

瀬戸内海中西部の広島県竹原市周辺における海藻相と季節的消長

加藤亜記*・城内辰享

広島大学大学院生物圏科学研究科瀬戸内圏フィールド科学教育研究センター附属竹原ステーション（水産実験所）
（〒725-0024 広島県竹原市港町5-8-1）

Aki Kato* and Tatsuyuki Jonai: Floristic and phenological study of marine macroalgae in the vicinity of Takehara, Hiroshima Prefecture on the western central coasts of the Seto Inland Sea of Japan. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 64: 1-9, March 10, 2016

The species composition and seasonal occurrence of the marine macroalgae on the central coast of Hiroshima Prefecture, specifically in the vicinity of Takehara, in the Seto Inland Sea of Japan were studied. A total of 143 species was identified including 18 species of Chlorophyceae, 43 species of Phaeophyceae, and 82 species of Rhodophyceae. Most species were seasonal and more abundant from February to July, when more than 60 species occurred in each month. March had 79 species, the highest species number in a single month. *Ulva pertusa*, *Codium fragile*, *Ishige okamurae*, *Ecklonia kurome*, *Sargassum fusiforme*, *S. thunbergii*, *Corallina pilulifera*, and *Chondrus giganteus* were found throughout the year. Of 143 species, *Dictyota linearis*, *Sporochnus radiceformis*, and *Martensia fragilis* were warm temperate species that reported in the Bungo-channel regions, while only *Dictyota linearis* can be found in the southern islands of subtropical Japan. The rest of the species were temperate species. There are 104 species commonly found on the coasts of Hiroshima Prefecture, representing the major algal communities along the coast of the Prefecture.

Key Index Words: flora, marine macroalgae, phenology, seasonality, seaweed, Seto Inland Sea

Takehara Marine Science Station, Setouchi Field Science Center, Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, Takehara, Hiroshima 725-0024, Japan

*Author for correspondence: katoa@hiroshima-u.ac.jp

緒言

瀬戸内海は、本州、四国、九州に囲まれた東西約450 kmの日本最大の内海であり、海域全体のおよそ半分は水深10～30 mの浅海域である（海洋気象学会 2013）。しかし、瀬戸内海には、内海部に接続する水道部があり、数多くの島々による瀬戸と灘に加え、都市部の内湾域が存在することから、瀬戸内海各所の潮差、潮流、透明度、富栄養化の程度などの海域環境は様々で（環境省水・大気環境局 2011, 海洋気象学会 2013）、海藻群落を含む沿岸生態系も、海域による特異性を示している。例えば、瀬戸内海西部から豊後水道にかけては、とくに冬期に明瞭な水温勾配が見られるため、藻場を構成する海藻も、温帯性から亜熱帯性に変化するほか、直立海藻が少なく無節サンゴモの被度の高い「磯焼け」やサンゴの混生が見られる（吉田ら 2011）。また、潮差が4 mと瀬戸内海では最も大きい広島湾では、ホンダワラ類やクロメなどが本州太平洋岸、日本海岸より浅所に分布する傾向がある（寺脇ら 2001）。さらに、大阪湾では、湾内部から湾口部とその近傍にかけて、富栄養化や人工護岸への改変の程度などの明瞭な環境勾配があり、これに応じて海藻出現種も、10種未満から100種以上と顕著な差が見られる（川井ら 2011）。

固着生活をする海藻類の植生や種多様性は、その海域の地形的な特徴に加え、水温や水質などの環境条件に強い影響を受け、海域環境を反映する生物指標となる（今野 1985, 田

中 1989, 1997, 須藤 1992）。そのため、瀬戸内海においても海藻相は、種多様性研究のほか（大阪市立自然史博物館 1988, 1990, 1992, 八木 1964, Enomoto *et al.* 1996, 川井 2001, 神田 2006, 吉田ら 2006 など）、近年の沿岸開発や地球温暖化などを背景に、沿岸生態系の保全と利用を目的とした生態学的研究の一環として多くの調査が行われてきた（南西海区水産研究所 1979, 村瀬ら 1993, 環境省自然保護局 2008 など）。ただし、海藻は種によって、生育場所や被度、季節や出現期間が異なるため、年に1回から数回程度、狭い範囲や潮間帯に限られる調査では記録できない種も多い。林冠形成海藻以外の小型海藻は、地域の海藻相を構成する大半の種を占めるが、とくに生態調査では、出現種として被度の高い種が優先的に記録されるため、その種多様性は十分把握されるとは限らない（藤田ら 2010）。しかし、おもな藻場構成海藻とされる大型褐藻類が魚介類の生息場所として重要であるように（水産庁 2007）、小型海藻の多様性も、様々な葉上性動物の生息場所として重要である（Torres *et al.* 2015）。

広島県沿岸における種多様性に重点を置いた海藻相の報告は、広島県沿岸全域あるいは一部地域の海藻相が図鑑として刊行されているほか（田中・田中 1998, 2003, 2005, 今村 2008）、定点で複数年にわたって行われた周年調査によって、広島県沿岸の東西における詳細な海藻相や季節的な出現傾向が明らかにされている（田中・田中 2005, 山岸・

三輪 2008, 田中ら 2010, 山岸 2012)。広島県は、瀬戸内海中部から西部に位置し、沿岸は、西から広島湾、芸予諸島を含む安芸灘、備後灘に面しており、とくに、田中ら (2010) では、県内で最も都市化が進んでいる西部の広島湾奥部を、山岸・三輪 (2008) では、東部の備後灘海域の郊外から市街地を調査対象にしている。そこで、本研究では、広島県沿岸中央部の海藻相を明らかにすることを目的とし、広島県竹原市近郊の定点で、1年間の出現種と季節的消長を明らかにした。

材料と方法

本研究では、広島県竹原市周辺における海藻出現種と季節的消長を調べるため、2011年11月から2012年10月までの毎月、海藻採集を行った。調査地は、海峡部 (柳の瀬戸) の両岸に位置する、竹原市の広島大学附属水産実験所地先 (以降、実験所地先とする) と生野島 (広島県豊田郡) の東岸とした (Fig. 1)。前者はコンクリート製の全面護岸、後者は天然海岸で、当該海域でよく見られる地形である。両調査地とも、海岸線の約500 mを調査範囲とした。調査日は、実験所地先では、2011年11月2日、2012年1月14日、2月21日、3月26日、4月23日、5月21日、6月21日、7月18日、8月17日、9月29日、10月13日、生野島東岸では、2011年12月14日、2012年1月13日、2月11日、3月11日、4月6日、5月8日、6月7日、7月2日、8月3および6日、10月12日である。2011年11月と2012年9月は実験所地先のみ、2011年12月は生野島東岸のみで採集を行った。採集方法は、大潮の干潮時に潮間帯及び潮下帯上部に生育する海藻を、海岸沿いを歩いて採集を行ったほか、2012年6~8月、10月にはシュノーケリングによる潮下帯の海藻の採集も行った。2011年12月14日のみ、中潮の満潮付近 (気象庁の予測潮位3 m前後) で、スキューバダイビングによる採集を行った。海草は目視による確認に留めた。

採集した藻体は、腊葉標本を作成し、標本番号 (TMSS#) を付与した上で広島大学附属水産実験所の植物標本庫に収蔵した。これらの標本については、外部形態に加え、必要に応じて組織の観察をした。海藻の分類体系については、吉田・吉永 (2010) に従った。種同定は、既存の図鑑のほか、おもに吉田 (1998) に従い、適宜、原著論文を参照した。種の同定が困難な藻体は、属レベルまでに留めた。無節サンゴモの出現種は、種同定を行ったヒライボ *Lithophyllum okamurae* のみを挙げるに留めた。

水温測定は、本研究の2つの調査地で、潮位表基準面 (C.D.L.: chart datum level) を0 mとして補正した水深約40 cmにロガー (Tidbit v2, Onset Computer Corporation, USA) を設置し、調査期間中、1時間毎に計測して、2地点の年平均水温を計算した。

調査海域の寒暖傾向を調べるため、緑藻と褐藻の出現種数をもとにしたC/P (瀬川 1956)、コンブ目とヒバマタ目

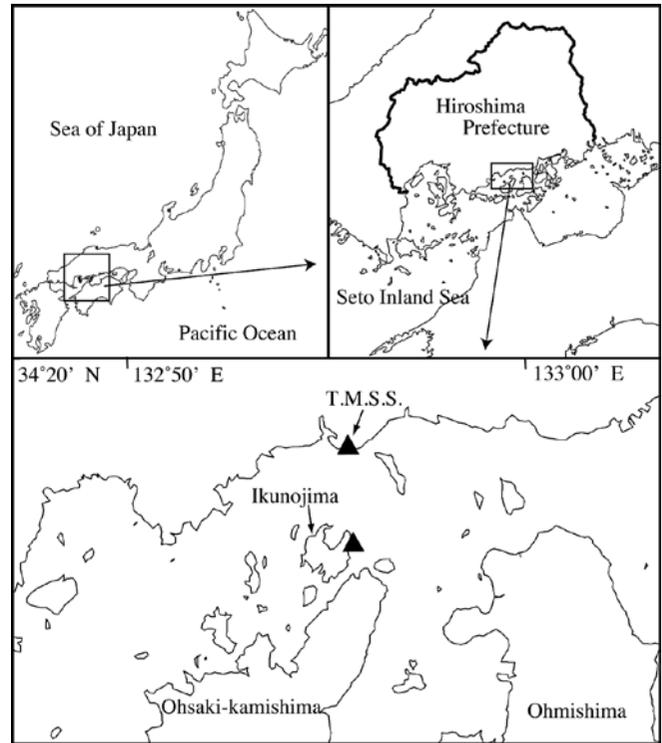


Fig. 1. Map of the central coast of Hiroshima Prefecture in the vicinity of Takehara, showing two sampling sites (▲). T.M.S.S. represents Takehara Marine Science Station.

の種数によるL/F (新崎 1976)、コンブ目、ヒバマタ目、アミグサ目内の分類群別の種数をもとにしたLFD (田中 1997)、緑藻と褐藻の同形世代交代および世代交代を行わない種数の和と異形世代交代の種数によるI/H (中原・増田 1971)、これに紅藻を加えた $[I/H]_{RCP}$ (富塚ら 2011) を算出した。富塚ら (2011) の表1をもとに、全国各地の海藻相によるC/P, L/F, I/H, $[I/H]_{RCP}$ の各指数と年平均水温の近似直線をJMP Ver. 10 (SAS Institute Inc., USA) から推定し、これらの指数の算出値を代入して調査海域での推定年平均水温を算出し、実測水温と比較した。ただし、LFDについては、富塚ら (2011) と田中 (1997) で同じ海藻相の文献による算出値が異なっていたため、本研究では、この指数を吉田ら (1995) の分類体系に従って算出し、田中 (1997) の表2にもとづく近似直線を用いて水温を推定した。

結果

本研究の結果、広島県沿岸中央部に位置する竹原市周辺 (Fig. 1) から緑藻18種、褐藻43種、紅藻82種、合計143種を確認した (Table 1)。各調査地点 (Fig. 1) の環境と海藻の季節的な出現傾向を以下に述べる。

調査地の潮流は、広島県竹原市の海岸と生野島に挟まれた柳の瀬戸で、上げ潮時に東北東へ2ノット、下げ潮時に西南西へ1.4ノットになる (日本水路協会 2000)。調査地は、瀬戸内海中西部の芸予諸島を含む安芸灘に位置するが、最大流速5~9ノットに達する芸予諸島内部を除けば、最大

流速2ノット前後であり(海洋気象学会 2013)、調査地の潮流は、この海域ではよく見られる流速といえる。また竹原港での予測潮位で、2011～2012年の最大潮位は約380～390 cm、最低潮位約-30～-20 cmと、潮差は同じ安芸灘にある広島湾奥部と同様、約4 mに達した(海洋気象学会 2013, 気象庁 2015)。

竹原市海岸の実験所地先は、全面が垂直護岸で、その下には石積み護岸と砂礫地、あるいは巨石や小規模な岩礁がわずかに点在する砂礫地であった。この石積み護岸と巨石・岩礁域から砂礫地が潮間帯に相当し、それ以深はほぼ砂地であった。年間を通して見られた種は、潮間帯ではアナアオサ *Ulva pertusa*、イシゲ *Ishige okamurae*、ヒジキ *Sargassum fusiforme*、ウミトラノオ *Sargassum thunbergii*、ピリヒバ *Corallina pilulifera*、オオバツノマタ *Chondrus giganteus* で、低潮線から潮下帯では、ミル *Codium fragile* やクロメ *Ecklonia kurome* であった。とくに冬季から夏季にかけて見られた種は、潮間帯ではイロロ *Ishige foliacea*、シキンノリ *Chondracanthus teedii*、ユナ *Chondria crassicaulis*、低潮線から潮下帯では、アカモク *Sargassum horneri*、タマハハキモク *Sargassum muticum*、フダラク *Grateloupia lanceolata*、アヤニシキ *Martensia fragilis* であった。年間を通して、潮下帯の砂地に小規模なアマモ場は見られたが、わずかな巨石や岩礁には大型褐藻類による群落は見られなかった。無節サンゴモも一年中見られたが、生育被度は限られていた。

生野島東岸は、岩礁から砂礫地、砂地からなる天然海岸であった。岩礁は低潮線付近までで、それ以深は砂礫地あるいは砂地であった。生野島東岸において、高い頻度で見られた種の出現時期や場所は、実験所地先とほぼ同様であったが、出現種数は多かった。とくに、潮間帯では、春季にヒトエグサ *Monostroma nitidum* の群落が顕著に見られ、タイドプールでは、イトフジマツ *Neorhodomela munita* が見られた。潮下帯では、ケベリグサ *Cutleria adspersa* やケヤリ *Sporochnus radiceformis* が見られた。しかし、実験所地先の潮間帯で見られたようなオオバツノマタの群落は見られなかった。年間を通して、潮下帯の砂地では小規模なアマモ場が見られたほか、おもにノコギリモク *Sargassum macrocarpum* やヤツマタモク *Sargassum patens* からなる小群落が見られた。無節サンゴモも周年見られたが、被度は限られていた。

両調査地での出現種の総数は、実験所地先では106種、生野島東岸では129種で、共通種は92種であった。片方の調査地のみで確認された種は、実験所地先では14種、生野島東岸では37種であったが、これらの種の多くは出現頻度が低く、1ヶ月のみ確認された種は、それぞれ12種と22種であった。また、高い頻度で見られた種の出現時期や場所にも、調査地間の違いはとくに認められなかったので、以降、出現種については両調査地を合わせて述べる。

出現種数の季節変化は、2012年2月から7月は出現種数

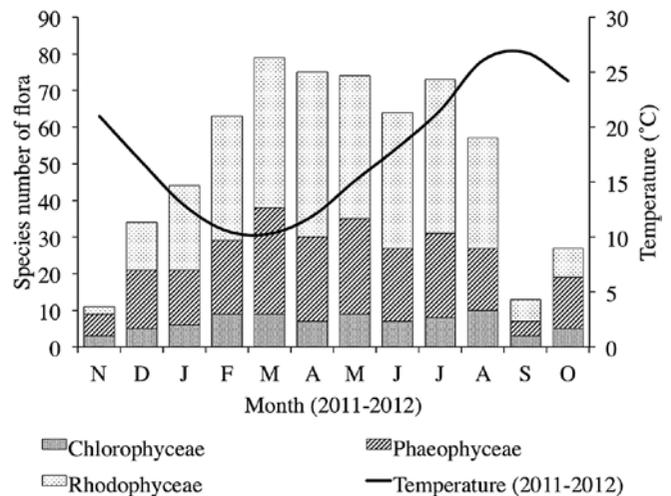


Fig. 2. Monthly variation of seaweed species number of flora and mean water temperature in the vicinity of Takehara, Hiroshima Prefecture, Japan.

が60種を超え、3月に最も多い79種を確認した(Fig. 2)。6月を除く3月から7月は70種以上が見られ、海藻が繁茂する最盛期であった。6月の出現種数が64種と少ない理由は、海水の濁りが強く、低潮線から潮下帯の海藻が十分採集できなかったためである。2011年11月、2012年10月は、実験所地先のみで海藻採集を行ったため、出現種数が少なかった。

本研究による竹原市周辺の2調査地の海藻相をもとに、海域の寒暖傾向を示すC/P、L/F、LFD、I/H、[I/H]_{RCP}の各指数を算出し、それぞれの値から年平均水温を推定した(Table 2)。その結果、L/F、LFD、[I/H]_{RCP}の算出値による推定水温は、本研究で測定した2調査地の年平均水温18.0°Cに比較的近い値になった。

考察

本研究では、瀬戸内海中西部に位置する広島県沿岸中央部の竹原市周辺から143種の海藻を確認した。調査地は、小規模な岩礁域のほか、砂礫域やアマモ場を伴う砂泥域のある海岸であった。瀬戸内海の内海域において、沿岸域は総じて岩礁海底よりも砂泥性の海底が卓越しているため、海藻藻場は様々な礫の集積場に形成されていることが多く、アマモ場と近接している藻場も多いことが指摘されている(環境省自然保護局 2008)。本調査地もこれに合致した環境であった。また、瀬戸内海の都市部以外の地域ではおおむね100種以上の海藻が確認できることから(村瀬ら 1993, 川井ら 2011)、本調査地も同様な種多様性があると言える。

瀬戸内海に特徴的な海藻植生は、優占種を指標として類別されている(谷口 1961)。これによると、瀬戸内海の内湾性は、おもにアナアオサとショウジョウケノリ *Polysiphonia senticulosa* に代表される群集(アナアオサ-ショウジョウケノリ群集)によって示され、カバノリ *Gracilaria textorii*

Table 1. Floral list and monthly occurrence of seaweeds in the vicinity of Takehara, Hiroshima Prefecture, Japan. I and T indicate Ikunojima and Takehara, respectively. ■ denotes occurrence at both sites.

List of Species	References	Tanaka & Tanaka (2005)	Yamagishi & Miwa (2008), Yamagishi (2012)	Present study											
				Locality	Moto-Ujina	Innoshima, Fukuyama	Takehara								
Japanese name	Month (2011-2012)														
	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O			
CHLOROPHYCEAE 緑藻綱															
<i>Monostroma nitidum</i>		○	○		■		■		I						
<i>Blidingia minima</i>		○	○							T					
<i>Ulva compressa</i>		○	○				T	T		■					
<i>Ulva intestinalis</i>		○	○		I	T				T					
<i>Ulva linza</i>		○	○		I	T				T					
<i>Ulva pertusa</i>		○	○		T	T	■	■	■	■	■	T	■		
<i>Ulva prolifera</i>		○	○			I	I	■	■	I	I	T	I		
<i>Cladophora conchopheria</i>			○										T		
<i>Cladophora dotyana</i>										T					
<i>Cladophora stimpsonii</i>		○					T								
<i>Caulerpa okamurae</i>		○	○				I	I	I		I				
<i>Codium fragile</i>		○	○		T	I	■	■	■	■	■	T	I		
<i>Codium contractum</i>			○							T					
<i>Codium lucasii</i>		○	○					I	I	I	I				
<i>Codium subtubulosum</i>		○	○			T	T	■	■	■	■	■			
<i>Bryopsis corticulans</i>		○	○			I									
<i>Bryopsis plumosa</i>		○	○			T	I	I							
<i>Derbesia marina</i>			○		T		I						■		
PHAEOPHYCEAE 褐藻綱															
<i>Ectocarpus siliculosus</i>		○	○		T	I	■								
<i>Sphacelaria</i> sp.									I						
<i>Dictyopteris latiuscula</i>		○	○			T	T	I	I				I		
<i>Dictyopteris prolifera</i>		○	○							■					
<i>Dictyopteris undulata</i>			○							T	I		I		
<i>Dictyota dichotoma</i>		○	○		T	T				■	■	T	T		
<i>Dictyota linearis</i>			○					I	■						
<i>Pachydictyon coriaceum</i>			○			T		I							
<i>Padina arborescens</i>		○	○			I	I	I	■	■	■				
<i>Padina crassa</i>		○	○							■	■		I		
<i>Rugulopteryx okamurae</i>			○			I					T	I	I		
<i>Tinocladia crassa</i>		○	○						■	■	I				
<i>Leathesia difformis</i>		○	○				I	I			I	I			
<i>Petrospongium rugosum</i>		○	○			I	■	■	■	■	I				
<i>Punctaria latifolia</i>		○	○					■	I						
<i>Colpomenia peregrina</i>		○	○			I	T	T	T			I			
<i>Colpomenia phaeodactyla</i>		○	○			I	I	I							
<i>Colpomenia sinuosa</i>		○	○				T	I	■	■	■	I			
<i>Hydroclathrus clathratus</i>		○	○			I	I	■	I	I	I				
<i>Myelophycus cavus</i>			○				I	I							
<i>Petalonia fascia</i>		○	○			■	■	■							
<i>Scytosiphon gracilis</i>		○	○			■	■	T		■					
<i>Scytosiphon lomentaria</i>		○	○			■	■	■	■	I	I				
<i>Cutleria adspersa</i>			○								I				
<i>Cutleria multifida</i>		○	○						I						
<i>Sporochneus radiformis</i>		○	○									I			
<i>Desmarestia viridis</i>		○	○				T	■	I						
<i>Undaria pinnatifida</i>		○	○				T	T	■	I	I				
<i>Chorda asiatica</i>		○	○						I	■	I				
<i>Ecklonia kurome</i>		○	○							■	■	■	I		
<i>Ishige okamurae</i>		○	○							■	■	■	■		
<i>Ishige foliacea</i>		○	○							■	■	■	■		

Table 1. Floral list and monthly occurrence of seaweeds in the vicinity of Takehara, Hiroshima Prefecture, Japan. I and T indicate Ikunojima and Takehara, respectively. ■ denotes occurrence at both sites. (continued)

List of Species	Japanese name	References		Present study													
		Tanaka & Tanaka (2005)	Yamagishi & Miwa (2008), Yamagishi (2012)	Takehara													
		Locality	Moto-Ujina	Innoshima, Fukuyama	Month (2011-2012)												
				N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O		
<i>Myagropsis myagroides</i>	ジョロモク		○			I			T			I	I			I	
<i>Sargassum fulvellum</i>	ホンダワラ		○											I		I	
<i>Sargassum fusiforme</i>	ヒジキ	○	○		T	I	■	■	■	■	■	■	■	■	T	■	
<i>Sargassum horneri</i>	アカモク	○	○			■	■	■	■	■	■		T	I		I	
<i>Sargassum macrocarpum</i>	ノコギリモク	○	○			I	I	I	■	T	■		■	■		I	
<i>Sargassum muticum</i>	タマハハキモク	○	○		T	■	■	■	■	■	■	■	T			I	
<i>Sargassum patens</i>	ヤツタモク	○	○		T	I	I	I	■	I	I	I		I		I	
<i>Sargassum piluliferum</i>	マメタワラ	○	○			I											
<i>Sargassum siliquastrum</i>	ヨレモク	○	○			T		I	I	I	I		I	■			
<i>Sargassum thunbergii</i>	ウミトラノオ	○	○		T	I	■	■	■	■	■	■	T	■	■	T	■
<i>Sargassum yendoi</i>	エンドウモク		○					I		I							
RHODOPHYCEAE 紅藻綱																	
<i>Bangia gloiopeltidicola</i>	フノリノウシゲ	○	○						T	■							
<i>Porphyra lacerata</i>	ヤブレアマノリ		○				■	■									
<i>Porphyra suborbiculata</i>	マルバアマノリ	○	○				I										
<i>Audouinella howei</i>	ミルノベニ	○	○						■								
<i>Amphiroa zonata</i>	ウスカワカニノテ	○	○			I	■		■		■		I	I		I	
<i>Amphiroa valonioides</i>	イソハリガネ		○											I			
<i>Corallina pilulifera</i>	ビリヒバ	○	○			I	■	■	■	T	■	■	■	I	T	I	
<i>Jania</i> sp.	モサズキ属の1種		○			I						I	I	I			
<i>Lithophyllum okamurae</i>	ヒライボ	○	○						I			I			T	I	
<i>Marginisporum crassissimum</i>	ヘリトリカニノテ	○	○							I							
<i>Gelidium divaricatum</i>	ヒメテングサ	○	○										T				
<i>Gelidium elegans</i>	マクサ	○	○			I	I	■	I	■	■	I	I	I		I	
<i>Gelidium pusillum</i>	ハイテングサ	○	○							T			T	T			
<i>Pterocladia tenuis</i>	オバクサ	○	○			I					I						
<i>Hildenbrandia rubra</i>	ベニマダラ		○													I	
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	カギケノリ	○	○										I	I			
<i>Caulacanthus ustulatus</i>	イソダンツウ	○	○					T	■	I	■	T			T	■	
<i>Hyalosiphonia caespitosa</i>	イソウメモドキ	○	○						I	■	■	■	■				
<i>Gloiopeltis furcata</i>	フクロフノリ	○	○				T	I	T	■	■	■	I				
<i>Chondracanthus intermedius</i>	カイノリ	○	○					I		■			I	T			
<i>Chondracanthus teedii</i>	シキンノリ	○	○			T	I	■	T	■	■	■	■	■	T		
<i>Chondrus giganteus</i>	オオバツノマタ	○	○			T	I	T	T	■	T	T	T	T	T	T	
<i>Gloiosiphonia capillaris</i>	イトフノリ	○	○					T	I	■							
<i>Grateloupia asiatica</i>	ムカデノリ	○	○				T	T	■	■	I						
<i>Grateloupia catenata</i>	ウツロムカデ	○	○													I	
<i>Grateloupia imbricata</i>	サクラノリ	○	○				I	I		■							
<i>Grateloupia lanceolata</i>	フダラク	○	○				T	T	■	■	■	■	■				
<i>Grateloupia turuturu</i>	ツルツル	○	○					T	■	■	T	■					
<i>Polyopes affinis</i>	マツノリ	○	○							T	■	■	■	I	I		
<i>Polyopes lancifolius</i>	キョウノヒモ	○	○					T	I	■	I	■	I				
<i>Hypnea asiatica</i>	イバラノリ	○	○										I				
<i>Hypnea flexicaulis</i>	カズノイバラ	○	○			I		I			T	T	■	■			
<i>Callophyllis japonica</i>	ホソバノトサカモドキ		○			I	T		I	T	■	I	I				
<i>Peyssonnelia</i> sp.	イワノカワ属の1種		○							T				T			
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	オキツノリ	○	○						■	■	T	I	■	T	T		
<i>Plocamium cartilagineum</i>	ホソユカリ	○	○											I			
<i>Plocamium telfairiae</i>	ユカリ	○	○									T		I		I	
<i>Schizymenia dubyi</i>	ベニスナゴ	○	○										T				
<i>Solieria pacifica</i>	ミリン		○						T			T		■			

Table 1. Floral list and monthly occurrence of seaweeds in the vicinity of Takehara, Hiroshima Prefecture, Japan. I and T indicate Ikunojima and Takehara, respectively. ■ denotes occurrence at both sites. (continued)

List of Species	Japanese name	References		Present study											
		Tanaka & Tanaka (2005)	Yamagishi & Miwa (2008), Yamagishi (2012)	Moto-Ujina						Takehara					
		Locality	Innoshima, Fukuyama	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
<i>Solieria tenuis</i>	ホソバミリン	○	○			I						T	I	I	
<i>Gracilaria incurvata</i>	ミゾオゴノリ	○	○					T		I	I	I	I		
<i>Gracilaria parvispora</i>	シラモ	○	○	I	I				■	■	T	■	■		
<i>Gracilaria textorii</i>	カバノリ	○	○		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	オゴノリ	○	○	T	I	■	T	T	■	T	I		■		
<i>Gracilariopsis chorda</i>	ツルシラモ	○	○	T	T	T	T			■	■				
<i>Champia parvula</i>	ワツナギソウ	○	○			T					■	■		T	
<i>Lomentaria catenata</i>	フシツナギ	○	○	I	I	■	■	■		I	I				
<i>Lomentaria hakodatensis</i>	コスジフシツナギ	○	○		I	■	I						T		
<i>Chrysiomena wrightii</i>	タオヤギソウ	○	○			T	■	I	I	I					
<i>Rhodomenia intricata</i>	マサゴシバリ	○	○							I					
<i>Callithamnion corymbosum</i>	オイワケキヌイトグサ	○	○						I						
<i>Campylaeophora hypnaeoides</i>	エゴノリ	○	○			I	I			I	I				
<i>Centroceras gasparrinii</i> (C. clavulatum auct. japon.)	トゲイギス	○	○										T		
<i>Ceramium kondoi</i>	イギス	○	○			I	T								
<i>Ceramium tenerrimum</i>	ケイギス	○	○		I										
<i>Gayliella flaccida</i>	ハイイギス	○	○		T										
<i>Pleonosporium yagii</i>	クダコギス	○	○			I									
<i>Pterothamnion intermedium</i>	ヒメヨツバグサ	○	○				I								
<i>Spyridia filamentosa</i>	ウブゲグサ	○	○						T						
<i>Wrangelia tanegana</i>	ランゲリア	○	○		T	I	I	■	I		I				
<i>Dasya</i> sp.	ダジア属の1種	○	○		T		T	T			■	I			
<i>Dasya sessilis</i>	エナシダジア	○	○				T	T	I						
<i>Heterosiphonia pulchra</i>	シマダジア	○	○			I									
<i>Sinosiphonia elegans</i>	ハナビイトモ	○	○				T	I							
<i>Acrosorium yendoi</i>	ハイウスバノリ	○	○				I		I		T				
<i>Hypoglossum barbatum</i>	ヒゲベニハノリ	○	○								I				
<i>Martensia fragilis</i>	アヤニシキ	○	○	I	■	■	■	■	■	■	■	■	■	T	I
<i>Sorella repens</i>	ウスベニ	○	○		T										
<i>Chondria crassicaulis</i>	ユナ	○	○		■	■	■	■	■	■	■	■		T	
<i>Chondria dasyphylla</i>	ヤナギノリ	○	○		I			I							
<i>Chondria tenuissima</i>	ホソヤナギノリ	○	○				T	■	■	I			I		
<i>Chondrophycus cartilagineus</i>	カタソゾ	○	○					I	I	I	I	I			
<i>Dasyclonium flaccidum</i>	クシノハ	○	○		I										
<i>Herposiphonia parca</i>	クモノソヒメゴケ	○	○											I	
<i>Laurencia nipponica</i>	ウラソゾ	○	○						I	I					
<i>Laurencia okamurae</i>	ミツデソゾ	○	○						I	I	■	■	■		
<i>Laurencia saitoi</i>	マギレソゾ	○	○							T	■	■	■		
<i>Leveillea jungermannioides</i>	ジャバラノリ	○	○							T					
<i>Neorhodomela munita</i>	イトフジマツ	○	○				I	I	I	I	I	I			
<i>Neosiphonia harveyi</i>	キブリティグサ	○	○		T	■	I	T			I	T			
<i>Polysiphonia senticulosa</i>	ショウジョウケノリ	○	○				I	I	I		I				
<i>Symphyclocladia marchantioides</i>	コザネモ	○	○			T	■	I	I	I	I				

とアオノリ類は、この群集に共通して現れる標徴種として示されている。とくに、瀬戸内海中央部の内湾性は、ヒトエグサ-カヤモノリ *Scytosiphon lomentaria* 群集によって示され、ヒラアオノリ *Ulva compressa*, ウスバアオノリ *U. linza*, ウミトラノオ, ワタモ *Colpomenia bullosa* が標徴

種として示されている。これらの瀬戸内海全般および中央部の群集構成種のうち、ワタモ以外は、比較的目につきやすく、3月に顕著な群落を形成したヒトエグサ以外は、年間4ヶ月以上観察できたため、本調査地は、谷口 (1961) による瀬戸内海全般および中央部の内湾性の海藻植生におおよそ合

Table 2. Five indexes (C/P, L/F, LFD, I/H and [I/H]_{RCP}) of the seaweed flora in the vicinity of Takehara, Hiroshima Prefecture, Japan and annual mean water temperature estimated from each index.

Indexes	References	Index numbers	Estimated annual mean water temperature (°C)
C/P	Segawa (1956)	0.42	11.3
L/F	Arasaki (1976)	0.27	20.0
LFD	Tanaka (1997)	1.17	18.3
I/H	Nakahara & Masuda (1971)	1.77	14.1
[I/H] _{RCP}	Tomizuka et al. (2011)	3.93	20.2

致している。

さらに、竹原市周辺の出現海藻は、ほぼ温帯域を中心に分布する種であった。佐田岬より南の豊後水道で出現する暖海性の海藻として挙げられている種（八木 1964, 新崎 1965）は、イトアミジ *Dictyota linearis*, ケヤリ, アヤニシキで、このうち南西諸島にも分布する種はイトアミジに限られた（吉田 1998）。しかし、調査地から約 6 km 東の大久野島では、亜熱帯性のガラガラ *Tricleocarpa cylindrica* の生育が確認されている（今村 2008）。一方、本州北部以北の寒冷な海域を中心に分布する海藻は見られなかった（吉田 1998）。

日本沿岸の水温と海藻相の関係を示す指数として、現在までに C/P, L/F, LFD, I/H, [I/H]_{RCP} が用いられている（富塚ら 2011）。C/P 以外の指数では、各地の海藻相にもとづく算出値とそれぞれの海域における年平均水温の間に高い相関 ($r > 0.8$, $p < 0.01$) が示されている（田中 1997, 富塚ら 2011）。本研究の海藻相から算出した L/F, LFD, [I/H]_{RCP} の各値にもとづく推定年平均水温は、実測水温 18.0°C と比較的近くなったため（Table 2）、この調査地の水温環境をおおよそ表すのに適していたと言える。海藻の生育は、生育に適した基質の多寡など、水温以外の要因にも影響されるため、本調査地の海藻相は、褐藻の限られた分類群の種数を対象にした L/F と LFD および、緑藻、褐藻、紅藻の生活史を網羅した [I/H]_{RCP} の場合とは異なり、緑藻と褐藻の生活史に限定した I/H の算出に十分な種構成ではなかったと思われる。

本研究で確認した 143 種は、広島県沿岸で、本研究と同様、採集した標本の詳細な観察にもとづき種同定を行った海藻相調査と比較すると少ない。広島県沿岸東部に位置する因島では 229 種（山岸・三輪 2008, 山岸 2012）、西部に位置する広島湾奥部の元宇品では 203 種（田中・田中 2005）が確認されている。しかし、本研究が 1 年間の調査に対し、因島では 7 年間、元宇品では 50 年間（途中、9 年間と 10 年間の中断を含む）と長期の調査であることから、より出現頻度の低い種も確認できていると考えられる。これらの結果と比較したところ、広島県の東西沿岸と共通する種は、104 種あり、これらの種は県沿岸の海藻群落を構成するおもな種であると言える。

ただし、これらの海藻相調査で確認されていないが、広島県沿岸での生育が報告されている種は多い。広島県沿岸各地の出現種を掲載している海藻図鑑の今村（2008）では、先述の海藻相調査で未確認の種が 14 種あった。その

内訳は、フトジュズモ *Chaetomorpha spiralis*, ナガミル *Codium cylindricum*, ヒラミル *Codium latum*, ハイオオギ *Lobophora variegata*, フサノリ *Scinaia japonica*, ウミゾウメン *Nemalion vermiculare*, カニノテ *Amphiroa anceps*, ヒメカニノテ *A. misakiensis*, ウラモサズキ *Jania nipponica*, サイダイバラ *Hypnea saidana*, ヒカゲノイト *Tsengia nakamurae*, ヘラワツナギソウ *Champia japonica*, コブソゾ *Chondrophyucus undulatus*, クロソゾ *Palisada intermedia* であった。さらに、日本では鹿児島県の桜島のみで確認されていたフサコケモドキ *Bostrychia flagellifera* が広島湾東部で発見されている（環境省自然保護局 2008）。これらの種が先述の海藻相調査で確認されなかった理由は特定できないが、種同定の状況や調査地の環境の違いなどが考えられる。

一方、先述の広島県沿岸での海藻相の報告（田中・田中 2005, 今村 2008, 山岸・三輪 2008, 山岸 2012）と比較し、今回、竹原市周辺のみで確認できた種は、ミナミシオグサ *Cladophora dotyana*, ケベリグサ, ヤブレアマノリ *Porphyra lacerata*, イソハリガネ *Amphiroa valonioides*, ヒメヨツバグサ *Pterothamnion intermedium*, クシノハ *Dasyclonium flaccidum* であった。このうち、ミナミシオグサは、瀬戸内海中部～西部で確認されていない。ミナミシオグサは、本州太平洋中部および日本海中部以南に生育する種であるが（van den Hoek & Chihara 2000, 藤田・泉 1989）、環境省のレッドリスト（日本の絶滅のおそれのある野生生物の種のリスト）では、生育密度が低いなど、環境条件の変化によっては絶滅が危惧されうるが、評価するだけの情報が不足している「情報不足」種に選定されている（環境省自然保護局 2012）。この種は、高さ 1.5～7 cm と小型であるため（吉田 1998, van den Hoek & Chihara 2000）、被度が低ければ容易に見落とされると考えられる。ケベリグサは、調査地付近では、約 15 km 南の大崎下島で採集されている（北海道大学総合博物館収蔵標本 SAP 73500）。ヤブレアマノリは、山口県防府市（瀬戸内海側）での分布が確認されている（寺本・河盛 1977）。イソハリガネは、調査地付近では、約 26 km 南の愛媛県の大島で採集されている（Enomoto et al. 1996）。ヒメヨツバグサは、千島列島、朝鮮半島中部から済州島を含む南部で報告されており（吉田 1998, Kim & Lee 2012）、この種に類似した同属のヨツガサネは先述の海藻相で確認されている。クシノハは、広島県沿岸では記録されていないが、広島県東部の県境に近い愛媛

県の弓削島で確認されている (田中・田中 2005)。

先述のように、広島県沿岸では、100種以上が共通して見られるが、近年の沿岸域の変化に伴い、海藻相が大きく変わってきたことが示されている。広島湾奥部では、1950～60年代に見られたイロロ、イワヒゲが1987年以降は確認できなくなった (田中ら 2010)。しかし、イロロは現在も広島湾東部では確認され (島袋ら 2015)、広島県沿岸中部～東部でもイワヒゲ類とともに確認されている (Table 1)。これらの種は、潮間帯上部の波当たりの強い場所に繁茂することから、消失は、防波堤の建設により海域が静穏化したことが一因と考えられている (田中ら 2010)。また、ヒジキは、広島湾奥部では1999年頃から徐々に増加し (田中ら 2010)、広島湾東部でも分布の拡大が報告されている (島袋ら 2015)。瀬戸内海では、1990年代以降、水温は全域を通して上昇傾向にあるが (樽谷 2007)、ヒジキが分布する海域の水温の上限は、同所的に生育する他のホンダワラ類と同様であるため (須藤 1992)、水温上昇以外の様々な要因の複合的な効果であることが考えられる。

近年、九州や四国の暖流の影響を受ける外洋域では、藻場の消失や藻場構成海藻が温帯性から亜熱帯性へ変化していることが報告されており (吉村ら 2008, Tanaka *et al.* 2012)、水温上昇が1つの要因とされている。豊後水道南部では、藻場が亜熱帯性海藻で構成され、サンゴの混生や無節サンゴモが優占する「磯焼け」が起こるなど、九州や四国の外洋域に類似した海中景観が見られるため (吉田ら 2011)、今後の温暖化の進行による内海域への影響が懸念される。瀬戸内海西部では、定点で継続的に行われた1980年代後半と2000年代前半の海藻相調査をもとに、海域の寒暖傾向を示すLFDを算出し、この値による推定年平均水温と実測水温の上昇幅がほぼ一致したことが報告されている (鈴川 2006)。さらに、瀬戸内海以外でも、[I/H]_{RCP}の追跡により、海藻相が温暖化傾向にあることが示されている (富塚ら 2011)。これらの結果は、こうした指数が少なくとも定点での温暖化をモニタリングする指標として有効であることを示している。また、これらの指数は、林冠形成海藻と小型海藻の両方を対象にした指数であるため、両者についての海藻相調査が重要であることも示している。今後も、海域の環境変化を把握する生物指標として、定点での定期的な海藻相調査が望まれる。

謝辞

海藻類の種同定や調査について、ご助言頂いた島袋寛盛博士、山岸幸正博士、吉田吾郎博士、調査にご協力頂いた岩崎貞治氏、英文を校閲頂いたLawrence M. Liao博士、標本整理にご協力頂いた嶋大磯氏に感謝の意を表す。

引用文献

新崎盛敏 1965. 宇和海の海藻. 足摺国定公園宇和海海中公園調査報告. 日本自然保護協会調査報告 13: 14-18.

- 新崎盛敏 1976. 海藻の生態. 新崎盛敏・堀越増興・菊地泰二 (編) 海藻・ベントス. 海洋科学基礎講座 5. pp. 93-147. 東海大学出版会. 東京.
- Enomoto, S., Yoshida, T., Masuda, M. & Kawai, H. 1996. The marine benthic algae of Seto Inland Sea, Japan. Vol. 1-6. Kobe University Research Center for Inland Sea. Kobe.
- 藤田大介・泉治夫 1989. 富山県沿岸産海藻目録. 富山県水産試験場研究報告 1: 33-49.
- 藤田大介・村瀬昇・桑原久美 2010. 藻場を見守り育てる知恵と技術. 成山堂書店. 東京.
- 今村賢太郎 2008. 芸南の海藻. 蘭島文化振興財団. 広島.
- 海洋気象学会 2013. 瀬戸内海の気象と海象. 海洋気象学会. 神戸.
- 神田正人 2006. 大分県の海藻. 佐伯.
- 環境省水・大気環境局 2011. 閉鎖性海域中長期ビジョン. <http://www.env.go.jp/press/files/jp/15178.pdf>
- 環境省自然保護局 2008. 第7回自然環境保全基礎調査 浅海域生態系調査 (藻場調査) 報告書. 環境省自然環境局生物多様性センター. 山梨.
- 環境省自然保護局 2012. 環境省第4次レッドリスト. 植物II (藻類). <https://www.env.go.jp/press/files/jp/20558.pdf>
- 川井浩史 2001. 神戸の海藻. 神戸大学内海域機能教育研究センター (編). 財団法人神戸市体育協会. 神戸.
- 川井浩史・寺田竜太・村瀬昇・吉田吾郎・倉島彰・神谷充伸 2011. 淡路由良, 竹野の藻場モニタリングサイト. 海洋と生物 33: 306-314.
- Kim, H.-S. & Lee, I.-K. 2012. Algal flora of Korea. Volume 4, Number 5. Rhodophyta: Florideophyceae: Ceramiales: Ceramiaceae I [Non-corticate Species] Marine Red Algae. National Institute of Biological Resources. Ministry of Environment. Incheon.
- 気象庁 2015. 潮位表. <http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/suisan/index.php>
- 今野敏徳 1985. ガラモ場・カジメ場の植生構造. 海洋科学 17: 57-65.
- 村瀬昇・松井敏夫・大貝政治 1993. 山口県瀬戸内海沿岸東部海域の海藻相. 水産大学校研究業績 41: 237-249.
- 中原紘之・増田道夫 1971. 緑藻と褐藻の生活史と水平分布. 海洋科学 3: 24-26.
- 南西海区水産研究所 1979. 沿岸海域藻場調査 瀬戸内海関係海域藻場分布調査報告 - 藻場の分布 -. 南西海区水産研究所. 広島.
- 日本水路協会 2000. 安芸灘及付近 W141. 海上保安庁. 東京.
- 大阪市立自然史博物館 1988. 日本産海藻標本目録 - 緑藻・褐藻編 -. 大阪市立自然史博物館収蔵資料目録 第20集. 大阪.
- 大阪市立自然史博物館 1990. 日本産海藻標本目録 - 紅藻編 (1) -. 大阪市立自然史博物館収蔵資料目録 第22集. 大阪.
- 大阪市立自然史博物館 1992. 日本産海藻標本目録 - 紅藻編 (2) -. 大阪市立自然史博物館収蔵資料目録 第24集. 大阪.
- 瀬川宗吉 1956. 海藻の研究. 原色日本海藻図鑑. pp. 122-148. 保育社. 大阪.
- 島袋寛盛・吉田吾郎・三浦俊一・寺脇利信 2015. 広島湾廿日市丸石地先における石積み護岸上の海藻植生とその変遷. 藻類 63: 1-9.
- 須藤俊造 1992. 海藻・海藻相とその環境条件との関連をより詰めて求める試み. 藻類 40: 289-305.
- 水産庁 2007. 磯焼け対策ガイドライン. 東京.
- 鈴川健二 2006. 愛媛県二神島保護水面で採集された海藻の一覧とLFD指数による検討. 愛媛水試研報 12: 135-148.
- 田中博・田中貞子 1998. ひろしまの海藻. 吉田忠生監修. 広島.
- 田中博・田中貞子 2003. 海藻. 大崎町自然ガイドブック. pp. 21-52. 広島.
- 田中博・田中貞子 2005. 広島県の海藻. 増補改訂版. 広島.
- 田中博・田中貞子・二宮早由子・井関和夫・吉田忠生 2010. 「ひろしまの海藻」解説. 藻類 58: 1-8.
- 田中次郎 1989. 横浜市海域に生育する海産植物 (海藻・海草) の生

- 物指標. 横浜市公害研究所(編) 公害研資料 No. 88, 水域生物指標に関する研究報告. pp. 237-244. 横浜.
- 田中次郎 1997. 褐藻(コンブ目, ヒバマタ目, アミジグサ目)の分布にもとづく海藻相解析. 藻類 45: 5-13.
- Tanaka, K., Taino, S., Haraguchi, H., Prendergast, G. & Hiraoka, M. 2012. Warming off southwestern Japan linked to distributional shifts of subtidal canopy-forming seaweeds. Ecol. Evol. 2: 2854-2865.
- 谷口森俊 1961. 日本の海藻群落学的研究. 井上書店. 東京.
- 樽谷賢治 2007. 瀬戸内海の環境の30年間の変化 - 水産の環境モニタリング“浅海定線観測調査”のとりまとめ -. 日本ベントス学会誌 62: 52-56.
- 寺本賢一郎・河盛好昭 1977. 山口県三田尻湾の水質回復に伴う海藻フロアの変遷. 藻類 25: 210-216.
- 寺脇利信・吉川浩二・吉田吾郎・内村真之・新井章吾 2001. 広島湾における大型海藻類の水平・垂直分布様式. 瀬戸内海区水産研究所研究報告 3: 73-81.
- 富塚朋子・岩槻邦男・宮田昌彦 2011. 緑藻, 褐藻, 紅藻の生活史と分布にもとづく海藻相の新しい評価指数 [I/H]_{RCP}. 植物研究雑誌 86: 287-293.
- 富塚朋子・岩槻邦男・宮田昌彦 2012. 大学・博物館等に保存された海藻の証拠標本を用いた浅海域の環境変動の推定. 植物研究雑誌 87: 31-40.
- Torres, A. C., Veiga, P., Rubal, M. & Sousa-Pinto, I. 2015. The role of annual macroalgal morphology in driving its epifaunal assemblages. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 464: 96-106.
- van den Hoek, C. & Chihara, M. 2000. A taxonomic revision of the marine species of *Cladophora* (Chlorophyta) along the coasts of Japan and the Russian Far-east. Natl. Sci. Mus. Monogr. 19: 1-242.
- 八木繁一 1964. 伊予の海藻目録. 愛媛県立博物館研究報告. 第4号. 愛媛県立博物館. 今治.
- 山岸幸正 2012. 因島八重子島の海藻種リスト. 福山大学内海生物資源研究所報告 23: 45-50.
- 山岸幸正・三輪泰彦 2008. 瀬戸内海中央部因島・福山の海藻相. 福山大学生命工学部年報 7: 21-33.
- 吉田吾郎・寺脇利信・山下亜純・新井章吾・樽谷賢治 2011. 瀬戸内海から豊後水道にみるガラモ場の変化と水温勾配の関係. 海洋と生物 33: 337-343.
- 吉田忠生 1998. 新日本海藻誌. 内田老鶴圃. 東京
- 吉田忠生・藤原宗弘・寺脇利信 2006. 故氏家由三氏の「備讃瀬戸ノ海藻」論文遺稿について. 藻類 54: 1-7.
- 吉田忠生・吉永一男 2010. 日本産海藻目録(2010年改訂版). 藻類 58: 69-122.
- 吉田忠生・吉永一男・中嶋泰 1995. 日本産海藻目録(1995年改訂版). 藻類 43: 115-171.
- 吉村拓・清本節夫・桐山隆哉 2008. 長崎市周辺の藻場の現状. 藻類 56: 131-132.

(Received Jul. 22, 2015; Accepted Dec 14, 2015)