助成番号　1324

微量ミネラル欠乏に起因する食塩嗜好性変化に関する研究

岡田　晋治，成川　真隆

東京大学大学院農学生命科学研究科

概　要　近年、食生活の乱れによる栄養状態の異常が社会問題になっている。必須栄養素の 1 つであるミネラルの欠乏は生体に様々な障害をもたらす。動物実験では、亜鉛欠乏が食塩の嗜好性増大を引き起こすこと（Okada, S. *et al.*, 2012 など）を始めとし、いくつかの微量ミネラルの欠乏による食塩嗜好性異常の発症が報告されている。本研究では、亜鉛欠乏を対象とし、行動生理学的手法および生理学的手法によってその味嗜好性異常症状の詳細を記述することで、異常発症機構の解明に繋げることを目的とした。

1．ミネラル欠乏ラットにおける味覚障害の brief access test による解析

短期的な亜鉛欠乏の味嗜好性変化の詳細について解析した。4 週令の SD 系雄性ラットを 1 週間予備飼育した後に、亜鉛欠乏食投与開始 8 日目における各基本味嗜好性の変化を、brief access test によって解析した。その結果、苦味・酸味・甘味物質に対する嗜好性に変化はなく、塩味物質である NaCl に対する嗜好性が大きく変化することが明らかになった。

2．ミネラル欠乏ラットの各種塩溶液に対する嗜好性変化の解析

亜鉛欠乏によってミネラル全般に対する嗜好性が変化するか調べた。6 種類の金属塩化物の嗜好性変化について、亜鉛欠乏 8 日目から 14 日目までの間、順々に brief access test を用いて解析した。すると、$ZnCl_2$ では有意な嗜好性増大が観察された一方、その他 5 種類の金属塩化物については嗜好性の変化は生じなかった。以上より、短期亜鉛欠乏ラットでは NaCl と $ZnCl_2$ に対して特異的に嗜好性が増大することが示された。

3．ミネラル欠乏ラットの Na、K 出納の解析

NaCl に対する摂取欲求増大の原因として、亜鉛欠乏がナトリウム欠乏を誘発するという機構を想定した。ナトリウム・カリウム出納試験を行ったところ、見かけの体内保持率に有意な差は観察されなかった。このことから、ナトリウム・カリウム出納変化の関与も否定された。

本研究によって短期亜鉛欠乏ラットでは NaCl、$ZnCl_2$ の嗜好性が特異的に増大し、それがナトリウム・カリウム出納の変化によるものではないことが示された。今後、体内塩恒常性維持機構のより詳細な解析を行うことで、短期亜鉛欠乏に起因する味嗜好性変化の発症機構の解明が期待される。

1．研究の目的

近年、食生活の乱れによる栄養状態の異常が社会問題になっている。必須栄養素の1つであるミネラルの欠乏は生体に様々な障害をもたらす。動物実験では、亜鉛欠乏および鉄欠乏が食塩の嗜好性増大を引き起こすこと（Okada *et al.*, 2012; Tordoff *et al.*, 1992 など）を始めとし、いくつかの微量ミネラルの欠乏による食塩嗜好性異常の発症が報告されている。しかし、その異常症状の詳細や発症機構については不明な点が多い。

本研究では、食塩嗜好性異常を引き起こすミネラル欠乏状態として、亜鉛欠乏を対象とし、行動生理学的手法および生理学的手法によってその嗜好性異常症状の詳細を記述することで、異常発症機構の解明に繋げることを目的とした。

2. 材料と方法

2. 1　実験動物

Sprague-Dawley 系雄性ラット（4 週齢）を購入した。餌は、亜鉛欠乏食として亜鉛除去粉末飼料（亜鉛濃度 0.05-0.08 mg/100 g 飼料）を、通常食として同飼料に硫酸亜鉛を 3 mg 亜鉛/100 g 飼料となるように添加した餌を使用した。本研究では対照群はペアフィーディングによる飼育を行った。

2. 2　Brief access test－基本味

予備飼育として、4 週齢の SD 系雄性ラット 20 匹を 7 日間にわたり通常食を自由摂取させた後に、亜鉛欠乏群（ZD 群：n=10）とその対照群のペアフィーディング群（PF 群：n=10）の2つに群分けした。Brief access test による嗜好性の評価は両群とも本飼育 8 日目に行った。

味溶液には忌避性味質として、高濃度 NaCl（塩味）、クエン酸（酸味）、安息香酸デナトニウム（苦味）を、嗜好性味質としてスクロース（甘味）、低濃度 NaCl（塩味）を使用した。

給水瓶で提示した味溶液を舐める回数（リック数）を 30 秒間カウントした。

味溶液に対する嗜好性を表す数値として、Lick Ratio を以下のように定義した：

Lick Ratio＝（味溶液のリック数）／（イオン交換水の最大リック数）

Lick Ratio は低値であるほど味溶液を嗜好しないことを示す。

また、通常忌避する溶液をなめさせるために、忌避性味質の試験の際はラットを約 23 時間絶水させた状態で行った。一方、嗜好性味質については、自由飲水、自由摂取下で試験を行った。

2. 3　Brief access test－金属塩化物

上記2. 2と同様に行った。各物質の嗜好性評価は亜鉛欠乏 8 日目から 1 日 1 物質ずつ順に行った。

味溶液として、塩化カリウム、塩化マグネシウム、塩化カルシウム、塩化鉄（II）、塩化銅（II）、塩化亜鉛の計 6 種類を対象とした。

2. 4　ナトリウム、カリウムの出納試験

上記2. 2と同様に群分け、飼育を行い、糞、尿は代謝ケージを用いて、本飼育 6-8 日目の 3 日分を採取した。

餌、尿、糞中のナトリウムおよびカリウム濃度について、高周波誘導結合プラズマ（ICP）発光分光分析装置を用いて測定した。

出納試験の指標には見かけの消化吸収率と見かけの保持率を用いた。

見かけの消化吸収率（%）＝（摂取量－糞中の排出量）×100／摂取量

見かけの保持率（%）＝（摂取量－糞および尿中の総排出量）×100／摂取量

3. 結　果

3. 1　亜鉛欠乏ラットにおける味覚障害の brief access test による解析

食塩嗜好性異常の発症原因の 1 つとして、味覚機能全体の異常が考えられる。この場合、食塩の味（塩味）以外の基本味（甘・旨・苦・酸味）の嗜好性にも変化が起きていると考えられる。

摂取した味物質が代謝され脳報酬系などに作用する摂取後効果の影響が出ることが知られている（de Araujo *et al.*, 2008）。摂取後効果の影響を排除するため、短時間に提示した味溶液を舐めた回数で評価する brief access test（**Fig. 1**）によって基本味に対する味嗜好性異常を解析した。

3. 1. 1　本解析における亜鉛欠乏ラットの状態

まず、血中の亜鉛保持量に対する亜鉛欠乏食飼育の影響を調べるために、本飼育 8 日目の解剖時に採取した血漿中の亜鉛濃度を測定した。その結果、PF 群に対し ZD 群の血漿中亜鉛濃度は有意に低い値を示した（**Fig. 2**）。

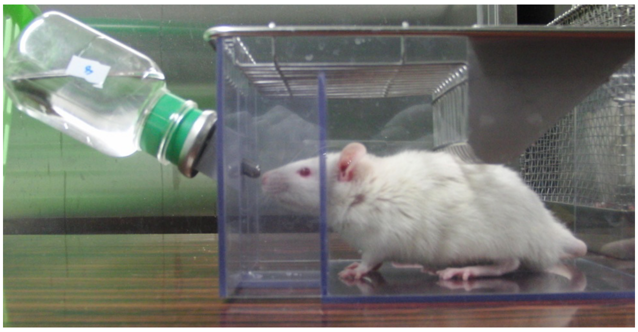

Fig. 1. Brief access test
ラットを専用のケージに移し、給水瓶によって味溶液を提示した。

３．１．２ 基本味の嗜好性変化

本飼育 8 日目に 30 秒間 brief access test による嗜好性試験を行った。試験日を本飼育 8 日目には、過去の知見において高濃度 NaCl 溶液に対する変化が報告されている（McConnell and Henkin, 1974; Gentle *et al.*, 1981; Goto *et al.*, 2001; Okada *et al.*, 2012）。味溶液に対する嗜好性は、味溶液のリック数とイオン交換水のリック数との比（Lick Ratio：リッキング比）で評価した。

まず、絶水条件下で忌避性味質である高濃度塩味の嗜好性の解析を行った。高濃度塩味として、塩化ナトリウム（NaCl）溶液を 300-1,000 mM の濃度点で提示したところ、PF 群、ZD 群の両群とも濃度依存的に NaCl 溶液の嗜好性が低下した。一方、ZD 群はいずれの濃度においても PF 群より嗜好性が高く（忌避性が低く）、特に 500 および 700 mM NaCl では有意な差が観察された（**Fig. 3A**）。この結果は、高濃度 NaCl の嗜好性が増大するという点で、過去に報告されている two bottle test での結果（McConnell and Henkin, 1974; Catalanotto and Lacy, 1977; Goto *et al.*, 2001）と一致するものである。brief access test によって得られた本解析の結果から、亜鉛欠乏では摂取後効果とは関係なく、高濃度 NaCl 溶液に対して嗜好性が増大（忌避性が低下）することが示された。

続いて、絶水条件下で忌避性味質であるクエン酸溶液（酸味）、安息香酸デナトニウム溶液（苦味）の嗜好性の解析、自由飲水下で嗜好性味質であるスクロース溶液（甘味）の嗜好性の解析を行った。クエン酸溶液は両群とも濃度依存的に嗜好性が低下し、有意な差は見られなかった（**Fig. 3B**）。また、安息香酸デナトニウム溶液は同様に両群で有意な差は見られなかった（**Fig. 3C**）。スクロース溶液はこちらも両群で有意な差は見られなかった（**Fig. 3D**）。

さらに、低濃度 NaCl 溶液に対する嗜好性評価を試みた。本飼育 8 日目の時点において、自由飲水下で 30-240 mM の濃度点を提示し、嗜好性を解析したところ、ラットは自由飲水によって十分に飲水欲求が満たされた状態にあるため、PF 群では NaCl 溶液に対する嗜好性は観察されなかった。一方、ZD 群では NaCl 溶液に対する濃度依存的な嗜好応答が観察され、全ての濃度点で PF 群との有意差が観察された（**Fig. 3E**）。この結果から、短期的な亜鉛欠乏では、忌避性味質である高濃度 NaCl 溶液だけでなく、嗜好性味質である低濃度 NaCl 溶液でも嗜好性増大が起こることが示された。

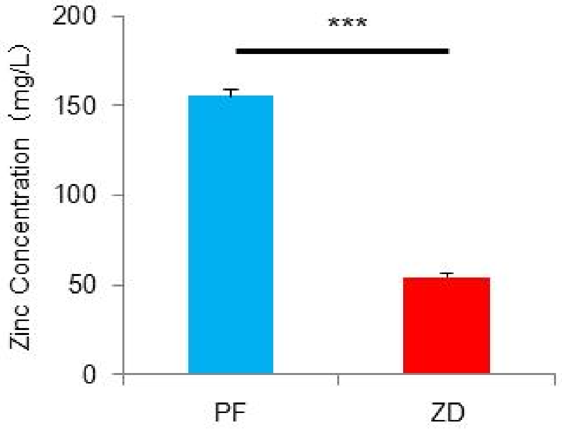

Fig. 2. 亜鉛欠乏 8 日目時のラットの血漿中亜鉛濃度
本飼育 8 日目にペアフィーディング群（PF）および亜鉛欠乏群（ZD）の血液を採取し、血漿中亜鉛濃度を測定した。エラーバーは標準誤差を示す（n=10）。有意差検定を Student の *t* 検定で行った。***：p <0.001

以上の結果から、亜鉛欠乏 8 日目の時点では、酸味、苦味、甘味物質に対する嗜好性に変化はなく、塩味物質である NaCl 溶液に対する嗜好性のみが変化していることが明らかになった。また、NaCl 溶液に対する嗜好性は、忌避行動を示す高濃度域、嗜好行動を示す低濃度域ともに増大することから、亜鉛欠乏によって NaCl 溶液に対する摂取欲求が高まっていることが示唆された。

３．２ 短期亜鉛欠乏ラットにおける金属塩化物の嗜好性

塩味は、食物中のミネラルのシグナルと考えられている。このことからミネラル欠乏動物で観察される食塩嗜好性異常（増大）の発症原因の 1 つとして、ミネラル欲求の増大が考えられる。この場合、食塩（NaCl）以外の塩（KCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$ 等）の嗜好性も増大していると考えられる。そこで、短期亜鉛欠乏における各金属塩化物に対しての嗜好性解析を行った。

金属塩化物として、塩化カリウム（KCl）、塩化マグネシウム（$MgCl_2$）、塩化カルシウム（$CaCl_2$）、塩化鉄（II）（$FeCl_2$）、塩化銅（II）（$CuCl_2$）、塩化亜鉛（$ZnCl_2$）の計 6 種類を選抜した。各物質の嗜好性評価は亜鉛欠乏 8 日目から 14 日目まで 1 日 1 物質ずつ順に行った。

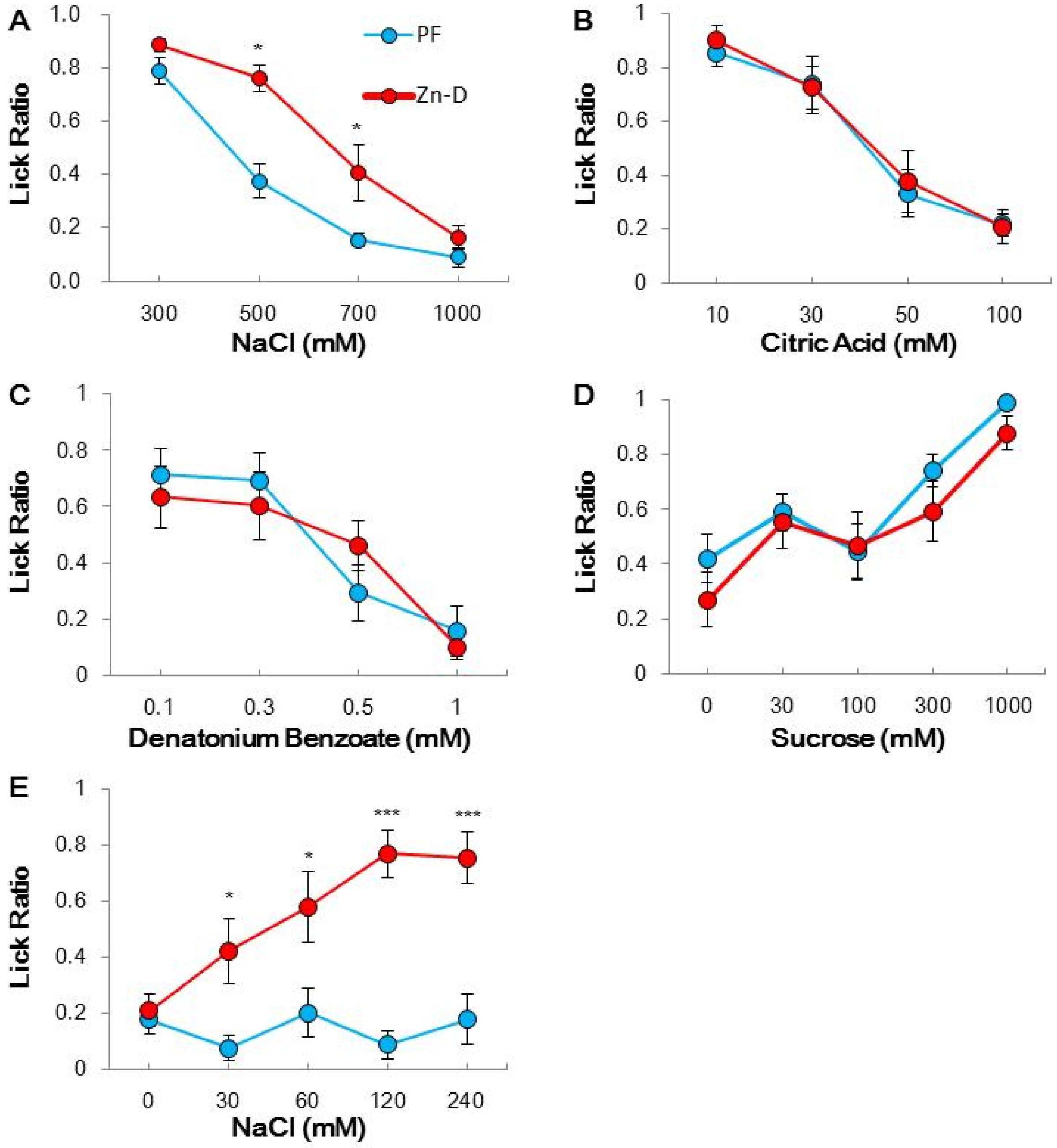

Fig. 3. 亜鉛欠乏 8 日目時のラットの嗜好性変化

ペアフィーディング群（PF）と亜鉛欠乏群（ZD）に対し、本飼育 8 日目に brief access test による嗜好性評価を行った。嗜好性はイオン交換水に対するリック数の比率を Lick Ratio として表した。エラーバーは標準誤差を示す（n=10）。群間のリッキング比について、有意差検定を Student の *t* 検定で行った。*: $p < 0.05$　***: $p < 0.001$

いずれの金属塩化物でも両群で濃度依存的に嗜好性が低下し、KCl、$MgCl_2$、$CaCl_2$、$FeCl_2$ および $CuCl_2$ の 5 種類については、いずれの濃度点においても両群で有意な差は見られなかった。しかし、$ZnCl_2$ 溶液については 1 mM において ZD 群で有意な嗜好性増大が観察された（**Fig. 4**）。

このことから、短期亜鉛欠乏ラットでは全てのミネラルに対する摂取欲求が高まっているのではなく、NaCl 溶液と $ZnCl_2$ 溶液とに対して特異的に嗜好性が増大することが示された。

３．３ 短期亜鉛欠乏ラットの体内塩恒常性調節機構

ナトリウム欠乏動物は NaCl に対する嗜好性が増大することが知られている（Breslin *et al.*, 1993）。ミネラル欠乏動物で観察される食塩嗜好性異常（増大）の発症原因の１つとして、ナトリウム出納（吸収・排出）の異常によるナトリウム欠乏が考えられる。また、カリウムは生体内ナトリウム恒常性維持に密接に関わるため、カリウム出納の異常が原因である可能性も考えられる。そこで、短期亜鉛欠乏ラットの血漿中ナトリウム濃度測定およびナトリウム、カリウム出納試験を行うことで塩調節機構の一部を解析し、NaCl 嗜好性増大の原因解明を目指した。

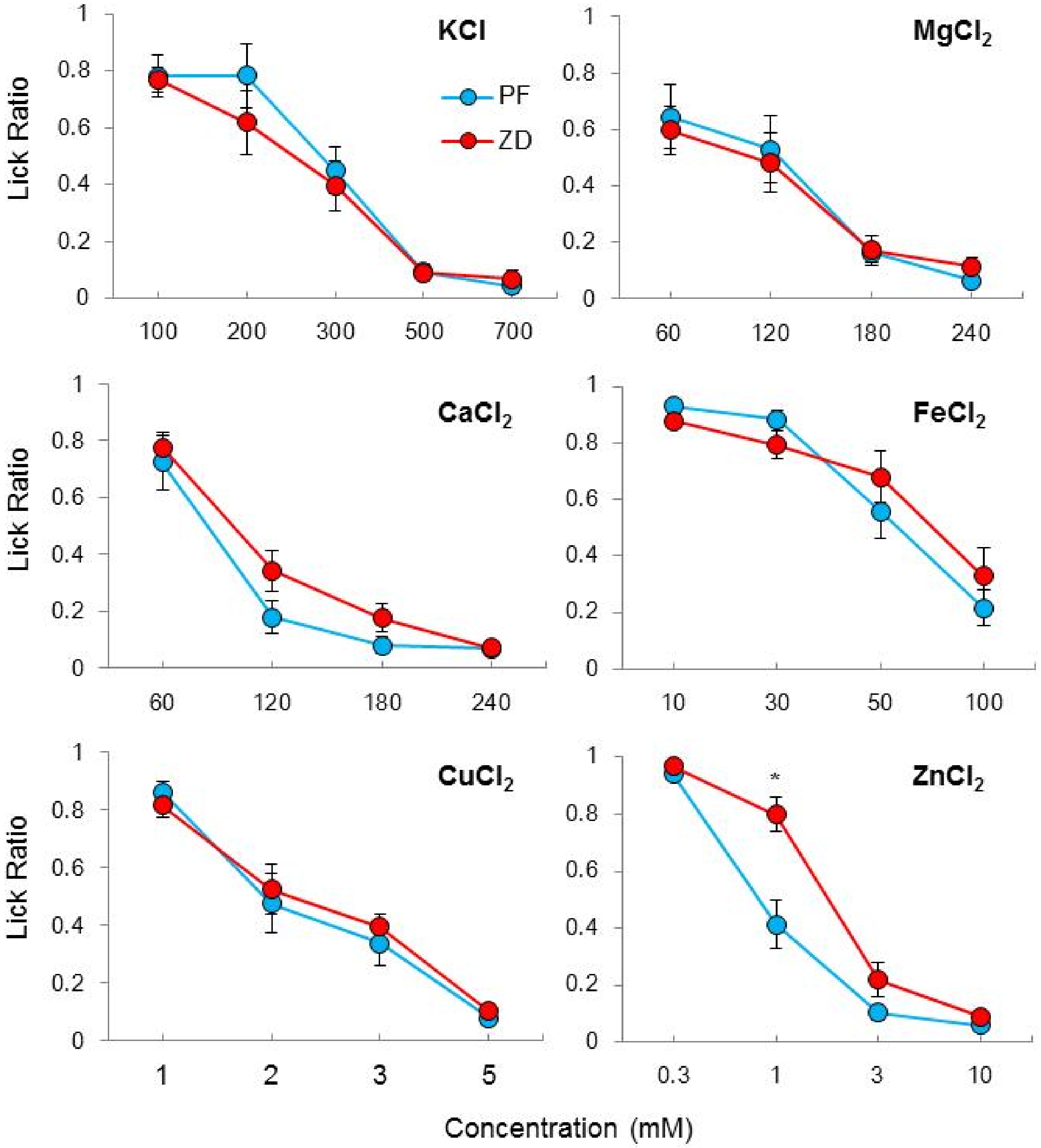

Fig. 4. 亜鉛欠乏 8 日目時のラットの嗜好性変化

ペアフィーディング群（PF）と亜鉛欠乏群（ZD）に対し、本飼育 8 日目に brief access test による嗜好性評価を行った。嗜好性はイオン交換水に対するリック数の比率を Lick Ratio として表した。エラーバーは標準誤差を示す（n=10）。群間のリッキング比について、有意差検定を Student の *t* 検定で行った。*: $p < 0.05$

３．３．１　血漿中ナトリウム濃度

まず、血漿中のナトリウム濃度を測定した。ナトリウム濃度についてはPF群とZD群では有意な差は見られなかった（**Fig. 5**）。このことから、ZD群で確認されたNaCl溶液の嗜好性変化は血漿中ナトリウム濃度の低下と関連しないことが示された。

３．３．２　ナトリウム、カリウムの出納試験

血漿中ナトリウム濃度は顕著な変化を示さないが、ナトリウムの排出が増加し、生体内の総ナトリウム保持量は減少している可能性を検討するため、ナトリウム、カリウムの出納試験を行った。

本飼育6-8日目の各々の糞および尿から排出量、摂食量から摂取量を測定し、ナトリウムおよびカリウムの見かけの保持率（摂取量から糞，尿中の総排出量を差し引き，それを摂取量で除したもの）を算出した。

ナトリウムの出納については、見かけの保持率は両群で有意な差は認められなかった（**Fig. 6A**）。カリウムの出納についても、見かけの保持率は両群で有意な差は認められなかった（**Fig. 6B**）。

本解析では、見かけの保持率においてナトリウム、カリウムどちらも両群で有意な差は認められなかったことから、出納に差はなかったことが示された。このことから、ナトリウム、カリウムの出納は短期亜鉛欠乏ラットの NaCl 嗜好性増大には関与していないことが強く示唆された。

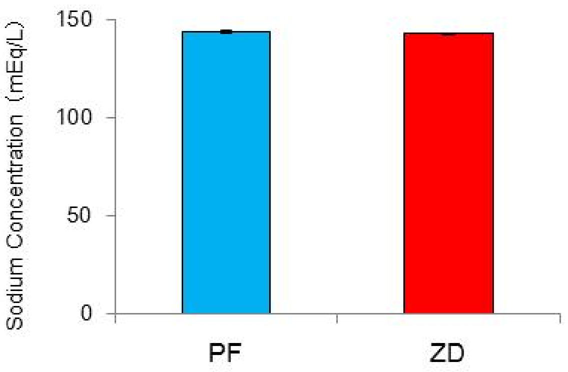

Fig. 5. 亜鉛欠乏ラットの血漿中ナトリウム濃度
亜鉛欠乏群（ZD）とその対照群であるペアフィーディング群（PF）、の血液を採取し、血漿中ナトリウム濃度を測定した。エラーバーは標準誤差を示す（n=5）。

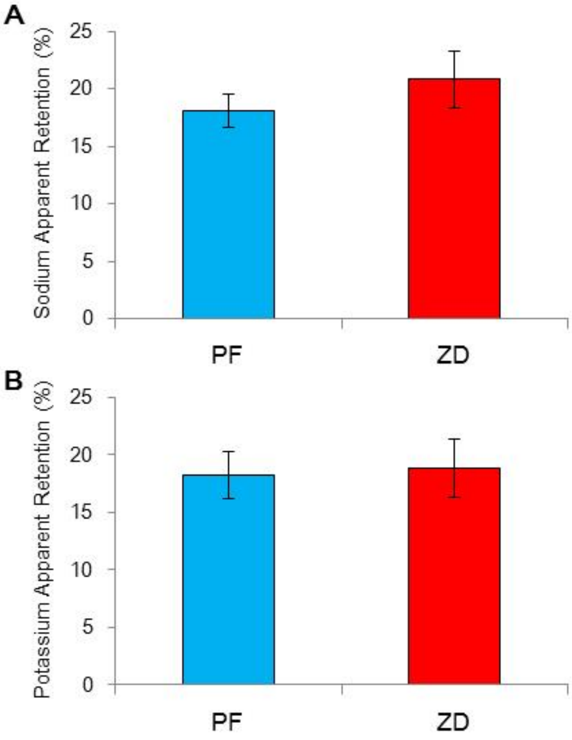

Fig. 6. 亜鉛欠乏6-8日目のナトリウム，カリウム出納試験
A. ナトリウムの見かけの保持率、B. カリウムの見かけの保持率。エラーバーは標準誤差を示す（n=5）。

４．考察と今後の展望

本研究では、短期亜鉛欠乏ラットにおける味嗜好性変化とその発症機構の解明を目的に、brief access testによる嗜好性評価系の構築とそれを用いた基本味、塩化金属塩の嗜好性解析、そして短期亜鉛欠乏ラットの体内塩恒常性調節機構の解析を行った。その結果、短期亜鉛欠乏ではNaClと$ZnCl_2$に対して特異的に嗜好性が増大すること、このNaClの嗜好性は血漿中アルドステロン濃度およびナトリウム、カリウム出納とは関与していないことが示された。

４．１　亜鉛欠乏による基本味の嗜好性変化

過去の知見において高濃度NaCl溶液に対する変化が生じている亜鉛欠乏 8 日目に焦点をおき、基本味の嗜好性変化の解析を行った。本解析では、忌避性味質である高濃度 NaCl と嗜好性味質である低濃度 NaCl の嗜好性増大のみ観察され、他の基本味については有意な変化が認められなかった。Brief access testによって亜鉛欠乏ラットの基本味嗜好性評価を詳細に行ったのは、本研究が初めてである。

亜鉛欠乏ラットの味嗜好性変化について、過去の two bottle test による評価では、欠乏4日目で高濃度 NaCl の

嗜好性増大が観察されている（McConnell and Henkin, 1974; Goto *et al.*, 2001）。本研究で brief access test によっても、同様に高濃度 NaCl に対する嗜好性増大が確認されたことから、この嗜好性変化は報酬系などの摂取後効果によるものではないことが示された。一方、本研究で得られた結果と異なり、酸味については欠乏 24 日目で、苦味については欠乏 18 日目で嗜好性が増大するという報告もある（Catalanotto and Lacy, 1977）。また、苦味については欠乏 9 日目という短期的な欠乏でも嗜好性増大が報告されている知見もある（Goto *et al.*, 2001）。前者については本解析よりも欠乏期間が 10 日以上異なるため、亜鉛欠乏によって味蕾の形状変化や味神経応答などに影響が出ていることが考えられる。後者については、本解析と欠乏期間が 1 日しか変わらないため、そのような影響は考えにくい。この異なる結果の原因としては、Goto らの解析では Two bottle test を用いていることから、摂取後効果の影響が出ていることが考えられる。また、two bottle test を欠乏 1 日目から 35 日目まで連続で行った結果であることから、ラットに味溶液に対する慣れが生じることも考えられる。このような理由から本解析とは異なる結果になった可能性がある。低濃度 NaCl については知見に乏しいが、48 時間 two bottle test で亜鉛欠乏 13-14 日目に 10 mM NaCl に対し嗜好性の増大が観察されている（Jakinovich and Osborn, 1981）。高濃度 NaCl と同様に、本研究で brief access test によっても低濃度 NaCl の嗜好性増大が確認されたことから、この嗜好性変化も摂取後効果によるものではないことが示された。

短期亜鉛欠乏ラットで忌避性味質である高濃度NaClだけでなく、嗜好性味質である低濃度 NaCl でも嗜好性増大が観察されたことから、従来言われていた NaCl に対する応答の低下ではなく、摂取欲求が高まっていることが今回強く示唆された。

４．２ 金属塩化物の嗜好性

短期亜鉛欠乏ラットで NaCl に対する摂取欲求が高まる原因として、ミネラル全般に対する摂取欲求が高まっていることを想定し、各金属塩化物の嗜好性評価を行ったが、結果は $ZnCl_2$ のみ有意な嗜好性増大が観察された。このことから短期亜鉛欠乏ラットでは、全てのミネラルに対する摂取欲求が高まっているのではなく、NaCl と $ZnCl_2$ に対して特異的に嗜好性が増大することが今回初めて示された。

本解析が瞬間的な味覚入力による影響を検討できる brief access test による結果であることを考慮すると、短期亜鉛欠乏ラットは自らが不足している亜鉛の味を $ZnCl_2$ から認識し、不足を補うために通常よりも多く摂取しようとしたと考えられる。

４．３ 今後の展望

ナトリウムの出納試験で差が認められなかったことから、短期亜鉛欠乏ラットはナトリウム欠乏状態ではないと考えられる。そのため、短期亜鉛欠乏ラットでは何らかの異常により、ナトリウム欠乏状態であると「誤認」していることが推測される。今後は脳幹、特に味覚の中継にあたり、自律神経やホルモンの制御を司る間脳を中心とした体内塩恒常性機構に焦点を当てて解析を行う必要があるだろう。

また、NaCl に対する嗜好性の増大は、カルシウム欠乏（Tordoff *et al.*, 1990; McCaughey *et al.*, 2005）や鉄欠乏（Tordoff, 1992）、カリウム欠乏（Blake and Jurf, 1968; Adam and Dawborn, 1972; Guenthner *et al.*, 2008）など、亜鉛以外のミネラルの栄養状態の異常においても観察されている。これらの状態にあるラットでも間脳を中心とした解析を行い、短期亜鉛欠乏ラットとの共通項を見出して検討することも有効だと考えられる。

５．参考文献

Adam WR, Dawborn JK (1972) Effect of potassium depletion on mineral appetite in the rat. *J Comp Physiol Psychol* 78: 51-58.

Blake WD, Jurf AN (1968) Renal sodium reabsorption after acute renal denervation in the rabbit. *J Physiol* 196: 65-73.

Breslin PA, Kaplan JM, Spector AC, Zambito CM, Grill HJ (1993) Lick rate analysis of sodium taste-state combinations. *Am J Physiol* 264: R312-318.

Catalanotto FA, Lacy P (1977) Effects of a zinc deficient diet upon fluid intake in the rat. *J Nutr* 107: 436-442.

de Araujo IE, Oliveira-Maia AJ, Sotnikova TD, Gainetdinov RR, Caron MG, Nicolelis MA, Simon SA (2008) Food reward in the absence of taste receptor signaling. *Neuron* 57: 930-941.

Gentle MJ, Dewar WA, Wight PA (1981) The effects of

zinc deficiency on oral behaviour and taste bud morphology in chicks. *Br Poult Sci* 22: 265-273.

Goto T, Komai M, Suzuki H, Furukawa Y (2001) Long-term zinc deficiency decreases taste sensitivity in rats. *J Nutr* 131: 305-310.

Guenthner CJ, McCaughey SA, Tordoff MG, Baird JP (2008) Licking for taste solutions by potassium-deprived rats: specificity and mechanisms. *Physiol Behav* 93: 937-946.

Jakinovich W, Jr., Osborn DW (1981) Zinc nutrition and salt preference in rats. *Am J Physiol* 241: R233-239.

McCaughey SA, Forestell CA, Tordoff MG (2005) Calcium deprivation increases the palatability of calcium solutions in rats. *Physiol Behav* 84: 335-342.

McConnell SD, Henkin RI (1974) Altered preference for sodium chloride, anorexia, and changes in plasma and uninary zinc in rats fed a zinc-deficient diet. *J Nutr* 104: 1108-1114.

Okada S, Abuyama M, Yamamoto R, Kondo T, Narukawa M, Misaka T (2012) Dietary zinc status reversibly alters both the feeding behaviors of the rats and gene expression patterns in diencephalon. *Biofactors*.

Tordoff MG (1992) Salt intake of rats fed diets deficient in calcium, iron, magnesium, phosphorus, potassium, or all minerals. *Appetite* 18: 29-41.

Tordoff MG, Ulrich PM, Schulkin J (1990) Calcium deprivation increases salt intake. *Am J Physiol* 259: R411-419.

No. 1324

Research on the Salt Preference in Mineral Deficient Animals

Shinji Okada, Masataka Narukawa

Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

Summary

Impaired nutrient status caused by a bad eating habitat has been considered a social problem. Minerals are one of the essential nutrients and their deficiencies cause many types of disorders. The abnormal NaCl preferences caused by mineral deficiencies have been reported in animal experiments (Okada *et al.*, 2012). In this study, we investigated the zinc-deficient animals in detail by behavioral physiological and physiological analyses to elucidate their pathological mechanisms of such taste abnormalities.

1. Analysis on the alteration of preferences for basic tastes in zinc-deficient rats by a brief access test

Brief access tests were performed to reveal the alteration of preferences for basic tastes by short term zinc deficiency. The zinc-deficient rats showed no alteration in preferences of bitter, sour and sweet taste substances after a 8-day dietary zinc deficiency. By contrast, they showed increased salt preferences for low concentration NaCl solution as well as high concentration one.

2. Analysis on the alteration of preferences for salts in zinc-deficient rats by a brief access test

Brief access tests were performed to reveal the alteration of preferences for 6 kinds of metal salts by short term zinc deficiency. The zinc-deficient rats showed increased preference for $ZnCl_2$ solution and no alteration of preferences for the other metal salts. These results indicate that the alteration of taste preferences are occurred specifically for NaCl and $ZnCl_2$ by short term zinc deficiency in rats.

3. Analysis on sodium and potassium balances in zinc-deficient rats

Balance tests of sodium and potassium were performed in short term zinc-deficient rats. Apparent retentions of sodium in their bodies were not different between zinc-deficient rats and their controls. Similarly, apparent retentions of potassium were not different. This result shows that sodium and potassium balances are not altered by short term zinc deficiency.

This study revealed that the taste preferences of short term zinc-deficient rats were altered specifically for NaCl and $ZnCl_2$. Detailed analyses on balances of minerals in the body might lead to the elucidation of this abnormalities of taste preferences.