

在浅部井及深部井喷出的热水全部回灌并且总蒸汽流量不低于 200t/h 的情况下(情况 II-3), 经计算需要追加 3 孔深部补充井。而无回灌、蒸汽流量维持在 200t/h 时, 需要 2 孔深部补充井。但是追加第 3 孔补充井的时间比上述两种情况要晚 5 年。与上述的两种情况相比较, 由于浅部生产井流体温度下降较少, 致使蒸汽流量降低量也减少。但在图 2-8-86 中, 由于热水回灌, 热储层压力上升, 可看到回灌维持的正效应。从上述结果来看, 在实际实施回灌的同时, 本热储层有足够实现蒸汽流量不低于 200t/h 的生产能力。

(3) 资源量评价的结论

资源量评价的结论如下所示。

- ① 羊八井地热热储层具有继续在浅部热储层进行浅部状况下生产的能力。
- ② 浅部热储层与追加的深部 ZK4001 井一起有继续生产的能力。
- ③ 浅部与深部共同的蒸汽生产能力为 200t/h。
- ④ 浅部与深部共同的蒸汽生产能力不是不可能达到 240t/h 但风险很高。
- ⑤ 浅部与深部共同的蒸汽生产可能不会达到 280t/h。
- ⑥ 即使进行回灌热储层的生产能力也不变。不论向羊八井地区北部、中部、南部任何地方回灌效果都一样。

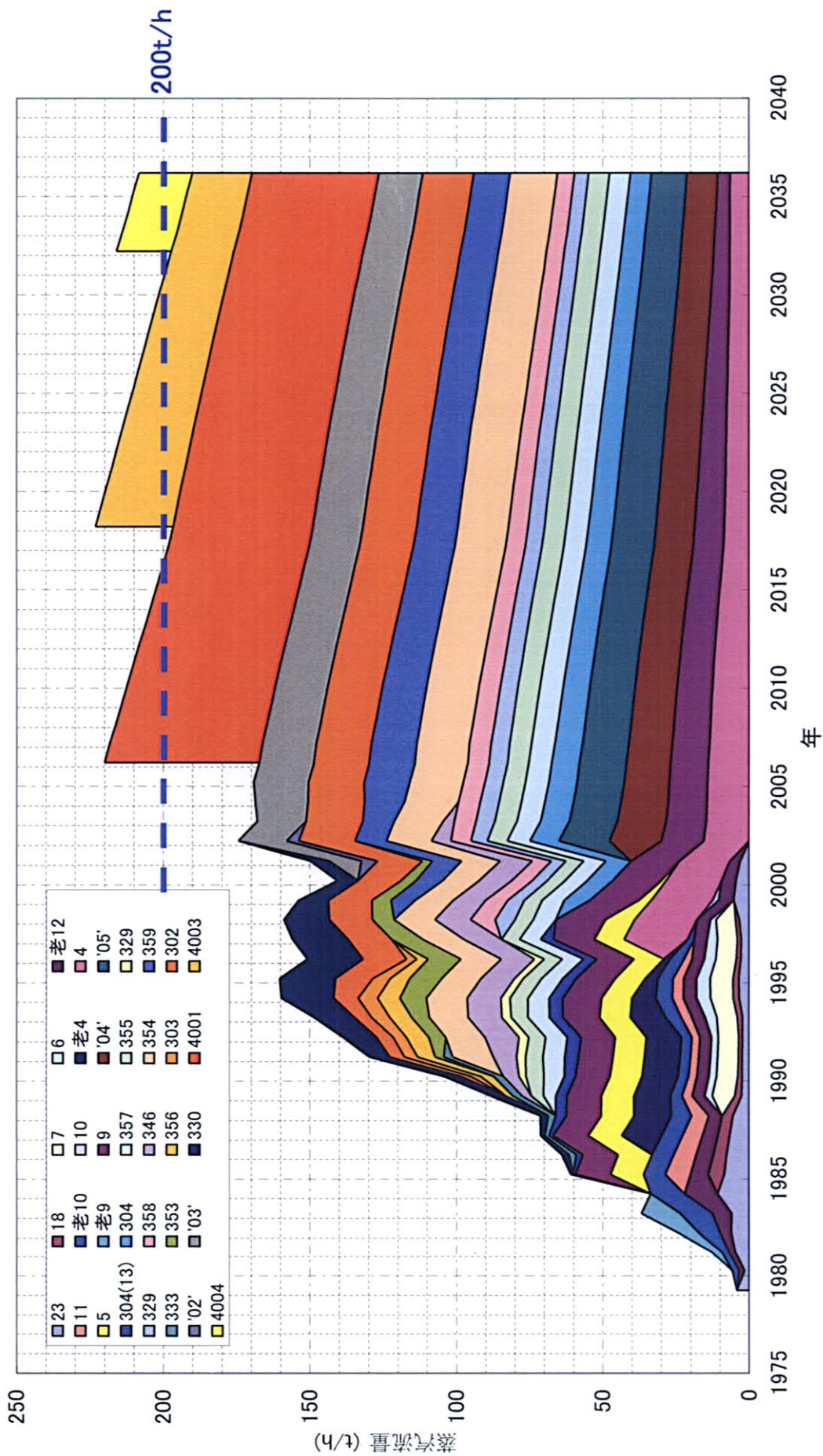


图 2-8-8.5 蒸汽流量的性状预测结果(情况 II-3: 维持蒸汽流量 200t/h, 并且深部井热水向地区南部回灌)

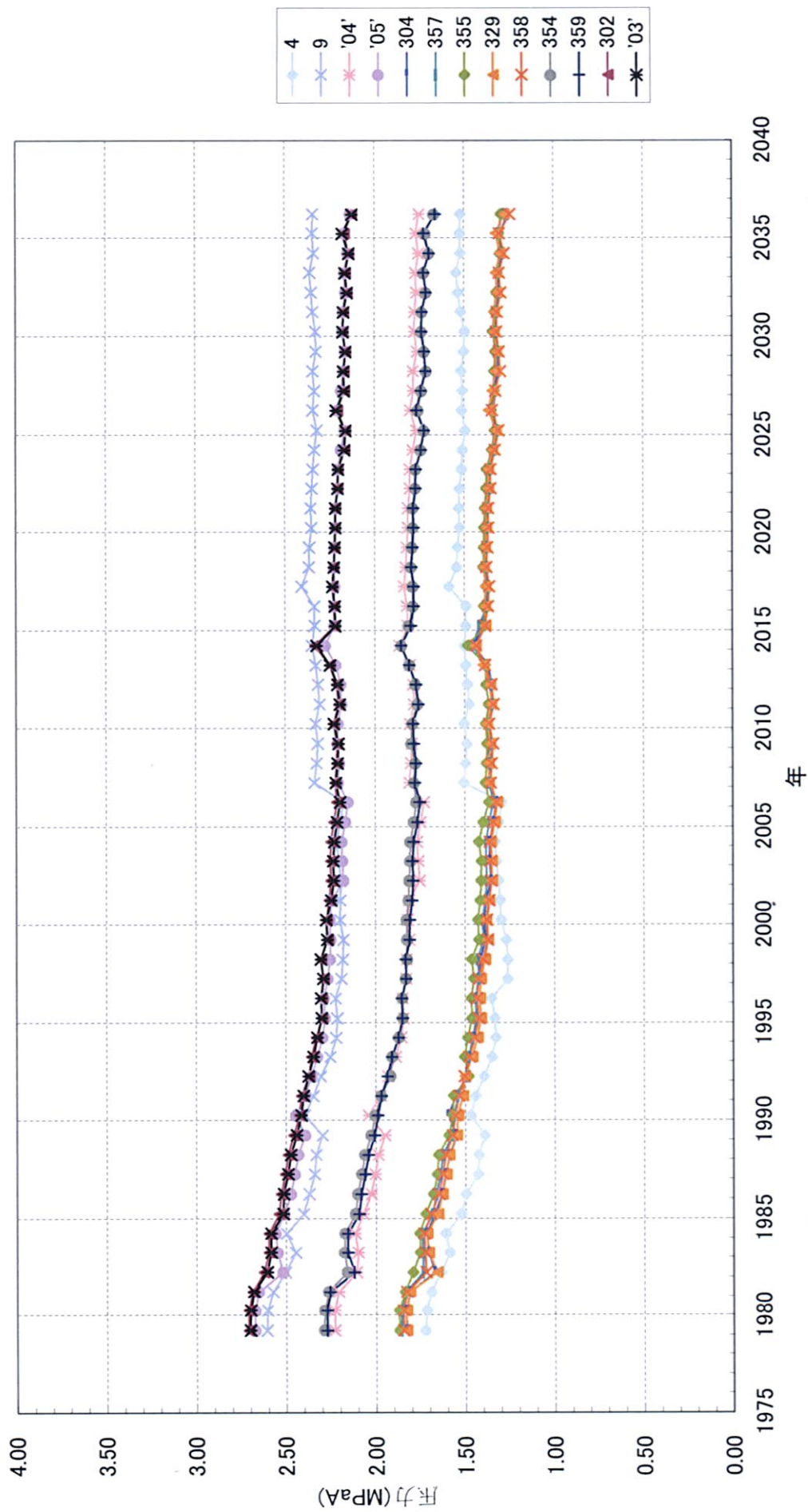


图 2-8-8-6 浅部井流入点区域的压力性状预测结果 (情况 II-3: 维持蒸汽流量 200t/h, 并且深部井热水向地区南部回灌)

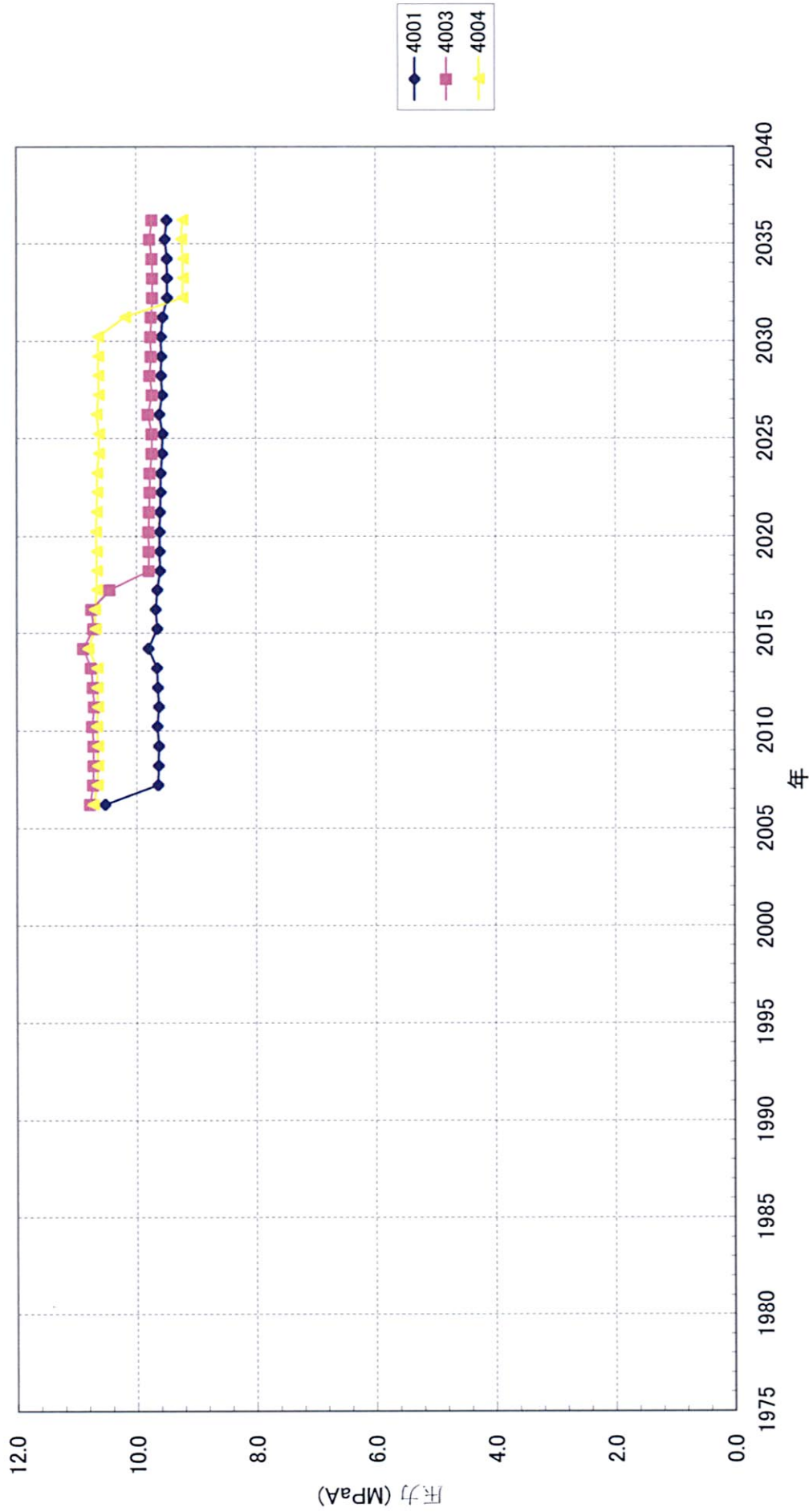


图 2-8-8-7 深部井流入点区域的压力性状预测结果 (情况 II-3: 维持蒸汽流量 200t/h, 并且深部井热水向地区南部回灌)

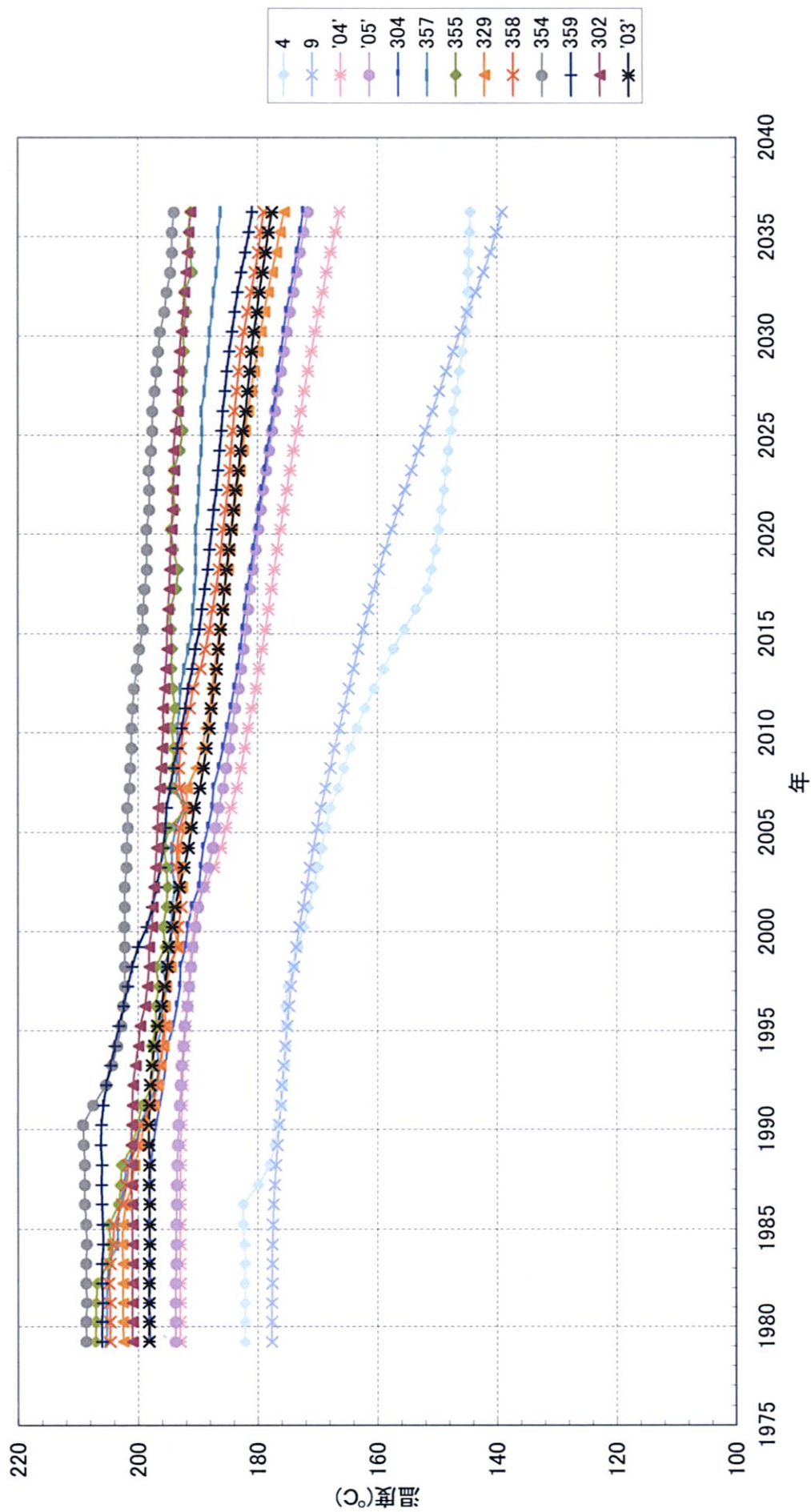


图 2—8—8 8 浅部井流入点区域的温度性状况预测结果 (情况 II—3: 维持蒸汽流量 200t/h, 并且深部井热水向地区南部回灌)

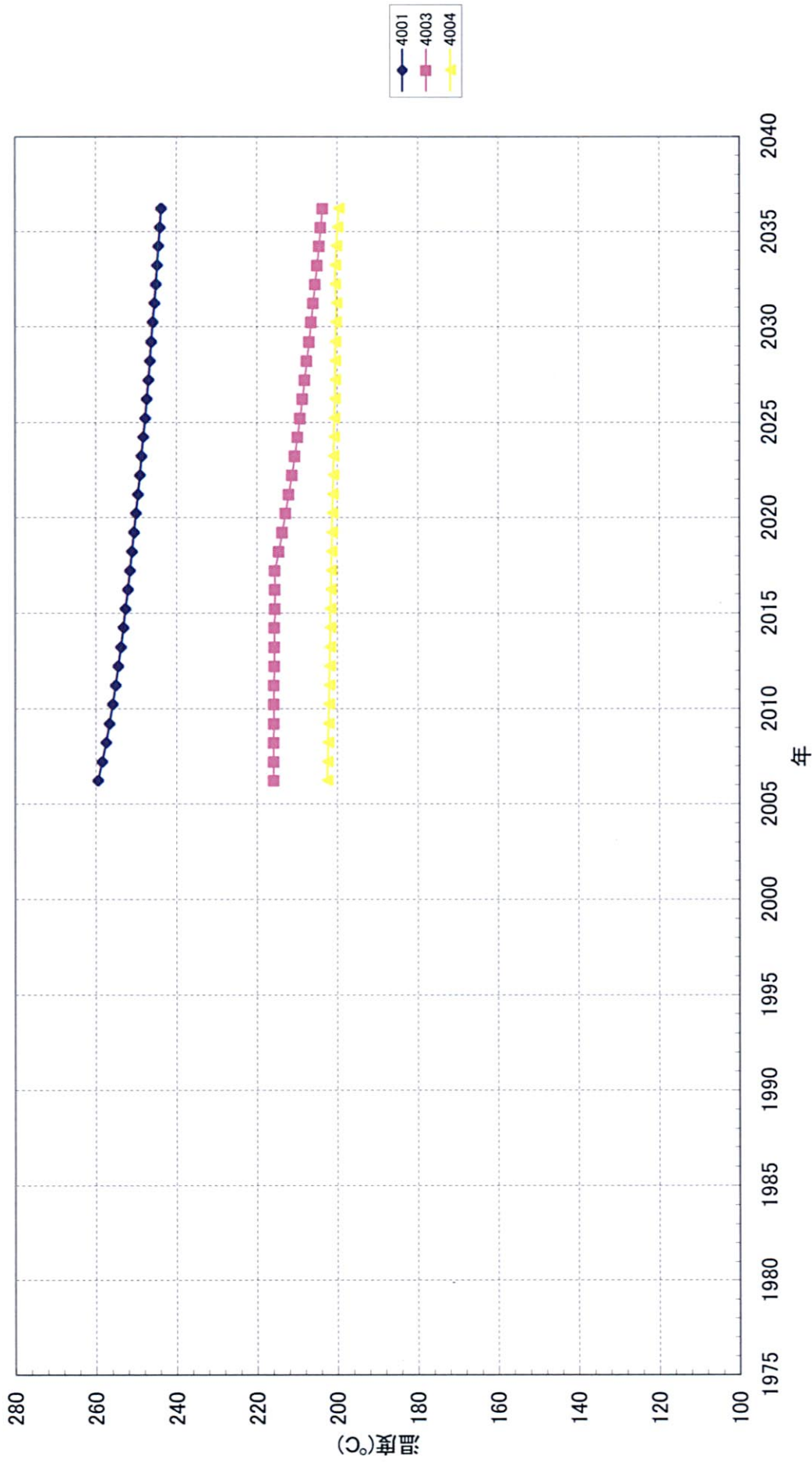


图 2-8-8-9 深部井流入点区域的温度性状预测结果 (情况 II-3: 维持蒸汽流量 200t/h, 并且深部井热水向地区南部回灌)

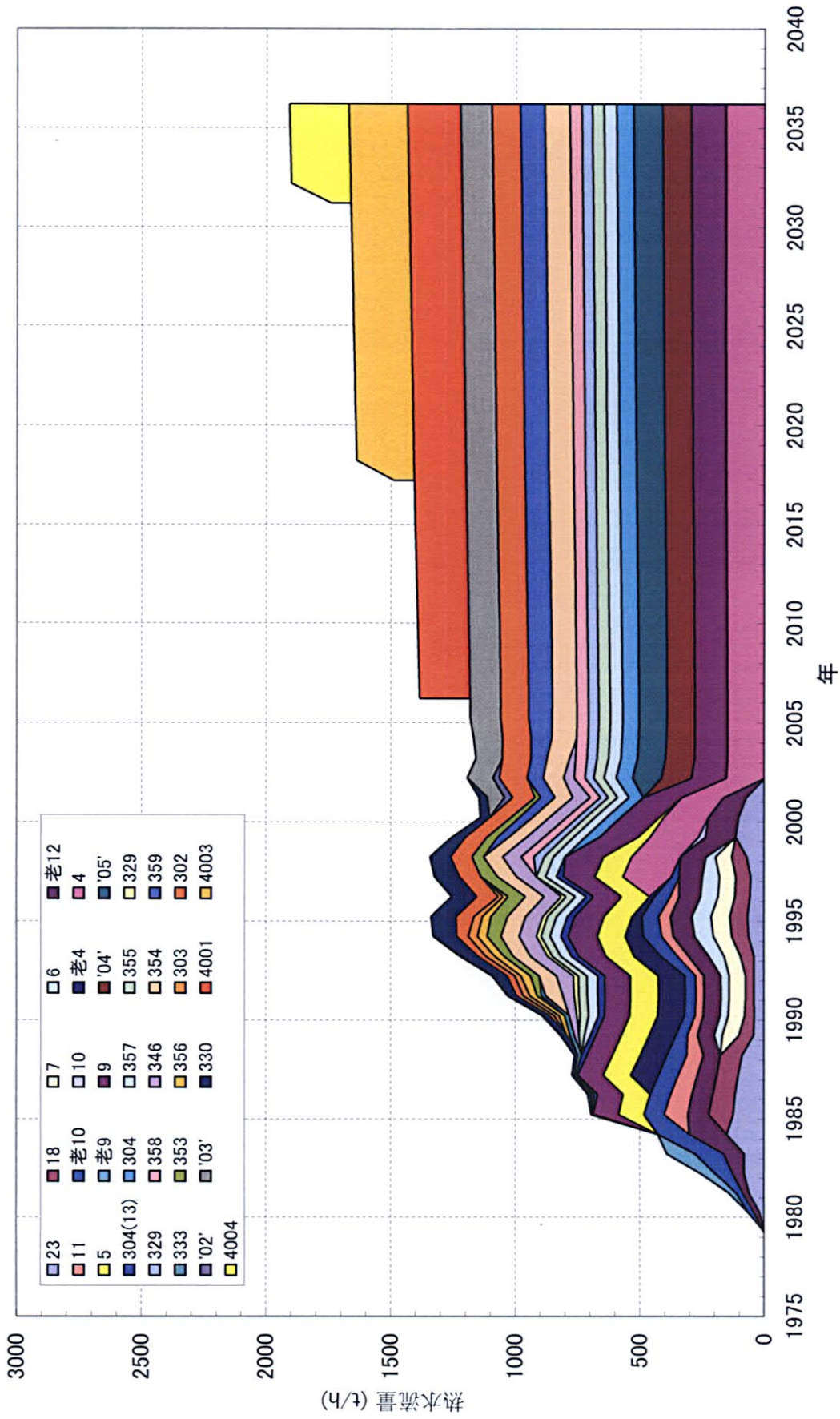


图 2-8-9-0 浅部井流入点区域的压力状况预测结果 (情况 II-3: 维持蒸汽流量 200t/h, 并且深部井热水向地区南部回灌)

3 技 术 转 让

3 技术转让

3-1 技术转让的目的和目标

本开发计划调查的目的是调查羊八井地区深部地热资源及评价资源量，同时把调查、钻探、评价等技术转让给中国方面。具体转让的重点项目包括：从地表开始的地热调查技术、地热井钻探技术(特别是倾斜钻探技术)、热储层评价技术。

技术转让的目标是，将来中国方面单独利用这些技术可以进行地热调查开发。

3-2 技术转让的方法

根据以下几点方法进行技术转让。

①技术转让研讨会

对中国方面的技术人员召开技术研讨会。在现场实际进行调查、钻探、热储层评价等工作时，在工作场地、调查团办公室、发电厂办公室等地召开研讨会。

②工作

具体的技术是结合现场工作，边工作边培训。实际上在调查、钻探、热储层评价等工作中随时进行了。

③日本国内的培训

邀请与本调查相关的西藏人员到日本进行培训。培训是通过在会议室进行讲义、到日本的地热发电厂和发电设备制造工场等地去实习、交换到相关机构的访问意见等。

3-3 技术转让的内容

各项转让的技术包括以下内容。

3-3-1 地表地质调查技术

①地表地质调查的方法

对蚀变带调查法和断裂系统调查法进行了技术转让。

②地表地质调查的解释方法

对 X 射线分析法、热发光法、利用卫星照片解译地质构造等技术进行了转让，而且在这些调查结果的基础上对羊八井的地质构造进行了探讨。

3-3-2 电磁勘探技术

①现场测定技术

进行现场测定时，对减小噪音、提高效率的测定方法进行了技术转让。

②解析技术

根据测定的结果，对 1 维解析、2 维解析、3 维解析方法进行了技术转让。

③勘探结果的解析技术

根据 1 维解析、2 维解析、3 维解析的解析结果判定地热热储层位置的方法进行了技术转让，并根据本次勘探结果对地热勘查井的钻探位置进行了共同的探讨。

3-3-3 钻井的钻探技术

① 倾斜钻探技术

就倾斜钻探计划的制定、钻探组合的选定方法、必要的资材、工作顺序、井迹控制技术、井迹管理技术等进行了技术转让。

② 泥浆漏失对策技术

泥浆漏失处的见地、泥浆漏失防止剂的使用技术、水泥固结技术、泥浆漏失钻探技术等进行了技术转让。

③ 高温地层的钻探技术

作为高温地层的钻探技术，对循环泥水冷却设备和冷却方法的技术进行了转让。

④ 侧向开窗技术

在侧向开窗技术中，就制定侧向开窗计划的技术、铣磨套管技术、套管开窗区间选定技术、侧向开窗工程的顺序、资材等进行了技术转让。

⑤ 钻井规格的制定、进度管理

套管井身组合计划的制定、根据钻探流程图对实际工程进度的管理、从资材筹备管理缩短工程时间的技术等进行了技术转让。

⑥ 钻探设备的改进

为了进行深部地热钻探，对钻探设备的改进方法和整备方法进行了技术转让。

⑦ 卡钻事故的防止技术

用钻孔振击器来预防落物事故的技术、钻杆切断事故的防止、事故发生时的对策等进行了技术转让。

3-3-4 钻井地质调查技术

① 岩石试料的标记、保管方法

对岩石试料的标记、保管方法，岩样切取的制作方法和其使用方法进行了技术转让。

② 岩石观察方法

对岩石试样通过实体显微镜和偏光显微镜进行观察的方法、岩石试样薄片的制作技术等进行了技术转让。

③ 泥浆漏失深度的确定方法

这是地热井钻探调查时，重要且较难的课题之一，关于泥浆漏失深度的确定方法，通过综合考虑蚀变矿物、温度曲线、钻进率、钻探参数等来确定漏失深度的方法进行了技术转让。

3-3-5 测井技术

① PTS 测井的方法

使用 JICA 提供的 PTS 检测器测井的方法、检测器的组合方法等进行了技术转让。并且在实际进行钻井检测工作时，对测井的方法进行了技术转让。

②PTS 测井数据的整理、解释方法

利用计算机对检测结果的数据进行整理的方法、从测井结果解释井内情况的方法进行了技术转让。

3-3-6 地球化学调查技术

①试样采取方法

关于地热热水、蒸汽等试样的采取方法进行了技术转让。特别是试样采取后如果马上不做前处理，就得不到正确的分析结果。因为这是地热的地球化学调查时特有的技术，就此进行了多次重复指导。

②分析方法

从试样采取到前处理、化学分析一连串的分析方法进行了技术转让。

③分析结果的评价

根据化学分析能不能得到正确的分析值的评价方法进行了技术转让。

④地球化学调查的解析方法

化学分析结果的数据整理方法、解析手法、对热储层结构的解释方法等进行了技术转让。

3-3-7 喷汽试验技术

①喷汽试验的方法

关于喷汽试验的意义、方法、设备等进行了技术转让。

②喷汽设备的操作方法

为了安全且正确地实施喷汽试验，对汽水分离器、热水槽、流量调整阀的作用和操作方法进行了技术转让。

③结垢试验方法

对于与喷汽试验同时实施的结垢试验，就试验的目的、方法、设备、解析方法进行了技术转让。

④流量的换算方法

对喷汽试验中所测定数据进行密度校正、井口压力换算是钻井评价的基础。对此换算的意义、原理、计算方法进行了技术转让。

⑤喷汽试验的数据处理

作为喷汽试验中数据处理的方法，数据换算为井口压力用流量来表示的必要性、两相流热量的算出方法、特性图的制作方法、用任意压力换算流量的意义与使用方法等进行了技术转让。

3-3-8 地热热储层评价技术

①热储层评价的整体概念

对地热热储层的整体构造、热储层的概念、热储层的成因、根据热储层模拟再现地热系

统的概念、热储层变化再现的概念、将来预测的概念等做了讲解并给予指导。

②热储层数据库的利用技术

有效利用大量观测数据的整理解析方法包括，热储层数据库利用的意义、JICA 提供的数据库软件的使用方法、利用数据库软件考察热储层结构等，对这些方法进行了技术转让。

③热储层概念模型的建立

热储层概念模型的概要、必要的数据库、模型建立的方法、建立模型时的注意点等进行了技术转让。而且根据实际数据，对羊八井地热热储层的概念模型进行了共同的探讨。

④热储层模拟的意义和方法

就热储层模拟的意义、目的、方法、顺序等做了说明，并且就地热储层的形成过程和形成条件、热传导模式和渗透率的关系等进行了技术转让。

⑤热储层模拟软件的使用方法

JICA 提供的地热热储层模拟软件的内容、输入文件的作成方法、计算顺序、计算结果文件的见地等进行了技术转让。

⑥热储层模拟的例题演示

关于热储层模拟的方法，对典型例题的提供、计算方法、结果的见地、例题的意义等进行了讲解演示。

⑦历时匹配模拟的方法

对历时匹配模拟的目的、解析内容、顺序等做了介绍，而且从热储层的观测结果推测热储层压力的方法、从发电输出量的结果推测蒸汽喷出量的方法、历时匹配模拟的具体事例、历时匹配模拟所必要的热储层观测项目等进行了技术转让。

⑧3 维可视化的方法

对热储层模拟结果利用 3 维可视化软件来表现的方法进行了技术转让。

3-3-9 地热发电厂的建立计划技术

①羊八井地热发电厂的现存问题

提出现在地热发电厂所存在的问题、问题的所在及原因、对策等进行了讨论并转让了技术。

②初步开发计划

在讨论热储层评价结果和现存问题的基础上，提出了羊八井地区将来应有的开发计划、见解、并进行了讨论，对基本的见解进行了技术转让。

③发电厂设备

在现存问题、初步开发计划的基础上，探讨了发电厂必需具有的设备内容，并就此见解进行了技术转让。

3-3-10 日本国内培训

共同合作人员的访日培训从 2001 年度开始到 2005 年度每年实施一次。培训的概要如下

所述。

(1) 2001 年度培训

①访日培训人员

范小平 西藏电力工业局 工程师 (现: 西藏地热地质大队)

②培训日程

2001 年 11 月 25 日到 12 月 20 日 (26 天)

③培训题目

为了热储层模拟建立地热系统模型

④培训内容

地热监测方法、热储层模拟方法、热储层模型的建立

⑤培训地点

日本重化学工业(株) 东京本社

日本重化学工业(株) 盛冈工业所

地质调查综合中心(筑波)

东北电力葛根田地热发电所

日本重化学工业松川地热发电所

(2) 2002 年度培训

①访日培训人员

蒋勇 西藏地热开发公司 总工程师

②培训日程

从 2002 年 11 月 10 日到 12 月 7 日 (28 天)

③培训题目

地热发电厂的运行管理

④培训内容

与地热关联的计测、地热蒸汽生产·热水回灌、结垢策、同位素试验

⑤培训地点

日本重化学工业(株) 东京本社

日本重化学工业(株) 盛冈工业所

东北电力葛根田地热发电厂

日本重化学工业(株)松川地热发电所

富士电机(株)

日本钢管(株)

(3) 2003 年度培训

①访日培训人员

刘 旭耀 西藏电力工业局 生产技术部 副主任
黄 小波 西藏地热开发公司 副总经理

②培训日程

从 2003 年 11 月 30 日到 12 月 26 日 (27 天)

③培训题目

地热开发

④培训内容

日本的地热开发状况、日本地热开发的政策支援、地热发电设备、地热热储层的评价、建设计划的制定、经济性评价、资金筹备

⑤培训地点

东北水力地热(株) 东京本社
国际协力银行
住友商事(株)
富士电机(株)
日本钢管(株)
东北水力地热(株)松川地热发电厂

(4) 2004 年度培训

①访日培训人员

王 庆华 西藏电力工业局 局长
高 应云 西藏电力工业局 总工程师
陈 新民 西藏电力工业局 总经济师
杜 金水 西藏电力工业局 生产技术部主任

②培训日程

从 2004 年 10 月 11 日到 26 日 (16 天)

③培训题目

中国地热发电开发

④培训内容

地热发电事业的经营、新建地热发电厂的经营

⑤培训地点

日本重化学工业(株) 东京本社
国际协力银行
住友商事(株)
富士电机(株)
东北电力葛根田地热发电所

北海道电力森地热发电所

(5) 2005 年度培训

①访日培训人员

刘 晓明	西藏电力工业局	副局长
旦正才旺	西藏电力工业局	企划部副主任
曾 毅	西藏电力工业局	生产技术部 高级工程师
王 大宏	西藏电力工业局	生产技术部 工程师
刘 承志	西藏地热开发公司	地热发电厂 工程师
索 加	西藏地质矿产勘查开发局	地热地质大队 大队长

②培训日程

2006 年 3 月计划实施大约 2 周。

③培训题目

中国地热发电开发

④培训内容

地热发电事业的经营、新建地热发电厂的经营

⑤培训地点

日本重化学工业(株) 东京本社
国际协力银行
住友商事(株)
富士电机(株)
东北电力葛根田地热发电所
北海道电力森地热发电所

3-3-1.1 研讨会(拉萨报告会、北京报告会)

在本开发计划调查的最后阶段,关于到目前的调查结果向中国方面做了汇报,为此,在北京召开了报告会就此调查结果进行讨论。对热储层评价结果的汇报和根据评价结果探讨初步开发计划是本次会议的重点。

(1) 拉萨报告会

拉萨报告会于 2005 年 11 月 18 日和 25 日召开。

中国方面参加的人员有西藏电力工业局的刘晓明副局长、与地热发电的有关部门、羊八井地热发电厂、地热地质大队等大约 30 余人。调查团经过 6 年的工作,就到目前为止的调查结果做了总结报告,特别介绍了评价热储层的方法、结果,及根据生产预测模拟制定的初步开发计划提案,并就此进行了讨论。

(2) 北京报告会

北京报告会于 2005 年 12 月 1 召开。

中国方面参加本次会议的有中国能源研究会地热专业委员会的成员等地热专家、与地热发电开发有关的行政当局负责人、西藏电力工业局、西藏地热开发公司、地热地质大队等大约 40 余人。日本方面为来自 JICA 中国事务所、调查团等方面的大约 10 余人参加了本次会议。北京报告会参会人员名单见表 3-3-1。

调查团经过 6 年的工作，就到目前为止的调查结果做了总结报告，特别介绍了评价热储层的方法、结果，及根据生产预测模拟制定的初步开发计划提案，并就此进行了讨论。最终的意见是，中国地热方面的专家认为本开发计划调查的成果具有先进性和确切性，而且认为初步开发计划的提案也比较妥当。

3-4 技术转让的成果

经过 6 年的调查，实施的技术转让取得了按照当初预计的效果。这些成果整理如下：

①每一种调查方法都进行了详细的技术转让，西藏方面基本上达到了可以实施这些调查的水平。

②地球化学监测、压力监测等计划由西藏方面今后继续实施。

③在钻探技术方面，通过 CJZK3001 井的钻探、倾斜钻探技术、泥浆漏失防止技术、侧向开窗技术等进行了充分的技术转让，而且 CJZK3001 的钻探工作也主要是由西藏方面实施的。

④关于喷汽试验技术，在长期喷汽试验中与当地地热发电厂的技术人员一同进行试验的结果及从技术内容到工作实施的过程来看，西藏方面已达到了自行实施的水平。

⑤在热储层评价技术方面，特别是关于地热热储层模拟，经过长期的练习和共同工作，西藏方面已经可以自行设定新的模拟情况和进行实际计算，达到了充分的技术转让。

整体来看，到目前西藏方面在关于地热调查开发的实际业务中，因为是努力自行实施并掌握有牢固的基础技术，所以能对日本方面的技术转让进行充分的理解和吸收。因此可以更快，更好的掌握这些技术。

表 3-3-1 北京报告会参会人员名单

姓名	单 位	职务/职称
张振国	中国能源研究会常务理事	教授
廖志杰	北京大学地球与空间科学学院	教授
刘时彬	北京大学地球与空间科学学院	高级工程师
赵 平	中科院地质与地球物理研究所	研究员
白铁珊	北京市地热研究院	教授
汤松然	国土资源探矿工程研究所	教授
刘志江	西安热工研究院有限公司	高级工程师
隋跃华	山东省维科特石油科技有限责任公司	总经理
宋玉宽	中石化石油勘探开发研究院	高级工程师
郑克炎	中国能源研究会地热专业委员会	高级工程师、教授
杨朝斌	西藏国土资源厅	高级工程师
李 华	西藏电力公司	高级工程师
陈新民	西藏电力公司	高级工程师
陶庆法	国土资源部地质环境司	高级工程师
刘旭耀	西藏电力公司	工程师
索 加	西藏地热地质大队	高级工程师
陈 健	西藏地热地质大队	高级工程师
瓦 黑	西藏科学技术厅	副处长
多 吉	西藏地勘局	总工程师
焦兴义	西藏地热开发公司/羊八井地热电厂	总经理 厂长
刘晓明	西藏电力公司	副总经理 高级工程师
将 勇	西藏地热开发公司/羊八井地热电厂	总工程师
曾 毅	西藏电力公司	高级工程师
王大宏	西藏电力公司	工程师
蒋祥军	国电热工研究院	教高
卢美健	西藏电力公司	主任 高级工程师
张 凯	国家电网公司	高级工程师
辜 彬	四川大学生命科学学院生态系	教授 (翻译)
赖 勇	北京大学地球与空间科学学院	副教授 (翻译)
王 珂	西藏大厦(拉萨)	翻译
吴 迪	住友商事	经理助理
渡边雅人	日本国际协力机构中华人民共和国事务所	副所长
國武大紀	日本国际协力机构中华人民共和国事务所	担当所員(所长助理)
宫崎真一	日本重化学工业株式会社(JICA 調查团)	团长
花野峰行	日本重化学工业株式会社(JICA 調查团)	副团长
木崎有康	日本重化学工业株式会社(JICA 調查团)	钻井
菱 靖之	地热工程株式会社(JICA 調查团)	地球化学
丹野 修	有限会社八幡平工业(JICA 調查团)	喷汽试验
荒井文明	地热工程株式会社(JICA 調查团)	地质调查
佐藤 啓	地热工程株式会社(JICA 調查团)	热储层评价
增田一樹	日本重化学工业株式会社(JICA 調查团)	能源部长

4 地热开发计划

4 地热开发计划

4-1 羊八井地热发电厂的主要问题及对策

下面对羊八井地热发电厂的现状、将来的主要问题以及对解决这些问题的基本思路给予记述。

4-1-1 蒸汽量的不足和发电输出量的降低

① 现在,羊八井依靠地热发电的第一厂、第二厂的总装机容量为 24,180kW,但实际上年平均发电量在 12,000kW 到 13,000kW 左右。发电量的降低虽然与季节需求有关,但是主要原因在于所利用的浅部热储层的温度和压力降低,导致蒸汽量生产减少。

② 依靠浅部热储层可以维持现有的蒸汽生产状况,但超过目前的蒸汽生产是不可能的。

③ 另一方面,如果深部热储层可利用的话,深部和浅部热储层总计生产蒸汽大约为 200t/h,经评价是比较稳定而且可以实现的,今后逐渐增加深部热储层的利用是保证发电输出量增加的基本方法。

4-1-2 设备的不适合与陈旧

① 现在第一厂、第二厂的发电设备分别是大约 25~20 年前、20~15 年前设计建设的,但是之后由于生产蒸汽的条件有所变化,现在的设备对浅部热储层生产蒸汽的条件已经不适合了。

② 发电设备陈旧。

③ 解决的基本办法是有必要更新现有的发电设备。

4-1-3 同时利用深部地热和浅部地热时存在的问题

今后的十几年中,在羊八井可同时利用深部地热流体和浅部地热流体进行生产,但是存在着以下几点问题。

① 为了用现有的低压汽轮机对深部热储层的高压蒸汽发电则蒸汽压力必需降低。降低蒸汽压力来发电将造成能源的大量浪费。

② 深部热储层的高压蒸汽以高压状态送入到现在的低压母管中的话,低压的浅部热储层蒸汽就不能合流,使浅部地热资源的利用受到制限。

③ 因深部热储层和浅部热储层的流体化学成分不同,如果混合的话通常会快速结垢。

④ 解决这些问题的基本方法是,深部热储层的蒸汽和浅部热储层的蒸汽分开来输送,并且使用不同的汽轮机。

4-1-4 结垢、腐蚀、不凝结气体

① 现在浅部生产井中由于碳酸钙垢附着于井内，需要进行定期的清理。从喷汽流体的化学分析结果判断，深部生产井(ZK4001)井内或着热储层内也结有碳酸钙垢。

② 在 ZK4001 井喷汽试验期间，井口分离器后面热水箱的排水阀处确认结有硅岩垢。这一点显示了在利用深部热水的情况下，热水温度降低后沉淀硅岩垢的危险性较高。

③ 在长期喷汽试验时进行的结垢试验中，几乎没有结垢，但是如果热水温度降低就有可能结垢。因此，在今后应及时实施结垢试验和防止试验等，并且必需采取相应的措施。

④ 喷汽试验设备上结有非常薄的黝铜矿、黄铜矿及非晶质硅岩垢，由于管道内侧有表面涂层，所以对管道的腐蚀不会有太大的问题。

⑤ 深部地热流体中含有比浅部流体多许多的不凝结气体。为此，汽轮机后面的复水器备有大容量的气体抽出器以便保持较高的真空度，这一点是很重要的。

4-1-5 回灌

废弃热水回灌到地下，对于保护环境、维持热储层压力是非常重要的，但是存在下面一些问题。

① 回灌的低温热水流回到热储层时，导致热储层温度下降，生产量减少。

② 深部高温热水的温度下降后回灌时，引起管道及回灌井内沉淀硅岩垢。

③ 深部高温热水在高温高压的状态下回灌时，如果回灌井的耐压性能不够，可能会引起蒸汽泄漏等事故。向浅部回灌时，从浅部热储层向地表也有蒸汽、热水泄漏的危险性。

④ 为了解决这些问题，进行回灌井能力的测定、结垢试验、高温回灌运作技术试验等，掌握适合羊八井实情的回灌技术是很重要。

⑤ 选择热水回灌的地点时回灌层的透水性必需要好。目前发现的可以进行热水回灌的有透水性的地方仅存在于浅部热储层。今后在寻找可以实施热水回灌的地方的同时，为了避开对生产的不利影响需要进行追踪试验等并调查回灌热水的状态等对策。

4-2 初步开发计划

4-2-1 基本计划

结合地热热储层的评价结果与上述所记诸问题，下述提议的基本计划认为比较妥当。

① 建议可以稳定生产的最终总蒸汽生产量为 200t/h 较好。此蒸汽量比较适合高压汽轮机，使用优质的设备可以发电大约 20,000kW。

② 羊八井今后的地热发电建议从利用浅部地热转向利用深部地热，而且需要渐渐的转变。

③ 现在的第一发电厂到 2010 年左右因陈旧而不能使用,建议在这一时期建设利用深部地热的第三发电厂。

④ 现在的第二发电厂到 2020 年左右因陈旧而不能使用,建议在这一时期建设利用深部地热的第四发电厂。

4-2-2 初步开发计划

在上述基本计划的基础上,提出以下的初步开发计划。(图 4-2-1)

(i) 第三发电厂的建设

① 第三发电厂利用深部的高温蒸汽,装机容量建议定在 6,000kW 左右。

② 建议第三发电厂在 2010 年之前建成。2010 年停止第一发电厂的运作。

③ 2006 年到 2010 年,建议追加钻 1 孔深部生产井,同时使用此追加井与 ZK4001 井 2 孔深部生产井。

④ 2006 年到 2010 年钻回灌井,进行高温热水的回灌试验,并且确定回灌技术。

⑤ 2006 年到 2010 年,对其它的高压蒸汽利用发电技术进行研究及设计设备。

⑥ 2005 年以后也继续对热储层温度、压力、地球化学监测及发电厂蒸汽量等进行观测。

(ii) 第四发电厂的建设

① 第四发电厂利用深部高温蒸汽,预计装机容量在 12,000kW 左右。

② 第四发电厂在 2020 年之前建成。2020 年,停止第二发电厂的运作。

③ 2005 年以后,继续对热储层温度、压力、地球化学监测及发电厂蒸汽量等进行观测,并进行必要的地热调查,在这些数据的基础上到 2015 年左右再重新评价热储层。

④ 按照重新评价的热储层,决定 2015 年到 2020 年第四发电厂的发电输出量,并钻生产井、回灌井,组装发电设备。

(iii) 本开发计划的成效

本开发计划具有以下的几点成效。

① 现在,由于羊八井地热发电厂用的仅是浅部地热,发电设备容量尽管为 24,180kW,但实际的发电出力在 13,000kW 左右。今后利用深部地热建立第三、第四发电厂,随着实际发电量的增加,发电设备的利用效率也会有所提高。

② 目前羊八井地热发电厂已经陈旧,这样也可以逐渐更新发电设备。

③ 仅现有的 ZK4001 井的蒸汽量就可以满足第三发电厂的输出量,另外追加 1 孔深部生产井就可以加强运行的稳定性。

④ 第四发电厂的建立到 2020 年前完成,利用深部地热发电的经验及在新的调查、研究

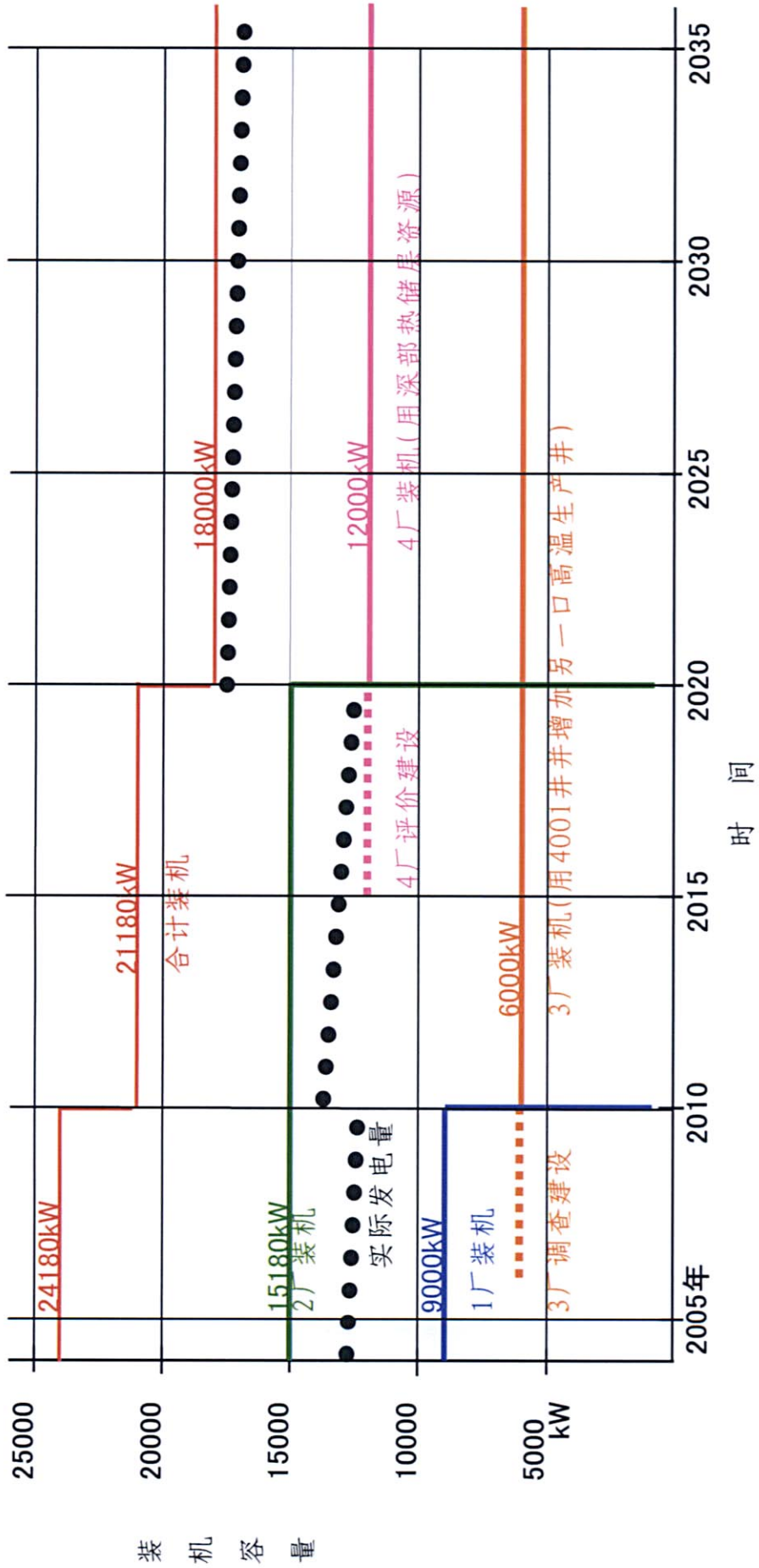


图4-2-1 羊八井地热发电厂 初步开发计划

成果的基础上，可增强运行的合理性、投资的安全性等。

5 建 议

5 建议

5-1 提出此建议时的现状认识

羊八井地热发电厂自调查开发以来已经过了 30 多个年头,在当地从事工作的人员对地热开发利用拥有非常丰富的经验。特别是从迄今为止进行的技术开发上,能够自行解决问题,显示有较高的技术能力。但与世界地热发电先进国家相比仍有差距。

5-2 整体建议

① 数据的获取

在钻探和发电厂运行中继续获取数据是很重要的(进行监测)。

② 数据的管理

数据实行统一整理、管理是很重要的。

③ 数据的灵活运用

为了解决问题和增进效率,通常在数据的基础上进行综合分析是很重要的。

④ 设备、机械材料、人才的充实

为获取数据及进行钻探等工程时,设备、机械材料、人材的备有是很重要的。

5-3 个别建议

认为特别重要的事项建议如下。

5-3-1 勘探

(1) 基本地形图的必备

① 地形、地热井、管道等位置的正确测量,羊八井开发地区的 1/5000 左右的详细地形图的必备是很重要的。

(2) 地球化学调查

① 为了对蒸汽、热水进行正确的化学分析,改善取样技术并保持确定的方法取样是很重要的。

② 继续对生产井喷出的蒸汽、热水的地球化学特性实施监测是很重要的。这种调查费用低且对于监测热储层与解决地热发电厂运行时出现的问题,效果是比较好的。

(3) 勘查井调查

① 在勘查井钻探的同时,根据岩屑进行地质调查是很重要的。特别是流体包裹体的调查,费用低而成果却较大。

② 在勘查井钻探的同时，实施充分的测井是很重要的。特别是根据钻探完成后马上进行的 PTS 测井，对于正确把握泥浆漏失深度及在停留时间充分后把握热储层温度是很重要的。

(4) 喷气试验

① 喷气试验对于蒸汽和热水的分离并进行测定很重要。为此，准备移动式的试验设备也很重要。

② 为了进行喷气试验的数据处理，对于压力如能确切掌握流量换算法，在有效利用试验结果的基础上效果则比较好。

5-3-2 热储层评价

(1) 生产回灌记录

① 对生产井、回灌井的温度、压力、流量继续测定，作为生产回灌记录保存下来是很重要的。

② 在发电厂继续测定蒸汽流量是很重要的。

(2) 热储层监测

① 继续测定热储层压力是很重要的。因为水位观测费用低，对多孔勘探井继续实施观测比较有效果。对于重要的观测井建议用毛细管式压力计实施连续观测。

② 对于若干孔生产井、回灌井，建议在定期检查等的停产期间内，每年继续实施温度、压力的检测。

③ 继续进行生产流体的地球化学监测是很重要的。

5-3-3 钻探

(1) 资材、机械材料的配备

① 在钻探时，对常使用的钻杆和钻头 etc 机械材料经常进行检查、配备是很重要的。特别是，由于钻杆和钻头等的损坏引起的事故，损失较大，这对防患于未然是很重要的。

② 水泥和泥浆漏失防止材料等常用资材有必要准备足够的数量，以便在需要的时候马上就可以使用。由于资材不足引起钻探作业的停止，不仅在经济上有较大的损失，而且与大的钻探事故也相关联。

(2) 钻探技术

① 做到钻探工程的工程管理井井有条，在资材、机械材料的购置等方面不至于造成浪费，这是很重要的。

② 今后在对深部高温热储层钻探时，用泥浆冷却设备等进行充分的高温对策是非常重要的。

(3) 数据的获取和整理、灵活运用

① 把握漏失位置，不仅是生产回灌的目的，对于安全地进行钻探也是非常重要的。泥浆漏失现象、钻进率的变化、水泥固结的记录等对于判断泥浆漏失位置有用的数据应该经常注意获取、整理、灵活运用。

② 在钻探的重要时期，建议进行 PTS 测井等，并就钻井内的温度和泥浆漏失位置等进行确认。

5-3-4 地热发电设备和运行

(1) 调查、试验、研究

① 今后在羊八井，随着高温的深部地热流体与低温的浅部地热流体的共同使用，有可能在流体流动输送的稳定性、合流问题、结垢、腐蚀等方面出现比迄今为止更大的问题。为了解决这些问题，进行及时、恰当的试验、研究是很重要的。

② 蒸汽热水管道设备可以测定温度、压力、流量，继续对这些方面进行测定是很重要的。

③ 两相流的流量测定不太容易，但用化学追踪方法费用较低，建议灵活运用此方法。

5-3-5 数据的整理和灵活运用

① 对全部的调查数据、运作数据、监测数据等作一个数据库，进行认真整理是很重要的。

② 不仅在新建发电厂等大工程时，即使为了日常问题的解决，恰当地灵活运用数据，进行问题的探讨也是很重要的。

5-4 总结

羊八井地热发电厂的技术人员已经充分拥有解决问题的能力，但是数据不足是最大的问题，获取数据的方法和手段有待完善。平常获取充分的数据并进行整理，在数据的基础上进一步探讨解决问题的方法是最重要的。

为了保持西藏地热资源的合理开发与持续发展，建议将地热资源的开发利用列为西藏自治区发展规划。

参考文献

- Bodnar R.J.(1993); Revised equation and table for determining the freezing point depression of H_2O -NaCl solutions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57, 683-684.
- Bostick, F.X., Jr. (1977); A simple and almost exact method of MT analysis. Workshop on electrical methods in geothermal exploration, Snowbird Utah.
- Dor Ji and Zhao Ping (2000); Characteristics and genesis of the Yangbajing geothermal field, Tibet. *Proceedings World Geothermal Congress 2000*, 1083-1088.
- Fournier, R. O.(1977); Chemical geothermometer and mixing models for geothermal systems. *Geothermics*, 5, 41-50.
- 西藏地矿厅地热地质大队(1997); 西藏自治区当雄县羊八井地热田深部高温热储形成机制研究报告书
- Smith, J. T., and Booker, J. R. (1991); Rapid inversion of two- and three-dimensional magnetotelluric data, *J. Geophys. Res.*, 96, 3905-3922.
- 土屋範芳・山元歩・中塚勝人(1994); 在葛根田地热地域火山岩及火山碎屑岩中石英热发光—热发光地质温度计的予察的研究—。日本地热学会誌, 16, 57-70.
- Zhao Ping, Dor Ji and Jin Jian (2000); A new geochemical model of the Yangbajing geothermal field, Tibet. *Proceedings World Geothermal Congress 2000*, 2007-2012.
- 吴珍汉・叶培盛・胡道功等(2003); 青藏高原腹地的地壳变形与构造地貌形成演化过程。地质出版社
- 赵文津・张肇元主编(2002); 喜马拉雅山及雅鲁藏布江缝合带深部结构与构造——INDEPTH 相目·文集——