



## 世界の製油所巡り歩き

SCE・Net 加藤 恒一

E-144

発行日

2021-7-14

石油産業が変換期にあると云われて久しい。最近の主要各国政府に依る地球温暖化対策の推進の下、石油の消費は減少傾向に進むであろう。日本の製油所の数は、1968年には40箇所あったが、現在では21箇所と半減している。世界的に見ると、30年前から、世界の製油所総数は約700箇所ではほぼ一定である。日本の他、北米と欧州で減って、他の地域で増えて居る。

2050年に石油産業はどうなるであろうか、製油所はどうなるのか？ 予想は難しい問題である。長期的には、途上国における限界的伸張が飽和に達した後、現状維持をするのが精いっぱい、結果的にゆるやかに“衰退”していくのか、或は、若干の縮小均衡はあるとして、その時点での需要に見合った製品の供給者として存在し続けるのだろうか。

1980年代後半から2010年代にかけて、世界各地の製油所を技術コンサルタントとして訪問、現地技術者と協力し作業を行ってきた。記憶も薄れつつあるが、今回、製油所探訪記として回想を纏めてみたい。石油に関心の薄い方も、風土紀行文としてお読みいただければ幸いである。

### 1. オリノコオイルベルト、カルドン製油所、ベネズエラ、1982-1984年

カリブ海に面したマイケティア国際空港は、日本から米国もしくはメキシコを経由して約20時間を要する。首都カラカスはその南東40km、海拔1kmの崖状台地の端にある。高速道路を駆け上がると、その周囲に密集した粗末な住居群（Rancho）が見えてくる。当時南米ではベネズエラは豊かな国であったが、貧富の格差も大きかった。

ベネズエラ東部の超重質油オイルサンド鉱床は、単独で中東の全油田の原始埋蔵量に匹敵する大きさである。オイルサンドの日本での利用のため、1982年、日本の民族資本系石油会社及び銀行・商社・エンジ会社からなるグループが結成された。ベネズエラ国営石油公社PDVSA傘下のマラベン社と協力して、オリノコオイルベルト、スアタ地区の超重質油開発調査を実施するためである。幹事会社の 中堅エンジニア兼まとめ役として参加した。 当時は日本の経済発展力もまだ旺盛であり、ベネズエラの



カラカス市近郊にて 1982年

政治も比較的安定していた。単なる夢物語でなく、技術的にも、経済的にも、実現の可能性もかなりあると思っていた。マラベン社の鉱区であるスアタ地区は、カラカスの南方約 120km、車で 2 時間半であった。当時は、施設設備は殆ど何もなく、まばらに生える灌木を伐採すれば、広大なゴルフ場と云った景観であった。

分厚い英文の報告書が手元に残っている。9.8 API 度の Suata crude oil, 規模 10 万 Barrel/Day (以下 B/D と略す) を原料として、重質油分解プロセスにより軽質化し、17-31 API 度の合成原油として、パイプラインにて海岸まで運び、日本に輸入するプロジェクトであり、各種の分解プロセスを比較検討した。オリノコオイル利用国際プロジェクトの先駆けではあった。マラベン社や INTEVEP 研究所の技術力も低くはなかったが、地政学的問題もあり進展せず 1984 年に中断となった。

カラカスでは、市内のタマナコホテルを定宿とした。良いホテルであった。夜になると庭の茂みから虫の音がする。かなりにぎやかで、日本にはない鳴き声であり、異国情緒を醸し出す。また、休日には良くゴルフに出かけた。市のはずれに、ラグニータというゴルフ場があり、眼下に雲を見るプレーが楽しめた。郊外にはフンコというゴルフ場もあったが、やや hilly であり不人気であった。キャデイは全て男子であった。

ベネズエラは超重質油以外にバチャケロ 17 など所謂重質油を多く産出し精製する。よって 国立研究所 INTEVEP における重質原油処理研究は良く知られており、当時同研究が盛んであった日本との交流も続いていた。INTEVEP は、カラカス郊外の Los Teques にあり、広大な敷地に整然と研究棟が配置されていた。

1990 年 5 月 INTEVEP との技術会議の後、西部マラカイボ湖畔のマラベン社カルドン製油所 (40 万 B/D) を見学する機会を得た。Amuay 製油所と並んで西部の大型製油所である。マラベン社の技術者が案内役として同行してくれる約束であった。翌日早朝、空港にて待ち合わせの時刻になっても彼は現れず、不安はあったが、航空券は買っていたので、そのままローカル線に乗った。マラカイボ空港についてもやはり出迎えはない。当時スペイン語は片言であり (今は全く出来ない)、製油所に電話をしても英語を話す人に当たらず閉口した。そうこうするうちに事情を知る人がラインに現れて事なきを得た。後日彼に事情を質すと、飛行場へ行く途中、交通渋滞があり、仕方なかった由、謝るでもなく、「アスタ マニャーナ」Hasta mañana という。ラテンではこういうことが起こる。その後彼とは会っていない。カルドン製油所は INTEVEP の研究成果を種々、実証していた。Delayed Coker の大型 Drum の鮮やかな青色 (示温塗料で高温にて変色する) が印象に残っている。



Cardon Refinery

1992 年 11 月メキシコとベネズエラにおける重質油分解技術の進展を調査する機会

があり、PEMEX と IMP を訪問した後、マラベン社、INTEVEP、スアタ地区を訪れた。スアタ地区は若干整備されていたが、油槽はあったが分解設備などは未だ皆無であった。業務を終了し 27 日に帰国する予定であった。早朝タマナコホテルを出発し、飛行場に向かうがどうも市中の様子がおかしい。銃声や爆発音らしいものが聞こえる。チャベス氏に近いグループによるクーデターが発生し(実際は未遂だが多くの死傷者を出す)遭遇したわけである。運転手の機転にて直ちに飛行場際のホテルに待避し部屋を何とか確保出来た。飛行場は閉鎖され 3 日間缶詰となった。

ベネズエラは 1990 年代初めまで「ラテンアメリカの民主主義の模範国」であった。1998 年の大統領選でチャベス政権が誕生、2002 年 4 月チャベスは反米を明確化する。事態は改善せず混乱は続く。ベネズエラの経済危機は、チャベス政権が推し進め、マドゥロ政権が引き継いだ、国家介入型の経済政策の失敗にあると言われている。2013 年以降経済成長率ゼロか大きくマイナスの状態が続いている。国家の体をなしていないとも言われる。

2019 年以降ベネズエラ製油所の稼働率は 20%以下となり、同年 7 月には国内全ての製油所が稼働していないという状況に陥った。ロシアへの依存を強め、ロシアへ原油を輸出し、その見返りとしてロシアからガソリンを輸入しているという。資源に富む国ベネズエラが未曾有の混乱から立ち上がるのはいつの事だろうか。

## 2. ナトレフ (National Refinery) 製油所、南アフリカ共和国、1993 年

1993 年 4 月、シンガポールからの直行便にて、ヨハネスブルグの Jan Smuts airport に到着した。当時は、さびれた日本の地方空港のたたずまいであった。(その後ヨハネスブルグ国際空港、さらには O・R・タンボ国際空港と改名、増強された)。

1993 年は禁輸解除の年であった。マンデラ氏を大統領とする民主政権が発足する 1 年前である。

南アの石油事情は、アパルトヘイトに起因する長年のサンクションにより、他の諸国と異なっている。原油の国内生産は少なく、輸入も出来ないため、豊富にある石炭を間接液化し液体燃料を得る SASOL プロセスを独自に進化発展させて、国内原油からの軽質分と混合して移動用燃料としている。他国との技術交流も少ない。また近年では天然ガスからも合成油を生産している。日本にはあまり知られていないが、南ア国内には数か所の製油所があった。ナトレフ製油所は文字通り国営の製油所(8 万 B/D)である。留出油の脱硫分解触媒の商談があり、技術交流と国産触媒の販売を目途とした訪問であった。この製油所はヨハネスブルグ近郊の Sasolburg にあり、Sasol 社の傘下である。

蒸留設備に加えて、接触分解、改質、脱硫、水素化分解なども設置されている。合成油は基本的にパラフィン分が多く高オクタンガソリン原料に不向きである。この改良策などを議論した。当時ガソリンはまだ加鉛であった。街の治安は悪く、自動車から降

りて自由に散策することは許されなかった。

94年4月に初の全人種参加による総選挙が行われた結果、アフリカ民族会議（ANC）総裁として反アパルトヘイト運動を主導したネルソン・マンデラを大統領とする民主政権が発足したが、混乱は続くことになる。商談は消滅となった。

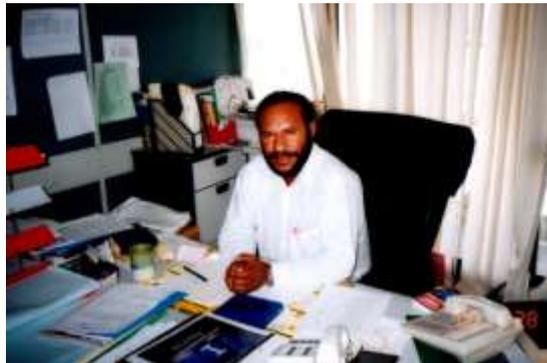
### 3. パプアニューギニア、ナパナパ製油所、1998年-2000年、2004年

ニューギニア島を南北に垂線にて2等分した西側がインドネシア領イリヤンジャワで、残りの東側がパプアニューギニア（PNG）である。PNGは人口878万人（2019年）、南洋諸島国では最大の人口を擁し、石油・ガスなどの地下資源も有している。ラバウル、ラエ、サラモアなど日本と関係深い地域もある。西側は4000m級の山岳地帯であり、マラリア等の風土病も多い。油田は中小規模のものが東部山間部に位置する。1990年以降、Kutubu、Moranなどの各油田において、当時勤務していた石油会社が探鉱段階を終えて原油の生産事業に取り組んでいた。その関係もあり同国における業務の可能性に以前から注目していた。

関係の発端は、1998年頃 PNG 日本大使館の技術アタッシュから、同国における製油所建設計画に関する指導を依頼された事であった。2000年3月、PNGのDOE（エネルギー省）の招待にて、国際石油交流センター（JCCP）の専門家としてポートモレスビーに出張した。その後、製油所建設プロジェクトに何度か関係した。それ等の経緯について記してみたい。当時日本からの直行便はなく、オーストラリアのケアンズ経由もしくはシンガポール経由であった。日本の援助で建設されたポートモレスビーのジャックソン空港は近代的であった。しかし数か月前にはマフィアの銃撃戦があったという。同地区には生活困窮者、麻薬患者も多く、夜間は外出禁止であった。



PNG DOEでの会議 2000年



DOE長官 Mr. Gabut 2000年

DOEを含めてPNGの諸官庁や日本大使館、JICAの部局などを回り、製油所建設の有益性、プロジェクトの実施方法、日本の関与等について説明した。DOE勤務の役人は英国留学組で英語も流暢である。建設候補地についてもDOE担当者Mr. Aとともに訪問

した。その縁もあって Mr. A は後日、日本に短期留学した。当時先行していたオーストラリアの InterOil 社を表敬訪問し意見交換を行った。ポートモレスビーは世界で最も美しい海を持つ首都だと言われる。ポートで 30 分程のリゾートがロロアタ島であり、日本のダイバーも訪れる。シュノーケルを付けて泳いだら、魚の群れが大層美しかった。



NAPA NAPA 製油所予定地



同左

2004 年に InterOil 社が NAPA NAPA 製油所を建設した。中古の蒸留設備及び脱硫プラントを米国本土から移設し、整備したと言われる。2009 年 10 月、Adviser として M 物産と InterOil 社とのガス田開発事業（天然ガスコンデンセート利用）に掛かる技術調査のため PNG および同社本社（ケアンズ）に出張し NAPA NAPA 製油所見学の機会を得た。製油所は入江にあるポートモレスビー港の対岸にあり、移動はスピードボートを使用する。公称 3 万 6 千 BPD の言わば超小型の Hydro skimming refinery であり、技術的には特徴に乏しい。メインのプロセス装置をアメリカから移設して立ち上げたことが特徴であろうか。移設後の本格操業から約 5 年を経過していたが、経過年数の割にはプロセス設備の老朽化は顕著ではなかった。製油所総人数 116 名、主装置の直人数 12 名は、途上国の製油所としては非常に少数である。中東、アジアの国々によってはこの 5 倍以上は居るのではないか。プロセス設計会社 KBC の OB がマネージャーであった。装置の簡単度を考慮しても、フィリピン人のオペレーターはかなり優秀であると感じた。



NAPA NAPA 製油所遠景 2009 年



NAPA NAPA 製油所 2009 年

その後製油所は一時閉鎖されたが、2014 年に拡充再開され現在に至っている。

#### 4. シリア、ホモス製油所、バニアス製油所、2001-2002 年

シリアには上記の二つの製油所がある。NEDO の CDM 開発事業として、技術調査検討を行うため 2001-2002 年にかけて、数回訪問した。テーマは主として省エネルギーと製品品質向上である。まだシリアが安定している時期であった。ホモス製油所のあるホモス市は首都ダマスカスの北 180km、車で 3 時間に位置する。ホモスはシリア国中部、山岳地帯の盆地にある古都である。ホテルにて beer も堪能できた。平和な時代であった。街角では小さな子供たちが寄ってきて、“チノ、チノ”と言っていた。まだ東洋人は珍しかったようである。

ホモス製油所のエネルギー使用実態調査に加えて、条件変更による省エネルギー効果を検討した。旧式のデイレードコーカー設備があり、副産品である石油コークスが山積みされていた。石油コークスの有効利用に関しても提案した。下の写真は製油所でのスナップである。



ホモス製油所オフィスにて 2001 年



同左

ホモスから西に山を下ると地中海の東端に至る。付近にリビアの首都と同じ地名のレバノンの Tripoli 市がある。海岸をやや北上するとバニアス製油所に至る。バニアス市の一部は小規模油田もあり石油地域とも呼ばれていた。製油所の付近に日本の援助に依る発電所もあった。バニアスを南下するとベイルートである。ベイルートとダマスカス間の距離は 100km 足らずである。当時ダマスカスには日本料理店は無く、中華料理店が 1 軒あるのみであった。時折寄ってみたが何時もずいており味も悪かった。2001 年 11 月、S 商事と共同で、バニアス製油所の改造/増強検討入札に参加した。製油所能力 12 万 B/D を倍増しかつ近代化を図る目論見であったが、計画は中止となった。付近は中東遺跡の宝庫である。休日に砂漠の中に建設されたオアシス都市の遺跡パルミラを見学したかったが、ダマスカスから北東へ約 230km の砂漠にあり 1 日がかかりとなる。代わりにレバノン北部にあるパールベック遺跡を訪ねた。シリアの内戦が始まってから 15 年、時折製油所も攻撃対象となり被害を受けるようである。平和だった時代に戻る事を願っている。



バニヤス製油所 2002 年



バールベック遺跡

## 5. リビア、アザウイア製油所、2005-2006 年

アラブの春（2010 年から 2012 年にかけてアラブ世界において発生）以前のリビアは安定していた。リビアの首都トリポリから西に海岸線に沿って 30 kmほど行ったところにアザウイア製油所がある。チュニジアとの国境に近い。精製能力 20 万 B/D、リビアにおける NOC 傘下の最大の製油所である。JETRO からの委託を受けて、2 年間、省エネルギー及び効率化操業の目的で、合計 8 回ほど訪問し技術調査及び検討を行った。古い製油所である。米国 UOP 社のライセンス技術で建設されているが、その後のサンクションで、計器などの部品の供給は全くなく老朽化していた。米国及び欧州に留学した幹部が多く英語は比較的良く通じる。従業員は 4000 名と日本の 8 倍であった。地中海沿岸であっても冬は寒い。オペレーターは防寒ジャケットを着て作業をしている。尚ヨルダンのトリポリとリビアのトリポリとは直接の関係はなさそうである。岩石学では緻密質の珪藻土のことを産地にちなみトリポリというようである。

リビア側の技術者は市内の本社 NOC 本部と製油所に分かれていたが、会議は主に製油所にて行われた。常時 20 名以上が参加するが発言者は多くない。NOC 側の希望によりリビア産原油からの潤滑油基油の製造について詳しく検討した。省エネルギーに関しては、常圧蒸留装置の熱交換器トレインの再構築と加熱炉の操業条件変更を提案した。

リビアでの業務では、T 商事の紹介により、現地コンサルタントの Mr. Senussi に NOC との連絡、Visa の手配などお世話になった。立派なオフィスを持ち、滞在中は自由に使用させて頂いた。日本最頂であり三菱ランサーに乗っていた。



アザウイア製油所での会議



アザウイア製油所遠景

市内に日本の著名な建築家設計によるという建物がある。酒瓶を逆さに立てたような、根元が細く不安定で奇妙な景観である。全く美しくもなく感心出来なかったのは小生の鑑賞眼の無さが理由かもしれない。

市内には当時国際的なホテルは1軒しかなく、1泊 500\$と非常に高価であった。何度かは製油所のゲストハウスに招待されたが、通常は市内の粗末なホテル(40\$/泊)に滞在した。インターネット事情が悪く、真夜中以外は殆ど不通であった。シャワーも小型の電熱ポイラー式で十分な湯量は無い。ホテルにて地中海のマグロ漁師と知り合った。日本が大得意であると言う。酒はイタリアンレストランにて、前もって注文しておく、コーラのグラスでウィスキーが飲める。ジョニーウォーカーレッドが1ボトル \$100 と高価であった。味が違うと感じた。



Italian Restaurant 2005 年



Mr.Senussi (右端)

Mr. Senussi とは現在も音信がある。話を聞くと外国から思うほどリビア国内の生活状況は悪くない様ではある。

## 6. インドネシア、チラチャップ製油所 2008年-

良質な原油を産出していたインドネシアには、国営石油会社プルタミナ傘下に当時8箇所の製油所があった。チラチャップ製油所は中部ジャワ島にある最大の製油所(35万B/D)であった。近年良質な国産原油の採掘量は減少し、輸入国としての色彩を強めている。国内需要の増加に伴い、中東から重質原油を輸入し国内にて処理する必要性が生じた。2008年にプルタミナは、M物産とコンソーシアムを組み、チラチャップ製油所に大型(7万B/D)のRFCC装置及びガソリン精製装置を建設することを決めた。

日比谷の帝国ホテルのビジネス棟に混成のプロジェクトチームが結成され、日本、インドネシア両国エンジニアにコンサルタントのイタリア人数名が集結した。この陣容にオーナーサイドから参加し、基礎設計と一部詳細設計を担当した。プロセスライセンスは、RFCCはUOP社を、ガソリン精製はAXCENSを選定した。PFD及びPIDのreview時には、各ライセンサーの事務所シカゴとパリに出張した。

チラチャップ製油所は、バリ島の東部約700kmに位置するが、至って交通の便は悪い。日本からジャカルタまで約7時間、国内線に乗り換えてジョクジャカルタまで1.5時間、その後、車に乗り換えて整備の悪い道を約4時間、正に1日掛かりである。地図をみると、ジョクジャカルタはジャカルタの東方に約500km、チラチャップは同じく300km程度に位置する。飛行機で500km移動し、車で200km引き返すわけである。ジャカルタとチラチャップの間に避暑地としても有名な大学の街バンドンがある。バンドンとチラチャップは車で6時間である。鉄道も利用できるがさらに時間が掛かる。



Cilacap Refinery Office 2009



Cilacap Refinery

チラチャップはインド洋に面しており、対岸は南極大陸である。製油所は河口に位置している。付帯設備が不十分である所に、大型の2次装置を建設するため、用水設備、ボイラー、排水設備、出荷パース等の拡充に多大な予算を要した。旧設備は海水を冷却水としていたが、これを工業用水循環式に変更した。

オンサイト及びオフサイト設備の設計終了後、EPC(Engineering Procurement & Construction)のVendorのBiddingを行った。日本のTECと韓国のGS建設の競争であ

った。その結果、予想に反して、僅差で韓国の GS が落札した。Bidding の前後からブルタミナと日本側の関係が悪化し、M 物産はコンソーシアムから脱退した。その後ブルタミナは独自でファイナンスを構築し、プロジェクトは再開され、建設工事は設計通り進行し、2016 年にプラントは完成し操業を行っている。



ボロブドゥール遺跡 2009 年

ジョクジャカルタの北西約 42km のケドゥ盆地に世界最大級の仏教寺院であるボロブドゥール遺跡がある。インドネシアは回教の国であり、ボロブドゥールは 7 世紀ごろに栄えた大乘仏教の名残である。9 世紀に歴史から姿を消したボロブドゥールは、ジャングルの中に埋もれているのを 1814 年に発見されるまで、土に覆われていた。今は周辺住民も仏教徒ではない。

## 7. タイ国、タイオイル、シラチャ製油所、2012 年-2014 年

バンコクから、高速道路を 2 時間半、200km ほどやや東よりに南下するとチョンブリーを経て、リゾート地で有名なパタヤービーチに達する。その 15Km ほど手前にシラチャ市がある。シラチャは人口 25 万人ほどの町で、タイで 2 番目に日本人が多いと云う。日本人が 8 千人前後ほど暮らしており、日本人学校もある。

タイ国営石油 PTT 傘下の TOP シラチャ製油所は 1964 年創業の、精製能力が日量 27.5 万 B/D、当時タイ国最大の製油所であった。芳香族製造設備も所有していた。灯油留分からノルマルパラフィン抽出し、脱水素反応によりオレフィンとした後、ベンゼンに添加して、リニアアルキルベンゼン (LAB) とする計画があった。LAB はソフト洗剤の原料となる。事業計画 FS とプラント建設プロジェクトにエンジニア兼アドバイザーとして参加した。当時アジア地区ではソフト洗剤不足であり、PTT が M 物産の提案に乗った形の合併であった。

TOP の原油選択は、合併会社の利益と一致しない。当時 TOP は比較的軽質なマーバン原油を処理しており、同原油からの灯油留分は LAB 原料として好適であり、新設プラントの設計 FEED 油種とした。しかし TOP が永続的にマーバンを使用する保証はない。多数の原油種を FEED した場合の、製品収率、品質を計算し、それらをもとに TOP と合併会社が納得できる原料供給契約を締結した。

当該技術は反応工程の数が多く、また平衡転化率が低く、リサイクルも多いため、プロセスは複雑である。ライセンスはUOP(現在はハネウェル UOP)のほぼ独占であり、ライセンスフィーが圧倒的に高い。非常に厳しい価格交渉であった。

シカゴ UOP 本社での PDF 設計レビューには1週間、PID レビューには2週間を費やした。当時 30 代から 40 代のタイ人エンジニア 4 人が同僚であった。皆明るく優秀であり、かつ勤勉であった。現在は PTT や TOP の幹部に昇進している。



LAB Production Unit (UOP)

製油所滞任勤務中は、手ごろなホテルやレストランが多いことから主にパタヤーに滞在した。付近には手軽なゴルフ場も多く、休日には良くプレーした。1 ラウンド 2000 円程度であり、シャワーは冷水である。キャディは居ない。

2014 年 EPC の途中にて小生はチームを離れた。TOP は 2016 年 3 月から年間 10 万トン規模で LAB の生産を開始した。その後、製品着色問題が発生し、トラブルシューターとしてチームに復帰した。原因究明と解決(プリカーサーの同定、着色反応試験)に数か月を要した。

## 終わりに

今までに関係した製油所の記憶を時系列的に述べてきた。ささやかではあるが技術移転にも貢献した感触もある。他にもサウジアラビア、クエート、イラン、英国、米国、韓国、インド、バングラディシュ、ヴェトナム、メキシコ、ブラジルの製油所にも滞在した。中東の大型製油所及び欧米の製油所は、日本とあまり変わりなく書くべきことが見当たらない。イランの石油事情は既に別稿に記した。紙面も残り少なくなったので、ヴェトナム、ブラジル等については別の機会にと思う。

製油所の興亡(発展と衰退)はその国の政治・経済と深く関係している。グローバルには、再生可能エネルギーや原子力など他の 1 次エネルギーとの経済的(一部に政治が絡む)競合関係の結果において定まると思うが、気候変動リスクなど地球環境的制約が高まる今後はどのように推移していくであろうか。

再生エネや CCUS(炭酸ガス回収利用貯留)技術の進展度、脱原発の帰趨、炭素税・トレーディング政策の普及度など、実務を離れた後も、注目していきたいと思う。

2021/7/14 記