

# 한국어 비음의 음향적 특성에 관한 실험음성학적 연구

성 철 재\*

## <차 례>

1. 비음의 정의
2. 비음의 종류
3. 비음의 음향적 특징
4. 비음화(nasalization)된 모음
5. 실험
6. 맺음말

## <Abstract>

### **An Experimental Phonetic Study on the Acoustic Characteristics of the Korean Nasal Sound**

This study aims to describe the acoustic characteristics of Korean nasal sounds making use of the notion of pole and zero. In case of [m], the 1st and 4th formant almost remains as the original shape respectively, on the contrary, the 2nd and 3rd formant were observed as a variable cluster together. Alveolar [n] shows that the 3rd and 4th formant make a variable cluster with their antiformant(zero), however, the 1st and 2nd formant keep the static shape of their own. Velar [ŋ] has 4 formants below 2900 Hz and the 3rd and 4th formants constitute a variable cluster together as does the case [n]. With respect to the energy distribution, in case of [n] and [ŋ], the energy value diminishes from F1 up to F3 continuously but augments in F4. The [m] shows that in the region of F1-F2 does the energy fall down and rise from F3 to above.

\* 충남대학교 언어학과, 실험음성학

## 1. 비음의 정의

비음은 구강의 한 부분을 막고 연구개를 내려 폐로부터 나오는 기류를 비강을 통해 내보내면서 조음하는 소리이다. 좀 더 정확하게 기술하자면 폐장날숨기류(egressive pulmonic airstream)를 이용하고 구강의 어떤 조음점(예를 들면 입술, 치조, 경구개, 연구개, 그리고 목젓 등)에서의 완전한 막음이 수반되며 이와 동시에 연구개가 하강하여 폐로부터의 공기가 비강으로 자유롭게 탈출하면서 만들어지는 소리라고 할 수 있다.

### 1.1 비음의 생성과정

비음의 생성과 관련된 전체 조음기관은 다음의 세가지 부분으로 하위분류할 수 있다.

- 1) 성문(glottis)에서 연구개(velum)까지 연결되는 인두(pharynx)
- 2) 조음점에서의 완전한 막음(closure)을 수용하는 구강(oral cavity)
- 3) nasopharynx와 nasal passage를 포함하는 비강통로(nasal tract)

이 세 부분들은 연구개(velum)의 끝에서 음향적으로 연결되어 있다. 비음의 생성은 혀 혹은 입술을 이용한 구강의 완전폐쇄와 velum의 하강으로 인한 비강통로의 개방이라는 두 동작의 결합에 의해서 이루어진다. 연구개 하강(velar lowering)은 인두에서 비강통로로의 공기길을 열어주며 이러한 개방과정(opening)은 '비강입구(velopharyngeal port)'라고 불린다.

비음에 수반되는 구강폐쇄는 유성과열음 [b, d, g] 등의 조음과정과 유사하기 때문에 어떤 음성학자들은 비음을 'nasalization 자질'을 지닌 파열음으로 구분하기도 한다. 구강폐쇄기간 동안 성문(glottis)에서의 소리만들기(phonation) 과정을 통해 만들어진 소리는 비강입구와 비강통로를 거쳐 콧구멍을 통해 공기 중으로 전파(propagation)된다.

## 2. 비음의 종류

국제음성문자(IPA)에 분류되어 있는 비음의 종류에는 다음의 7가지가 있다.

- 1) 양순비음(bilabial nasal) [m]
- 2) 순치비음(labio-dental nasal) [ɱ]
- 3) 치조비음(alveolar nasal) [n]
- 4) 권설비음(retroflex nasal) [ɳ]
- 5) 경구개비음(palatal nasal) [ɲ]
- 6) 연구개비음(velar nasal) [ŋ]
- 7) 목젓비음(uvular nasal) [ɴ]

이들 중 한국어에서 실현되는 비음은 음운론적으로는 /m/, /n/, /ŋ/의 세 종류를 들 수 있으며 음성적으로 [m], [n], [ɲ], [ŋ]의 네가지를 설정할 수 있다. 물론 각 음소들은 환경적인 영향을 받아서 많은 수의 변이음(allophone)으로 실현될 수 있으며 네가지의 음성형태 이외의 다양한 경우의 수로 확산될 것이다.

변이음이 만들어질 수 있는 환경은 한국어의 다른 소리들과 마찬가지로 대략 다음의 대여섯가지 경우로 분류될 수 있다(이호영 1993).

- 1) 전설구개모음 /i/와 경구개 반모음 /j/ 앞에서 구개음화.
- 2) 원순모음 /o, u, ə/와 원순 연구개 반모음 /w/ 앞에서 원순음화.
- 3) 원순전설 구개모음 [y]와 원순 경구개 반모음 [ɥ] 앞에서 구개음화+원순음화.
- 4) 그 밖의 다른 모음 앞에서 음가 그대로 [m], [n], [ŋ]으로 실현.
- 5) /ŋ/의 경우 /a, ə/ 뒤 어말에서, 그리고 /a/나 /ə/ 사이에서 목젓소리 [ɴ]으로 실현.
- 6) /h/ 앞에서 /h/가 강하게 발음될 때 무성의 유기비음으로 실현.
- 7) /h/ 앞에서 /h/가 약하게 발음될 때 유성의 유기비음으로 발음되기도 하고 /h/자체가 탈락하면서 비음의 음가 그대로 발음되기도 한다.

### 3. 비음의 음향적 특징

언급했듯이 비음은 인두 및 구강과 비강통로가 상호작용한 결과로 만들어지는 소리인 까닭에, 기류가 구강통로로만 흐르는 다른 소리와는 그 음향적 특성이 다를 수밖에 없다. 음원(source)인 성대(vocal cord)와 맞붙어 여파기(filter)의 역할을 수행하는 구강성도는 주파수의 응답특성(response characteristic)과 관련하여 다양한 소리를 만들어

낸다.

비음은 또하나의 여파기를 새로이 도입하는 까닭에(nasal cavity) 주파수의 응답특성도 그에 따라 변하게 되며 이 경우 본래의 공명과 대치되는 반공명(antiresonance)이 발생한다. 반공명은 스펙트럼에 미치는 효과의 측면에서 공명(resonance)과 대립되는 개념으로 이해할 수 있다. 성도 응답(vocal tract response)에 관한 수학적 측면에서는 공명(혹은 포먼트)을 pole이라 부르고 반공명을 zero라 한다. 위에서 예를 든 각각의 비음들은 pole 및 zero와 관련하여 각기 다른 분포를 보이며 또한 각 포먼트의 에너지 분포의 강약에서도 차이를 나타낸다.

zero는, 공명주파수의 스펙트럼이나 혹은 공명주파수 근처의 스펙트럼을 강화하거나 증폭시키는 대신, 선택적으로 소리를 흡수한다. 그 결과 반공명 주파수 근처에 있거나 바로 자기 위치에 있는 주파수 대역의 에너지를 강하게 감소시킨다. 따라서 zero는 스펙트럼 상에서 약한 배음(harmonic)으로 표현되거나 혹은 배음이 전혀 없을 수도 있으며 결과적으로 에너지가 약화된 모습으로 나타난다. 이러한 효과는 인두-구강 통로와 비강 통로 사이의 개방 정도(amount)에 의존한다. 다시 말해 스펙트럼에 가해지는 비음화 효과는 위의 두 통로 사이의 '짜짓기 정도(amount of coupling)'에 의존하며 결과적으로 zero와 여타 포먼트의 주파수 위치에 영향을 주게 된다.

비강입구는 그 크기가 다양하게 바뀌는데, 구강폐쇄 전에는 작는데서 큰데로, 그리고 구강폐쇄 동안에는 큰데서 작은데로 바뀌게 된다. 연구개가 개방되는 정도(amount)에서의 이러한 다양한 변화는 결과적으로 주파수 응답특성을 바뀌게 하여 pole과 zero의 주파수 대역에서의 변화를 야기시키게 된다.

O'Shaughnessy(1982)는 프랑스어의 비음특성에 관해서 다음과 같이 기술하고 있는데 이러한 특성은 다른 언어의 비음에도 확대적용할 수 있는 내용이다.

- 1) 포먼트 대역이 상대적으로 넓다.
- 2) F1 이상의 포먼트들에서 에너지의 감소가 관찰된다.
- 3) 다른 소리와의 경계(boundary) 부분에서 불연속적인 신호로 나타난다.
- 4) 모음과 비슷한 포먼트가 관찰되나 각 비음의 종류에 따라 좀 더 고정적이며 확실한 유형을 보인다.
- 5) 각 포먼트 사이의 거리가 감소하는 경향을 보인다.

Fujimura(1962)는 /həCVC/ 환경에서 비음의 특성을 조사하였다. 다양한 종류의 모음과 비음이 관찰되었다. 각 내용을 부문별로 구분지어 기술하면 다음과 같다.

#### 1) 서로 다른 모음환경에서의 비음 비교

다섯개의 모음 /i, ε, æ, a, u/ 환경에서 비음이 보이는 특성을 다음과 같이 기술하였다(/hə'm\_m/ ; /hən\_n/ 의 환경에 모음 삽입). [m]의 zero는 대략 750 Hz와 1250 Hz 사이에 위치하며 [n]의 zero는 1450 Hz와 2200 Hz 사이에 놓인다. [ŋ]에 대한 zero는 3000 Hz이상이므로 비음 [m], [n], [ŋ]은 그 zero의 위치에 의해서 특징지워질 수 있다. 즉 [m]은 상대적으로 낮은 위치에서 zero가 나타나고 [n]은 중간위치, [ŋ]은 높은 위치에 zero가 놓이게 된다고 할 수 있다.

zero는 그 출현과 관련하여 인접영역의 포만트에 상당한 영향을 미치는 것 같으며 이의 영향을 받지않는 다른 포만트는 적어도 동일화자에 한해서는 어느정도 일정한 경향을 보여준다. 따라서 [m]의 실험결과를 보면, 첫번째와 네번째 포만트는 거의 변하지 않고 있으며(일정한 패턴을 유지), zero를 그 성분에 포함하고 있는 두번째와 세번째 포만트는 '가변적인 덩어리(variable cluster)'를 이루고 있다. [n]은 이와는 달리 세번째와 네번째 포만트와 zero가 어울려 '가변적 덩어리'를 이루며 첫번째와 두번째 그리고 다섯번째 포만트는 상대적으로 안정되어 있다.

이러한 내용을 바탕으로 세개의 비음을 zero와 관련지어 간략하게 기술하면 다음과 같다. [ŋ]은 3000 Hz 이상의 주요주파수 영역에서 4개의 포만트를 가진다. [n]은 두개의 포만트와 한개의 zero로 구성되어 있는 덩어리로 일반적인 세번째 포만트 위치를 대체하면 그 특성을 나타낼 수 있게 된다. [m]은 일반적인 두번째 포만트 위치를 [n]의 경우와 마찬가지로 두개의 포만트와 한개의 zero로 대체하면 그 특성이 유지된다.

각 모음을 선행하는 위치의 비음들은 후속모음의 조음적 특성과 관련하여 zero의 주파수 위치가 달라질 수 있다. [m]의 zero 주파수는 전설모음이 후속할때 후설모음에 비해 zero의 주파수가 상대적으로 더 높다. 이는, 전설모음이 후속하게 될 때 구강의 전반부(anterior part)가 그 모음을 예상하여 상대적으로 좁아지게 되기 때문이다. 후설모음이 비음의 후속하는 환경으로 자리잡은 경우, 예상되는 혀의 위치는 인두강을 더 좁히는 것으로 나타날 것이고 상대적으로 넓은 구강이 생겨날 것이다. 따라서 zero의 주파수는 떨어지게 된다.

## 2) 감쇠(damping)

pole과 zero부분의 감쇠는 비음을 다른 소리와 특징지워주는 또다른 중요한 요소이다. 평균적으로 비음(nasal murmur)의 대역폭(bandwidth)은 모음에서 관찰될 수 있는 것과 비교하여 일반적으로 더 크거나 혹은 비슷하다. 그러나 개개의 포만트는 서로 다른 대역폭을 보여주며 그 폭도 일정하지 않다.

[n]의 경우, 두번째와 세번째 그리고 다섯번째 포만트가 평균적인 대역폭을 가지며, 약 2000 Hz보다 약간 높게 위치하는 네번째 포만트는 상당히 높게 감쇠된다. [m]도 일반적 경향은 이와 비슷하다. 그러나 네번째 포만트가 [n]의 경우보다 더 넓은 대역폭을 가지며 두번째와 세번째 포만트는 같은 위치의 [n]에 비해 상당히 좁은 대역폭을 보여준다.

[m]과 [n]을 구별지을 수 있는 또다른 특징은 [n]의 zero가 [m]에 비해 훨씬 넓은 대역폭을 가지고 있다는 것이다. 비음 [n]을 조음할 때 치조부위에 닿은 혀와 구강이 이루는 형태가 썩기모양으로 이루어진 까닭에 이곳에서 만들어지는 특성 임피던스에서 순차적인(gradual) 변화를 유발한다. 그 결과 상대적으로 많은 양의 소리에너지가 흡수된다. [m]의 경우는 구강에서 이루어지는 조음이 [n]에 비해 급격하게 이루어지고 구강내의 표면적 대 부피의 비율이 상대적으로 작기때문에 음향적 손실은 그 양을 무시할 수 있을 정도로 소량이며 zero의 대역폭도 더 좁다. [ŋ]의 경우, 어느 정도 2000 Hz 아래에 있는 세번째 포만트가 두번째와 네번째 포만트에 비해 항상 넓은 대역폭을 유지하고 있다.

## 3) 비음(nasal murmur)의 보편적 특징

비음의 보편적 특징을 음향적 관점에서 다음과 같이 정리할 수 있다.

① 비음(nasal murmur)의 스펙트럼 유형은 변화의 다양성으로 특징지을 수 있다. 좌우 환경적(contextual) 요인의 영향으로 변화할 수 있으며 또한 말하는 이에 따라 그리고 심지어는 현재의 생리적 상태에 의해서도 변화할 수 있다. pole과 zero의 조그만 변화에도 스펙트럼의 형태는 심각하게 변화할 수 있다는 것이 비음의 특징 중 하나이다. zero의 위치에 기반하여 [m], [n], [ŋ]을 구별하는 것이 가능하긴 하지만, 인접모음의

포먼트 전이(transition)의 변화와 관계하여 다양한 양상을 보일 수 있는 비음의 가변적인 모습(flexibility)이 개개 비음을 인식하는 작업에서 더욱 중요한 역할을 차지할 것이 분명하다.

② 비음의 F1은 약 300 Hz 정도의 매우 낮은 위치에 자리잡고 있으며 그보다 상위의 포먼트와 잘 분리되어 있다. 이렇게 낮은 주파수 영역에서의 상대적으로 안정된 스펙트럼의 모양은 비음을 특징짓는 여러 기준 중에 실질적인 가치를 지니고 있다.

③ 다른 소리에 비해 상대적으로 높은 감쇠율(damping rate)을 보인다.

④ pole과 zero가 포먼트에서 혼재하며 zero의 출현은 다른 소리에 없는 비음만의 독특한 특징이다.

⑤ 총체적으로 800 - 2300 Hz 정도의 중간주파수 대역에서 에너지 분포가 균일한 경향이 있다. 특별히 에너지가 집중되는 지역도 없으며 주파수 영역의 어떤 부분에서도 넓거나 혹은 좁은 스펙트럼 상의 골짜기가 존재하지 않는다. 이러한 특징과 더불어 F1의 매우 낮은 주파수 대역은 다른 유성음과 비음 사이를 확연히 구별되게 하는 자질(feature)이다. 예를 들어 폐모음(closed vowel)에 속하는 /i,u/ 등은 비음과 유사한 형태의 낮은 F1을 갖고 있지만, 중간주파수 영역의 위, 아래 양 가장자리쪽을 향하여 소리에너지가 분명하게 집중되어 있는 모습을 관찰할 수 있다.

#### 4. 비음화(nasalization)된 모음

비음생성을 위한 연구개 하강은 구강폐쇄 전에 이미 시작되고 있으며 당연히 비강 입구의 개방은 성도(vocal tract)가 닫히기 전에 벌써 완료되었다. 또한 비강 입구는 구강폐쇄기가 끝나고 개방되는 동안 어느 정도 열려져 있는 상태로 지속된다.

이러한 현상으로 미루어 연구개 개방과 폐쇄의 정확한 시점은 구강성도의 폐쇄와 개방에 약 100 msec 정도 앞서거나 뒤따르는 것으로 파악된다. 따라서 모음이 비음화되는 부분은 비음의 위치에 따라 대략 비음을 100 msec 정도 앞서거나(모음이 비음의 앞쪽에 있는 경우) 뒤따르게 된다. 모음의 비음화를 통해서 구강 성도의 응답특성에 부수적-공명과 반공명(antiresonance)이 도입되는데, 이는 연구개 개방과 이와 연계된 비강의 조절효과(tuning effect)때문임은 이미 언급하였다.

비음화 과정의 음향효과는 성도(vocal tract)의 전기적 모델을 이용한 연구를 통해서 밝혀졌다. 이러한 연구를 통해서 연구개 개방시 모음에 가해지는 효과는 구강의 필터

곡선에서의 변화를 낳는 것으로 나타났다. 비음화 과정을 통해 모음에 미치는 효과는 첫번째 포먼트가 비음화되기 전에 비해 더 넓어지고(broader) 둔하게(less peaked) 나타난다는 것이다. 이는 비강통로로 빠져나가는 에너지 손실에 의해서 포먼트 공명에서의 감쇠가 발생하기 때문이다. 비음화로 인해 나타날 수 있는 또다른 변화는 이미 언급했듯이 zero를 구강성도 응답특성에 부가시키는 것이다.

스펙트럼에 가해지는 전체적인 효과는 다양하고 복잡하다. 비음화된 모음은 pole이 매우 낮은 주파수에 도입되며 따라서 기본주파수의 에너지가 강화된다. 이 경우 zero는 pole 바로 위의 주파수에서 관찰되며 기본주파수보다 위에 자리잡은 F1 영역의 스펙트럼에서 에너지가 감소됨을 알 수 있다. F1의 위치가 일반적으로 낮은 경우 zero는 F1을 완전히 없애버릴 수도 있으며 F1이 높은 경우에 zero는 기본주파수와 F1 영역 사이에 있는 주파수대의 에너지를 감소시킨다. zero는 스펙트로그램에서 종종 흰색의 밝은 띠모양으로 관찰되며 F2와 F3 영역에서도 관찰된다.

이상을 정리하면 다음과 같은 두 개의 일반적인 효과로 기술할 수 있다. F1 이하의 낮은 주파수대에서 나타나는 zero는 F1의 모습을 정상적인 모음에 비해 고주파로 나타나게 하며 진폭을 감소시킨다. 그리고 이 영역의 F1을 보다 높은 주파수 위치로 옮기는 효과(대략 50 - 100 Hz)도 가지고 있다. 두번째로, 비강 짝짓기(nasal coupling)의 결과 만들어지는 zero는 F2와 F3 영역에서도 나타날 수 있는데 종종 포먼트의 모습을 둔하게 만들며 완전히 평평하게(flatten) 만들기도 한다.

'mom'과 'bob'을 예로 들어 비음화된 모음과 비음화되지 않은 모음의 특성을 알아보기로 하자. 'mom'의 비음화된 모음 [ə]의 포먼트는 'bob'의 [a]에 비해 에너지가 약하다. F1의 아래 영역에서 zero가 관찰되며 F1의 진폭을 감소시킨다. 이 zero보다 더 낮은 주파수에서의 pole은 비음화되지 않은 모음에 비해 기본주파수의 진폭을 더 증가시킨다. 'mom'과 'bob'의 비교자료를 간략하게 정리하면 다음과 같다<sup>1)</sup>.

먼저 'mom'의 경우,

- 1) 비음화된 모음.
- 2) 반공명(zero)이 존재한다.
- 3) 기본주파수의 에너지가 비음화되지 않은 모음보다 세다.

1) Pickett(1985:73-77) 참고.



- 4) F3가 zero에 의해서 약화되거나 사라질 수 있다.
- 5) F1이 약하다.
- 6) 음절말 [m]의 murmur가 [b]와 비교해 에너지가 더 세다.

'bob'의 경우는,

- 1) 비음화되지 않은 모음.
- 2) 반공명이 존재하지 않는다.
- 3) 기본주파수의 에너지가 비음화된 모음보다 약하다.
- 4) F3의 존재가 분명하다.
- 5) F1이 강하다.
- 6) 음절말 [b]의 murmur가 [m]과 비교해 에너지가 약하다.

## 5. 실험

### 5.1 실험목적

앞에서 기술한 비음의 특성을 참고하여 한국어의 비음이 보여주는 특징은 어떠한가를 실험을 통해서 정리해보고자 한다. 실험의 성격은 1인 화자의 낭독을 통한 하나의 경향분석이므로 파일럿 테스트의 성격이 강하다. 한국어 비음의 포먼트 주파수와 에너지 분포에 관한 관찰이 주된 목적이다.

### 5.2 실험자료

다음과 같은 무의미 낱말을 이용하여 세가지 문장형태를 실험자료로 삼았다. 5회 반복한 값에 대해 통계를 취했다.

아까는 아마와 아나아나 한다.

아가는 양아와 아마아마 한다.

아카는 아나와 양아양아 한다.

### 5.3 실험절차

위의 세가지 자료를 각기 다른 순서로 조합하여 다섯가지 세트를 만든후 1인 남성 화자가 낭독하였다. A/D는 16kHz sampling rate, 16 bit resolution으로 하였으며 분석은 sparc5 workstation의 xwave 상에서 ESPS 프로그램으로 하였다. 각각의 비음이 보여주는 특성을 파악하는 데는 포먼트 정보의 정밀한 탐색이 가장 의미있는 작업이므로 이에 초점을 맞추었으며 이에 덧붙여 각 포먼트의 에너지 분포도 조사해보았다.

\* 분석조건: 8 msec hanning window, 256 point FFT, preemphasis = .94

### 5.4 분석 및 토의

#### 5.4.1 zero 의 위치

비음 [m], [n], [ŋ]은 그 zero의 위치에 의해서 특징지워질 수 있다. 즉 [m]은 상대적으로 낮은 위치에서 zero가 나타나고 [n]은 중간위치, [ŋ]은 높은 위치, 대략 2900 Hz 이상에 zero가 놓인다. 표 1에, 실험을 통해서 대략적으로 추출해본 한국어 비음의 zero 위치를 제시하겠다.

표 1. 한국어 비음의 zero 위치 분포(Hz)

M	N	NG
490 - 900	580 - 1050	2850 ↑
2900 - 3400	2850 - 6100	
3800 ↑		

zero는 그 출현과 관련하여 인접영역의 포먼트에 상당한 영향을 미치는 것 같으며 이의 영향을 받지않는 다른 포먼트는 적어도 동일화자에 한해서는 어느정도 일정한 경향을 보여준다. 따라서 [m]의 실험결과를 보면, 첫번째와 네번째 포먼트는 거의 변하지 않고 있으며(일정한 패턴을 유지), zero를 그 성분에 포함하고 있는 두번째와 세번째 포먼트는 '가변적인 덩어리(variable cluster)'를 이루고 있다. /n/은 이와는 달리 세번째와 네번째 포먼트와 anti포먼트가 어울려 '가변적 덩어리'를 이루며 첫번째와 두번째 포먼트는 상대적으로 안정되어 있다. [ŋ]은 약 2900 Hz 이하의 주요주

파수 영역에서 4개의 포만트를 가지며 [n]과 마찬가지로 세번째와 네번째 포만트가 서로 어울려 ‘가변적 덩어리’를 이룬다. ‘variable cluster’를 형성하는 포만트들은 서로 주파수의 위치가 다른 포만트에 비해 가까울 수 밖에 없으며 명확하게 구분하기가 힘이 든다.

5.4.2 포만트 주파수와 에너지 분포

표 2에, 1인 피실험자의 결과를 토대로 각 한국어 비음의 첫 네 포만트 주파수 값을 제시하겠다. 위의 기술과 비교해보기 바란다. 각 비음들 사이의 F1 값의 차이점에 대한 통계적 의미는 [m]-[n]과 [m]-[ŋ] 사이에서는 유의미하게 나타났으나(t-TEST,  $p < 0.05$ ) [n]과 [ŋ] 사이에서는 통계적 유의성을 발견할 수 없었다( $p = .4872$ ,  $df = 4$ ). 이러한 경향은 F2와 F3에서도 동일하게 관찰할 수 있었다. F4의 경우에는 통계적 유의성이 어떤 쪽에서도 발견되지 않았다. 다시 말해 [m], [n], 그리고 [ŋ]의 F4의 값들은 서로 그다지 차이가 나지 않는다는 것이다(표 3).

표 2. 한국어 비음의 포만트 frequency(Hz)

M:mean, s:standard deviation, n=5

	M		N		NG	
	M	s	M	s	M	s
F1	216.6	18.5	266.6	21.5	282.4	29.0
F2	1018.0	35.5	1266.2	61.8	1220.0	55.9
F3	1315.0	27.5	2164.8	19.1	2061.8	167.8
F4	2659.4	74.3	2617.8	59.1	2651.2	78.8

표 3. 포만트 주파수 값의 차이에 대한 통계적 분포(t-TEST:  $p < 0.05$ ,  $df = 4$ )

mF1-	mF1-	nF1-	mF2-	mF2-	nF2-	mF3-	mF3-	nF3-ng	mF4-	mF4-n	nF4-
nF1	ngF	ngF1	nF2	ngF2	ngF2	nF3	ngF3	F3	nF4	gF4	ngF4
.004	.0095	.4872	.0001	.0059	.3403	.0001	.0004	.2504	.4172	.9302	.461

energy는 [n]과 [ng]의 경우 F1에서 F2, F3로 점진적인 하향을 하다가 F4에서 다시 약간 상승하는 것이 [m]과 차이나는 부분이다. [m]은 F1-F2 구간에서만 감소하다가 다

시 증가하는 모습을 보여준다. 이유는 각 비음이 보여주는 각 포먼트 주파수의 분포에서의 차이에 기인한다(표 4).

특정 비음의 포먼트 에너지 값 사이의 차이에 대한 통계적 의미는 F1과 나머지 F2, F3, F4를 비교한 결과에서는 의미가 있는 것으로 나타났으나(df=4,  $p < 0.05$ ) 그 다음 단계들 즉 F2-F3, F4의 비교와 F3-F4의 비교에서는 [ŋ]의 F3-F4( $p = .0093$ , df=4)를 제외하고는 별 의미가 없는 것으로 나타났다(표 5).

평균적으로 비음(nasal murmur)의 대역폭(bandwidth)은 모음에서 관찰될 수 있는 것과 비교하여 일반적으로 더 크거나 혹은 비슷하다. 그러나 개개의 포먼트는 서로 다른 대역폭을 보여주며 그 폭도 일정하지 않다. 비음 자체만의 비교 결과는, /n/의 경우, 두번째와 세번째 포먼트가 평균적인 대역폭을 가진다. /m/도 일반적 경향은 이와 비슷하다. 그러나 네번째 포먼트가 /n/의 경우보다 더 넓은 대역폭을 가지며 두번째와 세번째 포먼트는 같은 위치의 /m/에 비해 상당히 좁은 대역폭을 보여준다. 일반적으로 /n/의 포먼트가 /m/에 비해 넓은 대역폭을 가지고 있으며 /ŋ/의 경우, 어느 정도 2000 Hz 아래에 있는 세번째 포먼트가 두번째와 네번째 포먼트에 비해 항상 넓은 대역폭을 유지하고 있다.

표 4. 한국어 비음의 포먼트 energy 분포(dB)

	M		N		NG	
	M	s	M	s	M	s
F1	81.6	2.1	81.8	1.1	81.4	1.8
F2	75.6	3.9	77.2	3.1	76.2	2.8
F3	76.8	3.4	75.4	2.9	74.0	4.4
F4	78.2	3.6	76.6	2.5	76.4	3.8

표 5. 포먼트 에너지 값의 차이에 대한 통계적 분포(t-TEST:  $p < 0.05$ , df=4)

mF1 - mF2	.0026	nF1 - nF2	.0256	ngF1 - ngF2	.0058
- mF3	.0093	- nF3	.0061	- ngF3	.0036
- mF4	.0175	- nF4	.0021	- ngF4	.0075
mF2 - mF3	.1778	nF2 - nF3	.1045	ngF2 - ngF3	.207
- mF4	.0978	- nF4	.7449	- ngF4	.9023
mF3 - mF4	.4615	nF3 - nF4	.5158	ngF3 - ngF4	.0093

## 6. 맺음말

이상의 논의를 정리하면 다음과 같다.

1) 비음은 포만트 대역이 상대적으로 넓으며 F1 이상의 포만트들에서 에너지의 감소가 관찰된다. 그리고 다른 소리와 경계(boundary) 부분에서 불연속적인 신호로 나타난다. 즉 전이부분(transition)에서의 갑작스러움(abruptness)으로 특징지을 수 있다.

2) 모음과 비슷한 포만트가 관찰되나 각 비음의 종류에 따라 좀 더 고정적이며 확실한 유형을 보인다. 각 포만트 사이의 거리가 모음에 비해 감소하는 경향을 보인다. pole과 zero가 포만트에서 혼재하며 zero의 출현은 다른 소리에는 없는 비음만의 독특한 특징이다.

3) 비음의 F1은 약 300 Hz 정도의 매우 낮은 위치에 자리잡고 있으며 그보다 상위의 포만트와 잘 분리되어 있다. 이렇게 낮은 주파수 영역에서의 상대적으로 안정된 스펙트럼의 모양은 비음을 특징짓는 여러 기준 중에 실질적인 가치를 지니고 있다.

4) 비음 [m], [n], [ŋ]은 그 zero의 위치에 의해서 특징지워질 수 있다. 즉 [m]은 상대적으로 낮은 위치에서 zero가 나타나고 [n]은 중간위치, [ŋ]은 높은 위치, 대략 2900 Hz 이상에 zero가 놓인다.

5) [m]의 실험결과를 보면, 첫번째와 네번째 포만트는 거의 변하지 않고 있으며(일정한 패턴을 유지), zero를 그 성분에 포함하고 있는 두번째와 세번째 포만트는 ‘가변적인 덩어리(variable cluster)’를 이루고 있다. [n]은 이와는 달리 세번째와 네번째 포만트와 zero가 어울려 ‘가변적 덩어리’를 이루며 첫번째와 두번째 포만트는 상대적으로 안정되어 있다. [ŋ]은 약 2900 Hz 이하의 주요주파수 영역에서 4개의 포만트를 가지며 [n]과 마찬가지로 세번째와 네번째 포만트가 서로 어울려 ‘가변적 덩어리’를 형성한다.

6) 에너지는 [n]과 [ŋ]의 경우 F1에서 F2, F3로 점진적인 하향을 하다가 F4에서 다시 약간 상승하는 것이 [m]과 차이나는 부분이다. [m]은 F1-F2 구간에서만 하향했다가 다시 상승의 곡선을 그린다. 이유는 각 비음이 보여주는 포만트 주파수의 분포에서의 차이(variable cluster 형성과 관련)에 기인한다.

7) 포만트의 대역폭에 관한 비음 자체만의 비교 결과는, [n]의 경우, 두번째와 세번째 포만트가 평균적인 대역폭을 가진다. [m]도 일반적 경향은 이와 비슷하다. 그러나

네번째 포만트가 [n]의 경우보다 더 넓은 대역폭을 가지며 두번째와 세번째 포만트는 같은 위치의 [n]에 비해 상당히 좁은 대역폭을 보여준다. 일반적으로 [n]의 포만트가 [m]에 비해 넓은 대역폭을 가지고 있으며 [ng]의 경우, 어느 정도 2000 Hz 아래에 있는 세번째 포만트가 두번째와 네번째 포만트에 비해 항상 넓은 대역폭을 유지하고 있다.

### < 참고문헌 >

- 성철재. 1995. 한국어 비음의 특성에 관한 실험음성학적 연구. <'95 한국음향학회 학술발표대회 논문집> vol. 1(s). 한국음향학회. 223-226.
- 이호영. 1993. 한국어 자음변이음의 조음적 특성. <어문교육>. 부산수산대학교 어학연구소.
- Benguerel, A. Pierre, Lafargue, A. 1981. "Perception of Vowel Nasalization in French", *Journal of Phonetics* 9. 309-321.
- Fujimura, O. 1991. "Analysis of Nasal Consonants", *Papers in Speech Communication: Speech Production I*. Acoustical Society of America. 301-311.
- O'shaughnessy, D. 1982. "A Study of French Spectral Patterns for Synthesis", *Journal of Phonetics* 10. 377-399.
- Pickett, J.M. 1985. *The Sounds of speech communication*. Baltimore: University Park Press.