

# 日本地球掘削科学コンソーシアム J-DESC 会員提案型活動経費 報告書



活動名	ワークショップ “Deep biosphere secrets of the Mediterranean salt giant” (IODP 地中海掘削計画 DREAM のプロポーザル (蒸発岩と地下生命圏) 作成に に向けたワークショップ) の開催
代表者	黒田潤一郎 (クロダジュンイチロウ) 独立行政法人海洋研究開発機構 生物地球化学研究分野 〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町 2-15 電話: 046-867-9803 Email: <a href="mailto:kurodaj@jamstec.go.jp">kurodaj@jamstec.go.jp</a>
共同申請者	Francisco J. Jimenez-Espejo (フランシスコ ヒメネス-エスペホ) 独立行政法人海洋研究開発機構 生物地球化学研究分野 高井研 (タカイケン) 独立行政法人海洋研究開発機構 深海・地殻内生物圏研究分野 高野淑識 (タカノシシリ) 独立行政法人海洋研究開発機構 生物地球化学研究分野 大河内直彦 (オオコウチナオヒコ) 独立行政法人海洋研究開発機構 生物地球化学研究分野
活動概要	開催日程：2015年1月26日～1月28日 開催場所：独立行政法人海洋研究開発機構 横須賀本部 IODPによる地中海掘削のマルチプラットフォーム掘削計画(MDP) “Uncovering a Salt Giant” に含まれる4つの研究プロジェクトの一つである「蒸発岩の地下生命圏 研究」のプロポーザルを作成するためのワークショップを開催した。欧州からGiovanni Aloisi (UPMC, France), Terry McGenity (Univ. Essex, UK), Stefano Lugli (UNIMORE, Italy)の3名を招き、彼らの研究紹介およびプロジェクト紹介の セミナーを開催して国内の研究者への周知に努めた。さらに、プロポーザルの作成に向 けた戦略、重視すべき研究目的とそれを検証するための掘削サイト候補やサンプリング 戦略について議論した。議論した内容を基に草案の文書および図表を作成した (現 在改訂作業中)。このワークショップは、Magellan Plusワークショップとの共催とした。
助成金額	250,000 円

## 1. プロジェクトの目的

地中海はおよそ 600～530 万年前の中新世末期に「Messinian 塩分危機」と呼ばれる大規模な蒸発岩形成イベントを経験した。地中海の海底下に眠る蒸発岩層は厚さ最大 3,000 m に達し、その全量は地球全体の海塩の総量の 5% に匹敵すると見積もられている。しかし、地中海の大量の蒸発岩が深海盆まで干上がって形成したのか、十分に海水が存在する状態で形成したのかが未解明の大問題として残っている。これまでの陸上地質調査により、沿海部が干上がったことが明らかにされているが、深海盆の情報はほとんど得られていない。深海盆に眠る厚い蒸発岩は、これまでの DSDP や ODP での掘削航海でその最上部がわずかに掘削回収されただけである。というのも、岩塩は透水性が低く、下に石油やガスが貯留されている可能性が高いため、安全上ノンライザー掘削では岩塩層を掘り抜くことができないためだ。

これまでの長年にわたる Messinian 塩分危機の論争に決着をつけるには、掘削船「ちきゅう」を用いたライザー掘削により深海盆の蒸発岩の完全シーケンスを掘削することが不可欠である。欧・日・米を中心とした研究チームが地中海の蒸発岩掘削プロジェクト “DREAM, Uncovering a salt giant” を立ち上げた。これは、IODP での「ちきゅう」によるライザー掘削に加え、ノンライザー掘削船での沿海域の掘削や ICDP での陸上掘削からなる複合的な掘削計画 (Multi-platform Drilling Project, MDP) である。MDP の傘プロポーザルは 2014 年 4 月に IODP の科学評価諮問委員会 SAS に提出され、科学評価パネル SEP で評価された。この評価結果に従って改訂し、2014 年 10 月に改訂版が再度 SAS に提出された。この改訂版の審査結果は 2015 年 1 月下旬に提案者に戻された。次のステップは、具体的な掘削サイトやサンプリング戦略を示した娘プロポーザルを提出することである。

この MDP は、1) 深海盆の Messinian 塩分危機の記録、2) 岩塩テクトニクスと流体移動、3) 蒸発岩と地下生命圏、4) 海盆発達史と塩分危機の 4 つの研究テーマからなる。このうち、4) は西地中海リオン湾掘削 (GOLD) 計画として、すでにプレプロポーザルが SAS に提出され、フルプロポーザル作成に進むゴーサインが出ている。これらの研究テーマの中でも、特に蒸発岩と地下生命圏は、新しい研究領域を創成しうる本掘削計画のもう一つのハイライトとして期待されている。今回、海底下微生物研究者や生物地球化学研究者が多く所属する JAMSTEC に DREAM の主幹メンバーを招聘し、3) に関する計画の推敲や研究に関する議論とプロポーザルの執筆作業を行うワークショップを開催した。このワークショップでの議論を基にプロポーザルを作成し、2015 年 10 月に IODP の SAS に投稿することと、DREAM 計画を周知し、より多くの日本人研究者を取り込むことを最終目的とする。

## 2. 活動報告

2015 年 1 月 26～28 日の 3 日間、JAMSTEC 横須賀本部で地中海掘削 DREAM 計画の 4 つのテーマの 1 つである蒸発岩と地下生命圏に関するプレプロポーザル作成に向けたワークショップを開催した (表 1)。ワークショップには DREAM 掘削計画の主幹メンバーであり、長年好塩古細菌の研究を行ってきた Terry McGenity 博士 (Univ. Essex, UK)、硫酸塩鉱物 (石膏) を介した生物化学プロセスや硫黄・酸素同位体変動の研究を専門とする Giovanni Aloisi 博士 (UPMC, France)、蒸発岩の岩石学研究の第一人者である Stefano Lugli 博士 (UNIMORE, Italy) を招聘した。

ワークショップの初日 1 月 26 日には、招聘した 3 名の研究者による研究紹介とプロジェクト紹介の公開セミナーを開催した（図 1）。このセミナーは、高知コアセンターとテレビ会議を使って中継した。この公開セミナーは J-DESC のウェブサイトや地球化学会のメールニュースなどでも宣伝してもらったため、機構内外から 50 名程度の参加者があった。また、JAMSTEC で岩塩中の微生物研究を行っている研究者（峯岸宏明博士、嶋根康弘博士）の実験室で情報交換した。1 月 27～28 日には、テーブルディスカッションを行ってプロポーザル作成に向けた議論を行った（図 2）。また、1 月 27 日午前 SEP から傘プロポーザルの審査結果が届いたため、この結果を受けて他のプロポーネントとネット電話会議を開催し、今後の戦略についてディスカッションした。1 月 28 日午前には、下北掘削航海や沖縄トラフ掘削航海のプロジェクトマネージャー（EPM）経験者である地球深部探査センターの久保雄介博士による「ちきゅう」のライザー掘削技術の紹介や過去の掘削航海の実績紹介を賜った。また、海洋掘削科学研究開発センターの斎藤実篤博士と地球深部探査センターの真田佳典博士によるロギングの実績紹介とレクチャーを賜った。また、高野淑識博士からは IODP の地下生命圏研究コミュニティの最新の動向について情報提供を得た。さらに、高知コア研究所の諸野祐樹博士とネット電話会議を行い、下北掘削航海での微生物研究の実績について紹介してもらった。1 月 28 日の午後には、プロポーザルに盛り込む文書の執筆と図表の作成に取り組んだ。現在、これらの文書や図表の改訂作業を進めている。今回のワークショップでの検討結果の概略は以下の通りである：

- ✓ これまで議論してきた地中海海底生命圏の 3 つの仮説（高塩環境での生物多様性、硫酸塩蒸発岩を酸化剤として利用する地球化学プロセス、塩の包有物に閉じ込められた生命圏）を検証するために、掘削サイトの特徴を整理し、サイトを順位づけした。東地中海海盆（LEV-1）、西地中海バレーアス海盆（BAL-1）が重要なサイトとして位置づけられた。
- ✓ 地中海海底生命圏のプロポーザルをどのように作成するかを議論した。まずはノンライザー（ジョイデス号）での掘削プロポーザル（バレーアス海盆の掘削サイト BAL2～5）を検討する。ただし、これらのサイトの掘削がジョイデス号で実施可能かどうかは、EPSP や TAMU Safety Panel と議論する。ジョイデス号で実施可能と判断できれば、ノンライザー掘削プロポーザルから始めるべきという SEP のアドバイスに従う。「ちきゅう」でのライザー掘削は、次のステップとする。ただし、サイトサーベイはライザーサイト、ノンライザーサイト問わず、火急の問題として直ちにに取り組む。
- ✓ ノンライザープロポーザルの研究ターゲットは、メッシニアン塩分危機の古環境 + 海底生命圏とし、主筆は Angelo Camerlenghi とする。
- ✓ プロポーザルがどのような形になるにせよ、生命圏の研究（3 つの仮説）をどのサイトのどの層準でどのように検証するか、試料の回収方法をどうするか、などについて文章と図表を 2 月中に作成する。

今回のワークショップの実施は、提案者の黒田潤一郎と Francisco Jimenez-Espejo が企画や準備や招聘者の送迎など各種庶務作業を行い、JAMSTEC 職員が会場準備やラボツアーなどを分担してくれた。このワークショップのアウトプット（期待される成果）は、短期的には 2015 年 10 月にプロポーザルを IODP に提出してプロジェクトを前進させること、中長期的には日本の研究者をより多く DREAM 計画に参画してもらうことである。このワークショップは Magellan Plus ワークショップとの共催とした。



図 1. 公開セミナーのようす。講演者は Giovanni Aloisi 博士。高知コアセンターとテレビ会議で中継した（右スクリーン）。



図 2. ワークショップでの議論のようす。研究目的を達成するための掘削サイトと深度を検討している。写真は Stefano Lugli 博士。

表 1. ワークショップの実施内容の概略。

月日	実施内容	場所
1月26日	JAMSTEC 横須賀本部ラボツアー 招聘研究者による公開セミナー “Deep biosphere secrets of the Mediterranean Salt Giant” - 平朝彦理事長による挨拶 - Giovanni Aloisi “Deep Biosphere Secrets of the Mediterranean Salt Giant: towards an IODP pre-proposal” - Terry McGenity “Halophiles from the Deep” - Stefano Lugli “Depositional frequency of the Messinian evaporite facies”	横須賀本部各所 本館 1 階大講義室
	Angelo Camerlenghi (DREAM 計画の主筆)とのネット電話会議	フロンティア棟 4 階
1月27日	SEP から傘プロポーザル審査結果受け取り プロポーザル作成に向けた議論 Angelo Camerlenghi (DREAM 計画の主筆)とのネット電話会議 Marina Rabienau (GOLD 計画の代表者)とのネット電話会議	本館 3 階大会議室
1月28日	プロポーザル作成に向けた議論（続き） 久保雄介博士(CDEX)によるライザー掘削レクチャーと掘削実績紹介 斎藤実篤博士(ODS)と真田佳典博士(CDEX)によるロギングの紹介 高野淑識博士(Biogeochem)による研究動向の情報提供 諸野祐樹博士(高知コア研究所)とのネット電話会議 プロポーザルに盛り込む文書の執筆と図表の作成	本館 1 階第二セミナー室

### 3. 会計報告

表 2. ワークショップ全体の支出

支出項目	金額	備考
海外招聘研究者の日本国内宿泊費 (詳細は表 3 に記載)	111,700 円	J-DESC 活動経費予算から支出
海外招聘研究者の日本国内旅費 (詳細は表 4 に記載)	10,252 円	J-DESC 活動経費予算から支出
海外招聘研究員の渡航費 ・1 名× ロンドン～羽田往復 ・1 名× パリ～羽田往復 ・1 名× ボローニャ～羽田往復	600,000 円 (概算)	外部資金(Magellan Plus など)から支出
配布資料印刷代、消耗品類	10,000 円 (概算)	JAMSTEC 運営費交付金から支出
お茶代、お菓子代等	10,000 円 (概算)	参加者自己負担
合計	741,952 円	

上記の支出のうち、海外招聘研究者の日本国内宿泊費と国内移動旅費として、合計 121,952 円を日本掘削科学コンソーシアム J-DESC の会員提案型活動経費での支払いをお願いしたい。詳細は次項に記述する。今回のワークショップは、当初 250,000 円の支給の内定を頂いていた。これは、1) 海外からの招聘研究者の国内宿泊費および国内移動費、2) 国内の招聘研究者の旅費および宿泊費を計画していた。しかし、予定していた国内招聘者が参加不可となった（電話会議で議論した）ため、国内参加者の旅費(上記 2)を使用しなかった。また、海外からの招聘者が全員羽田空港発着便を利用した（申請時には成田空港を想定して申請）ため、国内旅費が節約された。このため、当初予定より経費が低額となった。当初予定金額を使えなかったことについて、この場をお借りしてお詫び申し上げたい。

#### 3.1 海外招聘研究者の国内宿泊費

海外からの招聘研究者は、ニューオータニ横浜（桜木町駅前, [www.newotani.co.jp](http://www.newotani.co.jp)) に宿泊した。全て朝食付プランであった。1 月 23 日に黒田がクレジットカード払いで立て替えた（表 3）。

表 3. 海外招聘研究者の国内宿泊費の内訳

	Giovanni Aloisi (25 in, 29 out)	Terry McGenity (25 in, 29 out)	Stefano Lugli (25 in, 28 out)
1 月 25 日	9,700 円	9,700 円	9,700 円
1 月 26 日	9,700 円	9,700 円	9,700 円
1 月 27 日	9,700 円	9,700 円	9,700 円
1 月 28 日	14,200 円	10,200 円	自費にて都内に宿泊
合計	43,300 円	39,300 円	29,100 円
			111,700 円

### 3.2 海外招聘研究者の国内移動費

来日した招聘研究者3名にそれぞれIC乗車カードを渡し、国内での移動に使用した(表4)。IC乗車カードは黒田が立て替えて購入した。Stefano Lugli についてはこのワークショップ以外に別の用務があったため、1月23日に来日、2月1日に離日している。このため、Stefano Lugli の羽田空港～桜木町間の旅費は立て替えていない。

表4. 海外招聘研究者の国内移動費の内訳

	Giovanni Aloisi	Terry McGenity	Stefano Lugli
<b>1月25日</b>	羽田空港国際線ターミナル～京急蒲田～横浜～桜木町 581円(片道)	羽田空港国際線ターミナル～京急蒲田～横浜～桜木町 581円(片道)	自費にて移動
<b>1月26日</b>	桜木町～横浜～追浜 882円(往復)	桜木町～横浜～追浜 882円(往復)	桜木町～横浜～追浜 882円(往復)
<b>1月27日</b>	桜木町～横浜～追浜 882円(往復)	桜木町～横浜～追浜 882円(往復)	桜木町～横浜～追浜 882円(往復)
<b>1月28日</b>	桜木町～横浜～追浜 882円(往復)	桜木町～横浜～追浜 882円(往復)	桜木町～横浜～追浜 882円(往復)
<b>1月29日</b>	桜木町～横浜～京急蒲田～羽田空港国際線ターミナル 581円(片道)	桜木町～横浜～京急蒲田～羽田空港国際線ターミナル 581円(片道)	自費にて移動
<b>合計</b>	3,808円	3,808円	2,646円
			10,252円

### 4. プロジェクトのこれまでの履歴と今後の展望

2014年4月30日 DREAM計画のMDP傘プロポーザル(MDP857)をSEPに提出  
 2014年9月30日 DREAM計画のMDP傘プロポーザル(MDP857)改訂版をSEPに提出  
 2015年1月27日 SEPでのMDP傘プロポーザル改訂版の審査結果が通知される  
 2015年1月26-28日 **ワークショップ開催**  
 2015年4月20日 EGU2015でプロポーザル作成やサイトサーベイに関する戦略会議  
 2015年8月下旬 米国EPSPでJOIDES号での地中海掘削の可能性を議論  
 2015年9月30日 娘プロポーザルをIODPに提出  
 SEPやEPSPでの議論、審査結果を基に、プロポーザルの改訂やサイトサーベイを進める。

## 5. 出席者名簿（公開セミナーの聴講者は除く）

氏名	所属	備考
黒田 潤一郎	海洋研究開発機構	ワークショップ代表提案者
Francisco J. Jimenez-Espejo	海洋研究開発機構	ワークショップ共同提案者
高井 研	海洋研究開発機構	ワークショップ共同提案者
大河内 直彦	海洋研究開発機構	ワークショップ共同提案者
高野 淑識	海洋研究開発機構	ワークショップ共同提案者
Giovanni Aloisi	Univ. Paris Marie Curie (UPMC パリ第六大学)	DREAM 計画の地下生命圏分野の 主筆研究者・セミナー講演(1/26)
Terry McGenity	Univ. Essex (エセックス大学)	招聘研究者・セミナー講演(1/26)
Stefano Lugli	Univ. Modena & Reggio Emilia (モデナ&レッジオ-エミリア大学)	招聘研究者・セミナー講演(1/26)
久保 雄介	海洋研究開発機構	ちきゅうの掘削実績の紹介(1/28)
斎藤 実篤	海洋研究開発機構	ロギングに関するレクチャー(1/28)
真田 佳典	海洋研究開発機構	ロギングに関するレクチャー(1/28)
吉村 寿紘	海洋研究開発機構	ワークショップ参加者
峯岸 宏明	東洋大学/海洋研究開発機構	ワークショップ参加者
嶋根 康弘	海洋研究開発機構	ワークショップ参加者
望月 智弘	東京工業大学	ワークショップ参加者
諸野 祐樹*	海洋研究開発機構	下北沖掘削実績の紹介(1/28)
Angelo Camerlenghi*	OGS, Trieste	DREAM 計画 MDP857 主筆研究者
Marina Rabineau*	Univ. Brest	GOLD 計画 Pre-857A 主筆研究者

注 1) 公開セミナーには約 50 名が参加した。セミナーのみの参加者は上記リストには含まれていない。

注 2) \*印はテレビ会議やネット電話で議論に加わった参加者。

## 6. 添付資料

この開催報告に加え、J-DESC にワークショップアジェンダとニューオータニンの領収書類を提出する。

### 謝辞

J-DESC 会員活動経費のおかげで、予算を削減することなく計画通り国際ワークショップを開催することができた。また、J-DESC のホームページやメールニュースで公開セミナーの告知をしていただいた。厚く御礼申し上げます。

# Agenda of the workshop

Date: 26 (Mon) to 28 (Wed) January 2015

Place: Yokosuka Headquarter, JAMSTEC

This workshop is financially supported by J-DESC

Through this workshop we draw up a preliminary proposal entitled “Deep Biosphere Secrets of the Mediterranean Salt Giant”. We propose to drill through a deeply buried thick evaporite sequence in the deep Mediterranean basins, which formed at the end of Messinian (~6 million years ago). The main scientific objective of this proposal is to investigate microbial activities and biogeochemical cycles in the deep buried salt body. To strengthen our proposal, during the workshop, we will discuss 1) what is the key hypotheses/questions to be tested, 2) where is the best sites to test the hypotheses, 3) whether we really need drilling to test the hypotheses, and 4) realistic implementation. This pre-proposal will be submitted to the IODP science advisory panel by 1st of April 2015.

## Participants of the workshop



**ALOISI, Giovanni**, UPMC, France



**MCGENITY, Terry**, Univ. Essex, UK

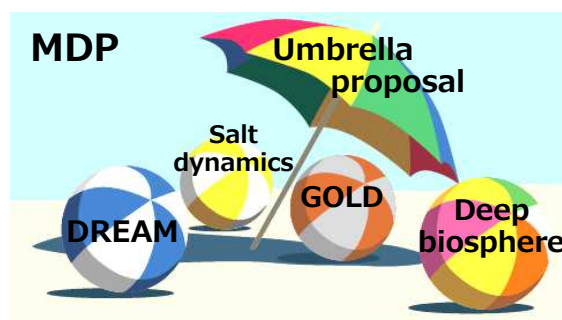


**LUGLI, Stefano**, UNIMORE, Italy

**KURODA, Junichiro**, JAMSTEC  
**JIMENEZ-ESPEJO, Francisico**, JAMSTEC  
**TAKAI, Ken**, JAMSTEC  
**OHKOUCHI, Naohiko**, JAMSTEC  
**TAKANO, Yoshinori**, JAMSTEC  
**MINEGISHI, Hiroaki**, JAMSTEC  
**SHIMANE, Yasuhiro**, JAMSTEC  
**KUBO, Yusuke**, CDEX, JAMSTEC  
**SAITO, Saneatsu**, ODS, JAMSTEC

## Structure of DREAM project

This pre-proposal is one of the four daughter proposals of a multi-phase drilling proposal (MDP) entitled “Uncovering a Salt Giant”. This MDP aims to recover the deep-sea record of Mediterranean Messinian Events (DREAM). This MDP is composed of the umbrella proposal and four specific (daughter) projects, i.e., 1) DREAM: Deep-Sea Records of the MSC, 2) deformation and fluid flow in the MSC salt giant, 3) probing the salt giant for its deep biosphere secrets, and 4) probing deep Earth and surface connections (GOLD). The umbrella proposal of this MDP has been submitted to IODP science advisory panel on April 2014, and the revised version was submitted Sept. 2014. The science evaluation panel (SEP) reviews the umbrella proposal in January 2015. This workshop focuses on one of the daughter projects, the deep biosphere secret (3).





## Workshop schedule

26th January 2015 (Mon)	
09:30	Meeting at the hotel lobby (New Ohtani Inn Yokohama)
10:30	Arriving at JAMSTEC HQ
11:00	Laboratory tour in JAMSTEC
12:00	Lunch break
13:30	Open seminar at the Main Lecture Hall, 1F Main Building 本館 1 階大講義室 "Deep biosphere secrets of the Mediterranean Salt Giant" <b>Giovanni Aloisi</b> <i>"Deep Biosphere Secrets of the Mediterranean Salt Giant: towards an IODP pre-proposal"</i> <b>Terry McGenity</b> <i>"Halophiles from the Deep"</i> <b>Stefano Lugli</b> <i>"Depositional frequency of the Messinian evaporite facies"</i> (this seminar is also connected to Kochi Core Center via TV conference)
17:00	Teleconference with <b>Angelo Camerlenghi</b> (9:00 in Italian time)
18:00	Going out for drink
27th January 2015 (Tue)	
10:00	Discussion at the Conference Room, 3F Main Building 本館 3 階大会議室 Welcome and introduction (Kuroda) Topic 1, Refining scientific objectives, key questions and hypothesis to test a) Biologically active sulfate + hydrocarbon fronts, carbonate formation, b) remnants/fossils of the MSC biological activity in gypsum, c) limits of life. Topic 2, Discussion on site selection and need of drilling Are GOLD-DREAM sites the ideal locations for an fully independent deep biosphere proposal? Hot fluids? Hydrocarbons? Mediterranean? Topic 3, Relationship with the other proposals (DREAM, GOLD) GOLD evaluation → would like to include deep biosphere proposal DREAM daughter proposal to be submitted?
17:00	Teleconference with <b>Marina Rabineau</b>
19:00	Dinner
28th January 2015 (Wed)	
10:00	Discussion at the Seminar Room #2, 1F Main Building 本館 1 階第二セミナー室 Topic 4, Implementation strategy, technical issues <b>Yusuke Kubo</b> (CDEX) <i>Introduction of facilities of Chikyu</i> <b>Saneatsu Saito</b> (ODS) <i>Logging experiences of Chikyu</i> Writing the pre-proposal

## JAMSTEC In-house Map



**Location** Yokosuka Headquarter, JAMSTEC, 2-17 Natsushima, Yokosuka, Kanagawa 237-0061

Keikyu Bus (line #6) or taxi from Oppama Station of Keikyu Line

**WiFi** for guest visitors in JAMSTEC



### **Contact persons**

Junichiro Kuroda: kurodaj@jamstec.go.jp, +81 (0)90 5447 3223

Francisco J. Jimenez-Espejo: fjspejo@jamstec.go.jp

**Guests' accommodation** during the meeting

New Otani Inn Yokohama (<http://www.newotani.co.jp/en/innyokohama/index.html?GRP>)

1-1-7 Sakuragicho, Naka-ku, Yokohama, Kanagawa 231-8331, +81 (0)45 210 0707

Location: in front of Sakuragicho Station (JR & subway), next to Yokohama Station

# Appendix 1

Excerpts of the Umbrella Proposal (MDP-857)

## **3.3. Probing the Salt Giant for its Deep Biosphere secrets**

The objective of this pre-proposal will be to answer this overarching question: **Do salt giants promote the development of a phylogenetically diverse and exceptionally active deep biosphere?**

Scientific drilling has shown that microbes are present down to more than 1600 meters below sea floor, taking advantage of thermodynamic disequilibria produced by a number of geochemical processes (Roussel et al., 2008; Colwell and D'Hondt, 2013; Orcutt et al., 2013). A diverse set of marine environments (high productivity ocean margins, hydrothermal vents, the upper basaltic crust) have been studied. Yet, the biosphere of deeply buried evaporite deposits has never been investigated by drilling. We propose that the Mediterranean salt giant, because of the variety of chemical environments it produces, has the potential to harbour an unprecedented diversity of microbial life with exceptional metabolic activity. We think that this deep biosphere is involved in extensive mineral transformations that both provide oxidative energy for life and are the driving force for the development of microbial diversity.

The scarcity of oxidative power is the greatest energetic limitation for the development of microbial life in the deep marine subsurface (Colwell and D'Hondt, 2013; Orcutt et al., 2013). In salt giants, sulfate deposits (gypsum and anhydrite) provide a virtually unlimited source of sulfate at depths where oxidants are a rarity in other sedimentary environments. Based on investigations of outcropping evaporitic sulfate deposits – including those formed during the MSC – members of our research group have shown that there is the potential for a dynamic deep biosphere community of sulfate reducers to develop based on the reduction of mineral sulfates and the concomitant oxidation of reduced organic carbon (methane, petroleum, organic matter; Fig. 7a; Aloisi et al., 2013; Peckmann et al., 1999; Ziegenbalg et al., 2012). This process has implications for sedimentary biogeochemical cycles, the souring of crude oil and the formation of dolomite, one of the long-standing controversies in Earth Sciences.

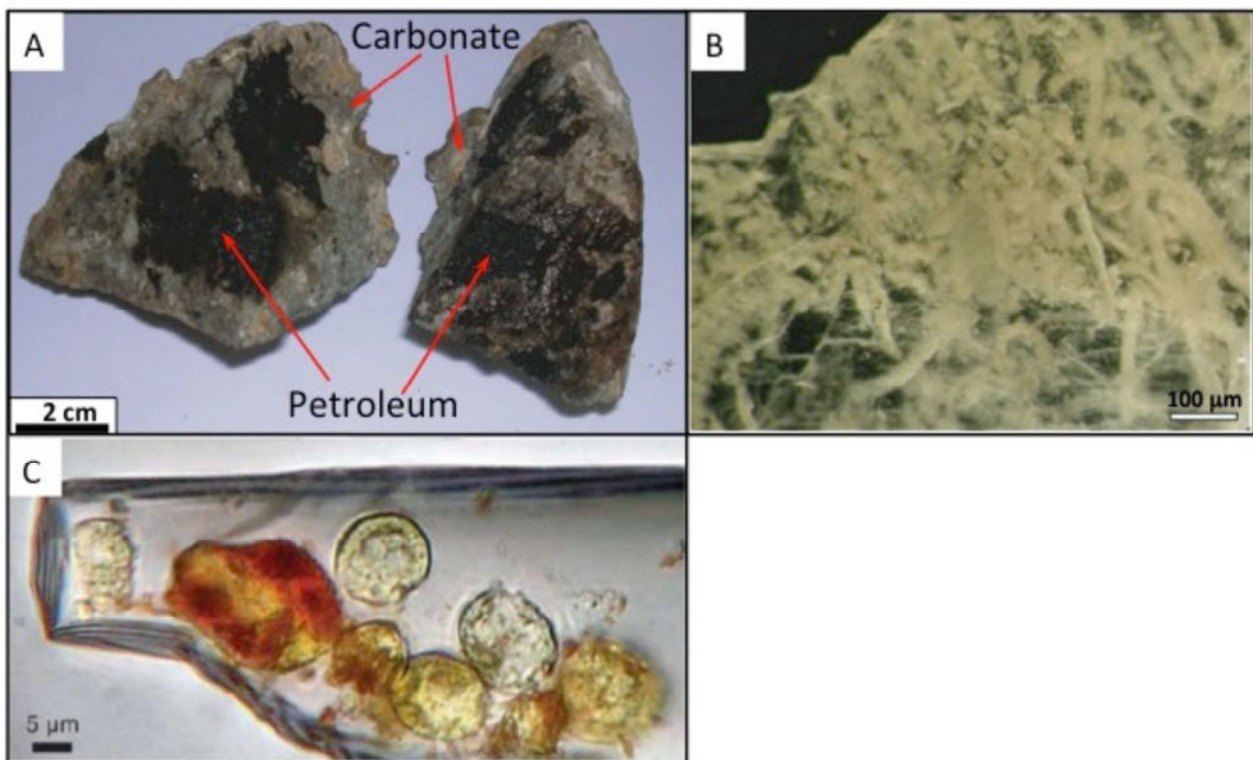
However, the thickness of the Messinian evaporites and the range of chemical environments it harbours poses fundamental questions: will the interaction of several extreme environmental parameters like temperature, salinity, pressure and chemical composition limit the ability of microbes to take advantage of such favourable thermodynamic conditions? And has such a diverse set of physical and chemical environments fostered microbial diversity, rather than phylogenetic specialization, as recent research into deep Mediterranean brine systems seems to indicate (Daffonchio et al., 2006)? Dwelling in up to three kilometres in salt thickness, close to the known temperature limits of life and with fluids associated to carbonate, sulfate, halite and potash salts, microbes living within and around the MSC salt giant, and their coexisting viruses, will be subject to the most exotic combinations of extremes, and are likely to have evolved as yet unknown adaptations. The interplay between these physical and chemical factors has hardly been studied (Kaye and Baross, 2004), and the MSC salt giant provides a unique environment in which to explore this in situ and using laboratory simulations.

Gypsum and halite crystals contain fluid inclusions that are a micro-habitat in which microbes survive for tens of thousands, to possibly millions, of years (McGenity et al., 2010; Schubert et al., 2009; Fig. 7c). This poses fundamental questions about how/whether cells can devote nearly all of their energy flow to somatic maintenance needs, rather than growth and reproduction, and opens new avenues of research concerning life on other planets. Fluid

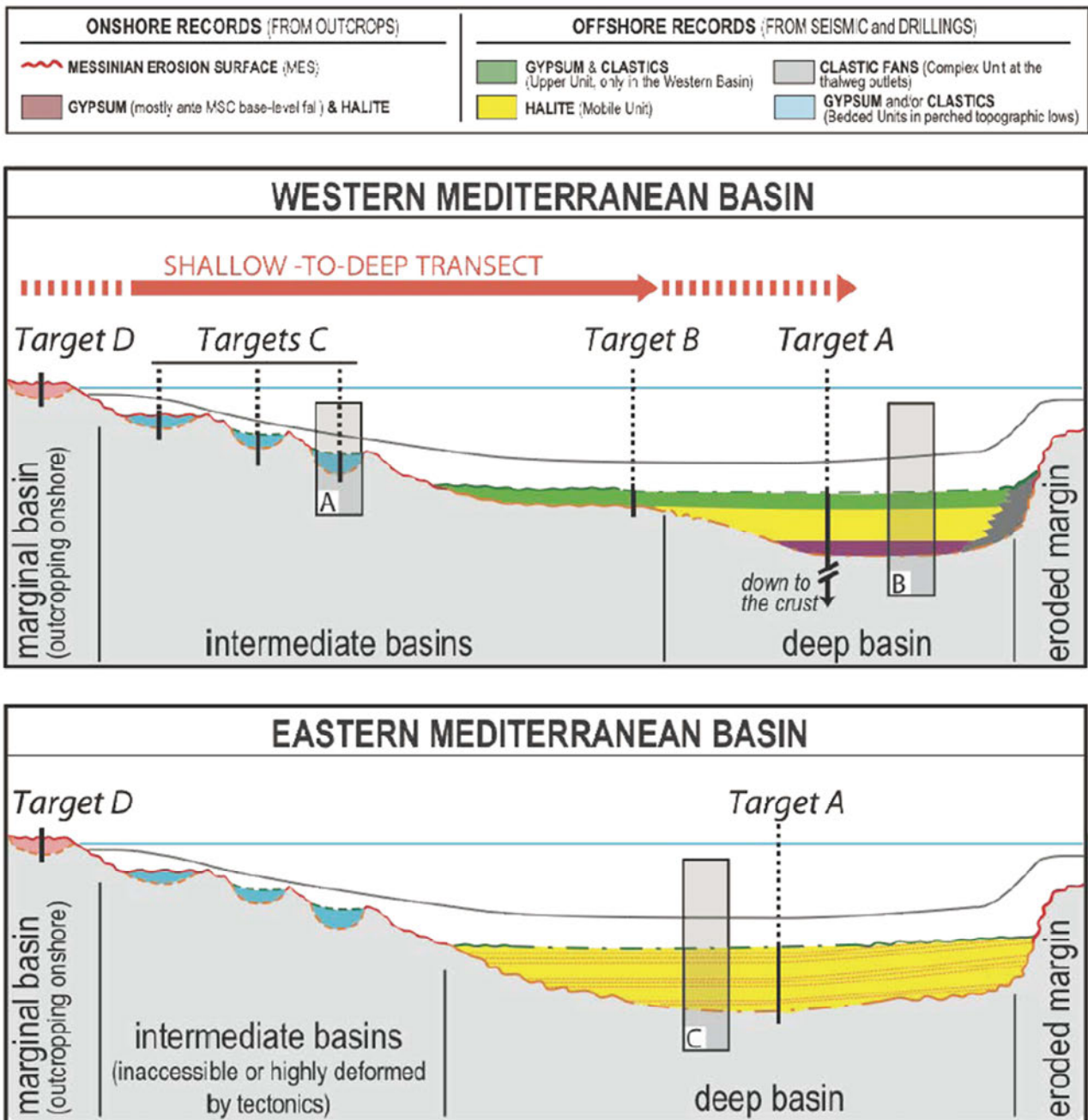
## Appendix 1

inclusions and the microbes they contain also inform us on the chemical and physical conditions of the sedimentary environment at the time of formation. Members of our research group have extracted the most ancient known cyanobacterial RNA from gypsum solid inclusions of Messinian age (Panieri et al., 2010) (Fig. 7b). Information of this kind is key in deciphering the complex succession of paleoclimatic and hydrological events that led to the formation of the MSC salt giant.

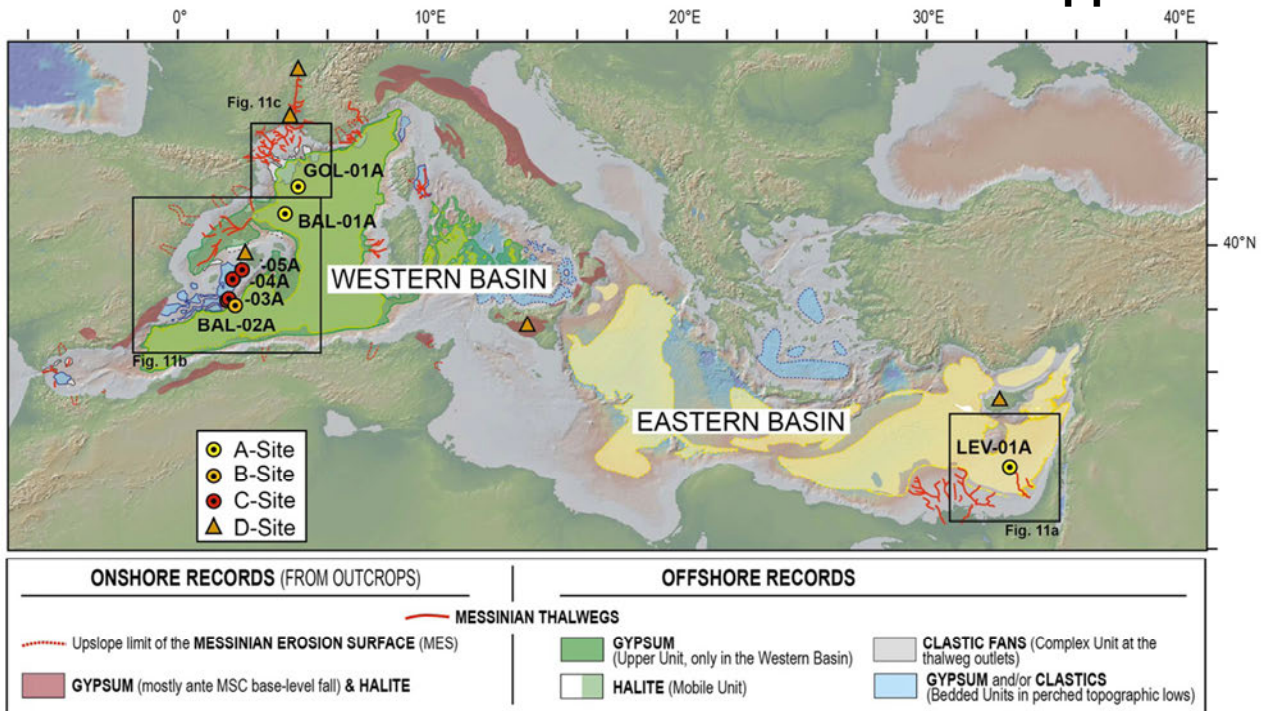
Drilling the MSC salt giant is an unprecedented opportunity to sample and investigate this highly reactive association of microbial communities, pore fluids and minerals which is the modern analogue<sup>1</sup> for ancient deep biosphere communities developed in the salt giants of the geological past.



**Figure 7.** A) Samples of authigenic carbonates formed via the microbial reduction of evaporitic gypsum of Miocene age (Gulf of Suez, Egypt); microbes used reduced carbon compounds in petroleum as an energy source for metabolism (Aloisi et al. 2013); this process, based also on methane and organic matter, may promote widespread microbial sulfate reduction in the MSC salt giant. B) Microbial filaments imaged in cleavage plains of Messinian selenite (gypsum) crystals from the Monte Tondo Quarry (Vena del Gesso, Italy); based on the analysis of DNA extracted from these samples, the filaments are the remains of photosynthetic cyanobacteria living at the time of gypsum deposition (Panieri et al., 2010). C) Cells of the halophilic alga *Dunaliella* trapped in a fluid inclusion of halite from the Death valley; the light green and orange colour suggest the preservation of chlorophyll and  $\beta$ -carotene, indicating the presence of photosynthetic organisms (Schubert et al., 2010).



**Figure 9.** Illustrative sections across the western and eastern Mediterranean basins showing the distribution of Messinian seismic markers according to Lofi et al. (2011a). In the Western Basin the deep basin MSC is described in the seismic record by a 'trilogy' (Upper Unit, Mobile Unit, and Lower Unit), while in the Eastern Basin, it is a 'monology' (only the Mobile Unit). Undeformed, or accessible intermediate basins on the continental margins are known only in the Western Basin. Drilling targets are identified uniquely with capital letters A to D; See text for details.



**Figure 10.** Location of drilling sites. See Table 2 for relation of drilling sites to the 4 pre-proposals composing this MDP. Preliminary details on IODP drillsites are reported in Table 3.

**Table 2.** Drilling Targets (A to D) in relation to Western vs. Eastern Basin location and expected drilling mode. The four site-specific pre-proposals composing this MDP share drilling sites in order to achieve the interrelated scientific objectives described in Section 4. Preliminary details on IODP drillsites are reported in Table 3.

Expected drilling mode		Site-specific pre-proposals			
		DREAM: Deep-Sea Records of the MSC	Deformation and fluid flow in the MSC salt giant	Probing the Salt Giant for its Deep Biosphere secrets	Probing deep Earth and surface connections
Riser drilling	Western Basin	A-Site	A-Site	A-Site	A-Site
	Eastern Basin	A-Site	A-Site	A-Site	-
Non – Riser drilling	Western Basin	B-Site, C-Sites	B-Site, C-Sites	B-Site, C-Sites	-
	Eastern Basin	-	-	-	-
ICDP drilling	Western Basin	D-Sites	-	-	D-Sites
	Eastern Basin	D-Site	-	-	-

## Appendix 2

An excerpt from the review comments from SEP to Pre-857A (GOLD Project)

**Microbiology:** Deep drilling in the Gulf of Lions has important implications for the deep biosphere (i.e., life in, and potentially below the salt). While not a major part of the pre proposal, it is highlighted in the 857-MDP umbrella proposal and should be included in the full proposal of DREAM-GOLD. The microbiology aspect of the proposal needs to be carefully crafted. In particular, QA/QC will be critical for achieving the microbiological goals in this and the other proposals to be submitted under the 857-MDP umbrella. In addition, the proponents need to demonstrate that their standard methods will work with hypersaline materials.

A discussion of the subsurface microbiology of Messinian salt deposits should include the context of the hypersaline microbial communities in Mediterranean brine basins that exist today (reviewed in Antunes et al. 2011; Siam et al. 2012). Very specific evolutionary lineages of archaea and bacteria persist in brine basins, and these are –perhaps in addition to highly resistant spore formers - the candidate organisms that could be preferentially entombed in deep salt deposits. This type of subsurface community should be distinct from the commonly detected lineages of subsurface bacteria and archaea (reviewed in Fry et al. 2008, Teske and Sørensen 2008, or Durbin and Teske 2012) in marine subsurface sediments of normal salinity. Also note that many extreme halophiles are cultured; a sequencing-only approach should not be considered sufficient, but cultivations and microbial physiology of subsurface halophiles should be attempted.

Since extreme halophiles do not survive in seawater or drilling fluid (it is generally too fresh for them), the contamination issue should be more manageable than usual – at least for cultivations. But that does not mean that contamination monitoring can be abandoned; seawater and drilling fluid microorganisms and their DNA will still penetrate into the drilling cores (see comprehensive paper by Lever et al. 2006 for quantitative drilling contamination data). At a minimum, the contamination monitoring protocols of the Chikyu Shimokita cruise IODP 337 (Inagaki et al. 2012, Masui et al. 2008) should be applied.

- Antunes, A., D.K. Ngugi and U. Stingl. 2011. Microbiology of the Red Sea (and other) anoxic brine lakes. *Environmental Microbiology Reports* 3:416-433.
- Siam, R., G.A. Mustafa, H. Sharaf, A. Moustafa, A.R. Ramadan, et al. 2012. Unique Prokaryotic Consortia in Geochemically Distinct Sediments from Red Sea, Atlantis II and Discovery Deep Brine Pools. *PLoS ONE* 7(8): e42872. doi:10.1371/journal.pone. 0042872.
- Fry, J.C., R.J. Parkes, B.A. Cragg, A.J. Weightman, and G. Webster. 2008. Prokaryotic biodiversity and activity in the deep seafloor biosphere. *FEMS Microbiology Ecology* 66: 181–196.
- Teske, A., and K.B. Sørensen. 2008. Uncultured Archaea in deep marine subsurface sediments: have we caught them all? *The ISME Journal* 2:3-18.
- Durbin, A.M., and A. Teske. 2012. Archaea in organic-lean and organic-rich marine subsurface sediments: an environmental gradient reflected in distinct phylogenetic lineages. *Frontiers in Microbiology* 3:168, doi: 10.3389/fmicb.2012.00168.

## Appendix 3

An excerpt from the **IODP Proposal Submission Guidelines** (version 28 August 2014)

### Introduction

Science in IODP is driven by community-generated proposals targeting the research themes outlined in the program's overall Science Plan, *Illuminating Earth's Past, Present, and Future* ([www.iodp.org/program-documents](http://www.iodp.org/program-documents)). The program provides multiple drilling platforms ([www.iodp.org/ships/platforms](http://www.iodp.org/ships/platforms)) that are expensive to operate: a two-month-long expedition with the riserless platform *JOIDES Resolution* costs USD 8-14 million, while operations with the riser vessel *CHIKYU* can be in the hundreds of millions of dollars. Because the level of investment goes beyond an individual researcher or research group, the proposal structure, review and planning processes are comprehensive and differ from those applied to typical grant applications. The biggest difference is that the IODP process is somewhat iterative and open to communication between the science proponents, the Advisory Panels, and the drilling platform operators. It is a process designed to transform exciting science into successful expeditions. The detailed technical planning, implementation, and financial responsibilities involved are managed within the program, so, except in specific circumstances, there is no budget section in an IODP proposal.

The International Ocean Discovery Program (IODP) receives drilling proposals or long-coring proposals to support drilling proposals, from the scientific community and evaluates those proposals through Advisory Panels and through external peer review. Proposals can be submitted to the Science Support Office at Scripps Institution of Oceanography ([www.iodp.org](http://www.iodp.org)) to two deadlines: 23:59 GMT on **1 April** or **1 October**. Proposals must be submitted through the online system accessible at <http://proposals.iodp.org>. The online system provides additional guidance about format requirements. Required documents except the cover sheet, CVs, and Site Forms must be in one PDF file to upload, with all pages in A4 or U.S.-letter size (12-point font and 1.5 line spacing are recommended). Figures should have sufficient resolution to show all relevant details. Once the Science Support Office accepts the proposal and verifies its format compliance, upload access to the Site Survey Data Bank (SSDB) at <http://ssdb.iodp.org> will be granted. Questions regarding proposal submission and proposal handling should be directed to the Science Support Office ([science@iodp.org](mailto:science@iodp.org)).

There are some simple steps to follow to help guide you through the proposal process. This document specifies the requirements for submitting proposals and outlines the review process. Format requirements for IODP drilling proposals are summarized here; for complete information please refer to the Table of Proposal Requirements accessible at [www.iodp.org/submitting-proposals](http://www.iodp.org/submitting-proposals).

### Step 1: Submitting a preliminary proposal

You start by writing a proposal outlining science that addresses one or more of the four major themes of the IODP Science Plan and that requires scientific ocean drilling. The Science



## Appendix 3

Plan is intended to provide a context for generating proposals, but is not intended to be prescriptive.

Proponents who have a new idea for scientific ocean drilling are strongly advised to initially submit a Preliminary Proposal (Pre-proposal) before engaging in the preparation of a lengthy Full proposal. *Note that a Preliminary Proposal is required if the riser platform CHIKYU is being requested.*

Proponents of proposals are encouraged to contact the appropriate Implementing Organization before submission in order to discuss drilling platform capabilities and the feasibility of the proposed drilling.

A Preliminary Proposal can be up to 3000 words long (excluding references and figure captions), with up to 8 figures and/or tables. It should describe a compelling hypothesis or idea supported by a conceptual drilling strategy. Proposals range from hypothesis-driven to question-driven, from very discipline-specific to very interdisciplinary, from simple to complex. They should address questions that are of interest to the global scientific community and will typically be linked to relevant parts of the Science Plan.

*A well-prepared Preliminary Proposal should:*

- state the scientific objectives and explain how those objectives relate to, or advance beyond, the IODP Science Plan 2013-2023, including the theme(s) and challenge(s) addressed
- justify the need for drilling to accomplish the scientific objectives
- present a conceptual strategy for addressing the scientific objectives through drilling, logging, or other downhole measurements
- describe the proposed drilling sites, penetration depths, expected lithologies, discuss the availability, or plans to acquire, site survey data, and discuss the recovery rates needed to achieve key goals
- describe any development of advanced and non-standard tools, special sampling techniques, downhole measurements, and/or borehole observatories
- identify any logistical problems, e.g. extreme weather, sea-ice, piracy, or others
- describe briefly any relationships to other international geoscience programs and /or initiatives.

Preliminary Proposals must also include the following items that do not count against the word count limit:

- an official proposal cover sheet, complete with an abstract of 400 words or less, a statement of the scientific objectives of 250 words or less, and a list of the proposed drilling sites
- Site Form 1 for each proposed drilling site. Site names **must** conform to the established system (**see Appendix for details**)
- a list of all proponents, specifying the name, affiliation, and expertise of each proponent included as part of the main PDF document.