

6-3 井戸試掘調査結果

マラウイ国中等学校改善計画フェーズ II 試掘調査結果

1. 試掘調査結果

1-1. 調査の目的と方法

マラウイ中等学校(以下、「CDSS」)改善計画において、対象4サイト(Mtenje、Liwaladzi、Ezondweni 及び Mpamba CDSSs)の給水施設建設に必要な地下水水源の確認を目的として、試掘調査を実施した。試掘調査に当たっては、マラウイ共和国(以下、「マ」国)の現地の井戸掘削業者を選定し、再委託として実施した。

1-2. 調査期間

試掘調査期間は、CDSS 改善計画にかかる試掘調査とリロングエ教員養成支援計画にかかる試掘調査の2案件に対し2011年9月初旬より10月下旬までの約2ヶ月間であったが、全国的なエネルギー、車両燃料の枯渇問題が発生し、表-1に示す通り、当初のCDSS 3サイト(Matenge CDSS、Liwaladzi CDSS、Ezondweni CDSS)では、ほぼ順調に約1ヶ月で試掘調査を完了したが、後半のMpamba CDSSについては、重油及びガソリンの購入が極端に困難となり、調査作業が幾度となく中断したことにより工程を約1ヶ月延長した。

表-1 CDSS の試掘調査日程

Chitsime Drilling Co. Ltd.	Sept.2011				Oct.2011				Nov.2011			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CDSS対象4サイト	1.Matenje	■										
	2.Liwaladzi		■									
	3.Ezondweni			■								
	4.Mpamba					■						
TTC Lilongwe1サイト	Waterc Limited											
	TTC No.1							■				
	TTC No.2								■			
	TTC No.3									■		
	TTC No.4										■	

1-3. 調査結果要約

(1) 調査対象CDSS 4サイトの水量と水質の評価

試掘調査結果は、下表-2に示す通り、水量的には、①Matenje CDSS、②Liwaladzi CDSS、③Ezondweni CDSSの対象サイトで、水需要10m³/日以上地下水が得られることが確認された。一方、④Mpamba CDSSにおいては、石英質砂層の良質の帯水層を掘進し、地下水を確認したが、井戸上部の軟弱層が崩壊した。このため、軟弱層に対応するため硬岩用のDTH工法を泥水掘り工法に変更して深度60mまで掘削した。しかしながらケーシング・スクリーンの設置は軟弱層崩落による影響から最終的に深度45mに留まり、仮揚水の結果では水量的には約0.3L/秒程度と少ないことから、No.2井の掘削が必要と判断された。しかしながら、この時点

で工期は既に約 1 ヶ月延長となっており、依然として作業用の燃料調達が不可能な状態が継続して、作業工程の実施見通しが困難のために No. 2 井掘削を断念し、止むを得ず Mpamba No.1 の泥水の洗浄と試験、計測を行った。結果、表-5 及び 6 に示す CDSS 井戸構造とポンプ設置深度から評価した Mpamba No.1 の揚水可能量は、10.5m³/日で CDSS の水需要は満足できると判定されるが、表-7 及び 8 の地下水ポテンシャルから判定すると水量不足である。ただし、No.1 を含む周辺で必要最小限の水量確保は可能と見込むことが出来たことから、Mpamba CDSS においては追加 1 井の代替井戸を提案する。

水質評価については、揚水試験の終了時に、「マ」国 農業・灌漑、水資源省の水質分析所担当官が現場で水質サンプルを採取して、「マ」国の飲料水水質基準及び WHO 飲料水質ガイドラインに沿って飲料水水質評価を行った。第 1 回目のサンプリングで井戸洗浄の不備などが原因とされる大腸菌が検出されたことから、井戸の再洗浄と第 2 回目の水質分析を実施した。再分析の結果、①Matenje CDSS、②Liwaladzi CDSS、③Ezondweni CDSS の対象 3 サイトは、最適な水質と判定された。現地調査期間内に再分析が実施できなかった④Mpamba CDSS については、上部地層の崩壊が原因で、水理地質的には対象地域の有機的な汚染を示すものではないと判断されたため、井戸の滅菌処理を施して実施した簡易分析で問題ないことを確認した。

各対象サイトの試掘地点については、下表-2 に緯度経度を GPS により計測し、Googl Earth 地図上に概略位置をプロットした。(図-1、7、13 及び 20 を参照)

表 - 2 試掘調査 CDSS 4 サイトの結果

試掘対象サイト	試掘井	試掘地点		井戸深度 (掘削深度)	水量水質 評価
		緯度(南緯)	経度(東経)		
1. Matenje CDSS	Matenje No. 1	13° 35' 42.7" S	34° 17' 49.9" E	29m (35m)	◎
2. Liwaladzi CDSS	Liwaladzi No. 1	12° 36' 50.0" S	34° 09' 43.9" E	39m (40m)	◎
3. Ezondweni CDSS	Ezondweni No. 1	11° 24' 25.0" S	33° 44' 40.0" E	— (29m)	×
	Ezondweni No. 2	11° 24' 24.3" S	33° 44' 48.7" E	64m (64m)	◎
4. Mpamba CDSS	Mpamba No. 1	11° 32' 48.0" S	33° 44' 48.7" E	45m (60m)	△

(2) 調査対象 4 サイトの井戸仕様と調査

試掘調査は、下表 - 3 に示す、「マ」国の標準的な井戸仕様に沿って、現地企業 2 社に再委託して実施した。

調査対象の CDSS の 4 サイトで、試掘井 5 井を掘削し、①Matenje CDSS、②Liwaladzi CDSS、③Ezondweni CDSS の対象 3 サイトでは成功した。一方、④Mpamba CDSS では調査期間内に完成井の確保には至らなかったものの、敷地内の同地点で追加井戸を設置すれば必要な地下水量の揚水を見込むことができると判断される。

表 - 3 試掘井戸の調査仕様

- ① 井戸仕上げ口径：φ6 インチ、平均掘削深度：60m
- ② スクリーン・ケーシング口径：φ6 インチ(外径 160mm) PVC 製
- ③ 帯水層部分へのスクリーン設置
- ④ 掘削孔とスクリーンの間に砂利充填
- ⑤ 井戸洗浄 (Development)
- ⑥ 揚水試験 (段階揚水試験：各揚水 2 時間 4 段階、計 8 時間、定流量揚水試験：連続 24 時間、回復試験：6 時間ないし水位回復 90%以上)
- ⑦ 水質分析 (「マ」国及び WHO 飲料水水質ガイドライン準拠) して飲料水の適否を判定する。
- ⑧ 水質サンプリングは、大腸菌群及び一般細菌を含む分析 21 項目を「マ」国の水質分析に係る公的機関で実施する。

(3) 調査対象 4 サイトの水質分析の仕様と調査

水質分析は公的試験機関である農業・灌漑・水資源省水質分析室(首都 Lilongwe と Mzuzu 分室)において、WHO 飲料水水質ガイドライン及び「マ」国の飲料水深井戸基準(2005)に基づく分家器試験を実施した。水質分析は下表 - 4 に示す「マ」国の標準 21 項目の分析を行った。水質分析では、第 1 回目の水質分析で大腸菌群が対象 4 サイトで検出された(表-11、15、19 及び 25 を参照)。検討の結果、大腸菌群の検出は井戸洗浄が不十分であることが判明したため、井戸洗浄を十分に行い、再水質サンプリングによる 2 回目の分析の結果、大腸菌群の検出はなくなった(表-12、16、20 及び 21 を参照)。

但し、④Mpamba CDSS では、井戸上部の軟弱地層の崩落の影響で十分な井戸洗浄が出来なかったことに鑑み、邦人技術者の帰国後に現地業者に再度の井戸洗浄と再水質サンプリングによる水質分析を指示したが、この時点で現場では既に機材が撤去されており、試掘調査としての 2 回目の水質分析は実施するに至らなかった。このため、現地スタッフに対して、分析室の指導を受けて掘削井戸の滅菌剤投入による処理と簡易分析を行うことを指示した。簡易分析実施の結果、滅菌効果が確認された。

一般的に、被圧地下水を帯水層とする深井戸では一般細菌や大腸菌群は検出されない。「マ」国の深井戸の場合、井戸と帯水層の保護、保全のための充填砂利 (Packing Gravel) 工法が行われる。砂利は水資源省の指定の場所と品質であれば、井戸業者の判断で採取、利用できる。第 1 回の水質分析における一般細菌や大腸菌群の検出は、主として充填砂利による有機物質の混入に起因すると思われる。調査では井戸の再洗浄を行い、水質の再分析を行った結果、対象 CDSS 3 サイト(①Matenje、②Liwadzi、③Ezondweni)については、飲料水水源として最適で清浄な水質として判定された。④Mpamba サイトの帯水層は、水理地質的に被圧地下水であり周辺からの汚染が地下水の水質に反映されたものではなく、井戸掘削中の泥水混入及び充填砂利による汚染と判定される。簡易分析で滅菌効果が確認されていることから、代替井戸を掘削し適切な洗浄と水質サンプリング、分析を実施すれば、水量と清浄な水質の結果を得ることが見込まれる。

表-4 WHO 及び「マ」国飲料水水質ガイドライン 単位(mg/L)

	水質項目	WHO	Malawi		水質項目	WHO	Malawi
1	TDS	1,000	2,000	2	濁度	-	25
3	pH Value	6.5-8.5	6.0-9.5	4	ケイ酸	-	-
5	ナトリウム (Na)	200	500	6	カリウム (K)	-	-
7	マグネシウム (Mg)	0	200	8	カルシウム(Ca)	-	250
9	鉄 (Fe)	0.3	3.0	10	全硬度	200	800
11	浮遊物質(SS)	-	-	12	アルカリ度	-	-
13	塩化物	250	750	14	硫酸塩	250	800
15	硝酸塩	50	100	16	炭酸塩	-	-
7	フッ素	1.5	3.0	18	電気伝導度	-	3,500
19	大腸菌群	0/100mL	50/100mL	20	炭酸水素塩	-	-
21	一般細菌	-	0				

(4) 調査対象 4 サイトの水理地質評価

試掘調査では飲料水として水質水量ともに安全な地下水を調査開発した。調査結果として、水量的には対象の CDSS の水需要量 10m³/日、運転時間 8～10 時間とした場合の揚水量は 1.0～1.25 m³/時、ないし 0.3～0.35 m³/秒以上が必要である。

対象 CDSS4 サイトの地下水ポテンシャルと揚水量の評価を表-7 に、揚水試験結果を表-8 に取りまとめた。(揚水試験の詳細及び水質分析結果は、2. 対象サイト別試掘調査結果の記述を参照)

総合評価としては、対象 CDSS の 4 サイト中 Mpamba を除く 3 サイトでは水質水量ともに目標を満足する深井戸として給水施設の動力ポンプが設置可能である。但し、Mpamba CDSS については、軟弱地層の崩壊のため確認できる地下水ポテンシャルが小さく、工期内に完成井戸を確保するに至らなかったことから、将来的な安定と持続性を考慮し、追加の井戸 1 井の実施を提案する。良質の帯水層が確認されていることから、軟弱層の崩壊がなく所定の井戸深度 60m の井戸が完成すれば、水量は水需要 10m³/日以上、水質的にも飲料水に最適な地下水が得られると判断できる。

試掘成功として井戸構造の確定している 3 サイトの最適な動力揚水ポンプ設置深度により、地下水ポテンシャルの関係から各井戸の揚水可能量を判定した。動力ポンプの設置深度は、井戸構造と帯水層の関係から採水箇所スクリーン前面には設置しないことが一般的である。(井戸構造図については図-2、8、15 及び 21 参照)

このため、各サイトの井戸構造とポンプ設置深度から、揚水可能量をとりまとめると下表-5 及び 6 の通りであり、地下水ポテンシャルの関係から各井戸の水需要量(10m³/日)に係る揚水時間を評価すると下表-7 及び 8 の通りである。

表-5 CDSS 井戸構造からのポンプ設置深度の設定と揚水可能量

対象サイト	静水位 (m)	ポンプ設置 深度(m)	揚水水位 (m)	水位降 下(m)	比湧出量 (m ³ /hr/m)	揚水量 (m ³ /hr)	揚水可能量 (m ³ / day) 8hr 揚水
記号	E	M	O	P=O-E	H=D/G	Q=HxP	R8=Qx8hr
1.Matenje No.1	8.64	25m	25m	16.36	5.71	93.4	747.2
2.LiwaladziNo.1	6.35	26m	26m	19.65	3.91	76.8	614.4
3.EzondweniNo.2	26.35	42m	42m	15.65	0.086	1.35	10.8
		50m	50m	23.65	0.086	2.03	16.2
		60m	60m	33.65	0.086	2.89	23.15
4.Mpamba No.1	3.5	42m	42m	38.5	0.034	1.31	10.5

表-6 CDSS 定流量(連続)揚水試験(24 時間)と回復試験結果

対象サイト	定流(連続) 揚水量 (m ³ /hr)	揚水試験 時 間 (hr/day)	揚水量 (m ³ /day)	水位降 下(m)	回復試験 (回復%)	回復時間 (hr)	比 湧 出 量 (m ³ /day/m)	比 湧 出 量 (m ³ /hr/m)
記号	D	T	S=DxT	G=F-E	U	V	W=S/G	H=D/G
1.Matenje No.1	4.5	24	108	0.77	100%	0.5	140.3	5.71
2.LiwaladziNo.1	4.5	24	108	1.15	83.5%	0.5	93.9	3.91
3.EzondweniNo.2	2.16	24	51.8	25.23	62.3%	3.0	2.1	0.086
4.Mpamba No.1	1.08	2.25	2.7	37.5	94.3%	2.0	0.072	0.034

表-7 地下水ポテンシャルと揚水量の評価

対象サイト 井戸番号	掘削深度 (m)	井戸深 度 (m)	揚水量 (m ³ /h)	静水位 (m)	揚水水 位 (m)	水位降下 (m)	比湧出量 (m ³ /h/m)	地下水ポテ ンシャル (m ³ /h)	揚水時間 (10m ³ /day)	ポンプ設置 深度(m)	評価
記号	B	C	D	E	F	G=F-E	H=D/G	K=Hx10m	L=10/H	M	N
1. Matenje No.1	35	29	4.5	8.64	9.41	0.77	5.71	57.1	0.2hr	25m	◎
2. Liwaladzi No.1	40	39	4.5	6.35	7.50	1.15	3.91	39.1	0.3hr	26m	◎
3. Ezondweni No.2	64	64	2.16	26.35	51.58	25.23	0.086	0.86	11.6hr	42m	○
4. Mpamba No.1	60	45	1.08	3.5	35	31.5	0.034	0.34	29.4hr	42m	△

注1) 揚水試験結果より地下水ポテンシャルは、水位降下 10m を基準として、揚水可能量として各サイトの水需要量 10m³/日の揚水時間を評価した。

注2) 3.Ezondweni No.2 は、水位降下 10m を基準とした揚水を行うと、揚水時間は 11.6 時間で許容範囲である。4. Mpamba は揚水時間が 29.4 時間となり、地下水ポテンシャル(水位降下 10m)では水量不足と判定される。

表-8 試掘井 CDSS4 サイトの水理地質評価

対象サイト 井戸番号	井戸口径 (mm)	掘削深度 (m)	井戸深度 (m)	揚水量 (m ³ /hr)	静水位 (m)	揚水水位 (m)	水位降下 (m)	比湧出量 (m ³ /hr/m)	帯水層	スクリーン設置深度 (m)
記号	A	B	C	D	E	F	G=F-E	H=D/G	I	J
1.Matenje No.1	160	35	29	4.5	8.64	9.41	0.77	5.71	砂・礫	10 - 23
2.Liwaladzi No.1	160	40	39	4.5	6.35	7.50	1.15	3.91	砂・礫	9 - 24、30 - 36
3.Ezondweni No.1	160	29	-	-	-	-	-	-	-	空井戸
Ezondweni No.2	160	64	64	2.16	26.35	51.58	25.23	0.086	珪岩層	31 - 40、43 - 49、 52 - 58
4.Mpamba	160	60	45	1.08	3.5	35	31.5	0.034	石英質 砂層	12 - 18、24 - 39

1. Matenge CDSS

試掘調査地点



- 凡例：
- 1) 赤の丸印 No.1 が成功井戸位置 (No.4 は 6 月 11 日実施、成功井)
 - 2) 黄色 # 1 は、Matenje 初等学校の既存ハンドポンプ付深井戸
 - 3) 黄色 # 記載は、Matenje CDSS の校長及び職員室、学校管理事務所棟
 - 4) 図中下部の赤線は図の縮尺 100m 長
 - 5) 画像データは、Google Earth を借用

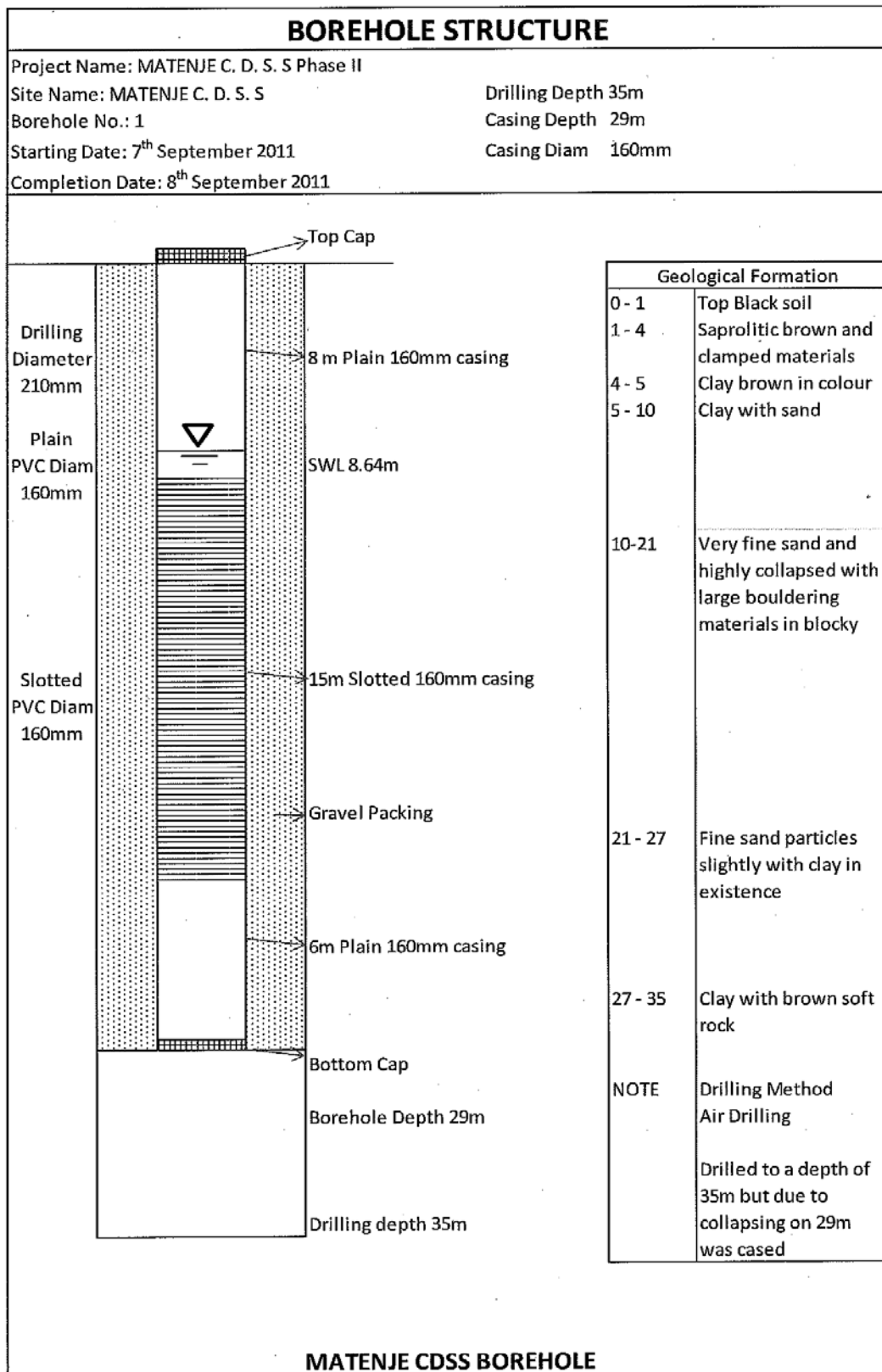
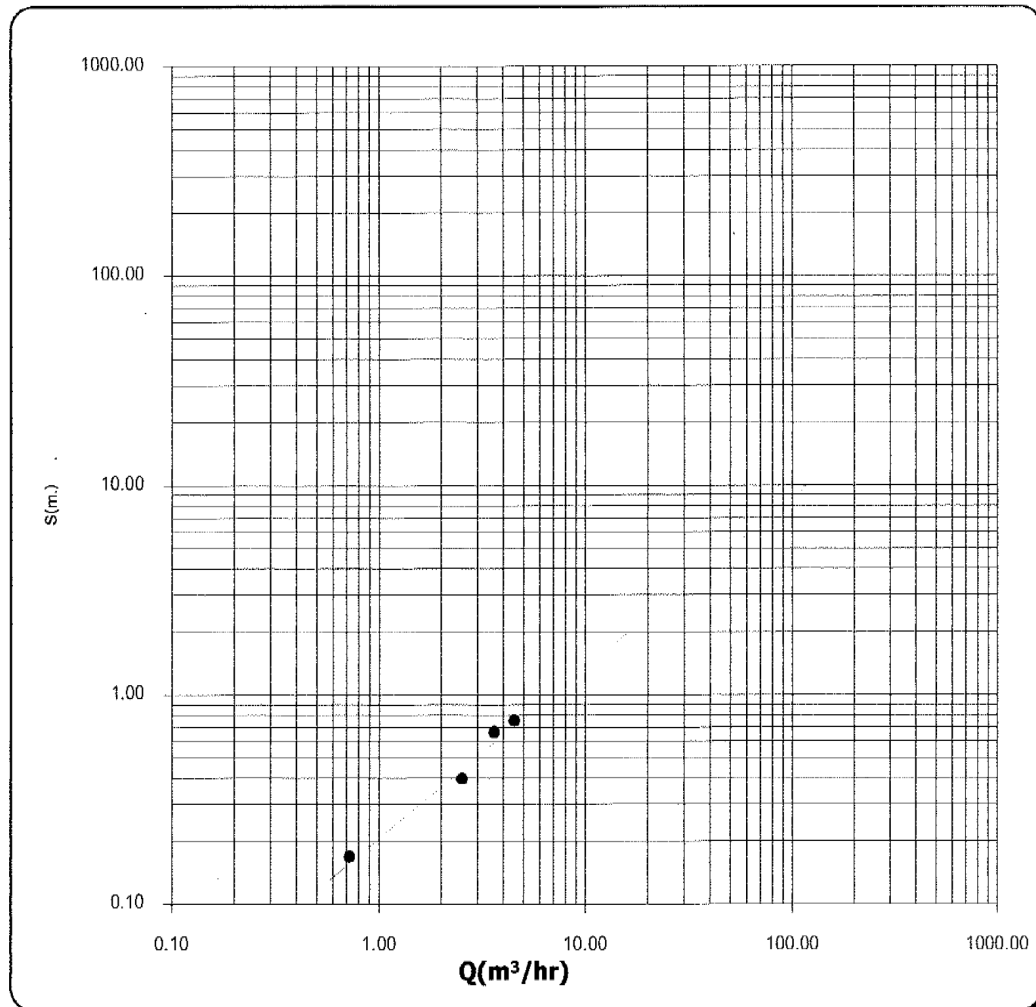


図-1 Matenge CDSS 試掘井戸柱状図

STEP DRAWDOWN TEST

PROJECT NAME	CDSS Phase II		
BOREHOLE No.	Matenje No.1	STATIC WATER LEVEL	8.64 m.
SITE	Matenge CDSS	DATE	10/09/11

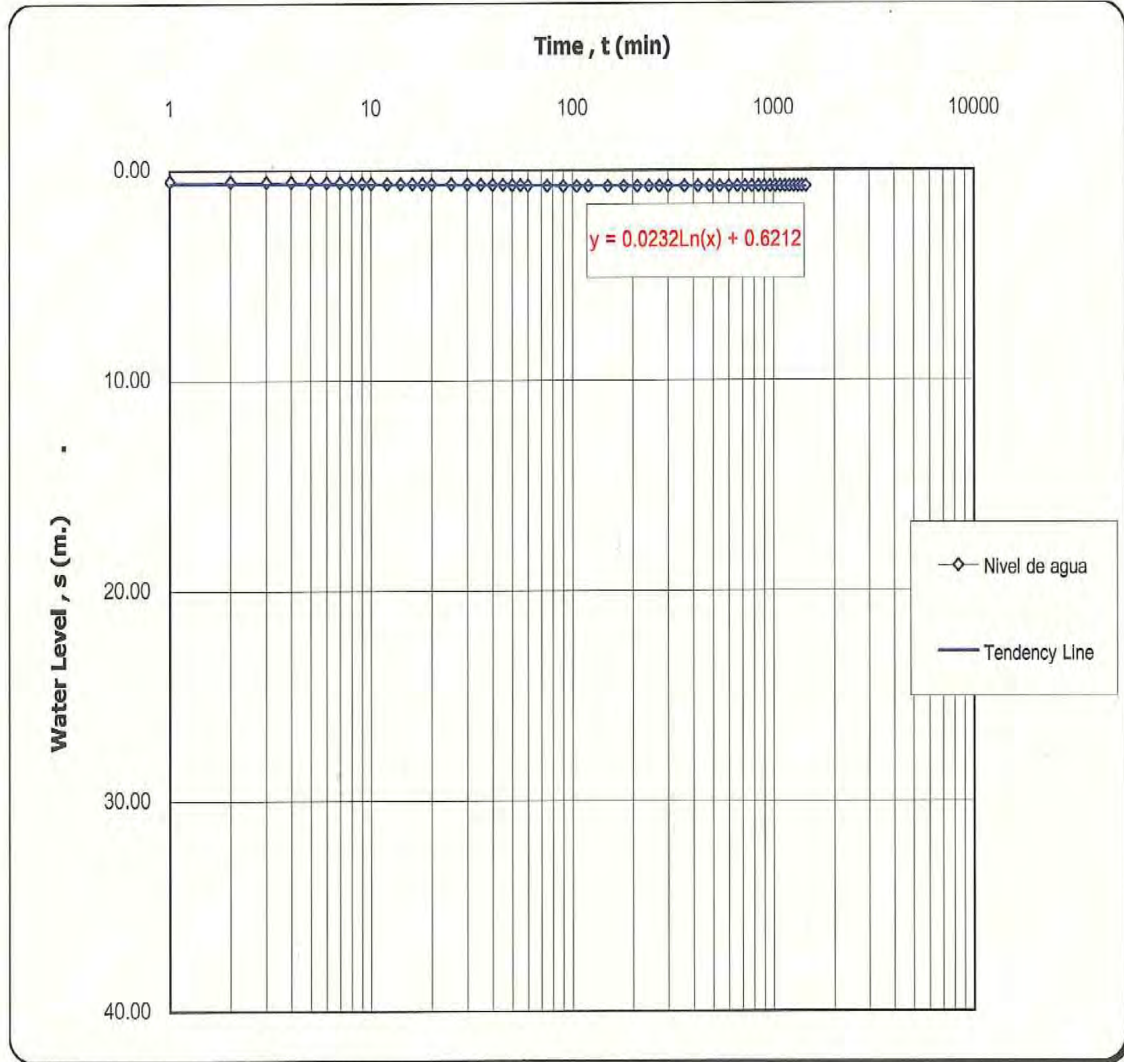


STEP	DISCHARGE Q (m³/hr.)	DYNAMIC LEVEL N.D. (m.)	DRAWDOWN S (m.)	SPECIFIC CAPACITY Q/S (m³/hr/m.)
FIRST(1st)	0.72	8.81	0.17	4.2353
SECOND(2nd)	2.52	9.04	0.40	6.3000
THIRD(3rd)	3.60	9.31	0.67	5.3731
FORTH(4th)	4.50	9.40	0.76	5.9211
FIFTH(5th)				

図-2 Matenje CDSS(No.1)段階揚水試験結果

CONSTANT DISCHARGE TEST

PROYECT NAME	Malawi CDSS & TTC Phase 2		
BOREHOLE No.	Matenje No.1	STATIC WATER LEVEL	8.64 m.
SITE	Matenje CDSS	DATE	12/09/11

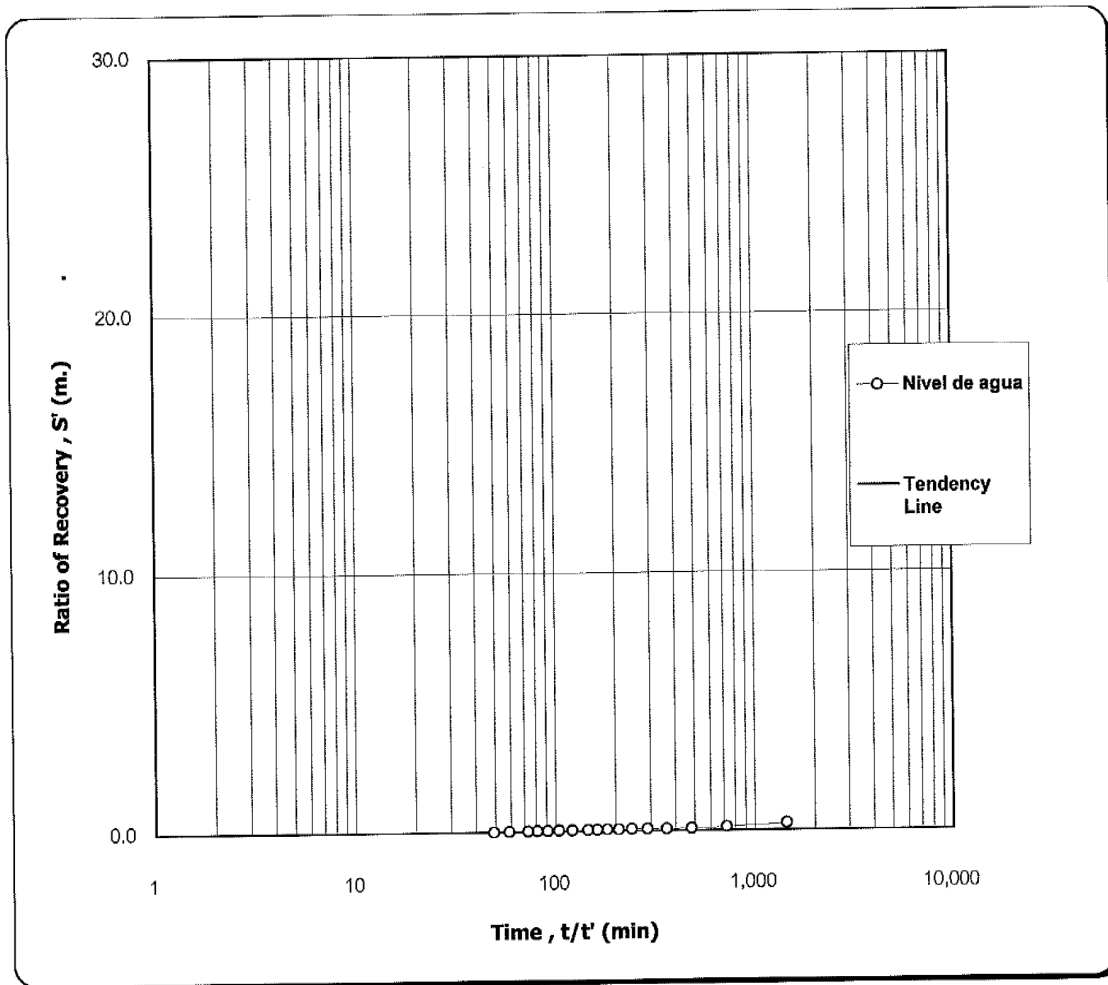


DESCRIPTION	
Discharge, Q (m ³ /hr.)	4.50 m ³ /hr.
water Level ,ΔS (m.)	0.77 m.
Transmissivity , T (m ² /hr.)	
$T = (2.30 Q)/(4\pi\Delta S)$	1.070 m ² /hr.
Screen Length , b (m.)	15.00 m.
Hydraulic Gradient , K (m./hr.)	
$K = T/b$	7.131E-02 m./hr.

図-3 Matenje CDSS(No.1)定流量揚水試験結果

WATER LEVEL RECOVERY TEST

PROJECT NAME	Malawi CDSS & TTC Phase 2		
BOREHOLE No.	Matenje No.1	STATIC WATER LEVEL	8.64 m.
SITE	Matenje CDSS	DATE	13/09/11



DESCRIPTION	
Discharge, Q ($m^3/hr.$)	4.50 $m^3/hr.$
Water Level, ΔS (m.)	0.77 m.
Transmissivity, T ($m^2/hr.$)	1.07 $m^2/hr.$
$T = (2.30 Q)/(4\pi\Delta S)$	
Screen Length, b (m.)	15.00 m.
Hydraulic Gradient, K (m./hr.)	7.131E-02 m./hr.
$K = T/b$	

圖-4 Matenje CDSS(No.1)回復試驗結果

表-1 Matenje CDSS(No.1)水質分析結果

FORM No. WQPC 12/1



MINISTRY OF AGRICULTURE, IRRIGATION & WATER DEVELOPMENT

WATER QUALITY TEST RESULTS

LAB No.	680	
DATE SAMPLED	11/09/2011	
WATER RESOURCE UNIT		
MAP SHEET/GRID REF.		
SOURCE TYPE/LOCATION	MATENJE COMMUNITY DAY SECONDARY SCHOOL BOREHOLE, T/A KHOMBEDZA SALIMA	MALAWI STANDARDS FOR BOREHOLE WATER (MS733:2005)
pH Value	7.20	6.0-9.5
CONDUCTIVITY ($\mu\text{s}/\text{cm}$ at 25 °C)	1,170	3,500
TOTAL DISSOLVED SOLIDS, mg/l	608	2,000
CARBONATE (as CO_3^{2-}), mg/l	48	-
BICARBONATE (as HCO_3^{2-}), mg/l	366	-
CHLORIDE (as Cl^-), mg/l	40.2	750
SULPHATE (as SO_4^{2-}), mg/l	92.1	800
NITRATE (as NO_3^-), mg/l	0.470	45
FLUORIDE (as F^-), mg/l	0.59	6.0
SODIUM (as Na^+), mg/l	57	500
POTASSIUM (as K^+), mg/l	11.5	-
CALCIUM (as Ca^{++}), mg/l	112	250
MAGNESIUM (as Mg^{++}), mg/l	29.2	200
IRON (Fe^{++}), mg/l	<0.001	3.0
TOTAL HARDNESS (as CaCO_3), mg/l	399	800
TOTAL ALKALINITY (as CaCO_3), mg/l	380	-
SILICA (as SiO_2) mg/l	37	-
TURBIDITY, NTU	12	25
SUSPENDED SOLIDS, mg/l	8	-
Faecal coliform, Count/100ml	110	50

ANALYSIS CARRIED OUT BY CENTRAL WATER LABORATORY

表-2 Matenje CDSS(No.1)水質分析(再檢查)結果

Table 1: Bacteriological Test Results of water samples from boreholes at Matenje and Luwaladzi Community Day Secondary Schools in Salima and Nkhotakota Districts, respectively

No.	Sample source/location	Bacteria Type enumerated, counts/100 ml	
		Faecal coliform (FC)	Faecal streptococci (FS)
1	Matenje Community Day Secondary School (CDSS), Salima	0	0
2	Luwaladzi Community Day Secondary School (CDSS), Nkhotakota	0	0







	
<p>1. Matenje CDSS Drilling Rig at Drilling Site (Matenje No.1)</p>	<p>2. Matenje CDSS Drilled Geological Samples each 1m (Matenje No.1)</p>
	
<p>3. Matenje Town near Matanje CDSS (September 2011)</p>	<p>4. Matenje CDSS Test Drilling No.1</p>
	
<p>5. Matenje CDSS (Matenje No.1 drilled 30m & under Development)</p>	<p>6. Matenje CDSS (Matenje No.1 Pumping Test)</p>

図-5 Matenje CDSS(No.1)試掘調査記録写真(2011年9月)

2. Liwaladzi CDSS

試掘調査地点



- 凡例：
- 1) 赤の丸印 Liwaladzi No.1 成功井戸位置
 - 2) 黄色 # は、中等学校の既存ハンドポンプ付深井戸
 - 3) 黄色 # 記載は、Liwaladzi CDSS 職員室、学校管理事務所棟
 - 4) 図中下部の赤線は図の縮尺 100m 長
 - 5) 画像データは、Google Earth を借用

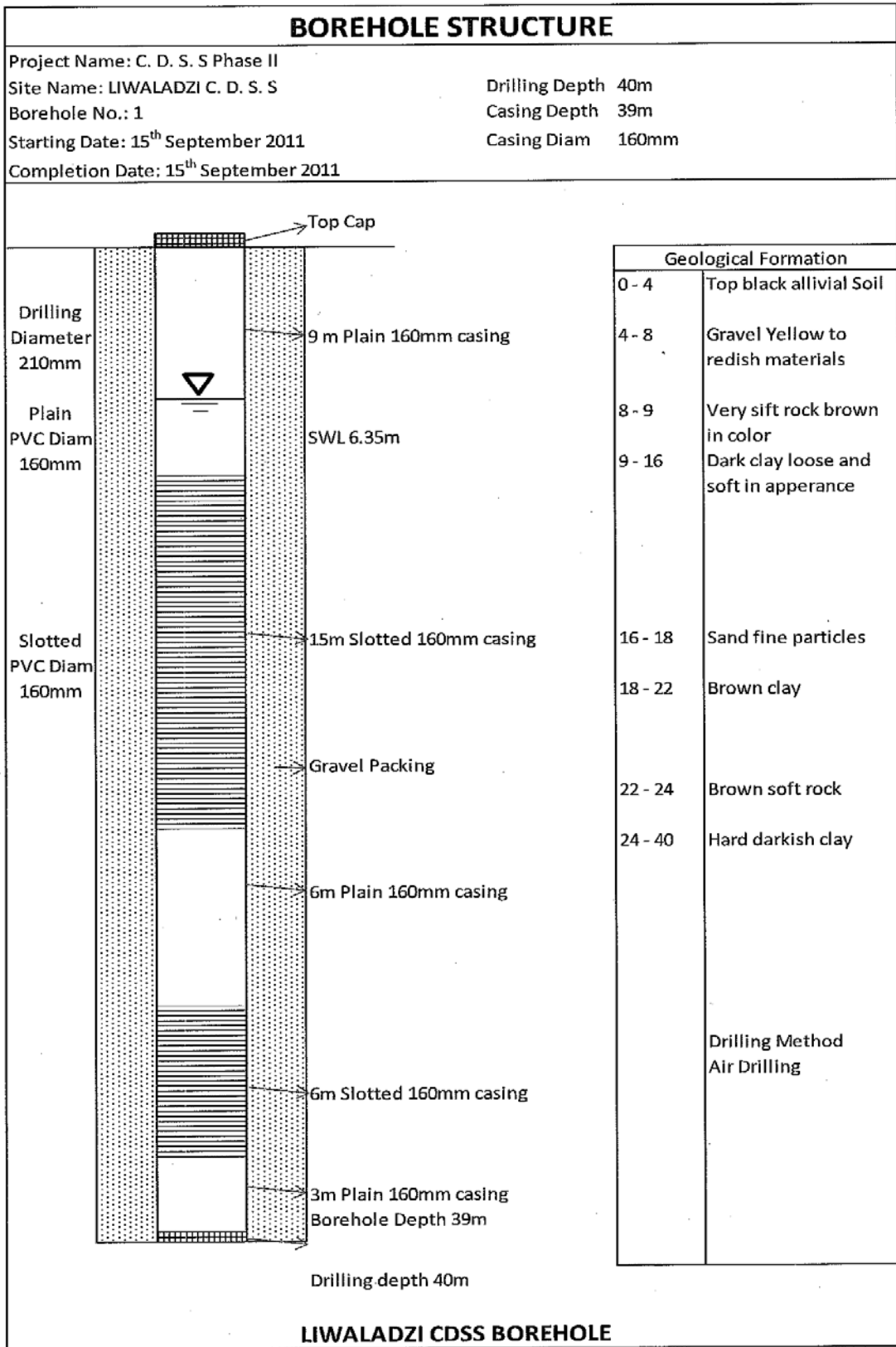
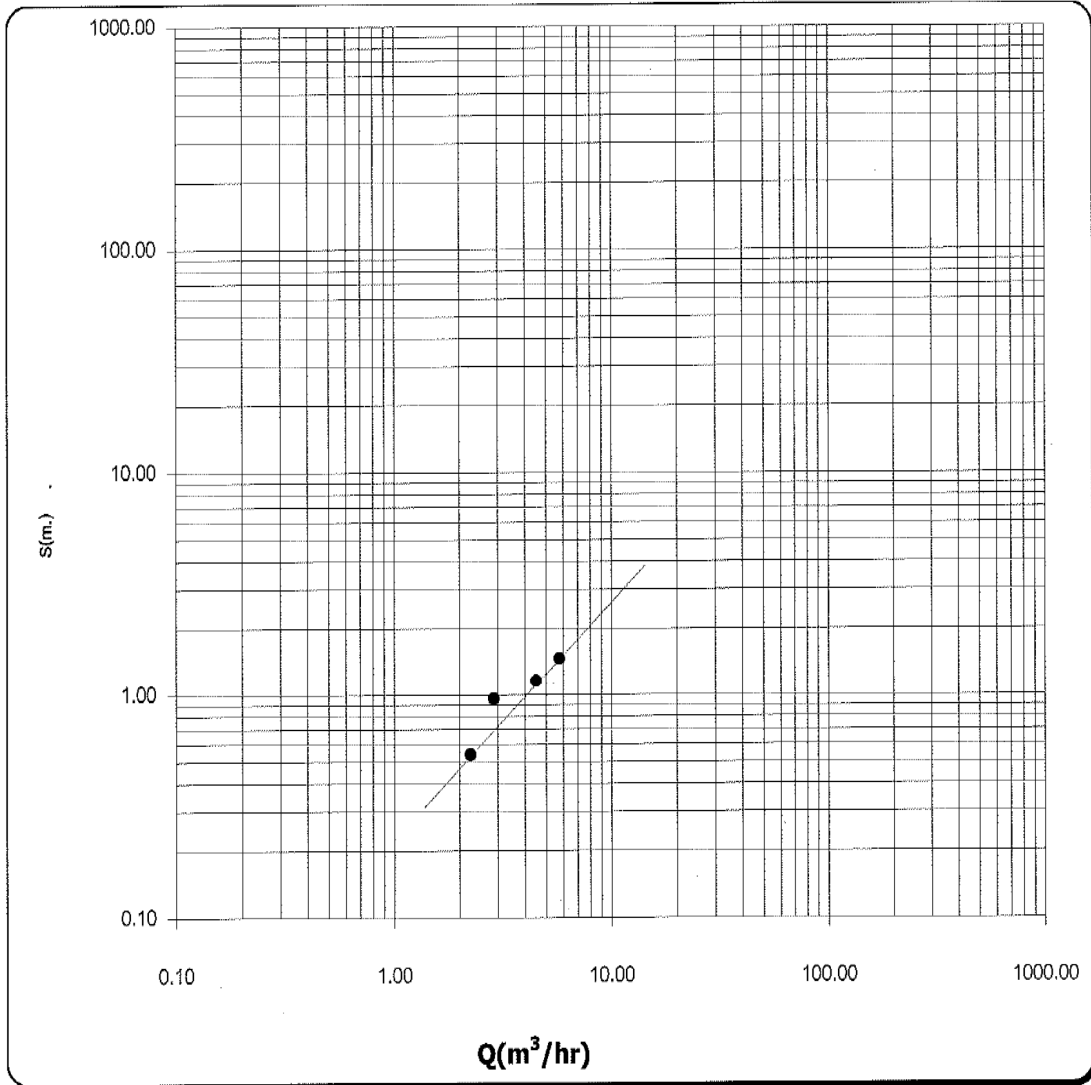


图-6 Liwaladzi CDSS (No.1) 试掘井戸柱状图

STEP DRAWDOWN TEST

PROJECT NAME	Malawi CDSS Phase II		
BOREHOLE No.	Liwaladzi No.1	STATIC WATER LEVEL	6.35 m.
SITE	Liwaladzi CDSS	DATE	16/09/11

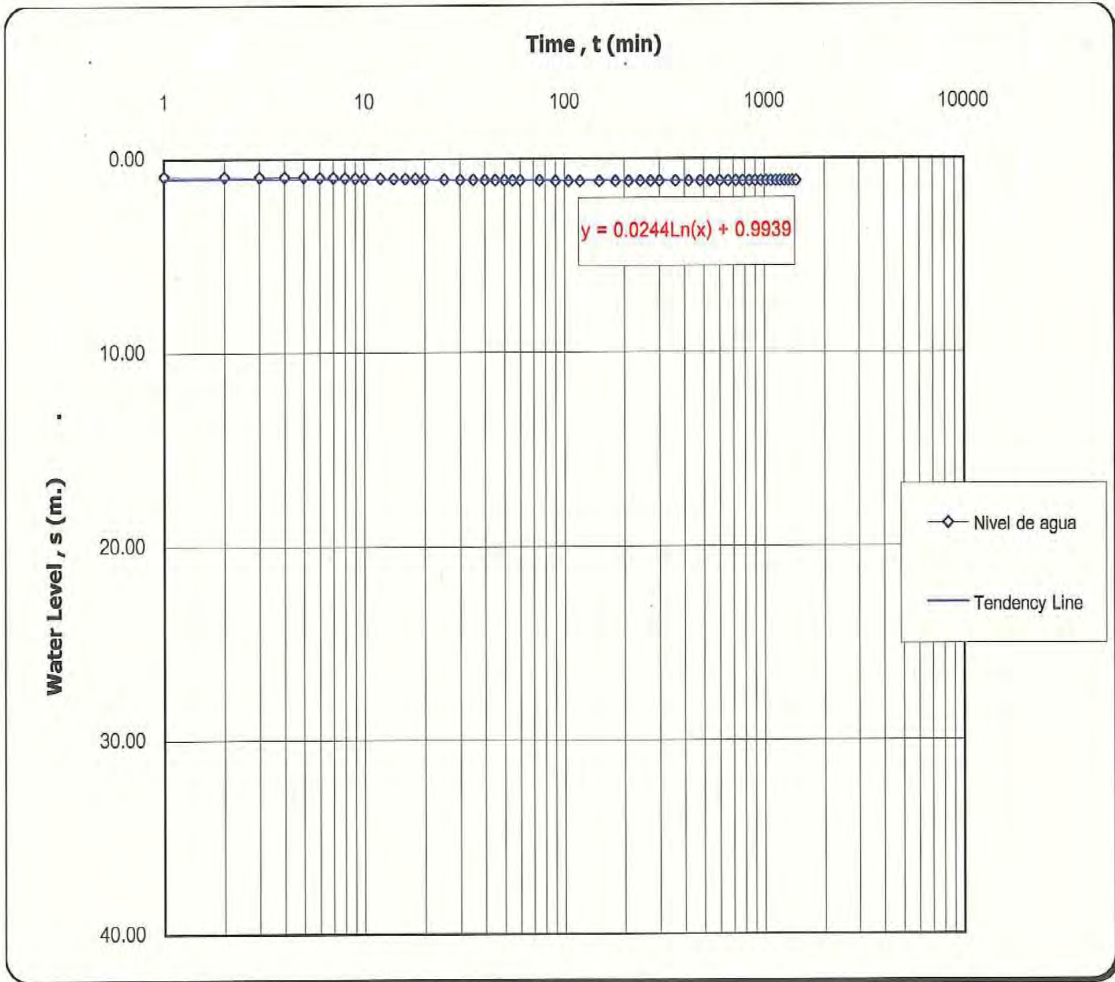


STEP	DISCHARGE Q (m³/hr.)	DYNAMIC LEVEL N.D. (m.)	DRAWDOWN S (m.)	SPECIFIC CAPACITY Q/S (m³/hr/m.)
FIRST(1st)	2.25	6.89	0.54	4.1667
SECOND(2nd)	2.88	7.31	0.96	3.0000
THIRD(3rd)	4.50	7.51	1.16	3.8793
FORTH(4th)	5.76	7.82	1.47	3.9184
FIFTH(5th)				

図-7 Liwaladzi CDSS (No.1) 試掘調査位置図

CONSTANT DISCHARGE TEST

PROYECT NAME	Malawi CDSS Phase II		
BOREHOLE No.	Liwaladzi No.1	STATIC WATER LEVEL	6.35 m.
SITE	Liwaladzi CDSS	DATE	17/09/11

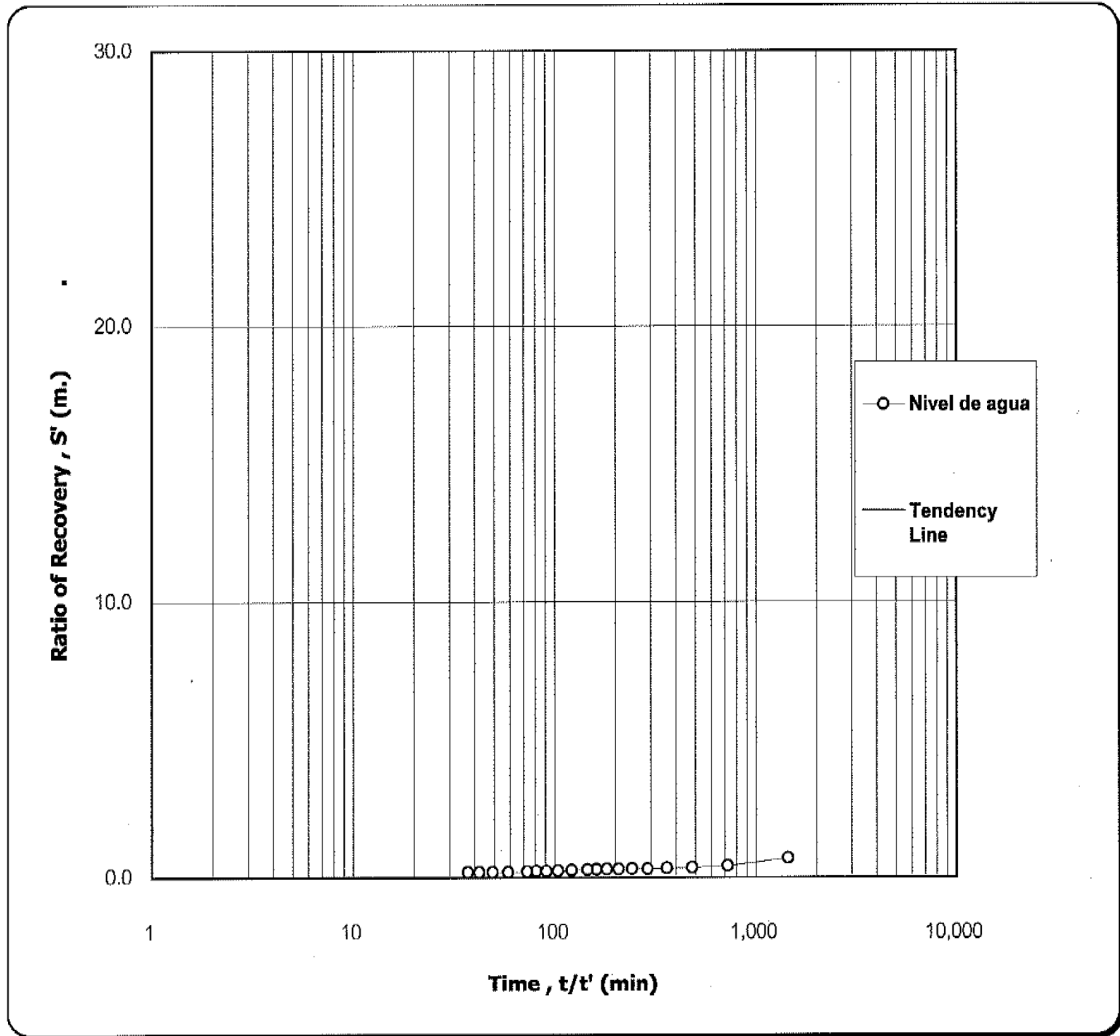


DESCRIPTION	
Discharge, Q (m ³ /hr.)	4.50 m ³ /hr.
water Level ,ΔS (m.)	1.17 m.
Transmissivity , T (m ² /hr.)	
$T = (2.30 Q)/(4\pi\Delta S)$	0.704 m ² /hr.
Screen Length , b (m.)	21.00 m.
Hydraulic Gradient , K (m./hr.)	
$K = T/b$	3.352E-02 m./hr.

圖-8 Liwaladzi CDSS (No.1) 定流量揚水試驗結果

WATER LEVEL RECOVERY TEST

PROYECT NAME	Malawi CDSS Phase II		
BOREHOLE No.	Liwaladzi No.1	STATIC WATER LEVEL	6.35 m.
SITE	Liwaladzi CDSS	DATE	18/09/11





DESCRIPTION	
Discharge, Q (m ³ /hr.)	4.50 m ³ /hr.
Water Level, ΔS (m.)	1.15 m.
Transmissivity, T (m ² /hr.)	
$T = (2.30 Q) / (4\pi\Delta S)$	0.72 m ² /hr.
Screen Length, b (m.)	21.00 m.
Hydraulic Gradient, K (m./hr.)	
$K = T/b$	3.411E-02 m./hr.

圖-9 Liwaladzi CDSS (No.1) 回復試驗結果

表-3 Liwaladzi CDSS (No.1) 水質試驗結果

FORM No. WQPC 12/1

MINISTRY OF AGRICULTURE, IRRIGATION & WATER DEVELOPMENT

WATER QUALITY TEST RESULTS

LAB No.	680	
DATE SAMPLED	17/09/2011	
WATER RESOURCE UNIT		
MAP SHEET/GRID REF.		
SOURCE TYPE/LOCATION	LUWALAZI COMMUNITY DAY SECONDARY SCHOOL BOREHOLE, T/A KANYENDA NKHOTAKOTA DISTRICT	MALAWI STANDARDS FOR BOREHOLE WATER (MS733:2005)
pH Value	6.11	6.0-9.5
CONDUCTIVITY ($\mu\text{s}/\text{cm}$ at 25 °C)	112	3, 500
TOTAL DISSOLVED SOLIDS, mg/l	86	2, 000
CARBONATE (as CO_3^{2-}), mg/l	0.00	-
BICARBONATE (as HCO_3^{2-}), mg/l	42	-
CHLORIDE (as Cl ⁻), mg/l	8.7	750
SULPHATE (as SO_4^{2-}), mg/l	6.0	800
NITRATE (as NO_3^-), mg/l	0.026	45
FLUORIDE (as F ⁻), mg/l	0.37	6.0
SODIUM (as Na ⁺), mg/l	7.0	500
POTASSIUM (as K ⁺), mg/l	2.0	-
CALCIUM (as Ca ⁺⁺), mg/l	8.0	250
MAGNESIUM (as Mg ⁺⁺), mg/l	4.0	200
IRON (Fe ⁺⁺), mg/l	0.01	3.0
TOTAL HARDNESS (as CaCO_3), mg/l	36	800
TOTAL ALKALINITY (as CaCO_3), mg/l	34	-
SILICA (as SiO_2), mg/l	41	-
TURBIDITY, NTU	2.0	25
SUSPENDED SOLIDS, mg/l	<0.10	-
Faecal coliform, Count/100ml	40	50

ANALYSIS CARRIED OUT BY CENTRAL WATER LABORATORY

表-4 Liwaladzi CDSS (No.1) 水質分析(再試驗)結果

Table 1: Bacteriological Test Results of water samples from boreholes at Matenje and Luwaladzi Community Day Secondary Schools in Salima and Nkhotakota Districts, respectively

No.	Sample source/location	Bacteria Type enumerated, counts/100 ml	
		Faecal coliform (FC)	Faecal streptococci (FS)
1	Matenje Community Day Secondary School (CDSS), Salima	0	0
2	Luwaladzi Community Day Secondary School (CDSS), Nkhotakota	0	0







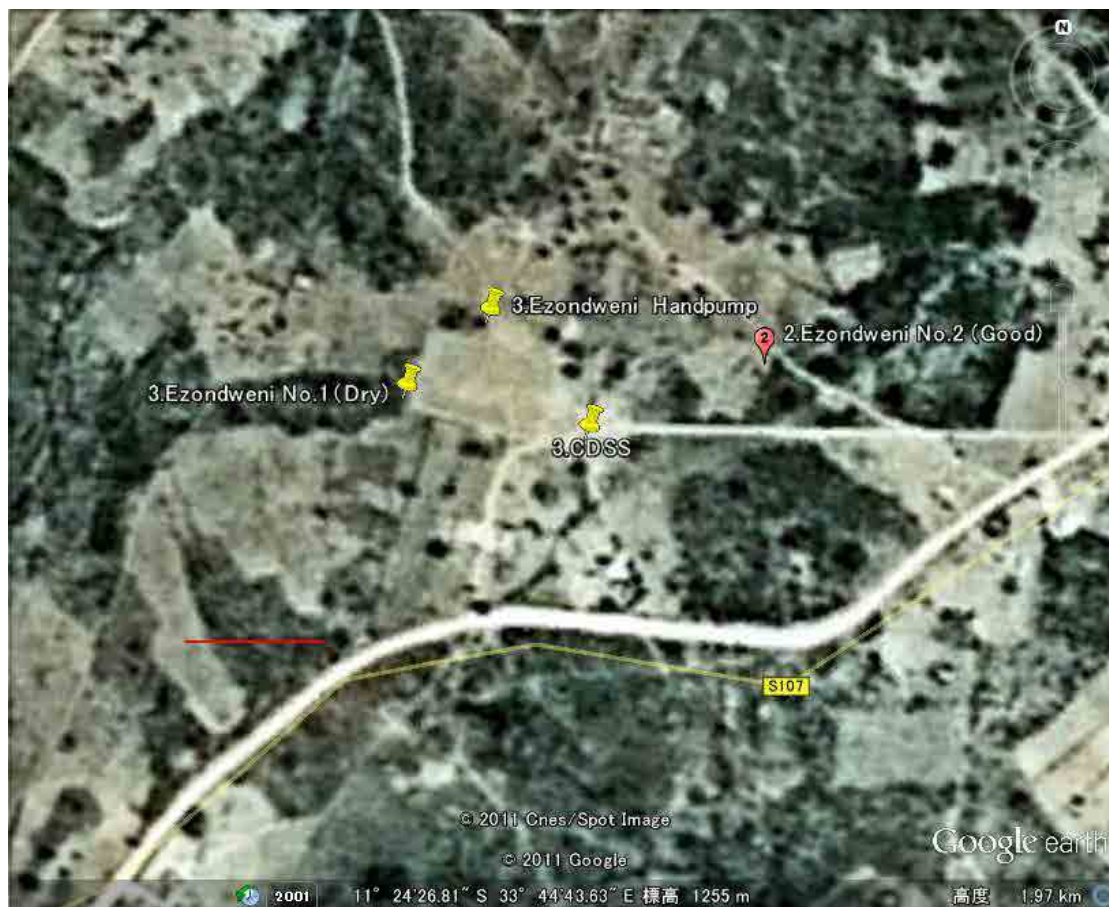
	
<p>1. Liwaladzi CDSS Drilling Point (Matenje No.1 together with Head Teacher)</p>	<p>2. Liwaladzi CDSS Drilled by Mud Surculation Method (Lilawadzi No.1)</p>
	
<p>3. Liwaladzi No.1 installed Screen & Casing (September 2011)</p>	<p>4. Liwaladzi No.1 Pumping Test (September 2011)</p>
	
<p>5. Liwaladzi CDSS , Liwaladzi No.1 (Village Family taking Water from Pumping Test)</p>	<p>6. Liwaladzi CDSS, Liwaladzi No.1 (Water Quality Sampling from Lilongwe Laboratory, Ministry of Agriculture, Irrigation and Water Development)</p>

図-10 Liwaladzi CDSS (No.1) 試掘調査記録写真

3. Ezondweni CDSS

試掘調査地点



- 凡例：
- 1) 赤の丸印 Ezondweni No.2 成功井戸位置(黄色 No.1 は空井戸)
 - 2) 黄色 # は、中等学校の既存ハンドポンプ付深井戸
 - 3) 黄色 # 記載は、Ezondweni CDSS 職員室、学校管理事務所棟
 - 4) 図中下部の赤線は図の縮尺 100m 長
 - 5) 画像データは、Google Earth を借用

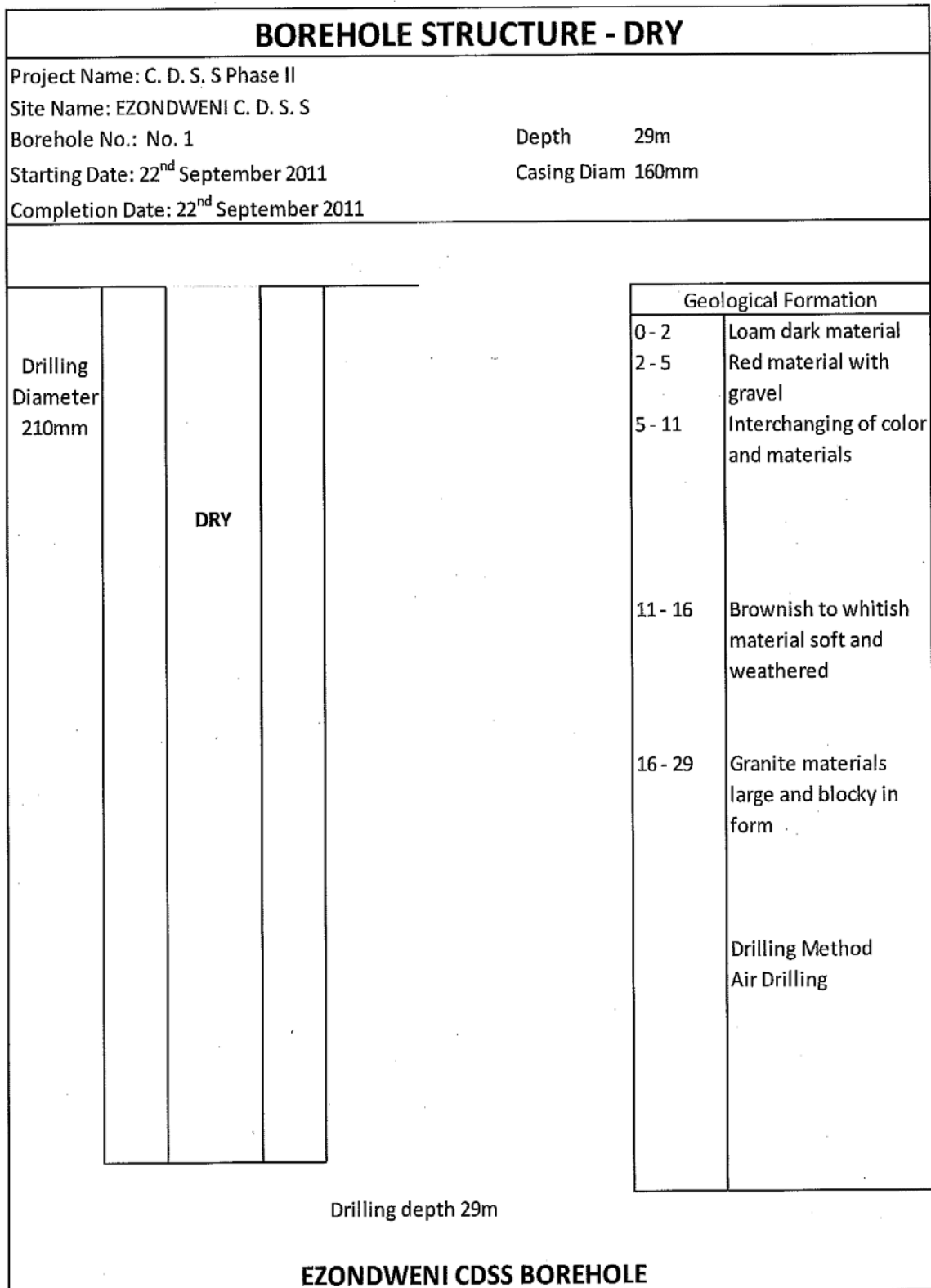


図-11 Ezondweni CDSS (No.1) 試掘井戸柱状図

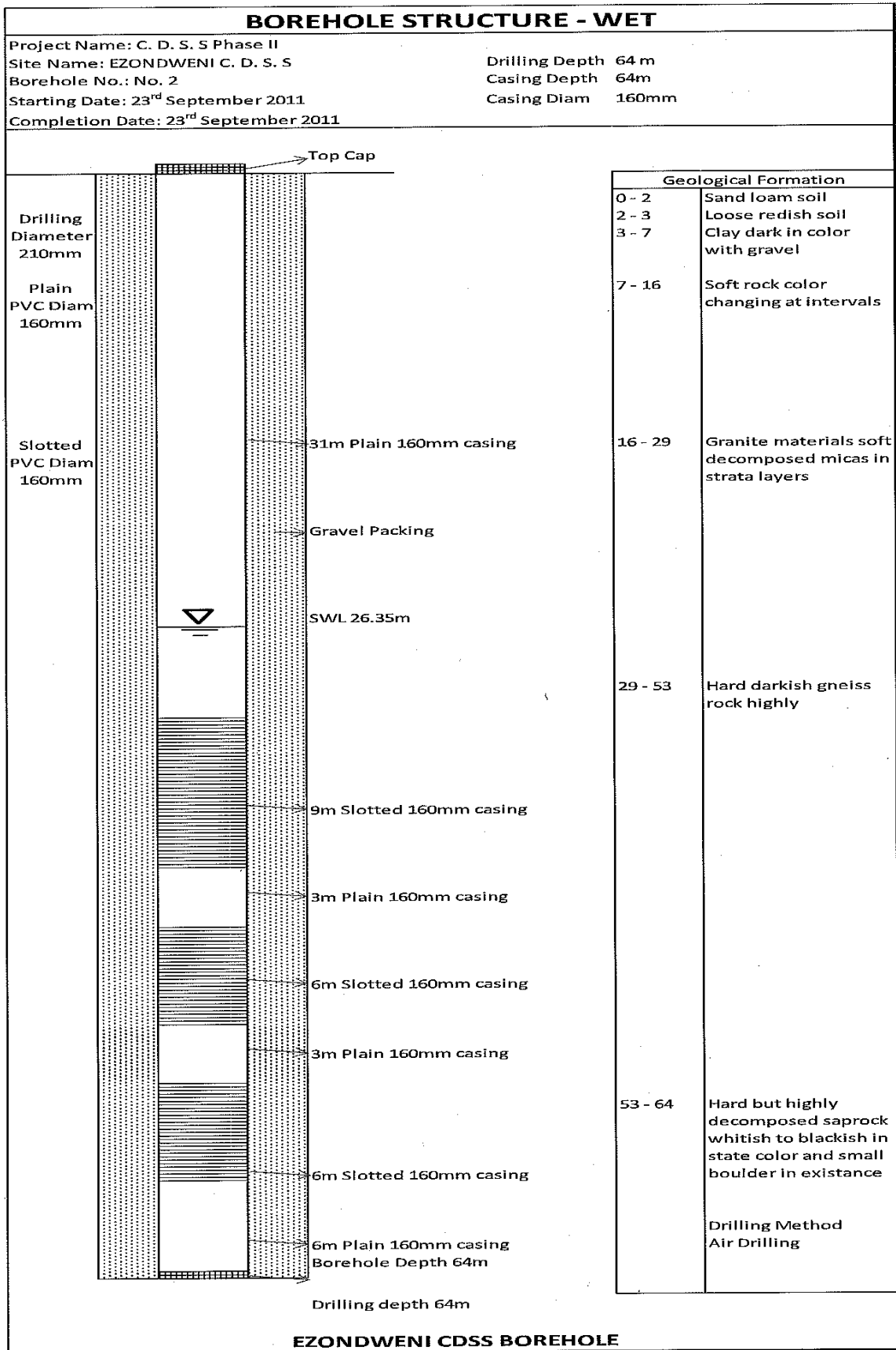
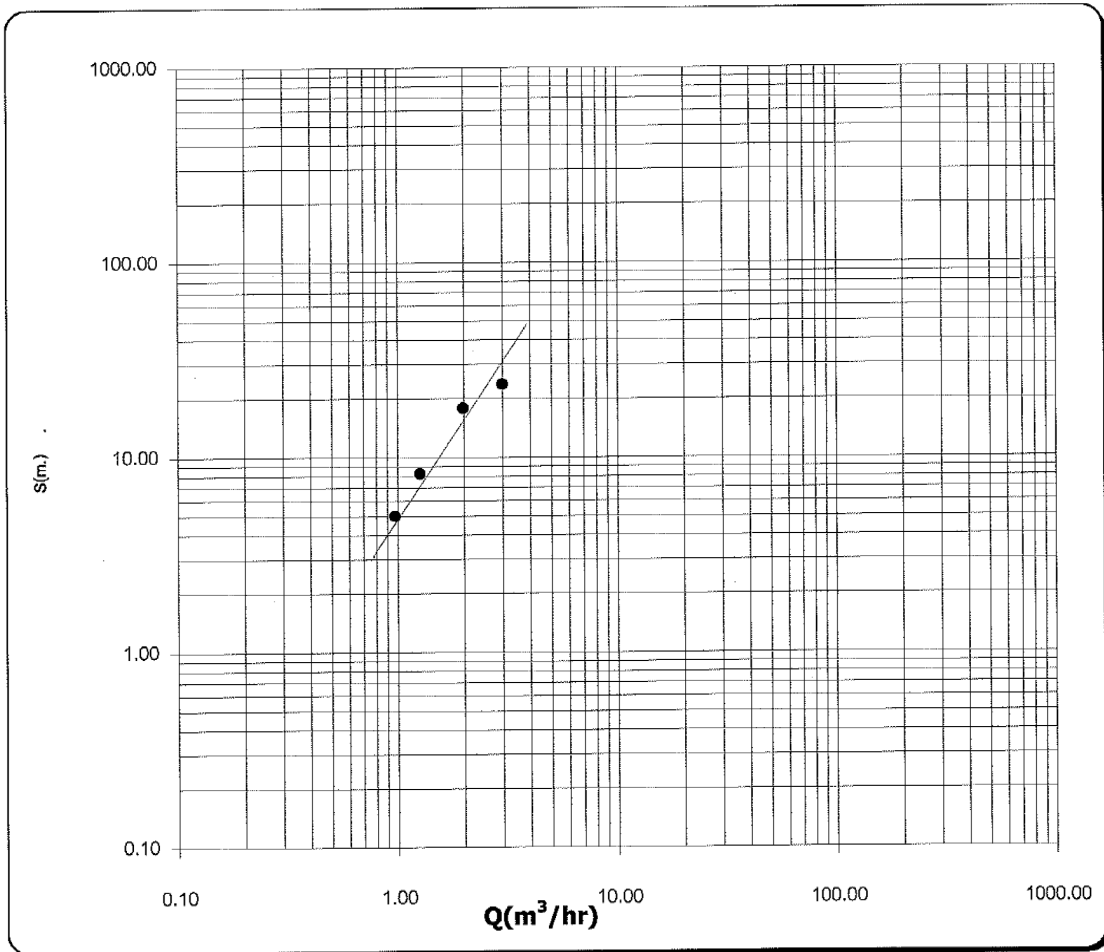


図-12 Ezondweni CDSS (No.2) 試掘井戸柱状図

STEP DRAWDOWN TEST

PROJECT NAME	Malawi CDSS & TTC Phase 2		
BOREHOLE No.	Ezondweni No.2	STATIC WATER LEVEL	26.35 m.
SITE	Ezondweni CDSS	DATE	24/09/11

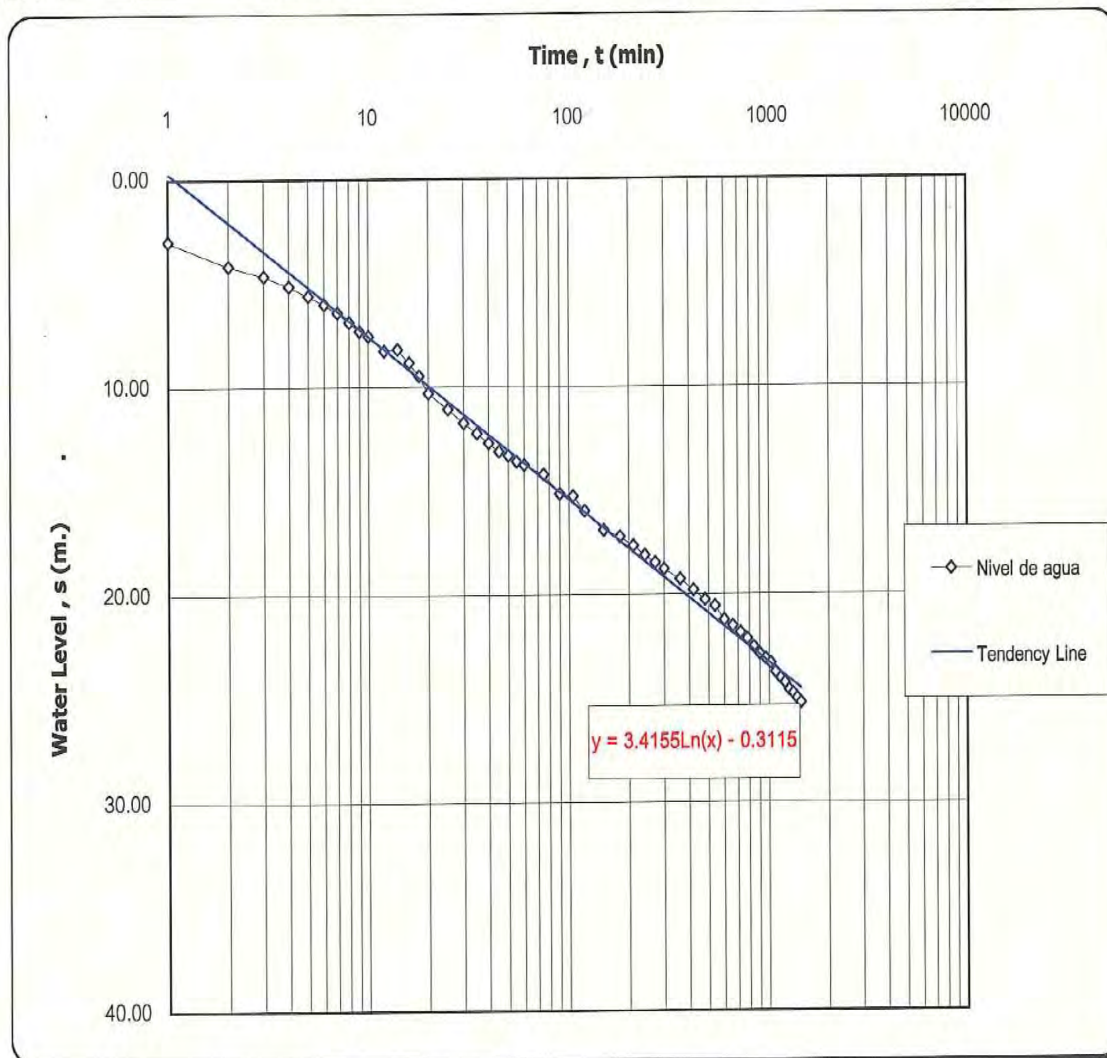


STEP	DISCHARGE Q (m³/hr.)	DYNAMIC LEVEL N.D. (m.)	DRAWDOWN S (m.)	SPECIFIC CAPACITY Q/S (m³/hr/m.)
FIRST(1st)	0.97	31.37	5.02	0.1936
SECOND(2nd)	1.26	34.60	8.25	0.1527
THIRD(3rd)	1.98	44.22	17.87	0.1108
FORTH(4th)	2.99	50.08	23.73	0.1259

圖-13 Ezondweni No.2 段階揚水試験結果

CONSTANT DISCHARGE TEST

PROYECT NAME	Malawi CDSS & TTC Phase 2		
BOREHOLE No.	Ezondweni No.2	STATIC WATER LEVEL	26.35 m.
SITE	Ezondweni CDSS	DATE	26/09/11

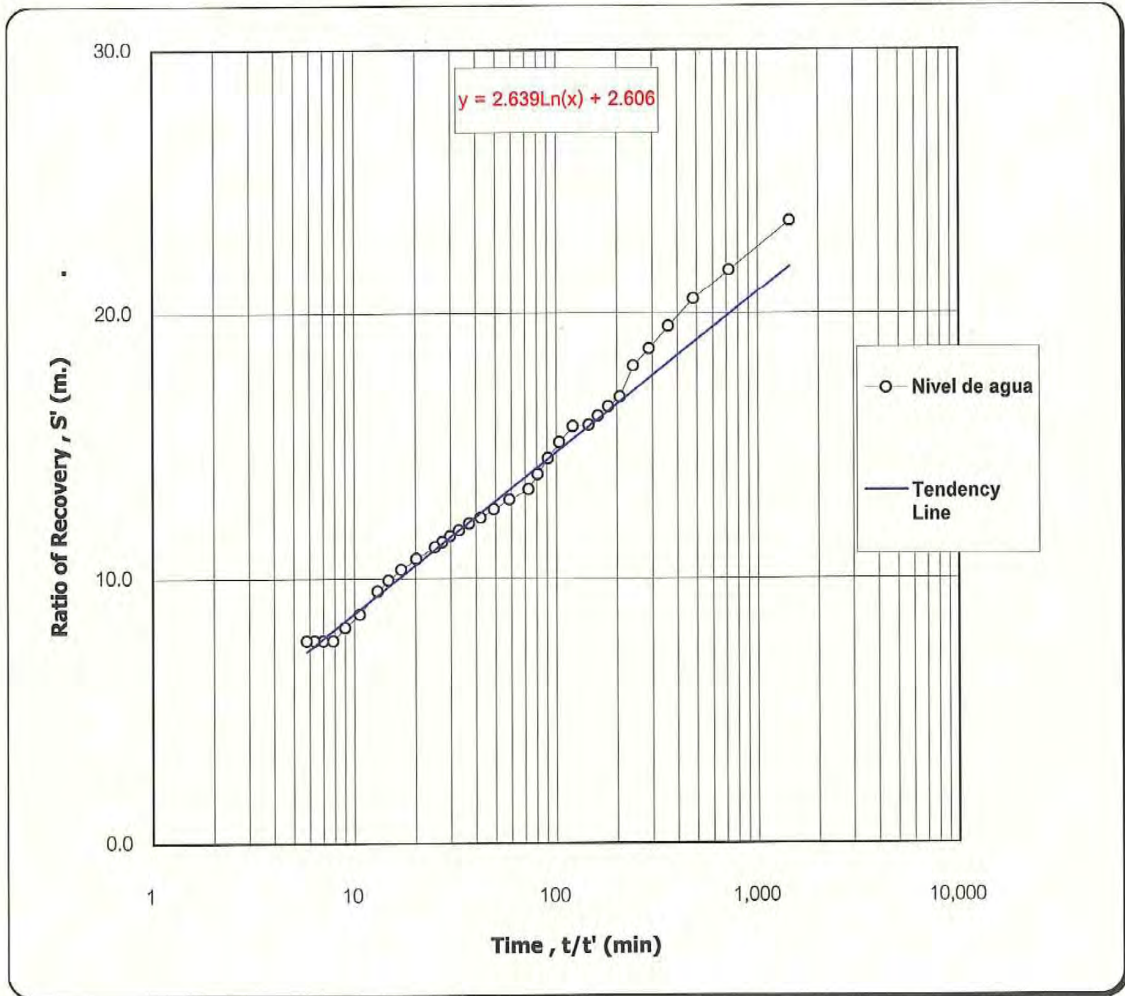


DESCRIPTION	
Discharge, Q (m ³ /hr.)	2.16 m ³ /hr.
water Level ,ΔS (m.)	25.23 m.
Transmissivity , T (m ² /hr.)	
$T = (2.30 Q)/(4\pi\Delta S)$	0.016 m ² /hr.
Screen Length , b (m.)	21.00 m.
Hydraulic Gradient , K (m./hr.)	
$K = T/b$	7.462E-04 m./hr.

図-14 Ezondweni CDSS (No.2) 定流量揚水試験結果

WATER LEVEL RECOVERY TEST

PROJECT NAME	Malawi CDSS & TTC Phase 2		
BOREHOLE No.	Ezondweni No.2	STATIC WATER LEVEL	26.35 m.
SITE	Ezondweni CDSS	DATE	27/09/11





DESCRIPTION	
Discharge, Q (m ³ /hr.)	2.16 m ³ /hr.
Water Level, ΔS (m.)	25.23 m.
Transmissivity, T (m ² /hr.)	0.02 m ² /hr.
$T = (2.30 Q) / (4\pi\Delta S)$	
Screen Length, b (m.)	21.00 m.
Hydraulic Gradient, K (m./hr.)	7.462E-04 m./hr.
$K = T/b$	

圖-15 Ezondweni CDSS (No.2) 回復試驗結果

表-5 Ezondweni CDSS (No.2) 水質分析結果

FORM No. WQPC 12/1

MINISTRY OF AGRICULTURE, IRRIGATION & WATER DEVELOPMENT

WATER QUALITY TEST RESULTS

LAB No.	704	
DATE SAMPLED	29/09/2011	
WATER RESOURCE UNIT		
MAP SHEET/GRID REF.		
SOURCE TYPE/LOCATION	IZONDWENI COMMUNITY DAY SECONDARY SCHOOL (CDSS) BOREHOLE T/A MTWALO MZIMBA DISTRICT	MALAWI STANDARDS FOR BOREHOLE WATER (MS733:2005)
pH Value	6.30	6.0-9.5
CONDUCTIVITY ($\mu\text{s}/\text{cm}$ at 25 °C)	279	3, 500
TOTAL DISSOLVED SOLIDS, mg/l	180	2, 000
CARBONATE (as CO_3^{2-}), mg/l	0.00	-
BICARBONATE (as HCO_3^{2-}), mg/l	118	-
CHLORIDE (as Cl^-), mg/l	20.0	750
SULPHATE (as SO_4^{2-}), mg/l	6.70	800
NITRATE (as NO_3^-), mg/l	0.219	45
FLUORIDE (as F^-), mg/l	<0.01	6.0
SODIUM (as Na^+), mg/l	16.0	500
POTASSIUM (as K^+), mg/l	2.4	-
CALCIUM (as Ca^{++}), mg/l	25.0	250
MAGNESIUM (as Mg^{++}), mg/l	9.0	200
IRON (Fe^{++}), mg/l	<0.001	3.0
TOTAL HARDNESS (as CaCO_3), mg/l	99	800
TOTAL ALKALINITY (as CaCO_3), mg/l	97	-
SILICA (as SiO_2) mg/l	43	-
TURBIDITY, NTU	1.0	25
SUSPENDED SOLIDS, mg/l	0.9	-
Faecal coliform, Count/100ml	340	Zero

ANALYSIS CARRIED OUT BY CENTRAL WATER LABORATORY

表-6 Ezondweni CDSS (No.2) 水質分析(再試驗)結果

Table 1: Bacteriological Test Results of a water sample from borehole at the proposed site for Izondweni Community Day Secondary School in Mzimba

No.	Sample source/location	Bacteria Type enumerated, counts/100 ml	
		Faecal coliform (FC)	Faecal streptococci (FS)
1	Proposed Site for Izondweni Community Day Secondary School (CDSS), Mzimba	410	0

表-7 Ezondweni CDSS (No.2) 水質分析(再再試驗)結果

Table 1: Bacteriological Test Results of a water sample from a Borehole at Izondweni Community Day Secondary School in Mzimba District

No.	Sample source/location	Bacteria Type enumerated, counts/100 ml	
		Faecal coliform	Faecal streptococci
1	Izondweni Community Day Secondary School (CDSS), Mzimba	0	0







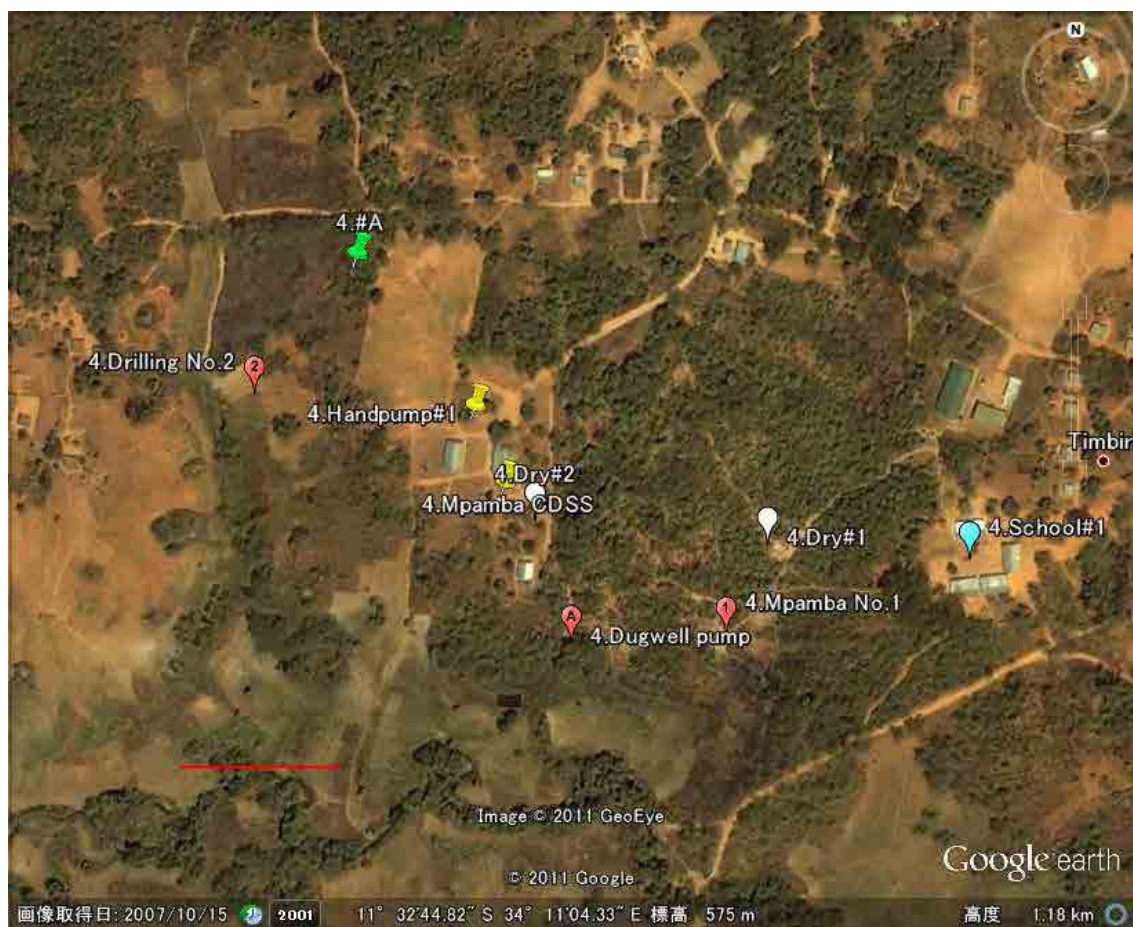
	
<p>1. Ezondweni CDSS Test Drilling (Ezondweni No.1 Unsuccessful Dryhole)</p>	<p>2. Ezondweni CDSS Drilled Ezondweni No.2 (Groundwater hit at 36m in depth)</p>
	
<p>3. Ezondweni No.2 Down The Hammer (DTH) Drilling Method (Success No.2, September 2011)</p>	<p>4. Ezondweni No.2 Pumping Test (Village Family taking Water from Pumping Test)</p>
	
<p>5. Ezondweni CDSS , Ezondweni No.2 Water Quality Sampling from Mzuzu Laboratory, Ministry of Agriculture, Irrigation & Water Development)</p>	<p>6. Ezondweni No.2 Water Guard for New Borehole and Closed (September 2011)</p>

図-16 Ezondweni CDSS (No.1&No.2)試掘調査記録写真(2011年9月)

4. Mpamba CDSS

試掘調査地点

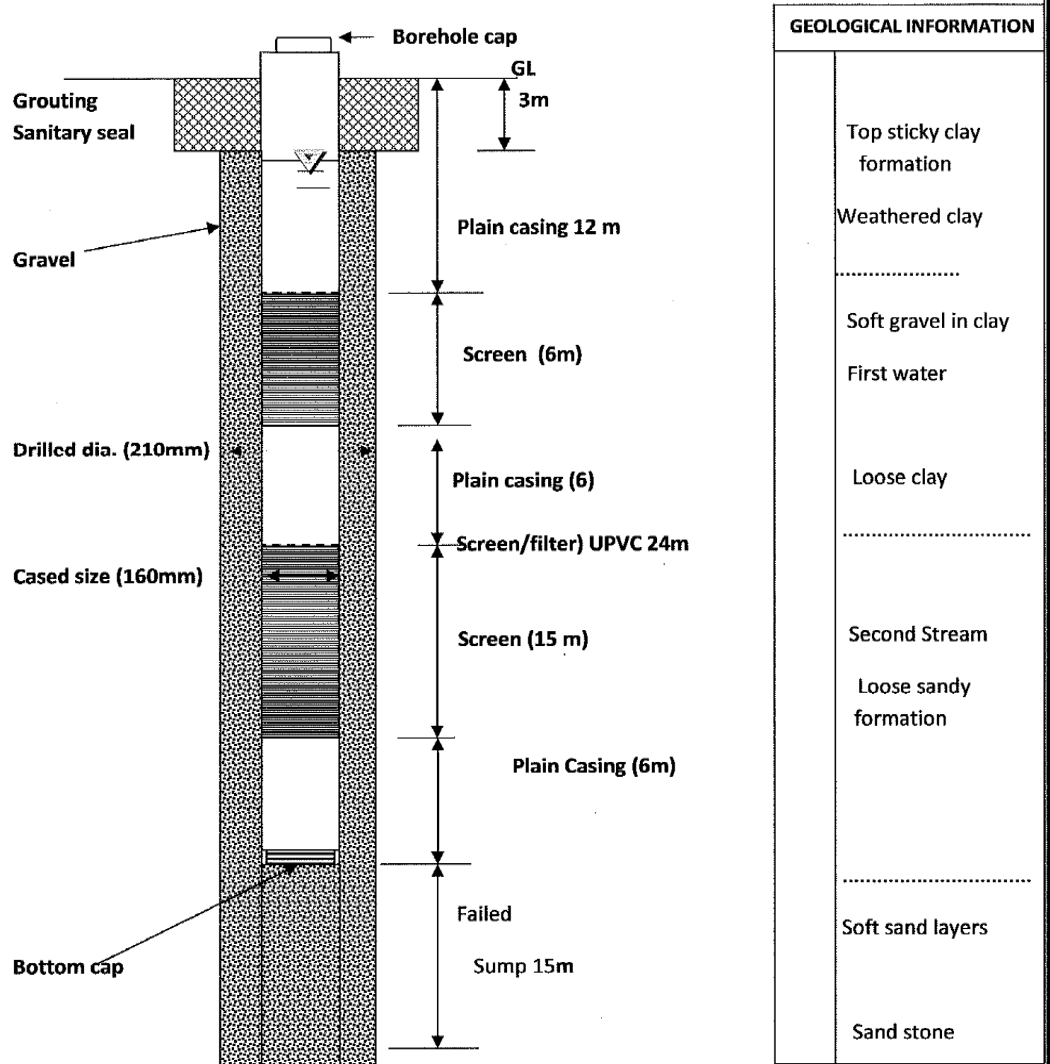


- 凡例：
- 1) 赤の丸印 Mpamba No.1 井戸掘さく位置(水量やや少量)
 - 2) 赤の丸印 Drilling No.2 は井戸掘さく可能地点
 - 3) 赤丸 A は中等学校既存の手掘り井戸(乾季には水量枯渇)
 - 4) 黄色 # 1は、中等学校の既存ハンドポンプ付深井戸
 - 5) 黄色記載は、Mpamba CDSS 職員、学校管理事務所棟
 - 6) 白丸印 # 1 及び # 2 は過去の空井戸
 - 7) 水色 # 1 は初等学校の既存ハンドポンプ付深井戸
 - 8) 図中下部の赤線は図の縮尺 100m 長
 - 9) 画像データは、Google Earth を借用

BOREHOLE STRUCTURAL DESIGN

PROJECT NAME : Test Drilling for CDSS and TTC Phase II
 SITE NAME : Mpamba CDSS
 REGION/PROVINCE :Nkhata - Bay
 BOREHOLE No : Mpamba Site No. 1
 STARTING DATE :12/11/2011
 COMPLETED DATE :16/11/2011

DRILLED DEPTH: 60
 CASED DEPTH : 45.0 m
 CASING DIAMETER : 160 mm



Note: Drilled to 60m and cased to 45m, Plain casings are set on the main cavity (stream).

図-17 Mpamba CDSS (No.1) 試掘井戸柱状図

表-8 Mpamba CDSS (No.1) 水質分析結果

Final Report

FORM No. WQPC 12/1



MINISTRY OF AGRICULTURE, IRRIGATION & WATER DEVELOPMENT

WATER QUALITY TEST RESULTS

LAB No.	885	
DATE SAMPLED	28/11/2011	
WATER RESOURCE UNIT		
MAP SHEET/GRID REF.		
SOURCE IDENTITY/LOCATION	MPAMBA COMMUNITY DAY SECONDARY SCHOOL BH No...., T/A TIMBILI, NKHATABAY DISTRICT	MALAWI DRINKING WATER STANDARDS FOR BOREHOLE WATER (MS733:2005)
pH Value	5.60	6.0-9.5
CONDUCTIVITY ($\mu\text{S}/\text{cm}$ at 25 ⁰ C)	40	3, 500
TOTAL DISSOLVED SOLIDS, mg/l	26	2, 000
CARBONATE (as CO_3^{2-}), mg/l	0.00	-
BICARBONATE (as HCO_3^{2-}), mg/l	10	-
CHLORIDE (as Cl^-), mg/l	6.0	750
SULPHATE (as SO_4^{2-}), mg/l	0.90	800
NITRATE (as NO_3^-), mg/l	0.017	100
FLUORIDE (as F^-), mg/l	0.21	3.0
SODIUM (as Na^+), mg/l	3.8	500
POTASSIUM (as K^+), mg/l	1.2	-
CALCIUM (as Ca^{++}), mg/l	2.0	250
MAGNESIUM (as Mg^{++}), mg/l	1.0	200
IRON (Fe^{++}), mg/l	0.21	3.0
TOTAL HARDNESS (as CaCO_3), mg/l	9.5	800
TOTAL ALKALINITY (as CaCO_3), mg/l	9.0	-
SILICA (as SiO_2), mg/l	9.0	-
TURBIDITY, NTU	0.80	25
SUSPENDED SOLIDS, mg/l	<0.10	25
<i>Faecal coliform</i> (FC), Count ml/100 ml	480	50
<i>Faecal streptococci</i> (FS), Count/100 ml	0	0

	
<p><i>Drilling at site (Mpamba site 1)</i></p>	<p><i>Mud circulation drilling – drill to 60m</i></p>
	
<p><i>Start of borehole development</i></p>	<p><i>Borehole development in progress</i></p>
	
<p><i>Interim yield test before test pumping</i></p>	<p><i>Clean developed well</i></p>

図-18 Mpamba CDSS (No.1) 試掘調査記録写真(2011年11月)