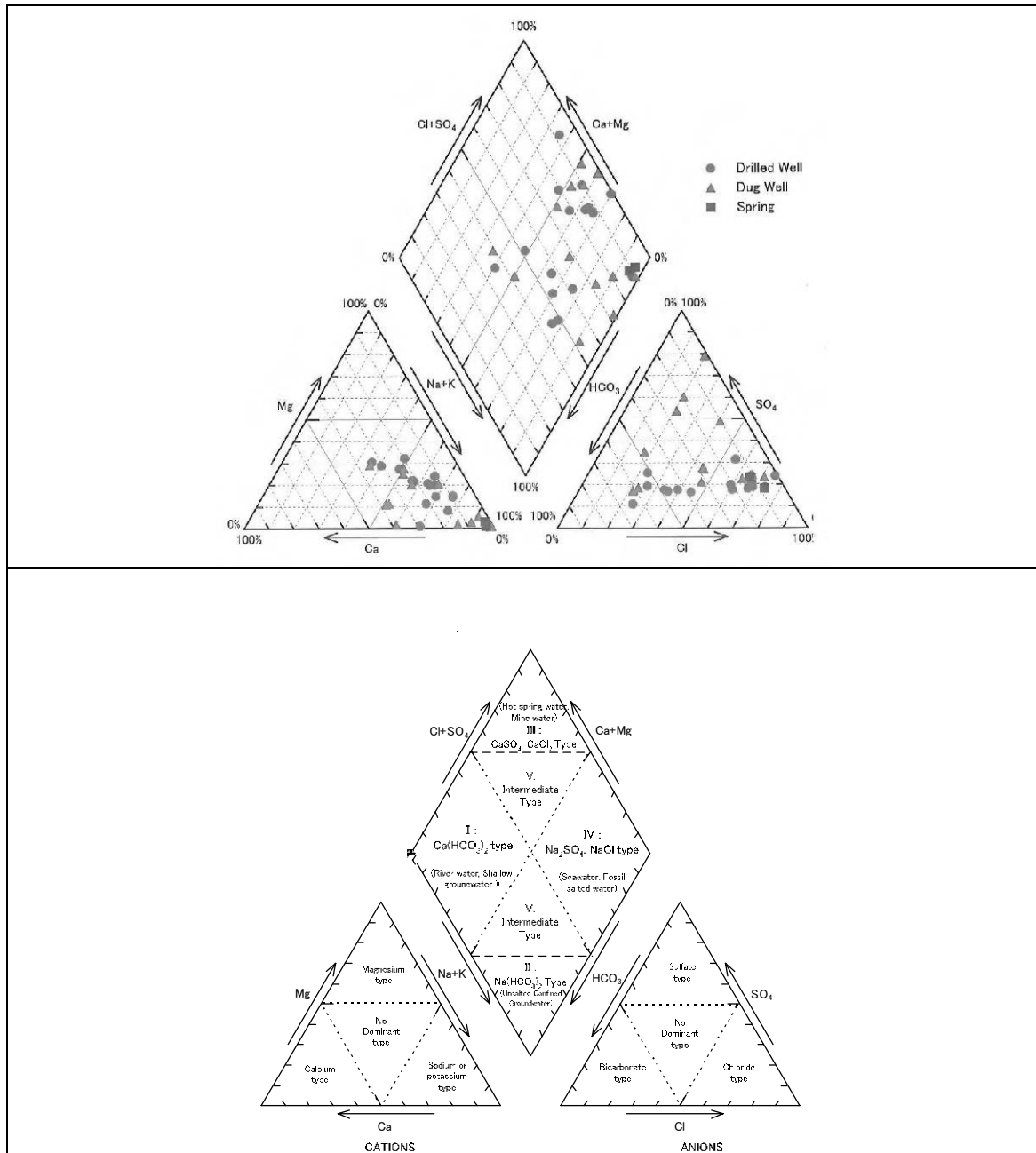


## 資料 8. 水質分析結果

**A8-1. 調査対象地域の地下水の水質型分類**

分析項目のうち、ナトリウム、カルシウム、マグネシウム、カリウム、重炭酸、塩素、硫酸の各イオン分析結果を利用して、トリ・リニア・ダイアグラムによる水質類型分類を試みた。これは、濃度そのものではなく、その組成割合により水質を分類しようとするものである。その結果、調査対象地域の地下水は、浅層地下水、深層地下水に係らず、大半がタイプ IV の海水あるいは化石水に分類されることが判った。湧水の場合は特に、ナトリウムイオンおよび塩素イオンが高濃度であるという顕著な傾向が見られる。



**図A8-1 トリ・リニア・ダイアグラムによる調査対象地地下水の水質分類**

## A8-2. 脱塩について

### 1) 脱塩の条件

#### a) 原水の水質

今回の水質調査結果から明らかなように、脱塩を行う場合の原水（地下水）の電気伝導度は概ね 1,500～4,000 $\mu$ S/cm 程度である。また、塩分の主成分は塩素イオン、ナトリウムイオンである。

#### b) 目標処理量

50～100 m<sup>3</sup>/day

### 2) 脱塩技術とその適用性

現在普及している主な脱塩法に、多段フラッシュ法、多重効用法、膜処理法がある。膜処理に使われる膜には下記の種類があるが、本プロジェクトで地下水から除去したい主要成分は塩素イオンやナトリウムイオンであるため、適用できるのは逆浸透膜となる。

表 A8-1 膜処理における膜の機能

膜の名称	膜の機能
MF 膜（精密ろ過）	100 nm～10 $\mu$ m 程度の粒子をその孔径で分離する。
UF 膜（限外ろ過）	数～数十 nm 程度以上の粒子を孔径で分離する。
NF 膜（ナノろ過）	1 nm 程度以上の粒子を静電効果により分離する。
RO 膜（逆浸透）	浸透圧を越える圧力をかけることによりイオンを分離する。

この他の脱塩法として、電気透析法があるが、右図に示すように脱塩効率が低く、ジブチの地下水のような高塩分濃度の原水の処理には不適なこと、前述の3手法に比べると実績も少ないことから、本検討からは除外し、多段フラッシュ法、多重効用法、逆浸透膜法についてさらに調査した。それぞれの技術の特徴および本プロジェクトへの適用性をまとめると以下の通りである。

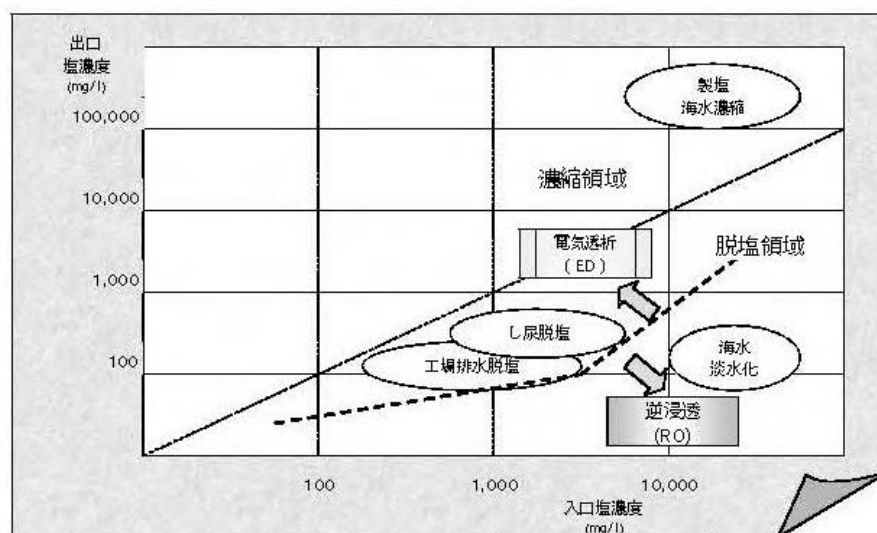


図 A8-2 電気透析法の適用水質（出典：AGC エンジニアリング(株)）

表 A8-2 脱塩処理方法の比較

処理方法	多段フラッシュ法	多重効用法	逆浸透膜法
原理	蒸発による分離	蒸発による分離	膜ろ過
	温度の高い原水の圧力を急激に飽和圧力以下に下げて蒸気を作る。	蒸発容器を多重に並べ、前段の容器で作成した蒸気の熱を次段の容器での蒸発に利用する。2 段目以降は容器内圧力を順次下げ、前段より沸点を低くしている。	浸透圧を越える圧力をかけることにより膜を使ってイオンを分離する。
ランニング・コスト	蒸気の消費分だけ逆浸透膜より高い	蒸気の消費分だけ逆浸透膜より高い	蒸気法より安価
特徴	熱効率が大変悪く、多量のエネルギーを投入する必要がある	熱効率が悪く、多量のエネルギーを投入する必要がある	逆浸透膜が原水中の析出物で目詰まりしないよう前処理する必要がある。
処理水の品質	< 5 mg/l	< 10 mg/l	< 500 mg/l
飲用への適用	ミネラル添加が必要	ミネラル添加が必要	そのまま飲用可能
電気による単独運転	別途蒸気熱源利用	別途蒸気熱源利用	電気のみ
消費電力: (kWh/t-product)	3 - 5	1.5 - 2.5	2.5 - 5
使用薬品	<ul style="list-style-type: none"> <li>スケール防止</li> <li>消泡剤</li> <li>洗浄剤</li> </ul>	スケール防止剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>スケール防止</li> <li>洗浄剤</li> <li>凝集剤</li> </ul>
薬品洗浄	時々	まれ	定期的
保守項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期洗浄</li> <li>回転機器保守</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>回転機器保守</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期洗浄</li> <li>回転機器の保守</li> <li>RO 膜定期交換</li> <li>フィルターの定期交換</li> </ul>
ろ過物の処理	必要	必要	必要
維持管理要員	装置を熟知した技術者の配置が必要	装置を熟知した技術者の配置が必要	装置を熟知した技術者の配置が必要
製品の有無	有り	有り	有り
部品調達	現地には代理店がなく、維持管理資機材は、現地調達が極めて困難	現地には代理店がなく、維持管理資機材は、現地調達が極めて困難	現地には代理店がなく、維持管理資機材は、現地調達が極めて困難
実施例	熱源としては発電所の復水や油井からあがってくる随伴ガスや精製時に発生するオフガスが利用される。そのため、中東産油国での実施例が多い。	日本では製塩のために考案された技術であり、製塩所での使用が多いほか、純水を得ることを目的とした製薬用水等にも利用される。	省エネルギー化が進み、脱塩装置の主要な技術となって幅広く応用、実施されている。
当プロジェクトへの適用性	<p>下記の点から不適</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>電源確保が困難</li> <li>蒸発のための熱エネルギー源がない。</li> <li>村落自身での保守点検は困難。また装置そのものがジ国にないため、保守点検技術者の確保も難しい。</li> <li>部品調達が困難</li> </ul>	<p>下記の点から不適</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>電源確保が困難</li> <li>蒸発のための熱エネルギー源がない。</li> <li>村落自身での保守点検は困難。また装置そのものがジ国にないため、保守点検技術者の確保も難しい。</li> <li>部品調達が困難</li> </ul>	<p>下記の点から不適</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>電源確保が困難</li> <li>村落自身での保守点検は困難。また装置そのものがジ国にないため、保守点検技術者の確保も難しい。</li> <li>部品調達が困難</li> </ul>

3) 現地での情報

i) ジブチにおいて地方給水灌漑援助のドナー窓口的役割を果たしている UNICEF での

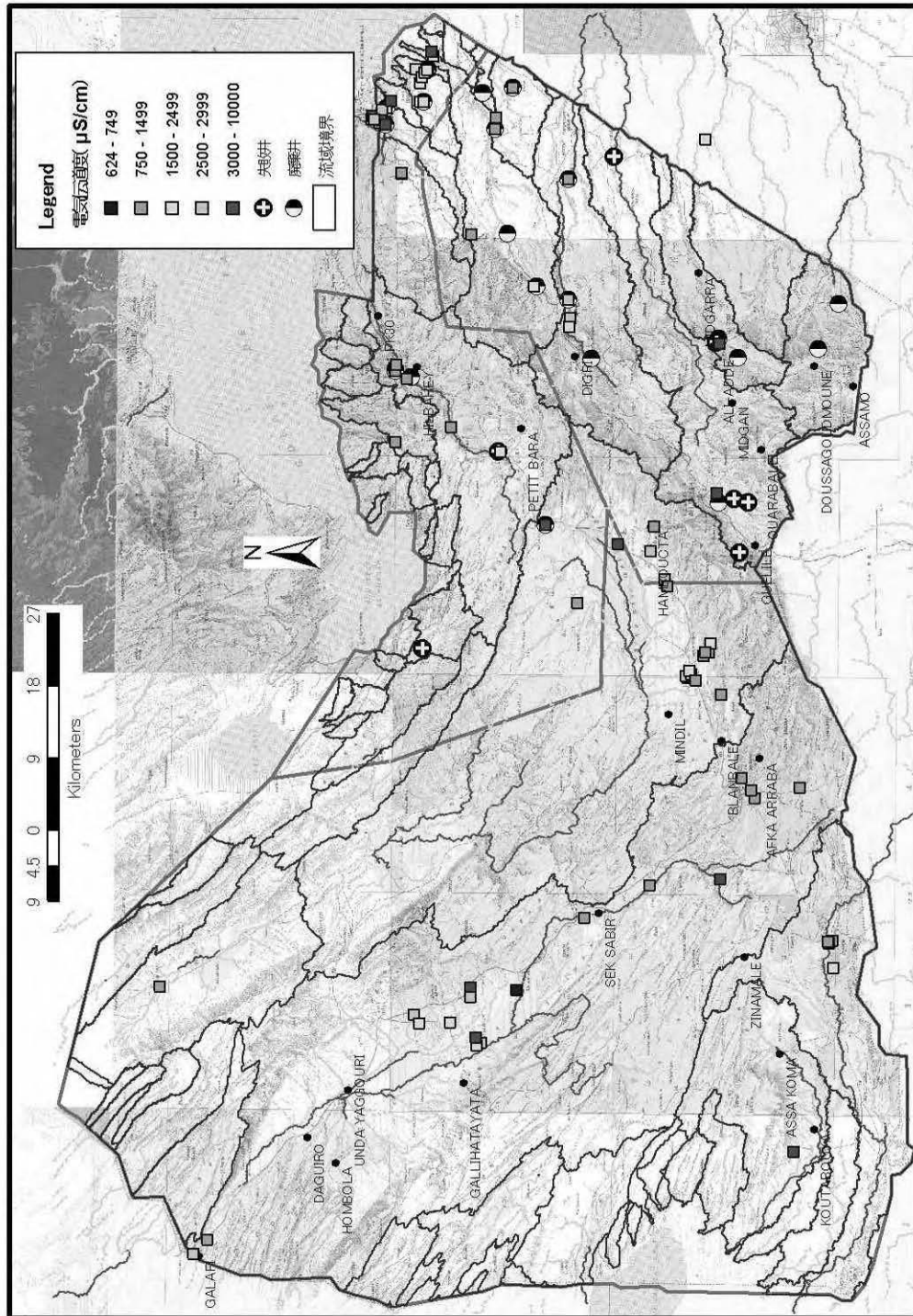
ヒアリング結果では「対象地域に適用可能な脱塩装置はない。」との見解であった。  
ii) 地方給水における脱塩装置については、ジブチ政府から導入希望はなかった。

4) 調査団の見解

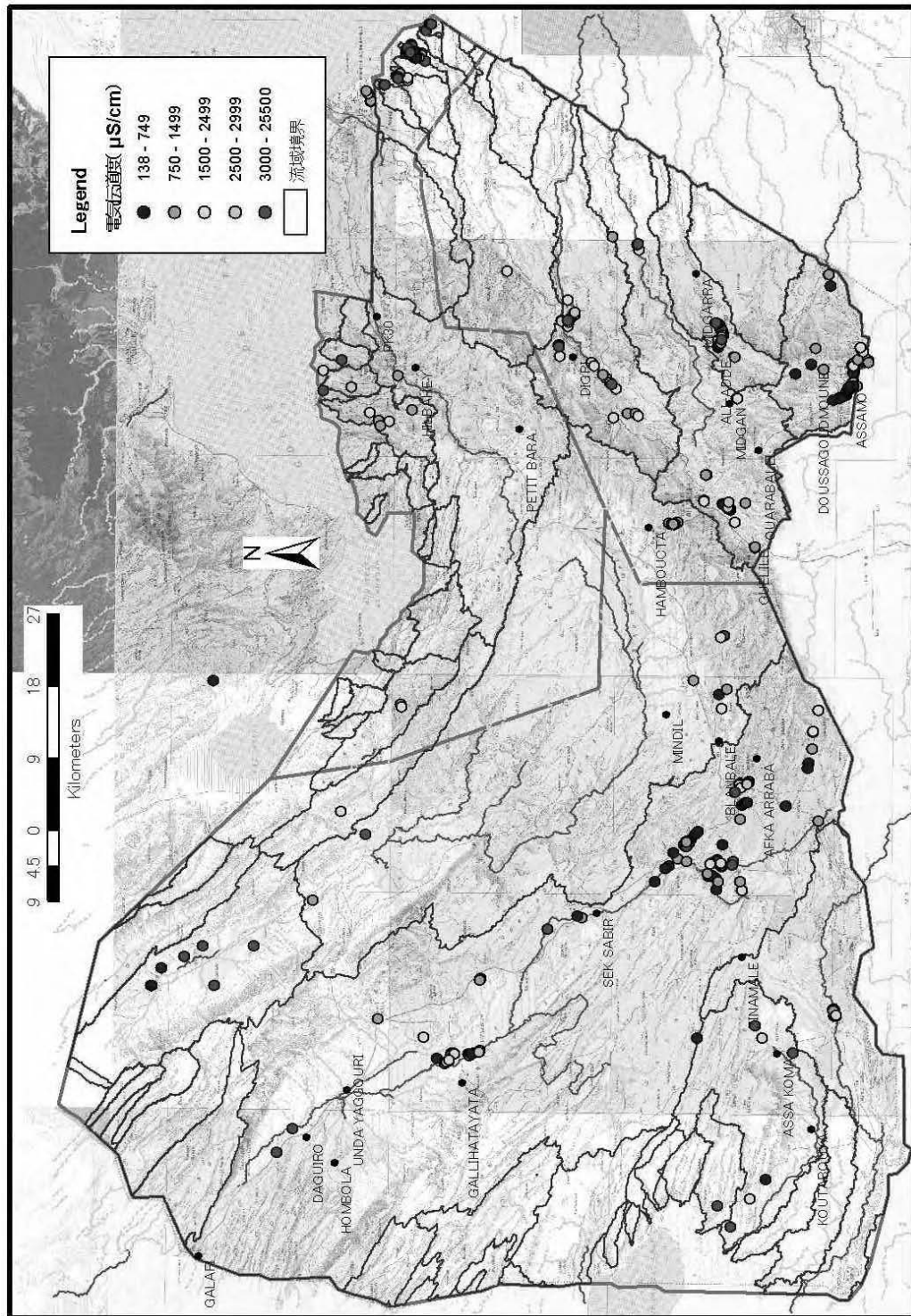
脱塩装置は複雑な装置である上、現地には代理店もない。そのため、

- i) 交換機器、予備品、膜洗浄液などの維持管理資機材は、現地での調達が極めて困難であること、
- ii) 装置を熟知した技術者がほとんど見当たらないこと

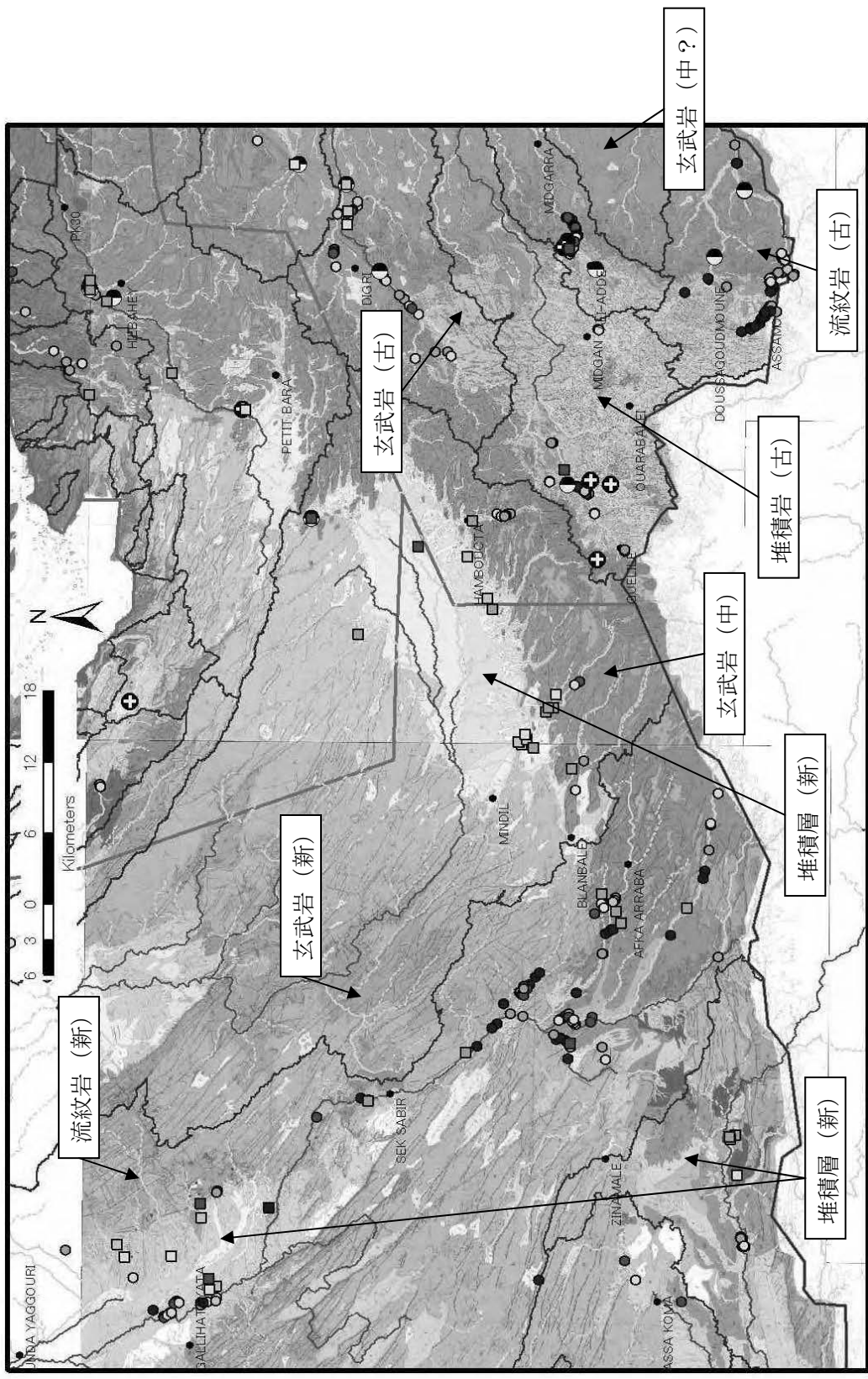
以上のことから、維持管理が極めて困難であり、その維持管理担当が、MAEM-RH であっても、上記の2点については対応ができない。従って、脱塩装置の適用は不可能と考える。



図A8-3 既存ボーリング井戸の水質 - 電気伝導度

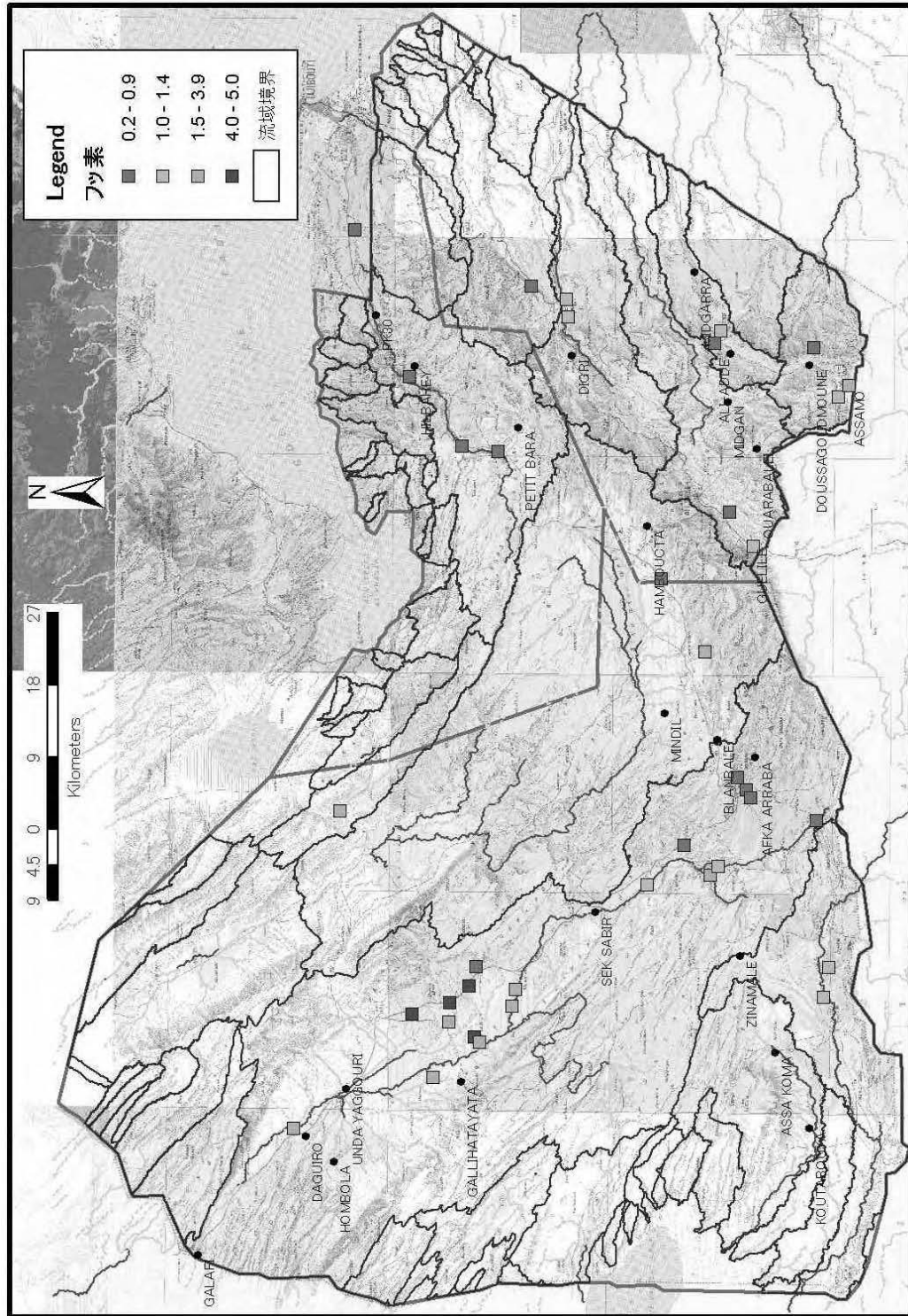


図A8-4 既の手掘り井戸の水質 - 電気伝導度

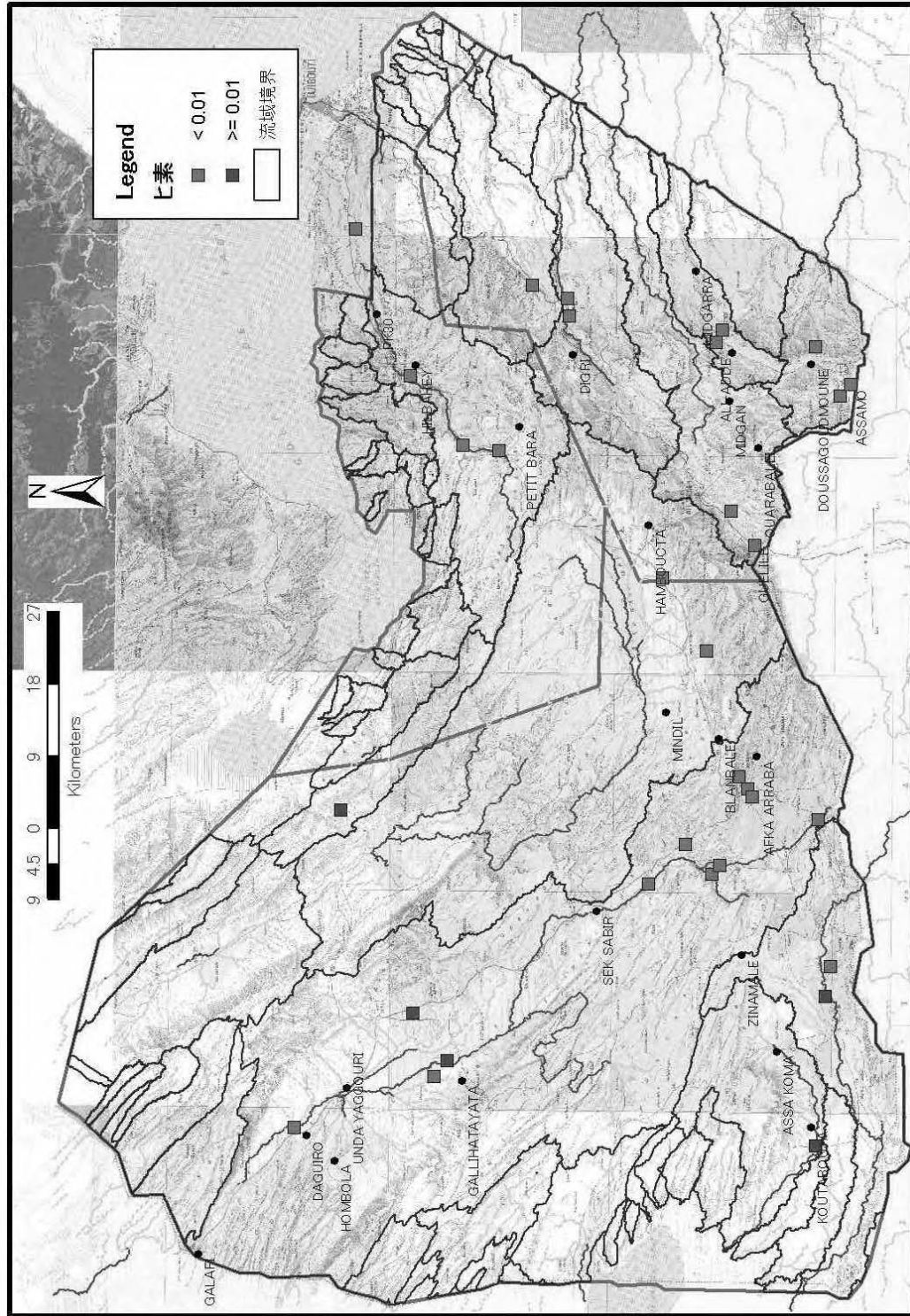


図A8-5 地質と水質 (電気伝導度)

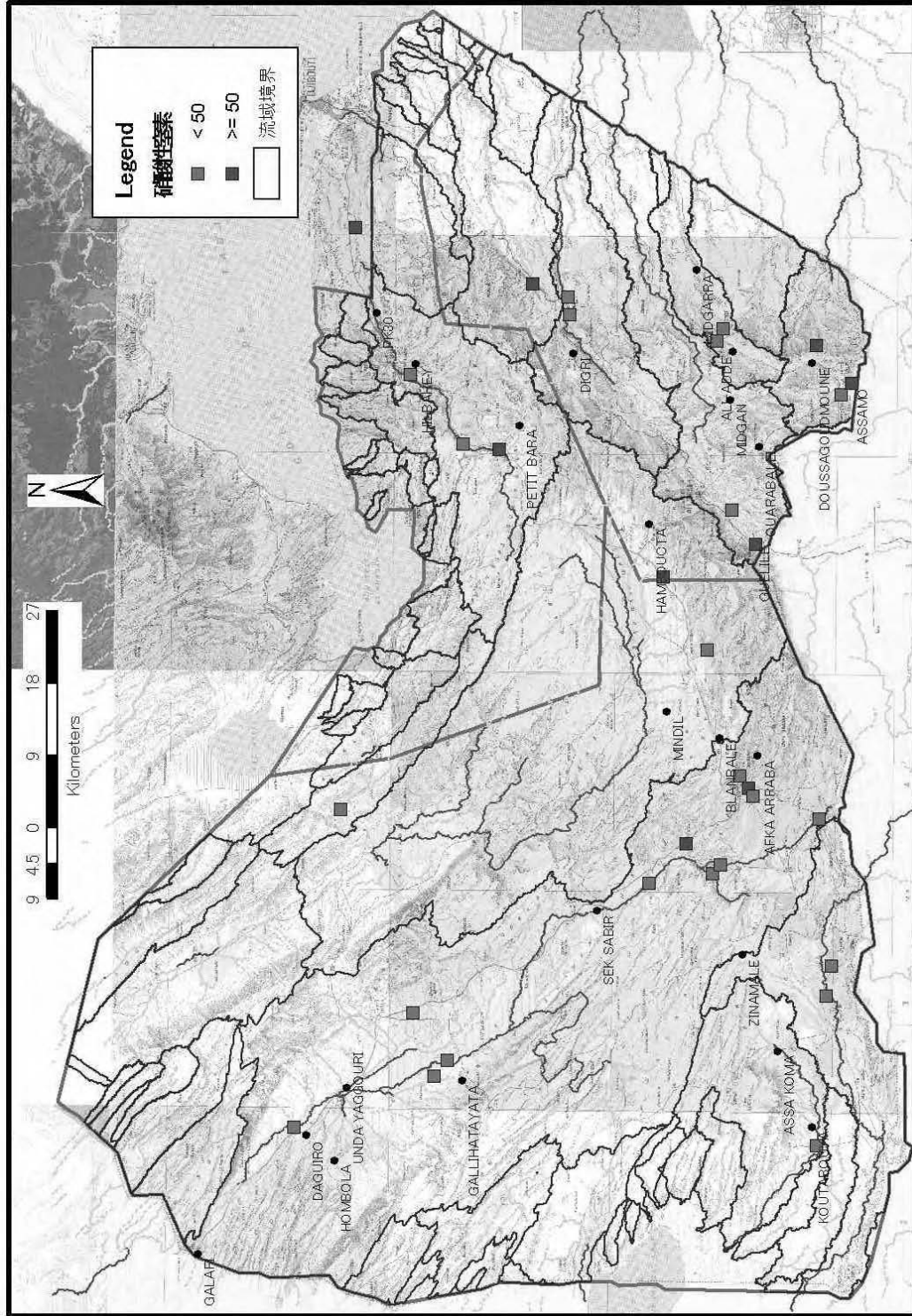




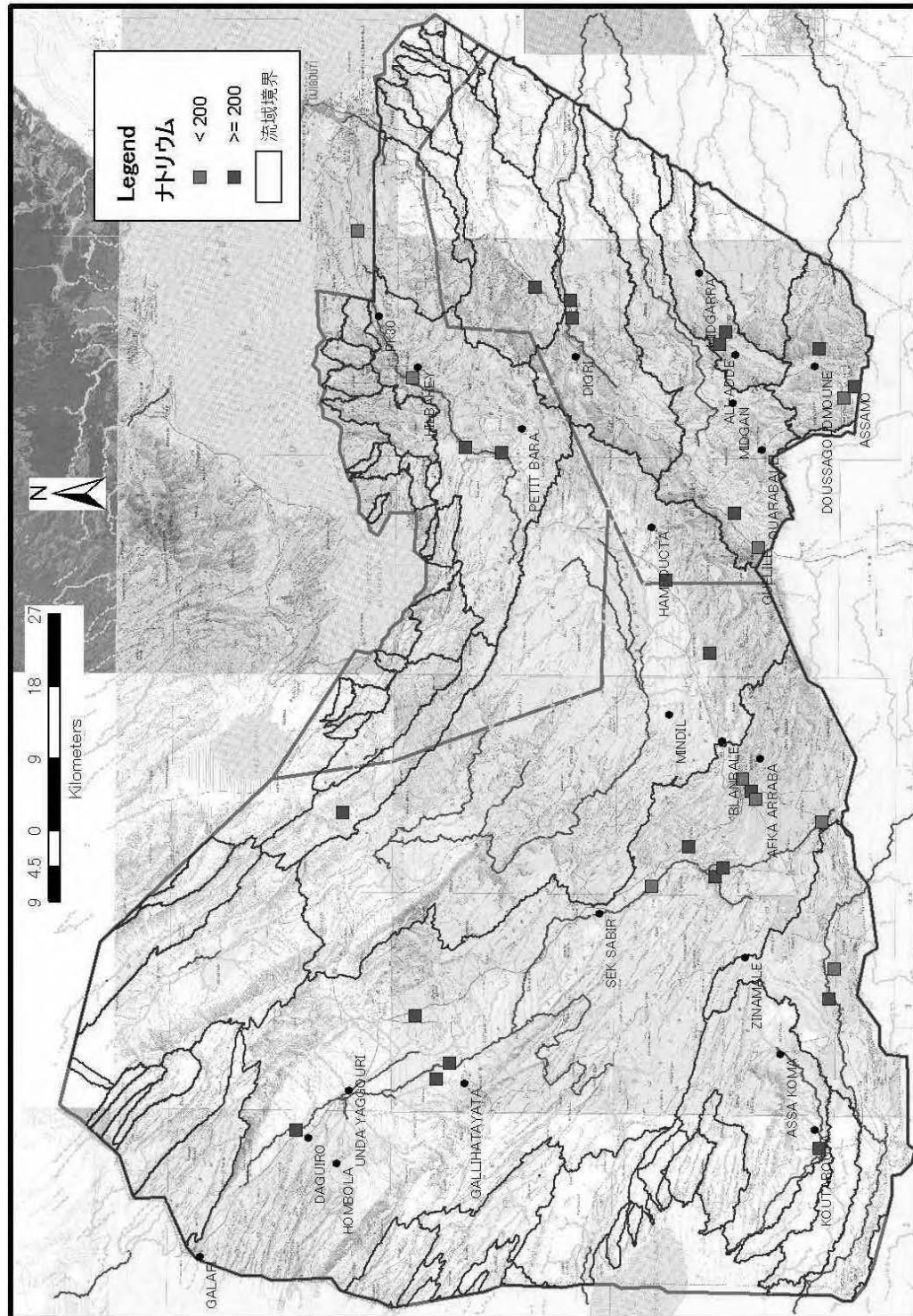
図A8-6 フッ素に関する室内水質試験結果（対照：既存井戸、一部既存資料含む）



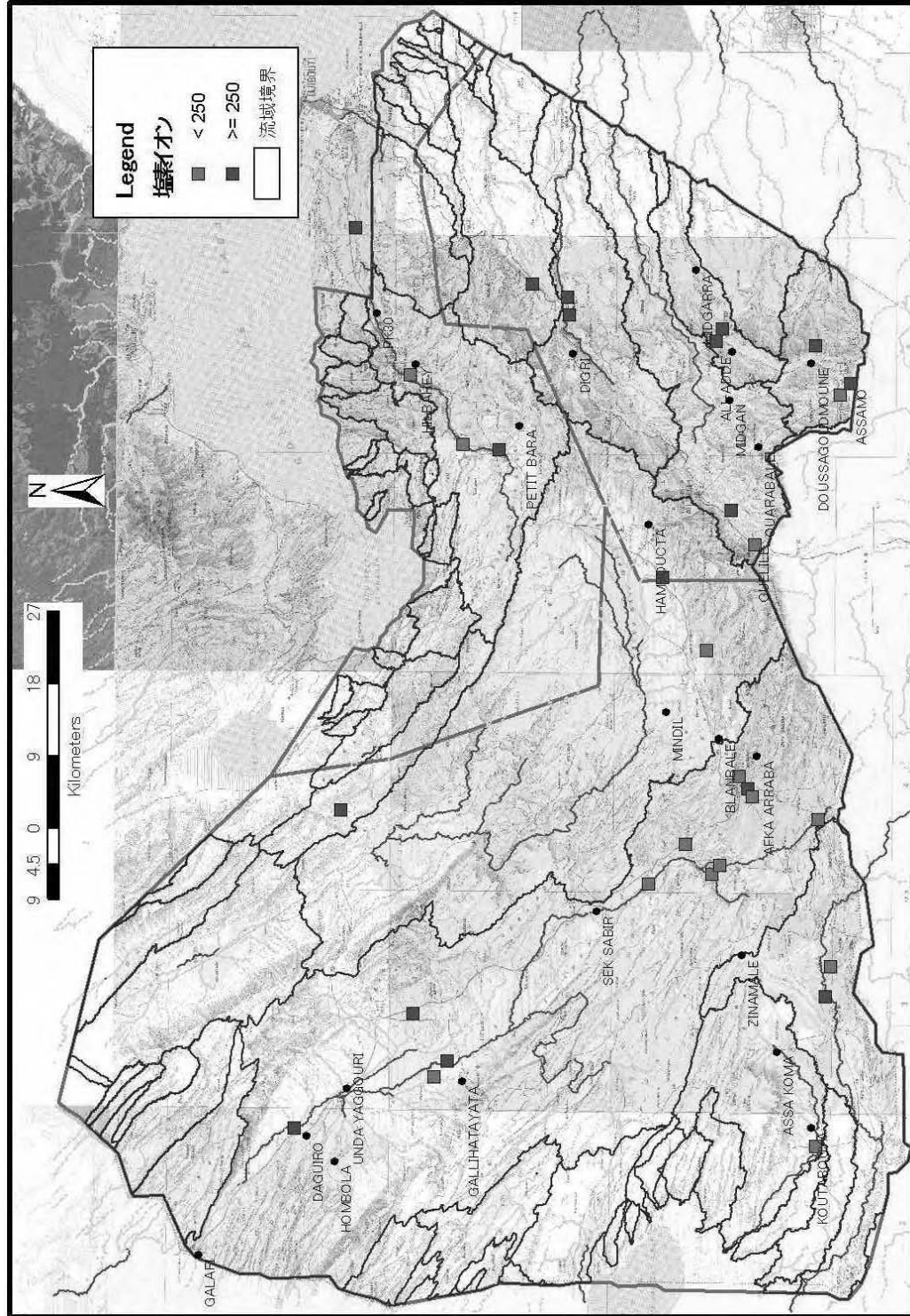
図A8-7 比素に関する室内水質試験結果（対照：既存井戸）



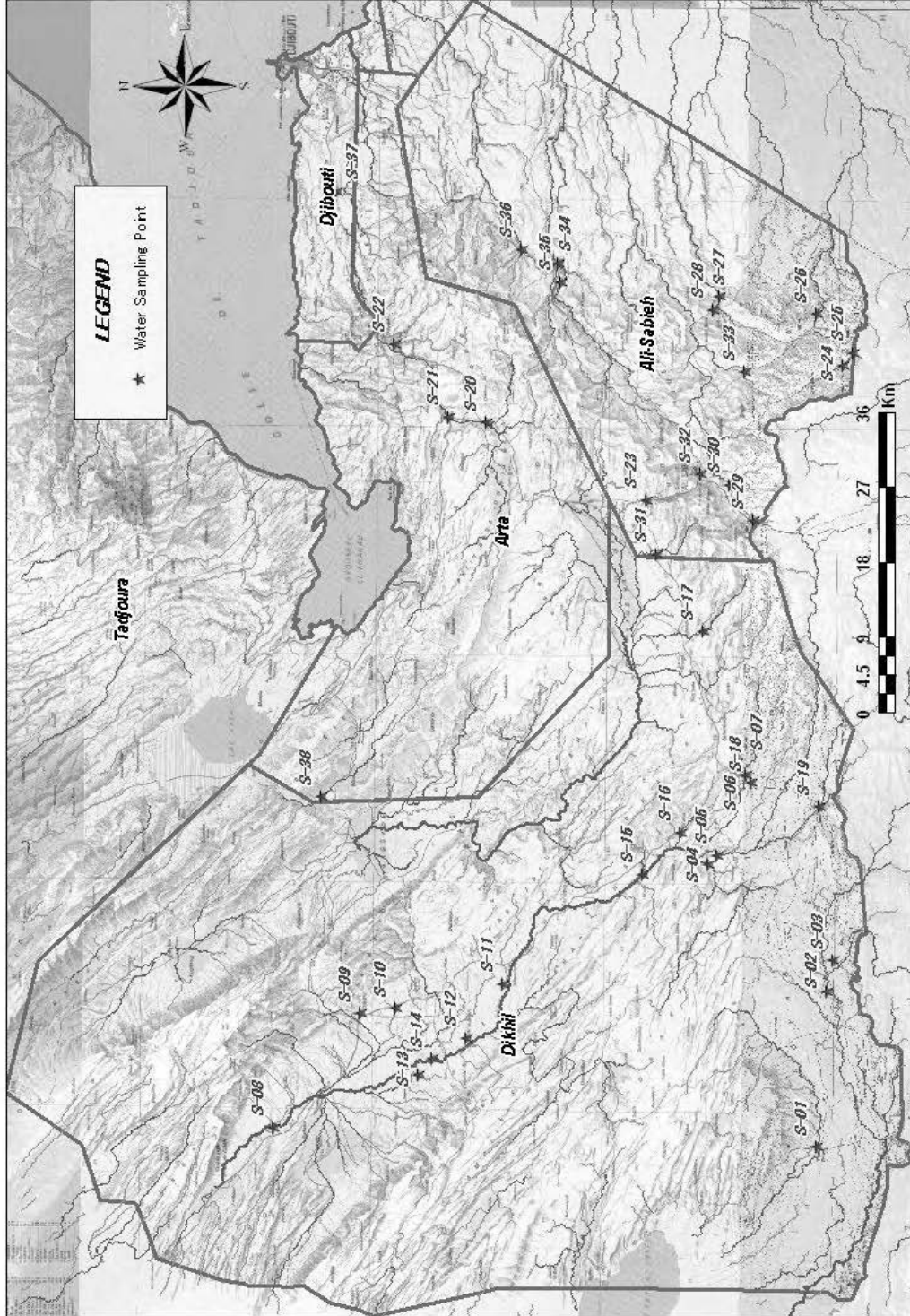
図A8-8 硝酸性窒素に関する室内水質試験結果（対照：既存井戸）



図A8-9 ナトリウムに関する室内水質試験結果（対照：既存井戸）



図A8-10 塩素に関する室内水質試験結果（対照：既存井戸）



図A8-11 水質調査既存井戸位置図

