

Reduction Effect of Microorganisms by Nano Plasma ion (NPi)

HyeonCheol Kang¹, HanSeong Yun¹, Bong Jo Sung², Sung Hwa Lee², Jang Woo Lee², Yong Bae Seo¹ and Myung-Suk Lee^{1*}¹Department of Microbiology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea²LG Electronics, 327-23, Gasan-Dong, Geumcheon-gu, Seoul 153-802, Korea

Received September 26, 2011 / Revised December 13, 2011 / Accepted December 14, 2011

The bactericidal effect of nano plasma ion (NPi) which was generated by NPi was analyzed using different kinds of microorganisms, exposure times, chamber sizes, ion amounts and distance. As the result of *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis* were shown different in decrement. Gram-negative bacteria *E. coli* showed the highest percentage (96.57%) and Gram-positive bacteria *B. subtilis* which produced spore had the lowest percentage (57.41%). From the exposure time of NPi most of the microorganisms were extinct at an early stage. According to the size of the chamber we compared the loss of *E. coli* and the experiment result shown, analyzed NPi using 5 chambers 0.005 m³ to 30 m³ for 2 hr, that when volume of the chamber increased, saturation ion and bactericidal effect was decreased. In addition, an NPi generator installed in the 1 m³ chamber investigated the decrement of *E. coli*. Saturation ion concentration increased with decrement. Finally, *E. coli* showed a similar reduction according to the distance from NPi generator.

Key words : Microorganism, Inactivation, Nano Plasma Ion (NPi)

서 론

우리의 일상 생활 중 약 85% 이상의 시간을 실내에서 보내고 있으나 실내 환경 오염에 관한 관심은 실외 환경 오염에 대한 관심 보다 낮다. 실내 활동 시간의 증가 따른 쾌적한 실내 공기의 유지는 현대인들에 절실히 요구되는 것 중 하나이다 [12]. 실내 공기 중에는 유해 금속, 휘발성 유기 화합물 (V.O.C.), 미생물 등의 다양한 오염원이 존재하며, 이들 중 생물학적 오염원의 제어에 대한 관심이 높아지고 있다 [3,9]. 현재 미생물 제어를 위해 필터, 오존, 이온 등이 공기 정화 시스템에 사용되고 있으나 [5,10,16,18] 필터의 경우 장시간 사용시 분진과 이물질이 영양원으로 미생물이 증식하여 유출부를 통해 2차 오염을 야기할 수 있다. 또한 오존의 경우 불쾌한 냄새와 함께 인간의 몸에 해로운 영향을 미칠 수 있으며 [2], 그 외 다른 방법들은 낮은 항균력을 보이는 등 문제점이 있다. 최근 들어 이러한 문제점의 대안으로 플라즈마 이온 발생 기술을 이용한 미생물 불활성화 방법이 연구되고 있다 [4,8,13,15]. 플라즈마 이온은 인체에 안전하기 때문에 병원의 공기정화나 의료기기 멸균장치 등에 응용되어 개발 중이며 Jung (2004)이 발표한 자료에 의하면 플라즈마 이온은 수명을 다한 후 물이나 산소 분자로 환원되기 때문에 인체에 무해하다고 보고 하였다 [7]. 플라즈마는 plus-minus의 준말로 고체, 액체, 기체를 뒤이은 제 4의 물질로 기체에 높은 에너지를 가하여 이온화 된 상태를

의미하며 에너지를 가하여 생성하는 방법에 따라 고온 플라즈마와 저온 플라즈마로 나눈다. 고온 플라즈마는 고에너지 밀도의 직류방전으로 전류 밀도가 증가함에 따라 평균 온도가 10,000°C 이상으로 상승되고 이때 많은 양의 플라즈마가 발생하게 되며 이온화 정도가 높다는 장점이 있어 핵융합, 폐기물 소각 등에 사용된다. 저온 플라즈마는 비교적 낮은 전압에서 전기적 방전으로 발생하며 이온화 정도는 상대적으로 낮으나 상온에서 손쉽게 얻을 수 있다는 장점이 있어 TV, 반도체, 공기정화 등에 주로 이용된다 [6,9]. 또한 저온 플라즈마 이온은 살균효과가 있는 것으로 알려져 있으며 [3,14], 현재 성능이 향상된 이온 발생 장치 개발과 함께 공기 정정기 등에 응용되어 공기 중 오염물질 저감 효과에 대한 연구가 활발히 진행 중이다 [4,8,11,19].

따라서 본 연구에서는 양이온, 음이온에 의한 살균효과를 검토하기 위해 은나노 입자가 코팅된 탄소섬유 이온 발생 전극이 장착된 nano plasma ion (NPi) generator를 이용하여 미생물의 종류, 조사시간, 챔버 용적, 이온농도, 거리에 따른 미생물 감소를 실험 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

실험 장치

본 연구에 사용된 이온 발생장치는 LG NPi generator이며, 챔버는 5종 [0.005 m³ (0.15 m×0.22 m×0.15 m), 0.1 m³ (0.50 m×0.50 m×0.40 m), 1 m³ (1 m×1 m×1 m), 8 m³ (2 m×1.8 m×2.2 m), 30 m³ (3.8 m×3.2 m×2.5 m)]을 사용하였다. 0.005

***Corresponding author**

Tel : +82-51-629-5615, Fax : +82-51-629-5619

E-mail : leems@pknu.ac.kr

m³, 0.1 m³, 1 m³ 챔버는 아크릴판으로 제작하였고 8 m³와 30 m³는 용적에 맞는 밀폐된 실내 공간에서 실험하였다. NPi generator는 바닥에서부터 2/3지점의 벽면에 부착 후 이온의 순환을 돕기 위해 fan을 설치 하였으며 0.1 m³, 1 m³ 챔버에는 이온발생기 바로 앞에서 fan (Ø 80 mm, 2.76 W, 3000 RPM)을 가동 하였고, 8 m³와 30 m³ 챔버에는 천장에 설치된 fan (Ø 927 mm, 70 W, 450 RPM)을 가동하였다. 모든 실험은 NPi generator를 30분 예비 가동하여 챔버 내 이온수량이 포화상태에 이르렀을 때 시작하였다.

사용 균주 및 배양조건

본 실험에 사용한 균주는 gram positive 2종, gram negative 4종으로 KCTC (Korean Collection for Type Cultures) 및 KCCM (Korean Culture Center of Microorganisms)에서 분양 받았으며 이를 Table 1에 정리 하였다. 실험 전 nutrient broth (Difco, U.S.A.)에 접종 후 150 rpm, 37°C에서 24시간 전배양 한 후, 약 10⁷ CFU/ml까지 PBS (phosphate buffered saline)로 희석하여 실험에 사용하였다.

이온 조사 및 감소율 측정

멸균된 유리 plate (Ø 90)에 균체 배양액 500 µl를 conrad bar로 골고루 도말한 후 무균실에 30분 간 방치하여 충분히 수분을 제거한 다음 NPi generator가 설치된 챔버의 중앙 바닥에 놓아 30~240분까지 조사하였다. 조사 후 3 ml PBS를 가 하여 균체를 모아 pour plate법으로 생균수 측정하였다[1]. 각

Table 1. Type of bacteria used in this study

Gram	Strains
Negative	<i>Escherichia coli</i> (KCTC 12006)
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (KCCM 11321)
	<i>Salmonella typhimurium</i> (KCTC 2421)
	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (KCTC 2690)
Positive	<i>Staphylococcus aureus</i> (KCTC 1621)
	<i>Bacillus subtilis</i> (KCTC1021)

Table 2. Result of decreasing effect of various microorganisms in 1 m³ chamber by NPi during 120 min (log CFU/ml)

Microorganisms	Exposure time			Decreasing rate (%)	
	Negative control ^a	0 min	120 min	N/120 ^b	0/120 ^c
<i>E. coli</i>	4.72±0.04 ^d	5.56±0.03	4.09±0.06	76.52	96.57
<i>P. aeruginosa</i>	4.91±0.01	5.67±0.05	4.32±0.05	74.60	95.59
<i>S. typhimurium</i>	4.91±0.03	5.58±0.03	4.38±0.09	70.63	93.67
<i>K. pneumoniae</i>	5.11±0.02	5.56±0.05	4.70±0.07	60.94	86.04
<i>S. aureus</i>	5.04±0.05	5.24±0.06	4.78±0.04	43.78	63.90
<i>B. subtilis</i>	4.87±0.03	5.04±0.06	4.66±0.04	36.99	57.41

Values are mean±SD.

^a Negative control : according to time for stand at room temperature.

^b N/120 was calculated by Negative control.

^c 0/120 was calculated by 0 min control.

^d log CFU (colony forming unit)/ml.

실험은 10회 실시하여 평균값으로 나타내었고, 이때 감소율은 아래의 식과 같이 계산하여 백분율(%)로 표시 하였다.

$$\text{Decreasing rate (\%)} = \{1 - (\text{Me}/\text{Mc})\} \times 100$$

Me: Microorganism number of experiment

Mc: Microorganism number of control

Ion counting

이온 수량은 비접촉 공기흡입식 스마트 이온 모니터(ITC-201A, INTI Co., Japan)를 이용하여 plate가 놓이는 지점에서 측정하였고 포화상태에서 일정하게 유지되는 평균값을 포화농도(ions/cc)로 보았다.

결과 및 고찰

균주별 감소율

미생물 종류에 따른 NPi의 효과를 알아보기 위해 시료를 처리한 plate를 1 m³ 챔버에서 2시간 조사한 다음(이온 농도: 163,900 ion/cc) 균의 감소율 비교 하였고, 이와 함께 수분이 제거된 상태에서 건조에 의한 영향을 알아보기 위해 이온이 발생하지 않는 상온에 방치하여 그 결과를 비교 분석하여 Fig. 1과 Table 2에 요약 정리 하였다. 그 결과 gram negative 균주

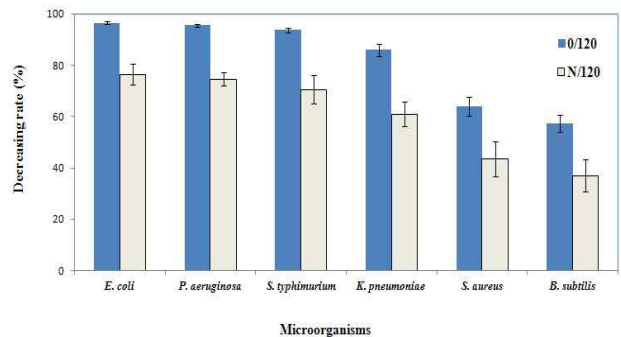


Fig. 1. Result of decreasing rate of various microorganisms in 1m³ chamber by NPi during 120 min.

Table 3. Result of decreasing effect according to exposure time with *E. coli* and *S. aureus* in 1 m³ chamber by NPi

Microorganisms	Exposure time (min)	Number of bacteria (log CFU/ml)	Decreasing rate (%)
<i>E. coli</i>	0	5.56±0.03	-
	30	4.99±0.07	72.43
	60	4.72±0.02	85.43
	120	4.09±0.06	96.57
	240	3.83±0.05	98.14
<i>S. aureus</i>	0	5.24±0.06	-
	30	5.05±0.05	34.15
	60	4.95±0.03	47.27
	120	4.78±0.04	63.90
	240	4.56±0.06	78.51

Values are mean±SD.

인 *E. coli*가 가장 높은 감소율을 보였고, gram positive 균주인 *B. subtilis*가 가장 낮은 감소율을 보였으며, 상온에 방치한 negative control과 비교한 결과 역시 같은 양상을 나타냈다. 이는 Louise 등이 2007년에 한 연구 결과에서 gram negative 균주 *Burkholderia cenocepacia*가 98%로 가장 높은 감소율을 보였고 gram positive 균주인 *Mycobacterium parafortuitum*가 84%로 가장 낮은 감소율을 나타낸 것과 동일하며[11], 세포벽이 얇은 그람 음성균의 감소율이 비교적 높으며, 세포벽이 두꺼운 그람 양성균의 감소율이 비교적 낮은 것으로 나타나 peptidoglycan층을 이루는 세포벽의 두께에 따라 감소율의 영향을 받는 것으로 사료된다. 또한, Digel *et al.* 은 5종의 gram positive 균주인 *Staphylococcus chromogenes*, *Enterococcus malodoratus*, *Sarcina flava*, *Micrococcus ruseus*, *B. subtilis*를 이용하여 이온(plasma cluster ion; PCIs)을 2시간 조사한 결과에서 *B. subtilis*가 초기에 비해 43%로 가장 낮은 감소율을 나타낸다는 연구 결과를 발표하였다[4]. 이러한 연구결과와 본 연구의 결과를 비교하면 *B. subtilis*가 가장 낮은 감소율을 보이는 것은 동일하지만 본 연구에 사용된 NPi generator에 의한 *B. subtilis*의 감소율이 57.41%로 Digel 등이 사용한 이온 발생기 보다는 살균 효과가 더 높은 것으로 판단된다. 그리고 상온에 일정시간 방치한 negative control과 비교하여 이온에 대한 영향만을 보았을 때, *E. coli*의 경우 76.52%의 감소율로 건조에 의한 영향을 받았지만, 비교적 높은 감소율을 나타냈다.

이상 결과를 종합하면 NPi에 의한 살균 효과는 세포 구성 성분 중 세포벽 두께에 의해 큰 영향을 받으며 포자 및 협막을 형성하는 균주에서 비교적 살균력이 떨어지는 것으로 판단된다. 또한, 플라즈마 이온의 종류에 따른 살균 효과는 Digel 등이 사용한 PCIs 보다는 본 연구에 사용된 NPi가 효과적인 이온 발생장치로 사료된다.

조사시간에 따른 감소율

NPi 조사시간에 따른 감소율을 측정하기 위해 *E. coli*와 *S. aureus*를 이용하여 1 m³ 챔버에서 240분까지 조사 후(이온 농

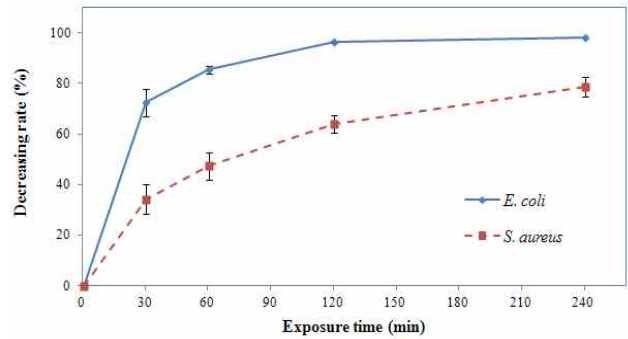


Fig. 2. Result of decreasing rate according to exposure time with *E. coli* and *S. aureus* in 1 m³ chamber by NPi.

도: 163,900 ion/cc) 감소율을 측정하였다. 초기균수와 비교하였을 때 *E. coli*의 감소율은 30분 72.43%에서 240분 98.1%까지 나타났고, *S. aureus*는 30분 34.2%에서 240분 78.5%까지의 감소율로 이를 Table 3에 정리 하였다. Fig. 2의 결과를 살펴보면, 각 균주의 조사 시간에 따른 감소율은 반응 초기에 급격히 증가 하였다가 30분 이후부터 증가 폭이 감소하는 것을 알 수 있으며, 이는 미생물이 NPi 조사를 조사하였을 때, 초기 반응에 대부분이 사멸하기 시작해 120분 조사에서 최대 살균 효과를 나타낸다.

챔버 용적에 따른 감소율

챔버의 크기에 따른 감소율을 비교하기 위해 *E. coli*를 이용하여 0.005 m³부터 30 m³까지 5개의 챔버에서 2시간 조사 후 비교하였다. 그 결과 초기 균수에 비해 0.005 m³에서는 균이 100% 제거 되었고, 0.1 m³의 크기에서부터 98.72%의 감소율을 나타냈으며 이후 1 m³, 8 m³, 30 m³에서 각각 96.57%, 93.45%, 92.03%의 감소율을 보여 용적이 커짐에 따라 감소율이 낮아지는 것으로 분석된다(Fig. 3, Table 4).

일반적으로 발생된 이온은 공기 중의 여러 가지 하전 물질과 결합하여 소멸되고, 수명은 보통 수십 초에서 수분에 이르고 알려져 있다[7]. 용적이 증가함에 따라 이온의 수명에 비

Table 4. Result of decreasing effect according to chamber size with *E. coli* by NPi during 120 min

Chamber size (m ³)	Ion number (ion/cc)	Exposure time		Decreasing rate (%)
		0 min	120 min	
0.005	>1,250,000		N.D ^a	100
0.1	679,370		3.66±0.11	98.70
1	163,900	5.56±0.13 ^b	4.09±0.06	96.57
8	33,900		4.37±0.08	93.45
30	10,900		4.46±0.07	92.03

Values are mean±SD.

^a ND: Not detected

^blog CFU/ml

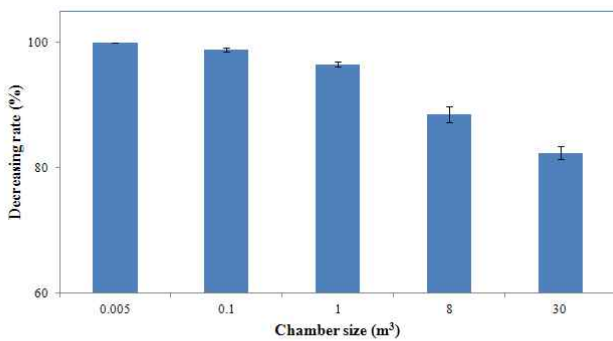


Fig. 3. Result of decreasing rate according to chamber size with *E. coli* by NPi during 120 min.

해 더 넓은 범위에 확산되어 포화 농도가 낮아지고 그로 인해 NPi에 의한 살균력도 함께 낮아지는 것으로 분석 된다.

이온 수량에 따른 감소율

NPi 농도에 따른 *E. coli* 감소율 분석을 위해 1 m³ 챔버에 NPi generator 1~3개를 각각 설치하여 최대 이온 포화량을 높여 4시간까지 조사한 후 이온수량에 의한 살균력을 분석하였다. NPi generator 수량에 따른 이온 농도는 비례적으로 증

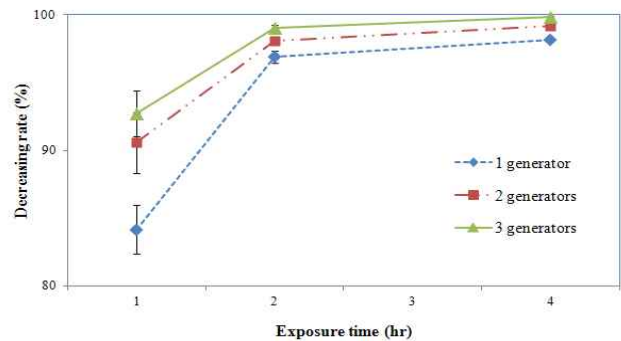


Fig. 4. Result of decreasing rate according to exposure time and the number of NPi generator and exposure time by *E. coli* in 1 m³ chamber.

가하지 않고 각각 163,900 ion/cc, 233,210 ion/cc, 261,940 ion/cc를 나타냈으며, 이는 일정한 공간에 이온수가 증가함에 따라 음이온과 양이온간의 충돌빈도가 증가하여 서로 결합함으로써 수명이 짧아지는 것으로 분석된다. 각 포화농도에서의 살균 효과는 2시간 조사 하였을 때부터 높은 감소율을 나타내기 시작하였고, 초기 균수와 비교 하여 각각 96.57%, 97.96%, 98.82%로 높은 감소율을 나타냈으며 이를 Table 5에

Table 5. Result of decreasing effect according to exposure time and the number of NPi generator by *E. coli* in 1 m³ chamber

NPi generator (ea)	Exposure time (hr)	Ion number (ion/cc)	Number of bacteria (log CFU/ml)	Decreasing rate (%)
1	0		5.56±0.03	-
	1	163,900	4.75±0.04	84.29
	2		4.09±0.06	96.57
	4		3.83±0.05	98.14
2	0			5.56±0.03
	1	233,210	4.67±0.08	86.89
	2		3.87±0.04	97.96
	4		3.68±0.04	98.66
3	0			5.56±0.03
	1	261,940	4.63±0.07	88.08
	2		3.63±0.11	98.82
	4		2.85±0.09	99.80

Values are mean±SD.

Table 6. Result of decreasing effect by distance from NPi generator to *E. coli* in 1 m³ chamber during 120 min

Distance	Ion number (ion/cc)	Exposure time		Decreasing rate (%)
		0 min	120 min	
95 cm	160,000		4.00±0.06	97.19
70 cm	160,000	5.56±0.03 ^a	3.99±0.04	97.27
45 cm	160,000		3.98±0.03	97.32
30 cm	400,000		3.46±0.15	99.19

Values are mean±SD.

^a log CFU/ml

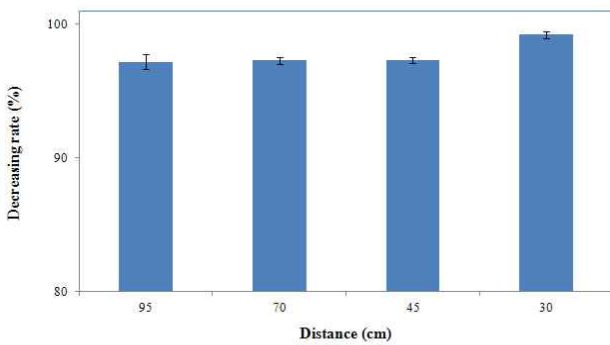


Fig. 5. Result of decreasing rate according to NPi distance with *E. coli* in 1m³ chamber during 120 min.

정리하였다.

NPi의 거리에 따른 감소율

NPi generator와의 거리에 따른 *E. coli* 감소율을 비교하기 위해 1 m³ 챔버 바닥에서부터 각각 0 cm, 30 cm, 60 cm, 90 cm 높이의 구조물을 설치하여 2시간 조사 후 분석하였다. NPi와의 실제적인 거리는 각각 95 cm, 70 cm, 45 cm, 30 cm였고 이온 수량은 직접적으로 발생하는 30 cm에서 400,000 ion/cc를 나타냈지만 나머지 위치에서는 설치된 팬으로 내부의 공기 순환이 일어나야 따라 포화 농도가 160,000 ion/cc로 비슷하게 유지 되었다. 감소율은 초기균수와 비교 하였을 때 각각 97.19%, 97.27%, 97.32%, 99.19%로 나타나(Fig. 5, Table 6) 이는 최단거리인 30 cm를 제외하고 나머지 위치에서는 비슷한 감소율을 나타냈다. Son와 Oh (1991); Oh 등 (1992)은 약 30 m³의 대공간에서 이온의 농도분포는 내부의 풍속, 이온 발생량, 장애물 등으로 인한 대류에 의해 결정된다고 보고 하였으며[14,17] 본 연구에서는 1 m³의 비교적 작은 공간에서 실험하였기 때문에 이온이 직접적으로 분출하는 부분을 제외하고 팬에 의해 전체적으로 비슷한 농도를 유지하여 챔버 내부에서 전체적으로 고른 감소율을 나타낸 것으로 분석된다.

이상의 결과를 종합하여 살펴보면 NPi가 미생물에 대해 불활성화 작용을 하는 것으로 나타났으며, 종류에 따라 포자 또는 협막을 형성하는 미생물을 제외한 gram negative 균주에 대한 살균력이 더 효과적이었다. NPi 조사 시간에 따라 측정 한 결과 미생물 대부분이 반응 초기에 사멸하였고, 그 중 120

분에서 최대 살력균을 보였으며, 조사 거리와 용적이 작아지고, 이온 발생장치의 수량이 증가 할 수록 이온 농도가 높아져 살균력 또한 증가하는 것으로 분석 되었다.

감사의 글

본 연구는 (주)LG 전자의 기술 지원에 의해 연구 된 결과이며 이에 감사드립니다.

References

- Cappuccino, J. G. and N. Sherman. 2007. Microbiology - A laboratory manual, pp. 133-136, 8th (eds.), Pearson Education.
- Cayuela, M. M. 1995. Oxygen free radicals and human disease. *Biochimie* **77**, 147-161.
- Choi, J. H., H. J. Kim, Y. K. Lee, H. S. Jung, and K. S. Hong. 2004. Environmental Nanotechnology for the Control of Indoor Air Quality. *Poly. Sci. Technol.* **15**, 191-197.
- Digel, I., A. T. Artmann, K. Nishikawa, M. Cook, E. Kurulgan, and G. M. Artmann. 2005. Bactericidal effects of plasma-generated cluster ions. *Med. Biol. Eng. Comput.* **43**, 800-807.
- Grinshpun, S. A., A. Adhikari, T. Honda, K. Y. Kim, M. Toivol, K. S. R. Rao, and T. Reponen. 2007. Control of aerosol contaminants in indoor air: combining the particle concentration with microbial inactivation. *Environ. Sci. Technol.* **41**, 606-612.
- Jang, G. H. 2007. Analysis of the indoor air pollutions and improvement of the indoor air quality with a cold plasma-hydroxyl radical. Unpublished master's thesis, Yonsei University, Seoul, Korea.
- Jung, H. G. 2004. Plasma cluster ion air conditioner. Korea Institute of Science and Technology Information.
- Kim, Y. S., K. Y. Kim, M. S. Cho, M. S. Ko, H. J. Ko, J. W. Jung, M. S. Oh, B. Youn, and J. H. Kim. 2010. Reduction effect of airborne pollutants in pig building by air cleaner operated plasma ion. *J. Env. Hlth. Sci.* **36**, 306-312.
- Ko, K. B., H. D. Lee, Y. H. Lee, Y. C. Byeon, G. W. Nam, and M. H. Jo. 2005. Fabrication of small size plasma reactor and study on the characteristics of ozone, negative ion and OH radical production. *Korean Society Environ. Eng.* **35**,

- 674-676.
10. Lin, C. Y. and C. S. Li. 2002. Control effectiveness of ultra-violet germicidal irradiation on bioaerosols. *Aerosol Sci. Technol.* **36**, 474-478.
 11. Louise, A. F., F. G. Lindsey, B. B. Clive, J. S. Simone, S. Andrew, J. N. Catherine, and G. K. Kevin. 2007. Bactericidal action of positive and negative ions in air. *BMC Microbiology* **7**, 1-9.
 12. Molhave, L. and M. Krzyanowski. 2003. The right to healthy indoor air: status by 2002. *Indoor Air* **13**, 50-53.
 13. Nishikawa, K. 2006. Mechanism for bacterial inactivation by positively and negatively charged cluster ions. *Sharp Tech J.* **94**, 20-24.
 14. Oh, M. D., T. S. Bae, and S. C. Kim. 1992. Experimental study on air ionization phenomena in the super clean room. *SAREK J. AC&R* **4**, 72-81.
 15. Oxford, J. S. 2008. Higher concentrations of plasmacluster ions boost virus inactivation and elimination inhibit 99.9% of airborne H5N1 avian influenza virus. *Sharp Press Release* No. 08-028.
 16. Sharma, M. and J. B. Hudson. 2008. Ozone gas is an effective and paractical antibacterial agent. *AM. J. Infect. Control.* **36**, 559-563.
 17. Son, J. K. and M. D. Oh. 1991. Simulation of air ion diffusion flow in clean room flow field. SAREK Summer Annual Conference. 255-261.
 18. Thomas, C. W., J. L. Tung, J. Niu, and B. K. Hung. 2005. Determination of ozone emission from a domestic air cleaner and decay parameters using environmental chamber tests. *Indoor. Built. Environ.* **14**, 29-37.
 19. Yu, G. H., J. O. Chae, W. H. Kim, W. Wei and H. Wang. 2007. A study on non-thermal plasma reactor for generation of negative ions. *Transactions of the KSME B.* **5**, 2344-2347.

초록 : Nano Plasma ion (NPi)에 의한 미생물 제어

강현철¹ · 윤한성¹ · 성봉조² · 이성화² · 이장우² · 서용배¹ · 이명숙^{1*}
 (¹부경대학교 미생물학과, ²㈜LG전자)

Nano plasma ion (NPi) generator에서 발생한 NPi의 미생물에 대한 살균 효과를 측정하기 위해 미생물 종류, 조사 시간, 챔버 용적, 이온 수량, 거리에 따라 실험 하였다. 먼저 6종의 미생물 *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*를 대상으로 실험한 결과 미생물 종류에 따라 각각 다른 감소율을 나타냈으며, 그람 음성균인 *E. coli*가 96.57%로 가장 높았고, 그람 양성균 중 포자를 생성하는 *B. subtilis*가 57.41%로 가장 낮았다. 그리고 NPi 조사시간에 따라 살균력 측정된 결과, 반응 초기에 대부분의 미생물이 사멸하였으며 이후 서서히 증가하였다. 또한 챔버의 크기에 따른 *E. coli*의 감소율을 비교하였으며 0.005 m³부터 30 m³까지 5개 챔버에서 NPi를 2시간 조사한 결과 용적이 증가함에 따라 포화 이온 농도는 낮아졌고 이와 함께 살균력도 감소하였다. 이에 1 m³ 챔버에 NPi generator를 추가로 설치하여 포화 이온농도에 따른 *E. coli*의 감소율을 알아보았고 포화 이온 농도가 증가함에 따라 감소율도 함께 증가하는 것으로 나타났다. 마지막으로 NPi generator의 거리에 따른 *E. coli*의 감소율을 확인하였고 이온이 직접적으로 분출되는 부분의 99.19%를 제외한 나머지 위치에서 팬에 의한 이온 순환으로 포화농도가 비슷하게 유지 되었으며 약 97%의 감소율을 나타냈다.