

## 바이칼호에서 분리한 빈영양성 세균과 저온성 세균의 탄소원 이용 특성

이건형<sup>1\*</sup> · 배명숙 · 박석환 · 송홍규<sup>2</sup> · 안태석<sup>3</sup>

<sup>1</sup>군산대학교 자연과학대학 과학기술학부, <sup>2</sup>강원대학교 자연대학 생명과학부, <sup>3</sup>강원대학교 자연대학 환경학과

2000년 9월부터 2002년 12월 사이에 바이칼호에서 분리된 빈영양성 세균 168 균주와 저온성 세균 132 균주를 대상으로 BIOLOG Microplate를 이용하여 탄소원의 이용특성을 조사하였다. 본 연구에 사용된 빈영양성 세균 중 oxidase 양성 (GN-NENT 그룹)의 86% (56 균주)와 oxidase 음성 (GN-ENT 그룹)의 89% (92 균주), 저온성 세균 중 oxidase 음성 (GN-ENT 그룹)의 82% (85 균주)는 다양한 탄소원 중에서  $\alpha$ -D-glucose를 이용할 수 있었으며, 저온성 세균 중 oxidase 양성 (GN-NENT 그룹)의 93% (26 균주)는 bromosuccinic acid를 이용하였다.  $\alpha$ -D-lactose는 빈영양성 GN-ENT 그룹의 일부만이 이용하였으며 나머지 균주들은 전혀 이용하지 못하였다. BIOLOG Microplate를 이용하여 동정된 균들을 속별로 살펴보면, *Pseudomonas* 속이 49 균주로 가장 많았으며, 그 외에도 *Salmonella* 속, *Serratia* 속, *Buttiauxella* 속, *Pantoea* 속, *Yersinia* 속, *Brevundimonas* 속, *Hydrogenophaga* 속, *Photorhabdus* 속, *Sphingomonas* 속, *Xenorhabdus* 속이 동정되었다.

**Key words** □ BIOLOG microplate, Lake Baikal, oxidase test, oligotrophs, psychrotrophs, sole carbon source.

바이칼호는 세계에서 7번째로 큰 호수로 2,500만 년 전에 단층작용으로 생성된 지구상에서 가장 수심이 깊고 오래된 호수의 하나이며, 호수의 길이는 636 km, 폭은 30~80 km, 최고 수심은 1620 m이고, 총면적은 31,500 km<sup>2</sup>에 달한다 (10). 바이칼호와 그 유역에는 3,500여종의 동, 식물이 서식하고 있으며 이중 84%는 이 호수에만 존재하는 고유종이다. 미생물의 경우, 1600 m에 달하는 깊이, 연중 평균 수온이 10°C인 호수상태, 유기물이 극히 빈약한 환경조건을 고려하여 고압, 저온, 빈영양 상태 등의 극한 조건에서 적응한 미생물이 존재할 가능성이 크다. 그러나 동, 식물에 대한 연구에 비해 바이칼호에 서식하는 미생물에 대한 체계적인 분류는 아직 이루어지지 않았다. 바이칼호와 같은 자연호에서는 다양한 유기물이 존재하며, 그 근원은 주로 식물플랑크톤이 생성하는 것과 주위 유역이다. 유기물의 종류와 농도는 세균의 활성에 직접적으로 영향을 미치므로(7) 분리된 세균의 탄소 이용 양상은 간접적으로 그 지역의 유기물 동태를 알려주는 유용한 생태학적 정보이다. 바이칼호 남부는 수심이 1,400 m 이상이나, 생물학적 생산은 수심 25 m 이내에서 일어나고 있다(11). 따라서 표층에서 생성된 유기물은 하층으로 에너지와 탄소원을 공급하며, 이 과정에서 세균은 유기물의 분해와 합성에 관여하면서 유기물의 조성을 변화시킨다. 이러한 모든 과정의 결과는 바로 세균의 유기물 이용능으로 표시가 가능하다. 이 경우, 물을 효소의 집합체로 보고 효소활성도를 측정하기도 한다. 예로  $\beta$ -glucosidase는 세균이 체내로 능동 수송할 수 있는 효소로 활성이 높은 것은 수중에 고분자 유기물농도가 높다는 점을, 활성이

낮은 것은 저분자 유기물질이 많다는 것을 알려 준다. 또한, guild concept(14)의 관점에서 본다면 세균의 다양성은 유전적 다양성보다는 물질대사 다양성이 생태학적으로는 더 큰 의미를 가지고 있다.

최근까지 대부분의 종속영양세균의 생태학적인 연구는 분리동정에 기초한 방법에 의존하였다. 하지만 이러한 배양법에 기초한 분리동정 방법은 선택 배지를 사용하므로 많은 세균이 연구에서 제외될 수 있고, 특성상 많은 시간을 소비하므로 시료채취에서부터 시간적, 공간적 제한을 받는다. 예를 들어, Bell 등(3)은 2곳의 하천에서 단지 12개의 제한된 시료만으로 배양법에 기초한 분리 동정법을 사용하여 계절적 미생물 군집의 경향을 평가하였는데 조사지역을 대표할 수 있는 결과로는 한계를 보였다. 반면에 BIOLOG microplate를 이용하여 군집의 대사능을 측정하면 배양법에 기초한 분리 동정법에서와 같이 까다로운 분리 동정과정을 거치지 않고 단순하고 신속한 방법으로 서로 다른 생태계에서 좀더 민감하고 생태적으로 의미 있는 종속영양세균 군집 구조에 대한 결과를 얻을 수 있다. 최근 BIOLOG Microplate를 이용한 군집수준의 탄소원 이용 연구는 종속영양적 대사에 기초한 미생물 군집의 분류 방법으로 소개되었는데(8), 국내외에서 BIOLOG Microplate를 이용한 미생물의 동정과 군집 특성에 대한 연구가 토양(2, 8, 16)과 수계환경(5), 해양생물(1) 및 식물 뿌리(4) 등에서 활발히 이루어졌다.

본 연구에서는 바이칼호의 저온성 세균과 빈영양성 세균 300 균주를 대상으로 BIOLOG Microplate를 이용하여 단독 탄소원의 이용특성을 조사하여, 분류학적 다양성과 물질 대사 다양성을 조사하였다. 이러한 연구 결과는 바이칼호에서 분리한 미생물들의 대사능 및 기능적인 다양성을 이해하는데 필요한 기초 정보를

\*To whom correspondence should be addressed.  
Tel: 82-63-469-4584, Fax: 82-63-463-1560  
E-mail: ghlee@kunsan.ac.kr

제공해 줄 것이다.

### 재료 및 방법

#### 실험균주

본 실험에 사용한 균주는 러시아 이르쿠츠크 시에 소재하는 러시아 과학원 소속의 육수학연구소(Limnological Institute, Russian Academy of Science, Siberian Branch)에 의해 바이칼호 남부(Southern Lake Baikal)에서 분리한 빈영양성 세균 (oligotrophic bacteria) 168 균주 (45 균주: 2000년 9월~12월 채집, 123 균주: 2002년 1월~7월 채집)와 저온성 세균 (psychrotrophic bacteria) 132 균주 (2002년 1월~12월 채집) 이다.

#### 탄소원 이용의 측정 및 동정

BIOLOG Microplate를 이용한 탄소원의 측정 방법은 우선 순수 분리된 균주를 Tryptic soy agar (TSA) (Difco) 배지에 접종하여 37°C에서 24~48시간 배양한 후 oxidase test를 실시하여 oxidase 양성을 GN-NENT로, oxidase 음성을 GN-ENT로 구별하였다. 각 균주를 BUG+B (Biolog Universal Growth Media+sheep blood)에 접종하여 GN-NENT 균주는 항온기에서 30°C로, GN-ENT 균주는 항온기에서 35~37°C로 24시간 배양하였다. BUG+B에 배양된 균주는 접종액 (0.4% sodium chloride, 0.03% pluronic F-68, 0.01% gellan gum)에 접종하여 vortex로 진탕시켰다. 이 때 탁도는 BIOLOG turbidometer (Model 21906)로 GN-NENT는 52%, GN-ENT는 63%로 맞추되 GN-ENT의 경우

는 접종용액에 포자의 형성을 막기 위한 thioglycolate 용액을 3방울 첨가하였다. 다음 단계로 BIOLOG GN2 microplate (Table 1)에 혼합된 균주액을 각각 150 µl씩 분주하여 GN-NENT는 30°C에서, GN-ENT는 35~37°C에서 각각 4~6시간, 16~24시간 배양하였다. 배양이 끝난 plate는 BIOLOG identification system으로 탄수화물의 이용 여부를 측정한 후(15), BIOLOG Microstation System™ (BIOLOG, USA)을 이용하여 동정하였다. 동정된 세균간의 통계학적 유사도는 average linkage clustering 방법을 이용하여 분석하였다(12).

### 결과 및 고찰

Oxidase test 결과, 2000년 9월부터 12월에 채집한 빈영양성 세균 중 15 균주는 양성을, 30 균주는 음성을 나타냈고, 2002년 1월부터 7월에 채집한 빈영양성 세균 중 50 균주는 양성을, 73균주는 음성을 나타냈다. 한편 저온성 세균의 경우는 28균주가 양성을, 104 균주가 음성을 나타냈다(Table 2). 따라서 oxidase test 결과에 따라 BIOLOG 실험지침에 의해 양성인 93 균주는 GN-NENT 그룹으로, 음성인 207 균주는 GN-ENT 그룹으로 분류하였다(15).

각 탄수화물에 대한 이용도는 Fig. 2-Fig. 5에서 보는 바와 같다. 우선 2000년 9월부터 12월과 2002년 1월부터 7월에 걸쳐 채집한 빈영양성 세균 중 oxidase 음성(GN-ENT 그룹)으로 분류된 103 균주의 경우, 실험균주의 89%인 92 균주가 α-D-glucose (B6)를 가장 많이 이용하였다. 반면에 실험 균주의 10% 미만만

**Table 1.** List of chemical compounds used in BIOLOG-GN Microplate

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	water	i-Erythritol	D-Melibiose	Acetic Acid	p-Hydroxyphenylacetic Acid	Bromo-succinic Acid	L-Histidine	Urocanic Acid
2	α-Cyclodextrin	D-Fructose	β-methyl-D-Glucoside	Cis-Aconitic Acid	itaconic Acid	Succinamic Acid	Hydroxy-L-Proline	Inosine
3	Dextrin	L-Fucose	D- Psicose	Citric Acid	α-Ketobutyric Acid	Glucuronamide	L-Leucine	Uridine
4	Glycogen	D-Galactose	D-Raffinose	Formic Acid	α-Ketoglutaric Acid	L-Alaninamide	L-Omithine	Thymidine
5	Tween 40	Gentiobiose	L-Rhamnose	D-Galactonic Acid Lactone	α-Ketovaleric Acid	D-Alanine	L-Phenylalanine	Phenylethylamine
6	Tween 80	α-D-Glucose	D-Sorbitol	D-Galacturonic Acid	D,L-Lactic Acid	L-Alanine	L-Proline	Putrescine
7	N-Acetyl-D-Glucosamine	m-Inositol	Sucrose	D-Gluconic Acid	Malonic Acid	L-Alanyl-Glycine	L-Pyroglutamic Acid	2-Aminoethanol
8	N-Acetyl-D-Glucosamine	α-D-Lactose	D-Trehalose	D-Glucosaminic Acid	Propionic Acid	L-asparagine	D-Serine	2,3-Butanediol
9	Adonitol	Lactulose	Turanose	D-Glucuronic Acid	Quinic Acid	L-Aspartic Acid	L-Serine	Glycerol
10	L-Arabinose	Maltose	Xylitol	α-Hydroxybutyric Acid	D-Saccharic Acid	L-Glutamic Acid	L-Threonine	D,L,α-Glycerol Phosphate
11	D-Arabitol	D-Mannitol	Pyruvic Acid Methyl Ester	β-Hydroxybutyric Acid	Sebacic Acid	Glycyl-L-Aspartic Acid	D,L-Camitine	α-D-Glucose -1-Phosphate
12	D-Cellobiose	D-Mannose	Succinic Acid Mono-Methyl Ester	γ-hydroxybutyric Acid	Succinic Acid	Glycyl-L-Glutamic Acid	γ-Aminobutyric Acid	D-Glucose-6-Phosphate

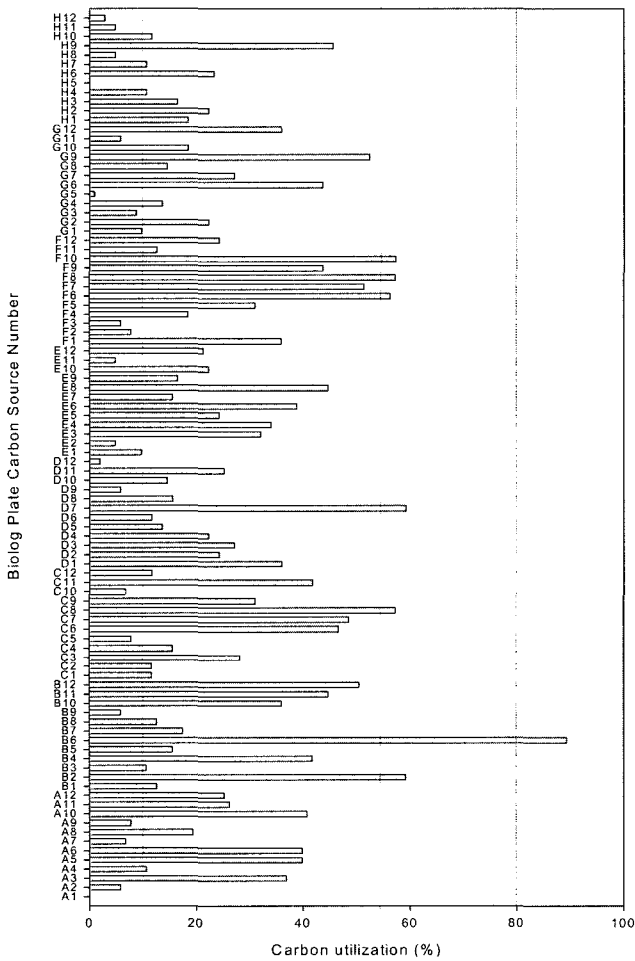
**Table 2.** Classification by oxidase test for oligotrophic and psychrotrophic bacteria isolated from Lake Baikal during 2000-2002

Strains (Sampling period)	Oxidase test	Positive (GN-NENT group)	Negative (GN-ENT group)	Total
Oligotrophs (Sep.-Dec., 2000)		15	30	45
Oligotrophs (Jan.-July, 2002)		50	73	123
Psychrotrophs (Jan.-Dec., 2002)		28	104	132
Total		93	207	300

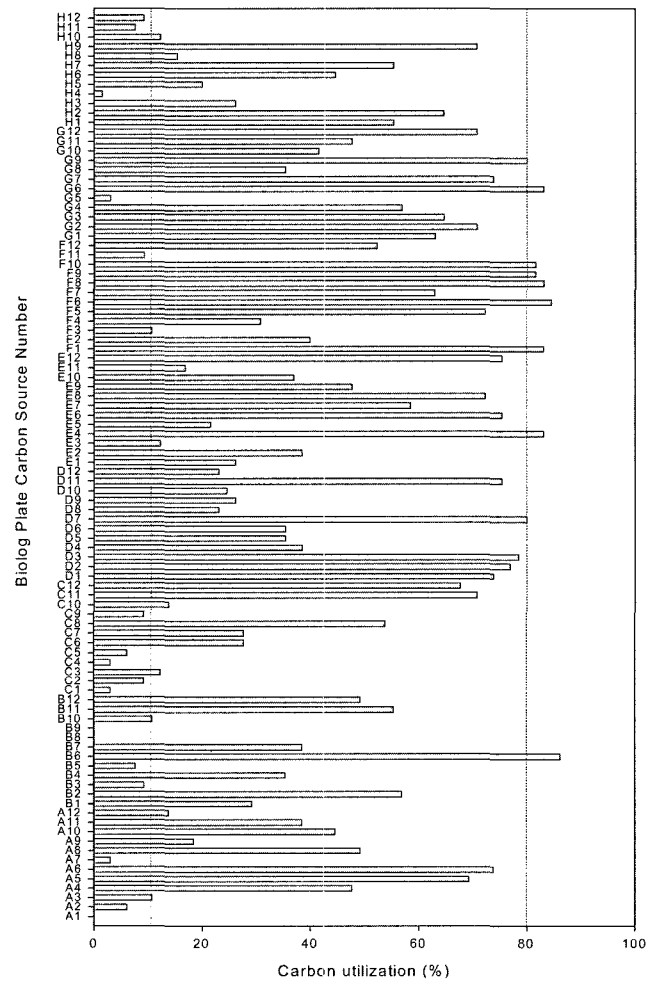
이 이용한 물질들로는  $\alpha$ -cyclodextrin (A2), N-acetyl-D-glucosamine (A7), adonitol (A9), lactulose (B9), L-rhamnose (C5), xylitol (C10), D-glucuronic acid (D9),  $\gamma$ -hydroxybutyric acid (D12), itaconic acid (E2), sebacic acid (E11), succinamic acid (F2), glucuronamide (F3), L-leucine (G3), L-phenylalanine (G5), D,L-carnitine (G11), phenylethyl-

amine (H5), 2, 3-butanediol (H8),  $\alpha$ -D-glucose-1-phosphate (H11), D-glucose-6-phosphate (H12)와 같은 19종이었고, phenyl ethylamine (H5)은 전혀 이용하지 못하였다 (Fig. 1).

또한 2000년 9월부터 12월과 2002년 1월부터 7월에 걸쳐 채집한 빈영양성 세균 중 oxidase 양성(GN-NENT 그룹)으로 분류된 65 균주의 경우, 실험균주의 86%인 56 균주가  $\alpha$ -D-glucose (B6)를 가장 많이 이용하였으며(Fig. 2), 실험 균주의 80% 이상이 이용한 물질들로는  $\alpha$ -D-glucose (B6), D-gluconic acid (D7),  $\alpha$ -ketoglutaric acid (E4), bromosuccinic acid (F1), L-alanine (F6), L-asparagine (F8), L-aspartic acid (F9), L-glutamic acid (F10), L-proline (G6), L-serine (G9)와 같은 10종이었다 (Fig. 3). 반면에 실험균주의 10% 미만만이 이용한 물질들은  $\alpha$ -cyclodextrin (A2), N-acetyl-D-glucosamine (A7), L-fucose (B3), gentiobiose (B5), D-melibiose (C1),  $\beta$ -methyl-D-glucoside (C2), D-raffinose (C4), L-rhamnose (C5), Turanose (C9), glyceryl-L-aspartic acid (F11), L-phenylalanine (G5), thymidine (H4),  $\alpha$ -D-



**Fig. 1.** Carbon utilization patterns of oligotrophic bacteria (103 strains) of oxidase test negative group (GN-ENT group) by BIOLOG system isolated from Lake Baikal from September to December, 2000 and from January to July, 2002.



**Fig. 2.** Carbon utilization patterns of oligotrophic bacteria (65 strains) of oxidase test positive group (GN-NENT group) by BIOLOG system isolated from Lake Baikal from September to December, 2000 and from January to July, 2002.

glucose-1-phosphate (H11), D-glucose-6-phosphate (H12)와 같은 14종이었고,  $\alpha$ -D-lactose (B8)와 lactulose (B9)는 전혀 이용하지 못하였다 (Fig. 2).

한편 2002년 1월부터 12월에 채집한 저온성 세균 중 oxidase 음성 (GN-ENT 그룹)으로 분류된 104 균주의 경우, 실험균주의 82%인 85 균주가 앞에서 언급한 빈영양성 세균과 마찬가지로  $\alpha$ -D-glucose (B6)를 가장 많이 이용하였다. 반면, 실험 균주의 10% 미만만이 이용한 물질들로는  $\alpha$ -cyclodextrin (A2), N-acetyl-D-glucosamine (A7), adonitol (A9), D-cellobiose (A12), L-fucose (B3), gentiobiose (B5), actulose (B9), D-melibiose (C1), D-raffinose (C4), L-rhamnose (C5), xylitol (C10), D-glucuronic acid (D9),  $\gamma$ -hydroxybutyric acid (D12), sebacic acid (E11), glucuronamide (F3), glycyl-L-aspartic acid (F11), L-phenylalanine (G5), D,L-camitine (G11), phenylethylamine (H5), 2,3-butanediol (H8),  $\alpha$ -D-glucose-1-phosphate (H11), D-glucose-6-phosphate (H12)를 포함한 22종이었고,  $\alpha$ -D-lactose (B8)는 전혀 이용하지 못하였다 (Fig. 3).

반면에 저온성 세균 중 oxidase 양성 (GN-NENT)으로 분류된 28 균주의 경우, 실험균주의 93%인 26 균주가 bromosuccinic

acid (F1)를 가장 많이 이용하는 것으로 나타났으며 (Fig. 4), 실험 균주의 80% 이상이 이용한 물질로는 tween 80 (A6),  $\alpha$ -D-glucose (B6), D-mannitol (B11), D-mannose (B12), pyruvic acid methyl ester (C11), acetic acid (D1), cis-aconitic acid (D2), citric acid (D3), D-gluconic acid (D7),  $\beta$ -hydroxybutyric acid (D11),  $\alpha$ -ketoglutaric acid (E4), D, L-lactic acid (E6), propionic acid (E8), succinic acid (E12), bromosuccinic acid (F1), L-alanine (F6), L-alanyl-glycine (F7), L-asparagine (F8), L-asparagine (F8), L-aspartic acid (F9), L-glutamic acid (F10), L-proline (G6), L-pyroglutamic acid (G7), L-serine (G9),  $\gamma$ -aminobutyric acid (G12), urocanic acid (H1), inosine (H2)과 같은 27종이었다. 또한 실험 균주의 10% 미만만이 이용한 물질들로는  $\alpha$ -cyclodextrin (A2), D-cellobiose (A12), L-fucose (B3), gentiobiose (B5), maltose (B10), D-melibiose (C1),  $\beta$ -methyl-D-glucoside (C2), D-raffinose (C4), L-rhamnose (C5), turanose (C9),  $\gamma$ -hydroxybutyric acid (D12), glycyl-L-aspartic acid (F11), thymidine (H4),  $\alpha$ -D-glucose-1-phosphate (H11), D-glucose-6-phosphate (H12)를

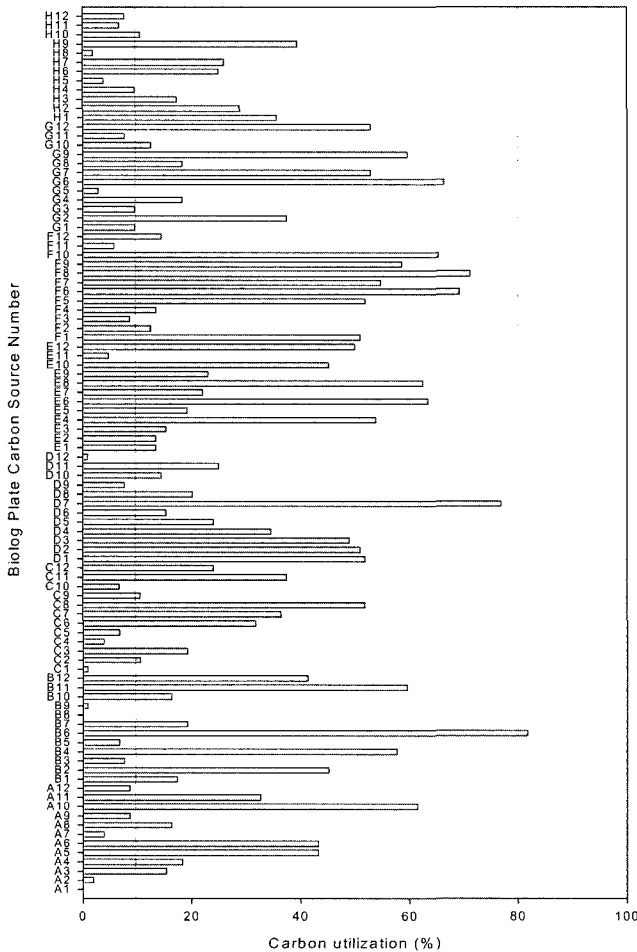


Fig. 3. Carbon utilization patterns of psychrotrophic bacteria (104 strains) of oxidase test negative group (GN-ENT group) by BIOLOG system isolated from Lake Baikal from January to December, 2002.

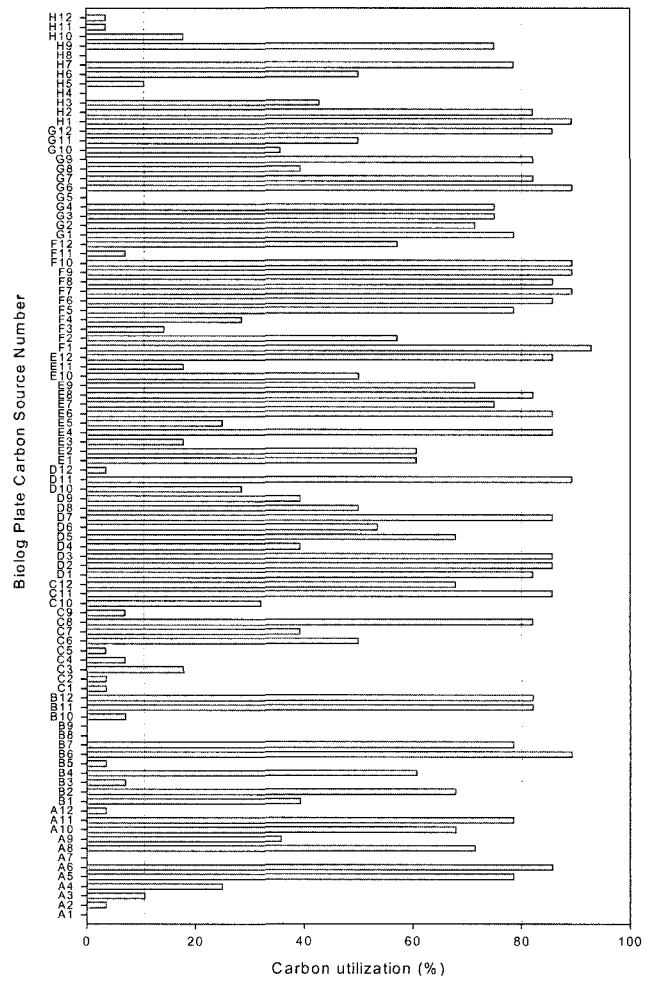


Fig. 4. Carbon utilization patterns of psychrotrophic bacteria (28 strains) of oxidase test positive group (GN-NENT group) by BIOLOG system isolated from Lake Baikal from January to December, 2002.

포함한 15종이었고, N-acetyl-D-glucosamine (A7), α-D-lactose (B8), lactulose (B9), L-phenylalanine (G5), 2,3-butanediol (H8)는 전혀 이용하지 못하였다 (Fig. 4).

본 연구에서 바이칼호에서 채집한 그람음성의 비영양성 세균과 저온성 세균 300 균주의 80% 이상이 모두 이용할 수 있는 물질은 α-D-glucose (B6)이었고, α-D-lactose (B8)는 비영양성 세균의 GN-ENT그룹 (103 균주)을 제외한 나머지 균주들 (197 균주)은 모두 단독 탄소원으로 이용할 수 없었다. 또한 저온성 세균 중 oxidase 양성그룹의 93% (26 균주)는 bromosuccinic acid를 탄소원으로 이용할 수 있었는데, 이러한 물질이 바이칼호에서 중요 탄소원으로 이용되는 생태학적인 중요성은 추후 연구가 필요하다. 또한 바이칼호에서 이용되는 탄소원이 바이칼호에서만 특징적으로 나타나는지 여부는 다른 호수를 대상으로 BIOLOG Microplate를 이용한 연구결과가 없어 비교하기가 어려웠고, α-D-glucose와 같이 보편적으로 사용되는 물질이 미생물의 활성과 미생물의 균체수와 상관관계가 있는 지는 본 연구로서는 알 수 없었다. 최근 BIOLOG Microplate를 이용한 연구는 여러 실험 조건 (예, 배양시간, 접종된 균체수 등)에 따른 실험의 재현성과 정확성의 여부가 논란이 되고 있다 (8). 또한 현재 BIOLOG에서 제공되는 동정에 관련된 database에는 제한된 균주만 수록되어 있고, 각국에서 분리되는 지역적인 특성균에 대한 database가 미흡하며, 최근에 많이 사용되고 있는 16S rDNA에 의한 동정 방법에 비해 정확성이 다소 떨어진다는 점도 그렇다. 그럼에도 불구하고 BIOLOG Microplate를 이용한 방법으로 세균 군집간의 탄소원 이용능의 분석은 군집의 기능 (9), 대사적 잠재력 (16), 또는 기능적인 다양성 (17)과 관련된 정보의 제공하므로 생태학적인 측정에 의의

가 있다.

BIOLOG Microplate를 이용하여 바이칼호에서 분리한 비영양성 세균 168 균주와 저온성 세균 132 균주에 대한 탄소원의 이용 양상을 통한 동정결과는 Fig. 5에서 보는 바와 같다. 동정된 균들을 속별로 살펴보면, *Pseudomonas* 속이 49 균주로 가장 많았으며, *Salmonella* 속은 6 균주, *Serratia* 속은 4 균주가 동정되었다. 그리고 *Buttiauxella* 속과 *Pantoea* 속은 각각 3균주가 동정되었으며, *Yersinia* 속은 2균주, *Brevundimonas* 속, *Hydrogenophaga* 속, *Photothabdus* 속, *Sphingomonas* 속, *Xenorhabdus* 속이 각각 1균주씩 동정되었다 (Fig. 5). 따라서, 본 연구 결과, 바이칼호에서 동정된 균주들 중 *Pseudomonas* 속과 같은 일부는 유럽의 전형적인 깨끗한 호수에서 발견되는 균주들과 일치하였으나, 나머지 균주는 문헌에서 언급된 균주들과는 상이하여 바이칼호의 환경조건에 의해 특징적으로 나타나는 균들로 여겨진다 (13). 따라서 향후 바이칼호에 대한 연구가 좀더 진행되면 바이칼호에서만 서식하는 신종이 많이 검출될 것으로 예상된다.

감사의 글

이 연구는 2002년 과학기술부의 21세기 프론티어 사업인 미생물 유전체 활용기술 개발사업 연구비 (과제번호: MG 02-0101-002-2-2-0)로 수행되었음.

참고문헌

1. 송경자, 이오형, 최문술, 이건형. 2002. 불가사리 (*Asterias amurensis*) 장내에서 분리된 종속영양세균의 탄소원 이용 특성. 미생물학회지 38, 57-61.
2. 송인근, 안영범, 신규철, 조홍범, 최영길. 1999. 토양세균 군집의 유일 탄소원 이용에 의한 지문분석. 미생물학회지 35, 65-71.
3. Bell, C.R., M.A. Holder-Franklin, and M. Franklin. 1982. Correlations between dominant heterotrophic and physico-chemical water quality factors in two Canadian rivers. *Appl. Environ. Microbiol.* 43, 269-283.
4. Chen W.M., T.M. Lee, C.C. Lan, and C.P. Cheng. 2000. Characterization of halotolerant rhizobia isolated from root nodules of *Canavalia rosea* from seaside areas. *FEMS Microbiol.* 34, 9-16.
5. Choi, K.H. and F.C. Dobbs. 1999. Comparison of two kinds of Biolog microplates (GN and ECO) in their ability to distinguish among aquatic microbial communities. *J. Microbiol. Methods.* 36, 203-213.
6. Christian, R.R. and D.G. Capone. 1997. Overview of issues in aquatic microbial ecology, pp. 245-251. In Hurst, C.J. (ed.), *Manual of Environmental Microbiology.* ASM Press.
7. Chrost, R.J. 1991. Environmental control of the synthesis and activity of aquatic microbial ectoenzymes, pp. 29-59. In Chrost, R.J. (ed.), *Microbial Enzymes in Aquatic Environments.* Springer-Verlag.
8. Haack S.K., H. Garchow, M.J. Klug, and L.J. Forney. 1995. Analysis of factors affecting the accuracy, reproducibility, and interpretation of microbial community carbon source utilization patterns. *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 1458-1468.
9. Garland, J.L. and A.L. Mills. 1991. Classification and character-

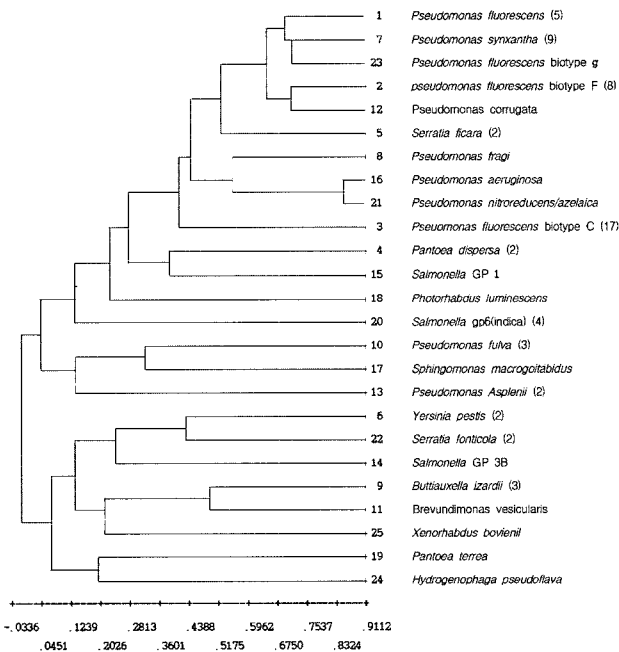


Fig. 5. The dendrogram of oligotrophic and psychrotrophic bacteria isolated from Lake Baikal during 2000~2002.

- ization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns of community-level sole-carbon-source utilization. *Appl. Environ. Microbiol.* 57, 2351-2359.
10. Kozhova, O.M. and L.R. Izmet'seva, 1998. Lake Baikal: Evolution and biodiversity. pp. 3-80. Backhuys Publishers, Leiden. The Netherlands.
  11. Nagata, T., K. Takai, K. Kawanabe, D.-S. Kim, R. Nakazato, N. Guselnikova, N. Bondarenko, O. Mologawaya, T. Kostromova, V. Drucker, Y. Satoh, and Y. Watanabe, 1994. Autotrophic picoplankton in southern Lake Baikal: abundance, growth and grazing mortality during summer. *J. Plankton Res.* 16, 945-959.
  12. Pielou, E.C. 1984. The interpretation of ecological data. Wiley & Sons, N.Y.
  13. Rheinheimer, G. 1985. Aquatic Microbiology. pp. 21-39. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto.
  14. Simberloff, D. and T. Dayan. 1991. The guild concept and the structure of ecological community. *Ann. Rev. Ecol. System.* 22, 115-143.
  15. Solit, R. 1999. BIOLOG: MicroLog™ System, Release 4.0 user guide. Biolog Inc., USA.
  16. Winding, A. 1993. Fingerprinting bacterial soil communities using Biolog microtiter plates. p. 85-94. *In* Abstracts of the 94th General Meeting of the American Society for Microbiology 1994. American Society for Microbiology. Washington, D.C.
  17. Zak, J.C., M.R. Willig, D.L. Moorhead, and G. Wildman. 1994. Functional diversity of microbial communities: a quantitative approach. *Soil Biol. Biochem.* 26, 1101-1108.

(Received July 19, 2004/Accepted September 13, 2004)

---

**ABSTRACT: Sole-Carbon-Source Utilization Patterns of Oligotrophic and Psychrotrophic Bacteria Isolated from Lake Baikal. Geon-Hyoung Lee<sup>1\*</sup>, Myoung-Sook Bae, Suhk-Hwan Park, Hong-Gyu Song<sup>2</sup>, and Tae-Seok Ahn<sup>3</sup>** (<sup>1</sup>Dept. of Biology, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea, <sup>2</sup>Division of Biological Sciences and <sup>3</sup>Dept. of Environmental Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea)

To scrutinize the physiological diversity by BIOLOG microplate, the carbon source utilization patterns of 168 strains of oligotrophic bacteria and 132 strains of psychrotrophic bacteria isolated from Lake Baikal during 2000 and 2002 were investigated. Eighty-six percent (56 strains) of oxidase test positive group (GN-NENT group) and 89 % (92 strains) of oxidase test negative group (GN-ENT group) among oligotrophic bacteria, and 82% (85 strains) of oxidase test negative group among psychrotrophic bacteria were able to utilize  $\alpha$ -D-glucose as a sole-carbon-source, and 93% (26 strains) of oxidase test positive group among psychrotrophic bacteria were able to utilize bromosuccinic acid as a sole-carbon-source. However, most strains except few oligotrophic bacteria with oxidase test negative group were not able to utilize  $\alpha$ -D-lactose as a sole-carbon-source. Most dominant genus among 300 strains was *Pseudomonas* (49 strains). Other dominant genera belonged to *Salmonella*, *Serratia*, *Buttiauxella*, *Pantoea*, *Yersinia*, *Brevundimonas*, *Hydrogenophaga*, *Photorhabdus*, *Sphingomonas*, and *Xenorhabdus*. Our results by BIOLOG identification system were able to provide basic data to determine community-level carbon source utilization patterns and to accomplish the efficient and reliable identification for microbial community structure in Lake Baikal.