

高・低情動反応性系ラットの行動比較:6

—F₁を加えた分析(その1) 飲水行動—

筑波大学心理学系

中村 則雄 藤田 統

筑波大学大学院(博)心理学研究科

加藤 宏 鎌塚 正雄

われわれは、遺伝的に情動反応性の異なるラットの系統を作り出すために、1972年以来、ランウェイ・テストにおける通過区画数を基準とした選択交配を行ってきた*1(Fujita, et al., 1976)。10年を経た現在では、暗くて狭い出発箱からほとんど出ない高情動反応性系(H系)と、明るい走路へ出てよく動き回る低情動反応性系(L系)の2系統が、完全に分離している*2(中村, 1981)。

これら2つの系統が分離しはじめた段階から、情動場面を含む様々な事態において、両系の行動特性を明らかにするために多くの行動比較実験が行なわれてきた(阿部ら, 1977; 中村ら, 1978; 中村・藤田, 1979, 1980; 藤田ら, 1980; 藤田・片山, 1981)。こうすることによって、動物の情動行動を解明する手掛りを得ようと考えたからである。その結果、H・L系ラットは、選択基準であるランウェイでの通過区画数だけでなく、様々な場面で、特に情動場面において特徴的な行動パターンを示すことが明らかとなっていった。このような試みは、わが国では初めてであり、*3心理学の研究対象である行動において分離してきた系統、特にあらゆる心的過程の基礎にある情動反応性の遺伝的差異に起因して異なった行動を示す系統であるという点で、これらのラットは、今後実験材料としても極めて有用性が高いと考えられる。

一方、H・L系ラットは、選択交配に際して兄妹交配法によって維持されてきた。したがって、両系の近交化はかなり進んできている。そこで、われわれは、両系の交雑を行なうことによってF₁(雑種第1代)を作り、そ

の遺伝様式を明らかにするために一連の実験を行ってきた。すなわち、F₁が種々の行動に関して、超優性、完全優性あるいは部分優性を示すか、それとも全く優性を示さず中間的遺伝をとるかを検証した。それは、ある行動に関して示すF₁の優性の有無および優性の程度が、その動物種における当該行動の適応的意義を示唆すると考えられるからである。さらに、正逆交雑を行なうことによって、H系を母親とするF₁(H)とL系を母親とするF₁(L)を作り、F₁の受ける成育環境の違いによる影響、いわゆる母親効果についても調べた。

ここでは、動物にとって基本的な行動の1つである飲水行動について検討するが、これまでのところ情動反応性との関係は明確でない。Broadhurst(1960)のMR系とMNR系は、情動反応性に関して選択されたというには若干問題はあがるが、Walsh(1980)の研究によると、ホーム・ケージにおける1日当りの飲水量および体重当りの飲水量ともMNR系の方が多い傾向にあった。*4 Imada(1970)は、同様の事態において飲水量を測定しているが、雄ラットにおいては、1日当りの飲水量でMR系、体重当りの飲水量でMNR系が多い傾向にあったが、統計的には有意差がなく、雌では、どちらの測定においても、MNR系の方が飲水量が有意に多かったと報告している。

そこで本研究では、生体の生命維持にとって欠くことのできない飲水行動に関して、両系の行動の特徴を明らかにすると同時に、前述の観点から、そのF₁の行動についても検討を加えた。

方 法

被験体 G₁₉, G₂₀を親として生まれたH・L系およびそのF₁の雄ラットを用いた。H系6リター-26匹, L系6リター-19匹, F₁8リター-29匹, 計74匹であった。F₁の内訳は、H系を母親とするF₁(H)5リター-15匹, L系

*1. ランウェイ・テストにおける通過区画数を、情動反応性の指標として選び、選択交配の基準に用いた理由は、藤田ら(1980)を参照されたい。

*2. 1981年9月現在、選択は第24世代(G₂₄)に達している。

*3. 外国においては、Hall(1951)とBroadhurst(1960)によって作られたラットの系統があるが、両者とも、情動反応性の指標としてオープン・フィールドの排便量を用いている点で問題がある(Archer, 1973; 藤田, 1973)。

*4. かれは、16系統の雄ラットについて飲水量を測定し、系統差のあることを見出しているが、MR系とMNR系間の有意差検定は行っていない。

を母親とする $F_1(L)$ 3リター14匹であった。実験開始時の平均日令は、H系86.3日令、L系85.9日令、 F_1 78.7日令であった。

装置 群大式アンビュロ・ドリンコ・メーター (GT-791020型, 小原医科産業KK製) を用いた。Fig.1は、ドリンコ・メーター部分を模式的に示したものである。

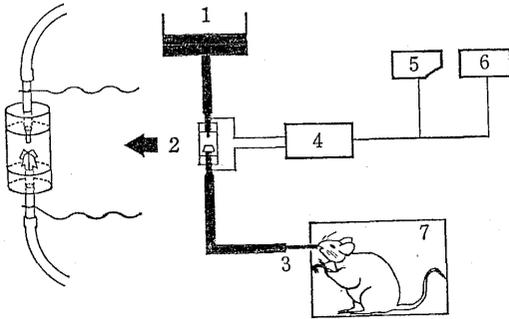


Fig. 1 The illustration shows the part of drinko-meter of ambulo-drinko-meter. (1) Water tank, (2) Cartridge, (3) Drinking spout, (4) Amplifier, (5) Automatic printer, (6) Electromagnetic counter.

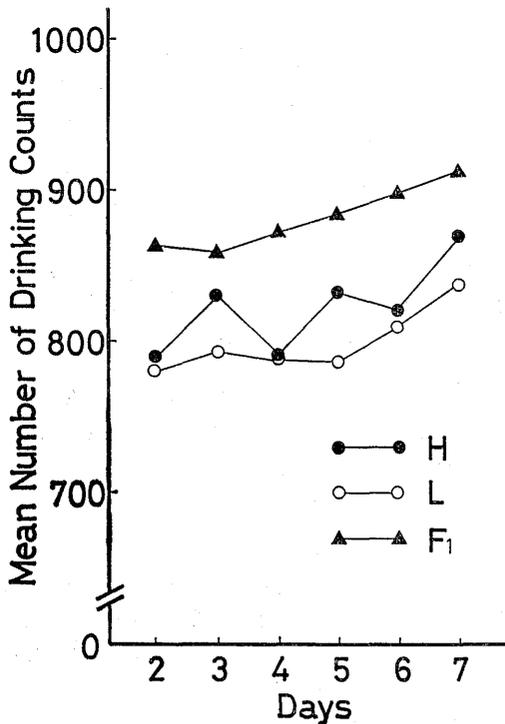


Fig. 2 Daily water intake of the H, L lines and F_1 .

手続き 被験体は、昼間の12:00に、10台の測定ケージに1匹ずつ入れられ、その後10日間にわたって餌、水が自由に摂取できる状態で飲水量を測定された。飲水量は、被験体の摂取した水滴数で示され、30分毎に自動的に記録された。水滴の大きさは、1滴0.05mlであった。照明は、室内灯の20W蛍光灯2基によって、8:00-20:00が明の12時間明暗サイクルであった。

結果

飲水行動開始までの時間 飲水行動の開始の規準は、30分間に5滴以上飲水した時期をもって開始と決めた。というのも、この装置では、数時間に1滴程度の割合で自然に水滴が落ちることがあったためと、被験体によっては持続的飲水行動の開始以前に数滴の偶発的な飲水がみられたためである。飲水行動開始までの時間は、ばらつきが大きかったので、中央値をとってみたところ、H系300分、L系135分、 F_1 70分であった。H系の飲水開始が遅い傾向にあり、 χ^2 検定の結果群差のある傾向が認められた ($\chi^2=4.92, df=2, .10 > p > .05$)。また、正逆交雑でえられた F_1 の中央値は、 $F_1(H)$ 60分、 $F_1(L)$ 75分

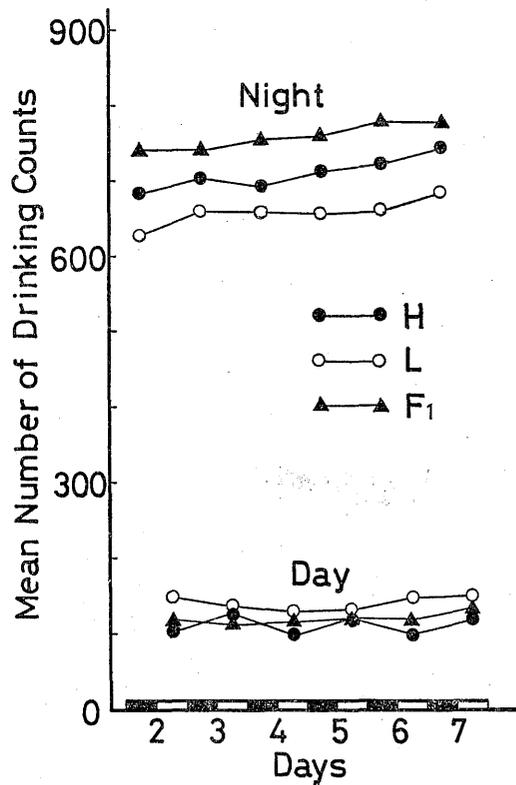


Fig. 3 Day and night water intake of H, L lines and F_1 .

で、両群間に差が認められなかった ($\chi^2=.12$, $df=1$, $p>.70$).

絶対的飲水量 すべての被験体が飲水行動を開始した後の飲水量、すなわち測定第2日目以降の毎日の飲水量を Fig. 2 に示した。

図では7日目までしか示していないが、これは8日目以降において装置の故障のために測定不能となった被験体があったためである。1日当りの摂取量は、平均するとH系822.0滴、L系799.1滴、F₁881.4滴であった。1滴は、0.05mlなので、H系41.1ml、L系40.0ml、F₁44.1mlを摂取していたことになる。摂取した水滴数に関して、群・日を変動因とした分散分析を行なったところ、群 ($F=3.68$, $df=2/71$, $p<.05$), 日 ($F=6.71$, $df=5/355$, $p<.01$) に有意差が認められ、日間で増加する傾向が示された。ライアンの法を用いて多重比較を行なったところ、F₁とL系の間にのみ有意差があった。

Fig. 3 は、摂取した水滴数を昼間と夜間に分けて示したものである。夜間の飲水量は、昼間に比べて約5~7倍に達しており、飲水行動が夜間に集中していることがわかった。分散分析の結果、群 ($F=5.99$, $df=2/71$, $p<.01$), 日 ($F=4.64$, $d=5/355$, $p<.01$) に有意差があり、日間増加が認められた。多重比較によると F₁

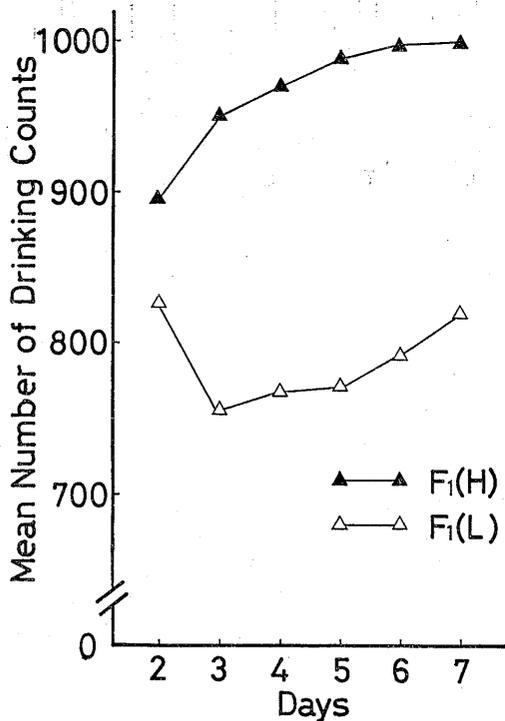


Fig. 4 Daily water intake of F₁(H) and F₁(L).

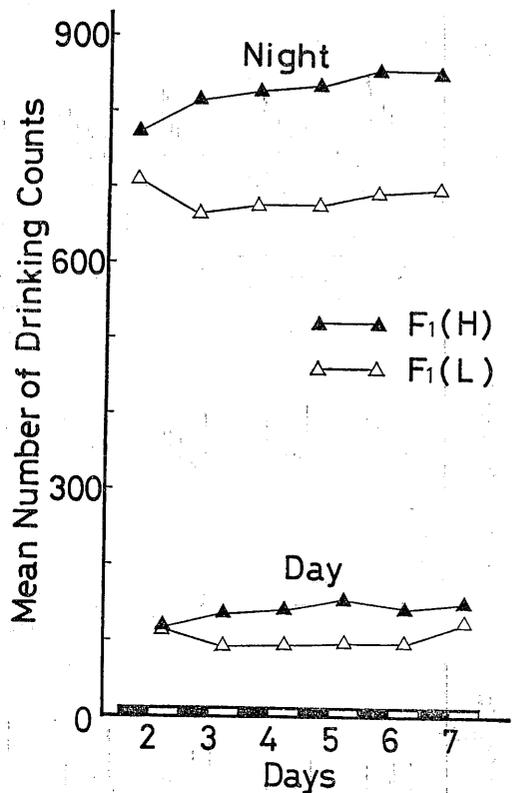


Fig. 5 Day and night water intake of F₁(H) and F₁(L).

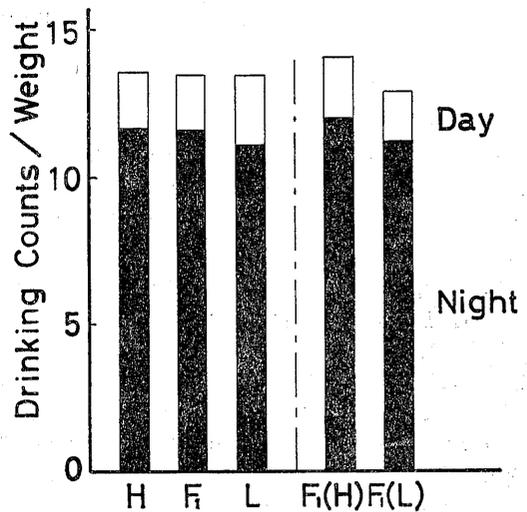


Fig. 6 The relative (weight-adjusted) water intake for the total of 6 days.

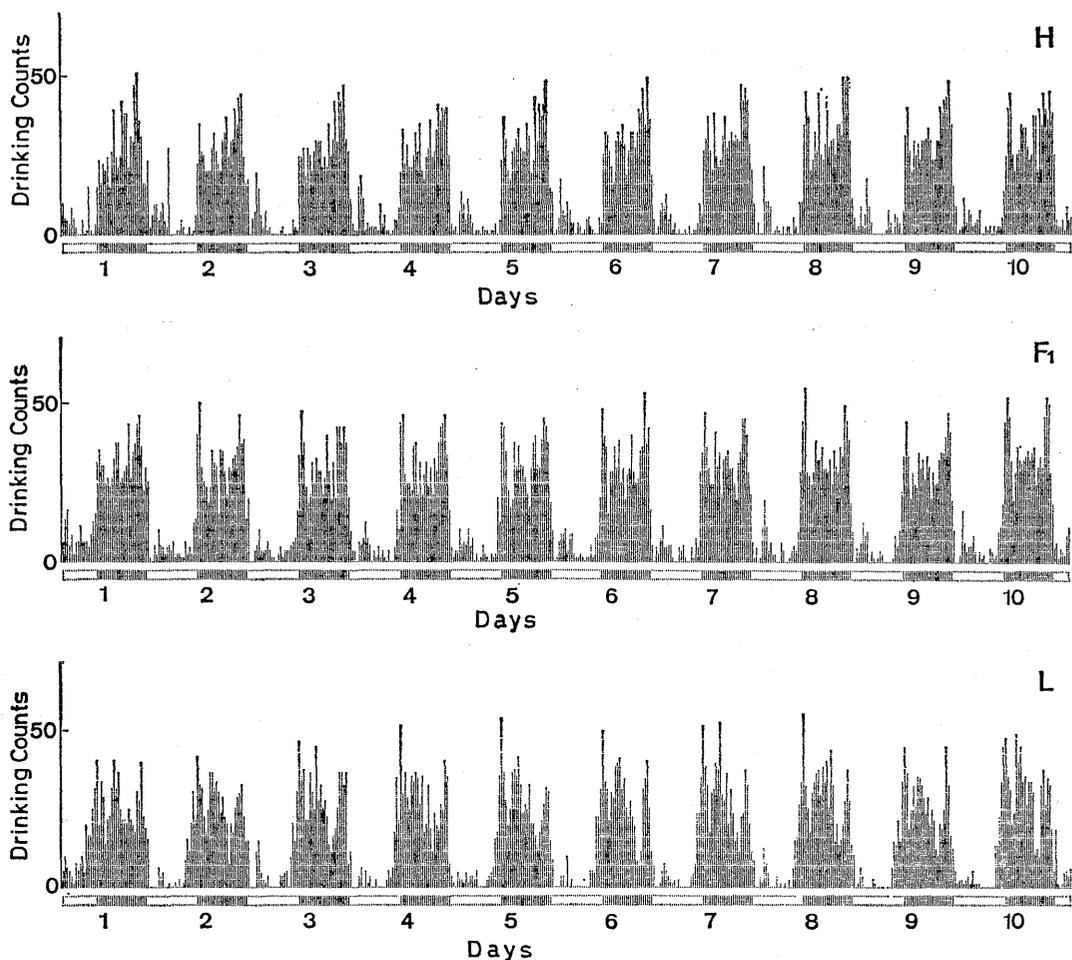


Fig. 7 Drinking pattern of the H, L lines and F₁ over a period of 10 days. Open column under the abscissa indicates light condition and solid column indicates dark condition.

とL系間のみ有意であった。昼間の飲水量に関しては、群の効果のみが有意で ($F=3.51$, $df=2/71$, $p<.05$), 多重比較の結果L系とH系間にのみ有意差が認められた。

Fig. 4は、F₁(H)とF₁(L)の1日毎の飲水量を示している。1日当りの平均摂取量は、F₁(H)967.3滴、48.4 ml, F₁(L)789.4滴、39.5mlであった。分散分析の結果、群 ($F=26.37$, $df=1/27$, $p<.01$), 日 ($F=3.15$, $df=5/135$, $p<.01$), 群×日 ($F=5.12$, $df=5/135$, $p<.01$)が有意であった。F₁(H)の飲水量が多く、日間で増加傾向がみられるが、F₁(L)では増加傾向が緩やかであった。Fig. 5は、夜間と昼間に分けて結果を示した。夜間では、群 ($F=17.34$, $df=1/27$, $p<.01$), 群×日 ($F=3.22$, $df=5/135$, $p<.01$)が有意であり、昼間では、群 ($F=$

12.55, $df=1/27$, $p<.01$)の効果のみが有意であった。

相対的(体重当たりの)飲水量 体重は、飲水行動測定後に連続して同じ装置で探索行動、攻撃行動の測定を行なったために、飲水行動測定後7日目に測定された。しかし、一部の被験体で測定がなされなかったために、各群の匹数は、H系14匹、L系17匹、F₁(H)15匹、F₁(L)14匹となった。平均体重は、H系365.8g、L系359.7g、F₁393.4gで、分散分析の結果、群差が有意であり ($F=4.62$, $df=2/57$, $p<.05$), 多重比較によるとF₁が他の2系より有意に重かった。F₁どうしを比べると、F₁(H)415.9g、F₁(L)369.4gで。F₁(H)が有意に重かった ($t=3.34$, $df=27$, $p<.01$)。第2日目から第7日目までの6日間に摂取した総水滴数を各個体ごとに体重で割って補正し、平均して示したのがFig. 6である。

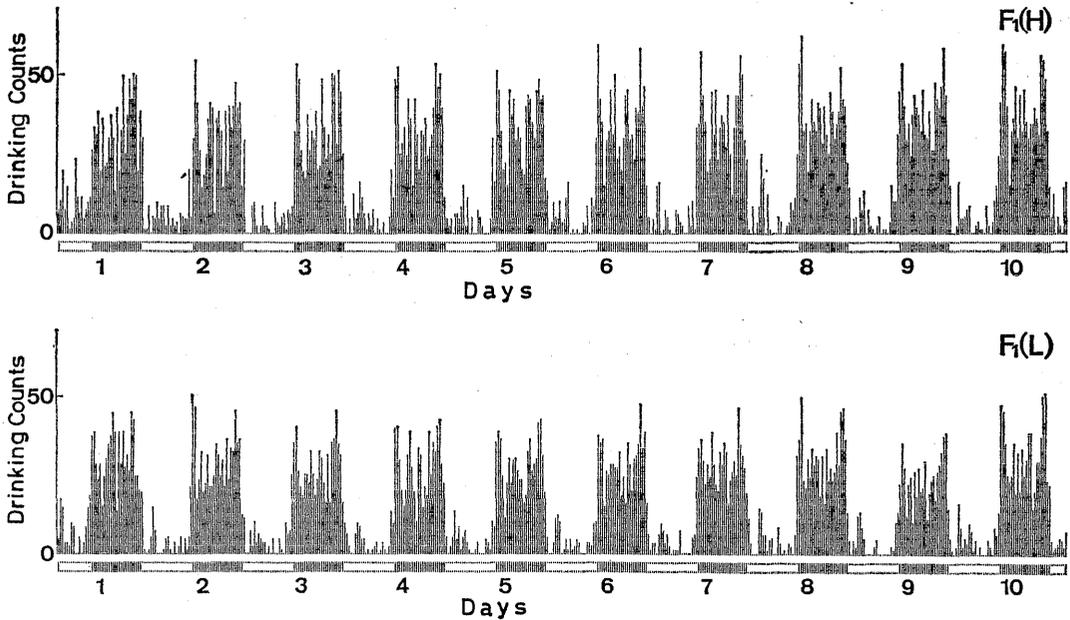


Fig. 8 Drinking pattern of F₁(H) and F₁(L) over a period of 10 days. The conditions of illumination are the same as Fig. 7.

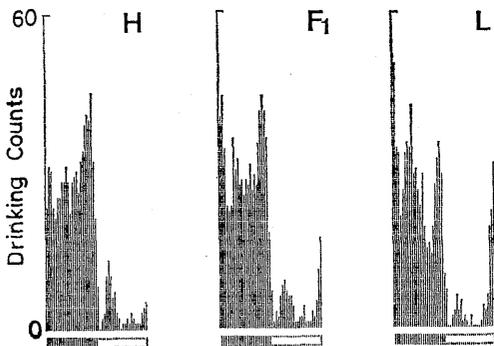


Fig. 9 Drinking pattern/day (from the 3rd to 7th day) in the H, L lines and F₁. The conditions of illumination are the same as Fig. 7.

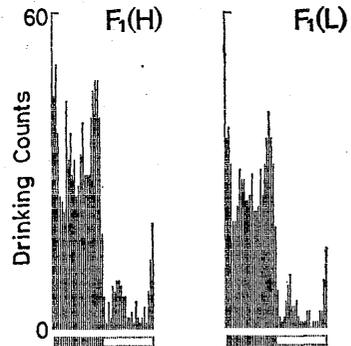


Fig. 10 Drinking pattern/day (from the 3rd to the 7th day) in F₁(H) and F₁(L). The conditions of illumination are the same as Fig. 7.

分散分析の結果、群差 ($F < 1$) はなく、昼間と夜間に分けた場合でも、飲水行動の集中する夜間では群差 ($F < 1$) がなく、昼間に関してのみ群差 ($F = 3.67, df = 2/57, p < .05$) が認められたに過ぎなかった。F₁ に関しては、いずれの場合にも群差はなかった ($t = 1.67$; 夜間では $t = 1.21$; 昼間では $t = 1.79$; いずれも $df = 27, p > .05$)。なお、体重 100 g 当りの飲水量 (1 日当り) で示すと、H 系 11.36 ml, L 系 11.24 ml, F₁ 11.27 ml, F₁(H) 11.75 ml, F₁(L) 10.75 ml を摂取していたことになる。

飲水行動のパターン これまで述べてきたように、相対的飲水量に関しては差が認められなかったため、次に、飲水行動をさらに詳しく調べるために、各群の飲水行動の発現パターンに注目してみた。そこで、生のデータ、すなわち 30 分毎に摂取した水滴数を各群毎に平均して示した (Fig. 7, 8)。これを見ると、どの群も夜間に飲水行動が集中しており、特に、消灯および点灯時に飲水量が増加していることがわかった。さらに、各群の飲水行動が安定して出現していた期間のうちから 5 日間 (第 3 日

目一七日目)を選んで合計し、平均化して示したのが Fig. 9, 10である。この図から、夜間の飲水行動の発現パターンに違いがあることがわかった。すなわち、H系では右上りの増加パターン、L系では右下りの減少パターン、 F_1 ではU字型のパターンを示した。 F_1 では、 $F_1(H)$ の飲水量が全般的に多い傾向にあるが、これは前述の体重の差を反映しており、その点を除けば $F_1(L)$ との間にパターンの差は認められなかった。

考 察

ラットにとって、ドリニコ・メーターの測定ケージに個別に入れられるという経験は、それまでの集団飼育ケージ環境とは異なる全く新奇な環境に投入されたことになる。このような新奇環境における飲水行動の開始に関して、情動反応性の異なるH、L系および F_1 の間に差がみられるかどうかをまず調べた。統計的には有意とはならなかったが、 F_1 、L系、H系の順に早く飲水行動を開始する傾向が認められた。この違いは、これまでH・L系について示されてきた事実、すなわちH系は情動事態において能動的反応を抑制し、受動的あるいは内向的に環境に対処するが、L系は積極的、外向的に対処するという事実(藤田ら, 1980)とよく一致している。また、このような事態において、 F_1 が両系より早く飲水行動を開始する傾向にあったことは、新奇場面への対応の速さが生体にとって重要な要因であるということを示唆していると思われる。

環境に馴化した後の絶対的飲水量は、H、L系間に差がなかった。これは、Imada (1970)の結果と類似しており、飲水量そのものも、かれの用いたMR系43.00ml, MNR系38.96mlに対し、H系41.1ml, L系40.0mlとほぼ同じレベルにあった。 F_1 は、両系よりも多かったが、これは $F_1(L)$ の飲水量がH、L両系とほぼ同じ程度であったのに対して、 $F_1(H)$ の飲水量が特に多かったためである。一方、体重を調べてみると、H系、L系、 $F_1(L)$ の間に差がなく、 $F_1(H)$ のみ特に重いことが判明した。さらに、絶対的飲水量はどの群においても日間で増加する傾向がみられたが、これは、用いた被験体が80日令前後の成長期のラットであったため、その体重の増加と関連があったと思われる。このように、飲水量が体重と密接な関係にあることが示唆されたので、体重当りの相対的飲水量を算出してみたところ、H、L系および F_1 の間に全く差が認められなかった。一方、飲水行動の発現パターンを見ると、いずれの群も夜間に集中している点では差がなかったが、夜間における飲水量の増減パターンにはかなり違いが認められた。

こうして、慣れた環境においては、飲水行動のような生命維持にとって基本的な行動のうちで、体重当りの飲水量、すなわち体内水分と直接関係する指標には情動反

応性の差は反映されず、飲水行動の発現パターンにその差が反映されることが確かめられた。

正逆交雑によって得られた $F_1(H)$ と $F_1(L)$ は、絶対的飲水量に関して $F_1(H)$ が多い点を除けば、差がなかった。絶対的飲水量の差は、単なる体重の違いによって生じたものであると考えられるので、両群間には全く差がなかった言えよう。したがって、成育環境の違いに基づいた母親効果は、飲水行動に関する限り一切なかったと結論することができる。

引用文献

- 阿部 勲・藤田 統・中村則雄 1977 高・低情動反応性系ラットの行動比較——Home-cage Activity——東京教育大学教育学部紀要, 23, 61-66.
- Archer, J. 1973 Tests for emotionality in rats and mice: A review. *Animal Behaviour*, 21, 205-235.
- Broadhurst, P. L. 1960 Experiments in psychogenetics. In H. J. Eysenck (Ed.) *Experiments in personality, psychogenetics, and psychopharmacology*, vol. 1. London: Routledge and Kegan Paul. Pp. 3-102.
- 藤田 統 1973 動物の情動性の測定に関する諸問題 東京教育大学教育学部紀要, 19, 45-51.
- 藤田 統・片山尊文 1981 高・低情動反応性系ラットの行動比較: 5——能動的回避学習と受動的回避学習——筑波大学心理学研究, 3, 1-6.
- Fujita, O., Abe, I., & Nakamura, N. 1976 Selection for high and low emotional reactivity based on the Runway Test in the rat: The seven generations of selection. *The Hiroshima Forum for Psychology*, 3, 57-62.
- 藤田 統・中村則雄・宮本邦雄・片山尊文・鎌塚正雄・加藤 宏 1980 選択交配により作られた高・低情動反応性系ラットの行動比較 筑波大学心理学研究, 2, 19-31.
- Hall, C. S. 1951 The genetics of behavior. In S. S. Stevens (Ed.) *Handbook of experimental psychology*. New York: John Wiley & Sons. Pp. 304-329.
- Imada, H. 1970 Amount of open-field defecation, home cage defecation and food and water intake in Maudsley Reactive and Nonreactive strains of rats. *The Annual of Animal Psychology*, 20, 1-6.
- 中村則雄 1981 ランウェイ・テストを指標としたラットの情動反応性の選択交配: 2——選択基準とその他の測度との関係——筑波大学心理学研究, 3, 33-38.
- 中村則雄・藤田 統 1979 高・低情動反応性系ラットの行動比較: 3——Vocalization と Defecation——筑波大学心理学研究, 1, 11-16.
- 中村則雄・藤田 統 1980 高・低情動反応性系ラットの行動比較: 4——初期経験の効果(その1)高架式直線走路と水中直線遊泳路——筑波大学心理学研究, 2, 13-18.

中村則雄・阿部 勲・藤田 統 1978 高・低情動反応性系ラットの行動比較：2——オープンフィールド行動と貯蔵行動——心理学研究, 49, 61-69.

Walsh, L. L. 1980 Differences in food, water, and

food deprivation water intake in 16 strains of rats. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 94, 775-781.

—1981年10月10日受稿—

SUMMARY

Behavioral Differences in the Rat Selected for High and Low

Emotional Reactivity : 6

—The Analysis Including F_1 (1) Drinking Behavior—

Norio Nakamura, Osamu Fujita, Hiroshi Katoh, & Masao Kamazuka
The University of Tsukuba

Since 1972, Fujita has made the bidirectional selection experiment for high and low emotional reactivity in rats based on the ambulation in the Runway Test. These two lines have segregated as the selective breeding program progressed and the distributions of the lines barely overlap each other.

The purpose of this study was to investigate the differences in drinking behavior among these two lines and F_1 cross, and also to investigate maternal effects by using the reciprocal cross method.

Subjects were 74 male rats; 26 high emotional reactivity line (H line) rats, 19 low emotional reactivity line (L line) rats, and 29 F_1 rats (15 F_1 (H), 14 F_1 (L)). These rats were born by the mothers of G_{19} and G_{20} . At about 80 days old, each subject was placed in each cage of the ambulo-drinko-meter apparatus. And then the automatical recording of water consumption was started at noon, every

30 minutes drinking counts was printed out, and continued for 10 days under 12 hours day-night cycle (8:00-20:00 bright).

The results were as follows: (1) The H line was longer drinking latency than L line and F_1 , but it was not significant. (2) The absolute water intake of F_1 was highest, but after adjustment for body weight there were no differences among the three groups. (3) In all groups, 80-90% of water intake occurred at night, but there were differences in the pattern of drinking behavior. (4) The differences between F_1 (H) and F_1 (L) were not found in almost all measures except the absolute water intake.

In summary, the emotional reactivity did not seem to relate to the amount of water consumption, but related to the pattern of drinking behavior. And there was not the maternal effects.