

ヨシ地上部現存量の推定方法

Evaluation Method for the Amount of the Ground Part Existing of Reeds.

(平成 15 年 9 月受理)

原 田 正 光* (HARADA Masamitsu)

Abstracts

The worth of the reed bed was improved for various viewpoints in recent years, and the grasp of not only the area but the amount of the ground part existing in the field is important. Then, the technique to grasp more easily the amount of the ground part existing was examined through the investigation of the reeds in both the field and the laboratory experiment. Consequently, the formula which evaluated the dry weight of the ground part existing was able to be obtained using stalk height and stalk thickness by the multiple regression analysis using the data measured in the different reed vegetation ground or in the different laboratory experiment from spring to winter. Furthermore, when the data of stalk density was measured, it was shown that it was possible to evaluate the amount of the ground part existing per unit area.

Key words: ground part existing of reeds, stalk height, stalk thickness, multiple regression analysis

1. はじめに

ヨシは、被子植物単子葉類イネ科の多年草であり、繁殖は種子または地下茎で行われる。ヨシ原では地下茎で繁殖するのが一般的で、地上部の植物体が生育する期間に光合成により作られた有機物が地下部へ運ばれ、地下茎や根を増大させる。そして、翌春にはこの貯蔵された養分を萌芽に利用するというサイクルがヨシ原を形成してきた。古来、わが国の沿岸域にも広大なヨシ原が存在していたが、干拓や埋め立てにより農地、宅地、工業地帯へと変えられ、その面積が次第に減少してきた。

近年、ヨシ原の持つ岸辺の浸食抑制や洪水調節などの河川管理面における機能、魚介類や昆虫類、鳥類の繁殖、成育など生物の生息空間としての機能、水中の有機物分解や栄養塩類吸収、根圏微生物による脱窒など水質浄化機能、更には水辺空間の景観構成要素としての機能等が見直され、将来に残すべき自然としてかけがえのない環境であることが認識され、ヨシ原の保護や保全といった動きが見られるようになった¹⁾²⁾。

広範囲にヨシ原が占める植生地では、その保護や保全が行われ、刈り取りや野焼きなど管理が行き届いているケースも見られるが、小規模に点在するヨシ原の場合にはあまり注目を集めず、放置されているケースが多く見られる。そして、植生地面積やその現存量が把握されることもなく、

ヨシ原の価値を評価するうえで、基礎的な情報量が少ないのが現状である。

そこで、本研究では、ヨシ植生地における現場調査および室内植栽実験から得られたデータを用いて、比較的容易に成長段階における地上部現存量が評価できる手法の検討を行った。

2. 研究方法

2-1 実測データの収集

(1) 調査対象および調査期間

ヨシ植生地における地上部の茎高さ、茎太さ及びその現存量の測定を春季から秋季にかけて成長段階ごとの調査を行った。現場調査地点は、Table 1 に示すように東北地方太平洋側の福島県から宮城県にかけてのヨシ植生地を数箇所選定した。また、屋外におけるヨシ水槽や室内におけるポット容器およびカラム装置に植栽したヨシについても、茎高さ、茎太さ及びその現存量の測定を行った。Table 2 に室内および野外植栽実験装置の概要を示す。これらヨシ植生地および植栽実験装置における調査を Table 3 に示す期間に実施した。室内実験のヨシは恒温条件下で生育させたものであるが、現場から採取したヨシは春季から秋季にかけてのものであり成長著しい時期もあれば枯死期に近いものもあった。

* 福島工業高等専門学校 建設環境工学科 (いわき市平上荒川字長尾 30)

Table 1 Sampling points in the field investigation

Field name	Situation	North latitude	East longitude
Sinkitakamigawa	River estuary	38° 32' 43"	141° 25' 01"
Kitaura	River estuary	37° 54' 50"	140° 55' 05"
Matsukawaura	Bay estuary	37° 49' 19"	140° 59' 03"
Manogawa	River bed	37° 41' 12"	141° 00' 16"
Odaka channel	Channel for paddy field	37° 33' 43"	141° 01' 12"
Natsuigawa	River estuary	37° 03' 30"	140° 58' 21"
Shinkawa	River bed	37° 02' 43"	140° 51' 58"

Table 2 Experimental apparatus vegetated reeds.

Name of experiment	Vessel	Inner diameter	depth	soil	Apparatus name
L system	Large container	60cm	60cm	Sewer sludge	L1, L2, L3
PP system	Pot	20.5cm	15cm	Lake sediment	P1, P2, P3, PP
P system	Pot	20.5cm	15cm	Lake sediment	PA, PB, PC, PD, PE
C system	Column	10.5cm	50cm	Lake sediment	C1, C2, C3, C4
CS system	Column	5.5cm	45cm	Lake sediment	CS1, CS2
T system	Test tube	1.2cm	13cm	Lake sediment	T1 - T30

Table 3 Time for investigation.

Site/Experiment	Time for investigation
Shinkitakamigawa	2002/04/26~2003/01/17
Kitaura	2002/04/26~2003/01/17
Matsukawaura	2002/04/26~2003/01/17
Odaka channel	2002/07/05
Manogawa	2003/01/17
Natsuigawa	2002/07/20, 2002/12/14
Shinkawa	2002/12/15
L system	2002/05/30~11/09
PP system	2002/03/25~06/24
P system	2002/02/09~11/12
C system	2002/04/21~06/24
CS system	2002/07/12
T system	2002/02/14~08/21

(2) 茎高さおよび茎太さの測定

ヨシ植生地や実験装置における地上部の成長に関して定点観測を行った。定点観測では、調査開始時に平均的な成長を見せているヨシ10本にラベルを付け、それらの茎高さおよび茎太さをそれぞれ巻尺やノギスを用いて定期的に測定した。

また、植生地において平均的な成長が見られるヨシ10本を、土壌表面からの高さ5cmの位置で刈取り、その高さおよび茎太さの測定を行った。茎高さは先端までの長さを巻尺で測定したものに長さ5cmを加えたものとし、茎太さはノギスを用いて測定した刈取り断面の直径とした。これ

らの測定値の平均値をそれぞれ平均茎高さおよび平均茎太さとした。

(3) 湿潤重量と乾燥重量の測定

現場調査では、現地において刈り取ったヨシの湿潤重量を測定した後、実験室に持ち帰り110℃、48時間の乾燥を行った後に秤量を行い、乾燥重量を求めた。一方、実験装置植栽のヨシについては、すべて実験室に持ち帰り、湿潤重量と110℃、48時間乾燥重量の測定を行った。含水率はこの湿潤重量と乾燥重量を用いて算出した。

(4) 茎密度と葉現存比の測定

茎密度は、ヨシ植生地において1m×1mのコドラートをとって、その中のヨシ基本数を数えることにより求めた。また、葉重量と地上部重量の比を求めめるために、刈り取ったヨシ地上部を葉と茎に分けて110℃、48時間の乾燥を行った後、その乾燥重量を測定した。

茎密度および葉現存比の測定は、ヨシの葉の脱落が起こる10月から11月の時期を対象として行った。

2-2 重回帰分析による地上部乾燥重量の推定

ヨシ植生地および実験装置から採取したヨシの平均茎高さと平均茎太さを用いて、種子から発芽生育させた1年目のヨシ、数年間実験に用いたヨシ、野外植生地のヨシを対象にそれらの各成長段階で、地上部乾燥重量の推定が可能であるかどうか検討した。

地上部乾燥重量は、植物体の乾燥状態における体積に依存し、茎高さ、茎太さ、葉数等によって決定されるものと考えられる。ここでは、実測する要素を少なくすることと葉数が成長に応じて多くなり、それが茎高さに依存するも

のと考えて、茎高さと茎太さの2変数から地上部乾燥重量を推定する以下の式を仮定した。

$$G=af^b d^c \dots\dots\dots (2-1)$$

ここで、G; 地上部乾燥重量(g/shoot)、H; 平均茎高さ(cm)、d; 平均茎太さ(cm)である。

この式の両辺の対数をとると、

$$\log(G) = \log(a) + b \cdot \log(H) + c \cdot \log(d) \dots\dots (2-2)$$

となり、 $\log(G) = Y$ 、 $\log(a) = A$ 、 $\log(H) = X_1$ 、 $\log(d) = X_2$ とおくと、

$$Y = A + bX_1 + cX_2 \dots\dots\dots (2-3)$$

と表すことができ、重回帰分析³⁾により a、b、c の推定が可能であると考えた。

3. 結果および考察

3-1 調査対象としたヨシの成長の状況

(1) ヨシ植生地における成長

Fig.1 は、松川浦および新北上川の定点観測における茎高さの変化を示す。両地点ともに観測を開始した4月下旬にはすでに茎高さ50cm程度に成長していた。その後、新北上川では7月下旬まで、松川浦では9月上旬まで茎高さの顕著な伸びが観測された。両地点ともに9月の調査ではすでに収穫が見られた。

茎太さは、新北上川ではその顕著な減少が見られたが、松川浦では秋季に茎太さがあまり減少しなかった。尚、一般には、萌芽から1ヶ月程度は茎太さが増加するが、その後の成長時期にはあまり変化しないことが報告されている⁴⁾。一方、ヨシは先端の茎葉が伸びるにつれて茎元から次第に木質化していくことが観察された。Fig.2 は、地上部の含水率の変化を示す。地上部の成長が緩やかになるにつれて含水率が低下する傾向を示していた。新北上川のヨシは松川浦のそれに比べて、同時期の含水率が10%程度低く、地上部の枯死が早めに生じていたと考えられる。ヨシの成長には、湛水深や栄養塩類濃度、塩分濃度等の要因のほかに、積算温度や日射量など緯度に関する要因が反映されることが報告されており⁵⁾、これら要因による成長の違いが現れたものと考えられる。

新北上川や松川浦以外のヨシ植生地における調査からも明らかであったが、野外のヨシは相似形ではなく、茎太さの大きなヨシが、必ずしもその高さも大きいとは限らないことが示された。

(2) 植栽実験装置における成長

野外実験装置 L 系は沼底質を植栽土壌として用いた 2000 年 7 月に植栽後 2 年経過したヨシであり、その茎高さの変

化を Fig.3 に示す。今回測定を開始した 5 月下旬には平均茎高さ 80cm を超えていたが、その後の伸びは少なかった。温度や光の条件が良好になる時期を迎えたにもかかわらず成長が停滞したのは根圏の栄養塩類濃度が少なかったためではないかと考えられる。根圏が発達して土壌中の ORP が上昇すると嫌氣的領域が少なくなるためにリン酸態リンやアンモニア態窒素の溶出が起りにくくなると考えられる。これまで、カラム植栽実験でも根圏の成長に伴い土壌中の栄養塩類濃度がかなり低く抑えられていることが示されている⁶⁾。萌芽後から初期成長にかけて栄養塩類が利用され尽くしたためにその後の成長が停滞したものと考えられる。

Fig.4 に、室内カラム実験装置における茎高さの変化を示す。C1 系および C2 系ともに植栽土壌として沼底質を用いて 2000 年 7 月に植栽を行ったものである。両者の条件の違いは、1 年目の栄養塩類の添加が連続的であるか断続的であるかの違いであり、前者は連続的な栄養塩類の添加が行われた系である。平均茎高さでも違いが生じていたが、平均茎太さにおいても C1 系では 2.3mm、C3 系では 2.0mm であった。各実験装置の平均茎高さおよび平均茎太さのそれぞれの最大値を Table 4 に示す。年数を経ているヨシは茎が太くなる傾向を示したが、茎の太いヨシが必ずしもその高さが大きいとは限らなかった。茎密度や土壌深さなどの関係で、土壌からより多くの栄養分が吸収できる状態にあるヨシは、茎高さおよび茎太さが大きくなる傾向があるのではないかと考えられる。

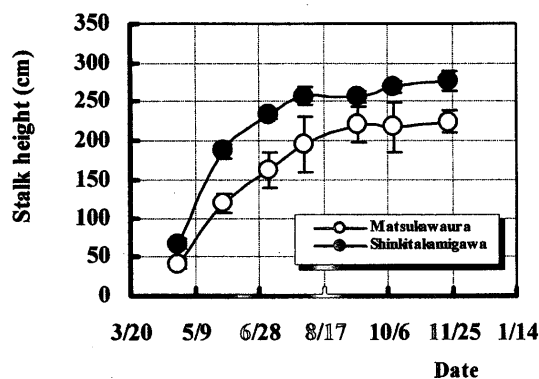


Fig.1 Stalk height of reeds in the field.

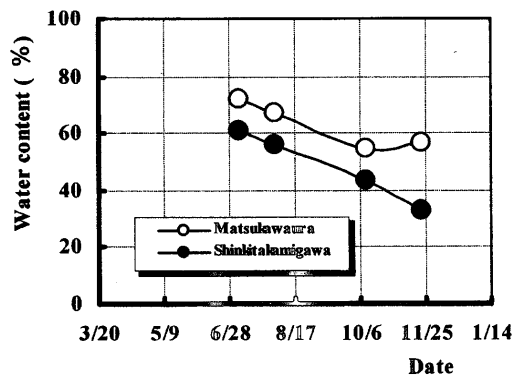


Fig.2 Water content of reeds in the field.

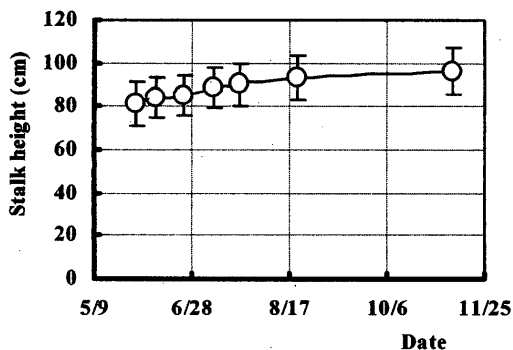


Fig.3 Stalk height of reed in the experimental apparatus.

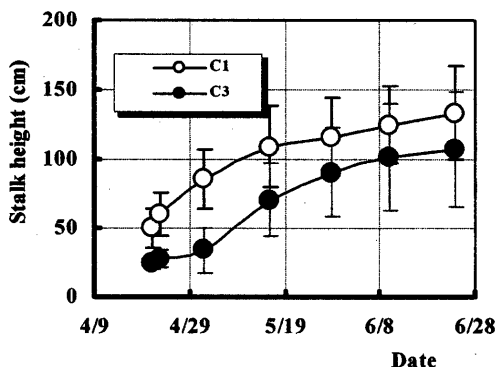


Fig.4 Stalk height of reeds in the experimental apparatus.

3-2 重回帰分析

ヨシ地上部1本あたりの乾燥重量を目的変数、茎高さおよび茎太さを説明変数として重回帰分析を行った。これら変数のデータには、植生地や植栽実験装置からの10本程度ヨシを採取することにより、その平均値を用いた。Table 5は、重回帰分析に用いたデータの一覧を示す。これらのデータを用いて重回帰分析を行った結果、重回帰式として

$$Y = -1.41 + 1.23X_1 + 1.35X_2 \dots\dots\dots (2-4)$$

が得られた。

ここで、偏回帰係数 b、c の有意性を検討するために t 値を求めると、それぞれ 9.73、13.59 であり、1%水準の自由度 36 の t 値 (両側検定) 2.72 と比べ、ともに有意であることが示された。また、説明変数全体としての有意性を検討するために F 検定により F 値を求めると 1876.2 であり、F(2, 36) の 1%水準値 5.26 と比べて有意であることを示している。

従って、地上部乾燥重量は、

$$G = 0.039 H^{2.3} d^{1.35} \dots\dots\dots (2-5)$$

で推定できることが示された。

この推定式を用いて、平均茎高さと平均茎太さの実測値から地上部乾燥重量の計算値を求め、その実測値と比較す

Table 4 maximum of mean height and mean thickness of reed stalk in each apparatus

apparatus	Maximum of mean stalk height (cm)	Maximum of mean stalk thickness (cm)	Depth in soil (cm)
L	96.3	0.319	60
C1	133.0	0.228	50
PP	55.4	0.250	15
PD	76.0	0.134	15
T	37.8	0.092	13

ると、Fig. 5 のようになる。重回帰分析に用いたデータは、異なるヨシ植生地や室内実験装置から採取したものであり、春季から冬季にわたる時期の異なるデータである。夏季の終りから秋季にかけては出穂も含んでおり、秋季から冬季にかけて生じる枯死葉の脱落も一部含んだものである。

すなわち、枯死葉の脱落が起こると地上部現存量は減少するが、平均茎高さや平均茎太さには反映されないために、計算された地上部乾燥重量は実測値よりも過大評価となる。しかしながら、夏季から秋季にかけての時期は出穂および種子形成にともなう重量の増加が起こるなどの理由から、葉がほとんど脱落した枯れヨシにまで適用される推定式が導かれたものと推察される。

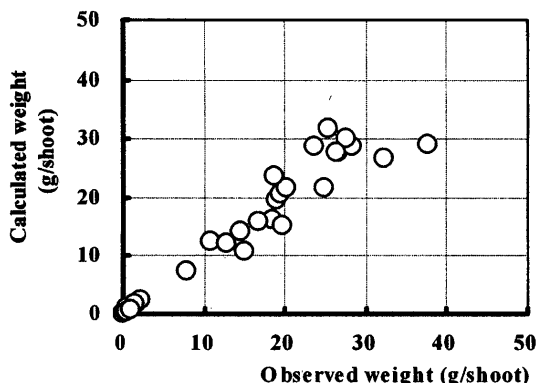


Fig.5 Correlation between observed value and calculated value.

3-3 茎密度

茎密度は、春季から急激に増加して6月頃ピークに達し、7月以降は減少傾向をたどることが報告されている。仙台市蒲生干潟⁷⁾では最大で110本/㎡を超えており、さいたま市荒川河川敷公園内湿地では102本/㎡などの測定例⁸⁾がある。Table 6に、秋季に測定した茎密度を示す。測定した基本数はその時点までに成長した茎すべてを数えており、成長途中で枯死した茎も含んでいる。このなかで、松川浦と新北上川は、ともに春に刈り取りが行われた植生地であり、数えられた茎はすべて新しい年に萌芽したものである。夏井川や北浦は蒲生干潟や荒川河川敷の茎密度と同程度であったが、これらに比べて松川浦や新北上川はかなり茎密度が高い植生地であることが示された。

原田：ヨシ地上部現存量の推定方法

Table 5 List of data for multiple regression analysis.

Date	Site/Apparatus	Number	Mean stalk height (cm)	Mean stalk thickness (cm)	Dry weight (g/shoot)
2001/10/16	P1	45	70.0	0.212	0.94
2001/11/27	P2	51	80.0	0.193	0.94
2002/01/17	P3	56	79.0	0.193	0.77
2002/05/27	PA	67	41.6	0.117	0.17
2002/06/26	C2	39	105.5	0.231	1.44
2002/06/26	PE	41	35.2	0.061	0.07
2002/07/05	Matsukawaura	10	129.5	0.865	10.94
2002/07/05	Shinkitakamigawa	10	173.5	0.652	12.85
2002/07/05	Kitaura	9	161.7	0.857	18.35
2002/07/05	Odaka channel	10	138.5	0.552	7.76
2002/07/08	PB	94	48.3	0.108	0.21
2002/07/08	PC	74	70.5	0.118	0.41
2002/07/08	PD	76	79.0	0.136	0.54
2002/07/12	CS1	13	53.0	0.102	0.30
2002/07/12	CS2	15	56.3	0.110	0.35
2002/07/12	C2	10	66.2	0.257	0.53
2002/07/18	PP	43	44.8	0.197	0.53
2002/07/20	Manogawa	11	146.7	0.688	15.08
2002/07/20	L1	10	77.1	0.295	1.68
2002/08/02	Matsukawaura	10	180.0	0.897	19.04
2002/08/02	Shinkitakamigawa	10	221.5	0.634	16.63
2002/08/03	Kitaura	11	207.5	0.847	24.94
2002/09/13	Matsukawaura	10	201.0	0.836	19.34
2002/09/13	Shinkitakamigawa	10	259.0	0.690	20.10
2002/09/13	Kitaura	11	235.0	0.884	32.19
2002/10/11	Matsukawaura	10	224.5	0.945	26.48
2002/10/11	Shinkitakamigawa	10	214.0	0.628	19.76
2002/10/11	Kitaura	10	237.0	0.929	37.72
2002/11/09	L1	29	96.0	0.340	2.26
2002/11/22	Matsukawaura	10	224.0	0.845	18.73
2002/11/22	Shinkitakamigawa	10	211.0	0.605	14.51
2002/11/22	Kitaura	10	289.0	0.771	28.35
2002/12/19	PP	11	39.7	0.175	0.41
2002/12/19	C4	10	102.5	0.232	1.55
2002/12/19	C2	10	76.5	0.181	0.95
2003/01/17	Matsukawaura	10	254.0	0.933	25.42
2003/01/17	Shinkitakamigawa	10	270.0	0.820	23.73
2003/01/17	Kitaura	10	275.0	0.838	27.63
2003/01/17	Manogawa	10	286.0	0.755	26.37

Table 6 Stalk density of the reeds in the field. (shoot/m²)

Site	1st	2nd	3rd	mean
Natsugawa	110	121	117	116
Matsukawaura	180	178	160	173
Shinkitakamigawa	182	172	189	181
Kitaura	122	112	100	111

3-4 地上部現存量

ヨシ1本あたりの地上部乾燥重量と茎密度から、地上部現存量を算出することができる。地上部乾燥重量は、平均茎高さと平均茎太さから推定することができるので、現場調査において、一定面積のコドラート内の茎高さ、茎太さ、基本数を測定することにより地上部現存量を求めることができる。調査を実施した地点の地上部現存量を求めた結果をTable 7に示す。蒲生干潟における実測値⁷⁾の平均茎高さ280cmと茎密度110本/㎡、これに平均茎太さ0.63cm(データが不明なので新北上川と同じと仮定)を用いて、地上部現存量が2.35kg/㎡と推定された。この推定値は、実測値である夏季の最大値で2.3kg/㎡とほとんど同じであり、このような方法で地上部現存量を推定することがある程度可能であることが示された。

3-5 葉現存比

Table 8は、秋季から冬季にかけてのヨシの葉、茎および穂の乾燥重量を示す。ここで、葉は節から分岐した葉鞘の先端に付くので、脱落せずに成長過程で生じた葉の全数として節の数をを用いた。枯死葉の脱落は、含水率の低下とともに葉の養分が地下部に輸送されてその乾燥重量が最も

小さくなったときに起こりやすい。表中の全葉重量は、脱落せずに残った葉と同形状および同寸法の葉の脱落があったと仮定して、残った葉の枚数および乾燥重量と節数から推定したものである。また、葉現存比は、全葉重量と地上部乾燥重量との比を用いて表した。

Fig. 6は含水率と葉現存比との関係を示す。含水率が高いときの葉現存比は0.5を超えているケースもあった。茎に付着している葉を切り取ってその乾燥重量を測定したために地下部に輸送される養分がまだ残存している状態での測定であったと考えられる。これに対して、含水率が60%を下回る頃から葉現存比の低下が顕著に現れていたが、この頃から地下部への養分の輸送が急激に起こり始めたものと考えられた。そして、葉現存比はおおむね一定の値に収束する傾向を示しており、脱落が生じる時期の葉現存比は0.27程度であることが示された。ヨシの茎部は数年間倒伏せずに存在するものがあるのに対して、葉部は秋季から脱落が起こり、ほとんどが翌春までには植生地のリター層の一部となる。その量は、この時期の地上部現存量の27%に相当する量であると推察することができた。

Table 7 Amount of the ground part existing of reed in the field.

Site	Mean stalk height (cm)	Mean stalk thickness (cm)	Dry weight (g/shoot)	Stalk density (shoot/㎡)	Amount of ground part (kg/㎡)	Date of measuring
Natsuigawa	146.7	0.688	10.88	116	1.26	2002/07/22
Matsukawaura	180.0	0.897	20.01	173	3.46	2002/08/02
Shinkitakamigawa	221.5	0.634	16.17	181	2.93	2002/08/02
Kitaura	207.3	0.847	22.04	111	2.45	2002/08/02

Table 8 Weight ratio of leaves to the ground part existing.

Site/Apparatus	Date of measuring	Node (number/shoot)	Leaf (number/shoot)	Total leaf weight (L) (g/shoot)	Total weight (T) (g/shoot)	Ratio of L/T	Water content (%)
Natsuigawa	2002/11/14	19.1	10.0	15.24	43.28	0.35	47.33
Shinkawa	2002/11/15	17.8	13.5	13.85	38.83	0.36	51.88
Matsukawaura	2002/11/22	16.7	5.9	6.61	23.00	0.29	56.73
Shinkitakamigawa	2002/11/22	16.4	0.6	5.36	19.67	0.27	32.22
Kitaura	2002/11/22	20.9	3.3	10.70	37.37	0.29	40.43
Matsukawaura	2003/01/17	18.1	0.5	9.85	35.00	0.28	16.35
Shinkitakamigawa	2003/01/17	18.8	0.3	8.98	32.58	0.28	15.46
Kitaura	2003/01/17	20.9	0.0	-	-	-	10.14
Manogawa	2003/01/17	20.0	0.0	-	-	-	11.46
PP	2002/12/12	10.8	10.8	0.23	0.46	0.50	62.16
C2	2002/12/19	13.9	13.9	0.51	0.95	0.54	65.50
C4	2002/12/19	14.1	14.1	0.76	1.55	0.49	64.10

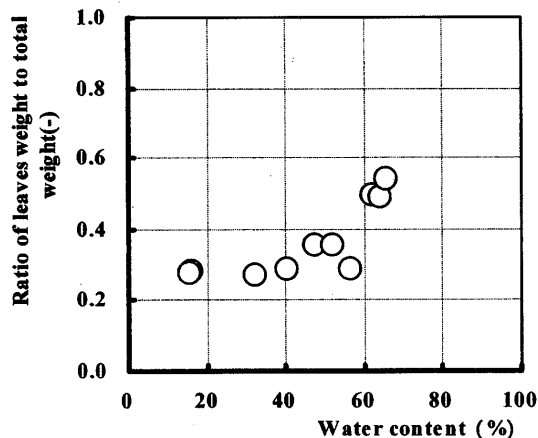


Fig.6 Relation with water content to ratio of leaves weight to total weight.

4. 結論

近年、見直されているヨシ原の価値を評価するうえで、面積だけの把握ではなく、植生地における地上部現存量の把握は重要である。そこで、ヨシ植生地や植栽実験におけるヨシに関する調査データの解析を通して、比較的容易に地上部現存量が把握できる手法の検討を行った。

その結果、異なるヨシ植生地や室内実験装置から採取した、春季から冬季にわたる時期の異なるデータを用いた重回帰分析により、茎高さと茎太さを用いて、地上部乾燥重量を推定する式を得ることができた。さらに、茎密度のデータを用いると、単位面積あたりの地上部現存量を推定することが可能であることが示された。

また、秋季から冬季にかけて脱落する葉の重量は、この時期の地上部現存量の27%に相当する量であることが見積もられた。

参考文献

- 1) 日本生態系協会編(1996)ヨシ原の保護に関する法律(ベルリン州)、ドイツの水法と自然保護、pp. 58-59.
- 2) リバーフロント整備センター編(1997)まちと水辺に豊かな自然をII、山海堂、pp. 138-140.
- 3) 岩井重久編(1982)水質データの統計的解析、森北出版、pp. 72-94.
- 4) Husak, S. (1978) Control of reed and reed mace stand by cutting. In Pond Littoral Ecosystem. Ed. D. Dykyjova & J. Kvet, Springer-Verlag, Berlin. Ecological Studies, Vol. 28, pp. 404-408.
- 5) 田中規夫、浅枝 隆、Shiromi KARUNARATNE (2000) 日射量・気温変化によるアシ *Phragmites australis* の生長予測解析、土木学会論文集、No. 663/II-53, pp. 119-129.
- 6) 原田正光(2001)ヨシ根圏に形成された微好気環境における無機態窒素除去、福島工業高等専門学校研究紀要、No. 41, pp. 45-52.
- 7) 栗原 康編著(1996)河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー、東海大学出版会、pp. 145-149.
- 8) 湯谷賢太郎、浅枝 隆、シロミ・カルナラツヌ(2002) 夏季の刈取りがヨシの成長に及ぼす影響、水環境学会誌、Vol. 25, pp. 157-162.