

カンボジア王国  
Waterways Department  
Ministry of Public Works  
and Transport.

カンボジア国  
電子海図策定支援プロジェクト  
ファイナルレポート  
サマリー

平成 29 年 3 月  
(2017 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

朝日航洋株式会社

基盤
JR
17-033



# 目 次

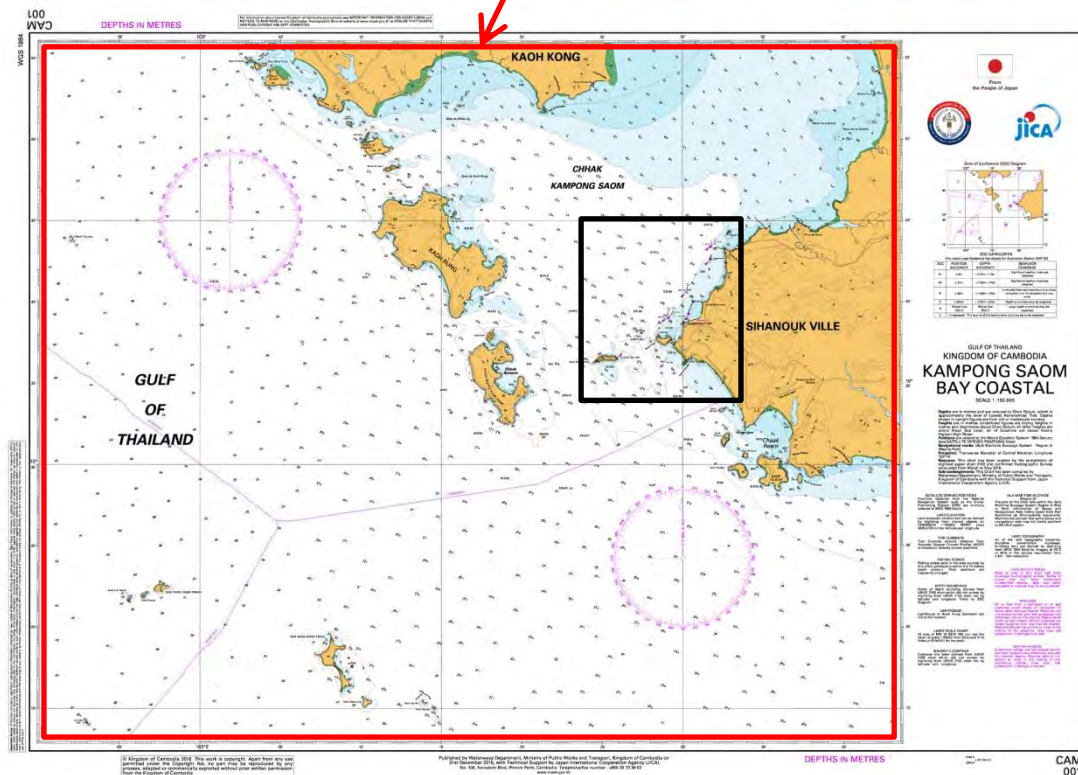
目 次  
地 図  
写 真  
略 語 表

図・表・写真の一覧表

第1章 業務の概要	1
1-1 調査の背景と経緯	1
1-2 調査の目的	2
1-3 調査対象地域	2
1-4 業務の基本方針	4
1-4-1 技術面での基本方針	5
1-4-2 運営面での基本方針	10
1-5 延長業務に関する事項	11
1-6 調査団員の構成	12
1-7 業務の実施工程	15
第2章 業務の実施内容及び結果	16
2-1 (1)-a 関連資料・情報の収集、整理、分析（国内作業）	16
2-2 (1)-b 調査の基本方針、工程、手順検討（国内作業）	16
2-3 (1)-c 事前準備作業（国内作業）	16
2-4 (4) 仕様協議（現地作業）	16
2-5 (5) 既存資料の収集、整理（現地作業）	16
2-6 (6) 海図情報データ収集、処理、分析（現地・国内作業併用）	17
2-6-1 海図基準面決定	17
2-6-2 (6) 基準点・水準測量等（現地作業）	17
2-6-3 (6) 衛星画像/航空写真現地照合（海岸線、地勢）-現地・国内併用作業	18
2-6-4 (6) デジタル水路測量データ収録（現地作業）	19
2-6-5 (6) 海象観測（潮汐・潮流）（現地作業）	23
2-6-6 (6) デジタル水路測量データ処理（現地作業・一部国内作業）	27
2-7 (7) 電子海図作成	34
2-7-1 (7) 海図(電子海図)編集用データ処理・解析	34
2-7-2 延長プロジェクトにおける電子海図について	44
第3章 技術移転の実施内容	45
3-1 実施した技術移転作業の詳細	46
3-1-1 (6) (ア) 基準点・水準測量	46
3-1-2 (6) (イ) 衛星画像処理（海岸線抽出）	49
3-1-3 (6) (ウ) デジタル水路測量データ収録	51
3-1-4 (6) (エ) 海象観測（潮汐）	55
3-1-5 (6) (オ) デジタル水路測量データ処理（DHSDP）	56
3-1-6 (7) 電子海図作成	58
3-2 技術移転業務に関する今後の課題	67

第4章 報告書	70
4-1 (2) インセプションレポート作成、(3) インセプションレポートの説明・協議	70
4-2 (8) プロGRESSレポート作成・説明・協議	70
4-3 (8) インテリム レポート作成・説明・協議	70
4-4 (8) インテリム2 レポート作成・説明・協議	70
4-5 (9) ドラフトファイナルレポート作成・説明・協議	71
4-6 (10) ファイナルレポート作成	71
第5章 その他の実施業務	72
5-1 機材調達 (JICA 実施)	72
5-2 機材調達 (調査団実施)	73
5-3 プロジェクトサイト視察・訪問等	74
5-4 JCC (合同調整委員会) の開催	78
5-5 タスクフォース会議	81
5-6 電子海図ワークショップ開催	83
5-7 電子海図セミナー開催	84
第6章 成果品	89
6-1 調査報告書	89
6-2 成果品	89
第7章 今後の電子海図利活用及び提言等	90
7-1 電子海図の利活用について	90
7-1-1 電子海図及び更新の重要性	90
7-1-2 電子海図の利活用・広報	90
7-1-3 電子海図利活用促進における提言	91
7-2 技術移転業務の課題・提言等	91
7-2-1 技術移転に関する課題	91
7-2-2 技術移転に関する提言	93
7-3 カンボジア国電子海図作製における調査団長所感	94
付 属 資 料	
1. 実施細則	
2. 合同調整委員会の議事録	
3. GNSS 基準点観測・水準測量の結果	
4. 潮汐観測・調和解析の結果	
5. 点検測量結果 (抜粋)	
6. 採泥底質調査・粒度分析の結果	
7. ベクタ測深原図 (縮小版)	
8. 紙海図 (縮小版)	
9. 調達機材リスト	
10. C/P の技術移転のアンケート	
11. PAS の BM 情報	

地 図



# 写 真

シハヌークビル港周辺



シハヌークビル港 北部のシーバースと石油基地



シハヌークビル港 港内の埠頭



シハヌークビル港 防波堤灯台と棧橋

シハヌークビル港に寄港した客船



シーボーンソージャー (バハマ)



フォーレンダム (オランダ)

沖繋りで停泊する全長 290m 以上の大型客船



ダイヤモンドプリンセス (イギリス)



クイーンメリー2 (イギリス)

夜間に停泊する客船



フォーレンダム (オランダ)



クリスタル・シンフォニー (バハマ)

測量船の機装



マルチビーム測深機送受波器設置部の取付け



取付工事終了後の測量船の進水



マルチビーム測深機送受波器 跳上げ収納状態



GNSS アンテナの取付け



マルチビーム測深システム装置



測深用及び誘導・収録用 PC



マルチビーム測深状況



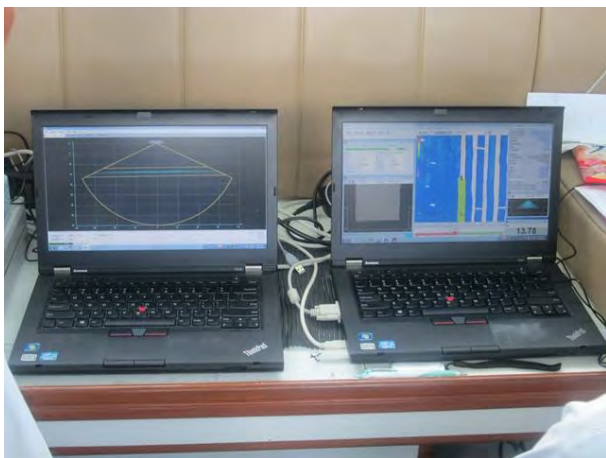
測深中のマルチビーム測深機送受波器



測量船誘導モニターと操船者



測量船内の船室



測深用及び誘導・収録用 PC



マルチビーム測深システムのオペレート

シハヌークビル港の験潮所設置



改修した験潮所の遠景



改修した験潮所の近景



験潮小屋内部の RMD5225WLB-2 型験潮器



験潮井戸内部の潮位センサー ※観測時は水中



潮位標の設置



潮位データの回収と験潮器の点検

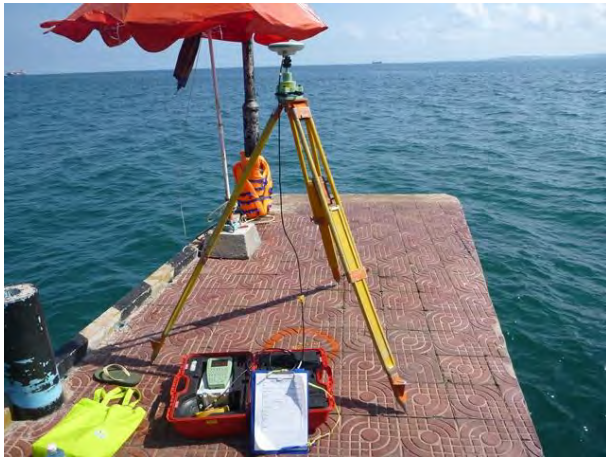
GNSS 基準点測量 観測風景



GCP3 の観測



GCP4 の観測



GCP7 の観測 (DEK KOUL 島)



GCP11 の観測 (KAONG KANG 島)



国家 GPS 点 SIHA の観測



国家 GPS 点 No1801B の観測

水準測量 観測風景



シハヌークビル港基準点 (PAS B. M) から験潮所までの水準測量

データ処理



データ処理・解析の概念及び手順の説明



データ処理・解析のオフィスワーク

合同調整委員会



カンボジア王国運輸大臣と JICA カンボジア事務所所長の両議長による合同調整委員会

電子海図ワークショップ



電子海図の活用を目的とした、カンボジア王国の海洋関係者に対し、ENC ワークショップを開催

電子海図セミナー



完成した電子海図のセミナーを開催  
カンボジア王国及び周辺国等の海事機関及び民間の港湾管理者、貿易会社等が参加

## 略 語 表

略 称	英 名	和 名
AIS	Automatic Identification System	船舶自動識別装置
ASEAN	Association of South - East Asian Nations	東南アジア諸国連合
CDC	Council for the Development of Cambodia	カンボジア開発評議会
C/P	Counterpart	受け入れ担当機関 (者)
DHSDAS	Digital Hydrographic Survey Data Acquisition System	デジタル水路測量データ収集システム
DHSDPS	Digital Hydrographic Survey Data Processing System	デジタル水路測量データ処理システム
EAHC	East Asian Hydrographic Committee	東アジア水路委員会
ENC	Electronic Navigational Chart	電子海図
EMRA	Electronic Mekong River Atlas	電子メコン河川図
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System	電子海図情報表示システム
F/R	Final Report	最終報告書
GNSS	Global Navigation Satellite System	衛星測位システム
GOC	Government of the Kingdom of Cambodia	カンボジア王国政府
GOJ	Government of Japan	日本国政府
IHO	International Hydrographic Organization	国際水路機関
IMO	International Maritime Organization	国際海事機構
JCC	Joint Coordinating Committee	合同調整委員会
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
MB	Multi-Beam (Hydrographic Survey)	マルチビーム (測深)
MBES	Multi-Beam Echo Sounder	マルチビーム測深機
MLMUPC	Ministry of Land Management, Urban Planning and Construction	土地管理・都市計画・建設省
MRC	Mekong River Commission	メコン河川委員会
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録
MPWT	Ministry of Public Works and Transport	公共事業運輸省
MPWT/WD	MPWT/Waterways Department ***2016年10月13日から MPWT/Waterway Infrastructure and Port Construction Department に名称が変更された。 本レポートは、旧名の略称“MPWT/WD”を使用する。	公共事業運輸省/水路部 *** 公共事業運輸省/水路基盤・ 港湾建設部
MPWT/MMD	MPWT/Merchant Marine Department	公共事業運輸省/海運部
PAS	Sihanoukville Autonomous Port	シアヌークビル港湾公社
PPAP	Phnom Penh Autonomous Port	プノンペン港湾公社
R/D	Record of Discussions	協議記録
S-57	IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data (Special Publication No.57)	デジタル水路データのための IHO 転送基準
SHV	Sihanoukville	シハヌークビル
SOLAS	The International Convention for the Safety of Life at Sea	海上における人命の安全の ための国際条約 (SOLAS 条 約)
UKHO	The United Kingdom Hydrographic Office	英国水路部

## 図・表・写真の一覧表

### 第1章 業務の概要

番号	図番号	図タイトル
1	1-1	調査対象地域
2	1-2	SHV 港周辺の現況
3	1-3	DHSDAS の関係図
4	1-4	MB 測深データ処理フローチャート
5	1-5	延長プロジェクトの範囲

番号	表番号	表タイトル
1	1-1	海図（電子海図）作成にかかる業務内訳概略
2	1-2	調査団員の構成
3	1-3	業務実施の作業フローチャート

番号	写真番号	写真タイトル
1	1-1	機材の準備・艀装の状況写真

### 第2章 業務の実施内容及び結果

番号	図番号	図タイトル
1	2-1	IHO S-57 に沿った種別ごとにレイヤー分けした海岸線等
2	2-2	当初プロジェクトの水深段彩図の速報版
3	2-3	HYPACK Survey 操作・誘導画面と SONIC 2020 制御用画面
4	2-4	最終的な水深の基準面（DL）と高さの関係図
5	2-5	ADCP による潮流観測結果図（青矢符：下げ潮時、赤矢符：上げ潮時）
6	2-6	測深データと補正ファイルの関係
7	2-7	ノイズ処理画面例
8	2-8	底質サンプル採取位置図及び底質分類三角ダイヤグラム
9	2-9	SHV 港周辺の一部を切り出した測量原図例
10	2-10	電子海図作成フローチャート
11	2-11	空間オブジェクトの編集例
12	2-12	フィーチャーオブジェクトの編集例
13	2-13	ENC Analyzer の結果表事例（ENC Designer 画面）
14	2-14	ENC Optimizer の表示例
15	2-15	作成した ENC 交換セットの例
16	2-16	ENC メディアディスク本体のラベル例
17	2-17	SCAMIN 適用による水深値配置例

18	2-18	当初プロジェクト範囲の紙海図
19	2-19	延長プロジェクト範囲の紙海図
20	2-20	既存図及び新規測深結果による電子海図作成フローチャート

番号	表番号	表タイトル
1	2-1	調和解析結果表 (60 分潮の調和常数)
2	2-2	底質記号表
3	2-3	SHV 港航路付近の 9 個の航路標識ブイ一覧表
4	2-4	電子海図各航海目的に対するセルサイズ及び利用する海図縮尺表

番号	写真番号	写真タイトル
1	2-1	使用した測量船
2	2-2	DHSADA の収録の状況写真
3	2-3	験潮所の改修作業の状況写真
4	2-4	底質採取ファイルの例

### 第 3 章 技術移転の実施内容

番号	図番号	図タイトル
1	3-1	水準測量手簿
2	3-2	回答したアンケートの例
3	3-3	作成した英語マニュアルとカンボジア語のラベルを貼り付け
4	3-4	測深のノイズのサンプル事例集
5	3-5	2014 年 8 月 研修で使用した紙海図(左図)及び作成した ENC 図(右図)

番号	表番号	表タイトル
1	3-1	技術移転業務の内容
2	3-2	技術移転自己評価集計表
3	3-3	2013 年 12 月の C/P の本邦の ENC 研修日程表
4	3-4	2014 年 8 月の C/P の第三国(フィリピン)ENC 研修指導の日程
5	3-5	2015 年 9 月の ENC 管理者研修の日程
6	3-6	研修前後の技術習熟度評価

番号	写真番号	写真タイトル
1	3-1	基準点観測と水準測量を作業した C/P 及び PAS の水先案内人
2	3-2	GNSS よる基準点観測
3	3-3	C/P と調査団員の作業前・後の検討会議 (2013.10.28)
4	3-4	水準測量



5	3-5	左：PAS 水準点 (BM) 右：PAS 驗潮所 新設 ENC-BM
6	3-6	GNSS の研修を受けた C/P
7	3-7	GNSS 測量と水準測量の様子 (調査団員から機器取り扱いの説明)
8	3-8	測量船(PAS Patrol Boat: KAOH Dekkol)に送受波器の取り付け
9	3-9	測深中の操船, 測深中の見張り, 音速度測定
10	3-10	基礎段階から講習
11	3-11	調査団員からの講習
12	3-12	調査団員の OJT による操作・保守の指導
13	3-13	測量船上の作業
14	3-14	RMD 驗潮器と RT 驗潮器を同時観測
15	3-15	2013 年 12 月 C/P の ENC 研修
16	3-16	2014 年 8 月の C/P の第三国研修
17	3-17	2014 年 8 月の幹部研修実施
18	3-18	2015 年 9 月の ENC 管理者研修
19	3-19	電子海図の研修 (第 3 国研修などやカンボジア現地)
20	3-20	水中音速度計のプラグとコネクタ一部
21	3-21	水中音速度計の保管箱に貼っている取扱注意文書

## 第 5 章 その他の実施業務

番号	表番号	表タイトル
1	5-1	JICA 本部調達機材リスト
2	5-2	調査団調達機材リスト

番号	写真番号	写真タイトル
1	5-1	JICA カンボジア事務所所長一行の現地視察の状況
2	5-2	在カンボジア王国日本大使館の公使一行の現地視察の状況
3	5-3	JICA カンボジア事務所次長一行の現地視察の状況
4	5-4	耕洋丸の訪問と TRANSAS 製 ECS 画面にレーダー画像を重畳させた画面
5	5-5	PAS の水先案内人チームと水路測量結果・海図についての説明と協議
6	5-6	PAS の VTMS 室にて、完成した ENC データの活用
7	5-7	PAS のタグボート KOH TAKIEV にて、完成した ENC データの活用
8	5-8	第 1 回 JCC 会議
9	5-9	第 2 回 JCC 会議
10	5-10	第 3 回 JCC 会議
11	5-11	第 4 回 JCC 会議
12	5-12	第 5 回 JCC 会議
13	5-13	第 1 回タスクフォース会議

14	5-14	ENC ワークショップ
15	5-15	ENC ワークショップの参加者との記念撮影
16	5-16	ENC セミナー
17	5-17	JICA カンボジア事務所 安達 一 所長 挨拶
18	5-18	在カンボジア日本大使館 實取 直樹 一等書記官 挨拶
19	5-19	MPWT 副大臣 H.E. Tauch Chan Kosal 挨拶
20	5-20	MPWT 事務次官 H.E. Leng Thun Yuthea 当プロジェクトの紹介
21	5-21	IHO 代表の EAHC 委員 Commander Azrul Nezam Bin Asri 発表
22	5-22	UKHO 代表 ENC 専門家 Mr. Rob Wheeler 発表
23	5-23	海上保安庁海洋情報部代表 航海情報化海図審査室 梶村 徹 室長 発表
24	5-24	調査団の発表
25	5-25	ENC セミナーの展示品・説明会
26	5-26	ENC 利用促進のデモ航海
27	5-27	ENC セミナーの参加者との記念撮影

## 第6章 成果品

番号	表番号	表タイトル
1	6-1	調査報告書の一覧
2	6-2	成果品の一覧

# 第1章 業務の概要

## 1-1 調査の背景と経緯

カンボジア王国（以後「カ」国）では、シハヌークビル（Sihanoukville：以後 SHV）港が唯一の外海に面する大水深港であり、同港及び周辺地域の開発による国際貿易の活性化が重要な課題となっている。また、わが国も SHV 港への支援を重要な協力と位置づけており、これまで同港の港湾設備、港湾を運営する SHV 港湾公社（Sihanoukville Autonomous Port：以後 PAS）の組織・運営改善、隣接する SHV 港経済特区（Special Economic Zone：SEZ）の整備に取り組んでいた。船舶の航行安全確保には水深や施設等の情報を網羅する海図が必須であるが、SHV 港周辺で使用されていた海図は、冷戦時代に仏国と露国が作成した海図の著作権承諾を得て再編集した紙海図（1/20000、1997年に英国水路部が刊行）であるため、海図情報が古く信頼性に欠けている状況にあった。

また、国際海事機関（International Maritime Organization:IMO）は、2012年7月から、500GT以上の客船と3000GT以上のタンカー（いずれも新造船が対象）に対して電子海図情報表示システム（Electronic Chart Display and Information System：以後 ECDIS）の搭載を義務化しており、今後新造船のみならず現存船舶に対しても船種・規模に応じて ECDIS の搭載が順次義務付けられていく予定であるため、ECDIS に対応する国際仕様に則った電子海図（Electronic Navigational Chart：ENC）が必要である。最新の水路測量に基づく国際仕様に則った電子海図が未整備である状況が続くと、航海安全に支障を来すだけでなく、SHV 港への寄港取りやめ等、同港の競争力が大きく低下することが懸念された。

以上のような背景から、SHV 港において最新の水路測量結果に基づく電子海図を早急に刊行することを喫緊の課題と位置づけ、「カ」国政府は本プロジェクトに係る支援を我が国に要請した。

これを受けて国際協力機構（以後 JICA）は2013年2月の詳細計画策定調査において、「カ」国政府の要請、プロジェクト対象範囲、内容等を確認した上で、2013年3月15日に討議議事録（Record of Discussions：以後 R/D）の署名を行った。本プロジェクトはこの R/D に基づき実施された。

本プロジェクトは、SHV 港周辺の電子海図（海図）を作成するのみならず、「カ」国の海図作成を担う公共事業運輸省水路部（以後 MPWT/WD）の海図を作成・刊行する組織的・技術的基盤が脆弱なことを勘案し、海図を維持・更新していく能力強化を見据えた開発調査型技術協力プロジェクトとして、電子海図の更新・維持・管理能力向上に係る技術移転を行う方針の下、第1次水路測量作業（2013年10月～2014年5月）及び第2次水路測量作業（2014年11月～2015年3月）が行われた。その後、SHV 港周辺の電子海図作成に取り掛かり、2015年8月には当初の要請である航海目的5の電子海図データを作成した。この過程において C/P は、海図情報を取得する水路測量データ収録、解析処理技術を講義や OJT により学び、技術習得が如何に重要であるかを認識した。しかしながら、MPWT/WD は、真に自立して国際水準に値する水路業務を継続していく組織体制の強化や経験値の蓄積が不足している状況である。

2014年頃、「カ」国の経済発展に伴い SHV 港におけるコンテナ船等の出入港や国際クルージング船の寄港が増加した。この状況下において、「カ」国海事関係者等から、SHV 港へ進入するための中縮尺電子海図作成の要望があり、2015年11月10日、MPWT 大臣と JICA カンボジア事務所長により本プロジェクトの延長が承認された。その経緯と詳細を「1-5 延長業務に関する事項」に記載した。

## 1-2 調査の目的

- (1) SHV 港周辺の調査対象海域を IHO 水路測量基準 (S-44) に基づく水路測量を実施し、縮尺 1/10000 に対応可能な海図 (電子海図) を作成する。延長プロジェクトにおいて縮尺 1/80000 (電子海図) ~150000 の中縮尺海図 (電子海図) を作成する。
- (2) デジタル水路測量データ収録・処理過程において MPWT/WD の 4 名のカウンターパート (以後 C/P) に OJT 方式により技術移転を行い、デジタル水路測量能力の向上を図る。延長プロジェクトは、これまでに培ったデジタル水路測量データ収録・処理及び電子海図作成技術を基に、MPWT/WD の 8 名の C/P が主体的に実施するよう指導し、電子海図を更新する知識・技術の定着を図る。
- (3) SHV 港周辺海図 (電子海図) 作成に係る MPWT/WD の 2 名の C/P に本邦研修や調査団による OJT により、技術移転を行い海図 (電子海図) 編集能力の向上を図る。
- (4) SHV 港周辺海域の電子海図作成による航海安全の担保/強化に貢献する。
- (5) 「カ」国の海事関連組織への海図の“重要性”を啓蒙する。

## 1-3 調査対象地域

図 1-1 全域は延長プロジェクトの航海目的 3 (沿岸航海) の中縮尺電子海図の範囲を示す、図右上方の黒枠は、当初プロジェクトの航海目的 5 の大縮尺電子海図の範囲を示す。

当初プロジェクトの調査対象海域図郭は NW: N10° 45' E103° 24' , SE: N 10° 34' E103° 34' である。本調査海域を対象としたマルチビーム (以下 MB) 測深による水路測量を行う場合、必要な海上作業日数は、1 日 8 時間、船速約 6 ノットで海底 (水深) データを取得すると実質約 120 日 (約 4 ヶ月) が必要と試算された。120 日に補・再測や調査員等の休養、天候予備日を考慮すると測深作業による海上作業のみで 170 日が必要となることを考慮して調査計画を立案し実施した。

延長プロジェクトの調査対象海域図郭は NW : N10° 56' E102° 50' , SE : N 10° 13' E103° 43.5' である。延長プロジェクトでは、区域内の海岸線を衛星画像から抽出した。図 1-1 に示す点線域で囲んだ航行可能海峡域及び未測深海域において、実質 50 日間程度の MB 測深及び単素子 (以下 SB) 測深による水路測量を行った。

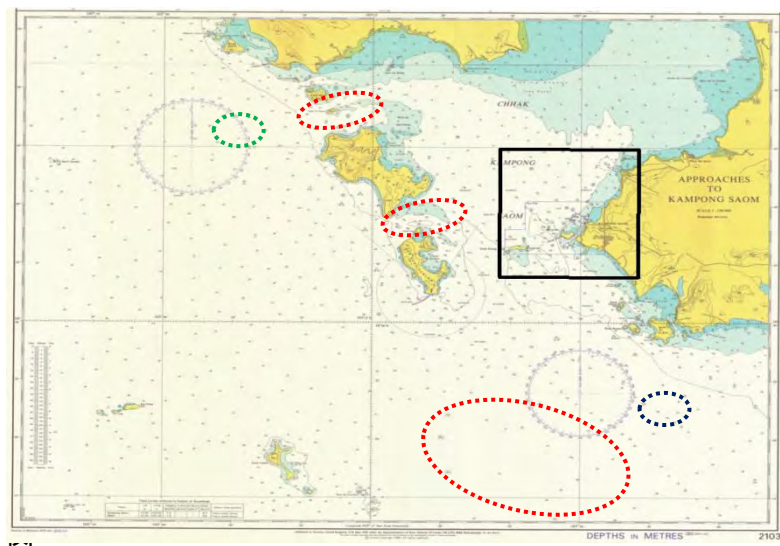


図 1-1 調査対象地域

## 【自然環境】

気温や風の気象データは、SHV 港から 1.5 km 南東、標高 15m にある SHV 気象台から収集した。この気象台は 1957 年から気象観測を開始したが、1973 年～1981 年の間は閉館し、1982 年に再開した気象台である。

### (1) 気候

SHV の気候は、北東モンスーンと南西モンスーンにより、風向の変化が顕著である。11 月から 4 月の北東モンスーン期間は乾季で、雨は少なく薄曇りがちで、穏やかな天候と云われているが、5 月～9 月の南東モンスーン期間は雨季で、曇りがちで暴風を伴うスコール的な雨が多い。モンスーンの変換時期は、急激な風向きの変化によって、突発的なスコールになることも多い。

### (2) 気温

2011 年と 2014 年気候実測表の月ごとの最低最高気温を見ると、平均気温は 27.3°C で熱帯性気候と云って差し支えない。1 月の平均気温が 26.2°C で最も低く、4 月の平均気温が 28.7°C で最も高い。これらの気温の傾向は 1985 年～1995 年の報告 (SHV 港マスタープラン報告 ; 1997 年) とほぼ同じである。

### (3) 風

2011 年と 2014 年気候実測表には、月ごとの最大風速等のデータも記載されている。南西モンスーンの時期には、最大 20 m/s の西から南西の強風が吹くが、時に北西の風が記録されている。SHV 港マスタープラン報告 (1997 年) によれば、1960 年～1969 年に最大 27m/s の西風が記録されている。この違いは、SHV 気象台の場所が変わり標高が違うことから起きたものと思料される。1 月から 3 月は、南風が卓越している。

### (4) 地形 (海域) 状況

当初プロジェクト調査海域の北側は、水深 5m～10m の KAMPONG SAOM 湾に面している。湾奥までは 25 海里、北西の浅瀬が広がる海峡・海岸域までは 15 海里ほどある。SHV 港域の北東側は、北東モンスーンの風を減衰させる丘陵に囲まれている。調査海域の西側 10 海里に KAOH RUNG、7 海里ほどのところに KAOH RUNG SAMLOEM (KAOH は島を意味する) が存在し、南西モンスーンの風を弱めてくれている。SHV 港の南西には、KAOH POAH、KAOH DEK KOUL 及び KAOH KAONG KANG があり、北東には KAOH PREAB があって、それぞれの島には個人所有者がおり人も住んでいる。SHV の沿岸地帯の後背地は、ほとんどが風化した砂岩が露出している。この地形は白亜紀の造山運動により形成されたと考えられている。

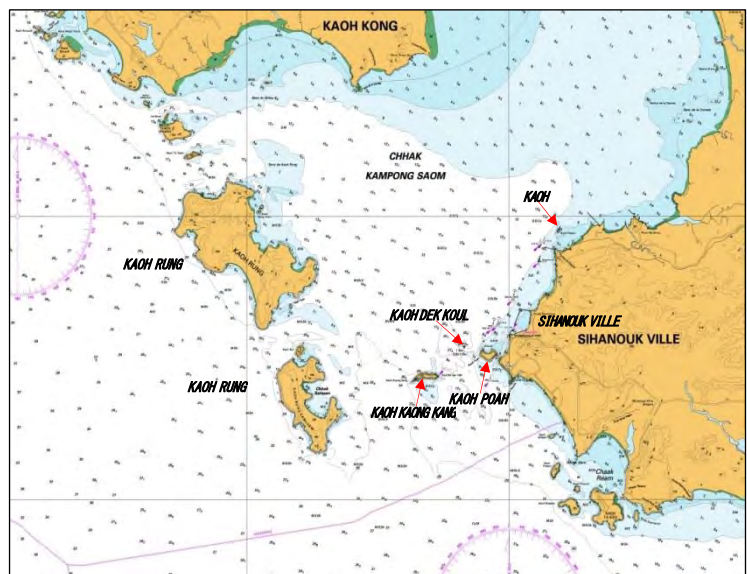


図 1-2 SHV 港周辺の現況

## 1-4 業務の基本方針

本調査において実施する調査業務内容の概略は下表のとおりである。

表 1-1 海図（電子海図）作成にかかる業務内訳概略

調査区分	作業項目	作業内容	作業数量
国内	(1)-a 関連資料・情報の収集、整理、分析 (1)-b 調査の基本方針、工程、手順の検討 (1)-c 事前準備作業	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査実施体制の構築/雇人/機材調達</li> <li>衛星画像（PLEIADIS WorldView-0.8m &amp; RapidEye-5m）取得、分析</li> <li>調達機材検討</li> <li>験潮器設置、送受波器艙装要領検討</li> <li>デジタル水路測量データ収録処理要領検討</li> <li>電子測量原図作成要領検討</li> <li>海図（電子海図）編集要領検討</li> <li>C/P 研修の基本方針、研修要領、工程等</li> </ul>	1 式
国内	(2) インセプションレポートの作成		1 式
現地	(3) インセプションレポートの説明、協議	C/P 機関に説明、協議（M/M 作成）	1 式
現地	(4) 仕様協議	電子海図の仕様協議・合意	1 式
現地	(5) 既存資料の収集、整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>国家 GPS 基準点成果、BM 成果</li> <li>航空写真、潮汐表等</li> </ul>	1 式
現地	(6) 海図情報データ収集、処理、分析	(ア) 基準点・水準測量実施（OJT） (イ) 衛星画像/航空写真処理（海岸線&低潮線&暗礁抽出） (ウ) デジタル水路測量データ収録（OJT） 延長時は一部アナログ水路データ収録 (エ) 海象観測（OJT） (オ) 水路測量結果分析データ処理（OJT）	1 式
現地・国内	(7) 海図（電子海図）作成	(ア) 海図（電子海図）編集用データ処理解析 (イ) SHV 港周辺海図（電子海図）& 同図に接続する沿岸航海海図（電子海図）作成 (ウ) 海図（電子海図）編集指導（本邦・OJT）	1 式
現地・国内	(8) プロGRESSレポート及びインテリムレポート作成/説明、協議	PR は 8 ヶ月後及び IR は 16 ヶ月を並びに IR2 は 2016 年 3 月頃を目処に、相手国 C/P に説明、協議	1 式
現地・国内	(9) ドラフト ファイナルレポートの作成、説明、協議	2016 年 12 月頃を目途に先方政府への説明、合同調整委員会を開催。合意内容・協議結果を M/M で確認、セミナー開催予定	1 式
現地・国内	(10) ファイナルレポートの作成、提出	2017 年 3 月 10 日迄に成果とともに JICA に提出	1 式
現地・国内	技術移転に係る業務	電子海図作成に係る本邦研修 or 第三国研修及び現地での OJT 実施	1 式

国内作業

現地作業

現地・国内作業

#### 1-4-1 技術面での基本方針

本調査の背景、目的及び調査実施上の留意点に基づいて、技術面で以下の事項に重点を置いて実施した。

##### 技術面の基本方針 1 : IHO 水路測量基準 (S-44), 電子海図作成基準 (S-57) 等への準拠

本調査における SHV 港周辺の海図 (電子海図) 作成に係る作業は、IHO の水路測量基準 (S-44)、海図作製基準 (S-4) 及び電子海図作成基準 (S-57) に従って実施した。「カ」国には、S-57 に準拠した電子メコン河川図が存在するが、「国際海図規則集及び IHO 海図仕様」の概念と異なる編集をしていた。MPWT/WD と協議の上、現在のデジタル水路測量、デジタル海図編集及び電子海図編集に対応した新たな作業手法を提案して業務を進めるものとした。

##### 技術面の基本方針 2 : 測量の基準及びデータ処理の基準

本プロジェクトの水路測量作業は、MPWT/WT との仕様協議を基に以下の基準に基づき実施した。

- (1) 投影法・・・横メルカトル図法 (Transverse Mercator:TM)
- (2) 測地系・・・WGS-84/ITRF2008 準拠
- (3) 準拠楕円体・・・WGS84 (長半径 : 6378137.0m、扁平率 : 298.257223563)
- (4) 海図基準面・・・最低天文潮位 (Lowest Astronomical Tide : LAT)

海図基準面は1年間以上の潮汐データ取得により調和分解を行い主要4分潮の和による略最低低潮面としていたが、1年間の潮汐データを取得し調和解析により60分潮を得て、19年間の潮汐推算を行い、LATの値を得たのでMPWTと協議の結果LATを採用することに変更した。SHV 港験潮所の永年平均水面下 0.99m。

- (5) 高さの基準・・・SHV 港平均海面/既存水準点
- (6) 水路測量基準・・・IHO 水路測量基準 S-44 に準拠
- (7) 海図作成基準・・・IHO 海図作成基準 S-4 に準拠
- (8) 電子海図基準・・・IHO デジタル水路データ転送基準 S-57 に準拠 (航海目的 : 3,5)

##### 技術面の基本方針 3 : デジタル水路測量データ収録・処理

<データ収録>

R/D に記載された Tentative list of Equipment の Sea Positioning and Navigation System と Depth Sounding System は、海図記載の水深精度を左右する Digital Hydrographic Survey Data Acquisition System (DHSDAS : 図 1-2 参照) を構成するものである。DHSDAS は、本プロジェクト終了後、C/P 機関に供与された。故に、DHSDAS は C/P 機関が独自に SHV 周辺及びメコン航路の水路測量を行う技術移転も考慮して、水深 50m 程度までの海底 (河床) を S-44 に則って測深できる性能を持つ米国 SONIC 社製 SONIC2020 (周波数 200KHz~400KHz、ビーム幅 2°、ビーム数 256、スライス幅 130°) が調達された。DHSDAS は、SONIC2020 と SBAS 機能付き D-GNSS、測量船の揺れを検出する動揺計測センサー (TSS DMS-10)、音波の音線屈折を調整するための表面音速度を連続検出する音速度センサー (Minos SVP) を組み合わせたものである。DHSDAS では、各機器のデータ取得時間の整合性が取得水深の精度に大きく影響を及ぼす。各機器のデータ取得時間の同期を確実にとれる SONIC2020 の SIM に搭載された同期機能により、水深の精度に及ぼす不確実な誤差要因を最低限

にしている。延長調査においては、水路測量の計画やデータ収録作業を主として C/P が実施し、これまでの OJT で培った知識技術が定着・継続できるよう指導・助言し、アナログデータのデジタル化を含めたデジタル水路測量データ収録を行った。

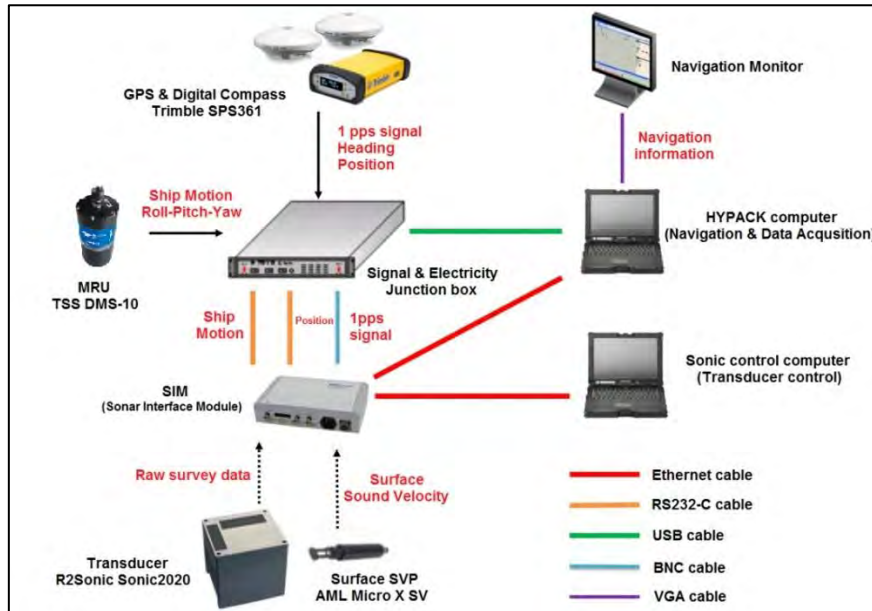


図 1 - 3 DHSDAS の関係図

なお、取得水深データ精度の観点から DHSDAS を搭載する測量船に送受波器を船底に固定することが望ましいが、形状的に困難なことから PAS の協力を得て、送受波器取り付け装置の作成及び工事を行い、送受波器と D-GNSS アンテナ及び動揺計測センサーの位置関係が、極力、不変になるように工夫した。(写真 1 - 1 参照)







巻き上げ用ウインチ



先端がトランスジューサー



トランスジューサーのケーブルはパイプの中を通している



船橋上の二つの Trimble D-GNSS アンテナ



船底の重心に取付けた TSS DMS-10



左から UPS, GNSS 受信機(黄色), SIM と Junction Box, SONIC 送受信信号制御 PC, HYPACK 用 PC



DHSDAS 測深状況



操船用誘導モニター



測量船 (PAS 警備艇)



エアコン(ドア奥)と発電機



艀装完了、進水へ(2014. 1. 31)

### 写真 1-1 機材の準備・艀装の状況写真

また、高温多湿の気象条件下、一日 8 時間の測深を数月に亘り実施する水路測量期間の IT 機器への影響や測量船の供給安定電力を考慮し、8kVA の発電機、安定化電源及びエアコンを装備して測量船運航員、C/P、調査員が長時間に亘る水路測量を実施できる調査環境を整えた。しかしながら、当初プロジェクト開始時に調達した発電機は 2 年間の波しぶきを被る等の過酷な海上作業環境でかなり劣化していたため、延長プロジェクトにおいては新品に交換してデータ収録を行った。

<データ処理>

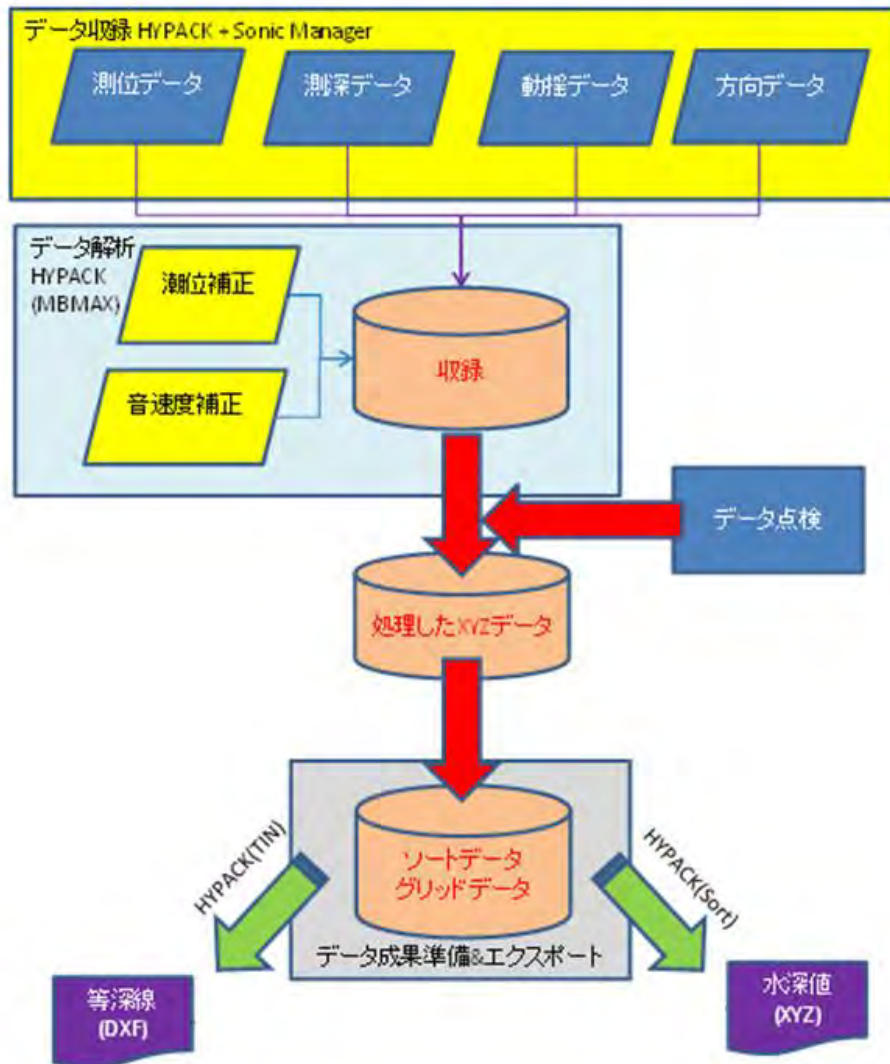


図 1-4 MB 測深データ処理フローチャート

DHSDAS により収録されるデータは膨大で、1 日（8 時間）程度測深して収録される水深データ量は約 0.2GB になる。この収録生データを Digital Hydrographic Survey Data Processing System: DHSDPS により、対話式でコンピュータ処理を行い、DTM ファイルやデジタル測量原図ファイルを作成した。本プロジェクトでは、測深に実質 120 日が見込まれたことからデータ量は約 24GB になった。海上保安庁積算目安資料を基に積算すると、延べ 115 ヶ月程度が必要となる。（実収録データは、Side Scan Image 記録も収録するため、6 倍程度のデータ量となっている）。これらの DHSDAS にて得られた収録データは、後述の「2-6-6 (6) 海図情報データ処理」に示す手順で処理した。このため、DHSDPS によるデータ処理は、現地作業と国内作業を半々で行う方針で実施した。なお、延長プロジェクトにおけるデータ処理のデータ量は、10GB 程度が見込まれた。8 人の C/P に全てのデータ処理を実施しつつ、成果の品質保証の検査・検証のために調査団技術者による国内でのデータ処理も併行して行った。

#### 技術面の基本方針 4：海図（電子海図）編集

一般的に電子海図作成システムで使用されるソフトウェアとして、カナダの“CARIS”、ドイツの“SevenCs”、日本の“Chart King”がある。SevenCs ソフトは、電子海図作成専用に開発された経緯があり、コンパクトにできており、CARIS に比べて価格も半額程度であることから、海図（電子海図）刊行版数が比較的少ない欧州やアジア地域の水路部で使用されている。以上の観点から MPWT/WD が電子海図を作成・維持・更新していくには SevenCs システムが最適と認定され調達された。

通常、電子海図は既存の紙海図をスキャンしてラスターデータを作成し、数値化して各種海図情報をベクタ化していくのが常であるが、本プロジェクトでは測量原図ファイル（SHAPE,CAD）から IHO 電子海図作成仕様（S-57）に変換するソフト（FME）により電子海図ファイル（S-57 フォーマット）を作成した。

延長プロジェクトで作成した電子海図は、英版海図 2103 の中縮尺 1/150000 をベースに、必要最低限の海図情報データの収集作業により作成することから、既存の紙海図をスキャンしてラスターデータを作成し、数値化して各種海図情報をベクタ化していく手法を併用した。

#### 技術面の基本方針 5：持続可能な人材育成の体制

MPWT/WD から 2011 年、2013 年の JICA 集団研修「航行安全・防災・環境保全施設立案のための海洋情報整備（国際水路測量 B 級認定）」に 5 人が参加・修了している。この 5 人は本プロジェクトの水路測量分野の C/P として予定されていたが、一人は WD を辞職している。残り 4 人に対し、上記研修の知識と技術を基に、電子海図作成情報収集のための DHSDAS 作業（実質約 6 ヶ月）からデータ処理段階（約 7 ヶ月）までの OJT を施すことにより、今後の MPWT/WD の中心的な水路測量技師になるよう育成する予定であった。しかし、MPWT/WD から 4 人の C/P の追加教育を要請され、計 8 人の C/P に技術移転することになった。

他方、海図（電子海図）編集の人材育成に関しては、事前調査時に Mekong River Committee(MRC) の Electronic Mekong River Atlas (EMRA)事業に参加した MPWT/WD の職員が予定されていたが、その職員は WD を離れていたため、新たに IT 技術に秀でた 2 名が 8 人の C/P から選出された。この EMRA は国際海図仕様とは異なるものの、電子海図作成の国際仕様（S-57）に準拠して作成されている。EMRA の描画内容を調べた結果、電子海図データ構造形式の第一段階作業にあたることを確認できた。このことから選出された 1 名の C/P は、S-57 に関してはある程度の知識は有していると思料された。しかし、詳細計画策定調査報告書によれば、C/P の海図編集経験・能力の度合いの判断に一抹の不安が残るとあった。複雑で多様な電子海図作成作業に順次対応出来るように作業マニュアル（各工程の作業手順）等を準備し、技術移転を受けた C/P が他の C/P やその他の MPWT/WD 職員に技術移転が出来る環境を整える体制（エコートレーニング）を築く方針とした。また、海図編集の基礎知識を固めるため、海図（電子海図）本邦研修の機会を増やし、海図編集専門家による海図基礎知識に関する研修を計画し実施した。

#### 技術面の基本方針 6：広報活動・利活用促進、セミナー開催

本プロジェクトの終盤にセミナーを計画した。セミナーは、SHV 港周辺電子海図等の成果品を作成するに至る技術移転の内容を中心に C/P と調査団により発表し、ENC の有用性について周知するとともに成果品の利活用を図る方針で開催した。なお、セミナー開催については、自立発展性

を促す観点から C/P が自ら計画、実施するよう指導した。また、技術移転セミナーの開催と併せて、技術進歩や地域間の課題についての情報共有を行う目的で、周辺国の東アジア水路委員会(EAHC)メンバーも招集した。

当初プロジェクトが1年延長になったことから当初プロジェクトの区切りとして2015年12月18日にC/P主導のもと、PASでENC WORKSHOPを開催した。上述のセミナーは1年延長して2016年12月に開催した。

#### 1-4-2 運営面での基本方針

##### 運営面の基本方針 1：全般的事項運営

本調査の実施にあたって、調査団員全員が日本政府の技術協力について十分な理解と認識の下に進めるものとし、その徹底を図るための意思疎通を計画的に行うものとした。

##### 運営面の基本方針 2：安全・環境対策

調査においては、JICAが定める安全対策措置を取り実施することとした。また本調査での水路測量は、海上作業であることから天候の急変などにより、調査員の海中落下等が発生する状況も考えられるので、海洋調査協会発行の海上作業安全指針を徹底させるとともに、常時、最新の海外安全情報を入手し、早めの対応をとるようにした。

##### 運営面の基本方針 3：調査実施体制

現地作業は調査団とC/Pで構成して行った。その実施内容は、以下のとおりとなった。

- (1) 調査団長/総括（管理・水路測量・電子海図作成）
- (2) 副総括（管理・水路測量）
- (3) 誘導・水路測量
- (4) デジタル水路測量1・2
- (5) 基準点・水準・地形測量
- (6) GIS・CAD
- (7) 海図（電子海図）作成指導
- (8) 海象観測
- (9) 業務調整／水路測量補助

現地作業として実施する基準点測量及び水路測量・補測調査については、MPWT/WDのC/Pと協働して行った。調査団の構成は、別添調査団員の参照。MPWT大臣とJICAカンボジア事務所所長を共同議長とするJCC及びタスクフォースミーティングにおいて、本調査の経過報告を行った。

延長プロジェクトにおいてもMPWT/WDの意向を受け、C/Pは8人とした。

##### 運営面の基本方針 4：セミナーの開催

プロジェクト終了時に技術移転成果の公表、最終成果品である海図（電子海図）の普及及び利活用を目的とした技術移転セミナーを計画する。本技術セミナー実施にあたり、MPWD/WDが主体的に実施出来るよう、調査団が支援した。なお、オープニングワークショップの開催を予定していたが、MPWTからの要請でクロージングワークショップを2015年12月18日にPASにて開催した。

## 運営面の基本方針 5：安全管理

調査団及びC/Pの安全管理については、貴機構の安全基準を遵守し、その徹底を図った。6月～9月の雨季には高温多湿状態が続くので、その時期の現地調査を避ける計画を立案し実行した。

### 1-5 延長業務に関する事項

2014年頃、「カ」国の経済発展によるコンテナの扱い量の増加に伴い、SHV港が多目的岸壁増設を計画する中、コンテナ船の出入港増加に加え、乾季には年間30隻以上の6万TG級の国際クルージング船（例：MS Queen Elizabeth）がSHV港に寄港している。この状況等を踏まえ、「カ」国海事関係者及びPAS運営者から、SHV港へ進入するための英版海図2103（1/150,000）に対応した航海目的3（沿岸航海）の中縮尺電子海図作成について要望が上がり、2015年4月22日の第3回JCCにおいてMPWTから本プロジェクトの延長要請がなされた。JICA調査団より、当初プロジェクトにおいて水路測量からENC作成に関する一連の技術移転は一通り実施したが、技術面や組織の脆弱性から見て水路測量・海図編集技術の継続性を担保できる状態になるためには、更なる経験値の蓄積が必要との報告を受けたJICAは、先方政府の要請、延長プロジェクト対象範囲、内容等をJICA調査団に確認した上で、MPWTと協議し延長プロジェクトに係るR/D改定に必要なMinutes of Meeting(M/M)を纏め、2015年11月10日、MPWT大臣及びJICAカンボジア事務所所長により同M/Mに署名がなされ承認された。延長プロジェクトは、同M/Mにより加筆された改定R/Dに基づき実施された。（詳細 付属資料1参照）

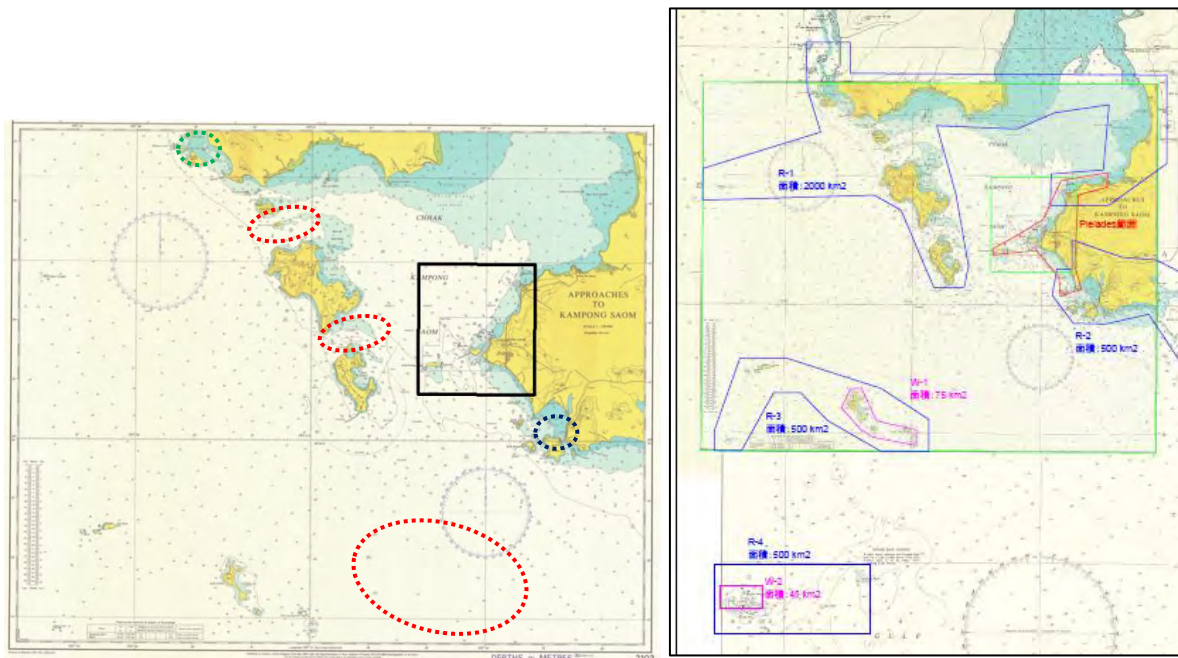


図1-5 延長プロジェクトの範囲

図1-5の左図及び右図（緑枠内）が延長プロジェクトにより航海目的3で電子海図を作成した区域。なお、左図の黒枠は当初プロジェクトにより航海目的5で電子海図を作成した区域

1-6 調査団員の構成

表 1-2 調査団員の構成

担当分野	氏名	派遣実績		回数	日数
		年度	地域		
総括	穀田 昇一	2013 年度	現地	1 回	50 日
			国内		45 日
		2014 年度	現地	4 回	205 日
			国内		53 日
		2015 年度	現地	3 回	112 日
			国内		105 日
		2016 年度	現地	4 回	139 日
			国内		37 日
副総括	川井田 敏久	2014 年度	現地	2 回	44 日
			国内		
		2015 年度	現地	1 回	17 日
			国内		15 日
		2016 年度	現地	2 回	31 日
			国内		27 日
基準点・水準・地形測量	高梨 健	2013 年度	現地	1 回	30 日
			国内		15 日
		2014 年度	現地	1 回	14 日
			国内		7.5 日
		2016 年度	現地		
			国内		10 日
海象（潮汐／潮流）	渡辺 一史	2013 年度	現地	1 回	30 日
			国内		
		2014 年度	現地	1 回	14 日
			国内		
		2015 年度	現地		
			国内		29 日
		2016 年度	現地		
			国内		20 日
			高下 桂	2016 年度	現地
			国内		10 日

海上作業指揮	牧内 久明	2014 年度	現地	2 回	152 日
			国内		
		2016 年度	現地	1 回	57 日
			国内		
デジタル水路測量 1	清水モーガン	2013 年度	現地	1 回	30 日
			国内		
	長谷川 徳行	2014 年度	現地	1 回	92 日
			国内		
	宮村 茂	2013 年度	現地		
			国内		15 日
		2015 年度	現地	1 回	7 日
			国内		
		2016 年度	現地	3 回	42 日
			国内		12 日
デジタル水路測量 2	ワキットウォークレン キ ティサック	2014 年度	現地	3 回	228 日
			国内		10 日
		2015 年度	現地	3 回	112 日
			国内		10 日
		2016 年度	現地	3 回	136 日
			国内		10 日
GIS・CAD 1	渡辺 一史	2014 年度	現地	1 回	59 日
			国内		
		2015 年度	現地	2 回	94 日
			国内		
		2016 年度	現地	2 回	73 日
			国内		
GIS・CAD 2	池田 良生	2016 年度	現地	2 回	60 日
			国内		10 日
海図（電子海図）作成指導	中川 一郎	2013 年度	現地		

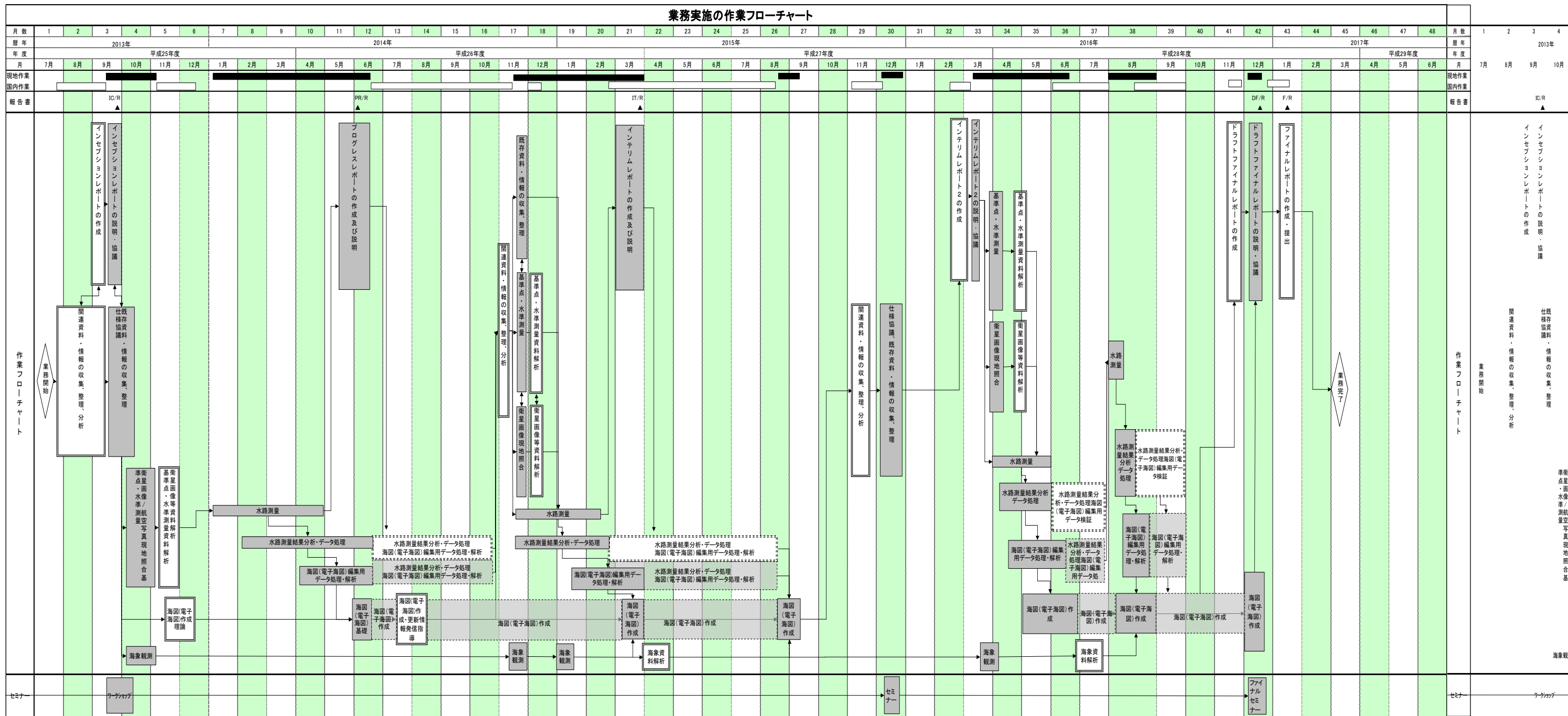
			国内		30日
		2014年度	現地		
			国内		9日
		2015年度	現地	2回	20日
			国内		12日
		2016年度	現地	4回	49日
			国内		9日
業務調整／水路測量補助	高下 桂	2013年度	現地	1回	30日
			国内		
		2014年度	現地	5回	87日
			国内		
		2015年度	現地	4回	57日
			国内		
		2016年度	現地	1回	27日
			国内		
	田村 尚美	2016年度	現地	4回	55日
			国内		

※派遣回数・日数は、自社負担分含む



1-7 業務の実施工程

表1-3 業務実施の作業フローチャート



## 第2章 業務の実施内容及び結果

### 2-1 (1)-a 関連資料・情報の収集、整理、分析（国内作業）

現地調査開始前に国内において、以下の作業を実施した。

- (1) 英国水路部発行の潮汐表を購入及び弊社が独自に収集した潮汐資料を整理した。
- (2) 衛星画像（海岸線データ航海目標等の陸部海図情報）を購入した。
- (3) IHO 水路測量基準（S-44）及び電子海図作成基準（S-57）の説明資料を作成した。

### 2-2 (1)-b 調査の基本方針、工程、手順検討（国内作業）

上記(1)-aの結果を踏まえて、以下の調査実施の基本方針、方法、項目、内容、工程、順実施スケジュールを検討し、現地での調査実施体制を構築した。

- (1) SHV 港内に設置する験潮所（器）修理仕様
- (2) SONIC2020 送受波器の艀装要領
- (3) デジタル水路測量データ収録・処理要領
- (4) 電子測量原図作成要領
- (5) 海図（電子海図）編集要領
- (6) 本邦・第三国研修及び現地 C/P 研修の基本方針、研修要領、工程等

### 2-3 (1)-c 事前準備作業（国内作業）

上記と並行して以下の現地調査準備作業を実施した。

- (1) 調査実施体制の構築
- (2) 現地再委託、傭人、機材調達の手配、衛星画像（PLEIADIS0.5m）の解析
- (3) 調査機材の調達、艀装要領
- (4) JICA 本邦調達機器の機能検査（2014.12.16:千葉県保田港で実施、第5章参照）

### 2-4 (4) 仕様協議（現地作業）

SHV 港周辺水路測量手法及び電子海図の仕様について、第1回タスクフォースミーティングの場で説明/協議し、合意を得た。その結果を一部議事録に記載した。

### 2-5 (5) 既存資料の収集、整理（現地作業）

「カ」国政府が保有する本調査で活用可能な以下の既存のデータを入手した。

- (1) 国土管理都市計画省が所有する SHV 港周辺の国家基準点成果（メインレポート付属資料参照）
- (2) PAS 等が所有する水準点（BM）等の成果
- (3) SHV 港周辺の英版海図
- (4) 英国水路部発行東南アジア諸国潮汐表

## 2-6 (6) 海図情報データ収集、処理、分析（現地・国内作業併用）

### 2-6-1 海図基準面決定

IHO は、海図の基準面として国際的に天文最低低潮面（Lowest Astronomical Tide : LAT）を採用するよう勧告している。カンボジアには継続的に潮汐観測をしている永久験潮所がないことから長期の潮汐観測データがない。通常 LAT の値を得るには、最低 1 年間以上の潮汐データを取得し、潮汐調和解析を行う必要があった。それにより 60 分潮（振幅と時間差を表す角速度）の値を得て、その値を基に月の昇交点周期 18.6 年を鑑み、19 年間の潮位予測（推算）を行い、19 年間で最も低い潮汐推算値を示す値を LAT と規定している。本プロジェクトでは、海図基準面（水深 0m）として、主要 4 分潮の和である略最低低潮面（PAS の港湾建設基準面と同じ）で水深改正を行っていた。しかし、先に述べた EAHC の支援の高まりの中、2015 年 8 月頃完成予定の ENC を英国水路部の ENC に反映させる話し合いが持たれたことと、英国海図は IHO の勧告に対応し LAT を海図基準面として採用していることから、本プロジェクトにおける海図基準面も LAT を採用することとした。

2013 年 11 月～2014 年 10 月の期間に観測された SHV 港潮汐データを使用し、調和解析を実施した。更に調和解析結果の 60 分潮を使用して 19 年間の潮汐推算を実施した。その結果最も低潮を示したのは、2022 年 7 月 15 日 08:00 で、その値は平均水面下 0.99m であった。

### 2-6-2 (6) 基準点・水準測量等（現地作業）

SHV 港周辺海域の海図(電子海図)作成に係る海岸線、航海目標等の陸上対象物の位置座標を決定するため、第 2 章 2-1 で取得した PLEIADIS 衛星画像に Geo-Reference（海面付近の画像 2 次元偏歪修正）を施すために適した海岸線付近の顕著な標定点（上空が開けた防波堤角、露岩、屈曲岸壁部等の極力海面に近い場所）を選定した。National GPS Network Point: NGP を基に GNSS 観測を実施し、標定点群の測地座標を求めた。標定点や航海目標の高さは、必要に応じて PAS の水準点（MSL 上 2.14m）を基にした簡易水準測量を行った。但し標定点近傍に水準点が存在しない場合は、GNSS 観測により得られたジオイド高を基に GNSS 観測で得られた楕円体高から高さを算出した。標定点や航海目標の測定結果を Geo-Reference Point Book として纏めている。SHV 港内の BM と SHV 港内に設置した験潮器の基点（BM）間で水準測量を C/P と協働で実施し、併せて必要な技術移転を行っている。

#### (1) 基準点測量

##### 【標定点配点計画】

GNSS 観測に先立ち、PLEIADIS 衛星画像上で、対象地域の海岸線を抽出するための標定点の配点計画を行った。標定点の配点計画は、本作業の目的が海図に記載する海岸線を抽出することを念頭に、海岸線付近の PLEIADIS 衛星画像上で見極めやすく、上空が開けた地点（岩礁、防波堤角等）を選択した。

##### 【GNSS 観測】

Leica 社製 2 周波の GNSS 受信機を使用して、「カ」国家 GPS 基準点(National GPS Network Point)を基点として、選定した標定点間で GNSS 観測を行った。主要基線間で三角網を組んで、10km 以上は、観測精度を考慮し 2 時間以上の連続観測を、補助基線については 1 時間程度の観測を実施し、基線解析を行った。

### 【標定点明細簿】

GIS ソフトによる衛星画像の偏歪修正作業のための標定点の座標、標高、見取り図、地上写真、衛星画像シーン画像番号等を所定の書式に則り、標定点明細簿を作成した。

延長プロジェクトでも、海図(電子海図)作成に係る海岸線、航海目標等の陸上対象物の座標決定のため、第2章2-1で取得した Rapid Eye 衛星画像及び World View 衛星画像等について、当初プロジェクトと同様の Geo-Reference を施すため、標定点をを選点し GNSS 観測を実施した。

### (2) 水準測量

カンボジア国において高さの基準となる国家基準面(0 m)と SHV 港の局地的な平均水面(本プロジェクトで作成する海図の高さ、深さの基準となる)との関連を把握するために、PAS 水準点(BM)と PAS 験潮所に新設した ENC-BM との間で水準測量を実施した。

カンボジア国では、一般的な高さの基準として、ベトナムとカンボジアの国境付近に位置する Ha Tien の平均水面を基準(0 m)としており、長距離水準測量により公共水準点(BM)の高さを決定している。因みに、PAS水準点(BM)の国家基準面高は4.12mである。

水準測量の結果、本プロジェクトで1年間観測(2013年11月～2014年10月)した潮汐の平均水面と国家基準面との差は17cm程度であった。

### 2-6-3 (6) 衛星画像/航空写真現地照合(海岸線、地勢)-現地・国内併用作業

国内・現地作業における海岸線数値図化/編集作業の能率及び精度向上のため、標定点や地上航海目標等を GPS 付デジタルカメラで撮影し、地上写真及び GPS 付デジタルカメラによる座標値、見取り図で構成した水路測量標記事を作成した。海図は縮尺 1/20,000 で計画しているが、SHV 港付近の電子海図の海岸線に関しては、縮尺 1/10,000 でも対応できる精度で、同様に延長海域については縮尺 1/80,000 に対応する精度で、Geo-References 修正処理後の衛星画像から海岸線を抽出してデジタル海岸線ファイルを作成した。衛星画像と現地状況を比較し、変化が認められる海岸線部分は、補完測量を行って現状に一致させた。

### 【Geo-References 修正処理】

衛星画像は、第2章2-6-2に述べた標定点の GNSS 測量結果を基に、Geo-Reference 修正処理を施した。その後、縮尺 1/10,000 相当の電子海図に記載(表示)するための海岸線数値データ及び推定低潮線数値データを抽出した。

### (1) Geo-Reference 処理による GCP 位置と衛星画像の調整 (日本国内の作業)

- 1) 衛星画像を AutoCAD Map 3D 上にインポート
- 2) 衛星画像上に GCP 点(GNSS 成果)をプロット
- 3) AutoCAD Map 3D の Rubber sheet function を利用して GCP 点を衛星画像上にあてはめ、衛星画像の歪みを修正した。このため、GCP 点は衛星画像上で見分けやすく、極力、海面に近い岸壁の角付近、灯標付近等で、かつ、GNSS 観測が可能な場所を選定している。(本作業は海岸線を抽出することを目的としているため、オルソ画像のように高度の修正の必要が無いことから、2次元的な画像の歪み修正に留意している。)

## (2) 海岸線データ抽出 (海岸線ファイル作成)

衛星画像を修正した後、AutoCAD 機能を利用して海岸線形状を計測し、自然海岸（岩、砂、泥等）及び人工海岸（護岸、栈橋、石積等）の属性を付与したレイヤー構造の海岸線基ファイルを作成した。

図 2-1 は、描画した海岸線をそれぞれ人工海岸（桃）、岩海岸（赤）、砂海岸（黄赤）及び陸部の道路（黄）にレイヤー分類した図である。図中の左欄は、属性が付加された海岸線がレイヤー分類されたファイル構造を示す。

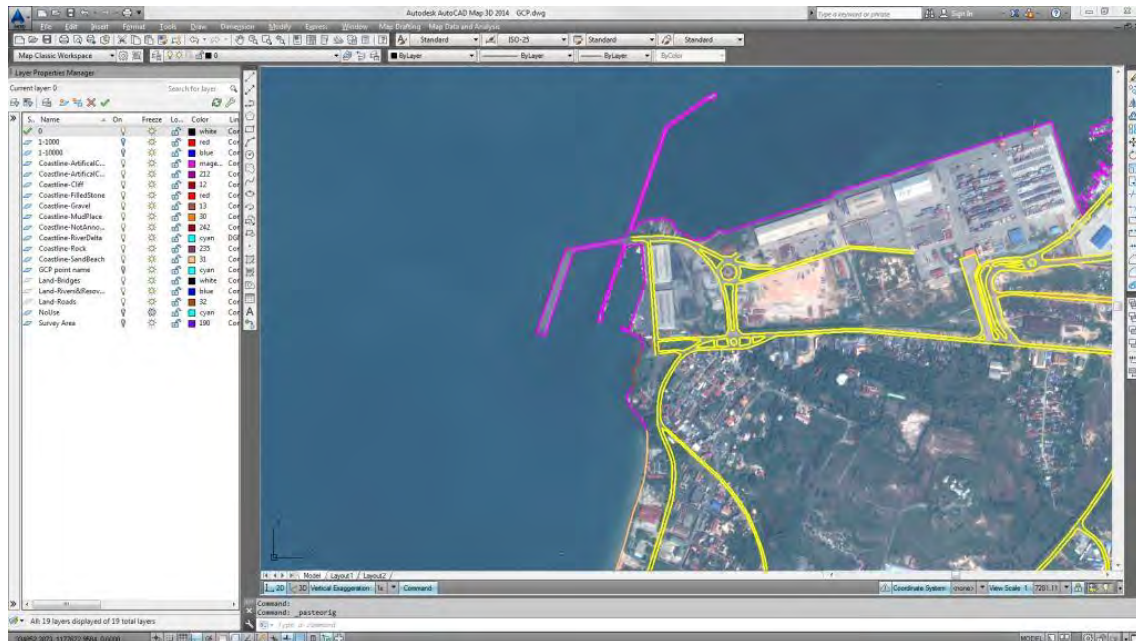


図 2-1 IHO S-57 に沿った種別ごとにレイヤー分けした海岸線等

## (3) 衛星画像から抽出した海岸線等の現地照合 (カンボジアでの現地作業)

- 1) 上記で作成した海岸線ファイルを“HYPACK SURVEY”にインポートして、DHSADS の位置測定機能を利用し、顕著な栈橋角付近等との海岸線位置関係をチェック（照合）した。
- 2) 衛星画像から種別等が判別できない海岸線は、現地において測量船より GNSS 搭載デジタルカメラで現地の海岸線を撮影し、その写真にて海岸線の種別を確認して決定した。イールを衛星画像に重合した図である。

### 2-6-4 (6) デジタル水路測量データ収録 (現地作業)

MB 測深方式は、近代水路測量の中核を成す測深システムであり、全てのデータをデジタル化して収録・処理する。測量方法・期間及びデータの保存方法まで大きな変革をもたらした。

本調査においては、プロジェクト対象域の海図情報を収集するため、国際水路測量基準 (S-44) に準拠した MB 測深を実施した。S-44 の水深精度を保つため、第 1 章 1-4-1 技術面の基本方針 3 に述べたとおり、DHSADS を採用して不確実な誤差要因を極力最小化している。また、測量船の舷側に MBES の送受波器を速力 8 ノットでも長期間安定して測深できる艀装を行った。

また、IHO 規定の測量階級 1 a 級で規定する障害物を検出できるよう測深線間隔を設定している。

DHSADS の収録ソフトウェアは、HYPACK を 2 ライセンス調達して使用している。水路測量時には、国際水路測量 B 級認定者 4 人を中心に DHSADS の運用に係る OJT で送受波器艙装要領、調査線設定要領、GNSS 受信機と送受波器及び動揺計測センサー出力データの同期・パッチテスト要領、IT 機器の保守要領、受信信号とノイズ比 (S/N) 関係等を行った。

海上位置測定においては、SBAS (Satellite-based Augmentation System) を使用する D-GNSS で測位する予定であったが、サービス状況が思わしくなく、GNSS 単独測位で実施している。定点観測で検証した結果、必要とする約 2m 程度の海上位置精度は保たれている。

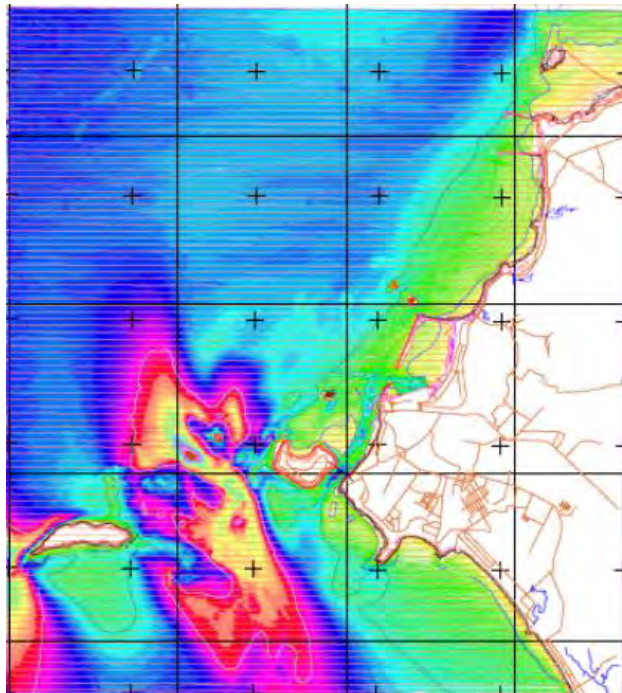


図 2-2 当初プロジェクトの水深段彩図の速報版

図 2-2 は、MB 測深がほぼ終了した 2014 年 5 月時点での測深状況図 (緑: 水深 10m 以下、青: 10-20m, 桃: 20-30m, 赤: 30-40m, 濃茶: 40m 以上) で、50m 測深線間隔測線が終了したことを示す。また水深 10m 以深は、ほぼ面的に測深していることを示す。海図に記載すべき船舶に危険な海域や島々の低潮線、2m 等深線の描写に必要な測深データも取得した。



写真 2-1 使用した測量船

上記、左の写真が MB 測深に、右の写真がシングルビーム (以後 SB) 測深に使用した船である。

2014年2月3日から5月9日の第1次水路測量での実質測深稼働日数は65日、総測深距離は約6266kmである。2014年11月から12月の第2次水路測量での照査線、補測・再測等による実質稼働日数は10日間で測深距離は466kmになった。

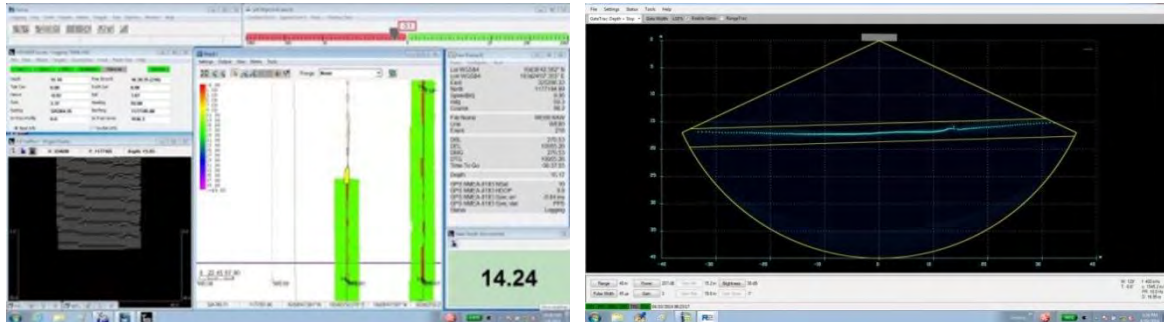
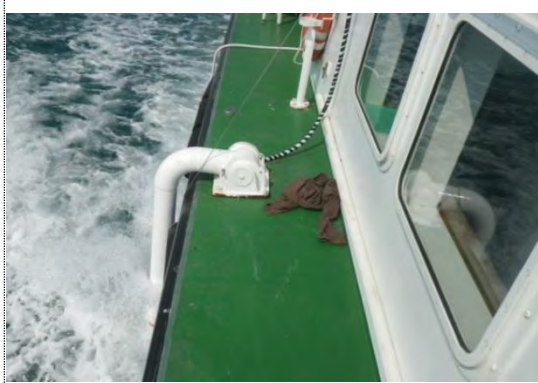


図 2 - 3 HYPACK Survey 操作・誘導画面と SONIC 2020 制御用画面

図 2 - 3 の左図は、MB 測深操作及び測量船誘導用の HYPACK & HYSWEEP ソフトウェアによる操作画面を示す。左図右上にモーションセンサーの Roll, Pitch, Yaw 等のデータ、左側に GNSS による測量船位置情報をリアルタイムに表示している。左図中央は、測量船が設定測線上を航走(測深)し、帯状に測深データが取得されている状況が見て取れる。左図左下は簾図と云われ、右図 (SONIC2020 制御画面) の 130° 扇角で海底を捉えた 1 ショットの地形断面を連続データで示す。因みに水深にもよるが SONIC2020 は 1 秒間に 10 回程度の送受信を繰り返して海底から反射した信号を 256 個の水深データに変換して収録している。右図は、SONIC 2020 の制御画面である。送受信音波のパラメータ (出力、利得、レンジ、パルス幅) を適切に調整して受信信号とノイズの比率 (Signal/Noise) が最大になるよう操作しながら測深を実施した。

写真 2-2 に示す写真は、MB 測深と SB 測深の状況を示す。写真(1)は、MB 測深実施中の測量船内の状況で、操船者が左の誘導画面を見ながら測線上を極力外れないように操船し、2名のオペレータ(調査団員と C/P が交互に交代)が SONIC2020 制御用 PC と HYPACK 画面を操作している。操船者の横に PAS の支援職員が周囲の安全確認をしながら他船との行き会い関係及び進行方向の流木等との衝突回避に努めている。



(1) 安定した送受波器艙装システムの様子



(2) DHSAS の操作  
左 : SONIC Control (測深)  
右 : HYPACK SURVEY (測位, 誘導, 収録)



(3) 測量船内の DHSAS による MB 測深の様子  
上部左 : 操船誘導画面  
上部右 : 誘導指示, 通訳, 見張り



(4) SB 測深の様子 1 (調査団員と C/P)



(5) SB 測深の様子 2 (調査団員と C/P)

写真 2-2 DHSADA の収録の状況写真



2-6-5 (6) 海象観測（潮汐・潮流）（現地作業）

SHV 港の旧験潮所跡に 2 年以上の潮汐観測が可能な大気補正機能付き水圧式験潮器（RMD5225WL-B）を設置し連続観測を行うとともに、水路測量期間中に水圧式験潮器（RT710）をプロジェクト対象地域内の別の箇所に設置し短期観測を行った。

また、船舶航行上危険を伴う狭隘部などにおいて海図記載に必要な潮流観測を行った。

潮汐観測・潮流観測時には、C/P 4 名に対し一週間程度、潮汐・潮流データ取得要領に係る講義及び同時験潮による験潮記録の縮率計算並びに長期運用保守要領の実習を OJT で行った。

(1) 潮汐観測

写真 2-3 は、2013 年 10 月に実施された旧験潮所の改修工事と 2 台の水圧式験潮器を設置した時の状況である。験潮器設置後、験潮器の縮率等を験潮するため 10 月 24 日から 25 日に掛けて 24 時間同時験潮観測を C/P とともに実施し、潮汐観測の重要性を説明するとともに機器の取り扱い、観測要領の OJT を実施した。

【験潮所改修作業】



写真 2-3 験潮所の改修作業の状況写真

a) 潮汐調和解析

1. 観測された 10 分間隔の潮位データを平滑し、毎正時の調和解析用データを作成した。計算は毎正時を含む前後 30 分 30 分の 7 個の平均値とした。
2. 解析期間は 2013 年 11 月 1 日から 2014 年 11 月 2 日として調和解析を実施した。
3. 1 年間の潮汐観測データによる調和解析から得られた 60 分潮の調和常数を表 2-1 に示す。

調和解析の結果を基に毎正時値による各日の最高、最低潮位を作成した。また、調和解析によって得られた調和定数による同期間の推算結果及び推算残差を算出した。更に、同調和常数の主要 6 分潮による四季曲線計算し図表を作成した。

表 2-1 調和解析結果表 (60 分潮の調和常数)

***** ANALYSIS OF TIDAL HARMONIC CONSTANTS *****							
AREA		: Cambodia					
STATION		: Sihanoukville					
TIME ZONE		: -7.0					
LATITUDE		: 10 38 35 E					
LONGITUDE		: 103 30 3 N					
DURATION		: NOV. 1, 2013 - NOV. 2, 2014					
CENTRAL DAY		: MAY 3, 2014					
METHOD OF ANALYSIS:		LEAST SQUARE METHOD					
SYMBOLS	H (CM)	K (DEG.)	G (DEG.)	SYMBOLS	H (CM)	K (DEG.)	G (DEG.)
SA	19.52	276.7	277.0	KJ2	0.19	185.8	193.2
SSA	3.99	99.9	100.5	M2	11.41	351.2	347.1
MM	1.79	286.1	289.9	2SM2	0.29	259.1	269.2
MSF	1.13	266.9	274.0	OP2	0.82	70.7	66.0
MF	2.22	265.8	273.4	MKS2	0.87	48.3	44.7
S1	0.47	312.0	313.5	N2	2.45	341.0	333.1
K1	24.94	120.9	122.7	NU2	0.29	20.7	13.3
P1	7.48	122.3	123.5	MU2	0.64	342.3	331.1
PI1	0.40	148.7	149.6	2N2	0.49	303.9	292.2
PSI1	0.10	193.9	196.0	MNS2	0.32	287.7	272.7
PHI1	0.43	116.6	119.0	OQ2	0.36	142.9	127.3
M1	0.92	106.6	104.5	SK3	0.27	286.8	291.6
THETA1	0.24	164.8	169.9	MK3	0.86	249.9	247.6
J1	1.31	166.2	171.8	SO3	0.66	274.8	271.9
CAI1	0.05	242.3	240.8	M3	0.11	0.6	354.4
O1	18.82	87.2	81.3	MO3	0.59	211.3	201.2
MP1	0.66	171.5	166.2	S4	0.04	231.2	237.2
SO1	0.89	307.6	316.5	SK4	0.11	225.7	232.3
OO1	1.90	136.8	146.3	MS4	0.34	212.4	211.3
RHO1	0.97	79.3	70.1	MK4	0.12	134.7	134.2
Q1	3.92	70.3	60.6	SN4	0.14	232.2	227.3
SIGMA1	0.60	112.1	99.1	M4	0.42	159.5	151.3
2Q1	0.53	58.1	44.5	MN4	0.21	132.8	120.7
S2	5.58	36.4	39.4	2SM6	0.07	235.5	237.4
T2	0.11	183.9	186.6	MSK6	0.08	68.4	70.9
R2	0.18	343.1	346.3	2MS6	0.23	119.3	114.1
K2	2.33	350.3	353.9	2MK6	0.02	111.1	106.5
L2	0.64	313.0	312.7	MSN6	0.13	91.5	82.5
LAMDA2	0.18	317.8	317.0	M6	0.17	109.4	97.1
MSN2	0.25	170.5	177.3	2MN6	0.10	92.3	76.2
				SO	1.510	(METER)	

b) 海図基準面

1年間の潮汐データがまだ得られない時期に、海図基準面の算出手法をC/Pに指導するため、暫定的に英国潮汐表からSHVの主要4分潮の和を求め、略最低低潮面からZO値（水深の基準面）を求め、暫定的な水深補正に用いた。

最終的には、2013年11月から2014年10月までの1年間に観測した潮位データから求められた調和定数を基に、以降19年間の推算潮位を算出し、その期間の最低潮位（天文最低潮位 LAT: Lowest Astronomical Tide）を水深の基準面とした。図2-4は、最終的な水深の基準面と高さの関係図を示す。

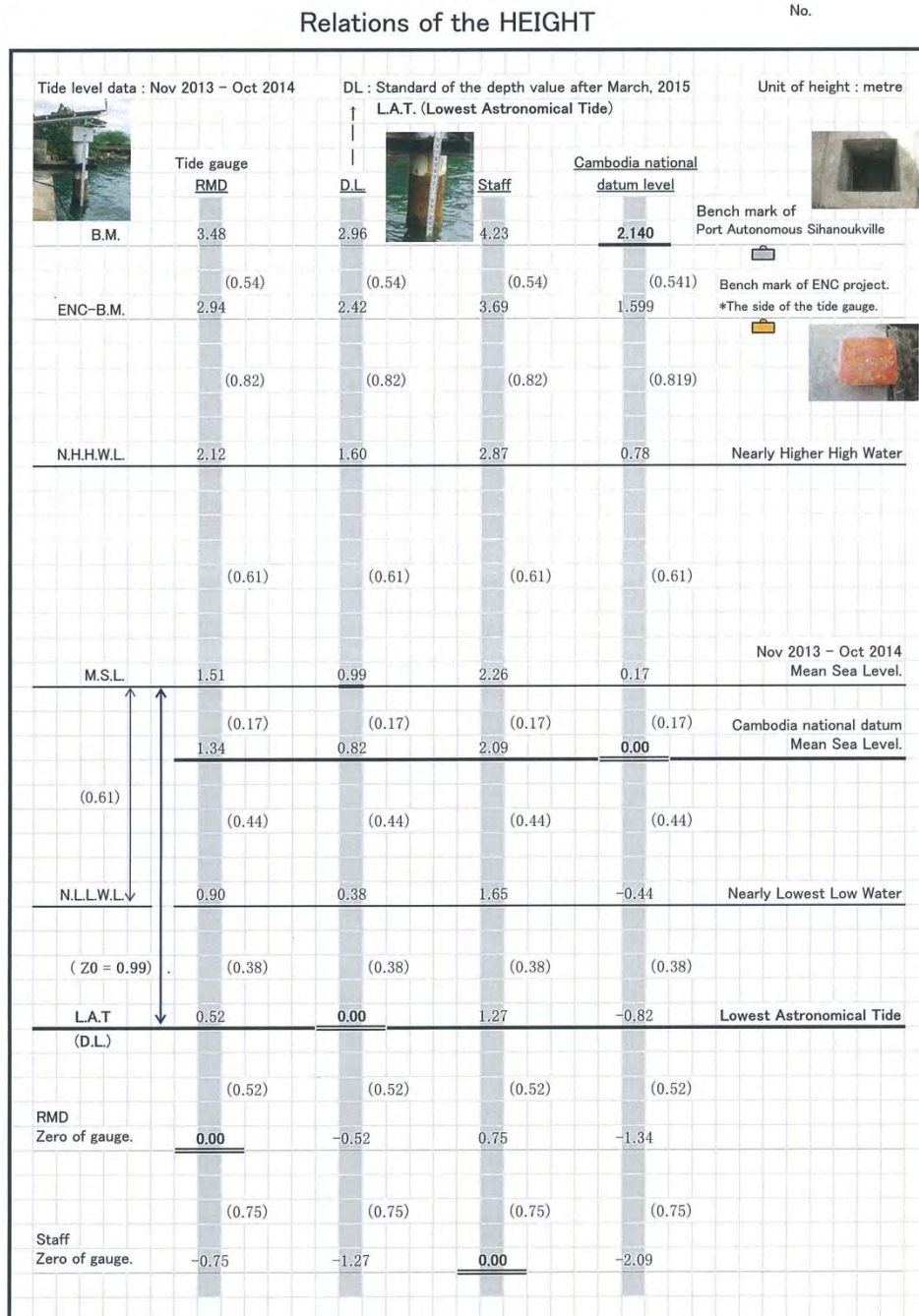


図2-4 最終的な水深の基準面（DL）と高さの関係図

(2) ADCP による潮流観測

2014年11月26日の大潮時に下げ潮流(Ebb Current)の最も強い時間と予測された15時から16時30分頃までJICAにより機材調達された音波ドップラー潮流計 (Sontek ADP500) (第5章参照)による潮流観測を実施した。その結果を図2-5の青矢符の連続観測として示す。KAOH POAHとKAOH DEK KOUL間及び旧南航路において海面下1m層で平均的に3ノット程度の南流(190°~200°)が計測されている。

上げ潮流の観測(2回目観測)は、1回目観測時の次の大潮時である2014年12月8日に実施した(図2-5 赤矢符)。この時期のSHVの潮汐は、上げ潮時間帯が夜間になることから20:00から22:30に観測を実施した。

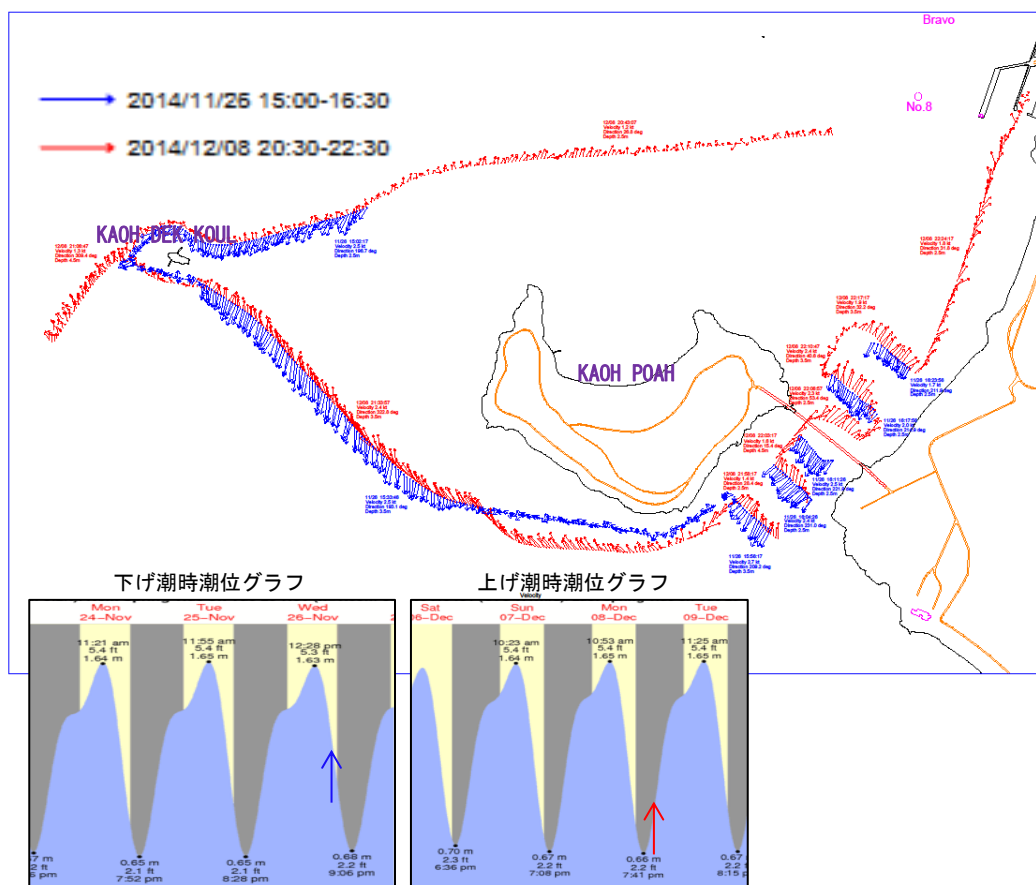


図2-5 ADCPによる潮流観測結果図(青矢符:下げ潮時、赤矢符:上げ潮時)

## 2-6-6 (6) デジタル水路測量データ処理（現地作業・一部国内作業）

デジタル水路測量データ処理システム（Digital Hydrographic Survey Date Processing System (DHSDPS) は、多量のデータを高速処理し、各処理工程の中間データを保存する容量を有するパソコン (PC) とデータ収録・解析に使用する水路測量ソフト HYPACK、並びに水深処理データ（低潮線ファイルや水深ファイル等）をカスタマイズする AutoCAD 等で構成されている。

数十 Gb に及ぶ MBES の測深生データに、潮汐補正、音速度改正、送受波器の動揺補正（Roll、Pitch、Yaw）、各機器間のデータ収録遅延補正等を施し、また、MBES の生データに付随するノイズデータを自動フィルタリングや手動でのノイズ除去処理を行い、マトリックス処理にて DTM データベースを作成した。図 2-6 に潮汐や音速度等の補正イメージを示す。

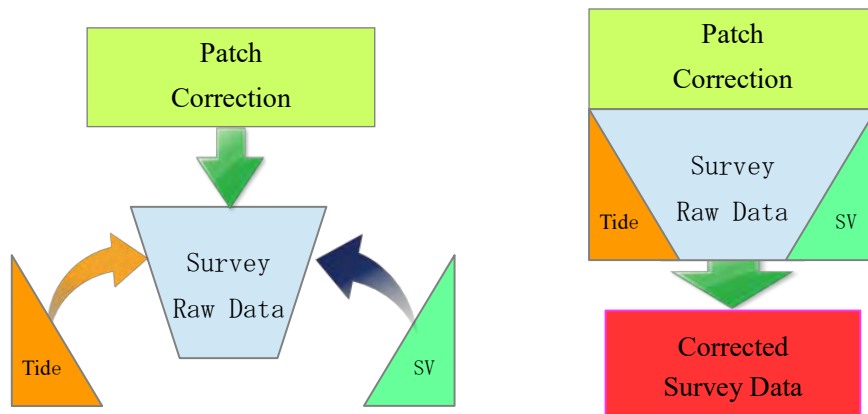


図 2-6 測深データと補正ファイルの関係

DTM データベースから、低潮線、等深線及び適切な水深選択等を行い、それぞれのファイルを基に GIS ソフトにより縮尺 1/10,000 対応のベクタ測量原図ファイルを作成した。

現地でのデジタル水路測量データ処理時は、OJT 方式にて C/P 4 人を中心に約 100 日程度の DHSDPS に係る技術移転を行った。

### (1) 各種補正

DHSDAS で収録したデータは、生データ（Raw Data）と呼ばれる。これに潮汐等の補正するため、各種補正ファイルを作成した。

#### 1) 潮汐補正ファイル作成

取得した潮位データは、験潮器の 0 位からの値なので、水深基準面 DL (LAT) の高さに変換し、更に測深データに加味した値が水深値となる。潮汐補正は、潮汐データ補正ファイルを基に HYPACK の処理により、測深データに潮汐補正を施した。

#### 2) 音速度補正ファイル作成

音速度は、水温・塩分濃度・密度等により変化する。測深作業では、現地の海域において、音速度計により表層から最深部まで各層の音速度データ (SV) を取得し、そのデータ基に音速度補正ファイルを作成した。音速度補正ファイルを基に HYPACK の処理により、測深データに音速度補正を施した。

### 3) パッチ補正ファイル作成

測量船に設置した動揺センサーが計測する Roll、Pitch、Yaw 及び GNSS 機器が計測する方位が、艀装時に設定した初期設定値（仮値）では実際の値に対し 3 軸方向にズレがあるため、適宜パッチテスト（キャリブレーション）を行い、送受波器とモーションセンサーや GNSS 機器との正確な位置関係（オフセット値）を算出した。MB 測深データはこのパッチテストの値を使用して補正した。

## (2) 測線毎のデータ処理

- 1) 海底付近以外のノイズを削除するため自動フィルタ値によりノイズを削除した。
- 2) HYSWEEP EDITOR の機能を使用して、フィルター処理及び手動でのノイズや偽データを削除した。この作業は、最も処理時間を必要とするデータ処理過程である。
- 3) ノイズパターンを画面コピーして各種ノイズサンプルシート作成した。これは、C/P への技術移転の一環作業である。
- 4) 海図に記載すべき重要な海底情報として、暗礁の最浅部や海底突起物、岩、漁礁、EO (Extraneous Object) 等にフラグを付加し、後の海図データ作成過程で、海図へ反映させた。

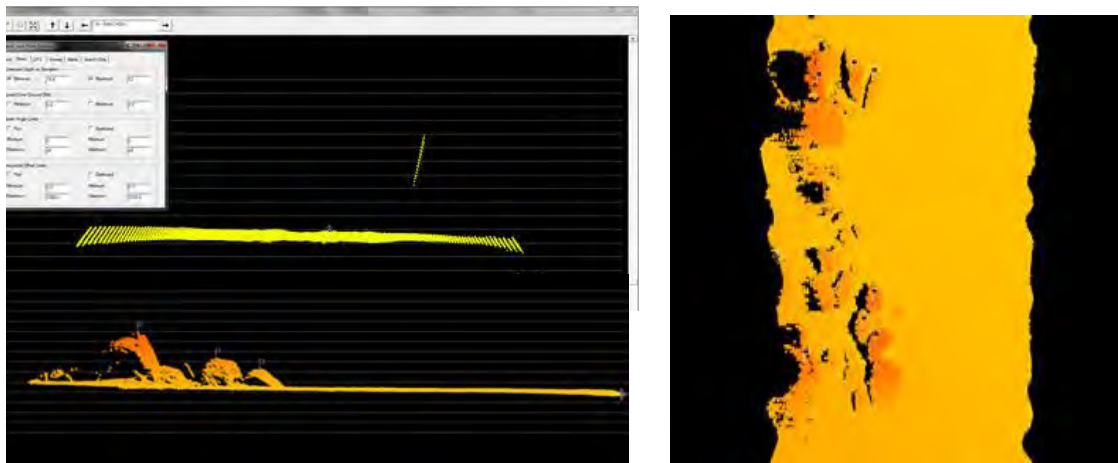


図 2-7 ノイズ処理画面例（左:岩礁を横から見たイメージ、右:岩礁を上から見たイメージ）

## (3) 面的なデータ処理

測線毎のノイズ処理と同様に区域を区切って自動フィルタでのノイズ処理を行った。その後、帯状の幅を有する隣接測線や交差測線において、各々のデータ（水深値）が調和しているか（規定精度を満たしているか）を考慮して、手動でのノイズ処理を行った。

## (4) データ処理管理

### 1) データのブロック分割処理

測深日毎の膨大な収録データをノイズ処理するには、十分なデータ処理管理体制を築くことが不可欠である。よってスムーズかつ能率的にそれを管理するために、測深海域を約 1230 ブロック（1ブロック：500m×500m）に分割した図表とデータ処理管理票を作成し、データ処理進行状況管理をした。

## 2) IHO S-44 による測深データの点検

測深したデータは、IHO S-44 により海図として IHO の基準に合うかどうか検討する必要がある。それは、水域の区分によって TVU(Total Vertical Uncertainty)の制限が設定されており、サンプルデータ全体の 95%以上が制限値内であれば、S-44 の規定に適合する。

今回のプロジェクトの水域は、1a 級と 1b 級に該当し、TVU の制限は共に下記の式から算出される値となる。

$$\text{制限値} = \sqrt{0.5 + (0.013 \times \text{水深})^2}$$

当初プロジェクトは、手動編集後のマルチビーム測深点から 5m メッシュのセルセンターとして平均値を求め、隣接測深線及び照査線（交差線）の同一地点の水深を比較した結果、不適合点は無かった。

また、延長プロジェクトにおいても、当初プロジェクトと同様に測深値の点検を行ったが、延長プロジェクトでは隣接の測線が無い場合、2本の測線が交差する箇所を選択（交差点確認）して、それぞれの測線の水深値を比較した点検を行った結果、TVU の制限を超えるエラーは無く、精度が保障されたデータであることが確認できた。

(5) 底質データのとりまとめ

海図に記載する底質情報を得るため、採泥を実施して以下の要領で取り纏めた。

- 1) 測鉛による付着及び採泥器で採取したものについて、現場で目視判断で判別し底質判別簿にまとめ、「底質判別ファイル」を作成した。
- 2) 2014年12月に採取したものは、MPWTのBuilding and Public Works Laboratoryで粒度分析を行い、以下の表及び底質分類三角ダイアグラム（図2-8）から判断して底質名を決定した。

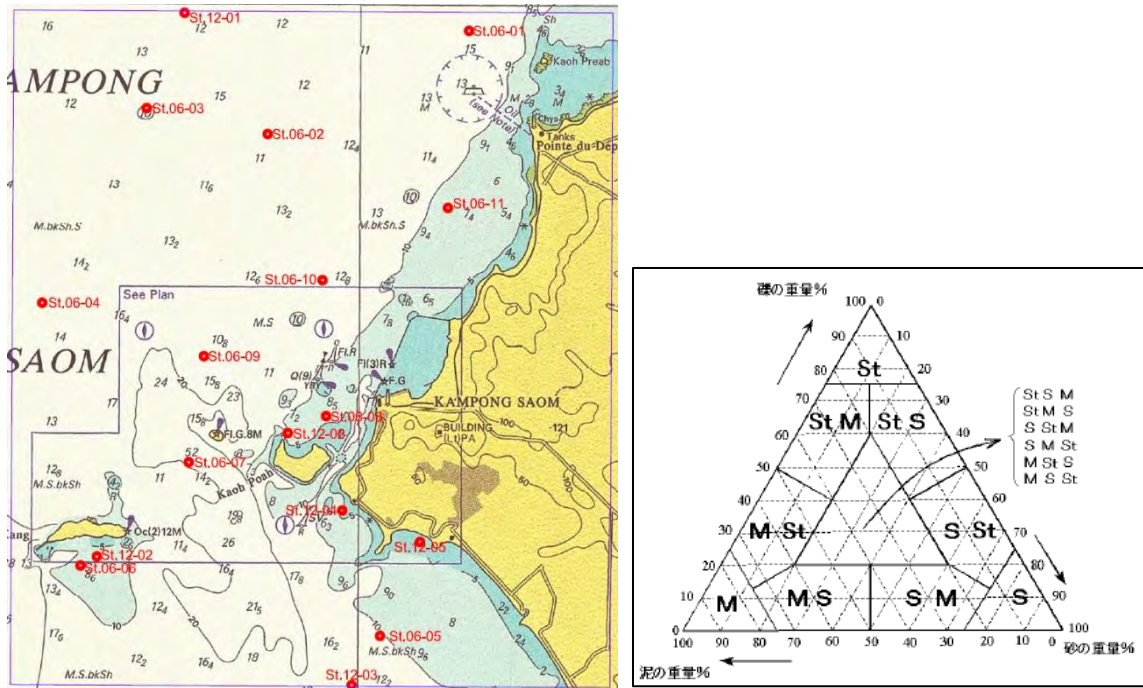


図2-8 底質サンプル採取位置図及び底質分類三角ダイアグラム

表2-2 底質記号表

底質名	底質記号		粒径 (ミリメートル)
粘土	M	Cy	< 0.002
シルト		Si	0.002~0.0625
微粒砂	S	fS	0.0625~0.125
細粒砂			0.125~0.25
中粒砂		mS	0.25~0.5
粗粒砂			0.5~1.0
極粗粒砂		cS	1.0~2.0
小礫	St	G	2.0~4.0
中礫		P	4.0~64.0
大礫		Cb	64.0~256.0
岩	R	R	> 256.0



底質採取ファイルの例を写真 2-4 に示す。


<p>St 12-01</p>	<p>Date: 2014.12.15</p>																																																																																																																																		
	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grain Size (mm)</th> <th>Percentage Passing (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.075</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.150</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.300</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.425</td><td>100</td></tr> <tr><td>0.600</td><td>100</td></tr> <tr><td>0.850</td><td>100</td></tr> <tr><td>1.180</td><td>100</td></tr> <tr><td>1.650</td><td>100</td></tr> <tr><td>2.250</td><td>100</td></tr> <tr><td>3.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>4.750</td><td>100</td></tr> <tr><td>6.750</td><td>100</td></tr> <tr><td>9.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>12.500</td><td>100</td></tr> <tr><td>17.500</td><td>100</td></tr> <tr><td>24.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>32.500</td><td>100</td></tr> <tr><td>45.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>60.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>80.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>105.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>140.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>180.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>235.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>300.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>375.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>480.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>600.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>750.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>900.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>1050.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>1200.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>1350.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>1500.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>1650.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>1800.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>1950.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>2100.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>2250.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>2400.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>2550.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>2700.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>2850.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>3000.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>3150.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>3300.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>3450.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>3600.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>3750.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>3900.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>4050.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>4200.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>4350.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>4500.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>4650.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>4800.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>4950.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>5100.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>5250.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>5400.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>5550.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>5700.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>5850.000</td><td>100</td></tr> <tr><td>6000.000</td><td>100</td></tr> </tbody> </table> <p>Classification: CLAY, SILT, FINE SAND, MEDIUM SAND, COARSE SAND, GRAVEL</p> <p>Prepared by: Mr. Meng Leang Checked by: Mr. Pich Vatby Approved by: KHUN SRUN 23 FEB 2015</p>	Grain Size (mm)	Percentage Passing (%)	0.075	10	0.150	10	0.300	10	0.425	100	0.600	100	0.850	100	1.180	100	1.650	100	2.250	100	3.000	100	4.750	100	6.750	100	9.000	100	12.500	100	17.500	100	24.000	100	32.500	100	45.000	100	60.000	100	80.000	100	105.000	100	140.000	100	180.000	100	235.000	100	300.000	100	375.000	100	480.000	100	600.000	100	750.000	100	900.000	100	1050.000	100	1200.000	100	1350.000	100	1500.000	100	1650.000	100	1800.000	100	1950.000	100	2100.000	100	2250.000	100	2400.000	100	2550.000	100	2700.000	100	2850.000	100	3000.000	100	3150.000	100	3300.000	100	3450.000	100	3600.000	100	3750.000	100	3900.000	100	4050.000	100	4200.000	100	4350.000	100	4500.000	100	4650.000	100	4800.000	100	4950.000	100	5100.000	100	5250.000	100	5400.000	100	5550.000	100	5700.000	100	5850.000	100	6000.000	100
Grain Size (mm)	Percentage Passing (%)																																																																																																																																		
0.075	10																																																																																																																																		
0.150	10																																																																																																																																		
0.300	10																																																																																																																																		
0.425	100																																																																																																																																		
0.600	100																																																																																																																																		
0.850	100																																																																																																																																		
1.180	100																																																																																																																																		
1.650	100																																																																																																																																		
2.250	100																																																																																																																																		
3.000	100																																																																																																																																		
4.750	100																																																																																																																																		
6.750	100																																																																																																																																		
9.000	100																																																																																																																																		
12.500	100																																																																																																																																		
17.500	100																																																																																																																																		
24.000	100																																																																																																																																		
32.500	100																																																																																																																																		
45.000	100																																																																																																																																		
60.000	100																																																																																																																																		
80.000	100																																																																																																																																		
105.000	100																																																																																																																																		
140.000	100																																																																																																																																		
180.000	100																																																																																																																																		
235.000	100																																																																																																																																		
300.000	100																																																																																																																																		
375.000	100																																																																																																																																		
480.000	100																																																																																																																																		
600.000	100																																																																																																																																		
750.000	100																																																																																																																																		
900.000	100																																																																																																																																		
1050.000	100																																																																																																																																		
1200.000	100																																																																																																																																		
1350.000	100																																																																																																																																		
1500.000	100																																																																																																																																		
1650.000	100																																																																																																																																		
1800.000	100																																																																																																																																		
1950.000	100																																																																																																																																		
2100.000	100																																																																																																																																		
2250.000	100																																																																																																																																		
2400.000	100																																																																																																																																		
2550.000	100																																																																																																																																		
2700.000	100																																																																																																																																		
2850.000	100																																																																																																																																		
3000.000	100																																																																																																																																		
3150.000	100																																																																																																																																		
3300.000	100																																																																																																																																		
3450.000	100																																																																																																																																		
3600.000	100																																																																																																																																		
3750.000	100																																																																																																																																		
3900.000	100																																																																																																																																		
4050.000	100																																																																																																																																		
4200.000	100																																																																																																																																		
4350.000	100																																																																																																																																		
4500.000	100																																																																																																																																		
4650.000	100																																																																																																																																		
4800.000	100																																																																																																																																		
4950.000	100																																																																																																																																		
5100.000	100																																																																																																																																		
5250.000	100																																																																																																																																		
5400.000	100																																																																																																																																		
5550.000	100																																																																																																																																		
5700.000	100																																																																																																																																		
5850.000	100																																																																																																																																		
6000.000	100																																																																																																																																		
																																																																																																																																			
																																																																																																																																			

写真 2-4 底質採取ファイルの例

(6) 航路標識の測定及び形状等調査

調査海域内に配置されている 30 個の航路標識ブイの位置を測定するとともにブイの形状、色、目的、光の識別等を ENC の航路標識属性付のため調査した。表 2-3 に一覧表を示す。

表 2-3 SHV 港航路付近の 9 個の航路標識ブイ一覧表

ID	Photograph	種類	LON	LAT	OBJECT-1	Category-1	OBJNAM (Name)	BOYSHP (Buoy.shape)
0	A	A	0	0	A	A	A	A
1		浮標、安全水域標識 Buoy, safe water.	103.4815097	10.60452846	BOYSAW	Buoy, safe water	SV	Pillar
2		浮標、方位標識 Buoy, Cardinal,West	103.4836964	10.65117139	BOYCAR	Buoy, cardinal	A	Pillar
3		浮標、方位標識 Buoy, cardinal,East	103.4957532	10.64827956	BOYCAR	Buoy, cardinal	B	Pillar
4		浮標、側面標識 Buoy, lateral, port	103.4888956	10.65375785	BOYLAT	Buoy, lateral	2	Pillar
5		浮標、側面標識 Buoy, lateral,Starboard	103.4936642	10.65175928	BOYLAT	Buoy, lateral	3	Pillar
6		浮標、側面標識 Buoy, lateral, port	103.5001639	10.65209995	BOYLAT	Buoy, lateral	4	Pillar
7		浮標、側面標識 Buoy, lateral, port	103.5043682	10.65184108	BOYLAT	Buoy, lateral	6	Pillar
8		浮標、方位標識 Buoy, Cardinal,West	103.512649	10.6515277	BOYCAR	Buoy, cardinal	7	Pillar
9		浮標、側面標識 Buoy, lateral, port	103.4948627	10.643723	BOYLAT	Buoy, lateral	8	Pillar

## (7) XYZ 水深ファイル作成

膨大な水深データからソート工程を経て5mメッシュ内の最浅水深を選択した「SOUNDG\_5m」を作成した。また縮尺によって異なる測量原図に採用する適切な密度の水深値で構成される“水深ファイル”をソート機能により作成した。

### 1) 水深図作成

各々のブロックデータ処理が終了した時点で、各5mメッシュ内の最浅水深値が選択されたXYZファイルを作成した。

### 2) 水深選択の確認

ソートにより選択された最浅水深に問題が無いかを、ソート前の水深値と比較して確認し、必要に応じて修正した。

## (8) 等深線ファイル作成

HYPACK TIN 64により不整三角網 (Triangular Irregular Network : TIN) モデルを作成し、電子海図用の等深線を作成した。

## (9) ベクタ測量原図素図作成

“等深線ファイル”，“水深ファイル”，“低潮線ファイル (SOUNDG\_0m)”，“航路標識等ファイル (属性付)”，“底質ファイル”及び“陸部ファイル”を統合したベクタ電子測量原図を作成した。図2-9は、SHV港周辺の一部を切り出した測量原図例である。海図に必要な情報(水深値、等深線、岸線等)が網羅された原図である。

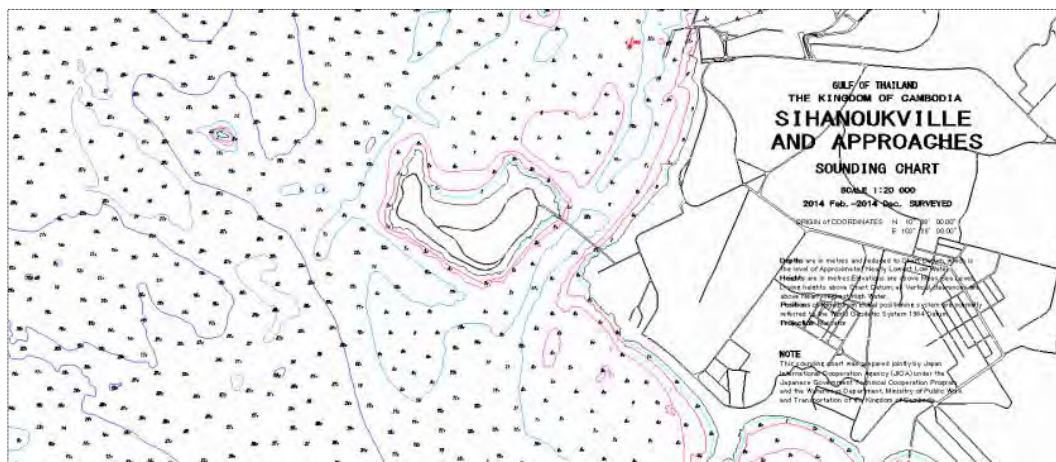


図2-9 SHV港周辺の一部を切り出した測量原図例

## 2-7 (7) 電子海図作成

### 2-7-1 (7) 海図(電子海図)編集用データ処理・解析

デジタル水路測量データ処理システムで作成された海図編集用水深ファイル「SOUNDG\_100m」や低潮線ファイル「DEPCNT\_0m」及び等深線ファイル「DEPCNT」に衛星写真から抽出した自然海岸線ファイル「COALNE」、人工岸線ファイル「SLCONS」並びに海図編集に必要な航海目標等の編集データから作成される電子（ベクタ）測量原図ファイルを海図データベースに保存した。

このデータベースは、海図（電子海図）編集のためのデータベースとなるものである。電子海図は図2-10に示す電子海図作成フローのとおり、ベクタ測量原図ファイルを Safe Software 社製（カナダ）の FME（Feature Manipulation Engine）により電子海図作製基準 S-57 フォーマットに変換し、電子海図作製ソフトウェア SevenCs 社製の ENC Designer, Optimizer, Analyzer を使用して電子海図を作成した。この電子海図データファイルから ENC Cartographer により紙海図の編集を行い、出力した。

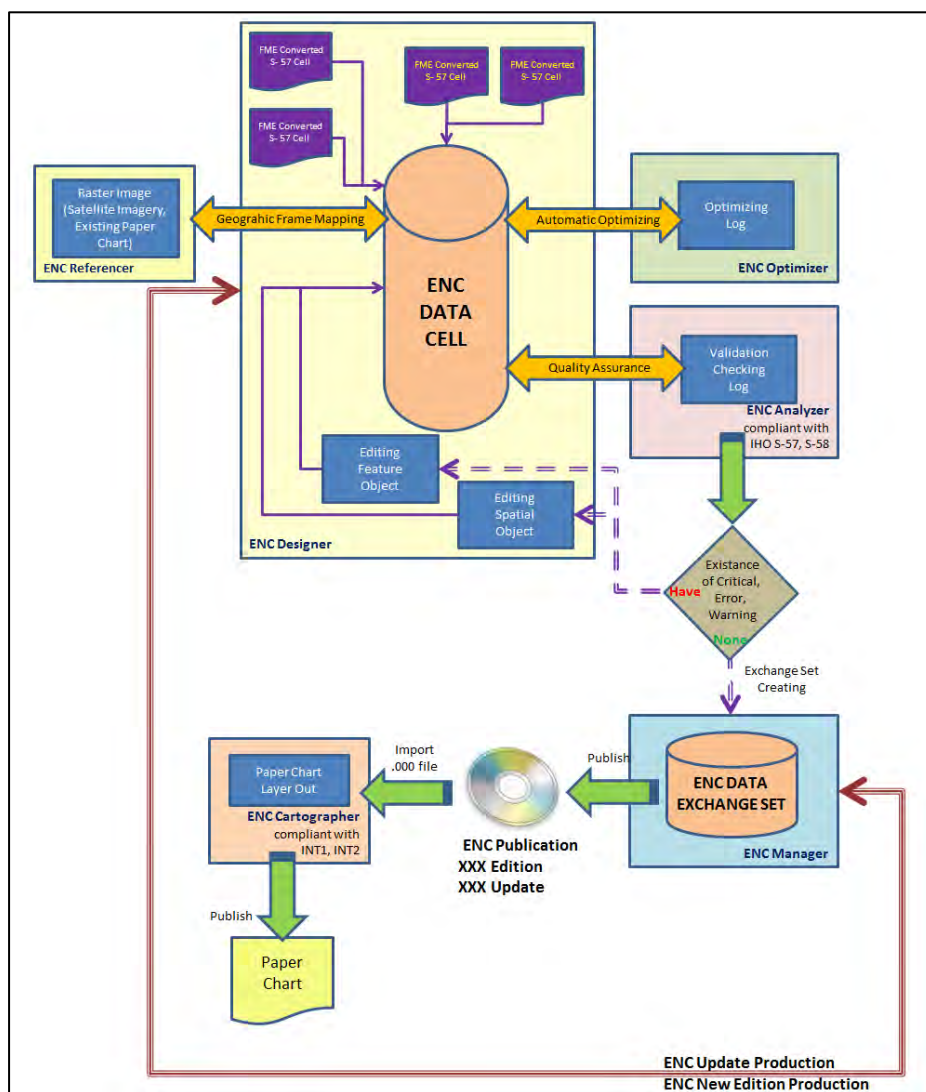


図2-10 電子海図作成フローチャート

以下に、実施した電子海図作成内容の詳細を述べる。

(1) S-57 形式変換

ENC の仕様は、IHO の電子海図作成基準 S-57 (Transfer Standard for Digital Hydrographic Data) のオブジェクトカタログ (S-57 Appendix A Chapter 1)及び属性カタログ(S-57 Appendix A Chapter 2)に体系づけられており、ASCII データの CSV ファイルや CAD フォーマットベクターデータ等のソースデータを基に、S-57 フォーマットに変換して利用した。

(2) ENC DESIGNER (ENC デザイナー)

ENC Designer は、IHO の S-57 仕様を基にしてデジタル水路測量データを ENC に編集するためのグラフィックツールで、紙海図もしくはラスタ海図をデジタルイズすることにより新しい海図を作成すると同様に既存の S-57 データの修正も行うことができる。これらの海図情報ファイルは、“セル”と云う区分範囲で分割されている。ファイルには、位置情報やオブジェクト〔海図記載対象物(例：航路標識)〕についての詳細情報(形、色、灯質、存在目的等)が保存されており、電子海図表示システムにて閲覧可能となっている。このデータは、S-52 Ed.3.x (記号化指針/手法や符号定義、線形、模様定義及び色等の定義)に従って記載されている。

新しい海図情報ファイルを作成するには、まず ENC 作成機関やセルコード等の基本情報を定義する。本調査海域は、以下の表 2-4 に記した「航海目的 5」(縮尺 1/7,500 - 1/25,000)に設定し、作成した。

表 2-4 電子海図各航海目的に対するセルサイズ及び利用する海図縮尺表

航海目的	海図の縮尺	推奨される編集縮尺	セルサイズ
1 概観 (Overview)	1/1,500,000 >	1/3,000,000 1/1,500,000	8 度以上
2 一般航海 (General Navigation)	1/300,000 -1/1,500,000	1/700,000 1/350,000	4 度
3 沿岸航海 (Coastal Navigation)	1/80,000 – 1/300,000	1/180,000 1/90,000	1 度
4 アプローチ (Approach)	1/25,000 – 1/80,000	1/45,000 1/22,000	30 分
5 入港 (Harbour)	1/7,500 – 1/25,000	1/22,000、1/12,000、 1/8,000、1/4,000	15 分
6 停泊 (Berthing)	> 1/7,500	1/4,000	15 分

当初プロジェクトのセルの範囲は、NW: N10° 45' 00" E103° 24' 00" SE:N10° 34' 00" E103° 34' 00" で、「航海目的 5 入港」の縮尺 1/10,000 相当で作成した。

また延長プロジェクトのセルの範囲は、NW: N10° 56' 00" E102° 50' 00" SE:N10° 13' 00" E103° 43' 30" で、「航海目的 3 沿岸航海」の縮尺 1/80,000 相当で作成した。

ENC Designer 内には、2 種類のオブジェクト（空間及びフィーチャー）があり、それぞれを編集する。

#### A) 空間オブジェクトの編集管理

空間オブジェクトは、S-57 に対応するフィーチャーオブジェクトを構成するノード（線と線の接点処理）とエッジ（線の端処理）である。編集作業は、線の分割やノードの作成、移動、削除等を行う。

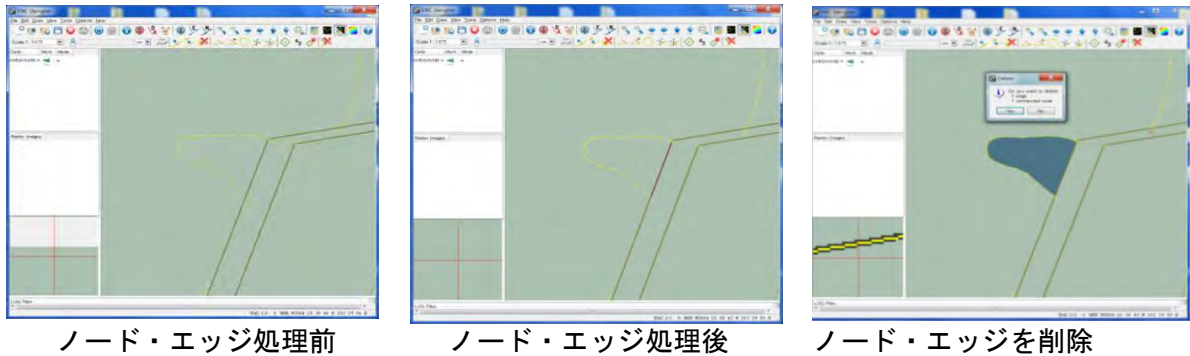


図 2-11 空間オブジェクトの編集例

#### B) フィーチャーオブジェクトの編集管理

フィーチャーオブジェクトは、オブジェクトの属性情報である。空間オブジェクトを選択し、それぞれ必要な属性情報を付加させていく編集を実施した（図 2-12 参照）。

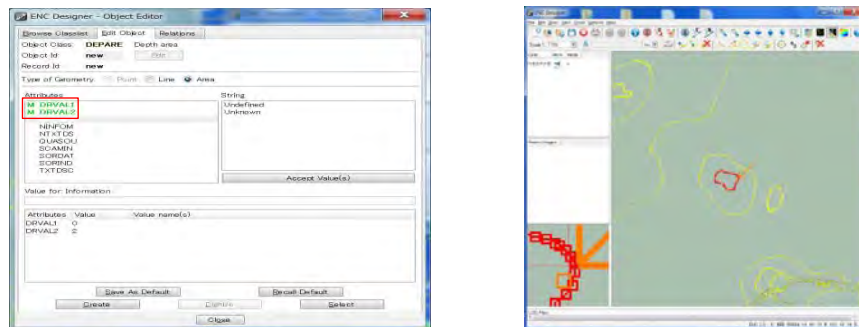


図 2-12 フィーチャーオブジェクトの編集例

### (3) ENC ANALYZER (ENC アナライザー)

ENC Analyzer は、S-57 対応データ品質解析ツールで、ENC Designer 内で ENC データを編集した後、ENC データを製品化（CD 化）する際に、如何なるエラーや警告も無い事を確認するツールである。これは、ENC、IENC、AML、PENC 及び ENC 製品仕様のもものがサポートされる。

ENC Analyzer により対処される主な校正は、以下に示すデジタル水路測量データの IHO 転送基準との照合によるものである。

- S-57 Appendix A: IHO Object and Attribute Catalogues

- S-57 Appendix B.1: ENC Product Specification
- S-57 Appendix B.1 Annex A: Use of the Object Catalogue for ENC
- S-58 Recommended ENC Validation Checks

ENC Analyzer では、ENC Designer インターフェースから直接操作し、品質確認（ENC セル、更新セル等）後、メッセージ画面に結果が表示される。図 2-13 は、ENC Designer の画面上で、品質解析を行った結果例である。

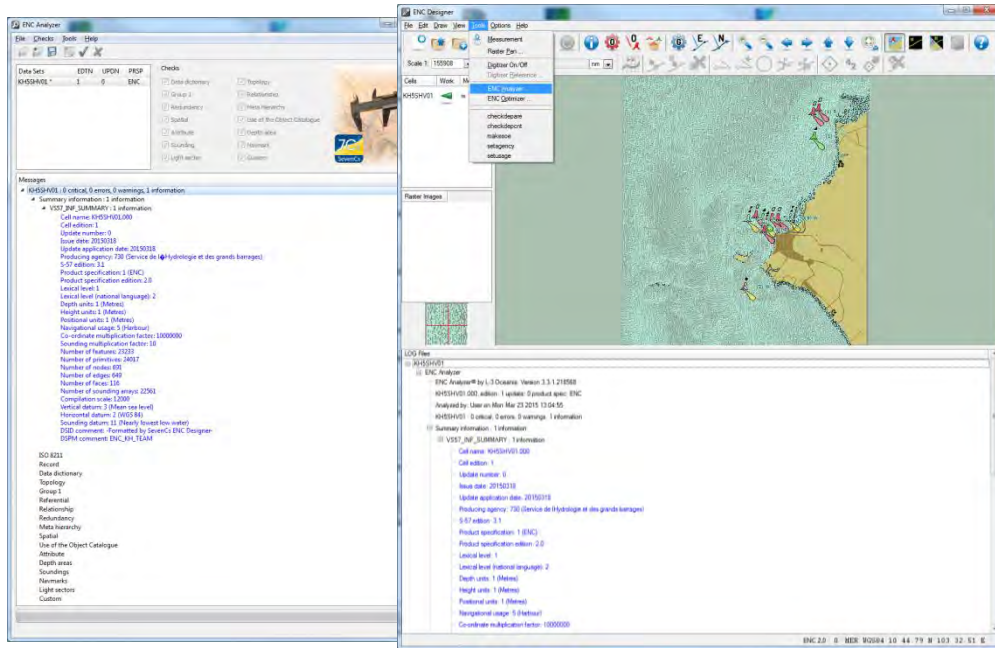


図 2-13 ENC Analyzer の結果表事例（ENC Designer 画面）

品質確認を行う場合は、個別もしくは複数オブジェクト等を選択することができ、品質解析の校正項目は 13 種類である。妥当性チェックの結果は自動的に表示されるとともにログファイルに保存され、ENC Designer に自動的に表示される。ENC Analyzer を ENC Designer から操作して品質解析を行った場合は、次回 ENC Designer でファイルを開いた際には、最終ログファイルを自動的に読み込む。

#### (4) ENC OPTIMIZER (ENC オプティマイザー)

ENC Optimizer は、電子海図データ (ENC) を S-57 Ed.3.x に準拠する最適化 (不要頂点削除、水深オブジェクトのクラスタリング、SCAMIN 自動付与、編集縮尺に応じたベクトル点列の最適化等) を自動処理で適用するツールである。この機能により、データ作成の処理時間は、格段に減らすことができるとともに、最適化によりデータ容量が減少した ENC ファイルは、ECDIS で使用される ENC の素早い画面反応となって現れる。

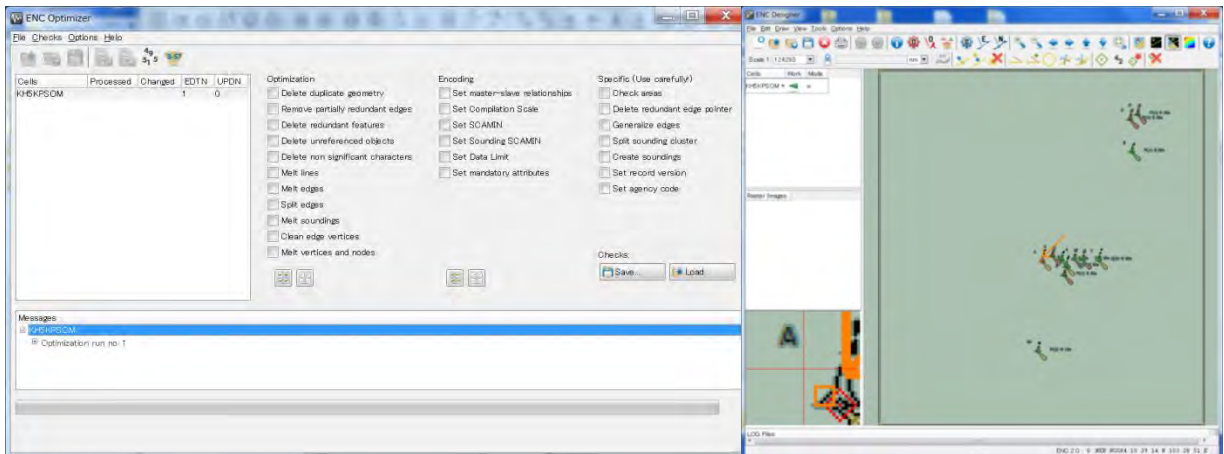


図 2-14 ENC Optimizer の表示例

最適化機能は非常に便利で有益であるが、場合によっては変換したデータ構造が間違っていることもあるため、自動処理の結果は、常に注意深く確認する必要がある。

#### (5) ENC REFERENCER (ENC リファレンサー)

ENC Referencer は、ラスタ画像に地理的情報を設定するツールである。関連情報は、別のファイルに格納され、追加拡張子 ref 形式で保存される。地理的情報を設定したラスタ画像は、ENC Designer によって ENC データ編集の参照として使用することができる。

#### (6) ENC MANAGER (ENC マネジャー)

ENC Manager は、S-57 成果品作成のための管理ツールである。全体の処理過程を本ツールにより管理 (編集・監視・記録) することができ、新規作成のほか、データ更新も可能である。階層型データベース (以後 DB) 構造となっている ENC データは、ENC Manager により、データ作成ツール ((ENC Designer) や品質確保ツール (ENC Analyzer) とデータを共有し処理する機能を有している。

ENC 管理とは、「ENC の作製 (Creation)」、「品質保証 (QA)」、「データ保守 (Data Maintenance)」と云える。



ENC Designer による ENC 作成に伴って、ENC Analyzer でデータ検証を繰り返し、ENC データセル内の如何なる影響を及ぼすエラーや警告が無くなるまで修正する。

修正が終わったら、交換セットを作成する。

交換セットとは、下記の 3 ファイルからなる電子海図成果であり、ECDIS 等の表示システムで利用可能なファイルとなる (図 2-15 参照)。

- ・ 拡張子が「.000」ファイル  
ENC セルのデータファイル
- ・ README.TXT  
ENC セルの詳細情報ファイル (発行機関や備考等)
- ・ CATALOG.031  
S-57 のエディション ⇒ .031 は S-57 Edition 3.1 に準じて作成されたことを示す。

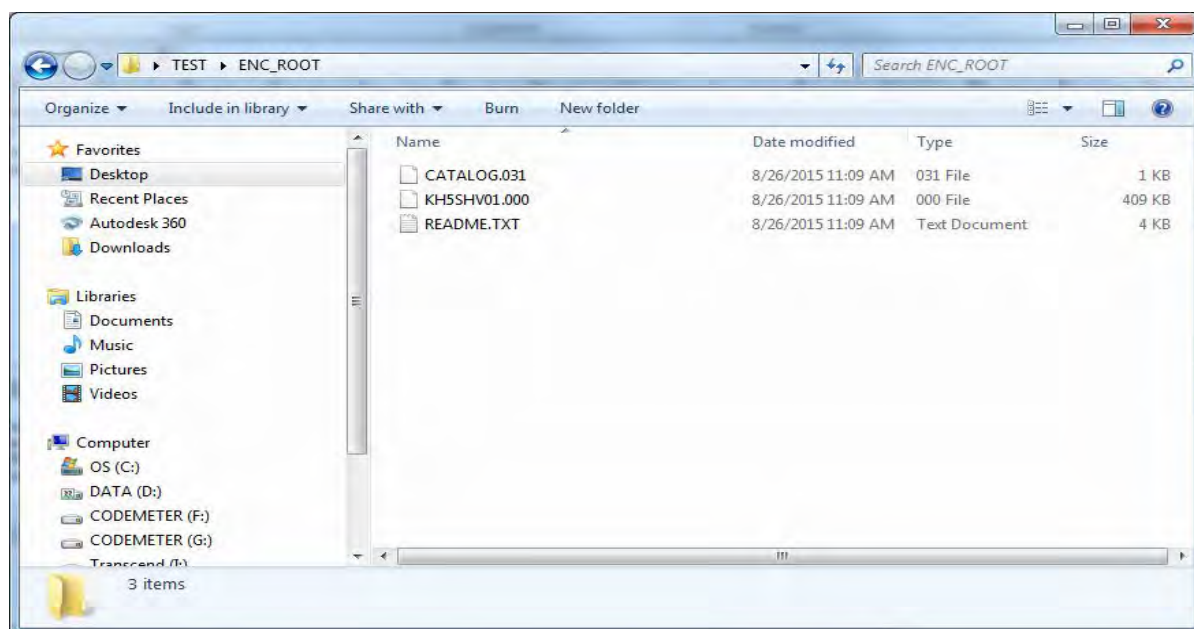


図 2-15 作成した ENC 交換セットの例

#### 《ENC ディスク作成》

S-57 形式に一致させるため及び異なるメーカーの ECDIS で表示させることができるように ENC ディスクを作成する。

次に、セルコード、発行版と ENC 作成に係る詳細を CD-ROM の表面に印刷ラベルを印刷する。



図 2-16 ENC メディアディスク本体のラベル例

(7) ENC CARTOGRAPHER (ENC カートグラファー)

ECDIS システムを持っていない船舶や航海者のために、航海の基準となる航海紙海図が必要となる。ENC Cartographer は、S-57 ENC データセット (000 形式) から INT1/INT2 (国際海図図式) に準拠した航海用紙海図を作成するツールである。

海図編集者は、ENC Cartographer を使用することにより、読込んだ ENC データセットが自動的にオブジェクト等を配置し、計画や挿入情報を追加することにより、航海用紙海図のレイアウトを作成することが出来る。

海図は INT1、INT2 及び他の仕様に準拠する必要があり、更に安全性の問題を含め、海事関係者や航海者にとって使いやすくする必要がある。よって、ENC Cartographer は、ENC Designer で行っているような ENC データセットを直接編集することはできないが、配置やテキストの追加のみが調整できることから、使用時の支障がない様に調整する。

なお、紙海図を作成するために Scheming モードと Edit モードの 2 つの特定モードがある。

- Scheming モードは、レイアウト、縮尺や位置設定、チャートの境界や挿入情報を INT1、INT2 に準拠した海図に調整するために使用される。
- Edit モードは、読み込まれた ENC データセットから自動的に実行することができず、それぞれを手動で調整していく場合に使用される。

SCAMIN 機能により、表示縮尺によってデータ密度や重複等が起きないように設定を行っている。図 2-17 左図は SCAMIN 未設定、右図が SCAMIN 設定後の図であり、水深値が間引かれているのが分かる。

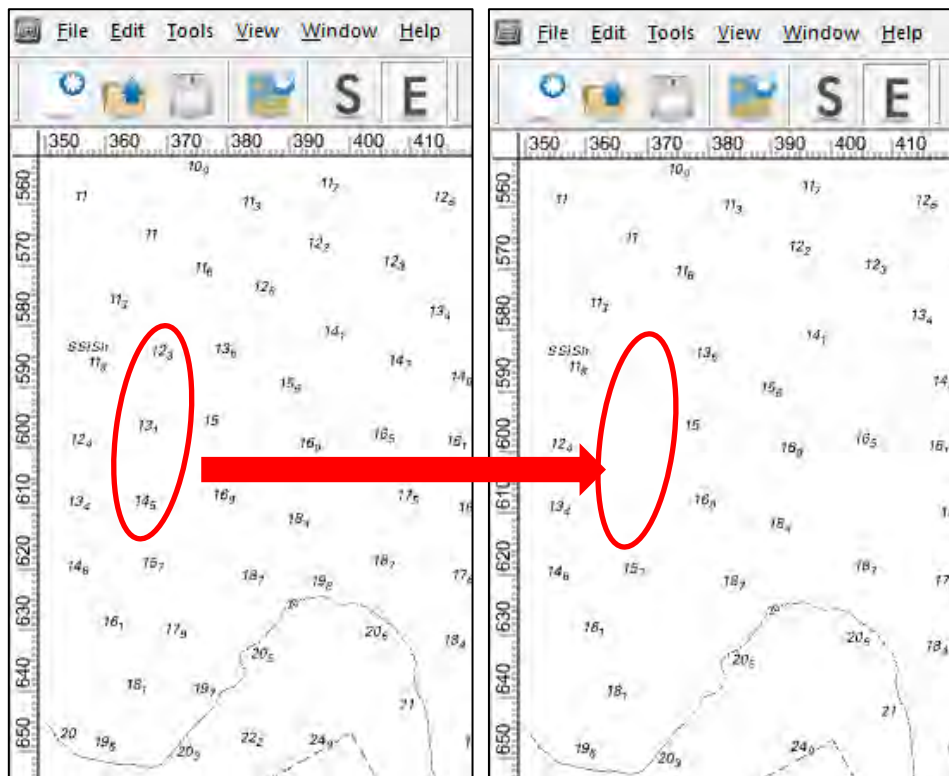


図 2-17 SCAMIN 適用による水深値配置例

なお、SCAMIN では、水深 10m より深い海域では縮尺 1/20,000 の適用により約 20% の水深値が間引きされる。しかし、水深 10m 以浅の海域は航行安全の観点から殆ど変化しない（間引きされない）。

これらの編集により作成された当初プロジェクト範囲の紙海図を図 2-18、延長プロジェクト範囲の紙海図を図 2-19 に示す。

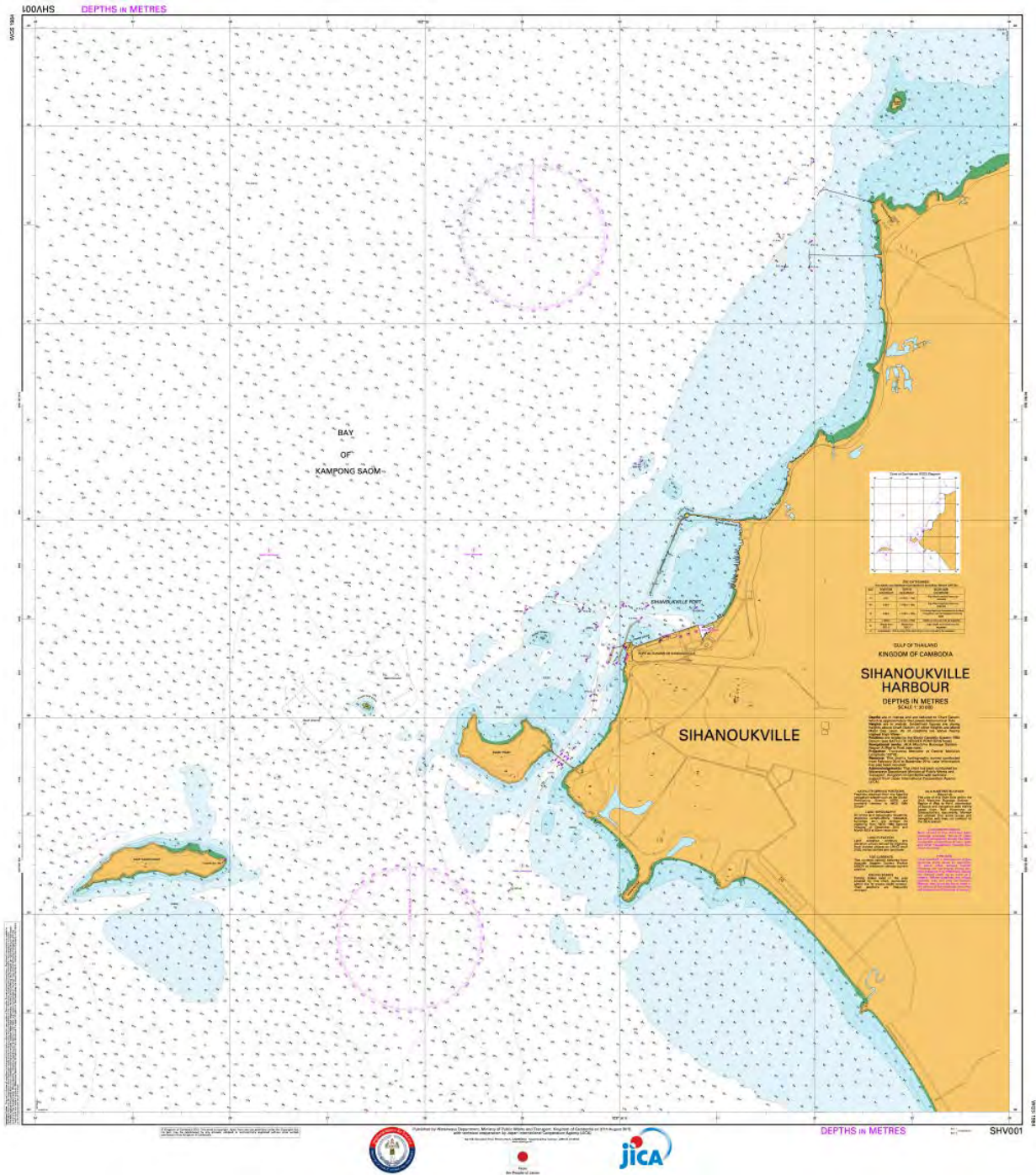


図 2-18 当初プロジェクト範囲の紙海図

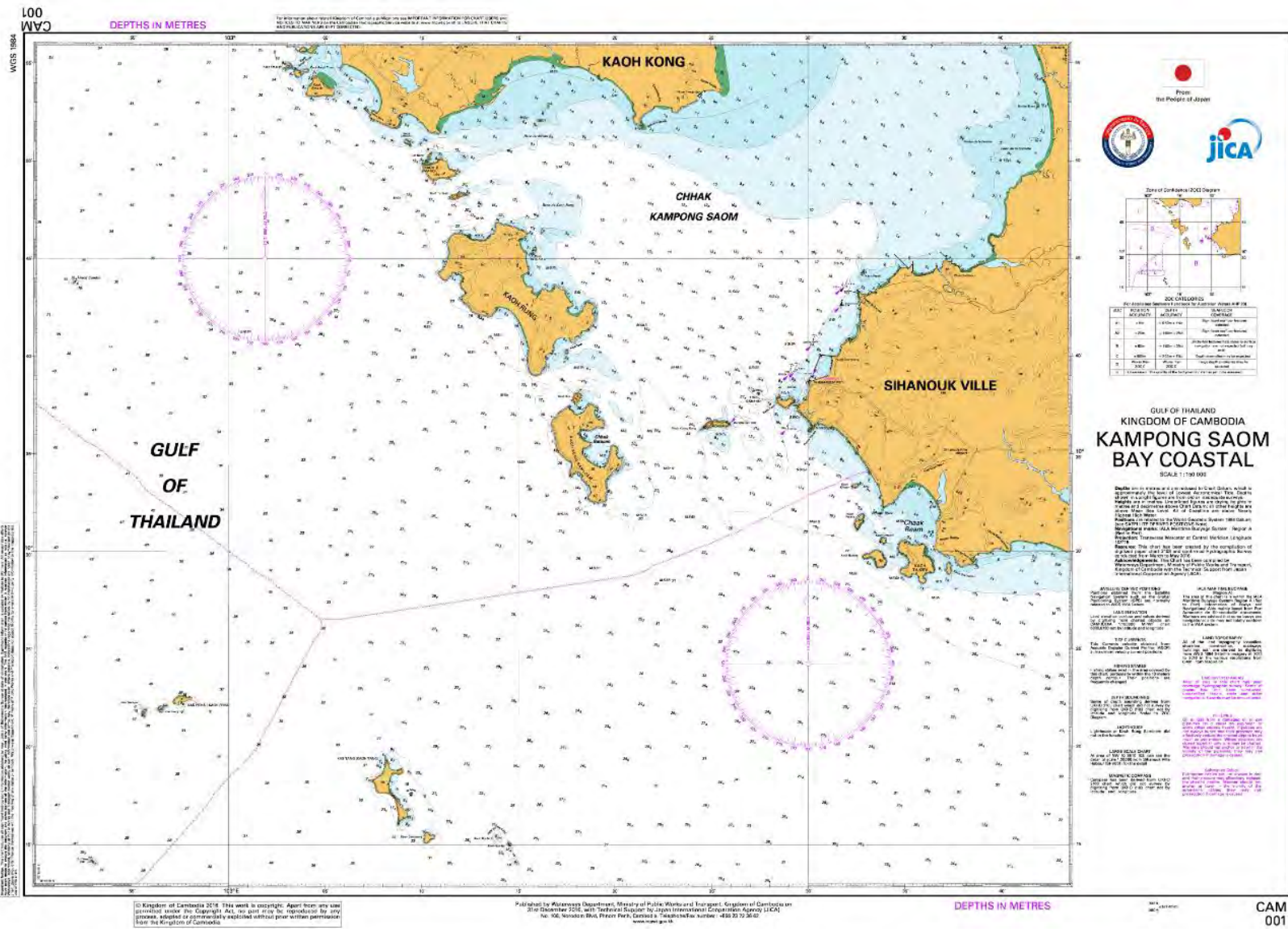


図 2-19 延長プロジェクト範囲の紙海図

## 2-7-2 延長プロジェクトにおける電子海図について

延長プロジェクトの電子海図作成が当初のプロジェクトと大きく異なる点は、様々なソースデータを用いて、より広範囲の電子海図を作成する点にある。主なソースデータとその採用方法は以下のとおりである。

- 新規の水深及び等深線

今回、新たに測量した水深である。この水深と、UKHO の刊行している紙海図との比較を行い、古い水深の削除、また、等深線の修正を行っている。

- 昨年までに作成した大縮尺の電子海図

大縮尺の電子海図は、水深の間引き、海岸線の抽象化、小縮尺では不要なブイや灯の削除等の編集を行い、この縮尺に適した表現となる様にしている。

- 衛星写真

衛星写真から海岸線と低潮線をデジタイズしている。

- 紙海図

今回測量できていない範囲は、UKHO が刊行している紙海図を元に、水深と等深線をデジタイズし、これを採用している。また、一部の水深は、衛星写真と紙海図の海岸線のずれを元に、経緯度の変換を行っている。

- 地形図

陸上部の等高線、道路、鉄道については、MPWT が JICA の援助で作成していた既存のデジタル地形図から採用している。

既存海図及び新規測深結果による電子海図採用フローチャートを図 2-20 に示す。

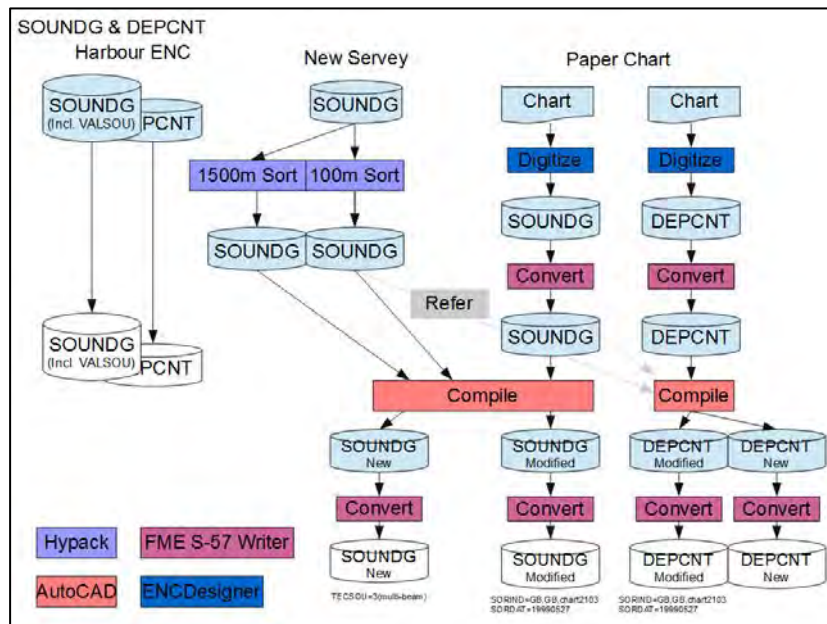


図 2-20 既存図及び新規測深結果による電子海図作成フローチャート

このフローチャートの中で、左下に色分けしているのが、この処理で使用しているソフトウェアの区分である。電子海図作成には、これらのソフトウェアを使いこなす必要があるが、C/P は概ね問題なく処理ができています。

### 第3章 技術移転の実施内容

技術移転業務は、以下を目的として実施している。

- (1) 技術移転により MPWT/WD の水路測量・海図編集能力が強化され、海図（電子海図）の作成、更新が自力で行えるようになること。
- (2) 海図（電子海図）を公式刊行できる IHO 加盟国申請への環境づくりをするために、組織基盤強化に寄与すること。

MPWT/WD と協議の結果、表 3-1 の技術移転内容に沿って、IHO 水路測量基準 S-44 を基にデジタル水路測量の作業マニュアルを作成した。また国際海図作製基準（S-4）や電子海図作製仕様基準（S-57）に基づく海図（電子海図）作成マニュアルも作成した。

表 3-1 技術移転業務の内容

No	技術移転業務	作業内容	移転方法
①	(6) (ア) 基準点・水準測量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基準点測量</li> <li>・水準測量</li> </ul>	OJT を通して各工程を習得
②	(6) (イ) 衛星画像処理（海岸線抽出）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・標定点選点</li> <li>・GNSS 観測</li> <li>・標定点明細簿</li> <li>・衛星画像偏歪修正法</li> <li>・海岸線抽出法</li> </ul>	OJT を通して各工程を習得
③	(6) (ウ) デジタル水路測量データ収録	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デジタル水路測量データ収録</li> <li>・デジタル水路測量データ処理</li> <li>・アナログ的水路測量データ収録</li> <li>・品質(精度)管理</li> <li>・電子測量原図作成</li> <li>・作業マニュアル作成</li> </ul>	OJT を通して各工程を習得
④	(6) (エ) 海象観測（潮汐）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海象観測要領（潮汐・潮流データ収録）</li> <li>・潮汐調和解析手法</li> <li>・海図基準面決定</li> <li>・品質管理</li> </ul>	OJT を通して各手法を習得
⑤	(6) (オ) デジタル水路測量データ処理（DHSDP）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デジタル水路測量データ処理</li> <li>・アナログ的水路測量データ処理</li> <li>・品質(精度)管理</li> <li>・電子測量原図作成</li> </ul>	OJT を通して各工程を習得
⑥	(7) 電子海図作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海図編集要領</li> <li>・電子海図編集要量</li> <li>・品質(精度)管理</li> <li>・編集マニュアル作成</li> </ul>	本邦・第三国研修及び OJT を通して各工程を習得

### 3-1 実施した技術移転作業の詳細

#### 3-1-1 (6) (ア) 基準点・水準測量

##### (1) 2013年9～10月

2013年9～10月に、以下の3人のC/P及びPASの水先案内人2名と協働で現地作業をしながらOJTによる基準点・水準測量に関する技術移転が行われた。



写真3-1 基準点観測と水準測量を作業したC/P及びPASの水先案内人

#### [GNSSによる基準点測量] (2013年9-10月)



写真3-2 GNSSによる基準点観測

GNSS基準点測量は、調査団員の指導の下、C/P及びPAS支援職員を3グループ編成にして実施した。GNSS機器の操作、取り扱いをGNSS観測時にOJTで技術移転するため、前もって手順書を用意し、さらに最後のGNSS観測セッションは、C/Pのみで実施した。写真3-2は基準点観測の様子である。

OJTの結果、GNSS観測手法については、十分理解したものと史料される。

またGCP測点を選定する際やGNSS観測時に、GCP測点状況を記したGCP測点ノートを作成した。GCPノートは、GCP11測点のもので、灯台と測点の位置関係や測点にアプローチする手段が記されている。





写真 3 - 3 C/P と調査団員の作業前・後の検討会議 (2013. 10. 28)

写真 3 - 3 は、GNSS 観測終了後、PAS の警備室長の部屋を利用させていただき、高梨団員より GNSS 観測データから基線解析の要領を C/P に講義した後、実際に基線解析を C/P が実施した時の様子である。



写真 3 - 4 水準測量



写真 3 - 5 左 : PAS 水準点 (BM)

右 : PAS 験潮所 新設 ENC-BM

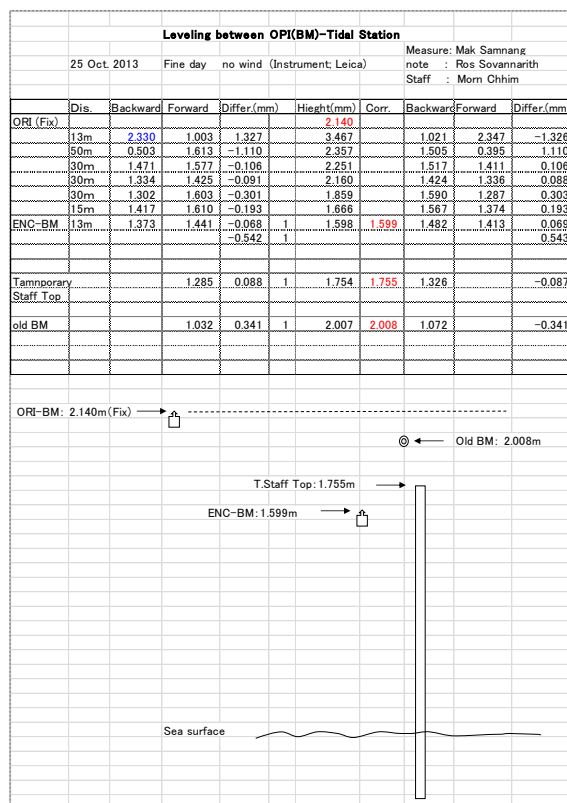


図 3 - 1 水準測量手簿

また、PAS 水準点 (BM) と PAS 験潮所及び新設の ENC-BM との間で水準測量を行った。写真 3 - 4, 5 にその様子と各 BM、図 3 - 1 に水準測量手簿 (観測結果) を示す。

(2) 2014 年 12 月

航海目標等の位置・高さを決定するための GNSS 測量や現地補測作業を 2014 年 12 月に行った。この作業は、C/P のリーダーである Mr.LONG BUNLONG 他、写真 3-6 に示す C/P が実施した。

GNSS 機器の操作、取り扱いを観測時に OJT で技術移転するため、前もって手順書を用意した。GNSS 観測手法については、十分理解したものと史料される。



写真 3-6 GNSS の研修を受けた C/P

写真 3-7 の左の写真は、KAOH POAH に渡る橋梁に設置されている赤灯と緑灯の位置を測定するために GNSS 測量を行ってる様子である。基本的には、PAS から提供される資料により航海目標等の位置を採用しているが、資料が不足している物は GNSS 測量で測定し位置を決定している。



写真 3-7 GNSS 測量と水準測量の様子（調査団員から機器取り扱いの説明）

写真 3-7 の右の写真は、2013 年に実施した PAS 水準点 (BM) と PAS 験潮所 (ENC-BM) 間の水準測量を新たな C/P で再度行った様子である。C/P は道路整備等のプロジェクトで水準測量に関する十分な知識と経験を有していたので、この回の水準測量は C/P のみで実施し、調査団は機器の取り扱いの説明をしたのちサポートとして同行した。

### 3-1-2 (6) (イ) 衛星画像処理（海岸線抽出）

延長プロジェクトにおいて、本プロジェクトで購入した米国 ESRI 社の ArcGIS を使用して、衛星画像の精度点検及び衛星画像判読による海岸線データの抽出に関する技術移転を行った。

ArcGIS は世界的に広く使われている GIS ソフトウェアでベクタデータ及びラスターデータを高度に処理することが可能である。C/P はこのソフトウェアの存在は知っているものの使用経験はほぼゼロに等しいため、本プロジェクトでの活用のみならず、今後の C/P 自身の業務への応用にも資することを念頭に技術移転を実施した。

#### 【期間】

第1次研修：2016年4月19日～2016年6月1日

第2次研修：2016年8月8日～2016年8月19日

海域における測深作業と同時に技術移転が行われた。C/P も同じメンバーであるため、8人を4人ずつ2班に分けてそれぞれ同内容の作業を実施することにした。作業は予め準備していたマニュアルに沿う形で行った。

#### 【実施内容】

##### (1) 第1次技術移転

- 1) ArcGIS の基本操作説明
- 2) 衛星画像の基本的な処理
- 3) 画像精度点検と幾何補正
- 4) フィーチャーテンプレートの設定
- 5) 海岸線データの描画と編集
- 6) CAD への変換
- 7) その他有効なツールの説明
  - a) LANDSAT 衛星画像の利用方法
  - b) ジオタグ付き写真の位置情報を利用したシェープファイルの作成方法
  - c) GPX、KML ファイルのインポート

##### (2) 第2次技術移転

- 1) 座標系設定と位置情報付加
  - a) 既存図から座標値と座標系情報の読み取り
  - b) ArcMAP 上での適切な座標系の設定
  - c) スキャニングによってデータ化された既存図の幾何補正の実行
  - d) ArcMAP 上で表示する際の座標変換の有無
  - e) ジオプロセッシング処理による座標変換
- 2) ファイルジオデータベース
  - a) ファイルジオデータベースの構造の概要
  - b) ファイルジオデータベースの取り扱い方法
  - c) ドメインの設定方法（特定の属性フィールドに入力する値に制限を設定できる手法）

【評価】

第1次技術移転の最後に、理解度を4段階で対象者が自己評価した。その集計結果を表3-2に示す。あくまで自己評価のため調査団の印象とは異なる評価が下されているところがあり、また、全員がフルタイム参加できていないところもあるが、概ね理解はされたと判断できる。理解の乏しいところに関してはマニュアルを渡しているため、反復し理解を深めることを期待する。

表3-2 技術移転自己評価集計表

Technology Transfer Topic		Understanding Level (Please put check mark)				
		Excellent	Good	Fair	Poor	
Vector data processing	Basis of ArcGIS	Minimum components of shapefile to open in ArcMAP	0	6	1	0
		Setting the coordinate system	0	7	0	0
		Creating New Shapefile	0	7	0	0
		Basic operation of Geoprocessing tools such as Dissolve	0	5	2	0
		Basic operation of drawing and editing tool	0	7	0	0
		Importing AutoCAD .dwg file into Map document	1	5	2	0
	Drawing Coastlines for ENC	Creating feature template in order to draw features with attribute	1	4	2	0
		Drawing coastline and 0m contour (low tide) line by interpreting satellite images	1	5	1	0
		Importing Shapefile to AutoCAD and separating layers by attribute value	0	5	2	0
Raster data processing	Satellite Image Processing	Adding Satellite images in Map document	1	4	2	0
		Assigning band number to RGB channel in ArcMAP	1	4	2	0
		Pansharpening satellite image	1	3	3	0
	Accuracy Inspection	Adding XY ascii data such as .csv file into Map document and converting it to shapefile	0	5	2	0
		Checking accuracy of georeferenced raster data such as satellite image using ground control points(GCPs)	0	4	3	0
	Geometric Correction	Geometric correction of raster image	0	4	2	1
		Saving modified raster image to another file or dataformat	0	4	2	1

特に座標系設定の意味を理解することや、画像データへの位置情報の付加（幾何補正）は、今後 ArcGIS を使用していくうえで避けて通れない部分であり、確かな理解が必要である。その点を踏まえ第2次技術移転では座標系設定、座標変換に関して実習を行った。また同じく第2次技術移転でファイルジオデータベースによる ENC データ管理が可能であることも説明した。

これらは非常に複雑で、方法だけを学べば事足りるものではないのが現実である。すなわち、今後の C/P の学習意欲と目的意識によって本技術移転の意義が左右される側面もある。少なくとも本技術移転によって ArcGIS の初歩的な知識と操作を習得したことで、課題解決へアプローチができる新たな手段を得たと考える。これを生かすためにも、さらなる努力を C/P には期待する。

### 3-1-3 (6) (ウ) デジタル水路測量データ収録

デジタル水路測量データ収録作業（第2章2-6-4に記述）は、技術移転の進捗に合わせてOJTにより以下の項目について実施した。

#### (1) HYPACK による MB 測深準備

- 1) HYPACK ソフトウェアに新しいプロジェクトを作成
- 2) 測深線設定

#### (2) 測量船への DHSDAS 艀装要領

##### 1) DHSDAS の艀装

PAS エンジニアの支援の下、MB 測深機の送受波器を固定する装置を作成し、測量船への取り付け工事を行った（写真3-8）

送受波器の艀装の良否は MB 測深の精度に大きくかわり、継続的な技術移転の面からも非常に重要な事項である。第2期水路測量においても、作業前の艀装はもちろんのこと、終了後の艀装解除時にも2班に分かれたC/PにそれぞれOJTを実施した。



写真3-8 測量船(PAS Patrol Boat: KAOH Dekkol)に送受波器の取り付け

- 2) HYPACK Survey にモーションセンサーを3軸の基点(0,0)として、GPS アンテナ及び送受波器間のオフセット値の入力手順を指導した。
- 3) DHSDAS を構成する機器類を HYPACK 及びHYWEEP に認識させるとともにオフセット値を入力する事を指導した。

### (3) DHSIDAS によるデータ取得

DHSIDAS の操作や仕組み、写真 3-9 に示す操船要領や見張りの重要性及び機器の保守の重要性を含め、これら知識や技術を OJT で指導した。

また、DHSIDAS 取得データに音速度補正を施すための音速度計 (SVP : AML Minos X) による音速度測定を一日 1 回実施するよう指導した。



写真 3-9 測深中の操船, 測深中の見張り, 音速度測定

### (4) 技術移転の状況

C/P の技術能力にかなりの差があり、JICA の水路測量集団研修を受けた者も MB 測深に関しては初心者に近かった。技術移転は、時間的制約もあるため以下の方法及び手順を踏んで C/P と会話を重ねながら実施した。

- 1) DHSIDAS の C/P に対しての講習は、基礎段階では敢て資料が無い状態でホワイトボードに記載しながら OJT を行った。これは、C/P がメモを取ることで覚えられるように意図したものである。また質疑応答により不明点や質問などが有れば、その場で理解できるよう説明した。



写真 3-10 基礎段階から講習

- 2) 講習の復習、機材の操作説明及びソフトウェアの使用方法等は、調査団員から直接指導した。さらに一人一回、実際の作業や使い方などを一通り行い、理解度を確認して分からない事項については理解している他の C/P が教えるように指導した。



写真 3-11 調査団員からの講習

- 3) 調査団員の OJT による操作・保守の指導を行い、日頃から機材の保守に注意することを指導した。



写真 3-12 調査団員からの OJT による操作・保守の指導

- 4) 実際の MB 測深を調査団員と協働で実施しつつ、OJT による実務経験の積み重ねを行った。



写真 3-13 測量船上の作業

- 5) 図 3-2 に示す様式は、C/P 自身による DHSDAS に対する知識技術習熟度を判断したものである。調査団員は、この結果を基に C/P の習熟度・理解度を判断し、今後の指導方針を立てて技術移転を実施した。

Technology Transfer Topic		Understanding Level (Please put check mark)				Comments
		Excellent	Good	Fair	Poor	
Hydrographic Survey	Digital Hydrographic Survey Data Acquisition	MB Equipment installation			<input checked="" type="checkbox"/>	
		HYPACK setting for MB data acquisition (Geodesy, HYPACK HARDWARE, HYSWEEP HARDWARE)			<input checked="" type="checkbox"/>	
		Navigation preparation (Coastline, MTX, Plan line)			<input checked="" type="checkbox"/>	
		MB Data acquisition (Data logging, Target creating)		<input checked="" type="checkbox"/>		
		Survey ship navigation		<input checked="" type="checkbox"/>		
		MB Patch test			<input checked="" type="checkbox"/>	
		Sound velocity profiling		<input checked="" type="checkbox"/>		
		Date backup from ship		<input checked="" type="checkbox"/>		
		MB Equipment maintenance			<input checked="" type="checkbox"/>	
	Safety issues for hydrographic survey		<input checked="" type="checkbox"/>			
	Digital Hydrographic Survey Data Processing	Create Tide corrections file		<input checked="" type="checkbox"/>		
		Creates Sound Velocity corrections file		<input checked="" type="checkbox"/>		
		Calculate Patch correction			<input checked="" type="checkbox"/>	
		Convert Raw to Corrected - Phase 1		<input checked="" type="checkbox"/>		
		Noise deletion (Line survey base editing) - Phase 2		<input checked="" type="checkbox"/>		
		Save in HS2 file format		<input checked="" type="checkbox"/>		
		Creates MTX files		<input checked="" type="checkbox"/>		
		Creates tracklines			<input checked="" type="checkbox"/>	
Creates line reports				<input checked="" type="checkbox"/>		
Creates plot sheet by HYPLOT			<input checked="" type="checkbox"/>			

図 3-2 回答したアンケートの例

6) DHSDAS 及び DHSDPS のマニュアル作成及び日本語表示機器をカンボジア語へ翻訳し、ラベルを貼りつけ、C/P が対応できるようにした。



図 3-3 作成した英語マニュアルとカンボジア語のラベルを貼り付け

第 2 期水路測量時には、C/P 8 人を 2 班に分け、1 班が調査団の指導で第 1 期水路測量のデータ処理している間、第 2 班はデジタル水路測量データ収録の復習を兼ねて、本調査海域の北側に位置する発電所の大型栈橋（水深 8m、鉱石船が満潮時のみ着岸・離岸を繰り返している付近の海域、数個の航路ブイも在り）において、デジタル水路測量データ収録の技術向上を目指す水路測量を 1 週間交代で実施した。これは、MPWT より希望があったため、演習訓練として実施したものである。

この水路測量は 2014 年 12 月に C/P のみで行い、技術移転で学んだ事項を活かしデジタル水路測量データ収録を実施した。第 1 期水路測量時には、彼らが海上の仕事が初めてだったこと、時化での測深作業による船酔いや、水路測量業務に対する知識不足の影響もあって、DHSDAS の技術移転は思うように進んでいなかった。しかし、上述の第 2 期水路測量における追加 MB 測深等により、艀装作業を含め DHSDAS によるデータ収録作業の一定レベルのノウハウを吸収したものと史料する。

延長プロジェクトにおいては、基本的なやり方は一緒だが、C/P のまだ曖昧な事項・忘失した事項等を調査団から補充し再教育と再確認を行った。

水路測量については、計画、機材の艀装、測深、艀装解除、機材整備までを一貫して C/P が行った。

その際、調査団も作業に同行し、C/P からの質問や問題が発生した場合等に助言して解決に導き、プロジェクトが終了した後も C/P が単独で対処できるよう指導を行った。



### 3-1-4 (6) (エ) 海象観測 (潮汐)

験潮器設置に関しては、第2章2-6-5に記載した実施内容について第1期水路測量時にOJTを実施した。

また今回作成する海図の基準面決定にあたり、潮位観測・解析は下記に示す内容についてOJTを実施した。

- (1) 潮汐・潮流の基礎
- (2) 潮位の長期観測の方法 (設置、観測)

#### 【短期間の潮位観測装置設置】

長期観測のため設置したRMD 5225WL-B 験潮器の記録を確認するため、短期観測用RT-710 験潮器を同箇所を設置し、同時観測のOJTを行った。



写真3-14 RMD 験潮器とRT 験潮器の同時観測

- (3) 同時験潮による点検、縮率等の計算
- (4) 潮汐調和分解の方法
- (5) 海図基準面の決定 (最低低潮面)

験潮所により得られる潮汐データは、海図に限らず港湾等の基準を決定するうえで最も重要なものであることを、C/Pへ伝えながら指導を行ってきた。その中で、験潮所の設置やデータ取得及び点検の手法については、マニュアルを見ながら作業が可能な状態である。しかし、新たな港(場所)に設置された験潮所データによる基準面(DL)算出は、机上での講義は行ったものの、C/P独自では難しい面もあり、多方面への協力依頼が不可欠と思料される。

### 3-1-5 (6) (オ) デジタル水路測量データ処理 (DHSDP)

DHSDAS による測深データ取得後、以下の要領によりデータ処理（第2章2-6-6参照）について技術移転を実施した。

(1) DHSDPS の HYPACK 機能を使用し、潮汐や音速度の補正を実施した。

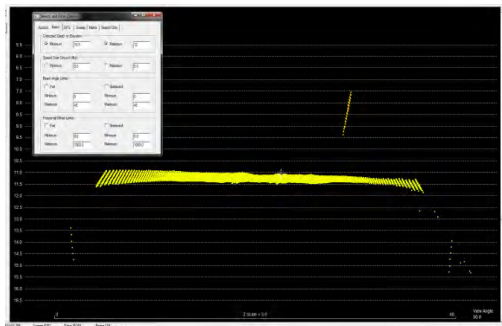
- 1) 潮汐データ補正ファイル作成
- 2) 音速度補正ファイル作成
- 3) パッチ補正

これら一連の補正処理は、現地におけるデータ取得から補正処理まで、C/P が独自で行えるまでに修得している。

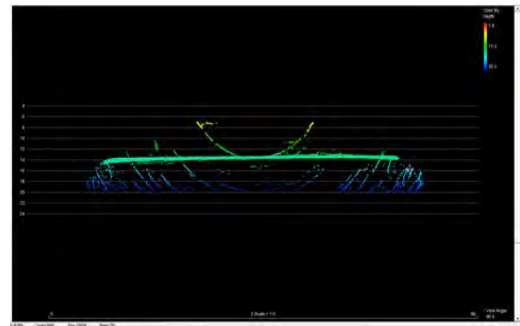
(2) ノイズ処理

MB データ処理で最も時間を要するノイズ処理を本邦とカンボジアで分かれて実施した。

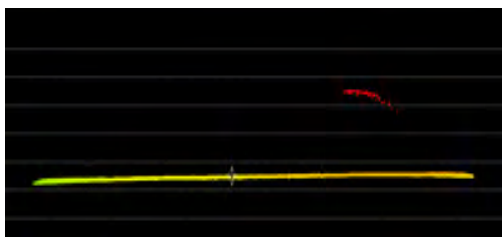
- 1) ノイズ及び偽データを素早く効果的に削除するため自動フィルタ機能を使用。
- 2) 手でノイズ及び偽データを削除するための HYSWEEP EDITOR ツールを使用。
- 3) C/P はノイズ及び偽データの判断が十分でないため、パソコンの画面キャプチャー機能でノイズ及び偽データの記録を集め、以下のようなノイズのサンプルシート（事例集）を作成した。



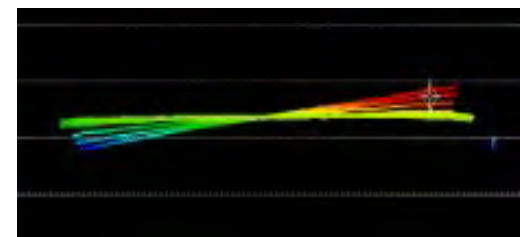
一般的なノイズ例



送受波器に漁網や浮遊ゴミが掛かった記録例



水中の網またはゴミの記録例



動揺補正エラー例

図3-4 測深のノイズのサンプル事例集

また海図に記載すべき海底情報や海底岩礁及び EO (Extraneous Object)等は、フラグを付けて、岩礁の最浅水深を記録した。

上記処理において、海底データなのかノイズなのか偽データなのかの判断は熟練者でも迷うことがある処理であるため、C/P は今後経験を積んでいく事で成熟していくと思われる。現段階では、サンプルシートを確認しながら作業を進める事は可能となっている。

### (3) 面的なデータ処理

各々の測線ですべてのノイズ除去を終えたあと、面的なノイズ除去を行うために、その範囲の測線を統合する。統合されたデータは、測線と同じ自動フィルタ処理をすることで処理時間が短縮される。そして、エリア全体で、隣接する測線及びエリアデータの断面の水深値の分布状況を調和させることを考慮しながら、ノイズ（もしくはエラー）データを手動で削除していった。隣接する連続した測線データにおいて、全ての区域ベースの断面のデータ処理を行った。図3-14は、区域ごとのデータから断面を抽出して描画したものであり、地形の色の違いは、測線の違いを表している。

### (4) データ処理管理体制

調査団員のみならず多くの C/P が長期間データ処理に携わるため、彼らを鼓舞しながら技術移転を行いつつ、測深日毎の膨大な収録データをノイズ処理していくには、十分なデータ処理管理体制を築くことが不可欠であった。そのため、スムーズかつ能率的にそれを彼ら自身により管理するために、測深海域を約 1230 ブロック（1ブロック：500m×500m）に分割した図表とデータ処理管理票を作成し、データ処理の進捗状況を管理する手法の技術移転を行った。

これらの一連のノイズ処理は、処理装置 (PC) の画像を見て各測線上をスクロールしながら、その都度ノイズを削除していく作業なので、非常に根気が入る作業であるが、C/P 全員が分担して、当該海域の広範囲に及ぶこの処理を達成した。

先にも述べたとおり、一連のデータ解析処理については、C/P 独自に実施できる状態にはなっているが、個々のノイズかどうかの判断については、経験を重ねて成熟していく必要がある。

### (5) OJT とフィードバック

データ解析についての OJT は、細かな事象に対してもその都度確認しないと、データ処理にかかる時間が大幅にロスする可能性があった。工程内の検査を設けて、C/P がお互いの検査を実施、その結果を処理した人がフィードバックした。

OJT 時は、特にプノンベンにおいて、WD の他業務や会議などに参加しなければなかったことが多数あったことで作業工程に影響したが、他の C/P でカバーし合い、予定内で収めるができた。

将来の作業に向けて、C/P チーム内の若手職員 (Mr.Sok Vannak) をデータ解析の管理係として集中的に教育を行った。その後、エコートレーニングで他の C/P へ拡大する事を意図した。

その C/P の若手職員は、本邦にて JICA 集団研修(水路測量技術者養成の国際認定コース：Hydrography for Charting and Disaster Management)の6か月(2016年6月～2016年12月)の研修に参加し、技術と知識をより充実したものにしたいと思料する。

3-1-6 (7) 電子海図作成

(1) 第1回 ENC 研修 (基礎知識)

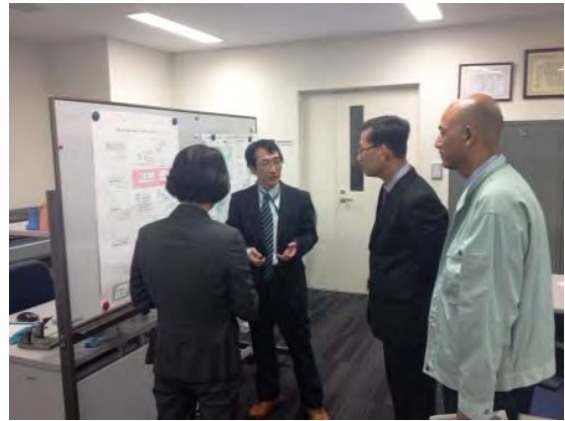
2013年12月1日から27日の間、C/P2名に対し本邦において、電子海図作成の基礎研修を実施した。研修内容及び日程等は以下のとおり。

表3-3 2013年12月のC/Pの本邦のENC研修日程表

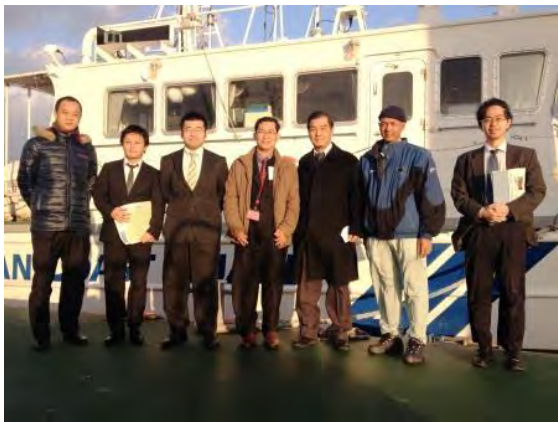
第1回 本邦 ENC トレーニング日程				
年月日		内容	方法	講師
			穀田昇一 (朝日航洋株式会社) 中川一郎 (テラ株式会社) 内城勝利 (財団法人日本水路協会: JHA)	
2013/11/30	土	研修生が来日		
2013/12/1	日	研修生が成田空港へ到着		
2013/12/2	月	オリエンテーション / スキルチェック / 海洋情報部へ訪問	講習	穀田, 中川
2013/12/3	火	海図と電子海図の必要性和知識(1)	講習	穀田他
2013/12/4	水	電子海図	講習	穀田, 中川
2013/12/5	木	S-57 の読み方	講義/実習	中川
2013/12/6	金	ENC デザイナーの概説 / JHA 訪問	実習/視察	穀田, 中川
2013/12/7	土	休日		
2013/12/8	日	休日		
2013/12/9	月	ENC リファレンサーの使い方	講義/実習	中川
2013/12/10	火	海図と電子海図の知識(2)(3)(4)と基準面	講習	内城
2013/12/11	水	セルとメタ / ジオのデータ交換	講義/実習	中川
2013/12/12	木	フィーチャーとトポロジー	講義/実習	中川
2013/12/13	金	世界的な ENC / 朝日航洋訪問	講義/実習	穀田
2013/12/14	土	休日		
2013/12/15	日	休日		
2013/12/16	月	使用機材の動作確認 (保田漁港)	実習	機材メーカー他
2013/12/17	火	ENC デザイナーの使い方	実習	穀田他
2013/12/18	水	フィーチャーオブジェクトの編集	講義/実習	中川
2013/12/19	木	品質管理と検査	講義/実習	中川
2013/12/20	金	第六管区海上保安本部 (広島) 訪問	視察	穀田
2013/12/21	土	研修旅行	研修旅行	穀田
2013/12/22	日	東京へ戻る		
2013/12/23	月	休日		
2013/12/24	火	電子海図の更新・刊行	講義	穀田
2013/12/25	水	交換セットの作成 / ENC インストール	講義/実習	中川
2013/12/26	木	スキルチェック / 評価会開催	評価会	穀田, 中川
2013/12/27	金	研修生帰国		



(2013. 12. 2 ) 海上保安庁海洋情報部  
ENC の説明



(2013. 12. 2 ) 海上保安庁海洋情報部  
ENC の説明



(2013. 12. 20) 第六管区海保訪問



(2013. 12. 10) JHA 内城講師から受講  
JICA テクニカルセンター



(2013. 12. 25) テラ社にて ENC の研修



(2013. 12. 26) 研修評価会  
JICA テクニカルセンター

写真 3-15 2013 年 12 月 C/P の ENC 研修

当初選抜された 2 名の C/P は、ENC 作成の経験がないため研修効果に不安があった。しかし、Mr. LONG BUNLONG は IT や GIS に関する多様な知識を有しており、ENC の基礎知識・技術のみならず実務的にも ENC 作成の才能を有していると主任講師に評価されている。

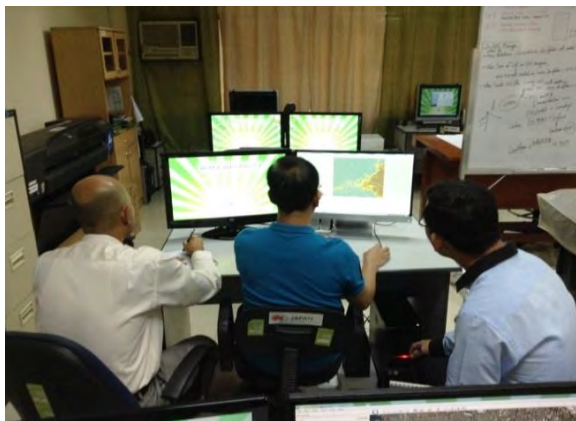
(2) 第2回 ENC 研修 (実務知識)

第2回 ENC 研修は、本邦 (1 週間) にて実施した後、“JICA フィリピン国電子海図支援 プロジェクト (2000～2004 年)” で高評価を得たフィリピンの National Mapping and Resource Information Authority : NAMRIA (環境天然資源省地図資源情報庁) において第三国研修として 3 週間実施された。

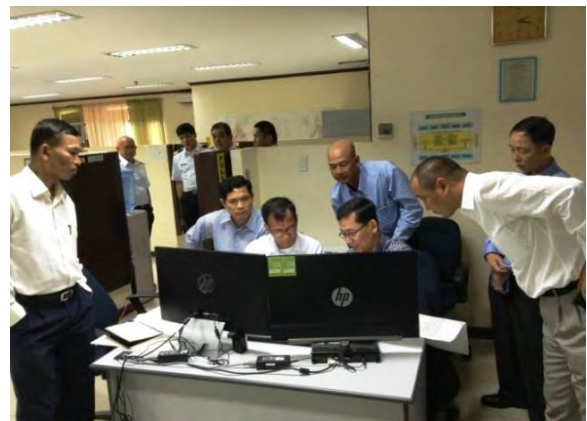
表 3-4 2014 年 8 月の C/P の第三国(フィリピン)ENC 研修指導の日程

第2回電子海図研修日程表 (本邦及び第三国 (フィリピン))				
年月日		内 容	方 法	講 師
			穀田昇一 (朝日航洋株式会社) 中川一郎 (テラ株式会社) キッティサック (朝日航洋株式会社) Dante 電子海図室員 (NAMRIA)	
2014/7/27	日	研修者成田着		
2014/7/28	月	ブリーフィング /海洋情報部訪問	講義/ 表敬訪問	穀田
2014/7/29	火	電子海図知識復習	講義	中川
2014/7/30	水	電子海図技術概要復習	講義	中川
2014/7/31	木	デジタルデータのベクタ化要領	講義/実習	中川, キッティサック
2014/8/1	金	上記データ使用の電子海図作成の概要	実習/見学	穀田, 中川
2014/8/2	土	成田⇒マニラ		
2014/8/3	日	休日		
2014/8/4	月	NAMRIA 水路部表敬/意見交換	表敬訪問/ 意見交換	穀田
2014/8/5	火	SHV 海域の試用電子海図作成開始	実習	穀田, キッティサック, Dante
2014/8/6	水	NAMRIA スタッフの講義・指導の下、プロジェクトの水路測量成果を使用する電子海図作成の準備作業及び関連講義	講義/実習	〃
2014/8/7	木		講義/実習	〃
2014/8/8	金		見学	〃
2014/8/9	土	休日		
2014/8/10	日	休日		
2014/8/11	月	プロジェクトで作成中の一部海域のベクタ測量原図ファイルを使用して、NAMRIA 電子海図室員の支援・指導により、試用電子海図作成を重点とした実習。NAMRIA 本部等の見学による 電子海図関連知識吸収。	実習	穀田, キッティサック, Dante
2014/8/12	火		〃	〃
2014/8/13	水		〃	〃
2014/8/14	木		〃	〃

2014/8/15	金		測量船見学	穀田, キッティサック
2014/8/16	土	休日		
2014/8/17	日	休日		
2014/8/18	月	前週実習により作成された電子海図審査	講義/実習	穀田, キッティサック, Dante
2014/8/19	火	審査結果を基に電子海図再作成	〃	キッティサック, Dante
2014/8/20	水	SHV 周辺海域の電子海図作成準備	〃	キッティサック, Dante
2014/8/21	木	NAMRIA 電子海図室員他との意見交換	質疑応答	穀田, キッティサック, Dante
2014/8/22	金	評価会開催、研修修了書授与	評価会	穀田, JICA
2014/8/23	土	研修者：マニラ⇒プノンペン		



(2013. 8. 22) NAMRIA での ENC 研修の様子



(2014. 8. 4) MPWT 幹部研修視察の様子



「比」 JICA 所員による ENC 研修修了書授与



「比」 第三国 ENC 研修指導関係者

写真 3-16 2014 年 8 月の C/P の第三国研修

なお、フィリピンでの第三国研修及び幹部研修(2014年8月)を計画・実施するため、2014年4月(カンボジアの正月期間)に調査団長他1名はNAMRIAを訪問し、NAMRIA副長官を始め実務者と第三国研修の依頼・協力・調整を行った。これにより前述技術協力プロジェクトで育成された技術者による直接的な指導が得られたことが、第三国研修が成功裏に終わった一因と史料する。

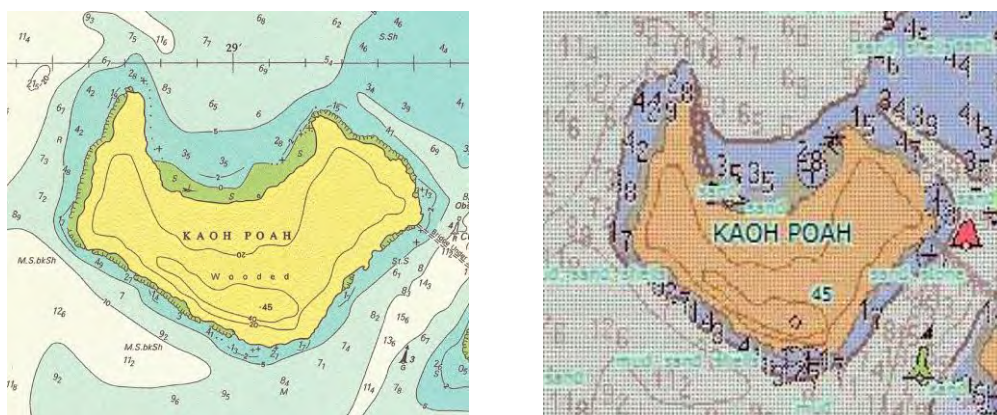


図3-5 2014年8月 研修で使用した紙海図(左図)及び作成したENC図(右図)

### (3) 幹部研修実施

2014年8月3日～8日の期間、東アジア水路委員会(EAHC)の議長国であるフィリピンのNAMRIA(JICA技術協力プロジェクトで電子海図を刊行)及び東南アジア諸国の電子海図作成・刊行においてリーダー格を担っているシンガポールのMaritime and Port Authority:MPA(港湾庁)水路部を訪問し、IHO加盟を見据えたMPWTの組織的な能力強化の重要性を認識するために幹部研修を実施した。

EAHCとの協力関係を築き、作成した電子海図の管理に関するノウハウを得るための本幹部研修にはMPWTの次官H.E. Mr. LENG THUN YUTHEA、水路部長Mr. ROS SOPHORNNA及び海事部長Mr. MAK SIDETHの三名が参加した。NAMRIA本部を表敬訪問して長官・副長官(電子海図にも高い知見を有する)と意見交換の後、水路部幹部と電子海図研修支援へのお礼を含めた意見交換を実施した。シンガポールMPAでは水路測量から電子海図作成までの一連の作業を見学し、水路部長と意見交換を行った。同研修には調査団長の穀田と企画調整員の高下が同行した。





(2014. 8. 4) NAMRIA のHO 幹部との意見交換



(2014. 8. 4) NAMRIA ENC 研修室場所訪問、激励



(2014. 8. 5) NAMRIA 長官・副長官他幹部との意見交換



(2014. 8. 5) NAMRIA 長官 & MPWT 次官の記念品交換



(2014. 8. 7) MPA の ENC 室訪問、質疑 (Singapore)



(2014. 8. 7) 左 : Yuthea 次官、右 : Parry Oei 水路部長

写真 3-17 2014 年 8 月の幹部研修実施

#### (4) ENC 管理者研修実施

海図（電子海図）は作成後、船舶航海用として有効活用されることが望まれるが、カンボジアは国際的な海図の刊行に必要とされる国際水路機関（IHO）に加盟していない。そのため、前述したように MPWT 幹部がフィリピン水路部及びシンガポール水路部を訪問し、海図（電子海図）を取り巻く国際環境について意見交換を行った。この意見交換の場で EAHC から本プロジェクトで作成される海図（電子海図）の刊行について支援の意が伝えられた。

そこで、海図（電子海図）の刊行に係る C/P 機関の実質責任者である公共事業運輸省水路部長から、2015 年 8 月に本プロジェクトの電子海図試作版が完成する機会に、日本の海上保安庁海洋情報部で海図（電子海図）の刊行・維持管理体制を築くための能力強化として、1 週間程度の管理者向け研修の要望があり、2015 年 9 月頃に実施することとなった。

海上保安庁海洋情報部は、海図の刊行に必要とされる EAHC の常設事務局であり、また、海図を最新維持するために必要な情報を水路通報として提供するためのカンボジアを含めた北太平洋西部及び東南アジア海域（NAVAREA XI 区域）の調整国である。また、カンボジアが将来的に海図（電子海図）の世界的な刊行の協力を期待している英国水路部との調整役でもあるため、海上保安庁海洋情報部での幹部向け研修が最も効果的であると判断し実施することとなった。

2015 年 9 月 6 日から 1 週間、日本海上保安庁海洋情報部の協力を得て以下の日程で ENC 管理者研修を実施した。

表 3-5 2015 年 9 月の ENC 管理者研修の日程

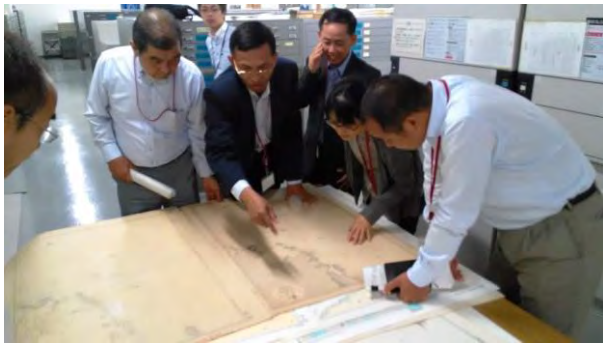
日付	時刻	形態	研修内容	講師又は見学先担当者等			講師 使用 言語	研修場所
				氏名	所属先及び職位	連絡先		
9/6(日)	～		成田来日					
9/7(月)	9:30 ～ 12:00		規定ブリーフィング	担当者	JICAブリーフィング担当者		英	JICA東京
9/7(月)	13:00 ～ 16:30	見学	海上保安庁海洋情報部訪問(挨拶。意見交換)	穀田 昇一	朝日航洋(株)理事 海洋情報部国際業務室	090-5426-6041	英	海上保安庁 海洋情報部
9/8(火)	9:30 ～ 16:30	講義	電子海図管理システム及び電子海図作成国際規定概念		海洋情報部航海情報課		英	海上保安庁 海洋情報部
9/9(水)	9:30 ～ 16:30	講義	電子海図頒布・更新に係る国際枠組み		朝日航洋(株)理事 海洋情報部国際業務室渉外官		英	海上保安庁 海洋情報部
9/10(木)	9:30 ～ 12:00	講義	電子海図作成に係る一連の課題(説明)	中川 一郎 高下 圭	テラ(株)代表取締役 朝日航洋(株)PM		英	テラ(株)
	14:00 ～ 16:30	見学	電子海図作成に係る一連の課題(見学)	高下 圭 Wetティツク	朝日航洋(株)PM 朝日航洋(株)技師	049-244-4155	英	朝日航洋(株)
	18:00 ～ 19:30	見学	東京海見学(はとバス・ナイトクルーズ)	高下 圭	朝日航洋(株)PM			
9/11(金)	9:30 ～ 12:00	講義	国際水路通報システム及び航行警報要領		海洋情報部		英	海上保安庁 海洋情報部
	13:00 ～ 16:30		電子海図刊行協議		海洋情報部国際業務室		英	海上保安庁 海洋情報部
9/12(土)	～		離日					



海洋情報部航海情報課での海図管理業務説明



国際業務室渉外官による国際海図組織説



国領海域の1900年代英版海図の説明



朝日航洋（株）訪問後の意見交換

写真3-18 2015年9月のENC管理者研修

### (5) 電子海図作成

ENC作成に係るソフトウェアは、SevenCs社のENC作成・編集・校正・最適化及び紙海図に変換するソフトウェアパッケージ(1. ENC Designer 2. ENC Analyzer 3. ENC Optimizer 4. ENC Referencer 5. ENC Manager 6. ENC Cartographer)で構成されている。これらのパッケージを使用したENC編集要領(第2章2-7-1)について、OJTによりC/Pへ技術移転を行った。

### (6) 技術者のレベル

電子海図を実際に刊行するには、紙海図の刊行技術を保有する事が望ましい。コンピュータの操作は最低限必要となるが、測地系の知識が必要となる。研修者の技術レベルによって、同じ研修内容でも理解度が著しく異なる。短期間で電子海図作製技術を理解するには、レベルの高い技術者が必要であるが、研修者の技術吸収に関する心構えも重要である。2回の研修及び2015年3月の主任講師派遣による技術移転の結果、研修者(現在、電子海図作成中のC/P)の技術は、次頁のとおり評価されている。



NAMRIAでの第三国ENC研修の様子



PAS資料整理室でのENC作成開始の様子

写真3-19 電子海図の研修(第3国研修やカンボジア現地など)

以下の表は、現在の研修者の6段階の研修前後の技術習熟度評価を示す。

- 1: 0～10% (殆ど知識も実務経験もない状態)
- 2: 10～20% (基礎理論及び知識のみの状態)
- 3: 30～40% (基礎理論を基にした実技取得初期段階)
- 4: 50～60% (実務・理論を伴う技術習得中間段階)
- 5: 70～90% (実務・理論を伴う技術習得最終段階)
- 6: 90～100% (自力で継続的に知識・技術を吸収・積み重ねできる状態)

表3-6 研修前後の技術習熟度評価

Process of ENC production and management (電子海図作成基本作業)		研修前	研修後
1	Creating ENC Dataset		
	Initial Set up of country Code and Cell Naming. (国コード,セル名設定)	1	5
	Datum Conversion (測地系変換)	1	5
2	Topology Correction		
	Correct the topology before encoding ENC (Chain Node 理解)	1	4
	Digitize isolated node, connected node, and edge (Digitize 法)	1	4
	Remove redundant topology (Redundancy の理解)	1	3
3	ENC Encoding		
	Understanding feature objects in S-57 (S-57 オブジェクト理解)	1	3
	Understanding attributes in S-57 (S-57 アトリビュート理解)	1	3
	Relationship between paper chart and symbolization and ENC symbolization (紙海図との対応)	1	2
	Mandatory objects in ENC (必須オブジェクト)	1	3
	Mandatory attributes for each objects. (必須アトリビュート)	1	4
	Understanding the concept of Mask and Data limit (マスクとデータリミットの理解)	1	3
	Understanding the concept of Group-1 (グループ1の理解)	1	5
	Examine the use of object catalogue while encoding ENC (オブジェクトカタログの使い方)	1	4
4	Quality Assurance (品質保証)		
	Understanding errors/warnings message by ENC Analyzer (ENC Analyzer のメッセージ理解)	1	3
	Correct errors/warnings (修正方法)	1	3
5	Computer Engineering (パソコンの知識)		
	Operate the hardware (ハードウェア操作方法)	5	5
	Operate Operating System (OS 操作方法)	5	5

当初プロジェクトにおいては、対象区域全域の水路測量を実施し、その測量成果を基に作られた測量原図データから電子海図を作成する手順で指導した。

また、延長プロジェクトにおいては、既存紙海図のラスターデータからデジタル化した測量原図データを基に電子海図を作成した後、既存海図で水深値等の海図情報が低密度な範囲や未側範囲等について必要最低限の水路測量を行い、得られた測量成果を基に電子海図を更新する手順を指導した。

### 3-2 技術移転業務に関する今後の課題

持続可能な人材育成の体制を築くため、C/P に対し、デジタル水路測量データ収録作業に係る知識・技術は OJT により技術移転を図ってきた。当初プロジェクトの第 1 次水路測量時（2013 年 10 月～2014 年 5 月）は、C/P は海洋における揺れる測量船での水路測量の経験が殆ど無く大半が船酔い状態であった。何とか一通りの DHSDAS の運用・操作と保守作業を実施したが、当初予定のエコートレーニングを実施する状況には至らなかった。しかしながら、第 2 次水路測量（2014 年 11 月～2015 年 3 月）の終了時には静穏な海上模様にも恵まれたこと、かつ一週間、C/P のみによる DHSDAS を使用するデータ収録を実施したことにより、当初予定していたエコートレーニング体制が築かれ始めた。

延長プロジェクト海域は、当初プロジェクト海域より沖合に広がることから、より厳しい海況が予想されたが、延長プロジェクト開始時には C/P の半数は船酔いも少なくなり、かつ極力、艀装からデータ収録の工程を C/P が実施したこともあり、データ収録作業において独り立ちする C/P も現れ、延長プロジェクトの現地作業終了時（2016 年 6 月）には、エコートレーニング体制がほぼ確立された。

デジタル水路測量データ処理及び海図（電子海図）編集に関する知識・手法の技術移転に関しては、当初プロジェクトで延べ 53 カ人月分のデータ処理を 2 班に分かれた 8 人の C/P がエコートレーニング方式で実施した。延長プロジェクトにおいては、海図を作成するための海図情報収集計画・作業、特にデジタル水路測量データ収録作業の経験知の蓄積の重要性を認識し持続可能な人材育成の体制を築く方針で臨んだ結果、電子海図研修修了者以外からも電子海図作成に携わる人材が育っている。

今後は、C/P が定期的な水路測量を実施していくことで、技術的能力並びに組織としての水路測量に関する体制強化が見込まれる。

また、シハヌークビルで講習を行った時に PAS の職員（水先案内人のチーム）が加わって、水路の運営・管理について意見交換を行った。PAS と MPWT/WD のお互いの業務を知り、連携強化することも狙いの一つだった。今後、MPWT/WD と PAS 間での協力体制が強化されることを望む。

今回のプロジェクトでは、人材のほかに機材の保守という点も大きな課題となっている。特に海中に投じる機材（水中音速度計）は、計測の際にショートニングプラグを抜き差しするため、コネクタ部の不具合（接触不良）による故障が最も多い箇所である。

プロジェクト期間中にも水中音速時計が故障し修理を行った。今回の故障の原因は、コネクタ内に水が浸入しない様きつめのプラグであるため、それを抜く際に左右に大きく揺さぶってしまい、コネクタの穴が広がって接点不良になったと推察される。



写真 3-20 水中音速度計のプラグとコネクタ一部

これについての対策として

- (1) 取扱いに関する訓練を再度実施し、プラグを垂直に抜く事。
- (2) 使用後の整備については、必ず真水で洗う事。
- (3) 水洗いの際、プラグ内に水が入らない様、ダミープラグを必ず挿入する事。
- (4) 直射日光の当たらない場所で乾かして保管する事。
- (5) 現在作成中のマニュアルにも、取扱いについて注意するよう追記する事。
- (6) 本プロジェクト終了後は機材供与される予定であり、その後の機材は C/P を中心に WD にて管理を行い、保守を行っていく必要がある事を強く啓蒙している。

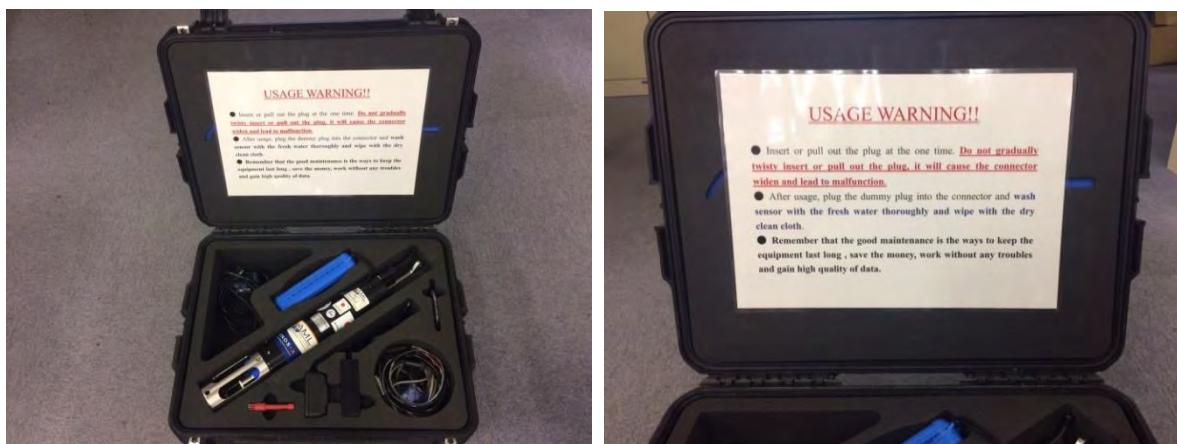


写真 3-21 水中音速度計の保管箱に貼っている取扱注意文書

## まとめ

複雑な作業でも何回も C/P 自身が行うことにより、海図作成に係る水路測量技術から海図編集に関する知識技術も徐々に身についてきた。本プロジェクト当初は、ほぼ素人同然だった C/P も約 3 年間の OJT を含む多様な技術移転手法により当初目的の海図策定に係る知識技術を積み重ね、助言が必要とはいえ、C/P 自らが電子海図を作成できるまでになった。

さらに、今後作成した電子海図等の更新を C/P 自身で行う責任感・覚悟もできてきていると思料する。

これから、組織の役割分担を明確化し、適切な予算を得て、水路測量と海図作成の経験知を積み、若手職員の教育を行い、WD の業務が軌道に乗り進められてゆく事が、本プロジェクトの最終目的に近づくことになると思料する。