

**BULLETIN
OF
RESEARCH INSTITUTE OF ENVIRONMENT, AGRICULTURE AND FISHERIES,
OSAKA PREFECTURAL GOVERNMENT**

No 5 March 2012

**大阪府環境農林水産総合研究所
研 究 報 告**

第5号 平成24年3月

大阪府環境農林水産総合研究所研究報告
第5号（平成24年3月）

目 次

〔技術論文〕

廃土埋立て地盤へのイチジク植栽に向けた剪定枝堆肥施用の有効性 細見彰洋・辰巳 真・中井ひとみ*・ 下村浩一*・内山知二	1
大阪湾産アカシタビラメCynoglossus joyneriの年齢と成長 日下部敬之・浅見 亮*	7

〔技術報告〕

大阪府における大気中揮発性有機化合物（VOC）濃度とオゾン生成への寄与について 中戸靖子・宮本弘子・西村理恵・上田真彩子	13
---	----

〔短 報〕

施設栽培におけるズイキの養分吸収量の評価 佐野修司・木村良仁・山崎基嘉・内山知二	19
大阪府におけるサワラの種苗生産事例 辻村浩隆	23
貝塚市近木川で採取されたムナグロナガレトビケラ種群不明種 （ナガレトビケラ科、トビケラ目）幼虫の形態的特長 平松和也・平 和祥*	25

廃土埋立て地盤へのイチジク植栽に向けた剪定枝堆肥施用の有効性

細見彰洋・辰巳真・中井ひとみ*・下村浩一*・内山知二

Value of Compost Application for Fig Tree Plantation in Reclaimed Ground with Waste Soil

Akihiro HOSOMI, Makoto TATSUMI, Hitomi NAKAI*, Kouichi SHIMOMURA* and Tomoji UCHIYAMA

Summary

We tested the value of the application of compost to reclaimed ground together with waste soil for the purpose of tree plantation. In the waste soil, the Ca and Mg concentrations were too high, but N, P and K were too low. The compost-A was made from a mixture of pruning residues from roadside trees and garbage. The content of humus and K was increased in waste soil when mixed with 10 ~ 30 % of the compost-A. However, the test plants (fig trees, *Ficus carica* L.) were dwarf, provably because of the low content of N and P, even in the mixture with 30 % of the compost-A. Application of 30 % compost-A, in addition to mulching of compost-B (133 ℓ /m²), which comprised matured pruning residues of roadside trees, gave the fig trees remarkably vigor. The mulching of compost-B proved to adequately supply P and N, aerate the tree rhizosphere, and promote the growth of fig trees. The mulching also prevented the weeds from spreading. Such mulching facilitates tree plantation in reclaimed ground and also the recycling pruning residues.

I. はじめに

都市の貴重な緑の創造に向け、大阪府においても、建設廃土の埋め立て処分場を緑地として整備する試みが進められている¹⁾。しかしながら、建設廃土は土壌としては特殊であり、空隙率は低く、ベントナイトやセメント類の混入によってpHが高く、肥料成分が不足して植物の生育には不適なことが多い²⁾。一方、都市域では街路樹の剪定枝も大量に排出され、堆肥としての再資源化が進められているが、個装して流通させるには品質やコスト面で障害がある³⁾。そのため、堆肥は隣接エリアで一括して利用するのが理想で、埋立地の緑地造成は、その端的な利用場面として期待されるところである。しかしながら、こういった手法で堆肥を施用すれば、どの程度の有効性が得られるのかについては、実際場面での検証が不足しているのが現状である²⁾。また、都市域の廃棄物としては食品残さ、いわゆる生ゴミについても、その有効な処分法が求められている。剪定枝堆肥については、堆肥化に長期間を要することが難点であり⁴⁾、生

ゴミを栄養源として加えることで、剪定枝堆肥の熟成を促進し、肥料成分を補てんする効果も期待できる。そこで、剪定枝と同様、都市の廃棄物である生ゴミの堆肥についても有効活用することとし、廃土地盤での緑地の造成にどの程度の有効性をもたらすかを、当該埋立て地において実証した。

なお、公共空間の緑化においては、単なる「眺める緑」ではなく、都市住民が積極的に「関わる緑」として、実の成る樹木、すなわち果樹を素材とした植栽（エディブル・ランドスケイピング）も注目されている^{5,6,7,8)}。そこで、果樹の中でも生長の速いイチジクを指標植物とし、定植から成木までの育成期間を対象に、土壌の理化学性、植物の生長、雑草の管理など総合的な視点から堆肥施用の有効性を検討した。

II. 材料および方法

大阪湾臨海部に位置する堺第7-3区処分場において、1999年5月29日に、第1表に従って6種類の施工

* (株)エコワークス

第1表 各施工区と供試樹の内容

区	施工面積	廃土量	投入有機物 ^z (投入量)		イチジク苗 定植数
			廃土への混和量	地表へのマルチ量 ^y	
無施用区	7.5m ²	3.8 m ²	－ (0.0 m ²)	－ (0.0 m ²)	2 本
混和 A10 区	7.5m ²	3.4 m ²	A (0.4 m ²)	－ (0.0 m ²)	2 本
混和 A20 区	7.5m ²	3.0 m ²	A (0.8 m ²)	－ (0.0 m ²)	2 本
混和 A30 区	7.5m ²	2.6 m ²	A (1.1 m ²)	－ (0.0 m ²)	2 本
マルチ B 区	15.0m ²	5.3 m ²	A (2.3 m ²)	B (2.0 m ² × 3 回)	4 本
マルチ C 区	15.0m ²	5.3 m ²	A (2.3 m ²)	C (2.0 m ² × 3 回)	4 本

^z 投入した有機物A：粉碎した完熟剪定枝 15m²に生ゴミ 4.8t を混合熟成（堆肥A）

B：剪定枝を粉碎し熟成（堆肥B）

C：堆肥Bと同一素材で粉碎直後（未成熟な状態）の有機物（堆肥C）

^y 8月3日、10月1日、12月22日に畝の表面に、各有機物を2.0m²ずつ均一に被覆した。

第2表 投入有機物の特性

有機物 ^z	交換性 CaO mg/100g	交換性 MgO mg/100g	交換性 K ₂ O mg/100g	可給態 P ₂ O ₅ mg/100g	CEC mg/100g	全 C %	全 N %	C/N 比
堆肥 A	1778	315	945	194	54.7	27.1	2.0	13.6
堆肥 B	1680	304	1095	175	51.2	28.5	1.6	17.9

^z 製法については第1表参照

区を設定した。すなわち、振動篩で74 μ m以下のシルトや粘土を分離した建設廃土（pH 10前後）を基本土壌とし、これに第2表に示す剪定枝チップ（長さ20～60mm）と生ゴミで作成した堆肥（以下、堆肥A）を10%、20%、30%混和する区（以下、混和A10区、混和A20区、混和A30区）と無施用区、また30%の混和に加えて、完熟および未完熟の剪定枝堆肥（以下、堆肥B、堆肥C）を3回に分けてマルチする区（以下、マルチB区、マルチC区）の、合計6区を設けた。指標植物のイチジク（*Ficus carica* L.）については、同年6月9日に、品種‘榊井ドーフィン’の苗を無施用、混和A10、混和A20、混和A30の各区は2樹ずつ、マルチB区、マルチC区は4樹ずつ、いずれも3.75m²に1樹の密度で定植した。定植直後の1999年7月14日と翌年の9月1日に各施工区の地下10cmの土壌について化学性を調査した。この際、マルチB区、マルチC区についてはマルチ直下の土壌を分析した。また、無施用および混和A10、混和A20、混和A30の各区については2000年7月18日に物理性を調査した。

供試樹はマルチB区で1樹、マルチC区で3樹が、定植後約1か月で枯死寸前になったため、同年8月2日に補植した。灌水は散水チューブを用いて一斉に行い、マルチしない地表面全体が乾燥した時点で適宜散水し、追肥は行わず3年間栽培した。供試樹は杯状形に仕立て、樹齢と生長量に応じて結果枝数を定めた。すなわち、定植2年目までの結果枝は樹あたり3本とし、定植3年目は、無施用区、混和A10区、混和A20区、混和A30区が樹あたり6本、マルチB区とマルチC区が樹あたり12本

とした。そして、目的の結果枝数が確保できるよう剪定し、生長期中は、不要な新梢を、2年目までは年3回、3年目は年4回切除し、定めた数の結果枝のみを伸ばした。この時、結果枝の全長と切除した新梢（以下、除梢）の全長を測定した。一方、施工区に雑草が繁茂を始めた2年目から、雑草の種類と繁茂程度を4段階の指数（1: 僅かの個体が局在する～4: 多数の個体が全面に分布する）で記録し、同時に群落全体が地表を覆う割合（以下、被度）と平均的草高（以下、草高）を調査した後、刈取りを行った。これによる年間の刈取り回数は、2年目が年3回、3年目が年4回であった。

Ⅲ. 結果

試験開始時の各区の土壌は第3表に示すとおりである。無施用区の土壌は廃土そのものであるが、もともと石灰や苦土がきわめて多く、窒素やリン酸が少なかった。そのため、いずれの試験区も石灰や苦土が通常の10倍程度あり、pHは非常に高いことが予想された。腐植は十分多く、C/N比はやや高く、窒素やリン酸は少ない特徴を示した。また、カリは無施用区を除いて多く含まれていた。翌年の、化学性は第4表に示す通りである。石灰や苦土は依然として高い値であったが、前年より低下しており、強いアルカリ性を示す区はなかった。当初高濃度であった石灰や苦土は試験期間中に灌水や雨水でかなり流出したと思われる。窒素、リン酸、カリの3要素は有機物の投入量が多いほど、増加傾向にあったが、その量は混和A30区でも明らかに不十分であった。後か

第3表 試験開始時における各施工区土壌の化学性

試験区	交換性	交換性	交換性	可給態	CEC	全 C	全 N	C/N 比
	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅				
	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	%	%	
無施用区	4879	386	76	13	20.8	2.1	0.1	22.9
混和 A10 区	5245	294	130	11	22.6	3.0	0.2	18.4
混和 A20 区	5313	258	151	11	22.5	3.5	0.2	18.2
混和 A30 区	4838	228	224	11	24.9	5.2	0.4	14.9
マルチ B 区・マルチ C 区 ^z	5205	245	178	11	23.0	4.2	0.2	19.9

測定土壌は 1999 年 7 月 14 日にサンプリング。^z マルチ施用前であるため、合一して化学性を調査した。

第4表 試験開始翌年における各施工区土壌の物理性と化学性

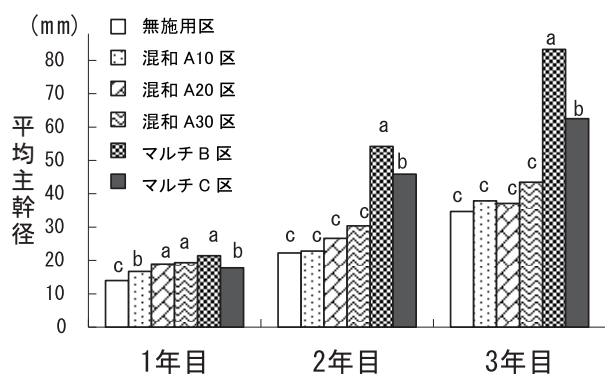
試験区	物 理 性 ^z					化 学 性 ^y				
	仮比重	気相	液相	固相	孔隙率	pH	交換性	交換性	交換性	可給態
		%	%	%	%		CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
							mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
無施用区	0.63	33.2	47.3	19.6	80.5	6.9	2119	90.5	15.5	N.D.
混和 A10 区	0.61	35.6	44.8	19.7	80.3	6.8	1903	89.0	15.5	N.D.
混和 A20 区	0.57	40.7	40.9	18.5	81.6	6.9	1898	88.5	18.0	N.D.
混和 A30 区	0.53	46.7	36.3	17.1	83.0	6.8	1517	97.0	38.0	10.0
マルチ B 区	—	—	—	—	—	6.4	1709	190.0	352.5	10.0
マルチ C 区	—	—	—	—	—	6.4	1265	156.5	332.0	20.0

^{z,y} 測定土壌は、物理性が 2000 年 7 月 18 日、化学性が 2000 年 9 月 1 日にサンプリング。

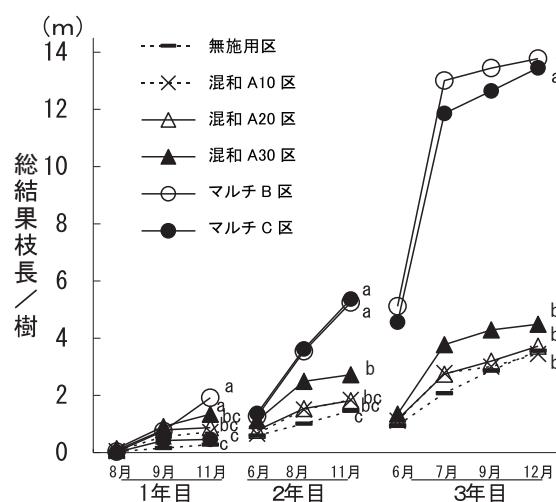
ら土壌表面に有機物を 3 回追加投入したマルチ B 区、マルチ C 区の場合では、リン酸は同様に少なかったが、窒素とカリは必要量が含まれていた。土壌の物理性についても第4表に示した。施工区は踏圧が少なかったためか、有機物を混和していない無施用区も孔隙率は悪化していなかったが、有機物の混和によって、気相割合はさらに高まり比重が低下していた。また、マルチした区の調査はないが、定植したイチジクの根はマルチ部分、すなわち剪定枝のチップが積み重なった部分にも多く伸張しており、植物にとってきわめて通気性の高い土壌条件であったことが推察された。

各区のイチジク樹について、第1図には主幹径を、第2図と第3図には、それぞれ結果枝と除梢について、樹あたりの総伸長量の年間推移を示した。無施用区、混和

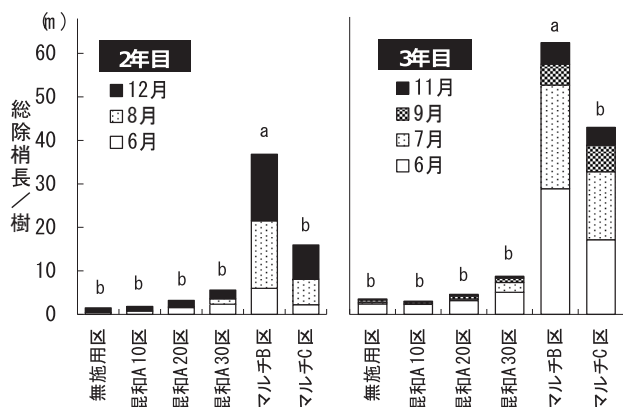
A10 区、混和 A20 区、混和 A30 区の樹は試験期間中枯死する個体はなかったが、全般に生育は不良であった。ただし、これらの供試樹中では、混和量の多い混和 A30 区の新梢生育が比較的優れていた。一方、マルチ B 区では、定植直後に 1 個体が枯死し再植を行った。しかし、その後は順調に活着し、無施用区や堆肥を混和した区より明らかに生育が優れ、主幹径、総結果枝長、総除梢長とも最も大きくなった。マルチ C 区では、定植まもなく 3 個体が枯死し、再植を行ったものの 1 個体は活着せず欠株となった。活着した樹も 1 年目は生育が劣り、主幹径、総結果枝のいずれも無施用区と同程度であった。ただし、



第1図 剪定枝堆肥の施用が廃土埋立て地盤に植栽したイチジク樹の主幹肥大に及ぼす影響
異なるアルファベットは各年度での試験区間の有意差 ($\alpha < 0.05$ Fisher の最小有意差法) を示す。



第2図 剪定枝堆肥の施用が廃土埋立て地盤に植栽したイチジク樹の結果枝伸長に及ぼす影響
異なるアルファベットは各年度での試験区間の有意差 ($\alpha < 0.05$ Fisher の最小有意差法) を示す。



第3図 剪定枝堆肥の施用が廃土埋立て地盤に植栽したイチジク樹の不要新梢の伸長に及ぼす影響
異なるアルファベットは各年度での総除梢長累計の試験区間の有意差 ($\alpha < 0.05$ Fisherの最小有意差法)を示す。

2年目からは生育が進み、総結果枝長はマルチB区と同程度になり、主幹径も、マルチB区に次いで大きくなった。

雑草の発生状況は第5表に示した。雑草は年月とともに繁茂が進行した。特に、混和 A10 区、混和 A20 区、混和 A30 区の雑草生育は年間を通じて無施用区より旺盛で、2 年目はヤブジラミ、ヒメムカシヨモギ、シロザ、ノゲシなどが、3 年目はヒメムカシヨモギ、ヤブジラミ、エノコログサ、イヌホオズキ、ヨモギ、オオマツヨイグサなどが目だって繁茂した。また、当初は有機物の混和量が多いほど被度や草高が増大する傾向にあったが、3 年目には混和量の差は認められなかった。一方、堆肥をマルチした区の雑草は、無施用区より明らかに少なく、特にマルチ B 区の被度は 3 年間で最高でも 20% と極めて小さかった。

IV. 考察

建設廃土のみの施工区においては、イチジクの生長が著しく劣っていたが、土壌の分析結果から推測すると、廃土は石灰や苦土の過多に加え、主要成分の窒素やリン酸が不足気味で、これが生育不良の主な原因と考えられる。これに対して、剪定枝や生ゴミを堆肥化した有機物を廃土に混和すると、生育はやや改善された。石灰や苦土は混和した有機物にも多く含まれていたため、その施用に石灰や苦土の過多を抑制する効果はなかったと考えられるが、有機物には多量ではないもののリン酸と窒素を含んでいた。平井ら⁹⁾はイチジク樹の生育は肥料3要素のうちでも窒素の過不足に強い影響を受けることを報告しており、本試験における生育の改善も、特に窒素成分の補填によってもたらされたと思われる。また、有機物を多く混和するほど土壌の通気性も向上していたが、無施用区でも一般栽培のイチジクほ場の例¹⁰⁾と遜色のない膨軟性が維持されていて、本試験の範囲では物理性の改善効果は明瞭ではなかった。しかし、石灰や苦土を多量に含む土は、踏圧で硬くしめる傾向が強い。試験のような限られた回数ではなく、人が頻繁に往来する実場面においては、有機物の混和による通気性改善の効果は、より顕著に現れる可能性がある。

施用量について、本試験では最高 30% の有機物を混和したが、窒素、リン酸、カリは十分とは言えず、3 年間のイチジクの生育も良好ではなかった。本試験の堆肥 A には生ゴミの混和や葉の混入によるためか、ある程度の肥料成分が含まれていたが、窒素やリンの含量は決して十分ではなく、混和量をさらに増やしても肥料効果は期待できない。また、今回使用した有機物は、粉碎した剪

第5表 廃土埋立て地盤への剪定枝堆肥の施用が雑草の生育に及ぼす影響

草 種		試験区 ¹⁾ 年 月	無施用区			混和A10区			混和A20区			混和A30区			マルチB区			マルチC区		
科	種		2年目	3年目		2年目	3年目		2年目	3年目		2年目	3年目		2年目	3年目		2年目	3年目	
			6 8 12	6 7 9 11		6 8 12	6 7 9 11		6 8 12	6 7 9 11		6 8 12	6 7 9 11		6 8 12	6 7 9 11		6 8 12	6 7 9 11	
セリ科	ヤブジラミ ²⁾		3 ³⁾ 3	2 4		3 4	3 4 2		4 3	1 3 2		4 2	1 2 2							
キク科	ヒメムカシヨモギ ²⁾		1 2	1 2 2 2		1 2 2	2 2 2 2		2 2	1 3 2 3		2 2 2	2 3 2							
キク科	ヨモギ ²⁾			2 2					1 1	2		2	1 2 2			1		1	1 2 2 2	
キク科	ノゲシ sp ²⁾			1 1		1 1			2 1 1	1		1 3		1	1 1	2 2		2	2	
キク科	セイタカアワダチソウ		1	2 2					1 2 2											
キク科	センダングサ						1 2								2 1					
キク科	ハバコグサ			1																
イネ科	エノコログサ ²⁾		2	2 2 2		1	2 2 2			3 3 2		2	4 2			3 1		1	4 1	
イネ科	メシバ					1	3			2			2		1 1				1	
イネ科	セイパンモロコシ		1	2 2 2			2													
イネ科	アキメシバ						3					2								
イネ科	オヒシバ															2			3	
イネ科	ホソムギ					1		2				1								
イネ科	イヌムギ														1			1		
イネ科	イネ科 sp1			2					2			3	2					2	2	
イネ科	イネ科 sp2																2 4	3		
イネ科	イネ科 sp3													2						
ナス科	イヌホソズキ ²⁾					2			2 2 2		3	3 3			1			2 1		
アカザ科	シロザ ²⁾		1	2		2	2		3			3								
アカバナ科	オオマツヨイグサ						1 2		1	2			2 2						1	
クダ科	ギギギシ									2										
群落全体の被度(%) ^w			10 20 10	5 40 20 8		35 50 25	15 80 50 30		50 50 35	3 70 40 40		45 80 60	3 80 30 40		0 1 1	1 20 3 1		0 5 50	3 60 5 5	
群落全体の平均的草高(cm)			15 45 40	8 50 40 10		30 98 70	10 70 30 20		60 60 70	10 70 50 25		90 75 80	15 80 40 30		0 60 10	20 80 30 10		0 30 20	30 80 40 20	

^z 試験区は第1表参照, ^y 繁茂の著しかった草種.

^x 草種別に示した数値は各施行区内の繁茂状況を示す指数(1:僅かの個体が局在する~4:多数の個体が全面に分布する)。

^W 試験ほ場の地表の雑草に覆われた部分の割合。

定枝が主体で、かなり空隙を持った形状のため、あまり多量に入れると、土中に部分的な乾燥をもたらして、植物の生育を阻害する恐れがある。従って、有機物の混和だけでなく、不足する養分は追肥によって補うのが現実的な手段だと思われる。

もっとも、イチジクのような木本の植栽であれば、有機物は樹冠下にマルチする手段も考えられる。本試験で、特にマルチB区のイチジクは葉色が濃く、旺盛な生育を示し、その主幹径は3年目で平均83mmに達していた。一般の栽培ほ場では、生育の順調な‘榊井ドーフィン’幼木の主幹径は、定植3年目で62mm、4年目でも86mmだったとする調査例¹¹⁾があり、マルチB区の主幹径の肥大はこれを上回っている。結果枝数や副梢の切除方法などが異なるため、単純な比較は難しいが、樹の生育の端的な指標である主幹径から類推すると、本試験のマルチB区の生育は、一般の農耕地に勝るとも劣らない生育であったと考えられる。供試したイチジクの根はマルチと地面の境界部分に多く分布していた。マルチ直下の土壌は、リンは少ないものの窒素とカリが必要量含まれ、マルチ部分は極めて通気性に優れていたと推察される。イチジクの生育には、微アルカリ性で¹²⁾、通気性に富む^{13,14)}土壌が適するとされており、この条件が満足されたことが、マルチB区での旺盛な生育に結びついたと思われる。また、無施用と混和区では、有機物の混和量が増えるほど雑草が繁茂したが、マルチB区、マルチC区では殆ど雑草は生えなかった。これはマルチによって廃土の表面が覆われると共に、マルチの表面が乾燥し、新たに侵入する雑草の生育が抑制されたためと考えられる。近年、抑草を目的に、公園など樹木を植栽した地面を樹木チップで被う試みが行われるが^{3,15)}、建設廃土の処分場の緑化樹にも、施肥と抑草を兼ねて、剪定枝を主成分とする有機物のマルチが有効になる可能性がある。

ただ、これについては幾つか留意点が考えられる。前述の通り、本試験の有機物にはある程度の肥料分が含まれているものの、肥料資材と見なせるほどの量ではなく、かなり厚くマルチしないと生育促進効果は期待できない。また、マルチした施工区には定植直後に枯死する苗が発生し、特に未熟な堆肥を施用したマルチC区では枯死が多かった。一般に未熟な有機物の多量投入は、アンモニアによる生育障害や堆肥中の微生物の増殖に伴う窒素飢餓などが懸念される。本試験の苗の枯死も、こういった未熟な堆肥の弊害の可能性があり、特に幼木に施用する場合には、十分熟成した有機物の使用を心がける必要がある。もっとも、熟成が進んで有機物の形状が粉に近づくほど抑草効果は劣るので、抑草をねらいとするには少なくとも地表面は粗い有機物が必要になる。ま

た、本試験で生育の優れたマルチB区の樹は、3m近い樹高に伸び、また、強い潮風を受けながらも、支柱などの支えなしに安定して直立していた。そのため、これらの根はマルチ部分だけでなく、堆肥の混和によって膨軟化した基盤内部にもある程度進展していたものと推察される。しかしながら、地盤が極度に硬い場合、根がマルチと地盤の境界面だけに分布し、強風などでマルチが浸食されると、乾燥や倒木の危険も予想される。有機物はマルチとして使用する以前に、植栽地盤にも十分に混和する必要があるものと思われる。

V. 摘要

建設廃土埋立て地盤への植樹にあたり、剪定枝等を素材とする堆肥の施用の有効性について、イチジクを指標植物として実証試験を行った。

施工区の廃土は石灰や苦土が過剰な反面、窒素、リン酸、カリが欠乏していた。この廃土に、街路樹の剪定枝堆肥に生ゴミを成分とするコンポストを10～30%混和したが、カリと腐食は補填されたものの、窒素とリン酸の補填は不十分で、混和量を30%に高めても、イチジク樹は正常に生長しなかった。

しかし、30%の混和に加え、完熟させた剪定枝を大量にマルチすると、イチジクは極めて旺盛に生長した。これは、窒素とリン酸の充足に加え、イチジクの根部が著しい好気状態に置かれたことに起因すると考えられた。また、マルチの定期的な継続は、長期間に渡って雑草を抑制する効果もあった。

以上から、建設廃土に大量の剪定枝堆肥をマルチすることは、廃土による埋め立て地の植樹を促し、都市廃棄物の再資源化の手段としても有効であると考えられた。

VI. 引用文献

- 1) 大阪湾臨海部みどりの拠点創出検討委員会 (2004). 「共生の森」基本計画(案)大阪湾臨海部緑の拠点創出検討調査報告書. p. 172-248.
- 2) 佐久間護(1998). 建設残土の利用. p.159-167. 奥水 肇・吉田博宣編. 緑を創る植栽基盤－その整備手法と適応事例－. ソフトサイエンス社.
- 3) 高橋一輔 (1998). 植物発生材の利用. p.146-158. 奥水 肇・吉田博宣編. 緑を創る植栽基盤－その整備手法と適応事例－. ソフトサイエンス社.
- 4) 森崎耕一・清宮 浩 (1998). 有機質土壌改良資材. p.126-131. 奥水 肇・吉田博宣編. 緑を創る植栽基盤－その整備手法と適応事例－. ソフトサイエンス

- 社.
- 5) 秋山邦裕 (2006). 新世紀における農業・農村の課題. 鹿兒島大學農學部學術報告. 56: 73-86.
 - 6) Holland Barrs Planning Group (2002). Food Production Options G5 - Edible Landscaping of the Public and Semi-private Realm. SEFC Urban Agriculture Study - Final Report. 74-77.
 - 7) 松浦健治郎・浦山益郎 (2006). 食べられる実のなる街路樹に対する住民の維持管理・利用への関わりに関する研究. 環境情報科学論文集. 20: 223-228.
 - 8) 鈴木宏隆ら (2006). 全国の都道府県管理道路における「食べられる実のなる樹木」導入の実態. 日本建築学会東海支部研究報告集. 44: 701-704.
 - 9) 平井重三・中川昌一・南条嘉泰・平田尚美 (1964). イチジク樹の栄養に関する研究 (第1報). 園学雑. 30: 203-210.
 - 10) 青木松信・榊原正義・上林 譲・山口久夫・長縄光延 (1982). 転換畑におけるイチジク樹の生育・果実品質と地下水位及び土壌環境の関係. 愛知農総試研報. 14: 239-248.
 - 11) 株本暉久 (1986). イチジクの整枝法に関する生理生態学的研究, 特に新たに考案した一文字整枝法について. 兵庫農総セ特別研究報告. 1-88.
 - 12) 二井内清之 (1949). 土性の相違が無花果の發育に及ぼす影響 (豫報). 園藝學研究集録. 4: 111-116.
 - 13) 小林 章・中川昌一 (1949). 果樹の耐乾性に関する研究 [I], 果樹の種類間の耐乾性比較 (豫報). 農及園. 24: 467-468.
 - 14) 小林 章・庵原 遜・村井兼二・林 眞二 (1949). 果樹根群の耐水性に関する研究, 第1報 果樹種類間の耐水性の比較. 園藝學研究集録. 4: 127-137.
 - 15) 高橋輝昌・平野正男・平野義勝・澁谷憲司・小林達明 (2008). 不要植物材由来のチップ材敷設による雑草抑制法の検討. 土木学会論文集 G. 64: 289-296.

大阪湾産アカシタビラメ *Cynoglossus joyneri* の年齢と成長

日下部敬之・浅見 亮*

Age and Growth of Red Tongue Sole *Cynoglossus joyneri* in Osaka Bay, Japan

Takayuki KUSAKABE and Ryou ASAMI*

Summary

Age and growth of red tongue sole *Cynoglossus joyneri* in Osaka Bay were studied. Using a dyeing technique of sectioned sagittal otoliths with methyl violet B, the otoliths showed distinct violet rings. These rings were confirmed to be annual and formed mainly in June. As a result of reading 367 specimen landed from 2000 to 2001, growth of the fish was expressed by the von Bertalanffy's equation as $TL_t = 270.2(1 - e^{-0.328(t+2.784)})$ for males and $TL_t = 288.6(1 - e^{-0.365(t+1.871)})$ for females, where TL is total length in mm and t is age in years. It was found that the extremity length of female is larger than that of male. Red tongue sole grows relatively fast, attaining 71% in male and 65% in female of their extremity length within their first year. Analysis of the size composition of the landed fish showed that the body size at first capture, about 70% of its extremity length, is relatively big in comparison with other flatfishes.

I. はじめに

アカシタビラメ *Cynoglossus joyneri* は南日本から黄海、南シナ海にかけて分布するカレイ目ウシノシタ科の魚類で¹⁾、大阪湾では主に小型底びき網と刺網によって漁獲されている。大阪府の「うしのした」漁獲量は農林統計に平成 18 年まで記載されており、その直近 10 年の平均値は年間 233 トンであるが、そのうちの 20% あまりをアカシタビラメが占めていると推定されている²⁾。このように、大阪府の主要水産資源のひとつである本種を持続的かつ有効に利用していくためには、科学的な解析に基づいた資源管理が必要不可欠である。ところが、そのために必要な年齢と成長に関する知見は非常に乏しく^{3,5)}、特に大阪湾における報告例はない。そこで、大阪湾産の本種について、資源解析のために不可欠な生物情報である年齢と成長を明らかにするための研究を行った。

一般に魚類の年齢査定には、鱗、脊椎骨、耳石などの硬組織を使用することが多いが、なかでも非常に安定な硬組織である耳石に記された輪紋を年齢形質として用いることが多い⁶⁻¹⁴⁾。その際、輪紋の計数は、耳石表面あるいは薄切断面をそのまま観察して透明帯と不透明帯を識別して行うことが多いが、アカシタビラメの耳石は透

明帯と不透明帯の透明度の差が小さく、加工せずにそのまま観察する方法では輪紋計数が困難であるため、メチルバイオレット B による耳石染色法¹⁵⁻¹⁷⁾を用いて年齢査定を行った。

II. 材料および方法

1. 供試個体のサンプリングと測定

2000 年 3 月から 2001 年 2 月まで毎月 1 回中～下旬に、大阪府中部に位置する泉佐野漁業協同組合所属の小型底びき網が大阪湾北部～中部で漁獲・水揚げしたアカシタビラメを市場で購入した。購入した漁獲物から原則として各回 30 個体以上を抽出し、生鮮状態もしくは一旦冷凍して解凍後速やかに、全長 (1mm 単位)、体重 (0.1g 単位) を測定した。また、性成熟の年周期を把握するため、生殖腺の外観や内部形状から性別を判断した後、生殖腺重量 (0.01 g 単位) を測定し、生殖腺重量指数 (GSI: 生殖腺重量 / 体重 × 100) を求めた。それらの後、耳石 (扁平石) を摘出し、年齢査定に供した。

また、本種の漁獲物加入前の成長を明らかにするための資料として、2001 年 7 ~ 11 月に毎月 1 回、下旬に行った小型底びき網の試験操業 (袋網の目合は内径 27mm)

* 現所属：丸魚水産株式会社 (姫路市中央卸売市場)

で得られたアカシタビラメの全長組成データ（性別および耳石輪紋数は調査せず）を用いた。なお、試験操業の曳網海域は市場での購入個体の漁獲海域と同じ大阪湾北部～中部海域であった。本研究に用いた全標本の漁獲日、標本個体数、全長範囲を Table 1 に示す。

Table 1. List of *Cynoglossus joyneri* samples examined in the present study

Date	Sampling method	Number of fish examined	Range of total length (mm)
21 Mar. 2000	market sampling	male 18	213–261
		female 13	196–259
18 Apr. 2000	market sampling	male 16	187–269
		female 19	181–266
16 May 2000	market sampling	male 16	186–257
		female 17	182–261
20 Jun. 2000	market sampling	male 13	177–263
		female 10	188–215
27 Jul. 2000	market sampling	male 14	209–240
		female 13	183–248
22 Aug. 2000	market sampling	male 13	199–264
		female 25	193–269
18 Sep. 2000	market sampling	male 14	203–238
		female 16	176–233
26 Oct. 2000	market sampling	male 10	211–244
		female 21	197–259
24 Nov. 2000	market sampling	male 6	205–253
		female 14	194–241
18 Dec. 2000	market sampling	male 7	204–253
		female 24	194–260
30 Jan. 2001	market sampling	male 4	187–227
		female 26	190–250
27 Feb. 2001	market sampling	male 22	211–271
		female 16	208–279
30 Jul. 2001	field sampling	not distinguished 68	128–267
27 Aug. 2001	field sampling	not distinguished 104	120–270
26 Sep. 2001	field sampling	not distinguished 179	128–265
23 Oct. 2001	field sampling	not distinguished 94	169–269
29 Nov. 2001	field sampling	not distinguished 85	98–283

2. 耳石（扁平石）による年齢査定

アカシタビラメの耳石は厚みのある楕円形で、全体に白濁していて透明帯と不透明帯の境界が明確でなく、表面法や薄切しただけの観察では輪紋の計数が困難であった。そこで、Albrechtsen¹⁵⁾ および八吹¹⁶⁾ にならい、日下部¹⁷⁾ がイヌノシタ *Cynoglossus robustus* に施した方法と同様に、断面をメチルバイオレット B で染色して輪紋を読みとった。具体的には、以下の手順で年齢査定を行った。なお、耳石は原則として有眼側よりも湾曲の少ない無眼側のものを使用した。

摘出した扁平石を乾燥後、エポキシ樹脂（コニシボンド製ボンドクイック 5）中に包埋し、回転砥石（日立工機製 GK21S2、使用砥石 #1000）で研磨して、フロントルな断面（魚体の体軸方向および有眼側－無眼側方向を含む平面）を出した。

次に、メチルバイオレット B 0.01g、12N 塩酸 0.1ml、蒸留水 35ml の混合液を耳石断面に塗布し、数分後に水道水で余分な染色液を静かに洗い流すと、赤紫色に濃く染色された輪紋が出現するので、その輪数を計数した。また、輪紋の形成時期を把握するため、染色後の耳石断面を実体顕微鏡下で 1mm のスケールとともに写真撮

影し、得られた画像を印刷して、縁辺成長率（marginal growth index : MGI）を

$$MGI = (R_1 - R_2) / R_1 \times 100$$

により求めた。ここで、 R_1 は耳石前端と核の間の距離、 R_2 は最外輪紋前端と核の間の距離である（Fig. 1）。

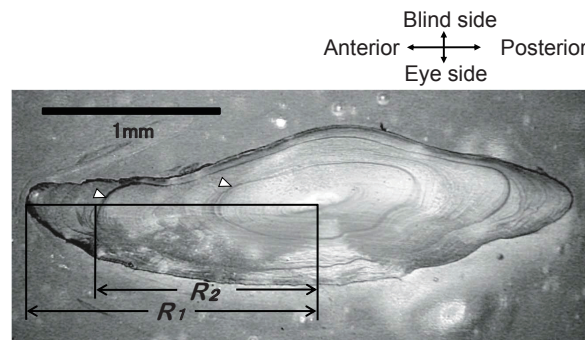


Fig. 1 A dyed frontal section of sagittal otolith of 2-years-old female *Cynoglossus joyneri* (239 mm in total length, caught on 18 December 2000) with methyl violet B. Open triangles indicate annual rings. Marginal growth index (MGI) was calculated as follows: $MGI = (R_1 - R_2) / R_1 \times 100$.

全長－体重関係にはべき乗式を、成長式には von Bertalanffy の式を用い、パラメータの決定には MS-Excel のソルバーによる非線形最小二乗法¹⁸⁾を用いた。また、成長式に用いる年齢は、後述する産卵期間から 9 月を誕生月として、各個体の輪数と採集月から月齢を求め、それを小数点以下の数値を含んだ年齢に換算した。

Ⅲ. 結果

1. 漁獲物の全長組成および全長－体重関係

市場での購入個体の全長組成を雌雄込みで Fig. 2 に示す。全長 176～279mm の個体が出現していたが、漁獲物の主体は全長 190～250mm であり、全個体の 85% がこの 60mm の範囲に含まれていた。次に、雌雄別の全長

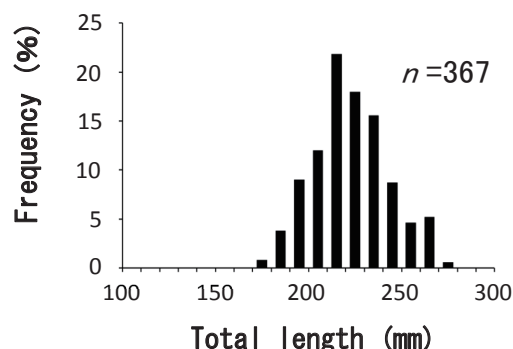


Fig. 2 Size composition of *Cynoglossus joyneri* caught by trawl net in Osaka Bay and sampled in the fish market from March 2000 to February 2001.

－体重関係を Fig. 3 および次式に示す。

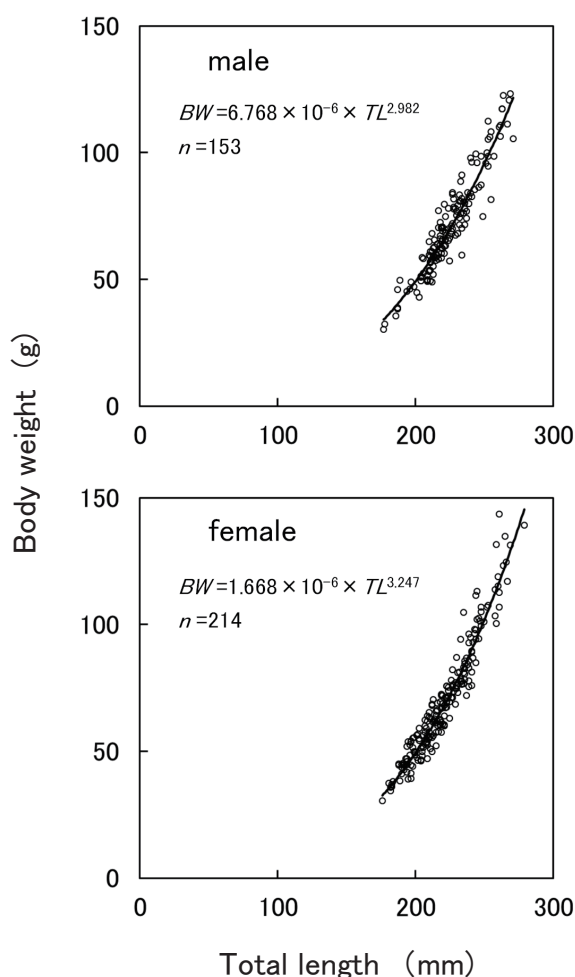


Fig. 3 Total length - body weight relationship in male and female *Cynoglossus joyneri*.

雄： $BW = 6.768 \times 10^{-6} \times TL^{2.982}$, $n=153$, $r^2=0.896$

雌： $BW = 1.668 \times 10^{-6} \times TL^{3.247}$, $n=214$, $r^2=0.931$

ここで BW は体重 (g) を, TL は全長 (mm) を表す。雌雄の全長－体重関係には有意差があり ($F=16.16$, $p<0.01$), 同全長における雌雄の計算体重は, 全長が小さいうちは雄がわずかに重く, 全長 198 mm 以上では雌が重かった。

2. 性成熟の年周期

雌雄別の生殖腺重量指数の経月変化を Fig. 4 に示す。雄の生殖腺重量指数は年間を通して低かった。雌の生殖腺重量指数の平均値は 10～5 月の間は低く, 6 月にやや上昇した後, 7 月に急激に上昇して最大値を示し, その後は 10 月にかけて減少した。このことから, 大阪湾における本種の産卵期は 7～10 月であると判断された。産卵期間が約 4 ヶ月であるため, 期間の中央月が選び難いが, 7 月から 9 月にかけての生殖腺重量指数の低下量

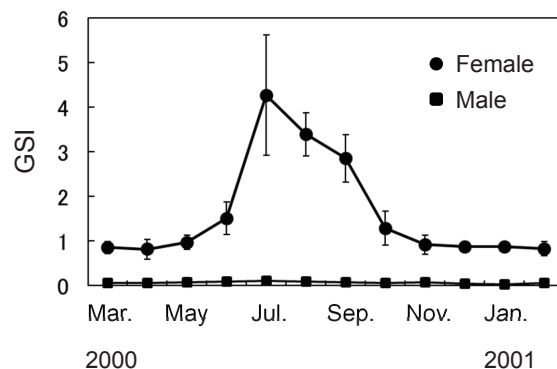


Fig. 4 Seasonal changes in mean gonad somatic index (GSI) of male (solid squares) and female (solid circles) *Cynoglossus joyneri* from March 2000 to February 2001. Vertical bars represent standard deviations (invisible in males).

と, 9 月から 10 月の低下量がほぼ等しかったことから, 年齢と成長に関する解析では誕生月を 9 月とした。

3. 耳石による年齢査定結果と成長

染色により, イヌノシタの耳石断面には赤紫色の明瞭な線状の輪紋が出現した (Fig. 1)。縁辺成長率について, 周年のサンプルが得られた 2 輪群と 3 輪群の経月変化をみると, どちらも 5 月から 6 月にかけて大きく低下し, 年間の最低値を示し, その後再び増加していた (Fig. 5)。

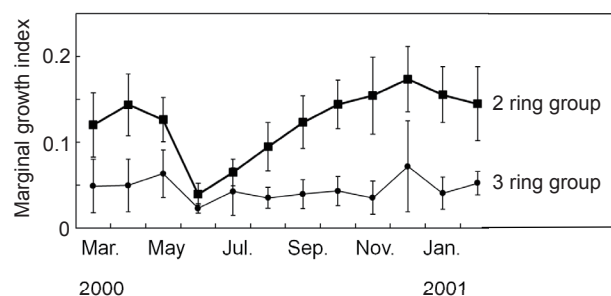


Fig. 5 Seasonal changes in marginal growth index (MGI) of dyed otoliths of *Cynoglossus joyneri* in 2- and 3-ring groups. Solid squares and circles represent the means of MGI in 2- and 3-ring groups, respectively, and vertical bars represent standard deviations.

このことから, 染色によって出現する輪紋は, 1 年に 1 本, 主として 6 月に形成される年輪であることが確認された。

つぎに, 2001 年 7～11 月に実施した小型底びき網の操業で得られたアカシタビラメの全長組成を, 雌雄込みで Fig. 6 に示す。採捕個体の全長は 98～283mm であった。7 月から 11 月まで, 各回とも明瞭に 2 群の存在が認められ, それらのうち大型群のモードは 210～250mm

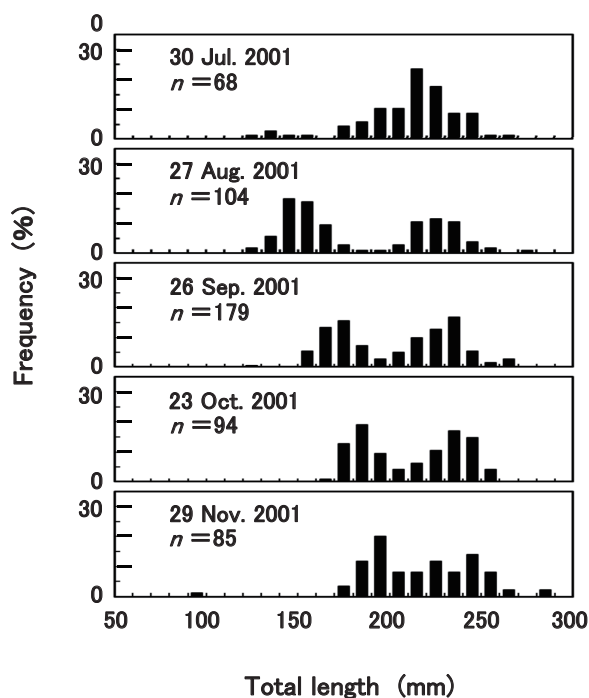


Fig. 6 Size compositions of *Cynoglossus joyneri* caught by field sampling using trawl net from July to November 2001.

の範囲にあり、期間中の変化は大きくなかったが、小型群のモードは7月30日の130～140mm級から毎月大型化して11月には190～200mm級になっており、4ヶ月間で60mmの成長がみられた。この小型群は、その成長速度と、同属のコウライアカシタビラメ *Cynoglossus abbreviatus* が飼育下でふ化後84日で全長48～59mmに成長したと報告されていることから¹⁹⁾、前年生まれの群であると判断された。そこで、横軸に年齢を、縦軸に全長をとったグラフ上にまずこの小型群のモードをプロットし、そこに上述の輪紋計数を行った市場購入個体の年齢-全長データをプロットしてみると、生後9ヶ月にあたる6月に第1輪が形成されとの仮定で輪数から年齢を算出してプロットした場合には、両者の分布は同一の成長曲線に乗ることが想定できたが (Fig. 7)、生後



Fig. 7 Age-size relationships in field collected *Cynoglossus joyneri* (open circle for their mode in each survey) and hypothetical ones in market sampled *C. joyneri* (solid circle) on the assumption that the formation time of the first ring is 9 months old.

1年9ヶ月あるいはそれ以上で形成されると仮定して年齢を算出してプロットすると両者の分布を同一の成長曲線で結ぶことはできなかった。したがって、アカシタビラメの耳石年輪の第1輪形成時期は、生後9ヶ月の6月であると判断された。

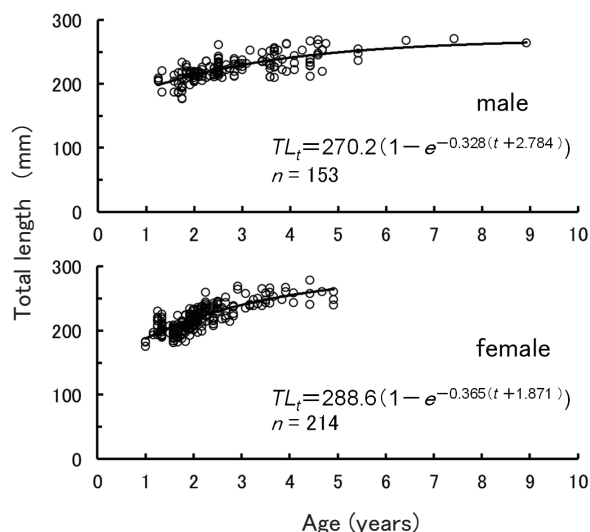


Fig. 8 Von Bertalanffy growth curves fitted to age-length relationships in male and female *Cynoglossus joyneri*.

以上のことから、耳石断面の染色によって出現した輪紋は、生後9ヶ月目の6月に第1輪が形成され、その後1年ごとに1本ずつ増加していく年輪であることが明らかになった。そこで、耳石輪数を計数した個体について、年齢と全長の関係を雌雄別に Fig. 8 に示す。von Bertalanffy の成長式は次式で表された。

$$\text{雄: } TL_t = 270.2(1 - e^{-0.328(t+2.784)}), n=153, r^2=0.553$$

$$\text{雌: } TL_t = 288.6(1 - e^{-0.365(t+1.871)}), n=214, r^2=0.641$$

ここで TL_t は年齢 t における全長 (mm) である。雌雄の成長式を F 検定によって比較したところ、雌雄差が認められた ($F=10.5, p<0.01$)。極限全長は雄より雌が大きくなり、各年齢の計算全長は1歳では雄が雌より大きかったものの、2歳以降は雌の方が大きかった (Table 2)。また、1歳の計算全長は極限全長の71% (雄) および65% (雌) に達していた。

Table 2. Calculated length and weight at each age for male and female *Cynoglossus joyneri*

Age (year)	Male		Female	
	Total length (mm)	Body weight (g)	Total length (mm)	Body weight (g)
1	192	44	187	40
2	214	60	218	66
3	230	74	240	89
4	241	86	255	108
∞	270	121	289	162

IV. 考察

メチルバイオレット B を用いた染色法によって、アカシタビラメの耳石断面に出現した輪紋は、生後 9 ヶ月の 6 月から毎年 1 輪形成される年輪であることが明らかになった。漁獲物の年齢査定から求めた成長曲線によると、本種は 1 歳で雄が全長 192mm、雌が 187mm、2 歳で雄が 214mm、雌が 218mm、3 歳では雄が 230mm、雌が 240mm に達した。この結果を過去の報告と比較してみると、Yamamoto *et al.*⁴⁾ と各年齢の全長が似通っており、両者とも生後 1 年間の成長速度が相対的に大きく、その後は成長が鈍化するという点で共通していた。すなわち、本研究では満 1 歳での全長が極限全長の 71% (雄) と 65% (雌) に達していたが、Yamamoto *et al.*⁴⁾ でも 66% であった。それらに比べ、落合³⁾ および Baeck and Huh⁵⁾ は各年齢の全長が小さく、特に低年齢においてはその傾向が顕著であり、満 1 歳全長の極限全長に対する割合は 32 ~ 48% にしか達していなかった (Table 3)。

Table 3. Total length (mm) of *Cynoglossus joyneri* at each age reported by previous studies

Age (year)	Ochiai (1956)*	Baeck and Huh (2004)		Yamamoto <i>et al.</i> (2009)
	male and female	male	female	male and female
1	110	132	138	175
2	156	154	165	210
3	180	173	186	231
4	227	189	204	244
∞	347	274	291	265

* Standard length is converted into total length using the following equation.
 $TL = 1.048SL + 6.29$

(TL: total length in mm, SL: standard length in mm, Kusakabe unpublished)

同属他種の、1 歳時全長の極限全長に対する割合は、コウライアカシタビラメが雄 70%、雌 63%⁶⁾、イヌノシタが雄 66%、雌 60%¹⁷⁾、*Cynoglossus zanzibarensis* では雌雄とも 56% であり⁷⁾、生後 1 年間の成長速度がそれ以降に比べて相対的に大きいことが、本属魚類に共通した特徴であるといえる。このことから、落合³⁾ および Baeck and Huh⁵⁾ の結果は本種の成長様式を的確に把握できていない可能性が高い。Yamamoto *et al.*⁴⁾ の年齢査定方法は、耳石を薄切し、酸でエッチングを施して表面に現れる微細輪紋の変化傾向を観察しているのに対し、落合³⁾ は鱗によって、Baeck and Huh⁵⁾ は耳石の表面観察によって年齢査定を行っている。鱗は成長停滞による過小推定や偽年輪による過大推定が生じやすいと指摘されており²⁰⁾、耳石表面観察による輪紋読み取りも、断面を観察する方法に比べて読み取り誤差が生じやすいとされている^{21,22)}。本研究と Yamamoto *et al.*⁴⁾ の結果が落合³⁾ および Baeck and Huh⁵⁾ と異なった理由は、染色する可否かの違いはあるものの、耳石断面の輪紋を読み取ることにより、正確な輪数計数ができたためであると考えられる。

アカシタビラメ漁獲物の主体は全長 190 ~ 250mm であったが (Fig. 2)、今回得られた成長式によると、全長 190mm は極限全長の 65 (雌) ~ 71% (雄) であり、漁獲開始サイズとしては比較的大きい。同じ大阪湾で漁獲されるカレイ目魚類では、イヌノシタの漁獲開始全長 200mm が極限全長の 49 (雌) ~ 57% (雄)¹⁷⁾、マコガレイ *Pleuronectes yokohamae* の漁獲開始全長 150mm (自主規制による再放流サイズ) が極限全長の 45 (雌) ~ 57% (雄)²³⁾、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の漁獲開始全長 280mm (自主規制による再放流サイズ) が極限全長の 38 (雌) ~ 41% (雄)²⁴⁾ など、どれもアカシタビラメに比べ、より小さなサイズから漁獲されている。また、図には示していないが、年齢査定を行ったアカシタビラメ漁獲物は 35% が 1 歳魚、41% が 2 歳魚、3 歳魚以上が 23% であった。マコガレイ漁獲物の場合は約 87.4% が 1 歳で占められていること²³⁾ と比較すると、本種は漁獲物の年齢組成も比較的高いといえる。これらのことから、大阪府の底びき網漁業による本種の漁獲の現状は、小型魚の不合理漁獲という状況にはないものと考えられる。ただし、今回の研究では成熟年齢については調査しなかったため、再生産を健全に維持する上で現状の漁獲開始年齢が妥当かどうかについては不明であり、今後の検討が必要である。

V. 摘要

大阪湾におけるアカシタビラメの年齢と成長を、メチルバイオレット B により耳石断面の輪紋を染色する方法によって明らかにした。染色された輪紋は、毎年 1 本、主として 6 月に形成される年輪であり、第 1 輪形成時期は生後 9 ヶ月の 6 月と判断された。2000 ~ 2001 年に漁獲された 367 個体の耳石を観察し、von Bertalanffy の成長式 $TL_t = 270.2(1 - e^{-0.328(t+2.784)})$ (雄)、 $TL_t = 288.6(1 - e^{-0.365(t+1.871)})$ (雌) を得た (TL_t : 年齢 t における全長 mm)。雌の極限全長は雄のそれよりも大きかった。アカシタビラメは生後 1 年で極限全長の 71% (雄) および 65% (雌) にまで達し、その後は成長が鈍化することが分かった。本種の大阪府での漁獲開始全長は比較的大きく、小型魚の不合理漁獲という状況にはないと考えられた。

本研究で用いた耳石染色方法について詳しくご教示くだされた独立行政法人水産総合研究センターの八吹圭三研究開発コーディネーターに心からお礼を申し上げる。また、測定作業にご尽力いただいた大阪府環境農林水産総合研究所水産技術センターの研究員、非常勤職員の方々に厚くお礼申し上げます。

VI. 引用文献

- 1) 益田 一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫(編)(1984). 日本産魚類大図鑑. 東海大学出版会: 448 pp. + 370 pl.
- 2) 日下部敬之 (2005). ウシノシタ類. 平成 15 年度大阪水試事報: 87 ~ 89.
- 3) 落合 明 (1956). 日本産ウシノシタ魚類の成長について. 日水誌. 22: 279 ~ 283.
- 4) Yamamoto, M., Katayama, S., Makino, H. and Takemori, H. (2009). Age and growth of red tongue sole (*Cynoglossus joyneri*) in the central Seto Inland Sea, Japan. *Aquaculture Sci.* 57:341-342.
- 5) Beak, G. W. and Huh, S. H. (2004). Age and growth of red tongue sole (*Cynoglossus joyneri*) in the Southern Sea of Korea. *J. Kor. Fish. Soc.* 37:307-311.(in Korean with English abstract)
- 6) 山本昌幸・片山知史・牧野弘靖・竹森弘征 (2008). 瀬戸内海中央部におけるコウライアカシタビラメの年齢, 成長および漁獲開始年齢組成. 水産海洋. 72: 174 ~ 181.
- 7) Booth, A.J. and Walmsley-Hart, S.A.(2000). Biology of the redspotted tonguesole *Cynoglossus zanzibarensis* (Pleuronectiformes: Cynoglossidae) on the Agulhas Bank, South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 22: 185-197.
- 8) Williams, T. and Bedford, B.C.(1974). The use of otoliths for age determination. In: Bagenal, T.B. (eds). The ageing of fish. Unwin Brothers, pp. 114-123.
- 9) Jones, C.M. (1992). Development and application of the otolith increment technique. In: Stevenson, D.K. and Campana, S.E. (eds). Otolith microstructure examination and analysis. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* : 1-11.
- 10) 正木康昭・伊東 弘・東海 正・山口義昭 (1986). 周防灘産イシガレイの年齢と成長. 日水誌. 52: 435 ~ 445.
- 11) Kimura, R., Yamamura, O., Oozeki, Y. and Tsuda, A. (2003). Elemental analysis of otoliths of walleye pollock: A trial to discriminate the local stocks around Hokkaido, Japan. *Fish. Sci.* 69: 1207-1215.
- 12) 厚地 伸・増田育司・赤毛 宏・伊折克生 (2004). 耳石横断薄層切片を用いた鹿児島県近海産ヒラメの年齢と成長. 日水誌. 70: 714 ~ 721.
- 13) Kume, G., Horiguchi, T., Goto, A., Shiraishi, H., Shibata, Y., Morita, M. and Shimizu, M.(2006). Seasonal distribution, age, growth, and reproductive biology of marbled sole *Pleuronectes yokohamae* in Tokyo Bay, Japan. *Fish. Sci.* 72: 289-298.
- 14) 反田 實・五利江重昭・中村行延・岡本繁好 (2008). 播磨灘・大阪湾産マコガレイの年齢と成長. 日水誌. 74: 1 ~ 7.
- 15) Albrechtsen, K. (1968). A dyeing technique for otolith age reading. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer* 32: 278-280.
- 16) 八吹圭三 (1994). ホッケの耳石染色法による年齢査定と根室海峡における成長. 漁業資源研究会議北日本底魚部会報. 27: 39 ~ 48.
- 17) 日下部 敬之 (2011). 大阪湾産イヌノシタ *Cynoglossus robustus* の年齢と成長. 日水誌. 77: 1 ~ 7.
- 18) 東海 正 (1997). MS-Excel のソルバーによる曳網の網目選択性 Logistic 式パラメータの最尤推定. 水産海洋研究. 61: 288 ~ 298.
- 19) 福澄賢二・太刀山 透・深川敦平・林 宗徳 (2000). 有明海地域特産種増殖事業・コウライアカシタビラメの種苗生産に関する研究. 平成 10 年度福岡県水産海洋技術センター事報: 41 ~ 45.
- 20) 渡邊良朗 (1997). 年齢形質の有効性検討. 赤嶺達郎・麦谷泰雄(編). pp. 17 ~ 27. 水産動物の成長解析(水産学シリーズ 115). 恒星社厚生閣.
- 21) 厚地 伸・増田育司・赤毛 宏・伊折克生 (2004). 耳石横断薄層切片を用いた鹿児島県近海産ヒラメの年齢と成長. 日水誌. 70: 714 ~ 721.
- 22) 増田育司・野呂忠秀 (2003). 耳石横断薄層切片を用いた魚類の年齢査定の薦め. 鹿児島大学水産学部紀要. 52: 51 ~ 56.
- 23) 辻野耕實・安部恒之・日下部敬之 (1997). 大阪湾におけるマコガレイの漁業生物学的研究. 大阪水試研報. 10: 29 ~ 50.
- 24) 前原 努 (1992). 愛媛県瀬戸内海域におけるヒラメの年齢および成長. 愛媛水試研報. 5: 13 ~ 29.

大阪府における大気中揮発性有機化合物（VOC）濃度と オゾン生成への寄与について

中戸靖子・宮本弘子・西村理恵・上田真彩子

VOC Concentration in Ambient Air and its Contribution to Ozone Generation in Osaka Prefecture

Yasuko NAKATO, Hiroko MIYAMOTO, Rie NISHIMURA, Masako UEDA

Summary

The data of 64 kinds of volatile organic compounds(VOCs) concentrations in ambient air monitored at 12 different stations in Osaka Prefecture were analyzed. Mainly detected VOCs at the all sites were toluene, acetone, ethyl acetate and n-butane. The concentrations of toluene and xylene at the road side air monitoring stations were higher than those at the ambient air pollutions monitoring stations. The estimated ozone derived from each VOC concentration and its maximum incremental reactivity (MIR) value possibly, toluene, xylene, formaldehyde, acetaldehyde, and 1,2,4-trimethylbenzene would be target substances to reduce occurring of photochemical oxidant.

I. はじめに

大気中の揮発性有機化合物（VOC）は、光化学オキシダントや浮遊粒子状物質、微小粒子状物質生成の原因物質であり、低濃度であっても長期的に暴露されることにより発ガン等の有害性がある物質もあることから、「大気汚染防止法」や「大阪府生活環境の保全等に関する条例」（府条例）により、排出規制や排出抑制にむけた自主的取り組みが推進されてきた。また、「化学物質排出把握管理促進法」（PRTR法）や、府条例に基づく「大阪府化学物質管理制度」により VOC の大気への排出量を把握しているところである。

一方、2010 年度の大気汚染物質常時監視結果をみると、浮遊粒子状物質は全測定局で環境基準を達成しているが、光化学オキシダントは全測定局で達成していない。そのため、2011 年 3 月に策定された「大阪 21 世紀の新環境総合計画」において、「光化学オキシダント・VOC 対策」は主な施策の 1 つに掲げられている。

大気中の VOC 濃度について、大気汚染防止法の優先取組物質は、1997 年度より全国的に測定が行われ、汚染実態の把握がなされている。しかし、その他の VOC、特に排出量が多いアルコール類やケトン類の測定例^{1,2,3)}

は少ない。

本報では、VOC 排出抑制の取組みの効果確認及び今後の対策検討の基礎資料とするため、アルコール類やケトン類を含む VOC64 成分の大阪府における大気中濃度について調査を行い、そのオゾン生成への寄与を考察したので報告する。

II. 調査方法

1. 調査地点及び期間

調査地点は、一般環境として大阪府環境農林水産総合研究所（大阪市東成区、以下「環農研」）、岸和田中央公園（岸和田市、以下「岸和田」）、寝屋川市役所（寝屋川市、以下「寝屋川」）、藤井寺市役所（藤井寺市、以下「藤井寺」）、富田林市役所（富田林市、以下「富田林」）、泉大津市役所（泉大津市、以下「泉大津」）、貝塚消防署（貝塚市、以下「貝塚」）、佐野中学校（泉佐野市、以下「佐野中」）、の 8 地点、沿道として国設四條畷自動車環境測定所（四條畷市、以下「四條畷」）、淀川工科高校（守口市、以下「淀工」）、松原北小学校（松原市、以下「松原」）、カモドルム MBS（高石市、以下「高石」）4 地点の計 12 地点である。調査地点の位置を第 1 図に示す。環農研、

第2表 試料濃縮装置及び GC/MS の分析条件
(試料濃縮装置)

機種	Entech 社製	Entech 7(001
モジュール (	トラップ管	ガラスビーズ
	トラップ温度	-(+, d
	トラップ速度	150 UL/min.
	脱着温度	20d (Desorb)
モジュール)	トラップ管	Tenax TA
	トラップ温度	-(-, d
	トラップ速度	10 UL/min.
	脱着温度	180d
モジュール 3	トラップ管	Silonite チューブ
	トラップ温度	-(-, d
	トラップ速度	キャリアーガス流量
	G C 注入温度	/0d
サンプル量	300 mL	

(G C 部)

機種	Agilent Technologies 社製 7890
カラム	Agilent Technologies 社製 HP-(μ w 60 U×内径 0.3) mm 膜厚 1.0c U
キャリアガス	He 1.0mL/min. (constant flow)
カラム温度	0d (7 min.)e (3d /min.)e -0d (0 min.) e (5d /min.)e 100d (0 min.) e (15d /min.)e 220d (4 min.) →ポストラン 250d (3 min)
注入口温度	220d
インターフェース温度	)50d

(M S 部)

機種	1PRTNVt Technologies 社製 ,0.,
イオン化法	E I 法
イオン源温度	250d
M S 四重極温度	(80d
イオン化電圧	70eV
検出モード	SIM

アルデヒド類の測定は、「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」に準拠して行った。試料採取は、2,4 ジニトロフェニルヒドラジンを被覆したシリカゲルを充填した捕集管 (GL サイエンス社製) を 2 段にして用い、0.1L/min で 24 時間試料採取を行った。

試料採取に用いた捕集管は、5mL のアセトニトリルで溶出し、HPLC で分析した。HPLC の分析条件を第 3 表に示す。

第3表 アルデヒド類の分析条件

機種	Agilent Technologies 社製 ()00 シリーズ
カラム	Agilent 社製 ZORBAX Eclipse Plus 318(4.6X250mm)
カラム温度	40d
検出波長	DE 検出器 : 360nm
移動相	アセトニトリル／水 (57/43)
流速	1.0mL/min.

Ⅲ. 結果及び考察

1. 2009 年度～ 2010 年度の調査結果

2009 年 4 月～ 2011 年 3 月に月 1 回、24 時間の試料採取を 12 地点で実施した。調査実施日は 12 地点同日である。2009 年度及び 2010 年度における各調査地点の年平均値上位成分とその年平均値を、一般環境 8 地点は第 4 表に、沿道 4 地点は第 5 表に示す。

一般環境では、どの地点においても 2009 年度、2010

第4表 各調査地点における VOC 年平均濃度 (一般環境)
(単位 : μ g / m³)

環境研				岸和田				佐野中				貝塚			
物質名		濃度		物質名		濃度		物質名		濃度		物質名		濃度	
	2010	2009		2010	2009		2010	2009		2010	2009		2010	2009	
1	酢酸エチル	10	12	トルエン	6.6	25	イソプロピルアルコール	1.15	14	アセトン	5.7	8.9	トルエン	5.2	23
2	トルエン	9.6	12	アセトン	6.6	8.7	イソプロピルアルコール	1.67	1.4	トルエン	5.2	23	トルエン	5.2	23
3	イソプロピルアルコール	1.88	6.1	イソプロピルアルコール	1.52	2.9	アセトン	5.4	7.6	イソプロピルアルコール	1.30	1.8	イソプロピルアルコール	1.30	1.8
4	アセトン	7.6	9.6	酢酸エチル	3.5	4.5	トルエン	5.4	6.6	n-ブタン	2.7	3.7	酢酸エチル	2.7	3.5
5	n-ブタン	4.7	6.2	n-ブタン	3.4	4.0	n-ブタン	2.5	3.4	酢酸エチル	2.7	3.5	酢酸エチル	2.7	3.5
6	ジクロロメタン	14.2	3.7	イソブタン	2.5	2.7	ホルムアルデヒド	1.9	2.3	ホルムアルデヒド	2.2	3.9	ホルムアルデヒド	2.2	3.9
7	イソブタン	3.8	4.1	イソブタン	2.2	4.0	イソブタン	1.9	2.1	イソブタン	2.1	3.5	イソブタン	2.1	3.5
8	イソブタン	3.7	5.3	ホルムアルデヒド	2.0	3.1	イソブタン	1.7	3.1	イソブタン	2.1	2.4	イソブタン	2.1	2.4
9	ホルムアルデヒド	12.9	2.0	ジクロロメタン	1.8	2.0	酢酸エチル	1.5	3.2	エチルベンゼン	1.19	1.2	エチルベンゼン	1.19	1.2
10	キシレン類	1.9	3.5	イソブタン	1.7	3.0	キシレン類	1.1	2.2	イソブタン	1.8	3.0	イソブタン	1.8	3.0
n-ブタノール	0.70	1.7	n-ブタノール	0.85	2.7	n-ブタノール	0.71	5.3	n-ブタノール	0.65	8.2	n-ブタノール	0.65	8.2	
総量	75	88	総量	50	83	総量	53	66	総量	40	81	総量	40	81	

泉大津				富田林				寝屋川				藤井寺			
物質名		濃度		物質名		濃度		物質名		濃度		物質名		濃度	
	2010	2009		2010	2009		2010	2009		2010	2009		2010	2009	
1	アセトン	7.8	8.7	イソプロピルアルコール	1.71	4.9	アセトン	8.2	8.9	イソプロピルアルコール	1.29	2.1	イソプロピルアルコール	1.29	2.1
2	トルエン	5.9	8.5	トルエン	6.8	8.6	トルエン	7.9	13	トルエン	9.6	23	トルエン	9.6	23
3	イソプロピルアルコール	15.3	3.1	アセトン	5.8	8.0	酢酸エチル	6.7	9.5	アセトン	8.4	8.9	アセトン	8.4	8.9
4	n-ブタン	3.9	4.8	酢酸エチル	3.2	4.8	イソプロピルアルコール	1.67	3.1	酢酸エチル	6.3	7.2	酢酸エチル	6.3	7.2
5	酢酸エチル	3.6	5.5	n-ブタン	2.7	3.4	n-ブタノール	1.52	3.1	n-ブタン	4.4	5.3	n-ブタン	4.4	5.3
6	イソブタン	2.8	3.0	ジクロロメタン	1.27	2.6	n-ブタン	4.3	5.6	ジクロロメタン	3.4	4.2	ジクロロメタン	3.4	4.2
7	イソブタン	2.5	3.5	イソブタン	2.5	3.7	イソブタン	3.8	3.8	イソブタン	1.34	3.3	イソブタン	1.34	3.3
8	ホルムアルデヒド	1.9	2.7	イソブタン	2.2	2.2	ホルムアルデヒド	3.6	3.9	イソブタン	3.2	4.4	イソブタン	3.2	4.4
9	キシレン類	1.7	3.0	イソブタン	1.9	3.2	イソブタン	3.3	4.7	イソブタン	2.5	3.6	イソブタン	2.5	3.6
10	アセトン	1.7	2.6	ホルムアルデヒド	1.9	2.7	イソブタン	2.9	3.4	ホルムアルデヒド	2.1	2.9	ホルムアルデヒド	2.1	2.9
n-ブタノール	1.3	3.0	n-ブタノール	0.86	1.7	n-ブタノール	0.86	1.7	n-ブタノール	1.6	2.3	n-ブタノール	1.6	2.3	
総量	51	67	総量	50	63	総量	69	90	総量	91	112	総量	91	112	

2010年度中 1 は、2009年度より濃度が増加したことを示す。)

第5表 各調査地点における VOC 年平均濃度 (沿道)

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

四條畷				高石				松原				淀川				
物質名		濃度		物質名		濃度		物質名		濃度		物質名		濃度		
	2010	2009		2010	2009		2010	2009		2010	2009		2010	2009		
1	トルエン	17	18	n-ブタノール	32	110	トルエン	124	21	トルエン	91	12	トルエン	91	12	
2	酢酸エチル	7.5	10	アセトン	22	30	イソプロピルアルコール	1.75	3.5	イソブタン	1.6	5.1	イソブタン	1.6	5.1	
3	アセトン	7.2	9.9	トルエン	15	29	酢酸エチル	5.9	7.5	酢酸エチル	7.1	8.7	酢酸エチル	7.1	8.7	
4	n-ブタン	6.7	7.1	スチレン	1.15	0.92	アセトン	5.4	8.1	イソプロピルアルコール	1.66	2.6	イソプロピルアルコール	1.66	2.6	
5	イソプロピルアルコール	6.3	4.7	イソプロピルアルコール	1.68	5.8	n-ブタン	4.9	6.0	n-ブタン	8.1	6.9	n-ブタン	8.1	6.9	
6	イソブタン	15.1	4.2	n-ブタン	4.5	5.0	イソブタン	13.9	2.7	アセトン	5.7	6.8	アセトン	5.7	6.8	
7	イソブタン	3.8	5.7	酢酸エチル	4.5	5.0	イソブタン	3.4	4.6	イソブタン	2.7	4.7	イソブタン	2.7	4.7	
8	キシレン類	3.6	5.3	キシレン類	4.4	9.2	イソブタン	13.1	3.0	ホルムアルデヒド	2.4	3.1	ホルムアルデヒド	2.4	3.1	
9	n-ベンゼン	3.5	3.8	n-ヘキサン	1.44	2.8	ジクロロメタン	2.9	3.4	n-ベンゼン	2.3	2.5	n-ベンゼン	2.3	2.5	
10	ホルムアルデヒド	3.2	3.4	イソブタン	3.7	3.9	ホルムアルデヒド	2.8	3.2	イソブタン	2.2	2.9	イソブタン	2.2	2.9	
	n-ブタノール	1.2	2.0	n-ブタノール	0.91	2.2	n-ブタノール	0.91	2.2	n-ブタノール	0.81	2.5	n-ブタノール	0.81	2.5	
	総量	90	103	総量	140	242	総量	84	93	総量	69	80	総量	69	80	

2010年度中 1 は、2009年度より濃度が増加したことを示す。)

年度共にトルエン、アセトン、酢酸エチル、ノルマルブタンの濃度が高かった。2010 年度は 2009 年度と比較して、ほとんどの物質の濃度が減少したが、イソプロピルアルコールはどの地点においても濃度の上昇がみられ、特に藤井寺で高い濃度となった。また、泉州地域(岸和田、佐野中、貝塚、泉大津)において、2009 年度はノルマルブタノールが他の地点と比較して濃度が高かったが、2010 年度はその傾向はみられなかった。佐野中では、メチルエチルケトンが他の地点と比較して高い濃度であった。

沿道では、濃度の高い物質は一般環境と同じ傾向であったが、トルエン、キシレン類は一般環境より濃度が高かった。トルエン、キシレン類は自動車排ガスに含まれていることから、その影響を受けていると考えられる。また、泉州地域にある高石は、2009 年度はノルマルブタノールの濃度が非常に高く、2010 年度は濃度が下がったが、他の地点と比較して高い状況にあった。

大阪府における 2009 年度の VOC 排出インベントリ推計結果では、1 位：石油系炭化水素 3771.4t/ 年、2 位：キシレン類及びエチルベンゼン 3277.3t/ 年、3 位：トルエン 2698.4t/ 年、4 位：酢酸エチル 2331.0t/ 年、5 位：ノルマルブタン 1528.0t/ 年、6 位：イソブタン 1527.9t/ 年、7 位：イソプロピルアルコール 1103.0t/ 年であり、濃度の高い物質は排出量の推計結果も大きい傾向にあった。しかし、アセトンは推計結果が 279.8t/ 年

と他の物質と比較して少ないにもかかわらず大気中濃度が高くなっており、推計に入っていない発生源があるか、あるいはその寿命が他の物質と比較して長いことが原因であると推察される。⁴⁾

2. 濃度が高い VOC 成分の経年変化

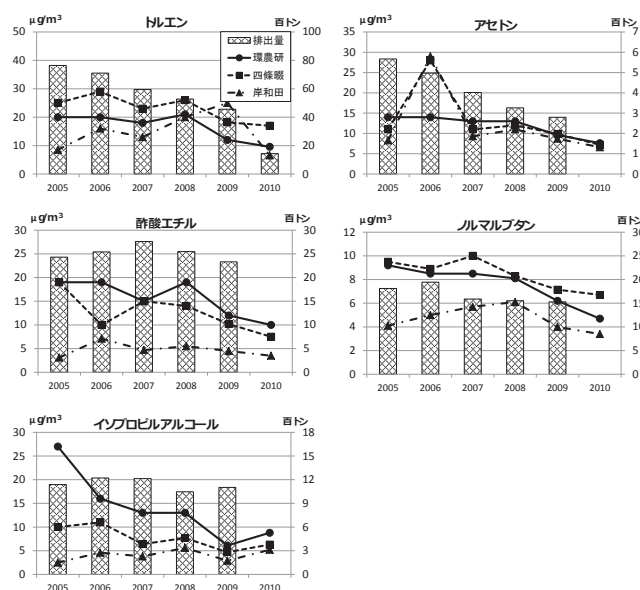
2009 年度～2010 年度の調査において、濃度が高かった物質の濃度及び排出量について、2005 年度からの経年変化を第2図に示す。濃度は2005 年度から調査を行っている環農研、四條畷、岸和田のデータ、排出量についてはトルエンは大阪府全体の2010 年度までのPRTR 排出量集計結果、その他の物質は2009 年度までの大阪府全体のVOC 排出量インベントリ推計結果である。トルエンは、自動車排ガスに含まれているが、VOC 排出インベントリ推計結果には自動車排ガスからの排出量が含まれておらず、実際の排出量より少ないことが考えられるため、PRTR 排出量集計結果を用いた。その他の物質は、VOC 排出インベントリ推計結果が唯一の排出量データである。

アセトンは、排出量が毎年減少し、2009 年度は2005 年度の49%と大幅に減少しているが、大気中濃度は2009 年度から減少傾向がみられるようになった。これは、Ⅲ-1で述べたように、寿命が他の物質と比較して長いために、排出量の減少が大気中濃度に現れるのに時間がかかるためと推察された。トルエンは排出量が減少傾向にあるが、大気中濃度は環農研、四條畷で減少傾向がみられるのに対し、岸和田ではみられていない。酢酸エチル、ノルマルブタンは、排出量が横ばいであるが、大気中濃度は環農研、四條畷で減少傾向がみられるのに対し、岸和田ではみられていない。イソプロピルアルコールは、排出量、大気中濃度ともに横ばい傾向であった。

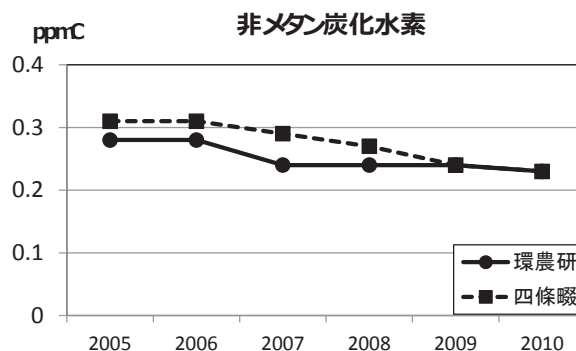
このように、成分によって経年変化の傾向は異なっており、必ずしも減少傾向がみられていないことから、引き続き大気中濃度の変化をみていく必要があると考えられる。

環農研及び四條畷に設置されている大気測定局における非メタン炭化水素濃度の2005 年度からの経年変化を第3図に示す。なお、岸和田は2008 年度からしか測定データがないため、経年変化を示していない。

四條畷では非メタン炭化水素の減少傾向がみられているが、環農研では横ばいである。環農研の横ばい傾向は、濃度の高いVOC 5成分のうち、4成分で濃度の減少傾向がみられた本調査の結果と異なっている。大気中VOC 濃度の詳細な把握のため、さらに調査対象物質を増やす必要があると考える。



第2図 VOC成分の経年変化



第3図 非メタン炭化水素の経年変化

3. 最大オゾン生成推計濃度

VOC 各成分の光化学オキシダント生成への寄与について検討するため、VOC 各成分によるオゾン生成量の算出を試みた。

調査を行ったVOC64 物質のうち、大気中濃度が上位であり、VOC 変化量あたりの最大オゾン変化量である最大オゾン生成能 (Maximum Incremental Reactivity, 以下 MIR 値) が示されている32 物質について、最大オゾン生成推計濃度 (以下、推計濃度) を算出した。MIR 値は第6表に示す William.P.L.Carter の値⁵⁾を用いた。

第6表 推計に用いたMIR値⁴⁾

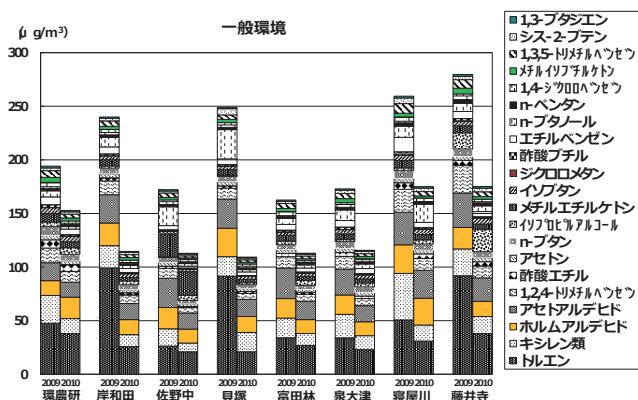
項目	MIR	項目	MIR
シス-2-ブテン	13.22	n-ヘキサン	1.43
1,3-ブタジエン	13.09	イソブタン	1.34
1,3,5-トリメチルベンゼン	11.22	n-ブタン	1.32
ホルムアルデヒド	8.96	酢酸ブチル	0.88
キシレン類	7.78	ベンゼン	0.81
1,2,4-トリメチルベンゼン	7.18	デカン	0.81
アセトアルデヒド	6.83	クロロベンゼン	0.79
1,2-ジクロロベンゼン	6.61	ウンデカン	0.72
メチルイソブチルケトン	4.28	イソプロピルアルコール	0.71
トルエン	3.97	酢酸エチル	0.64
1,4-ジクロロベンゼン	3.75	トリクロロエチレン	0.6
n-ブタノール	3.33	アセトン	0.43
エチルベンゼン	2.79	1,1,1-トリクロロエタン	0.09
スチレン	2.52	ジクロロメタン	0.07
n-ペンタン	1.53	テトラクロロエチレン	0.04
メチルエチルケトン	1.48	クロロホルム	0.03

これらの MIR 値に大気中濃度を乗じて、推計濃度を算出した。

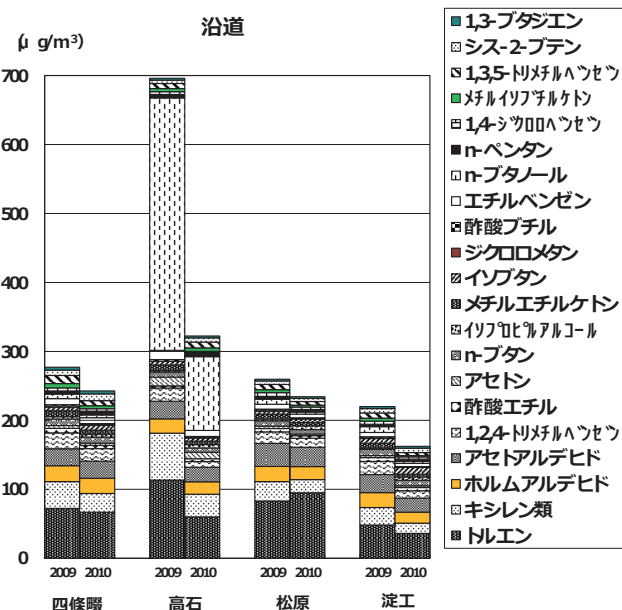
2009 年度～2010 年度の調査結果より求めた推計濃度について、一般環境の算出結果を第 4 図に、沿道の結果を第 5 図に示す。

一般環境 8 地点は、トルエンの推計濃度がどの地点においても最も高かった。続いて、順番は地点によって異なるが、キシレン、ホルムアルデヒドや、アセトアルデヒド、1,2,4-トリメチルベンゼンが高い結果となった。この 5 物質で、2010 年度は推計濃度の合計の 55.2～69.2% を占めていた。2010 年度は、2009 年度と比較して、環境濃度の減少にともない推計濃度の減少が見られた。酢酸エチル、アセトン、ノルマルブタンは環境濃度は高いが、MIR が低いため、推計濃度は低い結果となった。藤井寺はイソプロピルアルコール、佐野中はメチルエチルケトンの大気中濃度が高いため、他の地点と比較してそれぞれの物質の推計濃度が高い特徴がみられた。

沿道 4 地点では、四條畷、松原、淀工においてトルエンが最も推計濃度が高く、続いて、順番は地点によって異なるが、キシレン、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、1,2,4-トリメチルベンゼンが高く、一般環境と同じ傾向を示した。高石はノルマルブタノールの大気中濃度が高かったため、推計濃度も最も高くなった。トルエン、キシレンは大気中濃度が一般環境より高いため、推計濃度も一般環境より高くなった。推計濃度の高い 5 物質が推計濃度の合計に占める割合は 2010 年度で 43.5～74.3% であった。また、一般環境と同様に 2010 年度は 2009 年度と比較して、推計濃度の減少が見られた。以上のことから、32 物質のうちトルエン、キシレン、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、1,2,4-トリメチルベンゼンで 60% 以上を占めており、この 5 物質が光化学オキシダント生成への寄与が大きいと考えられる。



第 4 図 オゾン生成推計濃度（一般環境）



第 5 図 オゾン生成推計濃度（沿道）

4. 最大オゾン生成推計濃度の経年変化

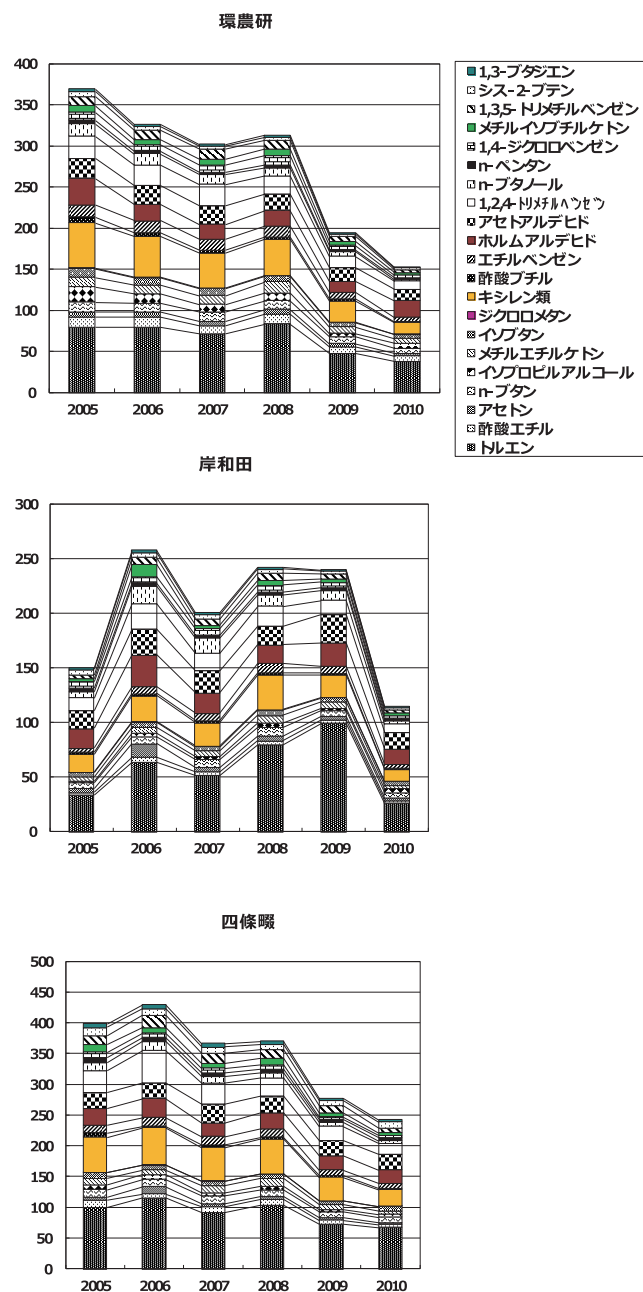
2005 年度から調査を行っている環農研、岸和田、四條畷の 3 地点における推計濃度の経年変化を第 6 図に示す。

環農研と四條畷は 2009 年度に推計濃度が大幅に減少した。これは、特にトルエンの推計濃度が環農研で $83 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、四條畷で $103 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、キシレンの推計濃度が環農研で $44 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、四條畷で $56 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と大きく減少したのが原因である。ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの推計濃度は減少傾向がみられなかった。また、岸和田は 2010 年度に大幅に減少したが、これはトルエンの推計濃度が $99 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と大きく減少したのが原因である。ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドは他の 2 地点と同様推計濃度の減少はみられなかった。

以上のことから、最大オゾン生成能でみると、トルエンやキシレンの排出量削減は有効な光化学オキシダント対策になると考えられる。一方、ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドは推計濃度の減少がみられていないため、引き続き調査を行い、オキシダント生成への寄与について検討していく必要がある。

本調査で測定した VOC64 成分はおおむね大気中濃度が減少しており、推計濃度も減少がみられたが、Ⅲ-2 で述べたように非メタン炭化水素濃度は減少傾向になく、光化学オキシダント濃度の減少もみられていない。このことから、64 成分以外の VOC 成分がオキシダント生成に大きく寄与しているか、最大オゾン生成能だけでは光化学オキシダント生成の説明ができないことが考え

られる。当面は、オキシダント生成への寄与が高いといわれているイソプレン等これまで測定していない VOC 成分について測定を行い、オキシダント生成への寄与について検討していきたいと考えている。



第6図 オゾン生成推計濃度の経年変化

VI. 摘要

大阪府における大気中揮発性有機化合物の濃度について測定を実施し、結果に基づいて最大オゾン推計濃度の算出を行った。調査対象物質は64物質である。調査地点12地点全てにおいて、トルエン、アセトン、酢酸エチル、ノルマルブタンの濃度が高かった。沿道では、一般環境と比較して、トルエン、キシレンが濃度が高い傾向にあった。

最大オゾン推計濃度は、調査地点全てにおいて、トルエン、キシレン、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド及び1,2,4-トリメチルベンゼンが推計濃度の占める割合が高い結果であった。推計濃度の経年変化では、トルエン、キシレン類の大気中濃度の減少に伴い推計濃度が減少している傾向がみられており、これらの排出削減対策が光化学オキシダント対策に有効である可能性が示唆された。

本研究の一部は、環境省委託業務として実施した。

VI. 引用文献

- 1) 星純也, 樋口雅人 (2006). キャニスター法による大気中の含酸素化合物の測定の検討. 東京都環境科学研究所年報 2006: 43 ~ 49
- 2) 星純也, 佐々木啓行, 天野冴子, 樋口雅人, 飯村文成, 上野広行 (2008). 大気中 VOC の成分組成の経年変化とオゾン生成への寄与について. 東京都環境科学研究所年報 2008: 10 ~ 17
- 3) 那須聖子, 杉谷啓行, 磯貝裕文, 大池康夫, 林雅樹, 大塚治子 (2006). 愛知県内の大気中揮発性有機化合物 (VOC) の濃度について. 愛知県環境センター所報 .34: 1 ~ 9
- 4) 揮発性有機化合物 (VOC) 排出インベントリ検討会 (2009). 揮発性有機化合物 (VOC) 排出インベントリについて
- 5) William.P.L.Carter, (2000). Chemical mechanism for VOC reactivity assessment, California Air Resources Board.SAPRC-99

施設栽培におけるズイキの養分吸収量の評価

佐野修司 木村良仁 山崎基嘉 内山知二

I. はじめに

ズイキはサトイモの葉柄部分であり、夏の野菜として親しまれている。大阪府では「紅ずいき」として、平成5年(1993年)からなにわ特産品としても選定されている¹⁾。泉州地域(泉佐野市、貝塚市など)を中心として露地畑でも施設でも栽培されており、2月下旬から3月中旬にかけて種イモを植え付けて、5月下旬から8月にかけて収穫される。作付け体系としては、シュンギクなど軟弱野菜との輪作が多い。

さて、ズイキは収穫時には大きいもので高さが約2.0m、葉の大きさは約70cmと²⁾、ほかの作物と比べても地上部が非常に大きいのが特徴である。また、食物繊維やミネラル分などの養分含量が高いことが明らかにされており^{2,3)}、養分収支を考慮すると、かなり多くの養分がほ場から持ち出されているものと思われる。一方で出荷されるのは茎部分のみであり、葉はほ場に放置されてそのまますき込まれたり、持ち出されて廃棄されたりしており、葉の管理の方法によってもほ場における養分の動態は異なるものと考えられる。

適切な施肥を行うことは、資源の有効活用や系外への養分の流出を最低限に抑えるという環境保全型農業の面からも、ズイキの抗酸化活性を高める⁴⁾など品質向上の面からも重要である。そのためには先述のズイキの養分持ち出しの実態について明らかにする必要がある。サトイモについては、イモ部分の生産については養分動態を明らかにした上で環境保全型の施肥体系なども取りまとめられている⁵⁾。一方、ズイキとして収穫される茎部分については、栄養学的な面や抗酸化物質など品質評価の面から養分含量を調査した事例^{3,6,7)}は多いものの、養分収支面から適正施肥と関連づけて調査された事例については見あたらない。そこで、土壌の養分状態の異なる現地ほ場において、ズイキの養分吸収の実態について調査を行ったので報告する。

II. 方法

調査は2011年作のズイキ(品種:紅ズイキ)を対象に、施用する有機物種を変えた連用試験を行っている泉南郡熊取町の施設ほ場において行った⁸⁾。調査ほ場では2003年秋に水田ほ場に3連棟のビニールハウス(約4a)を設置したが、その際に現地での典型的な施用有機物である稲わら(1年に2回、約200kg/10aを施用)と牛ふん堆肥(1年に2回、約1000kg/10aを施用)を施用する区(稲わら区、牛ふん区それぞれ1.8a)と、有機資材を全く施用しない対照区(0.5a)の3区を設けた(1連)。

作付作物は初期に葉ネギを作付したあとはシュンギクの連作とし、2年に1度春から夏にかけてズイキを作付した。このような管理を反映して、ズイキの作付前(3月24日)に調査した土壌の肥沃度は、同一のハウスではあるが区ごとに大きく異なっていた(第1表)。ほぼ全ての項目で牛ふん区が高い値を示し、物理性については稲わら区と牛ふん区で仮比重が低く良好な傾向があった。

耕種および調査概要については、以下の通りであった。種イモの植え付けは4月12日に行い、その数日前に蒸製骨粉を主原料とする有機化成肥料(N-P₂O₅-K₂O=8-6-5)を各区に62.5kg/10a施肥したほか、稲わら区と牛ふん区ではそれぞれ稲わらと牛ふん堆肥を施用した。収穫調査は7月19日に行い、各区3か所において生育の中庸な個体から無作為に地上部を3株採取し、重量を測定し栽植密度より収量を算出した。収量は地上部全体のほか、販売する部分の茎とはほ場に還元される葉に分けても算出した。

各種成分の分析はそれぞれを縮分して行った。炭素含量と窒素含量についてはCNコーダー(Yanaco MT-700)で、リンについては灰化分解後バナドモリブデン酸法で、ミネラル分(カリウム、カルシウム、マグネシウム、ナトリウム)については原子吸光法(日立Z-6100)で測定した。また栽培体系全体におけるズイキの養分吸収量の相対的な評価を行うために、同一ほ場でズイキ作の前後の時期(10~12月、1~3月、10~1月)に栽培さ

第1表 調査ほ場の試験区ごとの土壌肥沃度

	pH	EC mS/cm	全炭素 %	トルオーグリン酸 mgP ₂ O ₅ /100g
対照区	5.59±0.06 b*	0.274±0.104 b	1.51±0.04 b	178.6±7.4 b
稲わら区	5.64±0.06 b	0.283±0.059 b	1.69±0.01 b	164.1±12.7 b
牛ふん区	6.47±0.02 a	0.519±0.067 a	2.51±0.14 a	216.6±10.7 a
	交換性カリウム mgK ₂ O/100g	交換性カルシウム mgCaO/100g	交換性マグネシウム mgMgO/100g	仮比重
対照区	10.7±4.0 b	218.2±16.4 b	34.8±2.6 b	1.08±0.04 b
稲わら区	12.2±1.2 b	215.6±15.6 b	40.5±3.1 b	0.96±0.03 a
牛ふん区	57.7±9.5 a	253.6±8.6 a	77.4±4.3 a	0.97±0.04 a

*同じアルファベットは Tukey 法において、5%水準で有意に差がないことを示す。

れたシュンギクについて、同様に収量や成分含量を調べた。各区のデータの有意差については、Tukey 法により検定した。

Ⅲ. 結果および考察

第2表にズイキの収量および地上部の養分量について示す。養分量のうち炭素については光合成により大気中から吸収されたものであるが、窒素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウムについては、土壌から吸収されたと考えられる。試験区ごとの違いについては、平均値で見ると値の違いはあるものの、5%水準での有意な違いはなかった。全体の収量は10t/10a前後であり、うち茎が7～8tを、葉が1～2tを占めており、出荷する部分の茎の重量は葉の4～5倍程度であった。しかし、養分元素の分布については大きく異なっていた。炭素、リン、カリウムは茎に葉の2～3倍程度含まれている一方で、窒素、カルシウムは逆に葉に茎のそれぞれ1.5～2倍、1～1.5倍含まれていた。マグネシウムはほぼ同じ程度含まれていた。

「大阪エコ農産物認証制度のあらまし〈平成24年〉」⁹⁾によると、ズイキを同制度の基準に則って栽培するには、化学肥料の使用量を窒素成分で12kgN/10a、リン酸で

40kgP₂O₅/10aを上限とする必要がある。今回ズイキの窒素とリンの吸収量は試験区で違いはあるものの、それぞれ12.4～17.4kgN/10a、7.28～9.00kgP₂O₅/10aであり、エコ栽培を行うためには、化学肥料だけではなく、有機肥料や有機資材の活用または土壌診断に基づく適切な施肥を考慮することが必要であると思われる。

シュンギクの収量および地上部の養分量について第3表に示す。収穫時期や項目ごとに傾向は異なるものの、概して有機物を入れた区において、収量や養分含量が高くなる傾向があった。特にリンとカリウム含量についてこの傾向が強く、本試験の結果は有機資材からのリンとカリウムの供給が可能であることを示している。リンとカリウムは肥料原料価格の高騰が懸念されていることから、有機資材中のこれらの元素の活用が期待されている¹⁰⁾。

ズイキとシュンギクのデータを比較すると、地上部収量が大きいことを反映してか、概ねズイキの方がシュンギクより大きな値を示した。しかし、出荷されるズイキの茎部分について検討すると、収量と炭素含量については1.5～5倍程度高かったが、マグネシウムについては同程度、ほかの元素については低めであった。このことは出荷物として持ち出される養分量は少なめであることを意味している。ほ場に還元されることの多い葉について検討すると、窒素で10kg/10a前後、リン酸で1kg/10a

第2表 調査ほ場の試験区ごとのズイキの収量および地上部養分量

	収量 新鮮重 t/10a	炭素 kgC/10a	窒素 kgN/10a	リン kgP/10a	カリウム kgK/10a	カルシウム kgCa/10a	マグネシウム kgMg/10a
全体							
対照区	8.29±1.88 a*	213.9±40.1 a	12.4±1.78 a	3.18±0.50 a	30.2±5.07 a	4.56±0.83 a	1.54±0.31 a
稲わら区	9.09±1.60 a	229.7±45.3 a	13.9±3.38 a	3.52±0.73 a	31.8±5.02 a	5.56±1.31 a	1.71±0.27 a
牛ふん区	10.5±2.64 a	238.1±62.6 a	17.4±4.50 a	3.93±0.79 a	46.9±12.2 a	3.86±1.32 a	1.62±0.44 a
茎							
対照区	6.82±1.48 a	130.4±30.7 a	3.48±0.75 a	2.20±0.30 a	21.9±3.84 a	1.75±0.53 a	0.87±0.23 a
稲わら区	7.68±1.31 a	150.3±36.7 a	5.04±1.76 a	2.51±0.50 a	23.9±3.92 a	2.01±0.39 a	1.02±0.20 a
牛ふん区	8.65±2.30 a	144.0±36.9 a	5.69±1.92 a	2.68±0.62 a	35.9±9.06 a	1.88±0.58 a	0.86±0.23 a
葉							
対照区	1.47±0.40 a	83.5±9.41 a	8.97±1.54 a	0.98±0.20 a	8.24±1.66 a	2.81±0.84 a	0.68±0.09 a
稲わら区	1.41±0.32 a	79.4±8.77 a	8.90±1.63 a	1.02±0.24 a	7.88±1.10 a	3.55±1.09 a	0.69±0.07 a
牛ふん区	1.83±0.35 a	94.1±25.9 a	11.7±2.73 a	1.25±0.20 a	11.0±3.15 a	1.98±0.76 a	0.76±0.21 a

*同じアルファベットは Tukey 法において、5%水準で有意に差がないことを示す。

第3表 調査ほ場の試験区ごとのシュンギクの収量および地上部養分量

	収量 新鮮重 t/10a	炭素 kgC/10a	窒素 kgN/10a	リン kgP/10a	カリウム kgK/10a	カルシウム kgCa/10a	マグネシウム kgMg/10a
2010/12/3 収穫							
対照区	1.81±0.38 a*	38.7±5.02 a	6.76±0.55 a	0.53±0.09 a	7.39±0.82 b	1.52±0.25 a	0.51±0.10 a
稲わら区	3.27±1.23 a	69.9±24.4 a	11.5±4.40 a	0.96±0.32 a	13.9±3.22 a	2.60±0.88 a	0.83±0.33 a
牛ふん区	3.05±0.49 a	54.5±8.53 a	9.52±1.69 a	0.80±0.15 a	15.4±2.78 a	1.98±0.21 a	0.72±0.12 a
2011/3/24 収穫							
対照区	2.64±1.48 b	73.3±15.2 c	9.07±0.60 b	0.94±0.21 b	10.9±0.59 b	2.36±0.49 b	0.76±0.14 a
稲わら区	4.50±0.73 a	140.1±6.27 a	10.1±1.85 b	1.65±0.24 a	20.6±5.03 a	3.87±0.42 a	1.16±0.14 a
牛ふん区	4.42±0.91 ab	98.0±16.3 b	14.6±2.08 a	1.68±0.27 a	24.3±2.99 a	3.22±0.74 ab	1.16±0.23 a
2012/1/13 収穫							
対照区	3.58±0.24 a	71.1±7.99 b	13.4±0.66 a	1.16±0.09 b	11.2±0.89 b	2.20±0.28 a	0.70±0.07 a
稲わら区	4.03±0.85 a	103.6±8.20 a	16.4±2.20 a	1.62±0.19 a	17.9±2.59 ab	2.52±0.28 a	0.80±0.10 a
牛ふん区	4.29±0.76 a	90.1±9.62 ab	16.2±2.51 a	1.43±0.23 ab	19.9±4.07 a	2.89±0.62 a	0.96±0.16 a

*同じアルファベットは Tukey 法において、5%水準で有意に差がないことを示す。

前後、カリウムで10kg/10a 前後などと、シュンギクの吸収量の概ね半分から相当量以上に匹敵する量がほ場に還元されていることが明らかとなった。カルシウムとマグネシウムも同様の傾向が見られ、比較的養分が過剰な状態にある当該ほ場では、次作を無施肥で作付けしても、通常と同等の収量が得られる可能性が示唆された。

なお牛ふん区では、5%水準での有意な差はなかったものの、ズイキの葉の重量と窒素、リン、カリウムの含有量が他の区に比べて高かった。環境保全型農業の実現そして養分過剰による生育障害の対策のためには、畜ふん由来堆肥を施用しているほ場においては、土壌診断などにに基づく適正施肥を行うことが特に望まれる。

本稿では、泉南地域に特徴的なシュンギクとズイキの作付体系における成果を報告したが、周年多作が多い大阪府の農地においては、前作物の特性やその残さの含有養分量が次作物への養分供給に大きく影響するケースが多いものと考えられる。よって、作物の作付の順序や堆肥などの資材の施用時期も考慮した、栽培体系全体での施肥を考慮することが必要であると思われる。

Ⅳ. 謝辞

ほ場試験を行うにあたり、現地生産者の方には日常の管理など多大なるご協力をいただいた。辻哲哉氏（泉州農と緑の総合事務所、現流通対策室）には、ほ場試験の設計にあたり支援いただいた。またシュンギクの調査では、当所嘉悦佳子研究員に協力いただいた。記して謝意を表します。

Ⅵ. 引用文献

- 1) 大阪府環境農林水産部（2012）. なにわ特産品
<http://www.pref.osaka.jp/nosei/>
naniwanonousanbutu/tokusanhin.html (2012年2月).
- 2) 貝塚市（2008）. 紅ずいき. わが町再発見（平成20年）第85号.
- 3) 畑明美・南光美子・南出隆久（1989）. 調理による野菜中無機成分の変化－ダイコン、ゴボウ、ズイキについて－. 京都府立大学学術報告 40B：25-29.
- 4) 鯨幸夫・村中智和・登内良太・萩原達彦・寺沢なお子（2006）. 栽培条件の違いがサトイモの生育、収量および抗酸化活性に及ぼす影響. 農業および園芸 81：499-504.
- 5) 大森誉紀・松本秀樹（2009）. サトイモ専用肥効調節型肥料の開発と硝酸態窒素溶脱抑制効果. 土肥誌 80：413-416.
- 6) 倉内美奈・成田秀彦・森山充（2008）. 福井県産地場農林水産物の栄養成分組成の解明. 福井農試研究報告 45：48-55.
- 7) 高橋正和・大東肇（2010）. 福井県産農産物のラジカル産生抑制活性の比較検討. 福井県立大学論集 35：1-5.
- 8) Uchiyama, T., Sano, S. and Kimura, Y. (2010). Short-term effect of organic materials application on properties of agricultural soils in urban areas, Osaka Prefecture in Japan. 19th WCSS, Brisbane, Australia. Proceedings p.218-220.
- 9) 大阪府環境農林水産部農政室推進課（2012）. 大阪エコ農産物認証制度のあらまし〈平成24年〉. 6p.
- 10) 内山知二・佐野修司・辰巳眞・レオン愛・小原洋（2011）. アンケート調査から見た施用堆肥からの肥料成分供給量の推定. 大阪環農水研報 4：21-25.

大阪府におけるサワラ種苗生産事例について

辻村浩隆

I. はじめに

サワラ *Scomberomorus niphonius* は瀬戸内海に回遊する大型魚で水産業上重要である。しかしながら、瀬戸内海のサワラの漁獲量は1986年の6,255 トンをピークに減少し、1998年には196 トンとなったため、1998年より(社)日本栽培漁業協会(現(独)水産総合研究センター)が資源回復を目的とした種苗放流を開始し、現在では瀬戸内海各府県で放流が行われている¹⁾。

サワラの種苗生産技術開発は(社)日本栽培漁業協会が1981年から行われ、数万尾単位を生産する技術が開発されたが、当時は資源量が多く種苗放流を必要とする魚種ではなかったため、いくつかの課題を残しながら1988年に技術開発は休止された²⁾。その後、資源量が大きく減少したため、1998年より(独)水産総合研究センターが10万尾単位の生産技術の確立を目指して技術開発を再開しものの、一定の技術が確立されたとし2010年をもって終了した。

大阪府においてもサワラは流し網における重要な魚種であり、1980年代前半には年間200トン以上あった漁獲量が3トンまで減少したため、2003年より種苗生産技術開発を行ってきた。今回、2003年から2010年までの種苗生産結果をまとめたところ、種苗の生残には給餌する孵化仔魚の供給量が大きく影響していることが判明したので報告する。

II. 材料及び方法

種苗生産には、大阪湾もしくは播磨灘で漁獲された親魚から乾導法による人工授精で得られた受精卵を用いた。受精卵は容積法により計測後、1kℓ程度の水槽に収容した。孵化を確認した後、孵化仔魚を100kℓまたは200kℓの屋内四角形コンクリート水槽に収容した。収容尾数は、収容卵数から容積法で計測した沈下卵数を減じて求めた。飼育水には自然水温の砂濾過紫外線殺菌海水を用い、換水率1~2回転/日の流水飼育とし、サイフォンによる排水を行った。照度の調整は特に行わず、常に

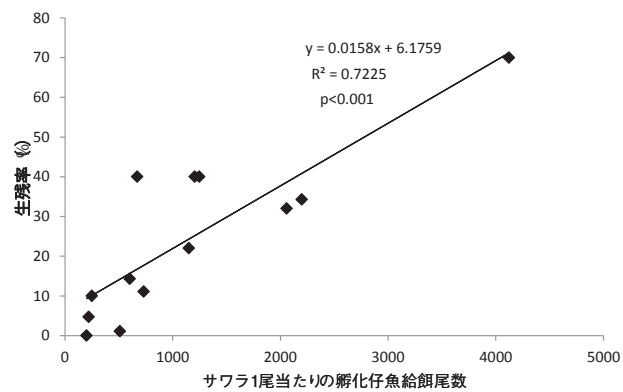
水槽上面を黒色遮光幕(遮光率95%)で覆った。

初期餌料としてクロダイ *Acanthopagrus schlegelii* もしくはマダイ *Pagrus major* の孵化仔魚を使用し、孵化日から孵化後28日目を目標に与えた。孵化仔魚の給餌量には制限を設けず、飼育しているタイ類から得られたものをすべて与えた。孵化後14日目以降には摂餌状況を確認しながら冷凍イカナゴ *Ammodytes personatus* を手撒きにより給餌した。孵化後1ヶ月目までを種苗生産期間とし、この時点での尾数を重量法により計測し生残率を求めた。計数を行わずに中間育成を継続して行った場合は、陸上水槽における中間育成期間の生残率が約90%(辻村、未発表)であることから、中間育成終了時に重量法で得られた生残率に10/9を乗じて種苗生産時の生残率とした。

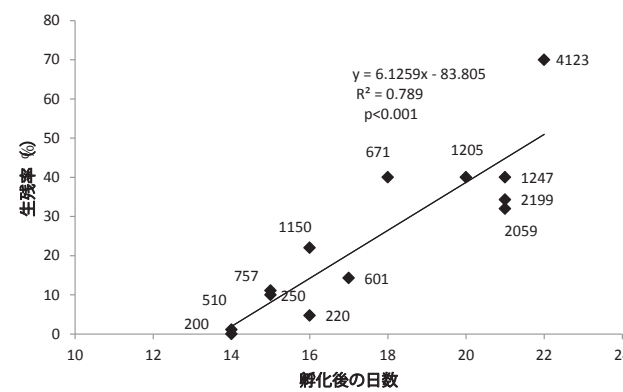
III. 結果および考察

2003年から2010年の種苗生産結果を第1表に示す。2006年以前の生残率は22%以下であったが、2008年以降は32%以上であった。収容したサワラ1尾あたりの20日目までの孵化仔魚給餌尾数と生残率の関係を調べたところ(第1図)、給餌尾数が多くなるほど生残率が高くなる傾向があり、この傾向は種苗生産時の生残率は20日目までに給餌した孵化仔魚の量に依存するという(独)水産総合研究センターの事例³⁾と一致していた。また、今回の結果で、孵化仔魚が1,000尾以上になれば1例を除き生残率は30%以上となったが、この値は1尾のサワラが日齢20までに摂餌するマダイ孵化仔魚の総数1,000~1,400尾⁴⁾とほぼ同じであった。

次に、イカナゴ摂餌開始時期と生残率および孵化仔魚の供給量の関係を第2図にまとめた。生残率は摂餌開始時期が遅いほど高く、18日目以降であると30%以上に安定していた。また、孵化仔魚給餌尾数が1,000尾以上の事例では、1例を除き20日目以降であった。よって、摂餌開始時期は孵化仔魚の給餌量が十分であったかの目安になると考えられる。



第1図 孵化仔魚給餌尾数と生残率の関係



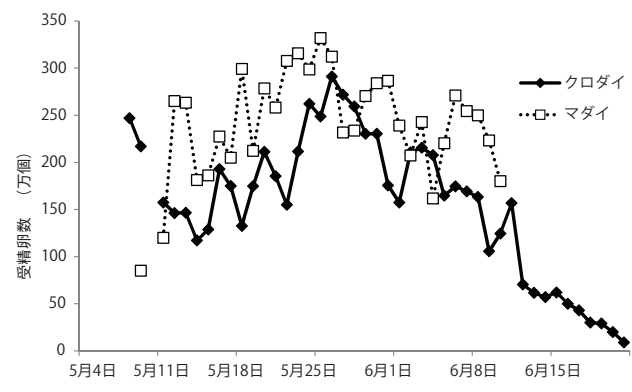
第2図 イカナゴ摂餌開始日と生残率の関係
数値はサワラ1尾当たりの孵化仔魚給餌尾数

給餌尾数が1,000尾以上にもかかわらず摂餌開始日が早く生残率が低かったのは2006年の事例であり、唯一生産開始日が6月であった（第1表）。そこで、平均的な受精卵供給動向を知るために、2003年から2010年まで平均したクロダイおよびマダイの日別受精卵供給量を求め検討した（第3図）。受精卵供給量のピークは5月下旬で、6月中旬に入ると供給量が減少した。2006年の事例では、孵化仔魚給餌量が大きく減少している時に生産しており、イカナゴの摂餌開始日が早かった。種苗生産期間後半における孵化仔魚の供給量が十分ではなかったと推察され、このことが孵化仔魚給餌尾数が1,000尾以上であったが生残率の低かった要因であると考えられる。

第1表 サワラの種苗生産結果

生産年	生産回次	生産開始日	生産終了日	水槽サイズ (kℓ)	収容尾数 (千尾)	生産尾数 (千尾)	生残率 (%)
2003	1	5.24	※	200	70	7	10
2004	1	5.12	6.1	200	150	0	0
	2	5.14	※	200	189	9	5
2005	1	5.18	※	200	100	1	1
	2	5.26	※	100	40	4	11
2006	1	6.3	※	100	15	3	22
	1	5.11	6.9	100	70	10	14
2007	2	5.12	6.9	100	50	20	40
2008	1	5.14	6.14	100	50	20	40
	2	5.14	6.14	100	50	20	40
2009	1	5.18	6.13	100	35	12	34
	2	5.18	6.13	100	25	8	32
2010	1	5.14	6.12	100	30	21	70

※ 継続して中間育成を行った。



第3図 クロダイおよびマダイの日別平均受精卵供給量
(2003～2010年の平均値)

以上のことから、受精卵供給量から考えると、サワラの生産数を最大にするためには5月上旬に採卵を行い、種苗生産を開始するのがよいであろう。なお、現状では5月下旬に安定的に確保出来るマダイ・クロダイの受精卵は500～600万粒であるため、10～12万尾収容し生残率30～40%とすると、サワラの種苗生産可能尾数は3.0～4.8万尾と計算される。

現行のサワラ種苗生産には孵化仔魚が必須であるが、今後、孵化仔魚に代わる新たな餌が開発されれば、種苗生産技術は大きく前進すると考えられる。同じ問題を抱えているクロマグロ *Thunnus orientalis* では民間も含めて研究が進められており⁵⁾、新たな技術の進歩に期待したい。

Ⅳ. 謝辞

種苗生産にあたり、多大な御協力をして頂いた（公財）大阪府漁業振興基金栽培事業場、ならびに（公財）和歌山県栽培漁業協会の方々に感謝致します。

Ⅴ. 引用文献

1) 小畑泰弘 (2006). 瀬戸内海東部海域におけるサワラの種苗放流への取り組み. 日水誌. 72(3):459-462

2) 藤本 宏 (1988). サワラ種苗生産技術開発の再開. さいばい. 88:23 - 28

3) (独) 水産総合研究センター (2006). 平成 18 年度瀬戸内海海域サワラ海域協議会資料. 3pp.

4) Shoji, J., Maehara, T., Aoyama, M., Fujimoto, H., Iwamoto, A., and Tanaka, M. (2001). Daily ration of Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* larvae. Fish. Sci. 67:238-245

5) 宮下 盛・岡田貴彦 (2010). 転機を迎えるマグロ養殖. 養殖. 47(5):28-31.

貝塚市近木川で採集されたナガレトビケラ属不明種 (ナガレトビケラ科, トビケラ目) 幼虫の形態的特長

平松和也・平 祥和*

I. はじめに

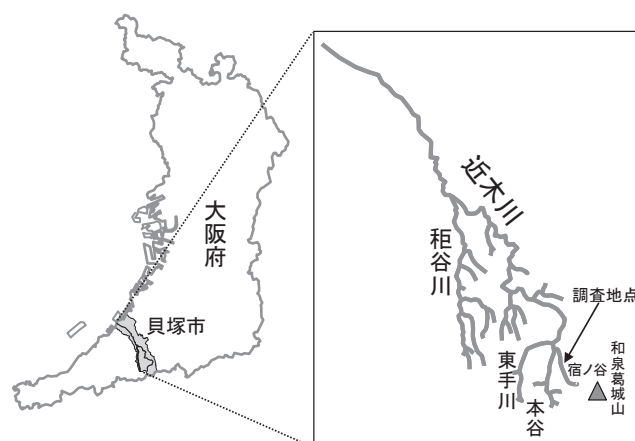
トビケラ(毛翅目)は主に水中で幼虫時代を過ごす水生昆虫で、国内では約430種以上が記録されている⁸⁾。特に河川では、カゲロウ・カワゲラなどの昆虫とともに水中生物相の中核を構成する重要な一群となっており、トビケラの種多様性が良好な水質環境を示す指標として用いられることもある⁶⁾。しかし、大阪府内のトビケラ相の多様性や分布については、十分に調査されているとは言えず、府内の自然環境を保全するための基礎データである大阪府野生生物目録⁹⁾では、わずかに28種が記載されているだけである。今回、筆者らは大阪府内の貝塚市を流れる近木川でトビケラ類を調査し、これまで知られていない形態的特長をもったナガレトビケラ属幼虫(以下、不明個体と記述)を得たので報告する。

II. 材料および方法

調査地点の概要

近木川は大阪府・和歌山県境に位置する標高858mの和泉葛城山を水源とし、上流部の春日橋で本谷と東手川が合流、さらに水間寺の下流側で支流の梶谷川と合流して貝塚市内を大阪湾まで流れる流域面積27.33km²、流路延長約15.45kmの二級河川である(第1図)。下流部では水質汚濁が進んでいるものの、上流部は豊かな自然環境が残されており水質も良好で、和歌山県との府県境近くでは、府内では貴重な自然林であるブナ林がみられる¹⁰⁾。

不明個体が採集された地点は、源流に近い蕎原地区の本谷支流の宿ノ谷(標高500m付近)で、和泉葛城山頂へ続く林道に隣接する小溪流である。川幅は狭くて河床勾配が大きく、ステップ・プールが連続する河床形態となっており、周囲は主にスギ *Cryptomeria japonica* やヒノキ *Chamaecyparis obtusa* の人工林に囲まれている。気温・水温はともに低い。



第1図 調査地点

調査方法

調査は2010年12月5日、12月15日、2012年1月15日に行った。調査地点の瀬において石礫を転がして河床を攪乱したり、たまりの落葉や砂を採取、あるいは岩盤上を市販の台所用ブラシでこすり落とすなどして、サーバーネット(目合0.475mm、口径25×25cm、側長60cm)にたまった内容物をプラスチック製白色バットに移して現地でトビケラ類を採取した。

同地点で採取されたトビケラ類は、不明個体以外に、ミヤマシマトビケラ属 *Diplectrona* spp., シロズシマトビケラ *Hydropsyche albicephala*, シロフツヤトビケラ *Parapsyche maculata*, アミメシマトビケラ的一种, *Arctopsyche* sp. AD, ヨシイナガレトビケラ *Rhyacophila yosiiiana*, カワムラナガレトビケラ *Rhyacophila kawamurae*, クレメンズナガレトビケラ *Rhyacophila clemens*, ツメナガナガレトビケラ *Apsilochorema sutshanu*, クダトビケラ的一种 *Psychomyia* sp., クダトビケラ的一种 *Tinodes* sp., キブネクダトビケラの仲間 *Melanotrichia* sp., タニガワトビケラ的一种 *Dolophilodes* spp., ヒメタニガワトビケラの仲間 *Wormaldia* sp.,

Larval Morphology of the unidentified species of *Rhyacophila* (Trichoptera: Rhyacophilidae) from the Kogi River in Kaizuka City, Osaka, Japan.

Kazuya HIRAMATSU・Akikazu TAIRA*

*大阪府立大学大学院理学系研究科 (Osaka prefecture university, Graduate school of science)

オオハラツツトビケラ的一种 *Eobrachycentrus* sp.,
 ウエノマルツツトビケラ *Micrasema uenoi*,
 クロツツトビケラ *Uenoa tokunagai*,
 フタスジキソトビケラ *Psilotreta kisoensis*,
 ヨツメトビケラ *Perissoneura paradoxa*,
 クマノカクツツトビケラ *Lepidosotma kumanoense*,
 オオカクツツトビケラ *Lepidosotma crassicorne* などであつた。

なお, 不明個体との形態比較に用いた *Rhacophila* sp. RM は奈良県吉野郡川上村の明神谷で 2005 年 12 月 15 日に採集した個体である。

Ⅲ. 結果

不明個体の形態的特長

不明個体 (第 2 図) は 2010 年 12 月 5 日の初回調査で 1 個体が採集されたのみで, 体長 13.1mm、腹部最大幅 1.3mm、頭長 1.17mm、頭幅 0.61mm であつた。中胸・後胸は膜質で, 腹節第 9 節背面にキチン板があり, 尾肢はキチン化している。頭部は細く, 頭部と前胸, 胸脚が赤褐色で (第 3 図), カワムラナガレトビケラ *R. kawamurae* によく似ているが, 前肢が非常に長く, 腿節が太く発達している点で異なる (第 4 図)。腹部に気管鰓はみられず, 尾肢はやや細長くて, 鉤爪に大きな 1 歯と小さな 1 歯があるが副爪はない (第 5 図)。

これらの特徴をもとに, 谷田ほか⁸⁾にしたがって種の検索を行うと, ナガレトビケラ科ナガレトビケラ属の種群不明 *Rhyacophila* sp. RM に該当するが, 以下のような相違点が認められる。頭部については, 不明個体の頭長・頭幅比 (頭長 / 頭幅) は 1.9 であるのに対し, RM では 1.6 であり, 不明個体の頭部は RM よりも細長い。また, 前胸を背面からみると, 不明個体では左右の両側が前から後ろにかけてまっすぐであるのに対し, RM では中央部が大きく膨らんでいる。不明個体と RM に共通する特徴である長い前肢については, 不明個体の腿節内側の刺状突起が 2 つであるのに対し, RM では 1 つである。尾肢の爪については, 不明個体はまっすぐに伸び先端付近でカーブし, その内側には大小 2 つの刺状の突起があるのに対し, RM ではその爪は全体的に緩やかにカーブし, 内側の突起はない。

Ⅳ. 考察

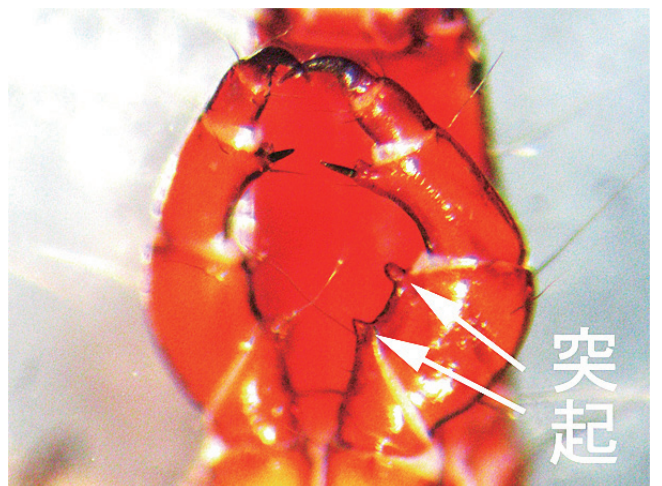
不明個体が採集された近木川上流部では, これまで青柳・岩崎¹²⁾によるトビケラ成虫の詳細な調査が行われて, 20 科 34 属 64 種が報告されている。平松 (未発表) はさ



第 2 図 貝塚市近木川で採集されたナガレトビケラ属不明個体 (幼虫)



第 3 図 不明個体の頭部および前胸部



第 4 図 不明個体の前肢

らに成虫で確認されていない幼虫 12 種を確認しているため, 76 種以上のトビケラが生息すると考えられる。

このうち, ナガレトビケラ属 *Rhyacophila* はムナグロナガレトビケラ *R. nigrocephala*, カワムラナガレトビケラ *R. kawamurae*, シコツナガレトビケラ *R.*



第5図 不明個体の尾肢

shikotsuensis, クレメンズナガレトビケラ *R. clemens*, ヨシイナガレトビケラ *R. yosii*, トランスクイラナガレトビケラ *R. transquilla*, ヒロアタマナガレトビケラ *R. brevicephala*, レゼイナガレトビケラ *R. lezei*, ミジカオナガレトビケラ *R. diffidens*, 種群不明の *R. sp* X-1 の10種である。

しかしながら、今回得られた不明個体の形態は、近木川で生息が確認されているナガレトビケラ属のいずれの種の幼虫にも該当せず、さらに、これまでに記載されている日本産ナガレトビケラ属幼虫のいずれとも異なる特徴をもっていた。ただ、ミジカオナガレトビケラ *R. diffidens* については幼虫の形態が不明であるため、今回採集された不明個体がミジカオナガレトビケラ *R. diffidens* の幼虫である可能性はある。しかし、ミジカオナガレトビケラ *R. diffidens* は *Ulmeri* 種群に分類されており⁵⁾、この種群の幼虫の形態的特徴と不明個体はかなり異なるため、その可能性は低いと推測される。

不明個体は *Rhyacophila* sp. RM に近縁な個体であると考えられるが（谷田，私信），RM とは前肢の腿節の突起の数や形状，さらに頭部および胸部の形状，尾肢鉤爪の数と形状が異なった。このように RM とは形態的特長でかなりの差異が認められ，不明個体は別種である可能性が高い。頭部の形状などからみると，ムナグロナガレトビケラ種群に含まれる可能性があるが，不明個体の種記載や近縁種との類縁関係の推定を行うためには，成虫を採集するなど今後の詳細な調査が必要である。

また，今回の調査では微細生息場所が特定できるような採集を行っていなかったため，不明個体の生息環境の詳細は明らかにできなかった。近縁種と推定される RM は「水がしたたるような岸壁のすき間を探すとよく見つかる」とされている⁵⁾。不明個体が採集された地点は，

源流域で類似の環境は豊富にある。今後，集中的に岩盤付近を調査することで本種の微細生息場所を明らかにできるかもしれない。

近木川の上流部は和泉葛城山系にあたり，大阪府内では少ない天然のブナ林を有するなど豊かな自然環境が残された地域である。生きている化石として知られるムカシトンボ *Epiophlebia superstes* や比較的分布の限られたヒメサナエ *Sinogomphus flavolimbatus* が多産し^{4),7)}，また現在府内で唯一カタツムリトビケラ *Helicopsyche yamadai* の生息が確認されている地域である²⁾。さらに絶滅危惧種の両生類コガタブチサンショウウオ *Hynobius yasui* が多いことも知られており³⁾，大阪府内では特に生物多様性が高い重要地域といえる。今回，これまで知られていない形態をもつナガレトビケラ属幼虫が採取されたことは，この地域のトビケラ相の多様性の高さを示すものであり，さらに調査を進めるとともに，府内の生物多様性保全のためにこの地域の環境保護を積極的にすすめていくことが必要である。

V. 謝辞

この論文の作成にあたって，公立大学法人大阪府立大学大学院理学系研究科 谷田一三教授に標本の同定をお願いし，併せて論文作成に対して貴重なご助言をいただいた。深く感謝する。また貝塚市立自然遊学館に調査場所の地名情報をいただいた。感謝の意を表す。

VI. 参考文献

- 1) 青柳正人・岩崎 拓 (2009). 本谷のトビケラ類。貝塚の自然。11: 82-88.
- 2) 青柳正人・岩崎 拓 (2010). 東手川のトビケラ類。貝塚の自然。12: 29-40.
- 3) 秋田耕佑・平井規央・石井 実 (2011). 大阪府南部におけるコガタブチサンショウウオ *Hynobius yatsui* Oyama の分布と生息環境。関西自然保護機構会誌。33 (1): 15-23.
- 4) 五島武史 (2010). 貝塚市のトンボの記録 (2008 年)。貝塚の自然。12: 46-49.
- 5) 服部壽夫 (2005). ナガレトビケラ科。川合禎次・谷田一三編著，pp.414 - 437. 日本産水生昆虫 科・属・種への検索。東海大学出版会，秦野
- 6) 野崎隆夫 (2010). 環境指標としてのトビケラとその研究の現状。谷田一三編著。pp.12-18. 環境 ECO 選書 河川環境の指標生物学。北隆館，東京。
- 7) 鈴子勝也 (2010). トンボ遊学隊 2008 年調査。貝塚

の自然. 12 : 50-54.

- 8) 谷田一三・野崎隆夫・伊藤富子・服部壽夫（2005）.
トビケラ目（毛翅目）. 川合禎次・谷田一三編著,
pp.393-572. 日本産水生昆虫 科・属・種への検索.
東海大学出版会, 秦野.
- 9) 大阪府（2000）. 大阪府野生生物目録. 大阪府環境
農林水産部緑の環境整備室. 351 pp.
- 10) 大阪府（2007）近木川水系河川整備計画. 二級水系
の河川整備基本方針・整備計画, 大阪府ホームペー
ジ [http://www.pref.osaka.jp/attach/4127/00011666/
kogiseibi.pdf](http://www.pref.osaka.jp/attach/4127/00011666/kogiseibi.pdf)

平成24年度
大阪府環境農林水産総合研究所研究報告編集幹事

＜編集幹事長＞	松	下	美	朗
＜編集幹事＞	福	本	幸	造
	西	村	和	彦
	高	浦	裕	司
	辻	野	耕	實
	藤	谷	泰	裕

大阪府環境農林水産総合研究所研究報告 第5号

平成24年3月31日発行

発行 大阪府環境農林水産総合研究所

〒537-0025 大阪市東成区中道1丁目3-62

TEL 06-6972-7662

FAX 06-6972-7684

<http://www.epcc.pref.osaka.jp/reaf/>

編集 企画調整部 研究調整課

この刊行物は600部作成し、一部あたりの単価は134円（税別）です。

BULLETIN OF
RESEARCH INSTITUTE OF ENVIRONMENT, AGRICULTURE AND FISHERIES, OSAKA PREFECTURAL GOVERNMENT

CONTENTS

[Originals]

- Value of Compost Application for Fig Tree Plantation in Reclaimed Ground with Waste Soil
..... Akihiro HOSOMI, Makoto TATSUMI, Hitomi NAKAI*,
Kouichi SHIMOMURA* and Tomoji UCHIYAMA 1

- Age and Growth of Red Tongue Sole *Cynoglossus joyneri* in Osaka Bay, Japan
..... Takayuki KUSAKABE and Ryou ASAMI * 7

[Technical Reports]

- VOC Concentration in Ambient Air and its Contribution to Ozone Generation in Osaka Prefecture
..... Yasuko NAKATO, Hiroko MIYAMOTO, Rie NISHIMURA, Masako UEDA 13

[Brief Reports]

- Nutrient Uptake of Taro (*Colocasia esculenta*) under Greenhouse Cultivation
..... Shuji SANO, Yoshihito KIMURA,
Motoyoshi YAMASAKI, and Tomoji UCHIYAMA 19

- Seed Production of Japanese Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*): A case in Osaka Prefecture.
..... Hirotaka TSUJIMURA 23

- Larval Morphology of the unidentified species of *Ryacophila* (Trichoptera: Rhyacophilidae) from
the Kogi River in Kaizuka City, Osaka, Japan
..... Kazuya HIRAMATSU • Akikazu TAIRA* 25