少くとも以上2群の對比は有効なものである。

結 論 氷見地方の第三紀層は微化石群の分析により上より *Polystomellina* K1 帯(H₂), “OST” 帯 (H₁—G 上部), *Martinotiella* K1 帯 (G), *Nodosaria* K2 帯(F₃中上部), 無化石帯(F₃下部), 及び *Cyclammina* K2 帯 (F₂) の6帯に分ち, 更に此を亜帯に細分する事が出来る。

地塊の南部では堆積相の變化により, *Martinotiella* K1 帯は明らかでなくまた *Cyclammina* K2 帯は一部にしか露出しない。

Polystomellina 帯は新潟縣の久田有孔蟲群にまた “OST” 帯以下少くとも其の上部は *Uvigerina*-*Cyclammina* 群及び秋田縣の *Uvigerina*-*Listerella* 群に對比する事が出来る。

参 照 文 献

池邊展生, (1948) 富山縣西部第三紀層に就いて。地團研, 第2巻, 第1號, 15—21頁。

土田定次郎, (1948) 日本油田産有孔蟲の研究。石油技術協會誌, 第13巻, 第1號, 20頁。

藤田和夫・市原實・津田禾粒 (1948) 富山縣西部の第三紀貝類化石の研究。地質學會講演。

Glaessner, M.F., (1945) Principles of Micropalaeontology, P. 120.

大炊御門經輝, (1939) 新潟縣小千谷町東方野邊川谷に發達する第三系の有孔蟲化石群に就いて。地質學雜誌, 第46巻, 第551號, 75—80頁。

大炊御門經輝, (1944) 内地油田の應用古生物學的研究。未發表。

日本の油田に應用すべき掘鑿採油 技術に就いて*

G. H. Q. 天然資源局 ジョージ, アンダーウッド

本論文は2編よりなり, 第I編に於ては日本の油田に於て産油率並びに總採油量に影響する様な坑井の仕上げ方法を論じ, 第II編に於ては掘鑿に際する選泥問題を論ずる。

DRILLING AND PRODUCTION TECHNIQUES APPLICABLE
TO JAPANESE OILFIELDS. G. Underwood

PART I.

Some Completion Practice Affecting Rate of Production Efficiency and Ultimate Recovery in Japanese Oilfields.

* G. H. Q. 許可 073.02—758

General :

It is desired to increase the current rate of production in Japan to a maximum, but at the same time, this should not be done with too large a sacrifice of the production rate in future years or to the ultimate recovery.

The following discussion outlines factors bearing on the maintenance of the most desirable balance between a maximum rate of production at the present time and a maximum ultimate recovery.

This discussion applies primarily to the "Solution drive" type of reservoir, of which there are apparently a large number in Japan.

PART II.

Lost circulation in Rotary Drilling Wells.

General :

Prevention of lost circulation of the drilling fluid in rotary drilling wells is much concern to oil well drillers throughout the world. Japan is no exception. It appears that in many of these operations the solution of this problem has depend on a hit or miss treatment and the application of materials chosen more from desperation than design. Many lost circulation problems respond to no simple solution.

However, the application of modern materials and techniques can reduce the incidence or severity of practically all cases. Lost returns must be distinguished from the normal loss of filtration fluid to the formation and the loss of drilling mud solid to the filter cake during the continuous filtration process which takes place on the walls of the open hole.

There are many factors that causes or influence fluid loss, but for general discussion only the following will be considered.

1. High pressure losses
2. Low pressure losses
3. Cavernous losses.

第 I 編

日本油田に於て産油率並びに總採油量に 影響する仕上方法

緒 論

現在日本に於ては産油率を最大にする事が望まれて居るが、それと同時に將來の産油率並びに總採油量を犠牲にする様な事があつてはならぬ。以下現在の最大産油率と最大總採油量との間に最も適切な比率を維持せしむる要因に就いて概略の論議を進める。又此の論議は、元來含油層中のソリューションドライブ型（瓦斯が油に溶解して存在する型の層）に適用されるものであつて而も日本には此の型に屬する油層が相當數存在する。

油砂層に於ける孔明部の長さ

油井がガスキャップ、端水、或は底水に接近して居らなければ、能率よき産油と最大産油率とを兩立せしめ得る故に、一般に個々の油砂層の厚み一樣に穿孔する事が望ましい。含油層と油井との間が完全に自由に流通し得るとするならば、産油率は大凡地表のチョーク(choke 又は flowbeams)の大きさとこれに作用する油壓によつて變化する。此の油壓は油層壓、油井深度、油の比重等に依つて定まるもので人爲的に操作は出来ない。従つて産油率は地表のチョークの大きさを變へる事によつてのみ調節する事が出来る。

然しながら實際には、含油層と油井との間の流通は決して自由ではなく、含油層内の狭小な錯雜した通路のために流動抵抗を受ける。従つて差壓〔閉鎖坑底壓 (Closed-in bottom hole pressure) と自噴坑底壓 (flowing bottom hole pressure) との差〕が砂肌(Sand face)に生ずる。砂肌部の高差壓は次の理由からして採油業者に損失を與へる。

- 1, 含油層内の原油中に溶解して居る瓦斯が放散し瓦斯油比を増大せしめ含油層エネルギーを浪費せしめ且含油層内に残存して居る原油の粘性を高めて總採油量を減少せしめる。
- 2, 端水或は瓦斯の侵入を早からしめる。
- 3, 油井附近に於て原油の流速を増大せしめる。此の結果油層が軟弱な場合には油井の出砂を惹起する。
- 4, 原油中の輕質分を蒸發せしめ比重を低下さす。

以上の理由から當然産油に當つては、總採油量にあまり惡影響を與へない最大産油率で行ふ事が望ましい。實際の作業に於ては、産油は含油層内に於ける瓦斯油比（原油1バレル當りの瓦斯量）に近い瓦斯油比で行ひ得る様、又水、瓦斯、砂の油井への侵入を防止する様、此の差壓を小にするために砂肌部に充分背壓を與へ得る最大のチョークを使用すべきである。此の事はソリューションドライブ型含油層の産油率を決定する鍵である。均質飽和砂層に於ては、理論的には一個の穿孔による採油は、裸孔による採油の場合と同量の總採油量が得られるが産油率は低い、この場合地表のチョークは非常に小さいものを使用すべきであつて、さもないと砂肌部に高差壓が生じ原油から過度の瓦斯放散、含油層エネルギーの浪費を惹起する。

一方、例へば孔明部の長さ5呎、 $\frac{1}{4}$ "のチョークを使用し與へられた油層壓で油層内の瓦斯、油比に殆んど等しい瓦斯、油比を保つに充分な背壓を維持し、最大産油率を與へ得るに充分な油井への原油の流入があつたとする。次に同じ砂層に20呎穿孔したとすると、 $\frac{1}{4}$ "チョークでの生産量は増加しないが、理論的には砂肌の差壓を増加せしめずに、油井に大寸法のチョーク（之は産油率を増加せしめるのであるが）の使用を可能にする。同様に砂層の全有効厚みの穿孔は砂肌に低差壓を維持せしめ、而も最大寸法のチョーク（之は最大採油率を與へる）の使用を可能にする。

均質な油砂内に於ては孔明管の長さを増大しても、産油率の増加には影響しないと言ふ議論が屢々行はれて來た。この事は概して正しく、又チョークの大きさが一定であり油井への原油の流入が全油層壓を傳達し得るとするならば、確かに正當である。然しながら、此の議論は次の事實を見落して居る。即ち孔明部の長さを増加する根本の目的は同一の差壓を維持して而もチョークの大きさの増加を可能にする爲であり、かくして必然的に産油率を増加せしめ得るのである。それ故、理論的に云つて均質砂層の場合に於ては、チョークの大きさは孔明部の長さに應じて調整すべきである。然しながら、實際的問題として砂層の均質性は常に欠けてゐるから、最適のチョークは實際の測定による差壓、及び油層壓下の原油に對する瓦斯の溶解度と、採收された瓦斯、油比との比較により更に適確に決定される。

通常我々は均質砂層を取扱つて居らず浸透率、組織、凝集其の他の諸性質が異つて居り、垂直な方向の浸透率よりも水平方向の滲透率の大きな砂層を取扱つて居る。かかる場合に於ては、砂層に厚み一杯の孔を設ける事は、砂層に一樣で而も完全な排油を行はしめ、他の方法では採收し得ない若干の増産をもたらす。

油井へ向つての原油の流動は、砂層内の最も浸透率の良い部分のみを通して行はれる。従つて、砂層内の浸透率の悪い部分に穿孔しても、原油の流通路の擴大には何等の影響も與へないといふ事が屢々主張されて來た。此の意見を裏付ける事實として、孔明管を引き揚げて検査せるに、孔明管の或る少數の穿孔のみが磨耗して居たと言ふ例を引用してゐる。か様な事例は、産油初期の噴出期に生ずると思はれるが、原油の流はソリューションドライブ型含油層中に存するのであるから、必ず砂層全般を通じて原油の流れが生ずるに相違ない。或る高浸透率の層は低浸透率層の壓力に比して減壓してゐるので原油の流れに關しては浸透率如何に拘らず均等であるに相違なく。従つて、砂層全體が産油に貢獻する。或る穿孔が餘計に磨耗するのは、その位置の流速が大なるために生ずる。

砂層の厚さ全體に涉つて穿孔する事が不利な場合がある。ここに若干の場

合を記述する。

- 1, 油井がガスキャップに入つて居る事が判明した時、或はガスキャップに非常に接近してゐる事が確實なる場合には、砂層の底部に僅かな長さだけ穿孔する事。
- 2, 底水の存在が判明した時、或は端水に非常に接近してゐる事が確實なる場合には、砂層の頂部に僅かな長さだけ穿孔する事。
- 3, 砂層の性質を充分に知り得ない場合には、産油の性質が如何なるものであるか確實に判明する迄は、長さ唯5呎の孔明部を設ける事がよい。若しそれで結果が思はしくなかつた場合には大した困難もなくこの部分を締め切る事(Squeezed off)が出来る。又反對に満足すべき状態であるならば、砂層の厚さ一杯に孔明の長さを延長する事は容易に出来る。
- 4, 浸透率が廣範圍に變化して居る場合、水或は瓦斯は浸透率の高い層から産出されて浸透率の低い層には多少の油は殘留するか様な場合には孔明部の長さの短いものを使用すれば締め切る場合に一層便利である

1 呎當りの穿孔の數と大きさ

孔明部の長さと同程度に、1 呎當りの穿孔の數も均質砂層の産油率に關係をもつて居る。同様に不均質な砂層即ち垂直方向の浸透率の低いもの或は浸透率に相當程度の變化がある砂層に於ても、排油の一様性及び總採油量は穿孔の分布密度を大にする事により増加し得る。勿論穿孔の分布密度の増加による利益は、急速に減少し次いで産油率の増加或は總採油量の増加による利益が、穿孔の費用より下廻るに至る。理論的には6吋ケーシングに1 呎當り4 孔(6 耗彈丸による)2 個を通じての出油能力は、6 吋の裸孔の有するその42%にすぎない。又1 呎當り4 個の穿孔を有するものは、相對的の出油能力が60%に達する。そして此以上は穿孔の分布密度を増加しても相對的の出油能力の増加は僅少なものである。従つてケーシングを挿入し穿孔した場合の出油能力を裸孔の場合に等しからしめんとすることは殆ど意味をなさない。而も前述の説明の通り、砂層に或程度の背壓を維持せしめる事が望ましく又穿孔數の増加に依り出油能力の増大を策しても坑口のチョークの選定如何に依つては却つて出油能力は低下するかも知れぬ。

然しながら均質砂層に對しては1 呎當り6 耗孔4 乃至5 個、8 耗孔であれば3 乃至4 個を穿孔すべきである。この穿孔數は砂層の垂直の滲透率が水平の滲透率より遙かに小さい場合には増加さるべきである。油井に砂詰りを來たす恐れのある軟弱な微粒砂層の場合に屢々行はれてゐる事であるが、1 呎當りの穿孔數を極度に少なくする事は殆んど無意味な事である。却つてチョークの大きさが一定なる場合には1 呎當の穿孔數が多ければ多い程任意の點に於ける流速は減少し、従つて砂が流通路に入る傾向も少なくなる故、か様な

る場合チョークの寸法を小にし高背壓維持を行ふ方が、穿孔數の減少による利得よりも大である。次に穿孔の大きさに就いて述べるが、日本油田の多數の岩石を検査するに、砂粒は非常に細かく6耗，8耗，12耗の各穿孔に對する閉塞効果 (Brindging effect) については大した相違もない。然しほぼ流速が同一なる場合には小徑の穿孔は坑壁の砂層をよく保護して砂の流入が少ない。

坑井の直徑とケーシングの寸法

油井に流入する流體の流量率は次の事項に左右される。(1)油層壓(2)流速(3)砂層から坑井に通ずる粒子間の流通路の斷面積である。従つて他の條件が同一ならば、直徑になる程と流體の流量率は大である。砂肌に於ける差壓が小であると云ふ望ましい状態は、地表のチョークを小さくし、孔明部を長くし、又穿孔密度を大にする事のみならず、坑井の直徑或は孔明管の直徑を大にする事に依つて達せられる。故に大直徑の坑井は、理論的には流量のみならず產油率及び總產油量についても有利であるが5吋坑井の代りに10吋坑井とせるために生ずる產量の差は、理論的に言つて、多分10%以上には出ない。而も掘鑿費とケーシング費との増加は勿論坑井の大直徑による増產と云ふ利益を引き下げることになる。従つて坑井直徑と挿入すべきケーシングの寸法の決定にあつて此點に考慮を拂ふべきである。以上は水井戸或は油井に於ける砂粒充填作業 (Gravel Packing) に幾分の關係ある大直徑の賣らす理論的利點に就いても、同様に云ひ得る事である。

坑口のチョークの大いさ

自噴井に於ては、產油率と差壓を調節する主要なる手段は明らかにチョークである。それ故個々の油井の瓦斯、油比及び差壓を小に保つ様充分なる注意を拂ふべきであり、瓦斯の溶解度、油層の厚み、及び滲透率に就いて坑底資料の試験に依り適當なる背壓を維持せしめ得る最大徑のチョークを使用すべきである。勿論油層の他の性質と同様に油層の厚みの變化によりチョークの選定は個々の油井別に考慮すべき事柄であり、同一油層から採油して居つても各油井には同一寸法のものを使用すべきではない。この大いさに就いては充分なる注意を拂ひ、効率よき開發を行ふべきである。

多層同時採收について

2個以上の砂層を同時採收すべきか否かの問題は、他の國々に於ても種々論議せられた事である。日本に於ても此の問題は特に八橋油田に於て生じて居るので、此處で論議するのは有意義な事と思ふ。數砂層を同時に試験する事が屢々實施せられてゐるが、此の事は非常に有害な事である。然しながら若し數砂層を個々別々に試験した結果壓力、瓦斯油比、滲透率及び原油の比重が同じであり、又油田全體に涉つて、瓦斯、油境界面、水、油境界面が

一様であり且つ排油型 (Type of drive) が同じならば、多層同時採收を行ふ事は確かに有利である。何故ならば砂層全體の厚みは産油率を大にし、同時に適當な低差壓を砂肌に維持せしめ得るからである。しかし油層の性質が不明なる場合、或は、性質が明瞭に異つてゐる場合、或は、ある砂層の瓦斯油或は油水の境界面に疑はしい點がある場合、其等の砂層を同時採收する事は次の理由からして疑ひもなく有害である。

- (1) 壓力に變化のある場合に、壓力が次第に均等になつて行く迄は、産油は最も壓力の高い部分からのみ行はれる。従つてある油層に他の油層を増しても産油率は良好にはならない。又高壓油層の壓力が低壓油層にかかるのみで産油率が低下する事もある。

Note: 多層同時採油に於て産油の比重を検査して居れば、以前は唯一の砂層から産油されて居つたと推定される例がある。即ち第一段階の産油の壓力が或る點まで減退すると別の砂層の油が最初の砂層の油を排除して産出して来るのである。か様な狀態に就いて考へて見るに、油井仕上げの方法如何によつては、水或は泥壁が流動開始に要する差壓が正常の流動差壓より高い砂層の表面に擴つてゐる事を豫想せしめる。然しながら油田柱狀圖に記載された全砂層中の油が流動開始をすると必然的に個々の油層の別々の流れに依つて生じた壓力差は均等化されて行く、そして各砂層は全ての砂層が個々の滲透率に應じて同時に産油する様な平衡狀態に達すると思はれる。

- (2) 壓力均等化の過程及び低壓油層への流入過程中に相當量の油が損失され回収出来ない。即ち高壓油層の油が低壓油層中に入り込み、瓦斯又は水の占めて居つた空隙中に擴がり砂粒に附着して回収し得なくなる事を意味する。或砂層から他の砂層に移動した油は採收し得ると云ふ考へは誤りである。
- (3) 若干の砂層を有する時は、任意の一層について行ふ様な理想的な産油計畫化が出来ない。
- (4) 若干の砂層を包含せしめる事は、屢々貧弱な性質を有する砂層を優位ならしめ、瓦斯、油比の大なる砂層或は浸水してゐる砂層が良好なる砂層の産油を阻止するものである。
- (5) 各砂層内の浸透率の相違に依り瓦斯又は水の境界面が初め同じ様であつても次第に異狀浸水を來すことになる。
- (6) 一砂層から瓦斯又は鹽水が出現すると他の砂層に害を與へる。
- (7) 以上の如く同時採收は作業が困難であり且高價な浪費を惹起する。即ち出水したり高い瓦斯、油比となつたり、或は砂の埋沒を生ずるのは、常に有害な一つの砂層のためである。此の砂層の決定並びに閉塞

は困難であり、作業に長期間を要しその間産油が減少する。

一般的に言つて含油層に害を與へないと推定せられる適當なる資料がない限り、多層同時採收は不適當である。此處で問題になるのは、果して數個の砂層が別々のものであるや否やと云ふ事である。個々別々の砂層とは頁岩或は含水層によつて分離せられて居る場合のみならず、油井附近の含油部分に於ても相互に流通性のない場合を云ふ。此の別々の砂層とは垂直方向でも水平方向でも、至る所性質が非常に異なるが其の含油量は全體に涉つて均衡してゐる之等の砂層を同時採收する事は含油層の状態を精密に調査した後に行ふべきである。

多層同時採收するにあつて取るべき手順としては、第一に各砂層を一層毎に試験し、閉鎖坑底壓、流動坑底壓、出油係數、比重、瓦斯油比、相對的出油係數を決定する事である。若し此等の性質が、相當に一致してどの砂層も瓦斯境界面、或は油水境界面と相當の距離を有し、而も同一の產油型に屬する場合には其等數個の砂層を一個のものと見做してもよい。然しながら若しも此等の性質のいずれかに關して疑念がある場合、或は數個の砂層中のいずれかの一層が相當大きく其の層のみでも割合良好な產油を得られると思はれる場合は、其の層だけを仕上げる事が寧ろ望ましい。例外的な場合としては各砂層が非常に薄く或は含油量が少く油層が破壊されても殆んど損失のない場合、或は又砂層が涸渫した様な數個の砂層から經濟的に產油を得る場合に採用されることもある。(平岡豊助譯)

第 II 編

逸 泥

R式掘鑿に於ける掘鑿泥水逸泥を如何に防止するかに就いては全世界掘鑿技術家の重大關心事であり日本に於てもその例に洩れず此れが問題になつてゐる。

此の逸泥といふ事は日本油田少くとも帝國石油會社の殆ど總ての掘鑿油田に色々の程度で見られる様に泥水の性質の適否といふ事に歸すると考へられる。

此の問題を處理する際に多くの場合、それが成功するか否かはその處置の適否と泥水混入物質を充分検討して選んだかどうかによつて決るものである。多くの逸泥問題は、そう簡単に解決出来るものではないが、最近の進歩せる、泥水混入物と泥水處理技術とを適用すれば實際上多くの逸泥事故の偶發を減少せしめる事が出来、又起つてもさうひどくならない様にする事が出来る。

此の逸泥と言ふ事は、掘鑿に當つて裸坑の坑壁で起つてゐる絶えざる濾過滲透の過程即ち液體分は地層中に濾過滲透して一部失はれて行き泥水中の固形分は泥壁を形成して一部失はれるといふ正規に起る現象とは嚴に區別しなければならない。

逸泥の原因となり又逸泥に影響する要因は多々あるが此れを一般的に検討するには次の場合のみを考へればよい。

- 1、 高壓逸泥
- 2、 低壓逸泥
- 3、 空洞性逸泥

高 壓 逸 泥

高壓逸泥は地層にあまり高壓を掛けた場合に起る。大體の値で言ふと、此の高壓は12lbs/gallon(90lbs/ft³)以上の比重の泥水を用ひた時、即ち壓力勾配で言へば油井深度 1ft 當り0.624 lbs/in² 以上を與へた場合の事を指すのである。

泥水比重を一定した場合と増加した場合、掘鑿過程中に泥水比重を増した場合は、逸泥が起つてもそれがどの深度で起つたのか判斷し難いといふ様な事を鑿手は往々經驗する事がある。

併し先行のケーシング以下泥水の比重を一定に保つておれば、逸泥が起ればそれは現在の坑底で起つたのだと直ぐ判斷する事が出来る。此の場合比重を比較判定すればよい。併し、先行のケーシング以下泥水比重を増加しておいたとすれば、水止の弱い部分が破れて泥水はケーシングから洩れ孔隙性の地層に逃げ出す可能性がある。又逸泥發生の第三の條件となるものは坑壁と掘管の間に棚が出来、循環泥水の上昇間隙が閉塞されるので泥水循環が止まる場合である。泥壁が厚い時、崩壊、ビットの張附、掘屑が集積した時等の原因から上述の棚が出来るのであるが、その原因が何であらうともポンプ壓は増大し、掘管の廻轉昇降等は困難となり、或は全然出来なくなる。循環泥水上昇の間隙が閉塞されるとポンプ壓は増大し泥水は地層中に押入り逸泥が起る。此の場合、若し掘管を棚の部分の上方迄で引揚げることが出来れば、泥水を再び循環させる事が可能となる。それから再び泥水を循環し直せば坑井を元通りきれいにすることが出来る。

高壓逸泥に對する充填 (Plugging) 及閉塞 (Bridging) 處理法

逸泥に對しては、充填閉塞物質を用ひるのが普通である。その物質は、有機質でも無機質でもよいし、又固體でも半固體でもよいが、何れにしても、此れを泥水に混入して非常に孔隙性に富んだ地層の存在が豫知された場合とか達着した場合に、逸泥を防止するのである。此の場合に泥水は此等の混入物質をその地層迄運搬する役目を果し小物質が充填閉塞作用をする様にしてやるわけである。

充填物質と閉塞物質とは、硬さの點に於て異なる。即ち綿種子の莢、綿の莢殻、甜菜の纖維、糖等の様な普通の充填物質よりも閉塞物質は硬いのである。此等の充填物質は乾いてゐる時には、適當の硬さを保つてゐるが、泥水に混ずれば泥水中の水分で濕されて、硬さを失つて了ふ。ジェルフレイク (Jelflake : セロファン屑) の様なものは、充填閉塞兩方のどの部類にも屬しないものである。細斷した植物纖維の纖維テックスは充填物質であり、一つ乃至はそれ以上の孔隙通路を被覆閉塞し得る丈の長さの纖維を持つてゐるものである。此の被覆物質は地層の孔隙の大きいさを縮少せしめ、結局、泥水粒子が泥壁を作つてその孔隙を閉塞し得る様にする。

充填作用とは、地層中の孔隙に逸泥を妨げる様に小物質を送り込んで、孔隙に押し入つて泥水分が通過して行くのを抑制する作用を指すのである。此れ等の充填物質が、有効に作用するのは濡れて軟かになつても、クチャクチャに至んでしまはないかどうかの程度で殆ど決まるのである。此の充填を用ひて失敗した場合、閉塞物を用ふれば効果を表はす事が往々にしてある。有機質充填物は直ぐに或は暫らくして分解して失敗を招く事がある。

雲母テックスは最も普通に用ひられる閉塞物質の一つである。雲母薄片を組成としてをり、此れを簡易ホッパーによつて泥水循環中に混入して用ひる雲母テックス薄片は、恰度屋根に屋根板を乗せた様な恰好に坑壁面に平に横つて位置し易いものである。雲母は化學的に作用し難い物質であり、泥水中の水分を吸収しない。此の方法で逸泥を止めたなら泥水比重は安心して重くしてもよい場合がある。閉塞物質を用ひる時は、泥水循環系統に側路を設けて頁岩分を篩ひ落さなければならない。此の機械は普通の掘鑿では不要である併し逸泥層に近く達着すると豫測される時は、その逸泥層達着前に、閉塞物質を泥水に混入すべきである。斯うするのは言ふ迄もなく此の逸泥層が單に泥水比重を減少せしめる丈けでも處理し得るかも知れない。此の方法で日本油田の多くの逸泥障害を防止し得るであらうと思はれる。逸泥層と言ふものは一旦逸泥が起つて了つた後よりも、起る前の方が、より高い比重の泥水を持ち耐えて逸泥せしめないものであるといふ現象は、此迄もよく知られてゐる事實であるし又よく記憶しておくべき事實である。

高比重の泥水の逸泥は數千フィートの深度で起るのが普通であつて、この事から此の種の逸泥は地層にかゝる高壓の靜水壓の爲に惹起されるものである事が分る。例へば 16lbs/gallon (120lbs/ft³) の比重の泥水は 10,000ft の深度の地層に 8,320lbs/in² の壓力を與へる、此の高壓のために生ずる地層の割れ目は多くは幅 1/200in ~ 1/300in 程度を超えないものと思はれる。従つて泥水に混入した纖維や雲母が恐らく此等の狭い孔隙を塞いで泥水を逸出し難くする事は確實であらう。泥水の液柱に依る靜水壓よりも此の逸出に對する

抵抗が強い時は泥水逸出せず、再び循環する事は勿論であるが、泥水比重を更に増せば新に地層に割れ目を生じたり、舊の孔隙に再び前以上に逸泥して行く事は餘儀なくさる結果となる。

高壓に依る逸泥を弱める爲めに泥水壓力を下げる方法

泥水比重を下げる事と、ポンプ壓力を下げる事は兩方共地層に掛る泥水壓を下げるが、此れは逸泥した際に泥水循環を取り戻す爲に第一に採られるべき處置である。併し此の際油層壓に抗して逸泥もしないし、又あまり比重を軽くし過ぎて噴き上げられる事もないといふ範圍に泥水比重を保たなければならない。

此の方法に依る逸泥回復に失敗しても、坑井内狀態さへ適當であればセメントを上手に使つて高壓逸泥を回復し得らる。このセメントを適用するにはスクイズ式 (Squeeze-type) がよい。3~5%のアクアゲル・セメント (ベントナイト混合物) を一袋に對して水 $6\frac{1}{2}\sim 8\frac{1}{2}$ gallon の割で混合したものが此の目的に適してゐる。此の種セメンチングは時間の浪費となり泥水が汚れる結果になるが、此等は化學的に處置するなり、取除くなりしなければならない。

高壓地層が豫想される時は高比重の泥水を使用する事になるが、此處では逸泥の一般原因を論ずる事として極く最近の日本油田の掘鑿作業にはあまり觸れない事にする。併し次の點だけは指摘してもよいと思ふ。即ち比重が高くなれば測定して行つて高比重の泥水が地層中に逸泥しない様にするならばたとへその時には相當高價なものとなつても長い過程から見れば結局却つて經濟的である。比重 10lbs/gallon (75lbs/ft³) の泥水が逸泥すれば 1lbs 當り僅か數セントの損害であるが、比重 16lbs/gallon (120lbs/ft³) の泥水が逸泥すれば損害は 1lbs 當り 6 ドル以下には止まらない事になる。實際に逸泥れば、總費用を正しく求める爲には、泥水處理のための裝置時間と、掘鑿を休んだ時間の代價を泥水の代價に加算しなければならない。従つて大きな逸泥に依る損害は非常に莫大なものになる事は直ちに了解出来ると思ふ。

低 壓 逸 泥

低壓逸泥は地層が實際に空荷性でなく、滲透率の非常に高い場合に起る。斯様な地層で比重 12lbs/gallon (90lbs/ft³) 以下の掘鑿泥水を用いた時に起り易い。此れを回復する立場から考へると此の種逸泥は高度の孔隙率を持つてゐて少くとも、間隙の徑が各々泥水粒子の閉塞能力より大きい様な場合に起つてゐる。

今同じ徑の球形粒子を用ひて簡單な理想的狀態の下で實驗を行つてみると矩形スロットの場合は幅が粒徑の 2 倍、圓形孔の場合は直徑が粒徑の 3 倍の時に粒子は此の孔に對して丁度安定した閉塞作用をなす事が分る。此の値を

約25%超えた孔になると閉塞作用は最早起らない。孔隙性地層でも孔隙が非常に少さいならば、同径のパイプ実験で見られたと同じ抵抗を泥水流に對して示す。勿論地層の孔隙は泥水の接觸する點に於ては、孔の径の均一さに於いてもパイプのそれと全く同一なのではない。孔隙の形狀も徑も廣範圍に亘つて變化する。閉塞作用は球狀粒子群が行ふのではなく、或る遮蔽狀態によつて行はれる。角質粒子も圓形粒子と同一條件の下では安定した閉塞作用をなす。粒子が角張つてゐるから安定した閉塞作用をなし粒子が角張つてゐるから安定した閉塞作用の範圍は先に實驗したサンプル値よりも約50%超える迄可能となる。

逸泥回復後には、實際にもう一つ凝結といふ要素がある。地層の孔隙に入つた泥水が凝結すると、泥水の流れに別の型の抵抗が生ずる。そして若し適當に調節するならば此の抵抗は逸泥回復に充分である場合もある。

此の種の低壓逸泥はどんな地方でも、又どんな深度でも起り得る。此の種逸泥の起つた深度と、其の後に採つた處置とは、泥水混入物質の撰擇逸泥回復方法とに影響して来る。

ゲルストレングスの高いアクアゲル (Aquagel) 泥水

逸泥が深度 1,500m 以内で起り、泥水比重を或る程度増さなければならぬ様な壓力を持つ地層に逢着しない内に油井を仕上げるか、又はケーシングをセツトし得る事が分つてゐる場合には、アクアゲル (ベントナイト) 泥水を用ふれば容易に逸泥回復に成功する事がある。

濃いゲル性の高い泥水を作る爲にはビツトの中に單に充分なアクアゲル、ベントナイト) を混入すればよい。重量で 3~5 %のアクアゲルを普通の掘鑿泥水に添加すれば此れに適した泥水となる。又 8~10%を單に水に添加しただけでもよい。その結果出来る泥水のゲルストレングスは加入放置10分後 ストーマーの粘度計で計つて約 200grである。坑井内にポンプ循環させて此のゲルが逸泥する孔隙に入つて、充分硬く膠化すれば逸泥は回復する。此の方法で逸泥を回復したら此の泥水に單に水を加へて普通の粘度に戻す。若しゲルストレングスを増して充分な時間を置いても、猶逸泥が回復しなかつたならば次に述べる様な方法の中から個々の特殊條件を克服するに最も適當と思はれる方法を選択して適用しなければならない。

既に述べた通り高度ゲル泥水を逸泥回復に使用するのは深度 1,500m 以内に限られてゐる。これより深くなると此の種の泥水は水を加へるなり化學處理をするなりして、正常の組成に戻す迄は掘管の運動に實質的な抵抗を與へスワッピング作用を増進させる恐れがある。勿論此の泥水に多量の水を加へる必要があるとすれば加重物質も加へる必要のある事は言ふまでもない。

低壓逸泥回復に最も適した混合泥水は大體良質の泥水を基としてそれに織

維物質と雲母薄片を混入したものであらう。纖維物質は筵狀に堆積し、それに雲母薄片が閉塞し、更にその全面に互つて泥が薄い柔軟な不滲透性の泥壁を形成する。

セメントを用いる低壓逸泥防止法

全部とは言へないが、逸泥の大概の場合は前に概説した一般の場合の一つ以上の原因で惹起される事は明瞭である。即ち逸泥は種々の原因が重つて起るのであるから、それに對する防止法も従つて種々復合して處理すべきである。

充填乃至閉塞物質で低壓逸泥の防止に失敗した時には、セメント作業に頼らなければならない。此の目的に適ふ2種の最も普通のセメントはアクアゲル或はゲルセメントと速硬セメントである。普通のやり方は掘管に依つて坑底にセメント液送り硬化せしめるのである。硬化セメント栓を掘り抜いて最早や逸泥が起らなければ掘鑿を續行する。猶幾分でも逸泥が続いて起る場合にはセメンチングを反覆する。初めに逸泥した個處はセメント處理を防ぎ得るかも知れないが、そのセメントプラグ以下に掘り進んだのには、又逸泥が起らないとも限らない。

アクアゲル（ベントナイト）セメントは液としての休息角（Angle of Repose）が大であるから逸泥を押へるに役立つ。セメントの中のベントナイトはセメント液に充分なゲル性を與へ、休息角が大であることから、水が流れ込む状態とは異つた状態で地層の孔隙内に詰まる様に（Pile up）する。6~8lbsのアクアゲルと8 1/2 ~ 10 gallonsの水をセメント1袋に溶解せしめたゲルセメント液は低壓逸泥を回復するに著効を奏する事が知られてゐる。

これと反對に速硬特殊セメントは一般の普通セメントより休息角が小さい。此の種セメント液は最底部の孔隙をのみプラグするに役立つ。加ふるにセメント溶解に用いた水の性質如何が此等速硬セメントの硬化時間に影響するし、又掘管がセメント詰りしない様に充分注意しなければならない。

逸泥回復の後にセメンチングするに際しては、地下壓と液性の靜水壓を等しく保つ様に充分注意を拂ふ必要がある。此の事はセメンチング作業に於て輕視されてゐるが考慮しなければならない要素の一つである。逸泥が起ると坑井内の泥水液面が坑口から或る距離丈低下する。その低下した位置が丁度その比重の泥水が地層壓と平衡を保つ位置を示すのである。セメンチング後に掘管を極端に揚管すれば、セメントは逸泥した部分より上方に浮び上る結果になる。何となれば掘管の揚管に依つて靜水ヘッドが低下するから、地壓と靜水壓が均衡を保つ爲に逸泥した泥水が地層から坑井内に逆流して來るからである。同様に掘管を揚げるときに、餘り多量の泥水を張り込めばセメント液は地層内に押し込められて逸泥した部分よりセメント液面を低下せし

める事になる。若し此のバランスがどの程度で適當か分らない時には、比較的多量のセメントを使用すべきである。此の場合液柱壓が大であるから幾分かセメントは地層内に押し込められるし、又坑井内には後で掘り破るべき坑内セメント柱が相當多量に残る事になる。但し此の場合問題となるのは此の坑内残留セメントを掘り抜く時に、舊坑心から離れて枝掘りになる恐れがある事である。

静水ヘッドの低下

ゲルを形成するコロイド質物質や充填、閉塞物質としてゲルを形成するコロイド質物質や、又セメントの使用等が逸泥回復に有効な効果を齎す事は分つた。然し低壓の地層である事が分つてゐるとき、又高壓地層に達する前にケーシングをセットする計畫があるとかいふ場合には地層に掛る静水ヘッドを低下せしめる事によつて逸泥を回復し得る事もある。此れには次の二つの方法の一つ又は兩者を併用して行ふ。第一の方法は泥水比重を低下せしめるのである。第二の方法はポンプ壓を低下せしめるのである。此れには次の二つの測定が必要である。即ち泥水液柱の低下した深度を測定する事と坑井内に残つた泥水液柱の静水ヘッドを計算する事である。此れらの値から坑井内に張り込む泥水の最大比重を計算する。此れに依つて地層壓と均衡を保つべき泥水液柱ヘッドが算出されるが、地層に掛るポンプ壓力、泥水液柱を動かすに必要な摩擦力は計算に入つてゐない。従つて實際の泥水比重は、上の計算に依つて得た値よりも幾分低目にしなければならない。

ポンプ壓力の低下に依る逸泥回復法

泥水ポンプの吸込量を減すれば、ポンプ壓力は低下する。併し掘り屑を掘管と坑壁の間隙を通じて地表に揚げるに要する最小速度があるので此の吸込量を減するにも限界がある。ポンプ壓力に關して摩擦力に打ち克つ事や粘度の廣範な變化や種々の泥水の膠化特性等を考慮に入れると地層に掛る眞のポンプ壓力を計算する事は困難となる。従つて逸泥の際にポンプ壓力を低下せしめる効果を決定する最良の方法としては、その坑井に就いて實際にテストしてみるより外はない。

化學ゲル或はプラスチック

化學ゲル或はプラスチックの使用は新しい方法であり廣く行はれてはゐないが研究が進めば將來は非常に効果的な方法となる可能性がある。

その方法は或る種の液體を泥水の代りに地層中は送入するのである。その液體は固體狀に、又はプラスチック狀に凝結して孔隙を塞ぐ。此の作業は逸泥の起つた深度を正確に知る必要があり、又凝結中に坑井内の液が動かない様に充分調節が行はなければならない。

盲掘り (Blind Drilling)

或る種の低壓逸泥を回復するに盲掘りをする場合もある。普通此の言葉は循環泥水がすつかり逸出してすつた時に掘肌を水を送り込み掘り屑は地層中に洗ひ出す事を指してゐる。此の方法は多量の水が必要であり掘屑を坑底から逸泥層迄押し上げ、且掘屑が再び裸坑に落ち歸らない丈の充分な速度が掘管と坑壁の間隙に保たなければならない。此の場合掘管内に逸水層の流れが逆流しない様に、掘管のビット上部にフロートバルブを設けた方がよい。

若し多量の掘り屑が坑底に溜つた様な時は數バーレルの濃いアクアゲル泥水を用ひて此等の掘屑を捕捉し地層中の孔隙に送り込めばよい。

空洞性逸泥

掘鑿中に泥水が突然に又は完全に逸出してすつたといふ様な場合には此の逸泥は眞の空洞の爲か或は相當の廣さを持ち、時には他の空洞乃至は裂縫と連絡してゐるかも知れない様な裂縫の爲におこつたのだと推定してもよい。時には此の種の空洞或は裂縫に達着すれば、掘管が數インチ或は數フィート急に下がる事がある。此の種の地層中の空洞は時に水或はガスが充滿してゐたり、又全然空虛であつたりする。斯様な空洞は循環中の泥水を際限なく吸ひ取つて了ふ。そして空洞中にある液體が壓力を持つてゐるならば逸泥後直ちに液體を吸き上げたり、ガスを吹き上げたりする。凝結度の高い地層を掘鑿すると空洞が出来て掘管が抑留されたりする。

空洞性地層が液體で滿たされてゐるならば、坑井内の掘鑿泥水液面は、それが空洞中の液體と靜水壓的な均衡に達する迄低下する。何れにしても泥水液面は數フィートから數百フィート落下する事がある。

ケーシングシートと逸泥地點の間に大きな空洞が出来て此の種の逸泥が起つたら、殆ど處理しようがない。合理的な處置としては崩壞部の下方逸泥部分の上方にケーシングセットすべきであらう。

此の種の逸泥を克復する方法としては、次に述べる様に高壓又は低壓逸泥の回復方法を或程度適用するのである。

低比重泥水の使用：若し條件が良ければ此の方法を用ひる。然し空洞より上部にある掘鑿された地層が或種の液體或はガスを含有している場合は靜水ヘツドを低下させる事は危険である。

盲掘：上述した此の方法で空洞性部分を掘り抜き得る事もある。此の空洞部分は掘り抜いたら直ちにケーシングセットした方がよい。

セメントの使用

逸泥回復にセメントを用ひる方法を述べるに當り此の空洞性といふ術語を解析すれば此れには空洞と裂縫の2ツがある。裂縫の壓が大體垂直に近く掘管を垂直から多少偏倚せしめる様な場合を除けば此の裂縫は空洞と同一に取

扱つてもよい。此の様な場合掘鑿を進める必要があるならば、此の裂隙をセメンチングしなければならない。

普通は先づ最初に充填閉塞物質をやつてみる。が眞の空洞状態であれば此の方法ではまづ見込みがない。斯様な空洞性状態に對してはベントナイトセメントを用ひるのが通例である。

總ゆる物質の中でベントナイトセメントは空洞を完全に充填し或は閉塞するに最も適してゐる。

此の目的に普通セメントを用ひれば莫大なセメント液量が要る。ベントナイトセメントはゲル特性があるので休息角が大である。セメント1袋に對してアクアゲル又はベントナイトセメント8—10Lbs と水 10—12gallons の割合で混合したものは休息角が45度以上にも保つ事が出来る。従つて此のセメント液を掘管で空洞内に注入すれば圓錐形狀に堆み固まる。此のセメントを注入するには幾回にも分けて前に注入したセメントが充分固つた後に次の塊を注入するのである。此れを繰返せば後で掘り抜き得る様なセメントの圓錐體が空洞の底から天井迄送り上げられる事となる。

以上種々の逸泥の型と、その實例の特性に就いて述べて來た。逸泥回復に使用すべき多數の物質や方法を述べたが此等の物質や方法を適當に應用すれば相當な時間を短縮せしめ、又逸泥防止に要する物質を最少限度に止める事が出来よう。

最後に注意して置きたい事は初めに逸泥した泥水と同性質の泥水を變へないで循環を繼續してをればそれは何等良い結果を齎すものでなくむしろ無益の浪費に終ると言ふ事である。(臼井直重譯)