

(別添 1)

1. 活動量算定方法

神戸市が実施した生物分布調査により、神戸空港島緩傾斜石積護岸の傾斜部および水平部にガラモ場およびワカメ場が繁茂している様子を確認した。本調査では、水深帯別（水深 3m 以浅傾斜部、水深 3m 以深傾斜部、水平部）の藻場構成種と被度を、100m の調査区間ごとに整理している。

図 1.1 神戸空港島平面図

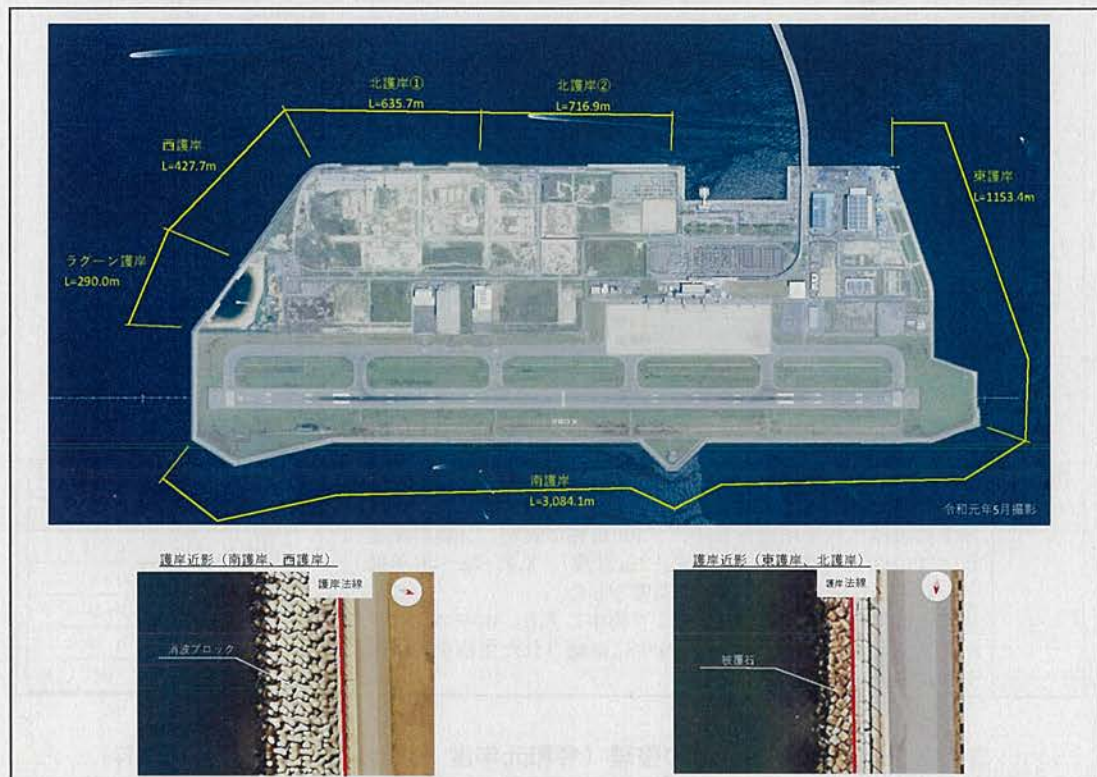
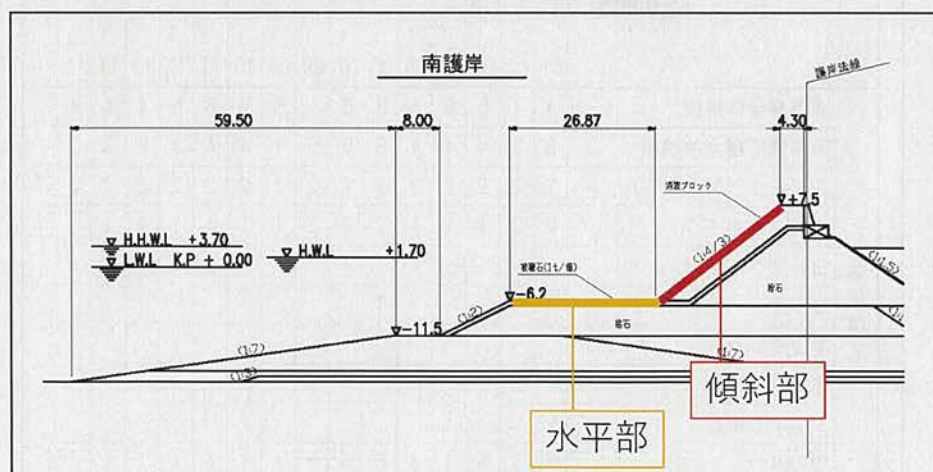


図 1.2 緩傾斜石積護岸断面図（一例）



(別添 1)

表 1.1 生物分布調査の概要

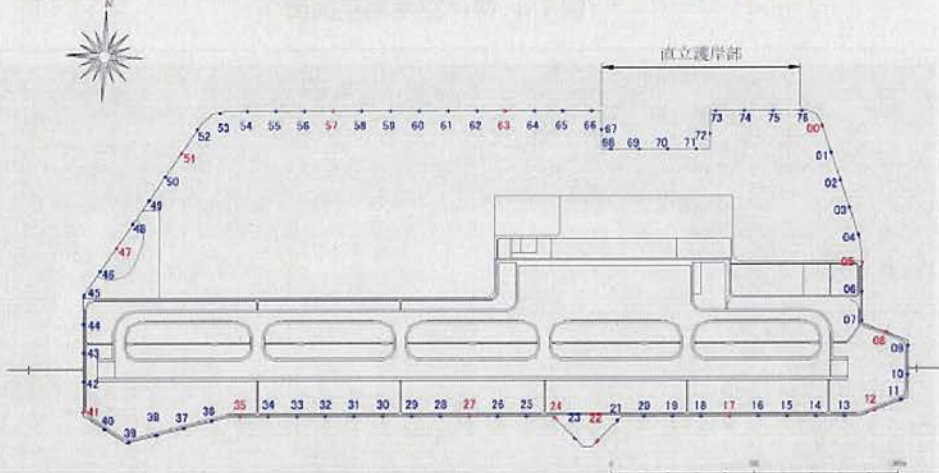
調査目的	神戸空港島緩傾斜石積護岸部において生育する大型褐藻類（以下、藻場構成種と言う）および海生生物調査で比較的高い被度で分布することが確認されたカンザシゴカイ科やホヤ類など、特定の固着性動物の分布状況を空間的に把握する																
調査時期	・海藻類の繁茂時期にあたる3月に実施 ・平成30年3月2日、令和元年3月4日～3月6日、令和2年3月2日～3月3日																
調査地点	・調査区域は、以下に示す護岸部全周のうち、66～76 の直立護岸部を除く約 6.7km の区域 																
	※図中の数字は護岸に記された生物座標標識(100m 間隔)を示し、赤字は水中写真・ビデオ撮影箇所を示す。																
調査方法	潜水士による目視観察により、対象とする海藻類、藻場構成種および付着性動物の被度を記録した。観察区画はあらかじめ護岸上に設標された指標を目印に、100m毎に設定し、観察深度は K.P. ±0m～K.P. -3m (K.P. -3m以浅)、K.P. -3m～水平部 (K.P. -3m以深)、水平部の3 深度とした。 潜水士は、観察区域範囲の片端より海中に入り、水中スクーターを使用して100m遊泳し、遊泳中に確認された生物を被度区分に従い、深度別に記録した。	<table border="1"> <thead> <tr> <th>被度階級</th> <th>被率 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>75 <</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>50～75</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>25～50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5～25</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>< 5</td> </tr> <tr> <td>0 (記入なし)</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	被度階級	被率 (%)	5	75 <	4	50～75	3	25～50	2	5～25	1	< 5	0 (記入なし)	0	
被度階級	被率 (%)																
5	75 <																
4	50～75																
3	25～50																
2	5～25																
1	< 5																
0 (記入なし)	0																

表 1.2 藻場構成種と被度の整理（令和元年度 生物分布調査結果より抜粋）

第一傾斜部 (K.P. -3m以浅)															
観察範囲 (生物標識)	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
海藻類全体被度	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4
藻場構成種全体被度	3	3	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	3	3	2
シダモク (アカモク)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
タマハハキモク	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
ヨレモクモドキ															
ヒジキ						1									
ホンダワラ															
ホンダワラ属															
エンドウモク															
ワカメ	3	3	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	1	1	2
カジメ															

(別添 1)

本調査結果から藻場の活動量を算定するにあたり、調査区間ごとの藻場構成種の分布状況から、調査区間ごとの藻場タイプ及び被度階級を判定した。

なお、調査区間ごとの藻場タイプは、区間内で最も被度が大きい藻場構成種が形成する藻場とし、それらの被度階級は、調査結果における「藻場構成種全体被度」を採用した。

図 1.3 藻場タイプ・被度階級の判定手法

第一傾斜部 (K.P.-3m以浅)															
観察範囲 (生物標識)	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
海藻類全体被度	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4
藻場構成種全体被度	3	3	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	3	3	2
シダモク (アカモク)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
タマハハキモク	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
ヨレモクモドキ															
ヒジキ					1										
ホンダワラ															
ホンダワラ属															
エンドウモク															
ワカメ	3	3	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	1	1	2
カジメ															

各区間の被度階級として採用

シダモク、タマハハキモクの被度が
その他藻場構成種よりも大きいため
「ガラモ場」と判定

ワカメの被度が
その他藻場構成種よりも大きいため
「ワカメ場」と判定

図 1.4～1.8 は、平成 29 年度から令和元年度までの生物分布調査の結果から、藻場タイプごとに被度を整理し、被度階級ごとに調査区間を色分けしたものである。また、各年度において藻場が確認された箇所での撮影されたものを、写真 1.1～1.3 に示す。

(別添 1)

【令和元年度】

図 1.4 被度分布の整理 (上：ガラモ場、下：ワカメ場)

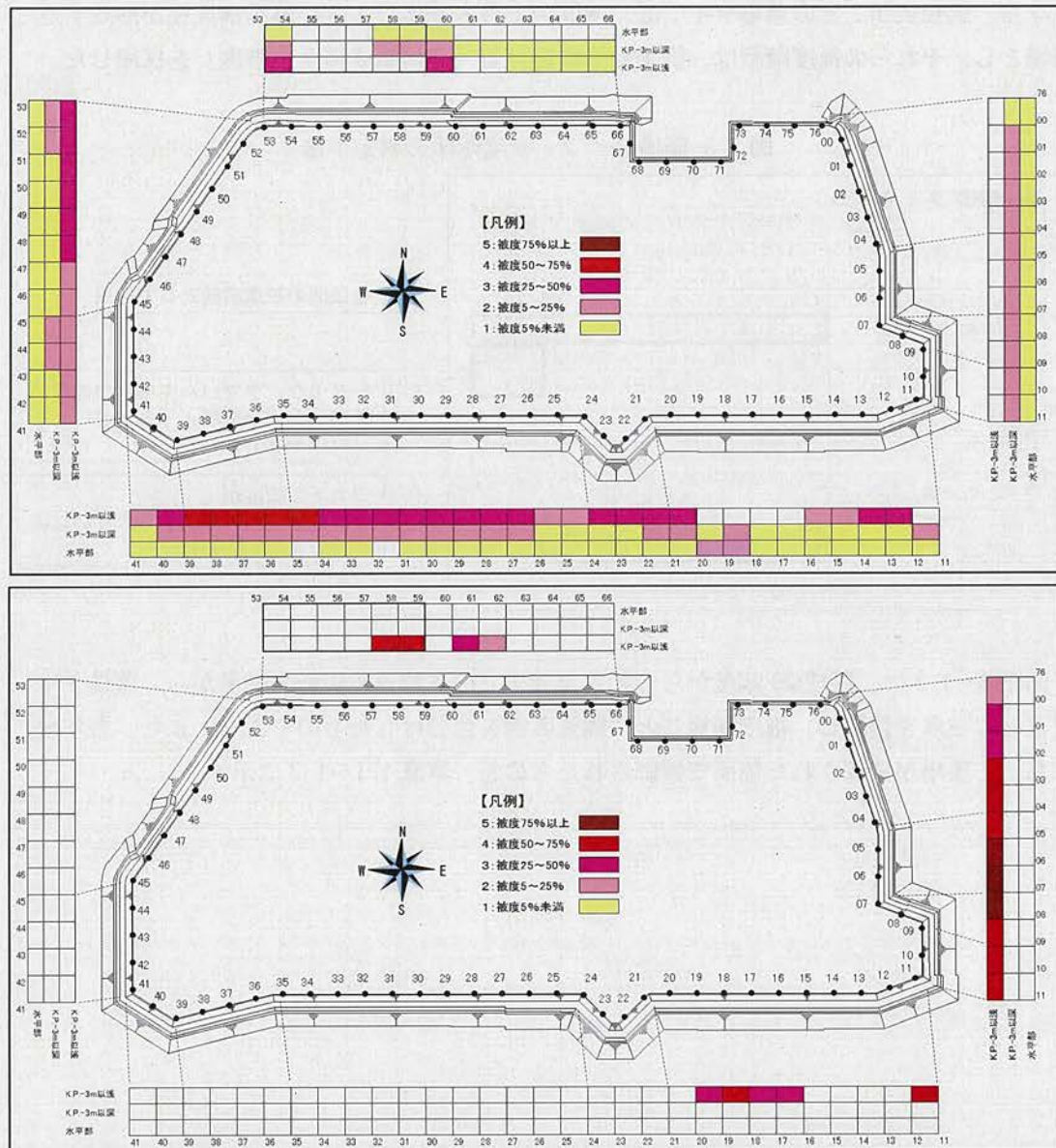


写真 1.1 藻場が確認された箇所の一例 (左：測点 00、右：測点 22)



(別添 1)

【平成 30 年度】

図 1.5 被度分布の整理 (上：ガラモ場、下：ワカメ場)

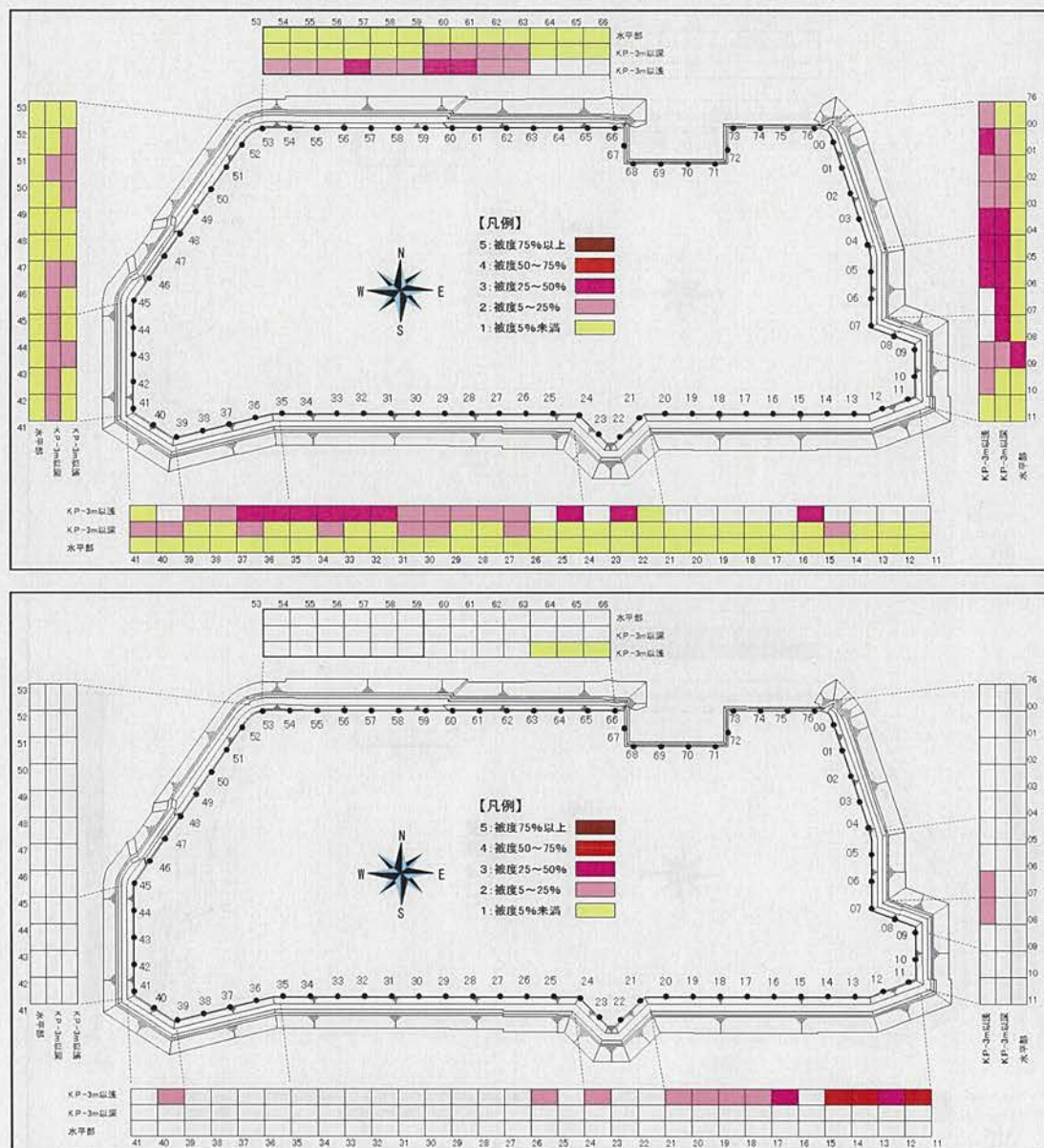


写真 1.2 藻場が確認された箇所の一例 (左：測点 12、右：測点 57)



(別添 1)

【平成 29 年度】

図 1.6 被度分布の整理 (上：ガラモ場、下：ワカメ場)

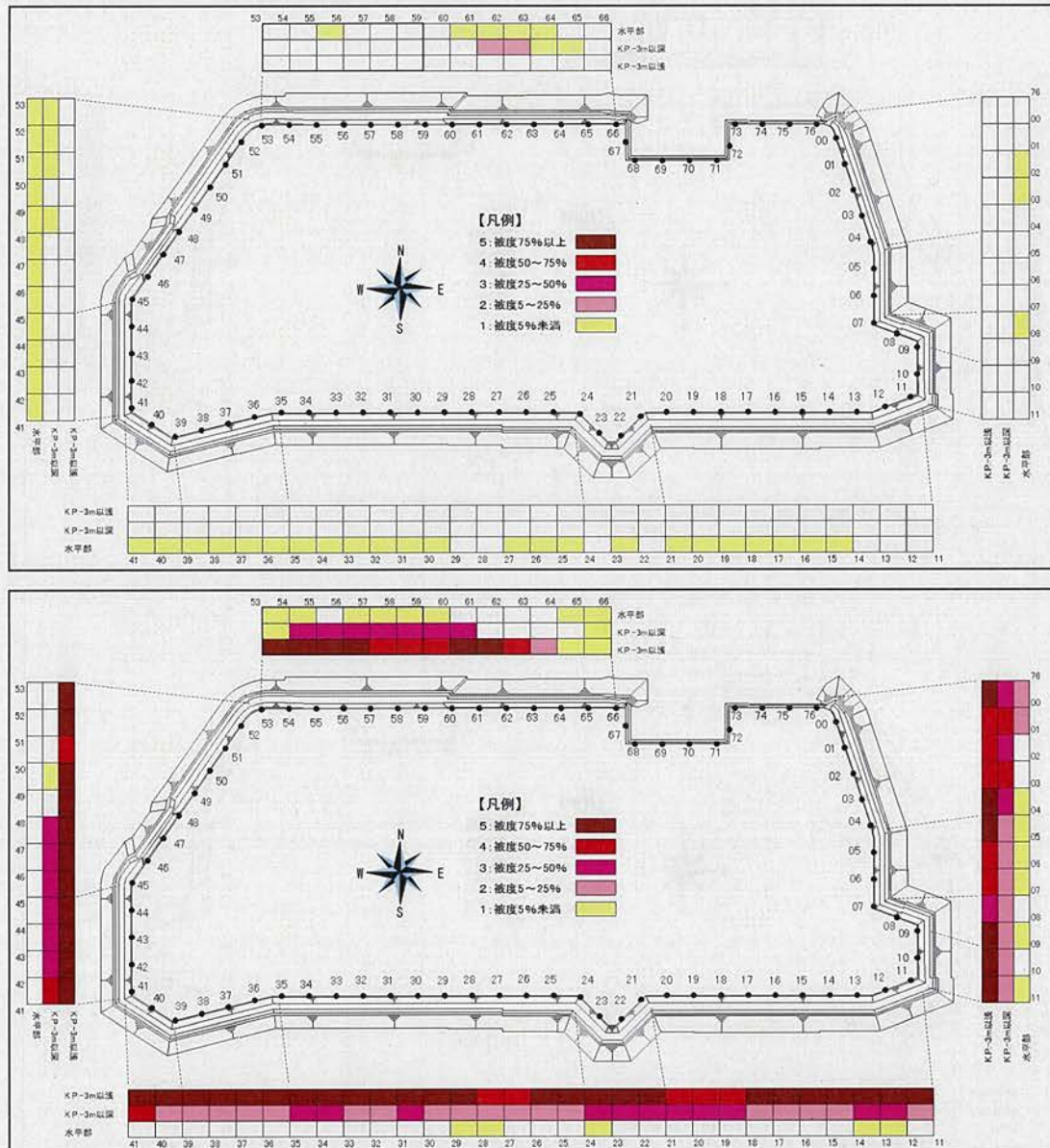
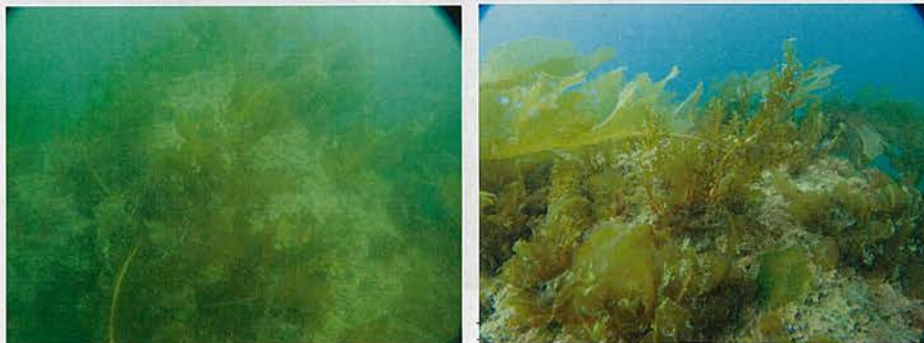


写真 1.3 被度 3 以上が確認された箇所の一例 (左：測点 35、右：測点 47)



(別添 1)

最後に、図 1.4～1.6 で整理した被度階級が示す藻場の割合を、各区間の面積にかけることで実勢面積を算出し、以下の通り藻場タイプごとの活動量を算出した。

- ・平成 29 年度：ガラモ場 0.2ha、ワカメ場 7.1ha
- ・平成 30 年度：ガラモ場 1.9ha、ワカメ場 0.4ha
- ・令和元年度：ガラモ場 2.4ha、ワカメ場 1.1ha

表 1.3 実勢面積の算定結果内訳

護岸名	活動量 (ha)					
	H29		H30		R1	
	ガラモ場	ワカメ場	ガラモ場	ワカメ場	ガラモ場	ワカメ場
西護岸	0.04	1.00	0.21	0.00	0.38	0.00
北護岸①	0.01	0.53	0.14	0.00	0.08	0.10
北護岸②	0.04	0.34	0.16	0.00	0.07	0.04
東護岸	0.01	1.24	0.51	0.03	0.21	0.69
南護岸	0.15	3.76	0.92	0.42	1.63	0.27
ラグーン護岸	0.01	0.28	0.05	0.00	0.06	0.00
面積合計 (ha)	0.26	7.15	1.99	0.45	2.43	1.10

表 1.4 実勢面積の算出過程（例：令和元年度の西護岸ガラモ場について）

実勢面積の算出過程 (R1・西護岸)			区間数 (A)	100m区間ごとの 面積 (B)	面積 (A×B)	被度が示す 藻場の割合 (C)	実勢面積 (A×B×C)
ガラモ場	水深3m以浅	被度 1	0	1050	0	0.025	0
		被度 2	4		4200	0.15	630
		被度 3	5		5250	0.375	1968.75
		被度 4	0		0	0.625	0
		被度 5	0		0	0.875	0
	水深3m以深	被度 1	5	1050	5250	0.025	131.25
		被度 2	4		4200	0.15	630
		被度 3	0		0	0.375	0
		被度 4	0		0	0.625	0
		被度 5	0		0	0.875	0
	水平部	被度 1	9	2170	19530	0.025	488.25
		被度 2	0		0	0.15	0
		被度 3	0		0	0.375	0
		被度 4	0		0	0.625	0
		被度 5	0		0	0.875	0
					実勢面積計 (㎡)		3848.25

なお、被度階級が示す藻場の割合については、表 1.5 の通り範囲内の中間値を採用しており、各区間の面積については、表 1.6 および図 1.7 が示す護岸の奥行を区間延長（100m）にかけることで算出している。

(別添 1)

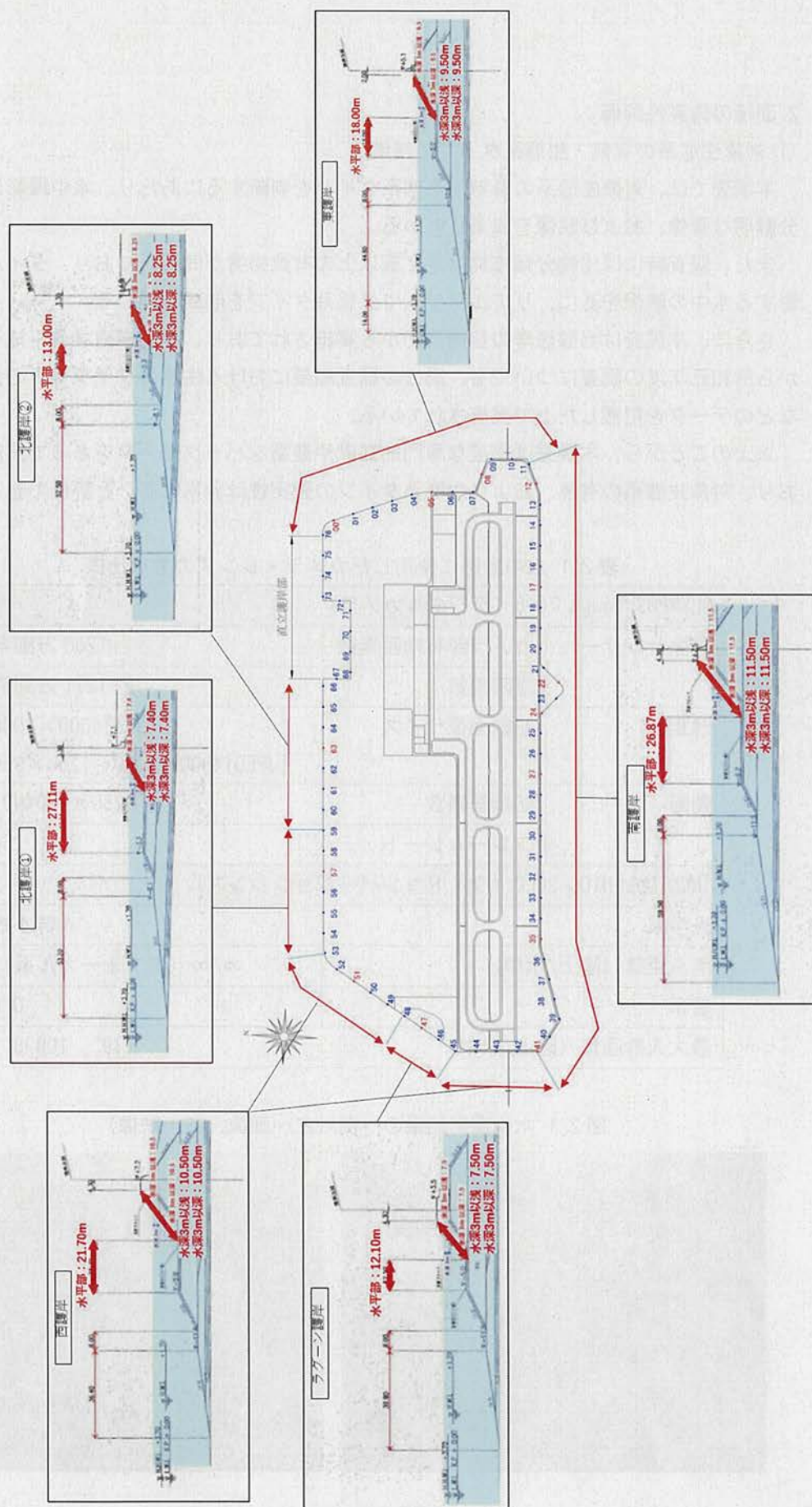
表 1.5 被度階級が示す藻場の割合 (採用値)

被度階級	割合の範囲 (%)	採用値 (%)
5	75 ~ 100	87.5
4	50 ~ 75	62.5
3	25 ~ 50	37.5
2	5 ~ 25	15.0
1	0 ~ 5	2.50

表 1.6 緩傾斜石積護岸の水深帯別の奥行

地点名	護岸名	奥行 (m)		
		水平部	水深 3m 以浅	水深 3m 以深
神戸空港	西護岸	21.70	10.50	10.50
	北護岸①	27.11	7.40	7.40
	北護岸②	13.00	8.25	8.25
	東護岸	18.00	9.50	9.50
	南護岸	26.87	11.50	11.50
	ラグーン護岸	12.10	7.50	7.50

図 1.7 区画別護岸断面図



(別添 1)

2. 面積の確実性評価

(1) 対象生態系の有無・生態系タイプの精度

本調査では、対象生態系の有無や生態系タイプを判断するにあたり、水中撮影により十分鮮明な画像、および映像を収集している。

また、調査時には生物分類技能検定 2 級以上の有資格者が同行しており、ダイバーが撮影する水中の映像を基に、リアルタイムで生態系タイプを判断している。

さらに、本調査は当該護岸の整備当初から実施されており、今回申請する平成 29 年度から令和元年度の調査についても、過去の調査結果における生態系タイプやその分布状況などのデータを把握した上で実施されている。

以上のことから、本調査は高度な専門的知識や豊富なバックデータをもって実施されており、対象生態系の有無、および生態系タイプの確実性は非常に高いと評価できる。

表 2.1 水中撮影に使用したカメラ・レンズの主な仕様

OLYMPUS Tough TG-5 (デジタルカメラ)		
撮像センサー	カメラ部有効画素数	1200 万画素
	総画素数	約 1271 万画素
静止画	記録画像サイズ	[RAW] 4000 × 3000 [JPEG] 4000 × 3000 ~ 1280 × 960
	記録画素数	1280 × 720 (HD)
動画	フレームレート	30p、25p
INON UWL-H100 28LD (ワイドコンバージョンレンズ)		
光学系		4 群 4 枚
焦点距離 (陸上/水中)		∞/∞ (アフォーカル系)
倍率		0.6
最大入射画角 (陸上/水中)		179° / 100.8°

図 2.1 水中撮影結果の一例 (左…画像、右…映像)



(別添 1)

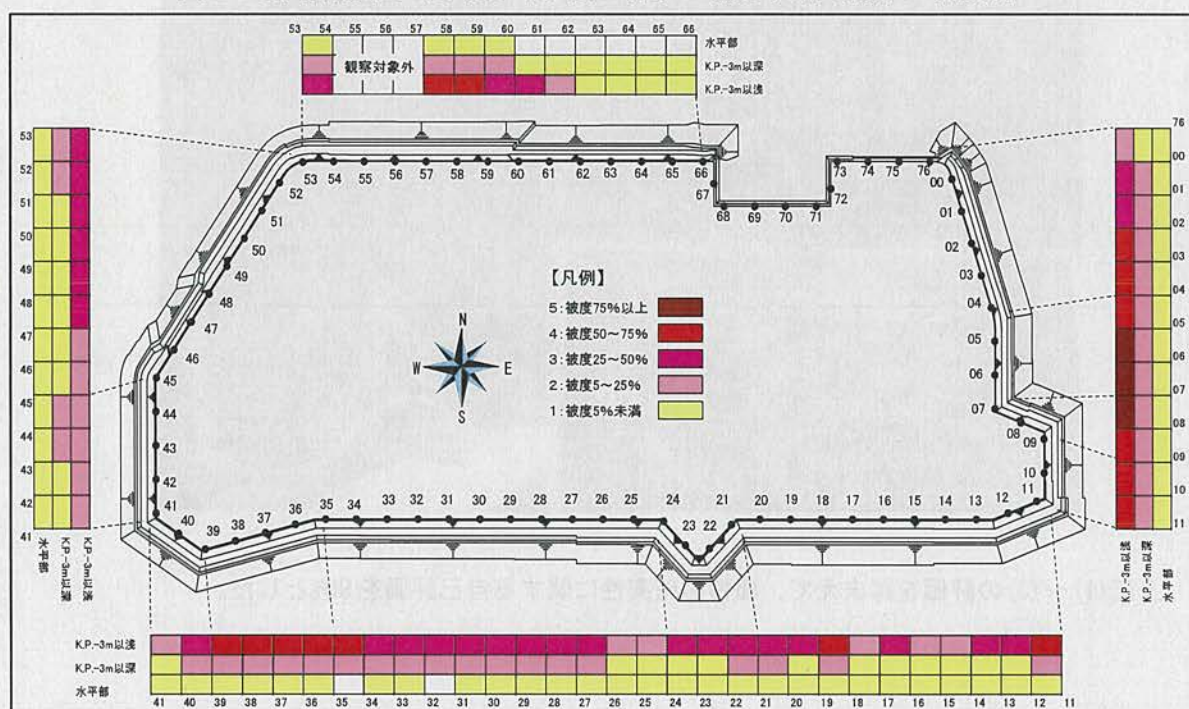
(2) 面的網羅性・被度の把握

本調査では、特定の水深のライン上のみを調査するのではなく、3つの水深帯（水深 3m 以浅傾斜部、水深 3m 以深傾斜部、水平部）それぞれの潜水目視を実施しており、それらの水深帯別の被度を記録している。

また、調査区間内の特定ポイントのみを判定するのではなく、ダイバーの遊泳中に確認された藻場の被度を、100m の調査区間ごとに総合的に判定している。

以上のことから、本調査は一般的な潜水目視（ライン・ポイント調査）と比較して分布範囲や被度をより面的に把握することが可能であり、確実性は非常に高いと評価できる。

図 2.2 藻場構成種の分布図（令和元年度 生物分布調査結果より抜粋）



(別添 1)

(3) 位置情報の精度

本調査では、あらかじめ護岸上に設標された生物指標を目印に調査区間が設定されており、ダイバー視点でも調査区間ごとの境界の判別が容易となっている。

また、潜水時にはダイビングコンピュータを用いて水深を計測しながら遊泳を実施しており、ダイバーによる水深帯の判断も可能である。

以上のことから、本調査における位置情報の確実性は十分高いと評価できる。

写真 2.1 護岸上に設標されている生物指標の一例



上記(1)～(3)の評価を踏まえて、面積の確実性に関する自己評価を 90%とした。

(別添 1)

3. 吸収係数の確実性評価

ガラモ場の吸収係数については、国内数値を示す文献 1 から、ガラモ場の吸収係数の平均値である 2.7 (t-CO₂/ha/年) を採用した。

また、ワカメ場の吸収係数については、文献 2 に示されている 0.45 (t-CO₂/ha/年) を採用した。なお、文献 2 の数値は、文献 3 に示されているブルーカーボン量の算定式をベースに算出されている。

今回採用した吸収係数は全国値であり、対象地域の周辺で収集される文献値を採用した場合と比較すると確実性は低い。藻場の活動量を算定する際、被度毎の面積から算出した実勢面積を採用していることから、吸収係数との整合性も高いと考えられるため、吸収係数の確実性に関する自己評価を 80% とした。

表 3.1 参考文献一覧

No.	文 献 名	区 分
1	浅海生態系における年間二酸化炭素吸収量の全国推計 桑江朝比呂, 吉田吾郎, 堀正和, 渡辺謙太, 棚谷灯子, 岡田知也, 梅澤有, 佐々木淳. (2019) 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 75(1), 10-20. https://www.jstage.jst.go.jp/article/kaigan/75/1/75_10/_pdf/-char/ja	ブルーカーボン 量と吸収係数
2	博多港におけるブルーカーボンオフセット制度の創設の今後の展望 杉村佳寿, 小林登茂子, 三戸勇吾, 吉原哲, 岡田知也, 桑江朝比呂. (2020). 土木学会論文集G (環境), 77(2), 31-48. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejer/77/2/77_31/_article/-char/ja/	調査・算定の ケーススタディ
3	Implementation of blue carbon offset crediting for seagrass meadows, macroalgal beds, and macroalgae farming in Japan. Marine Policy, 138, 104996 Kuwaie, T., Watanabe, A., Yoshihara, S., Suehiro F., and Sugimura, Y. (2022.4) https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X22000434	文献2をベース とした吸収係数 が明記

表 3.2 ブルーカーボン量の算定式 (文献 2)

ブルーカーボン量 = 海藻の生育面積 × 海藻の繁茂期の単位面積当たり湿重量 × 海藻の P/B 比 [※] × (1 - 海藻の含水率) × 海藻の炭素含有率 × 二酸化炭素変換係数 × 海藻藻場の生態系全体への変換係数 × 海藻藻場の残存率 ※P/B 比とは、海藻の年間最大現存量 (B) の何倍量が成長によって一年間に生産 (P) されるかを示す値

(別添 1)

表 3.3 係数 (ワカメ場)

項 目	単 位	ワカメ場	出 典	備 考
単位面積当たり湿重量	tWW/ha	19.86	2	
P/B比	—	1.15	2	
含水率	%	90.0	2	
炭素含有率	%	32.0	2	
残存率	%	11.3	1	藻体・粒状有機物と溶存有機物の残存率
海藻藻場の生態系への変換係数	—	1.5	1	

※出典の番号は表 3.1 の番号と整合する。

(別添 1)

4. 参考資料

(1) 魚類の観察結果

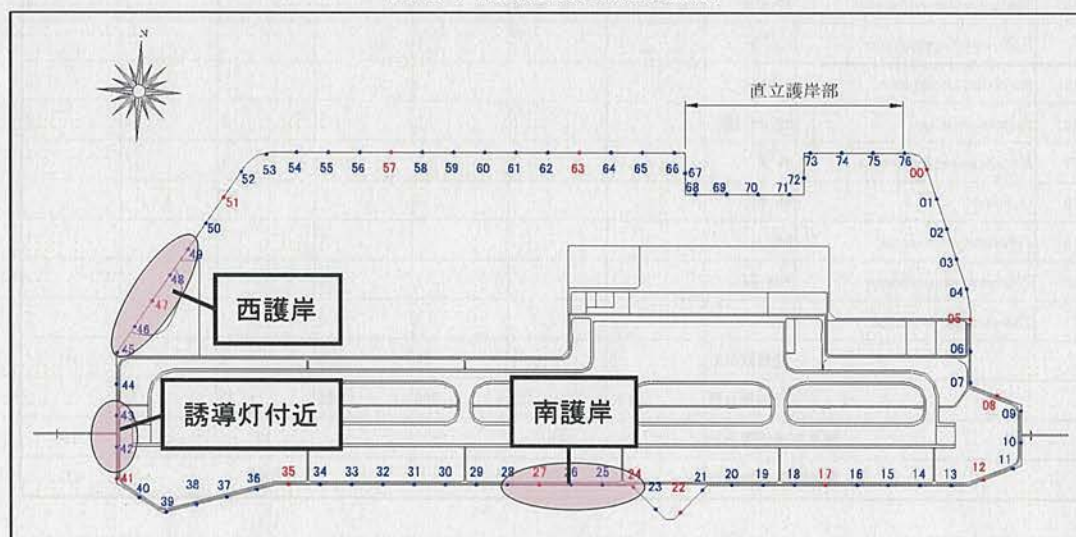
当該護岸のうち、多くの魚類が確認され、海藻類の生育も比較的良好である南護岸・西護岸・誘導灯付近については、潜士による魚類観察を実施しており、護岸に謂集する魚類の個体数や種類数を記録している。一例として、令和元年7月の観察結果を表4.1および図4.2～4.4に示す。

西護岸では15種が確認され、第一傾斜部から第二傾斜部にかけてスズメダイの個体数が最も多く、その他では第一傾斜部でメジナやクロダイ、第二傾斜部ではカサゴの個体数が比較的多く確認された。

南護岸では13種が確認され、第一傾斜部ではマアジやスズメダイ、水平部ではメバル、第二傾斜部ではスズメダイやメバルの個体数が比較的多かった。

誘導灯付近では16種が確認され、メバルやスズメダイの他、カサゴやイシダイ、クロダイ、メジナ、キュウセンの個体数も比較的多かった。

図 4.1 蛸集魚類の観察箇所



(別添 1)

表 4.1 魚類の観察結果

注) 表中の数値は概ね5m四方における個体数を示す								
調査日：2019年7月28日								
No.	学名	和名	西護岸			南護岸		
			第一傾斜部	水平部	第二傾斜部	第一傾斜部	水平部	第二傾斜部
1	<i>Sebastiscus marmoratus</i>	カサゴ		5	21		4	6
2	<i>Sebastes inermis</i>	メハシ		3	3		12	13
3	<i>Lateolabrax japonicus</i>	スズキ						
4	<i>Epinephelus akaara</i>	キンハセ			1			
5	<i>Trachurus japonicus</i>	マアサギ				30		
6	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	クロダイ	10			5	3	2
7	<i>Pagrus major</i>	マダイ					1	3
8	<i>Ditrema temminckii temminckii</i>	ウミタナゴ	8	6		3	3	2
9	<i>Chromis notatus notatus</i>	スズメダイ	150	300	350	10	6	40
10	<i>Rhynchopelates oxyrhynchus</i>	シマイサキ						
11	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	イシダイ	3			3		
12	<i>Girella punctata</i>	メジナ	15			3		
13	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	コブダイ		3	7	1		2
14	<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	ホンベラ			1			
15	<i>Parajulis poecileptera</i>	キョウセン						
16	<i>Pseudolabrus sp.</i>	ササハハウ属		1	2	3	2	5
17	<i>Hexagrammos agrammus</i>	クシメ		1	1		1	
18	<i>Gobiidae</i>	ハゼ科			5			
19	<i>Paralichthys olivaceus</i>	ヒラメ						
20	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	マコガレイ			1			
21	<i>Thamnaconus modestus</i>	ウマヅラハギ			1	2	1	
種類数合計			5	7	11	9	9	8
個体数合計			186	319	393	60	33	73
護岸別種類数合計			15			13		
護岸別個体数合計			898			166		

図 4.2 観察時の水中写真①



・スズメダイ

(撮影日：2019 年 7 月 28 日)

第一傾斜部から第二傾斜部まで、周年観察される。個体数は非常に多い。

・メバル

(撮影日：2019 年 7 月 28 日)

水平部から第二傾斜部にかけて周年観察されるが、特に誘導灯周辺では多くの個体が蟄集している。



・カサゴ

(撮影日：2019 年 7 月 28 日)

第一傾斜部から第二傾斜部まで周年観察される。

(別添 1)

図 4.3 観察時の水中写真②



・ウマヅラハギ

(撮影日：2019 年 7 月 28 日)

神戸空港では第一傾斜部を中心に、比較的高い頻度で観察される。

・クジメ

(撮影日：2019 年 7 月 28 日)

第一傾斜部で周年観察される。11 月頃には産卵個体も確認される。



・ササノハベラ属

(撮影日：2019 年 7 月 28 日)

第一傾斜部から第二傾斜部まで周年観察される。

(別添 1)

図 4.4 観察時の水中写真③



・マアジ

(撮影日：2019 年 7 月 28 日)

神戸空港では第一傾斜部から水平部、および誘導灯周辺を中心に群れで観察される。

・マコガレイ

(撮影日：2019 年 7 月 28 日)

水平部や誘導灯周辺を中心に観察されることもあるが、個体数は少ない。



・オニオコゼ

(撮影日：2019 年 7 月 28 日)

第一傾斜部で観察されるが、個体数は少ない。



(別添 1)

図 4.5 観察時の水中写真④



・マダコ

(撮影日：2019 年 7 月 28 日)

神戸空港では第一傾斜部から水平部、および誘導灯周辺の基質の空隙で観察される。

・アワビ類

(撮影日：2019 年 7 月 28 日)

第一傾斜部で観察されることもあるが、個体数は少ない。



・マナマコ

(撮影日：2019 年 7 月 28 日)

第一傾斜部から第二傾斜部にかけて観察され、特に冬季では個体数が多い。

(別添 1)

(2) その他

表 4.2 生物分布調査に使用した水中スクーターの主な仕様

YAMAHA RDS300	
最大速度	3mph/4.8km/h
水深	100ft/30m まで
重量 (バッテリー搭載時)	8.2kg
調査時の総稼働時間 (単年度分)	18 時間