

## 電子海図に関する近年の動向と S-101 電子海図規格策定に向けた動き<sup>†</sup>

服部友則\*

Recent trends in ENC and establishing new S-101 ENC specification<sup>†</sup>

Tomonori HATTORI\*

### Abstract

In recent years, ENC has become widespread with the mandatory installation of ECDIS. On the other hand, since the specification for ENC has been established for nearly 30 years, a new S-101 ENC specification is being developed by the IHO. In this paper, along with recent trends in ENC, the author described trends in the world and the Japan Hydrographic and Oceanographic Department (JHOD) regarding this new S-101 ENC specification.

### 1 はじめに

海上保安庁海洋情報部では、その前身である兵部省海軍部水路局が 1872（明治 5）年に海図第 1 号「陸中國釜石港之圖」を刊行して以来、日本の経済を支える海上交通に不可欠な海図などの航海用刊行物を 150 年近くにわたり提供してきた。この間 1995 年には、国際水路機関（IHO：International Hydrographic Organization）が定めた仕様に準拠した航海用電子海図（ENC：Electronic Navigational Chart）を世界で初めて作製・刊行するなど、高い技術を維持し日本の航海安全に寄与し続けている。

本稿では、主として直近の 10 年間を中心に ENC に関するトピックを振り返るとともに、IHO における新たな ENC の仕様である S-101 の策定に向けた動きとそれに伴う当部の対応を中心に紹介する。

### 2 ENC とは

「1974 年の海上における人命の安全のための国際条約」(SOLAS 条約：The International Convention for the Safety of Life at Sea) では、すべての船舶に予定された航海に必要な海図その他の航海用刊行物を備え付けることを規定している。同条約では、従来の紙媒体に印刷した海図（紙海図）および水路書誌のほか、電子的に情報を表示させる機能を持つ電子海図情報表示装置（ECDIS：Electronic Chart and Display Information System）をこの規定の搭載要件を満たすものとしている。

この ECDIS に表示させて使用する海図データを ENC といい、IHO が定めた S-57「水路データ転送基準（IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data）」仕様に従い各国政府公認機関が作製・刊行している（International Hydrographic Organization, 2000）。ENC は、紙海図が水路通報により最新維持されるのと同様に

<sup>†</sup> Received September 28, 2020; Accepted November 4, 2020

\* 技術・国際課 海洋研究室 Ocean Research Laboratory, Technology Planning and International Affairs Division

電子水路通報により最新維持されており、海洋情報部では2020年9月現在796セルを刊行し、電子水路通報を原則として毎週発行している。

ECDISの画面には、ENCの情報のほかに自船位置や航跡、針路、速力といった航海に必要な情報を表示させることができ、航海状況を把握することが可能である。また、レーダー映像の重ね合わせ表示機能、浅所などの危険な海域に接近したことを警報等により知らせる機能および他の航海計器との連携機能なども備えており、ECDISを利用することにより航海者の業務を軽減するとともに航海の安全と効率を高めることができる。

### 3 ENCをめぐる近年の動向

#### 3.1 ECDIS搭載義務化

前述したENCの普及を背景として、2009年6月、SOLAS条約の改正が国際海事機関（IMO：International Maritime Organization）海上安全委員会（MSC：Maritime Safety Committee）で採択された。これは、国際航海に従事する一定の船舶に対し2012年7月から2018年7月までにかけて段階的にECDISの搭載を義務化するものである。また、ECDISを航海用の主装置として用いる場合にはそのバックアップとして紙海図または2台目のECDISのいずれかの装備が要求されることとなった。このことは言い換えれば、2台のECDISを備えるならば紙海図を持たずENCのみで航海を行うことが可能であるということである。

紙海図に比してENCの優れている点として、海図の最新維持が簡便であることが挙げられる。上記で述べたように、ENCはCD等により配布される電子水路通報をECDISに読み込ませることで半自動的に更新される。これにより、航海士の業務である海図の改補作業の負担を大幅に軽減できることになる。近年では、取得された船舶の位置情報に応じて必要となるENCおよび電子水路通報を衛星回線経由で自動的にECDISに送信するサービスも登場しており、ENCの利便性は高まっている。このため、国際航海の船舶の中に

は紙海図を持たずENCおよびECDISのみで航海しているものも存在していると想定される。

#### 3.2 紙海図からENCへ

これらを背景とし、近年各国において伝統的な紙海図に代わりENCの利用数（販売数）が大きく増加し、逆に紙海図は減少傾向にある。日本においてもこのことは例外ではない。海上保安庁が刊行する海図の複製頒布事業を行う（一財）日本水路協会の事業報告（日本水路協会、2020）によれば、2010年度から2019年度までの10年間における紙海図およびENCの頒布数の推移はFig. 1のとおりである。これをみると、紙海図はECDIS搭載義務化の進捗と軌を一にするように減少傾向であることが容易に読み取れる。2019年度の頒布数は2012年度の実に2割強まで減少している。

一方、ENCの頒布数は2011年度以降2018年度まで一貫して増加しており、ECDIS搭載船舶の増加が大きな影響を与えていると推察できる。しかし、ECDIS搭載義務化が完了をみた後の2019年度にはENCの頒布数も頭打ちとなっている。これらの傾向は各国水路機関の海図販売戦略

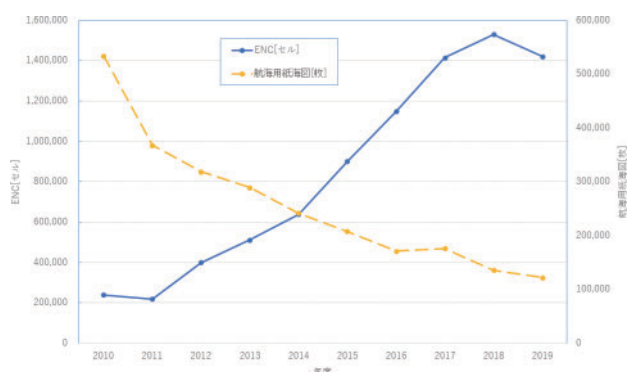


Fig. 1. Changes in the number of nautical paper charts and ENC distributed from 2010 to 2019. The solid line (right vertical axis) shows the number of ENC and the broken line (left vertical axis) shows that of nautical paper charts.

図1. 2010年度から2019年度までの紙海図およびENCの頒布数の推移。実線（右縦軸）はENC、破線（左縦軸）は紙海図の頒布数をそれぞれ示す。

にも大きな影響を与えており、各国水路機関ではその分析と今後の海図事業の運営戦略を検討している。

例えば、米国海洋大気局（NOAA：National Oceanic and Atmospheric Administration）は2019年11月に「NOAA Sunsetting Traditional NOAA Paper Charts」と題された文書をウェブサイト上で発表し、パブリックコメントを求めた（現在は終了）（National Oceanic and Atmospheric Administration, 2019b）。この文書では、ENCの普及と紙海図の使用減少を背景として伝統的な紙海図の作製を2025年1月までに終了することを目標とし、2020年後半から5年間の段階的な移行期間を設けることとしている。紙海図の利用を希望する利用者には、NOAAカスタム海図（NCC：NOAA Custom Chart）と名付けられた電子海図データから利用者が希望する範囲の海図データを図化し、地理情報付加PDFファイル（GeoPDF）で書き出すシステムを提供することとしている。本システムは2020年現在、試用版を誰でも利用可能である（National Oceanic and Atmospheric Administration, 2019a）。その一例を、Fig. 2a, bに示す。これは、ニューヨーク湾を中心とする海域を10万分の1の縮尺で図化したものである。一見してわかる通り、ECDIS上での電子海図表示に基づいた表現になっている。また、紙海図に必要な図郭格子線、単位および縮尺表示等も補われていることがわかる。一方で、従来の紙海図では陸部や図内余白部に配置されていた注意記事やコンパスローズの代わりとなる方位矢符等は全て図郭外に配置されており、用紙サイズ（A0）に余裕がない場合にはPDFファイルの2ページ目としてA4サイズに記載されて提供される（Fig. 2b）。

また、IHOにおいても航海用海図作業部会（NCWG：Nautical Cartography Working Group）を中心として紙海図のあり方に関する議論が継続的に取り上げられており、2019年5月に開催されたNCWGの上部委員会である水路業務・基準委員会（HSSC：Hydrographic Services &

Standards Committee）において、予備りポート「紙海図の将来（the Future of the Paper Nautical Chart）」として取り纏められた（International Hydrographic Organization, 2019a）。このレポートでは、各国が直面している紙海図およびENC販売実績や作製方法などの現状およびそれに対応して検討・実施している様々な方策を、アンケート結果も踏まえ明らかにしている。

### 3.3 自動運航船の開発

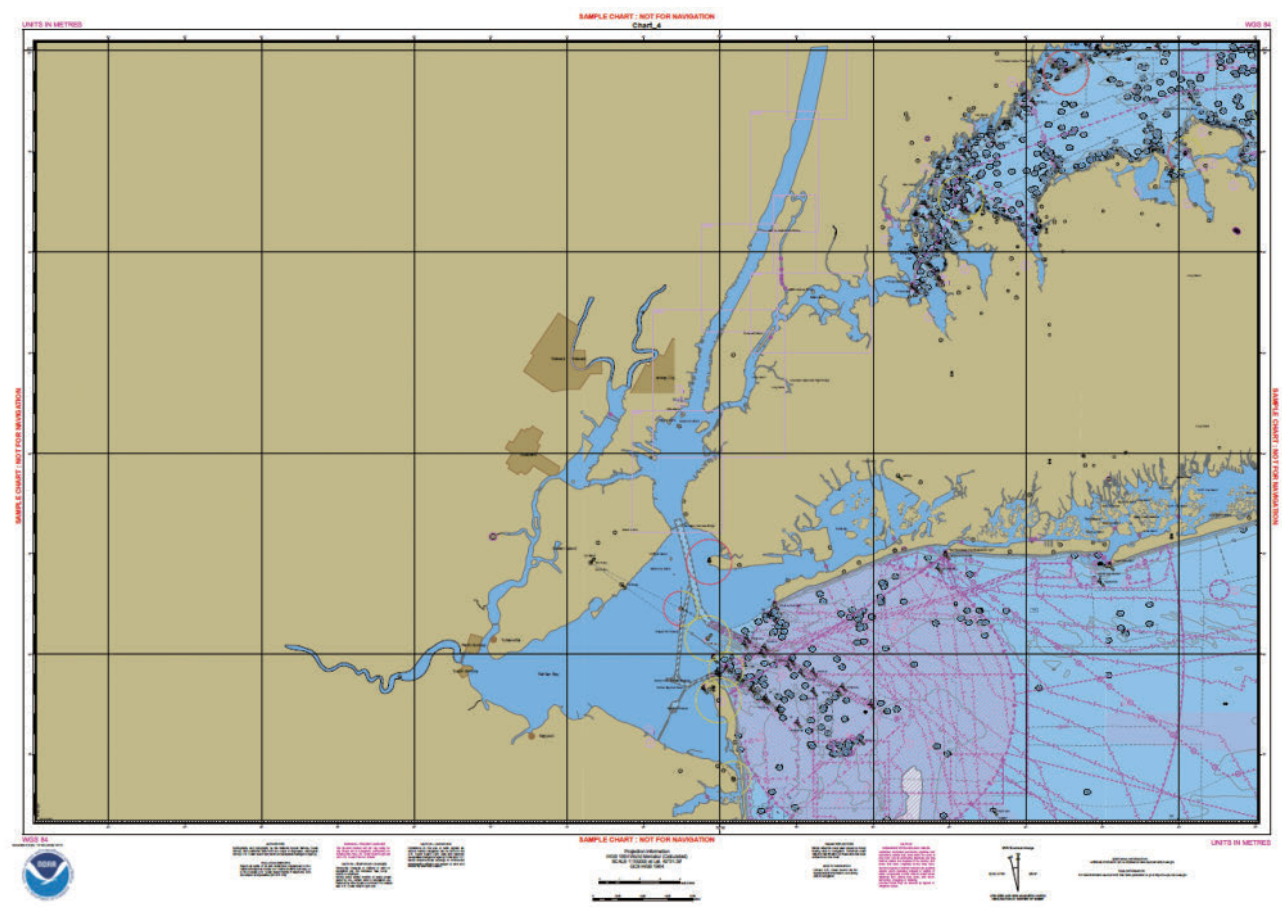
これまでENCの動向を中心に記述してきたが、これを利用する船舶の側においても近年、大きな技術革新が起こりつつある。その一つが自動運航船の開発であり、自動着機衝突回避といった機械による操船支援または自動操船を行うための技術開発が進められている。国土交通省では、2025年までの実用化を目指して実証事業の取組が進められており（国土交通省, 2018）、将来このような自動運航船が洋上を航行する際にはベースマップとしてのENCがますます重要になると考えられる。

## 4 新たな電子海図の仕様（S-101）

現在使用されているENCが基準とする仕様S-57は、1992年に初版が刊行されてから30年近くが経過している。本来、S-57はその名称「水路データ転送基準」のとおり海図に限らず様々な水路情報についても電子化することを意図していた。しかし、実際にはENC以外の水路情報への適用は進まなかったため、航海の際には水路誌や潮汐表などの冊子を確認する必要がある。また、S-57以後に制定され利用が広まったGIS（地理情報システム：Geographic Information System）等の新技術には非対応である等の問題点がある。

そのため、現在、IHOに設けられた作業部会において新しいENCの仕様であるS-101（IHO航海用電子海図作製基準：IHO Electronic Navigational Chart Product Specification）の制定に向けた議論が進められている（International Hydrographic Organization, 2018a）。この新しい

(a)



(b)

<p>NOTE A</p> <p>Navigation regulations are published in Chapter 2, U.S. Coast Pilot 3. Additions or revisions to Chapter 2 are published in the Notice to Mariners. Information concerning the regulations may be obtained at the Office of the Commander, 5th Coast Guard District in Portsmouth, Virginia or at the Office of the District Engineer, Corps of Engineers in Baltimore, Maryland and Philadelphia, Pennsylvania. Refer to charted regulation section numbers.</p>	<p>NOTE A</p> <p>Navigation regulations are published in Chapter 2, U.S. Coast Pilots 2 and 3. Additions or revisions to Chapter 2 are published in the Notice to Mariners. Information concerning the regulations may be obtained at the Office of the Commander, 1st Coast Guard District in Boston, MA, and 5th Coast Guard District in Portsmouth, VA, or at the Office of the District Engineer, Corps of Engineers, in New York, NY. Refer to charted regulation section numbers.</p>
--	---

Fig. 2. Example of the nautical chart with the NOAA custom chart

(a) The nautical chart around New York Bay (A0 size).

(b) The page with note articles (A4 size)

図 2. NOAA カスタム海図により作製した海図の例。

(a) ニューヨーク湾を中心とした海図 (A0 サイズ)。

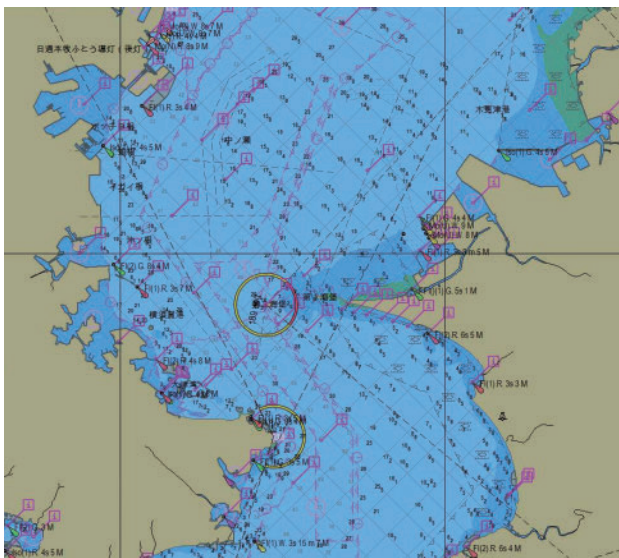
(b) 注意記事が記載されたページ (A4 サイズ)。

仕様は、同じく IHO が定めた水路データの基本モデルに関する仕様 S-100 (水路データ標準モデル: Universal Hydrographic Data Model) をベースにしている。S-100 は、地理情報の国際基準である ISO19100 シリーズに準拠しており (International Hydrographic Organization, 2018b), 海図を初めとする水路データ分野に必要な要素から構成されている。ISO19100 シリーズに準拠した S-100 をベースにすることで、S-101ENC を GIS により扱うことが可能になる。また、S-101 では S-57 に比して新たな地物の追加

が容易になるなどメンテナンス性が向上しており、仕様の刊行後に新技術が登場した際にも柔軟な対応が可能である等の特徴を持っている。

一方で、「海図」それ自体の機能や記載される情報としては、既存の S-57 ENC と S-101 ENC とは基本的に同等である (Figs. 3a, b)。S-100 では ENC 以外の様々な水路情報もターゲットとしており、ENC と様々な航海情報を組み合わせて統合的に利用することでその真価を発揮することが可能になる。

(a)



(b)

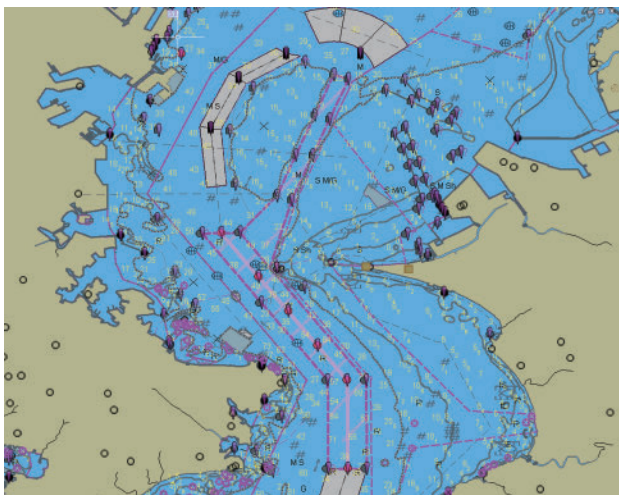


Fig. 3. Example for display of ENC (around Tokyo Bay).

- (a) S-57 ENC displayed on ECDIS.
- (b) S-101 ENC on the window of ENC Viewer software. However, it should be noted that the S-101 ENC display catalog is incomplete.

図 3. ENC の表示の例 (東京湾付近).

- (a) S-57ENC. ECDIS の画面に表示.
- (b) S-101ENC. 電子海図表示ソフトウェアのウィンドウに表示. ただし, S-101 表示カタログは未完成であることに注意.

### 5 S-100 に基づく様々な水路データの開発

現在 IHO の作業部会では, ENC だけではなく安全な航海に有益となる様々な情報について, S-100 をベースにした新しい仕様の制定に向けた

Table 1. List of the S-100 based specifications.

表 1. S-100 シリーズ一覧表.

Developer	No.	Title	和文題名(仮訳)
IHO	S-97	Product specification guidebook	S-100ベース製品仕様作製手引書
	S-98	S-100 Interoperability Specification for Navigational Systems	航海システム用S-100統合運用仕様
	S-99	Operational Procedures for the Organization and Management of the S-100 Geospatial Information Registry	S-100空間情報レジストリーの機関・管理のための運用手順
	S-100	Universal Hydrographic Data Model	国際水路機関水路データ共通モデル
	S-101	Electronic Navigational Charts	電子海図
	S-102	Bathymetric Surface	高密度水深
	S-103	Sub-surface Navigation	亜表層航海
	S-104	Water Level Information for Surface Navigation	潮汐・潮位
	S-111	Surface Currents	表層流
	S-121	Maritime Limits and Boundaries	海洋境界
	S-122	Marine Protected Areas	海洋保護区
	S-123	Radio Services	無線業務
	S-124	Navigational Warnings	航行警報
	S-125	Navigational Services	航海サービス
	S-126	Physical Environment	自然環境
	S-127	Marine Traffic Management	交通管理
	S-128	Catalogues of Nautical Products	水路図誌カタログ
	S-129	Under Keel Clearance Management Information	余裕水深管理
	S-1xx	Marine Services	海洋サービス
	S-1xx	Digital Mariner Routing Guide	デジタルルーティングガイド
S-1xx	Harbour Infrastructure	港湾設備	
S-13x	Undersea Feature Names	海底地形名称	
IALA	S-201	Aid to Navigation Information	航海援助施設情報
	S-210	Inter-VTS Exchange Format	VTS交換フォーマット
	S-211	Port Call Message Format	入港メッセージフォーマット
	S-230	Application Specific Messages	申請様式メッセージ
	S-240	DGNSS Station Almanac	DGNSS局
	S-245	eLoran ASF Data	eLoranASF(付加的二次位相係数)データ
	S-246	eLoran Station Almanac	eLoran局
S-247	Differential eLoran Reference Station Almanac	ディファレンシャルeLoran基準局	
S-2xx	Port Collaborative Decision Making (PortCDM)	PortCDM	
IOC	S-3xx		
Others	S-401	Inland ENC	内陸用電子海図
	S-402	Bathymetric Inland ENC	内陸用電子海図(高密度水深)
	S-411	Ice Information	海水情報
	S-412	Met-ocean forecasts	気象-海象予報
	S-421	Route Plan Exchange (RTZ)	航路計画交換
	S-430		
	S-4xx	Weather and Wave Conditions	気象・波浪海況
S-4xx	Weather and Wave Observations	気象・波浪実測	
NATO Additional Military Layer	S-501		
	S-625		

作業が進められている (Table 1). その中には, 潮汐・潮位 (S-104) や表層流 (海潮流) (S-111) など, 現在個別に Web サイト上などで提供が行われている情報も含まれる. また, 海水情報 (S-411) や気象-海象予報 (S-412) など IHO 以外の機関が主体となり開発が行われている仕様も存在する. さらには, S-100 シリーズを重畳などの方法により統合利用するための手順についての仕様 (S-98) や, 新たな S-100 ベースの仕様を開発する際の手順を記述したガイドブック (S-97) といった, S-100 に関連する仕様も同時に検討されている.

今後, これらの仕様が制定され様々な水路情報が提供されるようになると, S-100 製品に対応した ECDIS の画面上で複数の情報の重畳表示や統合利用といった, 航海の利便性をより高めるための様々な利用方法が可能になる. 具体的な例を挙



Fig. 4. The image of the voyage with the S-100 based products (IHO, 2020). Japanese language is added.

図 4. S-100 シリーズ製品を使用して航海するイメージ図 (IHO, 2020). 日本語を付記.

げると、航路や狭水道域において時間変化する潮流の矢符をリアルタイムで ENC 上に重畳表示させ操船の参考としたり、入港時に、潮位や航路標識などの詳細情報を ECDIS 上で ENC と関連付けながら確認したりすることが挙げられる。IHO では、S-100 製品による多様な航海情報を航海の様々な場面で活用するイメージを「S-100 の世界 (S-100 World)」として示している (Fig. 4)。

## 6 今後の見通し

S-101 は 2018 年 12 月に実装用として第 1 版が刊行された。ここで実装用とは、各国水路機関が S-101ENC 刊行に向けた作業体制の構築を行ったり、ECDIS メーカーが S-101ENC を利用可能な ECDIS の開発を行ったりするために用いる開発・試験用という意味である。

IHO の想定するスケジュール (Fig. 5) では、2022 年末に洋上を航行する船舶で実際に運航に使用可能な S-101 第 2 版 (Ed.2.0) を刊行する予定である。その後準備期間等を経て、2024 年の初めに実利用を開始する予定となっている。この間、各国水路機関や ECDIS メーカー、ENC 頒布者といった関係諸機関は S-101ENC 利用開始に備えた準備を進めて行くこととしている。

海洋情報部においてもこのスケジュールにあわせ、S-101ENC 刊行に備えた準備を進めているところである。例えば、S-101ENC の刊行計画につ

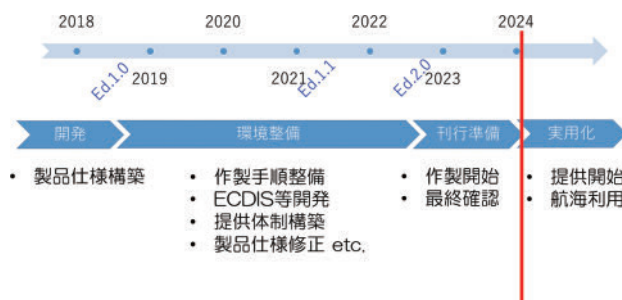


Fig. 5. The work schedule and expected work contents until the start of using S-101 ENC.

図 5. S-101 電子海図実利用開始までの作業スケジュールおよび想定される作業内容.

いて、どの海域・縮尺の ENC をどのような順序・頻度で刊行するのかについて、利用者のニーズや ENC 作製に必要な作業量など様々な要素を踏まえ検討を行わなければならない。また、S-101ENC の刊行が開始された後も、当分の間は S-57ENC と並行して刊行および最新維持を行うことが見込まれる。そのため、両方の ENC を効率的に作製・刊行するための体制について検討を行った上で、刊行開始に間に合うよう整備を行うことが必要である。

このように、S-101ENC の実利用開始までには大きな課題がいくつも控えており、一つ一つクリアしていくことが求められている。そのような解決すべき課題の一つに、S-101 対応 ECDIS の開発が挙げられる。S-101 を初めとする S-100 シリーズの製品は既存の S-57ENC 用 ECDIS では利用できない。そのため、洋上での利用には S-101ENC に対応する ECDIS が必要不可欠であり、各国の ECDIS メーカーにおいて開発が進められている。

ここで視点を変え、S-101ENC の実利用開始後について考えてみる。S-101ENC の実利用開始後には世界中の船舶が S-101ENC を利用して航行するようになり、S-57ENC は使われなくなるのだろうか。前述したように、「海図」の機能のみで比較した場合には S-57ENC と S-101ENC とは同等であるため、航海者にとり S-101ENC を選択する優位性は強くないと考えられる。表層流や潮位情報など船舶の航海に有用な情報や他の S-100 シリーズ製品がある程度出そろい統合利用できるよ

うになった時に、初めて S-101ENC を利用するメリットが生じるのではないだろうか。

IHO においても、2019 年 10 月に開催された第 3 回理事会 (3rd Council Meeting) において 2020 年からの 10 年を「実装の 10 年 (Implementation Decade)」とし、S-101 および S-100 シリーズのうち重要なものについて優先的に整備を促すことで普及を促進することを記載した「S-100 実装の 10 年のロードマップ (Roadmap for the S-100 Implementation Decade (2020–2030))」という文書が提出された (International Hydrographic Organization, 2019b)。本文書において、S-101 実用開始後の S-57ENC と S-101ENC とが共存する時期を念頭に双方の ENC を利用可能な「両用 (dual-fuel) の ECDIS」というアイデアが提案され、理事会後に作業部会においてその実現に向けた検討が開始されている。また、S-57 廃止の時期についても S-101ENC への移行が充分進捗したことを評価した上で時期を定めるとしており、当分の間は S-57ENC も利用可能な状態が続くことが想定されている。

本文書は理事会において S-100 サービス提供ロードマップの草案として承認され、2020 年に開催予定の第 2 回総会へ提案される予定である。

## 7 おわりに

技術の進歩とともに、海図の形も紙媒体から電子へ、そして新たな規格へと進化してきている。しかし、その本質である安全で効率的な航海のための情報という意義は、決して変わらないものである。海洋情報部では、これからも新たな技術を取り入れながら海図をはじめとする航海情報の提供を続けていく。

## 謝 辞

本稿を執筆するにあたり、海洋情報部航海情報課 (令和元年度) および情報利用推進課 (令和 2 年度) の皆様には電子海図をはじめとする航海情報に関するご指摘及びご助言を頂きました。また、本稿を完成させる上で、査読者及び編集者の

方々には有益で適切なコメントをいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

## 文 献

- International Hydrographic Organization (2000) IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data Special Publication 57, Edition 3.1, IHO, Monaco.
- International Hydrographic Organization (2018a) IHO Electronic Navigational Chart Product Specification IHO Publication S-101, Edition 1.0.0, IHO, Monaco.
- International Hydrographic Organization (2018b) IHO S-100 Universal Hydrographic Data Model, Edition 4.0.0, IHO, Monaco.
- International Hydrographic Organization (2019a) 11th Hydrographic Services and Standards Committee “Future of the Paper Chart”, <https://iho.net/en/hssc11-2019>, 参照 2020 年 9 月 24 日。
- International Hydrographic Organization (2019b) 3rd Council Meeting “Roadmap for the S-100” Implementation Decade (2020–2030), <https://iho.net/3rd-council-meeting-2019>, 参照 2020 年 9 月 24 日。
- International Hydrographic Organization (2020) S-100 Introduction, <https://s100.iho.int/S100/home/s100-introduction>, 参照 2020 年 9 月 24 日。
- 国土交通省 (2018) 報道発表資料 自動運航船、実証段階へ！～2025 年までの自動運航船の実用化に向けた取組をスタート～, [https://www.mlit.go.jp/report/press/kaiji07\\_hh\\_000109.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/kaiji07_hh_000109.html), 参照 2020 年 9 月 24 日。
- National Oceanic and Atmospheric Administration (2019a) NOAA Custom Chart, <https://devgis.charttools.noaa.gov/pod/>, 参照 2020 年 9 月 24 日。
- National Oceanic and Atmospheric Administration (2019b) NOAA Raster Chart Products,

<https://www.nauticalcharts.noaa.gov/charts/noaa-raster-charts.html>, 参照 2020 年 9 月 24 日.

日本水路協会 (2020) 令和元年度 (平成 31 年度) 事業報告, <https://www.jha.or.jp/jp/jha/outline/document.html>, 参照 2020 年 9 月 24 日.

## 要 旨

近年, 電子海図は ECDIS 搭載義務化に伴い広く普及してきた. 一方で, その規格は制定から 30 年近くが経過しているため, IHO において 2024 年の実利用開始を目標として新たな電子海図の規格 S-101 の開発が行われている. 本論文では, 近年の電子海図に関する動向とあわせ S-101 に関する世界と海洋情報部の動向について述べた.