

# 附属报告书-5

## 地下水

中华人民共和国 水权制度建设项目

最终报告书

第 5 卷

分类-3 试点地区事例研究

附属报告书-5

地 下 水

目 录

<b>第 1 章 调查概要</b> .....	5-1
1.1 调查目的.....	5-1
1.2 调查时间.....	5-1
1.3 调查内容.....	5-1
<b>第 2 章 关于地下水赋存量的讨论</b> .....	5-2
2.1 关于太子河流域地下水现状的掌握.....	5-2
2.2 地下水有关数据的收集·整理.....	5-3
2.3 地下水可开采量和地下水平衡的讨论.....	5-57
<b>第 3 章 地下水管理指标值的研究</b> .....	5-70
3.1 地下水的管理.....	5-70
3.2 地下水管理指标的研究.....	5-72
<b>第 4 章 地下水利用实际状态的监测</b> .....	5-84
4.1 监测的概要.....	5-84
4.2 调查的结果.....	5-85
<b>第 5 章 地下水管理相关法律制度的研究</b> .....	5-101
5.1 日本的地下水管理法律制度.....	5-101
5.2 辽宁省地下水管理法律制度.....	5-109
5.3 日本地下水管理制度与中国的比较.....	5-119
5.4 地下水管理相关法律制度修正案.....	5-124
5.5 改善地下水管理体系的日程（草案）.....	5-126
5.6 改善地下水管理制度的日程（方案）.....	5-132
<b>第 6 章 有关地下水管理的试验性项目（草案）</b> .....	5-134
6.1 辽阳市首山漏斗地区地下水管理指标建立项目.....	5-134

## 表 目 录

表 1.2.1	地下水调查人员的现地调查时间表.....	5-1
表 1.3.1	调查内容一览表.....	5-1
表 2.1.1	收集对象数据一览表.....	5-3
表 2.2.1	收集数据一览表.....	5-4
表 2.2.2	水井登记册的收集数据和数据例.....	5-8
表 2.2.3	各市水井数量和年取水量.....	5-10
表 2.2.4	行业分类一览表.....	5-13
表 2.2.4	行业分类一览表(续).....	5-14
表 2.2.5	不同行业地下水年取水量.....	5-15
表 2.2.6	水资源管理年报刊载的太子河流域用水量.....	5-20
表 2.2.7	水资源管理年报数据与水井登记册数据中地下水取水量的比较.....	5-22
表 2.2.8	地下水位监测井一览表.....	5-24
表 2.2.9	不同地区地下水取水量合计.....	5-39
表 2.2.10	地下水水质监测井一览表.....	5-41
表 2.2.11	已收集的地下水水质分析项目.....	5-41
表 2.2.12	(a)地下水水质监测数据(2000年).....	5-43
表 2.2.12	(b)地下水水质监测数据(2001年).....	5-44
表 2.2.12	(c)地下水水质监测数据(2002年).....	5-45
表 2.2.12	(d)地下水水质监测数据(2003年).....	5-46
表 2.2.13	中国地下水质量标准.....	5-48
表 2.2.14	矿化度的分类.....	5-51
表 2.3.1	基于《水资源管理年报》的地下水年使用量.....	5-59
表 2.3.2	各地区地下水平衡推算结果.....	5-63
表 3.1.1	地下水管理系统的构成项目.....	5-70
表 3.1.2	地下水宏观管理和微观管理的特征.....	5-72
表 3.1.3	太子河流域地下水问题.....	5-72
表 3.2.1	地下水最大可持续开采量.....	5-76
表 3.2.2	地下水抽水量占流入成分的比率(单位:万 m <sup>3</sup> ).....	5-79
表 3.2.3	地下水利用量与社会环境、经济环境、经济方面有关的可持续事项.....	5-79
表 3.2.4	每一单位面积地下水开采可能量.....	5-81
表 3.2.5	单位面积地下水开采可能量.....	5-81
表 4.2.1	抽水量数据的收集地点.....	5-87
表 4.2.2	取水量数据和取水许可量.....	5-88

表 4.2.3	主要取水者所持水井的分布范围.....	5-89
表 4.2.4	地区 2 的单位面积地下水可开采量.....	5-89
表 4.2.5	地下水位下降状况监测的总结.....	5-96
表 5.1.1	日本地下水取水相关法律.....	5-102
表 5.1.2	与地下水抽取规定有关的法律制度.....	5-102
表 5.1.3	防止地盘下沉等措施纲要规定的措施地区.....	5-103
表 5.1.4	地方自治体健全地下水取水规定情况.....	5-103
表 5.1.5	都道府县地下水取水相关条例.....	5-104
表 5.1.6	地方自治体健全地下水开采限制条例的情况.....	5-105
表 5.1.7	地下水取水限制对象标准.....	5-105
表 5.1.8	日本普通地下水保护条例条款内容的举例.....	5-106
表 5.1.9	地下水取水限制中设置水井申请的内容.....	5-107
表 5.1.10	熊本县地下水保护条例中与防止地下水污染有关的条款.....	5-108
表 5.2.1	非取水许可证申请对象的取水条件.....	5-109
表 5.2.2	取水许可证审批条件.....	5-109
表 5.2.3	取水许可证申请内容.....	5-111
表 5.2.4	水资源费一览表.....	5-112
表 5.2.5	超标取水者水资源费一览表.....	5-112
表 5.2.6	太子河流域地下水保护区.....	5-113
表 5.2.7	措施目标年的内容.....	5-113
表 5.2.8	保护区分类的内容.....	5-114
表 5.2.9	节水措施的内容.....	5-114
表 5.2.10	替代水源一览表.....	5-115
表 5.2.11	大规模引水计划.....	5-115
表 5.2.12	污水处理厂建设计划.....	5-115
表 5.2.13	各地下水保护区的措施内容.....	5-116
表 5.2.14	地下水资源保护条例条款概要.....	5-117
表 5.2.15	太子河流域的地下水管理.....	5-118
表 5.3.1	都道府县的地下水取水规定相关条例.....	5-121
表 5.4.1	取水许可制度实施规则修改（草案）.....	5-124
表 5.4.2	取水许可证的记载情况.....	5-124
表 5.4.3	取水许可申请书的记载内容(摘录).....	5-125
表 5.4.4	取水许可申请书记载内容更改（方案）.....	5-126
表 5.5.1	取水许可制度实施细则修改（方案）.....	5-130
表 5.5.2	各市地下水资源保护条例条文（方案）.....	5-131
表 6.1.1	水渠流量和地下水观测设施数量.....	5-138

表 6.1.2	水循环模型分析结果和对管理制度的活用.....	5-139
表 6.1.3	水循环模型分析结果和对管理制度的有效利用.....	5-139
表 6.1.4	水资源费追加征收对象的概算取水量.....	5-140
表 6.1.5	水资源费追加征收额的估算结果.....	5-140
表 6.1.6	实施主体与相关部门.....	5-141
表 6.1.7	实施时间.....	5-141
表 6.1.8	项目费用的概算.....	5-142
表 6.1.9	试验性项目的 PDM 评价.....	5-143
表 6.1.10	试验性项目的详细实施计划（方案）.....	5-144

## 图 目 录

图 2.2.1	太子河流域地质图.....	5-5
图 2.2.2	太子河流域水文地质截面图.....	5-6
图 2.2.3	太子河流域水文地质构造概念图.....	5-7
图 2.2.4	太子河流域水流出结构概念图.....	5-7
图 2.2.5	水井数量与年取水量.....	5-9
图 2.2.6	不同产业类别工业用地下水取水量、企业数量及水井数量.....	5-12
图 2.2.7	水井深度分布与年取水量的关系.....	5-16
图 2.2.8	各不同深度水井的年取水量.....	5-16
图 2.2.9	各市水井深度分布.....	5-17
图 2.2.10	各年代打井数量的分布.....	5-18
图 2.2.11	各年代水井取水量分布.....	5-18
图 2.2.12	各市每年打井数量分布.....	5-19
图 2.2.13	水资源管理年报中各城市用水量和地下水供应量.....	5-21
图 2.2.14	水资源管理年报数据与水井登记册数据中地下水取水量的比较.....	5-22
图 2.2.15	太子河流域地下水位监测井位置图.....	5-25
图 2.2.16	(a)地下水位变化图（本溪市和沈阳市的监测井）.....	5-27
图 2.2.16	(b)地下水位变化图（辽阳市的监测井）.....	5-28
图 2.2.16	(c)地下水位变化图（鞍山市的监测井①）.....	5-29
图 2.2.16	(d)地下水位变化图（鞍山市的监测井②）.....	5-30
图 2.2.17	多降雨时段反应型.....	5-26
图 2.2.18	降雨自然反应型.....	5-31
图 2.2.19	初夏水位降低型.....	5-32
图 2.2.20	平时水位下降型.....	5-32
图 2.2.21	地下水位变化量分布图.....	5-34
图 2.2.22	地下水位变化类型的地域分布.....	5-35
图 2.2.23	地下水位等高线图.....	5-37
图 2.2.24	地下水位变化量与地下水位等高线图.....	5-38
图 2.2.25	太子河流域内地下水水质监测井位置图.....	5-42
图 2.2.26	水质分析数据中地下水质量标准类别对比.....	5-47
图 2.2.27	硝酸离子分析值分布图.....	5-49
图 2.2.28	水质历年变化情况.....	5-50
图 2.2.29	矿化度分析值柱形图.....	5-51
图 2.2.30	棱形线图分布图.....	5-52

图 2.2.31	环状直线线图.....	5-53
图 2.2.32	I、II类样品的棱形线图.....	5-54
图 2.2.33	棱形线图及地下水位等高线图.....	5-55
图 2.3.1	水循环体系模式图.....	5-57
图 2.3.2	太子河流域水循环模式图.....	5-58
图 2.3.3	唐马寨观测站河流流量观测结果.....	5-60
图 2.3.4	本溪观测站河川流量观测结果.....	5-60
图 2.3.5	太子河流域年地下水平衡图.....	5-61
图 2.3.6	含水层分布区域和小流域的划分.....	5-62
图 2.3.7	推算地下水平衡的地区.....	5-63
图 2.3.8	各地区地下水平衡推算结果.....	5-64
图 2.3.9	与地区间地下水流动研究有关的假定条件.....	5-64
图 2.3.10	地区间地下水流动分析结果.....	5-66
图 2.3.11	(1)为分析地区间地下水流动的输入数据(地区1).....	5-65
图 2.3.11	(2)为分析地区间地下水流动的输入数据(地区2).....	5-67
图 2.3.11	(3)为分析地区间地下水流动的输入数据(地区3).....	5-67
图 2.3.11	(4)为分析地区间地下水流动的输入数据(地区4).....	5-67
图 2.3.12	(1)地下水位再现结果(地区1).....	5-68
图 2.3.12	(2)地下水位再现结果(地区2).....	5-68
图 2.3.12	(3)地下水位再现结果(地区3).....	5-69
图 2.3.12	(4)地下水位再现结果(地区4).....	5-69
图 3.1.1	地下水管理系统和指标值.....	5-70
图 3.1.2	地下水宏观管理和微观管理的关系.....	5-71
图 3.2.1	取水量变化和水收支的均衡.....	5-73
图 3.2.2	不同地块水平衡流入和流出.....	5-74
图 3.2.3	鞍山市、辽阳市地下水用水量和漏斗区的面积变化.....	5-74
图 3.2.4	蓄留量变化计算结果(维持2003年抽水量).....	5-75
图 3.2.5	蓄留量变化计算结果(最大可持续开采量).....	5-77
图 3.2.6	地块间水平衡和地下水位下降.....	5-78
图 3.2.7	微观地下水管理的地下水保护对策流程图.....	5-80
图 3.2.8	单位可开采量和地下水位下降.....	5-82
图 4.1.1	地下水监测对象区域位置图.....	5-85
图 4.2.1	辽阳市地下水管理和水资源费征收体制.....	5-86
图 4.2.2	已经收集到的不同月份抽水量.....	5-88
图 4.2.3	主要地下水取水者所有水井位置图.....	5-89
图 4.2.4	主要取水者水井范围和单位面积的取水量分布图.....	5-90

图 4.2.5	地下水位监测结果的概要.....	5-91
图 4.2.6	地下水位监测井置图.....	5-92
图 4.2.7	地下水位等高线图.....	5-97
图 4.2.8	地下水位下降前后地下水利用状况示意图.....	5-96
图 4.2.9	辽阳灌区渗透量和鞍山钢铁公司地下水取水量（2003 年统计数据）.....	5-98
图 4.2.10	辽阳灌区渗透量与灌区内鞍山钢铁公司地下水取水量（2003 年统计数据）.....	5-99
图 4.2.11	雨季和旱季漏斗地区面积变化情况模型图.....	5-100
图 5.1.1	东京都地下水位变化和地盘下沉的例子（据东京都土木技术研究所报告）..	5-101
图 5.2.1	以地下水为水源的取水许可证申请流程.....	5-110
图 5.2.2	水文质地调查程序.....	5-112
图 5.2.3	太子河流域地下水、水质监测井位置图.....	5-118
图 5.3.1	日本和辽宁省地下水管理体制比较.....	5-119
图 5.4.1	年生产量与取水许可量.....	5-125
图 5.4.2	辽宁证省用水定额与取水许可量的用水定额.....	5-125
图 5.5.1	转向水井管理体制的方案.....	5-127
图 5.5.2	地下水管理制度改进方案.....	5-129
图 5.6.1	辽阳市改善地下水管理制度日程方案.....	5-133
图 6.1.1	试验性项目实施地点.....	5-135
图 6.1.2	试验性项目的构成.....	5-135
图 6.1.3	太子河流域现有雨量、流量观测设施位置图.....	5-137
图 6.1.4	太子河流域现有地下水观测设施位置图.....	5-137
图 6.1.5	灌溉渠道流量和地下水观测设施位置图.....	5-138
图 6.1.6	水循环模型分析的序程.....	5-139

## 第 1 章 调查概要

### 1.1 调查目的

“类别 3 试点地区事例研究”是对试点流域——辽宁省太子河流域水资源潜力、水平衡及水供需平衡进行研究，并以有助于符合该流域水权制度建设的研究为目的，对各领域进行了调查研究；就“地下水”领域，进行了与上述目的相关的试点流域内地下水资源潜力评价和地下水水平衡研究，最终为设定地下水管理目标、提出与地下水管理系统相关的建议进行了调查。

### 1.2 调查时间

地下水调查团员进行现地调查的时间如表 1.2.1 所示。

表 1.2.1 地下水调查人员的现地调查时间表

年度	2004 年度						2005 年度								
年月	2004 年						2005 年								
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
第一次现地调查		■													
第二次现地调查							■	■	■						
第三次现地调查												■	■	■	■

资料来源：JICA 调查团

### 1.3 调查内容

每次现地调查内容如下表所示。

表 1.3.1 调查内容一览表

调查项目	项目	实施内容
第一次现地调查	确认地下水相关数据	<ul style="list-style-type: none"> <li>确认地下水相关数据完善情况</li> <li>确定地下水相关数据的收集项目</li> </ul>
第二次现地调查	地下水相关数据的收集、整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>收集、整理水井登记册</li> <li>收集、整理地下水位、水质监测数据</li> <li>收集、整理水文地质数据</li> </ul>
	地下水相关数据分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>整理地下水开发情况</li> <li>绘制地下水位等高线图、变化图</li> <li>绘制地下水水质分布图</li> </ul>
	地下水赋存量研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>估算地下水补给量</li> <li>地下水平衡的研讨</li> </ul>
第三次现地调查	关于地下水管理的研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>监测地下水取水量</li> <li>了解地下水漏斗地区的现状</li> <li>研究地下水管理指标值</li> <li>提出地下水管理、监测系统的建议</li> <li>编写地方法律条例方案</li> </ul>

资料来源：JICA 调查团

## 第 2 章 关于地下水赋存量的讨论

### 2.1 关于太子河流域地下水现状的掌握

#### 2.1.1 第 1 次现地调查概要

在试点地区事例研究中，首先掌握调查对象流域内地下水赋存情况、地下水开发利用情况及伴随地下水开发对环境所产生的影响。在此基础上，需要对地下水资源潜力进行评价，并对地下水平衡情况进行研究。因此，在本项调查中，开展“地下水相关数据的收集”，以取得有助于上述研究的基本信息。

第 1 次现地调查在确认了试点地区地下水相关数据所在的同时，选定了收集数据的项目。

#### 2.1.2 调查对象区域

收集地下水相关数据的对象区域以包括辽宁省太子河干流和支流在内的“太子河全流域”为基准。由于必须掌握包括太子河流域在内的广域地下水位分布情况，并且由于地下水相关数据是由省内各级单位管理（也有部分省级管理数据）的，故决定将太子河流经的抚顺、本溪、沈阳、辽阳、鞍山各市作为数据收集对象范围。

#### 2.1.3 确认地下水相关数据

通过现场调查，听取了辽宁省水利厅负责人关于该省地下水管理情况的介绍，明确了以下事项。

##### ①关于地下水动态监测管理

- 自 1979 年起，开始实施了地下水动态监测管理，但是，近年来出现了地下水监测井数量减少、分布不合理的问题
- 因此，于 1999 年制定了《辽宁省地下水监测站网计划》。通过该计划，解决了监测井分布不合理问题，并新增了监测井数。其后，该监测体制运行顺利
- 地下水监测点共 546 处，已覆盖全省，且平原地区监测井分布密度较大
- 监测井全部为监测专用水井
- 分布在城市区的监测井由城建部门管理，不包括本站网之内
- 监测项目主要是地下水位（546 处），还有部分水井进行了地下水水质（111 处→每年枯水期监测一次）
- 地下水位观测频率：每天观测的为 121 处；每 5 天观测一次的为 425 处
- 监测工作由省内各市水文分局进行，水利厅掌握结果概要和全省情况
- 监测数据以文字报告形式，由各市水文分局保管

② 关于地下水取水审批、管理

- 在使用地下水时，需要对计划用水者的使用申请进行审查、批准，对使用量实施管理。
- 该体制于 1997 年开始对省内地方自治团体及企业自备水井进行了整理，对那些没有许可证却一直使用的水井，也颁发了许可证。
- 地下水取水许可的审批标准为地下水取水量
- 根据申请取水量的多少，按取水量大、中、小，分别由省、市、县审批
- 城市地区大规模开采地下水水源地，也需按照上述规定申请许可（由于取水量大，所以由省厅批准）
- 根据上述规定，与取水审批有关的数据分别由各市、省以文字报告形式进行管理

通过上述调查结果可以确认：从辽宁省水利厅实施的地下水动态监测测站网的水位数据、水质监测数据和地下水取水审批制度管理中批准的取水井数据中，可以取得与地下水有关的数据。这里选定表 2.1.1 所示项目，作为现场收集数据。

表 2.1.1 收集对象数据一览表

数据类别	规格
水文地质相关数据	收集以往与水井、钻探有关的地质数据，绘制水文地质截面图。
水井登记册	收集省、市保有的与取水许可水井有关的信息，并建立水井登记册。
地下水位连续观测数据	从省、市拥有的地下水观测数据中，收集地下水位数据。观测水井从作为调查对象的 5 城市（抚顺、本溪、沈阳、辽阳市、鞍山市）中选定。
地下水水质数据	从省、市拥有的地下水观测数据中收集水质数据。观测水井从作为调查对象的 5 城市（抚顺、本溪、沈阳、辽阳市、鞍山市）中选定。

资料来源：JICA 调查团

2.2 地下水有关数据的收集 · 整理

2.2.1 第 2 次现地调查概要

在第 2 次现地调查中，收集、整理了第 1 次现场调查选定的地下水相关数据，通过对上述数据的分析，掌握了地下水赋存量情况、地下水开发利用情况及伴随地下水开发对环境有无影响等，并对地下水资源潜力进行了评价，对地下水平衡进行了研究。

2.2.2 收集数据的内容

表 2.2.1 为现地收集数据一览表。

表 2.2.1 收集数据一览表

数据类别	最终收集整理的数据内容、数量、期间等
水文地质相关数据	收集太子河流域内 74 处以往地质调查数据。以该数据为依据，绘制出太子河流域地质截面图。
水井登记册	从辽宁省内各市（抚顺、本溪、沈阳、鞍山）管理的水井登记册数据中，收集太子河流域的数据（共 3,245 眼井）
地下水位连续观测数据	从辽宁省水利厅的地下水观测站网中收集太子河流域内 114 眼井的地下水位变动数据。收集时间为 2 年共 68 眼井（2002~2003 年），1 年 46 眼井（2003 年）。
地下水水质数据	从辽宁省水利厅的地下水观测网络收集太子河流域内 31 眼井的地下水水质变化数据。收集时间为 2000~2003 年 4 年（1 年分析 1 次）27 眼井，2002~2003 年 2 年，4 眼井。

资料来源：JICA 调查团

### 2.2.3 收集数据的整理、分析

#### (1) 太子河流域水文地质构造（水文地质相关数据的分析）

根据收集的水文地质相关数据和由其他途径取得的辽宁省地质图，整理、分析了太子河流域的水文地质情况。

##### (a) 地质概要

图 2.2.1 是基于现有地质图（资料来源：辽宁省地质图，辽宁省地矿局，1982 年）绘制的太子河流域地质图。

如图所示，太子河流域在地形上大致分为东部山丘地带和西部平原地带。西部平原地带分布着新生代第四纪、洪积世（约 200 万年~1 万年前）、冲积世（约 1 万年前~现在）的堆积物，这些堆积物主要由砂砾、粘土、粉砂构成。

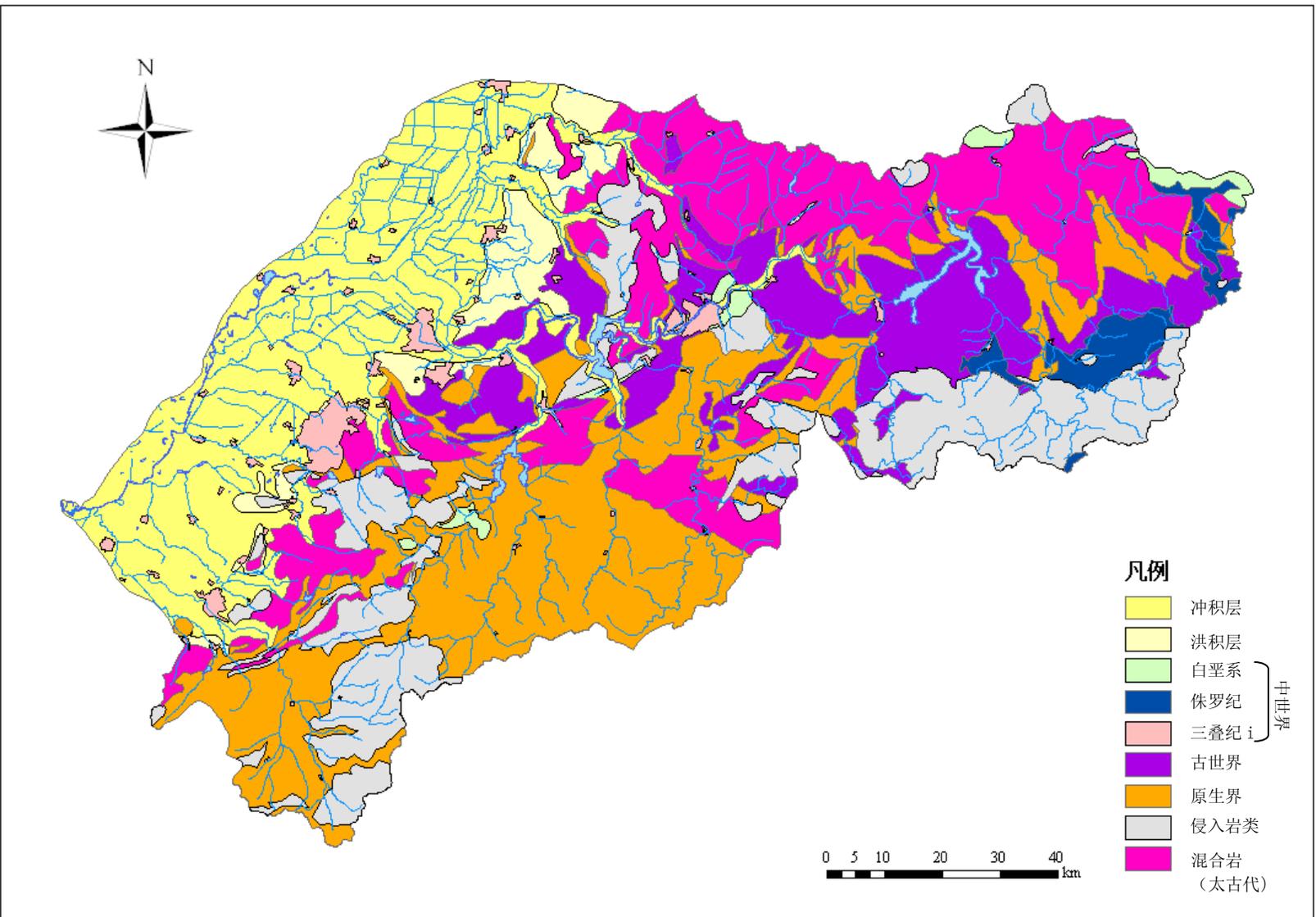
此外，东部山丘地带以太古代的变成岩及混合花岗岩类（前震旦系，约 31 亿年前）为基岩层，与上部原生代石英砂岩、粘板岩、泥灰岩、页岩构成的地层（震旦系，约 8~5.7 亿年前）形成不整合接触。太子河流域分布着以古生代石灰岩为主体的地层（寒武纪、奥陶纪、约 4.4~5.7 亿年前）。此外，在其南部，分布着大量的中生代火成岩类。

##### (b) 水文地质构造

如图 2.2.1 所示，太子河流域平原地区分布的第四纪堆积物形成主要含水层。但是，山丘地带古生代石灰岩的溶洞中也含有地下水，但仅分布于太子河沿岸附近地区。

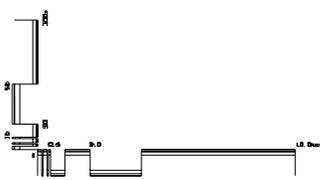
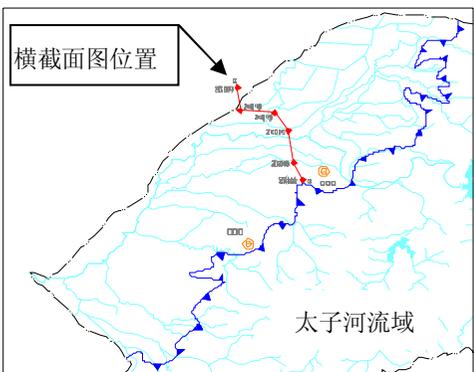
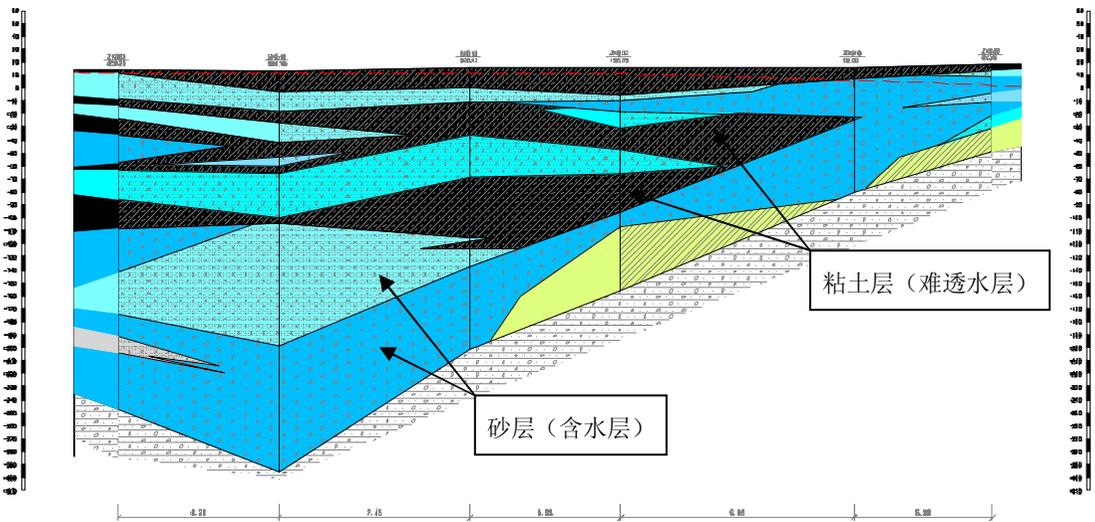
本次调查根据钻孔柱状图（74 处；国土资源部门所有）绘制了太子河流域主要含水层分布的下游流域平原地带水文地质截面图，见图 2.2.2。

如图所示，太子河平原地带的第四纪冲积层主要由砂层构成，中间夹有粘土层。冲积层的层厚最深处为 300m 左右。一般认为，含水层系冲积层中的砂层，由于不透水粘土层的分布，形成了承压地下水或不承压地下水。



资料来源：辽宁省区域地质志（辽宁省地矿局）

图 2.2.1 太子河流域地质图



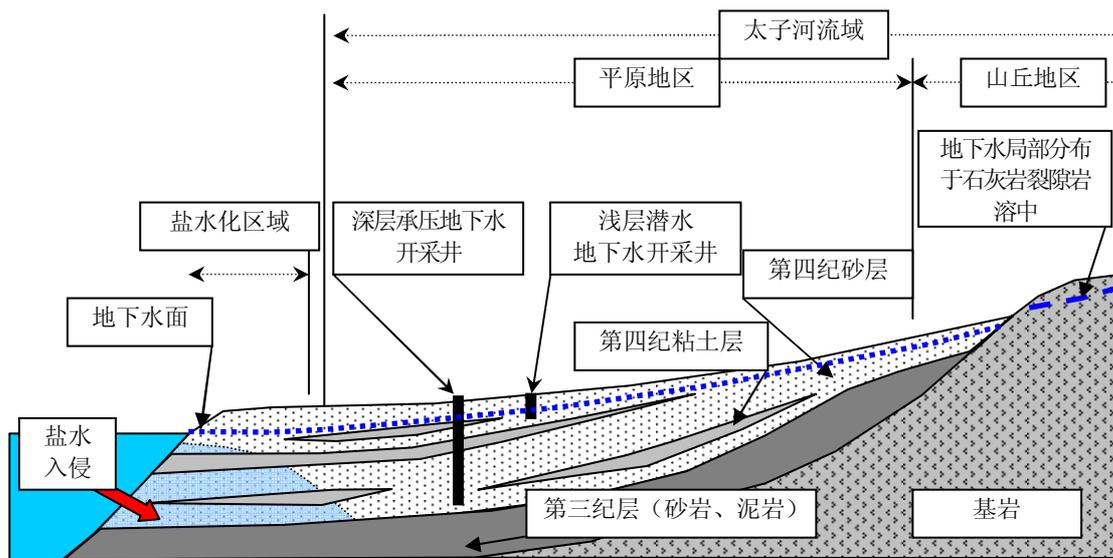
资料来源：JICA 调查团

图 2.2.2 太子河流域水文地质截面图

(c) 地下水流动机制

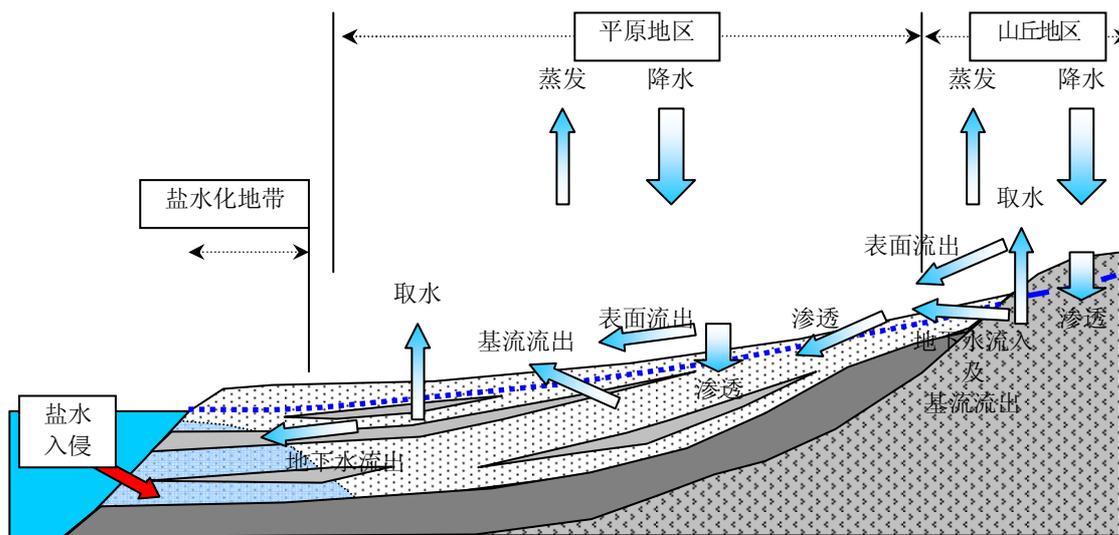
图 2.2.3 为太子河流域水文地质构造概念图。 2.2.4 图是基于该水文地质构造概念图绘制的太子河流域地下水流出机制概念图。

如两图所示，在太子河流域，作为补给带的山丘地带，部分降雨下渗，这些下渗成分流入分布在山丘地带河谷间的第四纪岩层，使平原地带的地下水得到补给。另外，在平原地带，降雨的直接渗透成分和来自河流的基流形成主要的地下水补给源。



资料来源：JICA 调查团

图 2.2.3 太子河流域水文地质构造概念图



资料来源：JICA 调查团

图 2.2.4 太子河流域水流出结构概念图

(2) 水井登记册数据分析结果

对收集到的有助于太子河流域内 5 城市（抚顺市、本溪市、沈阳市、辽阳市、鞍山市）地下水管理的所有水井登记册数据进行了分析。但是，本次未对登记册数据中记录数据项目不完整（表 2.2.2 所示几乎没有记载的项目）的部分进行收集。因此，本次收集的数据约为全部水井数据的 60% 左右。

(a) 水井登记册数据概要

表 2.2.2 为已收集的水井登记册数据项目和数据举例。

表 2.2.2 水井登记册的收集数据和数据例

项目	内容	数据例
登记序号	各市拥有的水井登记册登记序号	2722
登记单位	登记册中的水井所有（利用）者	苏家屯区陈相镇柳匠村
取水工程名称	水井形式、水井用途等	柳匠村农业水源
取水地点	实际利用地下水的地点名称	苏家屯区陈相镇柳匠村
年取水总量	年取水量（申请取水许可证时的申请取水量，并非 2003 年的实际取水量）	5.5 万 m <sup>3</sup>
水源水井号	水井编号（登记中是一处，但当水井数量出现复数时，记录各水井的编号）	1
水源详细地点	水源地的所在地	村西
成井时间	建造水井的年月日	1990 年 5 月 10 日
井深	水井的深度	45m
水井直径	水井的直径	0.5m
地下水类型	区分潜水地下水或承压地下水	不受压地下水
开采层位	开采地层名称及防沙网深度	浅层地下水
开采深度	水泵的设置深度	22m
地下水水位	静水位埋深（不取水时的水位）	12.5m
水泵型号	取水用水泵的型号	12JQ140-3
设备取水能力	水井的取水能力	0.038(m <sup>3</sup> /s)

资料来源：JICA 调查团

数据是从各市水利局水资源处收集来的。各市的水井登记数据均为文字形式保管，未实现电子化管理。所收集的水井登记册数据均为最新数据，而且这些数据内容每年都会更新。另外，从其他途径收集的取水许可证数据看，水井登记数据中没有记载的水井数据为 52 处（186 眼井），对这些数据也一并进行了整理（最终水井数量：登记册数据为 3,245 眼，加上 186 眼，最终监测水井数为 3,431 眼）。

(b) 不同用途地下水利用情况的整理

① 总体趋势

根据已收集的水井登记册数据，按登记册中的使用者名称，将水井用途分为农业用水、工业用水、生活用水 3 种类型，对各市不同用途的地下水利用情况进行了整理。

图 2.2.5 为水井数量和年取水量统计结果。但在这里，自来水公司的水井全部被列入生活用水类。



图 2.2.5 水井数量与年取水量

资料来源: JICA 调查团

表 2.2.3 是各市水井数量和年取水量的值。

表 2.2.3 各市水井数量和年取水量

市	区、县	合计	农业用水	工业用水	生活用水
抚顺市	抚顺县	75 (3)	75 (3)	0 (0)	0 (0)
	新宾县	168 (44)	108 (42)	60 (2)	0 (0)
	小计	243 (47)	183 (45) 75%	60 (2) 25%	0 (0) 0%
本溪市	平山区	938 (108)	0 (0)	841 (66)	98 (42)
	溪湖区	750 (76)	3 (2)	502 (50)	245 (24)
	明山区	254 (44)	4 (3)	233 (23)	17 (18)
	南芬区	66 (6)	0 (0)	66 (5)	0 (1)
	本溪县	685 (68)	35 (4)	541 (35)	109 (29)
	小计	2,693 (302)	42 (9) 2%	2,182 (179) 81%	469 (114) 17%
沈阳市	苏家屯区	10,931 (1,513)	9,877 (1,315)	572 (33)	482 (165)
	小计	10,931 (1,513)	9,877 (1,315) 91%	572 (33) 5%	482 (165) 4%
辽阳市	白塔区	1,788 (76)	0 (0)	1,196 (31)	592 (45)
	文圣区	728 (31)	0 (0)	604 (17)	124 (14)
	宏伟区	735 (7)	0 (0)	735 (7)	0 (0)
	太子河区	18,824 (77)	0 (0)	18,712 (69)	112 (8)
	鞍山县	5,266 (117)	1 (4)	4,926 (87)	339 (26)
	灯塔市	11,171 (67)	9,806 (7)	606 (42)	759 (18)
	小计	38,513 (375)	9,807 (11) 25%	26,780 (253) 70%	1,926 (111) 5%
鞍山市	鞍山市区	1,993 (90)	0 (0)	248 (43)	1,746 (47)
	千山区	2,600 (294)	1,791 (212)	362 (53)	447 (29)
	海城市	19,976 (810)	16,809 (657)	699 (105)	2,468 (48)
	小计	24,569 (1,194)	18,600 (869) 76%	1,309 (201) 5%	4,660 (124) 19%
总计		76,949 (3,431)	38,509 (2,249) 50%	30,902 (668) 40%	7,538 (514) 10%

资料来源：JICA 调查团 \* 括号内为水井数量（取水量的单位为万 m<sup>3</sup>）

通过图 2.2.5 及表 2.2.3，可以确认以下事项。

[5 城市总计比较]

- 5 城市水井数量统计结果是：农业用水井数量最多，居第一，第二是工业用水井，第三是生活用水井。
- 另外，年取水量也是农业用水量最多，占总取水量的 50%，工业用水次之（40%），生活用水第三（10%）。
- 用水井数量除以年取水量，求出每眼井的取水量：农业用水井的取水量为 17 万 m<sup>3</sup>/眼（38,509 ÷ 2,249）、工业用水井的取水量为 46 万 m<sup>3</sup>/眼（30,902 ÷ 668）、生活用水井的取水量为 15 万 m<sup>3</sup>/眼（7,538 ÷ 514），工业用水井每眼井平均取水量比农业用、生活用水水井每眼井的平均取水量多。

## [各城市的比较]

- 沈阳市的水井数量最多，其它依次为辽阳市、鞍山市、本溪市、抚顺市
- 年取水量以辽阳市最多，依次为鞍山市、沈阳市、本溪市、抚顺市
- 从不同用途的年取水量看，抚顺市、沈阳市及辽阳市的农业用水年取水量最多、本溪市、鞍山市的工业用水年取水量最多

## [各区、县的比较]

- 农业用水年取水量以鞍山市海城市最多，约占全部农业用水年取水量的 40%
- 工业用水年取水量以辽阳市太子河区最多，约占全部工业用水年取水量的 60%
- 生活用水年取水量以鞍山市海城市最多，约占全部工业用水年取水量的 30%

**② 不同产业（行业）用水量的整理**

为了确认各行业地下水的利用情况，根据水井登记册中记载的水井所有者名称，对水井数按行业进行了分类。行业分类是根据辽宁省地方标准《行业用水分配定额（DB21/T1237-2003）》规定的行业分类原则进行的。

图 2.2.6 显示了不同产业中工业的年取水量、人员数量和水井数量。表 2.2.4 为行业分类一览表。表 2.2.4 为根据分类结果取得的各行业地下水年取水量一览表。

图 2.2.6 表明，工业用水中，钢铁冶炼及压延加工业用水为 2.2 亿 m<sup>3</sup>，约占工业用水总量（约 3.1 亿 m<sup>3</sup>）的 70%。同时，该产业 30 多家企业拥有的水井数量多于其他产业，而且一直在抽取地下水。钢铁产业用地下水的主要消费者是鞍山钢铁公司，水源为辽阳市首山水源地。

在该产业之外的其它产业，年取水量、企业数量和水井数量基本是按相同比例分布的。但在有色金属矿产品制造业、金属制品业和专用设备制造业，相对于取水量，表现为企业数量多，每眼井的平均用水量少。在非金属精炼和压延加工业，相对于取水量，则表现为企业数量少，每眼井的平均用水量多。

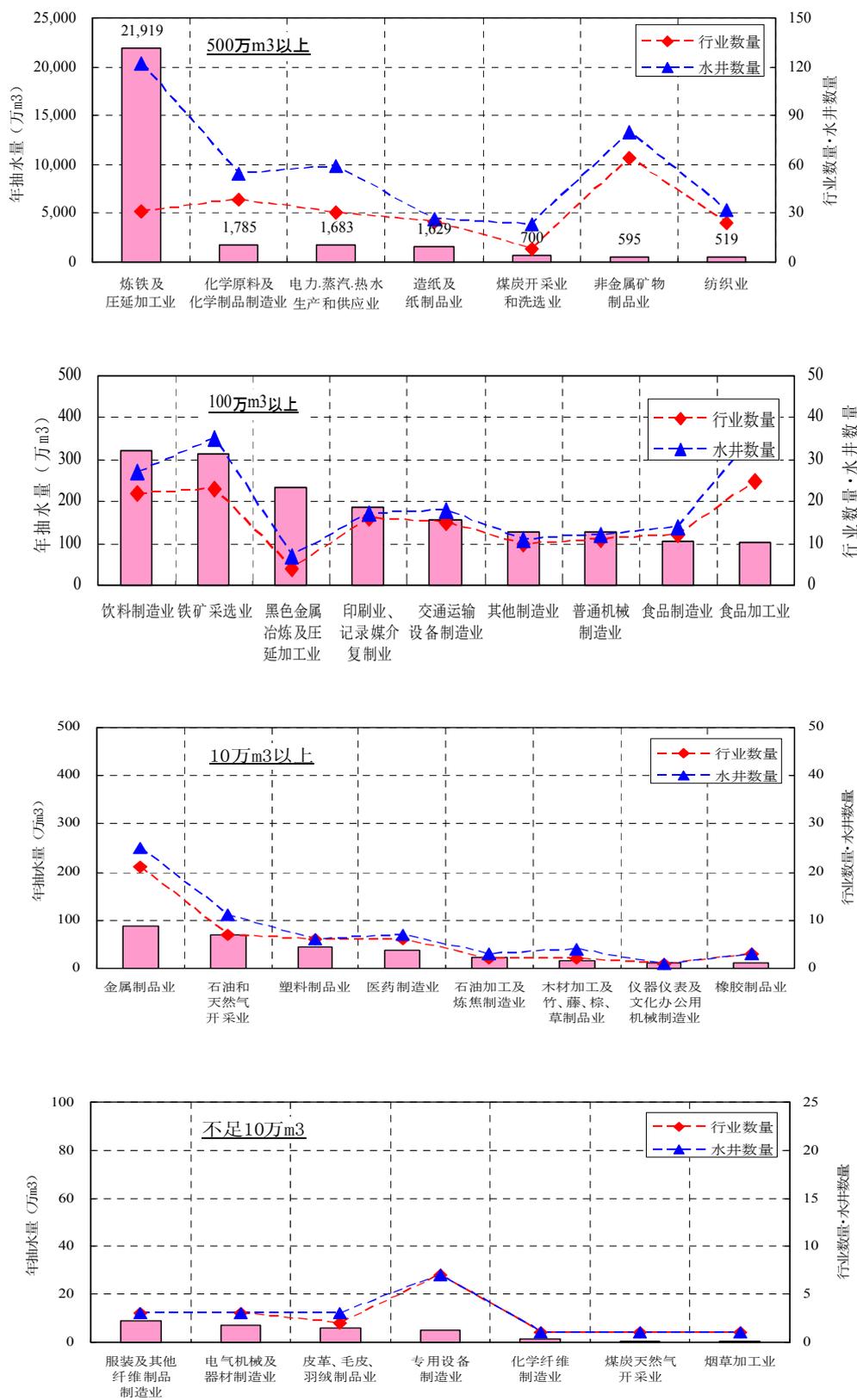


图 2.2.6 不同产业类别工业用地下水取水量、企业数量及水井数量

表 2.2.4 行业分类一览表

大类	中类	名称
A: 农林畜牧渔业	01	农业
	02	林业
	03	畜牧业
	04	渔业
B: 工业	01	采煤、选矿业（煤炭采选业）
	02	石油和天然气开采业（石油和天然气开采业）
	03	铁矿石开采、选矿业（黑色金属矿采选业）
	04	有色金属开采、选矿业（有色金属矿采选业）
	05	食品加工业（食品加工业）
	06	食品制造业（食品制造业）
	07	饮料制造业（饮料制造业）
	08	烟草加工业（烟草加工业）
	09	纺织业（纺织业）
	10	服装及其他纤维制品生产业（服装及其他纤维制品生产业）
	11	皮革、毛皮、羽绒制品生产业（皮革、毛皮、羽绒及其制品业）
	12	木材加工及竹、藤、棕、草制品业（木材加工及竹、藤、棕、草制品业）
	13	家具制造业（家具制造业）
	14	造纸及纸制品生产业（造纸及纸制品生产业）
	15	印刷业、记录媒介的复制（印刷业、记录媒介的复制）
	16	文体用品生产业（文体用品生产业）
	17	石油加工及炼焦业（石油加工及炼焦业）
	18	化工原料及化工制品生产业（化工原料及化工制品生产业）
	19	医药品生产（医药生产业）
	20	化纤生产业（化纤生产业）
	21	橡胶制品业（橡胶制品业）
	22	塑料制品业（塑料制品业）
	23	非金属矿产制品业（非金属矿产制品业）
	24	黑色金属冶炼及压延加工业（黑色金属冶炼及压延加工业）
	25	有色金属冶炼及压延加工业（有色金属冶炼及压延加工业）
	26	金属制品业（金属制品业）
	27	通用机械制造业（通用机械制造业）
	28	专用设备制造业（专用设备制造业）
	29	交通运输设备制造业（交通运输设备制造业）
	30	电气机械及器材制造业（电气机械及器材制造业）
	31	电子及通信设备制造业（电子及通信设备制造业）
	32	仪器仪表及文化、办公用设备制造业（仪器仪表及文化、办公用机械制造业）
	33	其他制造业（其他制造业）
	34	电力、蒸汽、热水的生产和供应业（电力、蒸汽、热水的生产和供应业）
	35	煤气生产供应业（煤气生产供应业）

资料来源：辽宁省地方标准《行业用水定额》

表 2.2.4 行业分类一览表（续）

大类	中类	名称
C: 建筑业	01	土木工程建筑业（土木工程建筑业）
D: 城市公共用水	01	零售业（零售业）
	02	餐饮业（餐饮业）
	03	公共设施服务业（公共设施服务业）
	04	居民服务业（居民服务业）
	05	旅馆业（旅馆业）
	06	娱乐服务业（娱乐服务业）
	07	其他社会服务业（其他社会服务业）
	08	卫生（卫生）
	09	体育（体育）
	10	教育（教育）
	11	科学研究与综合技术服务业（科学研究与综合技术服务业）
	12	国家机关及社会团体（国家机关及社会团体）
E: 居民生活用水	01	城镇居民生活用水（城镇居民生活用水定额）
	02	农村居民生活用水（农村居民生活用水定额）

资料来源：辽宁省地方标准 《行业用水定额》

表 2.2.5 不同行业地下水年取水量

大类	中类	年取水量 (万m <sup>3</sup> )	企业数量	水井数量
工业 合计: 30,836万m <sup>3</sup>	钢铁冶炼及压延加工业	21,919	31	122
	化工原料及化工产品制造业	1,785	38	54
	电力、蒸汽、热水生产、供应业	1,683	30	59
	造纸及纸制品业	1,629	25	26
	采煤、选矿业	700	8	23
	有色金属矿产制品业	595	64	80
	纺织业	519	24	32
	饮料制造业	322	22	27
	黑色金属矿采选业	313	23	35
	有色金属冶炼压延加工业	235	4	7
	印刷业、记录媒介的复制	186	16	17
	交通运输设施制造业	155	15	18
	其他制造业	129	10	11
	通用机械制造业	129	11	12
	食品生产业	107	12	14
	食品加工业	103	25	36
	金属制品业	87	21	25
	石油及天然气开采业	68	7	11
	塑料制品业	43	6	6
	医药用品制造业	36	6	7
	石油加工及炼焦生产业	24	2	3
	木材加工及竹、藤、棕、草制品业	17	2	4
	仪器仪表及文化、办公用设备制造业	12	1	1
	橡胶制品业	10	3	3
	服装及其他纤维制品生产业	9	3	3
	电气机械及器材制造业	7	3	3
皮革、毛皮、羽绒制品业	6	2	3	
专用设备制造业	5	7	7	
化学纤维生产业	1	1	1	
煤气生产、供应业	1	1	1	
烟草加工业	0	1	1	
建筑业 合计: 66万m <sup>3</sup>	土木建筑业	66	12	16
城市公共用水 及居民生活用水 合计: 1,322万m <sup>3</sup>	国家机关及社会团体	582	68	94
	教育	212	12	21
	零售业	148	13	18
	卫生	117	7	9
	服务业	80	74	77
	旅馆业	54	16	17
	娱乐服务业	52	8	8
	体育	26	1	7
	科学研究和综合技术服务业	25	1	5
	公共设施服务业	24	6	9
	餐饮业	1	3	3
居民生活用水 合计: 6,216万m <sup>3</sup>	城镇居民生活用水	5,697	91	164
	农村居民生活用水	519	13	82
农、林、牧、渔业 合计: 38,509万m <sup>3</sup>	农业	38,357	355	2194
	畜牧业	115	46	47
	林业	35	4	4
	渔业	2	2	4

资料来源: JICA 调查团

(c) 水井深度的整理

图 2.2.7 为水井登记册数据所示各市区县水井深度分布情况。该图表明，在 5 城市中，井深 30~40m 的水井数量最多，井深 60m 的水井数量约占全部水井总数的 80%。

如前所述，分布在太子河流域下游平原地区的第四纪堆积物是主要含水层，该平原地区是地下水开发的主要对象，在该平原地区深度 60m（作为开发对象，经济效益可观）的地下存在优质含水层。

从各市水井深度分布情况看，与其他城市相比，本溪市有较多 100m 以上的深水井。本溪市位于太子河流域东部山丘地区，因为必须开采深层裂隙岩盘地下水，所以打了很多深水井。抚顺市水井登记册记载的水井几乎都是畜牧业用水井，这些水井都是深度 10m 以下的浅水井，所以几乎所有水井深度都集中在 10m 以下。

图示表明，沈阳市、辽阳市和鞍山市的大多数水井均位于平原地带，水井深度分布也很类似，各市水井深度的分布形式影响太子河全部水井深度的分布。图 2.2.8 为水井深度与年取水量的关系。

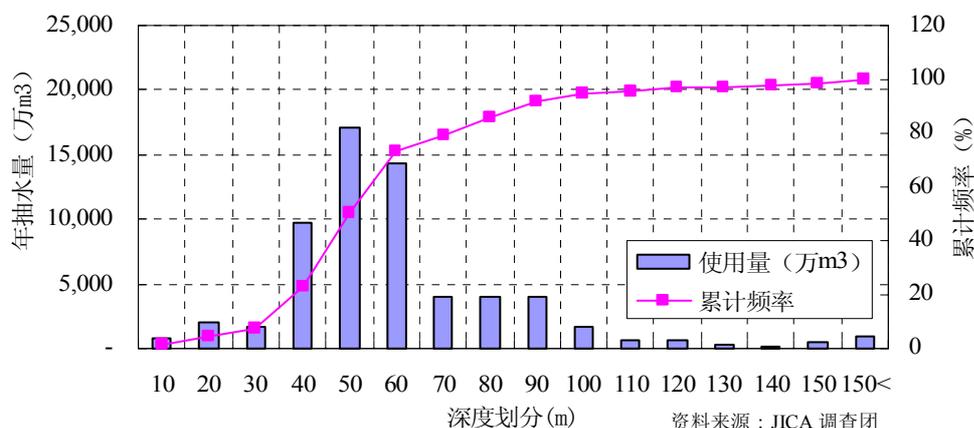


图 2.2.7 水井深度分布与年取水量的关系

图 2.2.7 和 2.2.8 表明，各深度水井年取水量的变化与各深度水井数量的分布几乎是一致的。图 2.2.9 用不同深度年取水量除以水井数量，计算每眼井的年取水量的分布。

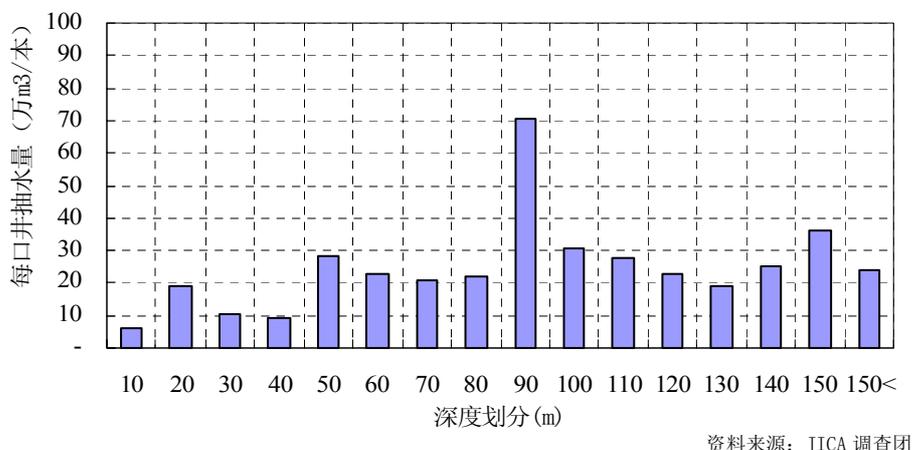


图 2.2.8 不同深度水井的年取水量

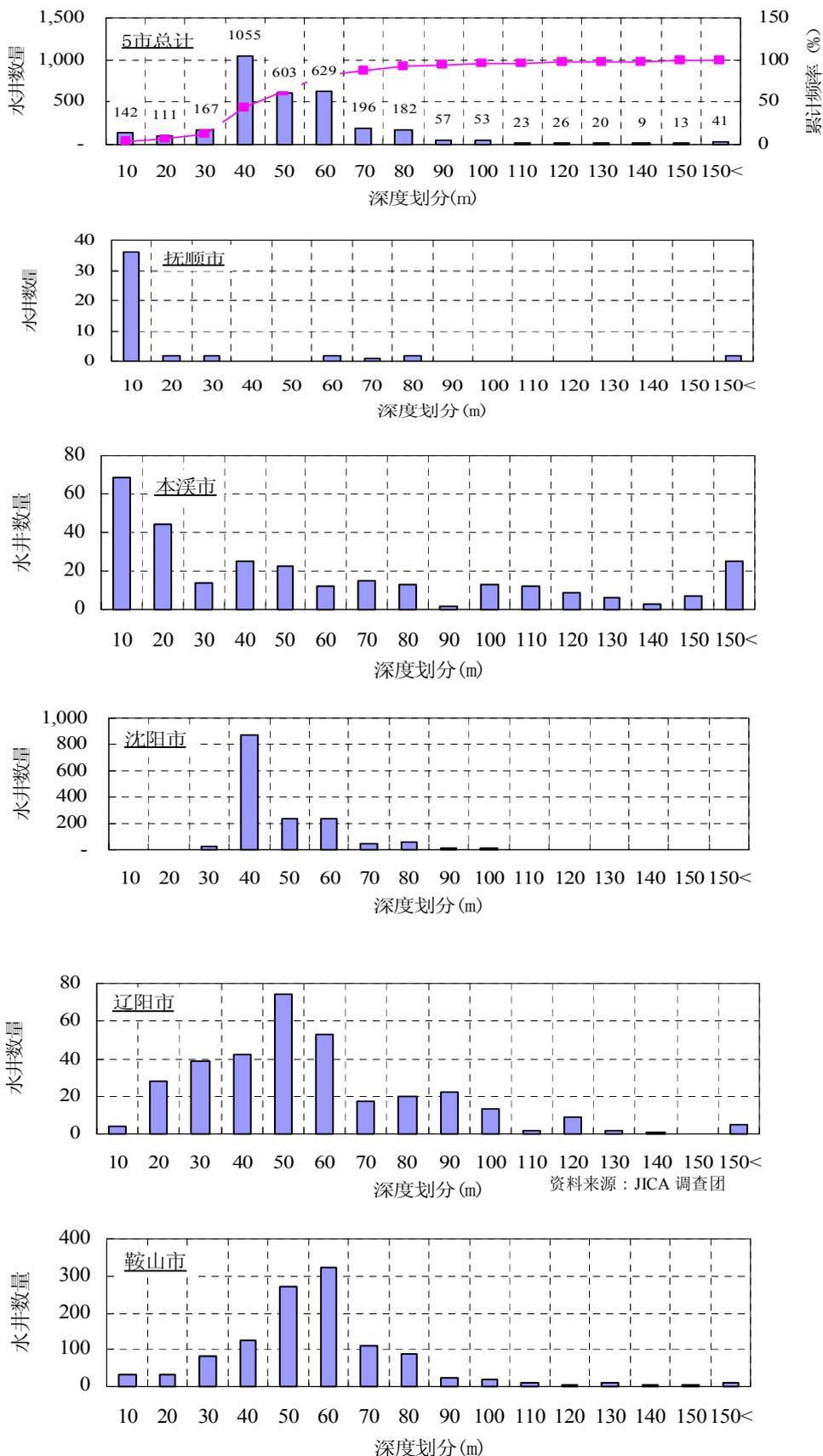


图 2.2.9 各市水井深度分布

如图 2.2.9 所示，深度 40m 以下的水井，其年取水量约为 10 万 m<sup>3</sup>/眼，深度 50m 以上水井的年取水量约为 20~30 万 m<sup>3</sup>/眼。然而，深度 80~90m 水井的年取水量为 70 万 m<sup>3</sup>/眼，与其他深度水井的数量相比，其年取水量很大。

(d) 地下水开发年度变化的整理

图 2.2.10, 2.2.11 为每年度打井数量和年取水量变化情况。

如图所示，80 年代以后，水井数量急剧增加，随即而来的是年取水量急剧增加。在 2000 年至 2004 年 4 年间，约打井 500 眼，而年取水量仍停留在 3,000 万 m<sup>3</sup>，地下水开采量增长经过 90 年代高峰期后，显示出受到某种抑制的倾向。

图 2.2.12 是根据水井登记册数据得出的各市区县打井年份分布情况。另外，在统计计算上，我们将 1984 年前的打井年份归入一起进行表示。

如图所示，90 年代为地下水开采高峰期，之后呈下降趋势。

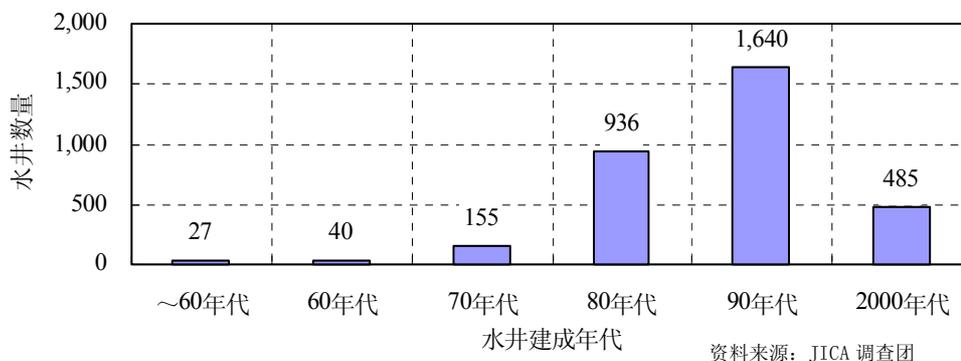


图 2.2.10 各年代建井数量的分布

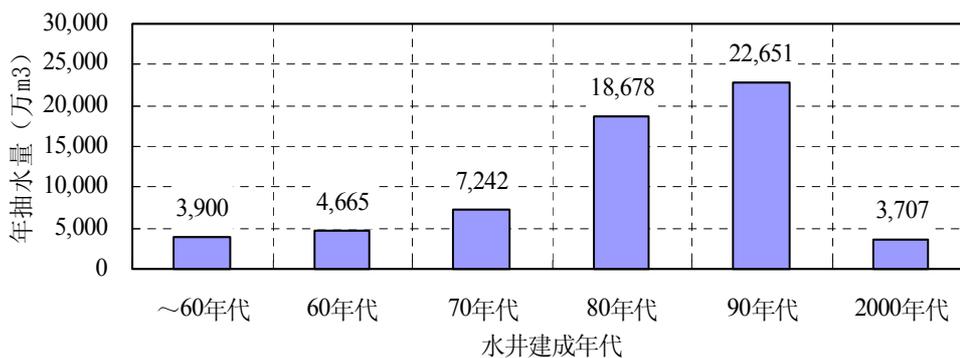
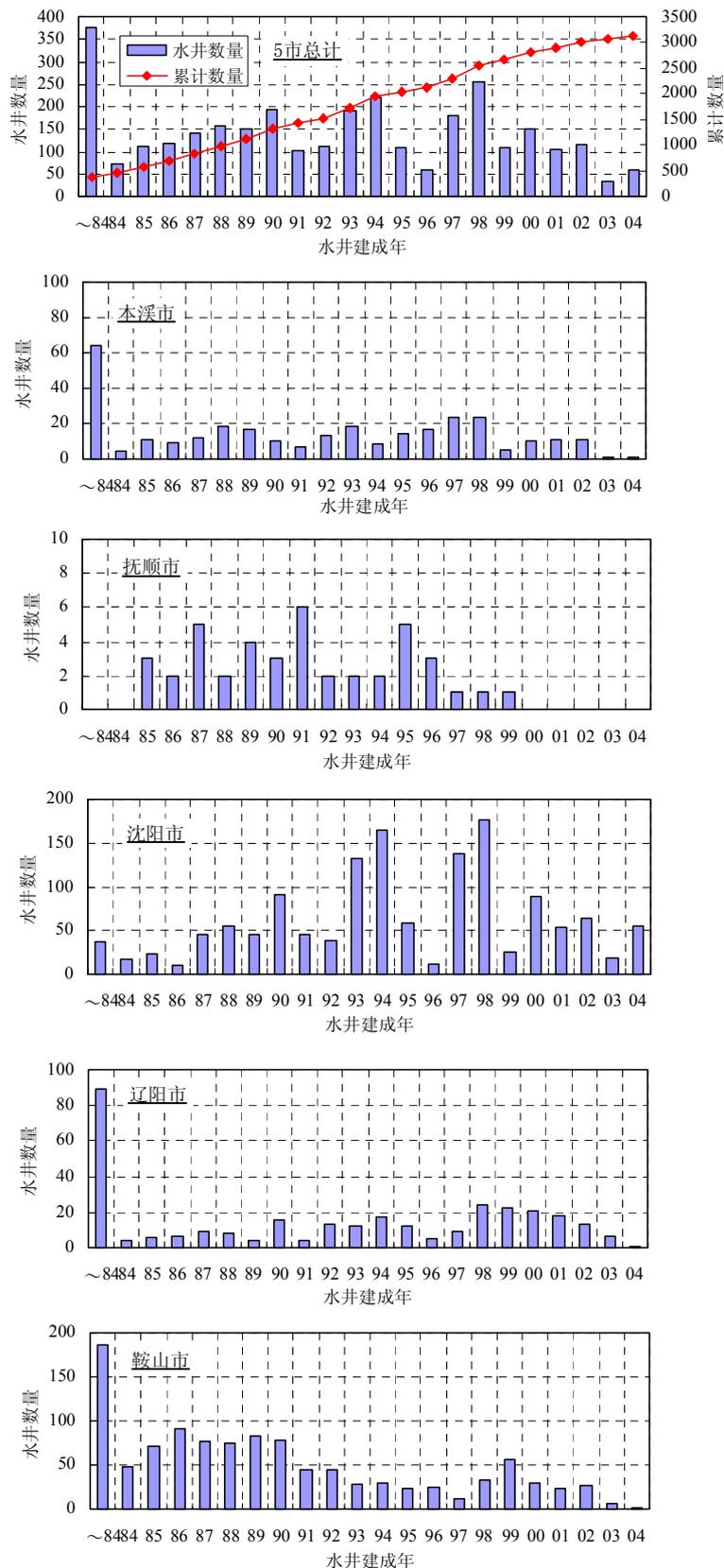


图 2.2.11 各年代水井取水量分布



资料来源: JICA 调查团

图 2.2.12 各市每年打井数量分布

(e) 基于辽宁省水利厅发行资料整理的地下水取水量数据

① 水资源管理年报数据的整理

本次收集的水井登记册数据未将太子河流域 5 城市拥有的水井登记册数据全部收集在内，所以要把握流域内全部地下水取水量很困难。

为此，我们便从辽宁省水利厅发行的统计资料中推定太子河流域地下水总取水量。

从 2002 年起，辽宁省水利厅开始发行《水资源管理年报》统计资料，该资料对辽宁省各市水利用量进行了汇总。该资料按各河流域计算各市的用水量。这里仅从 2003 年度的同一资料中抽出各市在太子河流域的用水量数据。表 2.2.6 为水资源管理年报刊载的太子河流域用水量数据。表中记载的地下水数值是该流域用水量中由地下水供应的部分。

表 2.2.6 水资源管理年报刊载的太子河流域用水量 (万 m<sup>3</sup>)

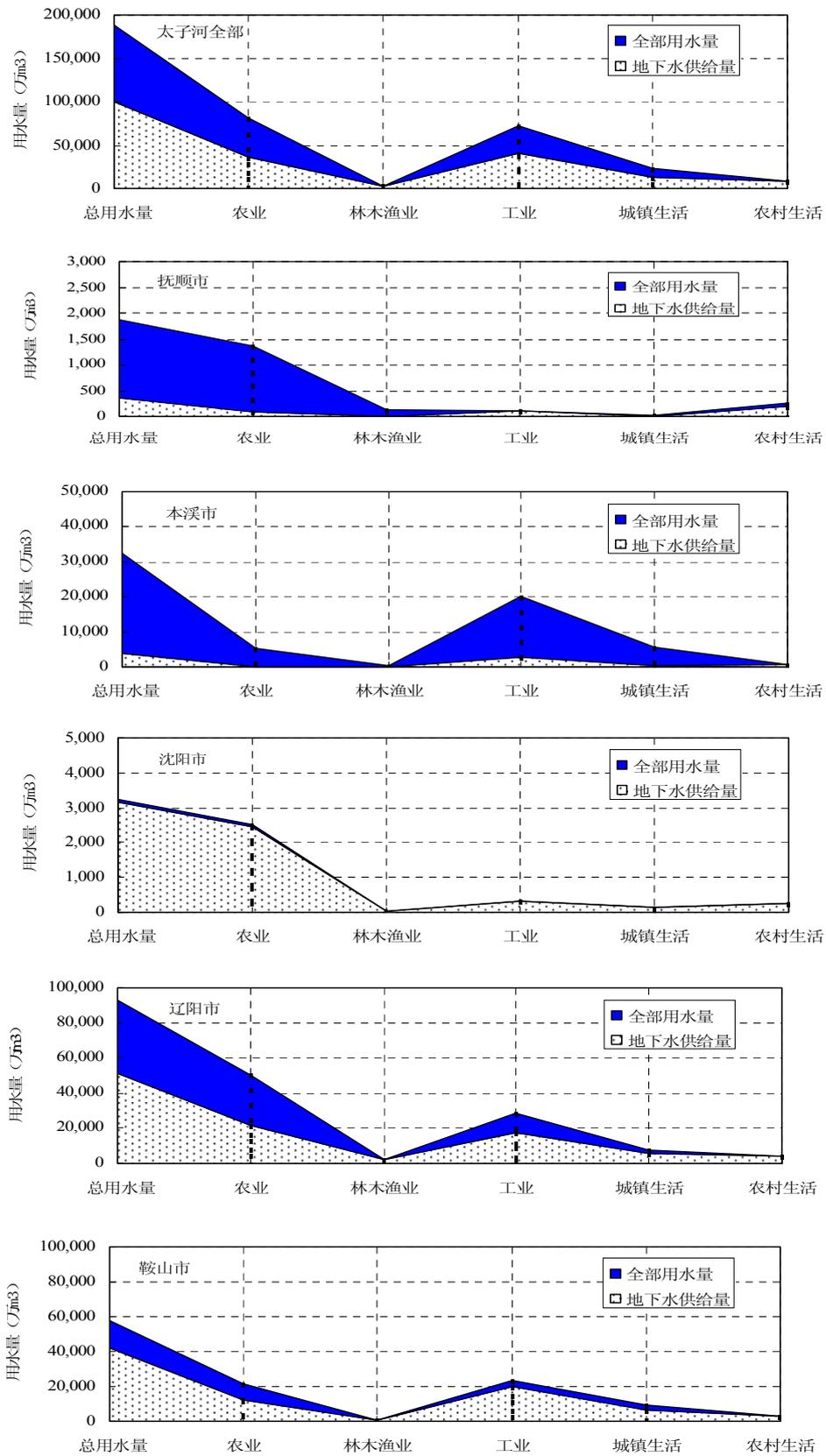
流域	总用水量		详细内容									
			农业用		林木渔业用		工业用		城市生活用		农村生活用	
	用水量	地下水	用水量	地下水	用水量	地下水	用水量	地下水	用水量	地下水	用水量	地下水
太子河全体	188,133 (100%)	100,434	80,453 (43%)	36,166	3,500 (2%)	2,696	72,736 (39%)	40,958	23,059 (12%)	12,525	8,385 (4%)	8,089
抚顺市	1,878 (100%)	371	1,365 (73%)	84	135 (7%)	0	112 (6%)	97	20 (1%)	0	246 (13%)	190
本溪市	32,515 (100%)	4,024	5,320 (16%)	26	514 (2%)	30	20,107 (62%)	2,837	5,718 (18%)	515	856 (3%)	616
沈阳市	3,242 (100%)	3,167	2,516 (78%)	2,441	21 (1%)	21	321 (10%)	321	141 (4%)	141	243 (7%)	243
辽阳市	92,697 (100%)	50,923	50,174 (54%)	21,455	2,105 (2%)	2,105	28,580 (31%)	17,476	7,568 (8%)	5,617	4,270 (5%)	4,270
鞍山市	57,801 (100%)	41,949	21,078 (36%)	12,160	725 (1%)	540	23,616 (41%)	20,227	9,612 (17%)	6,252	2,770 (5%)	2,770

资料来源：水资源管理年报（辽宁省水利厅，2004 年）

表 2.2.6 中所示各市用水量与地下水供水量之间的关系见图 2.2.13。如表 2.2.6 所示，太子河流域总用水量由多到少的排序是辽阳市、鞍山市、本溪市、沈阳市、抚顺市。全部用水量中的大约半数来自于地下水，其中，工业用水地下水和农业用水地下水用水量占总用水量的 80% 以上。

按照用途划分用水量的排序结果为：农业用水量最多，占 43%；工业用水量占 39%；城市和农村生活用水量占 16%、林木渔业用水量占 2%。

如图 2.2.13 所示，在抚顺市、本溪市的用水量中，地下水所占比例较小；在沈阳市、辽阳市及鞍山市用水量中，地下水所占比例则相当大。沈阳市的地下水所占比例为 90% 以上，辽阳市为 50% 左右，鞍山市达到 70% 左右。



资料来源：水资源管理年报（辽宁省水利厅，2004年）

图 2.2.13 水资源管理年报中各城市用水量和地下水供应量

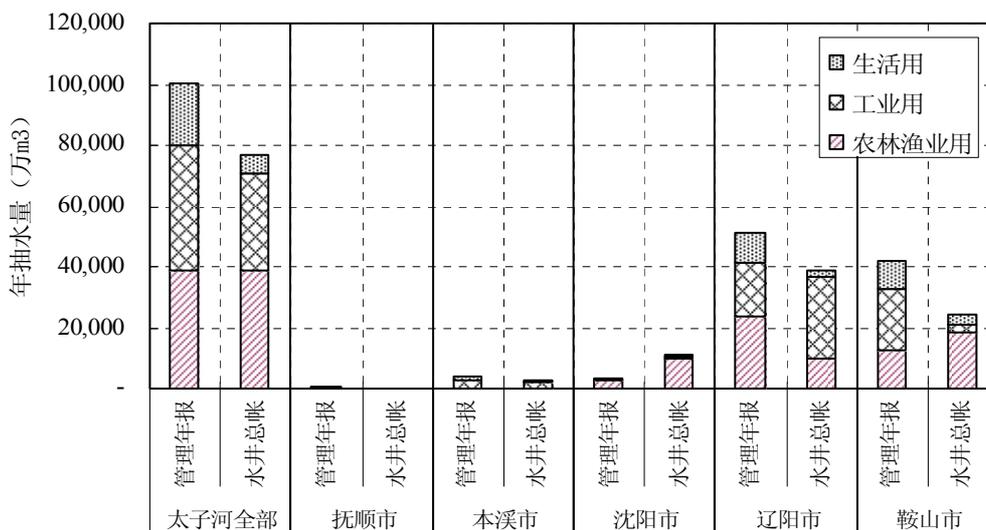
② 与水井登记册数据的比较

表 2.2.7 和图 2.2.14 显示了来自于「水资源管理年报」的地下水使用量数据与水井登记册数据中所获数值的比较。来自水井登记册的数值使用了自来水公司供水数据分类结果（表 2.2.7 的值）。

表 2.2.7 水资源管理年报数据和水井登记册数据中地下水取水量的比较 (万 m<sup>3</sup>)

流域	水资源管理年报数据				水井登记册数据			
	总计	农林渔业用水	工业用水	生活用水	总计	农林渔业用水	工业用水	生活用水
太子河	100,434	3,8862	40,958	20,614	76,949	38,509	32,266	6,174
抚顺市	371	84	97	190	243	183	60	0
本溪市	4,024	56	2,837	1,131	2,693	42	2,182	469
沈阳市	3,167	2,462	321	384	10,931	9,877	572	482
辽阳市	50,923	23,560	17,476	9,887	38,513	9,807	26,944	1,762
鞍山市	41,949	12,700	20,227	9,022	24,569	18,600	2,509	3,460

资料来源：水资源管理年报（辽宁省水利厅，2004 年）及 JICA 调查团



资料来源：水资源管理年报（辽宁省水利厅，2004 年）及 JICA 调查团

图 2.2.14 水资源管理年报数据与水井登记册数据中地下水取水量的比较

从表 2.2.7 和图 2.2.14 得知，「水资源管理年报」的数据与从水井登记册数据中整理的地下水取水量数值存在误差。误差的理由如下。

- 关于地下水取水量总量，水井登记册数据中整理的数值较「水资源管理年报」记载的数小。这是因为收集到的水井登记册数据并未包括流域内全部取水井数据。
- 关于沈阳市和鞍山市农业用水量，水井登记册数据的数值较大。我们认为，是由于农业用地下水取水量是随当年的气象情况变化的（根据降水量的多少），所以才会产生低于水井登记册中记录的许可取水量的现象。

- 关于辽阳市工业用水量，水井登记册记载的数值较大。这是因为从辽阳市水源——首山水源地大规模抽取的地下水主要是供应鞍山市的钢铁联合企业，因此管理年报把在首山水源地大量抽取的地下水计算在鞍山市工业取水量中。
- 与管理年报统计值相比，鞍山市工业用水量极小，出现这种结果的原因与上述原因相同。

如上所述，水井登记册数据中未覆盖太子河流域内全部水井数据，取水量数据也只是申请取水许可的申请数据。根据这一点，我们在接下来研究地下水赋存量或地下水平衡等问题时，便将水资源管理年报内的数据作为太子河流域实际地下水取水量处理。

#### (f) 水井登记册数据分析结果汇总

水井登记册数据分析结果如下。

- 从太子河流域 5 城市（抚顺市、本溪市、沈阳市、辽阳市及鞍山市）所有的水井登记册数据中，收集了 3,245 个与水井有关的数据
- 除上述数据外，还就另行收集的水井取水许可证数据加上与水井登记册数据并不重复的 186 眼水井数据，即 3,431 眼井的数据进行了分析。
- 5 城市年取水量合计为 76,949 万 m<sup>3</sup>，具体排序是农业用水量最多，占总用水量的 50%，其次是工业用水量（40%）、再其次是生活用水量（10%）。
- 辽阳市年取水量最多，接下来的排序为鞍山市、沈阳市、本溪市、抚顺市。仅前 3 个城市的用水量便为太子河全部取水量的 96%。
- 按用途分类看年取水量，其排序是抚顺市、沈阳市、鞍山市的农业用水量最多，本溪市、辽阳市工业用水量最多。
- 根据企业名称、对不同产业类别的年取水量数据进行分类的结果：在工业用水中，钢铁精炼及压延加工业用水约达 2.2 亿 m<sup>3</sup>，约占工业总用水量（约 3.1 亿 m<sup>3</sup>）的 70%。
- 对水井深度分类整理的结果是，深度达 30~40m 的水井数量最多，深度达 60m 的水井约占水井总数的 80%
- 每年度打井的水井数量及其取水量数据整理的结果是，1980 年以后，水井数量急剧增加，随着水井数量的增加，年取水量也在急剧上升
- 1990 年为水井数量、年取水量的高峰期，此后自 2000 年起，便处于抑制状态。
- 对水利厅发行的「水资源管理年报」记载的年地下取水量与水井登记册数据中的数值进行比较，其结果表明两者数值出现误差。这是因为水井登记册数据中未包括太子河流域内全部水井数据，所以我们决定在后来的研究中，使用「水资源管理年报」的数值。

### (3) 地下水位观测数据分析

对收集的太子河流域内 5 城市（抚顺市、本溪市、沈阳市、辽阳市、鞍山市）地下水监测井的地下水位变化数据进行了分析。

#### (a) 地下水位观测数据概要

收集了「地下水监测站网」中太子河流域 114 处监测水井的地下水位变化数据，在 114 处中的 68 处中，收集了 2002 年到 2003 年两年数据；余下的 46 处，仅收集了 2003 年一年的数据。地下水位观测为每 5 日一次，年观测 72 次左右。

水位观测数据是由水井地面标高减掉地下水位深度后转换为地下水位标高值。

监测水井一览表见表 2.2.8。监测井位置见图 2.2.15。

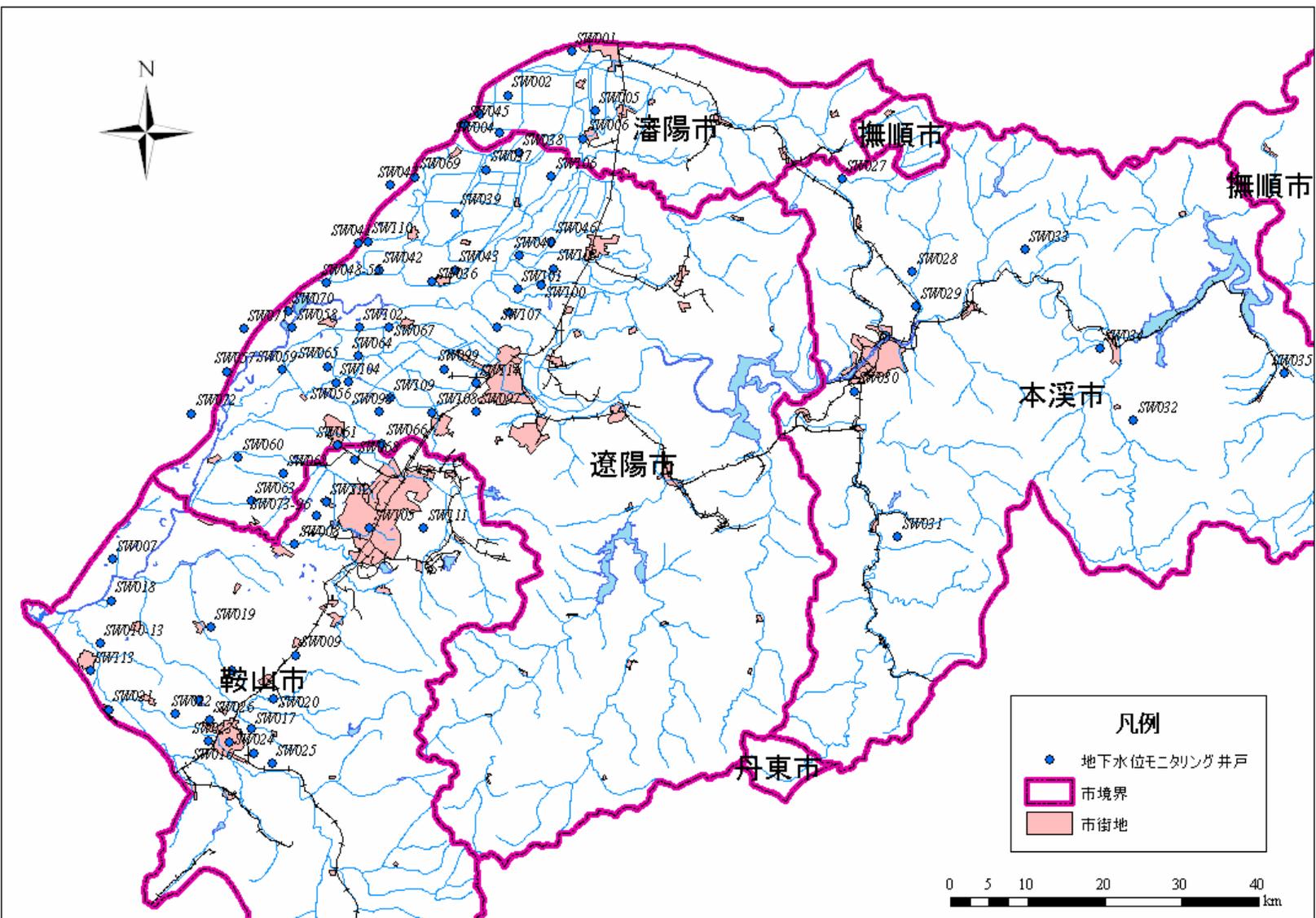
表 2.2.8 地下水位监测井一览表

城市名	井数量	监测井序号		监测井深度（仅判明部分）
		2002 年~2003 年	仅 2003 年	
本溪市	9 处	SW027~SW035 (9 处)	—	0~10m (5 眼) SW014, SW019, SW022, SW041, SW061
沈阳市	7 处	SW002~SW006, SW045 (6 处)	SW001 (1 处)	10~20m (20 眼) SW002, SW005, SW006, SW008, SW009, SW016, SW017, SW018, SW113, SW020, SW023, SW043, SW044, SW056, SW057, SW059, SW060, SW064, SW066, SW067
辽阳市	49 处	SW036~SW072, SW097~SW104, SW106~SW110, SW114 (35 处)	SW097~SW104, SW106~SW110, SW114 (14 处)	20~30m (6 眼) SW109, SW110, SW112, SW038, SW040, SW106
鞍山市	49 处	SW007~SW026, SW068 (21 处)	SW073~SW096, SW0105, SW111~SW113 (28 处)	30~50m (7 眼) SW046, SW097, SW098, SW101, SW100, SW107, SW108
合计	114 处	71 处	43 处	50m~ (5 眼) SW099, SW102, SW104, SW105, SW111

资料来源:JICA 调查团

如表 2.2.8 所示,太子河流域内大多数地下水位监测井分布在辽阳市和鞍山市。基于现有资料判明的结果,监测井的深度大多在 50m 以下。

如图 2.2.15 所示,在太子河流域平原地区(辽阳市、鞍山市),大多数监测井深度在 50m 左右,地下水开采的主要对象是深度超过 50m 的含水层。监测井的设置也是以深度约 50m 的含水层为对象的。



资料来源：JICA 调查团

图 2.2.15 太子河流域地下水位监测井位置图

(b) 地下水位时段系列变化情况

图 2.2.16 为基于地下水位观测数据，将月平均地下水位和其附近降雨量观测数据同时示出的结果。本溪市的降雨量观测数据采用小市观测站数据，沈阳市采用陈相屯观测站数据，辽阳市采用辽阳观测站数据，鞍山采用海城观测站数据。

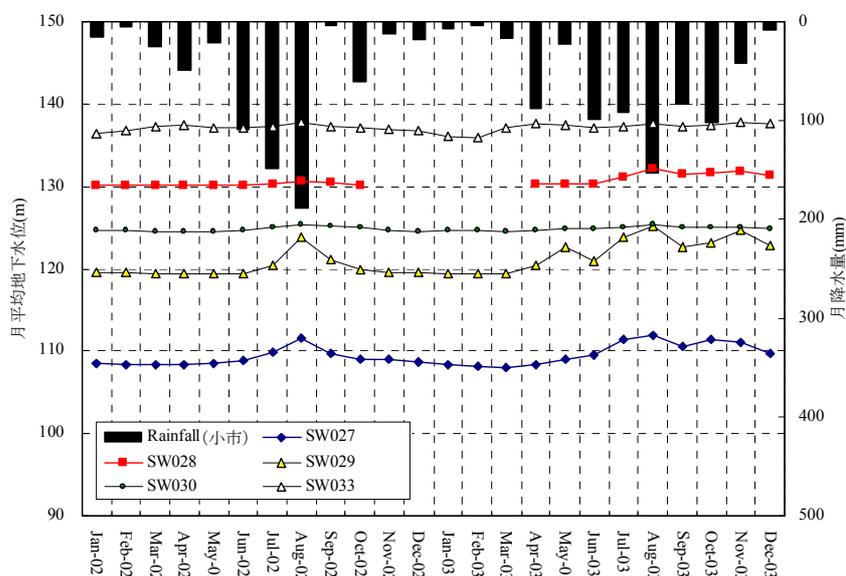
① 地下水位变化特征

从地下水位观测数据取得的地下水位时段系列变化如下所示，大致可分为四个阶段。

I：多降雨时段反应型

图 2.2.17 为多降雨时段反应型的例子。该类型可以由本溪市观测孔的观测数据等得到确认。该类型的规律是：当降雨超过一定程度（100mm 左右）时，地下水位出现相应反应，水位上升，然后再下降到上升前水位。

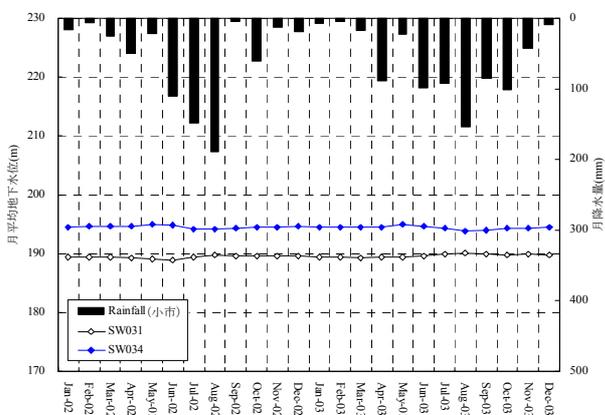
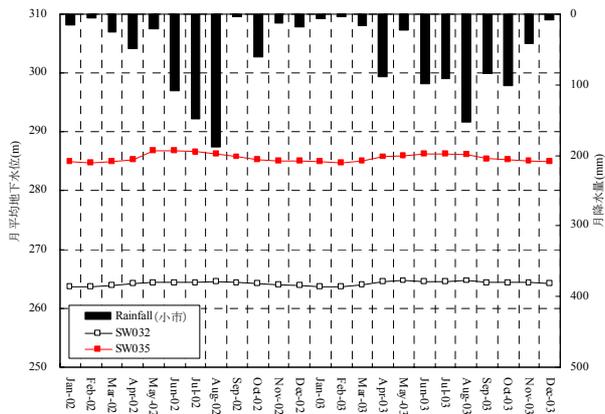
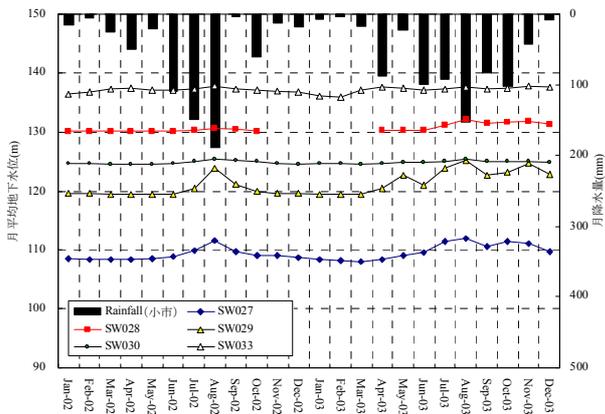
已经确认属于该类型的本溪市正在开发岩体裂隙间的地下水。因为还没收集到本溪市地下水位监测井的深度信息，所以所观测的水位到底属于哪一含水层，仍未明确。我们设想：监测井被设置在具有一定深度的含水层，只有当集中降雨时，降雨渗透才可能到达深层，使地下水位上升。在没有集中降雨时，降雨渗透达不到深层，地下水位几乎不发生变化。



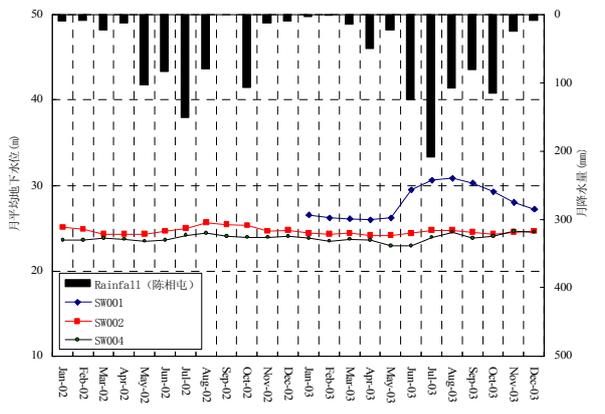
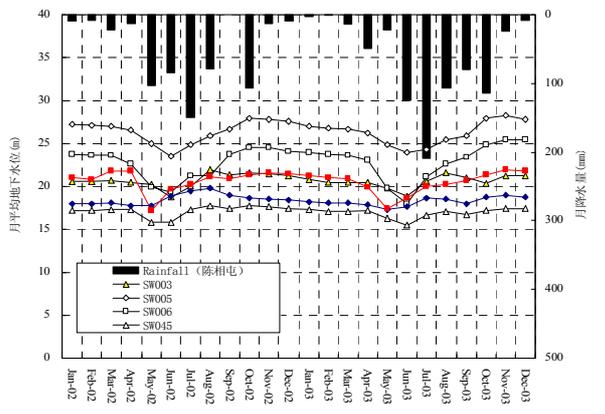
资料来源：JICA 调查团

图 2.2.17 多降雨时段反应型

本溪市监测井观测数据



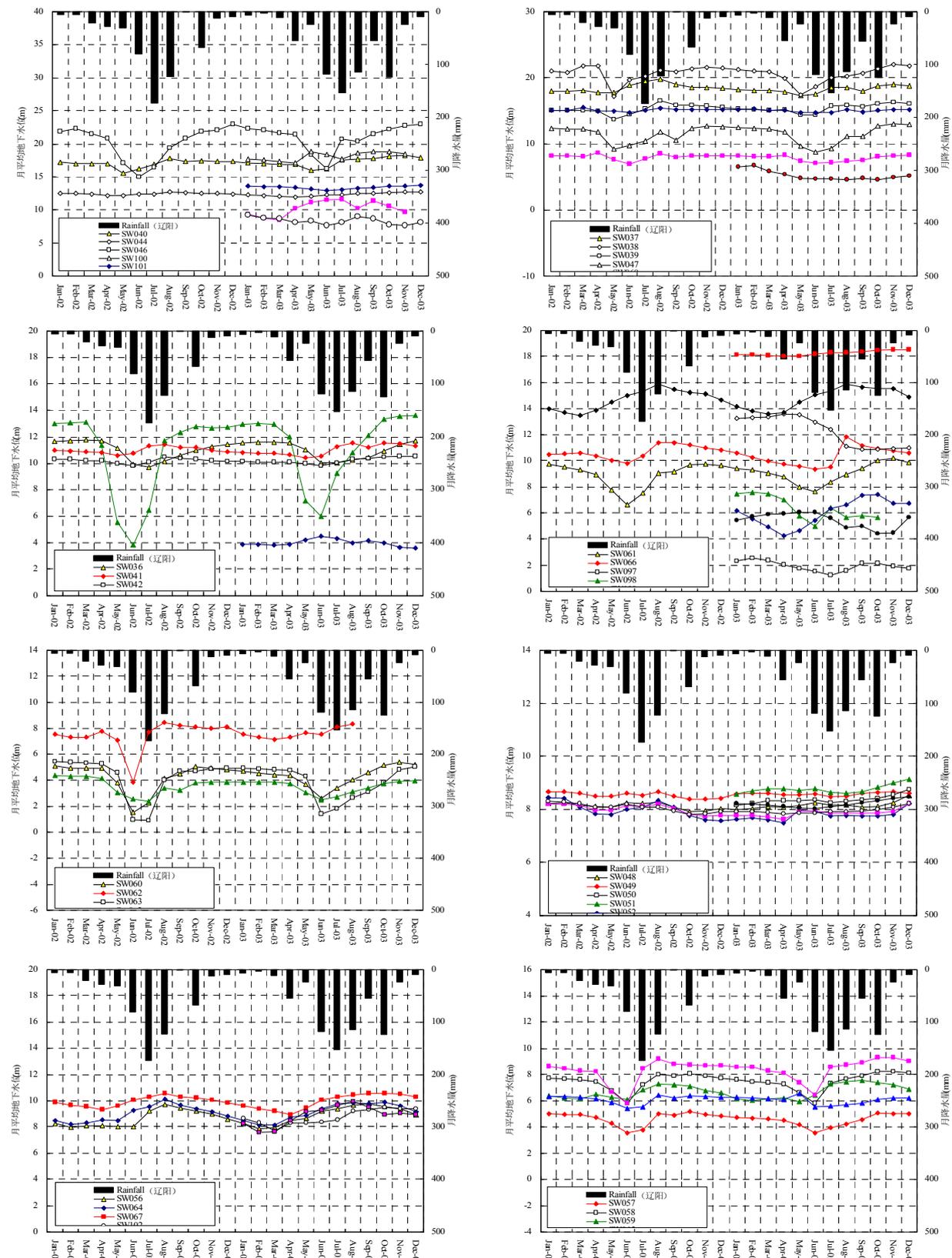
沈阳市监测井数据



资料来源: JICA 调查团

图 2.2.16(a) 地下水位变化图(本溪市和沈阳市的监测井)

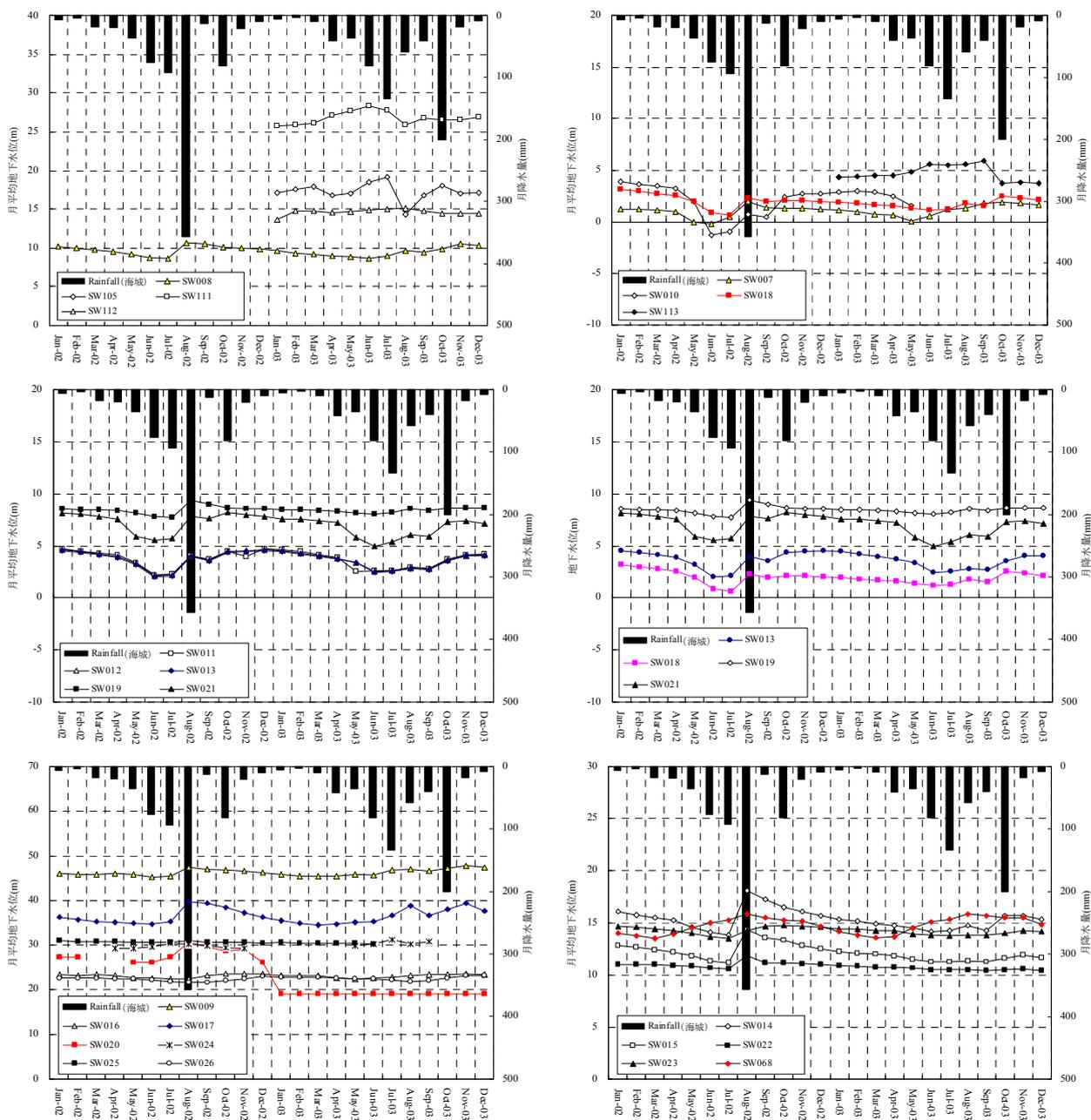
辽阳市监测井观测数据



资料来源: JICA 调查团

图 2. 2. 16(b) 地下水位变化图 (辽阳市监测井)

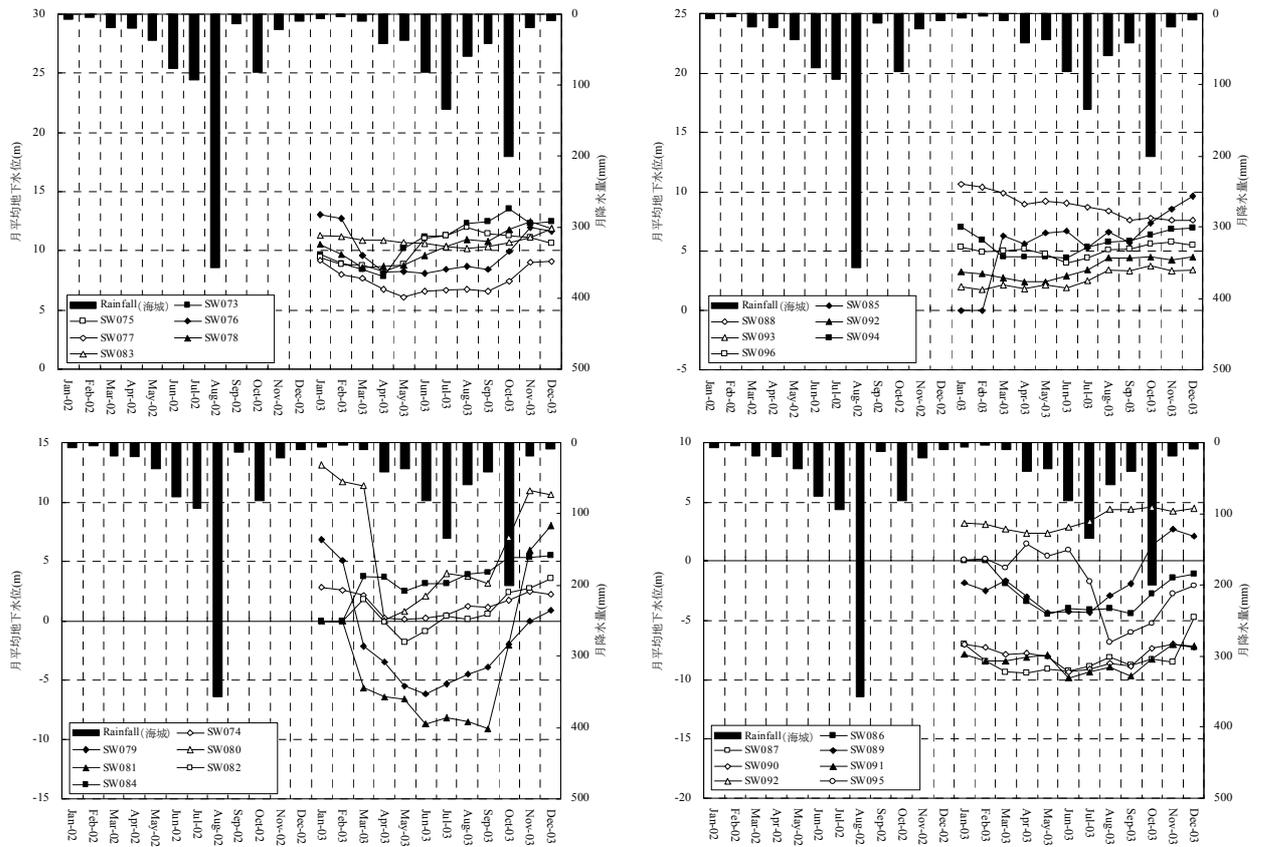
鞍山市监测井观测数据 (1)



资料来源: JICA 调查团

图 2. 2. 16(c) 地下水位变化图 (鞍山市监测井)

鞍山市监测井观测数据 (2)



资料来源: JICA 调查团

图 2. 2. 16(d) 地下水位变化图 (鞍山市监测井)

### II：降雨自然反应型

图 2.2.18 为降雨自然反应型的例子。该类型可由辽阳市观测孔（SW-56, 64, 67, 102, 104 孔, SW-48~55 孔）观测数据等得到确认。该类型显示地下水位随全年降雨多少而变化。在降雨最多的 7 月~8 月，地下水位也最高。降雨少的 2~3 月，地下水位变得最低。在该类型中，尚未发现与降雨量无关的地下水位变化，所以我们认为不存在周边地下水开发带来的影响。

可以说，该类型系太子河流域平原地带地下水位变化最基本的（最自然的）图形。

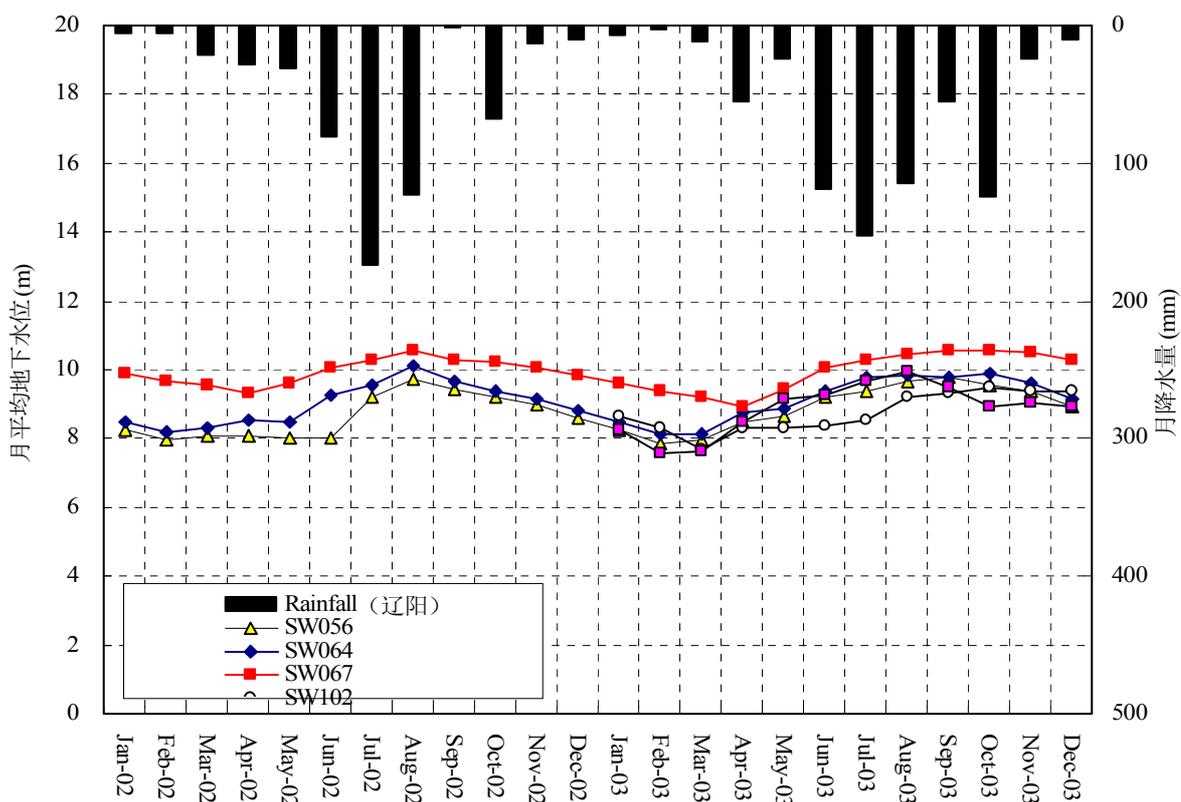


图 2.2.18 降雨自然反应型

### III：初夏水位下降型

图 2.2.19 为初夏水位下降型的例子。该类型多数可由沈阳市、辽阳市、鞍山市观测孔观测数据得到确认。该类型的特点是从 1 月起到 4 月止，与 II 型一样，其表现是随降雨变化。从 5 月以后到 7 月，地下水位急剧下降，而且下降值很大，达 9m 左右，多数下降值为 3~4m 左右。

下降水位在 8 月以后会有所恢复，12 月的水位差不多会达到 1 月份水位。我们考虑，从水位下降时间与泡田时间吻合的情况看，该类型的水位变化是随农业使用地下水取水情况出现的。正如我们在前一节所述，太子河流域地下水全部取水量的 40%左右被用于农业用水。该类型地下水位的变化印证了我们在太子河平原地区广泛观察取得的结果。

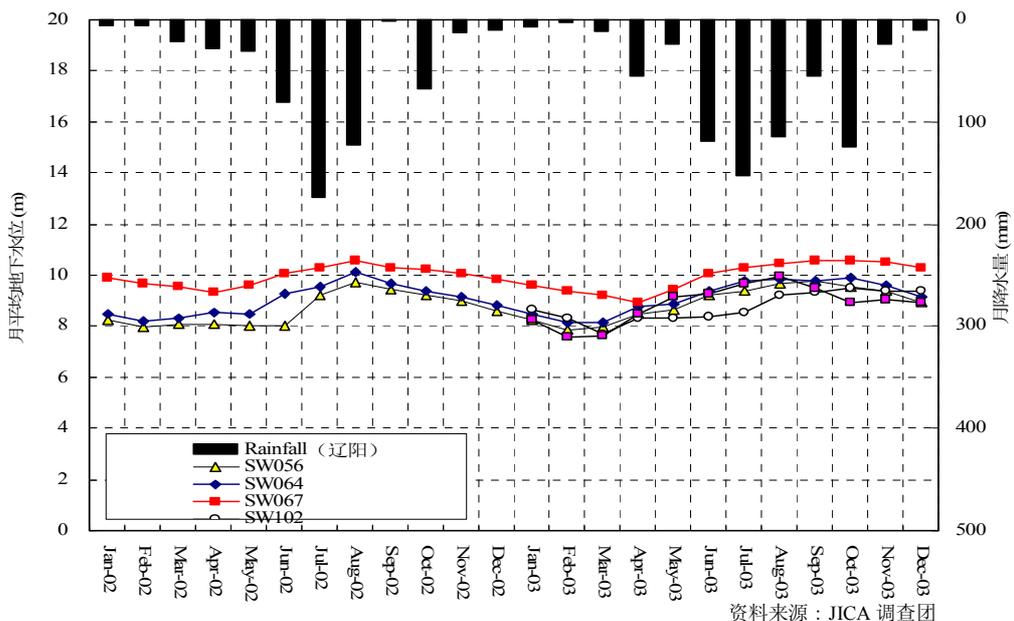


图 2.2.19 初夏水位降低型

IV: 平时水位下降型

图 2.2.20 为平时水位下降型的例子。本类型可以从辽阳市观测孔观测数据 (SW-73-96 孔) 得到确认。该监测井位于鞍山市中心的鞍山钢铁集团联合企业附近。我们认为, 地下水位的变化受该地区工业用水地下水取水量的影响极大。在这里, 从 3 月以后至 10 月左右, 地下水位经常处于下降状态。但到了冬季, 水位便会上升。考虑到工业用水与季节变化无关, 而且几乎一直是等量取水, 所以我们可以认为, 冬季水位上升主要是有融雪流入这一外部原因。

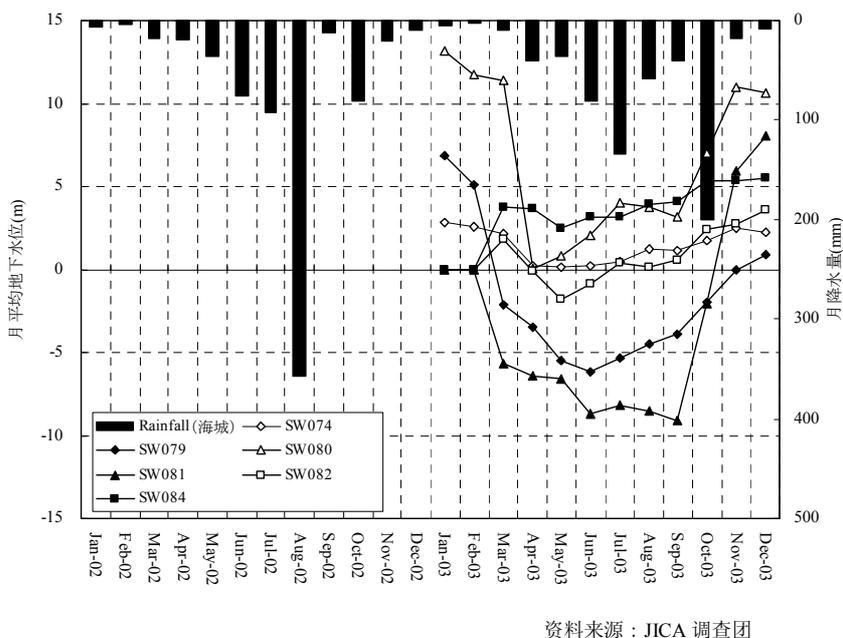


图 2.2.20 平时水位下降型

地下水位变化类型除了IV之外,即使在地下水位下降时,12月份水位也基本会恢复到与1月完全相同的水平。但部分监测井未恢复到1月的水位。

2003年,全部114处监测井中,有101眼已经取得地下水位变化量数据,其中27眼井的地下水位变化量呈负值,余下74眼井的地下水位变化量呈正值。在变化量呈负值的井中,SW-79孔最大,为-6m(平均值为-0.9m);在变化量呈正值的监测井中,SW-89孔最大,为3.9m(平均值为0.7m)。

图2.2.21为2003年地下水位监测井观测数据中,12月份水位和1月份水位变化量分布图。图中监测井位置重复的部分(SW-10~13、SW-48~55及SW-73~96),我们采用了平均值。

## ② 各地区地下水位变化特征

图2.2.22表示将上节所述地下水位观测数据的四种类型用于全部监测井的结果。图中位置重复的监测井(SW-10~13、SW-48~55及SW-73~96)表现状态完全一样,所以,我们将此类型作为一眼井处理。

从图中可知,在流域内,类型III监测井分布广泛。可以确认类型I仅本溪市和鞍山市的海城市存在。类型II分布广泛,其分布领域主要集中在辽阳市西侧太子河附近和鞍山市的市区附近。类型III仅分布在鞍山市市区一带。

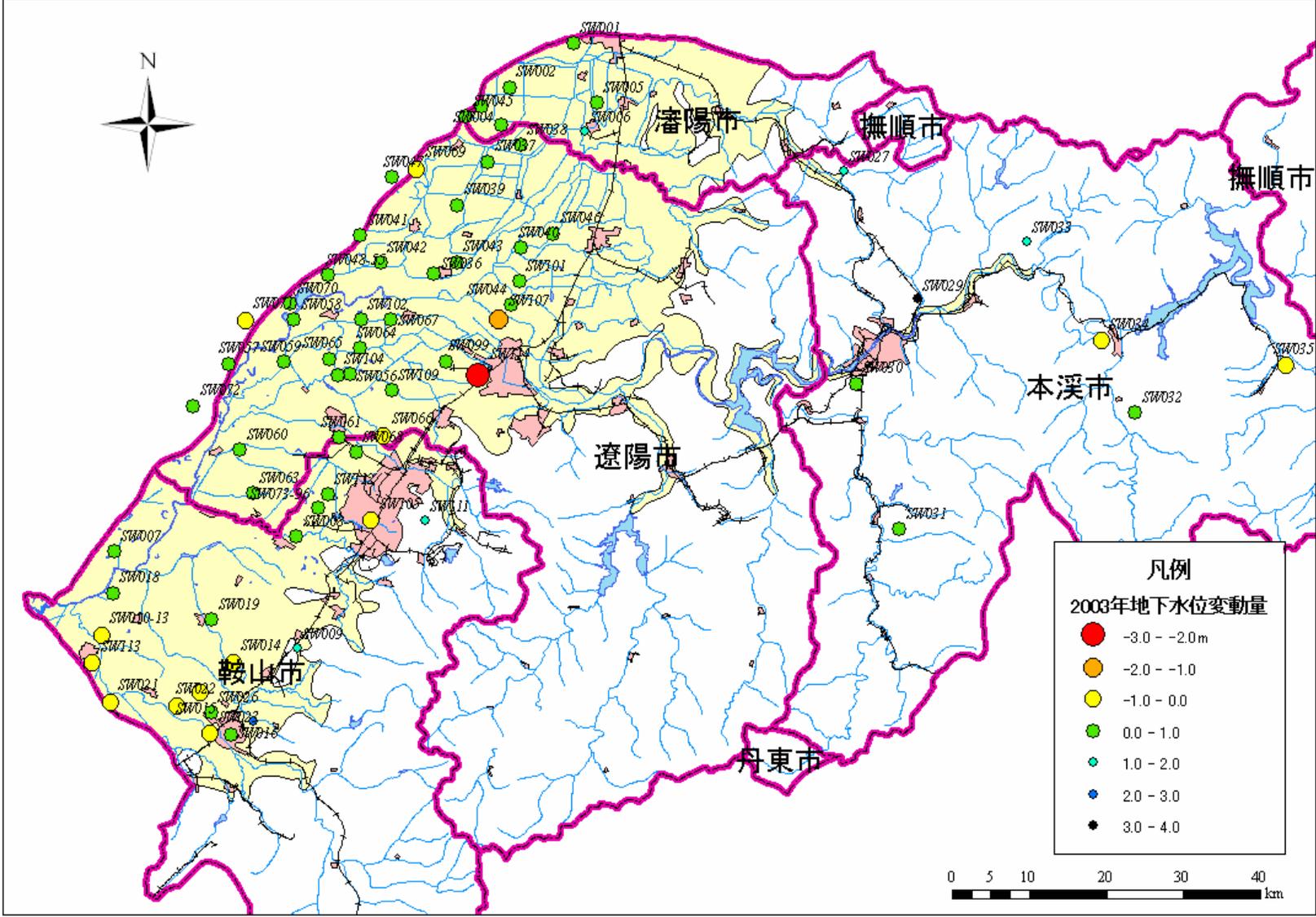
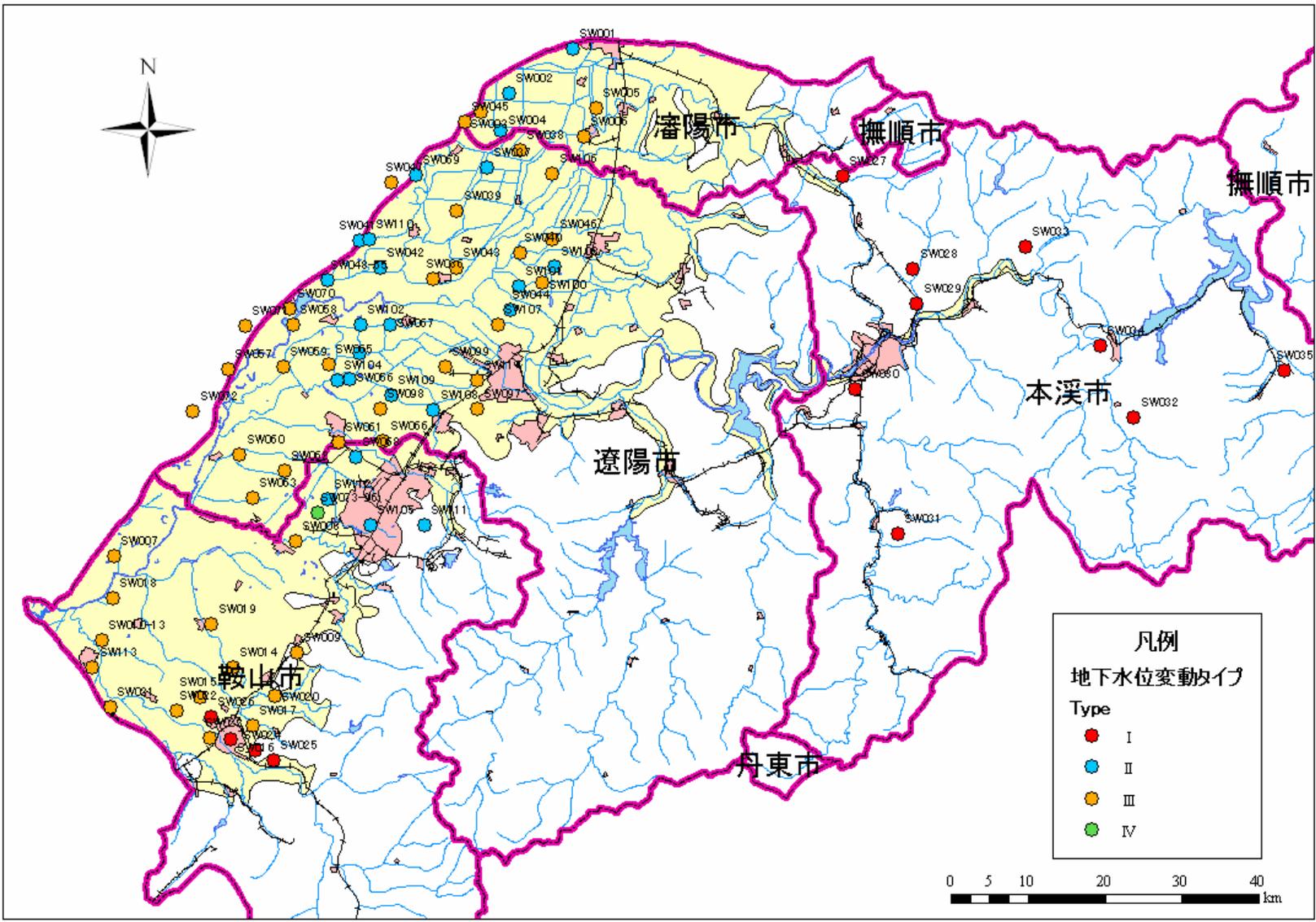


图 2.2.21 地下水位变化量分布图

资料来源：JICA 调查团



资料来源：JICA 调查团

### (c) 地下水位平面分布

图 2.2.23 是根据地下水位观测数据,利用月平均水位绘制的地下水位等高线图。图中同时显示了 2003 年干旱季节(2 月)和雨季(8 月)的月平均水位。在绘制等高线图时,仅以平原地区的含水层分布区域为对象,不包括该范围外的本溪市监测井。对位置重复的监测井(SW-10~13、SW-48~55 及 SW-73~96),我们采用了平均值。在与周边水位进行比较时,不包括有特殊值的监测井(SW-20、SW-106、SW-108、SW-110)。

如图 2.2.23 所示,可以确认以下事项。

- 在上游地区(沈阳市南部~辽阳市),地下水由东北向西南方向流动
- 从中游到下游地区,地下水从东南部山丘地带向西北的平原地带方向流动
- 以位于中游的辽阳市为中心,出现一个地下水位大幅下降地区,周围地下水均流入该地区
- 在上述地下水位下降地区,地下水位几乎是水平的,可以认为几乎不存在地下水向下游流动的现象
- 鞍山市区西部,也出现一个地下水位下降地区
- 通过 8 月的 10m 等高线,可以确认局部地区的地下水位高度

图 2.2.24 示出 2003 年地下水位观测结果所整理的地下水位变化量(1 月份和 12 月份地下水位差异)分布图和 2003 年 8 月地下水位等高线图重合的结果。

从图 2.2.21 可以确认地下水位变化量呈负值的地区与地下水位等高线图中地下水位下降的地方完全一致。

由此可见,地下水位下降的地方正是地下水取水量超过补给量的地方。

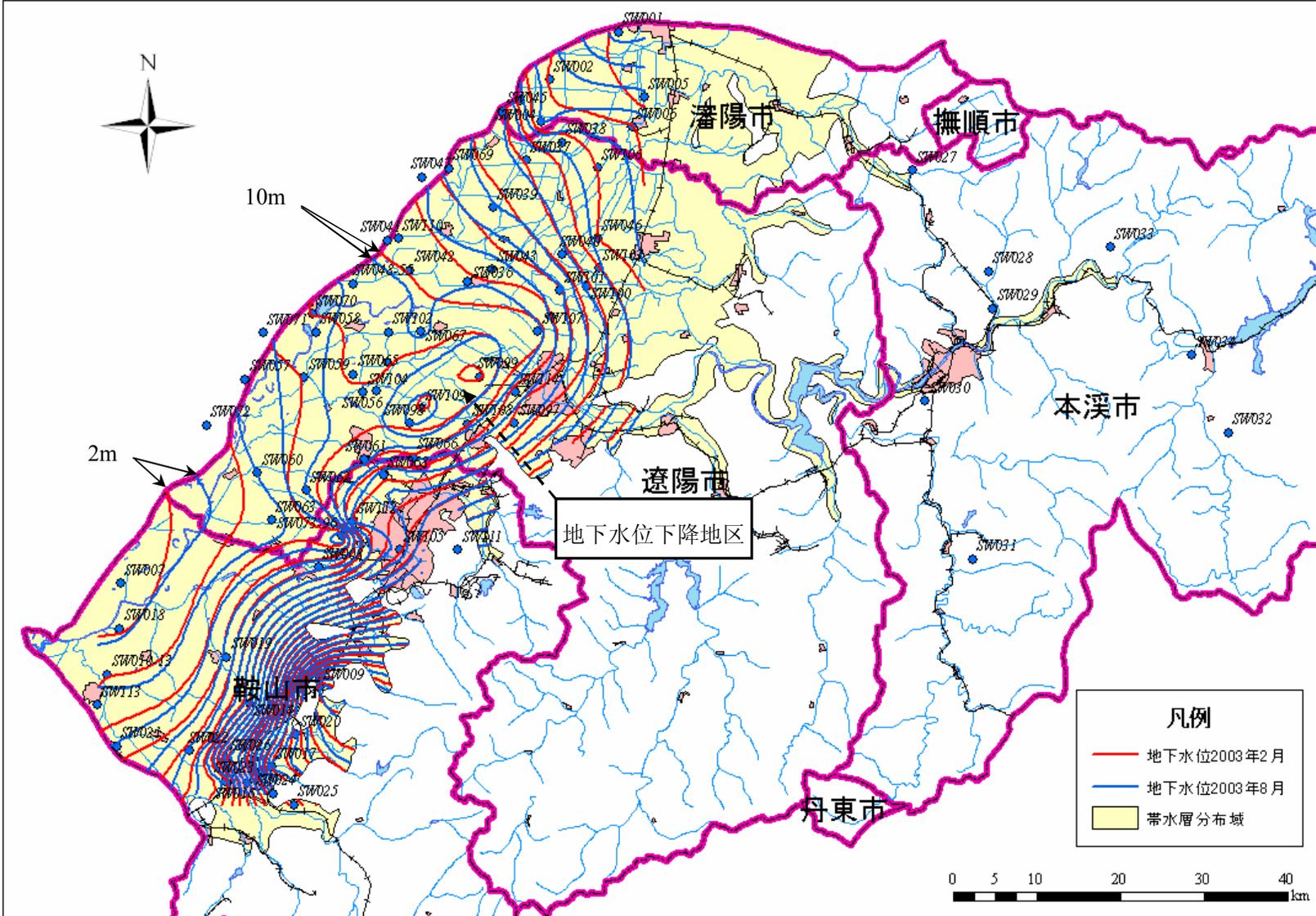


图 2. 2. 23 地下水位等高线图 (等高距 2m)

资料来源: JICA 调查团

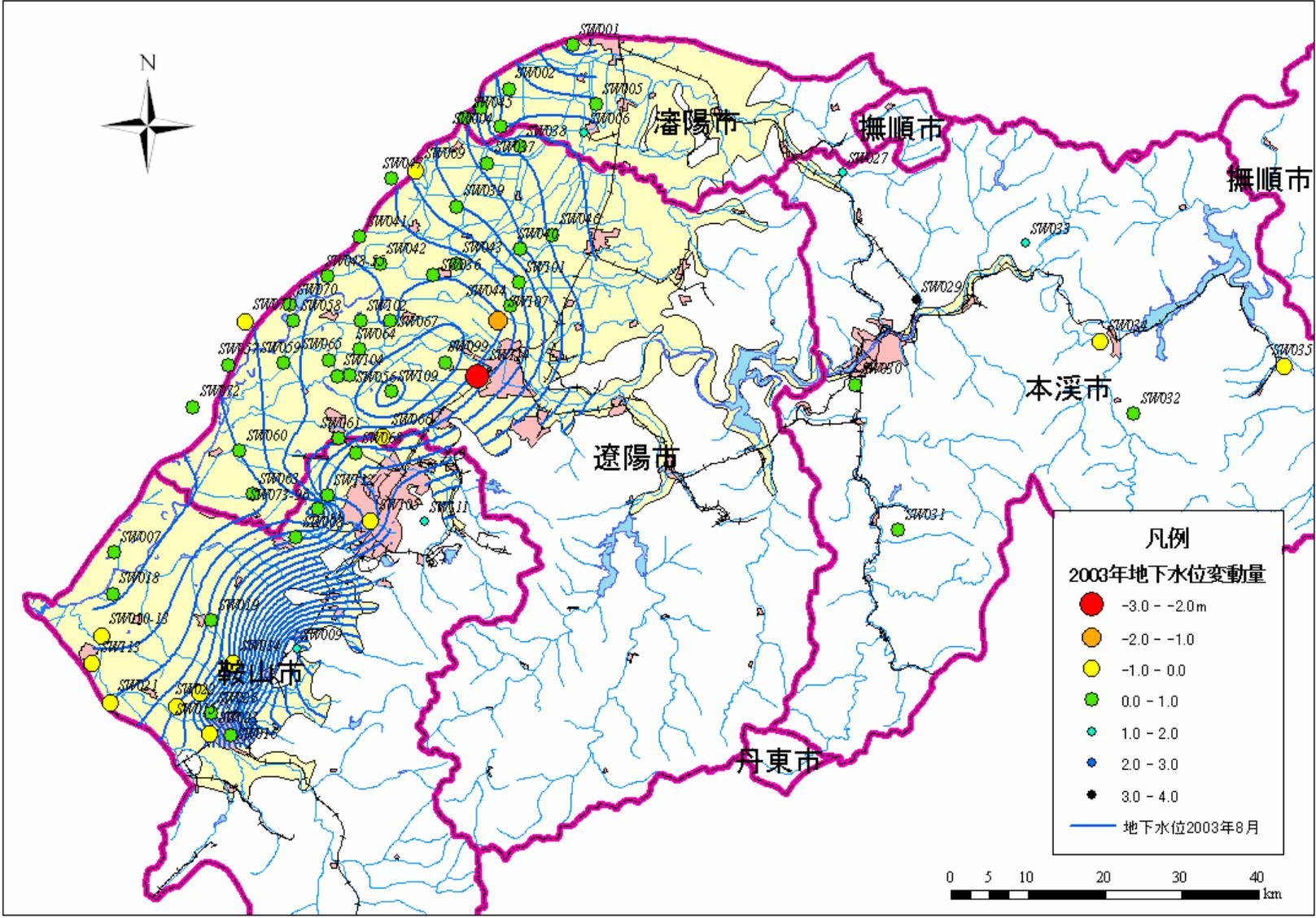


图 2.24 地下水位变化量与地下水位等高线图

资料来源：JICA 调查团

表 2.2.9 是根据 2003 年「水资源管理年报」, 汇总的太子河流域内各区域地下水取水量。

表 2.2.9 不同地区地下水取水量合计 (万 m<sup>3</sup>)

	总用水量	农业用水	工业用水	生活用水
<b>总计</b>	<b>100,434</b>	<b>38,862</b>	<b>40,958</b>	<b>20,614</b>
<b>抚顺市</b>	<b>371</b>	<b>84</b>	<b>97</b>	<b>190</b>
抚顺县	24	14	0	10
新宾县	347	70	97	180
<b>本溪市</b>	<b>4,024</b>	<b>56</b>	<b>2,837</b>	<b>1,131</b>
本溪县	1,051	0	703	348
开发区	115	0	75	40
明山区	179	0	149	30
南芬区	509	26	294	189
平山区	1,367	0	936	431
溪湖区	802	30	679	93
<b>沈阳市</b>	<b>3,167</b>	<b>2,462</b>	<b>321</b>	<b>384</b>
苏家屯区	3,167	2,462	321	384
<b>辽阳市</b>	<b>50,923</b>	<b>23,560</b>	<b>17,476</b>	<b>9,887</b>
城区	14,234	0	11,800	2,434
灯塔市	19,167	14,540	1,740	2,887
弓长岭区	1,303	470	397	436
宏伟区	530	140	310	80
辽阳县	10,190	5,280	1,180	3,730
太子河区	5,499	3,130	2,049	320
<b>鞍山市</b>	<b>41,949</b>	<b>12,700</b>	<b>20,227</b>	<b>9,022</b>
鞍钢	15,660	0	15,660	0
海城	16,970	10,920	2,085	3,965
千山区	2,820	1,780	220	820
市区	6,499	0	2,262	4,237

资料来源：水资源管理年报（辽宁省水利厅, 2004 年）

地下水位等高线图所示的地下水位严重下降地区的周围, 有辽阳市市区和鞍山市市区, 包括表 2.2.9 所示的除辽阳市灯塔市以外的地区和鞍山市的鞍钢地区。这些地区的年取水量约 47,000 万 m<sup>3</sup>, 约占流域取水量的一半。由此可以推断该地区地下水取水量已经达到超采状态。

#### (d) 地下水位观测数据分析结果汇总

地下水位观测数据分析结果汇总如下。

- 由地下水位观测数据整理的地下水位时段系列变化, 可分为四个类型, 即 I——多降雨时段反应型; II——降雨自然反应型; III——初夏水位降低型及 IV——平时水位降低型。
- 基于太子河流域内监测井的观测数据, 类型 III——初夏水位降低型在沈阳市、辽阳市、鞍山市广大范围内可以得到确认。
- 继类型 III 之后, 大多数地下水位观测数据可以确认属于类型 II 降雨自然反应型, 但其分布区域有限。
- 类型 III 的地下水位变化类型与水位下降时泡田时间完全一致, 根据这一点我们可以认为

地下水位下降受周边农业用水地下水取水的影响。

- 类型 I 仅在本溪市监测井（以及鞍山市海城市的部分监测井）得到确认。
- 类型 IV 仅在鞍山市钢铁联合企业周边地区的监测井得到确认。
- 地下水位变化量数已经得到确认的 101 眼井中，有 27 眼监测井出现负值，74 眼监测井出现正值。
- 通过编制地下水位等高线图，判明了地下水位平面分布情况，同时也确认地下水在上游地区（沈阳市南部～辽阳市）是自东北向西南方向，从中游到下游地区是自东南部山区向西北部平原地区流动的。
- 另一方面，判明在辽阳市附近存在地下水位大幅度下降地区，该地区地下水的水力坡度非常小。因此，可以认为该地区几乎不存在地下水向下游方向流动。
- 上述地下水位下降地区与地下水位年变化量呈负值地区的分布几乎一致。
- 与地下水取水量数据进行对比结果表明，在地下水位下降地区附近，达整个流域半数的地下水被抽取。该地区被推断为地下水超采现状。

(4) 地下水水质监测数据分析

对已经收集到的、位于太子河流域内 5 城市（抚顺市、本溪市、沈阳市、辽阳市、鞍山市）的地下水水质监测井水质数据进行了分析。

(a) 地下水水质监测数据概要

收集了「地下水监测站网」中太子流域内 31 处地下水水质数据。在 31 处当中，在 27 处收集了 2000 年至 2003 年四年的数据，余下的 4 处只收集了自 2002 年到 2003 年两年的数据。地下水水质的取样・分析为一年一次。

表 2.2.10 显示了监测井一览表。另外，图 2.2.25 为监测井的位置图。

表 2.2.10 地下水水质监测井一览表

城市名	水井数	监测井序号	
		2000 年~2003 年	2002~2003 年のみ
本溪市	4 处	SZ014~SZ017 (4 处)	—
沈阳市	3 处	SZ001~SZ003 (3 处)	—
辽阳市	15 处	SZ004~SZ008, SZ018~SZ021, SZ24, 26, (11 处)	SZ028~SZ031 (4 处)
鞍山市	9 处	SZ009~SZ013, SZ022, 23, 25, 27 (9 处)	—
合计	31 处	27 处	4 处

资料来源: JICA 调查团

表 2.2.11 显示已收集的水质分析项目。

表 2.2.11 已收集的地下水水质分析项目

<u>物理项目</u> (5 项目)	水温, 臭味, 味觉, 色度, 透明度,
<u>化学项目</u> (20 项目)	CO <sub>2</sub> (游离、腐蚀性), pH, Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , 矿化度, 总硬度, 总碱度, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , SiO <sub>2</sub>

资料来源: JICA 调查团

(b) 地下水水质监测数据

将已收集的地下水水质监测数据的主要化学项目数据示于表 2.2.12。

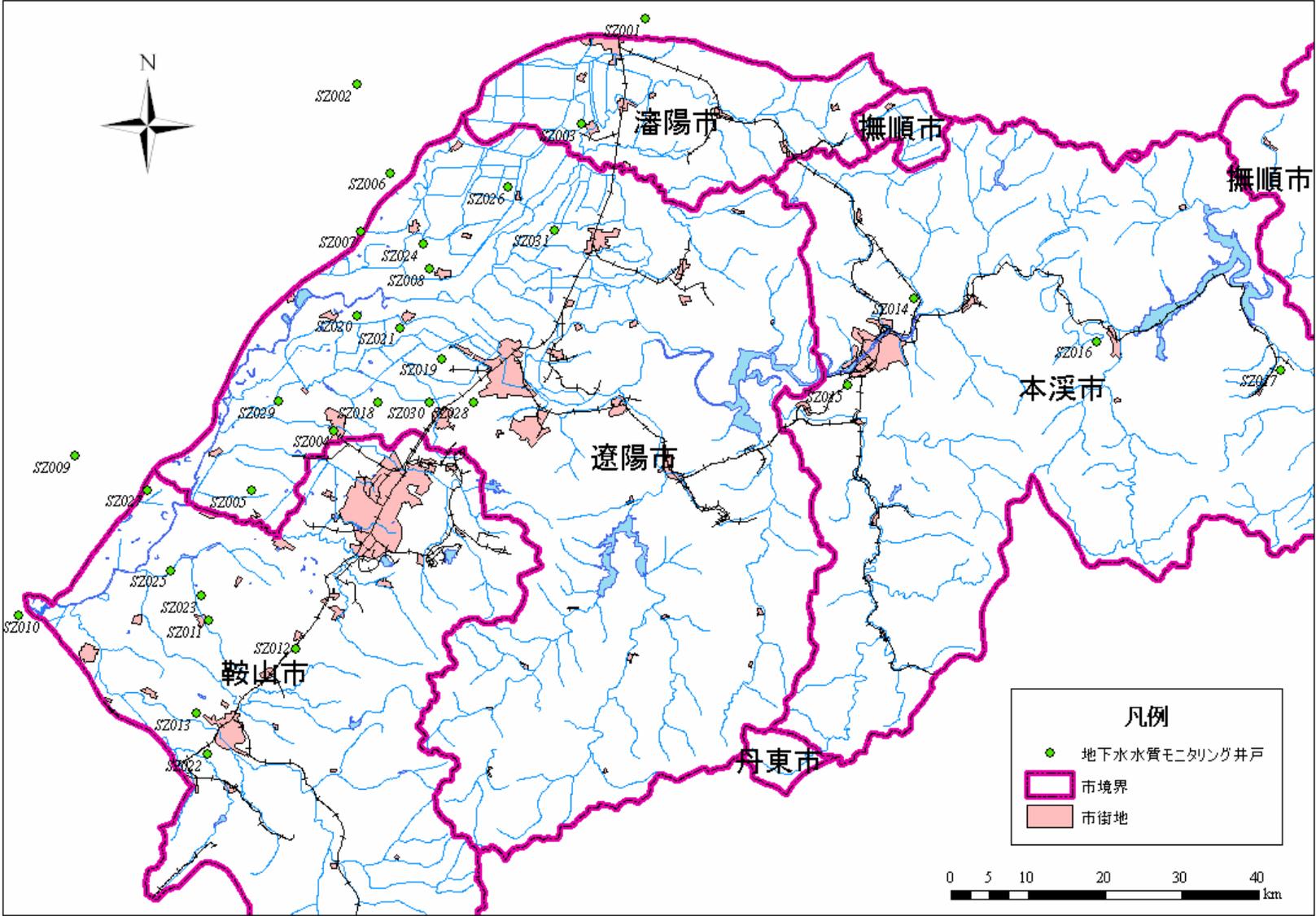


图 2. 2. 25 太子河流域内地下水水质监测井位置图

资料来源：JICA 调查团

表 2.2.12(a) 地下水水质监测数据 (2000 年)

No.	pH	矿化度 mg/l	总硬度 mg/l	碱度 mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Ca <sup>2+</sup> mg/l	Mg <sup>2+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	游离 CO <sub>2</sub> mg/l	侵蚀性 CO <sub>2</sub> mg/l	Fe <sup>2+</sup> mg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/l	SiO <sub>2</sub> mg/l
SZ001	6.6	333	176	78	29.8		52.9	10.5	46.9	94.3	85.9	55.0	37.4	<DL	0.01	6.08	0.61	0.11	39.2
SZ002	6.8	1,080	693	286	97.9		179.0	58.9	239.0	348.0	170.0	87.7	13.9	0.82	0.25	29.5	0.44	0.02	18.6
SZ003	6.7	264	129	89	23.4		40.9	6.3	27.8	108.0	58.2	30.6	23.2	0.11	<DL	2.11	0.38	0.08	31.2
SZ004	7.2	1,580	684	335	129.0		145.0	77.9	121.0	406.0	392.0	42.5	2.6	0.04	<DL	78.4	<DL	0.13	25.4
SZ005	7.3	540	242	274	17.0		63.2	20.1	10.5	333.0	0	28.6	1.6	0.42	<DL	5.49	0.73	0.69	30.1
SZ006	7.2	2,130	1,087	372	36.5		381.0	32.1	206.0	453.0	514.0	56.3	4.5	0.05	<DL	4.70	1.35	0.09	16.9
SZ007	6.7	778	344	56	23.8		79.4	35.2	169.0	67.7	86.7	19.0	4.1	<DL	0.01	26.6	0.46	0.01	27.1
SZ008	7.2	611	295	120	1.80		83.4	20.9	65.0	146.0	66.7	16.3	10.5	<DL	<DL	39.2	<DL	0.02	18.6
SZ009	6.9	923	6,748	3,465	96.0		128.0	51.1	176.0	205.0	232.0	44.6	12.2	<DL	1.00	181.0	0.51	0.03	27.2
SZ010	6.9	405	2,674	1,900	52.3		22.3	9.8	8.6	229.0	6.1	18.8	3.0	0.06	<DL	3.72	0.90	1.28	35.0
SZ011	7.1	987	2,407	1,236	53.3		231.0	19.1	164.0	293.0	92.2	36.4	0	<DL	0.05	757.0	<DL	0.07	23.2
SZ012	7.0	737	954	678	28.0		161.0	50.3	316.0	130.0	50.6	23.5	5.3	<DL	0.02	266.0	0.07	0.04	25.9
SZ013	7.0	835	858	441	32.0		135.0	54.8	119.0	214.0	219.0	36.4	8.3	<DL	0.03	598.0	0.11	0.07	31.4
SZ014	7.3	592	340	242	12.5		103.0	19.9	26.1	293.0	36.5	48.4	2.9	0	0	60.5	0.15	0.03	11.9
SZ015	7.1	578	306	157	12.2		73.7	29.3	34.0	191.0	94.0	36.3	1.7	0	0.05	62.6	0.09	0.16	15.1
SZ016	7.6	220	109	92	5.0		33.7	6.1	3.7	112.0	56.5	6.6	0.6	0	0	3.02	0.94	0.02	6.60
SZ017	7.6	165	74	47	1.5		21.6	4.9	5.7	57.4	24.0	5.5	3.8	0	0	9.68	0.43	0	11.5
SZ018	7.0	260	177		23.9	1.0	64.6	3.9	145.7		7.0	1.4	0			0			
SZ019	7.5	242	118		30.0	10.5	32.9	8.6	106.8		13.2	3.1	0			4.9			
SZ020	6.9	422	270		33.7	0.0	72.6	21.5	178.5		5.4	28.6	0			1.1			
SZ021	6.9	692	388		40.5	0.0	125.9	17.8	48.1		86.7	18.1	0			9.5			
SZ022	5.8	1,021	606		54.5	2.2	141.1	61.7	123.7		188.8	10.5	0			208.8			
SZ023	6.3	395	222		15.1	0.0	69.4	11.8	48.8		34.8	3.4	0			43.2			
SZ024	7.1	667	336		63.0	0.0	115.6	11.6	128.0		54.2	4.2	0			19.6			
SZ025	7.9	166	44		28.8	7.2	14.2	2.2	30.1		6.2	2.8	0			0.5			
SZ026	6.5	401	187		30.5	0.0	62.0	7.8	49.5		21.7	3.1	0			3.5			
SZ027	6.6	323	145		17.9	0.0	43.6	8.8	7.8		3.9	9.6	0			0			
SZ028																			
SZ029																			
SZ030																			
SZ031																			

资料来源：JICA 调查团

表 2.2.12(b) 地下水水质监测数据 (2001 年)

No.	pH	矿化度 mg/l	总硬度 mg/l	碱度 mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Ca <sup>2+</sup> mg/l	Mg <sup>2+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	游离 CO <sub>2</sub> mg/l	侵蚀性 CO <sub>2</sub> mg/l	Fe <sup>2+</sup> mg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/l	SiO <sub>2</sub> mg/l
SZ001	7.3	493	220	133	32.5		74.5	8.0	54.6	162.0	61.9	15.6	3.0	0.44	<DL	37.3	0.26	<DL	40.4
SZ002	6.8	1,283	682	317	105.0		173.0	60.3	273.0	386.0	175.0	105.0	9.2	1.99	0.14	28.6	0.11	<DL	22.6
SZ003	6.8	247	105	86	36.1		30.5	7.1	39.7	105.0	26.2	11.2	8.7	9.28	<DL	1.51	0.33	0.75	12.3
SZ004	7.1	1,530	678	331	71.0		189.0	49.7	105.0	404.0	290.0	54.8	0	0.10	0.06	157.0	0.50	0.41	20.9
SZ005	7.6	622	333	267	3.00		97.9	21.4	42.8	324.0	12.9	11.4	0	0.08	<DL	2.61	0.86	0.58	24.4
SZ006	6.9	2,320	1,221	451	7.80		391.0	58.2	206.0	548.0	370.0	91.0	0	0.02	<DL	327.0	0.77	0.13	10.2
SZ007	6.5	447	317	67	10.0		69.5	34.6	120.0	81.5	73.3	45.0	43.7	0.54	0.30	70.9	1.40	0.06	24.9
SZ008	7.0	947	465	146	19.2		128.0	35.5	60.0	178.0	261.0	29.9	26.5	0.01	<DL	136.0	<DL	0.04	15.8
SZ009	6.9	901	413	158	107.0		67.3	59.2	97.4	193.0	289.0	38.4	18.9	<DL	0.10	159.0	0.46	0.10	29.8
SZ010	8.2	359	96	193	56.3		23.2	9.2	8.1	234.0	1.3	16.3	3.0	<DL	0.03	2.12	0.67	1.10	38.2
SZ011	7.0	1,040	523	254	45.0		123.0	52.1	106.0	271.0	150.0	0	0	<DL	0.04	146.0	<DL	0.11	24.3
SZ012	7.1	1,100	668	99	62.5		179.0	53.5	305.0	120.0	183.0	16.1	2.9	<DL	0.03	123.0	0.07	0.03	32.1
SZ013	6.8	1,160	582	174	62.5		130.0	62.0	98.3	211.0	327.0	19.8	1.0	<DL	0.08	192.0	<DL	0.22	41.5
SZ014	7.0	718	376	267	5.30		128.0	13.3	35.4	324.0	82.1	33.8	1.1	<DL	0.02	76.1	<DL	0.04	9.70
SZ015	7.1	558	281	132	2.00		76.8	21.3	29.7	160.0	85.8	16.9	6.2	<DL	<DL	89.4	0.34	0.16	12.0
SZ016	6.9	359	204	163	3.50		64.6	10.1	16.8	198.0	33.7	28.4	16.3	<DL	<DL	18.4	0.09	0.02	7.60
SZ017	7.1	144	53	40	2.20		18.9	1.3	6.7	48.2	13.7	8.90	6.7	<DL	<DL	10.4	<DL	0.01	7.90
SZ018	7.2	260	167		19.6	3.1	61.3	3.3	142.6		5.4	2.8	0			10.3			
SZ019	7.7	212	114		19.0	8.6	28.9	10.1	100.3		10.8	7.1	0			1.6			
SZ020	7.4	371	241		22.0	2.3	61.3	21.4	157.2		6.9	22.1	0			0			
SZ021	8.6	570	329		23.2	3.1	106.9	15.0	57.6		72.3	0.0	8.4			10.3			
SZ022	8.3	1,192	705		77.4	8.0	163.0	72.4	148.3		225.4	0.0	4.8			84.4			
SZ023	8.0	417	238		22.4	3.1	77.7	10.7	72.2		23.8	3.7	0			68.2			
SZ024	8.1	685	346		66.8	3.1	117.5	12.8	145.1		63.1	0.0	3.0			0			
SZ025	7.8	118	23		18.8	8.0	5.8	2.1	21.3		11.5	2.8	0			8.7			
SZ026	8.2	662	384		38.7	3.8	105.0	29.6	96.0		86.9	0.0	3.0			121.8			
SZ027	8.3	348	147		18.2	3.1	42.7	9.7	7.8		3.8	0.0	3.0			11.7			
SZ028																			
SZ029																			
SZ030																			
SZ031																			

资料来源：JICA 调查团

表 2.2.12(c) 地下水水质监测数据 (2002 年)

No.	pH	矿化度 mg/l	总硬度 mg/l	碱度 mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Ca <sup>2+</sup> mg/l	Mg <sup>2+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	游离 CO <sub>2</sub> mg/l	侵蚀性 CO <sub>2</sub> mg/l	Fe <sup>2+</sup> mg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/l	SiO <sub>2</sub> mg/l
SZ001	7.4	833	376	146	61.5		110.0	24.6	100.0	178.0	172.0	19.0	10.2	0.06	0.26	105.0	0.50	0.09	44.0
SZ002	6.9	1,500	655	234	128.0		206.0	33.4	300.0	286.0	258.0	66.0	17.5	0.14	0.49	60.2	1.17	0.01	22.0
SZ003	7.4	294	127	82	25.8		38.5	7.3	28.0	99.2	48.1	8.90	6.60	0.01	<DL	5.58	0.23	0.10	33.6
SZ004	7.1	1,550	677	360	158.0		177.0	56.5	115.0	437.0	334.0	56.0	0	0.01	0.04	200.0	<DL	0.18	24.4
SZ005	7.3	682	329	276	44.8		108.0	14.4	29.0	336.0	119.0	26.4	0	0.23	0.05	9.17	0.95	0.27	32.9
SZ006	7.1	1,630	999	503	52.5		323.0	46.2	195.0	612.0	237.0	72.3	0	<DL	0.02	189.0	0.67	0.04	16.2
SZ007	6.8	392	171	67	33.0		36.7	19.1	87.0	80.9	45.2	34.3	28.6	0.25	0.08	28.1	0.45	0.04	24.5
SZ008	7.0	921	415	166	10.5		115.0	30.6	54.0	202.0	103.0	28.2	14.8	0.01	0.09	164.0	0.12	0.03	21.6
SZ009	6.6	1,310	7,498	5,327	105.0		168.0	68.0	174.0	219.0	240.0	87.2	8.40	<DL	0.02	224.0	<DL	0.07	17.9
SZ010	7.4	354	6,748	3,465	51.0		21.6	11.2	8.1	228.0	<DL	22.2	1.60	0.06	<DL	2.31	0.78	0.69	22.3
SZ011	7.1	1,320	2,674	1,900	16.0		240.0	40.8	146.0	330.0	121.0	44.5	0	<DL	0.03	271.0	<DL	0.10	14.4
SZ012	7.0	1,150	2,407	1,236	25.0		176.0	51.5	287.0	133.0	66.7	25.2	10.4	<DL	<DL	212.0	0.07	0.03	20.3
SZ013	6.9	1,190	954	678	43.0		158.0	68.0	137.0	285.0	215.0	62.0	16.5	<DL	<DL	181.0	0.15	0.05	20.6
SZ014	7.2	776	428	258	1.50		142.0	17.1	28.9	313.0	85.6	38.7	4.20	<DL	0.10	69.5	0.11	0.04	32.5
SZ015	7.0	482	251	122	4.20		70.8	17.8	21.2	147.0	72.6	42.0	18.3	<DL	<DL	66.7	0.22	0.24	40.8
SZ016	7.3	468	252	190	8.80		76.2	15.0	28.9	231.0	48.5	23.0	2.40	<DL	<DL	18.8	0.05	0.03	29.2
SZ017	7.1	161	86	52	5.50		27.4	4.2	7.7	62.9	17.0	9.90	5.20	<DL	<DL	10.6	<DL	0.02	26.7
SZ018	7.1	273	188		20.4	2.0	70.8	2.7	153.6	20.1	3.0	5.7	0.0			0.0			
SZ019	7.5	209	115		27.1	2.0	31.5	8.8	109.5	25.1	5.1	2.8				0.0			
SZ020	6.9	402	269		24.8	2.0	70.8	22.1	187.1	86.0	9.3	17.8	0.0			0.0			
SZ021	7.2	560	327		21.0	0.0	106.2	15.0	56.5	295.0	66.2	12.7	0.0			0.0			
SZ022	7.3	1,005	659		46.6	2.0	157.5	64.4	146.2		201.1	11.3	0.0			62.2			
SZ023	7.3	380	262		7.4	0.0	83.9	12.7	84.7		5.9	11.9				47.3			
SZ024	7.3	638	376		43.4	0.0	127.8	13.7	137.7		31.4	11.9	0.0			0.0			
SZ025	7.3	509	317		18.2	0.0	90.3	22.3	47.3		89.9	9.1	0.0			44.3			
SZ026	7.3	890	586		23.0	0.0	159.3	45.6	95.3		127.7	9.1	0.0			307.0			
SZ027	7.4	303	146		16.0	0.0	43.5	9.0	7.8		4.2	10.8	0.0			0.0			
SZ028	7.1	516	304		27.8	2.0	90.8	18.8	52.6	192.1	115.4	12.2	0.0			16.9			
SZ029	7.0	388	238		30.0	0.0	58.4	22.4	100.6	69.0	68.3	8.5	0.0			38.9			
SZ030	7.3	260	107		43.0	3.1	30.8	7.3	53.0	37.7	83.1	7.1	0.0			2.0			
SZ031	8.3	86	27		18.2	0.0	7.1	2.4	28.2		3.8	0.0	3.7			0.0			

资料来源: JICA 调查团

表 2.2.12(d) 地下水水质监测数据 (2003 年)

No.	pH	矿化度 mg/l	总硬度 mg/l	碱度 mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Ca <sup>2+</sup> mg/l	Mg <sup>2+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	游离 CO <sub>2</sub> mg/l	侵蚀性 CO <sub>2</sub> mg/l	Fe <sup>2+</sup> mg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/l	SiO <sub>2</sub> mg/l
SZ001	7.1	828	365	118	79.3		114.0	19.4	162.0	144.0	151.0	45.8	35.9	0.06			0	0.22	17.0
SZ002	7.0	1,327	567	247	112.0		154.0	44.0	210.0	300.0	172.0	76.8	21.8	0.45			1.14	0.04	9.6
SZ003	7.0	288	132	86	29.4		41.0	7.2	25.8	105.0	67.5	35.7	29.9	<DL			0.33	0.18	15.9
SZ004	7.1	1,490	643	351	167.0		172.0	51.5	117.0	426.0	333.0	49.0	0.70	<DL	0.07	183.0	0.21	0.21	35.5
SZ005	7.5	627	288	245	50.2		99.9	9.2	27.0	298.0	96.6	20.8	0	<DL	0.03	3.19	0.67	0.26	40.9
SZ006	7.0	1,960	1,047	498	28.5		347.0	43.3	190.0	606.0	250.0	99.3	0	<DL	0.01	210.0	0.08	0.04	20.7
SZ007	6.5	564	229	59	45.2		50.1	25.2	124.0	71.4	75.1	37.0	36.8	<DL	0.07	39.2	1.08	0.03	38.2
SZ008	7.4	641	335	169	22.0		94.2	24.1	36.5	206.0	77.7	20.3	16.7	<DL	0.03	132.0	<DL	0.02	34.5
SZ009	6.5	36	632	254	136.0		93.0	96.2	167.0	308.0	197.0	26.6	11.8	0.11	0.15	202.0	0.69	0.17	19.0
SZ010	7.3	9	112	199	50.5		24.8	12.2	9.9	242.0	<DL	4.50	2.10	0.08	0.02	3.25	0.99	0.39	20.9
SZ011	6.8	40	723	242	136.0		257.0	19.7	168.0	294.0	150.0	18.1	0	<DL	0.05	361.0	0.08	0.09	13.0
SZ012	6.8	18	338	81	58.5		91.4	26.5	97.1	98.2	114.0	7.00	6.40	<DL	0.01	159.0	<DL	0.03	17.4
SZ013	6.5	31	653	258	62.5		140.0	72.4	149.0	314.0	212.0	38.1	10.6	<DL	0.05	128.0	0.28	0.07	17.3
SZ014	7.3	661	437	258	32.2		150.0	14.7	24.3	314.0	89.2	27.2	1.20	<DL	<DL	88.3	<DL	0.02	2.95
SZ015	7	554	385	147	4.80		127.0	15.7	54.4	180.0	128.0	37.1	13.3	<DL	<DL	88.7	0.05	0.14	3.73
SZ016	7.5	378	213	168	0.50		68.0	10.6	6.8	203.0	38.8	15.1	1.20	<DL	<DL	7.70	<DL	0.01	2.59
SZ017	7.2	238	165	78	2.00		54.4	7.0	24.3	95.3	32.0	9.84	3.48	<DL	0.04	8.09	<DL	0.02	3.00
SZ018	9.2	258	115		42.1	1.6	44.4	1.1	115.3	16.8	29.7	0.0	7.4			0			
SZ019	7.4	330	107		60.4	10.0	29.4	8.2	111.9	24.3	84.8	2.3	0.0			0.5			
SZ020	9.4	298	69		69.0	10.4	23.3	2.6	86.0	14.5	72.6	0.0	20.0			0			
SZ021	7.2	571	316		27.6	1.0	99.0	16.8	59.2	295.6	71.9	7.4	0.0			0			
SZ022	6.8	1,180	625		110.4	6.4	134.7	70.2	172.1	308.4	230.3	8.8	0.0			140.8			
SZ023	6.9	528	241		33.8	0.0	90.3	15.9	109.8	119.4	53.7	4.0	0.0			92.4			
SZ024	7.0	1,115	533		123.1	4.0	166.0	28.7	275.3	337.4	176.2	11.0	0.0			4.4			
SZ025	9.3	165	33		37.7	2.4	4.1	5.5	19.6	42.9	41.2	0.0	11.4			0			
SZ026	6.8	765	400		63.2	0.0	103.4	34.5	80.9	81.2	162.9	6.5	0.0			232.8			
SZ027	6.9	369	142		38.6	1.0	39.6	10.4	9.6	202.9	44.7	9.9	0.0			0			
SZ028	6.9	1,161	493		151.0	16.0	117.9	48.1	290.8	318.8	172.7	7.6	0.0			45.4			
SZ029	7.0	324	151		27.6	0.0	42.2	11.0	9.6	151.9	81.3	5.9	0.0			0			
SZ030	5.8	243	95		38.8	2.4	28.4	5.7	52.3	18.6	96.3	13.6	0.0			0			
SZ031	9.2	106	15		25.3	3.0	4.9	0.7	20.3	24.3	20.2	0.0	2.3			5.2			

资料来源：JICA 调查团

(c) 与中国地下水质量标准的比较

表 2.2.13 是中国《地下水质量标准分类指标》(GB/T14848-93、1993-12-30 实施)。在本次收集数据的分析项目中，对应于该标准的项目有 pH、总硬度、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、Fe<sup>2+</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 等七项。

图 2.2.26 是对 2003 年监测数据基于上述地下水质量标准分类的结果 (pH 低于III类的，均划分为 I 类)。

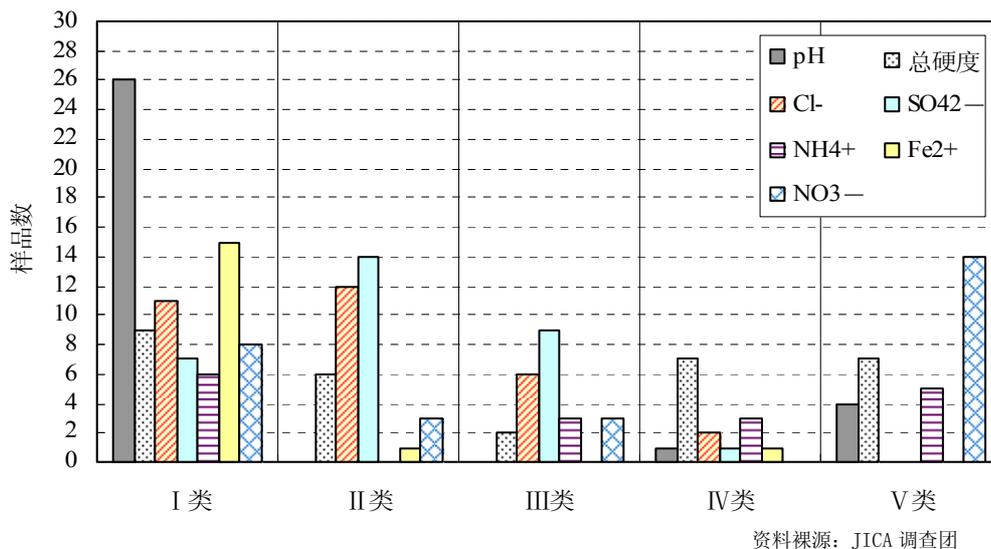


图 2.2.26 水质分析数据中地下水质量标准类别对比

图 2.2.26 表明基于硝酸离子 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 进行分类，有半数分析地点被分类为 V 类。根据氨离子 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)，5 个样品分为 V 类。这一结果表明存在肥料或粪尿等污染的可能性。同时，由于水质采样深度很浅，只有 10m 左右，存在地表污染物混入监测孔的可能性。另外，按照总硬度指标分类，有半数水质样品被分为 IV 类~V 类。

图 2.2.27 是硝酸离子的浓度分布图。由该图可见，可以判明在辽阳市和鞍山市硝酸离子浓度数值大，但不能确认一定的规律性。

表 2.2.13 中国地下水质量标准

I类	主要反映地下水化学组分的天然低背景含量。适用于各种用途。
II类	主要反映地下水化学组分的天然背景含量。适用于各种用途。
III类	以人体健康基准值为依据。主要适用于集中式生活饮用水水源及工、农业用水。
IV类	以农业和工业用水要求为依据。除适用于农业和部分工业用水外，适当处理后可作生活饮用水。
V类	不宜饮用，其他用水可根据使用目的选用。

序号	项目	I类	II类	III类	IV类	V类
1	色(度)	≤5	≤5	≤15	≤25	>25
2	臭气	无	无	无	无	有
3	混浊度(度)	≤3	≤3	≤3	≤10	>10
4	肉眼可见的悬浮物	无	无	无	无	有
5	pH	6.5~8.5			5.5~6.5, 8.5~9.0	<5.5, >9.0
6	总硬度(CaCO <sub>3</sub> )(mg/L)	≤150	≤300	≤450	≤550	>550
7	TDS(mg/L)	≤300	≤500	≤1000	≤2000	>2000
8	硫酸盐(mg/L)	≤50	≤150	≤250	≤350	>350
9	氯化物(Cl)(mg/L)	≤50	≤150	≤250	≤350	>350
10	铁(Fe)(mg/L)	≤0.1	≤0.2	≤0.3	≤1.5	>1.5
11	锰(Mn)(mg/L)	≤0.05	≤0.05	≤0.1	≤1.0	>1.0
12	铜(Cu)(mg/L)	≤0.01	≤0.05	≤1.0	≤1.5	>1.5
13	锌(Zn)(mg/L)	≤0.05	≤0.5	≤1.0	≤5.0	>5.0
14	钼(Mo)(mg/L)	≤0.001	≤0.01	≤0.1	≤0.5	>0.5
15	钴(Co)(mg/L)	≤0.005	≤0.05	≤0.05	≤1.0	>1.0
16	挥发性酚醛类(mg/L)	0.001	0.001	0.002	≤0.01	0.01
17	阳离子合成洗涤剂(mg/L)	无检出	≤0.1	≤0.3	≤0.3	>0.3
18	高锰酸盐指数(mg/L)	≤1.0	≤2.0	≤3.0	≤10	>10
19	硝酸性氮(mg/L)	≤2.0	≤5.0	≤20	≤30	>30
20	亚硝酸性氮气(mg/L)	≤0.001	≤0.01	≤0.02	≤0.1	0.1
21	氨(NH <sub>4</sub> )(mg/L)	≤0.02	≤0.02	≤0.2	≤0.5	>0.5
22	氟化物(F)(mg/L)	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤2.0	>2.0
23	碘化物(mg/L)	≤0.1	≤0.1	≤0.2	≤1.0	>1.0
24	氰基化合物(mg/L)	≤0.001	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1
25	水银(Hg)(mg/L)	≤0.00005	≤0.0005	≤0.001	≤0.001	>0.001
26	砷(As)(mg/L)	≤0.005	≤0.01	≤0.05	≤0.05	>0.05
27	硒(Se)(mg/L)	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.1	>0.1
28	镉(Cd)(mg/L)	≤0.0001	≤0.001	≤0.01	≤0.01	>0.01
29	六价铬(Cr <sup>6+</sup> )(mg/L)	≤0.005	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1
30	铅(Pb)(mg/L)	≤0.005	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1
31	铍(Be)(mg/L)	≤0.00002	≤0.0001	≤0.0002	≤0.001	>0.001
32	钡(Ba)(mg/L)	≤0.01	≤0.1	≤1.0	≤4.0	>4.0
33	镍(Ni)(mg/L)	≤0.005	≤0.05	≤0.05	≤0.1	>0.1
34	DDT(μg/L)	无检出	≤0.005	≤1.0	≤1.0	>1.0
35	BHC(μg/L)	≤0.005	≤0.05	≤5.0	≤5.0	>5.0
36	总大肠杆菌群(个/L)	≤3.0	≤3.0	≤3.0	≤100	>100
37	细菌总数(个/rnL)	≤100	≤100	≤100	≤1000	>1000
38	总α放射线(Bq/L)	≤0.1	≤0.1	≤0.1	>0.1	>0.1
39	总β放射线(Bq/L)	≤0.1	≤1.0	≤1.0	>1.0	>1.0

资料来源：中国地下水水质标准（GB/T14848-93）

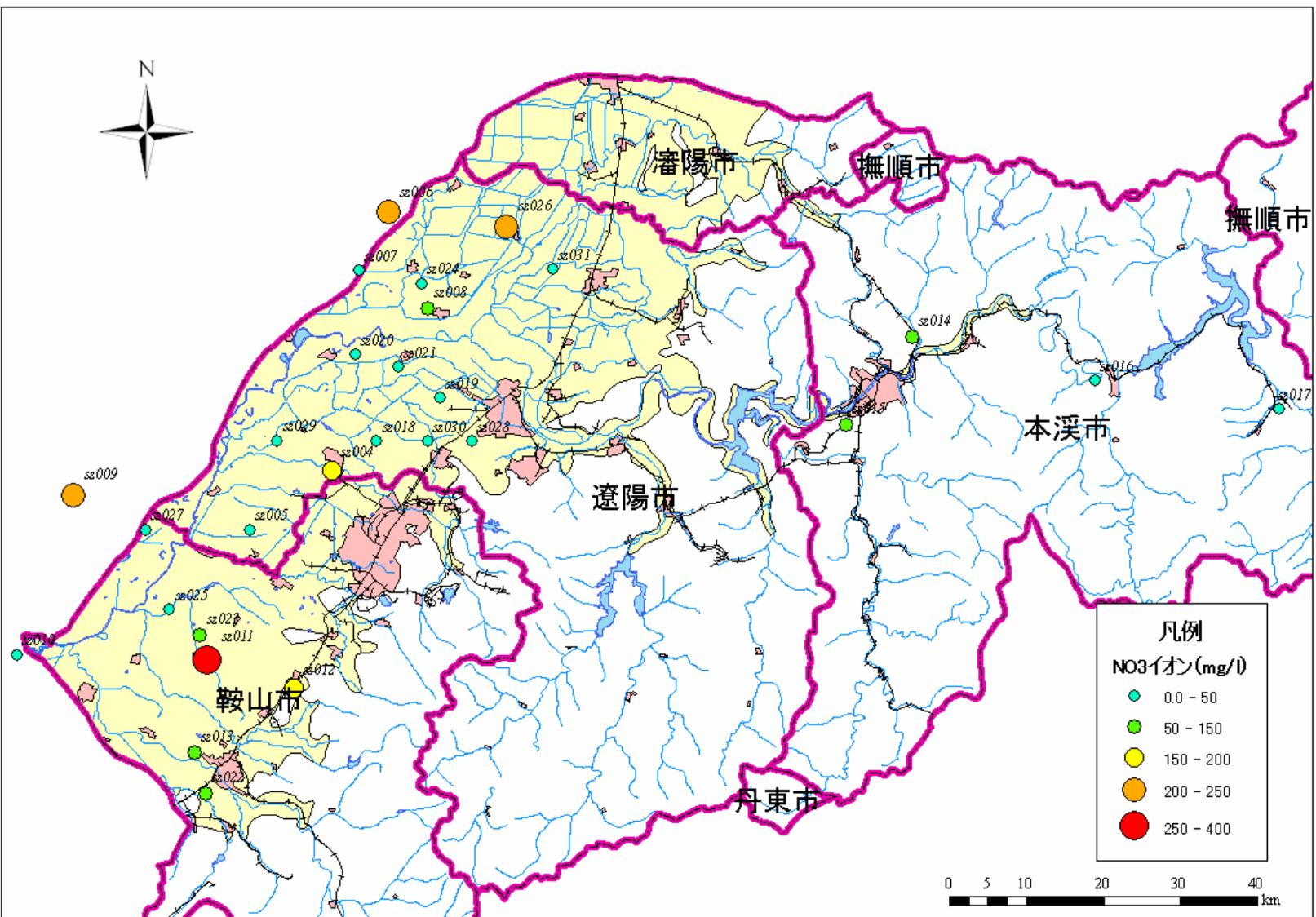
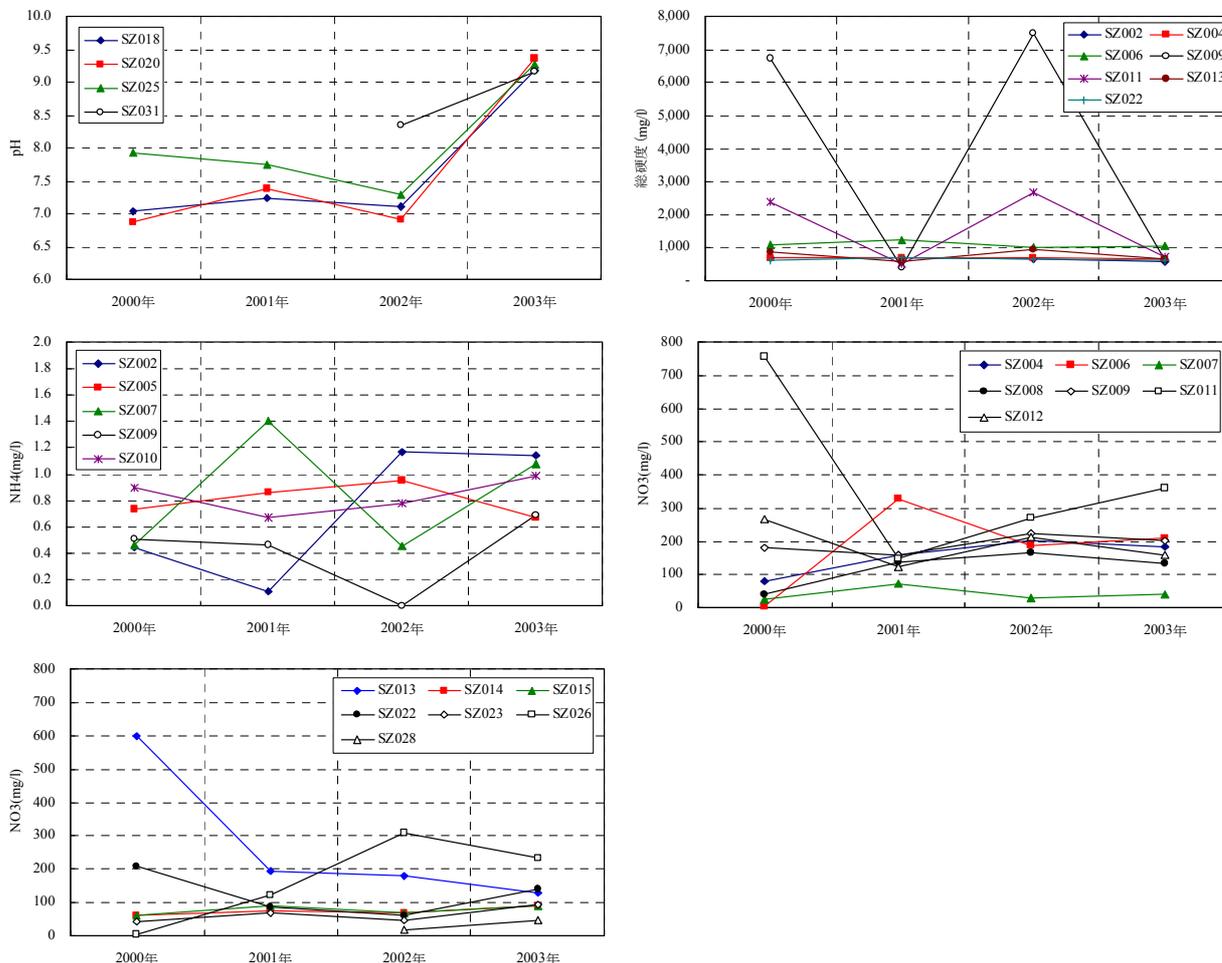


图 2.2.27 硝酸离子分析值分布图

资料来源：JICA 调查团

(d) 水质分析值历年变化情况

图 2.2.28 所示的自 2000 年至 2003 年包括在地下水质量标准指标在内的，水质分析值达到 V 类的 pH、总硬度、氨离子及硝酸离子历年变化见图 2.2.28。



资料来源：JICA 调查团

图 2.2.28 水质历年变化情况

由图 2.2.28 可知，截止 2002 年为止，pH 值一直相同。但是，在 2003 年，所有样品的 pH 分析值均呈现增加趋势。另一方面，对其他水质分析项目并没有判明其明确的变化趋势。

(e) 矿化度

矿化度是表示水中盐分浓度的指标值。如表 2.2.14 所示，可以通过测定对样品进行分类。

表 2.2.14 矿化度的分类

类型	矿化度 (mg/l)
淡水	小于 1,000
弱咸水	1,000~3,000
咸水	3,000~10,000
强咸水	10,000~50,000
卤水	大于 50,000

资料来源：JICA 调查团

图 2.2.29 显示了 2003 年监测数据矿化度分析值的柱形图。

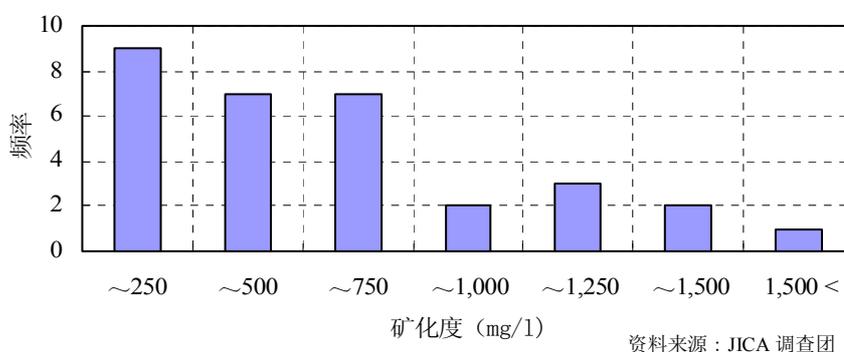


图 2.2.29 矿化度分析值柱形图

通过图 2.2.29 可知：6 个样品 (SZ002, SZ004, SZ006, SZ0022, SZ0024 及 SZ0028) 显示的数值均超过 1,000 (mg/l)。但是，由于没有地域性差异、其数值约为 1,500 (mg/l)，比海水值 (盐水浓度：35,000 mg/l 左右) 小。因此，可以认为尚未发生地下水盐化现象。

(f) 收集数据的图表分析

① 棱形线图

基于主要离子项目 (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 分析结果，绘制棱形线图，判明了每个区域水质构成特征图。绘制棱形线图使用了绘制所需数据 SZ001~SZ005, SZ007, Sz010, SZ0018~SZ0031 的分析值。图 2.2.30 为根据 2003 年分析值绘制的棱形线图。

由此可见，在河流水等基流或混入的可能性较小的太子河流域上游水质构成特征图 (类似 SZ001 中见到的形状)，为该地区地下水质的原始构成特征图。另外，下游地区的特征图形状之所以与上游地区不一样，是由于可能存在河流水的基流或混入。

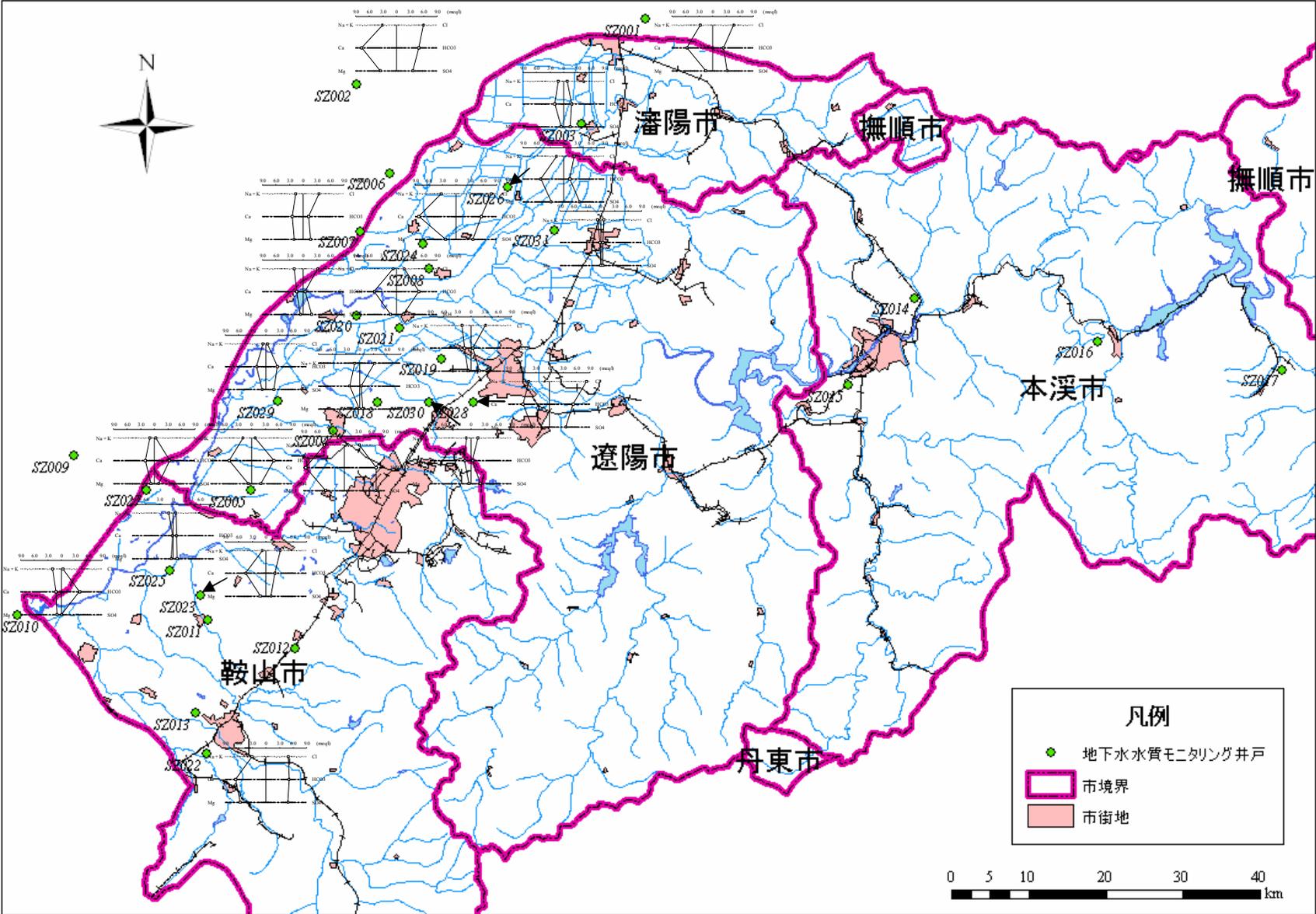


图 2. 2. 30 梯形线图分布图

资料来源：JICA 调查团

② 环状直线线图

基于 2003 年主要离子项目 (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 的分析结果, 绘制了环状直线线图 (Piper 图), 并对水质构成进行了分类。在绘制过程中, 使用了绘制所需数据 SZ001~SZ005, SZ007, Sz010, SZ0018~SZ0031 的分析值。图 2. 2. 31 为绘制的环状直线线图。

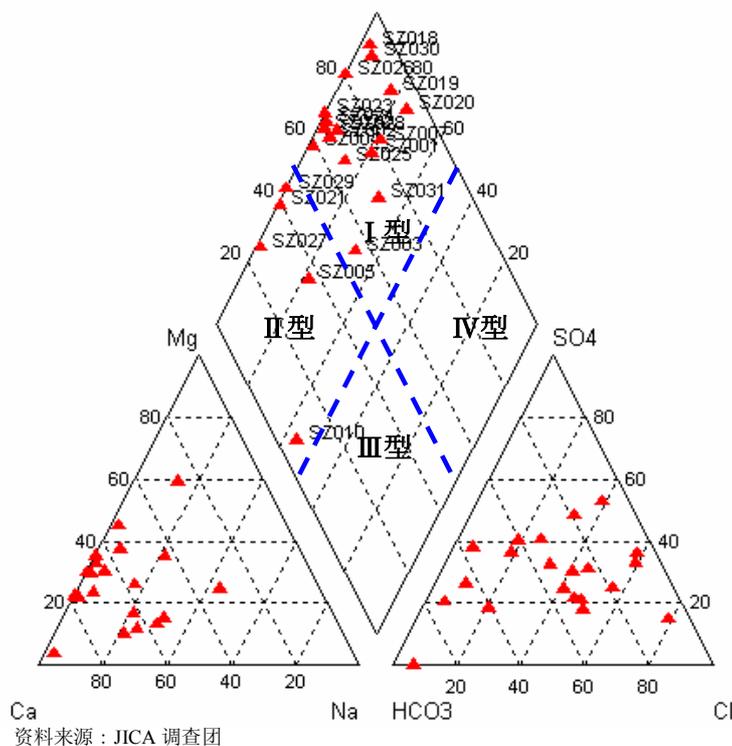


图 2. 2. 31 环状直线线图

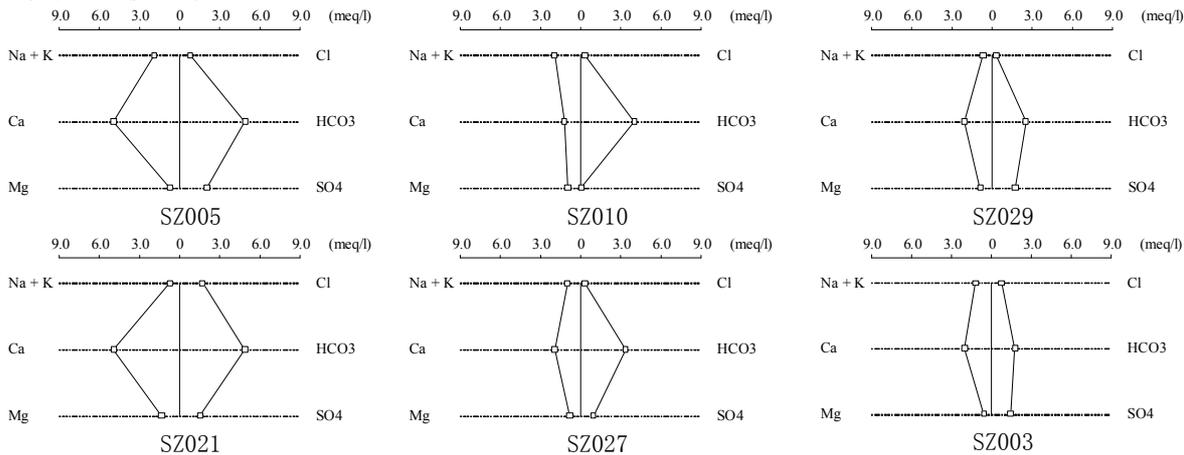
如图所示, 在环状直线线图上, 根据图形化区域, 可以把分析值划分为四种类型。I 类为碱土类非碳酸盐型, 温泉水中有其典型类型; II 类为碱碳酸盐型, 河流水或浅层地下水中有其典型类型; III 类为碱碳酸盐, 深表地下水中有其典型类型; IV 类为碱非碳酸盐型, 温泉水或油田盐水中有其典型类型。

根据图形, SZ005, SZ010, SZ029, SZ021 及 SZ027 三个样品被分类为 II 类, 其余的样品均被划分为 I 类。

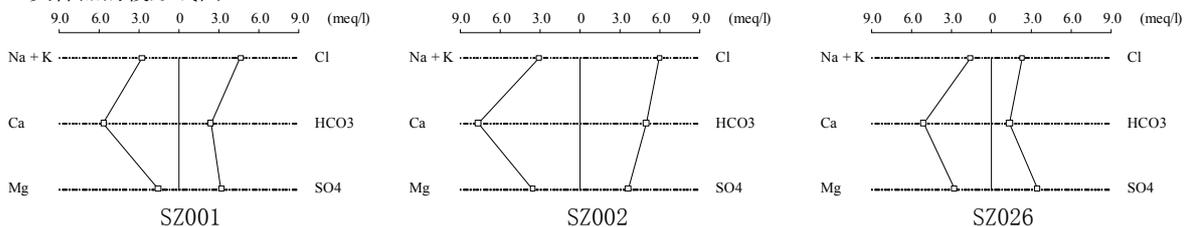
划分为 II 类的三处都位于太子河附近, 这表明已存在河流水成分混入的可能性。

图 2. 2. 32 为 II 类样品的棱形线图 (作为参考, 同时显示了已被分类为 I 类, 图示处于接近 II 类位置的 SZ003)。图中还显示了被分类为 I 类样品中的典型形状。

II 类样品的棱形线图



I 类样品的棱形线图



资料来源：JICA 调查团

图 2.2.32 I、II 类样品的棱形线图

如上图所示，II 类水质样品的棱形线图总体上呈近似棱形形状，I 水质类样品的棱形线图总体上呈箭头形状。

图 2.2.33 是将上述 II 类样品的棱形线图示于 2003 年 8 月地下水位等高线图之上。根据该图形，SZ021 地点与出现地下水位上升地点完全一致，因此，推测该地点就是河流水基流地点。同时，也判明在太子河的河口附近存在河流水基流。

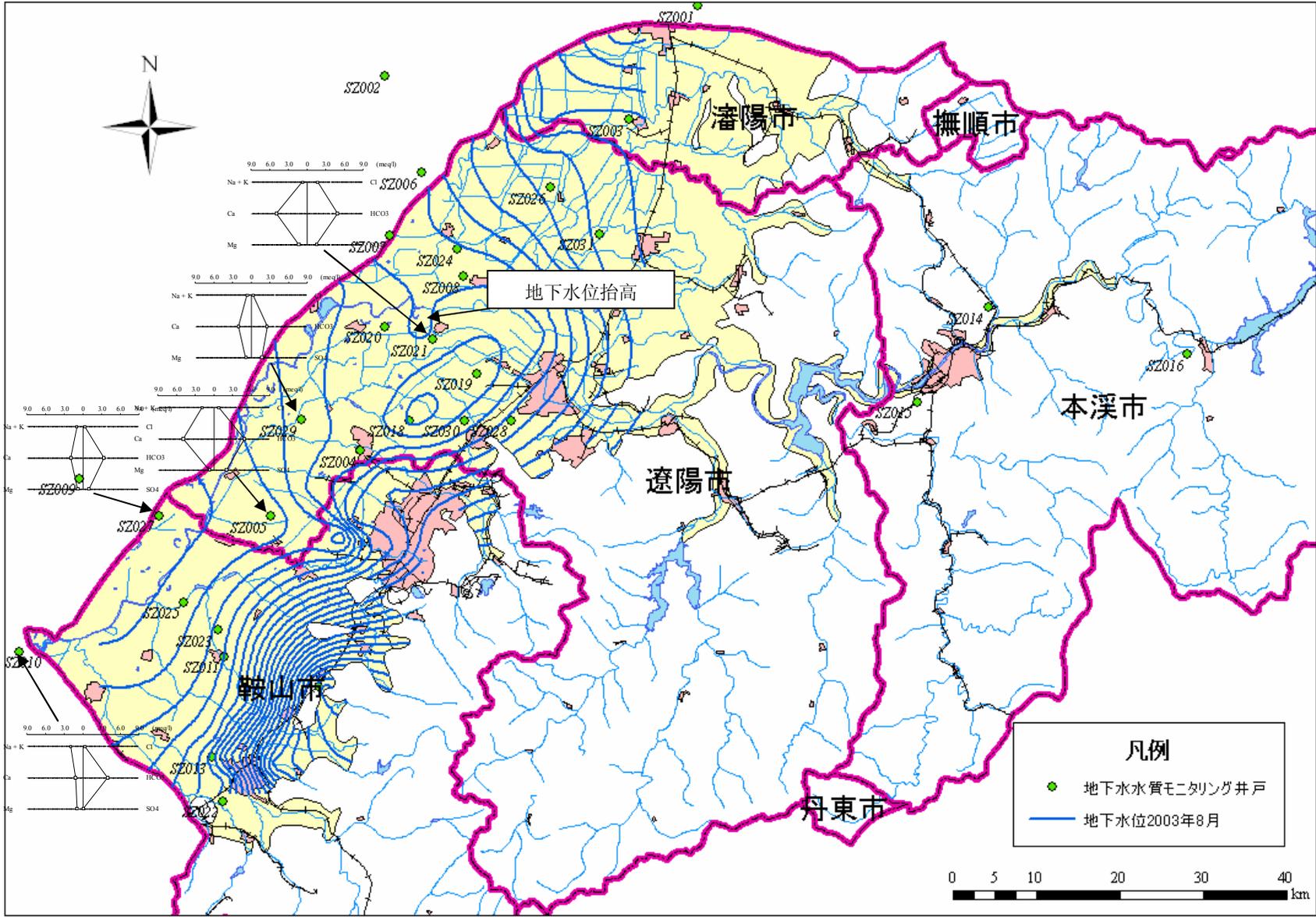


图 2.2.33 梯形线图及地下水位等高线图

资料来源：JICA 调查团

### (g) 地下水水质监测数据分析结果汇总

地下水水质监测数据分析结果汇总如下。

- 在本次收集的分析项目中, 对应于中国地下水质量标准 (GB/T14848-93、1993-12-30 实施) 的分析值 pH、总硬度、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、Fe<sup>2+</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 的结果是, 依据硝酸离子 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), 半数样品地点被划分为 V 类; 依据氨离子 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), 有 5 个样品地点被划分为 V 类
- 基于总硬度, 大约半数样品划为 IV 类~V 类
- 由于硝酸离子值很高, 这表明存在粪尿污染的可能性。另外, 由于水质采样深度浅, 只有 10m 左右, 由此, 可以认为存在表层污染物混入监测孔的可能。
- 利用 2003 年分析值被划为地下水质量标准 V 类的样品, 绘制了自 2000 年起始的历年变化图, 该图表明水质分析项目并没有明确的变化趋势
- 盐分浓度指标矿化度的最大值为 1,500mg/l 左右, 没有确认表明地下水已经盐化的数值。
- 根据已经收集数据的图表分析, 通过水质构成图形进行分类, 判明有几处存在河水基流。

### 2.3 地下水可开采量和地下水平衡的讨论

#### 2.3.1 推算地下水补给量

##### (1) 对水平衡的想法

图 2.3.1 是构成一般性水循环体系模型图和构成系统的主要要素。水平衡是将物质质量保存原则用于水，可以用下式简洁表示。

$$(\text{蓄水量变化}) = (\text{流入}) - (\text{流出})$$

在考虑流出、流入各要素的情况下，下述水平衡公式成立（注：假设水平平衡区域为不存在河流及地下水流入的全封闭式区域）。

$$\Delta S = P - E - Q$$

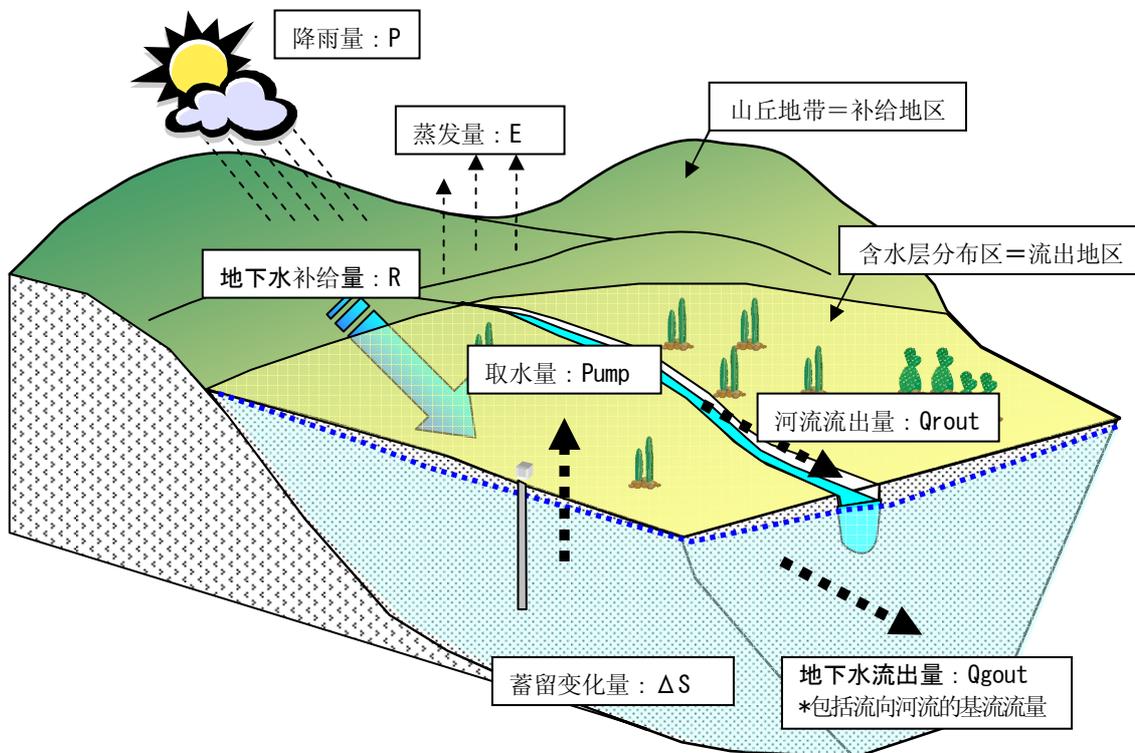
$\Delta S$ ：蓄留变化量

$P$ ：降雨量

$E$ ：蒸发散量

$Q$ ：流出量 =  $Q_{\text{rout}}$  (河流流出量) +  $Q_{\text{gout}}$  (地下水流出量)

另外，当以年为单位计算稳定水平衡时，蓄留变化量  $\Delta S = 0$ 。



资料来源：JICA 调查团

图 2.3.1 水循环体系模式图

可通过以下公式求出含水层内的水平衡（在假设蓄水变化量  $\Delta S=0$  的情况下）。

$$R = Pump + Q_{gout}$$

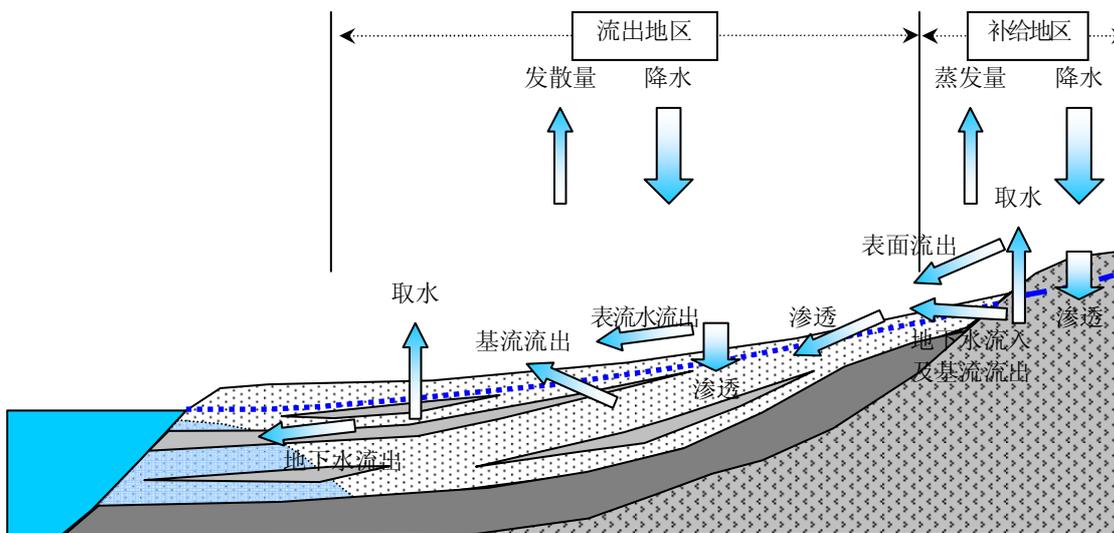
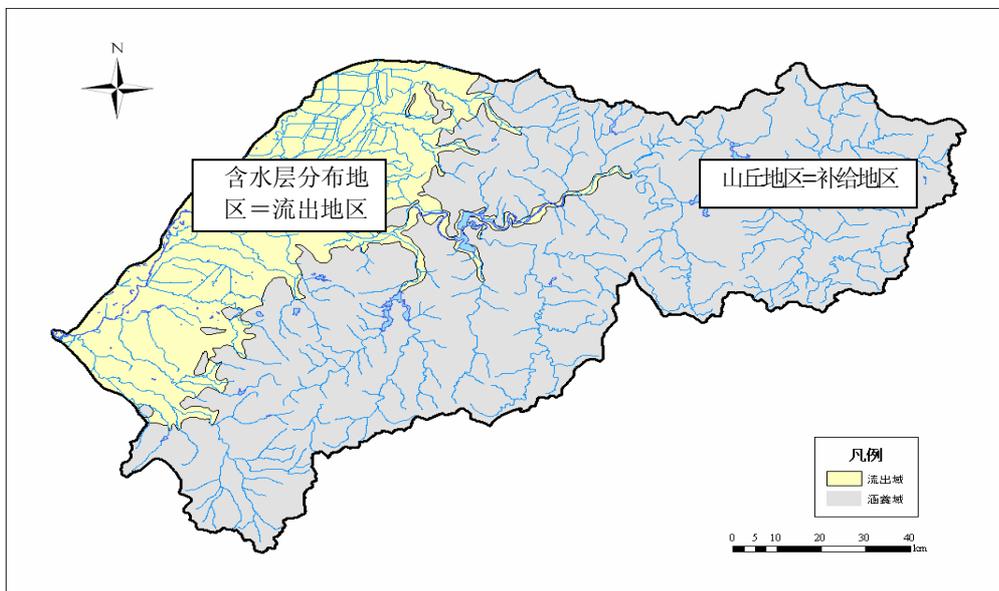
$R$ ：地下水補給量

$Pump$ ：抽水量

$Q_{gout}$ ：地下水流出量

(2) 太子河流域的水循环体系

图 2.3.2 为太子河流域水循环体系假想图。如该图所示，太子河流域东侧的山丘位于补给地区内，西侧平原地区的含水层分布地区为流出地区。



资料来源：JICA 调查团

图 2.3.2 太子河流域水循环模式图

(3) 地下水补给量的推算

采用以下方法推算平原地区含水层分布区域内的地下水补给量。

- i) 采用上述的地下水平衡公式  $R = Pump + Q_{gout}$  进行推算（假设蓄留水变化量为零）
- ii) 地下水流出量  $Q_{gout}$  由从含水层流向流域外的地下水流失量和流向河流的基流流出量构成。从绘制的地下水位等高线图（图 2. 2. 24）看，没有从河口流向流域外的地下水流量。
- iii) 基流流出量采用另外收集的河流流量观测数据。
- iv) 地下水取水量  $Pump$  使用水利厅统计资料《水资源管理年报》中记载的 2003 年数值。
- v) 地下水取水量采用平原地区沈阳市、辽阳市及鞍山市的使用量；抚顺市、本溪市的使用量假设是基本上来自山丘地区的取水量。

推算结果如下：

[地下水取水量]

《水资源管理年报》记载的 2003 年沈阳市、辽阳市、鞍山市年地下水取水量为 96, 039 万 m<sup>3</sup>。余下的抚顺市和本溪市，年地下水取水量为 4, 395 万 m<sup>3</sup>（参照表 2. 3. 1）。

表 2. 3. 1 基于《水资源管理年报》的地下水年使用量（万 m<sup>3</sup>）

区域	水资源管理年报			
	总计	农林渔业用水	工业用水	生活用水
太子河全流域	100, 434	3, 8862	40, 958	20, 614
山丘地区使用量 (A+B)	4, 395	140	2, 934	1, 321
A: 抚顺市	371	84	97	190
B: 本溪市	4, 024	56	2, 837	1, 131
平原地区使用量 (C+D+E)	96, 039	38, 722	38, 024	19, 293
C: 沈阳市	3, 167	2, 462	321	384
D: 辽阳市	50, 923	23, 560	17, 476	9, 887
E 鞍山市	41, 949	12, 700	20, 227	9, 022

资料来源：水资源管理年报（辽宁省水利厅, 2004 年）

[基流流出量]

图 2. 3. 3 为太子河下游唐马寨观测站（11, 203km<sup>2</sup>）的河流流量观测结果。通过该图可知，其基流流出量为 10m<sup>3</sup>/sec（=31, 536 万 m<sup>3</sup>/年）。如果将该值换算成太子河流域面积（13, 883km<sup>2</sup>）的话，即为 12. 39m<sup>3</sup>/sec（=39, 080 万 m<sup>3</sup>/年）。

[地下水补给量]

已取得的地下水取水量（=96, 039 万 m<sup>3</sup>）加上基流流出量（=39, 080 万 m<sup>3</sup>/年）后所得值为 135, 119 万 m<sup>3</sup>/年，该值便是 2003 年全年地下水补给量。

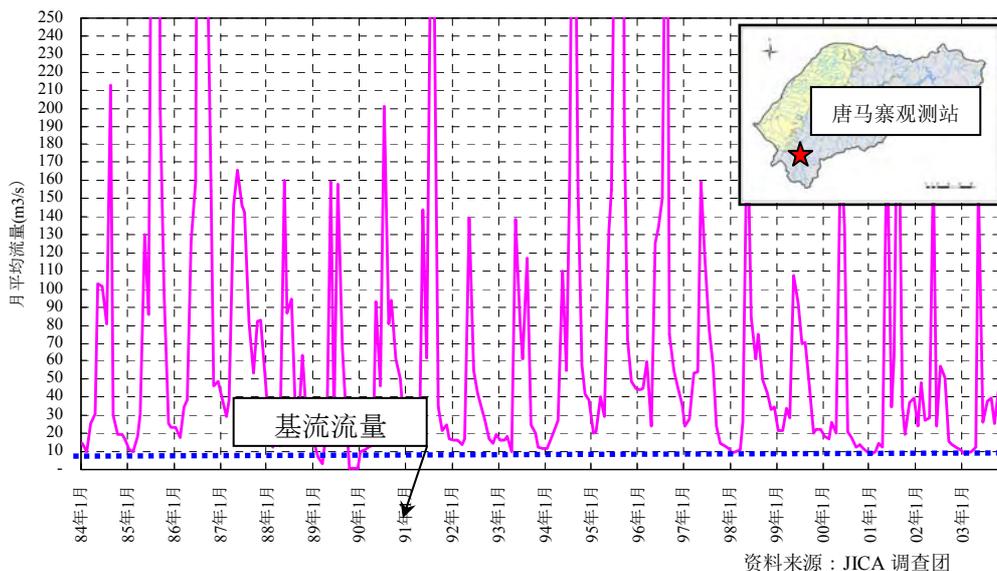


图 2.3.3 唐马寨观测站河流流量观测结果

[山丘地区地下水补给量]

抚顺市和本溪市均在山丘地区开发地下水。于是，我们用同样的方法推算山丘地区的地下水补给量。地下水取水量是抚顺市和本溪市的年地下水取水量，为 4,395 万 m<sup>3</sup>。基流流出量是通过本溪观测站（流域面积=4,324km<sup>2</sup>）河流流量观测数据推算出来的（参照图 2.3.4）。在这里，自 1990 年后半期起，基流流出量开始增大，我们认为该结果是水库放流影响所至。所以我们把 1980 年的基流流出量值作为参考，取值为 4m<sup>3</sup>/sec (=12,614m<sup>3</sup>/年)。如果把该值换算成太子河流域山丘地区的面积 (=10,049km<sup>2</sup>)，结果是 29,316 万 m<sup>3</sup>/年。我们认为该基流流出量作为地下水流入了山丘地带和平原地带的结合部（河谷的冲积堆积物层）。山丘地区的地下水补给量即为已取得的地下水取水量 (=4,324 万 m<sup>3</sup>) 加基流流出量 (=29,316 万 m<sup>3</sup>/年) 后所得的值，为 33,711 万 m<sup>3</sup>/年。

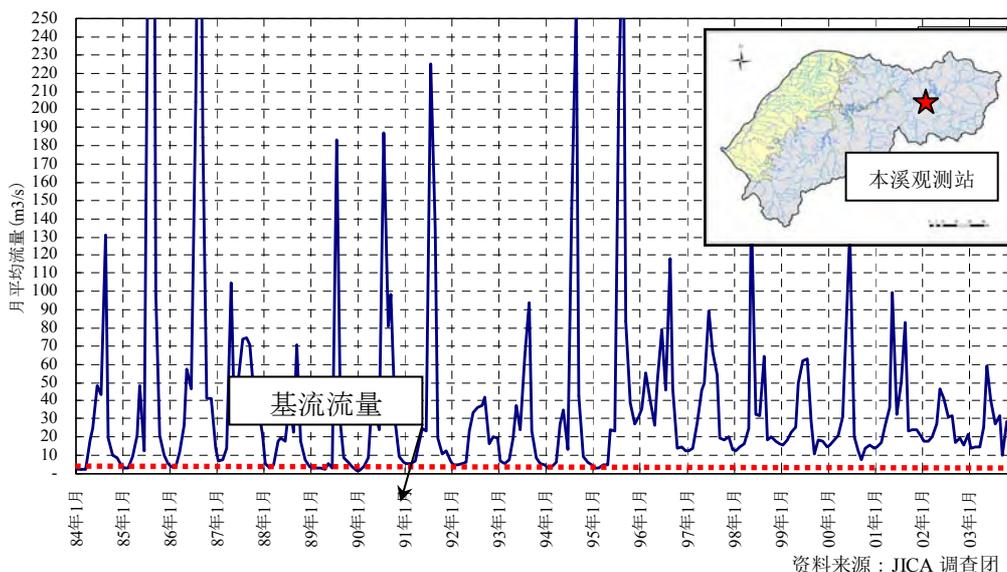
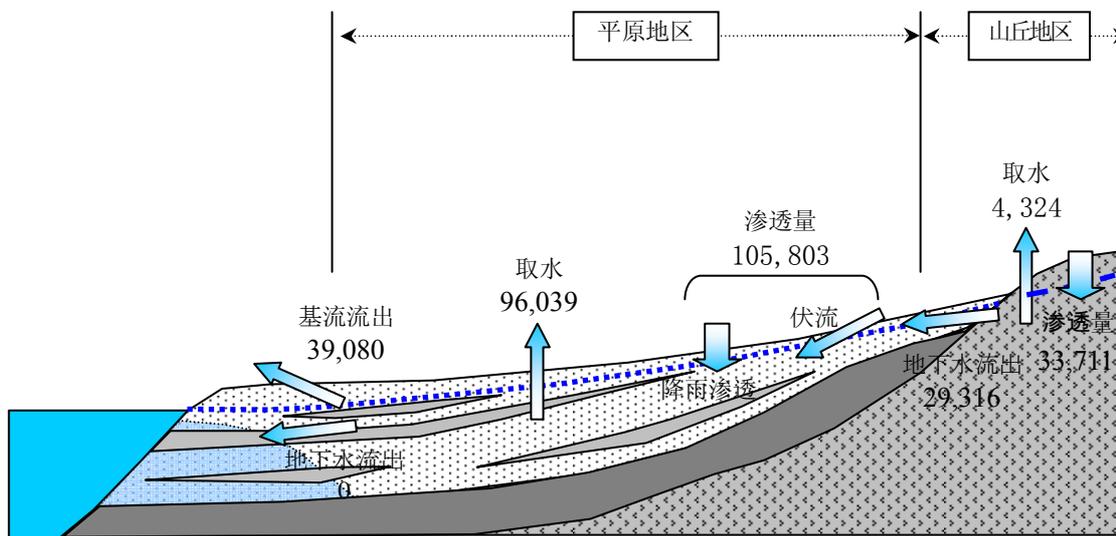


图 2.3.4 本溪观测站河川流量观测结果

(4) 流域地下水平衡

图 2.3.5 是基于地下水补给量的太子河流域地下水平衡。



资料来源：JICA 调查团

图 2.3.5 太子河流域年地下水平衡图（万 m<sup>3</sup>）

图 2.3.5 表示：整个流域内的地下水补给量为山丘地带渗透量（=33,711 万 m<sup>3</sup>）加上平原地带渗透量（=105,803 万 m<sup>3</sup>）后所得的值（=139,514 万 m<sup>3</sup>）。

2.3.2 不同区域地下水平衡情况的讨论

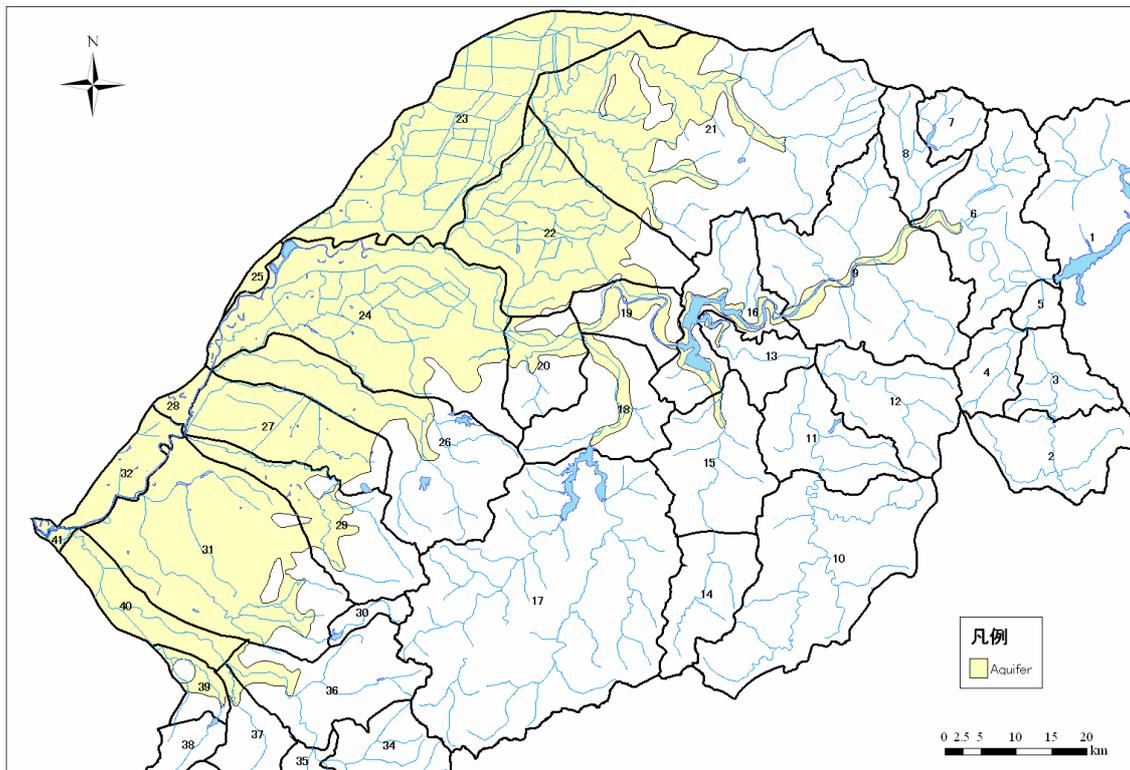
针对平原地区含水层分布区域，对前面计算得出流域地下水平衡进行更为详细的不同地区的地下水平衡。计算按以下步骤进行。

- i) 计算各小流域内地下水补给量
- ii) 根据水资源管理公报资料，整理太子河流域内 5 城市各县区的地下水取水量
- iii) 基于已绘制的地下水位等高线图，确定需推算地下水平衡的地区
- iv) 比较每地区地下水补给量和地下水取水量
- v) 分析各地区之间地下水流动量，计算得出不同地区的最终地下水平衡

下面就上述项目进行详细说明。

(1) 计算各小流域地下水补给量

图 2.3.6 表示含水层（更新世、完新世的堆积层）分布区域和小流域的划分。



资料来源：JICA 调查团

图 2.3.6 含水层分布区域和小流域的划分

按照以下顺序计算各小流域内的地下水补给量。

- 计算流域内各小流域内含水层占小流域面积的比例（百分率）
- 按照计算得到的比例，比例分配已经计算得出的整个平原地区的地下水补给量（13.5 亿 m<sup>3</sup>）

(2) 整理县、区地下取水量

如表 2.3.1 所示，从 2003 年《辽宁省水资源管理公报》中获得的各县、区在太子河流域内地下水取水量数值。

(3) 基于绘制的地下水位等高线图，确定地下水平衡推算的地区

根据通过地下水等高线图判断得知的地下水流动机构，就含水层分布区域确定推算地下水平衡的地区。图 2.3.7 表示地区的区划。

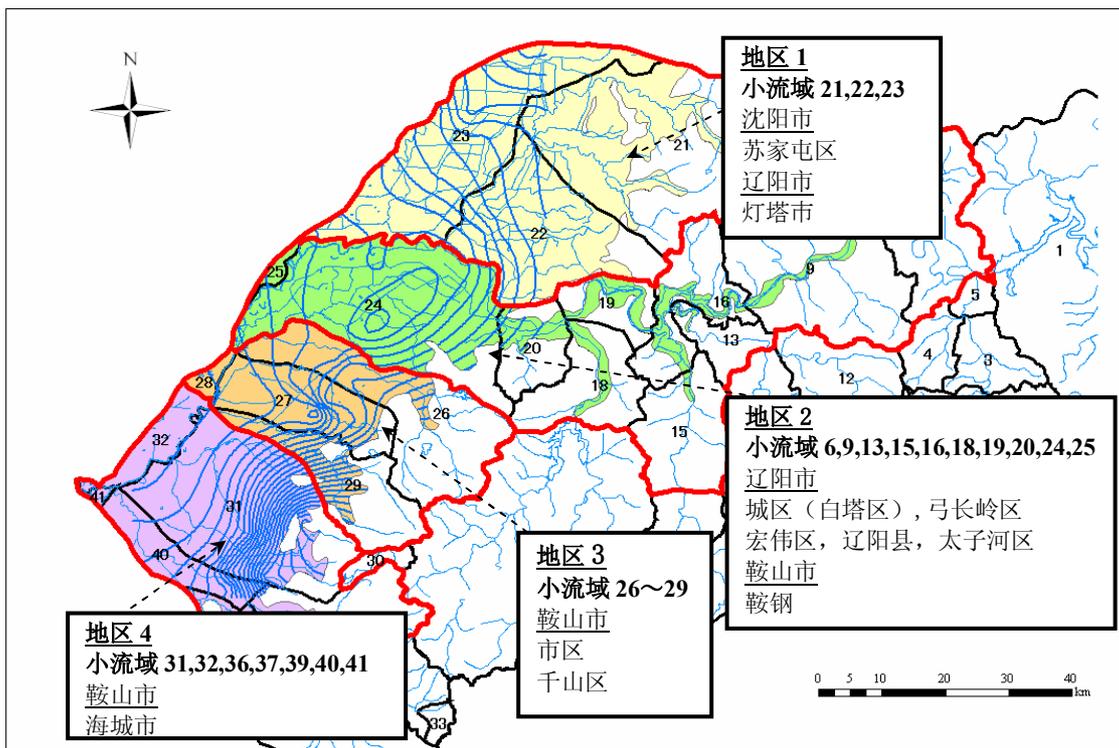


图 2.3.7 推算地下水平衡的地区

资料来源：JICA 调查团

正如图 2.3.8 所示，堆积层分布区域大致被分为四个地区。划分的理由如下所示。

- 在地区 1 上，存在一股流向地区 2 的大的地下水水流
- 在地区 2 上，来自山丘地带的地下水水流和来自地区 1 的地下水水流汇合之后，形成向下游流去的地下水水流，并形成一个闭式流动系统
- 地区 3 和地区 4 分别是由东南向西北流的，形成一个闭式地下水流动体系

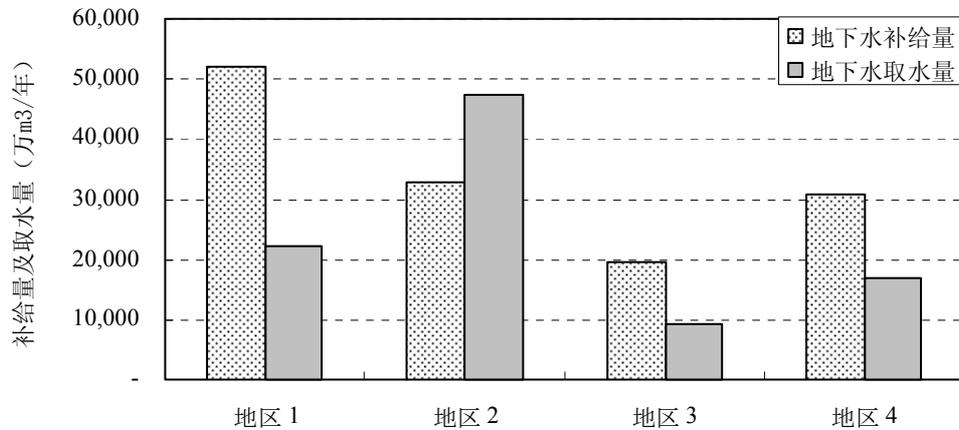
(4) 比较各地区地下水补给量与地下水取水量

在表 2.3.2 和图 2.3.8 中，显示了将地下水补给量和地下水取水量累计到各个地区上，再进行比较的结果。

表 2.3.2 各地区地下水平衡推算结果 (万 m<sup>3</sup>)

地区	地下水补给量: R	地下水取水量: P	平衡: R-P
1	小流域 21, 22, 23	沈阳市: 苏家屯区 辽阳市: 灯塔市	
	51, 930	22, 334	+29, 596
2	小流域 6, 9, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 24, 25	辽阳市: 城区(白塔区), 弓长岭区, 宏伟区, 辽阳县, 太子河区 鞍山市: 鞍钢	
	32, 746	47, 416	-14, 670
3	小流域 26~29	鞍山市: 市区, 千山区	
	9, 643	9, 319	+10, 324
4	小流域 31, 32, 36, 37, 39, 40, 41	鞍山市: 海城市	
	30, 801	16, 970	+13, 831

资料来源：水资源管理年报（辽宁省水利厅，2004年）及 JICA 调查团



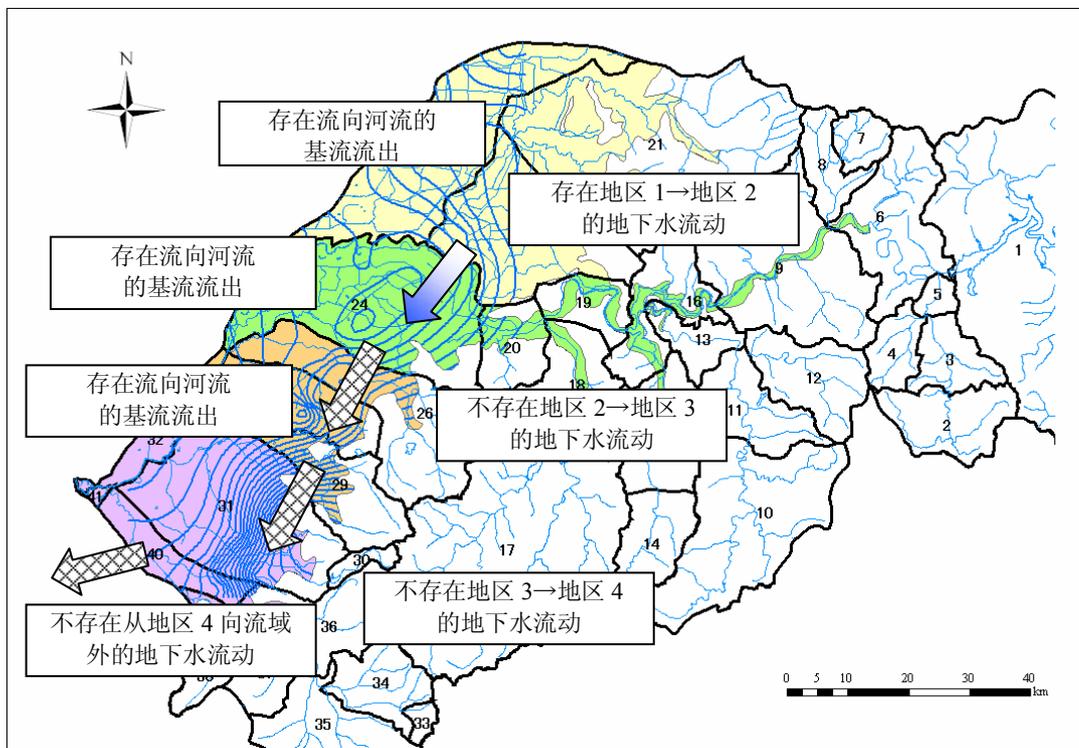
资料来源：水资源管理年报（辽宁省水利厅,2004年）及 JICA 调查团

图 2.3.8 各地区地下水平衡推算结果

如上图表所示，在地区 2 内，地下水取水量超过了地下水补给量、地下水平衡为负值，其它地区地下水平衡为正值。

(5) 分析各地区之间地下水流动量

前面推算得出的地区间地下水平衡，未考虑地下水（基流流出量）向地区间的流出和向河流流出（基流流出）等条件。假设条件确定为图 2.3.9 所示条件，对各地区间地下水流动情况进行了分析。



资料来源：JICA 调查团

图 2.3.9 与地区间地下水流动研究有关的假定条件

根据达西法则，在推算向地区 1 和地区 2 的流动量时，采用了由 2003 年 8 月地下水位等高线图得到的水力坡度、由水文地质截面图得到的含水层厚度和渗透系数的一般值。河流基流流出量的推算是参照河流流量观测结果。推算结果见图 2.3.10。

由图 2.3.10 可知，在地区 2 上，虽然有来自地区 1 的地下水流入带来的补给，但如果考虑基流流出量，地下水平衡最终是负值。在其它地区上，地下水平衡为正值。

(6) 验证地区间水平衡

就上述方法计算得到的各地区间地下水平衡结果，使用简单模型模拟计算不同月份地下水蓄留量变化 (= 地下水位变化)，通过再现实际地下水位来进行验证。

a) 地下水位的模拟方法

采用以下方法模拟地下水位。

- i) 地下水补给量：各地区的年补给量根据月降雨量的分布进行分配
- ii) 地下水取水量中的工业用水和生活用水：将各地区的年取水量按每月等量进行分配
- iii) 农业用水：根据对应耕种时间年取水量的分配比率（农业用水专家另行计算），进行分配，最终调整分配比例以符合实测水位
- iv) 基流流出量：与地下水补给量一样，按照月降雨量进行分配
- v) 地下水补给量减去地下水取水量和基流流出量，所得值为蓄留变化值。用流域面积除以该值后，再用有效间隙率（采用 0.05~0.1）除，求出地下水位。

b) 输入数据

图 2.3.11 为根据上述方法得出的各地区的输入数据。

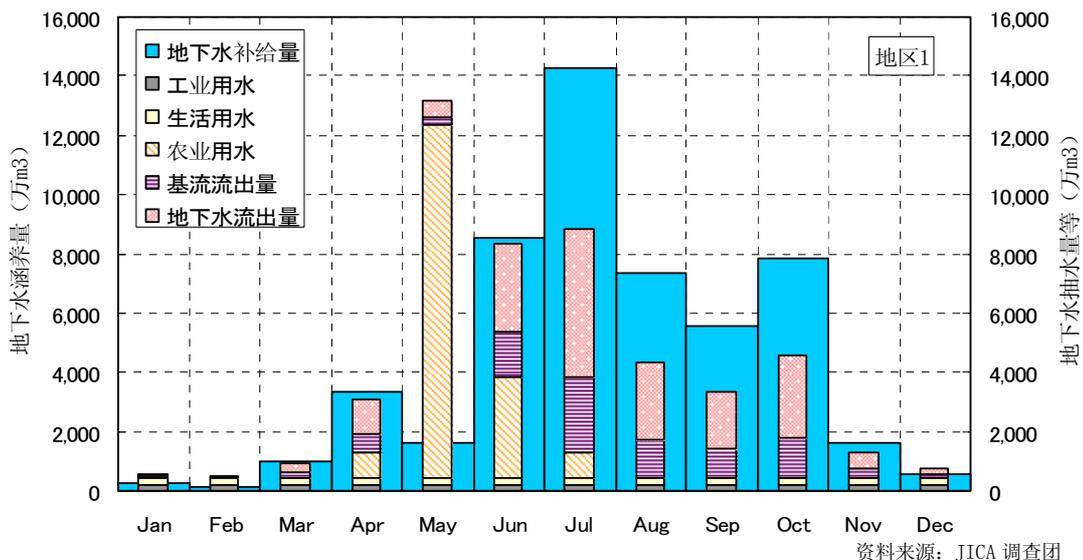


图 2.3.11(1) 为分析地区间地下水流动的输入数据 (地区 1)

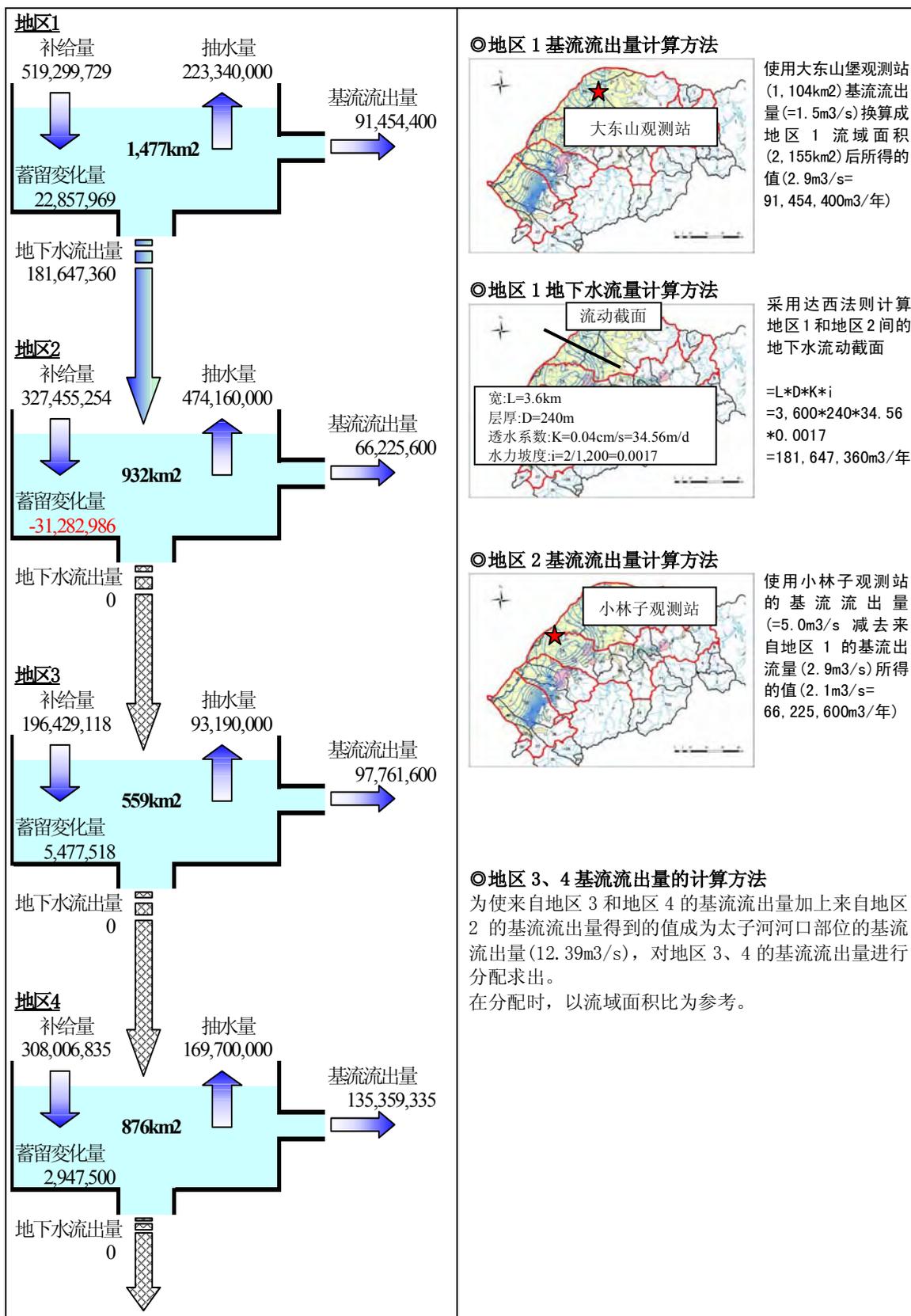


图 2.3.10 各地区间地下水流动分析结果

资料来源: JICA 调查团

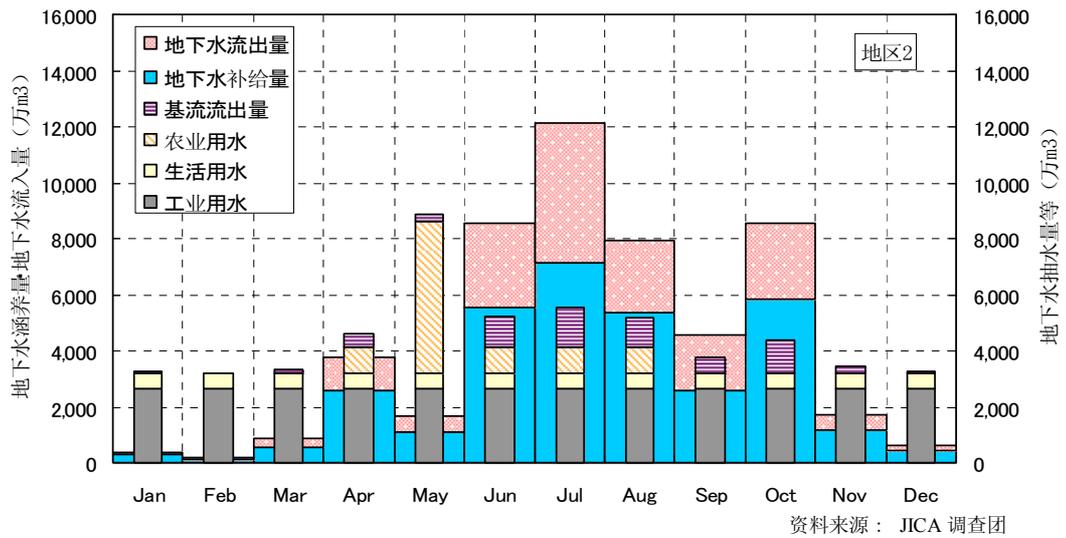


图 2.3.11(2) 为分析地区间地下水流动的输入数据（地区 2）

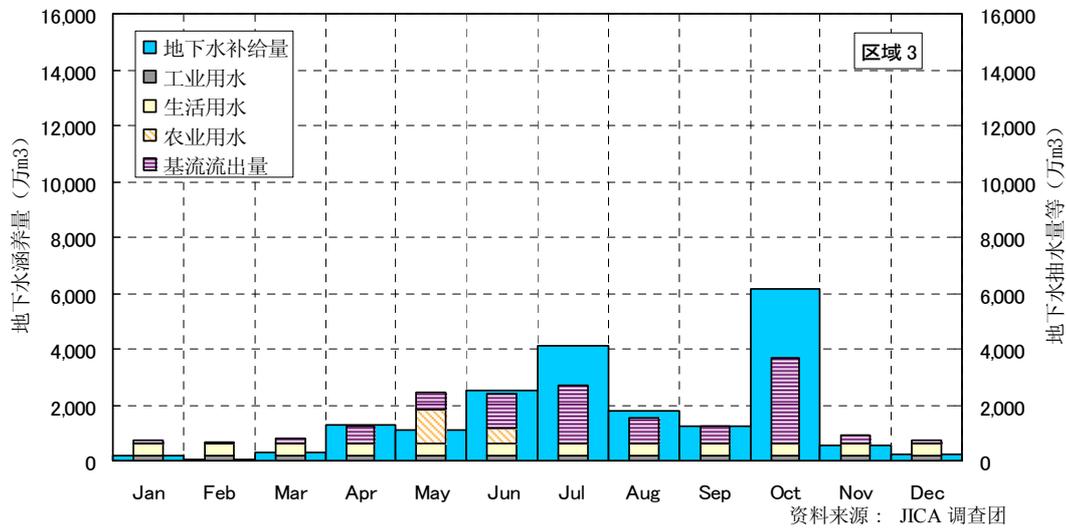


图 2.3.11(3) 为分析地区间地下水流动的输入数据（地区 3）

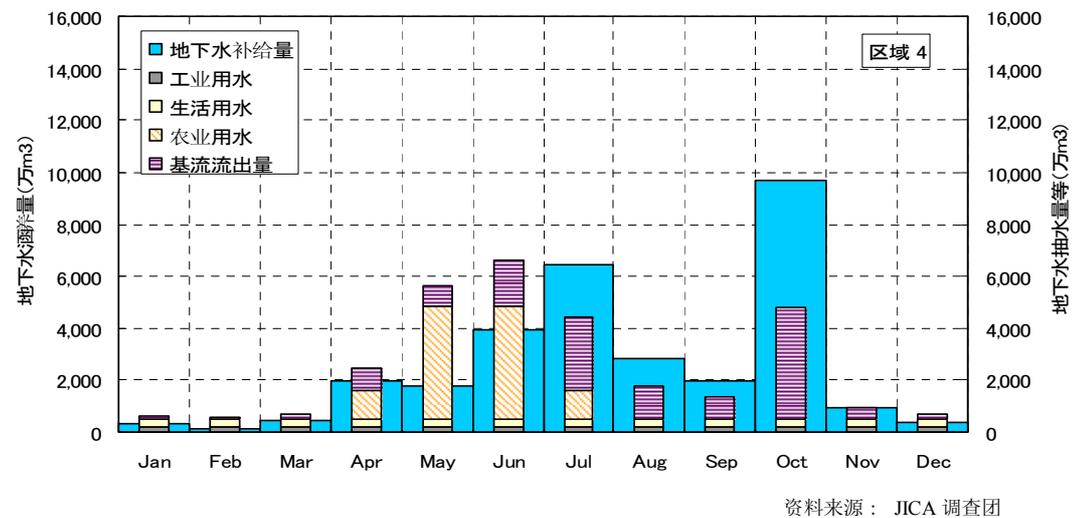


图 2.3.11(4) 为分析地区间地下水流动的输入数据（地区 4）

c) 地下水位模拟结果

图 2.3.12 是地下水位的模拟结果。图中示出用于再现该地区内地下水位监测井的观测水位。

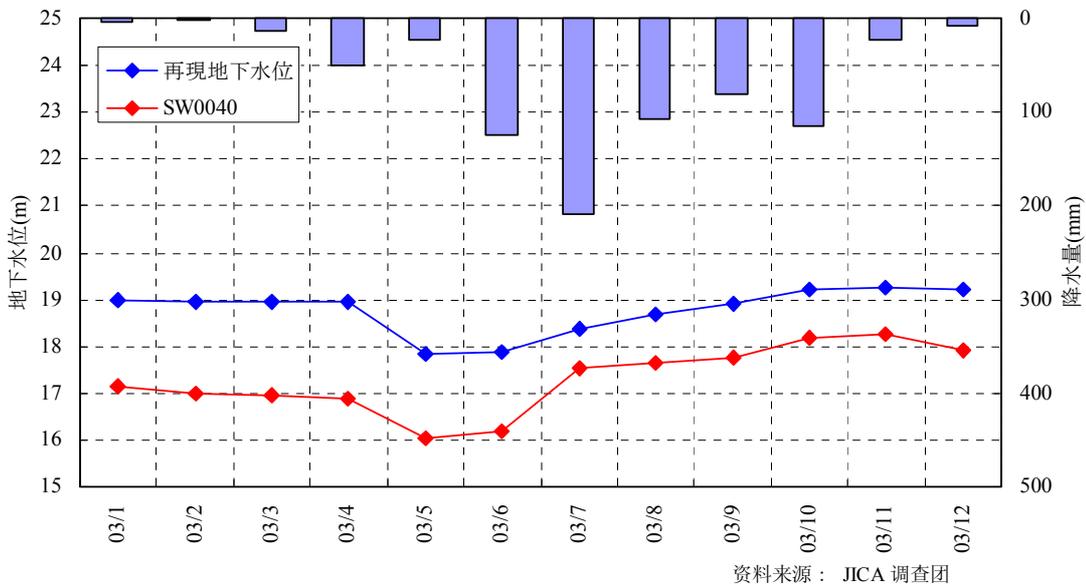


图 2.3.12(1) 地下水位再现结果 (地区 1)

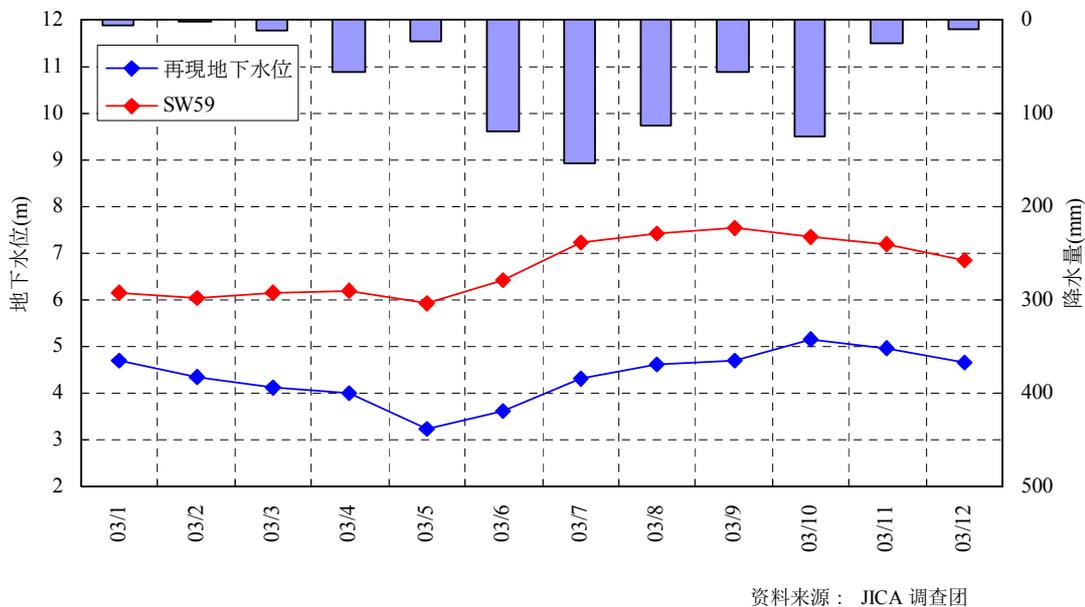


图 2.3.12(2) 地下水位再现结果 (地区 2)

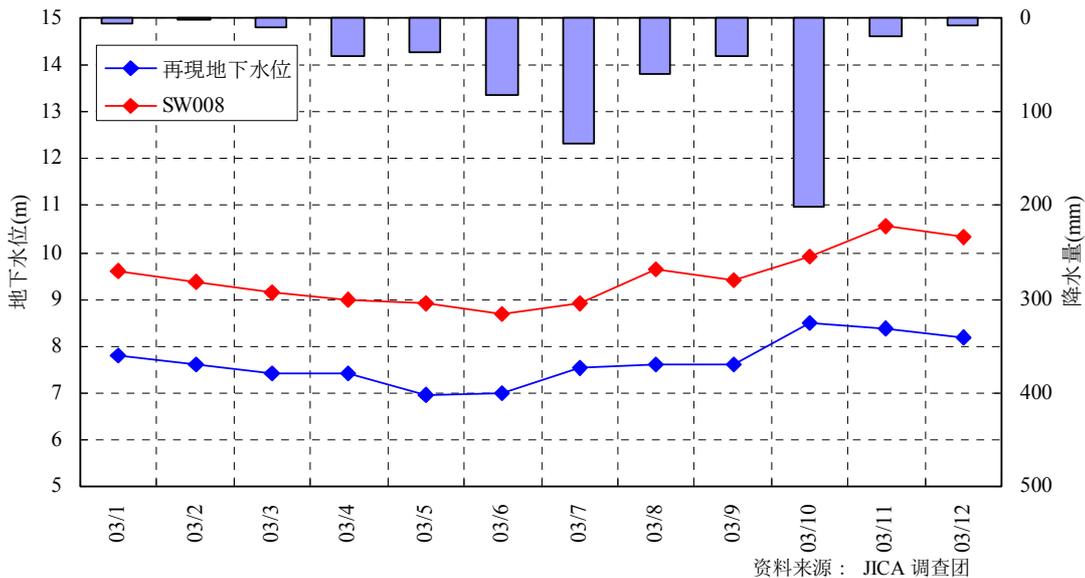


图 2.3.12(3) 地下水水位再现结果 (地区 3)

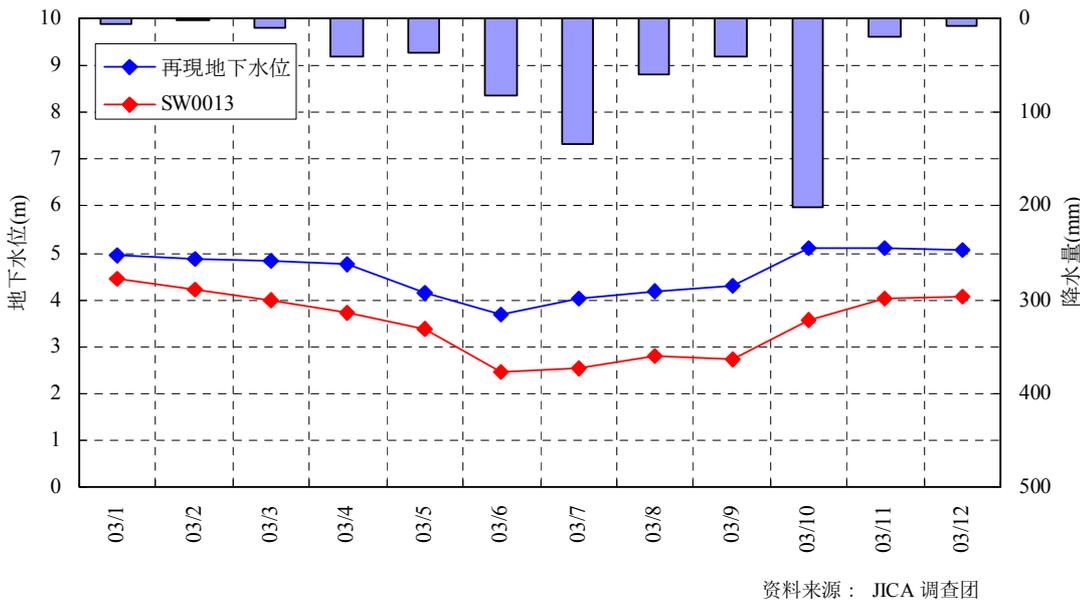


图 2.3.12(4) 地下水水位再现结果 (地区 4)

如图所示，在各地区中，模拟计算得到的地下水水位与该地区内监测井实测地下水水位是一样的。

### 第 3 章 地下水管理指标值的研究

#### 3.1 地下水盆的管理

##### 3.1.1 地下水管理方法

图 3.1.1 为地下水管理的一般方法。地下水管理的要素项目有“水文地质结构解析”、“监测系统”、“地下水动态预测”、“决策决定与控制”。

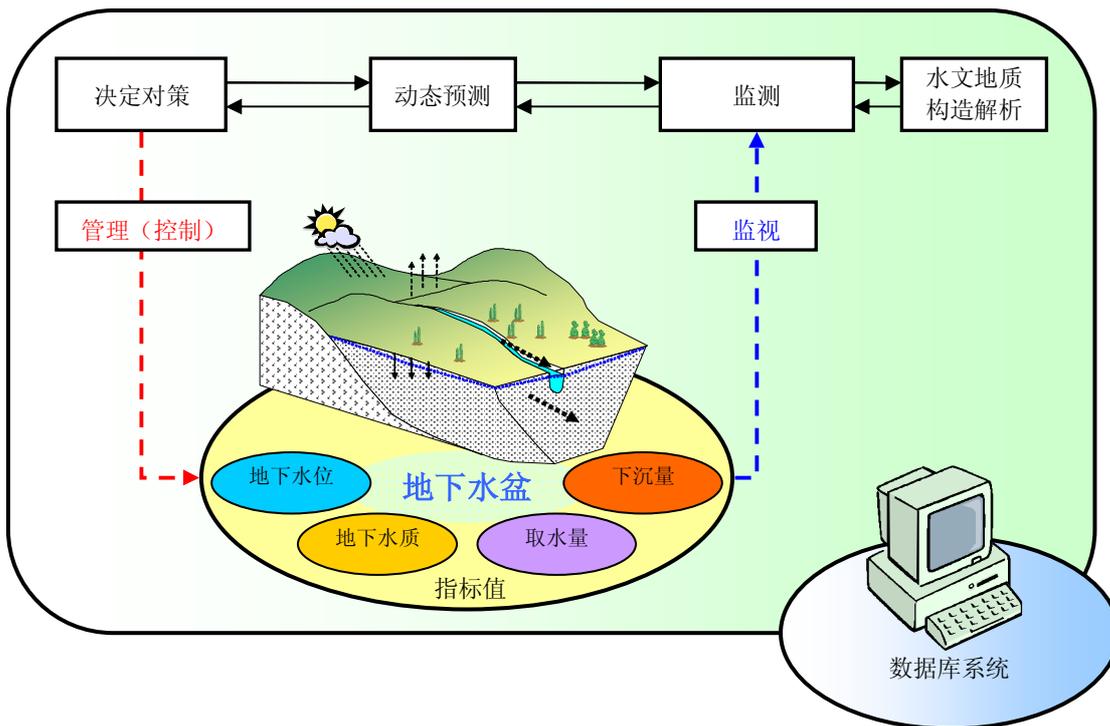


图 3.1.1 地下水管理系统和指标值

有时需加上综合性管理上述一系列系统的“数据库系统”。图中各项的具体内容汇总见表 3.1.1。

表 3.1.1 地下水管理系统的构成项目

项目	内容
水文地质综合解析	有效利用地表、地下地质调查和水井资料、地下水位、地下水水质资料，掌握含水层结构。
监测	监测项目可列举地下水位、地面下降量、取水量、水质等。
动态预测	根据监测结果，预测地下水盆的动态，以作为决策时的基础资料。预测方法有数值模拟和数据监测等。必须反复校正动态预测结果，提高其精度。
措施决定	根据监测和预测结果，决定控制地下水盆的对策。决定对策的标准有“允许取水量”的“控制水位”等。
数据库系统	为了整理和有效利用监测信息，必须引入数据库系统。而且，重要的是要进行长期性数据积累。

### 3.1.2 地下水的宏观管理和微观管理

如前所述，在管理地下水盆地时，作为可利用的指标值，被认为有地下水位、地面下降量、取水量、水质等项目。在日本，由于地下水管理是以防止伴随地下水超采所引起发生地面下降为重大目标的，所以在多数情况下，采用“地下水位”和“地面下降量”作其管理指标值。另一方面，这类指标值表现了地下水盆地内存在的局部性现象，并不是管理整个地下水盆地地下水平衡的指标值。作为地下水盆地的管理系统，我们认为：将管理地下水收支平衡的“整个地下水盆地宏观管理”和地面下降、水质污染这类“管理局部性现象的微观管理”结合起来，这一管理模式才是理想模式。在本次调查对象区域太子河流域内，根据迄今为止的调查结果，存在地下水收支失衡区域和虽然仍能维持地下水收支平衡，却存在局部地下水位下降问题的区域。我们认为，对前者需要引入“宏观管理”和“微观管理”，对后者则需要引入“微观管理”。

“宏观管理”和“微观管理”其管理时的指标值不一样。图 3.1.2 显示了“宏观管理”和“微观管理”的关系。在表 3.1.2 中，对“宏观管理”和“微观管理”的特征进行了归纳。

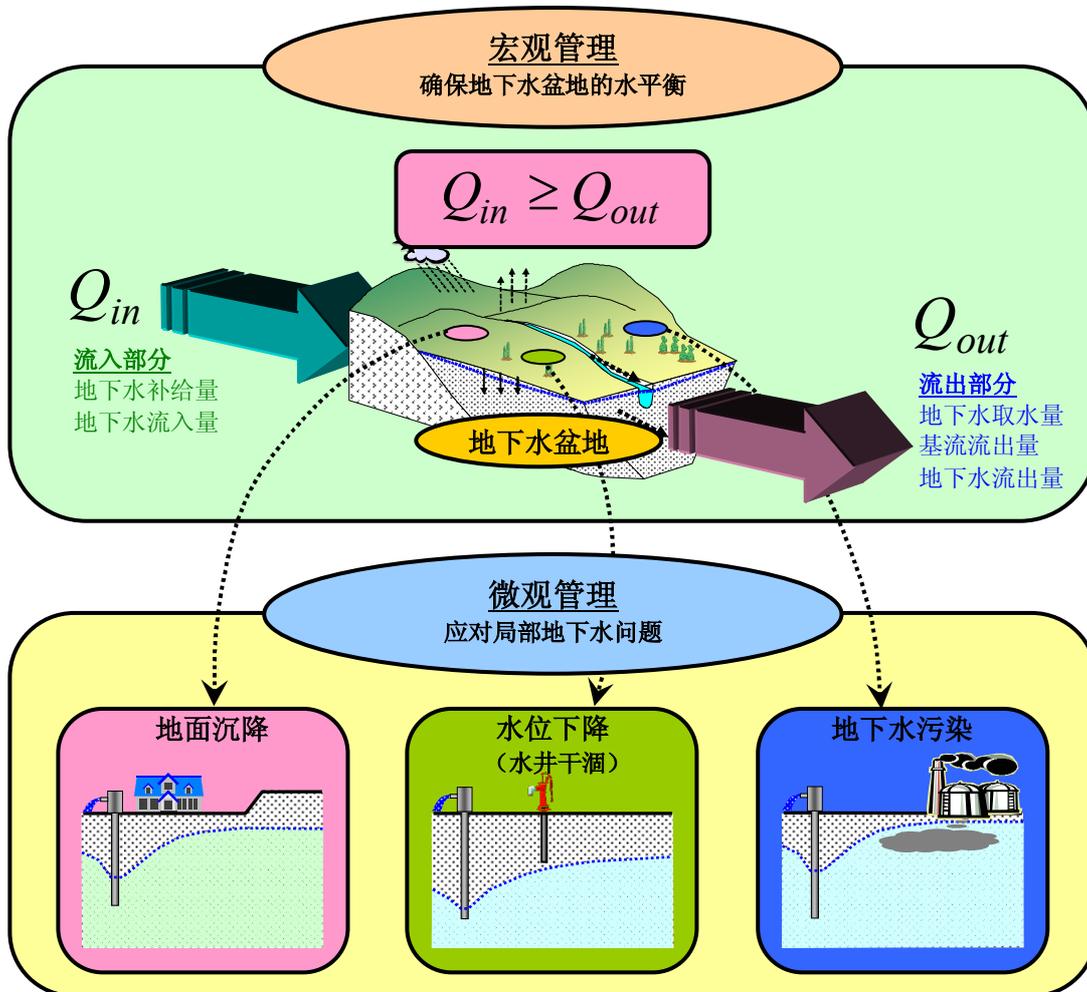


图 3.1.2 地下水宏观管理和微观管理的关系

表 3.1.2 地下水宏观管理和微观管理的特征

	宏观管理	微观管理
目的	维持整个地下水盆的地下水收支平衡。当收支值为负值时，与地下水资源干涸有关。	防止地下水盆内出现局部性地下水位下降、地面下降和地下水污染等。
管理方法	与右侧所述方法一样。但对整个地下水盆可开发量和现实开采量做了比较，为使后者不要超过前者，对取水量进行管理。	日本地下水保护条例等的一般性做法是：通过以地下水取水井尺寸为基准的许可制，防止地下水超采。
监视方法	设置监测井，监测地下水位变化情况和地下水位有无经常性下降。 另外，根据已取得的监测结果，通过地下水模拟，在长期预测基础上，对管理指标等进行校正。	一般性做法是设置监测井，监督地下水位和地面下降量以及水质的变化。
备考	与微观管理相比，要求高度的技术性。建立基于长期监测视点制定地下水开发计划，是不可或缺的。而且，与地下水的“控制”相比，重点要放在“利用”上。	基于短期性视点的方法，就是应对型管理方法。但是，管理方式简单、与宏观管理相比，容易做到。与地下水“利用”相比，重点要放在“控制”上。

### 3.1.3 太子河流域的地下水问题

通过迄今为止的调查，已搞清太子河流域存在的地下水问题。

表 3.1.3 太子河流域地下水问题

地域和地区	地下水位下降	地下水污染
太子河上游地区 (本溪市)	没发生特别问题	存在工厂排水造成地下水污染的担心
地区 1 (沈阳市、灯塔市)	在沈阳市南部地区，有一处面积达 78km <sup>2</sup> 的地下水位下降区域（漏斗地区）	存在人为排泄物等造成硝酸性氮污染的担心
地区 2 (辽阳县)	辽阳市辽阳县，有一面积达 10km <sup>2</sup> 的地下水位下降区域（漏斗地区），地下水收支可能呈负值 地下水位最多下降至地表以下 23m 左右	存在人为排泄物等造成硝酸性氮污染的担心 特别是来自灌区不良水质表流水的伏流正在造成污染
地区 3 (鞍山市区)	千山区宁元镇附近，有一面积达 73km <sup>2</sup> 的地下水位下降区域（漏斗地区）	存在人为排泄物等造成硝酸性氮污染的担心
地区 4 (海城市)	鞍山市海城区水源地附近，有一面积达 32km <sup>2</sup> 的地下水位下降区域（漏斗地区） 地下水位最多下降至地表 10m 左右	存在人为排泄物等造成硝酸性氮污染的担心

在上述地区中，地区 2 的“地下水平衡出现负值”，我们认为应属宏观管理对象项目。其余事项则是微观管理对象。

## 3.2 地下水管理指标的研究

### 3.2.1 宏观地下水管理指标值

#### (1) 地下水可持续开采量

进行宏观地下水管理最重要的事项就是把握“地下水平衡”，以求出不会使地下水枯竭、且可进行长期开采的地下水开采量（地下水可持续开采量）。地下水可持续开采量是开发地下水的最大开采量（但是，正如后面所述，实际上，需要在最大可开采量范围内，求出考虑经济性要素和对自

然环境影响等要素后的允许开采量)。地下水可持续开采量的关键就是地下水收支平衡，地下水收支平衡以地下水补给量为基准，长期不超过该补给量是其根本。

(2) 水收支平衡和地下水可持续开采量

为了实现可持续开采地下水，必须确保“保持全年（1水文年）的水收支平衡，且不产生地下水恒常型下降”的状态。例如，如果是在未实施地下水开发之前的自然状态（或者是实施了一定规模的地下水开发，且持续进行同等量地下水利用的状态），那么在一定气象水文环境下可以取得水收支平衡。也就是说，在一年（1水文期）内，虽然存在地下水位变化（季节性变化），但是因为开始时和结束时的水位变得一样，所以可以视之为水收支恒定（初始平衡状态）。当新的地下水开发开始，在一定时期持续进行一定量的取水（水井的配置和取水量一定）时，与其取水量对应，将达到新的平衡状态（二级平衡状态）（参照图 3.2.1）。在已经达到二级平衡状态下，如果没发生地下水障碍，或者是处于允许范围内的话，即可说可以持续提高该项取水。

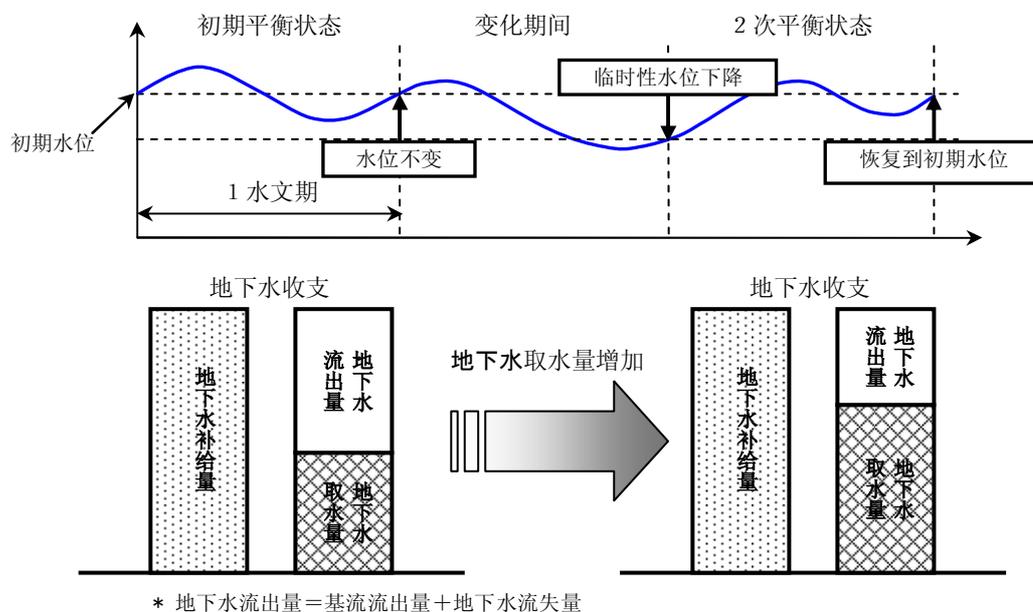


图 3.2.1 取水量变化和水收支平衡

图 3.2.2 所示为第二次现场调查中，区分为流入成分和流出成分后计算得出的太子河平原地区各地区的水收支情况。

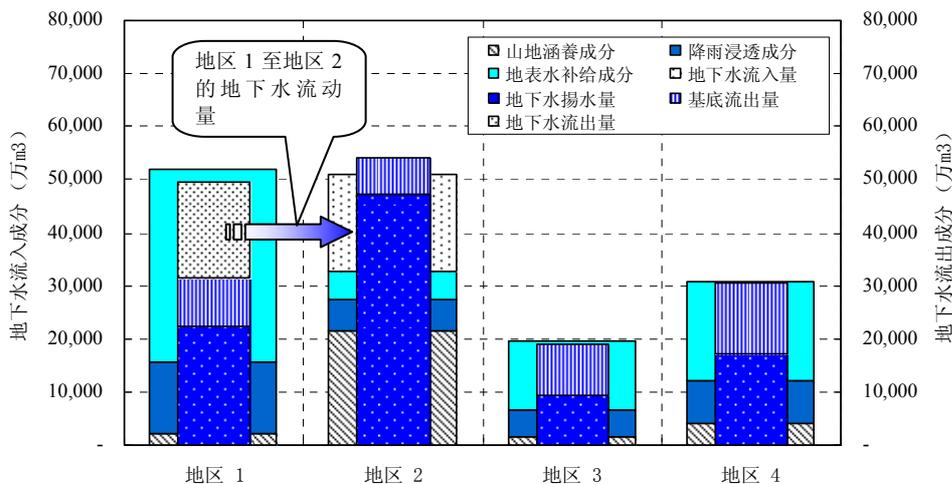


图 3.2.2 不同地区水平衡流入和流出

如图所示：地区 1、3 和地区 4，地下水收支均衡，相对于补给量而言，地下水取水量和地下水流失量分别约各占一半。另一方面，地区 2 地下水收支平衡被破坏，相对于地下水补给量（来自地区 1 的地下水流入量）而言，地下水取水量占 85%，地下水流失成分至少达到 15%左右。

图 3.2.3 为通过《辽宁省水资源公报》取得的 1995 年至 2004 年鞍山市、辽阳市地下水用水量和辽阳市首山镇周边地下水位下降区域（漏斗地区）面积的变化情况。

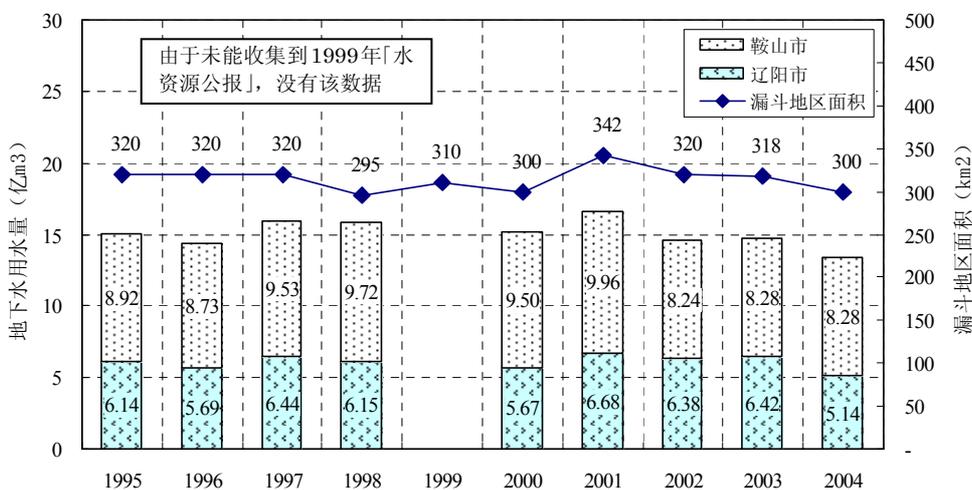


图 3.2.3 鞍山市、辽阳市地下水用水量和漏斗地区的面积变化

通过图示可以了解到：地下水下降区域的面积一直为 320km<sup>2</sup>左右，我们认为，在某种程度上，正结束于水收支平衡状态（二次平衡状态）。而另一方面，在 2001 年伴随取水量激增，地下水下降区域的面积也在不断扩大，该地区依然存在地下水收支不稳定因素。

在考虑未来地下水利用时，应确保地区 1、3 和 4 在目前地下水收支平衡的同时，进行包括维

持目前地下水流出成分规模的健全的水循环开发。地区 2 在第一阶段削减取水量，以实现地下水收支均衡。在此基础上，必须通过削减地下水取水量，尽可能推进可改善水循环系统的地下水利用。

(3) 各地区长期地下水位预测模型

使用再现各地区地下水蓄留量变化模型，输入长期降雨特征，推测长期地下水位（蓄留量变化）变化（必须满足水收支均衡这一“自然补给条件”），并研究了地下水可持续开采量。已采用的模型概况如下所述。

- i) 本项研究计算出 20 年间不同月份地下水蓄留量变化，确认了能否产生恒常性地下水位下降。
- ii) 降水量数据以 1984 年~2003 年太子河流域内观测数据为基础，使用了各小流域按降序(泰森)比率计算得出的值
- iii) 各小流域的降水量（包括在地区中）按照各小流域降水量在地区内所占面积比例（小流域面积/地区面积）进行了比例分配。
- iv) 地下水补给量是求出 2003 年的地下水补给量和 2003 年的降水量(在 iii 中计算得出的值)之比，并将该比例乘上输入降水量数据计算得出。
- v) 基底流出量的计算是：求出 2003 年的基底流出量和 2003 年的地下水补给量之比，并将该比率乘上（可以从输入降水量数据得出）地下水补给量。
- vi) 从地区 1 到地区 2 的地下水流入量计算是：求出 2003 年的地下水流入量和 2003 年的（地区 2 的）地下水补给量之比，并将该比例乘上地下水补给量。
- vii) 从地下水补给量中减去地下水取水量和基底流出量得到的值（地区 1,2 要考虑地下水流入、流出量）为蓄留变化量。用含水层分布区域面积除以该值之后，再用有效空隙率（用 0.1）除，即表现为地下水位变化。

(4) 现行（2003 年）的取水量持续性研究

使用以上所述的模型，计算持续进行 2003 年地下水取水量情况下的蓄留量变化，其结果如图 3.2.4 所示。

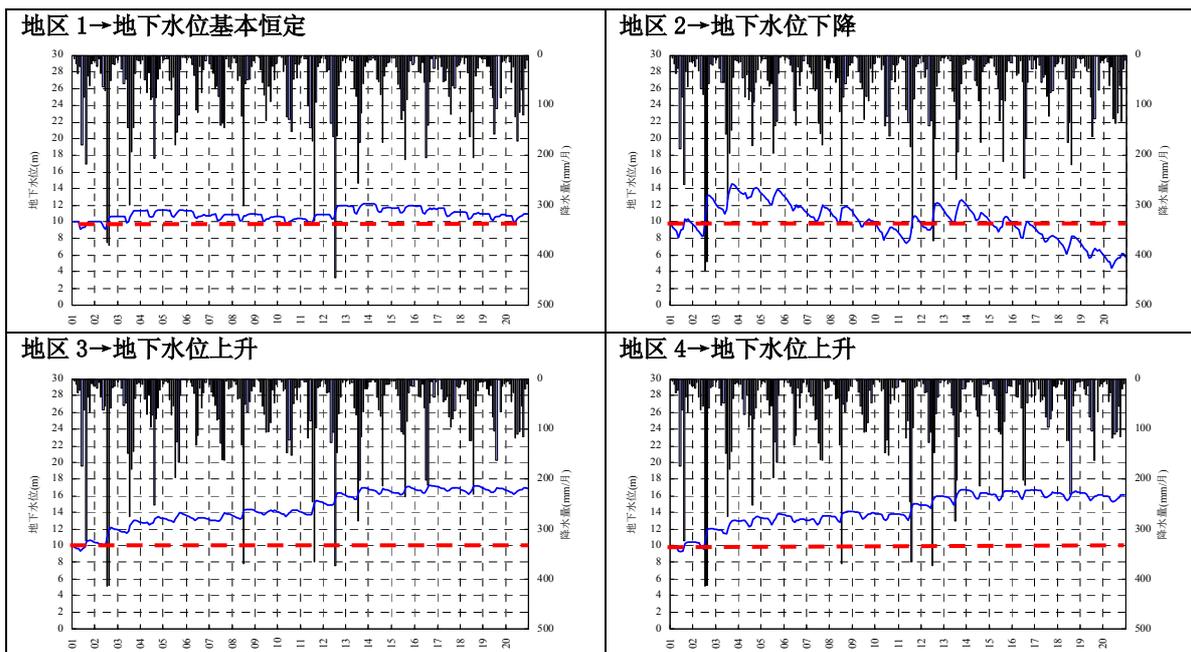


图 3.2.4 蓄留量变化计算结果（维持 2003 年取水量）

通过图 3.2.4 可知，当在地区 2 上继续抽取现在的取水量，地下水位将会继续下降。这表示地下水蓄留量正在不断减少。所以，可以说地区 2 的地下水取水量不是可持续开采量。

另一方面，在地区 1，地下水位几乎不变，而在地区 3 和 4 上，地下水位正在上升。这表明地下水蓄留量正在持续增加。由此可知，这些地区的地下水取水量是可持续开采量。

正如在(2)中所述，当地下水已经维持收支平衡时，我们认为对应地下水取水量的增加，可望实现与地下水流出成分的调节，而且地下水位将发展到可以保持在初期水位的平衡状态。本研究认为，地区 3 和 4 地下水位虽然呈上升之势，但实际上由于地下水流出成分增加使然。

#### (5) 地下水最大可持续开采量的研究

采用同样的模型，计算得出尽管继续 20 年取水，但却可以使地下水位始终保持在初期水位的地下水取水量的最大值。但在地区 1，向地区 2 流入的地下水流入量是假定维持在 2003 年水平；在地区 3 和 4，其基底流出量则是假定维持在 2003 年水平（通过减少基底流出量，可以得到地下水最大可持续开采量上限值。这里的表流水资源量以维持 2003 年水平为基础，没考虑基底流出量的减少）。研究结果如图 3.2.5 所示。

根据该图我们认为：在地区 1、3、4，尽管从现有水平分别增加 3%、20%和 16%的取水量，但并未引起地下水位恒常下降，是可以开发的。而在地区 2，为了不引起恒常水位下降，减少了 4%左右的取水量。表 3.2.1 显示地下水最大可持续开采量。

表 3.2.1 地下水最大可持续开采量

地区	2003 年全年取水量 (万 m <sup>3</sup> )	地下水最大取水量 (万 m <sup>3</sup> )
1	22,334	23,004
2	47,416	45,520
3	9,319	11,183
4	16,970	19,685

上述最大地下水开采量将成为今后在太子河流域内，要进行地下水管理方面最起码应该遵守的地下水取水量。而且，在该取水量范围内，将规定适于各区域经济、社会条件的允许取水量，进而实现切实可行的地下水管理。

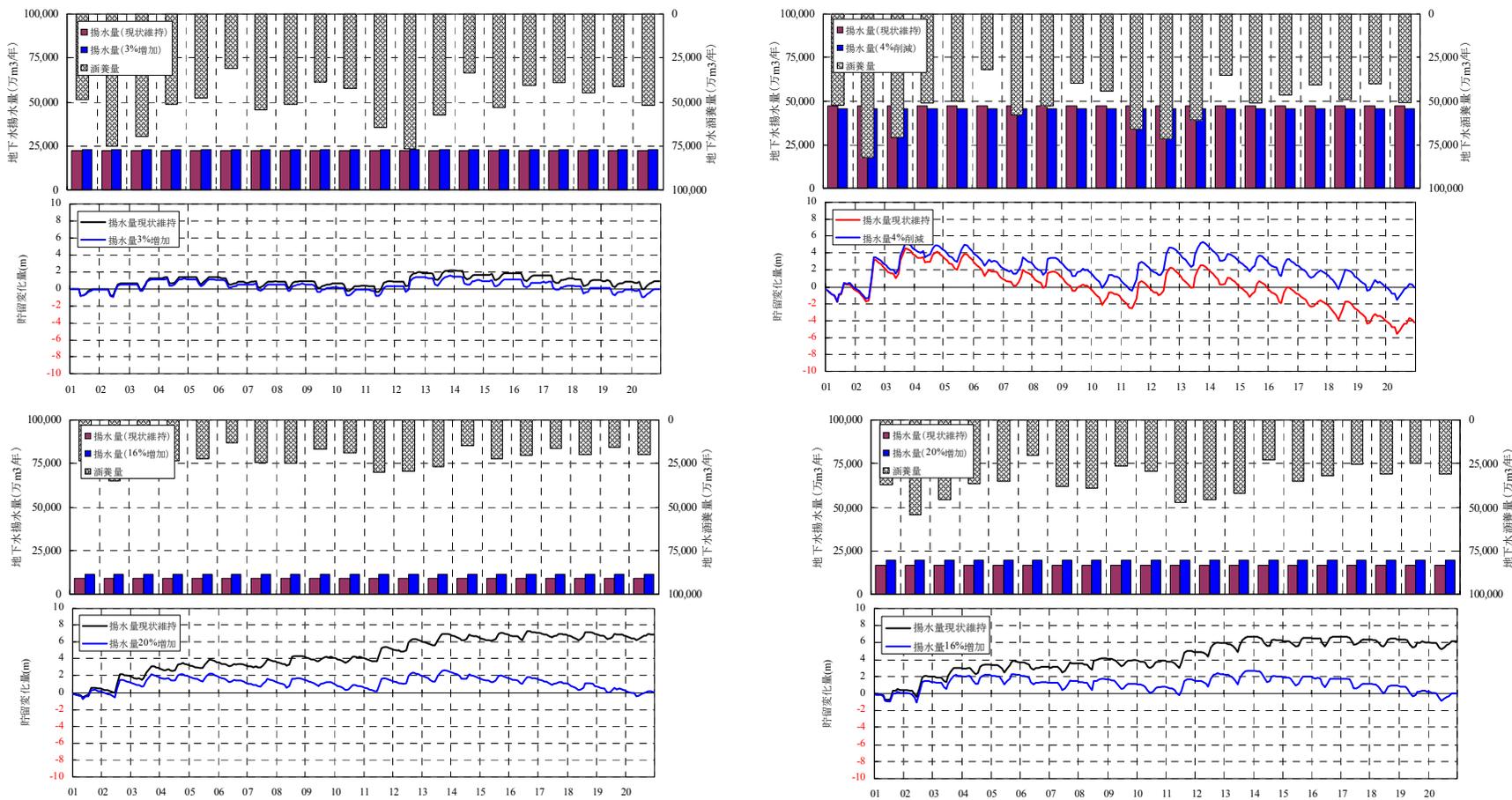


图 3.2.5 蓄留量变化计算结果（最大可持续开采量）

(6) 地下水平衡和地下水位下降的关系

如前所述，在太子河流域平原地区的含水层分布区域，有四处地下水位下降区（漏斗地区）。我们认为，这些区域是因地下水超采造成的。除地区 2 以外，四处地下水位下降区所在的水收支计算地区的水收支都为盈余，另外，（相对于地下水补给量）地下水取水量和地下水流出量的比率也大至相等。

而地区 2 则处于因为超量开采地下水，地下水流出量比率大幅度下降的失衡的水收支状态。

另外，与地区 1、3 和地区 4 地下水位下降区域的面积达 30~70km<sup>2</sup> 的情况相反，在地区 2，已经形成大约 300km<sup>3</sup> 的一块大面积下降区。该地区地下水位下降正在向整个地区漫延，而且该地区内的水收支倾向正在引起大规模的地下水位下降（参照图 3.2.6）。

所以除了地区 2 以外，目前出现的地下水下降问题，可以通过以下要讲述的微观地下水管理得到控制。关于地区 2，我们认为必须首先在宏观地下水管理范围内采取对策，在此基础上，来减少地下水位下降区域。

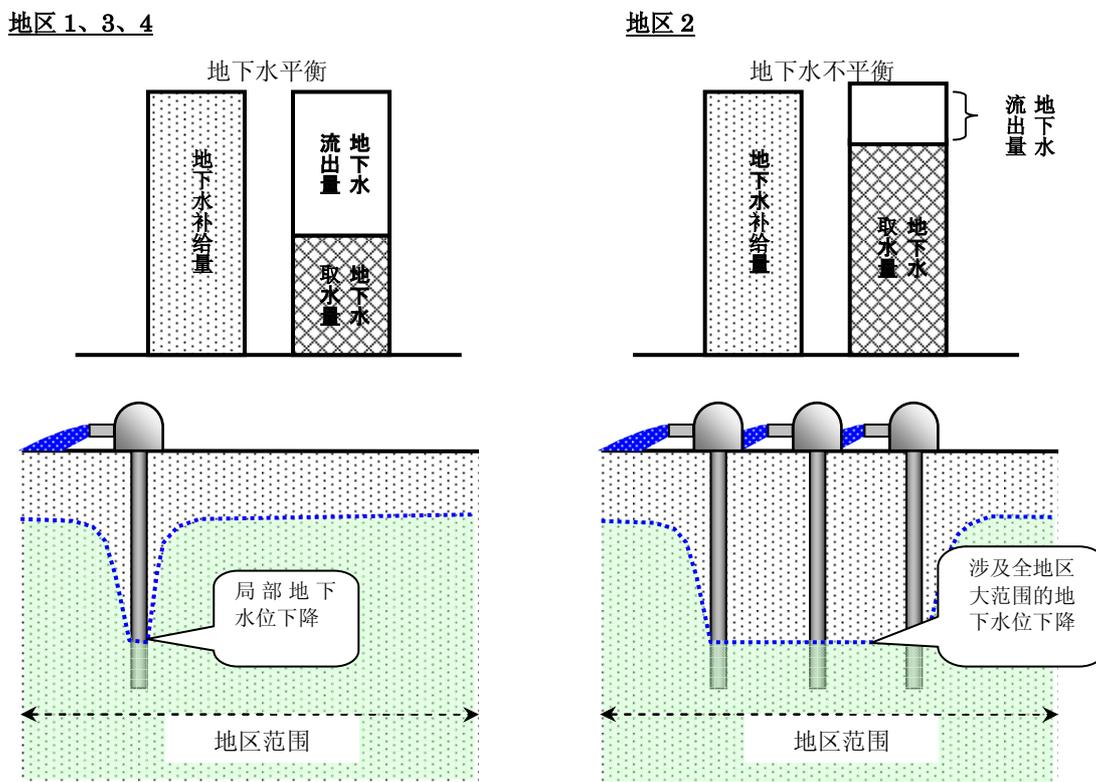


图 3.2.6 地区间水平衡和地下水位下降

(7) 地区 2 地下水位下降区（漏斗地区）的改善对策

为了削减地区 2 的地下水位下降区，要求将水收支状况改善到与其它地区的同级水平。表 3.2.2 根据在(4)项使用的 20 年地下水蓄留量变化研究成果（取水量定为可持续最大取水量）取得的水收支计算结果（20 年平均值），显示了各地区地下水取水量占地下水流入成分的比例。

表 3.2.2 地下水取水量占流入成份的比率 (单位: 万 m<sup>3</sup>)

地区	流入成分: Qin			流出成分: Qout				取水量/Qin (%)
	地下水补给量	地下水流入量	合计	地下水取水量	基底流出量	地下水流出量	合计	
地区1	50,611	0	50,611	23,004	8,913	18,642	50,559	45%
地区2	33,606	18,642	52,249	45,520	6,797	0	52,317	87%
地区3	22,347	0	22,347	11,183	11,122	0	22,305	50%
地区4	35,040	0	35,040	19,685	15,399	0	35,084	56%

从上表可知,在除地区 2 以外的区域,下水流入成分中,地下水取水量所占比例为 40~50%。而地区 2,该项比率达 87%,与其它地域相比,该数值相当大。

为了改善地区 2 的现状,使其数值与其它地区的数值大小一样,必须将地下水取水量占地下水补给量的比率削减到(理想状态)50%左右。

所以,在 2003 年,需要将 474,160 千 m<sup>3</sup> 的地下水取水量削减到占地下水补给量 50%时的数值—261,244 千 m<sup>3</sup> 左右。削减量约为 200,000 千 m<sup>3</sup> (大约削减 45%)。

(8) 允许取水量

从上述研究结果看,在开发地下水平衡项目中,要获得满足水收支条件的地下水,应遵守的起码条件是满足“自然补给要件”的取水可能量(最大可开采量)。除此之外,就是确定考虑下述“社会环境、经济性可持续发展”条件的“允许取水量”切实可行地实施地下水管理。表 3.2.3 显示了太子河流域内应该考虑的与上述要件相关的项目。

- 确保伴随开发而来的经济性“经济要件”
- 与其它水权没有抵触的“法律要件”
- 不产生地面下降和水质恶化的“地质环境要件”
- 不损害市民生活舒适性的“亲水环境条件”

表 3.2.3 地下水利用量与社会环境、经济环境、经济方面有关的可持续事项

必要条件	内容
经济条件	➤ 在粗型、就业、工业、生活用水中,大多使用地下水,(只要不能确保替代水源)削减取水量即会影响到这些利用者的生产性。
	➤ 由于地下水位下降,取水设备(泵)的规模加大,维修管理费用(电费和柴油用费等)增加。
法律条件	➤ 当地下水取水量增加时,会连带基底流出量减少,并给地表水流量造成影响。
	➤ 由于地下水位下降(漏斗现象)在现有水井中出现了不能再抽到水的水井。
	➤ 由于地下水位下降(漏斗现象)水田产生的漏水量增加,农业用水取水量增加。
地质环境条件	➤ 由于地下水位下降(被污染),表流水的伏流量增加,使地下水水质恶化。
亲水环境条件	➤ 当地下水取水量增加时,会连带基底流出量减少,并经常发生断流。

对于上述项目,在后述的微观性管理指标中,反应其内容的基础上,必须规定允许取水量之后,推行适宜的地下水管理。

### 3.2.2 微观地下水管理指标值

#### (1) 微观地下水管理的地下水保护对策流程图

在微观地下水管理中，必须针对各地区产生的（或将要产生）地下水问题，采取对应各项问题的措施。图 3.2.7 为微观地下水管理地下保护对策流程图。日本的地下水管理基本是按图中所示的微观地下水管理方法进行，以防止地面下降为目的，采取各种控制对策。

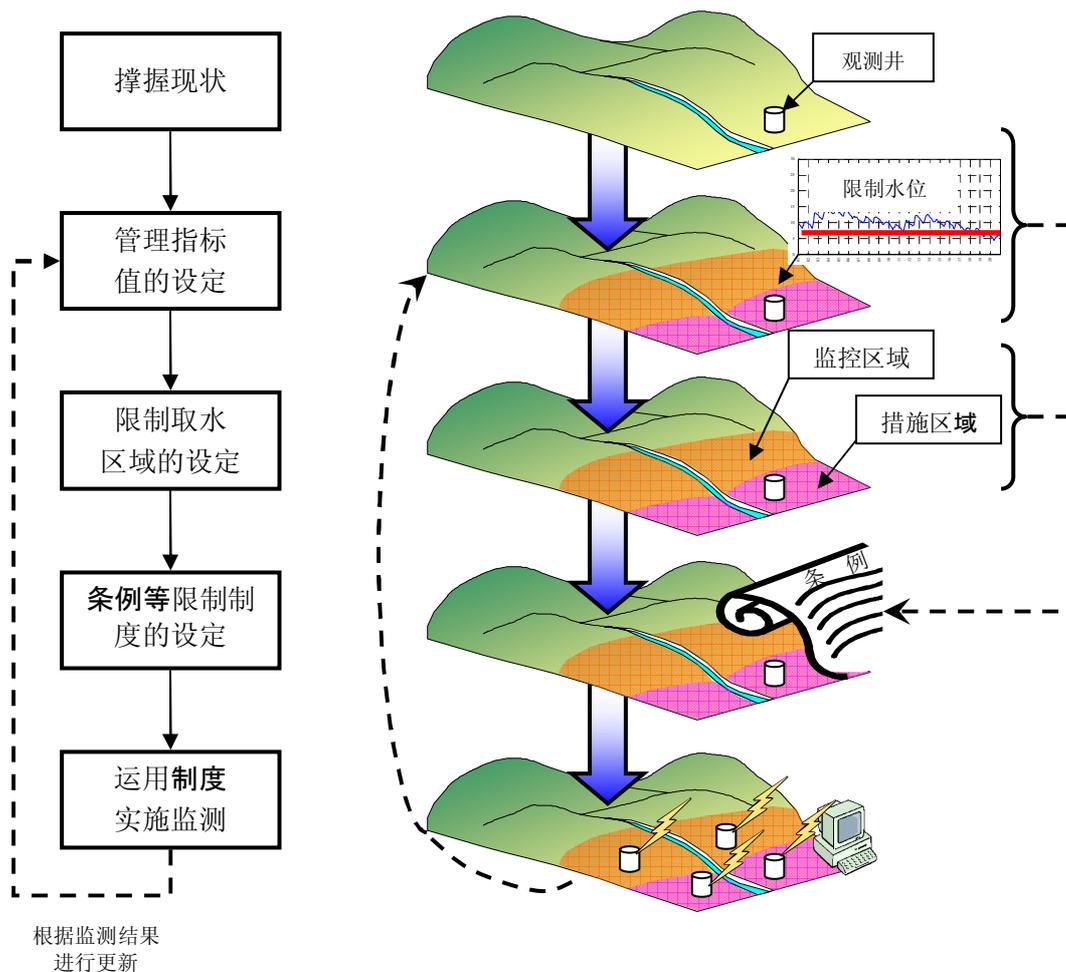


图 3.2.7 微观地下水管理的地下水保护对策流程图

#### (2) 掌握与太子河流域地下水问题有关的现状

正如以上所述，太子河流域内发生了各种各样的地下水问题。本调查采用地下水位下降程度最大、并且已经采取措施的与地下水平衡有关的研究结果，在地下水收支计算结果为负值的辽阳县首山镇周边，实施与地下水位及地下水取水量有关的监测，并确认该地区正在发生的地下水问题的详细情况（将在第 4 章详细阐述）。特别是辽阳县首山镇周边地域（计算得出地下水收支区域的地区 2），由于地下水大幅度下降，使现有水井干涸，因地表水径流量增加，导致地下水污染加剧。即使是其它已经计算了地下水收支情况的整个地区，与地区 2 比较，尽管规模还小，但是同样存在地下水位

下降区，而且出现了同样的问题。所以，作为已经构成太子河流域内微观地下水管理对象的地下水问题，是发生地下水位下降区（漏斗地区），可以说，解决这一问题是推行未来地下水利用工作的一大目标。

(3) 地下水管理目标取水量定额

根据前面计算得出的地下水可持续开采可能量，用含水层分布面积除以该量的结果，求出每一单位面积可持续开采量。通过将该单位面积可开采量作为在进行微观地下水管理基础上的目标管理值有效利用，可以实现更有效的地下水管理。

这里首先就可以取得地下水收支平衡的地区 1、3 和 4，计算 20 年间地下水蓄留量变化研究结果的水收支结果中获得的地下水补给量和地下水可持续开发的可能量的比率，求出了用含水层面积除的单位面积可开采量。结果如表 3.2.4 所示。

表 3.2.4 每一单位面积地下水可开采量

地区	补给量 (万 m <sup>3</sup> )	最大可持续 用水量 (万 m <sup>3</sup> )	含水层面积 (km <sup>2</sup> )	单位面积可开采量 (万 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年)
1	50,611	23,004	1,477	15.57
3	22,347	11,183	559	20.01
4	35,040	19,685	876	22.47

对于已经打破地下水收支平衡的地区 2，计算了不会引起地下水干涸的可持续用水量，但是，为了恢复目前该地区正在产生的大范围地下水位下降，要求进行更广泛的削减地下水开采量工作。这里将地区 2 的目标用水量设定为两个阶段，第一阶段确定为不引起地下水干涸的最大开发可能量，第二阶段确定为使地下水位下降得到恢复的最终目标取水量（地下水补给量的 50%）。表 3.2.5 所示为与地区 2 有关的不同阶段单位面积可开采量。

表 3.2.5 单位面积地下水可开采量

阶段	补给量 (万 m <sup>3</sup> )	最大可持续 用水量 (万 m <sup>3</sup> )	含水层面积 (km <sup>2</sup> )	单位面积可开采量 (万 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年)
1	52,249	45,520	932	48.84
2		26,124		28.03

(4) 单位面积可开采量和地下水位下降

图 3.2.8 表示采用雅各布非平衡公式（下式），在各地区持续进行一年单位开采可能量状态下距水井各距离的地下水位下降量的计算结果。

$$s = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log \frac{2.25Tt}{r^2 S}$$

$s$  : 地下水位下降量、 $Q$  : 取水量  
 $T$  : 渗透系数、 $t$  : 时间  
 $r$  : 距观测井距离、 $S$  : 蓄留系数

计算结果渗水量系数为 86m<sup>2</sup>/day（饱和渗透系数 0.001cm/sec、含水层百 100m）、蓄留系数为 0.1

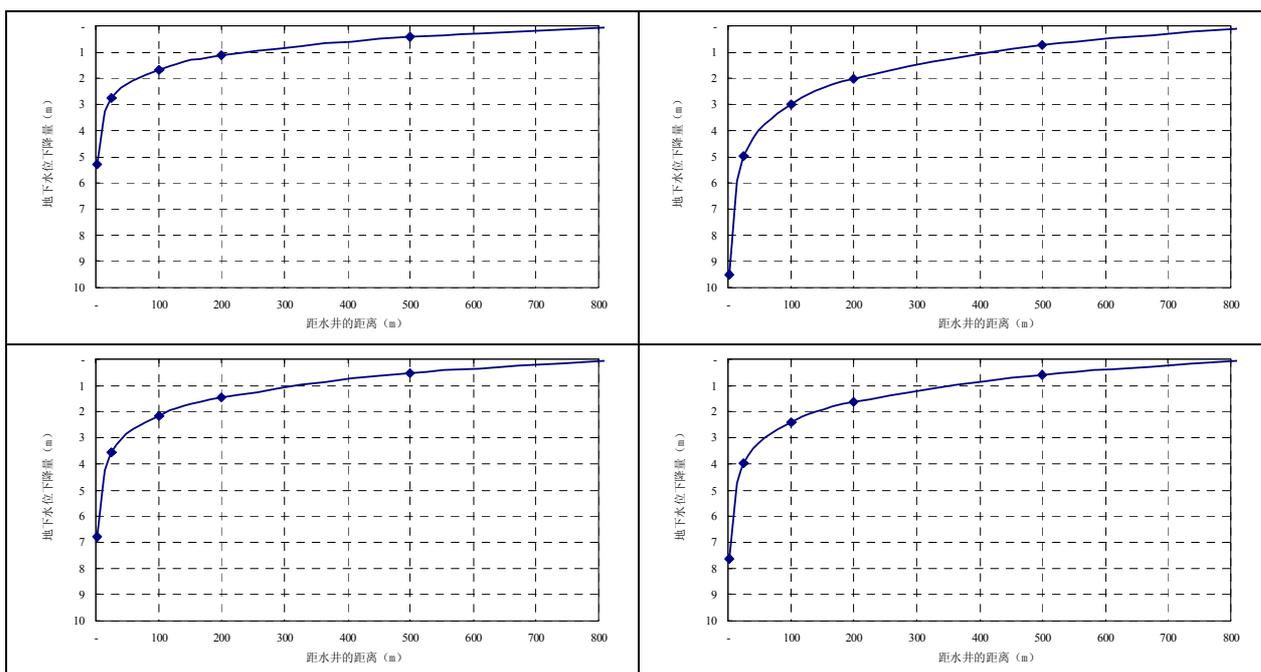


图 3.2.8 单位面积可开采量和地下水位下降

如图 3.2.8 所示，即使在采用单位面积可开采量进行取水的情况下，距水井 500m 的地下水位下降量在 1m 以下。所以，在每 1km<sup>2</sup>，采用单位面积可开采量以下的取水量进行地下水开发时，水井相互干涉范围被控制在 1~2m 内，将不会产生大范围的地下水位下降（漏斗现象）。

### 3.2.3 使用指标值进行地下水管理的实例

#### (1) 详细掌握地下水取水量

在地下水管理方面，最重要的是详细掌握现行地下水取水量。为此，必须尽可能掌握所有水井的配置和取水量等水井信息。

具体地说，就是由行政负责机关走访调查，制作详细的水井台账。为了把握现状，即使对那些本来没有申请取水许可证义务的水井，也要尝试取得它们的信息。

#### (2) 确认地下水盆水收支平衡情况

就已经收集到的地下水取水量，按不同地下水盆累计总取水量，确认宏观管理指标值是否下降。

#### (3) 采用单位面积可开采量抽出超采地区

首先将流域划分成 1km<sup>2</sup> 网格，再对每 1km<sup>2</sup> 的单位取水可能量和实际取水量进行比较。以每 1km<sup>2</sup> 网格的单位面积可开采量对应的比率为基础，根据与单位面积可开采量的比较，计算超出单位面积可开采量地区的必须削减量。

#### (4) 取水井的再配置计划

就可变更水井配置的地点，制定水井再配置计划。在这种情况下，以前面所述单位可开发量为

标准，每个 1km<sup>2</sup> 网块的开采量都不得超过标准值。

#### (5) 减少取水量对策的实施

作为地下水取水量削减对象地域，被分类的地方、根据相对于单位取水量之差的大小，进行几个阶段的级别分类。要从按上述分类后的对策级别最高的开始实施削减取水量措施。特别是利用追加征收水资源费实施节水对策，通过在上述对策级别高的措施中向将成为更高费用倾斜，确立更有效的节水。

#### (6) 新增取水许可

与上述削减地下水取水量相比，就尚未达到单位面积可开采量的地方继续发放取水许可证进行地下水开采。这里，将目前正在按用水定额发放的取水许可证与单位可开采量进行比较后再发放。通过此法，将可以防止超采地下水，并进行地下水可持续开发。具体地说，就是要对申请许可取水量和各网格地区的剩余可能开采量进行比较，如果申请量在剩余可开发量以下，便批准其申请，如果申请量高于剩余可开发量的话，便只批准到剩余开发量为止。

#### (7) 持续监测的实施

就地下水位和地下水取水量实施持续型监测。我们希望就地下水位，尽可能在对象区域内无一遗漏地设置观测井。而要全量掌握取水量，在物理上说是不可能的。但要努力做到尽可能无调查疏漏。

#### (8) 监测结果的反映

在由监测确认的地下水位下降地方，存在超采地下水的 possibility。所以，为了确认有无水井等，必须进行详细的现场调查。