

# 飼料中のKとNa含量およびK/Na値のウナギに およぼす影響

舟 木 行 雄・鈴 木 秀 子\*

Effect of K and Na contents and K/Na value in Diets on Eel (*Anguilla japonica*)

Yukio Funaki・Hideko Suzuki

## 緒 言

ウナギは養殖魚の中でも高蛋白の飼料を要求する魚類であり、配合飼料も研究が進み、蛋白質、脂質およびビタミンなどに関しては多くの報告がある<sup>1)2)3)</sup>。また、飼料固定のための $\alpha$ -デンプンおよびC.M.Cなどの使用量に関しても検討されている<sup>4)</sup>。しかし、無機質に関しては研究があまり進められず、したがって報告もほとんどない。

著者は飼料中の無機質に関する基礎研究の一端として、飼料中のカリウム（以下K）とナトリウム（以下Na）の含量がウナギ体のKとNa代謝にどのような影響をおよぼすかを知るため、環境を一定にして、KとNaの量とそれらの重量比の異なる（他の組織は同一）飼料を3種（K/Na=0.6, 1.8および3.7）調製し、3区に分けた日本産ウナギ（*Anguilla japonica*）にそれぞれ90日間給餌した。その期間、生活状態を観察し、給餌終了後各区の魚体中のKとNaの含量を測定して比較検討した結果、興味ある現象を得たので報告する。

## 実 験 方 法

### 1 飼料調製

3種の飼料中のKとNaの重量比がそれぞれ0.6, 1.8および3.7になるようにするため、植物性蛋白（フジ精油K製フジプロ）のK塩とNa塩での調節と無機塩混合の組成の調節とで調整した。すなわち、表-1に示すように、K/Na=0.6の飼料は植物性蛋白のNa塩とマツカラム塩NO.185<sup>5)</sup>のKの部分に置きかえ、K/Na=1.8は、植物性蛋白のK塩とNa塩を等量にして、マツカラム塩NO.185をそのまま使用し、K/Na=3.7は、植物性蛋白のK塩とマツカラム塩NO.185のNaの部分にK

に置きかえ、他の組成は3種とも同一になるように調製した。

表-1 飼料組成（%）

|              | 第1区   | 第2区   | 第3区    |
|--------------|-------|-------|--------|
| 植 物 性 蛋 白    | —     | 14    | 28     |
| 脱 脂 魚 粉      | 28    | 14    | —      |
| 液 化 蛋 白      | 33    | 33    | 33     |
| ビ タ ミ ン 混 合  | 9.3   | 9.3   | 9.3    |
| a. — ス タ ー チ | 1.8   | 1.8   | 1.8    |
| ※ 無 機 塩 混 合  | 18.6  | 18.6  | 18.6   |
| フ ィ ード オ イ ル | 2.8   | 2.8   | 2.8    |
|              | 6.5   | 6.5   | 6.5    |
| K (mg)       | 487.1 | 1000  | 1362.5 |
| Na (mg)      | 768.2 | 556.4 | 364.1  |
| K/Na         | 0.60  | 1.80  | 3.70   |

※第2区はマツカラム塩Na185、第1区は同塩のKの部分にNaに、第3区はNaの部分にKにそれぞれ置きかえてある。

### 2 供試魚

入手した日本産ウナギ活魚（体重2～40g）約150尾を通気している環境水（東京都水道水を48時間以上放置して自然脱塩素したもの）中に2日間放泳させた後、肉眼で健康と思われるものを選び、表-2に示すように区分けした。

表-2 各区の尾数と体重との関係 体重単位：g

| 区      | 尾 数<br>(重量) | 尾 数<br>(重量) | 尾 数<br>(重量) | 合計尾数<br>(重量) | 平均体重 |
|--------|-------------|-------------|-------------|--------------|------|
| 1      | 2 (70)      | 12 (189)    | 14 (35)     | 28 (294)     | 10.5 |
| 2      | 2 (70)      | 12 (185)    | 14 (38)     | 28 (293)     | 10.5 |
| 3      | 2 (78)      | 12 (185)    | 14 (28)     | 28 (291)     | 10.4 |
| 1尾当り体重 | 30~40       | 14~20       | 2~3         |              |      |

すなわち、第1区、第2区および第3区と3区設け、各区の重量と尾数の関係がほぼ等しくなるように調整した。尚、入手してから試験開始までの期間中にはへい死魚は出現しなかった。

\* 元本学食料科助手

### 3 試験条件

各区ともガラス水槽 (60×30×37cm) に45 l の環境水を入れ、通気しつつ、水温22~24℃に保った中に各区の供試魚を入れた。

給餌は第1区には飼料中の K/Na 値が 0.6, 第2区には1.8および第3区には3.7の飼料を各区とも1日当り体重の3%を2回に分けて純水 (脱イオン水) を加えて練ったものを給与し、90日間試験をおこなった。その期間は30日ごとに体重を測定し、給餌量を調節した。また、2日ごとに飼水の半量を新しい環境水と交換した。

### 4 測定方法

試験終了後、飼料の影響をなくするため2日間絶食させ、体重を測定し、1尾ごとにKとNaの測定試料とした。KとNaの定量は、硝酸、過塩素酸による湿式灰化の後、炎光光度計 (東京光電K. K製 ANA 10) により定量した。また、区分け時に予め5尾を別に採取し、試験開始時の試料とし、試験期間中に出現したへい死魚についてもそのつど1尾ごとに同一の方法で定量した。

### 結果考察

90日間の試験期間中の各区の生活状態を観察すると、第1区と第3区にはへい死魚と共食い (ここでいう共食いとは、大型ウナギ1尾が小型ウナギの全魚体を飲みこむ現象をいう) が出現した。すなわち、表一3に示すように、第1区はへい死魚が6尾、共食いされた魚が10尾に対して、第3区はへい死魚は1尾、共食いされた魚は16尾であり、残生存魚は両区とも試験開始時尾数の1/2以下になった。

表一3 各区のへい死、共食い状況  
( ): %

| 区 | へい死<br>尾数 | 共食いさ<br>れた尾数 | 残 存<br>尾数 |
|---|-----------|--------------|-----------|
| 1 | 6 (21)    | 10 (36)      | 12 (43)   |
| 2 | 0         | 0            | 28 (100)  |
| 3 | 1 (4)     | 16 (57)      | 11 (39)   |

第2区はへい死魚と共食いが出現せず安定した生活状態であった。表一4は各区のへい死魚と共食い出現状況を示しているが、へい死魚はいずれも比較的小型ウナギにみられた。共食い状況をみると、試験期間の初期から中期にかけては第1区にみられ、中期から末期にかけては第3区にみられた。

表一4 各区のへい死魚出現日数と共食いされた期間  
へい死

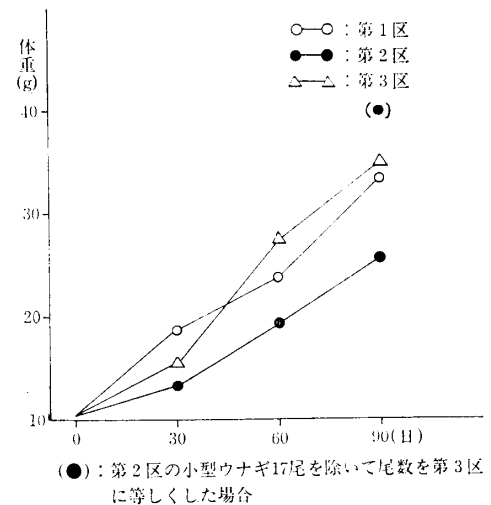
| 出現<br>日数 | 第1区尾数<br>(体重g) | 第3区尾数<br>(体重g) |
|----------|----------------|----------------|
| 25       | 1 (3.4)        | 1 (11.3)       |
| 47       |                |                |
| 59       | 1 (3.5)        |                |
| 61       | 1 (3.2)        |                |
| 65       | 1 (3.6)        |                |
| 77       | 1 (13.2)       | 1 (13.6)       |
| 84       | 1 (13.6)       |                |
| 合計       | 6              | 1              |

### 共食い

| 出現<br>期間日 | 第1区尾数 | 第3区尾数 |
|-----------|-------|-------|
| 0~30      | 7     | 0     |
| 31~60     | 3     | 9     |
| 61~90     | 0     | 7     |
| 合計        | 10    | 16    |

以上のような生活状況のもとで体重を測定してみると、図一1に示すように、各区とも体重は増加しているが、平均値は試験開始から30日目に第1区の尾数と等しくするため第2区と第3区から小型ウナギを除去して各区とも21尾として測定した。しかし、その後第1区と第3区にへい死魚と共食いが続出したため、第2区は21尾として、第1区と第3区は現状のまま測定した。

図一1 平均体重の経日変化



したがって、試験終了時には第1区と第3区には小型ウナギがないため平均体重値は第2区より増加しているが、第2区は小型ウナギを除いて第3区に等しい尾数として測定すると最も高い増加になった。これらのへい死魚や共食い現象については、KやNaの極端な過剰や不足によるストレスから adenocorticotrophic hormon (ACTH) が増加し、生活が不安定になることが考えられる<sup>7)</sup>。

次に各区の残生存ウナギ体中のKとNa含量を表一5に示す。K含量は第1区、第2区、第3区の順に高く、Na含量は同順序に低くなっている。したがって K/Na 値は第1区、第2区、第3区の順に高くなり、各区の飼

料中の K と Na の含量および K/Na 値の順と一致しており、飼料の影響がウナギ体におよんだと考えられる。しかし、各区とも試験開始時の試料よりは K, Na ともに低かった。

表一 5 残生存ウナギ体中の K, Na 含量および K/Na 値

| 区   | 尾 数 | K (mg%)    | Na (mg%)  | K/Na      |
|-----|-----|------------|-----------|-----------|
| 1   | 6   | 148.3±5.5  | 65.0±1.2  | 2.28±0.04 |
| 2   | 14  | 155.0±7.2  | 56.8±1.9  | 2.73±0.07 |
| 3   | 6   | 162.3±16.3 | 49.3±3.0  | 3.29±0.19 |
| 開始時 | 5   | 198.1±2.6  | 71.0±1.48 | 2.76±0.03 |

(±: S・E)

へい死魚については、表一 6 に示すように残生存魚と比較すると K 含量, Na 含量ともに低かった。特に Na 含量は K 含量より減少率が高かった。それは、生体膜に異状をきたし, Na が体外に異状に排出され細胞外液濃度が低くなる。そこで細胞内液が補助的に細胞外に出て外液となるが、排出が続くとき K まで排出されて死におよぶと考えられる<sup>8)9)10)</sup>。そのため K/Na 値はいずれも高くなった。

表一 6 へい死ウナギ体中の K, Na 含量および K/Na 値

| 区 | 体重(g)     | 尾数 | K (mg%)   | Na (mg%) | K/Na      |
|---|-----------|----|-----------|----------|-----------|
| 1 | 3.2~3.7   | 4  | 109.2±4.0 | 23.4±0.5 | 4.67±0.11 |
|   | 12.6~13.2 | 2  | 82.1±0.2  | 21.9±0.2 | 3.75±0.03 |
| 3 | 11.0      | 1  | 82.6      | 14.0     | 5.90      |

(±: S・E)

共食いしたウナギ体については、共食いによる影響は考えられるが、本試験では明らかな数値は測定によって示されなかった。

以上のことから、本試験では 3 種の飼料の内 K/Na=1.8 のものが最も適していると一応は考えられる。しかし、飼料組成は非常に複雑であるから、ただ単に数種の組成だけを考えて是非は決定できないし、また魚体の生理・生化学的なこと、特に酵素に関して、あるいは水質との関係も深く考えなければ解決できない問題である<sup>11)12)13)14)</sup>。

## 要 約

養殖ウナギにおいて飼料の質がウナギ体にどのような影響を与えるかを知るため、K と Na 含量とそれらの比の異った飼料 3 種 (K/Na=0.6, 1.8 および 3.7) を調

製し、3 区に分けた日本産ウナギにそれぞれ 1 日当り体重の 3% を 90 日間給餌し、次のような結果を得た。

1 飼料中の K/Na=0.6 の区はへい死率が高かった。また、K/Na=0.6 と 3.7 の両区には共食い現象が出現した。K/Na=1.8 の区はへい死魚、共食いが出現しなかった。

2 残生存魚体中の K, Na 含量と K/Na 値は各区の飼料中の K, Na 含量と K/Na 値の順と一致することが認められた。

3 へい死魚体中の K, Na 含量と K/Na 値は、残生存魚と比較して K 含量, Na 含量ともに低かったが、特に Na 含量が非常に低いため、K/Na 値は高くなった。また、小型ウナギに比較して大型ウナギは K 含量が低かった。

## 文 献

- 1) 竹井 誠: 東海水研報, 65 (1971)
- 2) 静岡水試浜名湖分場: はまな, 83 (1968)
- 3) 静岡水試浜名湖分場: はまな, 93 (1968)
- 4) 松井 魁: 鰻学, 養成技術篇, P. 361. 恒星社厚生閣 K. K. 1972
- 5) McCollum, E. V. & Simmonds, N.: J. Biol. Chem, 33. 55 (1918)
- 6) 日本化学会編: 実験化学講座, 15 卷一下 P. 50~59. 丸善 1958
- 7) Rasquin, P. & Rosenbloom, L.: Bull. Am. Mus. Nat. Hist., 104, 359~426 (1954)
- 8) Ussing, H. H. & Zerahn, K.: Acta. Physiol. scand. 23, 111 (1951)
- 9) Donnan, F. G.: Z. Elektro Chem. 17. 572 (1911)
- 10) 舟木行雄, 鈴木秀子: 駒沢女子短期大学「研究紀要」第 10 号 17~20 (1976)
- 11) 北御門学. 立野新光: 日水誌, 26, 679~684 (1960)
- 12) Nagase, G.: Zeit. Vergl. Physiol, 49, 270~284 (1964)
- 13) 橋本芳郎, 岡市友利: 水産研究叢書, 9, 11~14. (1968)
- 14) Barrington, E. J. W.: The alimentary canal and digestion; in "The physiology of fishes" Vol. 1, Brown, M. E (ed), 109~162, Acad. Press. New York. 1957