

M-DNA 전기 특성의 금속 이온 농도 및 합성 온도 의존성

유환일, 김경섭, 김남훈, 노용한*
성균관대학교

Dependence of Electrical Properties of M-DNA on Metal Ion Concentration and Synthetic Temperature

Hwan-il Yoo, Kyoung-Soeb Kim, Nam-Hoon Kim and Yonghan Roh*
Sungkyunkwan University

Abstract : M-DNAs based on zinc and cobalt ions were formed at the conditions of 26°C, 76% humidity, atmosphere, and pH 8.0. Some process parameters in synthesis of M-DNA such as synthetic temperature, concentration of metal ions, and synthetic time were varied and the electrical properties were investigated by changes of the parameters. The electrical properties of M-DNA showed the dependences on synthetic temperature, concentration of metal ions and synthetic time. The I-V characteristics rapidly increased with each increase of the parameters.

Key Words : M-DNA, Cobalt, Zinc, temperature, concentration

1. 서 론

바이오 소자와 관련된 다양한 연구가 진행되고 있는 가운데 M-DNA의 형성과 관련된 조건들로 pH, 온도, 금속 이온의 농도 등이 연구되고 있다.[1,2] 이와 같은 조건은 금속 이온의 imino proton 치환 비율에 중요한 요소로 작용하고 있다.[1] Jeremy S, Lee 그룹의 실험[1,3]은 M-DNA형성이 강한 온도 의존성을 보이며, Danny Porath 그룹의 연구 결과[4]는 DNA 전도특성의 온도 의존성을 보인다. 그러나 이들의 연구는 37°C 이하의 온도가 M-DNA형성에 미치는 영향을 보이고 있다. 일반적인 화학 반응이 온도에 매우 민감하게 반응하므로 금속이온의 DNA 염기 치환반응도 온도에 따라 차이를 나타낼 것을 예상할 수 있다.

본 논문은 금속 이온의 imino proton 치환 비율이 온도에 영향을 받으며, 이것이 M-DNA의 전도특성 결정에 중요한 요소로 작용함을 가정한다. 또한 M-DNA 전도성에 미치는 다른 요인을 살펴보고자 한다. 특히 효과적인 M-DNA형성을 보인 Cobalt와 Zinc를 중심으로 실험을 진행하였다.[1]

2. 실험

M-DNA의 제조에 사용된 금속 이온은 Zinc(Sigma Aldrich $Zn(ClO_4)_2 \cdot 6H_2O$)와 Cobalt(Sigma Aldrich $Co(ClO_4)_2 \cdot 6H_2O$)이었으며, 금속이온과 pH 8.0 [1]의 Tris용액(Trizma-HCl 1M pH 9.0)과 Deionized Water를 60:50:110과 90:50:80의 비율로 섞어 금속농도 0.2mM과 0.3mM의 버퍼용액을 제작하였다.[1] 금속농도가 다른 버퍼용액은 금속이온농도 변화에 따른 M-DNA의 전기적 특성의 변화를 조사하기 위함이다. 제작된 버퍼용액과 λ -DNA(Dakara Korea 150ng/ul 3Kbps DIW buffer)를 마이크로 튜브와 마이크로 피펫을 이용하여 1:2의 비율로 혼합하였고, 혼합할 때 온도변화에 따른 전기 전도성 변화를 측정하기 위

하여 Hot Plate(Corning PC-4200)를 이용해 각각 20°C, 40°C, 60°C에서 혼합하였다. 전압-전류 특성의 변화에 미치는 열의 작용을 없애기 위하여 혼합직후 급속냉동 후 상온에서 전도도를 측정하였다. 혼합 시간은 10분과 20분으로 각각 달리하였다.[1] 온도의 직접 전달로 인한 DNA의 손상을 막기 위하여 중탕법을 사용하였으며 마이크로 튜브에 시료를 넣어 열을 전달하였다. 온도를 조절하기 위하여 동일한 마이크로 튜브에 물을 담고 온도계를 설치하여 비커 내에 담았다. 구성은 그림 1과 같다.

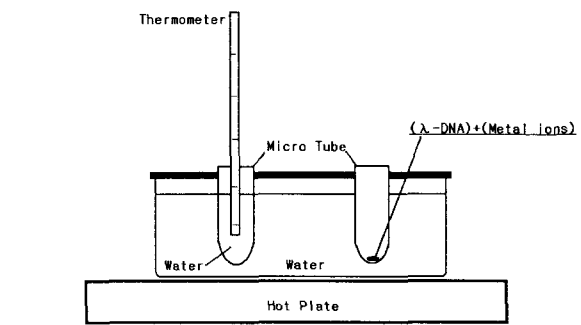


그림 1. 실험 구성

실리콘 기판에 Ti/Au가 증착된 마이크로 간격 전극[2] 위에 마이크로 피펫을 이용하여 시료를 0.3 μ l씩 고착시킨 후 수분의 영향을 배제하기 위하여 진공에서 수분을 증발시켰다. 전류-전압 특성은 대기 중에서 HP4145B (Agilent 4145A semiconductor parameter analyzer)를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 검토

그림 2는 0.3mM의 Cobalt M-DNA를 20분간 각각의 온도에서 가열하였을 경우 전도특성을 나타내고 있다. 20°C, 40°C, 60°C에서 일정한 전도특성 향상을 보이고 있는

며 이것은 선행 연구[1]에서 보이지 않은 M-DNA형성의 온도 의존 경향을 보이고 있다.

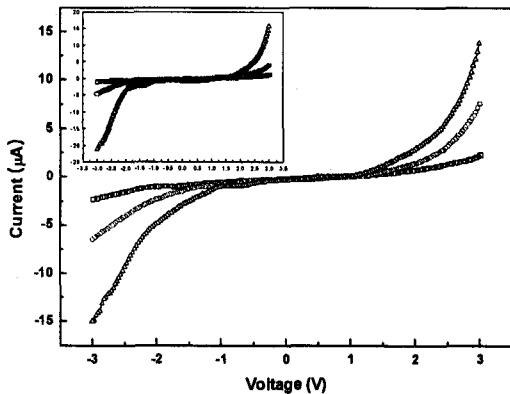


그림 2. M-DNA (Zn, Co) 합성 온도에 따른 전도특성

이와 같은 결과의 원인은 온도가 증가함에 따라 M-DNA의 합성 비율이 증가하기 때문인 것으로 판단된다. [1] 40°C 이상의 온도상승에 따른 전도 특성의 향상은 Zinc M-DNA에서도 나타났으며 (inset), 금속이온의 농도 조건과 가열시간 조건이 다른 다수의 실험도 동일한 경향성을 나타내는 것으로 보아 M-DNA의 온도에 따른 일반적인 전기전도 특성으로 사료된다.

그림 3은 Cobalt M-DNA 전도특성의 농도의존성을 나타내는 결과로서, 금속 이온의 농도가 높을수록 치환이 용이하게 일어남을 의미한다. [1]

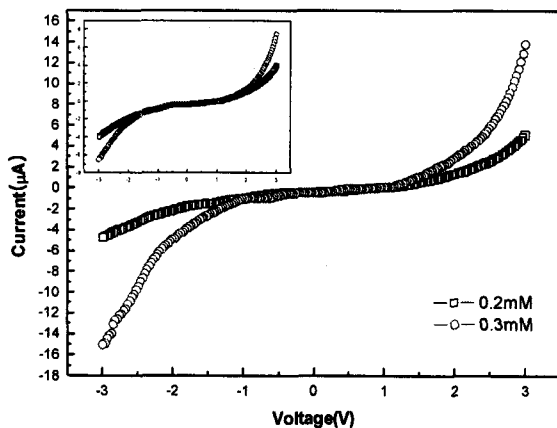


그림 3. 전도특성의 금속농도 의존성 (40°C, 60°C)

또한 추가적인 실험(그림 4)에서는 Cobalt(0.3mM) M-DNA의 시간에 따른 전도 특성을 볼 때 10분 이내에 필수 반응이 모두 일어나며 [1] 10분 이상의 시간동안 열에 노출되는 경우 DNA 나선 파괴로 인해 금속 이온의 결합이 상실되는 것으로 판단된다. [1]

4. 결론

본 연구에서는 20°C, 40°C, 60°C에서 M-DNA의 전기

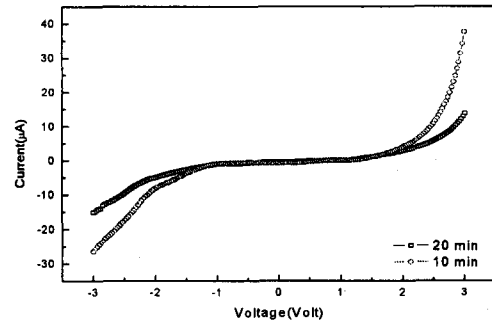


그림 4. M-DNA 전도특성의 시간의존성(60°C)

전도성을 관찰을 통하여 제작할 때 온도가 M-DNA의 전기적 특성에 미치는 영향을 알아보았다. 온도가 상승할수록 M-DNA의 전도성이 일정한 비율로 증가하는 것을 관찰하였으며 이것은 Zinc를 이용한 M-DNA보다 Cobalt M-DNA에서 더욱 뚜렷하게 확인되었다.

또한 금속의 농도와 가열시간이 M-DNA의 전기적 특성 변화에 미치는 영향을 볼 수 있었다. 금속이온의 최종 농도가 0.2mM일 때보다 0.3mM일 때 더욱 큰 전류가 흐르는 것을 관찰할 수 있었으며 이를 통해 금속 농도가 높을수록 DNA와 결합하는 비율이 더욱 높아짐을 알 수 있다. 또한 가열시간이 10분일 때가 20분일 때보다 M-DNA의 전도성이 뛰어난 것으로 보아, 장시간의 가열은 DNA의 금속이온과의 결합력을 약화시키거나 전도성을 약화시키는 반응이 증가되는 것을 알 수 있다.

참고 문헌

- [1] Jeremy S. Lee, Laura J. P. Latimer and R. Stephen Reid, "A cooperative conformational change in duplex DNA is induced by Zn²⁺ and other divalent metal ions", *Biochem. Cell Biol.*, Vol. 71, 1993
- [2] Younghun Lee, Yonghan Roh and Kyoung Seob Kim "Formation of nanometer-scale gap electrodes based on a plasma ashing technique", *Thin Solid Film*, Vol. 515, p744, 2006
- [3] Shawn D. Wettig, David O. Wood and Jerry S. Lee, "Thermodynamic investigation of M-DNA: a novel metal ion- DNA complex", *Journal of Inorganic Biochem.*, Vol. 94, p94, 2003
- [4] Danny Porath, Alexey Bezryadin, Simon de Vries and Cees Dekker, "Direct measurement of electrical transport through DNA molecules", *lett. to nature* vol. 403, p. 635, 2000.