

情報通信審議会 情報通信技術分科会 航空・海上無線通信委員会報告 概要

「海上無線通信設備の技術的条件」のうち

「デジタル海上無線通信設備の技術的条件」のうち

「150MHz帯デジタルデータ通信設備及び400MHz帯デジタル船上通信設備の技術的条件」

平成30年2月13日

航空・海上無線通信委員会

■ 検討背景

- 船舶に搭載されている無線通信機器は、平成11年のGMDSS(全世界的な海上における遭難安全制度)の完全導入以降、高度化が図られてこなかった。
- この状況に対処するため国際電気通信連合（ITU）では、世界無線通信会議（WRC-12及びWRC-15）において、一般通信を行う無線通信システムを対象としてデジタル化やひっ迫する周波数を解消するための狭帯域化が決定され、これまでよりも多くの情報を陸上・船舶間及び船舶相互間で通信できることとなった。
- このため、我が国においても高度化された海上無線通信システムの早期の導入に向けた制度整備が必要であり、デジタル海上無線通信設備の技術的条件の検討を実施。

※ 諮問第50号「海上無線通信設備の技術的条件」（平成2年4月23日諮問）
「デジタル海上無線通信設備の技術的条件」の検討開始（平成28年12月9日）

■ 検討項目

国際的に共通に利用されている海上無線通信の周波数帯域の一部にデジタル通信を導入することを目的として、無線通信規則（RR）が改訂されたことに伴い、国内においてもその早期実用化を図るのため、「デジタル海上無線通信設備の技術的条件」について検討。

- (1) 150MHz帯デジタルデータ海上無線設備の 技術的条件
- (2) 400MHz帯デジタル船上通信設備の技術的条件 等

150MHz帯海上無線設備(国際VHF)

- 海上において、船舶の安全のために使用する国際的な無線機(アナログ音声通信)で通称「国際VHF」と呼ばれている。
- 使用周波数は、全世界で共通に使用できるようITU-RのRR(無線通信規則)で、無線機の規格は、SOLAS条約で定められており、100トン以上の船舶には、国際VHFの搭載が義務付けられている。
- 大型船舶は、25W出力の大きい固定型の無線機器が搭載されており、小型船舶には、小型で携帯型で出力の小さい5Wの無線機が搭載されているケースが多い。



国際VHFの無線機の例

400MHz帯海上無線設備(船上通信設備)

- 船上通信設備は、コンテナ船、自動車船、タンカー、長距離フェリーなど大型船に用いられることが多く、一般通信に船舶内で船員同士が利用しており、ブリッジや乗組員居住区、客室区画、機関室など船内の広範囲において主な通信手段となっている。
- 無線設備は、2W出力によるアナログ音声主体の通信であり、船内の広範囲で使用する場合は、有線を使った中継方式により、船内の隅々まで通信が可能となるよう工夫して利用されている。



船上通信設備の無線機の例

(1) 150MHz帯デジタルデータ通信設備の導入

デジタルデータ通信による高度化

- データ通信が陸上で飛躍的に発展している状況を踏まえ、海上においてもデジタルデバイドの解消のためにデータ通信を可能とするシステムの導入が望まれ、現在のアナログ音声用の周波数の一部をデータ通信として利用することが、WRC-12（世界無線通信会議）で決定された。
- 今後、データ通信の活用により、海上における人命の安全の向上、さらには、物流の効率化、船内居住環境の向上などが期待されている。

【デジタルデータ通信用の周波数】

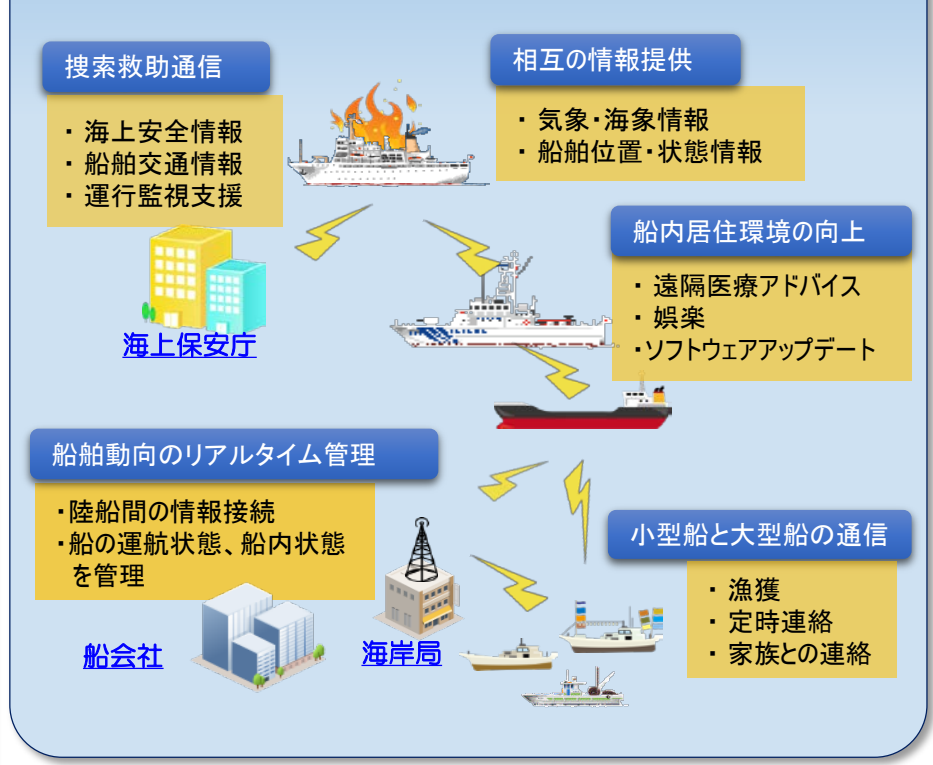
船船局側 (150MHz帯)	25kHz幅						
CH番号 [MHz]	80	21	81	22	82	23	83
	157.025	157.050	157.075	157.100	157.125	157.150	157.175
	最大100kHz幅で使用				最大50kHz幅で使用		

海岸局側 (160MHz帯)	25kHz幅						
CH番号 [MHz]	80	21	81	22	82	23	83
	161.625	161.650	161.675	161.700	161.725	161.750	161.775
	最大100kHz幅で使用				最大50kHz幅で使用		

【150MHz帯周波数配置】



デジタルデータ通信設備の活用イメージ



- (Blue) : 固定／陸上移動業務等
- (Yellow) : 海上移動業務 (アナログ音声通信)
- (Red) : 海上移動業務 (デジタルデータ通信用)

ITU-R勧告における無線設備の諸元(国際VHF)

■ 国際標準規格 : ITU-R勧告M.1842 地域チャンネル(CH21-23、CH80-83)

	25 kHz幅のもの		50 kHz幅のもの	100 kHz幅のもの
変調方式	$\pi/4$ DQPSK $\pi/8$ D8PSK	4level GMSK	16QAM (16 multi carriers)	16QAM (32 multi carriers)
電波の型式	G1D、G7D	F1D、F7D	D1D、D7D	D1D、D7D
周波数	船舶局 : 157.025 ~ 157.175MHz、海岸局 : 161.625 ~ 161.775MHz (Ch.80, Ch.21, Ch.81, Ch.22, Ch.82, Ch.23及びCh.83)			
空中線電力	船舶局 : 25 W以下、海岸局 : 50 W以下			

		25 kHz幅のもの	50 kHz幅のもの	100 kHz幅のもの
送信機	隣接チャンネル電力	—	-23 dBm以下 (上下の25 kHzチャンネルに 対する電力)	-23 dBm以下 (上下の25 kHzチャンネルに 対する電力)
	隣接チャンネル電力比	最低70 dB	—	—
受信機	隣接チャンネル選択度	最低70 dB		
	感度	船舶局 : -107 dBm 海岸局 : -107 dBm	船舶局 : -103 dBm 海岸局 : 106 dBm	船舶局 : -98 dBm 海岸局 : -103 dBm

■ 周波数共用の検討

- 150MHz帯デジタルデータ通信設備の周波数は、国際VHFのアナログ音声通信用の周波数の一部をデータ通信用とするものであり、共用検討に当たっては、同一チャネル及び隣接チャネルのアナログ音声通信との共用検討を行うものである。
- 同一及び隣接チャネルにおける共用検討は、希望波に対し妨害波の許容受信レベル(DU比)から必要な離隔距離を求め、周波数共用の可能性を検討。

■ 周波数共用の検討結果

○ 妨害波の送信出力25Wの場合における同一ch及び隣接chの共用検討結果

	変調方式	π/4QPSK		8PSK		16QAM	
	帯域幅 [kHz]	25	100	25	100	25	100
同一ch 干渉	中心周波数差 [kHz]	0	12.5	0	12.5	0	12.5
	DU比 [dB]	3.5	-1.3	3.4	-1.4	3.6	-1.9
	離隔距離 [km]	11.97	8.3	11.88	8.24	12.6	7.93
	DU比 [dB]	3.2	-1.5	3.4	-1.3	3.4	-1.1
	離隔距離 [km]	11.51	8.05	11.69	8.18	11.69	8.30
隣接ch 干渉	中心周波数差 [kHz]	25	62.5	25	62.5	25	62.5
	DU比 [dB]	56.9	59.6	56.8	59.2	55.7	58.5
	離隔距離 [km]	0.37	0.33	0.37	0.33	0.21	0.34
	DU比 [dB]	57.2	58.0	57.2	58.2	56.0	57.0
	離隔距離 [km]	0.36	0.35	0.36	0.35	0.39	0.37

共用検討結果	
同一チャネルにおける共用	<ul style="list-style-type: none"> シミュレーション検討の結果、船舶局(25W)の場合、デジタルデータ通信設備の変調方式や帯域幅により、アナログ音声通信との必要な離隔距離は、7.93 kmから12.6 kmとなり、海岸局(最大50W)の場合、必要な離隔距離は10.13 kmから14.65 kmとなることから、<u>周波数の共用は困難。</u> 現在、既存アナログ音声通信の周波数移行を実施(H32.3.31に完了予定)しており、<u>アナログ音声通信の周波数移行により、周波数共用の課題は解消。</u>
隣接チャネルにおける共用	<ul style="list-style-type: none"> シミュレーション検討の結果、船舶局(25W)の場合、デジタルデータ通信設備の変調方式や帯域幅により、アナログ音声通信との必要な離隔距離は、0.21 kmから0.39 kmとなり、海岸局(最大50W)の場合、必要な離隔距離は0.39 kmから0.43 kmとなることから、<u>実際の利用環境を踏まえれば、周波数共用は可能。</u>

150MHz帯デジタルデータ通信設備の技術的条件(案)①

■ 国際標準規格 ITU-R勧告M.1842を踏まえ、以下のとおり、技術的条件を定めることが適當。

項目		技術的条件		
周波数	使用周波数帯幅25kHz	157.025MHzから157.175MHzまでの25kHz間隔の7波 161.625MHzから161.775MHzまでの25kHz間隔の7波		
	使用周波数帯幅50kHz	157.0375MHz、157.0625MHz、157.0875MHz及び157.1625MHz 161.6375MHz、161.6625MHz、161.6875MHz及び161.7625MHz		
	使用周波数帯幅100kHz	157.0625MHz及び161.6625MHz		
通信方式		一周波単信方式、二周波単信方式、二周波半複信方式又は二周波複信方式 (時分割多元接続方式)		
変調方式、電波の型式 及び伝送速度	使用周波数帯幅25kHz	4値GMSK	F1D又はF7D	21.1kbps
		$\pi/4$ DQPSK	G1D又はG7D	28.8kbps
		$\pi/8$ D8PSK	G1D又はG7D	43.2kbps
使用周波数帯幅50kHz	M16QAM(サブキャリア:16)	D1D又はD7D	153.6kbps	
使用周波数帯幅100kHz	M16QAM(サブキャリア:32)	D1D又はD7D	307.2kbps	
周波数の許容偏差		①移動しない無線局 : $\pm 5 \times 10^{-6}$ 以内 ②移動する無線局 : $\pm 10 \times 10^{-6}$ 以内		
占有周波数帯幅の許容値	使用周波数帯幅25kHz	4値GMSK	16kHz	
		$\pi/4$ DQPSK	21kHz	
		$\pi/8$ D8PSK	21kHz	
使用周波数帯幅50kHz	M16QAM(サブキャリア:16)	47kHz		
使用周波数帯幅100kHz	M16QAM(サブキャリア:32)	90kHz		

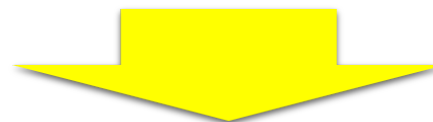
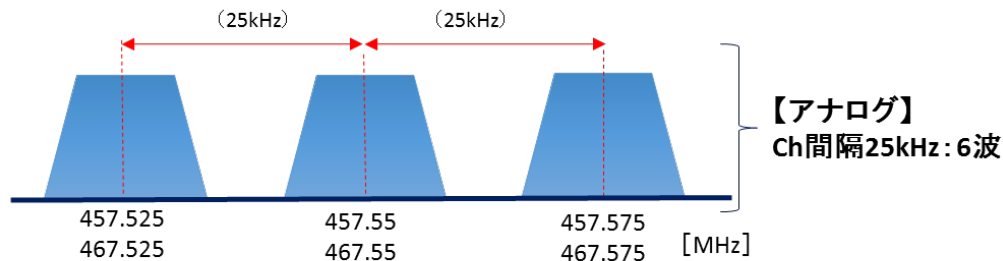
(前頁からの続き)

項目		技術的条件
空中線電力		①移動しない無線局 : 50W以下 ②移動する無線局 : 25W以下
空中線電力の許容偏差		上限40%、下限30%以下
隣接チャネル漏洩電力	使用周波数帯幅25kHz	搬送波の周波数から25kHz離れた周波数の(±)12.5kHzの帯域内に輻射される電力が、搬送波電力より60デシベル以上低い値であること。
	使用周波数帯幅50kHz	搬送波の周波数から37.5kHz離れた周波数の(±)12.5kHzの帯域内に輻射される電力が、搬送波電力より60デシベル以上低い値であること。
	使用周波数帯幅100kHz	搬送波の周波数から62.5kHz離れた周波数の(±)12.5kHzの帯域内に輻射される電力が、搬送波電力より60デシベル以上低い値であること。
不要発射の強度の許容値		1GHz未満 : 任意の100kHzの帯域幅における平均電力が0.25μW以下 1GHz以上 : 任意の1MHzの帯域幅における平均電力が1μW以下
送信空中線		2.14(±)1dBi以下(移動する無線局)
キャリアセンス機能		他の無線局から発射された電波を受信した時、その受信機入力レベルが受信感度レベルの値以上であって、雑音レベルに10デシベルを加算した値又(-)77dBmを超える場合は、電波の発射を行わないものであること。ただし、応答のための信号の送信はこの限りでない。 ・キャリアセンスの受信帯域幅 : 使用周波数帯幅(25kHz、50kHz又は100kHz) ・キャリアセンスの受信時間 : 送信開始前の2ミリ秒以上 ・雑音レベルの値 : 1分間において2ミリ秒間隔の連続した測定の中の最小値とし、毎分更新する。
受信装置の副次的に発する電波等の限度		2nW以下

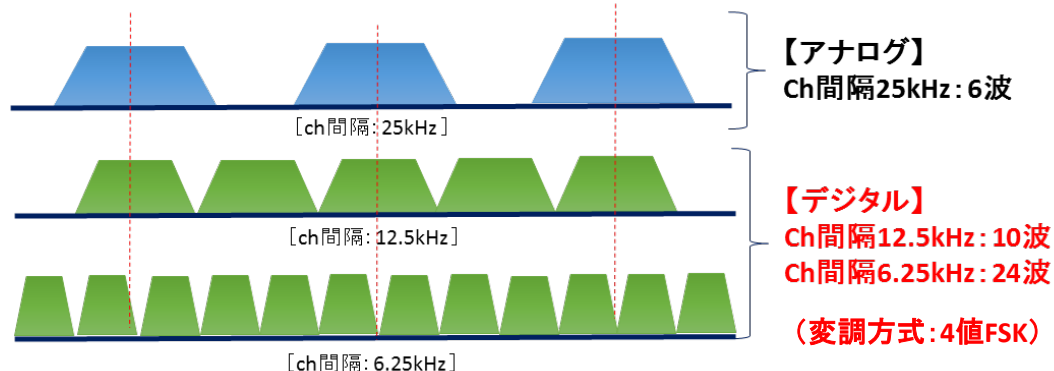
周波数のデジタル・ナロー化

- 船上通信設備は、主に船内で各設備の検査や作業指示など乗組員の相互連絡に利用されているが、使用チャンネル数が少ないことからチャンネル数の増加のため、デジタル化により狭帯域の周波数利用を可能とするもの。
- WRC-15において、400 MHz帯船上通信設備用の周波数について、従来から割り当てられているアナログチャンネルの狭帯域化及びデジタル化などにより、当該周波数帯を有効利用するために無線通信規則が改定された。
- 従来のアナログ変調による25kHz間隔のチャンネル（6波）に加え、デジタル変調（4値FSK）による6.25 kHz間隔のチャンネル（24波）又は12.5kHz間隔のチャンネル（10波）の配置が可能となったことにより、従来チャンネル数に比べ、最大4倍のチャンネル数の使用が可能となり、周波数の有効利用が図られる。

現行の周波数配置(アナログ)



変更後の周波数配置(アナログ・デジタル共存)



■ 国際標準規格 : ITU-R勧告M.1174

帯域幅	12.5 kHz, 6.25 kHz
変調方式	4値FSK
電波の型式	F1E、F1D
周波数	下図のデジタルシステム用チャンネル
空中線電力	2 W以下

【周波数】

25 kHz channel		Lower channel		6.25 kHz channel		25 kHz channel		Upper channel		6.25 kHz channel	
Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz	Ch.	MHz
1	457.525	11	457.5250	102	457.515625	4	467.525	21	467.5250	202	467.515625
				111	457.521875					211	467.521875
				112	457.528125					212	467.528125
2	457.550	12	457.5375	121	457.534375	5	467.550	22	467.5375	221	467.534375
				122	457.540625					222	467.540625
				131	457.546875					231	467.546875
3	457.575	13	457.5500	132	457.553125	6	467.575	23	467.5500	232	467.553125
				141	457.559375					241	467.559375
				142	457.565625					242	467.565625
		14	457.5625	151	457.571875			24	467.5625	251	467.571875
				152	457.578125					252	467.578125
				161	457.584375					261	467.584375
		15	457.5750					25	467.5750		

アナログシステム用チャンネル

デジタルシステム用チャンネル

■ 周波数共用の検討

- 400MHz帯デジタル船上通信設備の周波数は、アナログ周波数と共用することから、同一周波数帯のアナログチャンネルとの共用と隣接周波数帯を使用する他の無線システムとの共用検討を行うものである。
- 同一周波数帯の共用は、希望波に対し妨害波の許容受信レベル(DU比)から必要な離隔距離を求め、周波数共用の可能性を検討。
- 隣接周波数帯との共用は、隣接ch漏洩電力を考慮し、周波数共用条件（離調周波数）を踏まえ、周波数共用の可能性を検討。

■ 周波数共用の検討結果

○ 同一周波数帯の干渉検討(船舶間の場合)での離隔距離 [km]

妨害波 \ 希望波		FM		4値FSK					
		25 kHz		6.25 kHz				12.5 kHz	
		1波	1波	2波	3波	4波	1波	2波	3波
FM	25 kHz	—	1.93	2.30	2.54	2.73	2.30	2.54	2.73
4値FSK	6.25 kHz	4.59	—	—	—	—	—	—	—
	12.5 kHz	4.59	—	—	—	—	—	—	—

○ 隣接周波数帯の他の無線システムとの共用条件(離隔周波数 [kHz])

妨害波 \ 希望波		FM		4値FSK	
		12.5kHz	25kHz	6.25kHz	12.5kHz
FM	12.5kHz	12.5	/	12.5	12.5
	25kHz	/	25	15.625	15.625
4値FSK	6.25kHz	12.5	15.625	6.25	12.5
	12.5kHz	12.5	15.625	9.375	12.5

共用検討結果

同一周波数帯における共用

- シミュレーションの結果、デジタル無線設備とアナログ無線設備との必要な離隔距離は、船舶間で最大4.59 km、陸船間で最大3.63kmとなった。
- 船上通信設備の利用は、船舶内で利用するか、又は湾内での利用のいずれかであり、比較的近距離通信であること、また、実際には障害物やマルチパスの影響が想定され、計算した離隔距離が更に短くなることが考えられることから、実際の利用環境を踏まえれば、周波数の共用は可能。
- なお、通信の輻輳等を軽減するため、DCSやキャリアセンス機能を具備することが望ましい。

隣接周波数帯における共用

- 隣接周波数帯を使用する他の陸上分野の無線システムへの影響については、使用周波数間の離調周波数（12.5kHz以上）を確保することが可能であり、周波数共用は可能。

■ 国際標準規格 ITU-R勧告M.1174を踏まえ、以下のとおり、技術的条件を定めることが適當。

項目		技術的条件
周波数	ch間隔6.25kHz	457.515625MHzから457.584375MHzまでの6.25kHz間隔の12波 467.515625MHzから467.584375MHzまでの6.25kHz間隔の12波
	ch間隔12.5kHz	457.525MHzから457.575MHzまでの12.5kHz間隔の5波 467.525MHzから467.575MHzまでの12.5kHz間隔の5波
通信方式		一周波単信方式、二周波単信方式又は二周波半複信方式
変調方式及び電波の型式		4値FSK F1E又はF1D
周波数の許容偏差		$\pm 1.5 \times 10^{-6}$ 以内
占有周波数帯幅の許容値	ch間隔6.25kHz	5.8kHz
	ch間隔12.5kHz	11.5kHz
空中線電力		2W以下
空中線電力の許容偏差		上限20%、下限50%以下
隣接チャンネル漏洩電力	ch間隔6.25kHz	隣接チャンネル漏洩電力は、搬送波の周波数から6.25kHz離れた ± 2.1875 kHzの帯域内に輻射される電力が搬送波電力より55dB以上低い値であること。
	ch間隔12.5kHz	隣接チャンネル漏洩電力は、搬送波の周波数から12.5kHz離れた ± 4.25 kHzの帯域内に輻射される電力が搬送波電力より60 dB以上低い値であること。
不要発射の強度の許容値		中心周波数からの離調が9.375kHz(ただし、チャンネル間隔が12.5kHzの場合は18.75kHzとする。)を超える周波数帯において、0.25 μ W以下であること。
送信空中線		2.14dBi以下
受信装置の副次的に発する電波等の限度		2nW以下

1 VDES等のデジタル海上無線設備の導入に向けた継続検討

- 150MHz帯デジタルデータ通信設備のうち、国際チャネル（ch84～86、ch24～26）を使用するものについては、ITU-R勧告M.2092-0で暫定的に技術基準が規定はされているが、VDESにおける衛星ダウンリンク周波数の分配など、WRC-19の議題とされていることから、今後の国際動向を踏まえつつ、引き続き検討をしていくこととする。
- デジタル短波データ通信については、WRC-12において短波帯海上無線通信の使用周波数（無線通信規則付録第17号）を見直し、データ通信用周波数が確保され、また、ITU-R勧告M.1798-1において技術基準が規定されているところであるが、国内外の利用ニーズが高くないことから、今後の利用動向を踏まえつつ、必要に応じて検討していくことが望ましい。

2 デジタル海上無線設備の導入における標準規格やガイドライン等の作成

- 今回検討した150MHz帯デジタルデータ通信設備及び400MHz帯デジタル船上通信設備の技術的条件は、主として電波の質にかかる技術的条件を検討したもの。
- 今後、市場導入において、機器の低廉化や普及促進を考慮すれば、今回検討した技術的条件に加えて、通信フォーマットや音声コーデック等の共通化（標準化）をはじめ、異なるメーカー製品間の相互接続試験を行うなど、標準規格や試験方法を策定していく必要がある。
- また、可能な限り干渉を回避し、周波数の有効利用を図るように、ユーザーの利用形態や運用面を考慮した運用ルールやガイドライン等を策定していくことが望ましい。
- これらの対応については、業界が主体となって積極的に取り組むことが重要である。

航空・海上無線通信委員会

- ① **第17回（平成29年2月2日）**
「デジタル海上無線通信設備の技術的条件」に関し、委員会の運営方針等について検討の開始をした。検討の効率化を図るため、作業班を設置して検討を行うこととした。
- ② **第18回（平成29年12月12日）**
作業班から「デジタル海上無線通信設備の技術的条件」に関する報告を受け、委員会報告案をとりまとめ、意見募集を行うこととした。
- ③ **意見募集（平成29年12月20日から平成30年1月19日まで）**
- ④ **第19回（平成30年1月29日から2月1日（メール審議））**
委員会報告書（案）について、意見募集の結果等を踏まえ、最終的な委員会報告書（案）を審議し、取りまとめた。

デジタル海上無線通信作業班

- ① **第1回（平成29年5月18日）**
検討事項、検討体制を確認するとともに、デジタル海上無線通信設備に関する国際規定や海外動向等について検討を行った。
- ② **第2回（平成29年8月9日）**
デジタル海上無線通信設備の技術的条件（案）について検討を行った。
- ③ **第3回（平成29年10月11日）**
デジタル海上無線通信設備の技術的条件（案）、周波数の共用条件及び測定方法（案）について検討を行った。
- ④ **第4回（平成29年11月17日）**
デジタル海上無線通信設備の技術的条件（案）について検討を行うとともに、作業班報告書を取りまとめた。

(敬称略)

【参考資料】

航空・海上無線通信委員会 構成員

氏名		所属
主査 専門委員	三木 哲也	電気通信大学 企画調査室 特任教授
委員	森川 博之	東京大学大学院 工学系研究科 教授
専門委員	井手 麻奈美	株式会社MOLマリン 海洋技術事業部 研究員
〃	伊藤 功	株式会社モコス・ジャパン 取締役(～)
〃	今宮 清美	株式会社東芝 社会システム社 小向工場 電波応用技術部 技術第二担当主務
〃	内田 美佳 (～平成29年9月19日)	全日本空輸株式会社 業務プロセス改革室 企画推進部 情報セキュリティ・基盤戦略チーム 主席部員
〃	加藤 真子 (平成29年9月20日～)	全日本空輸株式会社 業務プロセス改革室 イノベーション推進部 サービスイノベーションチーム主席部員
〃	小瀬木 滋	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所研究統括監
〃	片山 泰祥	一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会 専務理事
〃	門脇 直人 (～平成29年9月19日)	国立研究開発法人情報通信研究機構 執行役 ワイヤレスネットワーク総合研究センター長、 オープンイノベーション推進本部長
〃	小山 英之	日本航空株式会社 IT企画本部 IT運営企画部 部長
〃	庄司 るり	東京海洋大学大学院 海洋工学系 教授
〃	杉崎 明弘	一般社団法人全国漁業無線協会 業務部長
〃	田北 順二	一般社団法人全国船舶無線協会 水洋会部会 事務局長
〃	浜口 清 (平成29年9月20日～)	国立研究開発法人情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター総合研究センター長
〃	林 尚吾	東京海洋大学 名誉教授
〃	本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
〃	増田 紀子	スカパーJSAT株式会社 技術運用本部 衛星運用部長
〃	松井 淳	国土交通省 航空局 交通管制部 管制技術課長
〃	森 征人	海上保安庁 総務部 情報通信課長
〃	若尾 正義	元 一般社団法人電波産業会 専務理事

(敬称略)

氏名		所属
主任	林 尚吾	東京海洋大学 名誉教授
主任代理	田北 順二	一般社団法人 全国船舶無線協会 水洋会部会 事務局長
	今田 吉彦	日本無線株式会社 商品設計部 船用機器グループ 課長
	大野 慶一	八重洲無線株式会社 第3技術部
	小竹 信幸	一般財団法人 テレコムエンジニアリングセンター 技術部 部長
	草間 寛	東京計器株式会社 船用機器システムカンパニー 技術部 第3技術課 課長
	櫻井 稔	アイコム株式会社 ソリューション事業部 参事
	塩田 貞明	国立研究開発法人 情報通信研究機構 電磁波研究所 電磁環境研究室 主任研究技術員
	芝崎 紀正	国土交通省 海事局 検査測度課 専門官
	龍野 真哉	海上保安庁 総務部 情報通信課 システム整備室 課長補佐
	中川 裕康	古野電気株式会社 船用機器事業部 営業企画部 営業開発課 担当課長
	野間 智嗣	国土交通省 海事局 安全政策課 船舶安全基準室 主査