

【清水固 オーラルヒストリーシリーズ】

根岸製油所と室蘭製油所
—わたくしが実体験した日精 FCC 設備の技術・運転・活用の変遷

清水固、角和昌浩（監修）石油学会

根岸製油所と室蘭製油所

—わたくしが実体験した日精 FCC 設備の技術・運転・活用の変遷

概要	2
第一部 根岸製油所	5
1. 根岸製油所の生い立ち	5
2. 根岸製油所第1期	6
2.1 石油業法と飛鳥田横浜市長	6
2.2 第1期装置群、稼働	7
2.3 第1期における清水氏の役割	8
3. 第2期プロジェクト	9
3.1 アメリカ石油産業の視察	9
3.1.1 Caltex	10
3.1.2 City Services の H-Oil プロセス	11
3.1.3 UOP の直脱プロセス	12
3.2 アメリカの製油所の特徴	12
3.3 1960年代のエンジニアリング企業	13
4. インドネシア国政変と第2期プロジェクト	14
4.1 スカルノとスハルト	15
4.2 補論「9月30日事件」	16
4.3 米国インドネシア政策の余波	17
4.4 処理原油の設計が変わる	18
4.5 ミナス原油、その後	19
5. 根岸第2期で採用した FCC	21
5.1 FCC 設計方式の選択	21
5.2 FCC スタートアップ	23

5.3 Kellogg 方式の欠点	23
6. 根岸第 2 期、現場のエンジニアとして働く	24
6.1 配管図 (PI) を書く	24
6.2 現場のオペレーションエンジニアとして赴任	25
6.2.1 ポンプで気液混合半製品を引く	25
6.2.2 腐食	26
6.2.3 ダイレクトチャージのトラブル	27
6.2.4 ジェット・ミキシングの失敗	28
7. 根岸第 3 期	29
7.1 第 3 期拡張計画の設計思想	30
7.2 第 3 期、稼働	31
第二部 室蘭製油所	33
8. 1970 年代前半の日石グループの製油所拡張計画	33
9. 室蘭製油所、赴任	33
9.1 室蘭製油所の組織	34
9.2 室蘭の FCC 設備の利用の革新性	34
9.2.1 FCC 原料油の間接脱硫	35
9.2.2 水素添加脱硫・分解プロセス導入のめざましい効果	35
9.2.3 室蘭 FCC の活用方法、総括	36
9.4 横浜第 2FCC の室蘭への移設	36
9.5 室蘭の接触改質装置新設	37
10. 室蘭生活	38
おわりに : FCC と私	40

概要

清水固氏は昭和 31 年 (1956 年) 4 月、日本石油(株)に入社された。技術系の採用であるから、日石グループの精製専業会社である日本石油精製(株) (以下、「日精」と略称する) に配属となった。

清水氏が横浜市根岸地区に建設されてゆく日精根岸製油所に本格的にかかわりはじめたのは昭和 37 年 4 月以降のことである。この時清水氏は、横浜製油所での勤務を終え日本石油精製(株)本社製造部計画課に主事補、すなわち係長として着任した。30 才だった。計画課では、根岸製油所第 1 期のプロセスの基本設計に参加した。同製油所第 1 期工事が完工し、操業を開始したのは昭和 39 年 3

月である。

同製油所の第2期拡張計画は、第1期計画と並行するかたちで検討が進んだ。清水氏は第2期計画の設計と運転の両面で中心的な役割を担った。清水氏は30代の働き盛りを本社製造部および根岸製油所へと職場を変えながら、どんどん大きく強くなってゆく根岸製油所プロジェクトに携わり続けた。また第3期拡張計画は、昭和44年ころから本格的な社内検討が始まった。第3期の完工・稼働は、昭和47年である。

一連の根岸製油所プロジェクトの歴史で特筆すべきは、第2期計画が、1965年9月30日に起こったインドネシア国政変に影響を受けて、その原油選択と装置選択を大きく変えたことである。この政変は一種の軍事クーデターで、インドネシア民族主義／反植民地主義を体現していたスカルノ大統領が失脚し、国軍出身のスハルト少将が台頭した。スハルトはその後大統領に就き、米国に接近しつつ開発独裁体制を率いた。清水氏は、まさにインドネシア政変の動乱の最中の1965年の秋、上司に同道して米国に長期出張し、アメリカの石油企業やエンジニアリング企業と打ち合わせを重ねながら、第2期計画の原油選択と装置選択について考えをめぐらせていた。

その後昭和47年（1972年）、清水氏は根岸製油所関連の仕事を一区切りさせて、拡張計画のただなかにあった室蘭製油所に赴任することとなる。

本稿第一部で清水氏は、まず根岸製油所の成立の経緯を振り返り、第一期の装置構成や操業について語る。次いで、第一部の中心テーマであり、清水氏が装置設計と操業に中心的な役割を担った第2期拡張期について詳述する。

ここでは、インドネシア政変の影響を受けて日精の50%株主であるCaltexの原油販売戦略が急変し、その結果、根岸製油所第2期装置の処理原油が急遽中東系高硫黄原油から低硫黄ミナス原油に変更になったこと、および重質留分の多いミナス原油からガソリン留分を製造するためのFCC装置をめぐるライセンス一選択、そして装置稼働後のさまざまな操業トラブルを清水氏が先頭に立って解決してゆく様が語られる。

清水氏は第3期拡張計画についても簡単に触れる。この時期、並行して日石グループの製油所拡張計画が下松と室蘭で検討されていたが、清水氏は根岸第3期とともに、室蘭の計画検討をも担当されていた。

第二部では、清水氏が昭和47年（1972年）、本社製造部から転出し、室蘭製油所の計画課長として製油所現場にて活躍した様子を語る。

清水氏は根岸拡張計画時に具体化した水素化脱硫（アイソマックス）装置を、室蘭製油所のFCC設備の前段階の設備として、新規建設した。重油の低硫黄化の目的でなく、FCC原料の脱硫目的で、アイソマックスを採用したのは日石グ

ループでは初めてのアイデアであった。これが FCC の通油量を画期的に増やす効果をもたらした経緯を語っている。

第一部 根岸製油所

1. 根岸製油所の生い立ち

日本石油精製(株) (以下、日精) 根岸製油所は 1961 年 (昭和 36 年) に発足し、1964 年 (昭和 39 年) 3 月 17 日に操業を開始している。遡って、昭和 31 年に横浜市の地域開発プランが検討されていた頃¹、東京ガスの本田社長²が横浜の山手に住んでいて、横浜市の町づくりの検討に影響力があつた。本田社長は、日石の戦後の初代社長だった佐々木弥一社長と個人的に親しかつたので、根岸地区が工業地帯に指定される際、日石の製油所の誘致の方向が決まつた。実は当時川崎市でも埋立地がいくらでも使える状態だった。が、根岸の話が先に決まつていた。

以下は清水氏の語りを記す。

私個人としては日石を川崎に持って行って、大きなコンビナートにすべきだった、と見ます。が、日石に根岸の話のほうが先に来てしまった。

但し、当時、川崎の陸側で日本鋼管が深刻な公害問題を起こしていたもので、川崎の住民に日石の製油所建設が受け入れられたかどうか、はわからない。川崎の街は、日本鋼管の工場から石炭殻がとんできて、息もできない状態だった。私は川崎市の臨海部千鳥町エリアにあつた日石化学の現場で働いた時期があるが、背中がざらざらした。羽横線の高速度道路では車の窓を開けられなかつた。昔のことだから日本鋼管の操業ぶりは大変な状態だったが、後に新日鉄が東京湾対岸の君津に大きな高炉を構えたもので、鋼管としても 1976 年 11 月川崎の埋立地

¹ 『日本石油百年史』、日本石油(株)、昭和 63 年、p.611 より

・・・根岸湾一体の開発は、戦時中に横浜市や国鉄で検討されたことはあつたが、構想として再び具体化したのは横浜市が昭和 31 年に作成した「国鉄根岸線開発計画 其の一 根岸湾埋立 (臨海工業用地造成) 基本計画書」においてであつた。この計画の事業費は 4 割を起債等行政資金、6 割を進出企業の予納金で充当することとしていたため、横浜市は計画策定直後の 11 月 16 日、進出企業の最有力候補として当社に参加を要請した。・・・昭和 34 年 3 月 20 日、漁業補償問題を解決した横浜市と、・・・製油所建設を担当することになった日精は、根岸海岸線埋立予定地 119 万㎡ (36 万坪)、購入代金 43 億円にのぼる売買契約を締結した。

² 本田弘敏

1921 年 東京高等商業学校 (一橋大学) 卒業、東京瓦斯入社

1946 年 東京瓦斯取締役供給部長

1951 年 東京瓦斯副社長

1953 年 東京瓦斯社長

1955 年 日本ガス協会会長 (第 4 代)

1971 年 東京瓦斯取締役相談役

1974 年 東京瓦斯相談役

扇島に、日本鋼管京浜製鉄所としてスケールアップした。ここで環境対策がとられ、公害が軽減してゆきます。が、他方では、1972年に結審した四日市公害裁判の後に1982年から川崎公害訴訟³が始まるわけです。

2. 根岸製油所第1期

以下、清水氏の語りである。

根岸地区は、製油所装置が建設される以前は根岸油槽所だった。

根岸第1期は昭和39年（1964年）2月に完工した。11万BDの第一トッパーが建設された。根岸地区の他のところでは並行して海岸の埋め立て工事が進んでいた。わたし清水は、日精本社スタッフとしてこの設計に関与した。

2.1 石油業法と飛鳥田横浜市長

根岸第1期の本格検討作業に入らんとする昭和37年（1962年）、7月10日に石油業法が施行され、石油精製企業が精製設備を新設しようとする際には、トッパー能力やガソリン製造設備能力が、規制の対象となった。この法律が製油所の設計に大きな影響を与えています。

第一期計画で、トッパー能力を11万BDと届け出たのは、「年間平均10万BDを処理する。シャットダウンが1ヶ月弱あろうから、動いているときは11万BDとしておこう」という考えで届け出たもの。

根岸製油所の建設・操業については、飛鳥田一雄横浜市長⁴が深く関わった。製油所のスタートアップが昭和39年。社会党の飛鳥田横浜市政が始まったのは昭和38年4月です。飛鳥田市長は大変な人だった。当時の製油所長は、飛鳥田

³ 1982年（昭和47年）、川崎公害訴訟は国、公団および14企業を相手に、臨海部に住む喘息患者と遺族119人の原告となって一次訴訟提訴が始まり、1994年の判決後控訴に及んだが、1996年に原告に対し14企業が謝罪、約31億円で和解。国と公団に対する訴訟は継続し、1999年5月の東京高裁で最終的に和解合意。

⁴ 飛鳥田市長の考え方を示す例として、『革新市政の展望』1967年、社会新報社 pp.162 より以下抜き書きする。

・・・会社は道楽で仕事をしているのではありません。儲からなければ、どんなに誘致したってやっては来ないのです。横浜というところが、後に港を控え、四通八達の交通網をもち、東京の近傍にある便利さといい、どんなに、有利な地点であるかは、今更、説明の必要はないはずです。優遇策どころか、後で申し述べますように、公害について、やかましい条件をつけてさえ、なおかつ、やって来たいのです。いや、むしろ、横浜という地域的優位性が、多くの大企業、大工場を密集させ、その結果、横浜の土着資本が圧倒され、植民地化されている傾向を、もう一度、反省する必要さえあるのではないかと考えています。・・・

市長から「公園工場にしろ」、と言われた⁵と聞いている。それで公害対策に金をかけようとする、今度は株主の Caltex が、装置のほうに金をかけろ、と怒ってくるという状態だった、と聞いている。

2.2 第1期装置群、稼働

原油受け入れは昭和39年2月27日。3月17日、第1トッパー11万BDの火入れ式。処理原油の設計は、中東原油とインドネシア原油（ミナス原油とデュリ原油）だった。初荷原油はアラビアン・ミディアム（当時はクルサニア・スペシャルと呼んだ）。5月、根岸線が開通、根岸の石油製品のタンク車出荷がはじまった。

根岸製油所第1期建設工事 主要設備		
設備名	基数	能力
第1常圧蒸留装置	1	110,000 BD
ユニファイニング装置	1	18,000 BD
プラットフォーム装置	1	13,000 BD
第1灯油ユニファイニング装置	1	6,000 BD
軽油ユニファイニング装置	1	6,000 BD
硫黄回収装置	1	10 トン/D
ボイラー	2	80 トン/時x2
発電機	2	4,000 kWx2
原油栈橋	1	15 万トンクラス

（出典：日本石油百年史）

根岸製油所第1トッパーの特色は、大型であること。この蒸留塔は当時昭和石油新潟製油所で取り入れていた処理原油のダイレクトチャージ方式を採用している。

それから冷却を空冷と工業用水で設計したこと。エアフィンクーラーが冷却の主力、工水による水冷が従とし、海水を使った冷却はやらないことにした。腐

⁵各種資料より。

昭和42年6月5日、日精から横浜市長に第2期建設工事に関する「お願い書」を提出したのを皮切りに折衝を重ねた。その結果を踏まえて横浜市公害対策協議会が行った同年10月20日の答申に基づき、横浜市長から日精社長に第2期建設工事に伴う公害防止対策等について申し入れがあり、43年11月2日に日精はこれを受諾した。公害防止対策の条件は次の4点であった。①大気汚染に関しては、既設装置において、煙突のかさ上げ、燃料の低硫黄化などにより硫黄酸化物の排出濃度を低減すること（排出濃度150PPM以下）、第2期建設工事では排出濃度500PPM以下にとどめること、②排水中の油分は5PPM以下とすること、③騒音、悪臭について万全を期すこと、④空地の緑化につとめること。

食問題があるし、海水を海に戻すとき、もし油漏れがあったら運河に出てしまう、これを避けたかった。

装置の大型化に伴って、原油タンクは 10 万 kL、製品タンクも 1 万 kL から 2 万 kL へと大型化していった。

根岸が運転を開始してからは、騒音問題、特にエアフィンクーラーの騒音が、一番の課題だった。

もともと磯子は、磯子村、戸塚村。何もない土地だったが、埋め立てて製油所が来て、桜木町が終点で止まっていた根岸線が、磯子まで来た。そこで人が住み始めたのです。病院が根岸線と製油所の敷地のギリギリに建てられた。こうなると入院患者が、エアフィンクーラーの騒音に「うるさい」と言ってくる。そこで道路沿いに防音壁を造った。それを、社外の人「あれは塀の中で秘密のことをやっているのだ」とはやし立てたりした。

2.3 第 1 期における清水氏の役割

私は入社 10 年目で、そのころから製油所の設計の方に廻っていて、新しい技術を取り入れたりして大いに張り切っていた。第 1 期プロジェクトの設計には既に主担当がいたので、私はサブの役割ではあったが。

第 1 期では米国の最新式石油精製技術を取り入れて、多くの新しい機器（空気冷却器、原油脱塩器など）が採用された。装置に張り込む原油は中東系を前提に設計された。なお、中東原油はガソリンのもとになるナフサ留分が潤沢に採れるもので、横浜第 1 期 FCC 装置は、ガソリン増産目的の設計ではされていない。

私は、日精本社のスタッフとして設計を見ていた。加熱炉、蒸留塔、熱交換器などの化学工学計算はコンピュータが発展する前の時代なので、すべて手計算だった。日揮や千代田化工が手計算の気液平衡計算をやり、わたしも手計算で確かめた。ただし、両社とも技術的にはひよっこの時代だった。千代田の計算・設計に間違いを見つけたこともある。例えば、ポンプの負荷を計算するときの液分の比重を間違えた。実際の油の比重はずっと重たかったので、モーターに過負荷がかかりました。だから装置試運転の後、モーターを取り替えています。

こういう設計の問題についてアメリカでは手計算などせず、過去の実績をデータベース化し、それに基づいてどんどん設計してゆく。シェブロンは、データベースをチャート化して持っていた。が、これは社外秘で、お客は金を払って計算してもらい、という方式だった。シェルグループもそうだったと思う。

振り返って、日本ではいちいち化学工学計算をやっていた。特に加熱炉周りの計算は大変である。だが、化学工学計算ができなければエンジニアとして一人前

ではない、という風潮が技術者の間にあった。今は、コンピュータに任せてしまっているけれども。

装置がスタートアップしてからの私の仕事は、本社サイドでのトラブルシューティングだった。私の技術のベースは前職場、横浜製油所で、いろいろなトラブルを経験したところにあった。わたしは本社で、第1期のトラブルシューティングをやりながら、根岸第2期拡張の検討に入っていた。そして第2期では、私は主担当として仕事ができる。

日石グループの根岸製油所は、関東地区でのエース製油所です。

だが、下流の石油化学を敷地内に持てなかった。理由は株主の **Caltex** が石油化学への投資に消極的だったからです。**Caltex** のテリトリーは石油だが、製油所の運転や経営のための会社ではない。精製と石化のシナジーの話にも関心がない。この会社にとって日石とは、**Caltex** の原油を大量に消費してくれればよい相手だった。

わたしは、根岸の第3期拡張計画の検討にも携わった。ここでエチレンプラントを造るアイデアも出たが、その先の下流が繋がらないので検討をとりやめた。根岸製油所で **BTX** を作っても、船で運び出すしかない。だから競争力ある石化ビジネスにならない。日石化学は業界の中でも先発した石化だが、こういう事情でヨロヨロし、徐々に力を落とした。現在は、千鳥町近隣の日本触媒の抱えているコンビナートと一緒に生きています。

3. 第2期プロジェクト

3.1 アメリカ石油産業の視察

昭和37年、入社6年目にしてわたしは日精本社勤務となり製造部の係長（主事補）になった。そして、「根岸第2期プロジェクト」担当に任命され、若手として張り切っていた。わたしは根岸計画の第2期については、本社の嶋村製造部長とは1対1くらいの気持ちで取り掛かっていました。

こういう関係もあって、わたしは嶋村さんに同行して、昭和40年（1965年）の秋に40日間、アメリカに脱硫プロセスなどを勉強するための出張をした。わたしはそれまで飛行機なんか乗ったこともなかったが、大変楽しい40日だった。

アメリカ視察は、昭和40年（1965年）10月の終わりから12月の初めにかけての出張でした。

羽田から出立しました。当時はハワイに行くのも大変だった時代です。私は飛行機に乗るのすら初めてで、固くなっていたのか、肝腎の旅行荷物（トランク）を我が家に忘れて、妻が大急ぎで取りに帰ってギリギリで出発に間に合ったなど、初めての海外旅行で失敗が多かった。会社のひとたちが見送りに来て、バンザイをしてくれる。だからお土産がどうしても必要になる。

でも、基本給に比例した出張旅費だから、向こうへ行くと、とにもかくにも金がない。ホテルの朝飯が高くて食えない。嶋村さんの待遇の旅費では食えるのだが、私は食えない。仕方がないからホテルを出て、近くのコーヒーショップで朝飯を食う。一緒に食べているのは黒い肌の人ばかりだった。私のへたな英語で店員に話しかけても、返事もしてくれない。こういうショップで出される料理はどこに行ってもワンパターンだった。いやだったが仕方がない。ただ、晩飯は訪問先の会社がおごってくれて、助かった。

とにかく、お土産をたくさん頼まれたのが大変だった。自分の持ち出し分がずいぶんだったので、帰国後に人事部に話しに行き、どこで費用はこれだけかかった、とか理由をつけて、一部を何とかしてもらったが、結局、持ち出しとなった。

大変たいへん楽しい 40 日でした。

3.1.1 Caltex

当時の Caltex は、日石が装置を造って原油処理を増やしてくれることは大歓迎だったので、この出張調査の受け入れも大歓迎であった。

私は「根岸製油所は中東原油だけでやる、これからは環境問題である、重油も脱硫しなくてはならない、重油のサルファをどう下げるのか、をテーマにして調査をしたい」と嶋村さんに言ってあった。が、実際にアメリカに行ってみると、重油の脱硫なんかやっていない。米国産の WTI 原油はサルファ分が低いのだ。加えて重油は製品として売る以上に、製油所のコーカーにかけて熱分解し、ガソリン基材を作る。製油所全体でのガソリン得率は 50% くらい。熱分解すると、重合してコークスができてくるから、それは発電向け燃料にする、これが標準の運転だったわけです。

しかしそのころのアメリカでは、重油溜分の水素化分解が新しい技術として脚光を浴びていました。この技術では金もかかるが、ガソリン基材としていいものができる。ただし、水素化分解では原料油の前処理に脱硫をしなければならない。

そこで嶋村さんとわたしは出張中に、水素化分解装置の脱硫触媒を重油のサルファ分を下げるのに使えないか、と考え始めました。常圧残渣油にはアスファルト分が入っている。このアスファルト分を、脱硫した軽油溜分で希釈して粘度

調整をすれば C 重油になる。これが間接脱硫方式です。これだと C 重油の硫黄分は、もともとの常圧残渣の硫黄分 3~3.5%から、2%台くらいしか下げられない。それに対して、「常圧残渣油をアスファルト分が入ったまま、直接脱硫方式をやりたい。世界で最初に日石でやりたい」、というのがわたしの野心だった。

Caltex/Chevron は、ハイドロクラッキング（水素化分解）プロセスに熟達していた。前処理の脱硫触媒もいいものを持っていたので、うちの脱硫触媒を使え、とプロモートしてくる。Caltex/Chevron は、間接脱硫プラス、ハイドロクラッキングの筋でプロモートしてきた。私は、日本で最初に、世界でも初めての試みとして、根岸で直脱をやりたいと考えたもので、ある時役員にまで相談をしにいった。が、直脱は、技術的にいろいろ問題もあったのも事実で、日石グループのトップマネジメント層としては、危険なことをやるな、という保守的な考えだった。このように、直脱方式には技術的な問題もあり、結果として我々の根岸製油所は Caltex の指導通りの設計になった。

3.1.2 City Services の H-Oil プロセス

ほかの会社にも見学に行った。

そのころルイジアナ州の Lake Charles で、City Services 社が、H-Oil プロセスを開発していた。そこでは 1,800BD のデモンストレーションプラントを稼働させていた。このプロセスはユニークで、普通の脱硫反応塔では触媒は固定床で使う。だが、H-Oil は反応塔内部で触媒を沸騰させて流動させる。つまり反応塔内部では触媒が混濁している。そうすることで脱硫反応に加えて、分解反応も進む。触媒はリサイクルさせる。気体となった油分と固体の触媒とは、反応塔の中の流速（Velocity）の差で分離させる。気体の方が、流速が高いから、触媒は下のほうに落ちていき、そこで油と混濁しているわけです。この装置は Reactor 容量の設計がすごく大きいもので、こういうことができる。

だが、専門雑誌等での宣伝は別として、このデモプラントはトラブルが多いようだった。

- ① H-Oil 技術の基本は、反応塔の下部から原料油と水素をチャージして反応塔内で固系触媒が沸騰するかのように動き回る、いわゆる「沸騰床」を作ることであり、そのためには反応塔内での液体の上昇線速度（LHSV）の調整が難しい。
- ② 固定床に比べて原料油と触媒の接触が弱い。従って未分解、未脱硫留分が多く出てくる。
- ③ 破損触媒が製品にコンタミする。

これらの問題に対処するために、このデモプラントは何回も原料油をリサイクルして脱硫していた。反応塔への原料油投入の際、フレッシュフィードが1に対して、リサイクルフィードがその5倍、合計6倍の投入にもなる。反応はマイルドにはなるが、これでは装置のサイズが大きくなってしまふ。すなわち加熱炉、反応塔、熱交換器等の機器サイズアップが必要で、これは建設費や運転費のアップにつながる。

さらに、触媒の分離が技術的に困難であることもわかった。H-Oilの残渣溜分は熱分解油で、ここに触媒も入り込んできて、C重油に混ぜるとスラッジを生成したりして、品質は悪くなる。

我々は1週間くらいCity Servicesに入って検討したのですが、このプロセスは諦めました⁶。

3.1.3 UOPの直脱プロセス

UOP社は直脱方式を開発していた。嶋村部長は、Chevronから内々で、間脱プラスハイドロクラッキングをやったらどうかと示唆されていたものだから、UOPには長居できない。

ところで、UOP社の訪問ではFCC装置関係の調査もありました。後に述べるが、根岸第2期の処理原油が、中東原油からミナス原油に変わる可能性がでてきたので、ミナス原油の重質溜分をFCCにかけ、ガソリン基材を最大に採る方向の技術検討が必要となったわけです。

そのころ、出光興産は千葉製油所建設に際して、UOP社の直脱導入の検討をしていて、出光は実行に移しました。千葉製油所の直脱はUOP社の直脱装置の、世界第1号機です。設計はクウェイト原油でした。C重油の硫黄分を1.0%にできるデザインだったが、運転を始めると触媒がすぐ詰まったり、装置腐食など、トラブルが続き、化学反応以前の物理的なトラブルで出光は苦勞していました。先駆者はさんざん苦勞をする。それを部分、部分で直してゆく。つまり後からやるほうが、不具合の教訓が生きて得をする。1997年に稼働した昭和四日市製油所の直脱は、そういったことで、“後出しで”得をしたのかもしれない。

3.2 アメリカの製油所の特徴

⁶ H-Oilプロセスは後に、東燃川崎製油所で実現を見た。1997年、34,500BDの装置が稼働している。エクソン系は別の直脱技術を持っていたが、東燃はこの技術を導入している。

昭和 40 年（1965 年）の 10 月の終わりから 12 月の初めにかけて、アメリカの製油所を見にいった驚いたことは、定期修理の考え方がないこと。日本では高圧ガス法で定期修理が義務付けられている。アメリカでは装置が故障したらシャットダウンする、という考え方で、火が出る事故も普通に起こる。製油所は人里離れたところにあつて、敷地の境界もわからないほど広いから、こういうことになるのか。

装置能力についても、規制にかかっているわけではないので「公称」レベル程度の話だった。日本での石油業法下の石油産業とは違っていた。

3.3 1960 年代のエンジニアリング企業

日本の石油精製産業が急速に立ち上がってくる昭和 40 年代、あるいは 1960 年代のエンジニアリング業界の状況について、話しをしてみたい。

FCC やプラットフォーマーなど、高オクタンガソリン基材製造プロセスを日本企業に紹介した UOP 社は、実は、本場アメリカでは商売がない。メジャーなどアメリカの石油会社は、自分で技術を持って、自分で設計し、発注もできる。つまり、UOP 社の地位は米国内ではたいしたことがない。Exxon には ERECo. (Exxon Research and Engineering Co.) があつたし、Chevron には Reniformer のライセンスがあつた。Exxon も Chevron も、海外で建設されてゆくあちこちの製油所に、ライセンスと技術コンサルを売りました。ただ ERECo. は後年、米国内回帰をしましたね。

他方で、米国外にマーケットを求めたのが中小勢力であつた UOP である。UOP は日本に商売を集中した。当時は日揮も千代田も力が付いていないから、日本ではもっぱら UOP 社がいばつていた。

日本で UOP 社を一番かついでいたのは、出光興産だつた。野心家の出光佐三さんが建設を志した徳山製油所⁷は UOP/日揮⁸の建設である。徳山製油所建設を

⁷出光興産 HP より。

出光は元売指定を受けた直後から、製油所建設のため旧海軍の徳山燃料廠跡地に準備を開始していた。1956（昭和 31）年には本格的な工事に着手。当時 2、3 年は、かかるとされていた製油所建設を関係者一致団結のもと 10 ヶ月という驚異的なスピードで 1957（昭和 32）年に完成させた。

⁸ 日揮 HP より。

日揮株式会社（旧社名 日本揮発油株式会社）は、1928 年 10 月 25 日、資本金 250 万円で設立された。設立目的は米国 UOP(ユニバーサル・オイル・プロダクツ)社所有のプロセスライセンスを購入し、太平洋沿岸に製油所を建設してその経営を行うことだつた。その後、諸般の事情から製油所経営を断念し、主に UOP 社プロセスのライセンス業を主体に事業を進め、並行して 1930 年代からエンジニアリング事業を開始した。

戦後復興の波のなかで 1950 年の国内製油所の操業再開に端を発した石油精製プラントの新設・近代化、石油化学工業が勃興した。日揮は石油精製プラントの受注を皮切りに本格的にエ

機に、出光と日揮はインティメートな関係を築いて協力していきました。徳山製油所の初代所長は日揮出身の方です。

日精の嶋村部長は、千代田化工の創設者玉置明善氏と気が合ったところがあり、石油学会の初代会長に玉置さんを担いだこともある。千代田化工は元来三菱石油の工務部門出身の会社だから三菱石油とインティメートだったろうが、千代田は日精とも商売をやられた。

4. インドネシア国政変と第2期プロジェクト

私と嶋村製造部長がアメリカ視察出張に出かけた当時は、石油メジャーが世界の石油市場を支配していた。セブン・シスターズが“黄金の60年代”を謳歌していたわけで、日本の石油業法は、政府がこれに対抗して和製メジャーを造ろうという意図を持った国策でした⁹。なにしろ1962年に石油業法が施行された2年前、1960年1月に、アラビア石油がカフジ油田を発見したもので、役所としては気宇壮大な夢を見ていたのでしょう。

日石に関係あるところでは、セブン・シスターズの一角である Chevron と Texaco が、Caltex という合弁会社を作り、この会社に海外で仕事をさせていた。日石グループでは、日本石油精製が製造の会社、日本石油が製品販売の会社です。日精の50%株主である Caltex が日石グループに望んでいたことは、Chevron と Texaco が生産する原油をどんどん消費してくれることでした。日精が製油所でどのように原油を捌いて、製品化しても構わない。のうのうとした状況でありました。

ン지니어リング事業を開始した。1956年には日本初のグラスルーツ製油所である出光興産徳山製油所の新設プロジェクトを一括受注して短納期で完成させ、エンジニアリングコントラクターとしての評価を確かなものにした。1950年代後半から日本経済は高度成長期に入り、急激なエネルギー需要の増加を背景とする新規製油所建設計画、石油化学コンビナート建設計画が相次ぎ、石油精製プラント、石油化学プラントを連続して受注し、エンジニアリングコントラクターの立場で日本経済の高度成長を支えた。1962年東証2部に上場した。

⁹ 資源エネルギー庁 HP は、石油業法制定経緯につき以下のように説明している。

「日本経済の急速な発展に伴い、自由貿易を基調とする国際経済社会において応分の責任を果たすことが求められ、我が国においても世界の大勢である貿易自由化の体制を早急に確立することが緊急の課題になりました。日本政府は、1960年6月に「貿易・為替自由化計画大綱」を決定し、これに伴い1962年10月には石油輸入の大部分を占める原油の輸入自由化を行いました。石油輸入の自由化は、外貨の割り当てを通じて原油及び石油製品の輸入の調整ができなくなることを意味するため、日本経済における石油の重要性にかんがみ、1962年に石油業法（原油輸入の自由化に対応した石油産業の基本法）を制定しました。石油業法は、石油精製業等の事業活動を調整することによって石油の安定的かつ低廉な供給の確保を図ることを目的とするもので、石油供給計画の策定や石油精製業の許可、届出等について定めました。」

4.1 スカルノとスハルト

その頃、アジア全体で政治情勢が緊迫していた。だんだんと共産主義が台頭してくる時代に入っていました。中国共産党が国を建て、インドネシアでは大統領職にあったスカルノが中国共産党の影響を受けてゆく。当時、中共のナンバー2だった劉少奇 – このひとは後に文化大革命で失脚する – の奥さんがインドネシアを訪問して、派手なチャイナドレスでスカルノと会見をする、とか、スカルノ大統領が中国と仲良くなってゆくわけです。スカルノは民族主義者と共産党を味方につけて、インドネシア独立運動を共に戦った軍人勢力との間でバランスをとっていた。

だからスカルノ大統領は、欧米外資への姿勢が厳しく、いまにもインドネシアが共産主義国家になりそうに見えた。

アメリカ出身メジャーの一角たる **Caltex** は、インドネシアのミナス原油の生産者¹⁰で、ミナスを日石に供給するのが仕事でした。が、このインドネシア国内の政治状況を見て、日石に対して「ミナス油田は、国有化される恐れがある。**Caltex** はミナス油田に投資はできない。だから、処理原油を中東産にシフトしていってくれ。ミナス原油は期待しないでくれ」と言ってきた。昭和30年代の終わりの頃のことでした。

他方で、サウジアラビア産の原油はアメリカンアラムコ (**American Aramco**) という会社が生産供給をしていました。この時期は、サウジ原油の大増産をやっていた。**Caltex** もアメリカンアラムコの一員だから、サウジ原油販売活動を強化してきます。こういうこともあって、根岸製油所第2期計画では中東原油処理を目指した。

ところが、1965年(昭和40年)9月、スカルノ大統領が失脚してしまった。

スカルノ大統領の左傾とインドネシア国内の共産党の躍進に対して、軍部の一部が反逆した。反乱将校の部隊は陸軍大将の家に夜討ちを掛け、この大将は、ひとり、逃げることができたが、家族が殺された。ここでスハルト少将はこの反乱に加担せず、手勢の部隊を率いて反乱軍を鎮圧した。つまりスハルト少将は反

¹⁰ **Caltex** は1935年、当時のオランダ領植民地インドネシア総督府から中部スマトラ、ロカン川周辺の石油開発鉱区権益を許可された。太平洋戦争中鉱区は日本軍に占領され、1944年、日本陸軍南方燃料廠はミナスドームでの試掘に成功している。戦争終結後、**Caltex** はミナスドームを開発し、1952年4月、15千BD規模でミナス原油の生産を開始した。1960年9月、石油権益はインドネシア国内法人 **Caltex Pacific Indonesia (CPI)** に移譲された。出荷ターミナルはドゥマイ港。ミナス原油はパラフィン基でワックス分を多く含み(約18%)、流動点は+32.2℃と極めて高い。代表性状はAPI比重34.4°、イオウ分0.09%。ミナス油田の最高生産量は1974年の420千BDと推定されている。その後埋蔵量が減衰し、2000年代では100千BD程度の生産量になった。

革命をやったわけです。関ヶ原の合戦で大逆転したようなものだ。（「9月30日事件」）スカルノは軟禁され、デビ・スカルノさんも軟禁されました。

後にスハルトは、国内で、たくさんの共産党関係者を組織的に殺していってしまう。そして軍政を敷き 1966 年には大統領に就任します。スハルトの天下となったわけです。

4.2 補論「9月30日事件」

1965 年 9 月 30 日に端を発するインドネシア政変の事実と歴史的意味について、以下、『9.30 世界を震撼させた日』倉沢愛子、岩波書店、2014 年、および『スカルノとスハルト』白石隆、岩波書店、1997 年に依り、概説する。

「9.30 事件」とは、1965 年 9 月 30 日の深夜から翌朝にかけて、ウイントゥン中佐に率いられた大統領の親衛隊が、7 人の陸軍将軍の家を襲い、そのうち 6 人と居合わせた 1 人の中尉を現場で射殺したり、あるいは拉致後殺害したクーデター未遂事件である。夜明けに放送局を占拠したウイントゥン中佐の部隊はアナウンサーを強制して声明を読み上げさせ、自分たちを革命評議会と名乗り、スカルノ大統領を将軍たちの陰謀から救うために行動をとったと述べた。しかし同日夕方、スハルト少将率いる陸軍戦略予備軍司令部が反撃に出、革命評議会の率いる部隊を粉砕し、治安を掌握した。ここでスハルト少将側は、この事件はインドネシア共産党（PKI）によって演出されたものだった、と発表した。一方で、容共的であったスカルノ大統領は事件への関与を疑われた。スカルノはただちに、事件後の「治安秩序回復」に必要な全ての権限をスハルトに与え、権力の維持をはかったが、6 か月後の 1966 年 3 月 11 日、スハルトに大統領権限を委譲、失脚した。

インドネシア国軍は、PKI が 9.30 事件の背後にあったとして、以降数年間にわたり PKI 関係者や支持者の大規模な虐殺や逮捕を展開した。その犠牲者数は少なくとも 50 万人、一説によると 100 万人から 200 万人ともいわれる。

第三世界の盟主として国際的に名を馳せたスカルノの失脚と、公称 30 万人の党員を抱え権勢を誇っていた PKI の壊滅によって、インドネシア国内はもちろん、周辺のアジア諸国の国際関係は大きく変動した。脱植民地化・新植民地主義との闘いを最大の政治運動課題として掲げ、それゆえに経済ナショナリズムを強め、さらにイギリスによる新植民地主義だとして、隣国のマレーシア結成に反対して武力対決を挑み、最後には国連から脱退したスカルノ政権だった。が、スハルトの時代が訪れ、インドネシアは西側諸国との関係修復を進めていった。

当時米国は 1965 年 3 月に北爆を開始して、ヴェトナムへの介入を深めてい

た。米国にとっては、時宜にかなったかたちでスハルトの反共軍事政権が成立し、後方が安定化したことになる。当然、米国陣営はスハルト政権を歓迎した。ここで日本政府は、米国との協調外交を行い、応分の負担を果たすべくインドネシアにかかわりはじめた。

インドネシアはイデオロギー的に右旋回し、欧米諸国の経済協力や資本投資を受け入れながら、急速な経済開発計画を見せる。1967年世界銀行を事務局として対インドネシア国際借款団 IGGI(Inter-Governmental Group for Indonesia)が結成され、スハルト体制の援助を目的とする国際枠組みが成立している。スハルト大統領の開発独裁体制は、国内の政治的安定のために強固な中央集権システムを敷いてゆく。

他方スハルトは、従来親密であった中国との関係を冷却化した。国内の多くの華僑・華人が迫害され、インドネシアを去った。大虐殺の嵐をへたインドネシア社会は、その後、加害者も被害者も沈黙し、トラウマを抱えて生き続けることになった。

若き清水固氏が、日精本社製造部長の嶋村晴夫氏とともに米国内での長期出張を続けていたのは、このインドネシア政変の歴史のただ中のことであった。

4.3 米国インドネシア政策の余波

以下、清水氏の語りに戻る。

共産主義勢力との間で冷戦下にあった米国は、反共軍事政権たるスハルト政権を強力に支持してゆきます。その援助の手段が、Caltex が操業するインドネシア油田群の開発投資、具体的にはミナス油田だった。つまり、アメリカ政府の意向が Caltex に働いて、ミナスその他の油田で大増産が始まった¹¹。

ただしミナス原油は、サルファ分は少ないが常温で固まる特殊な原油だから、世界中の精製装置を見渡して当てはまりどころが難しい。そこでアメリカ政府から日本政府へ、また、並行して Caltex から日石に連絡が入ったのです。「ミナス原油を日本で処理してくれ。Caltex はミナス油田の操業を継続する」と。

¹¹ 『インドネシアにおけるカルテックスの探鉱開発活動』、神原達、山田元章、島村常夫、石油の開発、1982に依れば、Caltex 社の、ミナス油田を含む中部スマトラ鉱区全体での原油生産量は、1965年には321千BDであったが、開発生産投資の結果、70年には707千BD、73年、965.9千BD（最高値）と急伸した。

4.4 処理原油の設計が変わる

昭和40年(1965年)12月、嶋村さんとわたしがアメリカ視察出張から帰ってきて、それから根岸第2期プロジェクトは大変なことになりました。

Caltex が、突然、「11万BDの第2期計画は、処理原油は全部マイナスでやってくれ」と言ってきた。世の中がすっかり変わってしまったわけです。

プロジェクトは、新潟鉄工(日石グループ関連のエンジニアリング会社)に工事発注寸前まで進んでいた。第2期は11万BD全体を中東原油で設計していた。重油脱硫方式は間接脱硫を考えていた。これは、重油分解装置のフィード油の脱硫装置を造る、ということです。この設計業務を、すべてキャンセルしなければならない。

この問題の責任者は嶋村本社製造部長でした。当時、嶋村部長は社内で大変に勢いがあって、周りにはなかなかたいへんだった。わたしは平社員だったのだが、嶋村部長は、直接私に、「Caltex が言ってきたから全部マイナスでやることにしたい。なんとかいい方法を考えろ」と言われた。日石としてはしかしながら、マイナス原油処理は電力用C重油供給には好適だが、実は、製油部長も私もマイナス原油処理100%は反対だった。で、結局マイナス原油と中東原油をそれぞれ50%ずつ処理する2系列の工程に変更する、という方針を、部長と一緒に、内々想定してみた。わたしは「足して2で割る」ことを起案した。それしか方法がなかった。日石はCaltex に対して「根岸製油所の原油は、半分マイナス、半分中東産でゆく」と返事しました。嶋村さんは100%マイナスにしろ、という意見だったが、私は譲らなかった。マイナス原油をたくさん取れ、というCaltex も、2トッパーに割った設計を承認してくれた。

つまり、根岸製油所は石油業法上の届出ではトッパー能力11万BDの枠をもらっていたのですが、トッパー55千BDを2系統作ってしまったわけです。片方はハイサル中東原油処理のためにChevronの触媒を入れた間接脱硫を付けた。ただしこの系列にハイドロクラッカーはついていない。直接脱硫は諦めました。

規模の小さな2トッパーはもちろん非効率です。が、そういう経緯でやむを得なかったのです¹²。

第2期はインドネシアの政治情勢に翻弄されて、11万BDのトッパー能力を、マイナス原油処理用5.5万BDと中東原油処理用5.5万BDに割りました。そして

¹² 『日本石油百年史』p.690より

総工費は267億円であった。このため、43年から44年にかけてカルテックスから、第2期建設工事を対象に2,600万ドル(93億6,000万円)、減圧軽油水素化脱硫装置を対象に1,000万ドル(36億円)の外資借款を行った。

それぞれに下流を設計してゆきました。具体的にはミナス原油からはナフサ溜分が10～12%出てくる。対して中東原油はナフサが20～30%採れます。だから下流の設計が異なるわけです。

私自身としては、根岸をどんな原油でも処理できる製油所にしたかった。ミナス原油はいずれ枯渇するのだから。直脱は諦めるとしても、せめて間脱を造りたかった。そこでは、Caltex/Chevron のハイドロクラッキング方式 ISOMAX に使われていた触媒を採用することにして、間脱装置を作った。日精としてはこの触媒の選択も、アメリカから、いわば押し付けられたわけです。なお、ISOMAX は前段で原料の脱硫、後段では水素化分解をする 2 段装置であるが、日本に導入した間接脱硫装置はその前段部分の装置だけです。

根岸製油所第2期建設工事 主要設備		
設備名	基数	能力
第2常圧蒸留装置	1	55,000 BD
第3常圧蒸留装置	1	55,000 BD
第2減圧フラッシング装置	1	45,000 BD
第3減圧フラッシング装置	1	33,000 BD
減圧軽油水素化脱硫装置	1	20,000 BD
流動接触分解装置	1	20,000 BD
第1アイソマックス装置	1	40,000 BD
第2灯油ユニファイニング装置	1	15,000 BD
水素製造装置	1	590,000 Nm ³ /D
第2硫黄回収装置	1	160 トン/D
CRC式排水処理装置	1	
ボイラー	3	90 トン/時x2

(出典：日本石油百年史)

4.5 ミナス原油、その後

Caltex のミナス原油の常圧残渣油は、硫黄分が少なく、FCC 装置の原料油として根岸製油所で大事なものだだったが、同時に、火力発電用の重油としても重宝がられた。

当時から東京電力と日石は、ビジネス上で親しい関係にあったが、そのころの東京電力は環境問題つまり大気汚染問題で、発電用燃料が大変だった。当時、日石は東電にローサルファ重油を大量に供給する約束をしていた。そこで、根岸製油所で生産するミナス重油で供給することにした。が、ミナスは、原油でも重油になってもワックス分含有量が多いから、常温で固まる。配管もベッセルもタンクも、常温で置いておくと詰まってしまう。東電にこれを説明したら、相手はミ

ナス原油のことなんか当時は知らないから「固まる重油では困る」と大騒ぎになった。日精の製造部門は、配管をスチームコイルでぐるぐる巻きにして保温すればいいのだ、蒸気さえ入っていればメンテナンスはいりません、という説明をし、日精自らタンクなどの設備設計を引き受け、操油マニュアルを作成して、これを東電に納めました。

当時は「所得倍増計画」が順調で、電力需要が増大していました。東電の東京湾岸設備は、横須賀火力や大井火力が主力です。東京圏でのミナス重油の需要が増えてゆき、根岸ではとうとう、笑い話のようだが、中東原油用のトッパー系列 55 千 BD を設備改造してミナス原油用に振り向けようとした。つまり第 2 期の 11 万 BD 全部でミナス原油を処理しようと工夫したわけです。

問題は、ミナス原油系列の原油タンクやポンプや配管が片方の 55 千 BD 装置にしか繋がっていなかった。そこで、片割れの中東原油処理用 55 千 BD のトッパーに、ミナス原油をフィードするにはどうするか、というと、ミナスの原油タンクが複数あるから、ひとつのタンクに片寄せし満タンにする。ヘッド圧があるので中東原油系列のラインに、枝管を作って流す。ただ、ヘッド圧がなくなると、中東原油用トッパーには、もはやミナス原油をフィードできなくなる。そうなったら中東原油処理に戻る。こういう油種切り替えをやっていた。

その後、更に東電のローサルファ重油の需要が増えていって、日石はミナス原油を、直接、火力発電所に納入する原油生焚きの商売を始めた。生焚きだと、もっとサルファ分が少なく 0.1%以下になる。

東電商売の最初のころは、横須賀火力に盛んにミナス重油を供給し、喜ばれた。ところが東電が横須賀の後から運転開始した大井火力発電所は、横須賀よりもさらに厳しいサルファ規制 (0.1%以下) となった。そこで、大井にはミナス重油を出荷できなくなり、全量、生焚き商売となったわけです。インドネシアから輸入するミナス原油を、根岸製油所で荷揚げして、毎日毎日、そのまま平水船で大井に送っていた。言うなれば、スハルトの 1965 年 9 月 30 日の大逆転、反クーデターが原因になって、Caltex の意向を介して、東電の石油火力発電所でミナス原油の生焚が主力になったわけです。

私の記憶に残るのは、根岸第 2 期のスタート後 10 年近く経った昭和 53 年頃の事件である。根岸製油所本牧地区で用役設備事故があり、ミナス原油を含むすべての石油製品の海上出荷が出来なくなったことがあった。その時、どうしても、事故当日の日中、東電大井火力にミナス原油を出荷してもらいたい、との販売サイドの強い要請があって、出荷設備すべてを手動で操作してタンクにあるミナス原油を出荷した経験がある。つまりその頃はミナス原油の東電への納入が根岸製油所では不可欠の最重要ノルマになっていたのだった。

ミナス重油・原油は日本の公害対策に、確かに寄与した。もちろん、その後、東電はだんだんと LNG 火力に変わってゆきます。LNG が石油の栄光に影をさしてゆきました。発電用 C 重油が環境問題のために需要を落とし、石油会社は重油溜分を脱硫・分解して白油化してゆくのです。

5. 根岸第 2 期で採用した FCC

5.1 FCC 設計方式の選択

昭和 30 年代末から 40 年初頭、FCC(流動接触分解装置)プロセスといえば UOP 社が強かったが、嶋村部長との訪米中にいろいろ考えが動いた。UOP の本社ではスワンソンという男が日本の石油会社の担当で、日揮が下請けだった。スワンソン氏は、素人に対して教えてやる、という態度だった。日本語も少しわかるし、教え方もうまいのだったが、気位の高い嶋村さんにはカチンときたところがあった。

その一方で、Caltex は当時、ニューヨークに本社があり（後に市税が高いのでダラスに移転した）、Caltex 本社の隣のストリートには Kellogg 社がいた。その縁で Caltex から Kellogg に、日石が FCC 技術を求めているという話が伝わった。

我々としては、ミナス原油は中東原油に比べてナフサ留分が少ない。日石としてはガソリンが欲しい。だから FCC。加えてミナス原油のワキシシーな残渣油を分解して、ミナス重油の流動点を下げるのにも FCC が必要だった。当時、Kellogg の日本マーケットの担当は日本語ペラペラの中国人だった。つまり Kellogg は既に東京で日石にアプローチをしていたが、その時は日石は話に乗らなかった。

ところが、日精の訪米チームが Caltex と話しはじめたら、Caltex 側が Kellogg を勧めてくる。

まず Caltex 傘下のイスタンブール製油所（トルコ）に Kellogg の FCC があり、運転がしやすいと聞かされた、更には Kellogg には FCC 技術者は最近退職して今は不在だが、南米エクアドルの EquoPetrole の製油所にその人が手掛けた Kellogg FCC が目下建設中で、能力も根岸第 2 期計画の FCC とほぼ同じなのでその設計資料や図面が使えるので早く工事に着手できるし経済的でもある、と勧められた。

そこで Kellogg のチームとの熱心な交渉となった。嶋村部長が、「解らないから Kellogg にしようや」と言う。Caltex との関係もあって、Kellogg 社の C 型

プロセス FCC (Ortho flow model C) の採用が決った。

実は、当時の Kellogg 社は、FCC 技術をビジネスとしてうまみが乏しいとして、御蔵入りさせようとしていて、もはや FCC のエンジニアを外していた。Kellogg としての最後の FCC 装置 18 千 BD を、南米エクアドルの EquoPetrole 向けの設計を終わったところだった。この装置の設計を、根岸の 20 千 BD にコピーして持ってくる、だから安く提供できる、という提案だった。また Kellogg 社は、新潟鉄工を下請けに使う考えだった。

実は Kellogg の FCC 装置には特徴がある。UOP の FCC はスタックドタイプで、2つの塔が少しずれてついている。また UOP 方式では、触媒の移動ラインを塔の外を通すので、ウォームアップ時の熱効率は悪い。対するに、Kellogg の C 型 FCC はストレート・アップ方式で、反応塔(上方)と再生塔(下方)の中を、触媒が移動するスタンドパイプが通っている。このパイプからコークスが付着した触媒を落とす仕組みです。パイプには周りから自動的に熱が付きますから、熱効率が良い。これが Kellogg 方式のセールスポイントだった。塔の中にはいろいろ入っています。Kellogg 方式は、再生塔(下方の塔)内部の上部にあるプレナムチャンバーに、いったん落ちてくる触媒を貯めてから、再生塔上部に取り付けたサイクロンで、触媒を吹き上げる方式だった。

ところが大きな問題が生じた。

スタンドパイプはプレナムチャンバーを貫通して、溶接して取り付けられていたが、熱が 600 度まで高くなると、この溶接部分に熱ひずみが出て溶接が剥がれ、亀裂が入ったのです。これは根岸での話ではなく、EquoPetrole の同型機の試運転中にその不具合が起こったのです。FCC が“割れた”のです。

これで大騒ぎになって、建設途中の根岸の FCC は大改造となった。Kellogg 社としては「設計を売ってしまったら仕事はおしまい。南米の仕事をやった設計エンジニアは、もはや Kellogg を辞めていて、香港に自分で事務所を構えている、詳細はそこに聞いてくれ」という始末だった。

そこで日石自身で装置の改造をした。新潟鉄工にとっては FCC なんて初めてだったもので日精の工務部が直接、設計に関わった。結局、工務部は Kellogg の提案を入れて、プレナムチャンバーを縦に2つに分割して切って、パーティションプレートを入れた。2つに割ったプレナムチャンバーの空隙に、スタンドパイプを、直接、入れた。これなら溶接しなくて済む。結局、2つに割ったプレナムチャンバーに触媒を吹き上げるサイクロンを、それぞれに取り付けています。高いタワーの上での工事だった。再生塔を常温でスタートアップさせて、だんだんと 600℃にまで熱がついたら、熱膨張して人が歩く回路(足場)とずれてしまっ

たり・・・むつかしい工事でした。

5.2 FCC スタートアップ

この根岸 FCC のスタートアップには、外国人がたくさん来日して参加しています。といっても練習生みたいな若手で、カルテックススタンダードのマニュアルを手元で見ながら、チャートを見ながら装置を動かしていました。コンプレッサーのガスの量（どんなガスがどれだけ出るか）は、チャートを見ながら答えていました。トラブルが発生すれば、日本から本国のほうに聞いていた。本来、スタンダードというものはマル秘でしょうが、日揮や新潟鐵工はそれをコピーして、参考にしました。

5.3 Kellogg 方式の欠点

改めて Kellogg 方式は欠陥プロセスだった、と思っています。

致命的な欠点は2つあります。一つはライザーがチャンバーを貫通していたこと。触媒再生塔は常温でスタートアップして 600°C まで昇温する。常温では納まっていたストラクチャが、高温熱膨張でズレるわけです。

2つめは、空気のエアリングです。FCC 装置では再生塔に空気を送って触媒に付いた炭素を燃やすが、Kellogg 方式では、再生塔の底部の容量が大きいので、触媒が下に溜まってしまい、ここのデッドスペースで不活性化する。実は、UOP 方式では、再生塔内で空気を吹き出すノズルが下向きについている。これで触媒も吹き上がる。だがこの「下向き」技術が UOP の特許になっていて、Kellogg は使えなかった。だから根岸の FCC では空気の吹き出しノズルが上向きに設置されていた。だから触媒が十分に吹き上がらないのです。日石は UOP の特許が切れてから後、ノズルを下向きに改造しました。

また、マイナーな問題として、これは Kellogg 方式だけの問題ではありませんが、FCC 再生塔の中には erosive な触媒が舞っている状態ですから対摩耗性のライニング素材を削ってしまいます。耐熱レンガみたいなライニングブロックの一部が剥脱する問題も出ました。そうすると再生塔の壁に 600°C の熱が直接当たる。ライニングを前提にして再生塔の材質の耐性を 300°C で設計しています。これは珍しくないトラブルで、昭和 29 年（1954 年）に建設した横浜製油所の第 1 期 FCC はライニングの剥離で、しょっちゅう止まっていた。

後に Kellogg 方式の FCC は、HOC という技術に姿を変え、三菱石油（東北

石油)の仙台製油所に採用された。三石の当時の常務から「どうかね?」と連絡が入ったので、私清水は本当のことを言いました。根岸第2期のFCCはバキューム油のクラッキング、対して三石の採用技術は重質油のクラッキング HOC (Heavy Oil Cracking) だった。常務さんからは、後日、運転してから「うまくいった」との話があった。

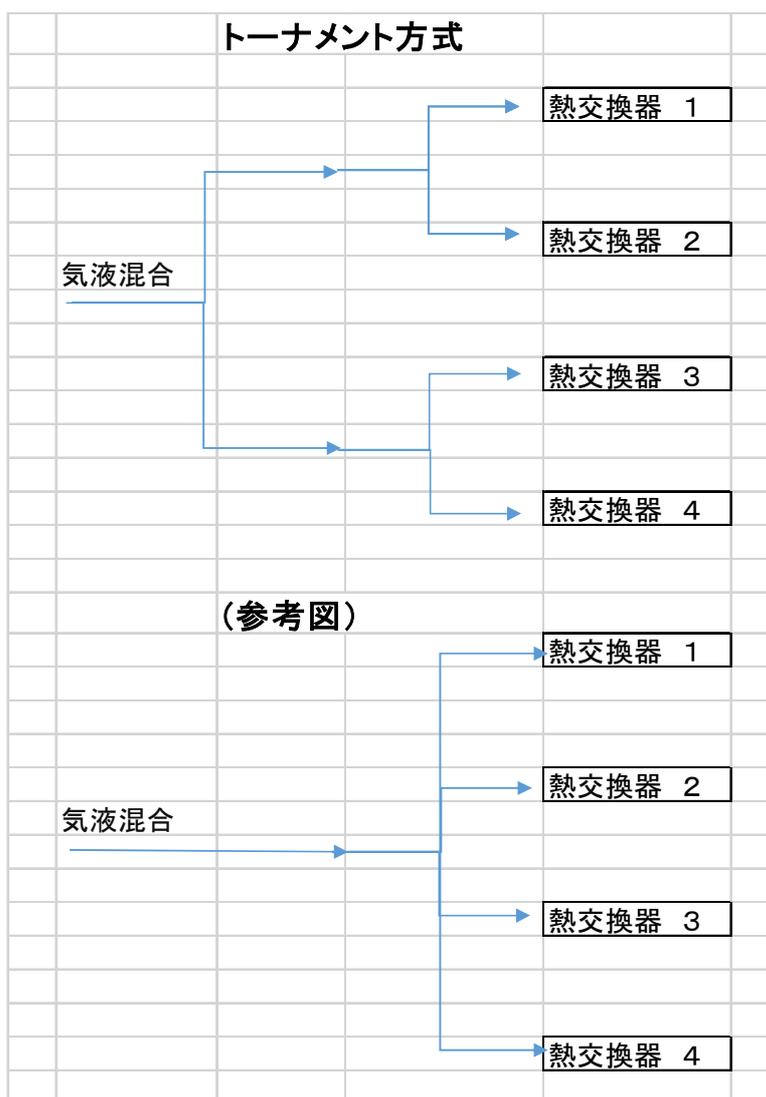
6. 根岸第2期、現場のエンジニアとして働く

6.1 配管図 (PI) を書く

根岸第2期のFCCの配管図(計装を入れた配管図、PI:Piping and Instrument)は、わたし自身で作りました。Kelloggは、南米の設計図を送ってきただけだった。PIもEquoPetroleのものだった。だから本社製造部計画課の係長だったわたしが配管図を書かなければならなかった。

PIを書くのは大変なしごとです。

たとえば、水素化脱硫装置 Hydro treater (Shell グループで言うトリクル装置)は、液体と気体(水素と軽い溜分)を、同時にパイプやベッセルや熱交換器に流します。液体と気体の分離をきちんとするのは大変で、とりわけ配管がカーブしている箇所では慣性が働いて固体と気体では流速が違ってしまう。いわゆる「片流れ」現象です。



そこで配管の設計は「トーナメント方式」にするのです。

左図のとおり、トーナメント方式で設計をすると、4つの熱交換器に気・液を同じ比率で流すことができます。

他方で、下の参考図の方式では、外側の熱交換器に気体が多く流れてしまう。これが片流れです。

6.2 現場のオペレーションエンジニアとして赴任

昭和43年10月30日、根岸製油所第2期工事が完成。

ここでわたしは、本社製造部計画課から根岸製油所の計画課に転勤になって、スタートアップをやった。もう、現場で油で真っ黒になる役割ではない。オフィサーとしてスタートアップを計画・監督するための異動だった。

トッパーに火入れをし、いよいよ中東原油処理で減圧軽油脱硫装置の間脱を動かしてみると 腐食問題等、トラブル続きでした。もう一方のミナス原油処理の系列の運転は順調だった。

6.2.1 ポンプで気液混合半製品を引く

根岸の間脱の運転トラブルの原因は、当時の日本のエンジニアリング会社の化学工学の設計技術レベルの低さにあったのかな、と思います。

失敗の例。脱硫装置では気体の水素を使います。反応塔には液体の油が入ってくる。気・液比率が狂って水素が希薄になると、油が熱分解して閉塞してしまう。おコゲができるわけです。詰まってしまう。なぜかと言えば、脱硫装置には白油用と黒油用があります。白油用、つまり灯油や軽油の脱硫では、油分をほとんど完全にガス化して水素と合わせる。プロセス中は全部気体ですからポンプの引きも一定で、コントロールできます。ところが重油の脱硫では、油の液体に気体の水素を合わせる。気液の混合割合が均等でなければ、ポンプでうまく引けない。だいたい流量計のオレフィスは、気体を測るオレフィスと液体を測るオレフィスの仕組みはそれぞれ違うから、気液の混合割合なんか、ちゃんと測ることなどできません。

そこで、気液の混合が配管を流れている場合には、混合割合が乱れても引けるのであるが、熱交換器に流す時に片流れをする。油＝液体が下に溜まる。だからサージングを起こして、間欠的にバツと流れる。加熱炉に気液混合した油を流す場合も同じ問題が起こります。気液割合が均一でないと、ある加熱管にはガスが多くなり、ある管には油が多くなる。油が多い管ではコーキングが起こります。だから、前述の「トーナメント方式」が大切になる。このあたりは日本のエンジニアリング会社は充分気づかなかったところだ。

根岸第2期のトラブルの遠因は、日精が **Chevron** からプロセス本体の設計部分だけを買って、**PI (Process and Instrument)** を日本のエンジニアリング会社にやらせたこと。**Chevron** には **Chevron Research** というエンジ会社があったのだが、費用を抑えるために日本のエンジ会社を起用したのだが、当時のエンジ会社の技術者には、多成分系を扱う化学工学の知識が不足していた。

6.2.2 腐食

それから腐食の問題。原油には窒素分が入っているので、反応塔でアンモニアになる。これが硫化水素と反応して、水硫化アンモンができて熱交換器の炭素鋼を腐食、減肉させた。手直しを重ねて改良してゆくが、問題解決までに4、5年はかかった。

また、減圧軽油水素化脱硫装置の塔頂部のエマルジョン問題。この装置は塔頂部分でコンデンセートが発生するので、それを塔頂から抜く。が、このコンデンセートは油と水が混じったエマルジョン状態になっていて、オイルトラップ装置に入れても油水分離しにくく、トラップの外に油分が出てしまうトラブルが

あった。エマルジョンは、水が極性物質になって油を取り込んだものだから、対策としては中和剤を打てばよい。ここで検討を一步進めて、塔頂から出てくる際のエマルジョン状態自体をなんとかならないか、という方向に技術検討が進んでいった。判ったことは、塔頂油をポンプで引くとエマルジョン状態ができてしまう。ヘッド圧を利用して流すと、そうならない。こういうところがノウハウの発見でして、現在では、塔頂油はヘッド圧で引くのが標準オペレーションになっている。

この減圧軽油水素化脱硫装置はトラブルが多く、加えて低硫黄 C 重油の需要も少なくなった。つまり東京電力の需要がマイナス重油よりマイナス原油生焚の方向に行ってしまったもので、後に、この装置は FCC 原料油の脱硫に使われるようになります。今では、中東原油処理をめざした 55 千 BD 系列は需要減で止めてしまっています。

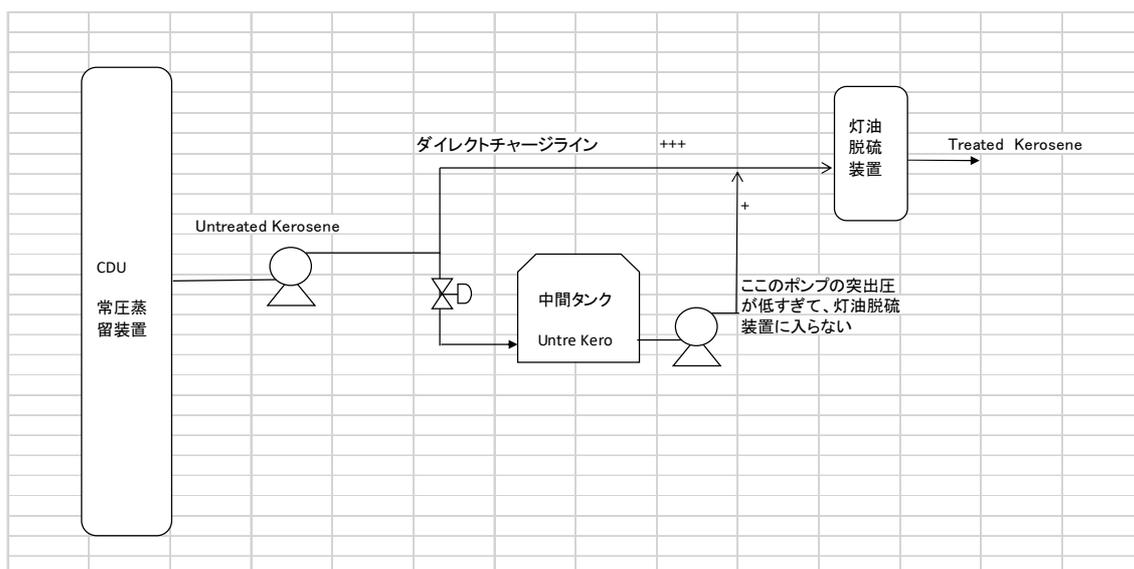
このようにわたしは、根岸で運転技術にも詳しくなっていてゆきました。バカバカしいミスも経験して、その教訓を後輩たちには伝えました。

6.2.3 ダイレクトチャージのトラブル

トラブル事例の話しを続けます。

根岸ではダイレクトチャージ方式を全面的に採用しました。が、設計の際、次の装置に、ダイレクトチャージ方式に加えて、中間タンクからもチャージできるようにしていました。

ところがスタートアップしたら、中間タンクから引くポンプの吐出圧がダイレクトチャージの Head の圧力よりも低くて、中間タンクの半製品が次の装置に入らない。これは私の設計ミスでした。



6.2.4 ジェット・ミキシングの失敗

また、ジェット・ミキシング装置のオペレーションの失敗を覚えている。

根岸では昔、昭和40年代、ガソリンから重油まで製品タンクは、全部コーンルーフトankでした。このタンクの内部には、タンク底近くにサクションとデリバリーの両配管に加えて、端切り用配管とジェットノズル用の配管が入っていた。2つの配管は、ひとつの配管から枝分かれしていて、バルブ操作で片方を締めたり、開けたりする。タンク内部に、ジェットノズルが上方に向かって角度をつけて設置されていて、タンク内の製品中に共油を吹き上げ、タンク内の在庫をかき回す（Mixing）のが目的です。

昔は、製品タンクでスペックを決めていたので、このようなミキシング操作が必要だった。今と違って、重油もタンクブレンドだった。出荷時にラインブレンドして、積荷船の受荷でスペックを決める方式は、後年の話です。

ただし、製品タンクの中に油が入っていないと、ジェットノズルから噴射する油が、強い圧力でタンクの屋根に当たり、タンクのトップアングルを破損する事故が起きる。なにしろ、根岸では、何万kLサイズの製品タンクは初めてのことで、いろいろ現場もわからなかったのだろう。現場オペレーターは、端切りとミキシングを、いつのころからか、両方、ジェットノズルの配管でやるようになった。つまりジェットノズルのバルブを常時開け、端切りのバルブを常時閉めておくようになっていた。だから、あるとき根岸製油所で、偶々、空の製品タンクに端切りの油を送ってしまったら、ジェットノズルから、ポンプの突出圧がかかってビュービュー吹き出す油がタンク屋根に当たって、破損させた事故が起きた。

後年の昭和 40 年代、室蘭製油所で輸入するミナス重油の受タンクにジェット・ミキサーを取り付けることになり、わたしは室蘭の方に根岸でのトラブル経験を伝えた。室蘭の職長は心得て、「端切り、ジェットノズル共用配管」と、問題の配管やバルブに書き込んだ。

ところが根岸と同じような事故が、室蘭でも起こったのです。

後でわかったことは、注意書きをした配管に後から保温カバーをかけてしまった。それで注意書きが隠れた。そうしたら、オペレーターが事情を分からずに、やはりバルブを根岸と同じように使い始め、ジェットノズルから噴射したミナス重油がタンク屋根を痛めた、ということだった。

他にもあります。昔の出荷ポンプは、流量計とポンプが連動して動いていなかった。それで、流量計を停めて出荷を終えても出荷ポンプを止めるのを忘れたもので、ポンプ内で油が回ってしまい、加熱して火が出たという事故があった。

このように、失敗や事故は、個人の記憶の中に残っているもので、会社のオフィシャルな記録には現れない。いろいろな失敗事例や事故例を整理してゆき、途上国の製油所でオペレーションをするときなどの参考とするのは、意義があります。石連としてデータベース化すべきだろうと思います。

7. 根岸第3期

わたしは根岸第2期のスタートアップを終えて、昭和44年10月本社製造部に転勤、出戻りました。ここで係長になりました。このころが一番仕事をする年代です。

本社では根岸第3期の設計に携わります。第3期の基本的な設計思想は、装置と運転がどんな要望にも応えられるようにすること、でした。

根岸製油所第2期計画は米国出張から帰国後、装置の完成まで1年弱でした。

わたしは、米国出張報告を帰路の機中で書き、設備投資の稟議も簡単に済ませ、カルテックスからも何もクレームはなく、エネ庁の認可も得て建設もほぼ順調だった。

予算総額は3年前の根岸第1期（昭和40年）が130億円弱だったのに対し、第2期は土地、事務所類、原油栈橋、原油タンクの一部などを第1期の設備資産を共有したにもかかわらず、アイソマックス、FCC、公害対策設備などが加わって200億円弱に膨らんだ。

このすべてに関与できた私は、内弁慶・気が利かない・口数が少ない性格が、

根岸第 2 計画の頃には大分改良され、仕事面では張りあい満ちた仕事一途の人間になっていました。その半面、家庭を顧みなかったので、2020 年夏の今、昨年先立った妻や、娘 2 人に本当に済まなかったと思っている。

7.1 第 3 期拡張計画の設計思想

根岸第 3 期の考え方は、先に述べたように「清濁併せ呑む」という設計思想で、いろんな原油が処理できるようにしました。コンデンセートでもカフジ原油でも同じ装置で処理したい。そうすると逆に、効率は考えないような設計をしています。

このように考えれば、行き着くところは常圧蒸留塔が大型になります。実は、第 3 期の 11 万 BD トッパーは、ポンプを増設して改造すれば 15 万でも 20 万でも通ってしまう規模のものです。

この設計方針に、エンジニアリング会社が悲鳴を上げました。実質 15 万 BD のトッパーをつくるのですから、鉄鋼材料などが余計に必要で、コストがかかる。第 3 期では、ガソリン製造装置としてリフォーマーを選びました。第 2 期は FCC 装置でしたので、今度はリフォーマーを選びました。

根岸製油所第3期建設工事 主要設備		
設備名	基数	能力
第4常圧蒸留装置	1	110,000 BD
第4減圧フラッシング装置	1	35,000 BD
第2ナフサハイドロボン・プラトフォーミング装置	1	18,000 BD
第3灯・軽油ハイドロボン装置	1	25,000 BD
第2アイソマックス装置	1	28,000 BD
ガソリンリラン装置	2	BD
分解ガソリン用	1	11,000 BD
改質ガソリン用	1	14,000 BD
第3硫黄回収装置	1	160 トン/D
IFP式テールガス処理装置	1	320 トン/D相当分
ボイラー	2	ECR 120 トン/時x2

(出典：日本石油百年史)

根岸第 3 期計画ではいろいろな原油の処理に対応できる製油工程を前提に考えています。

第 1 期、第 2 期では、まず最初に処理原油を決めて、その原油に見合った後続工程(装置)を決め、トッパーで分離されたそれぞれの留分を、中間タンクを経

由すること無しに後続装置に張り込むダイレクトチャージ方式を採用している。この方式では各留分を冷却して中間タンク(後続装置のチャージタンク)に貯蔵することなく、後続装置にホットチャージをするので熱効率がよくなる。しかしながらダイレクトチャージ方式は、後続装置が適さない原油をトッパーで処理しようとする場合に難があった。そこで第3期計画では、熱効率は低くても多様な原油処理が可能なようなトッパーを設計した。

さらに当時、石油化学エチレンプラントの原料ナフサの需要が多く、中東産油国で建設した製油所から生産される余剰ナフサを日本に輸入しており、この中東産ナフサが日本のエチレンプラント原料需要の30%に達していた。この中東製油所由来のナフサ輸入は、クリーンタンカーで輸送するとコストが高いため、原油に混ぜて製油所に輸入し、トッパーで分離して石油化学工場に送る方式が行われていた。これを製油所サイドの我々は、ナフサエンリッチまたはナフサスパイク原油、と称していた。

これらの事情も加味して、第3期のトッパー設計では、①ナフサ20%エンリッチ原油 ②ワックス分が多く固まりやすいミナス原油・大慶原油 ③中間留分(灯油、軽油)が多い中東原油、のいずれも処理できる過大能力(?)のトッパーを設計した。これが根岸第4トッパーと称された。実際は、日産15万BD以上の原油処理が可能な大きめの装置を作ってしまったわけである。

原油購入を担当する仕入部長から「根岸第4トッパーのおかげで原油を買いやすくなった。」と感謝されたものである。

後年、東京電力向けミナス重油製造の需要がなくなったもので、根岸製油所第2期の第3トッパー5万5千BDが廃止される。その時、第3期の第4トッパーの届出公称能力を15万BDに変更している。

7.2 第3期、稼働

第3期のスタートアップは問題がありませんでした。第2期装置群での経験が生きて、トラブルが少なかった。昭和47年(1972年)1月、先行して常圧蒸留装置と接触改質装置などが稼働し、その後、第2ステージとして8月から9月に、減圧フラッシング装置など重油脱硫関連装置が稼働しました。さらに10月、常圧蒸留装置が11万BDまでフル稼働達成。「清濁トッパー」がフル稼働しました。

わたくし清水は、第3期のスタートアップは経験していません。そのころは本社勤務で、根岸第3期の計画を仕上げている最中に、並行して室蘭製油所増強のための設計作業にかかっていました。とにかく、そのころは国内需要がメチャク

チャに伸びていましたので。忙しかったです。

その後私が役員になってから、根岸第 2 期計画（本牧計画）で実現しなかった直接脱硫装置を、根岸第 3 期の後発装置として新設 FCC 装置と共に建設しました。

総括すれば、昭和 40 年代の根岸製油所では、電力向け低硫黄 C 重油の生産最大化が大きな課題になってゆきました。結局、中東系原油の処理については中途半端な脱硫しかできず、ミナス重油が大手を振るって電力向け C 重油に位置づけられてゆきました。同時期、出光が試みていた重油の直接脱硫は上手くゆかず、結果として、ミナス重油が電力向けとして勝利したわけです。

ところが LNG の輸入が始まります。LNG 火力発電技術には技術改善の余地がありましたから、コンバインドサイクル技術を導入して発電効率を高めてゆきます。かたやミナス重油は硫黄分の排出を減らせはするが、CO₂ 排出は下がらない。コンバインドサイクル技術にも縁がない。こういう理由で、LNG は電力用燃料として石油系に勝っていったわけです。

第二部 室蘭製油所

昭和 47 年（1972 年）は、同期が課長になる時分でした。わたしはこの年室蘭製油所に赴任し、計画課長になりました。ここで 2 年を過ごしました。

計画課は技術担当部門です。わたしは計画課の運転技術の担当で、翌年の室蘭製油所大拡張工事後のスタートアップに備えていました。

この任務は、それ以前の経験が横浜と根岸でのオペレイティング・エンジニアでしたから、自然の流れでした。

8. 1970 年代前半の日石グループの製油所拡張計画

高度経済成長期の製油所新設拡張計画は、日石グループにおいては根岸製油所に集中しており、私の仕事もそこに集中していました。

しかしながら第 3 期計画まで進行したところで、根岸の土地の余裕がなくなり、次の目標は山口県下松市に戦前からある下松製油所の拡張、実際は隣接埋立地への製油所新設(新下松製油所)、になりました。ところがここでの土地獲得に関する問題解決が遅れたため、転進して、北海道室蘭市にある古いトッパーしかない小製油所のトッパーを廃止し、隣接埋立地に製油所を新設する室蘭製油所拡張計画を優先することになりました。

この計画は、私が本社製油部にいて根岸第 3 期計画を担当している時、並行して担当していましたが、計画検討の中心は新しい FCC の建設でした。

当時の北海道は製鉄所以外に工場がないため重油の需要が少なく、域内でのガソリン、灯油、軽油の需要増加が見込まれていた。このような背景のもと、FCC の導入を計画していました。

9. 室蘭製油所、赴任

日精は、昭和 37 年以来 1 万 BD¹³のまま運転していた室蘭製油所を、なんとか拡張しようとして、毎年、石油業法に基づき申請をしていました。42 年に 6 万 BD で申請、43 年に 8 万 BD、44 年に 10 万 BD、と年々能力をおおきくして申請していました。が、許可が降りなかった。

昭和 45 年 9 月の石油審議会ですら 11 万 BD の大拡張が認められました。このころ、だんだんと道内の石油需要が大きくなっていました。昭和 48 年当時、灯油と重油を中心に、需要が 50、60 千 BD あり、室蘭製油所は内地から製品を

¹³ トッパー 10 千 BD に加えて、揮発油連続洗浄装置 320kl/D、灯油洗浄装置 120kl/D があつた。

9.2.1 FCC 原料油の間接脱硫

拡張計画に従って室蘭では FCC 装置 10 千 BD が、稼働しました。

私が本社製造部において、室蘭製油所の拡張計画を検討したのは、間接脱硫装置をどう使うか、という課題でした。検討の結果、中東原油で FCC 原料を作る、という方針になりました。つまり室蘭では、FCC 原料の脱硫のアイデアが採用されたわけです。

原料の硫黄分を下げる(脱硫する)装置が必要になります。そこで、根岸拡張計画時に具体化した水素化脱硫 (アイソマックス) 装置を、室蘭製油所の FCC 設備の前段階の設備として、新規建設することにしました。重油の低硫黄化の目的でなく、FCC 原料の脱硫目的で、アイソマックス (間接脱硫) を採用したのは日石グループとしては初めてでしたが、これが大成功でした。後段で、詳しく述べます。

この検討テーマには当時のアメリカの精製技術の動向が影響しています。アメリカではガソリン生産の最大化を目指して、水素化分解プロセスをやります。その第一段が FCC 基材の脱硫でした。わたしはこういう目的での水素化分解をやってみたかったのです。

9.2.2 水素添加脱硫・分解プロセス導入のめざましい効果

室蘭 FCC 検討作業は、結果的に大きな成果を生み出しました。

ここで構想した FCC プロセスは、まず原料の重軽油を水素添加脱硫しています。重軽油留分の炭素鎖に付いている S の代わりに水素を付けてゆけば、飽和結合ができ、二重結合の炭素が減って、コークス生成量を減らせるわけです。これが **Coke Burning Rate** が進歩する、その分だけ原料の通油量が増やせる、というポイントです。

この現象は、室蘭で検討した FCC と、従来型の FCC を比べてみると、判ります。

従来型の FCC プロセスでは、FCC から出てくる分解油を精溜し、脱硫したあと、重いほうの未分解油 (HCO Heavy Recycle Oil とスラリー) をリサイクルして、元の FCC にかけていました。すなわち、FCC 原料油の構成は、フレッシュフィード 1、に対して、リサイクル油を 30% から 50%、全体で 1.3 から 1.5 の量を装置にかけていました。そのように設計されていました。

室蘭 FCC では、原料油に水素添加して脱硫していますから、コークの発生量が少なくて済む、つまり、リサイクル油が少ない。その結果 FCC 装置へのフレッシュフィードの量が増やせるわけです。実際、室蘭 FCC は、この装置は、横

浜製油所の装置を移設したのですが、横浜製油所にあった時は7,500BDだったのが室蘭製油所ではその倍以上の能力に拡張できました。これがFCCの前段に設置したアイソマックス装置の効果であります。

再説すると、重質留分を原料とするFCCでは分解反応でのC-C結合切断の際に多くのカーボン重合体(コークス)が析出して触媒に付着する。これを再生塔に送って空気を吹き込み、コークスを燃焼して触媒を活性化(再生)する。

ここで、FCCの能力は再生塔でのコークス燃焼能力によって左右されることになります。目を転ずれば、アイソマックス装置によるFCC原料油の水素化脱硫反応では、硫黄分を水素添加により硫化水素(H₂S)として除去します。ところが、水素はまた、C-C結合をCH-CH結合にする水素添加反応も副生しています。この反応でFCCのコークス生成を減少させますし、合わせて分解率もアップさせているわけです。

これには大きな意味がありました。FCCの製造能力の拡張が簡単に出来るのです。国内のガソリン需要が伸びていましたから、順次、FCCの通油量を増やせる装置設計は大事でした。室蘭製油所のFCCは、原料の水素化脱硫を前処理とする方式を活用して、ポンプや熱交を增強、結局オリジナルの2倍くらいの通油量で運転できました。石油業法のガソリンPQの縛りのもとでは大事なくみでした。

9.2.3 室蘭FCCの活用方法、総括

室蘭で検討したこの水素化分解の考え方は、その後、発展して直接脱硫/FCC(RFCC)に進んでいきます。わたしは、日精の技術者の間では、RFCCのアイデアが、室蘭製油所でのFCC検討で発見されたと考えています。

室蘭プロジェクト以前では、FCCガソリンの脱硫方法については、ガソリン基材を作ってから、その基材を脱硫するのか、それとも、FCC投入原料を脱硫すべきか、という議論がありました。FCCガソリンを水素添加で脱硫すると、2重結合がはずれてしまってオクタン価が下がる難点があります。

室蘭方式で、Coke Burning Rateが高まる、その結果、通油量が高めることができる、というめざましい成果が認識されたため、会社としての技術の方向が決したのでした。

この水素化脱硫工程をFCCの前工程に設ける設計は、その後、日本国内の各社製油所では当たり前になっていった。

9.4 横浜第2FCCの室蘭への移設

室蘭 FCC 装置の建設にあたっては、別の動きがありました。

製造部門のトップだった嶋村さんが横浜製油所の第2 FCC（昭和 37 年建設）を、室蘭に移設しようとしていました。そのほうが安い、という判断でした。トップになれば”節約”になります。わたしは強く反対しました。移設するためには配管などをきれいに外さなければならない、手間が大変だ、と考えました。が、嶋村さんの方針が通りました。

横浜製油所は敷地が狭く、かつ、根岸製油所が稼働し、根岸の FCC が稼働したため、横浜の FCC 装置が不要になっていた、という事情がありました。その当時、横浜製油所第 2FCC は、生産品の硫黄分が多いことと、原油処理の多くが横浜製油所から根岸製油所に移ったために既に稼働しておらず、これを撤去して、その跡地で潤滑油製造設備を充実する案がありました。そこで、横浜の第 2FCC を解体して室蘭に移設する案が浮上したわけです。

だから室蘭の装置は最新式の UOP タイプの FCC ではありません。原料油を脱硫してフィードしたから、使い続けられたようなものです。

9.5 室蘭の接触改質装置新設

室蘭では、接触改質装置 18 千 BD も新設しました。

シェブロンとのライセンスで、Rheniformer と言います。プラチナの代わりにレニウム¹⁵を触媒に使っています。室蘭製油所の計装システムは、圧縮空気 (pneumatic) と電気の 2 つが使われていました。もちろん圧縮空気系のほうが古いシステムです。

室蘭製油所、拡張計画 主要設備

設備名	基数	能力
常圧蒸留装置	1	110,000 BD
減圧蒸留装置	1	50,000 BD
接触改質装置	1	18,000 BD
灯油水素化精製装置	1	24,000 BD
軽油水素化精製装置	1	15,000 BD
流動接触分解装置	1	10,000 BD

¹⁵レニウム（英: rhenium）は原子番号 75 の元素。元素記号は Re。マンガン族元素の一つで、銀白色の金属（遷移金属）。レアメタルの一種。比重は 21.0、融点は 3100 °C、沸点は 5800 °C（融点、沸点とも異なる実験値あり）。常温、常圧で安定な結晶構造は、六方最密充填構造（HCP）。フッ化水素酸、塩酸には不溶。酸化力のある酸（硝酸、熱濃硫酸）には溶ける。過酸化水素や臭素水にも溶ける。原子価は+2 価～+7 価。単体では最も硬い金属である。

アイソマックス装置	1	40,000	BD
水素製造装置	1	590,000	N m ³ /D
硫黄回収装置	1	170	トン/D
ボイラー	3	450	トン/時 x 2
ターボ発電機	2	18,000	KE/時
原油栈橋	1	10 万トン級	

10. 室蘭生活

当時の室蘭は地の果てです。

東京にゆくにも、室蘭から列車で千歳に出、千歳からタクシーで新千歳空港に行きます。

昭和 31 年に稼働した日精 10 千 BD の製油所は、稼働率 50% という有様でした。洗浄系は何もなく、外から持ち込んだ基材とブレンドして対応していました。

室蘭では、富士製鉄の室蘭製鉄所が頑張っていました。が、日精の立地は富士製鉄とは室蘭湾の対岸にあって、ますます果ての地でした。

通船に乗って湾を渡り、映画を見にゆくのです。パン屋がない、牛肉がまったくない。マトンだけ。ジンギスカンは、一人前 300 円。

牛肉がないと困ったのはアメリカから Chevron の外人が来た時で、ステーキが出せない。ホテルでは牛肉は冷凍してあるものだから、急に今晚出す、というわけにはゆかない。

室蘭に訪問してきたシェブロン技術者は、どちらかといえば若手で、チャートを持ってきました。「こういう場合は、この範囲で運転していれば良い」ことを示すものです。チャート、すなわち経験値を図示したものです。こんなものならわれわれにでもできる。

昭和 30 年代後半に、私が訪れた北海道登別温泉では男女混浴でした。私が赴任した昭和 47 年には、混浴は終了していた。アイヌの若い女性ピリカメノコが、製油所に入ってきて物を売っていました。守衛さんがいるわけではないので、出入り自由。ピリカメノコとは、アイヌ語で「美しい」は「ピリカ」、「女性」は「メノコ」なので、「美女」のことです。

昭和 47 年の夏は、海水浴ができたのは多くて 10 日間。社宅は寒くて、風が

入る。冬は石炭ストーブを一晩中焚いて寝ていました。日精社員たちは家族づれで赴任しましたが、内地から行った家族は不満たらたらでした。わたしの家も、娘の入る幼稚園がなくて大変でした。

一週間に一度、国鉄が、日精室蘭の近傍の小さな本輪西の駅から札幌まで、ディーゼル車1両の列車を出してくれて、家族はそれで買い出しにゆきました。そのうちにわたしたちは、車で2時間ドライブして、中山峠を越えて札幌にゆくようになりました。わたしは北海道に行って、初めて車の免許を取りました。当時室蘭では、工事の人がどんどん増員してきて、その家族も赴任してきて、教習所が満杯で、困りました。いろいろコネをさがして特別に夕方の授業に入れてもらって合格しましたが、駐車場ですぐぶつけてしまったり・・・

北海道では、暖房燃料が急激に、石炭から灯油に変わってゆきました。

金回りのよい家庭がどんどん灯油ホームタンクを買って、灯油暖房に変わってゆく。わたしの社宅は3階建てマンションの2階で、暖房が暑くて、冬でもステテコで過ごしていました。他方で、貧乏な人は石炭のままでした。そこで冬場には、灯油が必需品となり、足りなくなったり値段が高くなったりすると困るわけです。ある時、消費者から日石の札幌支店に「北海道は製油所が近くて、運賃が安いのに灯油が内地並みの値段とは何事か！」とのクレームの電話が入り、日石の札幌支店は、それは製油所に聞いてくれ、と答えました。この消費者は、今度は製油所に電話をいれ、とうとう新聞記者が製油所に来る騒ぎになった。応対に出た製油所総務課長が逃げて、わたしに応対を回してきました。わたしは、いじめられて、冷や汗をかいて答えたのを思い出します。

室蘭での生活はわずか2年余りで、昭和48年運転開始の翌昭和49年に次期拡張計画を持つ山口県下松製油所に転勤になりました。

室蘭は、私が課長に昇格した最初の職場であり、運動神経の鈍い私が下手なゴルフを始めた土地でもありました。家庭では妻と2人の娘がいて、長女は小学生でした。次女は室蘭で幼稚園に入園したが、当時は室蘭でも児童が多く入園に苦労しました。車の運転免許を取るため練習場に妻と通い、車も無理して新車を購入しました。

外から見ると幸福そうな生活に見えるが、実際は大変でした。初めて地方勤務の課長となり地元出身の部下を持つ苦労、下手なゴルフに付き合わねばならない辛さ、購入したばかりの新車運転での事故など色々ありました、今思えばむしろ懐かしい思い出であります。

おわりに : FCC と私

私の石油人としての現役生活で、思い出もかかわりも深かったのは FCC 装置である。

- 学生時代に横浜製油所の日本最初の実装置（第 1FCC）を見学
日石入社のかっけとなった
- 横浜製油所第 2FCC（UOP 型）の試運転に参加
技術員として自信が付いた
- 根岸製油所に新型 FCC（ケロック型）を導入
欠点多く、導入には反省している
- 横浜製油所第 2FCC を室蘭製油所に移設し、前処理工程（水素化脱硫工程）
を付けた。
日石グループの FCC 技術の活用の方向性を決定づけられた。
- 横浜製油所第 1FCC（日本最古の FCC 商業装置）の商業運転を止め、残渣
油分解（RFCC）のテスト装置として運転。
特に問題は出なかった
- アスファルトを含んだままの残渣油の水素化脱硫装置（直接脱硫装置）を根
岸第 3 期製油所と室蘭製油所に導入し、これを FCC 装置の前段（前処理）
工程に組み込んだ。

日本では大気汚染問題対策の一環として発電所燃料が LNG に変わったのを始めとして、C 重油の需要が減少し、加えて中東産出の原油が重質化しつつある現状対策として、各社の国内製油所は、「室蘭方式の間接脱硫+FCC 方式」あるいは「残渣油水素化脱硫（直接脱硫）+FCC（RFCC）方式」による C 重油得率低減策が採用されていきました。

ただし残渣油水素化脱硫装置すなわち直接脱硫装置は、触媒の寿命が 1 年もたないため、2 年連続運転可能な他の装置もこれに伴って運転期間を短縮せざるを得なくなるなど、補修費を始めとする固定費増加をもたらしました。さらに水素を製造するためのコスト増加も伴うため、採算が取れない文字通りの必要悪工程になった、と思います。加えて、昨今の地球温暖化対策として叫ばれている CO₂ 放出低減にも逆行することにもなりました。

RFCC 装置は、結果として自家燃料の対原油得率は以前の数倍になっています。日石の RFCC 装置投資は私が役員として関与したので、責任があるのだけれど、他に C 重油の製品得率を大幅に下げるよい方法はなかったのです。

ただし、この方式は硫黄分の多い中東原油を処理する日本で発展したものです。

わたくしは、折にふれて米国の石油精製産業を観察しながら、我が国の事情を考えてきました。C 重油の需要がごく僅かな米国では、多くの製油所が直接脱硫装置でなく熱分解装置（コーカー）を FCC の前段に設置する方式を採用して操業しており、だから、製造コストが安い。さらに、米国製油所の処理原油は自国産の硫黄分の少ない性状で、コーカーで製造されるコークスも硫黄分の含有が少ない。だから、米国のコークスは発電用燃料として広く使用されているわけです。製油所の製造原料たる原油の、調達力の違い、がこのような彼我の差を生み出しました。

(以上)