関西自然保護機構会誌 *23* (*2*) : *91－97, 2001*

原　著

白神山地のイワナ資源量
－集水面積をパラメータにして推定する－

鹿　野　雄　一
京都大学理学部　村　上　興　正
金沢大学理学部　鎌　田　直　人

Biomass of the white-spotted charr in Shirakami Forest in Japan. Yuichi Kano, Okimasa Murakami (*Faculty of Science, Kyoto University*), & Naoto Kamata (*Faculty of Science, Kanazawa University*)

Abstract　The ecological abundance of white-spotted charrs living in streams with clear water were studied in the Shirakami forest, a focal Japanese forest reserve recently registered as one of the world Heritages. The density and biomass of charrs per unit stream length were enumerated at 16 sampling points established along different tributary streams of a river within the study forest. Two enumerated charr abundance measures, density and biomass, were highly correlative with the watershed area of tributary streams. Regression equations for charr density and biomess, respectively, with respect to watershed area were also determined and their statistical significance or robustness was confirmed. By using the equations, the total density and biomass of charrs, respectively, can be successfully calculated from the watershed area, which is easily quantifiable on the topography map of the study forest. The calculated fish density and biomass in the forest reserve, c. 170 square kilometers in area, are 67,000 and 6,800kg, respectively. These estimates of charr population size suggest the importance of the focal forest reserve for the conservation of charrs and offer a further basis for the valuation of the Shirakami forest as the World Heritage.

Key Words : biomass, charr, density, Shirakami forest reserve, watershed area

はじめに

河川環境が淡水魚の資源量に及ぼす影響については，これまで多くの研究がなされてきた（e.g. Meehan, 1991 ; 井上，1998)。特にサケ科魚類においては，水温（Barton *et al*, 1985)，河畔林の有無（Murphy *et al*., 1986; Bilby and Bisson, 1992)，倒流木の量（Fausch and Northcote, 1992; Elliott, 1986)，河川の特性（Inoue *et al*, 1997)，淵の数（Murphy *et al*., 1986, Marco 1995）など，さまざまな要因が指摘されている。しかし，これらの要因は変動したり客観性に欠ける場合が多く，定量的な比較をすることが難しい。さらに，河川環境は，それらだけではなくさまざまな要素から成り立っているため，そういった個々の生態的が持つ意味は必ずしも明確ではない。一方で，河川環境を形成するすべての要素を計測するのは不可能である。したがって，河川環境を総合的かつ定量的にとらえて，資源量との関係を調べた研究はこれまでになかった。

関西自然保護機構業績　第287号，関西自然保護機構研究助成 No. 61

そこで本研究では，資源量を決定する要因として，「集水面積」という河川環境に間接的に影響を及ぼす地質学的な数字を考えた。集水面積は林産工学や砂防工学などにおいてしばしば使われる数字であるが，生態学において河川環境を評価する基準として用いた例はこれまでにない。集水面積は，地形が変わらない限り変動することがなく，地図上から定量的に求められる数字である。本研究では，集水面積と個体群密度の相関関係を明らかにすることで，世界遺産である白神山地に生息するイワナ（*Salvelinus leucomaenis*）の資源量を定量的に推定することに成功した。ここでは，その方法と結果を紹介する。

本研究を行うにあたり，藤里森林センター，関西自然保護機構，NTT ドコモ東北，には多大なる援助をいただいた。心からお礼申し上げる。

方　法

調査は，白神山地の秋田県側核心地域で，粕毛川上流の下雁森沢出会い付近より上流域 15.07 km^2（以後，「調査区域」とよぶ）にて行った（図1）。イワナ以外の淡水魚は，カジカ（*Cottus pollux*）が一部に棲息するだけである。1993年に世界遺産に登録されてからは，この地域への立ち入りや漁は禁止されており，本研究は許可を得て行った。

調査区域内の河川に 16 の捕獲区を設け（図1，表1），各捕獲区において6月9日から9月22日までそれぞれ4～6回ずつ標識再捕による調査を行った（表2）。捕獲には電気ショッカーを用いた。各捕獲区とも下流側から電気ショッカーを河川沿いに 50 m の範囲でかけイワナを捕獲した。捕獲されたイワナはフェノキシエタノールで麻酔し，尾叉長と生体重を計測した。捕獲区はそれぞれ 150 m 以上であるため，この作業をくりかえして捕獲区すべての範囲で捕獲を行った。標識は，ラテックス色素をヒレ（背鰭，胸鰭，腹鰭）

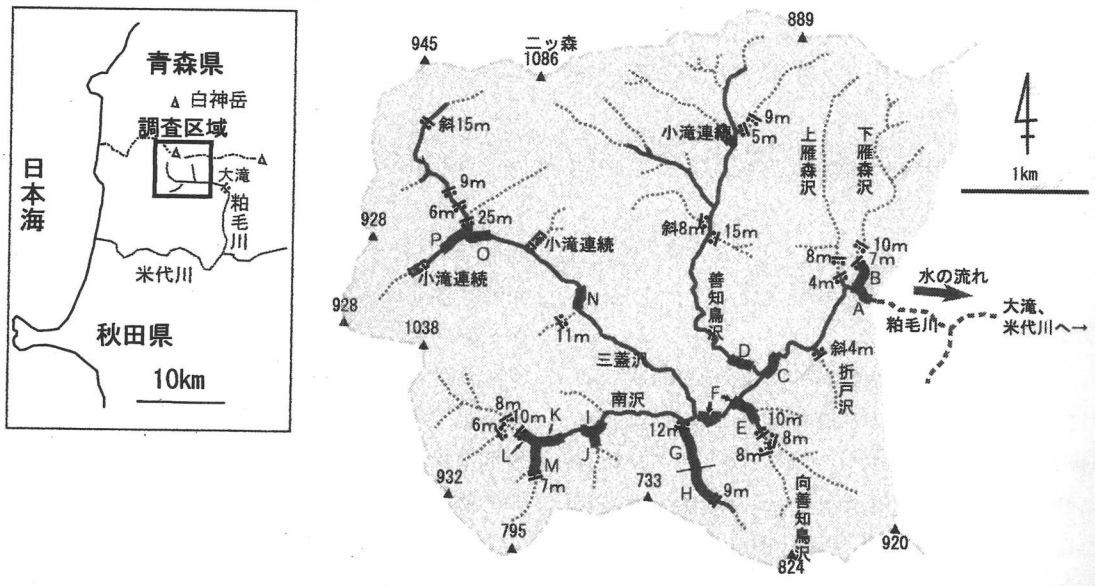


図1． 捕獲調査地点．世界遺産登録地域の約9％にあたる調査区域内に A～P の 16 地点の捕獲区を設けた．━━ イワナの分布する水系，┅┅ イワナのいない水系，■■ 捕獲区 A～P，▪▪▪▪ 調査区域外．滝の数字は落差を示す．

表1．各捕獲区における河川環境.

捕獲区	河川沿いの長さ(m)	集水面積(km^2)	高度(m)	型	落差1m以上の滝の数	水深1.5m以上の淵の数	カジカの生息
A	150	14.81	340	Bb	0	2	○
B	150	1.05	370	Aa	2	0	○
C	200	12.27	380	Bb	0	2	○
D	200	3.77	390	Aa-Bb	0	0	○
E	250	0.99	420	Aa	3	1	○
F	300	7.39	390	Bb	0	0	○
G	300	0.55	430	Aa	3	0	×
H	310	0.36	480	Aa	2	0	×
I	200	1.61	440	Aa-Bb	0	1	○
J	150	0.30	460	Aa	3	0	×
K	200	1.30	480	Aa	4	0	×
L	150	0.81	510	Aa	6	0	×
M	250	0.42	520	Aa	7	0	×
N	200	3.39	420	Aa-Bb	0	0	○
O	200	2.44	500	Aa-Bb	0	0	×
P	250	0.79	520	Aa	4	0	×

表2．各捕獲区における捕獲日.

捕獲区	調査1 6/2～6/18	調査2 7/2～7/27	調査3 7/28～8/8	調査4 8/15～8/22	調査5 9/3～9/9	調査6 9/12～9/22
A	−	−	8/8	8/20	9/7	9/20
B	−	7/27	8/8	8/20	9/7	9/20
C	−	7/11	7/30	8/17	9/5	9/17
D	−	7/6	7/30	8/17	9/6	9/17
E	6/11	7/3	7/28	8/18	−	9/15
F	−	7/6	7/28	8/18	9/6	9/22
G	6/15	7/4	8/1	8/21	−	9/18
H	6/15	7/4	8/1	8/21	−	9/18
I	−	7/2	7/29	8/16	9/3	9/16
J	6/9	7/2	7/29	8/16	9/6	9/16
K	−	7/14	8/4	8/19	9/9	9/21
L	−	7/15	7/4	8/19	9/9	9/21
M	−	7/8	8/4	8/19	9/9	9/21
N	−	7/17	8/3	8/22	9/8	9/22
O	−	7/26	−	8/15	9/4	9/19
P	−	7/26	−	8/15	9/4	9/19

に注射することで個体識別した。麻酔から覚めた後，その50m区間の中心付近の流れの穏やかな所に再放流した。齢構造については，サイズの頻度分布によって齢を0＋，1＋，2＋以上に区別したが，それがわからない個体については鱗を採取し齢査定を行った（Nakamura *et al.*, 1998）。

この標識再捕法による調査結果から，各捕獲区において，繁殖を始める2＋齢以上の個体について，Jolly-Seber法によりその個体群密度を推定した。各捕獲区で捕獲は4回以上行ったので，推定値は2つ以上出る。各捕獲区における個体群密度は，推定値の平均値とした。さらに，各捕獲区における平均体重から，それぞれの捕獲区の生物量を求めた。

集水面積は，25000分の1の地図を用い，等高線に直行する線を引くことにより各地点の集水範囲を定め，その面積を測ることで求めた。捕獲区の集水面積は，その捕獲区の50mごとの中心地点における集水面積の平均値を求め，その数値を用いた。

このようにして求めた各捕獲区における個体群密度と集水面積について，最小二乗法によってその回帰曲線を定めることにより，集水面積と個体群密度との関係を求めた。前述のように集水面積は，地図上から求めることができるので，この回帰式を，調査区域内の捕獲を行っていない場所にもあてはめて，すべて合計することにより，調査区域内の総個体数を求める。生物量についても同様に計算を行う。ただし，魚止めの滝の上流部や，最上流部の水がほとんど流れていないような場所には，イワナは生息していないので，その場所にまで回帰式をあてはめると，過大評価になる。そこで，調査区域内のすべての河川を踏査することによりイワナの分布を求め，イワナのいない河川を除外した。

今回の調査区域（15.07 km^2）は，ユネスコの世界自然遺産に登録地域（169.71 km^2）の約9パーセントにあたる。そこで，単純に面積比から，登録地域におけるイワナの総個体数と生物量を求めた。

結　果

表3は，イワナの2＋齢以上の個体について，各捕獲区における密度を示している。各捕獲区の調査時期ごとでのイワナの推定個体数密度に大きな違いは見られない。しかし捕獲区間では個体群密度に大きな開きが見られる。表4は，各捕獲区における推定生物量を示しているが，同様のことが言える。

図2と図3は，集水面積と推定密度，及び，集水面積と生物量，との関係を捕獲区ごとにプロットし回帰曲線を求めたグラフである。回帰曲線の式は，集水面積をA（km^2），密度をD（匹／50m），バイオマスをB（kg／50m）とすると，

$D = 14.026 \times A^{0.4858}$ ($r^2 = 0.8063$, $p < 0.01$)

表3． 各捕獲調査における各捕獲区の推定密度．Jolly-Seber法によって2＋齢以上の個体群密度を推定した．

調査区	Jolly-Seber 法による推定値（匹/50m±S. D.）						
	調査1	調査2	調査3	調査4	調査5	調査6	平均
A	−	−	−	56.3 ±15.9	34.0 ± 8.8	−	45.1
B	−	−	11.0 ± 2.2	11.2 ± 0.9	17.8 ± 4.0	−	13.3
C	−	−	58.8 ±17.5	36.2 ± 8.0	59.8 ±20.6	−	51.6
D	−	−	28.6 ± 5.3	22.6 ± 2.5	27.2 ± 5.7	−	26.1
E	−	11.1±1.5	14.4 ± 2.2	14.7 ± 2.8	−	−	13.4
F	−	−	40.8 ± 7.7	32.6 ± 5.0	31.6 ± 5.2	−	35.0
G	−	13.1±3.3	9.5 ± 0.8	9.2 ± 0.8	−	−	10.6
H	−	8.4±2.2	4.0 ± 0.4	5.8 ± 1.4	−	−	6.1
I	−	−	17.8 ± 3.4	16.2 ± 1.7	23.0 ± 4.9	−	19.0
J	−	8.0±1.9	11.3 ± 2.2	9.5 ± 1.0	−	−	9.6
K	−	−	23.6 ± 4.1	19.1 ± 1.5	26.2 ± 3.1	−	22.9
L	−	−	19.9 ± 2.7	33.6 ± 6.2	24.2 ± 3.6	−	25.9
M	−	−	5.2 ± 0.6	4.9 ± 0.5	6.3 ± 0.9	−	5.5
N	−	−	15.0 ± 1.8	22.9 ± 3.7	17.2 ± 2.2	−	18.4
O	−	−	−	33.4 ± 8.1	18.3 ± 2.1	−	25.8
P	−	−	−	9.0 ± 1.0	13.6 ± 2.8	−	11.3

表4． 各捕獲調査における各捕獲区の推定生物量．各捕獲区の推定密度と平均体重から推定．

調査区	推定生物量(kg/50m)						平均
	調査1	調査2	調査3	調査4	調査5	調査6	
A	−	−	−	7.1	5.1	−	6.1
B	−	−	1.1	1.1	1.9	−	1.4
C	−	−	6.7	4.1	6.2	−	5.6
D	−	−	2.8	2.3	3.0	−	2.7
E	−	0.8	1.1	1.1	−	−	1.0
F	−	−	4.2	3.3	3.5	−	3.7
G	−	1.0	0.7	0.7	−	−	0.8
H	−	0.8	0.4	0.6	−	−	1.6
I	−	−	1.4	1.3	1.7	−	1.5
J	−	0.6	1.0	0.8	−	−	0.8
K	−	−	2.0	1.7	2.5	−	2.0
L	−	−	1.4	2.5	1.9	−	2.0
M	−	−	0.4	0.4	0.5	−	0.4
N	−	−	1.4	2.2	1.7	−	1.8
O	−	−	−	3.2	1.8	−	2.5
P	−	−	−	0.9	1.4	−	1.2

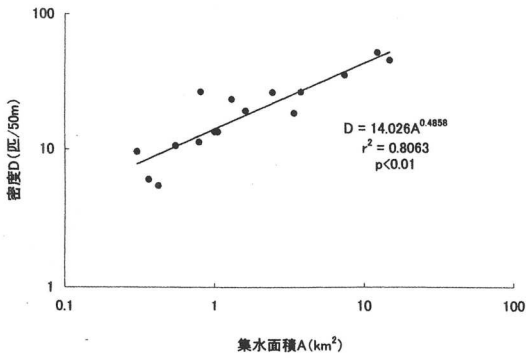


図2． 集水面積とイワナ個体群密度の関係．点一つが一つの捕獲区を表す．

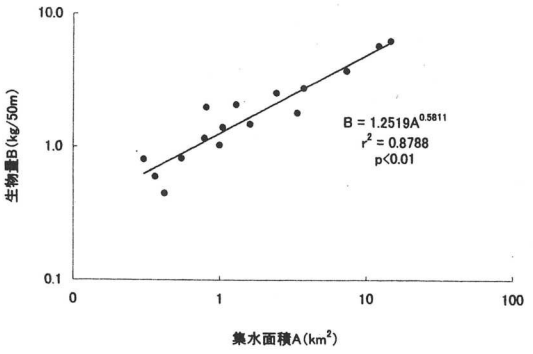


図3． 集水面積とイワナ生物量との関係．点一つが一つの捕獲区を表す．

$B = 1.2519 \times A^{0.5811}$ ($r^2 = 0.8788$, $p<0.01$) と表される。

図4は，調査区域の最下流部からの距離と集水面積の関係を調査区域内の水系別に示している。図4の各点において，その地区における個体数と生物量を，上で示した回帰曲線式によって求め，それらを合計すると，

$\Sigma D = 5959$ (匹)

$\Sigma B = 599.5$ (kg)

となった。つまり，調査区域 15.07 km² には，5959匹・599.5 kgの2＋齢以上のイワナが棲息していると推定される。1 km² あたりでは395匹・39.8 kgとなる。したがって，世界遺産に登録されている白神山地の総面積 169.71 km² には67108匹・6751 kgの成体イワナ（2＋齢以上）が棲息しているものと推定される。

考　察

本研究から，白神山地における集水面積とイワナ成魚の個体群密度・生物量との間には非常に高い相関関係が見られた（$r^2>0.8$, $p<0.01$）。この

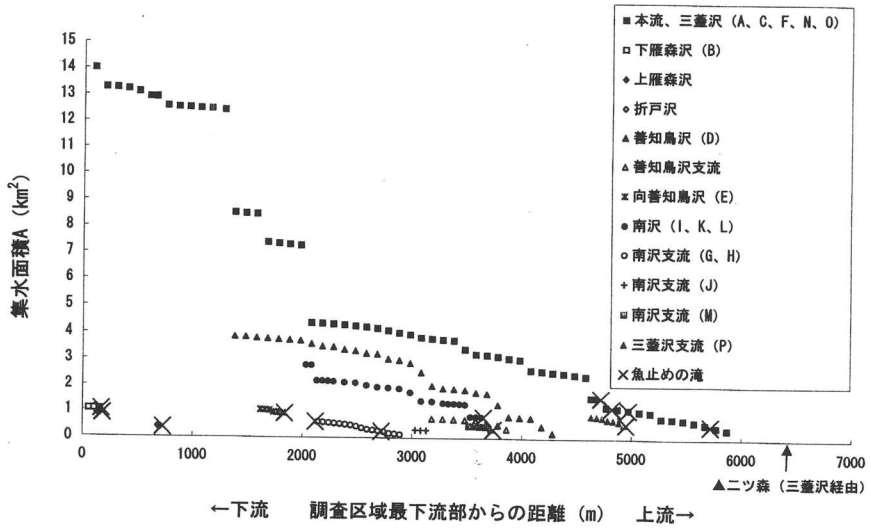


図4．調査区域内の各沢における集水面積．25000分の1の地図を用いて100m以内ごとにプロットした．イワナの生息しない水系は示されていない．

ことから，集水面積を，資源量を求める際のパラメータとして用いたのは，非常に有効であったと言える。今後は，別のイワナ個体群や別種の淡水魚でも同様の方法で調査する価値は十分あるし，別のイワナ個体群と今回の結果との比較は興味深いと思われる。

登録地域全体の個体密度を推定する際に，単純に調査区域と登録地域の面積比で求めたが，より正確に求めるなら，登録地域内の全ての河川において，推定された計算式を当てはめるべきである。しかし，全地域のイワナ分布を踏査することができなかったので，そのような推定はできなかった。登録地域の青森県側は，昔からマタギによって魚止めの滝の上流にもイワナが放流されており，今回調査した秋田県側よりも広い範囲でイワナが分布していると考えられる。したがって，単純に面積比で出した67000匹・6.8tという値は，多少，過小評価になっているかもしれない。

いずれにせよ，個人的には，この数字は意外に少ないなという印象を持っている。白神山地のような優れた原生林でさえ，たった4匹・400gのイワナが生存するために，1ヘクタールもの面積が必要なのである。つまり，「河川」という環境を形成するためには，非常に広い面積が必要であるということを意味しているだろう。今後，生態学的に河川環境を考える際には，水の流れている一次元的な部分だけを考えるのではなく，集水域全体を二次元的に捉えていく必要がある。イトウ・ネコギギ・イトヨ・ハリヨ・アユカケ・オヤニラミ・イシドジョウ・アユモドキなど，河川の中～上流域に棲む淡水魚が絶滅の危機に瀕しやすいのも，こういった河川環境の希少性に一つの原因があるのかもしれない。

引用文献

Barton, D. R., W. D. Taylor and R. M. Biette. 1985. Dimensions of riparian buffer strips required to maintain trout habitat in southern ontario streams. *North American*

Journal of Fisheries Management, 5 : 364－378.

Bilby, R. E. and P.A. Bisson. 1992. Allochthonous versus autochthonous organic matter contributions to the trophic support of fish populations in clear-cut and old-growth forested streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 49 : 540－551.

Elliot, S. T. 1986. Reduction of a Dolly Varden population and macrobenthos after removal of logging debris. *Transactions of American Fisheries Society*, 15 : 392－400.

Fausch, K. D. and T. G. Northcote. 1992. Large woody debris and salmonid habitat in a small coastal British Columbia atream. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 49 : 682－693.

Inoue, M., S. Nakano and F. Nakamura. 1997. Juvenile masu salmon (*Oncorhynchus Masou*) abundance and stream habitat relationships in northern Japan. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 54 : 1331－1341.

――（井上幹生）. 1998. 森と魚. 森誠一（監修・編集）, 145-157. 魚から見た水環境. 信山サイテック, 東京.

Marco, A. R. 1995. Habitat-specific estimates of competition in stream salmonids: a field test of the isodar model of habitat selection. *Evolutionary Ecology*, 9 : 169－184.

Meehan, W. R. 1991. *Influence of Forest and* Rangeland Management. American Fisheries Society Special Publication 19. xxx pp.

Murphy, M. L., J.Heifetz, S. W. Johnson, K. V. Koski and J. F. Thedinga. 1986. Effect of clear-cut logging with and without buffer strips on juvenile salmonids in Alaskan streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 43 : 1521－1533.

Nakamura, T., T. Maruyama, and S. Watanabe. 1998. Validity of age determination in the fluvial Japanese Charr *Salvelinus leucomaenis* by scale reading. *Fisheries Science*, 64 : 385－387.