

# 미생물 박테리아 다양성 연구

글 \_ 윤정훈 \_ 한국생명공학연구원 미생물기능연구실

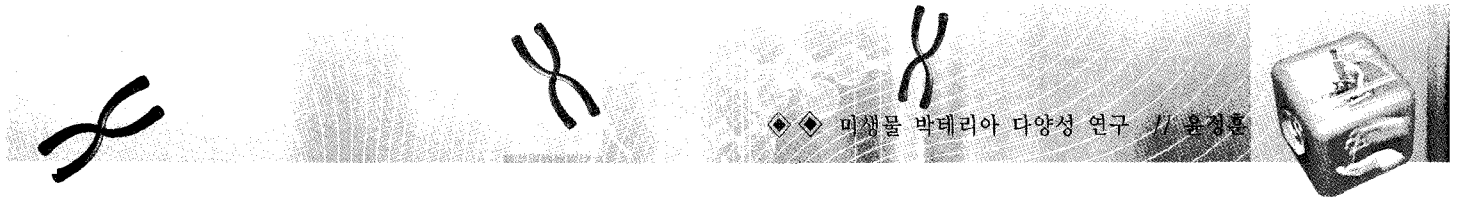
Review

미생물은 형태학적으로 비교적 단순한 단세포 생물에 불과하지만 유전적 다양성과 함께 기능적 다양성을 통해서 지구 생태계를 유지하는데 가장 중요한 기능을 수행함으로써 인류가 살아가는데 없어서는 안 될 중요한 역할을 담당하고 있다. 이러한 생태학적인 기능 외에도 미생물은 인류에게 엄청난 경제적, 산업적 가치를 제공해 주고 있다. 미생물은 다양한 기능과 함께 우수한 생리대사능력을 보유하고 있어서 부가가치가 높은 의약품, 향생제, 항암제, 효소제, 아미노산, 비타민류 및 핵산관련 물질, 백신, 농약, 동식물 성장 조절물질, 식품 첨가물, 환경정화제 등의 생산을 위한 소재로 이용되거나 미생물 자체로도 널리 활용이 되고 있다. 따라서 미생물 자원은 생명공학 제품 개발 및 시장에서 핵심소재로 널리 사용 중에 있으며 막대한 경제적 부가가치를 창출하고 있으며 2000년 기준으로 미생물 제품과 관련된 세계 시장 규모는 전체 바이오 시장 규모의 약 28%에 해당하는 152억 불로 추정되고 있으며 매년 17%의 성장세를 보일 것으로 예상되고 있다. 국내의 경우에는 2000년 기준으로 미생물 관련 제품이 차지하는 비중이 전체 바이오 시장 규모의 약 60%에 해당하는 8400억 원 정도로 추정되고 있으며 매년 30%의 성장세를 통해 10년 후에는 10배 이상 성장할 것으로 예상되고 있다. 따라

서 고부가가치 자원으로서 생명공학산업의 핵심소재로 활용될 수 있는 자연계에 존재하고 있는 더욱 우수한 경제적 잠재력을 보유하고 있는 미지의 유용 미생물자원을 개발하려는 연구가 활발히 이루어지고 있다.

미생물은 지구상에 존재하는 전 생물종의 약 60%를 차지하고 있는 것으로 추정되고 있으며 현재까지 발견된 미생물 종은 학자들에 따라 약간의 의견 차이는 있으나 자연계에 존재할 것으로 추정되는 미생물 종 가운데 1% 미만인 것으로 널리 통용되고 있다. 따라서 지구 자연계 속에는 우리가 발견하지 못한 미생물이 99% 남아 있다고 할 수 있으며 이들 중에는 학문적으로나 산업적으로 유용한 미생물도 상당수 일 것으로 추정할 수 있으므로 이들을 찾으려는 노력과 연구가 계속적으로 이루어지고 있다.

고부가가치 자원으로서 자연계에 존재하는 미지의 신규유용 미생물자원을 개발하기 위해서 선진국을 중심으로 본격적인 연구가 이루어지고 있으며 최근에는 기존의 일반적인 미생물 분리 방법 이외에도 새로운 다양한 기술과 아이디어를 사용하여 아직까지 미발견된 미생물의 상당 부분을 차지할 것으로 예상되는 난배양성 또는 배양불가능 미생물을 대상으로 이들을 체계적으로 분리하거나 이용하고자 하는 기술 개발이 본격적으로 이루



어지고 있다. 난배양성 미생물 탐색 기술의 본격적인 개발과 함께 신규의 유용한 미생물을 탐색하기 위하여 미생물 분리 대상지역으로 기존 일반적인 자연환경이 아닌 주위에 흔하지 않은 극한환경, 특수환경을 주요 대상으로 하여 신규 미생물 자원 뿐만 아니라 산업적으로 유용한 특수환경 미생물을 탐색, 확보하고자 하는 시도가 선진국을 중심으로 활발히 이루어지고 있다.

### 미생물 박테리아 종 다양성 확보

1980년 발간된 “Approved Lists”에 1791개의 박테리아 종(species)이 보고된 이후 박테리아 종의 발표 및 등록이 급격하게 늘어나 2005년 11월 현재 7326 종이 공식적으로 등록되어 있다. 1990년 대 초반에는 연간

약 100여 개 종이 등록되었으나 최근에는 미생물 분리 및 분석 기술이 급격하게 발전하여 2005년에는 494 종이 등록되었다. 이러한 증가세는 계속적으로 이루어질 것으로 예상된다. 박테리아 속(genus)의 경우에는 2005년 11월 현재 1099개가 등록되어 있으며 1991년 21개 속 등록에서 2005년 105개 속이 등록되는 등 꾸준한 증가세에 있다(그림 1).

국내에서는 1997년 이전에는 신규 박테리아 종을 발표한 경우가 단 1 건에 불과하여 세계적인 수준과 상당한 격차를 보여주었으나 1997년 이후 꾸준히 증가하여 최근에는 선진국과 대등한 수준의 연구 성과를 보여 주고 있다. 특히 2003년과 2004년에는 전세계적으로 등록된 신규 박테리아 종의 약 10%를 국내 연구자들이 발표하여 세계 국가별 비교에서 각각 4위, 2위 권의 성과를 거두었다. 지금까지 국내 연구자(교신저자 기준)들에 의해서 발표된 박테리아 속은 30개 이상이며 특히 올해에만 16개의 속을 발표하여 올해 전 세계적으로 발표된 전체 속의 약 15%를 차지하는 성과를 거두었다. 지금까지 국내 연구자들에 의해 발표된 속의 이름은 다음과 같다; *Kribbella*, *Hongia*, *Hahella*, *Jeotgalibacillus*, *Planomicrobium*, *Marinibacillus*, *Asanoa*, *Lentibacillus*, *Jeotgalicoccus*, *Zooshikella*, *Salinibacterium*, *Hongiella*, *Aestuariibaacter*, *Kordia*, *Serinicoccus*, *Kangiella*, *Kaistella*, *Pontibacillus*, *Laceyella*, *Thermoflavimicrobium*, *Seinonella*, *Salinimonas*, *Silanimonas*, *Sejongia*,

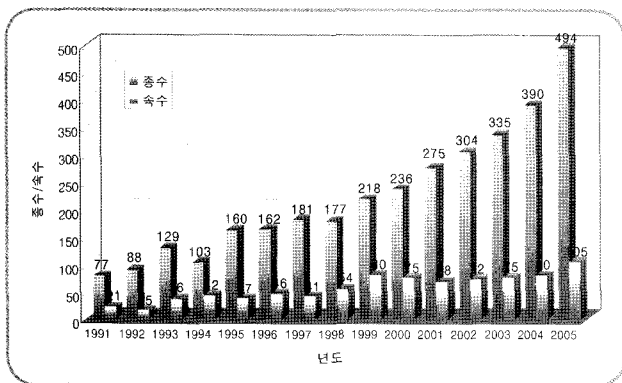


그림 1. 최근 년도별 박테리아 종(species) 및 속(genus) 등록 건수

표 1. 최근 한국의 신 종 박테리아 발표 건수

년 도	신종 박테리아 발표 건수 (세계)	신종 박테리아 발표 건수 (한국)	국내/세계 (%)
1996년 이전		1	
1997	181	2	1.1
1998	177	2	1.1
1999	218	4	1.8
2000	236	12	5.1
2001	275	14	5.1
2002	304	10	3.3
2003	335	29	10.3
2004	390	40	10.3

(교신저자 기준)

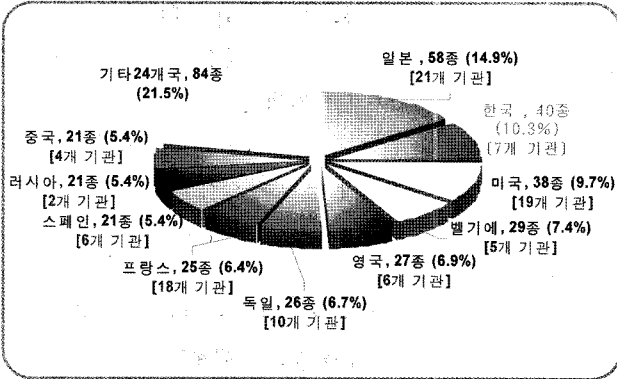


그림 2. 2004년 신 종 박테리아 발표 국가별 비교 (교신저자 기준)

*Marinocola*, *Elizabethkingia*, *Alkalibacillus*, *Kordimonas*, *Gaetbulibacter*, *Kaistia*, *Silvimonas*, *Leadbetterella*, *Dokdonia* 등. 위에 기술한 신규 박테리아 발표 실적은 국내 연구자가 교신저자인 경우만을 보여주는 것이며 국내 연구자가 외국에서 연구하였거나 국제 공동연구 수행으로 공동저자로 참여한 경우를 포함할 경우 그 실적은 훨씬 증가할 것이다.

한국의 연구자들에 의해 발표, 등록되는 새로운 미생물 박테리아 속 및 종의 수가 급격히 증가하고 있는 추세에서 이러한 박테리아의 이름에 우리나라 고유의 단어나 말이 사용되는 경우가 증가하고 있다. 한국을 나타내는 *Koreensis*나 *koreense* (Korea의 라틴어 종명) 외에도 우리나라의 여러 지역이나 지명 또는 소재 등이 새로운 박테리아의 이름으로 사용되는 경우를 볼 수 있다. 갯벌에서 분리한 새로운 박테리아에 갯벌이란 우리 고유 이름을 박테리아 이름에 붙여 속명으로 *Gaetbulibacter*, 종명으로 *gaetbuli* 등이 발표되었다. 이 외에도 염전, 김치, 젓

갈 등 우리나라 고유의 이름이 새로운 박테리아 속 및 종 이름에 사용된 경우를 많이 볼 수 있다. 최근에는 일본과의 분쟁으로 국민적 관심이 높은 독도에서 분리된 새로운 미생물 박테리아 이름에 독도, 동해, 한국을 붙여서 국제적으로 발표, 등록한 경우도 볼 수 있다. 독도에서 발견한 새로운 3개의 박테리아 속 이름에 독도 및 동해를 붙여서 "*Dokdonella koreensis*", "*Dokdonia donghaensis*", "*Donghaeana dokdonensis*"라고 발표되었으며, 새로운 몇 개의 종 이름에는 "dokdonensis"란 이름을 붙여서 *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*에 발표되기도 하였다.

### 신규의 미생물 박테리아 다양성 확보

국외의 경우 미생물 다양성에 대한 중요성이 부각되면서 다양한 미생물을 확보하려는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히 미국, 일본, 유럽의 선진국들은 다양한 연구개발 프로그램을 수립하여 신기능성 물질 생산 미생물 또는 신규의 미생물 자원의 확보를 위하여 지구의 다양한 지역을 대상으로 유용 시료의 확보, 유용 미

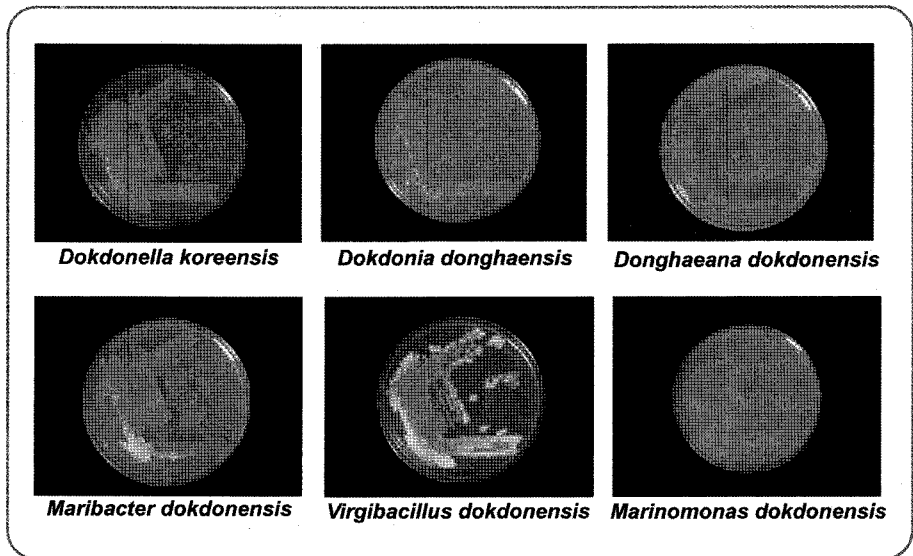


그림 3. 독도에서 발견된 신 속, 신 종 박테리아 배양 사진



생물자원의 탐색, 유용 미생물 유전자의 확보에 막대한 투자를 하고 있다. 이러한 노력의 일환으로 최근에는 기존의 일반적인 미생물 분리 방법이 아닌 새로운 기술을 사용하여 아직까지 미발견된 미생물의 상당 부분을 차지할 것으로 예상되는 난배양성 또는 배양불가능 미생물을 대상으로 이들을 체계적으로 이용하고자 하는 기술 개발이 본격적으로 이루어지고 있다. 이러한 기술들 중 가장 최신의 방법으로 diffusion chamber를 이용한 방법, cell encapsulation 및 flow cytometer를 이용한 방법, 저영양 배지를 이용하는 방법, 여러 신호물질들을 배지에 첨가하는 방법, serial dilution 을 이용하여 미생물을 분리하는 방법 등이 새로운 미생물이나 난배양성 미생물을 분리하는데 도입되어 왔으며 위에 기술한 여러 종류의 방법들을 변형한 방법들이 시도되고 있다. 이러한 방법은 기존의 방법으로 잘 분리되지 않은 새로운 미생물을 분리하는데 매우 유용한 것으로 보고되고 있다.

국내의 경우 몇몇 연구개발과제 등을 통해서 미생물 탐색에 대한 연구가 진행되어 미생물 다양성 확보를 위한 기반기술과 함께 다양한 미생물이 탐색, 확보, 활용되어 왔다. 특히 최근 21세기 프론티어 미생물유전체활용기술개발사업단이 출범한 이래 본격적인 연구가 시작되어 국제공동 연구 등을 통해서 특수환경 미생물, 난배양성 미생물을 체계적으로 탐색, 분리, 활용하려는 다양한 연구가 진행되어 다수의 유용 특수환경 미생물의 확보 및 난배양성 미생물을 분리하려는 연구가 본격적으로 이루어지고 있다. 앞서 기술한 바와 같이 새로운 박테리아 속 및 종을 발견하는 분야에서 이미 세계적인 연구성과를 내고 있을 뿐만 아니라 새로운 미생물 분리 기술을 활용하여 그 동안 분리되지 않았던 난배양성 미생물을 분리하려는 연구가 진행되고 있으며 최근 국내 연구자에 의해서 phylum, order 수준의 미생물이 보고되기도 하였다.

최근 상당 부분의 미생물 자원이 발견되지 않고 자연계에 존재하고 있는 것으로 추측되고 있으며 이러한 미생물 발견의 탐색 및 확보는 미래의 신생명공학 산업

의 획기적 창출을 위해 필수적이므로 이러한 연구가 활발히 이루어지고 있는 시점이다. 국내의 수준도 상당히 올라가 특히 신규의 박테리아 발견 실적에서는 세계 상위권을 유지하고 있음을 알 수 있다. 그러나 신규 박테리아 발견 분야에서 이러한 가시적인 성과와 함께 이제 더욱 실력과 내실을 기할 때이다. 객관적인 자료에서 한국이 수준이 세계적인 수준에 올라와 있으나 아직 부족한 부분으로 박테리아의 화학구조학적 특징을 분석하는 기술을 더욱 향상시킬 필요가 있으며 새로운 박테리아의 이름을 붙이기 위한 좀 더 세련된 명명(nomenclature) 지식이 필요할 것이다. 또한 박테리아의 형태를 보다 정확하게 관찰하기 위한 전자현미경 사진을 얻을 수 있는 인프라 구축이 이루어져야 할 것이다. 이러한 부족한 부분이 보완될 경우 미생물 박테리아 다양성 분야에서 한국이 세계적인 수준을 확고히 하고 아시아 나아가 세계의 허브 국가로 당당히 설 수 있을 것으로 보인다.

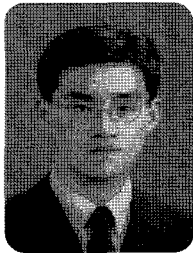
### 참고문헌

1. Bull, A. T., Ward, A. C. & Goodfellow, M. (2000). Search and discovery strategies for biotechnology: the paradigm shift. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 64, 573-606.
2. Kaerberlein, T., Lewis, K. & Epstein, S. S. (2002). Isolating "uncultivable" microorganisms in pure culture in a simulated natural environment. *Science* 296, 1127-1129.
3. Torsvik, V., Øvreås, L. & Thingstad, T. F. (2002). Prokaryotic diversity-Magnitude, dynamics, and controlling factors. *Science* 296, 1064-1066.
4. Whitman, W. B., Coleman, D. C. & Wiebe, W. J. (1998). Prokaryotes: The unseen majority. *Proc. Natl. Aca. Sci.* 95, 6578-6583.
5. Zengler, K., Toledo, G., Rappé, M., Elkins, J., Mathur, E. J., Short, J. M. & Keller, M. (2002). Cultivating the uncultured. *Proc. Natl. Aca. Sci.* 99, 15681-15686.
6. Rothschild, L. J. & Mancinelli, R. L. (2001). Life in extreme environments. *Nature* 409, 1092-1101.
7. Antón, J., Llobet-Brossa, E., Rodríguez-Valera, F. & Amann, R. (1999). Fluorescence in situ hybridization analysis of the prokaryotic community in habiting crystallizer ponds. *Environ. Microbiol.* 1, 517-523.
8. Cho, J.-C., Vergin, K. L., Morris, R. M. & Giovannoni, S. J. (2004). *Lentisphaera araneosa* gen. nov., sp. nov., a transparent exopolymer producing marine bacterium, and the description of a



- novel bacterial phylum, *Lentisphaerae*. Environ. Microbiol. 6, 611-621.
9. Kwon, K. K., Lee, H.-S., Yang, S. H. & Kim, S.-J. (2005). *Kordiimonas gwangyangensis* gen. nov., sp. nov., a marine bacterium isolated from marine sediments that forms a distinct phyletic lineage (*Kordiimonadales* ord. nov.) in the 'Alphaproteobacteria'. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 55, 2033-2037.
  10. Connon, S. A. & Giovannoni, S. J. (2002). High-throughput methods for culturing microorganisms in very-low-nutrient media yield diverse new marine isolates. Appl. Environ. Microbiol. 68, 3878-3885.
  11. Bruns, A., Cypionka, H. & Overmann, J. (2002). Cyclic AMP and acyl homoserine lactones increase the cultivation efficiency of heterotrophic bacteria from the central Baltic Sea. Appl. Environ. Microbiol. 68, 3978-3987.
  12. Janssen, P. H., Yates, P. S., Grinton, B. E. Taylor, P. M. & Sait, M. (2002). Improved culturability of soil bacteria and isolation in pure culture of novel members of the divisions Acidobacteria, Actinobacteria, Proteobacteria, and Verrucomicrobia. Appl. Environ. Microbiol. 68, 2391-2396.

약 력



윤 정 훈

- 1988. 3. - 1992. 2. 성균관대학교 농과대학 낙농학과 (학사)
- 1992. 3. - 1994. 2. 성균관대학교 농과대학 낙농학과 (석사)
- 1994. 3. - 1998. 2. 한국과학기술원 자연과학대학 생물과학과 (박사)
- 2001. 3. - 현재 한국생명공학연구원 선임연구원

▶ 2005년도 한국과학재단에서 선정하는 '대표적 우수연구성과 50선'에 선정