

第2編 リフトバレー諸国の地熱開発の推進に 向けて

第 10 章 電源構成における地熱への期待

第 10.1 節 各国の電源開発計画における地熱への期待

電気事業は低廉な電力を安定的に国民に供給することが使命である。また、電気事業は長期にわたる事業である。このため、電気事業者はその時々々の経済情勢や燃料情勢にできるだけ左右されることなく長期間にわたり、安定的かつ低廉な電力を供給できるような電源構成の構築に努めている。この電源構成の構築に当たっては、一般的には、経済性、燃料の安定供給性、及び各電源の技術的特性を考慮して、いわゆる“電源のベストミックス”を組むことにしている。

経済性とは、それぞれの電源の発電コストのことであり、できるだけ安価な発電コストになるような電源構成をめざすことは言うまでもない。しかしながら、コストを安価にすることばかりをめざすと、勢い、その時々々の経済情勢で一番安価な電源が多く占めることになる。しかしながら、電気事業は長期にわたる事業であるから、その電源の発電コストがいつまでも最も安いとは限らない。国際燃料価格の変動や自国の為替レートの変動で、燃料価格は長期的に変動することが予想される。しかしながら、その予測を確実に行うことは困難であるため、ある程度、電源構成を多様化しておき、リスクを分散しておく方法が良く用いられる。また、国産エネルギーがある場合は、それを組み入れることで、安定供給性を高めることができる。このように発電コストを安価にしようとする要求と、安定供給を確保するための要求とは、時には相反する要求でもあるが、そのバランスに配慮している。さらには、各発電所には技術的特性がある。すなわち、例えば、石炭火力発電は、ガスコンバインド発電や石油火力発電より、起動に時間がかかる。また、負荷の変動に対する負荷追従性も劣る。このため、石炭火力はベース電源にむいており、石油火力やガスコンバインド発電はミドル電源やピーク電源としてむいている。また、水力発電は停止状態からフル出力までの起動時間が非常に早いため、石油火力発電以上にさらにピーク電力にむいている。これに対し、地熱発電は地下からの蒸気の噴出は年間を通して概ね一定しているため、負荷変動に追従することが困難であり、ベース電源にむいている。このように各電源にはそれぞれの技術的特性があり、この技術的特性も考慮しながら、発電コストの低減と安定供給の確保とを考慮した電源構成をめざすことになる。

各国の政府（エネルギー省）や電力会社はこの“電源のベストミックス”を如何に構成するかに常に腐心している。コストとリスクとのバランスを如何にとるかは、それぞれの国の置かれている状況や考え方により異なる。このため、“ベストミックス”の姿はそれぞれの国で違っている。また、電源開発には時間がかかるため、通常はその“ベストミックス”姿を長期の電源開発計画を作成することで、内外に示し、それを遂行することになる。

アフリカ・リフトバレー諸国でも長期の電源開発計画を作成している。その中で地熱がどのような位置付けになっているかは第 4 章から第 8 章で述べてきた。これを再度まとめると表-10.1-1 に示すようになる。ケニアにおいては、最も積極的な開発計画が組まれている。すなわち、The

Least Cost Power Generation Plan 2009-2029 においては、2025 年までに 1,578MW の地熱開発をめざしている。また、エチオピアは水力開発を中心とする電源開発を予定している。同国には膨大な包蔵水力があり、その開発が中心となっている。しかし、エチオピア政府は水力発電に多くを依存した場合の渇水時の発電能力の低下の危険性についても十分認識しており、地熱発電を電源構成に組み込む意志を有している。電力開発計画の紹介資料によると 2012 年に既存発電所 (Alto Langano) 拡張を予定した後、2018 年に 5 カ所 375MW の地熱発電を計画している。ジブチにおいても 2016 年以降、3 ユニットの地熱発電所 (各 20MW) の開発が期待されている。さらにウガンダにおいても 2021 年以降、3 ユニットの地熱発電所 (各 30MW) の開発が期待されている。タンザニアは国内に水力のほか、天然ガスや石炭が存在し、これを利用した電源計画を組んでいる。しかし、同計画にも、現時点で調査が具体化した地熱発電計画がないため、電源開発計画への組入れは現時点ではしていないが、地熱調査が進展した場合には次期電源開発計画の策定に当たり、2025 年以降に 100MW の地熱発電を組み入れる可能性があるとしている (TANESCO (2009))。

表-10.1-1 リフトバレー諸国の電源開発計画における地熱発電計画

(Unit: MW)

| | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda |
|--------------|--------------|------------|-----------|--------------|-----------|
| 2011 | 35 | | | | |
| 2012 | | 75 | | | |
| 2013 | 143 | | | | |
| 2014 | | | | | |
| 2015 | | | | | |
| 2016 | 210 | | 20 | | |
| 2017 | | | | | |
| 2018 | 140 | 375 | | | |
| 2019 | | | 20 | | |
| 2020 | | | | | |
| 2021 | 70 | | | | 30 |
| 2022 | 140 | | 20 | | 30 |
| 2023 | 210 | | | | 30 |
| 2024 | 280 | | | | |
| 2025 | 350 | | | (100) | |
| Total | 1,578 | 450 | 60 | (100) | 90 |

(資料) ケニア KPLC (2008)

エチオピア EEPCO (2009)

ジブチ EDD Power Master Plan

ウガンダ MEMD (2009)

タンザニア TANESCO (2009)

前述の通り、電源開発計画はその国の政府や電力会社が、経済性、将来にわたっての安定供給性、技術的特性などを考慮して、定めたものである。その様な計画に地熱発電が位置付けられていることは、各国の地熱への期待が如何に大きいかがよく分かるものである。

第 10.2 節 統合システムとしての電源開発シミュレーション

10.2.1 試算前提

ここでは、前述の各国の電源開発計画の妥当性を電源開発シミュレーションソフトにより検証した。リフトバレー諸国は、国際連系線の整備が進みつつある。このため、シミュレーションは、当社保有の「連系システムの最少費用電源開発計画策定プログラム (ESPRIT)」を用いた。ESPRIT は、送電容量に制約のある連系線で接続された複数システムを対象とした最少費用電源開発計画策定プログラムである。これにより、最少費用電源計画の策定と需給シミュレーションが可能である。

試算に当たり、まず、リフトバレー諸国のシステムを図-10.2-1 の様においた。すなわち、ジブチ、エチオピア、ケニア、ウガンダ、タンザニアの 5 系統からなるシステムを想定し、各システム間の連系線は表-10.2-1 の様に整備されるものとした。この連系システムにおいて、2011 年から 2025 年までの 15 年間に對し、需要を想定し、それに対する電源開発計画をシミュレーションした。

表-10.2-1 リフトバレー諸国の連系線の前提

| 連 系 線 | 容 量 (MW) | 運転開始 |
|-------------|----------|-------|
| ジブチ — エチオピア | 200 MW | 2011- |
| エチオピア — ケニア | 2,000 MW | 2018- |
| ケニア — ウガンダ | 50 MW | Exist |
| | 300 MW | 2018- |
| ケニア — タンザニア | 50 MW | Exist |
| | 300 MW | 2018- |

(資料) 調査団作成

各国の電力需要の伸びは、原則的に各国の電力開発計画で想定されているものを用いた。すなわち、ジブチは 2025 年までに 6.1%、エチオピアは 2020 年までは 14.0%、その後 2025 年までは 10.0%で伸びるものとした¹。ケニアにおいては、10.4%、ウガンダは 6.1%、タンザニアは 8.8%と仮定した。また、試算期間中は電力需要の負荷形態は変わらないと仮定した。この仮定はやや乱暴であることは認識しているが、将来の負荷曲線を想定するだけのデータが得られなかったためこの前提を用いた。従って、前述の最大電力需要 (MW) の伸び率は、同時に需要電力量(GWh)の伸び率にもなっている。

各国の負荷曲線は、現在の日負荷曲線 (Daily Load Curve) を基にし、これが年間の平均的な負荷曲線を代表できるように、ピーク需要を年間のピーク需要にあわせ、その他の時間帯は日負荷率が年間負荷率と等しくなるように調節した。なお、ジブチは日負荷曲線のデータが得られなかったため、エチオピアの日負荷曲線データを利用した。調節した後の日負荷曲線を前提-10.2-1～前提-10.2-5 に示す。

¹ エチオピアの電源開発計画では 14.0%の伸び続くと見ているが、ここでは 2020 年以降は需要の伸びが 10.0%に鈍化するものと仮定した。

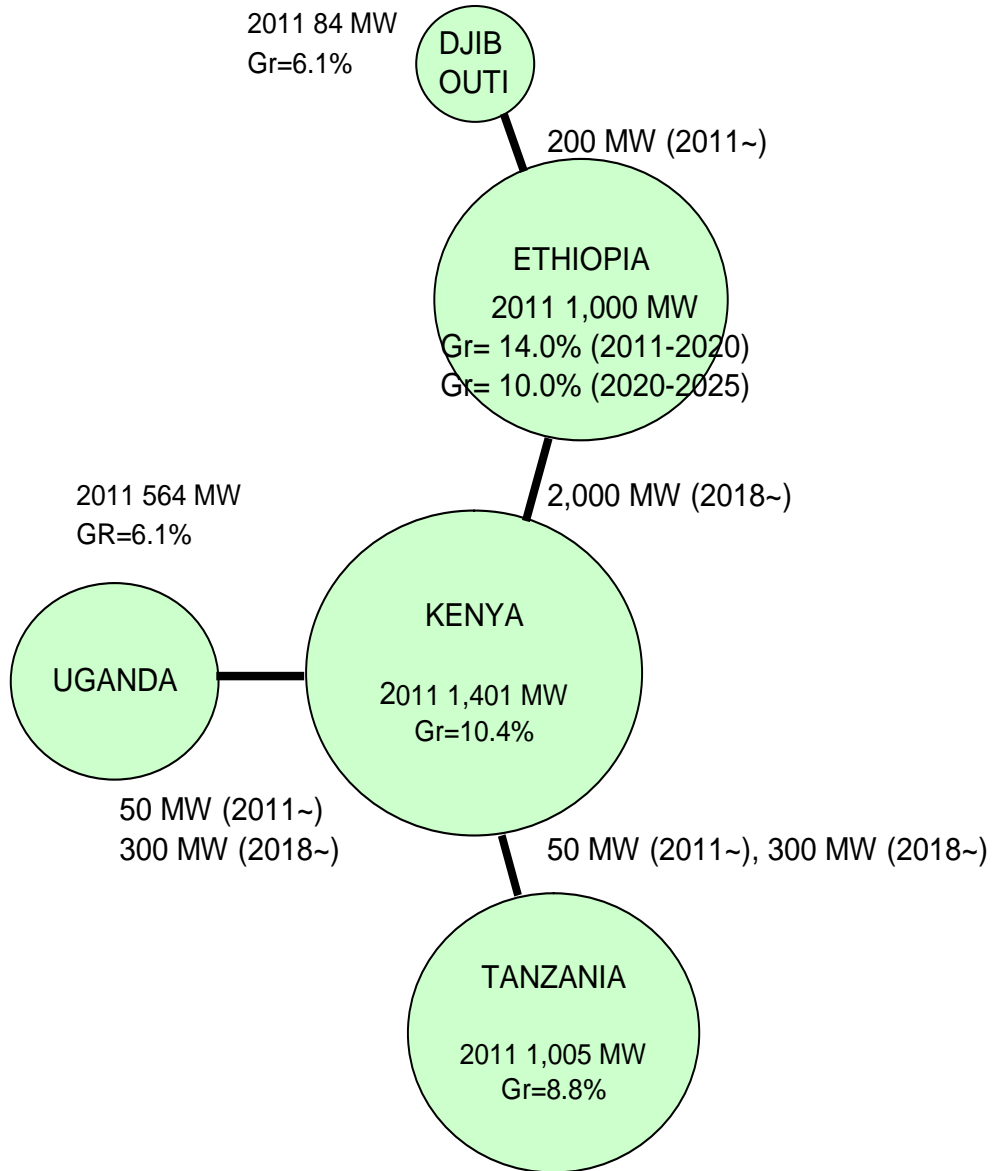
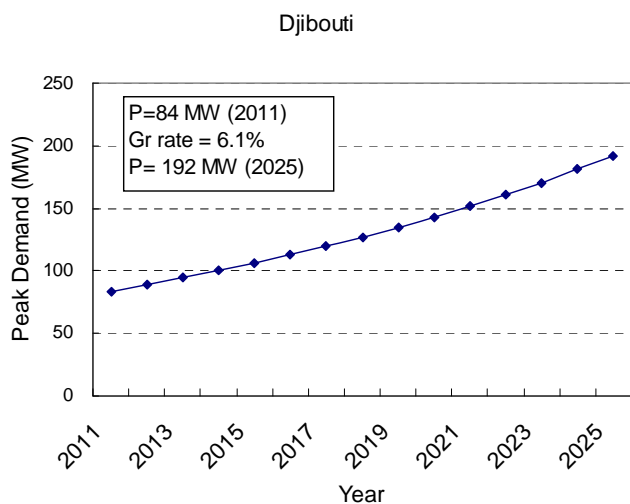


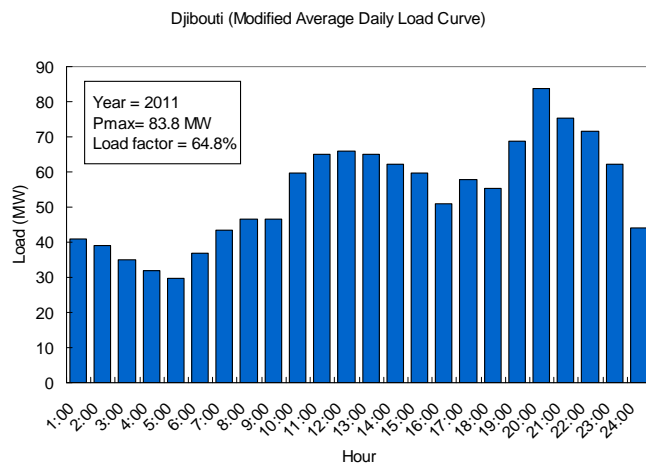
図-10.2-1 リフトバレー諸国の電源系統の模式

前提-10.2-1 ジブチにおける電力需要シミュレーションの前提

(1) ジブチの電力需要の見通し



(2) ジブチの電力需要パターン



(3) ジブチの既存発電所の近似

| Power Plant | Source | Unit | Capacity (MW) | Generation Energy (GWh) | Commision Year | Remarks |
|-------------|--------|------|---------------|-------------------------|----------------|----------|
| 1FD1 | Diesel | 12 | 7.0 | | EXIST | Boulaos |
| 1FD2 | Diesel | 6 | 3.0 | | EXIST | Marabout |

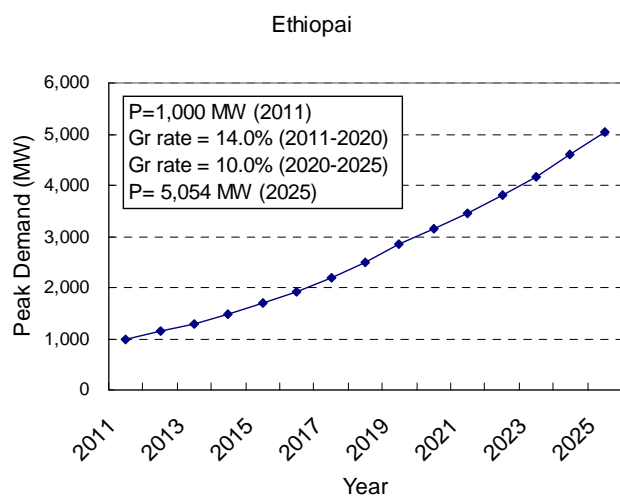
(4) ジブチの開発候補電源

| Type | ID | Fuel | Capacity (MW) | Const. Cost (\$/kW) | Plant Life (yrs) | Heat Rate (kcal/kWh) |
|------------|-----|------------|---------------|---------------------|------------------|----------------------|
| Diesel | DSL | Diesel Oil | 20 | 1,200 | 20 | 2,450 |
| Geothermal | GEO | - | 20 | 4,500 | 30 | - |

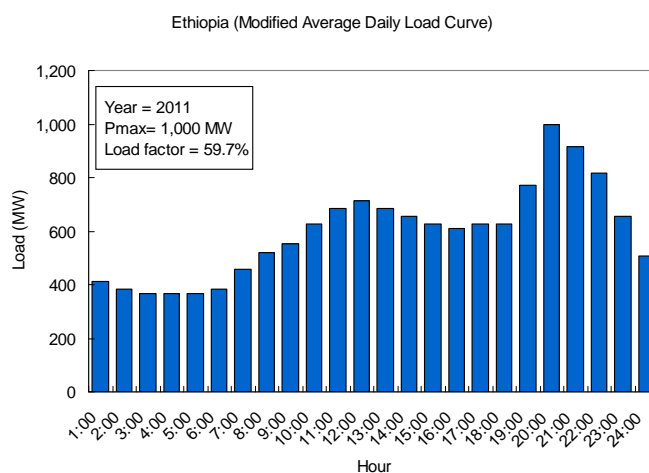
(資料) Brinckerhof (2009)

前提-10.2-2 エチオピアにおける電力需要シミュレーションの前提

(1) エチオピアの電力需要の見通し



(2) エチオピアの電力需要パターン



(3) エチオピアの既存発電所と開発が計画されている大型水力発電所の近似

| Power Plant | Source | Capacity (MW) | Generation Energy (GWh) | Commision Year | Remarks |
|-------------|--------|---------------|-------------------------|----------------|----------------|
| 2FH1 | Hydro | 40 | 110 | Exist | Koka |
| 2FH2 | Hydro | 10 | 85 | Exist | Tis Abbay |
| 2FH3 | Hydro | 30 | 165 | Exist | Awash II |
| 2FH4 | Hydro | 130 | 640 | Exist | Finchaa |
| 2FH5 | Hydro | 30 | 165 | Exist | Awash III |
| 2FH6 | Hydro | 150 | 550 | Exist | Melka Waken |
| 2FH7 | Hydro | 70 | 280 | Exist | Tis Abbay II |
| 2FH8 | Hydro | 190 | 850 | Exist | Gilgel Gibe I |
| Sub total | | 650 | 2,845 | | |
| 2FH9 | Hydro | 300 | 1,270 | 2011 | Tekeze |
| 2FH10 | Hydro | 420 | 1,780 | 2011 | Gilgel Gibe II |
| 2FH11 | Hydro | 435 | 1,800 | 2011 | Tana Beles |
| 2FH12 | Hydro | 100 | 420 | 2014 | Amerti Neshe |
| 2FH13 | Hydro | 935 | 3,950 | 2015 | GG-III (1/2) |
| 2FH14 | Hydro | 935 | 3,950 | 2018 | GG-III (2/2) |
| Sub total | | 3,125 | 13,170 | | |
| 2FD1 | Diesel | 40 | | Exist | |
| Total | | 3,815 | | | |

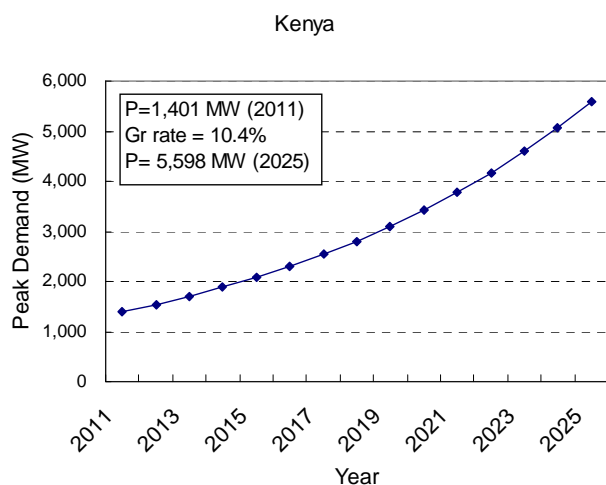
(4) エチオピアの開発候補電源

| Type | ID | Fuel | Capacity (MW) | Const. Cost (\$/kW) | Plant Life (yrs) | Heat Rate (kcal/kWh) |
|------------|------|------|---------------|---------------------|------------------|----------------------|
| Hydro | HYDR | - | 250 | 1,500 / 2,000 | 50 | - |
| Geothermal | GEO | - | 35 | 3,800 | 30 | - |

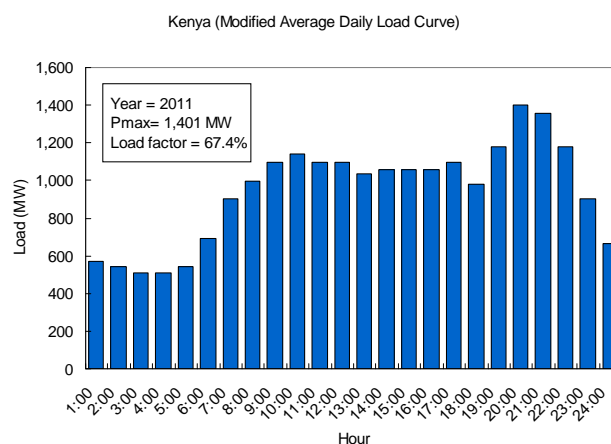
(資料) EEPKO (2009)

前提-10.2-3 ケニアにおける電力需要シミュレーションの前提

(1) ケニアの電力需要の見通し



(2) ケニアの電力需要パターン



(3) ケニアの既存発電所の近似

| Power Plant | Source | Capacity (MW) | Generation Energy (GWh) | Commision Year | Remarks |
|-------------|--------|---------------|-------------------------------------|----------------|---------------|
| 3FH1 | Hydro | 225 | 1005 | EXIST | Gitau |
| 3FH2 | Hydro | 144 | 643 | EXIST | Kiambere |
| 3FH3 | Hydro | 106 | 474 | EXIST | Turkwel |
| 3FH4 | Hydro | 94 | 421 | EXIST | Kamburu |
| 3FH5 | Hydro | 40 | 179 | EXIST | Kindaruma |
| 3FH6 | Hydro | 40 | 179 | EXIST | Masinga |
| 3FH7 | Hydro | 14 | 64 | EXIST | Tana |
| 3FH8 | Hydro | 14 | 33 | EXIST | Others |
| 3FH9 | Hydro | 60 | 268 | EXIST | Sondu |
| Sub total | | 737 | 3,266 | | |
| 3FG1 | Geo | 45 | to be calculated by Simulator | EXIST | Olkaria I |
| 3FG2 | Geo | 70 | | EXIST | Olkaria II |
| 3FG3 | Geo | 13 | | EXIST | Olkaria III |
| 3FD1 | Diesel | 75 | | EXIST | Kipevu Diesel |
| 3FD2 | Diesel | 75 | | EXIST | Tsavo |
| 3FD3 | Diesel | 75 | | EXIST | Others |
| 3FGT | GT | 60 | | EXIST | Kipe GT |
| Sub total | | 413 | | | |
| Total | | 1,150 | | | |

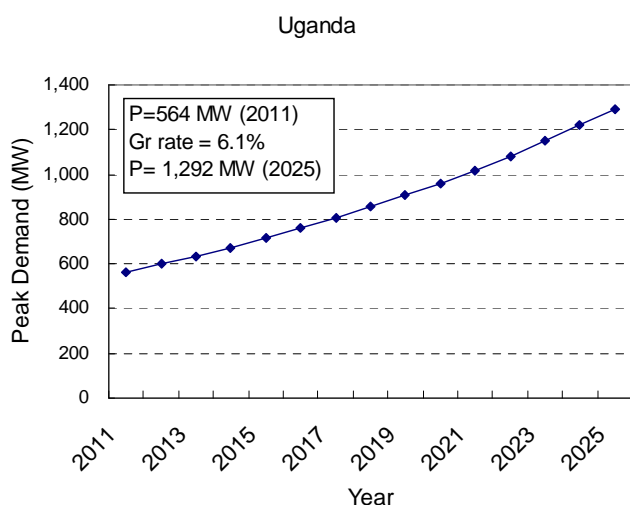
(4) ケニアの開発候補電源

| Type | ID | Fuel | Capacity (MW) | Const. Cost (\$/kW) | Plant Life (yrs) | Heat Rate (kcal/kWh) |
|------------|------|------|---------------|---------------------|------------------|----------------------|
| Geothermal | GEO | - | 70 | 3,000 | 30 | - |
| Hydro | HYDR | - | 50 | 2,800 | 50 | - |
| Coal-fired | COAL | Coal | 300 | 1,600 | 30 | 2,500 |

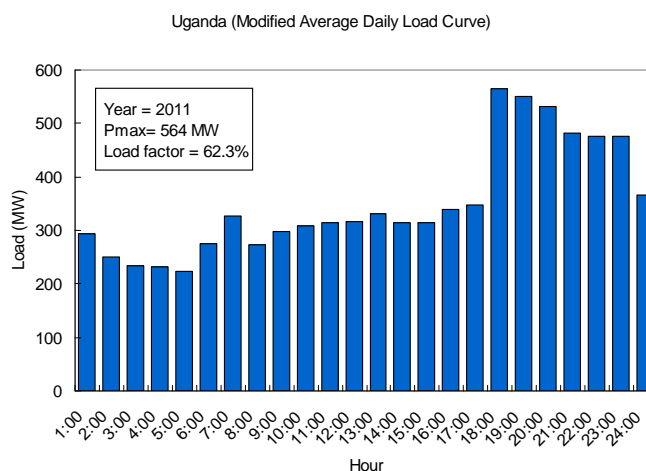
(資料) KPLC (2008)

前提-10.2-4 ウガンダにおける電力需要シミュレーションの前提

(1) ウガンダの電力需要の見通し



(2) ウガンダの電力需要パターン



(3) ウガンダの既存発電所と開発が計画されている大型水力発電所の近似

| Power Plant | Source | Capacity (MW) | Generation Energy (GWh) | Commision Year | Remarks |
|-------------|--------|---------------|-------------------------|----------------|----------|
| 4FH1 | Hydro | 200 | 920 | EXIST | Kiira |
| 4FH2 | Hydro | 180 | 820 | EXIST | Nalubale |
| 4FH3 | Hydro | 15 | 80 | EXIST | Others |
| Sub total | | 395 | 1,820 | | |
| 4FD1 | Diesel | 50 | to be | EXIST | Aggreko |
| 4FD2 | Diesel | 50 | calculated by | EXIST | Namanve |
| 4FD3 | Diesel | 50 | Simulator | EXIST | Aggreko |
| Sub total | | 150 | | | |
| 4FH4 | Hydro | 250 | 1,000 | 2013 | Bujagali |
| 4FH5 | Hydro | 250 | 1,000 | 2017 | Karuma |
| 4FH6 | Hydro | 250 | 1,000 | 2024 | Ayago |
| 4FH7 | Hydro | 250 | 1,000 | 2025 | Karuma |
| Sub total | | 1,000 | 4,000 | | |
| Total | | 1,545 | | | |

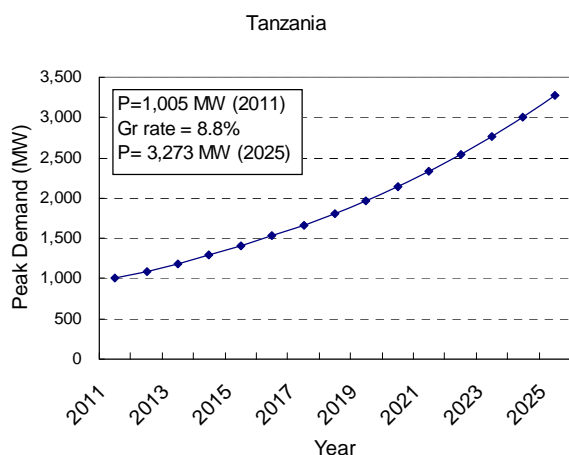
(4) ウガンダの開発候補電源

| Type | ID | Fuel | Capacity (MW) | Const. Cost (\$/kW) | Plant Life (yrs) | Heat Rate (kcal/kWh) |
|------------|------|-----------|---------------|---------------------|------------------|----------------------|
| Geothermal | GEO | - | 35 | 3,500 | 30 | - |
| Hydro | HYDR | - | 50 | 2,800 | 50 | - |
| Coal-fired | COAL | Coal | 150 | 1,600 | 30 | 2,500 |
| Oil-fired | Oil | Heavy Oil | 150 | 1,200 | 30 | 2,250 |

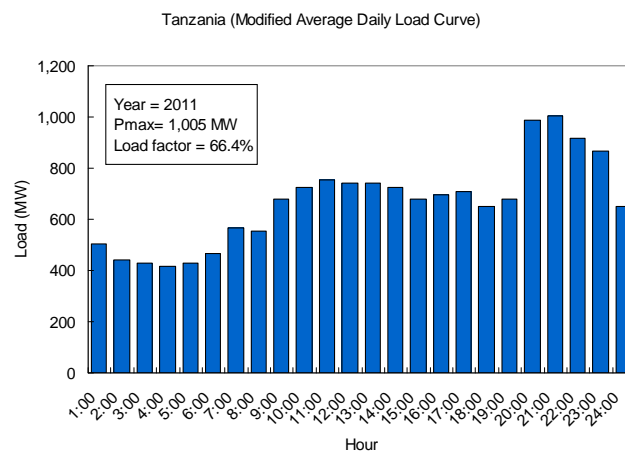
(資料) MEMD (2009)

前提-10.2-5 タンザニアにおける電力需要シミュレーションの前提

(1) タンザニアの電力需要の見通し



(2) タンザニアの電力需要パターン



(3) タンザニアの既存発電所と開発が計画されている大型水力発電所の近似

| Power Plant | Source | Capacity (MW) | Generation Energy (GWh) | Commision Year | Remarks |
|-------------|--------|---------------|-------------------------|----------------|--------------|
| 5FH1 | Hydro | 200 | 1100 | EXIST | Kidatu |
| 5FH2 | Hydro | 80 | 450 | EXIST | Mtera |
| 5FH3 | Hydro | 30 | 40 | EXIST | Others |
| 5FH4 | Hydro | 70 | 170 | EXIST | New Pangani |
| 5FH5 | Hydro | 180 | 850 | EXIST | Kihansi |
| Sub total | | 560 | 2,610 | | |
| 5FT1 | Gas | 180 | to be | EXIST | Songas |
| 5FT2 | Gas | 150 | culculated by | EXIST | Others |
| 5FD1 | Diesel | 140 | Simulator | EXIST | |
| Sub total | | 470 | | | |
| 5FH6 | Hydro | 300 | 1,100 | 2016 | Ruhudji |
| 5FH7 | Hydro | 300 | 1,100 | 2018 | Rumakali |
| 5FH8 | Hydro | 300 | 1,100 | 2020 | Stieglers I |
| 5FH9 | Hydro | 600 | 2,200 | 2023 | Stieglers II |
| Sub total | | 1,500 | 5,500 | | |
| Total | | 2,530 | | | |

(4) タンザニアの開発候補電源

| Type | ID | Fuel | Capacity (MW) | Const. Cost (\$/kW) | Plant Life (yrs) | Heat Rate (kcal/kWh) |
|----------------|-------|-------------|---------------|---------------------|------------------|----------------------|
| Geothermal | GEO | - | 35 | 3,500 | 30 | - |
| Coal | COAL | Coal | 300 | 1,600 | 30 | 2,500 |
| Diesel | DSL | Diesel Oil | 70 | 1,200 | 20 | 2,450 |
| Natural Gas CC | N'Gas | Natural Gas | 250 | 1,200 | 25 | 1,900 |

(資料) TANESCO (2009)

また、各国の既存の発電所、計画中の発電所はそれぞれ前提に示すように近似し、また、今後の開発候補電源も各国の状況を考慮し、前提に示すように仮定した。なお、ウガンダとタンザニアの大型水力については、電源開発計画を参考にそれぞれの時期に開発されるものと仮定した。また、エチオピアの水力の候補電源については、最初の5基の建設費を1,500USD/kWとし、その後の水力は2,000USD/kWになるものと仮定した。また、タンザニアの天然ガス火力については、資源量の制約を考慮し、4基までの開発が可能との前提をおいた。

なお、燃料費の前提は、試算期間を通じて、石油価格がUSD80/barrel、石炭価格がUSD90/ton (6,000kcal/kg ベース) で一定であると仮定した。試算は、各国での電力供給不能日 (LOLP; Loss of Load Probability) が概ね1日以下になるような計画を探し求めることで行った。

10.2.2 試算結果 (Simulation-1)

以上の前提で試算した各国の地熱開発計画を表-10.2-2に、また、各国の詳細な電源開発計画の結果を表-10.2-3に示す。これによると、ジブチでは、2025年までに合計80MWの地熱を必要とすると試算された。また、ケニアでは2025年までに合計1,960MWもの大量の地熱発電が必要とされた。ケニアでこのように大量の地熱発電が必要とされるのは、国内資源の少ない同国で地熱が石炭火力や石油火力に比して経済性を有しているためと考えられる。さらにウガンダでも2018年と20年に各35MWの地熱発電が必要との試算結果になった。なお、エチオピアでは豊富な水力発電が経済性を有するため、また、タンザニアでも天然ガスや石炭の国内資源が期待できるため、地熱発電は特に必要されないとの結果になった。

表-10.2-2 各国の必要な地熱発電計画 (Simulation-1)

| 年 | ジブチ | エチオピア | ケニア | ウガンダ | タンザニア | 合計 |
|------|------|-------|---------|------|-------|---------|
| 2011 | | | 280MW | | | 280MW |
| 2012 | | | 140MW | | | 140MW |
| 2013 | | | | | | |
| 2014 | | | 280MW | | | 280MW |
| 2015 | | | 280MW | | | 280MW |
| 2016 | 20MW | | | | | 20MW |
| 2017 | | | | | | |
| 2018 | 20MW | | | 35MW | | 55MW |
| 2019 | | | | | | |
| 2020 | | | | 35MW | | 35MW |
| 2021 | 20MW | | 280MW | | | 300MW |
| 2022 | | | 280MW | | | 280MW |
| 2023 | 20MW | | 140MW | | | 160MW |
| 2024 | | | | | | |
| 2025 | | | 280MW | | | 280MW |
| 合計 | 80MW | | 1,960MW | 70MW | | 2,110MW |

表-10.2-3 各国の電源開発計画 (Simulation-1)

| DJIBOUTI YEAR | NEW DEVELOPMENT (CONNECTED SYSTEM) | | | | | | | TOTAL DEVT (MW) | UNDER CONST (MW) | PLANED RETIRE (MW) | TOTAL CAP (MW) | LOAD (MW) | RES (%) | LOLP (days) |
|------------------|------------------------------------|-----|------|--------------|--------------|------|------|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|------------|----------------|
| | GAST | OIL | COAL | DSEL 20MW | GEOT 20MW | NGAS | HYDR | | | | | | | |
| 2011 | | | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 102 | 84 | 21.4 | 0.00 | |
| 2012 | | | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 102 | 89 | 14.4 | 0.00 | |
| 2013 | | | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 102 | 95 | 7.9 | 0.64 | |
| 2014 | | | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 102 | 100 | 1.7 | 0.00 | |
| 2015 | | | | 1 | 0 | | 19 | 0 | 0 | 121 | 106 | 13.7 | 0.45 | |
| 2016 | | | | 0 | 1 | | 38 | 0 | 0 | 140 | 113 | 24.0 | 0.00 | |
| 2017 | | | | 0 | 0 | | 38 | 0 | 0 | 140 | 120 | 16.8 | 0.01 | |
| 2018 | | | | 0 | 1 | | 57 | 0 | 0 | 159 | 127 | 25.1 | 0.02 | |
| 2019 | | | | 0 | 0 | | 57 | 0 | 0 | 159 | 135 | 17.9 | 0.02 | |
| 2020 | | | | 0 | 0 | | 57 | 0 | 0 | 159 | 143 | 11.1 | 0.02 | |
| 2021 | | | | 0 | 1 | | 76 | 0 | 0 | 178 | 152 | 17.2 | 0.38 | |
| 2022 | | | | 0 | 0 | | 76 | 0 | 0 | 178 | 161 | 10.5 | 0.01 | |
| 2023 | | | | 0 | 1 | | 95 | 0 | 0 | 197 | 171 | 15.2 | 0.01 | |
| 2024 | | | | 0 | 0 | | 95 | 0 | 0 | 197 | 181 | 8.6 | 0.80 | |
| 2025 | | | | 3 | 0 | | 152 | 0 | 0 | 254 | 192 | 32.0 | 0.00 | |
| TOTAL | | | | 4 | 4 | | | | | | | | | |

| ETHIOPIA YEAR | NEW DEVELOPMENT (CONNECTED SYSTEM) | | | | | | | TOTAL DEVT (MW) | UNDER CONST (MW) | PLANED RETIRE (MW) | TOTAL CAP (MW) | LOAD (MW) | RES (%) | LOLP (days) |
|------------------|------------------------------------|-----|------|------|--------------|------|---------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|------------|----------------|
| | GAST | OIL | COAL | DSEL | GEOT 50MW | NGAS | HYDR 250MW | | | | | | | |
| 2011 | | | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1,835 | 1,000 | 83.5 | 0.00 | |
| 2012 | | | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1,835 | 1,140 | 61.0 | 0.00 | |
| 2013 | | | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1,835 | 1,300 | 41.2 | 0.00 | |
| 2014 | | | | | 0 | | 0 | 0 | 100 | 1,935 | 1,482 | 30.6 | 0.51 | |
| 2015 | | | | | 0 | | 0 | 1,030 | 0 | 2,865 | 1,689 | 69.6 | 0.00 | |
| 2016 | | | | | 0 | | 0 | 1,030 | 0 | 2,865 | 1,925 | 48.8 | 0.00 | |
| 2017 | | | | | 0 | | 0 | 1,030 | 0 | 2,865 | 2,195 | 30.5 | 0.00 | |
| 2018 | | | | | 0 | | 0 | 1,960 | 0 | 3,795 | 2,502 | 51.7 | 0.00 | |
| 2019 | | | | | 0 | | 2 | 1,960 | 0 | 4,293 | 2,853 | 50.5 | 0.47 | |
| 2020 | | | | | 0 | | 3 | 1,245 | 1,960 | 5,040 | 3,138 | 60.6 | 0.00 | |
| 2021 | | | | | 0 | | 0 | 1,245 | 1,960 | 5,040 | 3,452 | 46.0 | 0.00 | |
| 2022 | | | | | 0 | | 1 | 1,494 | 1,960 | 5,289 | 3,797 | 39.3 | 0.00 | |
| 2023 | | | | | 0 | | 2 | 1,992 | 1,960 | 5,787 | 4,176 | 38.6 | 0.00 | |
| 2024 | | | | | 0 | | 2 | 2,490 | 1,960 | 6,285 | 4,594 | 36.8 | 0.00 | |
| 2025 | | | | | 0 | | 2 | 2,988 | 1,960 | 6,783 | 5,054 | 34.2 | 0.00 | |
| TOTAL | | | | | 0 | | 12 | | | | | | | |

| KENYA YEAR | NEW DEVELOPMENT (CONNECTED SYSTEM) | | | | | | | TOTAL DEVT (MW) | UNDER CONST (MW) | PLANED RETIRE (MW) | TOTAL CAP (MW) | LOAD (MW) | RES (%) | LOLP (days) |
|---------------|------------------------------------|-----|---------------|------|---------------|------|--------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|------------|----------------|
| | GAST | OIL | COAL 300MW | DSEL | GEOT 140MW | NGAS | HYDR 50MW | | | | | | | |
| 2011 | | | 3 | | 2 | | 0 | 1,128 | 0 | 0 | 2,114 | 1,401 | 50.9 | 0.14 |
| 2012 | | | 0 | | 1 | | 0 | 1,260 | 0 | 0 | 2,246 | 1,547 | 45.2 | 0.20 |
| 2013 | | | 0 | | 0 | | 0 | 1,260 | 0 | 0 | 2,246 | 1,708 | 31.5 | 0.96 |
| 2014 | | | 0 | | 2 | | 0 | 1,524 | 0 | 0 | 2,510 | 1,885 | 33.1 | 0.40 |
| 2015 | | | 0 | | 2 | | 0 | 1,788 | 0 | 0 | 2,774 | 2,081 | 33.3 | 0.46 |
| 2016 | | | 1 | | 0 | | 1 | 2,126 | 0 | 0 | 3,112 | 2,298 | 35.4 | 0.31 |
| 2017 | | | 1 | | 0 | | 0 | 2,414 | 0 | 0 | 3,400 | 2,537 | 34.0 | 0.42 |
| 2018 | | | 0 | | 0 | | 0 | 2,414 | 0 | 0 | 3,400 | 2,800 | 21.4 | 0.37 |
| 2019 | | | 1 | | 0 | | 0 | 2,702 | 0 | 0 | 3,688 | 3,092 | 19.3 | 0.05 |
| 2020 | | | 1 | | 0 | | 0 | 2,990 | 0 | 0 | 3,976 | 3,413 | 16.5 | 0.58 |
| 2021 | | | 1 | | 2 | | 1 | 3,592 | 0 | 0 | 4,578 | 3,768 | 21.5 | 0.91 |
| 2022 | | | 1 | | 2 | | 1 | 4,194 | 0 | 0 | 5,180 | 4,160 | 24.5 | 0.42 |
| 2023 | | | 1 | | 1 | | 0 | 4,614 | 0 | 0 | 5,600 | 4,593 | 21.9 | 0.48 |
| 2024 | | | 2 | | 0 | | 0 | 5,190 | 0 | 0 | 6,176 | 5,070 | 21.8 | 0.58 |
| 2025 | | | 2 | | 2 | | 0 | 6,030 | 0 | 0 | 7,016 | 5,598 | 25.3 | 0.25 |
| TOTAL | | | 14 | | 14 | | 3 | | | | | | | |

| UGANDA YEAR | NEW DEVELOPMENT (CONNECTED SYSTEM) | | | | | | | TOTAL DEVT (MW) | UNDER CONST (MW) | PLANED RETIRE (MW) | TOTAL CAP (MW) | LOAD (MW) | RES (%) | LOLP (days) |
|----------------|------------------------------------|--------------|---------------|------|--------------|------|--------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|------------|----------------|
| | GAST | OIL 150MW | COAL 300MW | DSEL | GEOT 35MW | NGAS | HYDR 50MW | | | | | | | |
| 2011 | | 2 | 0 | | 0 | | 0 | 292 | 0 | 0 | 832 | 564 | 47.5 | 0.07 |
| 2012 | | 0 | 0 | | 0 | | 0 | 292 | 0 | 0 | 832 | 598 | 39.0 | 0.11 |
| 2013 | | 0 | 0 | | 0 | | 0 | 292 | 249 | 0 | 1,081 | 635 | 70.3 | 2.82 |
| 2014 | | 0 | 0 | | 0 | | 0 | 292 | 249 | 0 | 1,081 | 674 | 60.5 | 2.28 |
| 2015 | | 0 | 0 | | 0 | | 0 | 292 | 249 | 0 | 1,081 | 715 | 51.2 | 0.15 |
| 2016 | | 0 | 0 | | 0 | | 0 | 292 | 249 | 0 | 1,081 | 758 | 42.6 | 0.45 |
| 2017 | | 0 | 0 | | 0 | | 0 | 292 | 498 | 0 | 1,330 | 805 | 65.3 | 0.61 |
| 2018 | | 0 | 0 | | 1 | | 0 | 325 | 498 | 0 | 1,363 | 854 | 59.7 | 1.80 |
| 2019 | | 0 | 0 | | 0 | | 0 | 325 | 498 | 0 | 1,363 | 906 | 50.5 | 0.79 |
| 2020 | | 0 | 0 | | 1 | | 0 | 358 | 498 | 0 | 1,396 | 961 | 45.3 | 0.96 |
| 2021 | | 1 | 0 | | 0 | | 0 | 504 | 498 | 0 | 1,542 | 1,020 | 51.2 | 0.51 |
| 2022 | | 0 | 0 | | 0 | | 0 | 504 | 498 | 0 | 1,542 | 1,082 | 42.5 | 0.46 |
| 2023 | | 0 | 1 | | 0 | | 0 | 792 | 498 | 0 | 1,830 | 1,148 | 59.4 | 0.25 |
| 2024 | | 0 | 0 | | 0 | | 0 | 792 | 747 | 0 | 2,079 | 1,218 | 70.7 | 0.16 |
| 2025 | | 0 | 0 | | 0 | | 0 | 792 | 996 | 0 | 2,328 | 1,292 | 80.2 | 0.07 |
| TOTAL | | 3 | 1 | | 2 | | 0 | | | | | | | |

| TANZANIA YEAR | NEW DEVELOPMENT (CONNECTED SYSTEM) | | | | | | | TOTAL DEVT (MW) | UNDER CONST (MW) | PLANED RETIRE (MW) | TOTAL CAP (MW) | LOAD (MW) | RES (%) | LOLP (days) |
|------------------|------------------------------------|-----|---------------|--------------|--------------|---------------|------|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|------------|----------------|
| | GAST | OIL | COAL 250MW | DSEL 70MW | GEOT 50MW | NGAS 250MW | HYDR | | | | | | | |
| 2011 | | | 0 | 1 | 0 | 1 | | 311 | 0 | 0 | 1,326 | 1,005 | 31.9 | 0.71 |
| 2012 | | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 554 | 0 | 0 | 1,569 | 1,093 | 43.5 | 0.15 |
| 2013 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 554 | 0 | 0 | 1,569 | 1,190 | 31.9 | 0.62 |
| 2014 | | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 797 | 0 | 0 | 1,812 | 1,294 | 40.0 | 0.14 |
| 2015 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 797 | 0 | 0 | 1,812 | 1,408 | 28.7 | 0.69 |
| 2016 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 797 | 299 | 0 | 2,111 | 1,532 | 37.8 | 0.66 |
| 2017 | | | 0 | 0 | 0 | 1 | | 1,040 | 299 | 0 | 2,354 | 1,667 | 41.2 | 0.29 |
| 2018 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1,040 | 598 | 0 | 2,653 | 1,814 | 46.3 | 0.43 |
| 2019 | | | 1 | 0 | 0 | 0 | | 1,280 | 598 | 0 | 2,893 | 1,973 | 46.6 | 0.55 |
| 2020 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1,280 | 897 | 0 | 3,192 | 2,147 | 48.7 | 0.31 |
| 2021 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1,280 | 897 | 0 | 3,192 | 2,336 | 36.6 | 0.93 |
| 2022 | | | 1 | 0 | 0 | 0 | | 1,520 | 897 | 0 | 3,432 | 2,541 | 35.0 | 0.78 |
| 2023 | | | 1 | 0 | 0 | 0 | | 1,760 | 1,196 | 0 | 4,270 | 2,765 | 54.4 | 0.54 |
| 2024 | | | 1 | 0 | 0 | 0 | | 2,000 | 1,196 | 0 | 4,510 | 3,008 | 49.9 | 0.76 |
| 2025 | | | 1 | 0 | 0 | 0 | | 2,240 | 1,196 | 0 | 4,750 | 3,273 | 45.1 | 0.75 |
| TOTAL | | | 5 | 1 | 0 | 4 | | | | | | | | |
| GRAND TOTAL | 0 | 3 | 20 | 5 | 20 | 4 | 15 | | | | | | | |

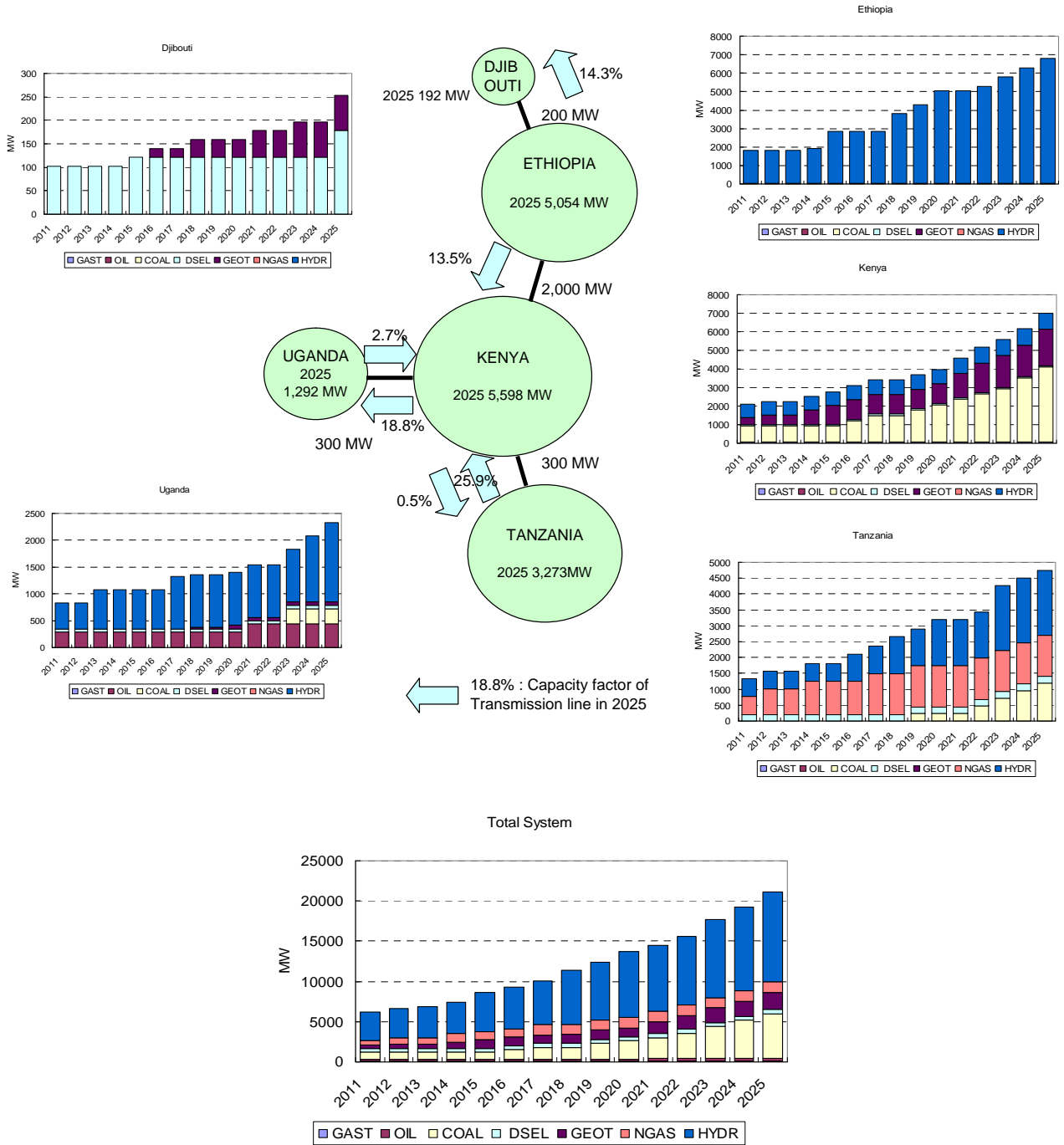


図-10.2-2 各国の電源構成の推移と 2025 年における系統連系(Simulation-1)

図-10.2-2 は 2025 年における 5 カ国の系統の融通電力の概要を示す。エチオピアからジブチ、ケニアに融通され、また、タンザニアからのケニアへ融通され、他方、ケニアからウガンダに融通されることになる。

10.2.3 湯水を考慮した試算結果 (Simulation-2)

前節ではエチオピアやタンザニアでは地熱は特に必要ないとの試算結果になった。これは同国に安価な水力発電が豊富に賦存するためである。しかし、エチオピアにおいても水力に依存しすぎるリスクに対処するため、地熱開発の必要性が検討されている。このため、本節では、湯水を考慮した場合の試算を試みた。具体的には、エチオピアにおいて異常湯水が 2020 年に発生すると仮定し、同年の全ての水力発電所の発電電力量を通常の 80%としてみた。また、タンザニアにおいても 2023 年に異常湯水が発生し、同様に同国内の全ての水力発電所の発電電力量が通常の 80%になるものと仮定した。この仮定での試算結果を表-10.2-4、表-10.2-5 に示す。

これによると、エチオピアでも 2020 年に 700MW に地熱を必要とし、また、タンザニアでも 2022 年に 100MW の地熱を必要とすることが分かった。この結果、ジブチは 80MW、エチオピアは 700MW、ケニアは 1,960MW、ウガンダは 35MW、タンザニアは 100MW で、リフトバレー 5 カ国の合計で 2,875MW の地熱が必要との試算結果になった。また、この電源構成の場合の 2025 年の国際融通電力の状況を図-10.2-3 に示す。

表-10.2-4 各国に必要な地熱発電計画 (Simulation-2)

| 年 | ジブチ | エチオピア | ケニア | ウガンダ | タンザニア | 合計 |
|------|------|-------|---------|------|-------|---------|
| 2011 | | | 280MW | | | 280MW |
| 2012 | | | 140MW | | | 140MW |
| 2013 | | | | | | |
| 2014 | | | 280MW | | | 280MW |
| 2015 | | | 280MW | | | 280MW |
| 2016 | 20MW | | | | | 20MW |
| 2017 | | | | | | |
| 2018 | 20MW | | | 35MW | | 55MW |
| 2019 | | | | | | |
| 2020 | 20MW | 700MW | 140MW | | | 860MW |
| 2021 | | | | | | |
| 2022 | | | 280MW | | 100MW | 380MW |
| 2023 | 20MW | | 280MW | | | 300MW |
| 2024 | | | | | | |
| 2025 | | | 280MW | | | 280MW |
| 合計 | 80MW | 700MW | 1,960MW | 35MW | 100MW | 2,875MW |

表-10.2-5 各国の電源開発計画 (Simulation-2)

| DJIBOUTI YEAR | NEW DEVELOPMENT (CONNECTED SYSTEM) | | | | | | | TOTAL DEVT (MW) | UNDER CONST (MW) | PLANED RETIRE (MW) | TOTAL CAP (MW) | LOAD (MW) | RES (%) | LOLP (days) |
|------------------|------------------------------------|-----|------|--------------|--------------|------|------|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|------------|----------------|
| | GAST | OIL | COAL | DSEL 20MW | GEOT 20MW | NGAS | HYDR | | | | | | | |
| 2011 | | | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 102 | 84 | 21.4 | 0.00 | |
| 2012 | | | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 102 | 89 | 14.4 | 0.00 | |
| 2013 | | | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 102 | 95 | 7.9 | 0.64 | |
| 2014 | | | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 102 | 100 | 1.7 | 0.00 | |
| 2015 | | | | 1 | 0 | | 19 | 0 | 0 | 121 | 106 | 13.7 | 0.45 | |
| 2016 | | | | 0 | 1 | | 38 | 0 | 0 | 140 | 113 | 24.0 | 0.00 | |
| 2017 | | | | 0 | 0 | | 38 | 0 | 0 | 140 | 120 | 16.8 | 0.01 | |
| 2018 | | | | 0 | 1 | | 57 | 0 | 0 | 159 | 127 | 25.1 | 0.02 | |
| 2019 | | | | 0 | 0 | | 57 | 0 | 0 | 159 | 135 | 17.9 | 0.02 | |
| 2020 | | | | 0 | 1 | | 76 | 0 | 0 | 178 | 143 | 24.4 | 8.08 | |
| 2021 | | | | 0 | 0 | | 76 | 0 | 0 | 178 | 152 | 17.2 | 0.39 | |
| 2022 | | | | 0 | 0 | | 76 | 0 | 0 | 178 | 161 | 10.5 | 0.01 | |
| 2023 | | | | 0 | 1 | | 95 | 0 | 0 | 197 | 171 | 15.2 | 0.01 | |
| 2024 | | | | 0 | 0 | | 95 | 0 | 0 | 197 | 181 | 8.6 | 0.71 | |
| 2025 | | | | 3 | 0 | | 152 | 0 | 0 | 254 | 192 | 32.0 | 0.00 | |
| TOTAL | | | | 4 | 4 | | | | | | | | | |

| ETHIOPIA YEAR | NEW DEVELOPMENT (CONNECTED SYSTEM) | | | | | | | TOTAL DEVT (MW) | UNDER CONST (MW) | PLANED RETIRE (MW) | TOTAL CAP (MW) | LOAD (MW) | RES (%) | LOLP (days) |
|------------------|------------------------------------|-----|------|--------------|--------------|------|---------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|------------|----------------|
| | GAST | OIL | COAL | DSEL 50MW | GEOT 50MW | NGAS | HYDR 250MW | | | | | | | |
| 2011 | | | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1,835 | 1,000 | 83.5 | 0.00 | |
| 2012 | | | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1,835 | 1,140 | 61.0 | 0.00 | |
| 2013 | | | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1,835 | 1,300 | 41.2 | 0.00 | |
| 2014 | | | | | 0 | | 0 | 0 | 100 | 1,935 | 1,482 | 30.6 | 0.51 | |
| 2015 | | | | | 0 | | 0 | 1,030 | 0 | 2,865 | 1,689 | 69.6 | 0.00 | |
| 2016 | | | | | 0 | | 0 | 1,030 | 0 | 2,865 | 1,925 | 48.8 | 0.00 | |
| 2017 | | | | | 0 | | 0 | 1,030 | 0 | 2,865 | 2,195 | 30.5 | 0.00 | |
| 2018 | | | | | 0 | | 0 | 1,960 | 0 | 3,795 | 2,502 | 51.7 | 0.00 | |
| 2019 | | | | | 0 | | 2 | 1,960 | 0 | 4,293 | 2,853 | 50.5 | 0.47 | |
| 2020 | | | | | 14 | | 4 | 2,152 | 1,960 | 5,947 | 3,138 | 89.5 | 1.45 | |
| 2021 | | | | | 0 | | 0 | 2,152 | 1,960 | 5,947 | 3,452 | 72.3 | 0.00 | |
| 2022 | | | | | 0 | | 0 | 2,152 | 1,960 | 5,947 | 3,797 | 56.6 | 0.00 | |
| 2023 | | | | | 0 | | 2 | 2,650 | 1,960 | 6,445 | 4,176 | 54.3 | 0.00 | |
| 2024 | | | | | 0 | | 2 | 3,148 | 1,960 | 6,943 | 4,594 | 51.1 | 0.00 | |
| 2025 | | | | | 0 | | 2 | 3,646 | 1,960 | 7,441 | 5,054 | 47.2 | 0.00 | |
| TOTAL | | | | | 14 | | 12 | | | | | | | |

| KENYA YEAR | NEW DEVELOPMENT (CONNECTED SYSTEM) | | | | | | | TOTAL DEVT (MW) | UNDER CONST (MW) | PLANED RETIRE (MW) | TOTAL CAP (MW) | LOAD (MW) | RES (%) | LOLP (days) |
|---------------|------------------------------------|-----|---------------|------|---------------|------|--------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|------------|----------------|
| | GAST | OIL | COAL 300MW | DSEL | GEOT 140MW | NGAS | HYDR 50MW | | | | | | | |
| 2011 | | | 3 | | 2 | | 0 | 1,128 | 0 | 0 | 2,114 | 1,401 | 50.9 | 0.14 |
| 2012 | | | 0 | | 1 | | 0 | 1,260 | 0 | 0 | 2,246 | 1,547 | 45.2 | 0.20 |
| 2013 | | | 0 | | 0 | | 0 | 1,260 | 0 | 0 | 2,246 | 1,708 | 31.5 | 0.96 |
| 2014 | | | 0 | | 2 | | 0 | 1,524 | 0 | 0 | 2,510 | 1,885 | 33.1 | 0.40 |
| 2015 | | | 0 | | 2 | | 0 | 1,788 | 0 | 0 | 2,774 | 2,081 | 33.3 | 0.46 |
| 2016 | | | 1 | | 0 | | 1 | 2,126 | 0 | 0 | 3,112 | 2,298 | 35.4 | 0.31 |
| 2017 | | | 1 | | 0 | | 0 | 2,414 | 0 | 0 | 3,400 | 2,537 | 34.0 | 0.42 |
| 2018 | | | 0 | | 0 | | 0 | 2,414 | 0 | 0 | 3,400 | 2,800 | 21.4 | 0.37 |
| 2019 | | | 1 | | 0 | | 0 | 2,702 | 0 | 0 | 3,688 | 3,092 | 19.3 | 0.05 |
| 2020 | | | 1 | | 1 | | 0 | 3,122 | 0 | 0 | 4,108 | 3,413 | 20.4 | 0.91 |
| 2021 | | | 2 | | 0 | | 1 | 3,748 | 0 | 0 | 4,734 | 3,768 | 25.6 | 0.46 |
| 2022 | | | 0 | | 2 | | 1 | 4,062 | 0 | 0 | 5,048 | 4,160 | 21.3 | 0.88 |
| 2023 | | | 1 | | 2 | | 0 | 4,614 | 0 | 0 | 5,600 | 4,593 | 21.9 | 0.84 |
| 2024 | | | 2 | | 0 | | 0 | 5,190 | 0 | 0 | 6,176 | 5,070 | 21.8 | 0.79 |
| 2025 | | | 2 | | 2 | | 0 | 6,030 | 0 | 0 | 7,016 | 5,598 | 25.3 | 0.14 |
| TOTAL | | | 14 | | 14 | | 3 | | | | | | | |

| UGANDA YEAR | NEW DEVELOPMENT (CONNECTED SYSTEM) | | | | | | | TOTAL DEVT (MW) | UNDER CONST (MW) | PLANED RETIRE (MW) | TOTAL CAP (MW) | LOAD (MW) | RES (%) | LOLP (days) |
|----------------|------------------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|------|--------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|------------|----------------|
| | GAST | OIL 150MW | COAL 300MW | DSEL 70MW | GEOT 35MW | NGAS | HYDR 50MW | | | | | | | |
| 2011 | | 2 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 292 | 0 | 0 | 832 | 564 | 47.5 | 0.07 |
| 2012 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 292 | 0 | 0 | 832 | 598 | 39.0 | 0.11 |
| 2013 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 292 | 249 | 0 | 1,081 | 635 | 70.3 | 2.82 |
| 2014 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 292 | 249 | 0 | 1,081 | 674 | 60.5 | 2.28 |
| 2015 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 292 | 249 | 0 | 1,081 | 715 | 51.2 | 0.15 |
| 2016 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 292 | 249 | 0 | 1,081 | 758 | 42.6 | 0.45 |
| 2017 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 292 | 498 | 0 | 1,330 | 805 | 65.3 | 0.61 |
| 2018 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 325 | 498 | 0 | 1,363 | 854 | 59.7 | 1.80 |
| 2019 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 325 | 498 | 0 | 1,363 | 906 | 50.5 | 0.79 |
| 2020 | | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 613 | 498 | 0 | 1,651 | 961 | 71.8 | 0.13 |
| 2021 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 613 | 498 | 0 | 1,651 | 1,020 | 61.9 | 0.38 |
| 2022 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 613 | 498 | 0 | 1,651 | 1,082 | 52.6 | 0.15 |
| 2023 | | 1 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 759 | 498 | 0 | 1,797 | 1,148 | 56.6 | 0.59 |
| 2024 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 759 | 747 | 0 | 2,046 | 1,218 | 68.0 | 0.24 |
| 2025 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 759 | 996 | 0 | 2,295 | 1,292 | 77.6 | 0.04 |
| TOTAL | | 3 | 1 | 0 | 0 | | 1 | | | | | | | |

| TANZANIA YEAR | NEW DEVELOPMENT (CONNECTED SYSTEM) | | | | | | | TOTAL DEVT (MW) | UNDER CONST (MW) | PLANED RETIRE (MW) | TOTAL CAP (MW) | LOAD (MW) | RES (%) | LOLP (days) |
|------------------|------------------------------------|-----|---------------|--------------|--------------|---------------|------|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|------------|----------------|
| | GAST | OIL | COAL 250MW | DSEL 70MW | GEOT 50MW | NGAS 250MW | HYDR | | | | | | | |
| 2011 | | | | 0 | 1 | | 0 | 311 | 0 | 0 | 1,326 | 1,005 | 31.9 | 0.71 |
| 2012 | | | | 0 | 0 | | 0 | 554 | 0 | 0 | 1,569 | 1,093 | 43.5 | 0.15 |
| 2013 | | | | 0 | 0 | | 0 | 554 | 0 | 0 | 1,569 | 1,190 | 31.9 | 0.62 |
| 2014 | | | | 0 | 0 | | 0 | 797 | 0 | 0 | 1,812 | 1,294 | 40.0 | 0.14 |
| 2015 | | | | 0 | 0 | | 0 | 797 | 0 | 0 | 1,812 | 1,408 | 28.7 | 0.69 |
| 2016 | | | | 0 | 0 | | 0 | 797 | 299 | 0 | 2,111 | 1,532 | 37.8 | 0.66 |
| 2017 | | | | 0 | 0 | | 0 | 1,040 | 299 | 0 | 2,354 | 1,667 | 41.2 | 0.29 |
| 2018 | | | | 0 | 0 | | 0 | 1,040 | 598 | 0 | 2,653 | 1,814 | 46.3 | 0.43 |
| 2019 | | | | 1 | 0 | | 0 | 1,280 | 598 | 0 | 2,893 | 1,973 | 46.6 | 0.55 |
| 2020 | | | | 0 | 0 | | 0 | 1,280 | 897 | 0 | 3,192 | 2,147 | 48.7 | 0.21 |
| 2021 | | | | 0 | 0 | | 0 | 1,280 | 897 | 0 | 3,192 | 2,336 | 36.6 | 0.88 |
| 2022 | | | | 4 | 0 | | 2 | 2,334 | 897 | 0 | 4,246 | 2,541 | 67.1 | 0.87 |
| 2023 | | | | 1 | 0 | | 0 | 2,574 | 1196 | 0 | 5,084 | 2,765 | 83.9 | 0.87 |
| 2024 | | | | 1 | 0 | | 0 | 2,814 | 1196 | 0 | 5,324 | 3,008 | 77.0 | 1.25 |
| 2025 | | | | 1 | 0 | | 0 | 3,054 | 1196 | 0 | 5,564 | 3,273 | 70.0 | 1.60 |
| TOTAL | | | | 8 | 1 | | 2 | | | | | | | |
| GRAND TOTAL | 0 | 3 | 23 | 5 | 35 | 4 | 15 | | | | | | | |

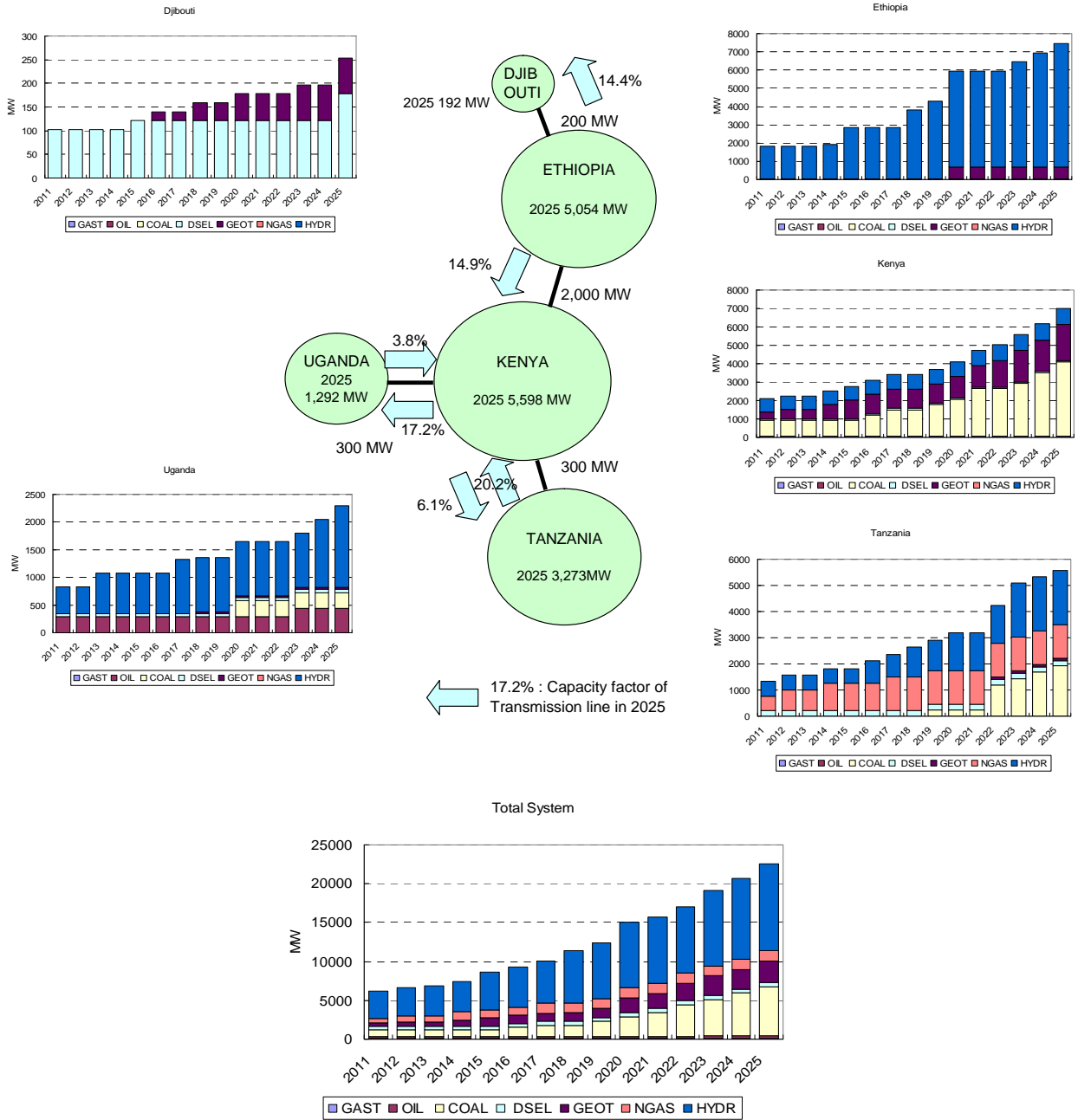


図-10.2-3 各国の電源構成の推移と 2025 年における系統連系(Simulation-2)

第 10.3 節 アフリカ・リフトバレー諸国の地熱開発の期待量

以上、各国の電源開発計画や調査団の試算による地熱開発量などをまとめると、今後のアフリカ・リフトバレー5カ国の地熱開発への期待は、2025年までに国別に見ると、ジブチは60～80MW、エチオピアは450～700MW程度、ケニアは1,600～2,000MW程度、ウガンダは70～90MW程度、タンザニアは100MW程度の合計で概ね2,300～3,000MW程度の開発が期待されていると考えられる。

表-10.3-1 アフリカ・リフトバレー諸国の地熱開発への期待

| 期間 | ジブチ | エチオピア | ケニア | ウガンダ | タンザニア | 合計 |
|-----------|-------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|--------------|--------------------------|
| 2011-2025 | 60～80 MW 程度 | 450～ 700 MW 程度 | 1,600～ 2,000 MW 程度 | 70～90 MW 程度 | 100 MW 程度 | 2,300～ 3,000 MW 程度 |

第 11 章 各国の地熱開発ロードマップ

第 11.1 節 はじめに

本章では、第 10 章で作成した国別の地熱開発期待量を達成するために、第 4 章から第 8 章の各第 4 節にかけてまとめた国別・地域別の開発状況や地熱資源賦存状況を考慮し、対象国別の 2025 年までの地熱開発ロードマップを策定した。対象国 5 カ国の内、最も開発が進んでおり、資源データが充実している国はケニアである。これに準じて、エチオピアも詳細地表調査段階まで多くの地域で実施されている。一方、ジブチ、タンザニア、ウガンダにおいては、特定の地域を対象とした調査は実施されているが、国内全域に渡って、地熱資源データが取得され、インベントリが整備されてはいるわけではない。総じて、地熱情報量が不足している。以上のことから、本ロードマップは将来の目標として位置づけられるものであり、地熱資源の存在を確認しているものではないことに留意されたい。

なお、本報告書とは別に、別冊資料として「地域別の地熱データ一覧表」を作成している。

第 11.2 節 ケニアにおける地熱開発ロードマップ

2025 年までのケニア国内における地熱開発期待容量は、1,600～2,000MW と試算されている。表-11.2-1 にケニア国内における地域別の地熱主要データを示す。地下深部における地熱蒸気の存在を確認するために実施する地熱深部井掘削は、Olkaria 地域と Eburru 地域の 2 か所のみで行われている。Olkaria 地域は 1980 年代前半から発電所運転が開始されており、これまでに 100 本以上の地熱井が掘削されており、最高温度 340℃の貯留層温度が確認されている。Eburru 地域でも高温の地熱貯留層(最高温度 279℃)の存在が確認されている。これら 2 地域に続いて、Suswa、Longonot、Menengai、Paka および Silali 地域において地上調査が実施されており、大規模な地熱資源ポテンシャルの存在が推定されている。

ケニア政府は既に、独自の地熱開発目標値を設定しているが、本ロードマップの目標値とほぼ同等もしくはそれ以上の数値となっている。この開発目標を達成するために、地熱開発会社 (GDC) が設立され、同社を通じて発電所建設に不可欠な地熱蒸気確保のための地熱井掘削を含む各種調査を実施することにしている。

2025 年までの目標達成を目指した地熱開発ロードマップを図-11.2-1 に示す。ケニア国内には大規模な地熱地帯が多数存在することから、候補地点を絞って、開発するように設定した。

既に 204MW 運転中の Olkaria 地域では新規増設を予定しており、Olkaria IV および Olkaria I 鉱区において、2012 年および 2013 年までにそれぞれ 140MW ずつ拡張する計画がある。これらの開発に当たる資金は、JICA、WB、KfW、EIB および AFD から有償資金が提供されることも決定している。

Eburru 地域に関しては、KenGen はバイナリー発電による小規模発電事業を検討している。Suswa 地域および Longonot 地域に関しては、ケニア政府は IPP による開発を容認している。

以上 4 地域に関しては、既に開発計画が設定されていることから、ケニア政府の計画を踏襲し、本報告書では特段触れないことにした。

Menengai 地域の開発は、2025 年までに、合計 6 期に分けて設定した (140MW×6 基)。本地域内には深部調査井掘削の実績が無いこと、さらには大型地熱発電設備の建設が期待されることから、FS 調査段階として各期毎に 6 本程度掘削し、資源量評価を実施した後に、発電設備概念設計を実施することとした。1 工期当たり約 4 年半程度を必要とすることから、2011 年 (第 1 期)、2013 年 (第 2 期)、2015 年 (第 3 期)、2017 年 (第 4 期)、2019 年 (第 5 期) および 2021 年 (第 6 期) から、それぞれの工期の FS 調査を開始する必要がある。工期毎の必要開発資金として 485～490 百万ドル程度の資金が想定される (表-11.2-2)。

Silali 地域の開発は、2024 年までに、合計 4 期に分けて設定した (140MW×4 基)。Silali 地域は、開発レベルがまだ概査段階にあることから、調査井掘削ターゲット選定のための地表物理探査から実施する必要がある。この後、Menengai 地区同様、FS 調査段階として 6 本程度掘削し、資源量評価を実施した後に、発電設備概念設計を実施することとした。1 工期当たり約 4 年半から 5 年程度を必要とすることから、2011 年 (第 1 期)、2014 年 (第 2 期)、2017 年 (第 3 期)、および 2020 年 (第 4 期) から、それぞれの工期の調査を開始する必要がある。工期毎の必要開発資金として 485～492 百万ドル程度の資金が想定される (表-11.2-2)。

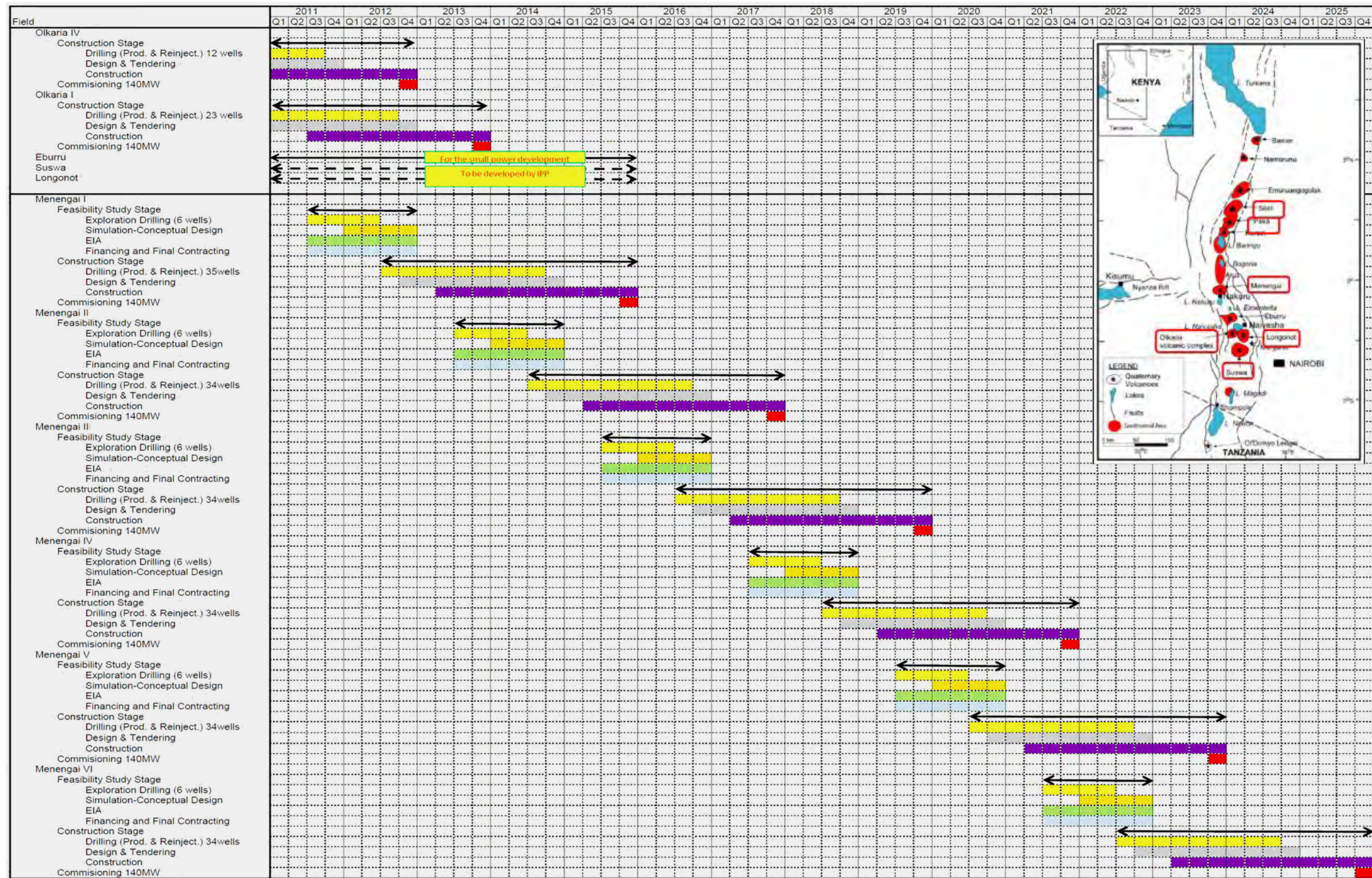
Paka 地域の開発は、2012 年から 2020 年までに、合計 3 期に分けて設定した (140MW×3 基)。Paka 地域は、Menengai 地域および Silali 地域同様、深部調査井掘削の実績が無いこと、さらには大型発電所建設が予想されるから、FS 調査段階として 6 本程度掘削し、資源量評価を実施した後に、発電設備概念設計を実施することとした。1 工期当たり約 4 年半程度を必要とすることから、2012 年 (第 1 期)、2014 年 (第 2 期) および 2016 年 (第 3 期) から、それぞれの工期の調査を開始する必要がある。工期毎の必要開発資金として 485～490 百万ドル程度の資金が想定される (表-11.2-2)。

上述の通り、ケニアにおける地熱開発ロードマップは、Olkaria 地域の増設、Menengai 地域・Silali 地域・Paka 地域の複数の大型発電設備建設計画から構成されている。しかし、各地熱地域とも、これらの計画発電量を賄うまでの地熱ポテンシャルは、未だ確認されていない。各地域の地熱井掘削が進むについて、その資源量が確定していくことになるが、ケニア地溝帯地域には、この他にも多くの地熱地帯が存在すること、さらには Suswa 地域や Longonot 地域での IPP による地熱開発も期待できることから、2025 年までの目標値 (地熱発電設備容量: 1,600～2,000MW) も十分達成可能なものと思われる。

表-11.2-1 地域別の地熱主要データ (ケニア)

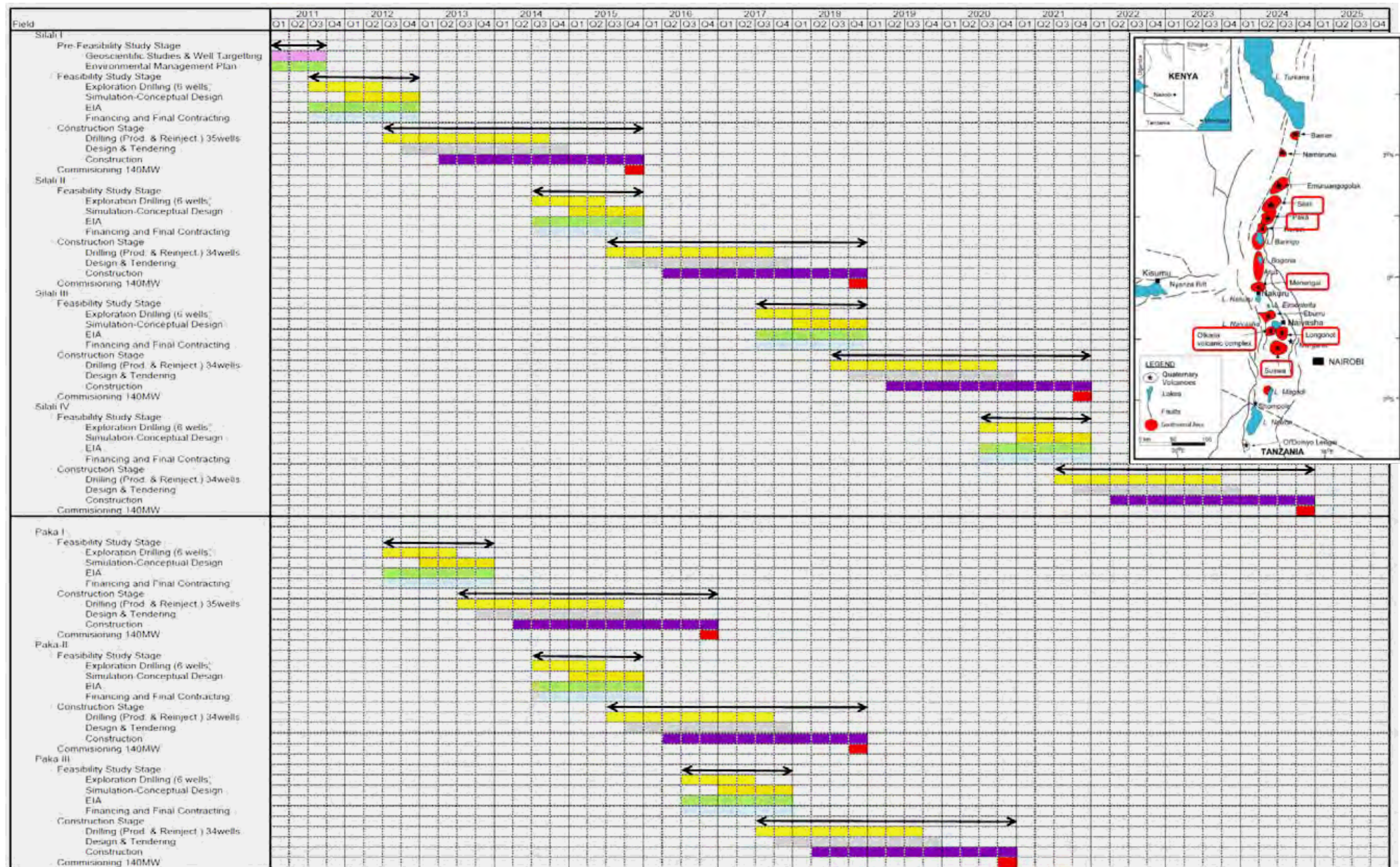
| | No. | Field Name | Drilling/Testing | Development Stage | Temperature | | | Estimated Resource Potential (Mwe) | Task for Geothermal Resource Development | Remarks |
|-------|-----|-----------------|------------------|-------------------|------------------------|---|--------------------------|------------------------------------|---|------------------|
| | | | | | Max. Surface Temp.(°C) | Possible Deep Fluid Temp. (°C) (Geothermometer) | Max. Measured Temp. (°C) | | | |
| Kenya | 1 | Olkaria | 100 wells over | OP | - | - | 340 | 400 | Production drilling | |
| | 2 | Eburru | 6 deep wells | FS | - | - | 279 | 45 | Appraisal Drilling | |
| | 3 | Suswa | - | Pre-FS | 93 | 250 | - | 600 | Exploratory drilling | Developed by IPP |
| | 4 | Longonot | - | Pre-FS | 92-97 | >250 | - | >200 | Exploratory drilling | Developed by IPP |
| | 5 | Menengai | - | Pre-FS | 60-94 | >250 | - | >200 | Exploratory drilling | |
| | 6 | Arus/Bogoria | - | Pre-FS | 100 | 180-248 | - | >20 | Exploratory drilling | |
| | 7 | Baringo | - | Pre-FS | 97 | >170-210 | - | 200 | Exploratory drilling | |
| | 8 | Korosi/Chepchuk | - | Pre-FS | 80-96 | >220-250 | - | >700 | Exploratory drilling | |
| | 9 | Paka | - | Pre-FS | 97 | >250-300 | - | >750 | Exploratory drilling | |
| | 10 | Silali | - | Re | 97 | 250-300 | - | >400 | Well Targetting & Exploratory drilling | |
| | 11 | Em urangogolak | - | Re | 96 | 250-350 | - | 300 | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| | 12 | Namarunu | - | Re | 30-100 | >200 | - | >20 | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| | 13 | Barrier volcano | - | Re | 99 | 220-296 | - | >200 | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| | 14 | L. Magadi | - | Re | 85 | 150 | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | |

(資料) 調査団作成



(資料) 調査団作成

図-11.2-1 ケニアにおける地熱開発ロードマップ (1)



(資料) 調査団作成

図-11.2-1 ケニアにおける地熱開発ロードマップ (2)

表-11.2-2 ケニアにおけるプロジェクトのコスト試算

| Description | Prospect | Unit Price | Menengai-I | | Menengai-II | | Menengai-III | | Menengai-IV | | Menengai-V | | Menengai-VI | |
|-------------|---|------------|------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------|--------------------|-------------|--------------------|------------|--------------------|-------------|--------------------|
| | | | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost |
| 1 | Nation-wide Survey & Master Plan | 2,000,000 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Pre-Feasibility Study Stage | 2,500,000 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Feasibility Study Stage | | | 32,300,000 | | 32,300,000 | | 32,300,000 | | 32,300,000 | | 32,300,000 | | 32,300,000 |
| | Site Development (Land, Roads, Pad, Water Supply) | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 |
| | Exploration Drilling (by contractor) | 6,000,000 | | | | | | | | | | | | |
| | Exploration Drilling (by own) | 4,000,000 | 6 | 24,000,000 | 6 | 24,000,000 | 6 | 24,000,000 | 6 | 24,000,000 | 6 | 24,000,000 | 6 | 24,000,000 |
| | Well Testing | 50,000 | 6 | 300,000 | 6 | 300,000 | 6 | 300,000 | 6 | 300,000 | 6 | 300,000 | 6 | 300,000 |
| | Feasibility study & Design Concep | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 |
| 4 | Construction Stage | | | 457,639,000 | | 453,305,500 | | 453,305,500 | | 453,305,500 | | 453,305,500 | | 453,305,500 |
| | Production drilling (by contractor) | 6,000,000 | | | | | | | | | | | | |
| | Production drilling (by own) | 4,000,000 | 26 | 104,000,000 | 25 | 100,000,000 | 25 | 100,000,000 | 25 | 100,000,000 | 25 | 100,000,000 | 25 | 100,000,000 |
| | Reinjection drilling (by contractor) | 4,500,000 | | | | | | | | | | | | |
| | Reinjection drilling (by own) | 3,000,000 | 9 | 27,000,000 | 9 | 27,000,000 | 9 | 27,000,000 | 9 | 27,000,000 | 9 | 27,000,000 | 9 | 27,000,000 |
| | Well Testing | 50,000 | 26 | 1,300,000 | 25 | 1,250,000 | 25 | 1,250,000 | 25 | 1,250,000 | 25 | 1,250,000 | 25 | 1,250,000 |
| | Steam field development (450K per MW) | 450,000 | 140 | 63,000,000 | 140 | 63,000,000 | 140 | 63,000,000 | 140 | 63,000,000 | 140 | 63,000,000 | 140 | 63,000,000 |
| | Turbine, generator, condenser, etc. (1,100K per MW) | 1,100,000 | 140 | 154,000,000 | 140 | 154,000,000 | 140 | 154,000,000 | 140 | 154,000,000 | 140 | 154,000,000 | 140 | 154,000,000 |
| | Civil Works (Power house, staff houses, roads) | 560,000 | 140 | 78,400,000 | 140 | 78,400,000 | 140 | 78,400,000 | 140 | 78,400,000 | 140 | 78,400,000 | 140 | 78,400,000 |
| | Construction supervision and administrator (7%) | | | 29,939,000 | | 29,655,500 | | 29,655,500 | | 29,655,500 | | 29,655,500 | | 29,655,500 |
| Total | | | | 489,939,000 | | 485,605,500 | | 485,605,500 | | 485,605,500 | | 485,605,500 | | 485,605,500 |

(Unit: US\$)

| Description | Prospect | Unit Price | Silali-I | | Silali-II | | Silali-III | | Silali-IV | | Paka-I | | Paka-II | | Total |
|-------------|---|------------|----------|--------------------|-----------|--------------------|------------|--------------------|-----------|--------------------|--------|--------------------|---------|--------------------|----------------------|
| | | | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | |
| 1 | Nation-wide Survey & Master Plan | 2,000,000 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Pre-Feasibility Study Stage | 2,500,000 | 1 | 2,500,000 | | | | | | | | | | | 2,500,000 |
| 3 | Feasibility Study Stage | | | 32,300,000 | | 32,300,000 | | 32,300,000 | | 32,300,000 | | 32,300,000 | | 32,300,000 | 387,600,000 |
| | Site Development (Land, Roads, Pad, Water Supply) | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 60,000,000 |
| | Exploration Drilling (by contractor) | 6,000,000 | | | | | | | | | | | | | |
| | Exploration Drilling (by own) | 4,000,000 | 6 | 24,000,000 | 6 | 24,000,000 | 6 | 24,000,000 | 6 | 24,000,000 | 6 | 24,000,000 | 6 | 24,000,000 | 288,000,000 |
| | Well Testing | 50,000 | 6 | 300,000 | 6 | 300,000 | 6 | 300,000 | 6 | 300,000 | 6 | 300,000 | 6 | 300,000 | 3,600,000 |
| | Feasibility study & Design Concep | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 36,000,000 |
| 4 | Construction Stage | | | 457,639,000 | | 453,305,500 | | 453,305,500 | | 453,305,500 | | 457,639,000 | | 453,305,500 | 5,452,666,500 |
| | Production drilling (by contractor) | 6,000,000 | | | | | | | | | | | | | |
| | Production drilling (by own) | 4,000,000 | 26 | 104,000,000 | 25 | 100,000,000 | 25 | 100,000,000 | 25 | 100,000,000 | 26 | 104,000,000 | 25 | 100,000,000 | 1,212,000,000 |
| | Reinjection drilling (by contractor) | 4,500,000 | | | | | | | | | | | | | |
| | Reinjection drilling (by own) | 3,000,000 | 9 | 27,000,000 | 9 | 27,000,000 | 9 | 27,000,000 | 9 | 27,000,000 | 9 | 27,000,000 | 9 | 27,000,000 | 324,000,000 |
| | Well Testing | 50,000 | 26 | 1,300,000 | 25 | 1,250,000 | 25 | 1,250,000 | 25 | 1,250,000 | 26 | 1,300,000 | 25 | 1,250,000 | 15,150,000 |
| | Steam field development (450K per MW) | 450,000 | 140 | 63,000,000 | 140 | 63,000,000 | 140 | 63,000,000 | 140 | 63,000,000 | 140 | 63,000,000 | 140 | 63,000,000 | 756,000,000 |
| | Turbine, generator, condenser, etc. (1,100K per MW) | 1,100,000 | 140 | 154,000,000 | 140 | 154,000,000 | 140 | 154,000,000 | 140 | 154,000,000 | 140 | 154,000,000 | 140 | 154,000,000 | 1,848,000,000 |
| | Civil Works (Power house, staff houses, roads) | 560,000 | 140 | 78,400,000 | 140 | 78,400,000 | 140 | 78,400,000 | 140 | 78,400,000 | 140 | 78,400,000 | 140 | 78,400,000 | 940,800,000 |
| | Construction supervision and administrator (7%) | | | 29,939,000 | | 29,655,500 | | 29,655,500 | | 29,655,500 | | 29,939,000 | | 29,655,500 | 356,716,500 |
| Total | | | | 492,439,000 | | 485,605,500 | | 485,605,500 | | 485,605,500 | | 489,939,000 | | 485,605,500 | 5,842,766,500 |

(資料) 調査団作成

第 11.3 節 エチオピアにおける地熱開発ロードマップ

2025 年までのエチオピア国内における地熱開発期待容量は、450～700MW と試算されている。表-11.3-1 にエチオピア国内における地域別の地熱主要データを示す。地下深部における地熱蒸気
の存在を確認するために実施する地熱深部井掘削は、Aluto Langano 地域と Tendaho 地域の 2 か
所のみで行われている。Aluto Langano 地域は 1998 年に 7.3MW パイロット発電所の運転が開始
されており、これまでに深部調査井 8 本が掘削されており、最高温度 350℃の地熱貯留層の存在
が確認されている。Tendaho 地域では、深部調査井 3 本、500m 級の浅部調査井 3 本が掘削され、
最高温度 278℃の地熱貯留層の存在が報告されている。これら 2 地域に続いて、Abaya 地域およ
び Corbetti 地域の探査が進んでいる（Pre-FS 段階）。両地域とも地熱井掘削データは無いが、地
化学温度の解析から 300℃以上の地熱貯留層の存在が推定されており、坑井掘削による確認が望
まれる。この他にも、Tulu Moye 地域、Dofan 地域、Fantale 地域および Gedemsa 地域にお
ける地表調査がエチオピア地質調査所（GSE）によって実施されており、更なる精緻化が必要であ
る。また、エチオピア地溝帯内には多くの地熱徴候が見られることから、広域的な調査を実施す
ることにより、地熱資源ポテンシャルの増大も期待される。エチオピア政府は地熱資源に関する
具体的な電源開発計画を未だ策定していない。

2025 年までの目標達成を目指した地熱開発ロードマップを図-11.3-1 に示す。

エチオピア国内で、地熱開発が最も期待されている地域は 7.3MW パイロットプラントが運転
中の Aluto Langano である。現在、4 本の地熱井掘削を含む FS 調査が計画されている。2011 年
から商業用に転用可能な地熱井を掘削し、その後、資源量評価、発電設備概念設計へと進む予定
である。ここまでの探査資金は世界銀行および日本政府が提供することで確定しているが、その
後の開発資金の目途が立っていない。本ロードマップでは、1 号機（設備容量：35MW）の発電所
建設工期部分および 2 号機（設備容量：40MW）の全工期部分の開発資金をそれぞれ約 130 百万ド
ルおよび約 166 百万ドルと試算した（表-11.3-2）。順調に開発が進めば、1 号機の運転開始が 2014
年および 2 号機の運転開始が 2016 年になる予定である。

Aluto Langano 地域に続いて、開発が期待されている地域は Tendaho である。GSE は、ドイ
ツ地科学天然資源研究所（BGR）の協力を得て、地上物理探査を実施する予定である。その後の
地熱井掘削および発電所建設の資金の目途は立っていない。本ロードマップでは、1 号機（設
備容量：50MW）および 2 号機（設備容量：50MW）の全工期部分の開発資金をそれぞれ約 203 百万ド
ルおよび約 195 百万ドルと試算した（表-11.3-2）。順調に開発が進めば、Aluto Langano 1 号機お
よび同 2 号機から 1 年遅れて、2015 年および 2017 年に運転開始することになる。

Aluto Langano および Tendaho に続いて、開発が期待されている地域は Corbetti 地域および
Abaya 地域である。Corbetti 地域に関しては、2018 年までに、2 期に分けて開発計画を設定した
（35MW×1 基と 40MW×1 機）。開発レベルがまだ概査段階にあることから、調査井掘削ターゲッ
ト選定のための地表物理探査から実施する必要がある。この後、FS 調査段階として 4 本程度地熱
井を掘削し、資源量評価を実施した後に、発電設備概念設計を実施することとした。1 工期当た

り約4年を必要とすることから、2012年末（第1期）および2015年（第2期）から、調査開始する必要がある。各工期の必要開発資金として156～166百万ドル程度の資金が想定される（表-11.3-2）。Abaya地域も同様、2019年までに、2期に分けて開発計画を設定した（50MW×2基）。Abaya地域は、開発レベルがまだPre-FS段階にあることから、調査井掘削ターゲット選定のための地表物理探査から実施する必要がある。この後、FS調査段階として4本程度地熱井を掘削し、資源量評価を実施した後に、発電設備概念設計を実施することとした。1工期当たり約4年から4年半程度を必要とすることから、2013年（第1期）および2016年（第2期）から、調査開始する必要がある。各工期の必要開発資金として195～203百万ドル程度の資金が想定される（表-11.3-2）。

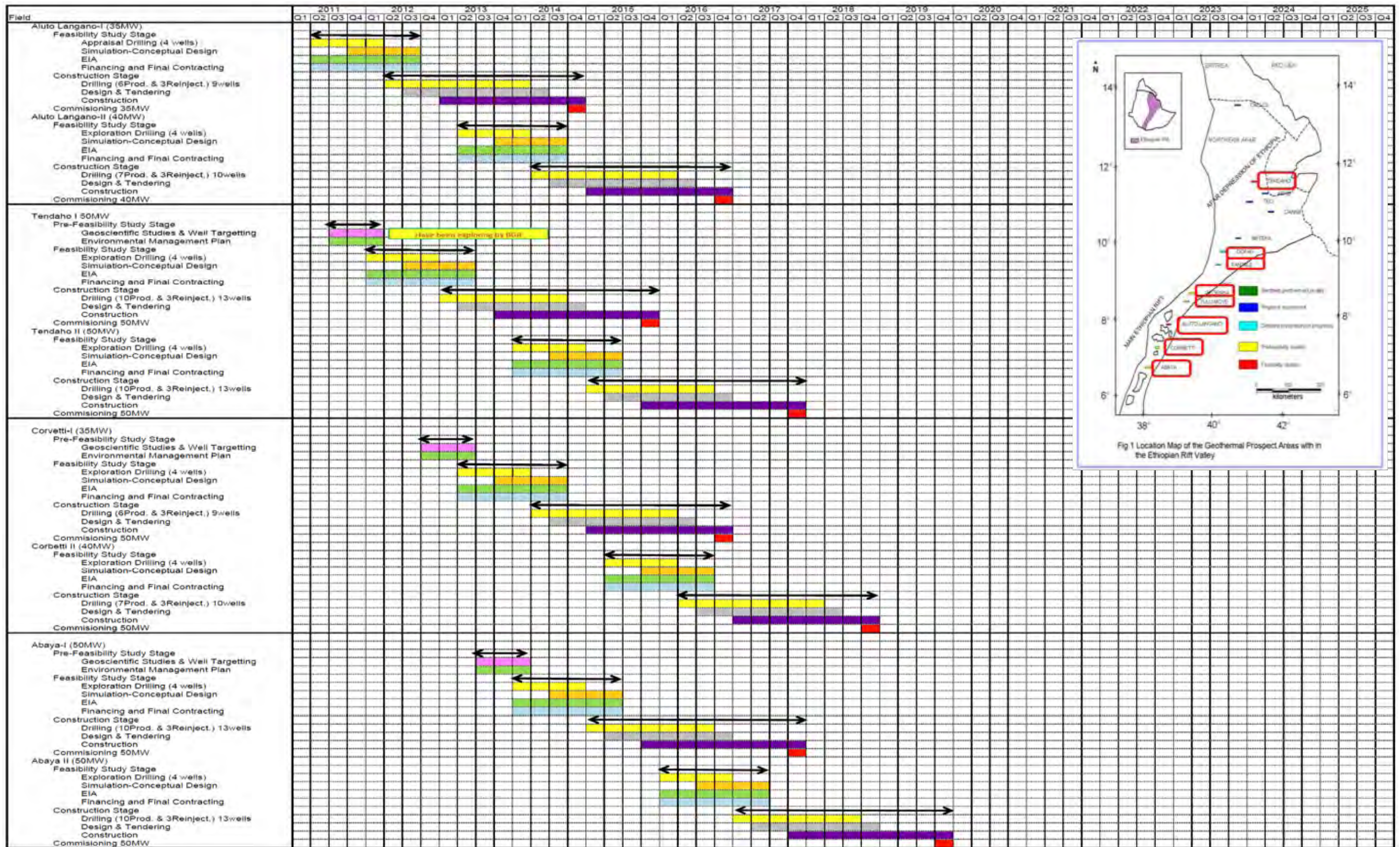
この他にも、2025年までのエチオピア国内における地熱開発期待電力容量（450～700MW）を達成するためには、その他地域（Tulu Moya地域、Dofan地域、Fantale地域、Gedemsa地域およびその他概査レベル地域）の開発も必要である。しかし、残された地域は地熱データの情報量も少なく、探査精度も低い。そのため、国内全域を対象とした広域的な地熱調査の実施を設定した（図-11.3-1(2)）。広域調査を2014年頃から約2年程度実施し、開発有望地域の抽出を図る。抽出された地域に優先順位をつけ、段階的に調査・掘削・プラント建設へと進む必要がある。

エチオピアはケニアに比較して大規模な地熱地帯の報告がほとんど無い。しかし、国内中央部を南北に東アフリカ地溝帯が走っており、調査精度が未だ不十分なことから、正確な地熱資源量が算出されていないものと思われる。広域的な地熱調査、各地域の地表調査や地熱井掘削が実施されることにより、開発可能な地熱資源量は確定されていくことになる。

表-11.3-1 地域別の地熱主要データ (エチオピア)

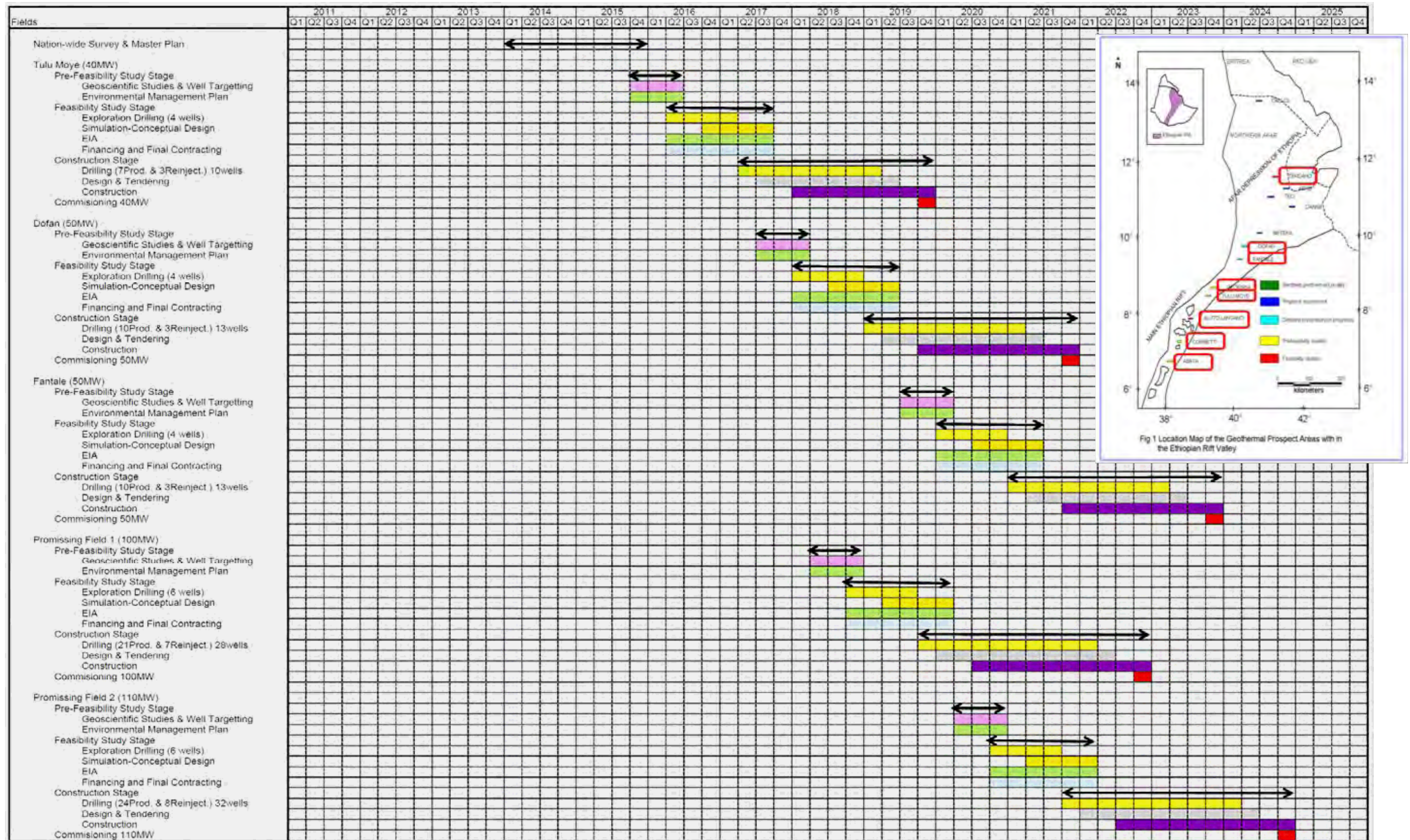
| No. | Field Name | Drilling/Testing | Development Stage | Temperature | | | Estimated Resource Potential (Mwe) | Task for Geothermal Resource Development | Remarks |
|-----|---------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------|--|-------------------------|------------------------------------|---|-----------------|
| | | | | Max. Surface Temp (°C) | Possible Deep Fluid Temp (°C) (Geothermometer) | Max. Measured Temp (°C) | | | |
| 1 | Aluto Langano | 8 deep wells | OP | 60-70 | - | 350 | 75 | Appraisal Drilling | |
| 2 | Tendaho | 3 deep wells 3 shallow wells | FS | ? | - | 278 | 100??? | Appraisal Drilling | Explored by BGR |
| 3 | Abaya | Shallow IG wells | Pre-FS | 96 | >300 | - | 100 | Well Targeting & Exploratory Drilling | |
| 4 | Corbetti | Shallow IG wells | Pre-FS | 94 | >500 | - | 74 | Well Targeting & Exploratory Drilling | |
| 5 | Tulu Moyo | Shallow IG wells | Detailed Surface | 60-80 | >150 | - | 40 | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| 6 | Dofan | - | Detailed Surface | 100 | >280 | - | 50 | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| 7 | Fantale | - | Detailed Surface | 100 | | - | 50 | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| 8 | Gedemsa | Shallow IG wells | Detailed Surface | 60-80 | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| 9 | Dallo | - | Identified localities | - | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| 10 | Kone | - | Re | - | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| 11 | Meteka | - | Re | - | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| 12 | Teo | - | Re | - | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| 13 | Danab | - | Re | - | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| 14 | Lake Abhe | - | Identified localities | - | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | |

(資料) 調査団作成



(資料) 調査団作成

図-11.3-1 エチオピアにおける地熱開発ロードマップ (1)



(資料) 調査団作成

図-11.3-1 エチオピアにおける地熱開発ロードマップ (2)

表-11.3-2 エチオピアにおけるプロジェクトのコスト試算

| Description | Prospect | Unit Price | Aluto Langano-I | | Aluto Langano-II | | Tendaho-I | | Tendaho-II | | Corbetti-I | | Corbetti-II | | Abaya-I | | Abaya-II | | |
|-------------|--|------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | |
| 1 | Nation-wide Survey & Master Plan | 2,000,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Pre-Feasibility Study Stage | 2,500,000 | | | | | 1 | 2,500,000 | | | 1 | 2,500,000 | | | 1 | 2,500,000 | | | |
| 3 | Feasibility Study Stage | | | | | | | 19,200,000 | | | 19,200,000 | | | 19,200,000 | | | 19,200,000 | | 19,200,000 |
| | Site Development (Land, Roads, Pad, Water Supply) | 5,000,000 | | | | | 1 | 5,000,000 | | | 1 | 5,000,000 | | | 1 | 5,000,000 | | | |
| | Exploration Drilling (by contractor) | 6,000,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Exploration Drilling (by own) | 4,000,000 | | | 4 | 16,000,000 | 4 | 16,000,000 | 4 | 16,000,000 | 4 | 16,000,000 | 4 | 16,000,000 | 4 | 16,000,000 | 4 | 16,000,000 | |
| | Well Testing | 50,000 | | | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | |
| | Feasibility study & Design Concept | 3,000,000 | | | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | |
| 4 | Construction Stage | | | | | | | 129,630,500 | | | 147,392,500 | | | 176,550,000 | | | 176,550,000 | | 176,550,000 |
| | Production drilling (by contractor) | 6,000,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Production drilling (by own) | 4,000,000 | 6 | 24,000,000 | 7 | 28,000,000 | 10 | 40,000,000 | 10 | 40,000,000 | 6 | 24,000,000 | 7 | 28,000,000 | ## | 40,000,000 | 10 | 40,000,000 | |
| | Reinjection drilling (by contractor) | 4,500,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Reinjection drilling (by own) | 3,000,000 | 3 | 9,000,000 | 3 | 9,000,000 | 3 | 9,000,000 | 3 | 9,000,000 | 3 | 9,000,000 | 3 | 9,000,000 | 3 | 9,000,000 | 3 | 9,000,000 | |
| | Well Testing | 50,000 | 6 | 300,000 | 7 | 350,000 | 10 | 500,000 | 10 | 500,000 | 5 | 250,000 | 7 | 350,000 | ## | 500,000 | 10 | 500,000 | |
| | Steam field development (450K per MW) | 450,000 | 35 | 15,750,000 | 40 | 18,000,000 | 50 | 22,500,000 | 50 | 22,500,000 | 35 | 15,750,000 | 40 | 18,000,000 | ## | 22,500,000 | 50 | 22,500,000 | |
| | Turbine, generator, condenser, etc. (1500K per MW) | 1,500,000 | 35 | 52,500,000 | 40 | 60,000,000 | | | | | 35 | 52,500,000 | 40 | 60,000,000 | ## | | | | |
| | Turbine, generator, condenser, etc. (1300K per MW) | 1,300,000 | | | | | 50 | 65,000,000 | 50 | 65,000,000 | | | | | ## | 65,000,000 | 50 | 65,000,000 | |
| | Civil Works (Power house, staff houses, roads) | 560,000 | 35 | 19,600,000 | 40 | 22,400,000 | 50 | 28,000,000 | 50 | 28,000,000 | 35 | 19,600,000 | 40 | 22,400,000 | ## | 28,000,000 | 50 | 28,000,000 | |
| | Construction supervision and administrator (7%) | | | 8,480,500 | | 9,642,500 | | 11,550,000 | | 11,550,000 | | 8,477,000 | | 9,642,500 | | 11,550,000 | | 11,550,000 | |
| Total | | | | 129,630,500 | | 166,592,500 | | 203,250,000 | | 195,750,000 | | 156,277,000 | | 166,592,500 | | 203,250,000 | | 195,750,000 | |

(Unit: US\$)

| Description | Prospect | Unit Price | Tulu Move | | Dofan | | Fantale | | Promissing 1 | | Promissing 2 | | Total |
|-------------|--|------------|-----------|-------------|-------|-------------|---------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|---------------|
| | | | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | |
| 1 | Nation-wide Survey & Master Plan | 2,000,000 | 1 | 2,000,000 | | | | | | | | | 2,000,000 |
| 2 | Pre-Feasibility Study Stage | 2,500,000 | 1 | 2,500,000 | 1 | 2,500,000 | 1 | 2,500,000 | 1 | 2,500,000 | 1 | 2,500,000 | 20,000,000 |
| 3 | Feasibility Study Stage | | | 24,200,000 | | 24,200,000 | | 24,200,000 | | 32,300,000 | | 32,300,000 | 286,600,000 |
| | Site Development (Land, Roads, Pad, Water Supply) | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 40,000,000 |
| | Exploration Drilling (by contractor) | 6,000,000 | | | | | | | | | | | |
| | Exploration Drilling (by own) | 4,000,000 | 4 | 16,000,000 | 4 | 16,000,000 | 4 | 16,000,000 | 6 | 24,000,000 | 6 | 24,000,000 | 208,000,000 |
| | Well Testing | 50,000 | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | 6 | 300,000 | 6 | 300,000 | 2,600,000 |
| | Feasibility study & Design Concept | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 36,000,000 |
| 4 | Construction Stage | | | 147,392,500 | | 176,550,000 | | 176,550,000 | | 360,643,500 | | 401,571,000 | 2,522,899,500 |
| | Production drilling (by contractor) | 6,000,000 | | | | | | | | | | | |
| | Production drilling (by own) | 4,000,000 | 7 | 28,000,000 | 10 | 40,000,000 | 10 | 40,000,000 | 21 | 84,000,000 | 24 | 96,000,000 | 552,000,000 |
| | Reinjection drilling (by contractor) | 4,500,000 | | | | | | | | | | | |
| | Reinjection drilling (by own) | 3,000,000 | 3 | 9,000,000 | 3 | 9,000,000 | 3 | 9,000,000 | 7 | 21,000,000 | 8 | 24,000,000 | 144,000,000 |
| | Well Testing | 50,000 | 7 | 350,000 | 10 | 500,000 | 10 | 500,000 | 21 | 1,050,000 | 24 | 1,200,000 | 6,850,000 |
| | Steam field development (450K per MW) | 450,000 | 40 | 18,000,000 | 50 | 22,500,000 | 50 | 22,500,000 | 100 | 45,000,000 | 110 | 49,500,000 | 315,000,000 |
| | Turbine, generator, condenser, etc. (1500K per MW) | 1,500,000 | 40 | 60,000,000 | | | | | | | | | 285,000,000 |
| | Turbine, generator, condenser, etc. (1300K per MW) | 1,300,000 | | | 50 | 65,000,000 | 50 | 65,000,000 | 100 | 130,000,000 | 110 | 143,000,000 | 663,000,000 |
| | Civil Works (Power house, staff houses, roads) | 560,000 | 40 | 22,400,000 | 50 | 28,000,000 | 50 | 28,000,000 | 100 | 56,000,000 | 110 | 61,600,000 | 392,000,000 |
| | Construction supervision and administrator (7%) | | | 9,642,500 | | 11,550,000 | | 11,550,000 | | 23,593,500 | | 26,271,000 | 165,049,500 |
| Total | | | | 176,092,500 | | 203,250,000 | | 203,250,000 | | 395,443,500 | | 436,371,000 | 2,831,499,500 |

(資料) 調査団作成

第 11.4 節 ジブチにおける地熱開発ロードマップ

第 10 章で作成した 2025 年までのジブチ国内における地熱開発期待容量は、60～80MW と試算されている。表-11.4-1 にジブチ国内における地域別の地熱主要データを示す。地下深部における地熱蒸気の有無を確認するために実施する地熱深部井掘削は、Asal 地域と Hanle 地域の 2 か所のみで行われている。Asal 地域は 1975 年に最初の 2 本、1987 年と 1988 年に残りの 4 本が掘削され、最高温度 355℃の地熱貯留層の存在が確認されている。Hanle 地域では、2 本の深部調査井と 3 本の 450m 級浅部調査井が掘削されているが、地下最高温度は深度 2,020m で 124℃と地熱発電目的にはあまり適さない結果が得られている。これら 2 地域に続いて、Gaggade 地域および Nord Ghoubhet 地域の調査が Pre-FS 段階まで進んでいる。両地域とも地熱井掘削データは無いが、地化学温度の解析から、Nord Ghoubhet 地域において 220℃程度の地熱貯留層の存在が推定されており、坑井掘削による地熱貯留層の確認が望まれる。この他にも、Arta 地域、Obock 地域、Lac Abhe 地域、Chevery 地域および Inakir 地域において地表概査が CERD によって実施されているが、更なる地熱情報の精緻化が望まれる。また、ジブチ国内には多くの地熱徴候が見られることから、広域的な調査を実施することにより、地熱資源ポテンシャルの増大も期待される。ジブチでは地熱資源に関する具体的な電源開発計画は作成されていない。

2025 年までの目標達成を目指した地熱開発ロードマップを図-11.4-1 に示す。

ジブチ国内で、地熱探査が最も進んでいる地域は Asal である。しかし、本地域深部に賦存する地熱貯留層は海水起源であり、腐食の問題を抱えている。さらに、各種スケール（化学的沈殿物）の問題を抱え、とりわけ、未だ技術的解決策が見出されていない硫化物スケールの問題も内在していることから、これまで発電所建設までには至らなかった。これらの問題に対処するため、Asal 地域での開発は小規模なパイロット発電設備建設から初め、段階的に拡大していくことが望ましい。腐食やスケール問題を克服するために、坑内圧力のコントロール、クリスタライザー、蒸発・沈澱ポンドの設置など、5 MW 程度のパイロットプラント運転（第 1 段階）の実績等を通じて、最適な発電条件を見つける調査研究が必要である。これらの技術的な問題が克服され、経済性が確認されたならば徐々に出力を増大し、25MW 中規模発電設備建設（第 2 段階）、そして 50MW 大型発電設備建設（第 3 段階）へと増大することを提案する。第 1 段階の工期は 4 年程度で実施し（4 本の地熱井掘削を含む）、約 46 百万ドルの開発資金が必要である。第 2 段階（2 号機：25MW）および第 3 段階（3 号機：50MW）の発電所建設に至るまでの開発資金は、それぞれ約 130 百万ドルおよび約 230 百万ドルが必要となる（表-11.4-2）。

エチオピアとの国境を跨って分布する Lac Abhe 地域の開発に関しては、現在、インド国 Hydro Carbon 社が鉱業権を取得し、IPP 事業として地熱開発を検討している。本ロードマップではこの IPP 企業の動向を見守ることとし、開発計画には特段触れず、必要な開発資金の試算は省略することとした。

Asal 地域での地熱開発には、技術的・経済的な問題を多く抱えていることから、その実現に向けては幾多の困難を克服しなければならない。そのため、2025 年までのジブチ国内における地熱

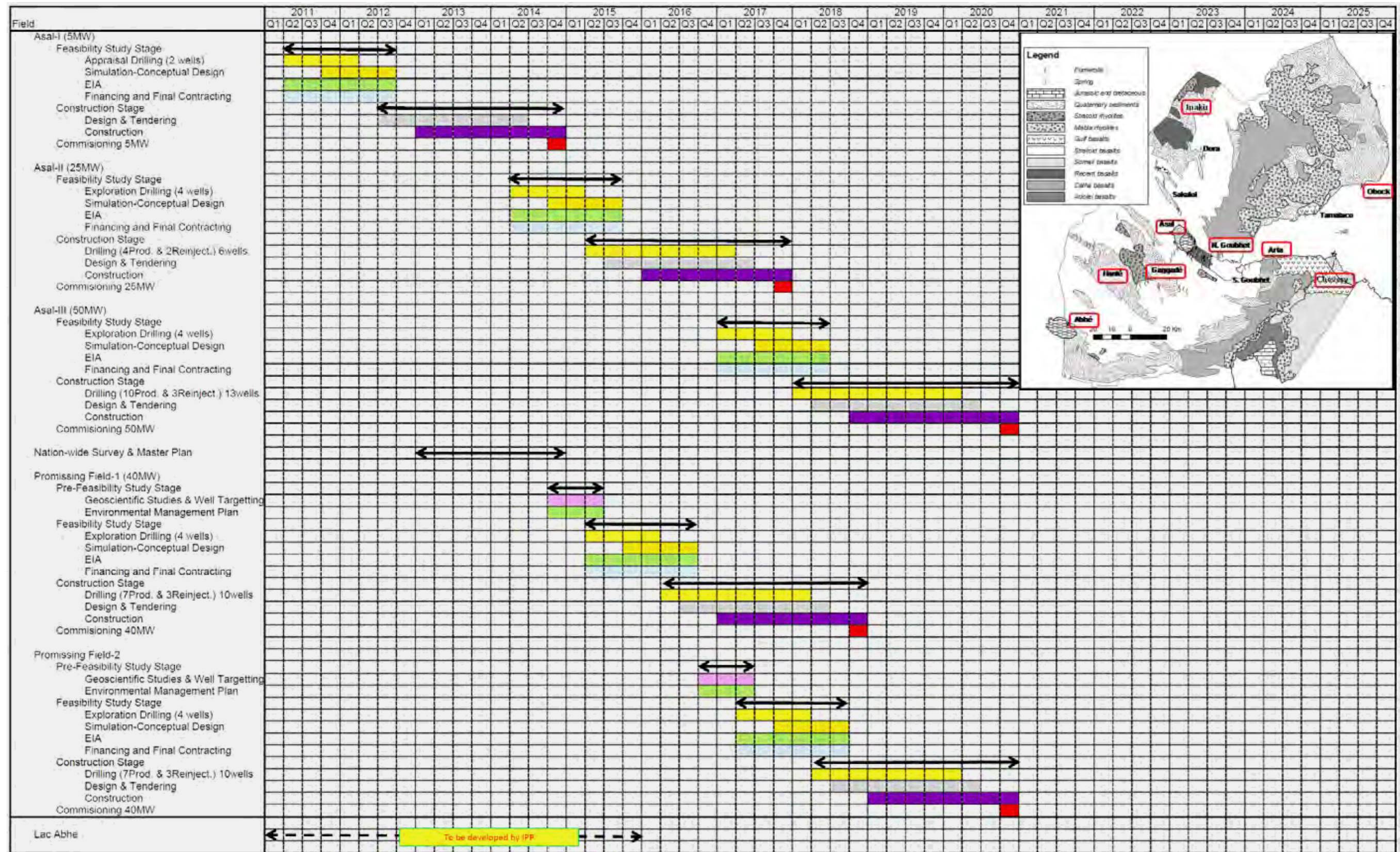
開発目標値を達成するために、その他地域（Hanle 地域、Gaggade 地域、Nord Ghoubhet 地域、Arta 地域、Oboch 地域、Chevery 地域および Inakir 地域）の開発も並行して進める必要である。しかし、残された地域は地熱データの情報量も少なく、探査精度も低い。そのため、国内全域を対象とした広域地熱調査の実施を設定した（図-11.4-1）。2013 年頃から約 2 年程度実施し、開発有望地域の抽出を図る。抽出された地域に優先順位をつけ、段階的に調査・掘削・プラント建設へと進む必要がある。

ジブチ国の地熱調査実施機関である CERD では、これまでの独自調査結果から、具体的候補地として、Chevery 地域および Inakir 地域での地熱開発に期待を寄せている。同国は、東アフリカ地溝帯、紅海およびアデン湾のそれぞれの断裂システムの交差部に相当し、多くの地熱徴候地が見られることから、資源量評価に必要なデータの精緻化が必要である。

表-11.4-1 地域別の地熱主要データ（ジブチ）

| No. | Field Name | Drilling Testing | Development Stage | Temperature | | | Estimated Resource Potential (Mwe) | Task for Geothermal Resource Development | Remarks |
|-----|----------------|--------------------------------|-------------------|------------------------|---|--------------------------|------------------------------------|---|------------------------|
| | | | | Max. Surface Temp (°C) | Possible Deep Fluid Temp. (°C) (Geothermometer) | Max. Measured Temp. (°C) | | | |
| 1 | Assal | 6 deep wells | FS | 100 | - | 355 | 50-150 | Appraisal Drilling | |
| 2 | Hanle | 2 deep wells & 3 shallow wells | Pre-FS | >60 | 118-260 | 124 (at 2020m in depth) | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| 3 | Gaggade | - | Pre-FS | >60 | - | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| 4 | N. of Ghoubhet | - | Pre-FS | ? | 220 | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| 5 | Arta | - | Re | 75-95 | ? | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| 6 | Oboch | - | Re | - | 210 | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| 7 | Lac Abbe | - | Re | >90 | ? | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | Explored by IPP |
| 8 | Chevery | Shallow TG well(s) | Re | - | - | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | 150°C at 150m in depth |
| 9 | Inakir | - | Re | - | - | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | Recommended from CERD |

(資料) 調査団作成



(資料) 調査団作成

図-11.4-1 ジブチにおける地熱開発ロードマップ

表-11.4-2 ジブチにおけるプロジェクトのコスト試算

| Description | Prospect | Unit Price | (Unit: US\$) | | | | | | | | | | |
|-------------|--|------------|--------------|-------------------|---------|--------------------|----------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------------|
| | | | Asal-I | | Asal-II | | Asal-III | | Promissing 1 | | Promissing 2 | | Total |
| | | | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | |
| 1 | Nation-wide Survey & Master Plan | 2,000,000 | | | | | | | 1 | 2,000,000 | | | 2,000,000 |
| 2 | Pre-Feasibility Study Stage | 2,500,000 | | | | | | | 1 | 2,500,000 | 1 | 2,500,000 | 5,000,000 |
| 3 | Feasibility Study Stage | | | 20,100,000 | | 27,200,000 | | 27,200,000 | | 32,200,000 | | 32,200,000 | 138,900,000 |
| | Site Development (Land, Roads, Pad, Water Supply) | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | | | | | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 15,000,000 |
| | Exploration Drilling (by contractor) | 6,000,000 | 2 | 12,000,000 | 4 | 24,000,000 | 4 | 24,000,000 | 4 | 24,000,000 | 4 | 24,000,000 | 108,000,000 |
| | Exploration Drilling (by own) | 4,000,000 | | | | | | | | | | | |
| | Well Testing | 50,000 | 2 | 100,000 | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | 900,000 |
| | Feasibility study & Design Concep | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 15,000,000 |
| 4 | Construction Stage | | | 13,428,500 | | 102,666,500 | | 202,765,000 | | 167,187,500 | | 167,187,500 | 653,235,000 |
| | Production drilling (by contractor) | 6,000,000 | | | 4 | 24,000,000 | 10 | 60,000,000 | 7 | 42,000,000 | 7 | 42,000,000 | 168,000,000 |
| | Production drilling (by own) | 4,000,000 | | | | | | | | | | | |
| | Reinjection drilling (by contractor) | 4,500,000 | | | 2 | 9,000,000 | 3 | 13,500,000 | 3 | 13,500,000 | 3 | 13,500,000 | 49,500,000 |
| | Reinjection drilling (by own) | 3,000,000 | | | | | | | | | | | |
| | Well Testing | 50,000 | | | 4 | 200,000 | 10 | 500,000 | 7 | 350,000 | 7 | 350,000 | 1,400,000 |
| | Steam field development (450K per MW) | 450,000 | 5 | 2,250,000 | 25 | 11,250,000 | 50 | 22,500,000 | 40 | 18,000,000 | 40 | 18,000,000 | 72,000,000 |
| | Turbine, generator, condenser, etc. (1500K per MW) | 1,500,000 | 5 | 7,500,000 | 25 | 37,500,000 | | | 40 | 60,000,000 | 40 | 60,000,000 | 165,000,000 |
| | Turbine, generator, condenser, etc. (1300K per MW) | 1,300,000 | | | | | 50 | 65,000,000 | | | | | 65,000,000 |
| | Civil Works (Power house, staff houses, roads) | 560,000 | 5 | 2,800,000 | 25 | 14,000,000 | 50 | 28,000,000 | 40 | 22,400,000 | 40 | 22,400,000 | 89,600,000 |
| | Construction supervision and administratiou | (7%) | | 878,500 | | 6,716,500 | | 13,265,000 | | 10,937,500 | | 10,937,500 | 42,735,000 |
| Total | | | | 33,528,500 | | 129,866,500 | | 229,965,000 | | 203,887,500 | | 201,887,500 | 799,135,000 |

(資料) 調査団作成

第 11.5 節 タンザニアにおける地熱開発ロードマップ

第 10 章で作成した 2025 年までのタンザニア国内における地熱開発期待容量は、100MW と試算されている。表-11.5-1 にタンザニア国内における地域別の地熱主要データを示す。タンザニア国内で、地熱探査が最も進んでいる地域は Mbeya である。ドイツ地科学天然資源研究所 (BGR) の協力を得て、Pre-FS 段階まで進んでいる。Mbeya 地域は、タンザニア南西部の Rungwe 火山周辺に存在し、トラバーチンの地質年代測定の結果、約 36 万年前に地熱活動が開始したものと考えられており、断層・温泉等も数多く分布している。温泉水の化学分析結果(地化学温度)から、230°C 程度の地熱貯留層の存在が推定されている。TEM による地表物理探査が実施されており、地下浅部の地質構造が推定されている。地熱井掘削の実施はない。タンザニア国内においてこの他にも、Rukwa 地域、Kisaki-Rufiji 地域、Eyashi-Ngorongoro-Natron 地域および Dodoma-Singida-Kondoa 地域において地表踏査が実施されているが、まだ概査レベルであり、更なる地熱情報の精緻化が望まれる。この内、Natron 地域を対象に実施された温泉水地化学解析の結果から、270°C 以上の貯留層温度が推定されている。タンザニア国内には多くの地熱徴候が見られることから、広域的な調査を実施することにより、新規地熱開発有望地域の発掘も期待される。

2025 年までの目標達成を目指した地熱開発ロードマップを図-11.5-1 に示す。タンザニア電力公社 (TANESCO) は、国内 5 地域に地熱開発優先順位をつけており、本報告書でも、それに準じて開発ロードマップを策定した。

Mbeya 地域に関しては、2015 年までに、30MW 発電設備建設を目指して開発計画を設定した。TEM による物理探査が実施されているものの、地下深部の地熱構造を推定するための比抵抗探査が実施されていないことから、調査井掘削ターゲット選定のための地表物理探査から実施する必要がある。この後、FS 調査段階として 4 本程度地熱井を掘削し、資源量評価を実施した後に、発電設備概念設計を実施することとした。約 4 年半のリードタイムを必要とすることから、2011 年中頃から調査開始するスケジュールを策定した。30MW 発電設備建設に至るまでの必要開発資金として 157 百万ドル程度の資金が想定される (表-11.5-2)。

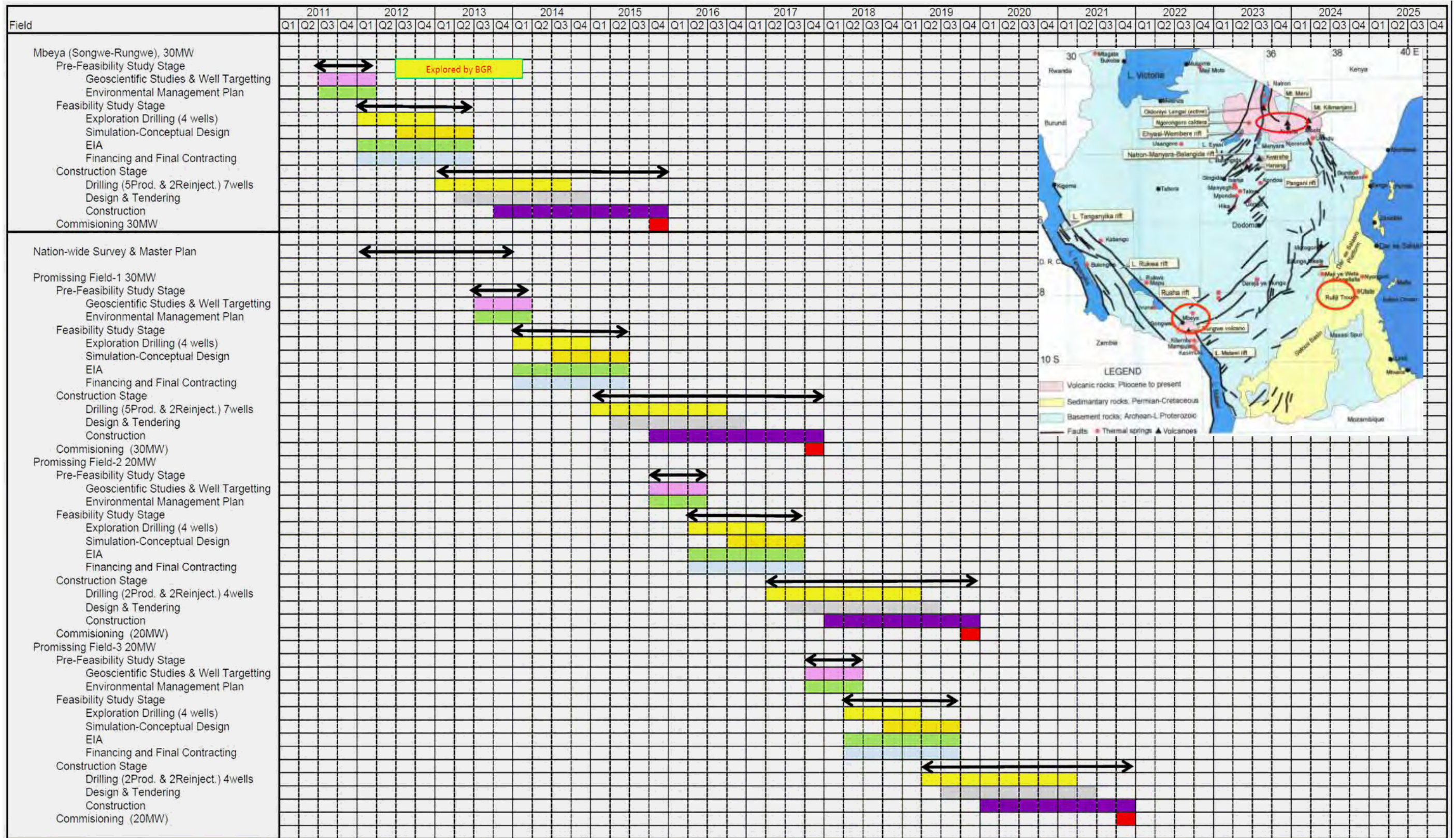
この他にも、2025 年までのタンザニア国内における地熱開発期待電力容量 (100MW) を達成するためには、その他地域 (Rukwa 地域、Kisaki-Rufiji 地域、Eyashi-Ngorongoro-Natron 地域および Dodoma-Singida-Kondoa 地域、ほか) の開発も必要である。しかし、残された地域は地熱データの情報量も少なく、探査精度も低い。そのため、国内全域を対象とした広域的な地熱調査の実施を設定した (図-11.5-1)。広域調査を 2012 年頃から約 2 年程度実施し、開発有望地域の抽出を図る。抽出された地域に優先順位をつけ、段階的に調査・掘削・プラント建設へと進む必要がある。

タンザニアは地域毎の地熱資源ポテンシャルに関する報告がほとんど無い。しかし、国内北部のケニア国境近くの Arusha 地域や国内南西部をタンザニア地溝帯地域では多くの地熱徴候が見られるものの調査精度が未だ不十分なことから、正確な地熱資源量が算出されていない。広域的な地熱調査、地域別の詳細地表調査や地熱井掘削が実施されることにより、開発可能な地熱資源量は段階的に判明していくものと思われる。

表-11.5-1 地域別の地熱主要データ（タンザニアおよびウガンダ）

| | No. | Field Name | Drilling/Testing | Development Stage | Temperature | | | Estimated Resource Potential (Mwe) | Task for Geothermal Resource Development | Remarks |
|----------|-----|-----------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|---|--------------------------|------------------------------------|---|---|
| | | | | | Max. Surface Temp.(°C) | Possible Deep Fluid Temp. (°C) (Geothermometer) | Max. Measured Temp. (°C) | | | |
| Tanzania | 1 | Mbeya (Songwe-Rungwe) | - | Pre-FS | 86 | 230 | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | Explored by BGR |
| | 2 | Rukwa | - | Re | 60 | 110 | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| | 3 | Kisaki & Rufiji | - | Re | 75 | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| | 4 | Eyasi - Ngorongoro - Natron | - | Re | 52 | 279 | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| | 5 | Dodoma - Singida - Kondoa | - | Re | 47 | 210 | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| Uganda | 1 | Buranga | 6 shallow TG wells | Pre-FS | 98.3 | 120-150 | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | Explored by BGR |
| | 2 | Katwe-Kikorongo | 6 shallow TG wells | Pre-FS | 70 | 140-200 | - | - | | Situated inside the Queen Elizabeth National Park |
| | 3 | Kibiro | 6 shallow TG wells | Pre-FS | 86.4 | 200-220 | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | |
| | 4 | Panyimur | Shallow TG well(s) | Re | - | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | Thermo-gradient: 80°C/km |

(資料) 調査団作成



(資料) 調査団作成

図-11.5-1 タンザニアにおける地熱開発ロードマップ

表-11.5-2 タンザニアにおけるプロジェクトのコスト試算

| Description | Prospect | Unit Price | (Unit: US\$) | | | | | | | | | |
|--|----------|------------|--------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------|--------------------|
| | | | Mbeya | | Promising-1 | | Promising-2 | | Promising-3 | | Total | |
| | | | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | | |
| 1. Nation-wide Survey & Master Plan | | 2,000,000 | | | 1 | 2,000,000 | | | | | | 2,000,000 |
| 2. Pre-Feasibility Study Stage | | 2,500,000 | 1 | 2,500,000 | 1 | 2,500,000 | 1 | 2,500,000 | 1 | 2,500,000 | | 10,000,000 |
| 3. Feasibility Study Stage | | | | 32,200,000 | | 32,200,000 | | 32,200,000 | | 32,200,000 | | 128,800,000 |
| Site Development (Land, Roads, Pad, Water Supply) | | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | | 20,000,000 |
| Exploration Drilling (by contractor) | | 6,000,000 | 4 | 24,000,000 | 4 | 24,000,000 | 4 | 24,000,000 | 4 | 24,000,000 | | 96,000,000 |
| Exploration Drilling (by own) | | 4,000,000 | | | | | | | | | | |
| Well Testing | | 50,000 | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | | 800,000 |
| Feasibility study & Design Concept | | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | | 12,000,000 |
| 4. Construction Stage | | | | 122,568,500 | | 122,568,500 | | 76,291,000 | | 76,291,000 | | 397,719,000 |
| Production drilling (by contractor) | | 6,000,000 | 5 | 30,000,000 | 5 | 30,000,000 | 2 | 12,000,000 | 2 | 12,000,000 | | 84,000,000 |
| Production drilling (by own) | | 4,000,000 | | | | | | | | | | |
| Reinjection drilling (by contractor) | | 4,500,000 | 2 | 9,000,000 | 2 | 9,000,000 | 2 | 9,000,000 | 2 | 9,000,000 | | 36,000,000 |
| Reinjection drilling (by own) | | 3,000,000 | | | | | | | | | | |
| Well Testing | | 50,000 | 5 | 250,000 | 5 | 250,000 | 2 | 100,000 | 2 | 100,000 | | 700,000 |
| Steam field development (450K per MW) | | 450,000 | 30 | 13,500,000 | 30 | 13,500,000 | 20 | 9,000,000 | 20 | 9,000,000 | | 45,000,000 |
| Turbine, generator, condenser, etc. (1500K per MW) | | 1,500,000 | 30 | 45,000,000 | 30 | 45,000,000 | 20 | 30,000,000 | 20 | 30,000,000 | | 150,000,000 |
| Turbine, generator, condenser, etc. (1300K per MW) | | 1,300,000 | | | | | | | | | | |
| Civil Works (Power house, staff houses, roads) | | 560,000 | 30 | 16,800,000 | 30 | 16,800,000 | 20 | 11,200,000 | 20 | 11,200,000 | | 56,000,000 |
| Construction supervision and administration (7%) | | | | 8,018,500 | | 8,018,500 | | 4,991,000 | | 4,991,000 | | 26,019,000 |
| Total | | | | 157,268,500 | | 159,268,500 | | 110,991,000 | | 110,991,000 | | 538,519,000 |

(資料) 調査団作成

第 11.6 節 ウガンダにおける地熱開発ロードマップ

2025 年までのウガンダ国内における地熱開発期待容量は、70～90MW と試算されている。表-11.5-1 にウガンダ国内における地域別の地熱主要データを示す。Pre-FS レベルの調査が実施されている地域は、Katwe 地域、Kibiro 地域および Buranga 地域である。この内、Katwe 地域および Kibiro 地域に関してはアイスランド ICEIDA の支援によって、Buranga 地域に関してはドイツ BGR によって実施された。Katwe 地域に関しては、地熱発電事業にはあまり適さない結果が得られている (Arnarson and Gislason, 2009) が、Kibiro 地域は良好なデータ (温泉水の化学分析結果(地化学温度)から 200°C以上の地熱貯留層の存在を推定) が得られている。Kibiro 地域に関しては、掘削ターゲット選定のための物理探査 (MT 探査) の実施が必要である。BGR によって実施された Buranga 地域に対しても、更なる詳細情報を収集するために MT/TEM および微小地震探査の実施が必要とされている。BGR 報告書の結論として、KfW の無償資金スキームや ARGeo の RMF を活用して、2～3 本程度の調査井掘削を提案している (BGR and KfW 2010 ; Witte 2010)。その他、石油井掘削によって得られた情報から、ウガンダ地質調査所 (DGSM) は新規フィールドとして Panyimur 地域についても関心を示している。ウガンダ国内には多くの地熱徴候が見られることから、広域的な調査を実施することにより、新規地熱開発有望地域の発掘も期待される。

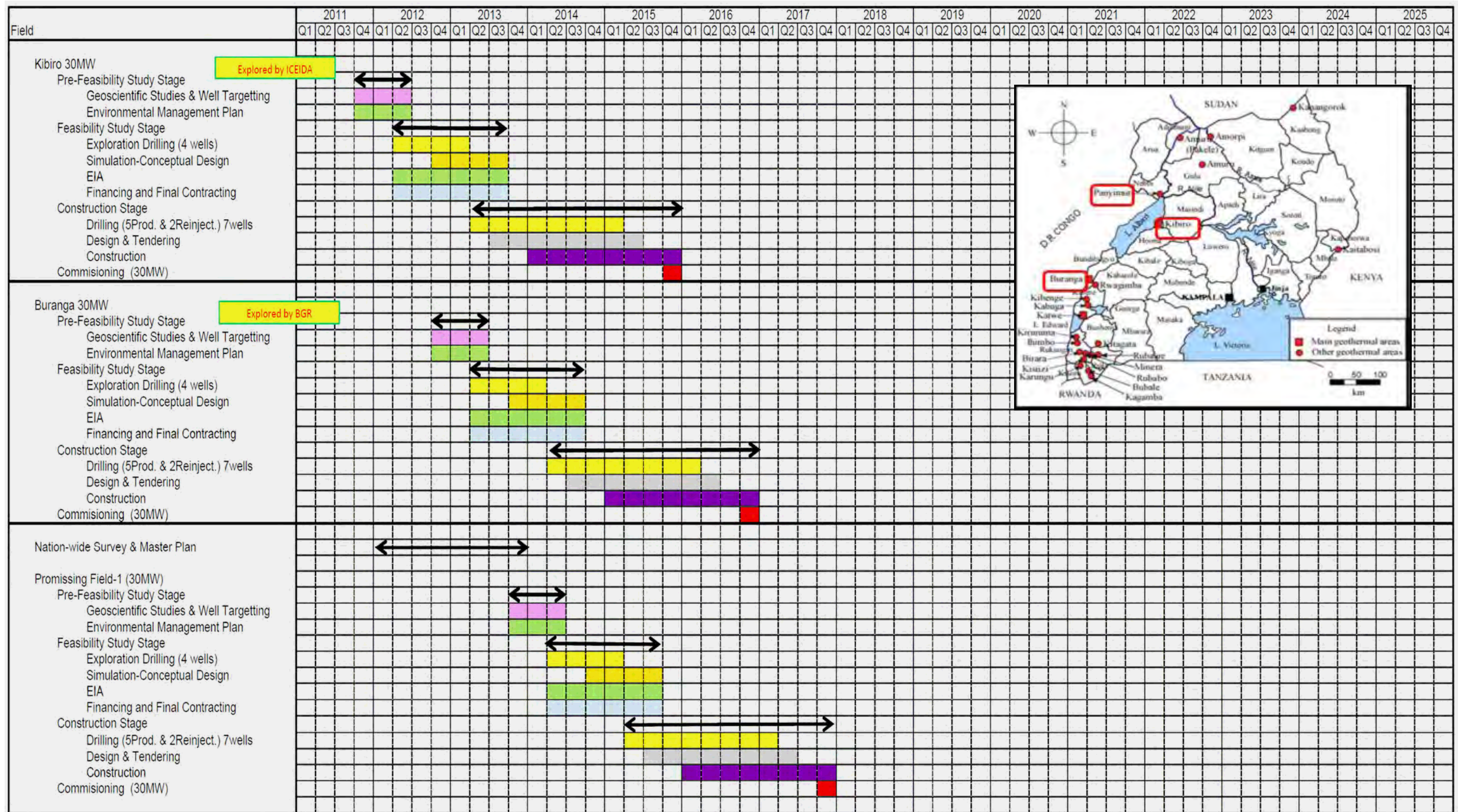
2025 年までの目標達成を目指した地熱開発ロードマップを図-11.6-1 に示す。

Kibiro 地域に関しては、2015 年までに、30MW 発電設備建設を目指して開発計画を設定した。未だ Pre-FS 段階にあり、地下深部の地熱構造を推定するための比抵抗探査が実施されていないことから、調査井掘削ターゲット選定のための地表物理探査から実施する必要がある。この後、FS 調査段階として 4 本程度地熱井を掘削し、資源量評価を実施した後に、発電設備概念設計を実施することとした。約 4 年半のリードタイムを必要とすることから、2011 年中頃から地表物理探査を開始するスケジュールを策定した。30MW 発電設備建設に至るまでの必要開発資金として 157 百万ドル程度の資金が必要となる (表-11.6-1)。

Buranga 地域に対しては、Kibiro 地域に遅れること 1 年後に、地表物理探査を開始するスケジュールを作成し、2016 年末の 30MW 発電開始を目指す計画とした。

この他にも、ウガンダ国内における地熱開発期待電力容量を達成するためには、Panyimur 地域を含む調査・開発が必要である。しかし、これらの地域はデータ量も少なく、探査精度も低い。そのため、国内全域を対象とした広域的な地熱調査を実施する必要がある (図-11.6-1)。広域調査を 2012 年頃から約 2 年程度実施し、開発有望地域の抽出を図る。抽出された地域に対して優先順位付けを行い、段階的に調査・掘削・プラント建設へと進む必要がある。

ウガンダは地域毎の地熱資源ポテンシャルに関する報告がほとんど無い。しかし、国内西部のコンゴ民主共和国との国境近くの Albert 湖や Edward 湖の周辺では、多くの地熱徴候地が見られる。広域的な地熱調査、各地域の地表調査や地熱井掘削が実施されることにより、開発可能な地熱資源量が徐々に算出されていくことになる。



(資料) 調査団作成

図-11.6-1 ウガンダにおける地熱開発ロードマップ

表-11.6-1 ウガンダにおけるプロジェクトのコスト試算

| | | (Unit: US\$) | | | | | | | |
|-------------|--|--------------|--------|-------------|---------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| Description | Prospect | Unit Price | Kibiro | | Buranga | | Promissing-1 | | Total |
| | | | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | Q'ty | Cost | |
| 1 | Nation-wide Survey & Master Plan | 2,000,000 | | | | | 1 | 2,000,000 | 2,000,000 |
| 2 | Pre-Feasibility Study Stage | 2,500,000 | 1 | 2,500,000 | 1 | 2,500,000 | 1 | 2,500,000 | 7,500,000 |
| 3 | Feasibility Study Stage | | | 32,200,000 | | 32,200,000 | | 32,200,000 | 96,600,000 |
| | Site Development (Land, Roads, Pad, Water Supply) | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 1 | 5,000,000 | 15,000,000 |
| | Exploration Drilling (by contractor) | 6,000,000 | 4 | 24,000,000 | 4 | 24,000,000 | 4 | 24,000,000 | 72,000,000 |
| | Exploration Drilling (by own) | 4,000,000 | | | | | | | |
| | Well Testing | 50,000 | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | 4 | 200,000 | 600,000 |
| | Feasibility study & Design Concep | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 1 | 3,000,000 | 9,000,000 |
| 4 | Construction Stage | | | 122,568,500 | | 122,568,500 | | 122,568,500 | 367,705,500 |
| | Production drilling (by contractor) | 6,000,000 | 5 | 30,000,000 | 5 | 30,000,000 | 5 | 30,000,000 | 90,000,000 |
| | Production drilling (by own) | 4,000,000 | | | | | | | |
| | Reinjection drilling (by contractor) | 4,500,000 | 2 | 9,000,000 | 2 | 9,000,000 | 2 | 9,000,000 | 27,000,000 |
| | Reinjection drilling (by own) | 3,000,000 | | | | | | | |
| | Well Testing | 50,000 | 5 | 250,000 | 5 | 250,000 | 5 | 250,000 | 750,000 |
| | Steam field development (450K per MW) | 450,000 | 30 | 13,500,000 | 30 | 13,500,000 | 30 | 13,500,000 | 40,500,000 |
| | Turbine, generator, condenser, etc. (1500K per MW) | 1,500,000 | 30 | 45,000,000 | 30 | 45,000,000 | 30 | 45,000,000 | 135,000,000 |
| | Turbine, generator, condenser, etc. (1300K per MW) | 1,300,000 | | | | | | | |
| | Civil Works (Power house, staff houses, roads) | 560,000 | 30 | 16,800,000 | 30 | 16,800,000 | 30 | 16,800,000 | 50,400,000 |
| | Construction supervision and administration (7%) | | | 8,018,500 | | 8,018,500 | | 8,018,500 | 24,055,500 |
| Total | | | | 157,268,500 | | 157,268,500 | | 159,268,500 | 473,805,500 |

(資料) 調査団作成

第 12 章 政府の先導的役割の重要性

第 12.1 節 はじめに

本章では各国の地熱開発ロードマップを達成するために重要と考えられる事項について検討する。第 1 は政府の役割の重要性についてである。われわれ調査団は、アフリカ・リフトバレー諸国の地熱開発に当たり、政府が主導的な役割を果たす必要があると考えている。確かにアフリカ各国の政府は財政的に困窮を抱え、地熱開発に民間 IPP の力に委ねようとする誘惑は理解できなくもない。しかしながら、地熱開発に最初から IPP の参加を期待することは非常に困難と言っても良い。期待できないことはないが、その参入ペースは比較的慎重であり、政府が期待するほどのペースでは参加してくれないのが事実である。将来、地熱開発が活発に行われるようになった段階において、その後の地熱開発を民間 IPP に委ねるということはあり得る選択肢であるが、初期段階から民間 IPP に期待した場合は、政府の考えている開発ペースでは地熱開発は進まない、というのが我々調査団の見解である。このため、地熱開発推進に当たって、政府が先導的な役割を積極的に果たす必要性が極めて大きいと考える。この理由を、地熱開発のかかえる障害から見えていくこととする。

第 12.2 節 地熱開発の障害

第 2 章で述べたとおり、地熱エネルギーは種々の価値を有している。しかし、地熱資源の豊富な先進国やフィリピン・インドネシア等の途上国においても地熱開発は必ずしも順調には進んでいるとはいえないのが現状である。なぜ、地熱発電の開発は期待ほどには進んでいないのであろうか。そこには地熱開発の障害となっている二つの要因、「地下資源の開発リスク」と「多額の初期投資の負担」の問題が存在するためである。「地下資源の開発リスク」とは、地熱発電所の生産井の深さや 1 本当たりの出力という基本仕様一つ取ってみても開発地域が異なれば値が異なるなど標準値が存在せず、机上設計段階ではこれらの基本仕様不明であることである。現在の探査技術は一時に比較してかなり進展しているが、それでも正確なところは「掘ってみなければ分からない」状態にある。このため、地熱発電事業のリスクは極めて大きいものとなり、ある程度の強固な財務基盤を有する企業やかなりのチャレンジ精神旺盛な企業以外は一般に民間企業の参加はかなり厳しいものといえる。また、「多額の初期投資の負担」とは、地熱開発には長期の開発ロードタイムを必要とし、また、この間に多額の資金を必要とするという事情をいう。このため、相対的に財務基盤の強固な民間企業でない限り、これまた開発への参加は難しいものとなっている。

この事情は、先進国やある程度の地熱開発技術基盤を有する途上国にあってもなお、地熱開発が直面している課題である。アフリカ地域の地熱開発に当たっては、以上の障害に加え、地域の技術基盤が十分でない、ハード・ソフト両面で民間企業が投資そのものを考えるだけの環境に未だ至っていない、などの事情がさらに問題を解決困難なものとしている。

第 12.3 節 地熱開発のための国としての総合力

我々は地熱開発が成功するためには単に地熱資源が存在するだけでは不十分であると考えている。足下に存在する地熱資源を掘り起こし、それを有効に利用し、その価値を社会が享受するためには、それを成し遂げるための国としての総合力が必要であると考えている。

我々が考える国としての総合力とは、図-12.3-1 に示すとおり、(a)「技術力」、(b)「開発資金」、(c)「国の意志」である。国内に地熱資源が存在することは単なる前提条件でしかなく、このエネルギーを有効に利用するためには、それを成し遂げるための「技術力」がその国の中に必要であり、また、それを可能とする「開発資金」が必要である。そしてこの二つと同等以上に重要な役割を果たすものとして地熱開発を進めたいとする強力な「国の意志」ないしはそれを具現化した適切な「エネルギー政策」が必要と考えている。

第 1 に技術力に関してであるが、地熱開発を支える技術要素は多岐にわたる。主な技術分野別にみても、探査技術分野として、地質探査、物理探査、地化学探査などの技術が総合的に必要であり、その後の蒸気開発分野においては、貯留層評価・管理技術、掘削技術、蒸気生産設備製造・建設技術等の諸技術が必要である。また、発電分野に関しては、発電所の設計から機器調達、据付・建設技術などが必要であり、さらには発電所の維持管理技術も不可欠である。蒸気タービンや発電機等の重電機器は輸入に頼るとしても、国内に賦存する地熱資源を初期探査からはじめて開発利用するまでにはこのように総合的な技術力を必要とする。地熱開発を推進するに当たっては、これらの幅広い技術分野において、ある程度のレベルの国内技術を保有していなければならない。国内にこのような技術を育成する土壌として特に重要な役割を果たすと我々が注目しているのは、国内の地熱開発中核機関の存在である。発展の初期においては外国からの導入技術の受け皿となり、そのうち、導入技術を自分達なりに消化し、蓄積し、さらに自国にあった技術にローカライズし、これにより最後は国内資源の開発に関しては外国技術者達にも負けない技術力を身につけるとするのが一般的な発展パターンである。そしてこの中核機関から技術がスピルオーバーし、国内の地熱関連産業を育成し、全体として国の地熱開発技術集積を形成していく。地熱開発が盛んなくつかの国ではこのような国内中核機関が存在し、それぞれこの発展パターンを経て国内に地熱技術集積が形成されている。メキシコの電力公社 (CFE) やフィリピンのフィリピン石油公社 (PNOC) はこの中核機関の例であり、ケニアのケニア発電会社 (KenGen) ないし地熱開発会社 (GDC) やインドネシアのプルタミナ地熱会社 (Pertamina Geothermal) もこの成功パターンに沿って発展段階にある。このように、国内に地熱開発の中核となる機関 (Local Champion)

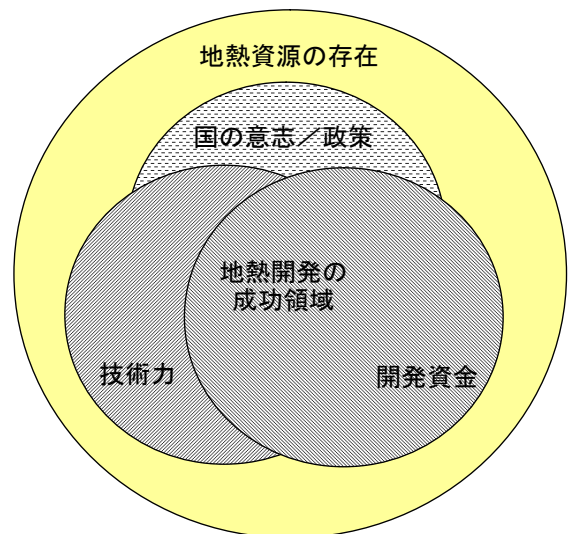


図-12.3-1 地熱開発成功のための総合力

を如何に育てられるかはその国の地熱開発が成功するか否かの大きな鍵となると考えている。

開発資金に関しては、地熱発電は毎年の燃料費は不要であるがその代わり多額の初期投資を必要とする。例えば、50MWクラスの地熱発電所の開発費は150百万ドル以上の多額の資金が必要となる。この費用を如何に調達するかが問題であり、最終的には民間の資金力を期待することになる。しかしながら前述の通り、地熱開発は多額の初期投資と開発リスクに向き合わなければならない。このため、先進国にあっても民間企業による地熱開発を促進するため政策的な低利融資などを提供し、開発資金の調達を支援している。ましてや一般の民間投資すら順調に進まない途上国においては、最初から地熱開発に民間投資を期待するのは適切ではない。初期地上調査や調査井掘削を伴う地下調査を国が実施し民間企業の参入を容易化したり、国内に前述の地熱技術集積を形成したりしなければ民間は容易には参入してこない。資金力の乏しい途上国にあっては、このような活動に援助国・援助機関からの無償資金提供、低利借款などの強力な支援を必要としている。

第3の国の意志・政策の重要性については次のように考えている。地熱開発は「地下資源の開発リスク」と「多額の初期投資の負担」により、民間企業にとって参入障壁が高い事業である。これに対する有力な対応策は、適切な「国の政策」であると我々は考えている。民間企業が地熱開発にためらっている部分を、政府は税制、金融、財政などによる適切なインセンティブを提供し誘導を図る必要がある。これにはそれなりの政策コストがかかるが、インドネシアを対象とした既往調査によると、地熱開発により得られる便益は政府自身にも還元され、これは政策コストを上回ることが示されている（JICA(2009)）。すなわち、地熱開発は国内資源を有効活用するため、エネルギー輸出国にあっては化石燃料の輸出货量増大、輸入国にあっては輸入量低減などを通じて国際収支を改善する。この便益の一部は税収となって政府自身にも還元する。この税収増等の地熱開発便益は地熱発電の推進のための政策コストを十分に上回る。従って、地熱開発を適切に支援することは政府にとっても十分合理的な行動である。また、世界銀行が行った日本、フィリピン、中米各国の地熱開発国の事例研究調査においても、地熱開発に成功している各国に共通してみられる成功要因に、「強力な国家の意思の存在」を上げている（世界銀行（2004））。

従って、以上に掲げた「技術力」、「開発資金」、「国家の意思・政策」は、アフリカ・リフトバレー諸国の地熱開発を推進するに当たっても非常に重要な鍵となるものと考えている。

第12.4節 地熱開発推進における政府の役割 ～多額の初期投資負担に対する対策～

ここで地熱開発の障害をもう少し詳しくみてみる。まず、「多額の初期投資負担」の影響であるが、地熱開発は多額の初期投資と長期の開発リードタイムを必要としている。このため、高いコストの資金を用いた場合、火力発電より高い売電価格を必要とする結果になる。図-12.4-1は一般の発電事業の売電価格の構成を示す。発電事業を民間IPP事業者が行う場合、売電価格は狭義の発電原価に事業諸税と投資回収を加えたものになる。この場合、投資回収は初期投資額と資金コスト（事業者の期待収益率）の関数であるから、資金コストが大きいほど売電価格は高くなり、

また、初期投資の大きい電源（発電原価に占める資本費比率の大きい電源）ほどその関係が顕著になる。図-12.4-2 は地熱発電と火力発電（天然ガスコンバインドサイクル発電）を開発した場合、資金コストと売電価格の関係を試算した一例で、資本費比率の大きい地熱発電の場合は資金コストと売電価格との間に強い関係が見られるのに対し、費用の大半が燃料費である火力発電の場合は資金コストと売電価格との関係は非常に小さいことが示されている。

同図は、資金コスト 10%程度のところでは地熱発電と火力発電の売電価格は同程度であるが、資金コストがそれより大きい領域においては地熱発電の売電価格は火力発電の売電価格を上回り、逆に資金コストが小さい領域においては、地熱発電の売電価格は火力発電の売電価格を下回することを示している。一般に、多くの途上国では国営電力会社の資金コストを 12%程度とすることが多い。これに対し、民間 IPP 事業者の資金コストは彼らの投資に対する期待収益率と同義であるから、通常 15%以上と考えられる。したがって、図は次のように解釈することができる。

- (i) 資金コストが 10~12%程度の主体（たとえば国営電力会社）にとっては、地熱発電も火力発電も経済性は同程度である。
- (ii) 資金コストが 15%以上の主体（すなわち民間 IPP 事業者）にとっては、地熱発電は高い電源となり火力発電は安い電源となる。このため、条件が同一であれば民間事業者は安価な火力発電を選択し地熱発電を敬遠する。

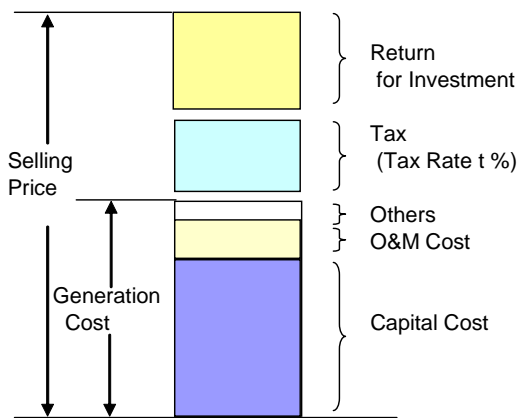


図-12.4-1 売電価格の構成

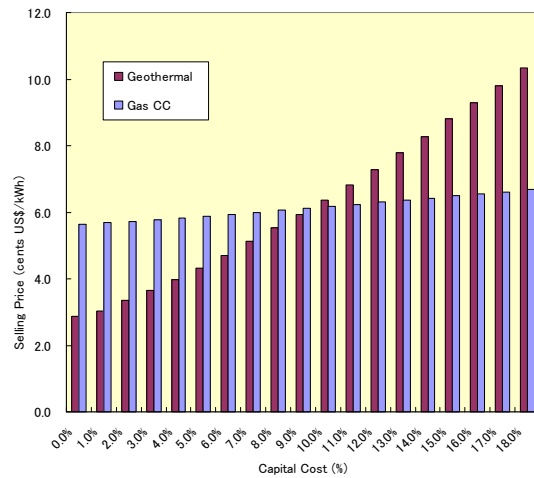


図-12.4-2 資金コストと売電価格の関係

(資料) JICA (2007)

(ii)の理由により、電力セクターの完全民営化政策を採用し発電事業を民間 IPP 事業者に委ね政府が何ら対策を講じない場合、火力発電シフトが進むことはわれわれの経験にも合致する。図-12.4-3 は、中米諸国の 90 年代半ばと 2000 年代半ばの電源構成の変化を示している。これによるとコスタリカを除く 5 カ国は発電事業を民間 IPP 事業者に委ねる政策を採用したが、この結果、火力発電の構成が高まったことがうかがえる。他方、コスタリカだけは国営電力会社方式を維持した。この結果、コスタリカ（下欄中央）においては水力、地熱の開発も行われ電源の多様化が進展していることが観測される。

また、図-12.4-2において資金コストが小さい領域で、地熱発電が火力発電より安価であることは、次のことを意味している。

- (iii) 仮に地熱発電の建設費に資金コストの小さい資金が利用できれば、地熱発電は火力発電より安価な電源になる。

以上のように、開発に当たり多額な初期投資を必要とする電源は民間事業者のコストの高い資金を用いては十分な進展が期待できないことが分かる。このため、適切な電源多様化を推進するために、政府は何らかの介入をしていく必要がある。具体的には、(iii)でみたとおり、民間の地熱発電事業者に対しては政策的な低利資金を供給することである。これは我が国でも行われている地熱支援策の1つで、民間地熱開発事業者に対し、政府系金融機関が長期かつ低利の資金を融資できる制度がある。このような支援策の整備が望まれる。

また、仮に地熱開発を国営事業者が実施している場合には、資金コストの小さい ODA 資金を積極的に投入していくことが最も効果的な方法である。図-12.3-4 は地熱発電における円借款の売電価格低減効果を示したものである。円借款の譲許的な条件は地熱発電の売電価格を大幅に減少させる効果があることが分かる。

以上から、多額の初期投資負担に対する対策としては、短期的には ODA 資金の積極的な活用、長期的には政府系金融機関を整備し、民間 IPP に対する低利な資金供給体制の整備が国に課せられた大きな命題となろう。

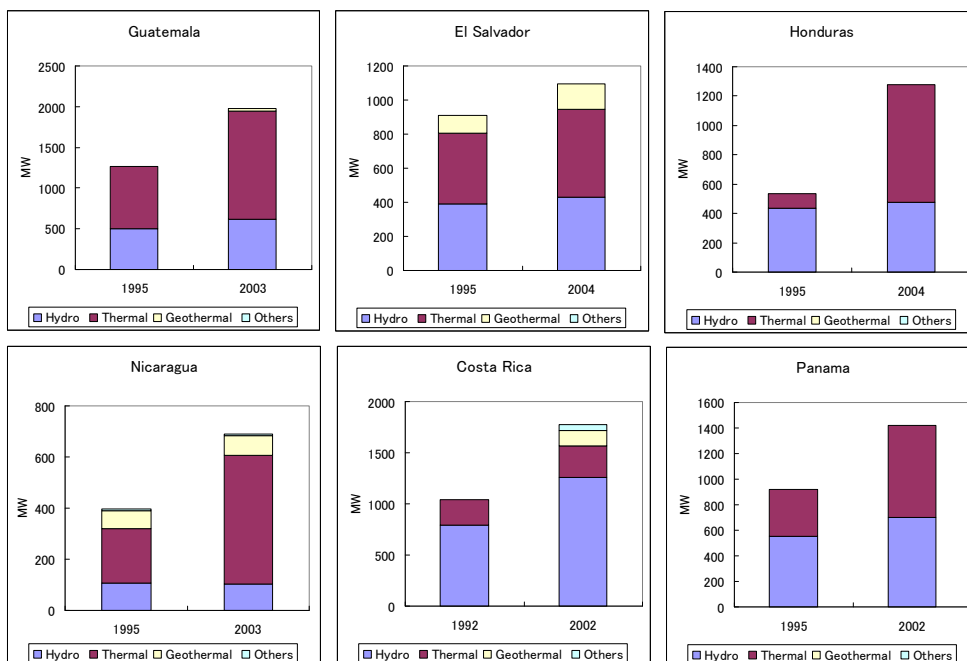
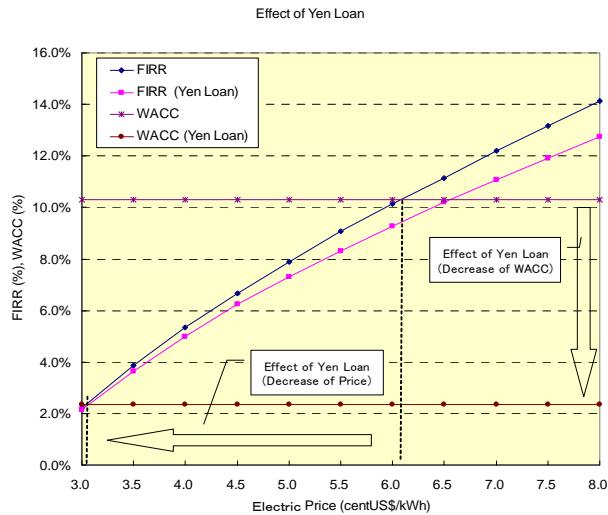


図-12.4-3 中米 6 カ国の電源構成の変化

(資料) 海外電力調査会 (2005)を基に調査団作成



(資料) JICA (2007)

図-12.4-4 円借款の売電価格低減効果

第 12.5 節 地熱開発推進における政府の役割 ～資源開発リスクに対する対策～

地熱開発のもう 1 つの障害は資源開発リスクである。地熱開発は地下資源の開発であるため、そこには様々なリスクが存在している。例えば、図-12.5-1 はわが国の地熱発電所の生産井深度の分布を示し、図-12.5-2 は生産井 1 本当たりの蒸気生産量の分布を示している。これらは地熱発電所の収益性を左右する重要な特性値であるが、両図は開発地点によりこれらの値が大きく異なることを示している。これらの特性値は事業の収益性を大きく左右する値であるにも関わらず現在の技術ではこれらの特性値を計画段階では正確に予想することは困難である。このため、事業の収益性は計画段階では正確には予想できず、実際に開発に着手して初めてわかることになる。

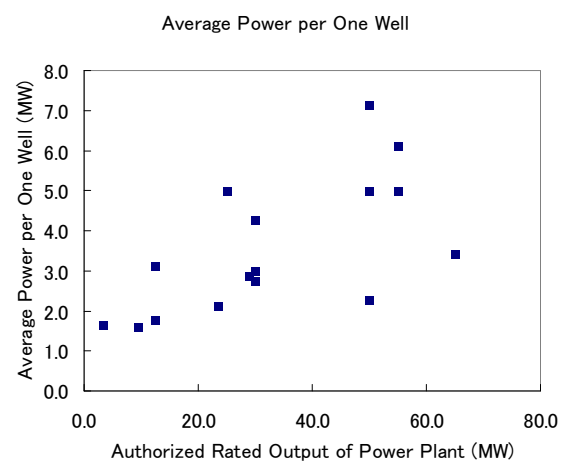
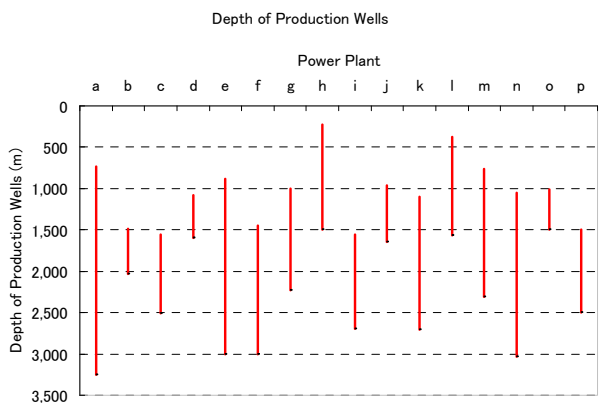


図-12.5-1 日本の地熱発電所の生産井深度分布

図-12.5-2 日本の地熱発電所の生産井 1 本当たりの出力

(資料) JICA (2007)

(資料) JICA (2007)

地熱発電所の設計に当たってはこれ以外にも多くの収益性を左右する要素が関与し、いずれも開発に着手して初めて実際の値が分かるという宿命を有している。このような事業は企業経営の立場からは極めてリスクの大きい事業といえ、通常の事業者はこれを敬遠するか、もしくはリス

クに見合うだけの報酬が期待できる場合に初めて着手することになる。

このため、地熱発電所の収益性を試算するモデルにおいて、これらの諸要因を変化させた場合のシミュレーション結果の一例をみると、図-12.5-3のような結果になる。すなわち、各リスク要因が想定した以上に良い結果であると収益性も想定以上に好転するが、逆に想定以上に悪い結果になる場合も多くその場合には期待した収益性も得られない、という事態が結構頻繁に発生することを示している。

企業経営においてはリスクとは収益性そのものの水準ではなく、“起こりうる各種事態の収益性の変動幅”としてとらえている。まさにこれが資源開発のリスクである。これは、例えば火力発電の場合に比較すると大きな差異である。火力発電の場合、最も大きなリスク要因は将来の燃料価格の上昇であるが、多くの火力IPP事業の場合、仮に運転期間中に燃料費上昇が発生しても発電事業者がそれを負担するのではなく、“Pass through”とよばれる方式により売電価格にその分を上乗せすることが可能になっている。この方式によれば火力発電のリスクはほとんど無く、事業者は事業計画において事前に想定した収益性とほとんど同じ収益性を間違いなく手に入れることになる。これに比べると地熱開発の不確実性は非常に大きいものとなっている。これが民間事業者の地熱発電への参入を阻害している。したがって、民間事業者の参入を促進するためには、何らかのリスク対策が必要とされている。

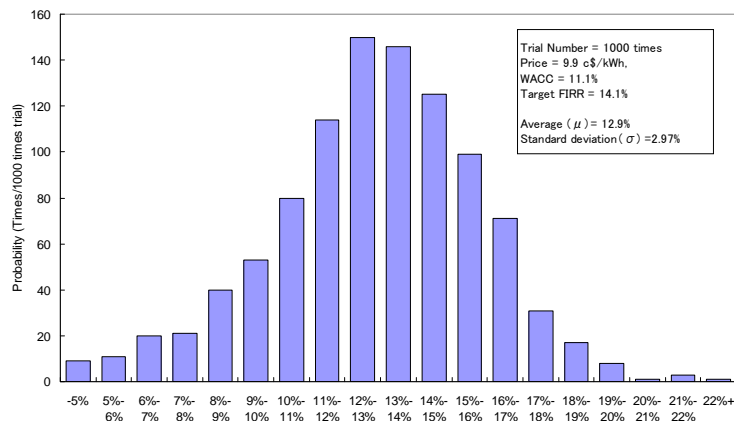


図-12.5-3 地熱発電事業の収益性分布確率

(資料) JICA(2009)

リスク対策としては、いくつかの方法が考えられる。

(a) リスクプレミアムによる対応

地熱の売電価格にある程度のリスクプレミアムを考慮し、高めの価格で購入する方法が考えられる。リスクのため、万一、経済性が悪化する自体になったとしてもリスクプレミアムによりある程度の経済性が確保できるようにするものである。リスク挑戦者には報酬で報いようとする考え方である。Feed in Tariff (FIT：固定価格買取制度)により地熱からの売電価格を高めを設定しようとするのはこの考えである。どの程度のリスクプレミアムが妥当であるかなど検討すべき事項は多いが、有力な方法である。

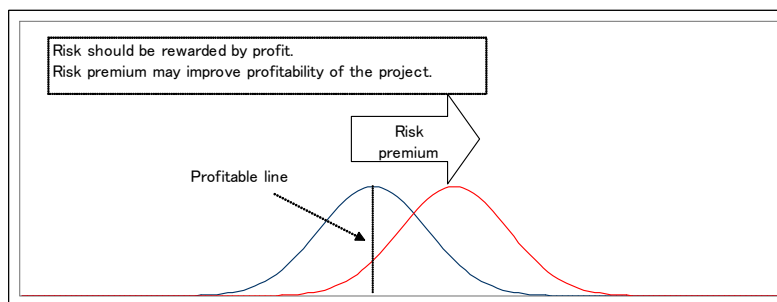


図-12.5-4 リスクプレミアムによる対応

(b)政府の初期調査によるリスクの低減

民間企業のとれるリスクの程度はかなり限られている。このため、大きなリスクをとれる主体、すなわち政府が初期調査を行い地熱開発のリスクをある程度下げることが期待されている。Greenfield（調査井掘削の行われていない地点）からの地熱開発には参加できないと言う民間企業は多い。政府が初期調査を行い、Greenfield を Brownfield（調査井掘削の行われている地点）に変えることでより多くの投資家が地熱発電 IPP 事業に参加するものと考えられる。

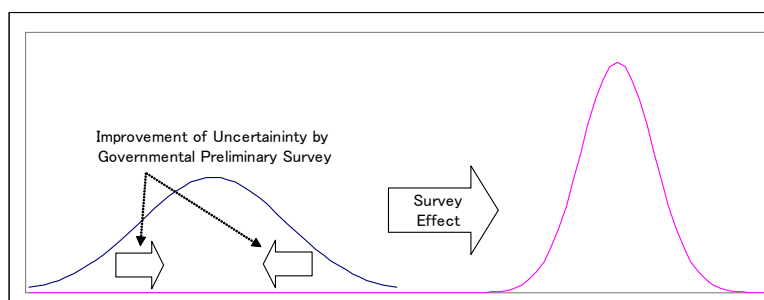


図-12.5-5 政府の初期調査によるリスクの低減

上記以外にもリスク対策はいくつか考えられる。しかし、我々はこれらのリスク対策のうち、政府による初期調査が最も有効であると考えている。(a)のリスクプレミアムによる方策は、具体的に FIT 価格制度になり、リフトバレー諸国でもケニアがこの制度を持ち、エチオピアやウガンダでも検討中である。しかし、実際にはこれらの FIT 価格は民間企業の参加を促進するレベルにはなっていない。ケニアで2つの地域が民間企業に開発が委ねられているが¹、そこでの開発はほとんど進展していない。また、ジブチでも民間企業の希望売電価格と電力会社の希望購入価格に大きな違いがあり、合意には至っていない。このように考えると、電力料金を低く抑えたいとする要求と民間企業の参加促進を図る要求とを調和させることの難しさが想像できる。従って、さらに直接的な対策、すなわち、政府自身による調査の必要性が浮上してくる。

政府自身による地熱調査は我が国でも 1980 年から行われている。すなわち、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が経産省の資金を用い、Green Field の開発を行い、その結果を継続希望企業に譲渡している（「地熱開発促進調査制度」）。これは Green Field の初期調査は民

¹ Longonot 地域が AGIL 社、Suswa 地域がカナダ系の WalAm 社にライセンスが供与されている。

間にはリスクが大きすぎるとの判断で、国の責任で行うべきものという考えに基づくものである。後述するが、ケニアは日本と同様の考えにより、初期調査は国の責任と考えている。アフリカ・リフトバレー諸国においても同様の考えや制度の導入が望まれる。

なお、政府の如何なる政策もその実施を裏付ける資金を必要としている。アフリカ諸国の場合、政府資金が乏しいことから、これを ODA により支援する必要性が生じている。

第 12.6 節 国としての地熱開発の発展プロセス

我々は、一般に一国の地熱開発が発展するためにはそれぞれの発展段階があると考えている。図-12.6-1 は一般的な再生可能エネルギーが市場浸透する発展段階の模式図であるが、これは地熱の発展にも当てはまる。図の上部分は地熱のエネルギー市場への浸透状況を示し、Phase-I、Phase-II、Phase-III と 3 期に分けて考えられる。図の下部分は政府の関与の程度を示している。Phase-I は市場導入期であり、この段階では政府は地熱をエネルギー市場に導入するためにかなりの支援を必要とする。しかし、民間企業が関心を示し地熱投資などに参入を始めると（点 B）、民間企業の資金力ないしは技術者育成力により市場浸透は急速に拡大を始めることが期待される（Phase-II；市場浸透期）。このことが継続すると学習効果などが働き、コストダウンや技術基盤の強化などがもたらされ、さらに民間企業の地熱投資が容易となるという好循環が始まる。これにより民間参入はさらに加速化され、政府の関与を徐々に減少させても民間投資は自律的發展を続け、ついには政府の関与は民間投資の監督程度にとどまり、民間を中心とした持続的發展が継続する段階に至る（点 C）というものである（Phase-III；持続的發展期）。

我が国や先進国においても地熱のエネルギー市場への浸透は、第 12.2 節にも述べたように開発の障害に面しているため、政府の適切なエネルギー政策を必要としている。今後、2008 年に経験したような原油価格 100 ドル/バレルを超えるような高エネルギー価格時代を迎えれば Phase-III に移行するものと考えられるが、現段階では図の Phase-II の後半当たり位置していると言えようか。インドネシアなど近年、地熱開発に熱心になった国におい

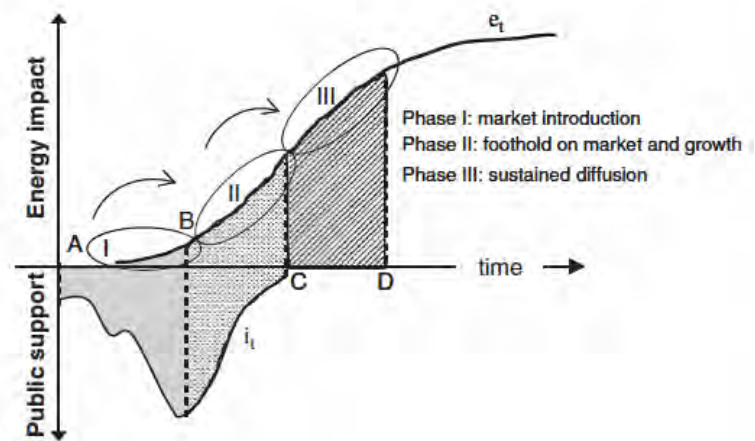


図-12.6-1 再生可能エネルギーの導入と政府の関与
(資料) Lund (2007)

ても民間投資はまだ限られたものであり、Phase-I の後半当たり位置するのではないかと考えられる。アフリカ・リフトバレー諸国にあっては、ケニアが一部先行しているがそれでもインドネシアと同様 Phase-I の半ばから後半当たり位置すると考えられる一方、他の国はほとんどス

タート地点（点 A）に立った状態と言えよう。従って、今後、地熱を開発利用するに当たって、相当の政府関与が必要と想像される。しかしながら、アフリカ諸国の場合、政府は十分な資金力を有していないことがほとんどである。このため、現実的にはドナー国からの ODA が大きな役割を果たすことが期待される。

第 12.7 節 アフリカにおける望まれる地熱開発体制の発展プロセス

以上の一般的な地熱開発の発展パターンを踏まえると、アフリカにおける地熱開発のあり方として、いきなり民間 IPP 事業者に地熱開発を期待することは時期尚早と考えられる。すなわち、ケニアを除き、ほとんど地熱開発に着手したばかりのリフトバレー諸国においては、まず、国（政府）主導の地熱開発体制を構築し、これによりある程度の地熱開発を行い、成果を出しつつ、民間企業の参加を図ることが望まれる（図-12.7-1）。

我々がこのように考える理由は次のようである。

- (1)アフリカにおいては、インフラ整備が不十分、関連産業が発展していない、法制度の不備などの理由で、一般の投資環境も整っていない。このような中で、地熱のようなただでさえ大きなリスクを抱え、多額の初期投資を必要とするプロジェクトにいきなり民間 IPP の投資を求めることは無理がある。
- (2)地熱のリスクは第 12.4 節で記述したとおり非常に大きく、Green Field（調査井が掘削されていない地域）に対しては、民間企業の参入は先進国においても十分に進んでいない状況にある。我が国においても Green Field における初期調査は国の責任で実施している。これから地熱開発をスタートしようとするアフリカ・リフトバレー諸国においても Green Field における初期調査は、国の機関（地質調査所）が主体となって相当の調査を行う必要がある。
- (3)地熱開発を促進するためには、国内に地熱技術力を育成する必要がある。このためには、第 12.2 節で述べたとおり、国内に Local Champion を育成し、そこから技術が Spill over する形で国全体の技術力を底上げする必要がある。このためには、安易に海外の民間 IPP に依存するよりは、国内の Local Champion を育成していく戦略が重要となる。このためには国が先導的な役割を果たし、国の機関を育て、ゆくゆくはその国の機関を Local Champion にする必要がある。

ケニアは既にこれらの点を認識し、国が主体となった地熱開発体制を構築している。すなわち、KenGen が蒸気開発を行っていた時代においては、初期段階の蒸気開発は政府の責任で実施し、プロジェクトの有望性が確認された段階以降は KenGen の責任で蒸気開発を行うという体制をとっていた。近年ではさらに、Geothermal Development Company (GDC)を国策会社として設立し、国の責任で蒸気開発を主体的に行わせようとしている。このケニアの国主導の体制はこれまでのところ、非常に良く機能しており、ケニアはアフリカの地熱開発の先頭を走っている。これから地熱開発を本格化させようとするその他のアフリカ諸国は、この“ケニアモデル”をアフリカにおける地熱開発体制の成功事例として参考にする必要がある。

ケニア以外の各国を、この“ケニアモデル”に当てはめた場合、エチオピアは一応、地質調査所と国営電力会社による国主導体制にあると言えようが、その他の3カ国は開発体制すら十分ではない。また、エチオピアも今後地熱開発が本格化した場合、地質調査所という研究機関では十分な活動が期待できない。国営電力会社の地熱開発体制もまだ十分といえず、また、両者の連携も不十分である。ケニア以外の4カ国は、国主導により、戦略的な地熱開発体制の確立からまず始める必要がある。

我々の考える地熱開発体制の発展パターンは、次のようなものである。

- (1)第1段階は地質調査所の予算を拡充し、地質調査所による地熱初期調査を行う。調査井の掘削も行う（必要に応じ、援助国からの資金支援、技術支援を受ける。）。
- (2)第2段階として、本格開発段階になった場合、地質調査所のような研究機関ではプロジェクトの実施ができないため、国営電力会社に地熱部局を設け、そこが開発責任を追う。技術者は地質調査所からの移動や内部からの育成を図る（開発に必要な資金は援助国からのODA資金を活用する。技術支援も必要に応じて受ける。）。なお、この場合、資源量評価調査までは国からの委託事業として行う。すなわち、資源量評価調査までは国の責任と費用負担で行う体制とする。
- (3)第3段階として、蒸気開発のための国策会社を設立することも考えられる。発電所建設は、国営電力会社が行うこともあり得るし、場合によっては、民間IPPが行っても構わない。
- (4)第4段階として、発電所建設への民間IPPの活動実績が豊富になって来た段階で、国策会社の活動範囲を狭め、民間IPPの活動を資源量評価調査まで拡大する。
- (5)第5段階として、国策会社である蒸気開発会社の民営化などにより、民間IPPによる開発体制に移行する。

このように、国として地熱発電所の開発、建設、運転の経験を積むことで、国内の関係者や関連産業も同時に経験を積むため、学習効果により次第に効率的、効果的な開発が行えるようになり、このようにして国内に技術基盤が徐々に形成されて行く。これにより次第に民間企業の参加が得られやすくなるものと考えられる。ケニアは第2段階を経て、現在第3段階にある。その他の国はケニアモデルを参考としつつ、資源量調査を行いつつ、その進捗を見ながら、他方で、国主導の地熱開発体制の構築を検討する必要がある。

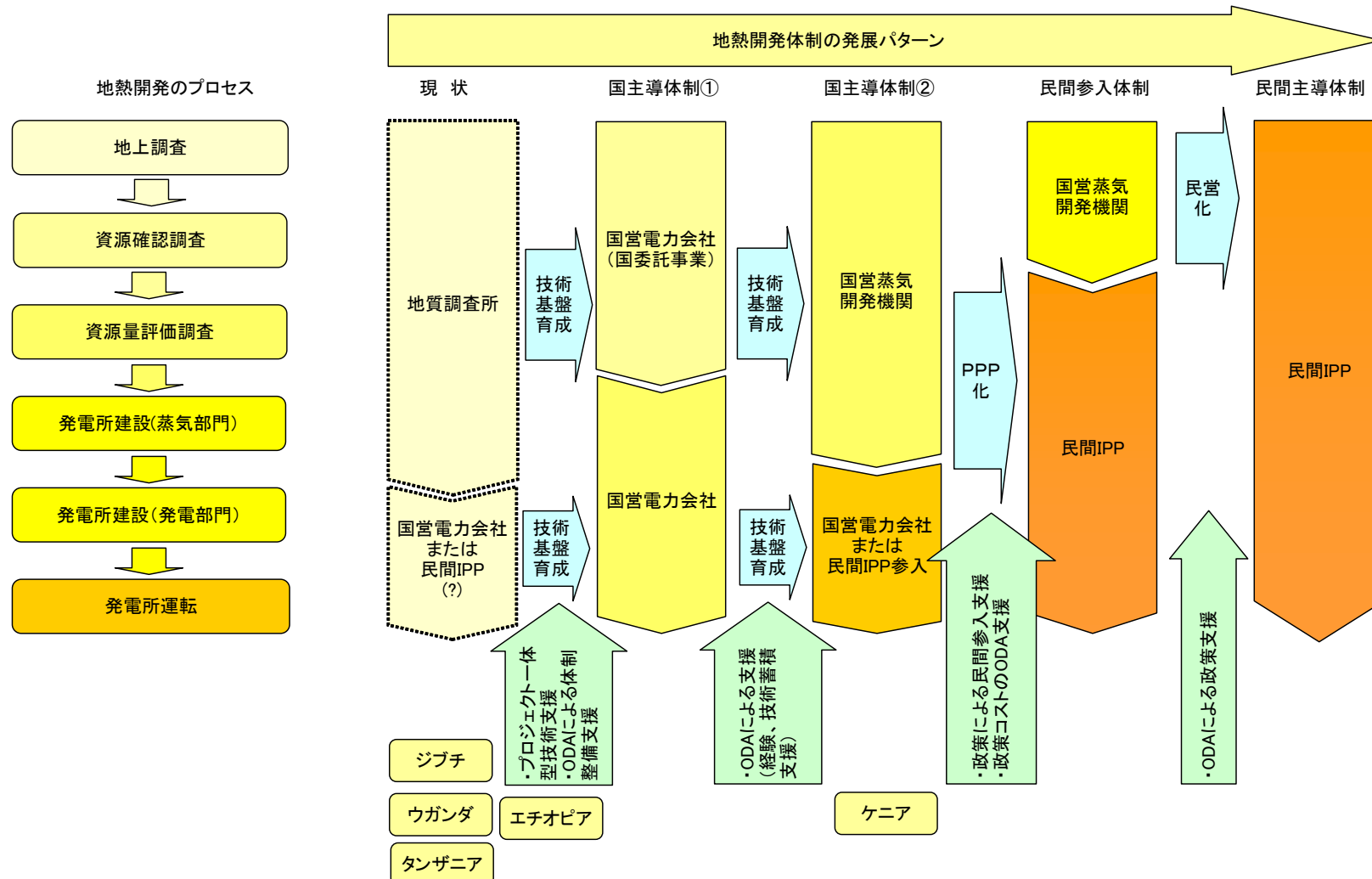


図-12.7-1 アフリカにおける望ましい地熱開発体制の発展パターン

第 13 章 技術能力向上へのニーズ

第 13.1 節 はじめに

本章では各国の地熱開発ロードマップを達成するために次に重要と考えられる技術面について検討する。今回の調査の対象となった 5 カ国における技術能力の現況は、第 4 章から第 8 章までの各国事情の第 5 節として記述した。これら各国の技術能力の現況は、各国の地熱開発の進捗の程度によって異なっており、これは各国特有の要因に影響されている。端的に言って、人材育成は資源開発の進捗に伴い付いてくる。せつかく育成した技術者も活躍の場が期待できなければ、その後の定着は望めないとも言える。

世界の多くの国と同じく、この 5 カ国全てにおける地熱開発への関心は、70 年代初頭の石油価格の高騰によって引き起こされた。国連開発計画 (UNDP) が、開発途上国における多くの地熱探査プログラムを実施し、代替エネルギー源として地熱利用の普及に努めたことは非常によく知られている。この先駆的活動は、その後、他のエネルギー資源の賦存状況や、地熱開発の不適切な実施体制、あるいは開発資金の不足等の各国における事情により、今日当該各国における地熱開発や技術能力が形成されていると言える。

第 13.2 節 本件調査以前の技術能力調査

本件調査以前に当地域において、各国の技術能力に関する調査が 2 件実施されている。1 つはアイスランド国際開発庁 (ICEIDA) が 2005 年に実施しており、もう 1 つはアフリカ統一委員会 (AUC) が 2010 年 3 月に実施している。

13.2.1 ICEIDA による調査

2005 年の 10 月から 11 月にかけて ICEIDA が資金を提供し、ARGeo の支援により、6 カ国の ARGeo メンバー国に対する調査が行われた (Arnason and Gislason, 2005; Arnason et al., 2005)。表-13.2-1 に調査結果を示すが、164 の技師がエリトリアを除く調査対象の 5 カ国において地熱開発に関与している。このうち、専門技術者及び科学者は 69 名で、他はテクニシャンレベルであった。タンザニアにおいて専門家は一人しかおらず、これはこの調査時点において何の地熱活動も、無いことを反映している。ケニアが最も多くの地熱専門家を有しており、エチオピアがそれに続く。ケニアを除き、他の全ての国で地熱専門家が各国の地質調査所に属している。ケニアの専門家のほとんどは KenGen に属しており、他に少数がエネルギー省で働いていた。

表-13.2-1 2005 年時点の地熱技術者の活動状況

| | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda | Total |
|---------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|------------|
| Professionals | 31 | 21 | 7 | 1 | 9 | 69 |
| Technicians | 48 | 42 | ? | | 5 | 95 |
| Total | 79 | 63 | 7 | 1 | 14 | 164 |

表-13.2-2 は、当時、多くの専門家（76 人）が世界中に散在していた様々な地熱研修プログラムにおいて訓練を受けていたことを示す。表-13.2-3 は、本件の調査当時、2010 年までに必要となる養成技術者数の見通しをまとめたもので、地熱開発への関心が高くなるにつれて、より多くの要員がこの部門に従事するようになることを示している。今後 5 年間（2006-2010）において、約 200 人の専門家をケニアの Naivasha で始まった短期研修コースやアイスランドの UNU- GTP で定期的開催される 6 カ月のコースで養成していく必要があるとされていた。

表-13.2-2 2005 年までに地熱研修を受講した人員

| | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda | Total |
|--------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| Iceland | 21 | 13 | 1 | | 5 | 40 |
| Italy (pisa) | 1 | 6 | | | | 7 |
| Japan | 1 | 5 | | | | 6 |
| New Zealand | 13 | 6 | 1 | 1 | 1 | 22 |
| Other | 1 | | | | | 1 |
| Total | 37 | 30 | 2 | 1 | 6 | 76 |

(資料) ICEIDA 資料を基に調査団作成

表-13.2-3 2010 年までの必要養成数

| | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda | Total |
|--------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|
| Four Weeks | 29 | 46 | 6 | 25 | 20 | 126 |
| Six Months | 30 | 31 | 3 | 4 | 6 | 74 |
| Total | 59 | 77 | 9 | 29 | 26 | 200 |

(資料) ICEIDA 資料を基に調査団作成

ICEIDA による機器調査は地表探査作業を中心としてこれに必要な機器について調べている。調査の主目的は次のとおりであった。:

- ARGeo 加盟各国で保有する機器の個数や状況を調べる。
- ARGeo 加盟各国それぞれにおいて、保有すべき基本設備及び測定機器を推奨する。
- 基本装備の不足箇所を指摘する。
- データ収集や、データ転送、及びデータの共有に関して ARGeo 加盟各国で有する設備や測定装置の互換性を調査する。
- 既存保有装置の操作やそのデータ処理や解析について、各国の技術者の熟練度を評価する。
- ARGeo 加盟国の中でどういった装置が共有可能か推奨し、さらにこの共有機器はどの様な場所に保管すべきかを推奨する。
- 機器共有に関する制度設計や、その管理、保守に関する責任の所在並びにレンタル料金についての規則枠組みを推奨する。

上記調査の目的としては、地域で利用できる機器は地域で共有することによって、より有効に

利用できるとする観点に立脚している。また、試験サンプルの分析に遠くの先進国に送るよりも、地域内の研究所で分析の方が費用対効果に優れるとの考えに基づいている。この調査により、互いのコミュニケーションの不足から、多くの国で隣国に何があるのか知らないでいることが明らかになった。つまり、ARGeo 各国は情報の共有が不十分であることが分かった。また、掘削後の坑井試験で採取された地熱蒸気や熱水の化学分析を的確に行うために地化学研究室の施設を改善する必要性が判明し、また適切な貯留工学研究室を設立する必要性も判明した。この調査では、掘削機器及び坑井試験機器までは対象としていなかった。表-13.2-4 は 5 カ国それぞれが有する機器を示す。ケニアにおける MT 機器の一部は、GEF が資金を提供した JGI のプロジェクトの際に購入されたもので、地域のプール設備の一部になる予定だった。表-13.2-5 は、どのような地化学分析が可能かを示している。

表-13.2-4 各国の保有機器

| Equipment Description | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda | Recomm. |
|-----------------------------|-------|----------|----------|----------|--------|---------|
| Geology | | | | | | |
| Topo and geological maps | Y | Y | Y | Y | Y | R |
| Aerial Photographs | Y | Y | Y | Y | Y | R |
| Handheld GPS | Y | Y | Y | Y | Y | R |
| Thermometers | Y | Y | Y | Y | Y | R |
| Microscopes (bin, and pol.) | Y | Y | Y | Y | N | R |
| Thin section laboratory | Y | Y | N | Y | N | R |
| Petrochemical laboratory | N | Y | N | Y | N | R |
| X-ray laboratory | Y | Y | N | Y | N | R |
| Isotope laboratory, dating | N | N | N | N | N | R |
| Equipment Description | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda | |
| Geochemistry | | | | | | |
| Topo and geological maps | Y | Y | Y | Y | Y | R |
| Aerial Photographs | Y | Y | Y | Y | Y | R |
| Handheld GPS | Y | Y | Y | Y | Y | R |
| Thermometers | Y | Y | Y | Y | Y | R |
| Chemical sampling equipment | Y | Y | N | N | Y | R |
| Field laboratory | Y | Y | N | N | Y | R |
| Chemical laboratory | Y | Y | Y | Y | Y | |
| Stable isotope laboratory | N | N | N | Y | N | R |
| Equipment Description | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda | |
| Geophysics | | | | | | |
| Topo and geological maps | Y | Y | Y | Y | Y | R |

| | | | | | | |
|-------------------------------|--|---|---|---|---|---|
| Hand-held GPS | Y | Y | Y | Y | Y | R |
| Thermometers | Y | Y | Y | Y | N | R |
| Differential GPS | Y | N | N | Y | Y | R |
| Gravimeter | Y | Y | Y | Y | Y | R |
| Magnetometers | Y | N | N | Y | Y | R |
| Temperature logging reel | N | Y | N | N | N | R |
| Shallow resistivity equipment | Y | Y | Y | Y | Y | R |
| Deep resistivity equipment | Y | N | N | N | N | R |
| portable seismic stations | Y | N | N | N | N | R |
| Meteorological station | Y | N | N | N | N | R |
| | KEY: Y= Available N= Not Available R= Required | | | | | |

(資料) ICEIDA 資料を基に調査団作成

表-13.2-5 各研究室で行われている化学分析

| | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda | Chemical methods |
|------------------------|---------------|------------|-------------|---------------|-------------|--------------------------|
| | KenGen | GSE | CERD | GST | DGSM | |
| Laboratory | Geothermal | Water | Water | Petrochemical | Geothermal | |
| Water Samples | | | | | | |
| Field Laboratory | Yes | Yes | No | No | Yes | TM – Titration, Manual |
| Steam/Water separator | Yes | Yes | No | No | No | CM - Conductivity meter |
| pH | pH | pH | pH | Ph | Ph | pH – pH Meter |
| Conductivity | CM | CM | CM | CM | CM | CO - Colourometry |
| Dissolved gases | | | | | | AA - Atomic Absorption |
| CO2 | TM | TM | TM | N/A | TM | IC - ICP |
| H2S | TM | TM | N/A | N/A | TM | TU - Titration |
| Main Components | | | | | | ISE- Selective electrode |
| SiO2 | CO | CO | N/A | N/A | CO | NaOH- Gas sample in NaOH |

| | | | | | | solution |
|--------------|-----|---------------|-----|-----|-----|-------------------------|
| Na | AA | AA/IC | Fe | AA | IC | GC-Gas Chromatograph |
| K | AA | AA | FE | AA | IC | |
| Ca | AA | AA/IC | TM | AA | IC | |
| Mg | AA | AA/IC | TM | AA | IC | |
| SO4 | CO | TU/IC | CO | CO | IC | |
| Cl | TM | TM,ISE, IC | TM | TM | IC | |
| F | ISE | ISE/IC | N/A | ISE | IC | |
| Fe | AA | AA | AA | AA | N/A | |
| Al | AA | AA | N/A | CO | N/A | |
| B | CO | CO | N/A | AA | CO | |
| Steam | | | | | | |
| Sampling | KOH | NaOH | N/A | N/A | N/A | |
| CO2 | TM | TM | N/A | N/A | N/A | |
| H2S | TM | TM | N/A | N/A | N/A | |
| H2 | GC | GC | N/A | N/A | N/A | |
| CH4 | GC | GC | N/A | N/A | N/A | |
| N2 | GC | GC | N/A | N/A | N/A | |
| O2 | GC | GC | N/A | N/A | N/A | |
| Ar | GC | N/A | N/A | N/A | N/A | |

(資料) ICEIDA 資料を基に調査団作成

この調査では、以下の項目を推奨している。

(1)各国で揃えるべきもの：

- ① 地形図
- ② 地質マップ
- ③ 航空写真
- ④ 携帯 GPS
- ⑤ 無線機
- ⑥ 温度計（土壌浸透に対して耐久性を有する）
- ⑦ 導電率/ pH/ TDS マルチメータ
- ⑧ 試験薄片設備
- ⑨ 顕微鏡（偏光型及び通常型顕微鏡）
- ⑩ X線回折（XRD） - 深部掘削開始後
- ⑪ 岩石実験室
- ⑫ 差分 GPS

- ⑬ 重力計
 - ⑭ 磁力計
 - ⑮ 浅井戸用の温度検層測定リール
- (2) 共有用機器は以下の通り：
- ① 浅部比抵抗探査装置 (TEM)
 - ② 深部比抵抗探査装置 (MT)
 - ③ 携帯型地震探査装置
 - ④ 気象観測装置
 - ⑤ X線分析装置
 - ⑥ 総合化学分析研究室
 - ⑦ 同位体年代測定研究室
 - ⑧ 水とガス分析の為の地熱研究室
 - ⑨ 安定同位体分析研究室
- (3) 各国は、各自の研究所は ARGeo 関連研究室となり、他の ARGeo 加盟国に必要なサービスを提供することに同意する。
- (4) 先端技術機器 (ICP は、安定同位体、高速液体クロマトグラフィーなど) を有する中央 ARGeo 研究室を全ての加盟各国にサービスを提供するものとして設立される。
- (5) 各加盟国について、1 か所完備した地熱研究室を設ける。
- (6) 各国の研究室は、その国の地熱開発の進捗に応じて施設を改善していく。
- (7) 各研究室では、既存設備の更新と適切な分析手法に関する研修訓練についての初期のサポートを受ける事が出来る。
- (8) 加盟国の初期探査段階では、当該国の研究室で不足するものを補うため、ARGeo は外部分析サービス機関を指定して、容易に検査サービスを受けられるようにする。
- (9) 地熱井の掘削段階では、各国の研究室では ARGeo の支援を通じて地熱水及び蒸気の主要成分の詳細分析が実施できるように改良される。孔内検層機器や噴出試験装置 (温度、圧力、スピナーツール、ウインチ及びサイレンサー) が購入される。
- (10) 微量元素分析は、外部の ARGeo 関連研究室から提供することができる。
- (11) ARGeo 傘下の研究所では、地熱資源に共通する環境に有害な物質 (ヒ素、水銀、亜鉛、その他) の分析が可能である必要がある。
- (12) ARGeo 本部事務局は、各国が有する機器装置、及びその利用状況やプロジェクト計画等のデータベースを最新状態に維持しなければならない。
- (13) ARGeo 本部事務局は、プロジェクトへの機器の割り当てを行い、また分析サービスについて助言する。
- (14) ARGeo が支援する各プロジェクトは可能な限り、研修にも供されるものとする。
- (15) 機器のほとんどは、データ処理及び解析技術について教育された技師及び専門家を必要とする。
- (16) プロジェクトに機器が割り当てられた場合、その技術者や専門家も一緒に担当となる。
- (17) プロジェクトが ARGeo 加盟国で進行する場合、ARGeo 訓練センター及び ARGeo 本部事務局は、他の ARGeo 加盟国からの研修生を、これに参加させる事ができる。

- (18) ARGeo のトレーニングセンターは、進行中のプロジェクトに付随してセミナーや短期研修コースを開催して、得られた知見や専門知識を共有する。

残念ながら、ARGeo プロジェクトは本格的には未だ開始しておらず、ARGeo の元で購入された装置は未だ無いままである。しかし、UNU-GTP は 2005 年からナイバシヤにおいて最初は KenGen、近年は GDC からの協力を得て、短期研修コースを開催していることに注目すべきである。他にも BGR のような協力組織が地域における研修や会議の主催に関わっている。また KenGen の専門家はザンビア、ルワンダ、ジブチにおいて、上記で説明した機器共有戦略の一環として JGI の装置を用いて MT 調査に従事している。

13.2.2 AUC による調査

2009 年 6 月、エチオピア・アディスアベバにおける閣僚会議で、エチオピア、AUC は地熱資源の豊富なアフリカ諸国における地熱開発を主導するべき責務を担うことになった。この指示を背景として、AUC は地熱開発を加速するために当該地域において何が不足しているかを調査することとなった。この一環として、コモロ諸島を含む、既知の地熱資源ポテンシャルを有する全ての東アフリカ諸国に対してアンケートを送付した。本アンケートの概要は以下の通りである。

- (1) 地熱探査及び開発活動状況の簡単な要約
- (2) 相手先の人材と利用可能な設備・装置
- (3) 今後 2-5 年間に於ける地熱開発プログラムの戦略的フレームワーク。探査及び開発を計画している地熱プロジェクトを優先順に提示
- (4) 地熱の探査及び開発プロジェクトに関する現在の主なドナーやステークホルダー、及びプロジェクト名
- (5) 今後、国内の地熱資源の探査や開発を行う際、ドナーやステークホルダー、及び投資銀行から必要とされる事項
 - ① 人材育成の為の教育の必要性
 - ② 必要な機器・資材の要件
 - ③ 技術支援
 - ④ 掘削時におけるリスク軽減の為の基金
 - ⑤ フィージビリティスタディと電源開発のための資金調達
- (6) その他の関連情報

5 カ国の技術的能力に関連するアンケートの結果は、表-13.2-6 及び表-13.2-7 に示す (Teklemariam 2010)。残念ながら、ジブチ政府は要求された情報を提供していない。この情報に基づくと、150 人以上のエンジニア、科学者及び熟練工が 5 カ国で地熱開発に従事している。ケニアが最も多い結果を示している。今後 5 年間 (表-13.2-8) にこれらの国で予想されている地熱開発プロジェクトの増加を考慮すると、IPP 関連従業員を除いても、さらに 458 名の新たな専門家の育成が必要となる。この点においてもケニアは、最大 12 基の掘削リグを取得する予定を有する新たな GDC 社の必要性から、最も大きなニーズを抱えている。

表-13.2-6 2010年3月時点での専門家・熟練工

| | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda | Total |
|-------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|
| Geologists | 8 | 3 | No Info | 10 | 3 | 24 |
| Geochemists | 7 | 4 | No Info | 1 | 4 | 16 |
| Geophysicists | 6 | 4 | No Info | 5 | 2 | 17 |
| Reservoir Engineers | 5 | 4 | No Info | 0 | 1 | 10 |
| Drilling Engineers | 7 | 0 | No Info | 0 | 0 | 7 |
| Power Station Engineers | 12 | 2 | No Info | 0 | 0 | 14 |
| Drillers | 5 | 25 | No Info | 0 | 0 | 30 |
| Technicians | 30 | 2 | No Info | No Info | No Info | 32 |
| Total | 80 | 44 | | 16 | 10 | 150 |

(資料) AUC 資料を基に調査団作成

表-13.2-7 2010年時点における保有機器

| Equipment Description | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda |
|--|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Geological | | | | | |
| Simple GPS | Y | Y | Y | Y | Y |
| Digital Thermometer | Y | Y | Y | Y | Y |
| Fluid Inclusion Heating-freezing stage | Y | N | N | N | N |
| Binocular Microscope | Y | Y | Y | Y | Y |
| Petrographic Microscope | Y | Y | Y | Y | Y |
| X-Ray Diffractometer | Y | Y | N | N | N |
| X-Ray Fluorescence | Y | Y | N | Y | N |
| ICP-MS | Y | N | N | N | N |
| Mass spectroscopy for dating | N | N | N | N | N |
| Geochemical | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda |
| Simple GPS | Y | Y | Y | Y | Y |
| Digital Thermometer | Y | Y | Y | Y | Y |
| pH meter | Y | Y | Y | Y | Y |
| Conductivity Meter | Y | Y | Y | Y | Y |
| Water Sampling Kit | Y | Y | N | N | N |
| Gas Sampling Kit | Y | Y | N | N | N |
| AAS | Y | Y | Y | Y | N |
| Ion Chromatograph (IC) | Y | Y | Y | N | Y |
| Gas Chromatograph | Y | Y | N | N | N |

| | | | | | |
|--|--------------|-----------------|------------------|-----------------|---------------|
| Mass Spectrometer for stable Isotope | N | N | N | N | N |
| Tritium Scintillation counter & C14 analyser | N | N | N | N | N |
| Geophysical | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda |
| Differential GPS | Y | N | N | N | N |
| Simple GPS | Y | Y | Y | Y | Y |
| TEM | Y | Y | N | Y | Y |
| MT | Y | Y | N | N | N |
| Gravimeter | Y | Y | Y | N | Y |
| Magnetometer | Y | Y | N | Y | Y |
| Portable seismometer | Y | N | N | N | N |
| Reservoir Engineering | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda |
| Kuster gauge Tools set | Y | Y | N | N | N |
| Logging Winch | Y | N | N | N | N |
| Logging Truck (K10) | Y | N | N | N | N |
| Drilling | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda |
| Complete Rig | Y | Y | N | N | N |
| | Y= Available | | N= Not Available | | |

(資料) AUC 資料を基に調査団作成

表-13.2-8 今後 5 年間に必要となる専門技術者の推定人員

| | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda | Total |
|-------------------------|------------|-----------|----------|------------|------------|------------|
| Geologists | 28 | 2 | No Info | 20 | 3 | 53 |
| Geochemists | 20 | 4 | No Info | 5 | 2 | 31 |
| Geophysicists | 15 | 4 | No Info | 5 | 4 | 28 |
| Reservoir Engineers | 15 | 2 | No Info | 2 | 3 | 22 |
| Drilling Engineers | 35 | 4 | No Info | 0 | 4 | 43 |
| Power Station Engineers | 40 | 4 | No Info | 2 | 0 | 46 |
| Drillers | 150 | 10 | No Info | 2 | 0 | 162 |
| Technicians | 65 | 8 | No Info | No Info | No Info | 73 |
| Total | 368 | 38 | | 36? | 16? | 458 |

(資料) AUC 資料を基に調査団作成

本調査の結果は、今後の地熱開発のためには、莫大な資金調達必要性以外に、技術的能力を構築するために以下の必要性があることが判明した。

- (1) ウガンダ及びタンザニアにおいては、地熱蒸気資源を確認する為に詳細な調査を実施し、

最も有望な地点において掘削調査を行う戦略を立てるべきである。一方、他の3カ国については、以下の目標にて地熱発電所の開発を計画するべきである：ジブチ 50MW、エチオピア 125 MW、ケニアは 880MW。

- (2) 上記の探査と開発目標に基づくと、以下の事項が必要となる：
- ① 地熱探査や、掘削及び発電所の運用業務に必要な要員の増強・養成
 - ② 毎年、Naivasha で開かれる4週間の研修コースや、アイスランド UNU やイタリアの ICS-UNIDO における6カ月間の研修コース、さらに様々な大学における修士課程や博士課程における研修・教育。
 - ③ 相互理解や現状把握、情報共有に有効な ARGeo 会議や他の国際会議、及びワークショップの開催や出席支援の為の資金支援
 - ④ 様々なプロジェクトにおける技術支援での OJT（オンザジョブトレーニング）の活用
 - ⑤ 資金調達モデリング、電源購入契約（PPA）、及びスチーム供給契約（SSA）における交渉手法の研修
- (3) 全ての国におけるフィールド測定機器及び実験室装置、ケニアとエチオピアでは掘削リグ、他の国は、地熱開発が軌道にのるまでの間、当初の段階では掘削コントラクターを用いる。開発が確立すれば、掘削リグを購入し自前で運用する事で掘削、開発コストを削減する。
- (4) 次の分野で技術的な支援が必要とされる：
- ① 詳細な地表探査技術と掘削技術
 - ② 既に対象法規が存在するケニアを除くすべての国において、パブリック・プライベート・パートナーシップを促進する為の制度改革、政策、法的枠組みの確立
- (5) 先行するケニアの地熱開発から、地域の諸国が学ぶべき要点は以下の通り：
- ① 地熱開発に見合った積極的な教育訓練と適切な雇用パッケージ
 - ② IPP が避ける探査掘削リスクを政府が積極的に担う
 - ③ 地熱探査と開発に特定した有効な組織・機関の設立。
 - ④ 他の再生可能な資源とは違い、ベース負荷電力の供給源として国の電源開発マスタープランに地熱エネルギーを含める
 - ⑤ 自らの財政の中から人材育成及び探査・開発を行う様に年度予算に計上する

本調査に続いて、AUC は今後3年間の人材育成に対して、480万ドルの予算で提案を用意した。AUC はドナー諸機関がこの計画を支援してくれることを望んでいる。

第 13.3 節 本件調査（JICA）による技術能力調査

JICA 調査チームは、5カ国それぞれの国で2日間を費やして面接方式により、直接、関連情報を収集した。これによると、5カ国では約363名の地熱専門家が様々な機関や IPP で従事していることが判明した（表-13.3-1）。地熱発電所があるケニア及びエチオピアを除いて、ほとんどの場合、地質調査機関に従事している。表-13.3-2、表-13.3-3、表-13.3-4 は、2009年までにさまざまな教育を受けた技術者数を示す。338名がアイスランド、イタリア、日本、ニュージーランド、さらに近年ではケニアで地熱関連分野の訓練を受けている。ケニアの研修コースは4週間であり、

他は6-10カ月となっている。国産資源であり、低コストで、環境に優しいエネルギーに対する需要の高まりから、これらの国々における地熱資源への開発意欲は大きくなっていることを考慮した場合、今後10年間で約903人以上（表-13.3-5）の専門家を必要とするものと予想され、必要な要員を確保するための教育・訓練が必要となる。

表-13.3-1 現時点で地熱開発に従事している技術者

| | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda | Total |
|--------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Category | | | | | | |
| Geologists | 6 | 2 | 3 | 8 | 9 | 28 |
| Geochemists | 5 | 4 | 2 | 2 | 8 | 21 |
| Geophysicists | 5 | 4 | 2 | 7 | 5 | 23 |
| Reservoir Engineers | 10 | 3 | 1 | 1 | 1 | 16 |
| Drilling Engineers | 24 | 2 | 0 | 0 | 0 | 26 |
| Power Engineers | 14 | 4 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| Environmental Scientists | 11 | 0 | 10 | 3 | 1 | 25 |
| Financial Planner/Modellers | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| GIS Scientists | 5 | 2 | 3 | 1 | 0 | 11 |
| Drillers | 5 | 24 | 0 | 0 | 0 | 29 |
| Technicians | 119 | 26 | 1 | 13 | 4 | 163 |
| Total | 206 | 72 | 22 | 35 | 28 | 363 |

(資料) 調査団作成

表-13.3-2 2009年までに各種機関で地熱研修を受けた技術者の国別内訳

| Training by 2009 | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda | Total |
|-----------------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------|
| Iceland | 86 | 65 | 8 | 4 | 14 | 177 |
| Italy (Pisa) | 1 | 6 | | | | 7 |
| Italy (ICS) | 7 | 2 | 1 | 3 | 0 | 13 |
| Japan | 1 | 5 | | | | 6 |
| NZ | 13 | 6 | 1 | 1 | 1 | 22 |
| 4 weeks Naivasha | 62 | 16 | 7 | 15 | 12 | 112 |
| Other | 1 | | | | | 1 |
| Total | 171 | 100 | 17 | 23 | 27 | 338 |

(資料) 調査団作成

表-13.3-3 2009年までの UNU-GTP において6カ月間研修を受けた技術者の国別内訳

| | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda | Total |
|-----------------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Geology | 7 | 3 | 2 | 2 | 5 | 19 |
| Geophysics | 10 | 5 | | 2 | 2 | 19 |
| Reservoir Engineering | 6 | 5 | 2 | | 1 | 14 |
| Geochemistry | 7 | 4 | 1 | 1 | 4 | 17 |
| Environmental science | 7 | 1 | | | 1 | 9 |
| Drilling | 5 | 2 | | | | 7 |
| Power station | 3 | 6 | | | | 9 |
| Total | 45 | 26 | 5 | 5 | 13 | 94 |

(資料) 調査団作成

表-13.3-4 国連大学アイスランド及びケニアで研修を受け地熱開発に従事している技術者

| | 4 Weeks | 6 Months | MSc | PhD | Total | Lost | Total Active |
|--------------|------------|-----------|-----------|----------|------------|-----------|--------------|
| Kenya | 62 | 45 | 7 | 2 | 116 | 4 | 112 |
| Ethiopia | 16 | 26 | 2 | 0 | 44 | 11 | 33 |
| Djibouti | 7 | 5 | 1 | 0 | 13 | 1 | 12 |
| Uganda | 15 | 13 | 1 | 0 | 29 | 1 | 28 |
| Tanzania | 12 | 5 | 0 | 0 | 17 | 1 | 16 |
| Total | 112 | 94 | 11 | 2 | 219 | 18 | 201 |

(資料) 調査団作成

表-13.3-5 今後10年間に必要となる新たな人材 (調査団による推計)

| | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda | Total |
|-----------------------------|-------|----------|----------|----------|--------|-------|
| Category | | | | | | |
| Geologists | 22 | 10 | 5 | 6 | 8 | 51 |
| Geochemists | 9 | 7 | 3 | 6 | 5 | 30 |
| Geophysicists | 12 | 7 | 2 | 2 | 5 | 28 |
| Reservoir Engineers | 14 | 7 | 5 | 6 | 6 | 38 |
| Drilling Engineers | 52 | 19 | 3 | 5 | 5 | 84 |
| Power Engineers | 20 | 5 | 3 | 6 | 6 | 40 |
| Environmental Scientists | 4 | 5 | 2 | 6 | 6 | 23 |
| Financial Planner/Modellers | 9 | 3 | 2 | | 3 | 20 |
| GIS Scientists | 3 | 7 | 0 | 3 | 3 | 16 |
| Drillers | 91 | 100 | 2 | 4 | 4 | 201 |

| | | | | | | |
|-------------|------|-----|----|----|----|-----|
| Technicians | 165 | 115 | 30 | 36 | 26 | 372 |
| Total | 401* | 285 | 57 | 83 | 77 | 903 |

*ケニアのエネルギー省のスタッフは含まれていない

(資料) 調査団作成

5 カ国にはいくつかの基本的な測定機器や地球化学分析室がある。第 4 章から第 8 章にて各国毎に記述したが、表-13.3-6 にそれを取りまとめた。これらの機器は数量はあっても、しかし、古くて交換が必要なものもあるし、新たに測定機器を必要とする場合もある。ケニアが最も良く整った設備の実験室を整備している。しかし拡大する地熱開発を考慮すると未だ絶対的に不足しているのが現状である。エチオピアは 2 基の掘削リグを有しており、ケニアは補修が必要であるが 1 基の掘削リグを保有している。さらにケニアは 4 基の掘削リグの購入を決めているが、未だ 10 基以上を必要としている。エチオピアとケニアは噴出試験設備を有しているものの、エチオピアの装置は修理が必要である。ケニアは、車載型の物理検層設備を保有する唯一の国である。他の国々では、地熱井の掘削後に実施される噴出試験設備や地化学分析機器を調達する必要がある。人材育成と同じく、これらの国では開発目標に取り組むため、古いものを取り替えて、より新しい機器を調達する必要がある。当然、両者とも莫大な資金を必要とする。

表-13.3-6 現在利用可能な機器

| Equipment Description | Kenya | Ethiopia | Djibouti | Tanzania | Uganda |
|--|-------|----------|----------|----------|--------|
| Geological | | | | | |
| Simple GPS | 2 | 3 | 4 | 5 | 0 |
| Digital Thermometer | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Fluid Inclusion Heating-freezing stage | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Binocular Microscope | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Petrographic Microscope | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| X-Ray Diffractometer | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| X-Ray Fluorescence | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| ICP-MS | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Thin sectioning equipment | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| Geochemical | | | | | |
| Simple GPS | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Digital Thermometer | 3 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| pH meter | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Conductivity Meter | 4 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Water Sampling Kit | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Gas Sampling Kit | 170 | 70 | 0 | 0 | 0 |
| AAS | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |

| | | | | | |
|---|----|----|---|---|---|
| Ion Chromatograph (IC) | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Gas Chromatograph | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Mass Spectrometer for stable Isotope | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tritium Scintillation counter & C14 analyser | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| UV-SP | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Geophysical | | | | | |
| Differential GPS | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Simple GPS | 8 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| TEM | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| MT | 15 | 2 | 1 | 0 | 1 |
| Gravimeter | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| Magnetometer | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Portable seismometer | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Reservoir Engineering | | | 0 | | |
| Kuster gauge Tools set | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kuster TPS with SRO | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Logging Winch | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Logging Truck (K10) | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Discharge Silencer | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Drilling | | | | | |
| Complete Rig | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Water supply system(pumps, pipelines, tanks) | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Site preparation equipment (dozer, grader, tipper trucks) | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Small water Rig | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| General | | | | | |
| 4x4 field vehicles | 50 | 40 | 1 | 2 | 0 |
| GIS System | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Total station | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Complete weather station | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |

(資料) 調査団作成

第 13.4 節 ケニアの現状と今後の展開

ケニアにおける水力資源は限定的であり、石油やガス資源も発見されていない。石炭資源については現在も探査が続いている。ケニアの地熱探査も UNDP とケニア政府の資金により 70 年代に始まった。開発プロジェクトには天然資源省鉱山局やケニア電力会社の技術者が参加している。幸いなことにこのプロジェクトは Olkaria I 発電所の開発につながっている。Olkaria I 発電所は、KPC(Kenya Power Company)、現 KenGen によって経営・所有された。UNDP プロジェクトに関わった技術者が KPC に招かれて、また KPC は政府の委託を受けてケニアにおける地熱開発を担うこととなった。また、1982 年には地熱法が導入されて、これにより民間セクターが地熱資源を開発することができるようになった。1986 年に地熱発電は、正式に国家電源開発計画 (Acres 1987) に組み入れられて、それ以降これが継続している。KenGen は積極的に計画の中の地熱発電目標を達成すべく努力している。振り返ってみると、このケニアにおける地熱開発の政策・制度は非常に良く機能してきている。

Olkaria I の成功に支えられ、ケニアは積極的に技術者の教育を行い、その多くは今も職に留まっている。さらに技術者の中からは地熱技術の博士号を取得するものもある。また、開発が活発になるに従い、掘削リグを含めた機器の自社での購入運用を拡大している。2005 年には、KenGen は UNU-GTP と共同で Naivasha において 4 週間のショートトレーニングコースを実施し、以後毎年開催している。イエメンを含む約 14 のアフリカ諸国から 153 人が参加し、またそのうち今回調査対象 5 カ国からは 112 人が研修に参加している (Fredleifsson 2010)。UNU-GTP で研修を受けた多くの発電所スタッフは、国を超えて長年培った知識や経験を共有し地域に貢献している、というのが KenGen の見解である。技術者はまた、ザンビア、ルワンダ、ジブチ、ウガンダ、コモロの技術支援にも携わっている。ケニアにおいて法的枠組みは既に整備されているため、電力セクターの自由化が導入されるとすぐに、火力部門に数社の IPP が参入し、地熱にも 1 社の IPP が参入し、政府はそれに発電事業の免許を与えた。政府と KenGen は、地熱発電はケニアにおける将来の電力供給に貢献すると理解している。

このように、ケニアはこれまで東アフリカ・リフトバレー内において大規模な地熱開発が可能であることを明確に証明したアフリカ唯一の国である。また、地域内における他の国々が見習うことができる幾つかの成功事例やモデルを提供している。

ケニアではこれまでの経験を踏まえて、はるかに大規模かつ急速なテンポで地熱開発を促進する用意ができた。2009 年-2029 年における最小費用電源開発計画 (2009-2029) によれば、全体で 7,470 MW の電源開発のうち、地熱に 2,746MW を割り当てている。これは全体の約 37% である。この非常に野心的な目標を達成するため、特にリスクの高い探査掘削や生産井掘削への莫大な先行投資などの地熱開発に対する障壁を除去することが必要として、政府は GDC を設立することを決めた。

GDC の今後 10 年間の事業計画 (GDC、2010) は、上記の最小費用電源開発計画で挙げられた

目標よりも野心的である。これによると、12基の掘削リグを購入し、566本の地熱井を掘削することで2,336MW相当の蒸気を開発する計画である。これに必要な資金は25億ドルを超えると推定される。このうち、17%資金は政府から調達し、59%は事業のキャッシュフローから、さらに残りの23%は様々なドナー機関からの援助を予定している。また232人の地熱技術の専門家を新たに雇用して養成する必要があるとしている。この人材養成に関してアフリカ開発銀行は、6百万ユーロをGDCに拠出することを確約している。12基の掘削リグを含めた予定機材の購入に要する費用は373百万ドルと推定される。政府はすでに2基の掘削リグ調達のための資金を提供し、さらにAFDからは2基、フランス政府から1基、また中国輸出入銀行から3基と計8基の掘削リグ購入の為に資金の提供を確約しており、4基の資金調達を残すのみとなっている。しかし8基の掘削リグについても、実際の掘削工事に必要な掘削資材やその他の運用費についての資金調達は大きな課題である。

KenGenは、今後10年間で500MWの地熱発電を開発する計画である。開発計画の増強に対応して、GDCに移籍して行った地熱技術専門家を補充することが必要となり、最近多くの人材の募集に踏み切った。KenGenは新たに156名の専門家の養成が必要であるとしている。最近2基の大型掘削リグを発注しており、これにより非常に深い傾斜井を掘削することができる。さらに既存掘削リグを補修することで合計3基の掘削リグを保有することとなる。これらのリグは当初Olkaria I号基とIV号基の坑井掘削をGDCと共同して実施するために用いられ、その後Eburruフィールドでの坑井掘削に用いられる予定である。その後KenGenはOlkariaとEburruにおける補充井の掘削に用いるとしている。さらにIPPがSuswaやLongonotにおける開発が認可された場合にはこれらの掘削リグを用いた掘削を請負ことも可能である。発注した掘削リグを含めて、機材の購入や交換にKenGenが必要とする資金は74百万ドルと推定される。

ケニアはその地熱発電所が高い信頼性を有すること、およびケニアが有する地熱の潜在資源が高いことを証明しており、このことからケニアにおける地熱開発に対して関心が大きく高まっている。GDCは坑井掘削に伴うリスクを除去して、蒸気の販売を行うことから、既存のOlkaria West、Suswa及びLongonot地域の開発を認可されているIPP以外にも多くが参入してくるであろう。またOrpower4は既存の設備容量からさらに50MWを増設する計画である。Suswaフィールドでは当初最大75MWまでの開発が見込まれており、Longonot地域では認可業者が資源調査を継続している。これらのIPPは自社における地熱技術者の養成が必要となる。各IPPはOrpower 4並みに地熱技術者の陣容を抑えたとしても、約50名以上の地熱要員を養成する必要がある。これらの地熱地帯における掘削は請負業者で行い、また坑井調査はコンサルタントに委託される。従ってケニアにおける地熱産業は、様々な専門的な地熱サービスを提供するための技術者を養成することが必要になる。

GDC、KenGen及びIPPによる地熱開発の強化に伴い、エネルギー省もまた地熱要員の増強が必要となる。このため、地熱を担当する要員の新規採用が見込まれている。この政府職員は、地熱政策策定と監督の役割を担うこととなる。従って機器購入は必要としない。

表-13.4-1 にケニアにおける既存及び今後約 10 年程度の将来に必要なと見込まれる専門技術者数を示す。また、表-13.4-2 にケニアの既存及び必要とする機器装置リストを示す。

第 13.5 節 エチオピアの現状と今後の展開

エチオピアは膨大な水力資源を抱えており、このため、地熱開発への優先度は 2 次的になる傾向がある。エチオピアは現在、地熱開発に熱心な唯一の理由は、多くのアフリカ諸国で頻繁に発生する傾向の干ばつのためである。エチオピアはジブチと同様な時期に(1969 年)地熱探査活動を開始し、1998 年に Aluto Langano 地熱地帯で 7.3 MW のバイナリパイロットプラントを建設した (Kebede 2010)。探査及び掘削工事はエチオピア地質調査所 (GSE) が自前のリグを用いて外国人コンサルタントの支援の元で実施した。蒸気井の開発後、EEPCO によってパイロットプラントが設置されている。残念ながら発電所は、技術的な問題により、運用開始後 1 年で停止された。一方、GSE は積極的に他の地区での探査活動の続け、新たなリグを揃えると共に大地溝帯北部に位置する Tendaho 地熱地帯で 3 本の深井戸と 3 本の浅井戸を掘削した。この期間 GSE は、継続的に人材育成に努めているが、同時に多くの技術者が転出していった。GSE の技術者は、6 カ所の地熱地帯で詳細な地球科学的調査を実施し、この中で 2 本の温度勾配調査井の掘削も実施された。他に広域探査を 5 カ所以上の地熱地帯で実施している。

本報告書において既に言及している様に、エチオピアは今後 10 年間に於いて、450MW の地熱発電や 764MW の風力発電及び約 8,800MW の水力発電による電源開発を行う計画を有している (EEPCO 2009)。地熱発電については、6 カ所のフィールドにおいて開発を行うとしている(表-13.5-1)。これらの地域における F/S が実施されていないことから、具体的な運用開始時期は示されていない。

この計画を基に、調査団がエチオピアの各機関と面談して推計したエチオピアにおける既存及び将来的に必要なと見込まれる専門技術者数を表-13.5-2 に、また、エチオピア国内の既存及び必要とする機器装置リストを表-13.5-3 に示す。今後約 10 年程度の間には 285 名の技術者育成が必要とされ、131 百万ドルの機材が必要と見込まれた。

この表-13.5-1 の計画を達成するため、GSE は最近、日本政府 (10 百万ドル) と世界銀行 (10 百万ドル) 及びエチオピア政府 (10 百万ドル) との共同資金による Aluto Langano の追加 F/S のプロジェクトに着手した。この F/S には 4 本の坑井掘削調査が含まれている。このプロジェクトに先立ち、日本貿易振興機構 (JETRO) による地表探査調査が実施されており、GSE が保有する掘削リグを用いた試掘が行われる。予定では掘削リグの補修後に GSE の要員により掘削工事は行われることになっている。

電力マスタープランで計画された 450MW の電源開発を達成するため、GSE は Corbetti 地域や Abaya 地域、Tulu-Moya 地域及び Dofan 地域における詳細な調査を考えている (Kebede 2010)。Tendaho 地熱地帯における調査はドイツの BGR により実施されており、MT 調査の結

果次第により直ちに掘削調査に取りかかることが期待されている。これらの地熱開発計画に従えば、定年退職者の補充を含めて約 285 名のスタッフが必要となる。複数のチームによる並行調査活動を可能にするには多くの調査機器装置が必要である。GSE は掘削リグの運用を経験していることから、6 基のリグによる運用を計画している。従って新たに 4 基の掘削リグを購入する必要がある。地熱発電所建設に至るまでには、人材の育成や新たな機器の購入及び必要な資材の購入が必要であり、このためには莫大な資金を要する。機器の購入費用だけでも 131 百万ドルが必要になると推定されている。

第 13.6 節 ジブチの現状と今後の展開

ジブチは水力、石炭、ガスやバイオマスなどの従来型の国産エネルギー資源の無い国である。このため、発電は輸入ディーゼルに依存している。従って、非常に地熱資源の開発に非常に熱心に取り組んでいる。最初の包括的な地熱開発の取り組みは、1970 年から 1983 年に行われ、フランスとジブチ政府が資金を供給した (Business Council for Sustainable Energy, 2003)。このプロジェクトでは、外国人専門家および装置が、地表探査や、地熱井の掘削、坑井試験に従事した。また CERD の専門家もプロジェクトに関わっている。2 本の深井戸が Hanle 地区で掘削され、Asal 湖では 6 本掘削された。Asal では非常に高温の地熱資源を発見している。Asal 湖の地熱貯留層の温度は非常に高いが、高塩分濃度と硫化物スケールの問題が次段階の開発の障害となっている。

Asal のプロジェクトの中断後、CERD は地熱開発の任務を付与されていたものの、ドナー支援やジブチ政府からの資金の提供が途絶えた状況において、探査活動は最小限に留まっており、この様な状況において技術育成も停滞した。さらに、CERD は研究組織であり、その活動は政府の資金で賄われている。

地熱開発への関心が復活した 90 年代後半、ジブチ政府の戦略は、地熱資源を開発し、発電電力を EdD に販売する IPP を誘致するものであった。このモデルでは、人材育成の責任は全て IPP 側に任されていた。しかし、この場合でもローカルスタッフは IPP を監督したり、適切なプロジェクト契約 (PA) や電力購入契約 (PPA) の交渉をまとめたりする能力が求められてくる。1999 年から 2000 年に始めてやっと Geothermal Development Association (GDA) が、ジブチ政府との間で覚え書きを締結して Asal 湖における 30MW の F/S 予備調査を実施した。GDA から電力を購入する予定の EdD は地熱部を新たに設け、当初から Asal の探査活動に関与していた地質技術者を CERD から移籍させてその任に当たらせている。電力価格が合意できなかったため、残念ながらこの Asal プロジェクトはその後の展開を見ること無く終わっている。このため EdD の地熱部門の人材育成についてもそれ以上拡張する必要が無くなってしまった。ジブチも参加した 2003 年の ARGeo の結成時には、多くの会議やワークショップでジブチの地熱関係者が関与している。前節の表 (表-13.2-2~表-13.3-4) に示すとおり、ジブチの技術者も、さまざまな研修機関で研修を受けてきている。17 名のジブチ国籍の技術者が研修を受けているが、そのうち 12 人がまだ地熱関連業務に従事している。

Asal における 6 本の深部調査井で示された初期の熱意や努力から示される様に、ジブチ政府が地熱資源の開発に熱心であることは非常に明確である。この 6 本の坑井の最後のものは、ジブチ政府自身による資金が用いられている。残念なことに、高塩分濃度や硫化物スケーリングは当時の技術レベルでは解決策が見つからず、プロジェクトは中断されてしまっている。この経緯から、なぜ、地熱開発の分野で多くの技術者を採用することができないか、また養成できないかといったことが理解できる。国内において実際の地熱プロジェクトが無いと、明確で合理的な開発体制を維持することはできない。地熱開発への関心が復活した際に、政府は IPP による地熱開発を選択し、これが国営 EdD 社に売電するものとした。この開発体制モデルでは、政府は地熱開発に対応する組織を再構築する必要は無い。一方 EdD 社も、地熱部門を設立したものの、政府が元来意図した IPP による地熱プロジェクトが実現しないために、地熱部要員の拡充を見送ってしまっている。

CERD は地表探査への需要増加を受けて、この分野の専門家を育成しようとしている。技術者の何人かは、アイスランドとケニアで研修を受けており、また 1 人の貯留層技術者は現在カリフォルニア大学バークレー校の博士課程に進学している。CERD は地球化学的分析に必要な装備の充実を要する化学実験室を保有している。

調査団がジブチの各機関と面談して推計したジブチにおける既存及び今後約 10 年の間に必要となると見込まれる専門技術者数を表-13.6-1 に、また、CERD の既存及び必要とする機器装置リストを表-13.6-2 に示す。今後、57 名の技術者育成が必要とされ、7.5 百万ドルの機材が必要と見込まれた。

第 13.7 節 タンザニアの現状と今後の展開

タンザニアの 2009 年に更新された電源システムマスタープランによれば、2033 年までに約 7,500 MW の新規電源開発が必要とされている (Snc-Lavalin International 2009)。報告書では、エネルギー鉱物省及び TANESCO に対して、地熱、風力、新規の炭田や天然ガス鉱床を含めた国内エネルギー資源の開発及び資源量確定を一層充実するための探査計画を策定するよう要請している。地熱資源については、資源ポテンシャル及び開発費が不明なために本マスタープランに含まれていない。膨大な水力資源を抱えるエチオピアやウガンダ同様、タンザニアは東アフリカ諸国で頻繁に起きる干ばつの影響を低減するために、他の再生可能エネルギーの開発を意欲的に取り組んでいる。したがってこの点についても、慎重に検討された開発ロードマップが必要である。

タンザニアには 32°C から 86°C 程度の温度の温泉を有する地熱地帯が約 50 カ所ほどある (Hochstein et al., 2000)。DECON et al. (2005) は北方の Natron 湖周辺や西部地区にある Songwe-Mbeya 地区において予備調査を実施し、Mbeya 地区はさらに詳細な調査が必要との提言を行った。同時期、既に FEC は Rufiji 地溝帯にある Luhoi フィールドの開発を認可されていた。この勧告に基づいて、BGR は、Geotherm Programme Phase I (BGR 2009) の中で 2006 年から 2009 年にわたって Mbeya フィールドでの地質学、地球化学および地球部物理学的調査を実

施した。本調査では、技術移転 (Mbogoni and Simon, 2010) の一環として、GST、MEM および TANESCO のスタッフも関与している。本調査の結果、Songwe 地域において 200°C を超える貯留層温度を予測している。本地域は Ngozi 火山構造に関連している。BGR は、Geotherm Programme Phase II において、Songwe 地域での 2～3 本の大深度坑井の掘削地点を確定するための詳細調査を計画している。ウガンダの探査戦略と同様に、BGR はこの調査についてドイツ復興金融公庫(KfW)の掘削補助金とリスク軽減基金の活用を目指している (BGR and KfW 2010; Witte 2010)。

調査団がタンザニアの各機関と面談して推計したタンザニアにおける既存及び今後約 10 年の間に必要となると見込まれる専門技術者数を表-13.7-1 に、また、タンザニア国内の既存及び必要とする機器装置リストを表-13.7-2 に示す。今後、83 名の技術者育成が必要とされ、7.6 百万ドルの機材が必要と見込まれた。

第 13.8 節 ウガンダの現状と今後の展開

ウガンダも国内に大規模な水力資源を有しており、この状況は地熱開発には有利とは言えない。加えて、ウガンダは最近、石油を発見した。地熱開発の最初の調査は 1970 年代初頭には行われたが、当地の地熱資源は低温であることが報告された。地熱調査の担当部局はエネルギー鉱物省傘下の地質調査所である。これらの機関は、元々鉱物資源の探査を目的として設立されており、その分野で今でも非常に優秀である。しかしウガンダでは、地熱開発を実施するための担当専門部署や予算が割り当てられていない。ごく最近、ウガンダでは BGR と ICEIDA の支援で Katwe、Kibiro と Buranga 地熱地帯における詳細な地球科学的調査が実施されたのみである。

地表調査はウガンダにも事務所を置くアイスランド国際開発庁 (ICEIDA) の資金援助によるプロジェクトでありアイスランド地質調査所(ISOR)が包括的な調査を行っている。調査結果によると Katwe フィールドは有望とは言えないが (Arnason and Gislason, 2009)、Kibiro フィールドについては、深部調査井の掘削ターゲットを確定する観点から、MT 調査や、構造地質学及び水理学的調査を行うべきとの見解が示されている。BGR による Buranga フィールドにおける一次地表調査によれば、MT や TEM、重力及び微小地震探査を含む Geotherm Programme Phase II と呼ばれる調査プログラムを実施するべきとの結論を示している。これらの調査結果が良ければ、ドイツ復興金融公庫(KfW)の掘削グラント支援及び掘削リスク軽減制度 (BGR and KfW 2010; Witte 2010) を活用して 2～3 本の調査井の掘削調査が期待される。DGSM は最近、油田開発中に発見された Panyimur と呼ばれる地熱フィールドにも興味を示している。まず石油試掘井での調査結果を検討し、この結果によっては詳細な地表探査作業を実施することが考えられる。

2010/11 年度-2014/15 年度の国家開発計画では、水力発電を補完するために、同期間において Katwe、Buranga 及び Kibiro フィールドにおいて地熱開発を行う目標を立てている。2009 年 12 月に実施された電力セクター投資計画では、地熱発電の有望性が確認されて、将来の電力マスタープランに地熱発電所を組入れることが妥当であるかを判断するためのプレ F/S 及び F/S の実施

計画を提案している。

調査団がウガンダの各機関と面談して推計したウガンダにおける既存及び今後約 10 年の間に必要となると見込まれる専門技術者数を表-13.8-1 に、また、ウガンダ国内の既存及び必要とする機器装置リストを表-13.8-2 に示す。今後、77 名の技術者育成が必要とされ、7.6 百万ドルの機材が必要と見込まれた。

第 13.9 節 人材育成における大学の役割

対象 5 カ国において地熱開発に関わる人々との議論の中で、地元の大学が地熱開発に対して効果的な役割を果たしていないとの意見で一致した。ほとんどの大学は一般課程にせよ一部夜間過程にせよ多くの学生で盛況である。しかしながら地熱という特殊な専門技術に関して、産業界で通用する技術レベルまで満足に養成された講師は存在しない。また大学の講師達は産業界における実際の課題の解決に向けた取り組むこともないために、経験が非常に不足している。

UNU-GTP は、過去地元の大学の講師を養成することで同様のコースをその大学に導入する試みを行ったが、うまくいかず、この計画は中止された。講師自身が地熱技術についての教育を受けておらず、さらに必要な装備機器を大学には無い。さらに受講者は、通常、理論的な学問を履修するよりも直ちに雇用に繋がるのに必要なより実利的な研修コースを好んで受講したが。多くの研修生にとって UNU-GTP の研修が非常に人気を博している理由の一つは、これが理論よりも実践的なトレーニングを重視する傾向があることが挙げられる。アイスランドで進行中のプロジェクトや、母国から収集したデータを用いて実際の課題を学生に解かせることにより、学生はより多くを学ぶことができる。より理論的であったオークランドの研修コースを受講した研修生も、実践的なトレーニングに重点を置く UNU-GTP の研修コースを好んでいることが判明している。

調査団の見解として、必要な訓練は特殊であり、地元の大学で行われているカリキュラムとよりも、専門的な学校における特別な履修プログラムを必要とすると考えている。養成を必要とする専門家の数は大きく、また UNU-GTP が国別に割り当てている平均 2 人の研修生という制約を考慮した場合、アイスランドの 6 カ月コースでは今後 10 年間に 100 人の専門家しか養成できない。この観点から、ケニアで地熱研修所を設立する構想は ARGeo の開始当初から存在しており、これからケニアの Naivasha における短期研修コースが開催されることに結実しており、これはさらに充実していくことが重要である。この研修所は地熱技術に関する課程を有する世界中で研修センターや大学と提携することとなるだろう。GDC は、こうした研修所を設立する提案を行っている。但し、この学校の詳細についてはまだ明らかになっていない。

表-13.4-1 ケニアにおける既存及び必要とされる専門家

| Organisation | MOE | | KenGen | | GDC | | Orpower4 | | ODCL | | Total | |
|-----------------------------|----------|----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|----------|------------|------------|
| | Avail. | Req. | Avail. | Req. | Avail. | Req. | Avail. | Req. | Avail. | Req. | Avail. | Req. |
| Geologists | 2 | 2 | 3 | 6 | 3 | 13 | 0 | 1 | | 0 | 6 | 22 |
| Geochemists | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 5 | | | | 0 | 5 | 9 |
| Geophysicists | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 9 | | | | 0 | 5 | 12 |
| Reservoir Engineers | | 1 | 9 | 8 | 1 | 5 | | | | 0 | 10 | 14 |
| Drilling Engineers | | 1 | 21 | 11 | 3 | 40 | | | | 0 | 24 | 52 |
| Power Station Engineers | | 1 | 8 | 14 | 1 | 5 | 3 | | 2 | 0 | 14 | 20 |
| Environmental Scientists | 1 | 1 | 6 | 3 | 4 | 0 | 1 | | | 0 | 11 | 4 |
| Financial Planner/Modellers | | 1 | 2 | 6 | 0 | 2 | | | | 0 | 2 | 9 |
| GIS Scientists | | | 3 | 1 | 2 | 2 | | | | 0 | 5 | 3 |
| Drillers | | | 5 | 10 | 0 | 81 | | | | 0 | 5 | 91 |
| Technicians | | | 84 | 92 | 0 | 70 | 16 | 3 | 19 | 0 | 119 | 165 |
| Total | 5 | 9 | 147 | 156 | 18 | 232 | 20 | 4 | 21 | 0 | 211 | 401 |

(資料) 調査団作成

表-13.4-2 ケニアにおける既存及び必要とされる機器リスト

| Equipment Description | Unit Cost US\$ | KenGen | | | GDC | | |
|--|-------------------|-----------|----------|--------------------|-----------|----------|--------------------|
| | | Available | Required | Total Cost US\$ | Available | Required | Total Cost US\$ |
| Geological | | | | | | | |
| Simple GPS | 2,000 | 0 | 4 | 8,000 | 2 | 10 | 20,000 |
| Digital Thermometer | 1,800 | 0 | 6 | 10,800 | 3 | 10 | 18,000 |
| Fluid Inclusion Heating-freezing stage | 35,000 | 1 | 2 | 70,000 | 0 | 1 | 35,000 |
| Binocular Microscope | 20,000 | 2 | 3 | 60,000 | 2 | 2 | 40,000 |
| Petrographic Microscope | 35,000 | 2 | 2 | 70,000 | 2 | 2 | 70,000 |
| X-Ray Diffractometer | 65,000 | 1 | 0 | - | 0 | 1 | 65,000 |
| X-Ray Flourescence | 65,000 | 0 | 1 | 65,000 | 0 | 1 | 65,000 |
| ICP-MS | 68,000 | 1 | 0 | - | 0 | 1 | 68,000 |
| Thin sectioning equipment | 54,000 | 2 | 1 | 54,000 | 0 | 1 | 54,000 |
| Geochemical | | | | | | | |
| Simple GPS | 2,000 | 1 | 5 | 10,000 | 2 | 0 | - |
| Digital Thermometer | 1,800 | 1 | 5 | 9,000 | 2 | 2 | 3,600 |
| pH meter | 2,500 | 2 | 5 | 12,500 | 2 | 2 | 5,000 |
| Conductivity Meter | 4,500 | 2 | 5 | 22,500 | 2 | 0 | - |
| Water Sampling Kit | 2,000 | 1 | 1 | 2,000 | 0 | 5 | 10,000 |
| Gas Sampling Kit | 670 | 70 | 100 | 67,000 | 100 | 0 | - |

| | | | | | | | |
|--|-----------|---|----|-----------|----|----|-----------|
| AAS | 65,000 | 1 | 0 | - | 0 | 1 | 65,000 |
| Ion Chromatograph (IC) | 65,000 | 0 | 0 | - | 0 | 1 | 65,000 |
| Gas Chromatograph | 5,000 | 2 | 0 | - | 0 | 1 | 65,000 |
| Mass Spectrometer for stable Isotope | 255,000 | 0 | 0 | - | 0 | 1 | 255,000 |
| Tritium Scintillation counter & C14 analyser | | 0 | 1 | - | 0 | 1 | - |
| Geophysical | | | | | | | |
| Differential GPS | 210,000 | 0 | 3 | 630,000 | 2 | 0 | - |
| Simple GPS | 2,000 | 2 | 3 | 6,000 | 6 | 0 | - |
| TEM | 80,000 | 1 | 5 | 400,000 | 2 | 1 | 80,000 |
| MT | 38,000 | 5 | 5 | 690,000 | 10 | 0 | - |
| Gravimeter | 160,000 | 2 | 0 | - | 0 | 1 | 160,000 |
| Magnetometer | 16,000 | 2 | 0 | - | 0 | 1 | 16,000 |
| Portable seismometer | 20,000 | 4 | 31 | 620,000 | 0 | 10 | 200,000 |
| Reservoir Engineering | | | | | | | |
| Kuster gauge Tools set | 13,000 | 2 | 8 | 104,000 | 10 | 0 | 130,000 |
| Kuster TPS with SRO | 425,000 | 1 | 4 | 1,700,000 | 1 | 1 | 425,000 |
| Logging Winch | 115,000 | 2 | 8 | 920,000 | 1 | 1 | 115,000 |
| Logging Truck | 1,400,000 | 1 | 3 | | 2 | 5 | 7,000,000 |

| | | | | | | | |
|---|------------|----|----|-------------------|----|----|--------------------|
| (K10) | | | | 4,200,000 | | | |
| Discharge Silencer | 23,400 | 7 | 18 | 421,200 | 4 | 0 | - |
| Drilling | | | | | | | |
| Complete Rig | 30,000,000 | 1 | 2 | 60,000,000 | 0 | 12 | 360,000,000 |
| Water supply system(pumps, pipelines, tanks) | 1,200,000 | 2 | 1 | 1,200,000 | 0 | 1 | 1,200,000 |
| Site preparation equipment (dozer, grader, tipper trucks) | ,800,000 | 1 | 1 | 1,800,000 | 0 | 1 | 1,800,000 |
| Small rig | | 0 | | - | 0 | | - |
| General | | | | - | | | - |
| 4x4 field vehicles | 45,000 | 40 | 10 | 450,000 | 10 | 30 | 1,350,000 |
| GIS System | 85,000 | 1 | | - | 0 | 1 | 85,000 |
| Total station | 15,000 | 1 | | - | 0 | 1 | 15,000 |
| Complete weather station | 38,000 | 1 | | - | 1 | 1 | 38,000 |
| Total | | | | 73,602,000 | | | 373,387,600 |

(資料) 調査団作成

表-13.5-1 エチオピアにおける今後 10 年間における地熱発電開発計画

| No. | Project | Current Status | Capacity (MW) | Energy (GWh) | Estimated Commissioning Date |
|-----|---------------|----------------|---------------|---------------|------------------------------|
| 1 | Aluto-Langano | Appraisal | 75 | 525.6 | 2012 |
| 2 | Tendaho | Prefeasibility | 100 | 700.8 | 2018 |
| 3 | Corbetti | Prefeasibility | 75 | 525.6 | 2018 |
| 4 | Abaya | Prefeasibility | 100 | 700.8 | 2010 |
| 5 | Tulu-Moya | Prefeasibility | 40 | 280.32 | 2018 |
| 6 | Dofan | Prefeasibility | 60 | 420.48 | 2018 |
| | Total | | 450 | 3153.6 | 2018 |

(資料) 調査団作成

表-13.5-2 エチオピアにおける既存及び必要とする専門技術者

| Category | MME | | GSE | | EEPCO | | Total | |
|-----------------------------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | Avail. | Req. | Avail. | Req. | Avail. | Req. | Avail. | Req. |
| Geologists | 0 | 2 | 2 | 8 | | | 2 | 10 |
| Geochemists | | 1 | 4 | 6 | | | 4 | 7 |
| Geophysicists | | 1 | 4 | 6 | | | 4 | 7 |
| Reservoir Engineers | | 1 | 3 | 4 | | 2 | 3 | 7 |
| Drilling Engineers | | 1 | 2 | 18 | | | 2 | 19 |
| Power Engineers | | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| Environmental Scientists | | 1 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 5 |
| Financial Planner/Modellers | | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| GIS Scientists | | | 2 | 6 | 0 | 1 | 2 | 7 |
| Drillers | | | 24 | 100 | | | 24 | 100 |
| Technicians | | 9 | 12 | 90 | 14 | 16 | 26 | 115 |
| Total | 0 | 18 | 53 | 242 | 19 | 25 | 72 | 285 |

(資料) 調査団作成

表-13.5-3 エチオピア国内における既存及び必要な機器の内訳

| Equipment Description | Available | Required | Unit cost in US\$ | Total costs US\$ |
|--|-----------|----------|-------------------|------------------|
| Geological | | | | |
| Simple GPS | 3 | 3 | 2,000 | 6,000 |
| Digital Thermometer | 0 | 0 | 1,800 | - |
| Fluid Inclusion Heating-freezing stage | 0 | 1 | 35,000 | 35,000 |
| Binocular Microscope | 2 | 2 | 20,000 | 40,000 |
| Petrographic Microscope | 3 | 3 | 35,000 | 105,000 |
| X-Ray Diffractometer | 1 | 1 | 65,000 | 65,000 |
| X-Ray Fluorescence | 1 | 1 | 65,000 | 65,000 |
| ICP-MS | 0 | 1 | 68,000 | 68,000 |
| Thin sectioning equipment | 1 | 1 | 54,000 | 54,000 |
| Geochemical | | | | |
| Simple GPS | 1 | 0 | 2,000 | - |
| Digital Thermometer | 1 | 0 | 1,800 | - |
| pH meter | 1 | 0 | 2,500 | - |
| Conductivity Meter | 1 | 0 | 4,500 | - |
| Water Sampling Kit | 1 | 0 | 2,000 | - |
| Gas Sampling Kit | 70 | 20 | 670 | 13,400 |
| AAS | 1 | 0 | 65,000 | - |

| | | | | |
|--|---|----|------------|-------------|
| Ion Chromatograph (IC) | 1 | 0 | 65,000 | - |
| Gas Chromatograph | 1 | 1 | 65,000 | 65,000 |
| Mass Spectrometer for stable Isotope | 0 | 1 | 255,000 | 255,000 |
| Tritium Scintillation counter & C14 analyser | 0 | 1 | | |
| UV-SP | 0 | 1 | | |
| Geophysical | | | | |
| Differential GPS | 0 | 1 | 210,000 | 210,000 |
| Simple GPS | 0 | 4 | 2,000 | 8,000 |
| TEM | 0 | 4 | 80,000 | 320,000 |
| MT | 0 | 2 | 138,000 | 276,000 |
| Gravimeter | 1 | 2 | 160,000 | 320,000 |
| Magnetometer | 1 | 2 | 16,000 | 32,000 |
| Portable seismometer | 0 | 10 | 20,000 | 200,000 |
| Reservoir Engineering | | | | |
| Kuster gauge Tools set | 0 | 5 | 13,000 | 65,000 |
| Kuster TPS with SRO | 0 | 1 | 425,000 | 425,000 |
| Logging Winch | 0 | 1 | 115,000 | 115,000 |
| Logging Truck (K10) | 0 | 1 | 1,400,000 | 1,400,000 |
| Discharge Silencer | 0 | 10 | 23,400 | 234,000 |
| Drilling | | | | |
| Complete Rig | 2 | 4 | 30,000,000 | 120,000,000 |

| | | | | |
|---|----|----|-----------|--------------------|
| Water supply system(pumps, pipelines, tanks) | 1 | 4 | 1,200,000 | 4,800,000 |
| Site preparation equipment (dozer, grader, tipper trucks) | 0 | 1 | 1,800,000 | 1,800,000 |
| Small water Rig | 1 | 0 | | |
| General | | | | |
| 4x4 field vehicles | 40 | 10 | 45,000 | 450,000 |
| GIS System | | 1 | 85,000 | 85,000 |
| Total station | | 2 | 15,000 | 30,000 |
| Completer weather station | 0 | 6 | 38,000 | 228,000 |
| Total | | | | 131,331,400 |

(資料) 調査団作成

表-13.6-1 ジブチにおける既存及び将来的に必要な専門技術者

| Category | MENR | | CERD | | EdD | | Total | |
|-----------------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | Avail. | Req. | Avail. | Req. | Avail. | Req. | Avail. | Req. |
| Geologists | | 2 | 2 | 3 | 1 | | 3 | 5 |
| Geochemists | | 1 | 2 | 1 | | 1 | 2 | 3 |
| Geophysicists | | 1 | 2 | 1 | | | 2 | 2 |
| Reservoir Engineers | | 1 | 1 | 2 | | 2 | 1 | 5 |
| Drilling Engineers | | 1 | 0 | 2 | | | 0 | 3 |
| Power Engineers | | 1 | | | | 2 | 0 | 3 |
| Environmental Scientists | | 1 | 10 | 1 | | | 10 | 2 |
| Financial Planner/Modellers | | 1 | 0 | 1 | | | 0 | 2 |
| GIS Scientists | | | 3 | 0 | | | 3 | 0 |
| Drillers | | | 0 | 2 | | | 0 | 2 |
| Technicians | | | 1 | 10 | | 20 | 1 | 30 |
| Total | 0 | 9 | 21 | 23 | 1 | 25 | 22 | 57 |

(資料) 調査団作成

表-13.6-2 CERD の既存及び必要とする機器装置

| Equipment Description | Available | Required | Unit cost in US\$ | Total Cost in US\$ |
|--|-----------|----------|-------------------|--------------------|
| Geological | | | | |
| Simple GPS | 4 | 0 | 2,000 | - |
| Digital Thermometer | 1 | 0 | 1,800 | - |
| Fluid Inclusion Heating-freezing stage | 0 | 1 | 35,000 | 35,000 |
| Binocular Microscope | 2 | 2 | 20,000 | 40,000 |
| Petrographic Microscope | 2 | 3 | 35,000 | 105,000 |
| X-Ray Diffractometer | 0 | 1 | 65,000 | 65,000 |
| X-Ray Fluorescence | 0 | 1 | 65,000 | 65,000 |
| ICP-MS | 0 | 1 | 68,000 | 68,000 |
| Thin sectioning equipment | 0 | 1 | 54,000 | 54,000 |
| Geochemical | | | | |
| Simple GPS | 1 | 0 | 2,000 | - |
| Digital Thermometer | 1 | 0 | 1,800 | - |
| pH meter | 2 | 0 | 2,500 | - |
| Conductivity Meter | 1 | 0 | 4,500 | - |
| Water Sampling Kit | 1 | 0 | 2,000 | - |
| Gas Sampling Kit | 0 | 20 | 670 | 13,400 |
| AAS | 1 | 0 | 65,000 | - |

| | | | | |
|--|---|------|------------|-----------|
| Ion Chromatograph (IC) | 1 | 1 | 65,000 | 65,000 |
| Gas Chromatograph | 0 | 1 | 65,000 | 65,000 |
| Mass Spectrometer for stable Isotope | 0 | 1 | 255,000 | 255,000 |
| Tritium Scintillation counter & C14 analyser | 0 | 1 | | - |
| Geophysical | | | | |
| Differential GPS | 0 | 1 | 210,000 | 210,000 |
| Simple GPS | 1 | 0 | 2,000 | - |
| TEM | 1 | 1 | 80,000 | 80,000 |
| MT | 1 | 2 | 138,000 | 276,000 |
| Gravimeter | 1 | 1 | 160,000 | 160,000 |
| Magnetometer | 0 | 1 | 16,000 | 16,000 |
| Portable seismometer | 0 | 10 | 20,000 | 200,000 |
| Reservoir Engineering | | | | |
| Kuster gauge Tools set | 0 | 5 | 13,000 | 65,000 |
| Kuster TPS with SRO | 0 | 2 | 425,000 | 850,000 |
| Logging Winch | 0 | 1 | 115,000 | 115,000 |
| Logging Truck (K10) | 0 | 1 | 1,400,000 | 1,400,000 |
| Discharge Silencer | 0 | 2 | 23,400 | 46,800 |
| Drilling | | | | |
| Complete Rig | 0 | Hire | 30,000,000 | |

| | | | | |
|---|---|---|-----------|------------------|
| Water supply system(pumps, pipelines, tanks) | 0 | 1 | 1,200,000 | 1,200,000 |
| Site preparation equipment (dozer, grader, tipper trucks) | 0 | 1 | 1,800,000 | 1,800,000 |
| Small water rig | 0 | | | |
| General | | | | - |
| 4x4 field vehicles | 1 | 5 | 45,000 | 225,000 |
| GIS System | 1 | 0 | 85,000 | - |
| Total Station for land survey | 0 | 1 | 15,000 | 15,000 |
| completer weather station | 0 | 1 | 38,000 | 38,000 |
| Total | | | | 7,527,200 |

(資料) 調査団作成

表-13.7-1 タンザニアにおける既存及び必要とされる専門技術を有する人材

| Category | MEM | | GST | | TANESCO | | TOTAL | |
|--------------------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | Avail. | Req. | Avail. | Req. | Avail. | Req. | Avail. | Req. |
| Geologists | 2 | 1 | 4 | 5 | 2 | | 8 | 6 |
| Geochemists | 1 | | 1 | 5 | | 1 | 2 | 6 |
| Geophysicists | 1 | | 6 | 2 | | | 7 | 2 |
| Reservoir Engineers | | 1 | 1 | 3 | | 2 | 1 | 6 |
| Drilling Engineers | | 1 | 0 | 4 | | | 0 | 5 |
| Power Engineers | | 1 | | | | 5 | 0 | 6 |
| Environmental Scientists | | 1 | 3 | 4 | | 1 | 3 | 6 |
| Financial Planner/Modellers | | 1 | | 1 | | 1 | 0 | 3 |
| GIS Scientists | | | 1 | 2 | | 1 | 1 | 3 |
| Drillers | | | | 4 | | | 0 | 4 |
| Technicians | | | 13 | 16 | | 20 | 13 | 36 |
| Total | 4 | 6 | 29 | 46 | 2 | 31 | 35 | 83 |

(資料) 調査団作成

表-13.7-2 タンザニアにおける既存及び必要とされる機器装置

| Equipment Description | Available | Required | Unit cost in US\$ | Total Cost in US\$ |
|--|-----------|----------|-------------------|--------------------|
| Geological | | | | |
| Simple GPS | 5 | 5 | 2,000 | 10,000 |
| Digital Thermometer | 0 | 2 | 1,800 | 3,600 |
| Fluid Inclusion Heating-freezing stage | 0 | 1 | 35,000 | 35,000 |
| Binocular Microscope | 1 | 2 | 20,000 | 40,000 |
| Petrographic Microscope | 2 | 2 | 35,000 | 70,000 |
| X-Ray Diffractometer | 1 | 1 | 65,000 | 65,000 |
| X-Ray Fluorescence | 0 | 1 | 65,000 | 65,000 |
| ICP-MS | 1 | 1 | 68,000 | 68,000 |
| Thin sectioning equipment | 2 | 2 | 54,000 | 108,000 |
| Geochemical | | | | |
| Simple GPS | 1 | 2 | 2,000 | 4,000 |
| Digital Thermometer | 0 | 3 | 1,800 | 5,400 |
| pH meter | 1 | 3 | 2,500 | 7,500 |
| Conductivity Meter | 1 | 3 | 4,500 | 13,500 |
| Water Sampling Kit | 0 | 3 | 2,000 | 6,000 |
| Gas Sampling Kit | 0 | 3 | 670 | 2,010 |
| AAS | 2 | 1 | | |

| | | | | |
|--|---|------|------------|-----------|
| | | | 65,000 | 65,000 |
| Ion Chromatrograph (IC) | 0 | 1 | 65,000 | 65,000 |
| Gas Chromatograph | 0 | 1 | 65,000 | 65,000 |
| Mass Spectrometer for stable Isotope | 0 | 1 | 255,000 | 255,000 |
| Tritium Scintillation counter & C14 analyser | 0 | 1 | | |
| Geophysical | | | | |
| Differential GPS | 0 | 1 | 210,000 | 210,000 |
| Simple GPS | 1 | 3 | 2,000 | 6,000 |
| TEM | 1 | 1 | 80,000 | 80,000 |
| MT | 0 | 2 | 138,000 | 276,000 |
| Gravimeter | 0 | 1 | 160,000 | 160,000 |
| Magnetometer | 1 | 2 | 16,000 | 32,000 |
| Portable seismometer | 0 | 10 | 20,000 | 200,000 |
| Reservoir Engineering | | | | |
| Kuster gauge Tools set | 0 | 3 | 13,000 | 39,000 |
| Kuster TPS with SRO | 0 | 2 | 425,000 | 850,000 |
| Logging Winch | 0 | 1 | 115,000 | 115,000 |
| Logging Truck (K10) | 0 | 1 | 1,400,000 | 1,400,000 |
| Discharge Silencer | 0 | 2 | 23,400 | 46,800 |
| Drilling | | | | |
| Complete Rig | 0 | Hire | 30,000,000 | |

| | | | | |
|---|---|------|-----------|------------------|
| Water supply system(pumps, pipelines, tanks) | 0 | 1 | 1,200,000 | 1,200,000 |
| Site preparation equipment (dozer, grader, tipper trucks) | 0 | 1 | 1,800,000 | 1,800,000 |
| Small water rig | 0 | Hire | | |
| General | | | | |
| 4x4 field vehicles | 2 | 3 | 45,000 | 135,000 |
| GIS System | 0 | 1 | 85,000 | 85,000 |
| Total station | 0 | 1 | 15,000 | 15,000 |
| Complete weather station | 0 | 1 | 38,000 | 38,000 |
| Total | | | | 7,640,810 |

(資料) 調査団作成

表-13.8-1 ウガンダにおける既存及び必要とする専門技術を有する人材

| Category | MEMD | | DGSM | | P ST | | TOTAL | |
|--------------------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | Avail. | Req. | Avail. | Req. | Avail. | Req. | Avail. | Req. |
| Geologists | | 2 | 9 | 6 | 0 | 0 | 9 | 8 |
| Geochemists | | 1 | 8 | 3 | 0 | 1 | 8 | 5 |
| Geophysicists | | 1 | 5 | 4 | | | 5 | 5 |
| Reservoir Engineers | | 1 | 1 | 3 | 0 | 2 | 1 | 6 |
| Drilling Engineers | | 1 | 0 | 4 | | | 0 | 5 |
| Power Engineers | | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 6 |
| Environmental Scientists | | 1 | 1 | 4 | 0 | 1 | 1 | 6 |
| Financial Planner/Modellers | | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| GIS Scientists | | | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| Drillers | | | 0 | 4 | | | 0 | 4 |
| Technicians | | | 4 | 6 | | 20 | 4 | 26 |
| Total | 0 | 9 | 28 | 37 | 0 | 31 | 28 | 77 |

(資料) 調査団作成

表-13.8-2 ウガンダにおける既存及び必要とされる機器

| Equipment Description | Available | Required | Unit cost in US\$ | Total Cost in US\$ |
|--|-----------|----------|-------------------|--------------------|
| Geological | | | | |
| Simple GPS | 0 | 10 | 2,000 | 20,000 |
| Digital Thermometer | 0 | 5 | 1,800 | 9,000 |
| Fluid Inclusion Heating-freezing stage | 1 | 1 | 35,000 | 35,000 |
| Binocular Microscope | 2 | 2 | 20,000 | 40,000 |
| Petrographic Microscope | 2 | 2 | 35,000 | 70,000 |
| X-Ray Diffractometer | 1 | 1 | 65,000 | 65,000 |
| X-Ray Fluorescence | 0 | 1 | 65,000 | 65,000 |
| ICP-MS | 1 | 1 | 68,000 | 68,000 |
| Thin sectioning equipment | 2 | 1 | 54,000 | 54,000 |
| Geochemical | | | | |
| Simple GPS | 1 | 4 | 2,000 | 8,000 |
| Digital Thermometer | 1 | 4 | 1,800 | 7,200 |
| pH meter | 2 | 4 | 2,500 | 10,000 |
| Conductivity Meter | 2 | 4 | 4,500 | 18,000 |
| Water Sampling Kit | 1 | 1 | 2,000 | 2,000 |
| Gas Sampling Kit | 0 | 20 | 670 | 13,400 |
| AAS | 1 | 1 | | |

| | | | | |
|--|---|------|------------|-----------|
| | | | 65,000 | 65,000 |
| Ion Chromatograph (IC) | 1 | 0 | 65,000 | - |
| Gas Chromatograph | 0 | 1 | 65,000 | 65,000 |
| Mass Spectrometer for stable Isotope | 0 | 1 | 255,000 | 255,000 |
| Tritium Scintillation counter & C14 analyser | 0 | 1 | | |
| Geophysical | | | | |
| Differential GPS | 0 | 1 | 210,000 | 210,000 |
| Simple GPS | 0 | 2 | 2,000 | 4,000 |
| TEM | 1 | 1 | 80,000 | 80,000 |
| MT | 0 | 2 | 138,000 | 276,000 |
| Gravimeter | 1 | 0 | 160,000 | - |
| Magnetometer | 2 | 0 | 16,000 | - |
| Portable seismometer | 0 | 10 | 20,000 | 200,000 |
| Reservoir Engineering | | | | |
| Kuster gauge Tools set | 0 | 10 | 13,000 | 130,000 |
| Kuster TPS with SRO | 0 | 2 | 425,000 | 850,000 |
| Logging Winch | 0 | 1 | 115,000 | 115,000 |
| Logging Truck (K10) | 0 | 1 | 1,400,000 | 1,400,000 |
| Discharge Silencer | 0 | 2 | 23,400 | 46,800 |
| Drilling | | | | |
| Complete Rig | 1 | Hire | 30,000,000 | |

| | | | | |
|---|---|------|-----------|------------------|
| Water supply system(pumps, pipelines, tanks) | 2 | 1 | 1,200,000 | 1,200,000 |
| Site preparation equipment (dozer, grader, tipper trucks) | 1 | 1 | 1,800,000 | 1,800,000 |
| Small water rig | 0 | Hire | | |
| General | | | | |
| 4x4 field vehicles | 0 | 7 | 45,000 | 315,000 |
| GIS System | 0 | 1 | 85,000 | 85,000 |
| Total station | 0 | 1 | 15,000 | 15,000 |
| Complete weather station | 0 | 1 | 38,000 | 38,000 |
| Total | | | | 7,634,400 |

(資料) 調査団作成

第 14 章 各国政府に期待される行動

第 14.1 節 はじめに

本章では本報告書でこれまで述べてきた各国のおかれている状況を再整理し、これを基に今後、ロードマップに沿って地熱開発を進めるためには各国政府は何を行うべきかを提言する。

第 14.2 節 ケニア

14.2.1 政府の地熱への認識

国内に化石燃料資源を有さないケニアにおいては、地熱はコスト最少のエネルギー資源となっている。また、水力発電が渇水リスクを抱えているため、地熱開発に大きな期待を寄せている。この期待は、ケニアの最少費用電源開発計画（Least Cost Power Development Plan 2009-2029）に端的に現れている。すなわち、同計画によると、地熱発電は、2025 年までに 1,578MW、2029 年までに 2,746MW という非常に大きい開発が期待されている。

14.2.2 地熱開発体制

ケニア政府は国主導の開発体制を整えている。2008 年以前は、地熱開発の主体はケニア発電会社（KenGen）が担っていた。そして、KenGen の行う初期調査（調査井 6 本の掘削を含む）は国からの委託により実施され、その後の開発を KenGen が自身の責任で行う体制になっていた。2008 年、この体制はさらに明確にされ、ケニア政府は 100% 国有の地熱開発会社（Geothermal Development Company: GDC）を設立し、開発リスクを国が負担すると共に蒸気開発を同社に行わせることで、国の責任の下で積極的に推進することとした。この GDC は、蒸気を民間 IPP ないし電力会社（KenGen）に販売することを目標に、国内の蒸気開発を手がける会社である。なお、国内の 2 つの地熱有望地区に対し、民間企業に地熱開発権を供与した（Longonot 地区：AGIL 社、Susuwa 地区：WalAM 社）が、PPA の締結などに時間を要し、実際の開発は進んでいない。このため、ケニア政府の開発政策のプライオリティは、GDC を支援し、開発計画に沿った地熱発電所の建設におかれている。

表-14.2-1 ケニアの 2029 年までの電源開発計画概要 (単位：MW)

| Energy | Geo | Hydro | MSD | GT | Coal | Wind | Others | Import | Total |
|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|
| 09-29 | 2,746 | 224 | 541 | 450 | 1,800 | 155 | 25 | 1,530 | 7,470 |
| 開発量 | (36.8%) | (3.0%) | (7.2%) | (6.0%) | (24.1%) | (2.1%) | (0.3%) | (20.5%) | (100%) |

(資料) KPLC (2008)

14.2.3 地熱開発計画

上記の電源開発計画以上に GDC はさらに積極的な蒸気開発計画を有している。すなわち、今後 10 年間に 2,300MW、20 年間に 4,000-5,000MW の地熱開発を目標としている。具体的な開発

計画は、表 14.2-2 の通りである。この開発のため、表-12.2-3 のように 12 基のリグが必要と考え、各国に援助を要請している。このうち、8 基は概ね調達の見込みが立っている（2 基ケニア政府自力調達、2 基は AFD、1 基はフランス政府、3 基は中国 EXIM）。

また、この開発に必要な資金等は今後 10 年間で表-14.2-4 のように約 2,567 百万ドルと見込んでいる。

さらに、GDC とは別に KenGen も Olkaria-IV、Olkaria-I の発電所建設や Eburru の開発を予定している。

表-14.2-2 GDC による 2010 年～2018 年までの調査井・生産井掘削計画（単位：本）

| Field | MW | Wells | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|--------------|-----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Olkaria-IV | 140 | 18 | 6 | 10 | 2 | | | | | | |
| Olkaria-I | 140 | 23 | | 5 | 8 | 10 | | | | | |
| Menengai-I | 140 | 41 | | 8 | 15 | 15 | 3 | | | | |
| Menengai-II | 140 | 40 | | | | | 12 | 15 | 13 | | |
| Menengai-III | 140 | 40 | | | | | | | 2 | 15 | 15 |
| Menengai-IV | 140 | 40 | | | | | | | | | |
| Menengai-V | 140 | 40 | | | | | | | | | |
| Menengai-VI | 140 | 40 | | | | | | | | | |
| Silali-I | 140 | 40 | | | 14 | 15 | 12 | | | | |
| Silali-II | 140 | 40 | | | | | 3 | 15 | 15 | 7 | |
| Silali-III | 140 | 40 | | | | | | | | 8 | 15 |
| Paka-I | 140 | 41 | | | 8 | 15 | 15 | 3 | | | |
| Paka-II | 140 | 40 | | | | | | 12 | 15 | 13 | |
| Paka-III | 140 | 40 | | | | | | | | 2 | 15 |

(資料) GDC (2010)

表-14.2-3 リグ必要量見通し

| Rig Name | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | Remarks |
|----------------|------|------|------|------|-------------------|
| HIRED-1,2,3 | 3 | | | | |
| GDC-1,2,3,4,5 | | 5 | | | GOK & China EXIM |
| GDC-6,7,8 | | | 3 | | AFD & French Gov. |
| GDC-9,10,11,12 | | | | 4 | GDC self finance |
| Total (cum.) | 3 | 8 | 11 | 15 | |

(資料) GDC (2010)

表-14.2-4 GDC の今後 10 年間の必要資金見通し

| | |
|------------------------|--------------------------------------|
| Rig required | 12 rigs |
| Number of wells | 566 wells drilling |
| Required skilled staff | 912 |
| Steam capacity | 2,336 MW |
| Necessary finance | 205 billion KSH (2,567 million US\$) |

(資料) GDC (2010)

14.2.4 地熱開発の障害

ケニアのかかえる地熱開発の最大の障害は、上記の積極的な開発計画を実施するための資金の調達である。多くの資金は GDC の収益の中から調達しようとしているため、これを可能とするためには GDC の事業を速やかに軌道に乗せる必要がある。このためには援助機関からの相当の初期費用支援が必要と考えられる。

第 2 の障害は、この積極的な活動のために必要となる技術者の確保、養成であり、特に掘削要員の確保が急がれている。

表-14.2-5 GDC の活動資金の調達計画 (百万ドル)

| Description | GOK | GDC (net revenue) | Development Partners | Total |
|---------------------|--------------|----------------------|-------------------------|-----------------|
| Rig & Equipment | 130 | 177 | 205 | 512 |
| Drilling Works | 264 | 1,184 | 394 | 1,842 |
| Scientific Services | 25 | 58 | | 83 |
| Staff & Admi. Costs | 28 | 102 | | 130 |
| Total | 448 (17%) | 1,520 (59%) | 599 (23%) | 2,567 (100%) |

(資料) GDC (2010)

14.2.5 援助機関の動向

ケニアの積極的な地熱開発活動に対し、各国も積極的に支援の手をさしのべている。地熱分野に対する各援助機関の支援動向は表-14.2-6 の通りである。

表-14.2-6 ケニアの地熱開発に対する各国の支援状況

| <i>Dev.Partner</i> | <i>Description</i> |
|--------------------|---|
| UNU | UNU-GTP Training |
| UNEP | Joint geophysical imaging for geothermal exploration (completed) |
| IAEA | Isotope hydrology for exploration and management of geothermal resources in the Rift Valley System |

| | |
|-------------|--|
| AFD | <ul style="list-style-type: none"> - □ 6 million for training and capacity building - Purchase of 2 rigs (□ 50 million) - Olkaria I & IV GPP (□ 150 million) |
| French Gov. | 1 drilling rig |
| BGR | <p>Geothermal II</p> <ul style="list-style-type: none"> - Thermal mapping for northern Kenya (application prepared) |
| KfW | <p>Olkaria I & IV GPP</p> <ul style="list-style-type: none"> - □ 150 million for plant construction - □ 11 million for production drilling - □ 11 million drilling service Olkaria IV |
| EIB | Olkaria I & IV GPP - □ 200 million |
| World Bank | Olkaria I & IV GPP - \$ 200 million |
| JICA | Olkaria I & IV GPP - \$ 200 million |
| China EXIM | <ul style="list-style-type: none"> - \$ 97 million for 130 wells materials - \$ 90 million for purchase of 3 rigs - \$ 95 million for drilling 26 wells in Olkaria I & IV |

(資料) Peter (2010)

14.2.6 ロードマップの達成に向けて期待される行動（提言）

政策面に関しては、ケニアは既に国主導の地熱開発体制を整えている。第 12 章で述べたとおり、これは地熱を推進する上で非常に望ましい体制であるといえ、アフリカ・リフトバレー諸国のモデルともなりうる体制である。これにより、地熱推進を図ることとしているが、ケニアの行うべきことはまず第 1 に、この体制に従っての強力な地熱開発の推進である。なお、仮に民間 IPP からの開発要請が出された場合に GDC と IPP をどのように仕分けるかや GDC の開発蒸気をどのような手順で販売先の民間 IPP を選定するかなど、GDC の設立の伴う体制の再検討なども行う必要が生じている。

資源開発面に関しては、GDC が野心的な開発計画を有している。ケニア政府としては GDC がこれに沿って事業が行えるように最大限の支援を行う必要がある。

ケニアの地熱開発上の最大の課題は、この積極的な地熱開発を支える資金の調達である。政府資金に加え、援助機関からの強力な支援が必要である。ケニア政府はこの資金調達にあらゆる努力を行う必要がある。第 2 の課題は、積極的な地熱開発を支える技術者の育成である。このため、GDC は OJT、UNU 等の研修の積極的利用などを考えているが、あわせて、自身の研修施設の整備も検討している。これらを活用して技術者の養成を急ぐ必要があり、具体的計画の策定が必要である。

第 14.3 節 エチオピア

14.3.1 政府の地熱への認識

エチオピア政府は、国内に水力資源が豊富に存在するなか、渇水リスクに対応するため、電源

多様化の必要性を十分認識している。その有力候補として地熱開発に大きな期待をかけている。この期待は首相以下、政府内で共有されているとのことである。なお、政府としての開発プライオリティは、実際に発電能力になるものを急ぎたいとし、具体的には、Aluto Langano の発電所建設を最優先としている。

14.3.2 地熱開発体制

エチオピア国内の地熱開発は現在、エチオピア地質調査所（GSE）により行われている。GSE は国内の地熱資源調査を積極的に実施する意図を保有している。このため、独自に地熱開発 5 年計画も作成している。エチオピア電力会社（EEPCO）は現在、Aluto Langano のパイロットプラントの運転を行っている。また、Aluto Langano の拡張計画には主体的に参加したい旨を表明している。政府も地熱開発を EEPCO を中心に今後の国内の地熱開発を実施していきたい意向を有している。ただし、民間 IPP が参加できる条件整備も進めており、具体的には Feed in Tariff の法案も整備している。

14.3.3 地熱開発計画

エチオピアは今後の電力需要は年間 17%~14% の高い伸び率を示すと見ている。これは、近年の高い電力需要の実績に加え、地方電化が進むことで電力へのアクセス率が高まると見ているためである。この旺盛な電力需要に対応するため、水力開発を中心とする電源開発を予定している。しかし、水力発電に多くを依存した場合の渇水時の発電能力の低下の危険性についても十分認識しており、地熱発電を電源構成に組み込む意志を有している。電力開発計画の紹介資料によると 2012 年に既存発電所（Aluto Langano）拡張を予定した後、2018 年に 5 カ所、合計 375MW の地熱発電を見込んでいる（EEPCO (2009)）。

このような政府の意向を受けて地質調査所は、第 1 に Aluto Langano 地区における発電用蒸気開発、第 2 に Tendaho 地区における発電用蒸気開発、次いで上記 2 地域以外の有望 6 地域における地上調査、とい優先順位により地熱開発を進めたいと考えている（GSE 5 年計画（2009/10-2014/15））。

14.3.4 地熱開発の障害

同国の地熱開発への障害の第 1 は、上記計画実施に対し、十分な資金提供が行われていないことである。また、前章でも述べたとおり、GSE、EEPCO の技術者不足や施設面での不備などである。さらには、組織面では、地質調査所といういわば研究機関が地熱開発を担当しているが、今後本格的に地熱開発を推進していくためには、大型プロジェクトを遂行しうる組織が担当するべきと考えるが、その機関が存在しないことである。現在の Aluto Langano のパイロットプラントの運転に関しても、調査団の目には蒸気部門の維持管理責任が GSE にあるのか EEPCO にあるのか不明確になっているように見受けられた。

14.3.5 援助機関の動向

このような中、各援助国もエチオピアの地熱開発への支援に力を入れ始めている。まず、Aluto Langano 地区の開発に対しては、2010 年、日本が約 10 億円のノンプロジェクトタイプの無償資

金を提供し、また、世銀が約 10 億円の無利子資金を提供し、さらにエチオピア政府も約 10 億円相当の現物出資を行い、この資金をもって地熱資源評価作業を行うことになった。この中では、4 本の調査井掘削が予定されている。また、Tendaho 地区においては、独の BGR が地上調査を支援している。今後、2010 年～2011 年にかけて、約 30 万ユーロの資金により、MT 調査等が行われ、この中で、技術移転も行われる予定である。さらに、その後の調査井掘削は KfW の Risk Mitigation Fund を活用して行われる見通しである。また、同地域の既存調査井を利用した 5MW 口元発電設備に関しては、アフリカ統一機構（AUC）が計画を発表し、支援者を探しているところである。なお、その他の地域に対しての支援は今のところ、表明されていない。

表-14.3-1 エチオピアの地熱開発に対する各国の支援状況

| <i>Dev.Partner</i> | <i>Description</i> |
|-----------------------|--|
| World Bank | Alto Langano 地区 Reservoir Evaluation stage (10m\$) |
| Japan | Aluto Langano 地区 Reservoir Evaluation stage (10m\$) |
| BGR | Tendaho 地区 Surface survey stage は、BGR（独）により支援。2010 年-2011 年 MT 調査技術等の移転 |
| UNU | UNU-GTP Training |
| アフリカ統一機構（AUC） （提案） | Tendaho 地区 既存調査井を利用した 5MW 口元発電設備（予定） |

（資料） 調査団作成

14.3.6 ロードマップの達成に向けて期待される行動（提言）

エチオピア政府が今後地熱開発を進めていく上においては、以下の行動が必要と思われる。まず、政策面において、地熱開発の推進体制を整える必要がある。現在、Aluto Langano 地域において、GSE と EEPCO を中心に資源評価のプロジェクトが進められようとしているが、この調査の進展に伴い、EEPCO 内に地熱開発の専門組織を設立することを提案したい。この組織に GSE から専門部員を転籍して人員を拡充することが望まれる。あるいは将来、地熱開発の専門会社を設立して、地熱資源の開発や地熱発電所の運営を当たらせることも考えられる。いずれにせよ、地熱開発は多額の金額を動かす事業である。研究目的の組織ではなく、資金、人員を効率的に動員でき、経験が内部に蓄積するような組織が必要である。政策面においては、さらにその上に、地熱法をはじめとする法整備が望まれる。

資源開発面においては、Aluto Langano や Tendaho など有望地域の地熱調査の積極的な推進が望まれる。これら両地域では、資源量把握のため、調査井の掘削が望まれる。また、引き続き、発電所の建設が期待される。この 2 地域に続いて、有望と考えられる Abaya、Corbetti 地域の資

源量評価調査の実施が望まれる。さらに、その他の有望地域を抽出するため、全国資源量調査を行い、有望地域を絞り込む必要がある。このように、各地域の資源量を調査し、早期に EEPCO の電源開発計画に具体的な計画として計上することが望まれる。また、この前提として、今回、我々の調査で提案したような地熱開発ロードマップをエチオピア政府自身の手で具体的に描き、それに沿って、資源開発を進めていくことも提案したい。

技術面では、地熱開発に携わる技術者の育成が不可欠である。我々の推計では、今後、200 名以上の技術者を確保しなければならない。国連大学での研修や OJT などを通じ、早急に育成する必要がある。また、機材の整備も必要である。特に掘削リグの調達が必要になる。エチオピアは現在、2 台のリグを保有しているが、今後地熱開発の進展に伴い、さらに 4 台のリグが必要となろう。資源調査の進展にあわせてこの調達も急がれる。

第 14.4 節 ジブチ

14.4.1 政府の地熱への認識

ジブチは全てのエネルギーを輸入に頼る中、唯一の国内資源である地熱開発に大きな期待を有している。燃料輸入費用は年間 200 百万ドル以上にもなると推計される。従って、ジブチ政府はこの費用をかけても地熱開発を行い、国産エネルギーによる電力の供給を図りたいとしている。これにより海水淡水化なども可能になり、当国の最大の課題である水と電力の安定供給に目処がつくと考えている。なお、エチオピア-ジブチ間の国際送電線の完成が近づいているが、電力価格については未合意である。ジブチ政府はエネルギー安全保障のため、国内地熱資源開発が最重要と考えている。

14.4.2 地熱開発体制

当国の中では Asal 地域がこれまでに UNDP 等により調査井 6 本が掘削されており、最も開発が進んでいる。この Asal 地域の開発に関しては、ジブチ政府は民間企業による開発を指向し、アイスランド企業である Reykjavik Energy Investment (REI) 社に調査許可を出した。しかし、REI 社との開発協議が進展しないため、ジブチ政府は新たな開発業者を模索する一方、民間がでなかった場合に備え政府自身による調査井掘削をめざしアラブ基金等を調達中である。その後の開発は、民間による開発、政府による開発、官民 JV による開発など未定となっている。

また、Lac Abhe 地区に関しては、インド企業 (Hydrocarbon 社) に対して、100MW の開発権を与えた。

その他の有望地域においては、国営調査機関である CERD が初期調査を実施している。各地域がその後、本格開発段階を迎えた場合、だれが開発するかなどの開発形態は現時点では未定である。

14.4.3 地熱開発計画

エネルギー天然資源省によると、同省は地熱開発を次の通り進めたいとしている。

- ① Big project としての Asal 地区における発電所建設
- ② Lac Abhe 地区における Hydrocarbon 社の地熱開発支援

③Djibouti 近郊の Chebelly 地区における小規模地熱開発

④それ以外の有望地区における地上調査、調査井掘削、小規模発電所建設の推進
 なお、第 11 章のロードマップはこのような希望も考慮して作成したものである。

14.4.4 地熱開発の障害

同国の地熱開発の障害は、①上記計画実施のための資金調達、②CERD、ジブチ電力公社 (EdD)、エネルギー・天然資源省の技術者の技術力向上、に加え、③本格的に地熱開発を推進する場合、CERD に変わる専門機関が必要となるが、現時点ではそれが不明という組織体制の不備、などの問題を抱えている。さらに、同国の地熱開発を困難なものとしている大きな要因に、④Asal 地域の高塩分濃度、硫化物スケールの発生といった技術問題が存在する。この問題は、次のようである。Asal 地域は、海に近い地域で地下には割れ目が発達しており、透水性がかなり高い地域である。このため、海水が浸透し、地熱により水分が蒸発し、塩分をはじめ硫化物などの各種成分の濃度も高くなっている。これまでの調査井掘削結果では熱水の塩分濃度は海水の 3 倍以上にも上っている。熱水中の塩分は、機器の腐食を進める。このため、対策としてステンレス等を用いる必要性が考えられるが、これらは発電所の経済性に悪影響を与えることが予想される。さらに、熱水中に硫化物が多く含まれることは硫化物スケールの発生というやっかいな問題を生じる。日本や米国でも硫化物スケール問題への技術的対応策は見つかっていない。日本の発電所で類似の硫化物スケールを発生する発電所があり、さまざまな対策を検討したが、これまで成功しなかった。このため、現在ではその貯留層を使用しないのが対応策になっている。なお、アイスランドの技術者の見解は、Asal 地域の中でも今後開発しようと検討している地域は、地下の貯留層が独立している可能性があり、塩分濃度も低いことが予想され、その場合、アイスランドの類似の発電所の経験が生かせるのではないかと、従って、調査井を掘削してみることが先決ではないかとのことである。いずれにせよ、当地点が開発できるか否かというこの問題に一定の結論を得るためには、調査井の掘削により貯留層の性状を確認し、これを踏まえた運転の可能性を検討する調査を行う必要がある。

14.4.5 援助機関の動向

Asal 地域においては、Reykjavik Energy Investment (REI)社が 07 年から 08 年まで FS を実施してきた。REI 社の活動が成功した場合、国際金融公社 (IFC) が将来、一部の出資金を提供することを表明している。しかし、これまで REI 社による調査は地上調査にとどまっており、調査井の掘削は行われていない。その後、REI 社とジブチ政府との間の開発後の電力価格の交渉がまとまらなかったため、09 年に調査許可期限が来た際に、その延長は合意されなかった。このため、現在、ジブチ政府はアラブ基金など国際金融機関からの資金調達を始めている。この資金を用いて政府が調査井を掘る意向である。日本にはこれを監督するコンサルサービスを期待したい意向を有している。

Lac Abhe 地域においては、インド系企業である Hydrocarbon 社が地熱開発権を得て調査しようとしているがまだ具体化していない。なお、同社は地熱開発の経験はまだない企業である。

その他地域に対しては現時点では特段の援助機関の支援は表明されていない。

表-14.4-1 ジブチの地熱開発に対する各国の支援状況

| <i>Dev.Partner</i> | <i>Description</i> |
|-----------------------------------|--|
| Reykjavik Energy Investment (REI) | Asal 地区 Pre-F/S (2007-2008 年。2009 年コンセッション期限到来。延長は未合意。) |
| UNU | UNU-GTP Training |

(資料) 調査団作成

14.4.6 ロードマップの達成に向けて期待される行動（提言）

ジブチの地熱開発体制の問題の1つは、監督官庁であるエネルギー天然資源省の体制が貧弱であるという点である。現在、地熱問題はエネルギー天然資源省の次官の扱いになっているが、地熱開発への新たな関心が高まるにつれ、エネルギー天然資源省内に適切な地熱専門家を含めた地熱を対処する部署を創設する必要がある。この部署に対しては、地熱政策を策定し、明確な許認可システムにより公的機関も IPP も地熱開発への参画を可能にする地熱法を整備することを推奨する。

また、地熱開発を促進・支援するためのより適切な体制を構築する必要がある。今後、政府がどのように地熱開発を進めて行くのか、一刻も早く決断すべきである。一つの案として、EdD 内に地熱開発の担当部局を新設し、CERD から必要な人材を移籍させ、そこが地熱開発の中心になる体制を構築する案が考えられる。あるいは政府に代わって地熱調査・開発を担う地熱開発会社を設立して、EdD に売電することも選択肢として考えられる。これらが成功するためには、明らかに政府が国際援助機関からの支援を得ることができるか否かに依存している。一方で、幸い Asal 地域には民間 IPP が既に開発の関心を表明しているため、民間 IPP による開発という現在の開発体制をこのまま進めるといった選択肢もありうる。問題はいずれの開発体制を採用するかが決まっていない点である。現在、民間 IPP が開発参入の前提として示している希望売電価格と政府の希望購入価格との間には大きな差が存在すると伝えられている。政府がこの民間 IPP による開発体制に執着するのであれば、基本的にはこの差は甘受せざるを得ない。その判断を行うに当たり、必要があれば、外部専門家による助言と技術的支援を求め、その過程において外部コンサルタントからプロジェクト契約 (PA) 及び電力購入契約 (PPA) に関する交渉技術や、IPP の経営に対する管理方法について学習することが必要である。また、もしこの差が甘受できないと考えるならば、上述の国主体の開発体制を検討すべきである。EdD に地熱開発推進主体を構築し、ODA などの資金コストの低い資金の調達に努め、地熱の仕上がりコストを安価にする方策を検討すべきである。また、これにより国内に地熱開発の Local Champion を育成し、これを通じて国内に地熱産業を育成する戦略を検討すべきである。

Asal 以外の地域の資源調査も重要である。この地域に対しては、まず全国調査を行い、有望地域を抽出し、その中から調査井掘削を伴う資源調査を行うことが適当である。現在、Lac Abhe 地域を除いて民間 IPP の参加希望は伝えられていないため、この資源調査は当面、CERD を中心に行うことが現実的ではあるが、前述の如く、EdD に地熱担当の部局ができた場合、ここに政府の資金や ODA 資金を注入し、国の責任にて積極的に資源調査を推進することが望まれる。

技術面では、他の諸国と同様に、地熱開発に携わる技術者の育成が不可欠である。我々の推計では、ジブチも今後、57名程度の技術者を確保しなければならない。国連大学での研修やOJTなどを通じ、早急に育成する必要がある。また、機材の整備も必要である。資源調査と並行して、この調達も急がれる。

第14.5節 タンザニア

14.5.1 政府の地熱への認識

タンザニアは国内に水力資源を有し、さらに近年は、インド洋沿岸に天然ガス資源が開発され、また、内陸部にも石炭資源が発掘されるなど、国産エネルギーを多く保有している。このため、電源の多くを依存する水力発電の渇水リスクに対応するため、電源多様化を急ぐ必要性を認識している。その有力候補として、地熱開発にも大きな期待を有している。この期待は電力システムマスタープラン（Power System Mater Plan）の中に、100MWの地熱発電所を2025年以降に計画することができる可能性があると書かれているが、資源開発が進展していないため、具体的な発電所計画として位置付けられるまでは至っていない。

14.5.2 地熱開発体制

政策面は、エネルギー鉱物省の再生可能エネルギー局が担当し、調査は同省の地質調査所（Geological Survey Tanzania; GST）が担当している。具体的な地熱調査は1970年代から行われているが、地上調査であり、調査井掘削を伴う調査は行われていない。このため、地熱発電所の建設は、誰が行うか（国による開発、民間による開発、官民連携による開発など）は現段階では、未定である。

14.5.3 地熱開発計画

タンザニア国内には50カ所以上の地表兆候（温泉湧出）を示す地域がある。このうち、政府は、(i)Rungwe(Mbeya)、(ii)Rukwa、(iii)Luhoi (Rufiji 盆地)、(iv)Natoron 湖周辺、(v)Pamgani Fall 断層地域に注目している。地質調査所では、全国の地熱資源は650MW以上と推計している。今後の開発計画に関し、エネルギー鉱物省の意向は、現在、BGRの支援を得て実施しているMbeya地域の調査井掘削を伴う調査を行う一方、その他の有望地域の地上調査・調査井掘削を伴う調査を行いたい、である。

14.5.4 地熱開発の障害

第1の障害としては政策決定者の地熱に対するAwarenessの欠如が上げられよう。多くの政策決定者は地熱に関して十分な知識を有していない。このため適切な政策フレームが確立されていない。このため、地熱開発の進め方における関係者（政府、TANESCO、大学、民間等）の役割が不明となっている。また、地熱に関する法的基礎がない（地熱法などの未制定）ため、民間企業が地熱開発に関心を示しても対応に苦慮している。第2に関係者の技術力不足が上げられる。GSTの地熱関係者は10名程度、TANESCOでは2人程度と専門とする人材が非常に少ない。これらに加え、GSTの活動費不足、設備不足などの資金不足が指摘できる。

14.5.5 援助機関の動向

UNDP は、1976 年から地熱調査の支援をしてきたが、現在は特段の支援を行っていない。AfDB は、地方電化計画(Rural Electrification Study)の一環で地方資源を利用する地方電化調査の支援を行ってきた。しかし、現在は、支援活動は停止している。BGR (独) は、2006 年～2008 年に Mbeya 地域の地熱調査の支援 (Geotherm Programme Phase I) を行っている。地化学、MT、TEM による調査、解析を中心とする地上調査活動を支援し、予算額は 34 万ユーロ (独専門家人件費含む) であった。その活動報告書が 2009 年 2 月にまとめられている。BGR は、2010 年から 1 年間の Phase II を実施する予定である。予算は 30 万ユーロで、内容は詳細地上調査を行う予定である。但し、この中には調査井掘削は含まれていない。なお、UNU (国連大学) の地熱技術者研修には、タンザニアからも参加している。

表-14.5-1 タンザニアの地熱開発に対する各国の支援状況

| <i>Dev.Partner</i> | <i>Description</i> |
|--------------------|--|
| UNDP | 1976 年から地熱資源の初期調査を支援。 |
| AfDB | 地方電化計画(Rural Electrification Study)の一環で地熱資源を利用に関する調査 |
| BGR | Mbeya 地域の地熱調査 (2006 年-2008 年)。地化学、MT、TEM による調査、解析を中心とする地上調査。2010 年から Phase II を予定。内容は詳細調査だが、調査井掘削は含まず。 |
| UNU | UNU-GTP Training |

(資料) 調査団作成

14.5.6 ロードマップの達成に向けて期待される行動 (提言)

地熱開発を促進するためには、第一に資源面での調査を急ぐことである。現在、Mbeya 地域の調査が BGR の支援で進んでいるが、国内にはこのほかにも有望地点がいくつか存在する。このため、全国地熱資源量調査を行い、国全体の有望地域の調査レベルをあわせ、これを基に有望地域の抽出を行う必要がある。その上で、抽出された有望地域に対し、順次、資源賦存量を確認するという必要がある。地熱の資源量調査には調査井掘削が不可欠であるため、これには調査井の掘削を含む調査の実施が必要である。このようにして資源量を把握した上で、今後の開発戦略を検討し、明確な地熱開発のロードマップを政府自身の手で策定する必要がある。

この資源調査にあわせて、政策面でも地熱開発の体制も整備していくことが必要である。タンザニアではまだ地熱発電所が開発されていない現状において、民間 IPP の参加を期待することは困難と予想される。このため、政府及び恐らく TANESCO または特別目的会社が、まず地熱開発についての主導的な役割を果たし、地熱資源が確定された後、民間セクターが参入しやすい環境を形成していく様にするのが望まれる。このため、地熱法の整備を含め、推進体制の整備を図る必要がある。

技術面においては、前章の表-13.7-1 に示す様により多くの専門家を雇用し養成していく必要がある。必要な専門家としては、掘削技術者や貯留技術者及び関連する支援要員が含まれる。開発の初期段階においては自前でリグを保有し掘削するには及ばない。必要に応じて掘削業者を用い

れば十分である。しかし、開発が順調に進めば、より多くの技術者が掘削工事に従事することで掘削費を削減するようにする。

第 14.6 節 ウガンダ

14.6.1 政府の地熱への認識

ウガンダ政府は、水力資源が豊富な中、渇水リスクに対応するため、電源多様化の必要性を十分認識しており、その有力候補として地熱開発にも大きな期待を有している。この期待はウガンダ開発計画（National Development Plan 2010/11-2014/15）（2010年4月策定）にも「第 6.3 章 エネルギー分野」「第 6.3.3 節 目的・戦略・政府介入」の中に「発電能力の増強の 1 つとして、100MW の地熱発電所の建設」が謳われている。

14.6.2 地熱開発体制

エネルギー・鉱物資源省の部局である地質調査局（GSU）が初期調査の担当局である。発電所の建設は、現時点では、官による開発、民間による開発、官民連携による開発など多様な形態が考えられており、未定である。官による開発の点では、ウガンダ発電会社（Uganda Electricity Generation Company Ltd; UEGCL）は関心を示し、ケニアの制度（政府支援、GDC の設立など）の調査も行っている。一方で、民間による開発を促進するため、政府は Feed in Tariff (FIT) の導入を検討している。現在は FIT 検討の最終段階にあり、今後、制定したい意向である。

14.6.3 地熱開発計画

GSU の意向は、①有望 4 地域（Katwe, Buranga, Kibiro, Panyimur）における初期調査（2.6m\$）、②地熱政策、法的枠組み、トレーニングの支援（0.4m\$）、③ 1 地域における FS（17.2m\$）の合計 20.2m\$ の計画を有し、援助機関に支援を要請している。

14.6.4 地熱開発の障害

多くのアフリカ諸国と同様に、①地熱推進体制の不備、②関係機関の資金力不足、③関係機関の技術力不足、などが上げられる。

14.6.5 援助機関の動向

(1) ICEIDA（アイスランド）は、2002 年～2009 年にかけて、Kibiro, Kikorongo (Katwe) の 2 カ所の PreFS を支援した。また、UNU（国連大学）の研修にウガンダからも参加している。さらに、BGR（独）は、Buranga で PreFS を支援した。また、2010 年から Geotherm Programme Phase II も予定している。

(2) 上記 2 機関の支援による 4 地域の有望性評価結果は次の通りとされている。

- ① Kibiro さらに調査を進める価値がある
- ② Katwa (Kikorongo) 資源量はそれほど多くない見込み。
- ③ Buranga 小規模の発電（10MW 程度）に向け開発する価値がある。
- ④ Panyimur 調査未着手

表-14.6-1 ウガンダの地熱開発に対する各国の支援状況

| <i>Dev.Partner</i> | <i>Description</i> |
|--------------------|--|
| ICEIDA | Kibiro 地区/ Kikorongo (Katwe)地区 PreFS(2002-2009 年)。 |
| BGR | Buranga 地区 PreFS。Geothermal-II 実施予定。 Reservoir Evaluation stage (10m\$) |
| KfW | リスク削減スキーム(設計中)を適用するプロジェクト検討中 |
| UNU | UNU-GTP Training |

(資料) 調査団作成

14.6.6 ロードマップの達成に向けて期待される行動 (提言)

ウガンダにおいてもタンザニアと同様の行動が期待される。地熱開発を促進するためには、第一に資源面での調査を急ぐことである。現在、Buranga 地域の調査が BGR の支援で進んでいるが、国内にはこのほかにも Kibiro 地域をはじめ有望地点がいくつか存在する。このため、JICA としては Kibiro 地域において資源賦存量を確認する調査の支援が適当である。地熱の資源量調査には調査井掘削が不可欠であるため、これには調査井の掘削を含む調査の実施が必要である。また、これに続く有望地域を抽出するため、全国地熱資源量調査を行い、その他の有望地域の抽出を行う必要もある。その上で、抽出された有望地域に対し、順次、資源賦存量を確認していう必要がある。これには調査井の掘削を含む調査の実施が必要である。このようにして資源量を把握した上で、今後の開発戦略を検討し、明確な地熱開発のロードマップを政府自身の手で策定する必要がある。

政策面では、この目標を達成するためには政府は包括的な開発戦略を制定することが必要である。ウガンダの場合、電力セクターの民営化が進んでおり、発電事業は民間 IPP を基本にしている。仮に、この体制で進めようとするならば、政府は民間の地熱開発を支援するためのより有効なインセンティブ政策や地熱法を策定することが必要である。しかし、調査団の見解としては、タンザニアと同様にウガンダも地熱発電所がないため、民間 IPP の参入を最初から期待するのは困難であろうと思慮する。このため、国の果たす役割が大きくなる。ウガンダ地質調査所の人材と機能を充実させ、ここが先導的な資源調査を行うべきである。資源調査が進捗し、地熱開発が期待できるようになった場合、例えば、ウガンダ発電会社 (UEGCL) に地熱担当部局を作らせ、そこが国からの委託事業により地熱開発を担当できるような制度構築が望まれる。

このほか、技術面では、技術者の育成も必要となる。最初の調査井の掘削は、掘削コントラクターにより行うが、この場合でも、掘削業務は、適切な掘削技術者による管理監督が必要であり、掘削技術者の育成が必要である。さらに、地質調査所の地化学研究室を増強するために、坑井試験装置を含めて新たな科学的装置が必要である。

第 15 章 JICA への期待

第 15.1 節 はじめに

既に述べてきたとおり、アフリカ・リフトバレー地域では今後増大する電力需要に対処するため、国産エネルギーである地熱発電に大きな期待が寄せられている。それぞれの国にはこのための資源量の賦存も期待され、問題はこれをどのように開発していくかという点にある。これに関し、調査団としての開発ロードマップを提示し、また、各国政府が行うべき行動についても提言してきた。本章では、各国政府の行動に対し、JICA としてどのように支援すべきかについて提言したい。

第 15.2 節 基本的な考え方

我が国の政府開発援助（ODA）は現在、量から質への転換の時代を迎えている。すなわち、我が国の ODA 予算額はここ数年減少を続け、平成 22 年度予算においても 6,570 億円と対前年 2% 減という厳しいものとなっている。近年、我が国は ODA 予算の減少が続いてきたが、この結果、1990 年代においては 10 年間にわたり世界最大のドナー国として開発援助をリードしてきた地位を失い、テロ・貧困との戦いのため援助額を増やしている米に抜かれ第 2 位となり、同様に援助額を増加させている英、仏、独等の主要国にも抜かれる勢いである。このようにわが国援助は量から質への転換の時代を迎え、より一層、援助効果の高い案件の発掘が求められている。

一方、援助手法に柔軟性が得られた面もある。2008 年に JICA と旧 JBIC（OECD 部門）が合併し新たな JICA が発足したが、これに伴い新 JICA は、技術協力、無償支援協力、有償支援協力という 3 つの支援スキームを総合的に活用できる機関となった。これにより、必要に応じて有償案件と技術協力案件を組み合わせる援助も可能になり、また、従来、案件発掘から実施まで時間のかかっていた案件などの時間短縮化も期待できる状況となった。また、円借款返済金を利用した協力準備調査などのスキームも発足し、援助ニーズにより柔軟に対応できる体制も作られている。今後、新 JICA のこのような柔軟性の利点を如何に活用するかが重要となっている。

さらに、援助国間の連携にも従来以上に配慮がなされるようになった。アフリカ・リフトバレー地域の地熱開発支援に関連しては、既に多くの機関が手を挙げている。世界銀行は 1980 年代からケニア Olkaria-I、II の地熱発電所に融資を行ってきており、Olkaria-IV (Olkaria-Domes) の支援も行っている。また、地球環境基金（GEF）、ドイツ復興金融公庫（KfW）等もリフトバレー地域の地熱開発支援のための組織（ARGeo）を発足させ支援している。さらには、2008 年、アイスランド政府もジブチの地熱支援を表明している。このように既にいくつかの援助機関はアフリカ・リフトバレー地域の地熱支援に乗り出している。今後、このような機関と協調・連携していくことが求められている。

第3章でも述べたとおり、我が国はアフリカ開発の重要性を早くから認識し、アフリカ支援に力を注いできている。この結果、アフリカは今や我が国 ODA の第1位の被援助地域となっている。調査団としては、この我が国の援助の力をアフリカ・リフトバレー地域の地熱開発に大きく注いで欲しいと考えている。

我々は、JICA がアフリカ・リフトバレー地域の地熱支援を行うに当たり、次の3点が非常に重要と考えている。第1は、「技術協力は具体的な地熱開発プロジェクトと一緒にやるべきである」という点である。これまでアフリカ地域の地熱技術者の育成に国連大学・地熱研修コース (UNU-GTP) が大きな役割を果たしてきている。しかしながら、この研修コースでせつかく6カ月かけて育成した技術者も、帰国後、本国に地熱開発プロジェクトが無い場合、他の金属鉱物や石油探査などの部局に移動させられた事例を多く聞いている。このように技術者の育成は併せて具体的な地熱開発プロジェクトと一緒に行わない限り、せつかくの移転技術は定着しない、これが今回の調査を通じて形成された調査団の見解である。幸い、JICA は技術協力、無償資金協力、有償資金協力の3スキームを利用できる機関となった。この新しい組織の利点を活用し、技術協力案件と円借款案件を一緒に行うなど、技術が定着する支援策を検討する必要がある。

第2の重要な点は、「ケニアを成功事例として育成すること」という点である。ケニアは国主導により望ましい地熱開発体制を整え、これによりアフリカ地熱開発のトップランナーとなっている。地熱開発において重要なことの1つに、多くの関係者が、地熱の意義、開発に当たっての障害、政府の役割などに対する正しい認識を持つことが指摘されている（地熱に対する Awareness の向上）。従って、ケニアの成功事例として育成することは周辺地域の Awareness の向上を図るためにも極めて効果的である。ちょうど東アジアにおいて、日本を先頭に、韓国、台湾、シンガポール、続いて、東南アジア諸国、中国などが雁行型の経済発展を遂げたように、アフリカ・リフトバレー地域の地熱開発に当たってもケニアを成功例として育成することにより、ケニアを先頭として、エチオピア、ジブチ、そしてタンザニア・ウガンダといった順の雁行型の発展が図れる可能性がある。この観点からもケニアに対する支援の強化が望まれる。

第3の重要な点は、従来の援助スキームにとらわれない「リスクをとる援助」の創出である。地熱開発の最大の障害は資源開発リスクであり、これを乗り越えるためには調査井の掘削以外にあり得ない。ところが調査井掘削は1本当たり数億円もかかる事業になっている。このため、極めて多くの有望地域が地上調査で有望性が期待されたまま、その後の事業進展を見ないでとどまっている。これらの地域には国の主導による調査井の掘削が必要であり、資金力のないアフリカ諸国に対しては ODA による支援が不可欠である。しかしながら、調査井の掘削を伴う開発調査は、1つには費用が数億円から10億円を超える事業になってしまうこと、また1つには調査井掘削というリスクを ODA も抱えられない、という理由で、独立法人化した後の JICA では支援対象になっていない。しかしながらここを乗り越えなければ地熱開発の進展は全く期待できないと言っても過言ではない。この点については、JICA の動向とは逆に、世界銀行やドイツ復興金融公庫 (KfW) は世界各地の地熱調査井掘削に対するリスク支援策を打ち出し始めた。JICA も地熱開発をリードする日本の援助機関として、これら機関に比肩できる JICA 流の新たな調査井支援策

の開始が必要である。具体的に述べると、調査井掘削を含む大型の開発調査（調査期間 3 年程度、事業費 10-20 億円程度）の創出が望まれる。

第 15.3 節 ケニアに対する JICA 支援案件の提案

15.3.1 基本方針

ケニアの最大の課題は GDC の活動資金の調達である。我が国もケニアをアフリカの成功事例とするため、これに対する資金援助を積極的に行う必要がある。これは大型の資金調達であるため、有償資金協力にて行う必要があるが、通常のプロジェクト型に加え、地熱セクターローンにより柔軟に GDC の活動を支援できる方策も検討する価値がある。さらに、必要に応じて、無償資金協力による調査井掘削を含む大型開発調査により支援も検討する。

また、ケニアのみならず域内全体に今後必要とされる技術者の育成を図るため、地熱研修施設計画に対する支援や GDC への機材供与などの支援も必要である。

15.3.2 具体的案件

JICA 案件として考えられるものは次の通り。

| | | | |
|------|---|------|------|
| 案件番号 | K-1 | 国名 | ケニア |
| 案件名 | Menengai-I の調査井掘削に対する資金協力 | | |
| 案件概要 | GDC の行う Menengai-I 地域の調査井掘削に対し、掘削位置選定のための調査及び調査井掘削事業に対し、プロジェクトローンないしセクターローンによる大型の資金協力を行う。 | | |
| 支援先 | Geothermal Development Company (GDC) | | |
| 支援手法 | 円借款 | 課題分野 | 資源調査 |
| 案件規模 | 5 年間 150～200 億円程度 | | |
| 備考 | | | |

| | | | |
|------|--|------|------|
| 案件番号 | K-2 | 国名 | ケニア |
| 案件名 | Silali-I のプレ FS 調査に対する技術協力 | | |
| 案件概要 | GDC の行う Silali-I 地域のプレ FS 調査 (MT を含む地上調査及びプレ FS 調査 (開発計画策定調査)) に対し、開発調査による支援を行う。 | | |
| 支援先 | Geothermal Development Company (GDC) | | |
| 支援手法 | 開発調査 | 課題分野 | 資源調査 |
| 案件規模 | 2 年間 2 億円程度 | | |
| 備考 | | | |

| | | | |
|------|---|------|------------|
| 案件番号 | K-3 | 国名 | ケニア |
| 案件名 | GDC に対する掘削リグの機材供与 | | |
| 案件概要 | GDC に対し必要となる 2 台の掘削リグを供与する。また、掘削技術者養成の技術協力も含める。 | | |
| 支援先 | Geothermal Development Company (GDC) | | |
| 支援手法 | 円借款 | 課題分野 | 資源調査・技術力向上 |
| 案件規模 | 3 年間 80 億円程度 | | |
| 備考 | | | |

| | | | |
|------|--|------|------|
| 案件番号 | K-4 | 国名 | ケニア |
| 案件名 | 全国資源調査及び地熱開発体制整備支援調査 | | |
| 案件概要 | ケニアの地熱推進体制に関し、(1)全国資源量の再評価調査（既存調査の整理、追加 MT 調査などの地上調査の実施、開発ロードマップの策定）を行う。(2)これを基に政策面から、民間への開発権付与の考え方、GDC からの蒸気購入者の選定方法、その他、現状の地熱開発体制に対する改善策の提言、等を行う | | |
| 支援先 | エネルギー省・GDC | | |
| 支援手法 | 開発調査 | 課題分野 | 政策支援 |
| 案件規模 | 2 年間 2-3 億円程度 | | |
| 備考 | | | |

| | | | |
|------|--|------|-------|
| 案件番号 | K-5 | 国名 | ケニア |
| 案件名 | 地熱研修施設の設立支援 | | |
| 案件概要 | GDC が検討中の東アフリカの地熱研修施設の設立を支援する。計画策定から設備建設、研修運営などを支援する。 まだ構想段階であるため、開発調査で事業計画を検討する。 | | |
| 支援先 | Geothermal Development Company (GDC) | | |
| 支援手法 | 開発調査 | 課題分野 | 技術力向上 |
| 案件規模 | (計画策定) 2 年程度 1 億円程度 将来的に (施設整備) 2 年程度 10 億円程度 (運営支援) 3 年程度 3 億円程度 | | |
| 備考 | 検討に当たっては、国連大学、ケニア政府、アイスランド政府との協議が必要。 | | |

| | | | |
|------|-------------------------|----|-----|
| 案件番号 | K-6 | 国名 | ケニア |
| 案件名 | GDC、KenGen に対する機材供与 | | |
| 案件概要 | GDC、KenGen に対し必要機材を供与する | | |

| | | | |
|------|----------------|------|-------|
| 支援先 | GDC、KenGen | | |
| 支援手法 | 無償資金協力 | 課題分野 | 技術力向上 |
| 案件規模 | 1年程度 10～25億円程度 | | |
| 備考 | | | |

第 15.4 節 エチオピアに対する JICA 支援案件の提案

15.4.1 基本方針

エチオピアの最大の課題は、既に資源評価調査の始まった Aluto Langano における地熱発電所の建設支援である。これに対する資金援助を積極的に行う。これは有償資金協力になるが、エチオピア政府の債務状況を見つつ、他のドナーと協力しての有償資金協力の再開の道を探る必要がある。次いで、有望な地点は Tendaho であるが、これはドイツの BGR が支援中であるためそこに委ねることとし、我が国が支援するのは第3の有望地点の調査支援である。これには調査井掘削を含む大型開発調査により支援する。さらに、これらに続く有望地点の発掘のため、全国調査が必要であり、開発調査にて支援する。

また、エチオピアで今後必要とされる技術者の育成を図るため、エチオピア地質調査所 (GSE) に対する技術協力や機材供与などの支援が望まれる。

さらには、地熱資源調査の進展を見つつ、地熱開発体制整備に対する政策支援も必要である。

15.4.2 具体的案件

JICA 案件として考えられるものは次の通り。

| | | | |
|------|--|------|-------|
| 案件番号 | E-1 | 国名 | エチオピア |
| 案件名 | Aluto Langano 地熱発電所の建設資金支援 | | |
| 案件概要 | 日本（ノンプロ無償資金協力）・世銀・エチオピア政府による資源量評価調査結果を踏まえ、35MW 程度の地熱発電所の建設資金を円借款により支援する。 | | |
| 支援先 | エチオピア電力会社 (EPCO) | | |
| 支援手法 | 円借款 | 課題分野 | 資金支援 |
| 案件規模 | 5年程度 150億円程度 | | |
| 備考 | エチオピアに対し、円借款供与が可能になるか推移を見守る必要がある。 | | |

| | | | |
|------|--|------|-------|
| 案件番号 | E-2 | 国名 | エチオピア |
| 案件名 | Abaya (ないし Corvetti) 地域の資源確認調査 | | |
| 案件概要 | GSE の行う Abaya (ないし Corvetti) 地域の資源確認調査 (MT を含む地上調査及び調査井 2-4 本掘削) に対し、大型開発調査による支援を行う。 | | |
| 支援先 | エチオピア地質調査所(GSE) | | |
| 支援手法 | 大型開発調査 | 課題分野 | 資源調査 |

| | |
|------|---------------|
| 案件規模 | 3年間 10-20億円程度 |
| 備考 | |

| | | | |
|------|---------------------------------|------|-------|
| 案件番号 | E-3 | 国名 | エチオピア |
| 案件名 | 全国資源量賦存調査 | | |
| 案件概要 | 有望地域発掘のための全国資源量賦存調査（MT調査など）を行う。 | | |
| 支援先 | エチオピア地質調査所(GSE) | | |
| 支援手法 | 開発調査 | 課題分野 | 資源調査 |
| 案件規模 | 2年間 2億円程度 | | |
| 備考 | | | |

| | | | |
|------|------------------------------|------|-------|
| 案件番号 | E-4 | 国名 | エチオピア |
| 案件名 | 地質調査所等に対する機材供与 | | |
| 案件概要 | 地質調査所、エチオピア電力会社に対し必要機材を供与する | | |
| 支援先 | 地質調査所（GSE）、エチオピア電力会社（EEPSCO） | | |
| 支援手法 | 無償資金協力 | 課題分野 | 技術力向上 |
| 案件規模 | 1年程度 5億円程度 | | |
| 備考 | | | |

| | | | |
|------|--|------|-------|
| 案件番号 | E-5 | 国名 | エチオピア |
| 案件名 | 地熱開発体制整備支援 | | |
| 案件概要 | エチオピアの地熱推進体制に関し、ロードマップ策定、エチオピア電力会社を中心とする地熱開発体制の整備、地熱法の策定、など地熱開発体制に対する改善策の提言、等を行う | | |
| 支援先 | エネルギー鉱物省 | | |
| 支援手法 | 開発調査 | 課題分野 | 政策支援 |
| 案件規模 | 1-2年間 1億円程度 | | |
| 備考 | | | |

第 15.5 節 ジブチに対する JICA 支援案件の提案

15.5.1 基本方針

ジブチの最大の課題は、Asal 地域の開発支援である。この地域に対してはアイスランド企業の

REI 社が PreFS を実施し、国際金融公社(IFC)も出資による支援を表明しているが、ジブチ側との開発合意にまでは至っていない。このため、ジブチは政府による開発も視野に入れ日本に技術支援を期待している。Asal 地域は高塩分・硫化物スケールという技術問題も抱えているため、現在の技術でどこまで対応できるかは未知数である。しかし、ジブチの地熱開発に当たり Asal 地域をあきらめるにせよ、あるいは本格開発するにせよ、地下貯留層の性状を正確に捉えない限りこの問題は決着しない。このため、井戸の掘削を含む資源調査を行い、今後の開発の可能性（あきらめる選択肢も含め）を検討する調査を支援することを提案する。なお、我が国の技術者だけでは対応が困難と思われるため、経験を有する（と称する）アイスランド技術者などを含め、国際的な技術者の参画を検討する必要がある。また、既にジブチ政府はアラブ基金などから調査井掘削費の調達を検討しているところ、この目処がつけば掘削費はジブチ政府負担とすることも検討すべきである。

資源開発面では Asal 地域以外の有望地域の発掘も必要である。このため、全国地熱資源賦存量調査を行い、そこから有望地域を選定し、調査井掘削を含む資源調査も必要である。これにあわせて、ジブチで今後必要とされる技術者の育成を図るため、CERD に対する機材供与などの支援も望まれる。

15.5.2 具体的案件

JICA 案件として考えられるものは次の通り。

| | | | |
|------|---|------|------|
| 案件番号 | D-1 | 国名 | ジブチ |
| 案件名 | Asal 地域における開発方針検討調査 | | |
| 案件概要 | Asal 地域において、貯留層の性状を確認し、開発方針（段階的開発の他、撤退の選択肢も含む）を検討する調査を行う。ジブチ政府が調査井掘削費を調達できない場合は、本調査に調査井（2-3 本）掘削費を含む。 | | |
| 支援先 | エネルギー天然資源省（MENR） | | |
| 支援手法 | 大型開発調査 | 課題分野 | 資源調査 |
| 案件規模 | 3 年程度 20 億円程度～2 億円程度（ジブチ政府が掘削費を調達した場合） | | |
| 備考 | 国際的な技術者を雇用することも検討する。 | | |

| | | | |
|------|----------------------------------|------|------|
| 案件番号 | D-2 | 国名 | ジブチ |
| 案件名 | 全国資源量賦存調査 | | |
| 案件概要 | 有望地域発掘のための全国資源量賦存調査（MT 調査など）を行う。 | | |
| 支援先 | ジブチ科学技術研究所（CERD） | | |
| 支援手法 | 開発調査 | 課題分野 | 資源調査 |
| 案件規模 | 2 年間 2 億円程度 | | |
| 備考 | | | |

| | | | |
|------|---|------|------|
| 案件番号 | D-3 | 国名 | ジブチ |
| 案件名 | 有望地域の資源確認調査 | | |
| 案件概要 | 全国資源量賦存調査の結果から抽出された有望地域の資源確認調査（MTを含む地上調査及び調査井2・4本掘削）に対し、大型開発調査による支援を行う。 | | |
| 支援先 | ジブチ科学技術研究所（CERD） | | |
| 支援手法 | 大型開発調査 | 課題分野 | 資源調査 |
| 案件規模 | 3年間 10-20億円程度 | | |
| 備考 | | | |

| | | | |
|------|-----------------------------------|------|-------|
| 案件番号 | D-4 | 国名 | ジブチ |
| 案件名 | 科学技術研究所（CERD）に対する機材供与 | | |
| 案件概要 | 科学技術研究所（CERD）、ジブチ電力公社に対し必要機材を供与する | | |
| 支援先 | ジブチ科学技術研究所（CERD）、ジブチ電力公社（EdD） | | |
| 支援手法 | 無償資金協力 | 課題分野 | 技術力向上 |
| 案件規模 | 1年程度 7.5億円程度 | | |
| 備考 | | | |

| | | | |
|------|--|------|------|
| 案件番号 | D-5 | 国名 | ジブチ |
| 案件名 | 地熱開発体制整備支援 | | |
| 案件概要 | ジブチの地熱推進体制に関し、ロードマップ作成、ジブチ電力公社を中心とする地熱開発体制の整備、地熱法の策定、など地熱開発体制に対する改善策の提言、等を行う | | |
| 支援先 | エネルギー天然資源省（MENR） | | |
| 支援手法 | 開発調査 | 課題分野 | 政策支援 |
| 案件規模 | 1-2年間 1億円程度 | | |
| 備考 | | | |

第 15.6 節 タンザニアに対する JICA 支援案件の提案

15.6.1 基本方針

タンザニアの最大の課題は、資源調査の推進である。具体的には全国地熱資源量調査を行い、有望地域を抽出する必要がある。また、抽出された有望地域に対し、調査井掘削を含む資源量調査が必要である。これに対する技術面からと資金面からの支援を積極的に行う必要がある。全国調査は従来の開発調査で対応が可能であるが、調査井掘削を含む調査は大型の開発調査が必要で

ある。

また、タンザニアで今後必要とされる技術者の育成を図るため、タンザニア地質調査所（GST）に対する技術協力や機材供与などの支援も望まれる。

15.6.2 具体的案件

JICA 案件として考えられるものは次の通り。

| | | | |
|------|----------------------------------|------|-------|
| 案件番号 | T-1 | 国名 | タンザニア |
| 案件名 | 全国資源量賦存調査 | | |
| 案件概要 | 有望地域発掘のための全国資源量賦存調査（MT 調査など）を行う。 | | |
| 支援先 | タンザニア地質調査所（GST） | | |
| 支援手法 | 開発調査 | 課題分野 | 資源調査 |
| 案件規模 | 2 年間 2 億円程度 | | |
| 備考 | | | |

| | | | |
|------|--|------|-------|
| 案件番号 | T-2 | 国名 | タンザニア |
| 案件名 | 有望地域の資源確認調査 | | |
| 案件概要 | 全国資源量賦存調査の結果から抽出された有望地域の資源確認調査（MT を含む地上調査及び調査井 2-4 本掘削）に対し、大型開発調査による支援を行う。 | | |
| 支援先 | タンザニア地質調査所（GST） | | |
| 支援手法 | 大型開発調査 | 課題分野 | 資源調査 |
| 案件規模 | 3 年間 10-20 億円程度 | | |
| 備考 | | | |

| | | | |
|------|---|------|-------|
| 案件番号 | T-3 | 国名 | タンザニア |
| 案件名 | タンザニア地質調査所（GST）等に対する機材供与 | | |
| 案件概要 | タンザニア地質調査所（GST）、タンザニア電力会社（TANESCO）に対し必要機材を供与する。 | | |
| 支援先 | タンザニア地質調査所（GST）、タンザニア電力公社（TENESCO） | | |
| 支援手法 | 無償資金協力 | 課題分野 | 技術力向上 |
| 案件規模 | 1 年程度 7.5 億円程度 | | |
| 備考 | | | |

| | | | |
|------|--|------|-------|
| 案件番号 | T-4 | 国名 | タンザニア |
| 案件名 | 地熱開発体制整備支援 | | |
| 案件概要 | タンザニアの地熱推進体制に関し、ロードマップ作成、TANESCO ないし国営新会社を中心とする地熱開発体制の整備、地熱法の策定、など地熱開発体制に対する改善策の提言、等を行う。 | | |
| 支援先 | エネルギー鉱物省 (MEM) | | |
| 支援手法 | 開発調査 | 課題分野 | 政策支援 |
| 案件規模 | 1-2 年間 1 億円程度 | | |
| 備考 | | | |

第 15.7 節 ウガンダに対する JICA 支援案件の提案

15.7.1 基本方針

ウガンダの最大の課題は、タンザニアと同様に、資源調査の推進である。具体的には既に有望性が報告されている Kibiro 地域における調査井掘削を含む資源量調査が必要である。また、これ以外の地域の発掘のため、全国地熱資源量調査を行い、有望地域を抽出する必要がある。その上で、抽出された有望地域に対し、同様に調査井掘削を含む資源量調査が必要である。これに対する技術面からと資金面からの支援を積極的に行う必要がある。全国調査は従来の開発調査で対応が可能であるが、調査井掘削を含む調査は大型の開発調査が必要である。

また、ウガンダで今後必要とされる技術者の育成を図るため、ウガンダ地質調査所 (GST) 等に対する技術協力や機材供与などの支援も望まれる。

15.7.2 具体的案件

JICA 案件として考えられるものは次の通り。

| | | | |
|------|--|------|------|
| 案件番号 | U-1 | 国名 | ウガンダ |
| 案件名 | Kibiro 地域の資源確認調査 | | |
| 案件概要 | Kibiro 地域の資源確認調査 (MT を含む地上調査及び調査井 2-4 本掘削) に対し、大型開発調査による支援を行う。 | | |
| 支援先 | ウガンダ地質調査所 (GSU) | | |
| 支援手法 | 大型開発調査 | 課題分野 | 資源調査 |
| 案件規模 | 3 年間 10-20 億円程度 | | |
| 備考 | | | |

| | | | |
|------|------------------------------------|----|------|
| 案件番号 | U-2 | 国名 | ウガンダ |
| 案件名 | 全国資源量賦存調査 | | |
| 案件概要 | 有望地域発掘のための全国資源量賦存調査 (MT 調査など) を行う。 | | |

| | | | |
|------|-----------------|------|------|
| 支援先 | ウガンダ地質調査所 (GSU) | | |
| 支援手法 | 開発調査 | 課題分野 | 資源調査 |
| 案件規模 | 2年間 2億円程度 | | |
| 備考 | | | |

| | | | |
|------|--------------------------------|------|-------|
| 案件番号 | U-3 | 国名 | ウガンダ |
| 案件名 | ウガンダ地質調査所 (GSU) 等に対する機材供与 | | |
| 案件概要 | ウガンダ地質調査所 (GSU) 等に対し必要機材を供与する。 | | |
| 支援先 | ウガンダ地質調査所 (GSU) | | |
| 支援手法 | 無償資金協力 | 課題分野 | 技術力向上 |
| 案件規模 | 1年程度 7.5億円程度 | | |
| 備考 | | | |

| | | | |
|------|---|------|------|
| 案件番号 | U-4 | 国名 | ウガンダ |
| 案件名 | 地熱開発体制整備支援 | | |
| 案件概要 | ウガンダの地熱推進体制に関し、ロードマップ作成、UEGCL ないし国営新会社を中心とする地熱開発体制の整備、地熱法の策定、など地熱開発体制に対する改善策の提言、等を行う。 | | |
| 支援先 | エネルギー・鉱物資源省 (MEMD) | | |
| 支援手法 | 開発調査 | 課題分野 | 政策支援 |
| 案件規模 | 1-2年間 1億円程度 | | |
| 備考 | | | |

第 15.8 節 地域全体に対する JICA 支援案件の提案

15.8.1 基本方針

アフリカ・リフトバレー地域の地熱開発を支援する上においては、各国別の支援に加え、地域全体を視野に入れた支援も重要である。このような地域案件として、技術者研修案件をリストアップした。

15.8.2 具体的案件

JICA 案件として考えられるものは次の通り。

| | | | |
|------|---|------|-------|
| 案件番号 | R-1 | 国名 | 地域全体 |
| 案件名 | 各国の地熱技術者の養成（国連大学 6 カ月コース） | | |
| 案件概要 | <p>各国の地熱技術者を国連大学・地熱研修コース（UNU-GTP：6 カ月）に派遣する費用を国連大学（ないし各国政府）に提供する。</p> <p>現在、アイスランドの UNU-GTP にて 6 カ月の研修が行われており、アフリカ地域をはじめ世界各国の地熱技術者の育成に大きな成果を上げている。UNU-GTP では定員の拡大（20 名から 30 名へ）を検討しているが、アイスランド政府の支援に限界があるため、うまく進んでいない。このため、我が国がこれを支援しようとするものである。</p> <p>（費用 4 万ドル/名 アフリカ・リフトバレー地域から年間 5 名 5 年間）</p> | | |
| 支援先 | 国連大学（ないし各国政府） | | |
| 支援手法 | 技術協力、日本政府からの国連への拠出等 | 課題分野 | 技術力向上 |
| 案件規模 | 5 年程度 1 億円程度 | | |
| 備考 | 検討に当たっては、国連大学、アイスランド政府、各国政府との協議が必要。 | | |

| | | | |
|------|--|------|-------|
| 案件番号 | R-2 | 国名 | 地域全体 |
| 案件名 | 各国の地熱技術者の養成（国連大学短期コース） | | |
| 案件概要 | <p>国連大学がケニア政府・GDC などと共に開催する地熱研修短期コースに各国技術者を参加させる費用を国連大学（ないし各国政府）に提供する。</p> <p>（費用 4 千ドル/名 アフリカ・リフトバレー地域から年間 50 名 5 年間）</p> | | |
| 支援先 | 国連大学（ないし各国政府） | | |
| 支援手法 | 技術協力、日本政府からの国連への拠出等 | 課題分野 | 技術力向上 |
| 案件規模 | 5 年程度 1 億円程度 | | |
| 備考 | 検討に当たっては、国連大学、ケニア政府、各国政府との協議が必要。 | | |

| | | | |
|------|---|------|-------|
| 案件番号 | R-3 | 国名 | 地域全体 |
| 案件名 | 各国の地熱技術者の養成（国際会議派遣支援） | | |
| 案件概要 | <p>ARGeo、国際地熱学会などが開催する国際地熱会議へ各国技術者を参加させる費用を各国政府に提供する。</p> <p>（費用 5 千ドル/名 アフリカ・リフトバレー地域から年間 20 名 5 年間）</p> | | |
| 支援先 | 各国政府 | | |
| 支援手法 | 技術協力 | 課題分野 | 技術力向上 |
| 案件規模 | 5 年程度 0.5 億円程度 | | |
| 備考 | 検討に当たっては、ARGeo などとの協議が必要。 | | |

| | | | |
|------|---|------|-------|
| 案件番号 | R-4 | 国名 | 地域全体 |
| 案件名 | 各国の地熱技術者の養成（日本における高等技術研修） | | |
| 案件概要 | <p>地熱貯留層シミュレーションなど修士・博士コースクラスの高等技術の研修（1年間）を日本で行うこととし、これに各国技術者を参加させる費用を各国政府に提供する。</p> <p>（参加費用 50 千ドル/名 アフリカ・リフトバレー地域から年間 5 名 5 年間）</p> <p>（受入大学・企業費用 0.5-1.0 百万ドル）</p> | | |
| 支援先 | 国連大学（ないし各国政府） | | |
| 支援手法 | 技術協力 | 課題分野 | 技術力向上 |
| 案件規模 | 5 年程度 2 億円程度 | | |
| 備考 | <p>従来の受入機関の無償奉仕型の研修ではなく、受入機関に対し適切な謝金を支払う新型の研修とする。受入大学・企業の有無など、このような研修が可能か否かの検討は別途行う必要がある。可能性としては、大学（九州大学、東北大学、京都大学、秋田大学、弘前大学など）、産業技術総合研究所、民間企業（九州電力(株)、西日本技術開発(株)）などが考えられる。</p> | | |

第 16 章 おわりに

本調査報告書では、アフリカ・リフトバレー地域の地熱開発の現状、今後の開発の進め方、JICA の支援のあり方について検討してきた。本調査を通じ、調査団はアフリカ各国で地熱開発に対する関係者の大きな期待を感じた。しかしながら、地熱は地下の資源開発であるため、関係者の期待をよそに、実際にはなかなか思うように進まないのも事実である。本報告書で述べたとおり、これを解決する鍵は、その国の有する技術力、資金力、そして何より地熱開発を進めるといふ政府の強い意志である。この 3 条件がそろって始めて地熱開発は動き出す。また、実際に開発が進み始めると、多くの関係者がその経験を積むようになり、それにより学習効果が働き、さらに次はコストダウンした開発ができるようになる。このようにして国内に次第に地熱技術が蓄積され、開発の好循環が始まる。

地熱は地下の蒸気条件を利用するものであるから、最新の石炭火力や天然ガス発電に比較すると緩い蒸気条件での発電技術である。もちろん簡単な技術ではないが、蒸気条件が緩い分、小口径の配管や小容量の容器などはその国内技術で対応できる可能性がある。また、自国技術で井戸の掘削が行えるようになると、開発費の多くは井戸の掘削費であるから、投資額の多くは国内で循環することになる。インドネシアで行った調査結果では、同じ出力の電源開発を行う場合、ほとんどの費用がプラントの輸入で消えてしまう石炭火力より、国内に回る掘削費や土木工事の比率の大きい地熱発電で行った方が、国内経済刺激効果は 4.3 倍、国内雇用創出効果は 2.5 倍、地熱発電の方が大きいとの調査結果がある¹。

調査団としては、アフリカ・リフトバレー各国が、経済発展に必要なエネルギーの確保に当たり、できればそのエネルギー開発を通じて国内雇用の創出や国内経済の発展が図られると非常に素晴らしいと考えている。地熱エネルギーはこの可能性を秘めているエネルギーである。本報告書がアフリカ・リフトバレー地域の地熱開発への一助となると幸いである。

¹ JICA「インドネシア国地熱及びその他の再生可能エネルギーへの民間投資拡大策に関する調査」(2009年7月)

引用資料

第 2 章

Business Council for Sustainable Energy (2003), “Market Assessment Report”, April, 9-11, 2003, Nairobi, Kenya

Geothermal Stakeholders' Workshop (2010), Country Report (for Kenya, Ethiopia, Tanzania, Rift Valley Total), March 15-16, 2010, Nairobi, Kenya

Smithsonian National Museum of National History, Global Volcanism Program
<http://www.volcano.si.edu/>

Teklemariam, M (2010), “Summery status of strategy, gaps and support programme in the EARS for developing of GER,” Geothermal Stakeholders’ Workshop, March 15-16, 2010, Nairobi, Kenya

第 3 章

Bahati, G. (2007) Status of geothermal energy exploration in Uganda. In: Georgsson, L.S., Holm, D.H., Simiyu, S.M., and Ofwona, C. (eds.), *Short course II on surface exploration for geothermal resources, Naivasha Kenya*. UNU-GTP, Iceland, and KenGen, Kenya, CD SC-05, 10 pp.

外務省国際協力局 (2009) 「政府開発援助(ODA)データブック 2009」

Peter, O. (2010) “Status of geothermal development in Kenya”, Geothermal Stakeholders’ Workshop, 2010. Mar. Nairobi

Teklemariam, M.(2010), “Summery status of strategy, gaps and support programme in the EARS for developing of GER,” Geothermal Stakeholders’ Workshop, March 15-16, 2010, Nairobi, Kenya

U.S. Central Intelligence Agency, The World Factbook,
https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/region/region_afr.html

第 4 章

Clarke, M.C.G., Woodhall, D.G. Allen, D. and Darling, G., (1990). Geology, volcanological and hydrological controls on the occurrence of geothermal activity in the surrounding Lake Naivasha, Kenya. A report for the Ministry of Energy by British Geological Survey.

Dunkley, P.N., Smith M., Allen, D.J. and Darling, W.G., (1993). The geothermal activity and geology of the northern sector of the Kenya Rift Valley. A report for the Ministry of Energy by British Geological Survey.

外務省国際協力局 (2009) 「政府開発援助(ODA)データブック 2009」

International Energy Agency (IEA), Key World Energy Statistics 2009

KPLC Annual Accounts 2008/09

KPLC Least Cost Power Development Plan (2009-2029)

KenGen (1998) Internal Report: Geological Investigation of Longnot Geothermal Prospect Area, Kenya

Ministry of Energy, Kenya (2010) " FEED-IN-TARIFFS POLICY ON WIND, BIOMASS, SMALL-HYDRO, GEOTHERMAL, BIOGAS AND SOLAR RESOURCE GENERATED ELECTRICITY", 1st Revision: January

Mungania et al. (2005) A Geothermal Resource Assessment Report, Geoscientific Evaluation of the Lake Baringo Geothermal Prospect

Ofwona (1996) Discharge Tests Report for EW-6. KenGen, internal report.

第 5 章

Aquater (1989) Djibouti Geothermal Exploration Project Republic of Djibouti, Final Report, Aquater Report.

Ayele et al. (2002) Geothermal Resources Exploration in the Abaya and Tulu Moye-Gedemsa Geothermal Prospects, Main Ethiopian rift. Compiled Report.

Cherinet and Gebreegziabhier (1983) Geothermal geology of the Dofan and Fantale area. (Northern Ethiopian rift). Geoth. Exploration Project, EIGS

Di Paola (1972) Geological Map of the Tulu Moye active volcanic area 1: 75, 0000 (Arussi: Ethiopian Rift Valley). CNR, Pisa.

EEPCO (2007) Excerpts from the Power System Master Plan

Electroconsult (ELC), (1986): Geothermal Exploration Project-Ethiopian Lakes District,

Exploitation of Langan-Aluto Geothermal Resources, Feasibility Report

Ethiopian Electric Agency, Ministry of Mines and Energy (2009) "Feed-in Tariff Proclamation – Third Draft"

外務省国際協力局 (2009)「政府開発援助(ODA)データブック 2009」

John W. Lund, Derek H. Freeston and Tonya L. Boyd (2010) Direct Utilization of Geothermal Energy 2010 Worldwide Review, Proceedings World Geothermal Congress 2010

Kebede (1986) Results of Temperature Gradient Survey and Geophysical Review of Corbetti Geothermal Prospect, EIGS

Teclu (2002/2003) Geochemical studies of the Dofan Fantale Geothermal Prospect Areas. South Africa, Internal Report. GSE

第6章

Aquater (1989) Djibouti Geothermal Exploration Project Republic of Djibouti, Final Report, Aquater Report.

Arthaud et al (1980) Evolution Structurale de la zone Transformante d'Arta. Bulletin de la Societe Geologique de France.

BRGM (1983) Reconnaissance Geothermique par Prospections Gravimetrique-Electrique, Audio-magnetotellurique dans la Region du Nord-Goubhet.

Essrich and Brunel (1990) Geophysical Study of Obock. CERD, Report

外務省国際協力局 (2009)「政府開発援助(ODA)データブック 2009」

GENZL (1985) Results of Temperature Gradient Drilling in the Hanle area, Djibouti.

GOTHERMICA (1985) Interpretation of Gradient Wells Data. Hanle Plain, Republic of Djibouti.

Gaulier and Huchon, 1991 Tectonic Evolution of Afar Triple Junction. Bull. Soc. Geol. France.

Geothermica (1982) Evaluation of the Geothermal Resources of the Arta Region.

Prefeasibility Study. Final Report

Houssein (1993) Interactions Eau-roche au Voisinage de L'equilibre: Mecanisme reactinnel et Geothermometrie. These de Doctroat, Universite de Paris.

Houssein, Daher Elmi (2005) Analysis of Geothermal Well Test Data from the Asal Rift Area, Republic of Djibouti, university Nation United Geothermal Training Program UNU-GTP.

Houssein, Daher Elmi (2010) Geothermal Resource Assessment of Asal Field, Republic of Djibouti, Proceedings World Geothermal Congress 2010

Jalludin Mohamed (2006) State of Knowledge of the Geothermal Provinces of the Republic of Djibouti.

John W. Lund, Derek H. Freeston and Tonya L. Boyd (2010) Direct Utilization of Geothermal Energy 2010 Worldwide Review, Proceedings World Geothermal Congress 2010

Manighetti (1993) Dynamique des systems extensifs en Afar. These de Doctorat, Universite de Paris VI

World Bank (2009) Least Cost Electricity Master Plan

第7章

BGR (2008) Geothermal Energy as an Alternative source of Energy for Tanzania.

Business Council for Sustainable Energy (2003) Market Assessment Report, April, 9-11, 2003, Nairobi, Kenya

Delvaux, Damien Michael Kraml, M. Sierralta, A. Wittenberg., J.W. Mayalla., K. Kabaka, Chamba Makene, and GEOTHERM working group (2010) Surface Exploration of a Viable Geothermal Resource in Mbeya Area, Sw Tanzania. Part I: Geology of the Ngozi - Songwe Geothermal System, Proceedings World Geothermal Congress 2010.

外務省国際協力局 (2009) 「政府開発援助(OA)データブック 2009」

海外電力調査会 (2010) 海外の電気事業 第2編

Kalberkamp, Ulrich, Gerlinde Schaumann, Paul B. Ndonde, Sudian A. Chiragwile, Jonas

M. Mwanoo and GEOTHERM working group, Surface Exploration of a Viable Geothermal Resource in Mbeya Area, SW Tanzania. Part III: Geophysics, Proceedings World Geothermal Congress 2010.

Kraml, Michael, Taramaeli T. Mnjokava, Jacob W. Mayalla, Kato Kabaka and GEOTHERM working group (2010) Surface Exploration of a Viable Geothermal Resource in Mbeya Area, SW Tanzania Part II: Geochemistry, Proceedings World Geothermal Congress 2010.

McNitt. J.R. (1982) The geothermal potential of East Africa. In proceedings of the Regional Seminar on Geothermal Energy in Eastern and Southern Africa, Nairobi, Kenya. Rural Energy Agency (2009) Concept Note. Geothermal Energy Resources Development in Tanzania. A proposal submitted to the World Bank.

TANESCO (2009) Power System Master Plan 2009 Update (July 2009)

TANESCO homepage

http://www.tanESCO.co.tz/index.php?option=com_content&view=article&id=63&Itemid=205

第 8 章

Armannsson, Halldor, Godfrey Bahati, Vicent Kato, (????) Preliminary Investigations Of Geothermal Areas In Uganda, Other Than Katwe-Kikorongo, Buranga And Kibiro

BGR (2007) Detailed surface analysis of the Buranga geothermal prospect, West-Uganda.

Bahati, G. (2007) Status of geothermal energy exploration in Uganda. In: Georgsson, L.S., Holm, D.H., Simiyu, S.M., and Ofwona, C. (eds.), *Short course II on surface exploration for geothermal resources, Naivasha Kenya*. UNU-GTP, Iceland, and KenGen, Kenya, CD SC-05, 10 pp.

Bahati, Godfrey, James Francis Natukunda and Joshua Tuhumwire (2010a) Geothermal Energy in Uganda, Country Update, Proceedings World Geothermal Congress 2010.

Bahati, Godfrey, Kato Vincent, Nyakecho Catherine (2010b) Geochemistry of Katwe-Kikorongo, Buranga and Kibiro Geothermal Areas, Uganda, Proceedings World Geothermal Congress 2010.

ERA (2009) -Presented at the EREA, 1st General Assembly held on 28th -29th May 2009 at Gisenyi, Rwanda. By. Eng Norbert Semitala , Director Technical Regulation ERA

外務省国際協力局 (2009) 「政府開発援助(ODA)データブック 2009」

ICEIDA (2004) The Kibiro geothermal prospect -A report on a geophysical and geological survey-.

ICEIDA (2009) A summary report on a pre-feasibility study of the Kibiro and Katwe-Kikorongo geothermal prospects in Uganda -Conclusions and recommendations-.

ICEIDA (2009) The Kibiro geothermal prospect -A report on a temperature gradient survey-.

ICEIDA (2010) The Katwe - Kikorongo geothermal prospect - A report on a geothermal survey-.

海外電力調査会 (2010) 海外の電気事業 第2編

McNitt. J.R. (1982) The geothermal potential of East Africa. In proceedings of the Regional Seminar on Geothermal Energy in Eastern and Southern Africa, Nairobi, Kenya.

Ministry of Energy and Mineral Development (2002) “The Energy Policy for Uganda” , (Sept. 2002)

NEMA (1997) Guidelines for Environmental Impact Assessment in Uganda

PB (2009) Power Sector Investment Plan Draft Report 8 Dec 2009

UMEME (2009) Business performance indicators

??? (2007) Uganda Medium Term Generation Expansion Plan and Renewable Energy Policy for Uganda

第9章

AFD (2009) Annual Report 2009

AfDB (2008) Proposals for a Clean Energy Investment Framework for Africa, April, 2008

AfDB (2009) Annual Report 2009

GEF (2009) Project Proposals Circulated to Council Prior to CEO Endorsement, Sep. 2009

GEF (????) Investing in Renewable Energy: the GEF Experience

GEF homepage

ICEIDA (2009) Annual Report 2009

KfW (2007) Annual Report 2007

KfW Entwicklungsbank HP

World Bank (2008) Energizing Climate-Friendly Development, World Bank Group
Progress on Renewable Energy and Energy Efficiency in Fiscal 2008

World Bank (2009) Project appraisal document on a proposed global environment facility
grant in the amount of USD 15 million to Reykjavik Energy Invest, Sep. 2009
<http://www.thegef.org/gef/sites/thegef.org/files/repository/9-24-2009%20Council%20letter.pdf>

第 10 章

Arnason K. and Gislason G., (2009). A summary Report on a Pre-feasibility Study of
the Kibiro and Katwe-Kikirongo Geothermal prospects in Uganda: Conclusions
and recommendations. Report prepared by ICEIDA for Ministry of Energy and
Minerals Development.

BGR and KfW (2010). GEOTERM Phase II. A presentation at Geothermal Stakeholders'
Workshop presentation, March 15-16, 2010, Nairobi, Kenya.

Brinckerhof, Parsons (2009) Least Cost Electricity Master Plan

EEPCO (2009) Strategic Power Summery

EdD (????) Power Master Plan

KPLC (2008) Update of the Least Cost Power Development Plan

Ministry of Energy and Mineral Development (MEMD) (2009) Power Sector Investment
Plan

TANESCO (2009) Power System Master Plan 2009 Update

Witte, J.M. (2010) East African Geothermal Initiative (EAGI). A presentation at Geothermal Stakeholders' Workshop presentation, March 15-16, 2010, Nairobi, Kenya

第 12 章

JICA (2007) Master Plan Study for Geothermal Power Development in the Republic of Indonesia, Final Report

JICA (2009) Study on Fiscal and Non-fiscal Incentives to Accelerate Private Sector Geothermal Energy Development in the Republic of Indonesia, Final Report

海外電力調査会 (2005) 諸外国の電気事業 第 2 編

Lund, J. (2007) Effectiveness of policy measures in transforming the energy system, Energy Policy

World Bank (2005), Geothermal Power Development in Eastern Africa ~Exchange of Know How on "Public and Private Partnership" Models ~

第 13 章

Arnason K. and Gislason G., (2009). A summary Report on a Pre-feasibility Study of the Kibiro and Katwe-Kikirongo Geothermal prospects in Uganda: Conclusions and recommendations. Report prepared by ICEIDA for Ministry of Energy and Minerals Development.

BGR (2009) Technical report on geothermal power.

BGR and KfW, (2010). GEOTERM Phase II. A presentation at Geothermal Stakeholders' Workshop presentation, March 15-16, 2010, Nairobi, Kenya.

Business Council for Sustainable Energy (2003), "Market Assessment Report", April, 9-11, 2003, Nairobi, Kenya

DECON, SWECO and Inter-Consult (2005) Tanzania Rural Electricity Study -Technical Report on geothermal power Activity 1.4.1

EEPCO (2009) Strategic Plan Summary. An EEPCO presentation.

Fredleifsson I.B. (2010) Thirty one years of Geothermal training in Iceland, Proceedings World Geothermal Congress, 2010.

GDC (2010) GDC 10-year Development Plan. A GDC presentation

Hochstein, M.P., Temu, E.B., and Moshy, C.M.D. (2000) Geothermal Resources of Tanzania. Proceeding World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan.

Kebede, S. (2010) Future Plans and Requirements in Geothermal Exploration and Development in Ethiopia. A GSE presentation.

Mbogoni, G. and Simon E. (2010) Status of Geothermal Energy Projects in Tanzania. A presentation at Geothermal Stakeholders' Workshop presentation, March 15-16, 2010, Nairobi, Kenya

Snc-Lavalin International (2009) Power System Master Plan 2009 update. A report for the Government of Tanzania.

Teklemariam, M. (2010) Summary status of strategy, gaps and support programme in the EARS for developing of Geothermal Energy Resource. A presentation Geothermal Stakeholders' Workshop presentation, March 15-16, 2010, Nairobi, Kenya.

Witte, J.M. (2010) East African Geothermal Initiative (EAGI). A presentation at Geothermal Stakeholders' Workshop presentation, March 15-16, 2010, Nairobi, Kenya

第 14 章

EEPCO (2009) Strategic Power Summery

GDC (2010) GDC 10-year Development Plan. A GDC presentation

KPLC (2008) Update of the Least Cost Power Development Plan

Peter, O. (2010) "Status of geothermal development in Kenya", Geothermal Stakeholders' Workshop, 2010. Mar. Nairobi

第 16 章

JICA (2009) インドネシア国地熱及びその他の再生可能エネルギーへの民間投資拡大策に関する調査

APPENDIX-1 リフトバレー5カ国の主要指標（自然環境）

| Country | Kenya | Djibouti | Ethiopia | Tanzania | Uganda |
|---|--|---|--|---|--|
| Area: | total: 580,367 sq km | total: 23,200 sq km | total: 1,104,300 sq km | total: 947,300 sq km | total: 241,038 sq km |
| Climate: | varies from tropical along coast to arid in interior | desert; torrid, dry | tropical monsoon with wide topographic-induced variation | varies from tropical along coast to temperate in highlands | tropical; generally rainy with two dry seasons (December to February, June to August); semiarid in northeast |
| Natural resources: | limestone, soda ash, salt, gemstones, fluorspar, zinc, diatomite, gypsum, wildlife, hydropower | geothermal areas, gold, clay, granite, limestone, marble, salt, diatomite, gypsum, pumice, petroleum | small reserves of gold, platinum, copper, potash, natural gas, hydropower | hydropower, tin, phosphates, iron ore, coal, diamonds, gemstones, gold, natural gas, nickel | copper, cobalt, hydropower, limestone, salt, arable land, gold |
| Land use: | arable land: 8.01% permanent crops: 0.97% other: 91.02% (2005) | arable land: 0.04% permanent crops: 0% other: 99.96% (2005) | arable land: 10.01% permanent crops: 0.65% other: 89.34% (2005) | arable land: 4.23% permanent crops: 1.16% other: 94.61% (2005) | arable land: 21.57% permanent crops: 8.92% other: 69.51% (2005) |
| Irrigated land: | 1,030 sq km (2003) | 10 sq km (2003) | 2,900 sq km (2003) | 1,840 sq km (2003) | 90 sq km (2003) |
| Total renewable water resources: | 30.2 cu km (1990) | 0.3 cu km (1997) | 110 cu km (1987) | 91 cu km (2001) | 66 cu km (1970) |
| Freshwater withdrawal (domestic/industrial/agricultural): | total: 1.58 cu km/yr (30%/6%/64%) per capita: 46 cu m/yr (2000) | total: 0.02 cu km/yr (84%/0%/16%) per capita: 25 cu m/yr (2000) | total: 5.56 cu km/yr (6%/0%/94%) per capita: 72 cu m/yr (2002) | total: 5.18 cu km/yr (10%/0%/89%) per capita: 135 cu m/yr (2000) | total: 0.3 cu km/yr (43%/17%/40%) per capita: 10 cu m/yr (2002) |
| Natural hazards: | recurring drought; flooding during rainy seasons | earthquakes; droughts; occasional cyclonic disturbances from the Indian Ocean bring heavy rains and flash floods | geologically active Great Rift Valley susceptible to earthquakes, volcanic eruptions; frequent droughts | flooding on the central plateau NA during the rainy season; drought | |
| Environment - current issues: | water pollution from urban and industrial wastes; degradation of water quality from increased use of pesticides and fertilizers; water hyacinth infestation in Lake Victoria; deforestation; soil erosion; desertification; poaching | inadequate supplies of potable water; limited arable land; desertification; endangered species | deforestation; overgrazing; soil erosion; desertification; water shortages in some areas from water-intensive farming and poor management | soil degradation; deforestation; desertification; destruction of coral reefs threatens marine habitats; recent droughts affected marginal agriculture; wildlife threatened by illegal hunting and trade, especially for ivory | draining of wetlands for agricultural use; deforestation; overgrazing; soil erosion; water hyacinth infestation in Lake Victoria; widespread poaching |
| Environment - international agreements: | party to: Biodiversity, Climate Change, Climate Change-Kyoto Protocol, Desertification, Endangered Species, Hazardous Wastes, Law of the Sea, Marine Dumping, Marine Life Conservation, Ozone Layer Protection, Ship Pollution, Wetlands, Whaling signed, but not ratified: none of the selected agreements | party to: Biodiversity, Climate Change, Climate Change-Kyoto Protocol, Desertification, Endangered Species, Hazardous Wastes, Law of the Sea, Ozone Layer Protection, Ship Pollution, Wetlands signed, but not ratified: none of the selected agreements | party to: Biodiversity, Climate Change, Climate Change-Kyoto Protocol, Desertification, Endangered Species, Hazardous Wastes, Ozone Layer Protection signed, but not ratified: Environmental Modification, Law of the Sea | party to: Biodiversity, Climate Change, Climate Change-Kyoto Protocol, Desertification, Endangered Species, Hazardous Wastes, Law of the Sea, Ozone Layer Protection, Wetlands signed, but not ratified: none of the selected agreements | party to: Biodiversity, Climate Change, Climate Change-Kyoto Protocol, Desertification, Endangered Species, Hazardous Wastes, Law of the Sea, Marine Life Conservation, Ozone Layer Protection, Wetlands signed, but not ratified: Environmental Modification |

APPENDIX-1 リフトバレー5カ国の主要指標（社会環境）

| Country | Kenya | Djibouti | Ethiopia | Tanzania | Uganda |
|---|---|--|---|--|--|
| Population: | 39,002,772 | 724,622 (July 2009 est.) | 85,237,338 | 41,048,532 | 32,369,558 |
| Age structure: | 0-14 years: 42.3% (male 8,300,393/female 8,181,898) | 0-14 years: 36.3% (male 131,878/female 131,449) | 0-14 years: 46.1% (male 19,596,784/female 19,688,887) | 0-14 years: 43% (male 8,853,529/female 8,805,810) | 0-14 years: 50% (male 8,152,830/female 8,034,366) |
| | 15-64 years: 55.1% (male 10,784,119/female 10,702,999) | 15-64 years: 60.4% (male 194,503/female 243,495) | 15-64 years: 51.2% (male 21,376,495/female 22,304,812) | 15-64 years: 54.1% (male 10,956,133/female 11,255,868) | 15-64 years: 47.9% (male 7,789,209/female 7,703,143) |
| | 65 years and over: 2.6% (male 470,218/female 563,145) (2009 est.) | 65 years and over: 3.2% (male 10,462/female 12,835) (2009 est.) | 65 years and over: 2.7% (male 975,923/female 1,294,437) (2009 est.) | 65 years and over: 2.9% (male 513,959/female 663,233) (2009 est.) | 65 years and over: 2.1% (male 286,693/female 403,317) (2009 est.) |
| Population growth rate: | 2.691% (2009 est.) | 2.164% (2009 est.) | 3.208% (2009 est.) | 2.04% (2009 est.) | 2.692% (2009 est.) |
| Birth rate: | 36.64 births/1,000 population (2009 est.) | 26.34 births/1,000 population (2009 est.) | 43.66 births/1,000 population (2009 est.) | 34.29 births/1,000 population (2009 est.) | 47.84 births/1,000 population (2009 est.) |
| Death rate: | 9.72 deaths/1,000 population (July 2009 est.) | 8.53 deaths/1,000 population (July 2009 est.) | 11.55 deaths/1,000 population (July 2009 est.) | 12.59 deaths/1,000 population (July 2009 est.) | 12.09 deaths/1,000 population (July 2009 est.) |
| Urbanization: | urban population: 22% of total population (2008) | urban population: 87% of total population (2008) | urban population: 17% of total population (2008) | urban population: 25% of total population (2008) | urban population: 13% of total population (2008) |
| Sex ratio: | total population: 1 male(s)/female (2009 est.) | total population: 1.04 male(s)/female (2009 est.) | total population: 0.97 male(s)/female (2009 est.) | total population: 0.98 male(s)/female (2009 est.) | total population: 1 male(s)/female (2009 est.) |
| Infant mortality rate: | total: 54.7 deaths/1,000 live births | total: 58.33 deaths/1,000 live births | total: 80.8 deaths/1,000 live births | total: 69.28 deaths/1,000 live births | total: 64.82 deaths/1,000 live births |
| Life expectancy at birth: | total population: 57.86 years | total population: 60.32 years | total population: 55.41 years | total population: 52.01 years | total population: 52.72 years |
| Total fertility rate: | 4.56 children born/woman (2009 est.) | 2.92 children born/woman (2009 est.) | 6.12 children born/woman (2009 est.) | 4.46 children born/woman (2009 est.) | 6.77 children born/woman (2009 est.) |
| Ethnic groups: | Kikuyu 22%, Luhya 14%, Luo 13%, Kalenjin 12%, Kamba 11%, Kisii 6%, Meru 6%, other African 15%, non-African (Asian, European, and Arab) 1% | Somali 60%, Afar 35%, other 5% (includes French, Arab, Ethiopian, and Italian) | Oromo 32.1%, Amara 30.1%, Tigraway 6.2%, Somalie 5.9%, Guragie 4.3%, Sidama 3.5%, Welaita 2.4%, other 15.4% (1994 census) | mainland - African 99% (of which 95% are Bantu tribes), other 1% (consisting of Asian, European, and Arab); Zanzibar - Arab, African, mixed Arab and African | Baganda 16.9%, Banyakole 9.5%, Basoga 8.4%, Bakiga 6.9%, Iteso 6.4%, Langi 6.1%, Acholi 4.7%, Bagisu 4.6%, Lugbara 4.2%, Bunyoro 2.7%, other 29.6% (2002 census) |
| Religions: | Protestant 45%, Roman Catholic 33%, Muslim 10%, indigenous beliefs 10%, other 2% | Muslim 94%, Christian 6% | Christian 60.8% (Orthodox 50.6%, Protestant 10.2%), Muslim 32.8%, traditional 4.6%, other 1.8% (1994 census) | mainland - Christian 30%, Muslim 35%, indigenous beliefs 35%; Zanzibar - more than 99% Muslim | Roman Catholic 41.9%, Protestant 42% (Anglican 35.9%, Pentecostal 4.6%, Seventh Day Adventist 1.5%), Muslim 12.1%, other 3.1%, none 0.9% (2002 census) |
| Literacy: | total population: 85.1% | total population: 67.9% | total population: 42.7% | total population: 69.4% | total population: 66.8% |
| School life expectancy (primary to tertiary education): | total: 10 years | total: 4 years | total: 8 years | | total: 10 years |
| Education expenditures: | 6.9% of GDP (2006) | 8.4% of GDP (2006) | 6% of GDP (2006) | 2.2% of GDP (1999) | 5.2% of GDP (2004) |

APPENDIX-1 リフトバレー5カ国の主要指標（経済事情）

| Country | Kenya | Djibouti | Ethiopia | Tanzania | Uganda |
|---|---|---|--|---|---|
| GDP (purchasing power parity): (2009USD) | \$63.52 billion (2009 est.) | \$2.039 billion (2009 est.) | \$75.91 billion (2009 est.) | \$57.5 billion (2009 est.) | \$42.18 billion (2009 est.) |
| GDP (official exchange rate): | \$30.21 billion (2009 est.) | \$1.089 billion (2009 est.) | \$33.92 billion (2009 est.) | \$22.16 billion (2009 est.) | \$15.66 billion (2009 est.) |
| GDP - real growth rate: | 1.8% (2009 est.) | 6.5% (2009 est.) | 6.8% (2009 est.) | 4.5% (2009 est.) | 4% (2009 est.) |
| Labor force: | 17.47 million (2009 est.) | 351,700 (2007) | 37.9 million (2007) | 21.23 million (2009 est.) | 15.01 million (2009 est.) |
| Unemployment rate: | 40% (2008 est.) | 59% (2007 est.) | NA% | NA% est.) | NA% est.) |
| Population below poverty line: | 50% (2000 est.) | 42% (2007 est.) | 38.7% (FY05/06 est.) | 36% (2002 est.) | 35% (2001 est.) |
| Distribution of family income - Gini index: | 42.5 (2008 est.) | | 30 (2000) | 34.6 (2000) | 45.7 (2002) |
| Investment (gross fixed): | 21.5% of GDP (2009 est.) | | 23.1% of GDP (2009 est.) | 18.1% of GDP (2009 est.) | 19.7% of GDP (2009 est.) |
| Budget: | revenues: \$6.858 billion expenditures: \$8.759 billion (2009 est.) | revenues: \$135 million expenditures: \$182 million (1999 est.) | revenues: \$4.678 billion expenditures: \$5.36 billion (2009 est.) | revenues: \$3.78 billion expenditures: \$4.693 billion (2009 est.) | revenues: \$2.007 billion expenditures: \$2.508 billion; including capital expenditures of \$NA (2009 est.) |
| Inflation rate (consumer prices): | 20.5% (2009 est.) | 5% (2007 est.) | 11% (2009 est.) | 11.6% (2009 est.) | 12.6% (2009 est.) |
| Central bank discount rate: | NA% (31 December 2008) | NA 11.56% (31 December 2008) | NA% (31 December 2008) | 15.99% (31 December 2008) | 19.42% (31 December 2008) |
| Commercial bank prime lending rate: | 14.02% (31 December 2008) | | 8% (31 December 2008) | 14.98% (31 December 2008) | 20.45% (31 December 2008) |
| Exports: | \$4.479 billion (2009 est.) | \$340 million (2006) | \$1.608 billion (2009 est.) | \$2.744 billion (2009 est.) | \$3.151 billion (2009 est.) |
| Exports - partners: | UK 10.2%, Netherlands 9.4%, Uganda 9.1%, Tanzania 8.9%, US 6.4%, Pakistan 5.7% (2008) | Somalia 79.9%, UAE 4.1%, Yemen 4.1% (2008) | Germany 11.8%, Saudi Arabia 8.7%, Netherlands 8.6%, US 8.1%, Switzerland 7.7%, Italy 6.1%, China 6%, Sudan 5.5%, Japan 4.4% (2008) | India 9.1%, Japan 6.5%, China 6.3%, UAE 5.7%, Netherlands 5.5%, Germany 5.1% (2008) | Sudan 14.3%, Kenya 9.5%, Switzerland 9%, Rwanda 7.9%, UAE 7.4%, Democratic Republic of the Congo 7.3%, UK 6.9%, Netherlands 4.7%, Germany 4.4% (2008) |
| Imports: | \$9.031 billion (2009 est.) | \$1.555 billion (2006) | \$7.315 billion (2009 est.) | \$5.545 billion (2009 est.) | \$4.106 billion (2009 est.) |
| Imports - partners: | UAE 11.9%, India 11.8%, China 10.3%, Saudi Arabia 8.3%, South Africa 5.9%, Japan 5.3%, US 4% (2008) | Saudi Arabia 21.4%, India 16.8%, China 11.1%, US 6.3%, Malaysia 6.3% (2008) | China 16.3%, Saudi Arabia 12%, India 8.7%, Italy 6%, Japan 4.9%, US 4.5% (2008) | China 13.7%, India 13.4%, South Africa 7.4%, Kenya 6.6%, UAE 5.6% (2008) | UAE 11.4%, Kenya 11.3%, India 10.4%, China 8.1%, South Africa 6.7%, Japan 5.9% (2008) |
| Reserves of foreign exchange and gold: | \$2.601 billion (31 December 2009 est.) | | \$1.212 billion (31 December 2009 est.) | \$2.897 billion (31 December 2009 est.) | \$2.296 billion (31 December 2009 est.) |
| Debt - external: | \$7.729 billion (31 December 2009 est.) | \$428 million (2006) | \$4.229 billion (31 December 2009 est.) | \$7.07 billion (31 December 2009 est.) | \$2.05 billion (31 December 2009 est.) |

APPENDIX-1 リフトバレー5カ国の主要指標 (エネルギー・インフラ事情)

| Country | Kenya | Djibouti | Ethiopia | Tanzania | Uganda |
|----------------------------------|-------------------------------------|---|---|--|-------------------------------|
| Electricity - production: | 5.223 billion kWh (2008 est.) | | 3.46 billion kWh (2007 est.) | 3.786 billion kWh (2007 est.) | 2.256 billion kWh (2007 est.) |
| Electricity - consumption: | 4.863 billion kWh (2008 est.) | 260.4 million kWh (2007 est.) | 3.13 billion kWh (2007 est.) | 3.182 billion kWh (2007 est.) | 2.068 billion kWh (2007 est.) |
| Electricity - exports: | 58.3 million kWh (2007 est.) | 0 kWh (2008 est.) | 0 kWh (2008 est.) | 0 kWh (2008 est.) | 30 million kWh (2007) |
| Electricity - imports: | 22.5 million kWh (2007 est.) | 0 kWh (2008 est.) | 0 kWh (2008 est.) | 200 million kWh (2007 est.) | 0 kWh (2008 est.) |
| Oil - production: | 0 bbl/day (2008 est.) | 0 bbl/day (2008 est.) | 0 bbl/day (2008 est.) | 0 bbl/day (2008 est.) | NA bbl/day bbl/day NA |
| Oil - consumption: | 75,000 bbl/day (2008 est.) | 13,000 bbl/day (2008 est.) | 37,000 bbl/day (2008 est.) | 32,000 bbl/day (2008 est.) | 13,000 bbl/day (2008 est.) |
| Oil - exports: | 7,270 bbl/day (2007 est.) | 19 bbl/day (2007 est.) | 0 bbl/day (2007 est.) | 0 bbl/day (2007 est.) | 0 bbl/day (2007 est.) |
| Oil - imports: | 80,530 bbl/day (2007 est.) | 8,476 bbl/day (2007 est.) | 33,590 bbl/day (2007 est.) | 28,070 bbl/day (2007 est.) | 13,090 bbl/day (2007 est.) |
| Oil - proved reserves: | 0 bbl (1 January 2009 est.) | 0 bbl (1 January 2009 est.) | 430,000 bbl (1 January 2009 est.) | 0 bbl (1 January 2009 est.) | 0 bbl (1 January 2009 est.) |
| Natural gas - production: | 0 cu m (2008 est.) | 0 cu m (2008 est.) | 0 cu m (2008 est.) | 560.7 million cu m (2008 est.) | 0 cu m (2008 est.) |
| Natural gas - consumption: | 0 cu m (2008 est.) | 0 cu m (2008 est.) | 0 cu m (2008 est.) | 560.7 million cu m (2008 est.) | 0 cu m (2008 est.) |
| Natural gas - exports: | 0 cu m (2008 est.) | 0 cu m (2008 est.) | 0 cu m (2008 est.) | 0 cu m (2008 est.) | 0 cu m (2008 est.) |
| Natural gas - imports: | 0 cu m (2008 est.) | 0 cu m (2008 est.) | 0 cu m (2008 est.) | 0 cu m (2008 est.) | 0 cu m (2008 est.) |
| Natural gas - proved reserves: | 0 cu m (1 January 2009 est.) | 0 cu m (1 January 2009 est.) | 24.92 billion cu m (1 January 2009 est.) | 6.513 billion cu m (1 January 2009 est.) | 0 cu m (1 January 2009 est.) |
| Telephones - main lines in use: | 252,300 (2008) | 10,800 (2008) | 908,900 (2008) | 179,849 (2009) | 168,500 (2008) |
| Telephones - mobile cellular: | 16.234 million (2008) | 44,100 (2005) | 3.168 million (2008) | 14.723 million (2009) | 8.555 million (2008) |
| Television broadcast stations: | 8 (2008) | 1 (2001) | 1 (plus 24 repeaters) (2001) | 3 (1999) | 8 (plus 1 repeater) (2001) |
| Internet hosts: | 32,913 (2009) | 199 (2009) | 136 (2009) | 24,724 (2009) | 6,757 (2009) |
| Internet users: | 3.36 million (2008) | 13,000 (2008) | 360,000 (2008) | 520,000 (2008) | 2.5 million (2008) |
| Airports: | 181 (2009) | 13 (2009) | 63 (2009) | 125 (2009) | 35 (2009) |
| Airports - with paved runways: | total: 16 | total: 3 | total: 17 | total: 9 | total: 5 |
| Airports - with unpaved runways: | total: 165 | total: 10 | Airports - with unpaved runways: | total: 116 | over 3,047 m: 1 |
| Railways: | total: 2,778 km | total: 100 km (Djibouti segment of the 781 km Addis Ababa-Djibouti railway) | total: 681 km (Ethiopian segment of the 781 km Addis Ababa-Djibouti railroad) | total: 3,689 km | total: 1,244 km |
| Roadways: | total: 63,574 km (interurban roads) | total: 3,065 km | total: 36,469 km | total: 78,891 km | total: 70,746 km |

(資料:U.S. Central Intelligence Agency, The World Factbook)

添付資料2 地域別の地熱データ一覧(1)

| Country | No | Field Name | Surface Geoscientific Survey | | | | | Drilling Testing | | Development Stage | Temperature | |
|----------|----|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------|--|
| | | | Geology/Geochemistry | | Geophysics | | | Well Drilling | Production Test | | Max. Surface Temp (°C) | Possible Deep Fluid Temp (°C) (Geothermometer) |
| | | | Geological Survey | Geochemical Survey | Gravity | Schumberger | MT/CSMT | | | | | |
| Kenya | 1 | Otharia | Done | Done | Done | Done | Done | 100 wells over | Done | OP | - | - |
| | 2 | Eburru | Done | Done | Done | Done | Done | 6 deep wells | Done | FS | - | - |
| | 3 | Suswa | Done | Done | Done | Done | Done | - | - | Pre-FS | 93 | 250 |
| | 4 | Longonet | Done | Done | Done | Done | Done | - | - | Pre-FS | 92-97 | 250 |
| | 5 | Menengai | Done | Done | Done | Done | Done | - | - | Pre-FS | 60-94 | 250 |
| | 6 | Arusi/Bogoria | Done | Done | Done | Done | Done | - | - | Pre-FS | 100 | 180-248 |
| | 7 | Baringo | Done | Done | Done | Done | Done | - | - | Pre-FS | 97 | 170-210 |
| | 8 | Korosi/Cheparuk | Done | Done | Done | Done | Done | - | - | Pre-FS | 80-96 | 220-250 |
| | 9 | Paka | Done | Done | Done | Done | Done | - | - | Pre-FS | 97 | 250-300 |
| | 10 | Suloh | Done | Done | Done | Done | Done | - | - | Re | 97 | 250-300 |
| | 11 | Emurangogolak | Done | Done | Done | Done | Done | - | - | Re | 96 | 250-350 |
| | 12 | Namarunu | Done | Done | Done | Done | Done | - | - | Re | 30-100 | 200 |
| | 13 | Barrier volcano | Done | Done | Done | Done | Done | - | - | Re | 99 | 220-296 |
| | 14 | L. Magadi | Done | Done | Done | Done | Done | - | - | Re | 85 | 150 |
| Ethiopia | 1 | Aluto Langano | Done in 1970, 77 & 84 | Done in 1970 and 83 | Done in 1970, 81 & 82 | Done in 1981 & 82 | Done in 1981, 82 & 2009 | 8 deep wells | Not reliable | OP | 60-70 | - |
| | 2 | Tendaho | Done in 1970, 79 & 84 | Done in 1970, 80, 85 upto 2007 | Done in 1979, 80, 87 & 95 | Done | Will be done in 2010 | 3 deep wells, 3 shallow wells | Done | FS | - | - |
| | 3 | Abaya | Done in 1970 & 2000 | Done in 1970 & 2000 | Done in 1970 & 2000 | Done in 2000 | - | Shallow TG wells | - | Detailed Surface Exploration | 96 | 300 |
| | 4 | Corbetti | Done in 1970, 83 and 84 | Done in 1970 | Done in 1983 & 84 | Done in 1983 & 84 | - | Shallow TG wells | - | Detailed Surface Exploration | 94 | 300 |
| | 5 | Tulu Moye | Done in 1970, 86, 87, 88 & 2000 | Done in 1970, 85, 87 & 2001 | Done in 1986, 87, 88, 2000 | Done in 1985, 87, 88 & 2000 | - | Shallow TG wells | - | Detailed Surface Exploration | 60-80 | 150 |
| | 6 | Dofan | Done in 1970, 86, 87, 2003-07 | Done in 1970, 86, 87, 2003-07 | Done in 1970, 86, 87, 2003-07 | Not??? | - | - | - | Semi-detailed surface explor. | 100 | 280 |
| | 7 | Fantale | Done in 1970, 86, 87, 2003-07 | Done in 1970, 86, 87, 2003-07 | Done in 1970, 86, 87, 2003-07 | Not??? | - | - | - | Semi-detailed surface explor. | 100 | 280 |
| | 8 | Gedema | Done in 1970, 86, 87, 88 & 2000 | Done in 1970, 86, 87, 88 & 2000 | Done in 1970, 86, 87, 88 & 2000 | Done in 1986, 87, 88 & 2000 | - | Shallow TG wells | - | Detailed Surface Exploration | 60-80 | - |
| | 9 | Dallo | Done in 1970, 86 & 87 | Done in 1970, 86 & 87 | Done in 1970, 86 & 87 | - | - | - | - | Identified localities | - | - |
| | 10 | Kone | Done in 1970, 86 & 87 | Done in 1970, 86 & 87 | Done in 1970, 86 & 87 | - | - | - | - | Re | - | - |
| | 11 | Meteka | Done in 1970, 86 & 87 | Done in 1970, 86 & 87 | Done in 1970, 86 & 87 | - | - | - | - | Re | - | - |
| | 12 | Teo | Done in 1970, 86 & 87 | Done in 1970, 86 & 87 | Done in 1970, 86 & 87 | - | - | - | - | Re | - | - |
| | 13 | Danab | Done in 1970, 86 & 87 | Done in 1970, 86 & 87 | Done in 1970, 86 & 87 | - | - | - | - | Re | - | - |
| | 14 | Lake Abbe | Done in 1970, 86 & 87 | Done in 1970, 86 & 87 | Done in 1970, 86 & 87 | - | - | - | - | Identified localities | - | - |
| Djibouti | 1 | Arta | Done | Done | Done | Done | Done | 6 deep wells | Done | FS | 100 | - |
| | 2 | Hanle | Done | Done | Done | Done | - | 2 deep wells & 3 shallow wells | - | Pre-FS | 60 | 118-260 |
| | 3 | Gaggade | Done | Done | Done | Done | - | - | - | Pre-FS | 60 | - |
| | 4 | N. of Ghoubbet | Done | Done | Done | Done | - | - | - | Pre-FS | - | 220 |
| | 5 | Arta | Done | Done | Done | - | - | - | - | Re | 75-95 | 7 |
| | 6 | Obock | Done | Done | Done | - | - | - | - | Re | - | 210 |
| | 7 | Lac Abbe | Done | Done | - | - | - | - | - | Re | 90 | - |
| | 8 | Chevery | - | - | - | - | - | Shallow TG well(s) | - | Re | - | - |
| | 9 | Inakir | - | - | - | - | - | - | - | Re | - | - |
| Tanzania | 1 | Mbeya (Songwe-Rungwe) | Done | Done | - | - | Done | - | - | Pre-FS | 86 | 230 |
| | 2 | Rukwa | Done | Done | - | - | - | - | - | Re | 60 | 110 |
| | 3 | Kraka & Rufiji | Done | Done | - | - | - | - | - | Re | 75 | - |
| | 4 | Eyasi - Ngorongoro - Natron | Done | Done | - | - | - | - | - | Re | 52 | 279 |
| | 5 | Dodoma - Singida - Kondo | Done | Done | - | - | - | - | - | Re | 47 | 210 |
| Uganda | 1 | Buranga | Done | Done | - | - | - | 6 shallow TG wells | - | Pre-FS | 98.3 | 120-150 |
| | 2 | Katwe-Kikorongo | Done | Done | Done | - | TEM | 6 shallow TG wells | - | Pre-FS | 70 | 140-200 |
| | 3 | Kibiro | Done | Done | Done | - | TEM | 6 shallow TG wells | - | Pre-FS | 86.4 | 200-220 |
| | 4 | Panvumir | - | - | - | - | - | Shallow TG well(s) | - | Re | - | - |

TG: Thermo-Gradient Well

Re: Reconnaissance

Pre-FS: Preliminary Feasibility Study

FS: Feasibility Study

OP: Operation

添付資料2 地域別の地熱データ一覧(2)

| Country | No. | Field Name | Geothermal Structure | | | | Hot Spring Water Chemistry |
|----------|-----|-----------------------------|--------------------------|--|---|--|---|
| | | | Max. Measured Temp. (°C) | Possible Heat Source | Hydrothermal Alteration | Permeable Structure | |
| Kenya | 1 | Olkaria | 340 | Several up-flow zone above magma reservoir | Hot springs and fumaroles along the faults | Ol Butot fault and NW-SE trending fault | pH: 8.5-9.5, NaCl type, Cl Max: 200-700 |
| | 2 | Eburru | 279 | Narrow volcanic body | Along Eburru caldera and N-S trending faults | NE-SW, NW-SE trending faults | Cl Max: 700 |
| | 3 | Suswa | - | Magma body under Suswa caldera | Solfatara within the annular trench | Faults | Low pH |
| | 4 | Longonet | - | Single Magma chamber under caldera and crater | Numerous manifestations within the summit crater and outside on | NE & NW trending faults | |
| | 5 | Menengai | - | Hot body that underlies Menengai caldera | | | pH: 7-9, |
| | 6 | Arusi/Bogoria | - | Thin crust/shallow dykes and intrusives | | Faults | pH: 6.5-9.2, HCO ₃ type, Cl Max: 3,295 |
| | 7 | Baringo | - | Main: Under Korosi volcano (to the north) | | NNE and N-S trending structures | pH: 7.0-9.3, HCO ₃ type, |
| | 8 | Korosi/Chepchuk | - | Under Korosi and Ol kokwe volcanoes | | Shallow magmatic intrusions and dykes | Cl Max: 500 |
| | 9 | Paka | - | Trachyte/trachyte-basaltic body | Reddish & whitish kaolinite and alunite clays | Faults/fractures | pH: 6.7-8.5, HCO ₃ type, |
| | 10 | Silali | - | Silali caldera volcano | | NNE and NNW trending structures | NaHCO ₃ type, pH: 8.25-9.15 |
| | 11 | Emurangolok | - | Shallow hot magma body under caldera | | NNE, E and S trending faults | Ph: 8.25, Cl max: 350 |
| | 12 | Namarunu | - | Namarunu volcano | | NNE trending faults | pH: 8.8 |
| | 13 | Barrier volcano | - | Large hot body under Kakorinya volcano | | Faults/fractures | pH: 8.3, Cl Max: 3,420 |
| | 14 | L. Magadi | - | Heat generated along fault plane and Dyke Intrusion | - | - | NaHCO ₃ type, pH: 8.8-9.9 |
| Ethiopia | 1 | Aluto Langano | 350 | Up-flow zone along Wangi fault zone | Fumaroles and Hot Springs related to the fault and ring structure | Wanji Fault Zone | pH: 9, HCO ₃ -Cl, Cl Max: 350 |
| | 2 | Tendaho | 278 | Magma remnants injected along crustal separation zones | Surface manifestations in alignment of Dubti fault | Dubti Fault | NaCl type, medium to high temperature. |
| | 3 | Abaya | - | Rhyolitic intrusion within the greater Abaya area. | Associated with Duguna central volcano and Chericho volcano | Wonji Fault Belt (NNE-SSW) and transverse structure (NW-SE and E-W) | pH: neutral, NaCl-HCO ₃ type. |
| | 4 | Corbetti | - | Remnant magma intruded at shallow depth | Associated with Corbetti caldera | Corbetti caldera and transverse structure (NNE-SSW) | NaCl-HCO ₃ type |
| | 5 | Tulu Moye | - | A shallow magmatic chamber beneath young eruptive centers (0.07 My) | Numerous gaseous manifestations with significant H ₂ content | Numerous NNE-SSW trending faults, rift forming faults and the NNS-SSE oriented transverse faults | Na-HCO ₃ type |
| | 6 | Dofan | - | A shallow magma chamber which gave rise to voluminous eruption of volcanic products, which consists of rhyolite, obsidian, trachyte, pumice and ignimbrite | Fumaroles and hot springs within a rhyolitic volcano | A NNE-SSW trending graben along the faults | pH: 8.2-8.18, Na-HCO ₃ type |
| | 7 | Fantale | - | | | | pH: 8.2-8.18, Na-HCO ₃ type |
| | 8 | Gedemsa | - | | | | - |
| | 9 | Dallol | - | | | | - |
| | 10 | Kone | - | | | | - |
| | 11 | Meteka | - | | | | - |
| | 12 | Teo | - | | | | - |
| | 13 | Danab | - | | | | - |
| | 14 | Lake Abhe | - | | | | - |
| Djibouti | 1 | Assal | 355 | Volcanics related to the Assal Rift | Fumaroles and hot springs along NW-SE trending faults | Dominant NW-SE trending faults in Assal Rift | Weakly acidic NaCl type |
| | 2 | Hanle | 124 (at 2020m in | | Several Fumaroles and Springs | | Alkaline-chloride type |
| | 3 | Gaggade | - | | Several Fumaroles and Springs | | Alkaline-chloride type |
| | 4 | N. of Ghoubbet | - | Volcanics related to the Gulf of Tadjourah Ridge | Several Fumaroles and Springs | Assal Rift NW-SE, Makarasou N-S and old trends | |
| | 5 | Arta | - | Volcanics related to the Gulf of Tadjourah Ridge | along the Gulf of Tadjourah Ridge | Tadjourah Ridge | Alkaline-Chlorine in relation with sea water |
| | 6 | Obock | - | Volcanics related to the Gulf of Tadjourah Ridge | Hot springs and fumaroles | Tadjourah Ridge | Alkaline-chloride type |
| | 7 | Lac Abbe | - | | Hot springs, fumaroles and travertine | ? | Alkaline-chloride-sulfated type Lake Abbe is hypersaline |
| | 8 | Chevery | - | | | | - |
| | 9 | Inakir | - | | | | - |
| Tanzania | 1 | Mbeya (Songwe-Rungwe) | - | volcanics from the Rungwe massif | magnetic iron oxides | NW-SE horizontal extension and NE-SW horizontal compression | pH: 6.6-8.0, Cl max: 2,040ppm |
| | 2 | Rukwa | - | | | | pH: 8.0, Cl: 2,040ppm |
| | 3 | Kitala & Rufiji | - | | | | pH: 7.5-8.5, Cl max: 160ppm |
| | 4 | Eyasi - Ngorongoro - Natron | - | | | | pH: 7.6-10, Cl max: 4,810ppm |
| | 5 | Dodoma - Singida - Kondo | - | | | | pH: 7.2-8.9, Cl max: 770ppm |
| Uganda | 1 | Buranga | - | magmatic intrusion | | | pH: 7.5-8.5, Cl max: 4,240 mg/kg |
| | 2 | Katwe-Kikorongo | - | magmatic intrusion | | | pH: 7.0-9.6, Cl max: 86,600mg/kg |
| | 3 | Kibiro | - | intrusive rock? | | | pH: 7-8, Cl max: 2,580mg/kg |
| | 4 | Panymur | - | | | | - |

添付資料2 地域別の地熱データ一覧(3)

| Country | No. | Field Name | Fluid Flow | | Geothermal System | Estimated Resource Potential (Mwe) | Task for Geothermal Resource Development | Remarks | Reference |
|----------|-----|-----------------------------|---|--|---|------------------------------------|---|---|-------------------|
| | | | Deep Reservoir Fluid Discharge at the Surface | Production Flow Rate | | | | | |
| Kenya | 1 | Olkaria | - | - | NaCl typed Steam dominated hot temperature | 400 | Production drilling | | (2) |
| | 2 | Eburru | 3 wells discharged. 1 well (EW-1) produced. | 82 t/h from EW-1 | Medium to high temp. | 45 | Appraisal Drilling | | (1) |
| | 3 | Suswa | - | - | Medium to high temp. | 600 | Exploratory drilling | Developed by IPP | (1) |
| | 4 | Longonot | - | - | Medium to high temp. | >200 | Exploratory drilling | Developed by IPP | (1) |
| | 5 | Menengai | - | - | Medium to high temp. | >200 | Exploratory drilling | | (1) |
| | 6 | Arus/Bogoria | - | - | Medium temp. | >20 | Exploratory drilling | | (1) |
| | 7 | Baringo | - | - | Medium to high temp. | 200 | Exploratory drilling | | (1) |
| | 8 | Korosi/Chepchnuk | - | - | High temp. | >700 | Exploratory drilling | | (1) |
| | 9 | Faka | - | - | High temp. | >750 | Exploratory drilling | | (1) |
| | 10 | Silali | - | - | Medium to high temp. | >400 | Well Targetting & Exploratory drilling | | (1) |
| | 11 | Em urangogolak | - | - | Medium temp. | 300 | Detailed surface exploration & Well targeting | | (1) |
| | 12 | Namarunn | - | - | Medium to hit | >20 | Detailed surface exploration & Well targeting | | (1) |
| | 13 | Barrier volcano | - | - | High temp. | >200 | Detailed surface exploration & Well targeting | | (1) |
| | 14 | L. Magadi | - | - | Medium temp. | - | Detailed surface exploration & Well targeting | | (1) |
| Ethiopia | 1 | Aluto Langano | 4 wells : productive | 32.8 to 42.8 t/h at 1MPaG (LA-3 and LA-6) | Hydrothermal Convection system with high temp. | 75 | Appraisal Drilling | | (3) |
| | 2 | Tendaho | 3 deep wells and 1 shallow well: productive | Total Mass Flow: 33 to 70 kg/s (TD-5 shallow well) | Water dominated reservoir with medium to high temperature | 100??? | Appraisal Drilling | Explored by BGR | (3) |
| | 3 | Abaya | - | - | The sodium bicarbonate type with neutral pH (similar to the Aluto-Langano | 100 | Well Targetting & Exploratory drilling | | (3) |
| | 4 | Corbetti | - | - | The sodium bicarbonate type with neutral pH (similar to the Aluto-Langano | 75 | Well Targetting & Exploratory drilling | | (3) |
| | 5 | Tulu Moye | - | - | Mainly Structure controlled | 40 | Detailed surface exploration & Well targeting | | (3) |
| | 6 | Dofan | - | - | Mainly Structure controlled | 50 | Detailed surface exploration & Well targeting | | (3) |
| | 7 | Fantale | - | - | Mainly Structure controlled | 50 | Detailed surface exploration & Well targeting | | (3) |
| | 8 | Gedemsa | - | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | | (3) |
| | 9 | Dalloi | - | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | | (3) |
| | 10 | Kone | - | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | | (3) |
| | 11 | Meteka | - | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | | (3) |
| | 12 | Teo | - | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | | (3) |
| | 13 | Danab | - | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | | (3) |
| | 14 | Lake Abbe | - | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | | (3) |
| Djibouti | 1 | Assal | - | 350 t/h in total mass flow at 12 bar (AS-3) | High temp. reserv. With high salinity brine | 50-150 | Appraisal Drilling | | (4) |
| | 2 | Hanle | - | - | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | | (D-1) |
| | 3 | Gaggade | - | - | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | | (D-1) |
| | 4 | N. of Ghoubbet | - | - | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | | (D-1) |
| | 5 | Arta | - | - | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | | (D-1) |
| | 6 | Obock | - | - | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | | (D-1) |
| | 7 | Lac Abbe | - | - | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | Explored by IPP | (D-1) |
| | 8 | Chevery | - | - | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | 150°C at 150m in depth | (D-1) |
| | 9 | Inakir | - | - | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | Recommended from CERD | (D-1) |
| Tanzania | 1 | Mbeya (Songwe-Rungwe) | - | - | Medium temp. | - | Detailed surface exploration & Well targeting | Explored by BGR | (T-1) (T-3) |
| | 2 | Rukwa | - | - | Low temp. | - | Detailed surface exploration & Well targeting | | (T-1) (T-2) (T-3) |
| | 3 | Kisali & Rufiji | - | - | - | - | Detailed surface exploration & Well targeting | | (T-1) (T-2) (T-3) |
| | 4 | Eyasi - Ngorongoro - Natron | - | - | High temp. | - | Detailed surface exploration & Well targeting | | (T-1) (T-2) (T-3) |
| | 5 | Dodoma - Singida - Kondoa | - | - | Medium temp. | - | Detailed surface exploration & Well targeting | | (T-1) (T-2) (T-3) |
| Uganda | 1 | Buranga | - | - | Low temp. | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | Explored by BGR | (5) |
| | 2 | Katwe-Kikorongo | - | - | Medium temp. | ? | | Situated inside the Queen Elizabeth National Park | (5) |
| | 3 | Kibiro | - | - | Medium temp. | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | | (5) |
| | 4 | Panymur | - | - | - | ? | Detailed surface exploration & Well targeting | Thermo-gradient: 80°C/km | (5) |

(1) KenGen "New Opportunities for Conventional Geothermal Fields in the East African Countries"

(2) Pilot Study for Project Formation for Geothermal Energy Projects in East Rift Valley of the East African Countries (JBIC, 2008)

(3) Data provided from Geological Survey of Ethiopia on May 2010.

(4) Assal Geothermal Power Development Project (West JEC, 1996)

(D-1) Julludin Mohamed: State of knowledge of the geothermal provinces of the republic of Djibouti, ARGeo-C1 conference 2006

(T-1) SWECO 2005

(T-2) Hochstein et al., 2000

(T-3) MoEM 2009

(5) Bahati 2010

