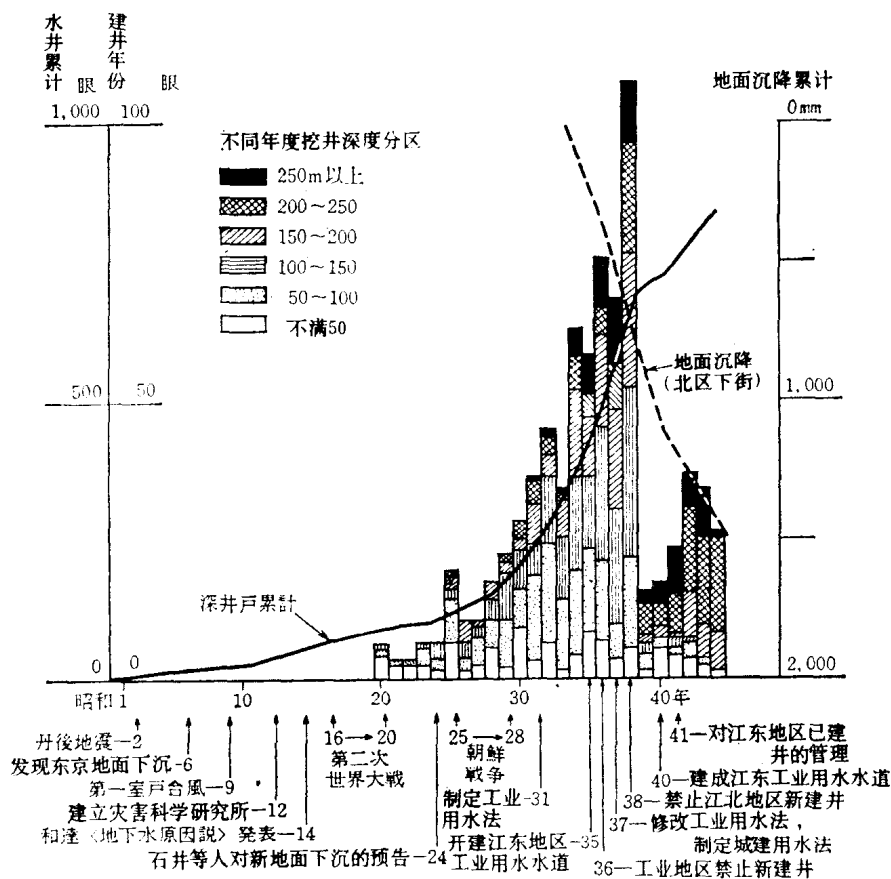


图 1.2 东京城北地区水井的增加和地面沉降
(熊井 原图)

是地面沉降扩大了灾害范围。其具体的实例就是低洼地带的沉降扩大,增加了发生水灾的危险性。

不要说以大阪、名古屋、新潟为例,就拿一些低洼地带来说,一旦受高潮和地震的侵袭,也很可能产生极为严重的破坏性灾害。为了防止这种灾害,就要增强或加高外围堤防,加强护岸与修建排水机场和防潮闸门等设备,这些都需要大量的社会投资。即使是在内地的地面沉降地区,也不断出现新问题,例如出现淡水污染和用水不足地带,或中小型河流发生水灾的危险性增大等。

最近曾对这种地面沉降所造成的经济损失,进行了试验性的具体计算。现将东京江东三角洲 47 平方公里地区的计算结果,作为一例介绍于后。

从 1961 年(昭和 36)年到 1970 年(昭和 45 年)的十年当中,用于河流、工业用水道、港湾、下水道等公共部门的预防支出费用总额达 676 亿日元,同类公共事业部门,其修缮费用为 64 亿日元,总计支出 740 亿日元。另外,在同一时间内,约对 600 个民间企进行了同样的调查,预防费用为 22 亿日元,修缮费用为 15 亿日元,损失金额总计是 37 亿日元。此外,在同一地带,从 1968 年(昭和 43 年)到 1972 年(昭和 47 年)五年间,对民房因地面沉降而发生的灾害支出费用(修缮费、重建费)合计约达 48 亿 5 千万日元。

根据这一统计,在这十年当中,仅在江东三角洲地带就遭受大约 820 亿日元以上的经济损失。而且,这个数字只是对规定的项目作的调查,没有包括环境恶化对健康的影响等难以定量的因素。不仅如此,如果单纯用这个时期内该地区抽汲的地下水总量 3 亿 6 千万吨来除这个数字,那么每吨水的外部费用就要支出 230 日元⁽⁷⁾。

一般,抽汲地下水所需要的内部费用,据说是 1 至 5 日元,由此可见,为补偿地面沉降所产生的损失的社会费用是一笔相当大的数目。而且不要忘记,这笔社会费用的大部分是由居民的税金支付的。支付了双重的税金,依然不能解脱灾害而保障安全。

在这种意义上甚至可以说,无论是地面沉降的对应措施还是地下水资源的对应措施,其根本问题还在于改变和水资源有关的社会利害关系的不均等状况。

3. 地下水保护学说的演化及其特征

创造《地面沉降人为论》的和達与広野,在同一篇论文中,对防治地面沉降措施作了如下论述⁽⁷⁾。

“人为地把地下水位尽量抬高,就能够阻止地面再往下沉。但是,再使地面回升是非常困难的。因此,采取对应措施越早,就越能有效地阻止地面沉降。使地下水上升收效较快的方法是限制地下水的使用。另外,从理论上讲,可行的方法是把海水引入含水层,但是不如前者的效果好,由于有其它影响难以实行。”

他们提出的这几点,除注入海水问题外,现在防止地面沉降的措施仍然继承了他们的方法。但是由于当时有人对“人为论”持反对意见和战争的激化,这些建议没有付诸实施。

战后随着工业的复兴,大阪市把地面沉降措施作为重要任务,首先考虑转变地下水的使用方法,于 1950 年(昭和 25 年)开始建设了工业用水道。正当此时,日本的经济以朝鲜战争的大量特需订货为转机,处在另一个向高速发展的前夜阶段。日本的国土开发政策,也正是从保护因战争而荒废的国土和开发资源,转向为工业化的开发时期。已有的狭窄的工业地带,向地方上寻求新的土地、水源、能源以及劳动力这样一种“地区开发政策”也

显露出来。

在这种形势下,作为工业用水水源的地下水的利用率增加,地面沉降再次严重化,与此同时,各地地下水位开始下降,咸水开始侵入,企业本身也感到严重不安。以企业为中心,保护地下水和改用别的水源的呼声很高。

这件事成了推动日本政府于1956年(昭和31年)制定“工业用水法”的动力。后来,以1959年(昭和34年)的伊势湾台风以及1961年(昭和36年)的第二室户台风的高潮灾害为转机,要求必须抑制地面沉降和加强限制地下水抽汲的呼声高涨,终于在1962年(昭和37年)修定了工业用水法^[11],制定了“关于建筑物用采取地下水的法律”(建筑物用水法)^[11]。

于是,国家也就制订了具体的地下水保护政策。但是,那些对应措施仅是为适应用户方面的要求,从对各个井的保护措施出发制订的。从这个法律制订的经过来看,如从善意角度来解释,也可以说是一件不得已的事情。在这期间,出版了各种关于管理井的指导书,而且提出了所谓井的界限抽水量^{[12][13]}的概念并得到普及。

但是,这些水井管理、水井限制的效果,并不十分理想。大阪和东京等地老的地面沉降地带,由于水源改用工业用水道,使这些限制取得了效果,但是又代之而出现了新的问题。即是说,随着城市的发展,用水量增加,使发生地下水公害的地区扩大,灾源向深层发展,而且向地方分散。总之,现在的地下水公害,大多超过了每个井的范围,成为井和井之间或广大区域的问题。

上述的关于地下水的两个法规还没有摆脱出所谓水井管理、水井限制的个别限制的范围,严格地说,也没有满足个别限制的条件。何况,对地区应作何种范围的限制方能达到预期的总量限制,既不作明确的回答,仍在照章搬用。

一般说,在水井分布集中的地方,如果同时进行抽水,就互相干扰,发生所谓的相乘作用,其影响逐渐扩大到四周,引起大面积的地下水位下降,造成各种地下水公害。因此,在考虑保护地下水时,也曾采用过抛开井群和群井系统,只根据每个井的影响范围,进行水井的适当布局。但是,根据影响范围适宜地布置水井的说法,因确定影响范围本身概念就很模糊,所以现在除作为一个大致的标准之外,一般是不使用的。

关于影响范围的问题,最近倾向于一种看法:如果把地下水看成是非稳定流,在封闭的承压含水层系统中,井的相互干扰有程度上的差别,显然认为它是存在的。事先预测其程度,把它用于实际问题探讨它是否在容许范围之内,研究工作正在朝这个方向发展。此外,在有越流的承压含水层系统中,由于在抽水时形成了强制性的越流补给,可保持暂时的平衡,似乎也看作是存在影响范围的。这时的影响范围随抽水条件而变化,不能看作是固定不变的。

因此,关于地下水保护问题,如果不从只处理每个井的个别限制的思想中解脱出来,转而从广大地区的角度出发研究其容许界限的总量限制,那么这个问题的解决是不可能的。

4. 从管理水井到管理地下水盆地

当把地下水从井中抽汲上来的时候,如果不使井内的水位低于其周围的地下水位,就不能连续进行抽水。为了大量抽汲地下水,必须造成与此相应的水位降低。这种水位降低的影响随着时间的延长而扩大,从而出现了如前所述的井间的互相干扰,进而引起区域性

的水位下降现象,于是便成为各种地下水公害的原因。

因此,在抽汲地下水而给社会产生利益的背后,或多或少地存在着因地下水位降低而带来的危险性。而且这种利害关系,从社会角度来看,越是造成不均等的地方,问题就越大。

充分认识围绕这种地下水资源的开发、保护问题的社会性,并找到有效的解决方法,就必须从管理水井中的固定不变的概念和办法中摆脱出来,进而去了解广大地区的地下水动态,并对其变化带来的社会影响做出具体的评价。

管理地下水盆地,即管理广大地区地下水资源的具体工作,随着对作为地下水主要储存库的第四纪地层研究(第四纪地质学)的进展和水均衡模拟技术的引入,有了显著的发展^[5]。

从事地下水开发和保护工作的技术人员和第四纪地质研究人员互相合作,明确划分了广大地区地下水存在的单元(含水层单元)和地下水盆地的概念,并具体阐明了地下水盆地内部的地质条件和水理特性的分布,对以后的地下水开发、保护问题起了很大的作用。

为了了解地下水盆地内部水的复杂运动情况,以水均衡论为基础的模拟方法,最近成了不可缺少的手段。在水文地质学领域内,50年代美国用模拟计算机作了水均衡模拟实验,从50年代后半期起美国又根据数字计算机进行了模拟实验。

在日本,以广大地区地下水管理为目的而使用上述方法进行实验,是从60年代后半期(昭和40年)以后才开始的。关于地下水水均衡论的研究,主要是在农业工程科学领域内,以潜水为中心,从50年代开始的。在水文地质学领域内,研究潜水的水均衡问题,是从60年代前半期开始的,接着,开始了承压水的水均衡研究。在研究方法方面,也从研究简单的地下水盆地中的某一单元发展到研究平面二维、准三维、垂直二维模型。而且对越流现象、挤压释水现象、以至对浅层的地面沉降现象以及深层地面沉降现象等,也都可以用水均衡论的观点加以说明。

第三节 地下水盆地管理的基本概念

本节所讨论的是以广大地区为对象的地下水资源的合理管理,也就是地下水盆地管理的基本思想与顺序,以概述的方式作为以后各章节的导论。

1. 地下水盆地管理的必要性

不仅地下水资源如此,一切资源开发措施的基本问题,一般都是如何调整人类通过社会活动所产生的相反的两个方面,即利与弊,使其产生好的局势。地下水管理的基本方针是调整抽汲地下水而产生的利弊关系,保障该地区居民的安全,而且结合生活水平的提高,今后地下水资源该如何利用等都应作为区域性问题进行具体的研究。

管理地下水盆地时,必须研究地下水盆地的负均衡量,以及如何补偿负均衡量这样一类具体的管理计划。因此,必须精确地预测出今后由于抽汲地下水而产生怎样的地下水位下降和地面沉降,并据此预测将会产生什么样的形势。而且必须从保护居民利益和安全的立场出发,正确评价这些数据,制定具体的行政管理目标^[11]。

这种管理计划,按道理,本应在开发之前作为环境评价的一环就制定出来。但是,实际上多是作为善后工作才来制定的。而且,在一部份研究人员当中,尽管也承认是重要的社会问题,但

却又认为地下水盆地管理在现在的状况下，并不是技术上所能解决的；或认为抽水的全面限制比地下水管理更为重要；或者认为只有靠地下水的人工补给，把水位恢复到一定程度之后，才有可能谈地下水盆地的管理，诸如此类对现实问题的解决缺乏积极的态度，不能不认为是很遗憾的事⁽⁴⁾。

但是，对地下水公害的扩大不能袖手旁观。从东京都于1971年制定的“都民防卫公害计划”可以看出，制定广大地区的地下水对应措施，也是社会的强烈要求。为了回答这个要求，不断努力去解决问题，决不能说是无益的。

2. 设立目标标准的重要性

不但地下水盆地管理如此，就是建立其他事物的管理计划也都必须首先制定计划目标。而且，在评价和采用一个管理计划方案时，必须明确地了解判断其价值的标准是从何处求得的。

地下水盆地管理的目标标准，具体说是容许抽水量（有时也叫安全抽水量），在决定容许抽水量时，多半会涉及社会经济方面的因素。容许抽水量是大气污染或水质污染等其它公害问题所谓的容许量，或者相当于环境容量。关于这一点，将在第三章作详细论述，然而在开发地下水或是为了防止像地面沉降这类地下水公害时，如何决定具体目标，则是一个不能忽略的基本课题。

一般把用数值表示的防止公害的目标称作环境标准。环境标准实际上随对人的健康和生活上的危害程度而有不同估计，其目标值是一个变化很大的广域的概念。当然，在建立目标标准时，不论是直接地还是间接地，都必须优先考虑居民的福利问题。正因为如此，在决定目标标准时，要有超越科学技术范围的高度理论性。

3. 地下水盆地管理的顺序⁽⁵⁾

地下水盆地管理的顺序和企业的经营管理或国家、自治团体等的财政管理顺序很相似。经营管理、财政管理均是具体地把其内容表示在会计薄的数字上，此数字即表示收支决算。

与会计学相当的，包括地下水在内的，一般水的簿记叫水均衡（water balance, hydrologic budget），（§ 2.1, § 4.4）这两者所考虑方法的类似点，完全可以用下面所示的均衡基本式来充分说明。

$$\begin{array}{ll} (\text{收入}) - (\text{支出}) = (\text{决算}) \cdots \cdots & \text{会计收支} \\ (\text{流入}) - (\text{流出}) = \text{储量的变化} \cdots \cdots & \text{水 均 衡} \end{array}$$

这些项目，都用单位时间内的流动量来表示，这一点也是相同的。

建立会计薄的原则是要限定其会计收支的范围，同样，水均衡也要限定空间、时间范围。水均衡区（water balance area）相当于会计区，表示建立水均衡的空间范围，在一般情况下，多以地下水盆地（第二章第三节）为单位。水文年（hydrologic year）相当于会计年，水文期有时以月、旬、周为单位。这个范围是根据目的和资料的精度来决定的。

由此可以看出，所谓水均衡，就是以某水均衡区为对象，研究某期间内水的流入、流出，亦即定量地研究水文循环的一种手段。把地下水盆地看成一个水均衡区时，从地下水盆地中抽汲与天然排水等流出的水量相当于支出，向地下水盆地的降水和河水以及灌溉用

水的补给相当于收入,和会计决算相当的是地下水储量的变化,其现象以地下水位的变化表现出来。

在建立广大地区的地下水管理计划时,由于处理的对象不仅是自然界,而且受人为问题等各种因素的干扰,其计划如果稍有疏忽,定会招来意想不到的反作用。因此,首先要对所谓抽水这种人类的作用,将给自然界以何种反应进行预测。即,在事先应对计划进行模拟性的试探,研究其效果与缺陷。在某种意义上也可以说是做所谓地下水盆地的运转实验。从这种意义来看,在进行地下水盆地管理时,以水均衡理论为基础的模拟工作是不可缺少的^[11]。

地下水均衡模拟,相当于把地下水盆地看作是一个巨大的系统而进行的模拟实验。但是它充其量也不过是完成计划的一种手段。如果不充分了解这个界限,就会把模拟错当成最终的目的,或寄予过分的希望,结果反而容易陷入否定模拟实验本身的过分的言行之中。

即使是根据系统工程学的方法进行地下水均衡模拟,也必须对构成系统的各种情况在数量上的表现,即参数到底在多大程度上反映了本质,其精度以及所建立的模型的适合性等,进行慎重的研究。

地下水盆地模型化的过程是,首先对地下水盆地的形状、要研究的含水层单元的划分、地下水盆地内部的地层岩相变化等地质调查内容作出基本的判断,从中选取数量要素,然后建立地下水盆地模型。即便进行了这样的研究,把所有的情况都数量化了,也不意味完全模型化了。事实上,随着对要研究的情况的认识逐渐深化,虽然可以提高抽象化、模型化的精度,但是,也不应该忘记有些重要的因素是难以数量化的。

图 1.3 是以承压水盆地为例,表示地下水盆地管理计划顺序的流程图。下面就按这个流程来说明地下水盆地管理顺序的梗概。

1) 管理计划目标的设立

首先设立管理地区开发保护的、达到目的的期限等计划目标。调查精度据此也可决定下来。

2) 地下水盆地管理地区范围的确定

为了研究成为地下水盆地管理基础的水均衡,应规定水均衡区的范围。其范围原则上最好就是地下水盆地范围。这个阶段的调查,地质学的知识起着很重要的作用。在这个阶段一般可以提出相应的地下水盆地水均衡模型大纲。

3) 水均衡期间的选定

划分计算水均衡时间的幅度,最终应根据计划目标、资料的精度、地下水盆地及水均衡模型、水均衡计算发生的误差等来酌定。大致的标准是研究长年变化时以水文年为单位,像农业用水、冷气、取暖设备用水等;研究季节性的使用量变化时,以月以及旬为单位。为研究所必需的过去的观测资料的积累期限,如水均衡计算以水文年为单位时,最好有过去大约 10 年的资料;以月和旬为单位时,最好有过去 1—2 年内每月以及每旬的资料。

4) 搜集已有井孔资料

希望尽量搜集已有的全部有关资料。其中,有必要重点搜集井孔资料。最近,很多机关进行了现有井孔资料的搜集和整理,希望能有效利用。如果尚未整理那样的资料时,主要应搜集以下资料:①地质柱状图;②抽水量记录;③水位记录;④抽水试验记录。表 1.1 是为此进行的调查卡片的一例,考虑到统计的方便而使用代号索引。