

## パプアニューギニア高地人の食事組成と腸内細菌叢

田附ツル<sup>1)</sup>、奥田豊子、梶原（松本）苗美<sup>2)</sup>、藤田美明<sup>3)</sup>、市川みね子<sup>3)</sup>、宮谷秀一<sup>4)</sup>、下山 孝<sup>5)</sup>、小石秀夫

### Habitual diets and intestinal flora on Papua New Guinea Highlanders

TSURU TATSUKI<sup>1)</sup>, TOYOKO OKUDA, NAEMI MATSUMOTO KAJIWARA<sup>2)</sup>, YOSHIAKI FUJITA<sup>3)</sup>,  
MINEKO ICHIKAWA<sup>3)</sup>, SHUICHI MIYATANI<sup>4)</sup>, TAKASHI SHIMOYAMA<sup>5)</sup> and HIDEO KOISHI

#### 序 論

パプアニューギニア高地人は、さつまいもを主食とし蛋白質の摂取量は少いにもかかわらず、浮腫あるいははいそう等の低栄養症状は認めず、筋骨逞しい体型を保持している。われわれは1977年より数年間にわたって、東部高地ペーハー村（高度1500～2000m、人口1000人）において、栄養調査、住民検診、蛋白代謝に関する研究を行ってきた。<sup>1-6)</sup>

成人男子におけるいも類（おもにさつまいもであり、その他タロ、ヤマイモを少量）の1日平均摂取量は1.5kgであり、野草130g、その他とうもろこし、バナナ、さとうきび等を少量摂取していた。卵、乳製品、海藻はもちろぬ、塩以外の調味料は全く摂取していなかった。<sup>1,3)</sup> 冠婚葬祭時と8月の豚祭では、豚を殺して摂食するが、その他の時期にはほとんど食べない。最近、輸入食品である、米、サバ、魚肉罐詰、食塩等を少量であるが食べ始めてきた。摂取熱量は生活時間調査より算定した消費熱量とはほぼバランスをとっていた。蛋白質の摂取量は年々増加傾向を認めるが、日本人の平均摂取量の約半にすぎない。

高地人の栄養摂取の特徴は、蛋白質、脂質、ナトリウムの摂取が少く、繊維の摂取量が多いことである。ペーハー村の6歳以上の男女690人の体格は、日本人の平均身長よりは低いが、体重には差が少なく、皮脂厚は薄く、筋骨逞しいことを認めた<sup>1,3,5)</sup>。さらに563人の男女のヘマトクリット値、ヘモグロビン濃度、血清蛋白濃度は、日本人の平常値の上限に位置しており、<sup>1,4,5,6)</sup> 成人男子

の窒素出納は平衡を維持していた<sup>5)</sup>。すなわち蛋白質の摂取量が少いにもかかわらず、健康を維持していることがわかった。

このようなパプアニューギニア高地人の歴代続いた低蛋白栄養に対する適応機構として、Hipsley<sup>7)</sup>は尿素態窒素の再利用の可能性を述べている。尿素は蛋白質の代謝終末産物として尿より排泄されるが、低蛋白栄養の場合、小腸内に排泄された尿素は腸内細菌により、アンモニアに分解され、体内に再び吸収されて肝臓内で可欠アミノ酸の合成素材となる。さらに腸内細菌が尿素から合成した必須アミノ酸を、再吸収し利用する可能性もある。

さらにOomen<sup>8)</sup>はさつまいもを主食とするパプアニューギニア高地人における、分子状窒素の固定の可能性を提唱し、Bergersen<sup>9)</sup>らは、ヒト、ブタ、モルモットの糞便または腸内容物から分離した細菌が窒素を固定することを見出し、その中でも*Klebsiella aerogenes*が最も高い固定能を有することを報告している。このように蛋白代謝と腸内細菌は密接に関係していると考えられる。

著者らは、パプアニューギニア高地人の摂取蛋白量が、比較的少量であるにもかかわらず、体格あるいは血液性状が優れている理由を明らかにする一端として、腸内細菌叢をしらべ、日本人の成績と比較した。

#### 実験方法

##### 1) 試料の採取および輸送方法

1980年11月、パプアニューギニア東部高地ペーハー村の健康な成人男子12名から、糞便を採取し、直ちに炭酸ガスを吹き込みながら混和した。その1gを秤量して輸送用培地9mlに入れ炭酸ガスを充し密封した後、0～5℃に保ち、日本に持ち帰り、採取後40時間後に実験に供した。

- 1) 元研究生 現在精華女子短期大学
- 2) 神戸女子大 家政 栄養生理
- 3) 東京都老人総合研究所 栄養学教室
- 4) 山口女子大 家政 食物
- 5) 兵庫医科大学 第四内科

表 I 糞便中細菌叢の検索に用いる培地と培養方法<sup>10)</sup>

	培 地 の 種 類	主として対象となる菌種と特徴	培 養 方 法	培養日数
非 選 択 培 地	Eggars Gang Agar培地 (EG)	嫌気性菌, 好気性菌, とくにBacteroidaceae, <i>Catenabacterium</i> , <i>Peptostreptococcus</i> .	Gas Pack法	3
	Blood Agar培地 (BL)	嫌気性菌, 好気性菌, とくに乳酸菌の発育がすぐれ, 各菌種のコロニーの特徴がよくでる		
	Trypticase Soy Agar培地 (TS)	好気性菌主として Enterobacteriaceae, <i>Streptococcus</i> , <i>Bacillus</i> ; <i>Corynebacterium</i> .	好気性培養	1
選 択 培 地	<i>Bifidobacterium</i> selective培地 (BS)	<i>Bifidobacterium</i>	Gas Pack法	3
	<i>Catenabacterium</i> selective培地 (CS)	<i>Catenabacterium</i> , <i>Peptostreptococcus</i>		
	Neomycin Brilliant green Taurocholate Agar培地 (NBGT)	Bacteroidaceae		
	Neomycin Nagler Agar培地 (NN)	Lecithinase陽性 <i>Clostridium</i>		
	変法 <i>Veillonella</i> selective培地 (VS)	<i>Veillonella</i> , <i>Peptostreptococcus</i>		
	変法 <i>Lactobacillus</i> selective培地 (LBS)	<i>Lactobacillus</i>		
培 地	TATAC培地 (TATAC)	<i>Streptococcus</i>	好気性培養法	2
	Deoxycholate Hydrogensulfide Lactose Agar培地 (DHL)	Enterobacteriaceae		1
	Phenylethylene Egg <i>Staphylococcus</i> 培地 (PEES)	<i>Staphylococcus</i>		2
	Potato Dextrose Agar培地 (P)	Yeast 糸状菌		

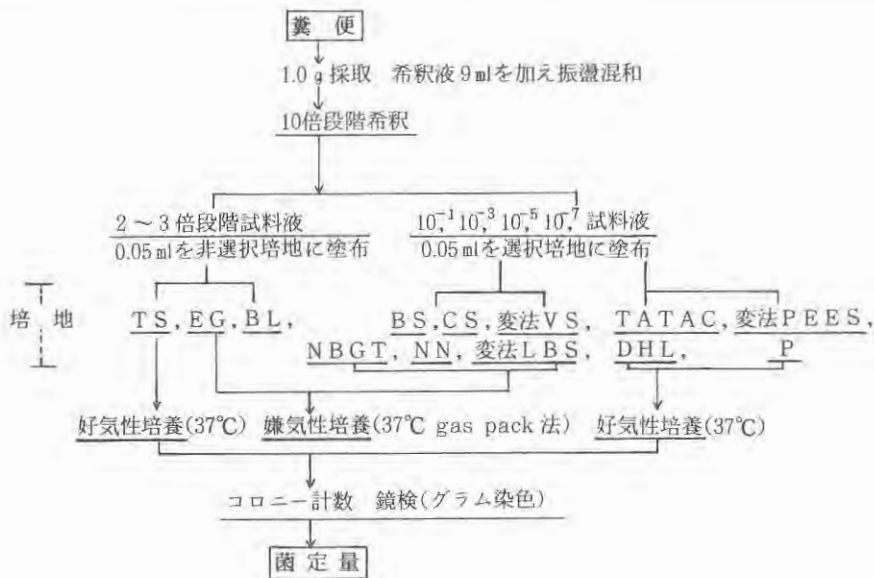


図 I 糞便中細菌叢の検索の順序

II) 菌の分別培養

輸送用培地で10倍に希釈された試料を、さらに希釈液<sup>10)</sup>で10段階で希釈し、光岡の方法<sup>10)</sup>に従い、表1に示す培地を用いて図1の手順で分別定量培養をおこなった。Enterobacteriaceae いわゆる腸内細菌科の細菌に関しては、さらにミニテック法 (Becton, Dickinson Overseas Inc.) により生化学的性状をしらべ、属や種を

決定した。

分離菌のうち、好気性菌、通性嫌気性菌、*Lactobacillus*属菌については、定性的にウレアーゼ活性をしらべた。ウレア培地<sup>11)</sup>で培養後、アンモニア産性によるpHの上昇によってウレア産生菌であるかどうかを判定した。

表2 バブアニューギニア高地人の糞便細菌叢 (Log/g)

Case No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	mean ± S.D.
Enterobacteriaceae	8.3	8.2	8.4	8.4	7.5	8.7	7.8	7.3	8.3	8.0	8.3	7.0	8.0 ± 0.51
<i>Streptococcus</i>	8.4	6.7	7.1	7.1	6.9	7.4	7.4	8.0	7.8	8.0*	8.5	6.7*	7.5 ± 0.63
<i>Staphylococcus</i>	2.5	0	3.1	4.6	0	2.8	4.3*	2.7	2.5	4.6*	3.9	3.5*	3.5 ± 0.85
Yeast	3.2	0	4.2	0	3.8	3.0	2.9	0	2.8	3.8	0	0	3.4 ± 0.53
<i>Corynebacterium</i>	0	0	8.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Bacillus</i>	3.3*	0	3.9	0	5.3	3.5	3.8	3.9	0	3.1	2.8	0	3.8 ± 0.66
<i>Lactobacillus</i>	7.3*	4.4*	6.9*	8.4	6.5	4.4	6.5*	8.2*	8.4	8.1	7.8*	4.1*	6.8 ± 1.6
<i>Bifidobacterium</i>	8.3	0	9.1	10.1	8.1	0	8.9	0	9.1	9.0	0	0	8.9 ± 0.65
<i>Eubacterium</i>	9.7	9.3	9.2	10.3	9.7	9.5	10.0	9.7	9.8	9.7	9.8	9.3	9.7 ± 0.31
Bacteroidaceae	8.1	8.6	8.8	9.2	9.1	8.5	9.7	8.7	8.7	9.2	9.2	9.4	8.9 ± 0.44
Peptococcaceae	0	0	0	10.1	6.5	0	8.8	8.4	8.5	9.3	9.3	0	8.7 ± 1.13
Lecithinase + Cl.	0	0	0	5.2	4.3	0	3.2	0	0	0	0	0	
<i>Clostridium</i>	0	3.6	8.9	9.9	8.1	7.4	8.5	8.4	4.5	8.4	4.5	0	7.2 ± 2.2
<i>Veillonella</i>	5.7	6.7	8.9	0	0	0	0	5.5	8.8	8.8	7.3	5.2	7.1 ± 1.6
Facultative	8.7	8.2	8.7	8.5	7.7	8.7	8.0	8.1	8.4	8.3	8.7	7.1	8.3 ± 0.49
Obligate	9.7	9.4	9.7	10.7	9.8	9.5	10.3	9.8	9.9	10.0	10.0	9.6	9.9 ± 0.36
Total count	9.7	9.4	9.8	10.7	9.8	9.6	10.3	9.8	10.0	10.0	10.0	9.6	9.9 ± 0.35

好気性菌, 通性嫌気性菌, *Lactobacillus* 属菌について, 定性的にウレアーゼ活性をしらべた。

\*はウレアーゼ活性を認めたもの。

### 実験結果

表2はバブアニューギニア高地人12例の糞便細菌叢を対数 (Log/g) で示したものである。比較のため, 日本人で学令期より糖質優位の食事を摂取したと思われる健康成人11例の成績<sup>12)</sup>とともに, 表3に糞便細菌叢の平均値とその検出率を示した。通性嫌気性菌, 好気性菌の場合, 検出率において, *Staphylococcus*でバブアニューギニア高地人の方が高く, Yeastではその逆である以外ほとんど差がなく, 菌数においてもYeastでバブアニューギニア高地人の方が低値を示す以外有意な差を認めなかった。窒素固定を行うと報告されている*Klebsiella aerogenes*は, われわれが行った方法では分離されなかった。

嫌気性菌の検出率については, 日本人で100%認められた*Bifidobacterium* 58%, Peptococcaceae 58%, Lecithinase + Cl 25%と, バブアニューギニア高地人で低い値を示した。優性菌は日本人もバブアニューギニア高地人も*Bifidobacterium*, *Eubacterium*, Bacteroidaceae, Peptococcaceaeである。菌の種類別に比較すると, *Bifidobacterium*, Bacteroidaceae, Peptococcaceae,

*Clostridium*についてはバブアニューギニア高地人で日本人より有意に低く, *Eubacterium*は逆に有意に高い値を示した。総菌数はバブアニューギニア高地人 $9.9 \pm 0.35$  Log/gで, 日本人の $10.7 \pm 0.29$  Log/gより有意に低値を示したが, これは嫌気性菌の減少によっていた。

表2に好気性菌, 通性嫌気性菌, *Lactobacillus*属菌でウレアーゼ活性を認めたものを示した。*Lactobacillus*では12例中7例にウレアーゼ活性を認めた。

### 考察

バブアニューギニア高地人12例の糞便細菌叢は, おもに偏性嫌気性菌において, 日本人の学令期より糖質が優位な食事を食べてきた11例の成績<sup>12)</sup>と著明な差を認めた。この違いが食事内容, 栄養状態, 地理的条件や気候条件の相違に起因しているのかどうかについては不明である。田村ら<sup>12)</sup>の報告によると, 学令期より糖質が優位な食事を食べてきた成人と, 蛋白質, 脂肪の多い食事を食べてきた成人とを比較すると, ほとんどの菌で差がなく, 総菌数にも有意差を認めないが, *Bifidobacterium*は, 糖質優位な食事を食べてきた成人の方が有意に低いことを

表3 パプアニューギニア高地人と日本人の糞便細菌叢と検出率

	糞便細菌叢 (Log/g)		検出率 (%)	
	パプアニューギニア人	日本人	パプアニューギニア人	日本人
Enterobacteriaceae	8.0 ± 0.51	8.3 ± 0.43	100	100
<i>Streptococcus</i>	7.5 ± 0.63	7.7 ± 0.94	100	100
<i>Staphylococcus</i>	3.5 ± 0.85	2.9 ± 0.60	83	64
Yeast	3.4 ± 0.53*	4.5 ± 0.91	58	82
<i>Corynebacterium</i>			8	
<i>Bacillus</i>	3.8 ± 0.66		67	
<i>Lactobacillus</i>	6.8 ± 1.60	7.2 ± 0.77	100	91
<i>Bifidobacterium</i>	8.9 ± 0.65*	9.7 ± 0.45	58	100
<i>Eubacterium</i>	9.7 ± 0.31*	9.0 ± 0.65	100	100
Bacteroidaceae	8.9 ± 0.44*	10.4 ± 0.53	100	100
Peptococcaceae	8.7 ± 1.13*	9.9 ± 0.40	58	100
Lecithinase+, Cl		3.9 ± 1.52	25	100
<i>Clostridium</i>	7.2 ± 2.2 *	8.9 ± 0.43	84	100
<i>Veillonella</i>	7.1 ± 1.6	8.0 ± 1.05	67	82
Facultative	8.3 ± 0.49	8.4 ± 0.46		
Obligate	9.9 ± 0.36*	10.7 ± 0.32		
Total counts	9.9 ± 0.35*	10.7 ± 0.29		

日本人の成績は学齢期より、糖質優位の食事を摂取したと思われる健康な成人11例である。<sup>11)</sup> 平均値 ± SD で示した。\* は日本人との間に5%の危険率で有意差のあるもの。

報告している。パプアニューギニア高地人はその値よりさらに低い値を示し、これは摂取熱量の90%以上が糖質に由来する食生活を歴代続けてきたことを反映しているのかもしれない。しかしながら炭水化物過多食を長期<sup>13)</sup>間摂取し、逆に *Bifidobacterium* が増加したという報告もあり、今後さらに検討を要する。

ヒトにおいて食事内容の違いが腸内細菌叢にどのような影響を与えるかについては、乳児栄養に関する研究<sup>14)</sup>は数多くみられるが、成人についての成績は少ない。Hill<sup>15)</sup>らは肉類を多食し、蛋白、脂質の摂取量が多く、繊維の摂取量が少く、結腸ガンの発生率の高い、イギリス、スコットランドとアメリカの人の腸内細菌叢を、肉類の摂取量が少く、高炭水化物、高繊維食をとって、結腸ガンの発生率の低い、ウガンダ、インド、日本人と比較した。肉類をあまり食べない国の人では、多量に食べている人に比較し、Bacteroidaceae が低く、一方、

Enterobacteriaceae, *Streptococcus*, *Eubacterium* は多く、嫌気性菌と好気性菌の比率を算出すると、肉類を多食する人の方がかなり高い値を示した。日本人よりさらに肉類をほとんど食べず、高炭水化物、高繊維食を摂取しているパプアニューギニア高地人では、Bacteroidaceae は日本人よりさらに有意に低く、*Eubacterium* は有意に高かった。総菌数がパプアニューギニア高地人で有意に低いのは偏性嫌気性菌の違いによっていた。これらのことから考えると、日本人の成績との差は、食物の違い、あるいは栄養素摂取量の違いによる部分が大きいと推測される。しかしながら蛋白質、脂質、炭水化物と繊維の違いのうち、どれが大きな要因となっているかについては不明である。

1ヶ月程度の短期間、食事内容の異なる食事を投与しても腸内細菌叢にはほとんど影響を与えないことが報告<sup>16)</sup>されている。パプアニューギニア高地人は、歴代きつ

まいもと野草を主な食料源としてきたが、現在急激な文明化の波にさらされており、食生活も急速に変化しつつある。早急にこれらの問題について検討する必要がある。

被検者7例にウレアーゼ活性を認めた *Lactobacillus* については、鈴木<sup>17)</sup>等によっても強い活性を示すことが報告されている。鈴木等は腸内のウレアーゼ産生菌としては、嫌気性菌が主体であり、ヒトの腸内の最優性菌を構成している *Eubacterium aerofaciens* や *Bacteroides multiacidus* に強い活性が認められたことを報告しているが、バブアニューギニア高地人の腸内嫌気性菌について、ウレアーゼ産性能を検討できなかったのは残念である。

尿素窒素の再利用については<sup>15</sup>N尿素を経口投与後、血清蛋白へ取り込まれた<sup>15</sup>Nを測定することにより検討しバブアニューギニア高地人では、彼等の日常食において尿素窒素を再利用していることを知った<sup>18)</sup>。日本人では低蛋白食では尿素的の再利用が認められるが、日本人の日常の蛋白摂取レベルでは、尿素窒素は再利用されなかった。一方バブアニューギニア高地人では、蛋白質摂取量を多くしても、低蛋白食と同様尿素窒素を再利用し、窒素出納は著名な正の出納を示していた<sup>18)</sup>。彼等は通常の食事より高い蛋白質を摂取するとき、たとえば、祭や冠婚葬祭時に豚を大量に摂取するときは、摂取した蛋白質を有効に体蛋白へ取り込んでいることが推測される。これに対する腸内細菌叢の役割を明らかにしようとし、日本人と較べて、菌の分布に特徴のある相違を認めたが、蛋白質の利用能を元める点については明らかにすることはできなかった。

## 要 約

バブアニューギニア高地人はさつまいもを主食とし、蛋白質の摂取量は少いにもかかわらず、筋骨逞しく健康的な生活を送っている。低蛋白、低脂肪、高炭水化物、高繊維の食事を歴代続けてきた高地人の腸内細菌叢を、日本人の成績と比較した。

東部高地バーバー村の成人男子12名の糞便を現地で採取し、輸送培地に入れ、炭酸ガスを充たし5℃に保ったものを40時間以内に日本に持ち帰り、光岡の方法に準じて分別定量培養をおこなった。腸内細菌科の細菌はさらにミニテック法により属や種を決定した。

優勢菌として *Bifidobacterium*, *Eubacterium*, *Bacteroidaceae*, *Peptococcaceae* が検出されたことは日本人の場合と同様であったが、総菌数は日本人の値より有意に低く、これは偏性嫌気性菌の減少によっていた。*Bifidobacterium* はほとんどの日本人で検出されるが、

バブアニューギニア高地人における検出率は低く、菌数の平均値も低かった。バブアニューギニア高地人の *Yeast*, *Bacteroidaceae*, *Peptococcaceae*, *Clostridium* の菌数は日本人より有意に低かった。一方 *Eubacterium* の菌数はバブアニューギニア高地人の方が有意に高かった。このような腸内細菌叢の違いと食事組成との関連について考察を加えた。

この論文の現地調査は昭和55年度文部省科学研究費(海外学術調査504158)によって行われた。腸内細菌叢の分離に兵庫医科大学第四内科の田中守、松崎恵子各氏の協力を得た。厚く謝意を表す。なお調査地区設定や研究実施に種々の協力を戴いた P.N.G. Institute of Medical Research (所長 Dr. Michael Alpers) に対し感謝する。

## 文 献

- 1) 小石秀夫, 奥田豊子, 梶原苗美, 伊達ちぐさ, 柳瀬恭子: 本紀要, 27, 1 (1979)
- 2) Tanaka, N., Kubo, K., Shiraki, K., Koishi, H., and Yoshimura, H.: J. Nutr. Sci. Vitaminol., 26, 247 (1980)
- 3) Okuda, T., Kajiwara, N., Date, C., Sugimoto, K., Rikimaru, T., Fujita, Y. and Koishi, H.: J. Nutr. Sci. Vitaminol., 27, 319 (1981)
- 4) Itoh, S., Katayama, Y. S., Koishi, H. and Izumi, S.: J. Nutr. Sci. Vitaminol., 28, 411 (1982)
- 5) Fujita, Y., Rikimaru, T., Okuda, T., Date, C., Kajiwara, N., Yanase, K. and Koishi, H.: J. Nutr. Sci. Vitaminol., 28, 431 (1982)
- 6) 小石秀夫, 伊達ちぐさ, 辻出純三, 奥田豊子, 梶原苗美, 藤田美明, 宮谷秀一, 市川みね子, 綿貫 勝: 必須アミノ酸研究, 92, 28 (1981)
- 7) Hipsley, E. H.: Food and Nutr., 33, 37 (1976)
- 8) Oomen, H. A. P. C.: Proc. Nutr. Soc., 29, 197 (1970)
- 9) Bergersen, F. J. and Hipsley, E. H.: J. gen Microbiol., 60, 61 (1970)
- 10) 光岡知足: 感染症学会雑誌45, 406 (1971)
- 11) 光岡知足: 腸内菌の世界—嫌気性菌の分離と同定, 叢文社, p327 (1980)
- 12) 田村和民, 西山洋周, 大野忠嗣, 鹿野貞勝, 里美匡迪, 大浜 庸, 細見基信, 堀 信治, 下山 孝: 最新医学, 33, 2017 (1978)
- 13) Hoffmann, K.: Zbl. Bakt. I. Abt. Orig., 192, 500 (1964)

- 14) 光岡知足編：腸内フローラと栄養，学会出版センター  
(1983)
- 15) Hill, M. J., Drasar, B. S., Aries, V.,  
Crowther, J. S., Hawksworth, G. and  
Williams, R. E. O.: *Lancet* 1, 95 (1971)
- 16) Hentges, D. J.: *Nutr. Rev.*, 38, 329 (1980)
- 17) 鈴木邦夫, 光岡知足: *医学と生物学*, 93, 359 (1976)
- 18) 小石秀夫, 奥田豊子, 三好弘子, 藤田美明, 市川み  
ね子, 梶原苗美, 宮谷秀一: *必須アミノ酸研究*, 97,  
58 (1983)

(昭和58年11月8日受理)

### Summary

Papua New Guinea Highlanders (PNGH) live mainly on sweet potatoes, and although they take a little protein, they have muscular physique and live a healthy life. In order to clarify relationship between their nutritional status and intestinal flora, feces were collected from 12 male adults of them who live in the eastern heighland. These feces were brought back to Japan within 48 hours, being kept at 5°C, and they were fractionized and estimated by the method of Mitsuoka *et al.* The results obtained were as follows:

As predominant bacteria, *Bifidobacterium*, *Eubacterium*, Bacteroidaceae and Peptococcaceae were detected, just as in the case of Japanese, but the total number of bacteria was significantly smaller than that from the data obtained in similar examination with Japanese. It resulted from decrease of anaerobic bacteria.

*Bifidobacterium* are found in most Japanese, but the ratio of detection of them in PNGH was lower. The number of *Eubacterium* of PNGH was significantly smaller than that of Japanese.

Inquiry was made into relationship between such difference in intestinal bacteria and composition of PNGH's habitual diet.