論文・報告

基礎試錐「三島」におけるプロダクションテストについて*

河 合 宏 則**

(Received July 27, 1993; accepted July 27, 1993)

Production test under hostile environment at the MITI Mishima well

By

Hironori Kawai

1. 緒 言

基礎試錐「三島」は、掘削深度 6,000m・作業日数 297 日の計画で、平成 3 年 9 月 1 日に開坑された。開坑より 266 日目にて深度 6,007m に到達したが、目的とするグリーンタフは出現せず、6,300m までの掘り下げが決定された。7" ライナーをセットした後、開坑より 335 日目に 6,300m にて掘り止めた。物理検層などの結果より、4 層に対して DST を行うことが決定され、作業が実施されたが、このうち No. 1 および No. 2 のテスト層は泥柱圧が 15,000psi を超え、かつ坑底温度が 400°F を超えるという世界でも類を見ない苛酷な環境下での DST となった。

2. 坑内状況

図 1 にテスト前坑内図を示す。6,007m 以深の 6" 坑には、アンカーパイプを含む 5" ライナーがセットされた。また 9 5/8" ケーシングに発生した磨耗による穴あき (3,532m 付近) をかくすため、3,360~4,794m には 7" スキャブライナーがセットされている。

図 2 には泥水比重実績を示す。5,000m 以深ではマッドガスの上昇および崩壊の発生に伴い、最高比重 2.00 を経験し、6" 坑でも比重を下げるべく試みたものの、掘り止め時で 1.91 という数字が必要であった。

一方、物理検層より推定された坑底温度 (図 3) は

* 平成 5 年 6 月 10 日平成 5 年度石油技術協会春季講演会井部門シンポジウム「大深度掘削にかかわる技術的問題点」にて講演

** 石油資源開発(株) 長岡鉱業所

6,300m において 437°F (225°C) に達した。

摘出された DST 対象層 4 層の環境を表 1 にまとめた。この中で No. 3 テスト層は、我々がこれまでに日本国内で経験した最も厳しい事例と同等の環境であり、

図 1 基礎試錐「三島」坑内図 (テスト前)

図2 「(基)三島」泥水比重実績

図3 基礎試錐「三島」坑内温度（電検結果からの推定）

表1 DST対象層の環境

テスト No.	テスト層	深 度	BHST (推定)	泥 水 比 重	ハイドロスタティック 圧 力	最大密閉坑口圧力 (ガス柱として推定)	備 考
#1	七谷層	5,997~6,300m (DP)	228°C (445°F)	1.91	1,184ksc (16,850psi)	957ksc (13,610psi) (圧力勾配 0.36)	6"裸坑×5"Pre-Perforated Anchor
#2	下部寺泊層	5,691~5,708m 5,652.5~ 5,664m (W/L)	204°C (400°F)	1.96	1,107ksc (15,820psi)	898ksc (12,770psi) (圧力勾配 0.37)	7" ケーシング
#3	下部寺泊層	4,745.5~ 4,751.5m (W/L)	168°C (336°F)	1.76	836ksc (11,943psi)	680ksc (9,670psi) (圧力勾配 0.33)	7"×9-5/8" ケーシング二重管
#4	上部寺泊層	3,492~3,514m (W/L)	125°C (258°F)	1.70	595ksc (8,500psi)	480ksc (6,830psi) (圧力勾配 0.33)	7"×9-5/8" ケーシング二重管

No. 1 および No. 2 テスト層は未知の環境となった。
さらに調査の結果、ダウンホールテスターバルブを使用
する DST としては、世界的にも類を見ない環境である
ことが判明した。

3. テスト計画立案基本方針

個々のテスト計画は、下記の基本方針に基づいて作成
された。

- (1) テストストリングとしては、硫化水素対策の施さ

れた材質のワークチュービングを使用する。(これに基づき、 $2\frac{7}{8}$ " $\times$ 7.9# AC-110/NK-EL チュービングが選定された。)

(2) No. 1 および No. 2 テストには高温高圧用パーマネント パッカーを、No. 3 および No. 4 テストにはリトリャブルパッカーを使用する。(No. 1 テストにはベーカー社の "D-1" パッカーが、No. 2 テストにはオティス社の "WD" パッカーが使用された。)

(3) ダウンホール機器としては、テスターバルブ、セフティーバルブ、逆循環バルブを必要最小限の機器とし、外圧加圧式バルブを使用する。またメカニカルトラブルを避けるべく、できる限りシンプルな編成とする。

(4) プレッシャーゲージ : No. 1 および No. 2 テストではメモリーゲージは使用できないのでメカニカルゲージのみ、No. 3 および No. 4 テストでは両者を組み合わせて使用する。

(5) サブサーフェスセフティーバルブを使用する。

(6) サーフェス機器の耐圧は、フローヘッドからフロアマニホールドまで15,000psi 耐圧とする。

(7) フロー方式 : 油層圧力・温度が15,000psi もしくは425°Fを超える場合 (No. 1 および No. 2 テストが該当) には、1st フロー・1st シャットインのみのシングルフローとする。

さらに、安全対策として、以下のケースが発生した場合には、直ちにテストを中断することとした。

(1) テスト中に、フロアマニホールドの上流圧力が13,500psi (常用耐圧の90%) を超える恐れが生じた場合、もしくはフロアマニホールド下流の圧力が9,000psi (常用耐圧の90%) を超える恐れが生じた場合。

(2) 地上機器・地上配管の温度が80°C (ユニオンパッキンの温度限界) を超える恐れが生じた場合。

(3) ガス検知器により、硫化水素濃度を測定し、大気中 H_2S 濃度が10ppm 以上測定されたとき、もしくは産出ガス中の H_2S 濃度が500ppm 以上検出されたとき。

4. サーフェスおよびサブサーフェス機器

図4に、使用された地上装置およびその配管を、表2に各機器の性能を示す。

図4 基礎試験「三島」プロダクションテスト地上装置配管図

表2 Tools 性能比較表

Tool	OD (in)	ID (in)	Working Δ P (psi)	Atmospheric Chamber Max. Annulus Press	Temp. (°F)
7" F. B. POSITEST Packer (-#)		2.250	15,000		350
PTV-F	5.000	2.250	15,000	20,000	425
R-CAR-X	5.000	2.250	13,000		425
PORT-F with FPM-F	5.000	2.250	15,000	with Rapture Disk 18,000 Disk Sheared 20,000	425
PCT D with HOOP D	5.000	1.875	15,000		425
SBSV-F	5.000	2.250	15,000	20,000	425
SHRV-D (SHORT)	5.000	2.400	15,000	20,000	425
Safty Joint SAJ-D	5.000	1.875	15,000		350
Slip Joint SLPJ-D	5.000	1.875	15,000		350
EZ VALVE	8.250	3.000	15,000		350
15000 # Floor Manifold		2.000	15,000		250
10000 # Floor Manifold		2.000	10,000		250
15000 # Control Head		3.190	15,000		250
COFLEX HOSE		3.000	15,000		212
Baker "D-1" Pkr	5.687	3.250	10,000		425
"L-22" Seal Ass'y (K-Ryte)	4.500	2.165	15,000		450
Latch-in Shear Ass'y (V-Ryte)	4.625	2.438	15-10,000		450
OTIS "WD" Pkr	5.880	3.250	15,000		100-400
"KTR" Seal Ass'y	3.250	2.375	15,000		100-450
EZ-Drill SVB Squeeze Pkr	5.500		10,000		425

フローヘッドからフロアマニホールド間のフローラインには、両端フランジ接続のコフレックスホース（長さ12m）を使用した。両端フランジであり、かつ重量物であった（3ton）ため、取り付けにかなりの時間を要したこと、12mの長さでは6mのシールアセンブリーをパッカーから引き抜くには不十分であったため、フロアマニホールドを高さ3mのベースの上に置かざるを得なかったことなどの問題はあったが、一体物であることによりフロー中は安心感があった。

フラックポンプは地表装置の水圧テスト（15,000psi）に主に使用されたが、本来は緊急時の抑圧用として準備されていたものである。

サブサーフェスセフティーバルブ（EZバルブ）は、地上装置に異常が生じた場合、ダウンホールバルブを操作しなくともシャットインできるので、こうした厳しい条件でのDSTには不可欠と考える。

5. ダウンホール機器

(1) No. 1 および No. 2 DST

これらのテストでは、シールをパッカーに挿入する際にトラップされる圧力を逃がしてやる必要がある。このためPORT（Pressure Operated Reference Tool）にFPM（Formation Protection Module）を取り付けた。また、PCT（Pressure Controlled Tester）バルブの操作回数を1回にするべく、バルブを開いた状態で降下できるHOOP（Hold Open Device）を取り付けた。

これにより計画された編成が図5に示されたNo. 1 DST編成である。

作業手順は以下のように計画された。

- (a) テスト編成組み立て・PTV（Pipe Tester Valve）を利用して水圧テスト
- (b) TBG降下・水圧テスト
- (c) パッカーにシールアセンブリーを挿入して寸法

26-Aug-92 No.1 DST					OD (in)	ID (in)	Length (m)	Set Depth (m)
		Control Head			X-Over		0.52	
								テーブル残 0.84
		2-7/8" 7.9#					2.20	-11.66
2-7/8" NK-EL		AC110NK-EL TBG	2.875	2.323			2.14	-9.46
5" ACMB		X-Over					0.30	-4.15
		EZ VALVE	8.250	3.000			2.40	-3.85
2-7/8" NK-EL		X-Over					0.31	-1.45
						R-II	9.60	-1.14
		2-7/8" 7.9#				Pup	6.93	8.46
		AC110NK-EL TBG				Pup	1.57	15.39
		#2~ #211-(2)	2.875	2.323			5875.28	16.76
2-7/8" NK-EL		X-Over					0.40	5892.04
3-1/2" IF		SHRV-D	5.000	2.400			0.86	5892.44
3-1/2" IF		X-Over					0.40	5893.30
2-7/8" NK-EL								
		2-7/8" 7.9#						
		AC110NK-EL TBG 1 std	2.875	2.323			27.99	5893.70
		#1						
2-7/8" NK-EL		X-Over					0.40	5921.69
3-1/2" IF								
		SHRV-D	5.000	2.400			0.86	5922.09
3-1/2" PH6								
		PTV-F w/X-Over	5.000	2.250			2.28	5922.95
3-1/2" PH6		SBSV-F w/X-Over		2.250			2.29	5925.23
3-1/2" IF								
		PCT-D w/HOOP-D	5.000	2.250			7.41	5927.50
3-1/2" IF		PORT-F w/FPM-F	5.000	2.250			2.50	5934.91
3-1/2" IF		Gauge Carrier	5.500	2.250			3.48	5937.41
3-1/2" IF		X-Over					0.40	5940.89
2-7/8" NK-EL								
		2-7/8" 7.9#						
		AC110NK-EL TBG 1jt					9.16	5941.29
		L-22" Locator Seal Assy					6.31	5950.45
								(PKR Depth)
2-7/8" New VAM		Perforated Joint					3.36	5956.76
		2-7/8" 6.5#	3.177				10.08	5960.12
		Tubing Pup (3 jts)						
2-7/8" New VAM		Re-Entry Guide	3.222				0.20	5970.20
								5970.40
								Guide Set Depth

図5 No. 1 DST 編成

	Control Head	OD (in)	ID (in)	Length (m)	Set Depth (m)
			X-Over	0.52	0.90
				2.20	-11.72
2-7/8" NK-EL	AC110NK-EL TBG	2.875	2.323	2.17	-9.52
5" ACMB	X-Over			0.30	-4.21
2-7/8" NK-EL	EZ VALVE	8.250	3.000	2.40	-3.91
	X-Over			0.31	-1.51
	PKR 荷重 8ton のタダミ分				11.38
	2-7/8" 7.9# AC110NK-EL TBG #1 ~ #205-(1)	2.875	2.323	5698.24	-2.89
2-7/8" NK-EL	X-Over			0.40	5695.33
3-1/2" IF	SHRV-D	5.000	2.400	0.86	5695.75
2-7/8" NK-EL	X-Over			0.40	5696.61
3-1/2" IF	2-7/8" 7.9# AC110NK-EL TBG 1 std #1	2.875	2.323	27.99	5697.01
2-7/8" NK-EL	X-Over			0.40	5705.00
3-1/2" IF	SHRV-D	5.000	2.400	0.86	5705.40
3-1/2" IF	SBSV-F w/X-Over			2.29	5716.26
3-1/2" PH6	PTV-F w/X-Over	5.000	2.250	2.28	5728.53
3-1/2" IF	Gauge Carrier	5.500	2.250	3.48	5730.81
2-7/8" NK-EL	X-Over			0.40	5734.69
2-7/8" NK-EL	2-7/8" 7.9# AC110NK-EL TBG 1jt #1			9.16	5734.69
2-7/8" NJU	KTR" Locator Seal Assy			5.51	5743.85 (PKR Depth)
2-7/8" New VAM	Perforated Joint			3.36	5747.21
	2-7/8" 6.5# Tubing Pup (3 jts)	3.177		10.08	5756.57
2-7/8" New VAM	Re-Entry Guide	3.222		0.20	5760.65
	Guide Set Depth				5760.85

図6 NO. 1-a DST 編成

チェック

(d) シールを引抜き、寸法調整管およびEZバルブ取り付け

(e) パッカーにシールを挿入

(f) フローヘッド取り付け

(g) 地上ライン取り付け

(h) EZバルブの水圧テスト

(i) 外圧加圧でPTVバルブを開く

(j) シールを引き抜き、循環調泥

(k) 地上装置・ラインの水圧テスト

(l) クッション水送入

(m) パッカーにシールを挿入

(n) マニホールドのバルブを開きフロー開始

(o) 外圧加圧してPCTバルブを閉じシャットイン

(p) 抑圧して揚管

しかし、実作業においてはNo. 1 DSTでPORTのラプチャーディスクが破れず、FPMのポートが閉まっていなかったことから、以後のテストでは、PCTおよびPORTを取りはずし、SBSV (Single Ball Safety Valve) をダウンホールテスターバルブとするNo. 1-a DST編成 (図6) に変更された。

(2) No. 3およびNo. 4 DST

テスト条件が比較的緩やかなことから、図7に示すり

14-Sep-92 No.3 DST		OD (in) X-Over	ID (in) X-Over	Length (m) 0.52	Set Depth (m) 0.82
	Control Head				テーブル残
	2-7/8" 7.9# AC110NK-EL TBG			2.20	-11.64
2-7/8" NK-EL 5" ACKME	X-Over	2.875	2.323	2.14	-9.44
				0.30	-4.17
5" ACME	EZ VALVE	8.250	3.000	2.40	-3.87
2-7/8" NK-EL	X-Over			0.31	-1.47
	2-7/8" 7.9# AC110NK-EL TBG #1~#162-(2)	2.875	2.323	4574.80	-4.46
2-7/8" NK-EL	X-Over			0.40	4570.34
3-1/2" IF	Sbp Joint (1.52m)	5.000	1.875	8.76	4570.74
3-1/2" IF	Slip Joint (1.52m)	5.000	1.875	8.76	4579.50
3-1/2" IF	4-3/4" DC (4 Sds)	4.750	2.250	109.23	4538.26
3-1/2" IF	SHORT (3000-3500 psi)	5.000	2.400	0.86	4647.49
3-1/2" IF	4-3/4" DC (1 Sds)	4.750	2.250	27.41	4648.33
3-1/2" IF	SHORT (3000-3500 psi)	5.000	2.400	0.86	4675.76
3-1/2" IF	X-Over	5.000	2.438	0.21	4676.62
3-1/2" PH-6	SBSV (2500-3000 psi)	5.000	2.250	2.07	4676.83
3-1/2" PH-6	X-Over	5.000	2.438	0.20	4678.90
3-1/2" IF	PCT (Max. 2000psi, Nor. 1500psi)	5.000	1.875	7.41	4679.10
3-1/2" IF	PORT (By-Pass: FPM) (600-1200psi)	5.000	2.250	1.44	4686.51
3-1/2" IF	Gauge Carrier	5.500	2.250	3.48	4687.95
3-1/2" IF	Gauge Carrier	5.500	2.250	3.48	4691.43
3-1/2" IF	4-3/4" DC (1 Sds)	4.750	2.250	27.28	4694.91
3-1/2" IF	X-Over	4.750	2.000	0.33	4722.19
3-1/2" IF	TK-Jar (Stroke: 0.26m)	4.750	2.000	2.62	4722.32
3-1/2" FH	X-Over	4.750	2.250	0.29	4725.14
3-1/2" IF	Safety Joint	5.000	2.250	0.51	4725.43
3-1/2" IF	X-Over	4.750	2.250	0.35	4725.94
2-7/8" EU	7" Post-Test Pipe	4.750	2.000	0.51	4726.29
	Stowed Tail Pipe	3.625	2.688	0.75	4726.80
2-7/8" EU	X-Over	3.625	2.688	0.13	4727.35
	Stowed Tail Pipe	2.875	2.438	2.96	4727.68
2-7/8" EU	Re-Entry Guide	3.750	2.415	0.13	4730.64
					Guide Set Depth 4730.77

図7 No. 3 DST 編成

トリーバブルパッカーを使用したスタンダードな編成が組まれた。

表2には、ダウンホール機器の性能も記されている。

6. テスト概要および発生したトラブル

No. 1 DST: 差圧500KSCにてフローを開始すると同時に、アニュラスの水頭低下が始まり、補水15.9klにてTBG内外バランスし、フローは止まった。揚管したところ、PORTのラプチャーディスクが破れておらず、FPMのポートが閉じていないことが判明、これによるリークと判断された。(後に“D-1”パッカーがリークしていたことが明らかになった。)

No. 1-a DST: 差圧490KSCにてフローを開始するも、No. 1 DSTと同様にアニュラスの水頭低下が始まり、補水14.9klにてバランスした。揚管時にすべてのダウンホール機器の水圧テストを実施したが、いずれも圧力をホールドし、慎重な検討の結果、No. 1 DSTも含めたリークは“D-1”パッカーであることが明らかになった。

No. 1-b DST: “D-1”パッカーの使用を断念し、上部に“WD”パッカーをセットしてテストは完遂されたが、PTVのラプチャーディスクが設定圧力を遥かに超える圧力をかけなければ開かないという問題があった。

No. 2 DST: テストは完遂されたが、このテストにおいてもPTVのラプチャーディスクが設定圧力の範囲では破れないという問題があった。また、テスト後逆循環するため、SHORT(逆循環バルブ)を開きにかかったが、ラプチャーディスクが破れず、CSGにかけることのできる最高圧力までかけても破れなかったため、TBG内のガスを払った状態で揚管せざるを得なかった。

No. 3 DST: 2ndフローを開始して12時間後、外圧の低下が始まり、テストは中止された。揚管時、各機器の水圧テストを実施していったところ、TRジャーのリークが判明した。

No. 3-a DST: 大きな問題はなくテストは完了した。

No. 4 DST: 2ndフローを開始すべく外圧加压を開始したが、圧力を保持できなかった。パッカーのセット位置を変えて、再度試みるも状況は変わらず、テストは中止された。揚管時、各機器の水圧テストを行ったが、異常はなかった。ポジテストパッカーは、中央エレメントが脱落、上下部エレメントには流体の流れによる大きな損傷があり、パッカーエレメントを通したリークと断定された。

No. 4-a DST: トラブルなく、テストは完遂された。

7. 今後の課題

前述した8回のテストで発生したトラブルは、以下の3つに大別される。

(i) パッカーリーク

(ii) ダウンホール機器のリーク

(iii) ラプチャーディスクが設定圧力にては破れないトラブル

これらを解決することが、将来の同環境でのテストの成功につながる。

(1) 高温高圧用パッカー

No. 1 DSTにてセットされたパッカーは、BAKER社の“D-1”パッカーであった。このパッカーは、世界的にも数多くの実績を有する、同社の“D”シリーズパッカーの1つで、シールマンドレルを6mに伸ばして、従来からのシールマンドレルとシールボアエクステンションの接続をなくした構造である。今回使用したエレメントは、硬度95Duroのニトリルで、メタルバックアップを有し、パッカー全体としては、最高使用温度425°F、最大差圧10,000psiとされていた。それにも係わらずパッカーがリークした原因は、エレメントが異物を挟み込んだか、エレメントが十分に押し広げられる前にスリップがセットされてしまい、差圧に耐えられなかったかのいずれかであろうと考えている。

これに対して、No. 1-bおよびNo. 2でテストが完遂されたOTIS社の“WD”パッカーは、90-70-90 Duroの3つのエレメントが組み合わされており、さらにメタルおよびテフロンバックアップを有している。最高使用条件は400°F×10,000psiとされていた。

今後、同様な環境でテストが想定される場合、パッカーを準備する立場にある我々オペレーターとしては、2つの選択が考えられる。1つは、さらに厳しい条件を考慮して設計されているパッカーを選択すること、例えばBAKER社には最高使用条件が525°F、15,000psiという“HE”パッカーがある。ただし、これは極めて高価なパッカーである。もう1つは、OTIS社のパッカーのようにエレメントが硬度の異なるニトリルによって構成されており、さらにバックアップが二重三重に備わっているパッカーを予想される環境にまで発展させることである。今回の2つのパッカーの使用実績比較からは、後者の方に興味が残る。

(2) ラプチャーディスク

表3に、今回の一連のテストにおける外圧加压式ダウンホールバルブの操作の成否をまとめた。○は設定圧力の範囲でラプチャーディスクが破れ、バルブが正常に作動したもの、△は設定圧力ではディスクが破れず、それを

表3 ラプチャーディスクの成績

Test No.	Tool	Code	Press. Range	Calc. Press	Actual Press	Result
DST #1	PORT	GG	16,800-17,500	609-1,307	1,570	X
	SBSV	JJA	18,800-19,600	2,655-3,455	—	—
	PTV	GG	16,800-17,500	609-1,307	1,570	○
	SHRV	KK	19,100-19,800	2,955-3,655	—	—
	SHRV	KK	19,100-19,800	2,955-3,655	—	—
#1-a	PTV	GG	16,800-17,500	609-1,307	1,570	○
	SBSV	IIA	18,300-19,000	2,155-2,855	—	—
	SHRV	KK	19,100-19,800	2,955-3,655	—	—
	SHRV	KK	19,100-19,800	2,955-3,655	—	—
#1-b	PTV	FF	16,200-16,900	612-1,311	2,300	△
	SBSV	HH	17,400-18,100	1,819-2,519	—	—
	SHRV	II	18,000-18,700	2,477-3,147	—	—
	SHRV	IIA	18,300-19,000	2,737-3,447	—	—
DST #2	PTV	FF	16,200-16,900	537-1,236	2,000	△
	SBSV	HH	17,400-18,100	1,756-2,450	2,300	X
	SHRV	II	18,000-18,700	2,372-3,072	3,570	X
	SHRV	II	18,000-18,700	2,454-3,154	3,570	X
DST #3	PORT	YA	11,700-12,200	-121- 374	1,140	○
	SBSV	CC	14,200-14,800	2,476-3,075	(3,285)	(○)
	SHRV	CC	14,200-14,800	2,478-3,077	3,285	○
	SHRV	CC	14,200-14,800	2,548-3,147	3,285	(X)
#3-a	PORT	YA	11,700-12,200	-112- 383	1,140	○
	SHRV	CC	14,200-14,800	2,481-3,080	3,360	○
	SHRV	CC	14,200-14,800	2,551-3,150	3,360	(X)
DST #4	PORT	R	8,330- 8,670	-59- 277	1,140	○
	SBSV	WA	10,600-11,000	2,396-2,799	(3,248)	(○)
	SHRV	X	10,800-11,300	2,601-3,104	3,248	○
	SHRV	X	10,800-11,300	2,672-3,175	3,248	○
#4-a	PORT	S	8,800- 9,200	382- 774	1,230	○
	SBSV	WA	10,600-11,000	2,250-2,646	(2,860)	○
	SHRV	X	10,800-11,300	2,451-2,946	2,860	○
	SHRV	X	10,800-11,300	2,518-3,013	2,860	(X)

超える圧力をかけて破れたもの、X は最大許容圧力までかけただけでディスクが破れなかったものを示している。なお (X) は同じ設定圧力で2個の機器をセットしたため、1つは破れたがもう一方は破れなかったもので、特に比較の対象として考える必要はない。

表より、No. 1～No. 2 テスト (350°Fを超える坑底温度) ではディスクを破る操作が不確実であり、No. 3～No. 4-a テスト (350°F以内) では確実に作動していることがわかる。

ラプチャーディスクは、そのコード No により破れる

べき圧力範囲が設定されており、これを温度補正することにより実際の坑底での作動圧力が計算される。この温度補正のための係数が、現時点では350°Fを超えると一定とされているが、本井でのテスト結果を見る限り350°Fを超えても異なった係数を使わなければならないのではないかという疑問が生ずる。

最後に、今後の基礎試錐がさらに深部を目指すということであるなら、テストングに関しては特にハードウェアの面で、メーカーおよびサービス会社との共同研究・開発が必要になってくると思われる。現在の基礎試錐が

目指している環境でも、彼らのマーケットという観点から見れば、依然ラボ段階のものであり、どこまで真剣に対応しているか疑問が残る。またオペレーターとしても極めて長い納期を要するこういった資機材を完璧に準備しておくことに限界がある。

いずれの時期かに、基礎試錐に携わる者全体がメーカー・サービス会社を巻き込んで、プロジェクトの最後を締めくくる「テストング」という作業に対応する体制をとる必要が生じると思われる。